

слайды к лекционному материалу

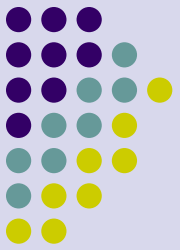
# ФИЗИКА

1 часть

# ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

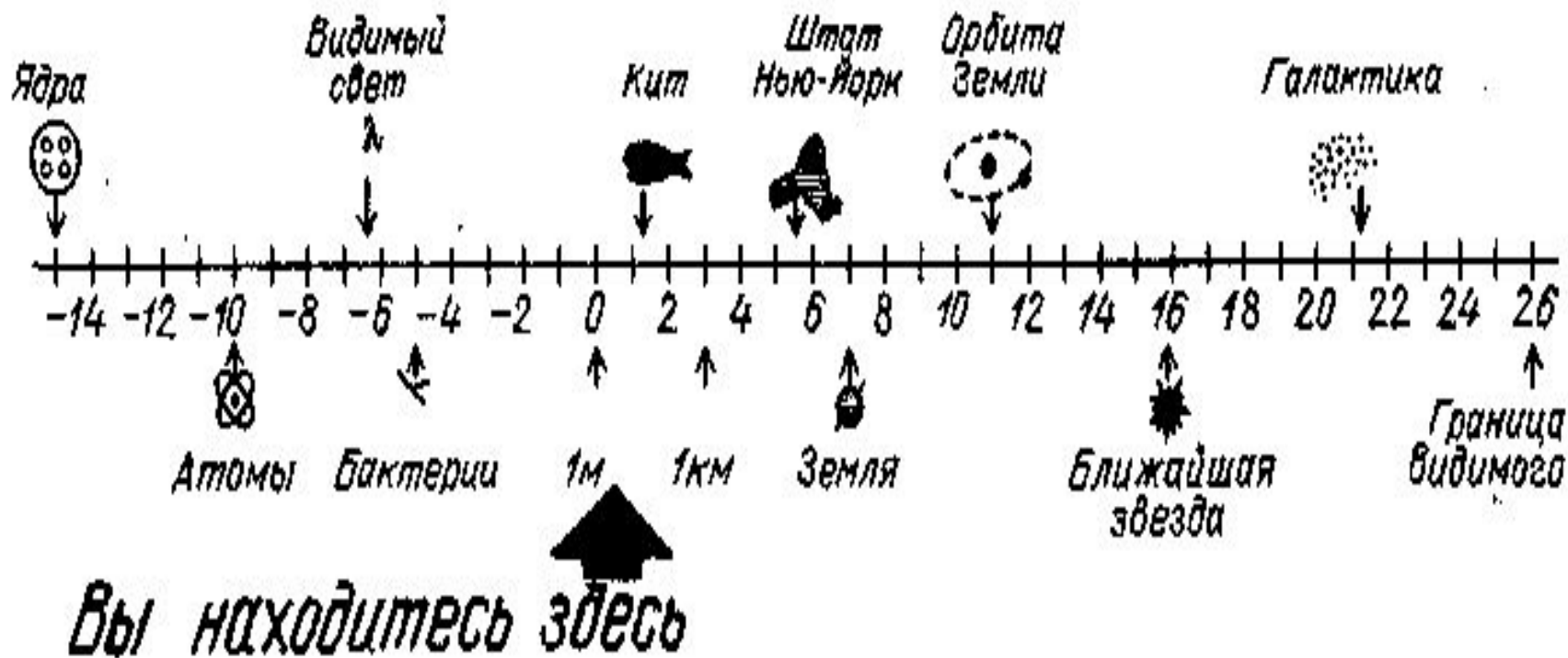
- механика
- термодинамика и молекулярная физика
- электричество и магнетизм
- оптика
- атомная физика
- квантовая физика
- ядерная физика

# МЕХАНИКА



раздел физики, изучающий простейшую форму движения – механическое движение, связанное с перемещением тела в пространстве и времени

# МНОГООБРАЗИЕ ОБЪЕКТОВ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИКИ



# ДЕЛЕНИЯ МЕХАНИКИ

- классическая (ньютонова) механика
- квантовая механика
- релятивистская механика

# РАЗДЕЛЫ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

- **СТАТИКА** (изучает условия равновесия тел)
- **КИНЕМАТИКА** (изучает способы описания движений независимо от причин возникновения движений)
- **ДИНАМИКА** (изучает движение тел в связи с причинами возникновения движений)

# ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ КЛАССИЧЕСКОЙ (НЬЮТОНОВОЙ) МЕХАНИКИ

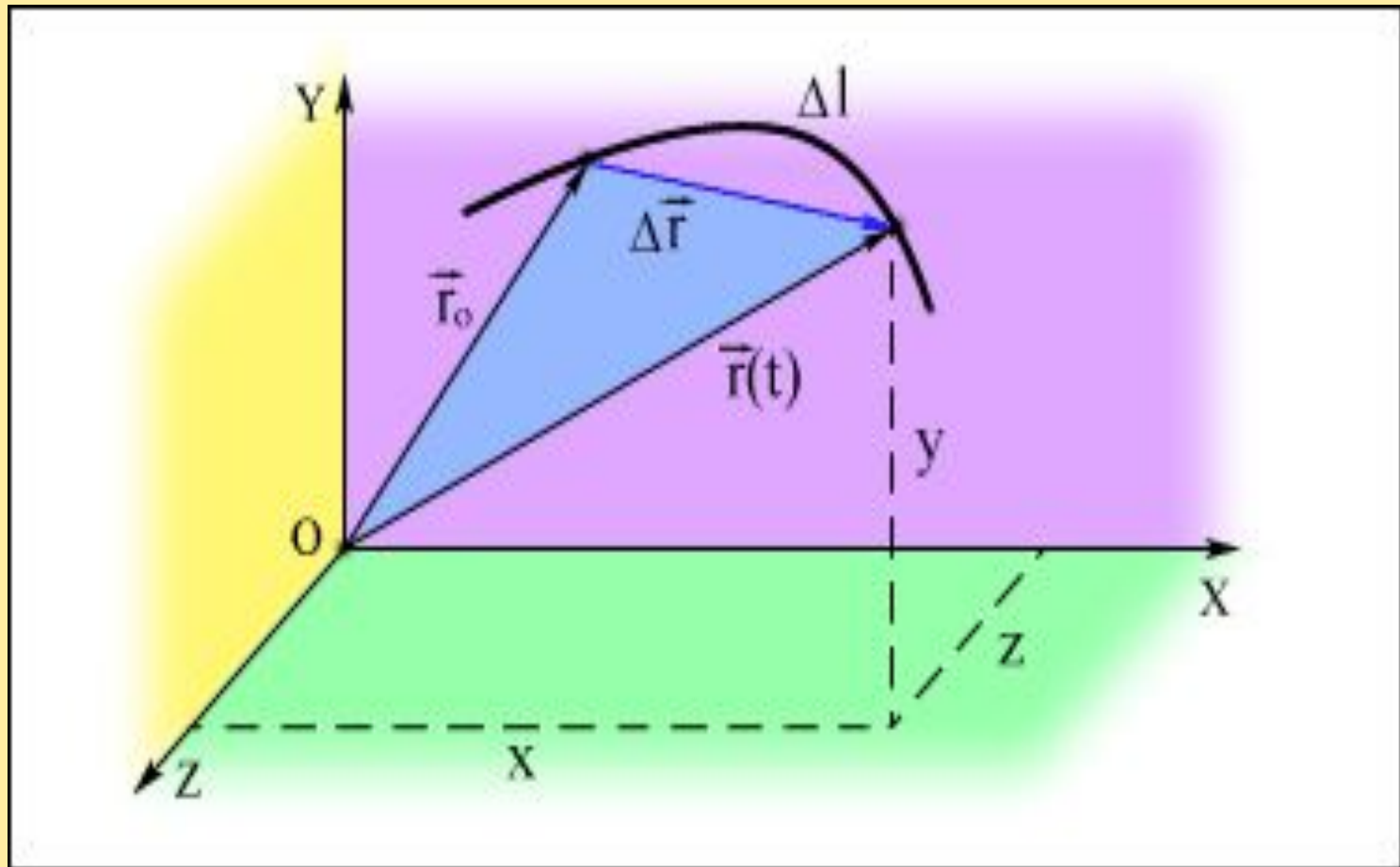
- изучение всевозможных движений и обобщение полученных результатов в виде законов
- отыскание общих свойств, присущих любой системе независимо от рода взаимодействий в системе

# ОСНОВНЫЕ МОДЕЛИ МЕХАНИКИ

- **материальная точка** (тело, форма и размер которого несущественны в условиях данной задачи)
- **абсолютно твердое тело** (протяженное тело, расстояние между двумя любыми точками которого всегда постоянно)



# СИСТЕМА ОТСЧЕТА. СПОСОБЫ ОПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ – ВЕКТОРНЫЙ И КООРДИНАТНЫЙ.



# ОСНОВНЫЕ КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

■ перемещение  $\bar{r}_2 - \bar{r}_1 = \bar{r}(t_2) - \bar{r}(t_1)$

■ мгновенная  
скорость  $\bar{V}_{\text{мгн}} = \frac{d\bar{r}}{dt}$

■ мгновенное  
ускорение  $\bar{a}_{\text{мгн}} = \frac{d\bar{V}}{dt} = \frac{d^2\bar{r}}{dt^2}$

# СКАЛЯРЫ И ВЕКТОРЫ. КООРДИНАТНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

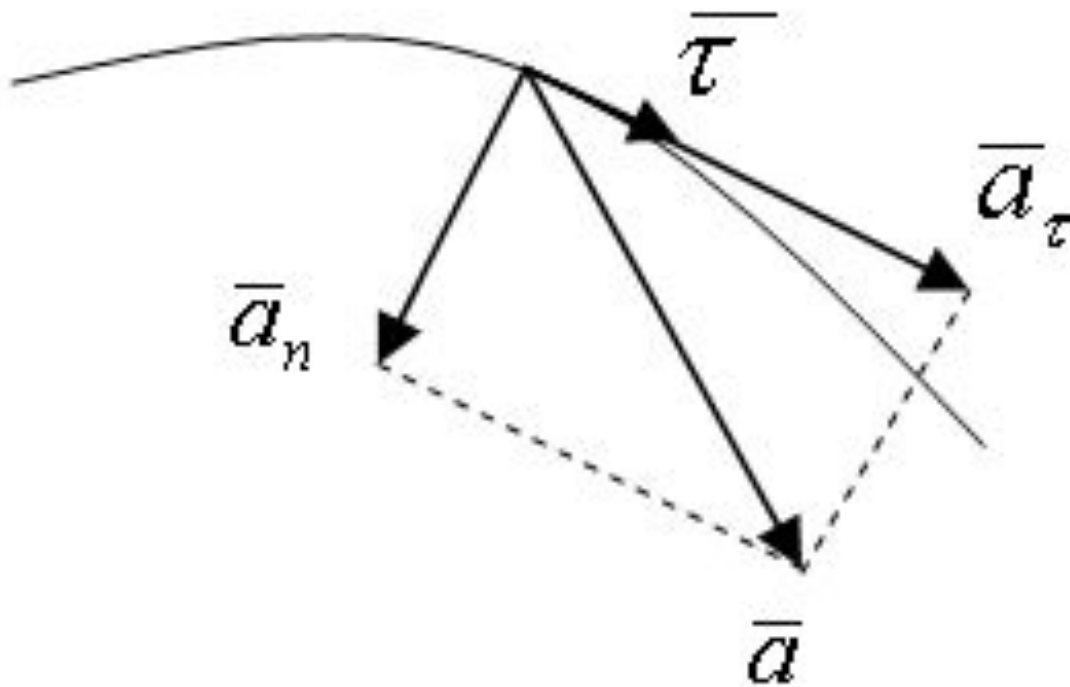
■ координата  $\bar{r} = \bar{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))$

■ скорость  $\bar{V} = V_x \bar{i} + V_y \bar{j} + V_z \bar{k}$

$$V_x = \frac{dx}{dt} \quad V_y = \frac{dy}{dt} \quad V_z = \frac{dz}{dt}$$

$$|V| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$$

# РАЗЛОЖЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ПРИ КРИВОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ



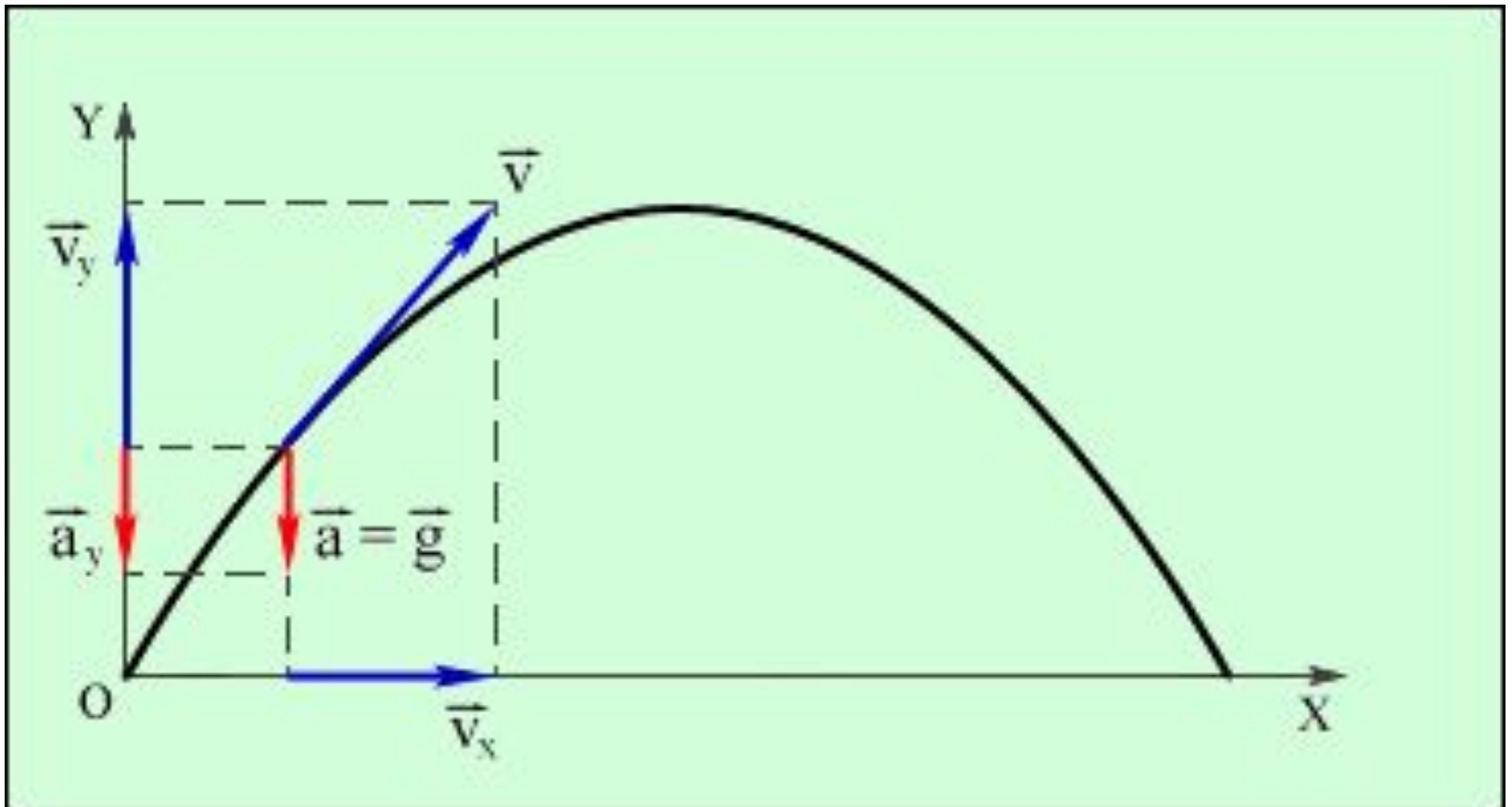
$$\vec{a}_\tau = \frac{dV}{dt} \cdot \vec{\tau}$$

$$\vec{a}_n = \frac{V^2}{R} \cdot \vec{n}$$

# ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОСТЕЙШИХ ВИДОВ ДВИЖЕНИЯ

- Прямолинейное равномерное
- Прямолинейное равноускоренное
- Прямолинейное равнозамедленное
- Равномерное движение по окружности

# ПРИМЕР. Движение тела, брошенного под углом к горизонту

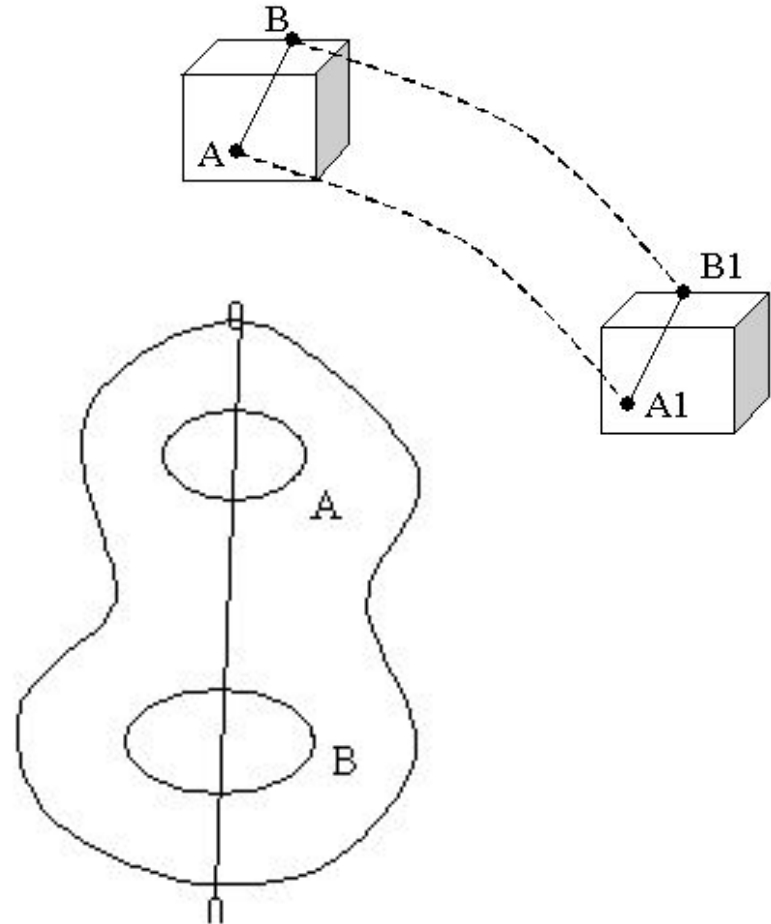


# ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

Движение тел можно описывать в различных системах отсчета. С точки зрения кинематики все системы отсчета равноправны. Однако кинематические характеристики движения, такие как траектория, перемещение, скорость, в разных системах оказываются различными.

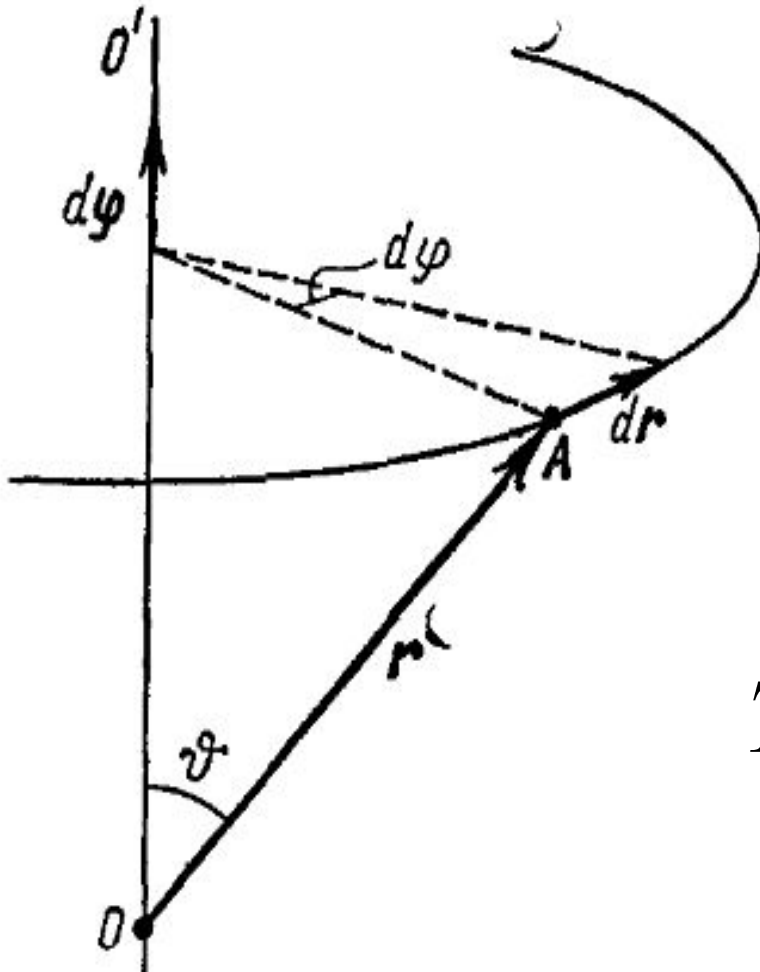
# ПРИНЦИПЫ КИНЕМАТИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

- Поступательное движение твердого тела (сводится к прямолинейному движению материальной точки)
- Вращение вокруг неподвижной оси
- Сложное движение = поступательное + вращательное





# КИНЕМАТИКА ВРАЩЕНИЯ ВОКРУГ НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ. СВЯЗЬ МЕЖДУ УГЛОВЫМИ И ЛИНЕЙНЫМИ ВЕЛИЧИНАМИ



$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

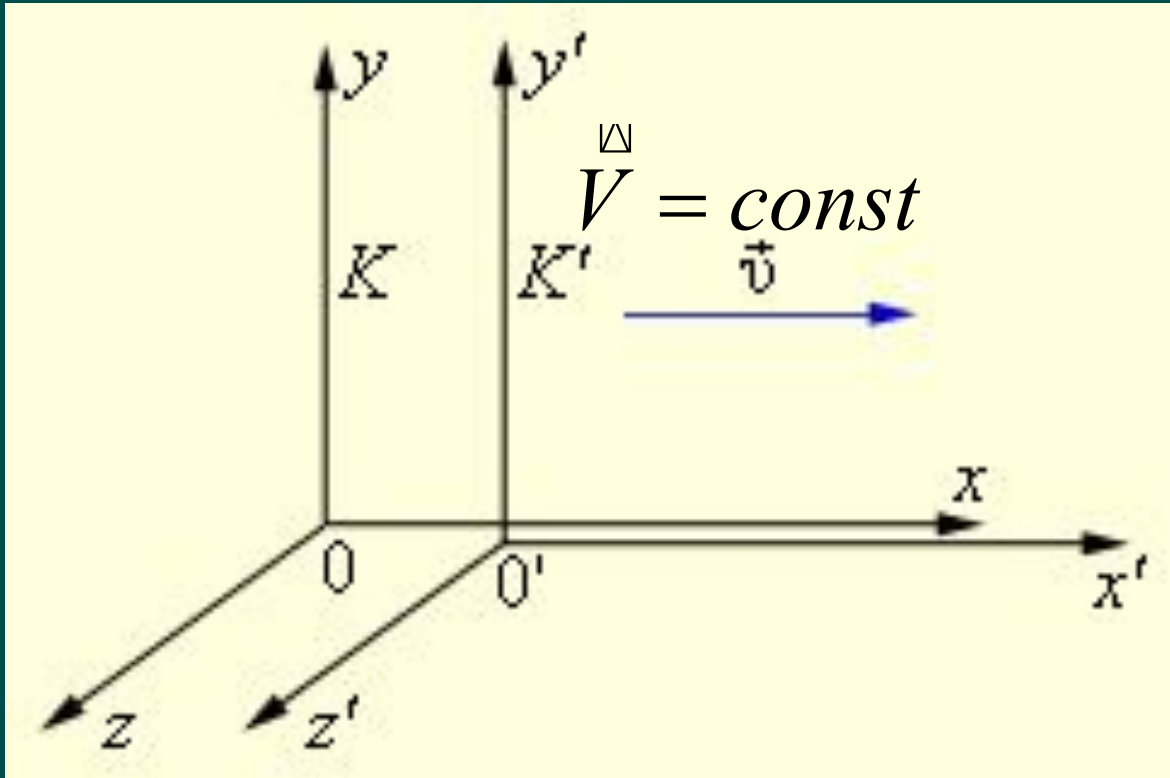
$$\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad n = \frac{1}{T}$$

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ДИНАМИКИ

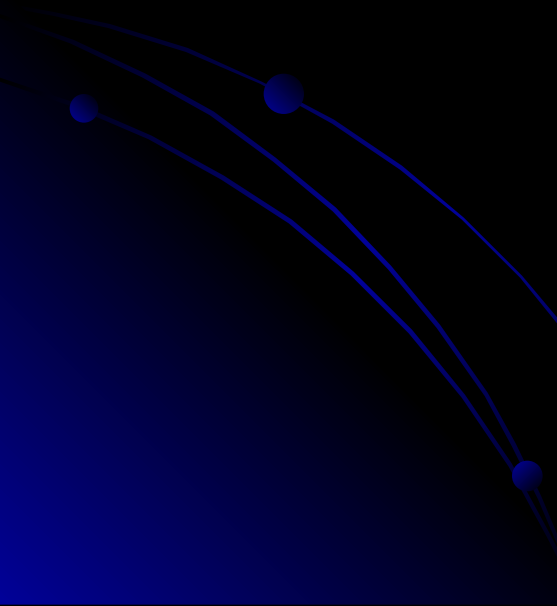
- МАССА материальной точки – положительная скалярная величина, являющаяся мерой инертности точки
- СИЛА – причина механического движения, мера действия на рассматриваемое тело со стороны других тел

# ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГАЛИЛЕЯ



- Все механические явления протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета

**НЬЮТОН, ИСААК (Newton, Isaac) (1642–1727),**  
английский математик и естествоиспытатель,  
механик, астроном и физик, основатель  
классической физики





# КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

## НЬЮТОНА

### II ЗАКОН – ОСНОВНОЙ ЗАКОН ДИНАМИКИ

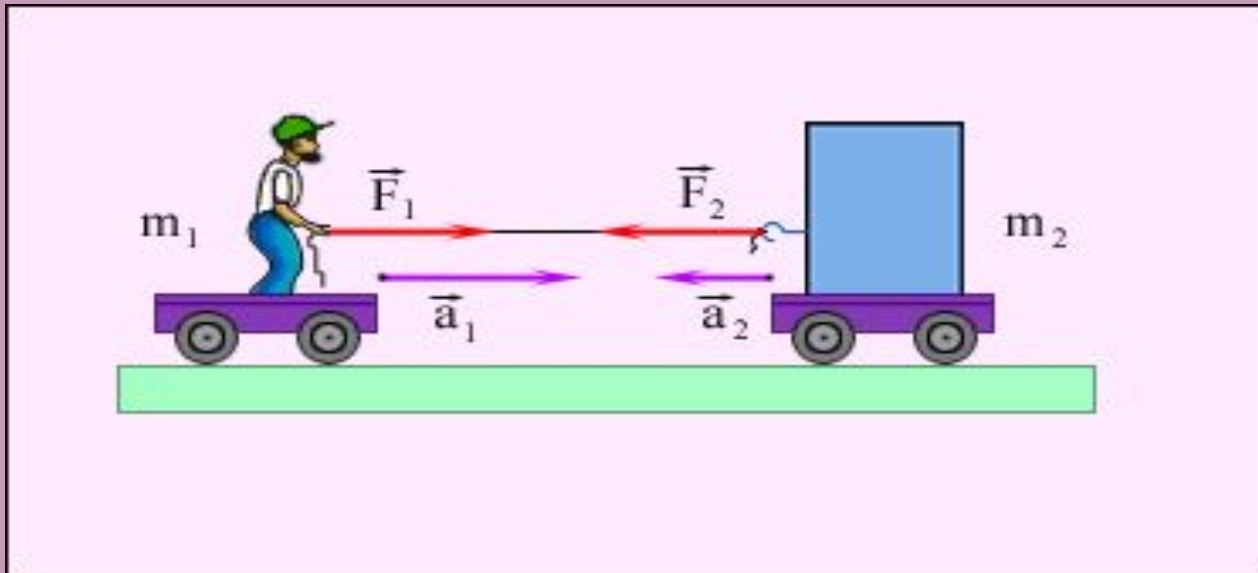
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

где  $\vec{a}$  - ускорение материальной точки

$F$  - величина постоянной силы,  
действующей на точку

$m$  - масса материальной точки

# КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА НЬЮТОНА III ЗАКОН – РОЖДЕНИЕ СИЛ ПАРАМИ



Тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и противоположными по направлению

# ПРИНЦИП ДЕТЕРМИНИЗМА П. ЛАПЛАСА

- ДЕТЕРМИНИЗМ (от англ. determine - определять) – учение о всеобщей причинной обусловленности и закономерности явлений
- Случайность полностью исключена. Все в мире предопределено предшествующими состояниями



# ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

- Импульс мат. точки – это векторная величина:

$$\bar{p} = m\bar{V}$$

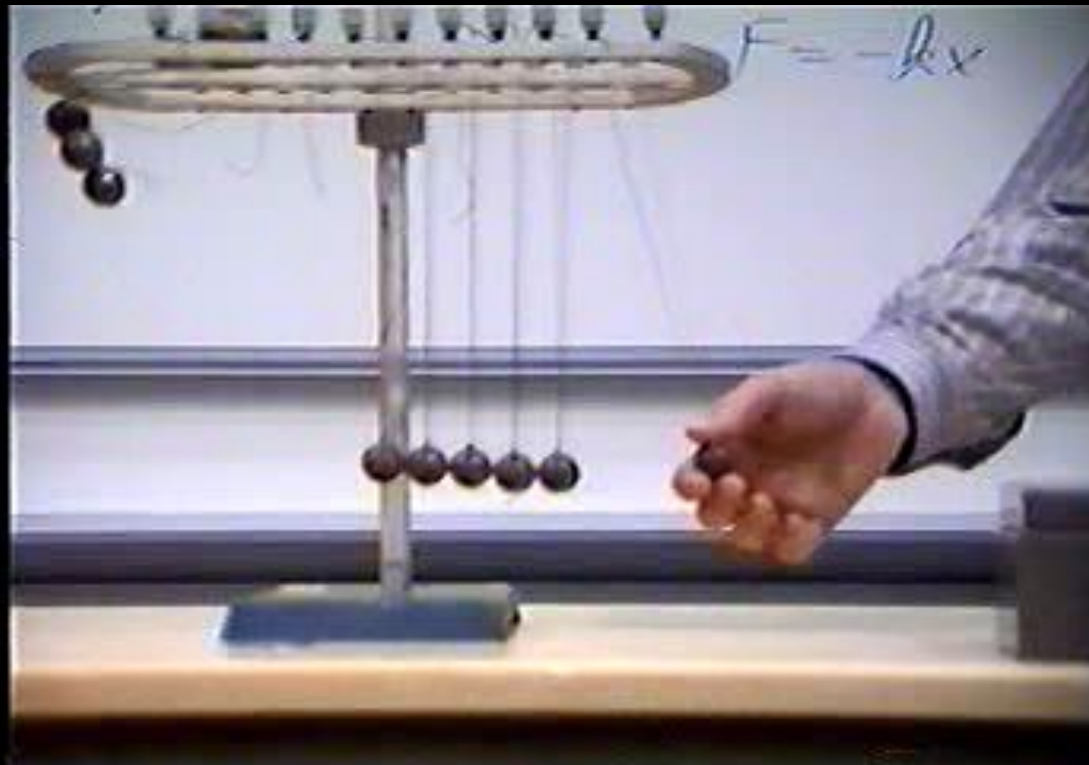
- Система материальных точек имеет импульс:

$$\bar{P} = \sum \bar{p}_i = \sum m_i \bar{V}_i$$

- Импульс замкнутой системы материальных точек не изменяется во времени

$$\frac{d\bar{p}}{dt} = \bar{F}_{\text{внеш}}$$

# Иллюстрация закона сохранения импульса



# РАБОТА И МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

Энергией называется скалярная физическая величина, являющейся общей мерой различных форм движения материи. Энергия системы количественно характеризует последнюю в отношении возможных в ней превращений движения.

# ВИДЫ (ФОРМЫ) ЭНЕРГИИ

- – механическая;
- – внутренняя;
- – электромагнитная;
- – ядерная и т.д.

# КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

- Физическая величина, равная половине произведения массы тела на квадрат его скорости, называется кинетической энергией тела:

$$W_k = \frac{mV^2}{2}$$

Свойство. Аддитивность кинетической энергии

$$W_k = \sum_i \frac{m_i V_i^2}{2} \quad W_k = \frac{1}{2} \int_{(V)} \rho V^2 dV$$

# ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

- это часть энергии механической системы, зависящая только от ее конфигурации и от их положения во внешнем потенциальном поле.
- Пример 1: потенциальная энергия тела в поле тяготения:

$$W_n = mgh$$

- Пример 2: потенциальная энергия упругой деформации пружины:

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

# ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ.

## ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

- Механическая энергия системы это сумма кинетической и потенциальной энергии:

$$W = W_k + W_{\Pi} \quad dW = \delta A_{\text{НП}} + \frac{\partial W_{\Pi}}{\partial t} dt$$

- Консервативная система: все действующие на нее непотенциальные силы работы не совершают, а все внешние потенциальные силы стационарны
- ПРИ ДВИЖЕНИИ КОНСЕРВАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЕЕ МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ НЕ ИЗМЕНЯЕТСЯ

# МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА

- Работой силы  $F$  на бесконечно малом перемещении  $ds$  называется скалярная величина

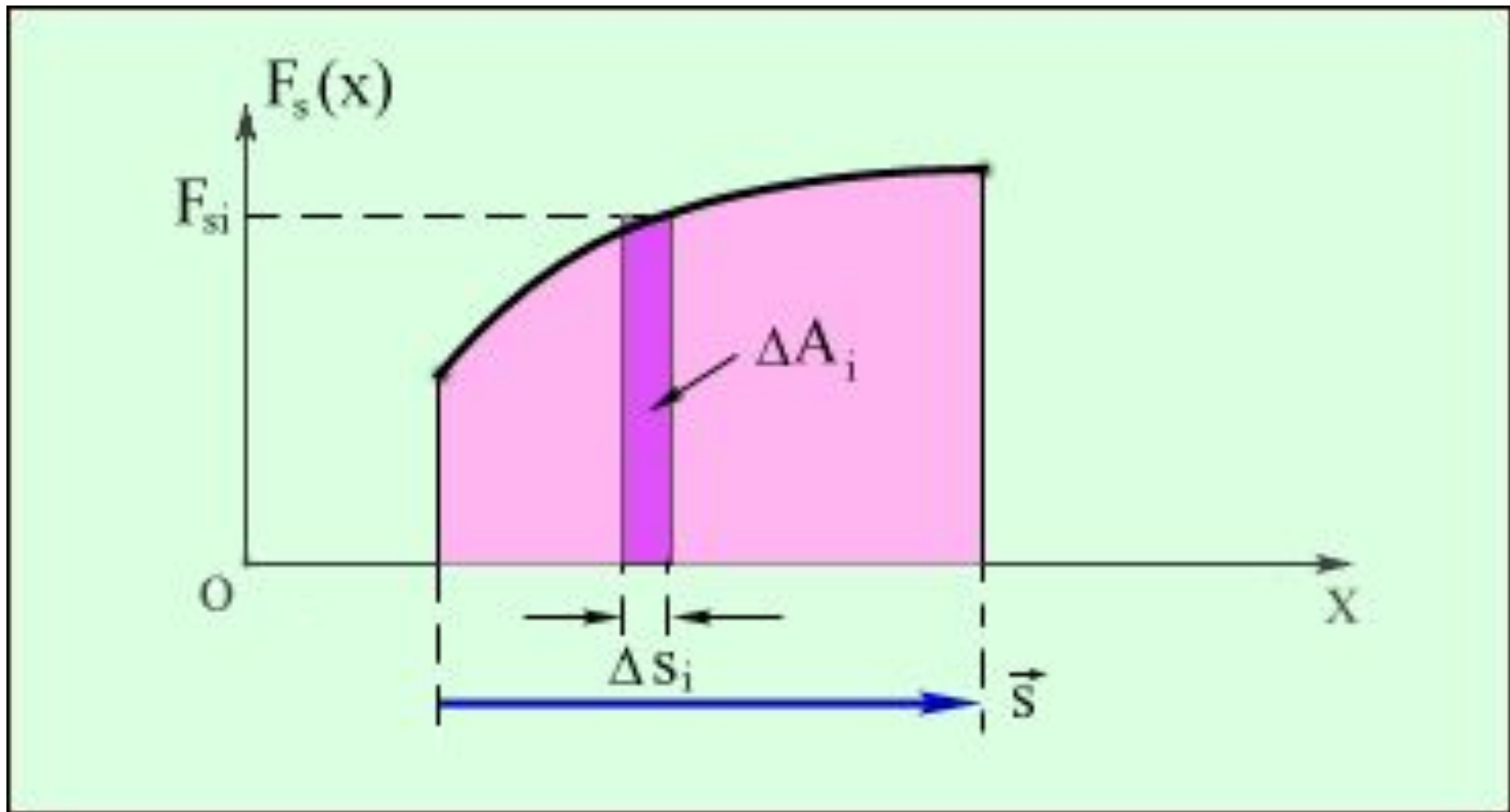
$$\delta A = \vec{F} d\vec{r}$$

- в случае конечного перемещения:

$$A = \int_{(L)} \vec{F} d\vec{r}$$



# ГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РАБОТЫ



# ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

- Момент силы относительно неподвижной точки

$$\bar{M}_0 = [\bar{r} \cdot \bar{F}]$$

- Главный момент системы сил

$$\bar{M} = \sum_{i=0}^n [\bar{r}_i \cdot \bar{F}_i]$$

# ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

- Момент импульса материальной точки относительно неподвижной точки

$$\bar{L} = [\bar{r} \cdot \bar{p}]$$

- Момент импульса системы точек

$$\bar{L} = \sum_i [\bar{r}_i \cdot \bar{p}_i]$$

# ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

- Момент инерции материальной точки относительно неподвижной оси

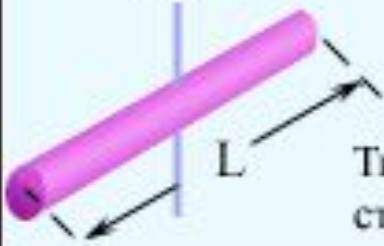





$$J_{0i} = m_i r_i^2$$

- Момент импульса системы материальных точек

$$J_o = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

# МОМЕНТ ИНЕРЦИИ ТРЕУГО ТЕЛА ОТНОСИТЕЛЬНО НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ

$$J_a = \int_{(m)} r^2 dm = \int_{(V)} r^2 \rho dV$$

$I_c = \frac{1}{12} ML^2$  <p>Твердый стержень</p>	$I_c = \frac{2}{5} MR^2$  <p>Шар</p>	$I_c = \frac{2}{3} MR^2$  <p>Тонкостенная сферическая оболочка</p>
$I_c = MR^2$  <p>Тонкостенный цилиндр</p>	$I_c = \frac{1}{2} MR^2$  <p>Диск</p>	$I_c = \frac{1}{4} MR^2$  <p>Диск</p>

# ТЕОРЕМА ГЮЙГЕНСА-ШТЕЙНЕРА

Момент инерции тела относительно какой либо оси равен моменту инерции его относительно параллельной оси, проходящей через центр масс, сложенному с величиной

$$ma^2$$

где  $a$  – расстояние между осями

$$J_a = J_c + ma^2$$

# СООТНОШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Тип характеристики	Поступательное движение	Вращательное движение
Объектные	Масса ( $m$ , кг)	Момент инерции ( $J$ , кг*м <sup>2</sup> )
Процессуальные	Линейная скорость ( $v$ , м/с)	Угловая скорость ( $\omega$ , рад/с)
Интегралы движения	Импульс ( $p$ , кг*м/с)	Момент импульса ( $L$ , кг*м <sup>2</sup> /с)

# ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА

- для точки (системы точек)

$$\frac{d\bar{L}}{dt} = \bar{M}_{\text{внешн}}$$

- для абсолютно твердого тела

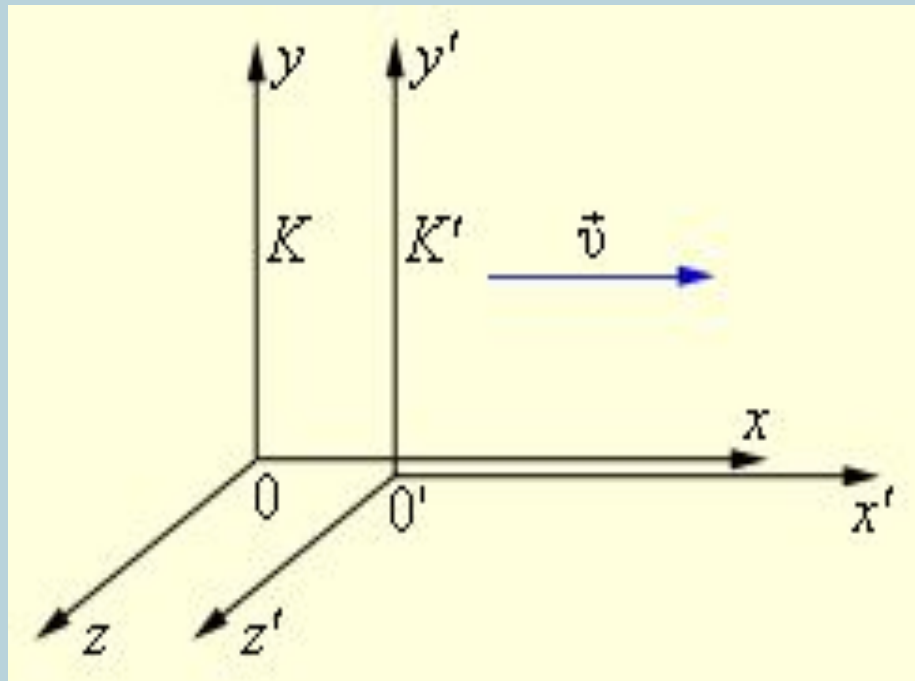
$$J_z \frac{d\omega}{dt} = J_z \varepsilon = M_z^{\text{внешн}}$$



# Иллюстрация закона сохранения момента импульса



# ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛОРЕНЦА (1904 г)



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

# СЛЕДСТВИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЛОРЕНЦА

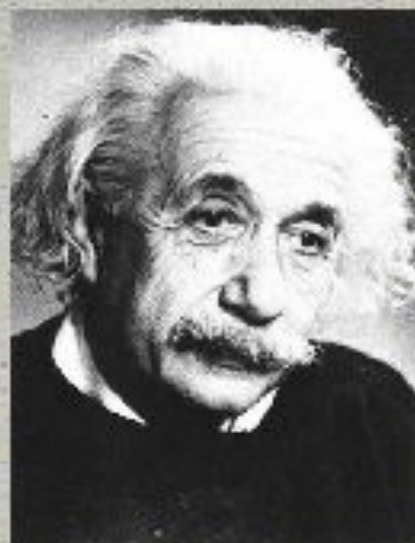
- РЕЛЯТИВИСТСКОЕ ЗАМЕДЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- РЕЛЯТИВИСТСКОЕ СОКРАЩЕНИЕ ДЛИНЫ

$$l = l_0 * \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

# Специальная теория относительности (1905)



**А. Эйнштейн**  
**1879–1955**

1. Все законы физики имеют одинаковый вид во всех инерциальных системах отсчета. (Для всех координатных систем, для которых справедливы уравнения механики, справедливы одни и те же электродинамические и оптические законы.)
2. Скорость света постоянна во всех инерциальных системах отсчета.

# ЗАКОН ВЗАИМОСВЯЗИ МАССЫ И ЭНЕРГИИ

- МАССА тела характеризует его инертность и способность к гравитационному взаимодействию
- ЭНЕРГИЯ способна превращаться из одной формы в другую
- Выражение внутренней сущности материи:

$$E = mc^2$$

# ТЕРМОДИНАМИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА



# ДВА ПОДХОДА К ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

Термодинамика – это наука о тепловых явлениях. Термодинамика исходит из наиболее общих закономерностей тепловых процессов и свойств макроскопических систем. Выводы термодинамики опираются на совокупность опытных фактов и не зависят от наших знаний о внутреннем устройстве вещества.

# ДВА ПОДХОДА К ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

Молекулярно-кинетической теорией называют учение о строении и свойствах вещества на основе представления о существовании атомов и молекул как наименьших частиц химического вещества



# ОПИСАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ



- термодинамические системы – макроскопические объекты (тела и поля), которые могут обмениваться энергией как друг с другом, так и с внешней средой
- основные макроскопические параметры ТС:

$P$  – давление

$V$  – объем

$T$  - температура

# РАВНОВЕСИЕ и ПРОЦЕСС

- Термодинамическое равновесие характеризуется постоянством всех макроскопических параметров системы
- При изменении одного или нескольких параметров система переходит в новое состояние равновесия
- Термодинамическое уравнение состояния:  $P = f(V, T)$

# ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ

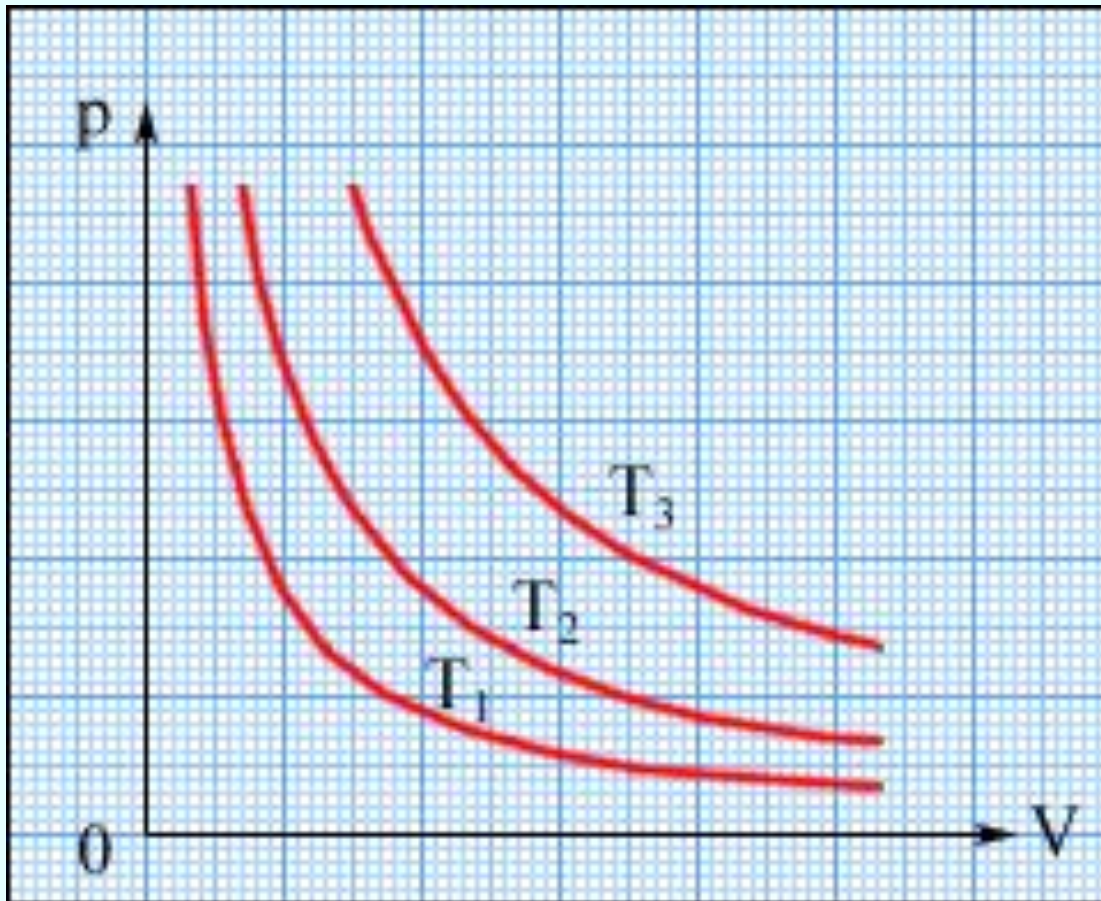
- идеальный газ – это газ, взаимодействие между молекулами которого пренебрежимо мало. Многие газы при нормальных условиях хорошо описываются такой моделью
- уравнение состояния идеального газа:

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

# ИЗОПРОЦЕССЫ

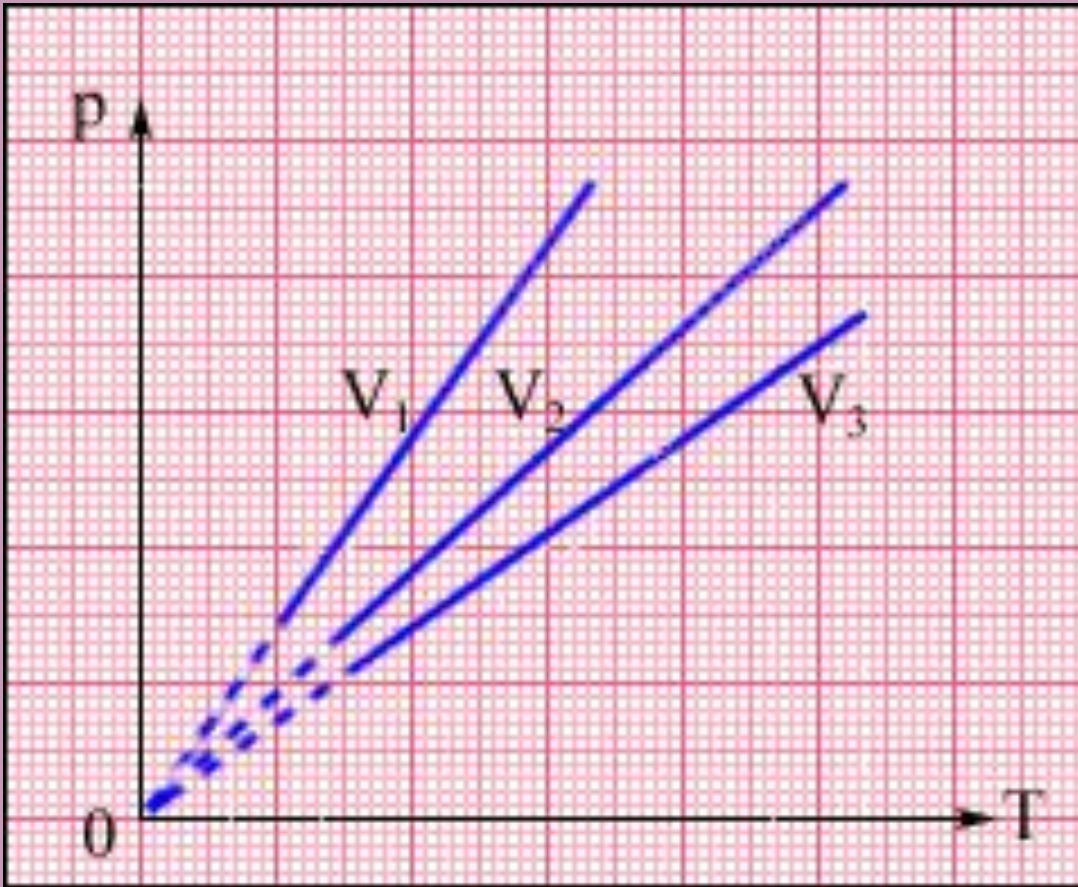
- - это процессы, при протекании которых сохраняется хотя бы один из макроскопических параметров
- изотермическим процессом называют квазистатический процесс, протекающий при постоянной температуре  $T$ .

# ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС



$$PV = \text{const}$$

# ИЗОХОРНЫЙ ПРОЦЕСС

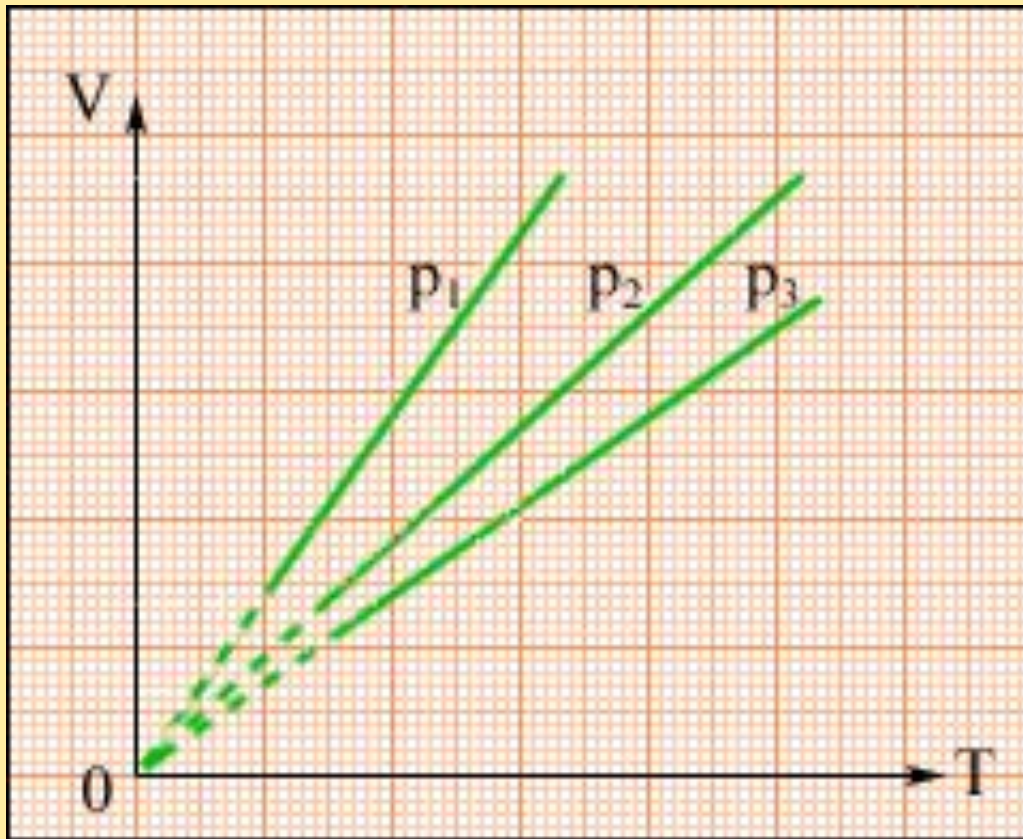


$$V = \text{const}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \text{const.}$$



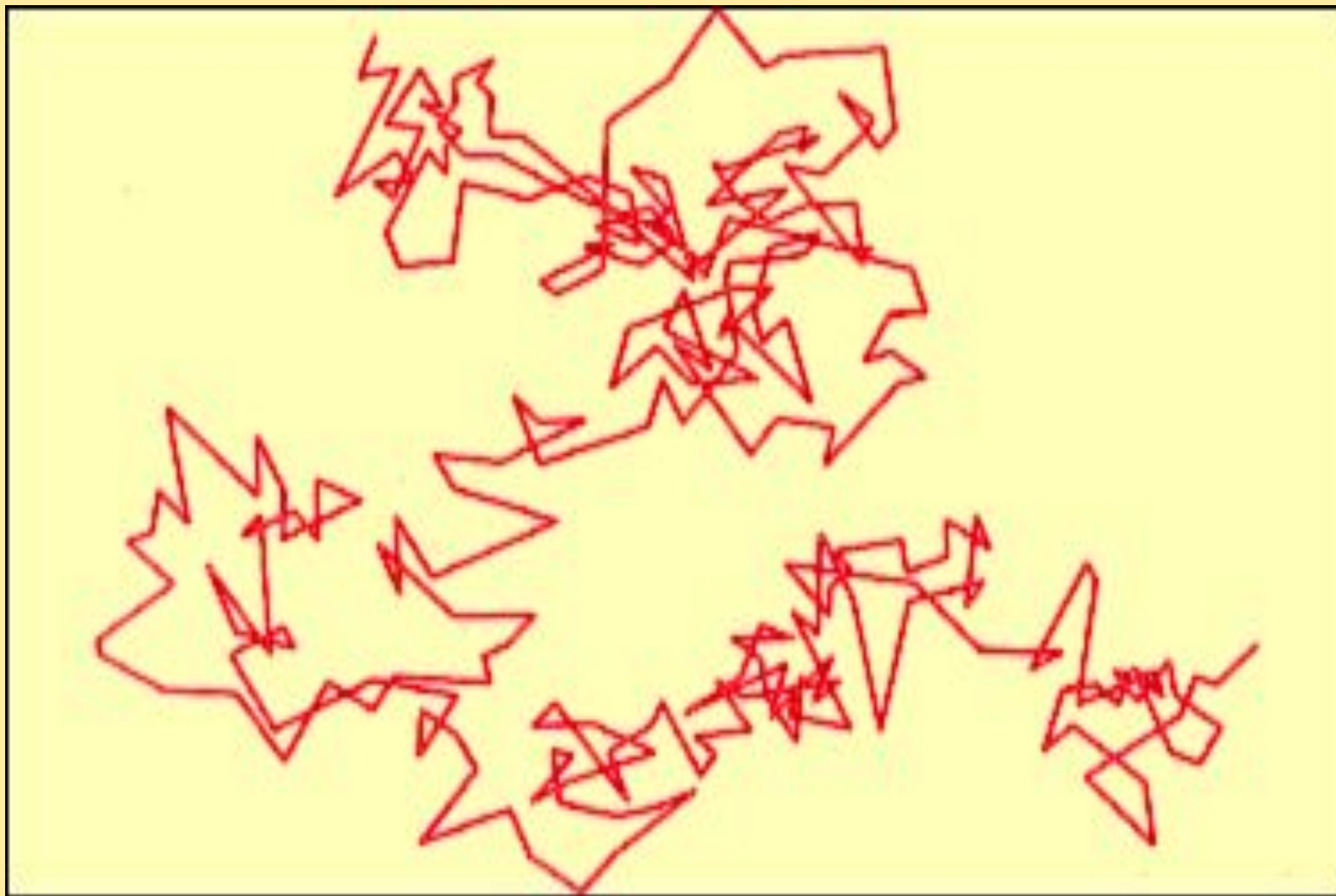
# ИЗОБАРНЫЙ ПРОЦЕСС



$$P = \text{const}$$

$$\frac{V}{T} = \text{const} \text{ или } V = V_0 \alpha T,$$

# БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ (1827)





# БАЗОВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МКТ

- Все вещества – жидкие, твердые и газообразные – образованы из мельчайших частиц – молекул, которые сами состоят из атомов («элементарных молекул»).
- Атомы и молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении.
- Частицы взаимодействуют друг с другом силами, имеющими электрическую природу. Гравитационное взаимодействие между частицами пренебрежимо мало.

# ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ

- все макроскопические тела обладают энергией, заключенной внутри самих этих тел
- внутренняя энергия вещества складывается из кинетической энергии всех атомов и молекул и потенциальной энергии их взаимодействия друг с другом

# ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ

- является однозначной функцией состояния термодинамической системы

$$U = f(V, T)$$

- внутренняя энергия идеального газа зависит только от температуры
- Внутренняя энергия одноатомного идеального газа:

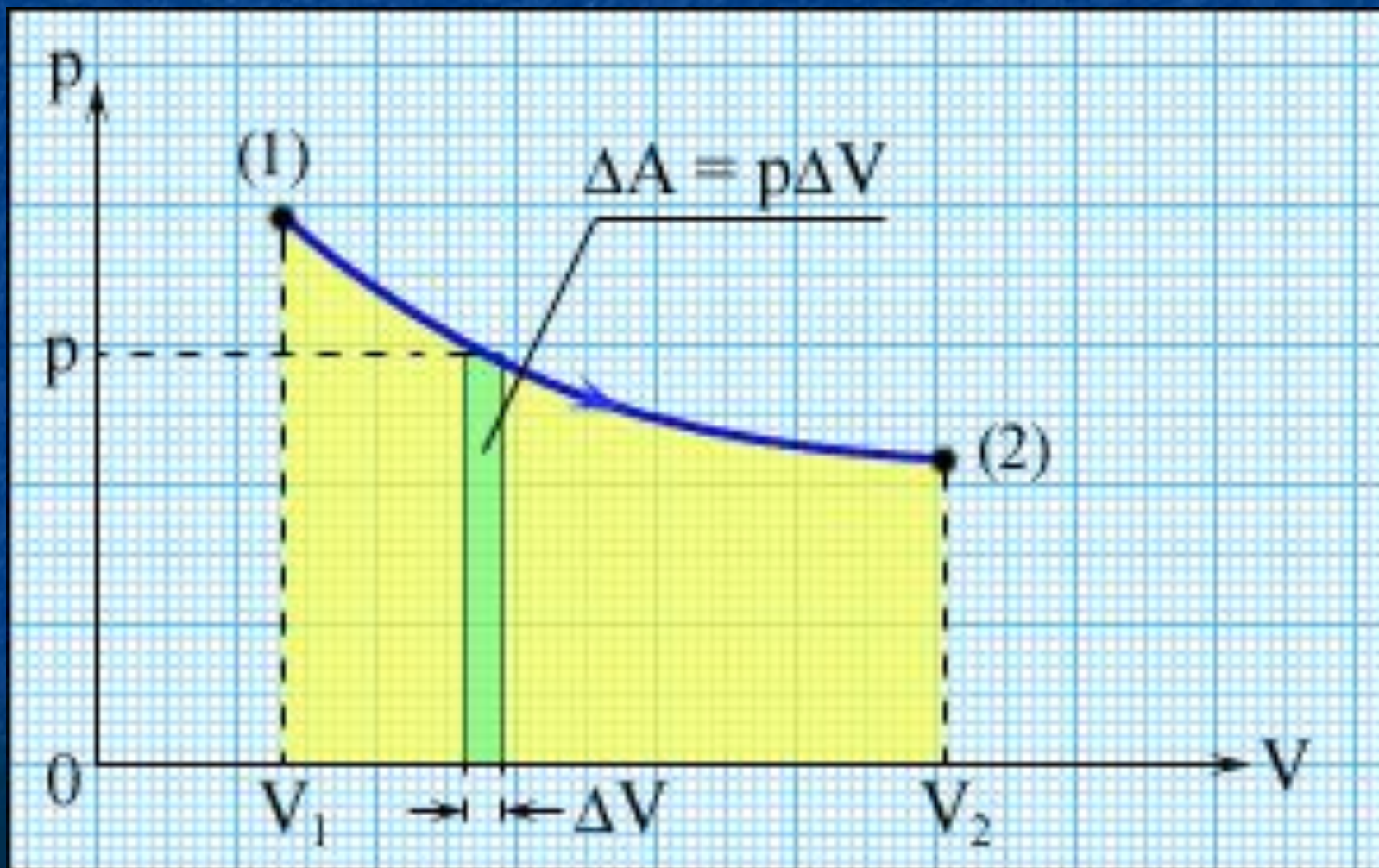
$$U = \frac{3}{2} N_A k T = \frac{3}{2} RT.$$

# КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ И РАБОТА

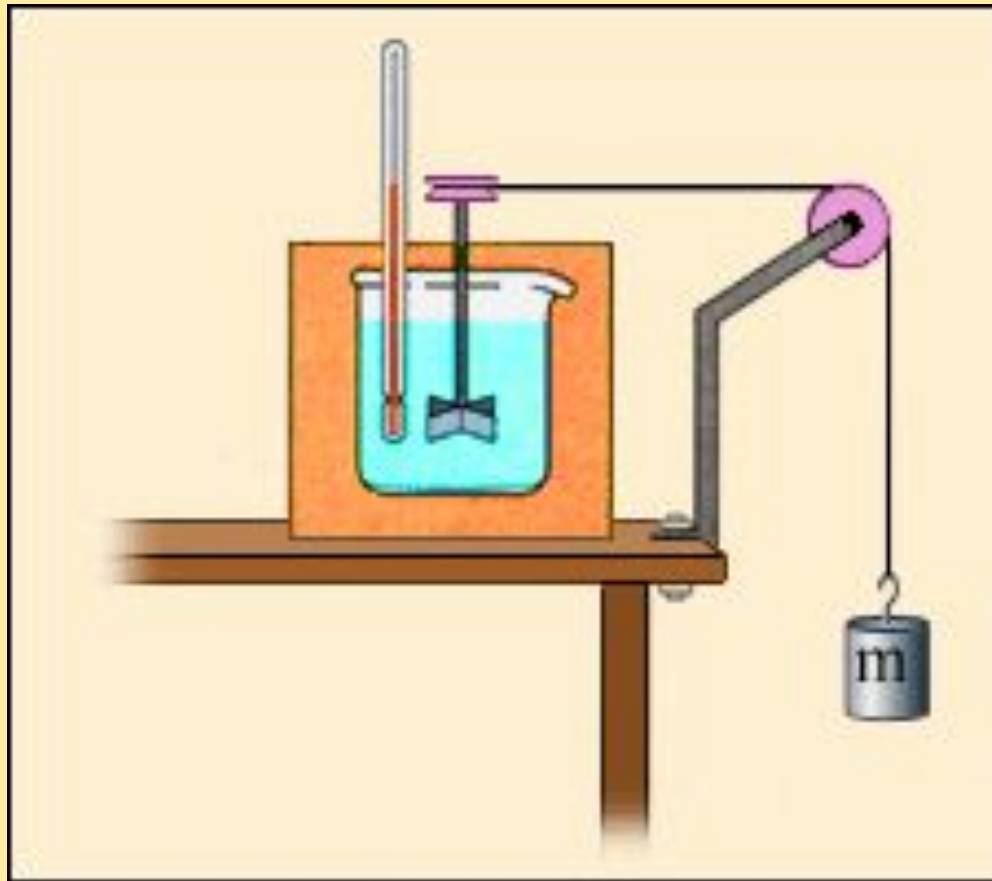
- Количеством теплоты  $Q$ , полученной телом, называют изменение внутренней энергии тела в результате теплообмена.
- работа газа определяется выражением

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV.$$

# ГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РАБОТЫ



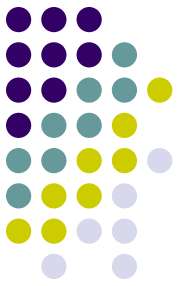
# ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ РАБОТЫ И ТЕПЛА



# ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ

Количество теплоты, полученное системой, идет на изменение ее внутренней энергии и совершение работы над внешними телами.

$$Q = \Delta U + A$$



# ТЕПЛОЕМКОСТЬ

- Если в результате теплообмена телу передается некоторое количество теплоты, то внутренняя энергия тела и его температура изменяются.
- Отношение количества теплоты  $dQ$ , переданной телу к вызванному этим приращению температуры  $dT$  называют теплоемкостью вещества  $C$

$$C = \frac{dQ}{dT}$$





# ВИДЫ ТЕПЛОЕМКОСТИ

- Удельная теплоемкость относится к массе вещества (Дж/кг)
- Молярная теплоемкость относится к количеству вещества (Дж/моль)
- По отношению к процессу:
  - С<sub>p</sub> – теплоемкость при постоянном давлении
  - С<sub>v</sub> - теплоемкость при постоянном объеме

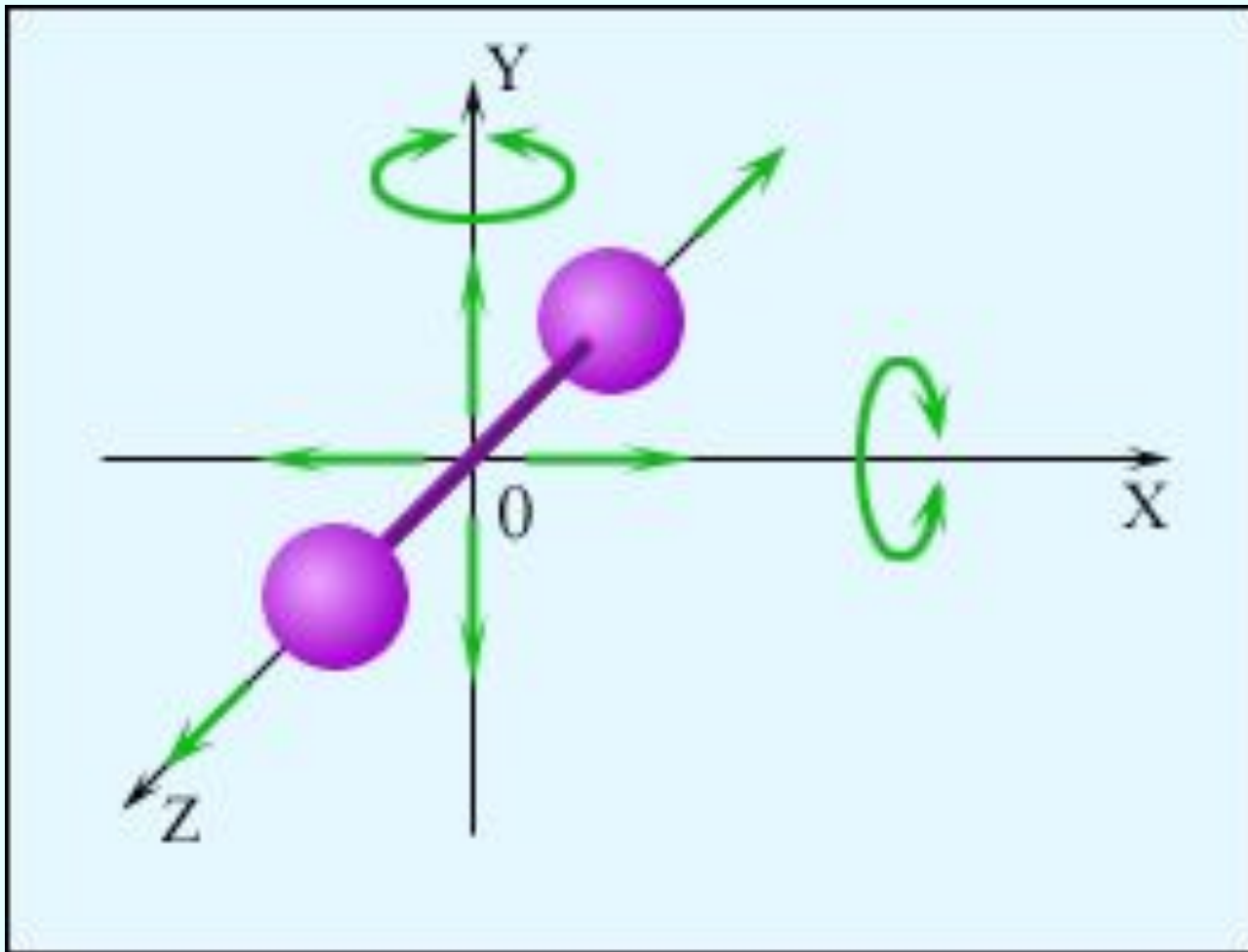
# КЛАССИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ (Л. Больцман)

- Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы

Если система молекул находится в тепловом равновесии при температуре  $T$ , то средняя кинетическая энергия равномерно распределена между всеми степенями свободы и для каждой степени свободы молекулы она равна

$$kT/2$$

# ПОНЯТИЕ СТЕПЕНИ СВОБОДЫ



$$C_V = \frac{i}{2}R, C_p = C_V + R = \frac{i+2}{2}R, \gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{i+2}{i},$$

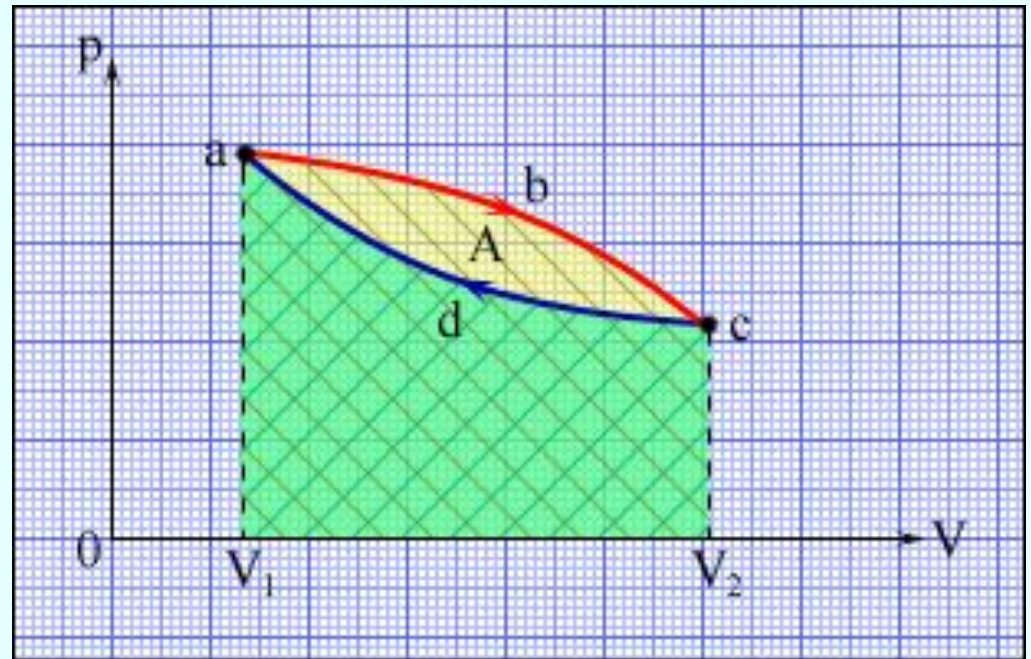
$$C_V = \frac{3}{2}R, C_p = C_V = \frac{5}{2}R, \gamma = \frac{5}{3} = 1,66.$$

$$C_V = \frac{5}{2}R, C_p = C_V = \frac{7}{2}R, \gamma = \frac{7}{5} = 1,4.$$

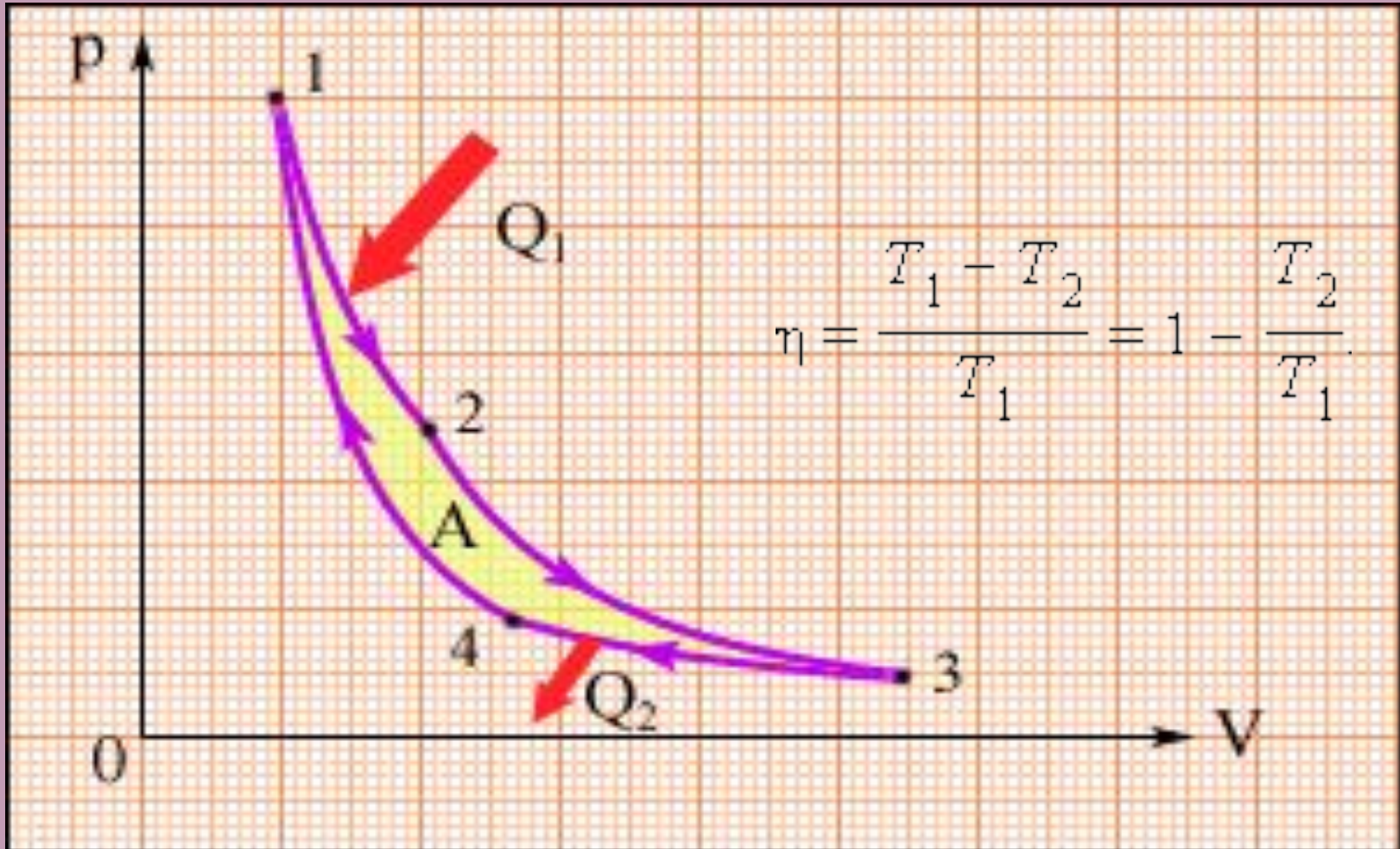
$$C_V = 3R, C_p = C_V = 4R, \gamma = \frac{4}{3} = 1,33.$$

# ЦИКЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

- это такая совокупность термодинамических процессов, в результате которых система возвращается в исходное состояние



# ЦИКЛ КАРНО (1824)



# ОБРАТИМЫЕ ПРОЦЕССЫ

- Обратимыми процессами называют процессы перехода системы из одного равновесного состояния в другое, которые можно провести в обратном направлении через ту же последовательность промежуточных равновесных состояний. При этом сама система и окружающие тела возвращаются к исходному состоянию



# ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ

- Невозможен процесс, единственным результатом которого была бы передача энергии путем теплообмена от тела с низкой температурой к телу с более высокой температурой (Клаузиус)
- коэффициент полезного действия машины, работающей по циклу Карно, максимален



# ЭНТРОПИЯ

- это функция состояния термодинамической системы, изменение которой в обратимом процессе при переходе из одного равновесного состояния в другой равно

$$\Delta S = \int_{(1)}^{(2)} \frac{dQ^{\text{обр}}}{T}$$

# ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ (закон неубывания энтропии)

- При любых процессах, протекающих в термодинамических изолированных системах, энтропия либо остается неизменной, либо увеличивается.
- Вероятностная трактовка 2-го начала термодинамики:

$$S = k^* \ln w$$

# ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

- Электрический заряд – это физическая величина, характеризующая свойство частиц или тел вступать в электромагнитные силовые взаимодействия
- Существует два рода электрических зарядов, условно названных положительными и отрицательными



# ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА

- в изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех тел остается постоянной

# ЗАКОН КУЛОНА

- Силы взаимодействия неподвижных зарядов прямо пропорциональны произведению модулей зарядов и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними:

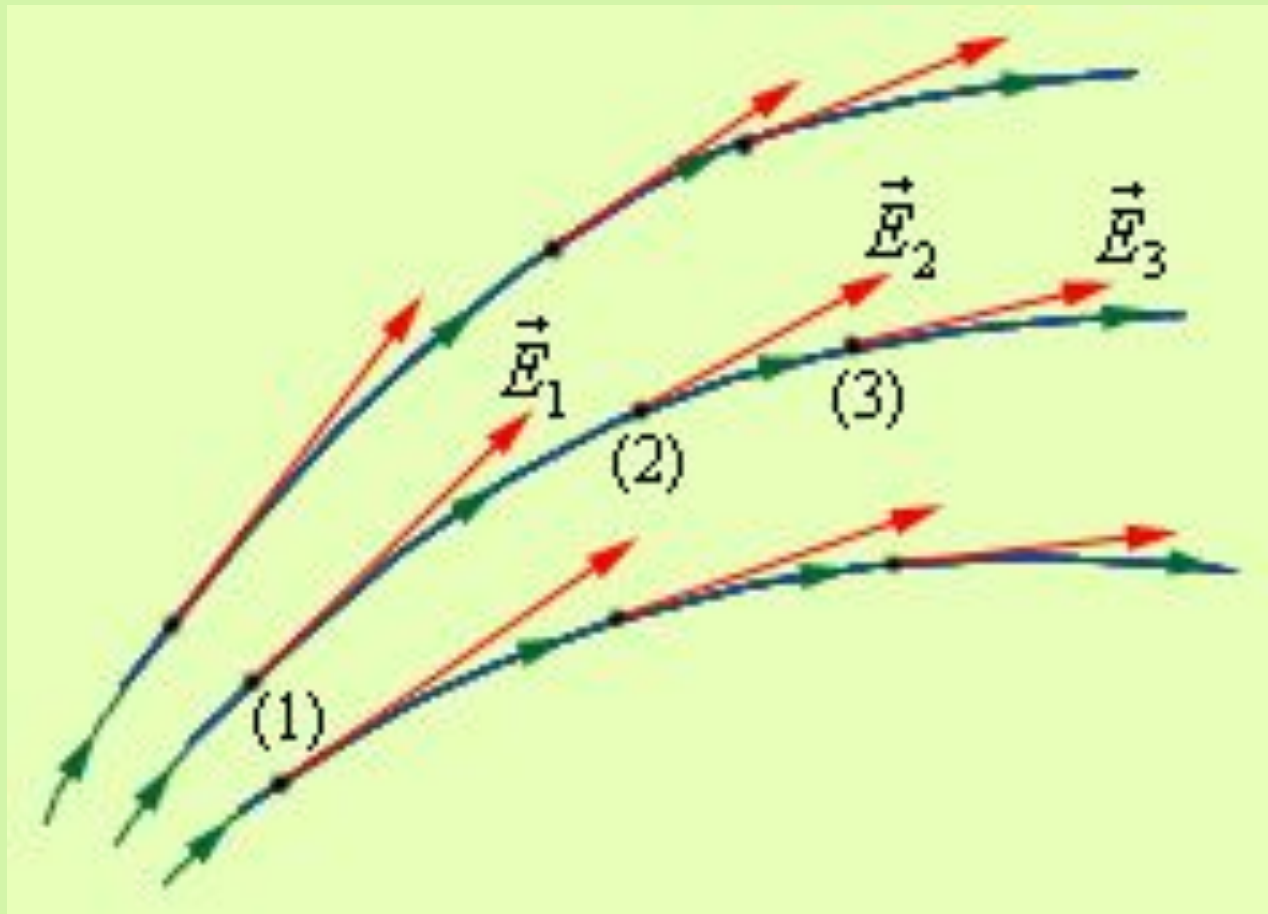
$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}.$$

# ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

- каждое заряженное тело создает в окружающем пространстве электрическое поле.
- напряженность электрического поля – векторная физическая величина равная

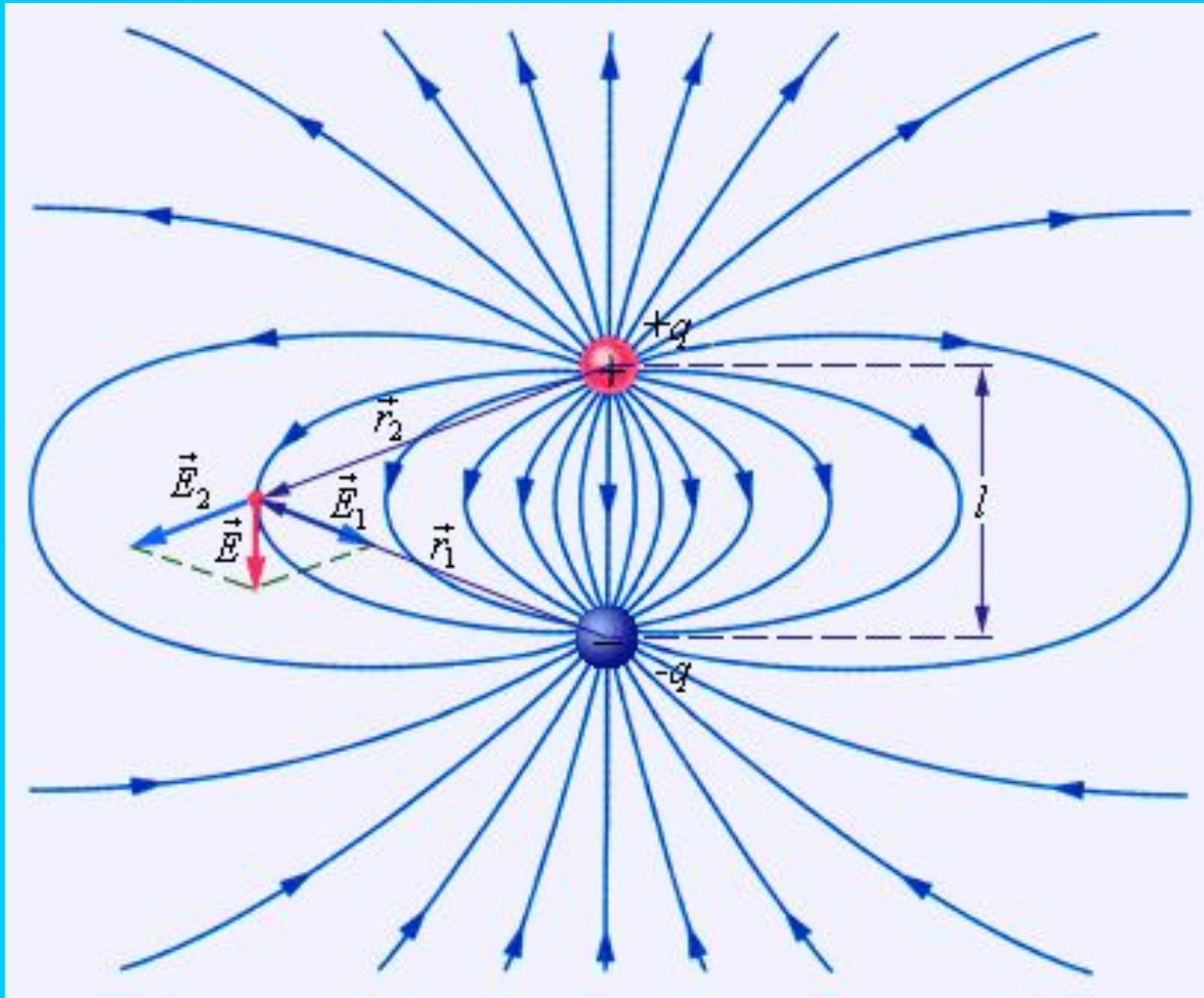
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q}$$

# СИЛОВЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

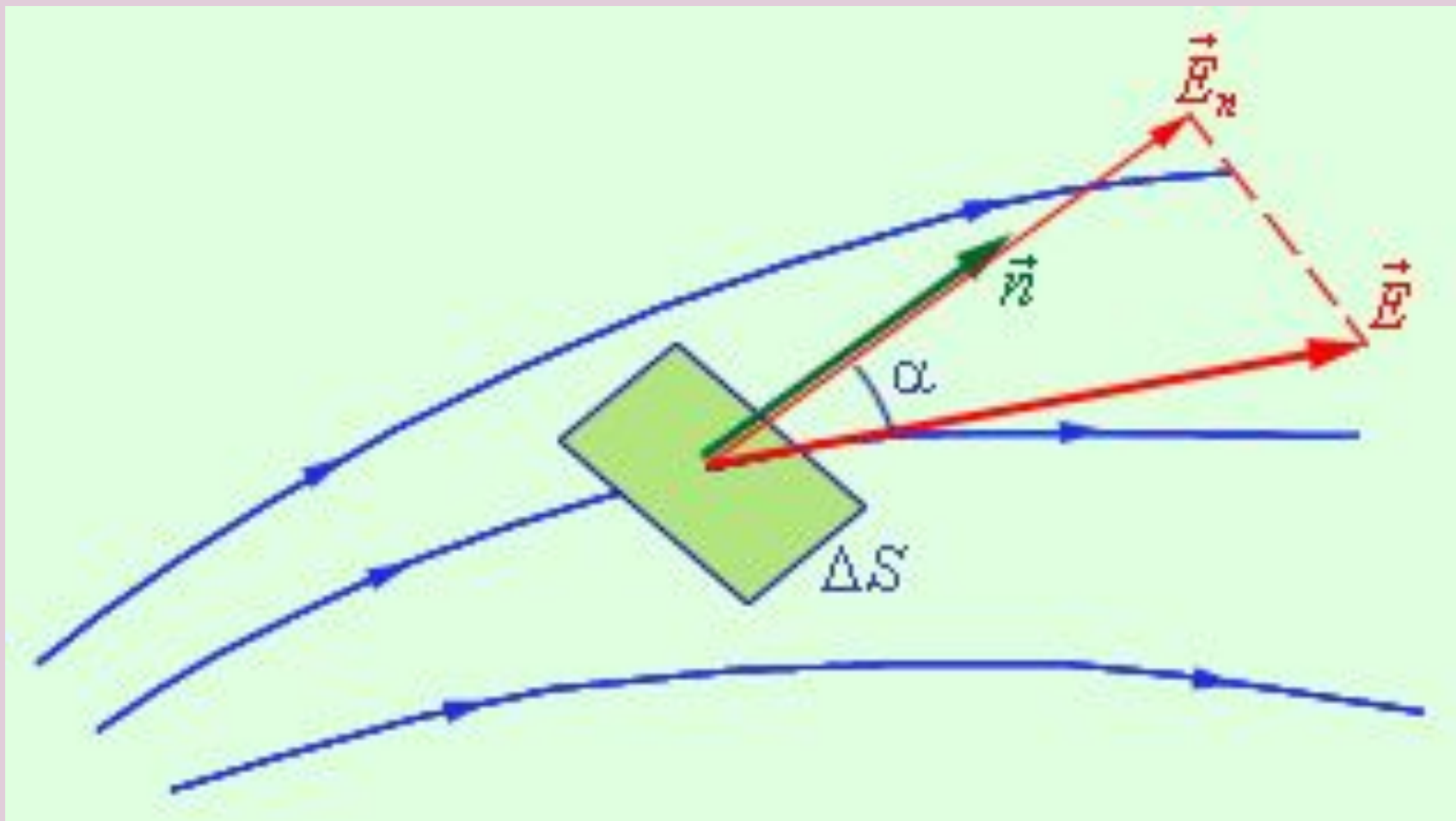




# ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ ПОЛЕЙ



# ПОНЯТИЕ ПОТОКА ВЕКТОРА ЧЕРЕЗ ПОВЕРХНОСТЬ



# ТЕОРЕМА ОСТРОГРАДСКОГО- ГАУССА

- Поток вектора напряженности электростатического поля через произвольную замкнутую поверхность определяется алгебраической суммой зарядов, расположенных внутри этой поверхности:

$$\oint \vec{E} \cdot \vec{dS} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_{\text{внутр}}$$

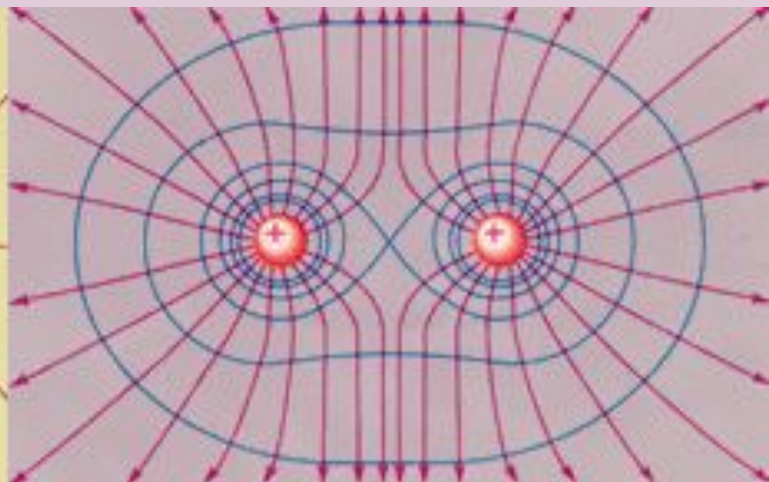
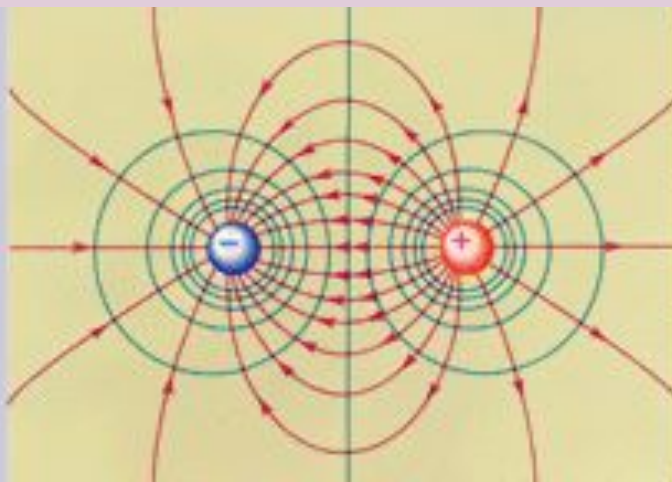
# ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

- равен работе, которую совершают электрические силы при удалении единичного положительного заряда из данной точки в бесконечность

$$\varphi_{\infty} = \frac{A_{\infty}}{q}.$$

# СВЯЗЬ НАПРЯЖЕННОСТИ И ПОТЕНЦИАЛА

$$\vec{E} = -\text{grad}\varphi(x, y, z)$$



# ПОТЕНЦИАЛ

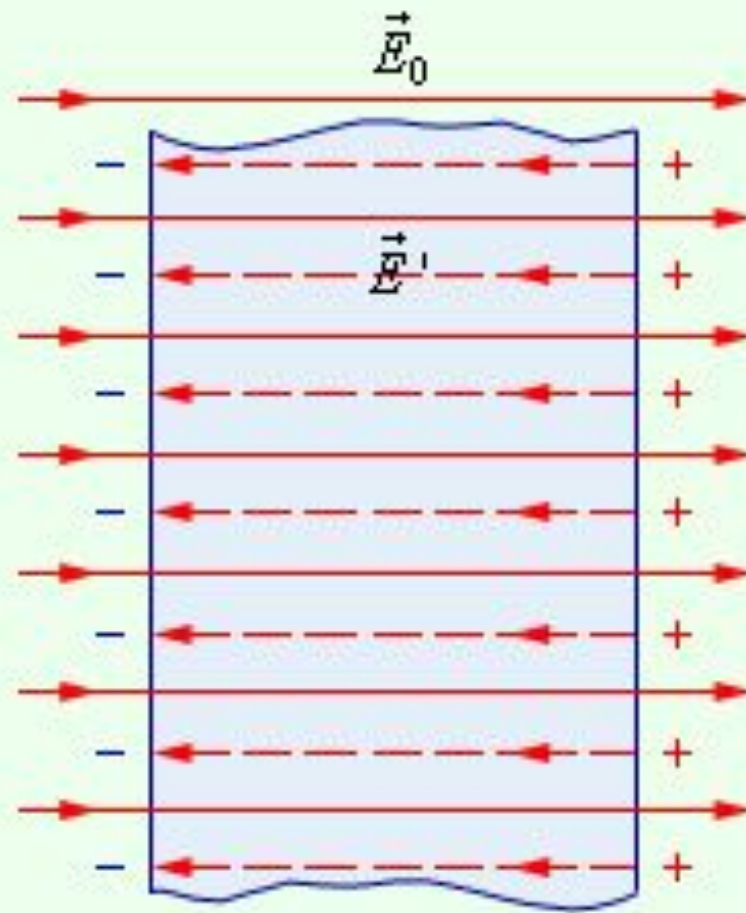
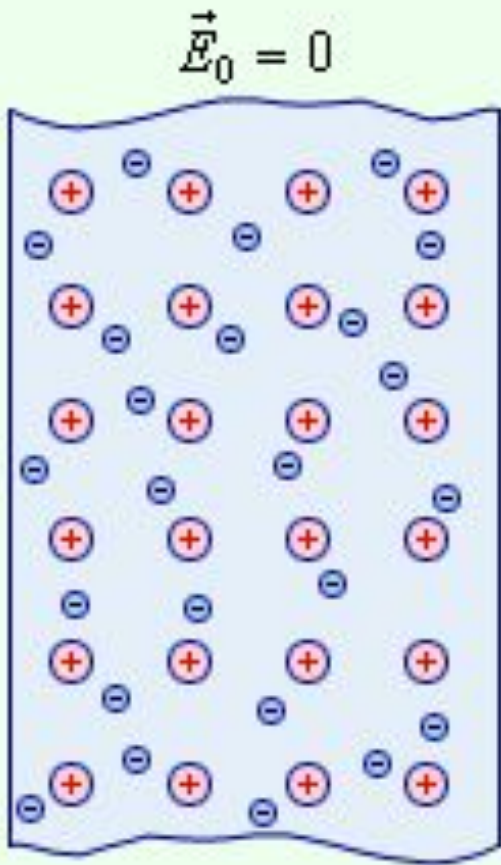
- Потенциал точечного заряда

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}.$$

- Принцип суперпозиции потенциалов

$$\phi = \sum \phi_i$$

# ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ ИНДУКЦИЯ. МЕТАЛЛ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

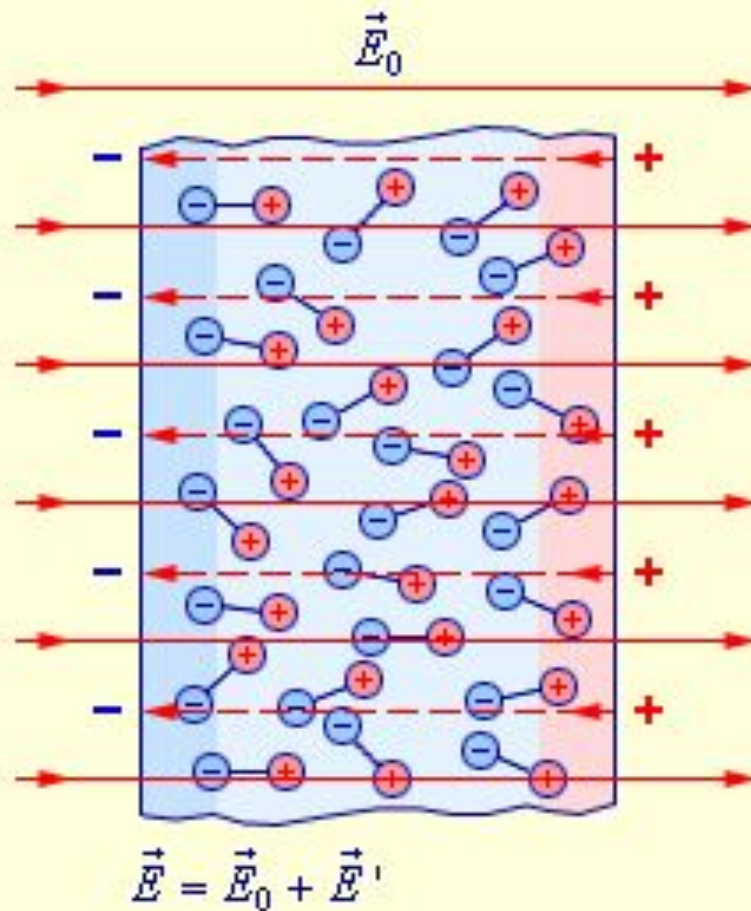
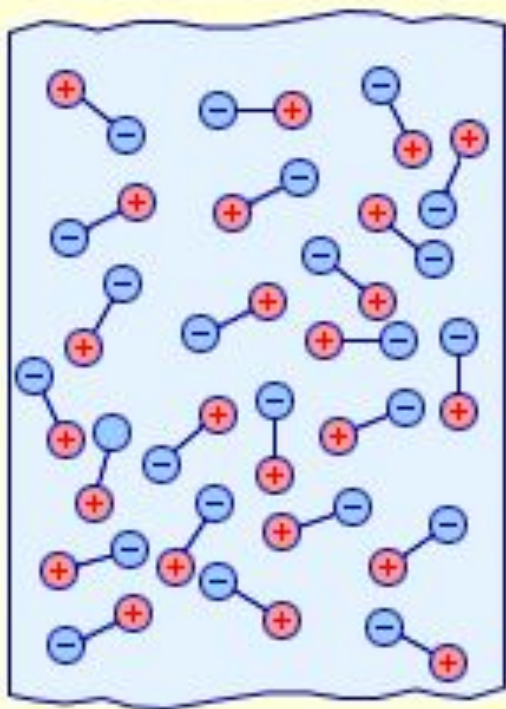


$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}' = 0$$



# ПОЛЯРИЗАЦИЯ ДИЭЛЕКТРИКОВ

$$\vec{E}_0 = 0$$





# ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ

физическая величина, равная отношению модуля напряженности внешнего электрического поля в вакууме к модулю напряженности полного поля в однородном диэлектрике, называется диэлектрической проницаемостью вещества.

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$$

# НАПРЯЖЕННОСТЬ И ПОТЕНЦИАЛ ТОЧЕЧНОГО ЗАРЯДА В ДИЭЛЕКТРИКЕ

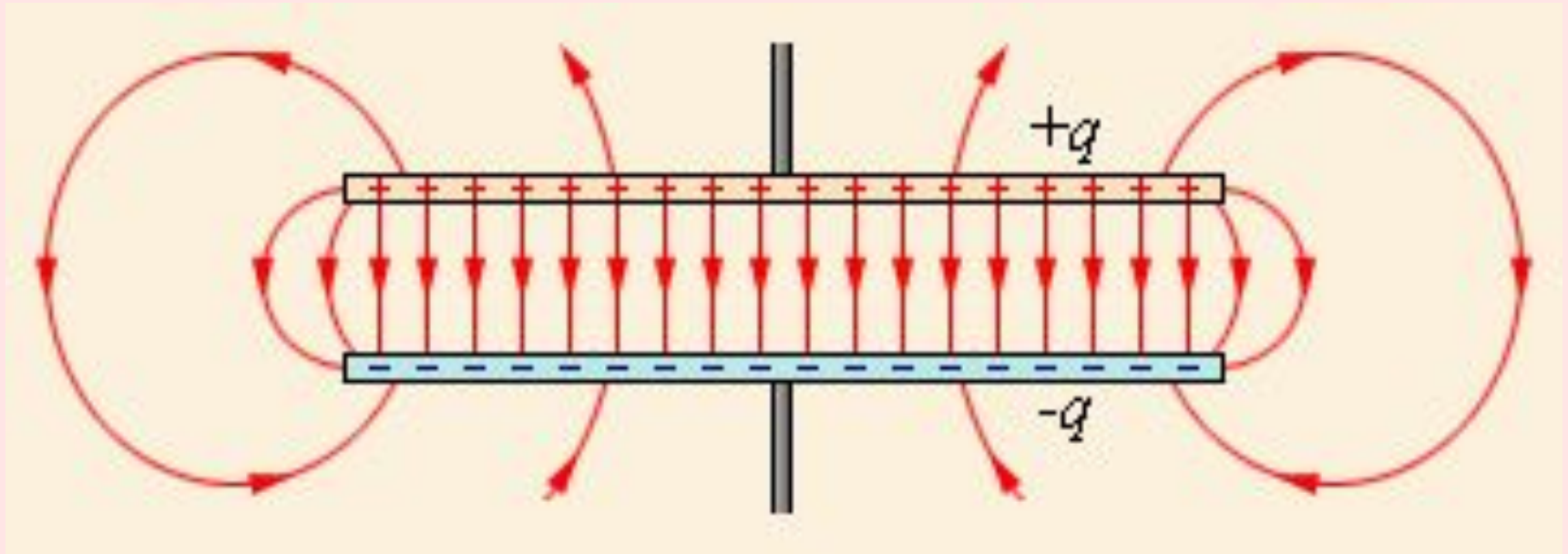
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{\epsilon r^3} \vec{r}, \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon r}.$$

# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ

Емкостью системы из двух проводников называется физическая величина, определяемая как отношение заряда  $q$  одного из проводников к разности потенциалов  $\Delta\varphi$  между ними

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{q}{U}$$

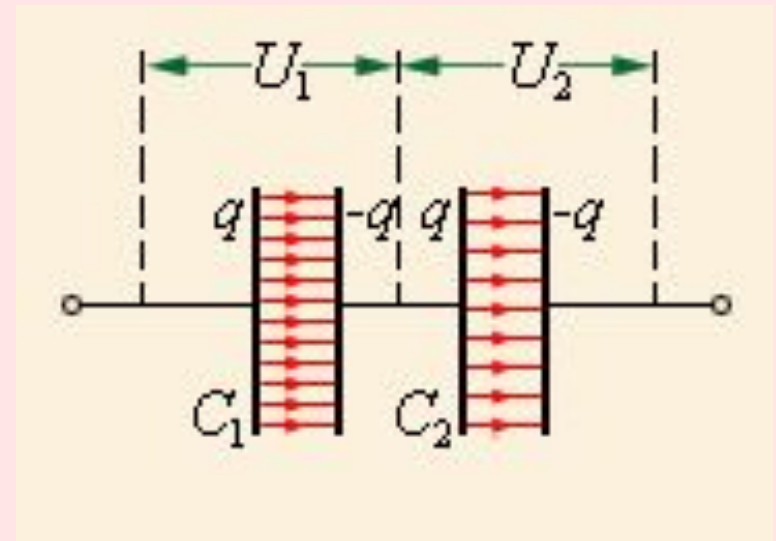
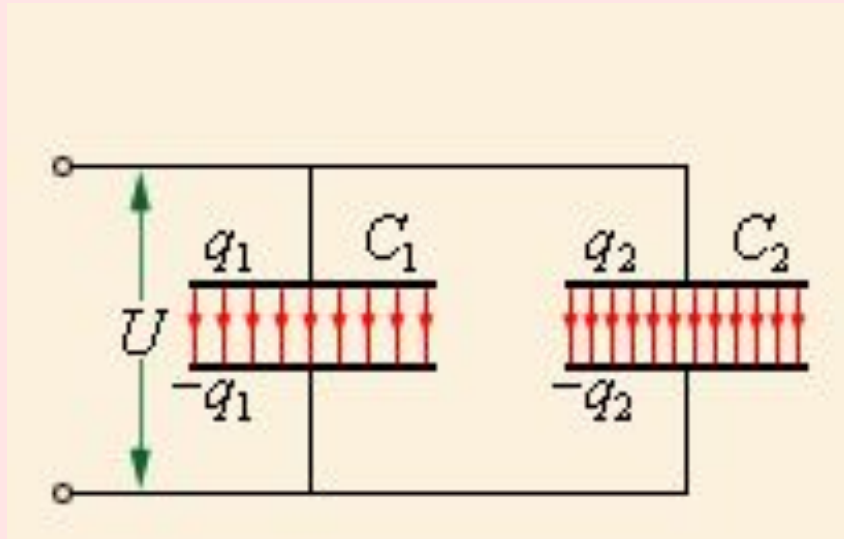
# ПОЛЕ ПЛОСКОГО КОНДЕНСАТОРА



$$E = 2E_1 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

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

# ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ



# ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

- энергия поля конденсатора

$$W_e = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{QU}{2}.$$

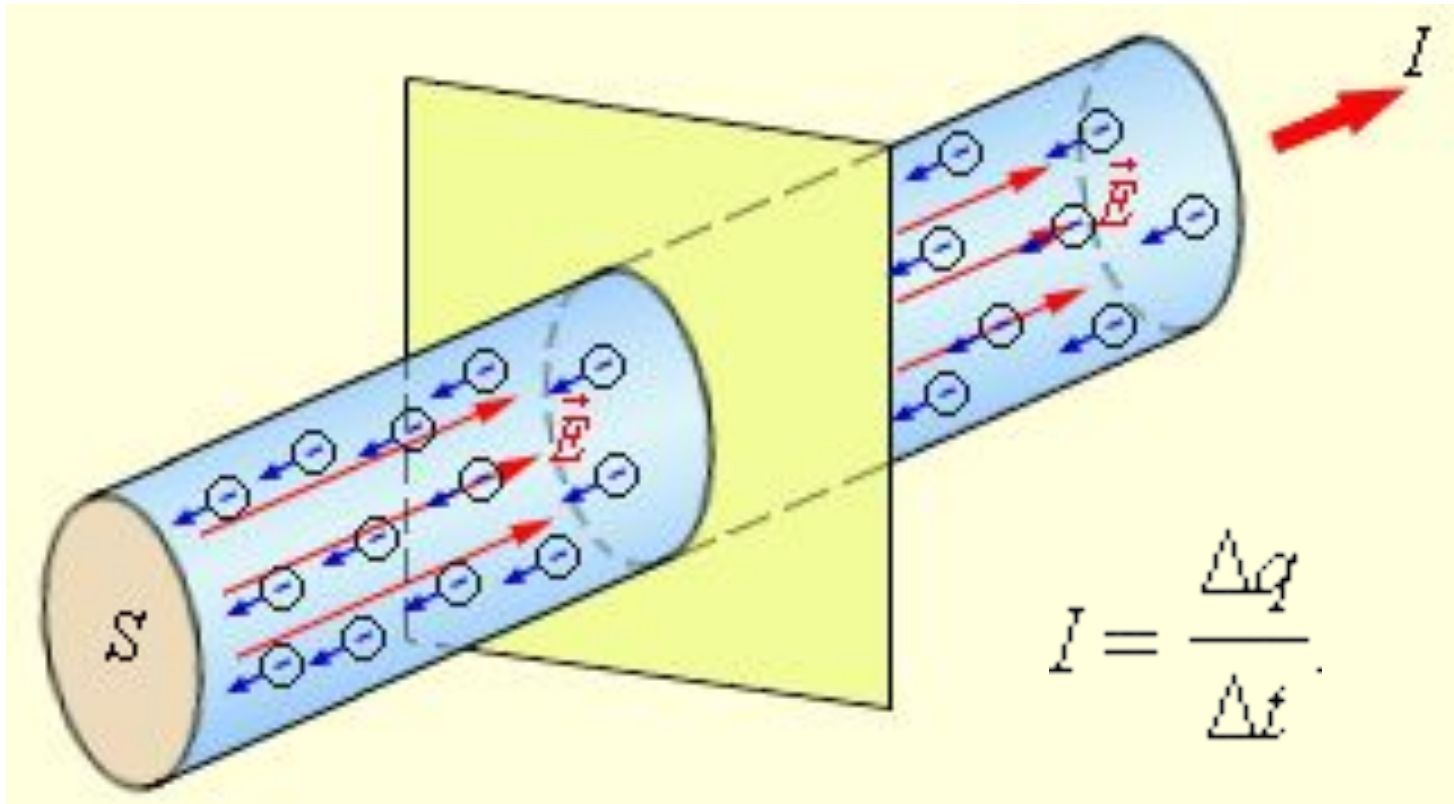
- энергия электрического поля

$$W_e = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S E^2 d^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} V,$$

- объемная плотность энергии поля

$$w_e = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2},$$

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК



упорядоченное движение электронов в  
металлическом проводнике и ток

# ЗАКОН ОМА (для участка цепи)

сила тока  $I$ , текущего по однородному металлическому проводнику (т. е. проводнику, в котором не действуют сторонние силы), пропорциональна напряжению  $U$  на концах проводника:

$$I = \frac{1}{R}U \quad \text{или} \quad RI = U,$$

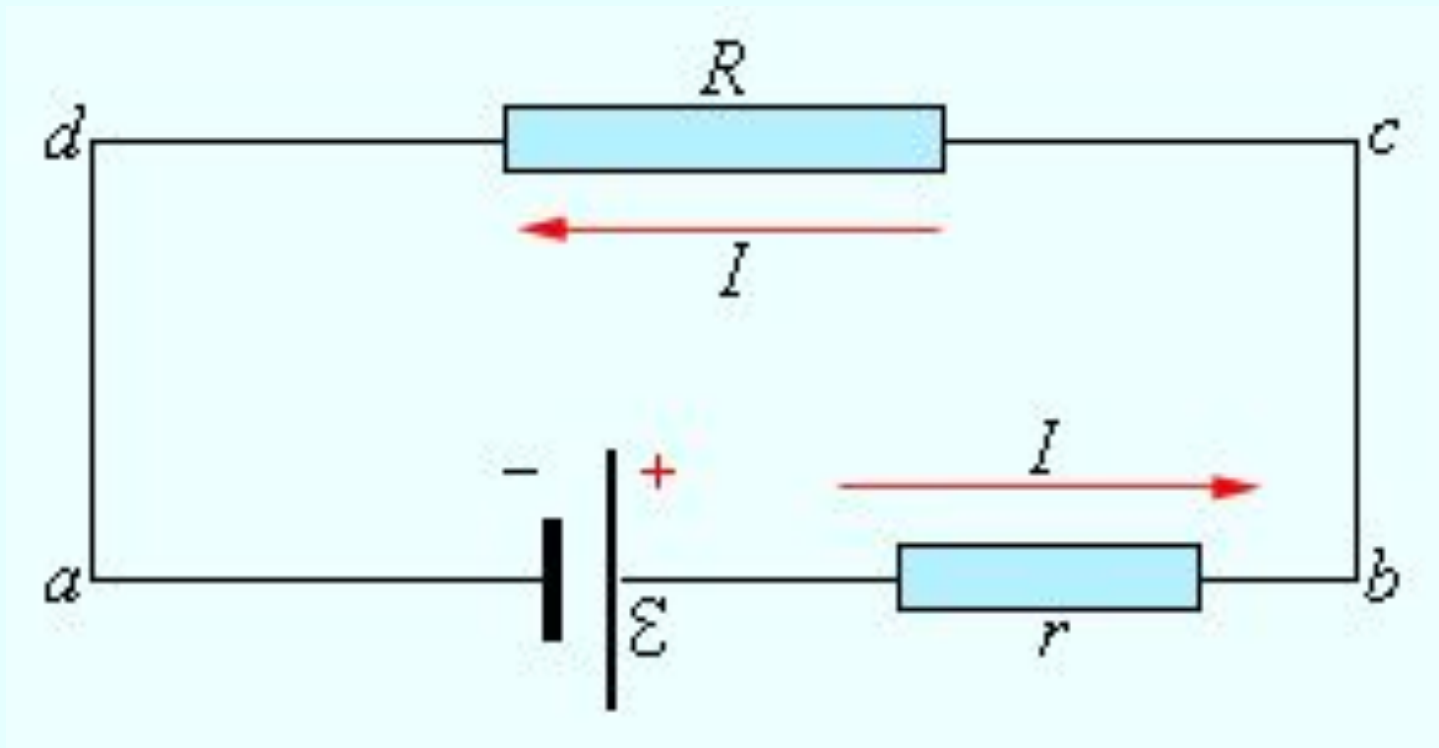


# ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА

физическая величина, равная отношению работы сторонних сил при перемещении заряда  $q$  от отрицательного полюса источника тока к положительному к величине этого заряда, называется электродвижущей силой источника (ЭДС):

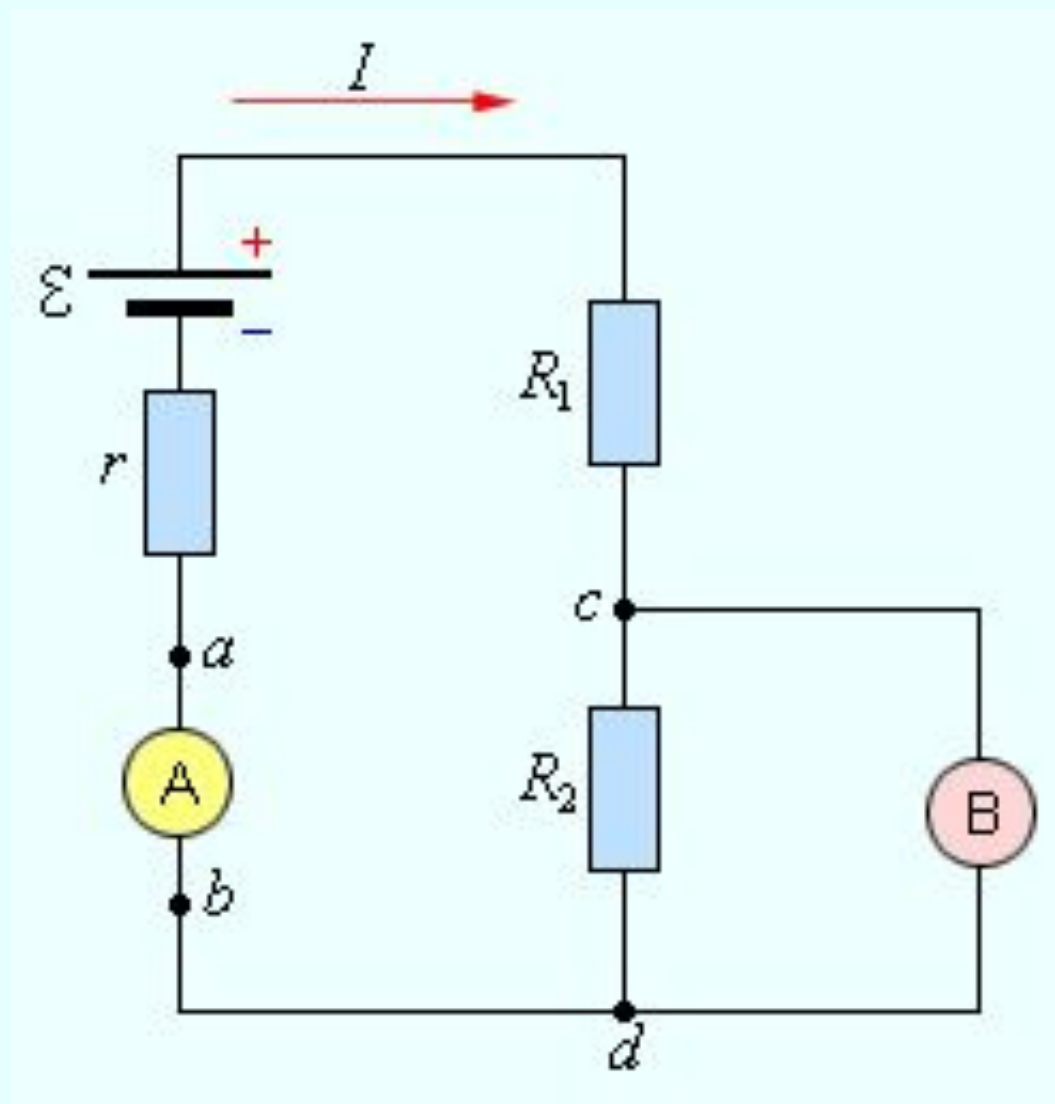
$$\text{ЭДС} = \mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q}.$$

# ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ (ЗАМКНУТОЙ) ЦЕПИ

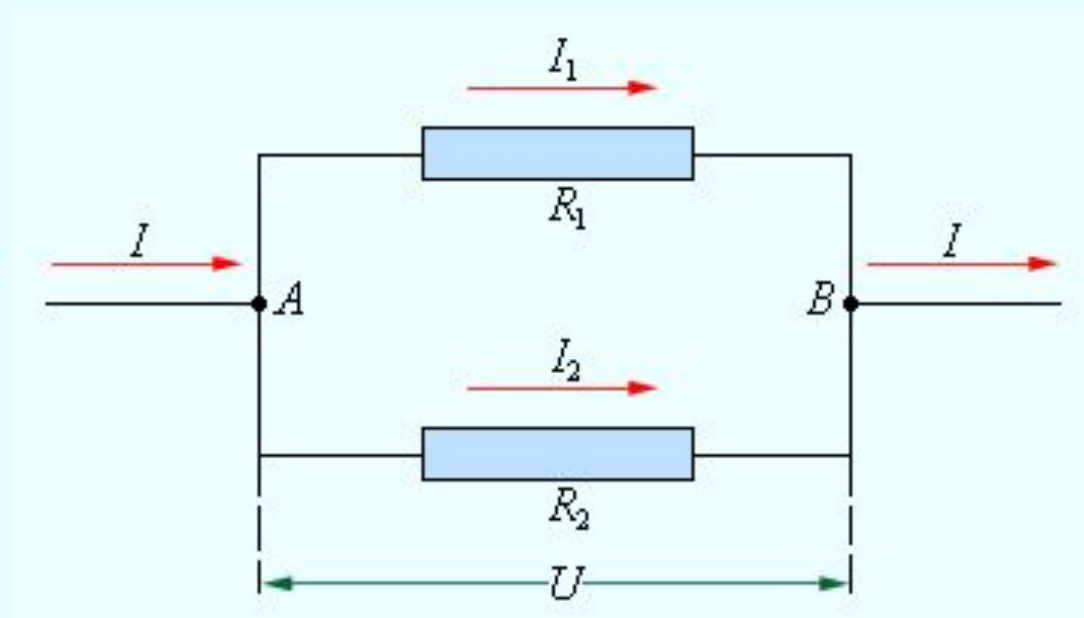
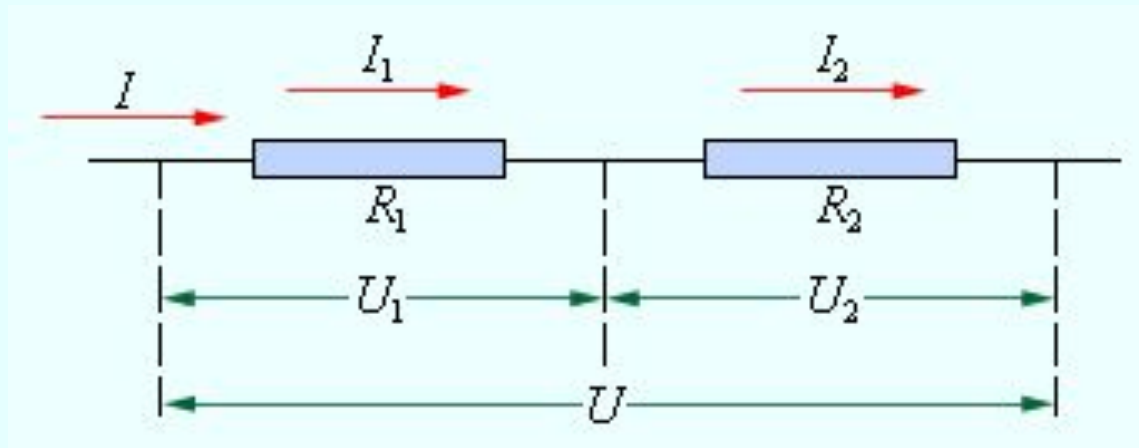


$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

# ВКЛЮЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЦЕПЬ



# ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ



# ПРАВИЛА КИРХГОФА

- 1 правило: алгебраическая сумма сил токов для каждого узла в разветвленной цепи равна нулю (следствие закона сохранения заряда)
- 2 правило: алгебраическая сумма произведений сопротивления каждого из участков любого замкнутого контура разветвленной цепи постоянного тока на силу тока на этом участке равна алгебраической сумме ЭДС вдоль этого контура.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В МЕТАЛЛАХ

