

# **Электрическое поле**

## **10класс**



## **Физический диктант:**

- 1. Запишите формулу закона Кулона.

Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов при

- 2. Увеличении каждого заряда в 3 раза при неизменном расстоянии между ними?
- 3. Увеличении одного из зарядов в 3 раза при неизменном расстоянии между ними?
- 4. Увеличении расстояния между ними в 3 раза?
- 5. Перенесении их из вакуума в среду с диэлектрической проницаемостью 3 при неизменном расстоянии между ними?



## Ответы для самопроверки

1.  $F = k |q_1| |q_2| / \epsilon r^2$
2. Увеличится в 9 раз.
3. Увеличится в 3 раза.
4. Уменьшится в 9 раз.
5. Уменьшится в 3 раза.



## Повторение и закрепление.

1. Какой заряд называют точечным?
2. Сформулируйте закон Кулона. В чем заключается физический смысл коэффициента  $k$  в законе Кулона? Каковы границы применимости закона Кулона?
3. Как среда влияет на силу электростатического взаимодействия?
4. Сила взаимодействия между двумя точечными заряженными телами равна  $F$ . Чему станет равна сила взаимодействия между телами, если каждый заряд на телах увеличить в 3 раза?
  1. Увеличится в 3 раза.
  2. Уменьшится в 3 раза.
  3. Увеличится в 9 раз.
  4. Уменьшится в 9 раз
5. Как изменится модуль силы взаимодействия двух одинаковых металлических шаров, имеющих заряды  $(+q_1)$  и  $(+q_2)$ , если шары привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?

Не изменится.

Увеличится.

Уменьшится.

Ответ неоднозначен.

*Майкл Фарадей:*

Вокруг каждого электрического заряда всегда существует электрическое поле.

Электрическое поле – материальный объект, непрерывный в пространстве и способный действовать на другие электрические заряды.

Взаимодействие электрических зарядов есть результат действия поля заряженных тел.

*Джеймс Клерк Максвелл:*

Электромагнитные взаимодействия должны распространяться в пространстве с конечной скоростью.



## Действие электрического поля на электрические заряды

- ✓ **Электрическое поле** — особая форма материи, 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 на заряды.
- ✓ **Электрическое поле** действует на электрические заряды с некоторой силой.

## Свойства электрического поля

- ✓ **Электрическое поле материально**, т.е. существует независимо от нас, от наших знаний о нем.
- ✓ **Порождается электрическим зарядом**: вокруг любого заряженного тела существует электрическое поле.

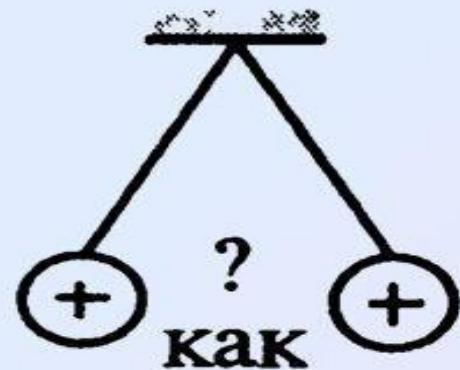
## Свойства электрического поля

- ✓ Электрическое поле **распространяется в пространстве с конечной скоростью**, равной скорости света в вакууме.

$$c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

✓ Поле, созданное неподвижными электрическими зарядами, называется **электростатическим**.

## 4. Электрическое поле



Близкодействие и дальнодействие  
(действие на расстоянии)

*Майкл Фарадей - Джеймс Максвелл*

- ✓ каждый заряд создает электрическое поле;
- ✓ взаимодействуют поле - заряд;
- ✓ электрическое поле материально (радиоволны);
- ✓ главное свойство - действие на заряд с некоторой силой.

Электрическое поле неподвижных зарядов называют электростатическим



По современным представлениям, электрические заряды не действуют друг на друга непосредственно. Каждое заряженное тело создает в окружающем пространстве **электрическое поле**. Это поле оказывает силовое действие на другие заряженные тела. Главное свойство электрического поля – действие на электрические заряды с некоторой силой.

Электрическое поле, окружающее заряженное тело, можно исследовать с помощью так называемого **пробного заряда** – небольшого по величине точечного заряда, который не производит заметного перераспределения исследуемых зарядов.

Для количественного определения электрического поля вводится **силовая характеристика напряженность электрического поля**.

**Напряженностью** электрического поля называют физическую величину, равную отношению силы, с которой поле действует на положительный пробный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда:

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

В СИ: Е измеряют в

$$\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \text{ или } \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

## Напряженность электрического

Поля

Физического определения

электрического поля вводится силовая

характеристика - напряженность электрического  
поля.

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

- ✓ **Напряженностью** электрического поля называют **векторную физическую величину, равную отношению силы, с которой поле действует на положительный пробный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда:**

- ✓ Единица измерения напряженности:

$$[E] = 1 \text{ Н/Кл} = 1 \text{ В/м}$$

## Напряженность – силовая характеристика электрического поля

Напряженность электрического поля – физическая величина, равная отношению силы, с которой поле действует на точечный заряд, к этому заряду.

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

*Напряженность  
электрического поля  
не зависит от  
внесенного заряда*

## **Напряженность поля.**

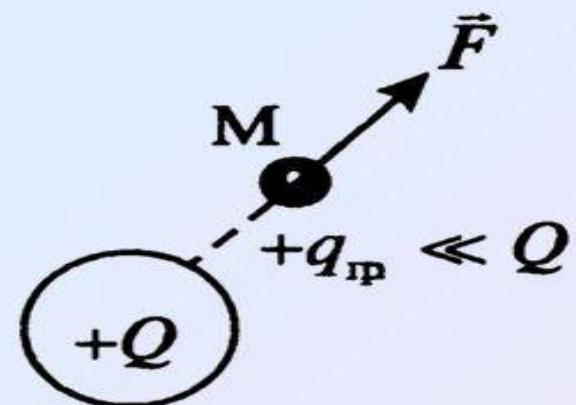
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$\vec{E}$  – напряженность электрического поля  
 $\vec{F}$  – сила, с которой поле действует на пробный положительный заряд  
 $q$  – величина этого заряда

**Напряженность электрического поля – физическая величина, равная отношению силы, с которой поле действует на точечный заряд, к этому заряду.**



## 5. Напряженность электрического поля



Опыт:

$$F \sim q \Rightarrow$$

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

$$\vec{E} \uparrow\uparrow \vec{F},$$

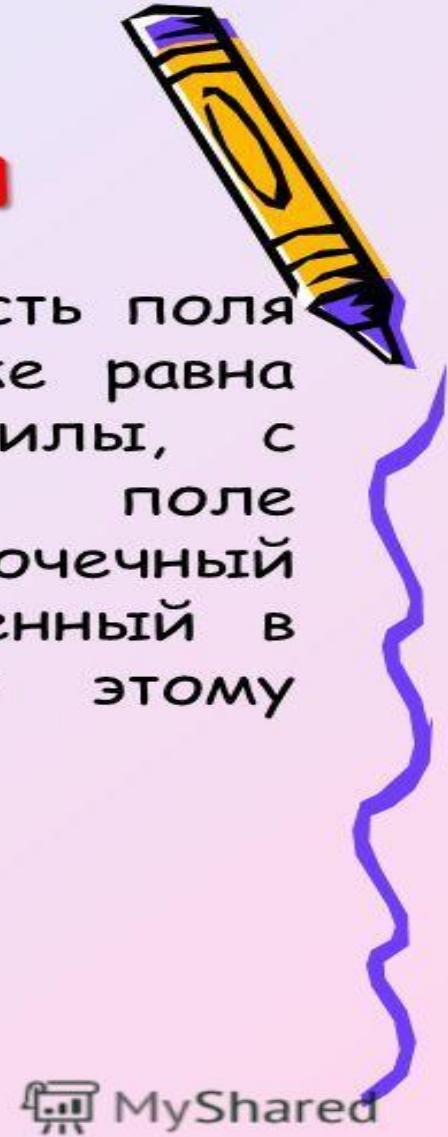
$$[E] = \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Напряженность поля в данной точке равна отношению силы, с которой поле действует на точечный заряд, помещенный в эту точку, к этому заряду.

$$E_{\text{т.}} = \frac{F}{|q|} = \frac{k \cdot |Q| \cdot |q|}{\epsilon r^2 \cdot |q|} = k \frac{|Q|}{\epsilon r^2}$$

$$E_{\text{т.ш.}} = k \frac{|Q|}{\epsilon r^2}$$

$$(r > R_{\text{шара}})$$



## 6. Графическое изображение полей

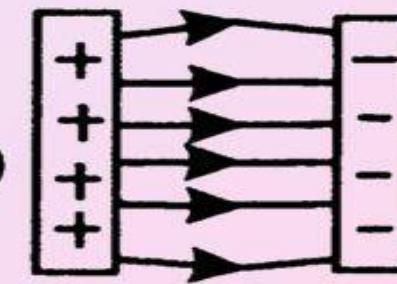
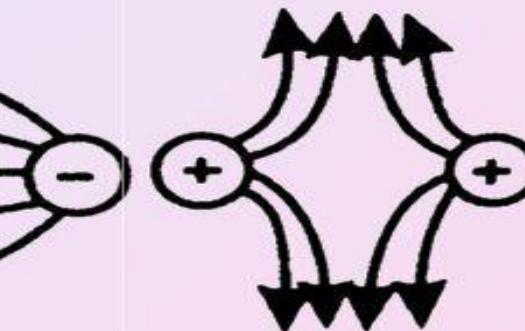
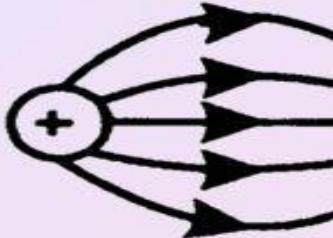
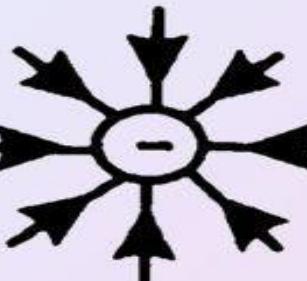


### Линии напряженности

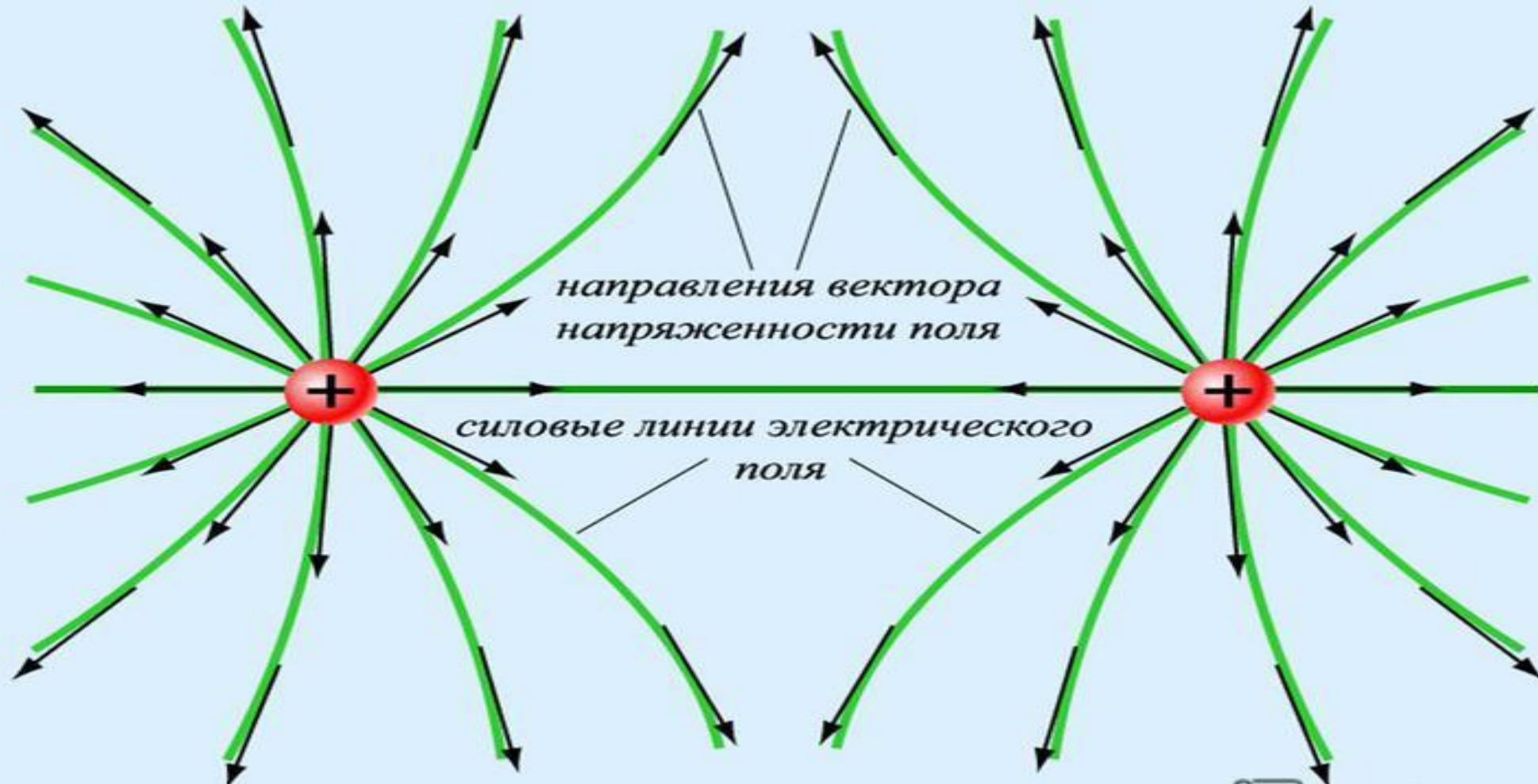
непрерывные линии, касательные к которым в каждой точке, через которую они проходят, совпадают по направлению с векторами напряженности

**Линии напряженности:** ✓ имеют начало (+) и конец (-)

✓ не пересекаются

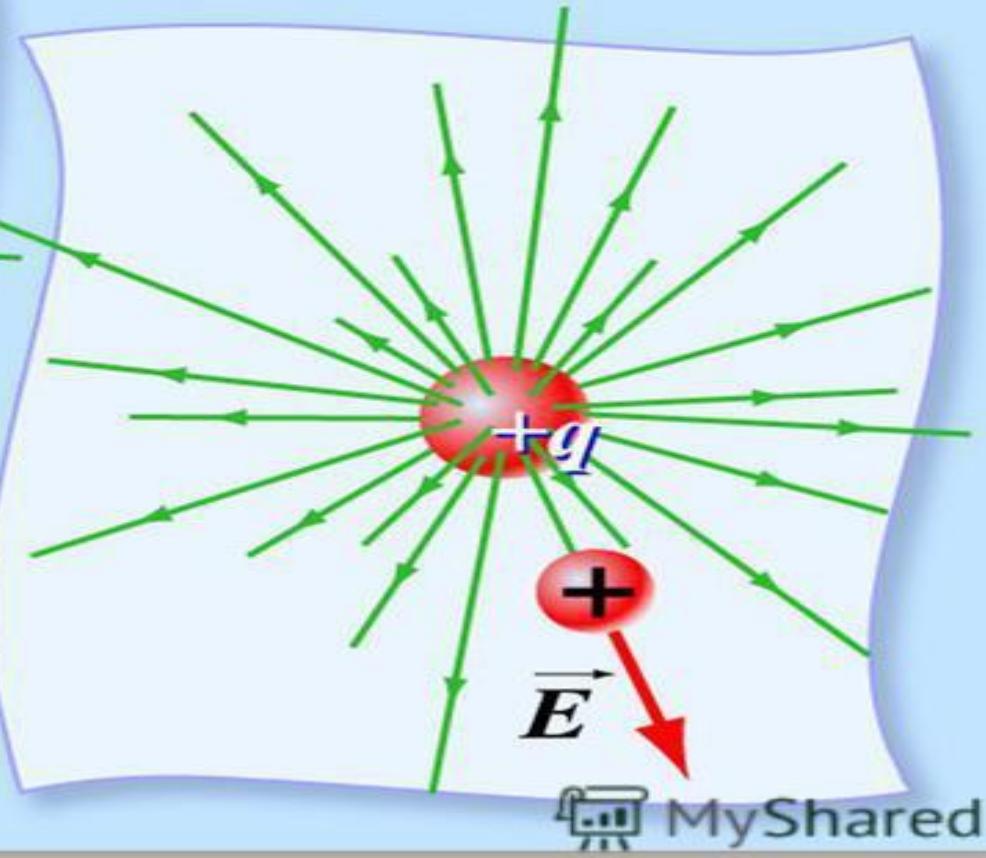
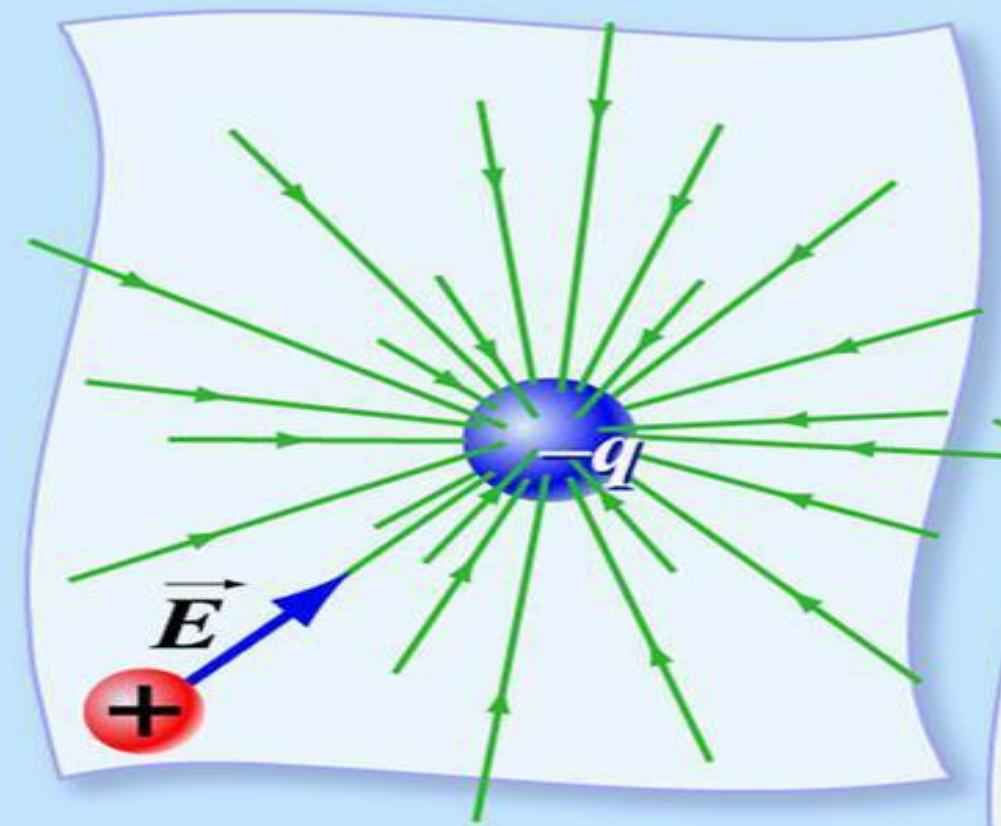


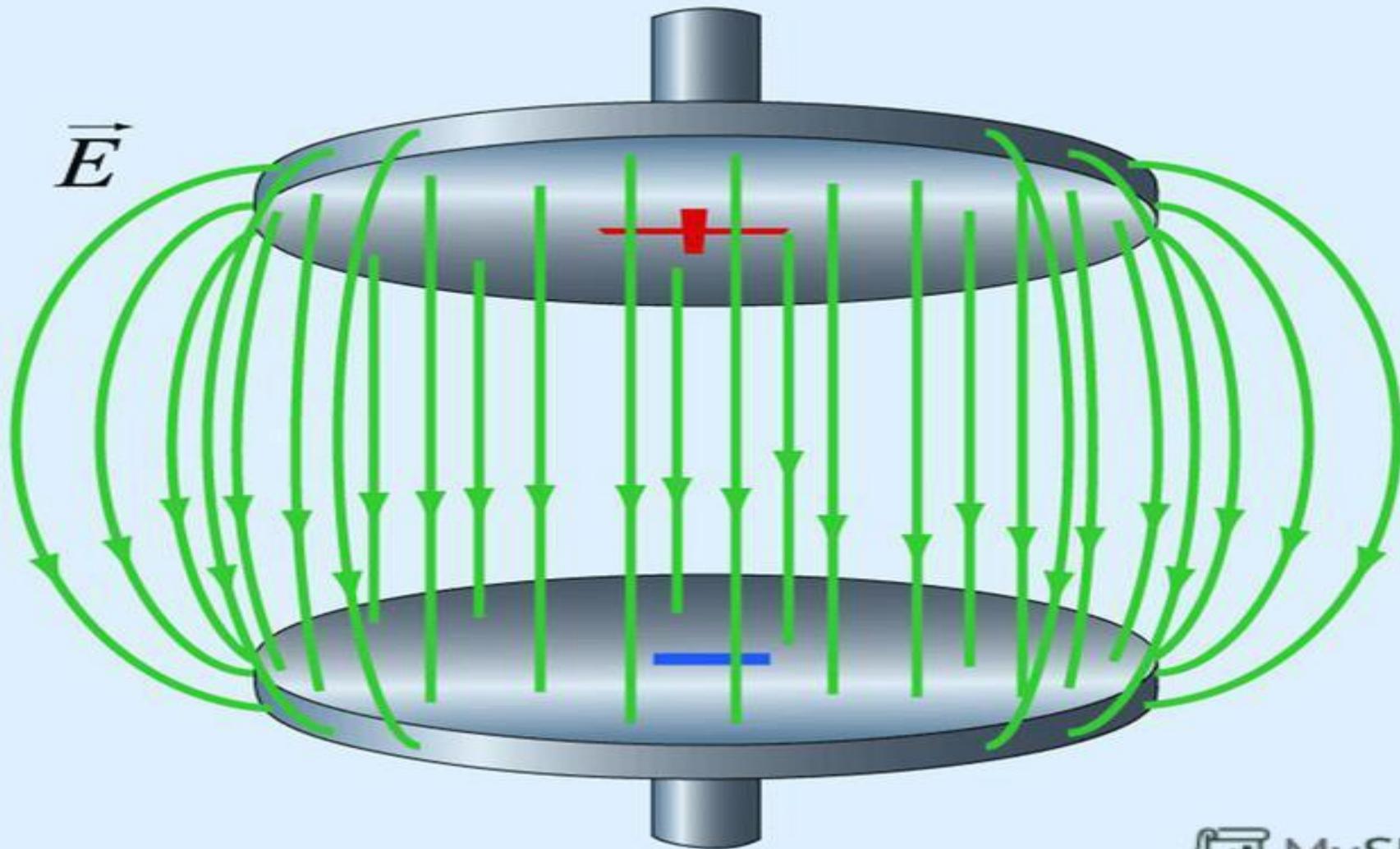
однородное



MyShared







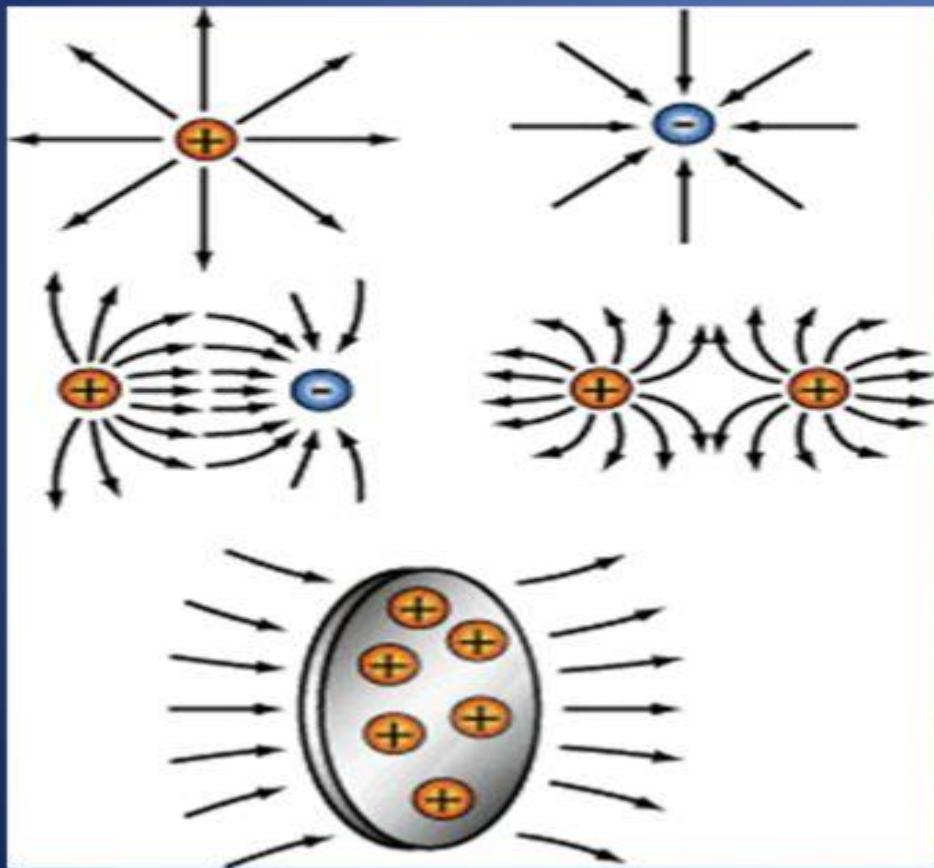
MyShared

# Напряженность поля точечного заряда

$$E = k \frac{|q_0|}{r^2}$$



# Направление вектора напряженности электрического поля

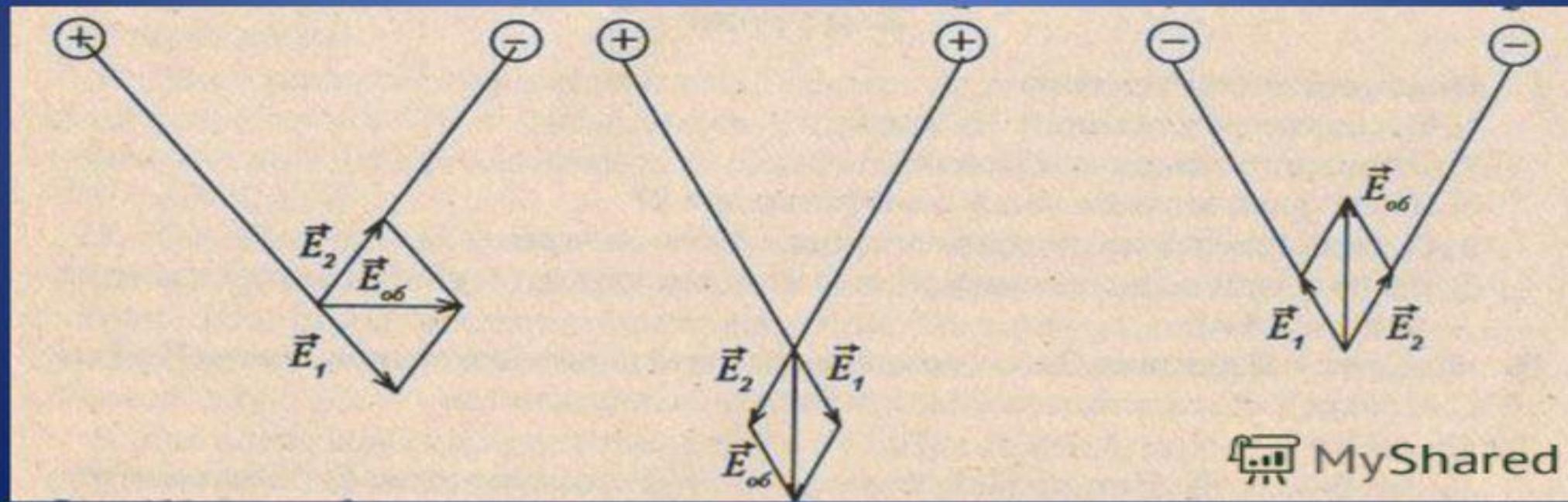


- совпадает с направлением силы, действующей на положительный заряд
- в любой точке вдоль прямой, соединяющей эту точку и заряд

# Принцип суперпозиции полей

[Навигатор.lnk](#)

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



MyShared

# *Принцип суперпозиции полей*

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

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

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



Направление вектора в каждой точке пространства совпадает с направлением силы, действующей на положительный пробный заряд.

Электрическое поле неподвижных и не меняющихся со временем зарядов называется **электростатическим**. Во многих случаях для краткости это поле обозначают общим термином – электрическое поле

Если с помощью пробного заряда исследуется электрическое поле, создаваемое несколькими заряженными телами, то результирующая сила оказывается равной геометрической сумме сил, действующих на пробный заряд со стороны каждого заряженного тела в отдельности. Следовательно, **напряженность электрического поля, созданного системой зарядов в данной точке пространства, равна векторной сумме напряженностей электрических полей, создаваемых в той же точке зарядами в отдельности:**

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

Это свойство электрического поля означает, что поле подчиняется принципу суперпозиции.

Напряженность электростатического поля , создаваемого точечным зарядом  $Q$  на расстоянии  $r$  от него, равна по модулю

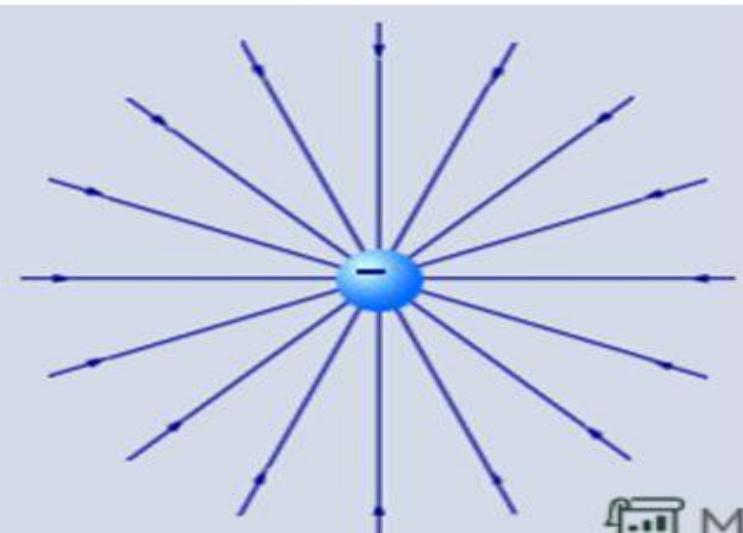
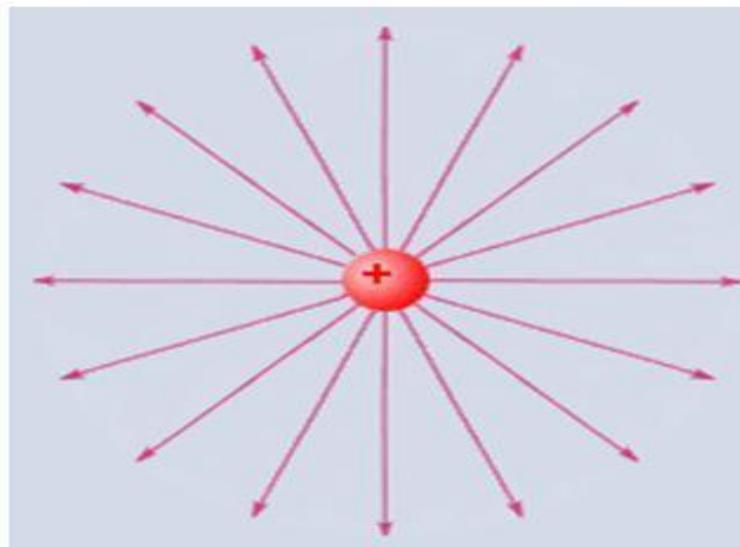
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Это поле называется **кулоновским**.

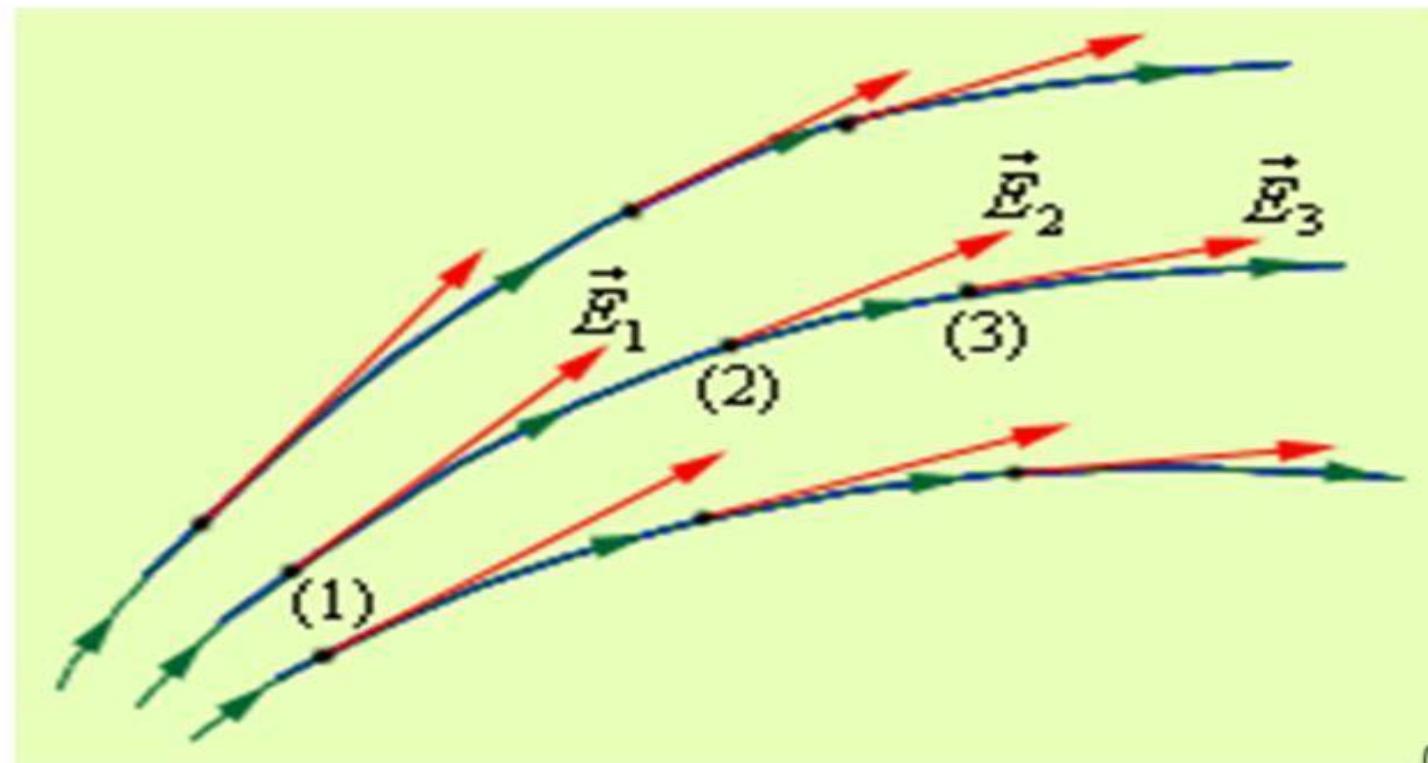
В кулоновском поле направление вектора  $\vec{E}$  зависит от знака заряда  $Q$ :

если  $Q > 0$ , то вектор  $\vec{E}$  направлен по радиусу от заряда,

если  $Q < 0$ , то вектор  $\vec{E}$  направлен к заряду.



Для наглядного изображения электрического поля используют **силовые линии**. Эти линии проводят так, чтобы направление вектора в каждой точке совпадало с направлением касательной к силовой линии. При изображении электрического поля с помощью силовых линий, их густота должна быть пропорциональна модулю вектора напряженности поля.

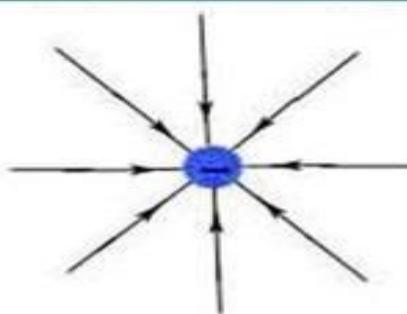
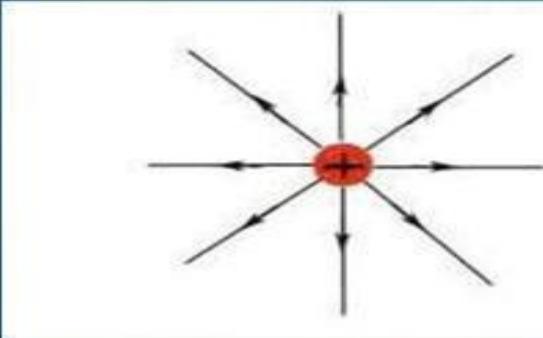


# Электрическое поле

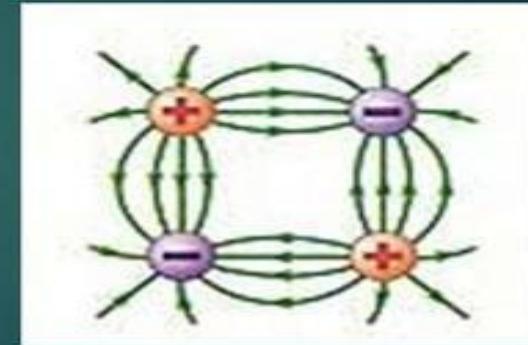
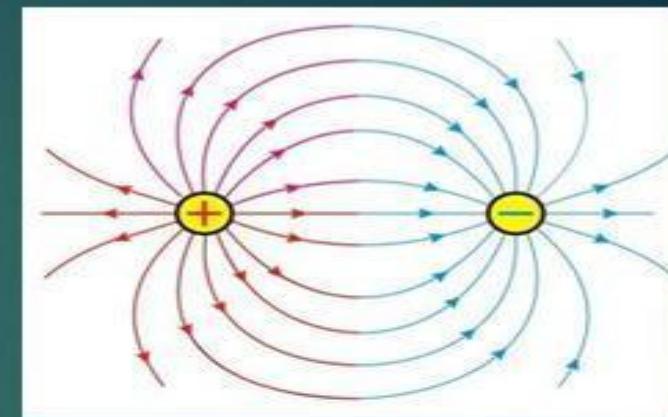
- В пространстве вокруг электрического заряда существует электрическое поле.

Электрическое поле можно изобразить графически с помощью силовых линий электрического поля, которые имеют направление.

Электрическое поле  
Электрическое поле  
положительного заряда.  
отрицательного  
заряда.



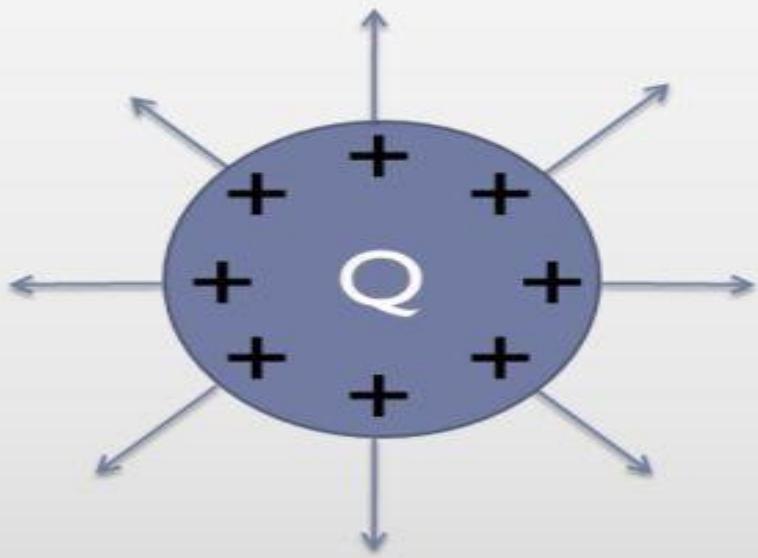
Электрическое поле двух  
разноименных зарядов



Электрическое поле  
четырёх разноименных  
зарядов

MyShared

## Поле заряженного шара.



$$E_{III} = k \frac{|Q|}{r^2}$$

$$r \geq R_{ui}$$

Внутри шара  $E=0$



MyShared

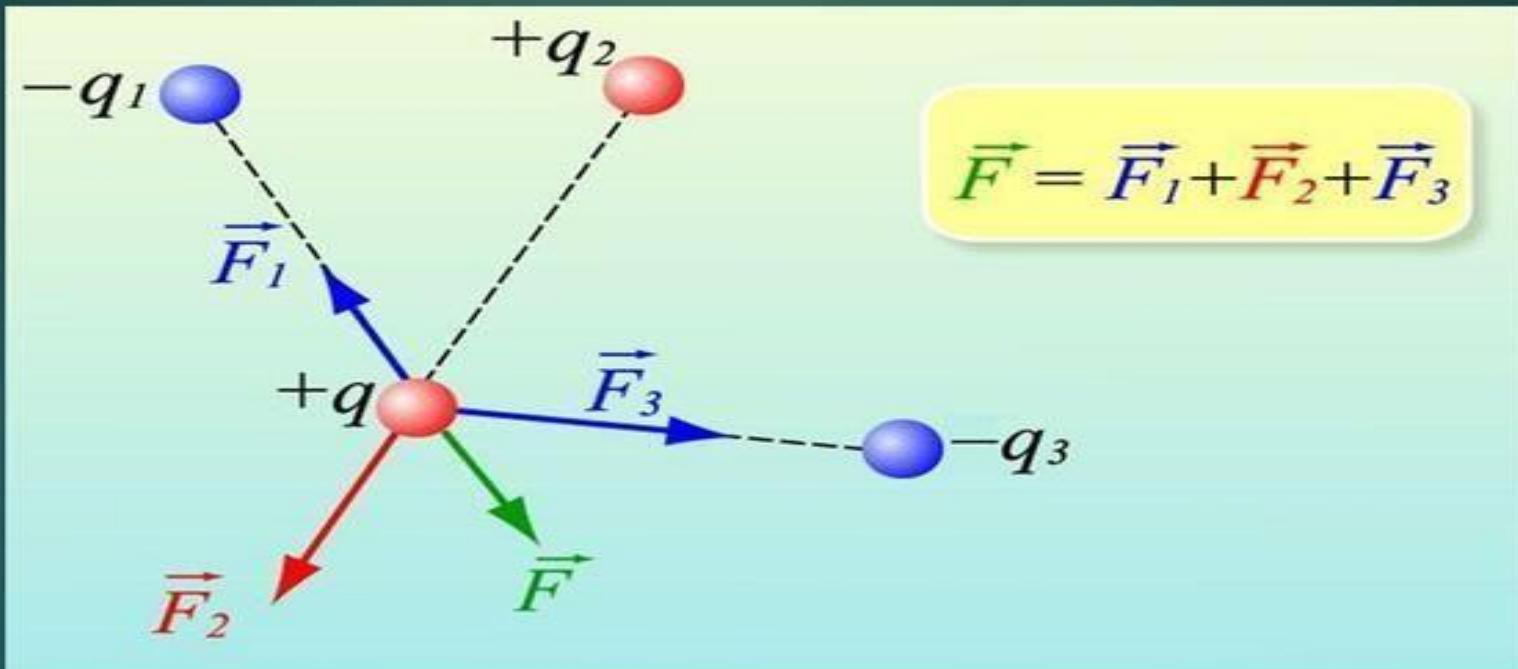
## Закрепление

1. Напряженность электрического поля измеряют с помощью пробного заряда  $q_p$ . Как изменится модуль напряженности, если величину пробного заряда увеличить в 2 раза?

- 1.** Не изменится.
- 2.** Увеличится в 2 раза.
- 3.** Уменьшится в 2 раза.
- 4.** Ответ неоднозначен.

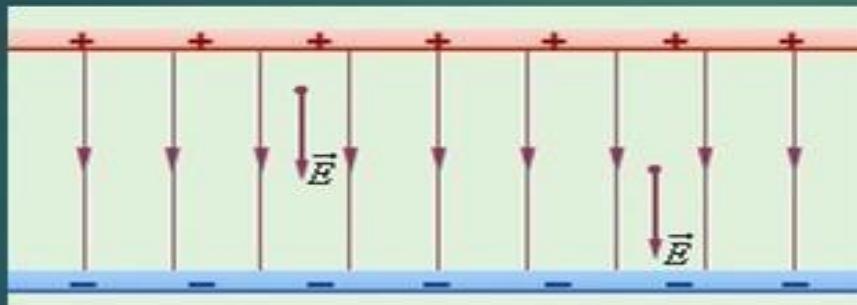


## Принцип суперпозиций электрических полей



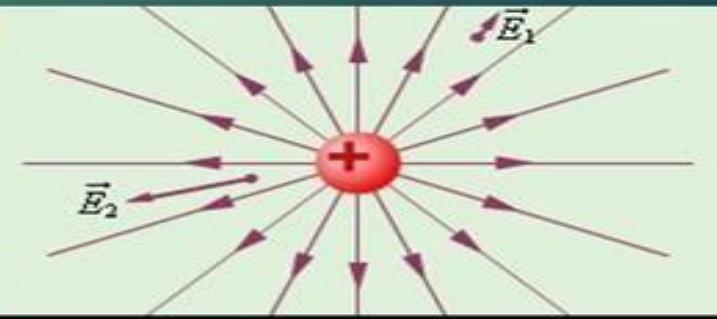
## Свойства силовых линий электрического поля

- Густота линий пропорциональна модулю напряженности.
- Силовые линии непрерывны.
- Начинаются на положительных зарядах и оканчиваются на отрицательных зарядах.
- Силовые линии не пересекаются.



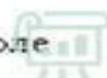
Напряжённость поля между  
пластинами одинакова

Однородное поле



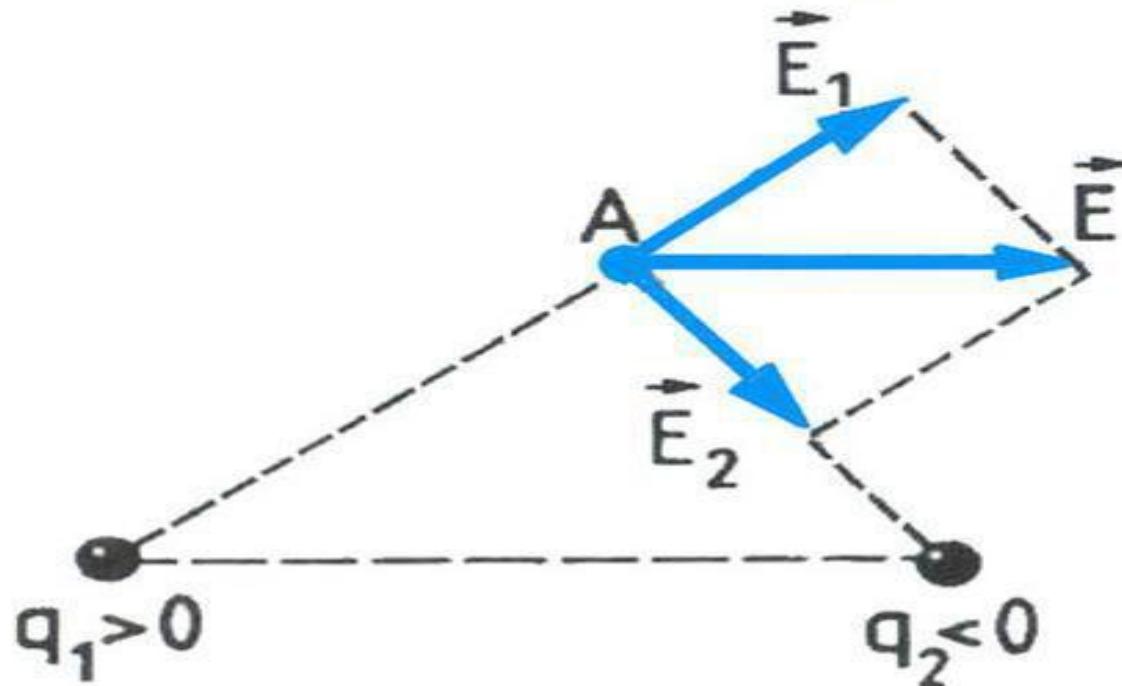
В области сгущения силовых  
линий напряжённость  
электростатического поля  
больше

Неоднородное поле

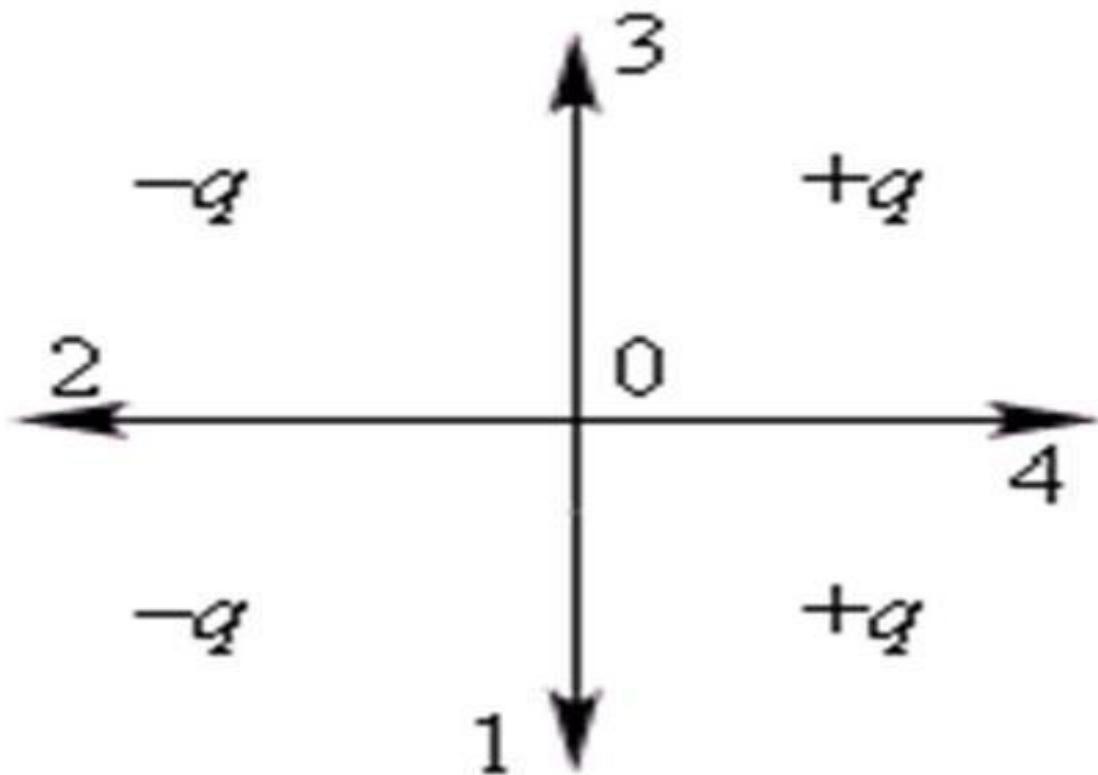


Shared

*На рисунке мы видим, как определяется напряженность поля в точке A, созданная двумя точечными зарядами*

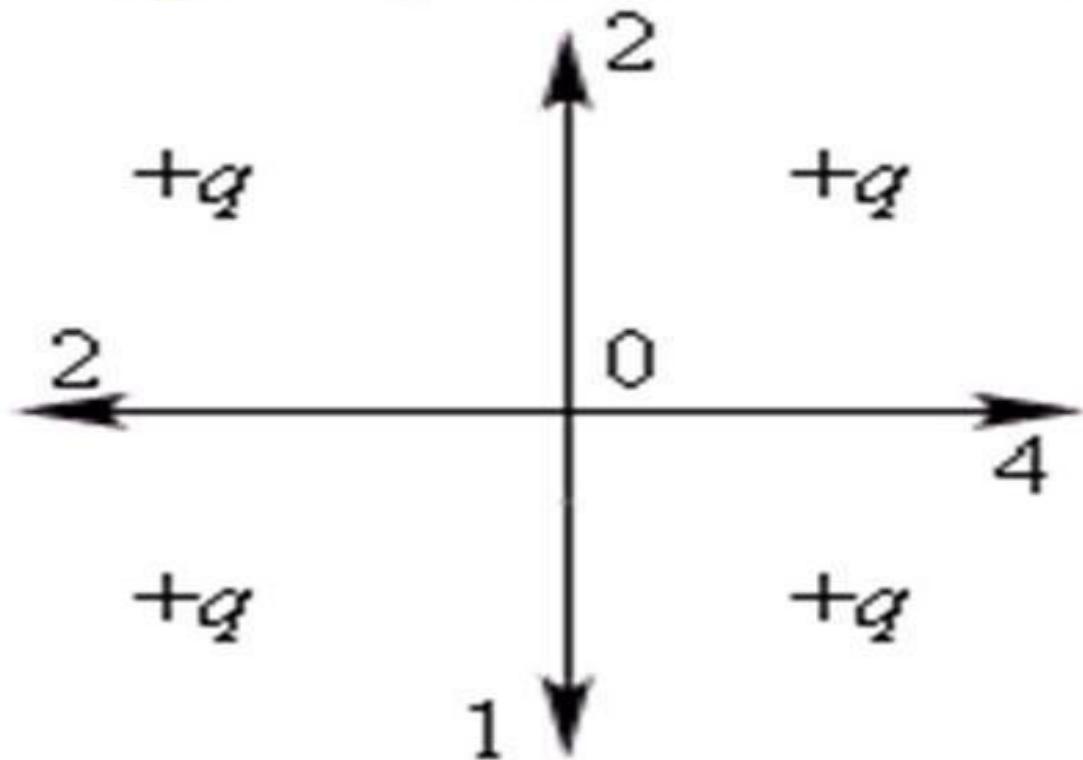


*Каково направление вектора напряженности электрического поля, созданного равными по модулю зарядами в точке О?*



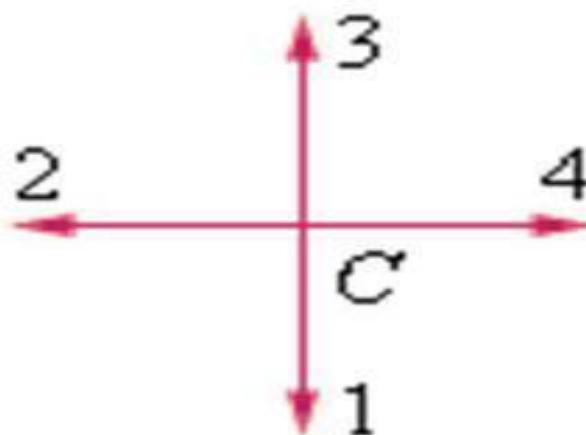
*Направление*  **2** MyShared

*Каково направление вектора напряженности электрического поля, созданного равными по модулю зарядами в точке О?*



*Напряженность в точке О равна*  MyShared

*Какое направление в точке  $O$  имеет вектор напряженности электрического поля созданного двумя одноименными отрицательными зарядами?*

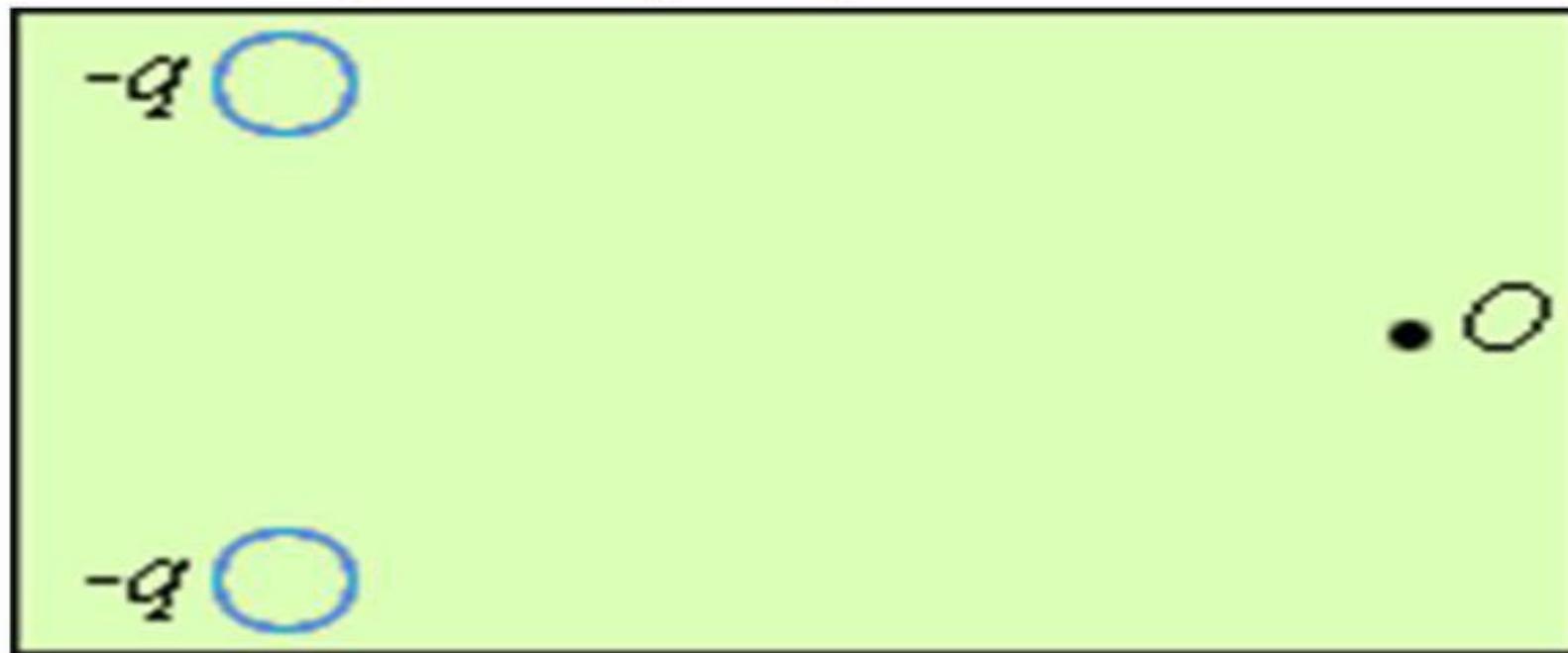


$+q$

$-q$

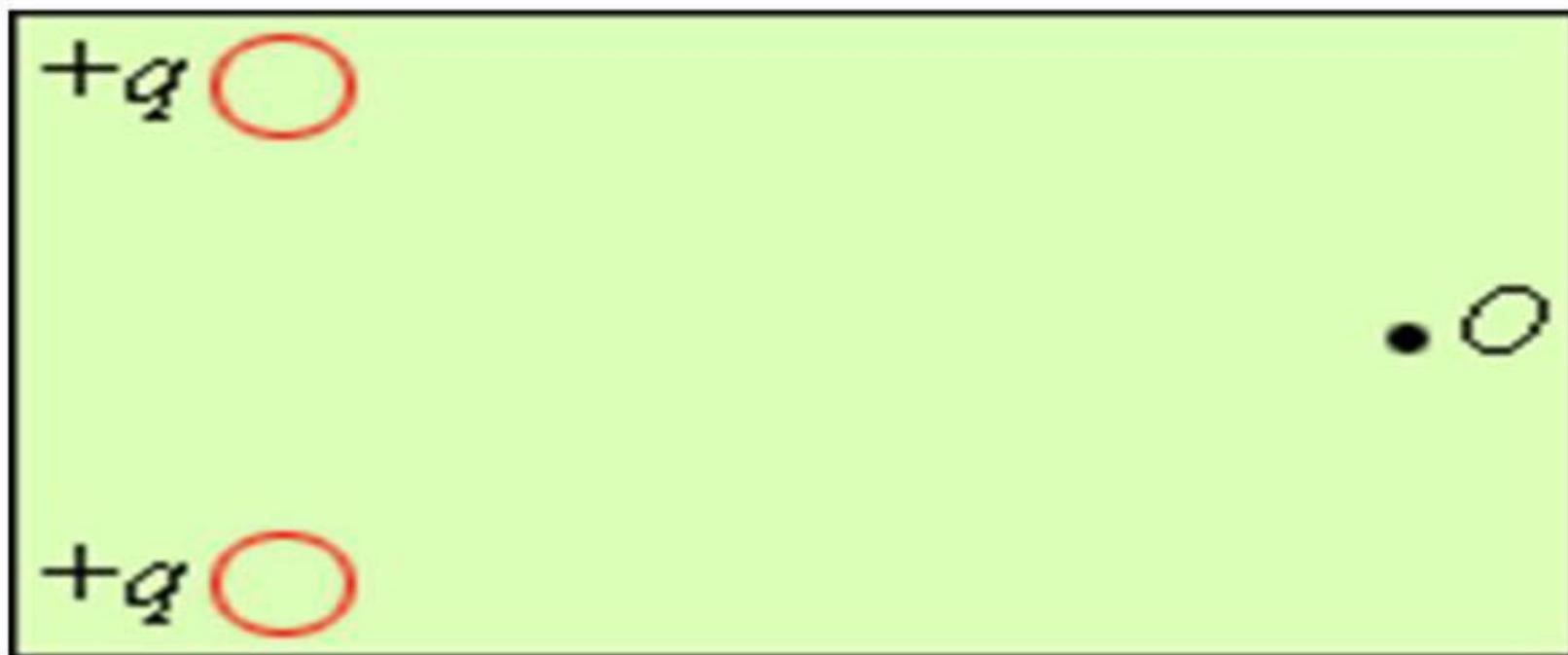
Стрелка 4  
 MyShared

*Какая стрелка на рисунке указывает направление вектора напряженности электрического поля двух одинаковых по модулю разноименных точечных зарядов  $+q$  и  $-q$  в точке C?*



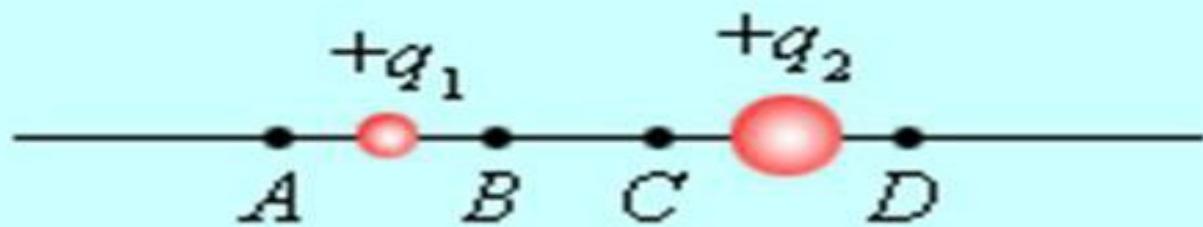
MyShared

*Какое направление в точке О имеет вектор напряженности электрического поля созданного двумя одноименными положительными зарядами?*

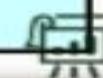
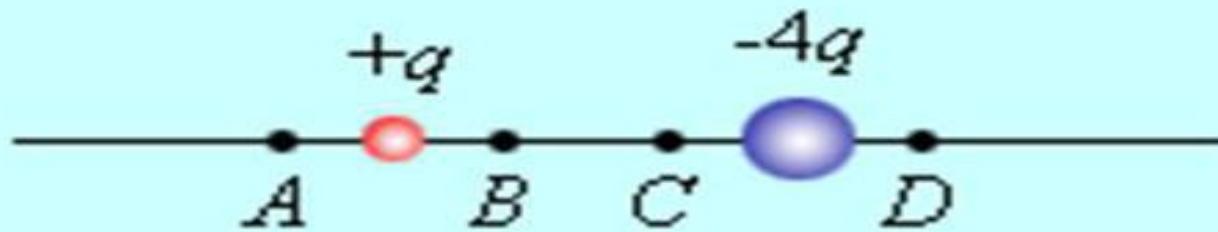


MyShared

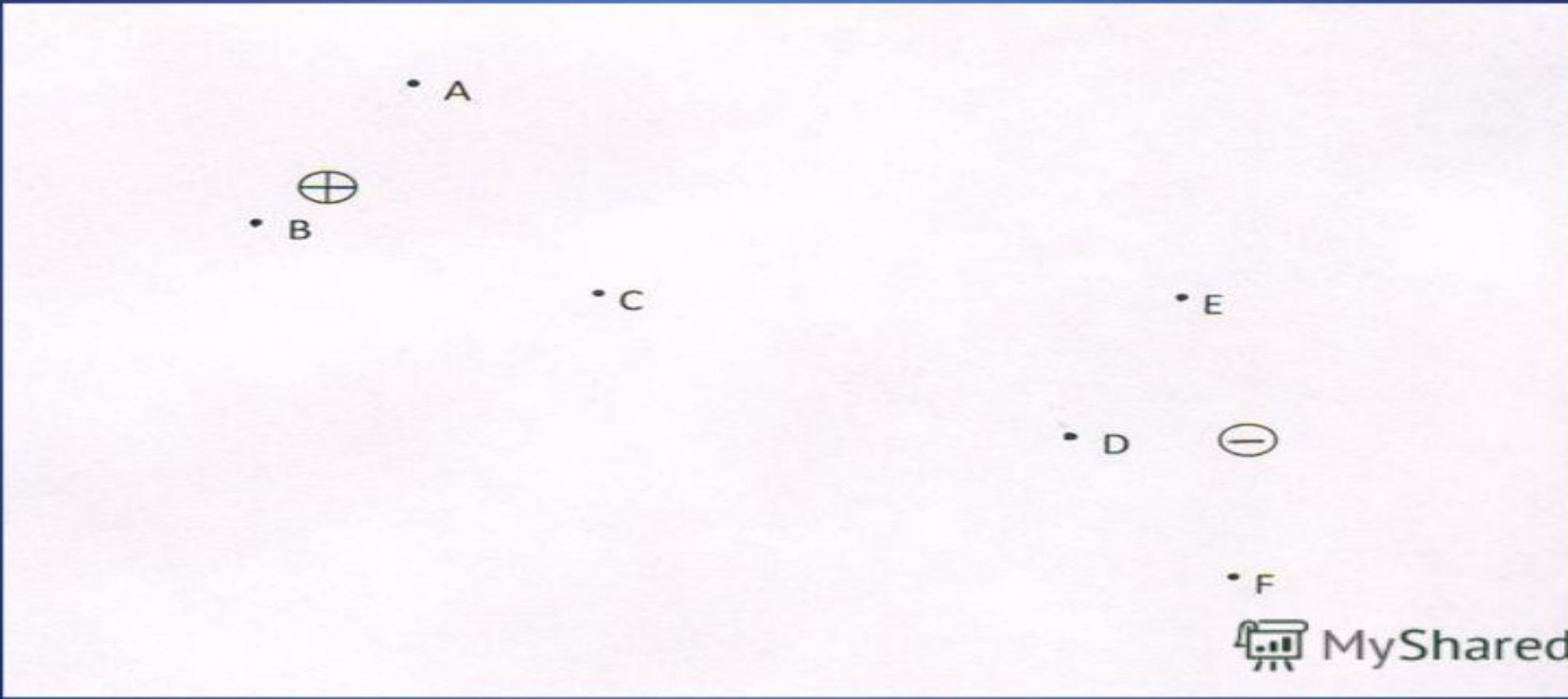
*Электростатическое поле создается системой двух шаров с зарядами  $q_1 = +q$  и  $q_2 = +4q$  соответственно. Укажите точку, в которой напряженность поля может быть нулевой.*



**Электростатическое поле создается системой двух шаров с зарядами  $+q$  и  $-4q$  соответственно.**  
**Укажите точку, в которой напряженность поля может быть нулевой.**

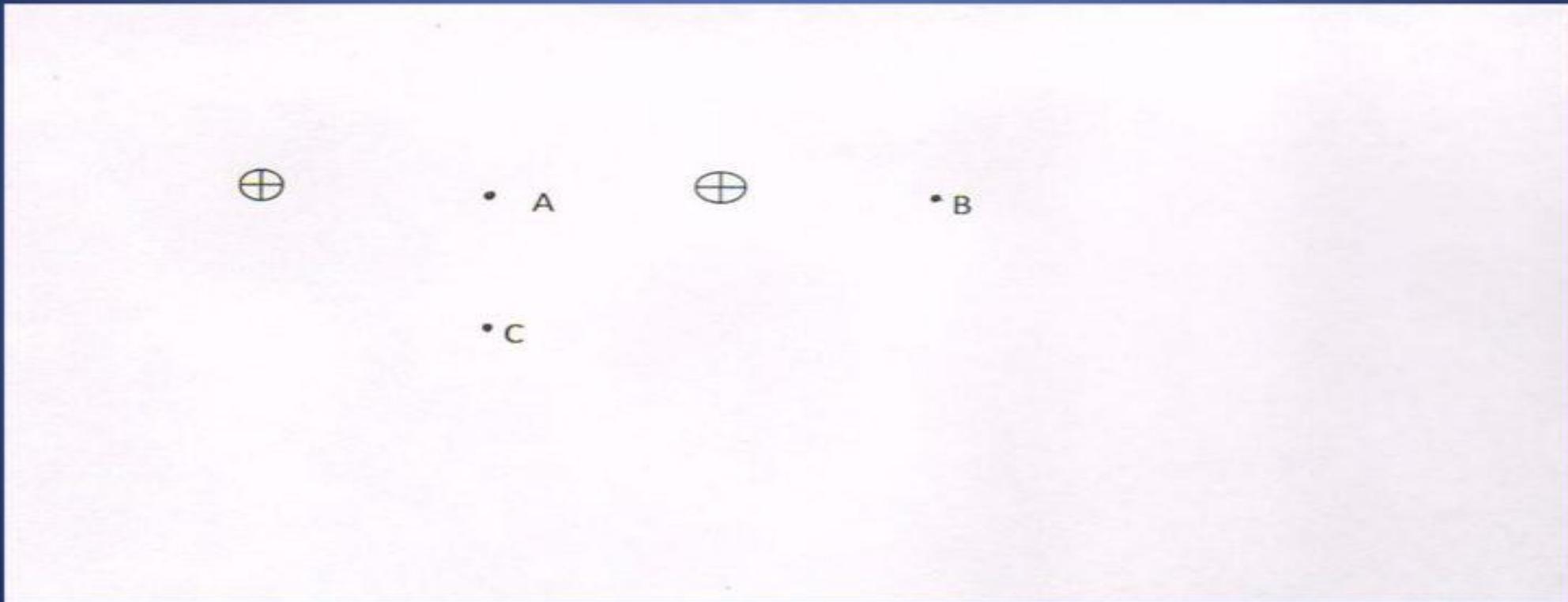


Показать направление вектора  
напряженности электрического поля в  
точках



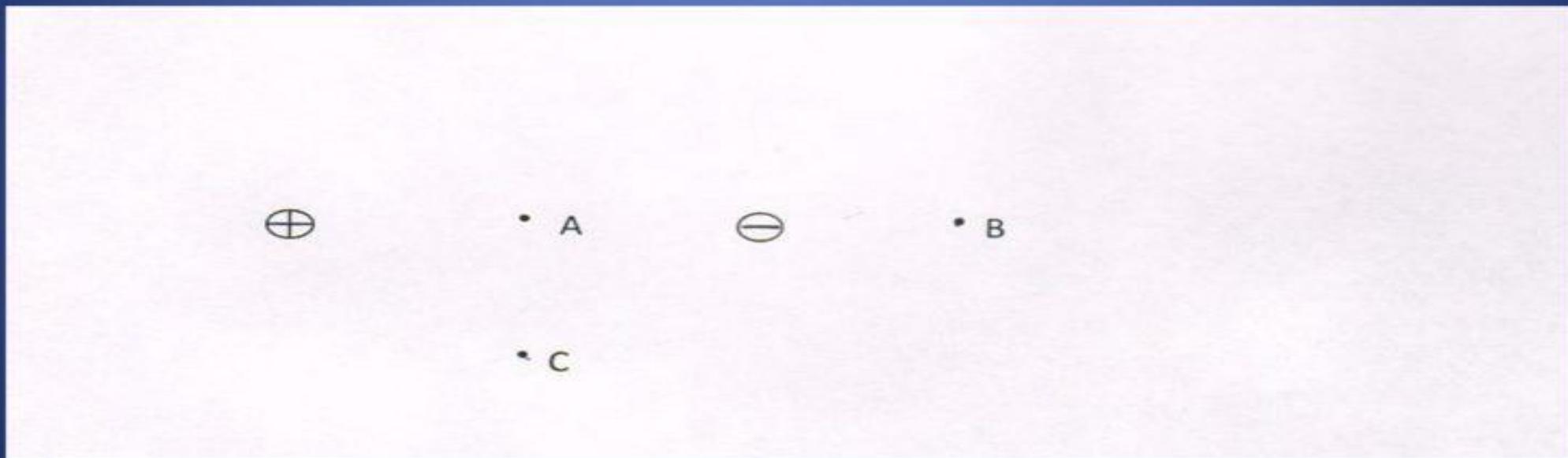
MyShared

Показать направление вектора  
напряженности электрического поля  
в точках



MyShared

Показать направление вектора  
напряженности электрического поля  
в точках



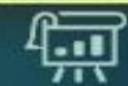
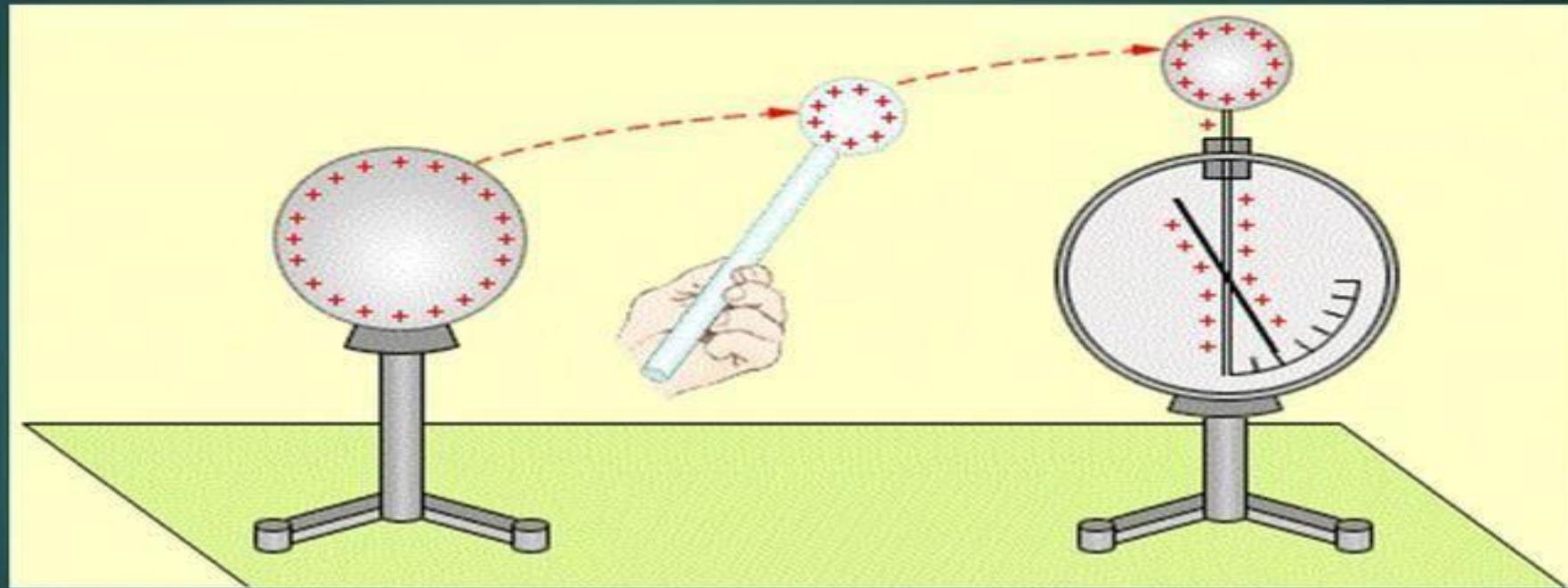
MyShared

Показать направление вектора  
напряженности электрического поля  
в точках



MyShared

- Опыты доказывают, что заряженные тела взаимодействуют на расстоянии.
- Возникло предположение, что между телами находится некоторое вещество, посредством которого происходит взаимодействие.

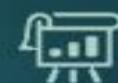


MyShared



**Джеймс Клерк Максвелл британский физик, математик и механик. Шотландец по происхождению. Член Лондонского королевского общества (1861). Максвелл заложил основы современной классической электродинамики (уравнения Максвелла)**

- Самым большим научным достижением Максвелла считается созданная им в 1860–65 гг. теория электромагнитного поля. Он сформулировал её в виде системы уравнений (уравнения Максвелла), описывающих основные закономерности электромагнитных явлений. Также Максвелл пришёл к выводу, что свет является электромагнитной волной и показал связь между оптическими и электромагнитными явлениями.



MyShared

- Основные труды Фарадея относятся к электричеству и магнетизму. В 1821 г. он создал первую модель электродвигателя. В течение последующих 10 лет Фарадей занимался исследованием связи между электрическими и магнитными явлениями. Используя огромный экспериментальный материал, он доказал тождественность известных тогда видов электричества: «животного», «магнитного», термоэлектричества, электричества, возникающего от трения, гальванического электричества.



Майкл Фарадей — английский физик-экспериментатор и химик. Член Лондонского королевского общества (1824) и множества других научных организаций, в том числе иностранный почётный член Петербургской академии наук (1833). MyShared

# Близкодействие и действие на расстоянии

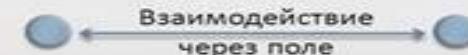
## Теория близкодействия (М.Фарадей, 1791 – 1867)



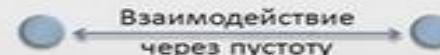
MyShared

## Близкодействие и действие на расстоянии

Распространяется  
с конечной  
скоростью



Распространяется  
мгновенно

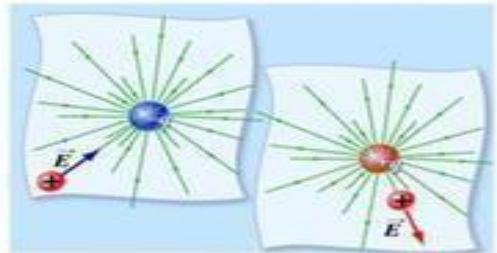
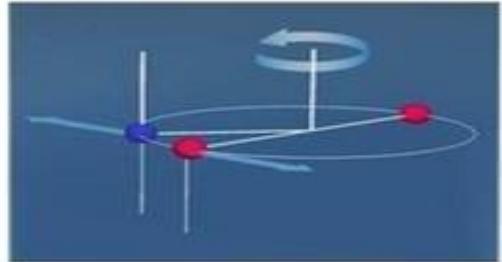


MyShared

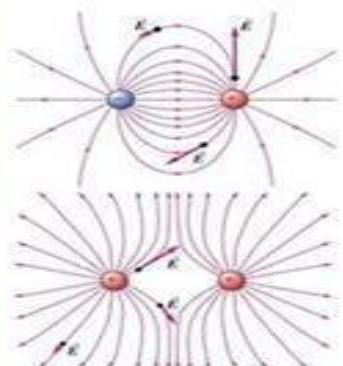
- **Дальнодействие:** действие осуществляется без участия какого бы то ни было посредника и мгновенно передается от одного тела к другому.
- **Близкодействие:** всякое действие от одного тела к другому передается с конечной скоростью от точки к точке через среду, которую мы не наблюдаем.

MyShared

## Электрическое поле



$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$
 - закон Кулона



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$
 - напряженность электрического поля

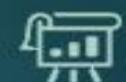
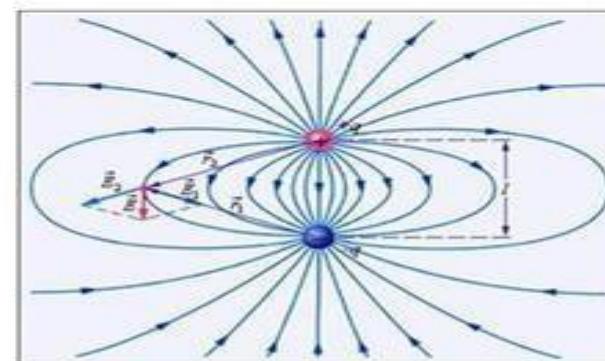
$$E = k \frac{q}{r^2}$$

Принцип суперпозиции полей

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

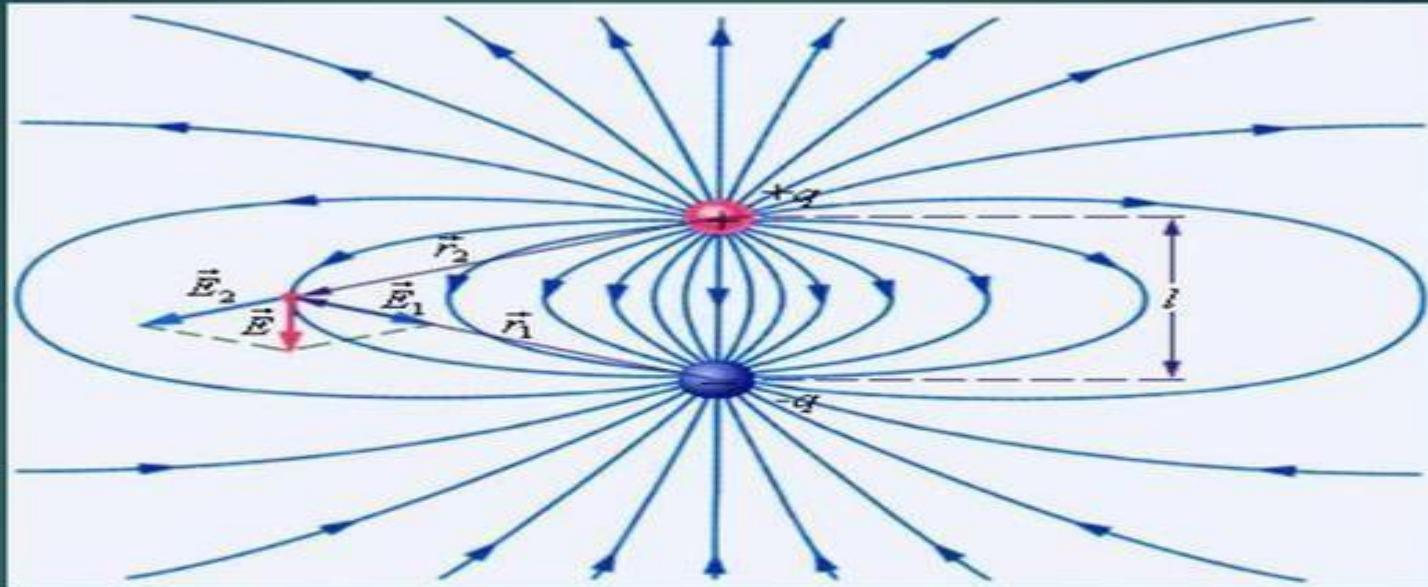
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} = 9 * 10^9 \frac{Н\cdot м^2}{Кл^2}$$

$\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость вещества



MyShared

*Электрическое поле неподвижных зарядов называется  
электростатическим.  
Оно не меняется со временем.*



- Характеристикой электрического поля является напряженность электрического поля.
- Напряженность электрического поля на рисунке можно показать с помощью силовых линий.

