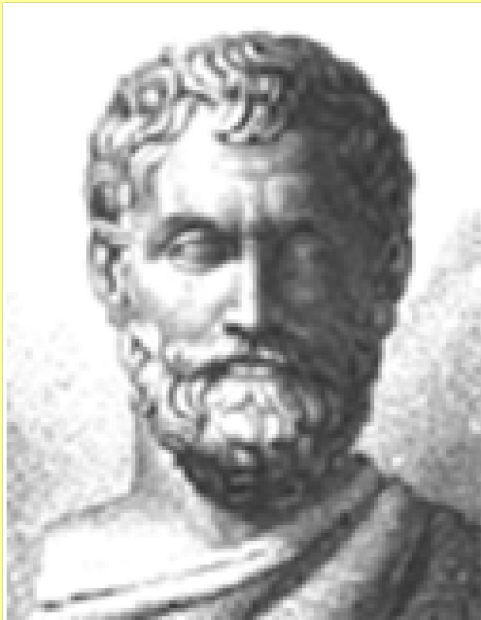


Электростатика.

Электродинамика-
раздел физики, в
котором изучают
электромагнитное
взаимодействие между
электрически
заряженными телами и
частицами.

*К созданию науки
электродинамики
привела длинная
цепь планомерных
исследований и
случайных
открытий, в чём
самое активное
участие принимали :*



В античной Греции философ Фалес, натирая меховой шкуркой янтарь, кусочек окаменевшей смолы хвойных деревьев, с удивлением наблюдал, как янтарь после этого начинал притягивать к себе перья птиц, пух и сухие листья.

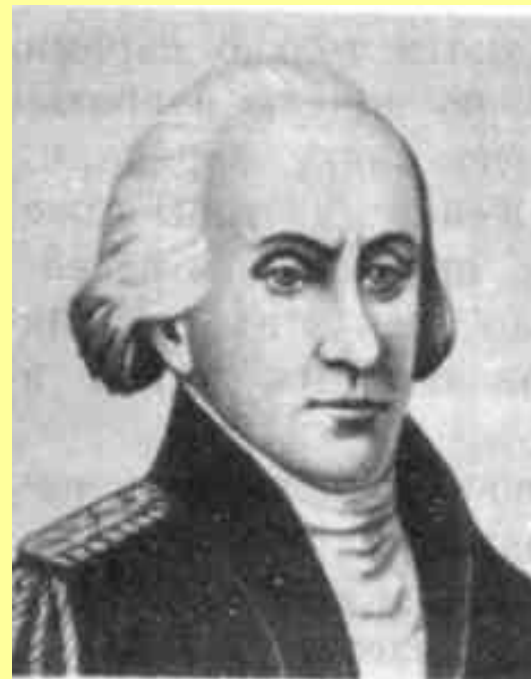
Считается, что первым учёным, аргументировано отстаивавшим точку зрения о существовании двух видов зарядов, был француз Шарль Дюфе (1698–1739). В опубликованной в 1733 г. работе он вводит термины «смоляное» и «стекольное» электричество и указывает на характер взаимодействия между одноимёнными и разноимёнными зарядами.





Куллон Шарль Огюстен (1736 – 1806) французский физик, известный своими работами по электричеству и магнетизму. Наряду с изучением взаимодействия заряженных тел Куллон исследовал взаимодействие полюсов длинных магнитов.

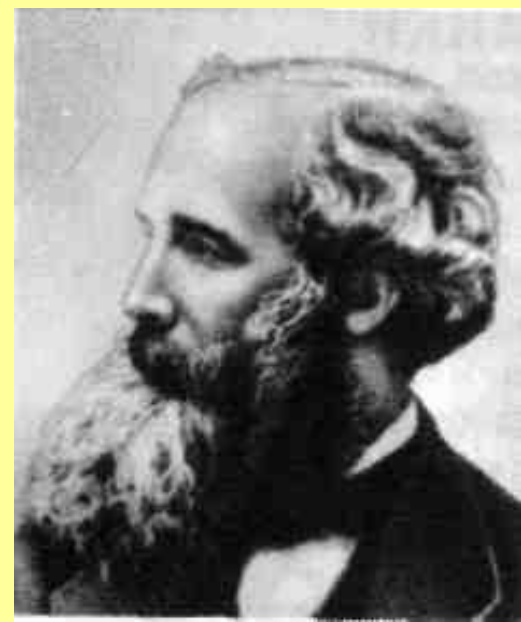
Самым убедительным оппонентом теории существования двух видов зарядов был знаменитый американец Бенджамин Франклин (1706–1790). Он первым ввёл понятие о положительных и отрицательных зарядах.





Фарадей Майкл (1791—1867) — великий английский ученый, творец общего учения об электромагнитных явлениях, в котором все явления рассматриваются с единой точки зрения. Фарадей впервые ввел представление об электрическом и магнитном полях.

Максвелл Джеймс Клерк (1831 – 1879) – великий английский физик, создатель теории электромагнитного поля. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля лежат в основе всей электродинамики, подобно тому как законы Ньютона составляют основу классической механики. Он впервые ввёл в физику представления о статических законах, использующих математическое понятие вероятности.



Электростатика

Электростатика-раздел электродинамики, изучающий взаимодействие неподвижных (статических) зарядов.

Электрический заряд.

- Электрический заряд- физическая величина, определяющая силу электромагнитного взаимодействия

- Существуют два вида электрических зарядов- положительные и отрицательные.

Заряды не

- Единица измерения- Кулон(Кл)

- Обозначение- q, Q
Элементарный электрический заряд

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

- Электрический заряд дискретен (квантован)

$$Q = ne, \quad \text{где } n - \text{ целое число.}$$

**Разноименные заряды притягиваются.
Одноименные заряды отталкиваются.**

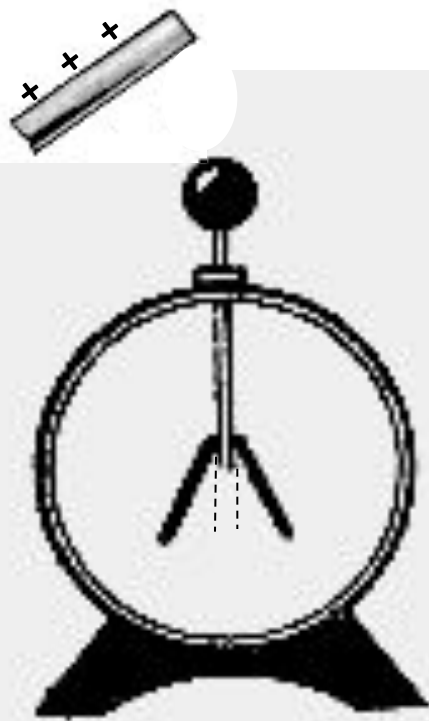
Единица заряда — кулон (1 Кл). Это заряд, проходящий за 1 с через поперечное сечение проводника при силе тока в 1 А. Минимальный заряд, существующий в природе, — заряд электрона:

$$**e = - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}**$$

Приборы для обнаружения электрического заряда

Электроскоп

Почему лепестки
из тонкой бумаги
расходятся?



Первый
электрометр
изобрёл
российский
учёный Г. Рихман

В чём
сходство

и

различие

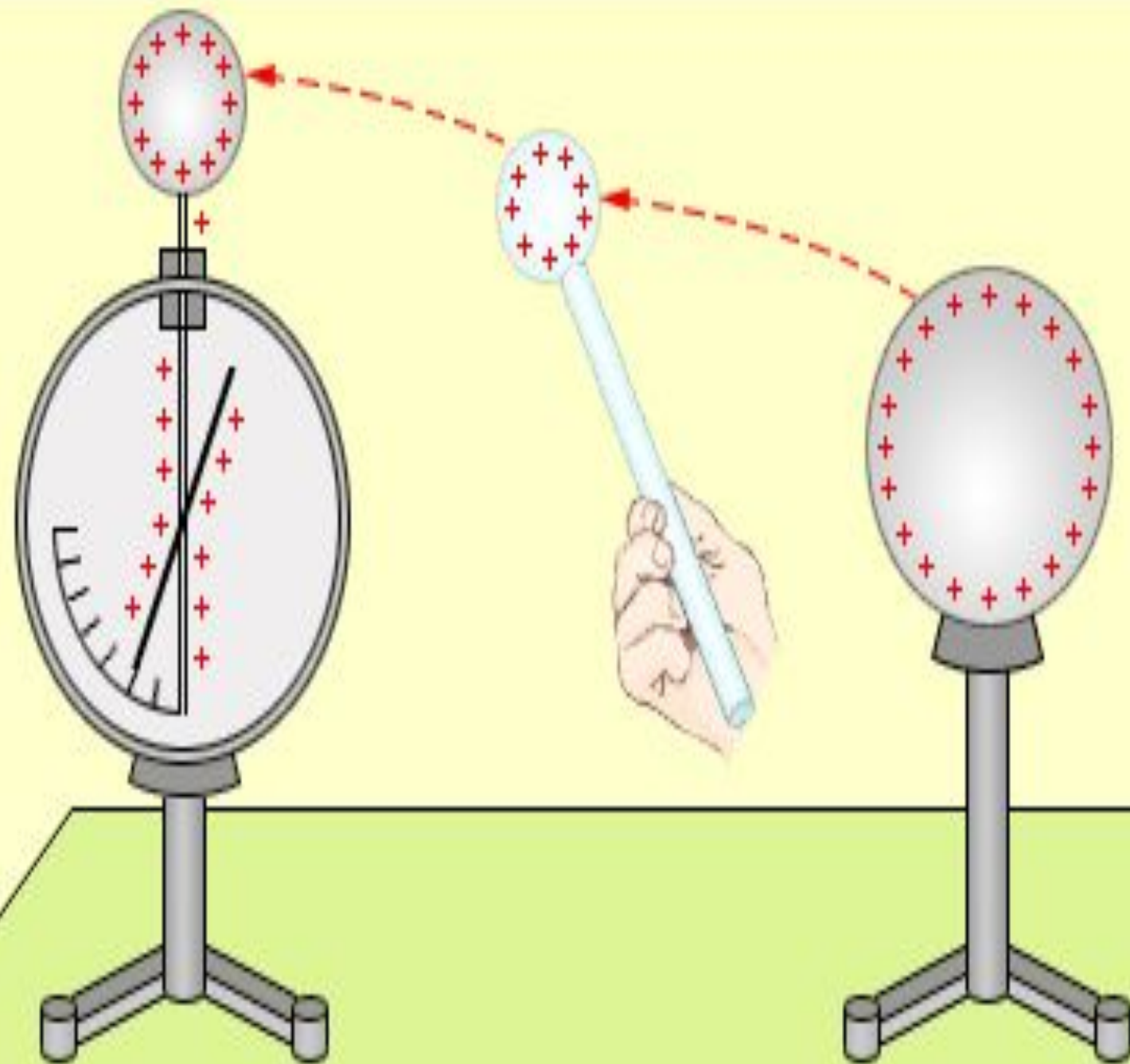
этих

приборов

?



Электрометр



Делимость электрического заряда.

Электрический заряд – физическая величина

Единица измерения
1 Кл
(Кулон)

Можно ли продолжать деление заряда бесконечно?

Опыты А.Ф. Иоффе и Р. Милликена доказали существование **самой малой заряжённой частицы.**

Эту частицу назвали **электрон.** Электрон имеет **наименьший отрицательный заряд.**

Масса электрона равна $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг

Заряд электрона равен $-1,9 \cdot 10^{-19}$ Кл



Абрам Фёдорович



Закон сохранения электрического заряда

- Электрически изолированная система тел-система тел, через границу которой не проникают заряды.
- Электрический заряд изолированной системы остается постоянным при любых физических процессах, происходящих в системе.
- *Положительные и отрицательные заряды в замкнутой системе могут возникать или исчезать, но при этом их алгебраическая сумма всегда остается постоянной.*

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const}$$

Электризация - процесс получения электрически заряженных тел из электронейтральных.

- Электризация **трением:**

- а) участвуют два тела;

- б) оба заряжаются: одно- положительно,
другое- отрицательно.

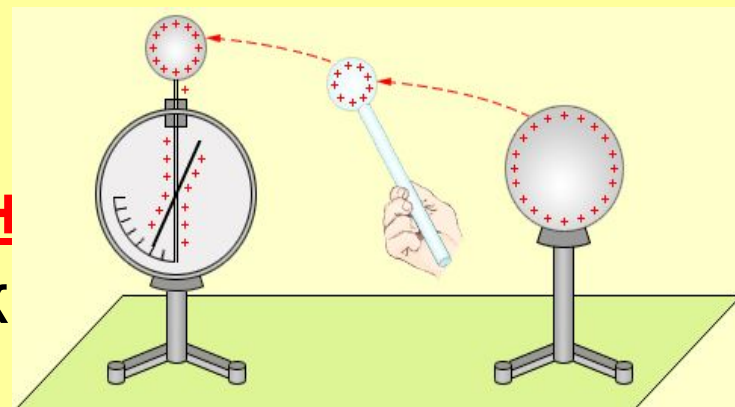
- в) заряды обоих тел одинаковы по величине.



- Электризация

- соприкосновением**
с заряженным телом.

- Электризация **через влияни**
(электростатическая индук

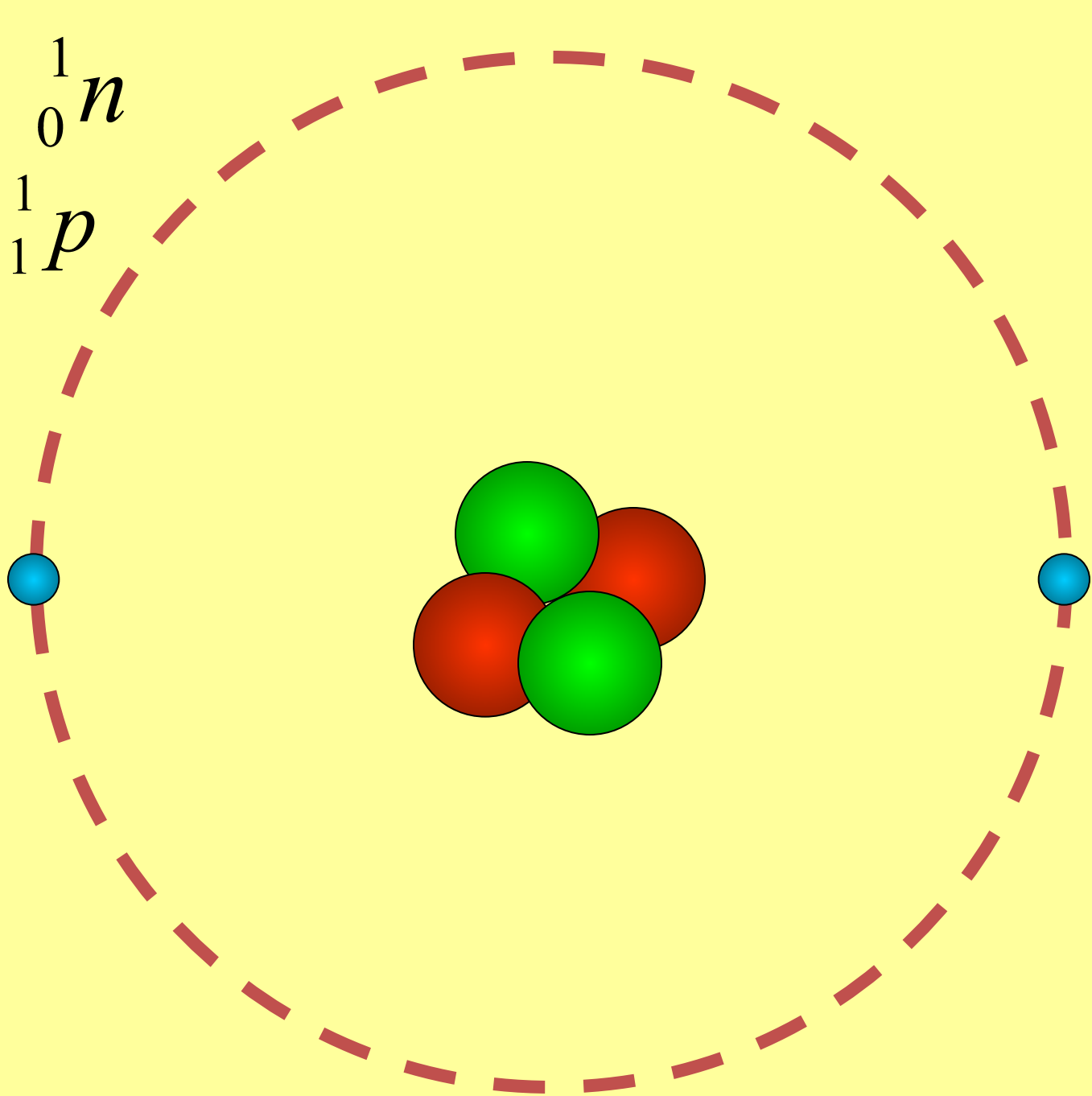


● нейтрон 1_0n

● протон 1_1p

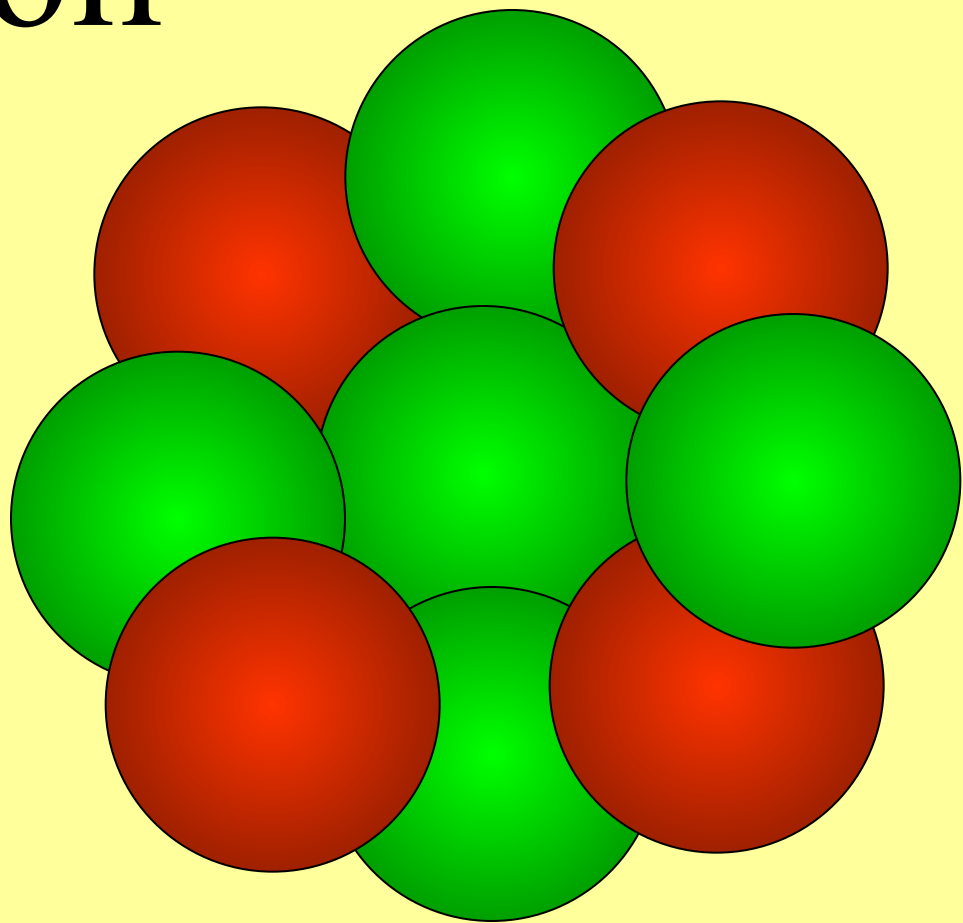
электрон
 ${}^0_{-1}e$

He⁴₂



 1_0n нейтрон

Be⁹₄

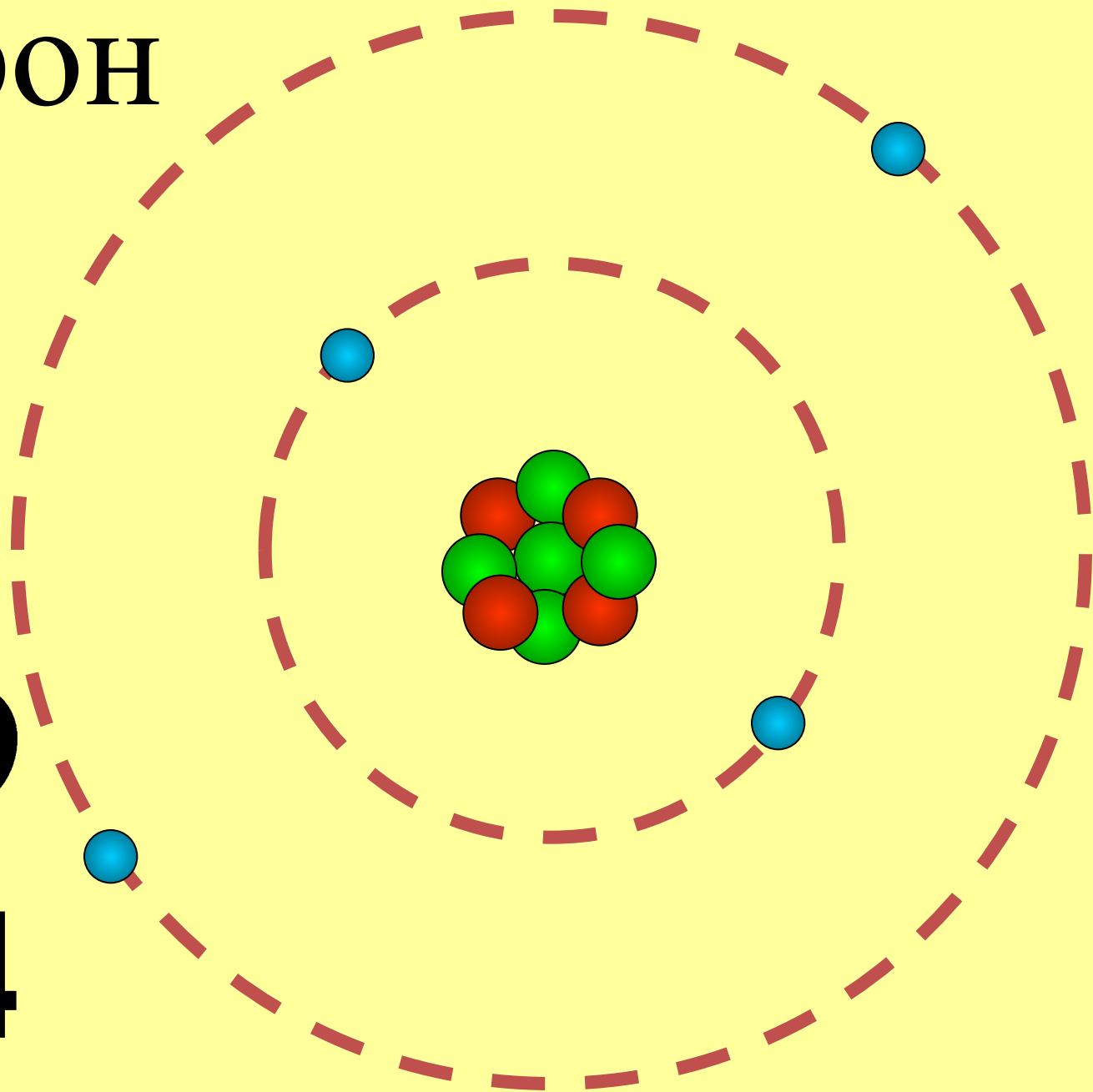


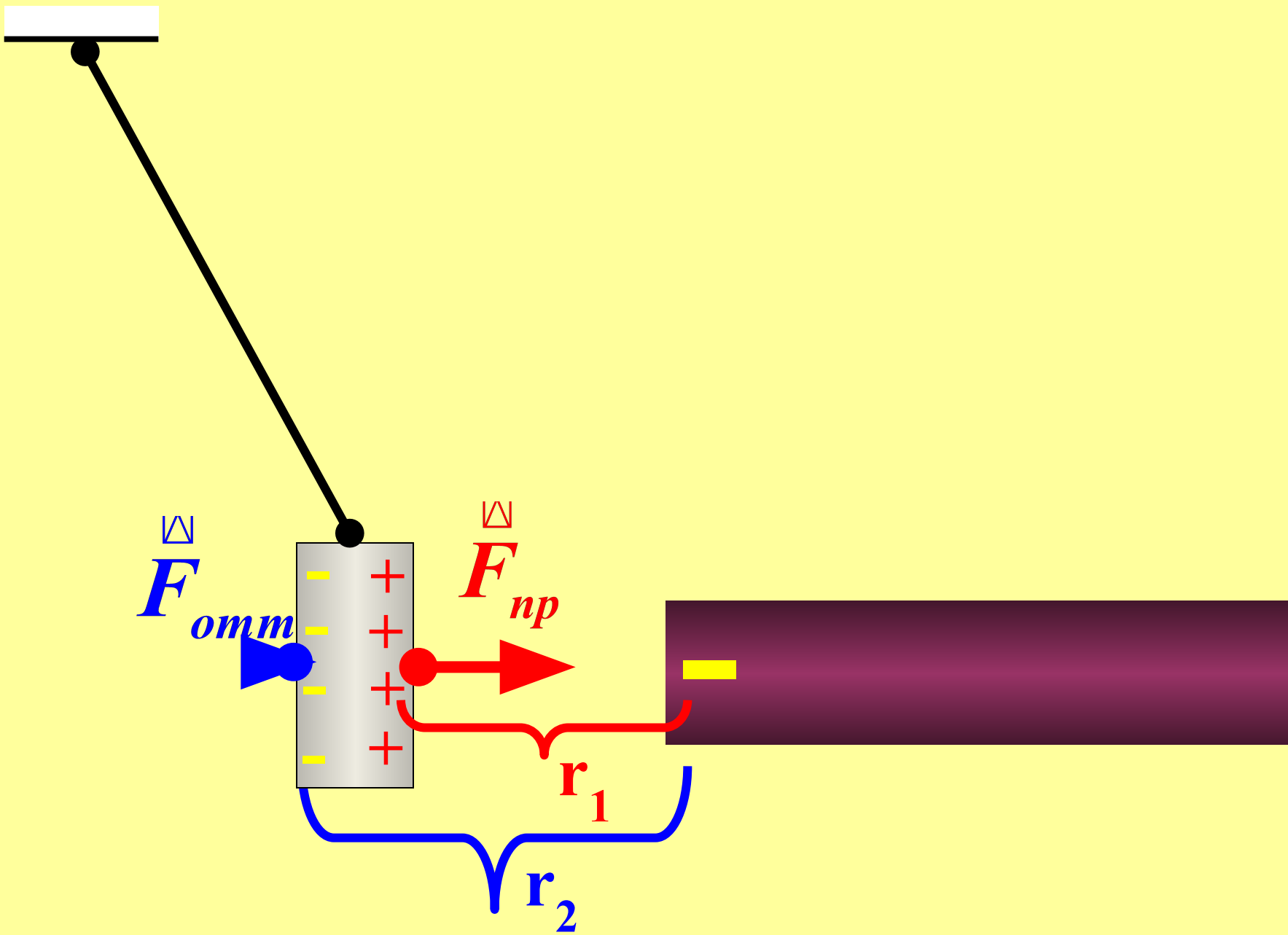
 1_1p протон

ЭЛЕКТРОН

• e_{-1}^0

Be_4^9





В определенных условиях на телах могут накапливаться *электрические заряды*.

Тело, несущее электрический заряд, называется *наэлектризованным*.

О пользе и вреде электризации .

«Что может быть не понятного для ума, чем история небольшого кусочка янтаря, столь покорно проявляющего силу, которая скрыта во всей природе, которая быть может и есть вся природа...»

Поль Валери



1. Стекло при трении о шелк заряжается:

а) положительно

б) отрицательно.

2. Если наэлектризованное тело отталкивается от эбонитовой палочки, потертой о мех, то оно заряжено:

а) положительно;

б) отрицательно.

3. Три пары легких шариков подвешены на нитях. Какая пара шариков не заряжена?

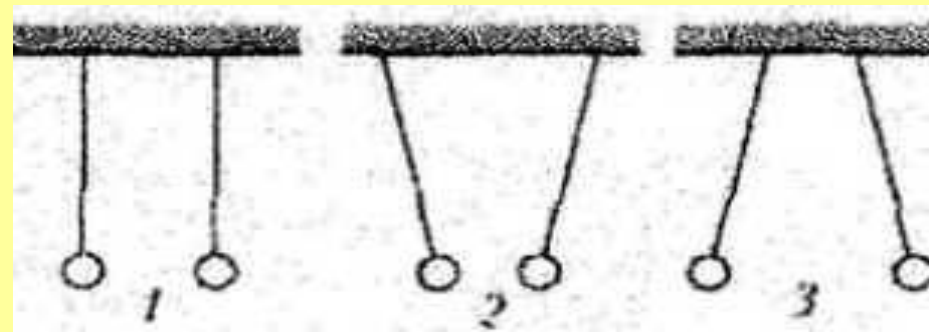
1; 2; 3.

4. Какая пара шариков (см. тот же рисунок) имеет одноименные заряды?

1; 2; 3.

5. Какая пара шариков (см. тот же рисунок) имеет разноименные заряды?

1; 2; 3.





С помощью явления электризации получают дактилоскопические отпечатки пальцев. Положительно заряженные частицы белка притягивают отрицательно заряженные частицы золотой пыли, наносимой на купюру, создавая видимые отпечатки

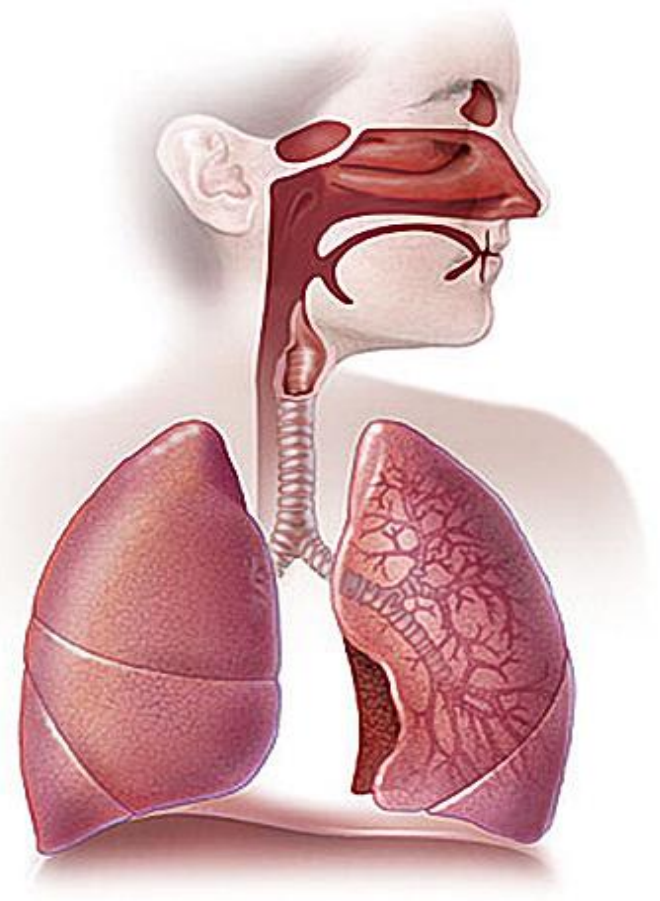
На автомобильных заводах,
для лучшей **покраски**
используют **электризацию**.



- Корпус автомобиля заряжают положительно, а частички краски отрицательно. Происходит взаимодействие и равномерная

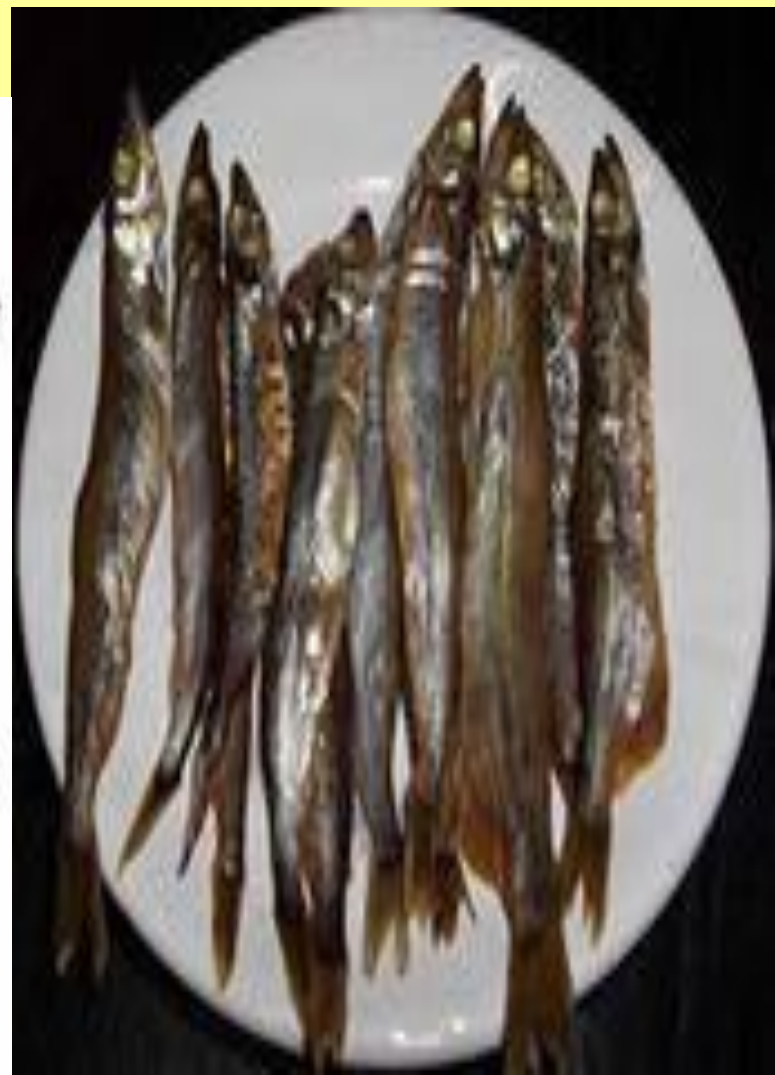
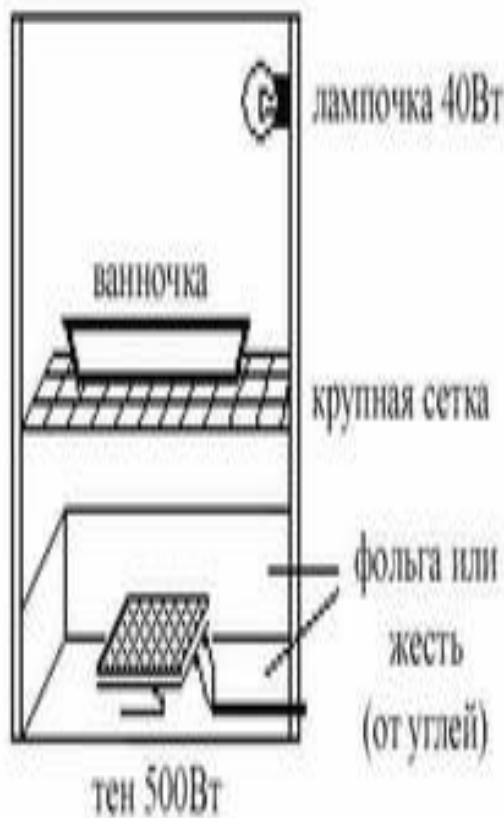
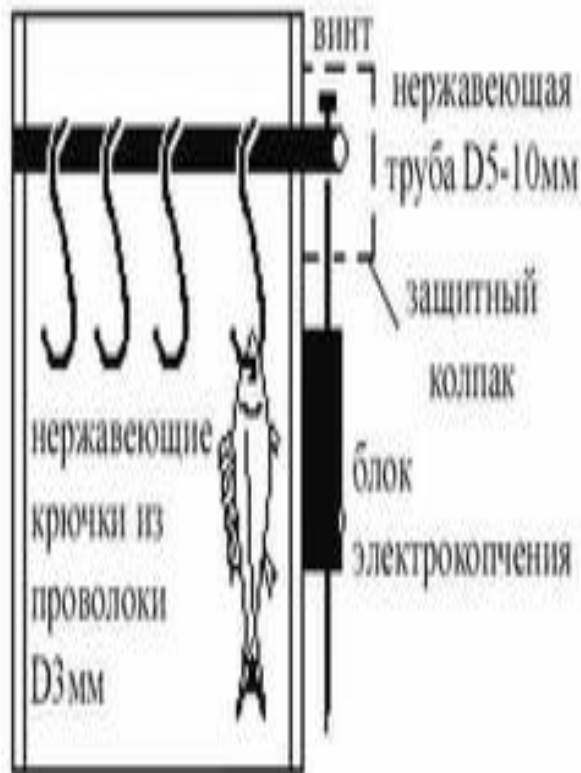


Сильные электрические поля используют в медицине. Для повышения устойчивости аэрозолей и лучшего проникновения их в ткани организма с помощью специальных аппаратов частицам аэрозолей придают электрический заряд. Электрический заряд способствует лучшему осаждению частиц на ткани и более глубокому проникновению в них лекарственного вещества .



Электрокопчение. Рыбу зарядили положительно, дым отрицательно. Копчение происходит за несколько минут.

КОПТИЛЬНАЯ КАМЕРА ВНУТРИ



Все машины из-за пыли быстрее изнашиваются. Газ в трубе электризуется, заряжает частички пыли, пыль оседает на стенках трубы. Периодически трубу встряхивают, и зола падает в специальный бункер. Происходит очищение промышленного дыма.



При трении о воздух электризуется самолёт. Если сразу подвести трап, может произойти сильный разряд. Возможен пожар. Вначале с самолёта спускают металлический трос, для снятия излишнего заряда. Происходит разрядка самолёта при взаимодействии троса с землёй.



- Во время перевозки и при переливании бензин электризуется, может возникнуть искра, и бензин вспыхнет. Чтобы этого не произошло, обе цистерны и соединяющий их трубопровод заземляют



• На целлюлозно-бумажных комбинатах часто обрываются быстро движущиеся бумажные ленты. Причина — электризация ленты при трении о валики. Такая электризация очень опасна. Она может вызвать пожар.



В текстильной промышленности электризация волокон вызывает их взаимное отталкивание, что мешает работе ткацких станков. Заряженную ткань трудно кроить. Она сильно загрязняется пылью.



А не вредят ли нам, электризованные тела?

- Влияние её на организм человека также изучается. В результате исследований было установлено, что электризация не вызывает заметных физиологических сдвигов в организме человека даже при длительном воздействии. Электризация синтетического белья, возникающая во время носки, оказывается даже полезной. Например, известно, что поливинилхлоридное белье помогает при лечении некоторых болезней.
- Отрицательные частицы воздуха благоприятно влияют на наш организм: они создают хорошее самочувствие и настроение и являются профилактикой простудных и сердечно-сосудистых заболеваний. Воздух в горах, в сосновом лесу или у водопада насыщен

- Если человек устал или болен, на нем накапливается положительный заряд и вызывает плохое самочувствие. Коты и кошки помогают снять положительный заряд, т. к. их шерсть заряжена





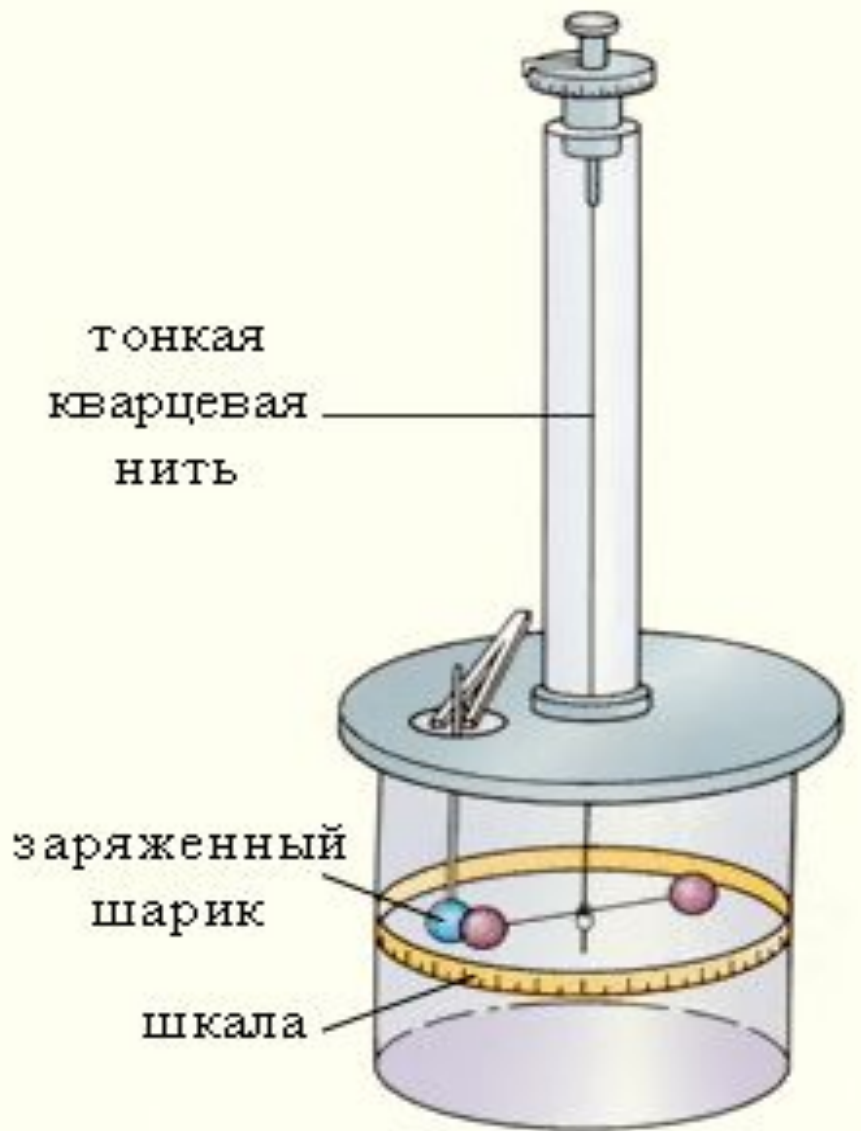
Закон Кулона

- Сила взаимодействия между двумя неподвижными точечными зарядами, находящимися в вакууме, прямо пропорциональна произведению модулей зарядов, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

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

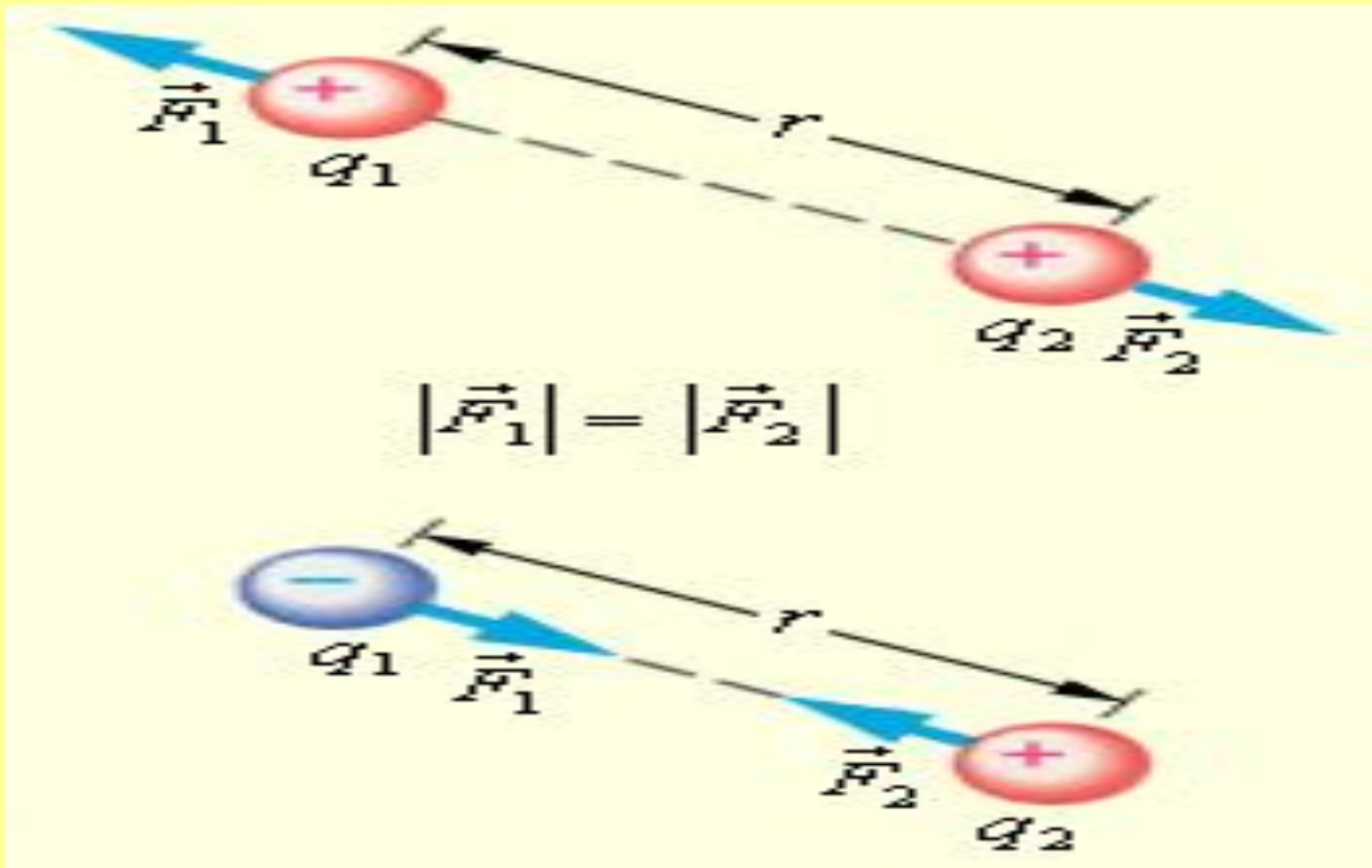
Кулон Шарль Огюстен (1736 – 1806) французский физик, известный своими работами по электричеству и магнетизму.

Сила взаимодействия между точечными, а также сферически симметричными заряженными телами определяется законом Кулона:

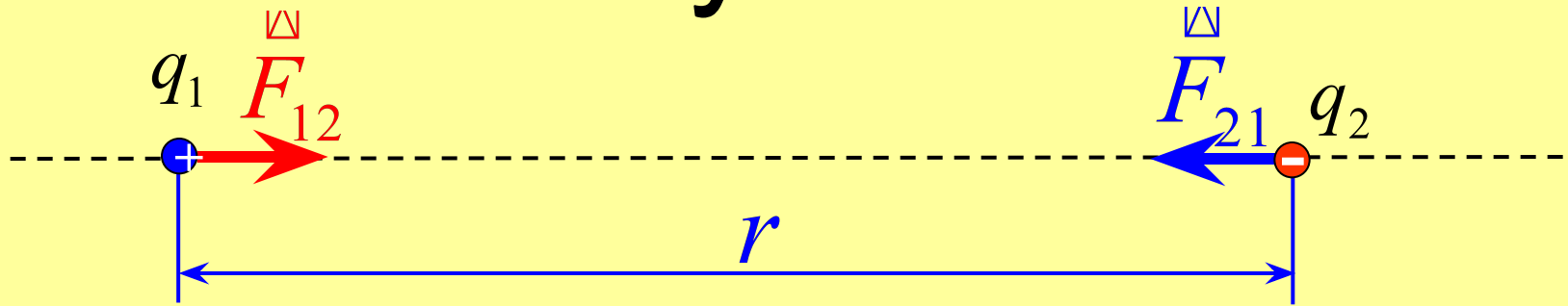


Впервые закон взаимодействия неподвижных зарядов был установлен Шарлем Кулоном в 1785 г. на крутильных весах.

Сила взаимодействия направлена по прямой, соединяющей заряды, а её направление зависит от знаков зарядов: одноимённые заряды-отталкиваются, а разноимённые- притягиваются.



Закон Кулона



$$F_{12} = F_{21} = F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2}$$

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

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

r – расстояние между зарядами

$|q_1| \cdot |q_2|$ – произведение модулей зарядов

ϵ – диэлектрическая проницаемость среды (диэлектрика)

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} \quad k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

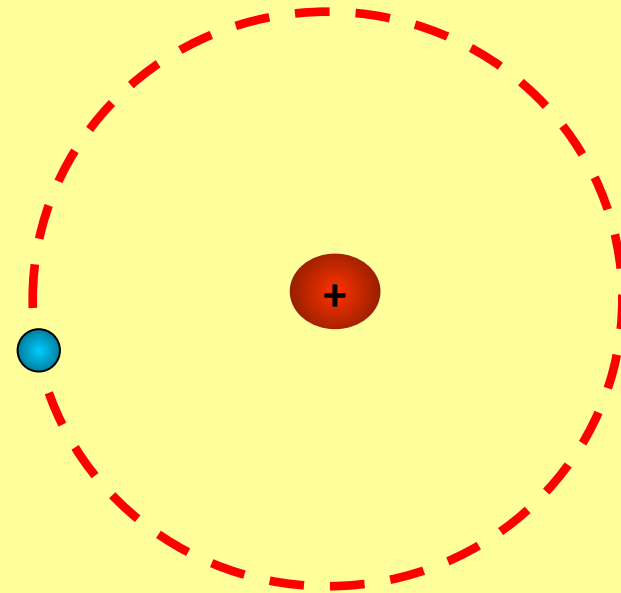
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad F = k \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

1. Определить расстояние между двумя одинаковыми точечными зарядами по 3 мкКл каждый, находящимися в вакууме, если модуль силы взаимодействия между ними равен 100 мН.

2. Во сколько раз электрическое притяжение протона и электрона в атоме водорода больше гравитационного?

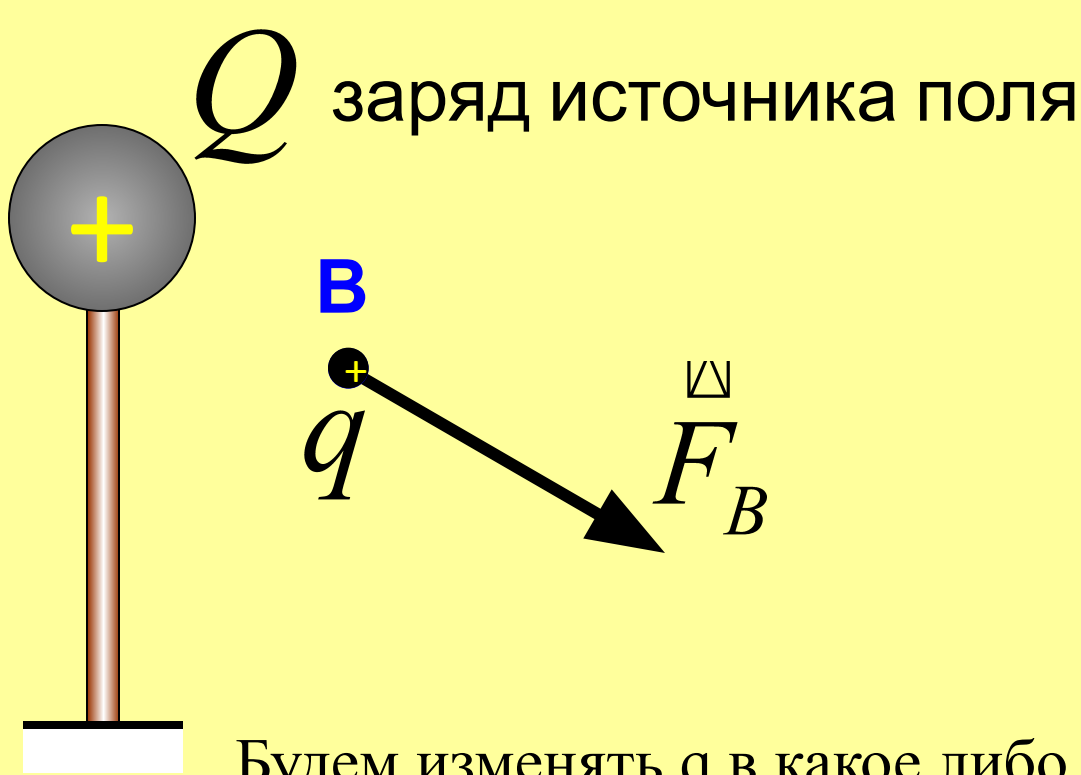


3. Во сколько раз уменьшится сила кулоновского отталкивания двух маленьких бусинок с равными зарядами, если, не изменяя расстояния между ними, перенести две трети заряда с первой бусинки на вторую бусинку?

Напряженность электрического поля

- **Электрическим полем** называют особый вид материи , данный в ощущениях, существующий независимо от нас и наших знаний о нём..
- Поле, создаваемое неподвижными зарядами, называют ***электростатическим***.
- **Свойства электрического поля:**
 - а) порождается электрическими зарядами;
 - б) обнаруживается по действию на заряд;
 - в) действует на заряды с некоторой силой.
- **Напряженность электрического поля** в данной точке численно равна отношению силы, с которой поле действует на электрический заряд, помещенный в эту точку, к величине этого заряда .

Напряженность электрического поля



Будем изменять q в какое либо число раз. Опыт покажет:

$$\frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2} = \dots = \frac{F_n}{q_n} = \text{const} = E$$

- **Напряженность**- силовая характеристика электрического поля. $E = \frac{F}{q}$

$$F = E \cdot q$$

- **Единица измерения.** $\frac{Н}{Кл}$; $\frac{В}{м}$

- **Напряженность поля точечного заряда.**

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

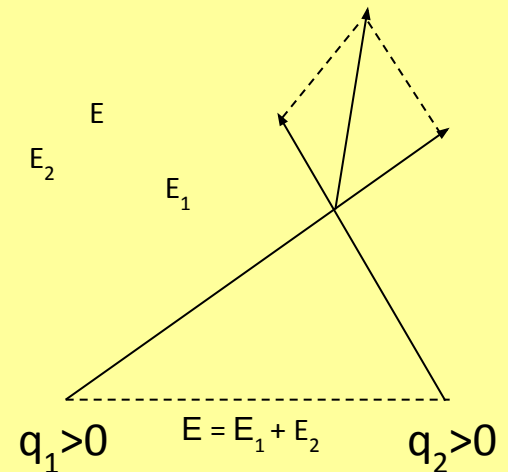
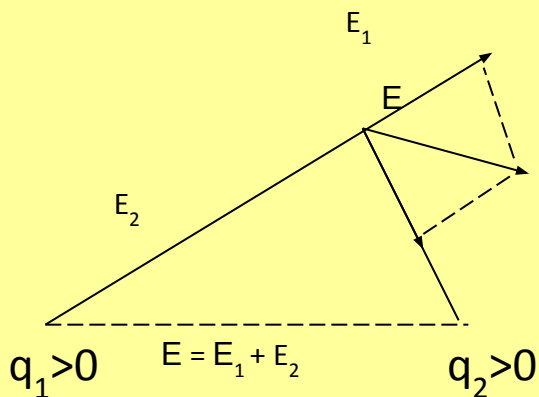
$$E = \frac{k \cdot |q|}{r^2}$$

Принцип суперпозиции полей

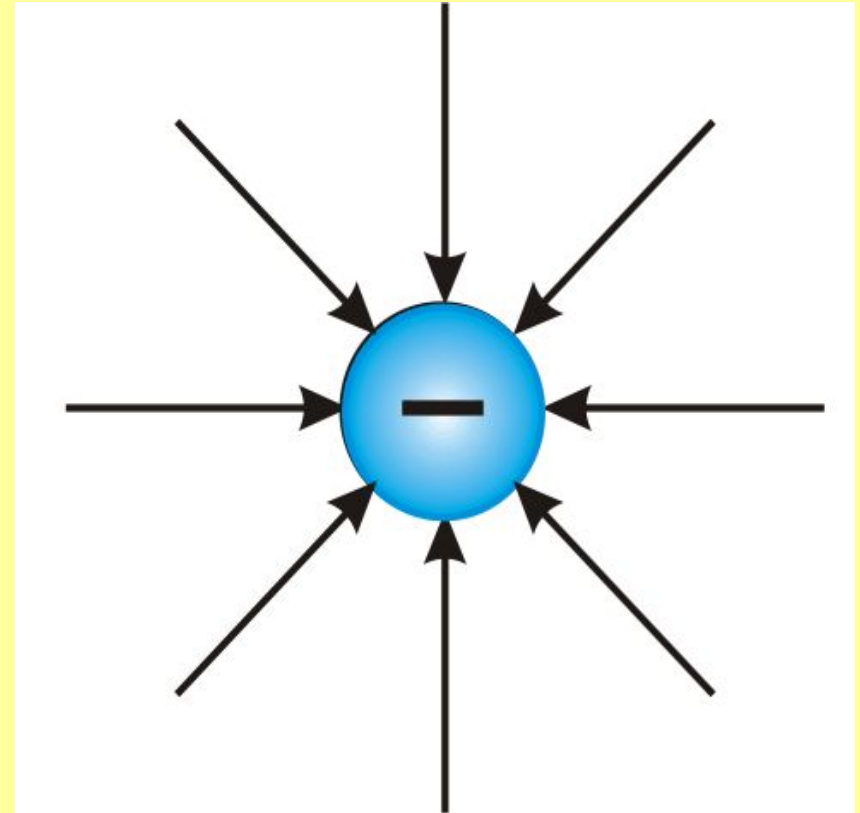
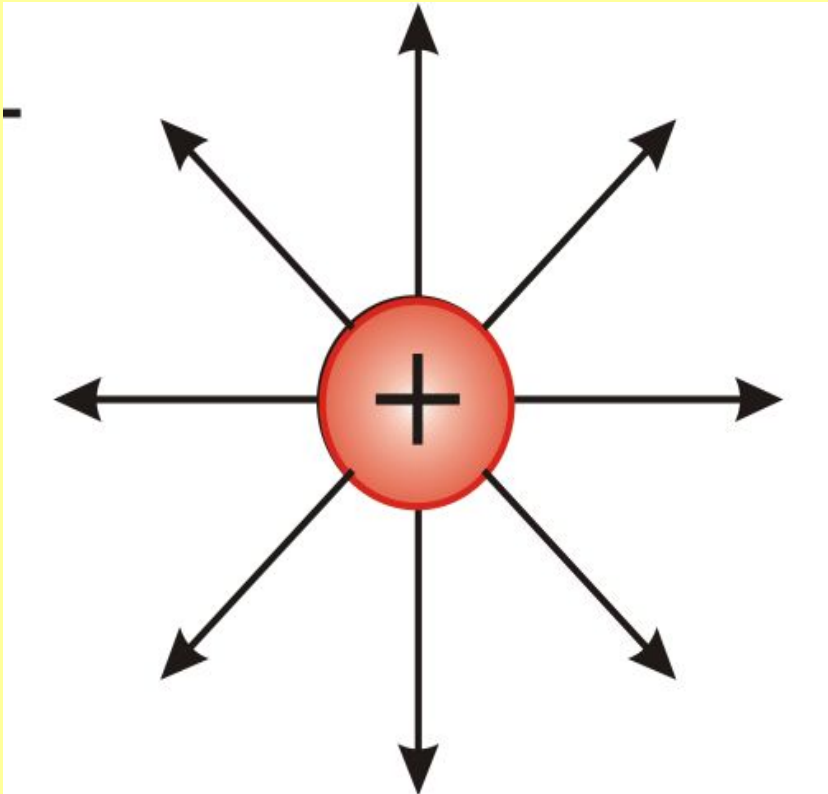
Если в данной точке пространства различные заряженные частицы создают электрические поля, напряженности которых E_1, E_2, E_3 и т.д., то результирующая напряженность поля равна:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

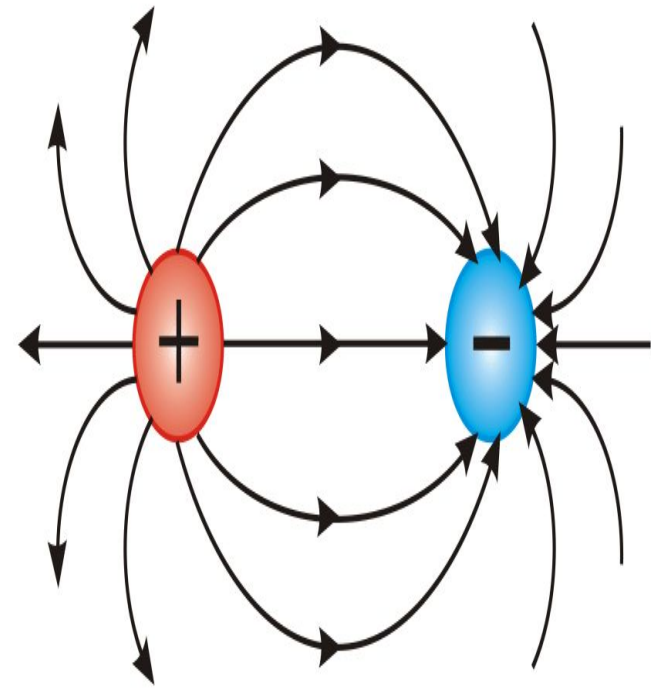
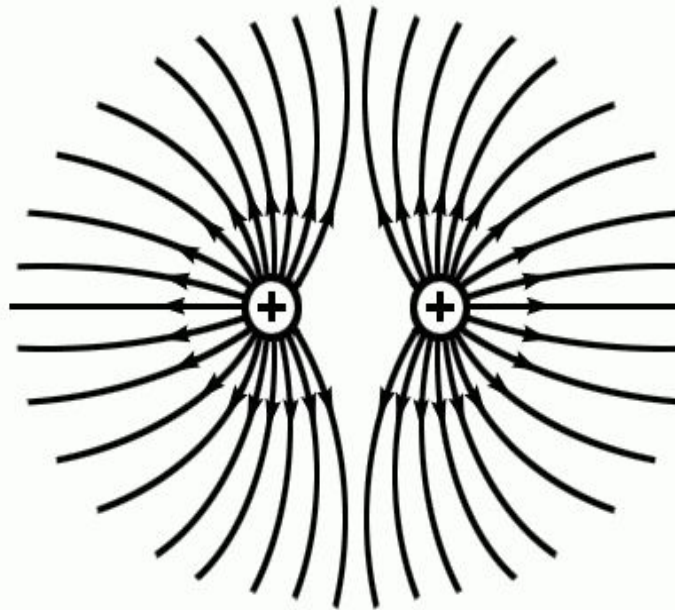
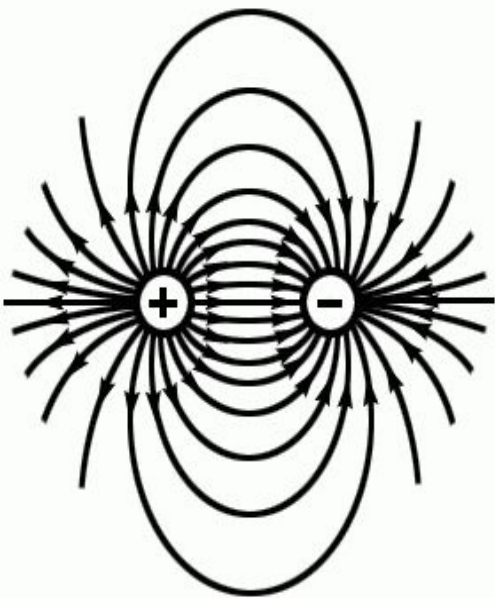
Для двух зарядов:



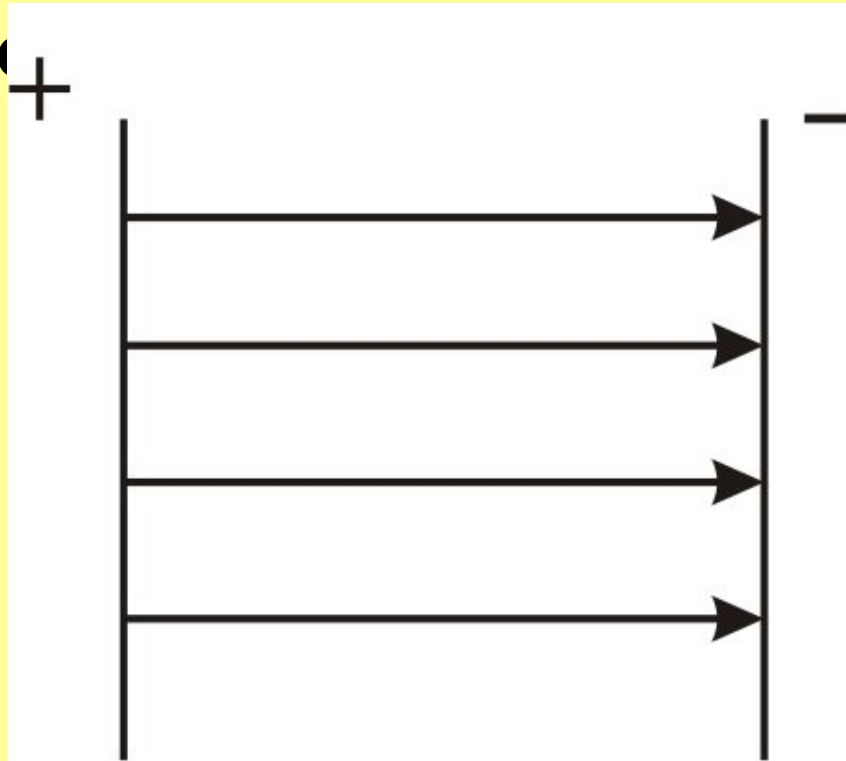
В случае точечного заряда, линии напряженности исходят из положительного заряда и уходят в бесконечность; и из бесконечности входят в отрицательный заряд.



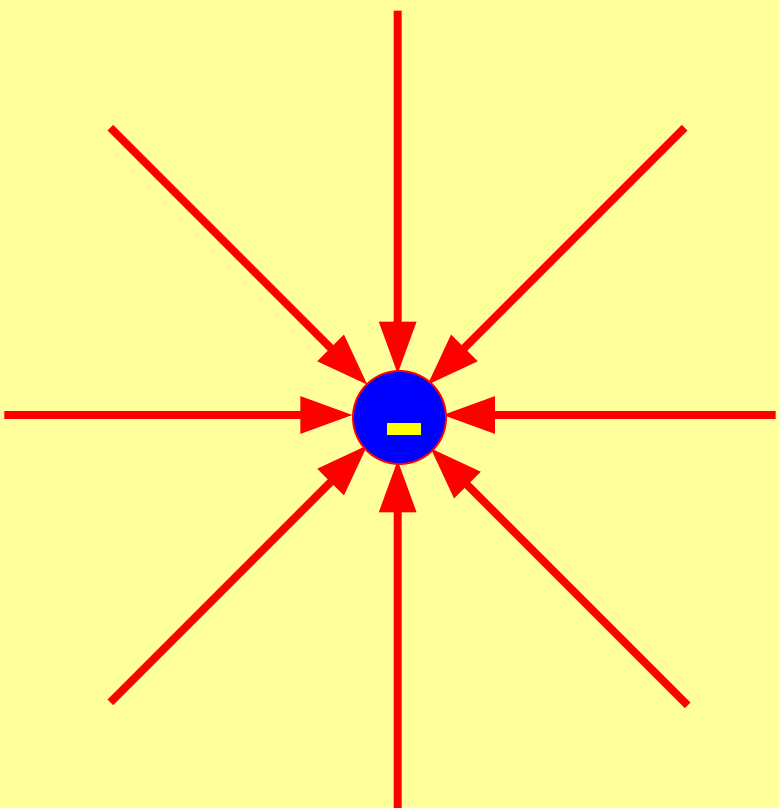
- **Силовые линии выходят из положительных зарядов и входят в отрицательные заряды.**
Линии напряженности непрерывны и не пересекаются.



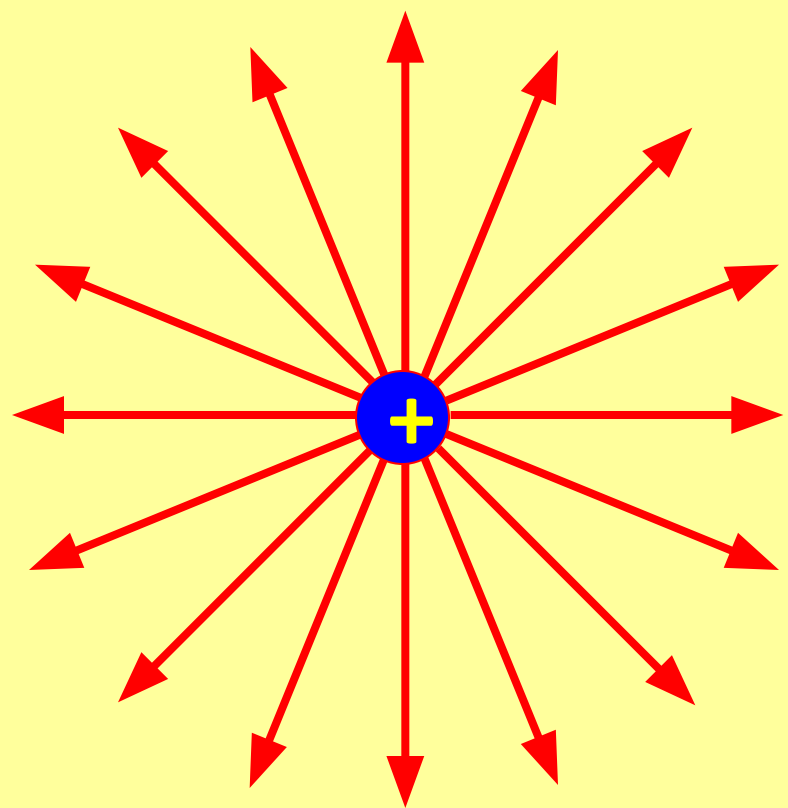
- **Однородным** называется электростатическое поле, во всех точках которого напряженность одинакова по величине и направлению, т.е. Однородное электростатическое поле изображается параллельными силовыми линиями на равном рас

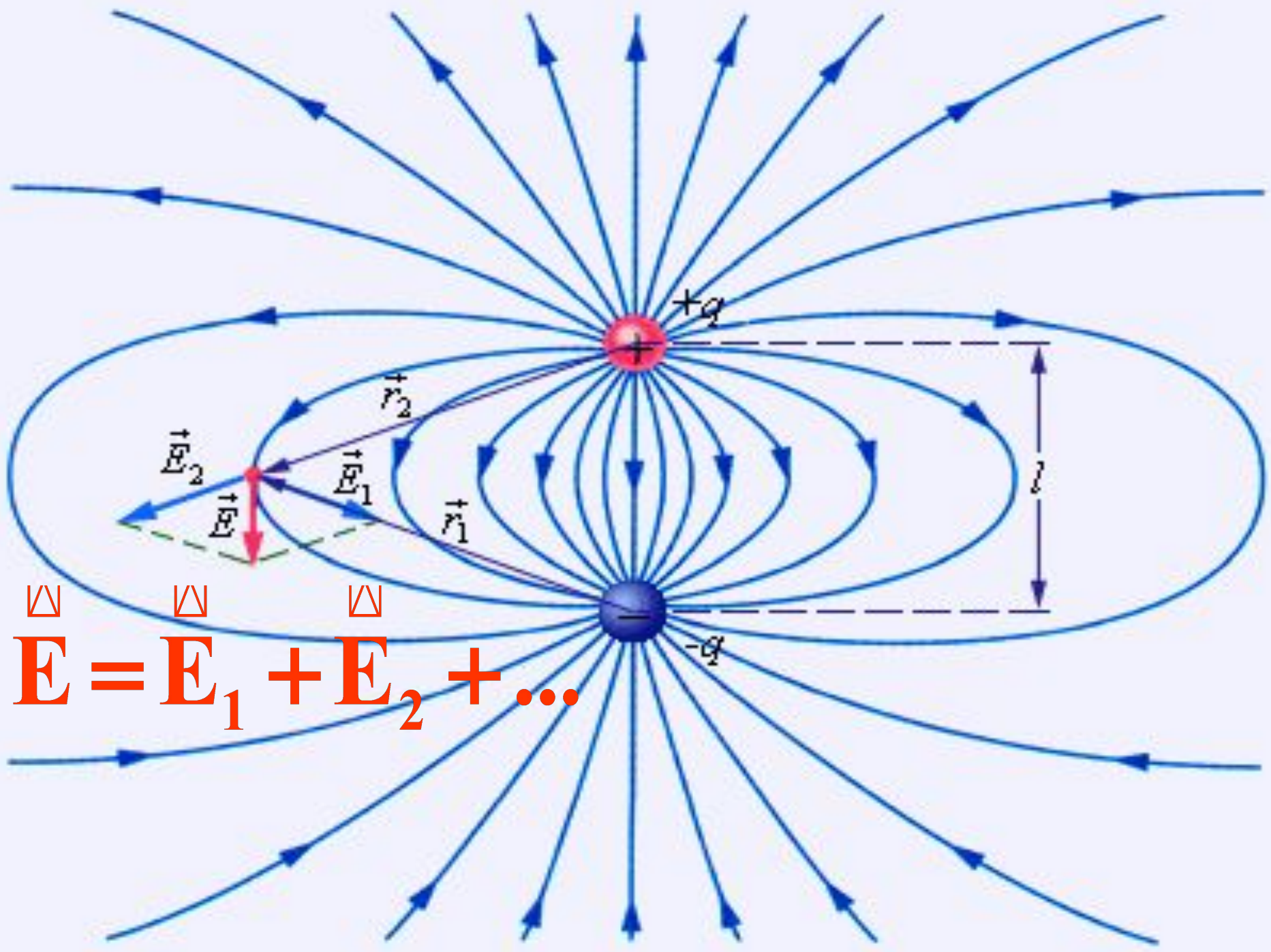


$-q$



$+2q$

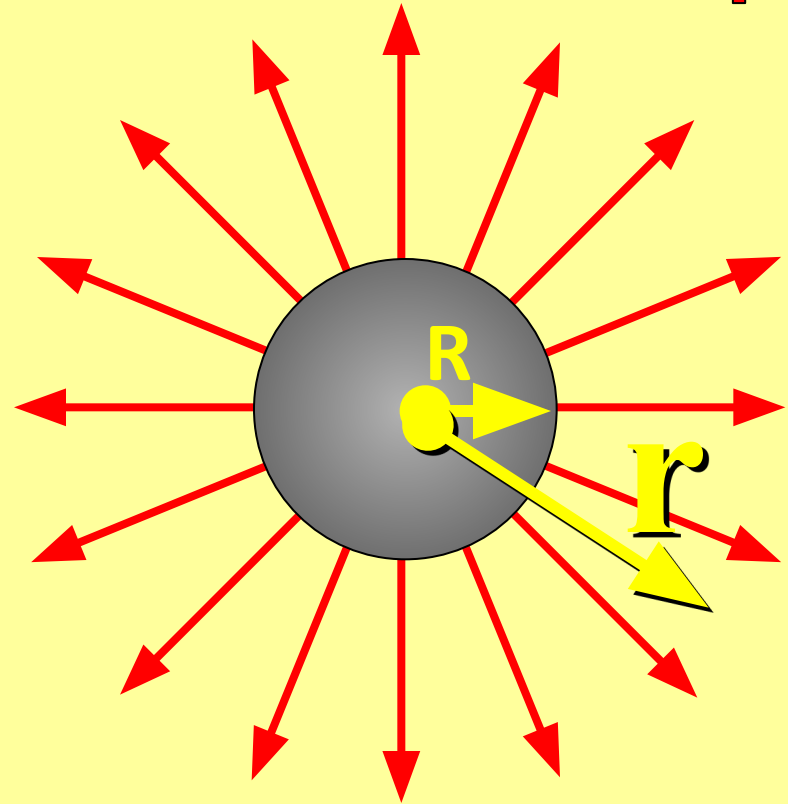
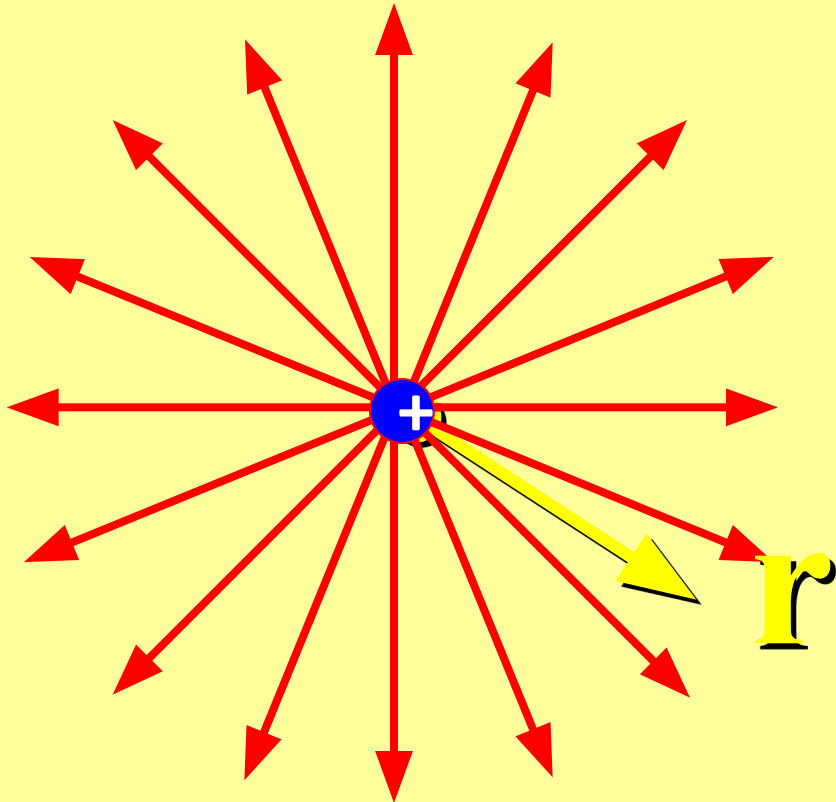




▽ ▽ ▽

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \dots$$

Напряженность поля шара



$$\text{Если } k \frac{q}{\epsilon r^2}, R$$

$$\geq$$

$$E = 0, \quad \text{если } r < R$$

Напряженность поля на поверхности шара

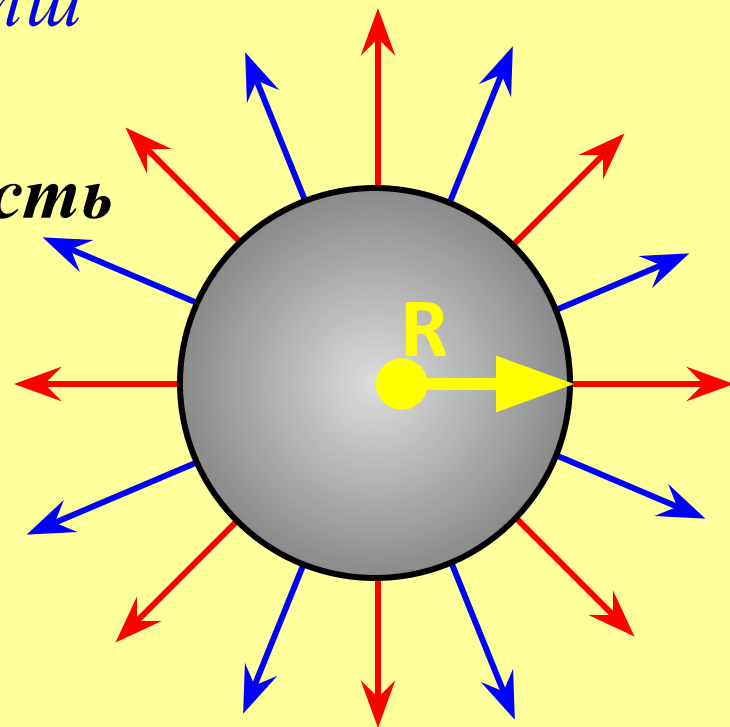
$$E_{\text{пш}} = k \frac{Q}{\epsilon R^2} \quad \text{○} \quad \text{○} = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

$$k = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \quad 4\pi R^2 = S_{\text{пш}} = S$$

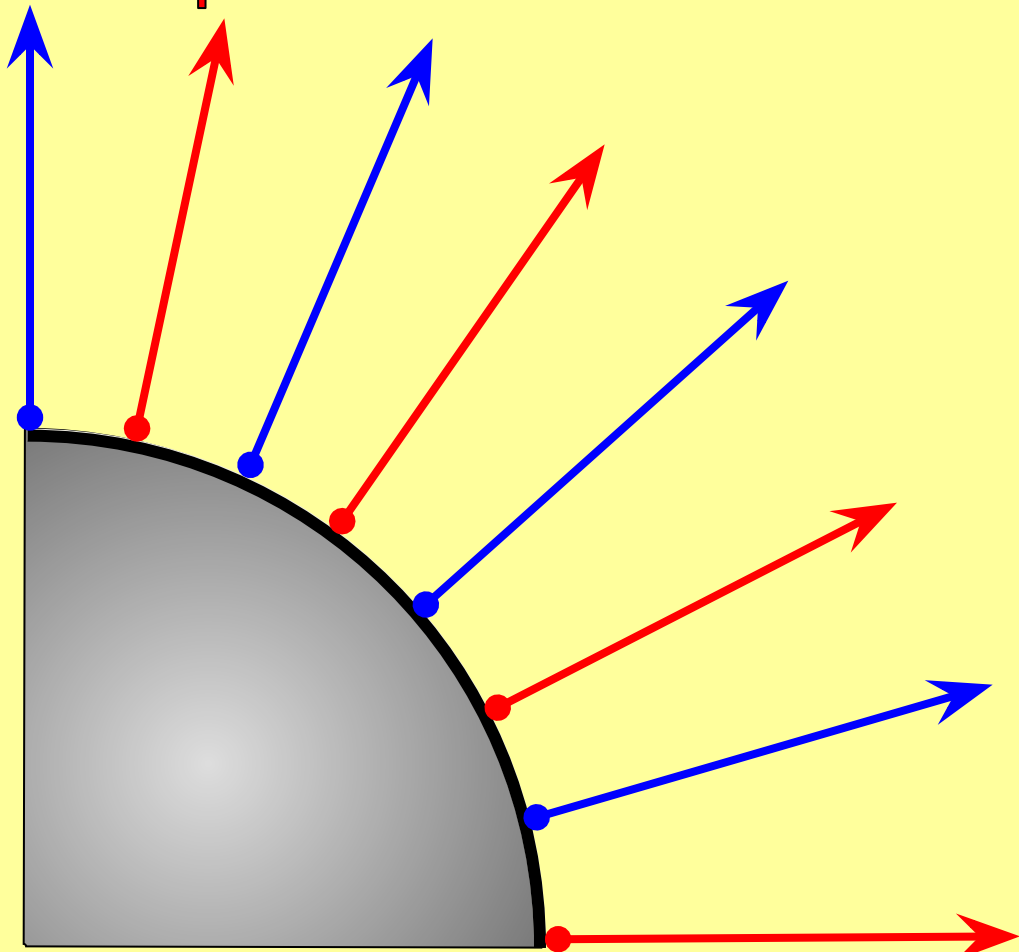
$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

*поверхностная плотность
электрического заряда*

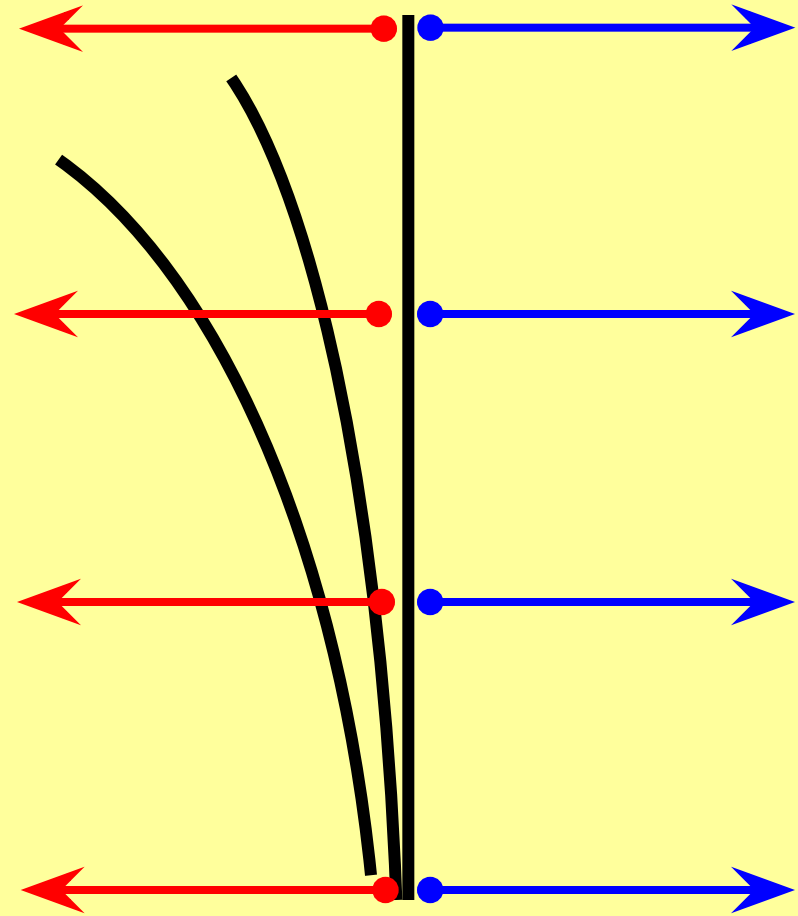
$$E_{\text{пш}} = \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0}$$



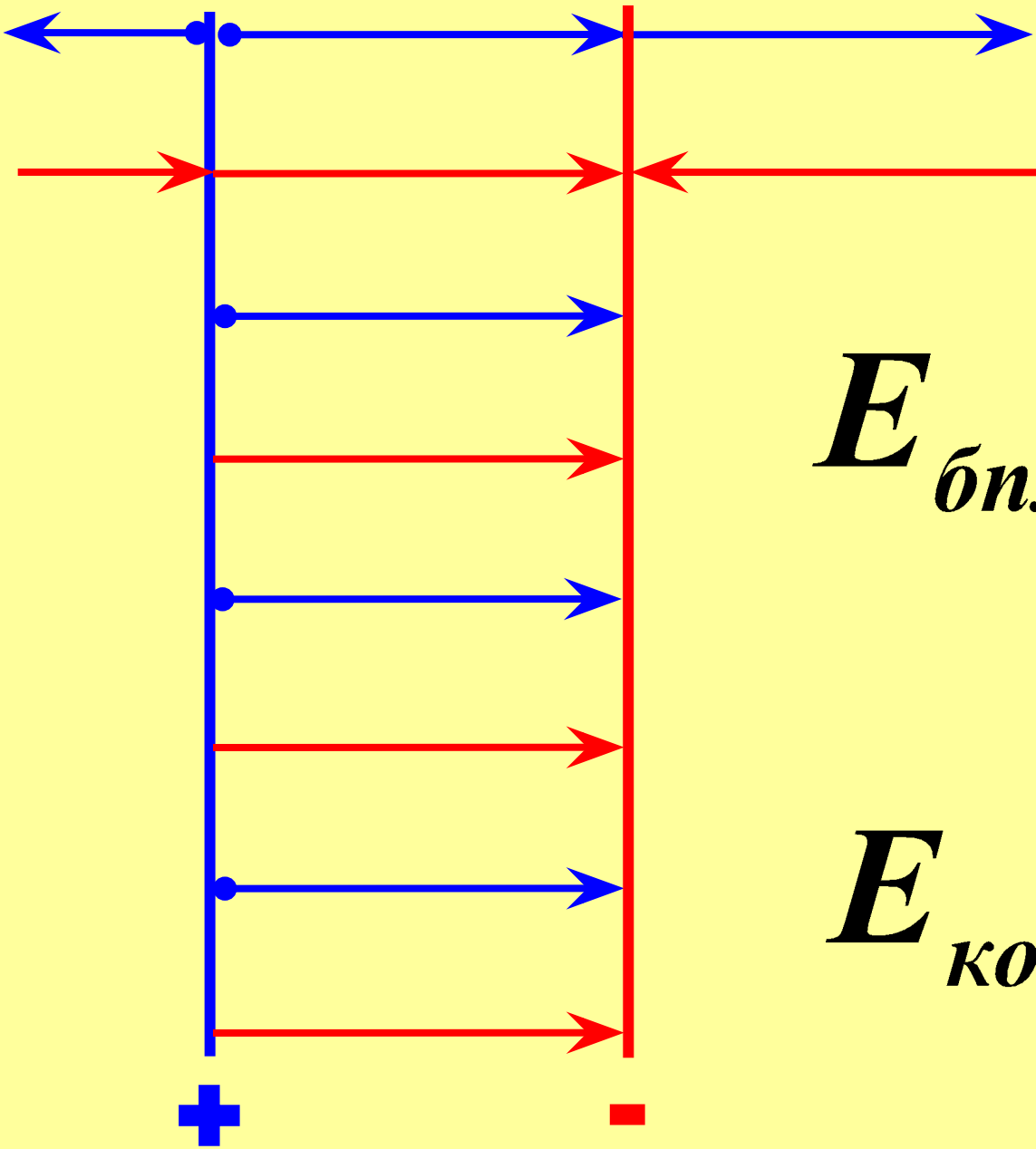
Напряженность поля бесконечной плоскости



$$E_{пл} = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0}$$



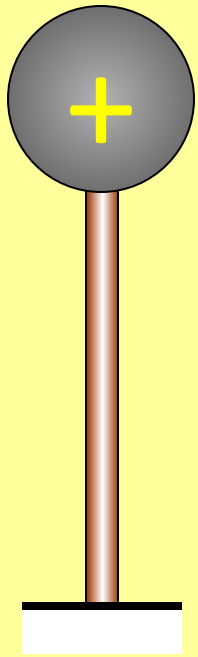
$$E_{пл} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$



$$E_{\text{бпл}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$E_{\text{конд}} = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$$

Потенциал электрического поля



Q заряд источника поля

B
 $+$
 q $W_B = q \cdot \varphi_B$

A
 $+$
 q $W_A = q \cdot \varphi_A$
пробный заряд

Будем изменять q в какое либо число раз. Опыт покажет:

$$\frac{W_1}{q_1} = \frac{W_2}{q_2} = \dots = \frac{W_n}{q_n} = \text{const} = \varphi$$

Потенциал и разность потенциалов

1. Потенциал- это энергетическая характеристика поля.

Потенциалом электростатического поля называют отношение потенциальной энергии заряда в поле к этому заряду.

$$[\varphi] = V = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}}$$

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

скаляр

Потенциал поля в произвольной точке определяется как алгебраическая сумма потенциалов, создаваемых отдельными точечными зарядами.

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots + \varphi_n$$

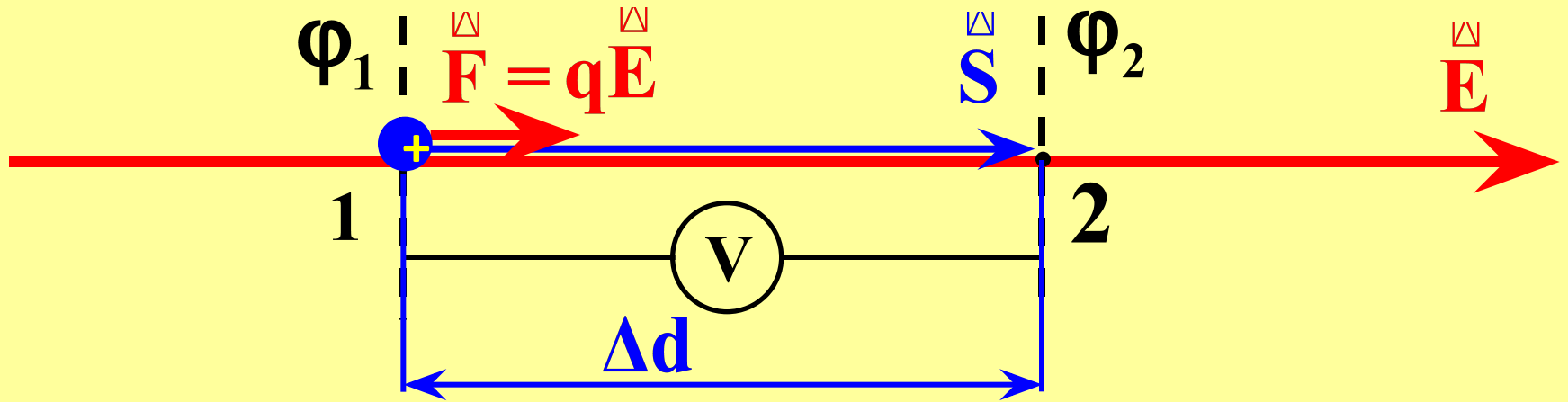
Разность потенциалов (напряжение)

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = -\Delta\varphi = \frac{A}{q}$$

Эквипотенциальные поверхности – это поверхности равного потенциала.

$$E = \frac{U}{d} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$$

Напряженность электростатического поля направлена в сторону убывания потенциала.



$$A = q \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{s} = q \int_1^2 E \Delta d = q \Delta \varphi = q(U) > 0$$

$\left. \begin{matrix} q(\varphi_1 - \varphi_2) > 0 \\ q > 0 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \varphi_1 > \varphi_2$
 вектор \vec{E} направлен в сторону убывания φ

$$A = qU \quad U = \frac{A}{q}$$

$$\Rightarrow \vec{E} = \frac{U}{\Delta d}$$

Заряженные тела, помещенные в электрическое поле, обладают потенциальной энергией.

Работа электрического поля при перемещении заряженного тела равна убыли потенциальной энергии тела:

$$A = S = \frac{q}{\epsilon} \Delta d$$

Вещество в электрическом поле

По электрическим свойствам вещества делят



- **Проводники-** вещества, в которых свободные заряды перемещаются по всему объёму.
- Свободные заряды-заряженные частицы одного знака, способные перемещаться под действием электрического поля.

- **Диэлектрики-** вещества, содержащие только связанные заряды.
- Связанные заряды-разноимённые заряды, входящие в состав атомов и молекул, которые не могут перемещаться под

- **Напряженность электрического поля в диэлектрике меньше, чем в вакууме.**

ϵ

- **- диэлектрическая проницаемость, показывает во сколько раз напряженность электростатического поля в диэлектрике меньше, чем в вакууме.**

$$\epsilon = \frac{E_{\text{вак}}}{E_{\text{д}}}$$

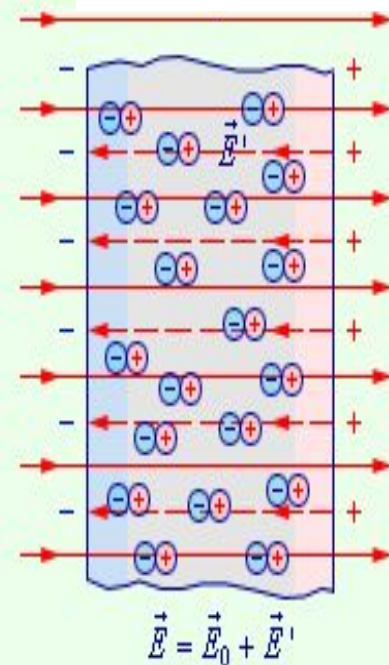
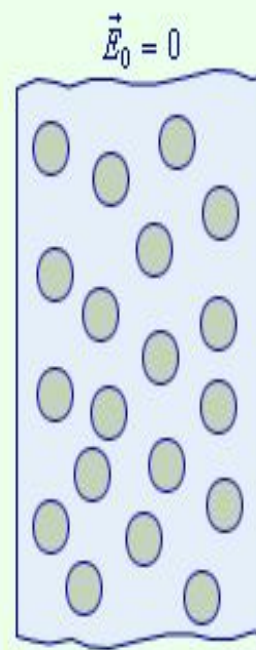
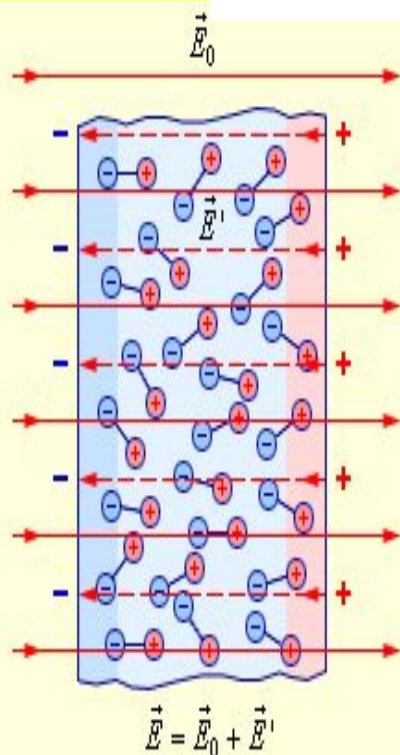
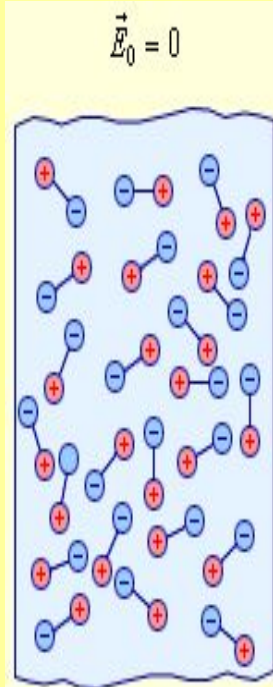
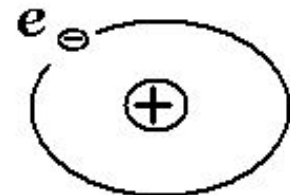
Диэлектрики в электрическом поле.

✓ Полярные.

Молекулы-дипол

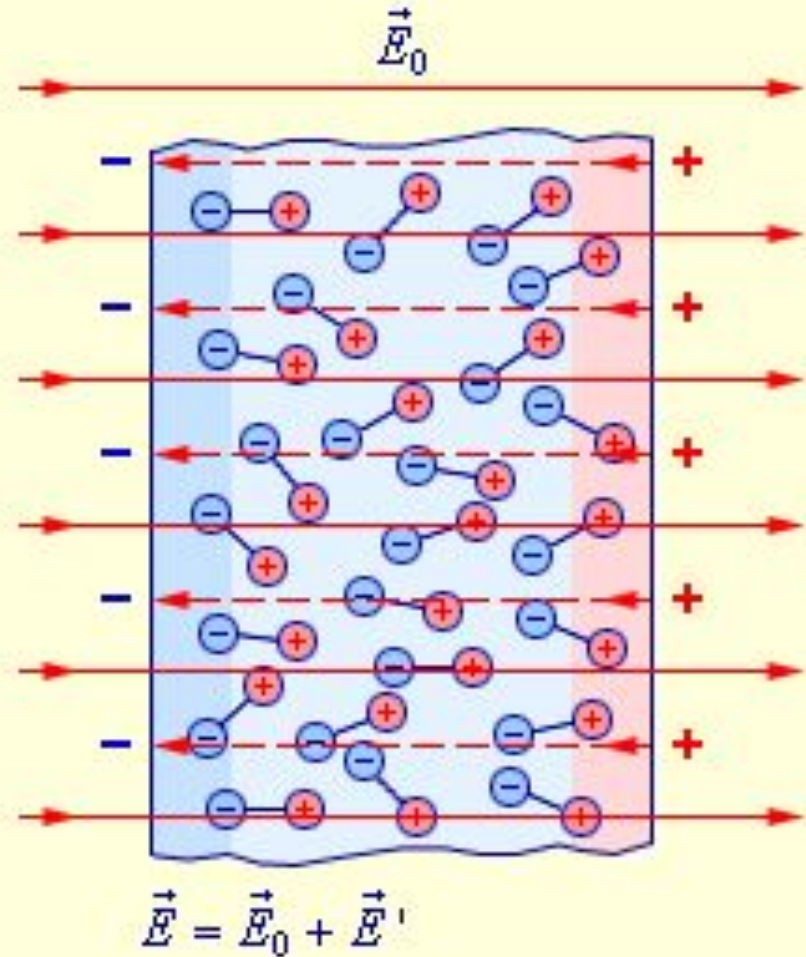
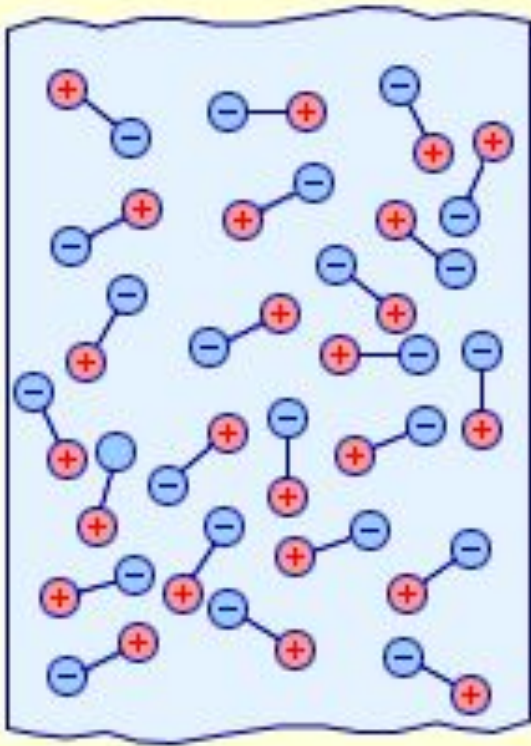


✓ Неполярны

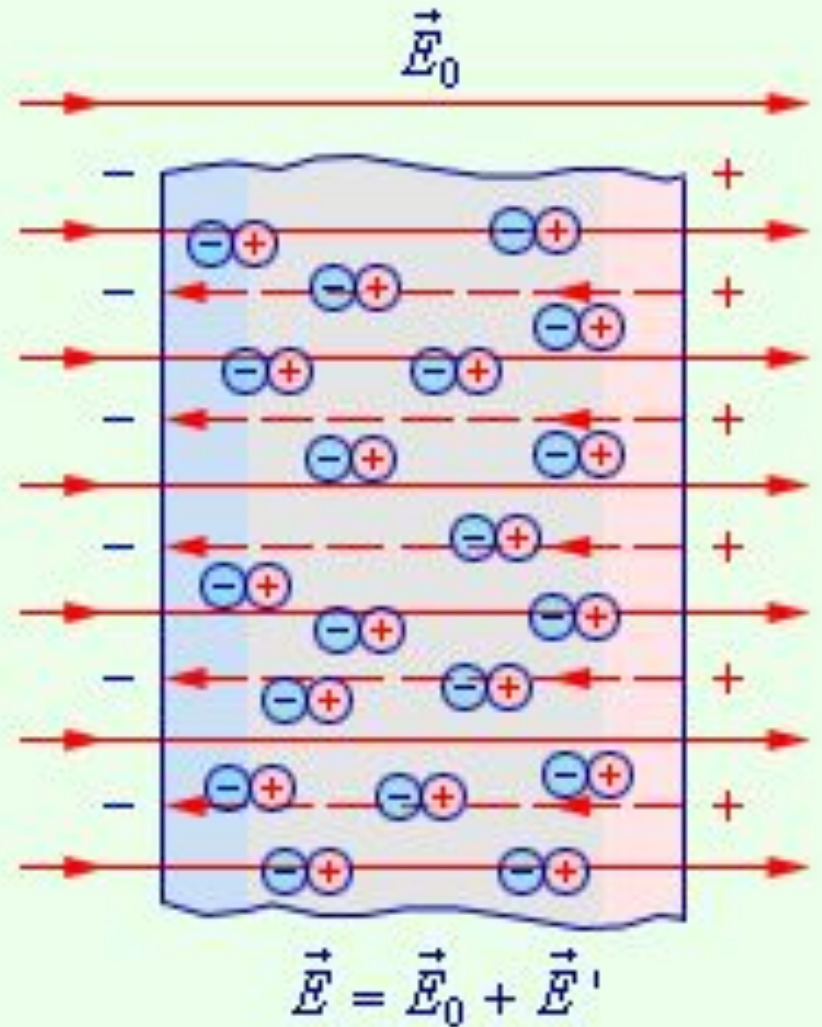
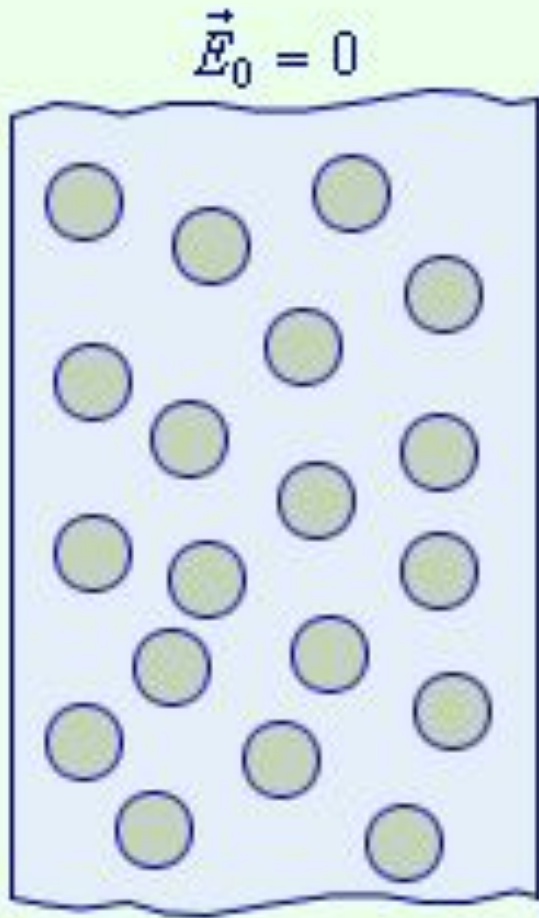


Поляризация полярного диэлектрика.

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



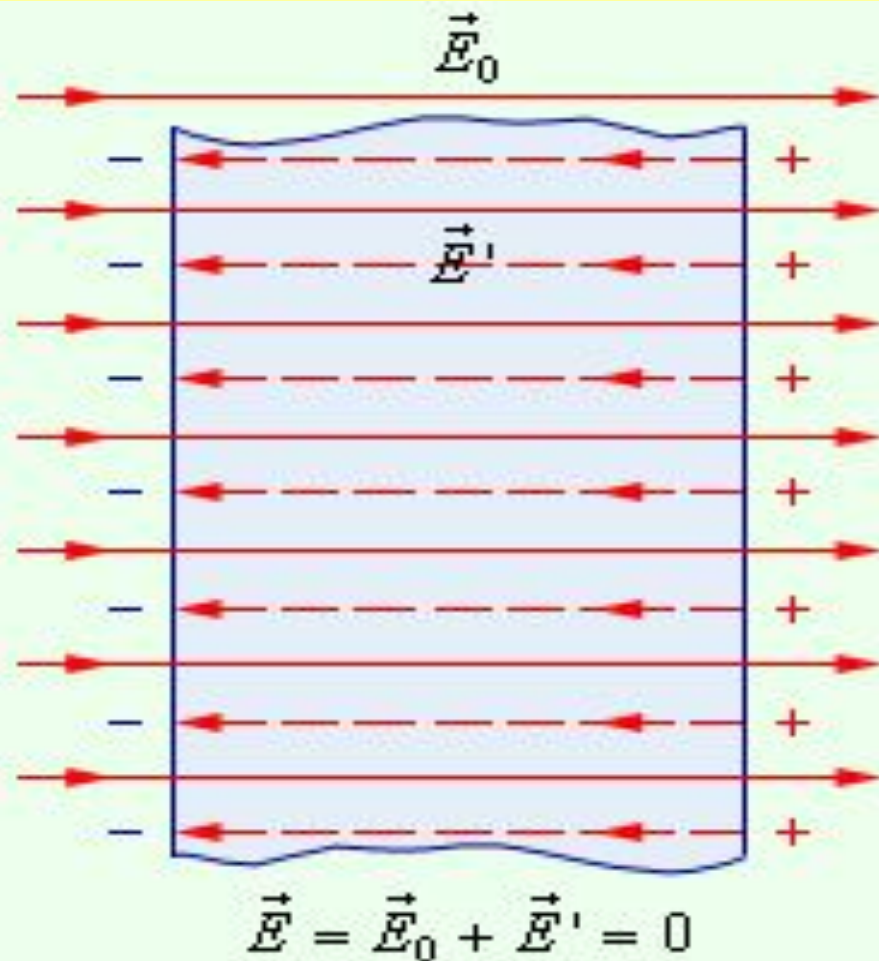
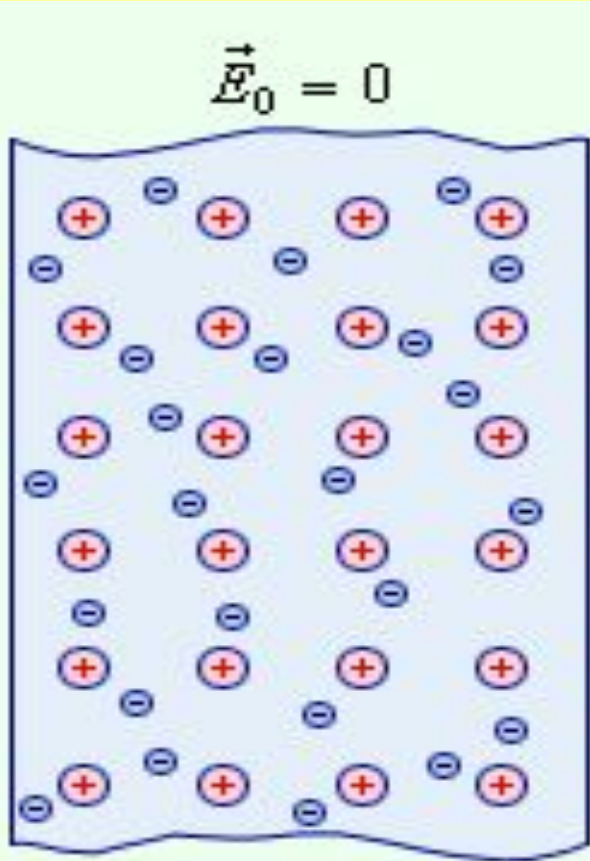
Поляризация неполярного диэлектрика.



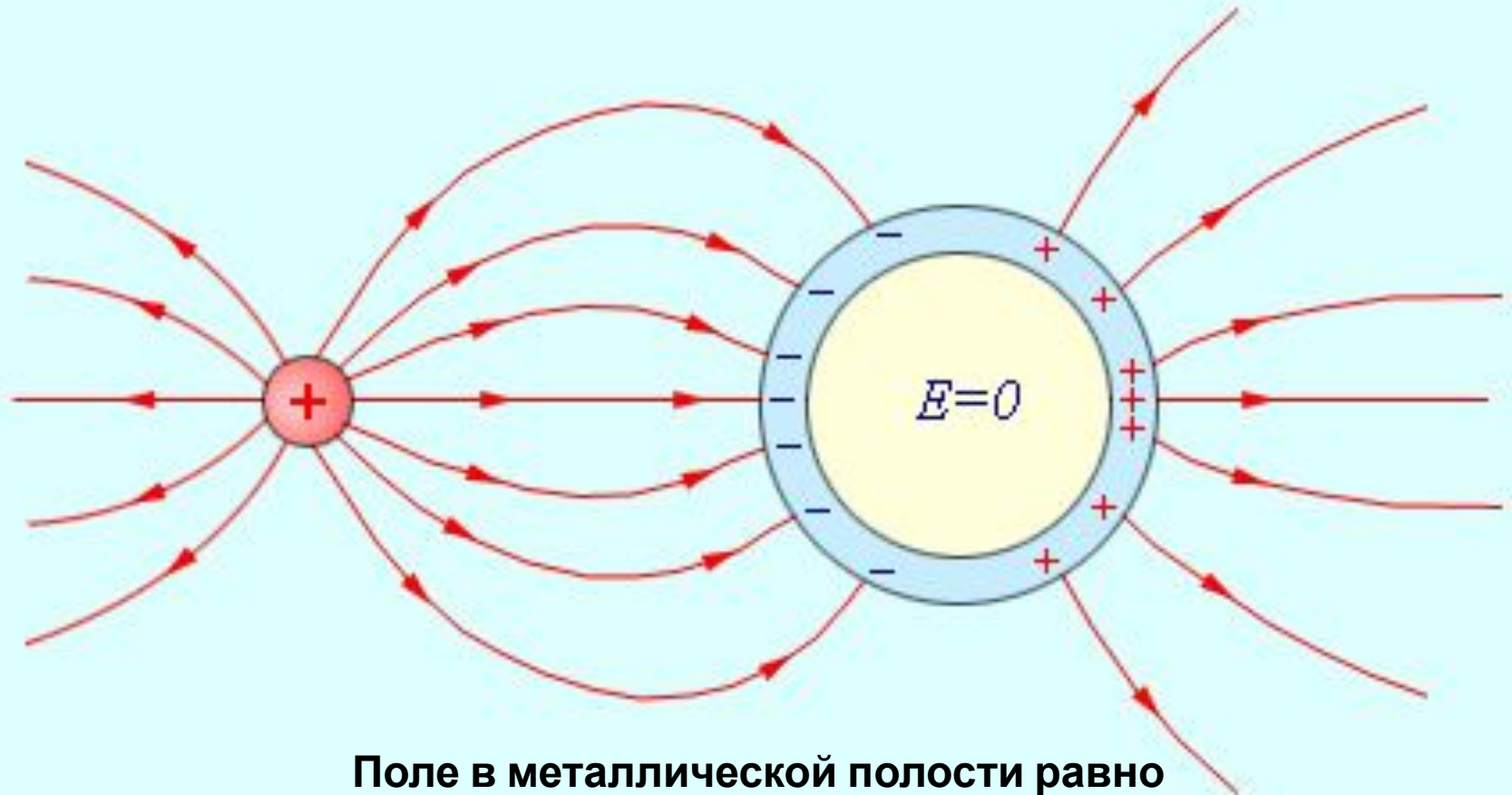
Проводники в электрическом поле.

- ✓ **Электростатическая индукция-перераспределение зарядов на поверхности проводника, помещенного в электростатическое поле.**
- ✓ **Напряженность поля внутри проводника равна нулю (электростатическая защита).**
- ✓ **Линии напряженности перпендикулярны поверхности проводника.**
- ✓ **Поверхность металла-эквипотенциальная поверхность.**
- ✓

В проводнике, помещенном в электрическое поле, происходит разделение положительных и отрицательных зарядов. Свободные заряды перераспределяются внутри проводника таким образом, что суммарное электрическое поле внутри него становится равным нулю (это явление называется *электростатической индукцией*).



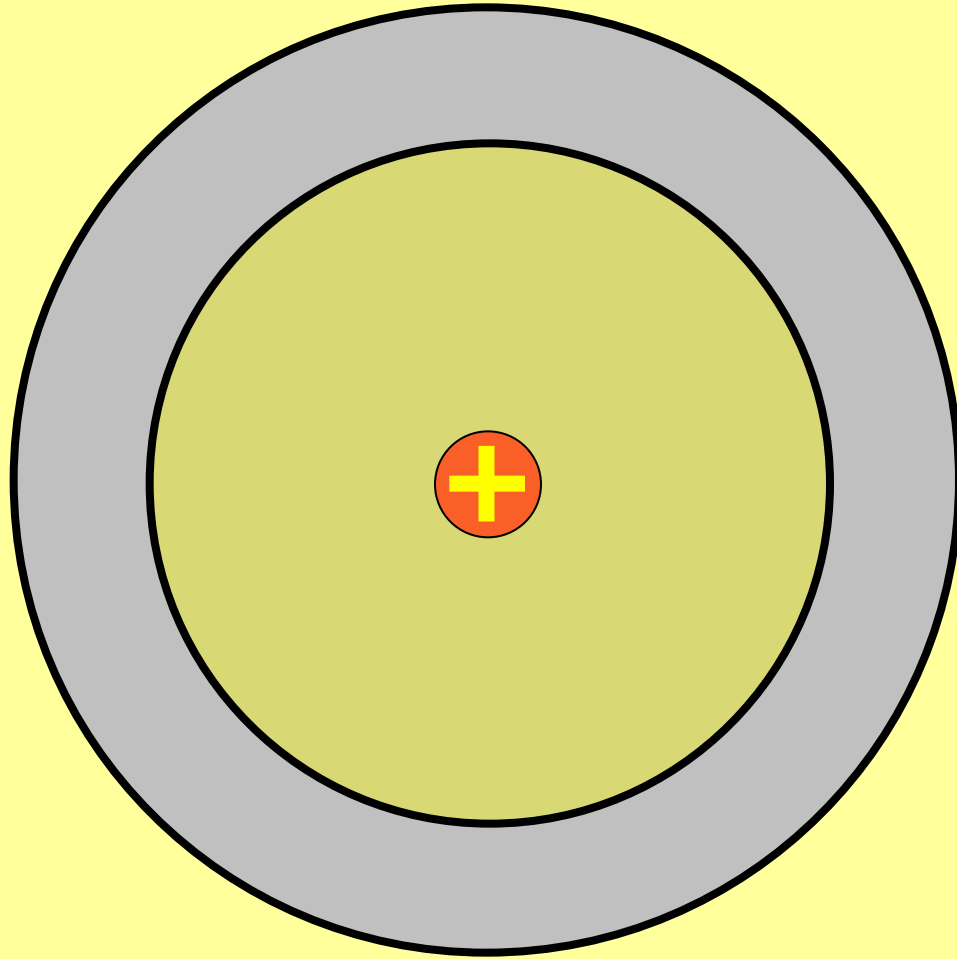
Электростатическая защита

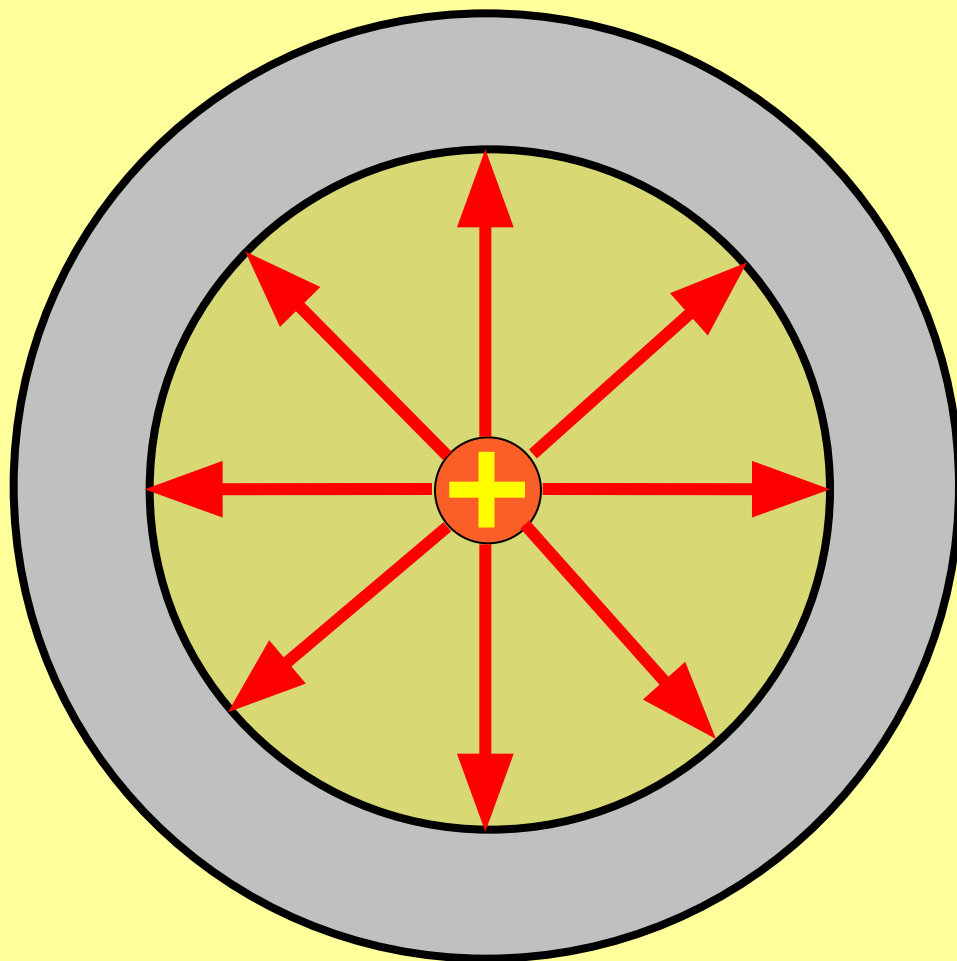


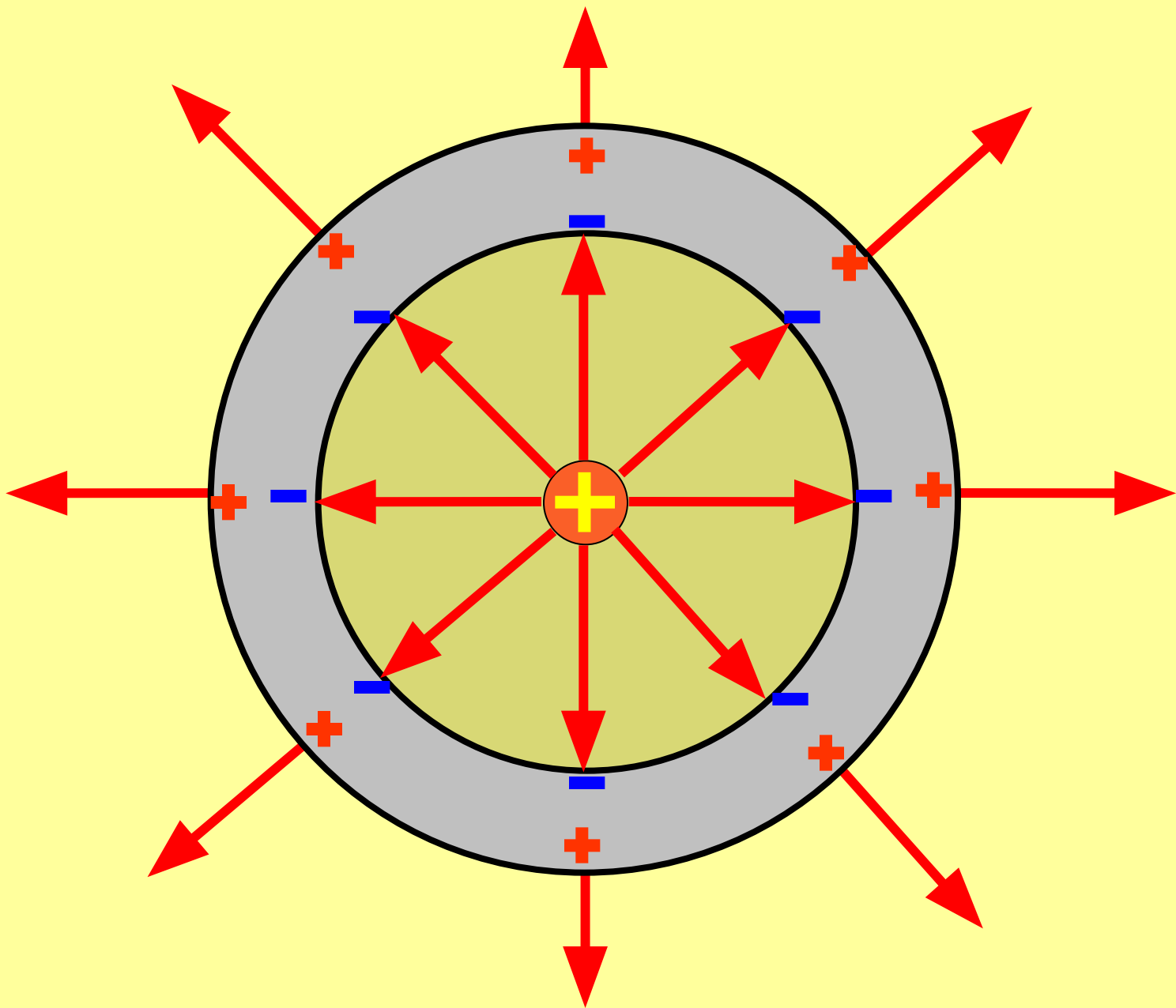
Поле в металлической полости равно нулю.

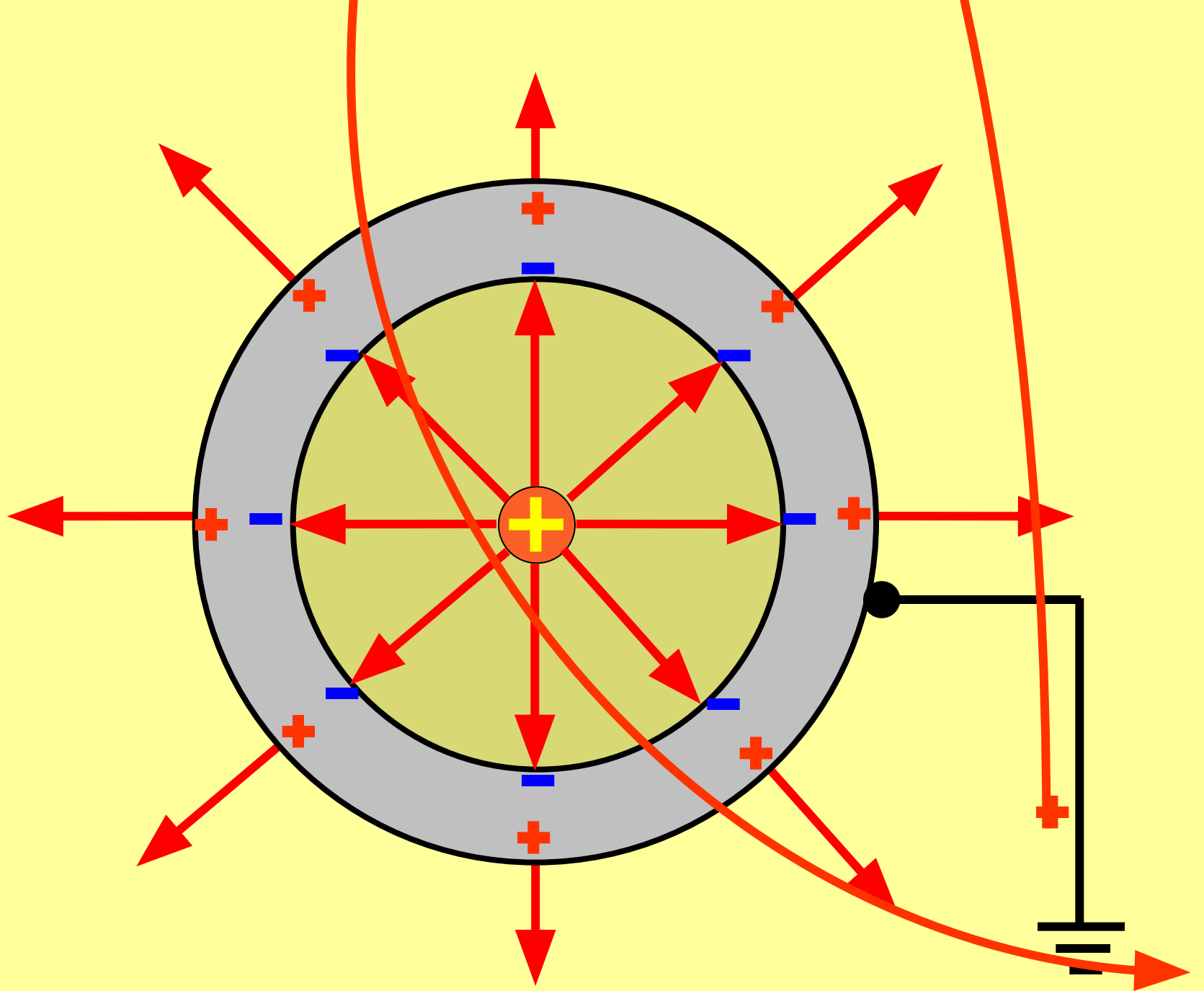
**Заключается в том, что чувствительные приборы
заклучают внутрь замкнутого металлического
корпуса**

**Не менее часто экранируют не прибор, а
источник поля:**









Конденсаторы



Практический интерес представляют системы из двух проводников, разделенных диэлектриком. Это конденсаторы, способные накапливать электрический заряд и соответственно энергию электростатического поля.



Энергия электрического поля внутри конденсатора равняется

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{U^2 C}{2}$$

Плоский конденсатор школьный

Електроємкость-это физическая величина, характеризующая способность конденсатора к накоплению электрического заряда.

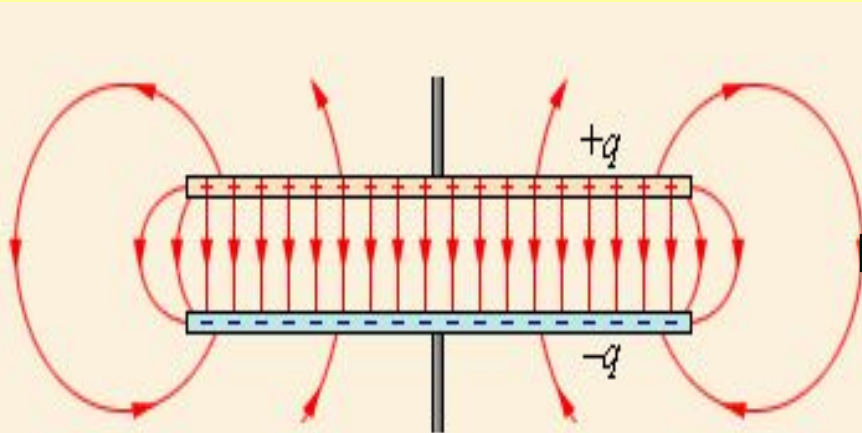
где q – заряд положительной обкладки,
 U – напряжение между обкладками.

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

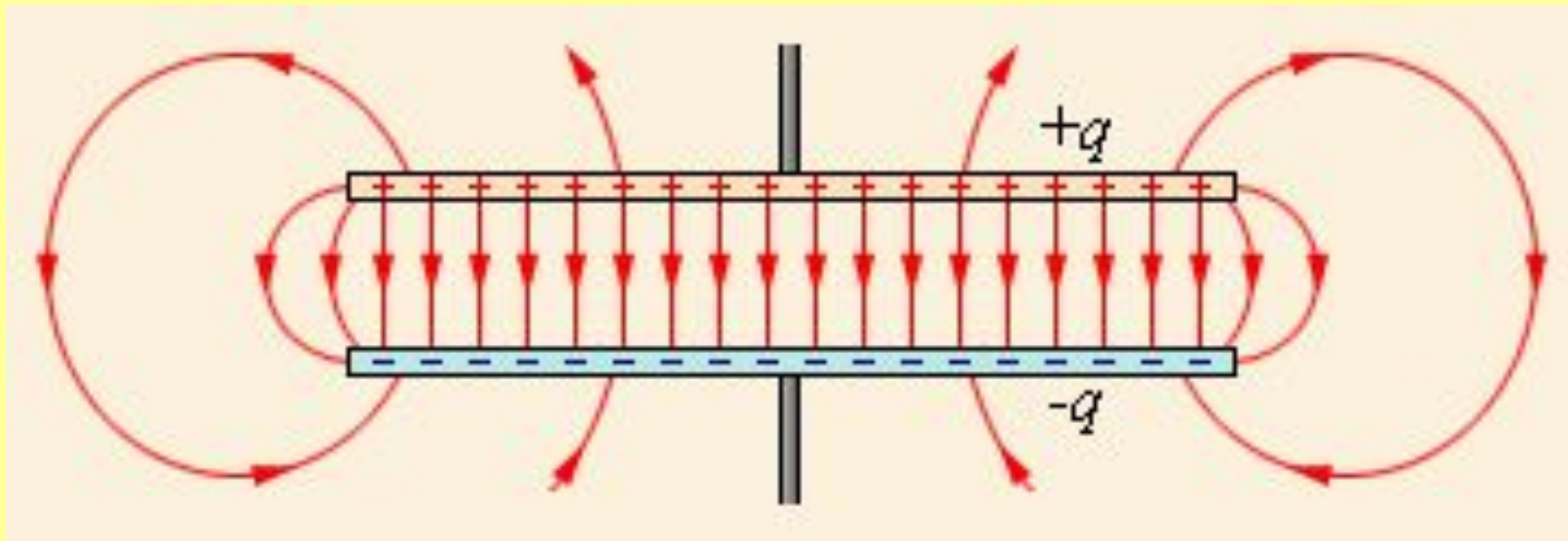
$$C = \frac{S \epsilon_0 \epsilon}{d}$$

Если увеличить площадь пластин S , уменьшить расстояние между ними d или ввести между ними диэлектрик (с большей диэлектрической проницаемостью вещества ϵ), то электроёмкость конденсатора увеличится.

Електроємкость конденсатора не зависит от заряда обкладок.
В СИ електроємкость измеряется в фарадах.

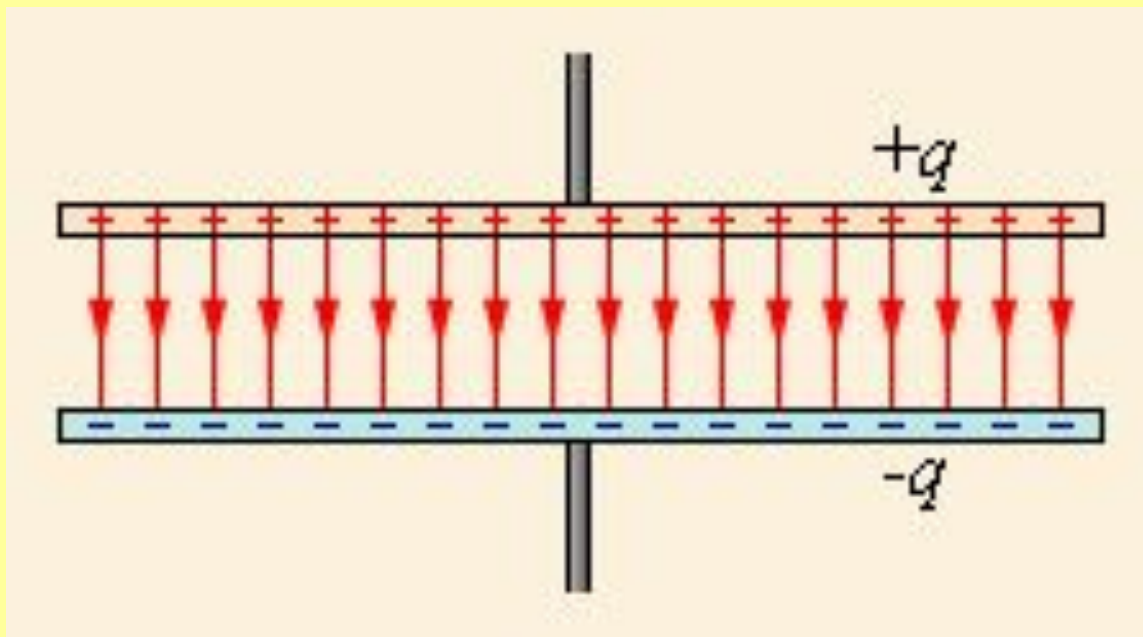


Поле плоского конденсатора:



Идеализированное представление поля плоского конденсатора:

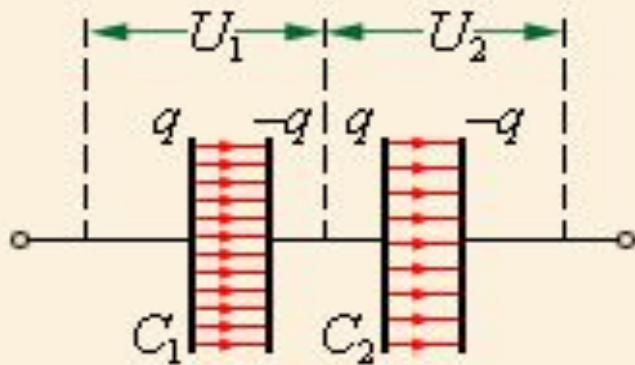
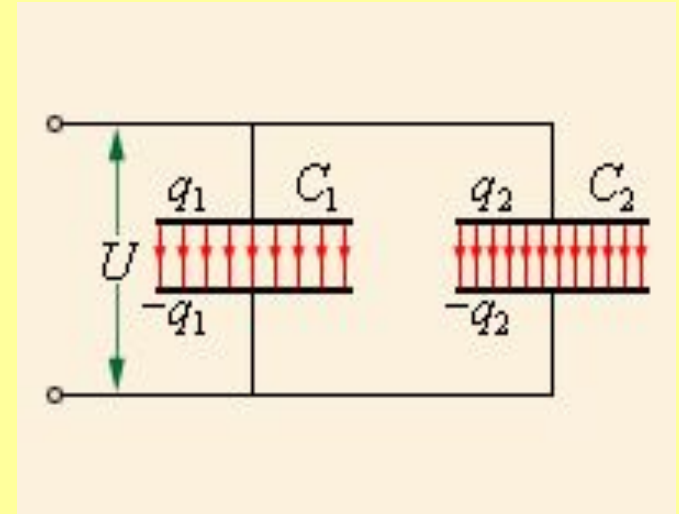
$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$



Электроемкость C батареи, составленной из параллельно соединенных конденсаторов C_1 и C_2 , рассчитывается по формуле

$$C = C_1 + C_2,$$

а батареи, составленной из последовательно соединенных конденсаторов, по формуле



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}.$$

Конденсаторы бывают:



Конденсатор переменной емкости

Конденсаторы бумажные и электролитические

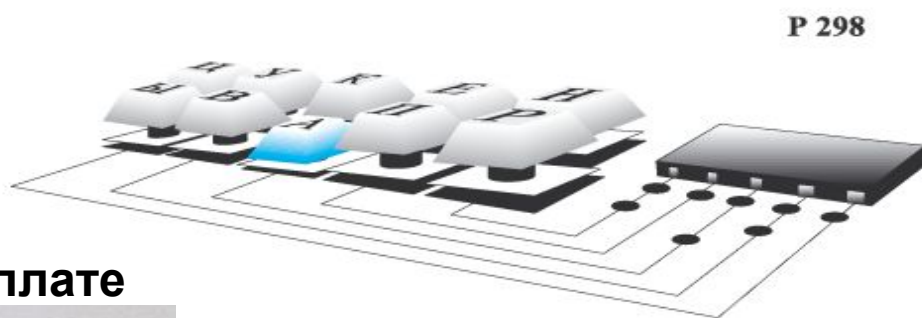


Конденсаторы бумажные разной емкости на одно напряжение



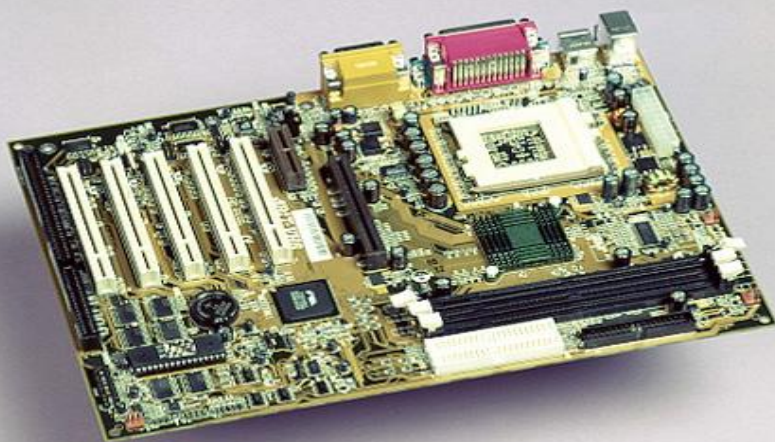


Осциллограф двулучевой

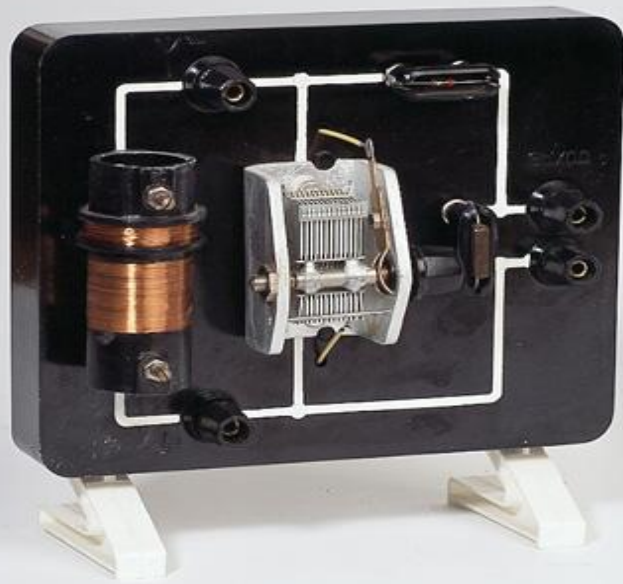


P 298

**Интегральные схемы на материнской плате
компьютера**

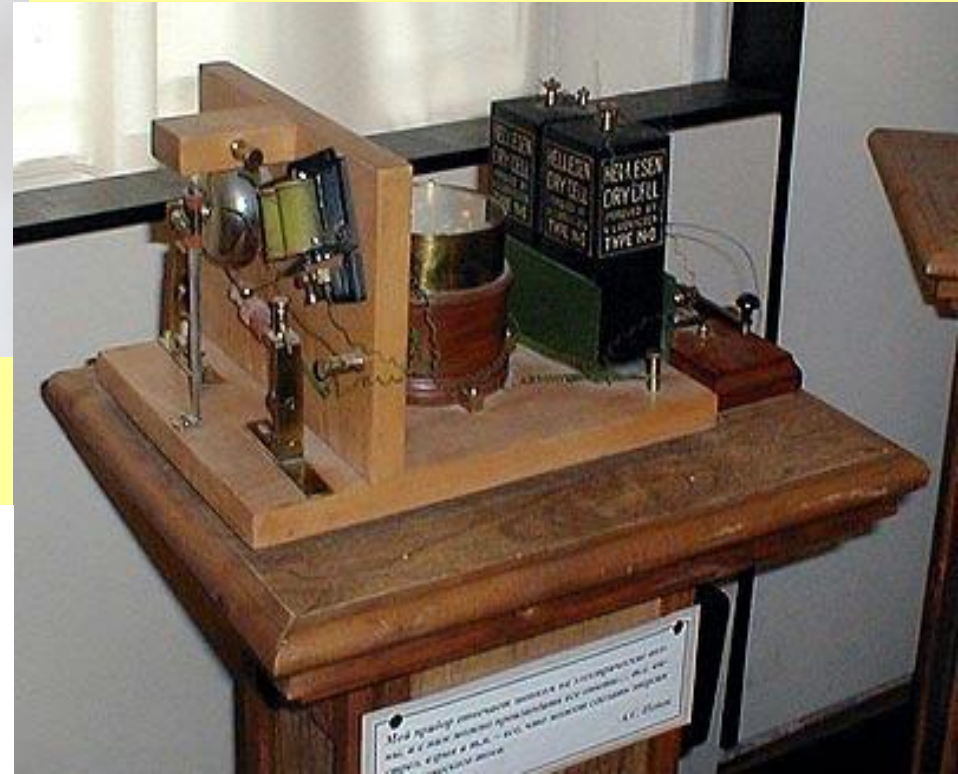


**Конденсаторы в
клавиатуре компьютера**



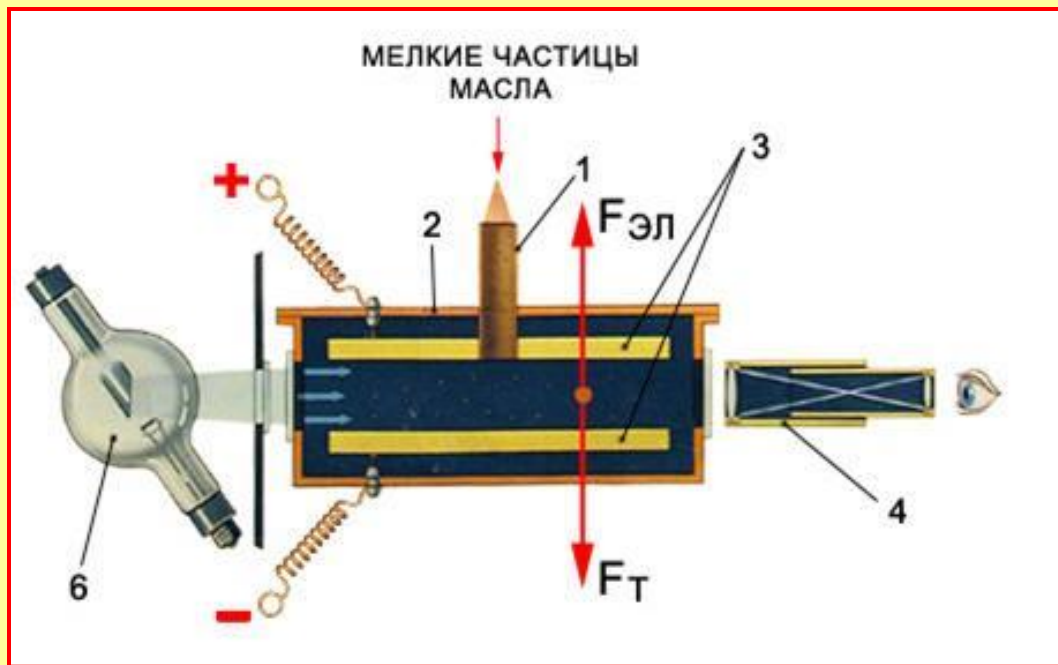
Колебательный контур

ФОТОВСПЫШКИ



Приемник А.С.Попова

В однородном электрическом поле с напряженностью 50 В/м находится в равновесии капелька с зарядом $2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$.
Определить в миллиграммах массу капельки. Ответ:1



Чему равен модуль напряженности однородного электрического поля внутри плоского конденсатора, если напряжение на его обкладках 10 В , а расстояние между обкладками 5 мм ?
Ответ:2000

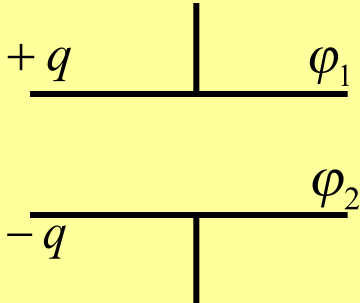
ЗАКОН КУЛОНА

- основной закон электростатики.

(установлен экспериментально, 1785г.)

Сила	Природа взаимодействия	Формула	Направление	Условие Применимости формулы
<i>кулоновская</i>	<i>Электромагнитная</i>	$F = k \frac{ q_1 q_2 }{r^2}$ <p>(для двух точечных заряженных тел)</p>	<i>вдоль прямой, соединяющей точечные заряженные тела</i>	<i>для точечных неподвижных тел в вакууме, а также для шаров, радиусы которых соизмеримы с расстояниями между их центрами (заряды распределены равномерно)</i>

Конденсаторы

	Схема	Энергия заряженного конденсатора	Плотность энергии
конденсатор		$W = \frac{qU}{2} ;$ $W = \frac{CU^2}{2} ; W = \frac{q^2}{2C}$ $W = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} q$	$\omega_p = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}$

