

Установочная сессия для специальности «СОДП»

**Кравцова Наталья Анатольевна
к.физ-мат.н., доцент каф. «Физика»**

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2001 (2002, 2003 и т.д.)
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2001 (2002, 2003 и т.д.)
3. Трофимова Т.И., Павлова З.Г. Сборник задач по курсу физики с решениями. – М.: Высшая школа, 2003.

**4. Чертов А.Г., Воробьёв А.А.
Задачник по физике. – М.: Высшая
школа, 2009.**

**5. Фирганг Е.В. Руководство к
решению задач по курсу общей
физики. – М.: Высшая школа, 2009**

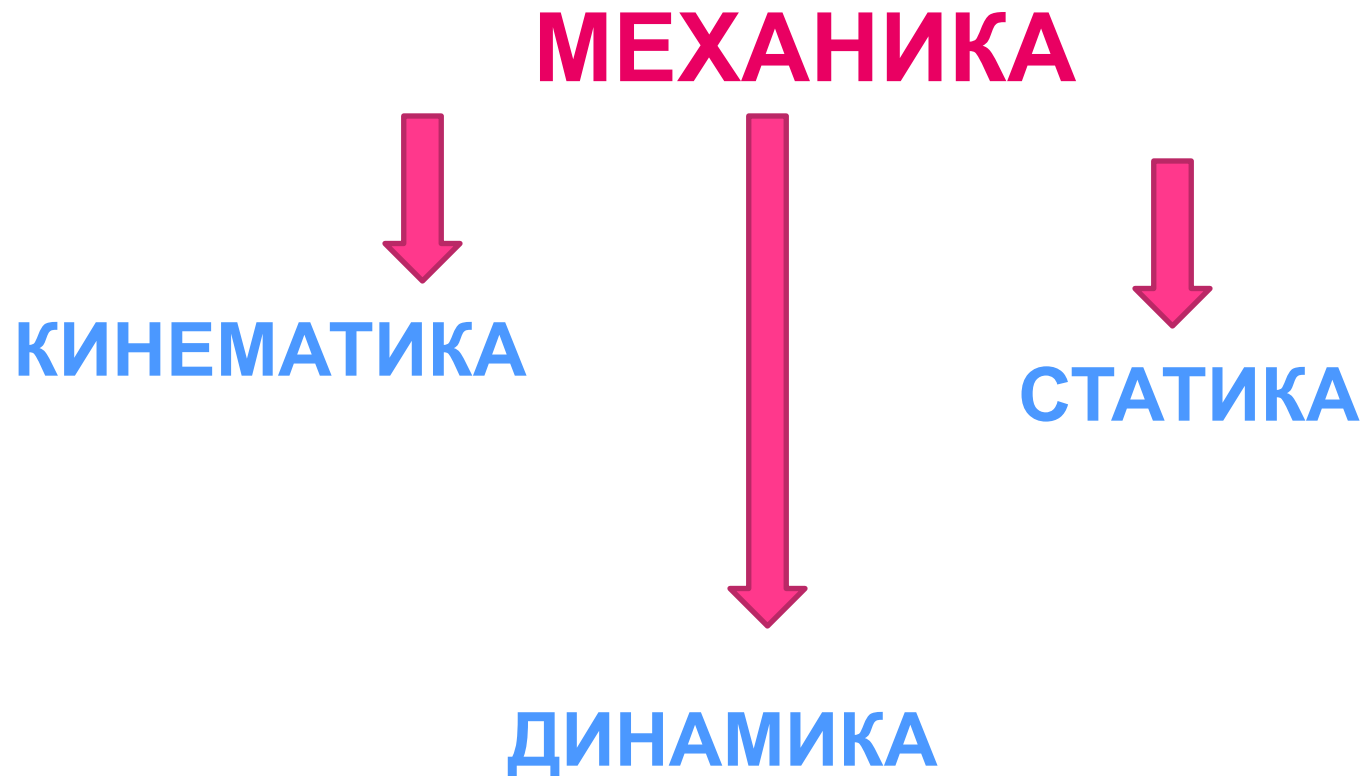
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1

**«Основы классической механики.
Молекулярная физика.
Термодинамика»**

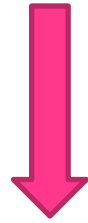
Таблица 1, № 1, 2, 3, 5, 8

Таблица 2, № 1, 3, 6

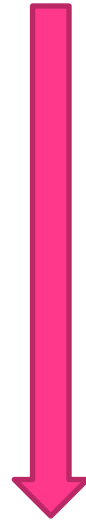
101 – 110. Основы кинематики поступательного и вращательного движений



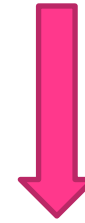
МЕХАНИКА



классическая



релятивистская



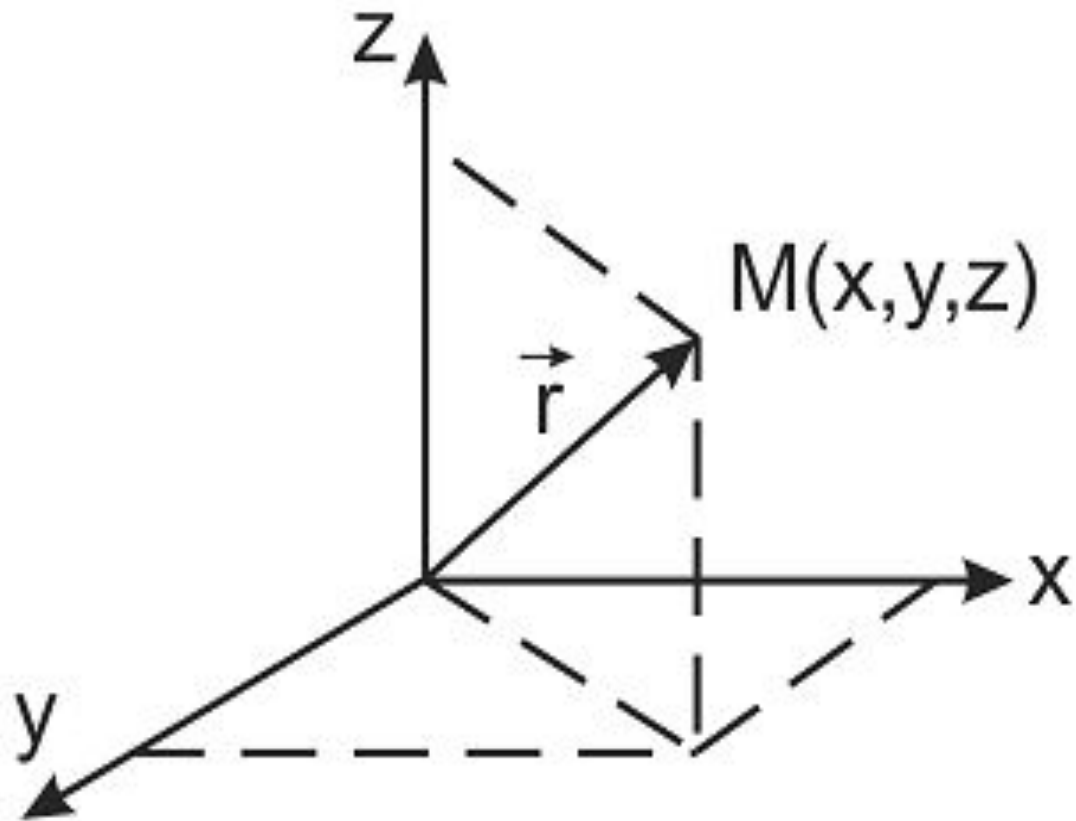
квантовая

МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА - это тело,
размеры, форма и внутренняя структура
которого в данной задаче несущественны

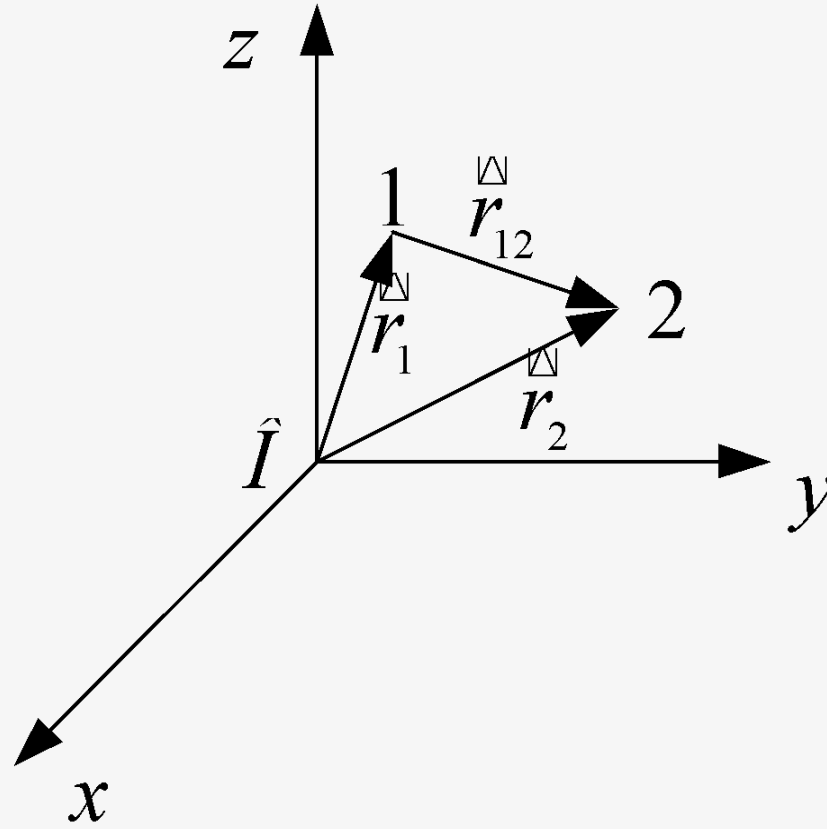
АБСОЛЮТНО ТВЕРДОЕ ТЕЛО - тело,
деформациями которого в условиях
данной задачи можно пренебречь

СИСТЕМА ОТСЧЕТА

- ◆ ТЕЛО ОТСЧЕТА
- ◆ СИСТЕМА КООРДИНАТ
- ◆ ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ВРЕМЕНИ



$$\mathbf{r} = ix + jy + kz.$$



$$\mathbf{r}_{12} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$$

Вектор средней скорости

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Мгновенная скорость

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$$

$$v = \frac{dS}{dt}$$

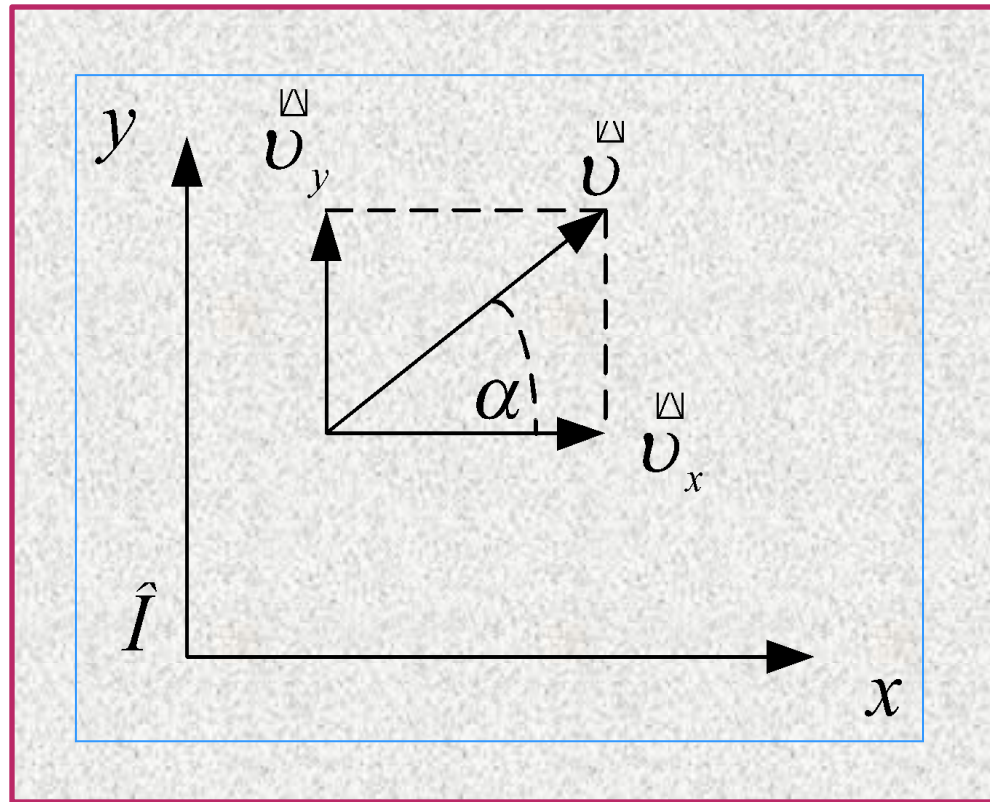
МОДУЛЬ МГНОВЕННОЙ
СКОРОСТИ

КОМПОНЕНТЫ ВЕКТОРА СКОРОСТИ

$$\vec{v} = i v_x + j v_y + k v_z$$

$$\vec{v} = \vec{r}' = i x' + j y' + k z'$$

$$v_x = x', \quad v_y = y', \quad v_z = z'$$



$$\vec{u} = \vec{u}_x + \vec{u}_y, \quad u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}, \quad u_x = u \cos \alpha, \quad u_y = u \sin \alpha, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{u_x}{u_y}$$

СРЕДНЯЯ ПУТЕВАЯ СКОРОСТЬ

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

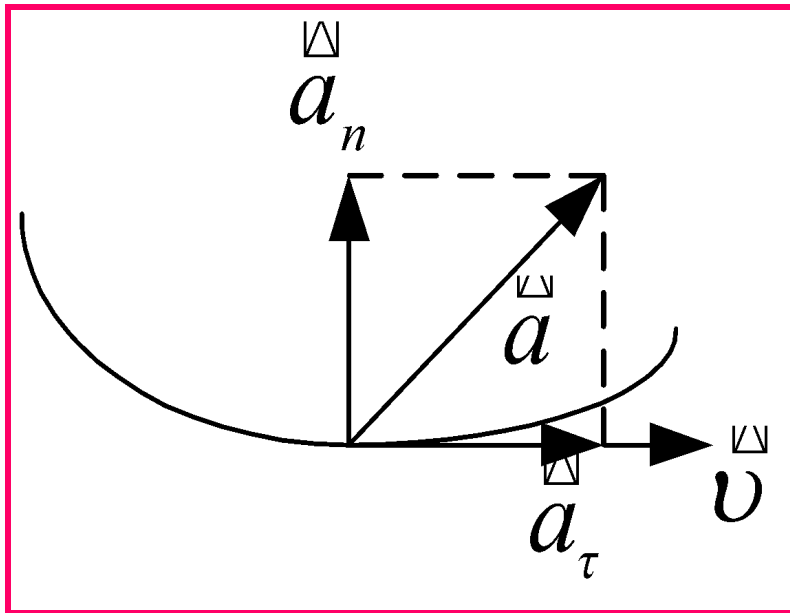
СРЕДНЕЕ

УСКОРЕНИЕ

$$\langle a \rangle = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

МГНОВЕННОЕ УСКОРЕНИЕ

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{v}' = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{r}''$$

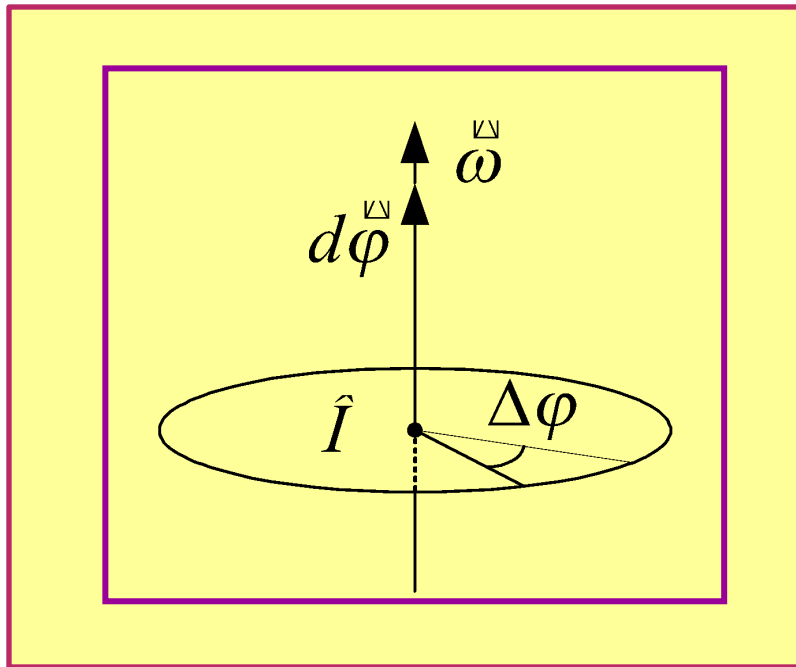


$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt}$$

$$a_n = \frac{v^2}{r}$$

$$\vec{a} = \vec{a}_{\tau} + \vec{a}_n$$

$$a = \sqrt{a_{\tau}^2 + a_n^2}$$



$\vec{\omega}$

вектор
угловой
скорости

$\vec{\varepsilon}$

- угловое
ускорение

$$\vec{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} im \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$$

$$\vec{\varepsilon} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} im \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}$$

$$\overset{\Delta}{v} = \left[\overset{\Delta}{\omega} \overset{\Delta}{r} \right]$$

$$v = \omega r$$

$$\overset{\Delta}{a}_{\tau} = \left[\overset{\Delta}{\varepsilon} \overset{\Delta}{r} \right]$$

$$a_{\tau} = \varepsilon r$$

$$\overset{\Delta}{a}_n = \left[\overset{\Delta}{\omega} \overset{\Delta}{v} \right]$$

$$a_n = \omega^2 r$$

111 – 120. Импульс. Закон сохранения импульса

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

импульс тела

$$\vec{F} = 0 \quad \frac{d\vec{P}}{dt} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{P} = const$$

**суммарный импульс замкнутой
системы частиц остается
ПОСТОЯННЫМ**

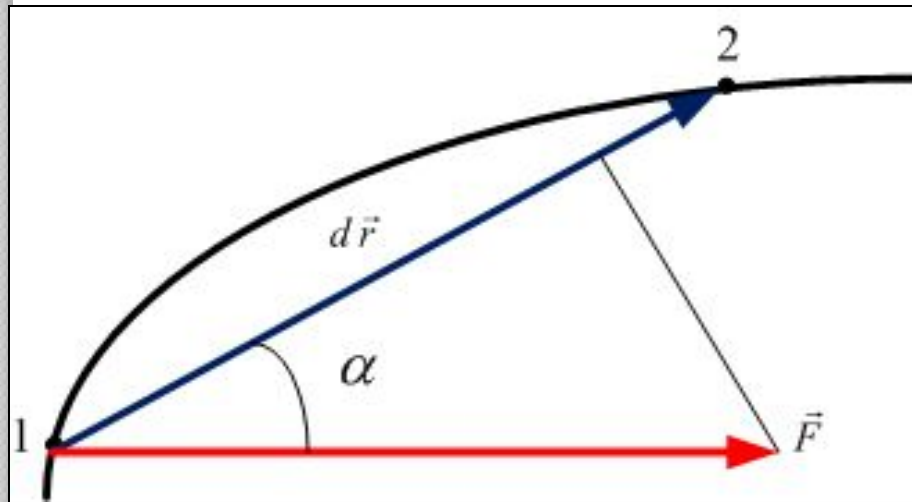
$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$$

m_1, m_2 – массы взаимодействующих тел, кг

\vec{v}_1, \vec{v}_2 – скорости тел до столкновения, м/с

\vec{v}_1', \vec{v}_2' – скорости тел после столкновения, м/с

121 -130. Механическая работа. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии. Закон сохранения импульса.



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

$$\delta A = F dr \cos \alpha$$

$$F \cos \alpha = F_r$$

$$\delta A = F_r dr$$

$$A = \int \vec{F} d\vec{r} = \int F_r dr$$

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

кинетическая
энергия

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

потенциальная
энергия
деформированного
тела

$$W_p = mgh$$

потенциальная
энергия тела,
поднятого над
Землей

$$W = W_k + W_p$$

**полная
механическая
энергия**

**ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ**

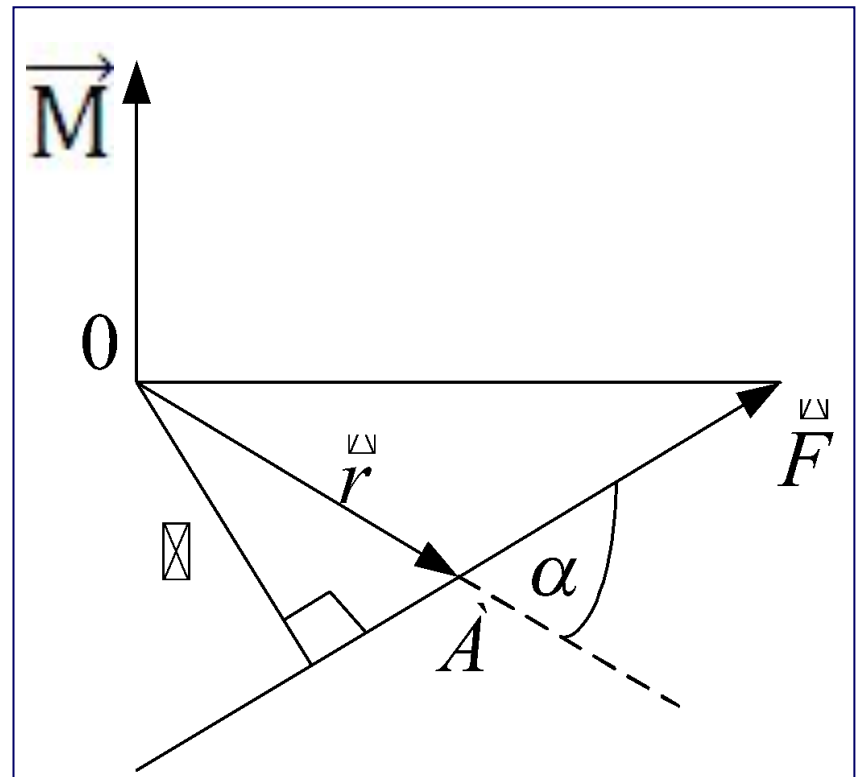
$$W = W_k + W_p = \textit{const}$$

**Если на тело действуют только
консервативные силы, полная энергия
системы сохраняется**

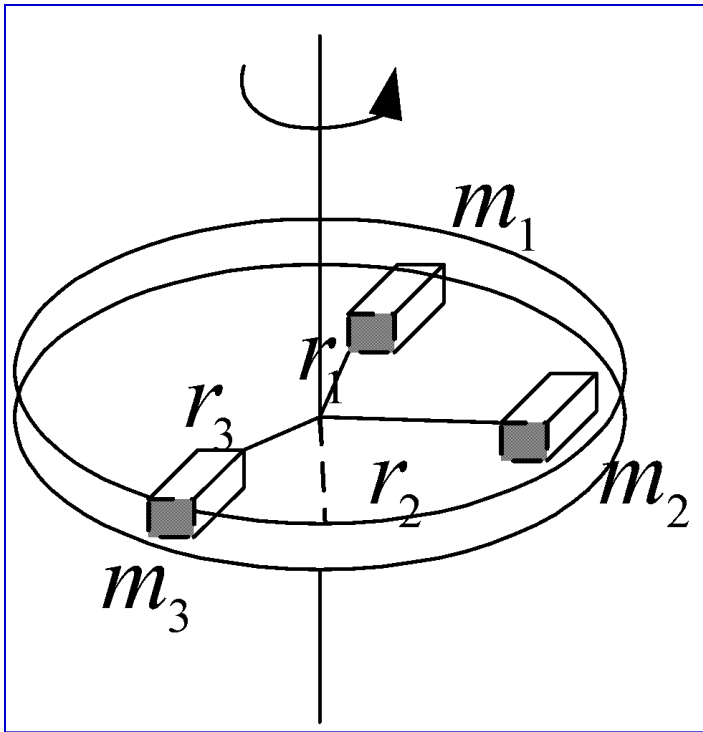
141 – 150. Динамика твердого тела.
Момент инерции. Момент силы.
Основное уравнение вращательного
движения

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}]$$

МОМЕНТ СИЛЫ



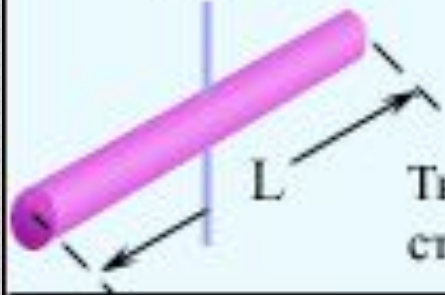
$$M = Fr \sin \alpha = F \cdot$$



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

$$J = \int_V r^2 dm = \int_V \rho r^2 dV$$

$$I_c = \frac{1}{12} ML^2$$



Твердый стержень

$$I_c = \frac{2}{5} MR^2$$



Шар

$$I_c = \frac{2}{3} MR^2$$



Тонкостенная сферическая оболочка

$$I_c = MR^2$$



Тонкостенный цилиндр

$$I_c = \frac{1}{2} MR^2$$



Диск

$$I_c = \frac{1}{4} MR^2$$

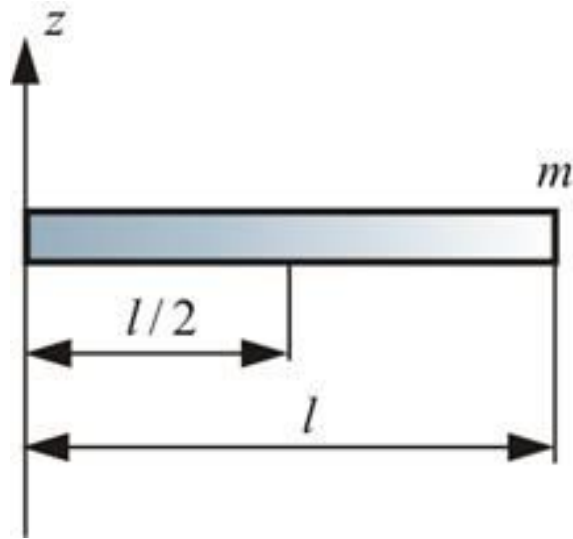


Диск

ТЕОРЕМА ШТЕЙНЕРА

$$J_z = J_c + ma^2$$

Пример применения теоремы Штейнера

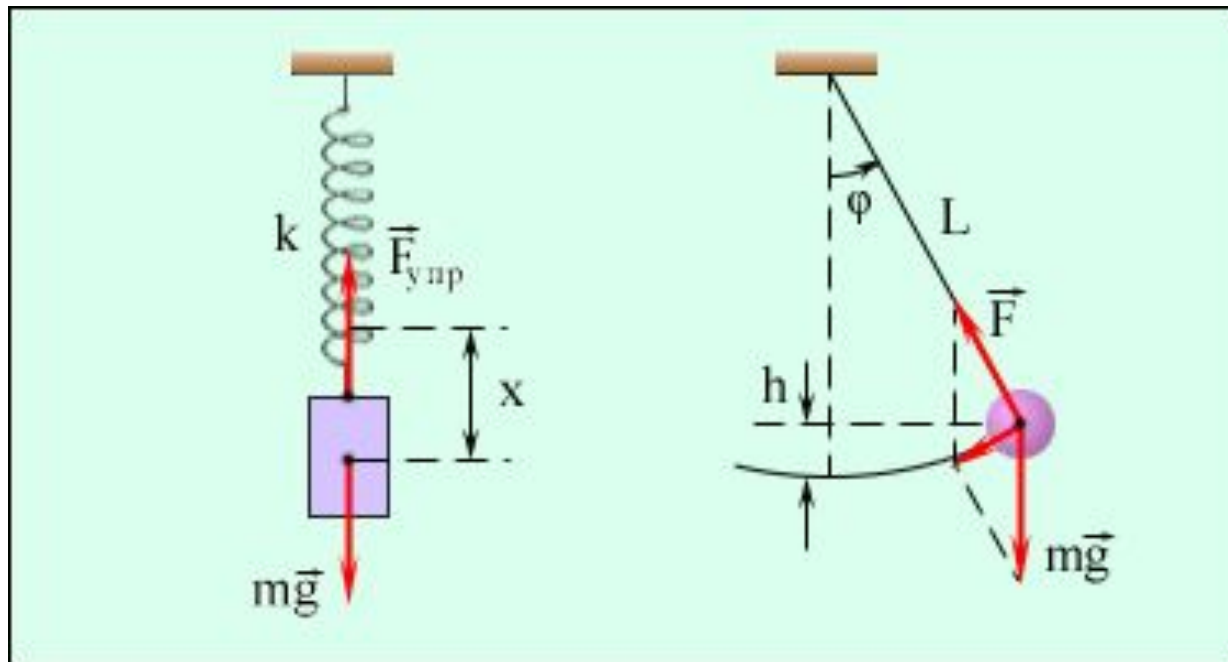


$$J = \frac{m l^2}{12} + m \left(\frac{l}{2} \right)^2 = \frac{m l^2}{3}$$

УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ

$$J \varepsilon = M$$

171 -180. Колебания. Математический, пружинный и физический маятники. Период колебаний. Уравнение гармонических колебаний



УРАВНЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

$$S = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$S = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

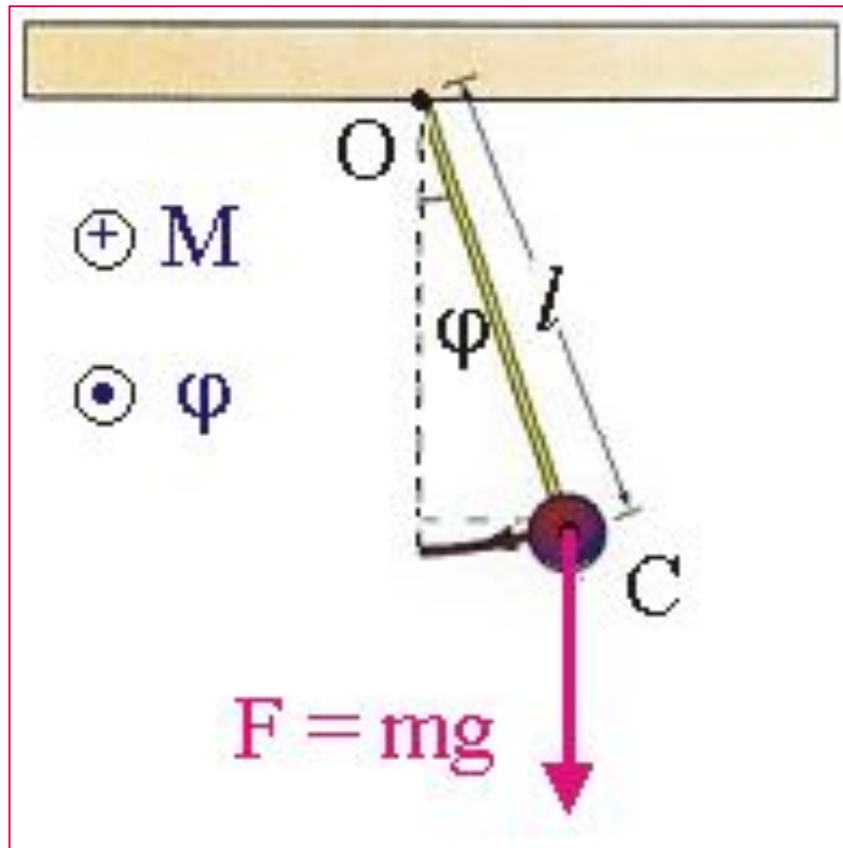
$$\varphi = (\omega_0 t + \varphi_0) \quad \text{фаза колебаний}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{период колебаний}$$

$$\omega = 2\pi\nu$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$



$$\omega_0 = \sqrt{\frac{mgl}{J}}$$

201 – 210. Основные физические величины, характеризующие молекулы.

ν количество вещества

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

n концентрация молекул

$$n = \frac{N}{V}$$

ρ

ПЛОТНОСТЬ ВЕЩЕСТВА

$$\rho = \frac{m}{V}$$

m_0

МАССА МОЛЕКУЛЫ

$$m_0 = \frac{m}{N}$$

Основное уравнение МКТ

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \langle v^2 \rangle$$

$$p = \frac{2}{3} n \langle E_{\text{пост}} \rangle$$

$$\langle E_{\text{пост}} \rangle = \frac{3}{2} kT$$

средняя кинетическая энергия
поступательного движения
молекул

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

постоянная
Больцмана

$$p = nkT$$

**221 – 230. Основы термодинамики.
Внутренняя энергия идеального газа.
Кинетическая энергия поступательного и
вращательного движения молекул.**

**число степеней свободы
число независимых переменных,
полностью определяющих положение
системы в пространстве**

ОДНОАТОМНАЯ

$$i = 3$$

ДВУХАТОМНАЯ

$$i = 5$$

ТРЕХАТОМНАЯ

$$i = 6$$

**энергия, приходящаяся на одну степень
свободы**

$$\langle \varepsilon_1 \rangle = \frac{1}{2} kT$$

средняя кинетическая энергия молекулы

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2} kT$$

внутренняя энергия 1 моль идеального газа

$$U_m = \frac{i}{2} k T N_A = \frac{i}{2} R T$$

внутренняя энергия произвольной массы газа

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R T = \frac{i}{2} \nu R T$$

251 – 260. Первое начало термодинамики и его применение к изопроцессам

$$Q = \Delta U + A$$

$$\delta A = p dV$$

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

**ЭЛЕМЕНТАРНАЯ
РАБОТА**

**РАБОТА ПРИ
ИЗМЕНЕНИИ
ОБЪЕМА**

Изотермический процесс

$$m = \text{const}$$

$$T = \text{const}$$

Закон Бойля - Мариотта

$$PV = \text{const}$$

$$Q = A$$

Изобарический процесс

$$m = \text{const} \quad p = \text{const}$$

Закон Гей-Люссака

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

$$Q = \Delta U + A$$

Изохорический процесс

$$m = \text{const} \quad V = \text{const}$$

Закон Шарля

$$\frac{p}{T} = \text{const}$$

$$Q = \Delta U$$

Адиабатический процесс

$$Q = 0$$

$$pV^\gamma = \text{const}$$

УРАВНЕНИЕ ПУАССОНА

γ показатель адиабаты

$$\gamma = 1,67$$

одноатомный

$$\gamma = 1,4$$

двухатомный

$$\gamma = 1,33$$

трехатомный

Контрольная работа 2

Ч. 2. «Электростатика. Постоянный ток»

Таблица 1. № 1-8

301 - 310

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД

Физическая величина, характеризующая свойство тел или частиц вступать в электромагнитные взаимодействия и определяющая значения сил и энергий при таких взаимодействиях

Электрический заряд – фундаментальное неотъемлемое свойство элементарных частиц

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ

НАИМЕНЬШАЯ ВЕЛИЧИНА ЗАРЯДА

$e = 1,60219 \cdot 10^{-19}$ Кл – элементарный заряд

ПРОТОН – элементарная частица, входящая в состав атома и имеющая заряд $+ e$

ЭЛЕКТРОН – элементарная частица, имеющая заряд $- e$

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД КВАНТУЕТСЯ (ПРИНИМАЕТ ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ): $q = Ne$, где N – ЦЕЛОЕ ЧИСЛО

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО

ЗАРЯДА

**АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ СУММА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ЗАРЯДОВ В ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЕ ЕСТЬ
ВЕЛИЧИНА ПОСТОЯННАЯ**

$$\sum_{i=1}^n q_i = \text{const}$$

1785 г. Ш. КУЛОН

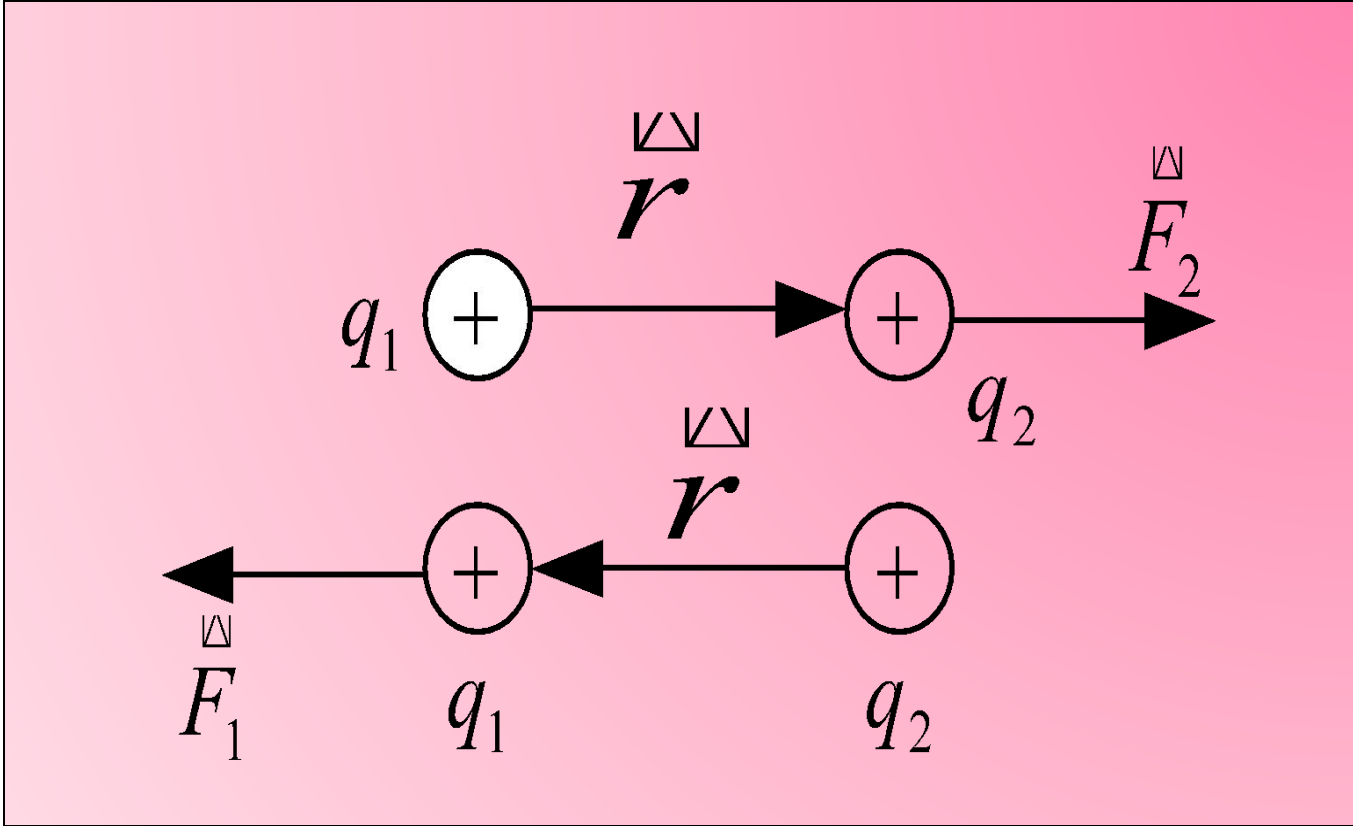
ЗАКОН ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТОЧЕЧНЫХ ЗАРЯДОВ

В ВАКУУМЕ:

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

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ М/Ф}$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/М}$$



ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ –

Силовое поле, посредством которого взаимодействуют электрические заряды

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ –

поле, создаваемое неподвижными зарядами

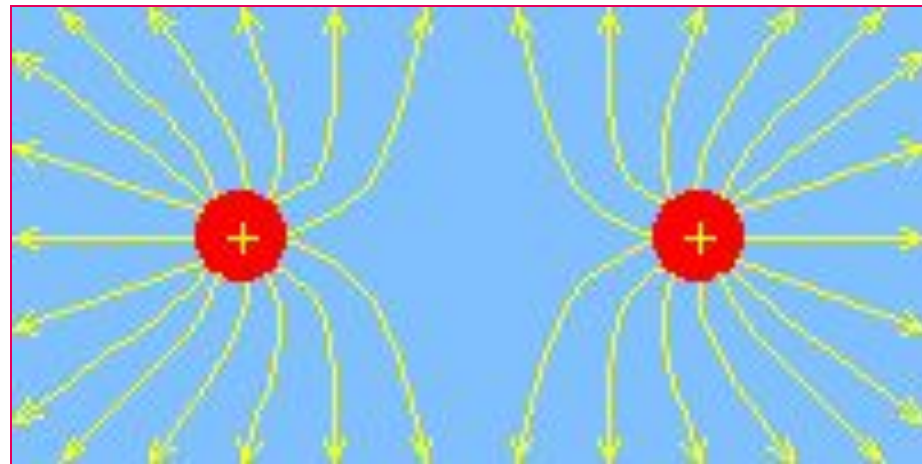
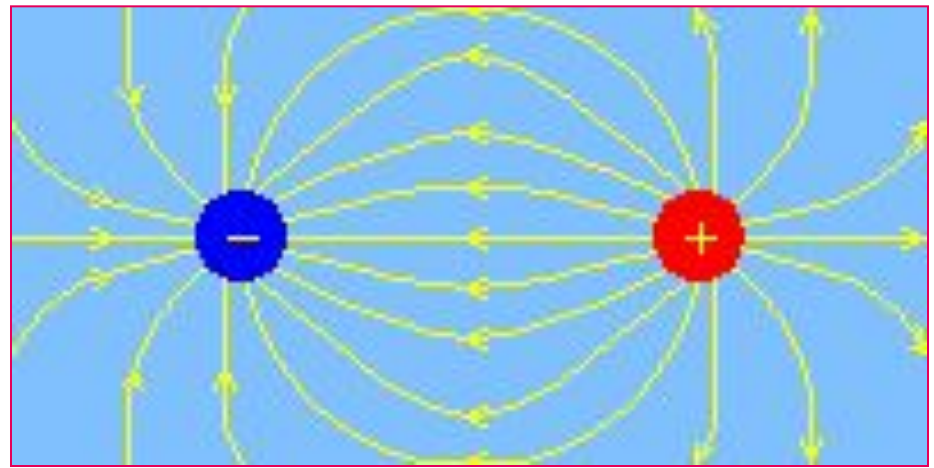
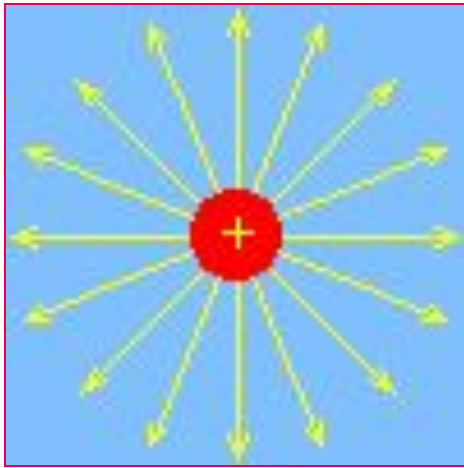
ПРОБНЫЙ ТОЧЕЧНЫЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД – ТОЧЕЧНЫЙ ЗАРЯД, НЕ ИСКАЖАЮЩИЙ СВОИМ ПРИСУТСТВИЕМ САМОГО ПОЛЯ

НАПРЯЖЕННОСТЬ E

$$E = \frac{F}{Q_0}$$

НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ ТОЧЕЧНОГО ЗАРЯДА

$$E = k \frac{q}{r^2}$$



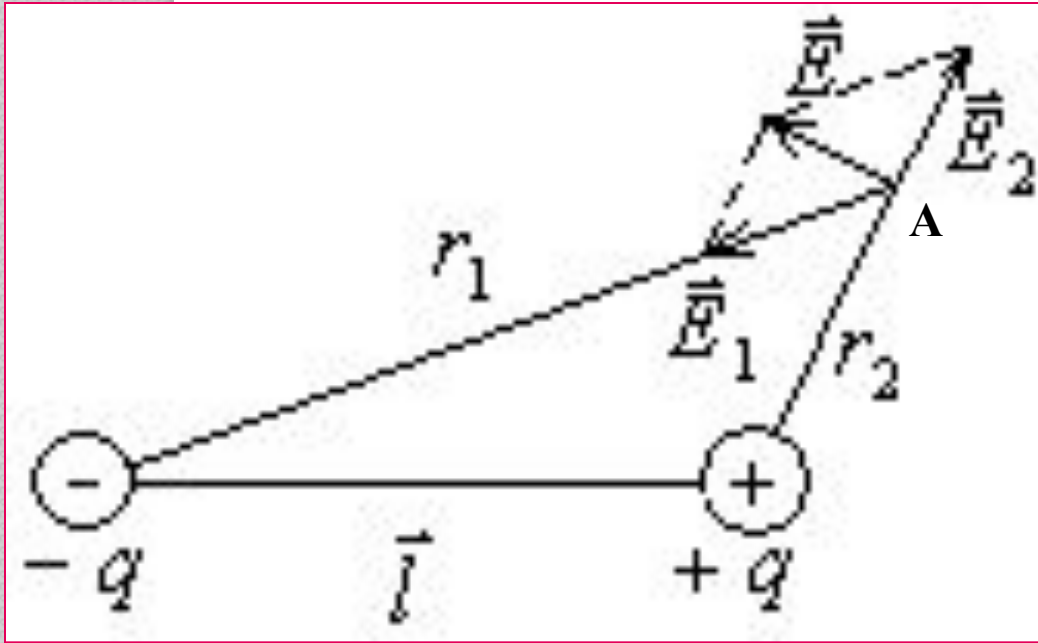
на заряд q , находящийся в поле с напряженностью E , действует сила:

$$F = qE$$

принцип суперпозиции
электрических полей

$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i$$

Пример расчета электрических полей



$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$E_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_1^2}$$

$$E_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_2^2}$$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos \alpha}$$

$$l^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos \alpha$$

311 - 320

линейная плотность заряда – физическая величина, определяемая зарядом, приходящимся на единицу длины

$$\tau = \frac{dQ}{d\ell}$$

ПОВЕРХНОСТНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЗАРЯДА

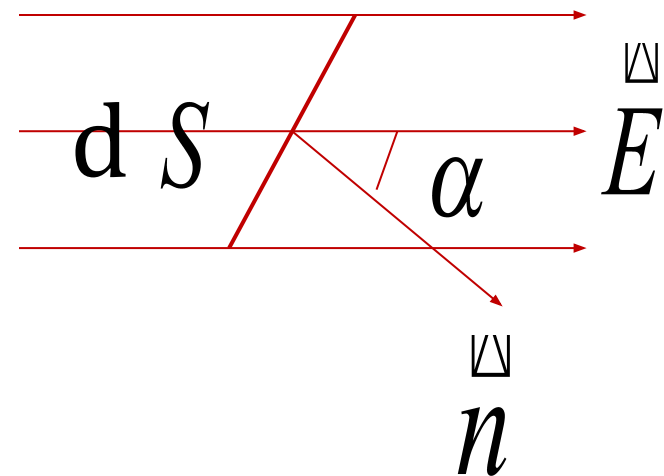
физическая величина, определяемая зарядом, приходящемся на единицу поверхности

$$\sigma = \frac{dQ}{dS}$$

321 - 330

ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

*ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ СКВОЗЬ
ПЛОЩАДКУ dS



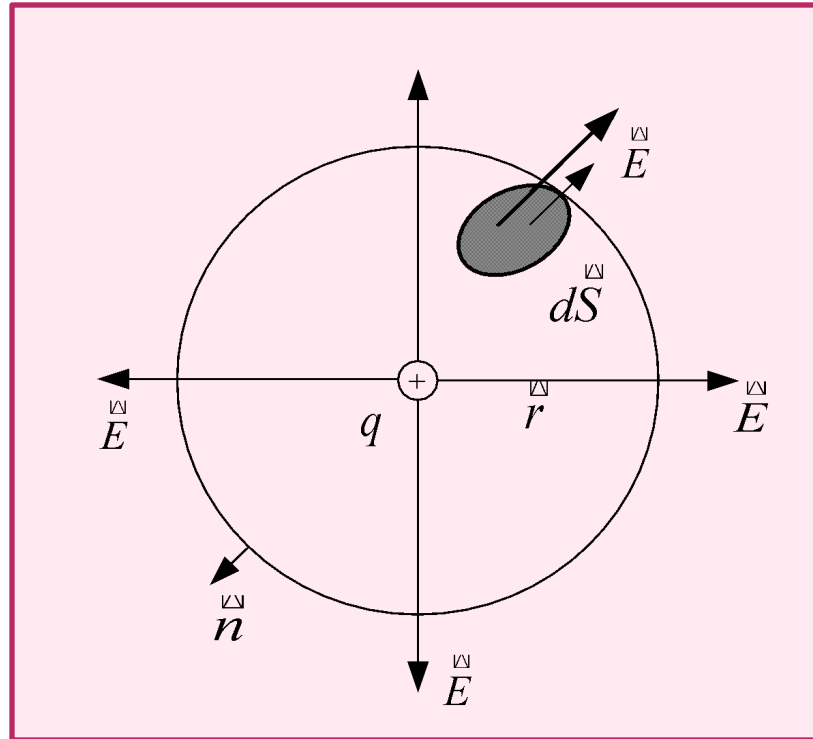
$$d\Phi_E = \vec{E} \cdot d\vec{S} = E_n dS$$

$$d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$$

***ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ СКВОЗЬ
ЗАМКНУТУЮ ПОВЕРХНОСТЬ S**

$$\Phi_E = \oint_S E_n dS = \oint_S \vec{E} \cdot \vec{dS}$$

1 В · м



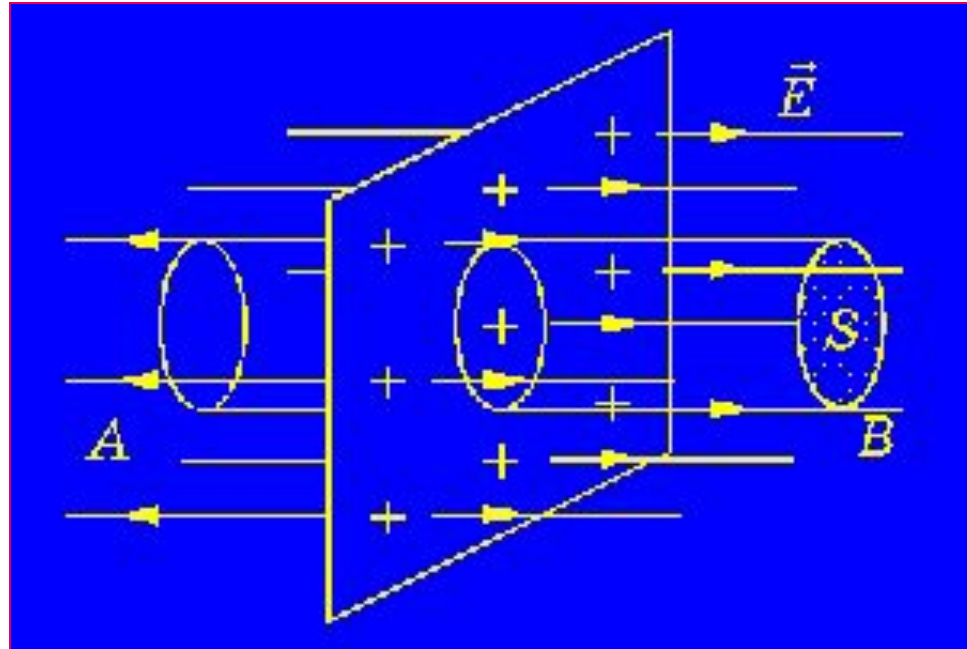
$$\Phi_E = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \oint_S E_n dS = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0}$$

ТЕОРЕМА ОСТРОГРАДСКОГО – ГАУССА

$$\Phi_E = \oint E dS = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$$

ПОЛЕ РАВНОМЕРНО ЗАРЯЖЕННОЙ, БЕСКОНЕЧНО

ПРОТЯЖЕННОЙ ПЛОСКОСТИ



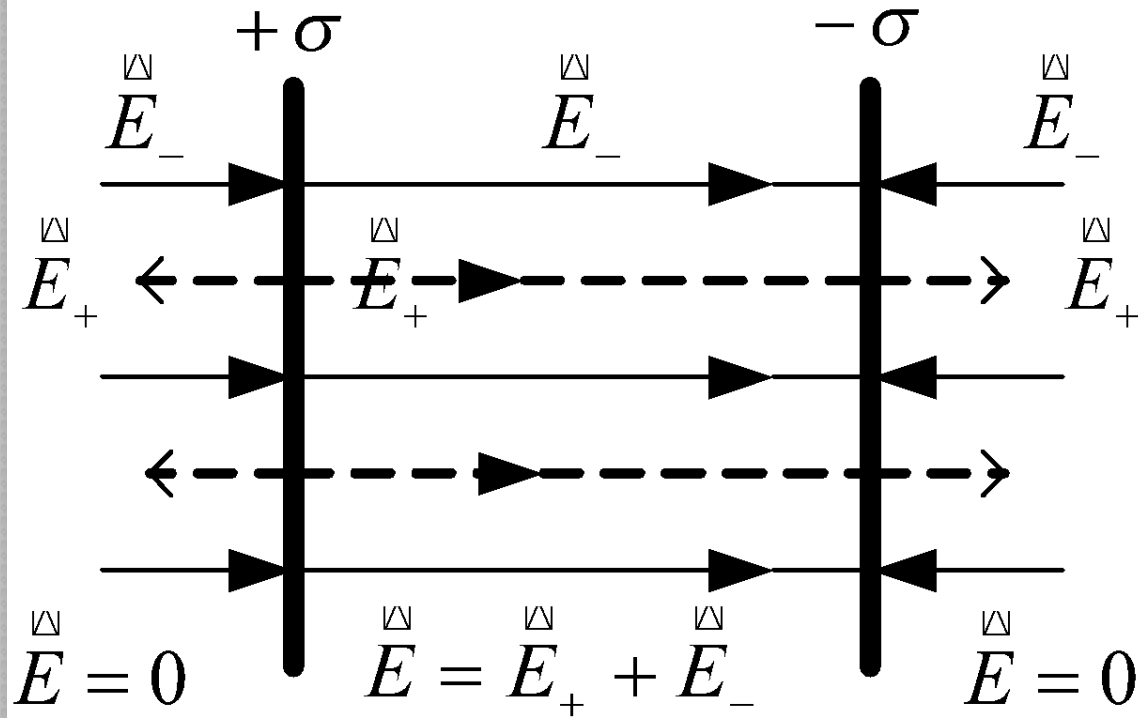
$$\Phi_E = \oint_S \vec{E} dS = \int_S \vec{E} dS_{\text{БОК}} + 2 \int_S \vec{E} dS_{\text{ОЧН}} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$\Phi_E = 2ES = \frac{q}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{q}{2\epsilon_0 S} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

ПОЛЕ МЕЖДУ ДВУМЯ БЕСКОНЕЧНО

ПРОТЯЖЕННЫМИ РАЗНОИМЕННО ЗАРЯЖЕННЫМИ

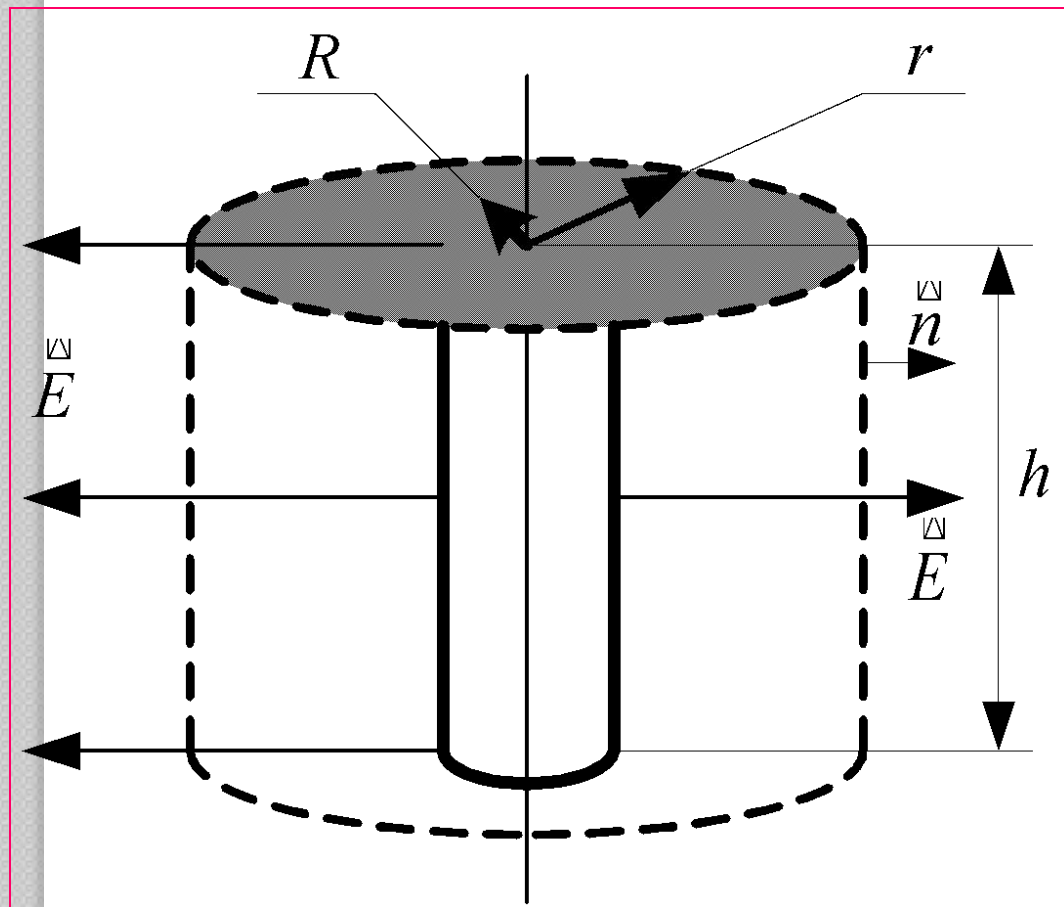
ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПЛОСКОСТЯМИ



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

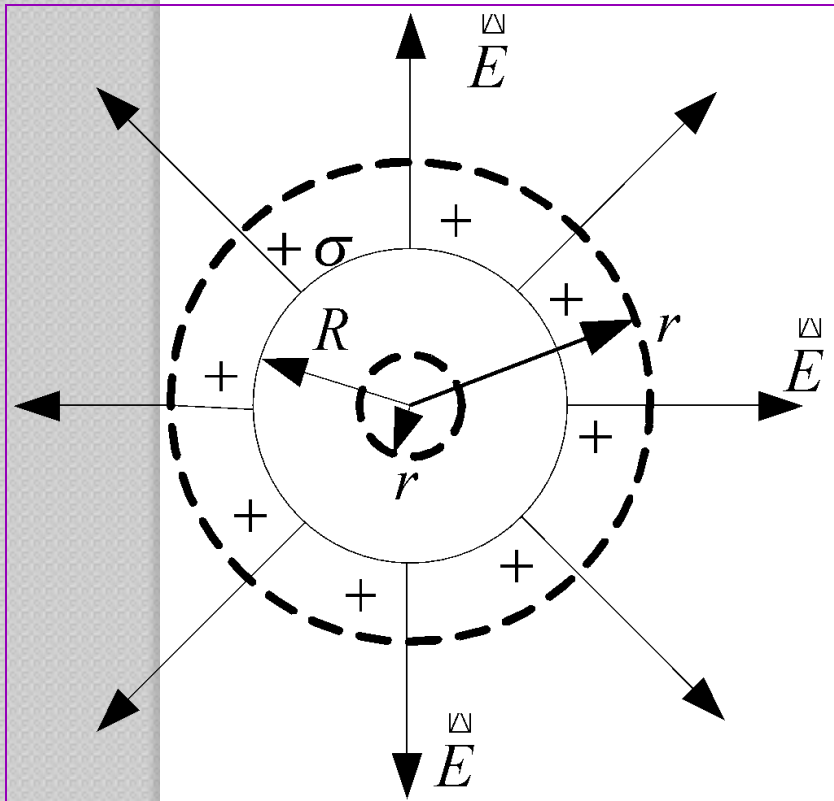
ПОЛЕ РАВНОМЕРНО ЗАРЯЖЕННОГО БЕСКОНЕЧНО

ПРОТЯЖЕННОГО ЦИЛИНДРА



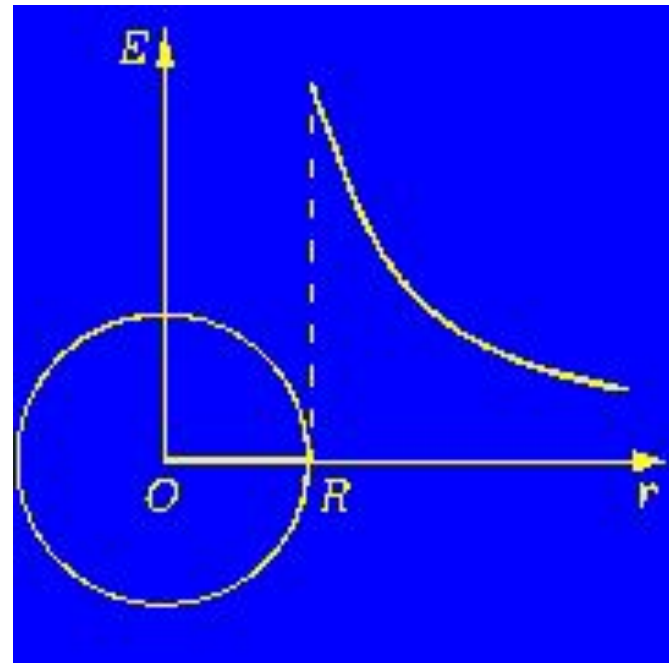
$$E = \frac{\tau}{2\pi r \epsilon_0}$$

ПОЛЕ РАВНОМЕРНО ЗАРЯЖЕННОЙ СФЕРЫ



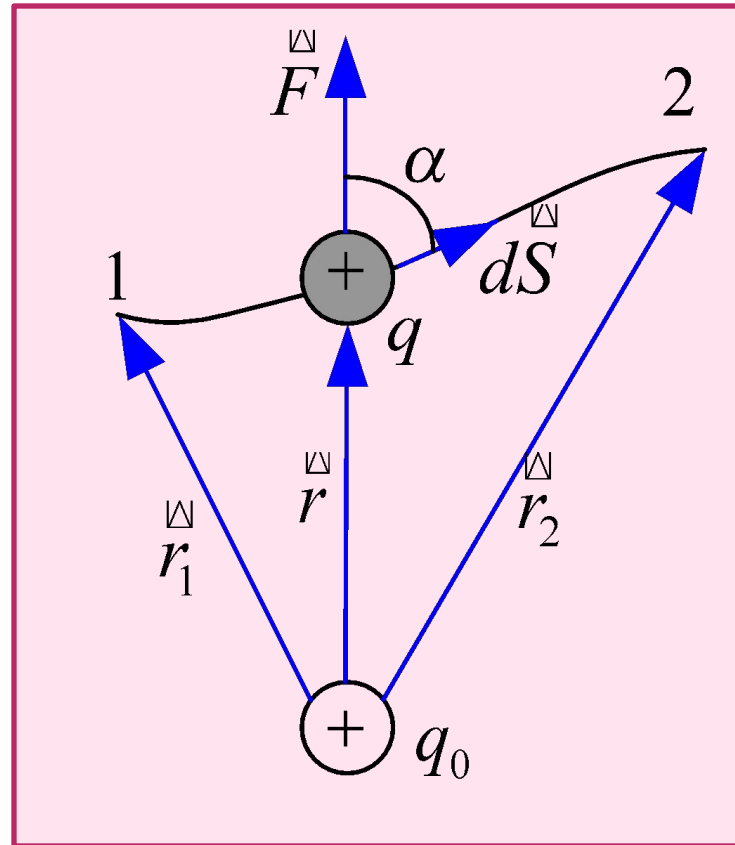
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}, \quad (r \geq R)$$

$$E = 0, \quad (r' < R)$$



331 – 340

341 – 350



$$A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{qq_0}{r_1} - \frac{qq_0}{r_2} \right)$$

потенциальная энергия точечного заряда в электростатическом поле

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r}$$

$$A_{12} = U_1 - U_2 = Q_0(\varphi_1 - \varphi_2)$$

● потенциал электростатического поля

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

$$1 \text{ В} = 1 \text{ Дж} / \text{ Кл}$$

*потенциал электростатического поля —
энергетическая характеристика поля*

потенциал поля точечного заряда

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

принцип суперпозиции электрических полей

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i}$$

351 -360

Электроемкость уединенного проводника

$$C=Q/\varphi$$

Электроемкость уединенного шара в
однородной изотропной
диэлектрической среде:

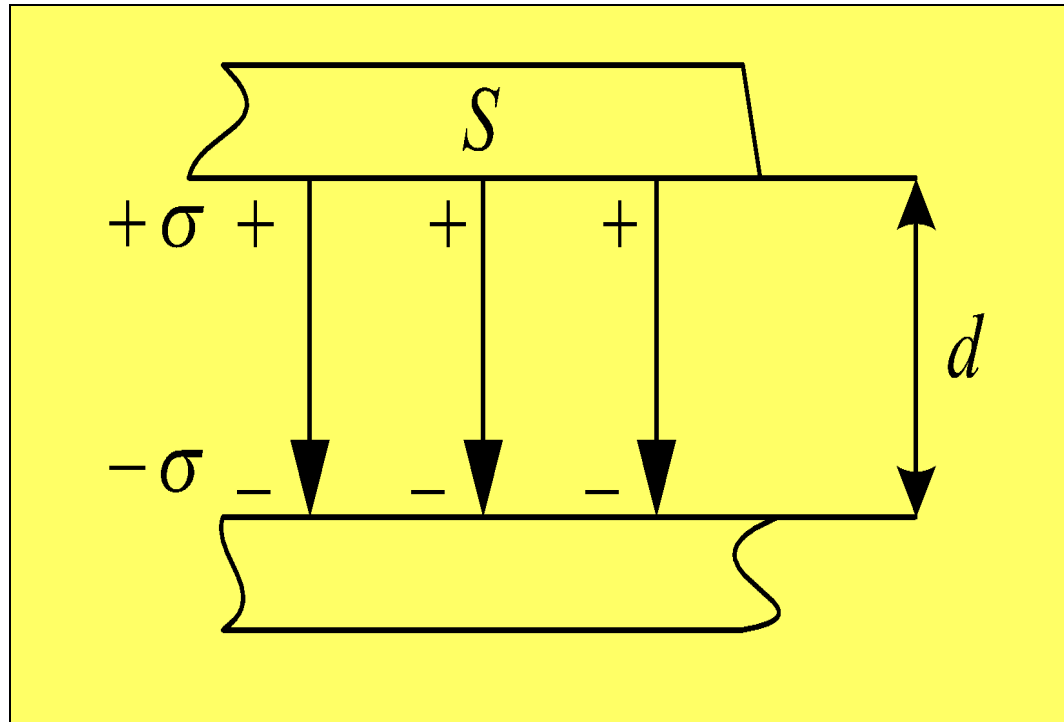
$$C=4\pi R\epsilon_0\epsilon$$

$$1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл/В}$$

$$1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф} \quad 1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$$

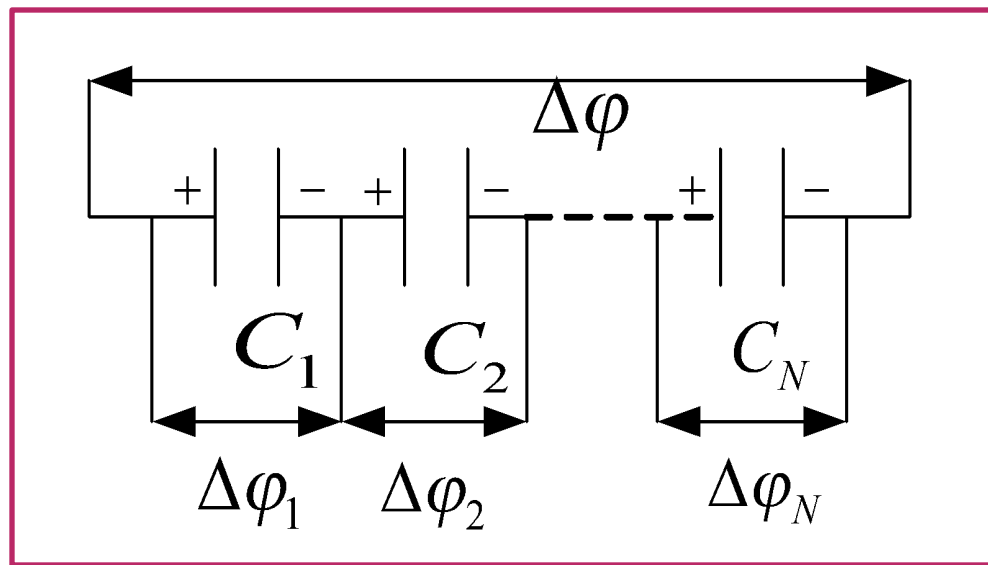
$$1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$$

ПЛОСКИЙ КОНДЕНСАТОР



$$C = \frac{Q}{\Delta\varphi} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ



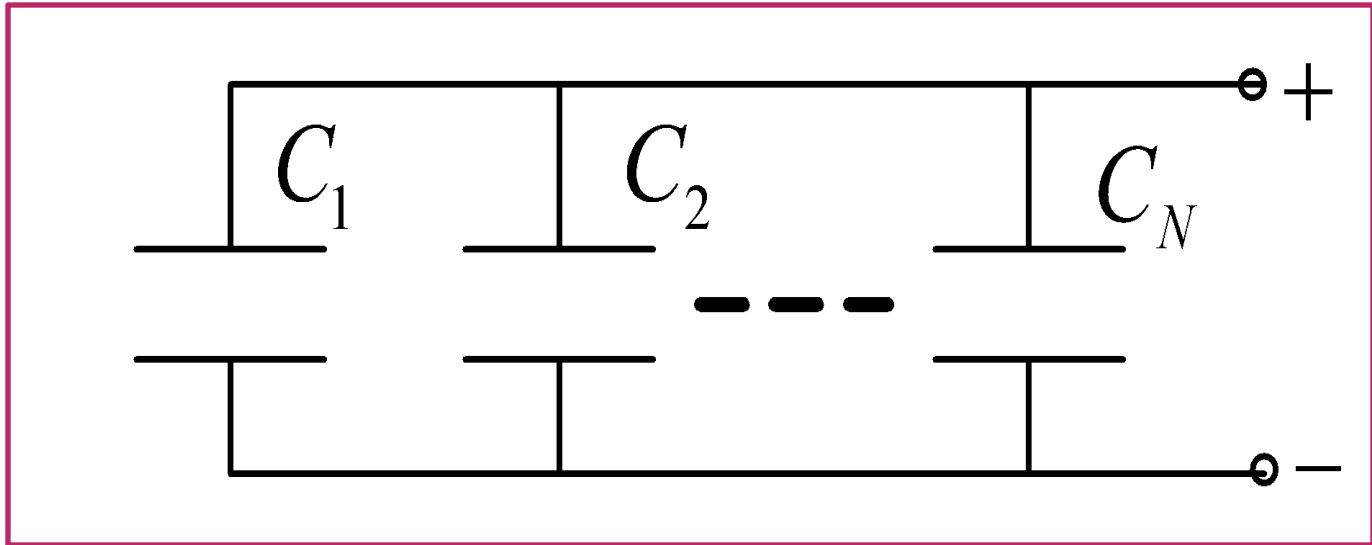
$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + \dots + \Delta\varphi_N$$

$$q = \text{const}$$

$$1/C_{\text{посл}} = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots + 1/C_N$$

$$C_{\text{посл}} = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$$

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ



$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_1 = \Delta\varphi_2 = \dots = \Delta\varphi_N$$

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_N$$

$$C_{\text{пар}} = C_1 + C_2 + \dots + C_N$$

Энергия системы заряженных тел

$$W = \frac{1}{2} \sum_i q_i \varphi_i$$

ЭНЕРГИЯ ЗАРЯЖЕННОГО ПРОВОДНИКА

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{q\varphi}{2} = \frac{C\varphi^2}{2}$$

ЭНЕРГИЯ ЗАРЯЖЕННОГО КОНДЕНСАТОРА

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

ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ
РАСПРОСТРАНЕНА В ПРОСТРАНСТВЕ
С ПЛОТНОСТЬЮ

$$w = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$$

361 - 370

- СИЛА ТОКА

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

1 A

- ПЛОТНОСТЬ ТОКА

$$j = \frac{dI}{dS_{\perp}}$$

1 A/m²

- **напряжение на участке электрической цепи (падение напряжения на участке цепи)**

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{12}$$

ЗАКОН ОМА ДЛЯ ОДНОРОДНОГО УЧАСТКА ЦЕПИ

$$I = \frac{U}{R}$$

ЗАКОН ОМА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ФОРМЕ

$$\vec{j} = \gamma \vec{E}$$

закон ома для замкнутой цепи

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

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

сопротивление
цилиндрического
проводника

$$[R] = 1 \text{ Ом}; [\rho] = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

удельная электрическая проводимость

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

$$[G] = 1 \text{ См (сиemens)}$$

$$[\gamma] = 1 \text{ См / м}$$

- РАБОТА ТОКА

$$d A = U I dt$$

- МОЩНОСТЬ, РАЗВИВАЕМАЯ ТОКОМ НА УЧАСТКЕ ЦЕПИ

$$P = U I = (\varphi_1 - \varphi_2) I + \varepsilon_{12} I$$

- МОЩНОСТЬ, ВЫДЕЛЯЕМАЯ ВО ВНЕШНЕЙ ЦЕПИ

$$P = U I = I^2 R = U^2 / R$$

- КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ (КПД)
ИСТОЧНИКА ТОКА – ОТНОШЕНИЕ ПОЛЕЗНОЙ
РАБОТЫ К ЗАТРАЧЕННОЙ РАБОТЕ

$$\eta = A_{\text{ПОЛ}} / A_{\text{ЗАТР}}$$

$$\eta = U_{\text{ВН}} / \varepsilon$$

$$\eta = R_{\text{ВН}} / (R_{\text{ВН}} + r)$$

- КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ (КПД)
ИСТОЧНИКА ТОКА – ОТНОШЕНИЕ ПОЛЕЗНОЙ
РАБОТЫ К ЗАТРАЧЕННОЙ РАБОТЕ

$$\eta = A_{\text{ПОЛ}} / A_{\text{ЗАТР}}$$

$$\eta = U_{\text{ВН}} / \varepsilon$$

$$\eta = R_{\text{ВН}} / (R_{\text{ВН}} + r)$$

371 - 380

- ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА

$$dQ = I U dt = I^2 R dt = (U^2/R)dt$$

- ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ФОРМЕ

$$w = j E = \gamma E^2$$

W – **УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ ТОКА**

*КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ, ВЫДЕЛЯЮЩЕЕСЯ ЗА ЕДИНИЦУ
ВРЕМЕНИ В ЕДИНИЦЕ ОБЪЕМА ПРОВОДНИКА*