

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)

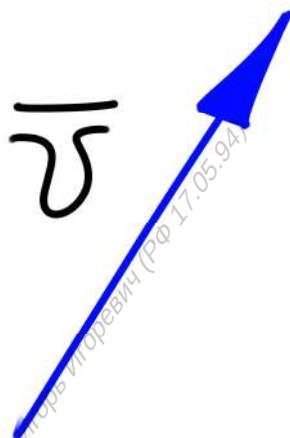


Рисунок 1 – Пример для **Вектор**: вправо и вверх

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

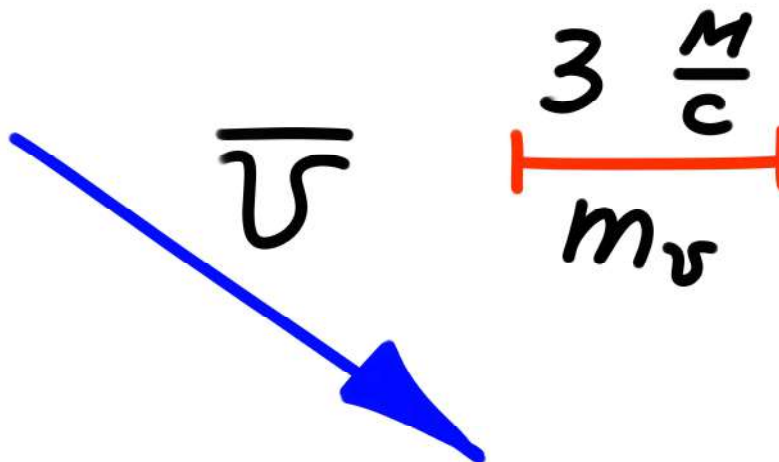


Рисунок 2 – Пример для **Величина вектора**: каков модуль??





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)

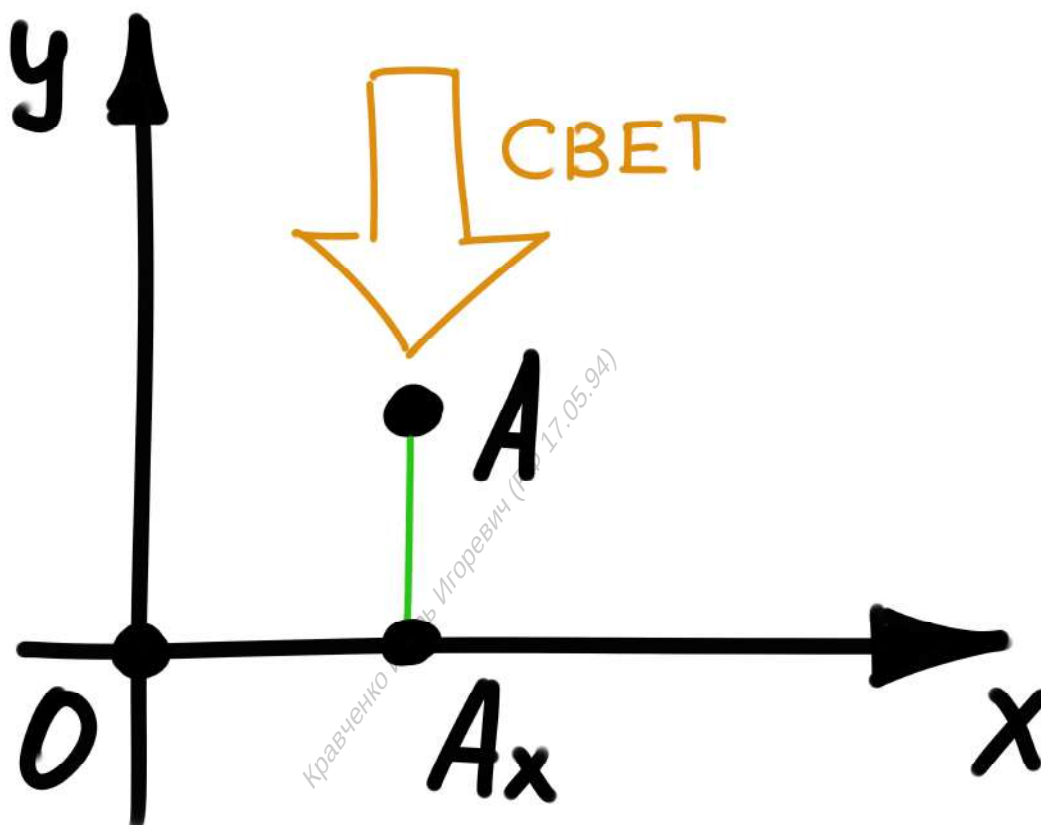


Рисунок 3 – Пример для **Проекция точки:** на Ох

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



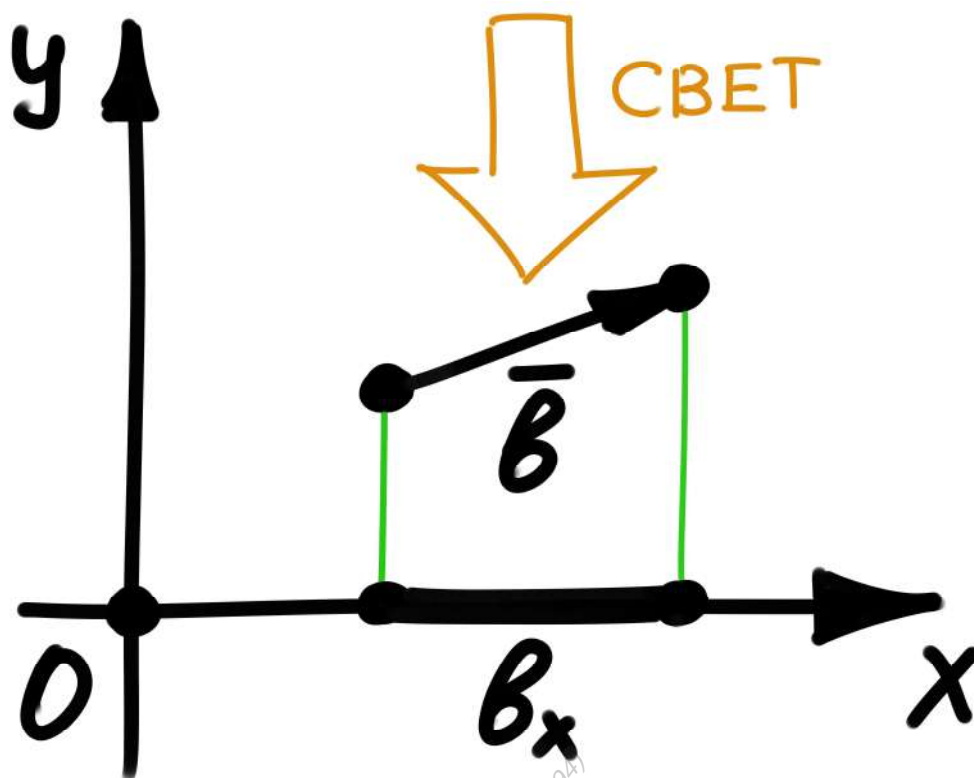


Рисунок 4 – Пример для **Проекция вектора:** на Oх

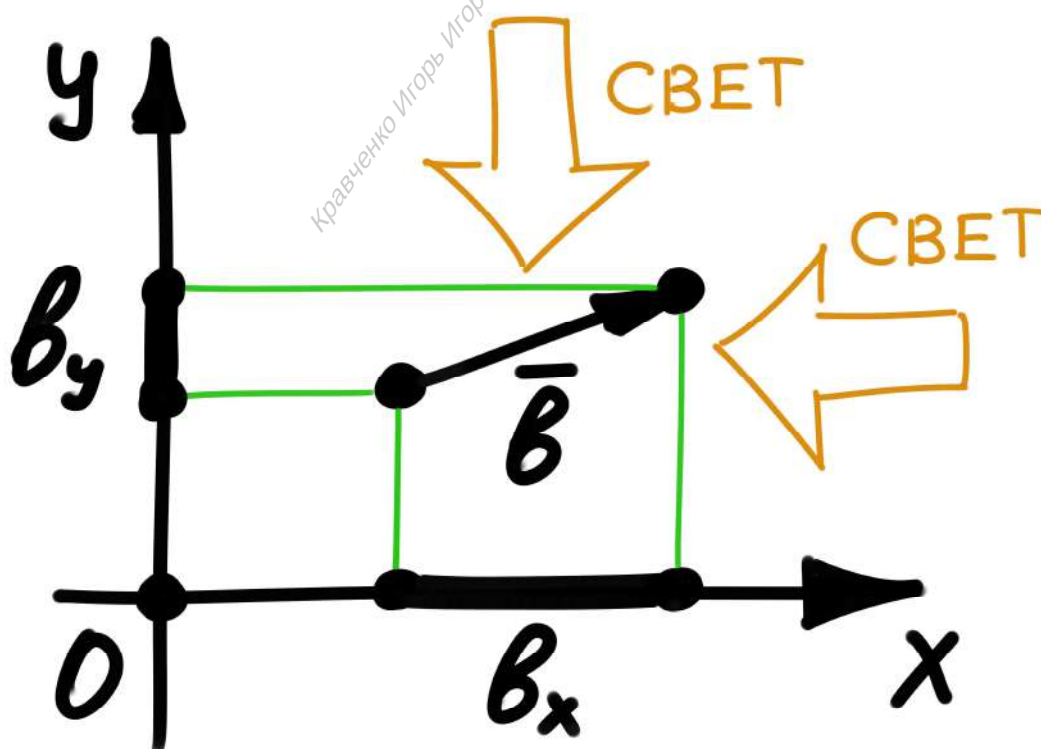


Рисунок 5 – Пример для **Проекция вектора:** на две оси





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

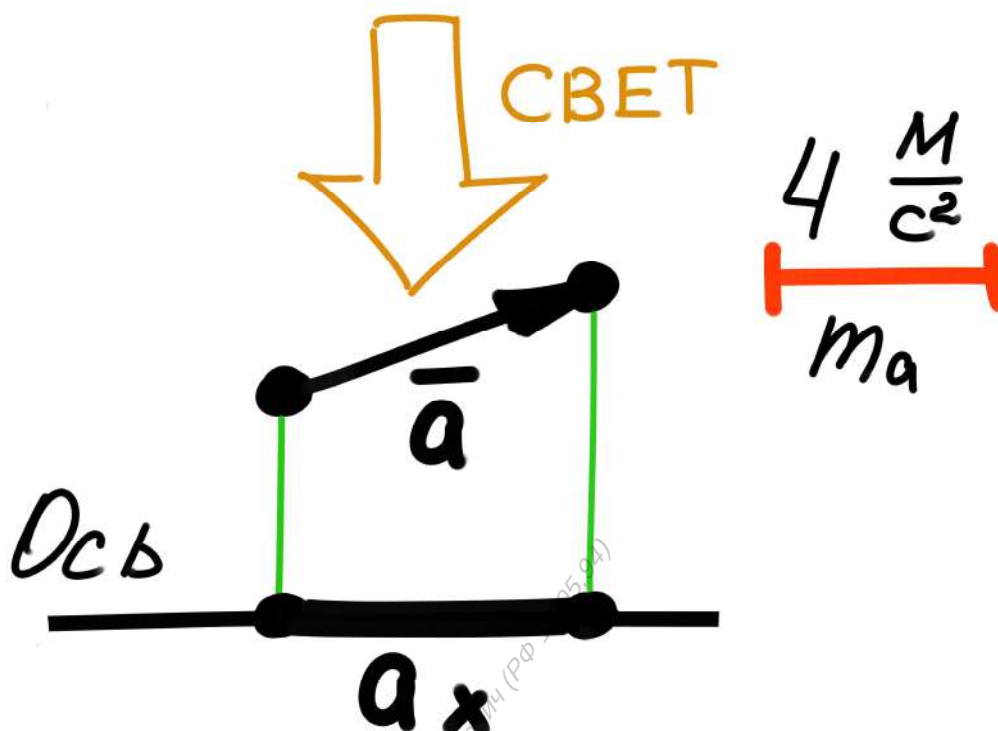


Рисунок 6 – Пример для **Проекция вектора** (**математически**): около $+6 \text{ м/с}^2$ или -6 м/с^2 (видно, масштабный отрезок меньше проекции)

Знак проекции вектора:

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



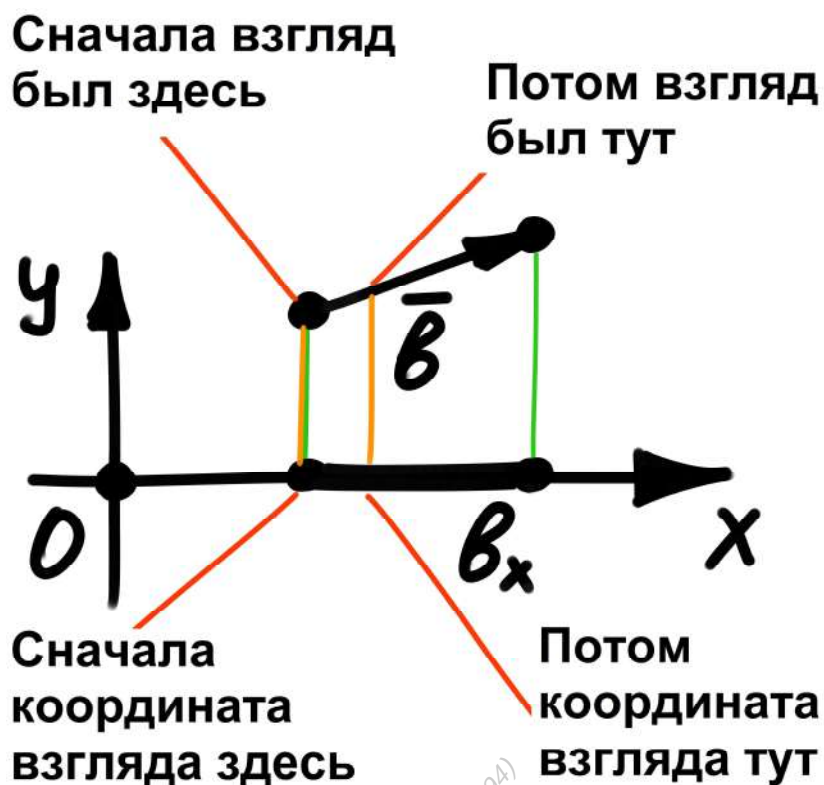


Рисунок 7 – Пример для Знак проекции вектора: «+»

«-», 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).

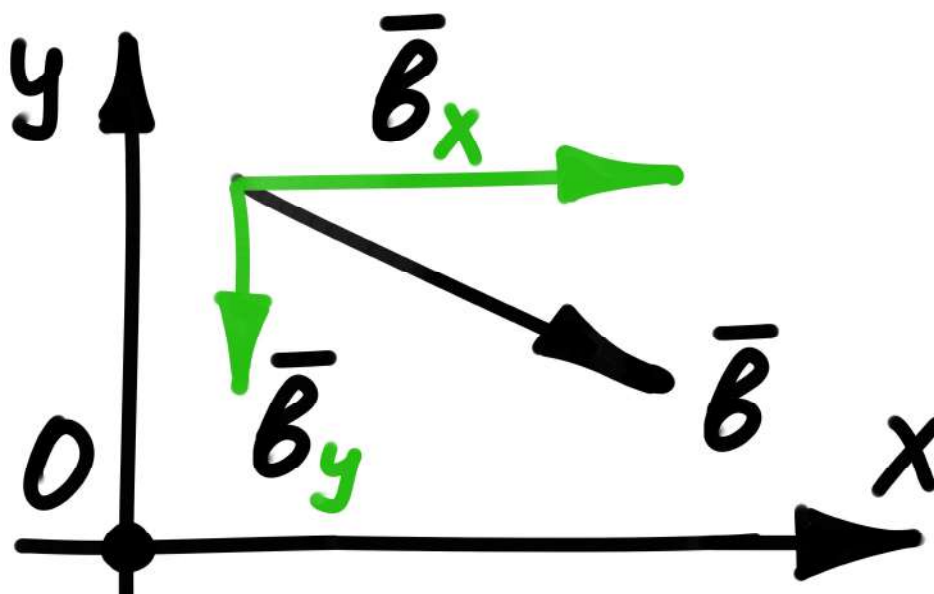


Рисунок 8 – Пример для Разложение вектора: $\bar{b}_x \leftarrow \bar{b} \rightarrow \bar{b}_y$





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):

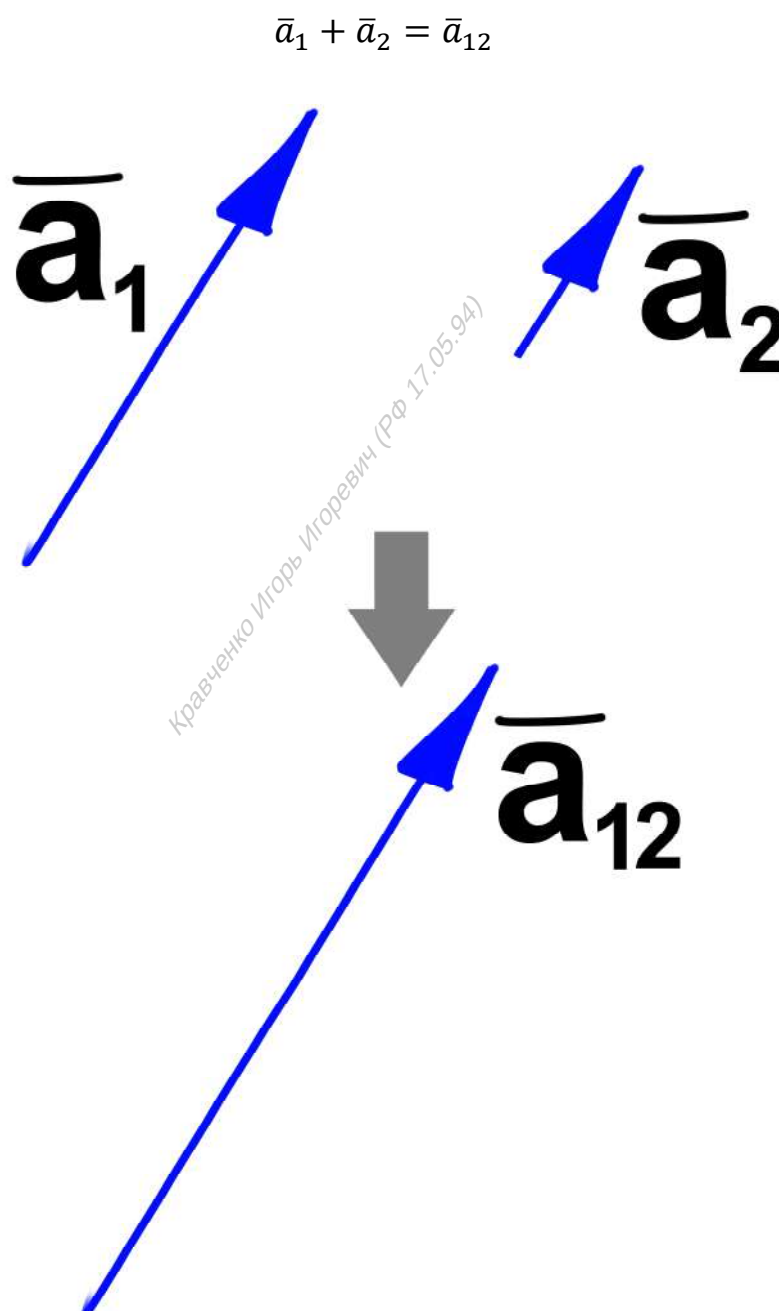


Рисунок 9 – Пример для Параллельные **однонаправленные**: дополняют друг друга





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

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

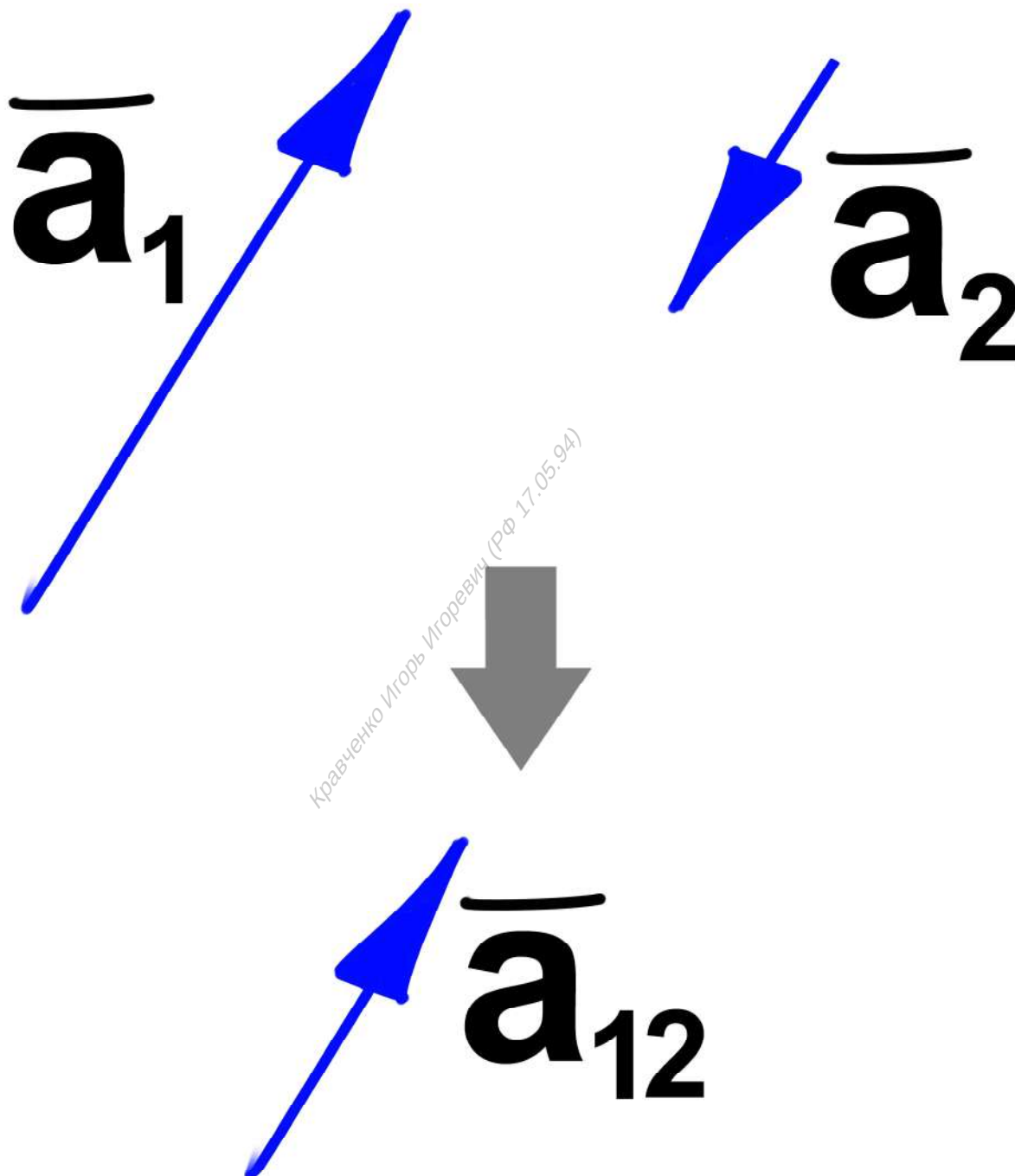


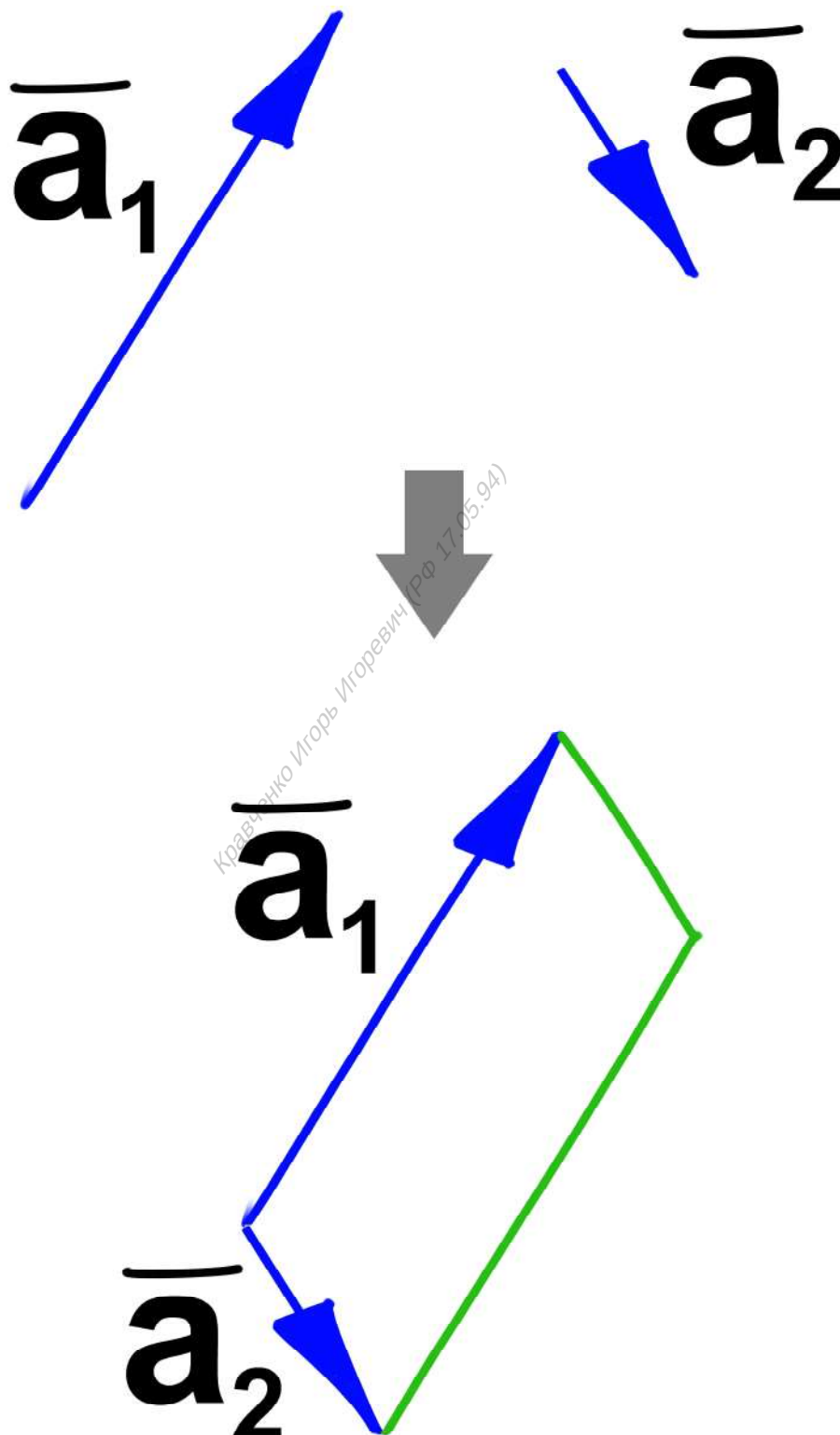
Рисунок 10 – Пример для **Параллельные противонаправленные**: «один уменьшает другого»





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

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



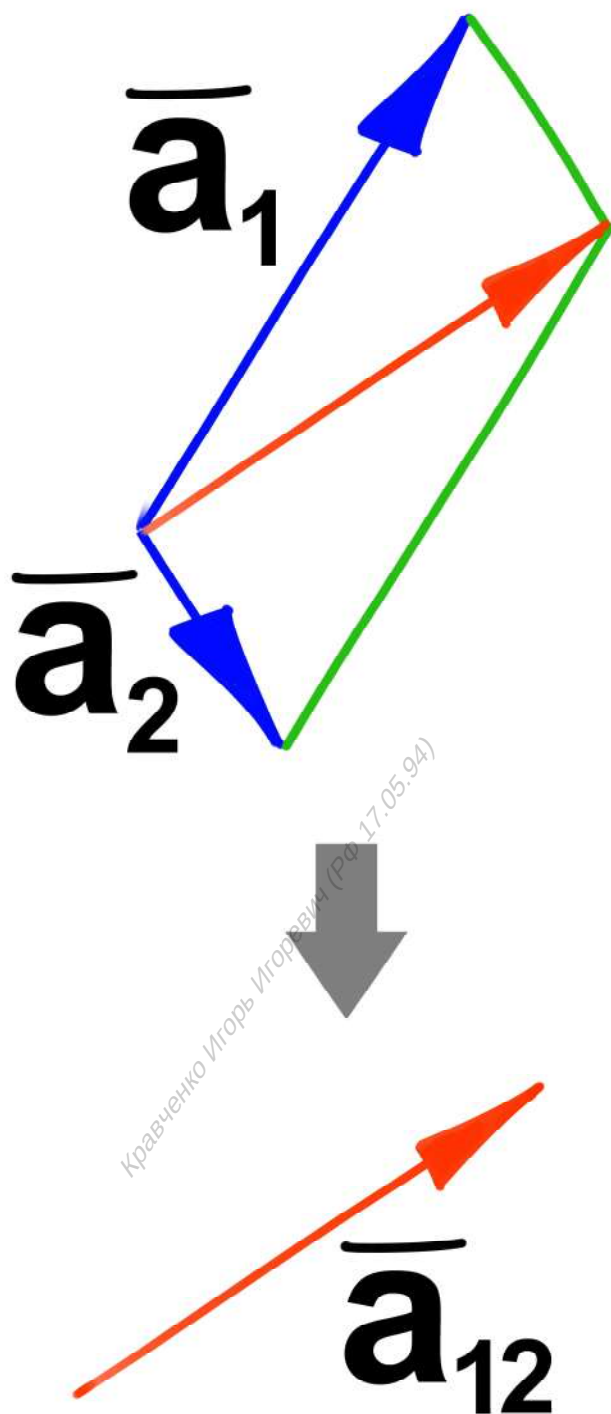


Рисунок 11 – Пример для **Разнонаправленные**: диагональ параллелограмма





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



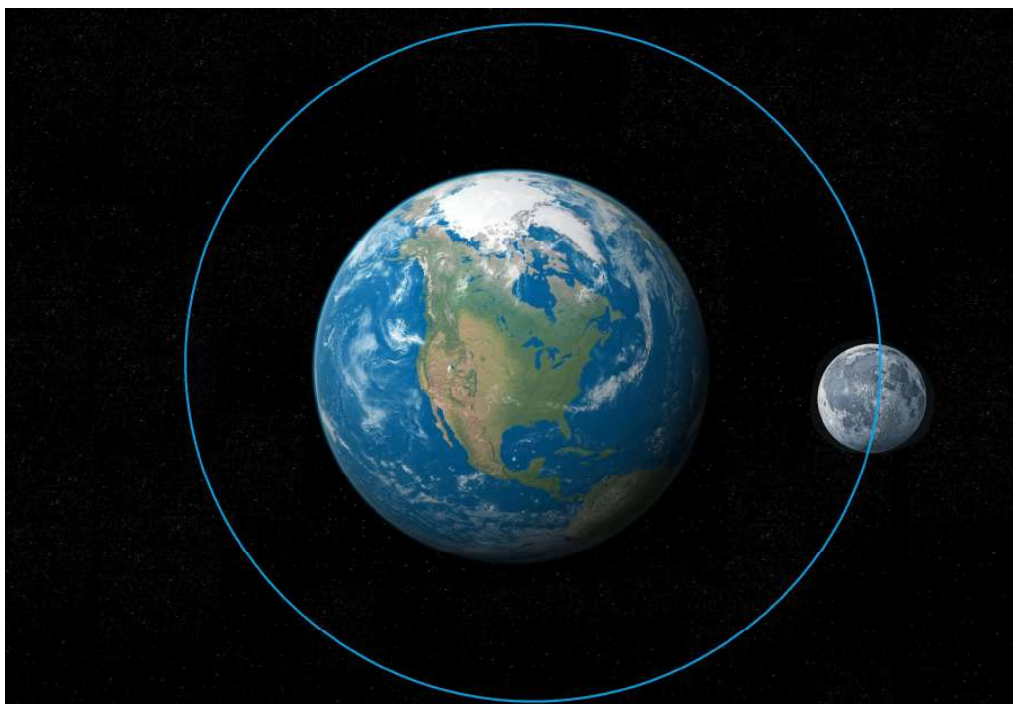


Рисунок 13 – Пример для **Механическое движение**: **наблюдаемое** тело = Луна; **другое** тело = Планета Земля

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

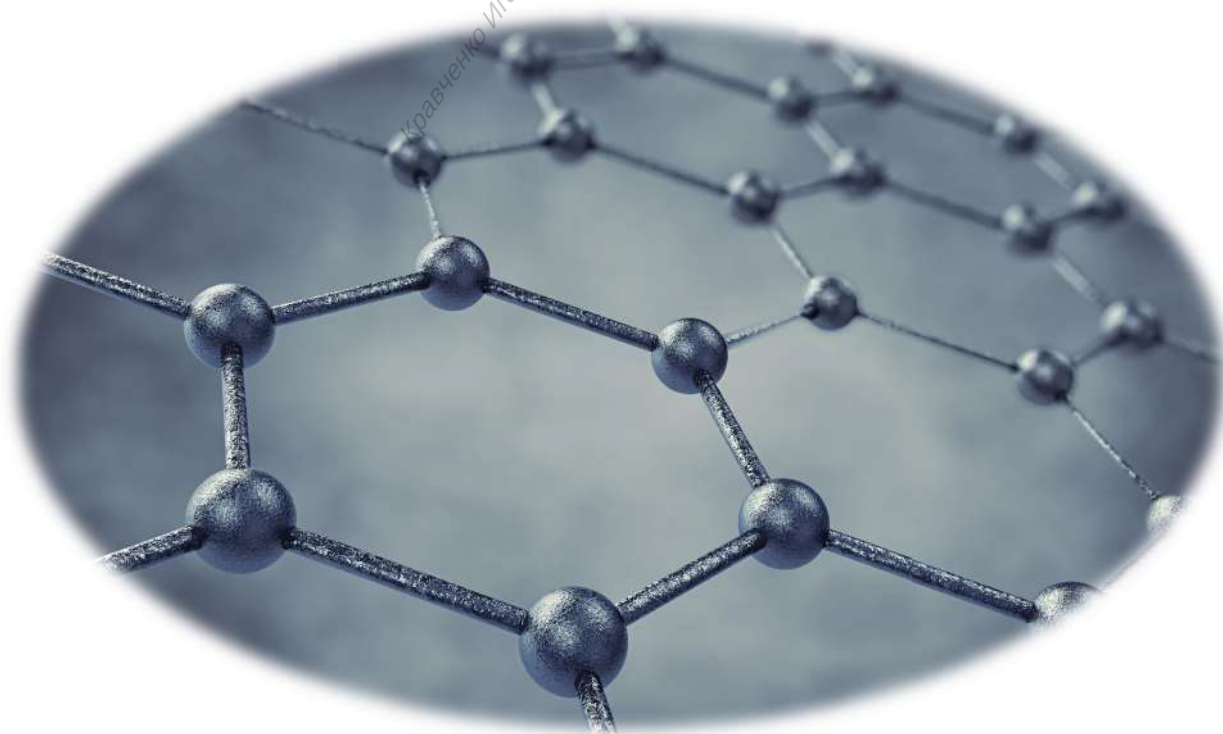


Рисунок 19 – Пример для **Наблюдатель+СО**: взгляд наблюдателя, прикрепленного к СО «атомы» (наблюдатель = часть СО, взгляд наблюдателя = взгляд СО)





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

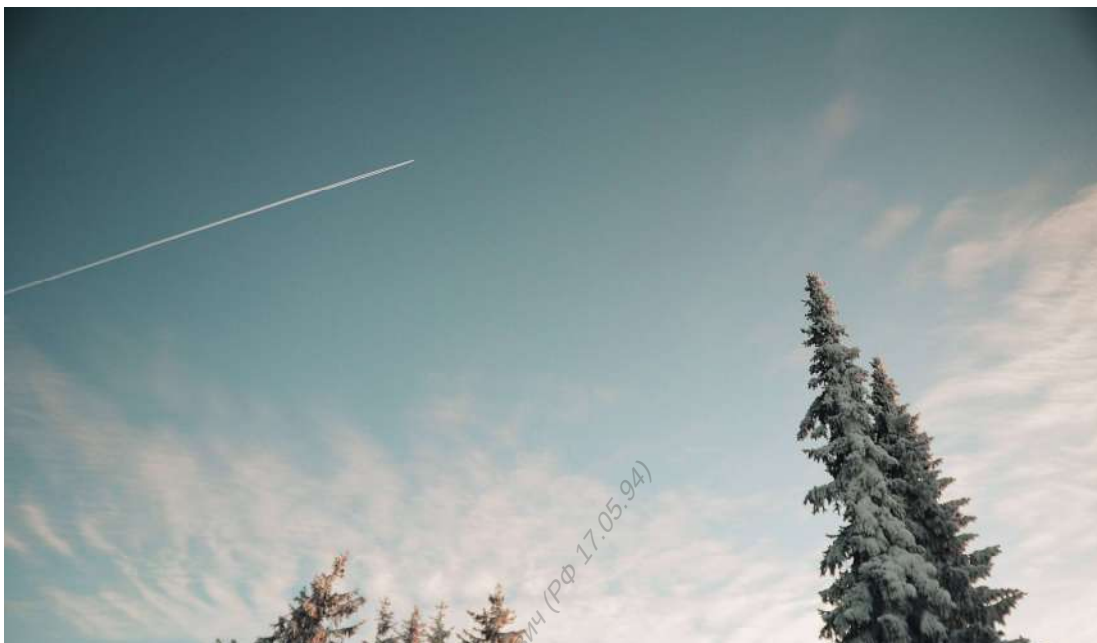


Рисунок 20 – Пример для **Материальная точка**: тут размеры тела не важны



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 проходимся 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

Кравченко Игорь Игоревич





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)

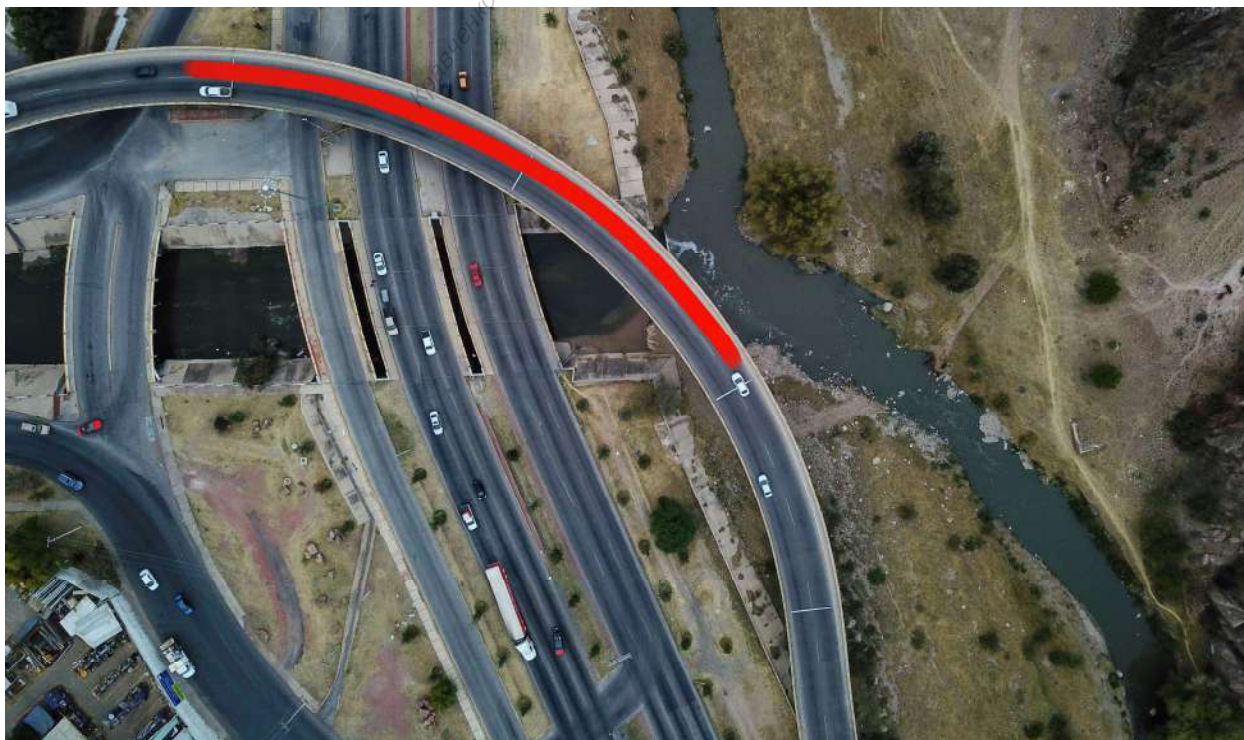


Рисунок 4 – Пример для **По окружности**: на круглом повороте, сохраняя скорость постоянной





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)

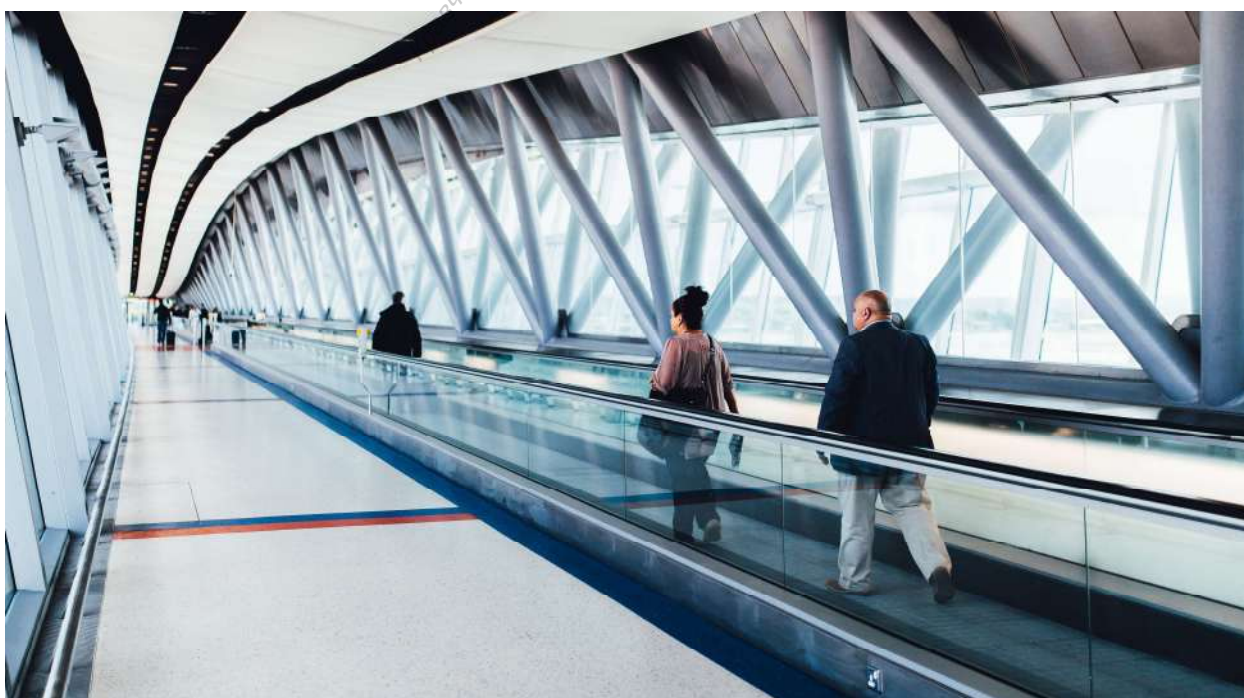


Рисунок 12 – Пример для **Закон сложения скоростей**: человек двигается по эскалатору туда, куда и сам эскалатор движется (на верхний этаж)





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

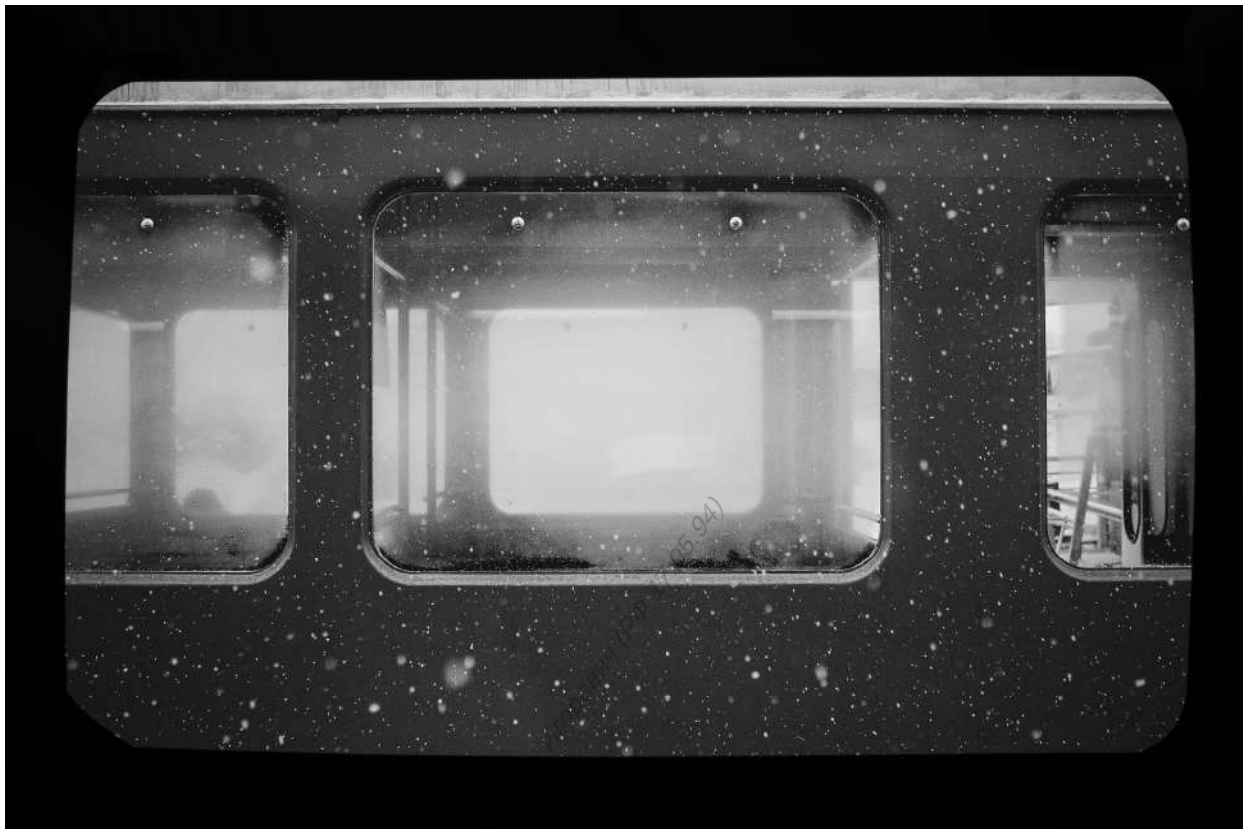


Рисунок 13а – Пример для **Закон относительной скорости**: непонятно, какой поезд едет

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).

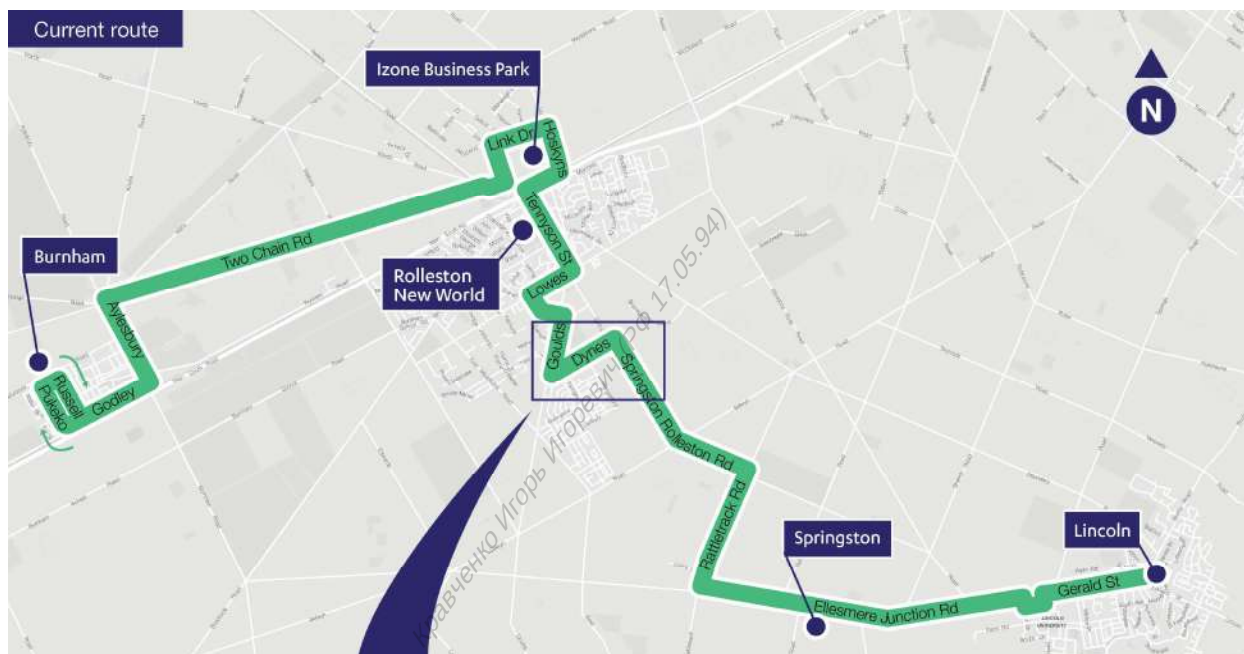


Рисунок 15 – Пример для **Средняя скорость**: проехать все **без остановок** **равномерно** за «привычное» время





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)

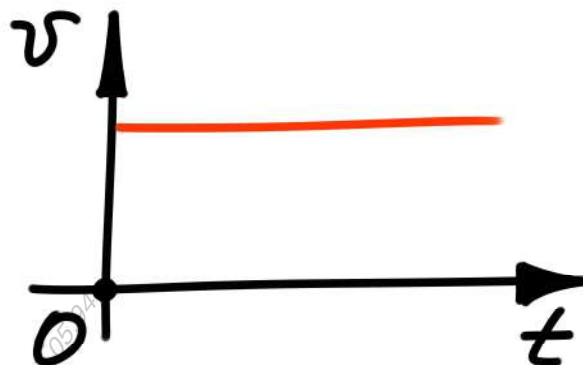


Рисунок 1– Пример для **График механического движения**: тут человек стоит, но его тянет эскалатор. Движение равномерно относительно планеты. Это движение можно описать, например, таким графиком (справа от фото). Жирная **линия** – график. « Y ось» - скорость тела. « X ось» - время наблюдения. Тут видно,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

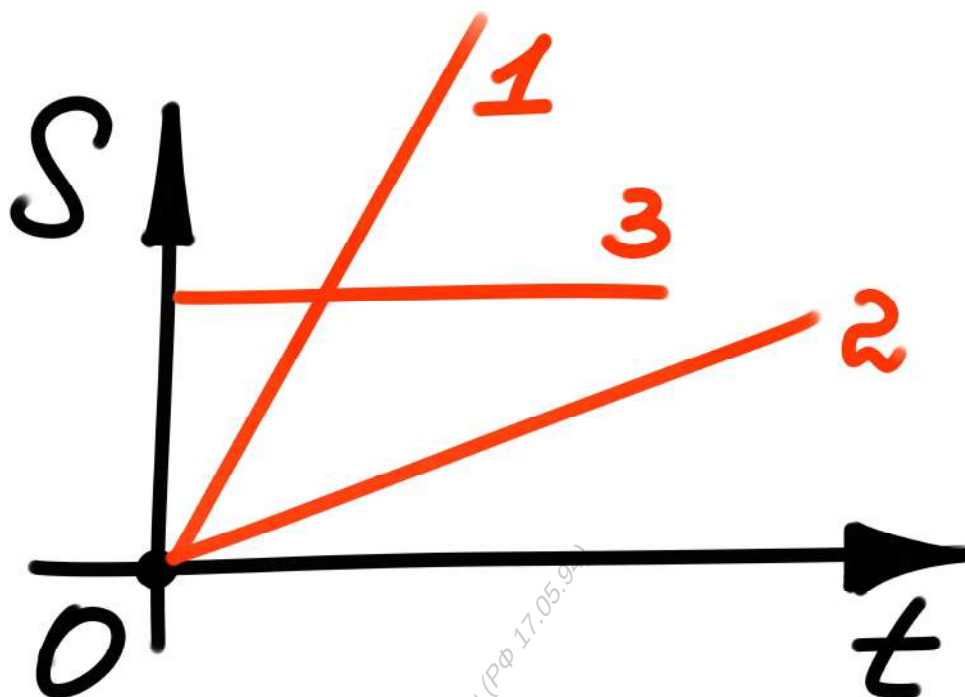


Рисунок 2– Пример для **График пути (РМП): скорость первого тела > второго.**
Третье тело **стоит**, но у него сразу есть пройденный путь вначале

2. График скорости: $v(t)$; (рис.3)

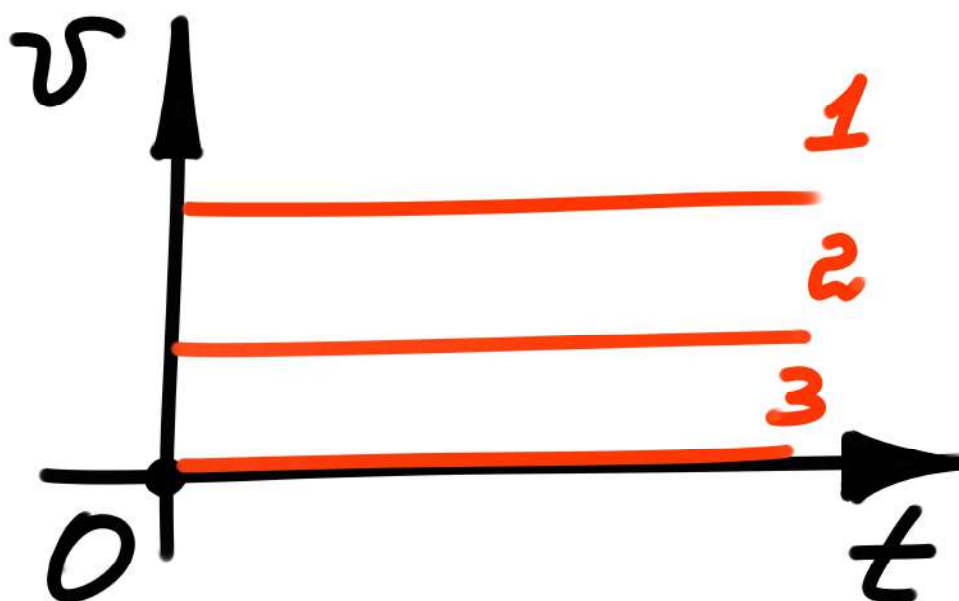


Рисунок 3– Пример для **График скорости (РМП): скорость первого тела больше второго (она выше).** Скорости тел сохраняются. График 3: скорость равна нулю (покой).





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

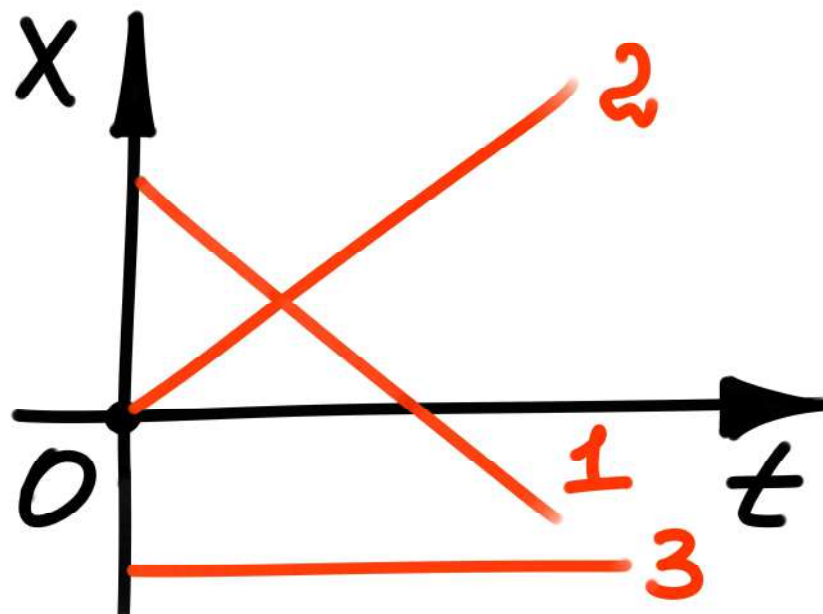


Рисунок 4 – Пример для **График координаты (РМП)**: первое тело в 0 сек. в области положительных координат; далее двигается в сторону области отрицательных координат.

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)

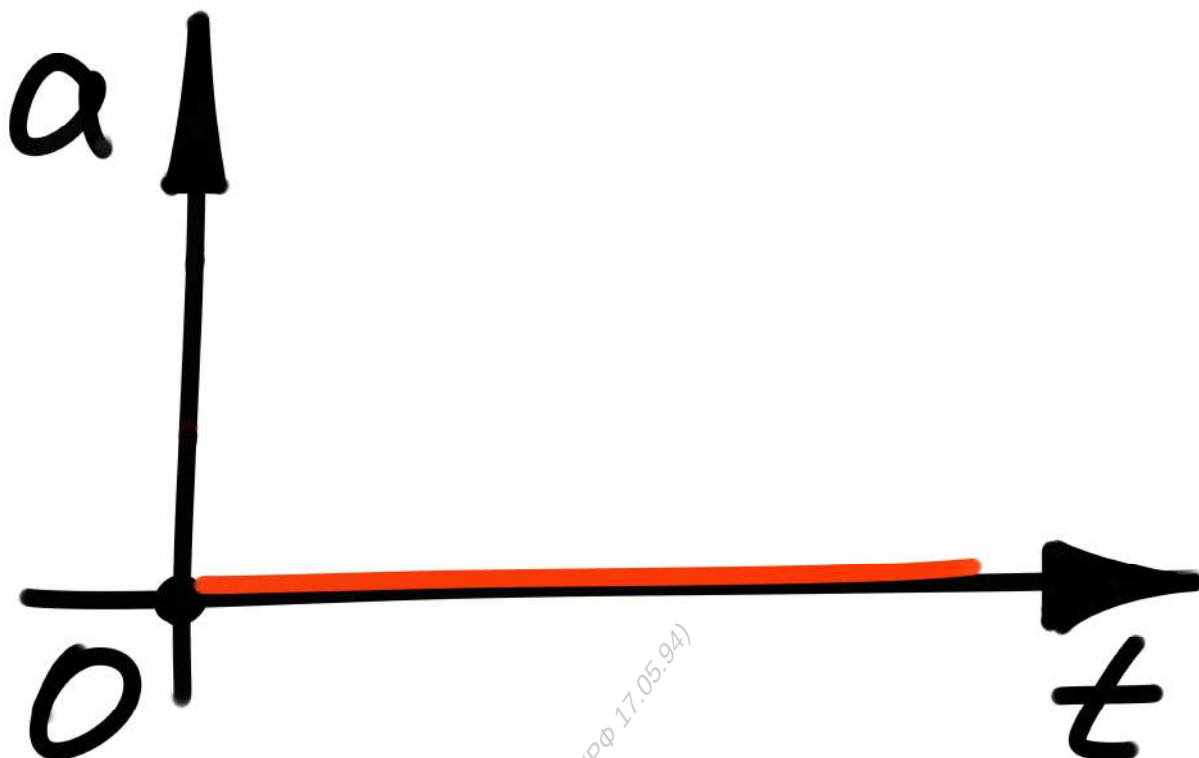


Рисунок 6— Пример для **График ускорения (РМП):** ускорения нет

Кравченко Игорь Игоревич (РФ 17.05.94)





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)

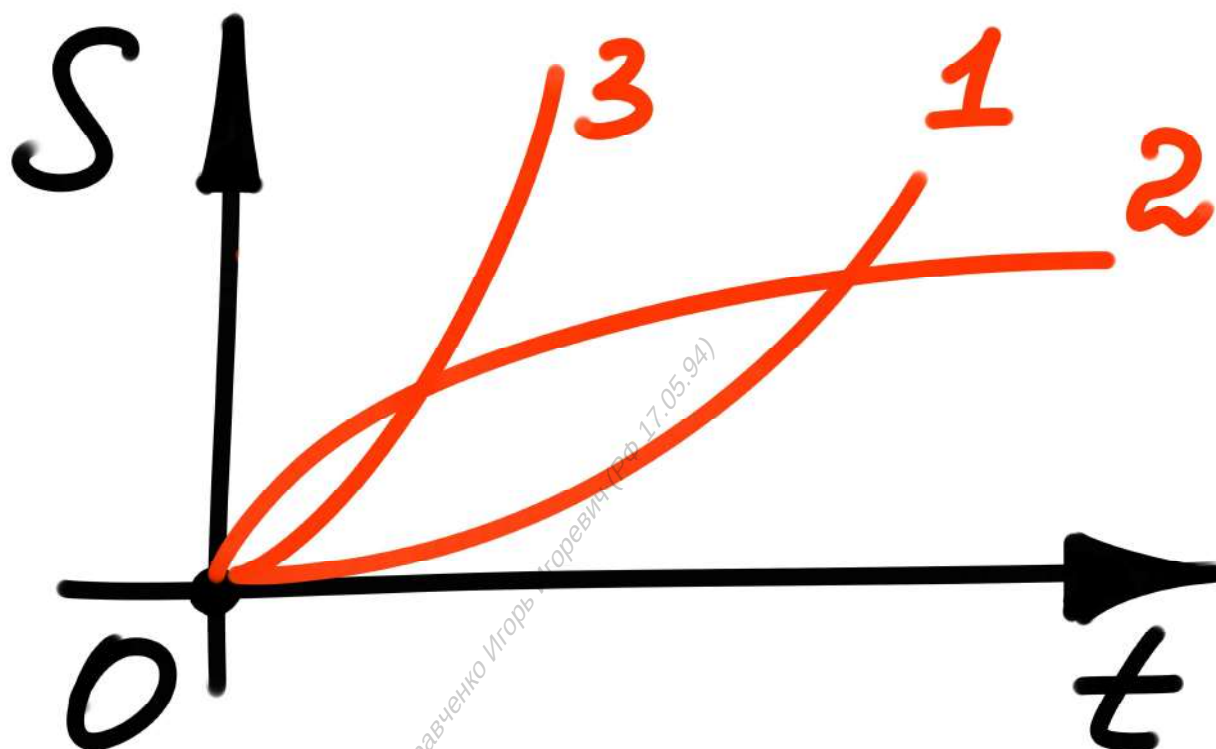


Рисунок 7 – Пример для **График пути (РПП):** графики **изогнутые**. Тело №1: сначала «неохотно» путь проходится, а потом все больше и больше путь проходится (это признак того что скорость «сначала» меньше, чем скорость «потом»; ускорение разгоняет тело). Тело №2 наоборот: сначала «охотно» путь проходится (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)

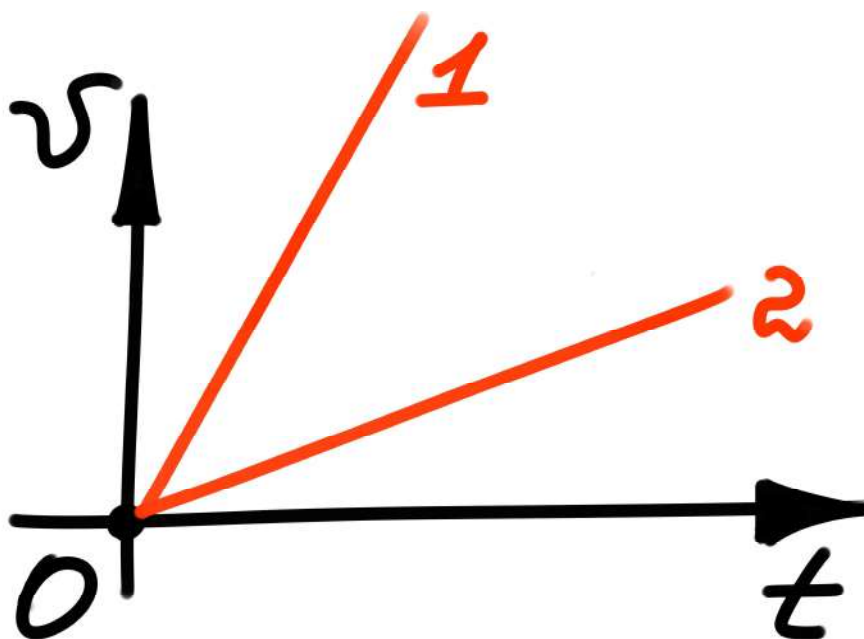


Рисунок 8 – Пример для **График скорости (РПП)**: кстати, **ускорение первого тела больше ускорения второго** (скорость меняется лучше/быстрее). Видно, ускорения каждого графика постоянны для любого промежутка времени (за любой одинаковый промежуток времени скорость меняется одинаково): то, что нужно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

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

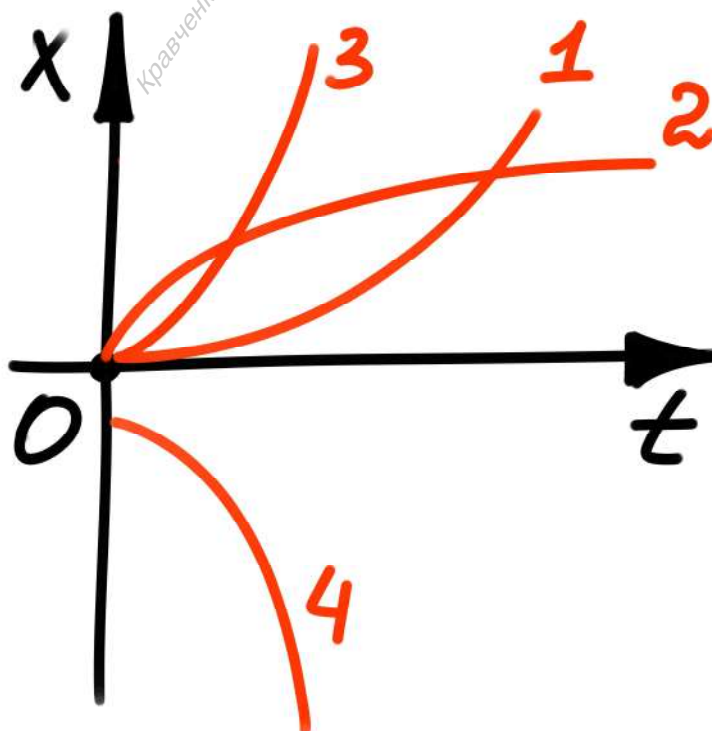


Рисунок 9– Пример для **График координаты (РПП)**: итак, **тела №1, №2, №3 начинают из координаты «0»**





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

4. График ускорения: $a(t)$. (рис.11)

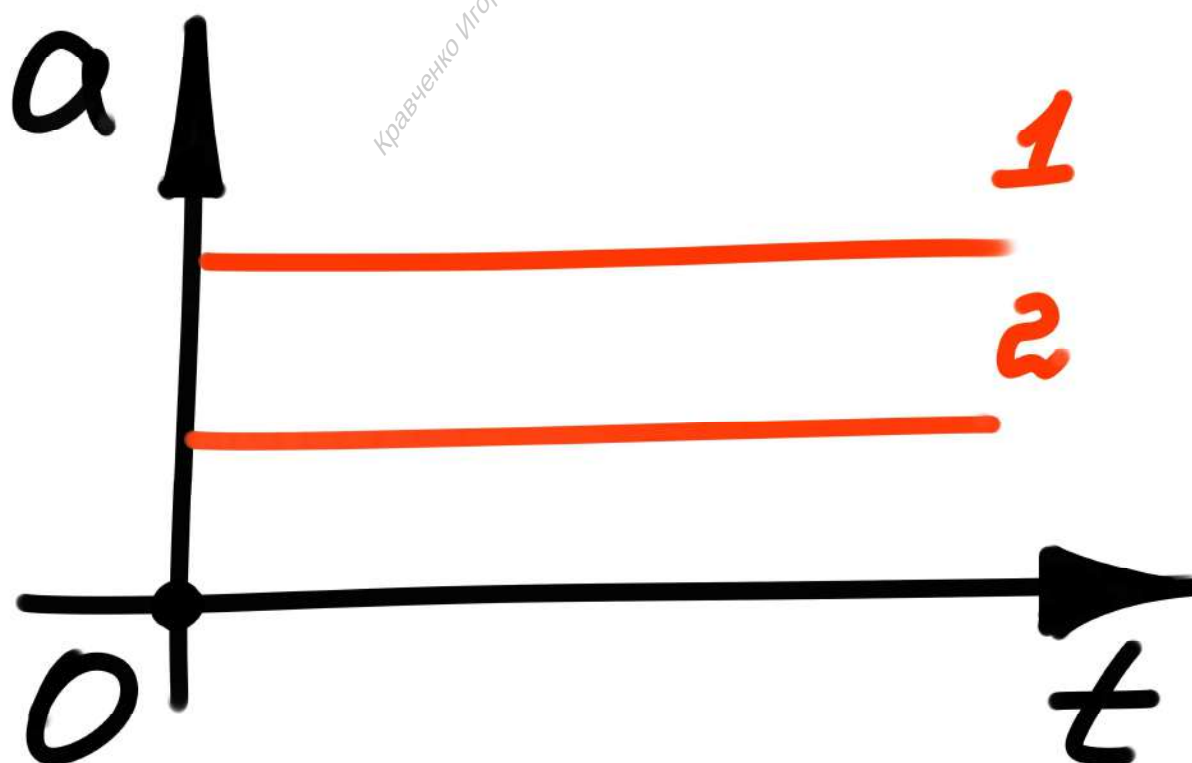


Рисунок 11– Пример для **График ускорения (РПП)**: тело «1» лучше меняет скорость





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

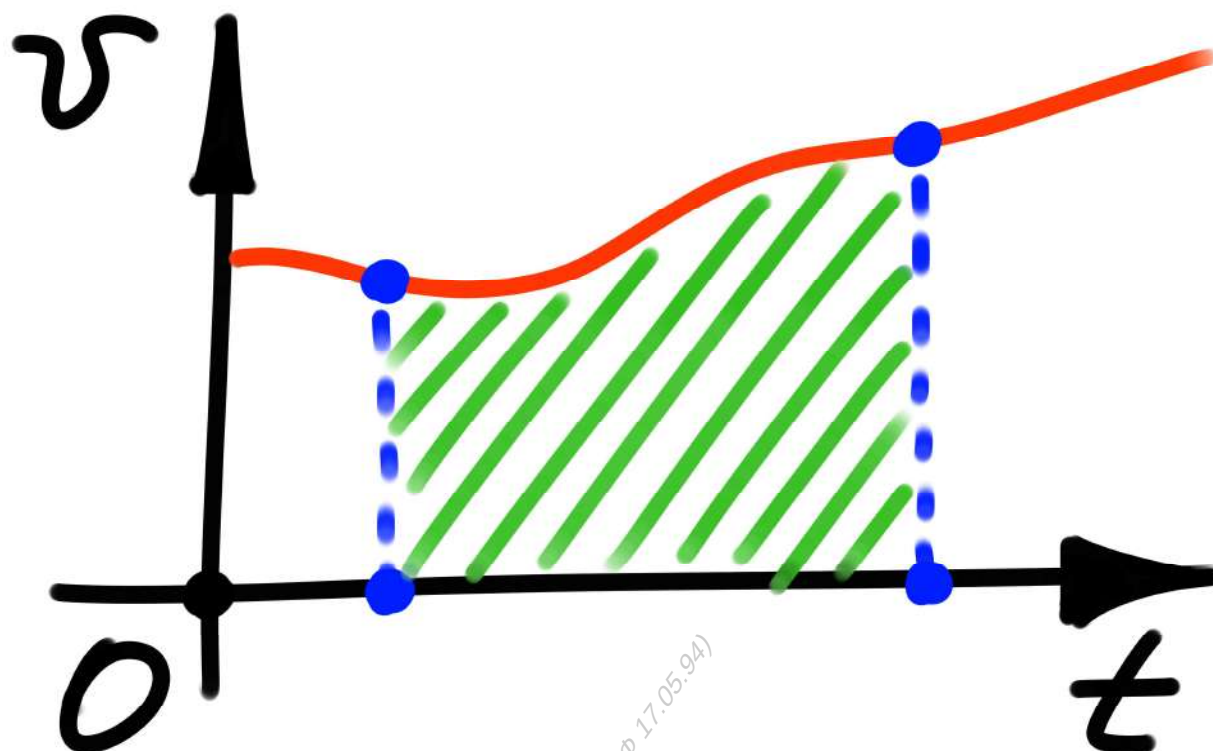


Рисунок 12– Пример для **Графическое определение пути**:
на любом промежутке **путь = площадь** фигуры **между графиком и осью «t»**

Кравченко Игорь Игоревич (РФ 17.05.94)





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

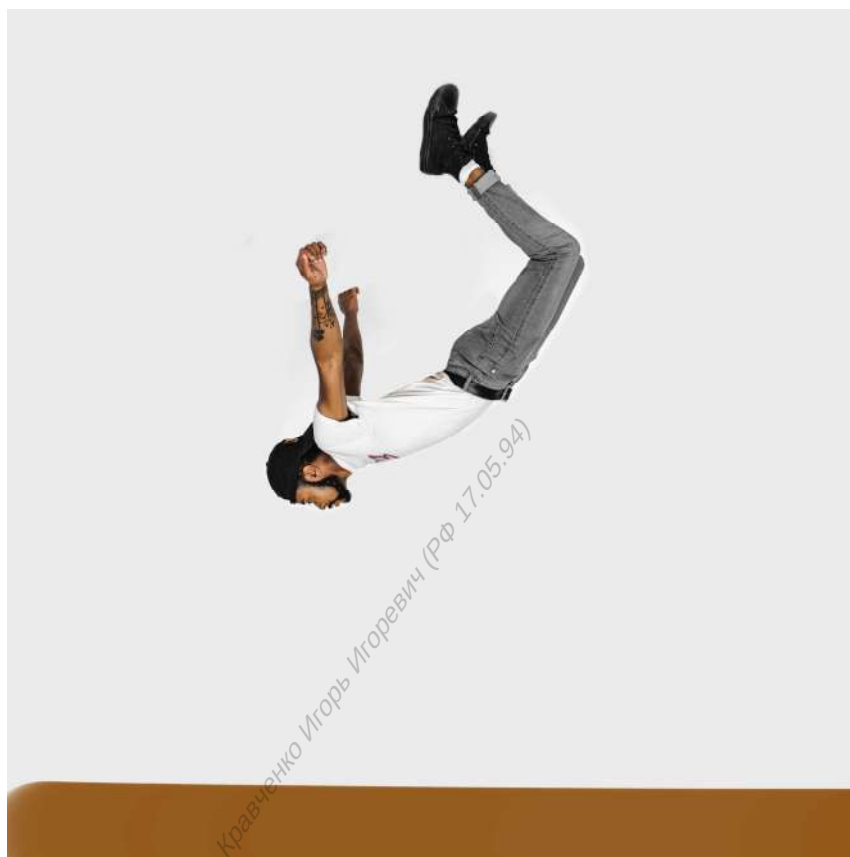


Рисунок 1 – Пример для **Свободное падение**: поверхность земли близко;
только планета влияет на человека

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)

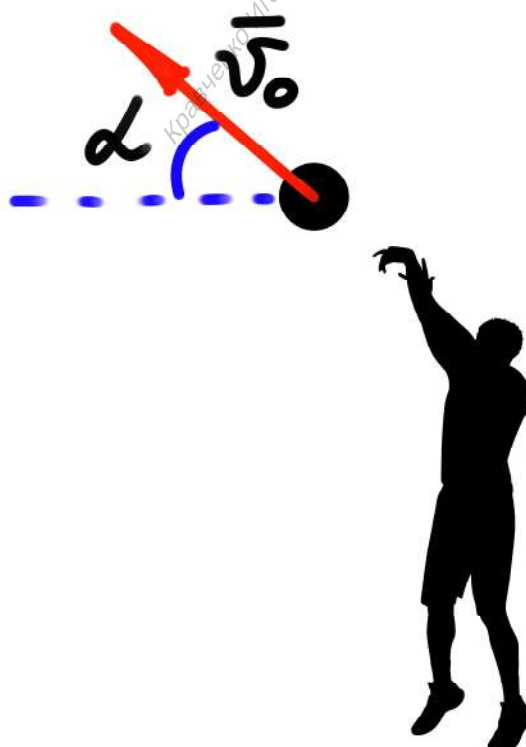


Рисунок 3 – Пример для **Движение тела, брошенного под углом к горизонту**: кинул мяч



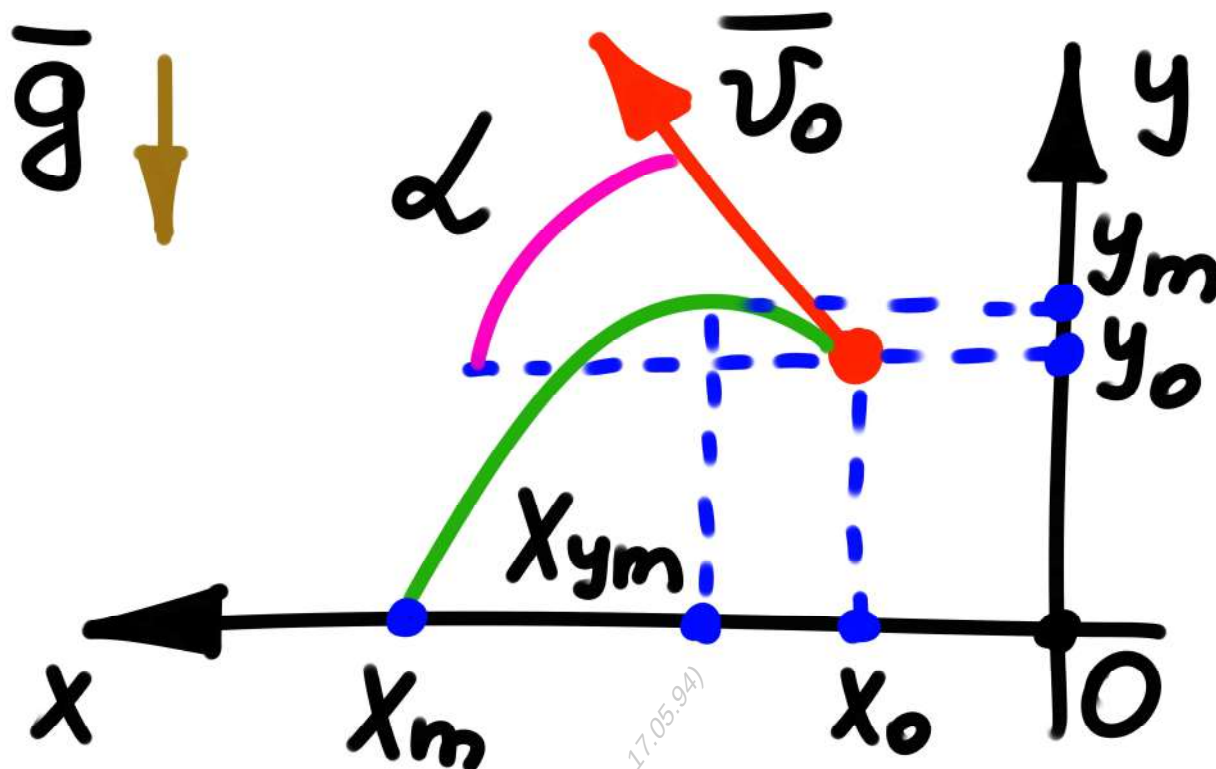


Рисунок 4 – Пример для Движение тела, брошенного под углом к горизонту:

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)

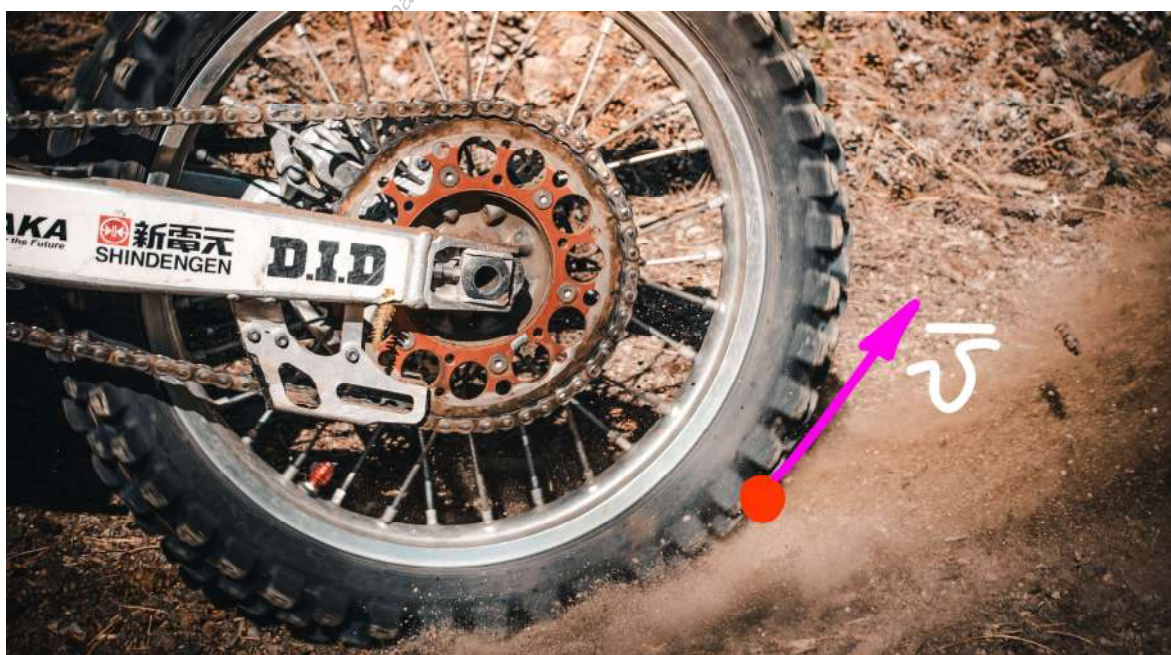


Рисунок 7 – Пример для Касательная (линейная) скорость: точка вращается по часовой стрелке. Скорость направлена туда, куда стремится двигаться точка





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 ($\bar{a}_ц$ [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)

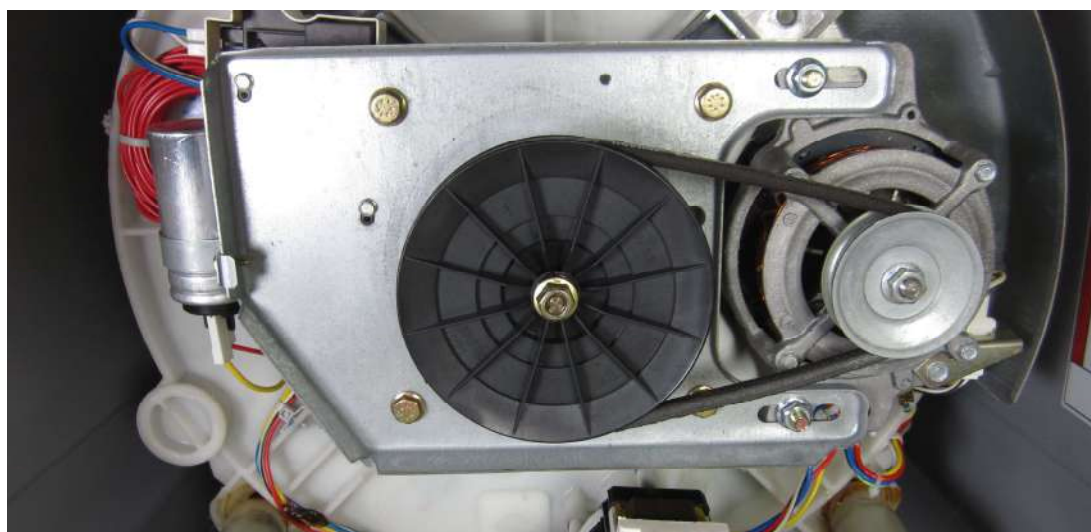


Рисунок 11 – Пример для **Ременная передача**: одно колесо заставляет двигаться другое

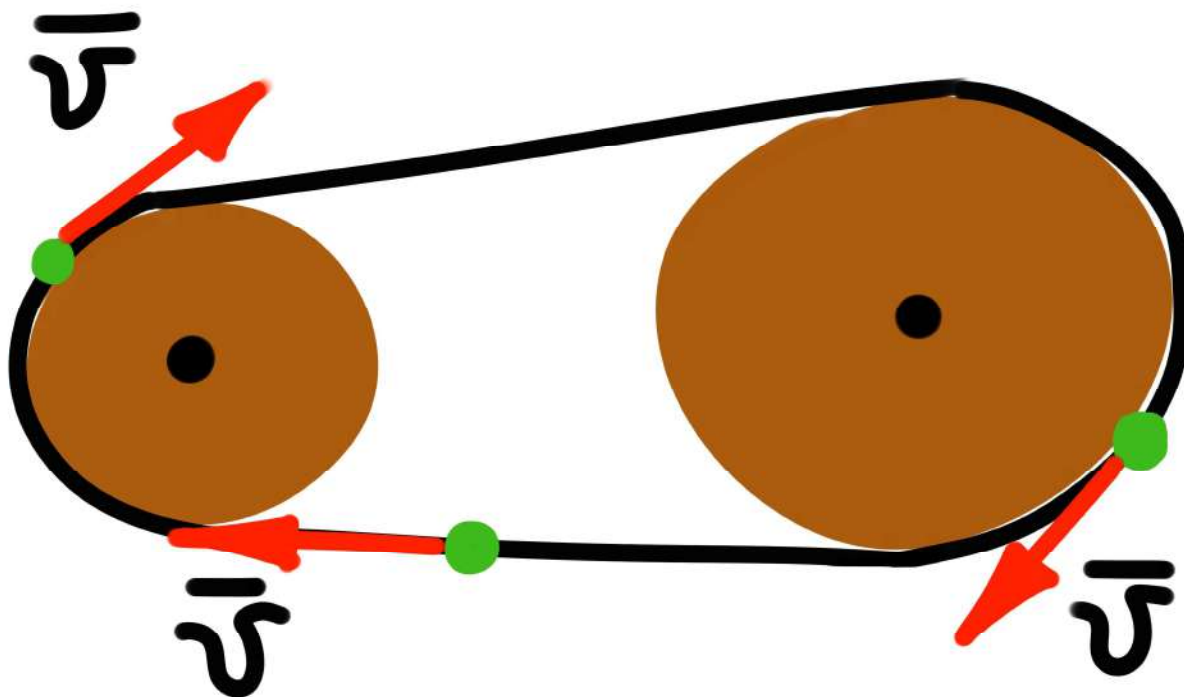


Рисунок 12 – Пример для Ременная передача: «колеса» связаны «ремнем»; все точки ремня движутся с одной скоростью, иначе ремень с одной стороны растягивался, а с другой «собирался»; поэтому скорости вращения внешних точек колес **одинаковы**.

2. Зубчатая передача. (рис.13-14)

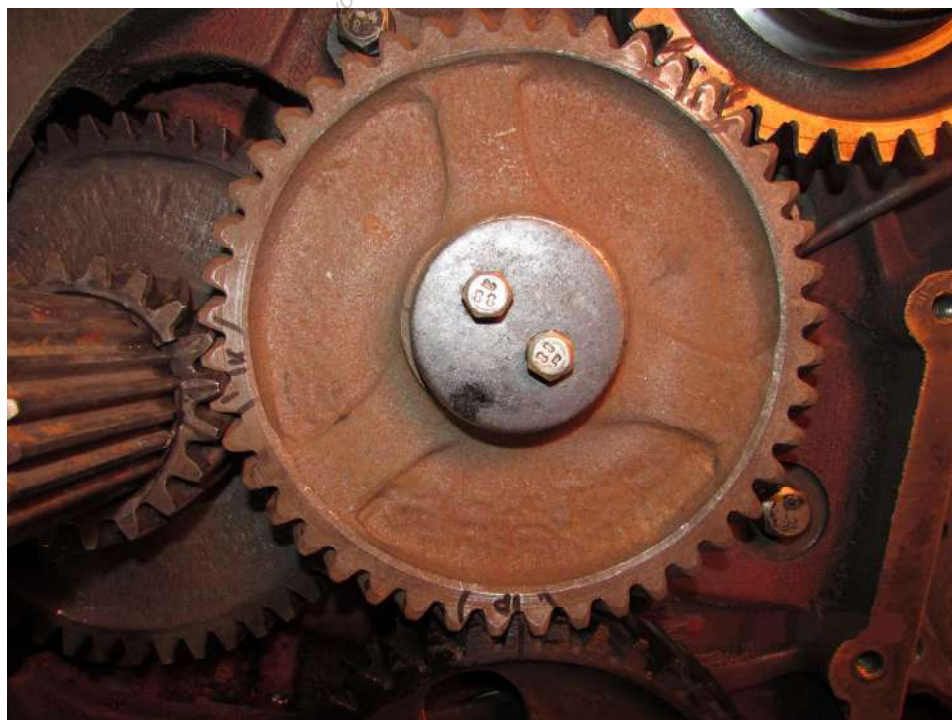


Рисунок 13 – Пример для Зубчатая передача: одно колесо заставляет двигаться другое колесо



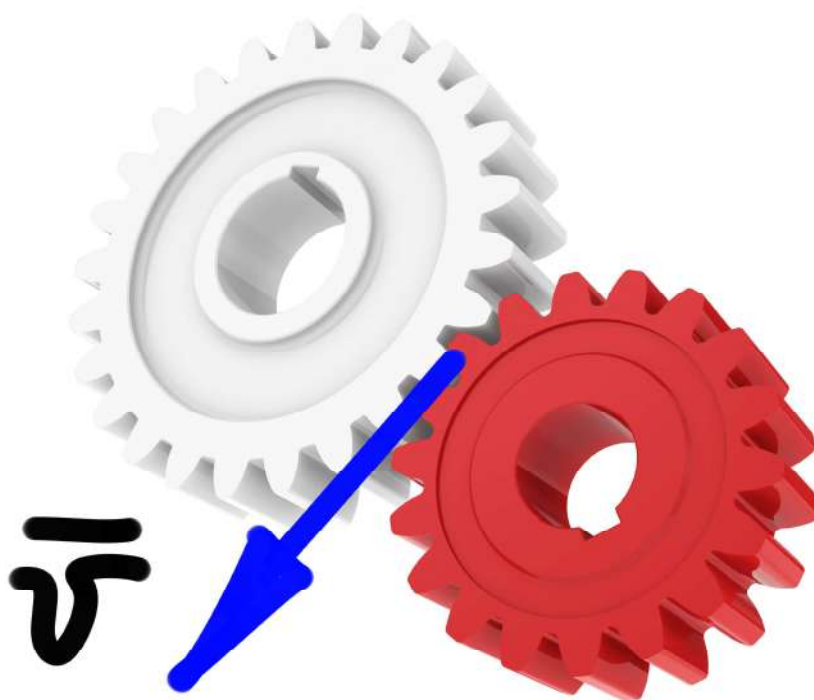


Рисунок 14 – Пример для Зубчатая передача: «**колеса**» связаны **просто**; соприкасающиеся **внешние точки колес** движутся с **одной скоростью**, иначе в месте соприкосновения они бы «проламывали» друг друга; поэтому **скорости вращения внешних точек колес одинаковы**.

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**



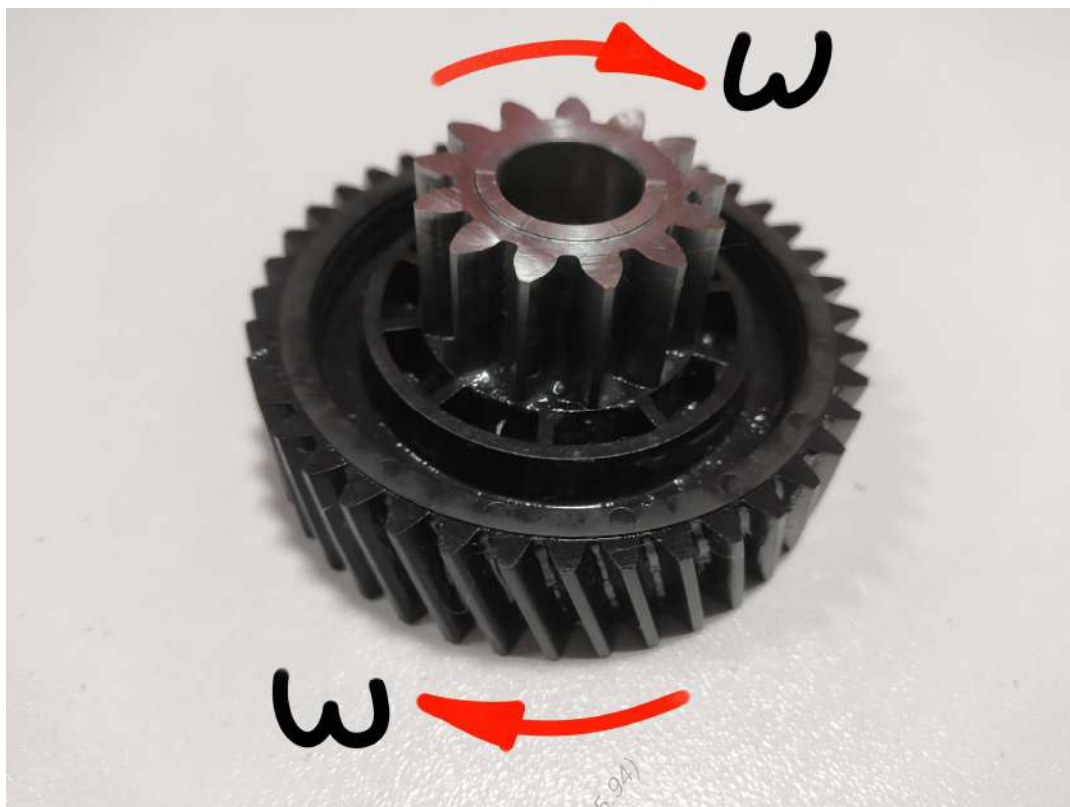


Рисунок 16 – Пример для **Передача на одном валу**: «**колеса**» **склеены**; **внешние точки колес** движутся с **одинаковой угловой!!!** скоростью, иначе они бы оторвались друг от друга





ДИНАМИКА

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

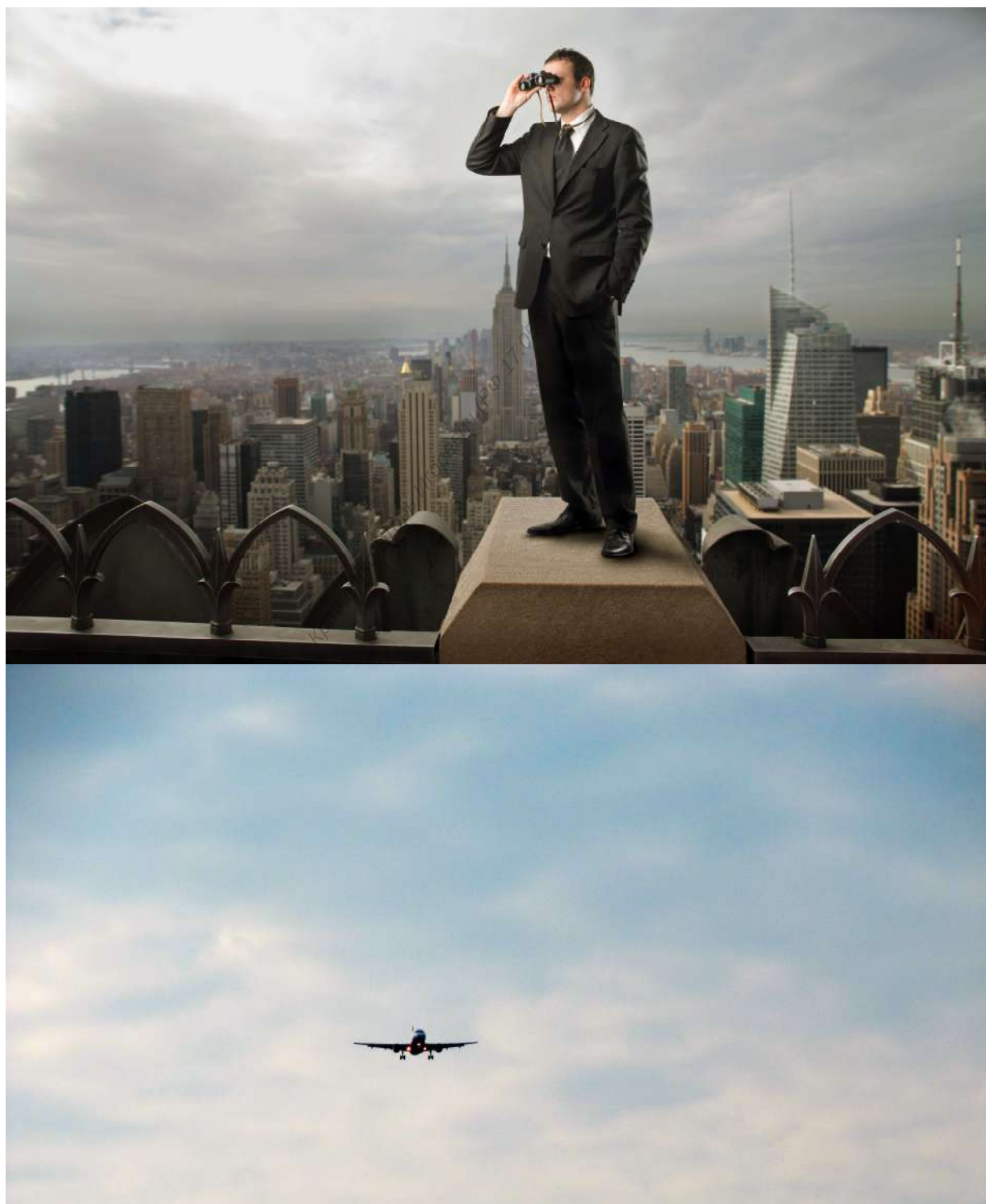


Рисунок 1 – Пример для СО: наблюдатель прикреплен **к дому**, смотрит на **самолет**





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, характеризующееся **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. НЕинерциальная СО (НСО): НЕ выполняется I закон Ньютона. (рис.8)



Рисунок 8 – Пример для НЕинерциальная 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)

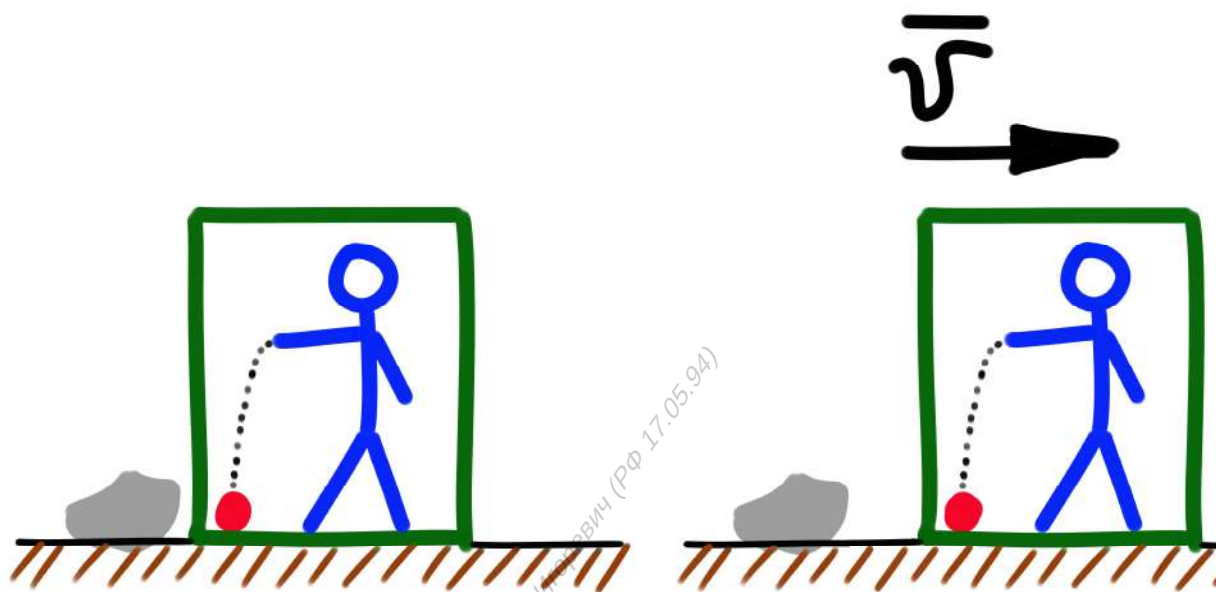


Рисунок 13 – Пример для **Принцип относительности Галилея**: Падение ● в движущейся **равномерно прямолинейно** коробке **не отличить** от Падения ● в стоящей коробке

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



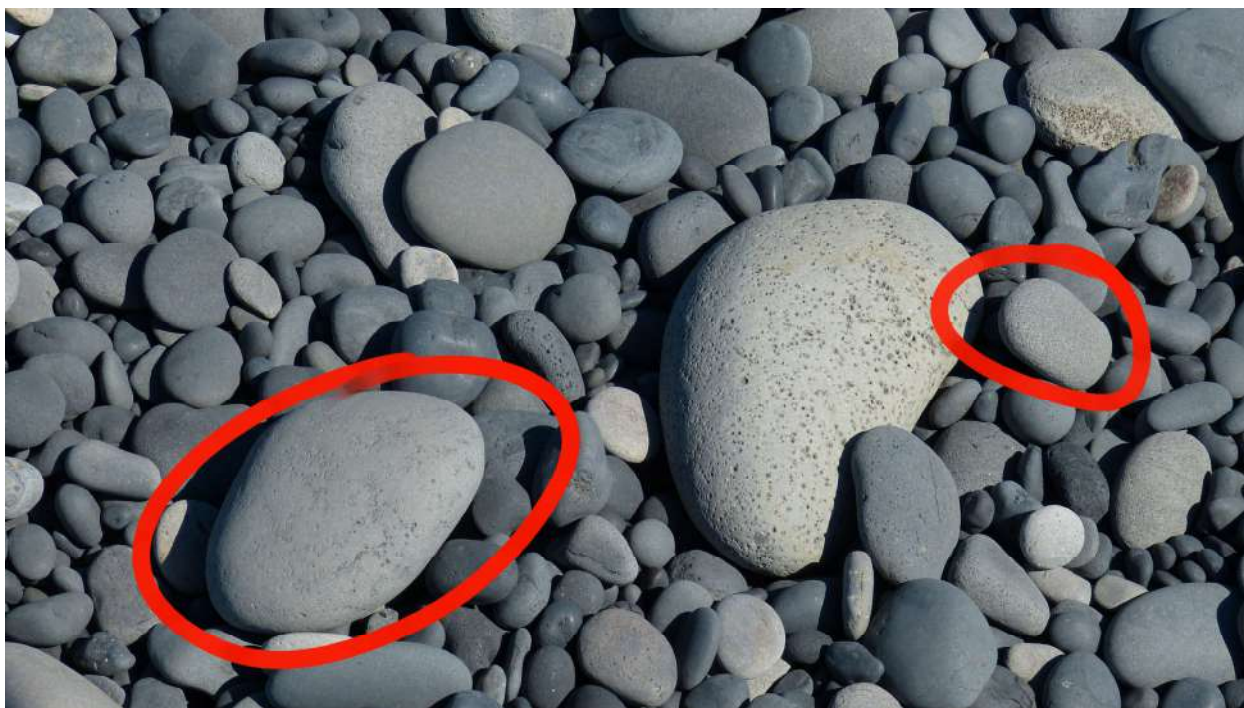


Рисунок 14 – Пример для **Инертность**: «сохранять скорость» = **«сопротивляться изменению скорости»** ⇒ левое большое тело имеет больше инертности, чем правое.

Масса тела (m [кг]):

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

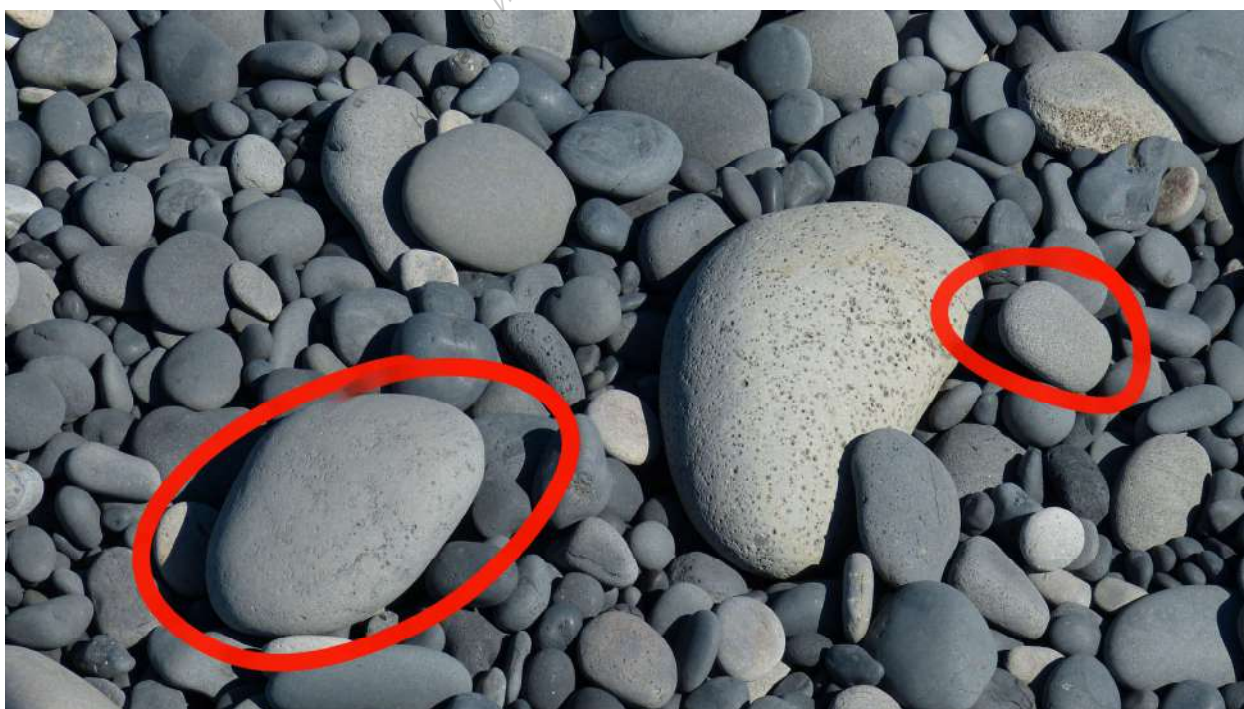


Рисунок 15 – Пример для **Масса(1)**: говоря, что тела одного вещества имеют **разную массу**, мы имеем ввиду, что в них **есть разное количество** этого вещества.





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)

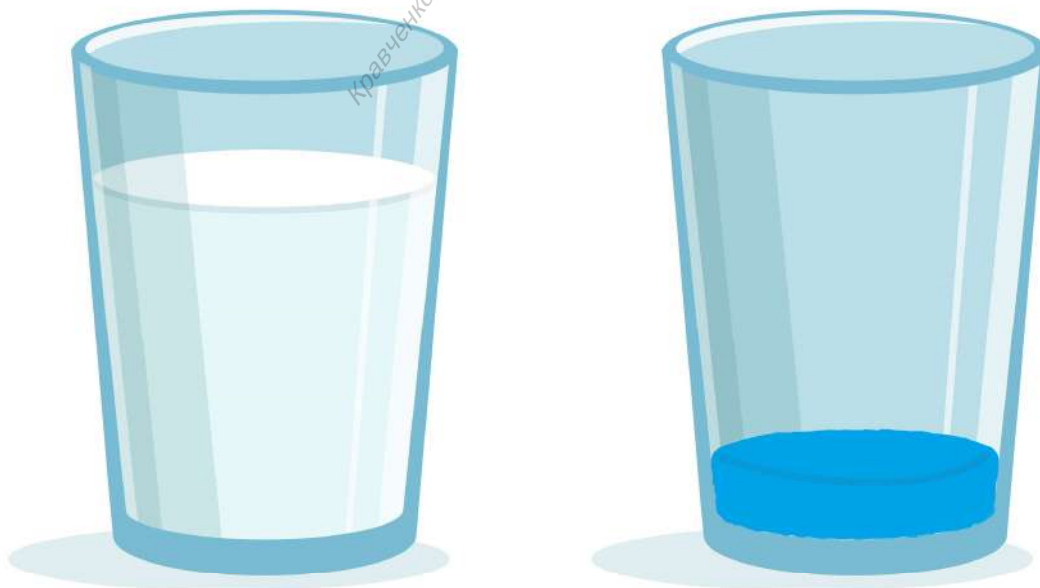


Рисунок 17 – Пример для **Плотность вещества**: слева снег, справа вода из этого снега. **Справа** плотность вещества **больше**: **справа хорошо заполнено пространство**.





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

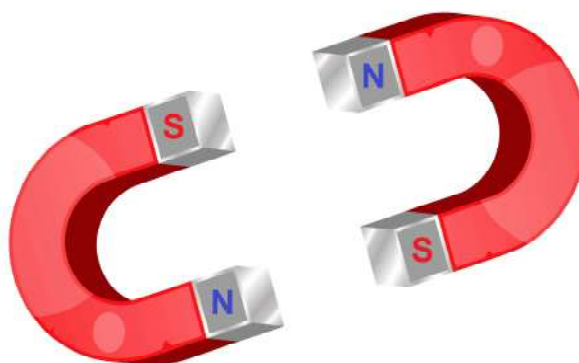


Рисунок 19 – Пример для **Взаимодействие**: Магниты **вливают** на «соседа» ⇒
оба магнита **отползают** от «соседа»

Виды Взаимодействия:

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

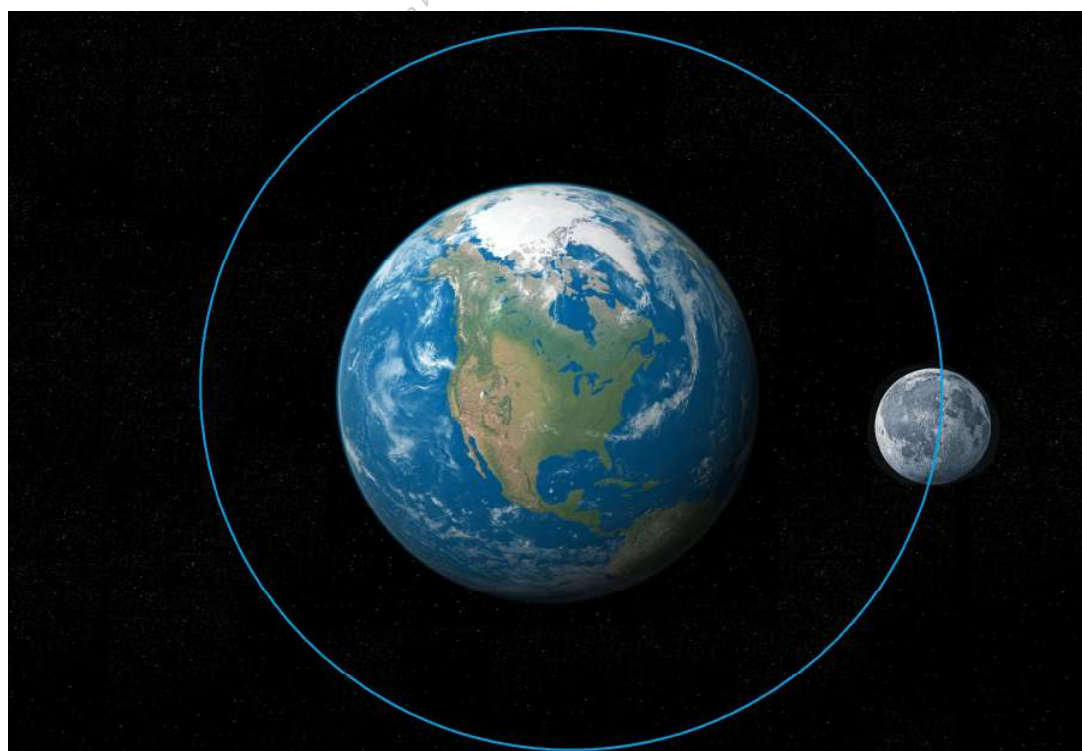


Рисунок 20 – Пример для **Гравитационное**: Планета и спутник удерживаются вместе силами Гравитационного Взаимодействия





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

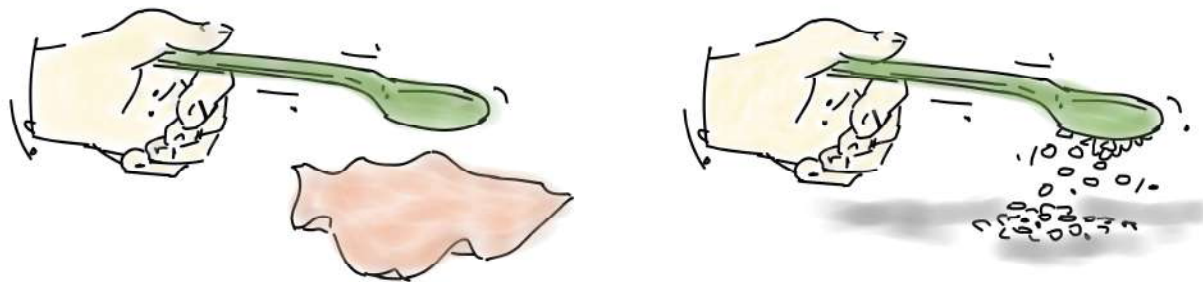


Рисунок 21 – Пример для **Электромагнитное**: ложку натирают о ткань, далее ложка притягивает куски бумаги

3. **Сильное.** (рис.22)

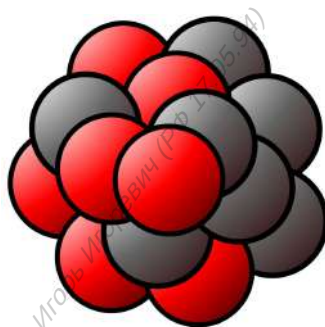


Рисунок 22 – Пример для **Сильное**: держит части ядра

4. **Слабое.** (рис.23)

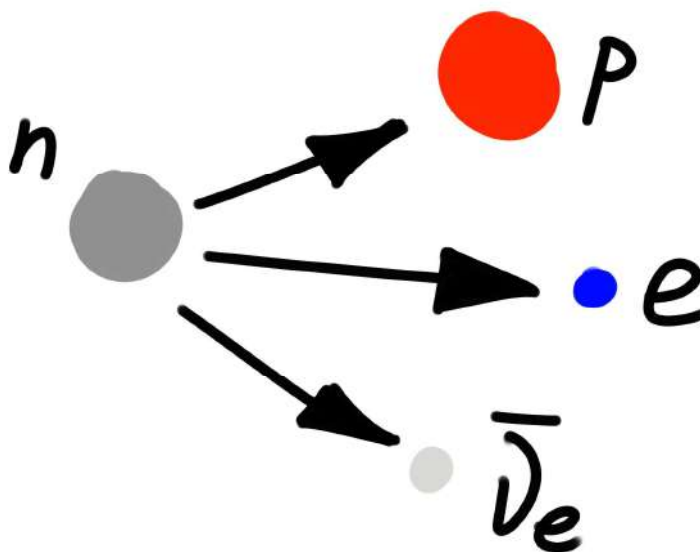


Рисунок 23 – Пример для **Слабое**: между малыми и большими частицами атома





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)

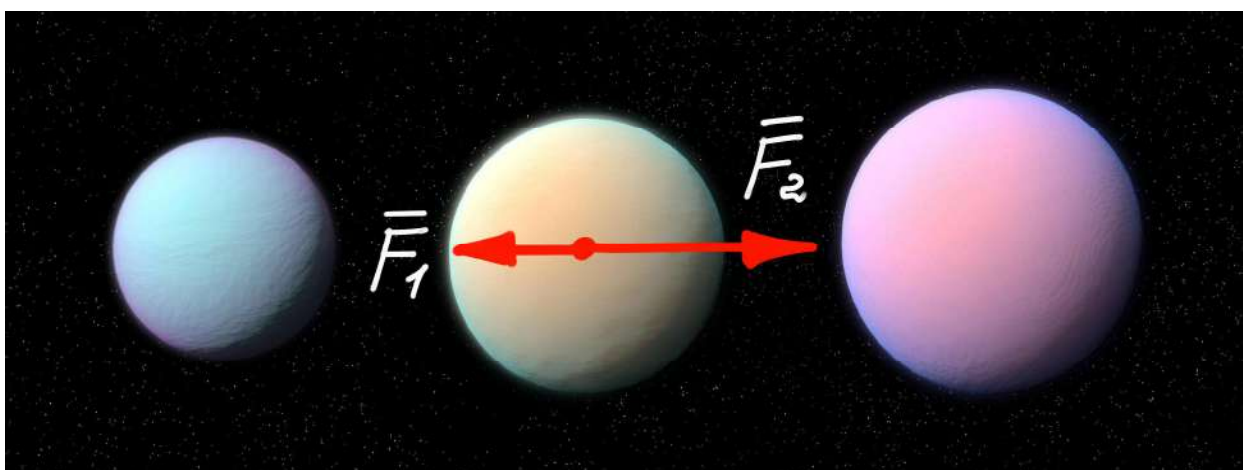


Рисунок 26 – Пример для Принцип суперпозиции сил: **два** влияния на Центральное тело



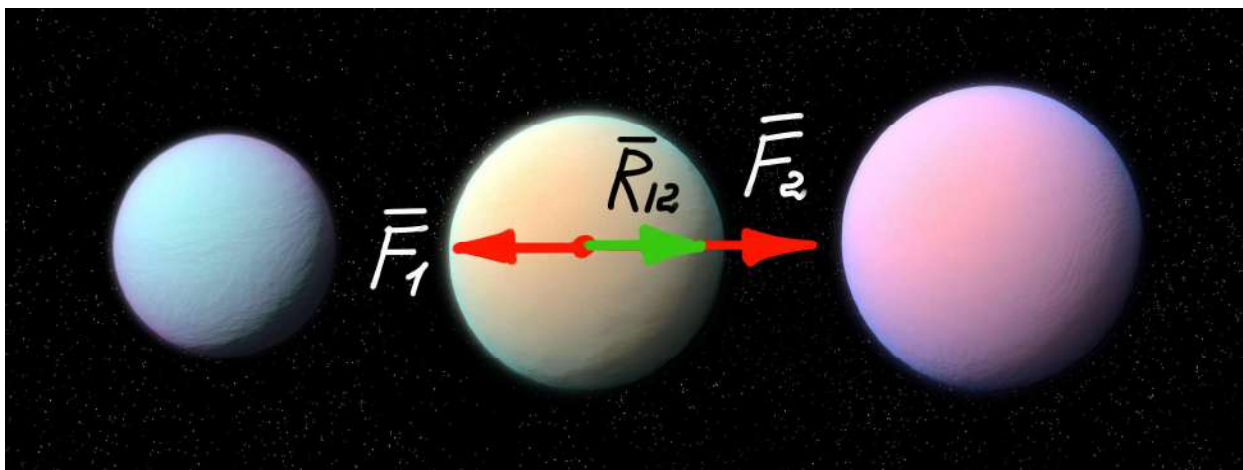


Рисунок 27 – Пример для Принцип суперпозиции сил: **две силы → в одну**

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)

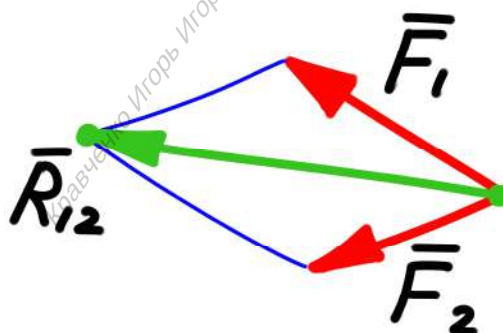


Рисунок 28 – Пример для Результирующая сила: \bar{R}_{12} - результирующая сила

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)



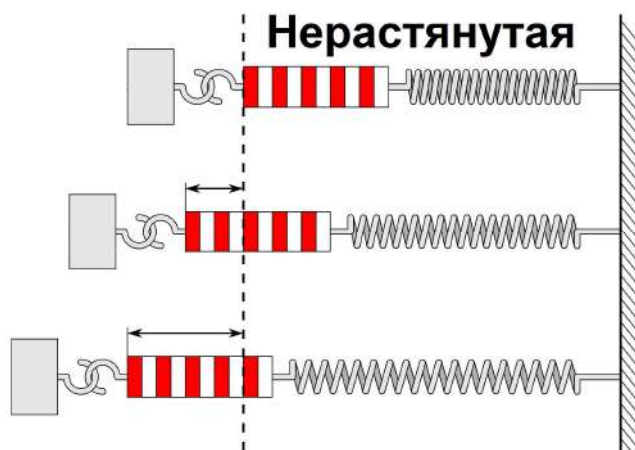


Рисунок 29 – Пример для **Второй закон Ньютона**: **нижнюю** пружину растянули много
 \Rightarrow пружина действует «сильно» на шар \Rightarrow сила на шар **большая** \Rightarrow ускорение шара
большое. **Среднюю** пружину растянули **НЕ**много $\Rightarrow \dots \Rightarrow$ ускорение шара **НЕ**большое.

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)

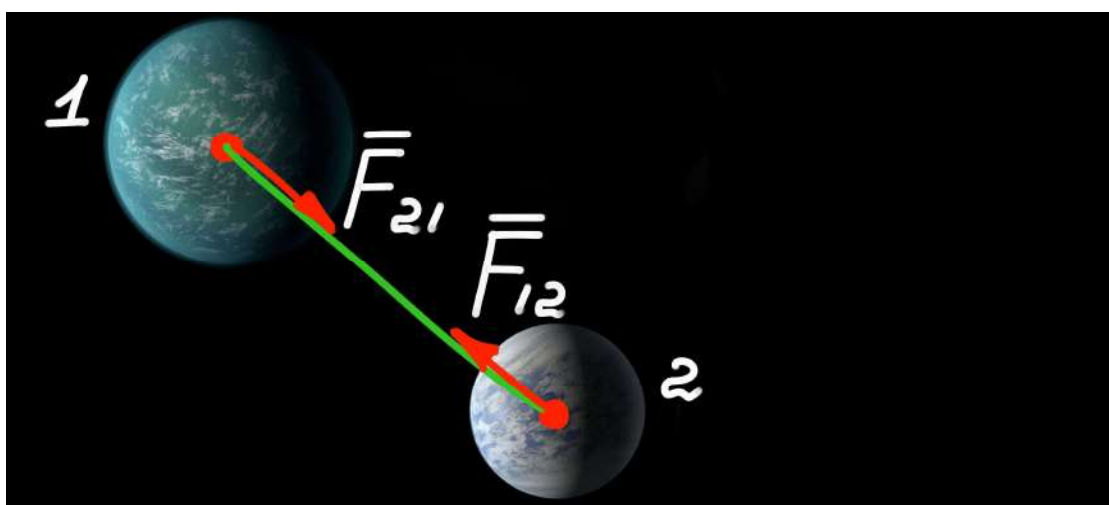


Рисунок 30 – Пример для **Третий закон Ньютона**: $F_{12} = F_{21}$





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

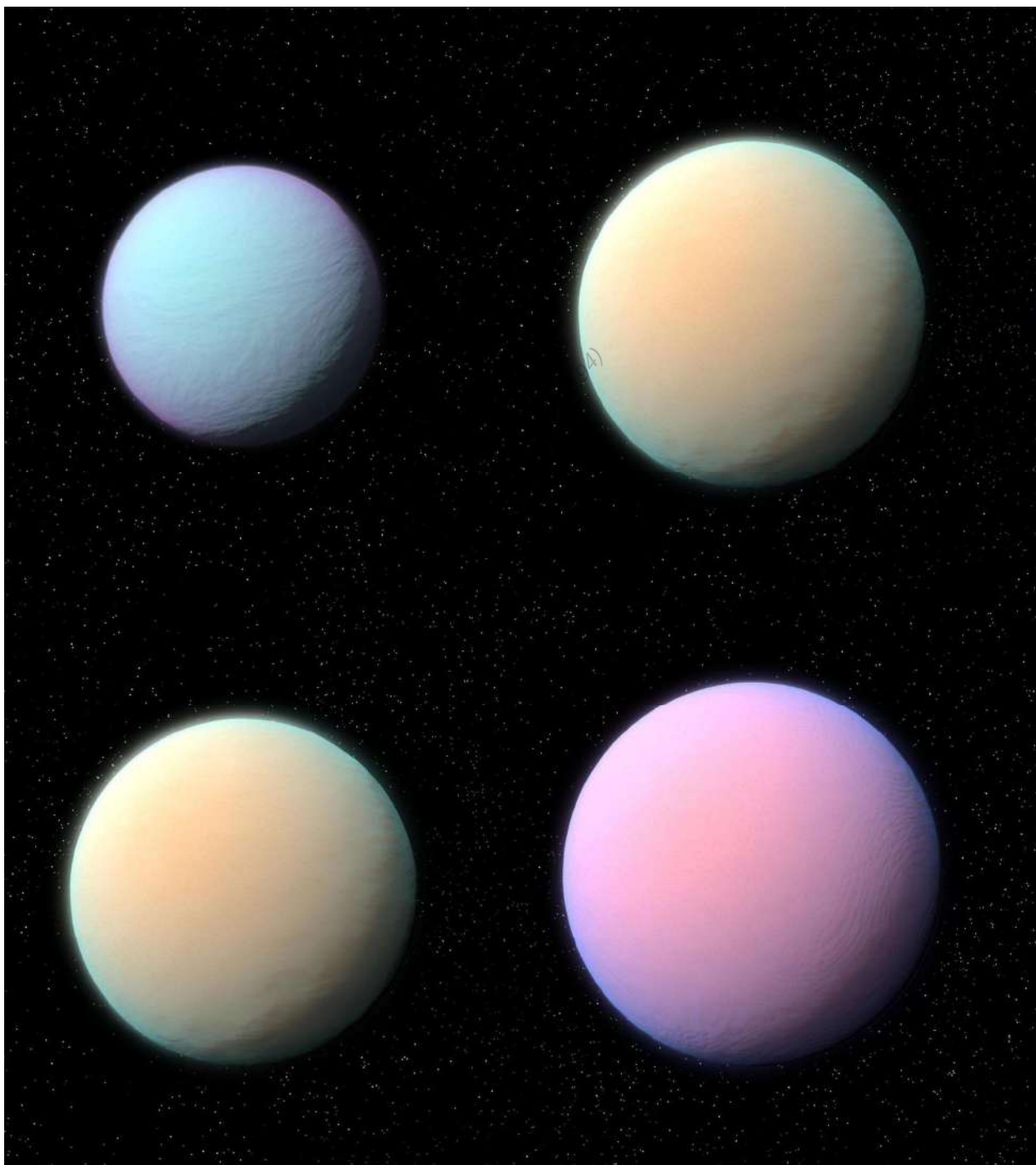


Рисунок 31 – Пример для Закон всемирного тяготения: нижняя пара притягивается **сильнее** из-за масс



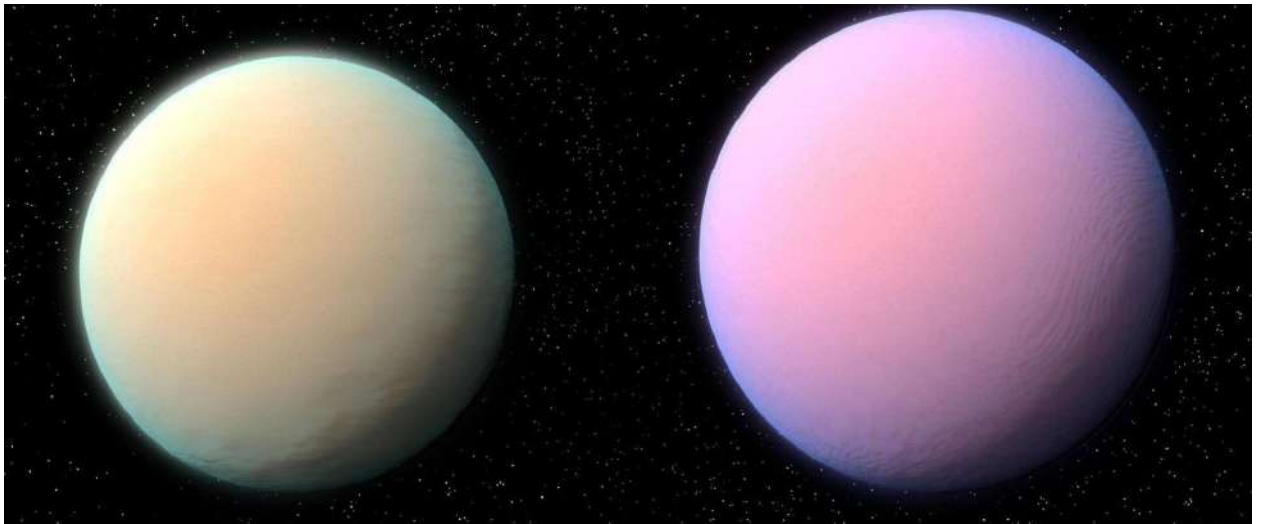


Рисунок 32 – Пример для **Закон всемирного тяготения**: нижняя пара притягивается **слабее** из-за расстояния



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)

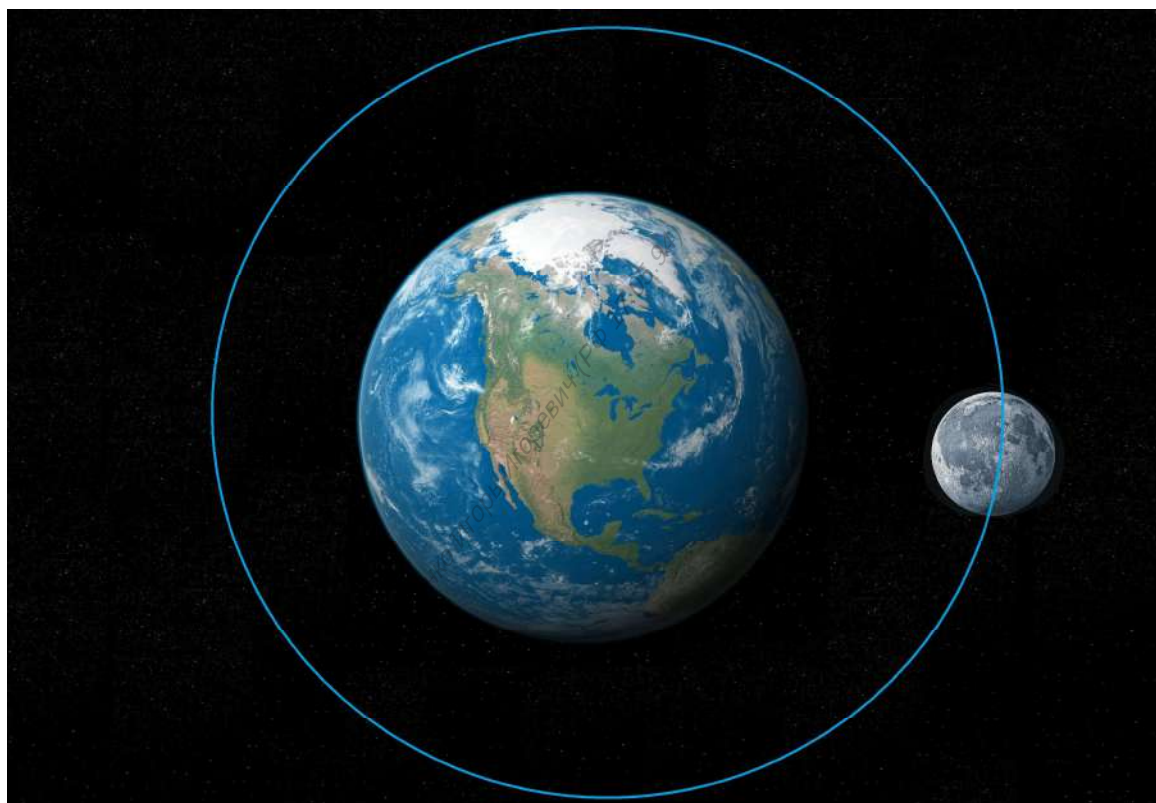


Рисунок 1 – Пример для **Планеты / звезды / «куски»** двигаются: естественный Спутник «Луна» **обходит** Планету «Земля» (дорисована траектория)



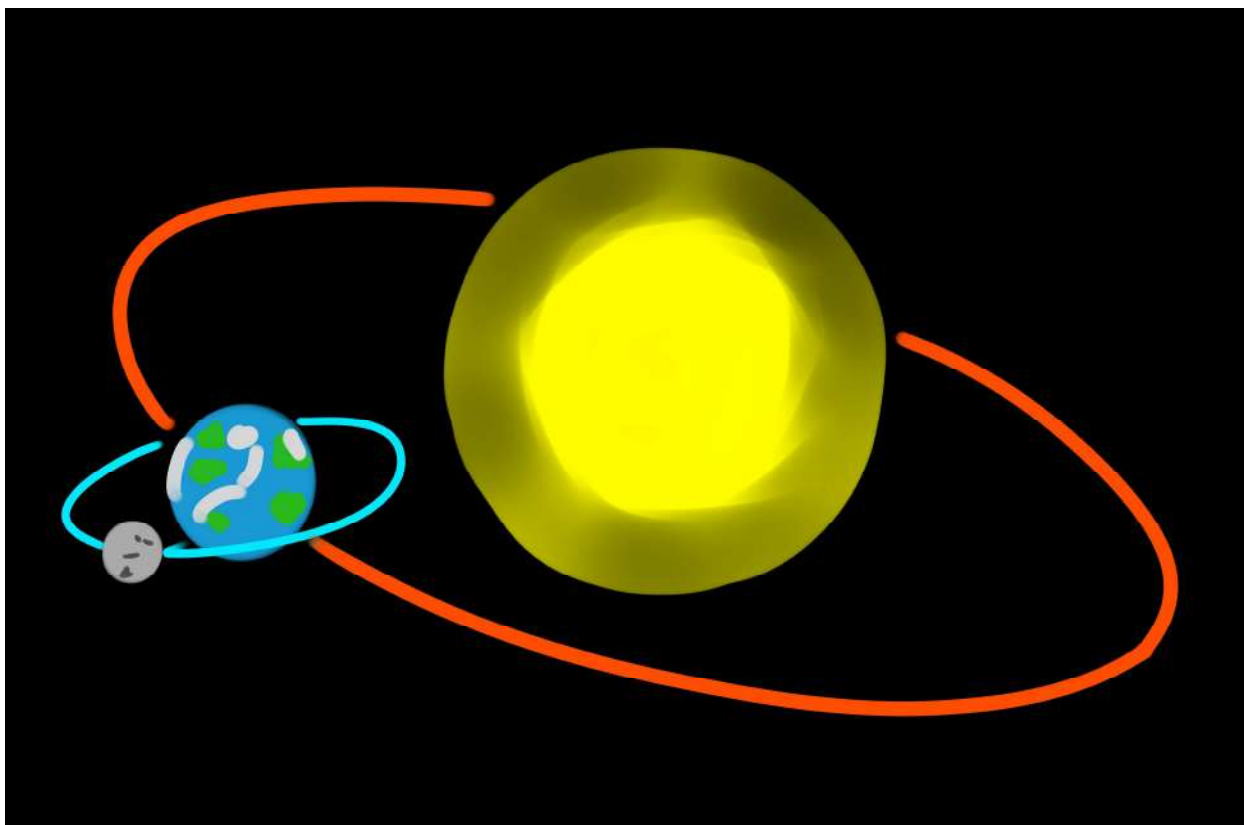


Рисунок 2 – Пример для Планеты / звезды / «куски» двигаются: Планета «Земля» обходит большую Звезду «Солнце» (дорисована траектория)

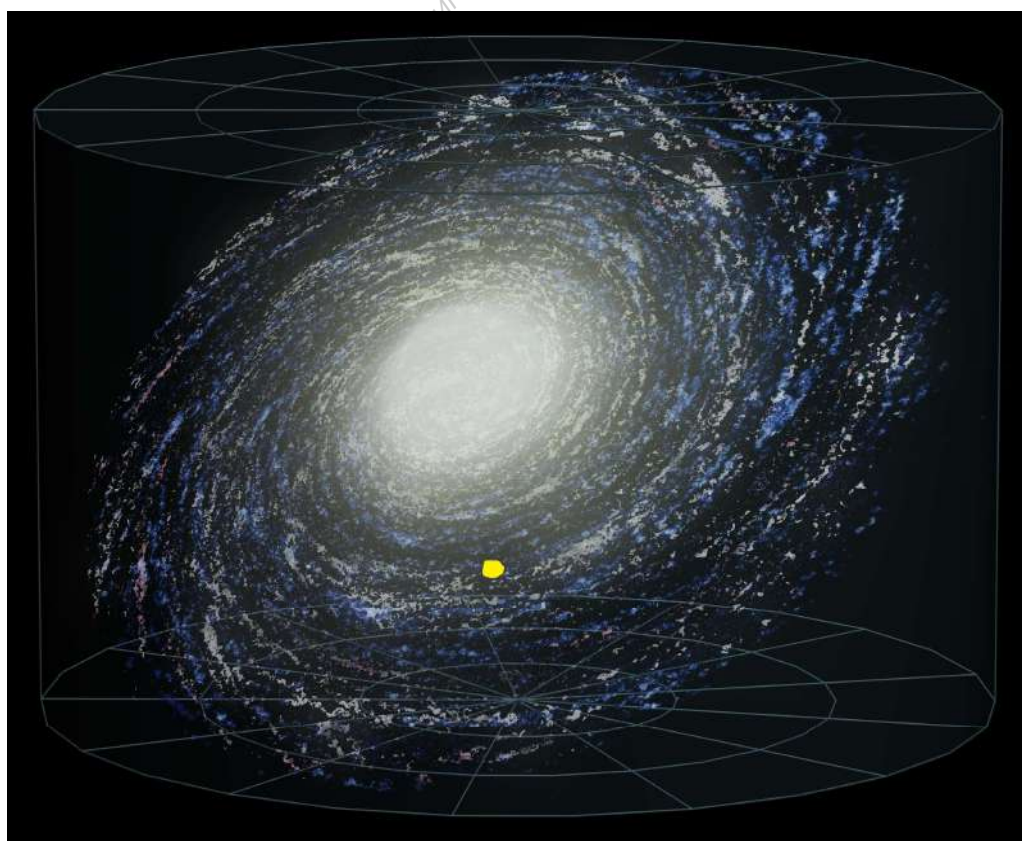


Рисунок 3 – Пример для Планеты / звезды / «куски» двигаются: Звезда «Солнце» обходит еще бóльшую «сверхмассивную массу центра»





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

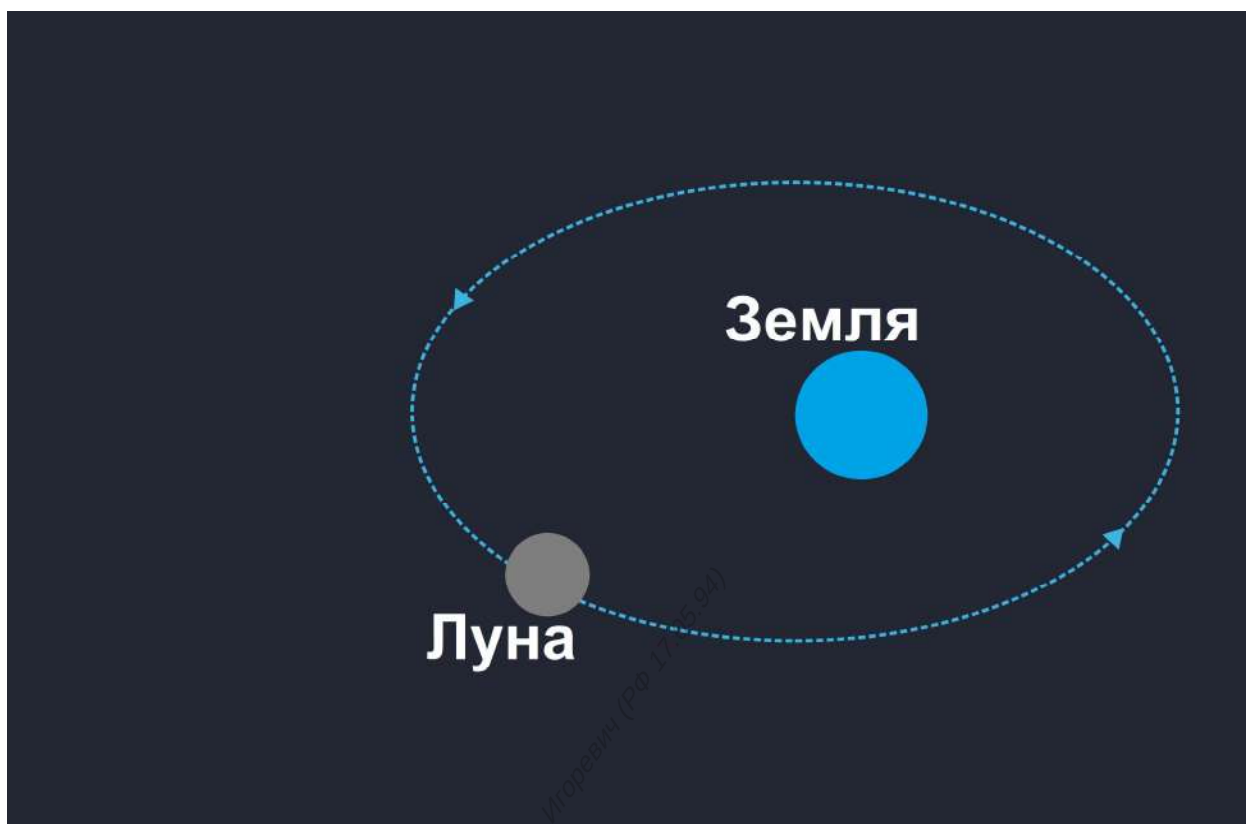


Рисунок 4 – Пример для Планеты / звезды / «куски» двигаются **реально:**
по эллипсам (траектории дорисованы)

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





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

Внимание. Искусственный спутник в космосе движается 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)

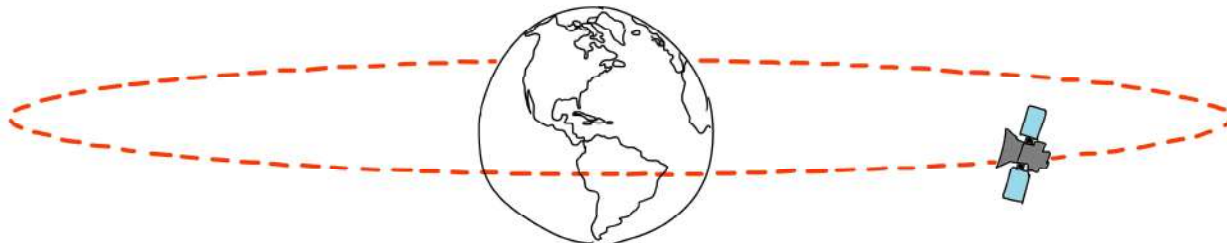


Рисунок 7 – Пример для Центростремительное Ускорение из-за Силы Тяготения: спутник притягивается все время к центру \Rightarrow ускорение к центру все время \Rightarrow вращательное движение

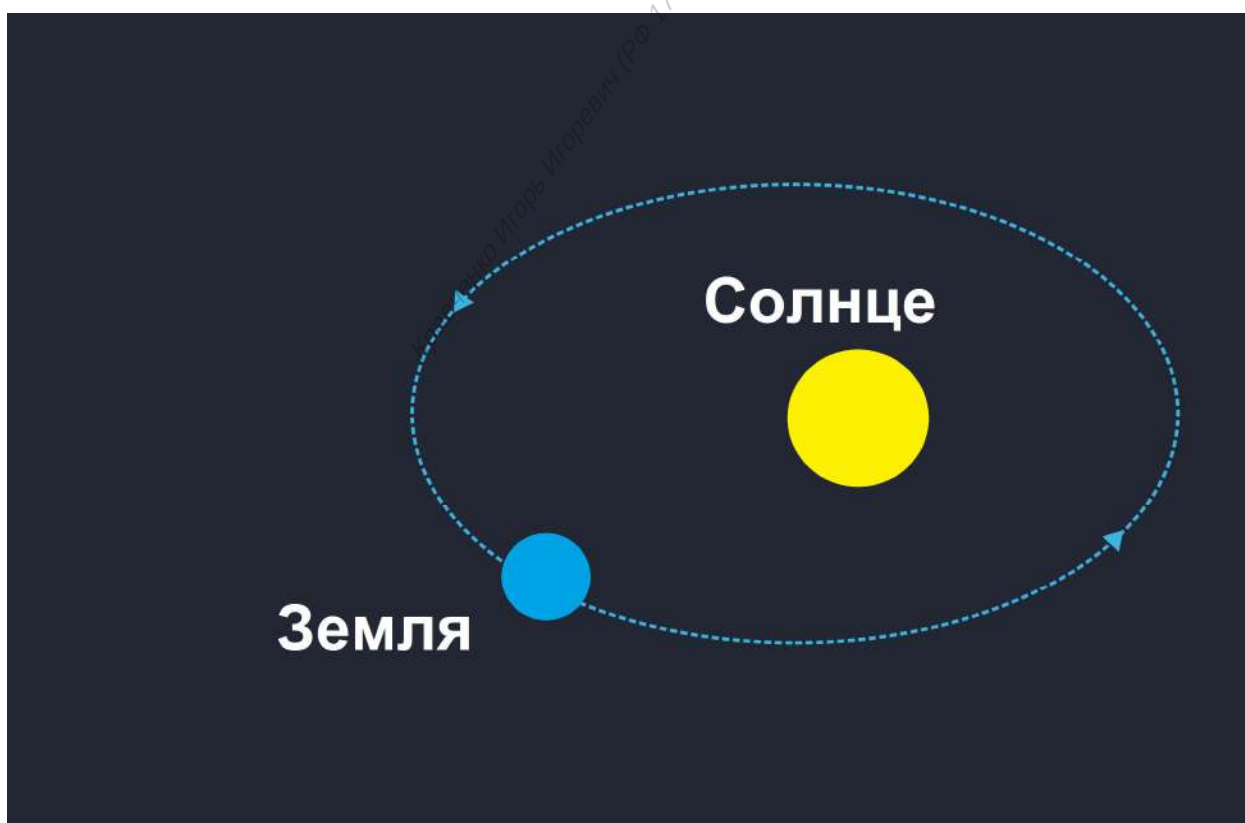


Рисунок 8 – Пример для Центростремительное Ускорение из-за Силы Тяготения: планета притягивается все время к центру эллипса \Rightarrow ускорение к центру эллипса все время \Rightarrow вращательное движение





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

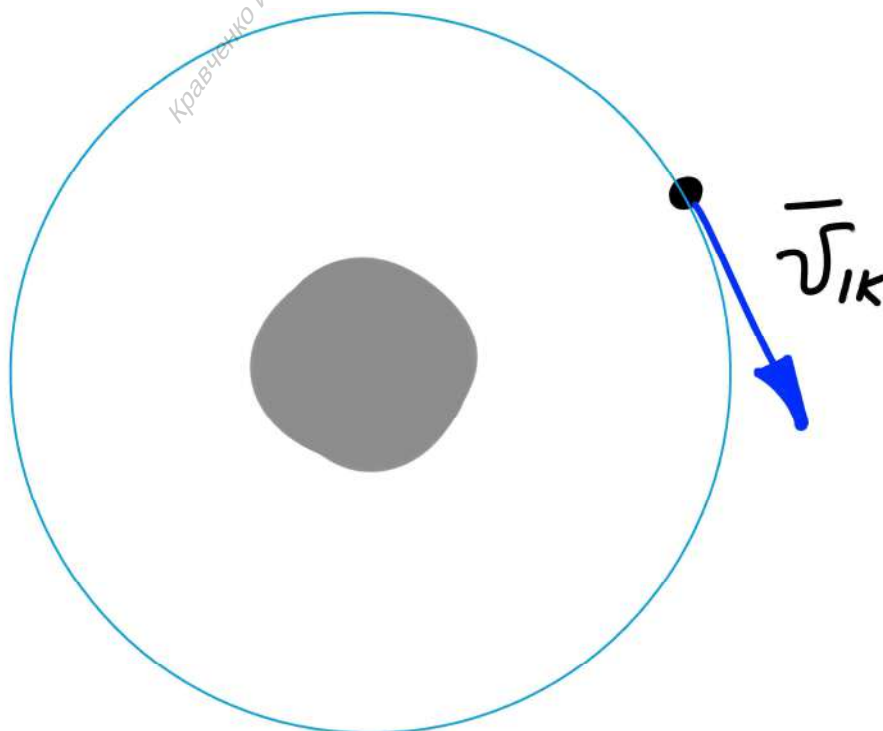


Рисунок 10 – Пример для **Первая космическая скорость**: тело **не** упадет на планету из-за большой скорости \Rightarrow « тело = спутник »





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)

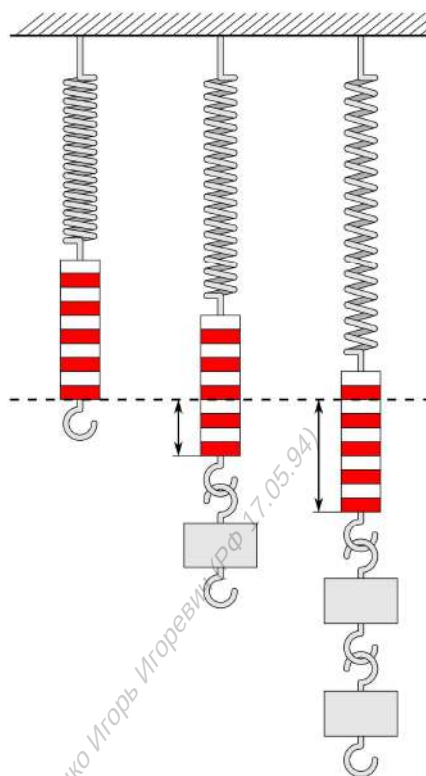


Рисунок 18 – Пример для **Закон Гука**: средняя пружина создает меньше силы упругости, чем правая

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

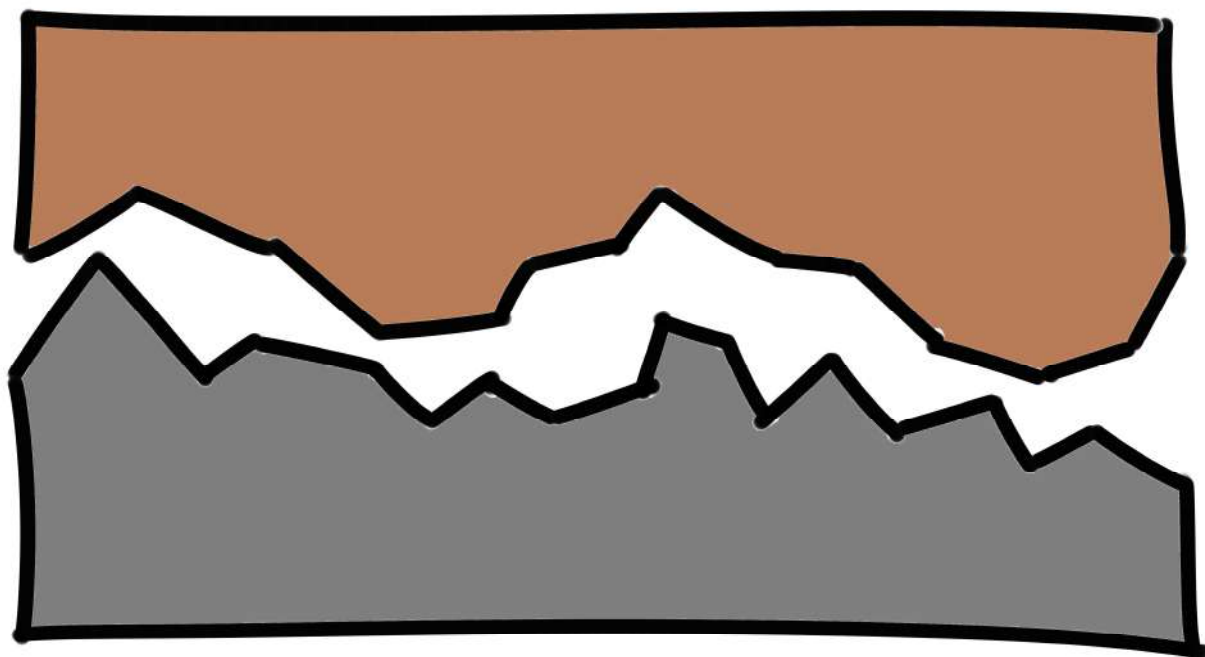


Рисунок 2 – Пример для **Трение**: (под микроскопом) поверхности, **кажущиеся** гладкими





Сила трения ($\vec{F}_{\text{тр}}$ [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





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



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

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



Рисунок 10 – Пример для **Сила Сопротивления 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)

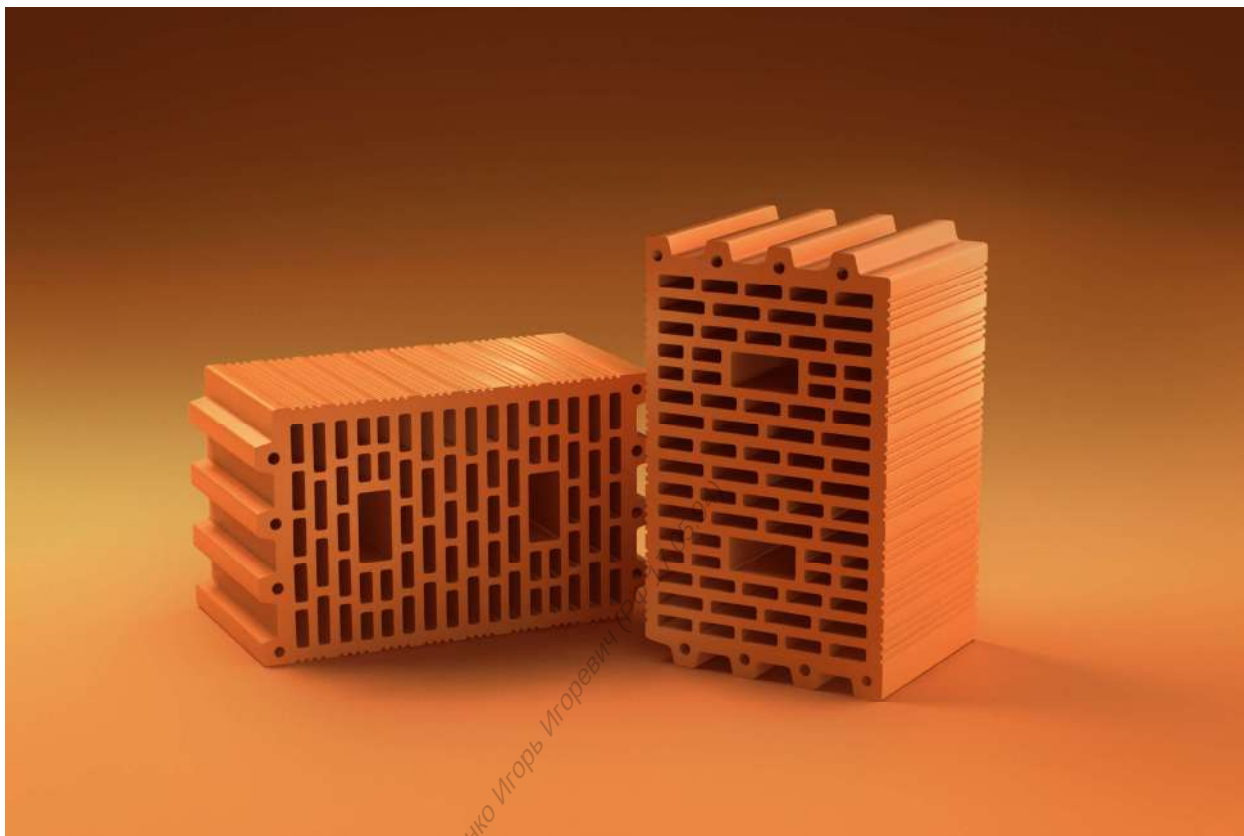


Рисунок 13 – Пример для **Давление: справа** давление на пол **больше**, чем
слева





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

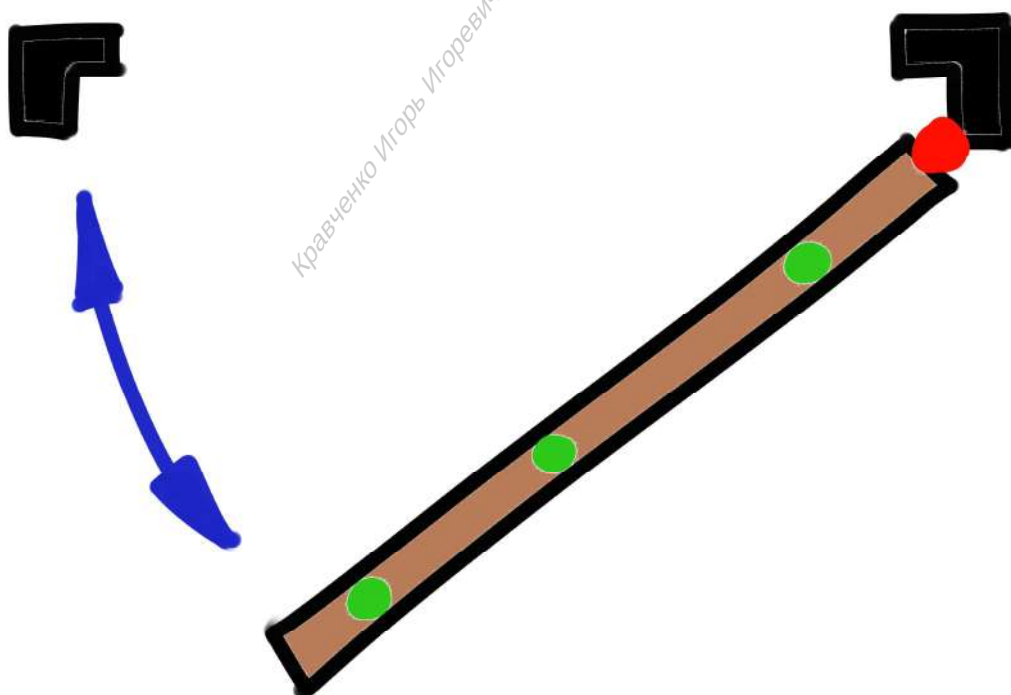


Рисунок 4 – Пример для **Момент силы**: **зеленые** точки вращается **вокруг красной** точки

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)

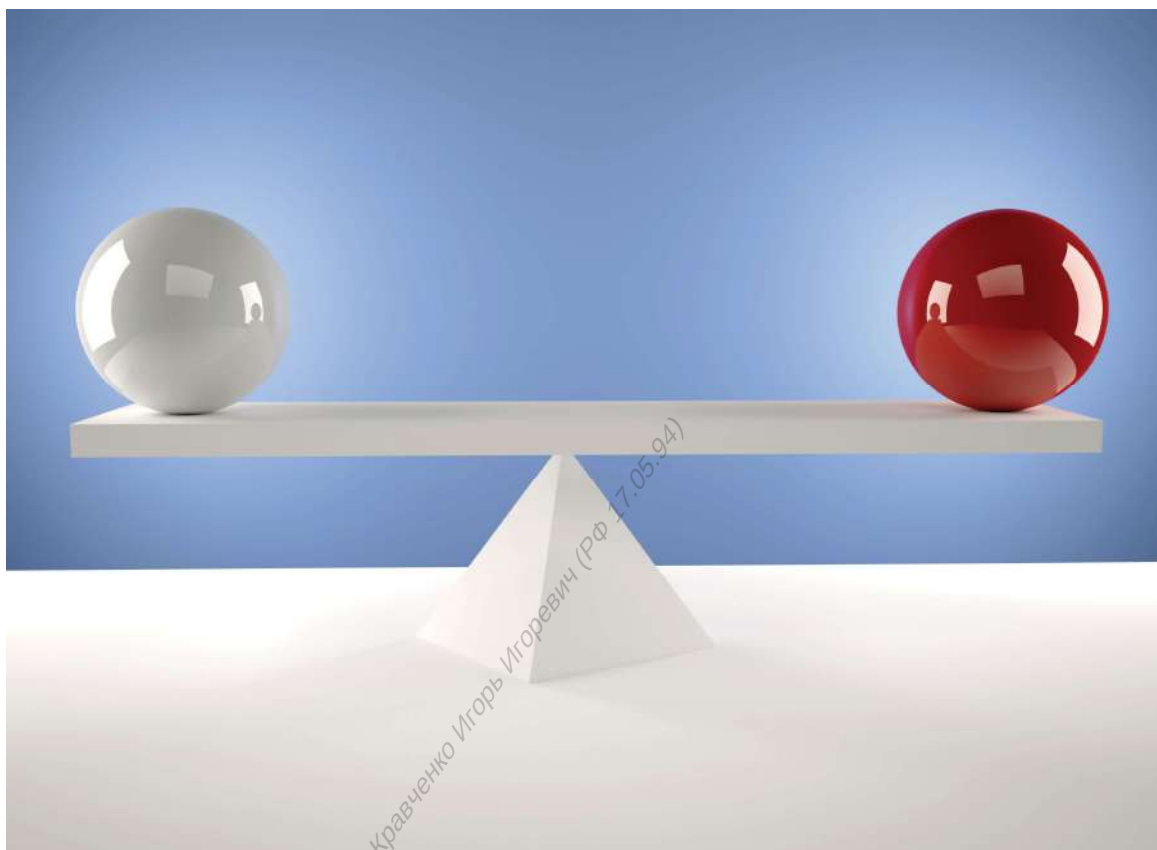


Рисунок 5 – Пример для **Условия равновесия твердого тела в ИСО**: палочка неподвижна, так как 1) шары стремятся вращать ее в разные стороны; 2) планета и шары тянут палочку вниз, а пирамида толкает вверх

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)

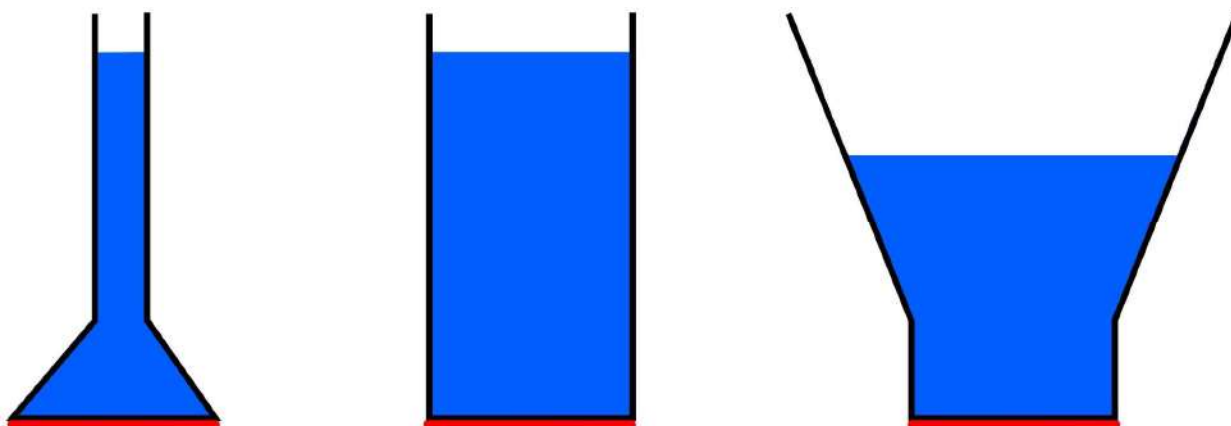


Рисунок 7 – Пример для **Давление в жидкости**: больше всего «слоев» у первой и второй бутылки слева. Эти **сильнее** всего давят на стол.





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

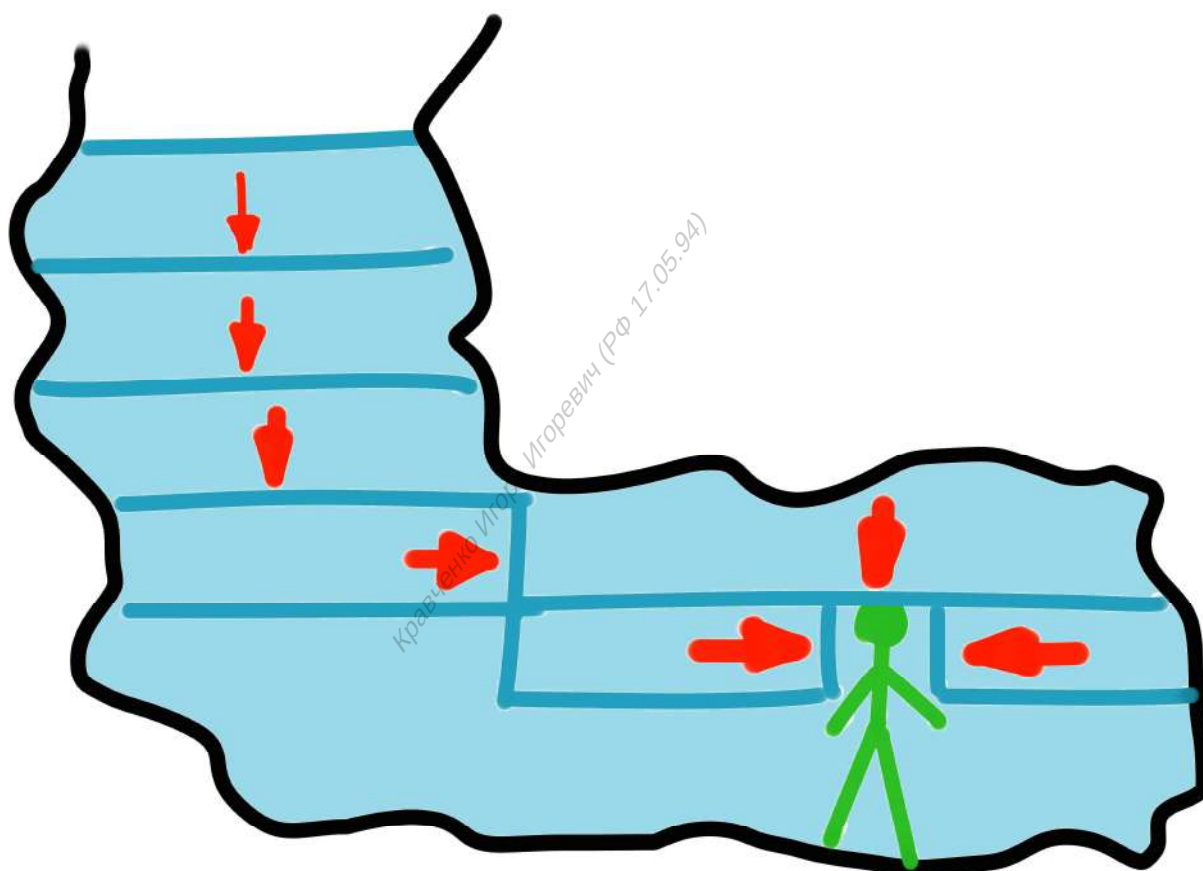


Рисунок 8а – Пример для Давление в жидкости: подводная пещера. Слои левого столба воды создают давление на человека. Рассматриваем рисунок сверху вниз, помним закон Паскаля.

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)

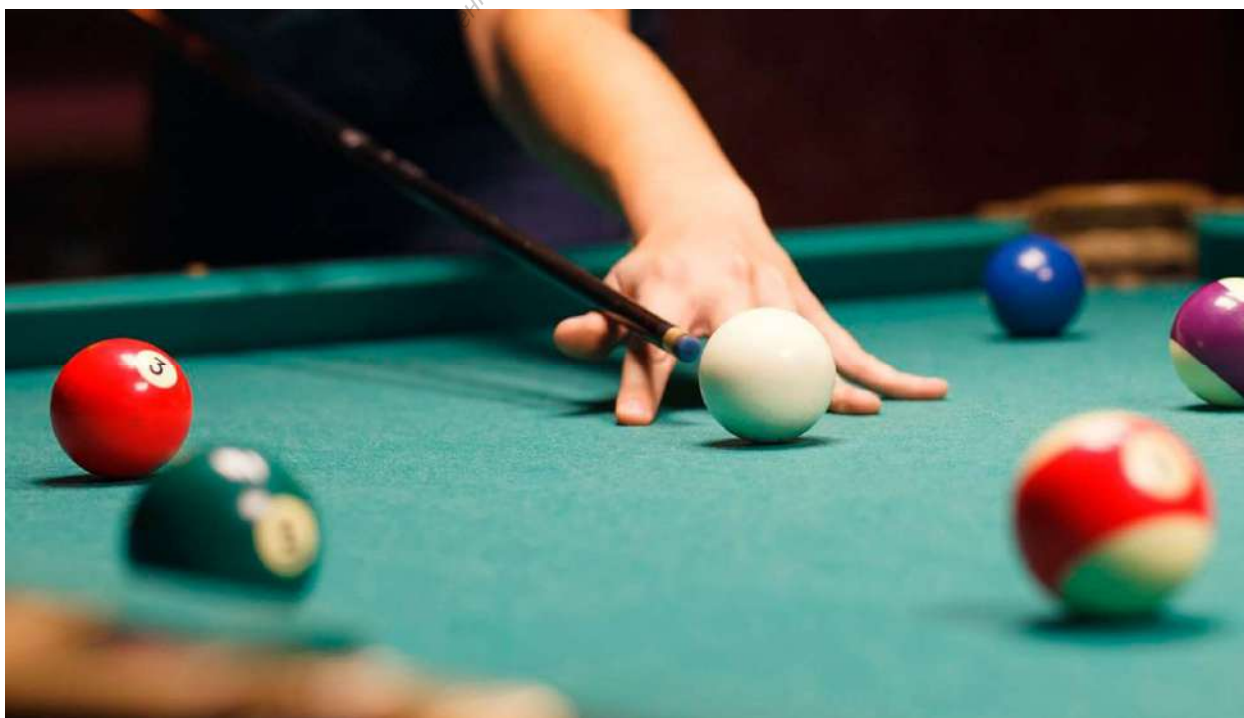


Рисунок 6 – Пример для **НЕзамкнутая**: система тел – шары. Пол ровный. Стены очень далеко. Планета тянет вниз, пол поддерживает вверх. Ближний шар **толкают снаружи**.





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

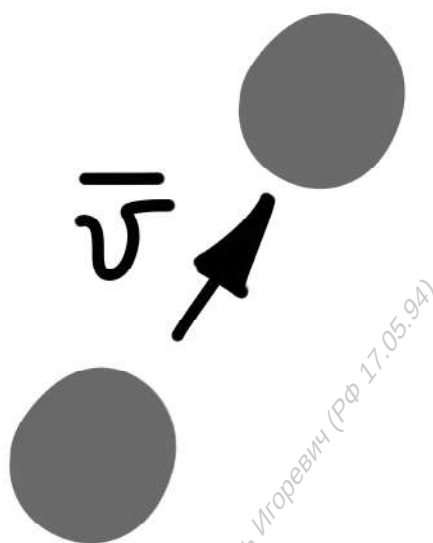


Рисунок 7 – Пример для **Закон сохранения импульса**: нижний шар катится прямо к верхний шар



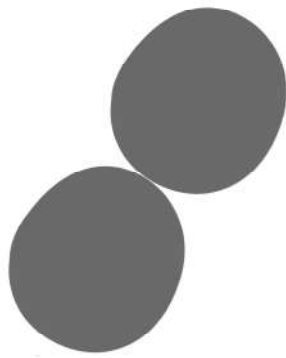


Рисунок 8 – Пример для **Закон сохранения импульса**: шары сталкиваются

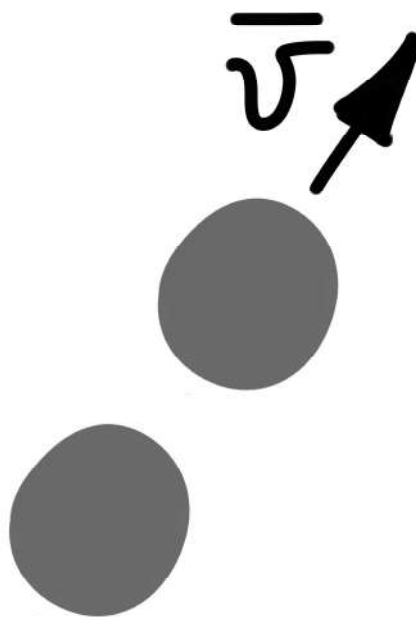


Рисунок 9 – Пример для **Закон сохранения импульса**: **нижний шар останавливается, а верхний шар** должен двигаться так, как двигался нижний (шары одинаковы)





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)

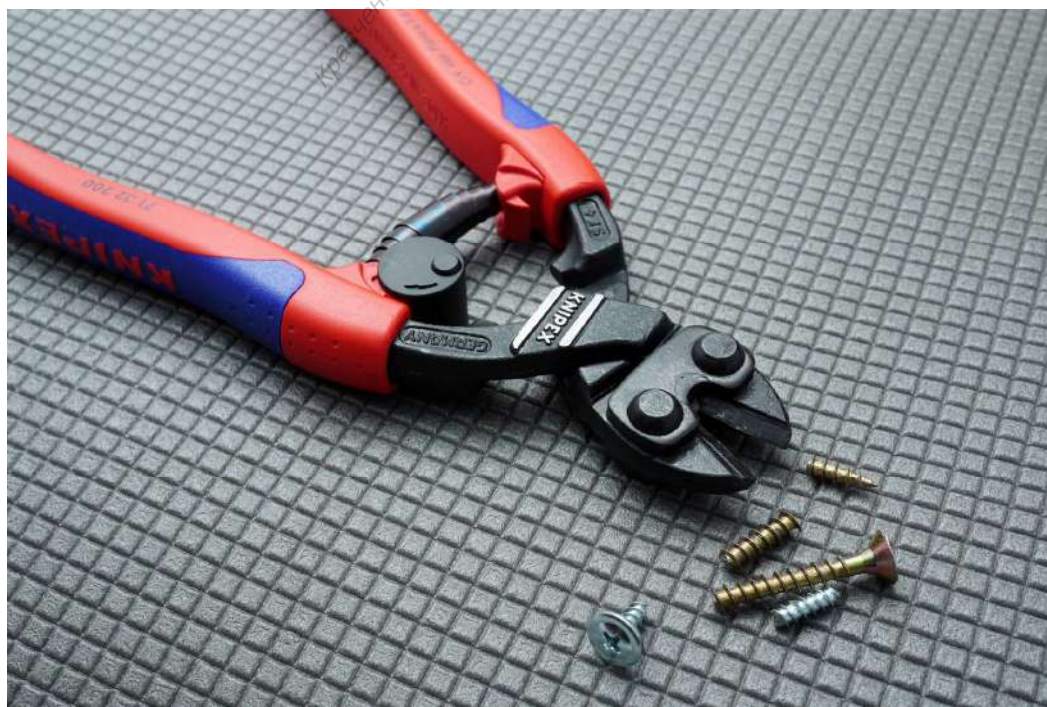


Рисунок 16 – Пример для **Простой Механизм**: ножницами режем **сильно** в одном месте, а давим руками **слабо** в другом месте



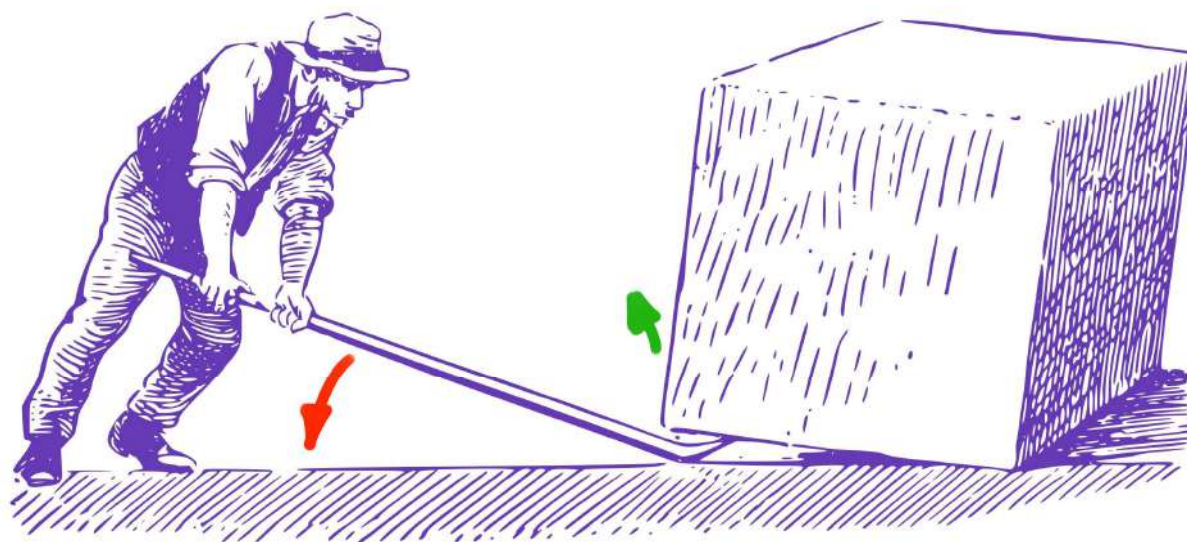


Рисунок 17 – Пример для **Простой Механизм**: согнутой палкой давим **вниз** в одном месте, а камень толкаем **вверх** в другом месте

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 ($E_{\text{п}}$ [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) ($E_{\text{пт}}$ [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 растёт), **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)

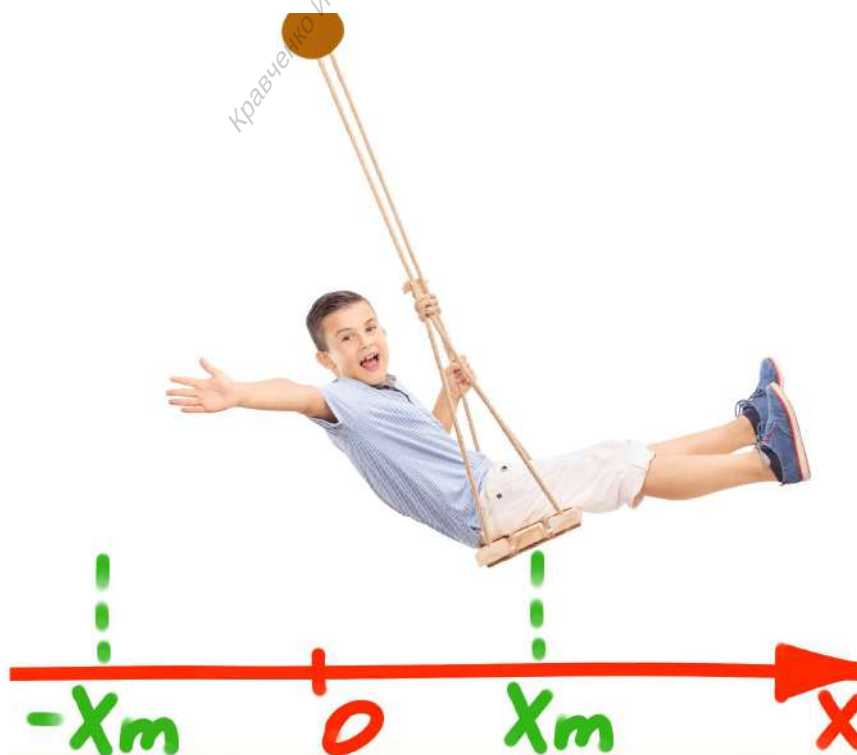


Рисунок 3 – Пример для **Гармоническое колебание**: из крайнего положения опускается.

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



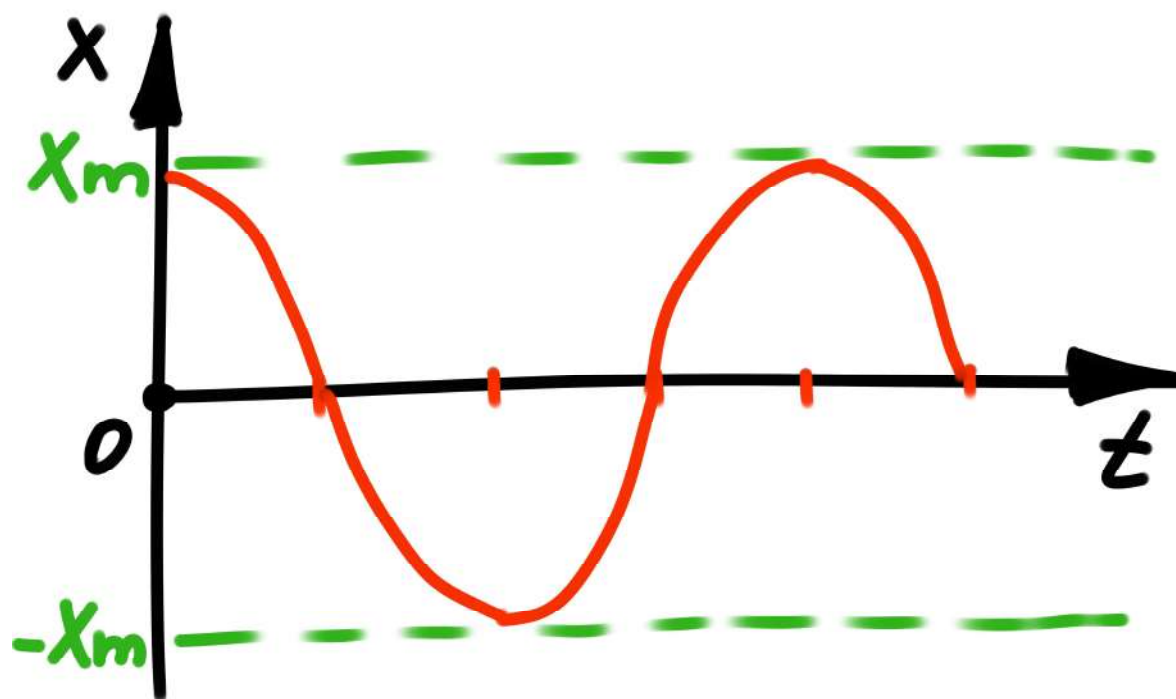


Рисунок 4 – Пример для **Гармоническое колебание**: координата **меняется гармонически**

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

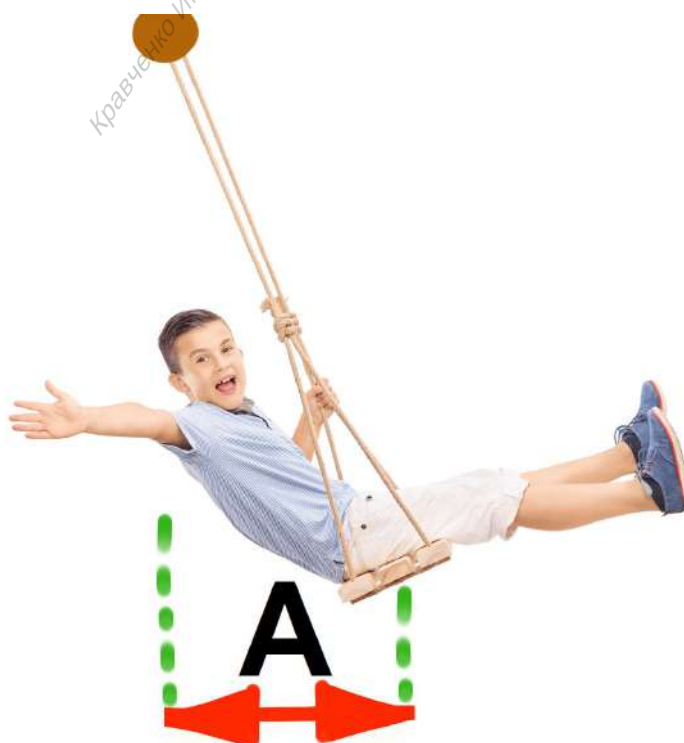


Рисунок 5 – Пример для **Амплитуда колебания**: **максимальное отклонение от середины**





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

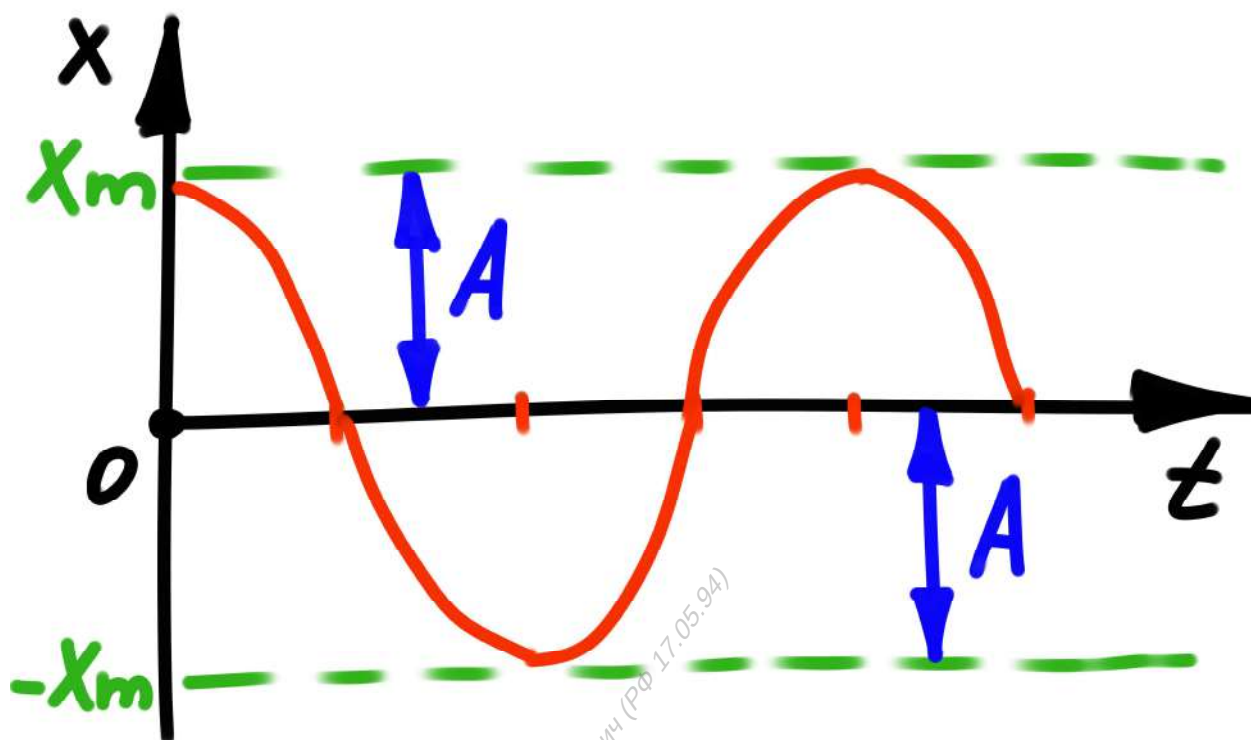


Рисунок 6 – Пример для Амплитуда физ. величины (на графике / в таблице): максимальный размах линии

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

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

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





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

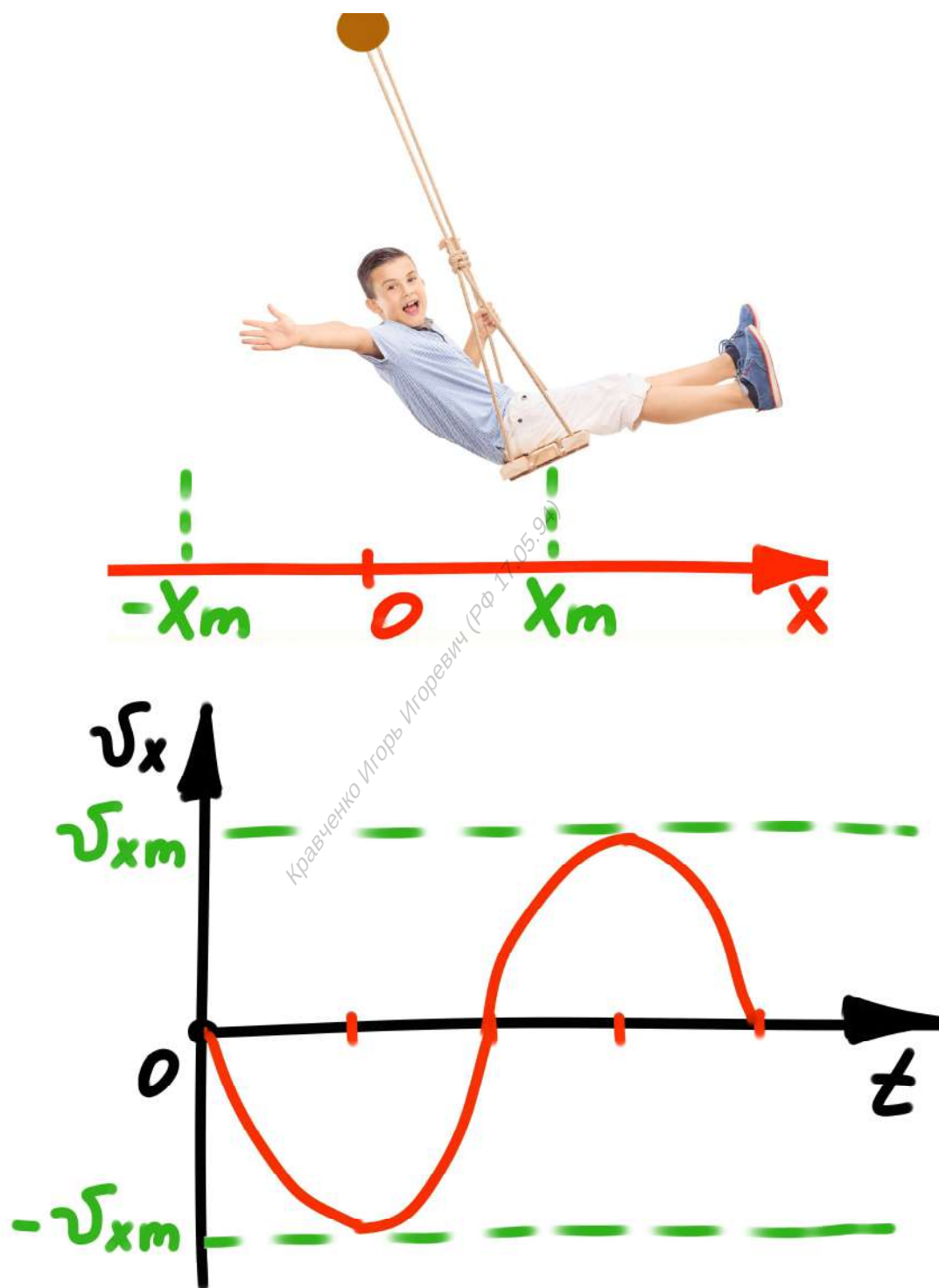


Рисунок 8 – Пример для **Кинематическое описание**: тут уравнение координаты: $x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$, где $\varphi_0 = 90^\circ$





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

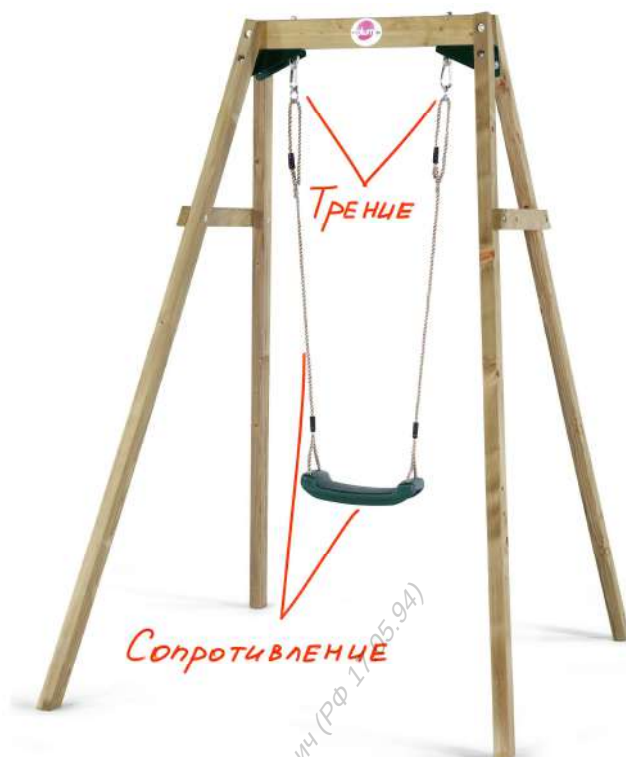


Рисунок 9 – Пример для **Энергетическое описание**: качели со временем останавливаются. Значит, по **Закону изменения полной механической энергии системы тел** есть **трение ; сопротивление**.

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)

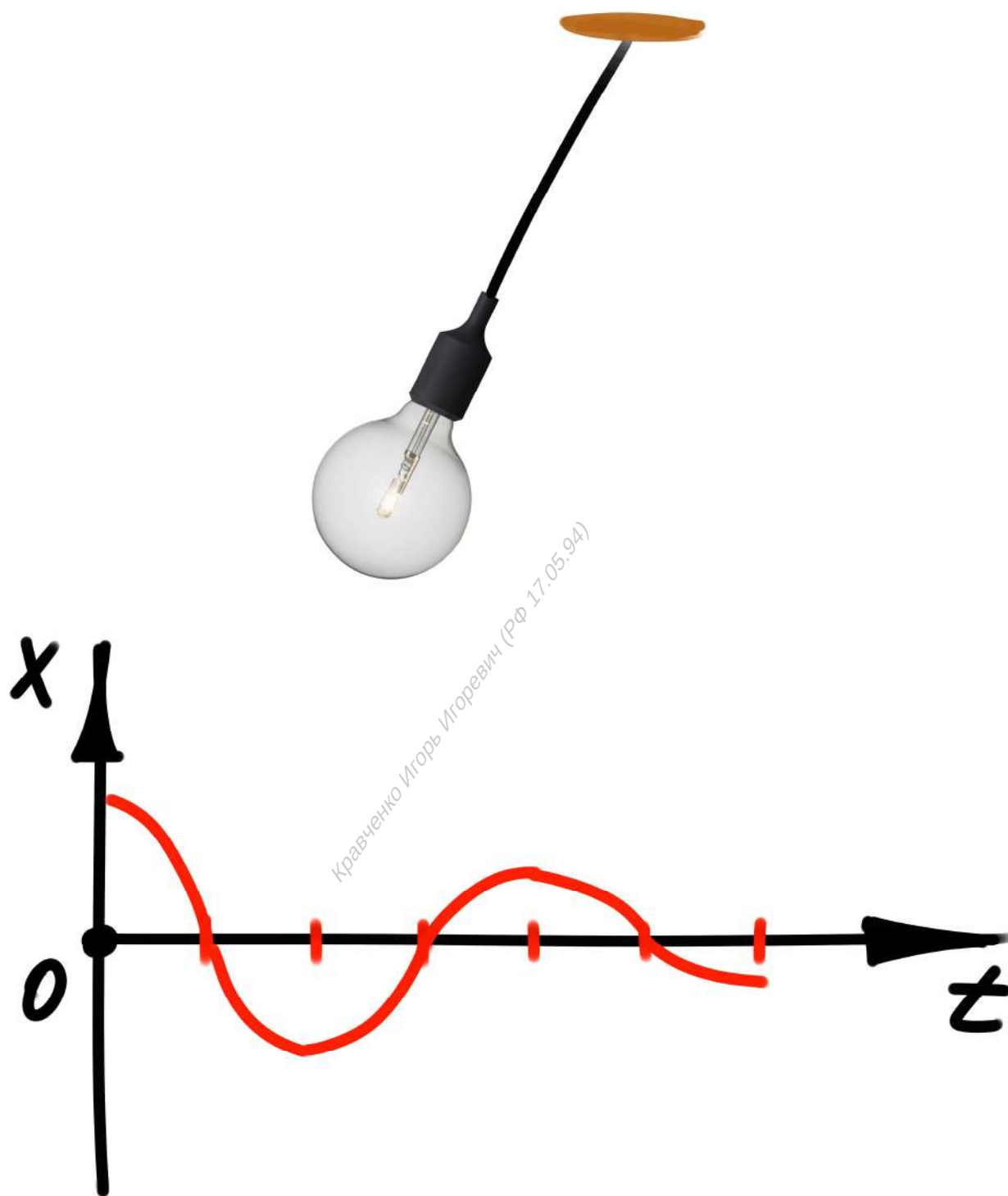


Рисунок 12 – Пример для **Затухающее колебание**: лампочку отвели рукой в бок, и она качается. Колебание все хуже и хуже





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)**

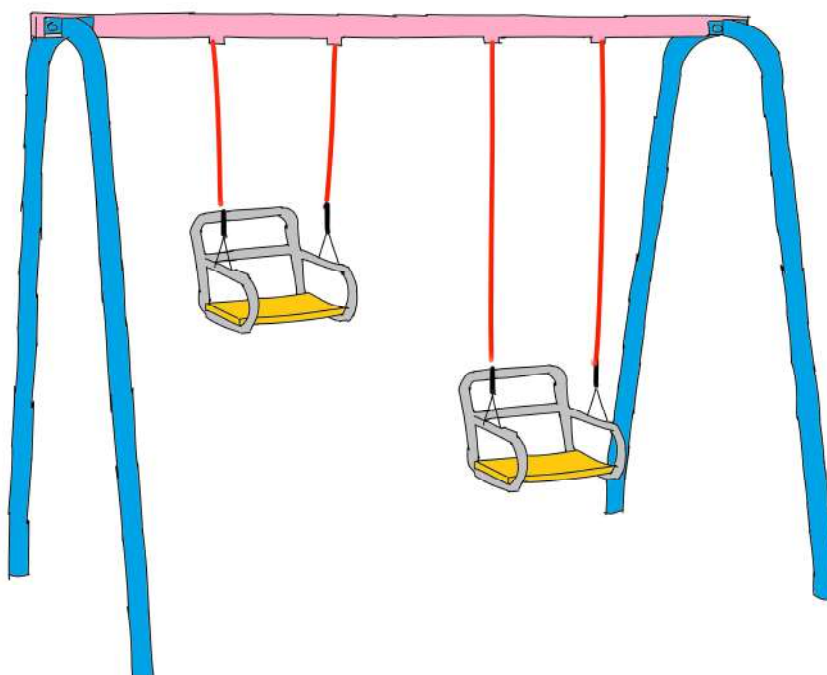


Рисунок 14 – Пример для **Частота колебания**: левое тело будет колебаться «чаще»





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

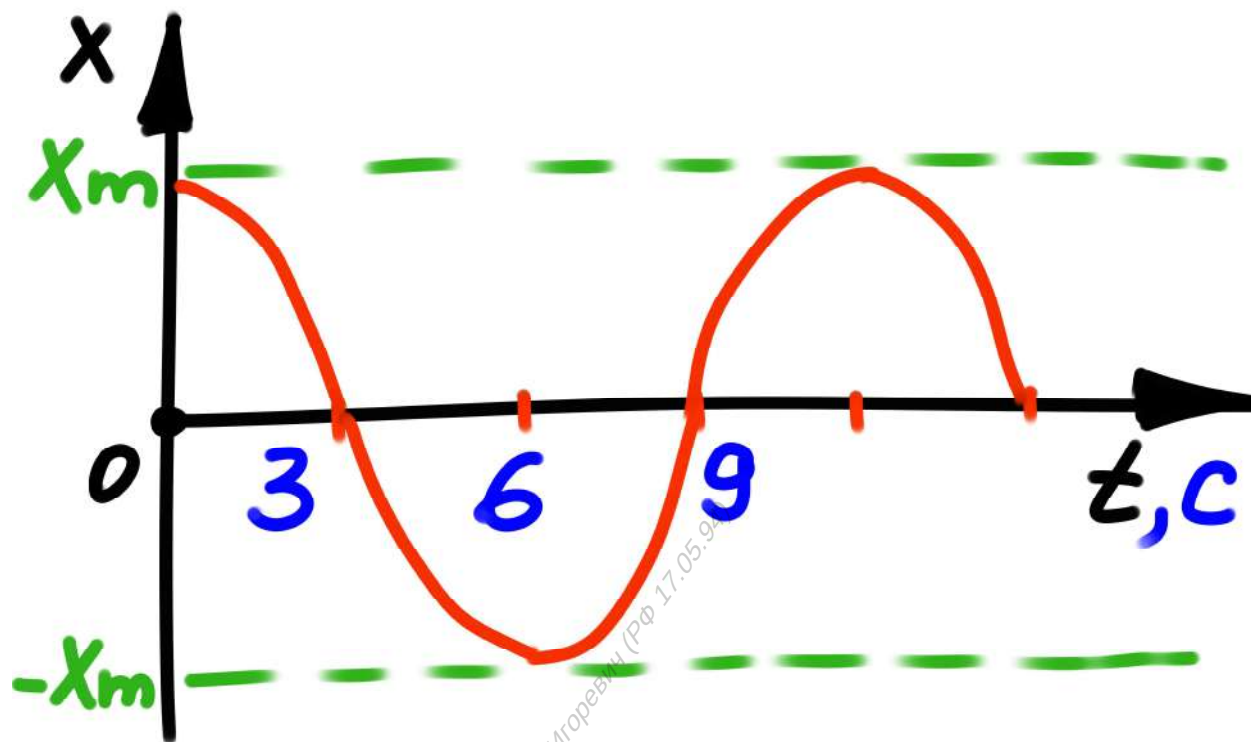


Рисунок 15 – Пример для Угловая частота: за 3 сек. \cos изменился от «1» до «0». Тогда чему равна Угловая частота?

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

\approx

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)

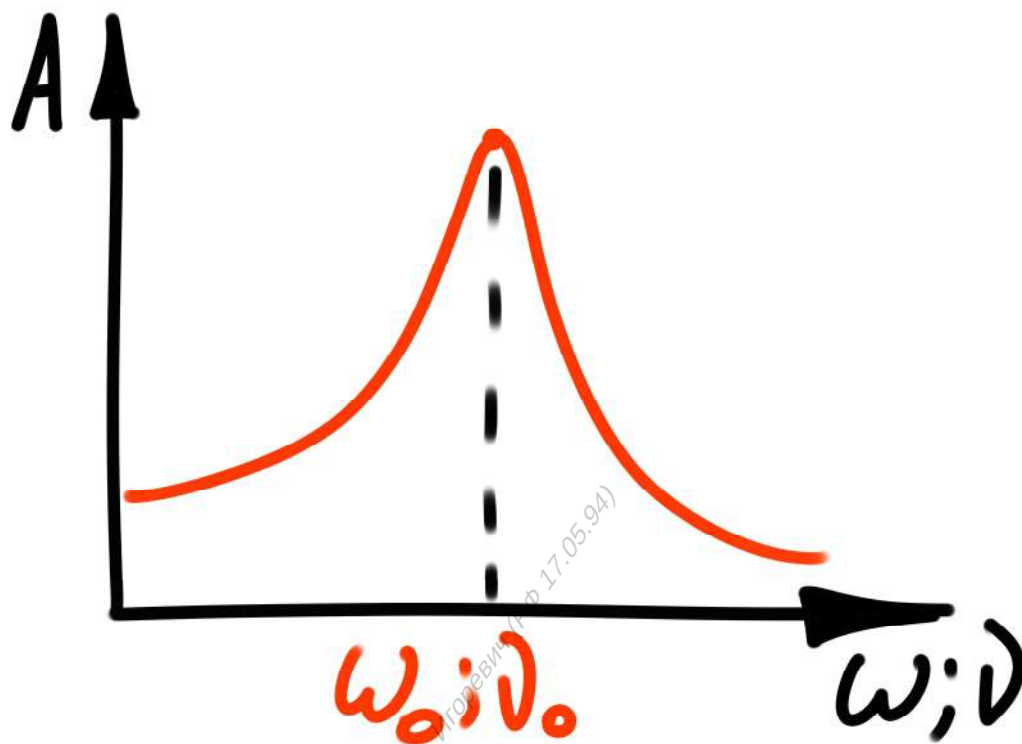


Рисунок 23 – Пример для **Резонансная кривая**: **виден максимум колебаний и его частота**

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)

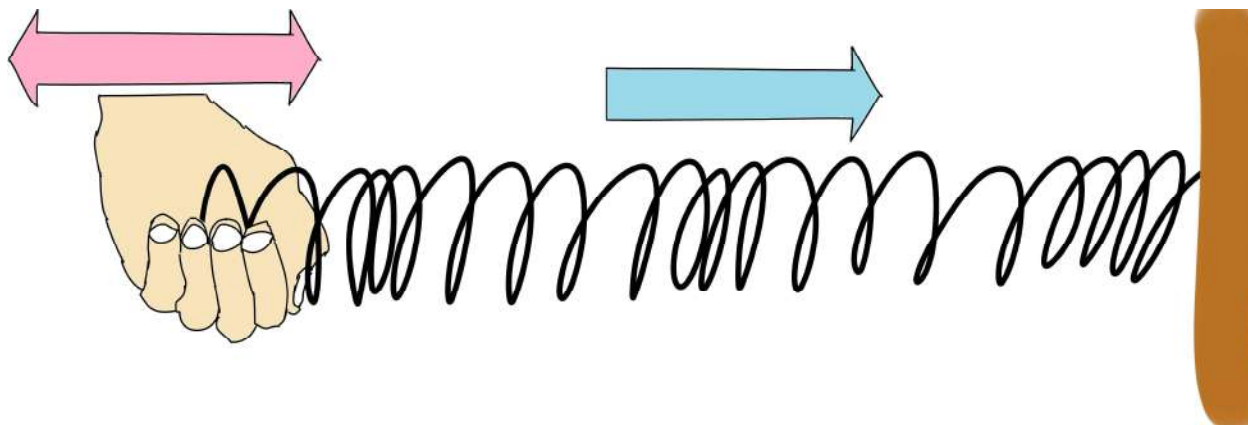


Рисунок 26 – Пример для **Продольная волна:** волна движется **вбок**, частицы колеблются тоже **вбок**

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

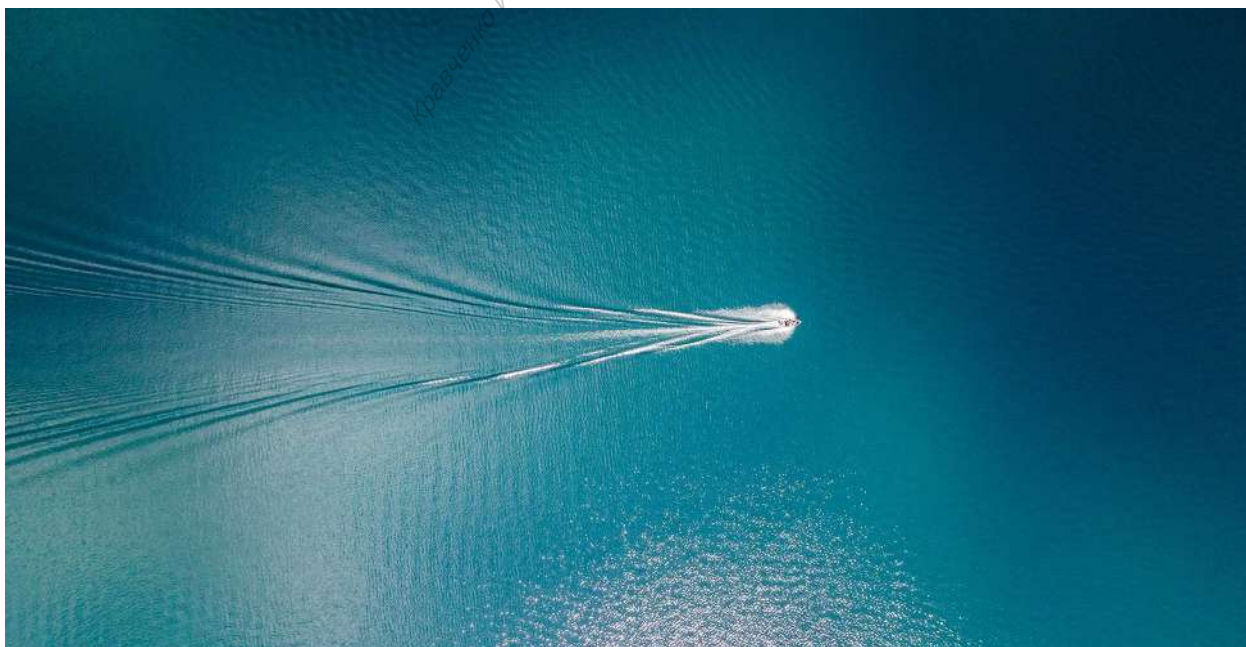


Рисунок 27 – Пример для **Скорость распространения волны:** колебания расходятся от следа постепенно





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**

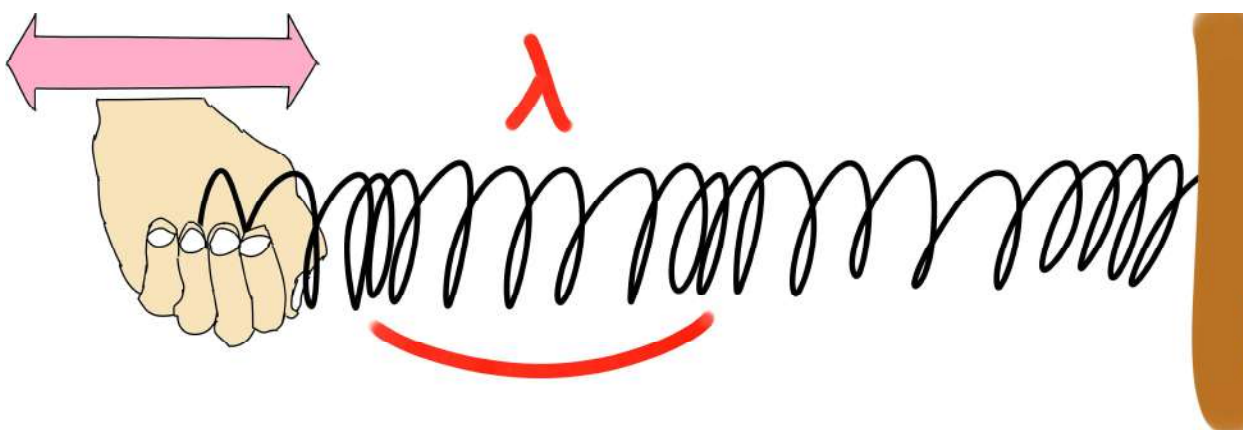


Рисунок 29 – Пример для **Длина волны: расстояние** между точками, находящимися в **одинаковых фазах**





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

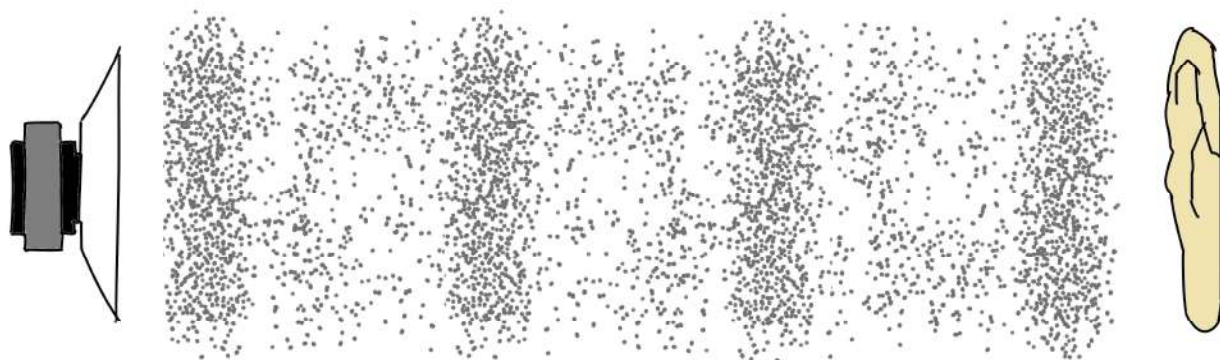


Рисунок 30 – Пример для Звук: продольная волна в воздухе

Диапазоны механических волн: (рис.31)

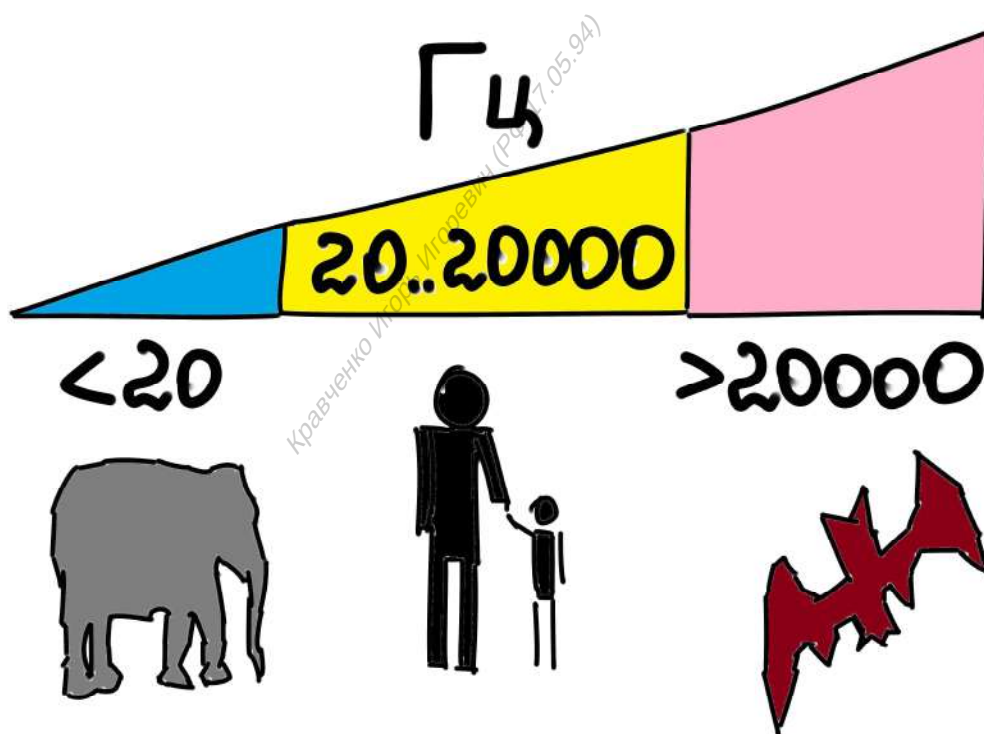


Рисунок 31 – Пример для Диапазоны звука:

Инфразвук < Звук < Ультразвук

Громкость звука – характеристика амплитуды звука:

« ↑ Громкость звука ⇒ ↑ Амплитуда звука »

(рис.32)



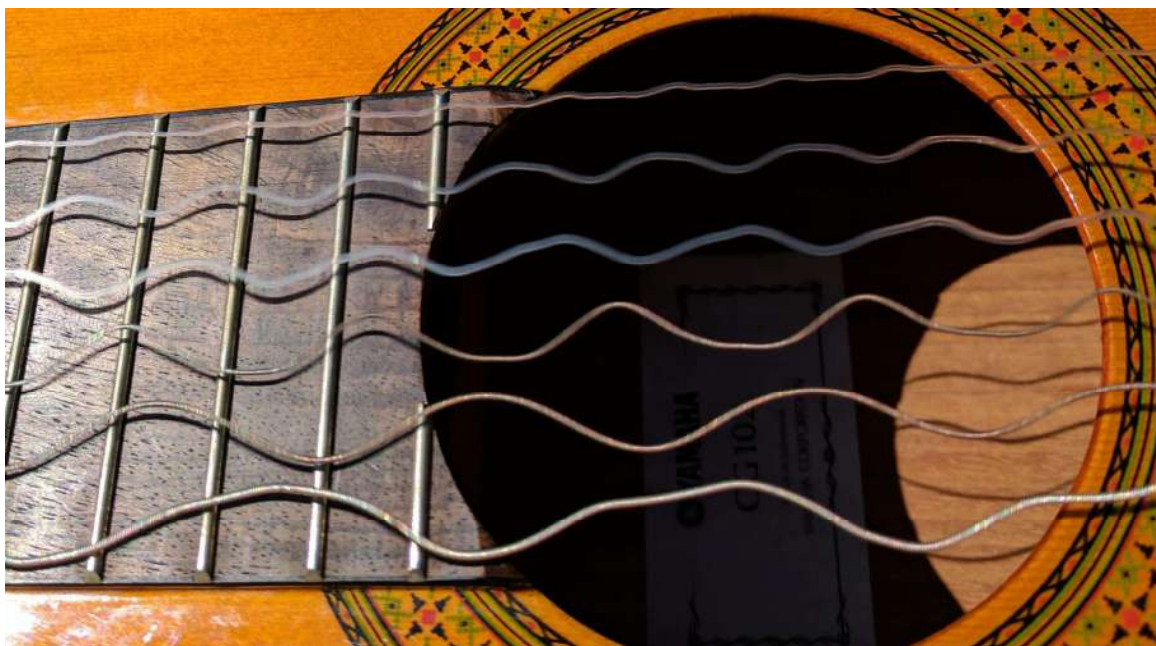


Рисунок 32 – Пример для **Громкость звука**: верхняя струна имеет **слабый размах**, поэтому звучит **негромко**

Высота звука – характеристика частоты звука:

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

(рис.33)

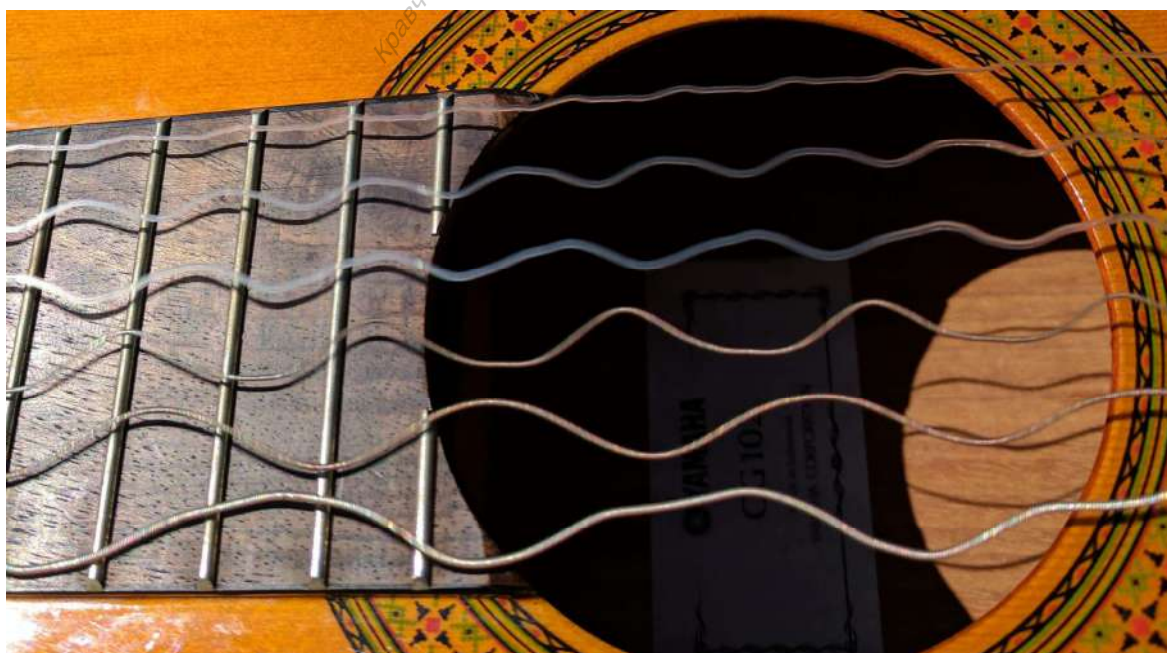


Рисунок 33 – Пример для **Высота звука**: нижние струны видимо медленно качаются, поэтому звучат **низко**





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)

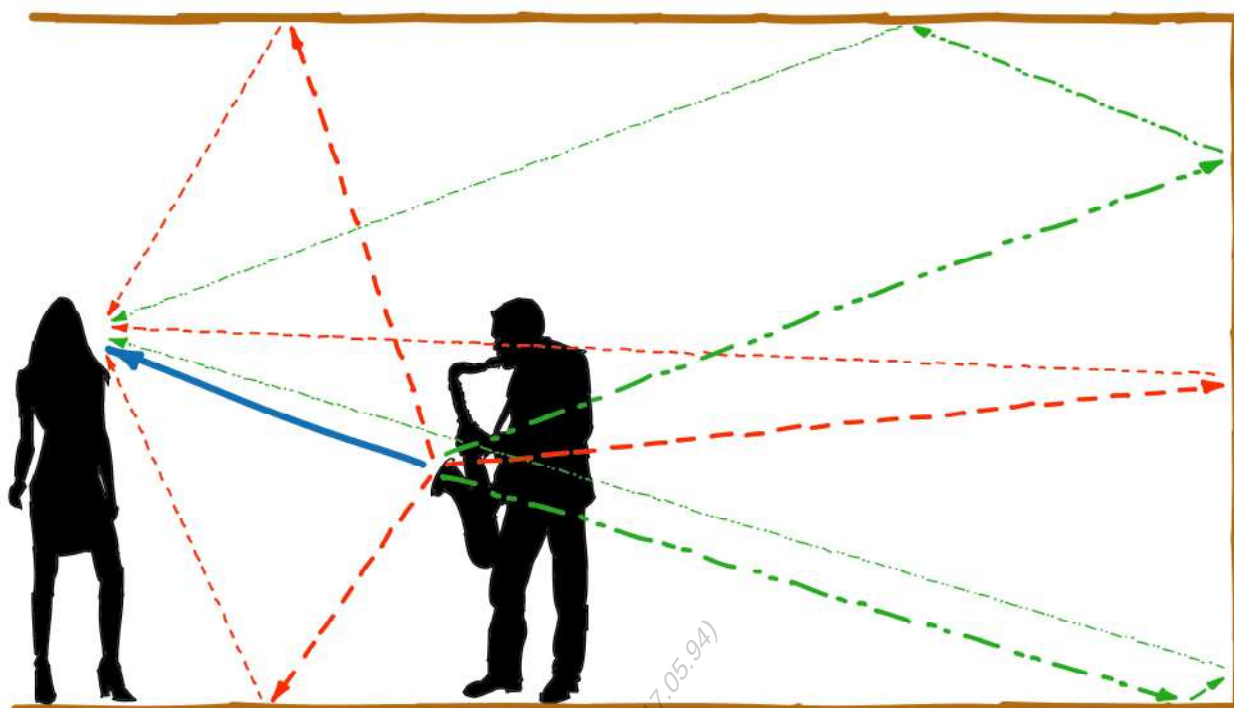


Рисунок 35 – Пример для Эхо: **красные** и **зеленые** волны отскакивают от стен \Rightarrow эти волны доходят до слушателя **позже** \Rightarrow звучание кажется **долгим**, так как друг за другом приходят волны звука от разных сторон

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



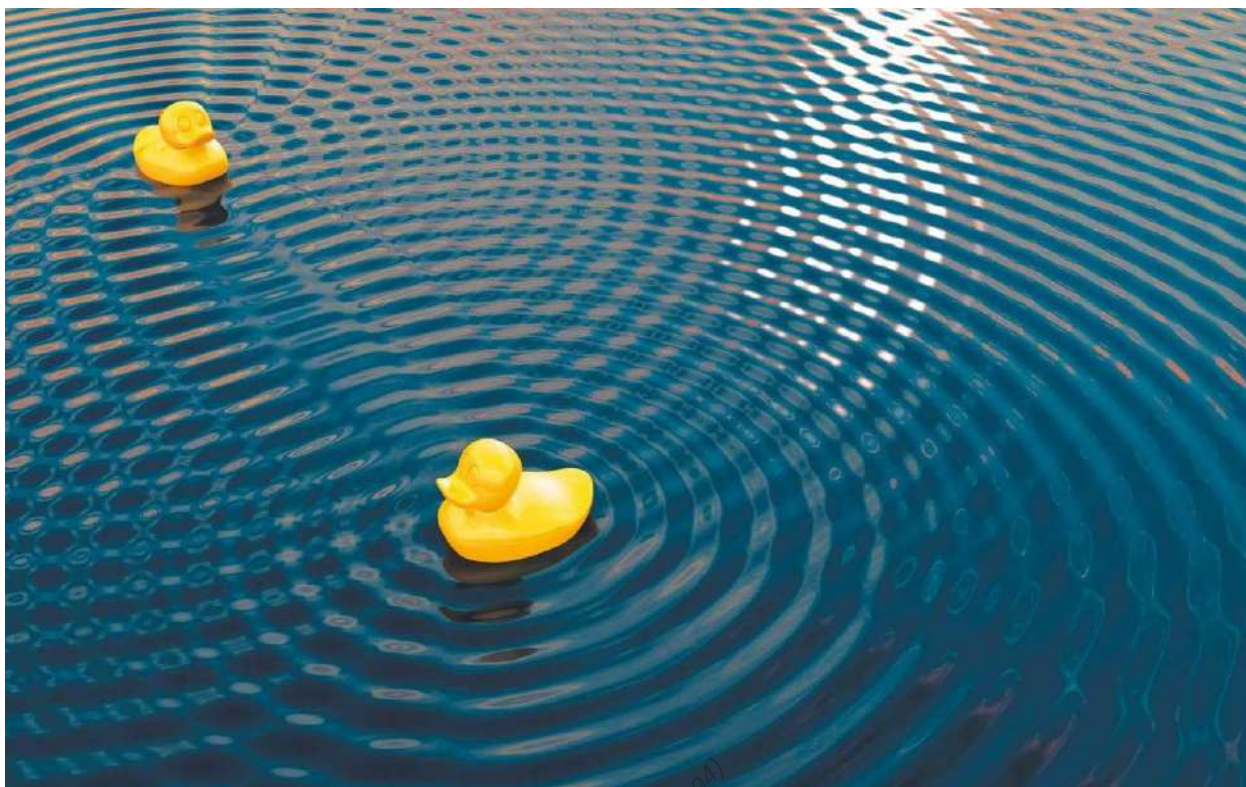


Рисунок 36 – Пример для **Интерференционная картина**: видны исходящие линии от колеблющихся тел, в которых **вода спокойна**

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

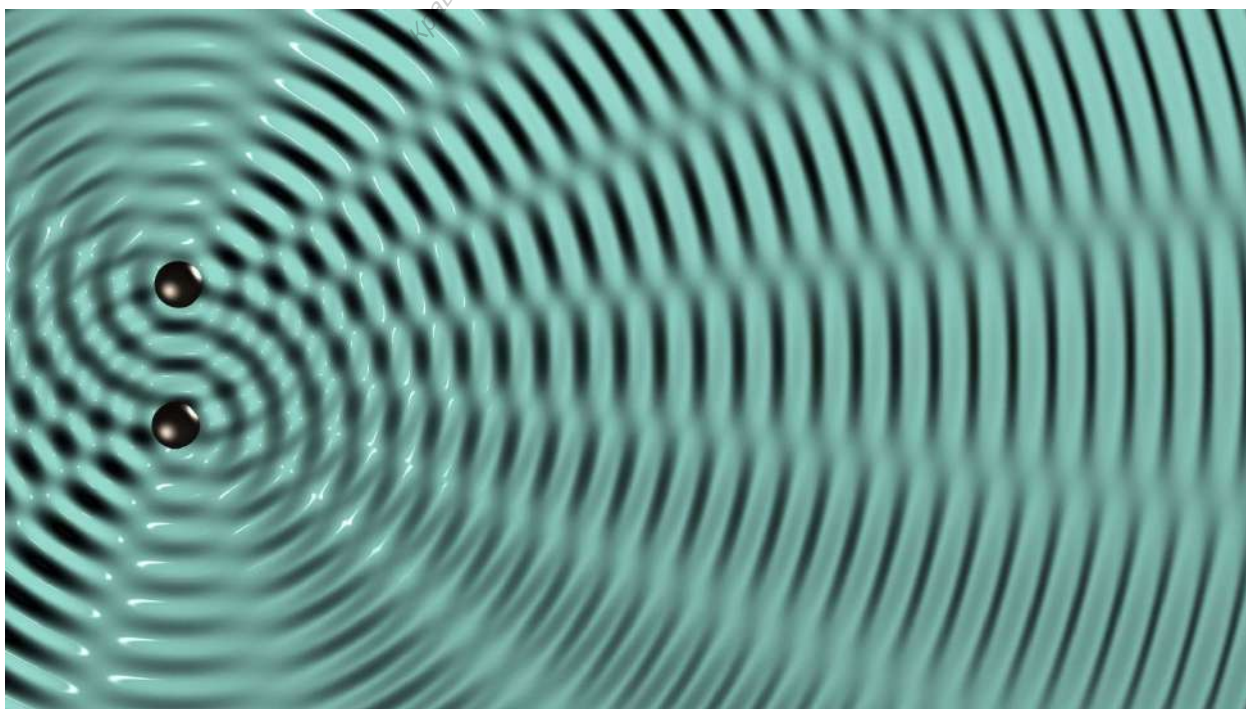


Рисунок 36а – Пример для **Интерференция волн**: на зеленой жидкости





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)

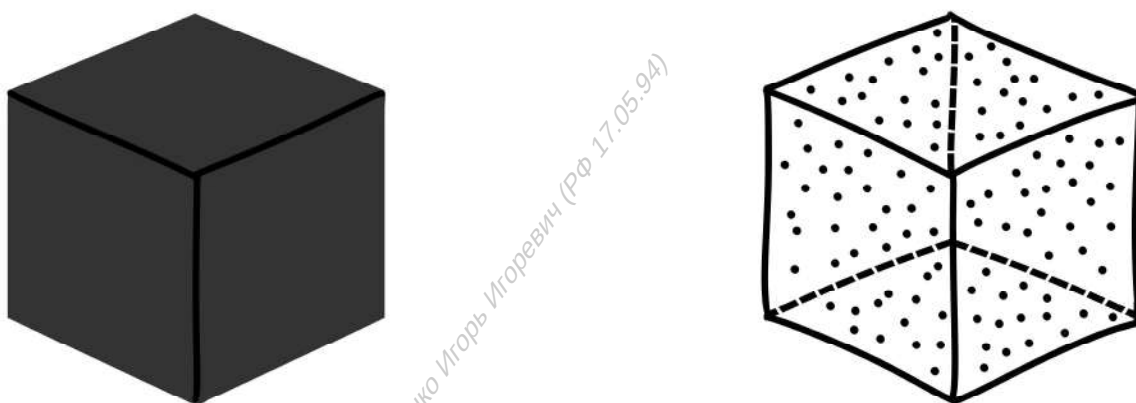


Рисунок 1 – Пример для **Молекулярная физика**: тело = сложенные шарики

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

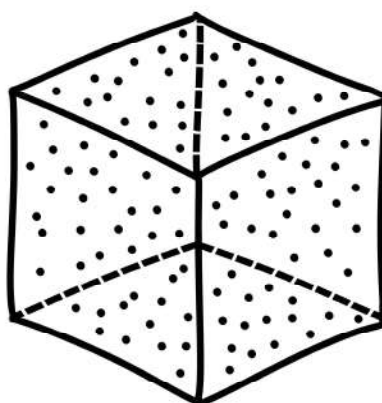


Рисунок 2 – Пример для **Молекула**: один шарик = молекула





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 Водород | He ² Гелий | Обозначение элемента | | Атомный номер | | | |
| II | 2 | Li ³ Литий | Be ⁴ 9,0122 Бериллий | B ⁵ 10,811 Бор | C ⁶ 12,01115 Углерод | N ⁷ 14,0067 Азот | O ⁸ 15,9994 Кислород | F ⁹ 18,9984 Фтор | Ne ¹⁰ 20,179 Неон | Li ³ Литий | 6,939 | | | | |
| III | 3 | Na ¹¹ 22,9898 Натрий | Mg ¹² 24,305 Магний | Al ¹³ 26,9815 Алюминий | Si ¹⁴ 28,086 Кремний | P ¹⁵ 30,9738 Фосфор | S ¹⁶ 32,064 Сера | Cl ¹⁷ 35,453 Хлор | Ar ¹⁸ 39,948 Аргон | | | Относительная атомная масса | | | |
| IV | 4 | K ¹⁹ 39,102 Калий | Ca ²⁰ 40,08 Кальций | Sc ²¹ 44,956 Скандий | Ti ²² 47,90 Титан | V ²³ 50,942 Ванадий | Cr ²⁴ 51,996 Хром | Mn ²⁵ 54,938 Марганец | Fe ²⁶ 55,847 Железо | Co ²⁷ 58,933 Кобальт | Ni ²⁸ 58,71 Никель | | | | |
| | 5 | Cu ²⁹ 63,546 Медь | Zn ³⁰ 65,37 Цинк | Ga ³¹ 69,72 Галлий | Ge ³² 72,59 Германий | As ³³ 74,9216 Мышьяк | Se ³⁴ 78,96 Селен | Br ³⁵ 79,904 Бром | Kr ³⁶ 83,80 Криптон | | | | | | |
| V | 6 | Rb ³⁷ 85,47 Рубидий | Sr ³⁸ 87,62 Стронций | Y ³⁹ 88,905 Иттрий | Zr ⁴⁰ 91,22 Цирконий | Nb ⁴¹ 92,906 Ниобий | Mo ⁴² 95,94 Молибден | Tc ⁴³ [99] Технеций | Ru ⁴⁴ 101,07 Рутений | Rh ⁴⁵ 102,905 Родий | Pd ⁴⁶ 106,4 Палладий | | | | |
| | 7 | Ag ⁴⁷ 107,868 Серебро | Cd ⁴⁸ 112,40 Кадмий | In ⁴⁹ 114,82 Индий | Sn ⁵⁰ 118,69 Олово | Sb ⁵¹ 121,75 Сурьма | Te ⁵² 127,60 Теллур | I ⁵³ 126,9044 Йод | Xe ⁵⁴ 131,30 Ксенон | | | | | | |
| VI | 8 | Cs ⁵⁵ 132,905 Цезий | Ba ⁵⁶ 137,34 Барий | La* ⁵⁷ 138,91 Лантан | Hf ⁷² 178,49 Гафний | Ta ⁷³ 180,948 Тантал | W ⁷⁴ 183,85 Вольфрам | Re ⁷⁵ 186,2 Рений | Os ⁷⁶ 190,2 Осий | Ir ⁷⁷ 192,2 Иридий | Pt ⁷⁸ 195,09 Платина | | | | |
| | 9 | Au ⁷⁹ 196,967 Золото | Hg ⁸⁰ 200,59 Ртуть | Tl ⁸¹ 204,37 Таллий | Pb ⁸² 207,19 Свинец | Bi ⁸³ 208,980 Висмут | Po ⁸⁴ [210]* Полоний | At ⁸⁵ [210] Астат | Rn ⁸⁶ [222] Радон | | | | | | |
| VII | 10 | Fr ⁸⁷ [223] Франций | Ra ⁸⁸ [226] Радий | Ac** ⁸⁹ [227] Актиний | Rf ¹⁰⁴ [261] Резерфордий | Db ¹⁰⁵ [262] Дубний | Sg ¹⁰⁶ [263] Сиборгий | Bh ¹⁰⁷ [262] Борий | Hs ¹⁰⁸ [265] Хассий | Mt ¹⁰⁹ [266] Мейтнерий | 110 | | | | |
| Лантаноиды* | 58 | Ce ^{140,12} Церий | Pr ^{140,907} Прометий | Nd ^{144,24} Неодим | Pm ¹⁴⁷ Прометий | Sm ^{150,35} Самарий | Eu ^{151,96} Европий | Gd ^{157,25} Гадолиний | Tb ^{158,924} Тербий | Dy ^{162,50} Диспрозий | Ho ^{164,930} Гольмий | Er ^{167,26} Эрбий | Tm ^{168,934} Тулий | Yb ^{173,04} Иттербий | Lu ^{174,97} Лютеций |
| Актиноиды* | 90 | Th ^{232,038} Торий | Pa ²³¹ Протактиний | U ^{238,03} Уран | Np ²³⁷ Нептуний | Pu ²⁴⁴ Плутоний | Am ²⁴³ Америций | Cm ²⁴⁷ Кюрий | Bk ²⁴⁷ Берклий | Cf ²⁵² Калифорний | Es ²⁵⁴ Эйнштейний | Fm ²⁵⁷ Фермий | Md ²⁵⁷ Менделевий | No ²⁵⁹ Нобелий | Lr ²⁶⁰ 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)

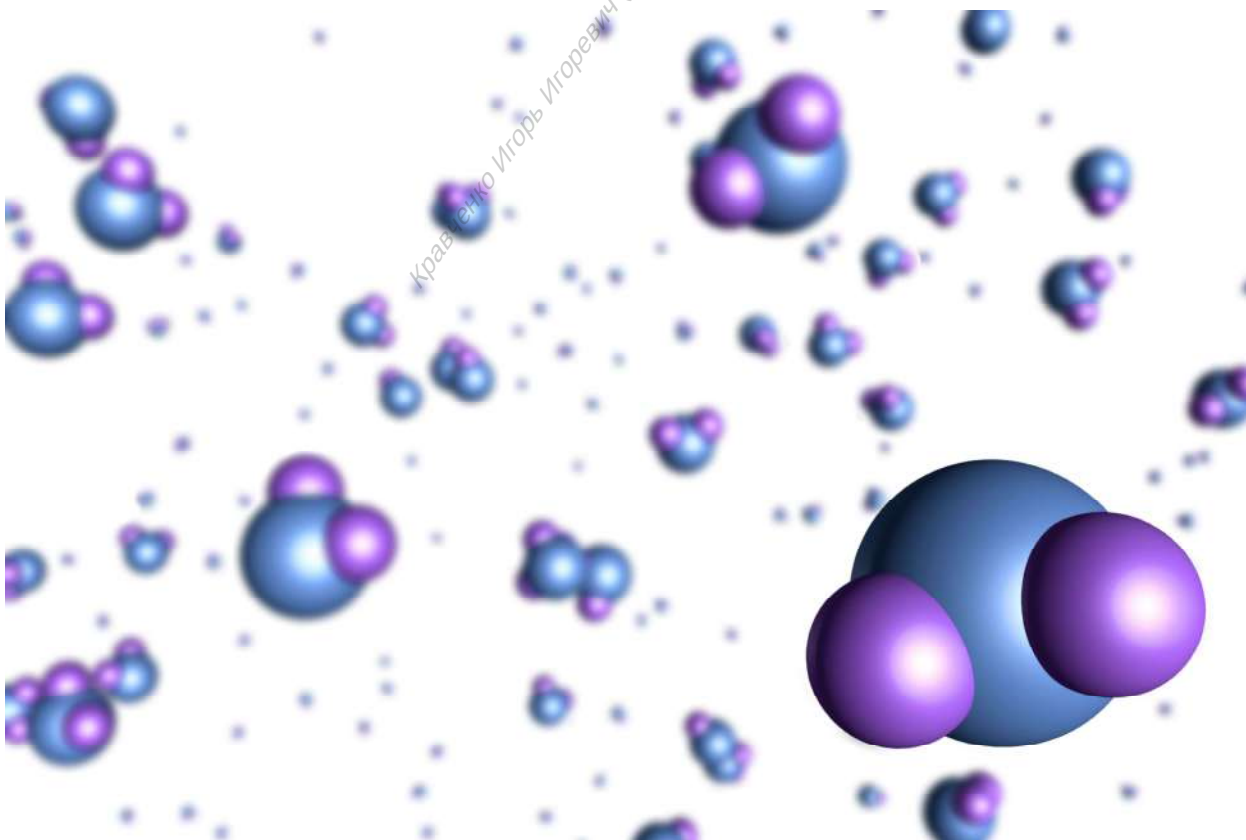


Рисунок 5 – Пример для **Молекула из атомов**: молекулы из трех атомов





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)

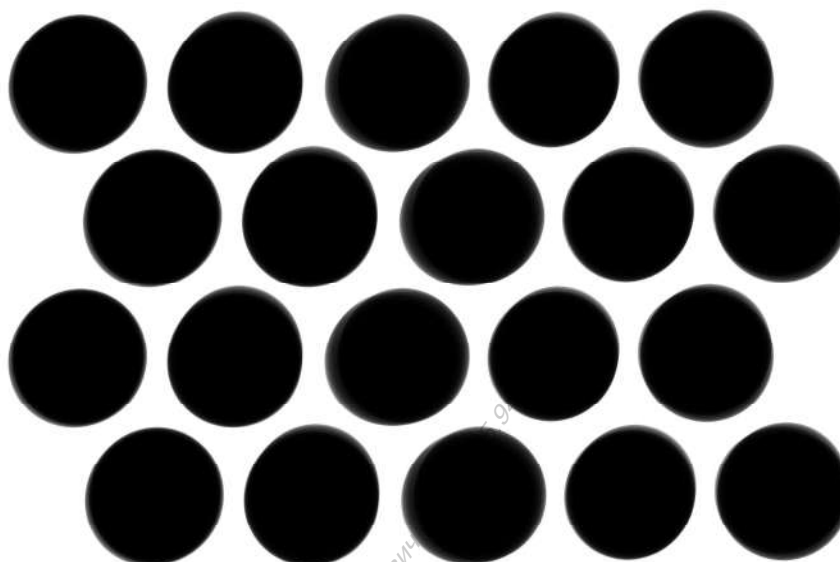


Рисунок 6 – Пример для Положение №1 МКТ

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

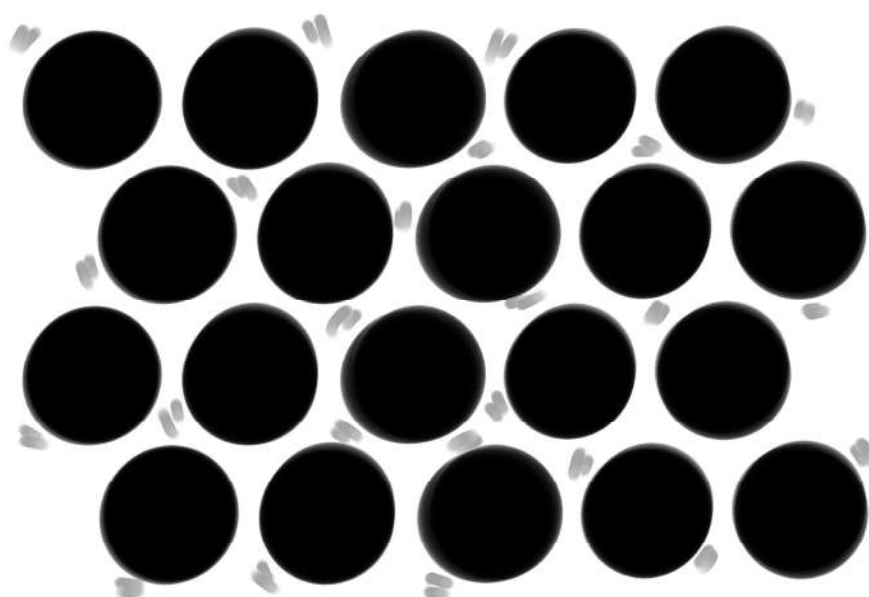


Рисунок 7 – Пример для Положение №2 МКТ: здесь «дрожат». Так как **разлететься не могут**, а **двигаться стремятся**





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

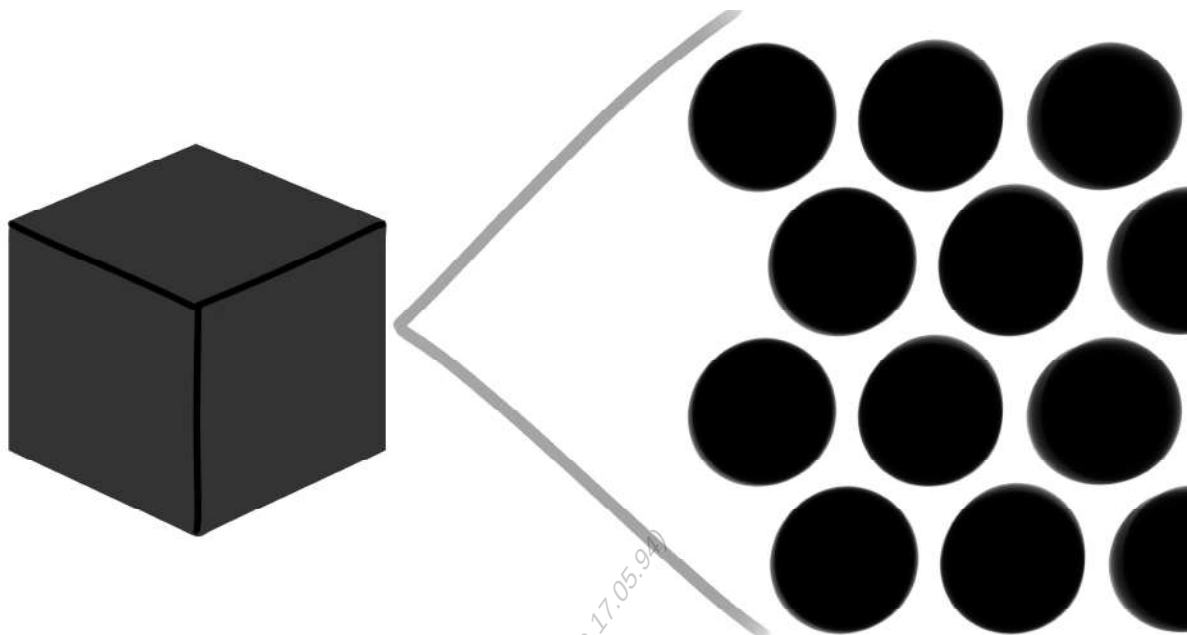


Рисунок 8 – Пример для Положение №3 МКТ: молекулы никак **не склеиваются, значит отталкиваются**. Молекулы никак **не отделяются, значит притягиваются**.



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)

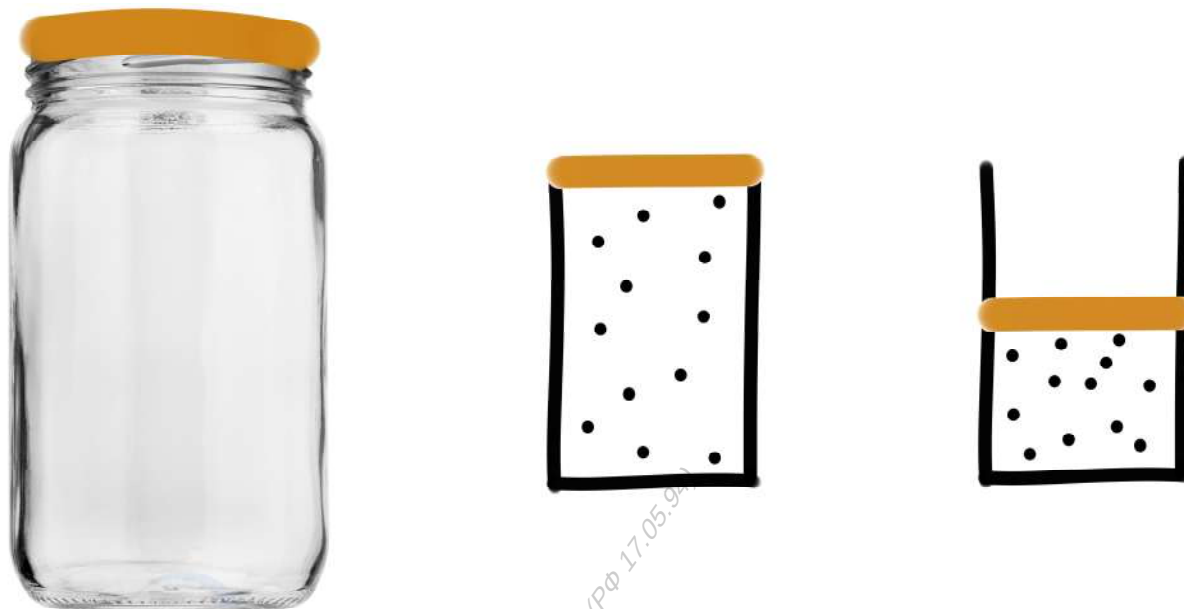


Рисунок 10 – Пример для Газ: внутри газ, невидим;

качества



нет собственной ФОРМЫ (■)

и

нет собственного ОБЪЕМА (●)

2. Жидкость. (рис.11, 12)



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



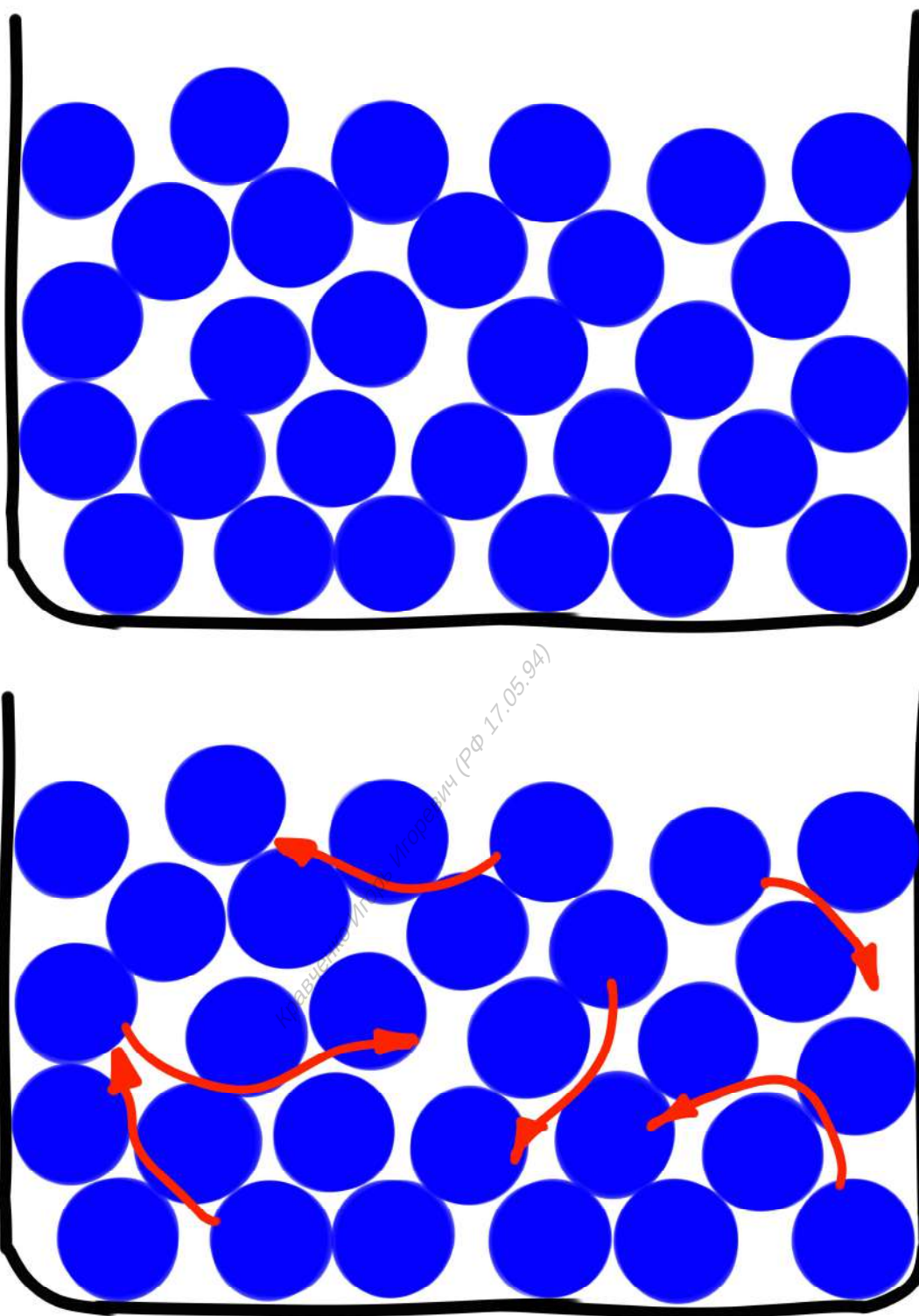


Рисунок 12 – Пример для Жидкость:

качества



нет собственной ФОРМЫ (■)

и

есть собственный ОБЪЕМ (●)





3. **Твердое.** (рис.13)

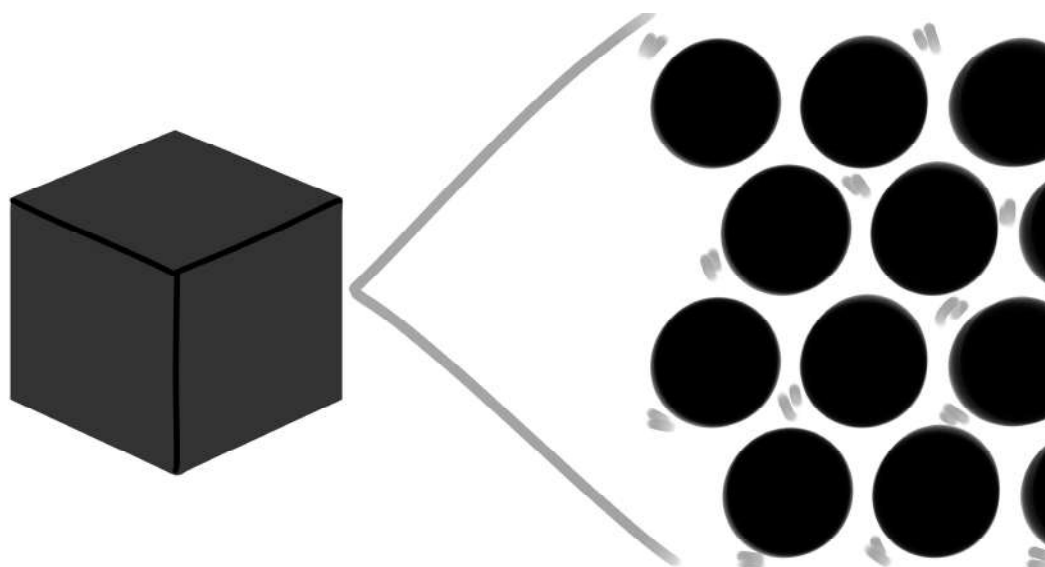


Рисунок 13 – Пример для **Твердое**: можно ощущать четко

качества



есть собственная ФОРМА (■)

и

есть собственный ОБЪЕМ (●)

Структуры твердых тел:

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

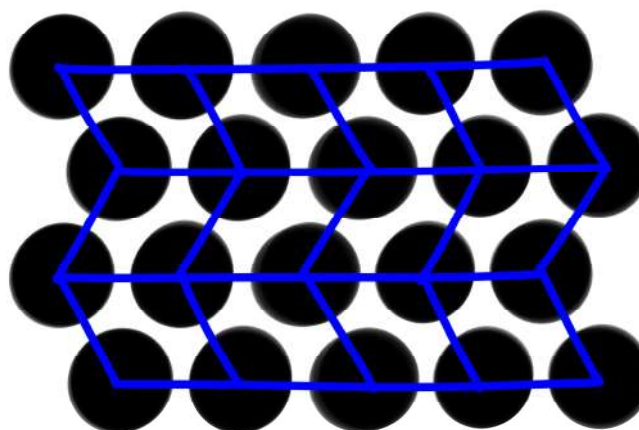


Рисунок 14 – Пример для «Кристаллическая решетка»: шары = молекулы; **линии** = силовые связи между молекулами. **Порядок** молекул относительно друг друга **можно предсказать**.





2. «Аморфная структура». (рис.15)

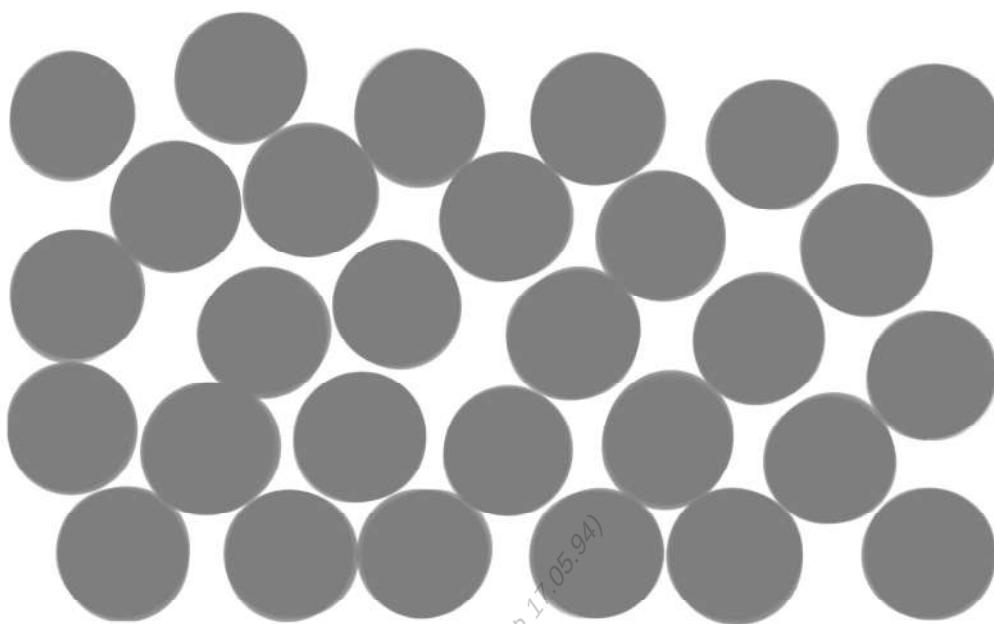


Рисунок 15 – Пример для «Аморфная структура»: шары = молекулы.

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

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

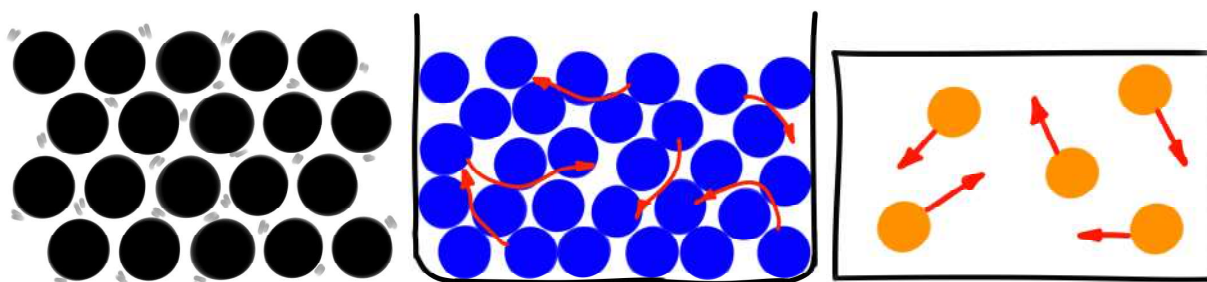


Рисунок 16 – Пример для **Тепловое движение**: в любом веществе частицы двигаются «как им пожелается» / «кто куда»:

Т : дрожат;

Ж : толкаются / бродят;

Г : летают / сталкиваются





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

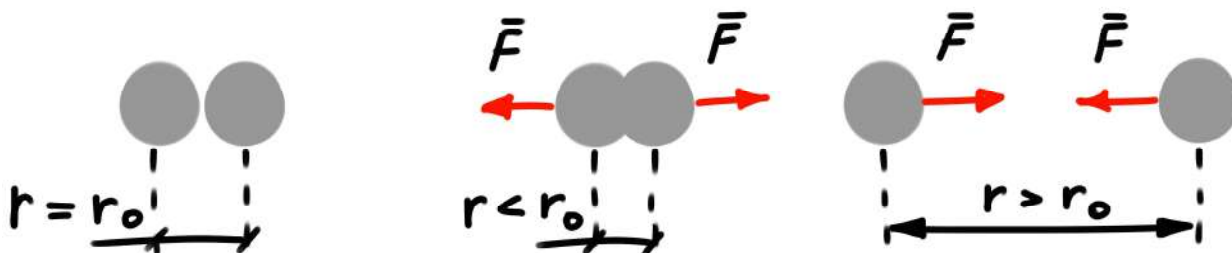


Рисунок 17 – Пример для **Взаимодействие частиц вещества**: при сближении **отталкивание** ↑; при отдалении **притяжение** ↓

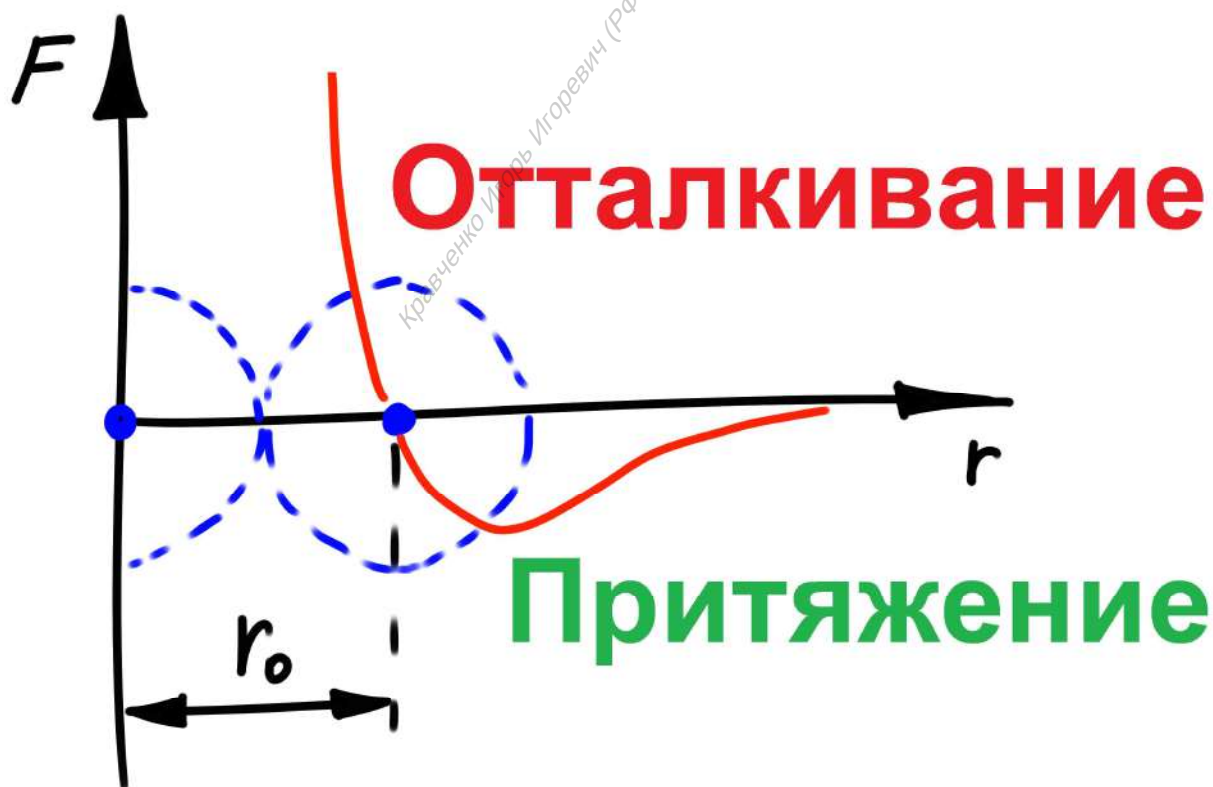


Рисунок 18 – Пример для **Взаимодействие частиц вещества**: на расстоянии между центрами, равном примерно размеру молекулы, молекулы не взаимодействуют





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

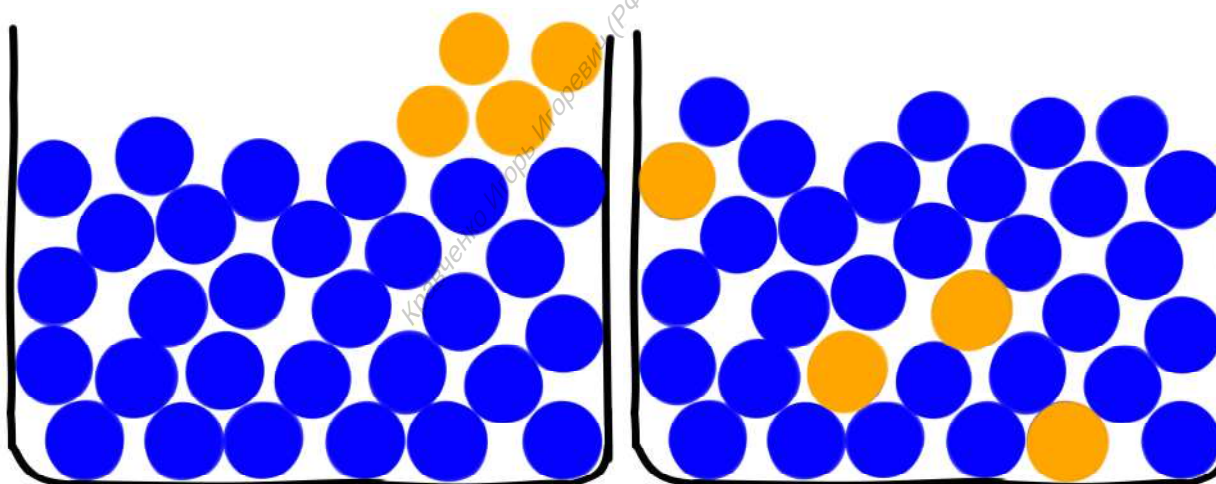


Рисунок 19 – Пример для **Диффузия**: молекулы **●** **проникают** в промежутки между молекулами **●**, и наоборот.

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



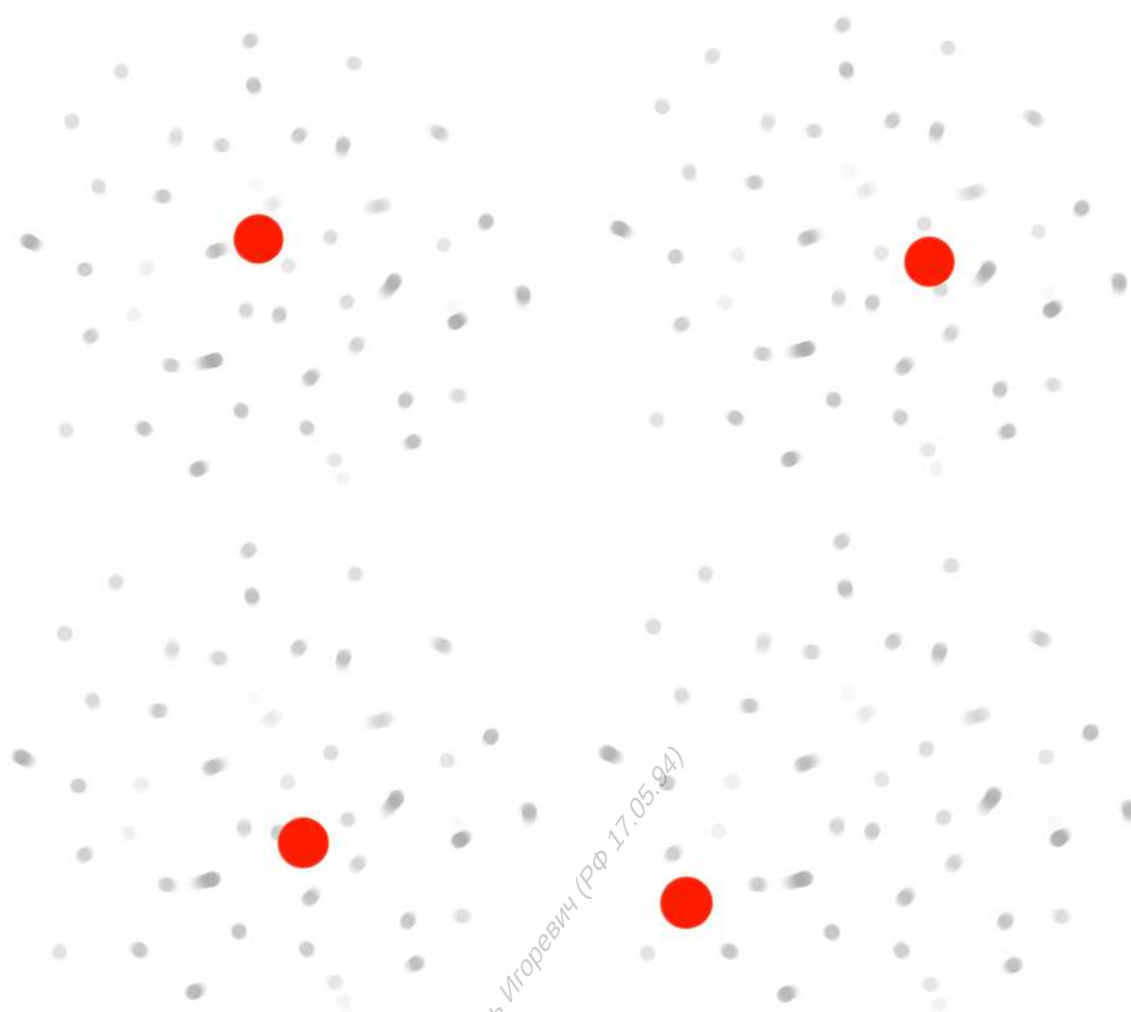


Рисунок 20 – Пример для Броуновское движение: «крупинка» ● терпит удары молекул ●

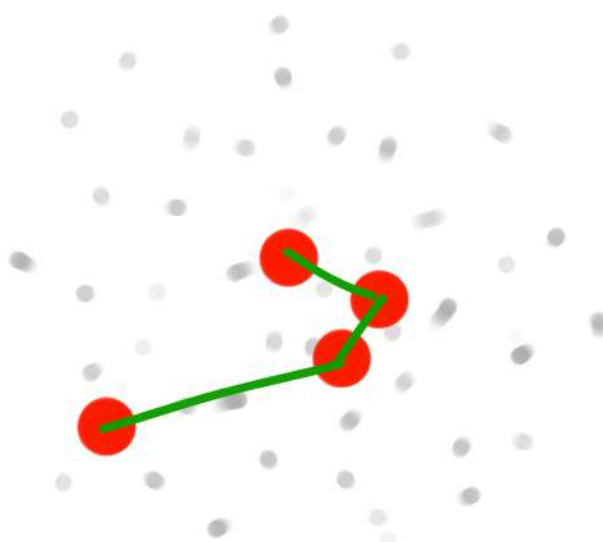


Рисунок 21 – Пример для Броуновское движение: «крупинка» ● непредсказуемо движется





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

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

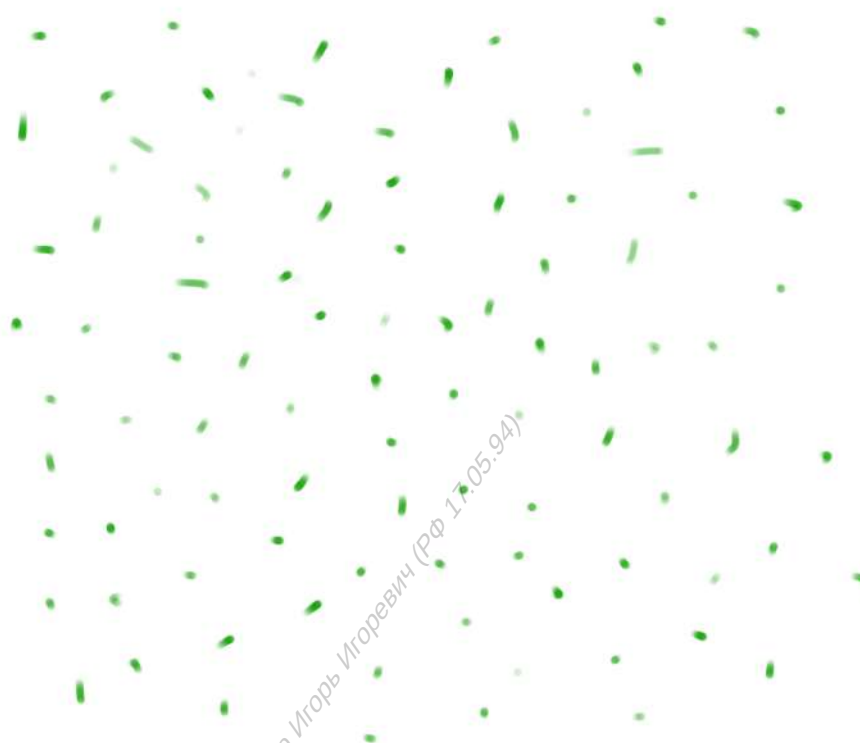


Рисунок 22 – Пример для «Частицы – материальные точки (·)»: расстояния между молекулами в среднем во **много раз больше размеров** молекул; молекулы **редко сталкиваются**

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

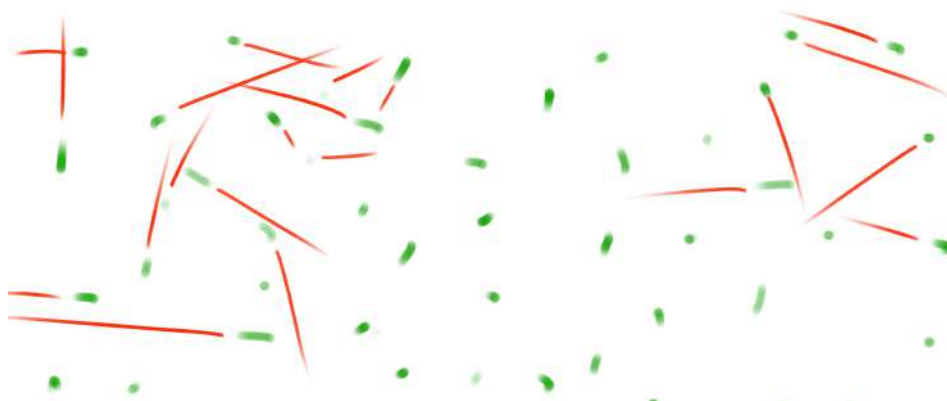


Рисунок 23 – Пример для «Частицы **не притягиваются** (· ·) друг к другу»: молекулы **двигаются прямо** (между столкновениями), **не сворачивают и не тянутся сближаться**





3. Столкновение частиц упругое. (рис.24)

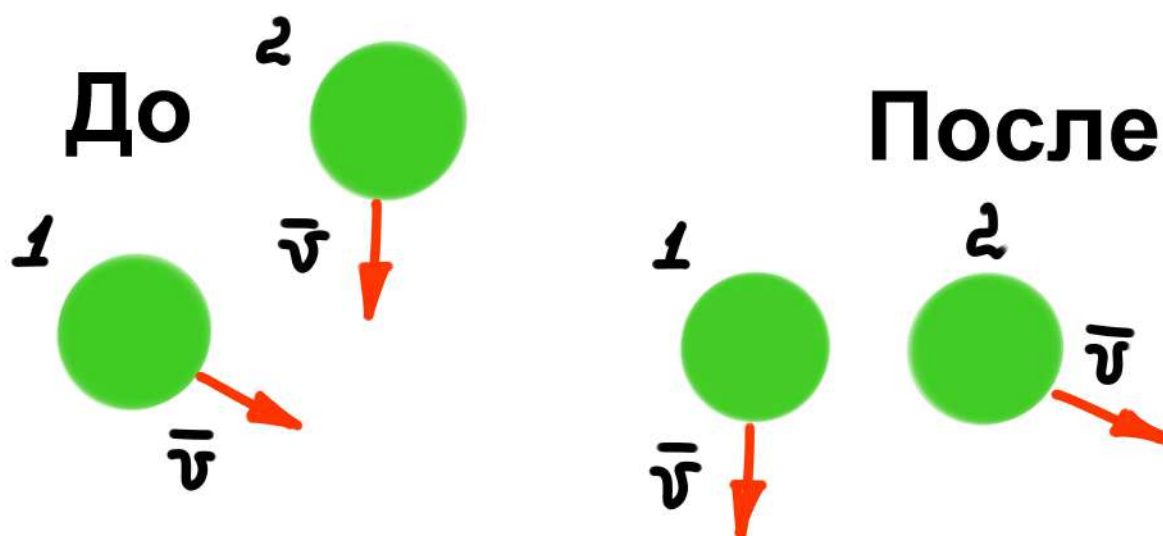


Рисунок 24 – Пример для «Столкновение частиц упругое»: закон **сохранения импульса соблюдается**; закон **сохранения полной механической энергии соблюдается**

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 »

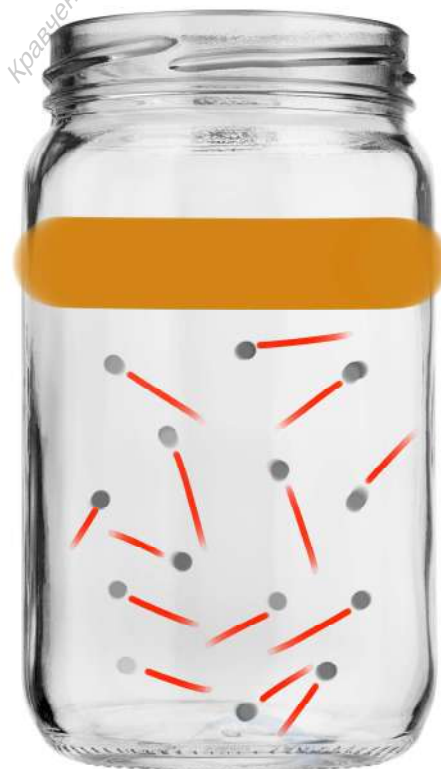
Концентрация (n [1/(м³)]) – характеристика вещества, показывающая как молекулы наполняют пространство. (рис.27)





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

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



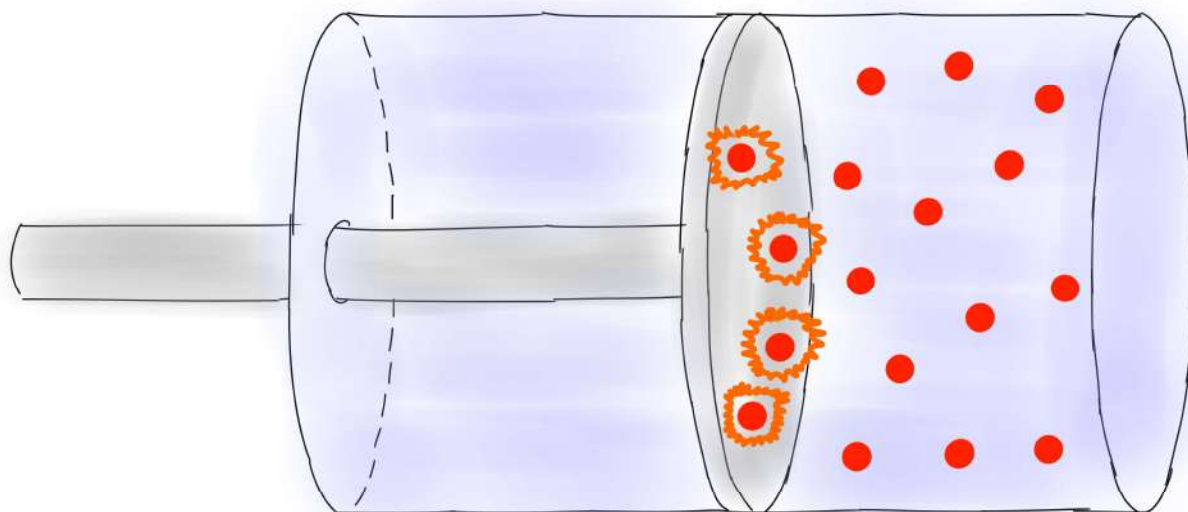


Рисунок 28 – Пример для «Давление газа»: молекулы летят и толкают стены

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

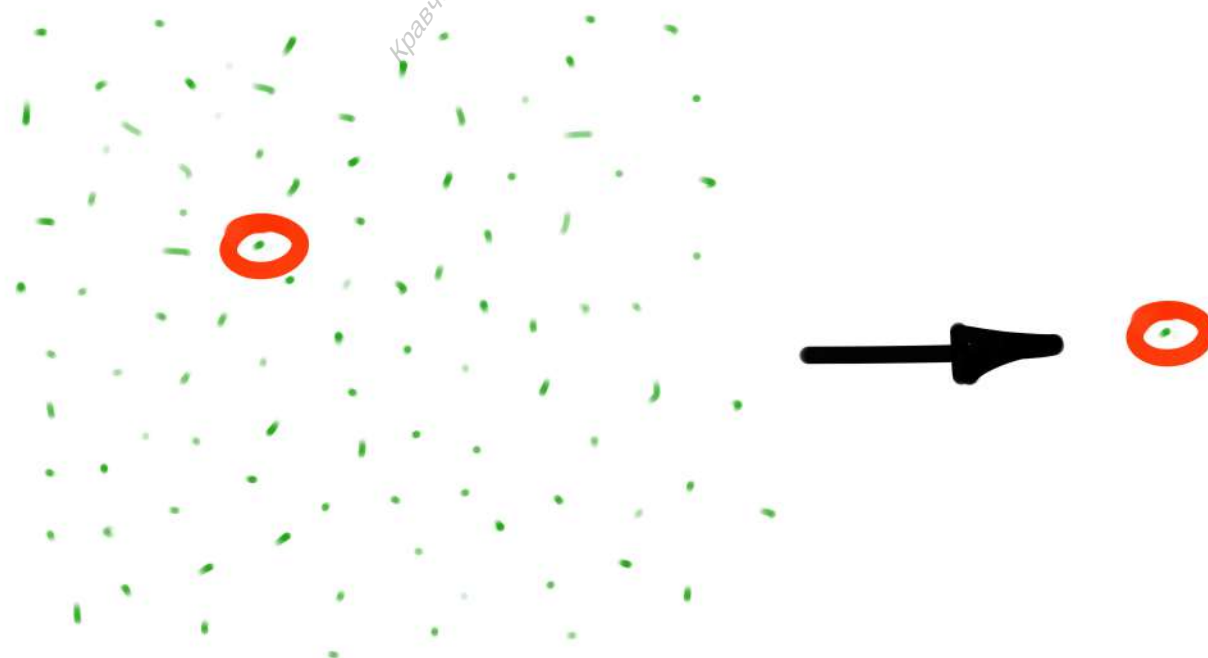


Рисунок 29 – Пример для «Микроскопический параметр»: берем одну молекулу и описываем ее





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)

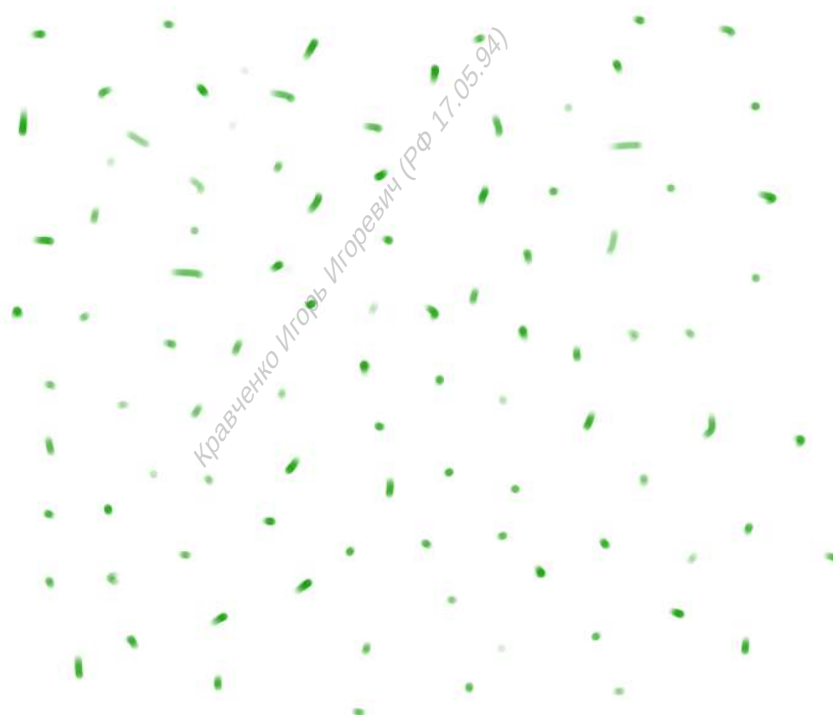


Рисунок 30 – Пример для «Макроскопический параметр»: можно описать состояние этого множества, не исследуя внимательно каждую молекулу





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)

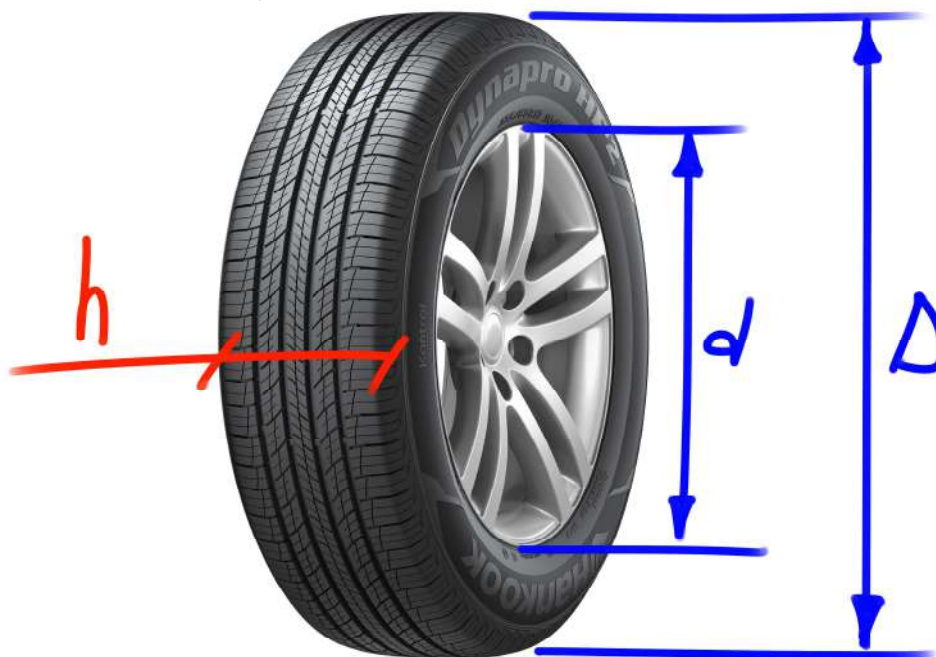


Рисунок 32 – Пример для «Объем»: измерение объем газа в колесе, газ в черной области





3. Температура (Т). (рис.33)



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

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

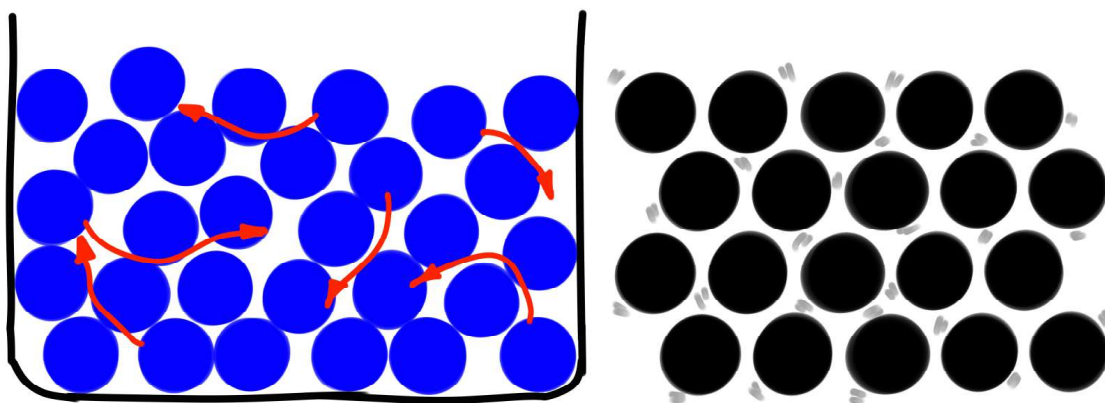


Рисунок 34 – Пример для Температура: тут одно и то же вещество. Слева молекулы **лучше** двигаются \Rightarrow слева кинетическая энергия молекул **больше** \Rightarrow слева Температура **больше**.





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

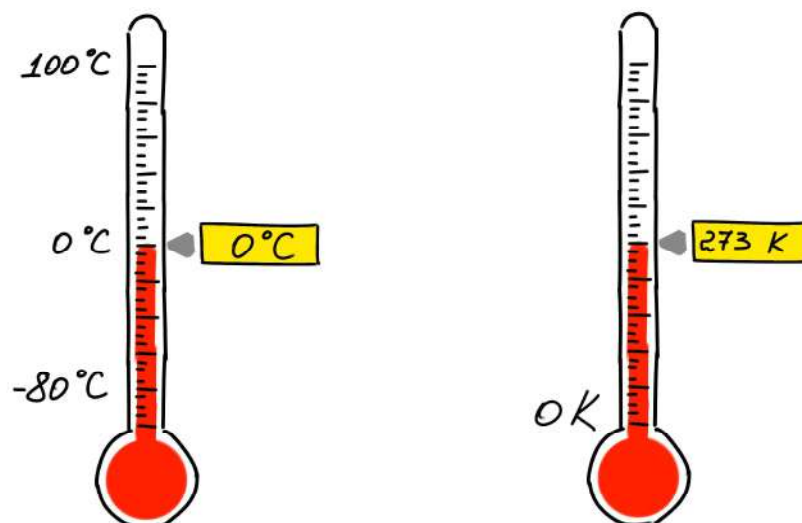


Рисунок 35 – Пример для Абсолютная Температура: в жизни удобны °C, в Физике – K

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

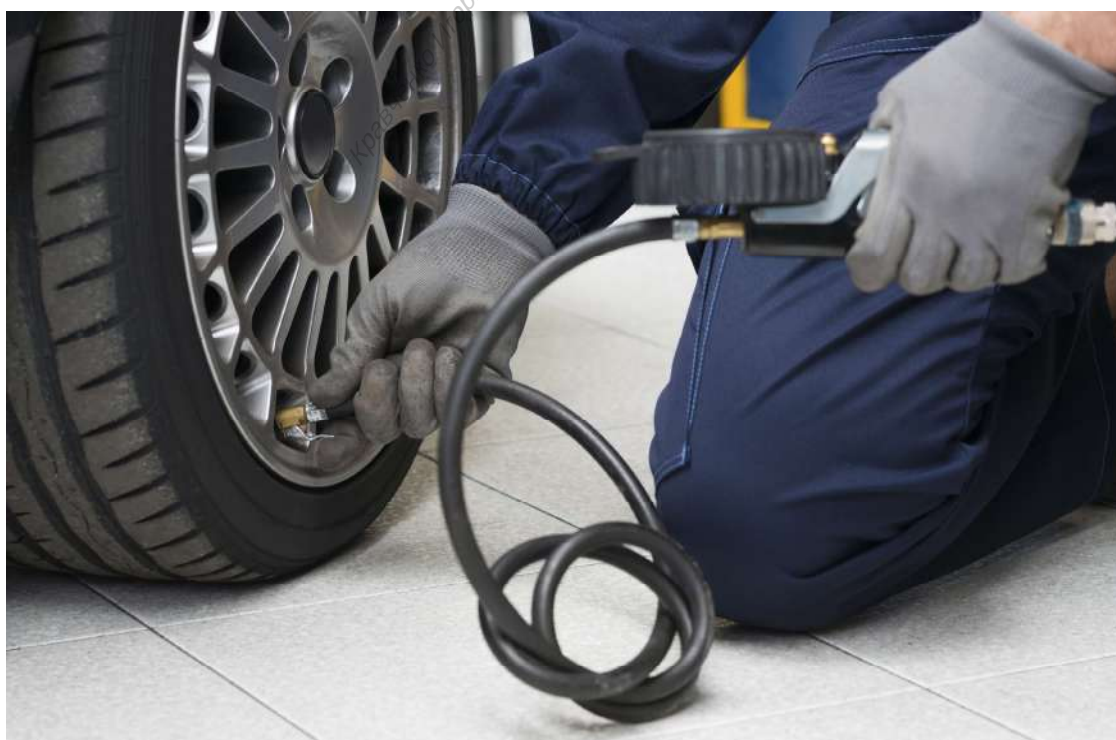


Рисунок 36 – Пример для Уравнение Менделеева-Клапейрона: в колесе был воздух. Далее подкачиваем еще воздух \Rightarrow масса газа в колесе \uparrow , но объем увеличиваться не может тут \Rightarrow (при постоянной температуре) давление \uparrow .





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)

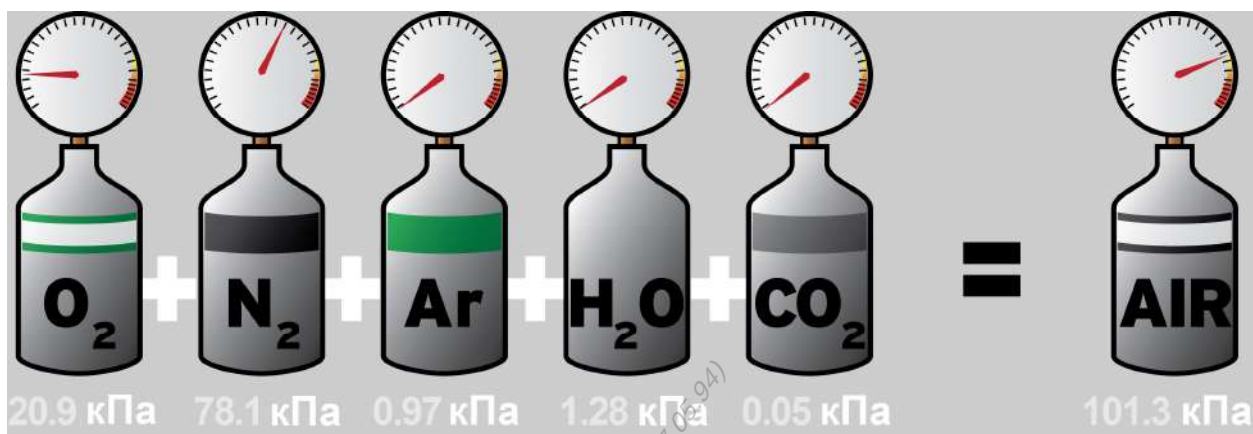


Рисунок 39 – Пример для **Закон Дальтона**: смешиваем / заталкиваем в один баллон все газы. **Закон Дальтона** выполняется.

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 $P \uparrow$**





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

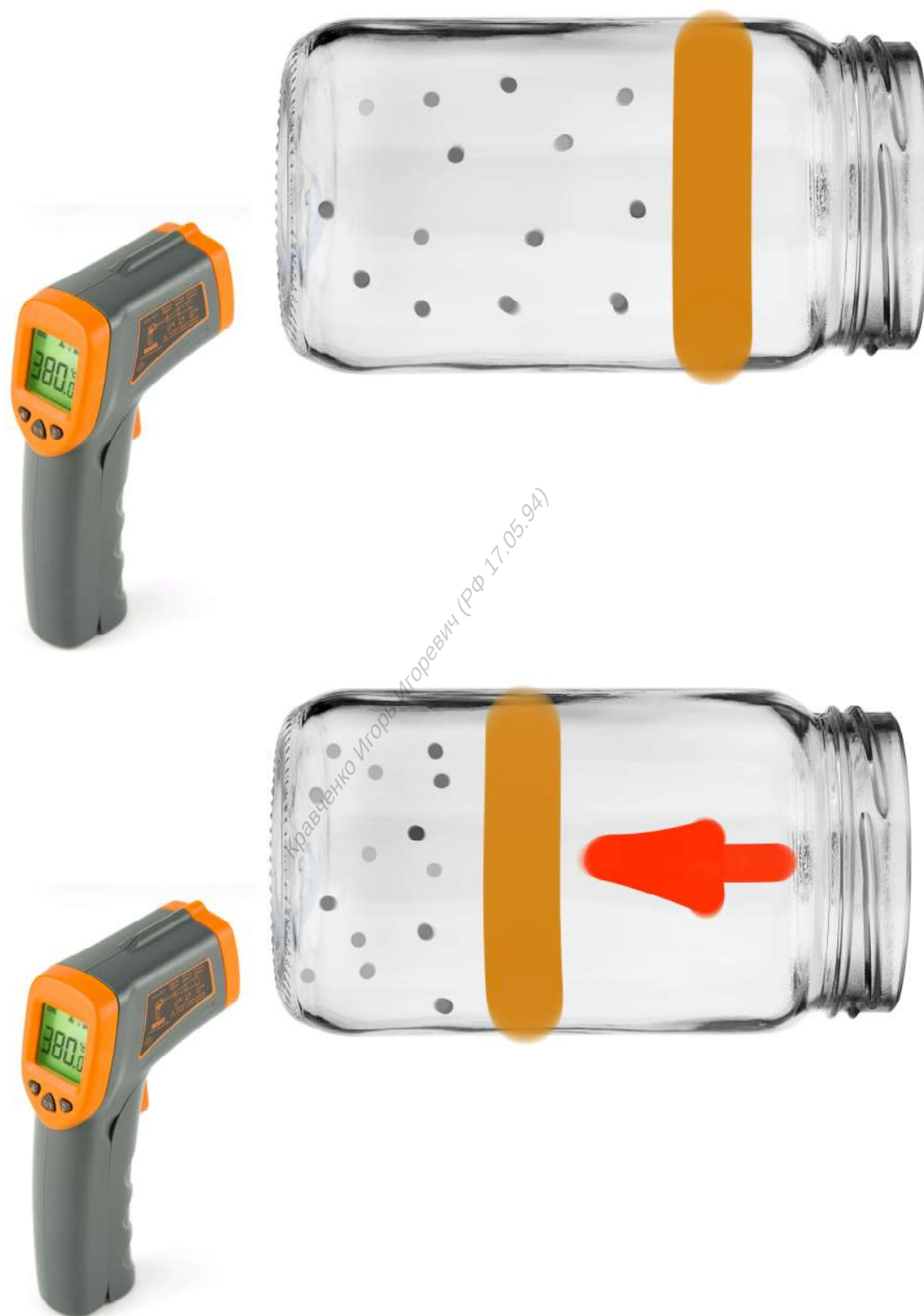


Рисунок 41 – Пример для Изопроцесс: $V \downarrow \Rightarrow$ частицы чаще толкают стенки, значит $P \uparrow$. Но видно, $T = \text{const}$, газ тут не остывает (по прибору).

Тут изопроцесс с постоянной температурой.





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

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

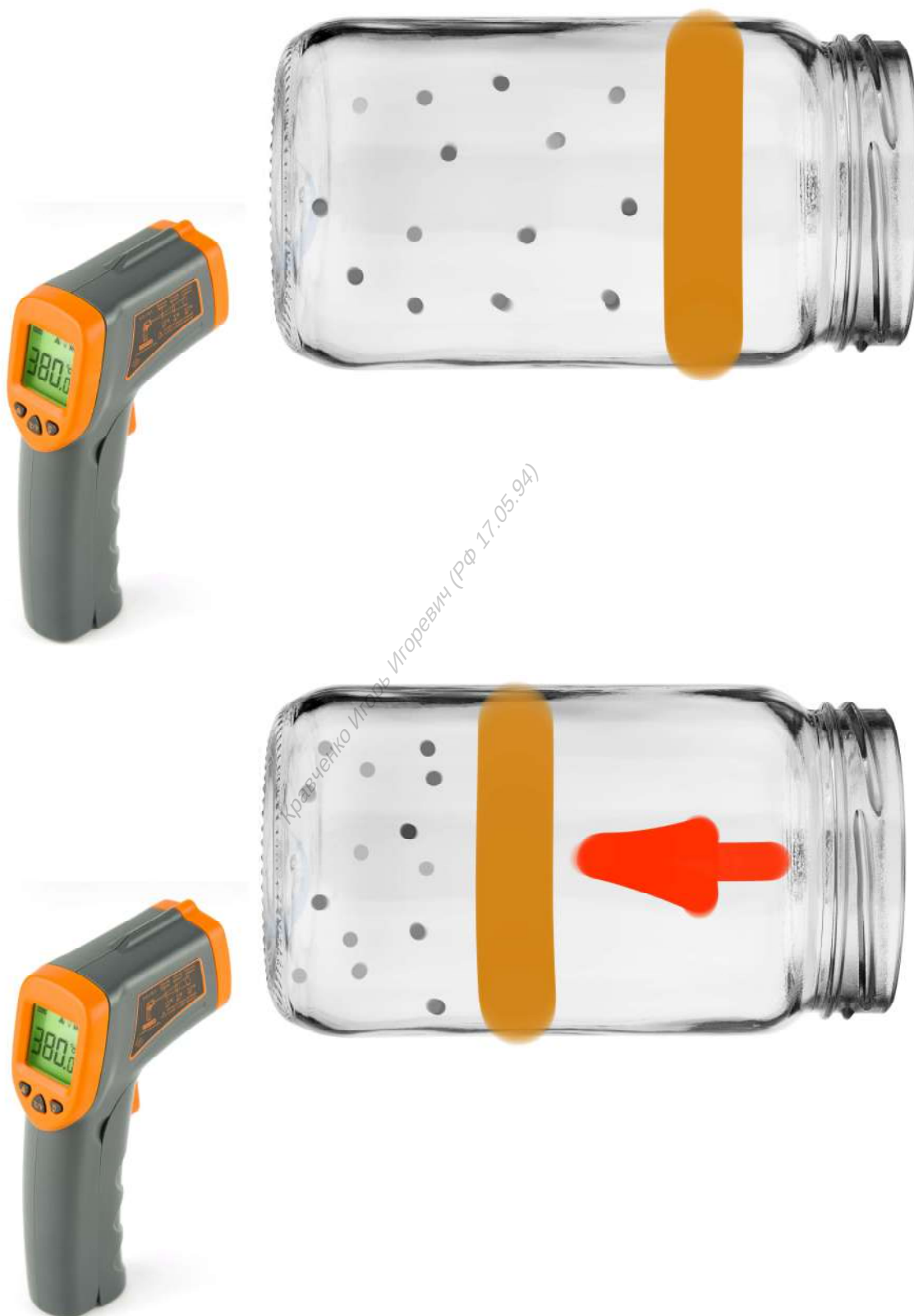


Рисунок 42 – Пример для Изотермический: **Температуру поддерживают постоянной.**





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)

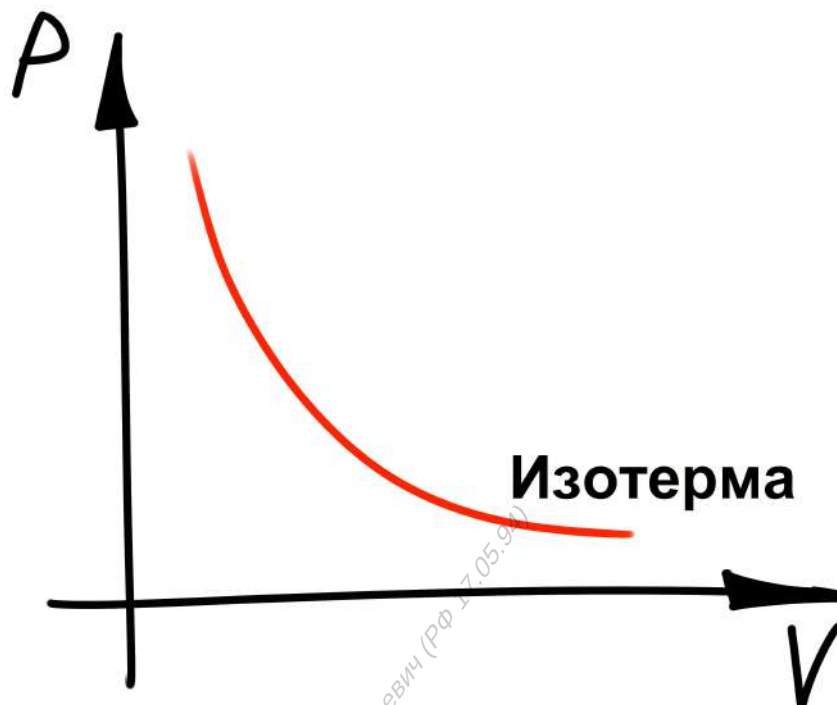


Рисунок 45 – Пример для **Изотермический**: если нужно **сохранять T**, то **P** и **V** должны **меняться по данному графику**

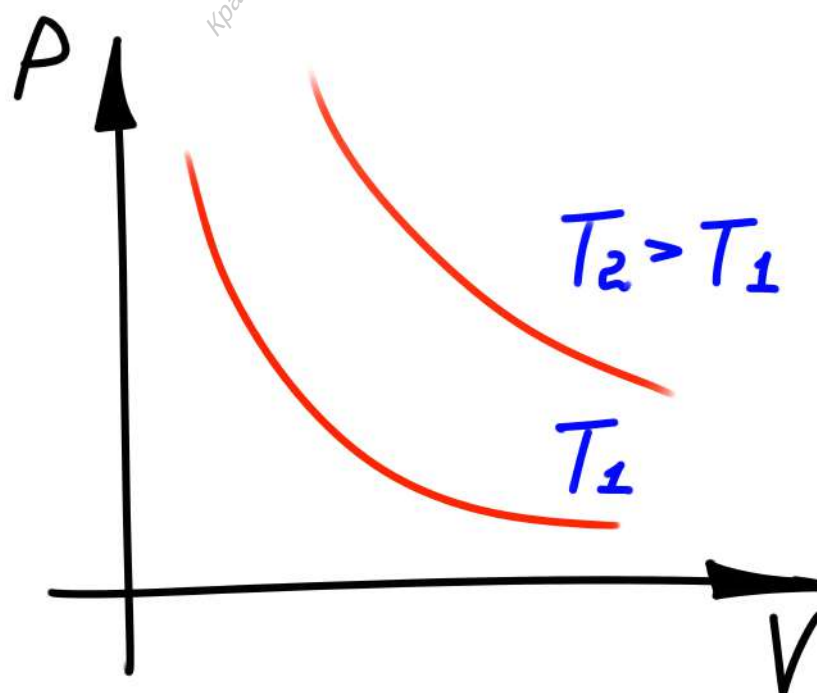


Рисунок 46 – Пример для **Изотермический**: **Для большей T** изотерма **дальше** от 0





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

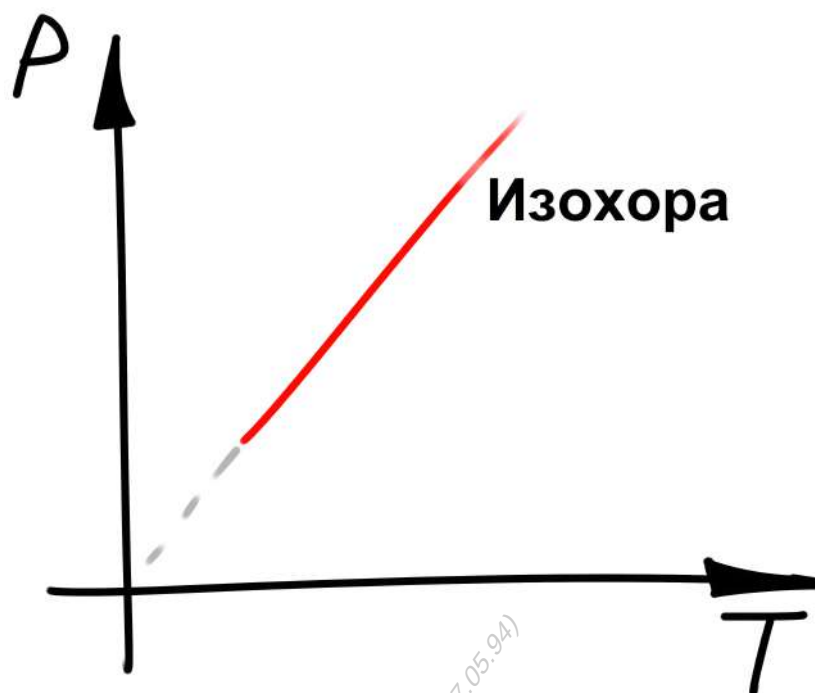


Рисунок 47 – Пример для **Изохорный**: если нужно **сохранять V**, то **P и T** должны **меняться по данному графику**

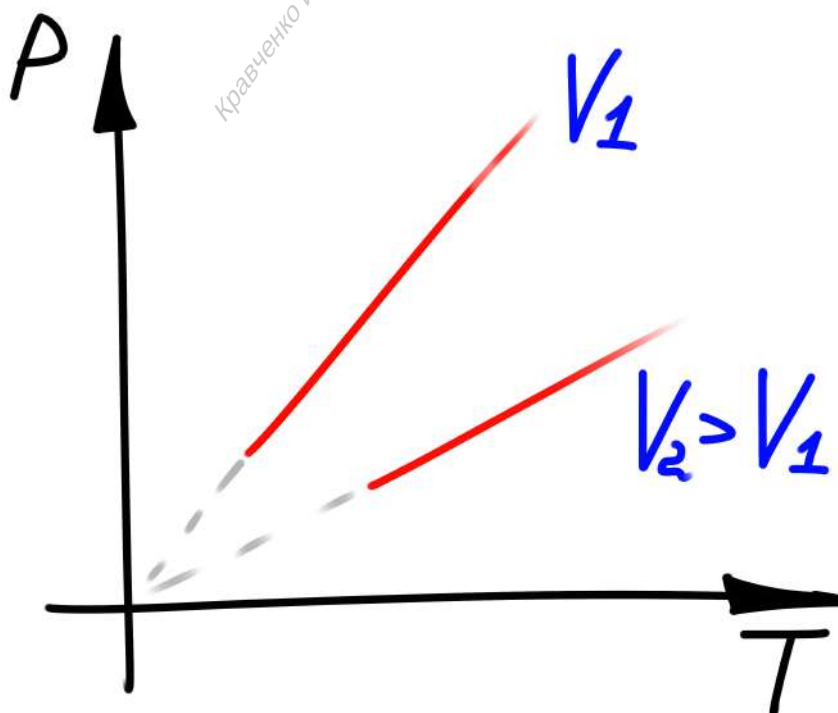


Рисунок 48 – Пример для **Изохорный**: **Для большего V** изохора **ближе** к оси **T**





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

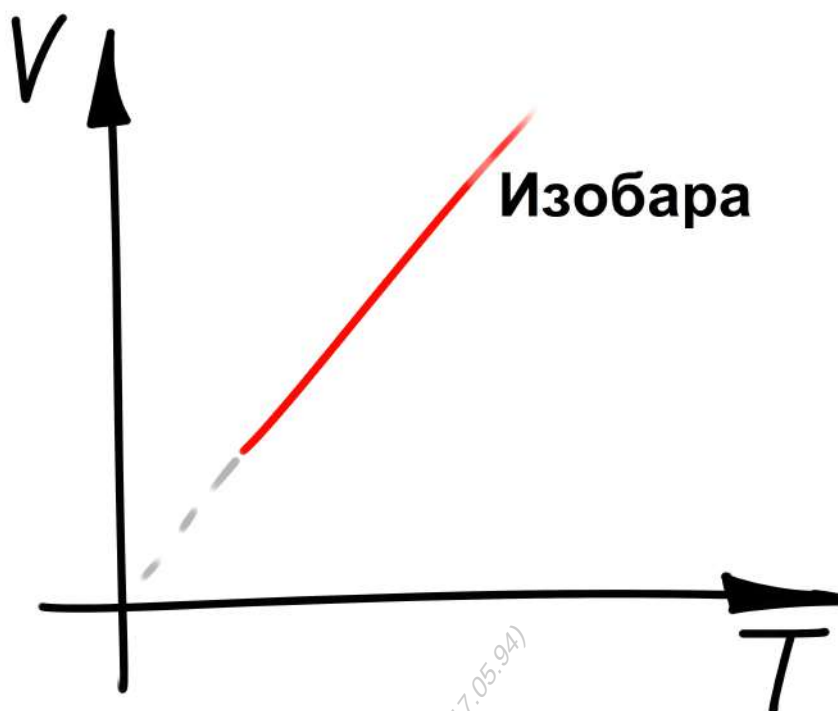


Рисунок 49 – Пример для **Изобарный**: если нужно **сохранять P**, то **V** и **T** должны **меняться по данному графику**

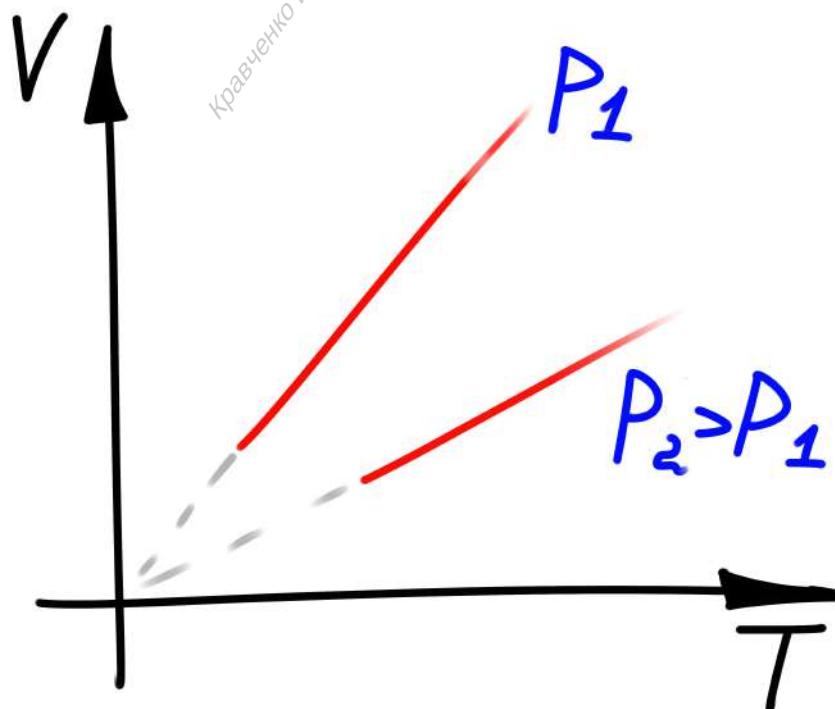


Рисунок 50 – Пример для **Изобарный**: **Для большего P** изобара **ближе** к оси
T





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)

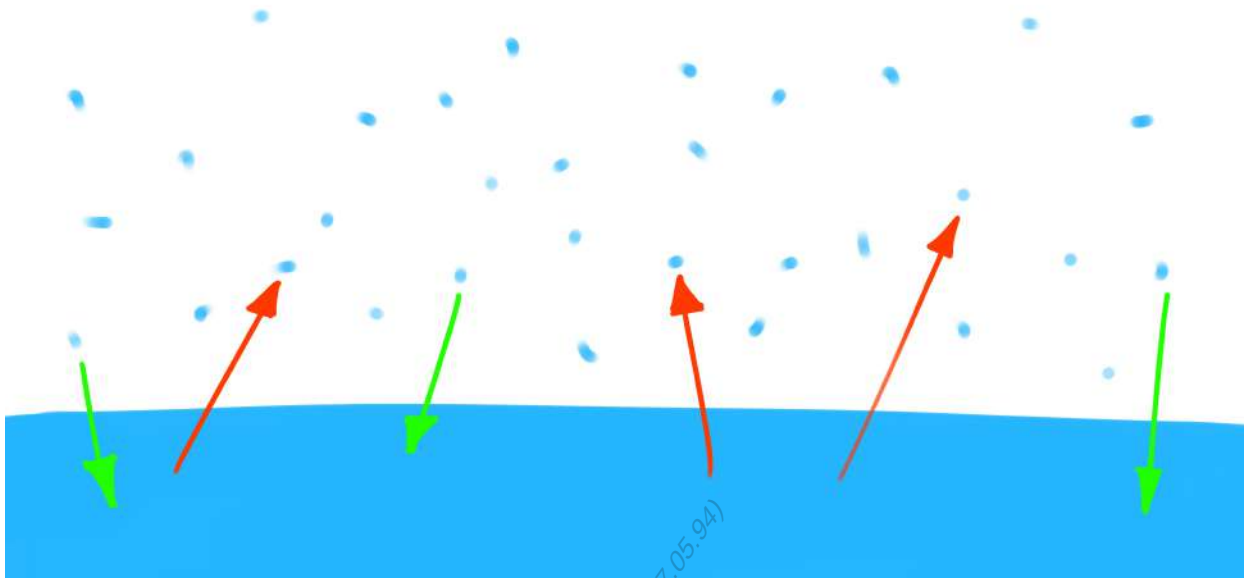


Рисунок 53 – Пример для **Насыщенный пар**: если жидкость отдает молекулы, то пар возвращает **столько же** в жидкость (Динамическое равновесие)

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

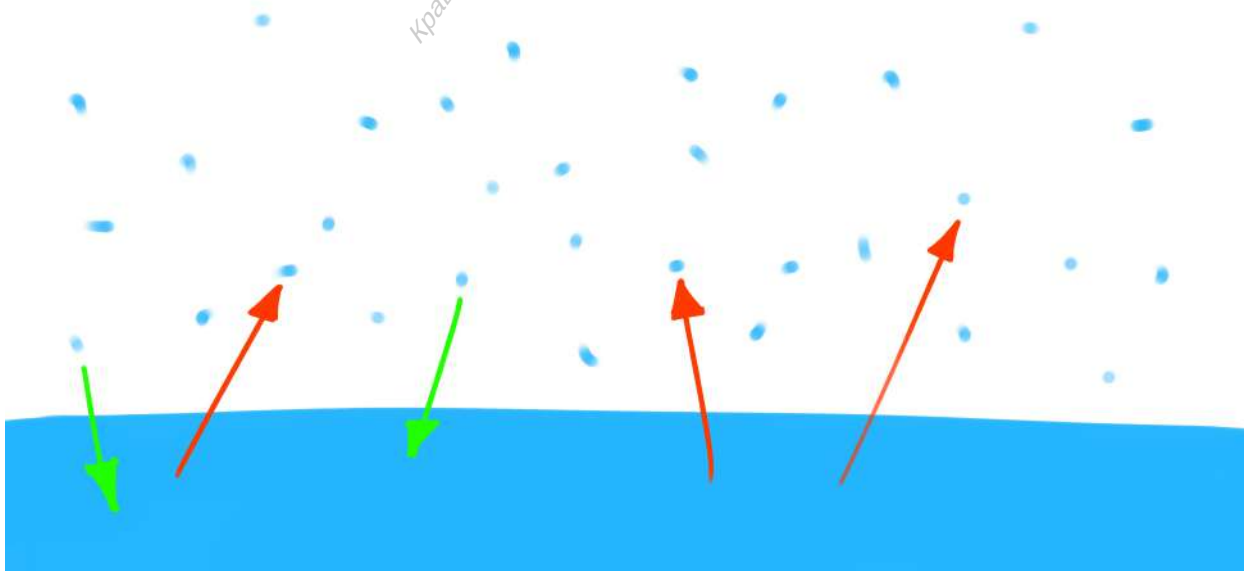


Рисунок 54 – Пример для **Ненасыщенный пар**: если жидкость отдает молекулы, то пар возвращает **меньше молекул** в жидкость





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

График $P(T)$ пара: (рис.55)

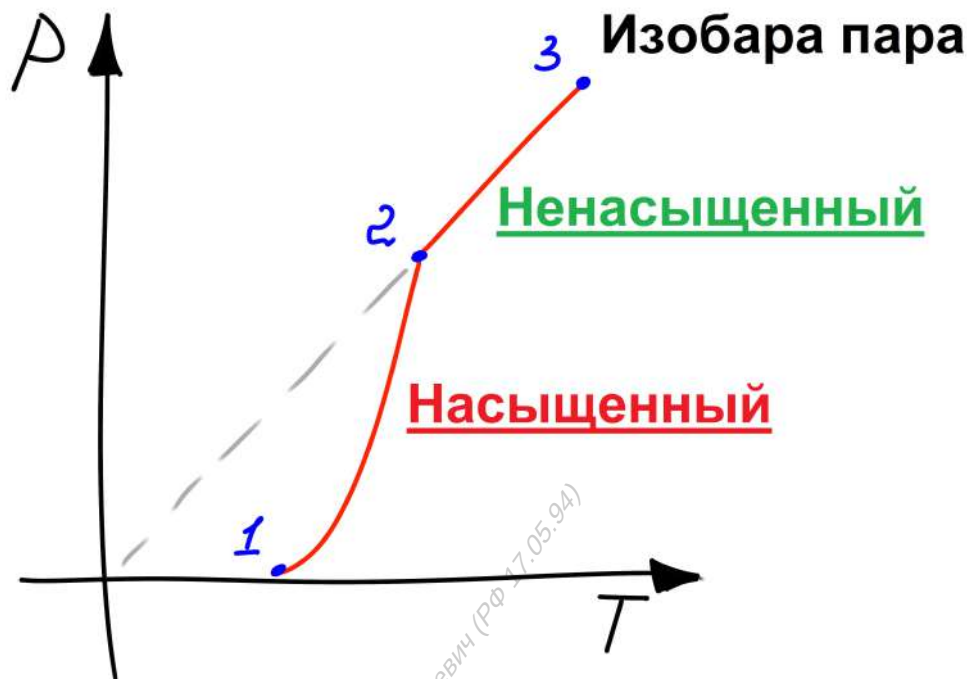


Рисунок 55 – Пример для Графики $P(T)$ пара:

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)

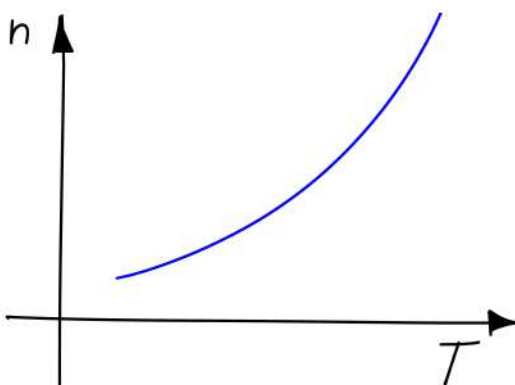


Рисунок 56 – Пример для График $n(T)$ насыщенного пара: с ростом температуры концентрация пара увеличивается стремительно: $\uparrow T \Rightarrow \uparrow\uparrow n$





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)

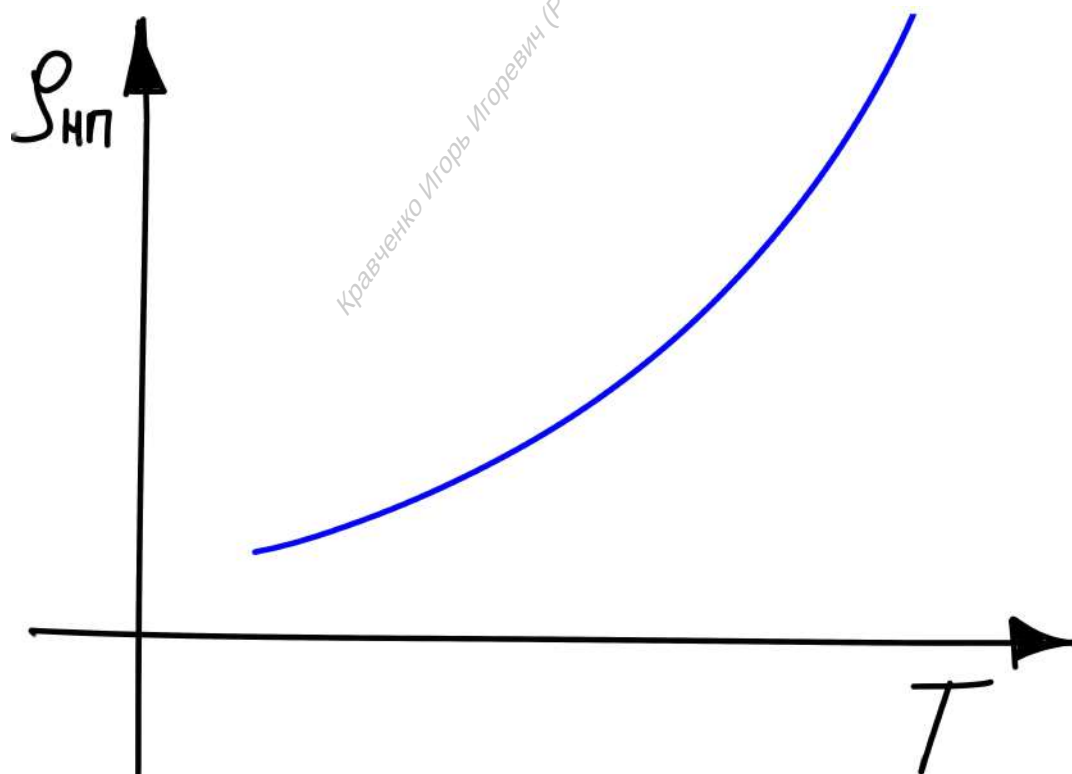


Рисунок 57 – Пример для **График $\rho_{\text{нп}}(T)$ насыщенного пара:**

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





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)

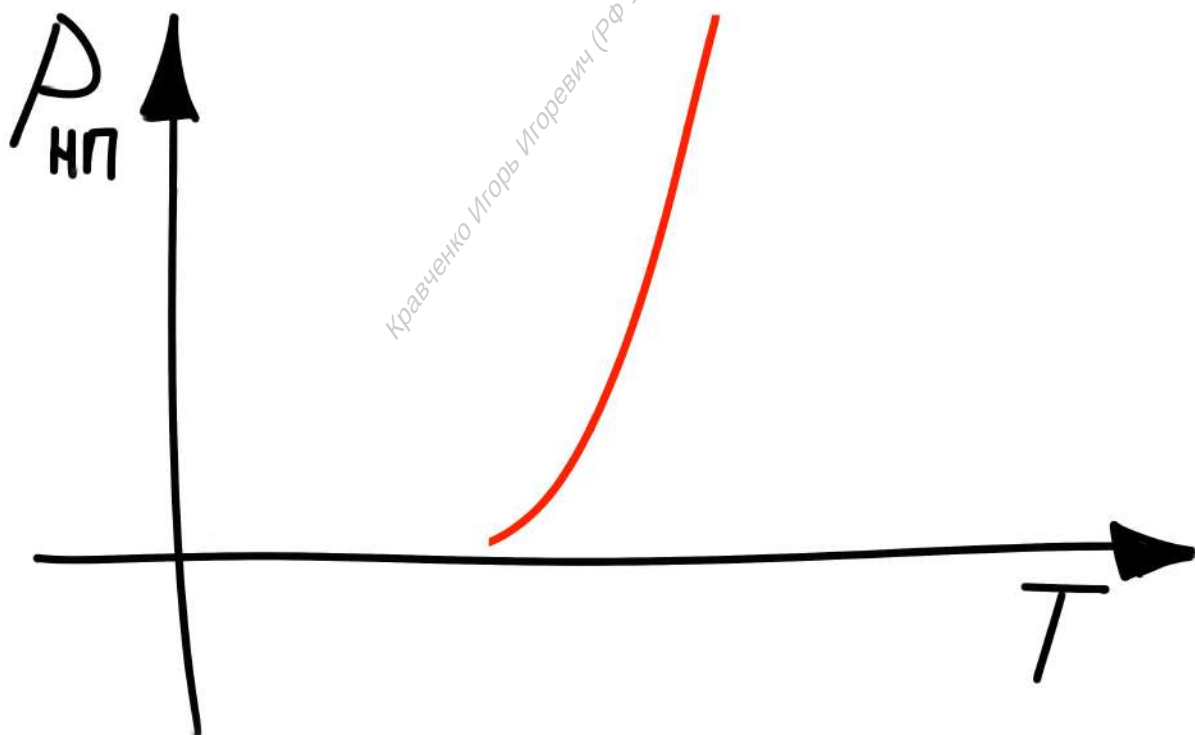


Рисунок 58 – Пример для График $P_{\text{нп}}(T)$ насыщенного пара:

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

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)



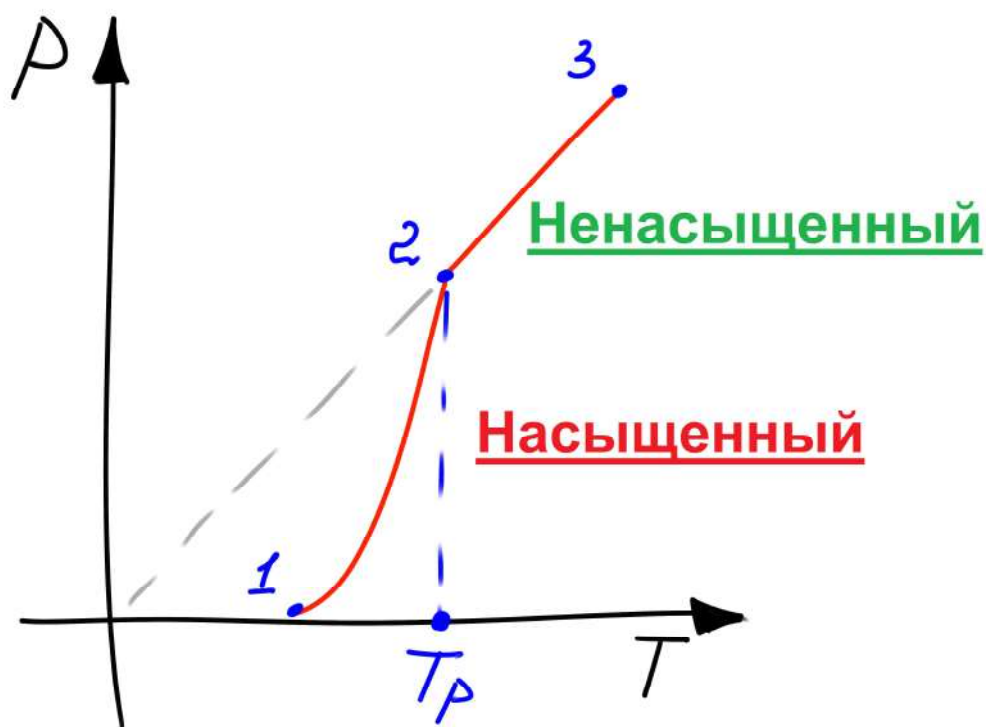


Рисунок 59 – Пример для **Точка росы: температура росы** в точке перехода паров

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)

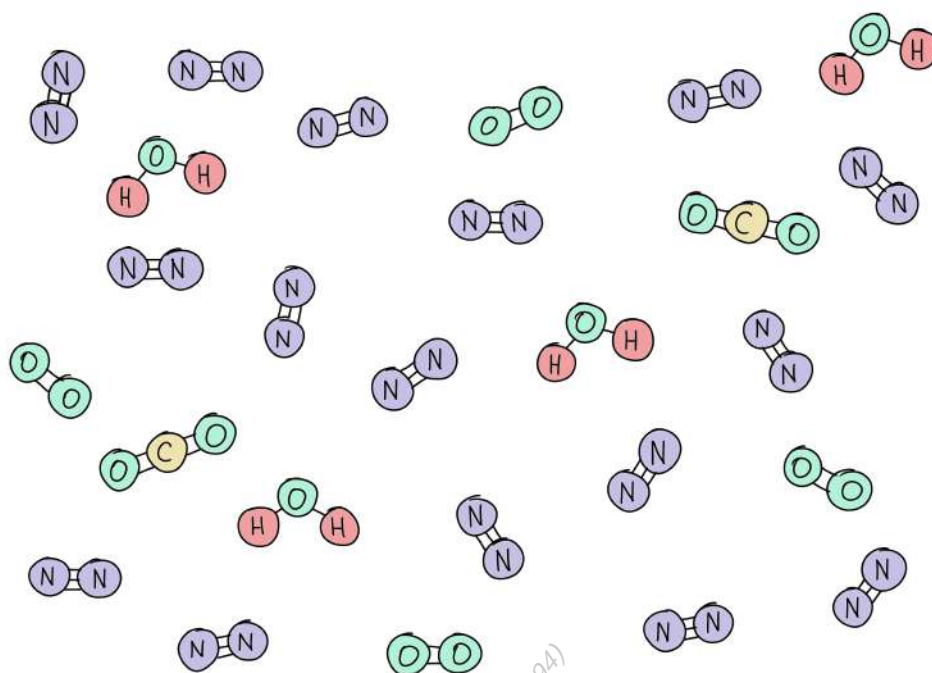


Рисунок 63 – Пример для **В атмосфере смесь**: газы ; пары совместно давят на окружающие тела

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

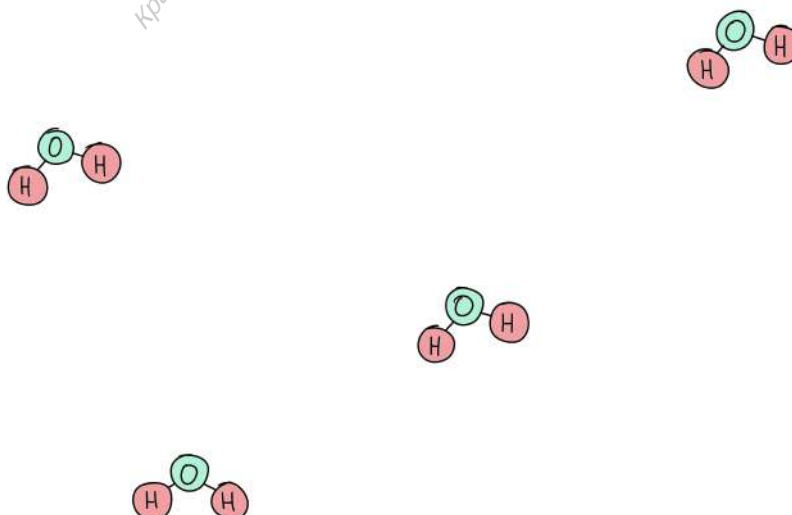


Рисунок 64 – Пример для **Парциальное давление водяного пара**: водяной пар выделен из смеси, тут давление только от него





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 \neq 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)

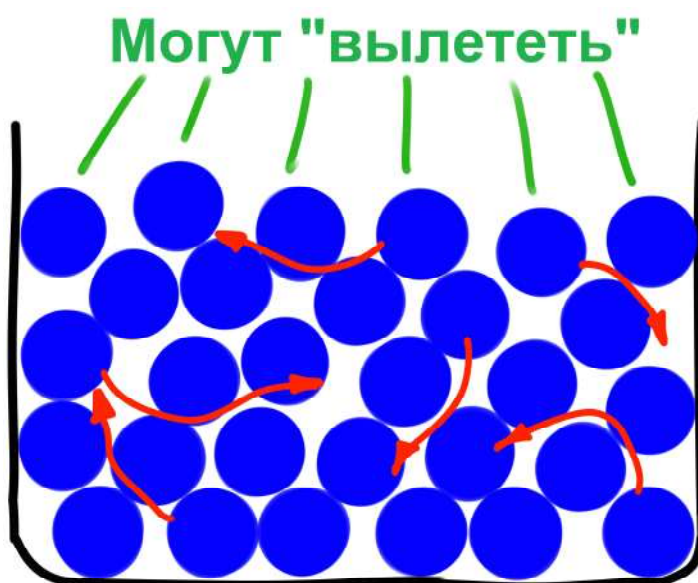


Рисунок 71 – Пример для **Испарение**: эти случайно всегда **вылетают**, превращение происходит **рядом со свободным пространством**





Внимание. Твёрдые 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: $P_{\text{пуз}} \geq P_{\text{атм}}$

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)



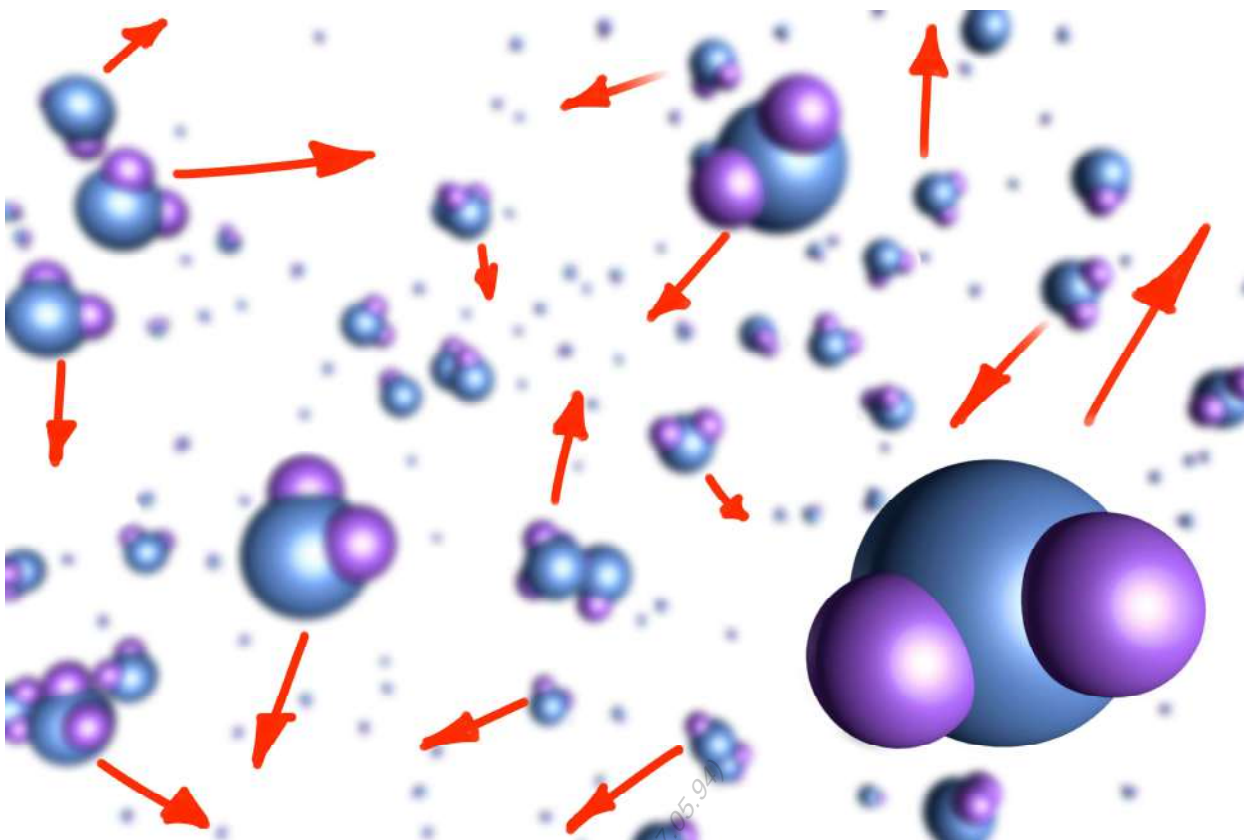


Рисунок 4 – Пример для **Внутренняя энергия тела: малые массы движутся**

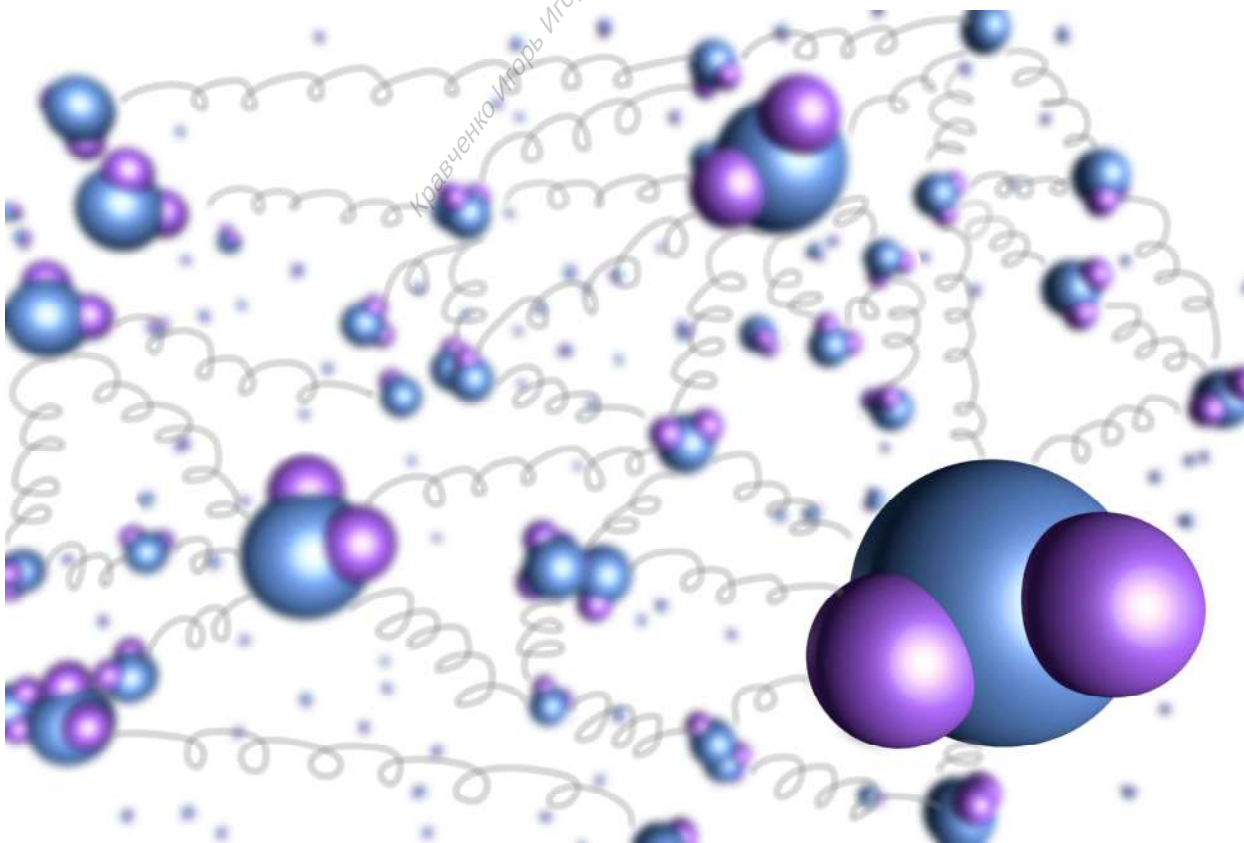


Рисунок 5 – Пример для **Внутренняя энергия тела: малые массы**
отталкиваются / притягиваются





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

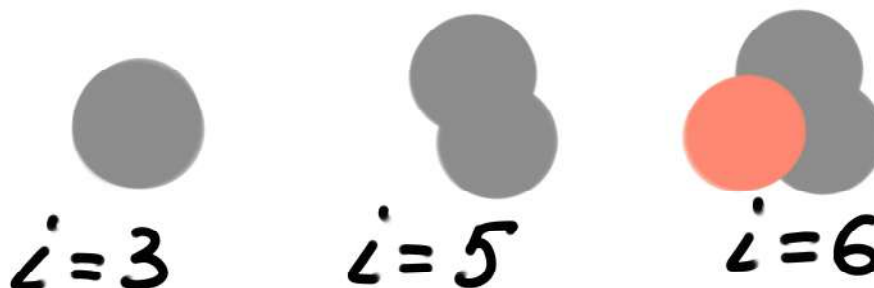


Рисунок 6 – Пример для **Число степеней свободы**:
многоатомные молекулы: $i = 6$

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** »

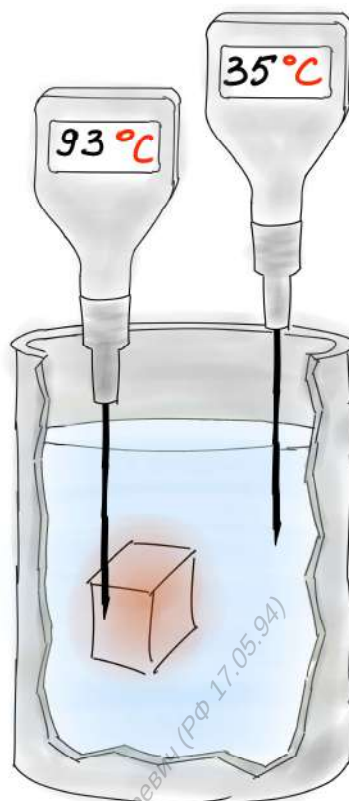


Рисунок 8 – Пример для Теплопередачи: « камень $\uparrow T$ » отдает энергию на « воду $\downarrow T$ »

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



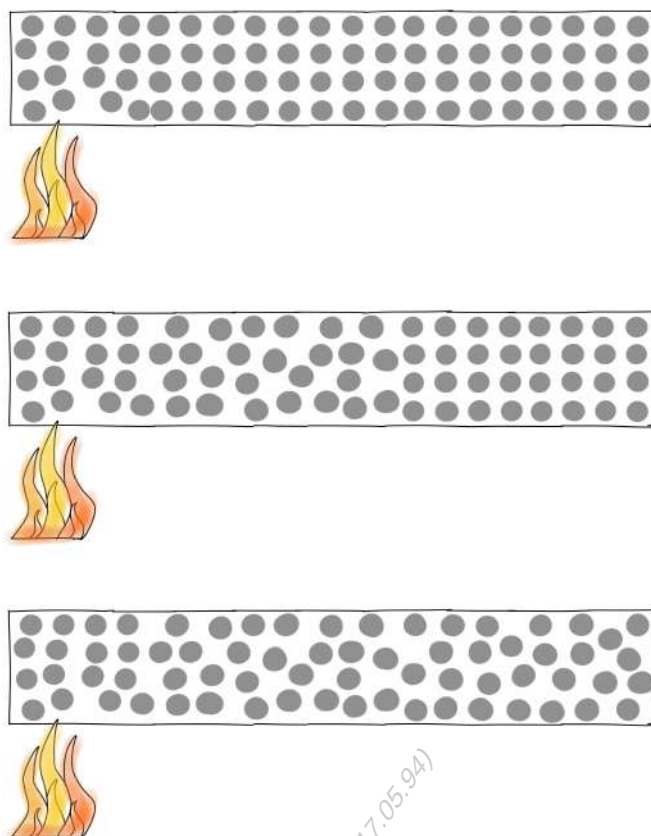


Рисунок 10 – Пример для **Теплопроводность: молекулы контактирующих частей/тел толкают друг друга**



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)

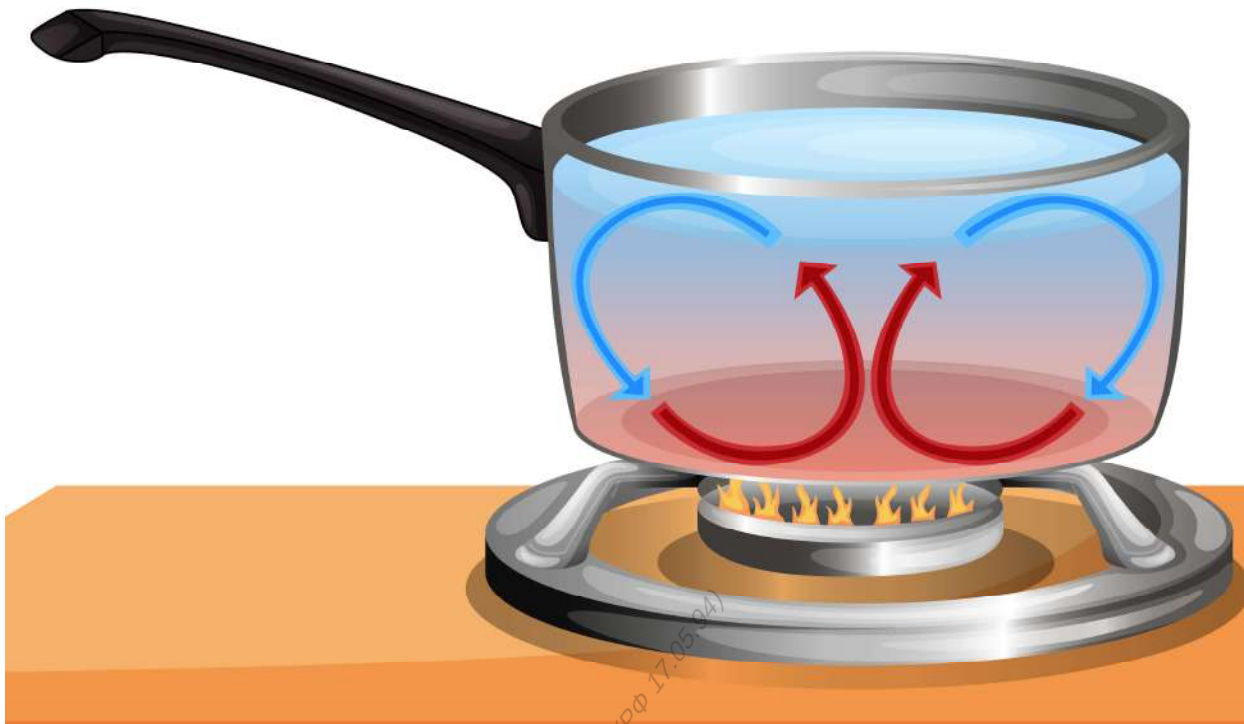


Рисунок 12 – Пример для **Конвекция**: энергия передается тем, что **жидкость** сама перемешивается



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



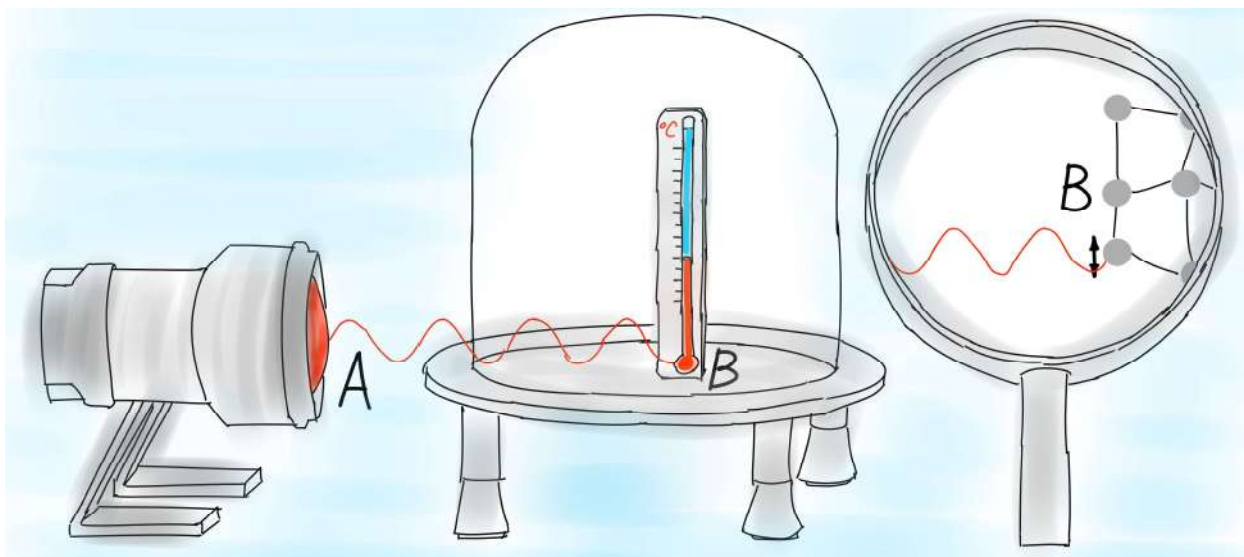


Рисунок 16 – Пример для **Излучение: в банке вакуум. Волна от лампы « двигает » молекулы** градусника $\Rightarrow T \uparrow$ градусника.



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)

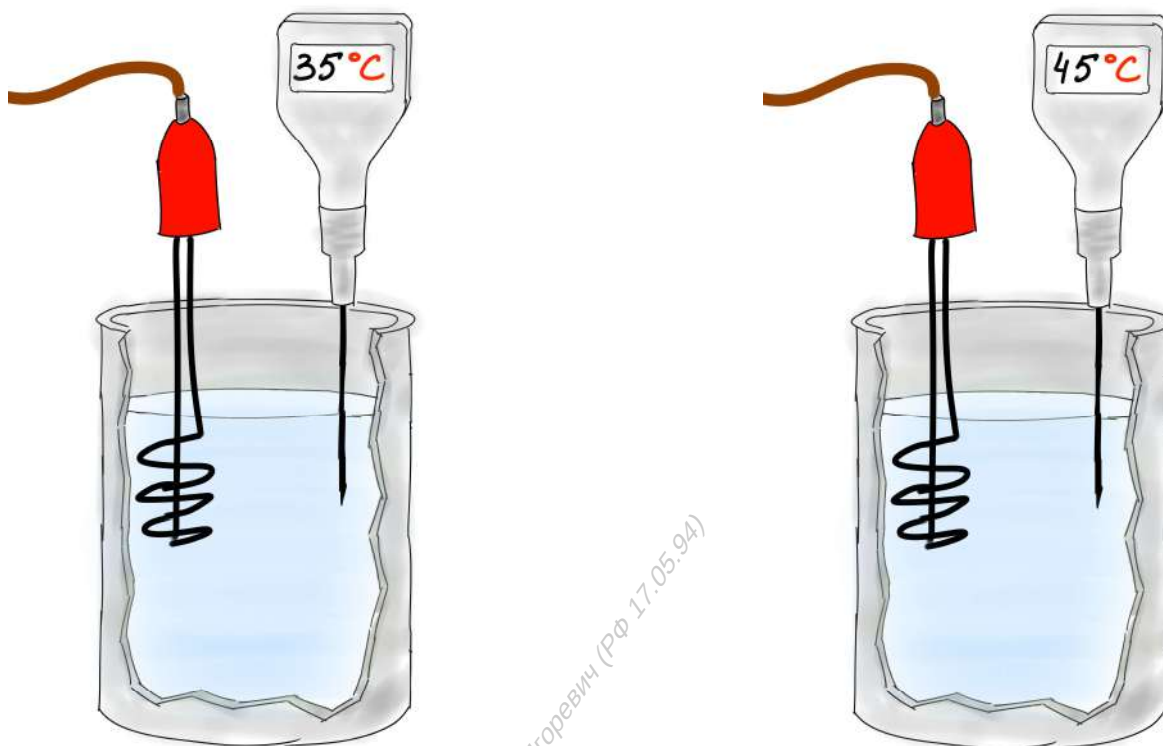


Рисунок 21 – Пример для **Удельная теплоемкость вещества**: нагреватель греет жидкость

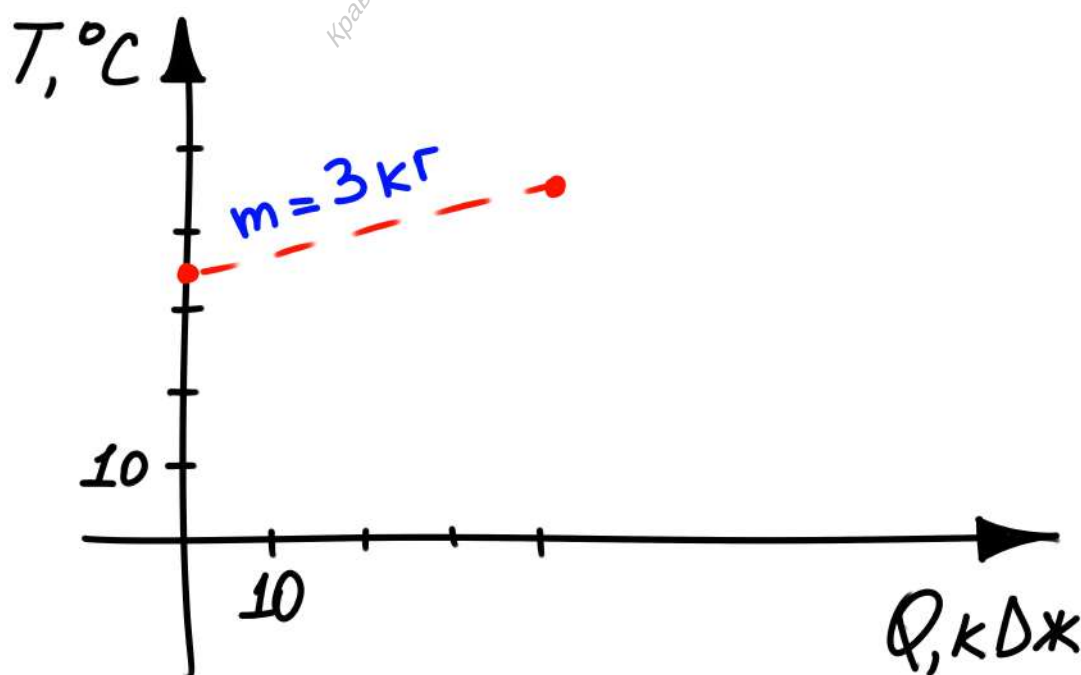


Рисунок 22 – Пример для **Удельная теплоемкость вещества**: нагрев видно, можно посчитать « c »





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)

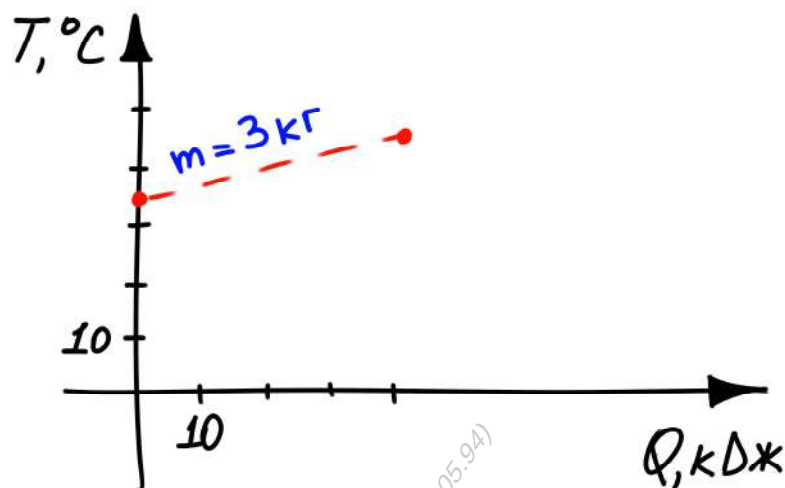


Рисунок 23 – Пример для Теплоемкость тела: тело массой 3 кг нагревается, как найти теплоемкость тела? (что означает « C »?)

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

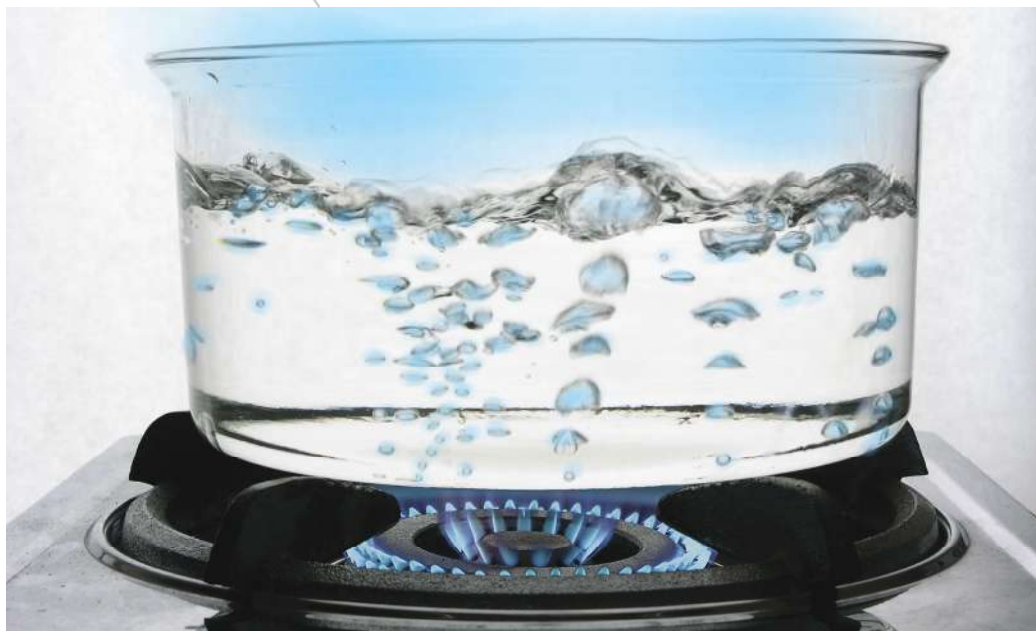


Рисунок 24 – Пример для Теплота парообразования: жидкость получает от огня тепло для превращения





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)



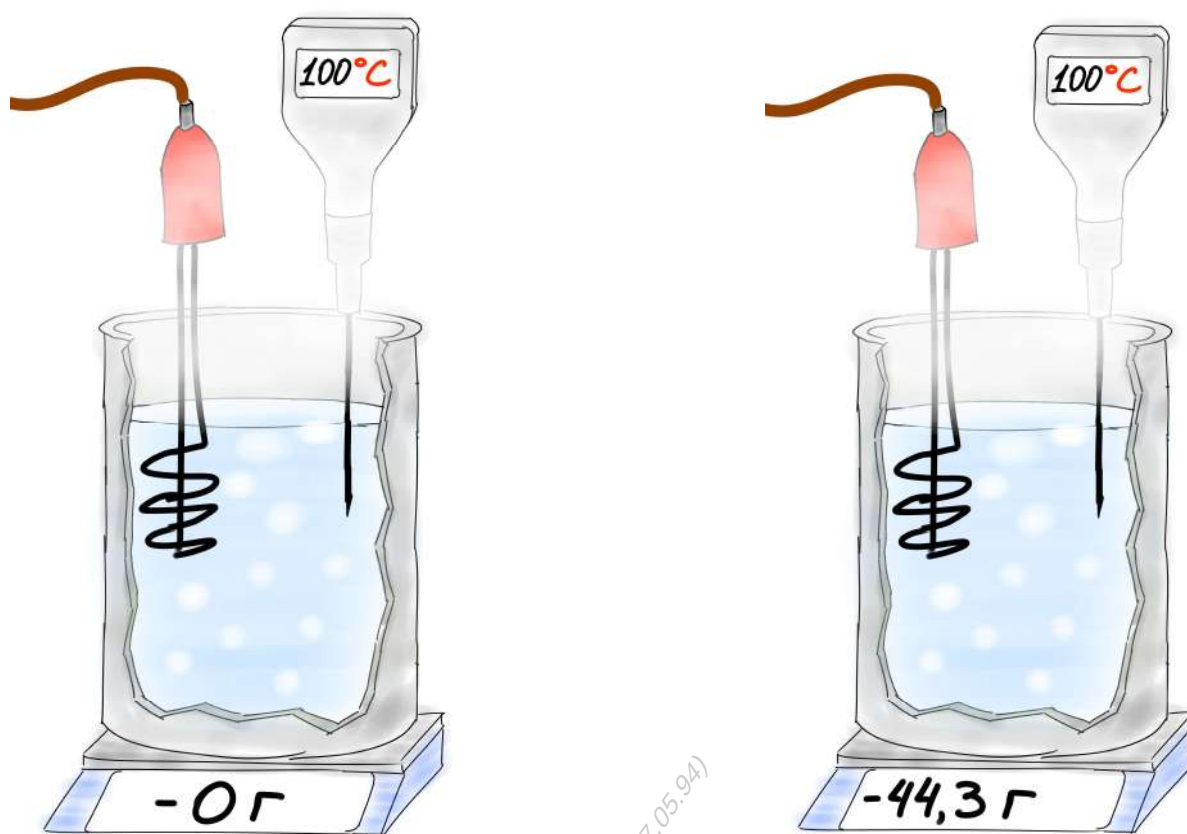


Рисунок 26 – Пример для Удельная теплота парообразования: нагреватель дает **тепло**, которое нужно для превращения в пар (жидкость кипит), весы показывают как уменьшается масса жидкости.

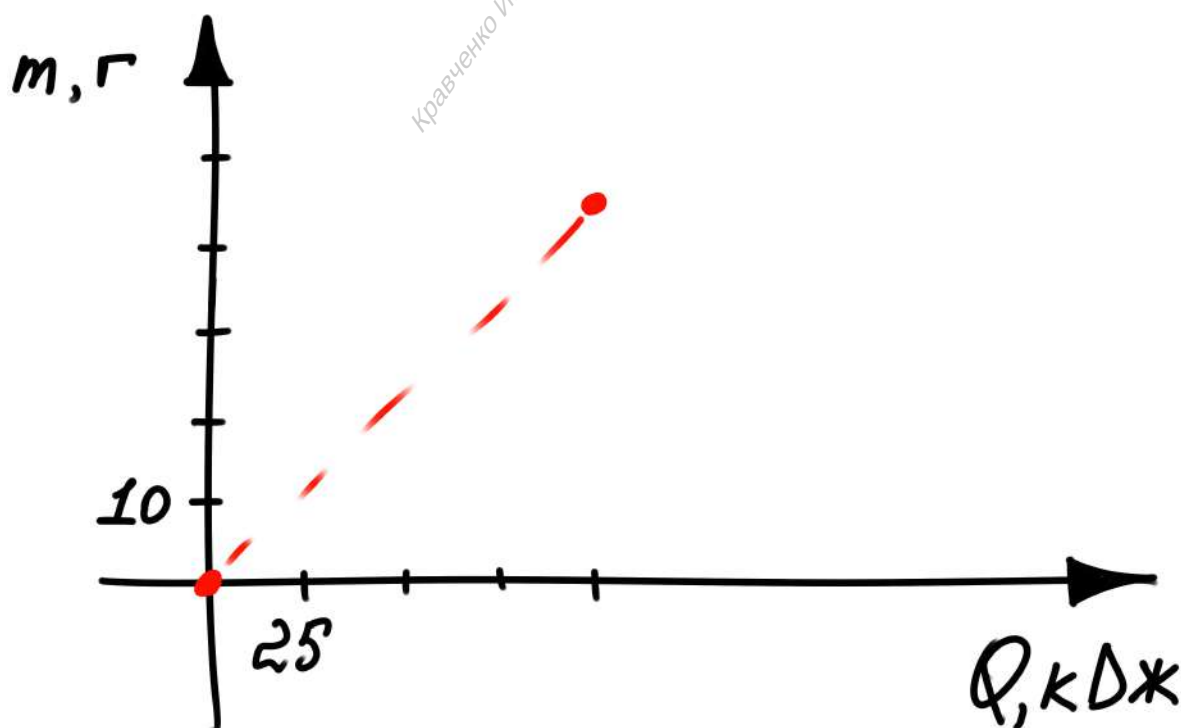


Рисунок 27 – Пример для Удельная теплота парообразования: нагреватель выключили спустя время, можно посчитать «г»





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

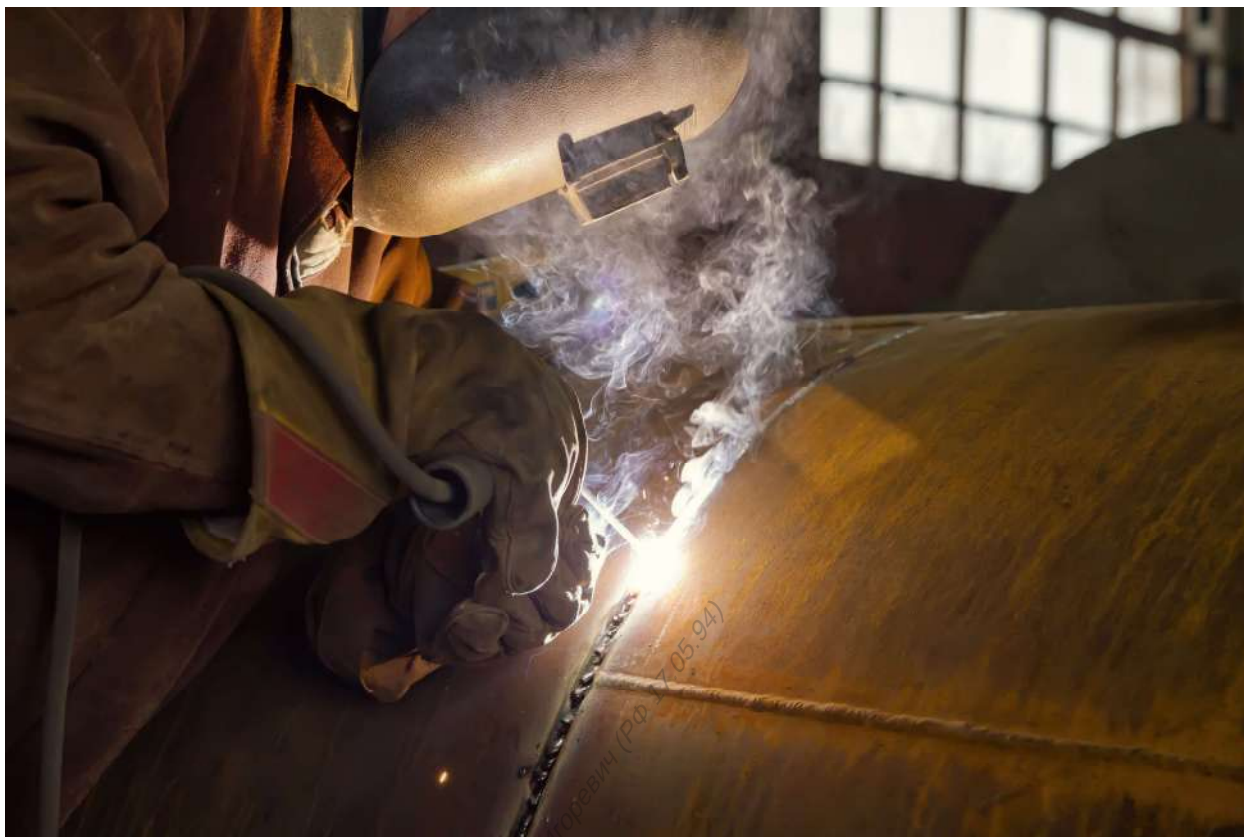


Рисунок 28 – Пример для **Теплота плавления**: твердое тело получает от устройства **тепло** для **превращения**

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

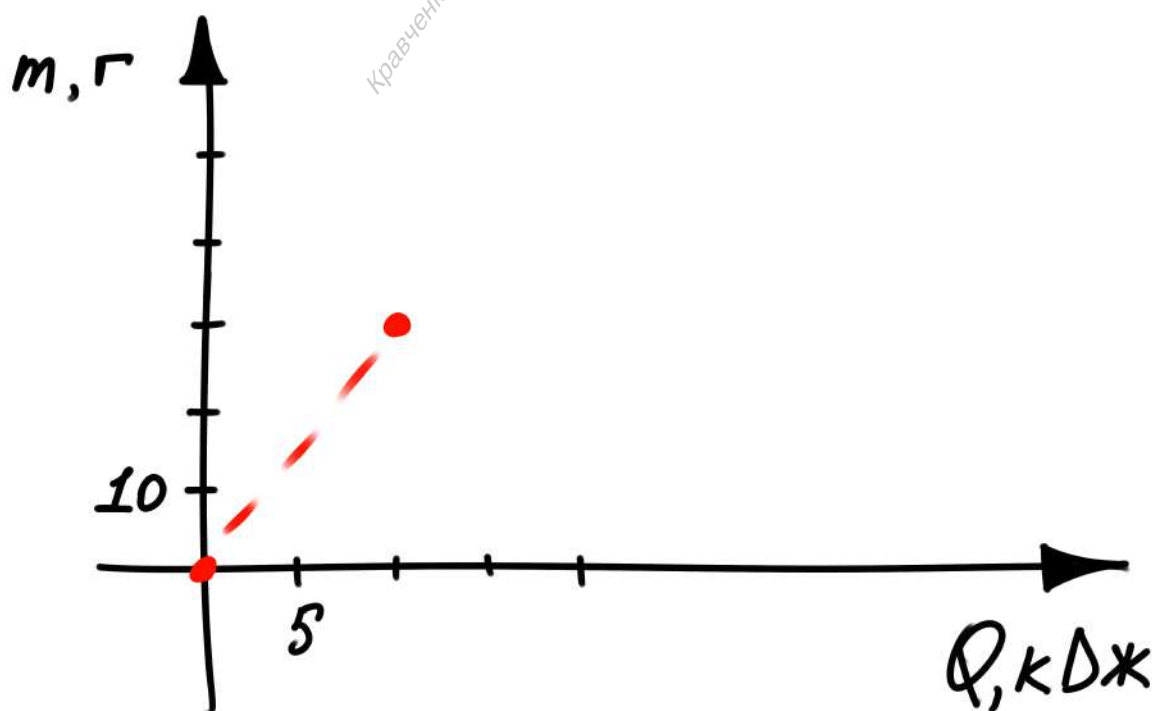


Рисунок 31 – Пример для Удельная теплота плавления: нагреватель выключили спустя время, можно посчитать « λ »





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

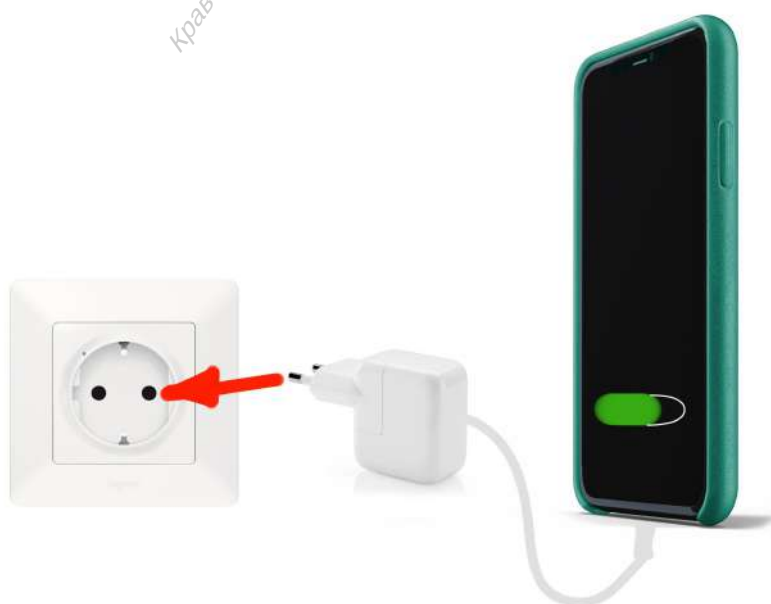


Рисунок 34 – Пример для **Удельная теплота сгорания**: дома можно измерить энергию, которая нужна для зарядки. Тогда можно понять, сколько энергии отдало топливо телефону до этого



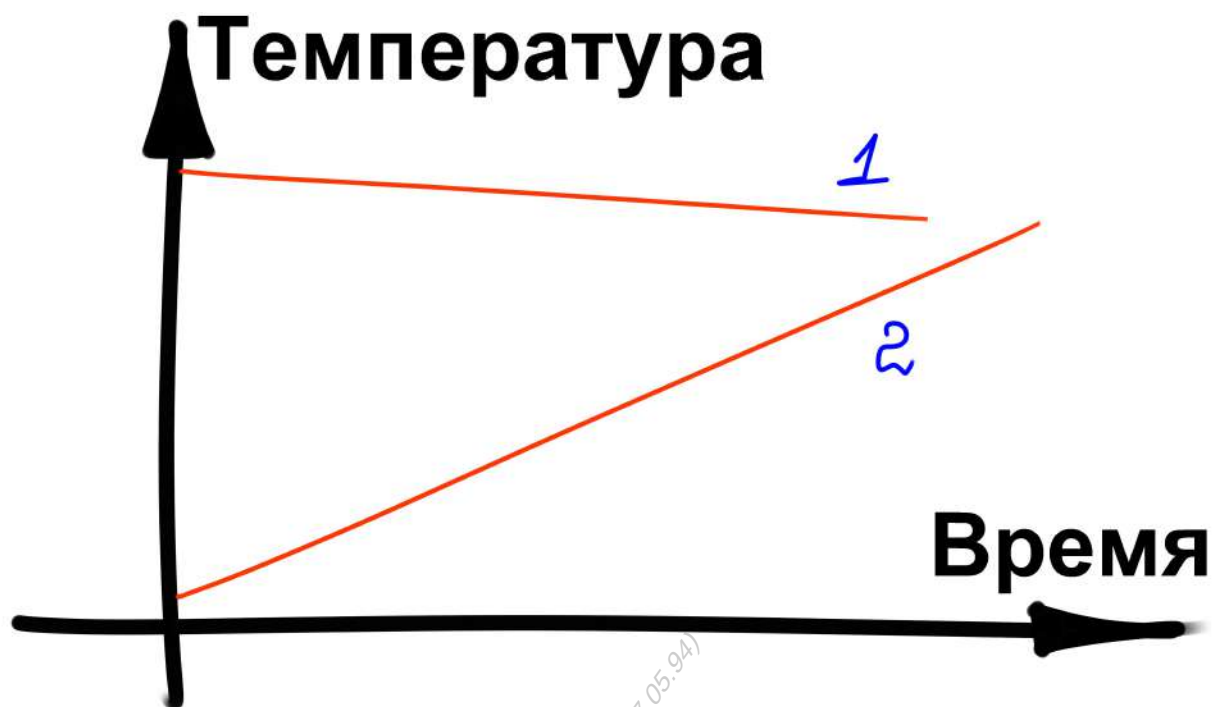
**Графики температуры тела: $T(t)$. (рис.35-39)**

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

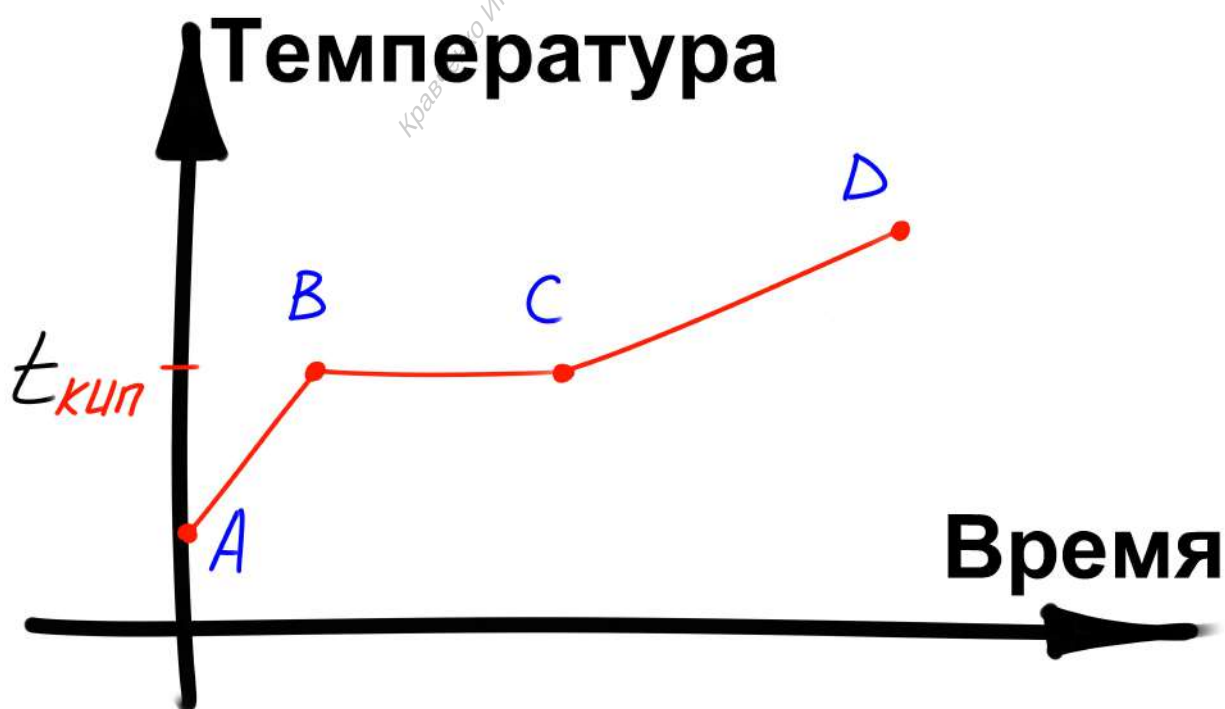


Рисунок 36 – Пример для **Графики температуры тела**: одно тело, АВ – **нагрев жидкого**, ВС – **кипение**, CD – **нагрев газа**



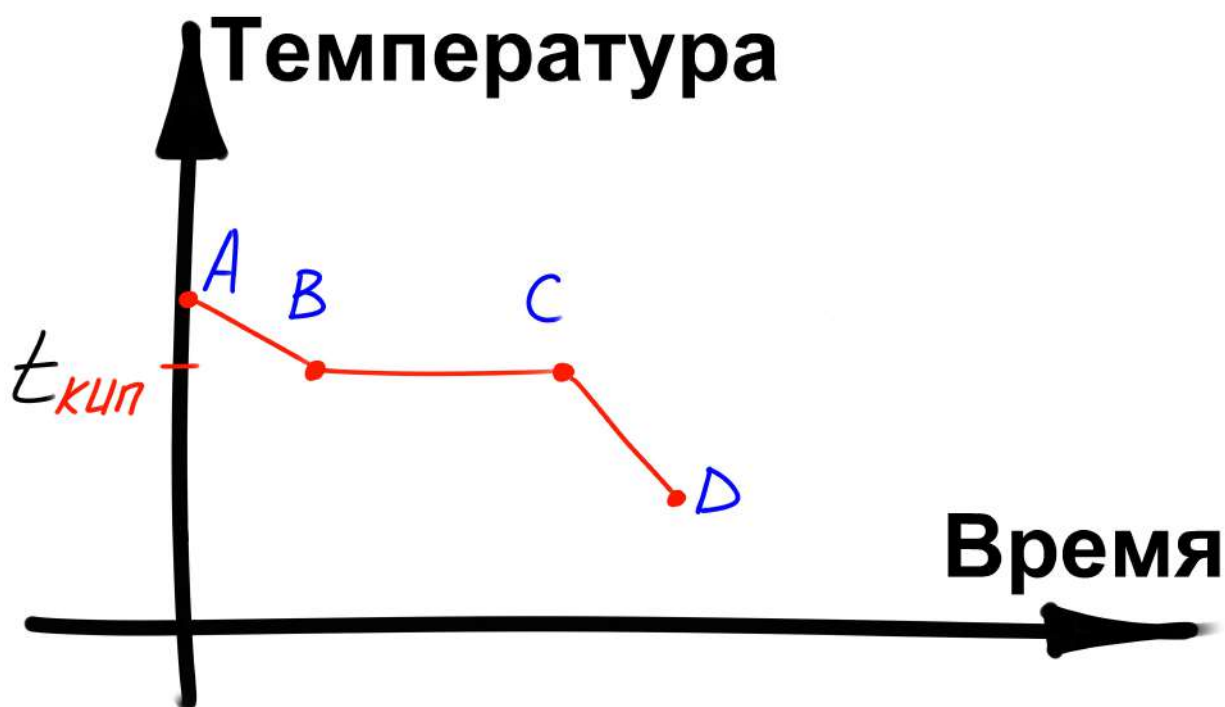


Рисунок 37 – Пример для Графики температуры тела: одно тело, АВ – остывание газа, ВС – **конденсация**, CD – остывание жидкого

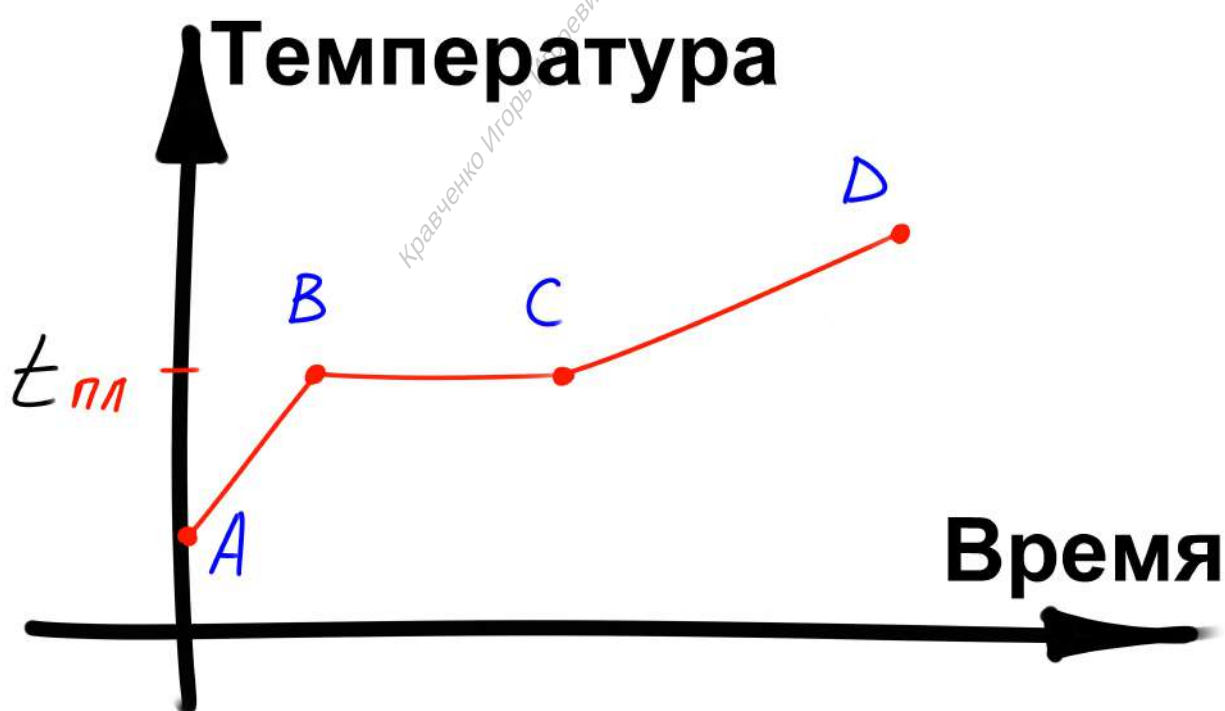


Рисунок 38 – Пример для Графики температуры тела: одно тело, АВ – нагрев твердого, ВС – **плавление**, CD – нагрев жидкого



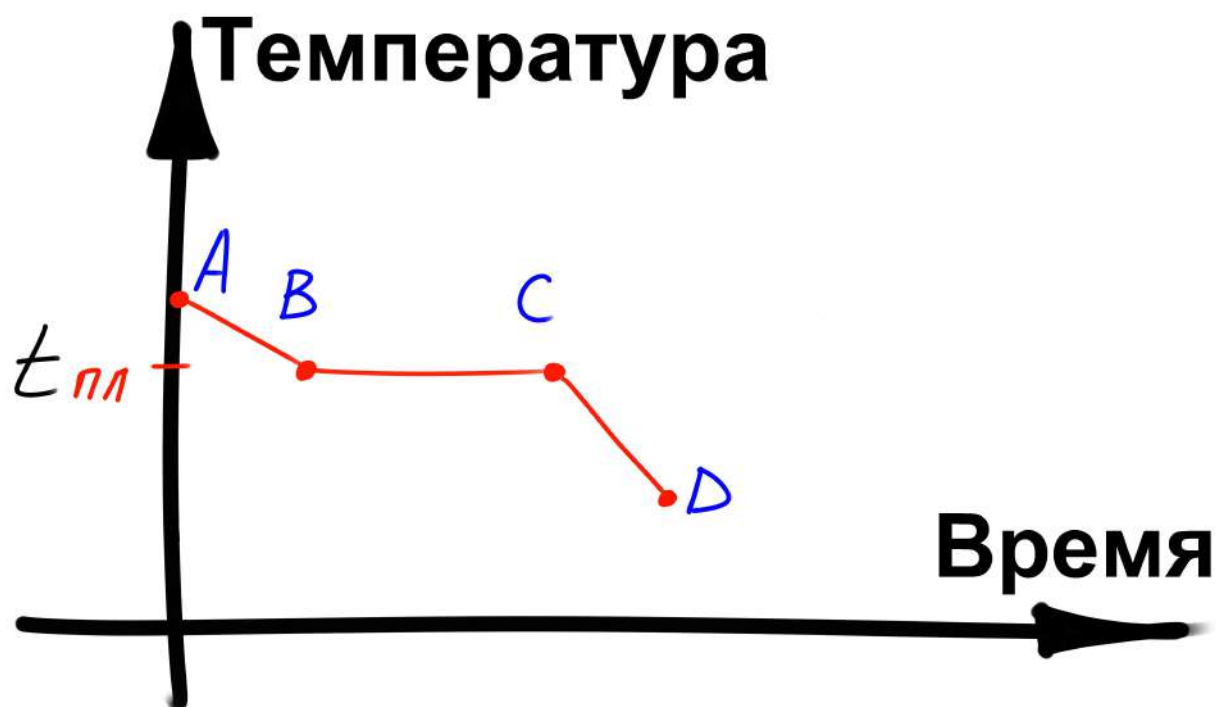


Рисунок 39 – Пример для **Графики температуры тела**: одно тело, АВ – остывание жидкого, ВС – **отвердевание (кристаллизация)**, CD – остывание твердого

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

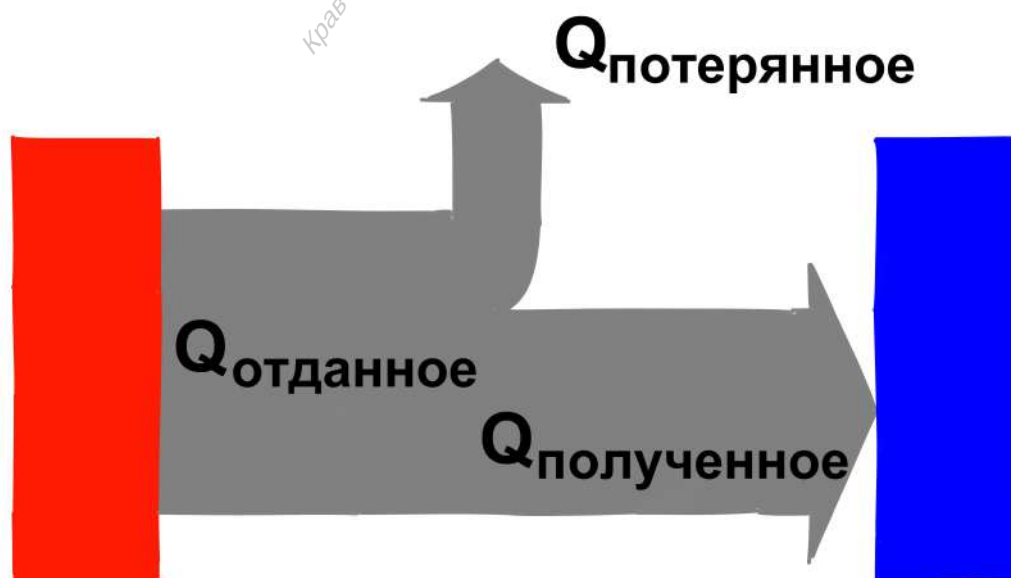


Рисунок 40 – Пример для **КПД теплового устройства**:

■ → 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)



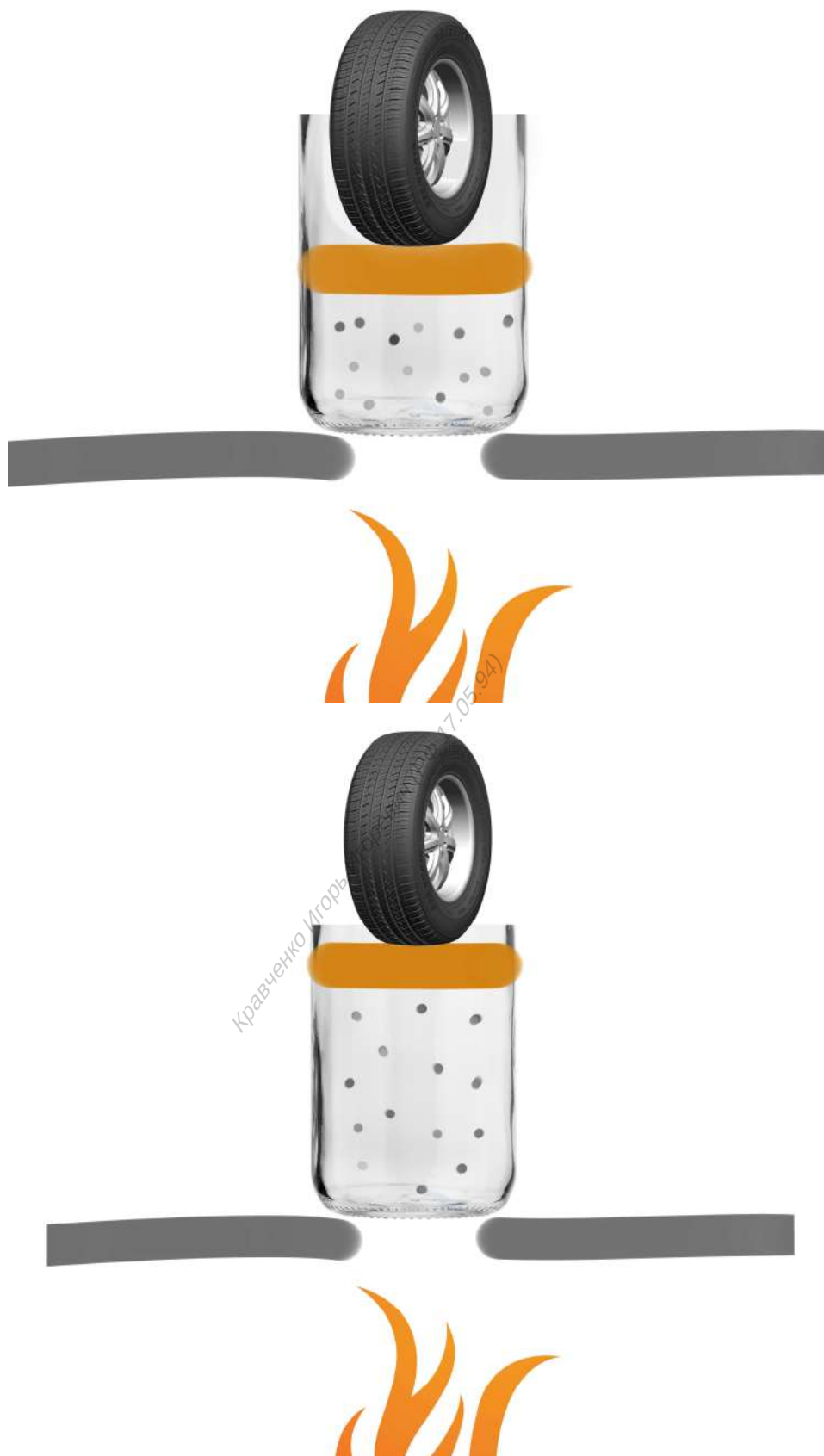


Рисунок 42 – Пример для **Работа газа: газ заставляет крышку подниматься**



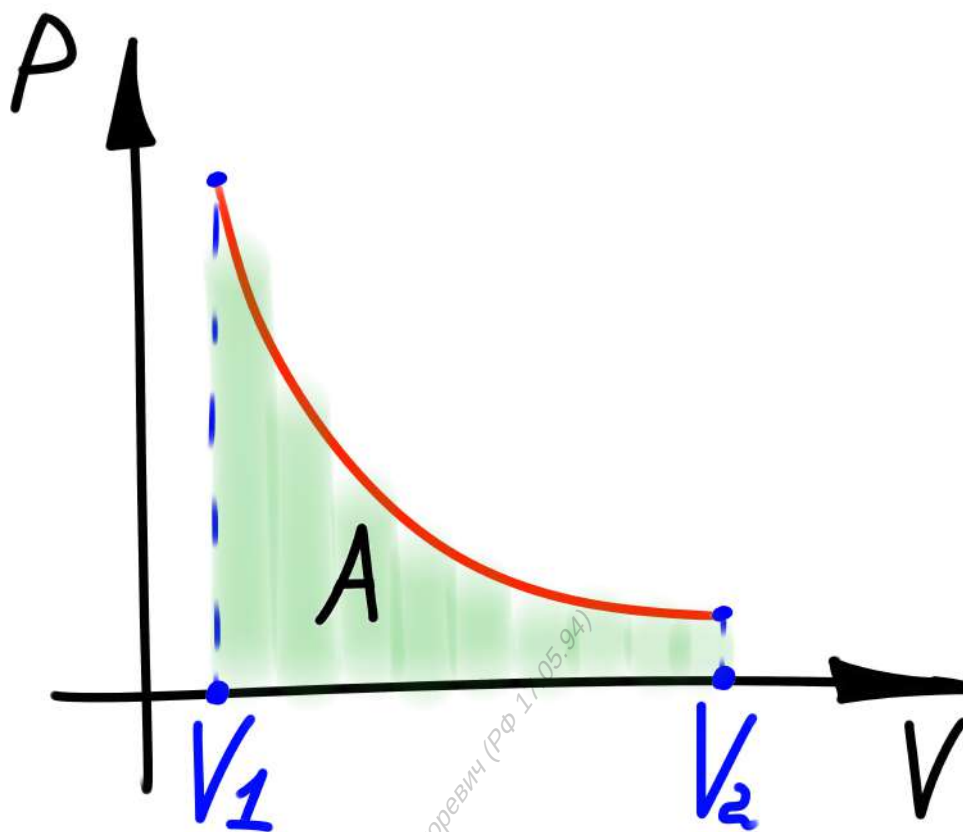
**Вычисление работы по графику процесса на PV-диаграмме: (рис.43)**

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:

$$\ll \textcolor{green}{E} \rightarrow \textcolor{brown}{A} \rightarrow \textcolor{red}{\Delta U} \gg$$

(рис.46)



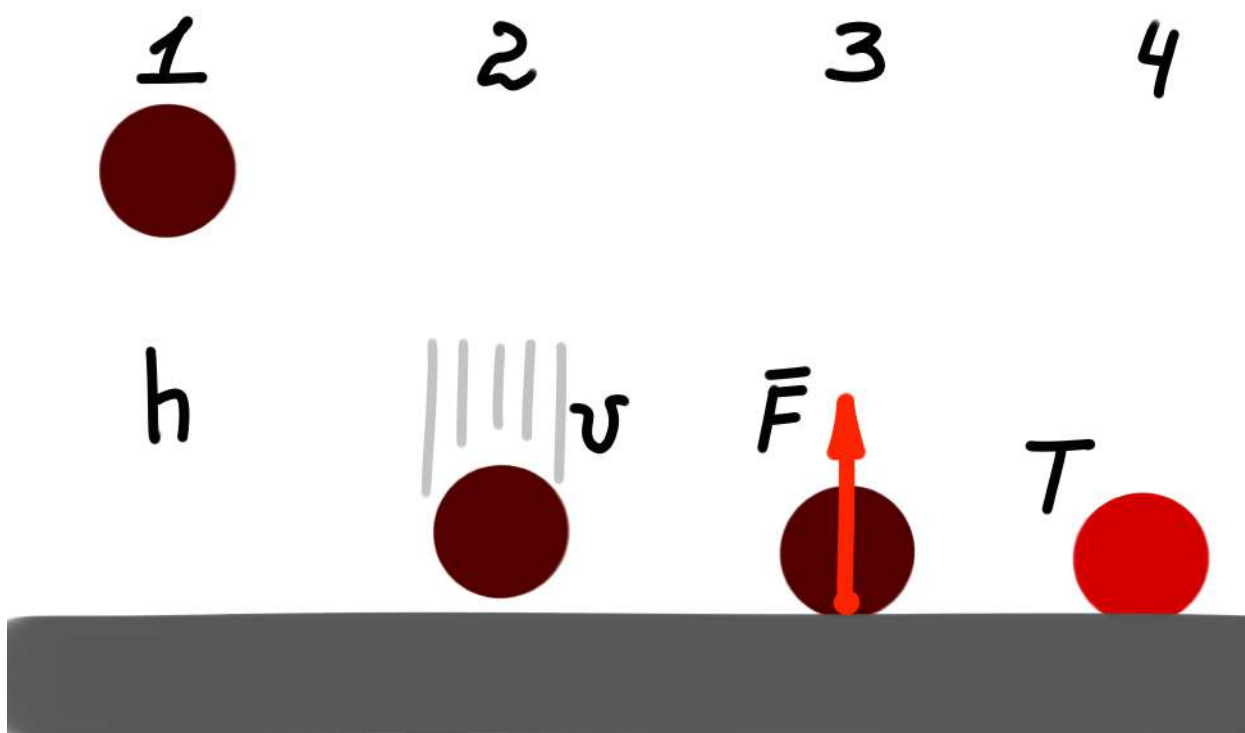


Рисунок 46 – Пример для Механизм превращения:

- 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)



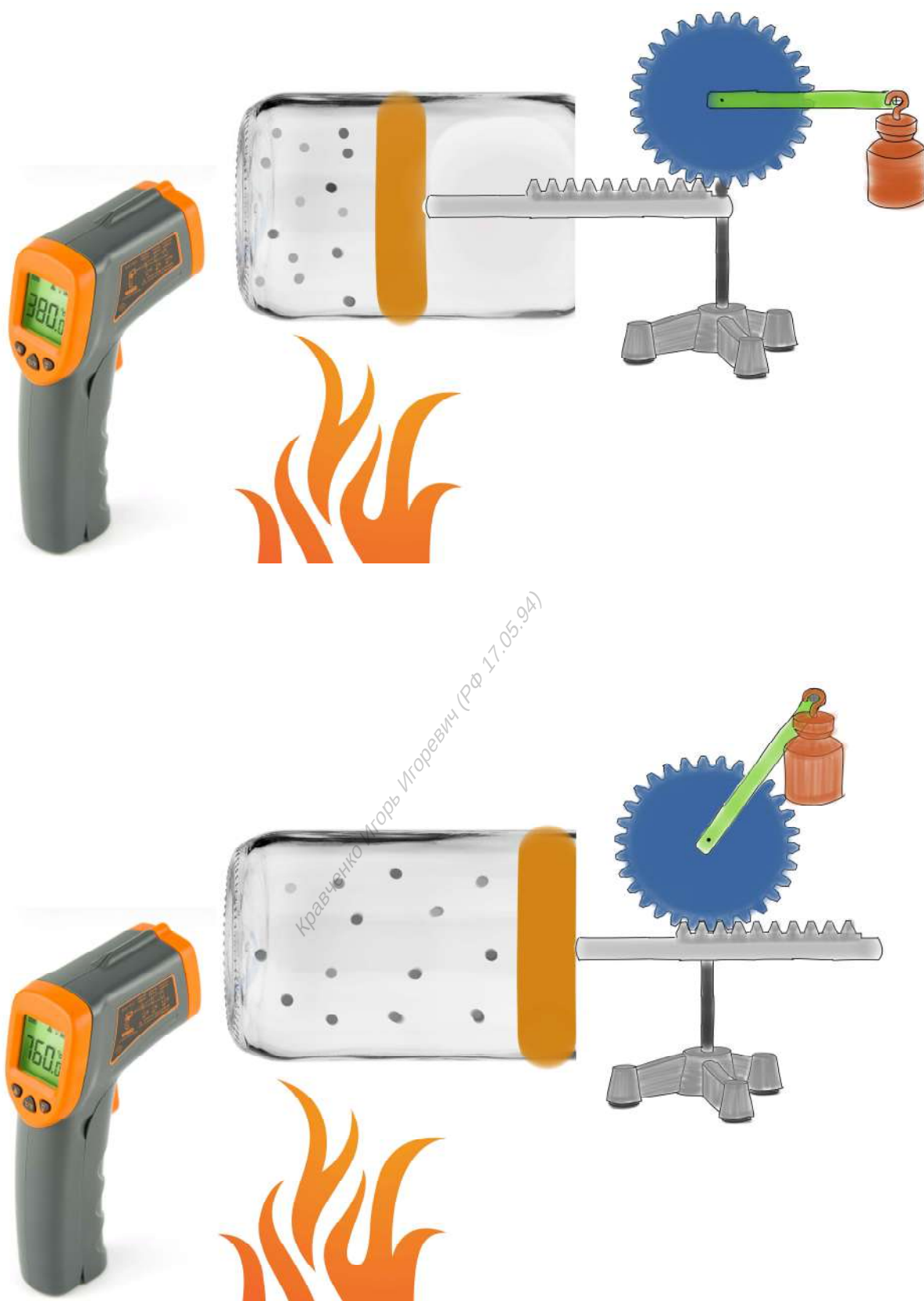


Рисунок 47 – Пример для **Первый закон термодинамики:**

- 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)

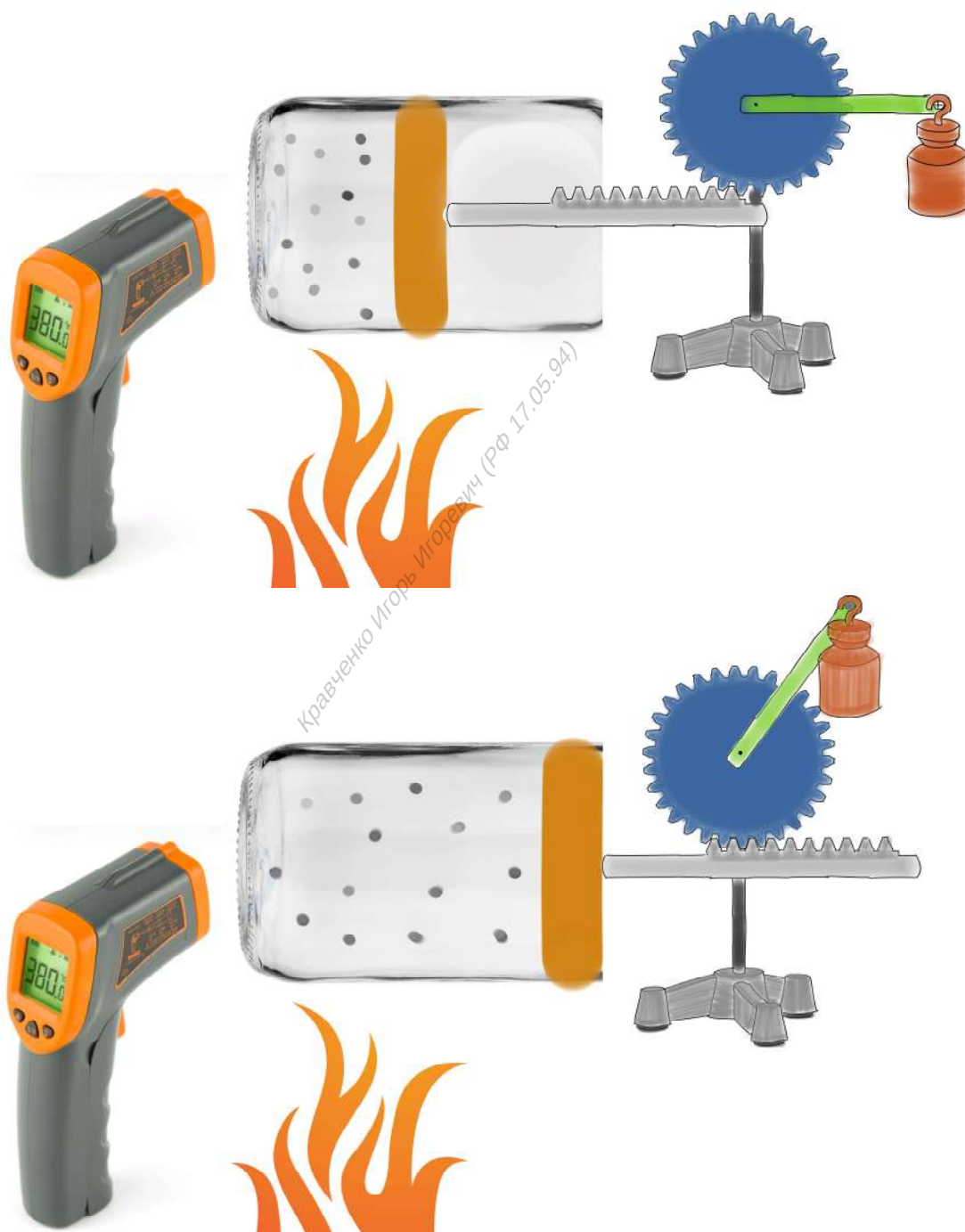


Рисунок 48 – Пример для Изотермический Первый закон термодинамики:

- 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)

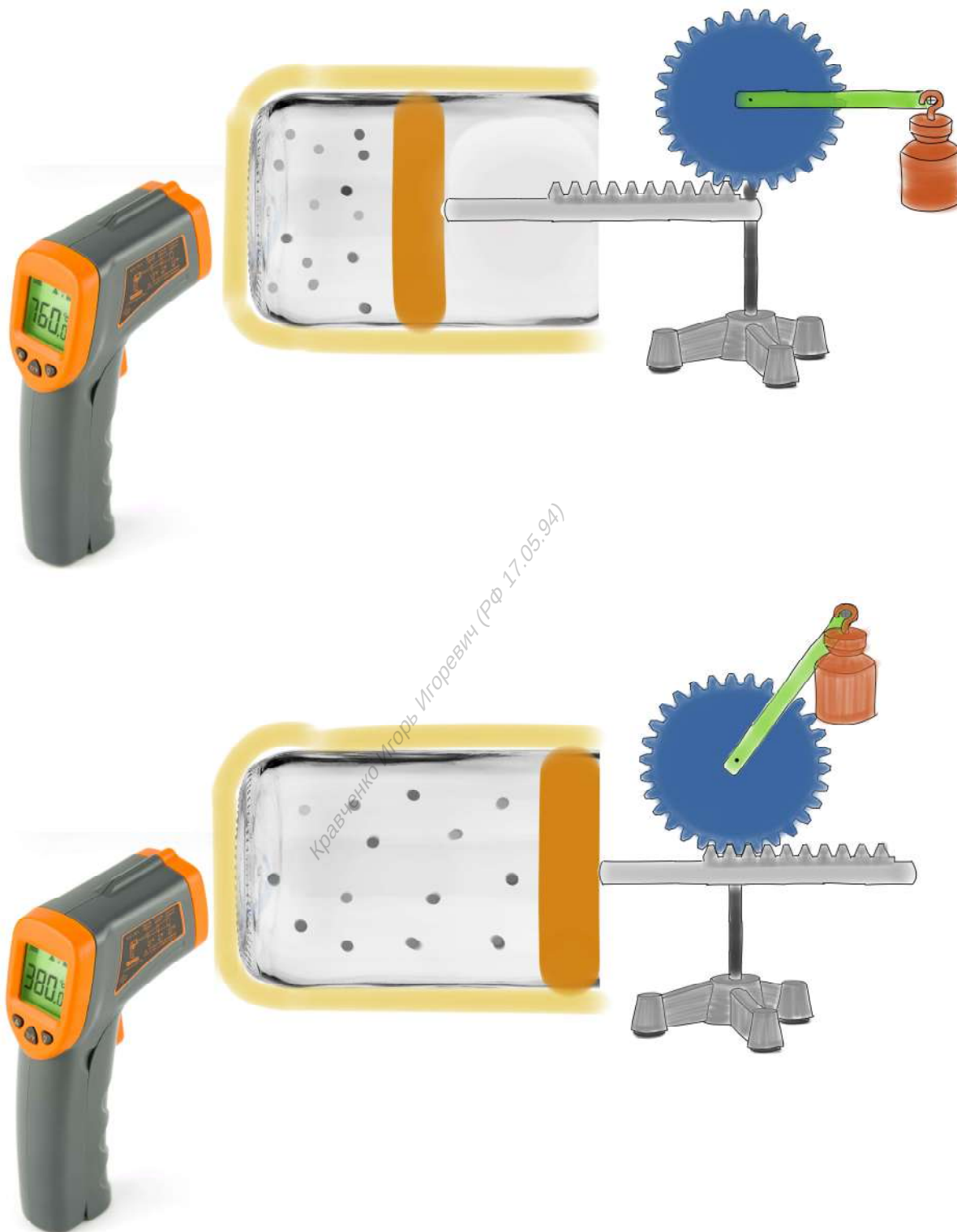


Рисунок 51 – Пример для Адиабатный Первый закон термодинамики:

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

- газ остывает $\Rightarrow U \downarrow$

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



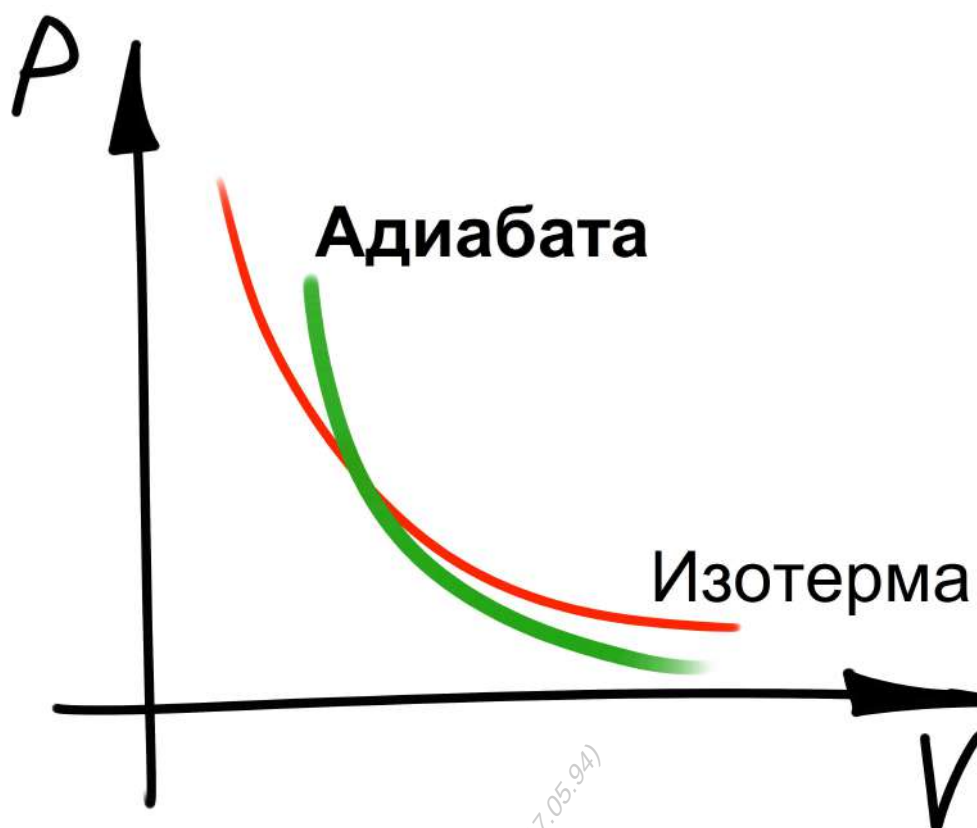


Рисунок 51а – Пример для Адиабатный процесс: **зеленая** линия соответствует **адиабатному** процессу

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:

« ($Q \rightarrow A$) или ($A \rightarrow Q$) »

(рис.54, 55)

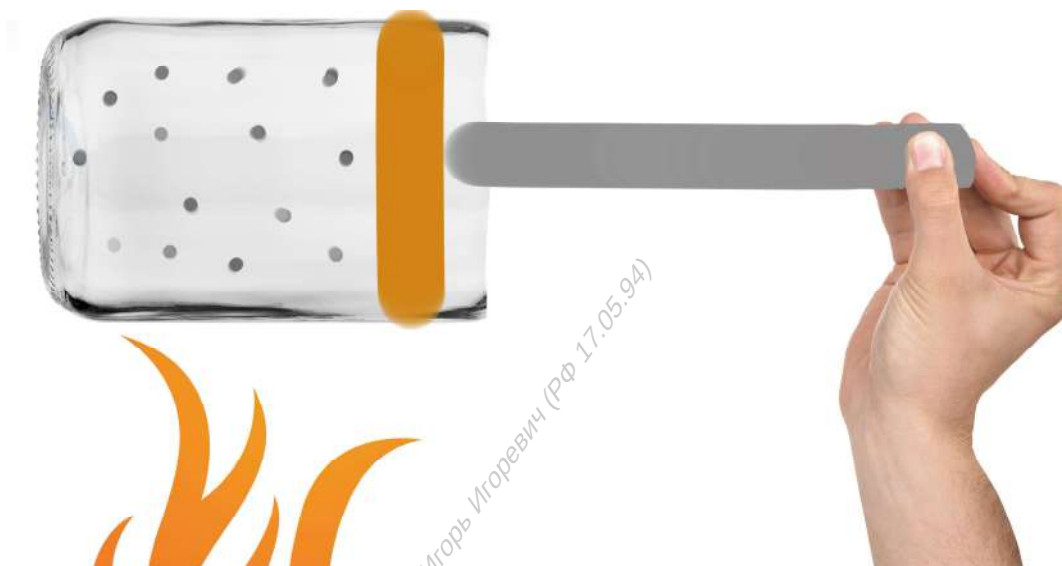


Рисунок 54 – Пример для Тепловая машина:

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:

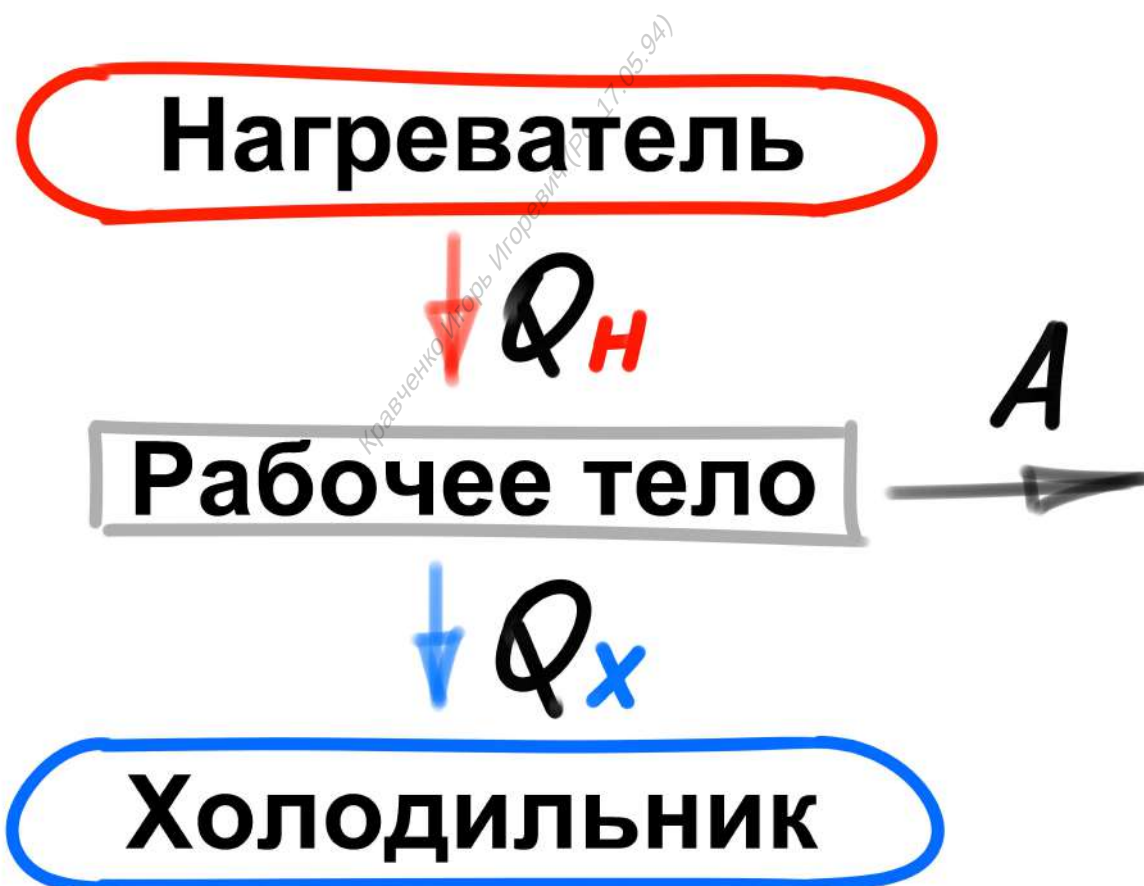


Рисунок 56 – Пример для Принцип действия тепловых машин:

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)

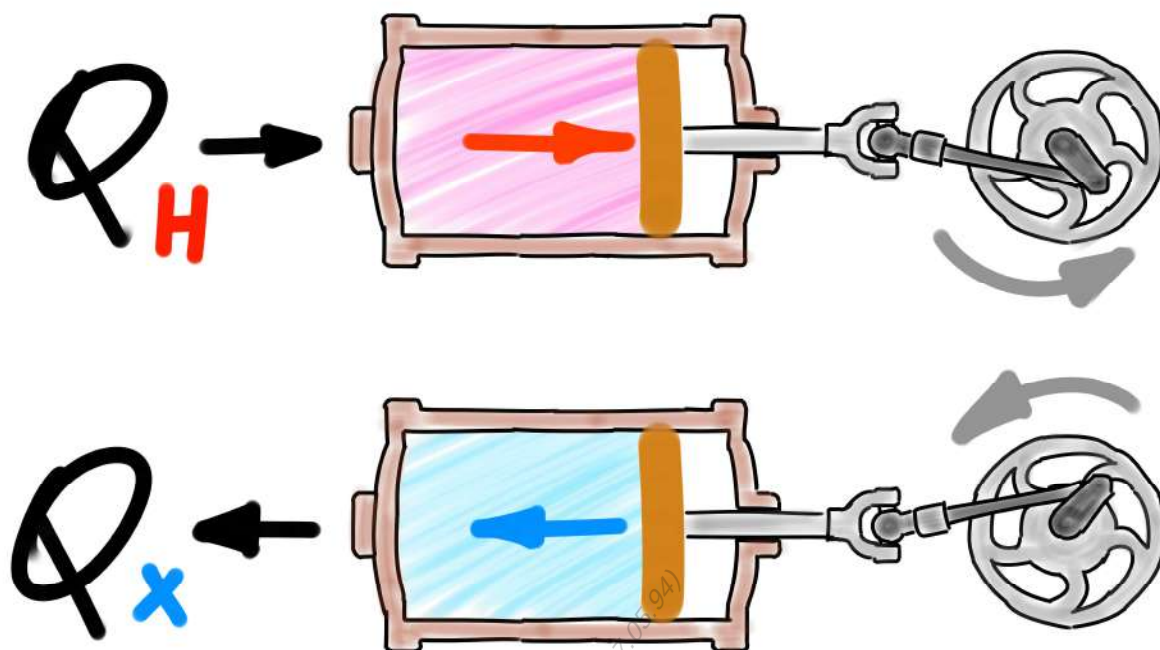


Рисунок 56а – Пример для Цикл: Поршень уходит вправо→, затем приходит ←-влево

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

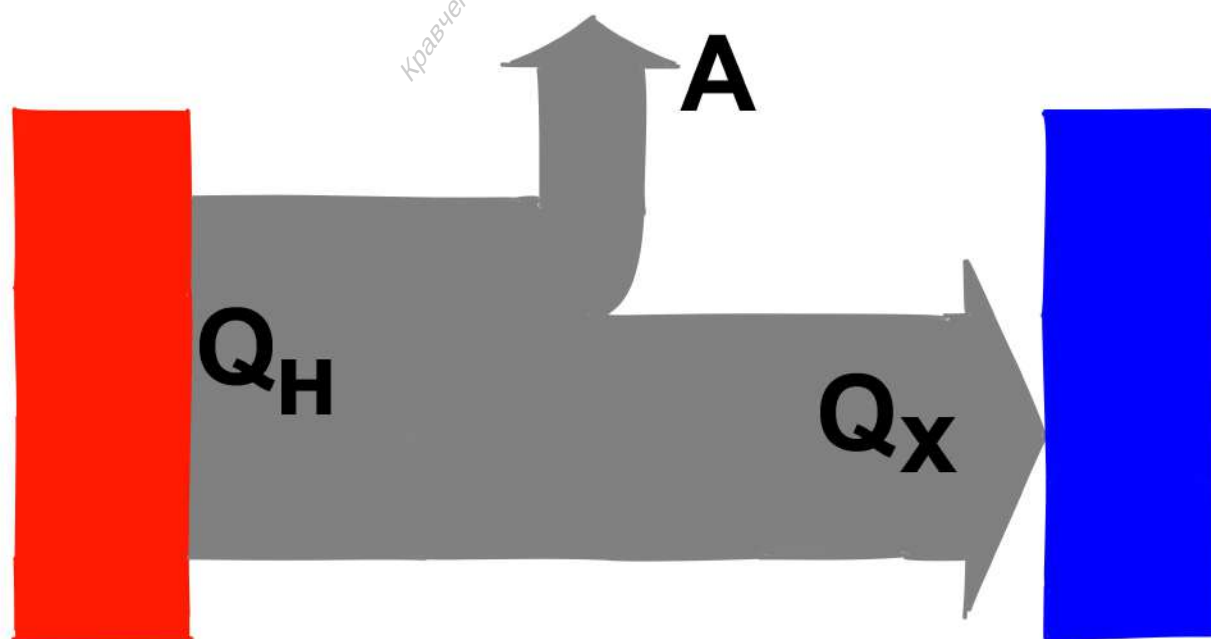


Рисунок 57 – Пример для КПД: при $\sim Q_H$:

$\downarrow Q_X \Rightarrow \eta \uparrow \Rightarrow \text{Эффективность} \uparrow$





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

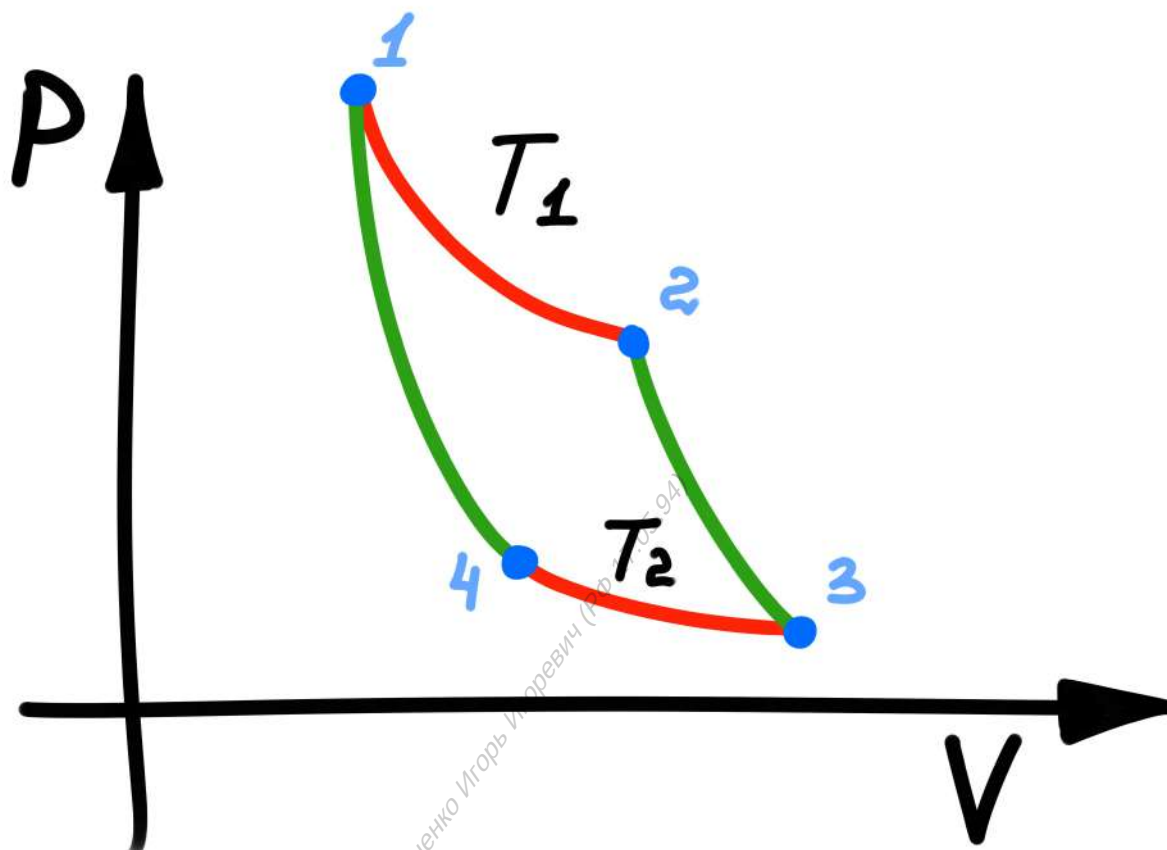


Рисунок 58 – Пример для **Максимальное значение КПД: Цикл Карно, η_{\max}**
(1-изотерма-2-адиабата-3-изотерма-4-адиабата-1)

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)

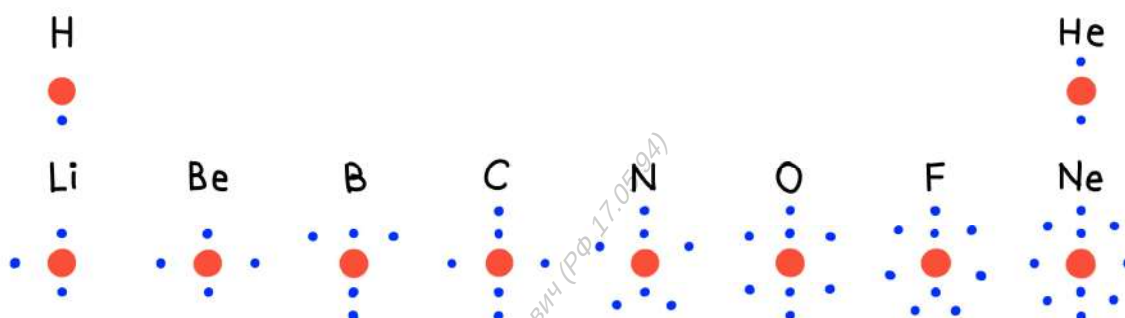


Рисунок 1 – Пример для Электродинамика:

атом
 =
 центральный **красный** заряженный шар
 +
 вокруг **синие** заряженные шары

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

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 \Rightarrow лампа горит

Модель ядра: (рис.3)

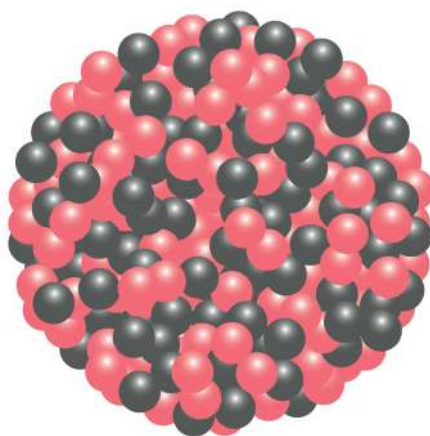


Рисунок 3 – Пример для **Ядро**: **красные** – заряженные **Протоны « р »** ;
серые – НЕзаряженные **нейтроны**

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





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

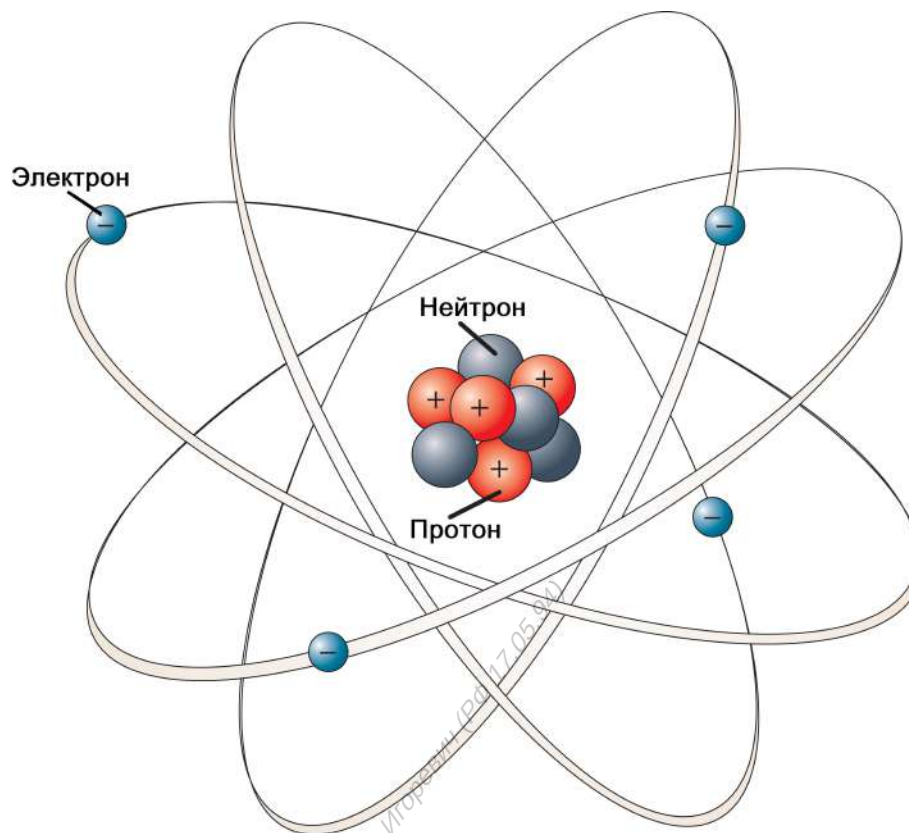


Рисунок 4 – Пример для **Электromагнитное взаимодействие**: атом собран потому, что **электроны** притягиваются к **протонам**. **Электроны** – « свободные одиночки ». **Протоны** – « ограниченные коллективисты ».

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

Заряженное тело – тело, где:

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

(рис.5)



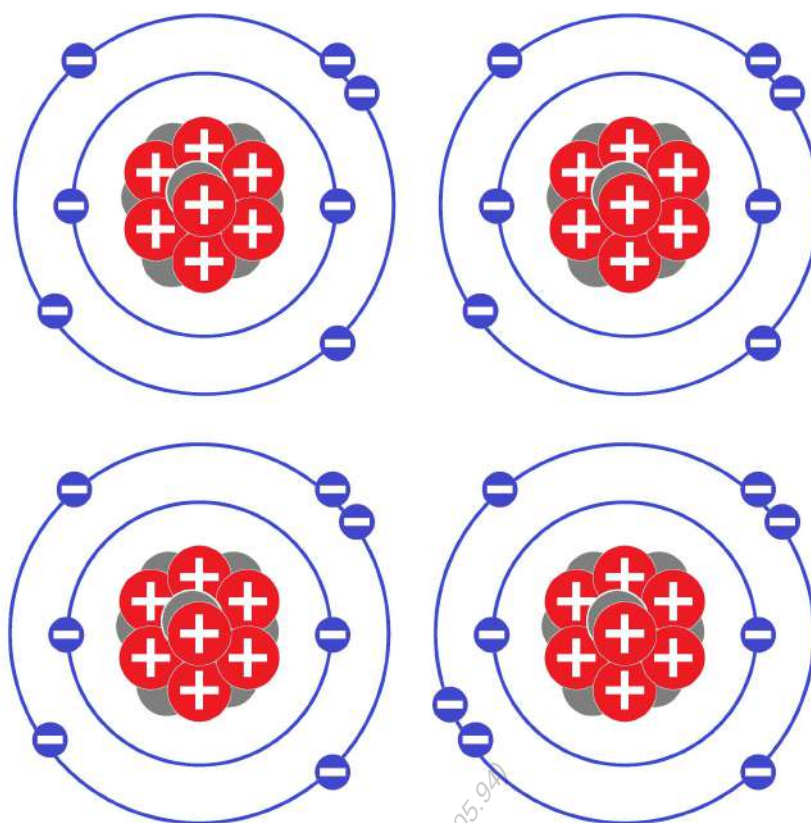


Рисунок 5 – Пример для **Заряженное тело**: **малое тело** из четырех атомов.

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)

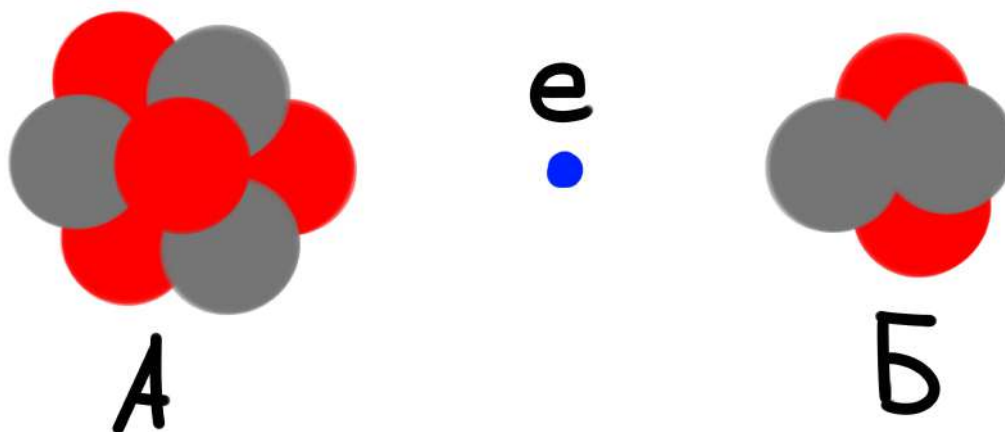


Рисунок 6 – Пример для **Электрический заряд**: **какое ядро** имеет **больше способности** взаимодействовать с \bullet ???





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

Виды зарядов:

1. **(-q)**: (рис.7)

« Протонов < Электронов »

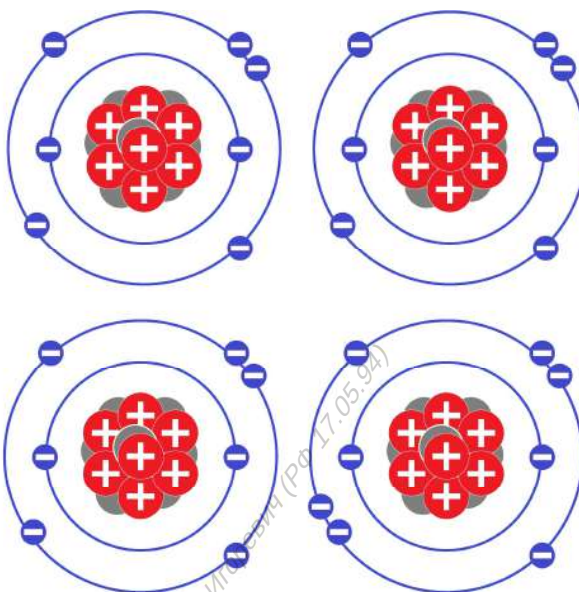


Рисунок 7 – Пример для **(-q)**: тело, где: $N_p < N_e$

2. **(+q)**: (рис.8)

« Протонов > Электронов »

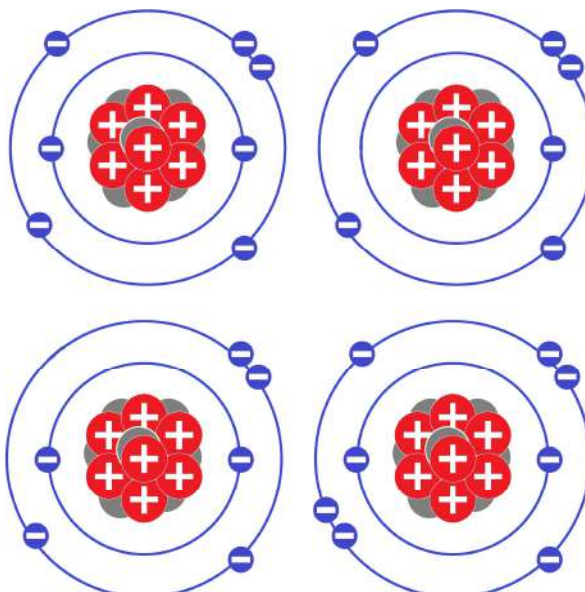


Рисунок 8 – Пример для **(+q)**: тело, где: $N_p > N_e$





Взаимодействие зарядов: (рис.9)

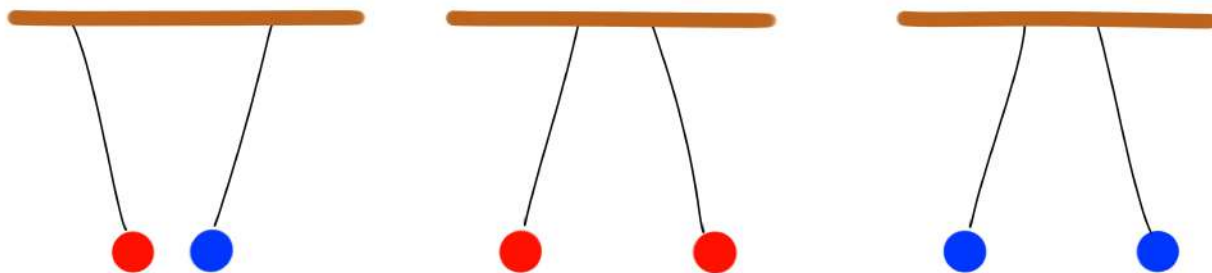
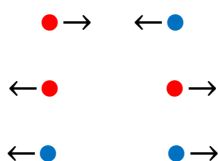


Рисунок 9 – Пример для Взаимодействие зарядов: Силы направлены так:



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



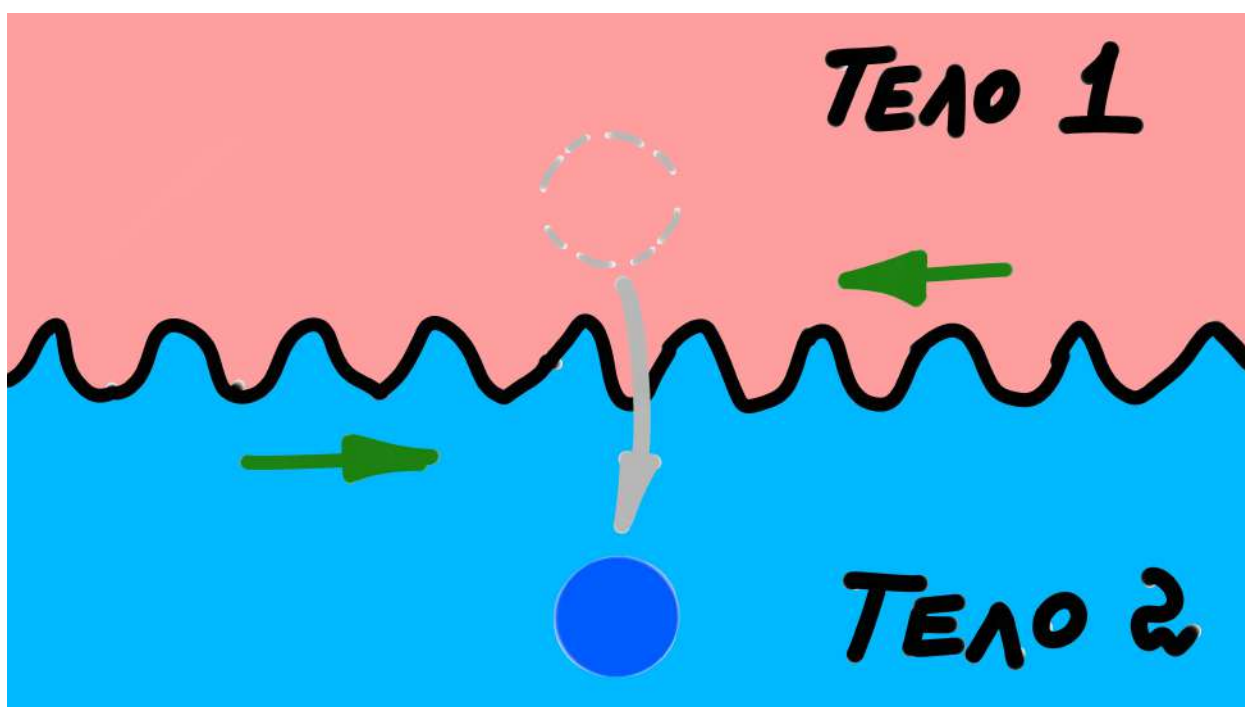


Рисунок 16 – Пример для Электризация трением: ● отрывается и удерживается на другом теле, ■ тело лучше держит ●

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

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

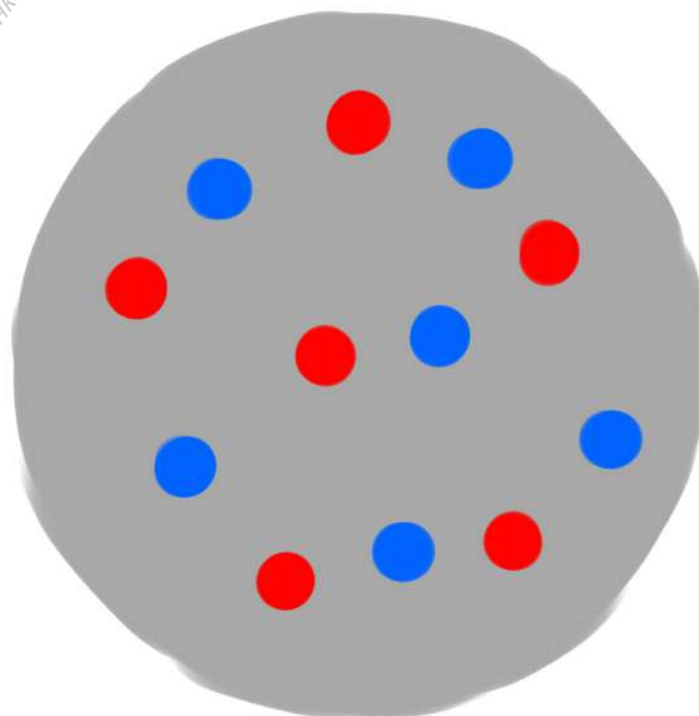


Рисунок 17 – Пример для Электризация Электростатической индукцией: металл-тело не заряжено, так как $N_p = N_e$



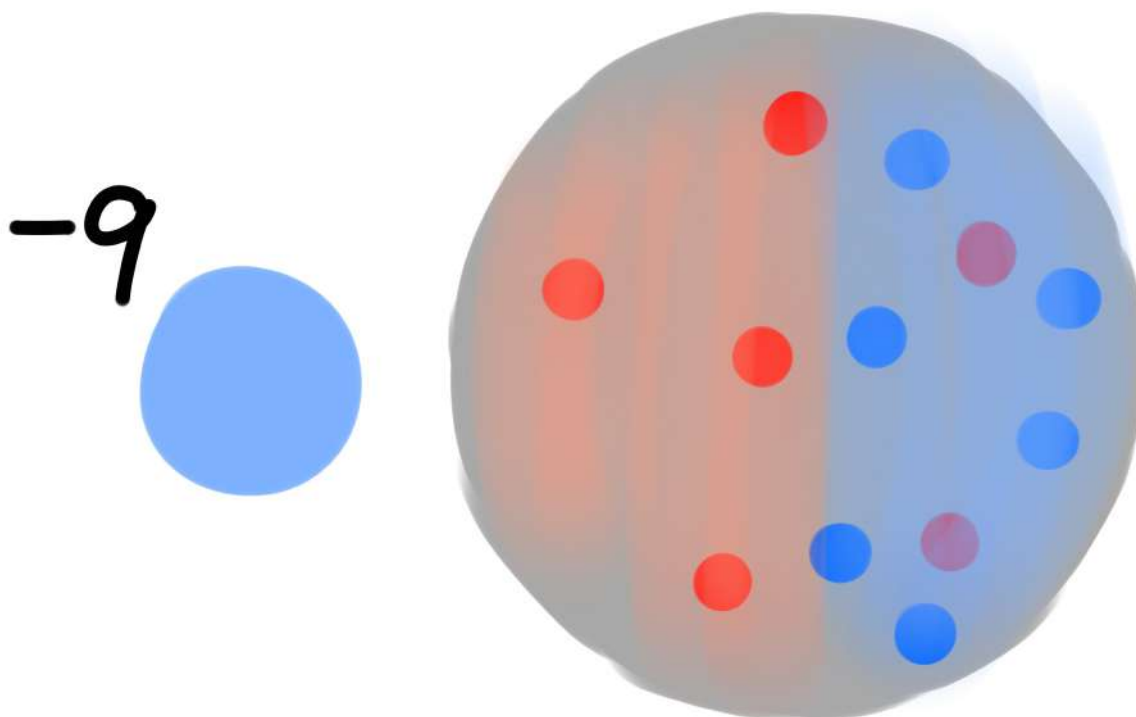


Рисунок 18 – Пример для Электризация Электростатической индукцией: слева теперь заряд. « Правые • » чувствуют рядом « левый $-q$ », поэтому отходят, так как:



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)

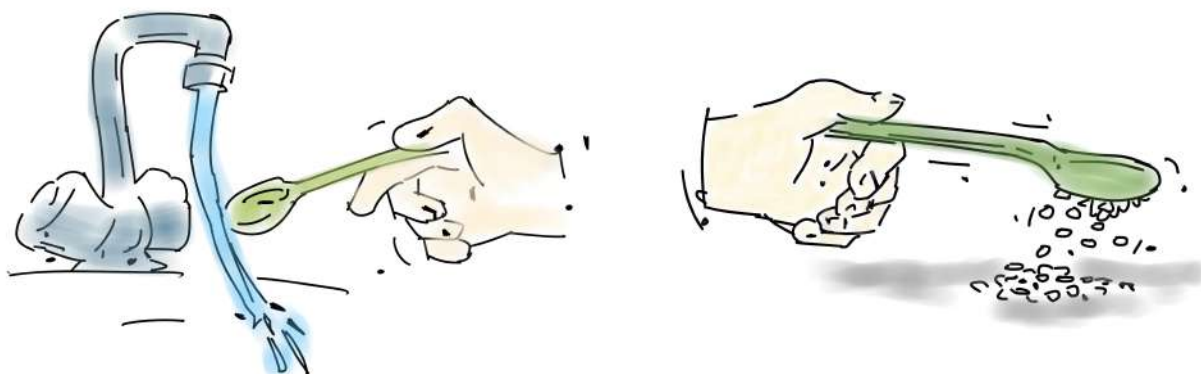


Рисунок 19 – Пример для Проявление Электризации: бумажки притягиваются к наэлектризованной трением пластиковой ложке, струя отклоняется также этой ложкой (из-за Электростатической индукции)



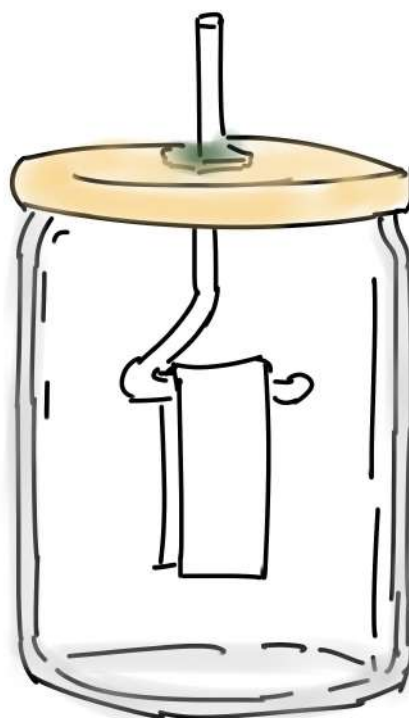


Рисунок 20 – Пример для **Проявление Электризации: Электроскоп – банка**, в которой металлический **стержень** с «**лепестками**»

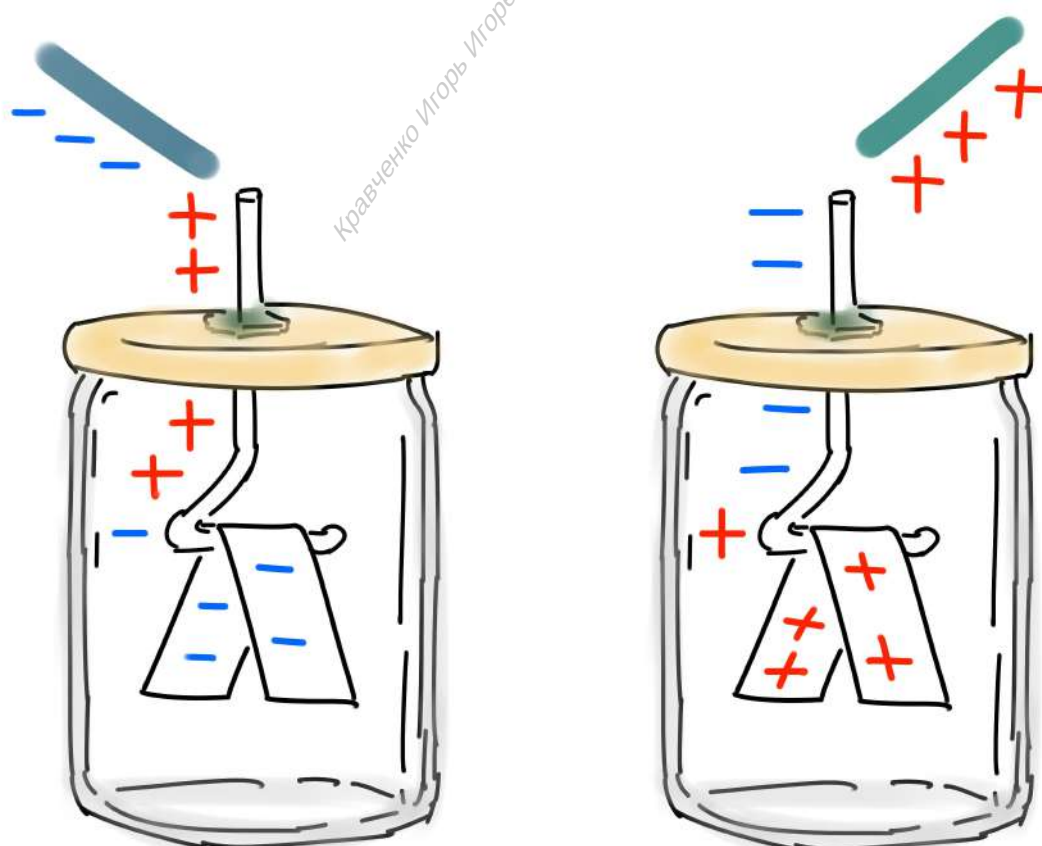


Рисунок 21 – Пример для **Проявление Электризации: « лепестки » расходятся** из-за **Электростатической индукции**



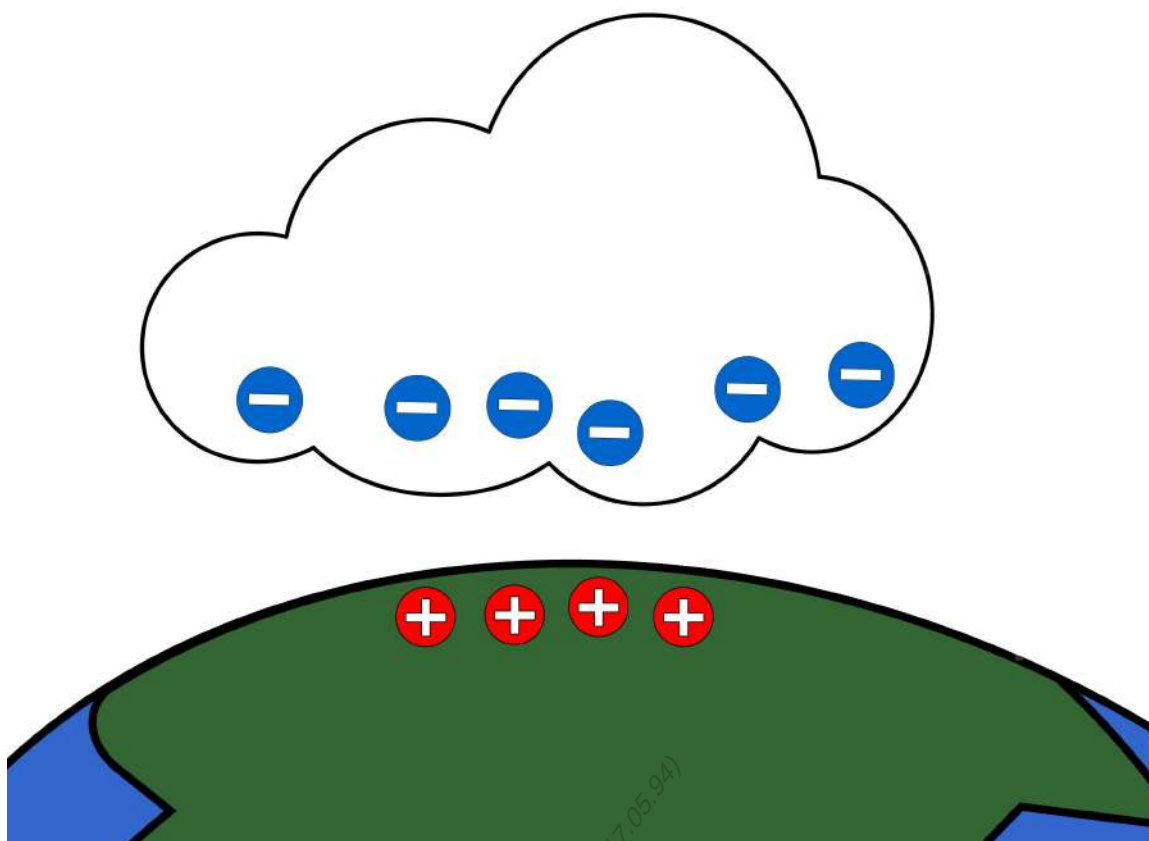


Рисунок 22 – Пример для **Проявление Электризации**: в туче льдинки, которые сталкиваются и **электризуются**. Оказывается, что в **нижней** части тучи скапливается **-заряды**, в верхней **+заряды**. Из-за **Электростатической индукции** **-заряды** уходят с поверхности земли **вглубь**, на поверхности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

Закон сохранения электрического заряда:

« **заряд изолированной системы постоянен** »

(рис.23-26)





Ситуация 1:

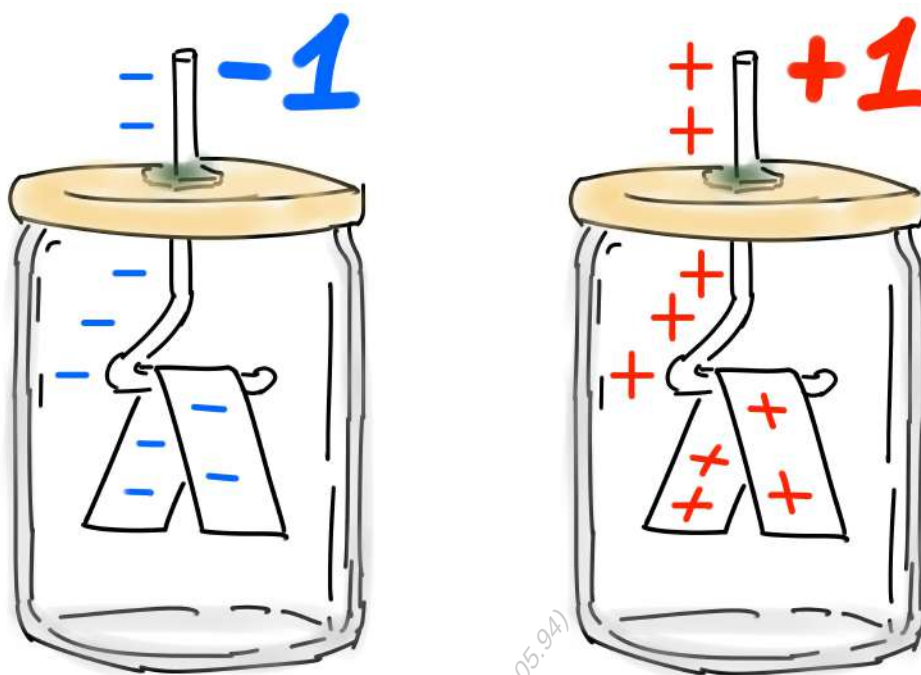


Рисунок 23 – Пример для **Проявление Электризации**: заряд системы:

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

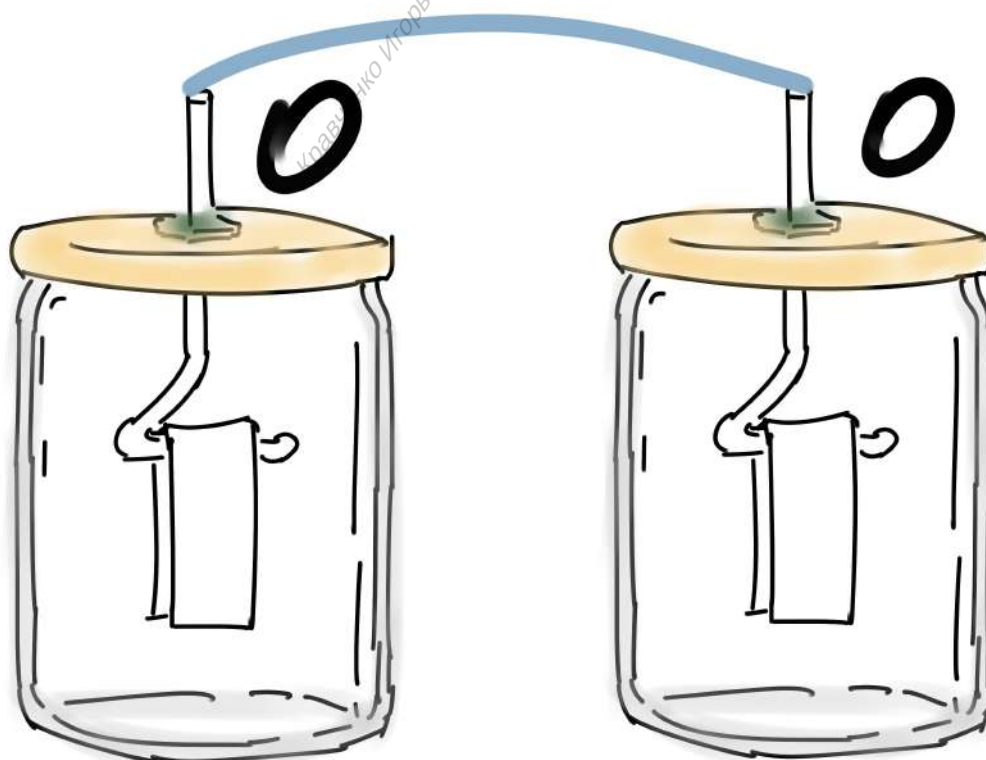


Рисунок 24 – Пример для **Проявление Электризации**: заряд системы:

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





Ситуация 2:

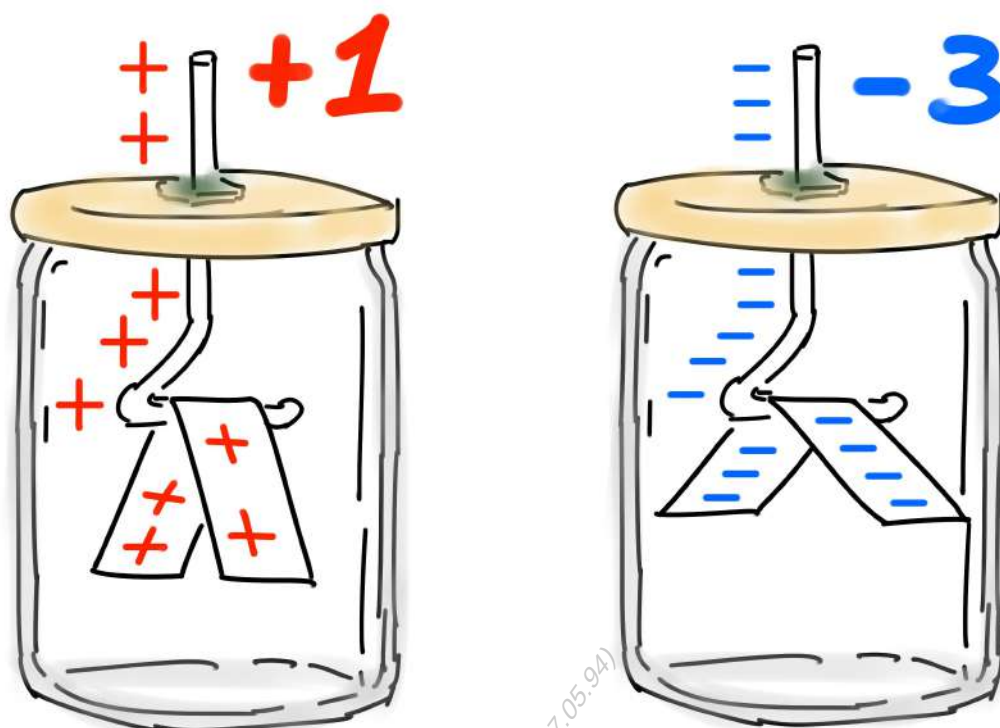


Рисунок 25 – Пример для **Проявление Электризации**: заряд системы:

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

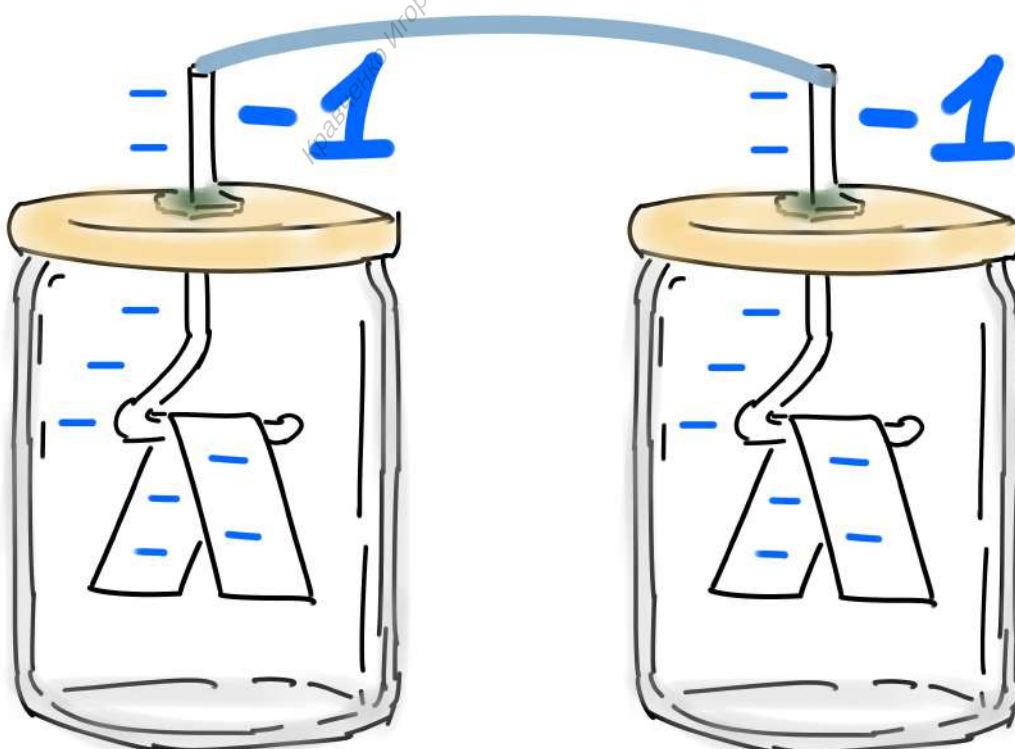


Рисунок 26 – Пример для **Проявление Электризации**: заряд системы:

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





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)

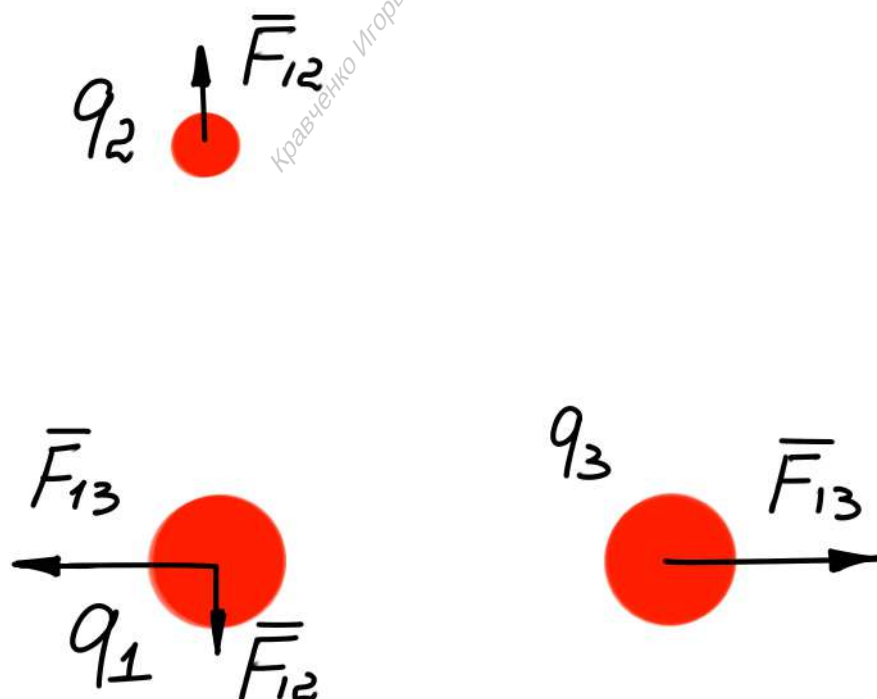


Рисунок 28 – Пример для **Закон Кулона**: расстояния одинаковые:

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



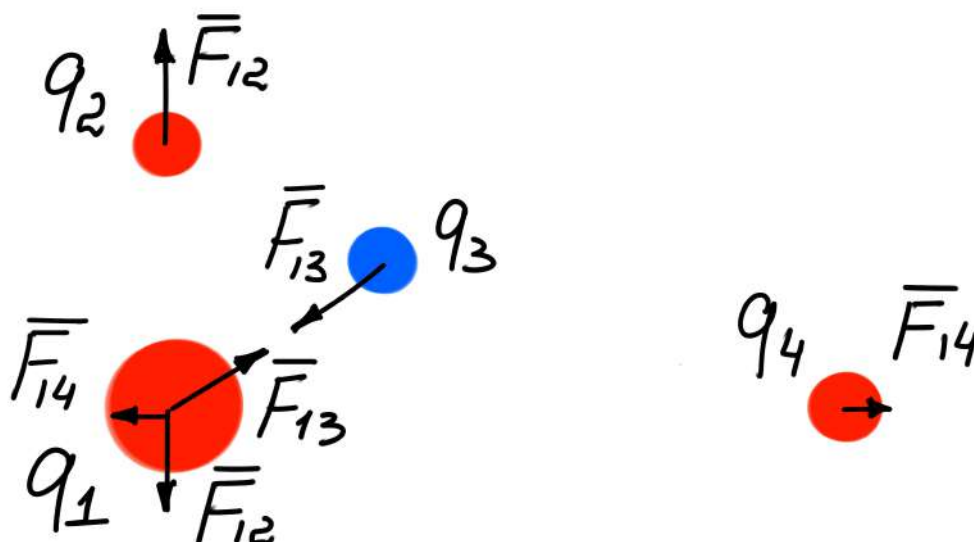


Рисунок 29 – Пример для **Закон Кулона**:

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

и

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

Электрическое поле: (рис.30)

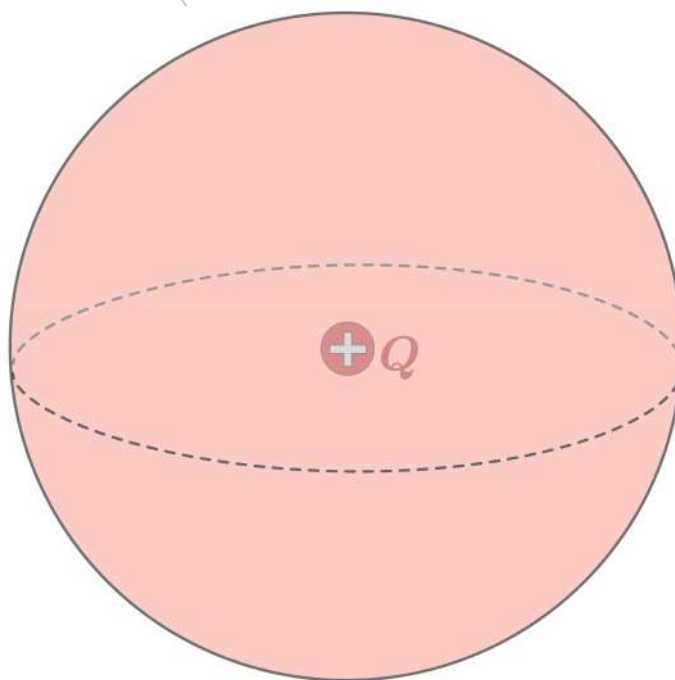


Рисунок 30 – Пример для **Электрическое поле**: **Заряд** создает вокруг **Поле**





Действие Эл.Поля на заряд: (рис.31)

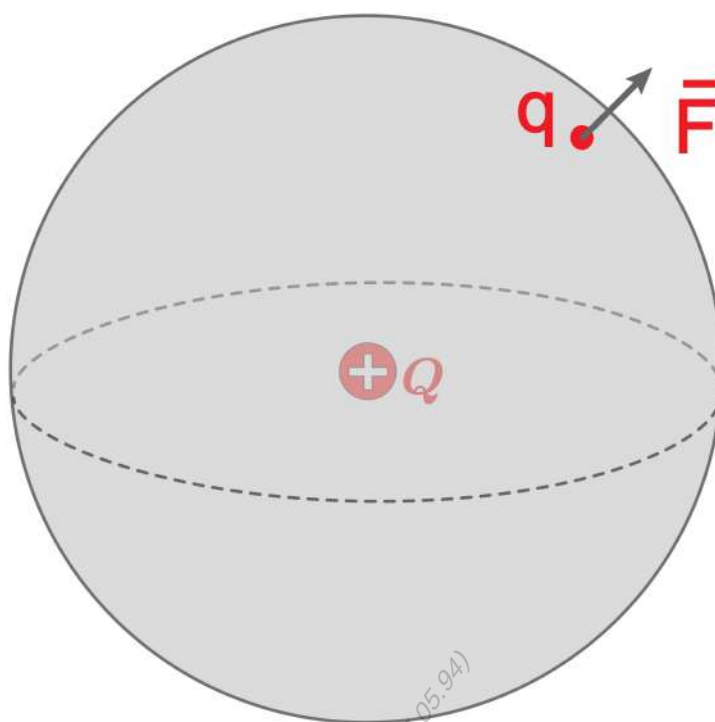


Рисунок 31 – Пример для Действие Эл.Поля на заряд: Эл.Поле отталкивает **заряд**

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

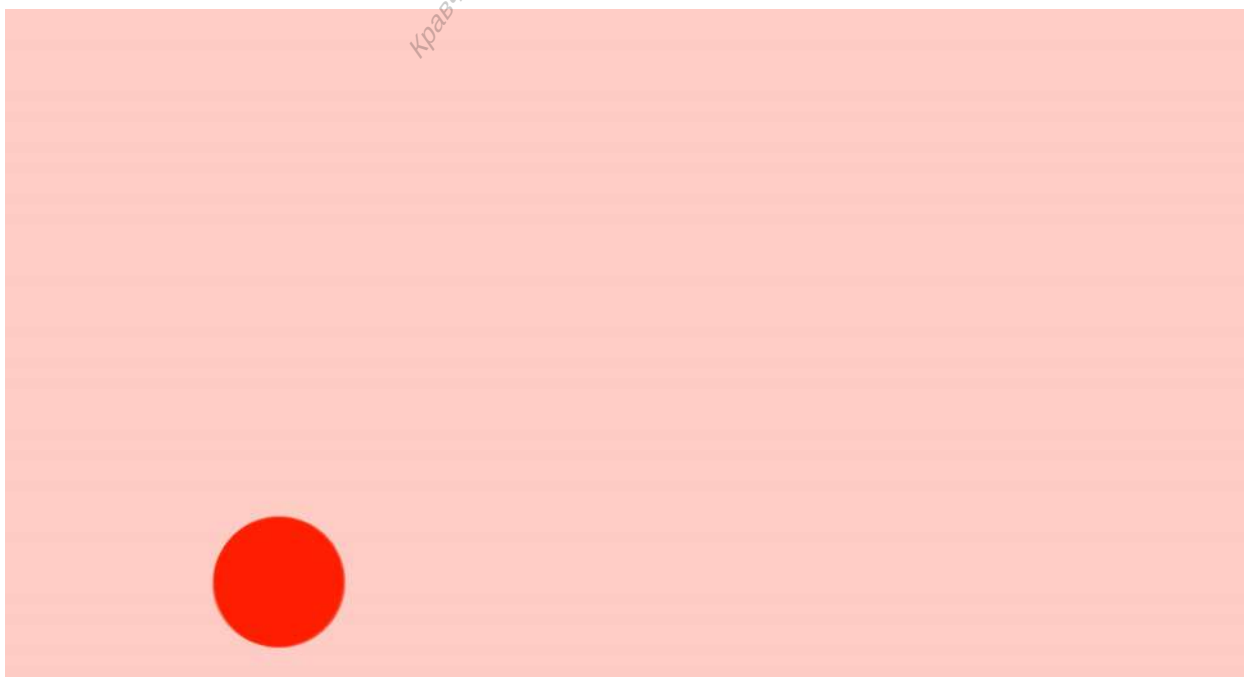


Рисунок 32 – Пример для **Скорость распространения эл.магн. взаимодействий:** **заряд**,
вокруг **Поле**



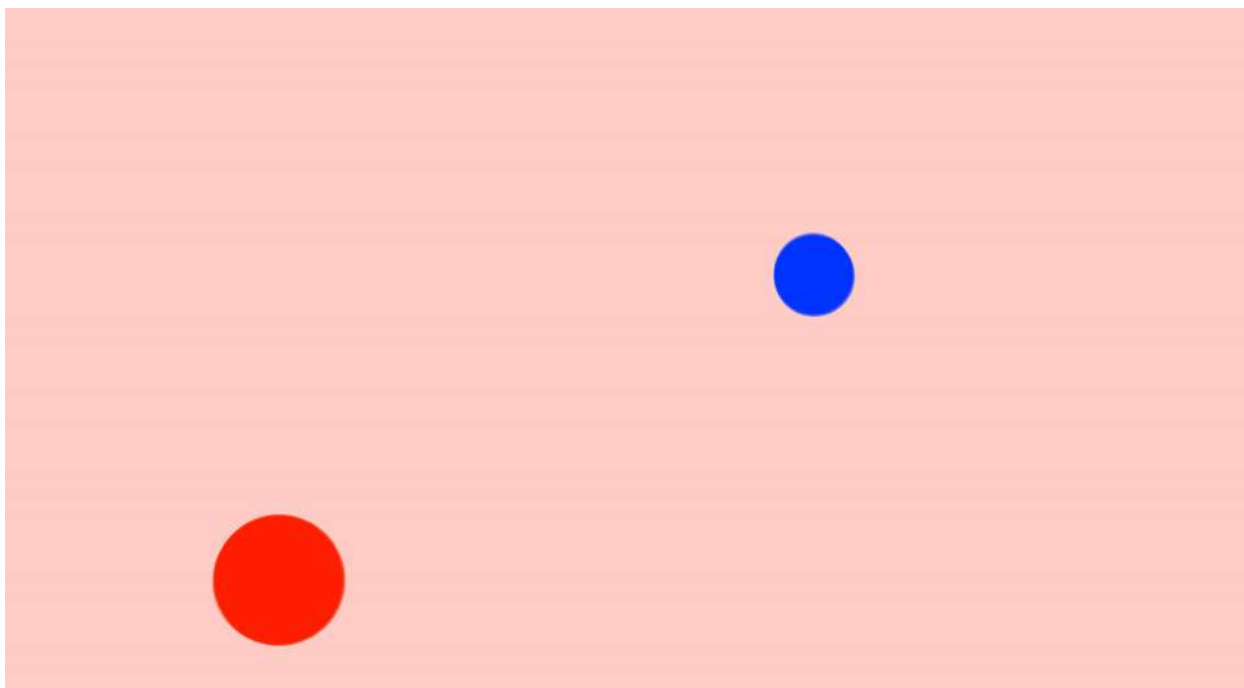
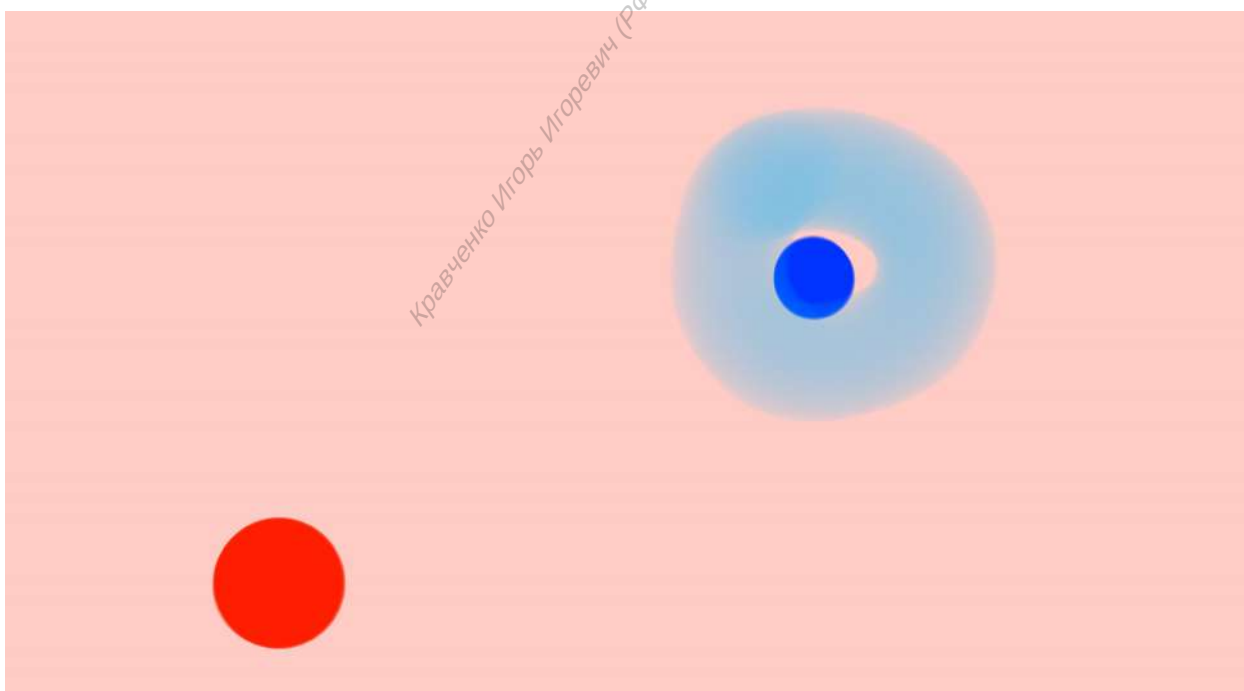


Рисунок 33 – Пример для **Скорость распространения эл.магн. взаимодействий:**
появляется **заряд**. Взаимодействия нет, так как **Поле заряда** не дошло до **заряда**



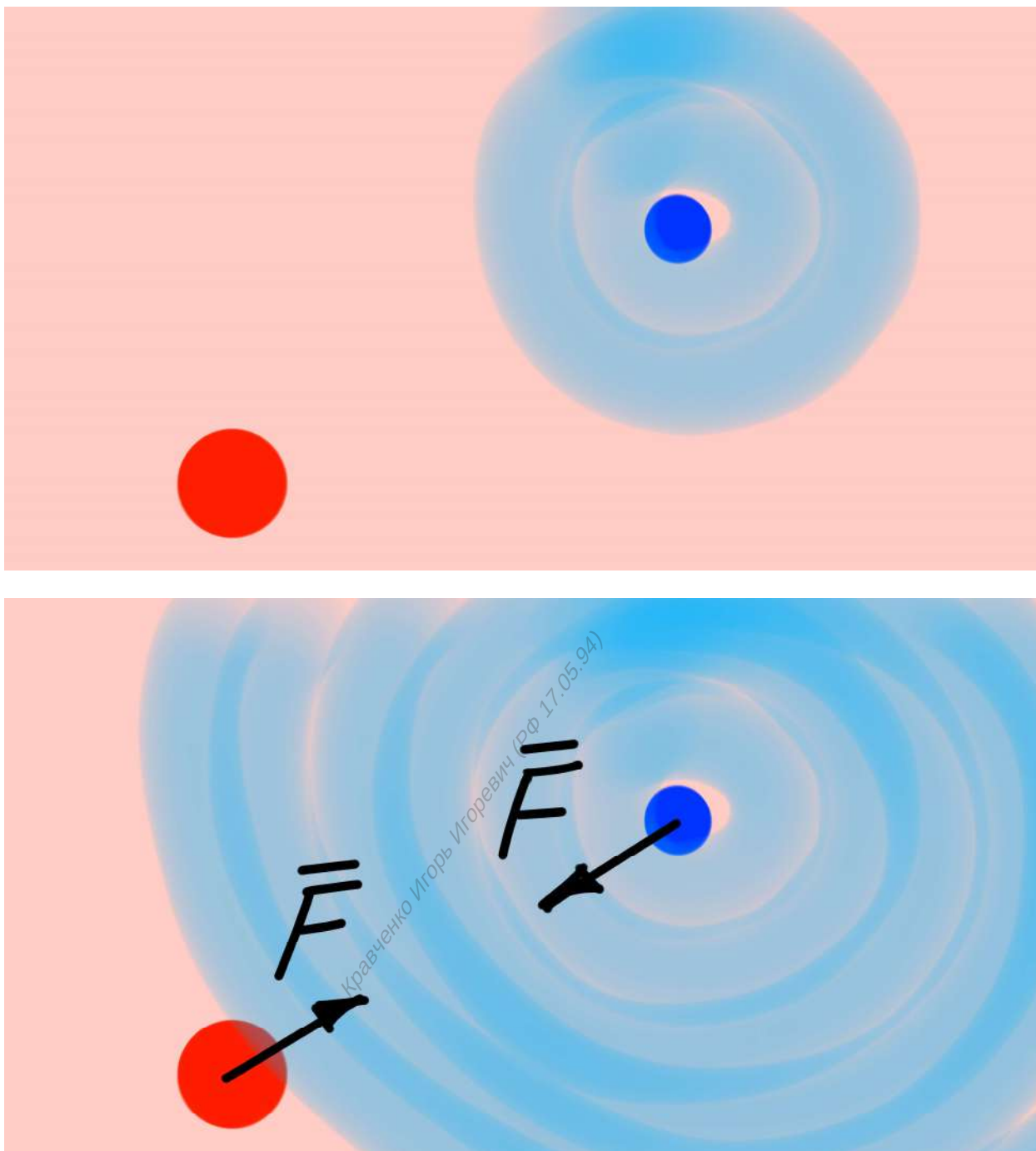


Рисунок 34 – Пример для **Скорость распространения эл.магн. взаимодействий: Поле** идет, потом доходит. Далее появляется взаимодействие.

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)

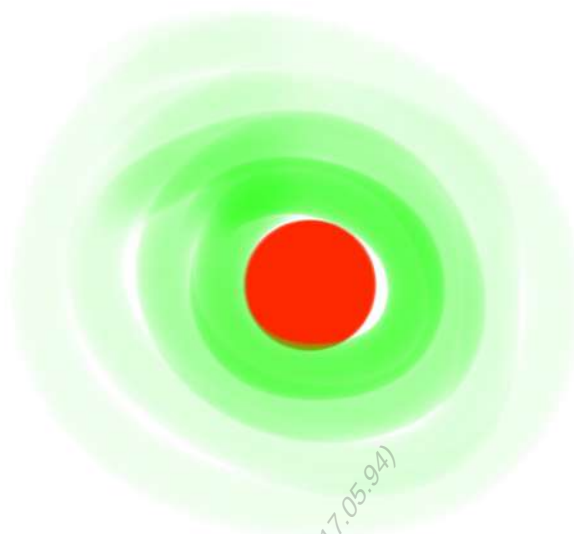


Рисунок 35 – Пример для **Напряженность**: Поле слабеет с расстоянием

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)



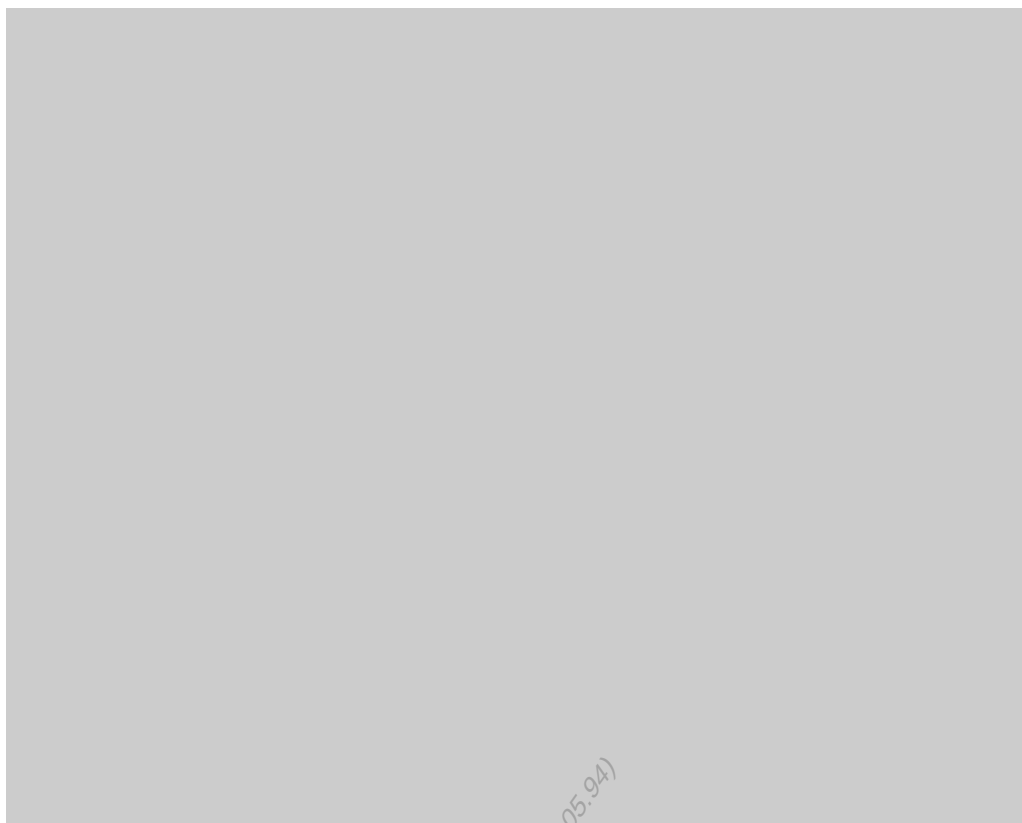


Рисунок 36 – Пример для **Пробный заряд: пространство. Эл.поле может быть невидимым.**

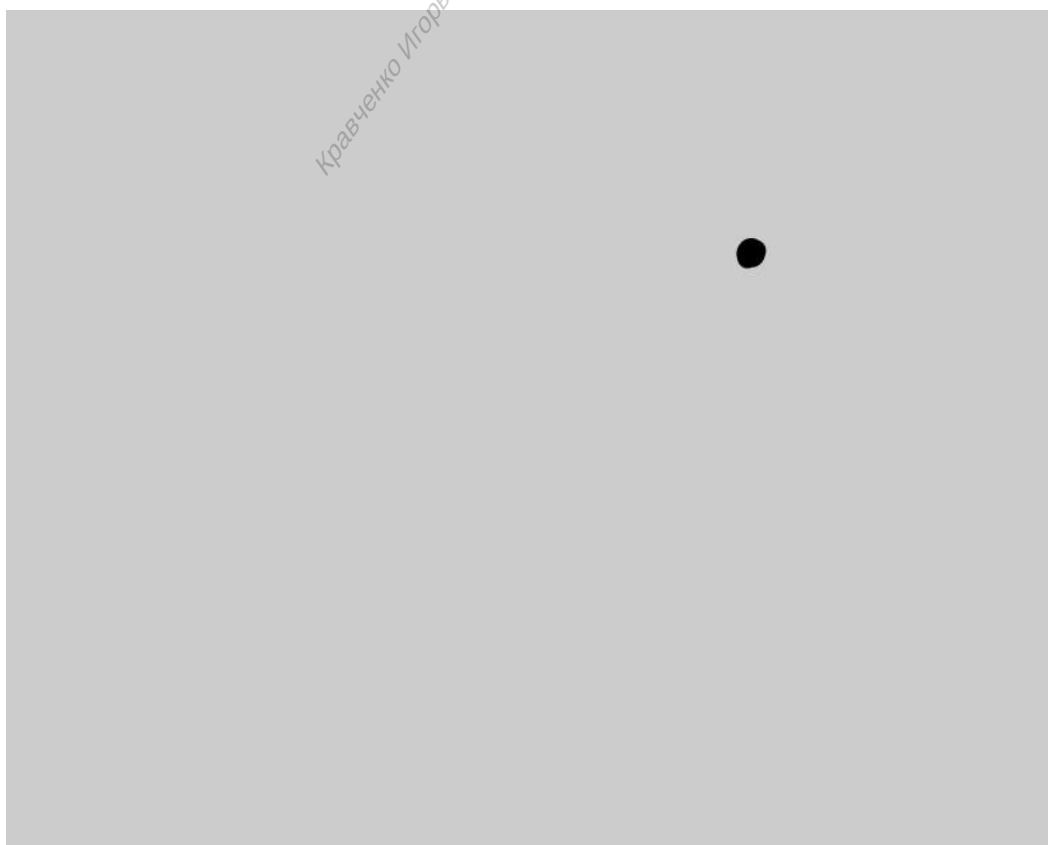


Рисунок 37 – Пример для **Пробный заряд: проверим, есть ли тут эл.поле**



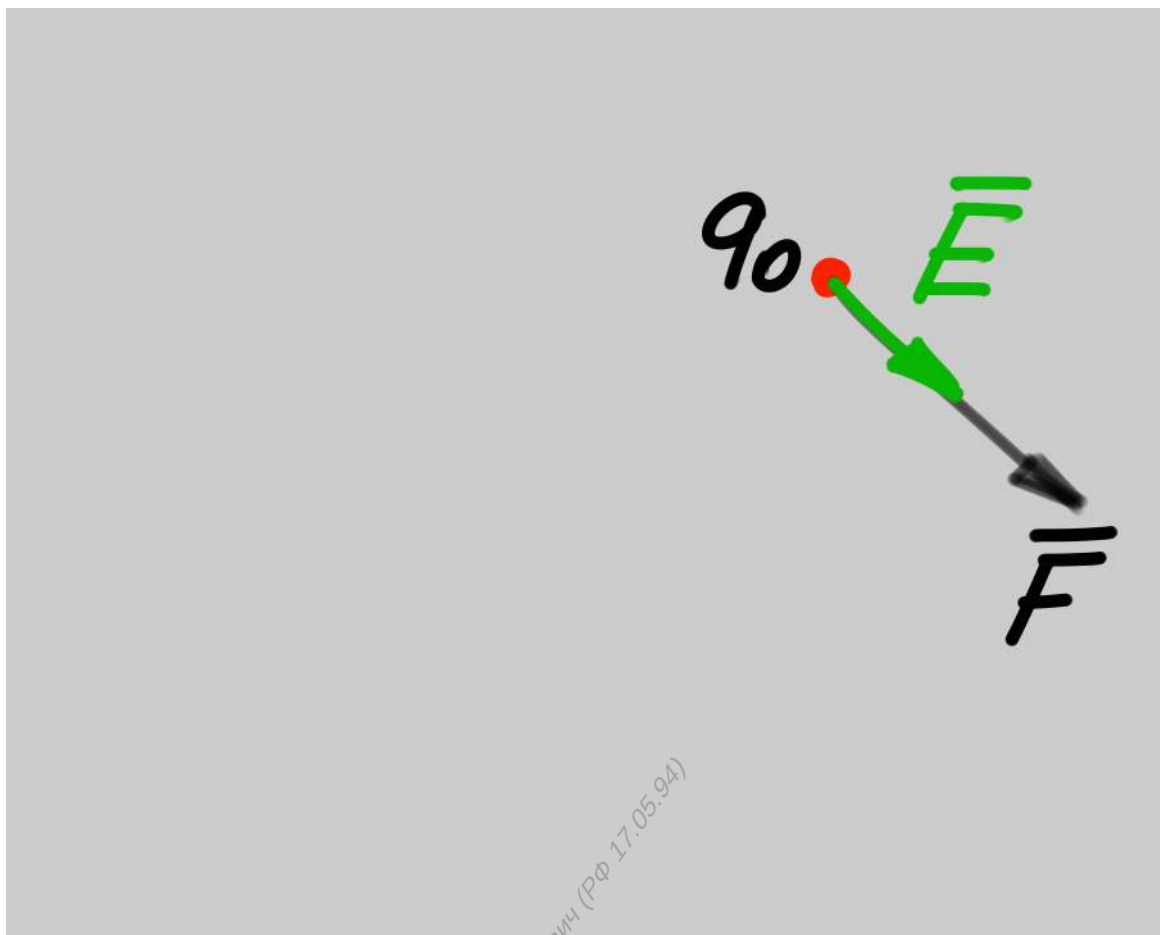


Рисунок 38 – Пример для **Пробный заряд**: помещаем в точку q_0 , сила показывает \vec{E} . Эл.поле тут есть.

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

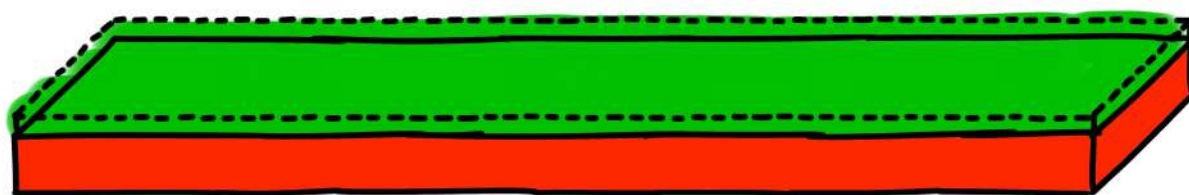


Рисунок 39 – Пример для **Однородное эл.поле**: заряженная плоскость.

$\vec{E} = \text{const}$ 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)



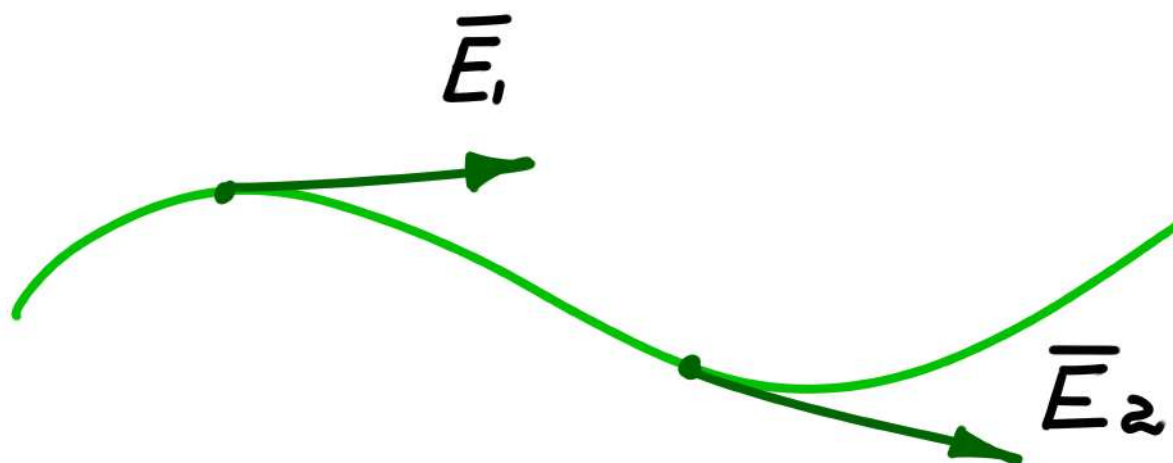


Рисунок 40 – Пример для **Линия напряженности**: эл.поле неоднородно волнообразно. Эл.поле направлено слева направо. \vec{E} показывает направление эл.поля в точке пространства.

Внимание.

« **Силовая линия = Линия напряженности** »

Картины линий напряженности:

1. Точечный заряд: (рис.41)

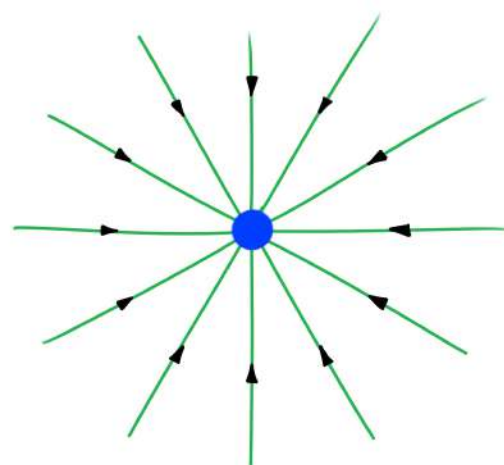
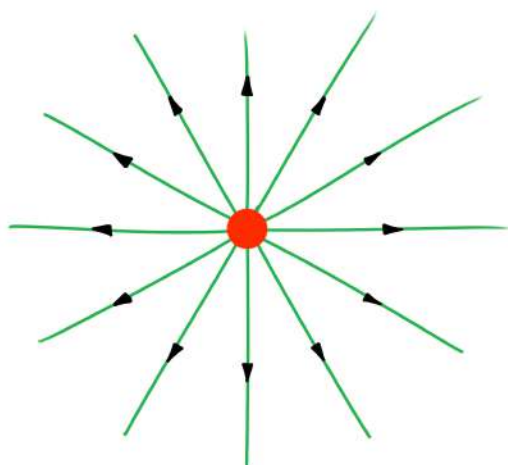


Рисунок 41 – Пример для **Точечный заряд**: **силовые линии** $\uparrow \vec{E}$. \uparrow Густота силовых линий $\Rightarrow \uparrow E$ в этой области пространства.





2. Заряженная плоскость: (рис.42)

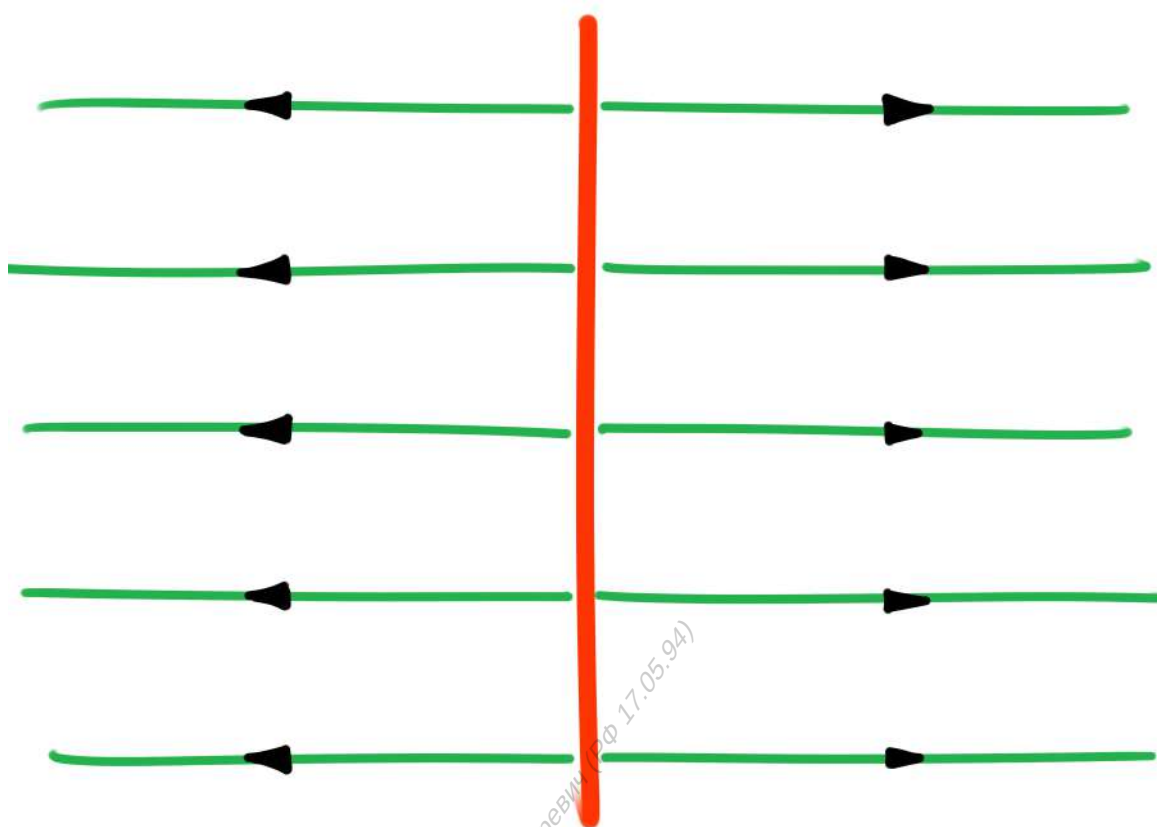


Рисунок 42 – Пример для Заряженная плоскость: силовые линии $\uparrow \uparrow \vec{E}$.
[Густота силовых линий = const] \Rightarrow поле однородно.

Внимание. Силовые линии:

« начинаются на +зарядах

и

заканчиваются на -зарядах »

(рис.43)



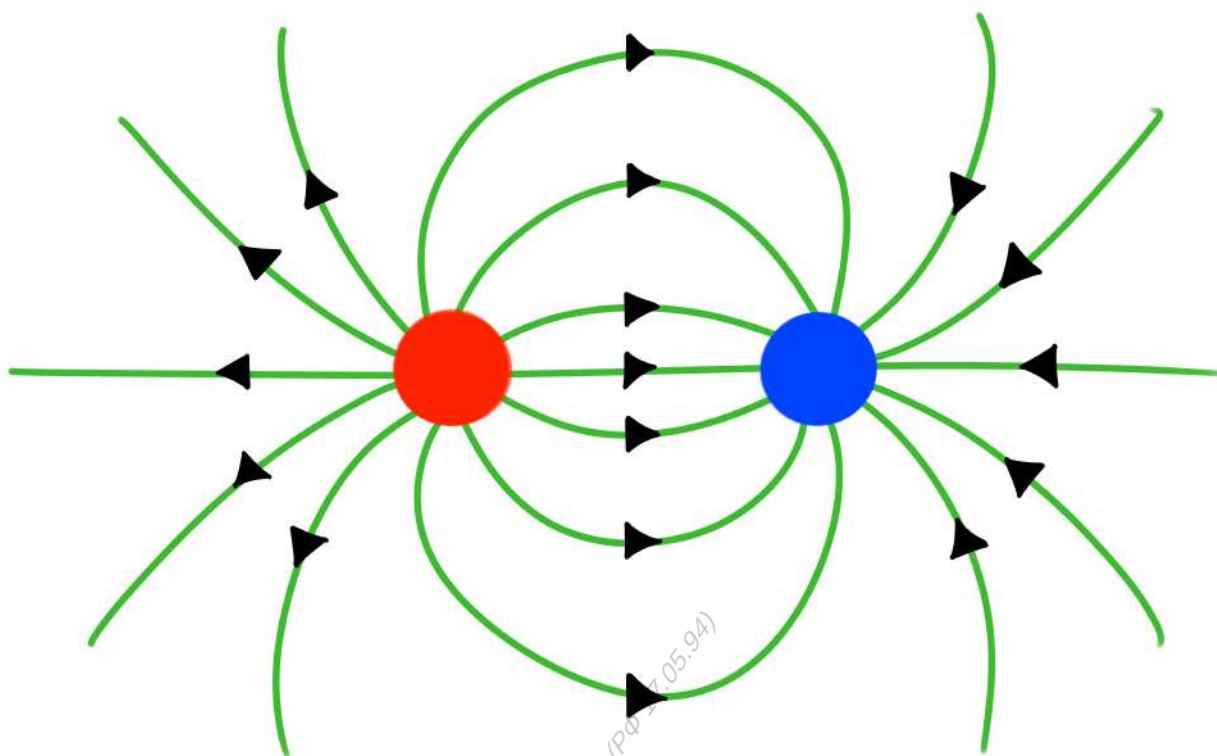


Рисунок 43 – Пример для **начинаются** на **+** и **заканчиваются** на **-**: **+** **•** **↻** **•** **-**

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)



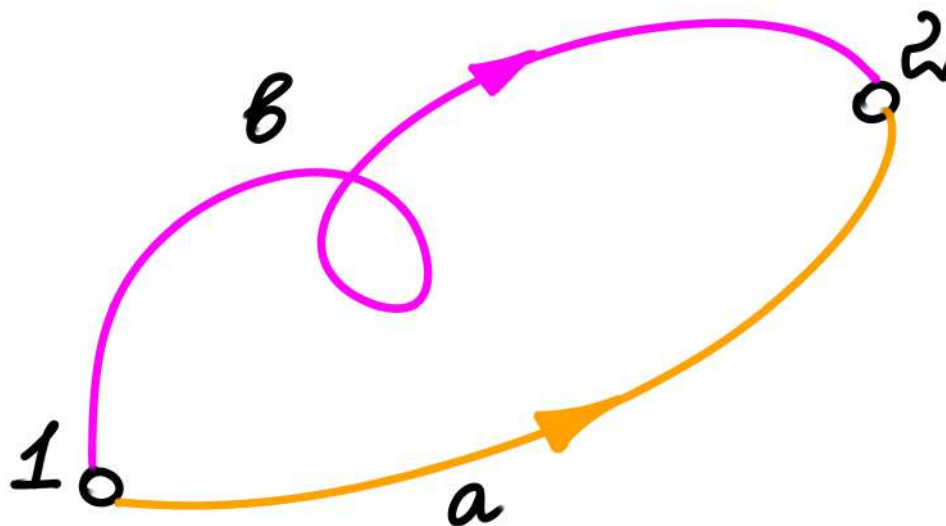


Рисунок 44 – Пример для Потенциальность эл. поля:

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

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

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

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

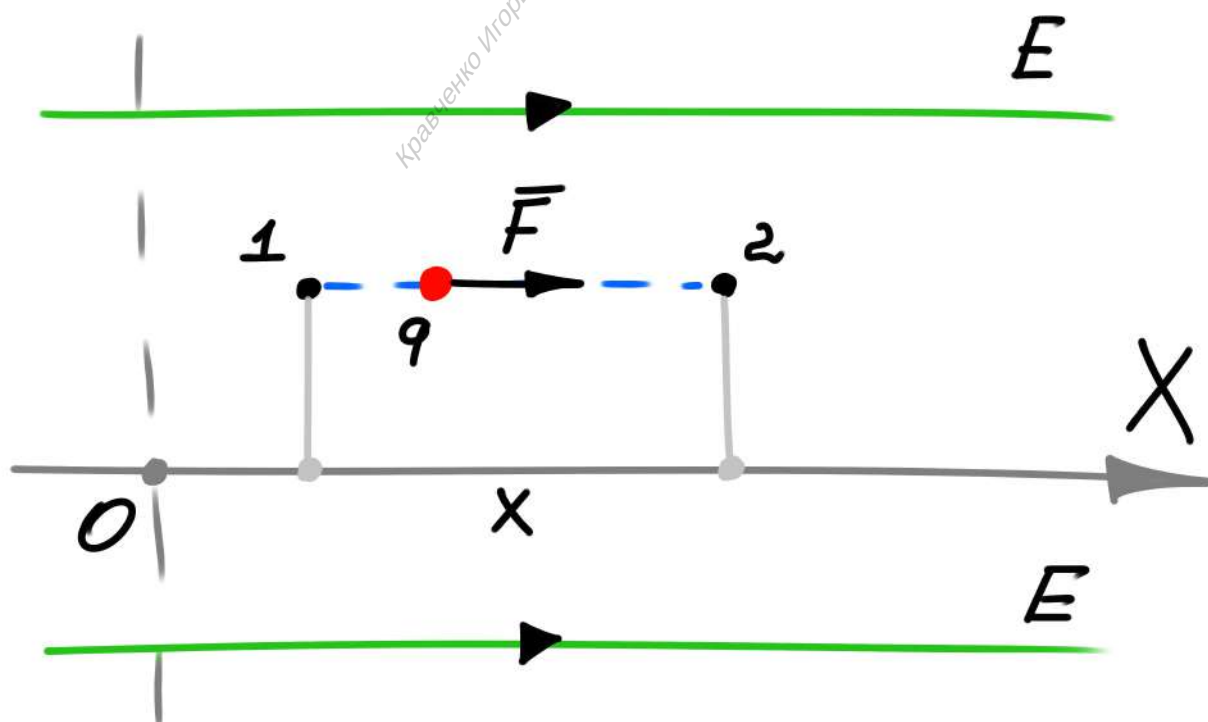


Рисунок 45 – Пример для Потенциальная энергия в эл.поле:

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)

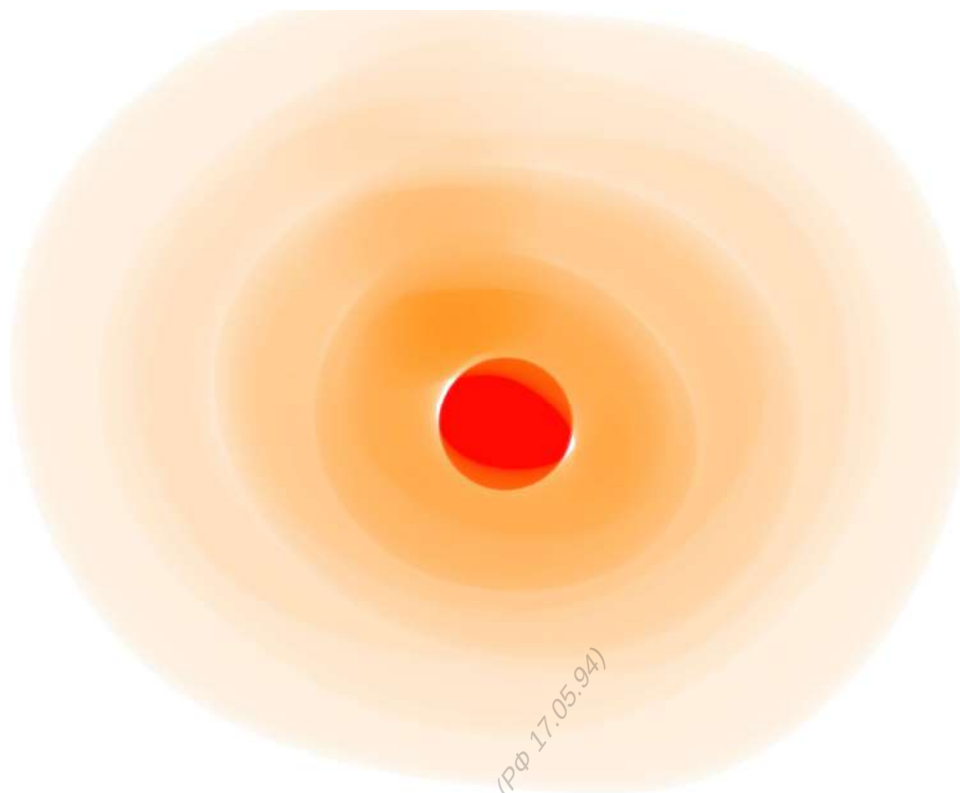


Рисунок 46 – Пример для **Потенциал**: Поле слабеет с расстоянием

Внимание. Потенциал – энергетическое свойство эл.поля:

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

Внимание. Напряжённость указывает убывание **потенциала**:

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

$$(\varphi_1 > \varphi_2)$$

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

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

(рис.47)



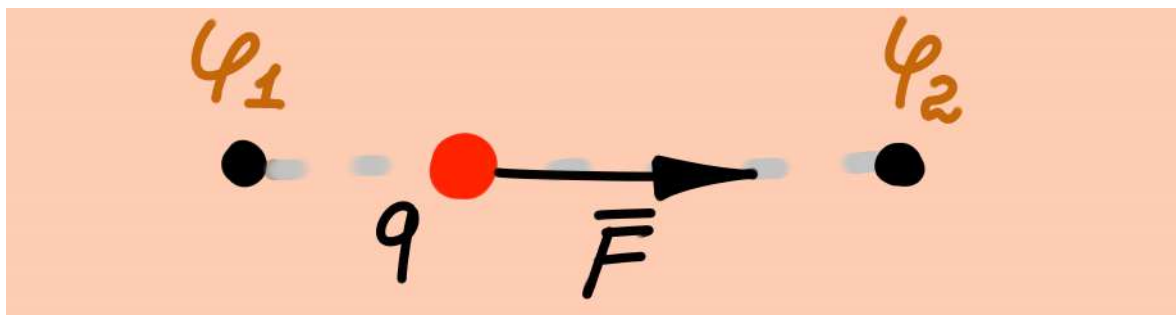


Рисунок 47 – Пример для **Напряжение: $U = \varphi_1 - \varphi_2$**

Эквипотенциальная поверхность – поверхность, где:

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

(рис.48, 49)

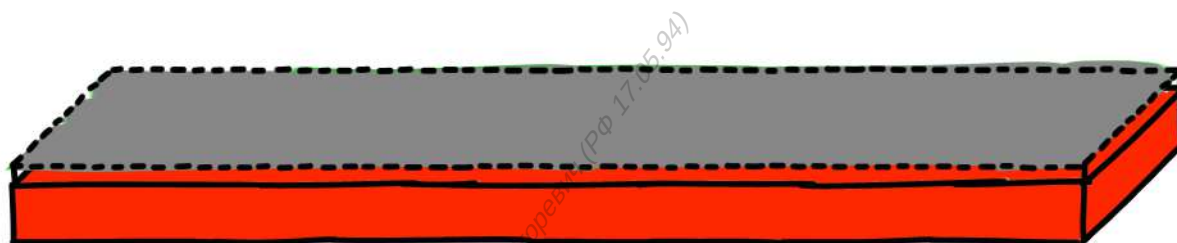


Рисунок 48 – Пример для **Эквипотенциальная поверхность: для заряженной плоскости**

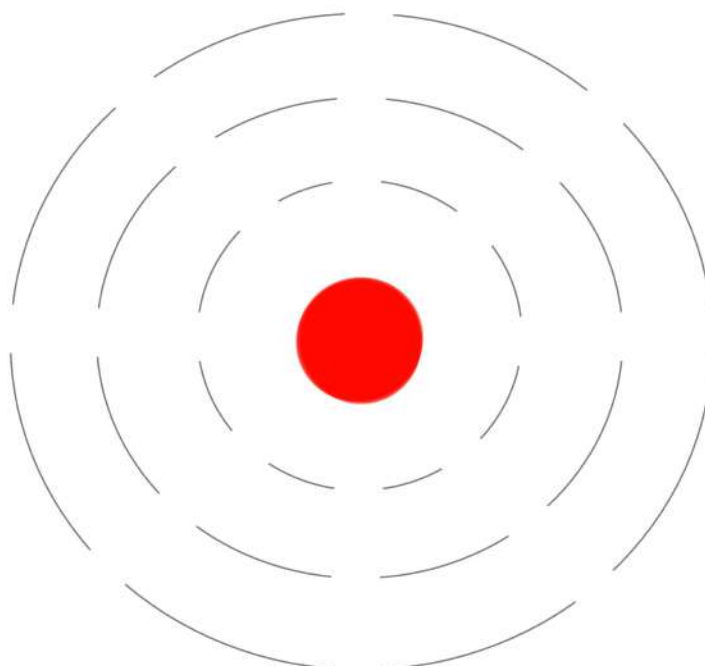


Рисунок 49 – Пример для **Эквипотенциальная поверхность: для точечного заряда**





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

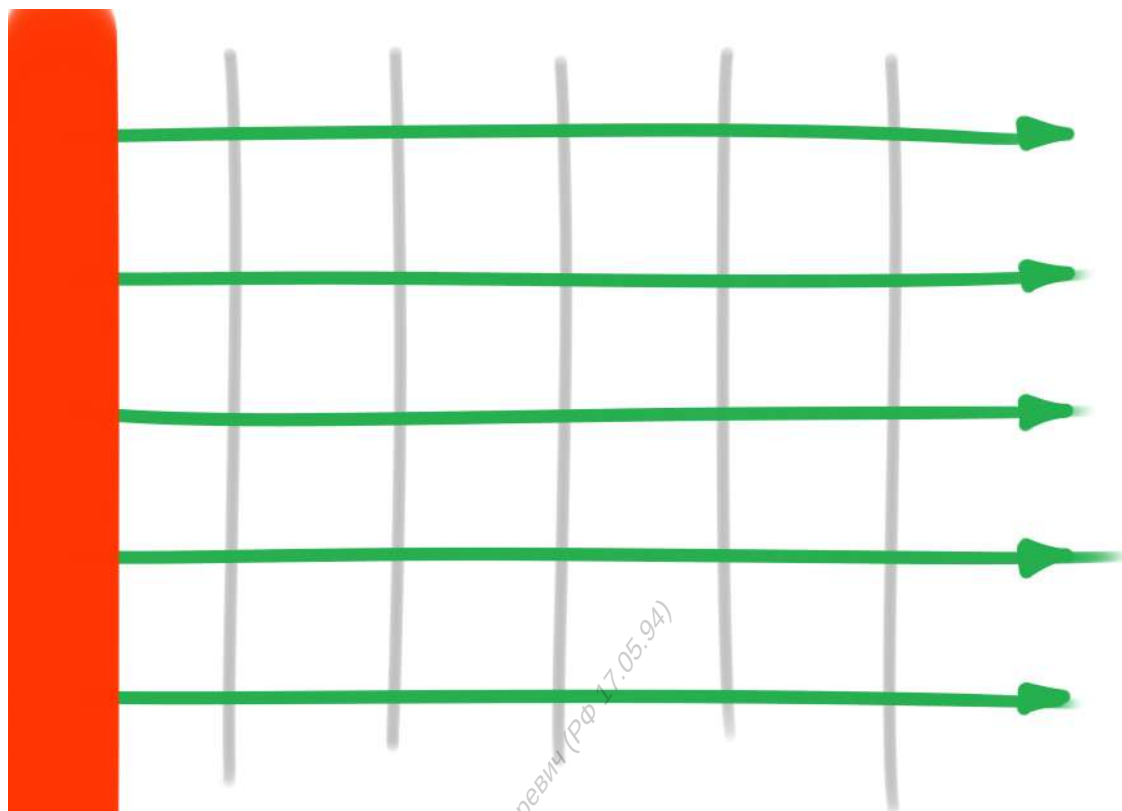


Рисунок 50 – Пример для Эквипотенциальные поверхности \perp **СИЛОВЫМ** линиям:
заряженная плоскость

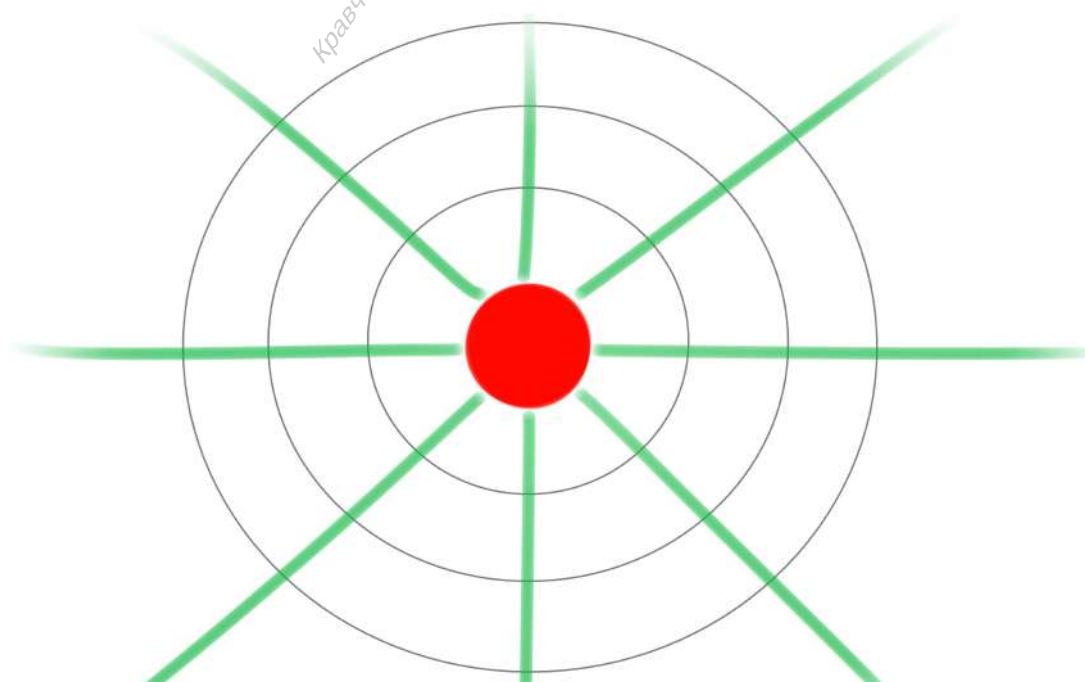


Рисунок 51 – Пример для Эквипотенциальные поверхности \perp **СИЛОВЫМ** линиям:
точечный заряд





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

« Напряженность поля от нескольких зарядов

=

сумма Напряженностей от отдельных зарядов »

(рис.52)

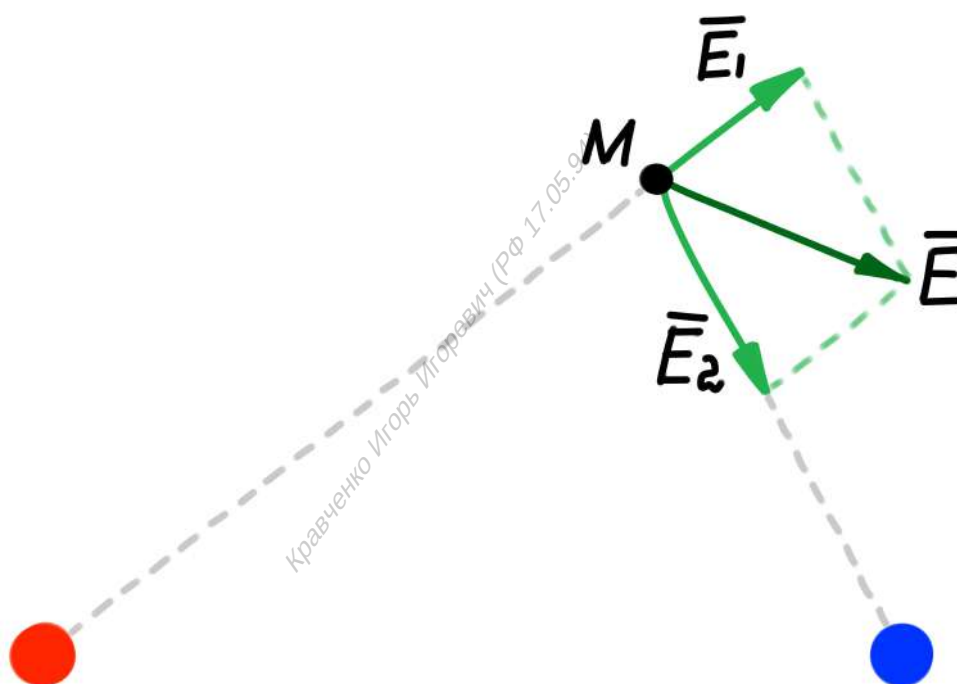


Рисунок 52 – Пример для **Принцип суперпозиции** электрических полей

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

Принцип суперпозиции электрических полей (φ):

« Потенциал поля от нескольких зарядов

=

сумма потенциалов от отдельных зарядов »

(рис.53)



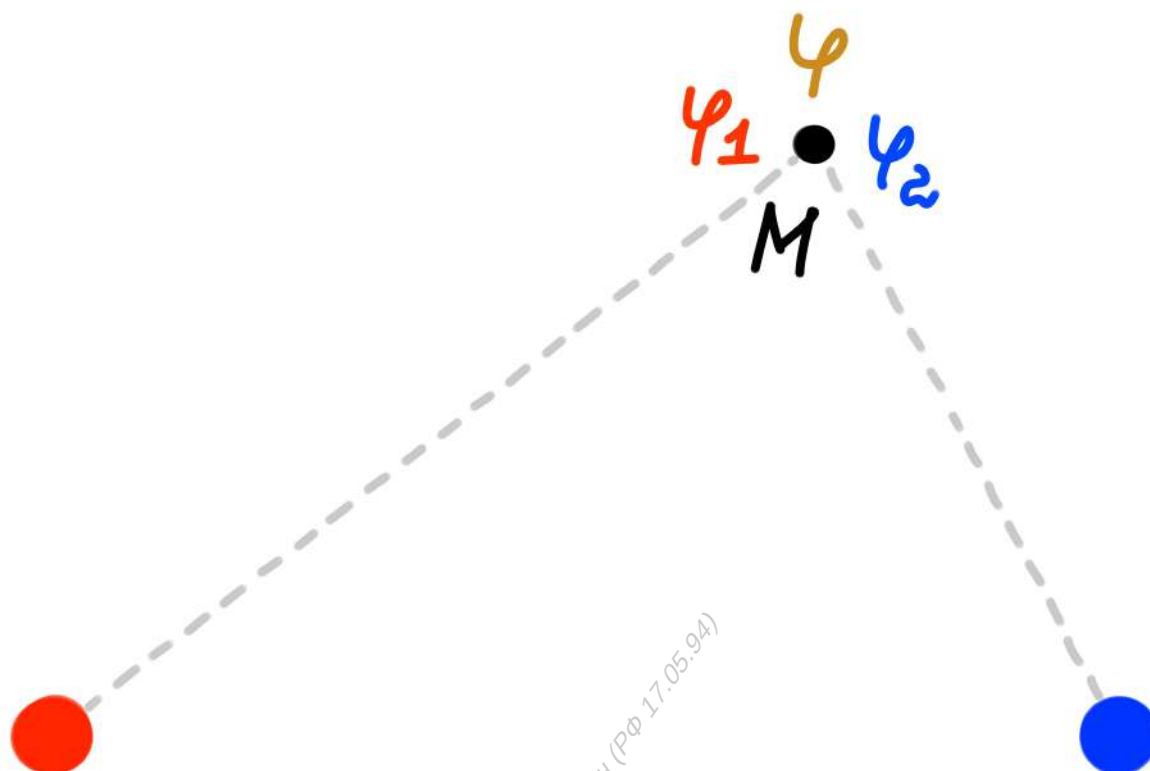


Рисунок 53 – Пример для **Принцип суперпозиции электрических полей**

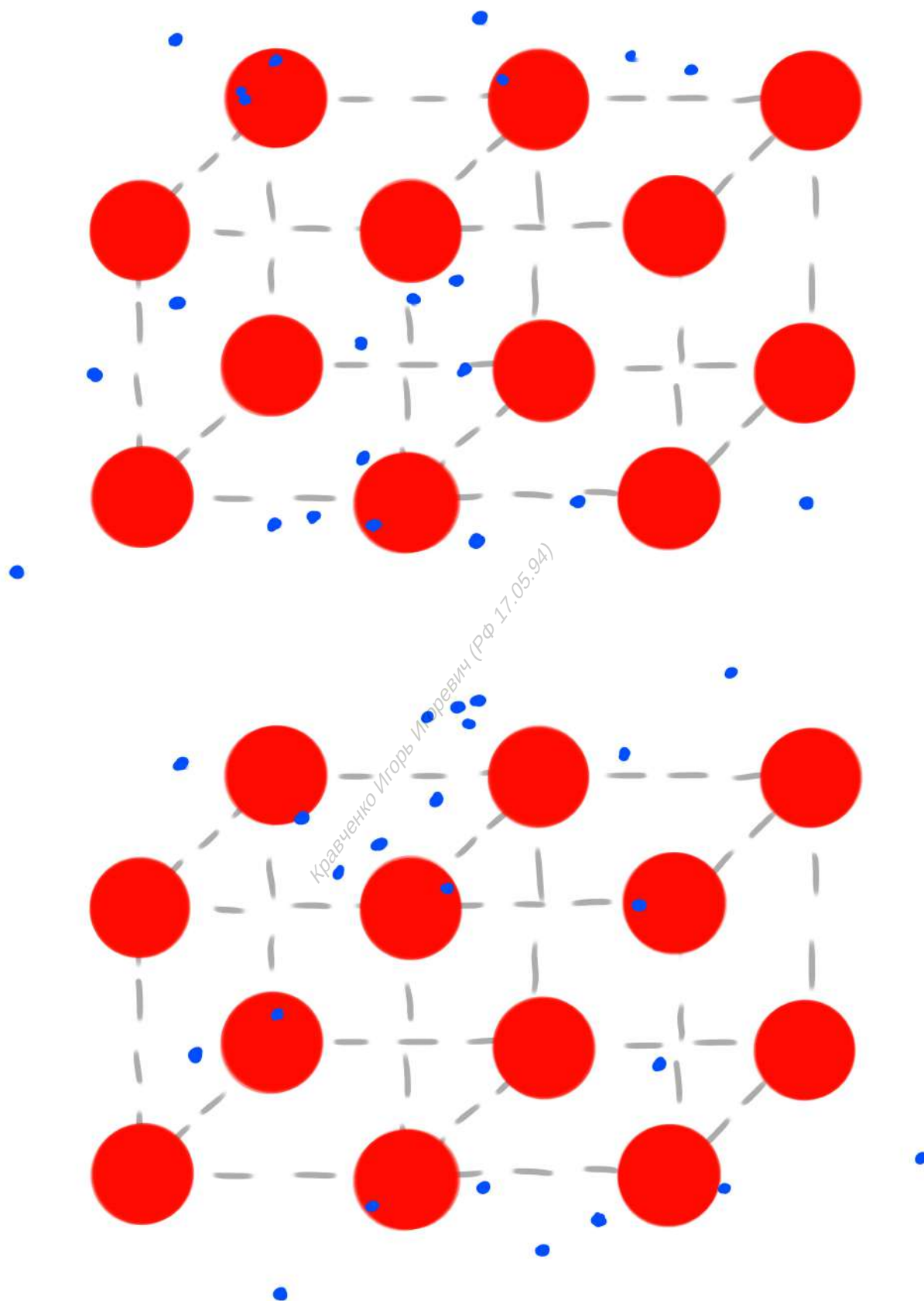
$$(\varphi): \varphi = \varphi_1 + \varphi_2$$

Проводник – тело из вещества, где:

« внутри имеются **свободные заряженные частицы** »

(рис.54)





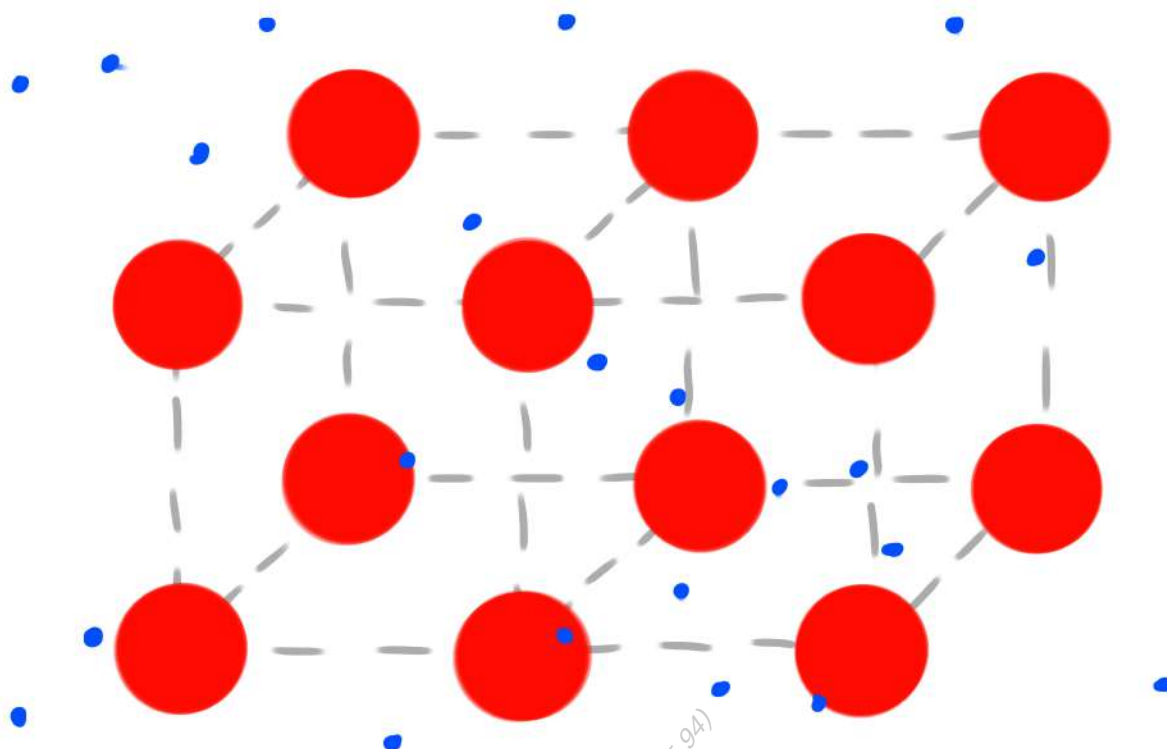


Рисунок 54 – Пример для **Проводник**: **синие свободны** (перемещаются). **Красные** ограничены.

Виды проводников:

1. Металл: (рис.55-57)

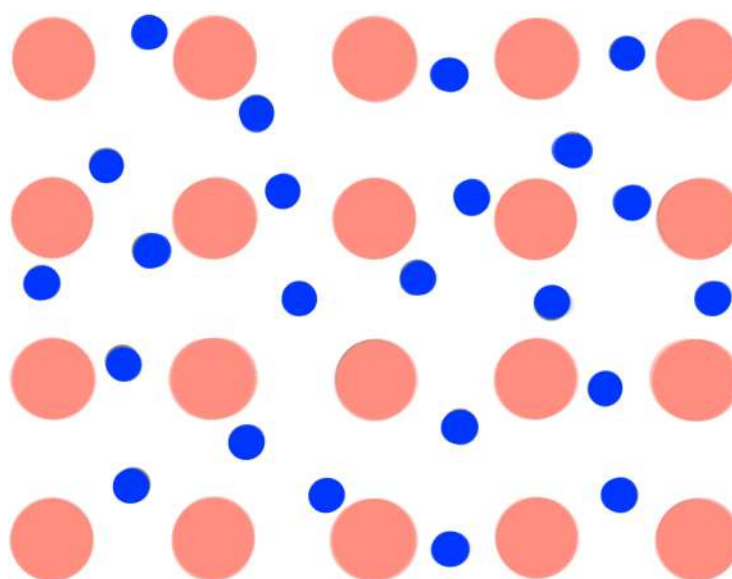


Рисунок 55 – Пример для **Проводник: Металл**. В каждом атоме есть **свободные электроны**, которые могут переходить в другие места.



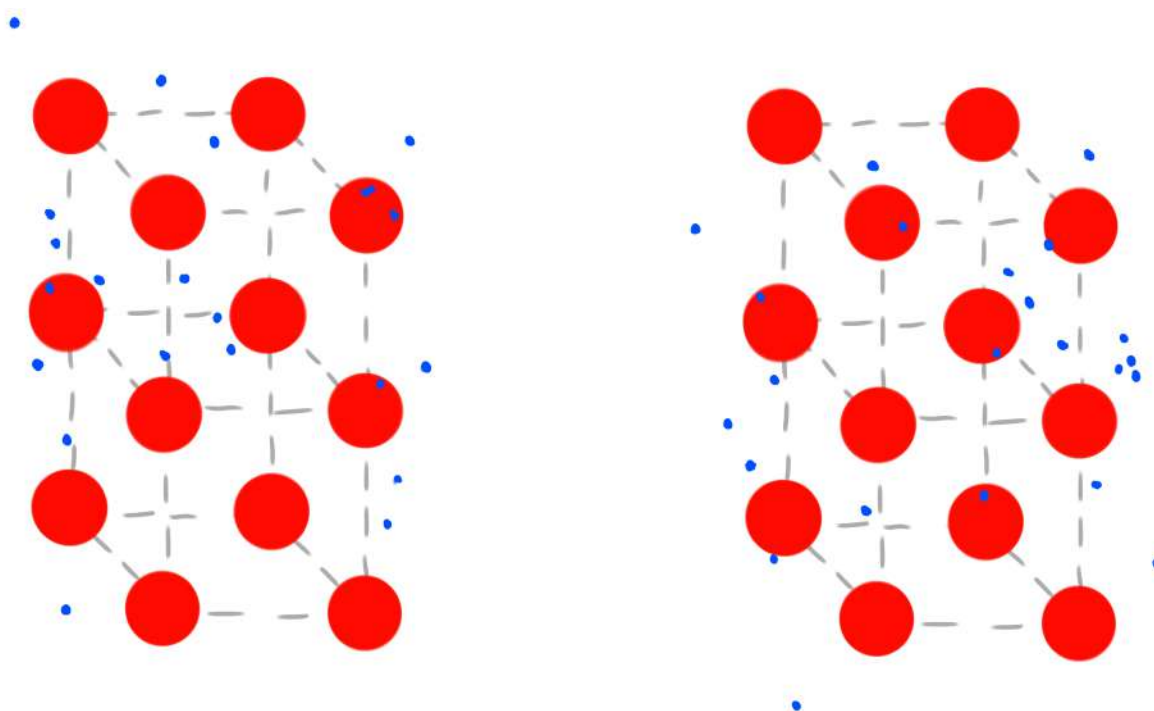


Рисунок 56 – Пример для **Проводник: Металл**. Хаотическое движение **электронов** (« электронный газ »).

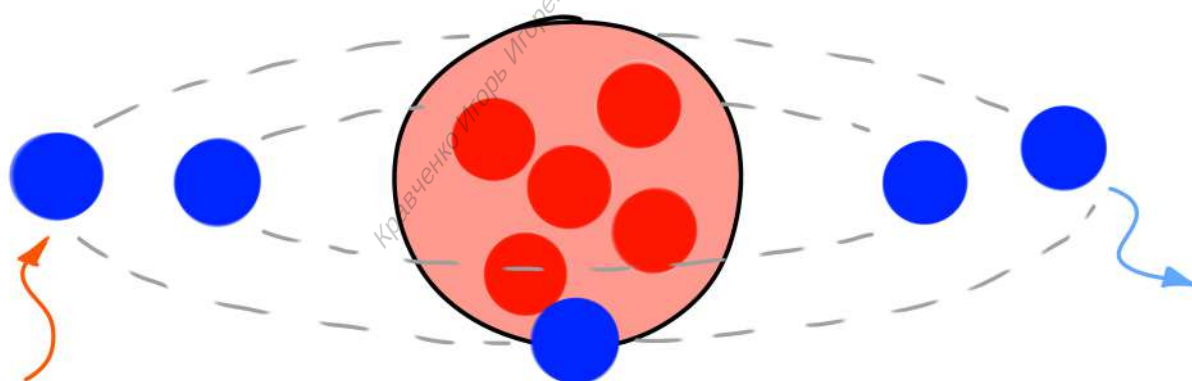


Рисунок 57 – Пример для **Проводник: Металл**. Атом может отдать **электрон**, но сразу приходит **другой электрон** (и наоборот) (так образуется « электронный газ »)

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



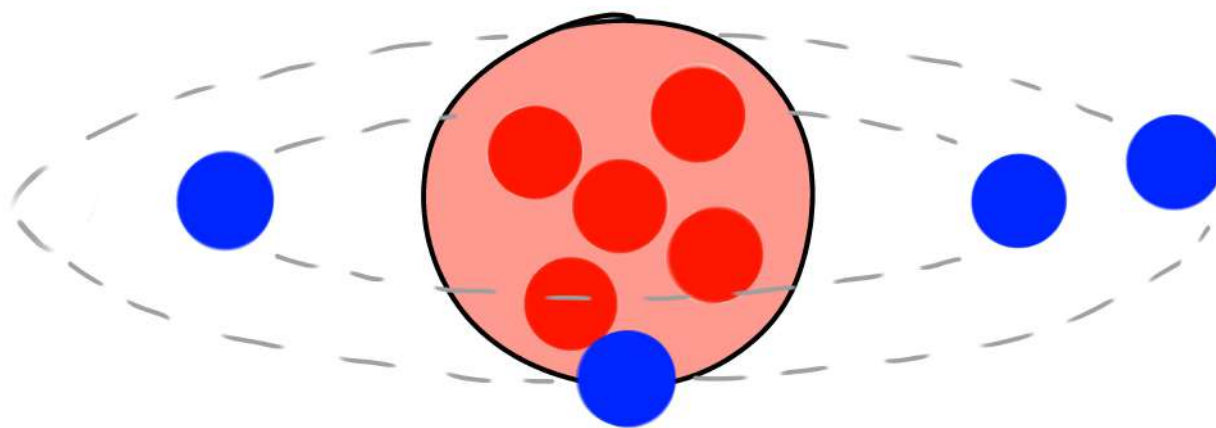


Рисунок 58 – Пример для Ион: **+Ион**

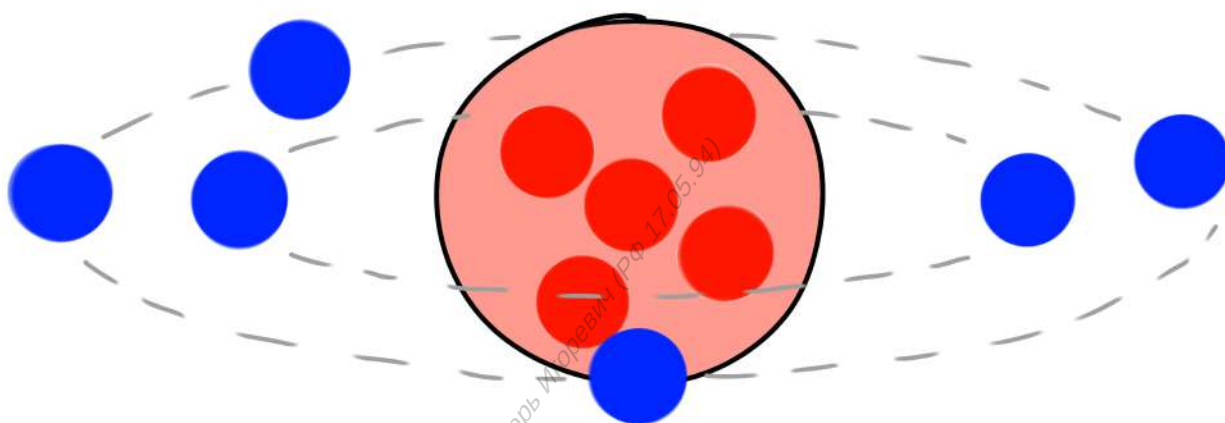
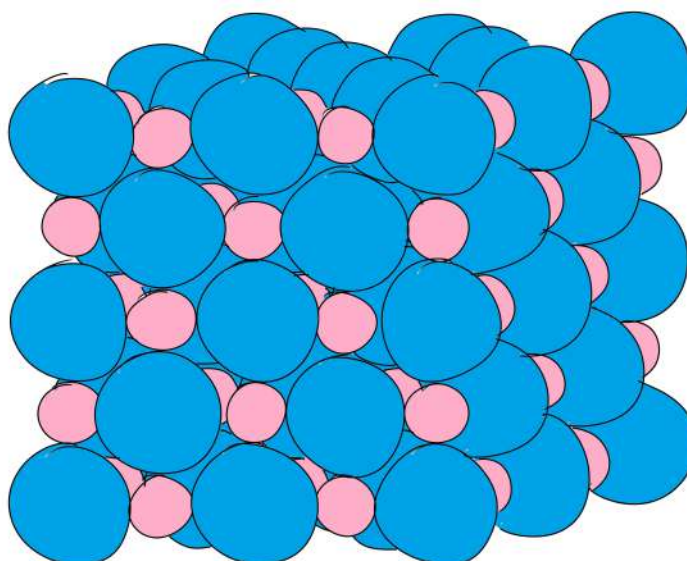


Рисунок 59 – Пример для Ион: **-Ион**

2. Электролит: (рис.60, 61)



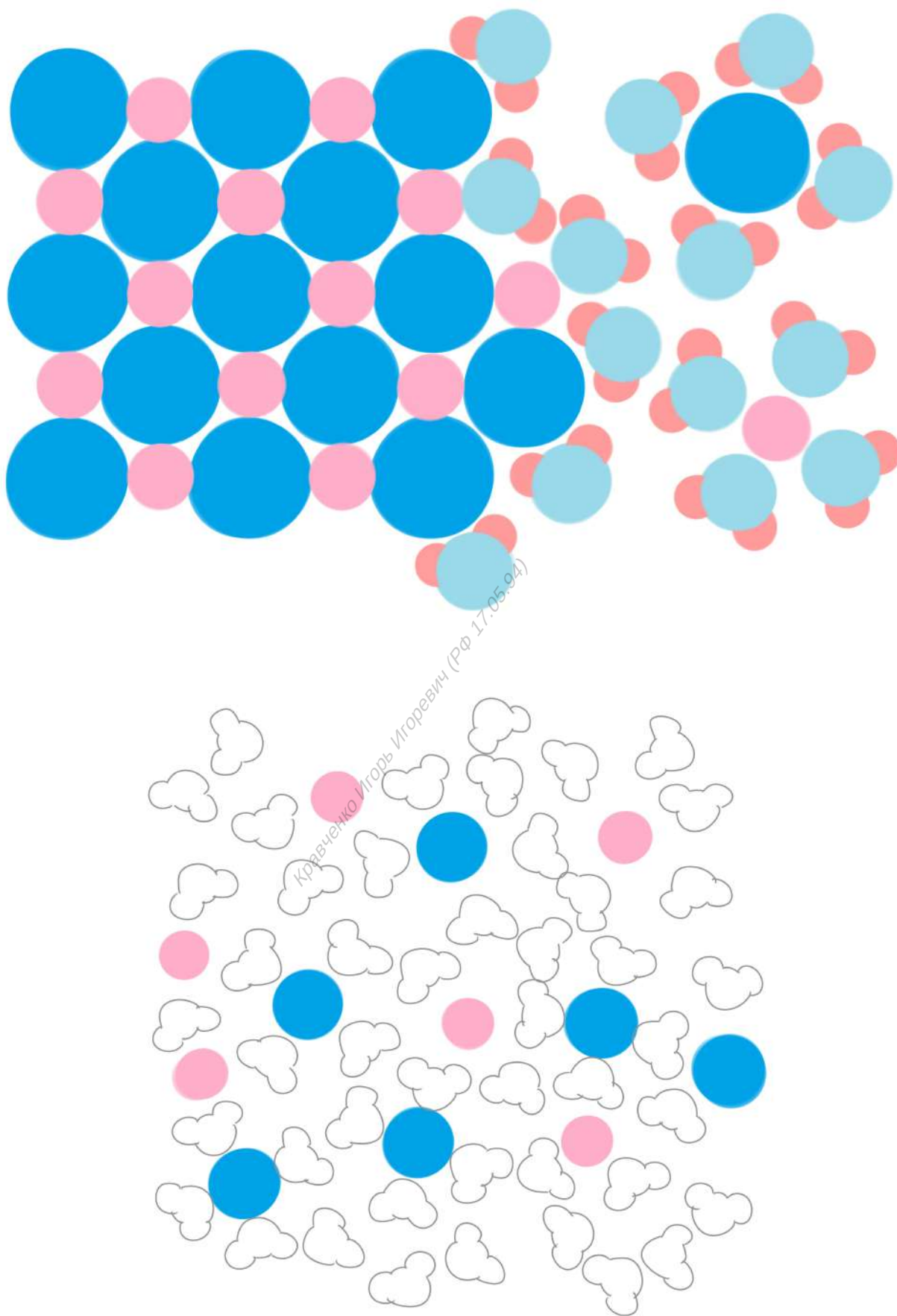


Рисунок 60 – Пример для **Электролит**: ионное соединение растворяется в воде \Rightarrow **Ионы** свободны (раствор)



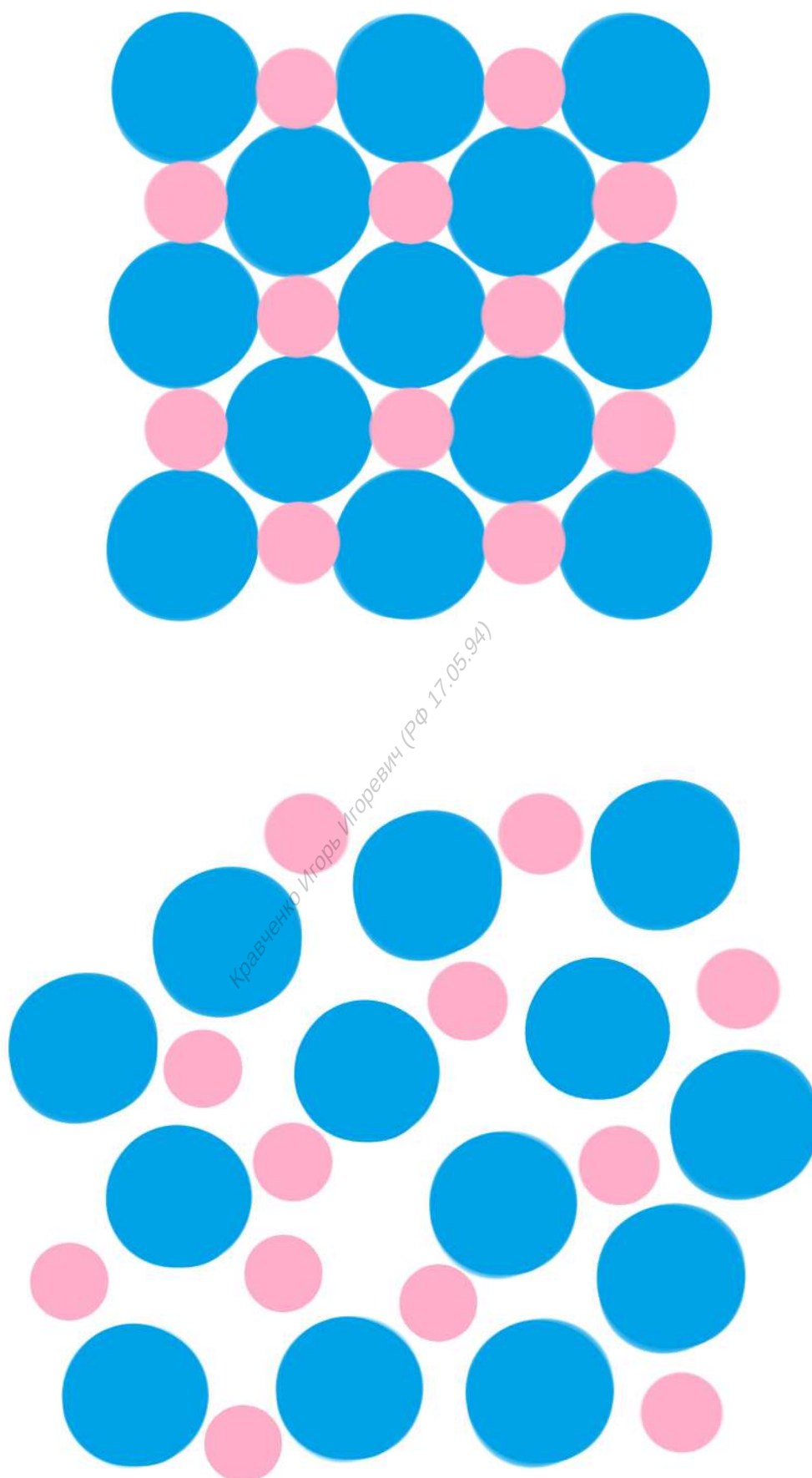


Рисунок 61 – Пример для **Электролит**: ионное соединение расплавляют \Rightarrow
Ионы свободны (расплав)





Проводники в эл.поле: (рис.62, 63)

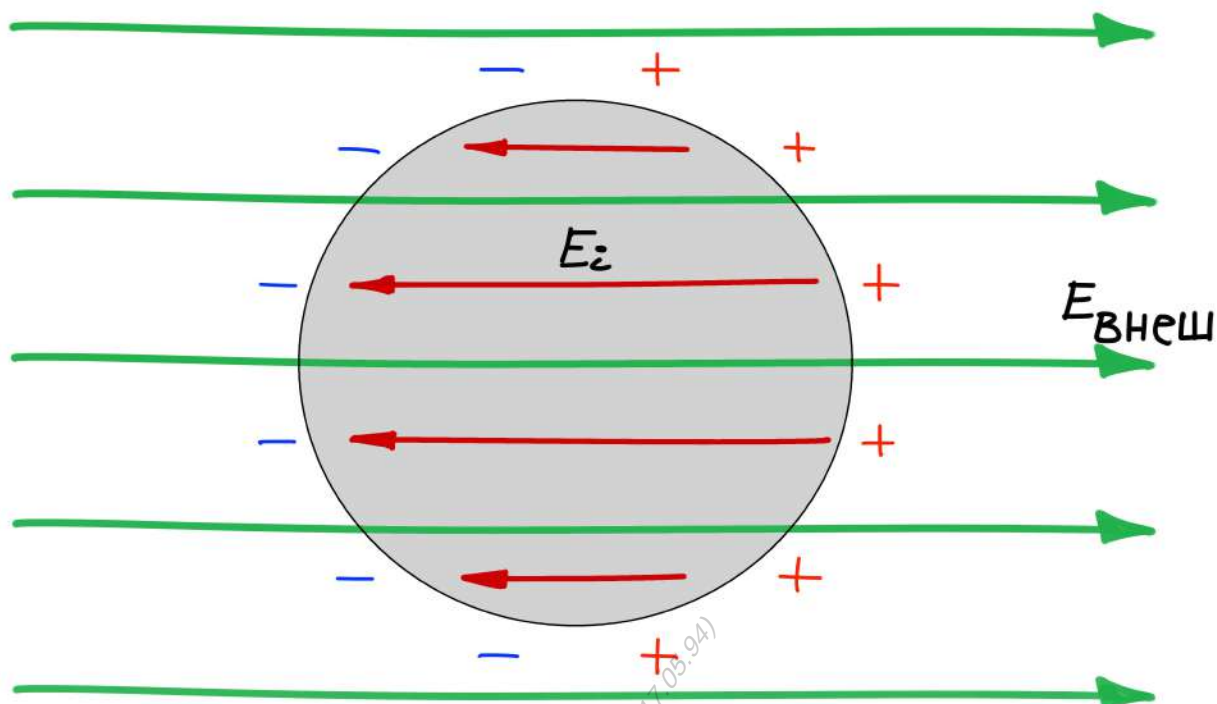


Рисунок 62 – Пример для **Проводники в эл.поле:** индуцированные заряды создают **противодействующее** эл.поле (\vec{E}_i) внутри проводника: $\vec{E}_i \uparrow \downarrow \vec{E}_{внеш}$

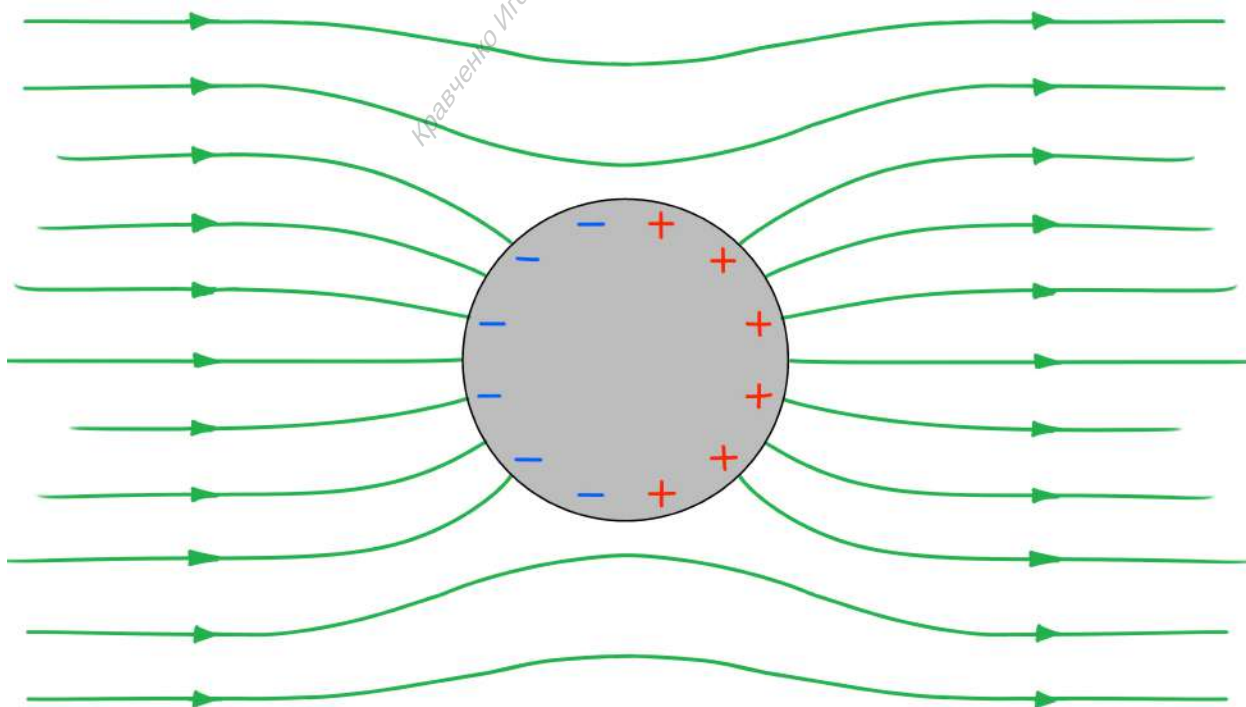


Рисунок 63 – Пример для **Проводники в эл.поле:** картина **результатирующего** эл.поля: $\vec{E} = \vec{E}_{внеш} + \vec{E}_i$





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

$$\vec{E} = 0$$

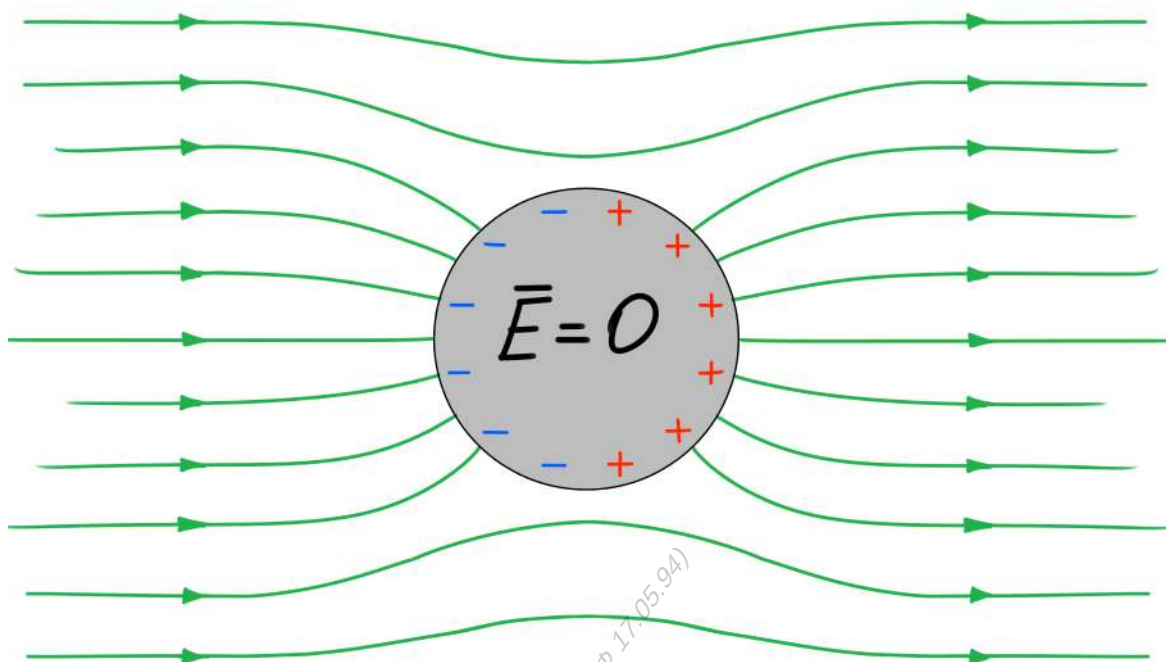


Рисунок 64 – Пример для $\vec{E} = 0$: нет эл.поля внутри

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

$$\varphi = const$$

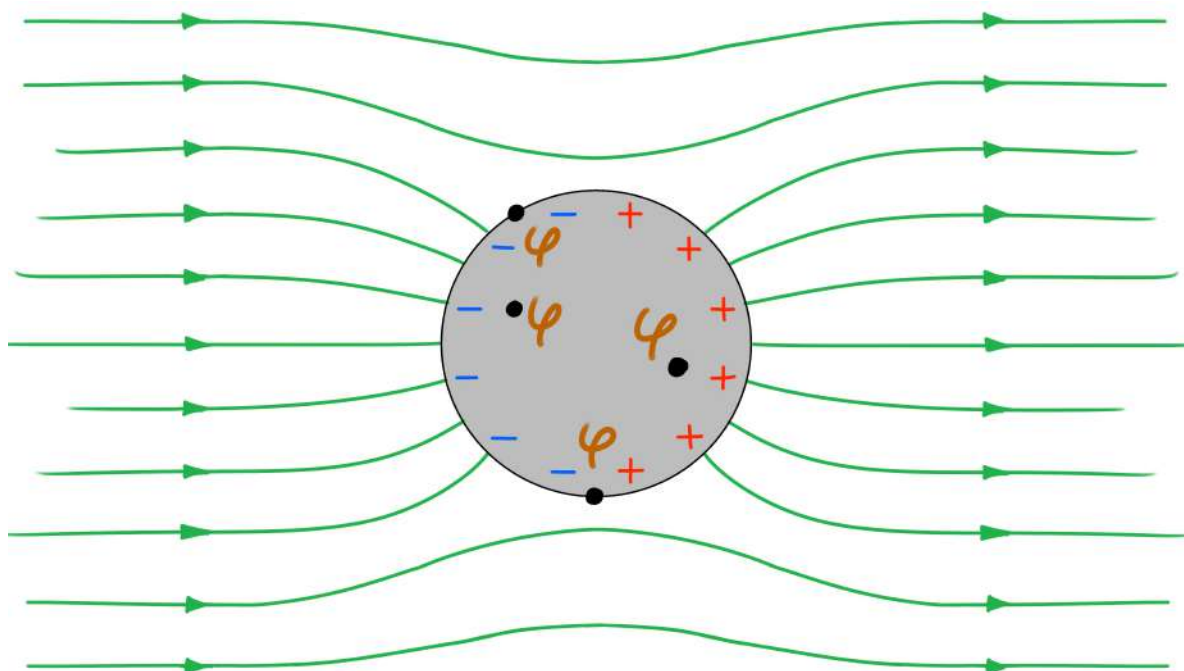


Рисунок 65 – Пример для $\varphi = const$: нет напряжения внутри





Графики $E(r)$, $\varphi(r)$ заряженного шара/сферы: (рис.66-68)

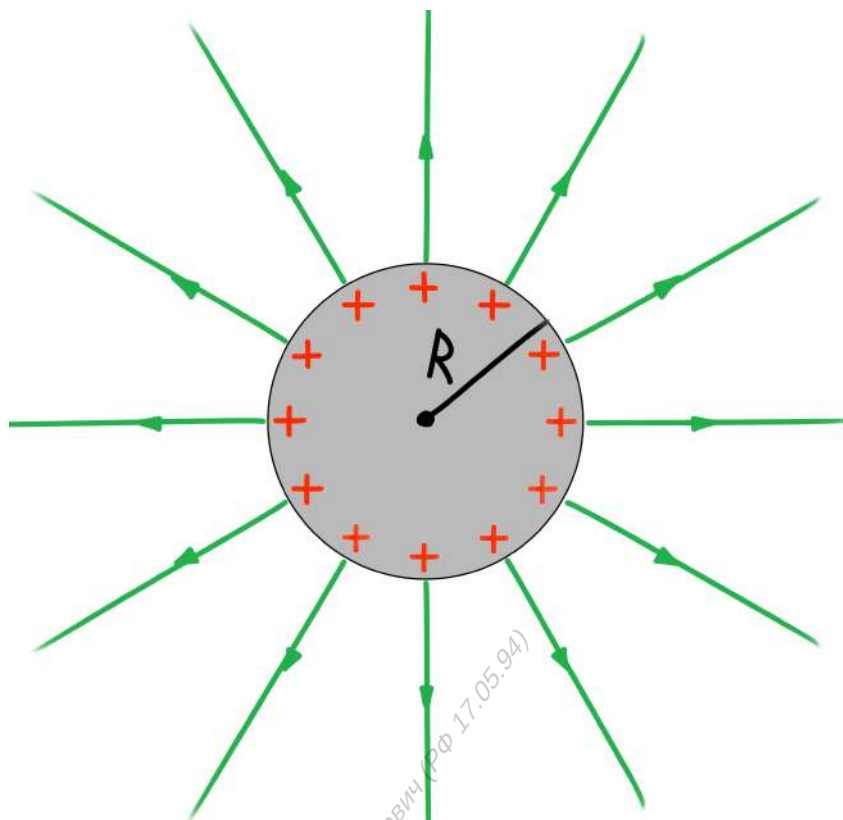


Рисунок 66 – Пример для **заряженный шар/сфера: силовые линии**

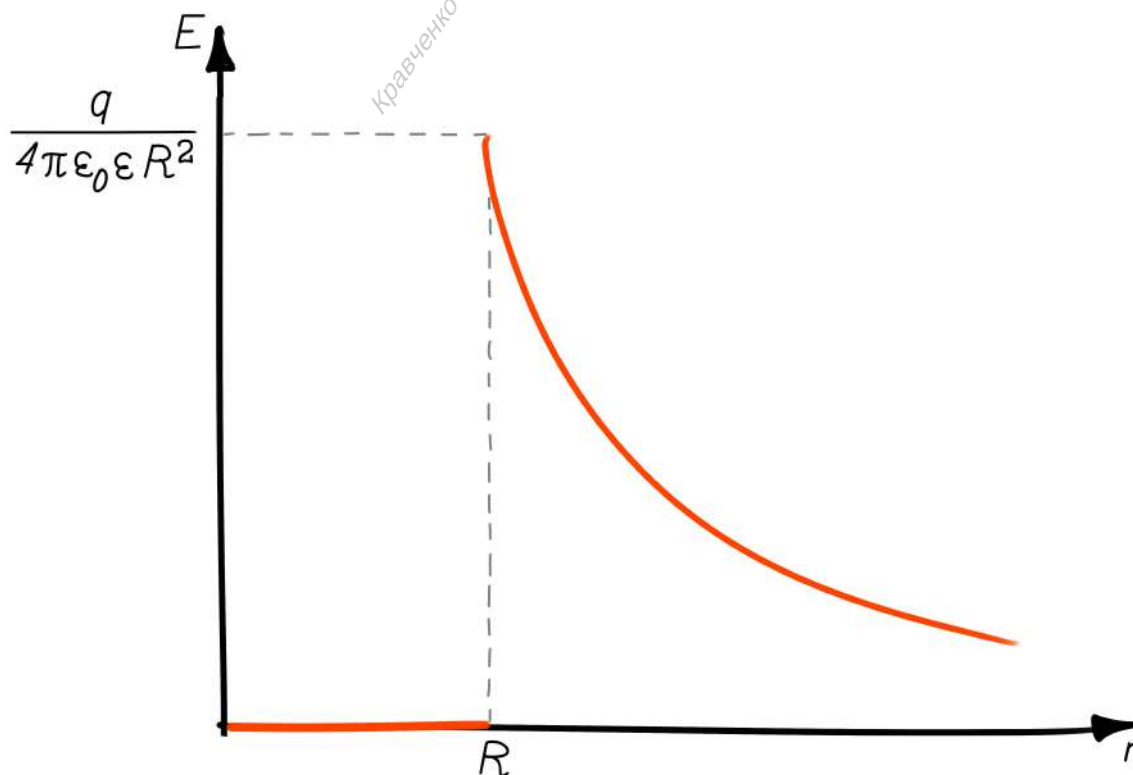


Рисунок 67 – Пример для **$E(r)$ заряженного шара/сферы: график напряженности**



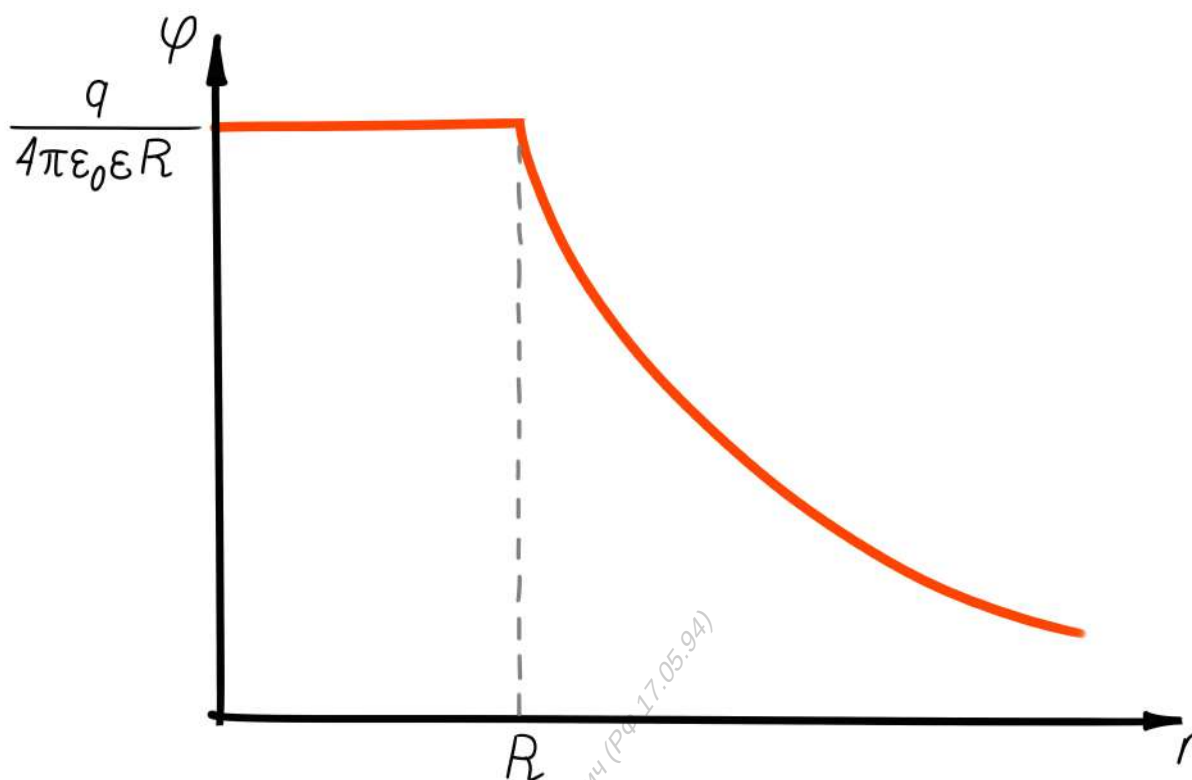


Рисунок 68 – Пример для $\varphi(r)$ заряженного шара/сферы: график потенциала такого заряда

Диэлектрик – тело из вещества, где:

« внутри только **НЕ**свободные (связанные) заряженные частицы »

(рис.69, 70)



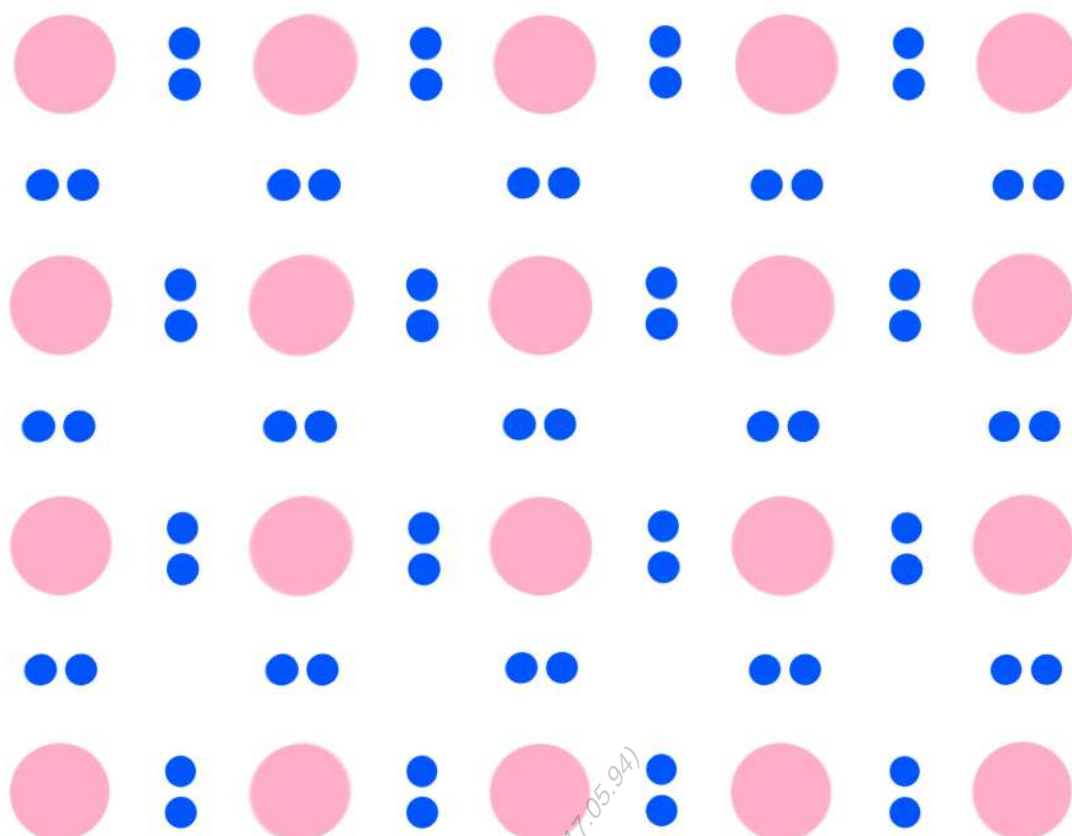


Рисунок 69 – Пример для Диэлектрик: ●-ядра и ●-электроны ограничены

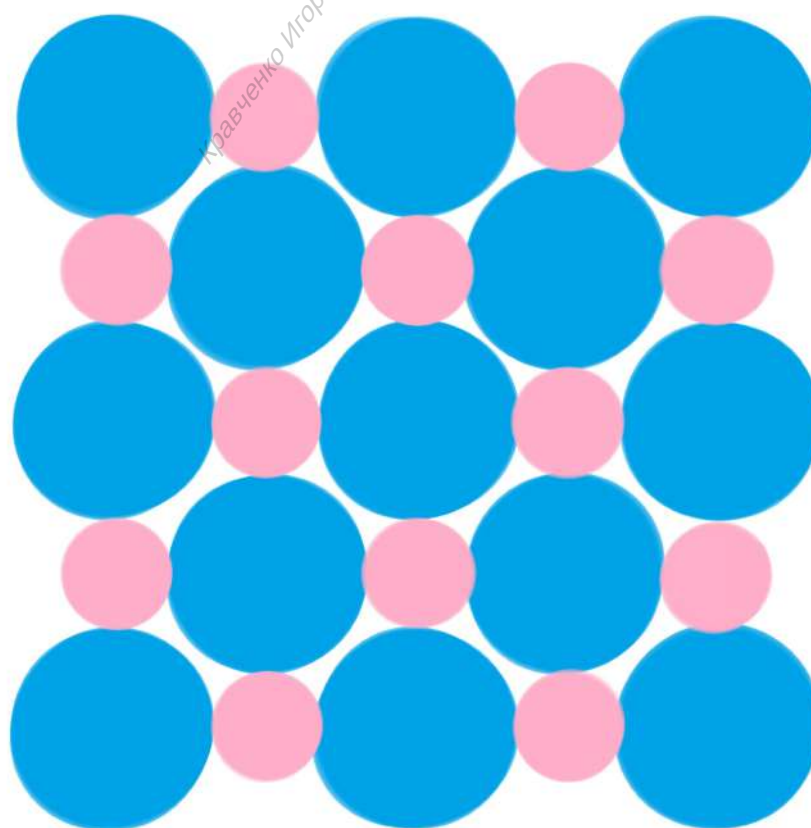


Рисунок 70 – Пример для Диэлектрик: ●-анионы и ●-катионы ограничены





Диэлектрики в эл.поле: (рис.71, 72)

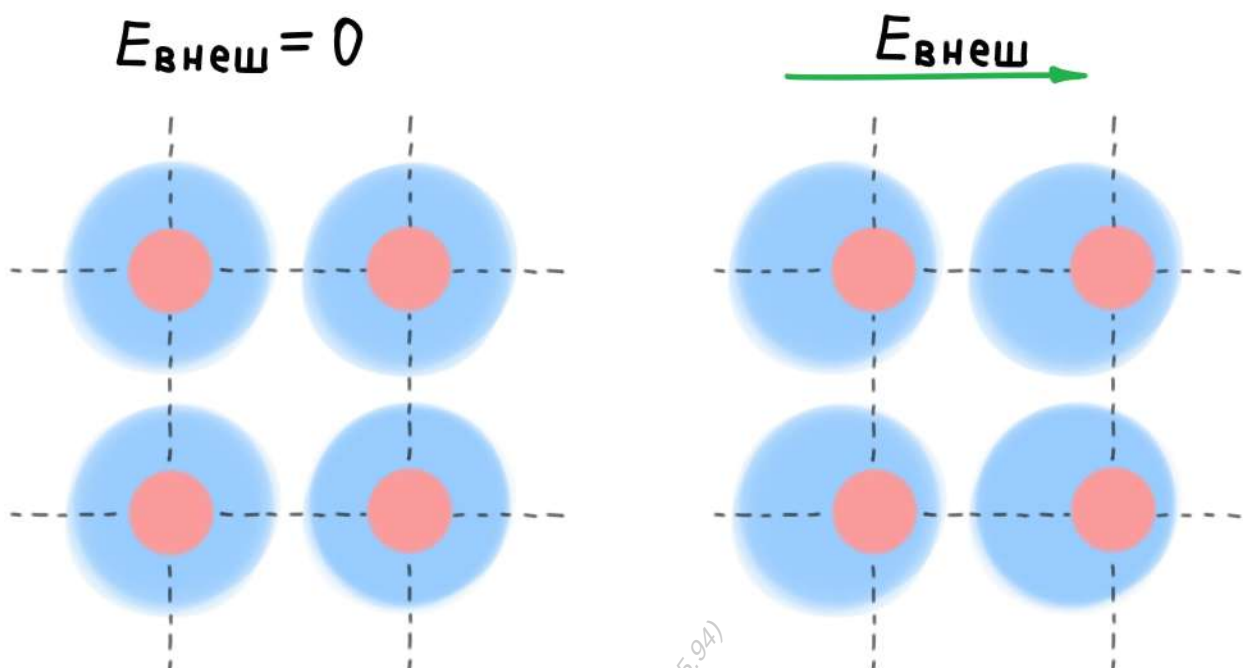


Рисунок 71 – Пример для Диэлектрики в эл.поле: неполярный диэлектрик
(без внешнего поля молекулы имеют симметричное распределение
положительных и отрицательных зарядов)

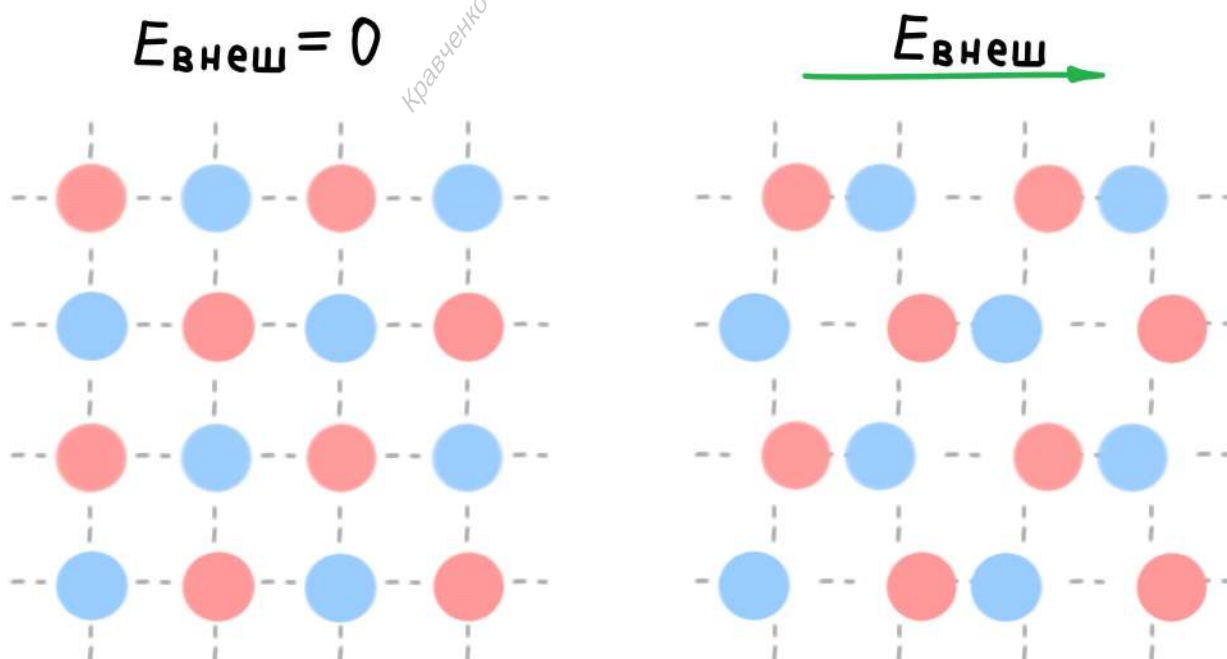


Рисунок 72 – Пример для Диэлектрики в эл.поле: полярный диэлектрик
(без внешнего поля молекулы имеют **НЕ** симметричное распределение
положительных и отрицательных зарядов)





Относительная диэлектрическая проницаемость вещества (ϵ [..]) – характеристика диэлектрика, показывающая как уменьшается эл.поле в нем по сравнению с вакуумом. (рис.73, 74)

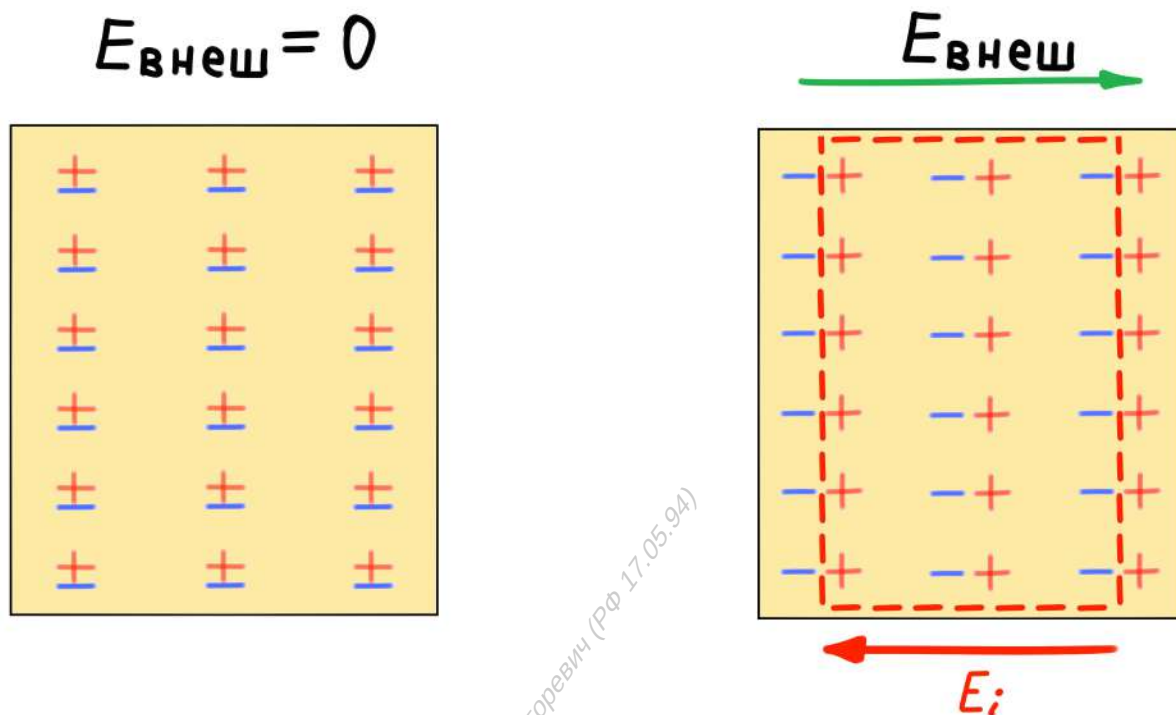


Рисунок 73 – Пример для диэлектрическая проницаемость: на противоположных сторонах диэлектрика появляются заряды разных знаков (из-за Электростатической индукции)

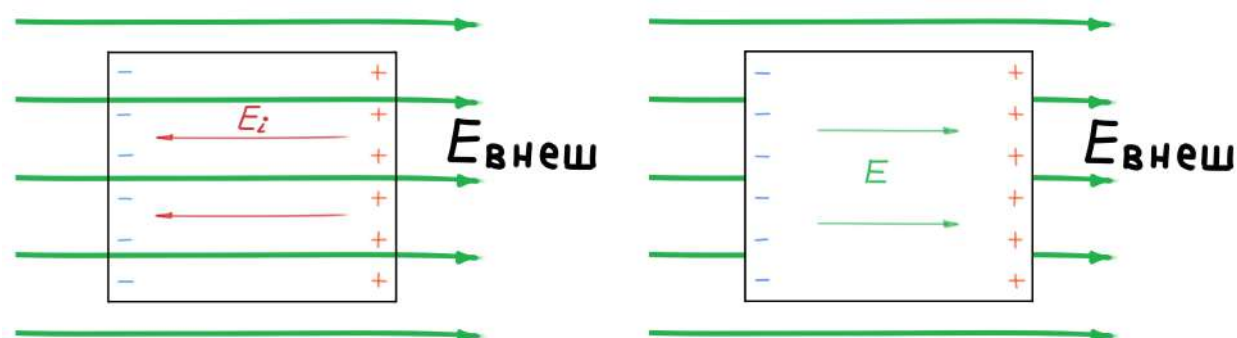


Рисунок 74 – Пример для диэлектрическая проницаемость: индуцированные заряды диэлектрика ослабляют внешнее поле, приходящее в диэлектрик: $\vec{E} = \vec{E}_{внеш} - \vec{E}_i$





Конденсатор – два заряженных проводника:

« +q | | -q »

(рис.75)

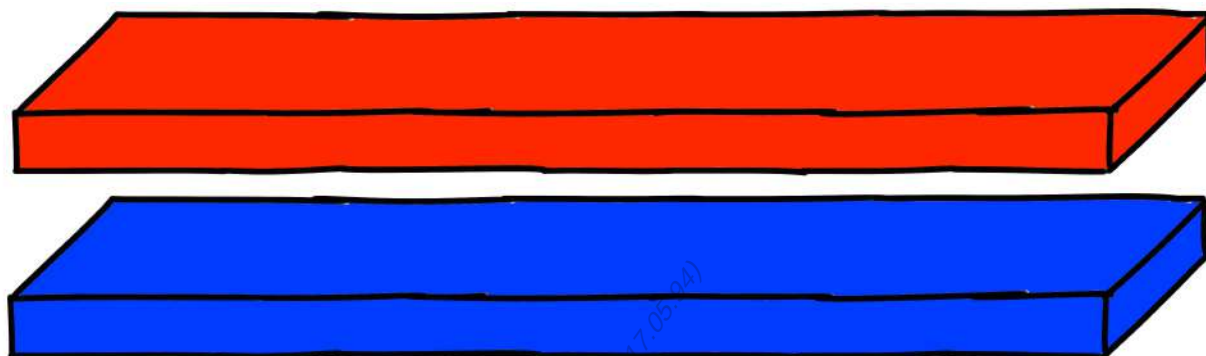


Рисунок 75 – Пример для **Конденсатор: плоский** конденсатор
(две || пластины; расстояние между ними << размеров пластин)

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)



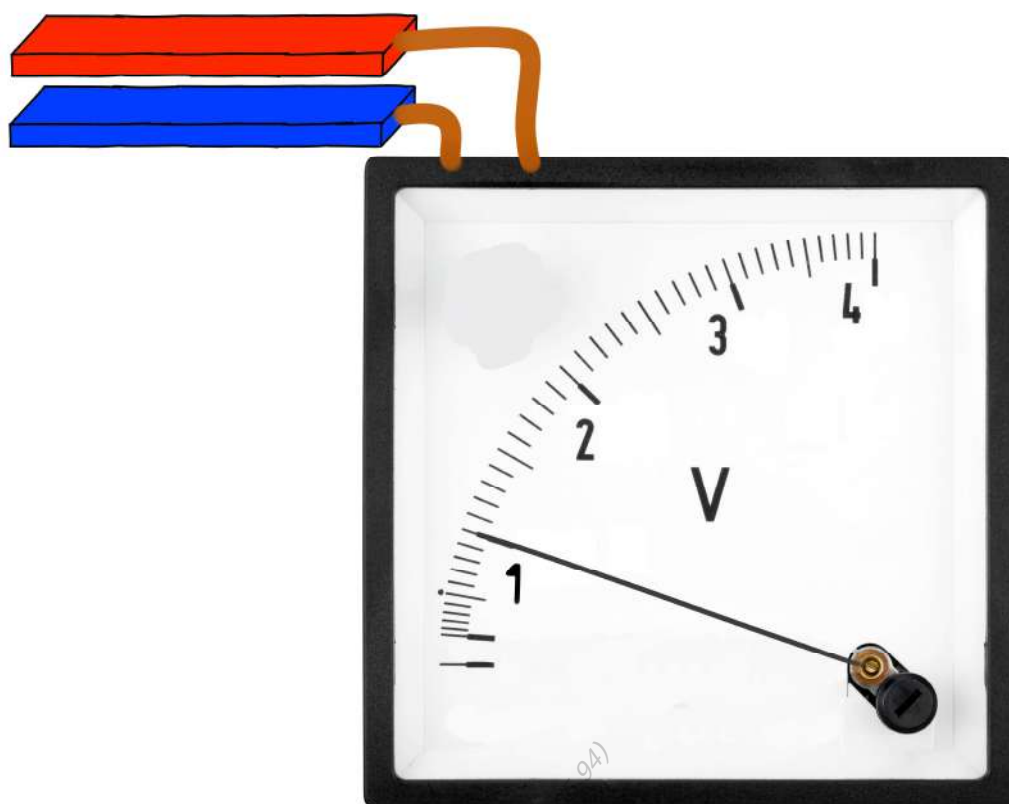


Рисунок 76 – Пример для **Электроемкость конденсатора**: тут « $q \equiv C$ »

Внимание. Вакуум = пространство без вещества. (Воздух \approx Вакуум)

Электроемкость конденсатора с вакуумом (C_0 [Ф]) – Электроемкость конденсатора **без диэлектрика**. (рис.77)

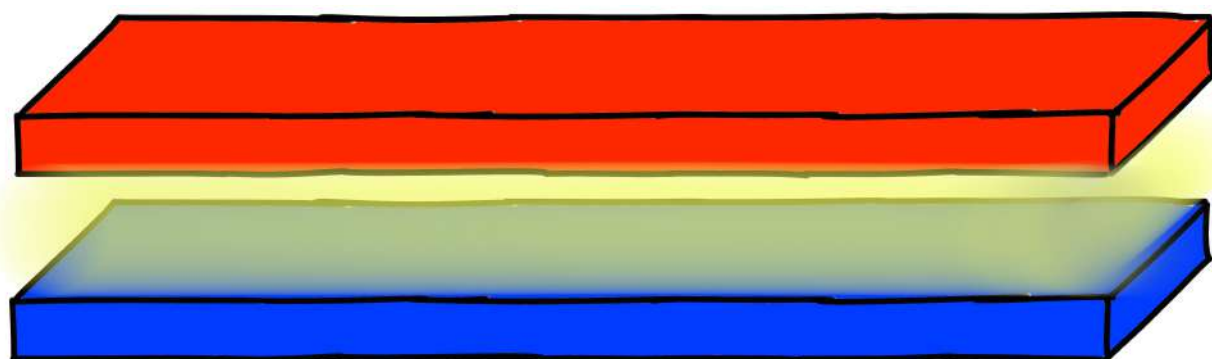


Рисунок 77 – Пример для **Электроемкость конденсатора с вакуумом**: тут
« $C > C_0$ »





Электрическое соединение – объединение нескольких тел с помощью проводников. (рис.1)

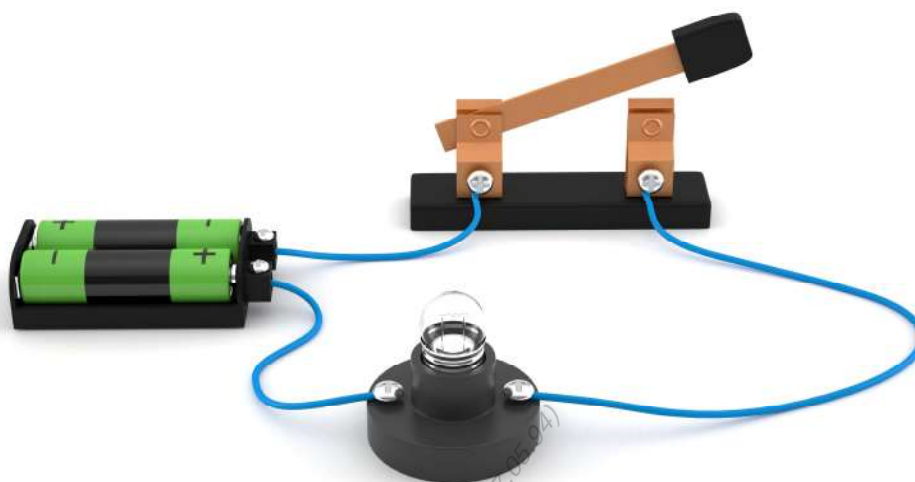


Рисунок 1 – Пример для **Электрическое соединение**: три тела связаны проводниками

Электрическая схема – чертеж, показывающий условно-графически как электрически соединены тела. (рис.2)

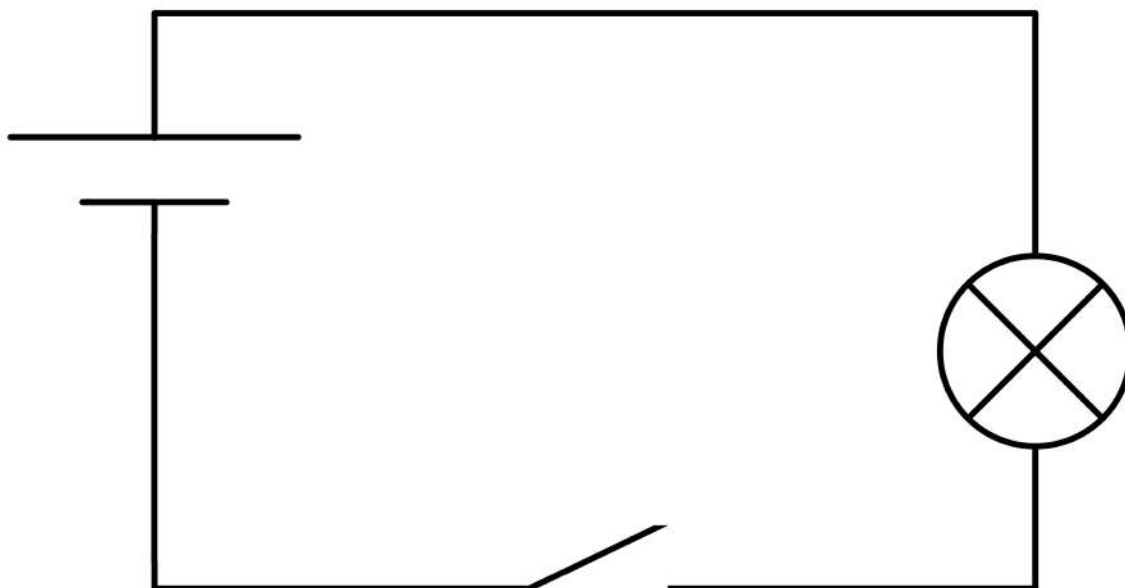


Рисунок 2 – Пример для **Электрическая схема**: чертеж для рис.1 (выше)





Электрический вывод – часть тела, которой тело соединяется с другими телами. (рис.3)

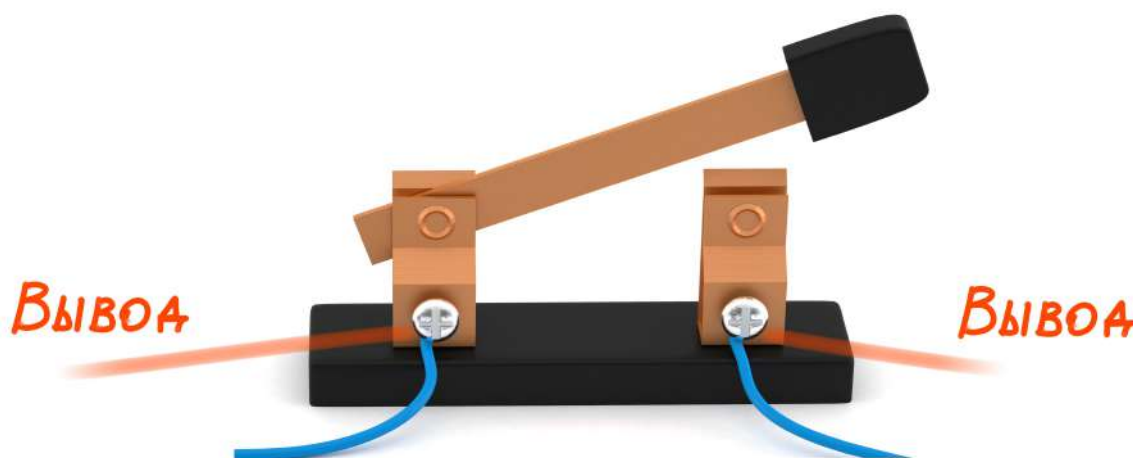


Рисунок 3 – Пример для **Электрическая схема**: этими частями «ключ» соединяется

Виды эл.соединений:

1. **Параллельное:** (рис.4)

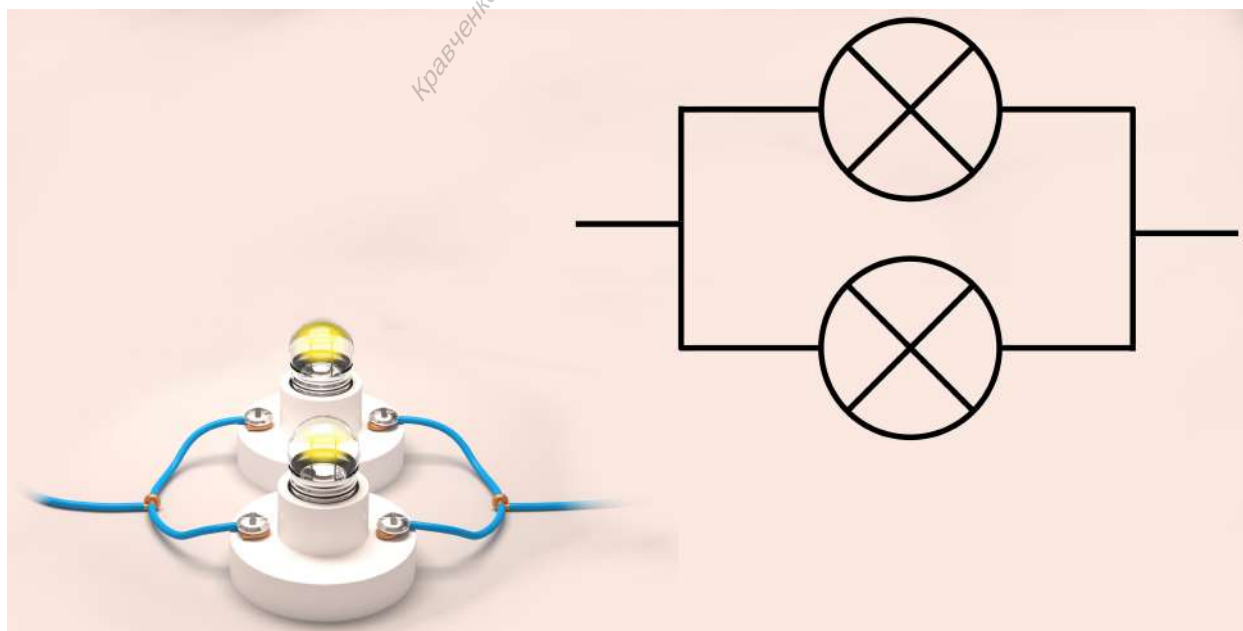


Рисунок 4 – Пример для **Параллельное**: **левый** вывод нижней лампы соединен с **левым** выводом верхней лампы. **Правый** вывод нижней лампы соединен с **правым** выводом верхней лампы.





2. Последовательное: (рис.5)

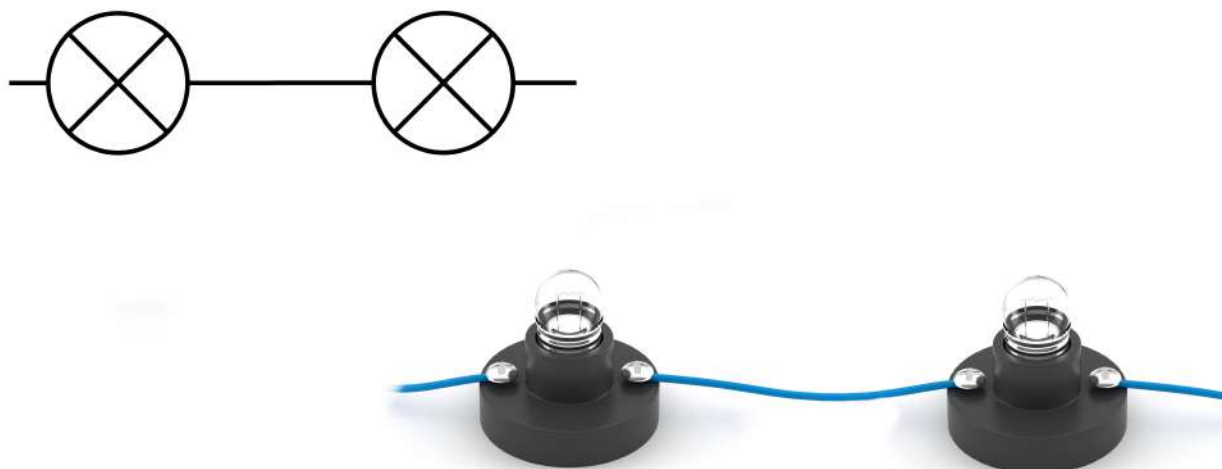


Рисунок 5 – Пример для **Последовательное**: **один** вывод нижней лампы соединен с **одним** выводом верхней лампы

Виды соединений конденсаторов: (рис.6, 7)

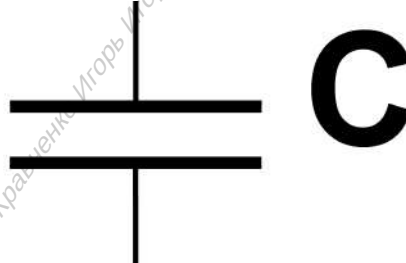


Рисунок 6 – Пример для **Конденсатор**: условно-графическое **изображение** конденсатора на схеме

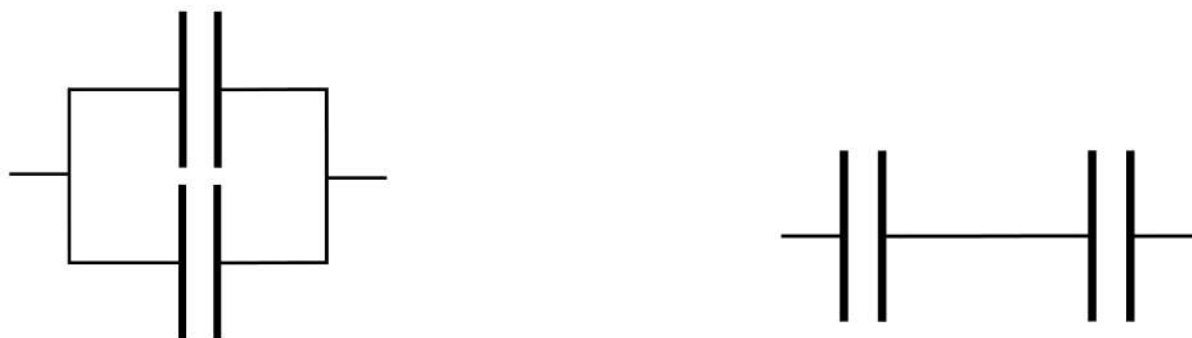


Рисунок 7 – Пример для **Виды соединений конденсаторов**: слева **параллельные** конденсаторы, **справа последовательные**





Энергия заряженного конденсатора – энергия, запасенная в заряженном конденсаторе. (рис.8-11)

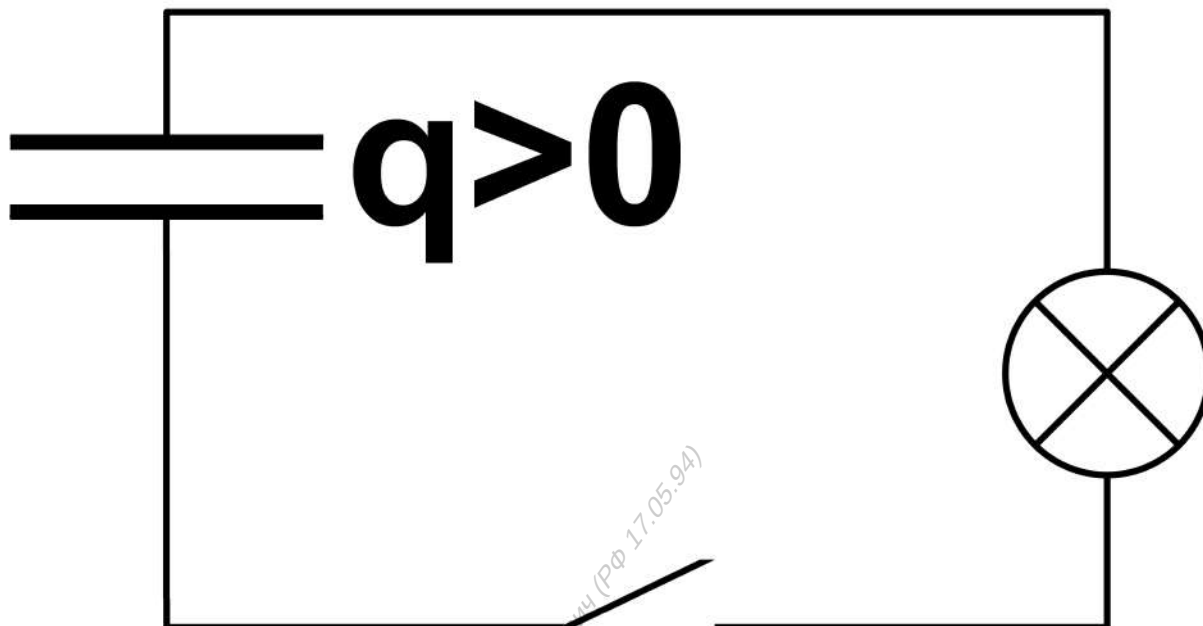


Рисунок 8 – Пример для Энергия заряженного конденсатора: конденсатор заряжен и готов соединиться с лампой

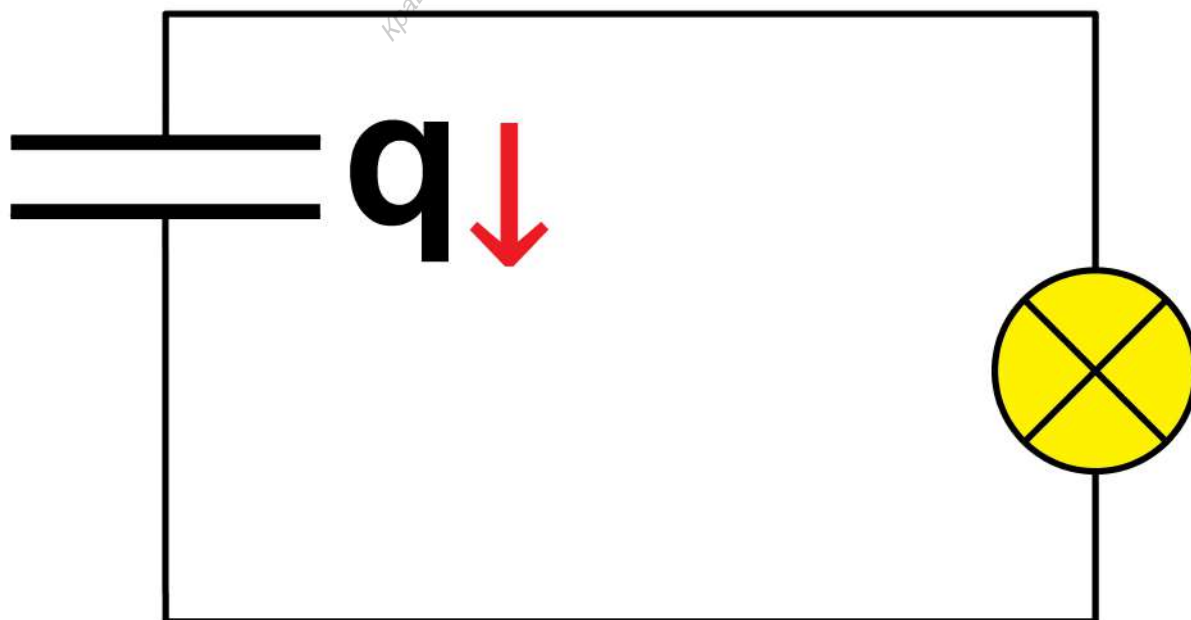


Рисунок 9 – Пример для Энергия заряженного конденсатора: конденсатор соединяется с лампой. Лампа загорается. Конденсатор разряжается.



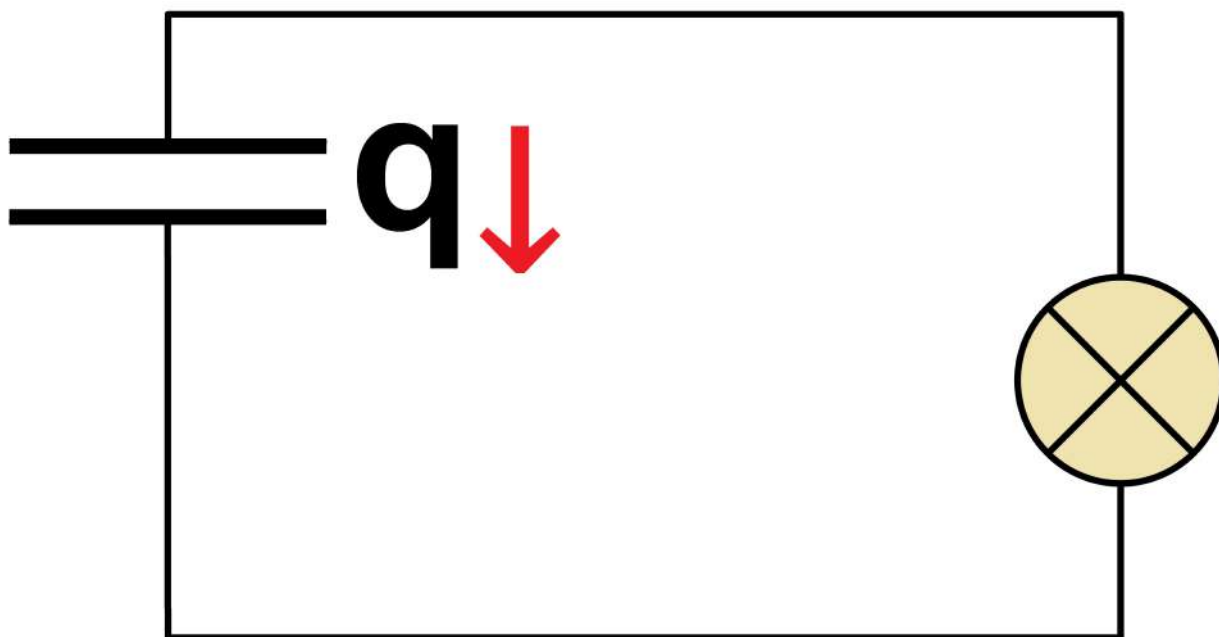


Рисунок 10 – Пример для **Энергия заряженного конденсатора**: через время лампа горит хуже. Конденсатор разряжается дальше.

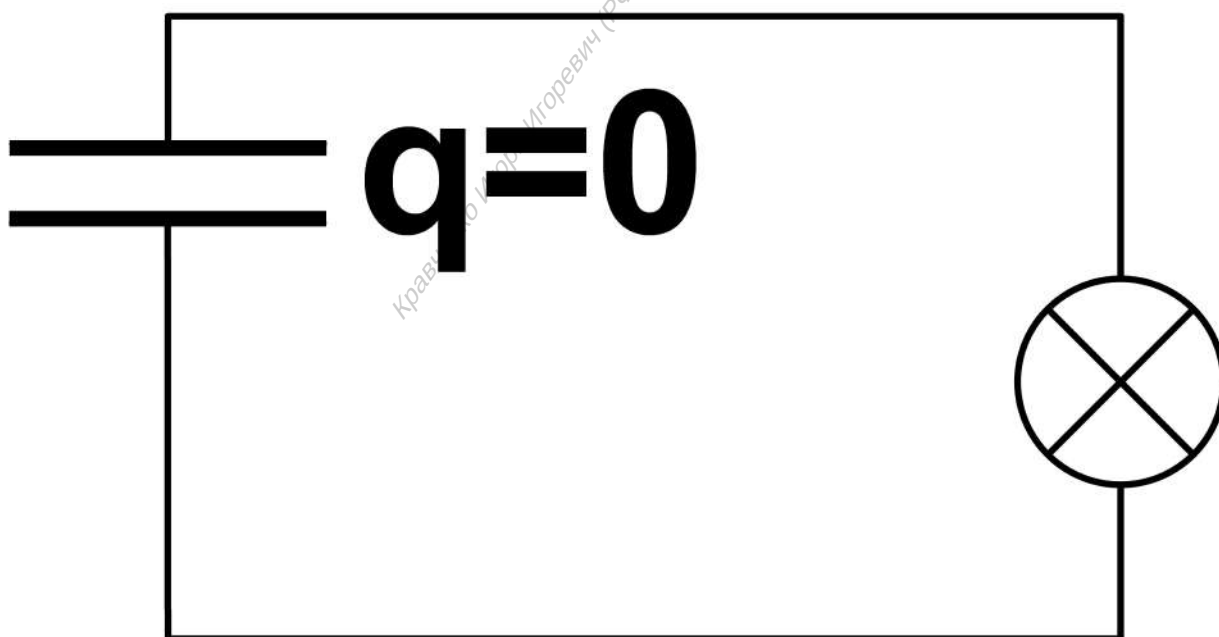


Рисунок 11 – Пример для **Энергия заряженного конденсатора**: спустя время лампа **НЕ** горит. Конденсатор **разряжен**. Энергия была потрачена на лампу.





ПОСТОЯННЫЙ ТОК

Электрический ток – направленное движение зарядов. (рис.1)

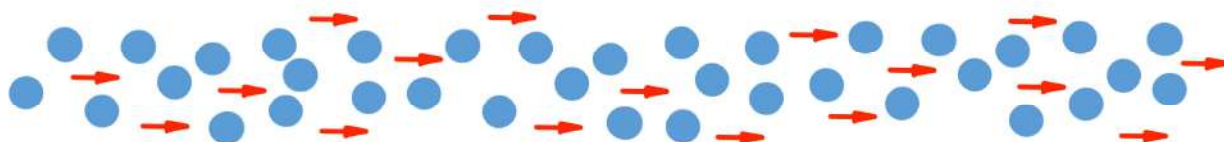


Рисунок 1 – Пример для Электрический ток: заряды текут вправо (**ток**)

Постоянный ток – ток, в котором количество зарядов, проходящих через поверхность пространства за одно и то же время, постоянно. (рис.2)

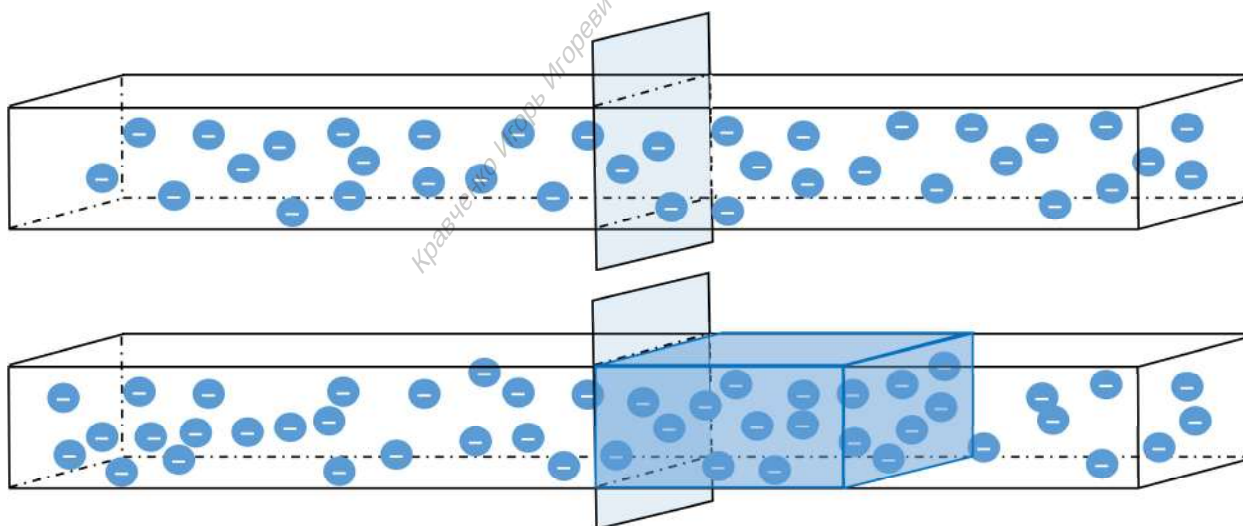


Рисунок 2 – Пример для Постоянный ток: за Δt прошло вправо через поверхность 17 зарядов, еще через Δt пройдет также 17 зарядов





Сила тока (I [A]) – характеристика интенсивности тока, показывающая сколько заряда проходит через поверхность пространства за одну секунду.
(рис.3)

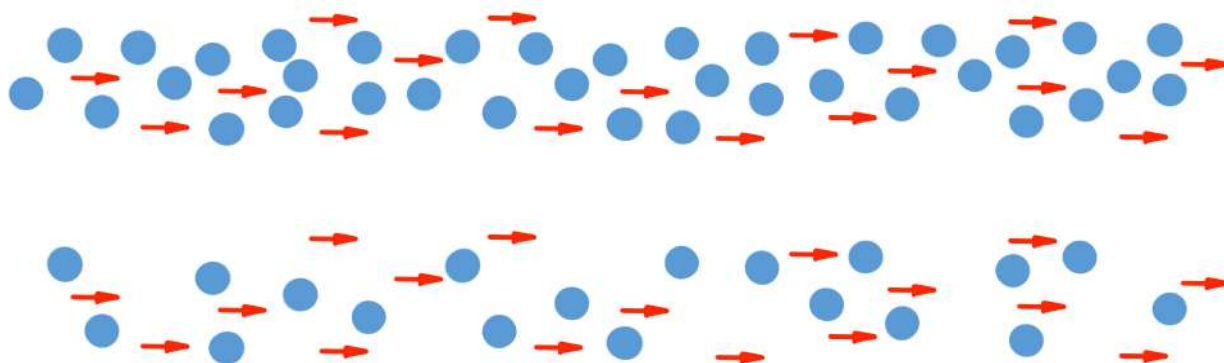


Рисунок 3 – Пример для **Сила тока**: скорость движения зарядов одинакова в нижнем и верхнем потоках. В каком потоке больше сила тока ?

Условия существования постоянного тока:

1. Наличие свободных зарядов в пространстве (Проводник). (рис.4)

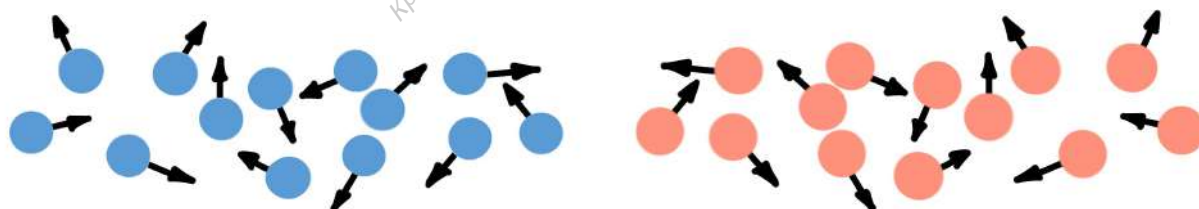


Рисунок 4 – Пример для **Наличие свободных зарядов**: слева проводник с **-зарядами** , справа – с **+зарядами**

2. Постоянное электрическое поле в пространстве ($U = \text{const}$). (рис.5)

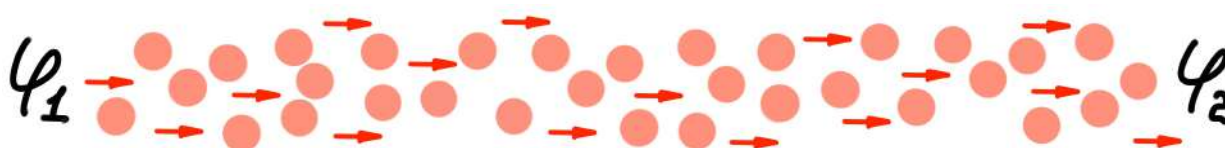


Рисунок 5 – Пример для **Постоянное эл.поле**: $\varphi_1 - \varphi_2 = U = \text{const}$





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)

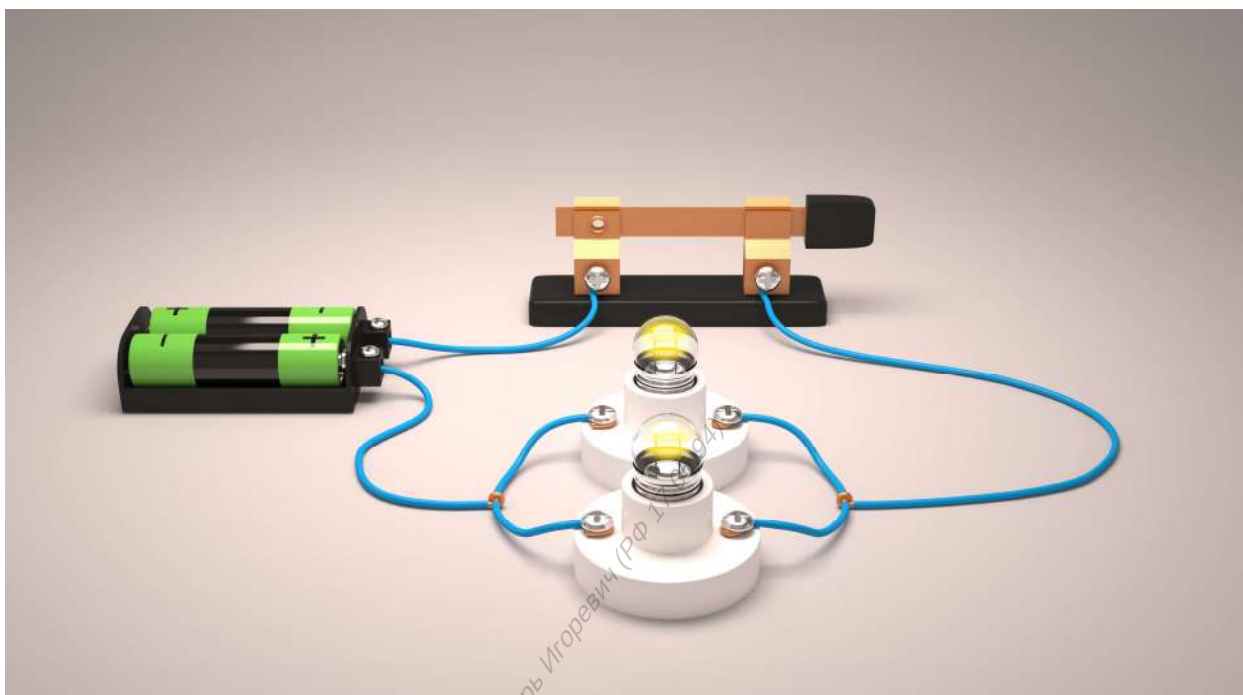


Рисунок 8 – Пример для **Электрическая цепь**: источник дает ток из **+вывода**. Есть путь с источниками и проводниками для протекания тока ?

Участок цепи – часть цепи. (рис.9)

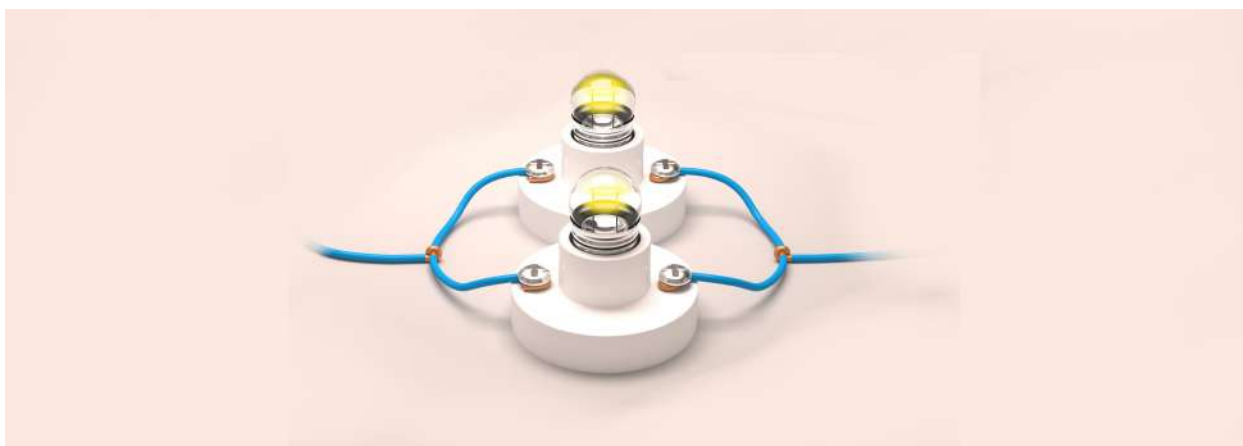


Рисунок 9 – Пример для **Участок цепи**: **фрагмент** цепи (от **рис.8**) (можно вырезать другие участки)





Электрическое Сопротивление (R [Ом]) – характеристика проводника, показывающая как проводник препятствует току. (рис.10)

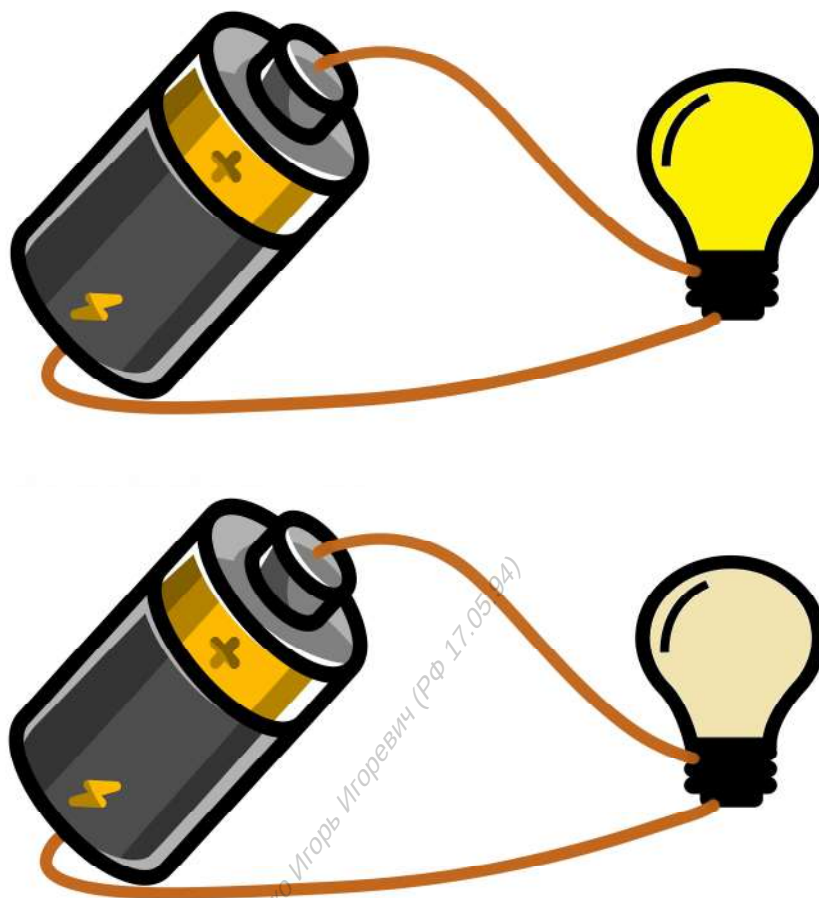


Рисунок 10 – Пример для **Сопротивление**: какая лампа сильнее препятствует току ? (сильный свет \Rightarrow большой ток) **Какая** лампа имеет больше R ?

Внимание. Элемент цепи = часть цепи с определенными функциями.

Внимание. Резистор = Элемент цепи с сопротивлением. (рис.10а)

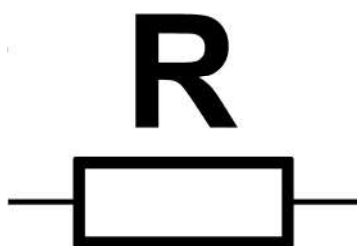


Рисунок 10а – Пример для **Резистор**: на схеме



**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 ;



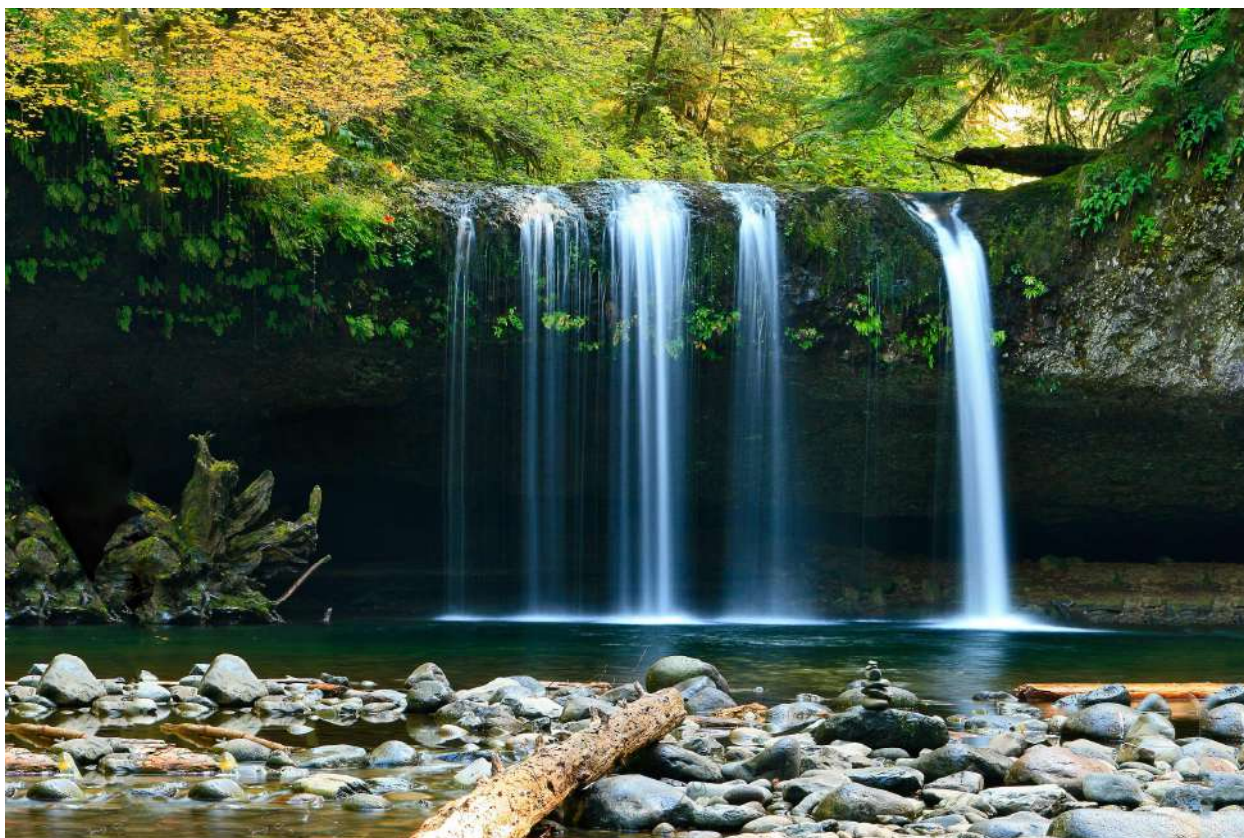


Рисунок 12 – Пример для **Закон Ома** для участка цепи: **напряжение – высота водопада (одинаковы)**. Слева **сопротивление/препятствие больше**, отсюда падающий **ток/поток больше** справа.



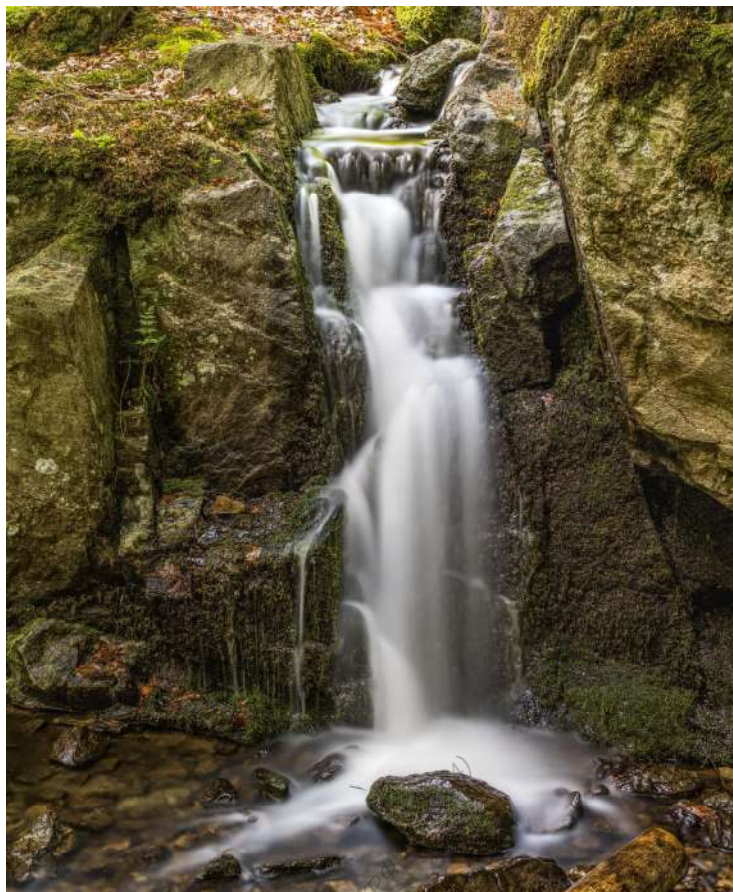


Рисунок 13 – Пример для **Закон Ома для участка цепи**: сопротивление – ширина водопада (~одинаковы). На **верхних** водопадах **высота** (напряжение) **меньше**, отсюда падающий **ток/поток больше на нижнем водопаде**.

ВАХ проводника (элемента ; участка цепи):

« **I** (**U**) »

(рис.14)

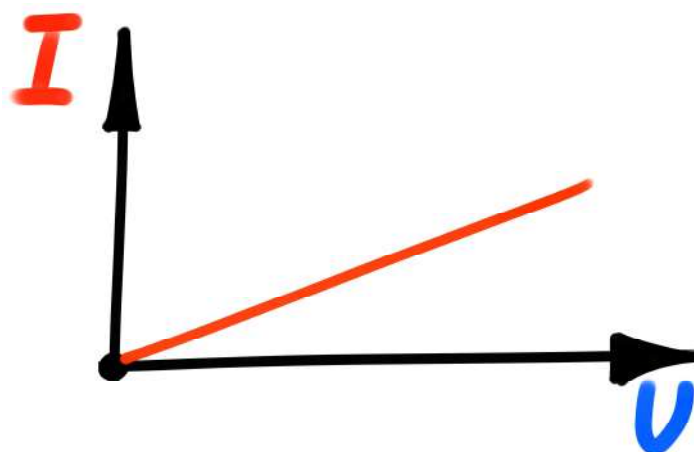


Рисунок 14 – Пример для **ВАХ проводника**: график линейного элемента





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)

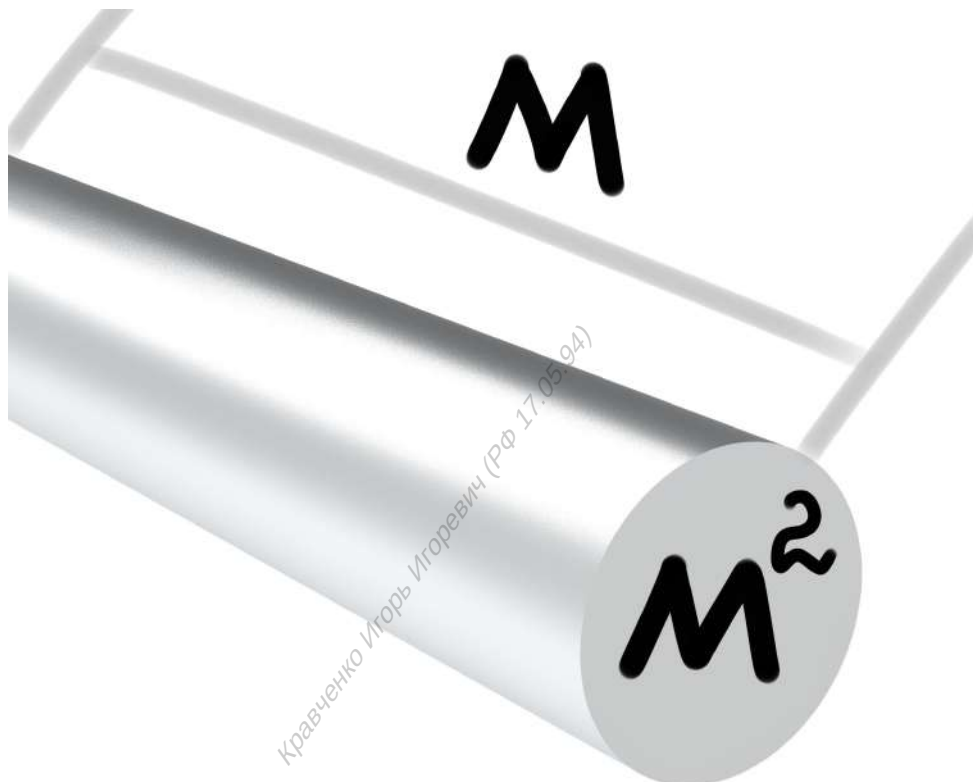


Рисунок 15 – Пример для **Удельное сопротивление вещества**: геометрия проводника

Зависимость сопротивления однородного проводника от его длины ; сечения ; удельного сопротивления:

$$\ll \rho \uparrow \Rightarrow R \uparrow \gg$$

$$\ll l \uparrow \Rightarrow R \uparrow$$

$$\ll S \uparrow \Rightarrow R \downarrow \gg$$





Модель сопротивления вещества: (рис.16)

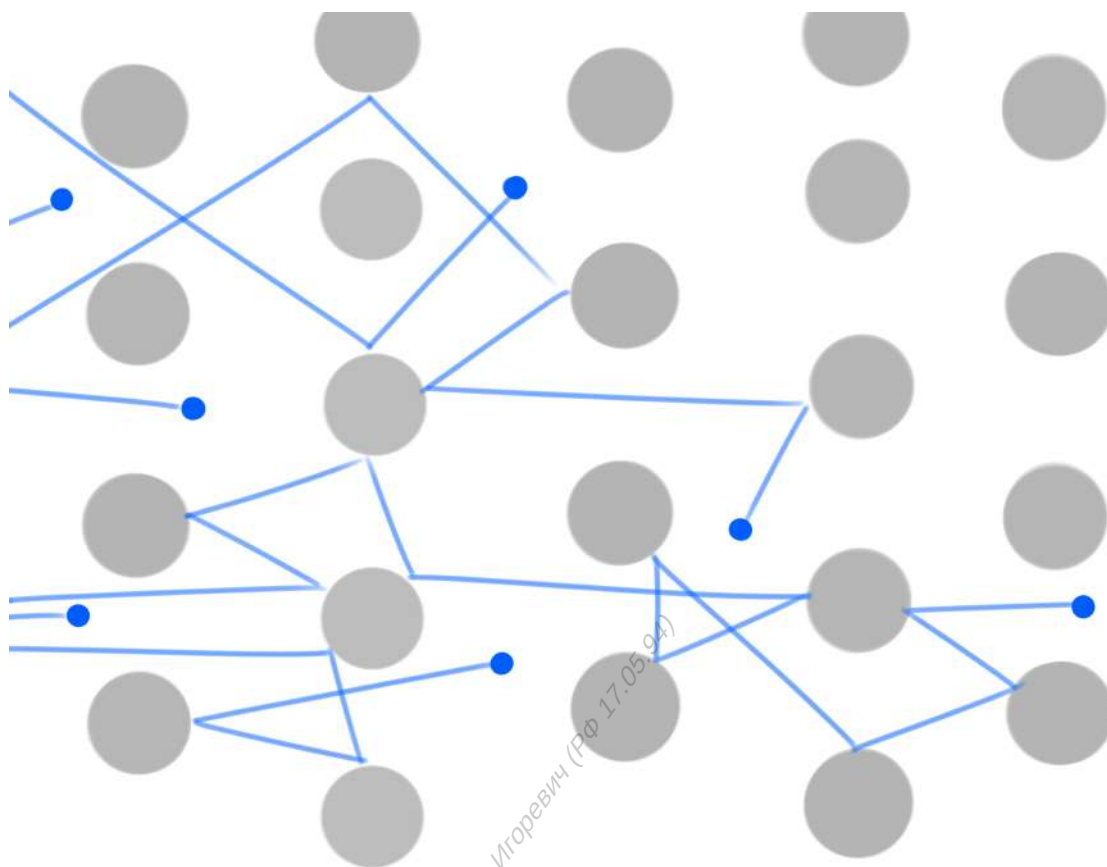


Рисунок 16 – Пример для **Сопротивление вещества: неподвижные атомы препятствуют движению тока свободных**

Зависимость удельного сопротивления проводников от температуры:
(рис.17)



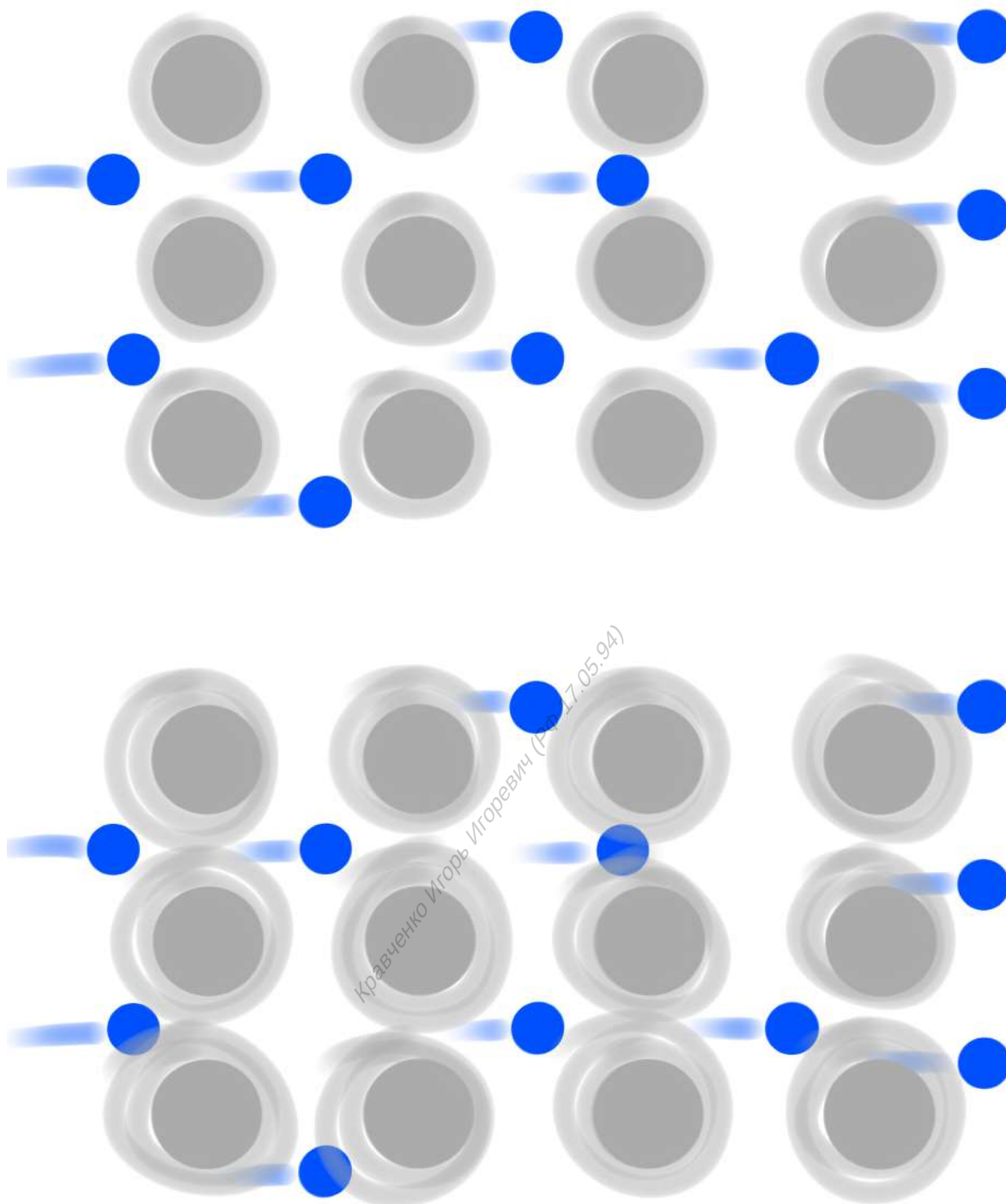


Рисунок 17 – Пример для $\rho(t)$: на нижнем рисунке температура выше \Rightarrow атомы колеблются сильнее \Rightarrow атомы мешают потоку сильнее $\Rightarrow \rho \uparrow$

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 ($\sigma \left[\frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{м}^2} \right]$) – 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)

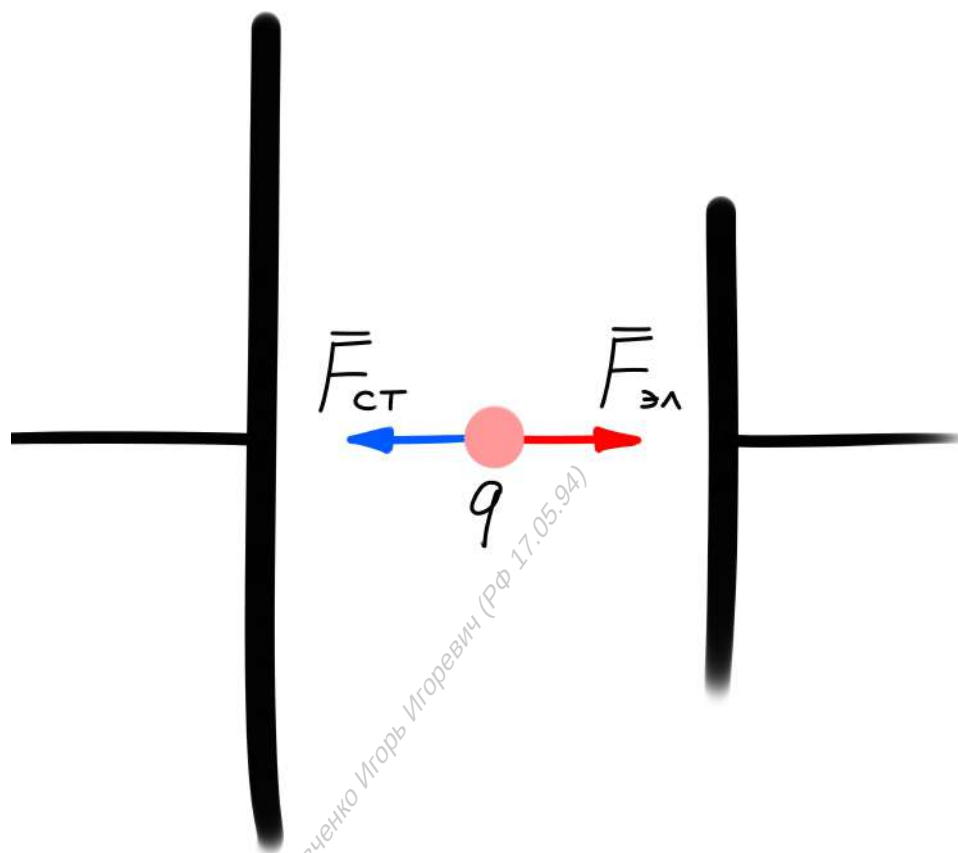


Рисунок 20 – Пример для **Сторонняя сила**: заряды циркулируют по цепи так: 1) сначала от + к - источника снаружи источника благодаря электрическому взаимодействию; 2) потом внутри источника от - к + благодаря сторонней силе

Внутреннее сопротивление (r [Ом]) – сопротивление источника. (рис.21)

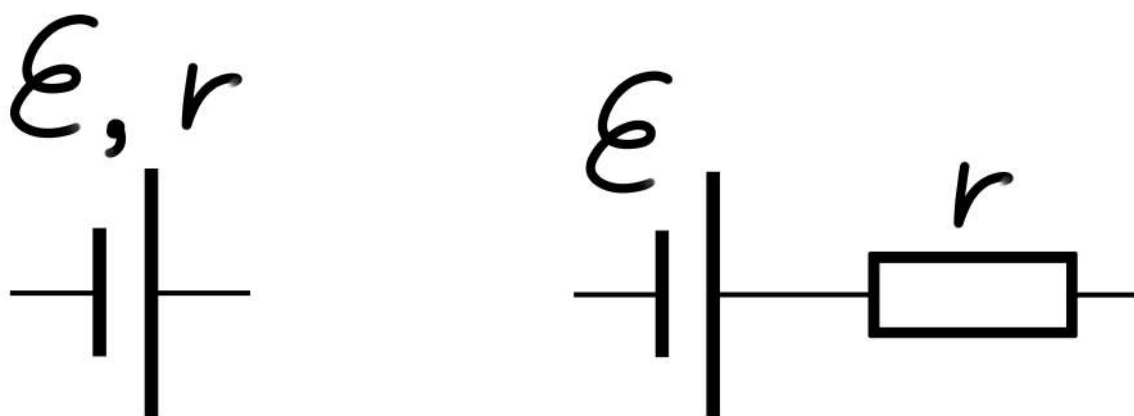


Рисунок 21 – Пример для **Внутреннее сопротивление**: изображение источника с « r »





Виды источников:

1. Реальный: $r \neq 0$.

2. Идеальный: $r = 0$.

Полная цепь: (рис.22)

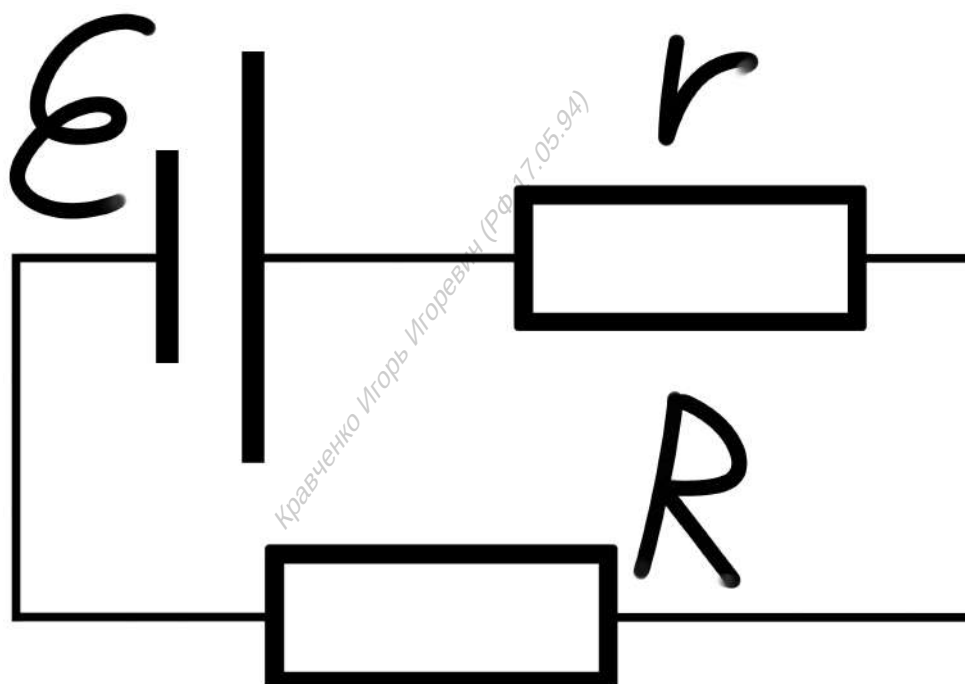


Рисунок 22 – Пример для Полная цепь:

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)



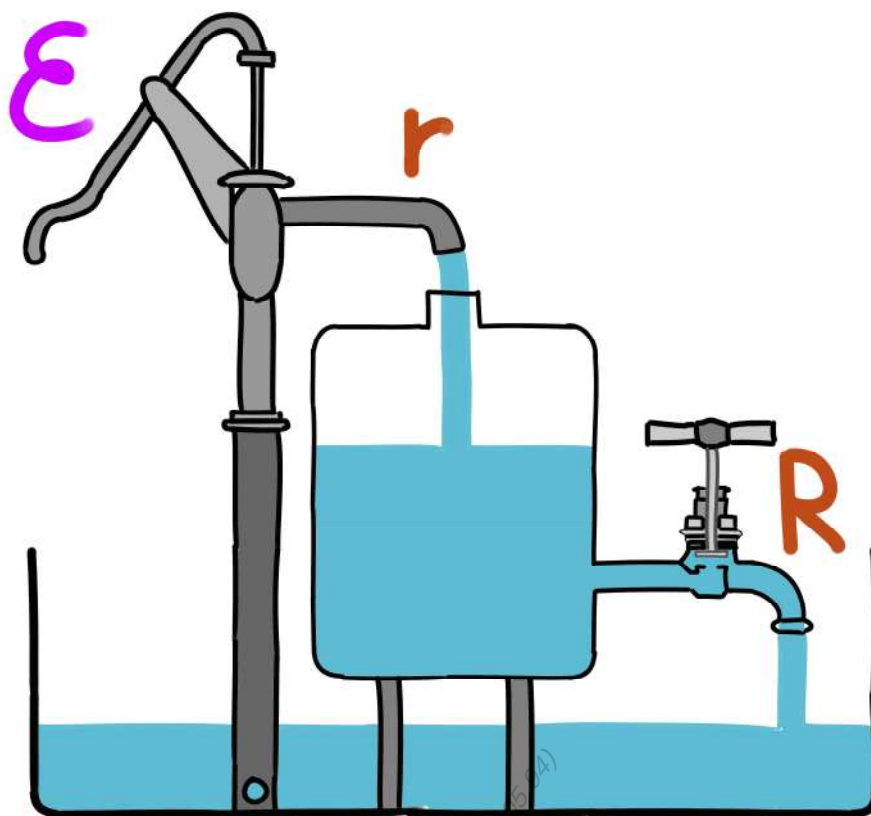


Рисунок 23 – Пример для Полная цепь: \mathcal{E} = движущая сила; r = сужение, мешающее потоку из источника; R = кран, снаружи мешающий потоку;

Направление тока в цепи (условное): (рис.24, 25)

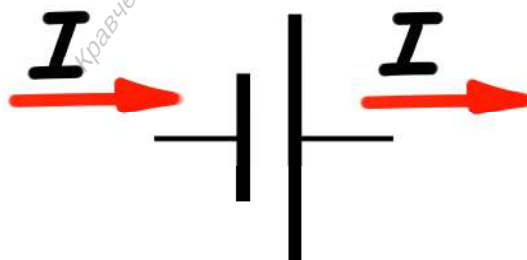


Рисунок 24 – Пример для Направление тока в цепи: ток выходит из **+вывода**, входит в **-вывод источника**

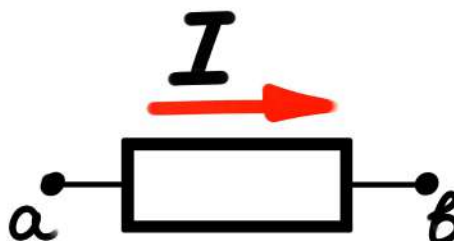


Рисунок 25 – Пример для Направление тока в цепи: ток направлен от большего φ к меньшему φ ($\varphi_a > \varphi_b$) проводника





Параллельное соединение резисторов (проводников):

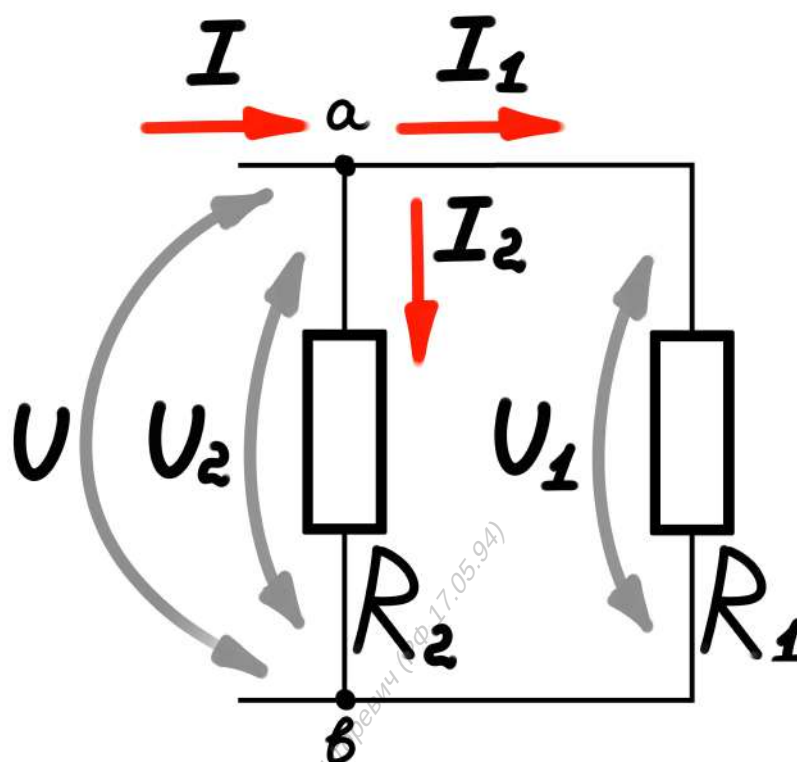


Рисунок 26 – Пример для Параллельное соединение резисторов: входящий ток разделяется. Напряжения показаны между одними и теми же точками.

Последовательное соединение резисторов (проводников):

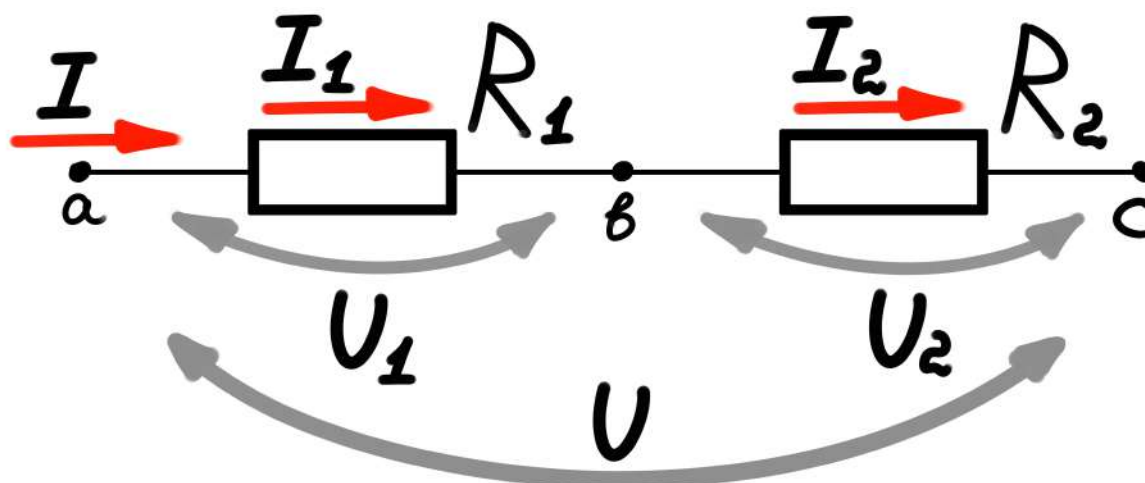


Рисунок 27 – Пример для Последовательное соединение резисторов: входящий ток проходит каждый резистор. Напряжения разделяется.





Работа электрического тока (А [Дж]) – работа эл.поля на участке цепи.

(рис.28)

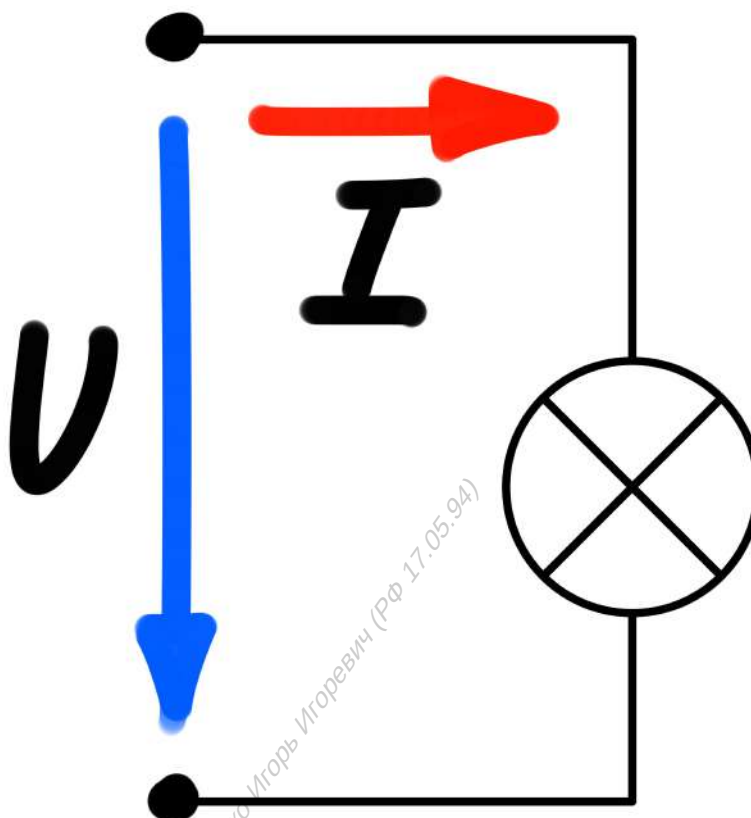


Рисунок 28 – Пример для **Работа электрического тока**: проходящий по лампе ток увеличивает энергию лампы \Rightarrow свет и нагрев

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)

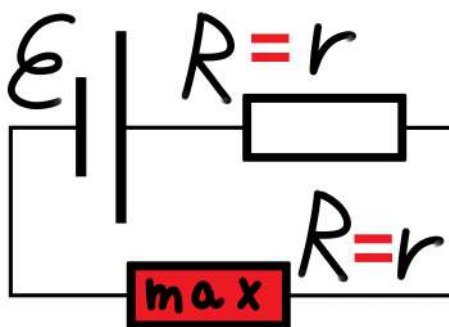


Рисунок 31 – Пример для **Условие P_{\max} во внешнем участке: $P_R \rightarrow \max$**





Свободные заряды в проводниках – заряженные частицы, способные самопроизвольно **перемещаться** в теле-проводнике. (рис.32)

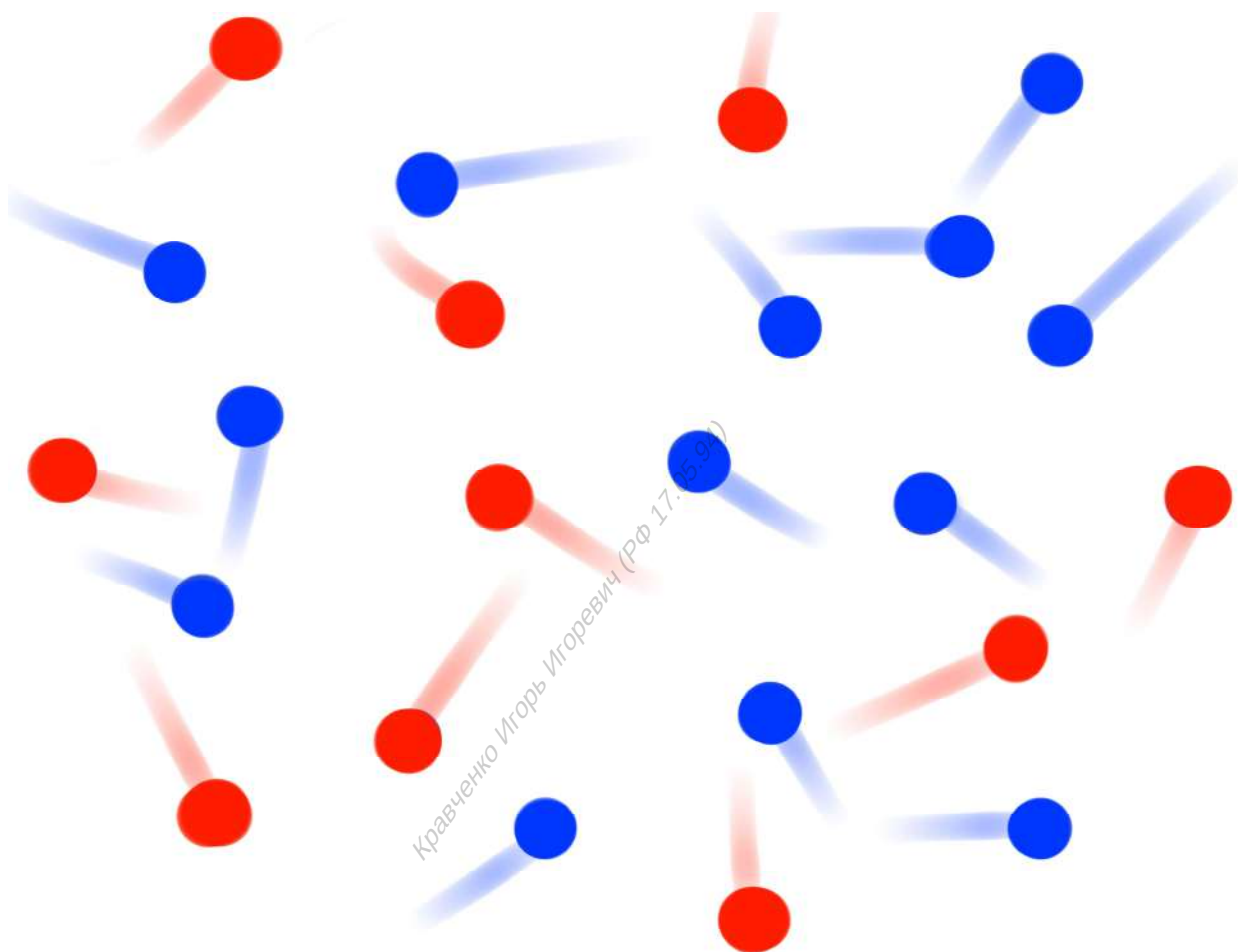


Рисунок 32 – Пример для **Свободные заряды в проводниках**: тут ● и ●

Внимание. Проводимость = способность тела проводить ток.

Механизмы проводимости:

1. **Твердый металл:** (рис.33)



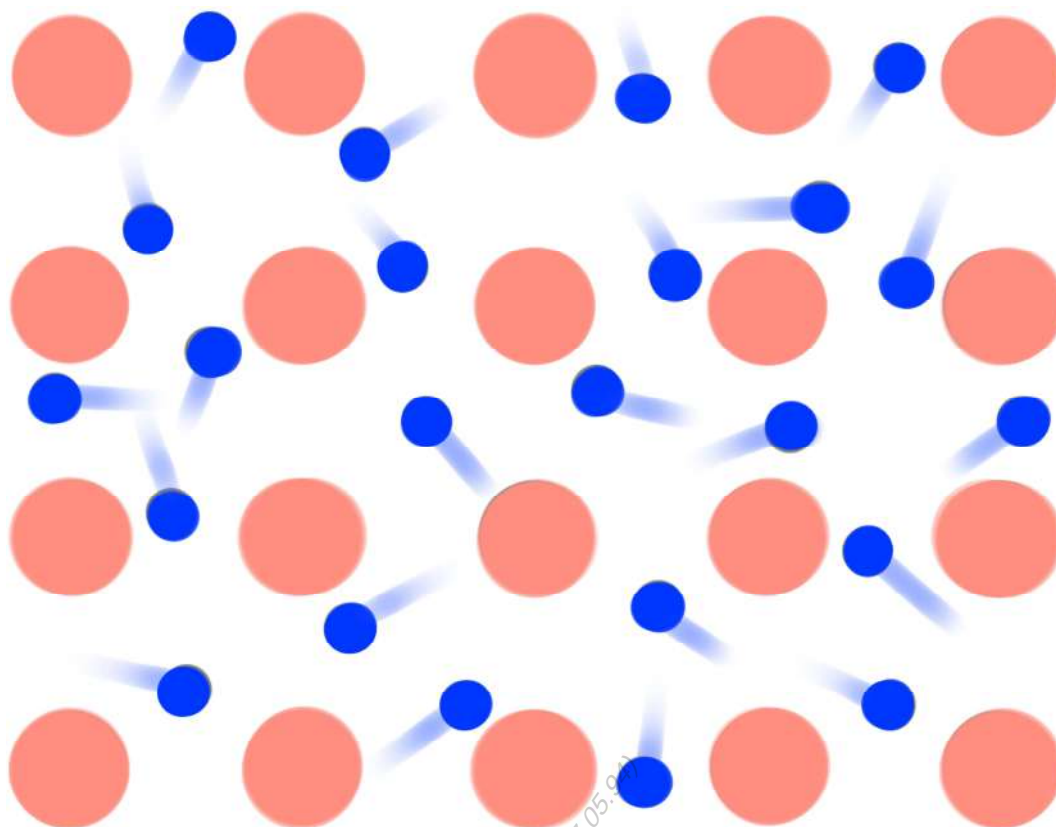


Рисунок 33 – Пример для Проводимость в Твердый металл: ● электроны

2. Раствор / расплав электролита: (рис.34)

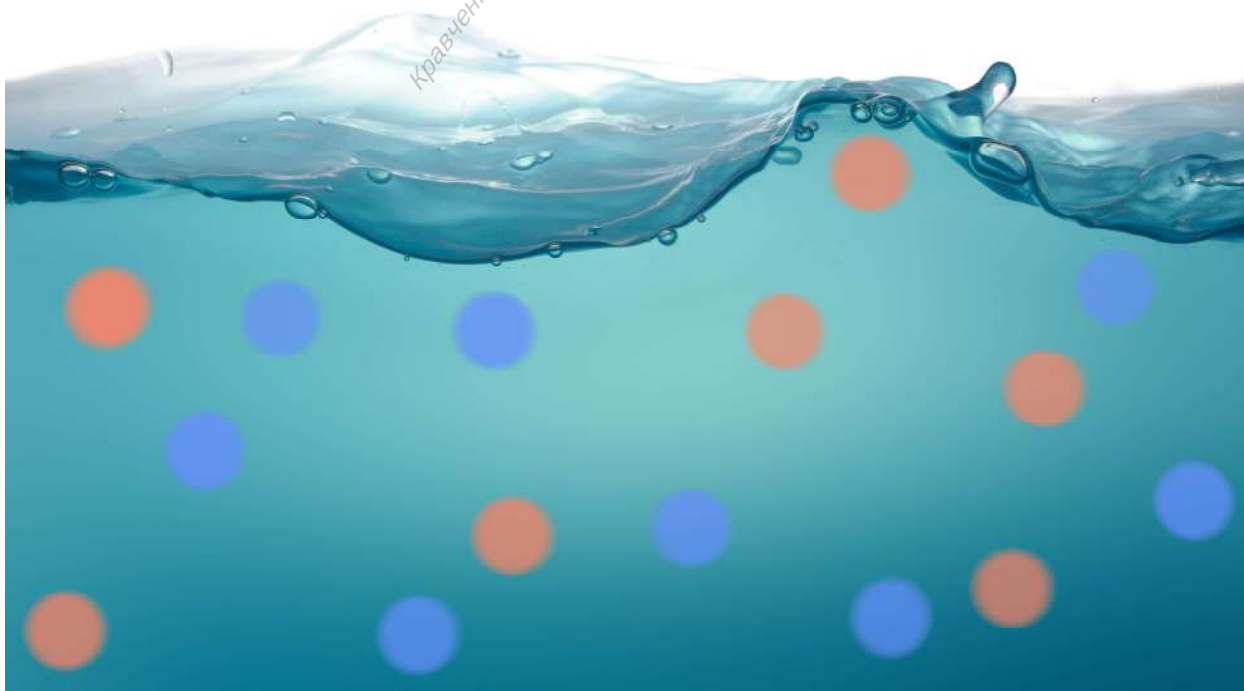


Рисунок 34 – Пример для Проводимость в Раствор / расплав электролита:
свободные ионы ● и ●





3. Газ: (рис.35)

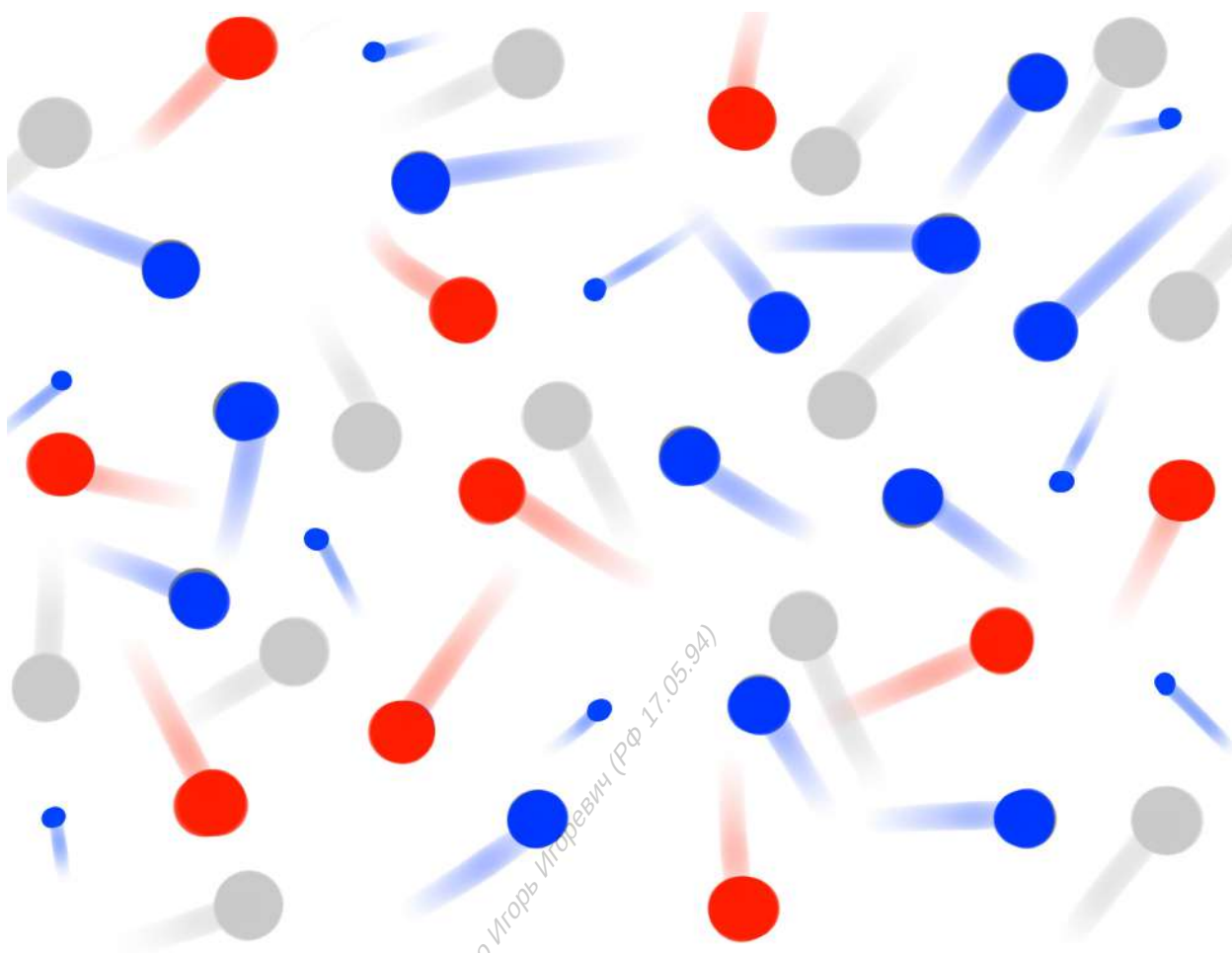


Рисунок 35 – Пример для **Проводимость в Газ:**

« 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)



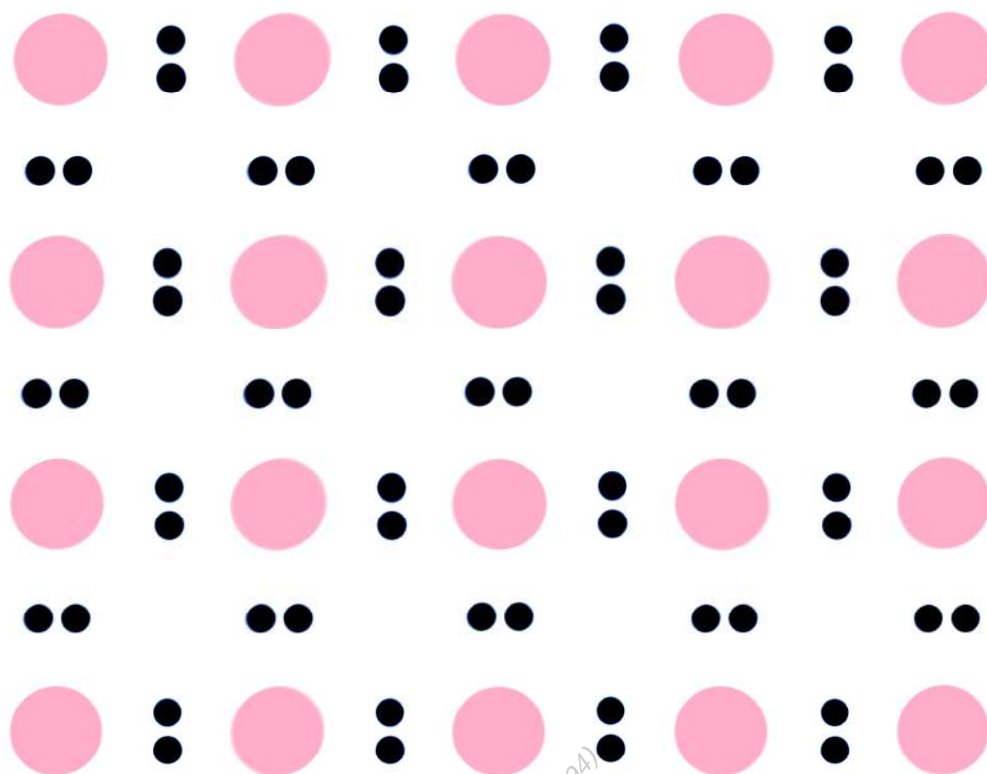


Рисунок 36 – Пример для Полупроводник: состояние « диэлектрик ».

• - несвободные электроны

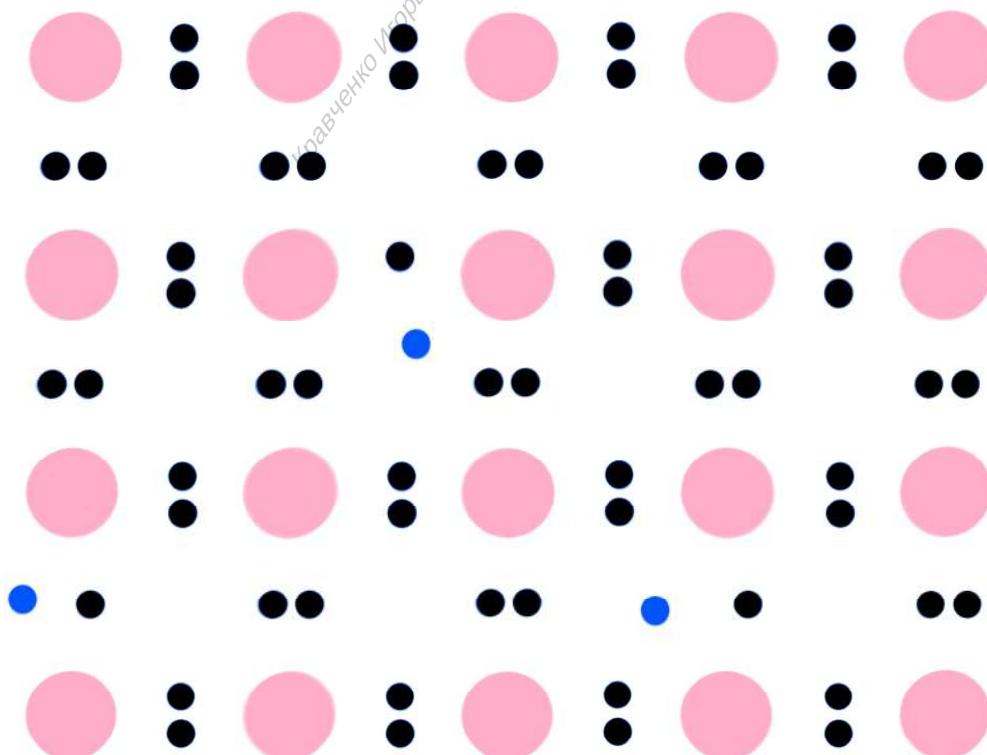


Рисунок 37 – Пример для Полупроводник: состояние « **проводник** ».

• - свободные электроны





Дырка – межатомное место, предназначенное для электрона. (рис.38)

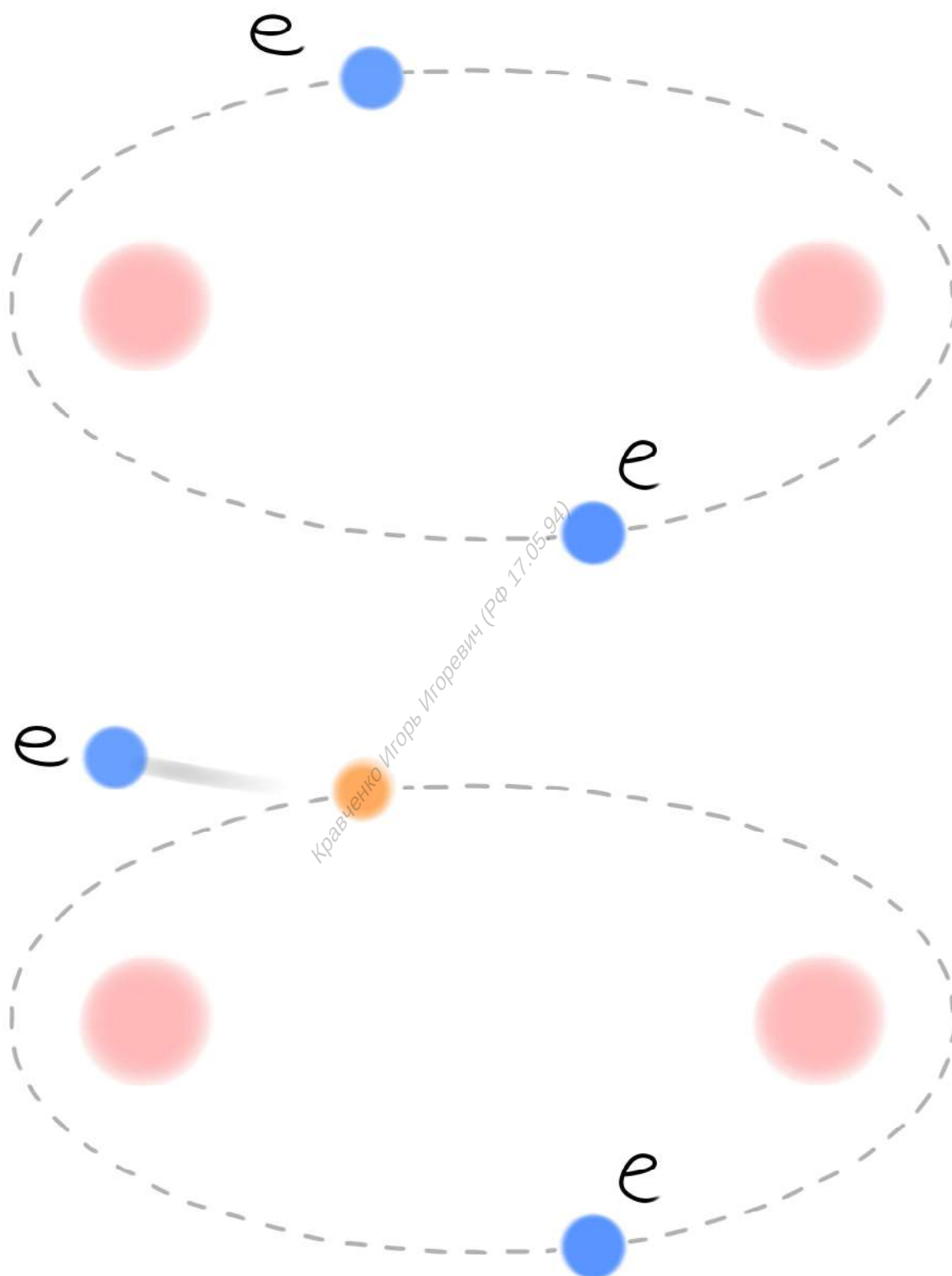


Рисунок 38 – Пример для **Дырка**: образование дырки у атомов, связанных электронами





Проводимость полупроводника:

1. **Собственная:** обусловлена движением свободных электронов и дырок полупроводника. (рис.39)

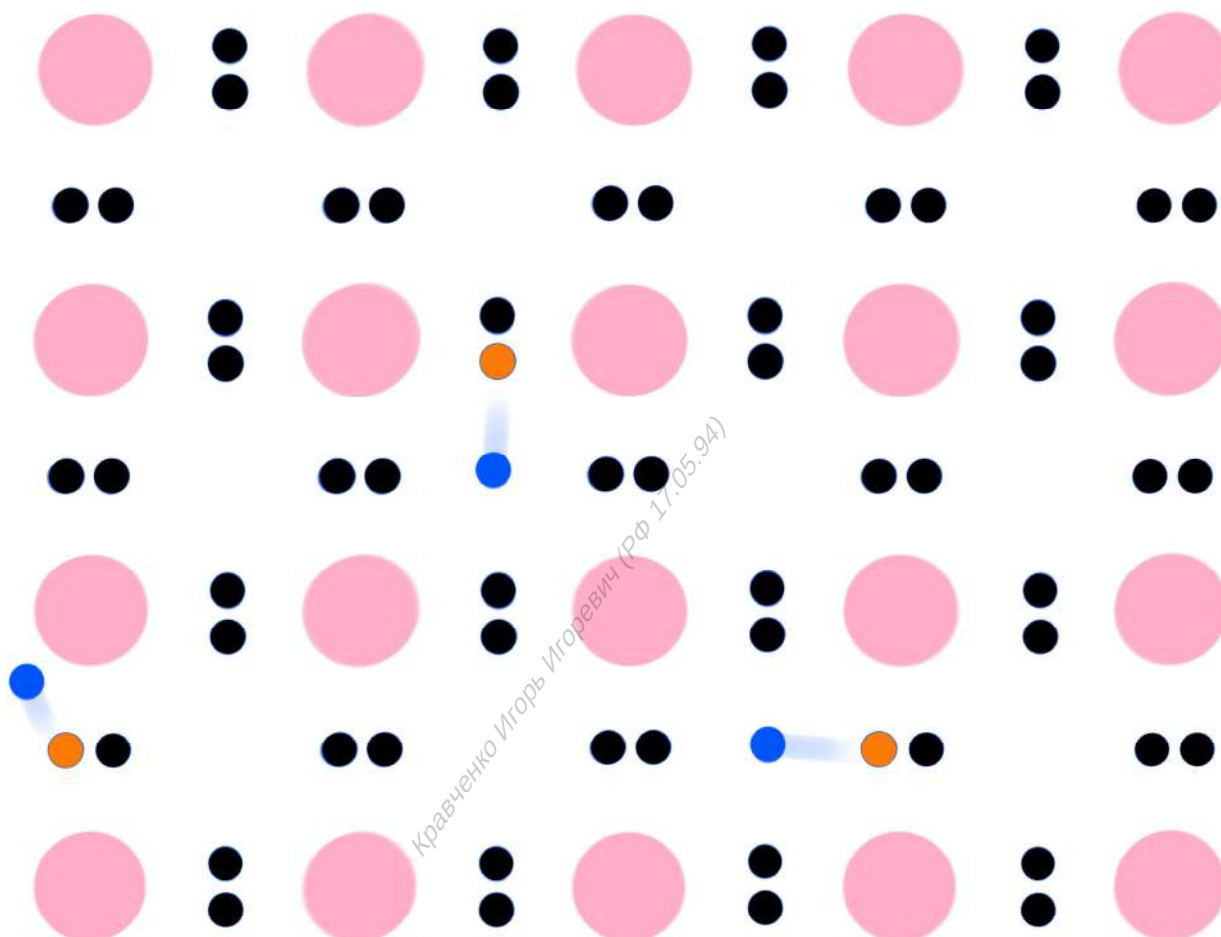


Рисунок 39 – Пример для Собственная проводимость Полупроводника:

- 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)



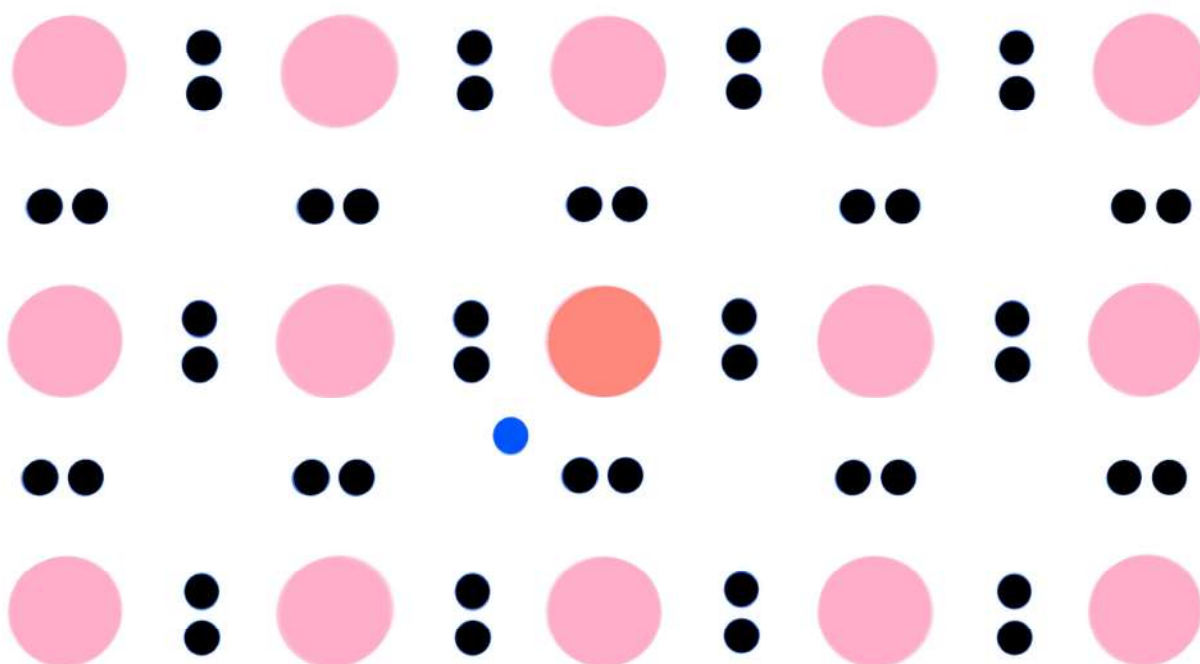


Рисунок 40 – Пример для **Донор-примесь** Полупроводника:
полупроводник « **n-типа** »; донор-атом ● дает **свободный •**, НЕ создающий
свободную дырку (**электронная** проводимость)

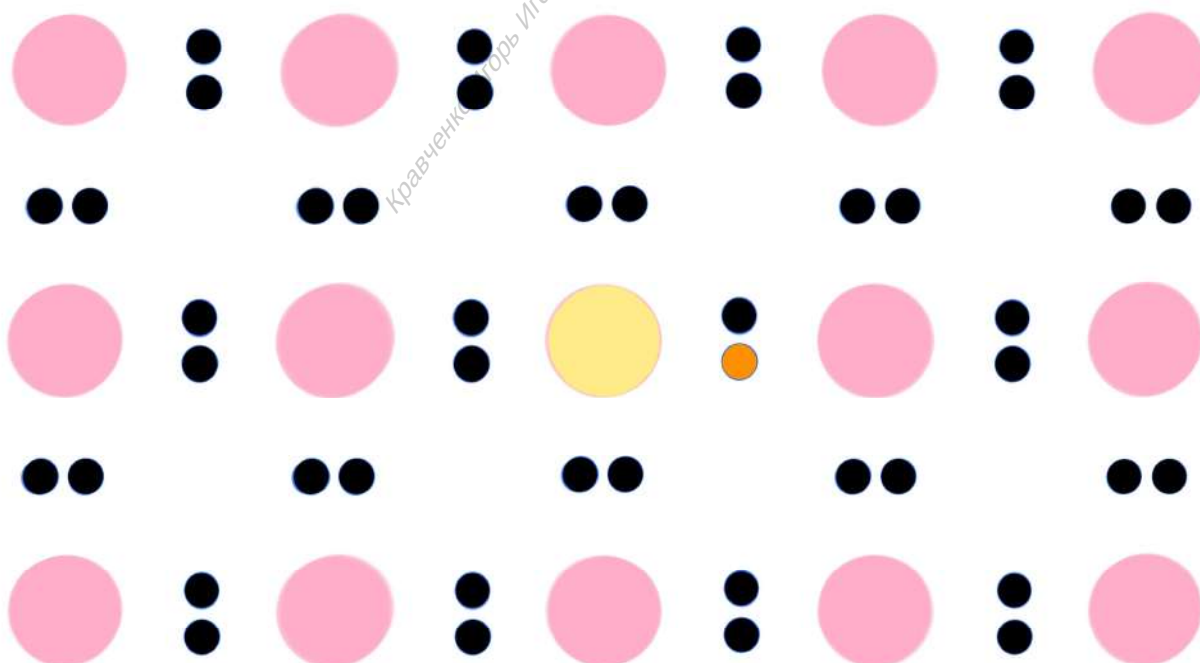


Рисунок 41 – Пример для **Акцептор-примесь** Полупроводника:
полупроводник « **p-типа** »; акцептор-атом ● дает **свободную •**, НЕ
создающую свободный электрон (**дырочная** проводимость)





« р - n » переход – место контакта полупроводников **р-типа** и **n-типа**.

(рис.42, 43)

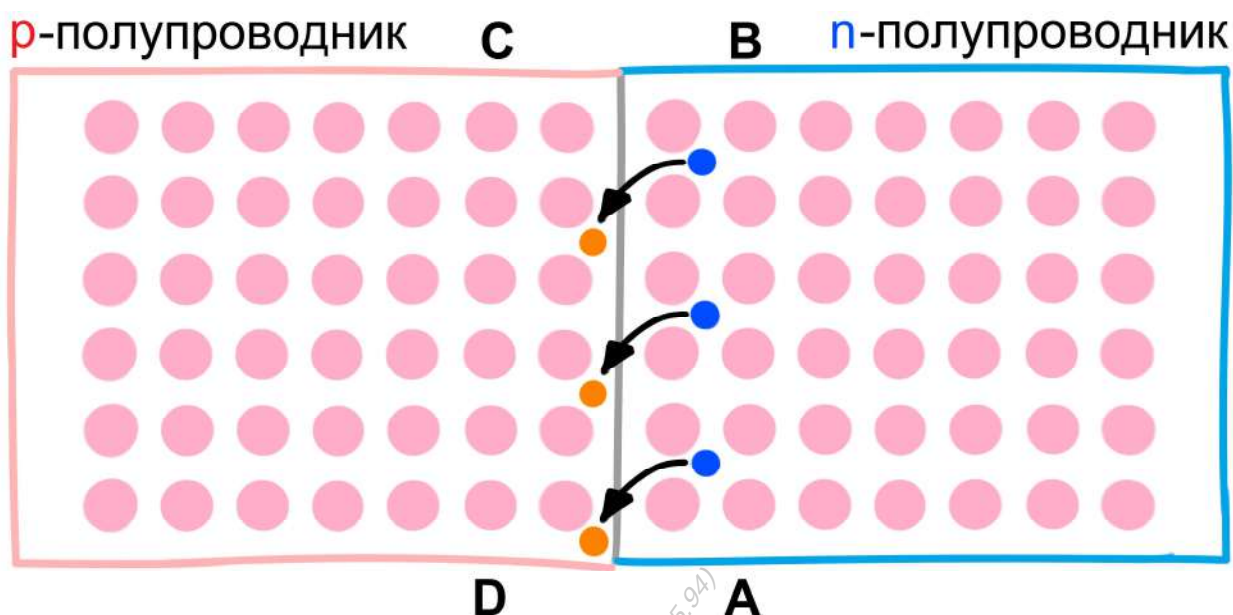


Рисунок 42 – Пример для « р - n » переход: сразу **свободные • n-тела** занимают жестко **акцепторные-дырки • р-тела** вблизи границы

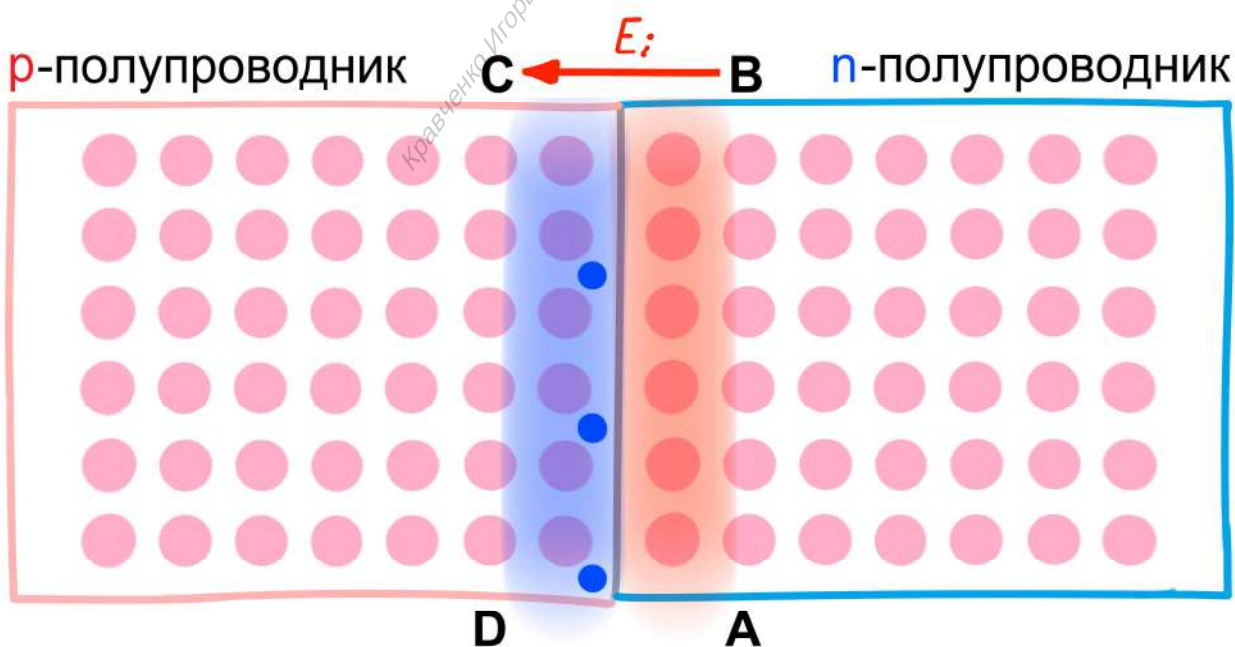


Рисунок 43 – Пример для « р - n » переход: слева \square ABCD образуется объемный **-заряд** (справа **+заряд**), образующие **поле** , препятствующее дальнейшему проникновению зарядов с одного на другое тело





Диод – устройство с « р - п » переходом, пропускает ток в одном направлении. (рис.44-46)

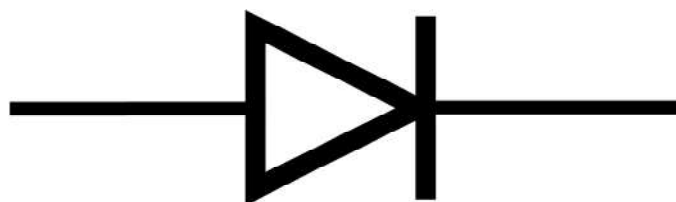


Рисунок 44 – Пример для Диод: обозначение на схеме

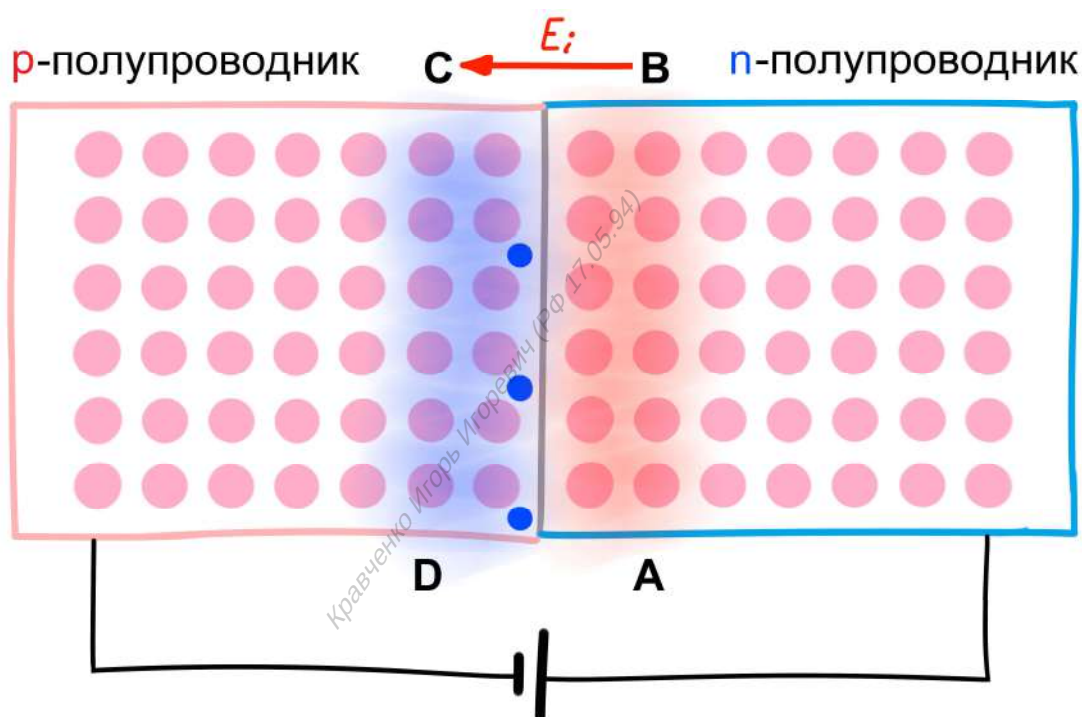


Рисунок 45 – Пример для Диод: обратное включение.

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.



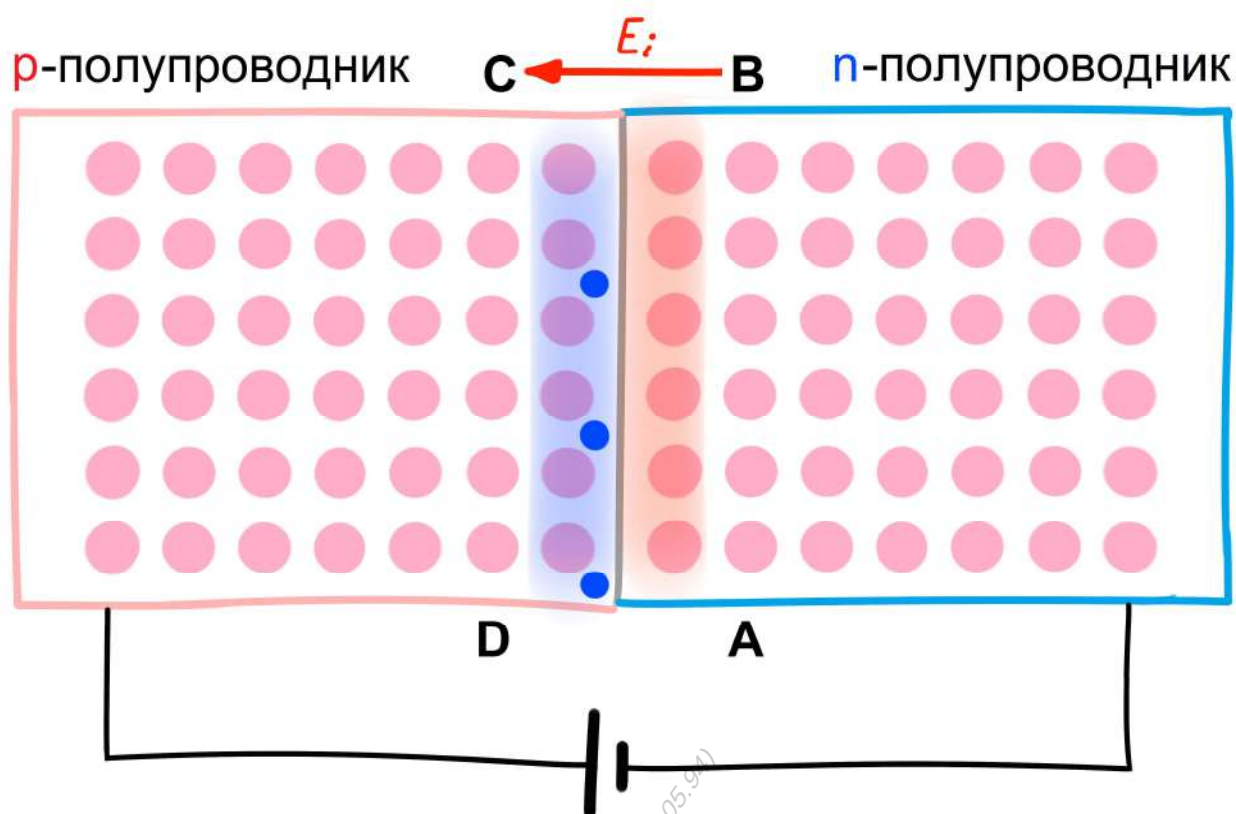


Рисунок 45 – Пример для Диод: прямое включение.

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)

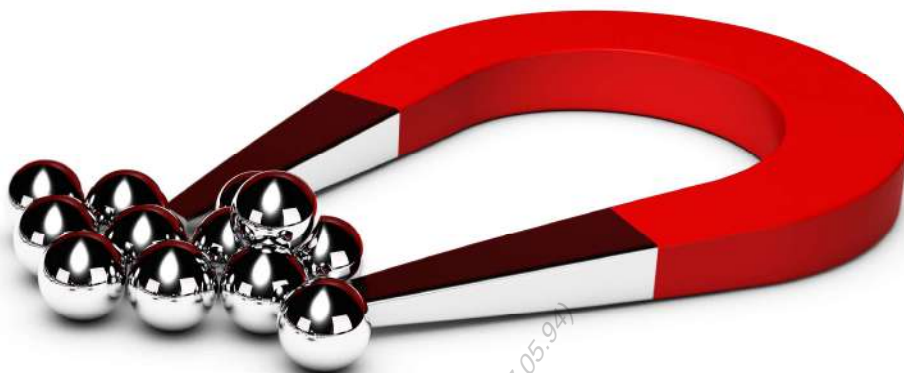


Рисунок 1 – Пример для **Магнит**: подковообразный

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** \Rightarrow шары **тянутся**

Модель магнита: (рис.3)

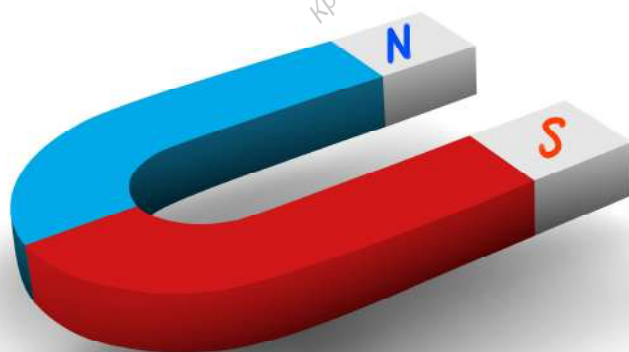


Рисунок 3 – Пример для **Модель магнита**: **синяя** половина – **северный** полюс. **Красная** половина – **южный** полюс.





Взаимодействие магнитов: (рис.4)

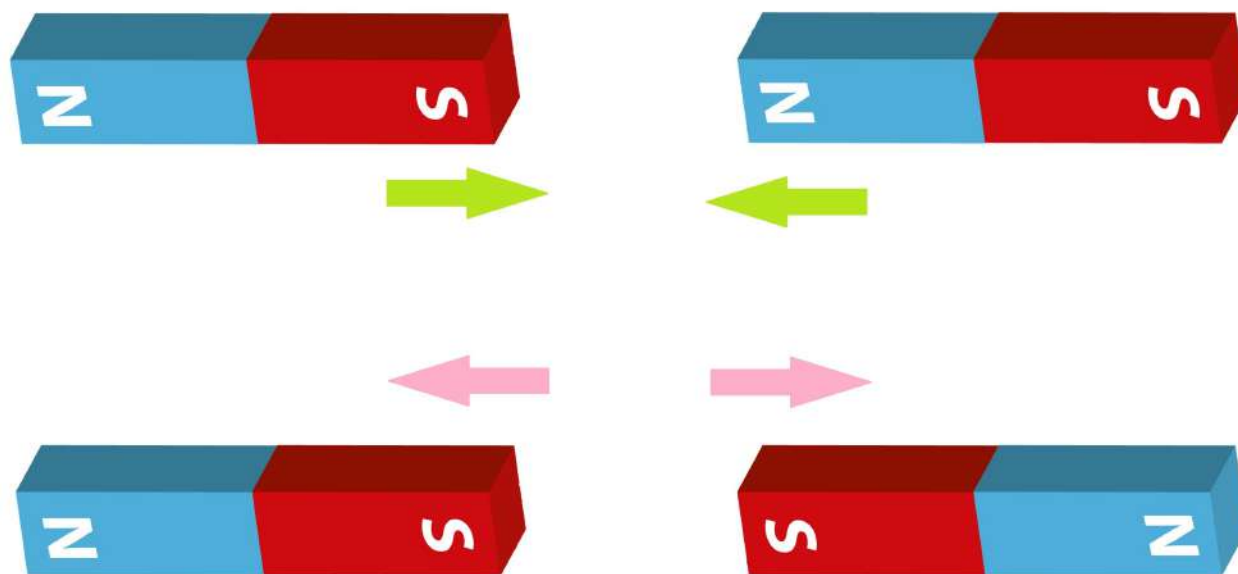
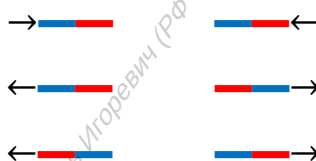


Рисунок 4 – Пример для **Взаимодействие магнитов**: Силы направлены так:



Магнитное поле: (рис.5)

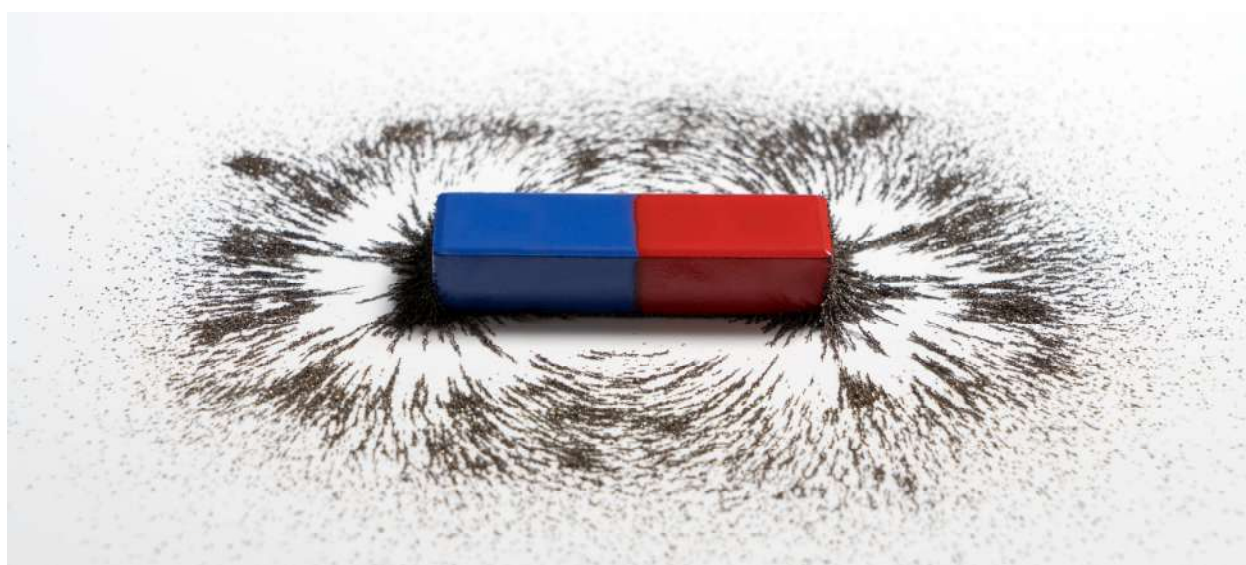


Рисунок 5 – Пример для **Магнитное поле**: **Магнит** создает вокруг **Поле** (железная пыль вокруг)





Магнитная стрела компаса – указатель направления в компасе. (рис.6, 7)



Рисунок 6 – Пример для **Магнитная стрела компаса: стрела – железное намагниченное тело**

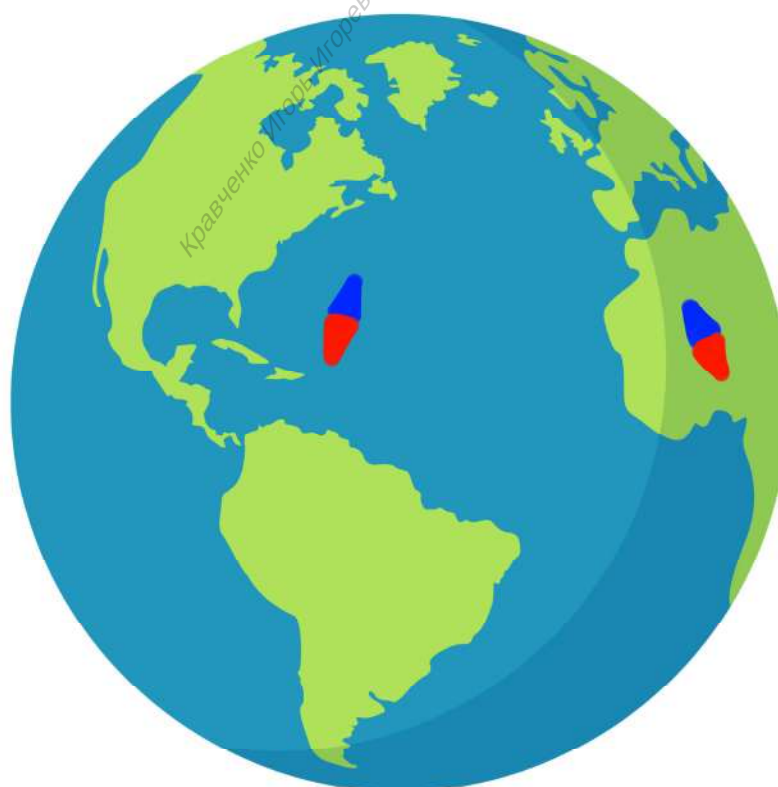


Рисунок 7 – Пример для **Магнитное поле: стрела везде смотрит на северный географический полюс (если ничто не мешает стреле) ⇒ планета имеет магнитное поле**





Магнитная индукция (\vec{B} [Тл]) – характеристика магн.поля , показывающая интенсивность и направление поля. (рис.8, 9)

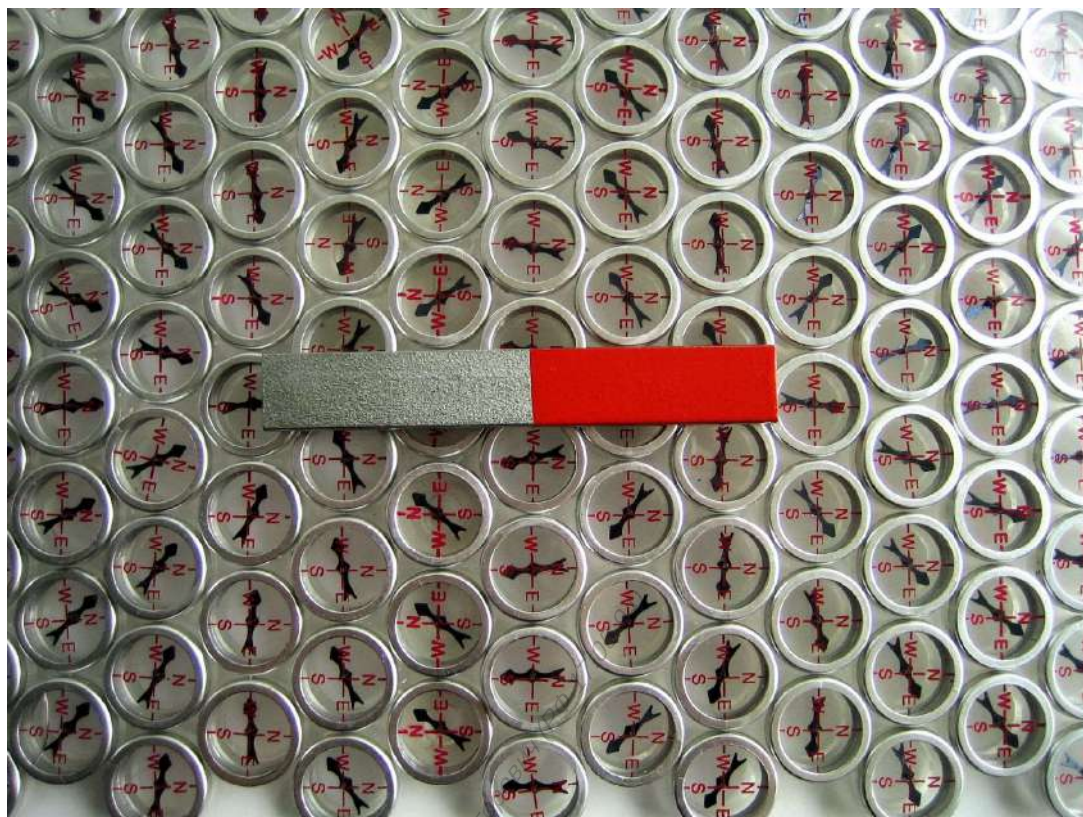


Рисунок 8 – Пример для **Магнитная индукция**: магнит среди компасов, можно заметить закономерность положений стрел

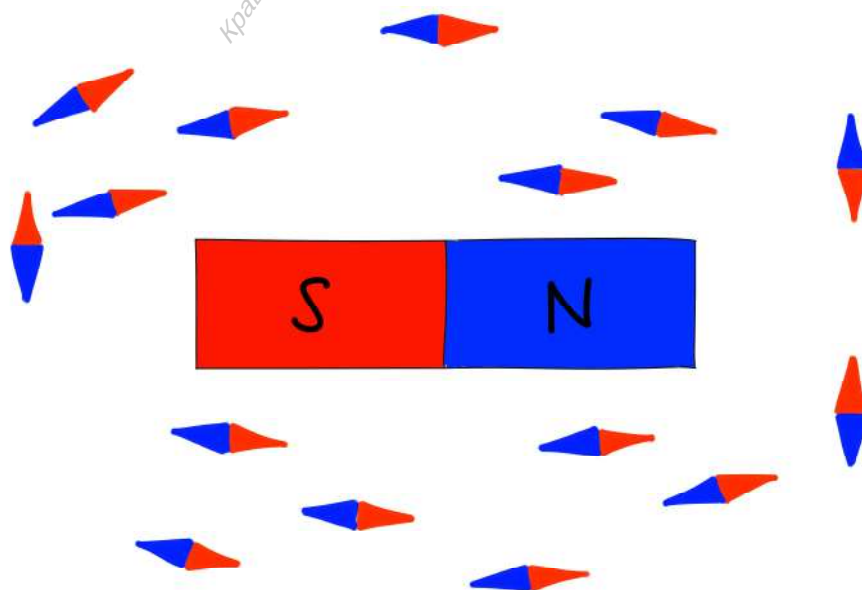


Рисунок 9 – Пример для **Магнитная индукция**: магнитная стрела показывает \vec{B} :





Принцип суперпозиции магнитных полей: (рис.10-12)

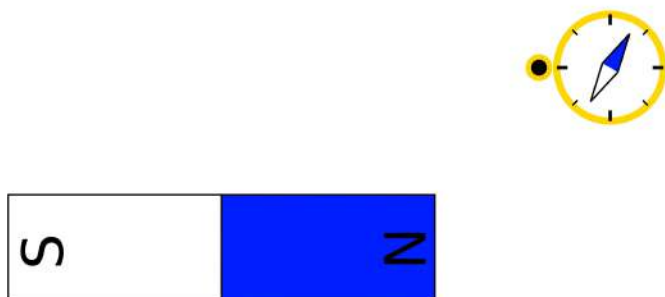


Рисунок 10 – Пример для **Принцип суперпозиции магнитных полей**: слева **магнит №1** создает **Поле №1**

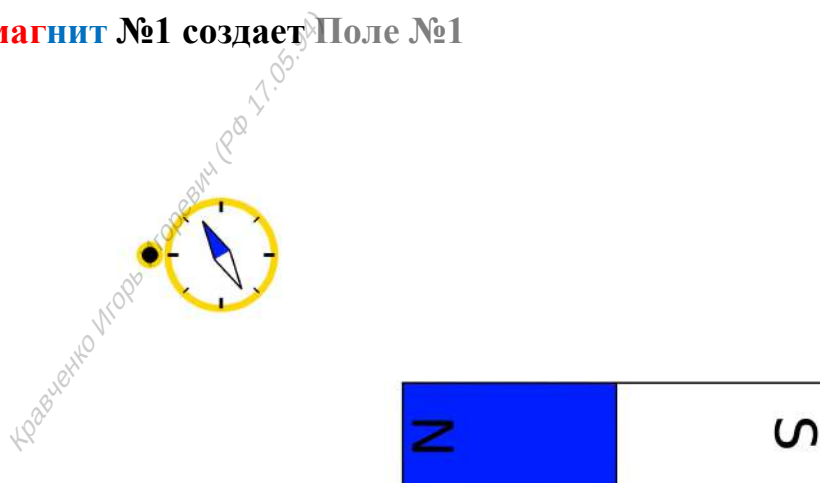


Рисунок 11 – Пример для **Принцип суперпозиции магнитных полей**: справа **магнит №2** создает **Поле №2**



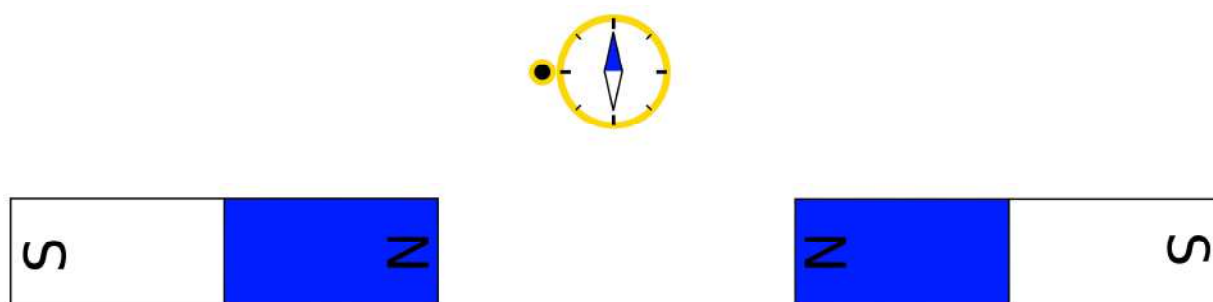


Рисунок 12 – Пример для **Принцип суперпозиции магнитных полей**: слева и справа **магниты** создают **Поле**

Линия магн.поля – изображение магн.поля в пространстве, в каждой точке линии вектор \vec{B} касателен или параллелен. (рис.13)

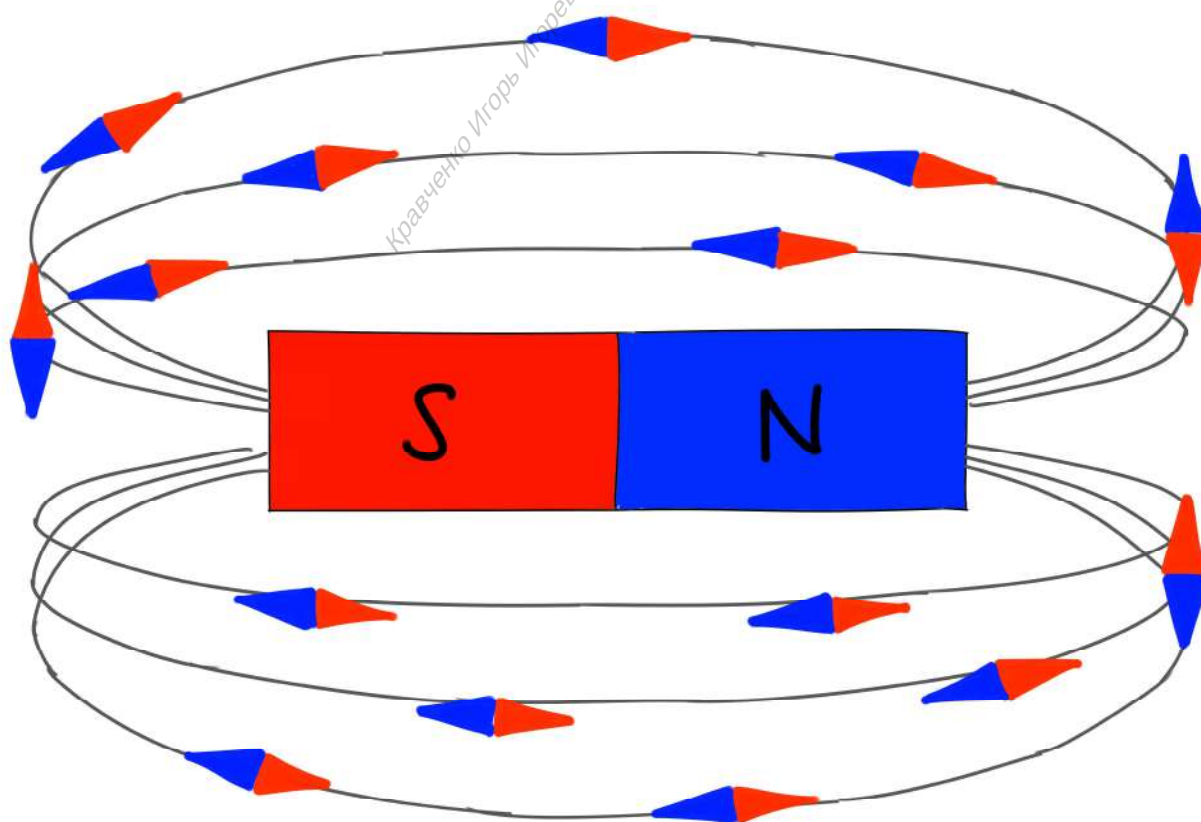



Рисунок 13 – Пример для **Линия магн.поля**: магн.поле кривое.  или \vec{B} показывает направление магн.поля в точке пространства.





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)

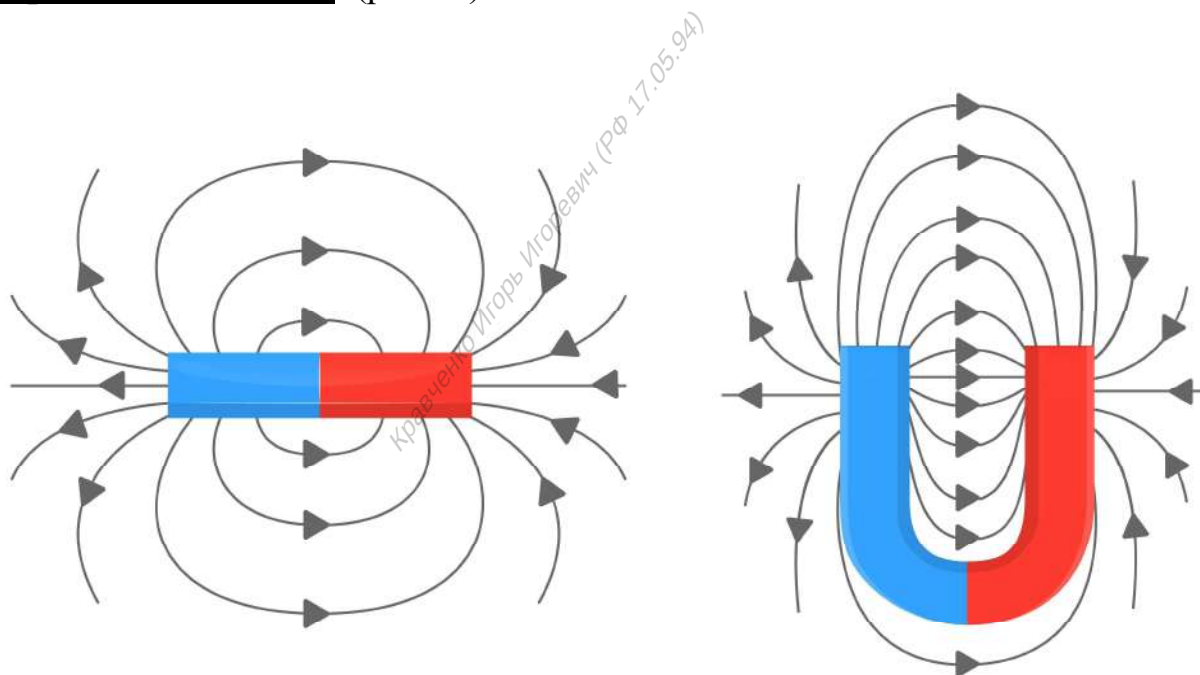


Рисунок 14 – Пример для **Картина линий поля:** слева **Полосовой** магнит. Справа **Подковообразный** магнит. \uparrow **Густота** силовых линий $\Rightarrow \uparrow \mathbf{B}$ в этой области пространства (и наоборот).





Соленоид – спираль-проводник, где $R \ll l$. (рис.15)

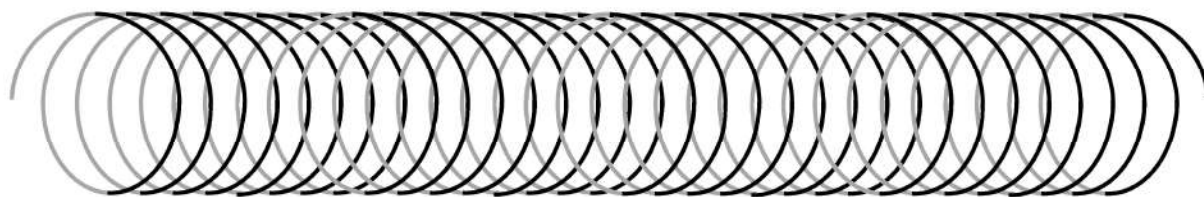


Рисунок 15 – Пример для **Соленоид**: узкая катушка

Опыт Эрстеда: (рис.16)



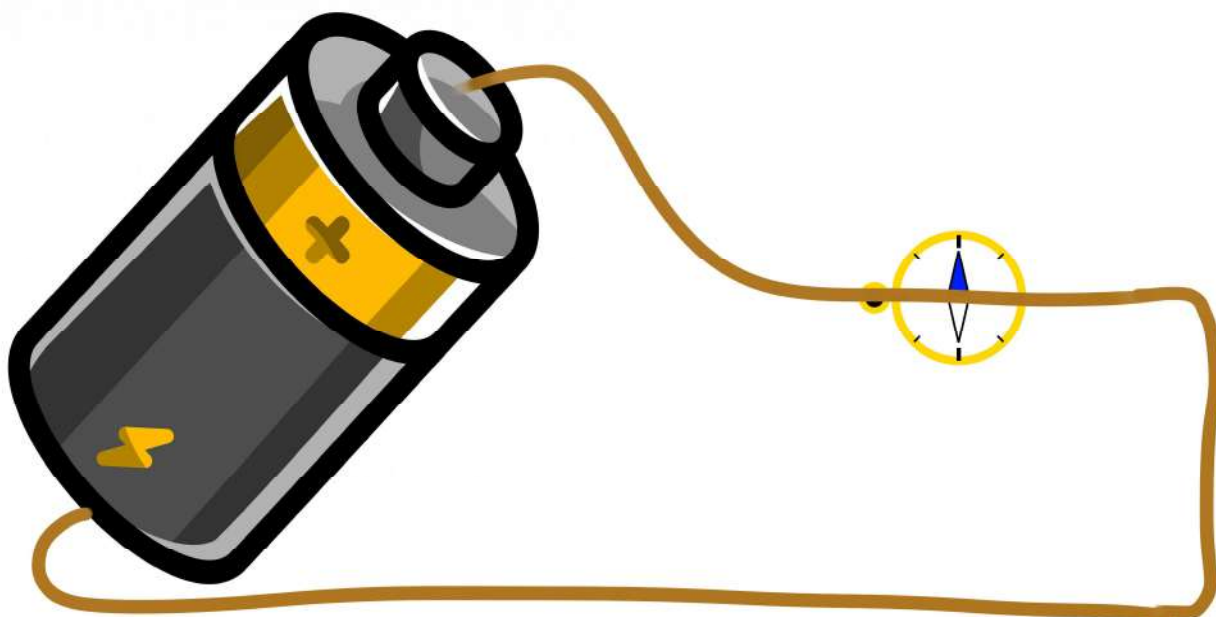


Рисунок 16 – Пример для **Опыт Эрстеда**: компас **поворачивается**, если рядом **есть ток**

Магнитное поле проводника с током: (рис.17-19)

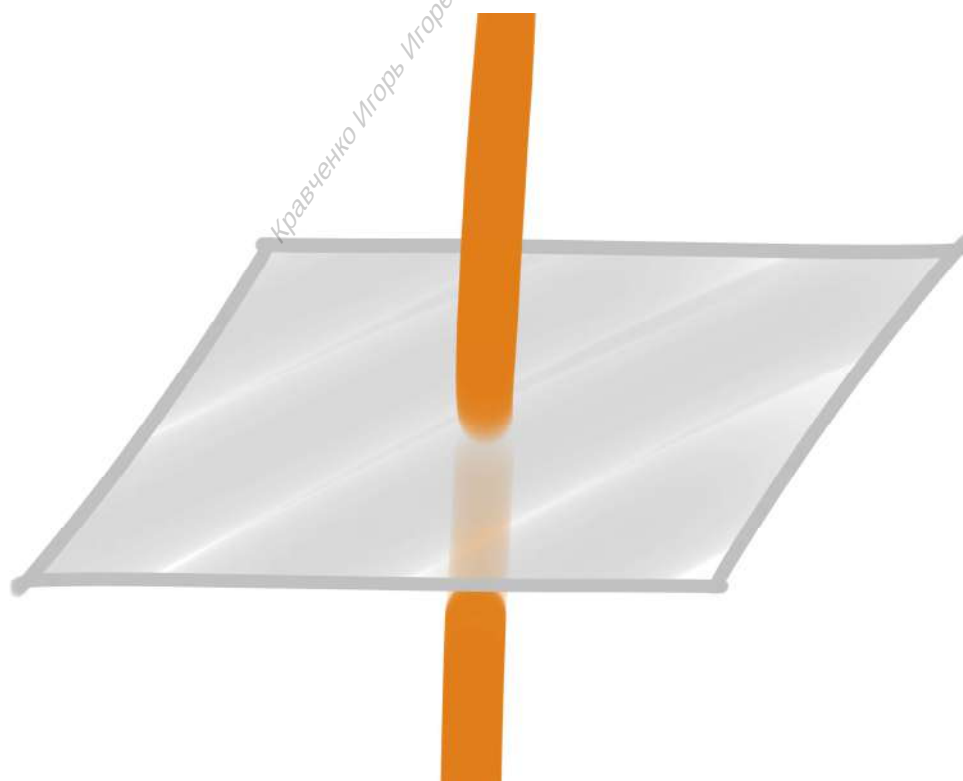


Рисунок 17 – Пример для **Магнитное поле проводника с током**: провод проходит через плоское стекло



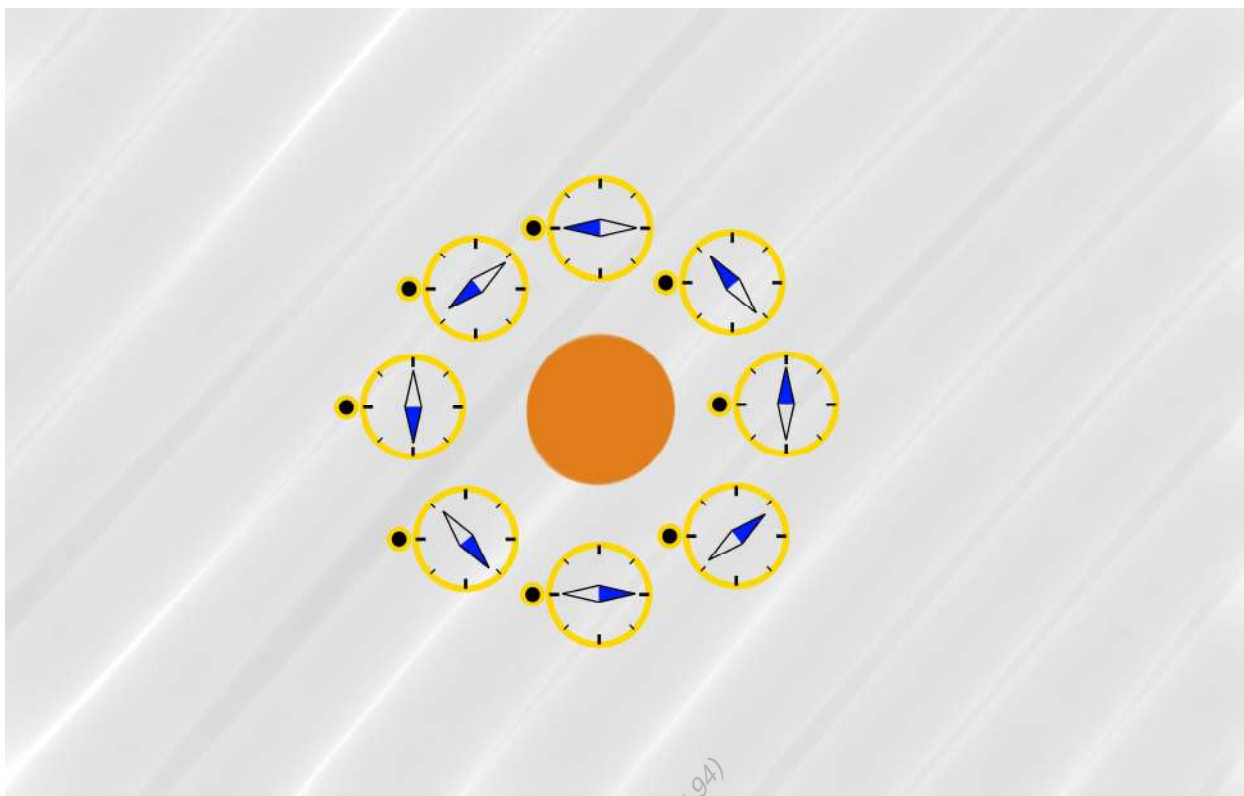


Рисунок 18 – Пример для **Магнитное поле проводника с током: вид сверху на « провод через стекло »** . Стрелы выстраиваются по кругу.

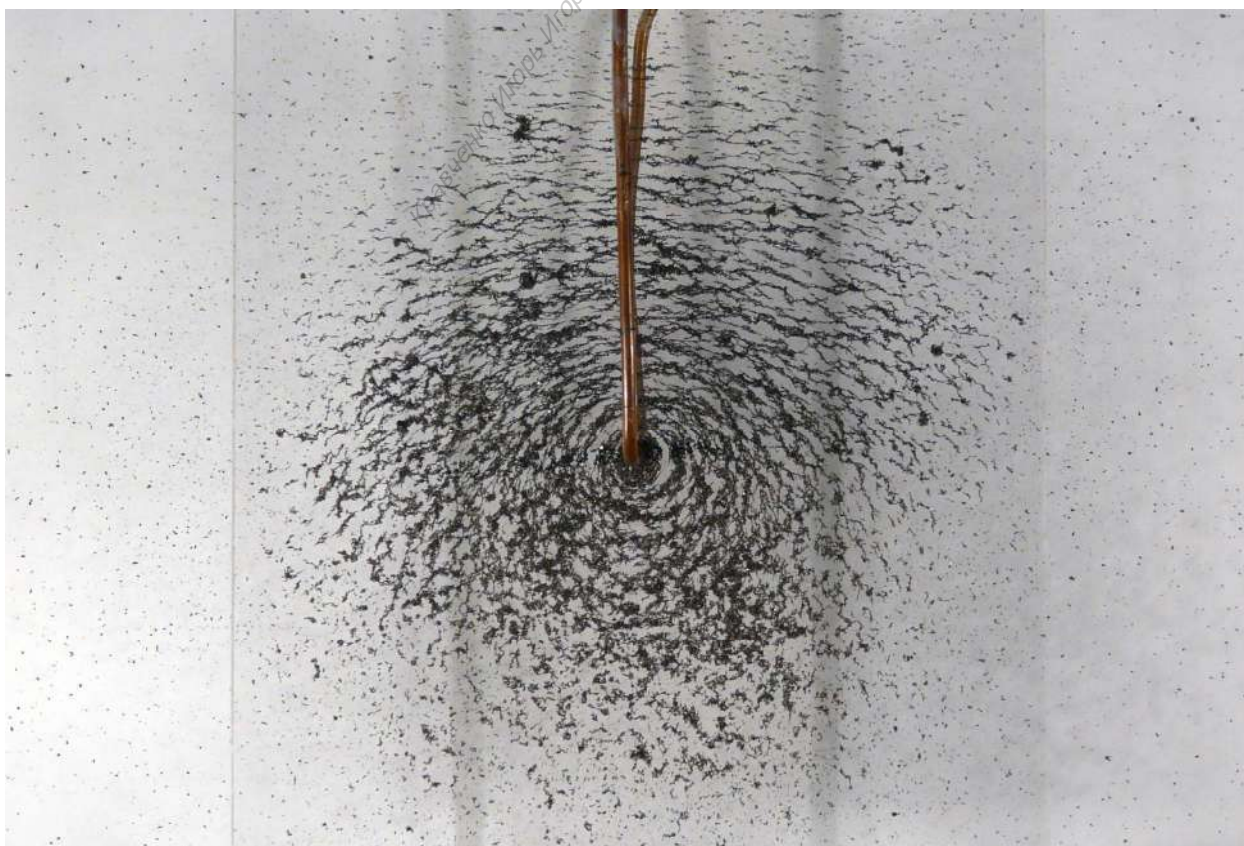


Рисунок 19 – Пример для **Магнитное поле проводника с током: вид сверху на « провод через стекло »** . Форма поля.





Внимание. Магнитное поле создается током.

Картина линий поля:

1. **Длинный прямой проводник:** (рис.20-22)

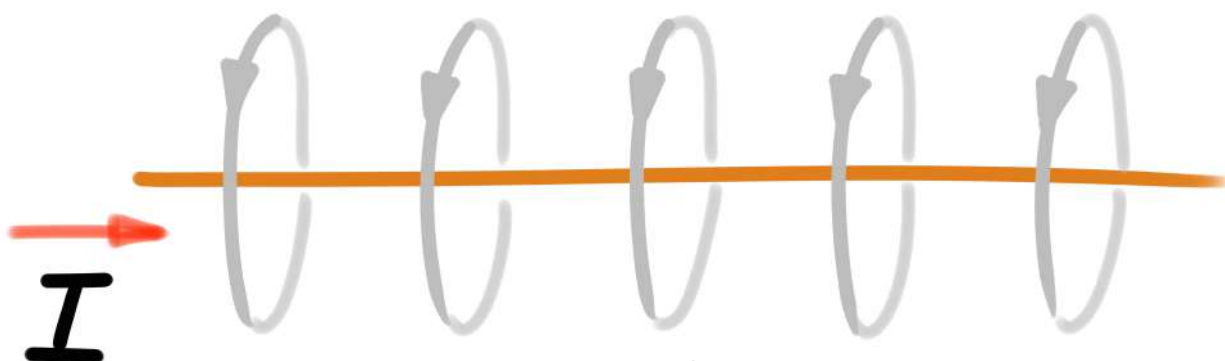


Рисунок 20 – Пример для **Картина линий поля прямого проводника:**
замкнутые линии вокруг тока



Рисунок 21 – Пример для **Картина линий поля прямого проводника:**

!!!правило Правой Руки!!!:

« большой палец по току,

а

другие пальцы по магнитному полю вокруг тока »



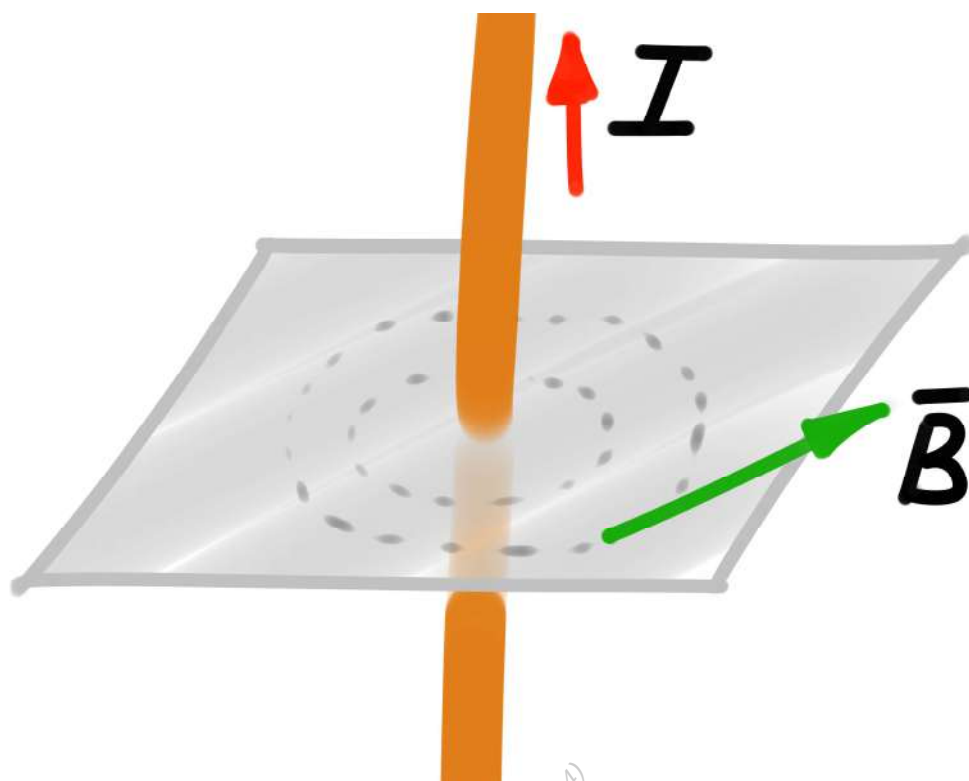


Рисунок 22 – Пример для **Картина линий поля прямого проводника: вектор индукции касателен линиям поля**

2. Замкнутый кольцевой проводник: (рис.23, 24)

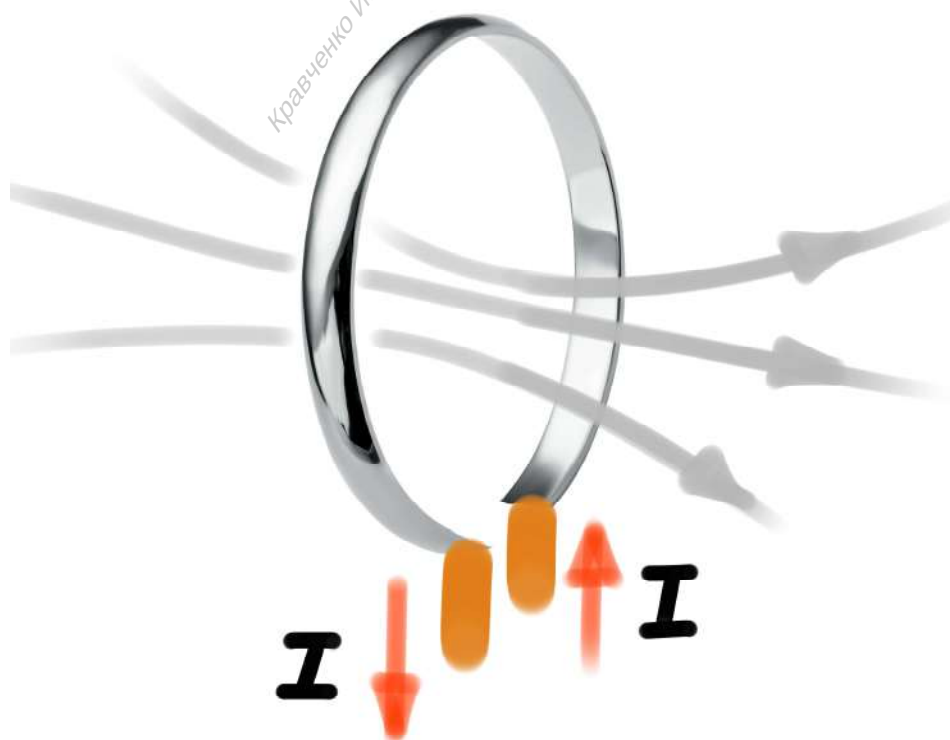


Рисунок 23 – Пример для **Картина линий поля кольцевого проводника: линии выходят с одной стороны кольца и обратно приходят с другой стороны кольца**



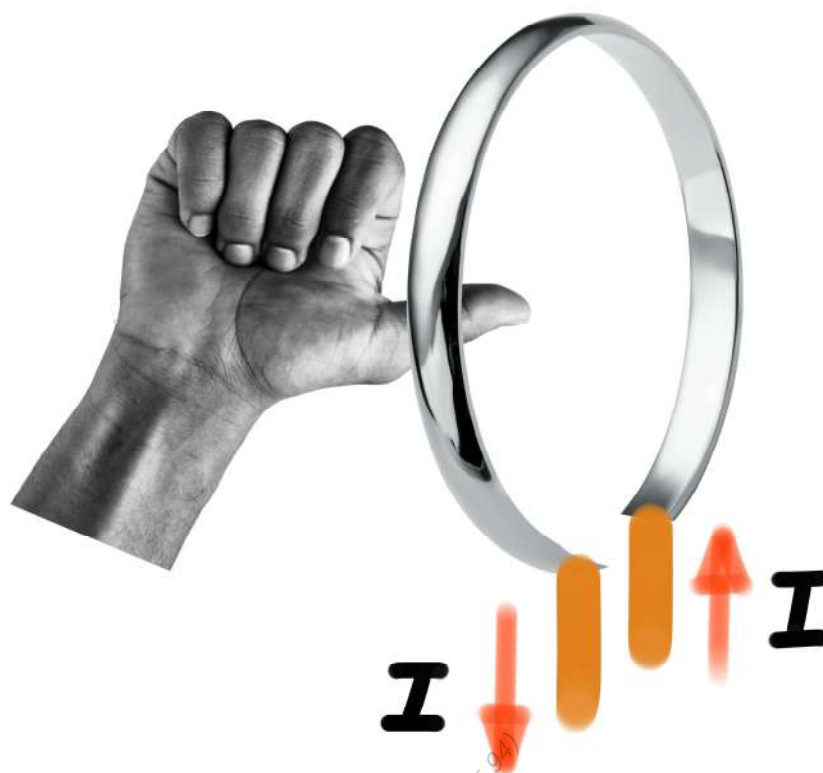


Рисунок 24 – Пример для **Картина линий поля кольцевого проводника:**

!!!правило Правой Руки!!!:

« **большой палец по полю внутри кольца,**

а

другие пальцы по току »

2. Катушка: (рис.25, 26)

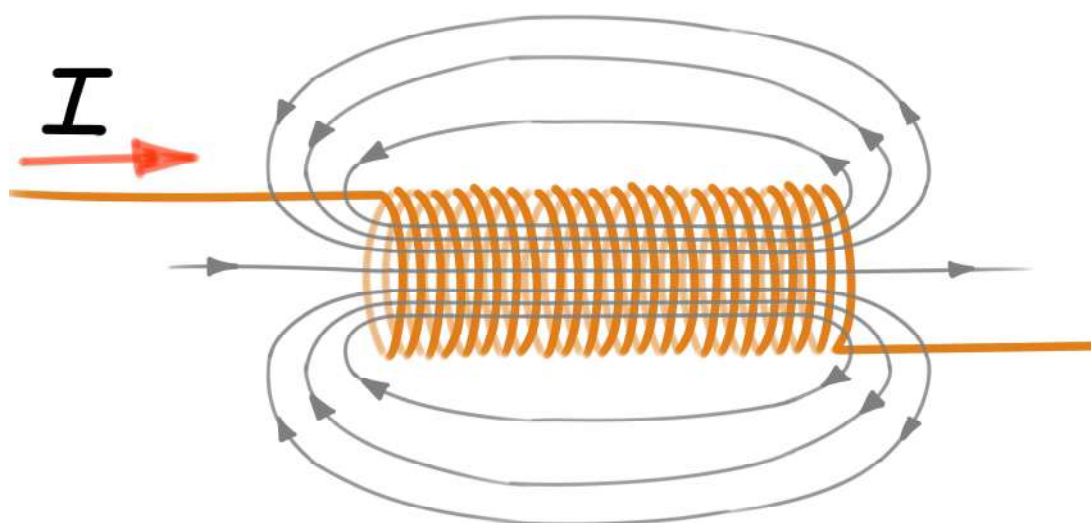


Рисунок 25 – Пример для **Картина линий поля катушки: линии выходят с одной стороны катушки и обратно приходят с другой стороны катушки**



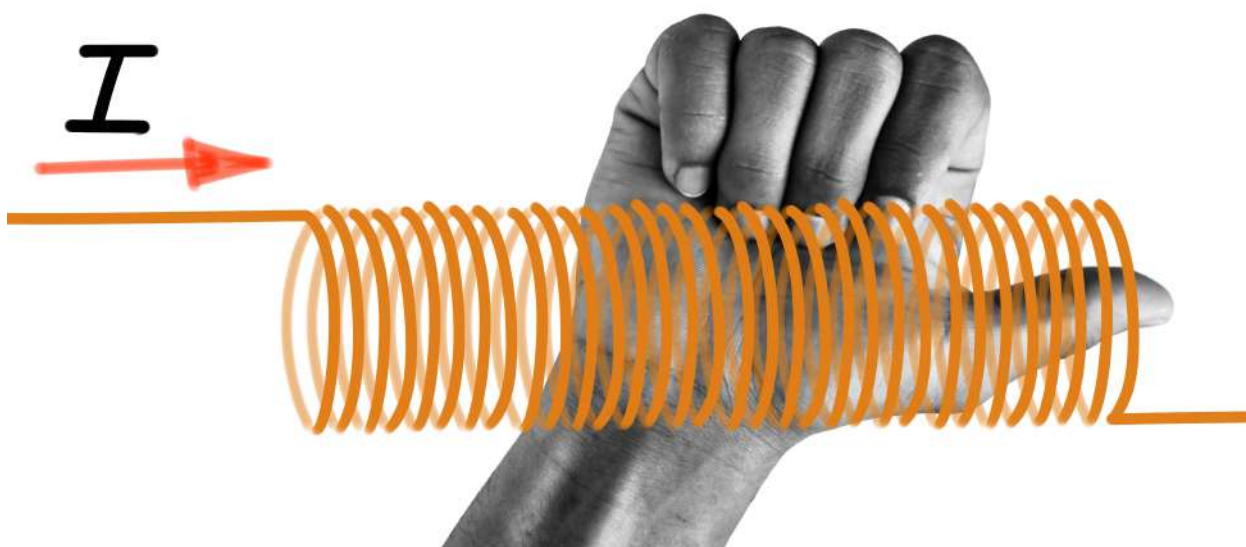


Рисунок 26 – Пример для **Картина** линий поля катушки:

!!!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)



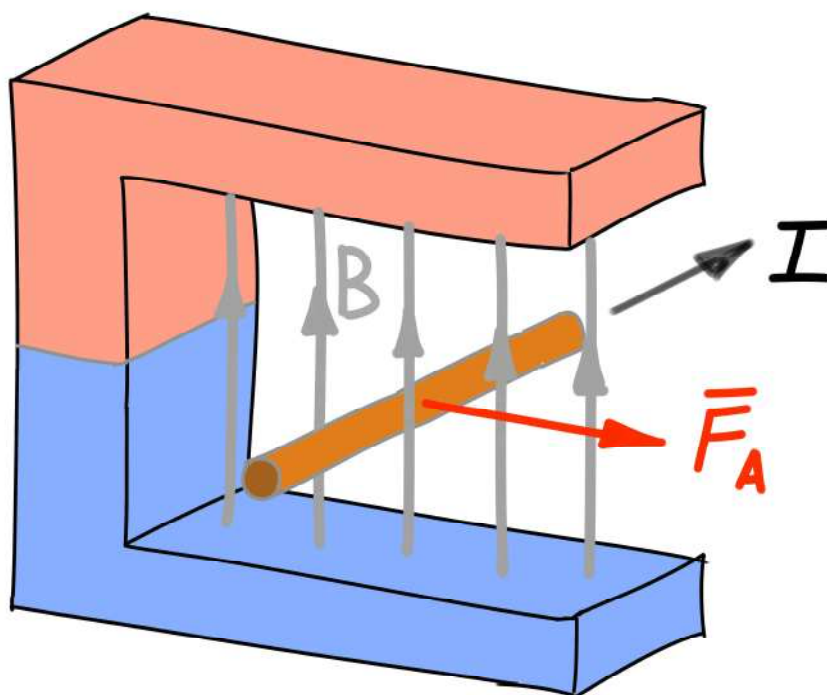


Рисунок 27 – Пример для Сила Ампера: поле толкает провод

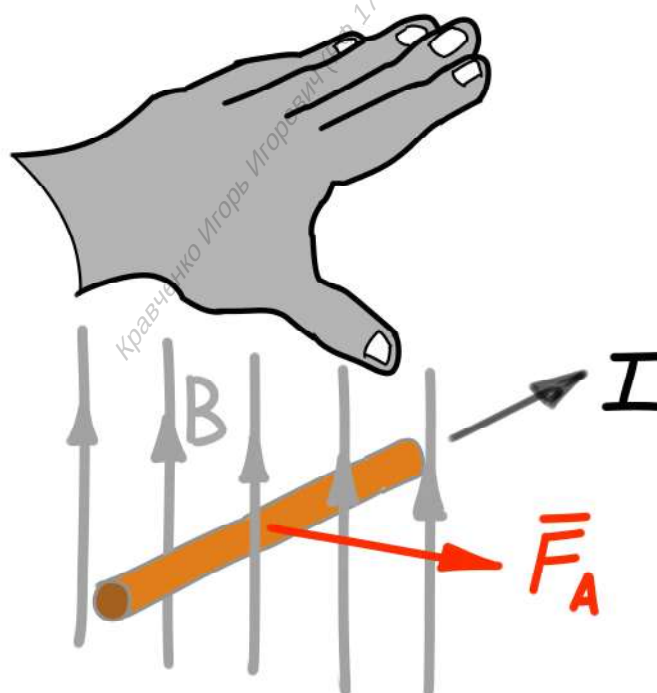


Рисунок 28 – Пример для Сила Ампера: поле толкает провод

!!!правило Лево́й Руки!!!:

« пальцы по току,

но

поле входит в ладонь,

а

большой палец по силе »





Момент, действующий на рамку с током: (рис.29, 30)

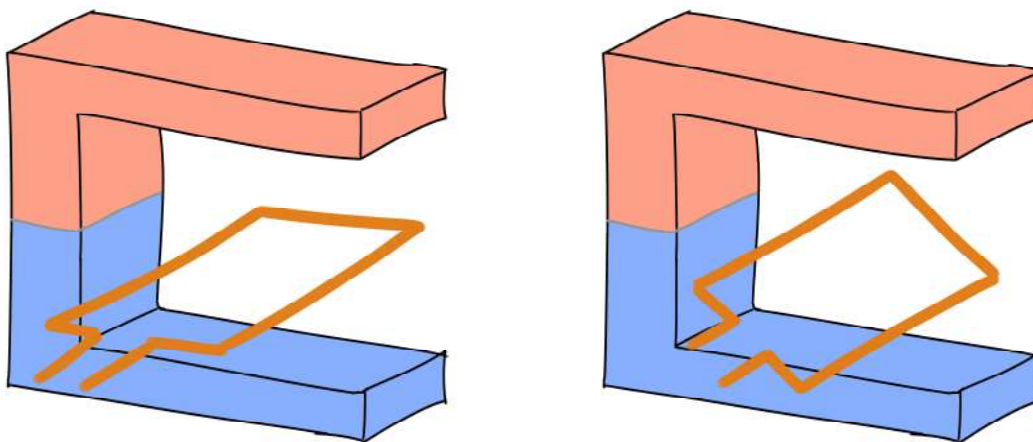


Рисунок 29 – Пример для **Момент токовой рамки: рамка-проводник может вращаться в магнитном поле**

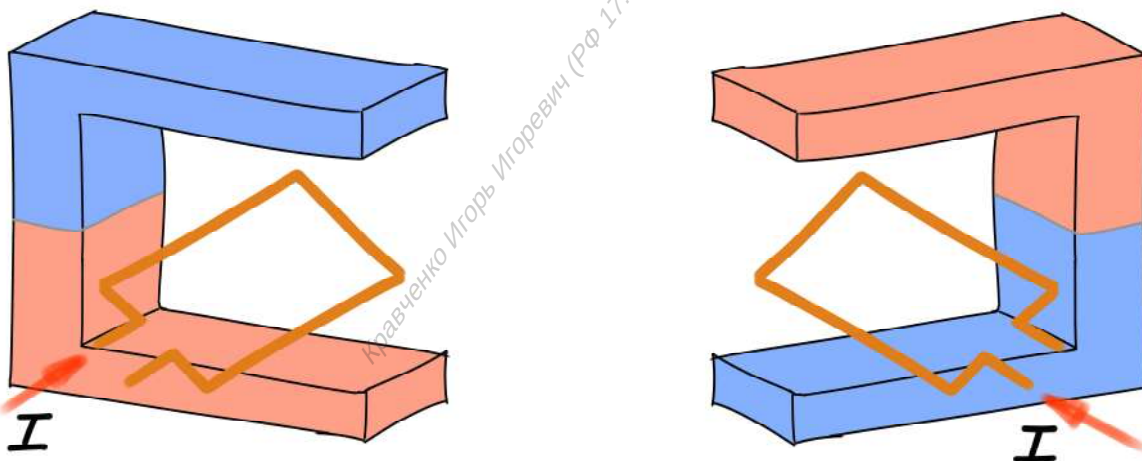


Рисунок 30 – Пример для **Момент токовой рамки: в какую сторону будет вращаться рамка в каждом случае**

Сила Лоренца (\vec{F}_L [Н]) – сила, действующая на движущийся заряд в магнитном поле. (рис.31, 32)



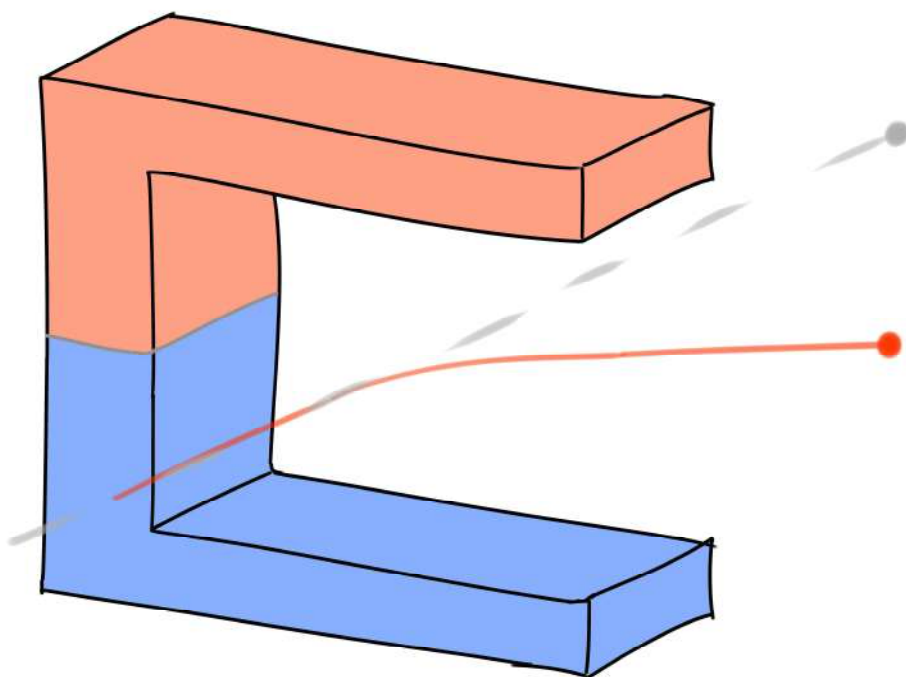


Рисунок 31 – Пример для Сила Лоренца: **поле** « утягивает » движущийся •

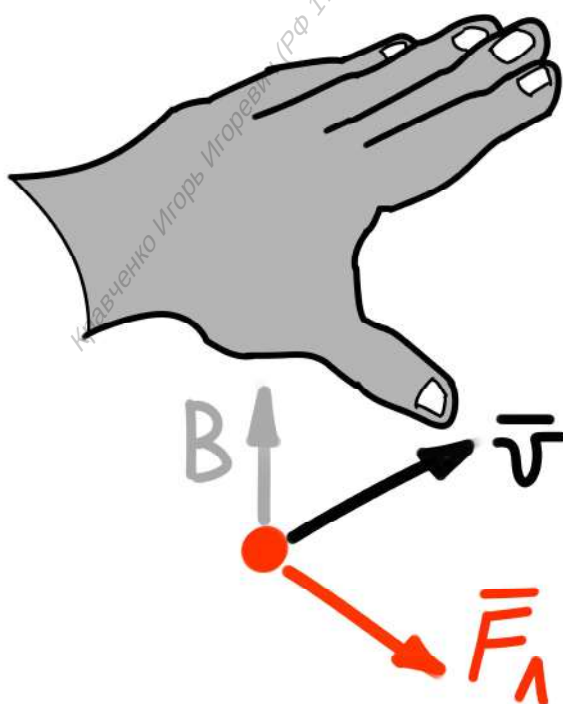


Рисунок 32 – Пример для Сила Лоренца: поле «толкает» движущийся •

!!!правило Лево́й Руки!!!:

« пальцы по скорости +заряда,

но

поле входит в ладонь,

а

большой палец по силе »





Внимание. Поле действует на **-заряд** наоборот: (рис.33)

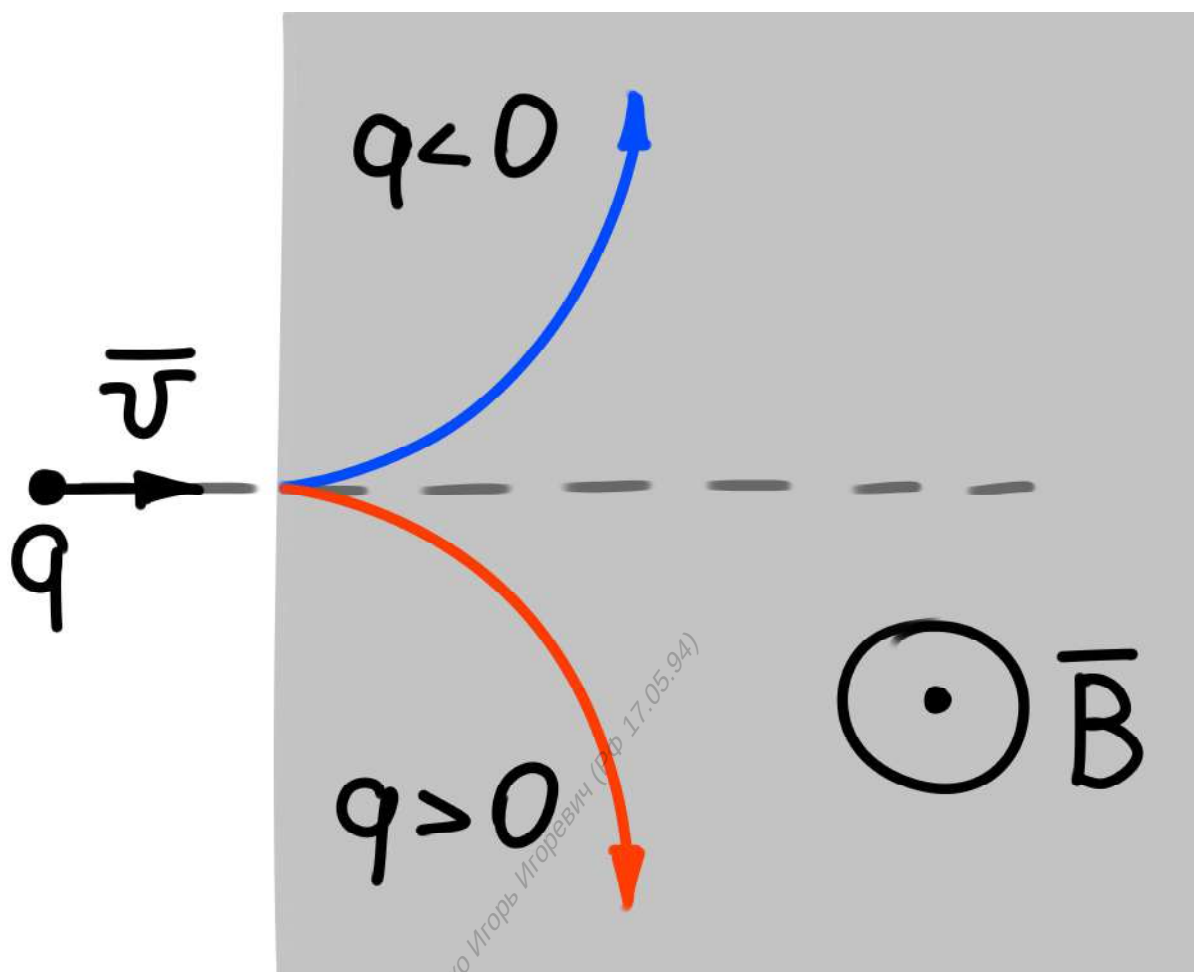


Рисунок 33 – Пример для Поле действует на **-заряд** наоборот:
поле « толкает » движущийся $\bullet \downarrow$, а движущийся $\bullet \uparrow$

Однородное магн.поле – поле, где $\bar{B} = \text{const}$: (рис.34)

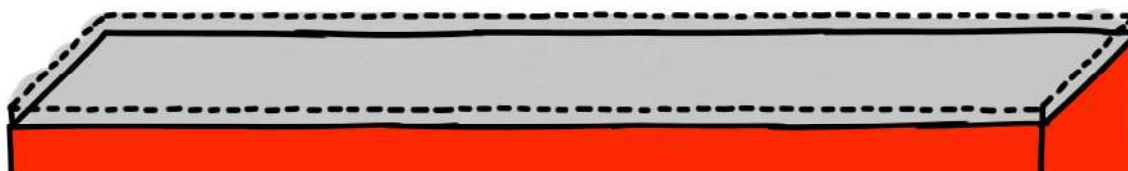


Рисунок 34 – Пример для Однородное эл.поле: магнитная плоскость.

$\bar{B} = \text{const}$ в **серой** области (расстояние до плоскости \ll размеров плоскости).





Движение заряда в однородном магн. поле: (рис.35)

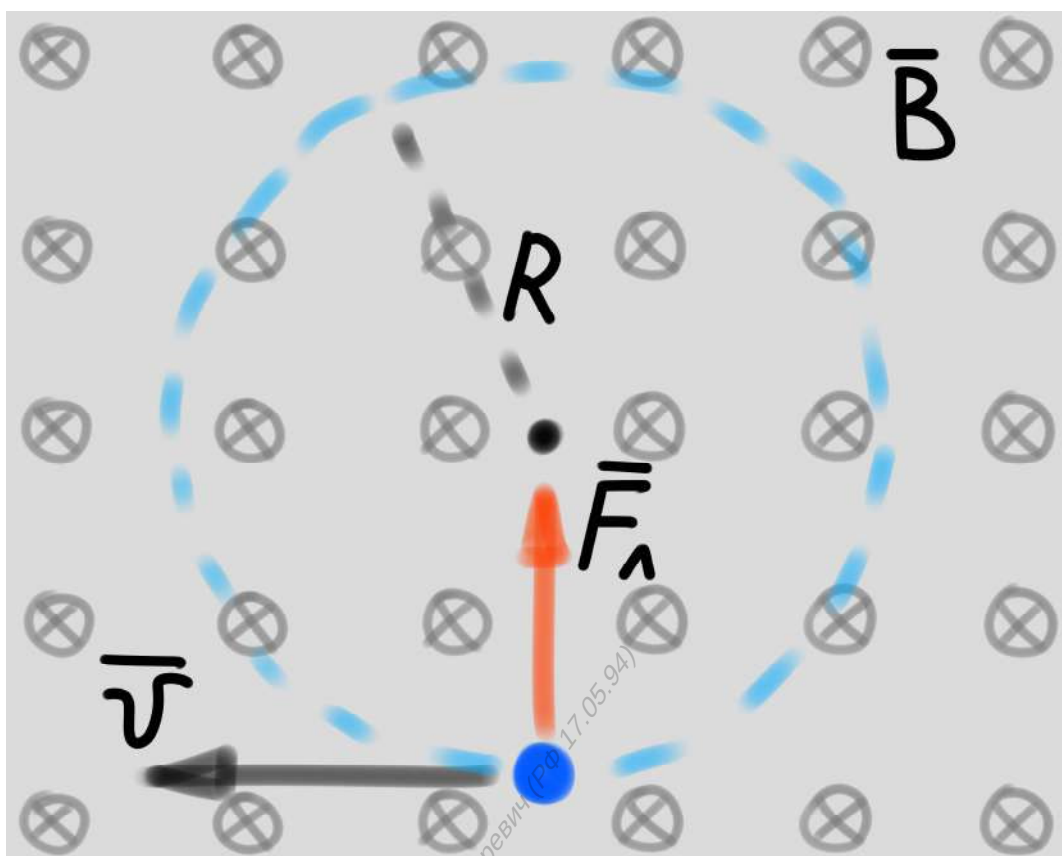


Рисунок 35 – Пример для Движение заряда в однородном магн. поле: по окружности

Магнитные свойства веществ: (рис.36)

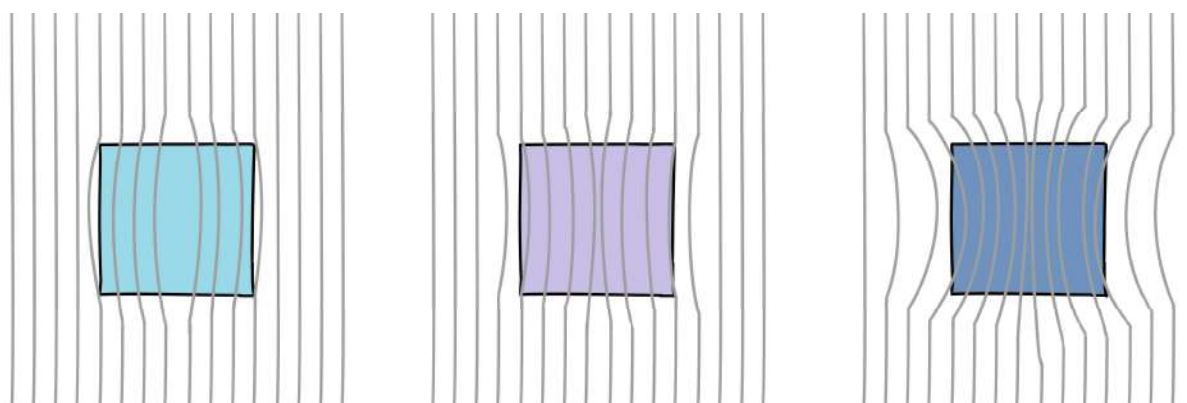


Рисунок 36 – Пример для Магнитные свойства веществ: слева направо:

- Диамagnetик **ослабляет** поле
- Парамагнетик **усиливает немного** поле
- Ферромагнетик **усиливает много** поле





ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Электромагнитная индукция (в общем) – появление электричества от магнетизма. (рис.1-7)

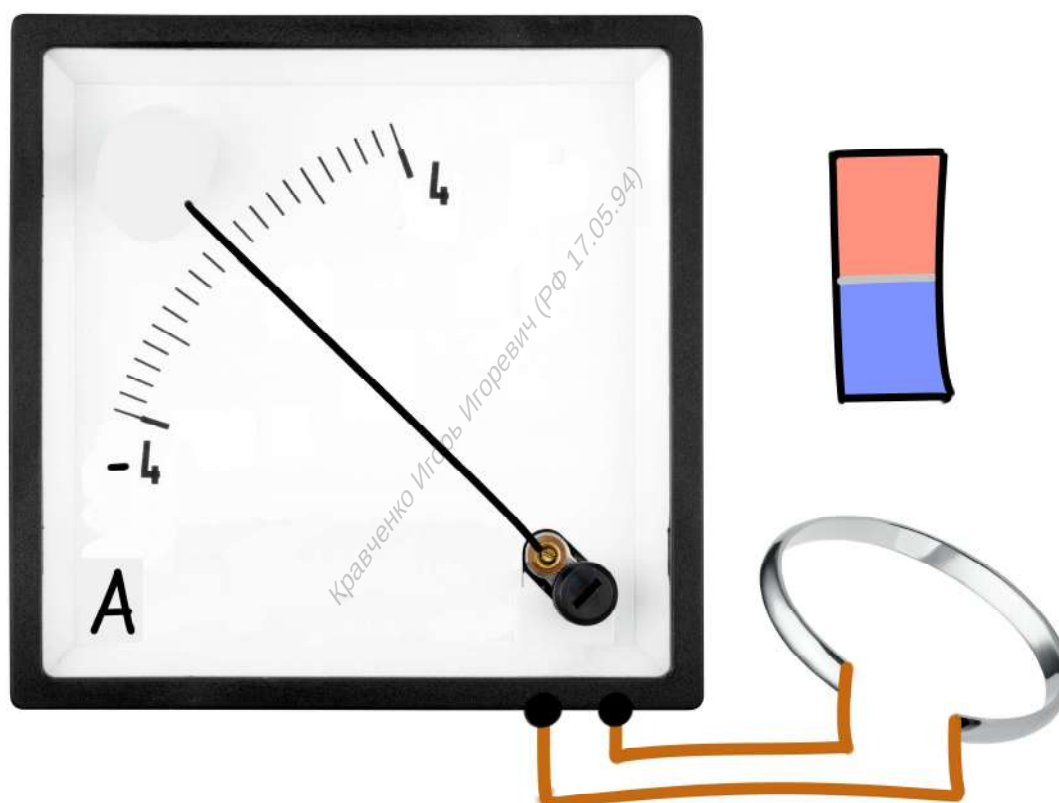


Рисунок 1 – Пример для Электромагнитная индукция: **магнит** покоится,
тока в кольце нет



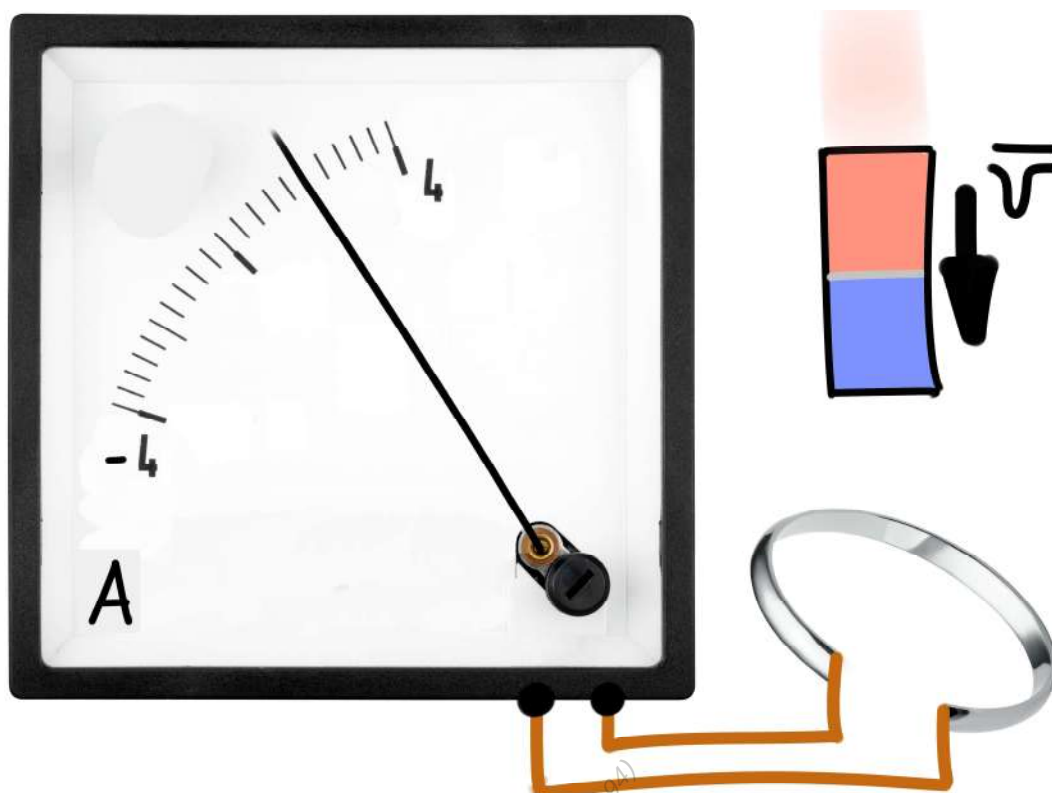


Рисунок 2 – Пример для Электромагнитная индукция: **магнит** входит, ток в кольце в одну сторону

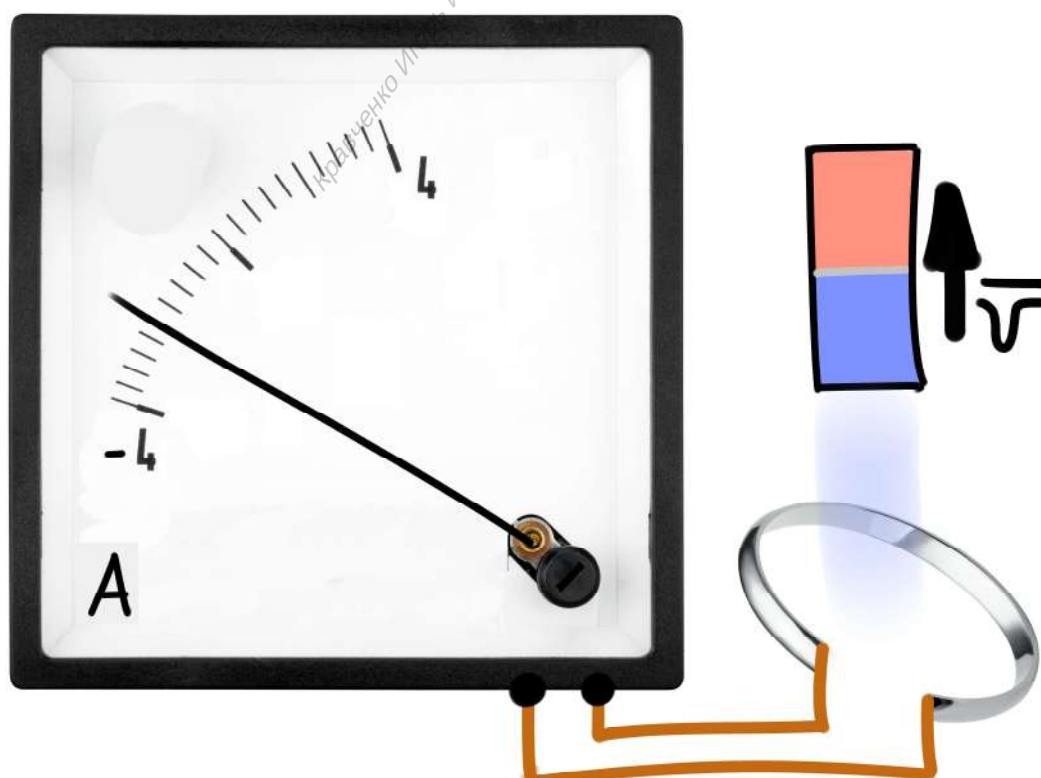


Рисунок 3 – Пример для Электромагнитная индукция: **магнит** выходит, ток в кольце в другую сторону



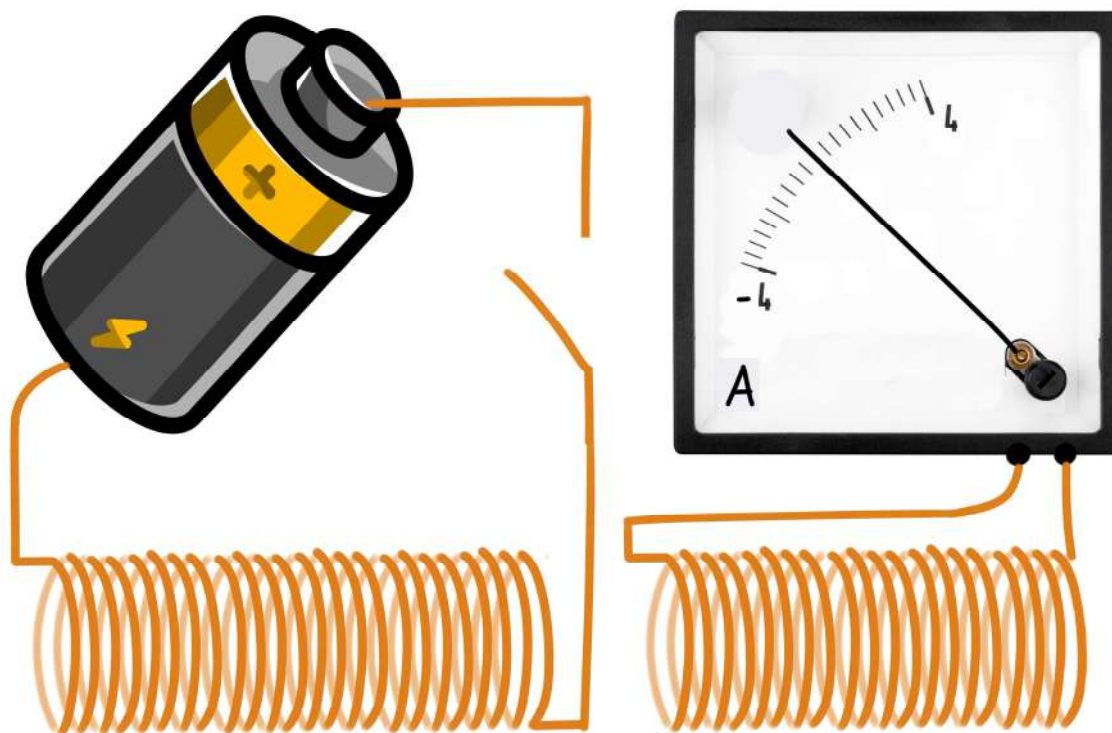


Рисунок 4 – Пример для Электромагнитная индукция: в левой цепи тока **нет**, в правой цепи тока **нет**

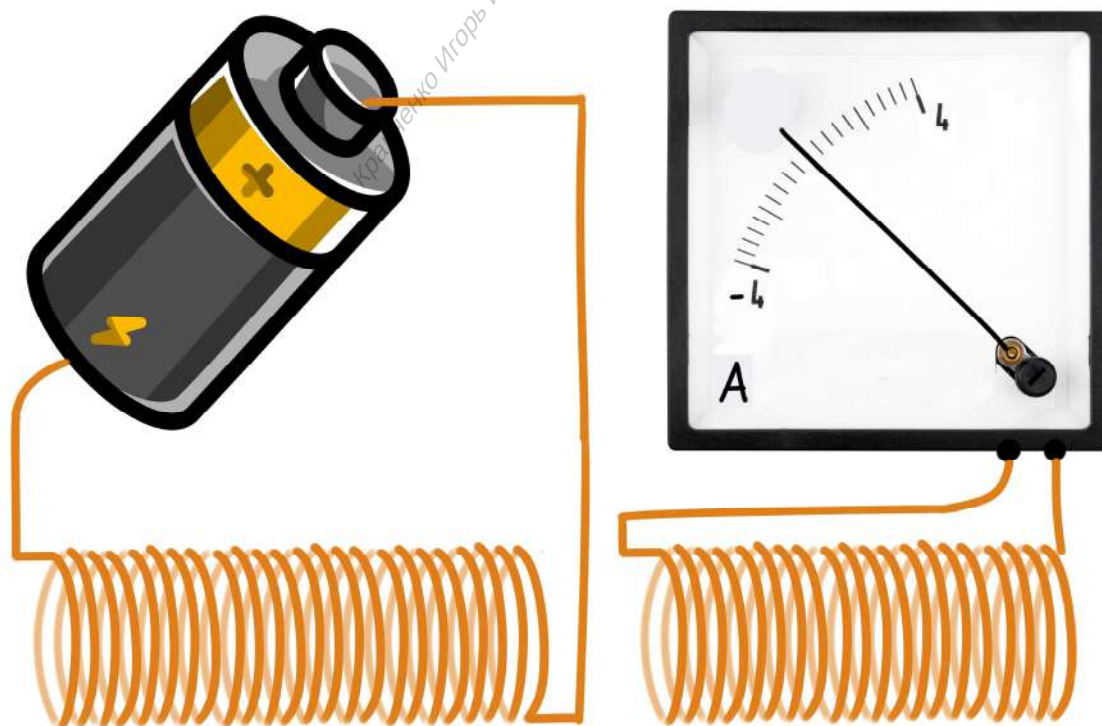


Рисунок 5 – Пример для Электромагнитная индукция: в левой цепи ток **есть**, в правой цепи тока **нет**



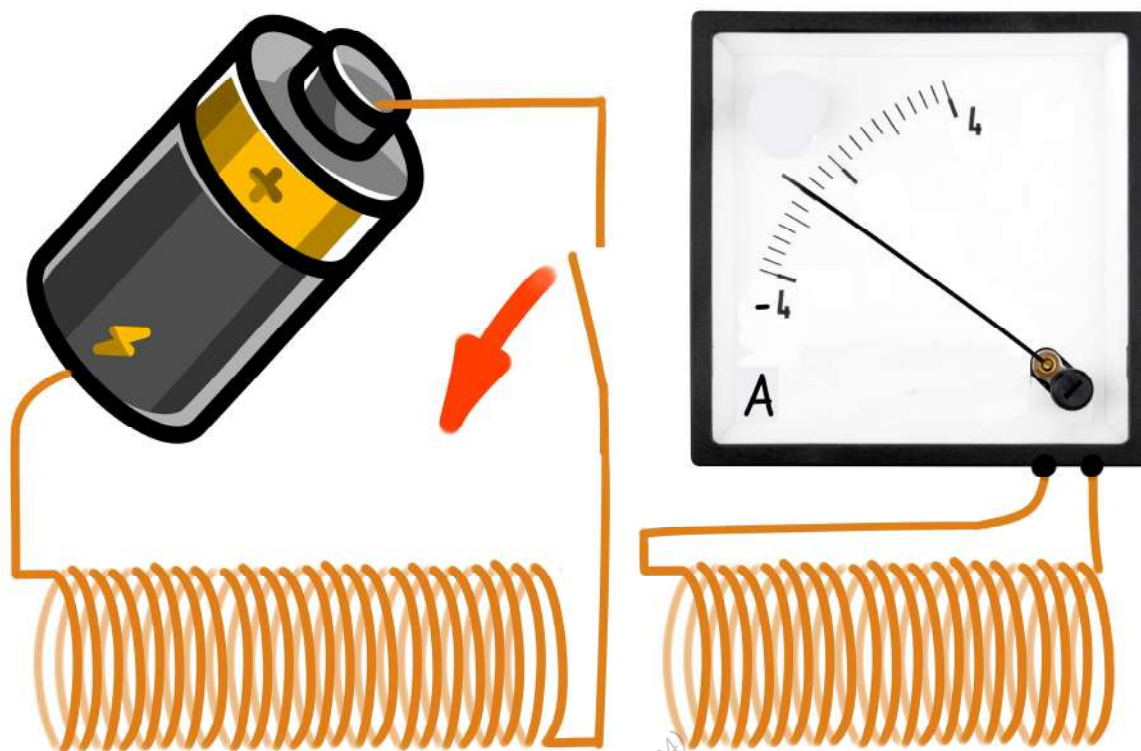


Рисунок 6 – Пример для Электромагнитная индукция: левая цепь **отключается**, в правой цепи **ток** в одну сторону

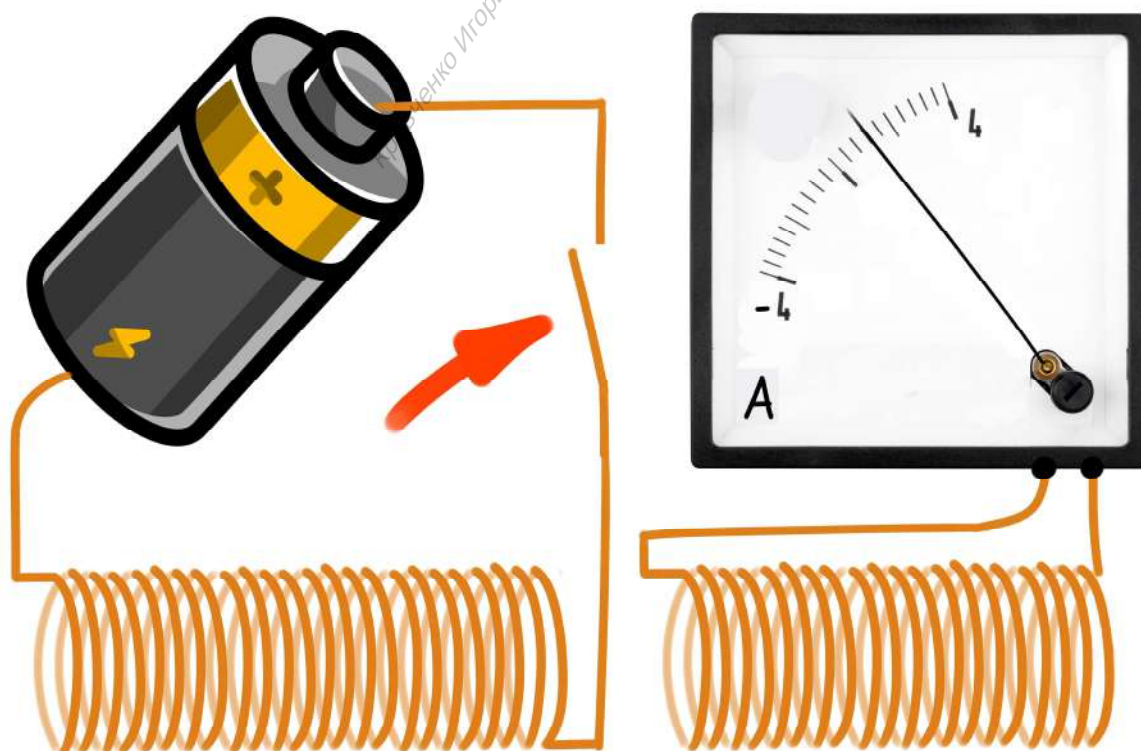


Рисунок 7 – Пример для Электромагнитная индукция: левая цепь **включается**, в правой цепи **ток** в другую сторону





Магнитный поток (Φ [Вб]) – характеристика поверхности пространства, показывающая « как интенсивно » магн.поле пересекает поверхность пространства. (рис.8, 9)

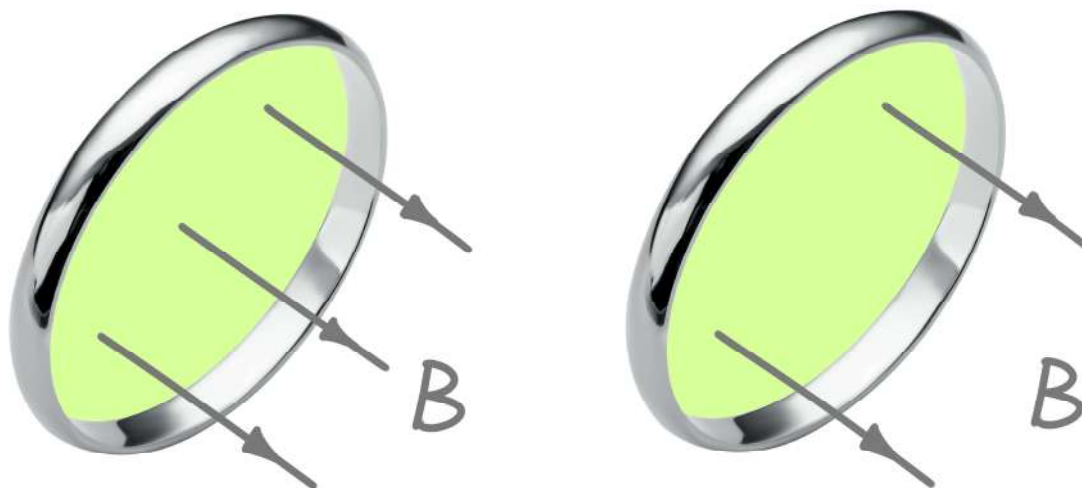


Рисунок 8 – Пример для **Магнитный поток**: где магнитный поток **больше** ?

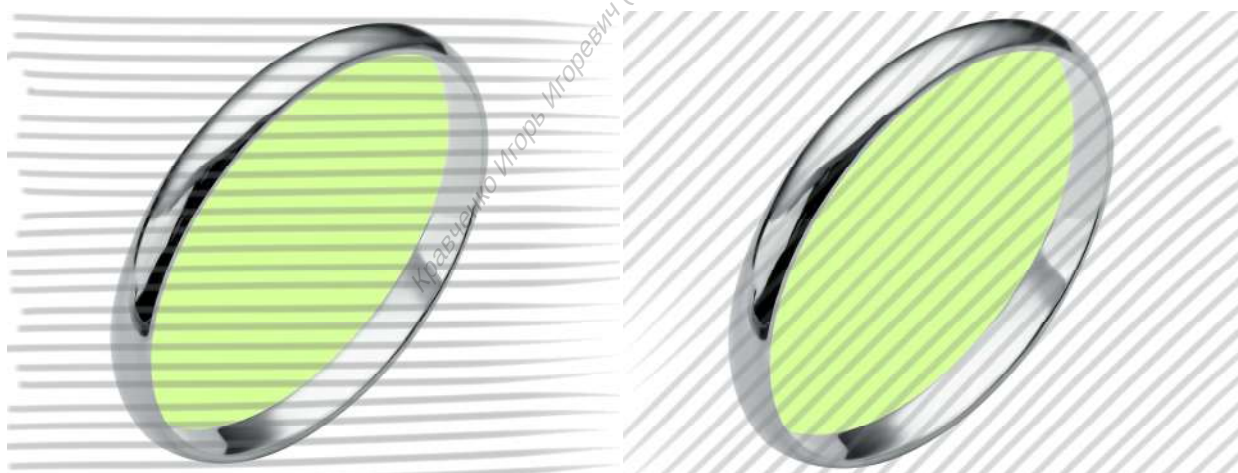


Рисунок 9 – Пример для **Магнитный поток**: где магнитный поток **больше** ?

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)

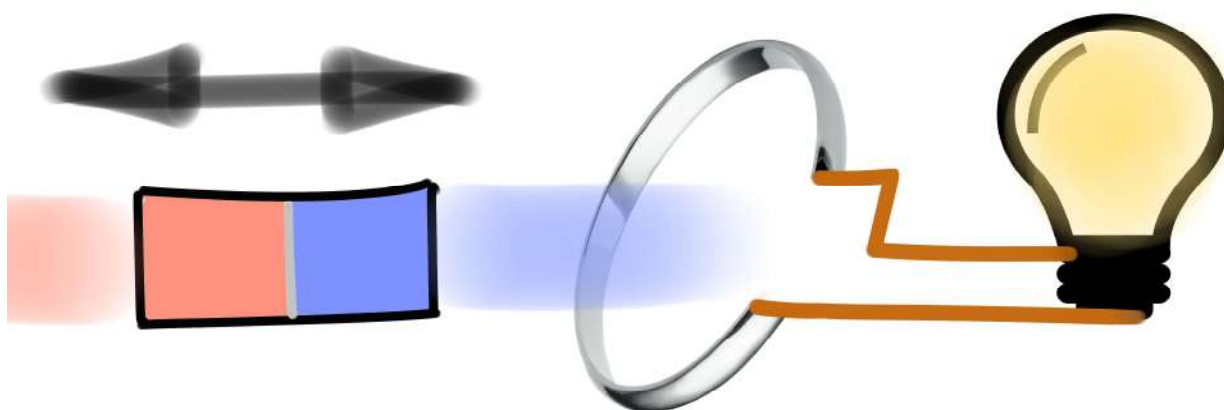


Рисунок 11 – Пример для **Явление электромагнитной индукции**: магнит **двигают** возле кольца с лампой \Rightarrow магнитный **поток** через кольцо **меняется**
 \Rightarrow **ток** по кольцу **течет** \Rightarrow лампа **горит**



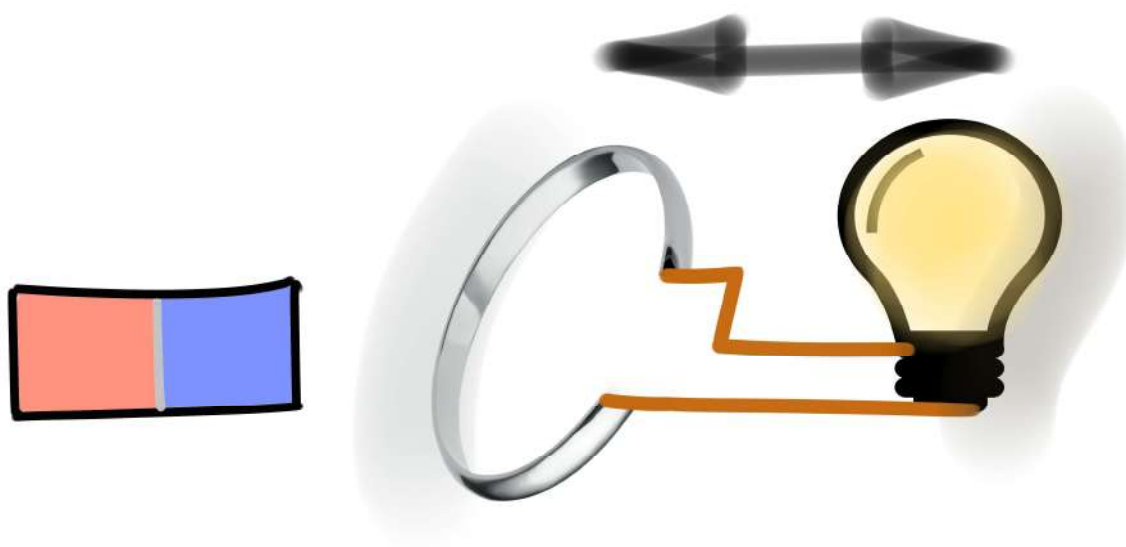


Рисунок 12 – Пример для **Явление электромагнитной индукции**: кольцо с лампой **двигают** возле магнита \Rightarrow магнитный **поток** через кольцо **меняется**
 \Rightarrow **ток** по кольцу **течет** \Rightarrow лампа **горит**

ЭДС индукции (\mathcal{E}_i [В]) – ЭДС , возникающая в **контуре** при **изменении** магнитного **потока** внутри **контур**. (рис.13)

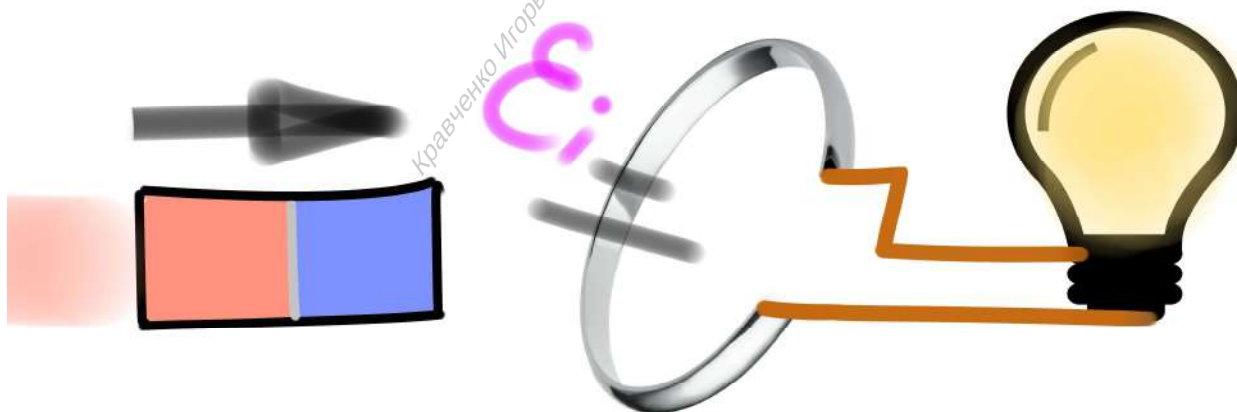


Рисунок 13 – Пример для **ЭДС индукции**: в кольце **возникает** « невидимая »
ЭДС , создающая **ток**





Закон электромагнитной индукции Фарадея:

« ЭДС индукции равна скорости (производной) изменения магнитного потока этого контура »

(рис.14, 15)

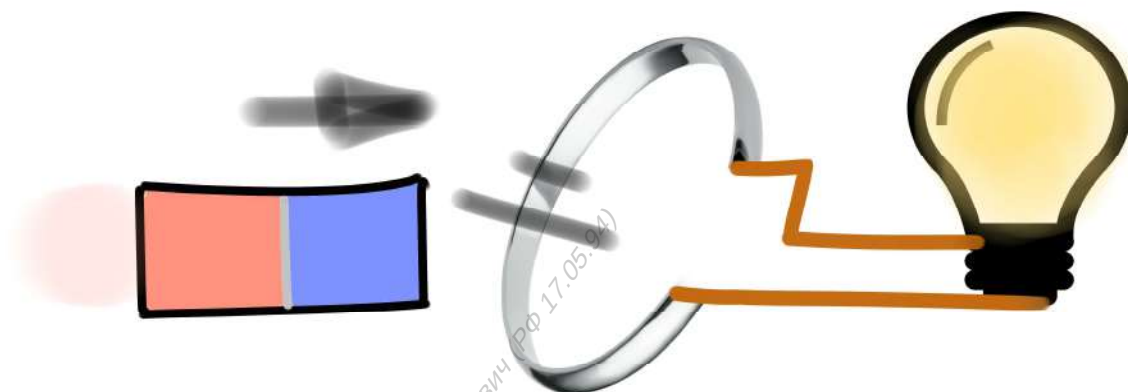


Рисунок 14 – Пример для Закон электромагнитной индукции Фарадея:
магнит **вдвигают медленно** \Rightarrow магнитный поток **меняется медленно** \Rightarrow
ЭДС индукции малая \Rightarrow ток в кольце **малый** \Rightarrow лампа **светит слабо**

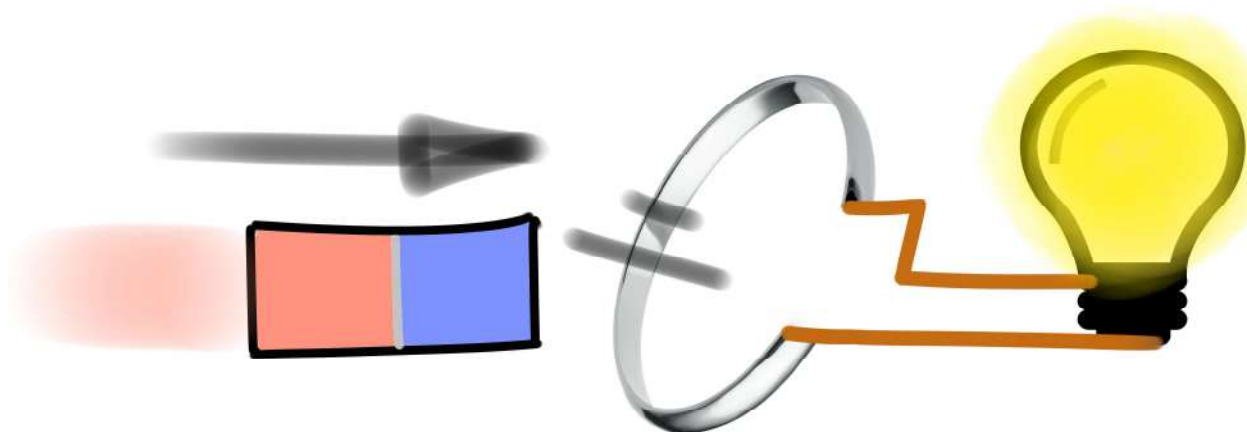


Рисунок 15 – Пример для Закон электромагнитной индукции Фарадея:
магнит **вдвигают быстро** \Rightarrow магнитный поток **меняется быстро** \Rightarrow ЭДС
индукции **большая** \Rightarrow ток в кольце **большой** \Rightarrow лампа **светит сильно**





ЭДС индукции в прямом проводнике, движущемся ($\vec{v} \perp \vec{l}$) в однородном магн. поле: (рис.16-18)

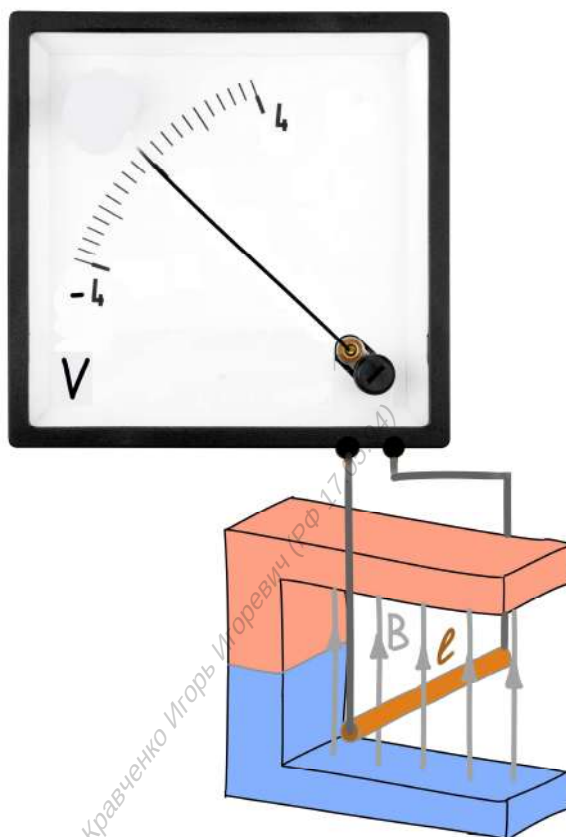


Рисунок 16 – Пример для ЭДС индукции в прямом проводнике:
проводник покоится относительно магн.поля , вольтметр показывает « 0 »



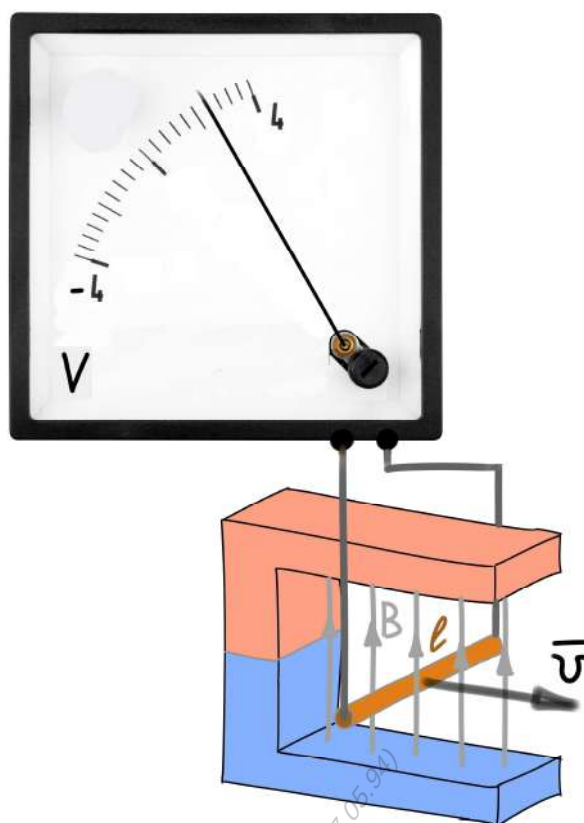


Рисунок 17 – Пример для ЭДС индукции в прямом проводнике: проводник движется относительно магн.поля , вольтметр показывает **напряжение**

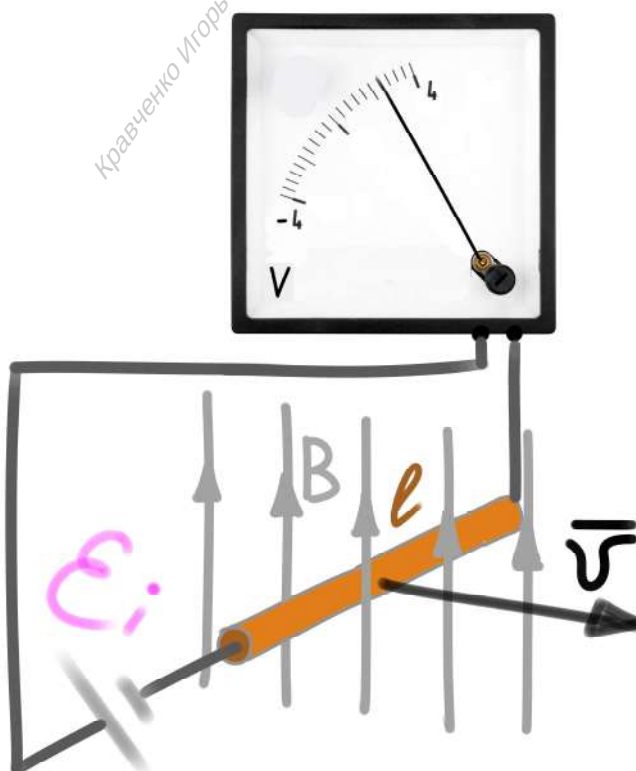


Рисунок 18 – Пример для ЭДС индукции в прямом проводнике: вольтметр показывает **напряжение** , так как в проводе появилась « невидимая » **ЭДС индукции**





Индукционный ток (I_i [A]) – ток из-за электромагнитной индукции.
(рис.19)

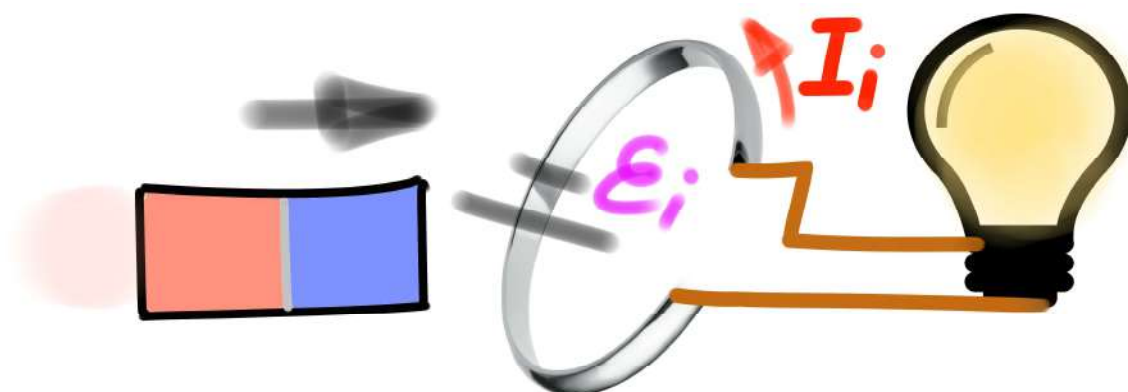


Рисунок 19 – Пример для **Индукционный ток: из-за ЭДС индукции**

Внешний магнитный поток – поток, создающий индукционный ток.
(рис.20)

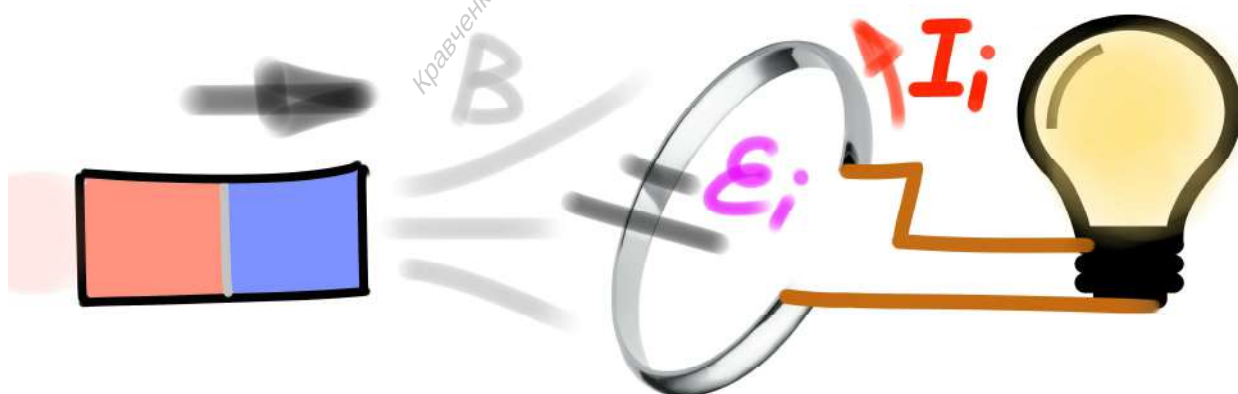


Рисунок 20 – Пример для **Внешний магнитный поток: от магнита**

Собственный магнитный поток – поток от индукционного тока. (рис.21)



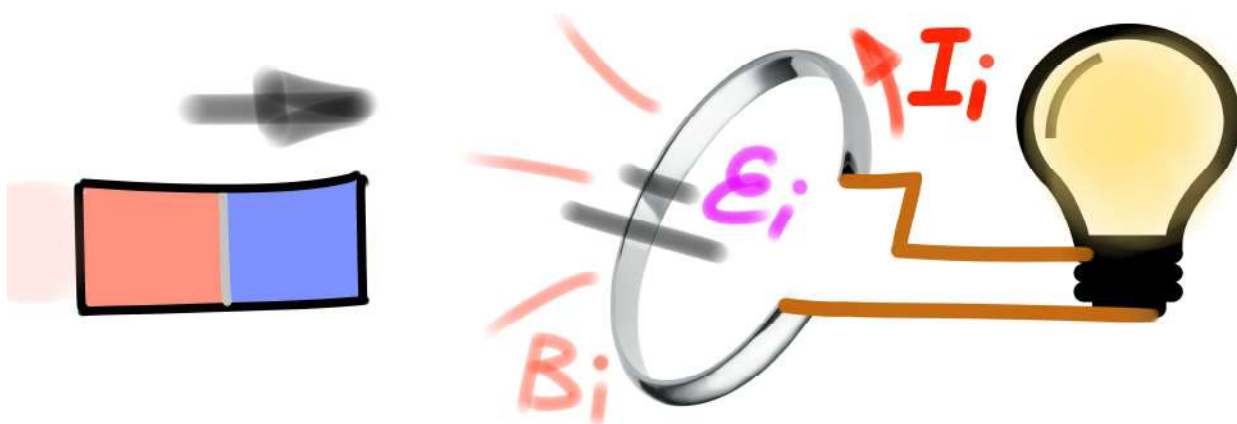
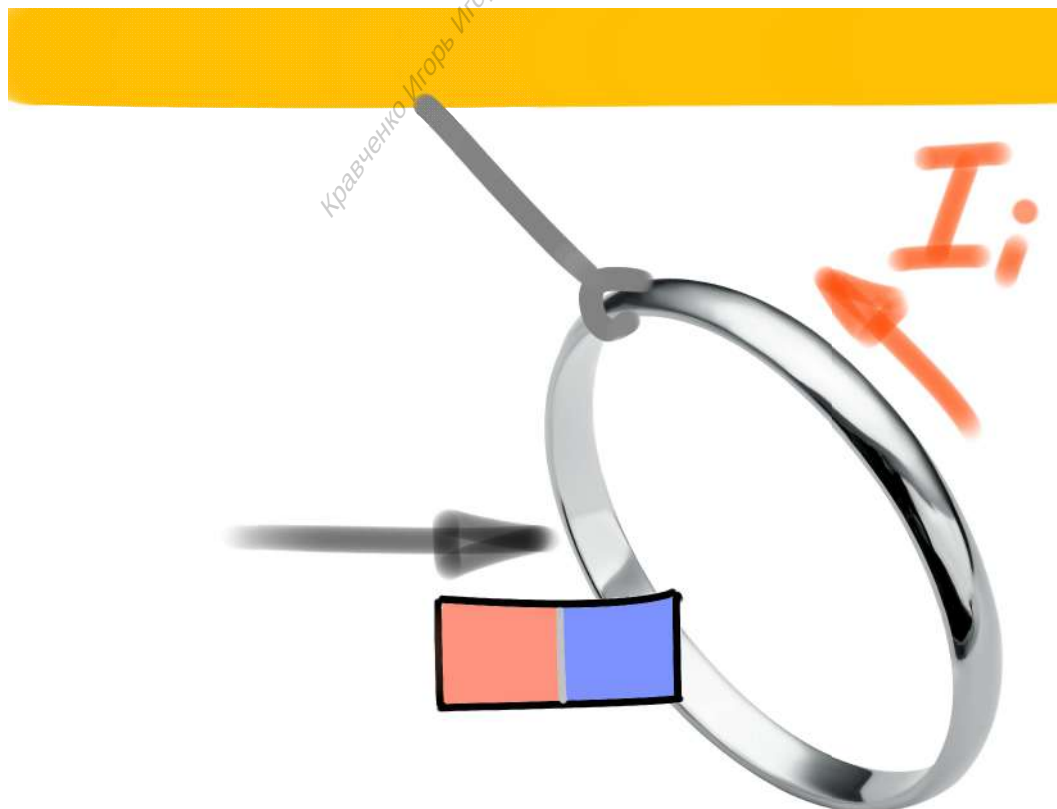


Рисунок 21 – Пример для **Внешний магнитный поток**: от кольца

Правило Ленца:

« **Индукционный ток** всегда имеет такое **направление**, что **собственный магнитный поток препятствует изменению внешнего магнитного потока** »

(рис.22)



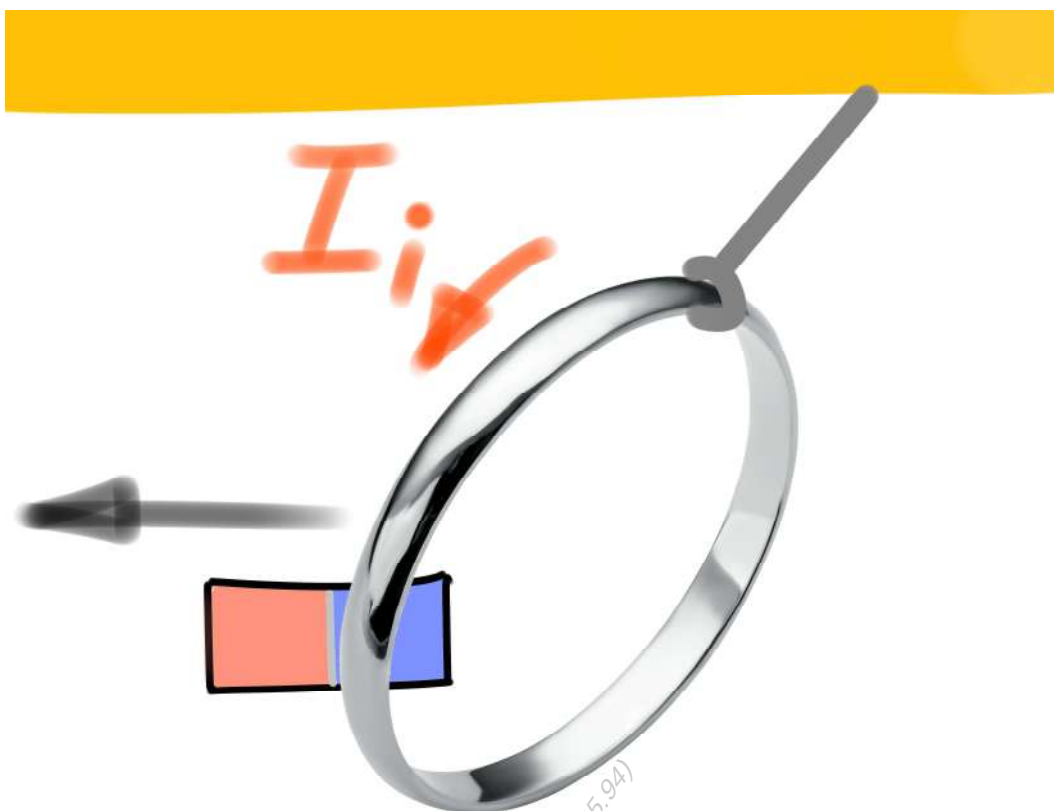


Рисунок 22 – Пример для **Правило Ленца**:

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)

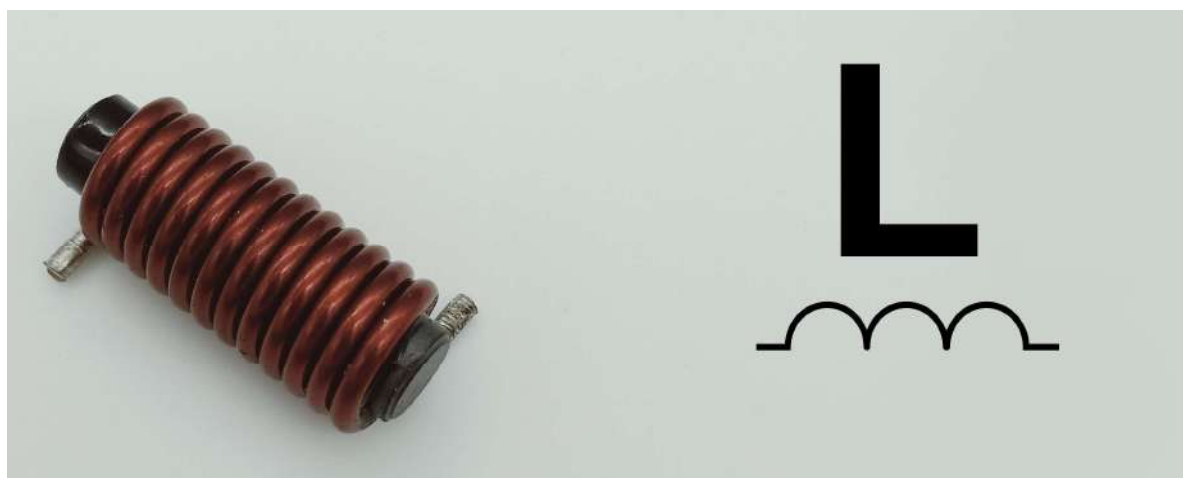


Рисунок 22а – Пример для **Катушка**: в приборе; на чертеже





Индуктивность (L [Гн]) – способность контура создавать собственный магнитный поток. (рис.23)

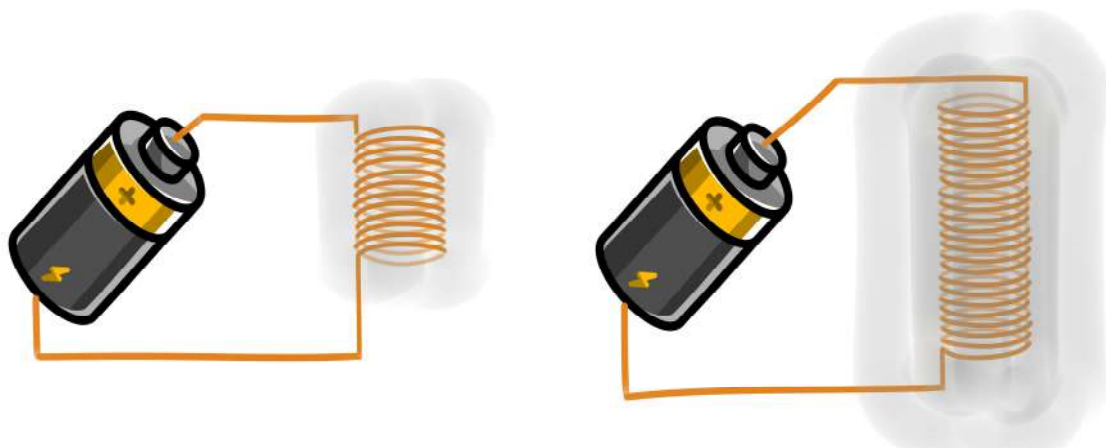
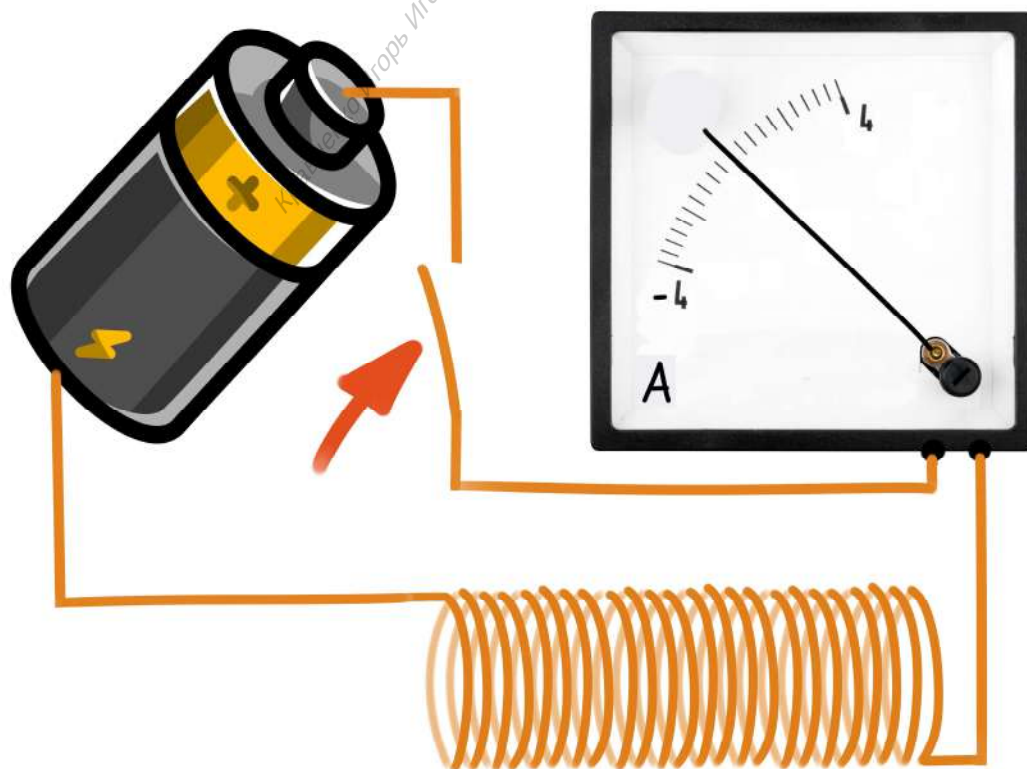


Рисунок 23 – Пример для **Индуктивность**: токи катушек одинаковы. **Левая** создает **слабее поле** \Rightarrow **меньше индуктивность** у левой.

Самоиндукция – возникновение ЭДС индукции в контуре при изменении тока контура. (рис.24)



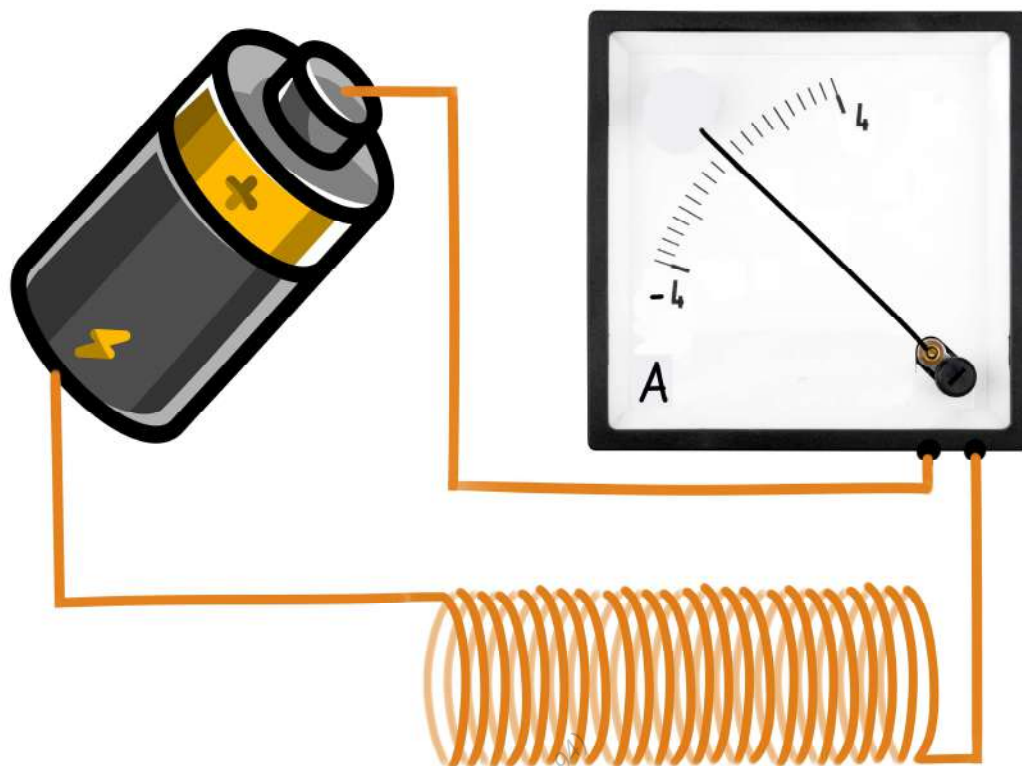


Рисунок 24 – Пример для **Самоиндукция**: сверху вниз:
цепь **включается**. **Сразу после включения тока нет**, так как катушка
чувствует изменение тока и создает « невидимую » ЭДС индукции,
препятствующую изменению тока.

ЭДС самоиндукции (\mathcal{E}_{si} [В]) – ЭДС индукции в контуре из-за изменения
тока контура. (рис.25)



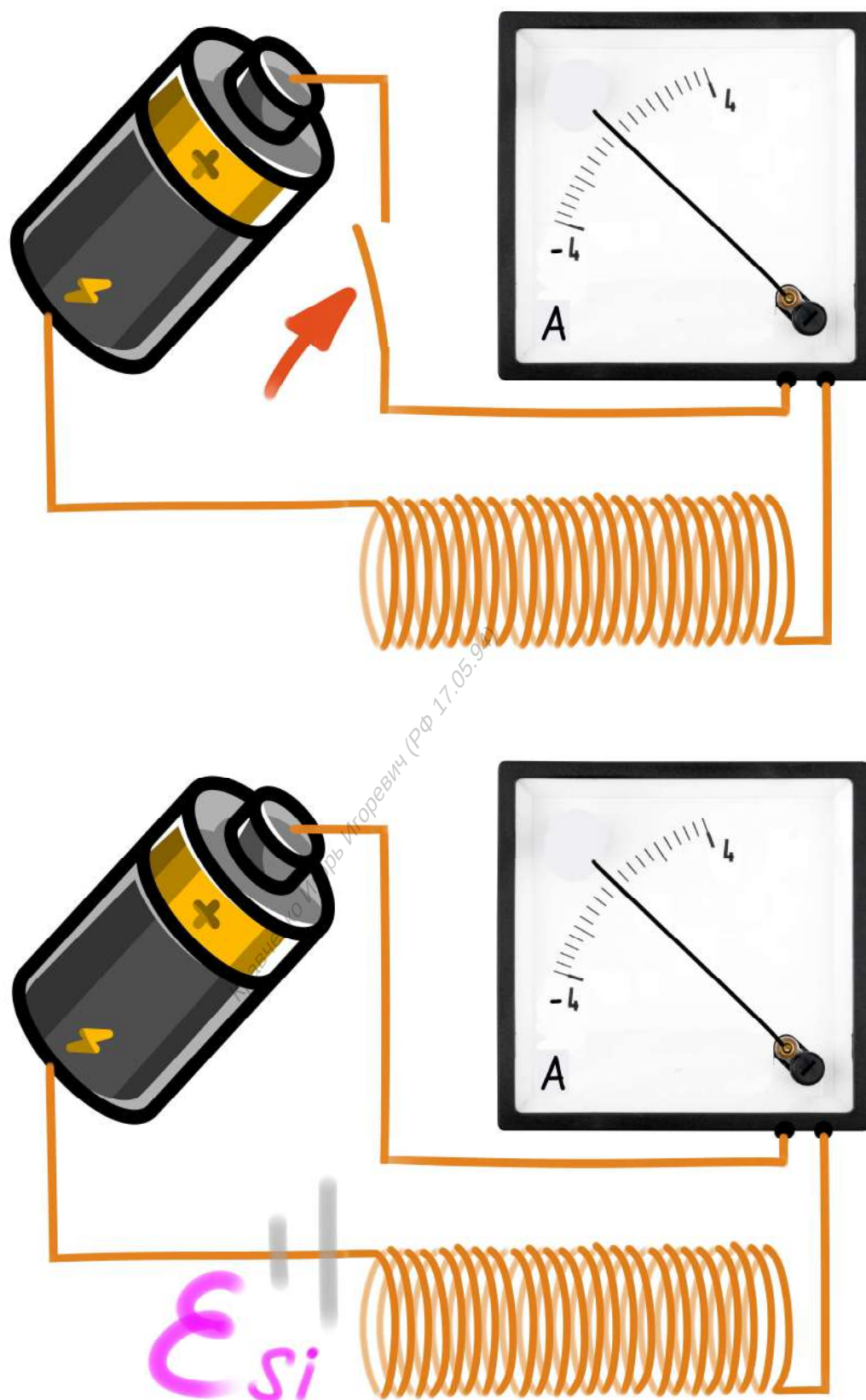


Рисунок 25 – Пример для ЭДС самоиндукции: в катушке **возникает**
« невидимая » ЭДС , **препятствующая изменению тока**





Энергия катушки (W_L [Дж]) – энергия в катушке с током. (рис.26-29)

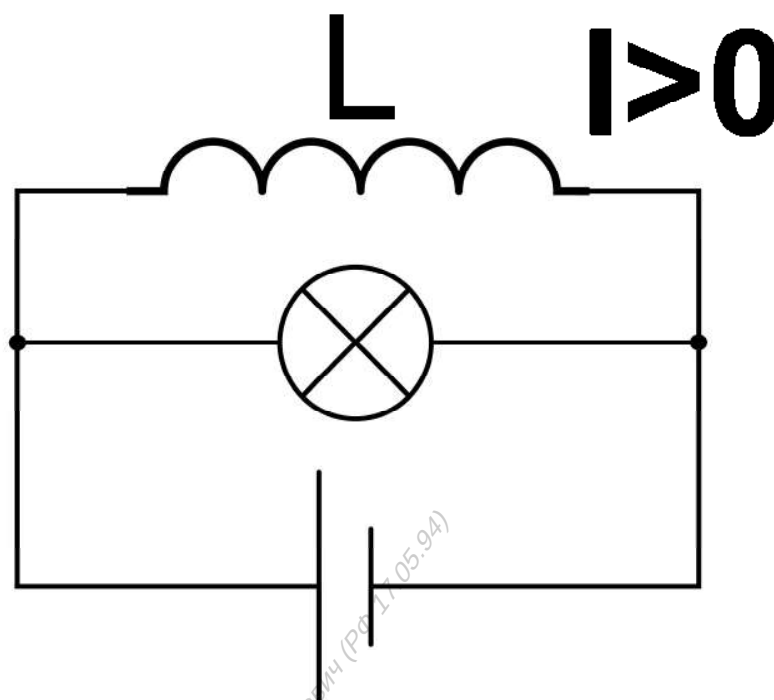


Рисунок 26 – Пример для Энергия катушки: катушка с током / энергией

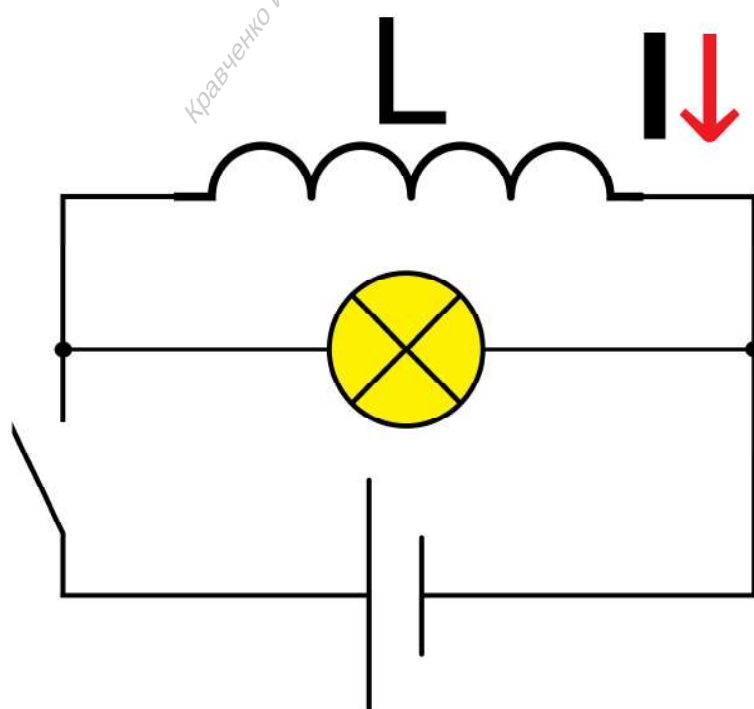


Рисунок 27 – Пример для Энергия катушки: катушка отсоединяется от источника.
Лампа загорается. Ток катушки уменьшается.



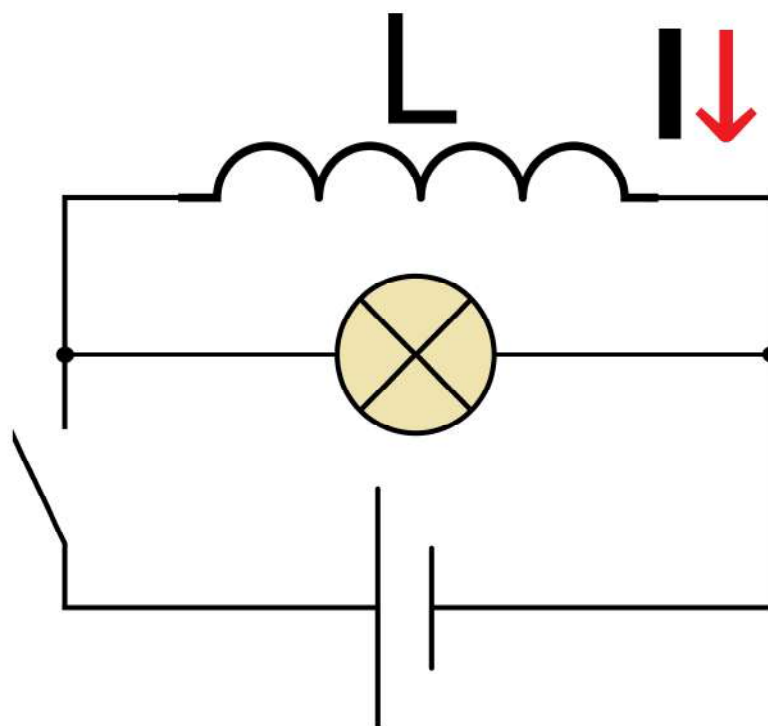


Рисунок 28 – Пример для **Энергия катушки**: через время лампа горит хуже. Ток катушки уменьшается далее.

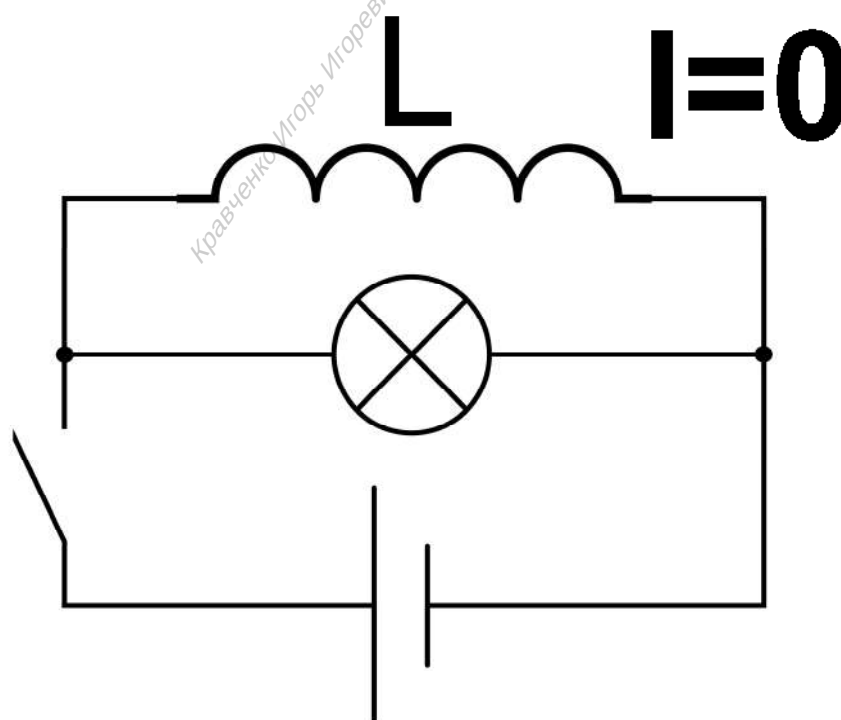


Рисунок 29 – Пример для **Энергия катушки**: спустя время лампа **НЕ** горит. Тока в катушке **нет**. Энергия была потрачена на лампу.





ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Электромагнитные колебания – периодические изменения: или заряда, или тока, или напряжения в электрической цепи. (рис.1-5)

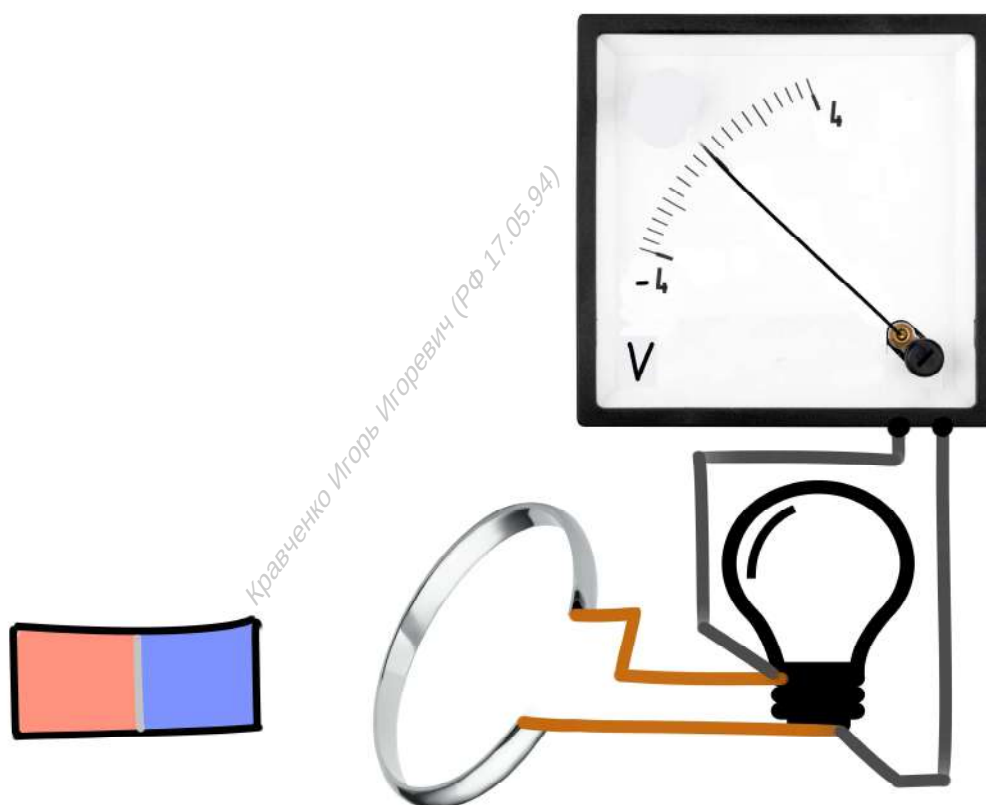


Рисунок 1 – Пример для Электромагнитные колебания: **магнит** покоится.

В контуре с лампой **тока нет** (вольтметр показывает **напряжение « 0 »**).



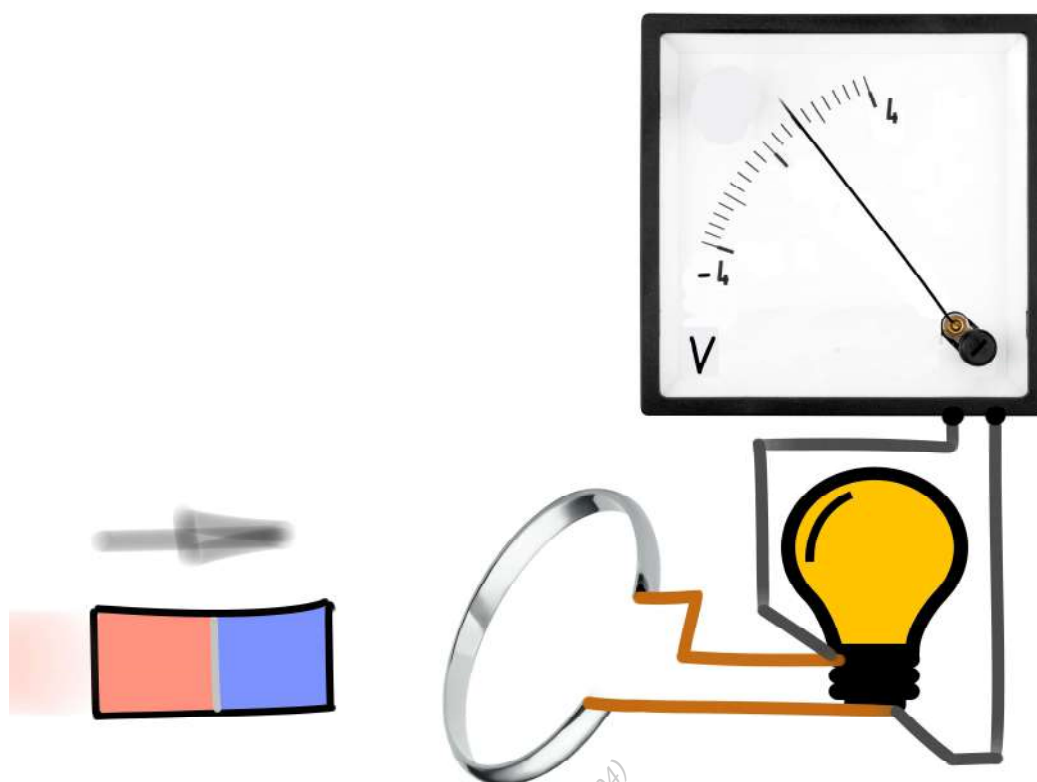


Рисунок 2 – Пример для Электромагнитные колебания: **магнит** входит N полюсом. В контуре с лампой **ток в одну сторону** (вольтметр показывает **+напряжение**).

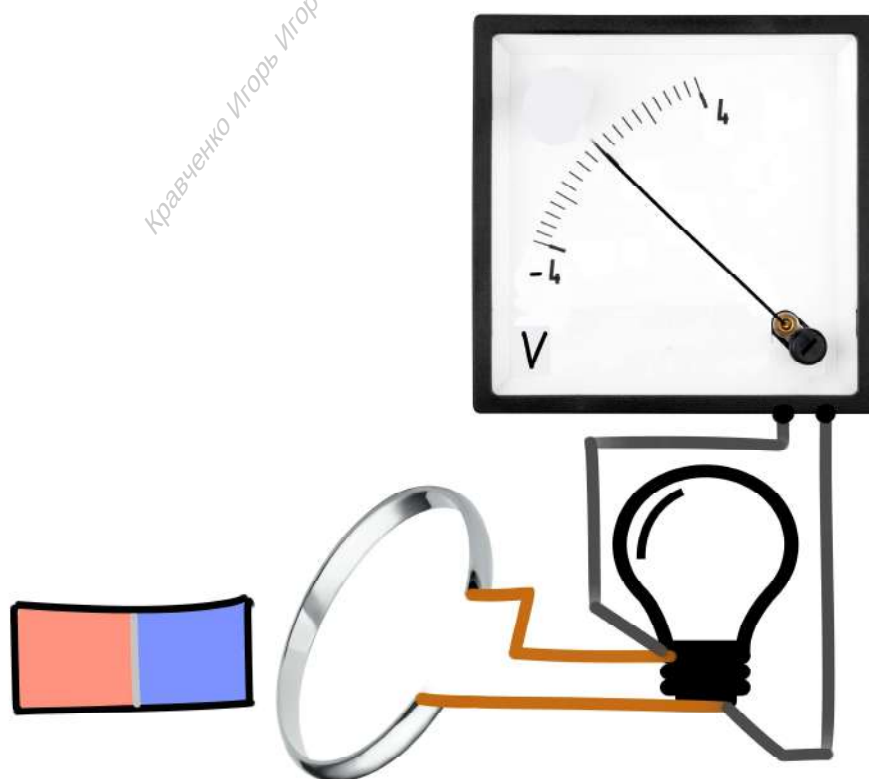


Рисунок 3 – Пример для Электромагнитные колебания: **магнит** покоится рядом с контуром. В контуре с лампой **тока нет** (вольтметр показывает **напряжение « 0 »**).



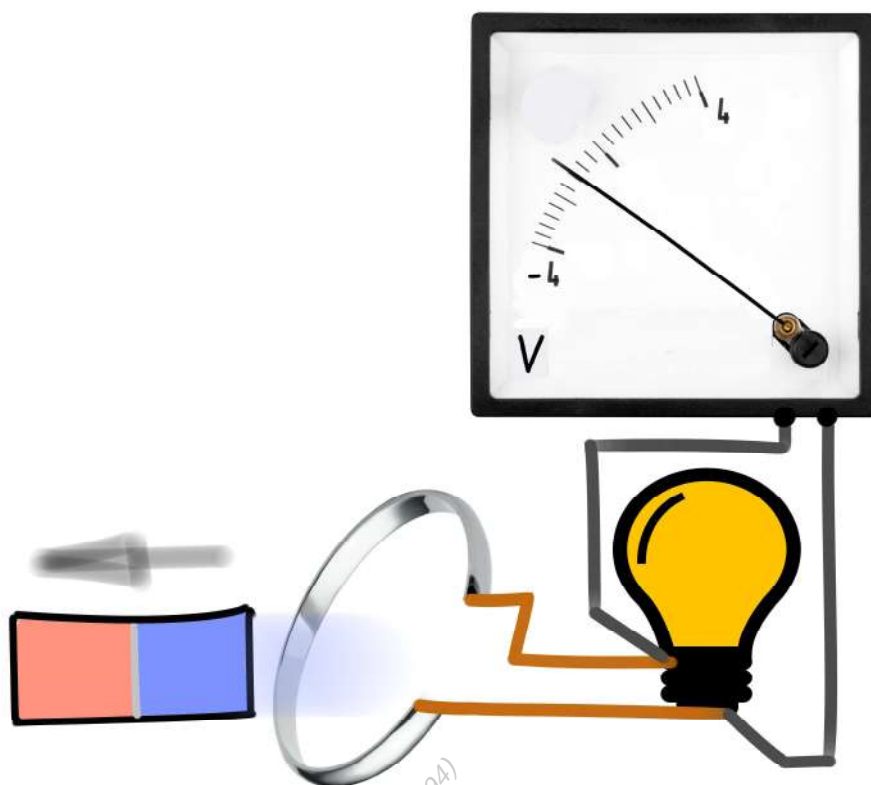


Рисунок 4 – Пример для Электромагнитные колебания: **магнит** выходит N полюсом. В контуре с лампой **ток в другую сторону** (вольтметр показывает **-напряжение**).

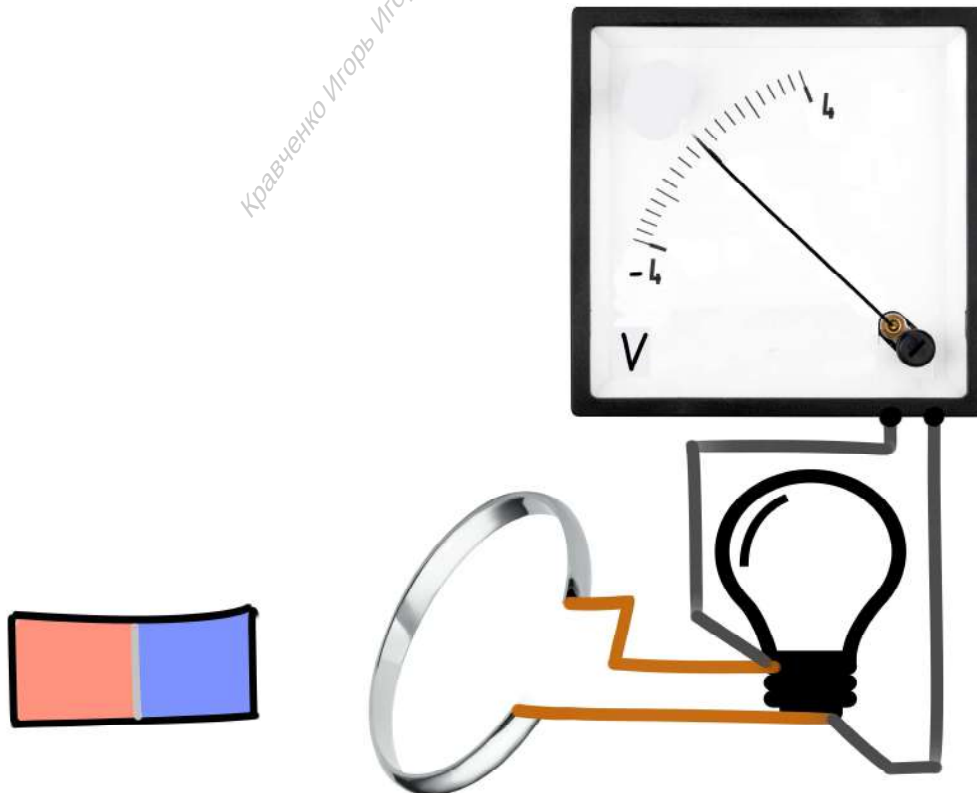


Рисунок 5 – Пример для Электромагнитные колебания: **магнит** покоится снаружи контура. В контуре с лампой **тока нет** (вольтметр показывает **напряжение « 0 »**).





Колебательный контур – цепь из катушки и конденсатора. (рис.6)

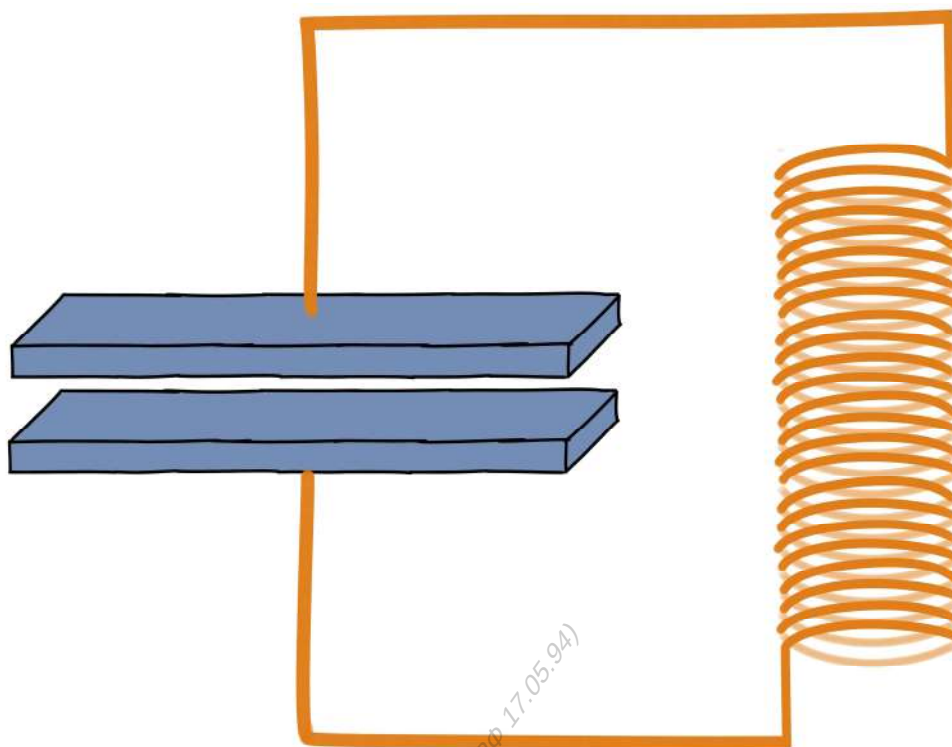


Рисунок 6 – Пример для **Колебательный контур**: соединены проводами

Виды Колебательных контуров:

1. **Реальный**: $\Gamma_{\text{проводов}} \neq 0$. (рис.7)

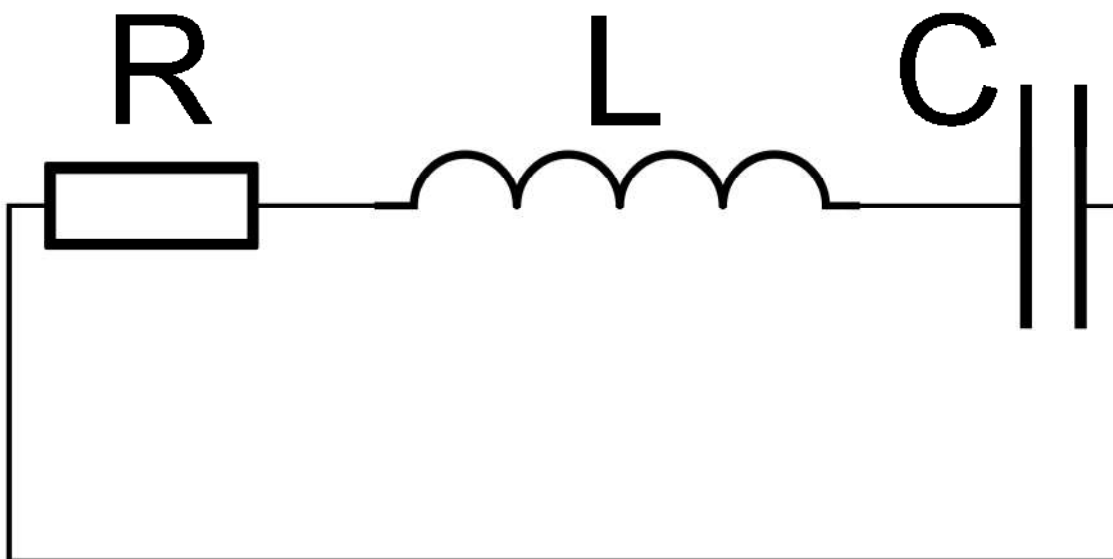


Рисунок 7 – Пример для **Реальный Колебательный контур**: RLC-цепь





2. Идеальный: $r_{\text{проводов}} = 0$. (рис.8)

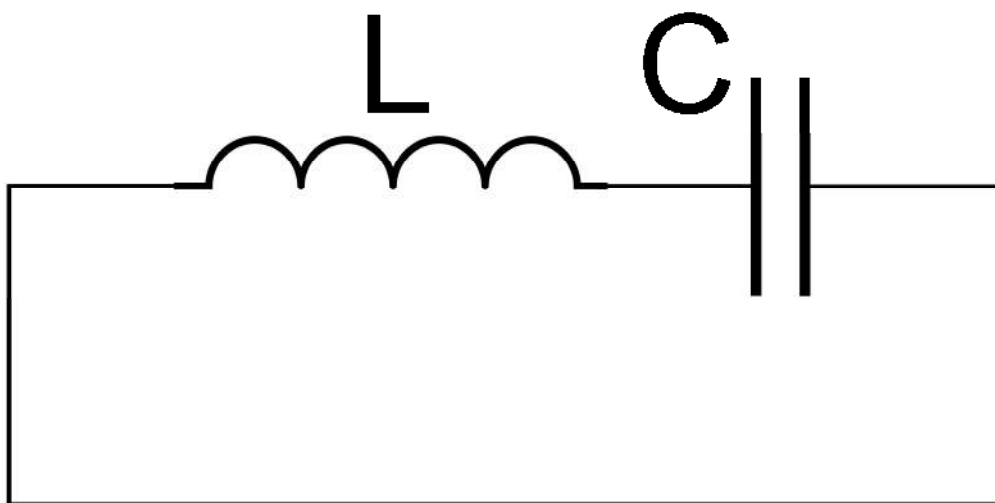


Рисунок 8 – Пример для **Идеальный Колебательный контур**: только L и C

Свободные эл.магн. колебания – эл.магн. колебания **без внешней силы** ;
источника энергии. (рис.9)

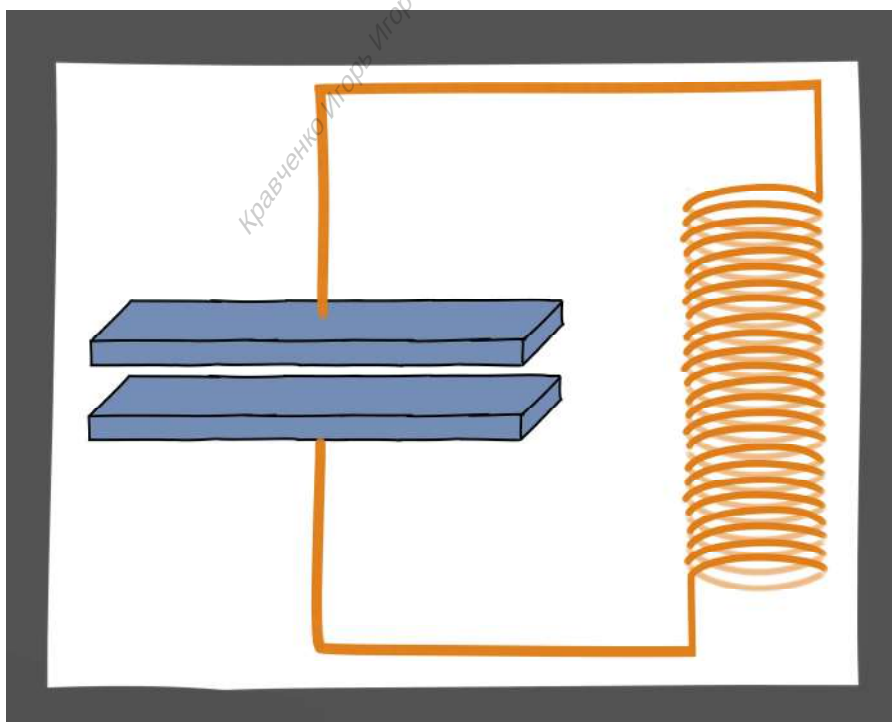


Рисунок 9 – Пример для **Свободные электромагнитные колебания**:
в колебательном контуре эл.магн. колебания,

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)

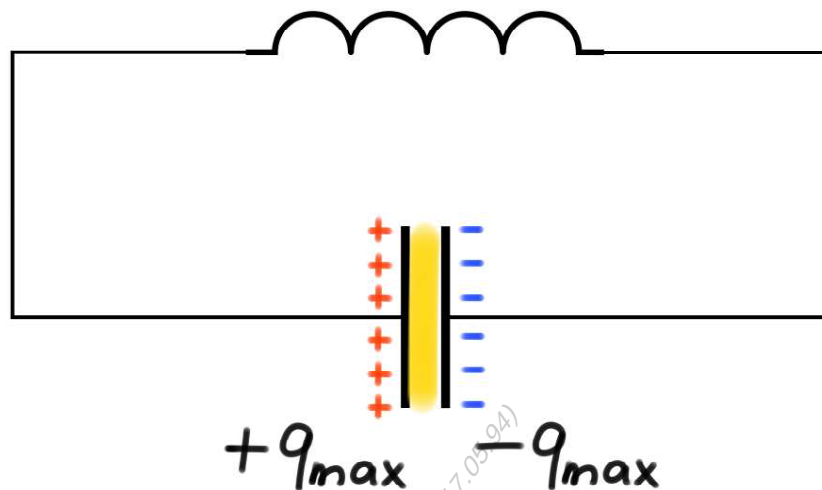


Рисунок 10 – Пример для **Начальный момент**: конденсатор заряжен, тока катушки нет

2. Первая четверть периода: $0 < t < T/4$. (рис.11)

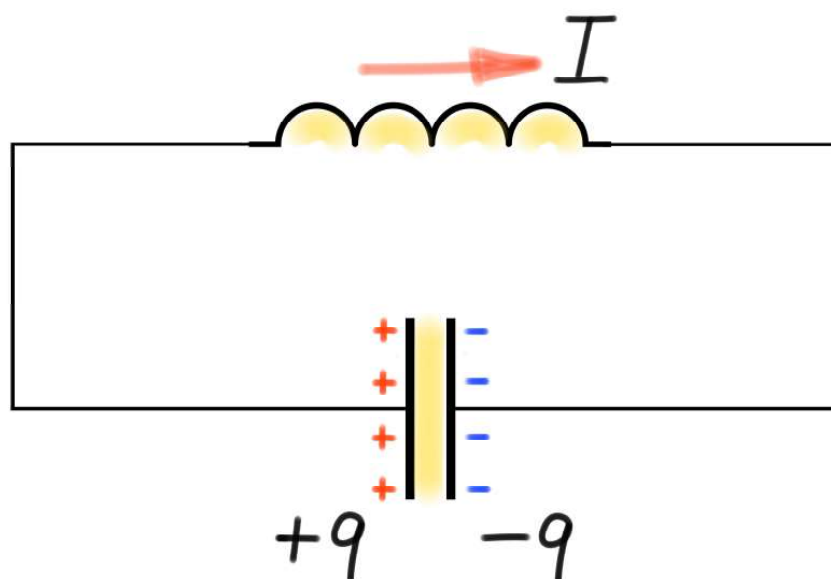


Рисунок 11 – Пример для **Первая четверть периода**: конденсатор разряжается, ток катушки нарастает





3. Конец первой четверти периода: $t = T/4$. (рис.12)

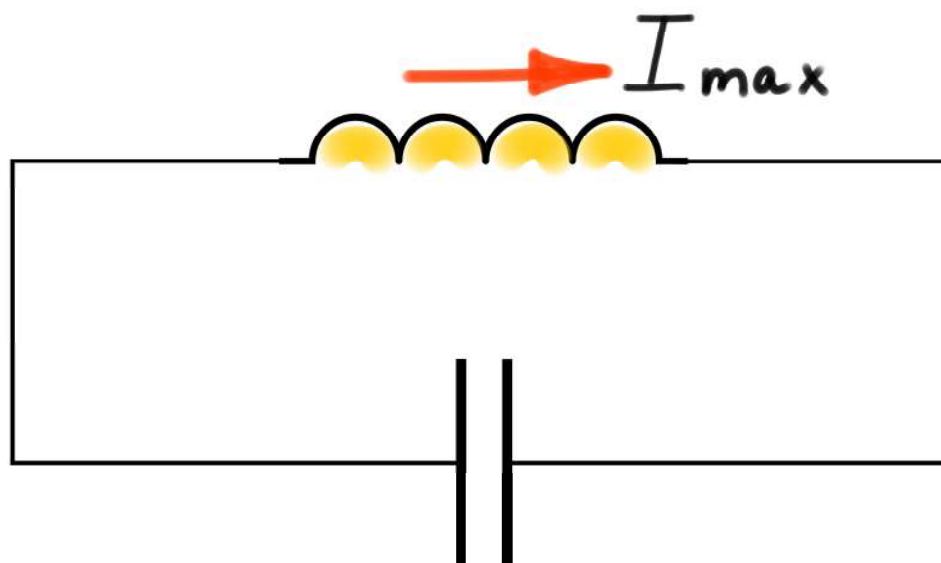


Рисунок 12 – Пример для **Конец первой четверти периода: конденсатор разряжен, ток катушки максимален**

4. Вторая четверть периода: $T/4 < t < T/2$. (рис.13)

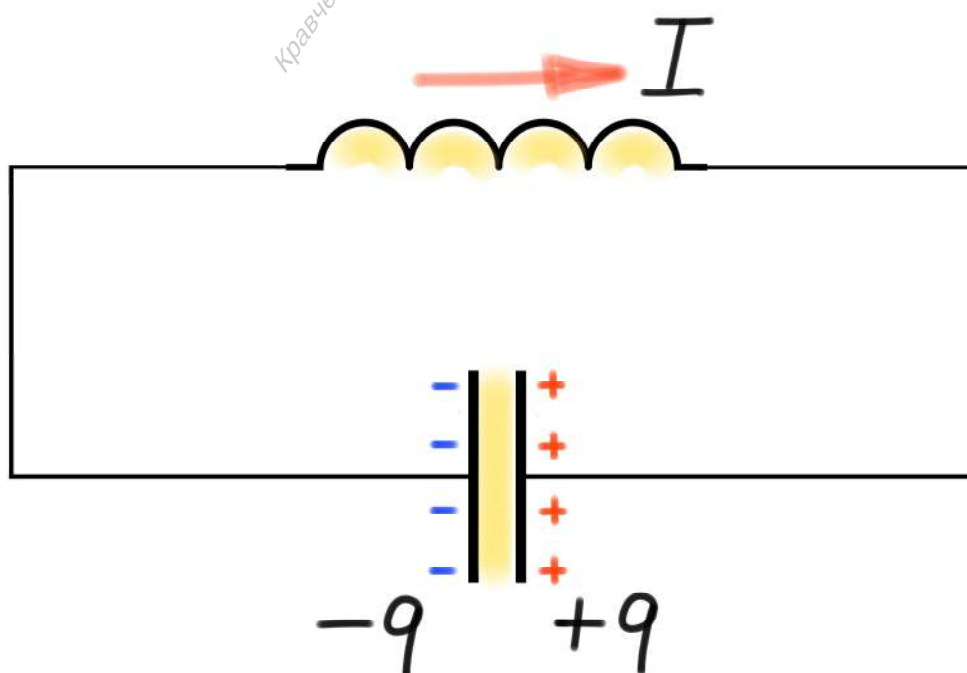


Рисунок 13 – Пример для **Вторая четверть периода: конденсатор заряжается наоборот, ток катушки убывает**





5. Конец второй четверти периода: $t = T/2$. (рис.14)

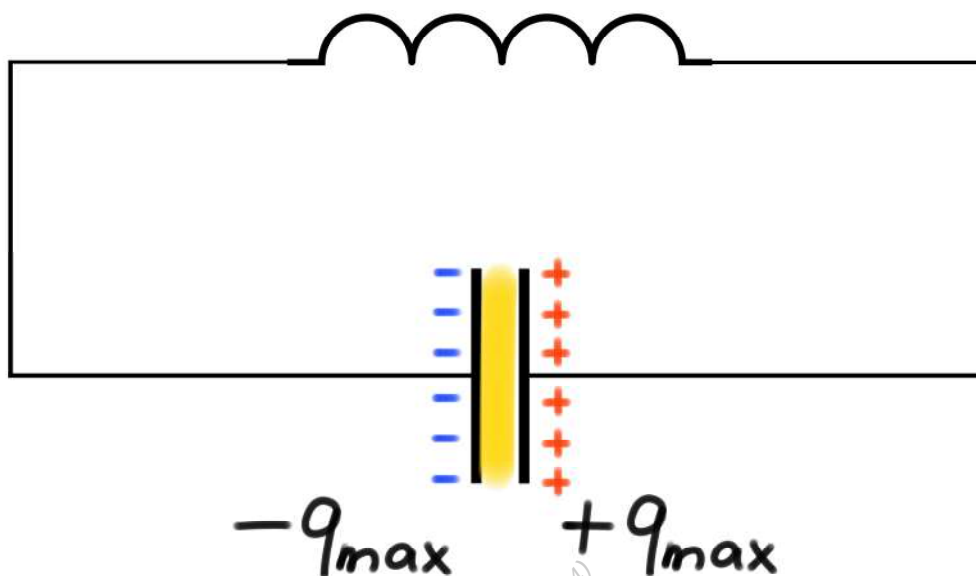


Рисунок 14 – Пример для **Конец второй четверти периода: конденсатор заряжен наоборот, тока катушки нет**

6. Третья четверть периода: $T/2 < t < 3T/4$. (рис.15)

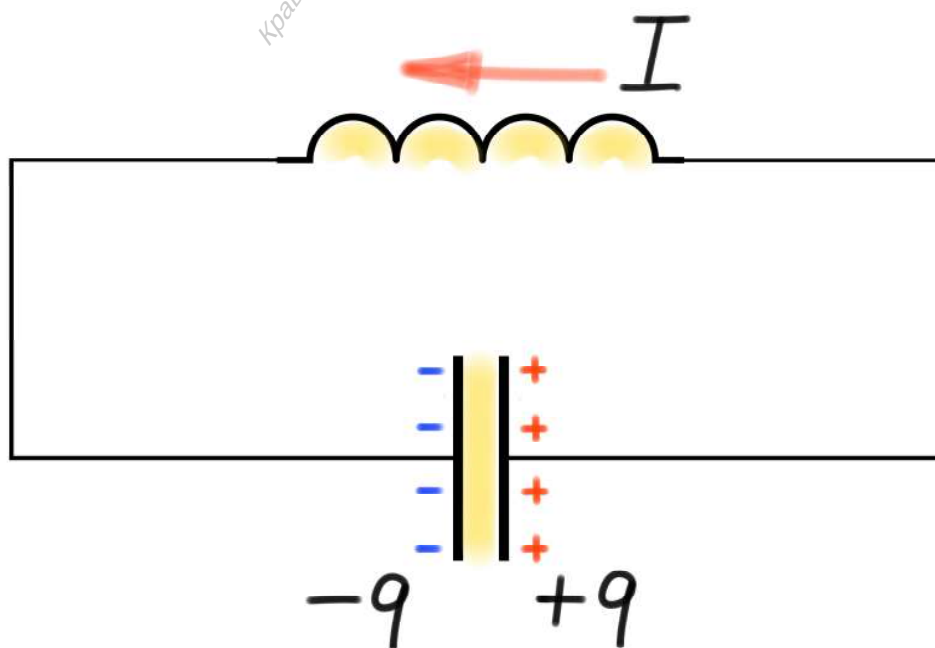


Рисунок 15 – Пример для **Третья четверть периода: конденсатор разряжается наоборот, ток катушки нарастает наоборот**





7. Конец третьей четверти периода: $t = 3T/4$. (рис.16)

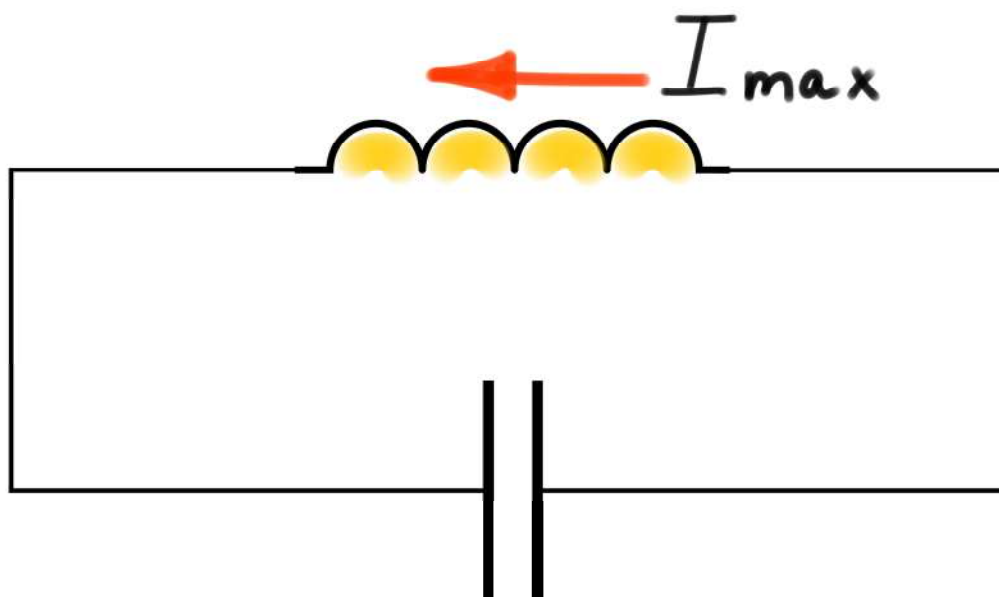


Рисунок 16 – Пример для **Конец третьей четверти периода: конденсатор разряжен, ток катушки максимален наоборот**

8. Четвертая четверть периода: $3T/4 < t < T$. (рис.17)

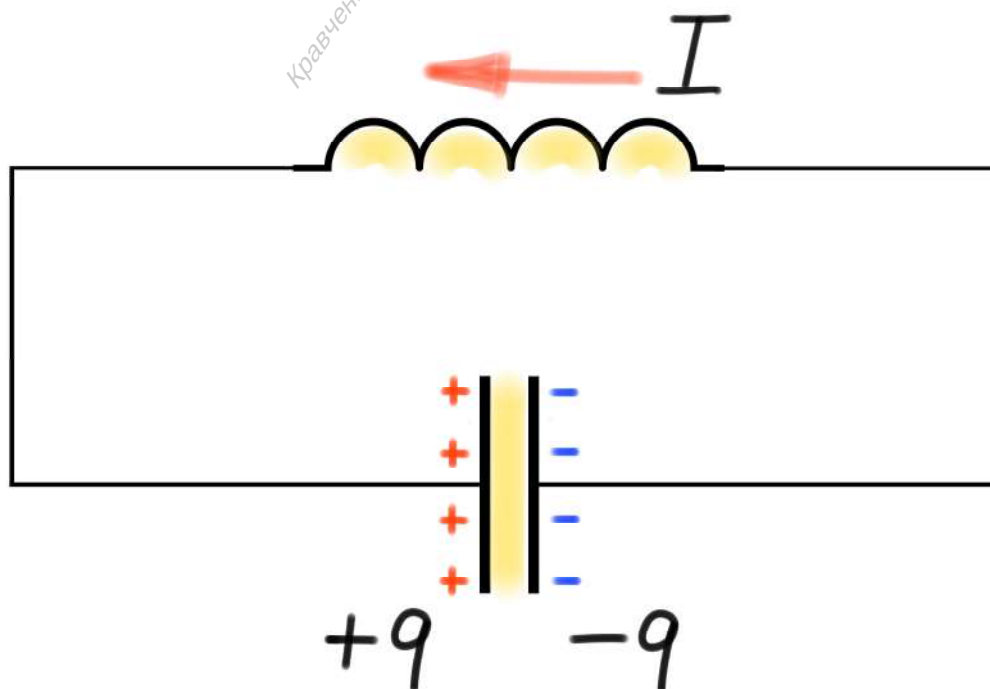


Рисунок 17 – Пример для **Четвертая четверть периода: конденсатор заряжается, ток катушки убывает наоборот**





9. Конец четвертой четверти периода и всего периода: $t = T$. (рис.18)

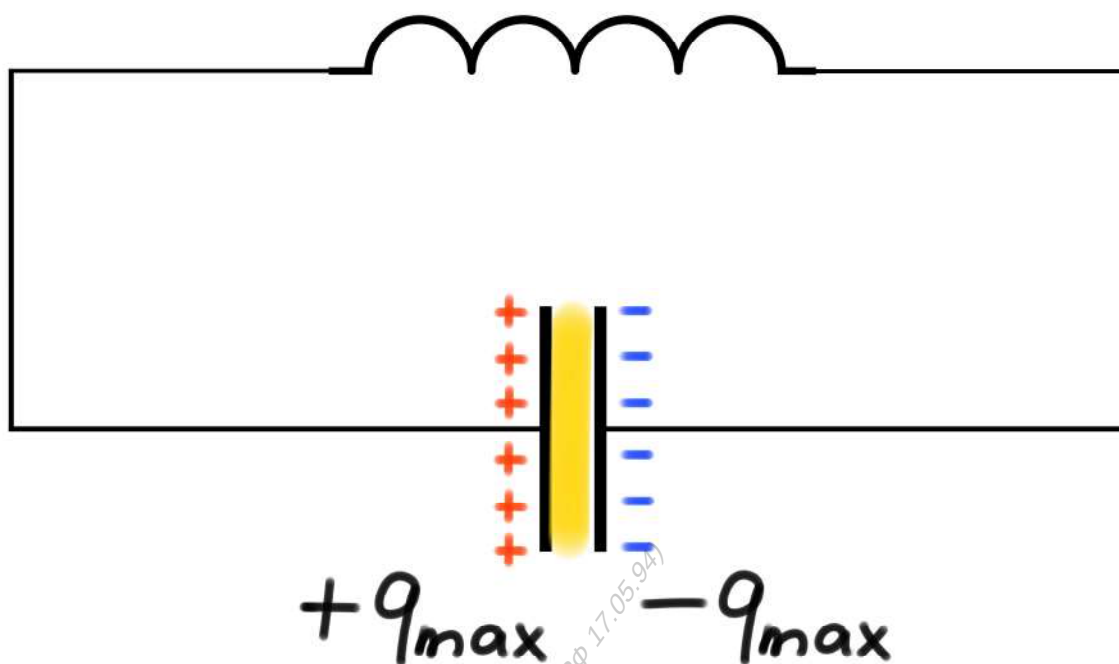


Рисунок 18 – Пример для **Конец четвертой четверти периода и всего периода**: конденсатор заряжен, тока катушки нет

Графики свободных колебаний в идеальном колебательном контуре:

(рис.19)

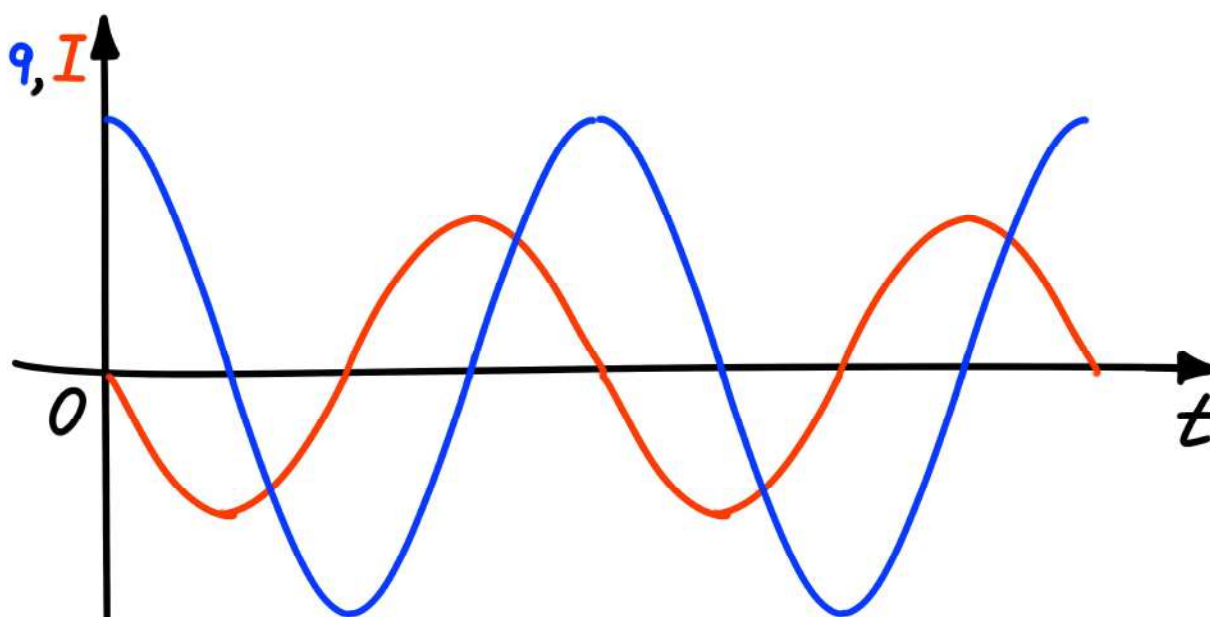


Рисунок 19 – Пример для **Графики колебаний**: максимумы не совпадают





Закон сохранения энергии в идеальном колебательном контуре
(свободные эл.магн. колебания): (рис.20)

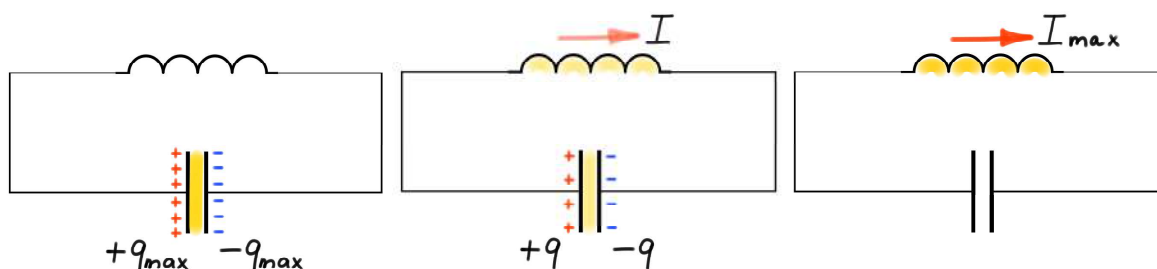


Рисунок 20 – Пример для **Закон сохранения энергии**: Энергия перетекает

Вынужденные эл.магн. колебания – эл.магн. колебания под внешней силой ; источником энергии. (рис.21)

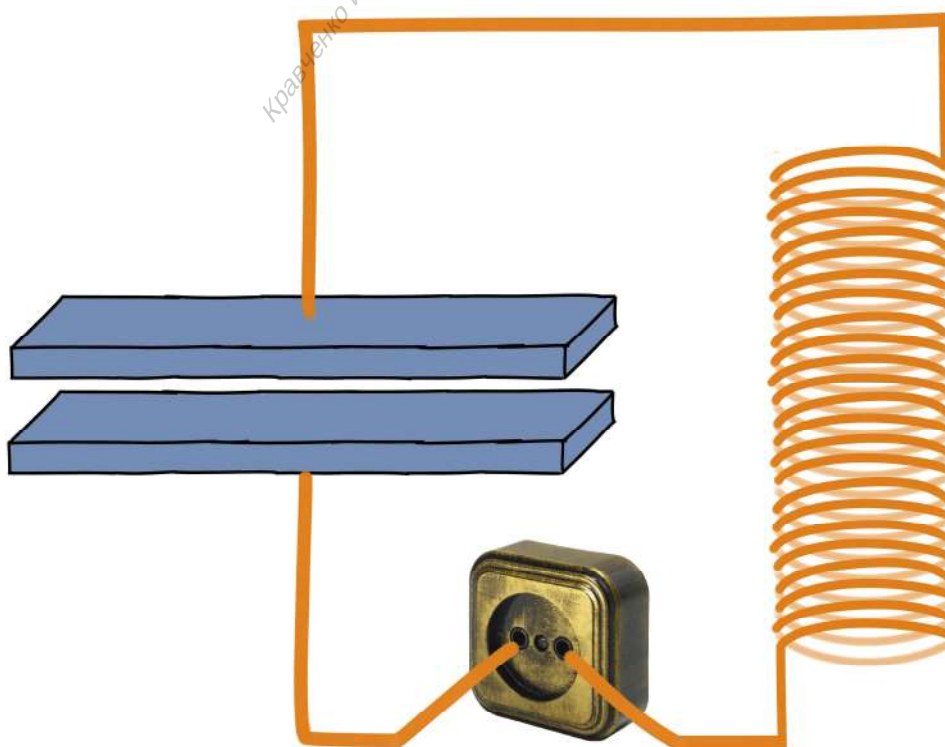


Рисунок 21 – Пример для **Вынужденные эл.магн. колебания**: Розетка – внешний источник энергии. В этом контуре происходят эл.магн. вынужденные колебания.





Резонанс колебательного контура — явление **возрастания амплитуды** вынужденных эл.магн. **колебаний**, если:

« **частота собственных** колебаний контура

\approx

частота вынуждающего источника »

(рис.22)

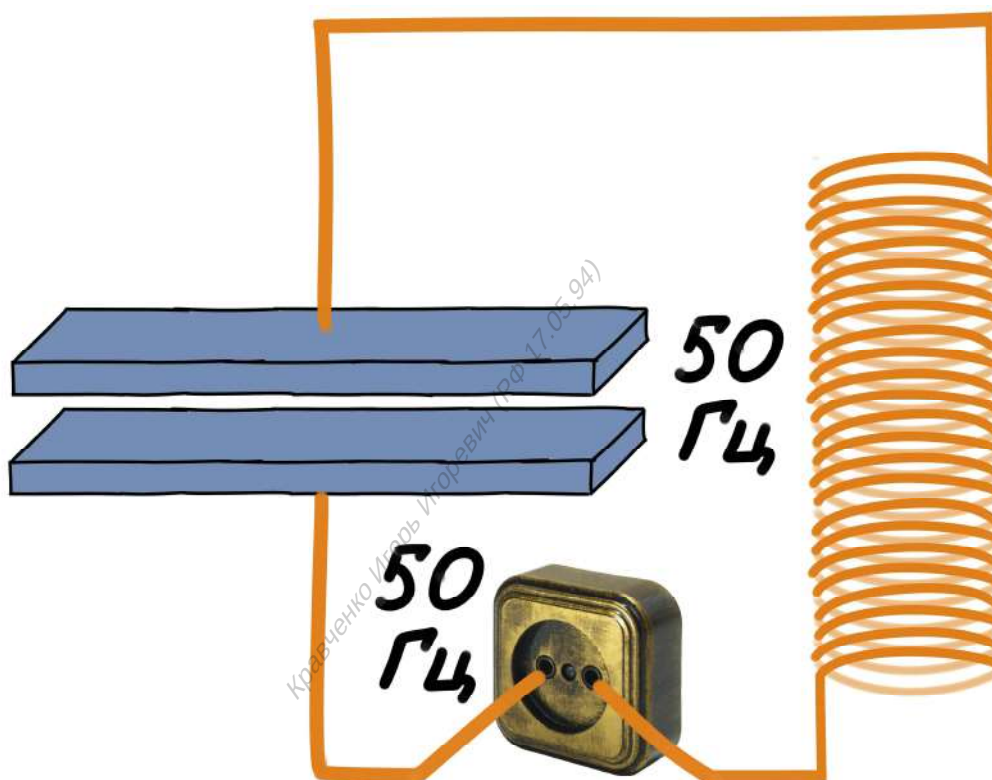


Рисунок 22 — Пример для **Вынужденные эл.магн. колебания**: амплитуда колебаний **максимальна**

Переменный ток — ток в цепи из-за источника переменного напряжения (тока). (рис.23-25)



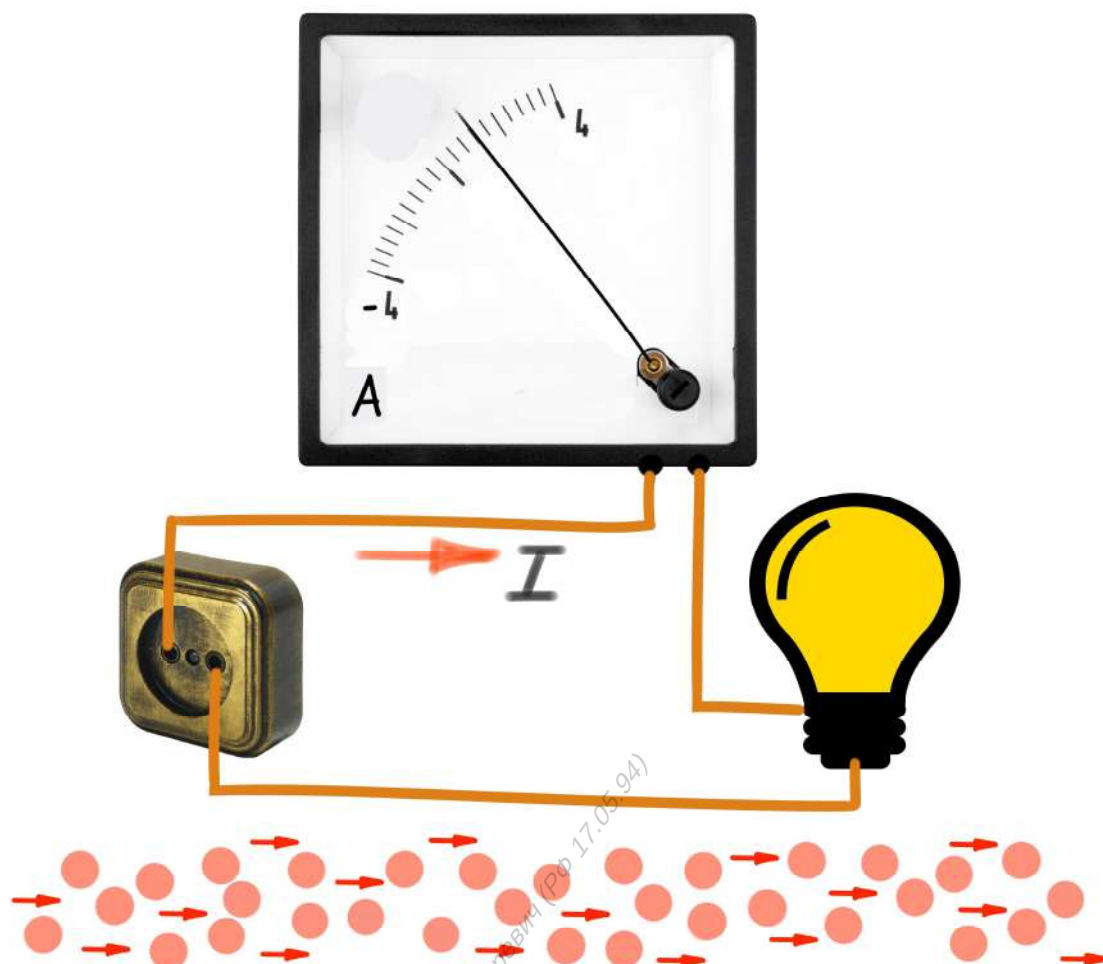


Рисунок 23 – Пример для **Переменный ток**: ток цепи течет по часовой стрелке, направление тока **+зарядов** (отмеченное) показано « шарами »



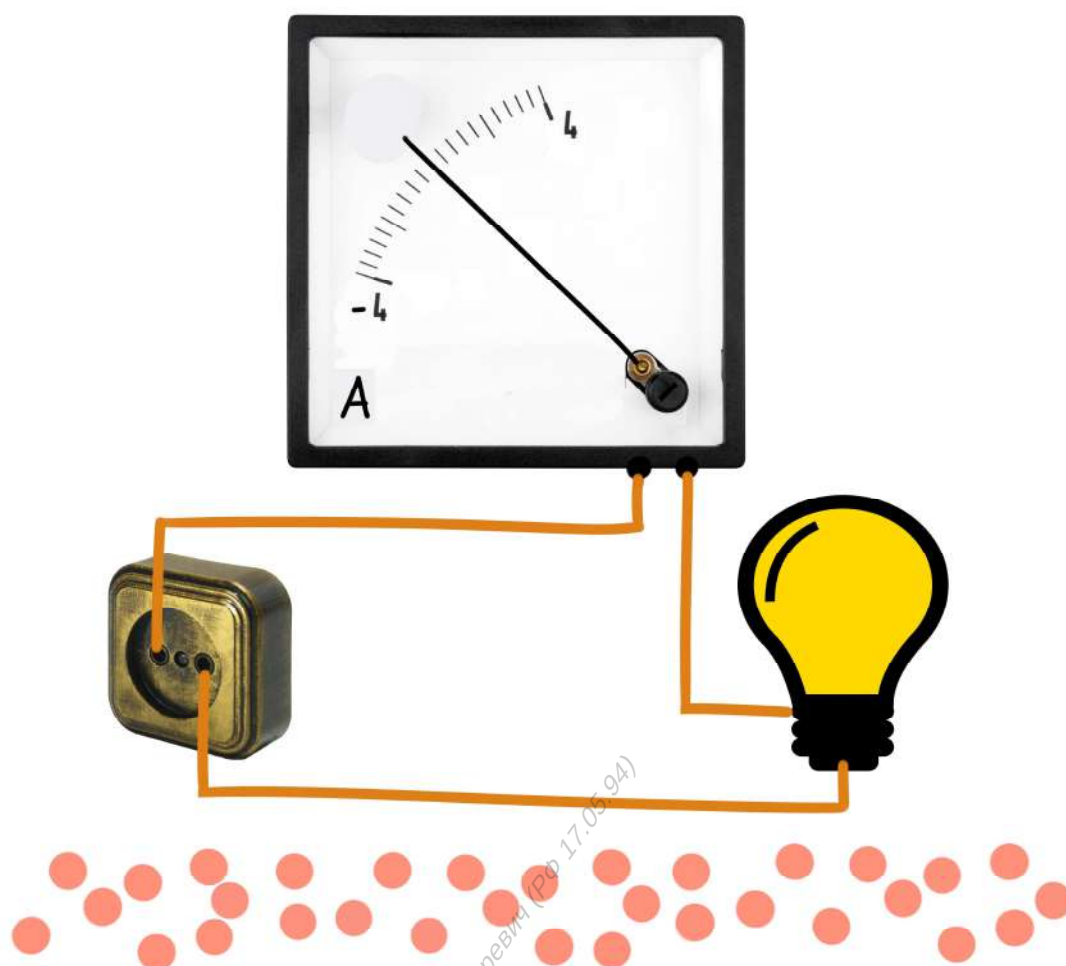


Рисунок 24 – Пример для **Переменный ток**: тока цепи нет, состояние **+зарядов** (цепи) **показано** « шарами » (лампа не успевает остыть)



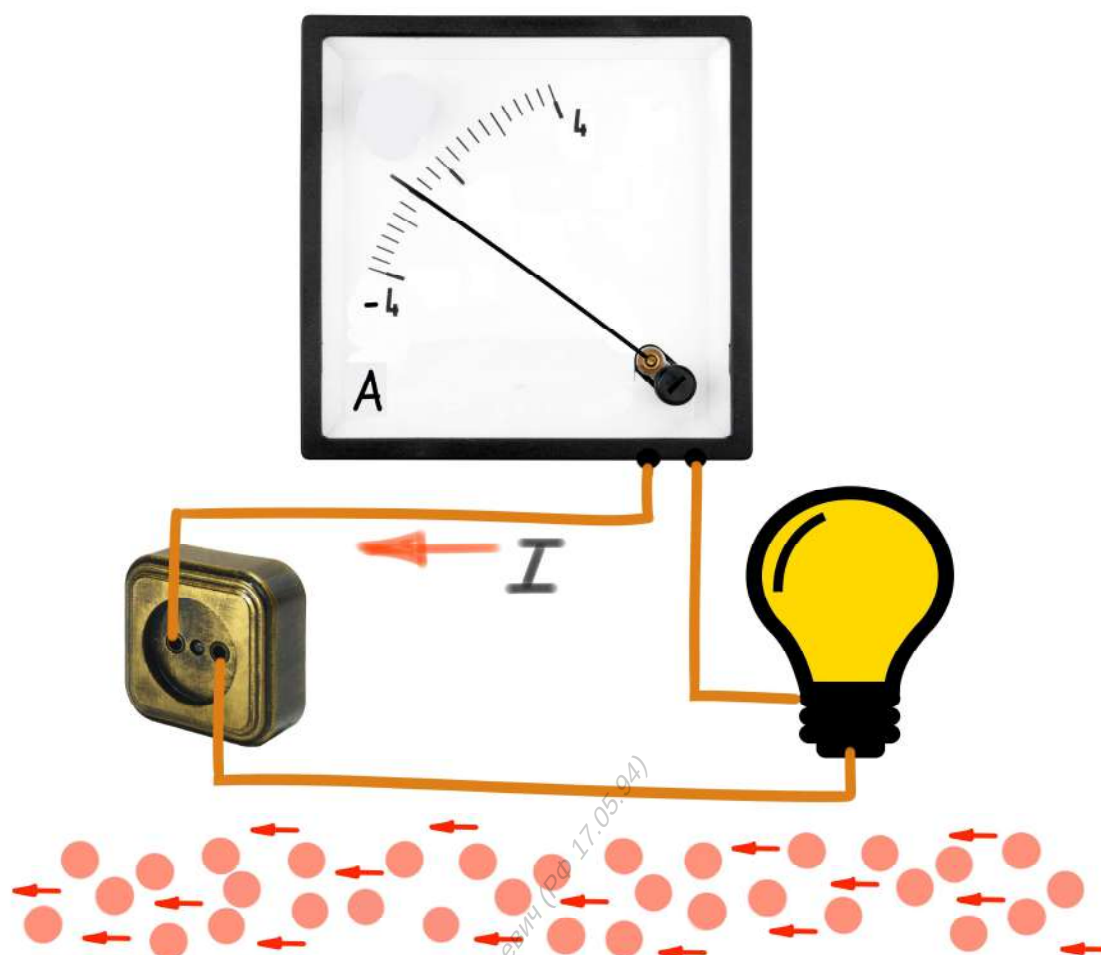


Рисунок 25 – Пример для **Переменный ток**: ток цепи течет **против часовой** стрелки, **направление тока +зарядов** (отмеченное) **показано « шарами »**

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)

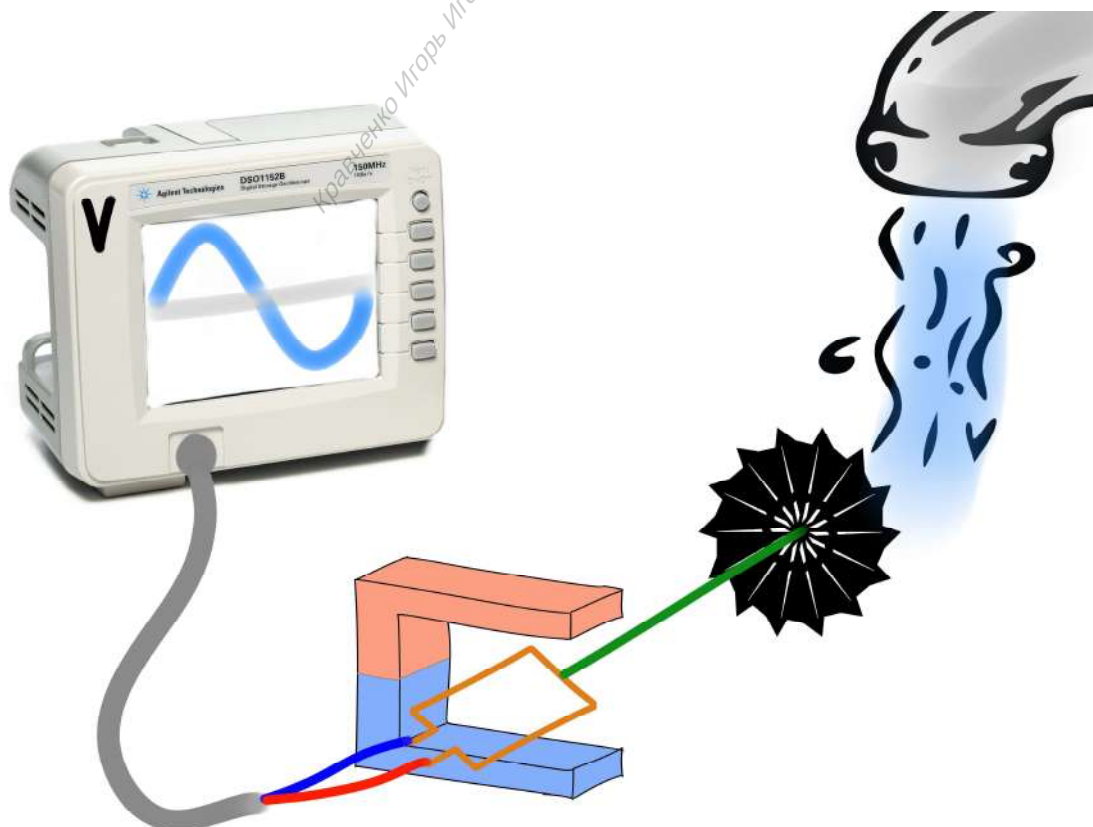


Рисунок 27 – Пример для Производство ЭЭ: если магнитный поток рамки меняется, то в ней создается ЭДС Индукции (Напряжение)



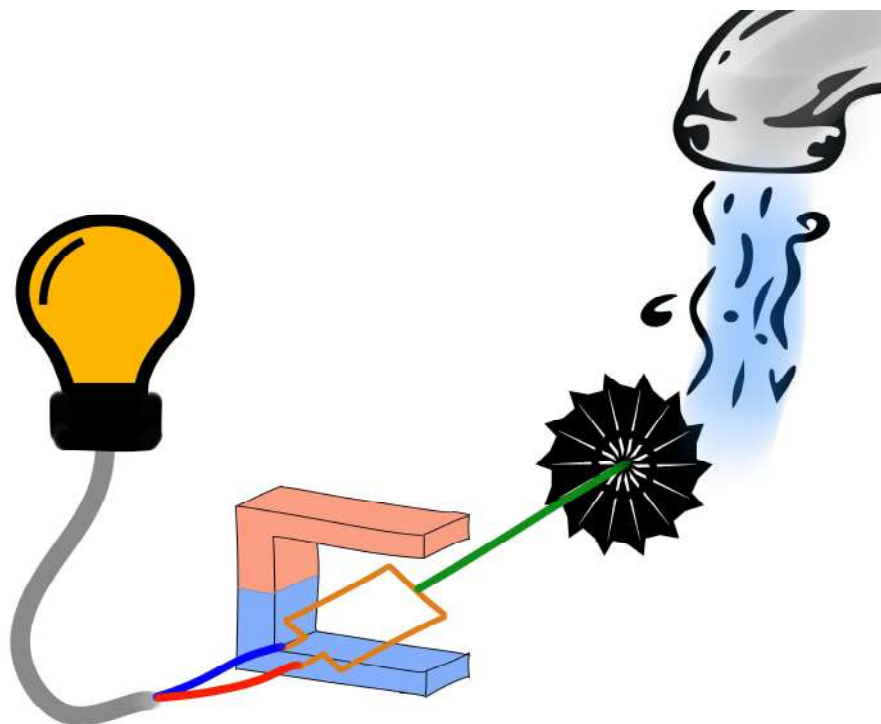


Рисунок 28 – Пример для **Производство ЭЭ: рамка дает энергию**

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)

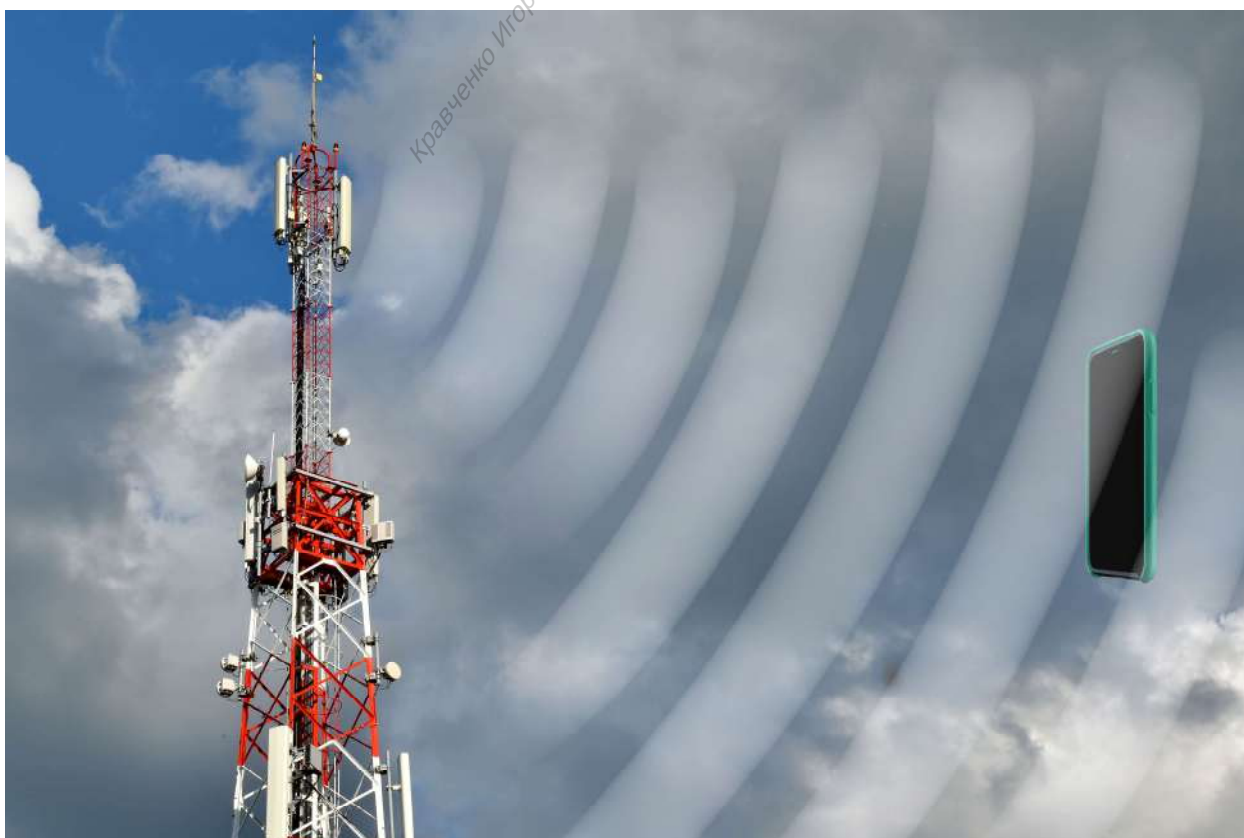


Рисунок 31 – Пример для Эл.магн. волна: колебания от башни ~ телефон





Свойства эл.магн. волн: (рис.32)

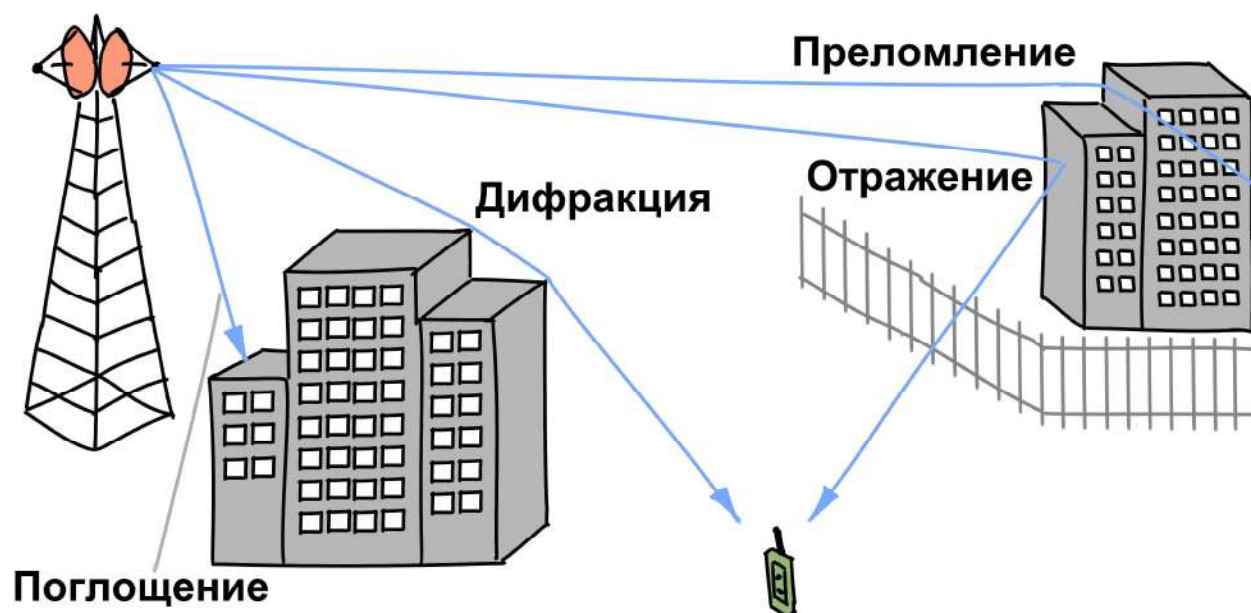


Рисунок 32 – Пример для **Свойства эл.магн. волн:** основные

Взаимная ориентация векторов в эл.магн. волне вакуума: (рис.33)

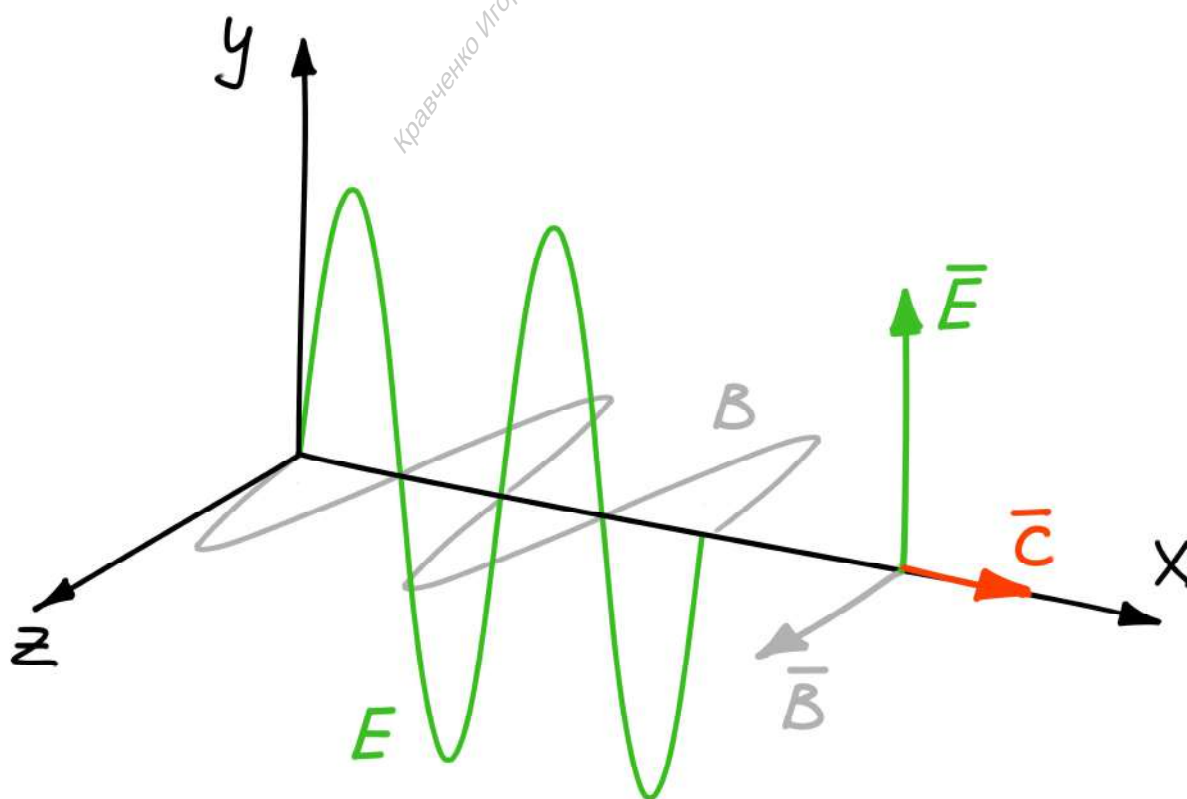


Рисунок 33 – Пример для Эл.магн. волна: $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$





Шкала эл.магн. волн: (рис.34)

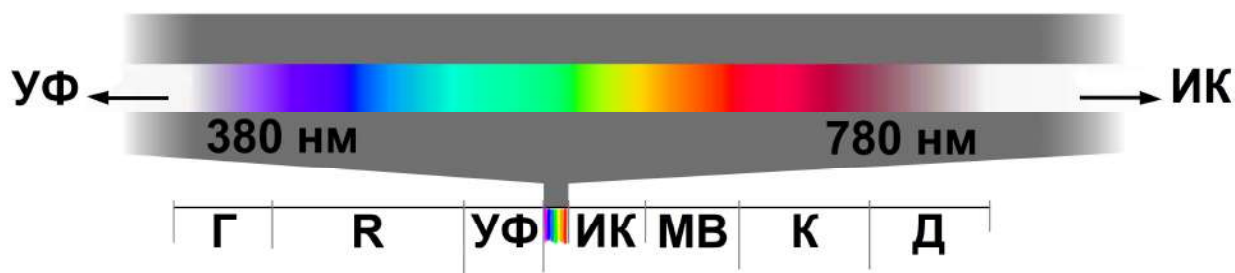


Рисунок 34 – Пример для **Шкала эл.магн. волн:**

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)

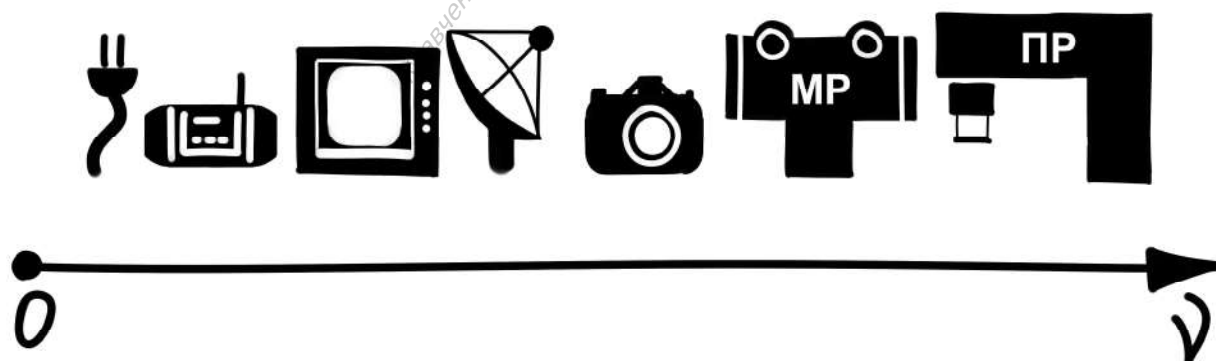


Рисунок 35 – Пример для **Применение эл.магн. волн:**

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)

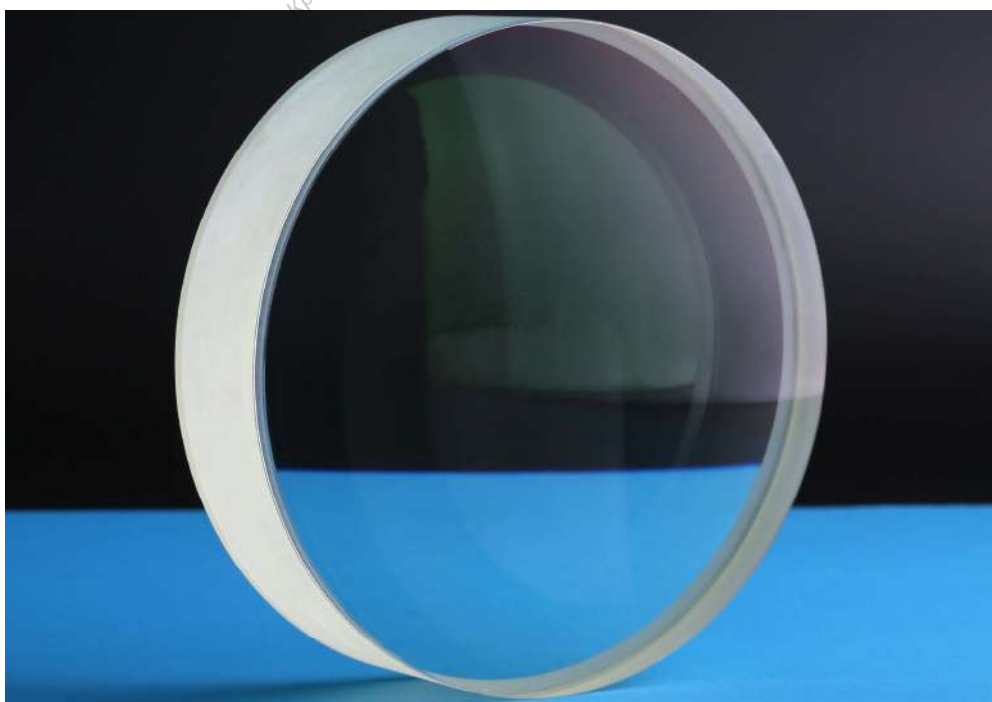


Рисунок 7 – Пример для **Однородная среда**: стеклянное сплошное тело





Прямолинейное распространение луча в прозрачной однородной среде:

(рис.8)

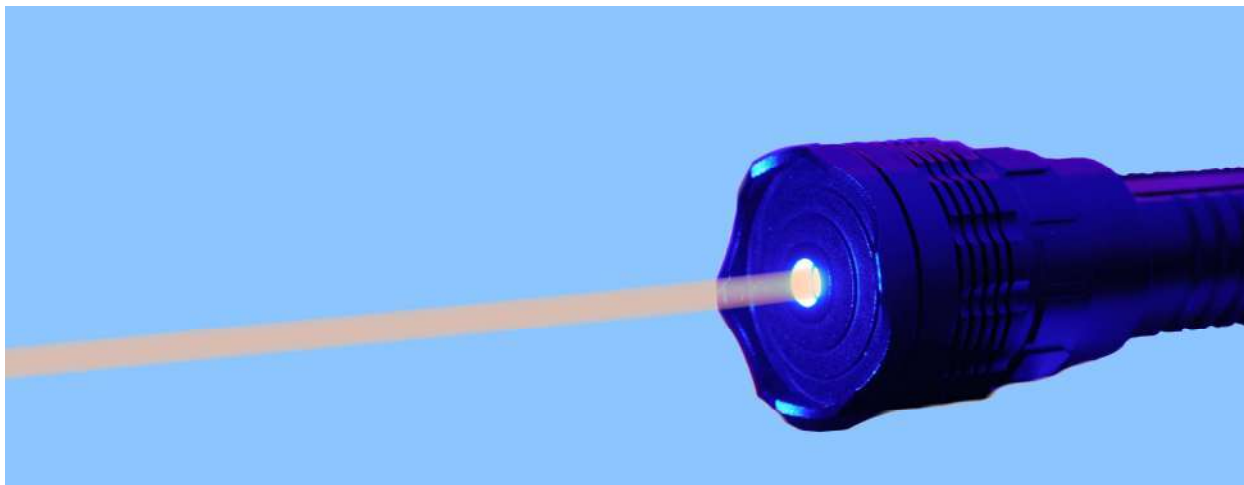


Рисунок 8 – Пример для **Прямолинейное распространение луча**: прямо в однородной прозрачной воде

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)

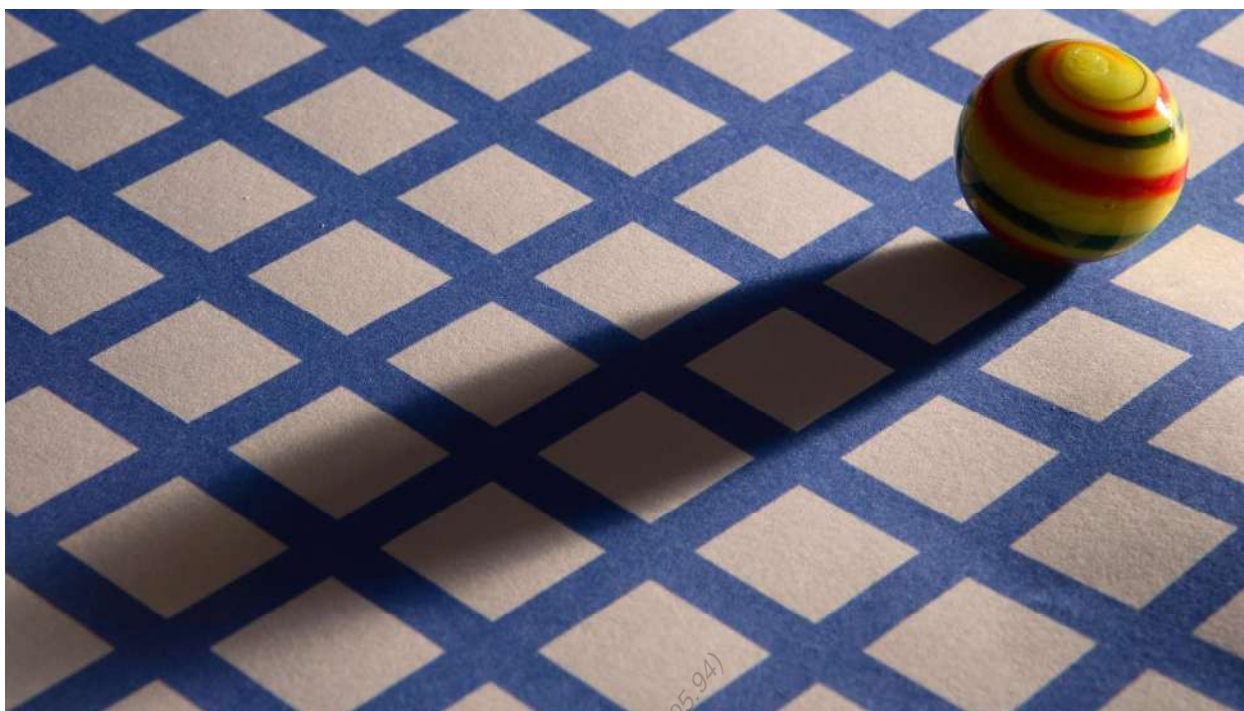


Рисунок 10 – Пример для **Тень**: пятно на столе

Полутень – поверхность, на которую свет доходит не от всех источников. (рис.11)

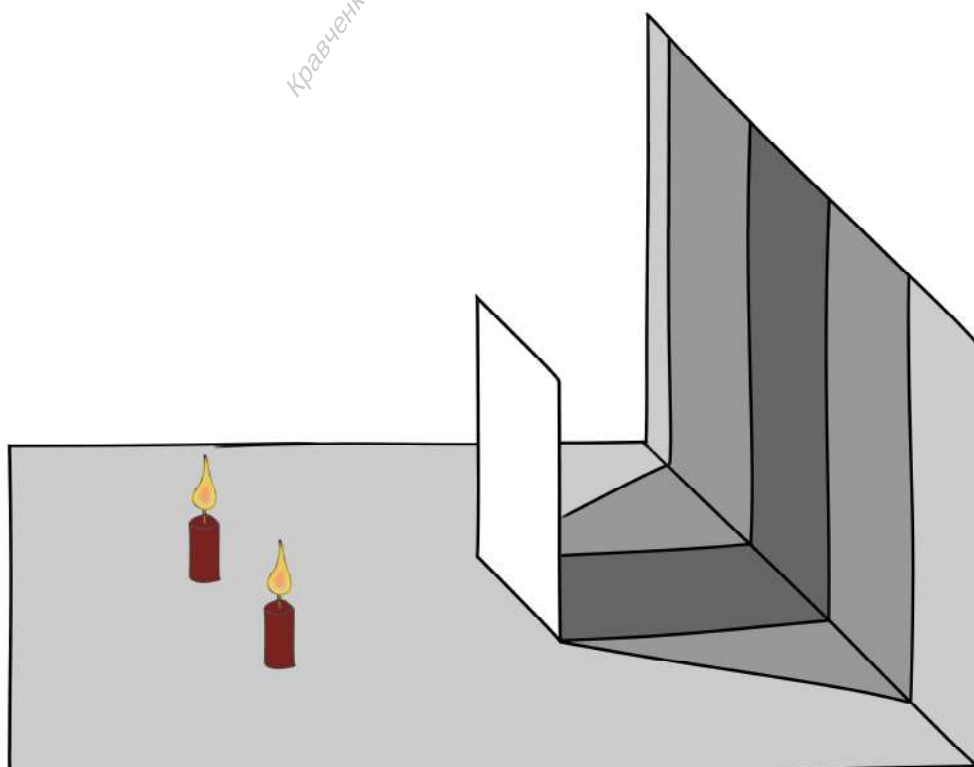


Рисунок 11 – Пример для **Полутень**: ■ тень . ■ полутень .





Отражение света – изменение направления распространения луча при на границе двух сред, где луч **возвращается в начальную среду**. (рис.12)

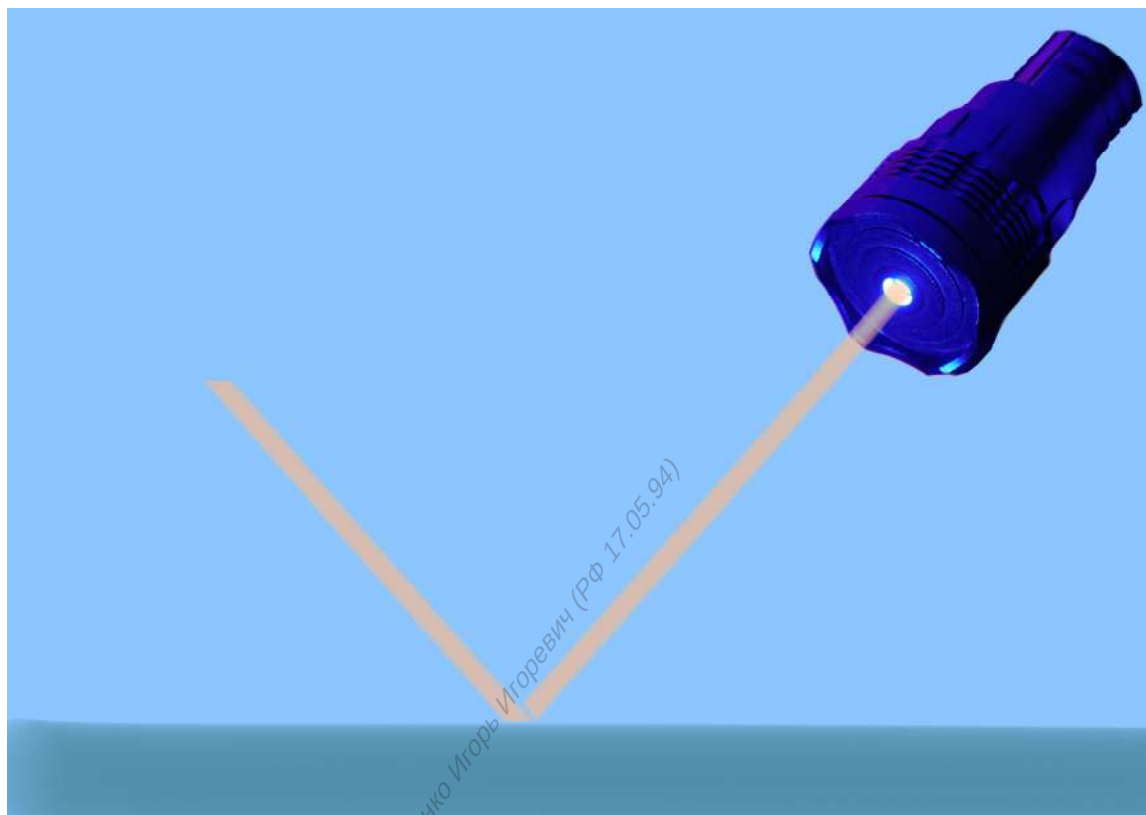


Рисунок 12 – Пример для **Отражение света**: от непрозрачной среды

Закон отражения света: (рис.13, 14)

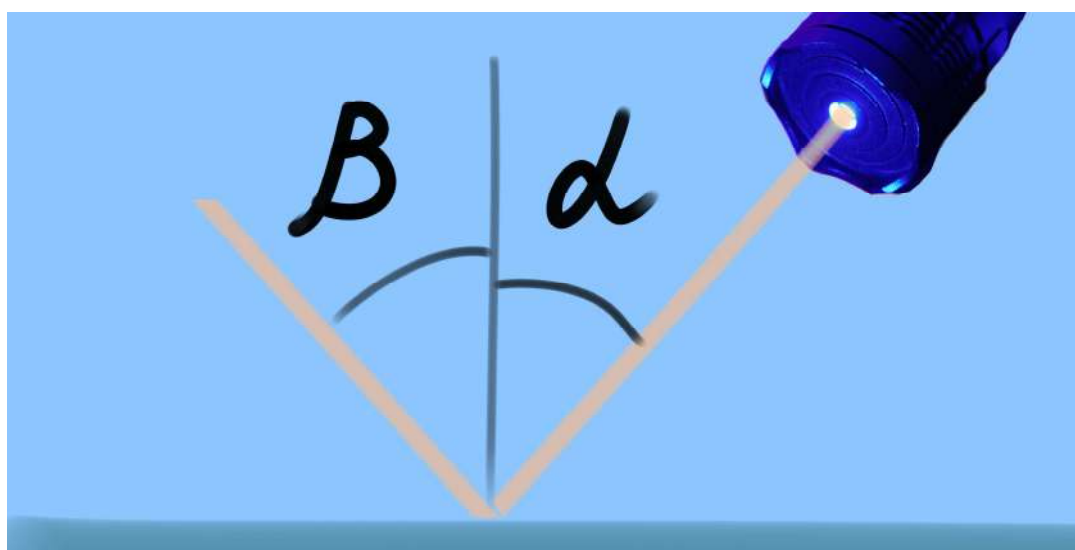


Рисунок 13 – Пример для **Закон отражения света**: \angle падения = \angle отражения





Внимание. Отражающая поверхность = граница двух сред.

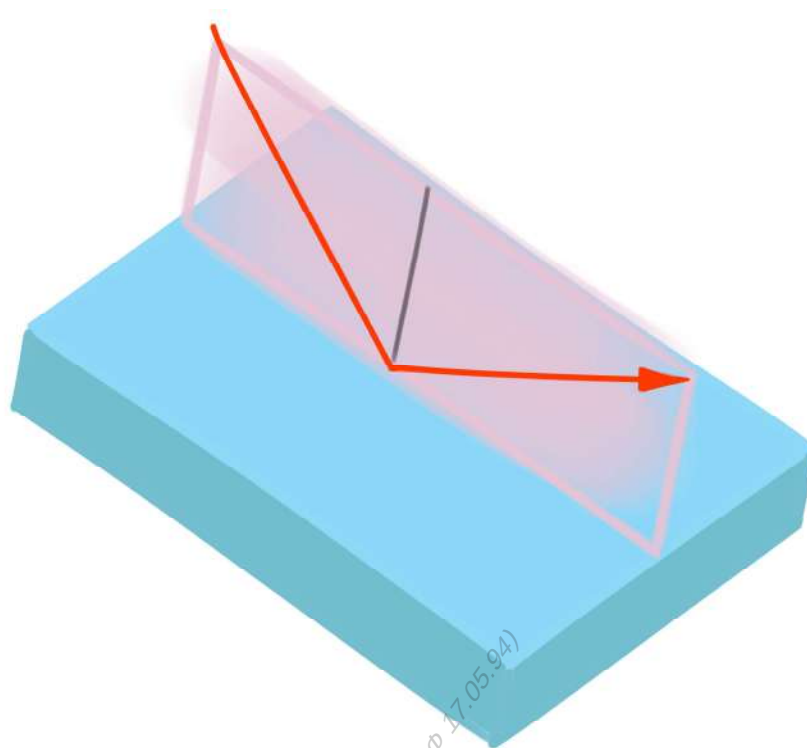


Рисунок 14 – Пример для Закон отражения света: **лучи** и перпендикуляр к отражающей поверхности лежат **в одной плоскости**

Зеркальная отражающая поверхность – поверхность, где параллельные лучи сохраняют параллельность после отражения. (рис.15)

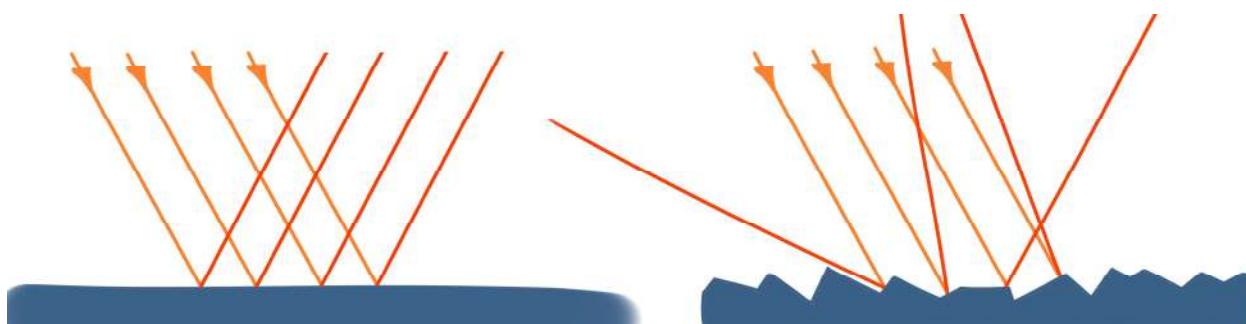


Рисунок 15 – Пример для Зеркальная отражающая поверхность: слева лучи сохраняют параллельность.





Предмет – видимое реальное тело. (рис.16)



Рисунок 16 – Пример для **Предмет**: свеча

Изображение – иллюзия предмета. (рис.17)

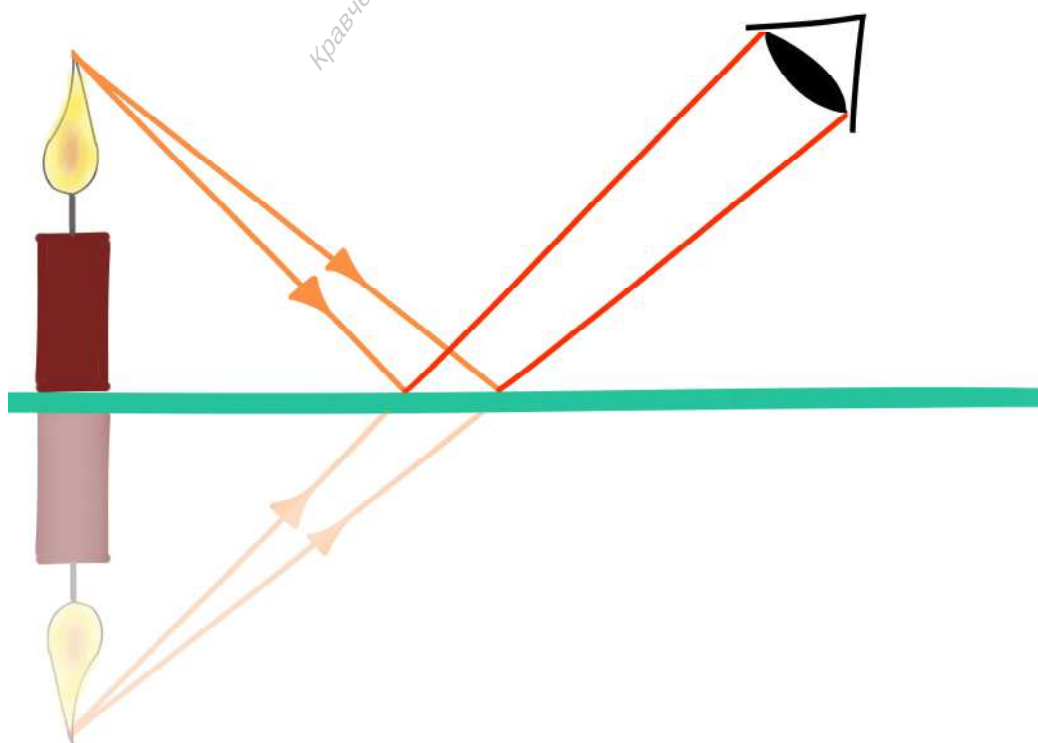


Рисунок 17 – Пример для **Изображение**: предмет и изображение





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



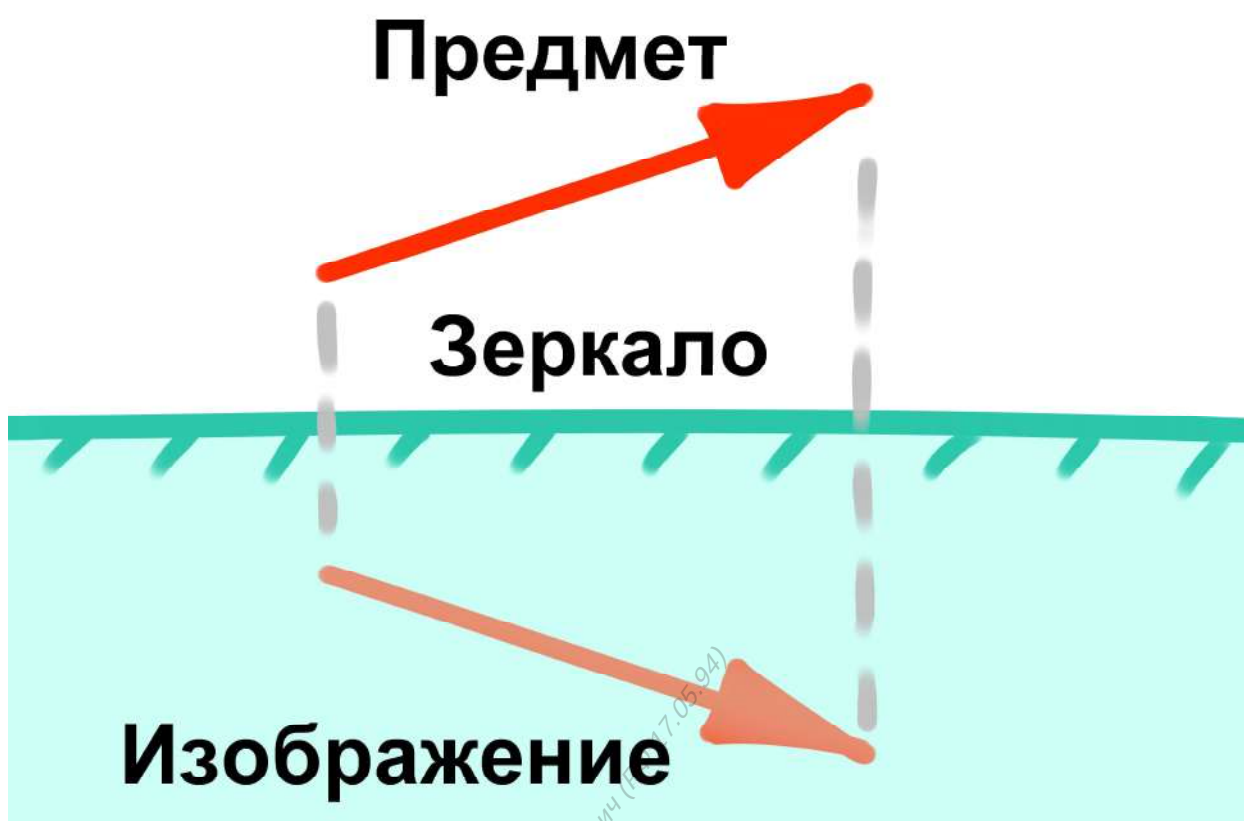


Рисунок 19 – Пример для **Построение изображения в плоском зеркале:**
любая точка предмета копируется симметрично с другой стороны зеркала

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)

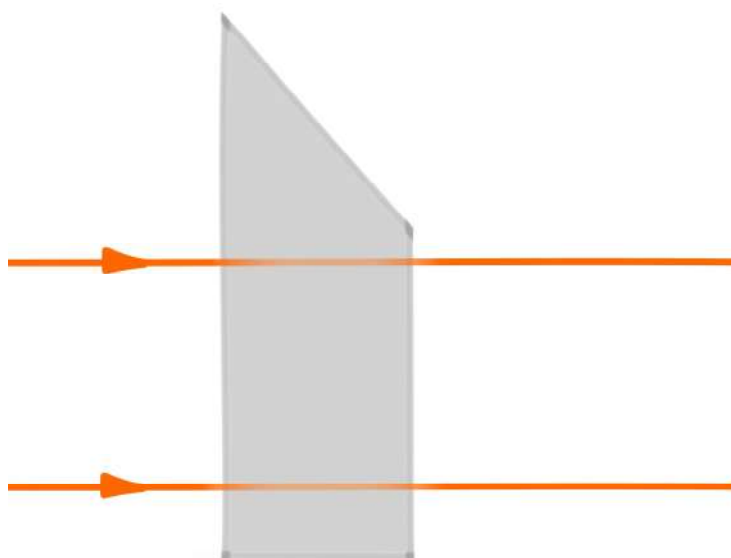


Рисунок 21 – Пример для **Преломление происходит при наклонном падении**: падение **ненаклонное**, поэтому преломления нет





Показатель преломления (n [..]) – характеристика среды, показывающая как среда мешает прохождению света. (рис.22)

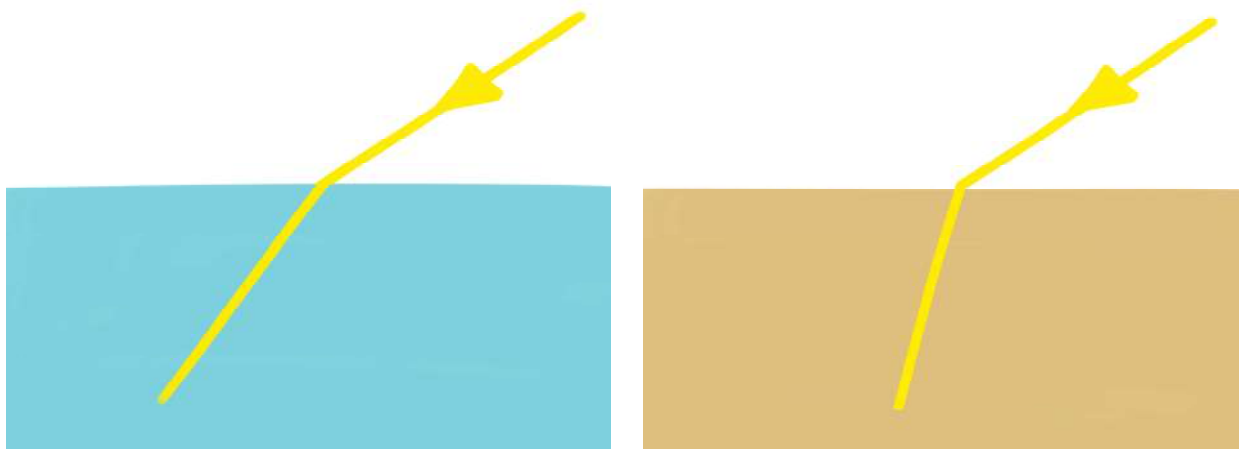


Рисунок 22 – Пример для **Показатель преломления**:

\uparrow преломление луча $\Rightarrow \uparrow$ показатель преломления

Закон преломления света: (рис.23, 24)

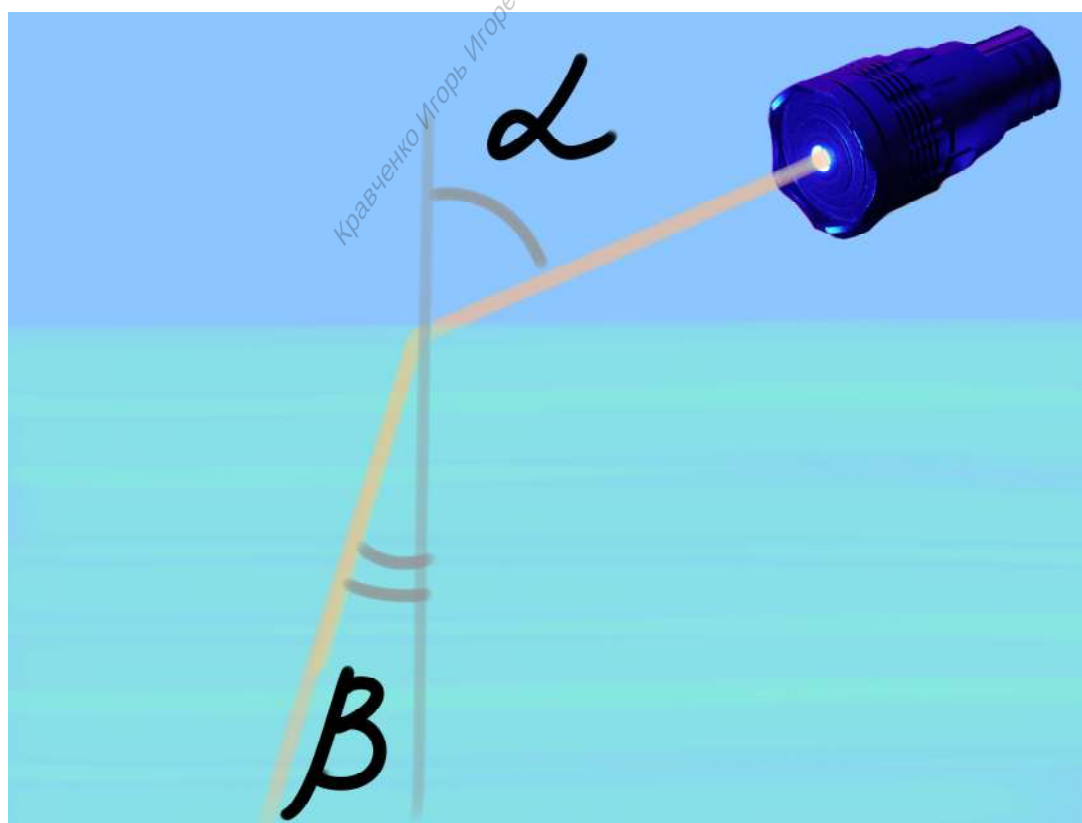


Рисунок 23 – Пример для **Закон преломления света**:

$\uparrow \angle \beta \Rightarrow \downarrow$ показатель преломления





Внимание. Преломляющая поверхность = граница двух сред.

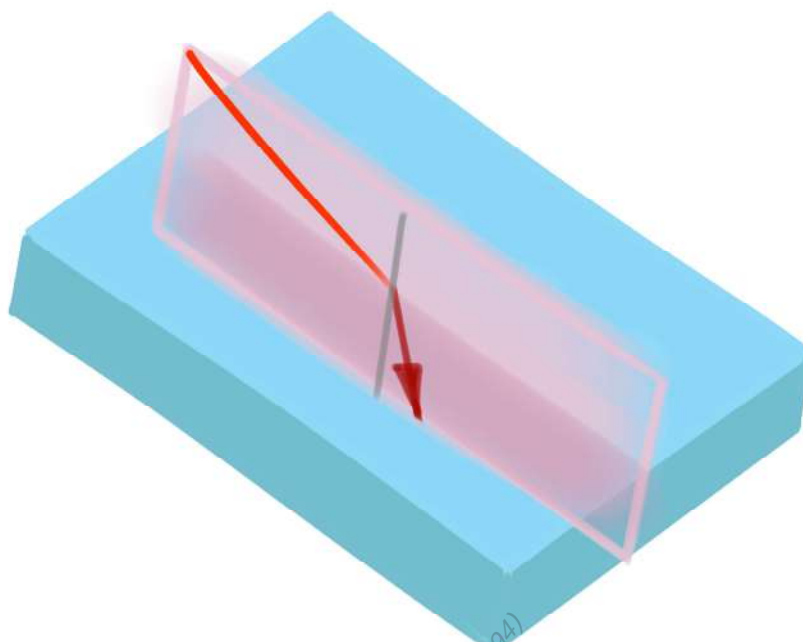


Рисунок 24 – Пример для **Закон преломления света**: **лучи** и перпендикуляр к преломляющей поверхности лежат в одной плоскости

Ход лучей в призме: (рис.25)

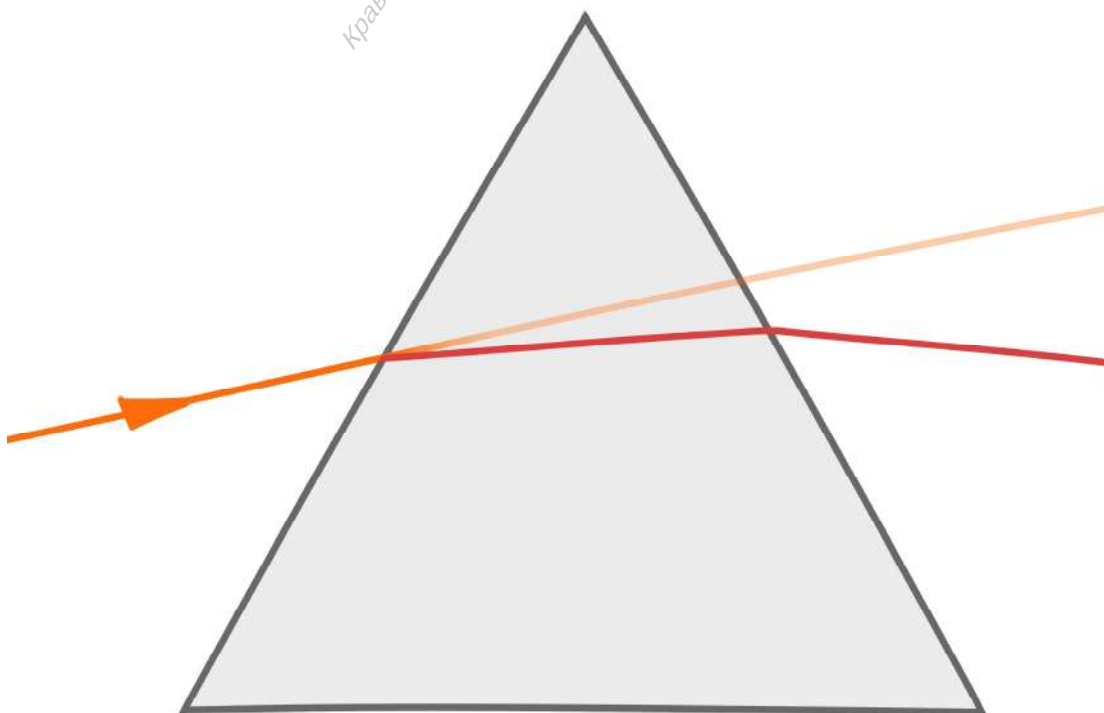


Рисунок 25 – Пример для **Ход лучей в призме**: луч преломляется дважды





Монохроматический свет – свет эл.магн. волны одной частоты. (рис.26)

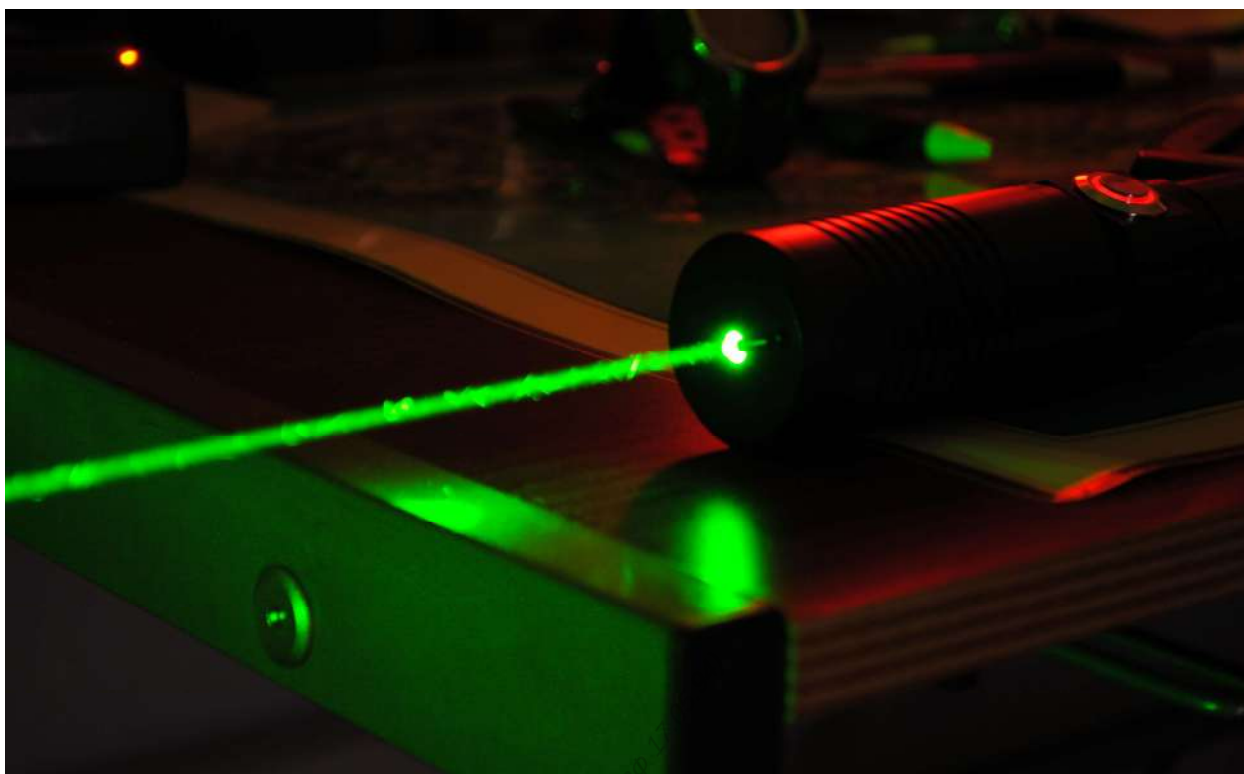


Рисунок 26 – Пример для **Монохроматический свет**: один цвет

Внимание. Белый свет – смесь светов разных цветов. (рис.27)

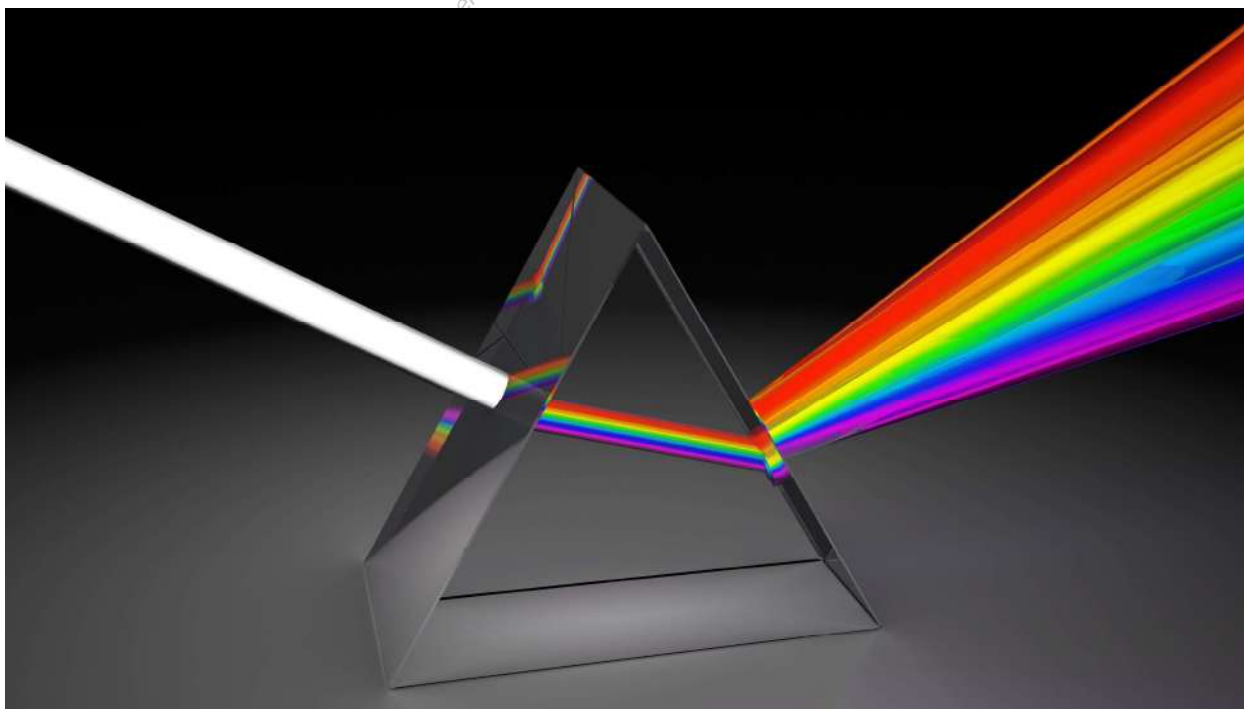


Рисунок 27 – Пример для **Белый свет**: разделяется на цветные пучки





Полное внутреннее отражение – отражение света на границе двух прозрачных сред, где луч полностью возвращается в начальную среду с бóльшим показателем преломления. (рис.28)

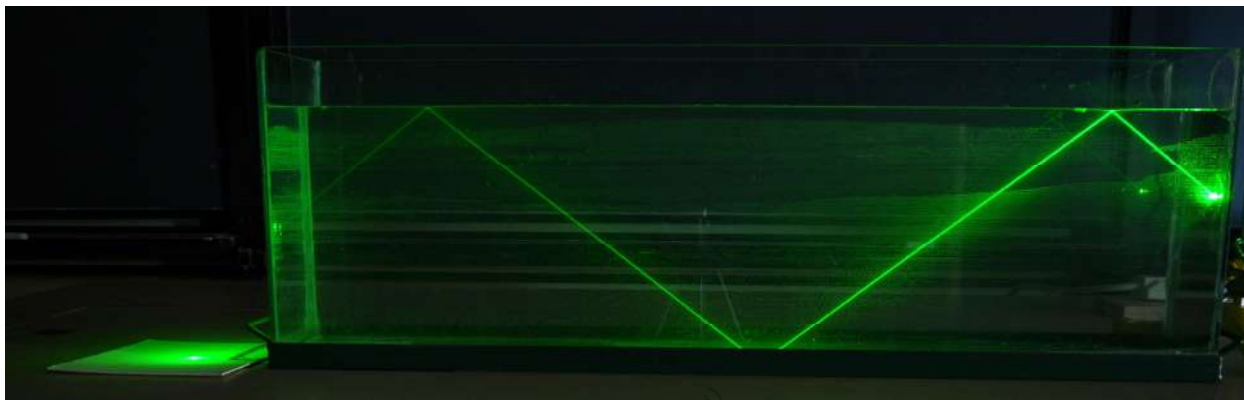


Рисунок 28 – Пример для Полное внутреннее отражение: не проходит вверх

Предельный угол полного внутреннего отражения ($\alpha_{\text{пр}}$ [°]) – минимальный угол падения, при котором возможно полное внутреннее отражение. (рис.29)

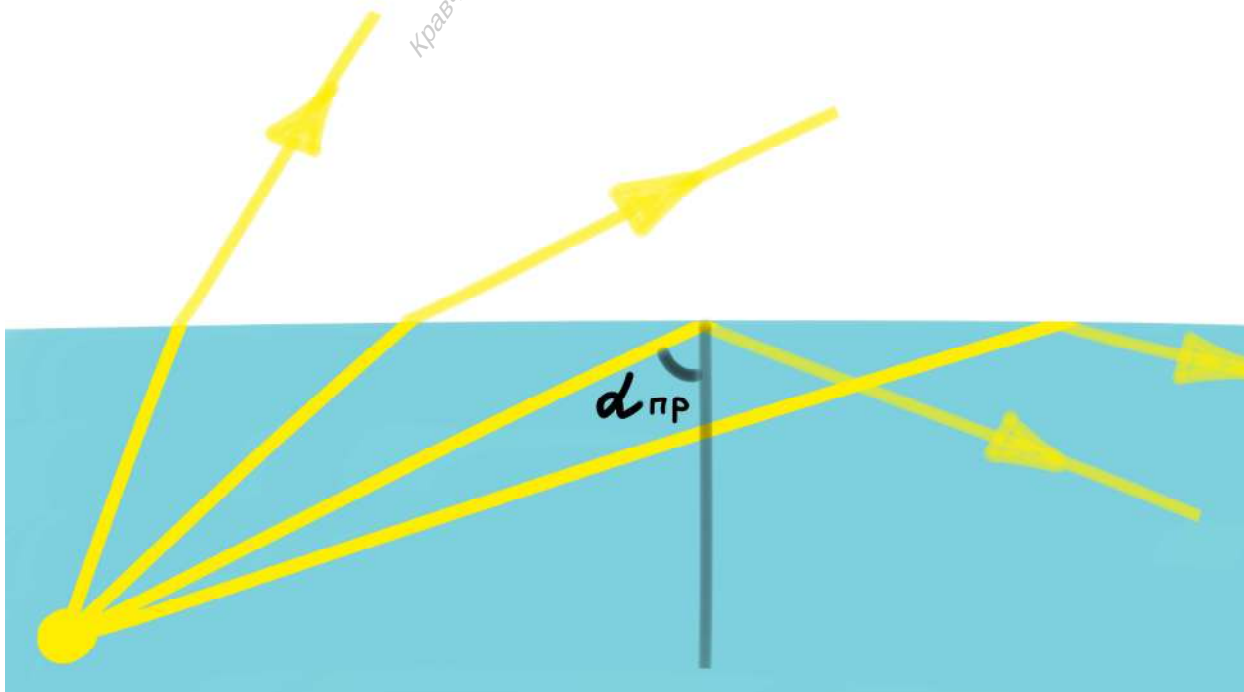


Рисунок 29 – Пример для Предельный угол полного внутреннего отражения: луч полностью остается в исходной среде





Параллельный пучок – нерасходящийся свет. (рис.30)



Рисунок 30 – Пример для **Параллельный пучок**: параллельные лучи ➡

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)

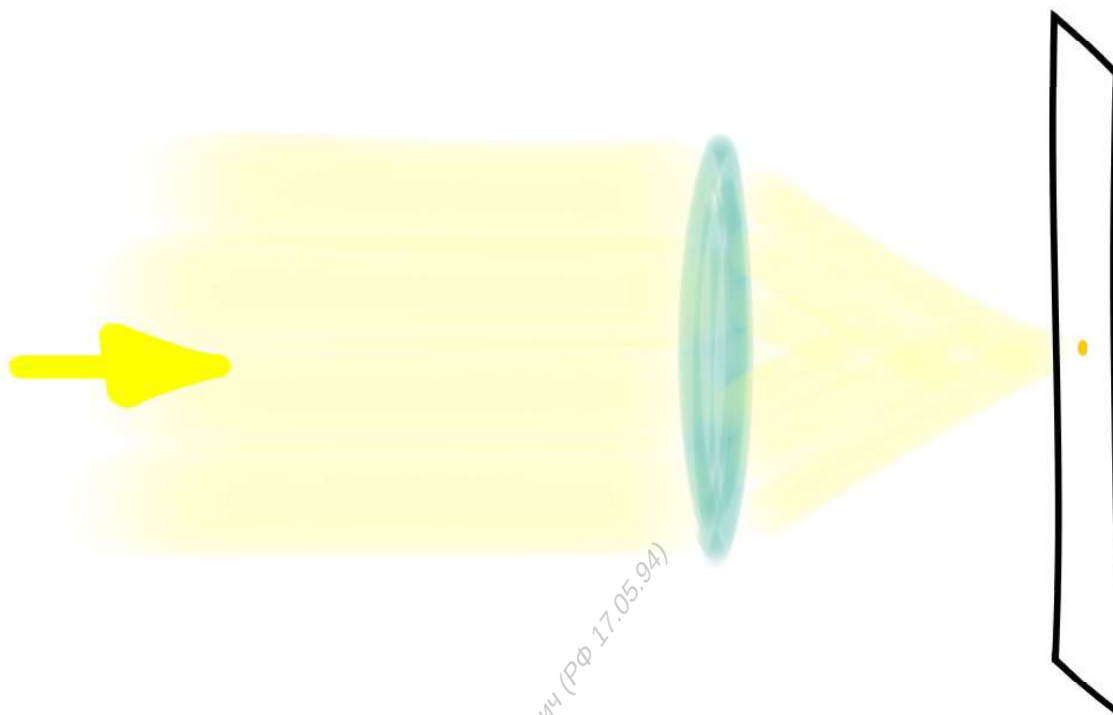


Рисунок 32 – Пример для **Собирающая**: параллельный пучок \rightarrow в точку

2. Рассеивающая: (рис.33)

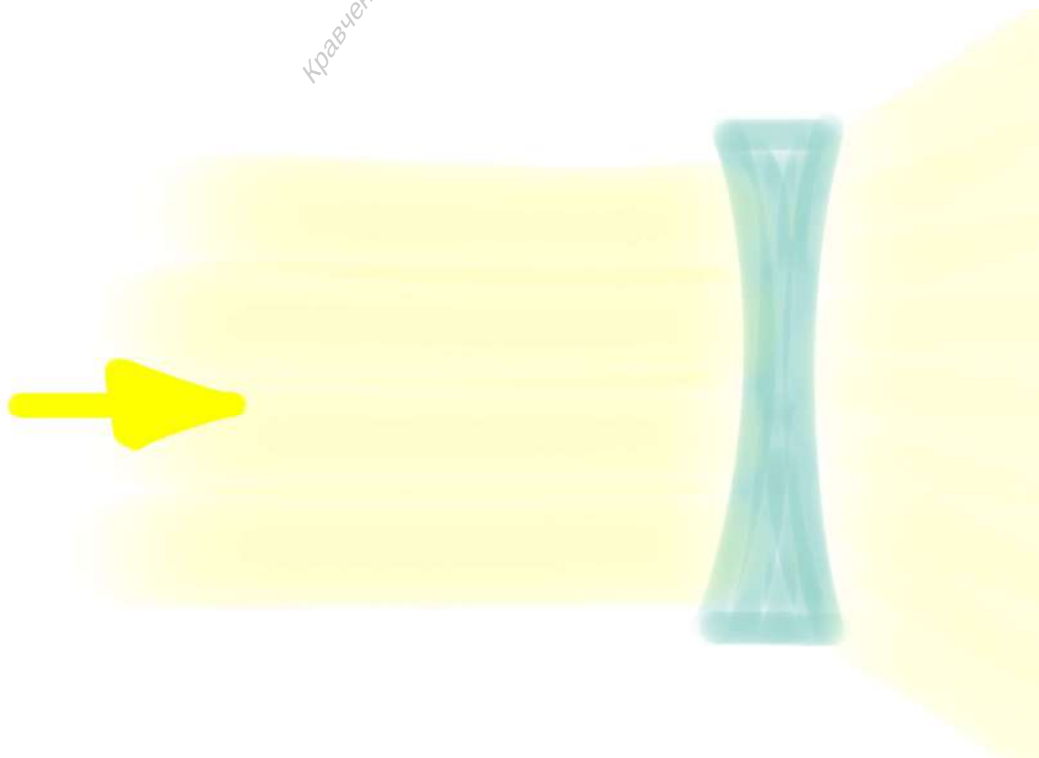


Рисунок 33 – Пример для **Рассеивающая**: параллельный пучок расходится





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**

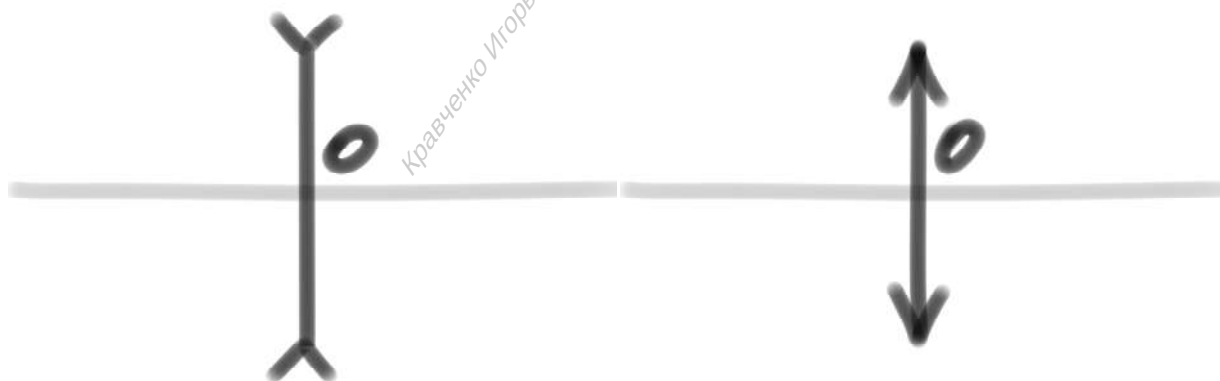


Рисунок 35 – Пример для **Тонкая линза: слева рассеивающая, справа собирающая** (на чертежах)

Главная оптическая ось (ГОО) – перпендикулярная **прямая** через поверхности линзы, образующая симметричные части линзы. (рис.36)



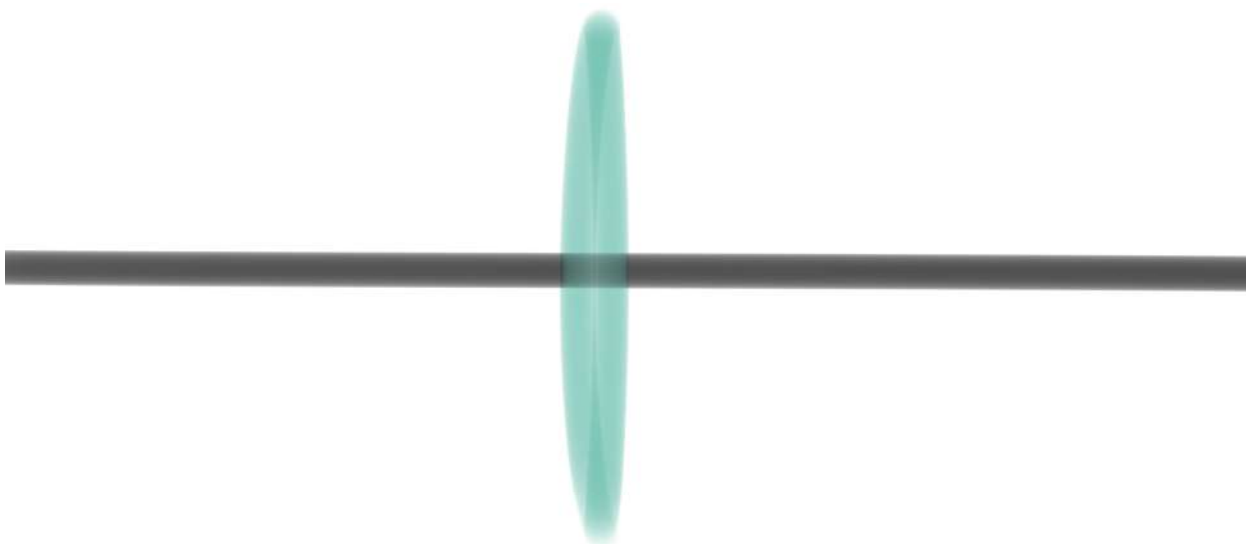


Рисунок 36 – Пример для **Главная оптическая ось**: делит ровно

Оптический центр – средняя точка между краями линзы на главной оптической **оси**. (рис.37)

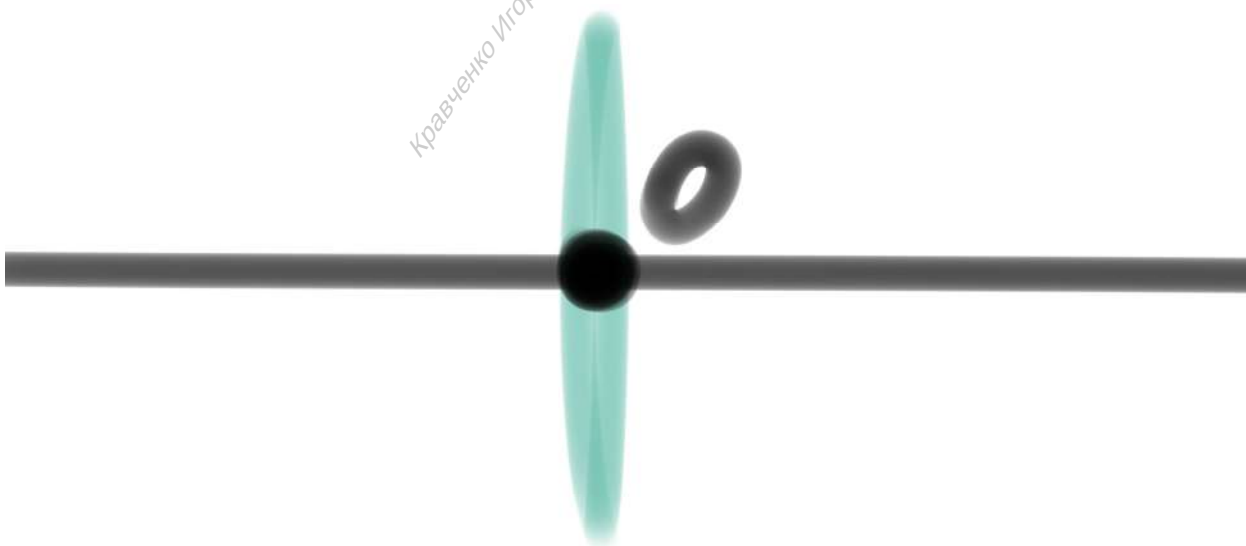


Рисунок 37 – Пример для **Оптический центр**: главная точка

Побочная оптическая ось (ПОО) – прямая через оптический центр, не являющаяся главной оптической осью. (рис.38)



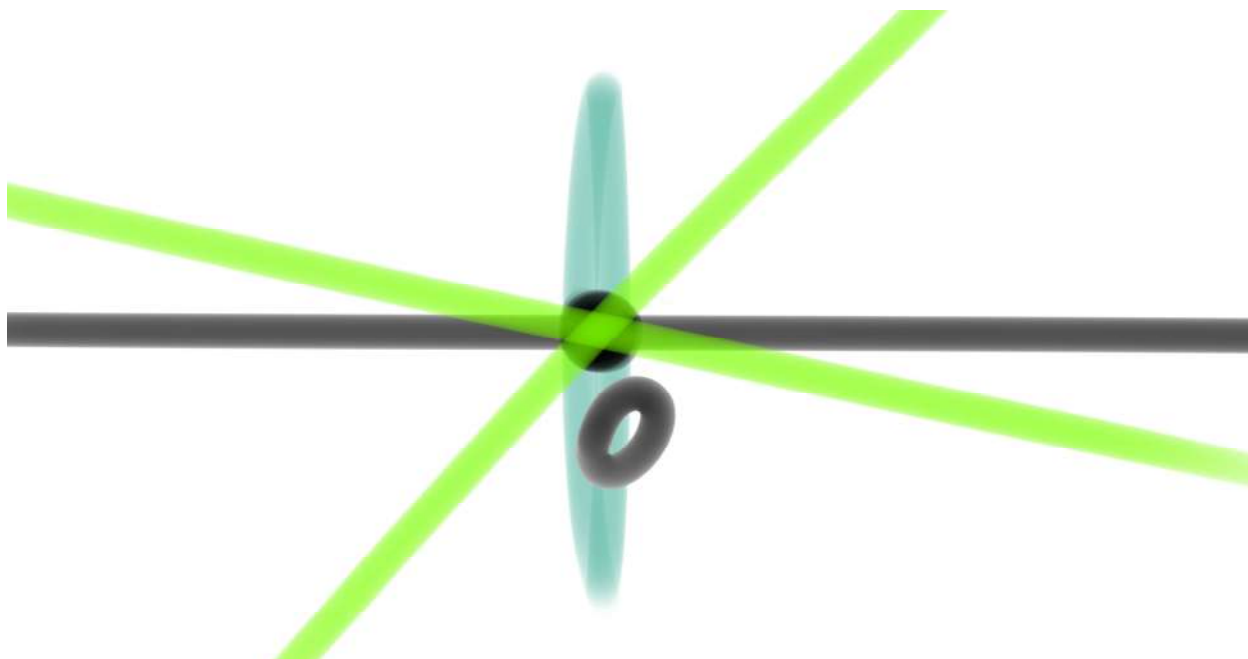


Рисунок 38 – Пример для **Побочная оптическая ось**: светло-зеленые

Фокус – точка, где **собирается параллельный пучок**, пройдя линзу.
(рис.39)

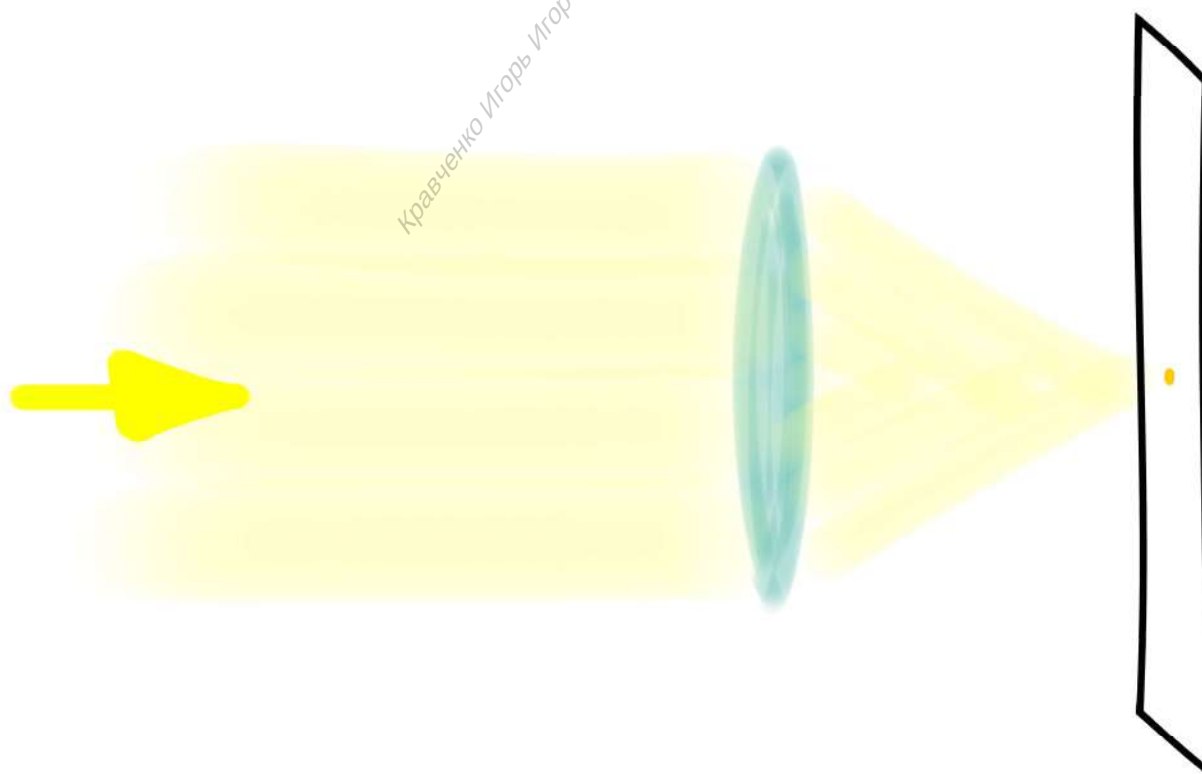


Рисунок 39 – Пример для **Фокус**: ● на белой поверхности справа





Виды Фокусов:

1. Главный: фокус на **главной** оптической оси. (рис.40)

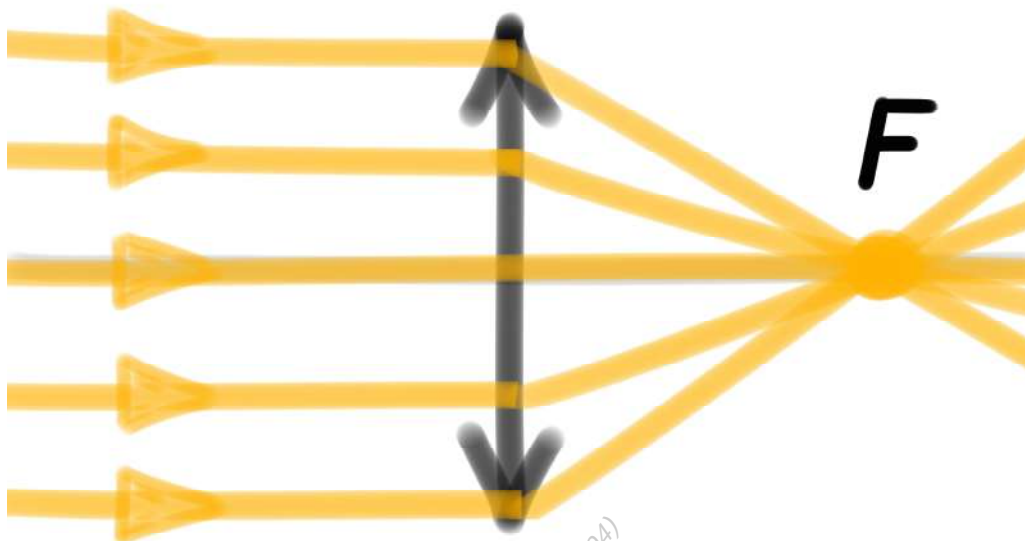


Рисунок 40 – Пример для **Главный Фокус**: параллельный пучок **врезается в линзу**
прямо

2. Побочный: фокус на **побочной** оптической оси. (рис.41)

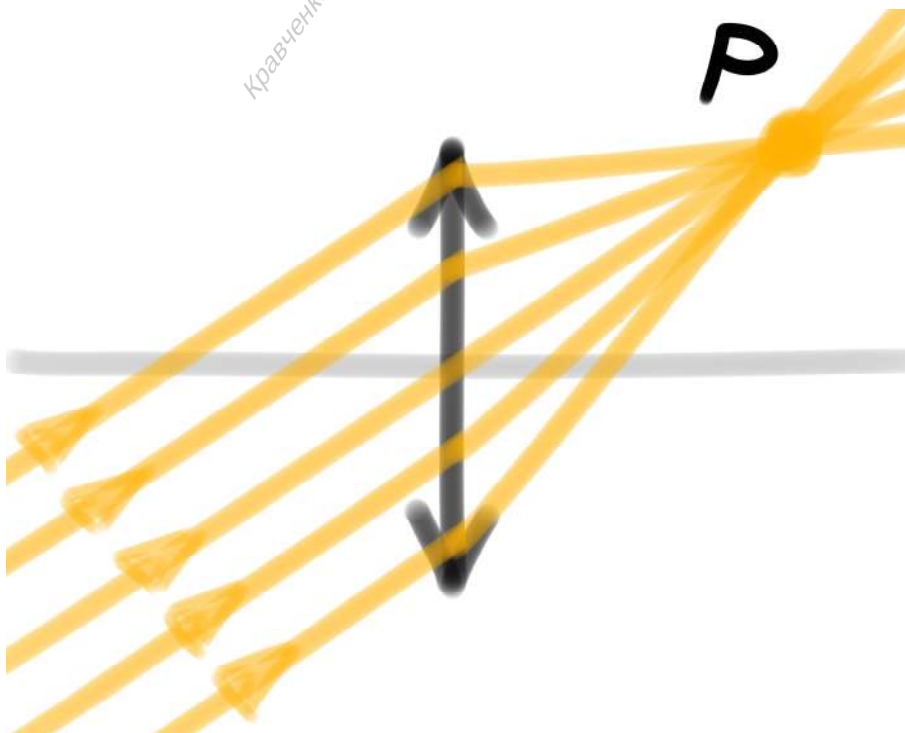


Рисунок 41 – Пример для **Побочный Фокус**: параллельный пучок **врезается в линзу под**
углом





Фокусное расстояние (F [м]) – расстояние от центра линзы до главного фокуса. (рис.42, 43)

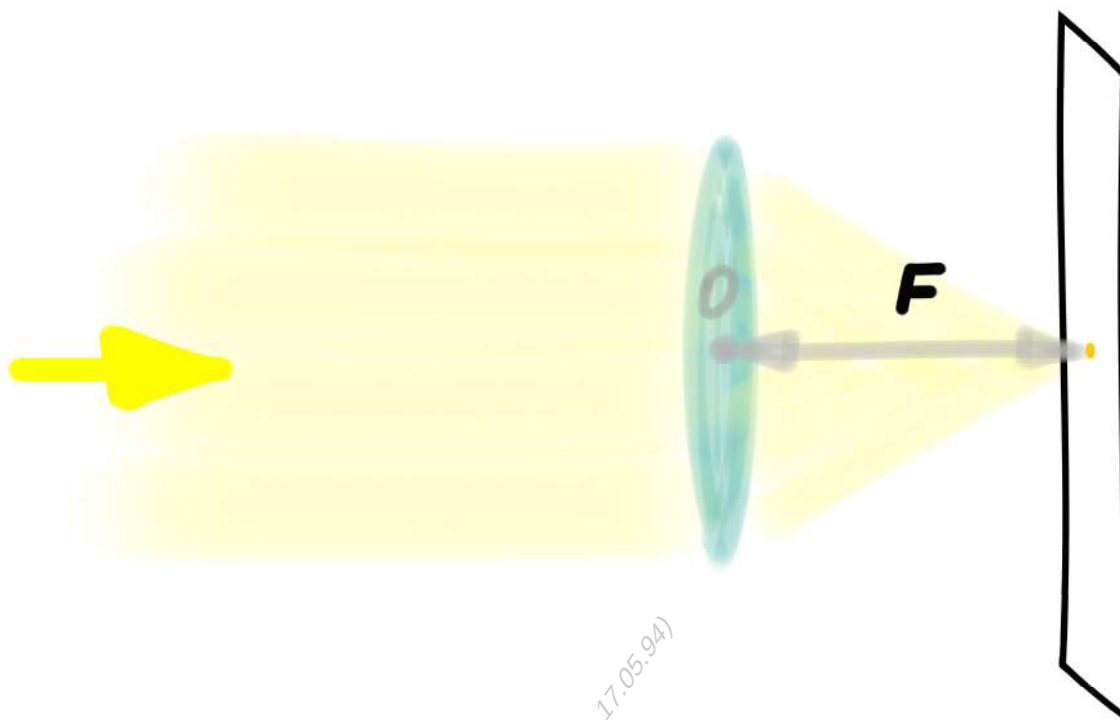


Рисунок 42 – Пример для **Фокусное расстояние: собирающей** линзы

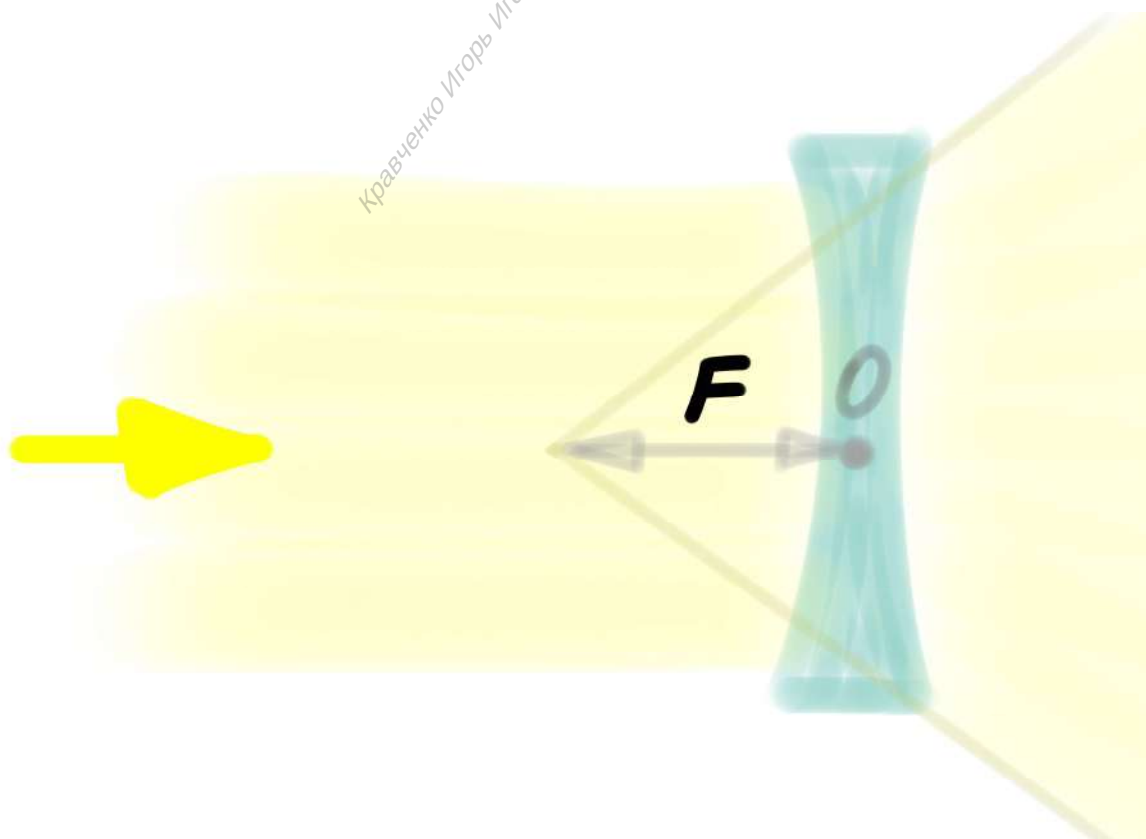


Рисунок 43 – Пример для **Фокусное расстояние: рассеивающей** линзы (пучок после прохождения линзы собирается мысленно с другой стороны)





Оптическая сила (D [дптр]) – характеристика линзы, показывающая способность линзы преломлять лучи. (рис.44)

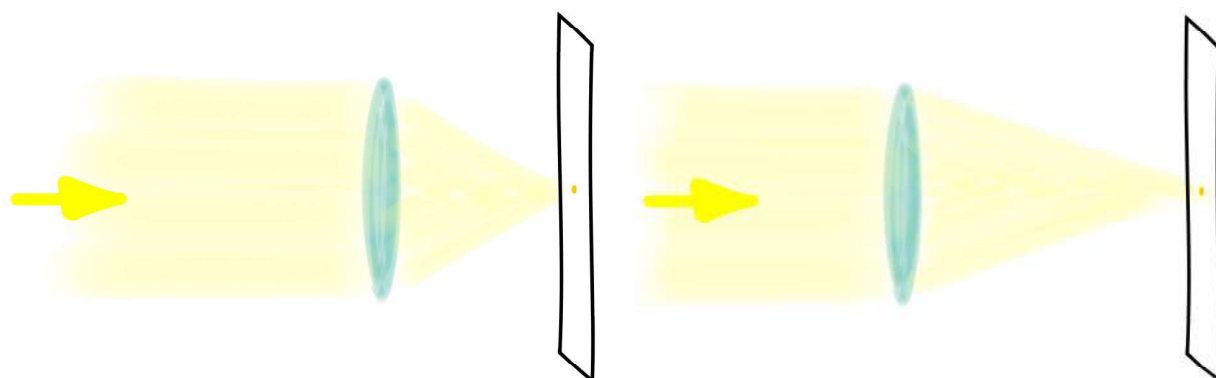


Рисунок 44 – Пример для **Оптическая сила**: где больше D ??

Фокальная плоскость – плоскость через главный фокус, перпендикулярная ГОО. (рис.45)

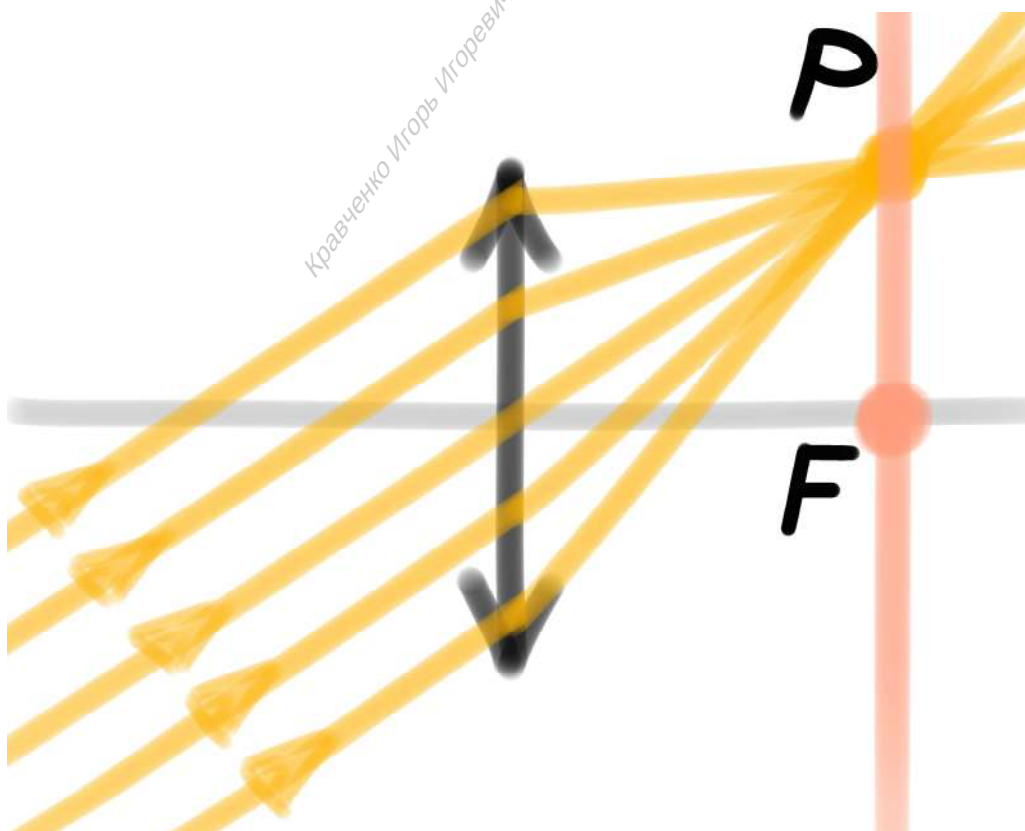


Рисунок 45 – Пример для **Фокальная плоскость**: побочные фокусы на **фокальной плоскости** |





Ход луча через линзу: (рис.46-48)

Правило №1:

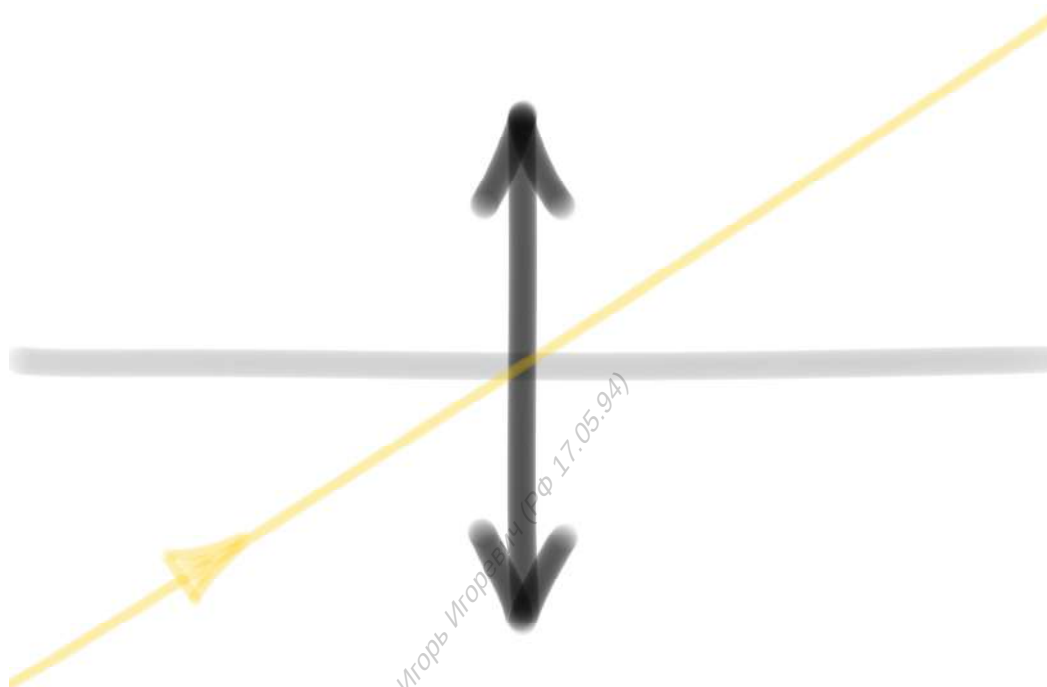


Рисунок 46 – Пример для **Ход луча через линзу:** падающий в центр **НЕ** преломляется

Правило №2:

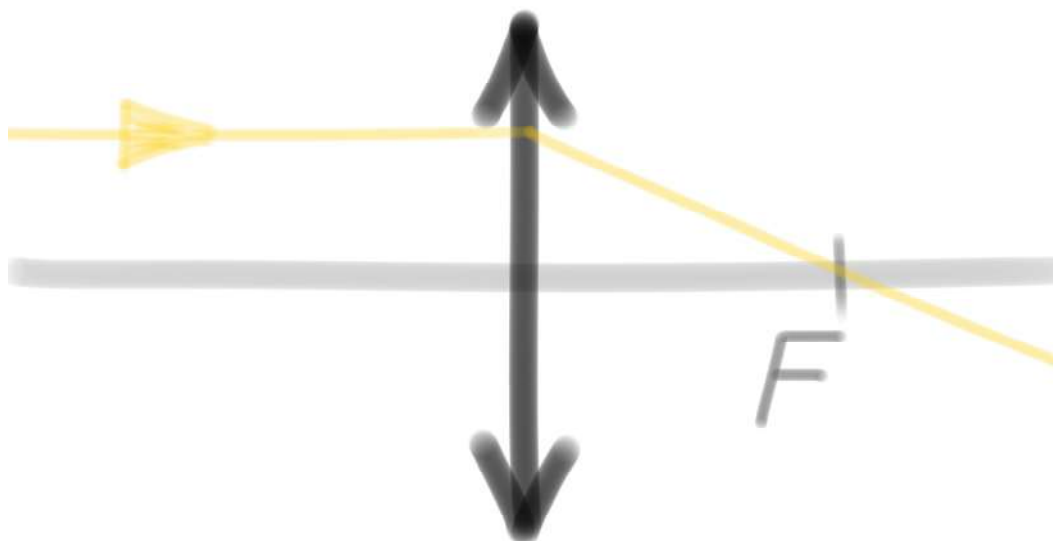


Рисунок 47 – Пример для **Ход луча через линзу:** падающий **параллельно ГОО** преломляется через главный Фокус





Правило №3:

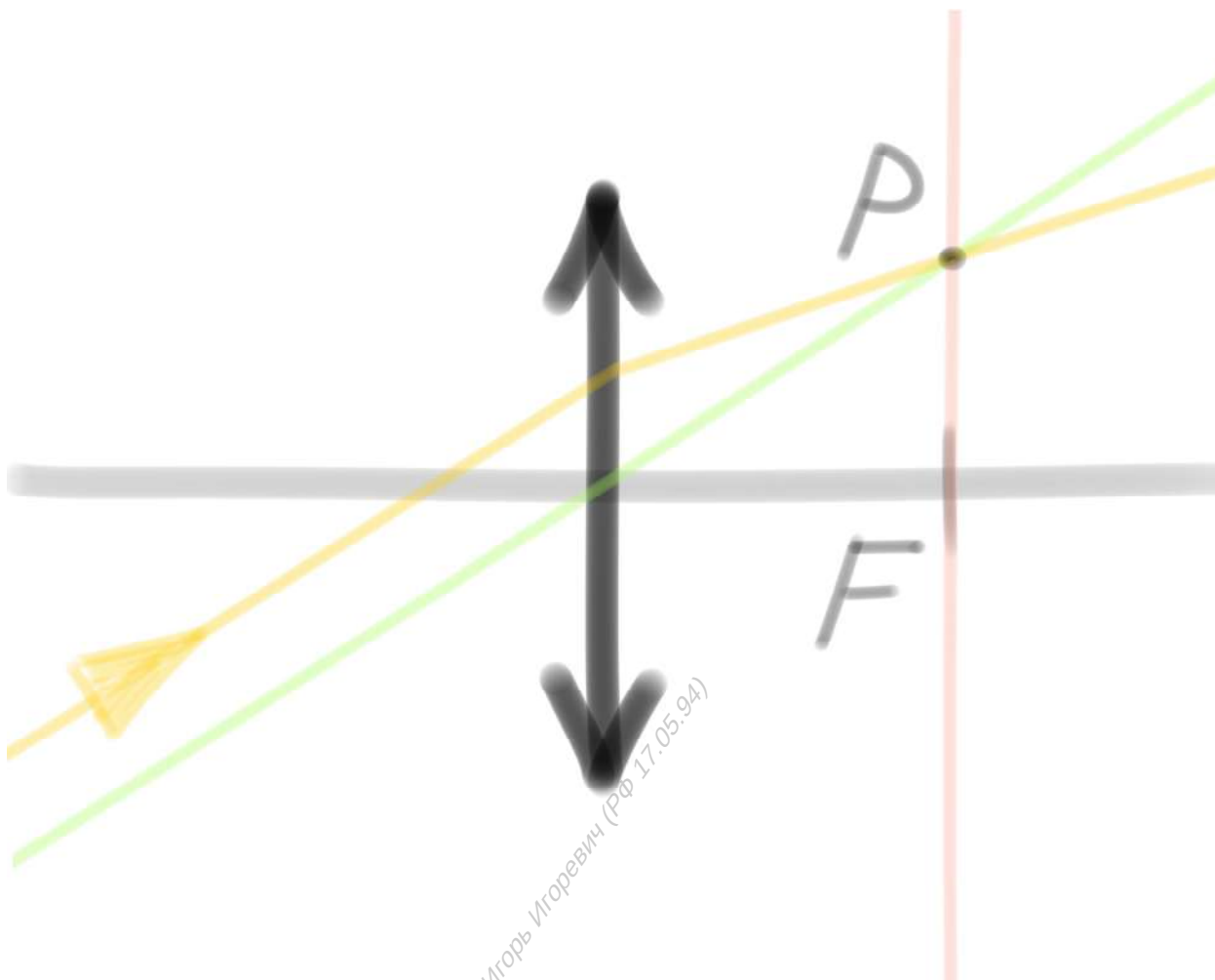


Рисунок 48 – Пример для **Ход луча через линзу**: падающий под углом к ГОО преломляется через **побочный Фокус** параллельной ПОО

Изображение-точка линзы (S') – точка пересечения преломленных линзой лучей (или их мысленных продолжений). (рис.49)

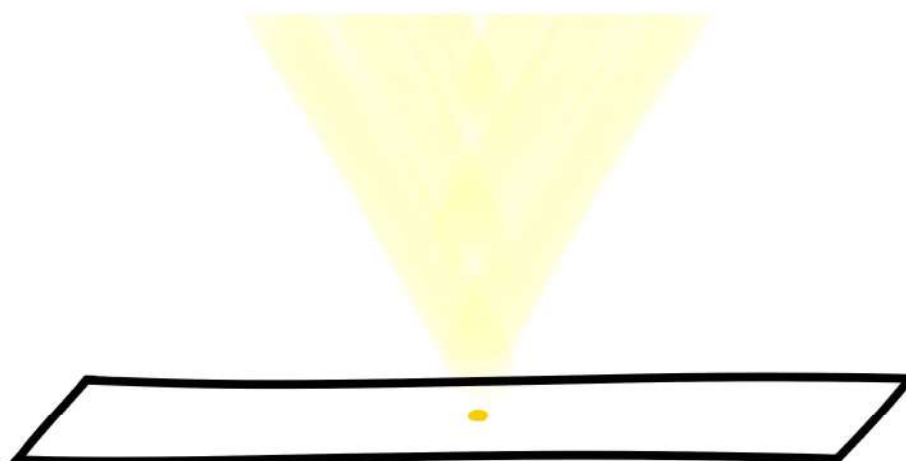


Рисунок 49 – Пример для **Изображение-точка линзы**: S' на плоскости





Виды изображений линзы:

1. Действительное: (рис.50)

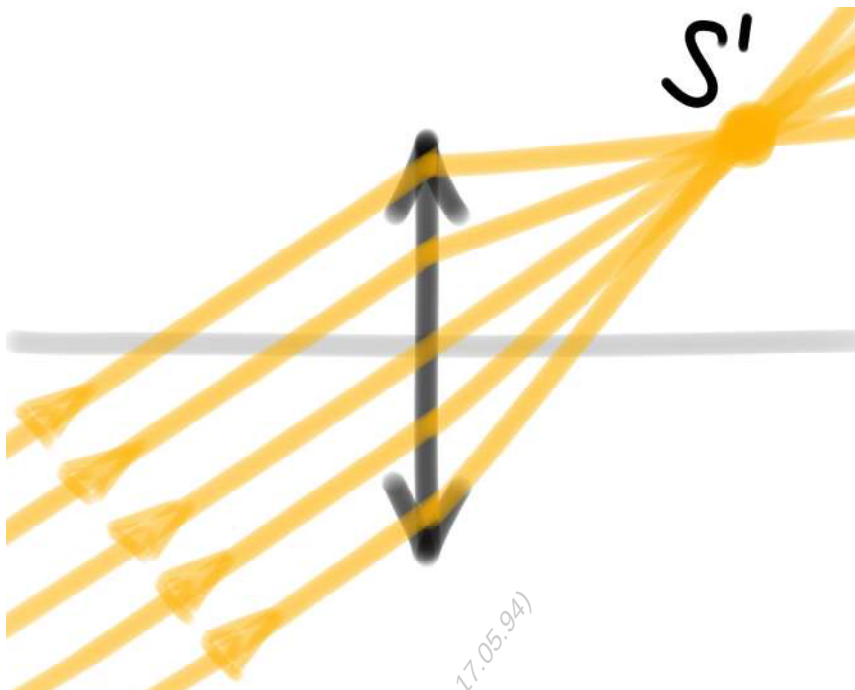


Рисунок 50 – Пример для **Изображение-точка линзы: преломленные « встречаются »**

2. Мнимое: (рис.51)

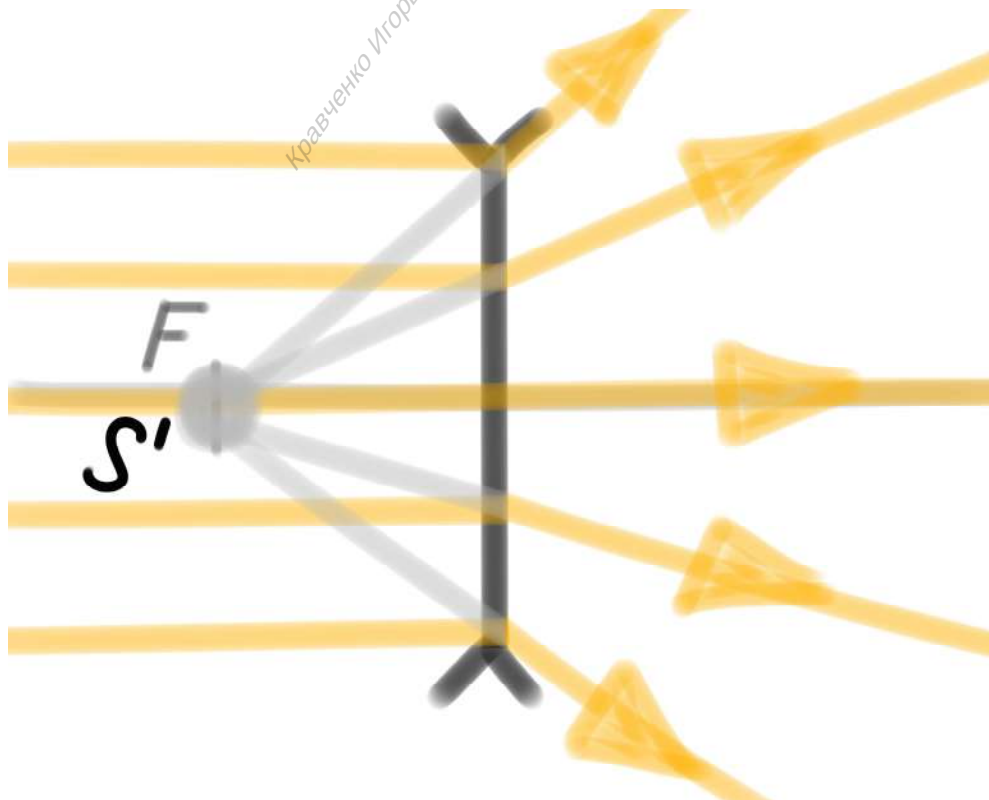


Рисунок 51 – Пример для **Изображение-точка линзы: мысленные продолжения пересекаются**





Теорема об изображении:

« от точки-предмета **ВСЕ** преломленные линзой лучи (или их мысленные продолжения), **пересекаются в одной точке-изображении** »

(рис.52)

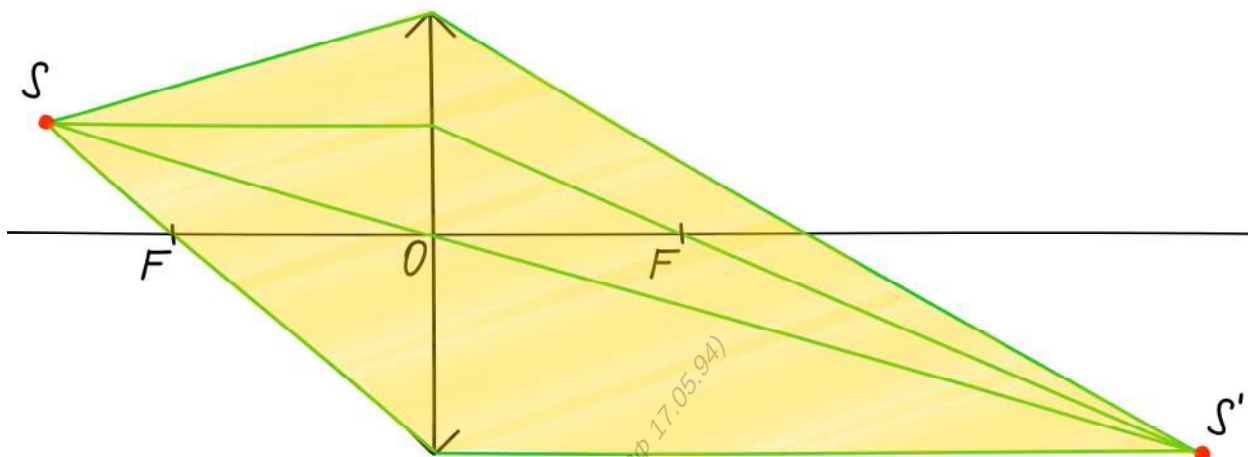


Рисунок 52 – Пример для **Теорема об изображении:**
все преломленные линии от S-предмета придут в S'-изображение

Построение изображения точки в линзах: (рис.53)

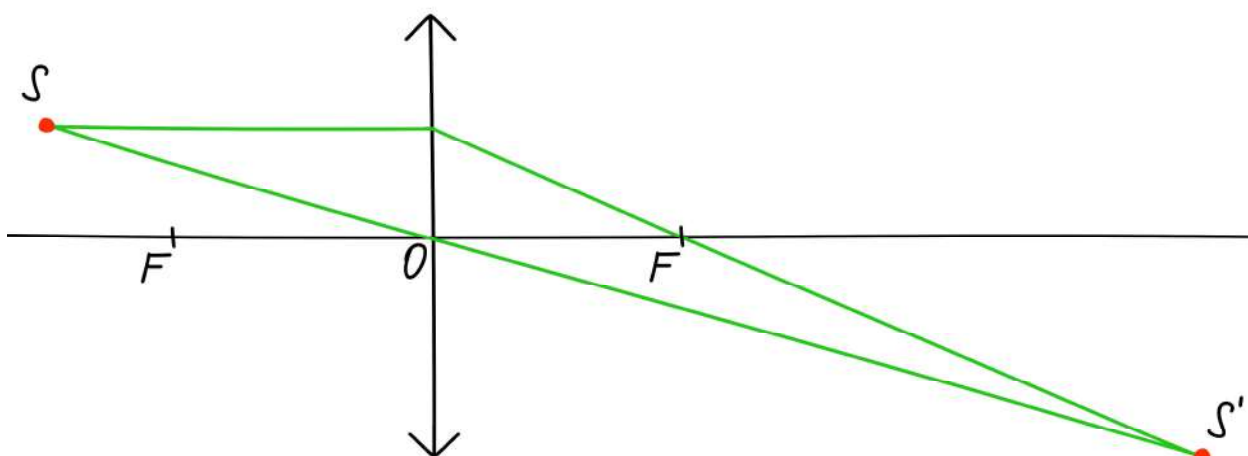


Рисунок 53 – Пример для **Построение изображения точки в линзах:**
изображение = **пересечение двух** разных преломленных лучей





Построение изображения отрезка в линзах: (рис.54)

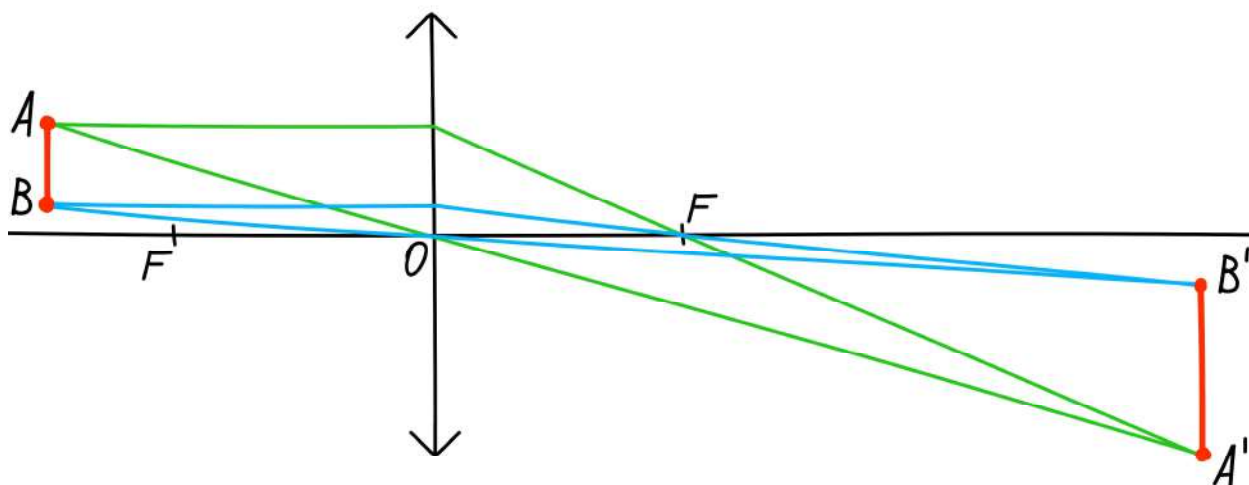


Рисунок 54 – Пример для **Построение изображения точки в линзах:**
изображение = отрезок между изображениями начала и конца отрезка

Фотоаппарат как оптический прибор: (рис.55)

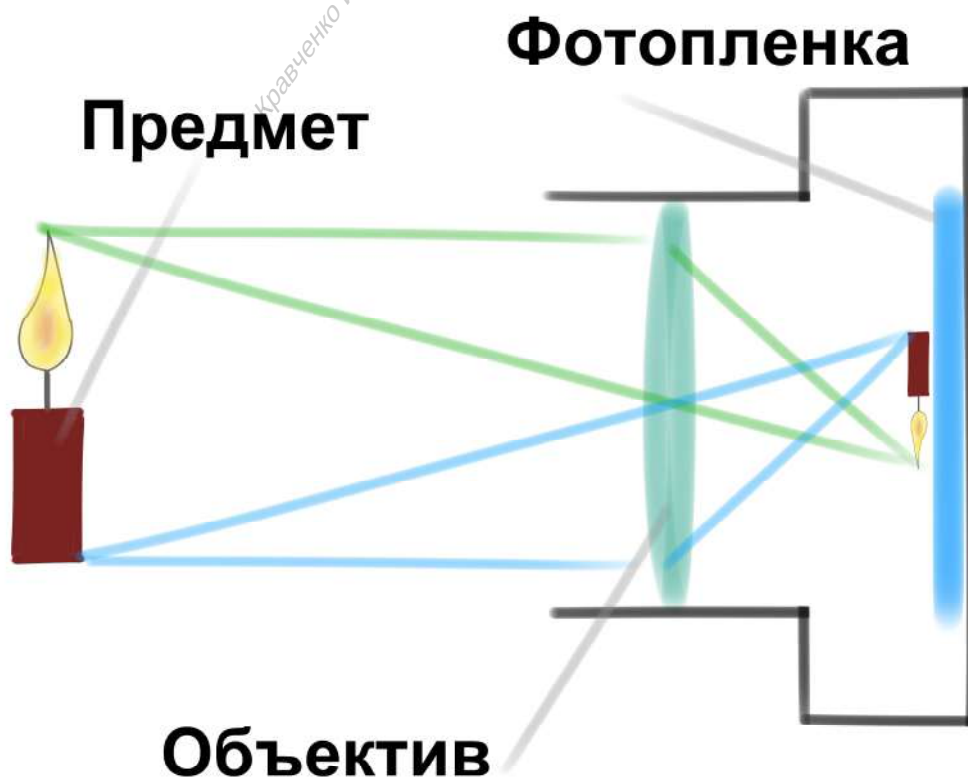


Рисунок 55 – Пример для **Фотоаппарат:** создание изображения на пленке





Глаз как оптическая система: (рис.56, 57)

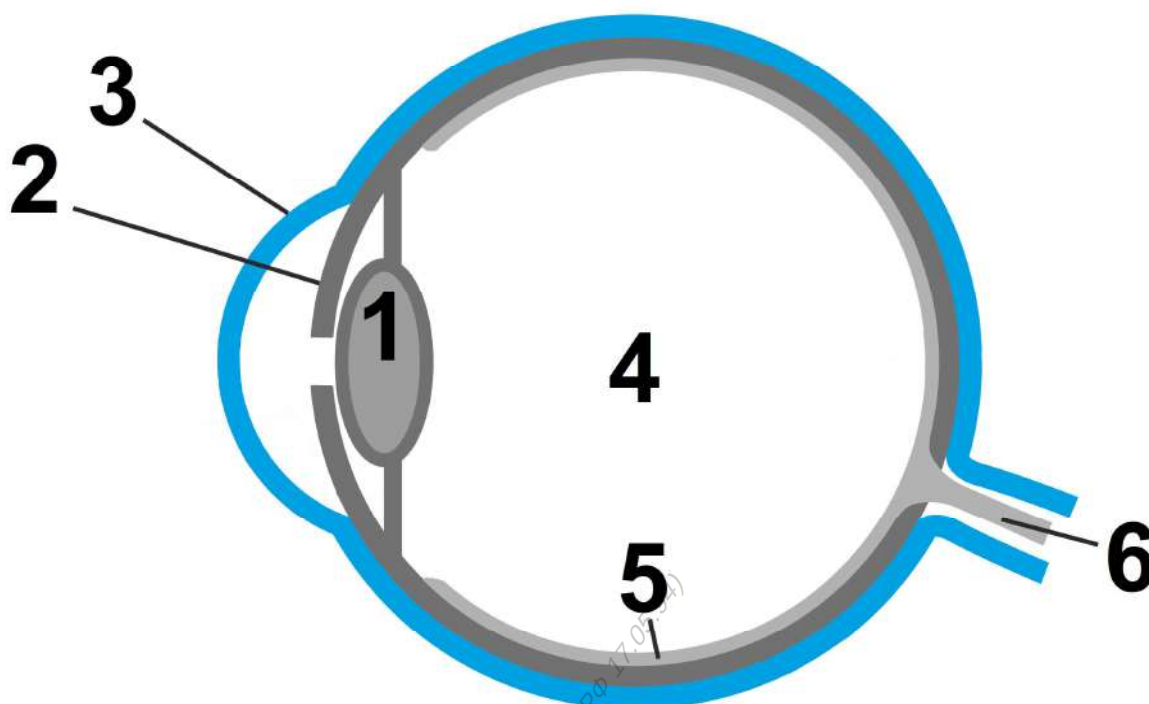


Рисунок 56 – Пример для Глаз: **1** – хрусталик. **2** – радужная оболочка. **3** – роговица. **4** – стекловидное тело. **5** – сетчатка. **6** – зрительный нерв.

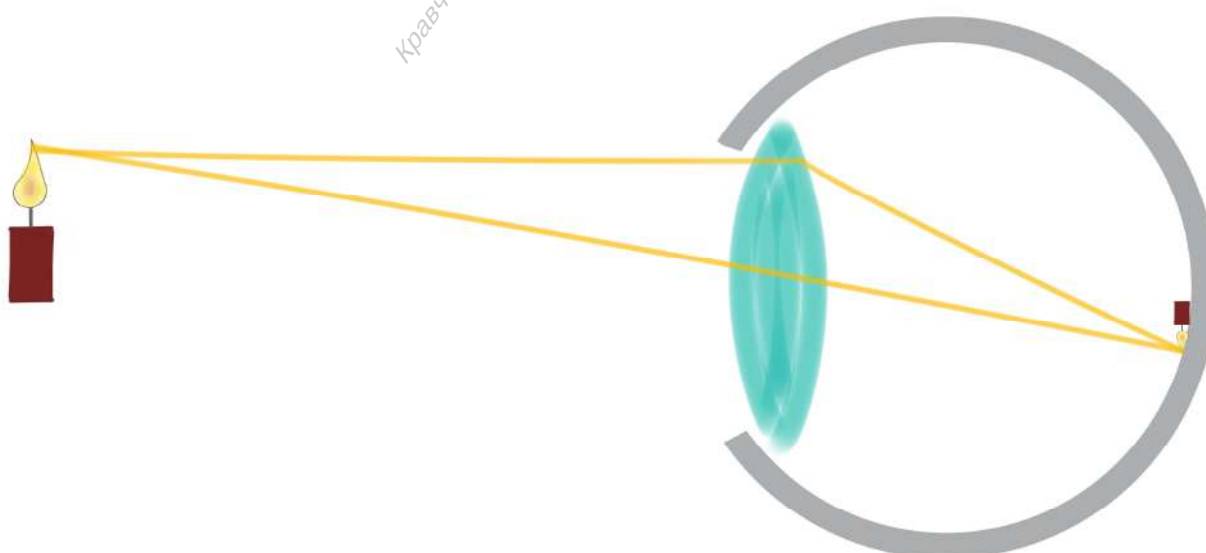


Рисунок 57 – Пример для Глаз: **изображение** свечи в глазу **перевернуто**





Внимание. Далее полагаем, **свет = волна**. (рис.58)

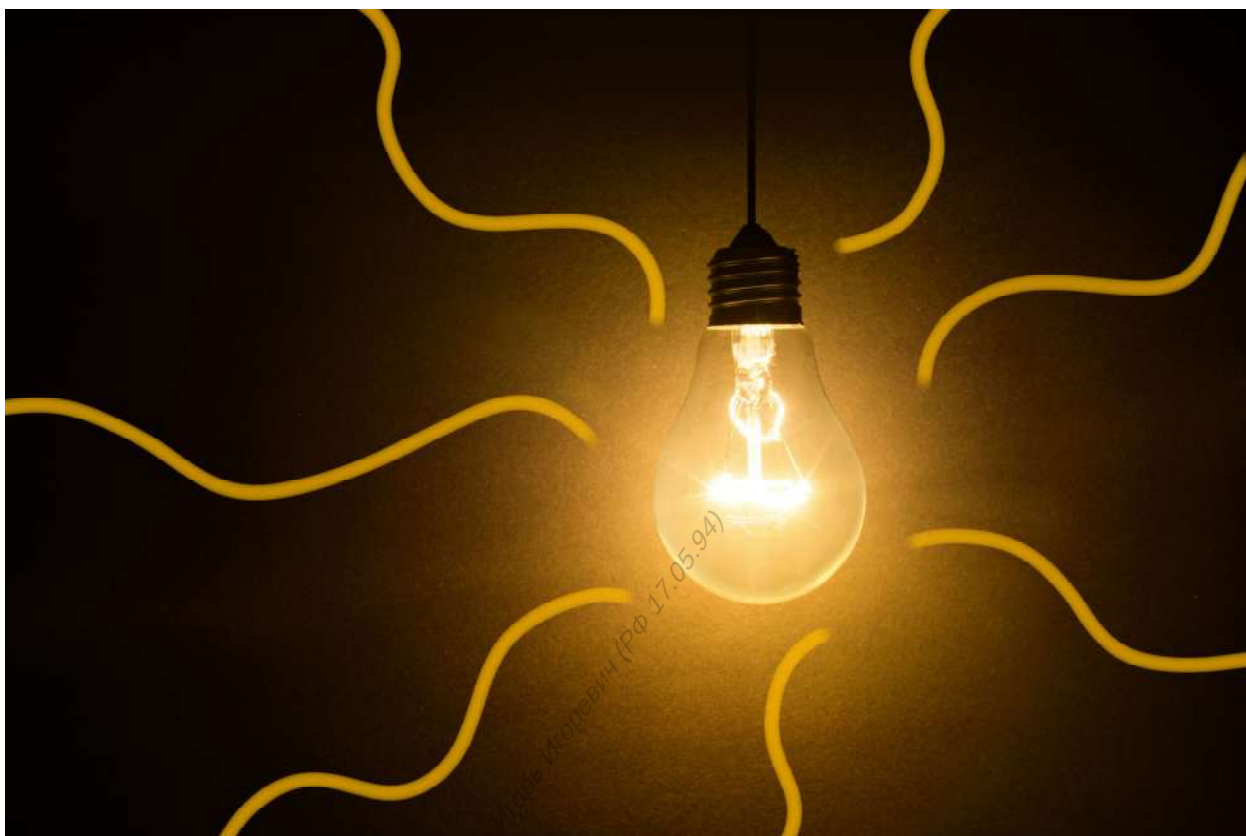


Рисунок 58 – Пример для **свет = волна: невидимые тонкие волны**

Интерференционная картина (устойчивая) – неподвижное **распределение** мест с колебаниями **одной интенсивности**, не зависящее от времени, **из-за наложения** нескольких **волн**. (рис.59)



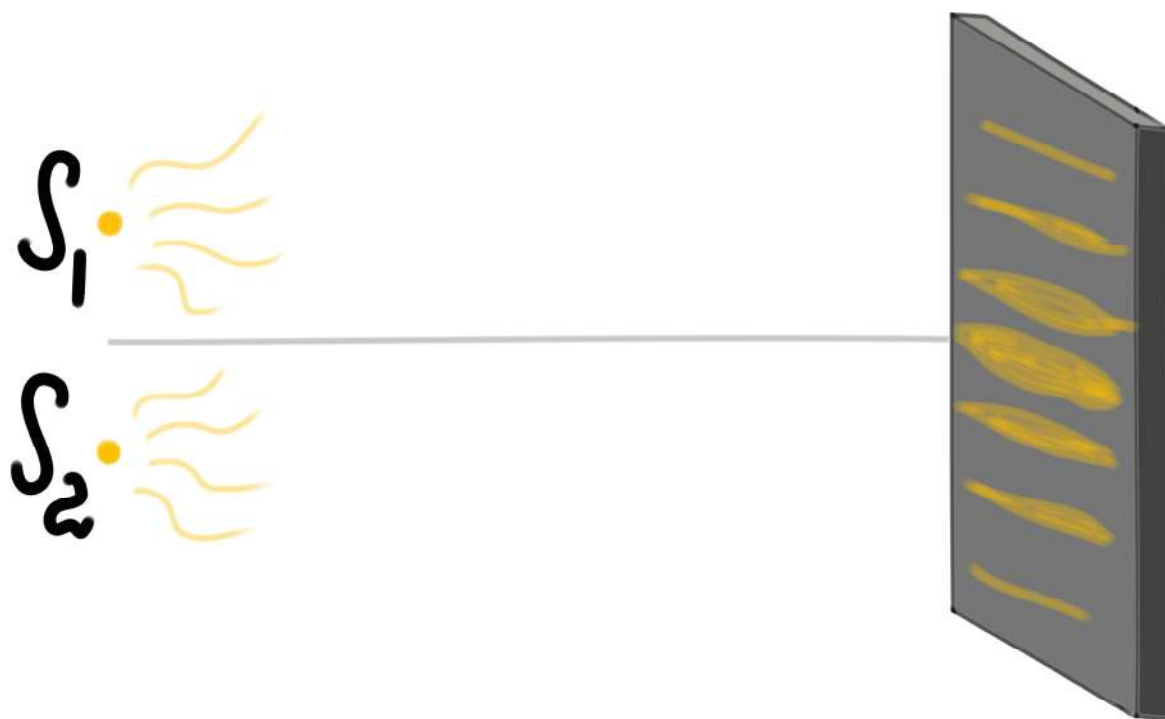


Рисунок 59 – Пример для **Интерференционная картина**: на экране **накладываются две волны источников**

Интерференция волн – явление **образования** устойчивой интерференционной картины. (рис.60)

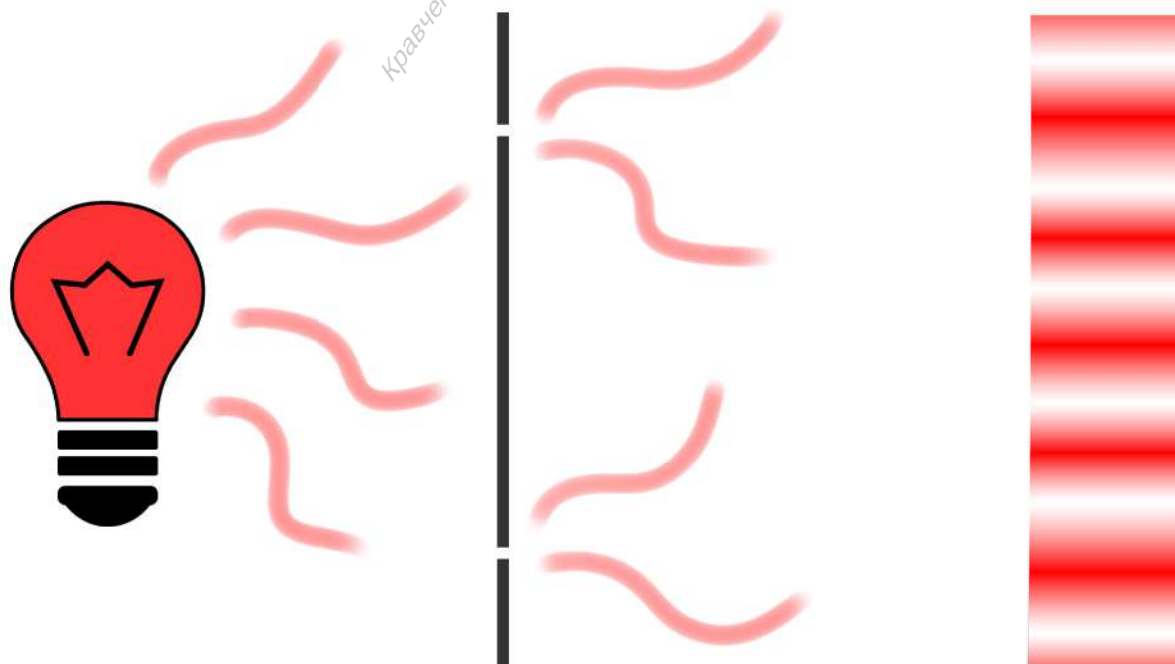


Рисунок 60 – Пример для **Интерференционная картина**: щели препятствия создают два источника, которые « интерферируют »





Когерентные источники – источники с волнами **одинаковой частоты**, у которых **разность фаз постоянна**. (рис.61)

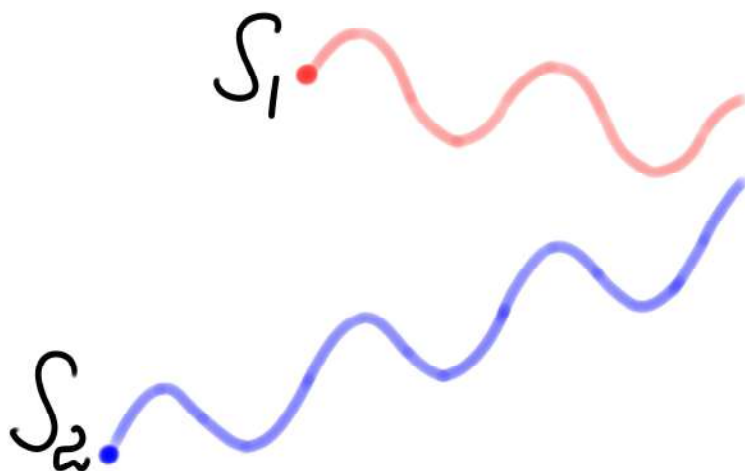


Рисунок 61 – Пример для **Когерентные источники: одинаковые волны** (цвета для удобства различения волн)

Разность хода (Δ [м]) – **разность расстояний**, проходимых волнами до точки наложения волн. (рис.62)

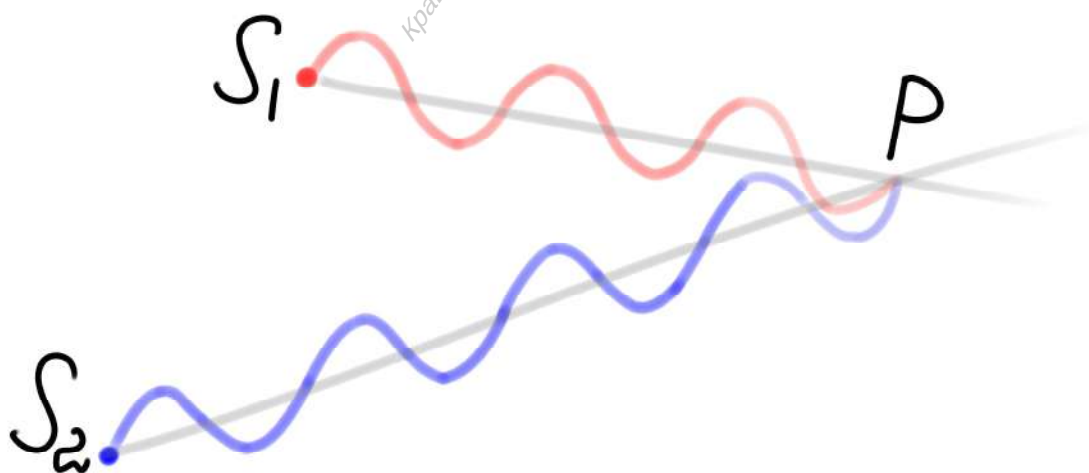


Рисунок 62 – Пример для **Разность хода: $S_2P - S_1P$**





Условия максимумов и минимумов в интерференционной картине двух когерентных источников:

Максимум: (рис.63)

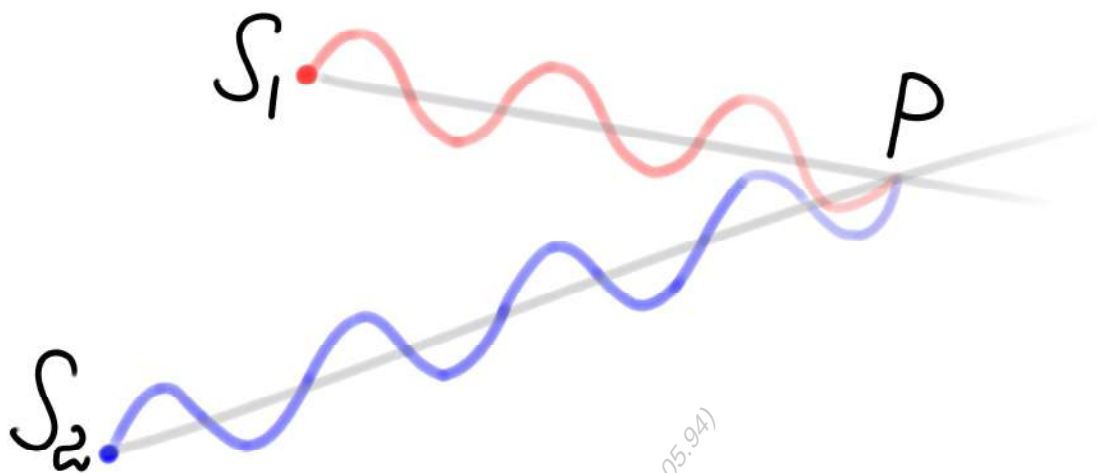


Рисунок 63 – Пример для **Максимум:**

$\Delta = \text{целое число длин волн}$

Минимум: (рис.64)

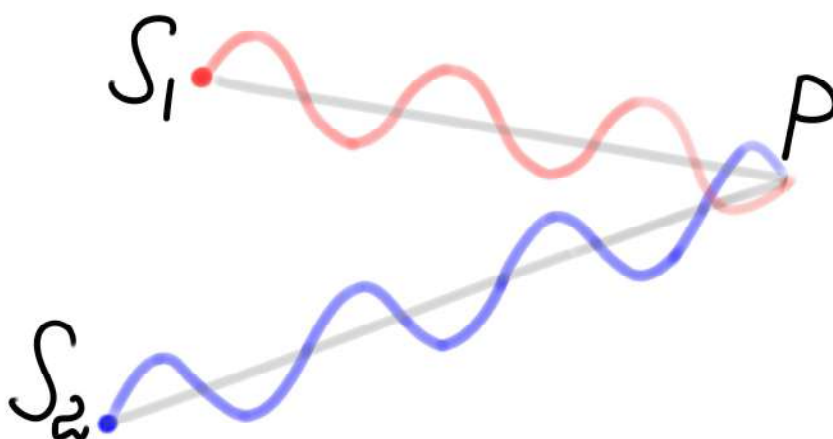


Рисунок 64 – Пример для **Минимум:**

$\Delta = \text{целое число длин волн} + \text{половина длины волны}$





Волновая поверхность – множество точек пространства с одинаковой фазой волны источника, в данный момент времени. (рис.65, 65а)

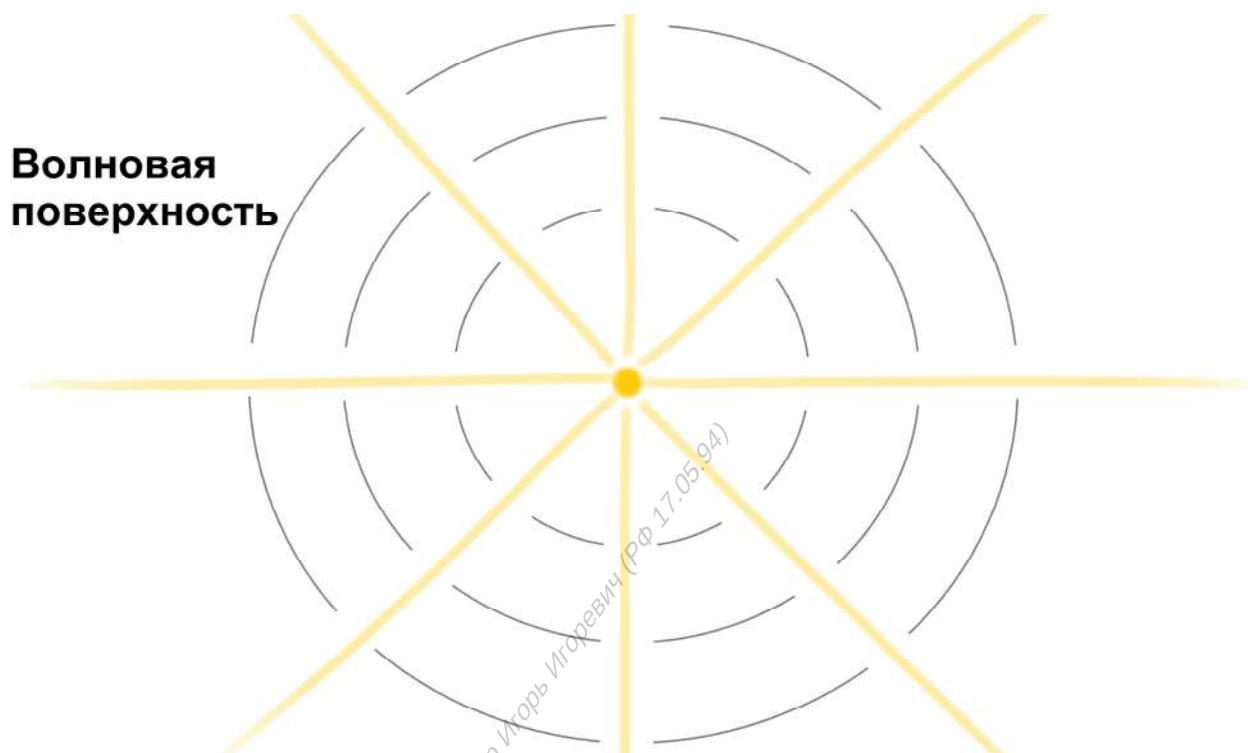


Рисунок 65 – Пример для **Волновая поверхность: сферический** волновой процесс
точечного источника расходится

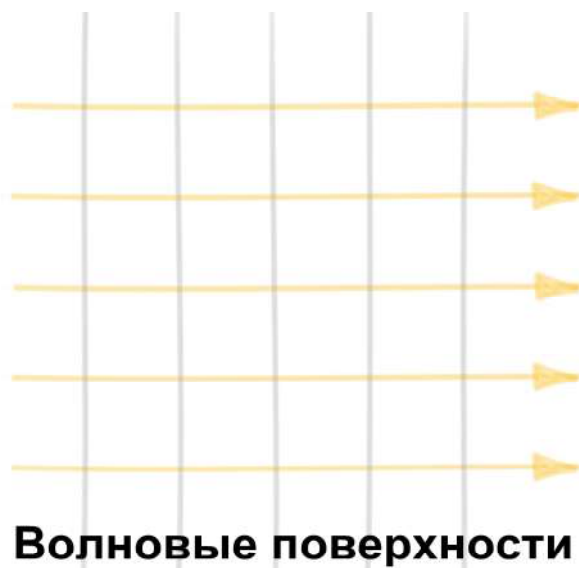


Рисунок 65а – Пример для **Волновая поверхность: параллельный** волновой процесс
идет вправо (пучок)





Дифракция волн – огибание волновым процессом края препятствия.
(рис.66)

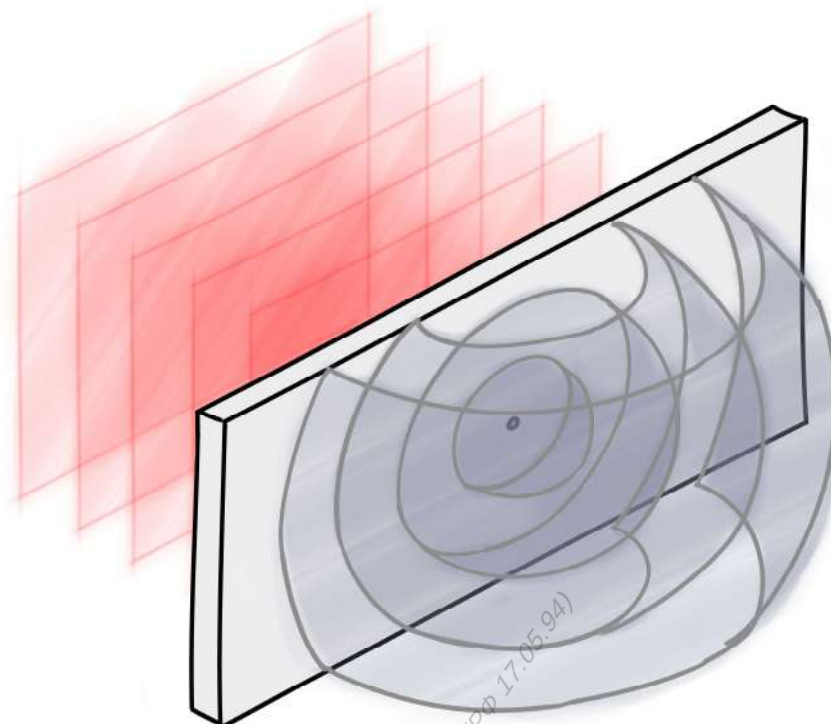


Рисунок 66 – Пример для **Волновая поверхность: проникает за стенку**

Дифракционная решетка – препятствие с щелями. (рис.67-69)

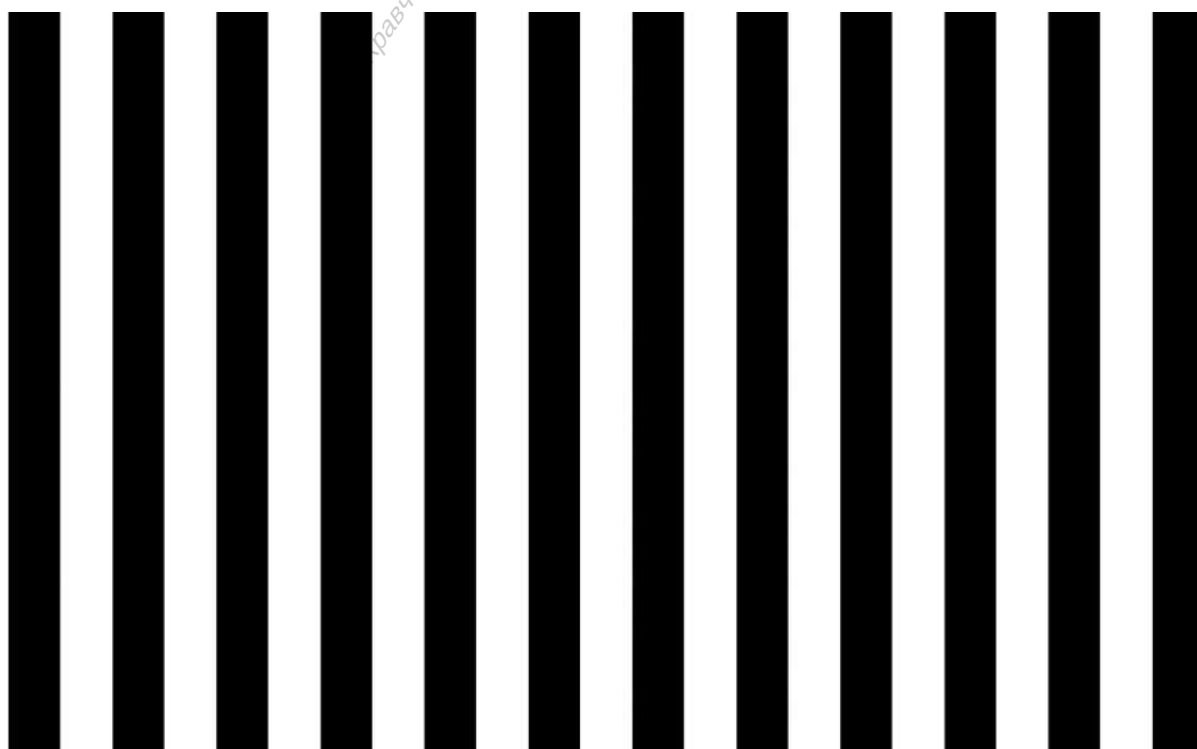


Рисунок 67 – Пример для **Дифракционная решетка: стенка с проходами**



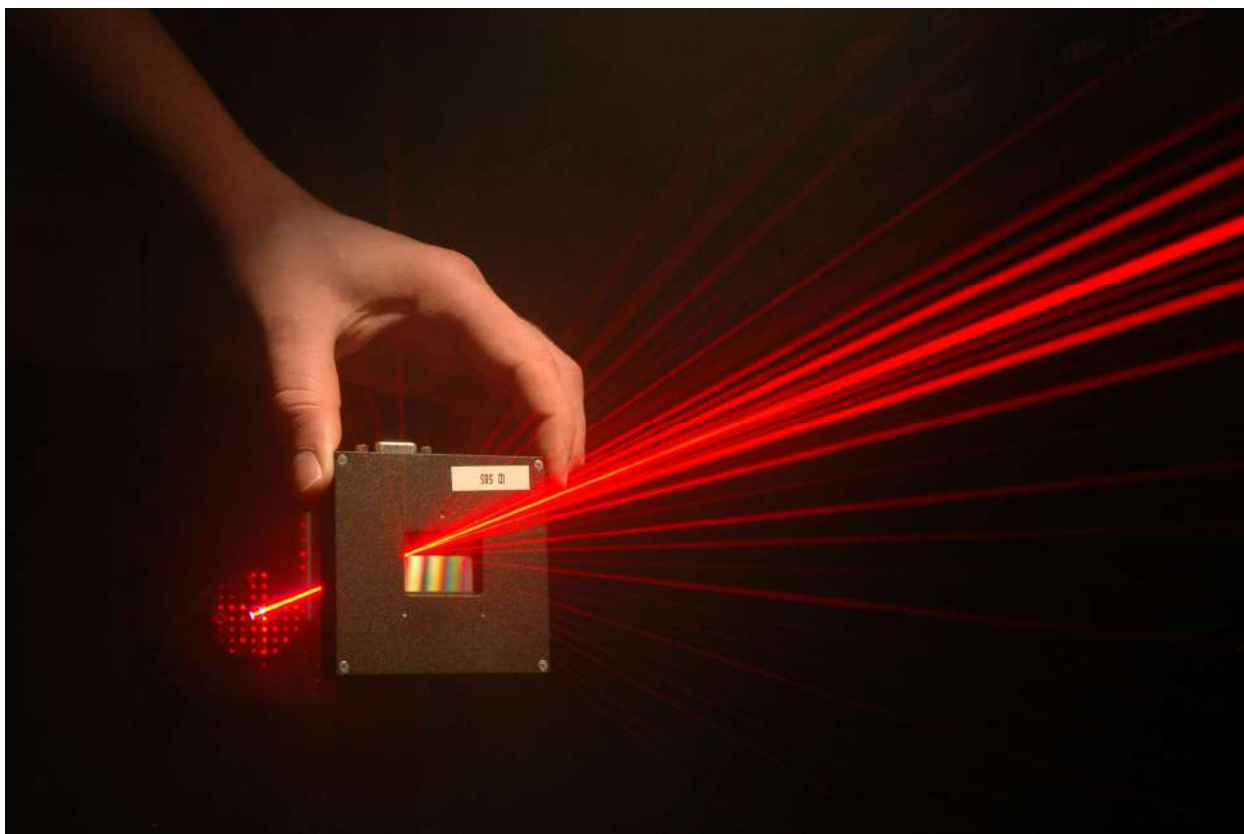


Рисунок 68 – Пример для Дифракционная решетка: дифракция на решетке

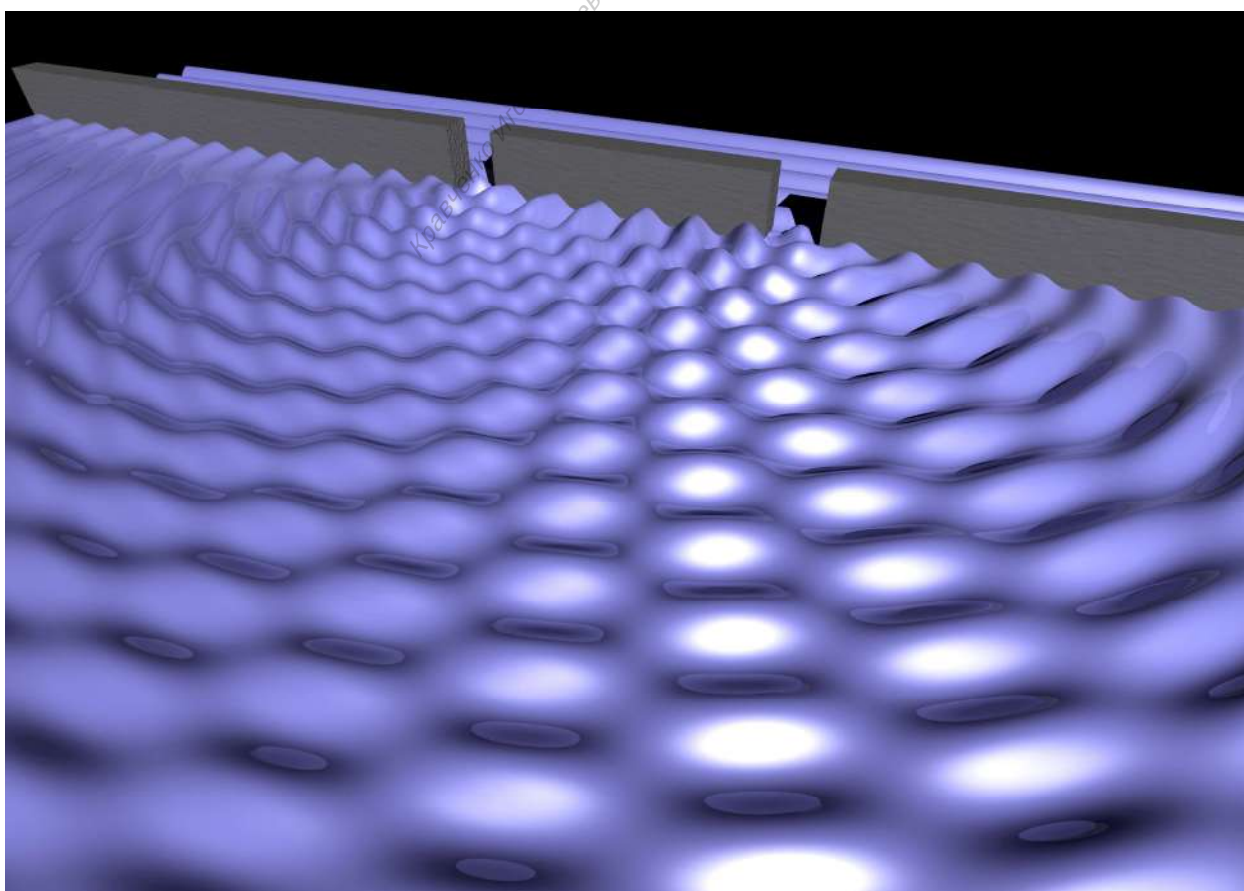


Рисунок 69 – Пример для Дифракционная решетка: параллельный процесс падает на решетку → каждая щель создает волну → волны щелей интерферируют





Условие наблюдения максимумов при нормальном падении монохроматического света на решетку: (рис.70, 71)

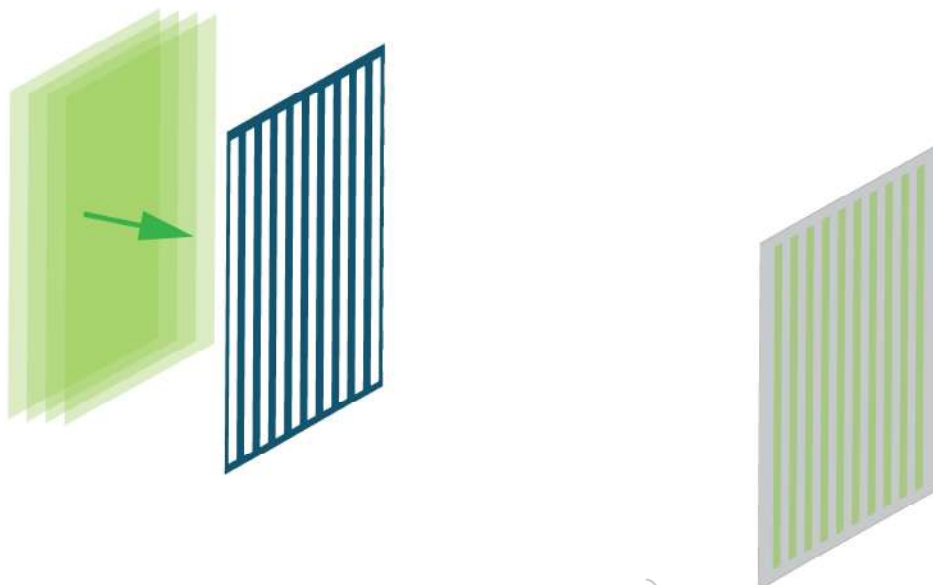


Рисунок 70 – Пример для **Условие наблюдения максимумов решетки:**
полосы (максимумы) упорядочены

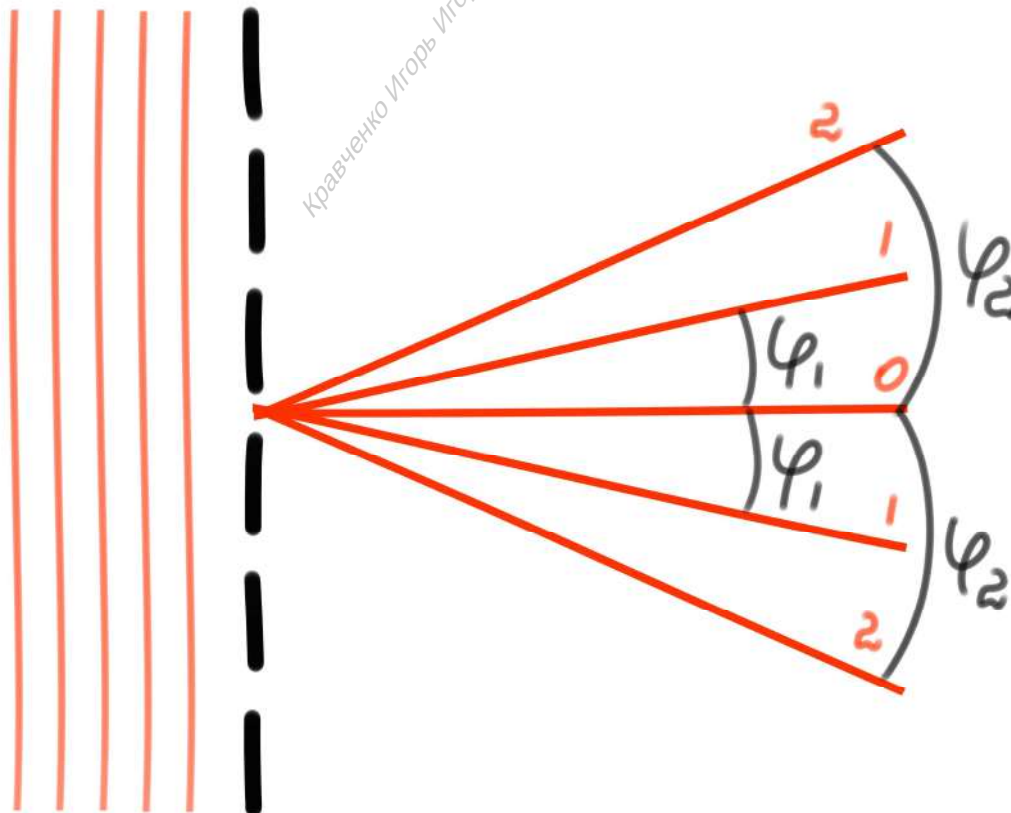


Рисунок 71 – Пример для **Условие наблюдения максимумов решетки:**
максимумы 0-, 1-, 2- порядка





Дисперсия света – зависимость показателя преломления среды от частоты света. (рис.72, 73)

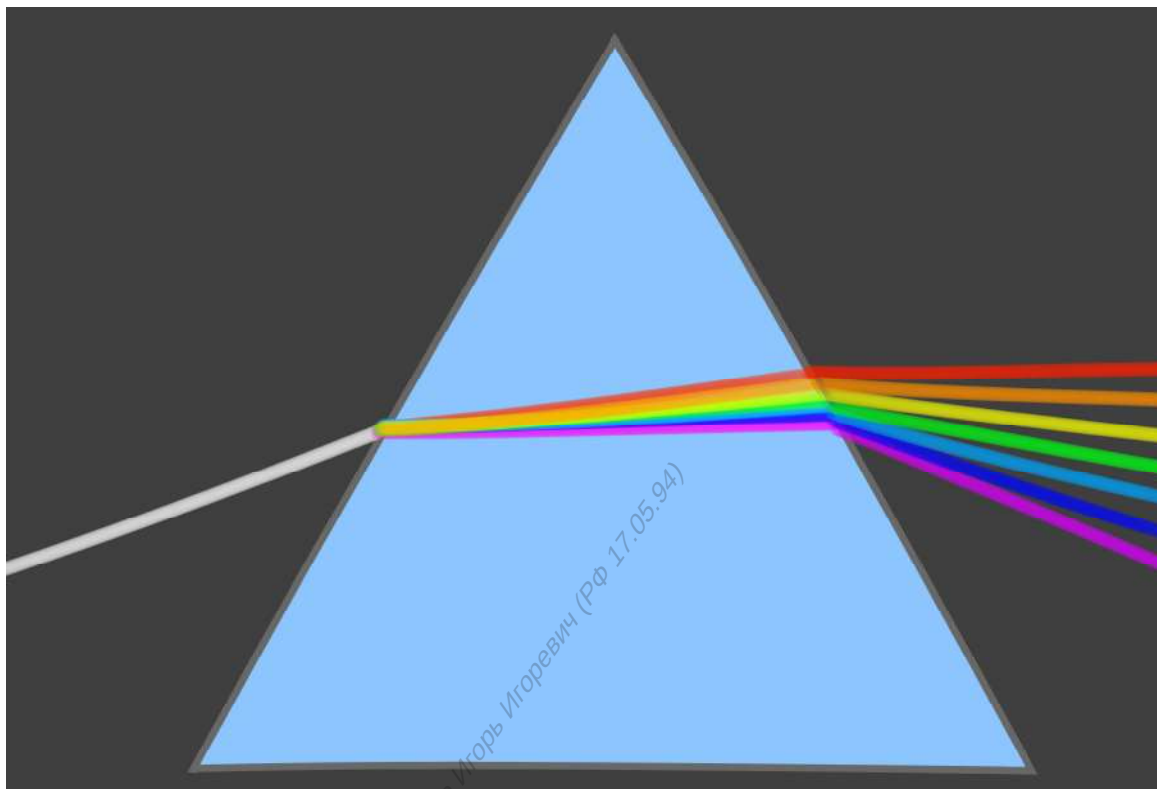


Рисунок 72 – Пример для Дисперсия света: преломление больше всего у фиолетового света

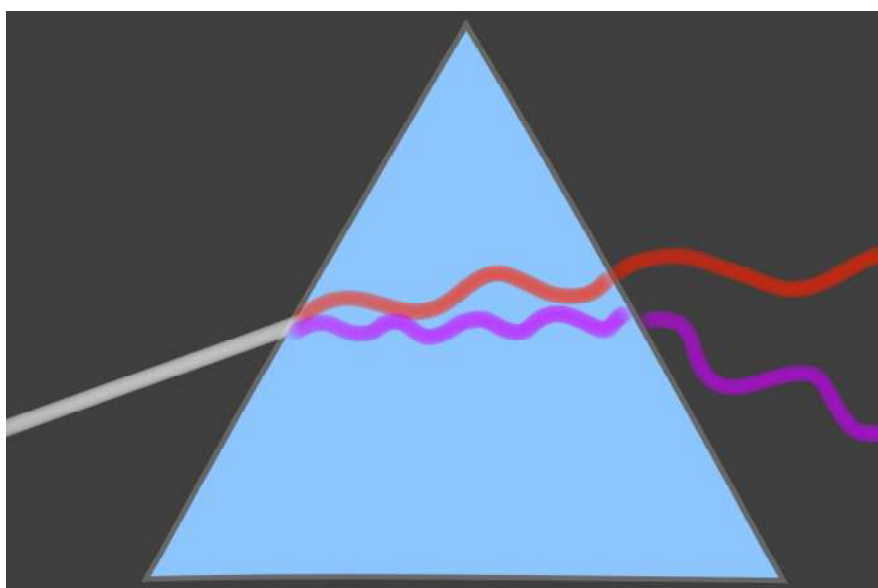


Рисунок 73 – Пример для Дисперсия света: $n_{\text{violet}} > n_{\text{blue}} > n_{\text{green}} > n_{\text{yellow}} > n_{\text{orange}} > n_{\text{red}}$





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)

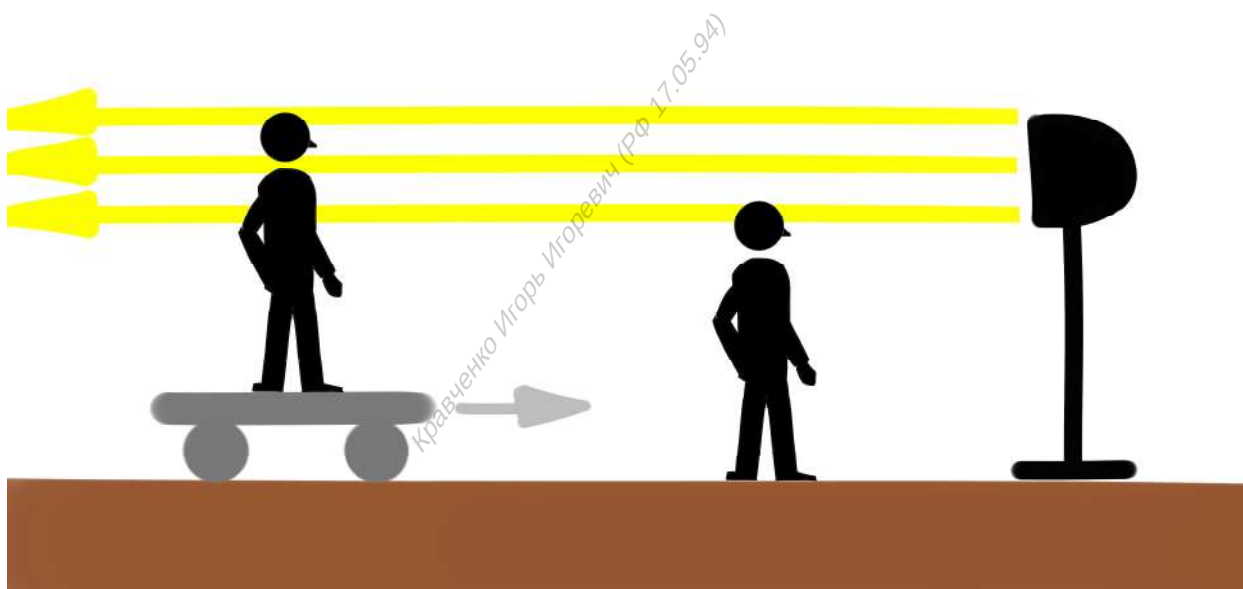


Рисунок 1 – Пример для Принцип инвариантности скорости света в вакууме: **Оба** наблюдателя **видят одинаковую скорость света**, хотя левый движется (Планета – инерциальная система отсчета)

Принцип относительности Эйнштейна:

« Все физические явления при одних и тех же начальных условиях протекают **одинаково в любой инерциальной системе отсчёта** »

(рис.2)



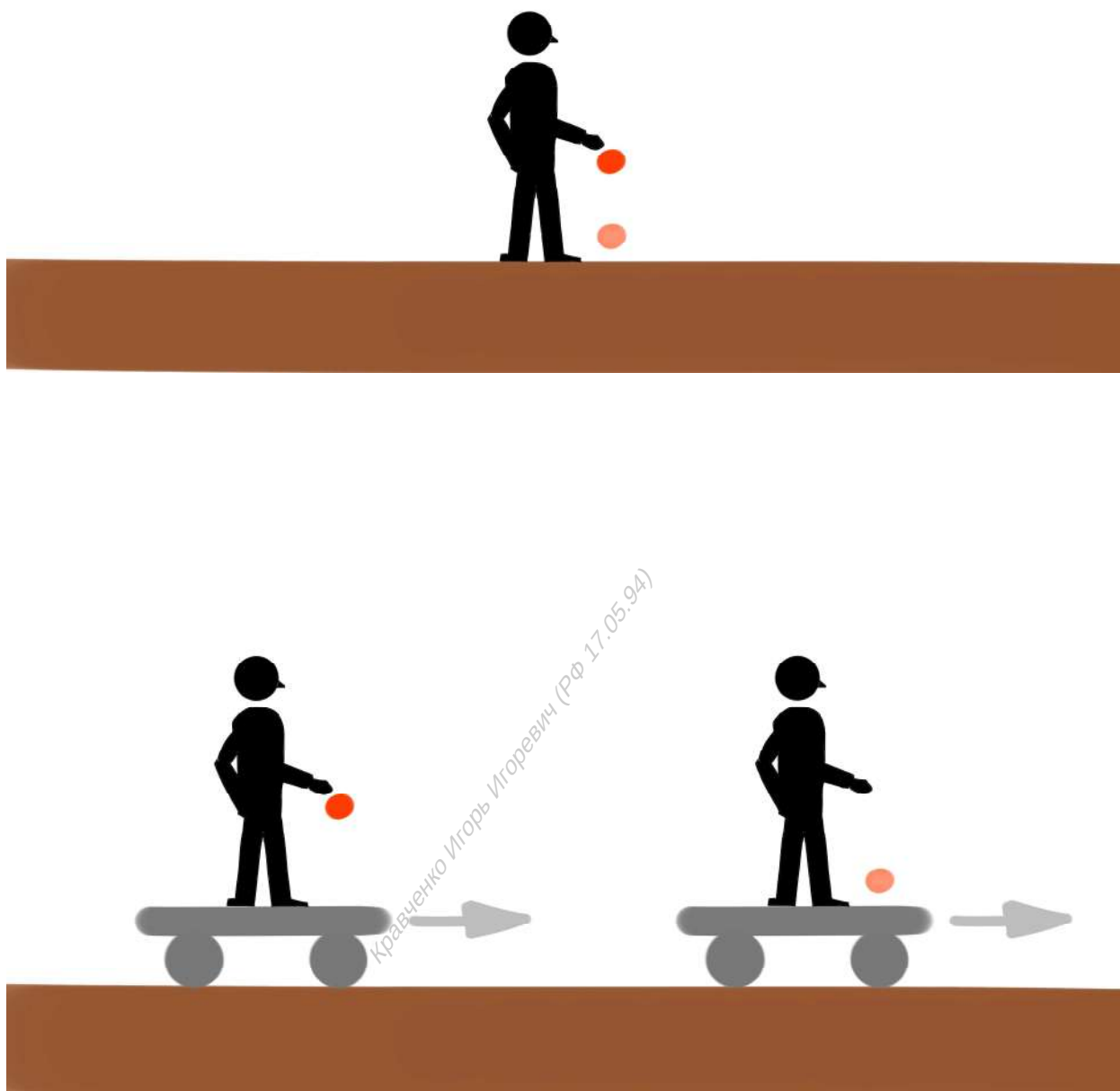


Рисунок 2 – Пример для **Принцип относительности Эйнштейна**:
с точки зрения наблюдателя **шар** падает одинаково вниз

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)

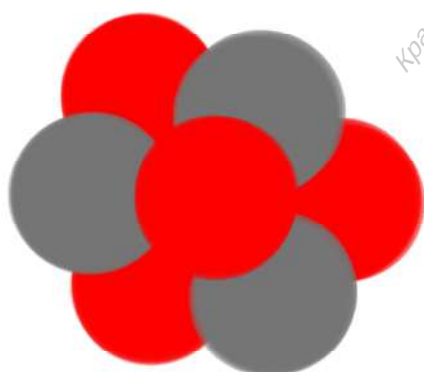


Рисунок 4 – Пример для **Свободная частица:**
слева каждая частица связана,
а
справа свободная частица





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)

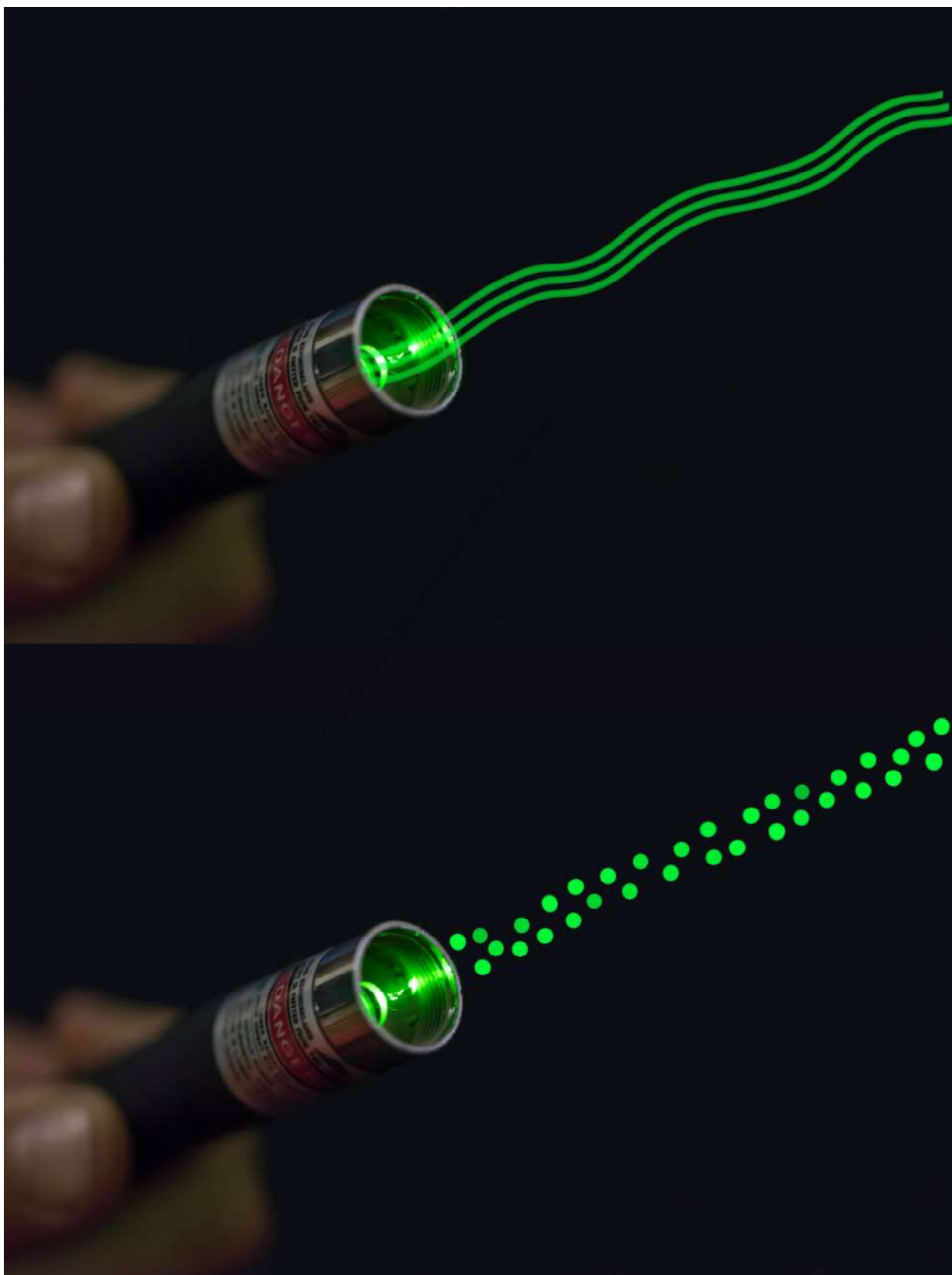


Рисунок 2 – Пример для **Корпускулярно-волновой дуализм**: два представления света





Гипотеза Планка (о квантах):

« Электромагнитная энергия **излучается** и **поглощается** отдельными неделимыми **порциями** – **квантами** »

(рис.3)

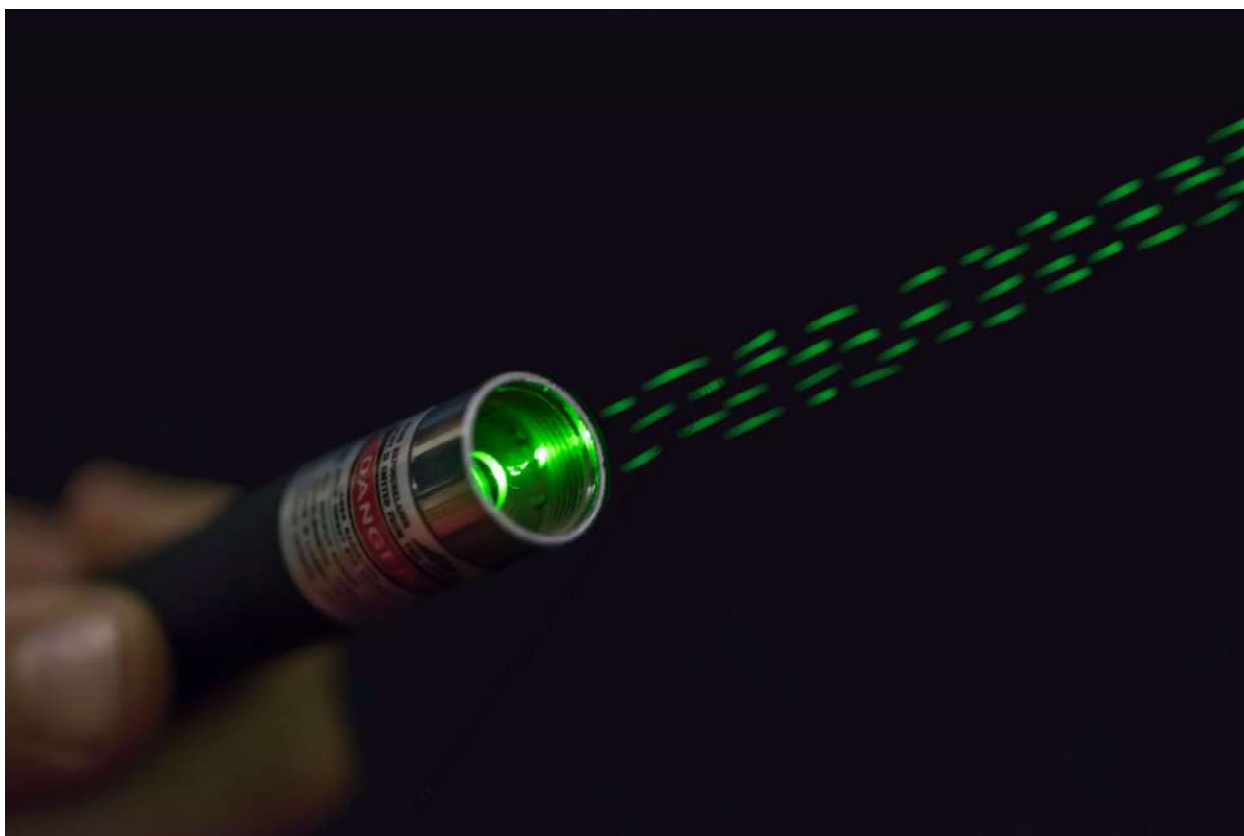


Рисунок 3 – Пример для **Гипотеза Планка**: свет как поток частиц

Формула Планка – формула нахождения энергии одного кванта излучения. (рис.4)

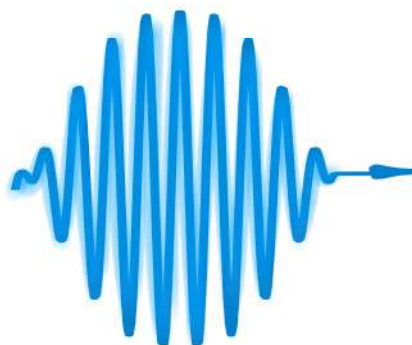


Рисунок 4 – Пример для **Формула Планка**: летящий → квант **света**





Фотон – частица, несущая квант излучения. (рис.5)

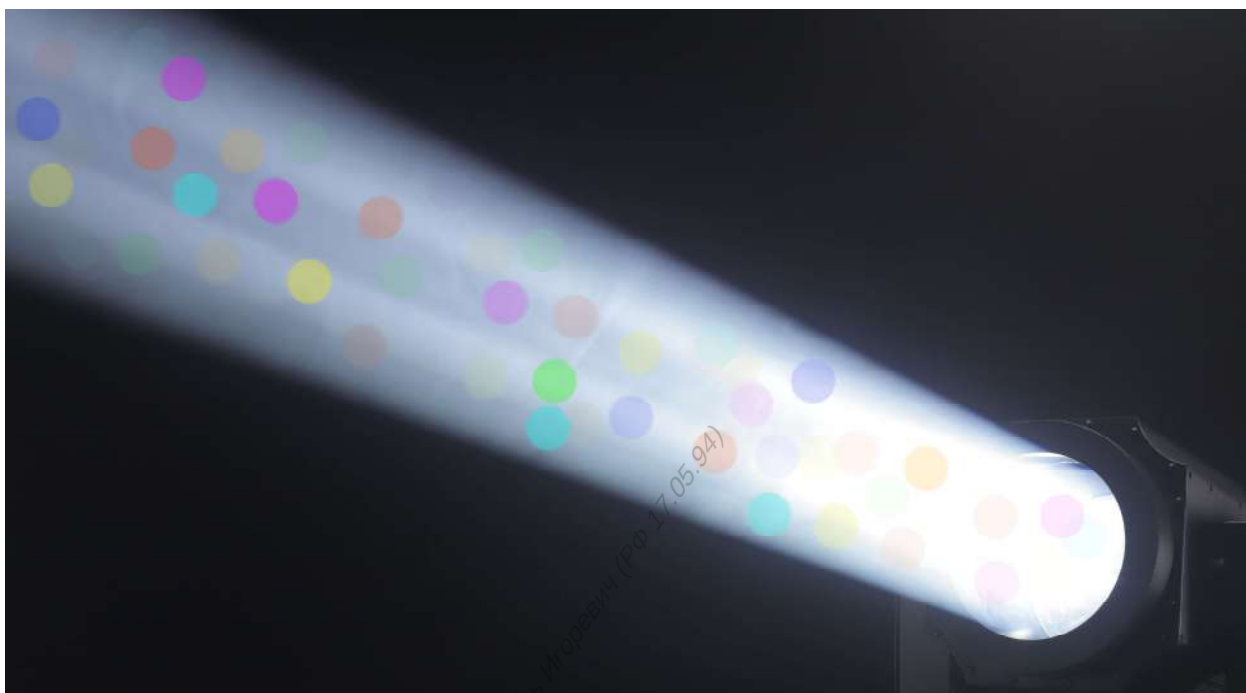


Рисунок 5 – Пример для **Фотон**: невидимые **фотоны** летят

Фотоэффект – вырывание электронов из тела падающим светом. (рис.6)



Рисунок 6 – Пример для **Фотоэффект**: **свет** • выбивает **е**•





Фотоэлектрон – электрон, вырванный светом. (рис.7)

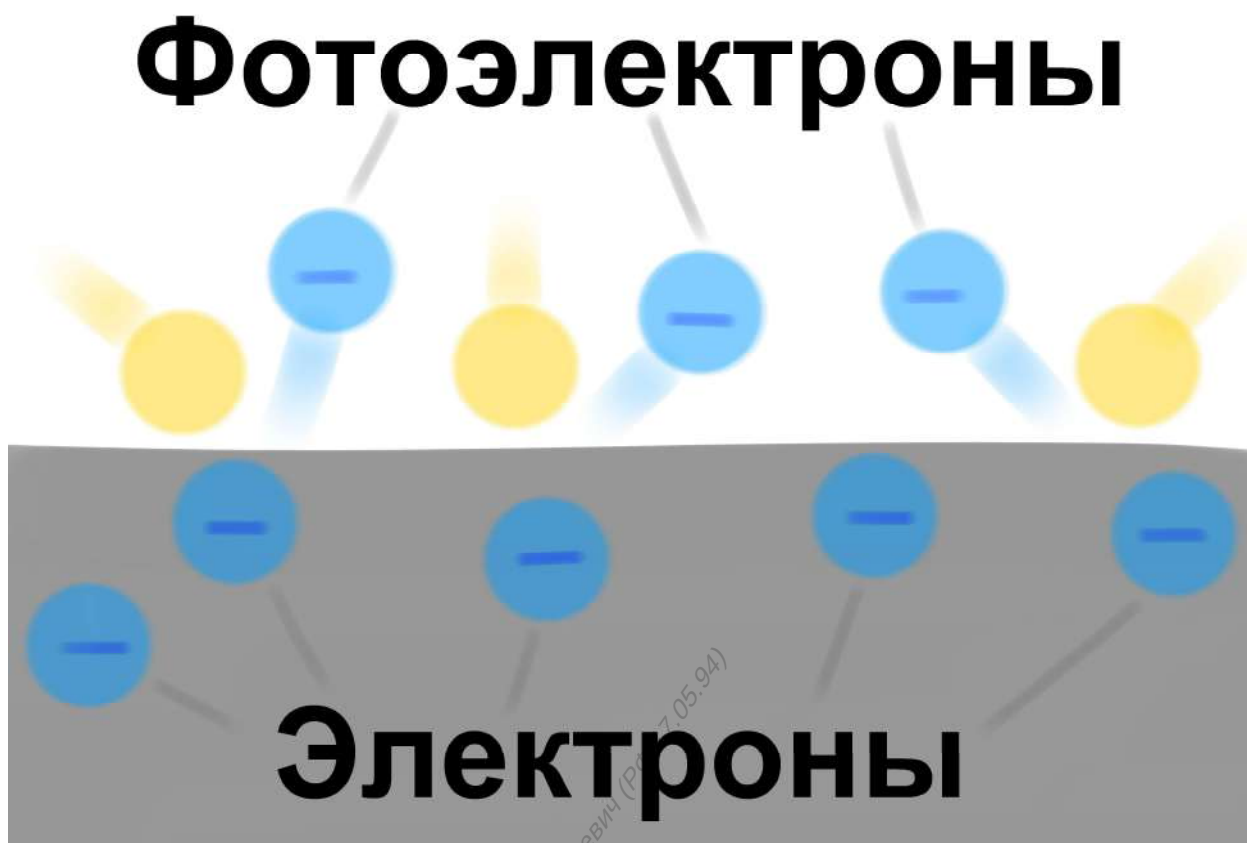


Рисунок 7 – Пример для **Фотоэффект**: фото-**e** НЕ принадлежат телу

Катод – проводник, подключенный к (-) Источника. (рис.8)

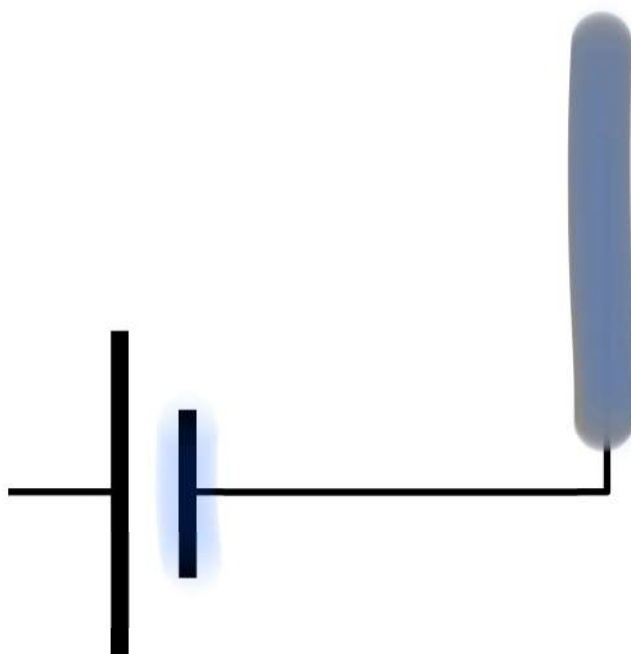


Рисунок 8 – Пример для **Катод**: справа





Анод – проводник, подключенный к **(+)** Источника. (рис.9)

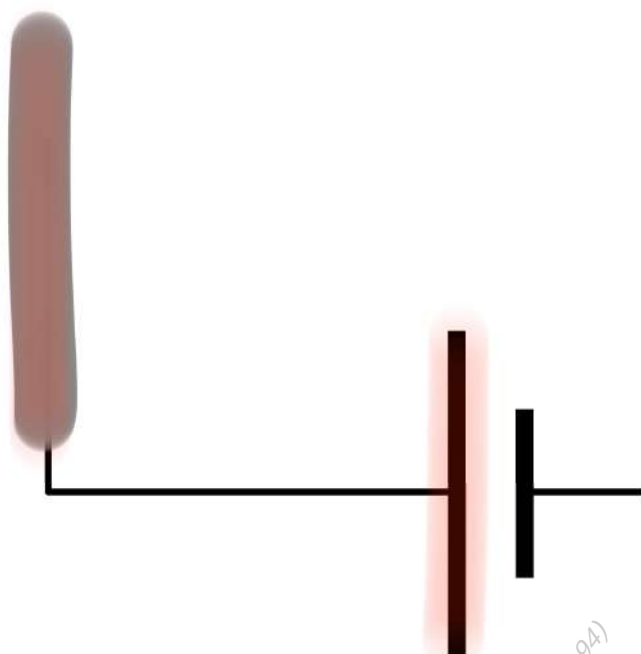


Рисунок 9 – Пример для **Катод**: слева

Фототок – ток фотоэлектронов. (рис.10)

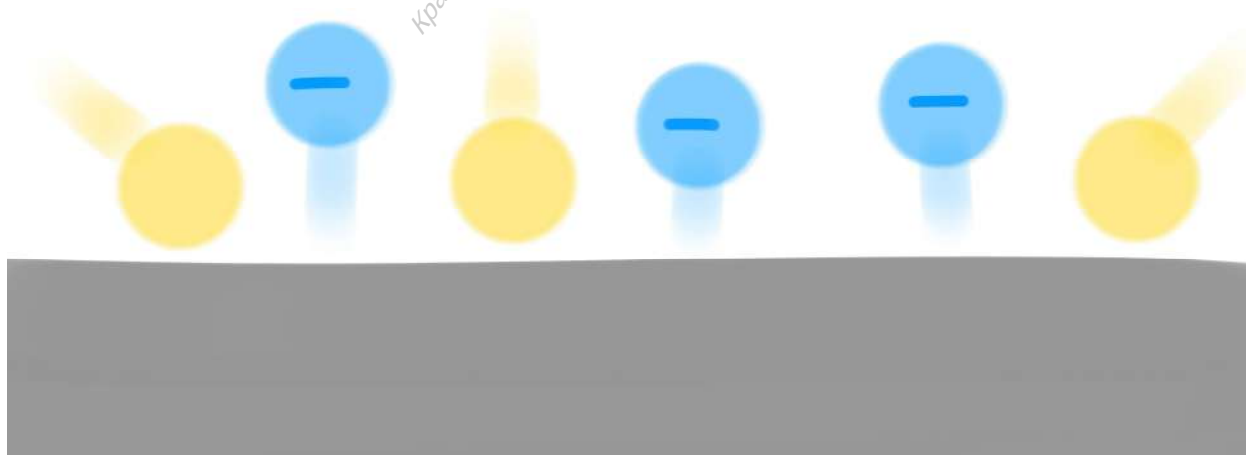


Рисунок 10 – Пример для **Фототок**: течет вверх





Опыты Столетова: (рис.11)

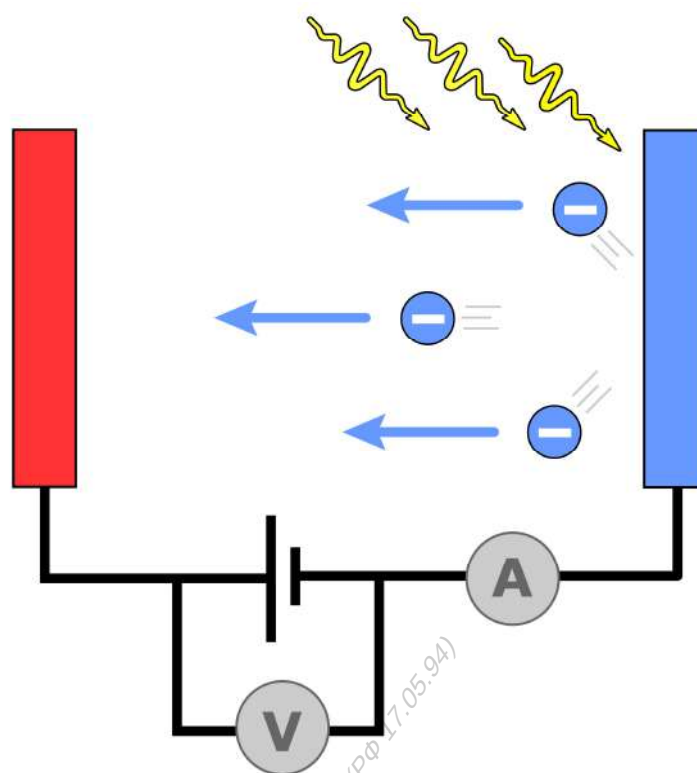


Рисунок 11 – Пример для **Опыты Столетова:**

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)



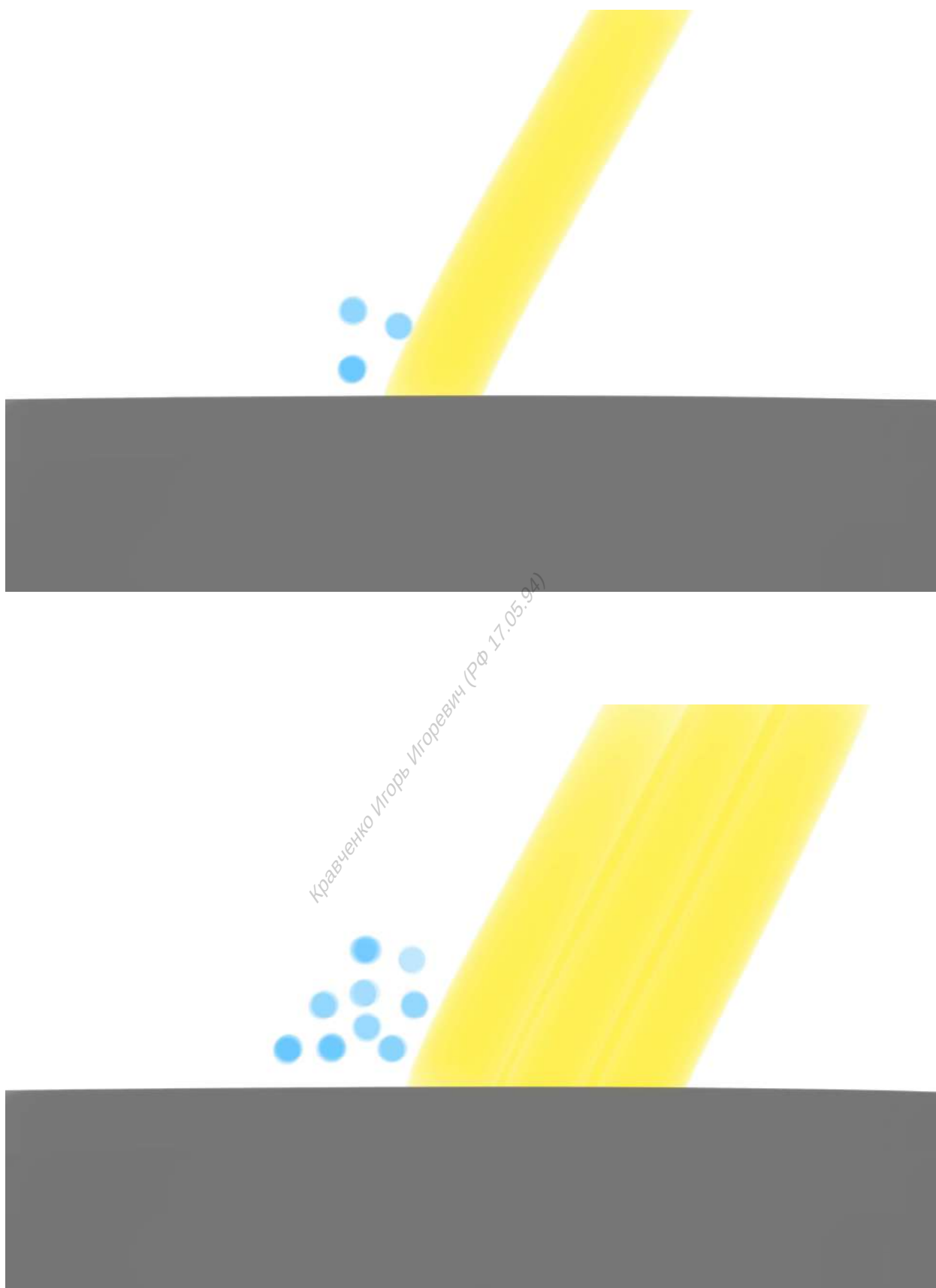


Рисунок 12 – Пример для **Первый закон фотоэффекта:**

↑ фотонов \Rightarrow **↑ интенсивность света**





2. Второй закон фотоэффекта:

« Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона

~

частоте света »

(рис.13)

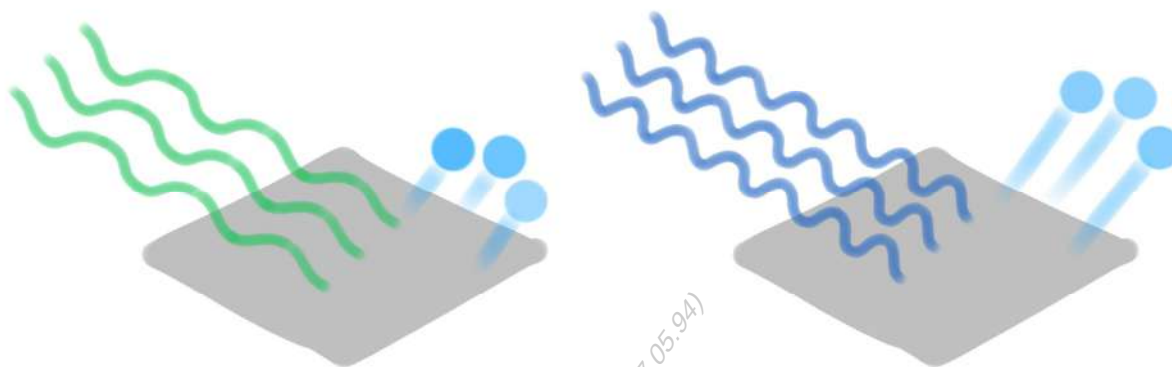


Рисунок 13 – Пример для Второй закон фотоэффекта:

\uparrow частота света $\Rightarrow \uparrow$ движение фотоэлектронов

(НЕ зависит от интенсивности света)

3. Третий закон фотоэффекта:

« Красная граница фотоэффекта – минимальная частота, с которой
возможен фотоэффект »

(рис.14)

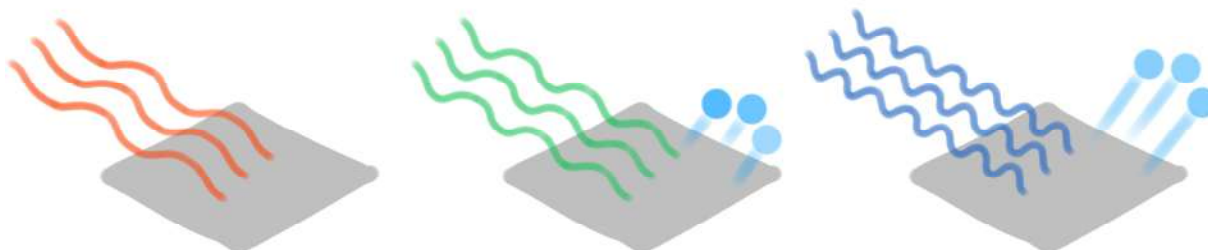


Рисунок 14 – Пример для Второй закон фотоэффекта:

$\nu_{\text{фотоэффекта нет}} < \nu_{\text{красная граница фотоэффекта}} \leq \nu_{\text{фотоэффект есть}}$





Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

вытаскивание электрона из атома »
↗
« **Энергия фотона** »
↘
кинетическая энергия вытщенного **электрона** »

(рис.15)

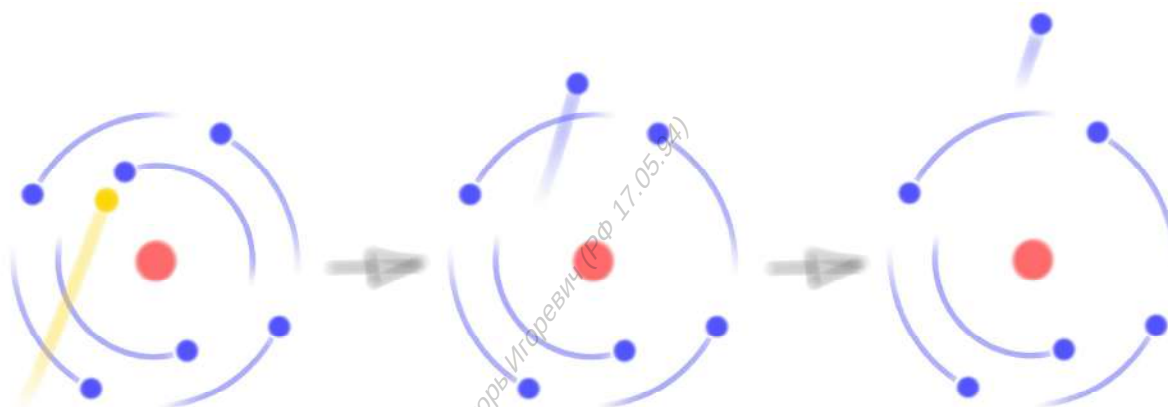


Рисунок 15 – Пример для **Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:**

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)



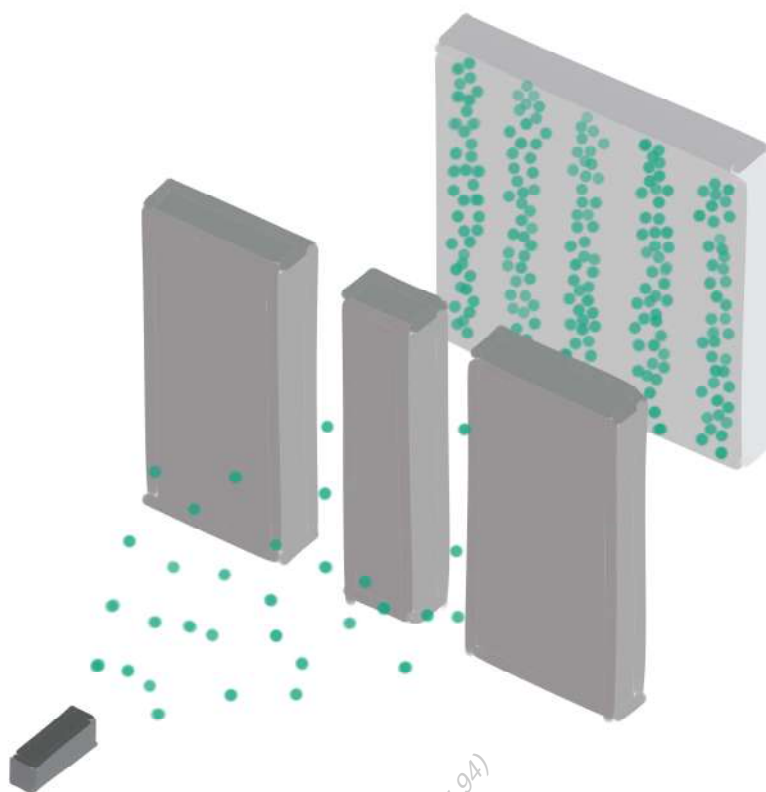


Рисунок 16 – Пример для **Гипотеза де Бройля**:

Частота и длина волны определяются энергией и импульсом частицы
(и наоборот)

Волна де Бройля – волна, которой можно представить тело. (рис.17)

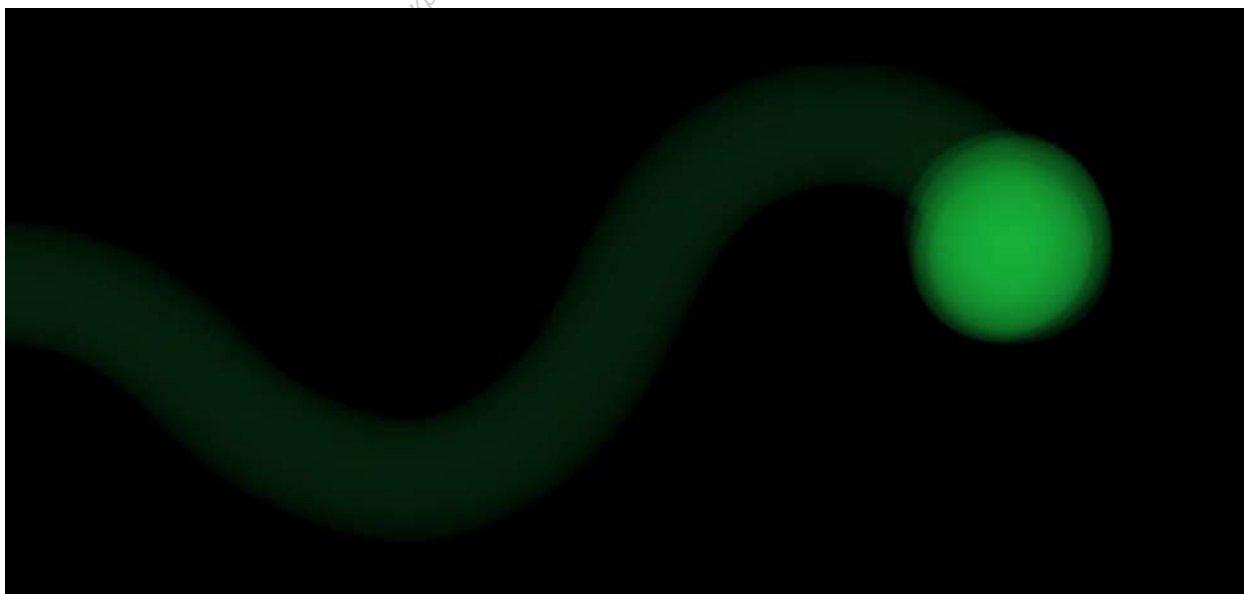


Рисунок 17 – Пример для **Волна де Бройля**:

фотон ● \Leftrightarrow волна





Дифракция электронов на кристаллах: (рис.18)

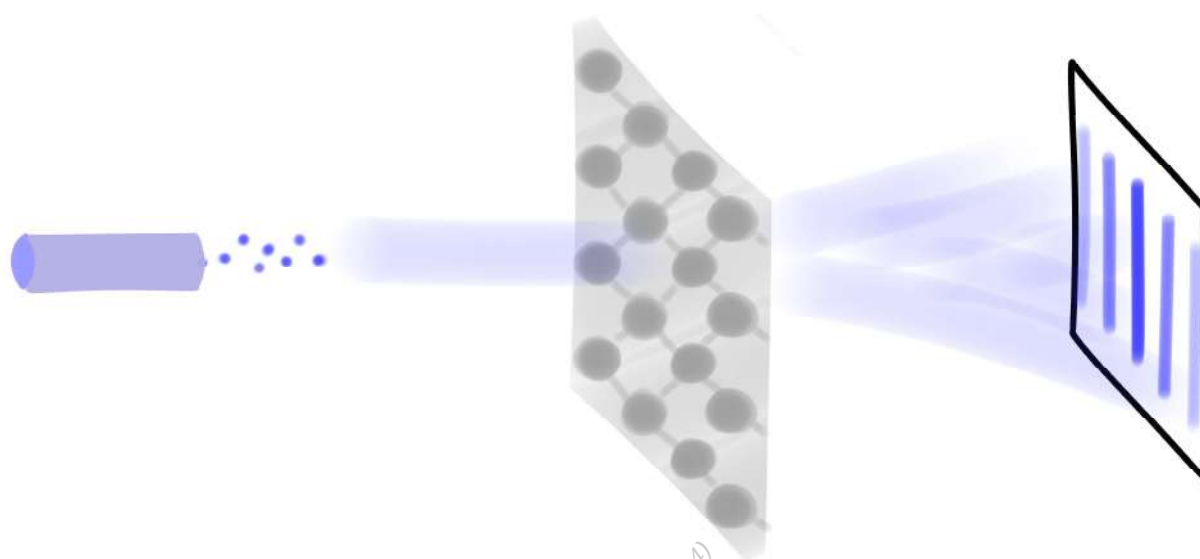


Рисунок 18 – Пример для Дифракция электронов на кристаллах:
дифракция потока e^- в боковые стороны

Давление света: (рис.19, 20)

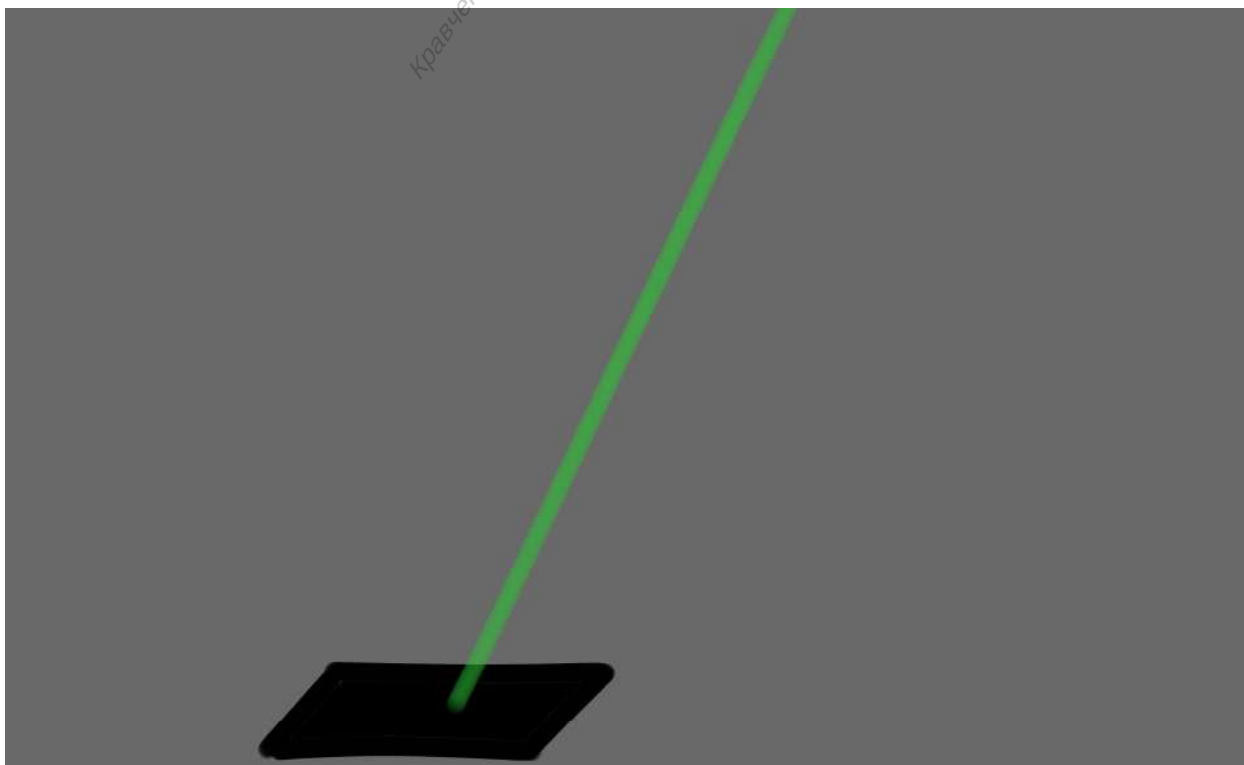


Рисунок 19 – Пример для Давление света: **поток** врезается в стену



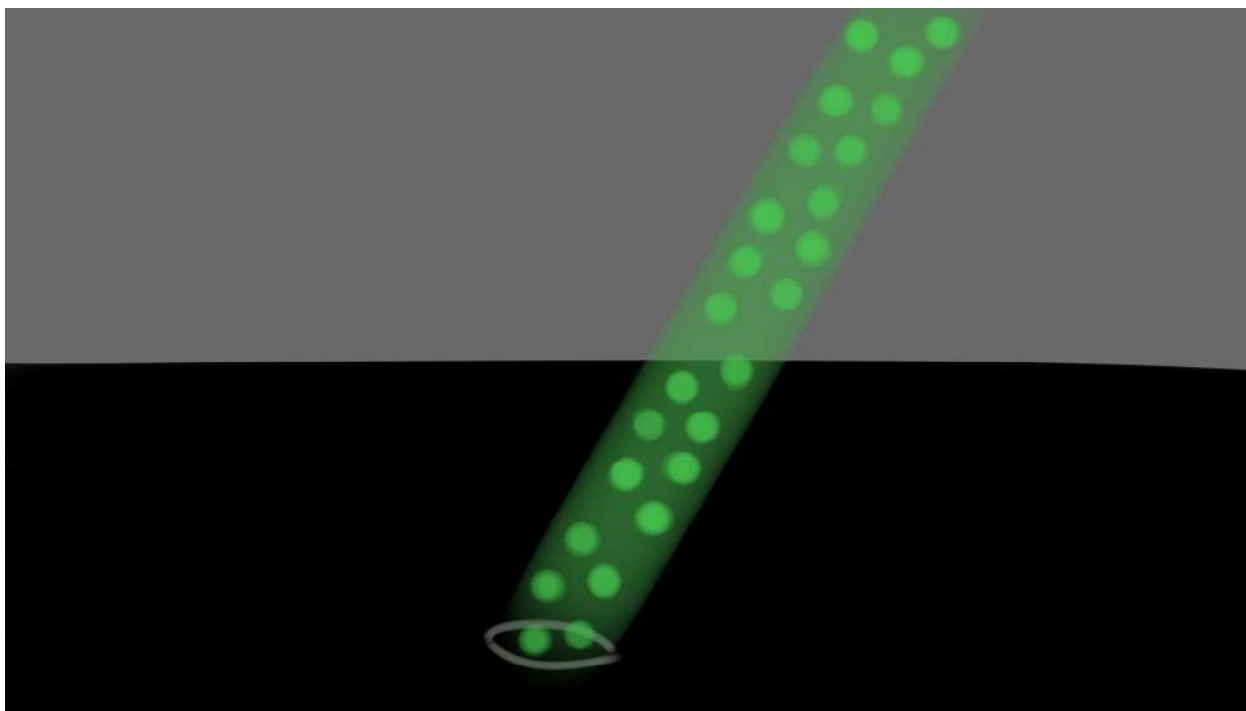
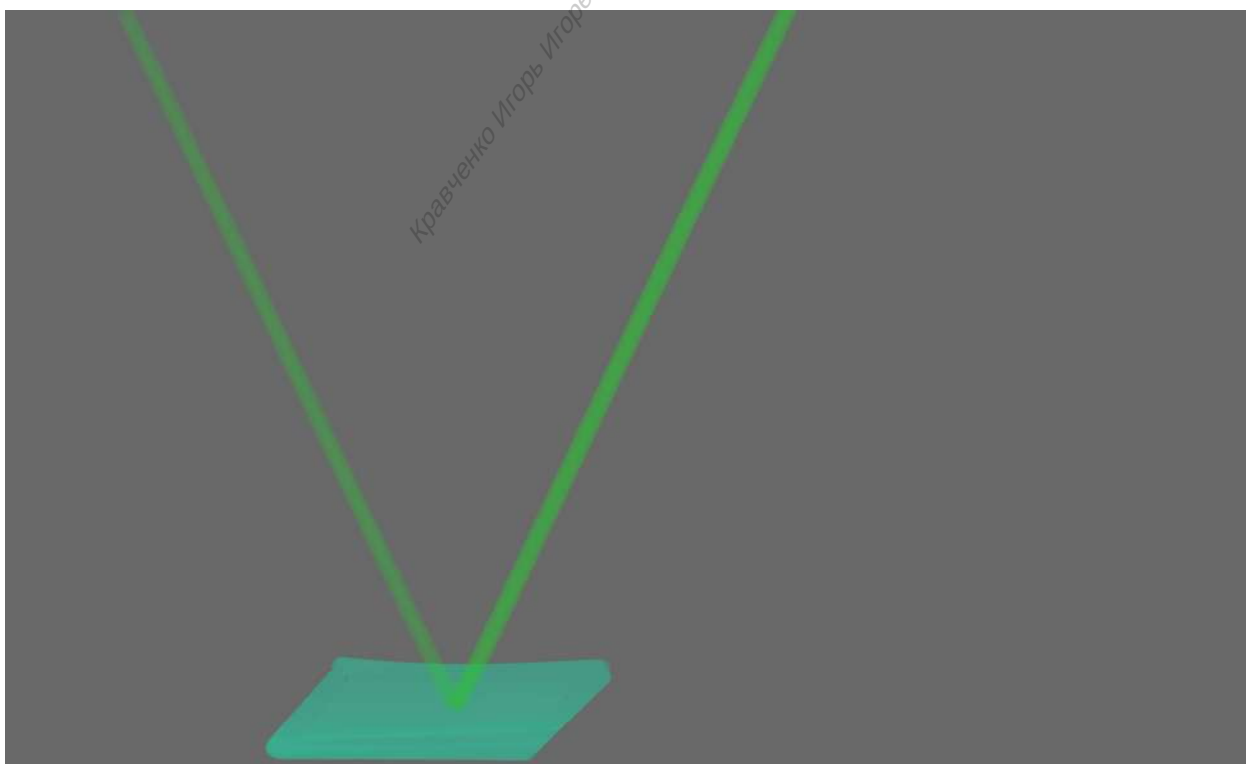


Рисунок 20 – Пример для Давление света: **фотоны** толкают стену

Давление света на отражающую и поглощающую поверхности: (рис.21)



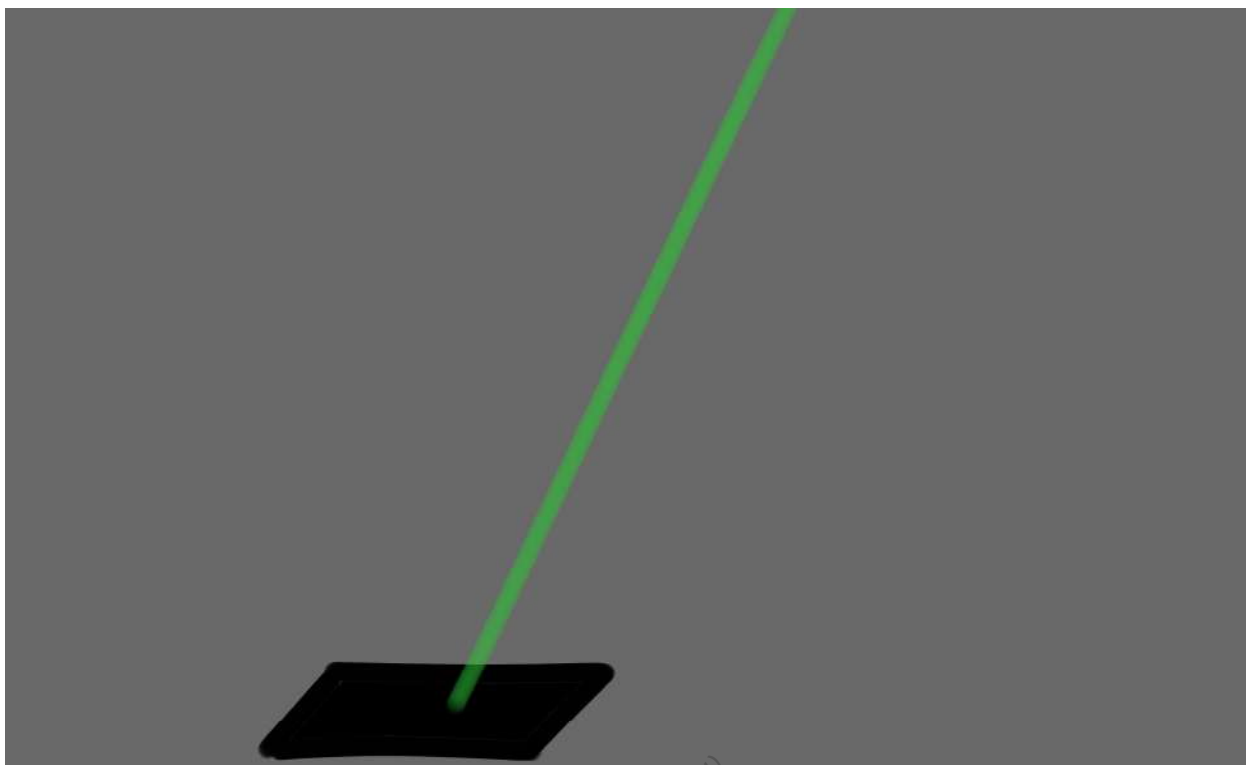


Рисунок 21 – Пример для Давление света: **!!! Давление на отражающую поверхность в 2 раза больше, чем на поглощающую поверхность**

Кравченко Игорь Игоревич (РФ 17.05.94)





ФИЗИКА АТОМА

Физика атома – раздел физики, изучающий строение и свойства атомов.

(рис.1)

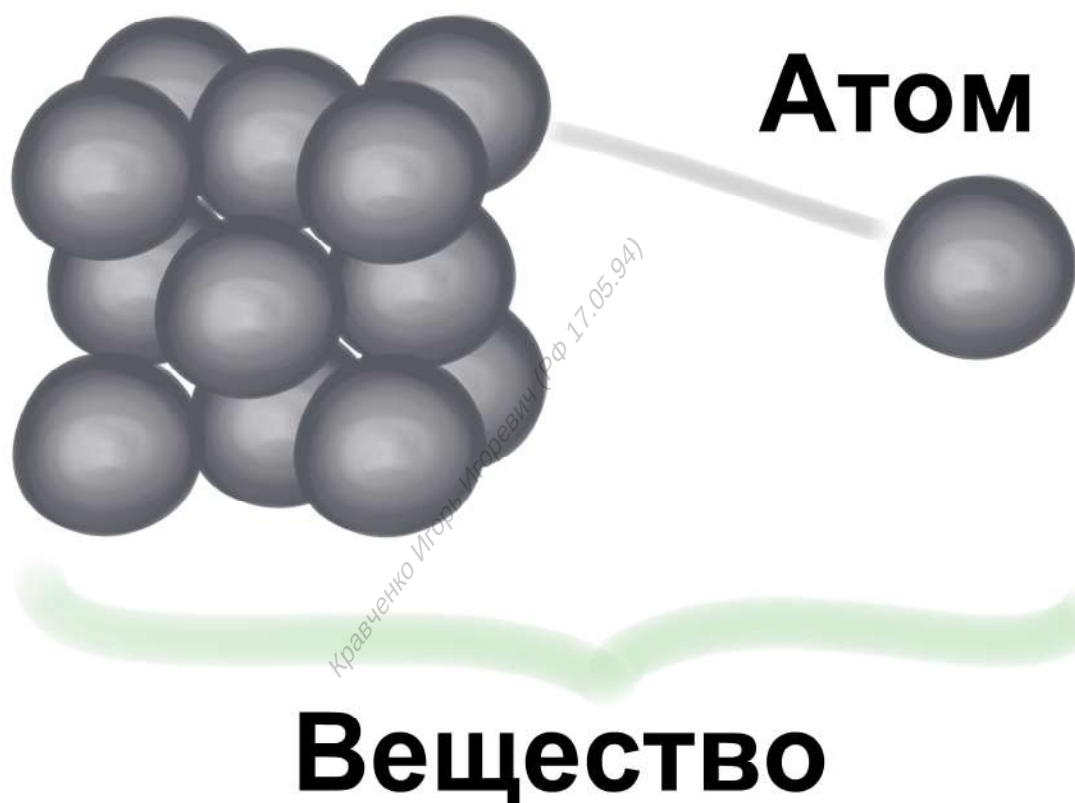


Рисунок 1 – Пример для **Физика атома**: атом куска [Al]

Планетарная модель атома: (рис.2)



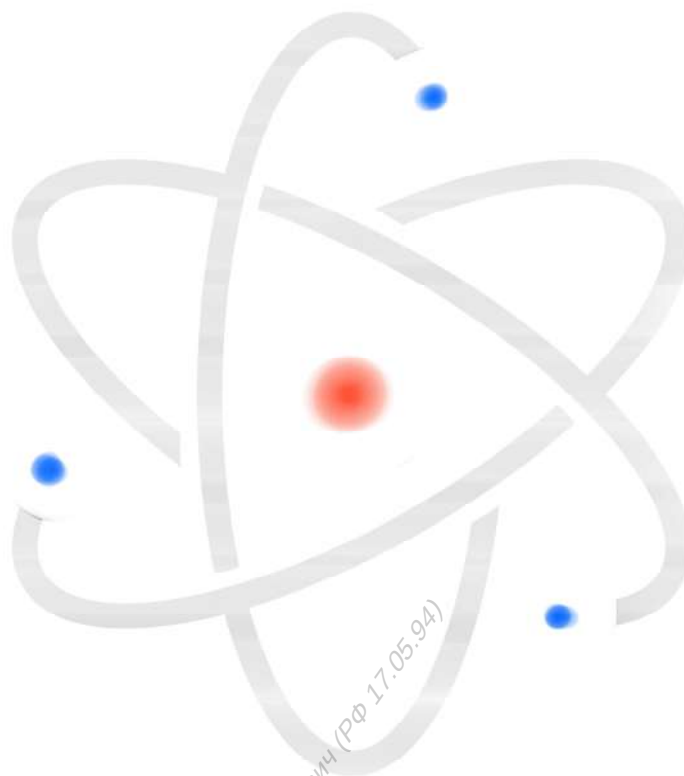


Рисунок 2 – Пример для Планетарная модель атома:

● « Солнце-ядро » . ● « Планета-электрон » .

Атомная система – группа атомов. (рис.3)

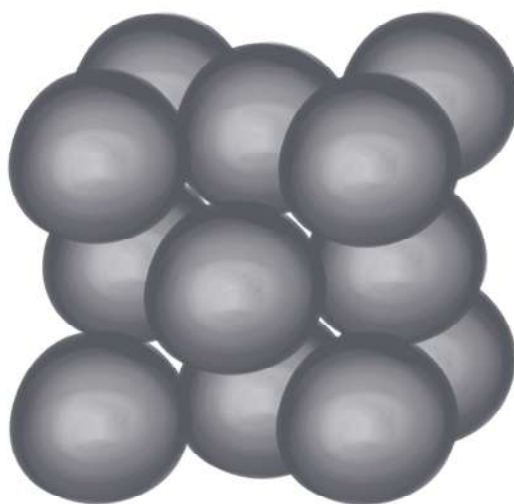


Рисунок 3 – Пример для Атомная система: связанная «куча»





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)

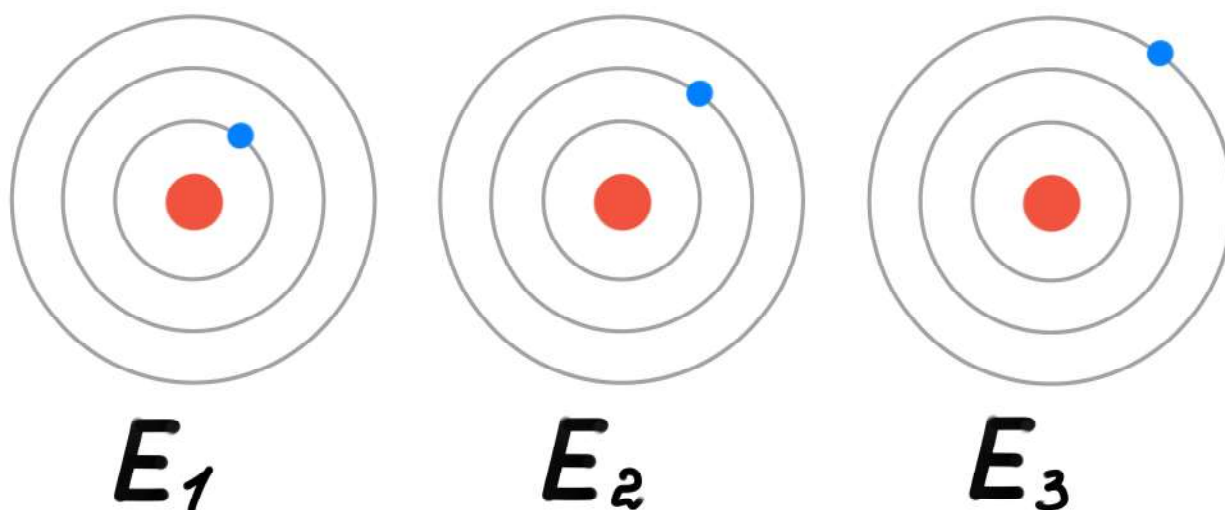


Рисунок 5 – Пример для **Стационарное состояние**: $E_1 < E_2 < E_3$



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)

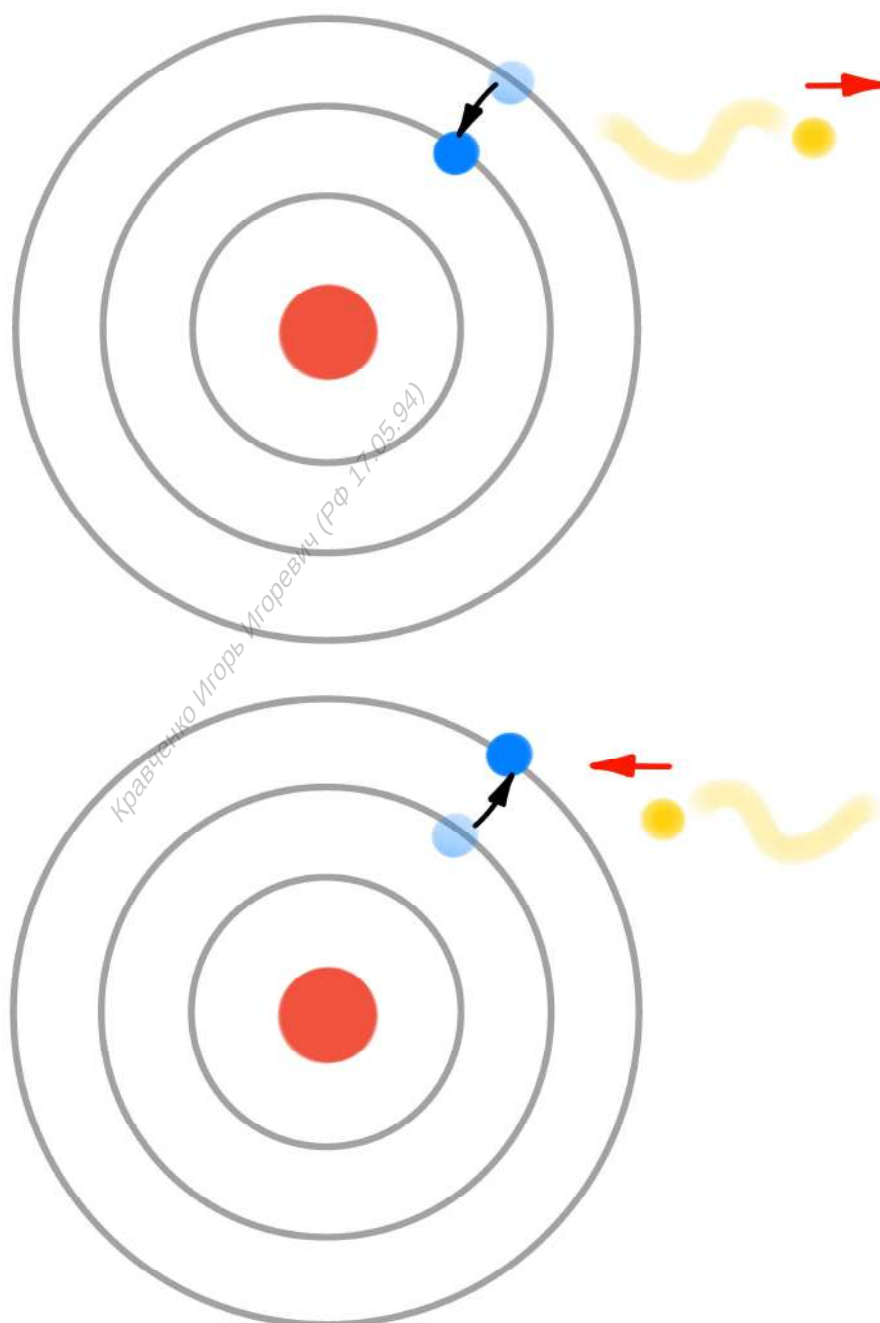


Рисунок 6 – Пример для **Постулат Бора №2**:

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)

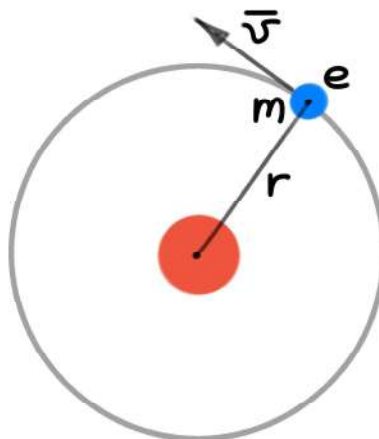


Рисунок 7 – Пример для **Постулат Бора №3**: электрон может двигаться **НЕ** с любым сочетанием v и r

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)

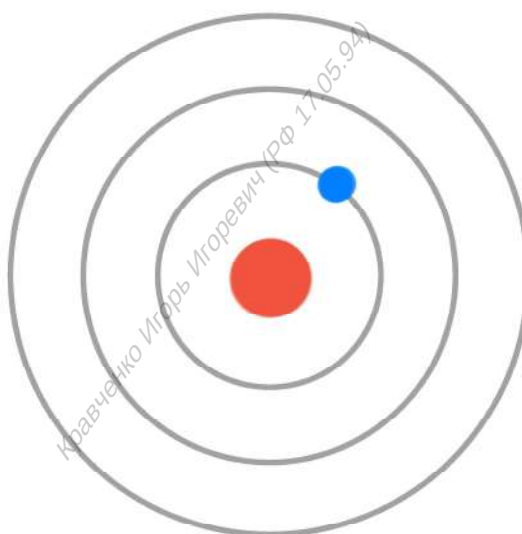




Рисунок 10 – Пример для **Линейчатый спектр:**
поглощение света холодным газом (водород)

Основное состояние атома – состояние, к которому атом стремится.

(рис.11)

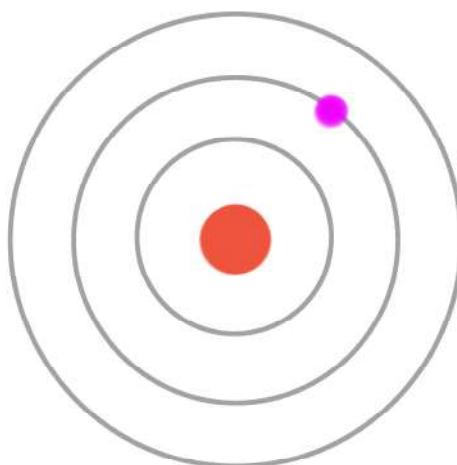


E_1

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: $\uparrow E \Rightarrow$ выше уровень

Вынужденное излучение – излучение атома **из-за внешнего** облучения.

(рис.15)

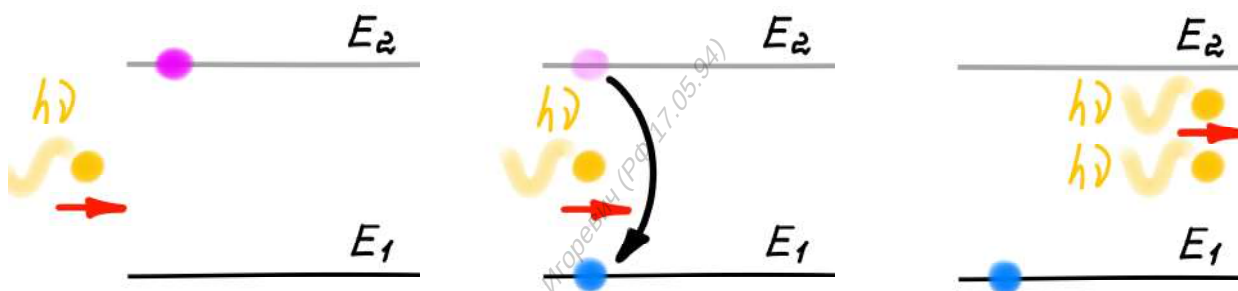


Рисунок 15 – Пример для **Возбужденное и основное состояния:**

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)

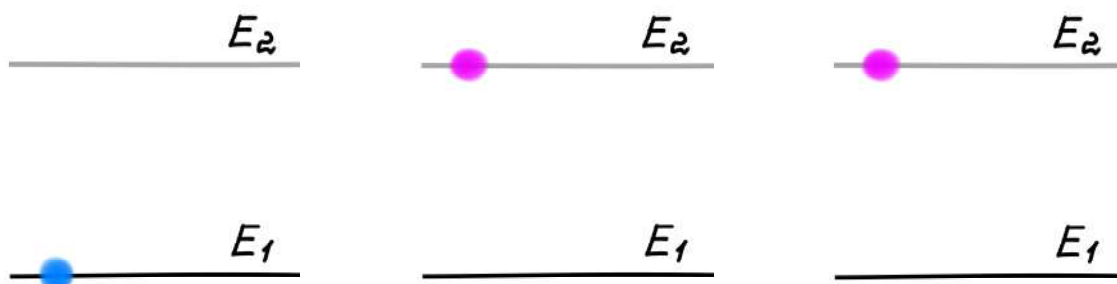


Рисунок 16 – Пример для **Изображение состояния группы атомов:**

три отдельных атома с своими состояниями



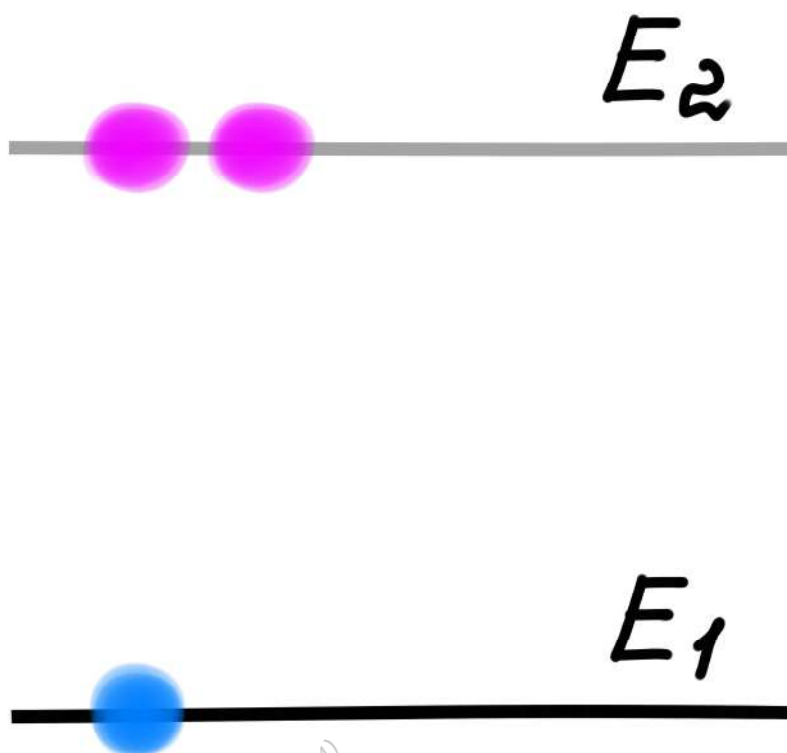


Рисунок 17 – Пример для **Изображение состояния группы атомов:**
группа из трех атомов с своими состояниями (в теле)

Населенность – распределение группы атомов по уровням. (рис.18)

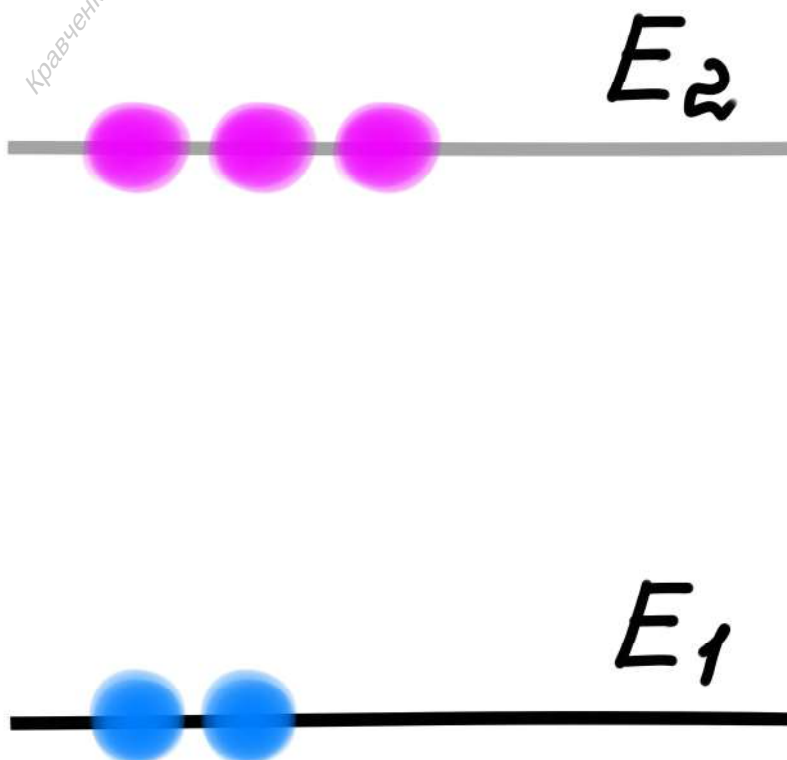


Рисунок 18 – Пример для **Населенность: возбужденных атомов больше**





Виды населенности:

1. Нормальная: (рис.19)

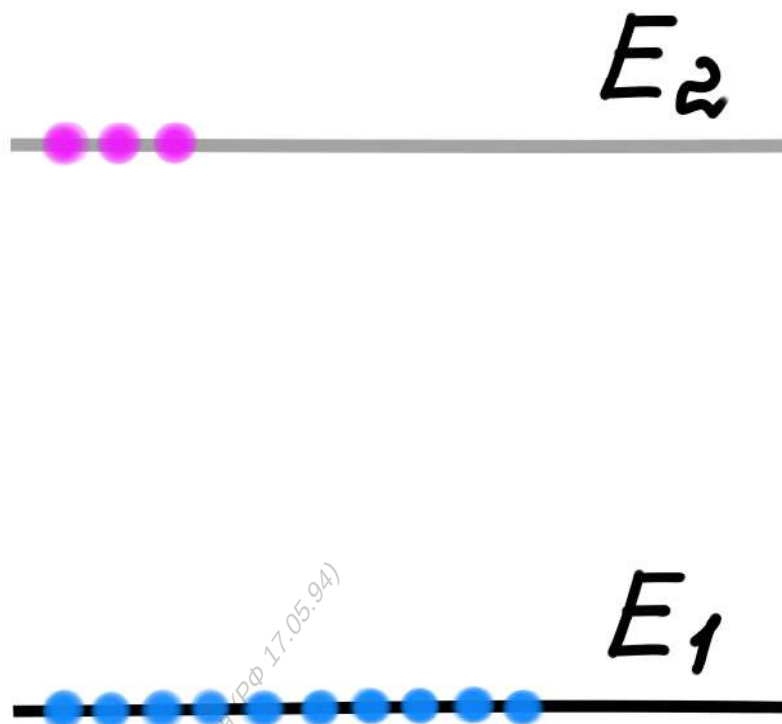


Рисунок 19 – Пример для **Населенность: основное состояние преобладает**

2. Инверсная: (рис.20)

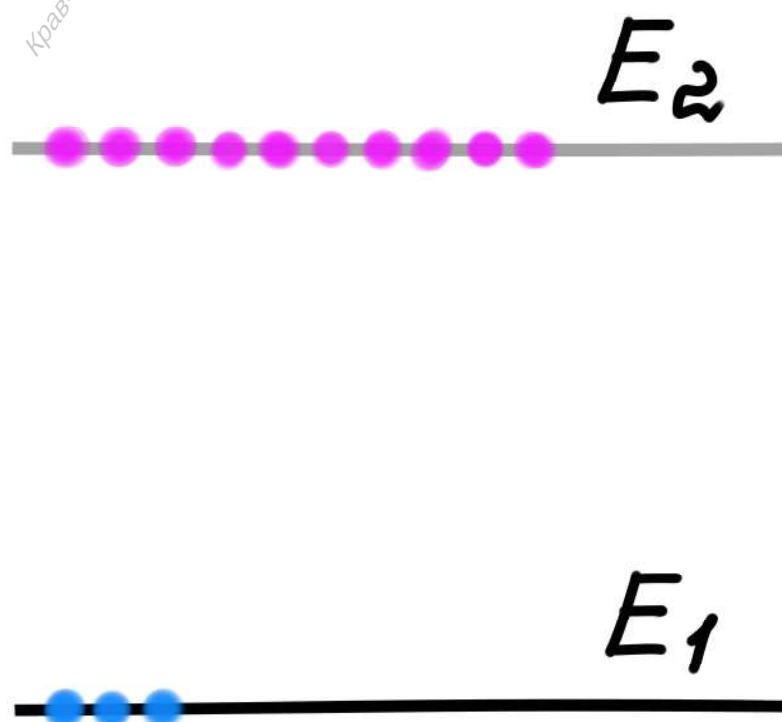


Рисунок 20 – Пример для **Населенность: возбужденное состояние преобладает**





Трехуровневая энергетическая система: (рис.21)

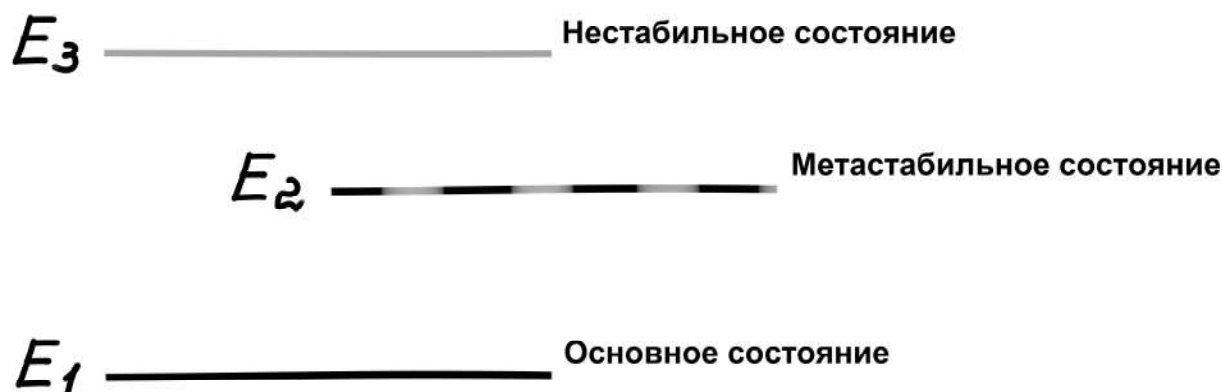


Рисунок 21 – Пример для Трехуровневая энергетическая система:

3-уровневый атом

Лазер – устройство, создающее свет, усиленный посредством вынужденного излучения. (рис.22)

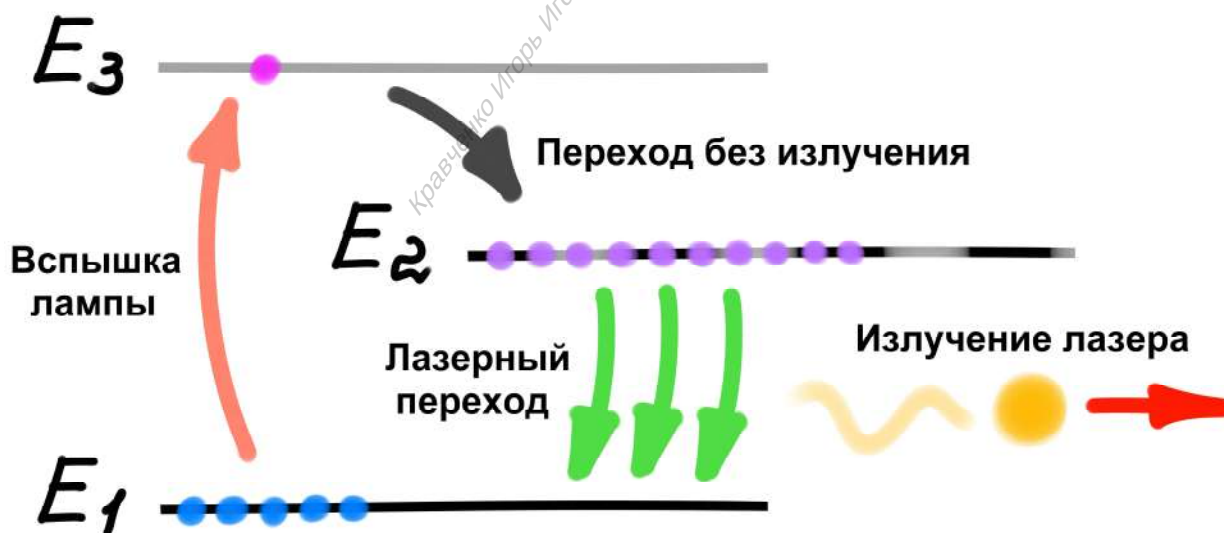


Рисунок 22 – Пример для Лазер:

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)

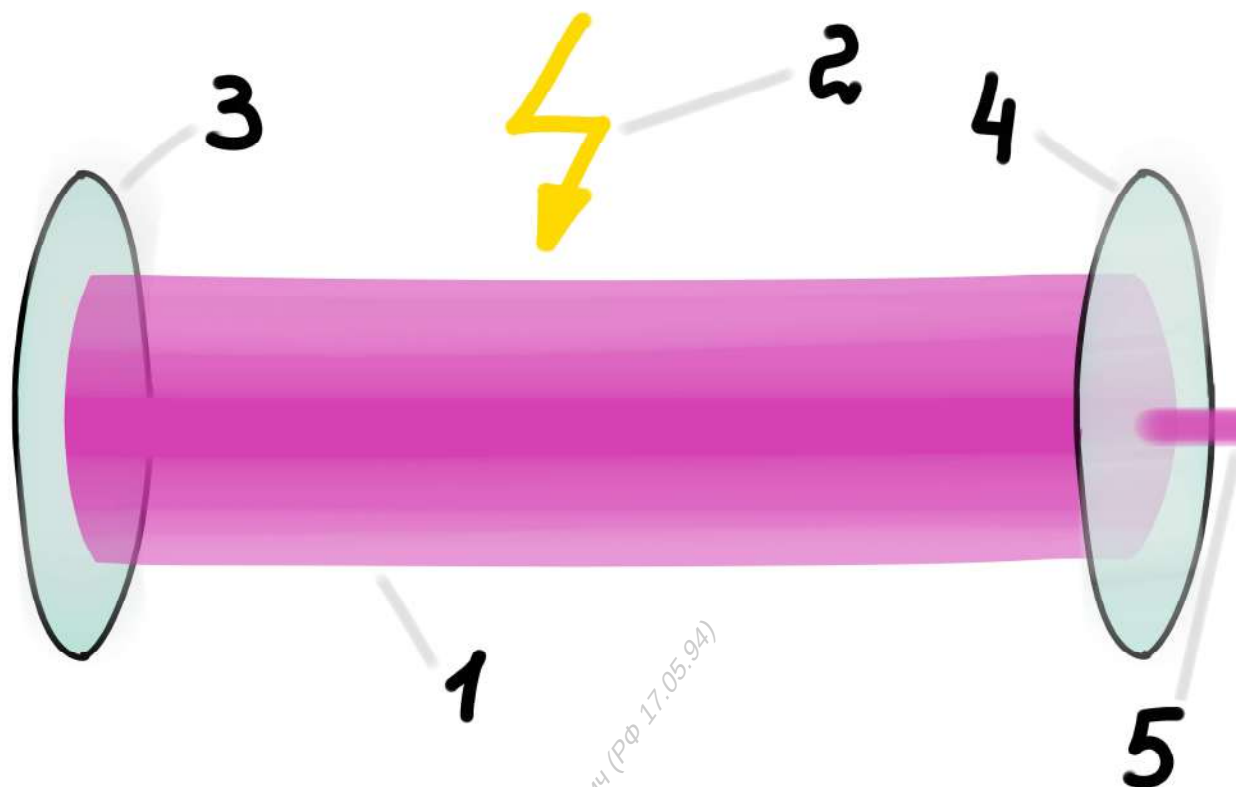


Рисунок 23 – Пример для **Устройство лазера:**

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)

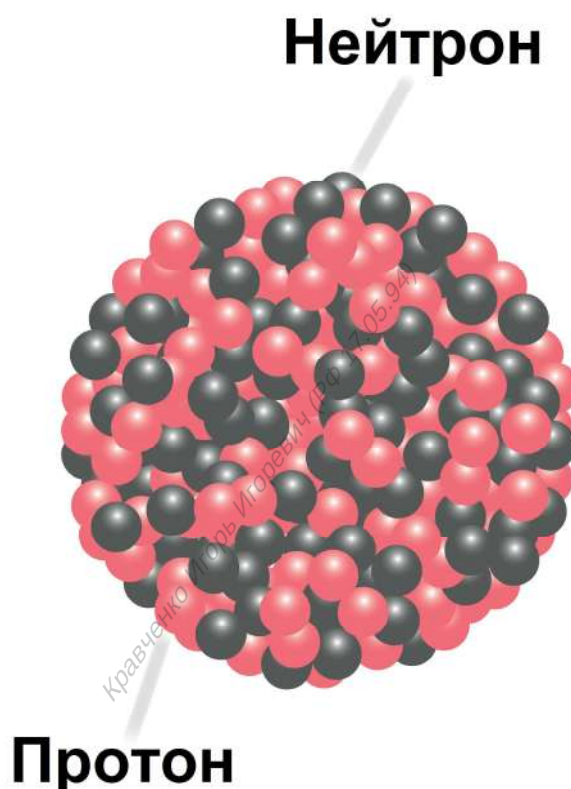


Рисунок 1 – Пример для **Физика атомного ядра**: **Нуклонная модель ядра**
Гейзенберга-Иваненко (ядро обозначают «X» или «Y» и т.д.)

Заряд ядра – заряд из-за протонов. (рис.2)



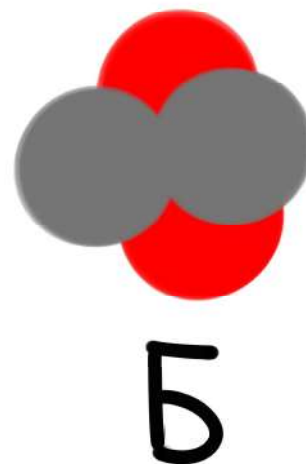
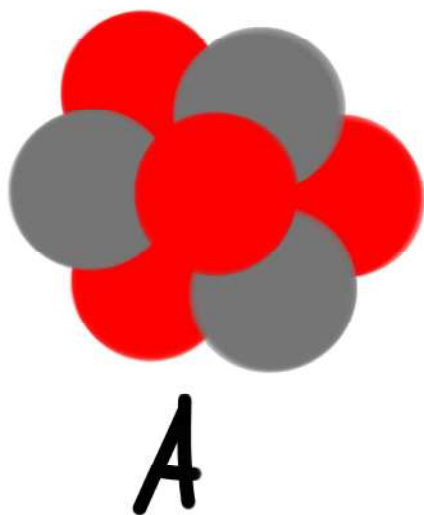


Рисунок 2 – Пример для **Заряд ядра**: каждый протон несет **е**-заряд:
ядро А: **4е** . Ядро Б: **2е** .

Зарядовое число ядра (Z [..]) – количество протонов. (рис.3)

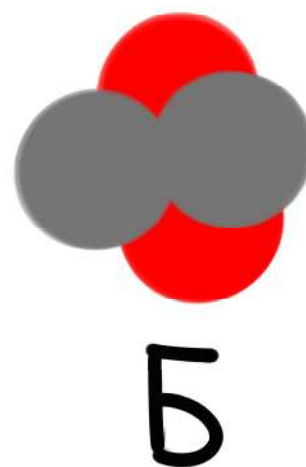
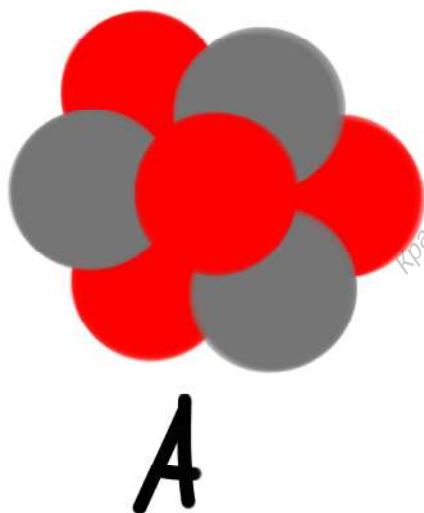


Рисунок 3 – Пример для **Зарядовое число ядра**: ядро А: 4 . Ядро Б: 2 .

Внимание. Частица ядра = нуклон !!!

Массовое число ядра (A [..]) – количество нуклонов. (рис.4)



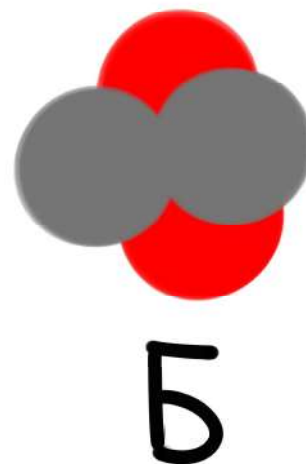
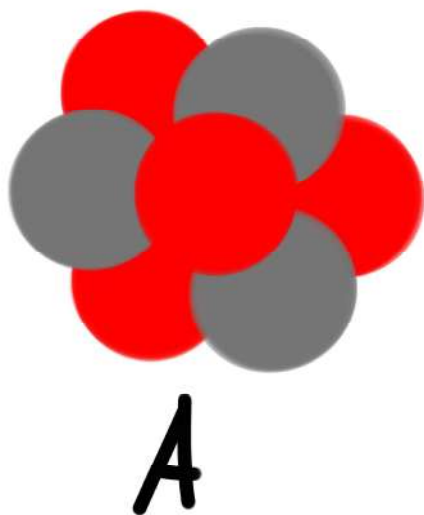


Рисунок 4 – Пример для **Массовое число ядра**: ядро А: 7 . Ядро Б: 4 .

Изотопы – атомы, отличающиеся только числом нейтронов ядра. (рис.5)

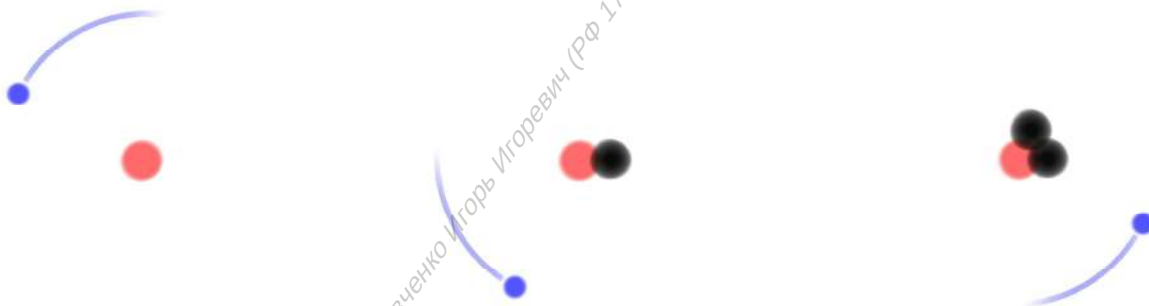


Рисунок 5 – Пример для **Изотопы**: водорода

Энергия связи ядра ($E_{св}$ [Дж]) – энергия, которую нужно передать ядру, чтобы разделить ядро на нуклоны. (рис.6)



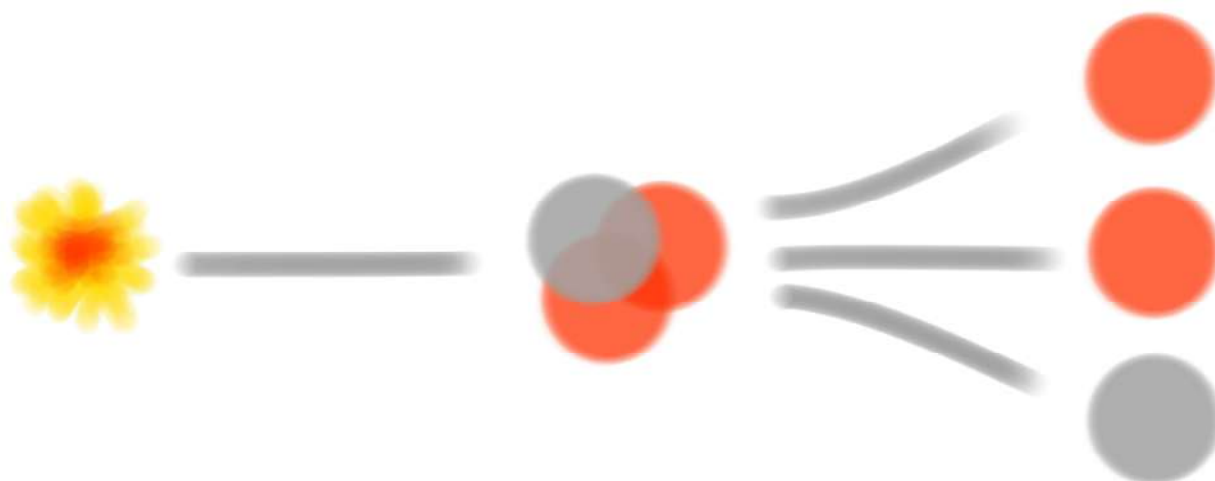


Рисунок 6 – Пример для **Энергия связи ядра**: может разбить ядро

Ядерные силы: (рис.7)

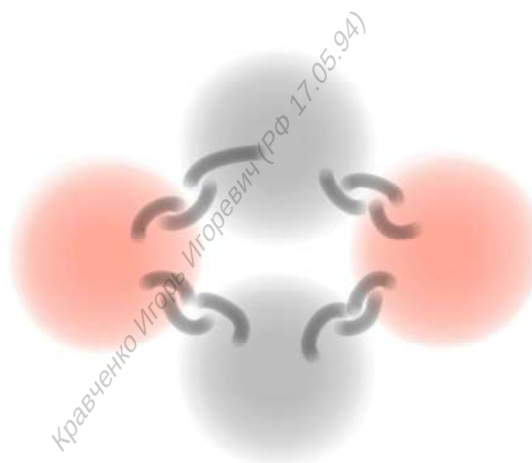


Рисунок 7 – Пример для **Ядерные силы**: **сильное взаимодействие** держит нуклоны рядом (воображаемые цепи как силы)

Дефект массы ядра: (рис.8)



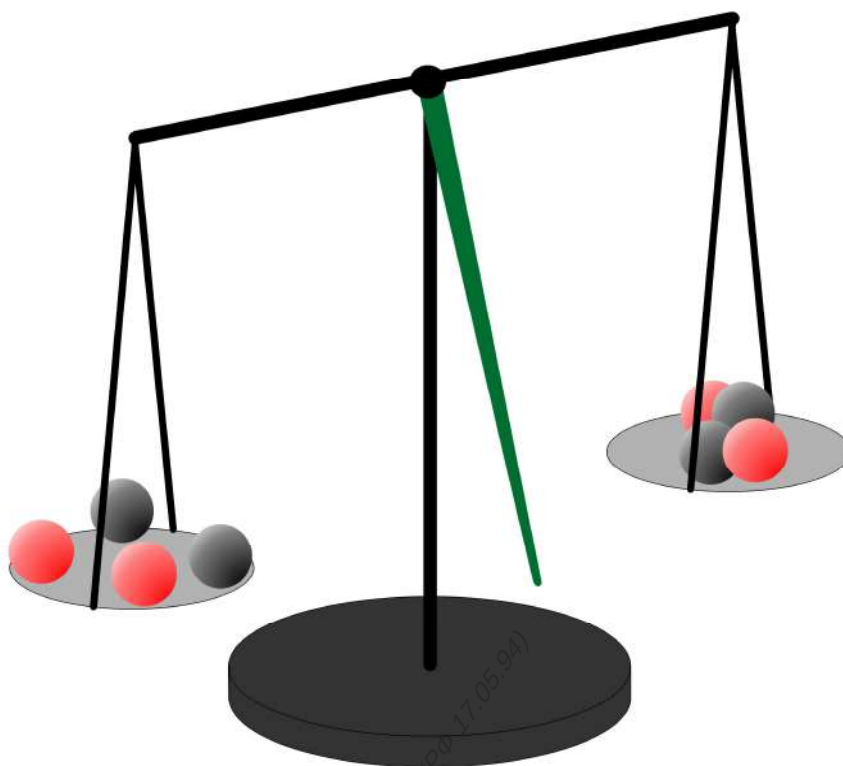


Рисунок 8 – Пример для Дефект массы ядра:
масса **разделенных** > масса **соединенных**

Внимание. Радиоактивное ядро (R-ядро) – самопроизвольно распадающееся ядро.

Радиоактивность – самопроизвольный распад ядра. (рис.9)



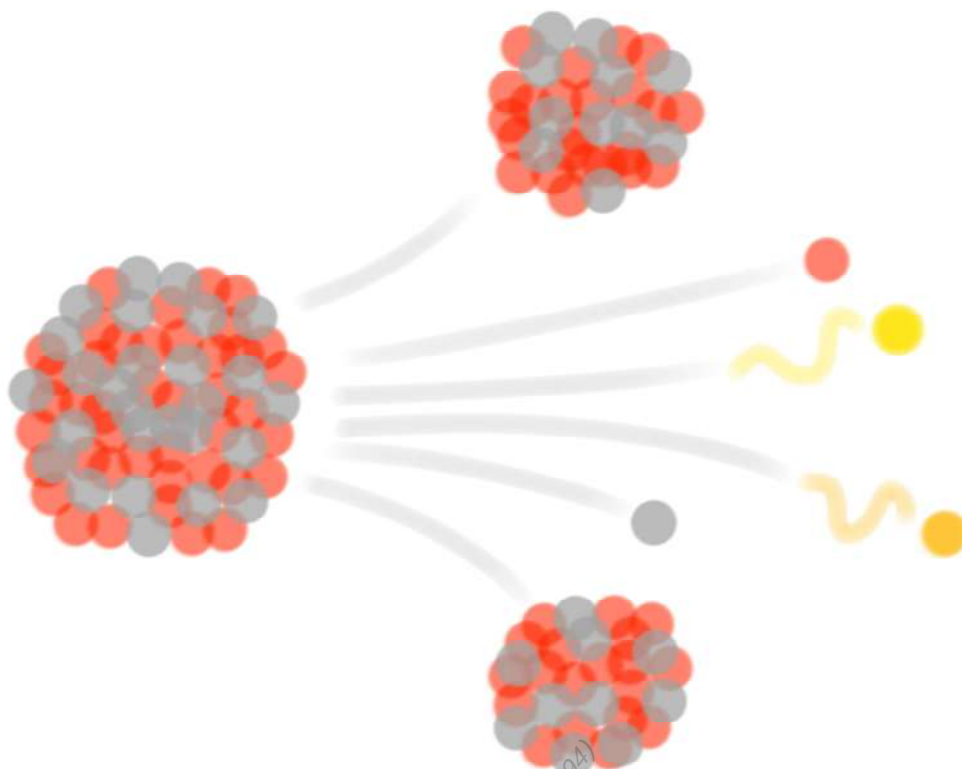


Рисунок 9 – Пример для Радиоактивность: ●ядро может дать:

●ядра, ∴нуклоны, ~излучение

Виды радиоактивного распада (R-распад):

1. Альфа-распад: (рис.10)

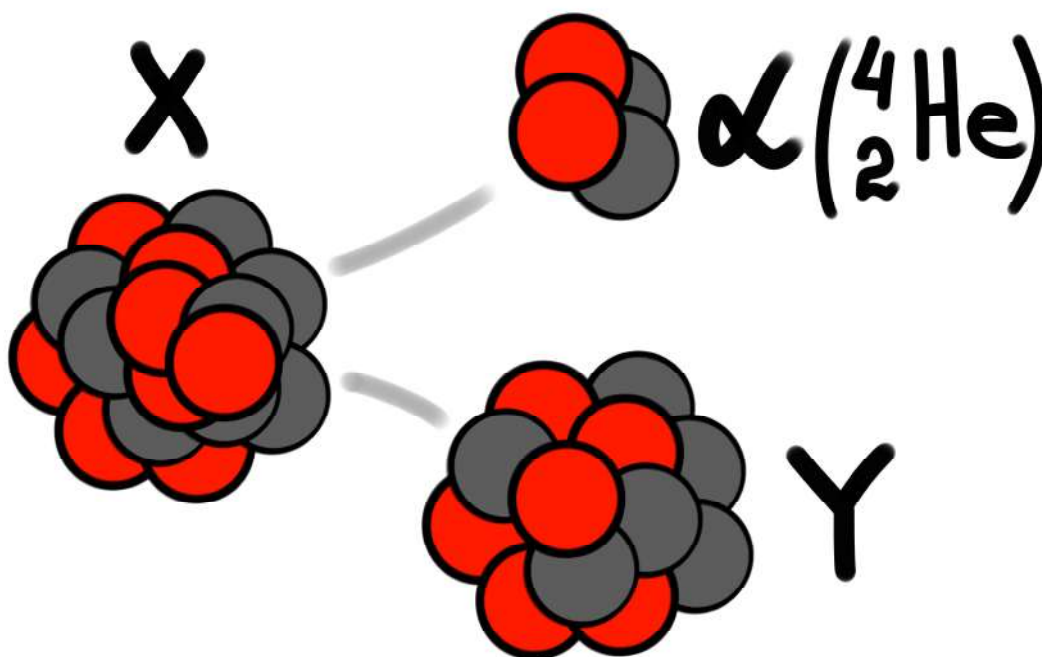


Рисунок 10 – Пример для α -распад: ●ядро дает: ядро He[2p , 2n] (α -частица)





2. Бета-распад:

Электронный: (рис.11)

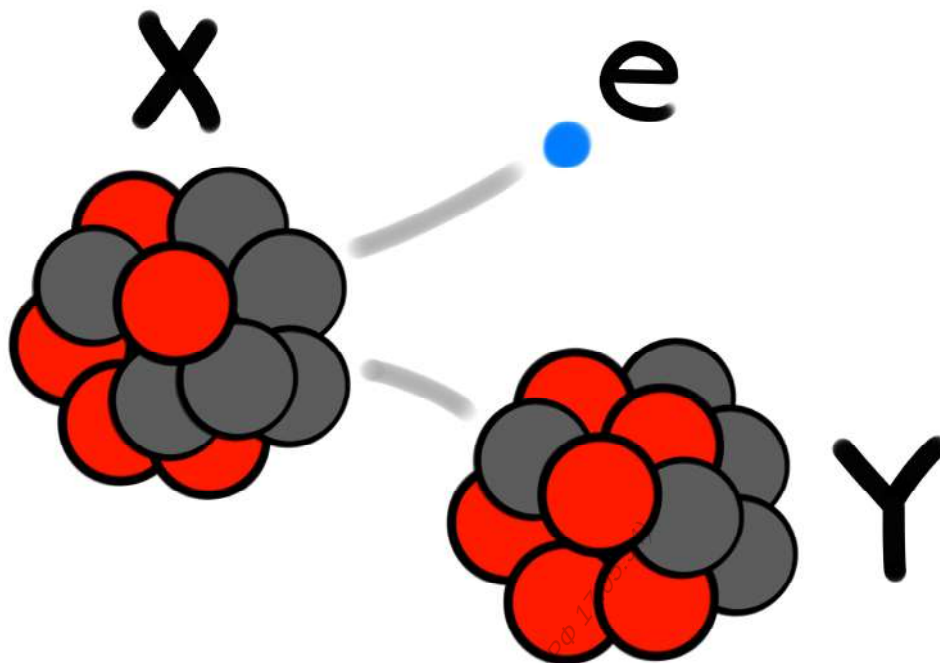


Рисунок 11 – Пример для β^- -распад: ●ядро дает: электрон e (β^- -частица)

Позитронный: (рис.12)

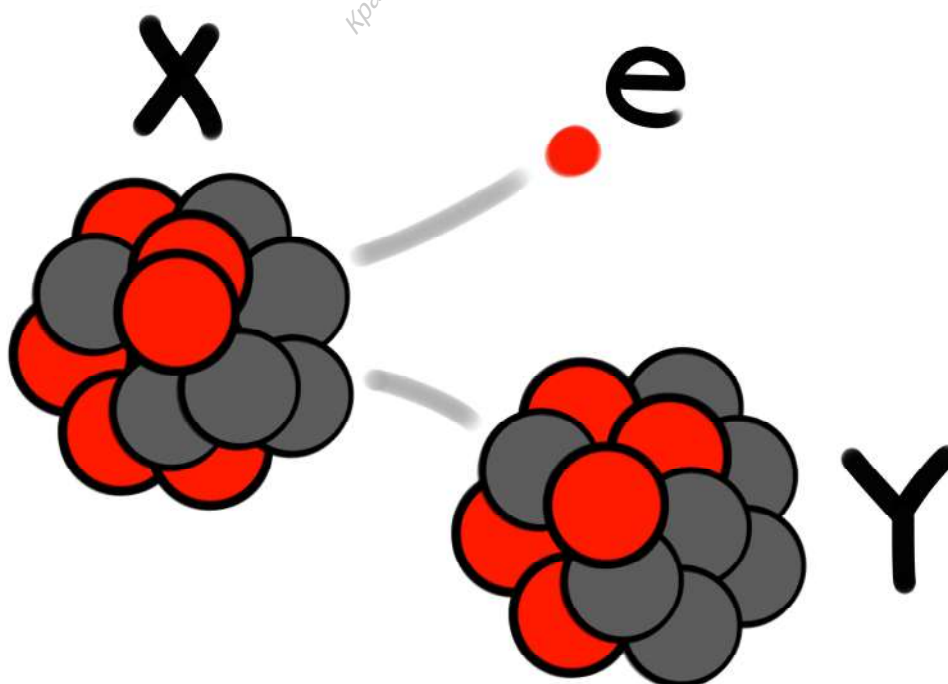


Рисунок 12 – Пример для β^+ -распад: ●ядро дает: позитрон e (β^+ -частица)





3. Гамма-излучение: (рис.13)

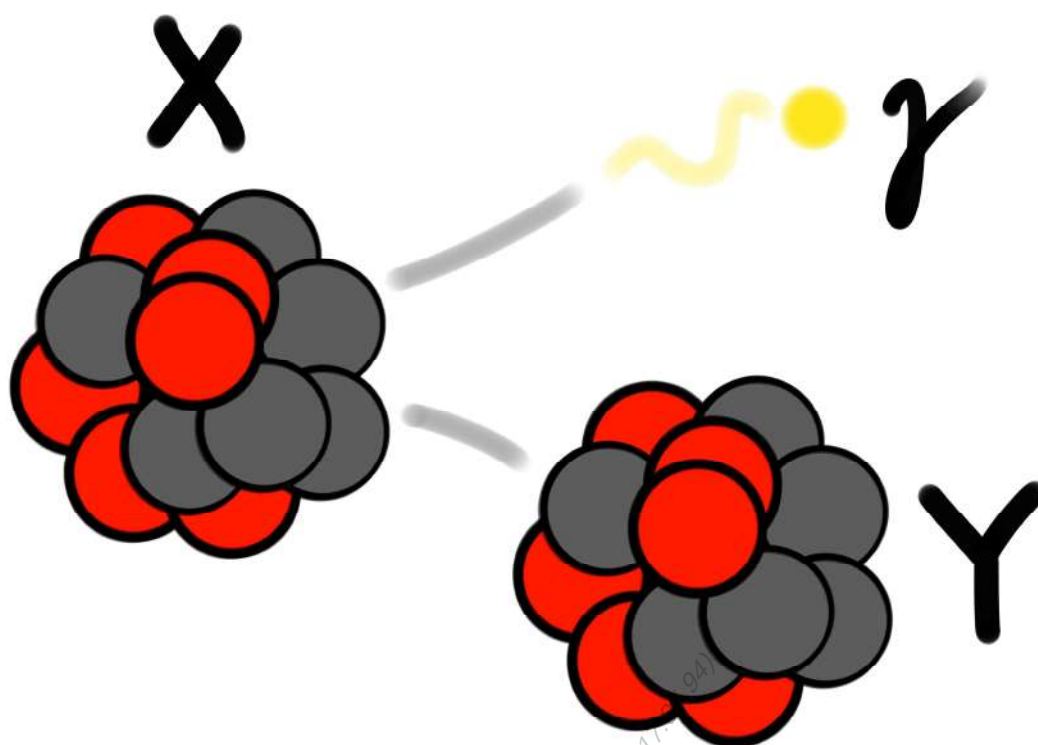


Рисунок 13 – Пример для γ -распад: ●ядро дает:
квант **излучения** (γ -частица)

Внимание. Радиоактивный атом (R-атом) – атом с R-ядром.

Закон радиоактивного распада: (рис.14)



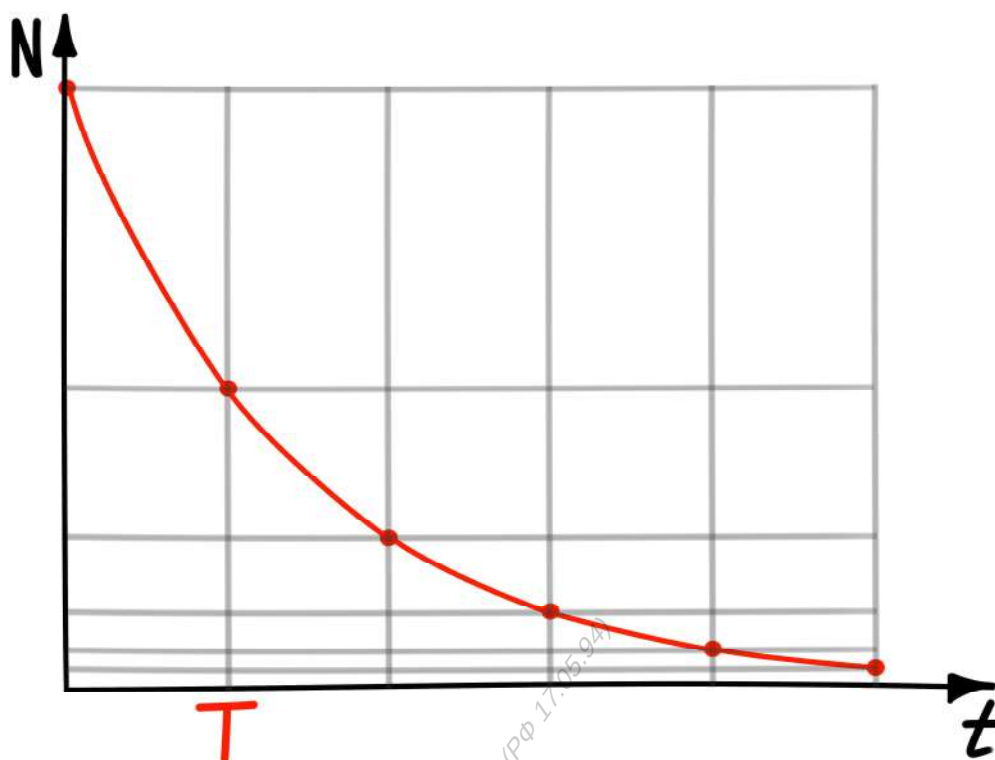


Рисунок 14 – Пример для Закон R-распада:
количество нераспавшихся R-атомов

Ядерная реакция – превращения ядер из-за столкновения с другими ядрами (частицами). (рис.15)



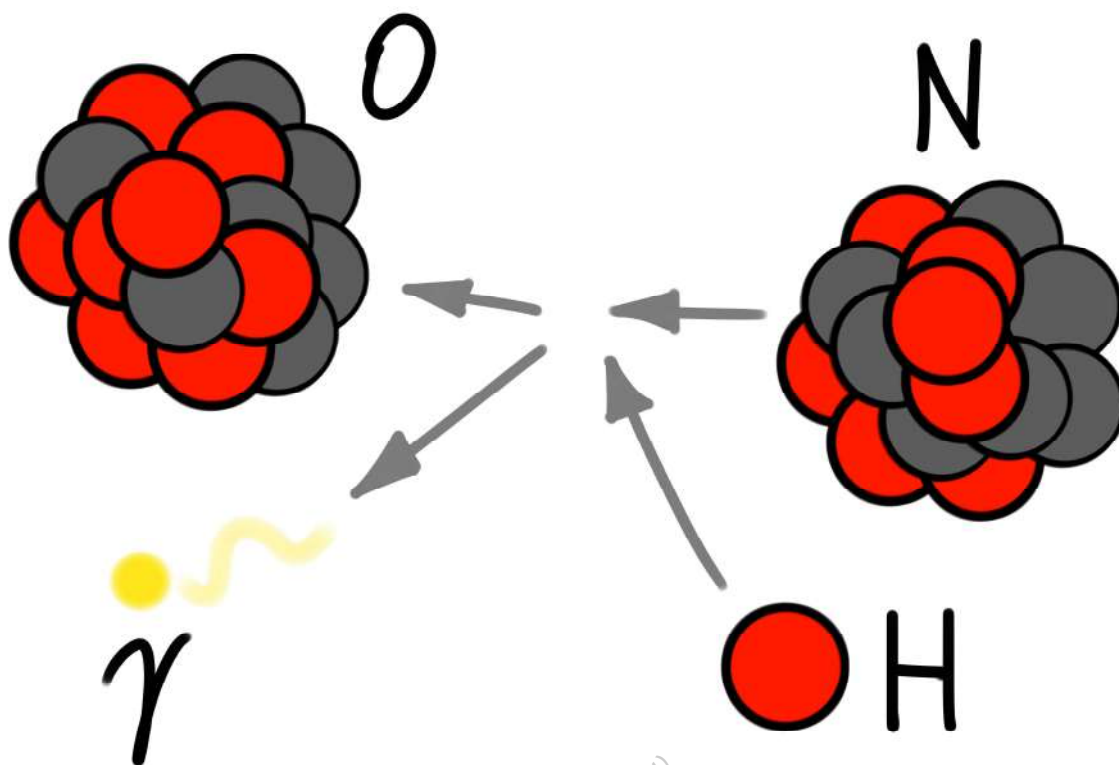


Рисунок 15 – Пример для **Ядерная реакция: $N + H \rightarrow O + \gamma$**

Деление ядер: (рис.16)

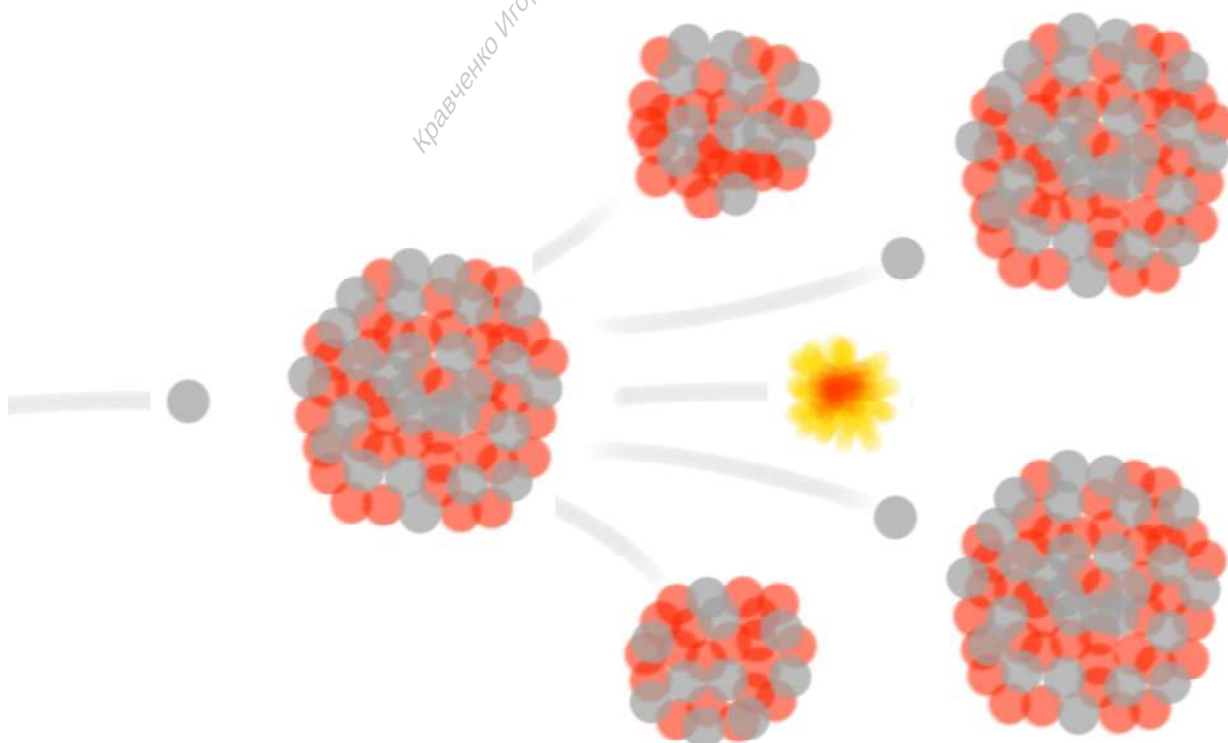


Рисунок 16 – Пример для **Деление ядер: цепная реакция деления тяжелых ядер (появляется ★ энергия)**





Синтез ядер: (рис.17)

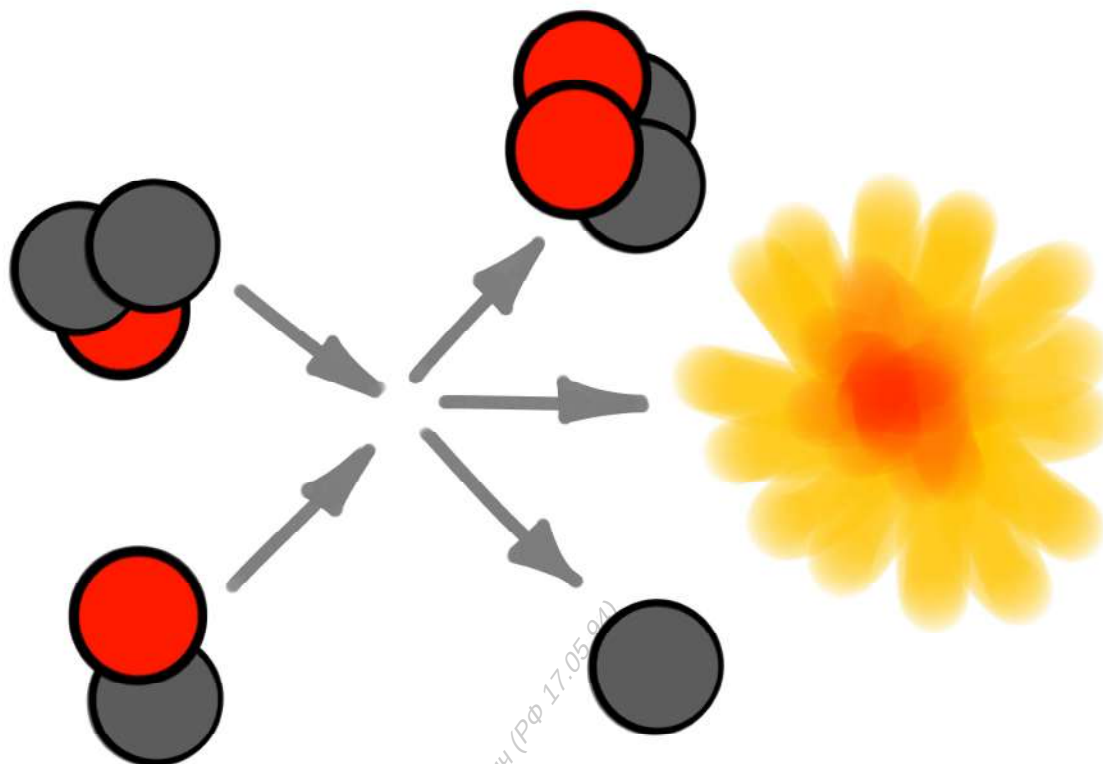


Рисунок 17 – Пример для **Синтез ядер: термоядерная реакция синтеза ($\uparrow T$)**

легких ядер (появляется ★ энергия)





ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ

Солнечная система: (рис.1-4)

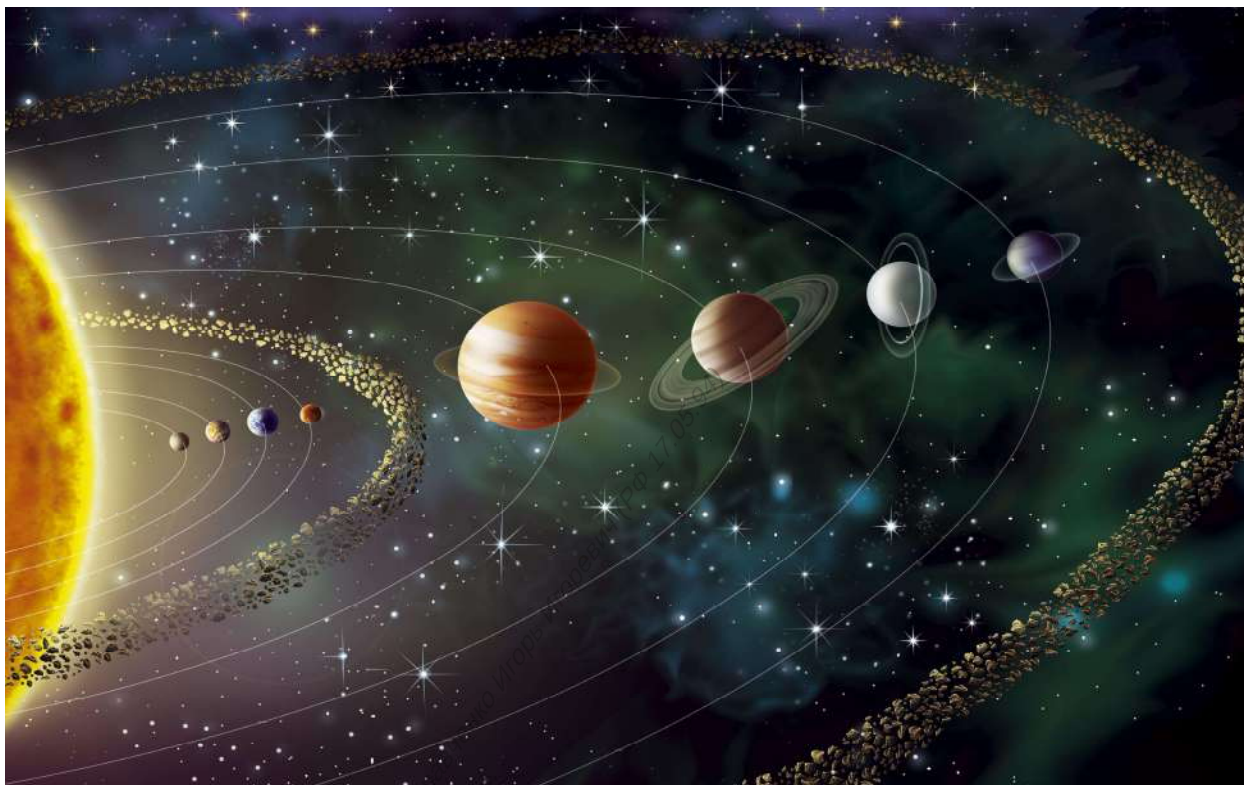


Рисунок 1 – Пример для **Солнечная система: группа тел в космосе:**
(слева направо) **Звезда – 4 планеты – Пояс – 4 планеты – Пояс**
(на одной из этих планет живут люди)



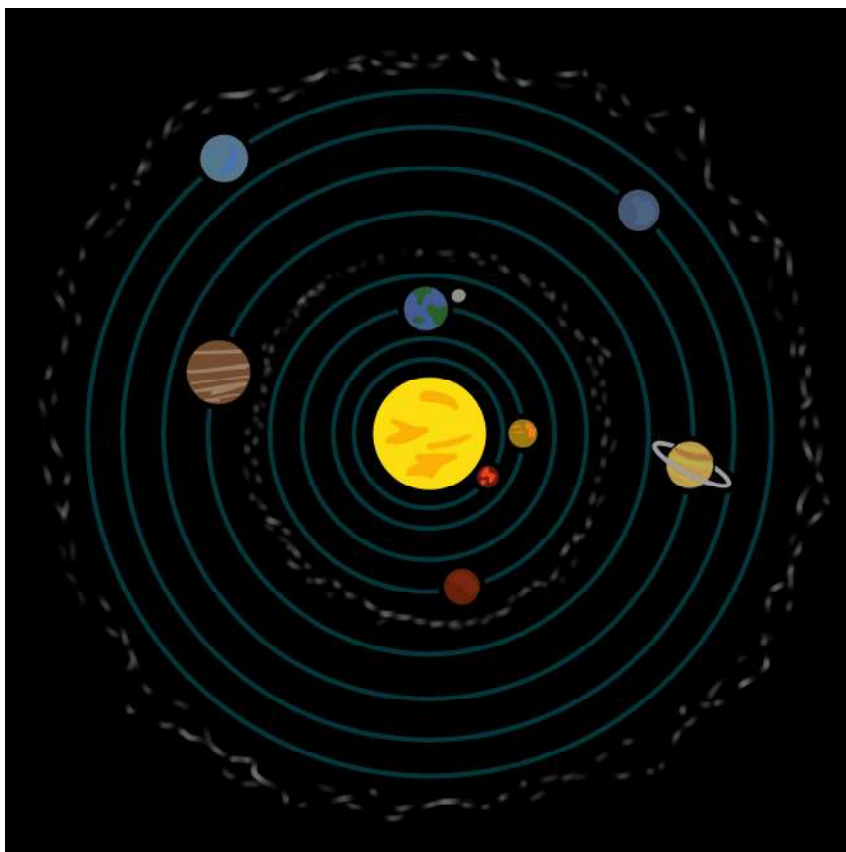


Рисунок 2 – Пример для **Солнечная система: полный вид**

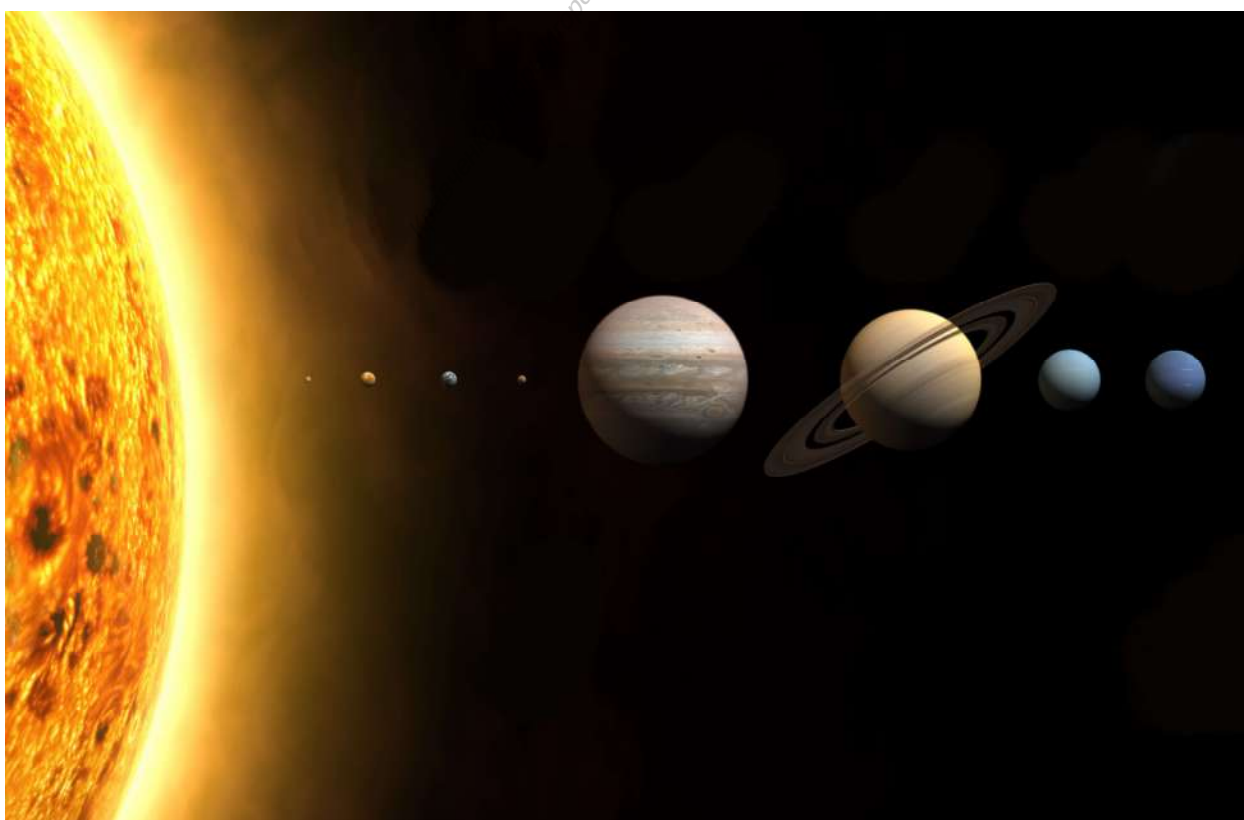


Рисунок 3 – Пример для **Солнечная система: планеты** (слева направо):

Земная группа: Меркурий, Венера, Земля, Марс.

Группа гигантов: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.



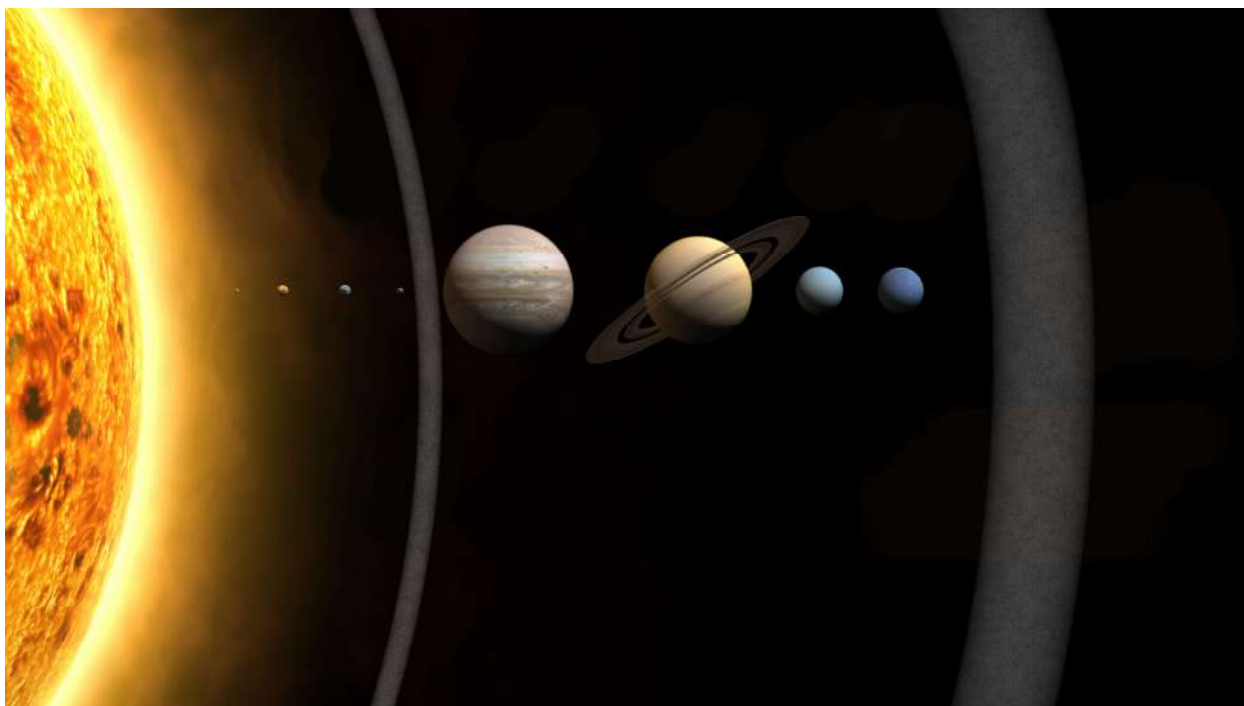


Рисунок 4 – Пример для **Солнечная система: поясы** (слева направо):
Пояс астероидов, Пояс Койпера

Звезда – массивный газовый шар, излучающий свет. (рис.5)

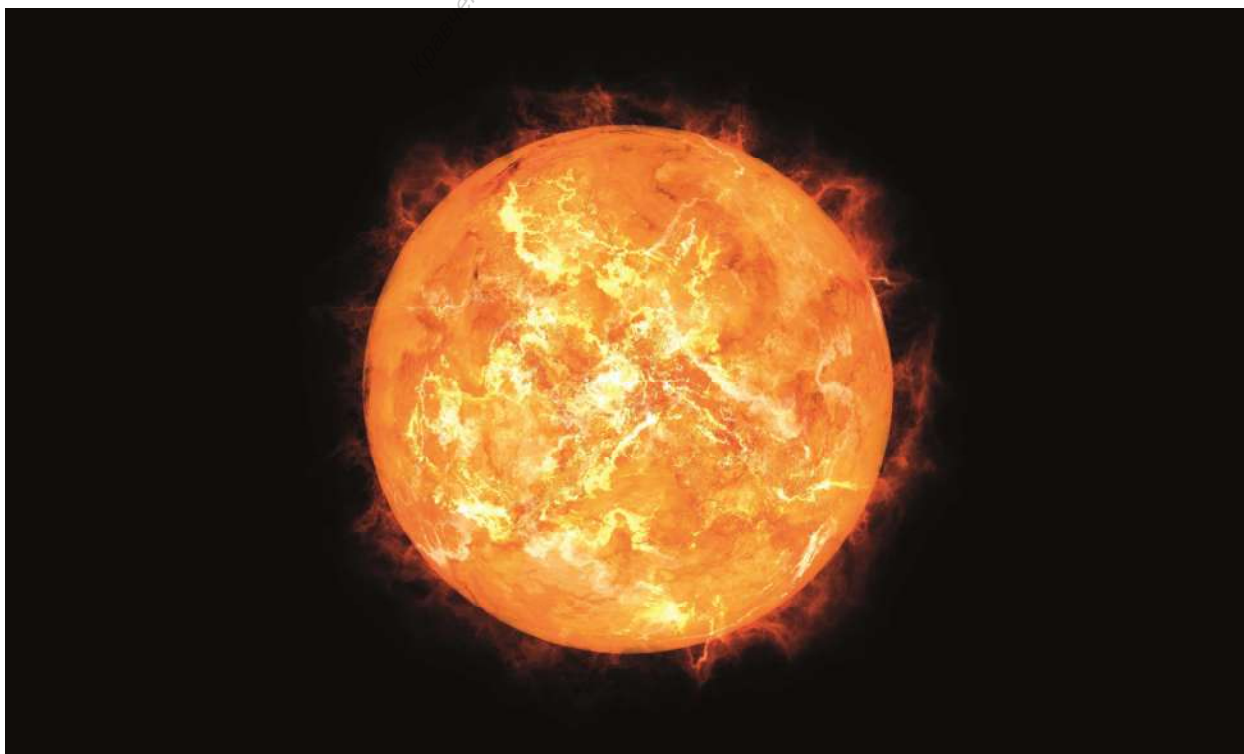


Рисунок 5 – Пример для **Звезда**: « горит »





Звездные характеристики:

1. Масса (M [масса Солнца или M_{\odot}]). (рис.6)

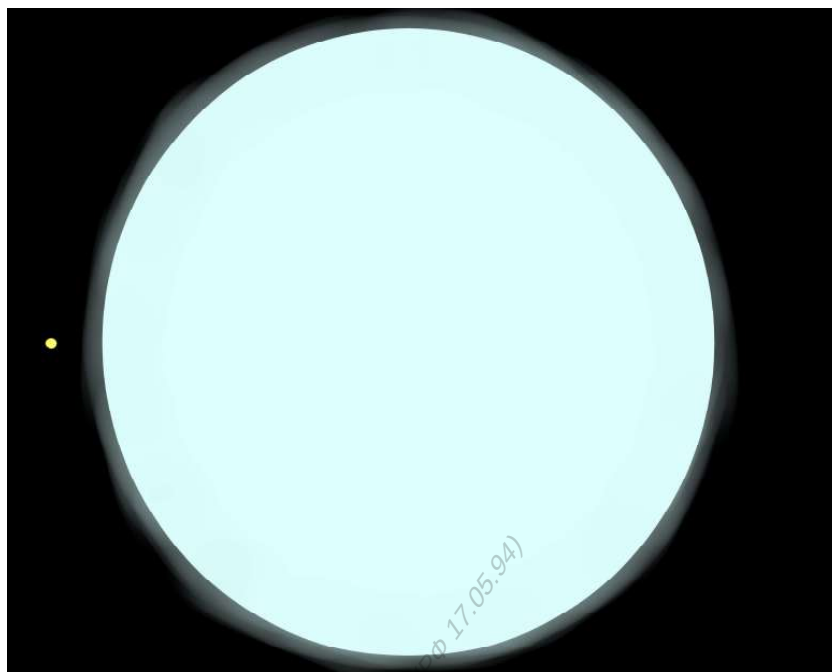


Рисунок 6 – Пример для **Масса**: справа масса в 20 раз больше
(слева Солнце)

2. Радиус (R [радиус Солнца или R_{\odot}]). (рис.7)

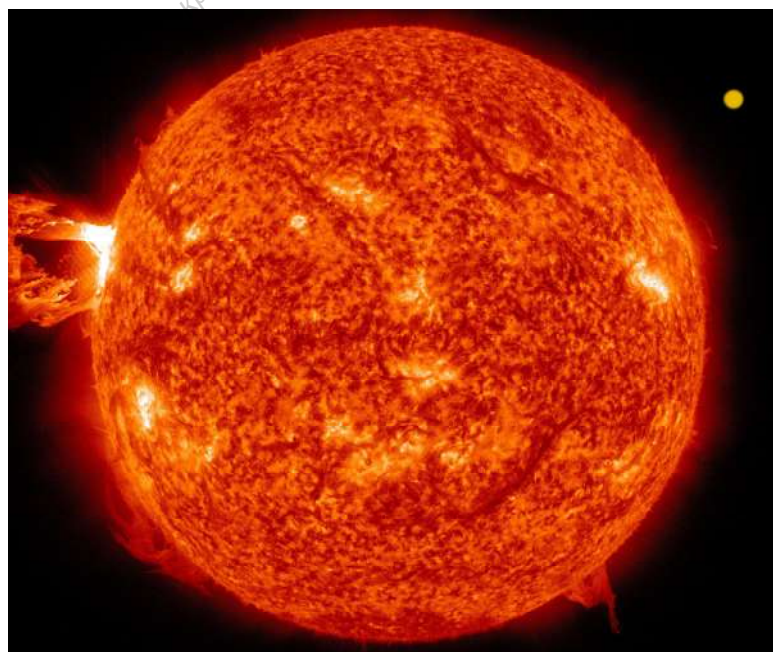


Рисунок 7 – Пример для **Радиус**: слева радиус в 40 раз больше
(справа Солнце)





3. Температура (T [K]). (рис.8)

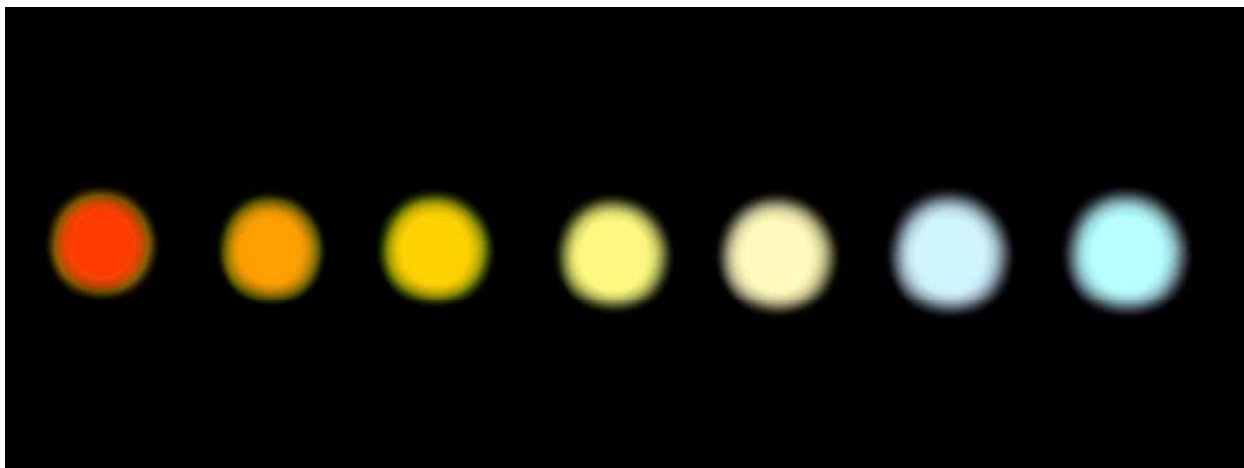


Рисунок 8 – Пример для **Температура**: слева направо **$T \uparrow$** (зависит от цвета)

4. Спектральный класс. (рис.9)

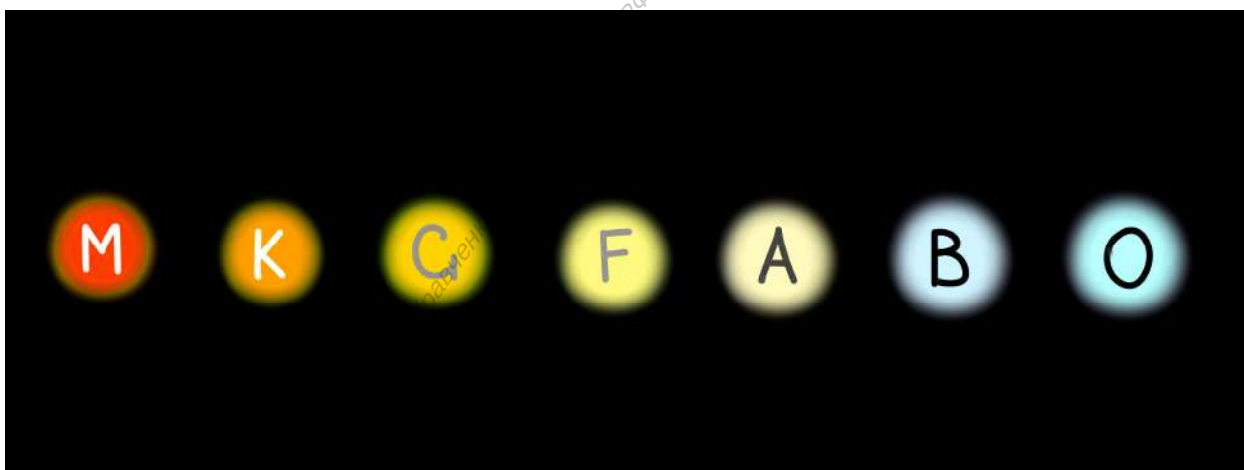


Рисунок 9 – Пример для **Спектральный класс**: $T_M < T_K < T_G < T_F < T_A < T_B < T_O$

5. Тип размера. (рис.10-13)



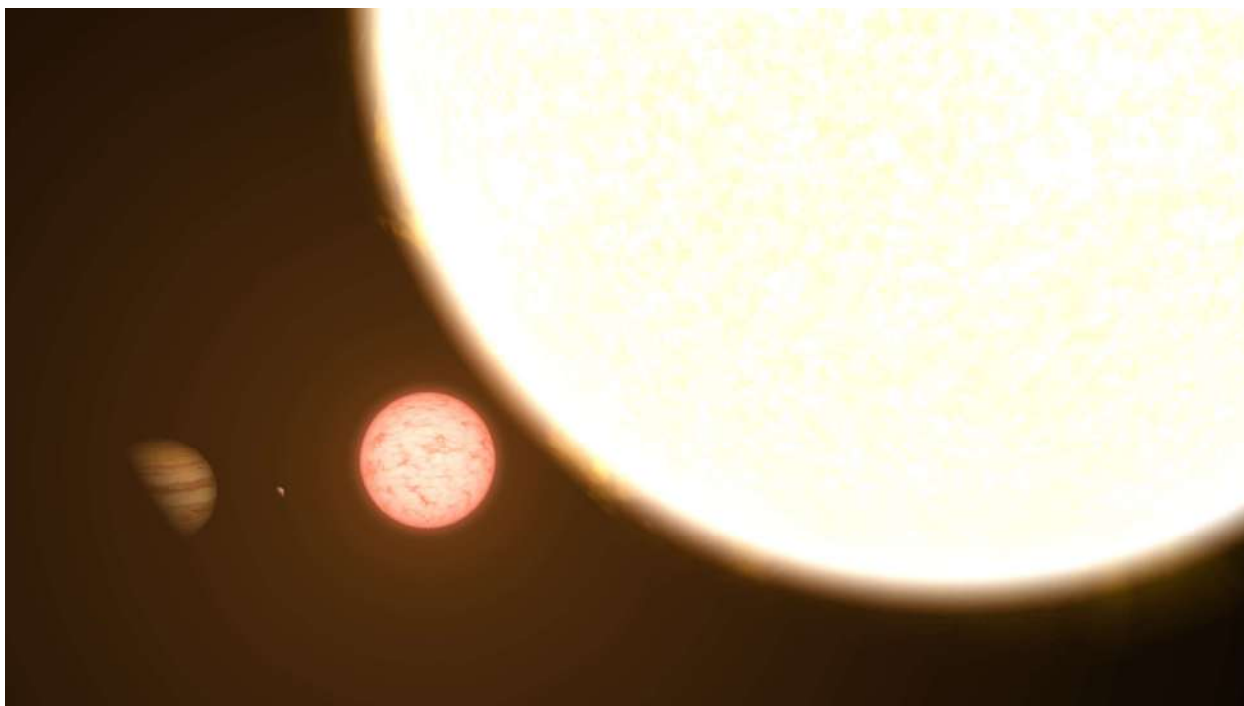


Рисунок 10 – Пример для **Тип размера**: справа налево: Солнце, карлик-звезда, Земля, Юпитер



Рисунок 11 – Пример для **Тип размера**:
звезды **Главной последовательности** (типа Солнца)



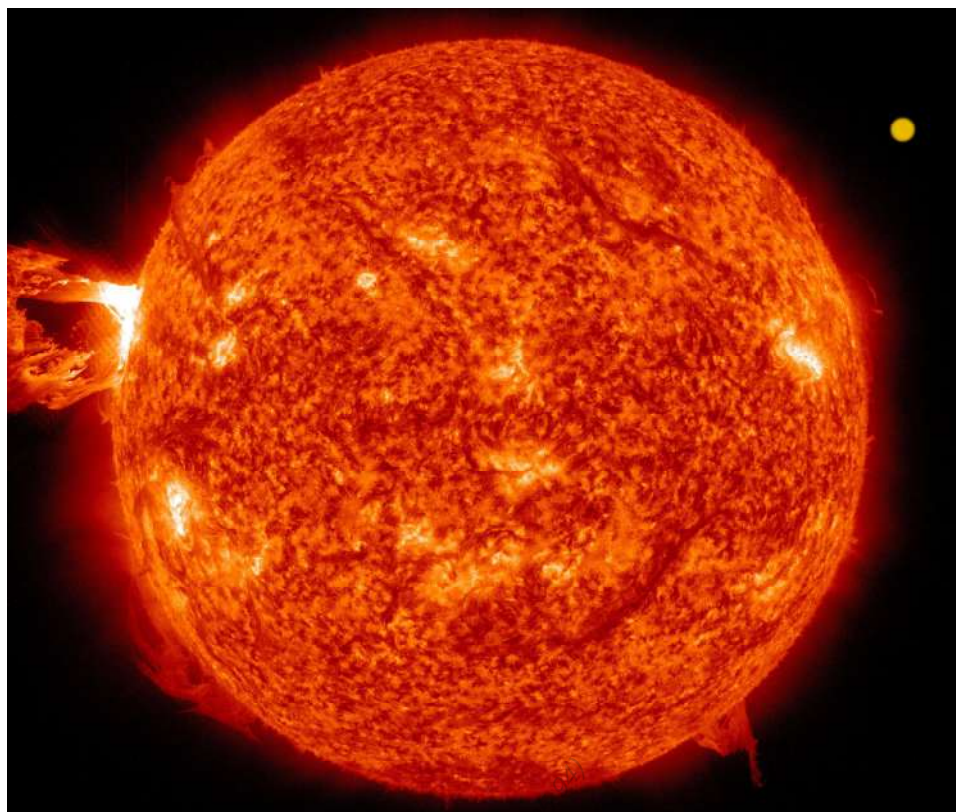


Рисунок 12 – Пример для **Тип размера:**
гигант-звезда (справа Солнце)

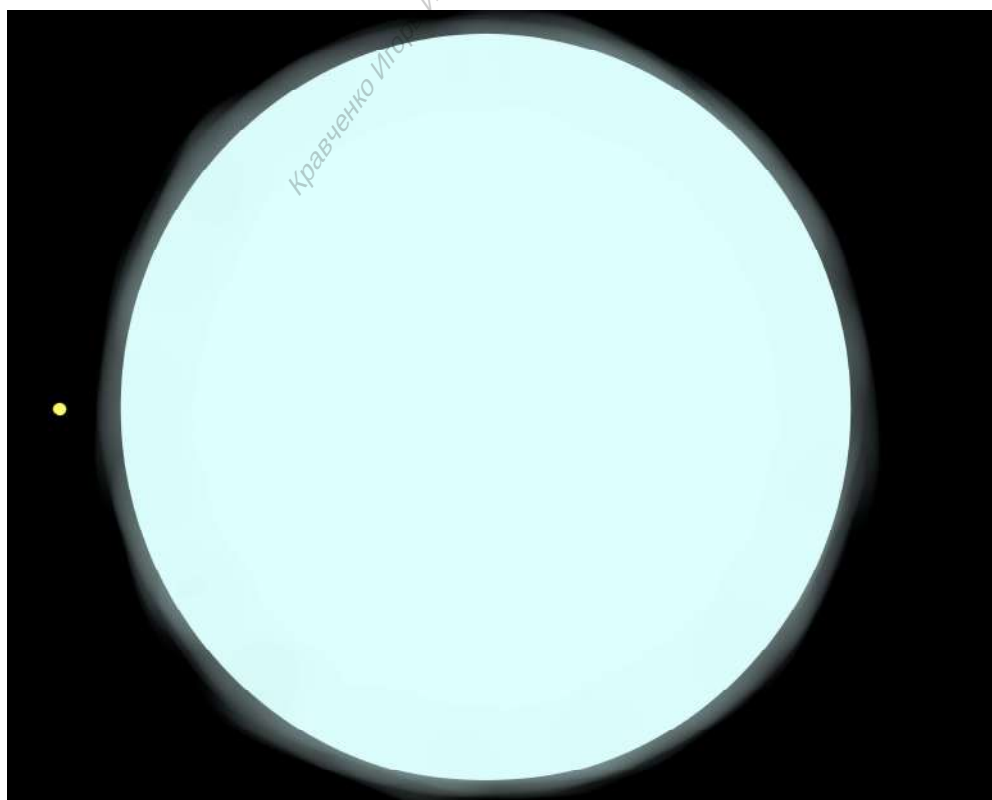


Рисунок 13 – Пример для **Тип размера:**
сверхгигант-звезда (слева Солнце)





6. Светимость (L [Вт]). (рис.14)

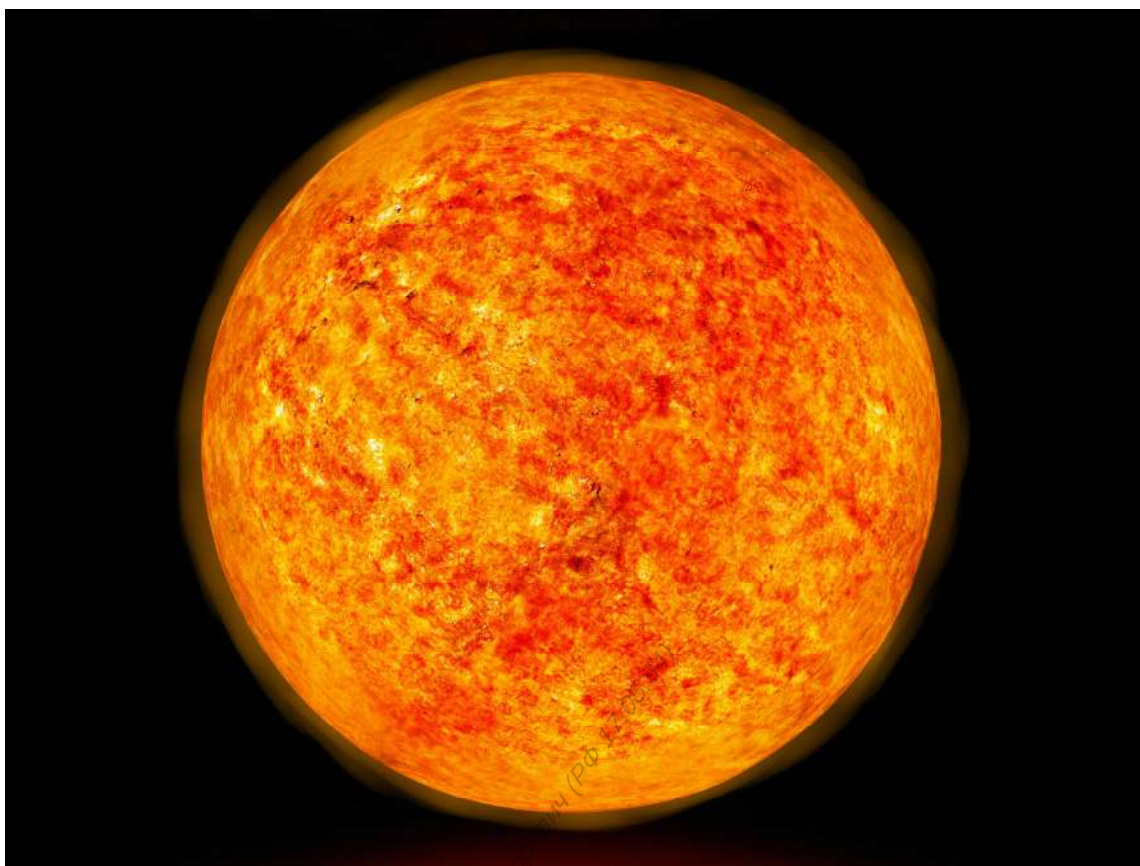


Рисунок 14 – Пример для Светимость: **энергия**, выходящая за 1 секунду

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

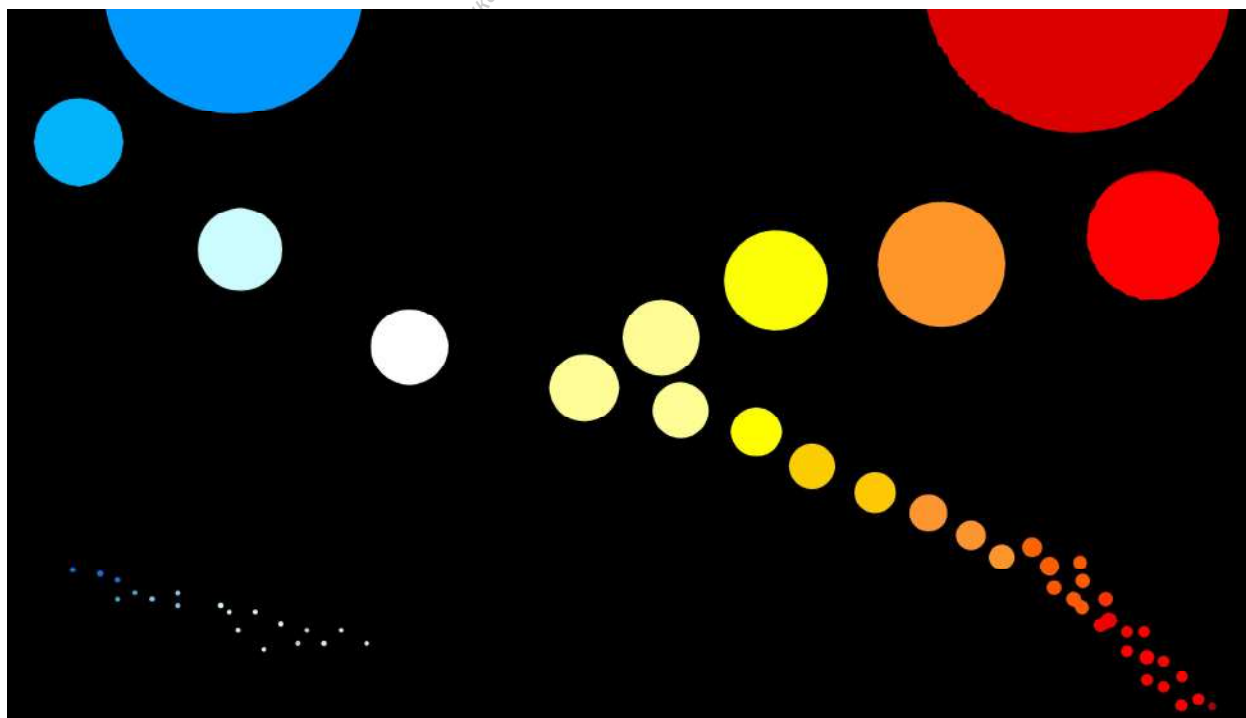


Рисунок 17 – Пример для Закономерности звездных характеристик:

« Диаграмма Герцшпрунга — Рассела » (цвето-размерный вид)





Источник энергии звезд: (рис.18-19)

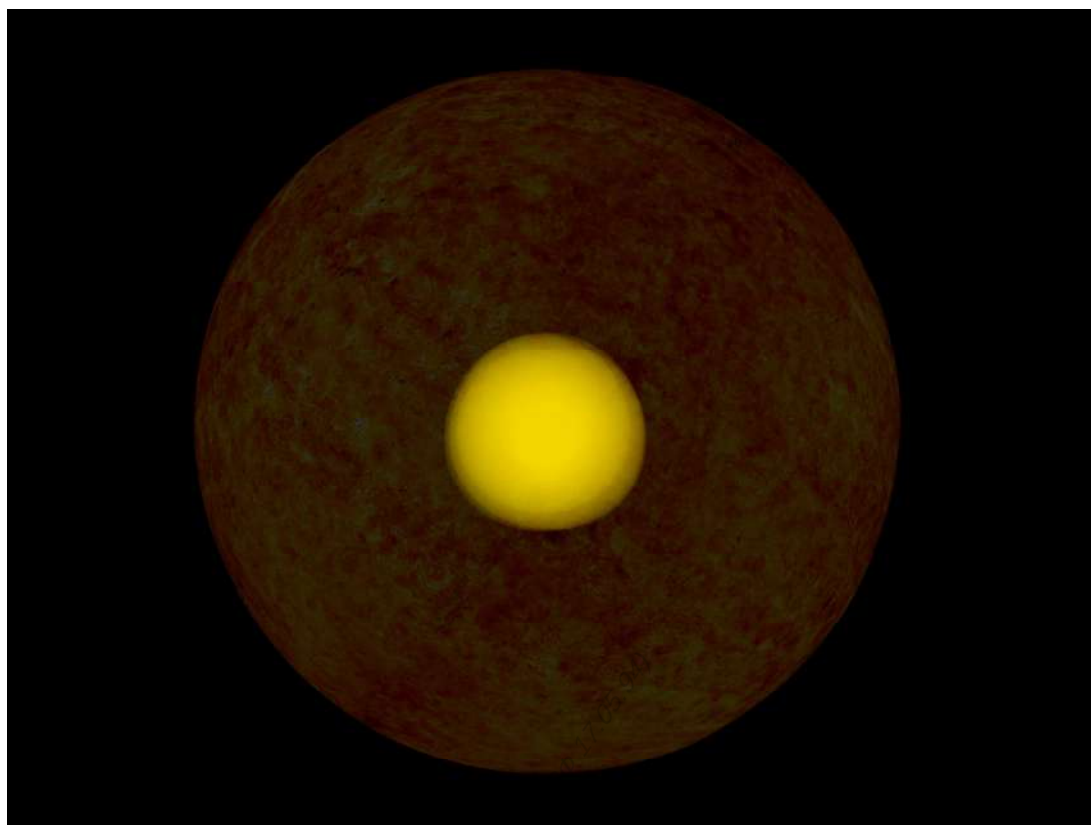


Рисунок 18 – Пример для **Источник энергии звезд:**
термоядерные реакции в ядре



Рисунок 19 – Пример для **Источник энергии звезд:** структура типа Солнце



Современные представления о происхождении, эволюции Солнца:
(рис.20-25)

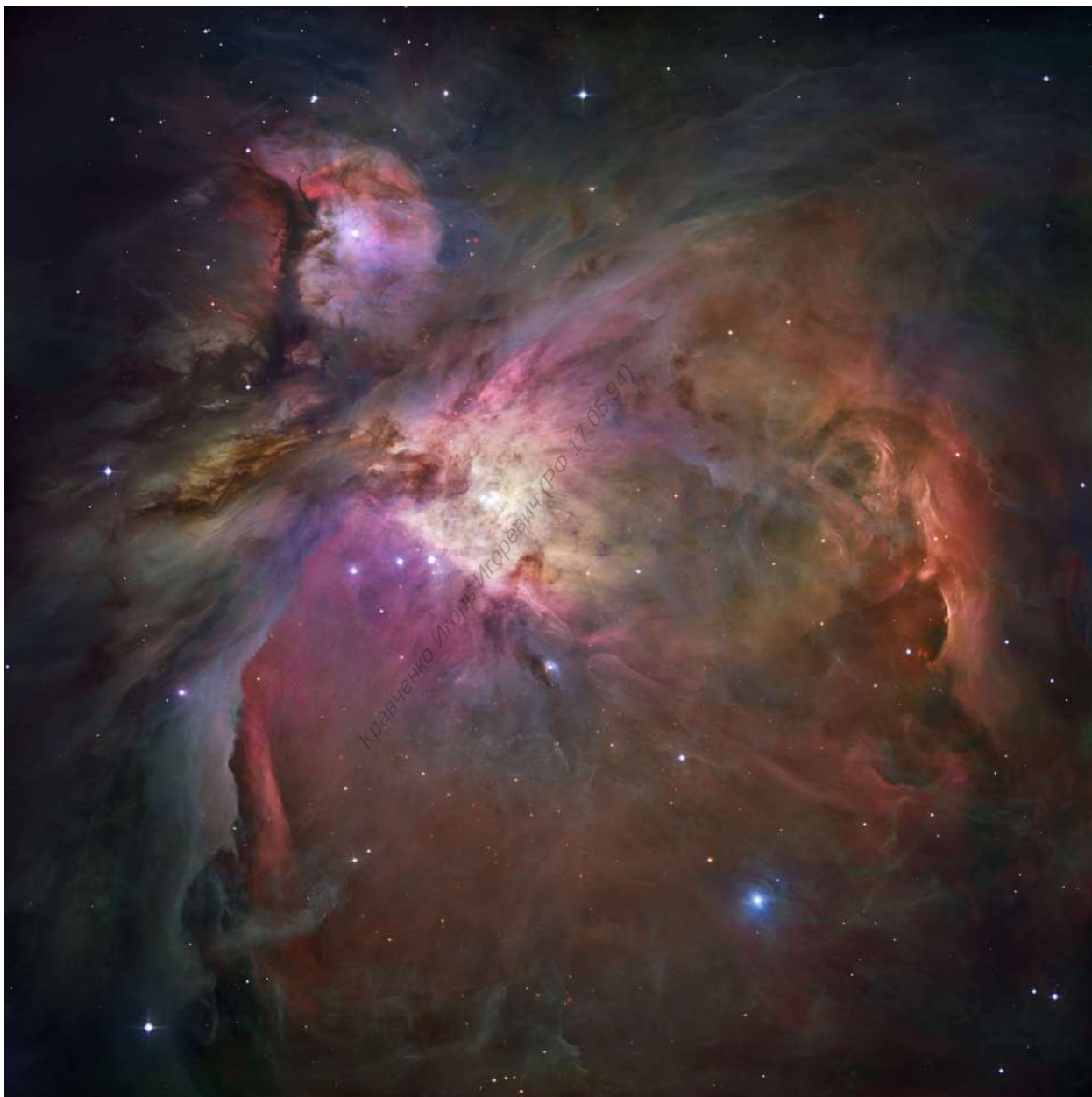


Рисунок 20 – Пример для **Происхождение звезды: сжатие газопылевых облаков**



Рисунок 21 – Пример для **Происхождение звезды: протозвезда**

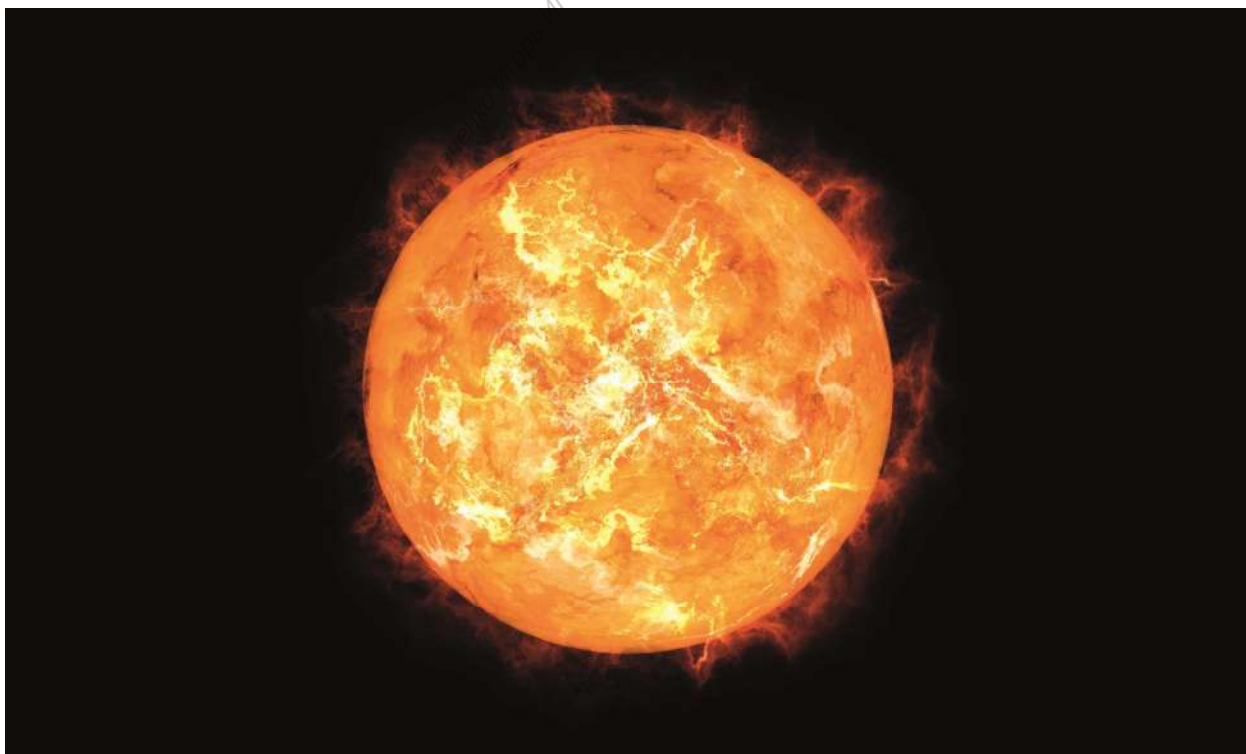


Рисунок 22 – Пример для **Эволюция звезды:**
тип главной последовательности



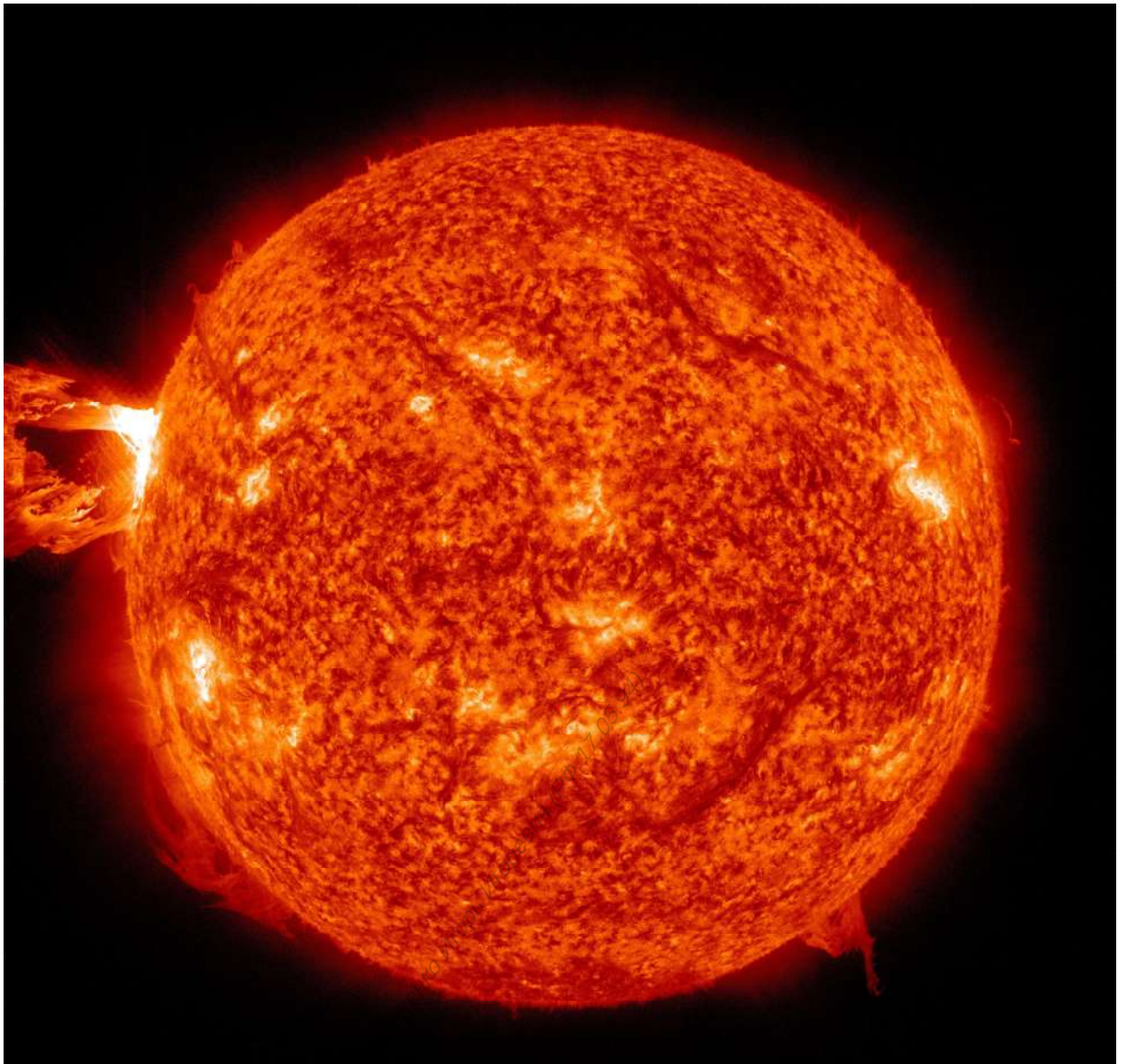


Рисунок 23 – Пример для Эволюция звезды: красный гигант



Рисунок 24 – Пример для **Эволюция звезды: планетарная туманность**





Рисунок 25 – Пример для Эволюция звезды: белый карлик



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)

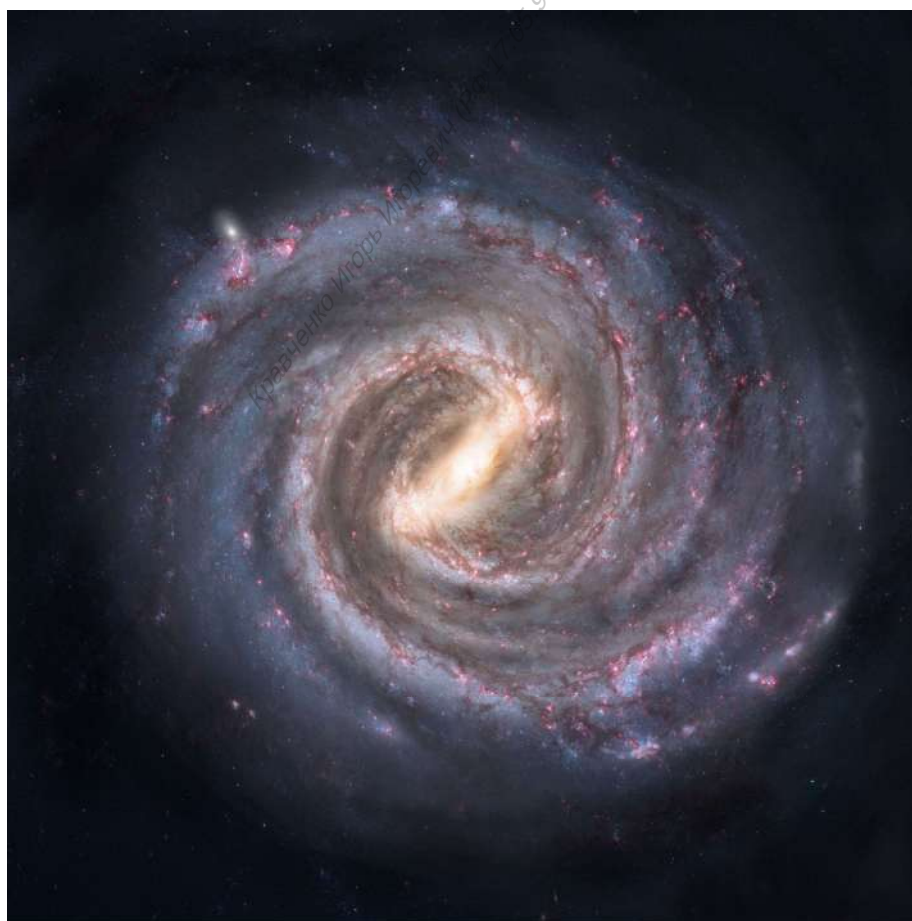


Рисунок 28 – Пример для **Наша Галактика**: звезды кружатся вокруг центра





Рисунок 29 – Пример для **Наша Галактика**: ● Солнце . 🔴 рукав .

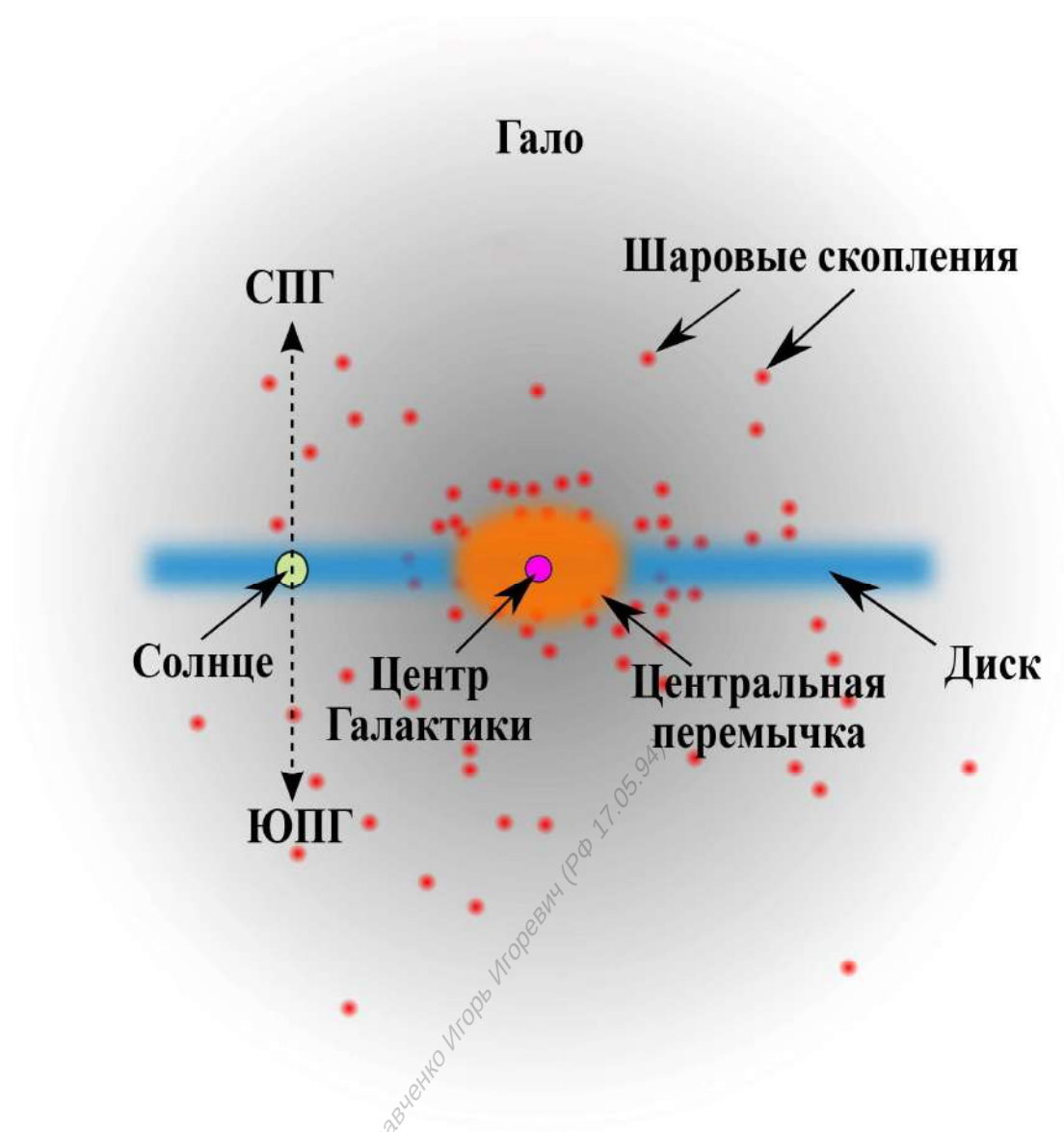


Рисунок 30 – Пример для **Наша Галактика**: схема вида **сбоку**





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 (Е) галактика
« М 59 » (**яркость уменьшается от центра**)



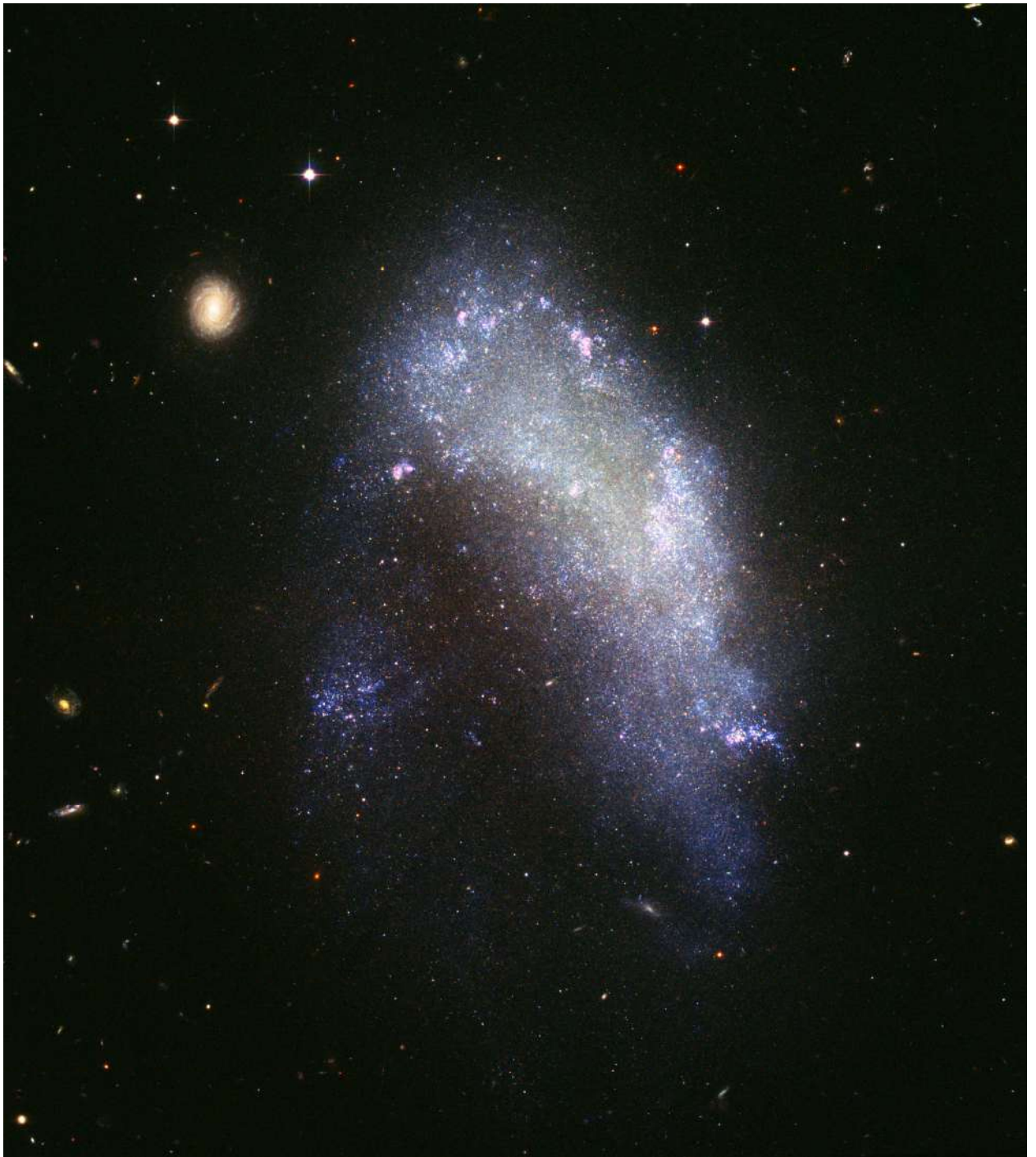


Рисунок 33 – Пример для Другие галактики: неправильная (Irr) галактика
« NGC 1427A » (**нет ядра** и **симметрии**)





Пространственные масштабы наблюдаемой Вселенной: (рис.34)

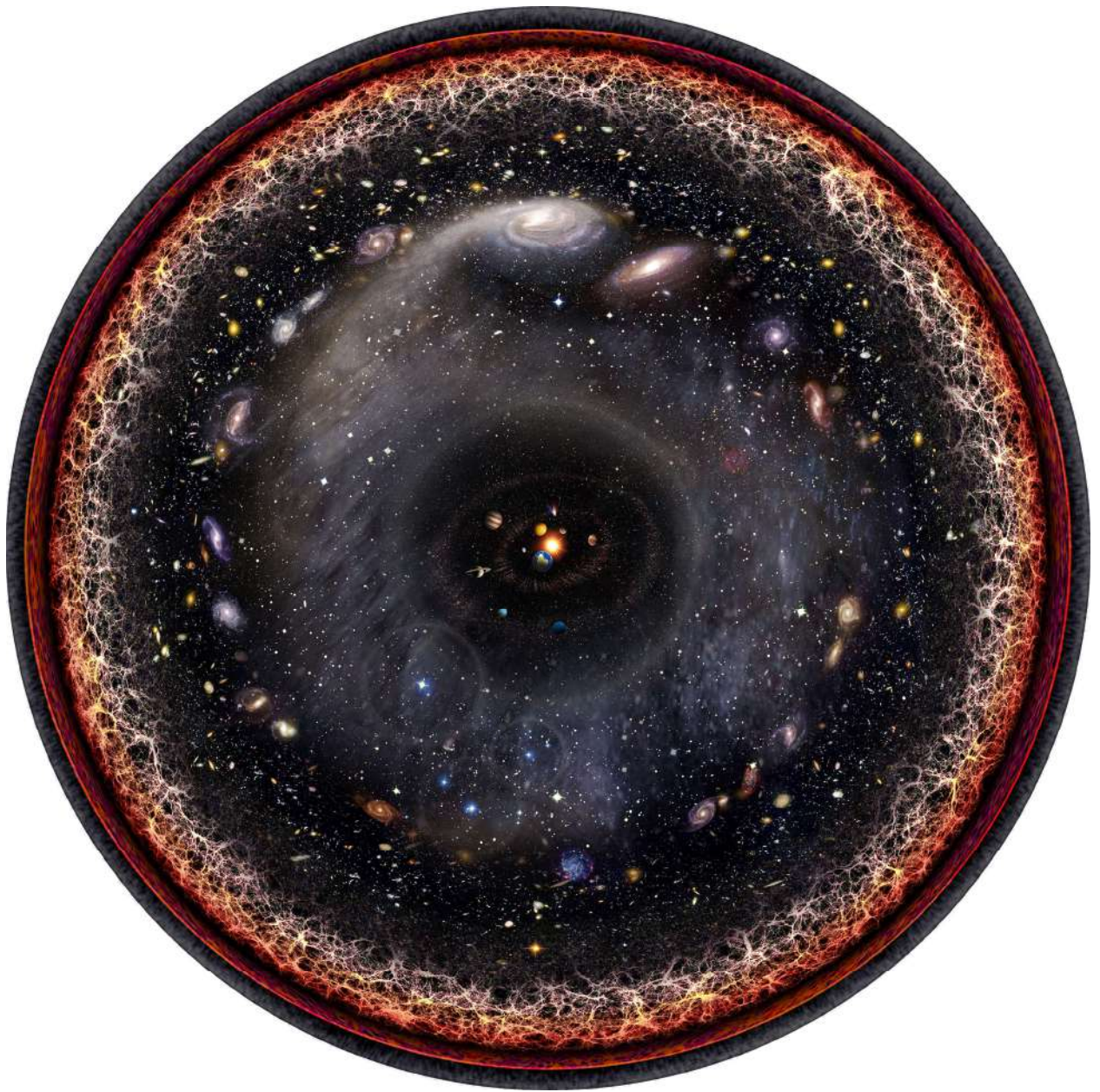


Рисунок 34 – Пример для **Наблюдаемая вселенная:** ~46 миллиардов свет. лет





Современные взгляды на эволюцию и строение Вселенной: (рис.35-40)

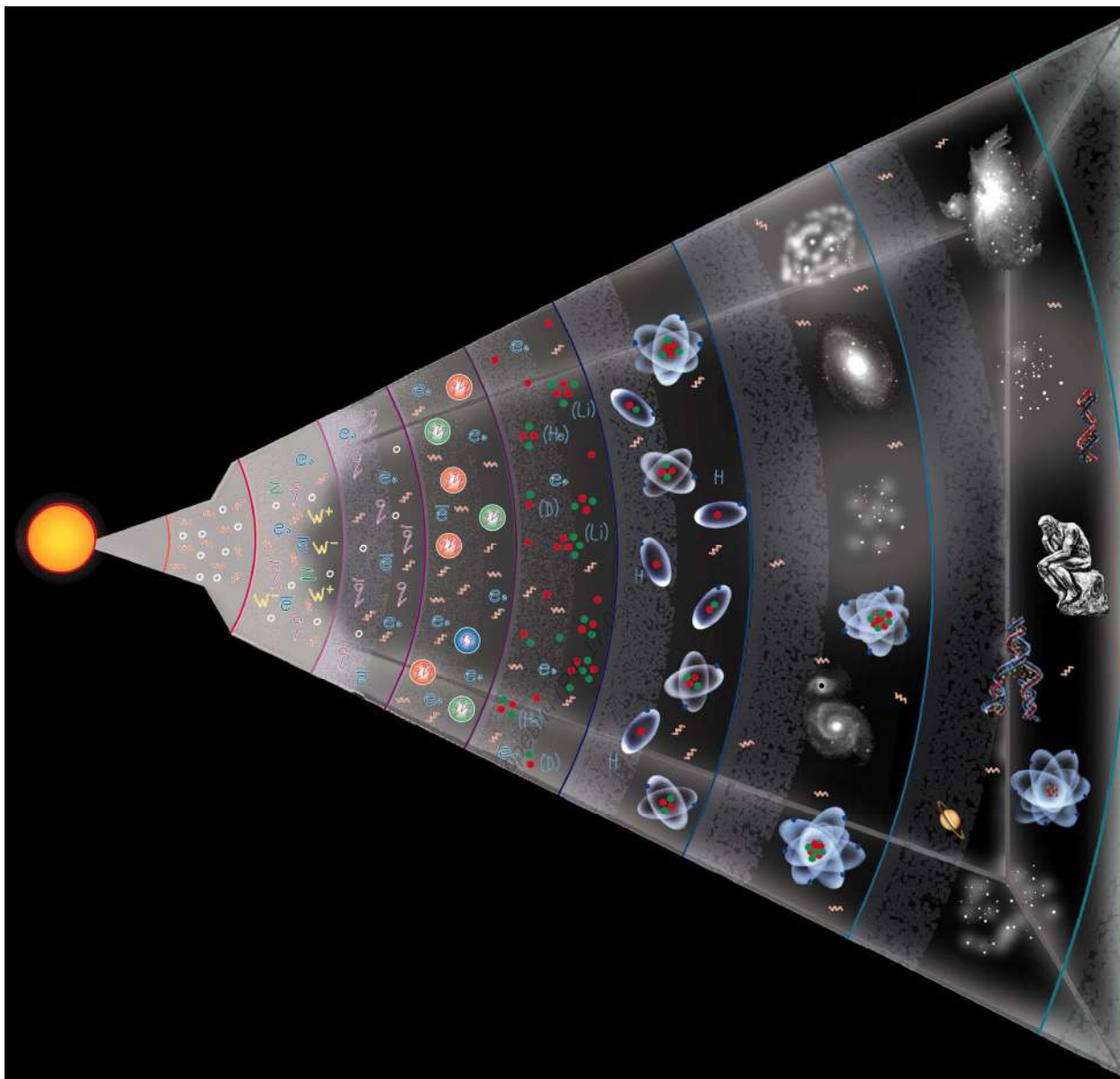


Рисунок 35 – Пример для эволюция Вселенной:

Большой взрыв → расширение



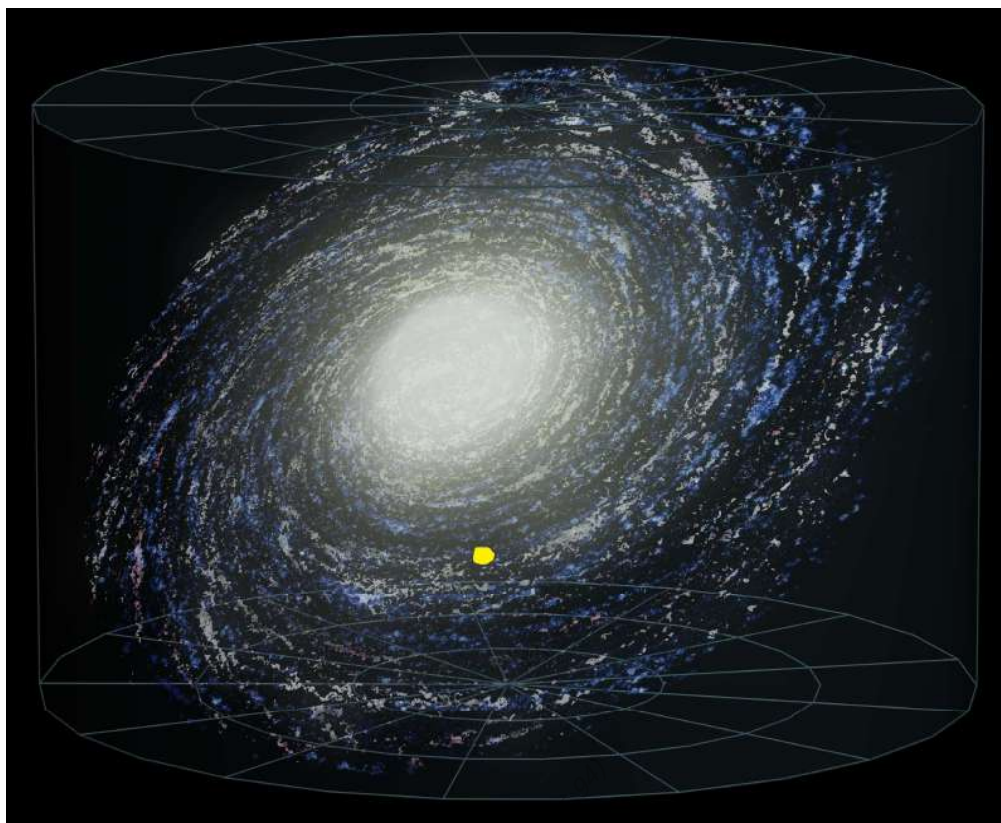


Рисунок 36 – Пример для строение Вселенной: **Наша** галактика

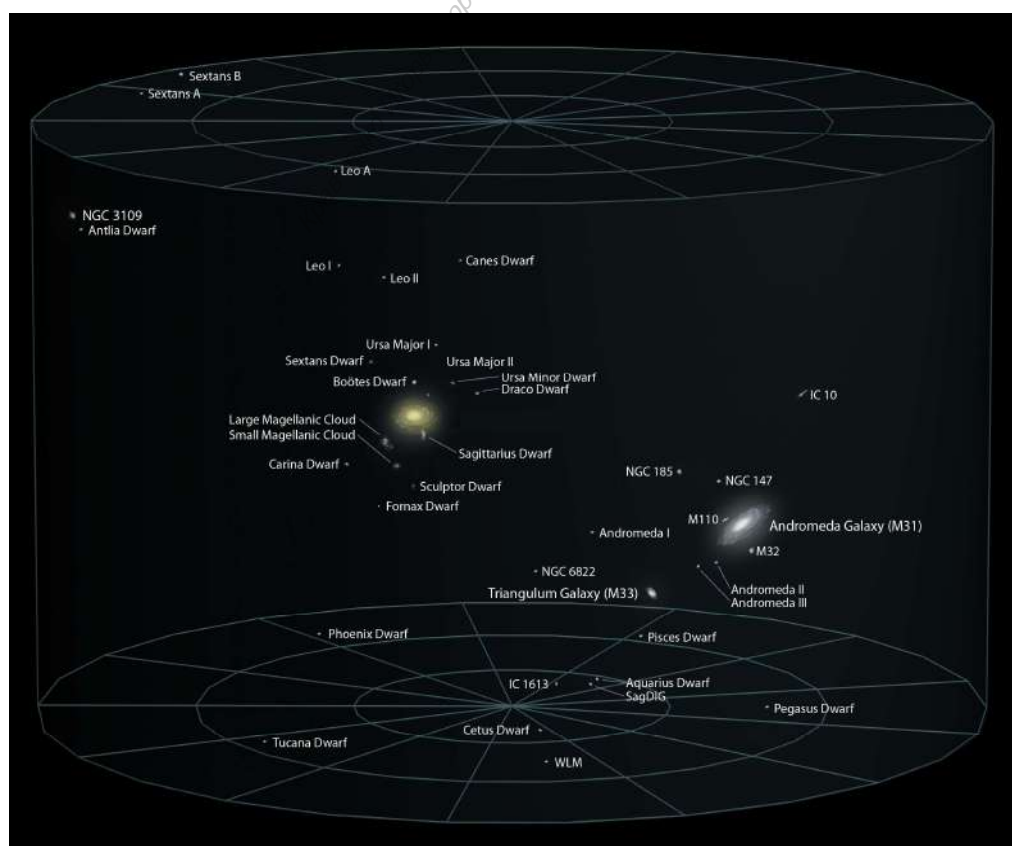


Рисунок 37 – Пример для строение Вселенной: местная группа галактик



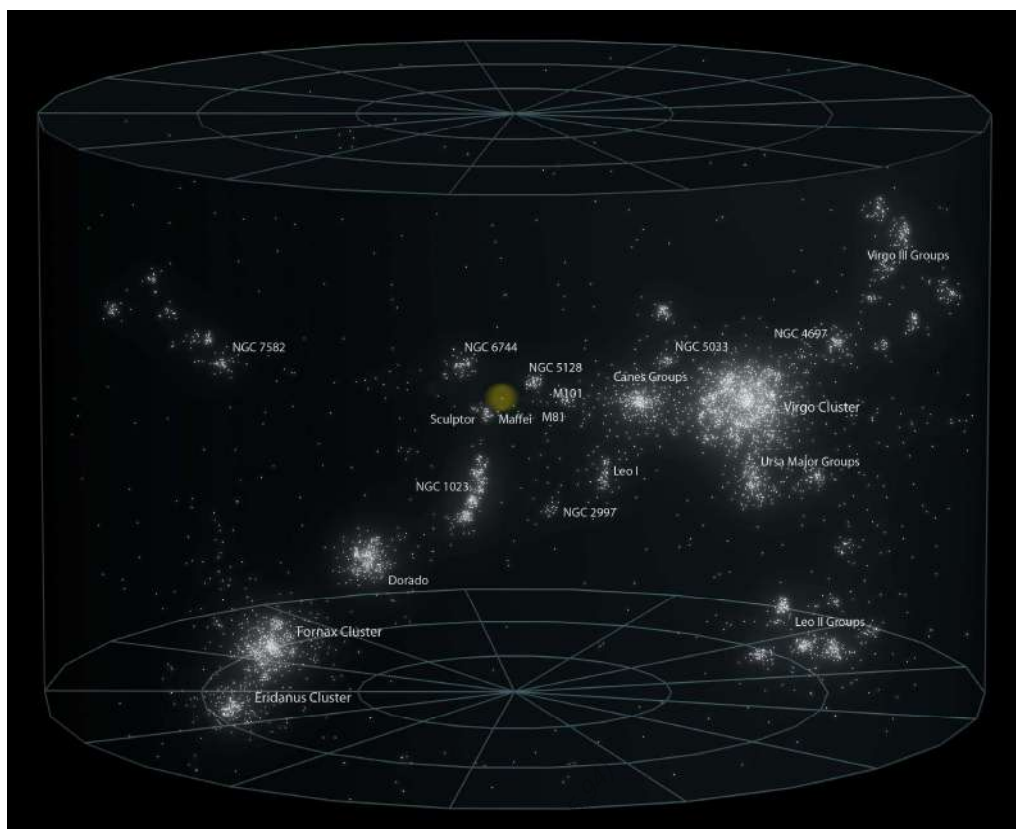


Рисунок 38 – Пример для строение Вселенной:
местное сверхскопление галактик

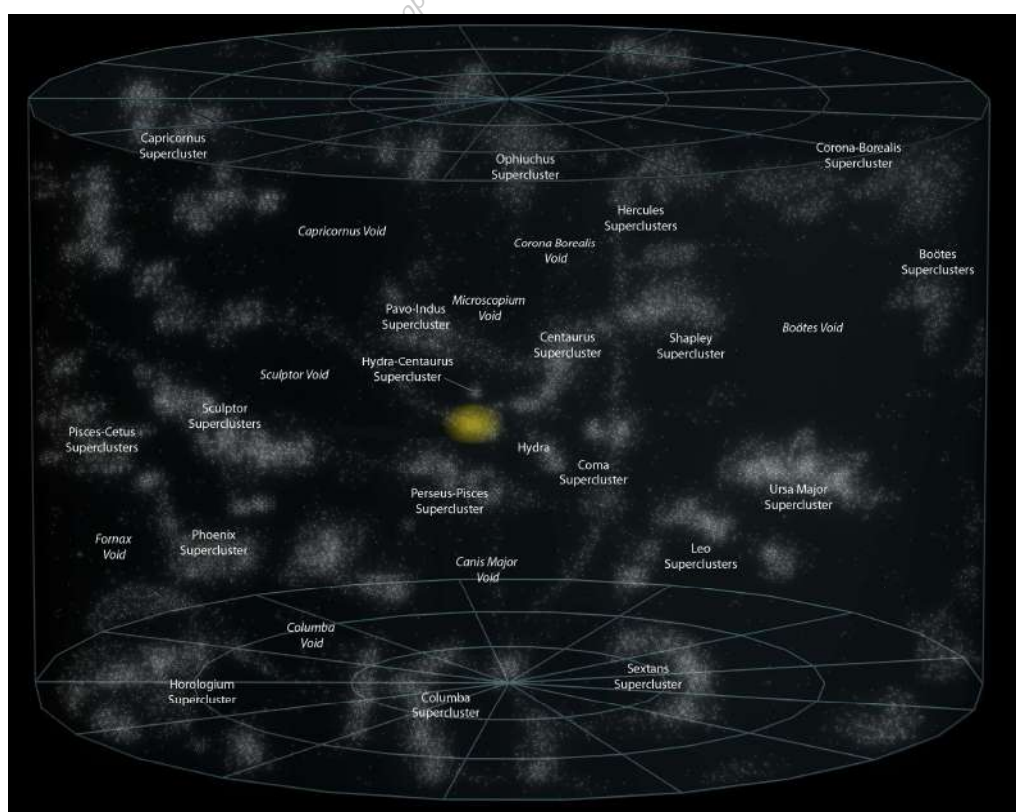


Рисунок 39 – Пример для строение Вселенной: суперкластер Ланиакея



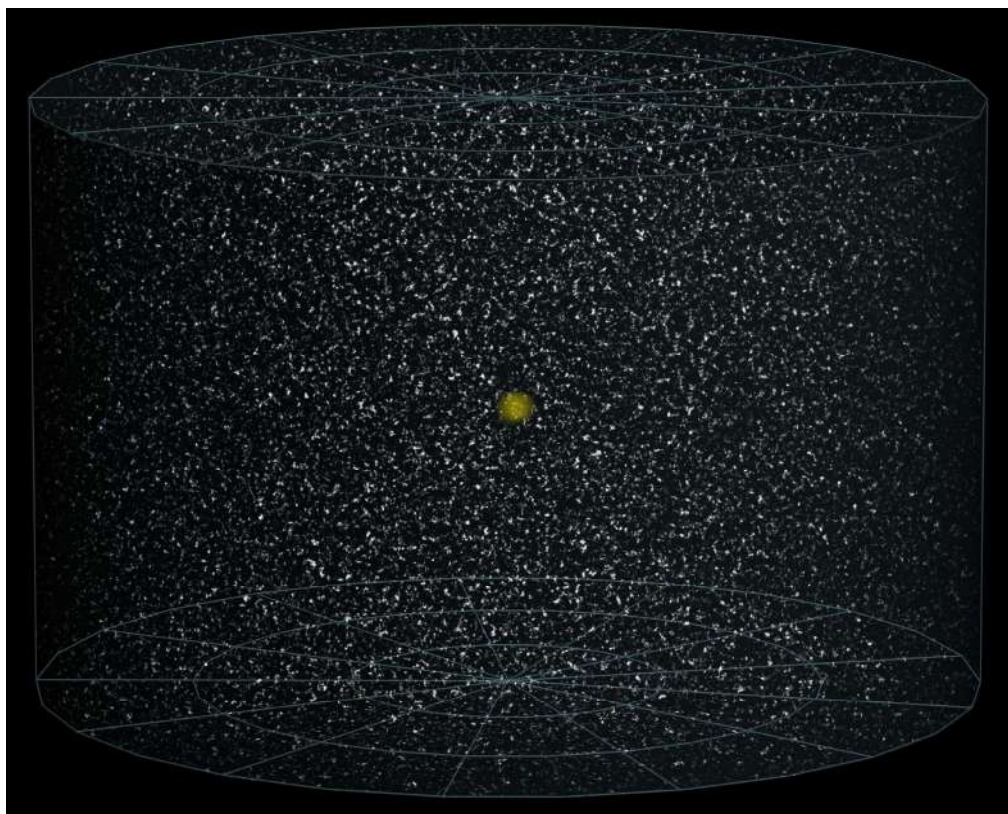


Рисунок 40 – Пример для **строение Вселенной**: наблюдаемая **вселенная**

Кравченко Игорь Игоревич (РФ 17.05.94) +79010144910

