

# Плакаты по физике

# МЕХАНИКА

The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. These shapes are primarily located on the right side of the image, creating a dynamic, layered effect. The rest of the background is plain white.

# 1.1. Прямолинейное движение 1.2. Движение по окружности

## Равномерное движение

$$s = v \cdot t$$

$$v = \text{const}$$

$$a = 0$$

$$\varphi = \omega \cdot t$$

$$\omega = \text{const}$$

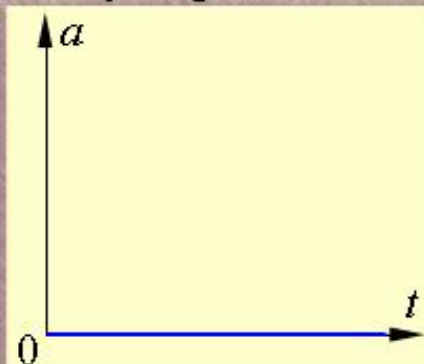
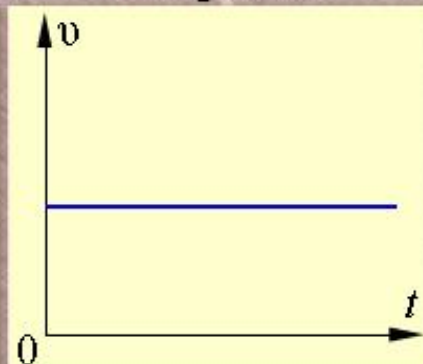
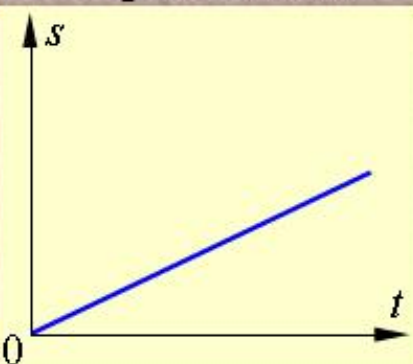
$$\varepsilon = 0$$

## Зависимость от времени:

расстояния

скорости

ускорения



## Равноускоренное движение

$$s = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$$

$$v = v_0 \pm at$$

$$a = \text{const}$$

$$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$$

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$$

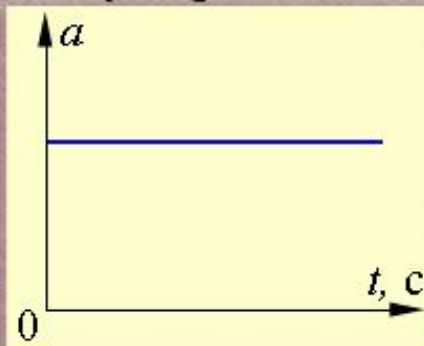
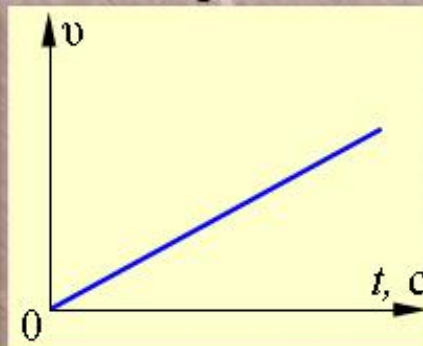
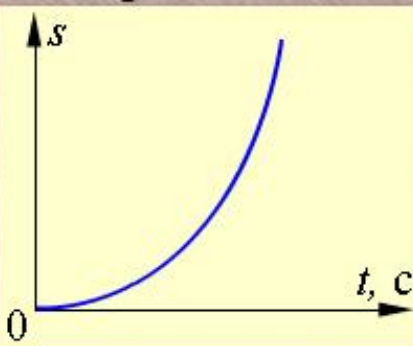
$$\varepsilon = \text{const}$$

## Зависимость от времени:

расстояния

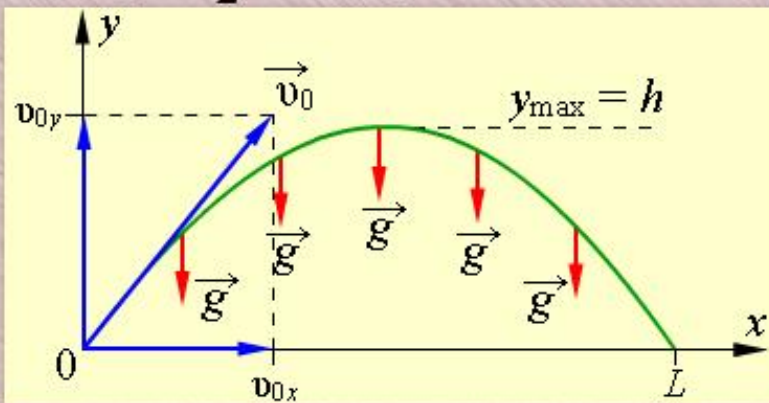
скорости

ускорения

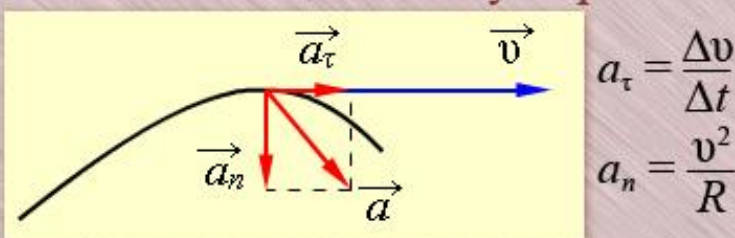


# 1.3. Свободное падение тел

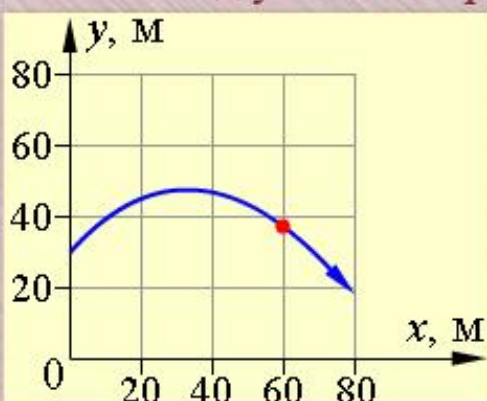
$$s = v_0 t \pm \frac{gt^2}{2} \quad v = v_0 \pm gt \quad g = 9,8 \text{ м/с}^2$$



## 1.4. Нормальное и тангенциальное ускорения



## 1.5. Движение тела, брошенного под углом к горизонту



Г. Галилей

1.1. Первый закон Ньютона

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

## 1. Законы Ньютона

1.2. Второй закон Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

1.3. Третий закон Ньютона

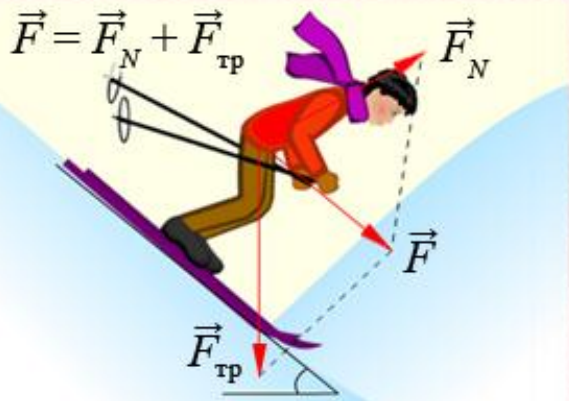
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

2. Единица измерения силы

$$1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}^2$$

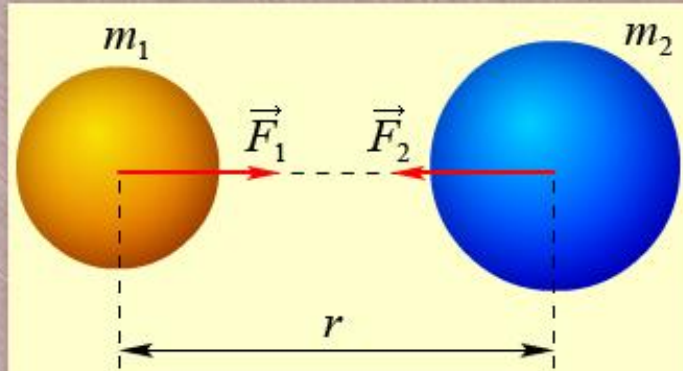
### 3.1. Равнодействующая сил

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

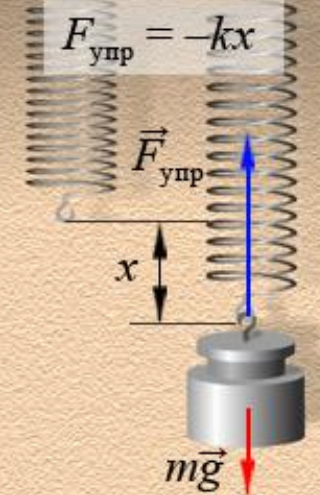


### 3.2. Гравитационные силы притяжения

$$F_r = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

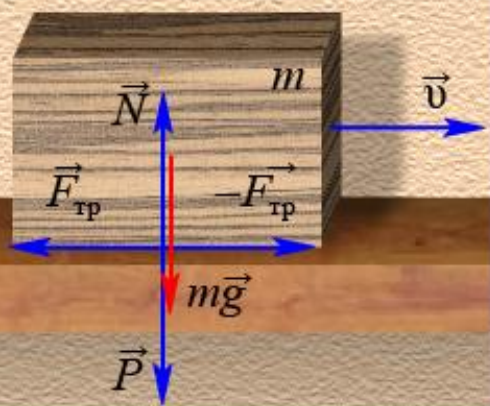


### 3.3. Сила упругости



### 3.4. Сила трения

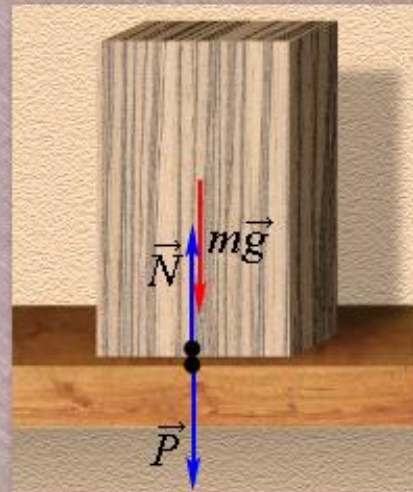
$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$$



### 3.5. Вес тела и силы тяжести

$\vec{N} = -m\vec{g}$  – сила реакции опоры

$$\vec{P} = m\vec{g}$$



Силы тяжести на разных планетах



### 1.1. Импульс тела

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

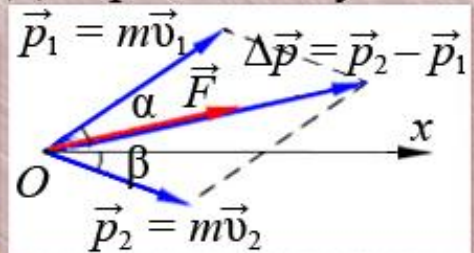
### 1.2. Импульс и сила

$$F\Delta t = m\Delta v$$

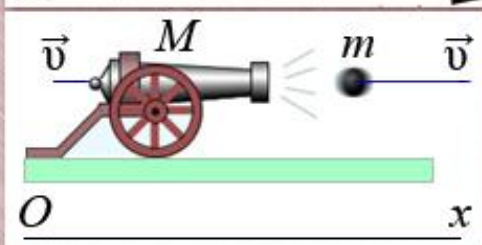
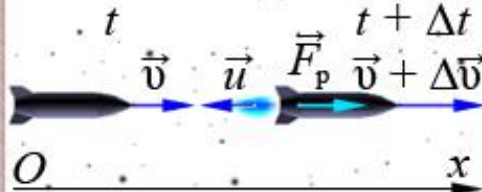
### 1.3. Закон сохранения импульса

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n (m_i \vec{v}_i) = \text{const}$$

Диаграмма импульсов

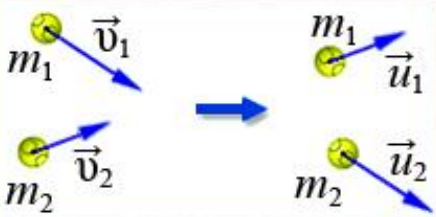
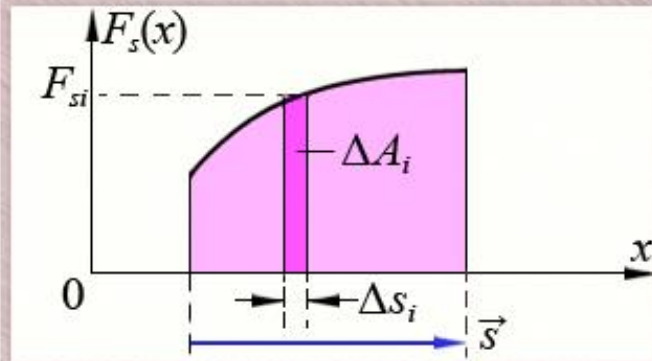


### Реактивное движение



### 2. Работа

$$A = F_{\tau} s = F s \cdot \cos \alpha$$



### 3.1. Кинетическая энергия тела массой $m$ , движущегося со скоростью

1 Дж = 1 Н·м

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

### 3.2. Потенциальная энергия тела массой $m$ , поднятого на высоту $h$ над поверхностью Земли

$$E_p = mgh$$

### 3.3. Потенциальная энергия упруго деформированного тела

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

$k$  – жесткость пружины,  
 $x$  – растяжение пружины

### 3.4. Полная механическая энергия

$$W = E_k + E_p$$

### 3.5. Закон сохранения энергии

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

### 4. Работа силы тяжести

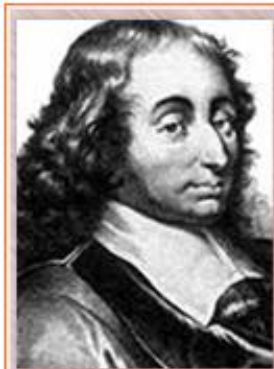
### 5. КПД

$$\eta = \frac{E_{\text{пол}}}{E_{\text{сум}}}$$

$E_{\text{пол}}$  – полезно использованная энергия,  
 $E_{\text{сум}}$  – суммарное количество энергии, полученное системой

### 6. Рычаг как простой механизм

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

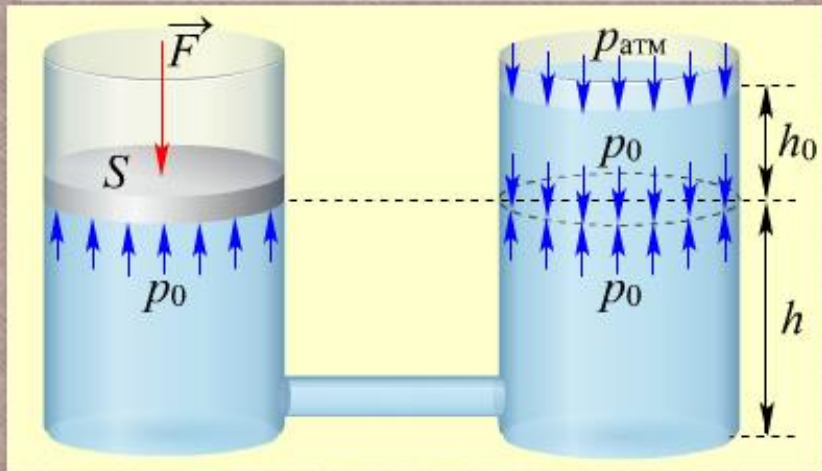


Блез Паскаль

### 1.1. Закон Паскаля

Давление в жидкости или газе передается во всех направлениях одинаково и не зависит от ориентации площадки, на которую оно действует

$$p_0 = F/S = \rho gh_0 + p_{\text{атм}} \quad p = p_0 + \rho gh$$



Даниил Бернулли

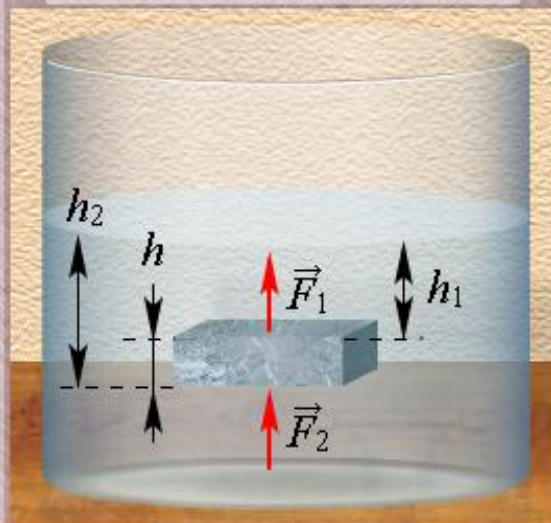
1.2. Манометр и барометр – приборы для измерения давления



Архимед

1.3 Сила Архимеда

$$F_A = F_2 - F_1 = S\Delta p = \rho gSh = \rho gV$$



### 2.1. Условия равновесия тел

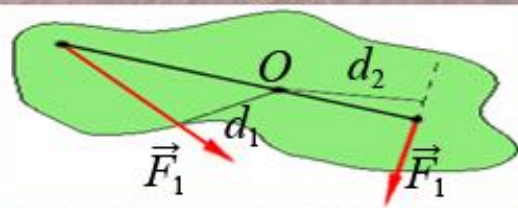
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0 \\ M_1 + M_2 + \dots = 0$$



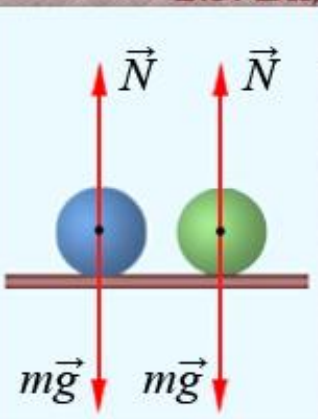
Эванджелиста Торричелли

2.2. Момент силы

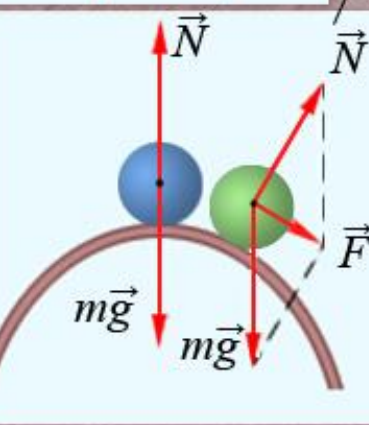
$$M_1 = F_1 \cdot d_1$$



2.3. Виды равновесий

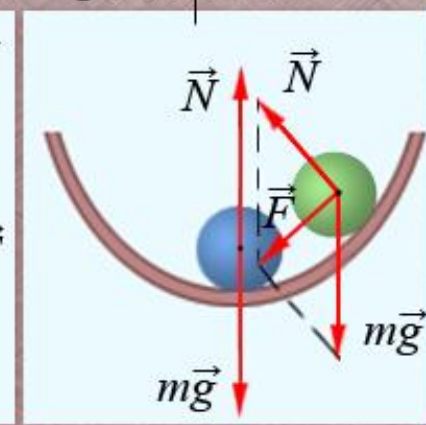


Безразличное равновесие

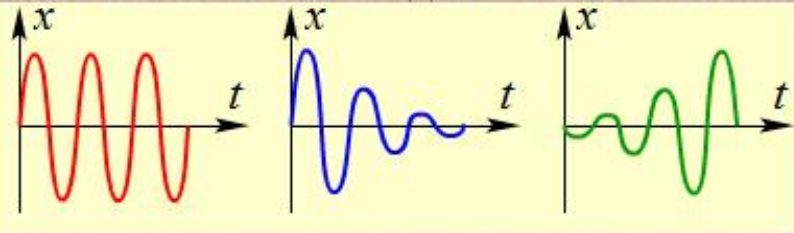


Неустойчивое равновесие

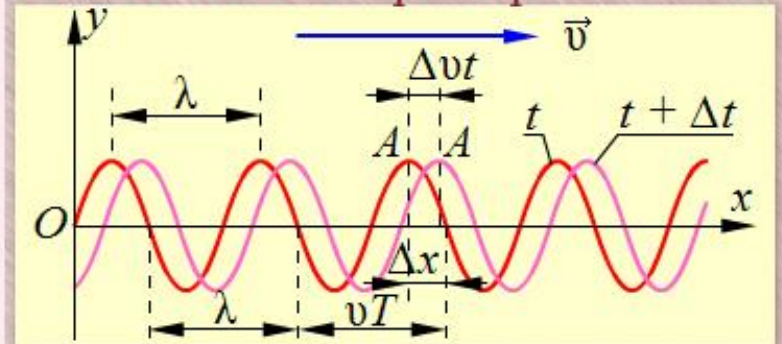
Устойчивое равновесие



# 1. Различные виды колебаний



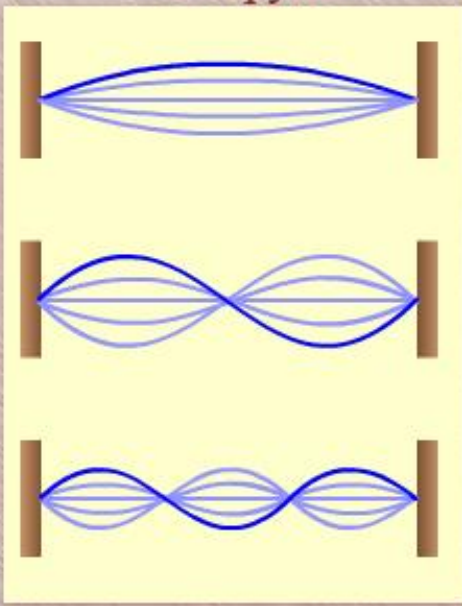
# 4. Механическая энергия при колебаниях



$$E_n + E_k = \text{const} \quad E_n = E_k = E/2$$

$A$  – амплитуда,  $\nu$  – частота  
 $\lambda$  – длина волны,  $v$  – скорость  
 $k$  – волновое число  $\lambda = v/\nu$ ,  $k = 2\pi/\lambda$

# 7. Стоячие волны в струне

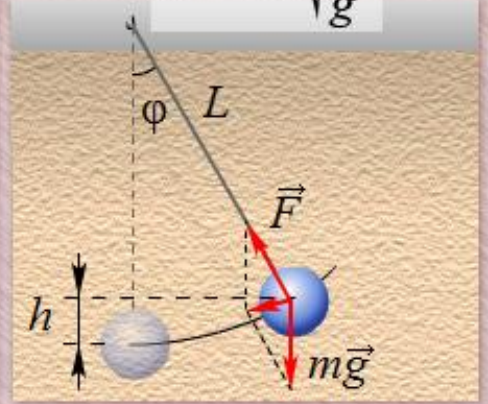
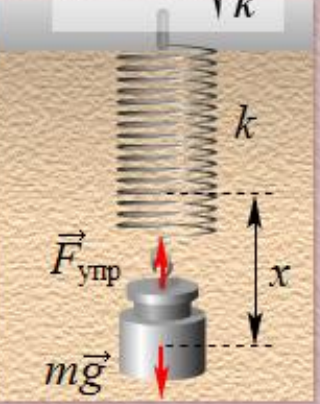


## 2.1. Пружинный маятник

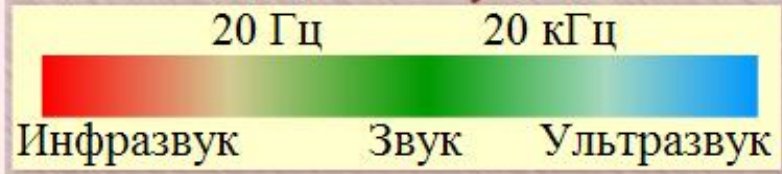
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

## 2.2. Математический маятник

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

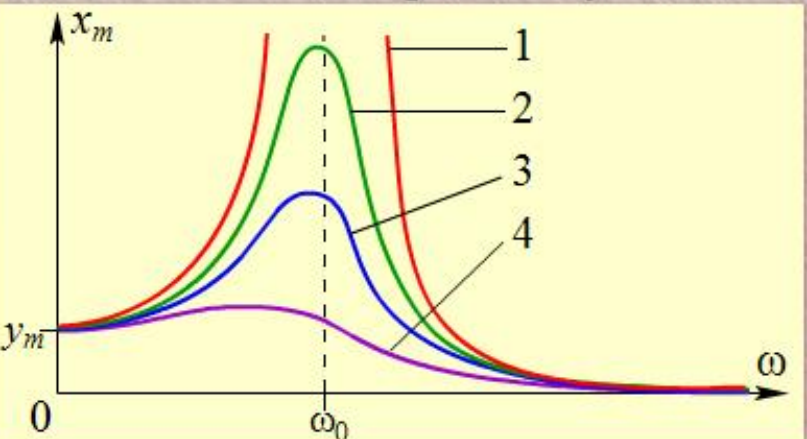


# 5. Шкала звука



# 3. Амплитудная резонансная кривая

Резонанс при  $\omega = \omega_0$



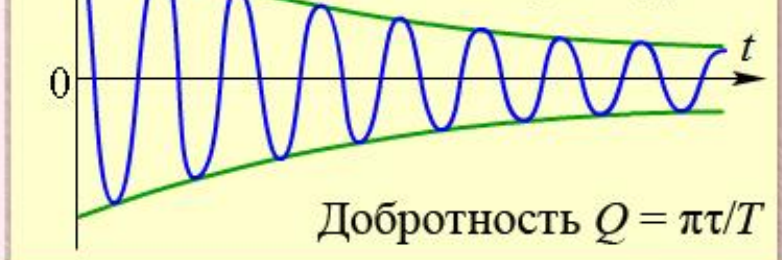
## 6.1. Вынужденные колебания

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = A \cos \omega t$$

## 6.2. Затухающие колебания

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad \omega^2 = \omega_0^2 - \gamma^2$$

$$x = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \phi_0)$$



Добротность  $Q = \pi/\Gamma$

# 8. Эффект Доплера

$$f_n = \frac{v + v_n}{v + v_n} f_n$$

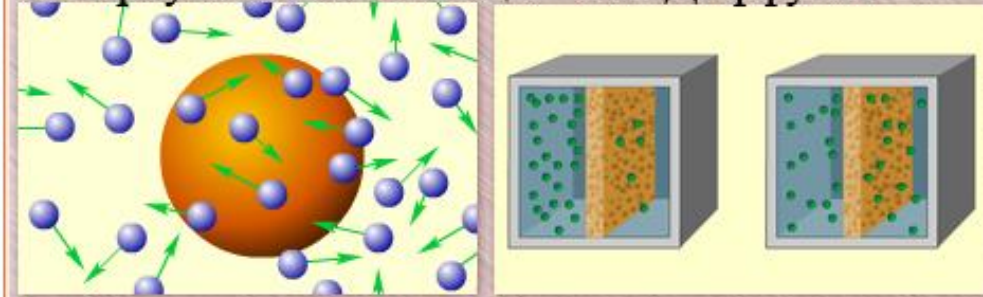


# МОЛЕКУЛЯРНО- КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

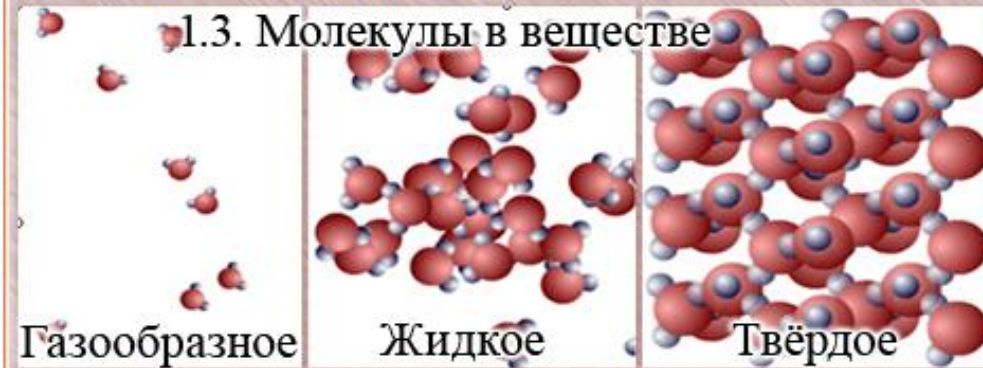


# 1. Строение вещества

## 1.1. Броуновские частицы 1.2. Диффузия



## 1.3. Молекулы в веществе



Газообразное

Жидкое

Твёрдое

# 2. Идеальный газ

- между молекулами не действуют силы притяжения или отталкивания
- соударения частиц между собой и со стенками сосуда абсолютно упруги
- время взаимодействия между молекулами пренебрежимо мало



Д. Менделеев

## 3. Основные формулы

3.1. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

$$p = \frac{mn\bar{v}_{\text{кв}}^2}{3}$$

3.2. Уравнение Менделеева–Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

3.3. Кинетическая энергия

$$E_k = \frac{3}{2}kT$$

3.4. Закон Дальтона

$$p = \sum_{i=1}^k p_i = kT \sum_{i=1}^k n_i$$

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана

3.5. Распределение Максвелла (3D)

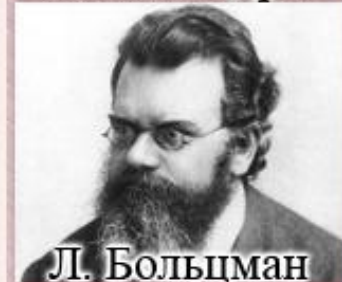
$$f(v) = 4\pi v^2 \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \exp\left( \frac{-mv^2}{2kT} \right)$$



Б. Клапейрон



А. Авогадро



Л. Больцман



Д. Дальтон

## 4. Количество вещества $\nu$

$$\nu = \frac{N}{N_A} \text{ [моль]}$$

$N$  – число частиц,  
 $N_A$  – постоянная Авогадро

## 5. Температурные шкалы

$$T_F = 32^\circ + \frac{9}{5}T_C$$

$$T_K = 273^\circ + T_C$$

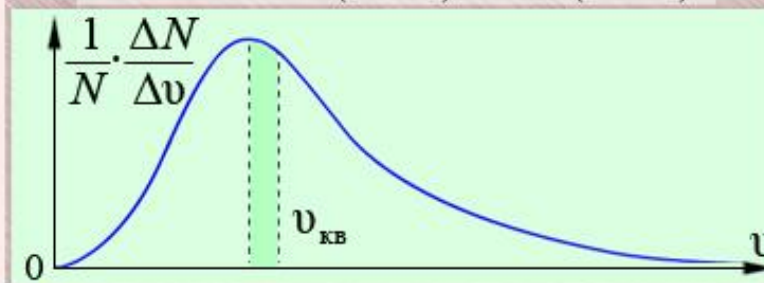
## 6. Изопроецессы



— Изобарный процесс

— Изохорный процесс

— Изотермический процесс



1.1. Теплообмен – передача тепла от более нагретого тела к менее нагретому

Окружающие тела



1.2. Зависимость внутренней энергии тела от температуры

$$U = \frac{3}{2} k N_A T = \frac{3}{2} RT$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} R \Delta T = -C_V \Delta T$$

1.3. Теплоемкость тела – количество теплоты, необходимое для нагревания тела на 1 К

1.4. Удельная теплоемкость

$$C = \frac{\Delta Q}{m \Delta T}$$

$\Delta Q$  – количество теплоты,  
 $m$  – масса тела,  
 $\Delta T$  – изменение температуры

1.5. Молярная теплоемкость

$$C = M \cdot c$$

$M$  – молярная масса вещества

$$C_\mu = C_V + R$$

$C_\mu$  – молярная теплоемкость при  $p = \text{const}$

$C_V$  – молярная теплоемкость при  $V = \text{const}$

2. Первое начало термодинамики

$$Q = \Delta U + A$$

2.1. Изохорный процесс

$$A = 0 \quad Q = \Delta U = U(T_2) - U(T_1)$$

2.2. Изобарный процесс

$$A = p(V_2 - V_1) = p\Delta V$$

$$Q = U(T_2) - U(T_1) + p(V_2 - V_1) = \Delta U + p\Delta V$$

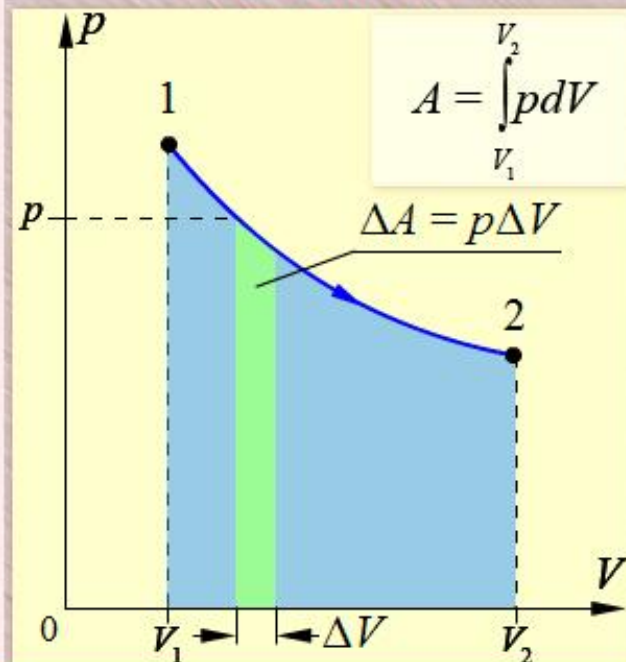
2.3. Изотермический процесс

$$\Delta U = 0 \quad Q = A$$

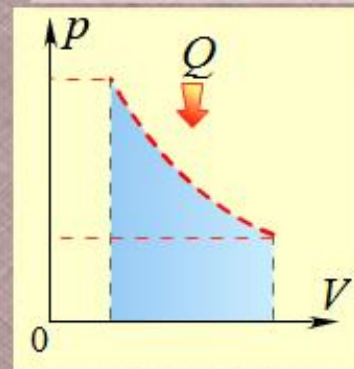
2.4. Адиабатический процесс

$$Q = 0 \quad A = -\Delta U$$

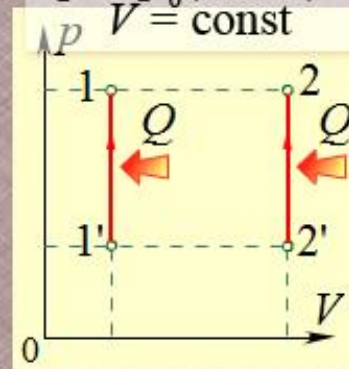
3. Работа газа



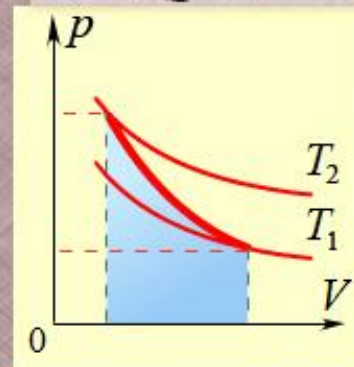
4.1. Изотермическое расширение  
 $pV = \text{const}$



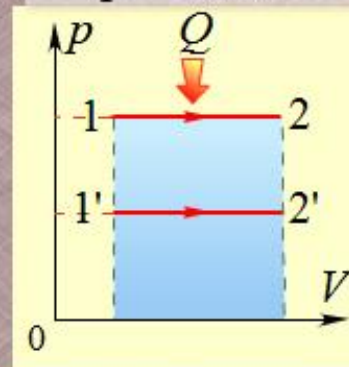
4.2. Изохорное расширение  
 $p = p_0(1 + \alpha t)$ ,  
 $V = \text{const}$



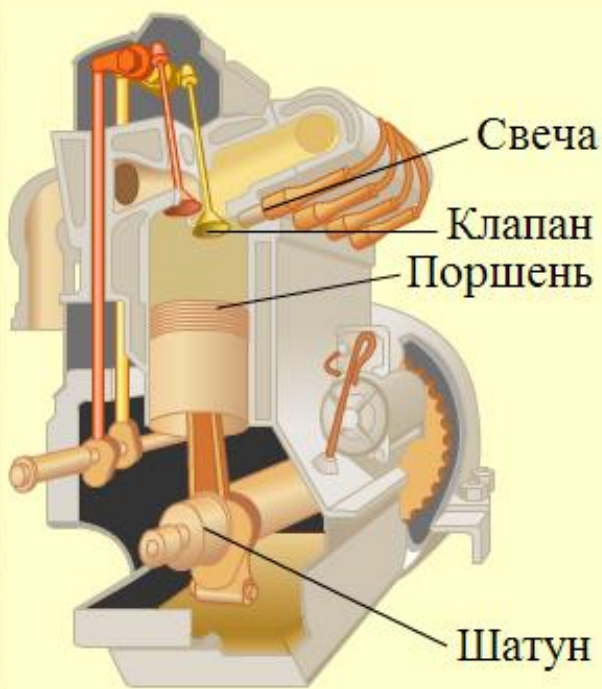
4.3. Адиабатическое расширение  
 $pV^\gamma = \text{const}$ ,  
 $\Delta Q = 0$



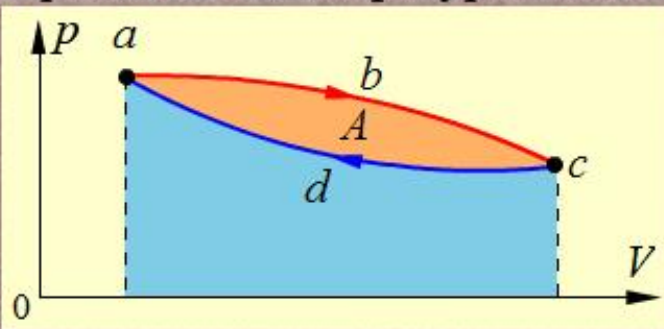
4.4. Изобарическое расширение  
 $V = V_0(1 + \alpha t)$ ,  
 $p = \text{const}$



# 1. Двигатель внутреннего сгорания



1.1. Работа в круговом процессе равна площади фигуры  $abcd$



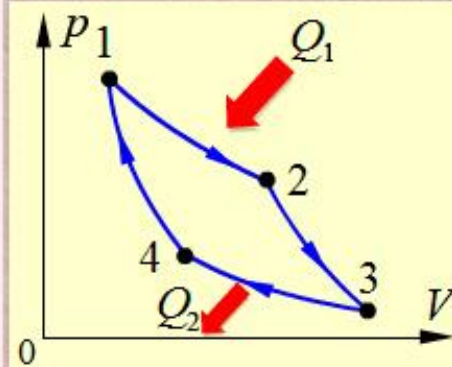
1.2. КПД тепловой машины – работы  $A$  к количеству теплоты  $Q_1$ , полученному рабочим телом за цикл от нагревателя

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}$$

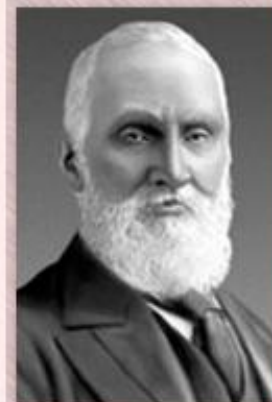
# 2. Цикл Карно

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

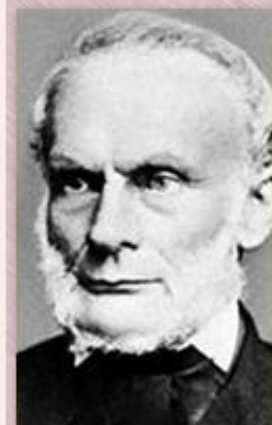
КПД цикла Карно максимален для всех циклов с такими температурами нагревателя и холодильника



С. Карно

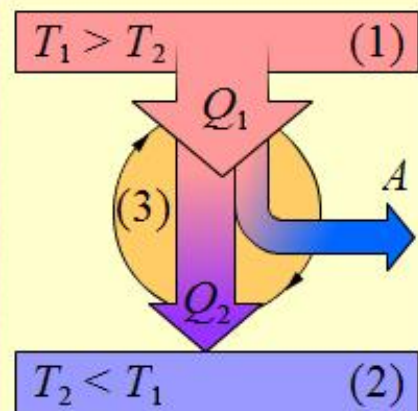


У. Кельвин

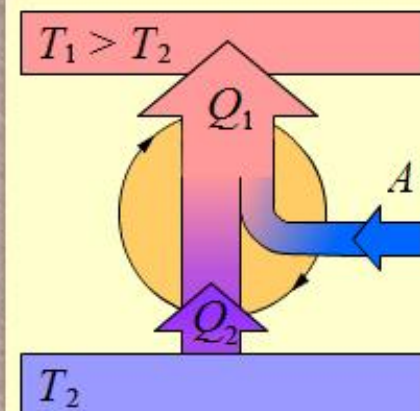


Р. Клаузиус

1.3. Энергетическая схема тепловой машины



1.4. Энергетическая схема холодильной машины



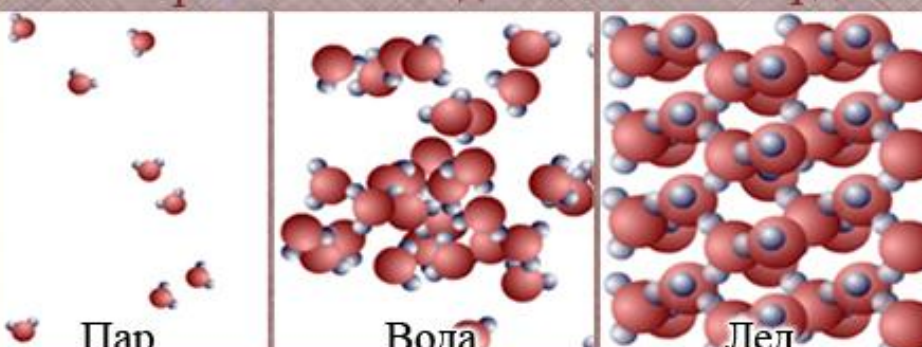
# 3. Второе начало термодинамики

В циклически действующей тепловой машине невозможен процесс, единственным результатом которого было бы преобразование в механическую работу всего количества теплоты, полученного от единственного теплового резервуара (У. Кельвин)

Невозможен процесс, единственным результатом которого была бы передача энергии путем теплообмена от тела с низкой температурой к телу с более высокой температурой (Р. Клаузиус)

# 1. Агрегатные состояния

1.1. Газообразное 1.2. Жидкое 1.3. Твердое



Пар      Вода      Лед

1.5. Влажность – показатель содержания в физических телах воды

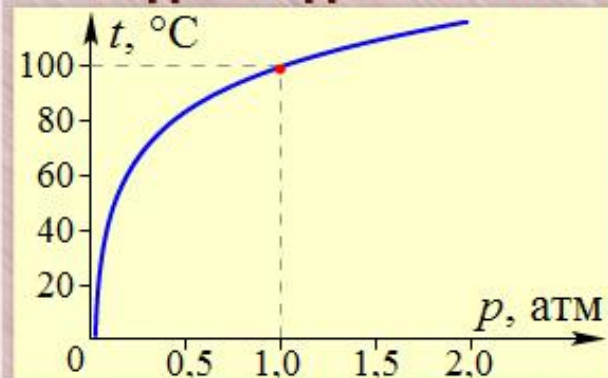
$$\varphi = \frac{P}{P_0} \cdot 100\%$$

1.6. Насыщенный пар – пар, находящийся в равновесии со своей жидкостью

## 1.7. Фазовая диаграмма воды



## 2. Зависимость температуры воды от давления



## 1.4. Фазовые переходы в природе



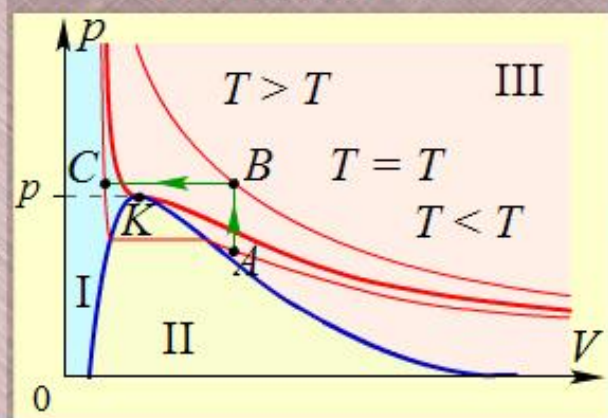
## 3. Уравнение состояния реальных

### 3.1. Уравнение Ван-дер-Ваальса

$$\left(p + \frac{a}{V_0^2}\right)(V_0 - b) = RT$$

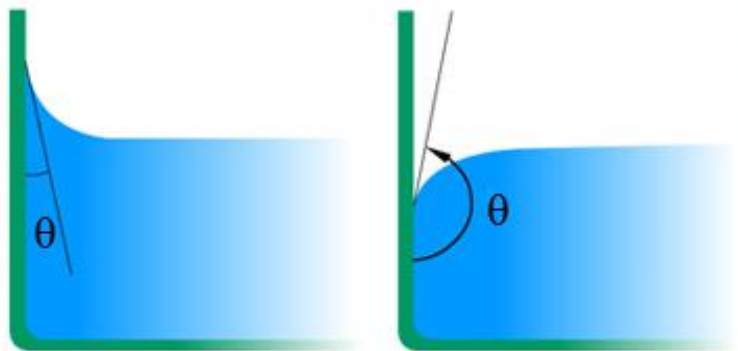
$p$  – давление,  
 $V_0$  – объём одного киломоля газа,  
 $a, b$  – постоянные, различные для разных газов,  
 $T$  – абсолютная температура,  
 $R$  – газовая постоянная

### 3.2. Изотермы реальных газов

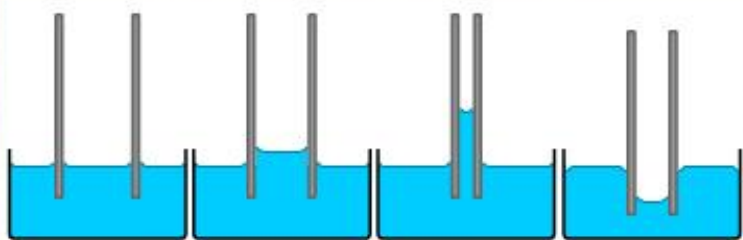


# 1. Строение жидкости

## 1.1. Смачивающая и несмачивающая жидкости



## 1.2. Капиллярные явления



$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$

При полном смачивании  $\theta = 0$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$$

При полном несмачивании  $\theta = 180^\circ$

$$h = -\frac{2\sigma}{\rho g r}$$

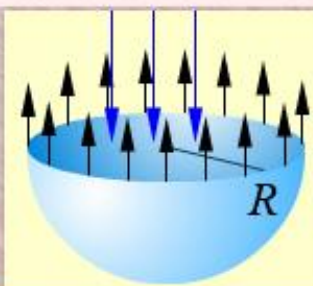
## 3. Формула Лапласа

Капля жидкости

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{R}$$

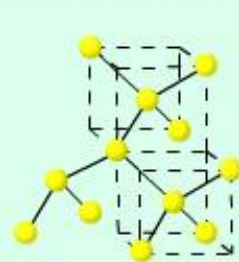
Мыльный пузырь

$$\Delta p = \frac{4\sigma}{R}$$

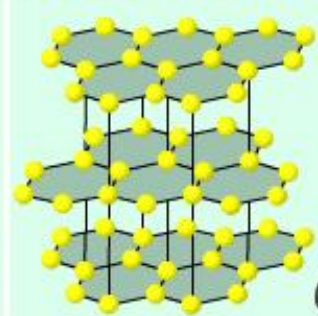


# 2. Строение твердых тел

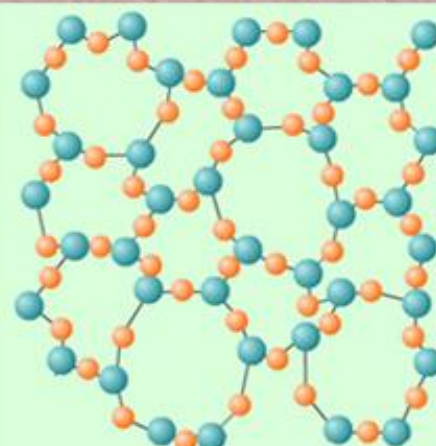
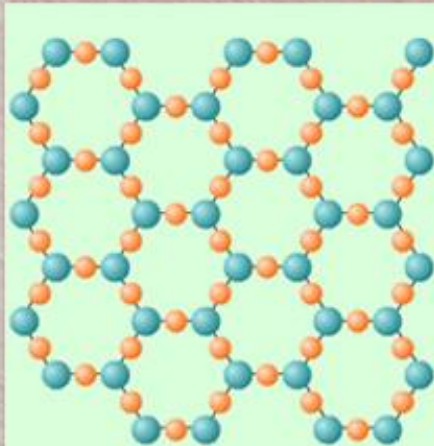
## 2.1. Кристаллические решетки



Алмаз



Графит

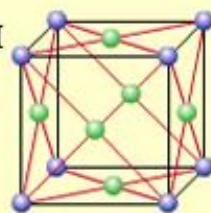


## 2.2. Типы кристаллических решеток

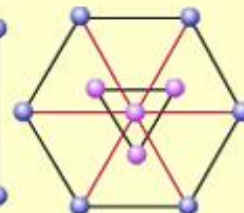
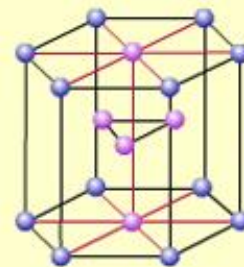
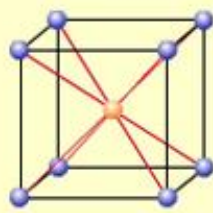
Простая кубическая



Кубическая гране-центрированная



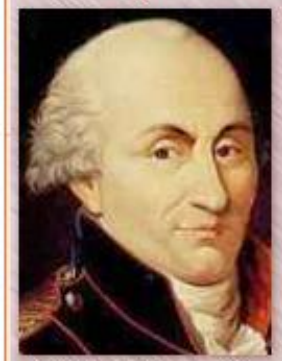
Объемно-центрированная кубическая



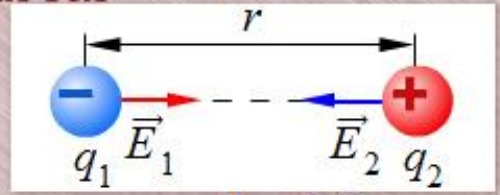
# ЭЛЕКТРО- и МАГНИТОДИНАМИКА

1.1 Электрический заряд – это физическая величина, характеризующая свойство тел или частиц вступать в электрическое взаимодействие

1.2. Закон Кулона для точечных заряженных тел



Ш. Кулон



$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

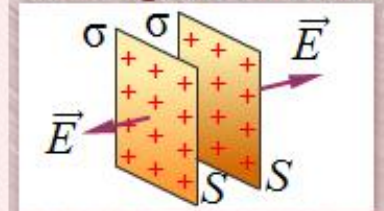
$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$  – электрическая постоянная

1.3. Напряжённость электрического поля

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad E = \frac{\Delta\phi}{\Delta r}$$

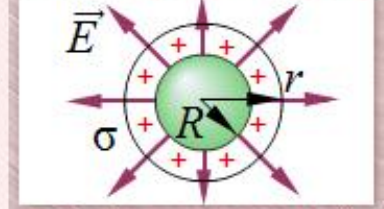
## 2. Напряжённость поля

2.1. Заряженные плоскости



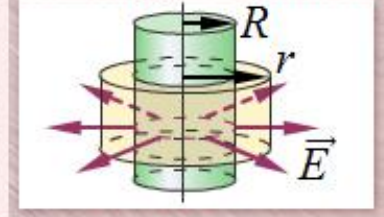
Одноимённо заряженные: Между:  $E = 0$  Вне:  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$   
 Разноимённо заряженные: Между:  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$  Вне:  $E = 0$

2.2. Заряженный шар (сфера)



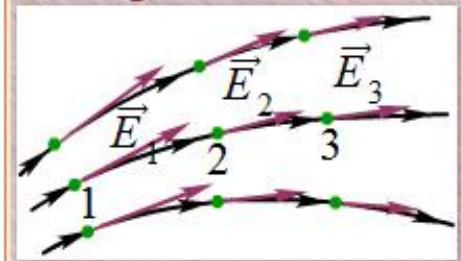
Снаружи:  $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}, (r > R)$   
 Внутри:  $E = 0$  (сфера)  
 $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^3} r$  (шар)

2.3. Заряженный цилиндр

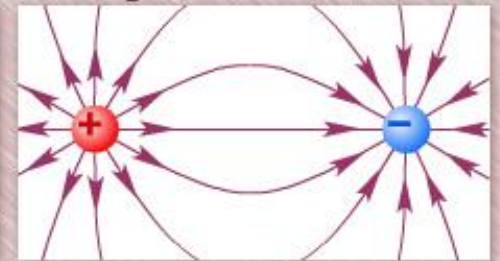


Вне цилиндра:  $E = \frac{\tau}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{\rho R^2}{2\epsilon_0 r}$   
 Внутри:  $E = 0$  (полый)  
 $E = \frac{\tau}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{\rho r}{2\epsilon_0}$  (сплошной)

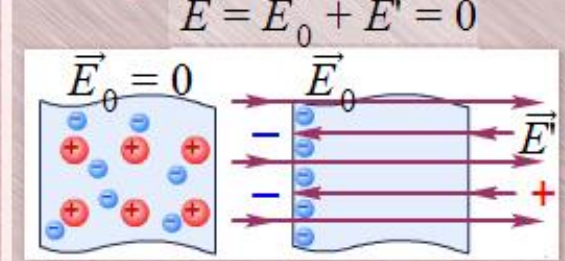
3.1. Силовые линии электрического поля



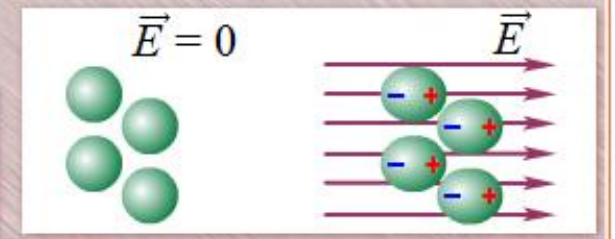
3.2. Силовое поле электрического диполя



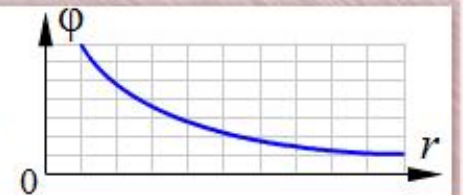
4.1. Проводники в электростатическом поле



4.2. Поляризация вещества



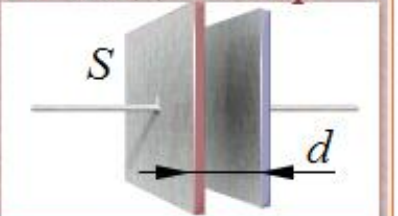
5. Потенциал электрического поля сферического заряда



6. Энергия электрического поля

$$W_e = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{d}$$

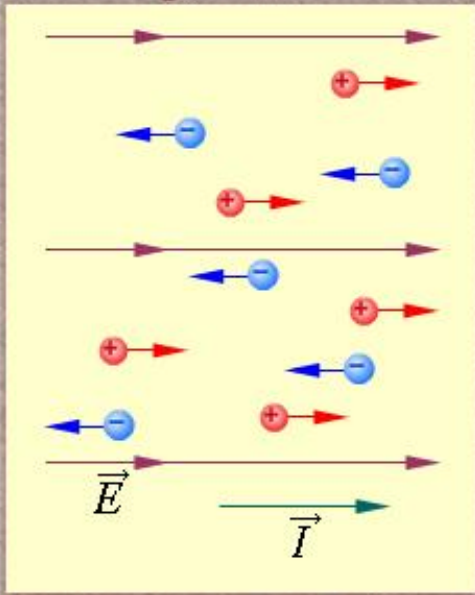


7. Плоский конденсатор

# 1. Электрический ток

1.1. Электрическим током называют упорядоченное движение заряженных частиц или заряженных макроскопических тел

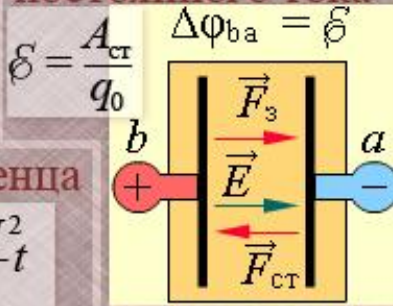
## 1.2. Движение зарядов в проводнике



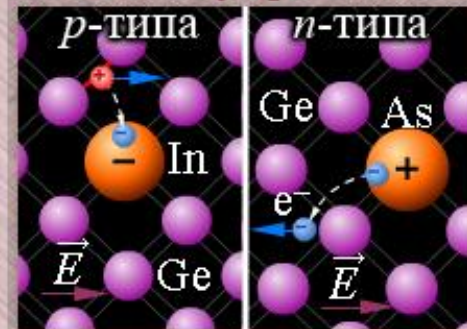
## 1.3. Закон Ома для участка цепи

$$I = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R} = \frac{U}{R}$$

## 1.4. Источник постоянного тока



## 1.5. Полупроводник



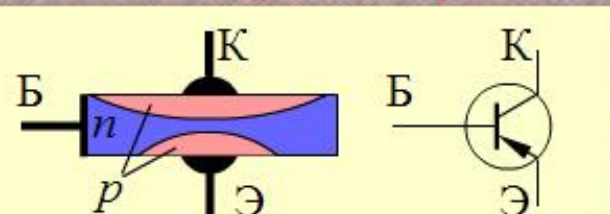
## 1.6. Закон Джоуля-Ленца

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

## 1.7. Диод



## 1.8. Транзистор



# 2. Электрическое сопротивление

2.1. Последовательное и параллельное соединение проводников

Соединение	Постоянный параметр цепи	Суммируемая величина	Общее сопротивление цепи
Последовательное	$I$	$U = \sum_{i=1}^n U_i$	$R_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n R_i$
Параллельное	$U$	$I = \sum_{i=1}^n I_i$	$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$

## 2.2. Сопротивление проводника

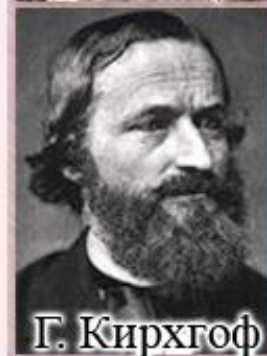
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$\rho$  – удельное сопротивление проводника,  
 $l$  – длина проводника,  
 $S$  – площадь поперечного сечения

# 3. Правила Кирхгофа

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

$$\sum_{k=1}^n \mathcal{E}_k = \sum_{k=1}^n I_k R_k$$





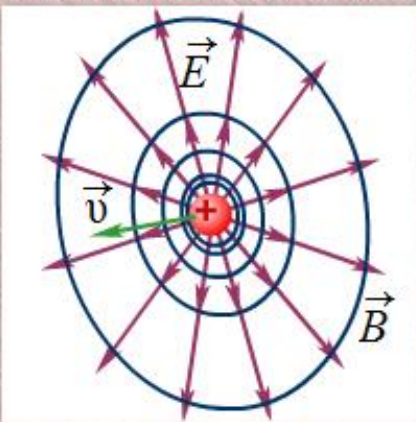
# 1. Магнитное поле

1.1. В пространстве, окружающем токи и постоянные магниты, возникает силовое поле, называемое магнитным

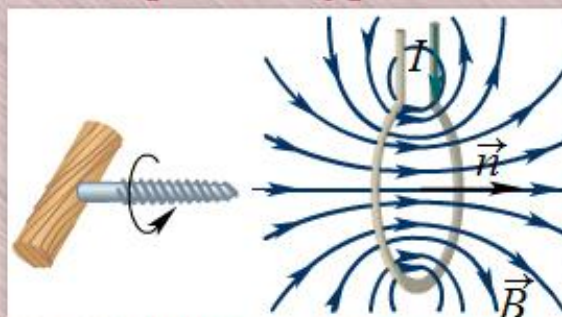
1.2. Постоянные магниты



1.3. Электрическое и магнитное поля



1.4. Правило буравчика



1.5. Магнитная индукция

$$B = \frac{F_{\max}}{I\Delta l} \quad 1 \text{ Тл} = 1 \text{ Н}/(\text{А}\cdot\text{м})$$

1.6. Сила Ампера

$$F = IB\Delta l \sin \alpha$$

1.7. Напряжённость магнитного поля

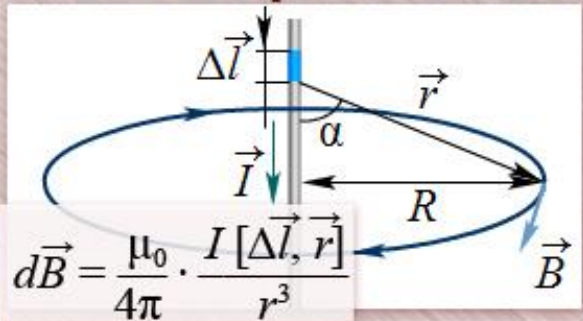
$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$  – магнитная постоянная

1.8. Сила Лоренца

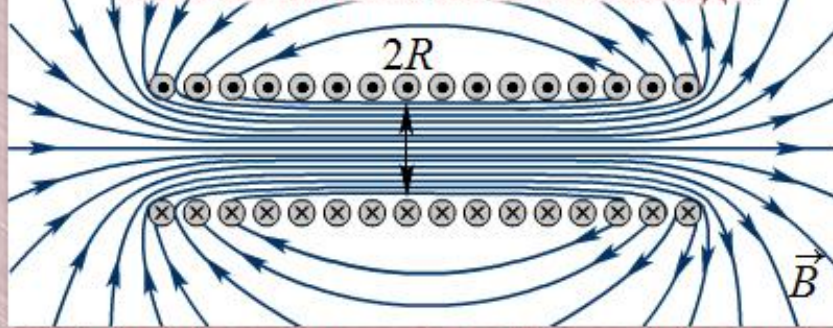
$$F_{\text{Л}} = qvB \sin \alpha$$

## 2. Закон Био–Савара–Лапласа

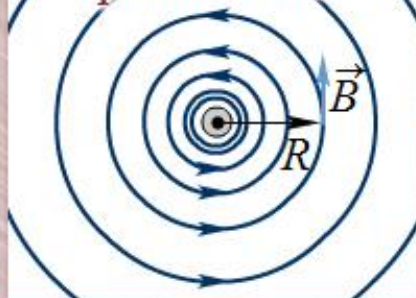


## 3. Магнитное поле проводников

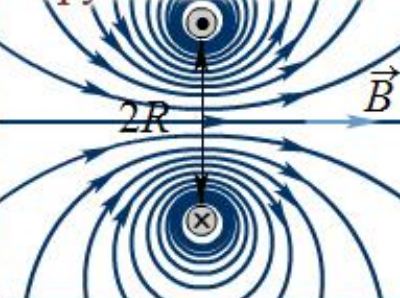
3.1. Магнитное поле соленоида



3.2. Магнитное поле прямого тока



3.3. Магнитное поле кругового витка



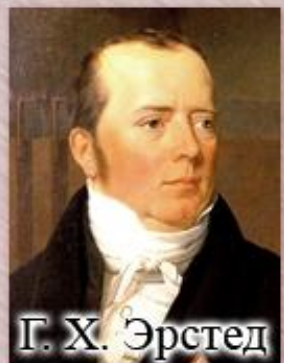
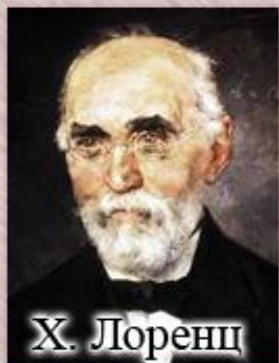
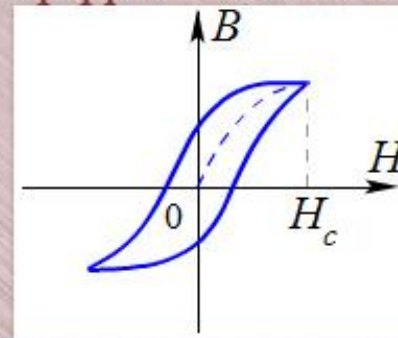
## 4. Магнитное поле в веществе

4.1. Магнитная проницаемость

$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

- $\mu < 1$  – диамагнетики
- $\mu > 1$  – парамагнетики
- $\mu \gg 1$  – ферромагнетики

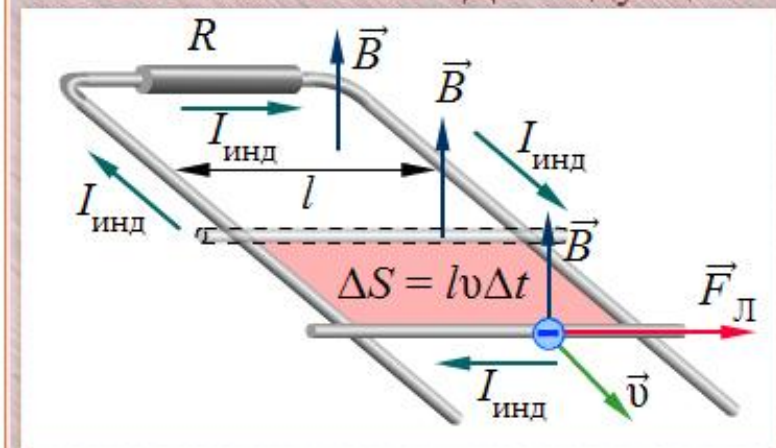
4.2. Намагничивание ферромагнетиков



# 1. Электромагнитная индукция

1.1. Электромагнитная индукция – явление возникновения ЭДС в замкнутом проводящем контуре, находящемся в переменном магнитном поле или движущемся в постоянном магнитном поле

## 1.2. Возникновение ЭДС индукции

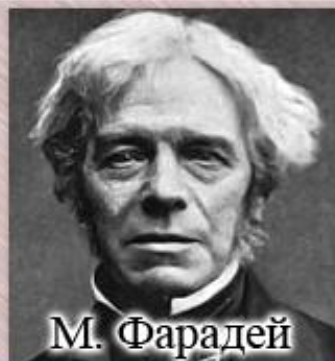
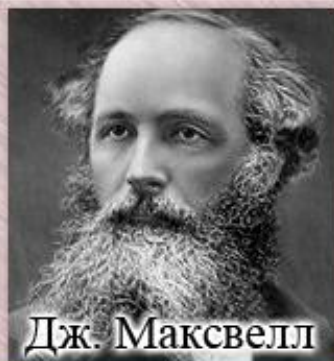


## 1.3. ЭДС индукции

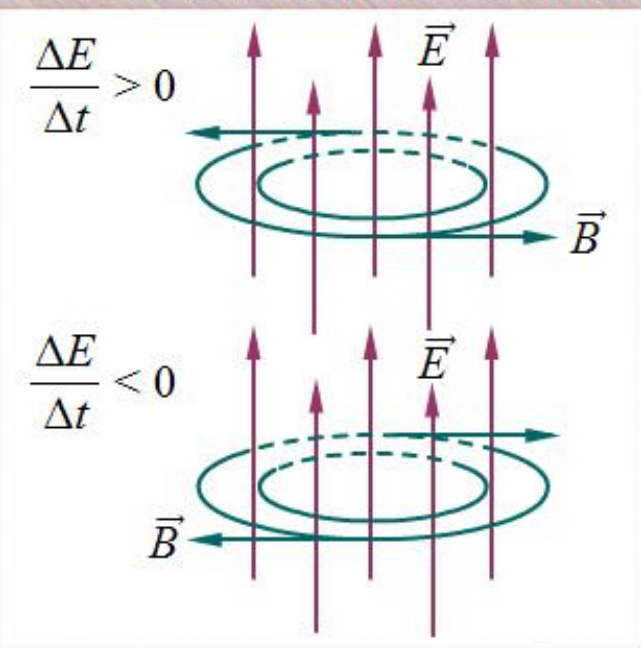
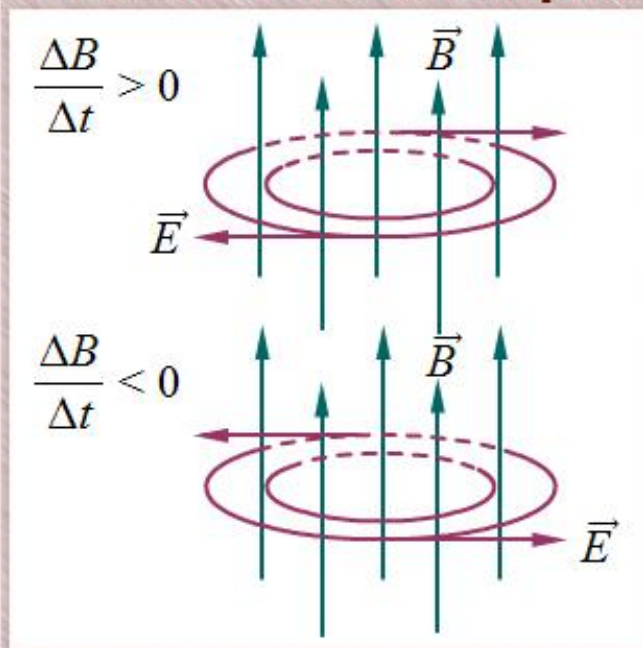
$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}$$

## 1.4. Магнитный поток

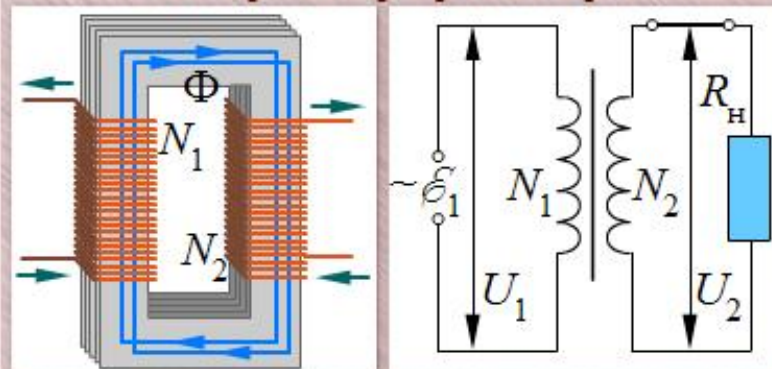
$$\Phi = BS \cos \alpha$$



# 2. Взаимосвязь электрического и магнитного полей



# 3. Трансформатор



Применяется для повышения или понижения напряжения переменного тока

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} = K$$

$K > 1$  – повышающий трансформатор,  
 $K < 1$  – понижающий трансформатор

# 4. Самоиндукция –

это возникновение ЭДС в проводящем контуре при изменении в нём силы тока

$$\mathcal{E}_i = -L \frac{dI}{dt} \quad \Phi = LI$$

$L$  – индуктивность

# 5. Энергия магнитного поля

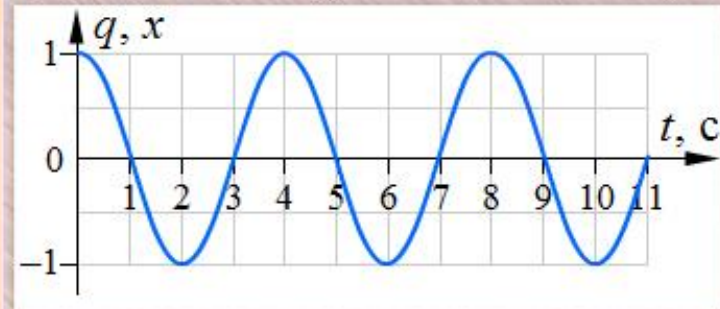
$$W_M = \frac{LI^2}{2}$$

# 1. Электромагнитные колебания

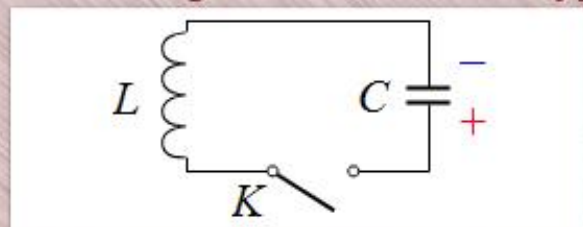
## 1.1. Гармоническое колебание

$$s = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

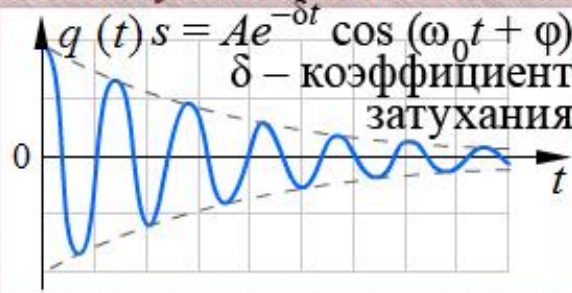
$A$  – амплитуда колебаний,  
 $\omega_0$  – собственная циклическая частота,  
 $(\omega_0 t + \varphi)$  – фаза колебаний  
 в произвольный момент времени  $t$ ,  
 $\varphi$  – начальная фаза колебаний



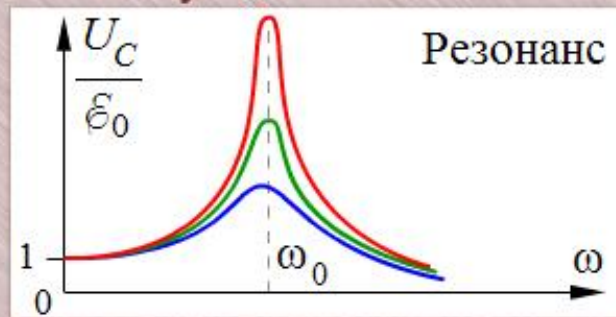
## 1.2. Электромагнитный контур



## 1.3. Затухающие колебания



## 1.4. Вынужденные колебания



# 2. Дифференциальные уравнения колебаний

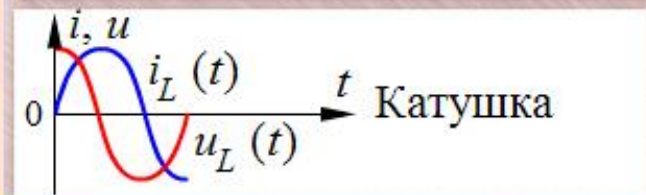
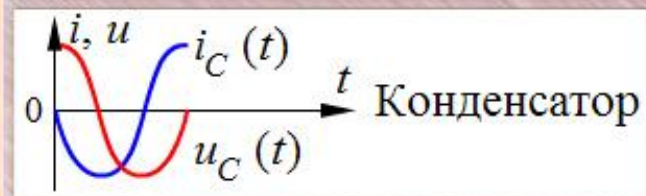
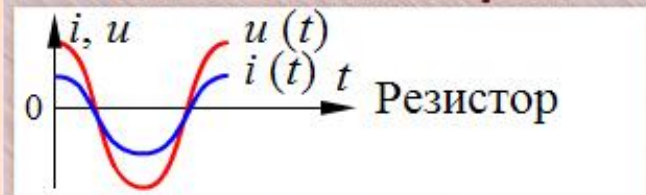
### 2.1. Свободные

$$\ddot{q} + \frac{R}{L}\dot{q} + \frac{1}{LC}q = 0$$

### 2.2. Затухающие

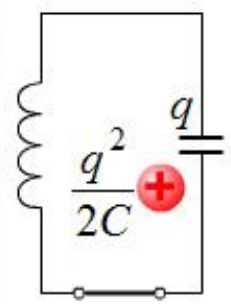
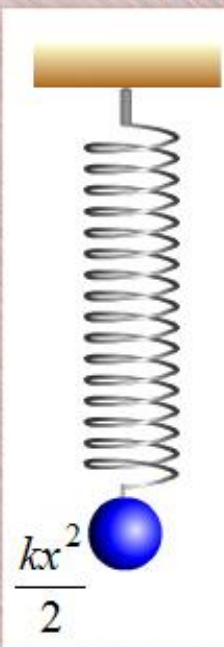
$$\ddot{q} + 2\delta\dot{q} + \omega_0^2 q = 0$$

# 3. Токи и напряжения на элементах цепи



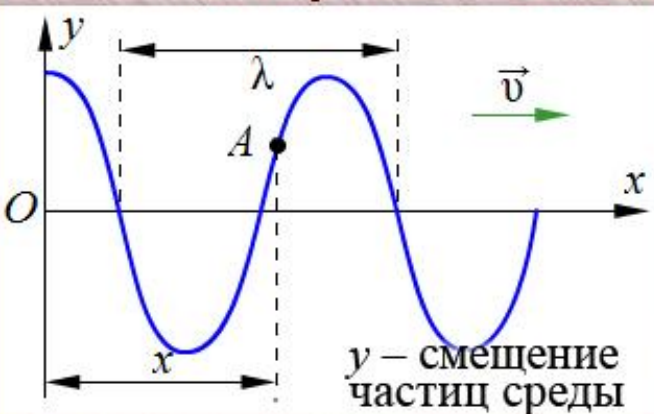
# 4. Электромагнитные и механические колебания

	Механические колебания	Электрические колебания
	Координата $x$	Заряд $q$
	Скорость $v$	Сила тока $I$
	Сила $F$	Напряжённость $U$
	Масса $m$	Индуктивность $L$
	Жёсткость $k$	Величина, обратная ёмкости $1/C$
	Кинетическая энергия $\frac{mv^2}{2}$	Энергия катушки $\frac{LI^2}{2}$
	Потенциальная энергия $\frac{kx^2}{2}$	Энергия конденсатора $\frac{q^2}{2C}$



Процесс распространения колебаний в сплошной среде (жидкой, твердой, газообразной) называется волновым процессом или волной

## 1. Гармоническая волна



1.1. Длина волны

$$\lambda = vT$$

1.2. Частота волны

$$v = \lambda\nu$$

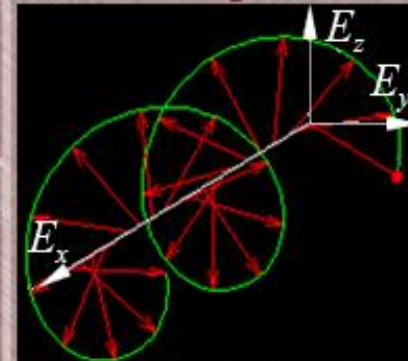
$v$  – фазовая скорость волны

## 2. Свойства электромагнитных волн

2.1. Отражение



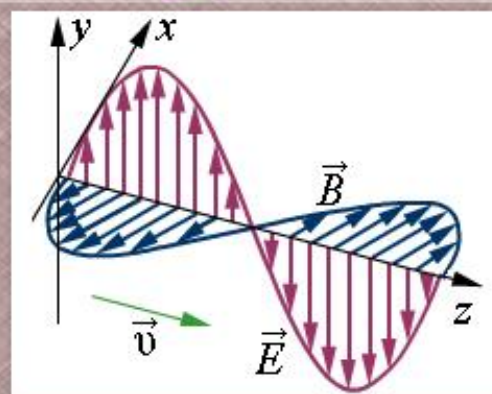
2.3. Поляризация



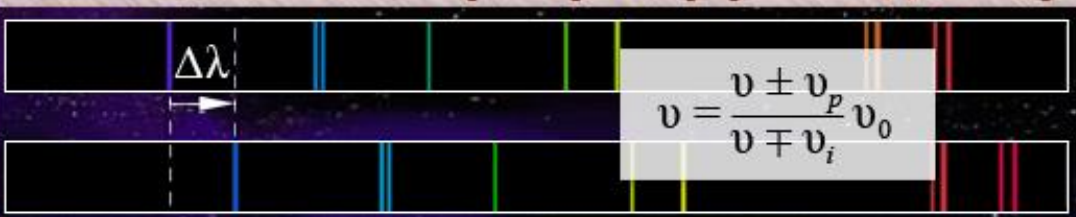
2.2. Преломление



2.4. Поперечность – векторы  $E$  и  $B$  перпендикулярны друг другу и лежат в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны



## 3. Смещение спектра при эффекте Доплера



$$v = \frac{v \pm v_p}{v \mp v_i} v_0$$

## 4. Шкала электромагнитных волн



К. Доплер



Дж. Максвелл



Г. Герц

# ОПТИКА

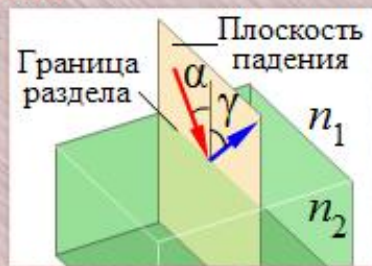


# 1. Законы геометрической оптики

1.1. Законы прямолинейного распространения  
Свет в оптически однородной среде распространяется прямолинейно

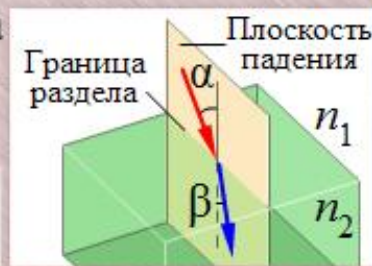
1.2. Закон отражения  
Угол падения равен углу отражения

$$\alpha = \gamma$$



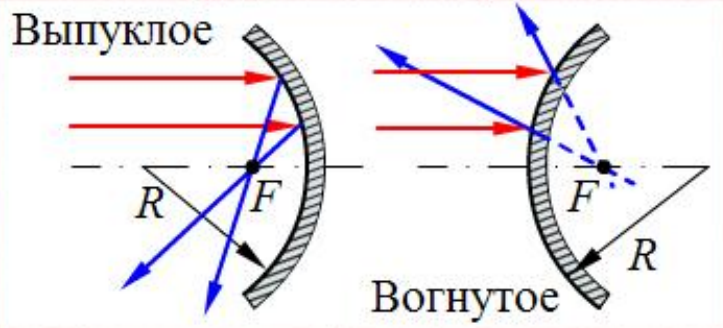
1.3. Закон преломления  
Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных сред

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$



## 2. Зеркала

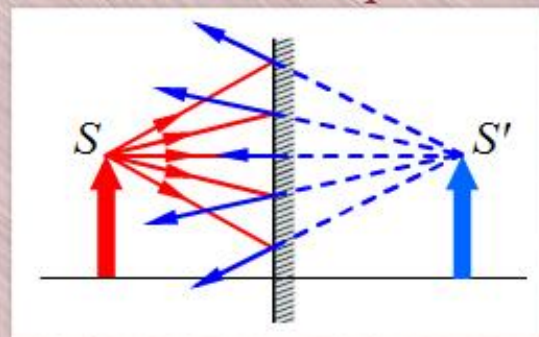
2.1. Сферическое зеркало



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

$d$  – расстояние от предмета до зеркала,  
 $f$  – расстояние от зеркала до изображения,  
 $F$  – фокусное расстояние

2.2. Плоское зеркало



2.3. Линейное увеличение сферического зеркала



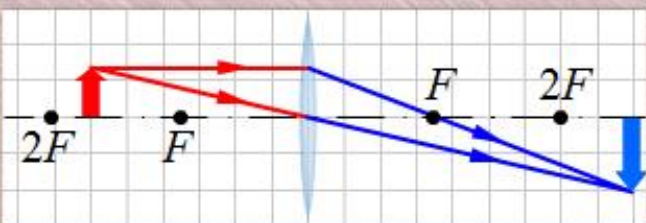
$$\Gamma = \frac{h'}{h} = -\frac{f}{d}$$

$h' > 0$  – прямое изображение,  
 $h' < 0$  – перевёрнутое изображение

3.1. Формула тонкой линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D$$

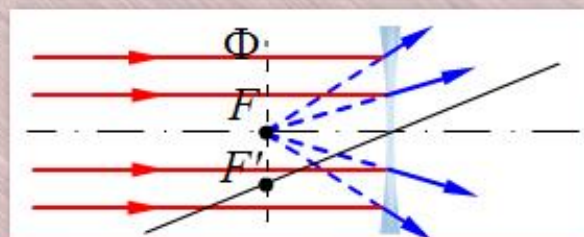
$F$  – фокусное расстояние,  
 $D$  – оптическая сила линзы,  
 $d > 0, f > 0$  – действительный предмет,  
 $d < 0, f < 0$  – мнимый предмет



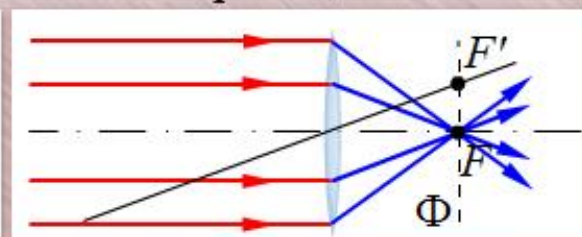
3.2. Прохождение лучей через линзу

$$D = \frac{1}{F} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Рассеивающая линза

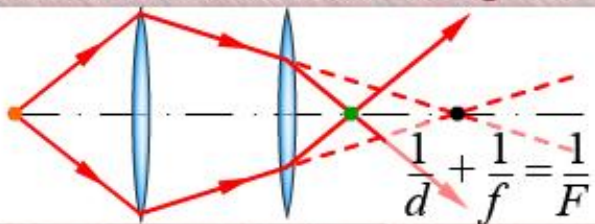


Собирающая линза



# Преломление лучей в оптических системах

## 1. Комбинация линз и зеркал



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

Оптическая сила линзы

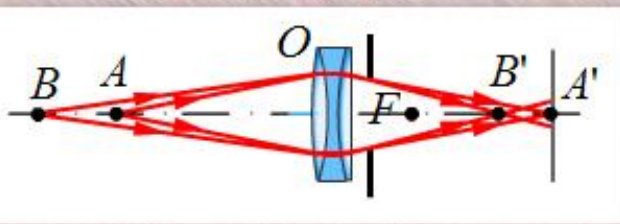
$$D = \frac{1}{F}$$

Увеличение системы

$$\Gamma_1 = \frac{f_1}{d_1} \quad \Gamma_2 = \frac{f_2}{d_2}$$

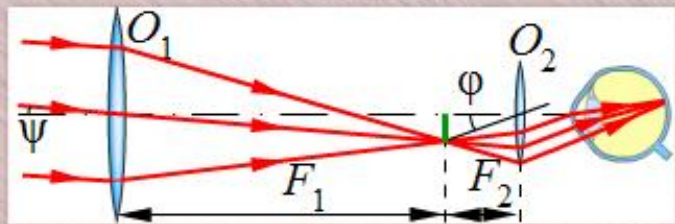
$$\Gamma = \Gamma_1 \cdot \Gamma_2$$

## 2. Фотоаппарат



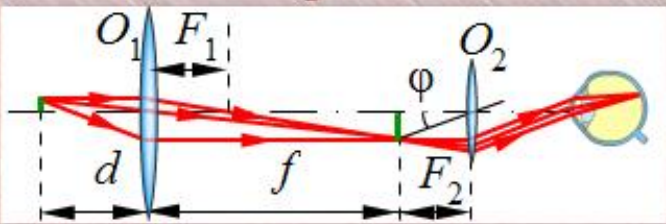
$d$  может быть уменьшено путём уменьшения  $alf$

## 3. Телескоп



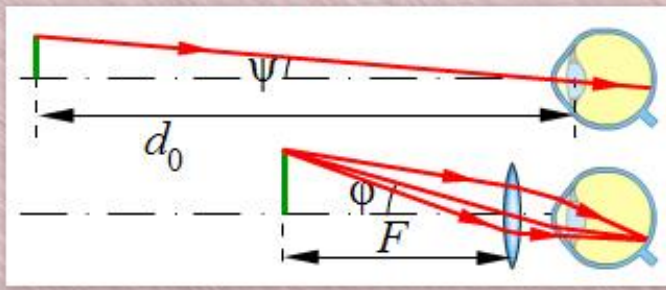
$$\gamma = \frac{\phi}{\psi}$$

## 4. Микроскоп



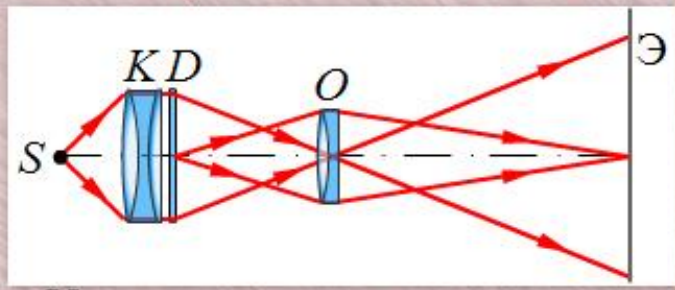
$$\gamma = \frac{\phi}{\psi} = \frac{l \cdot d_0}{F_1 \cdot F_2}$$

## 5. Лупа



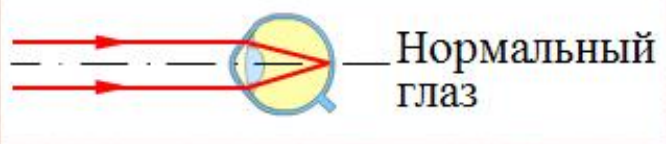
$$\gamma = \frac{\phi}{\psi} = \frac{d_0}{F}$$

## 6. Проекционный аппарат



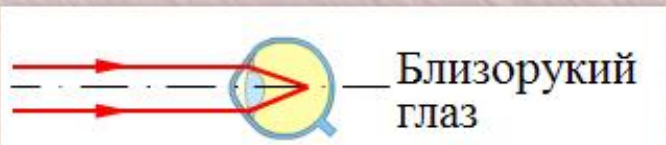
Увеличение можно изменять, приближая или удаляя экран Э с одновременным изменением расстояния между диапозитивом D и объективом O

## 7. Глаз человека



Нормальный глаз

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



Близорукий глаз



Дальнозоркий глаз

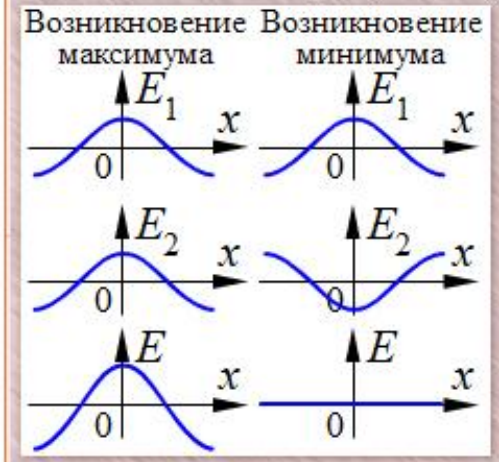


Подбор очков для дальнорозкого глаза



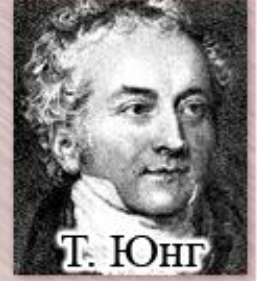
Подбор очков для близорукого глаза

1. **Интерференция** – явление наложения двух или нескольких когерентных волн, в результате которого наблюдается устойчивое усиление или ослабление результирующей волны



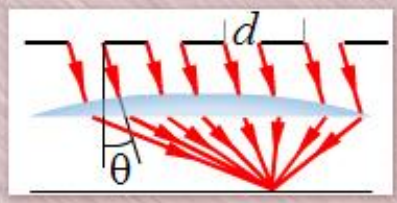
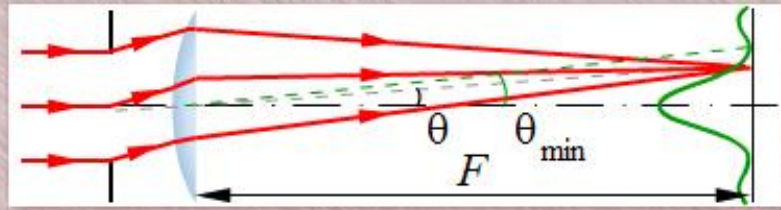
Условие минимума      Условие максимума

$$\Delta = \pm m\lambda$$

$$\Delta = \pm(2m + 1)\frac{\lambda}{2}$$


2. **Дифракция** – отклонения света от прямолинейного направления в среде с резко выраженной оптической неоднородностью

Дифракция на щели



Дифракционные максимумы

$$\Delta = d \sin \theta \quad m = m\lambda$$

( $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ )



3. **Дисперсия** – зависимость абсолютного показателя преломления вещества от длины волны света



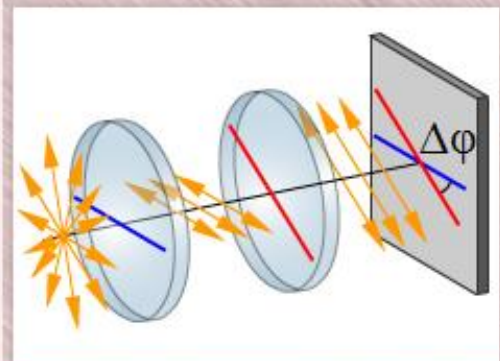
Разложение белого света призмой



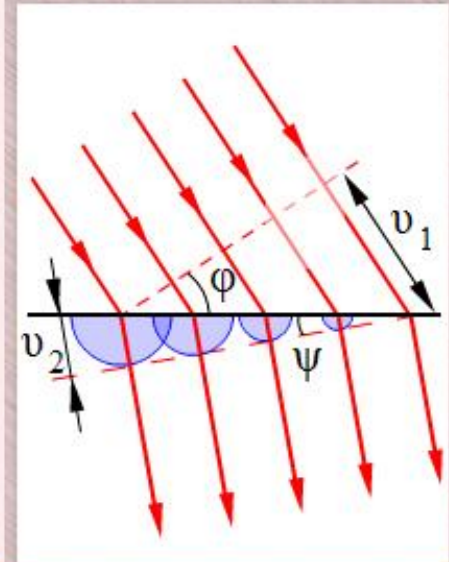
Спектр белого света

4. **Поляризация** – явление направленного колебания векторов напряжённости электрического поля или напряжённости магнитного поля

Закон Малюса

$$I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \Delta\phi$$


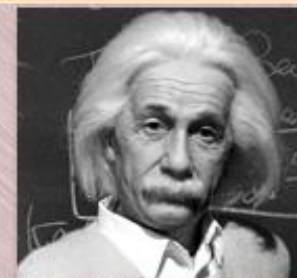
5. **Принцип Гюйгенса** – каждая точка, до которой доходит волна, становится центром вторичных волн





# СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

# 1. Постулаты СТО



А. Эйнштейн

## 1.1. Принцип относительности

Все законы природы инвариантны по отношению к переходу от одной инерциальной системы отсчета к другой

## 1.2. Принцип постоянства скорости света

Скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источника света или наблюдателя и одинакова во всех инерциальных системах отсчета

## 2. Релятивистская динамика

### 2.1. Масса

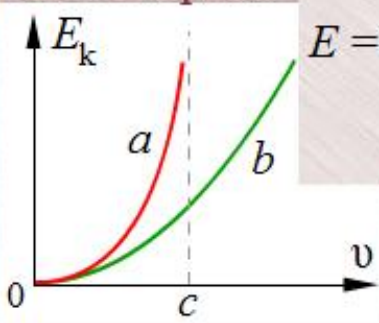
$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

### 2.2. Импульс

$$\vec{p} = m\vec{v} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \vec{v}$$

### 2.3. Энергия

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

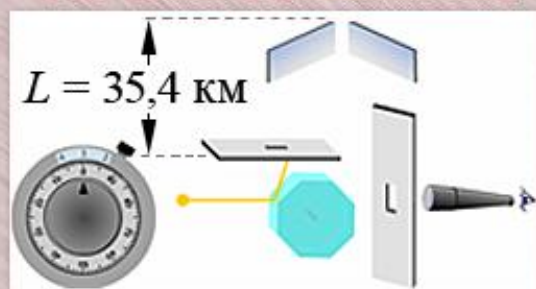


Кинетическая энергия в релятивизме (a) и классике (b)

## 3. Скорость света

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}^2$$

### 3.1. Опыт Майкельсона



### 3.2. Опыт Физо



## 4. Эффекты СТО

### 4.1. Относительность расстояний

$$l'_0 = \frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

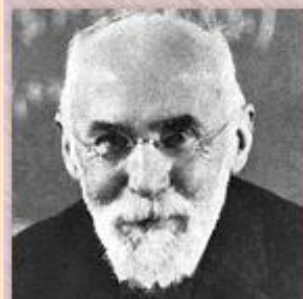
### 4.2. Относительность времени

$$\tau' = \frac{\tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

## 5. Преобразование Лоренца

$K \rightarrow K'$

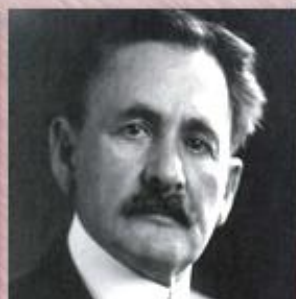
$$\begin{cases} x' = \frac{x - vt'}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \\ y' = y, \\ z' = z, \\ t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}} \end{cases}$$



Х. Лоренц



А. Пуанкаре



А. Майкельсон

# ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

# 1. Тепловое излучение

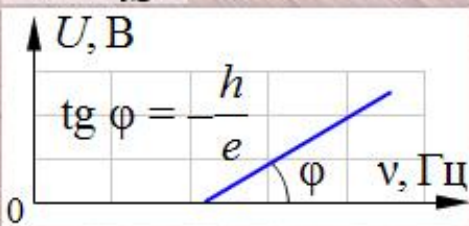
Электромагнитное излучение, возникающее за счёт внутренней энергии излучающего тела

- 1.1. Излучательная способность
- 1.2. Поглощательная способность

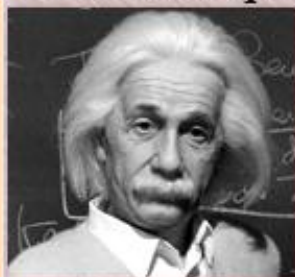
$$R_3 = \frac{E}{tS}$$

## 1.3. Абсолютно чёрное тело

Зависимость максимума спектра излучения от температуры



$$\alpha = \frac{E_{\text{погл}}}{E_{\text{пад}}}$$



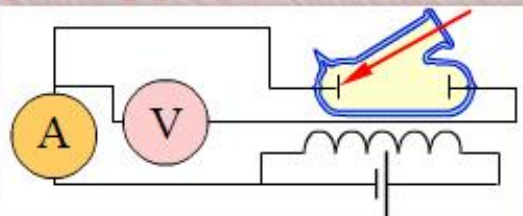
А. Эйнштейн

# 2. Фотоэффект

## 2.1. Уравнение Эйнштейна

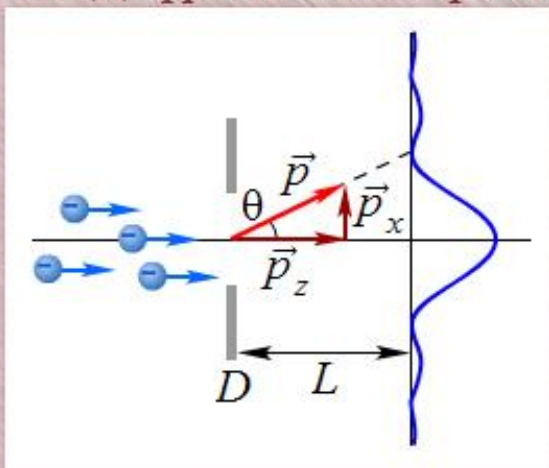
$$\left(\frac{mv^2}{2}\right)_{\text{max}} = eU_3 = h\nu - A$$

## 2.2. Схема для изучения фотоэффекта



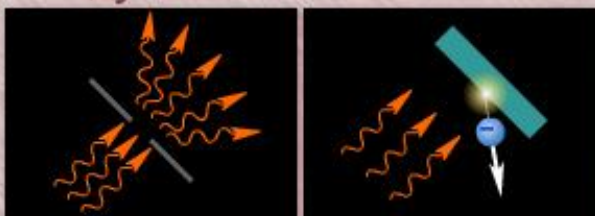
# 3. Волны де Бройля

- 3.1. Дифракция электрона
- 3.2. Длина волны де Бройля

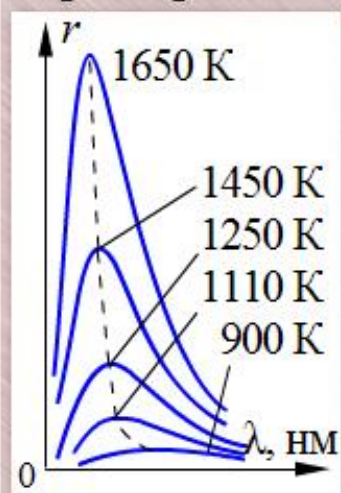


$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h\sqrt{1 - v^2/c^2}}{m}$$

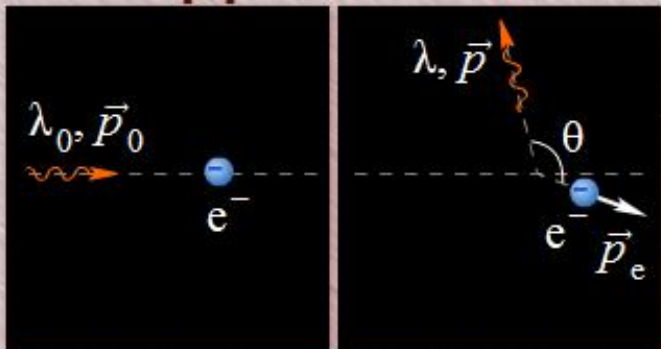
## 3.3. Корпускулярно-волновой дуализм



## Спектральная характеристика

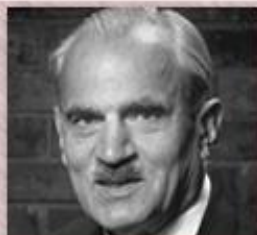


# 4. Эффект Комптона



# 5. Энергия кванта

$$E = h\nu \quad h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с} - \text{постоянная Планка}$$



А. Комптон



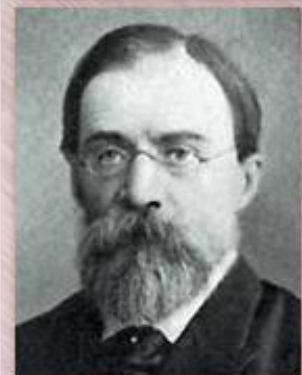
Л. де Бройль



В. Вин

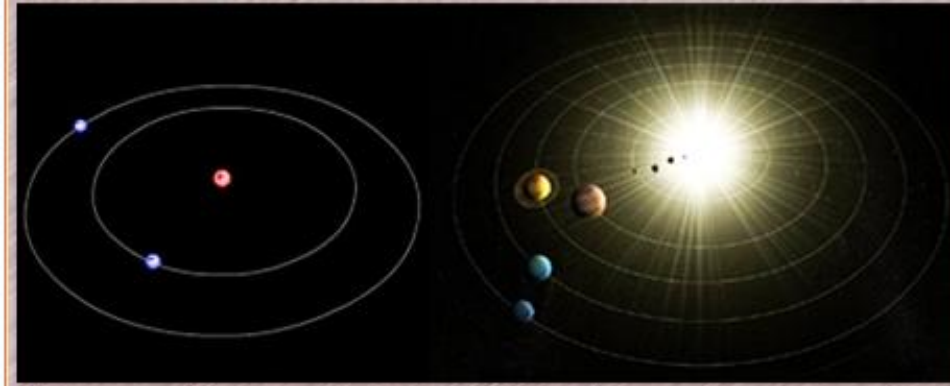


М. Планк

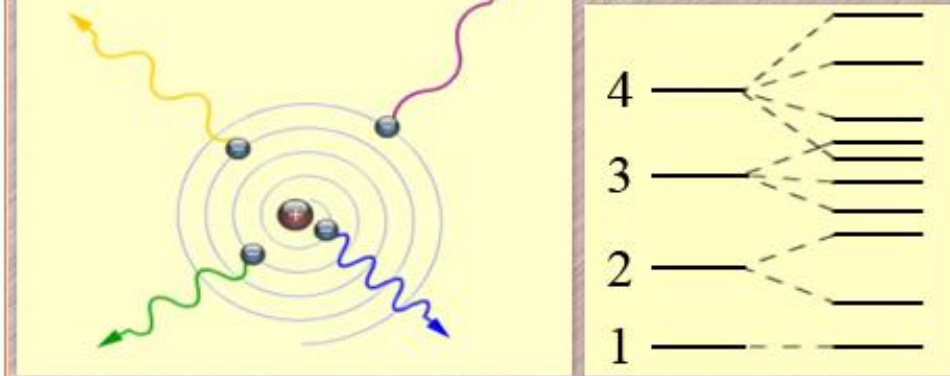


А. Столетов

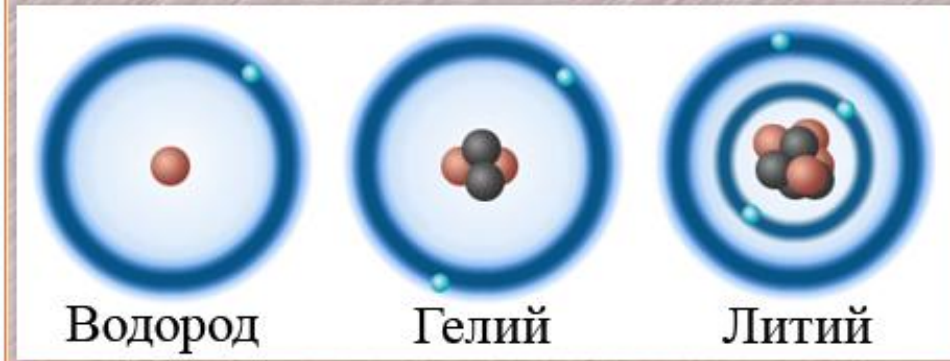
# Модель атома Резерфорда Планетарная модель атома



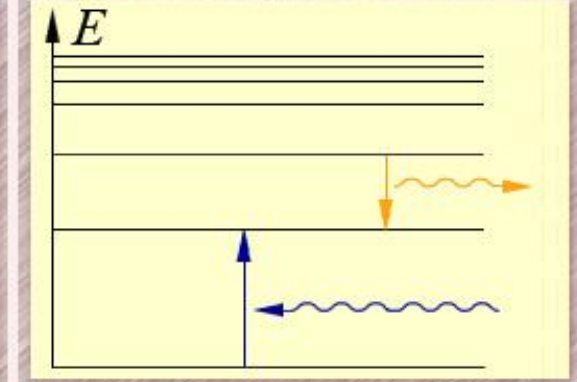
# Неустойчивость атомов Энергетические уровни в атоме



# Строение атомов

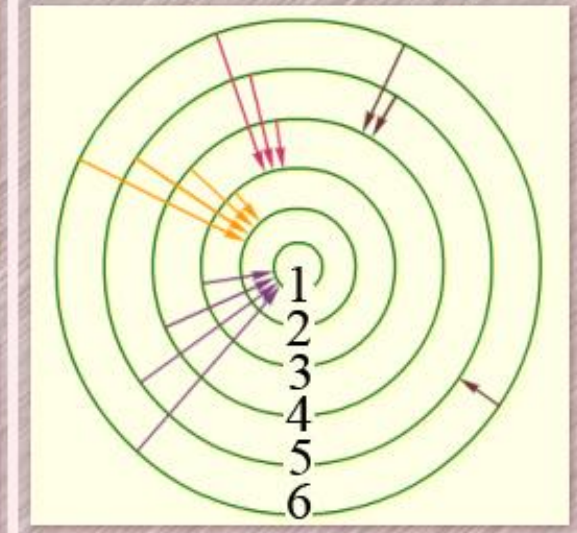


# Постулаты Бора Энергетические уровни



# Второй постулат Бора $|W_n - W_m| = h\nu$

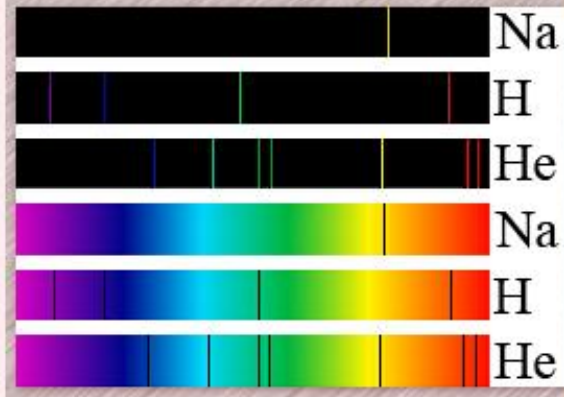
# Спектр атома водорода



# Квантование орбит

$$m_e v r_n = n \frac{h}{2\pi}$$

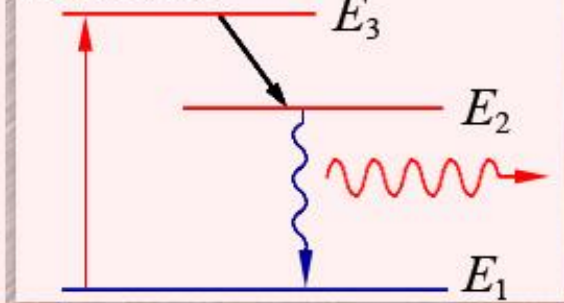
# Спектры испускания и поглощения



# Лазеры



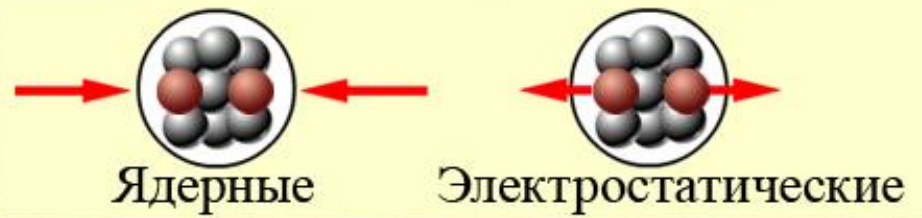
# Схема оптической накачки



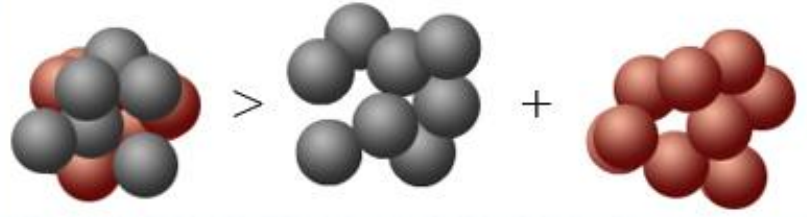
# Атомное ядро

## Силы, действующие в ядре

Строение ядра



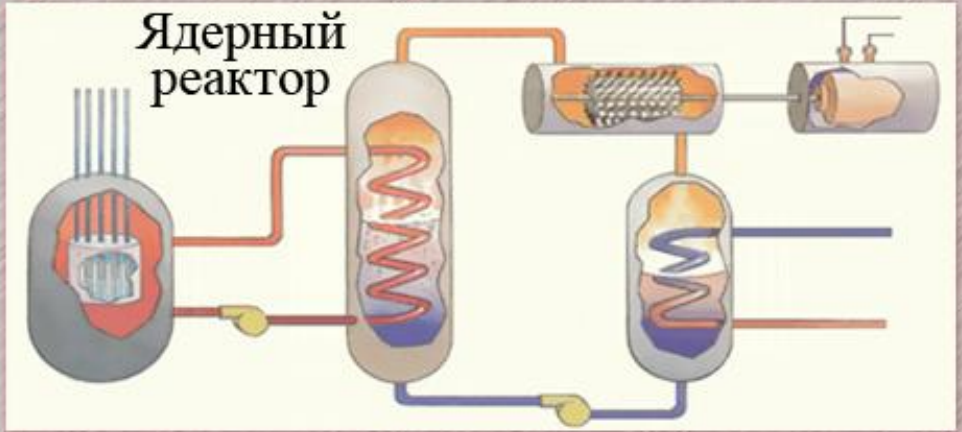
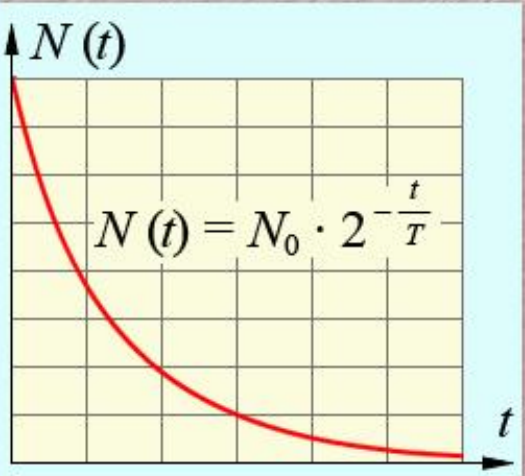
## Дефект массы



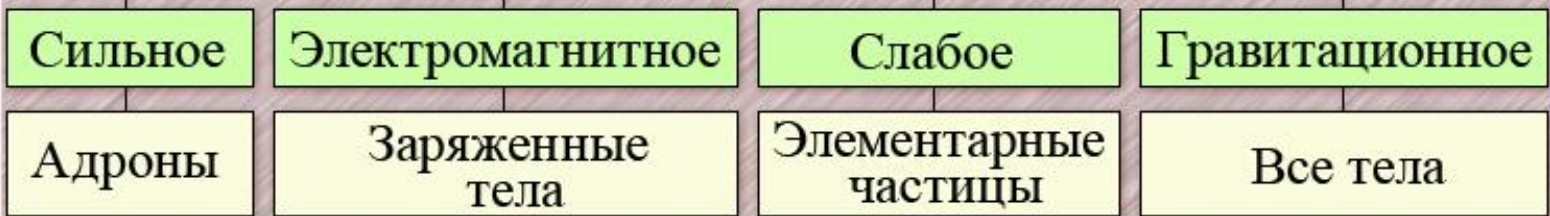
## Ядерные превращения



## Закон радиоактивного распада



## Фундаментальные взаимодействия



# Методы научного познания

## 1. Эмпирическое знание

1.1. Наблюдение – целостное восприятие свойств и характеристик объекта



1.2. Эксперимент – активное воздействие на объект, создание новых условий в соответствии с целью исследования

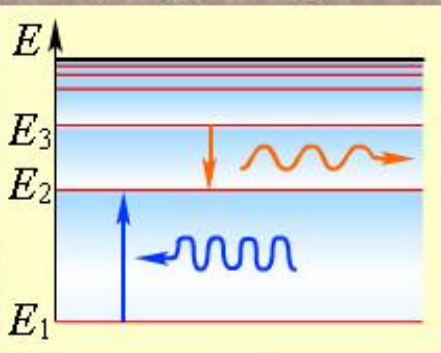
Галилео Галилей – основатель эксперимента



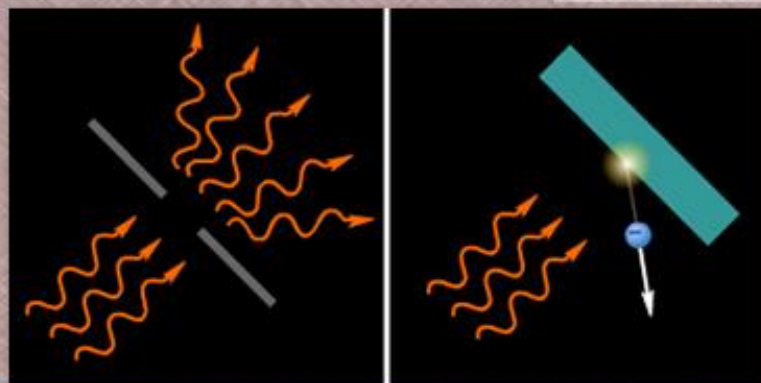
## 2. Теоретическое знание

2.1. Теория – система понятий, законов и принципов, позволяющая описать и объяснить некоторую группу явлений и наметить программу действий

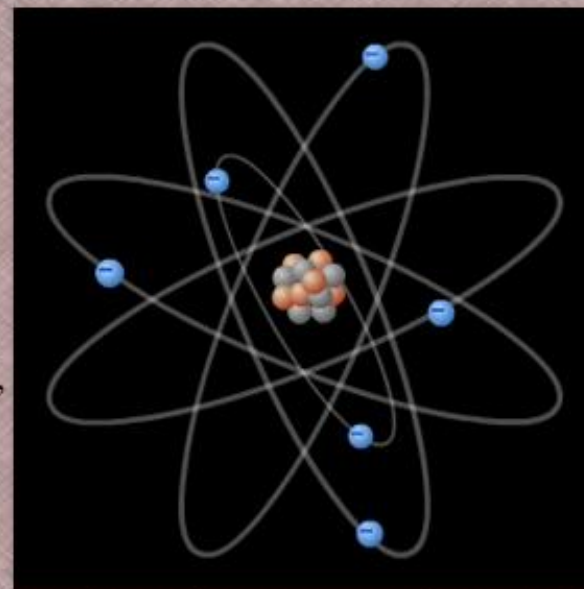
Теория Бора



2.2. Гипотеза – форма теоретического знания, содержащая предположение, сформулированное на основе ряда фактов, истинное значение которого неопределенно и нуждается в доказательстве



2.3. Моделирование – изучение объекта (оригинала) путем создания и исследования его копии (модели), замещающей оригинал с определенных сторон, интересующих познание



2.4. Формализация – запись какой-либо информации на формальном языке (например, в виде математических формул)

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \quad s = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$$

# КОСМОЛОГИЯ

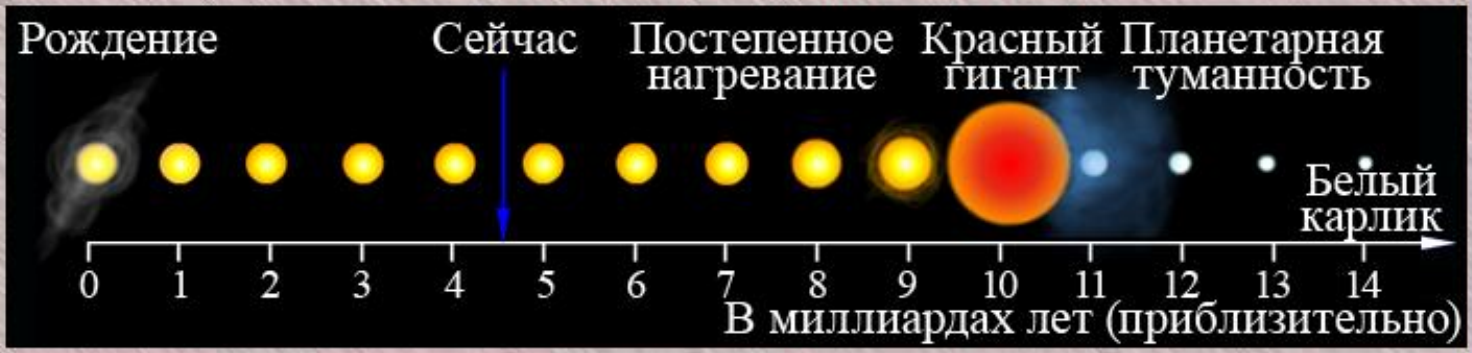
The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. These shapes are primarily located on the right side of the image, creating a dynamic, layered effect. The rest of the background is plain white.



# 1. Структура Солнечной системы



# 2. Эволюция Солнечной системы



# 4. Планеты-гиганты



# 3. Планеты земной группы



# 5. Малые тела



# 6. Карликовые планеты Церера, Плутон, Эрида, Хаумеа, Макемаке



# 1. Основные характеристики

Масса =  $2 \cdot 10^{30}$  кг

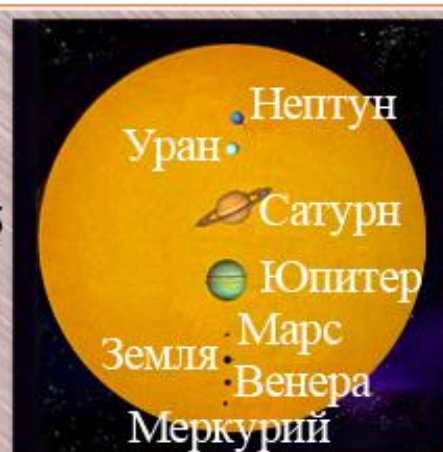
Радиус = 696 000 км

Видимая величина  $m = -26,75$

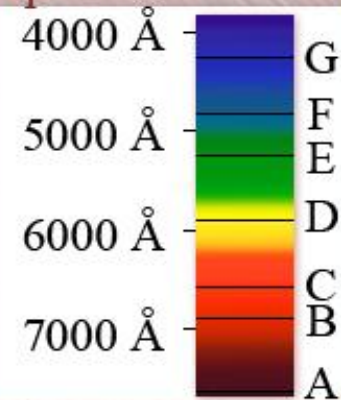
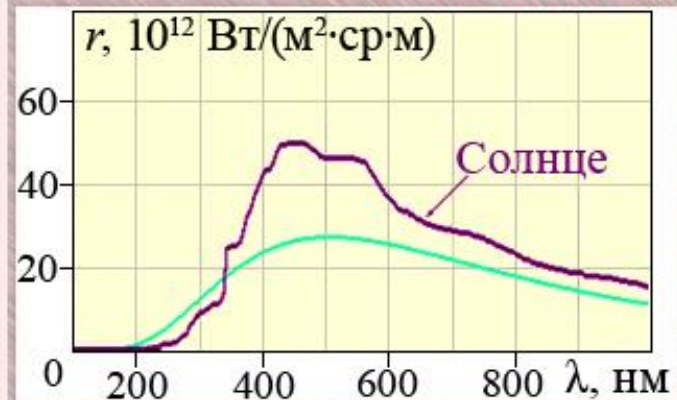
Спектральный класс = G2 V

$T_{\text{эфф}} = 5\,780$  К

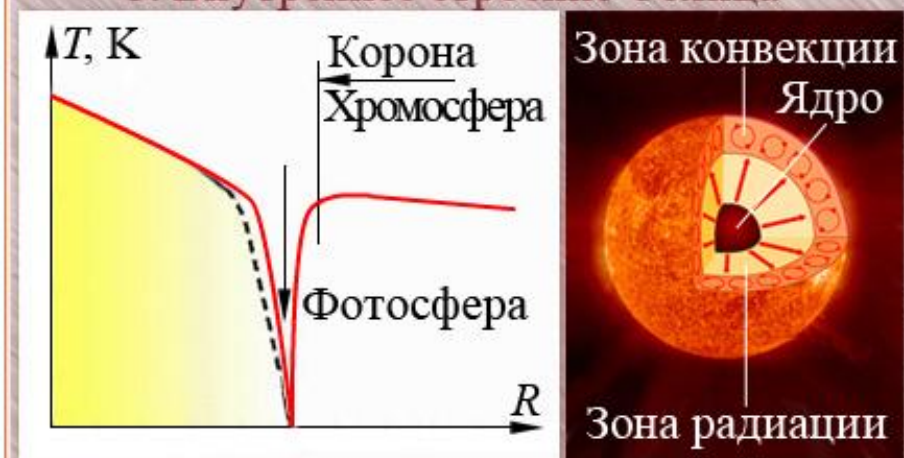
Светимость  $L = 3,86 \cdot 10^{26}$  Вт



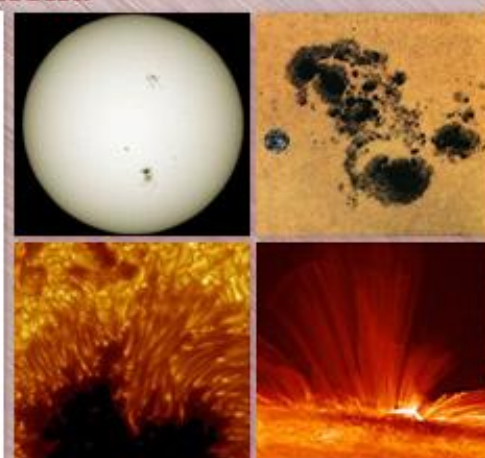
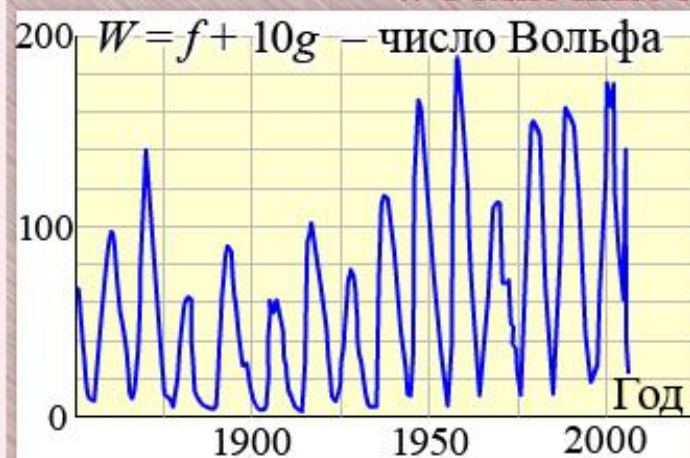
# 2. Солнечный спектр



# 3. Внутреннее строение Солнца



# 4. Солнечные пятна



# Корона



# 5. Солнечные вспышки и протуберанцы



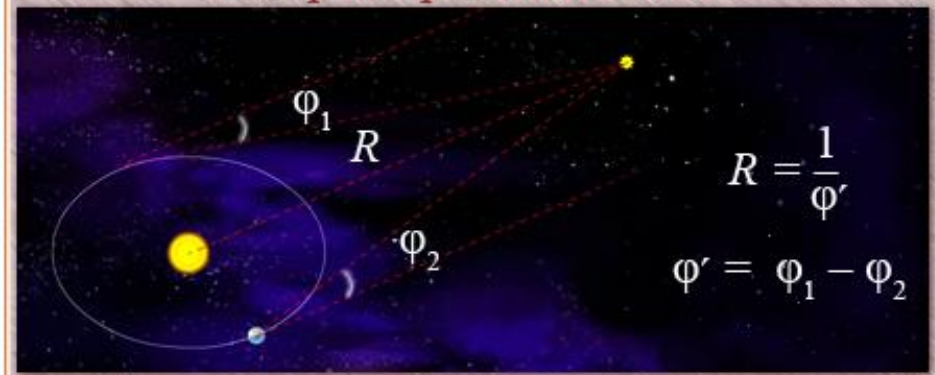
### 1. Звездные величины

$$m_2 - m_1 = -2,5 \lg \frac{E_2}{E_1}$$

$$M = m + 5 - 5 \lg R$$



### 2. Характеристики звезд



$$R = \frac{1}{\phi'}$$

$$\phi' = \phi_1 - \phi_2$$

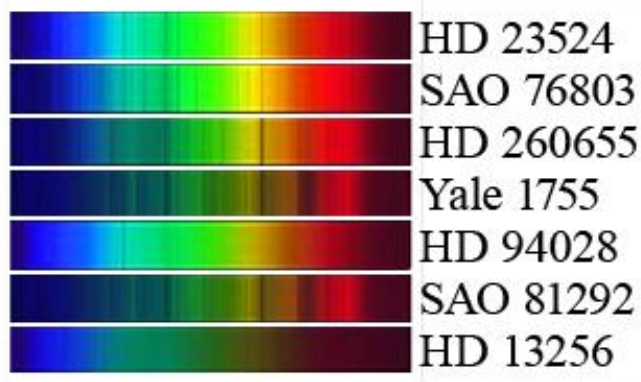
$$R = \frac{1}{p} \text{ - параллакс}$$

$$\lg L/L_{\odot} = 0,4 \cdot (M_{\odot} - M)$$

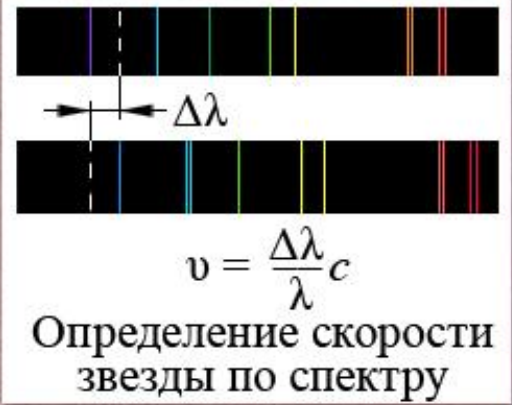
$$\frac{R}{R_{\odot}} = \sqrt{\frac{L}{L_{\odot}} \cdot \left(\frac{6000}{T}\right)^4}$$



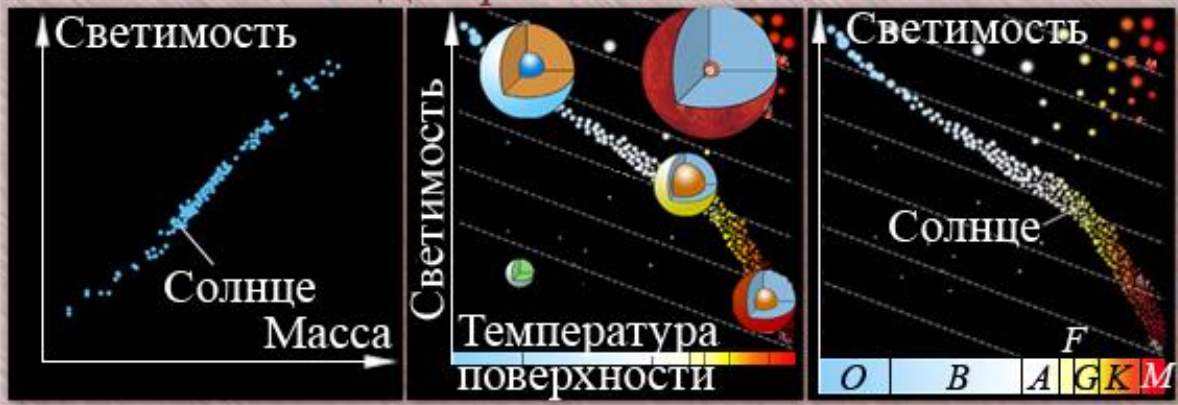
### Звездный спектр



### 3. Спектр

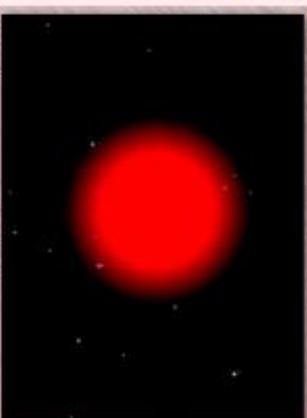


### 4. Диаграммы светимости

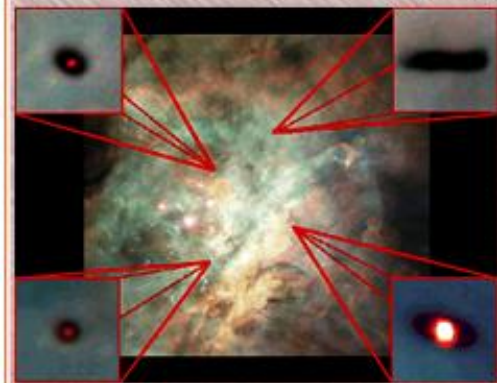


### 5. Переменные и двойные

$$\frac{(m_1 + m_2) T^2}{(M + m) P^2} = \frac{A^3}{a^3}$$



## 1. Формирование звезды



Протозвезды



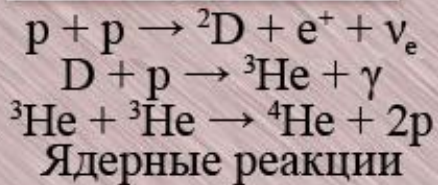
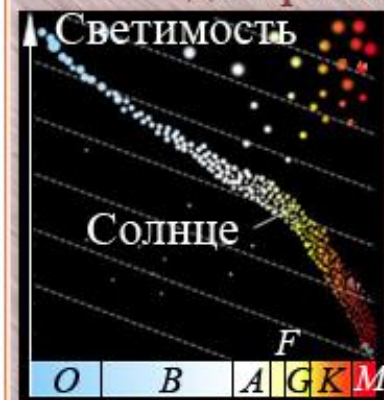
Круговорот газа и пыли в процессе эволюции

## 4. Планетарные туманности

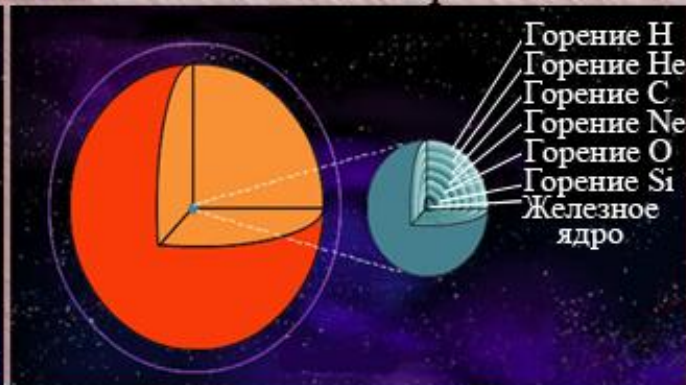


Конечная стадия эволюции звезд

## 2. Главная последовательность диаграммы спектр-светимость

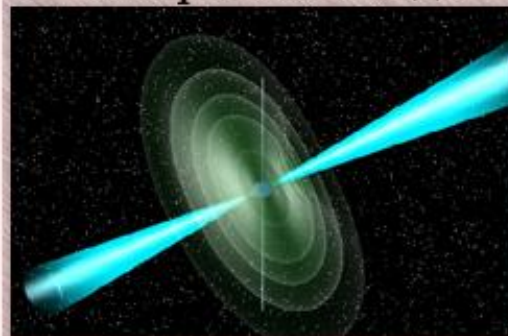


Если масса звезды в конце эволюции  $< 1,4M_{\odot}$  – белый карлик



## 3. Нейтронные звезды и черные дыры

Если масса звезды  $< 2-3M_{\odot}$  – нейтронная звезда



Пульсар – нейтронная звезда

Радиус Шварцшильда – гравитационный радиус

$$R_g = \frac{2GM}{c^2}$$

## 5. Сверхновые



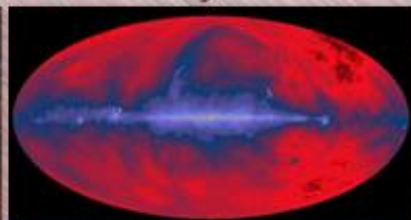
Сверхновая I типа

Сверхновая II типа

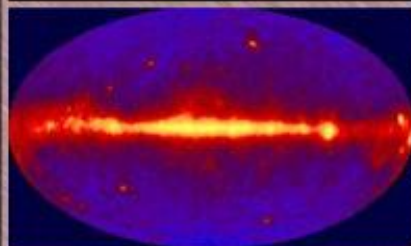
Аккреция на черную дыру



## 1. Млечный Путь



Радио-излучение галактики

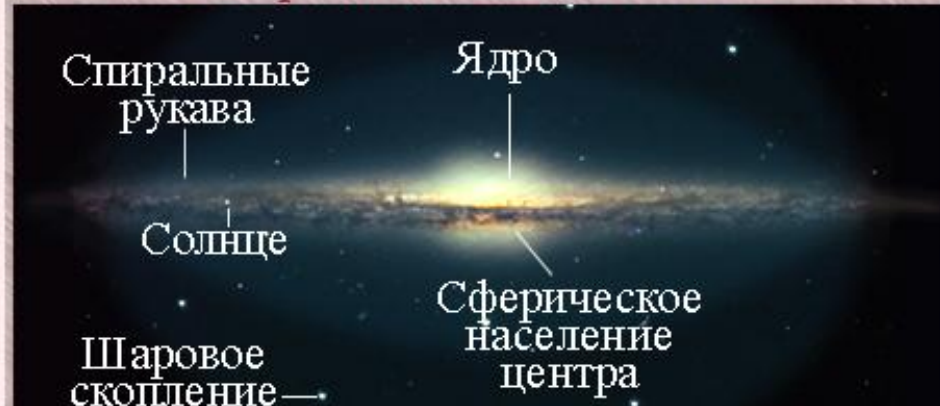


Гамма-излучение всего неба, обсерватория Комптона



Инфракрасное излучение всего неба, спутник COBE

## 2. Структура нашей Галактики

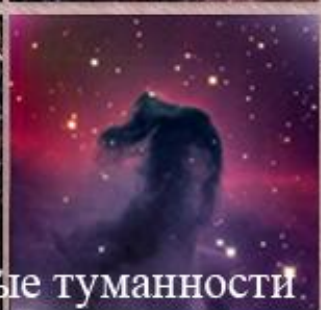


## 3. Многообразие туманностей

Отражательные туманности

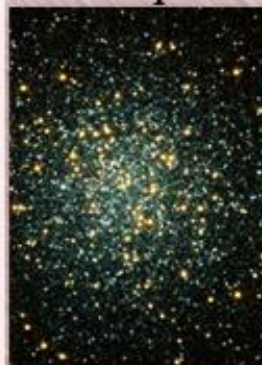


Эмиссионные туманности



Глобулы и темные туманности

## 4. Звездные скопления Шаровые скопления



## 1. Многообразие галактик

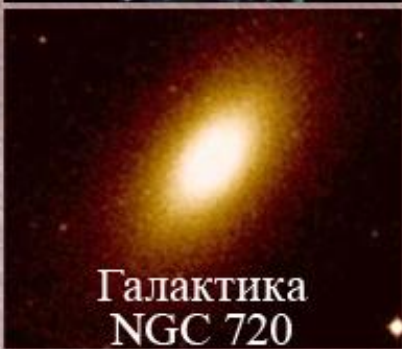
Классификация галактик по Хаббл



Галактика М 74



Галактика Большое Магелланово Облако



Галактика NGC 720

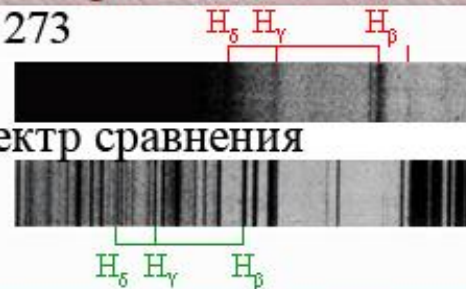


Ячеистая структура Вселенной

## 2. Красное смещение

3C 273

Спектр сравнения



Скопление галактик Квинтет Стефана



## 3. Расширяющаяся Вселенная и закон Хаббла

Скорость удаления галактики

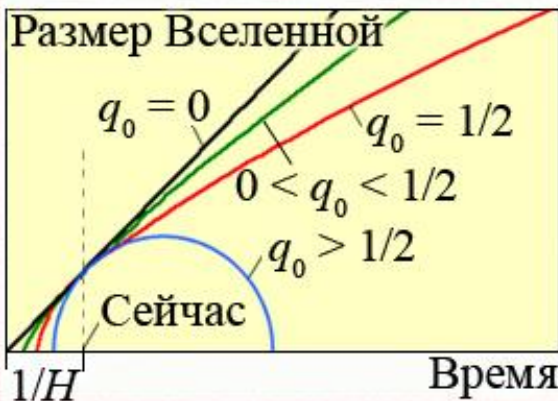


Закон Хаббла  
 $V = H \cdot R$

Расстояние до галактики

## 5. Эволюция Вселенной

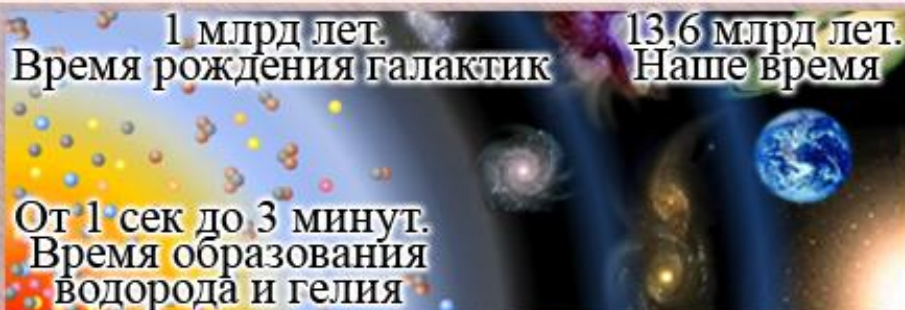
Размер Вселенной



Критическая плотность

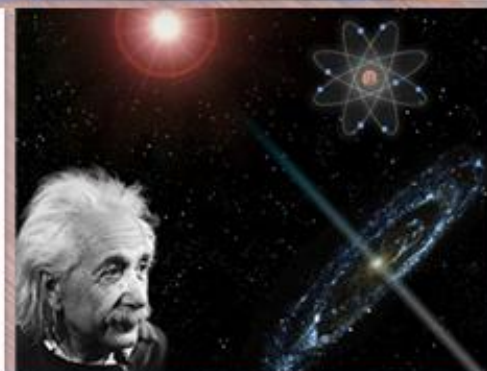
$$\rho = 10^{-32} \text{ кг/м}^3$$

Скрытая масса во Вселенной



Темное гало

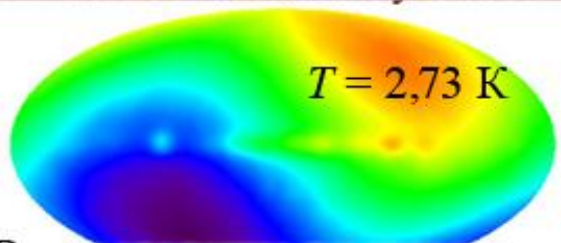
Светящийся материал



## 4. Реликтовое излучение

$T = 2,73 \text{ К}$

Распределение температуры реликтового излучения



© Материал взят по ссылке:

[http://ptgtany.blogspot.com/p/blog-page\\_2499.html](http://ptgtany.blogspot.com/p/blog-page_2499.html)