



# Электродинамика


- Наша жизнь сегодня такова, что далеко не всегда мы задумываемся о том, что происходит вокруг нас, и уж тем более почему. И вот так вот не замечая, а точнее не обращая внимание ни на происходящее, ни на его суть, мы продолжаем стремительно двигаться куда-то вдаль, куда и сами не знаем, как, впрочем, не знаем и зачем. Мы очень часто говорим, что мир чересчур сложен, и мы не можем, да и не имеем времени на то, чтобы остановиться и попытаться сделать хоть небольшой шаг к его пониманию. Человек вынужден подчас бороться с отрицательными воздействиями статического электричества и изобретать различные антистатиками, браслеты для специалистов, обслуживающих современную электронику, спецодежду и т.д.





# Введение в электродинамику

Электродинамика-это наука о свойствах и закономерностях поведения особого вида материи-электромагнитного поля, осуществляющего взаимодействие между электрически заряженными телами или частицами.



Существует и другое, более короткое определение электродинамики:

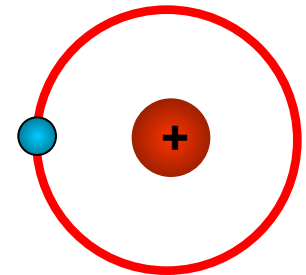
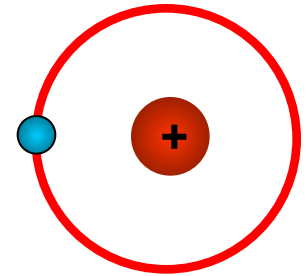
Электродинамика - раздел физики, изучающий взаимодействие электрических зарядов.

Это взаимодействие осуществляется посредством электрического и магнитного полей, причем часто невозможно отделить одно поле от другого, поэтому одним из общих понятий электродинамики является электромагнитное поле, а в каждой области, в которой есть поле, сосредоточена и энергия. Однако электродинамика это не только фундаментальные законы физики, но и, безусловно, многочисленные разделы техники, а также естествознания (химия, биология, медицина, астрономия).



# Типы взаимодействий

- Гравитационное
- Электромагнитное
- Слабое
- Сильное (ядерное)

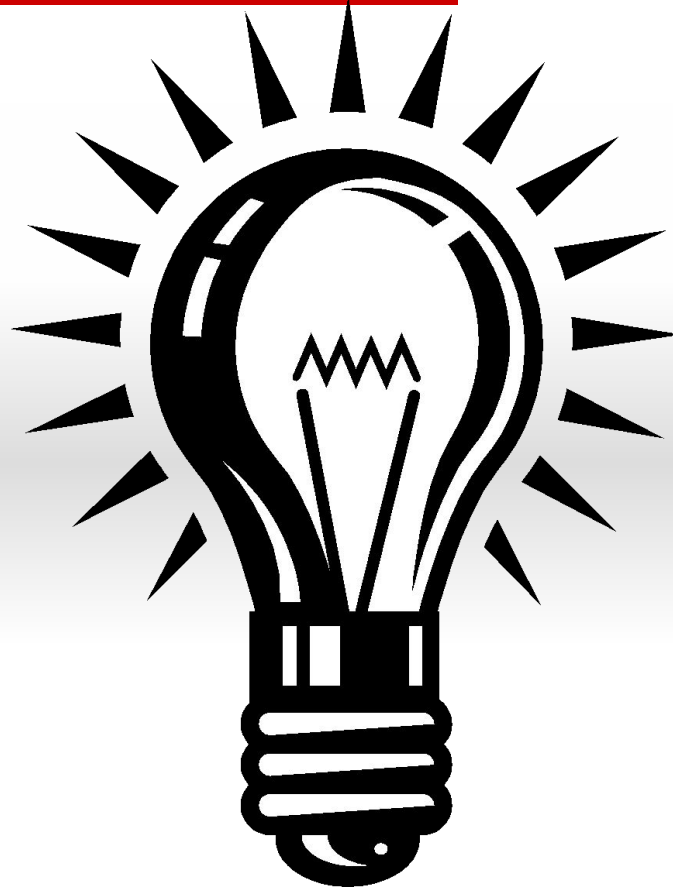


Частицы взаимодействуют друг с другом силами, имеющими электрическую природу. Гравитационное взаимодействие между частицами пренебрежимо мало.

Одной из составляющих  
электродинамику наук является

**электростатика**

---



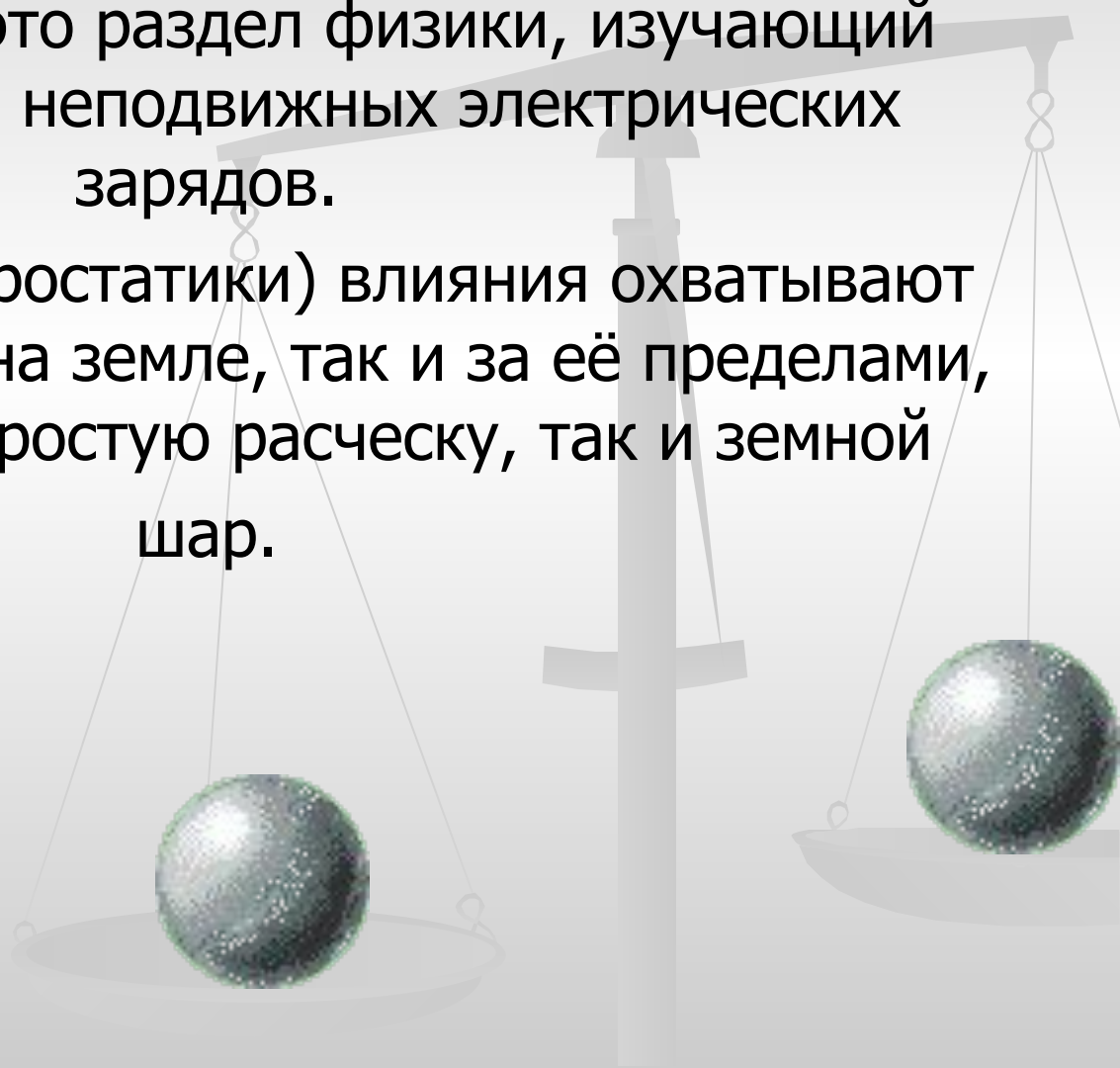
# Цель урока:

Объяснить:

1. Электрический заряд характеризует способность тел или частиц к электромагнитному взаимодействию;
2. Электрический заряд дискретен,
3. Ввести понятие электризации как процесса получения электрически заряженных тел из электронейтральных.
4. Познакомить с законом сохранения заряда. Формирование общих компетенций: ОК 1, 2, 3,6.

# Определение электростатики

- Электростатика-это раздел физики, изучающий взаимодействие неподвижных электрических зарядов.
- И рамки её (электростатики) влияния охватывают каждый атом, как на земле, так и за её пределами, включая, как и простую расческу, так и земной шар.





# Элементарные частицы

Мы знаем, что тела построены из мельчайших частиц, которые **НЕ**делимы на более простые и поэтому их называют элементарными.

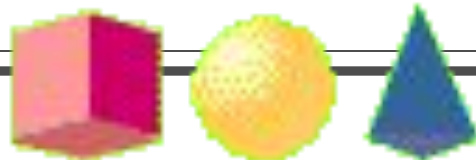
**Элементарные частицы** - простейшие структурные элементы материи, которые на современном уровне развития физики нельзя считать соединением других частиц.

Между элементарными частицами осуществляются сильные, электромагнитные и слабые взаимодействия, по отношению к которым элементарные частицы подразделяются:

- на адроны, участвующие в сильном взаимодействии;
- на лептоны, не участвующие в сильном взаимодействии; и
- на виртуальные частицы, выступающие переносчиками взаимодействий между частицами.

По другой классификации элементарные частицы подразделяются:

- на составные частицы адроны;
- на фундаментальные частицы без внутренней структуры.



# Элементарные частицы



*Составные частицы*

*Взаимодействия и теории*



# Электрический заряд

свойство элементарных частиц  
характеризующее электромагнитное  
взаимодействие и являющееся  
мерой этого взаимодействия

# Электрический заряд

Еще в древности люди обратили внимание на то, что потертый шерстью кусочек янтаря начинает притягивать к себе различные мелкие предметы: пылинки, ниточки и тому подобное. Это явление называется *электризацией*, а силы, действующие при этом – *электрическими силами*.

Оба названия происходят от греческого слова " *электрон* " , что означает " *янтарь* " .

При трении расчески о волосы или эбонитовой палочки о шерсть предметы *заряжаются*, на них образуются *электрические заряды*. Заряженные тела взаимодействуют друг с другом и между ними возникают электрические силы. Электризоваться трением могут не только твердые тела, но и жидкости, и даже газы.

При электризации тел вещества, из которых состоят электризующиеся тела, в другие вещества не превращаются. Таким образом, электризация – физическое явление.

# Электрический заряд.

---

о Электрический заряд- физическая величина, определяющая силу электромагнитного взаимодействия

о Существуют два вида электрических зарядов- положительные и отрицательные.

о Единица измерения- Кулон(Кл)

о Обозначение-  $q$

о Электрический заряд дискретен (квантован)

$$q = ne$$

где  $n$ - целое число.

# Положительный и отрицательный заряд тел



1. Положительно заряженными называют тела, которые действуют на другие заряженные предметы так же, как стекло, наэлектризованное трением о шелк.
2. Отрицательно заряженными называют тела, которые действуют на другие заряженные предметы так же, как сургуч, наэлектризованный трением о шерсть.





# Электризация тел

- Электризуются все тела
- Электризуются оба тела (контакт, трение, деформация, нагрев, облучение, индукция)
- Электризация обусловлена разной плотностью заряда и разной работой выхода (энергией связи)



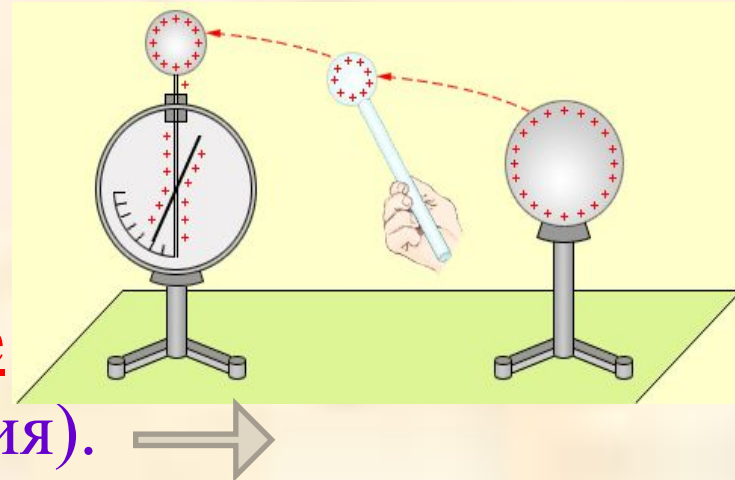
# Электризация

— 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 влияние** (электростатическая индукция).





# Свойства электрического заряда

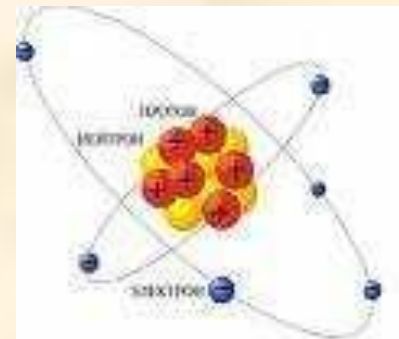
- Заряды существуют двух видов «+» и «-» и не существуют без частиц
- Одноименные заряды отталкиваются, разноименные притягиваются
- Заряд не зависит от СО

# Закон сохранения заряда

□ Электрически изолированная система тел - система тел, через границу которой не проникают заряды.



□ Алгебраическая сумма зарядов электрически изолированной системы тел постоянна.



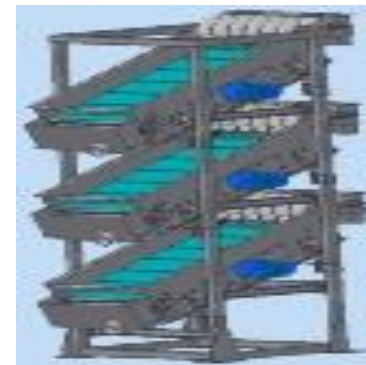
$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const}$$



# Применение статического электричества:



Электрофотография      Обогащение руд



Очистка  
зерна



Нанесение  
ворсового



Напыление  
порошков



## Вредное статическое электричество:

1). На текстильных фабриках.



2). Измерительные приборы, радиоэлектроника.



3) Заземление бензовозов.

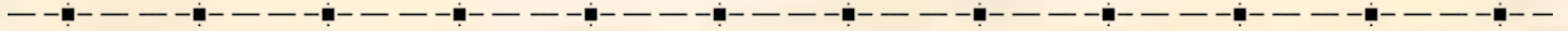


# Закрепление

- Если в темноте снимать шерстяную или синтетическую одежду, то можно увидеть искры и услышать потрескивание. Почему?
- В какую погоду особенно хорошо заметна электризация?
- Почему самолёты на аэродромах во время заправки топливом заземляют?
- Стоит ли тщательно натирать поверхность лакированной мебели, чтобы не садилась пыль?



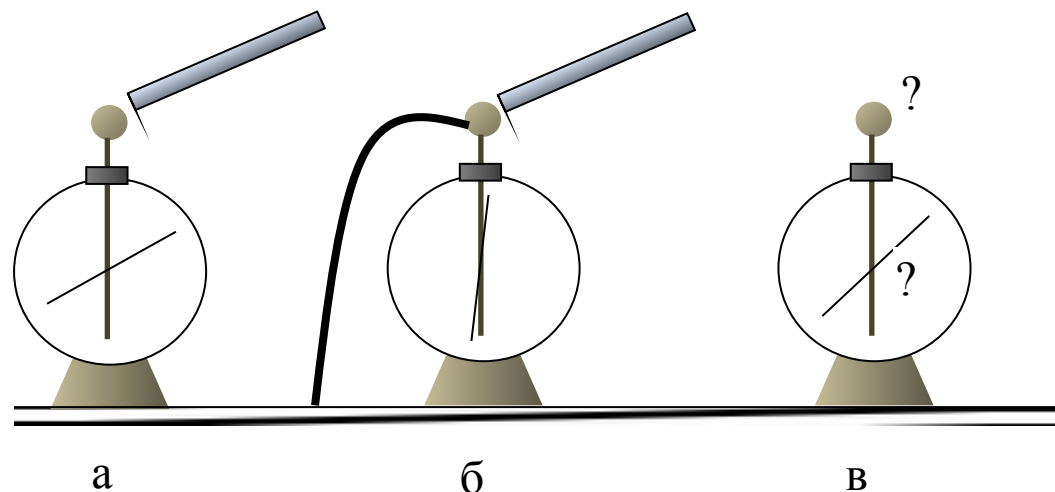
# Проверим себя (7 вопросов)



1. Учитель поднес отрицательно заряженную палочку к шару электрометра (рис. а), затем другой рукой коснулся шара электрометра, заземлив его (рис. б). Далее он снял руку с шара (убрал заземление), после чего убрал и палочку (рис. в). Каков по знаку заряд шара и стрелки?

Варианты ответа:

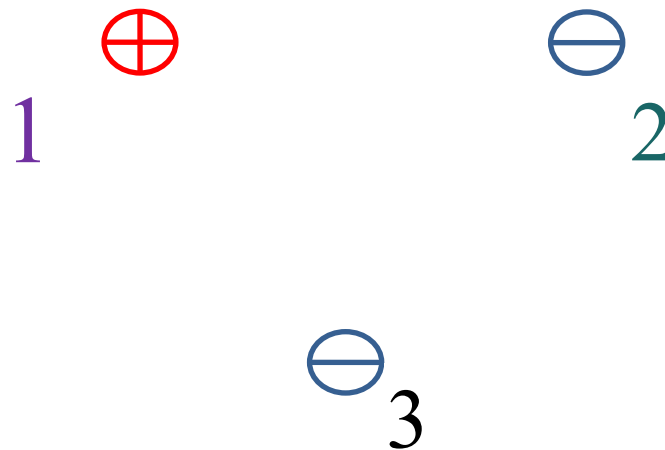
1. Заряд шара положительный, стрелки — отрицательный
2. Заряд и шара, и стрелки положительный
3. Заряд и шара, и стрелки отрицательный
4. Заряд шара отрицательный, стрелки — положительный



2. Какое утверждение о взаимодействии трех изображенных на рисунке заряженных частиц является правильным?

■ Варианты ответа:

1. 1 и 2 отталкиваются, 2 и 3 притягиваются, 1 и 3 отталкиваются
2. 1 и 2 притягиваются, 2 и 3 отталкиваются, 1 и 3 отталкиваются
3. 1 и 2 отталкиваются, 2 и 3 притягиваются, 1 и 3 притягиваются
4. 1 и 2 притягиваются, 2 и 3 отталкиваются, 1 и 3 притягиваются





3.

Пара легких одинаковых шариков, заряды которых равны по модулю, подвешена на шелковых нитях. Заряд одного из шариков указан на рисунках. Какой из рисунков соответствует ситуации, когда заряд 2-го шарика отрицателен?

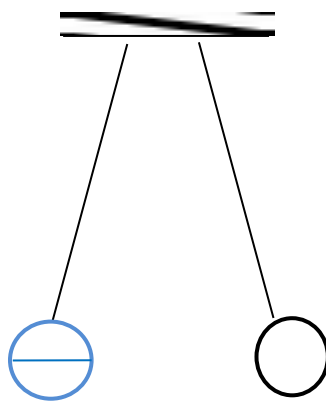
Варианты ответа:

1. А

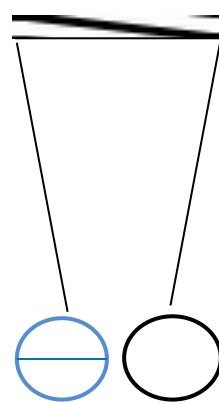
2. Б

3. В

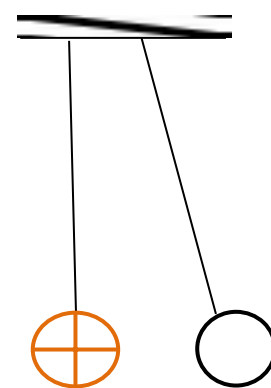
4. А и В



А



Б




В



4. Два точечных заряда будут отталкиваться друг от друга только в том случае, если заряды

Варианты ответа:

1. одинаковые по знаку и любые по модулю
2. одинаковые по знаку и обязательно одинаковые по модулю
3. различны по знаку и по модулю
4. различны по знаку, но обязательно одинаковые по модулю



5. Пылинка, имевшая отрицательный заряд  $-12e$ , при освещении потеряла два электрона.  
Каким стал заряд пылинки?


Варианты ответа:

1.  $+10e$
2.  $-10e$
3.  $+14e$
4.  $-14e$
5. Остался прежний



**6. Частица, обладающая наименьшим отрицательным зарядом — ...**

- 1) Нейтрон
- 2) Электрон
- 3) Ион
- 4) Протон



**7. Если у тела число протонов меньше числа электронов, то оно..**

1) Не имеет заряда

2) Положительно заряжено

3) Отрицательно заряжено

4) Может быть как положительно, так и отрицательно заряжено



# ОТВЕТЫ:

1 – 2

2 – 4

3 – 1

4 – 1

5 – 2

6 – 2

7 – 3

- 
- Домашнее задание: выучить пройденный материал.

# Основной закон электростатики- Закон Кулона!

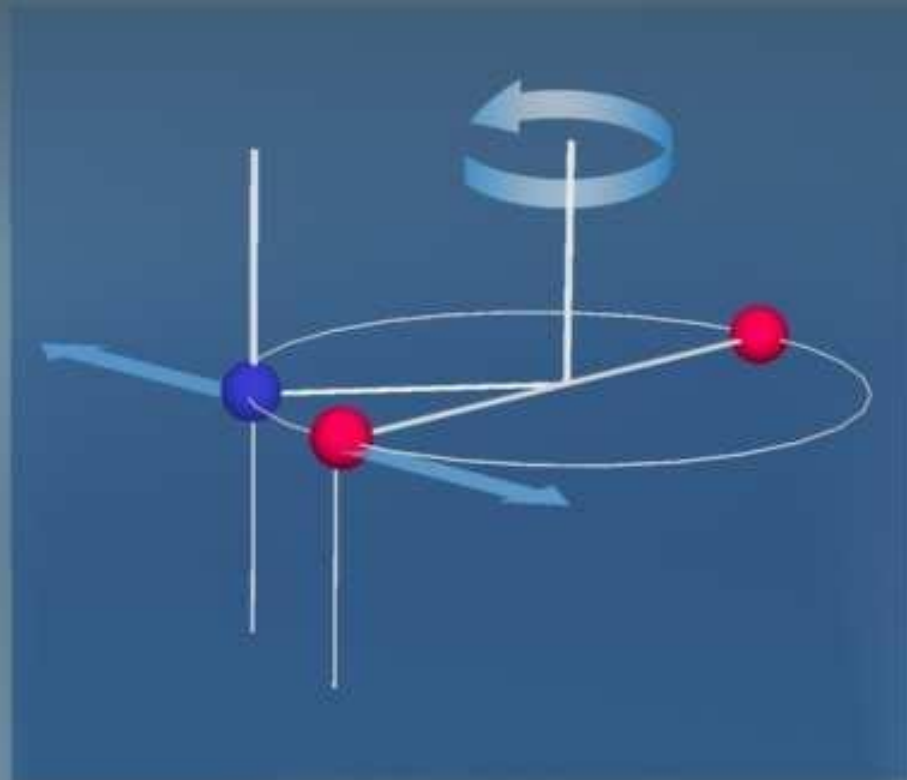
- Основной закон электростатики был экспериментально установлен французским ученым Шарлем Кулоном в 1785 году и носит его имя!





- **Цель урока:** познакомить учащихся с законом Кулона. Используя закон Кулона, научиться решать задачи.

# Схема опыта Кулона

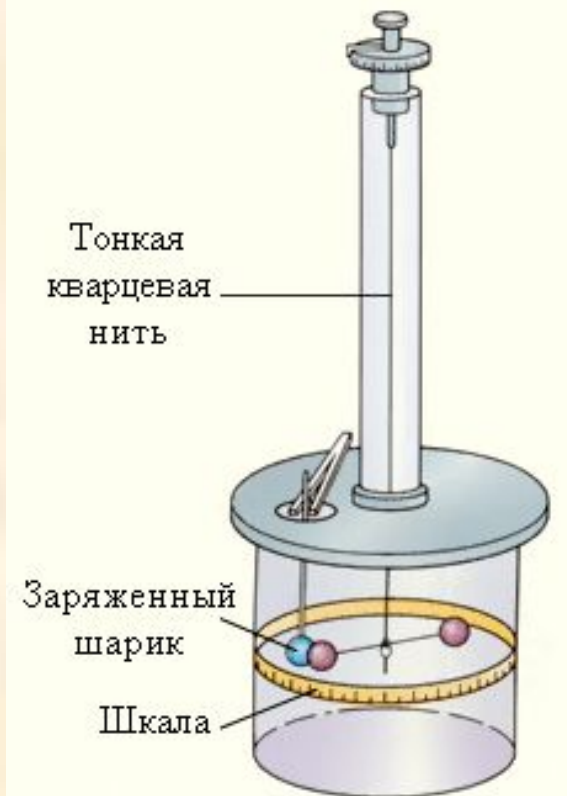


# Закон Кулона

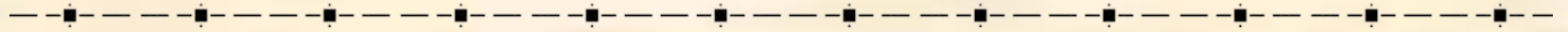


- Сила взаимодействия между двумя неподвижными точечными зарядами, находящимися в вакууме, прямо пропорциональна произведению модулей зарядов, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

$$F_{12} = \kappa \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$



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



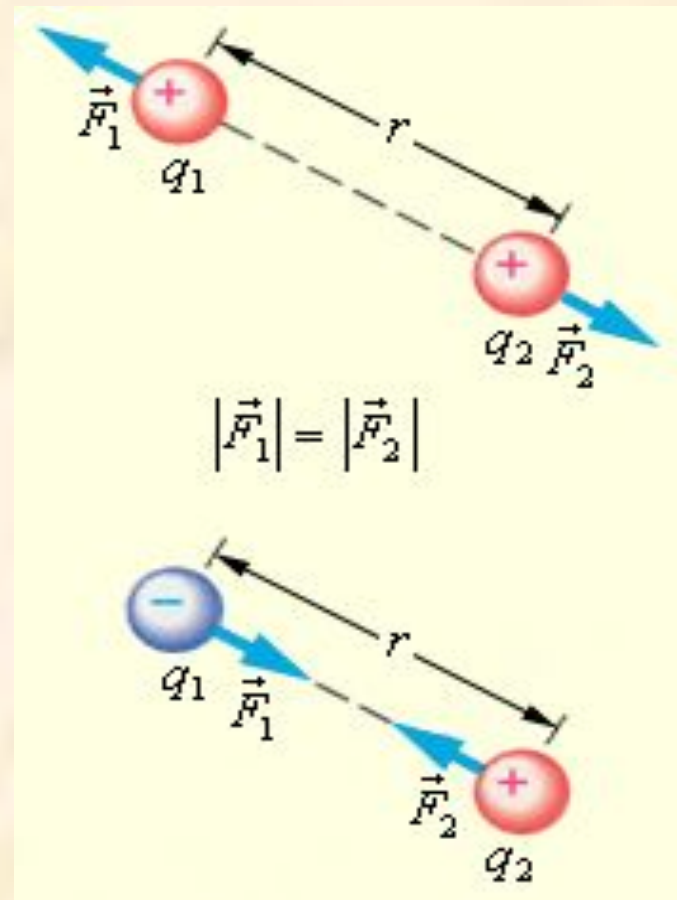
□ Коэффициент пропорциональности

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

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

□ Электрическая постоянная

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



Закон Кулона для зарядов,  
находящихся в другой среде.

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

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

# **Как изменится сила взаимодействия двух точечных зарядов, если:**



- Величину каждого из них увеличить в 2 раза?**
- Расстояние между ними уменьшить в 3 раза?**
- Величину каждого заряда увеличить в 4 раза, а расстояние между ними уменьшить в 2 раза?**
- Какова диэлектрическая проницаемость среды, если сила взаимодействия зарядов в ней уменьшилась в 4 раза по сравнению с вакуумом?**

# Решим задачи

1. Сила взаимодействия двух одинаковых точечных зарядов, находящихся на расстоянии 0,5 м, равна 3,6 Н. Найдите величины этих зарядов.
2. На каком расстоянии нужно расположить два заряда  $5 \cdot 10^{-9}$  Кл и  $6 \cdot 10^{-9}$  Кл, чтобы они отталкивались друг от друга с силой  $12 \cdot 10^{-5}$  Н.?

3. Два одинаковых шарика находятся на расстоянии 40 см друг от друга. Заряд одного из них  $9 \cdot 10^{-9}$  Кл, а заряд другого  $2 \cdot 10^{-9}$  Кл. Шарики привели в соприкосновение и вновь раздвинули на такое же расстояние. Найдите силы их взаимодействия до и после соприкосновения.

4. Два заряда  $+1.66 \times 10^{-9}$  Кл и  $+3,33 \times 10^{-9}$  Кл находятся на расстоянии 20 см друг от друга. Где надо поместить третий заряд, чтобы он оказался в равновесии?





Самостоятельно

1. Два одинаковых точечных заряда взаимодействуют в вакууме с силой  $0,1 \text{ Н}$ . Расстояние между зарядами равно  $6 \text{ м}$ . Найдите величину этих зарядов.
2. Два заряда по  $4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ , разделенные слюдой толщиной  $1 \text{ см}$ , взаимодействуют с силой  $1,8 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$ . Определите по этим данным диэлектрическую проницаемость слюды.
3. На каком расстоянии друг от друга надо расположить два точечных заряда по  $5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ , чтобы в керосине сила взаимодействия между ними оказалась равной  $0,5 \text{ Н}$ ? Диэлектрическая проницаемость керосина равна  $2$ .

- 
- Домашнее задание: выучить пройденный материал.

# Физический диктант №



- 1. Какая физическая величина определяет электромагнитное взаимодействие?
- 2. Как называется процесс, приводящий к появлению на телах электрических зарядов?
- 3. Может ли заряд существовать независимо от частицы?
- 4. В каких единицах измеряют электрический заряд?
- 5. Создаем ли мы заряды при электризации тел?
- 6. Способы электризации тел.
- 7. Если тело электрически нейтрально, то означает ли это, что оно не содержит электрических зарядов?
- 8. Верно ли утверждение, что в замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех тел остается постоянной?
- 9. При увеличении расстояния между зарядами в три раза сила их взаимодействия...
- 10. Величина, характеризующая электрические свойства среды.



*ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ*


---

*ПОЛЕ.*

*НАПРЯЖЕННОСТЬ*

*ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО*

*ПОЛЯ*

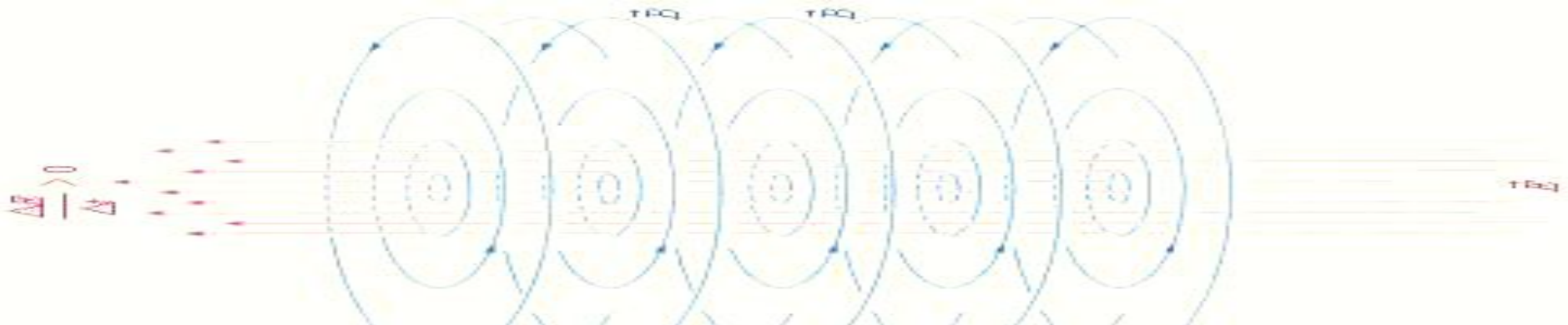


---

**Цель урока:** раскрыть материальный характер электрического поля: дать понятие напряжённости электрического поля исходя из её общего определения;

# Электрическое поле

- **Электрическое поле** — особая форма поля — особая форма поля, существующая вокруг тел или частиц, обладающих электрическим зарядом — особая форма поля, существующая вокруг тел или частиц, обладающих электрическим зарядом, а также в свободном виде в электромагнитных волнах — особая форма поля, существующая вокруг тел или частиц, обладающих электрическим зарядом, а также в свободном виде в электромагнитных волнах. Электрическое поле непосредственно невидимо, но может наблюдаться по его действию и с помощью приборов. Основным действием электрического поля является ускорение тел или частиц,







- Электрическим полем называют вид материи, посредством которой происходит взаимодействие электрических зарядов.
- 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 силе, с которой поле действует на единичный положительный заряд, помещенный в эту точку.

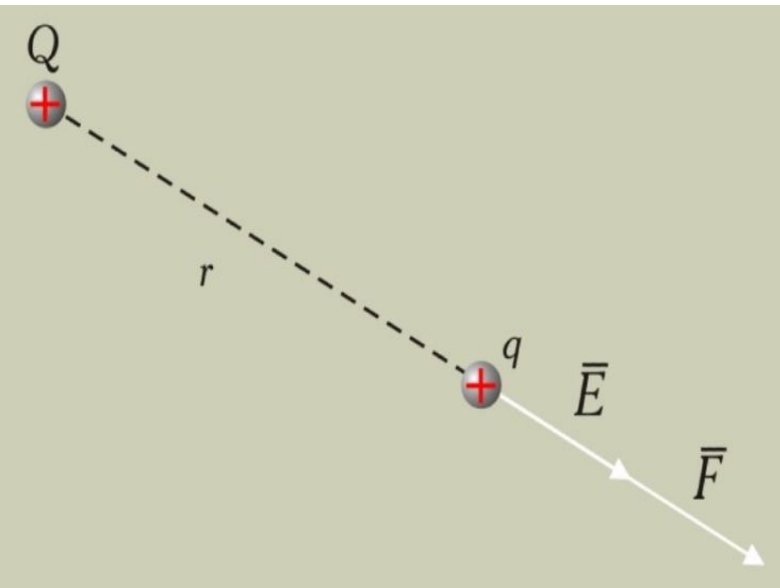
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

- **Напряженность**- силовая характеристика электрического поля.

$$\vec{F} = \vec{E} \cdot q \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

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

# Напряженность поля точечного заряда



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

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

$E$  – модуль напряженности поля, созданного точечным зарядом

$q$  – значение точечного заряда

$r$  – расстояние от точечного заряда до исследуемой точки поля

$\epsilon_0$  – электрическая постоянная, равная  $8,85 \cdot 10^{-12}$  ф/м

- Напряженность – это векторная величина.

Если  $q > 0$ , то  $E$  в данной точке поля направлена от заряда.

Если  $q < 0$ , то  $E$  в данной точке поля направлена к заряду.

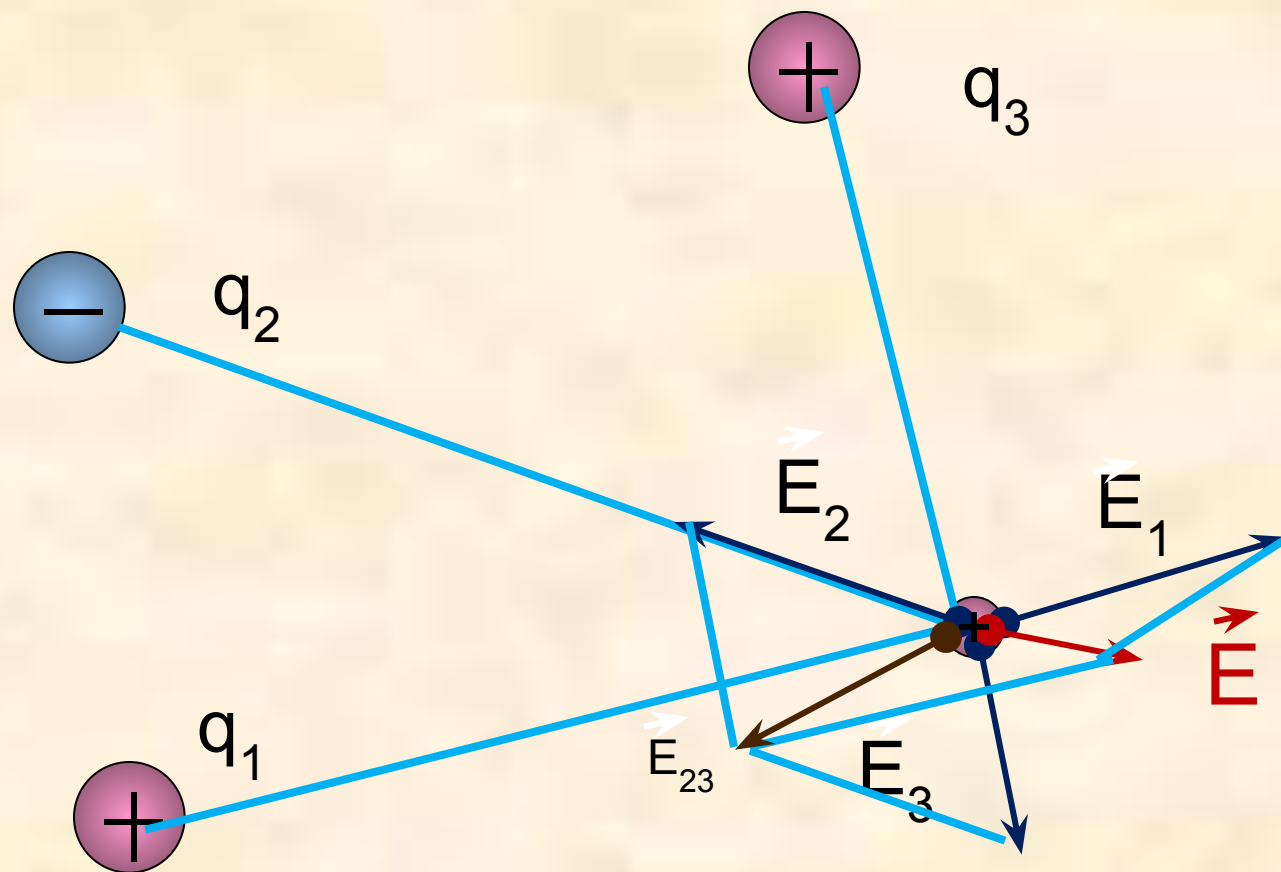
# Принцип суперпозиции полей

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

$\vec{E}$  – вектор напряженности  
резльтирующего электрического  
поля

$\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots, \vec{E}_n$  – векторы напряженностей всех  
электрических полей

# Принцип суперпозиции полей

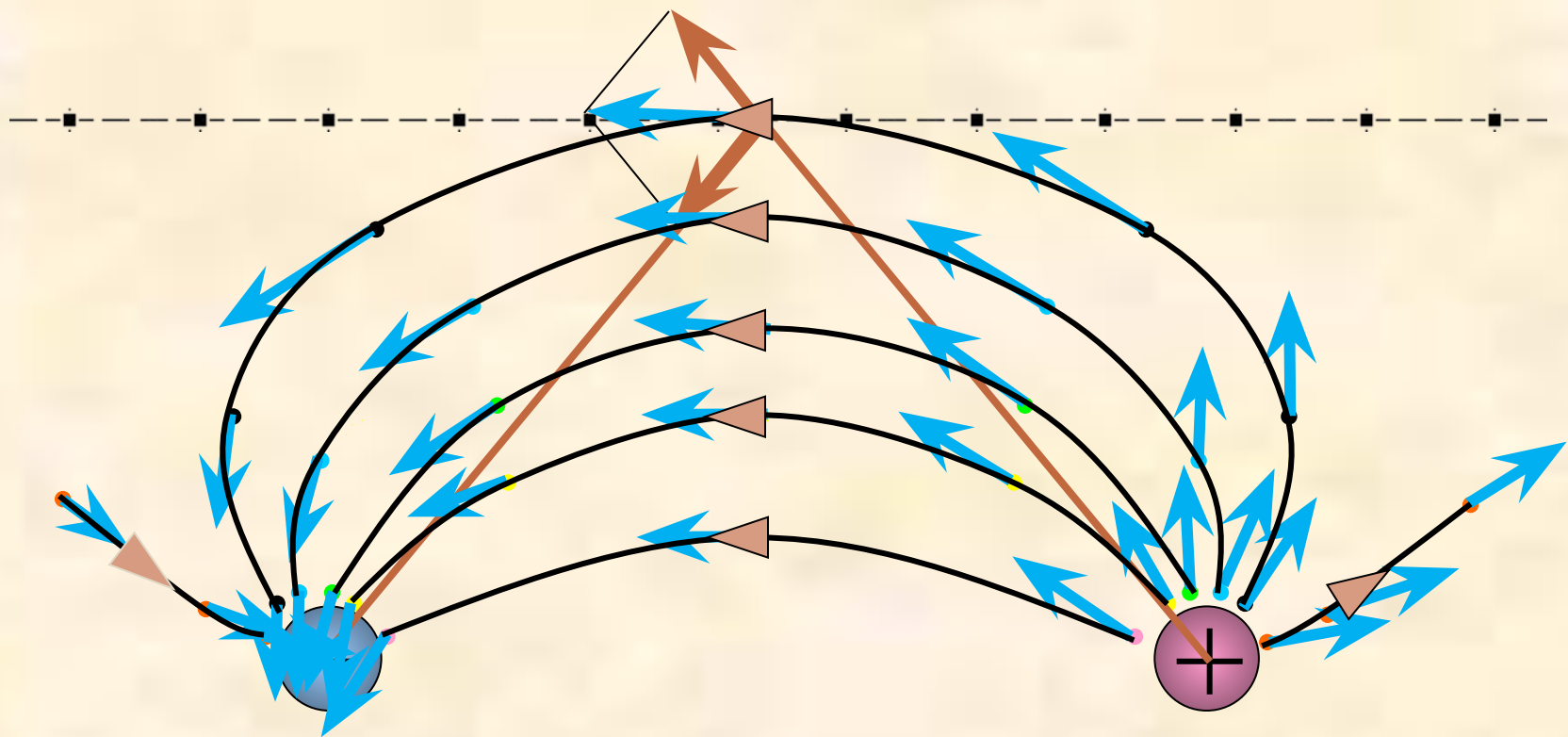




*Графическое  
представление*

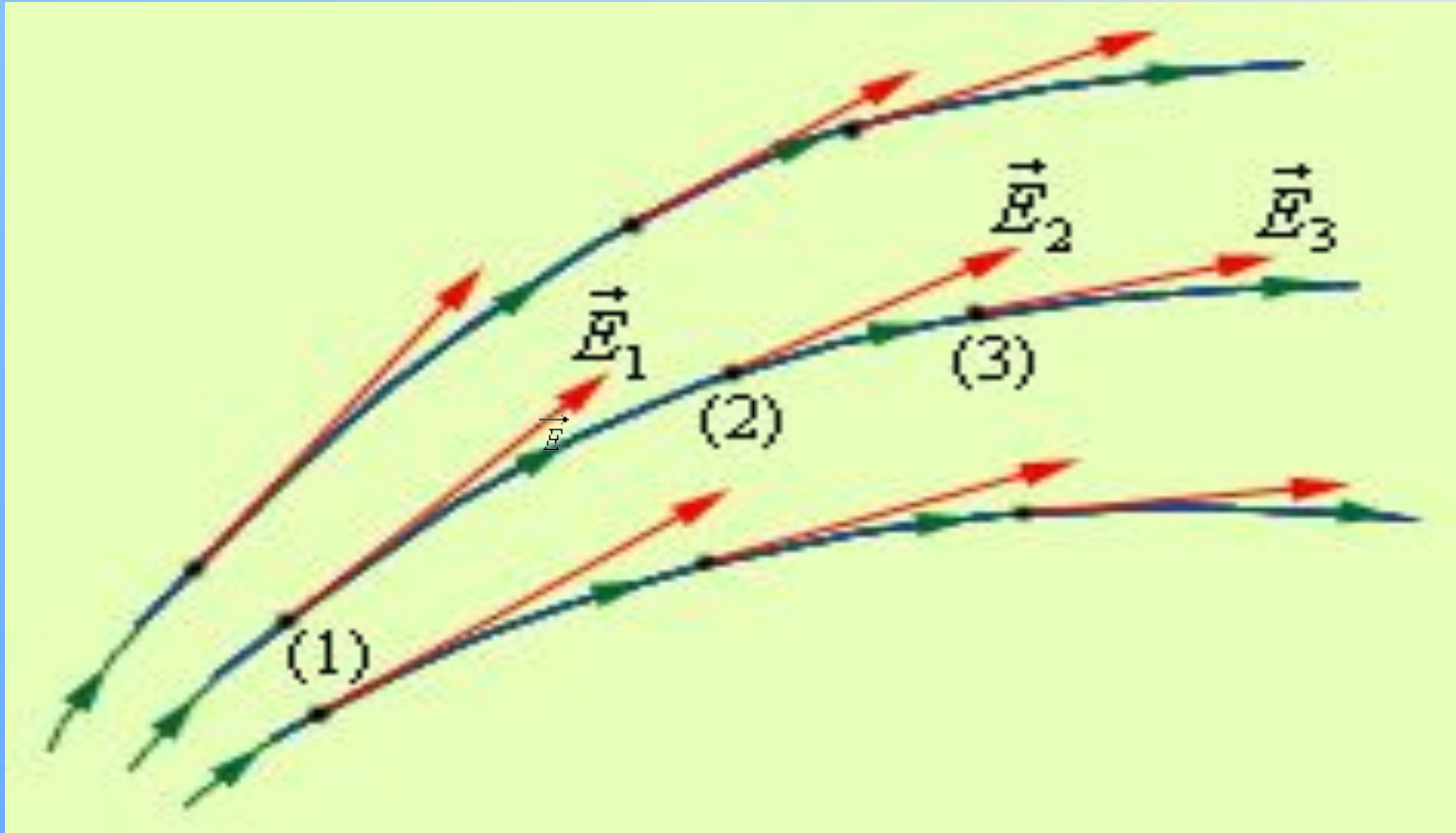
**электростатического  
поля**







# Линии напряженности электрического поля



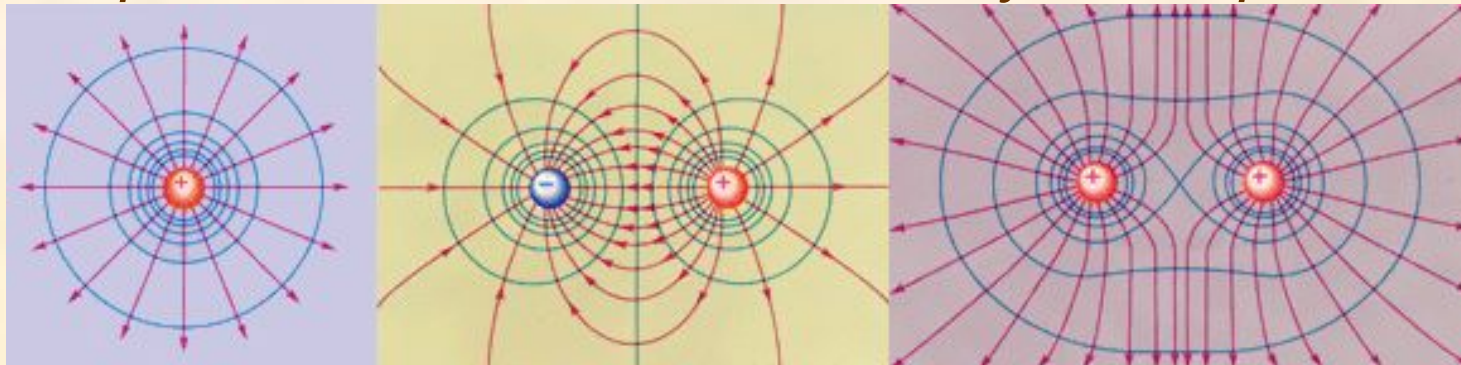
**Эти линии проводятся так, чтобы направление вектора в каждой точке совпадало с направлением касательной к силовой линии**

# Силловые линии электрического поля.

- **Линии напряженности электростатического поля** – линии, касательные к которым в каждой точке совпадают по направлению с вектором напряженности поля.

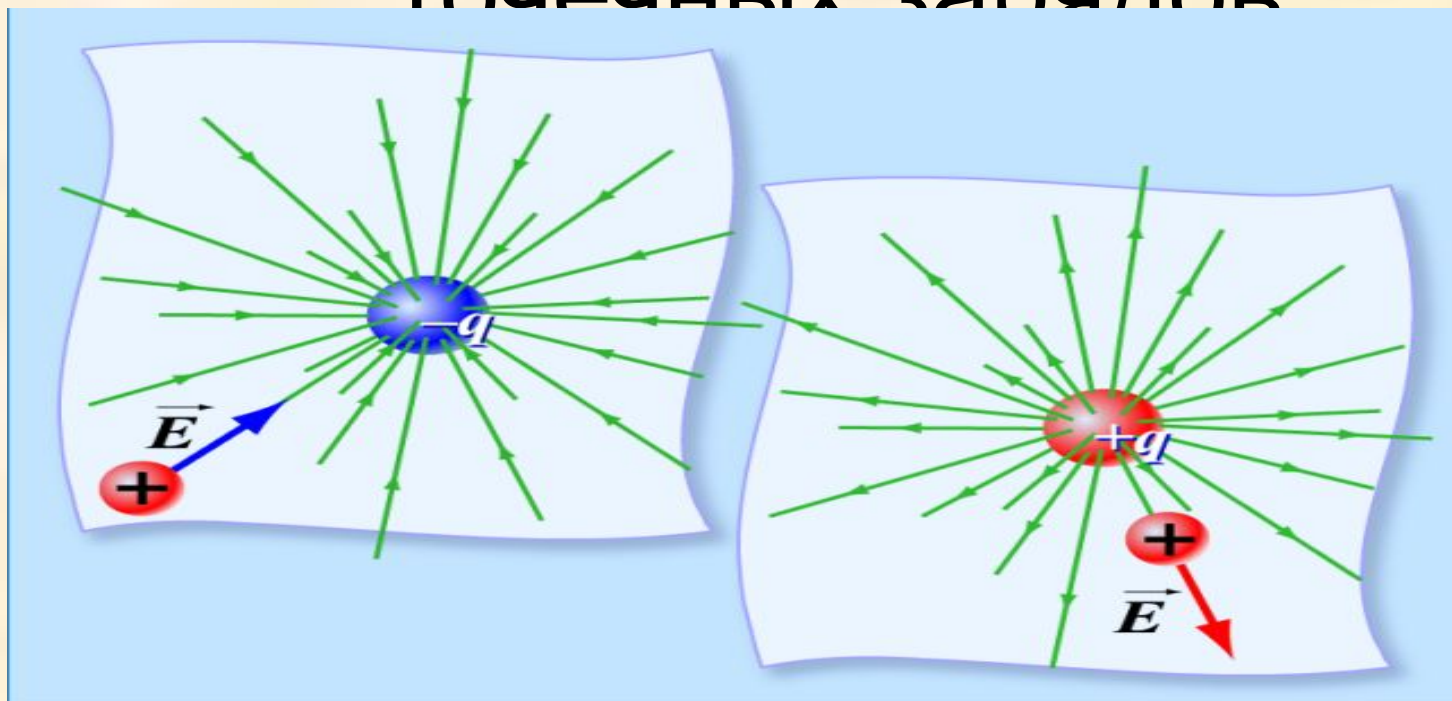


- **Направление линий соответствует направлению**



# *Силловые линии кулоновских полей*

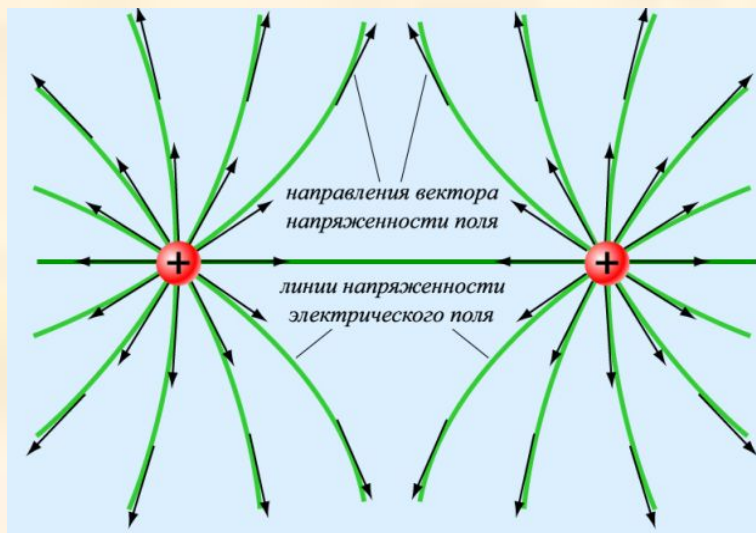
ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И  
ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ  
ТОЧЕЧНЫХ ЗАРЯДОВ



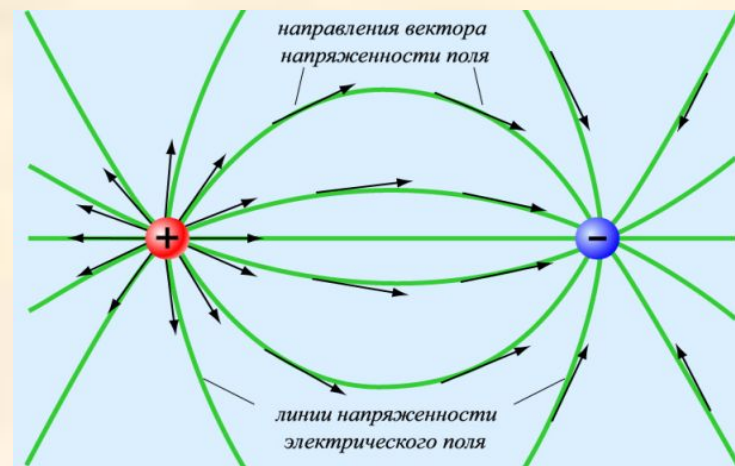


# Поле двух точечных

ОДНОИМЕННЫХ  
зарядов



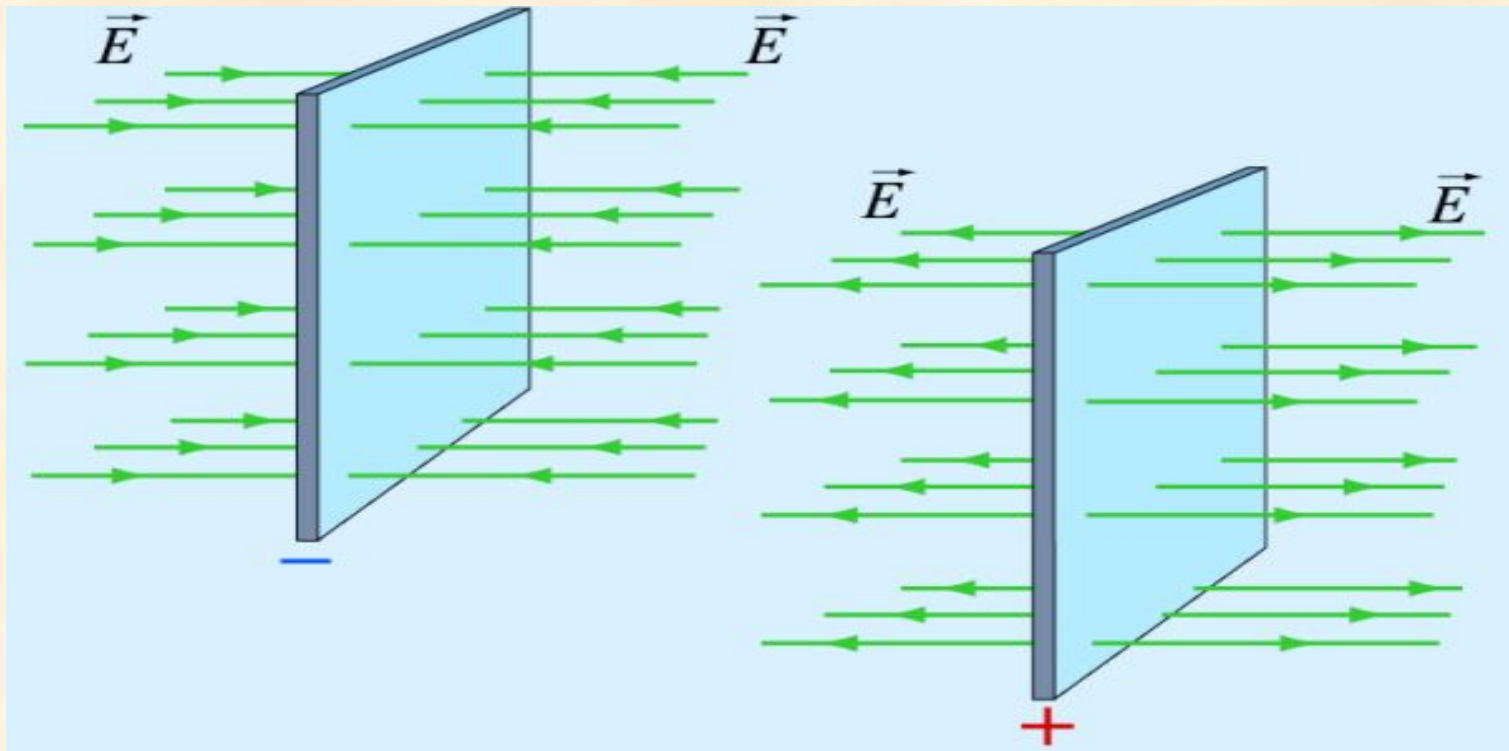
разноименных  
зарядов



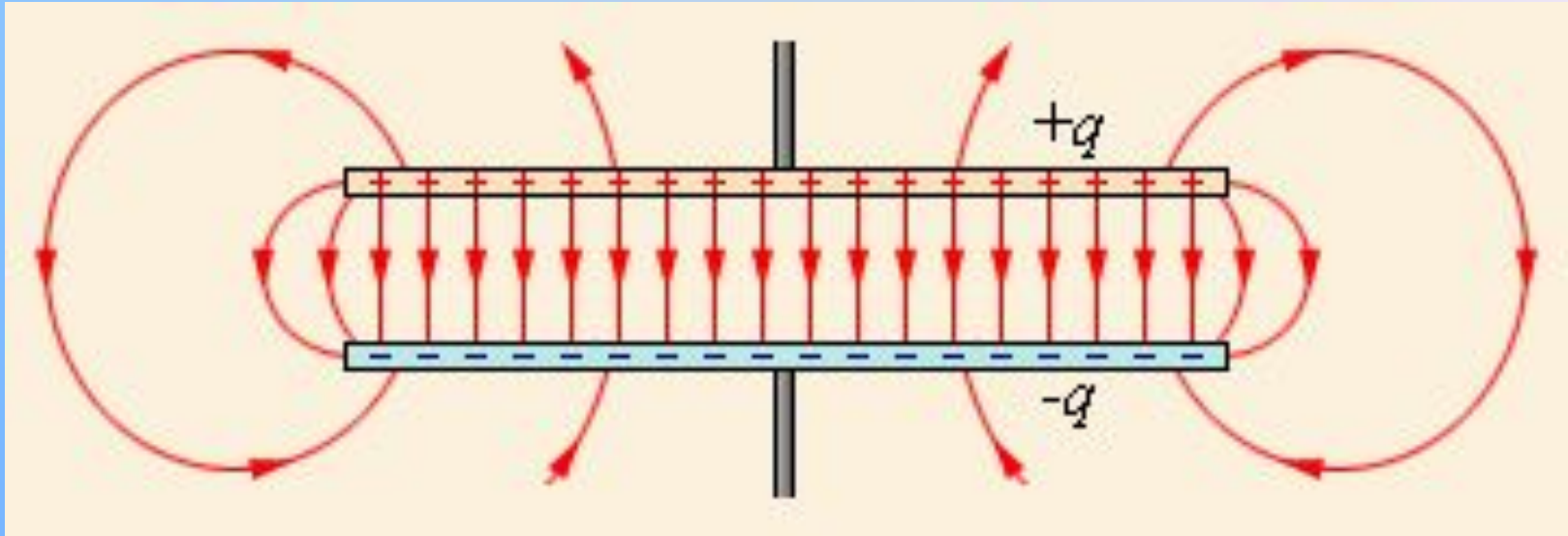
# *Свойства*

1. Силовые линии электрического поля, созданного неподвижными зарядами, не замкнуты: они начинаются на положительных и заканчиваются на отрицательных зарядах.
2. Силовые линии не пересекаются.
3. Густота линий больше там, где напряженность поля больше

# Поле равномерно заряженной плоскости

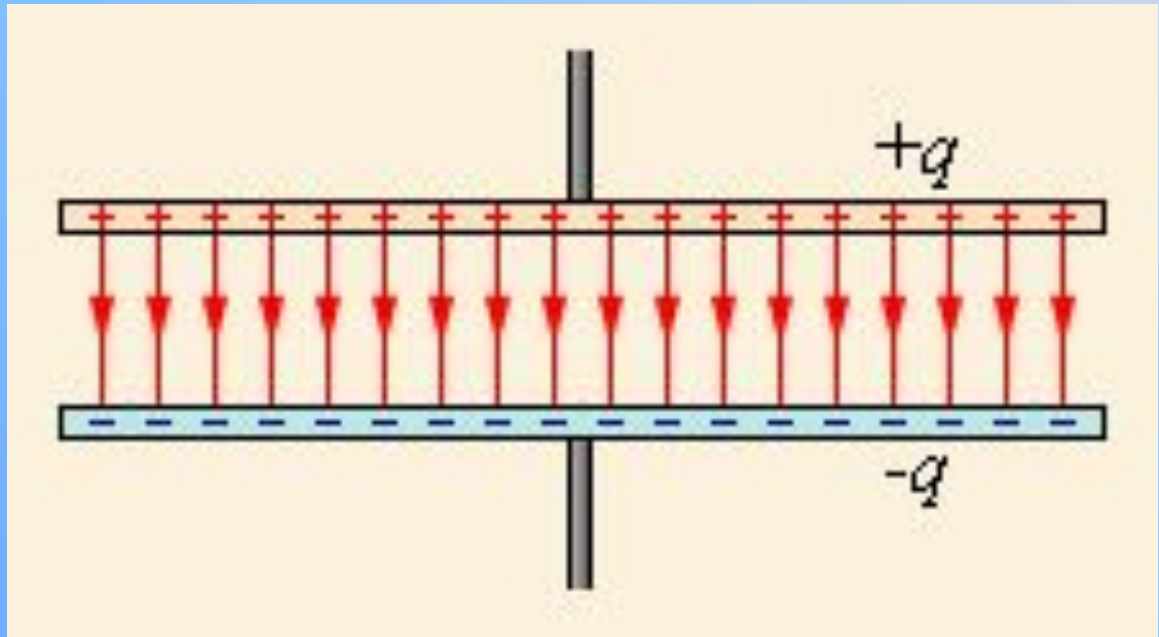


# Поле плоского конденсатора:




Идеализированное представление поля плоского конденсатора:

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





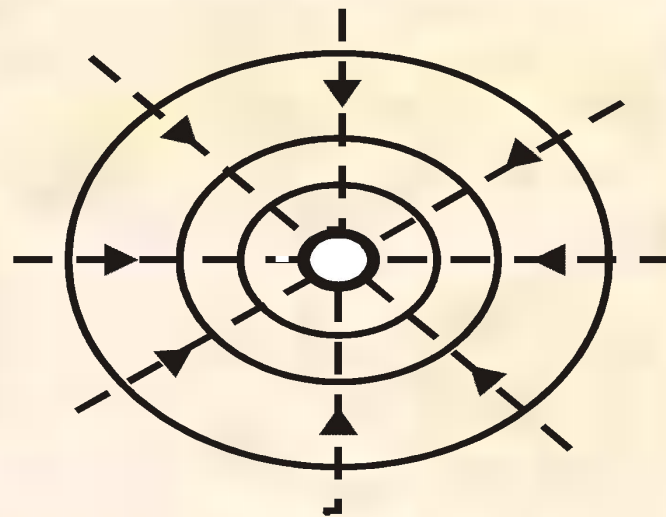
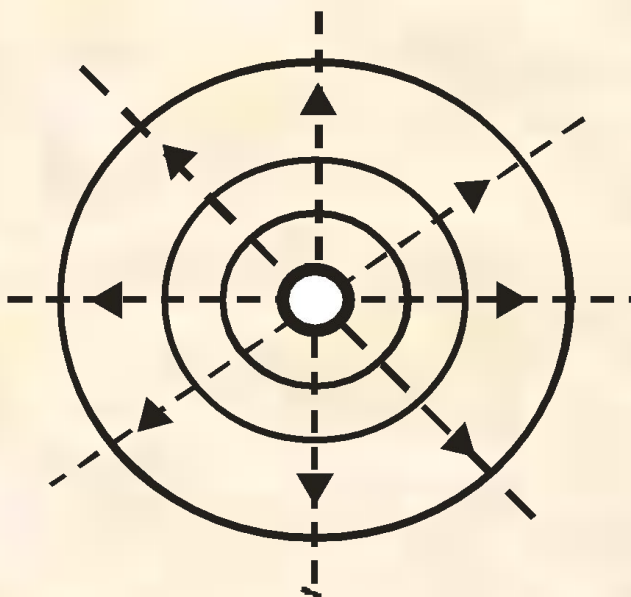


# *Примеры решения задач*



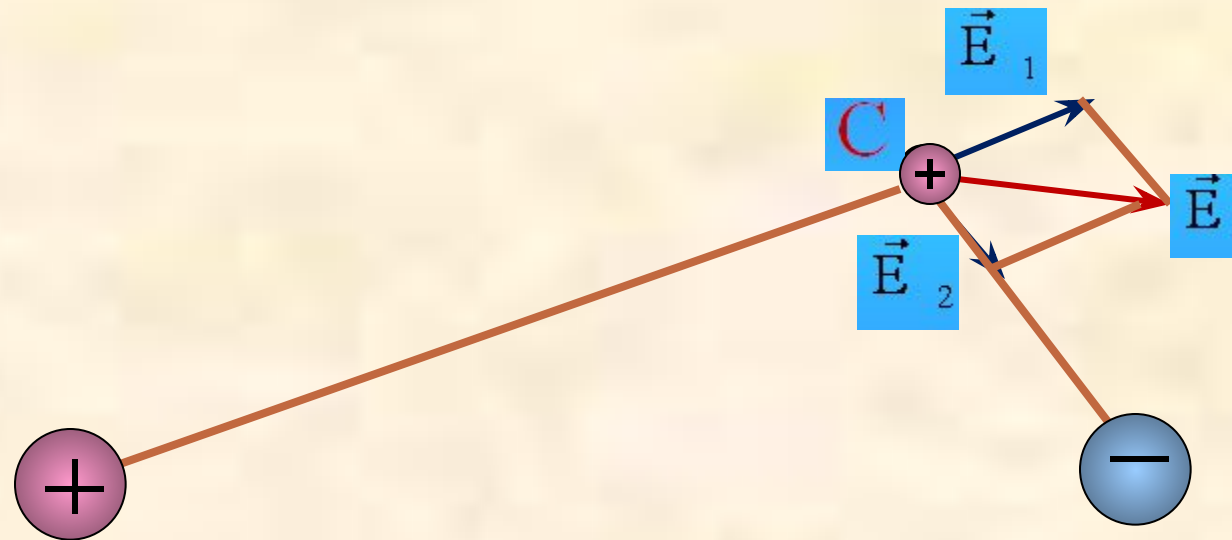
# Задача 1

Заряды каких знаков находятся на изображении?



# Определите направление вектора напряженности в точке С

## Задача 2



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

## Задача 3

Найти напряженность электрического поля в точке, лежащей посередине между точечными зарядами

$$q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \text{ и } q_2 = -6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

Расстояние между зарядами равно  $r = 10 \text{ см}$ . Заряды находятся в вакууме.

Дано:

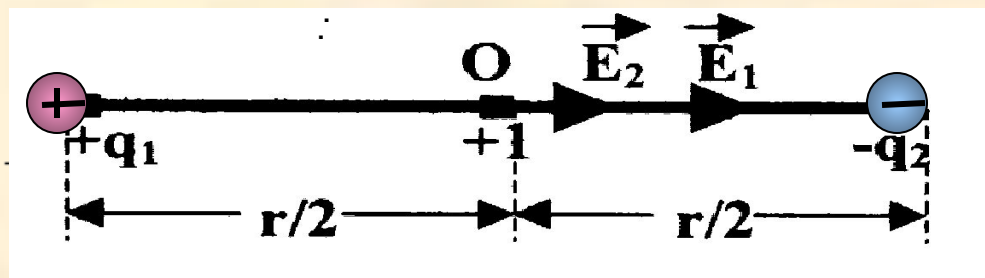
$$q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

$$q_2 = -6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

$$r = 10 \text{ см} = 10^{-1} \text{ м}$$

$$\epsilon = 1$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{М}}{\text{Ф}}$$



$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad (1)$$

$$E_1 = k \frac{q_1}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} = k \frac{4q_1}{r^2}$$

$$E_2 = k \frac{q_2}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} = k \frac{4q_2}{r^2}$$

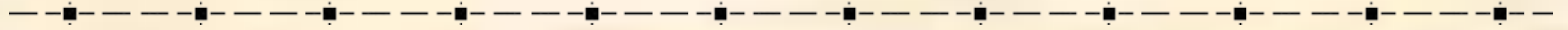
E-?

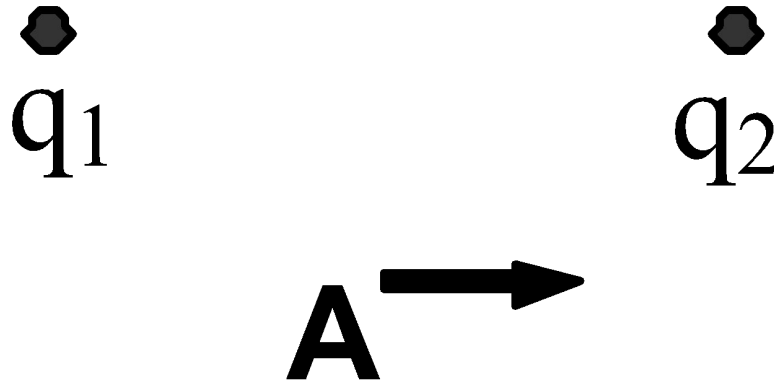
$$E = k \frac{4q_1}{r^2} + k \frac{4q_2}{r^2} = k \frac{4}{r^2} (q_1 + q_2)$$

$$E = 9 \cdot 10^9 \frac{4(8 \cdot 10^{-9} + 6 \cdot 10^{-9}) \text{ В}}{10^{-2} \text{ М}} = 5,04 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{М}}$$

ОТВЕТ:  $E = 5,04 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{М}}$

# ЗАКРЕПЛЕНИЕ

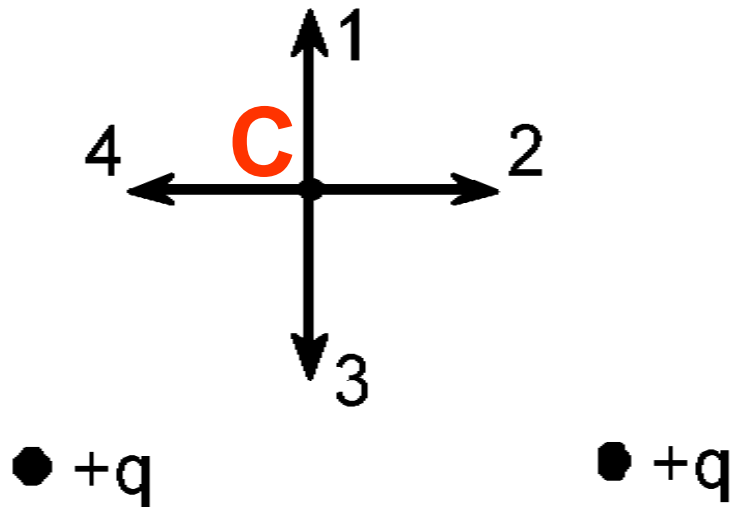




1. Электрическое поле создается двумя одинаковыми по величине точечными зарядами  $q_1$  и  $q_2$ . Вектор напряженности электрического поля в точке А, равноудаленной от зарядов, направлен, как показано на рисунке. Каковы знаки зарядов?

- А)  $q_1$  - отрицательный,  $q_2$  - отрицательный.
- Б)  $q_1$  - положительный,  $q_2$  - отрицательный.
- В)  $q_1$  - отрицательный,  $q_2$  - положительный.
- Г)  $q_1$  - положительный,  $q_2$  - положительный.
- Д) Ответ не однозначен.

2. Какое направление имеет вектор напряженности в точке  $C$  электростатического поля двух одинаковых точечных электрических зарядов, расположенных относительно точки  $C$  так, как это представлено на рисунке 1.
- А. 1. Б. 2. В. 3. Г. 4. Д. Среди ответов А—Г нет правильного



3. Какое направление имеет вектор кулоновской силы, действующей на отрицательный точечный заряд, помещенный в точку  $C$ ? А. 1. Б. 2. В. 3. Г. 4. Д. Среди ответов А—Г нет правильного



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

4. Как изменится по модулю напряженность электрического поля точечного заряда при увеличении расстояния от заряда в 2 раза?
- А. Увеличится в 4 раза. Б. Увеличится в 2 раза. В. Не изменится. Г. Уменьшится в 4 раза. Д. Уменьшится в 2 раза.



# ОТВЕТЫ:

- 1-Б
- 2-А
- 3-В
- 4-Г

- Домашнее задание: выучить пройденный материал.

*Благодарю  
за внимание!*

---



**Желаю успехов в изучении  
физики!!!**

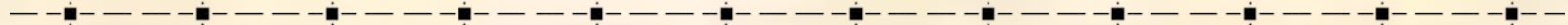


# Физический диктант.



- 1. Какие виды материи вы знаете?
- 2. Как называется поле неподвижных зарядов?
- 3. Что является источником электрического поля?
- 4. Главное свойство любого электрического поля?
- 5. Какой закон определяет силу взаимодействия зарядов?
- 6. Как называется величина, характеризующая силовое действие электрического поля. Как её вычислить?
- 7. Как направлены силовые линии электрического поля?
- 8. Как изменится напряженность при увеличении электрического заряда?
- 9. Как изменится напряженность при увеличении расстояния от точки до заряда?
- 10. Как изменится сила, действующая на заряд, если напряженность электрического поля увеличить в два раза?





# Физический диктант №2.

- 1. Чему равна работа сил электростатического поля на замкнутой траектории.
- 2. От каких величин зависит работа сил электрического поля?
- 3. Энергетическая характеристика электрического поля.
- 4. Чему равна работа сил электрического поля при перемещении заряда перпендикулярно силовым линиям поля?
- 5. Как связана работа с потенциалами начальной и конечной точек траектории?
- 6. Как называют поверхности равного потенциала?
- 7. Как называют разность потенциалов между двумя точками поля?
- 8. Как направлен вектор напряженности эл. поля относительно эквипотенциальной поверхности?
- 9. Как связаны напряжение и напряженность электростатического поля?
- 10. Чему равен потенциал поля точечного заряда (формула)?



