

# 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.

Отвечать необходимо.



MyShared

## *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

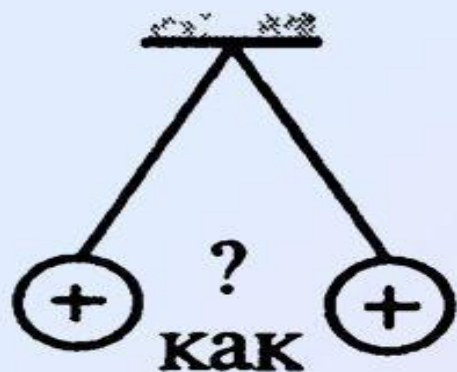
- ✓ Электрическое поле **распространяется** в пространстве **с конечной скоростью**, равной скорости света в вакууме.

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

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



# 4. Электрическое поле



Близкодействие и далекодействие  
(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:**

В СИ:  $E$  измеряют в

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

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

# Напряженность электрического

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

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_1}{q_1}$$

✓ **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.*

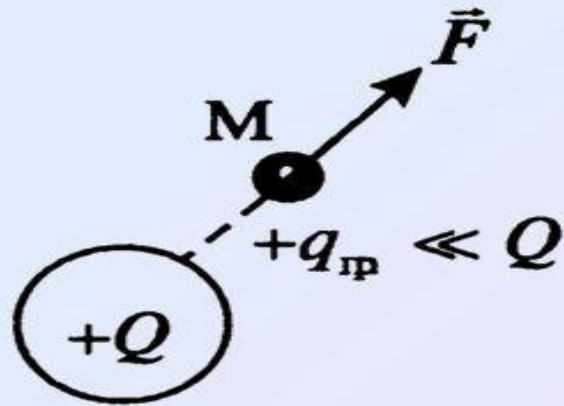
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$\vec{E}$  – 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:

$$F \sim q \Rightarrow \boxed{\vec{E} = \frac{\vec{F}}{|q|}}$$

$$\vec{E} \uparrow\uparrow \vec{F}_+$$

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

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

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

$$\boxed{E_{\tau, \text{ш}} = k \frac{|Q|}{\epsilon r^2}} \quad (r > R_{\text{шара}})$$



# 6. Графическое изображение полей



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

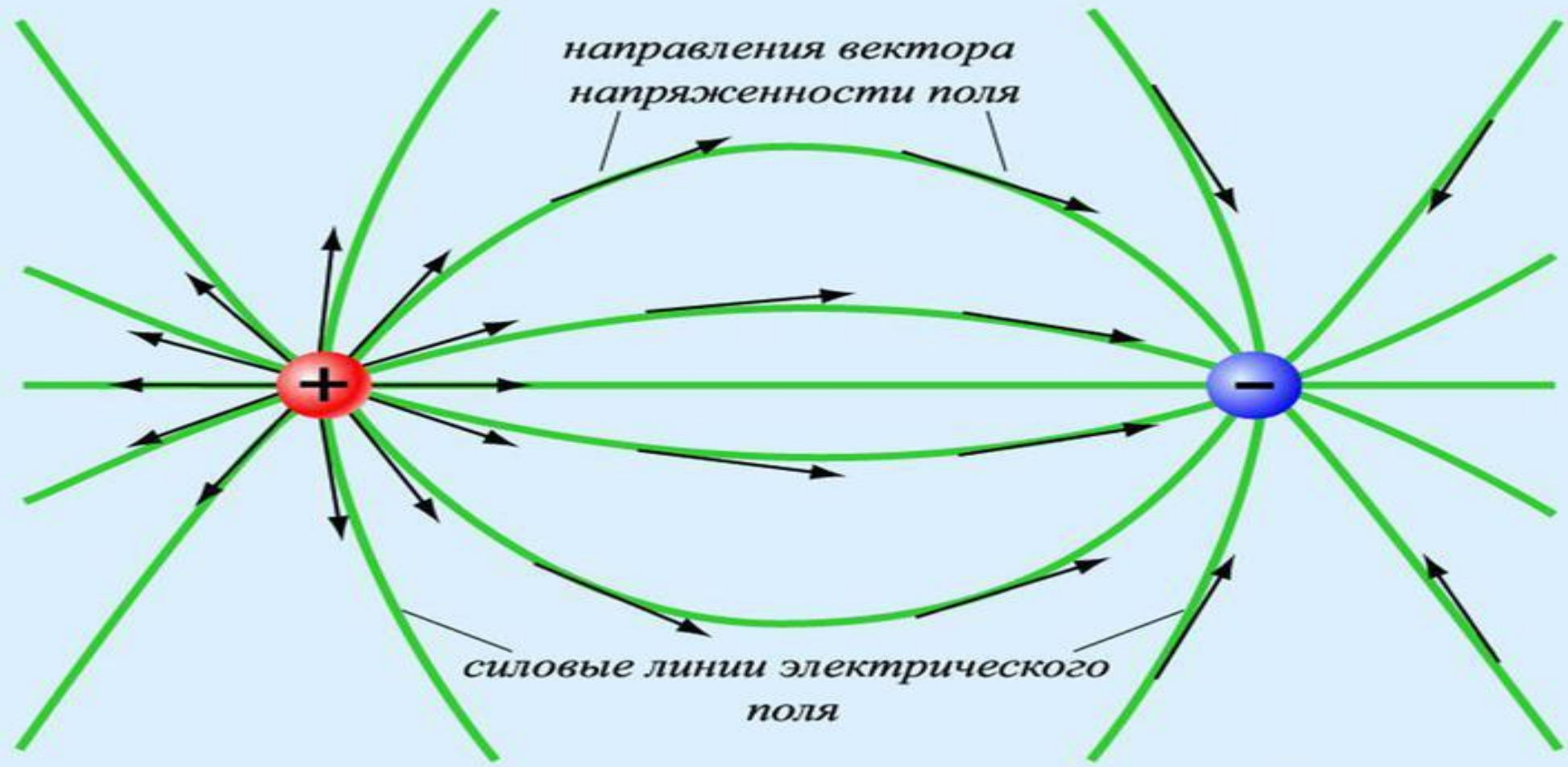
**Линии напряженности:** ✓ имеют начало (+) и конец (-)  
✓ не пересекаются

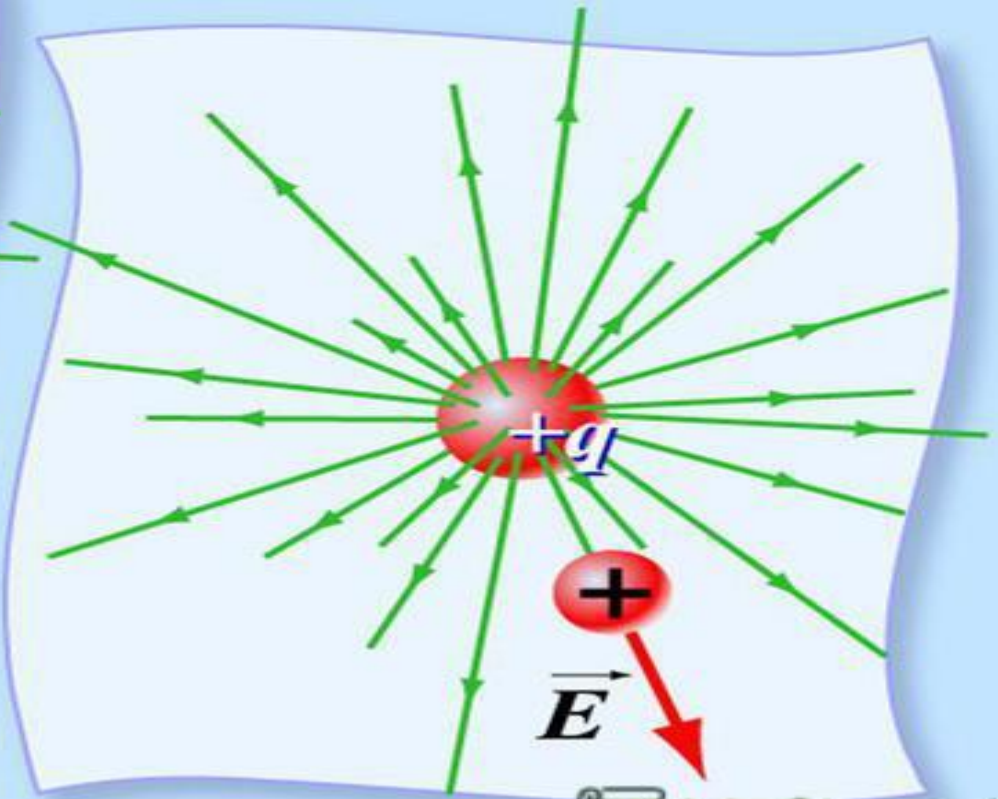
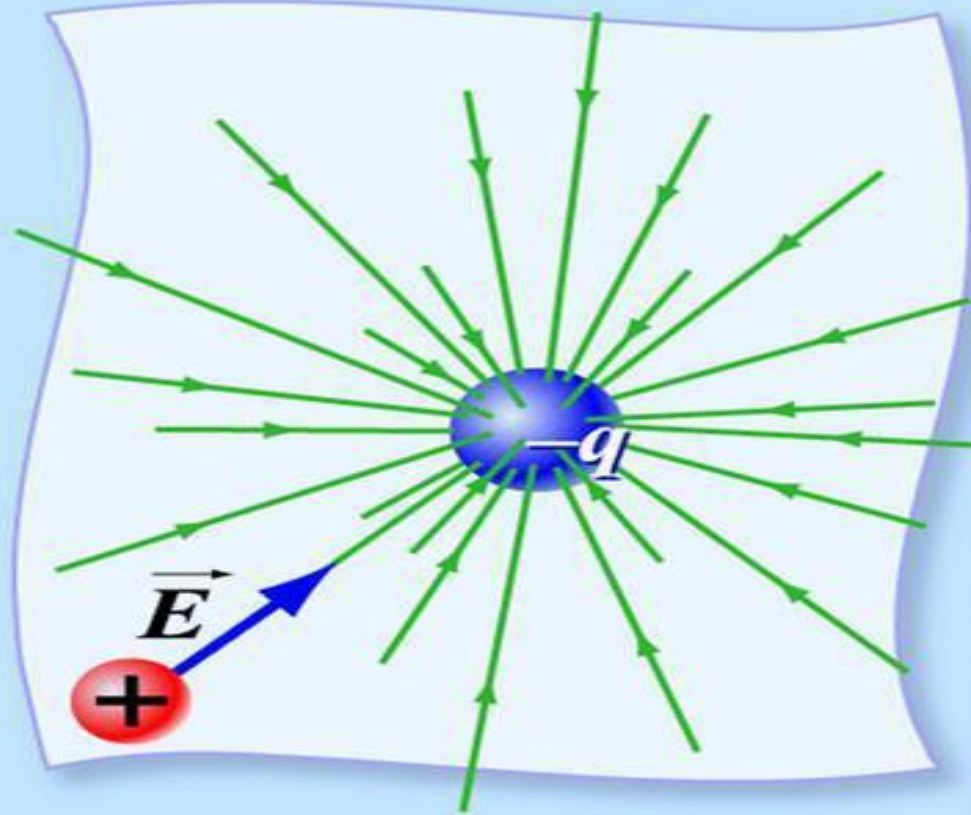


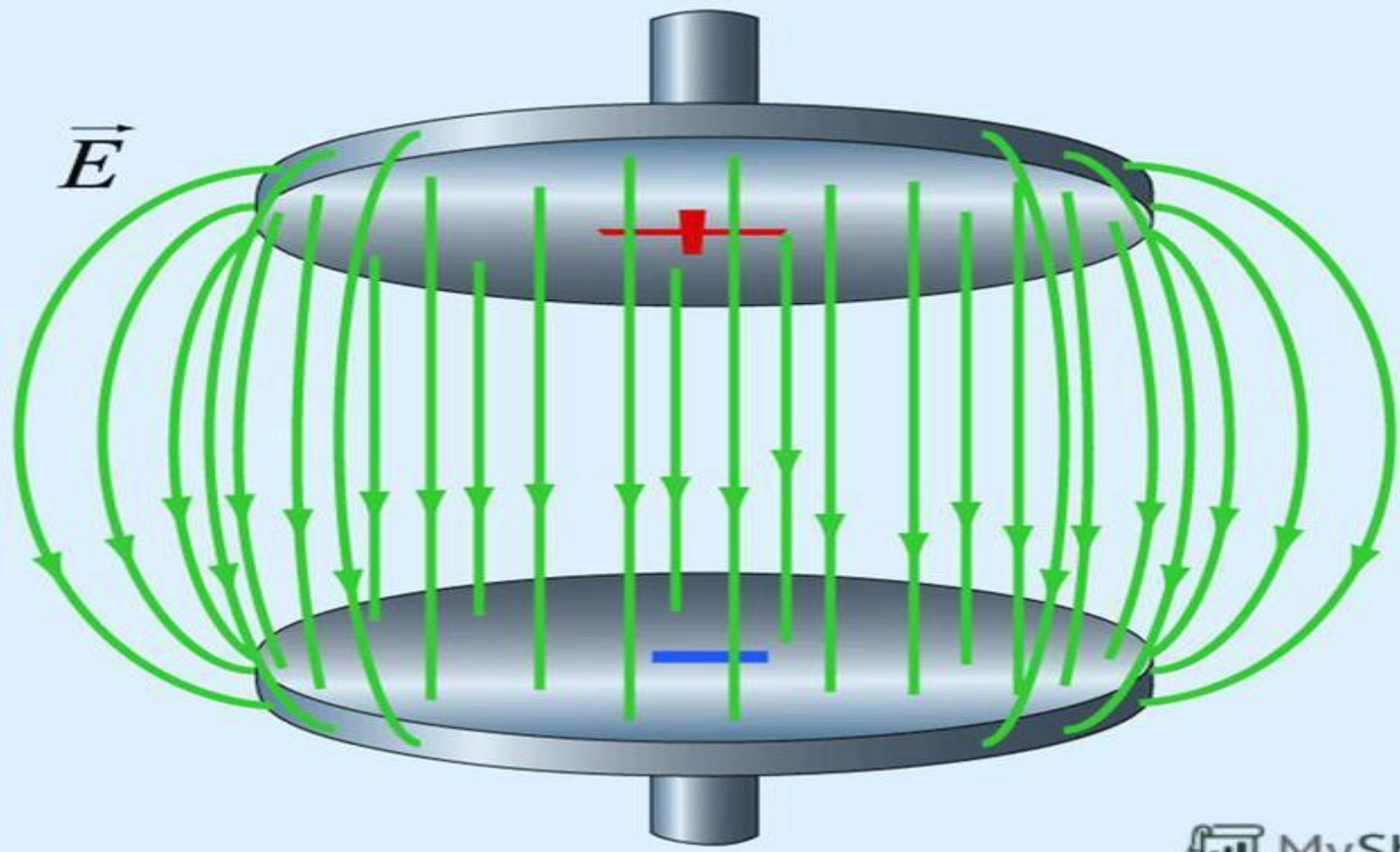
однородное









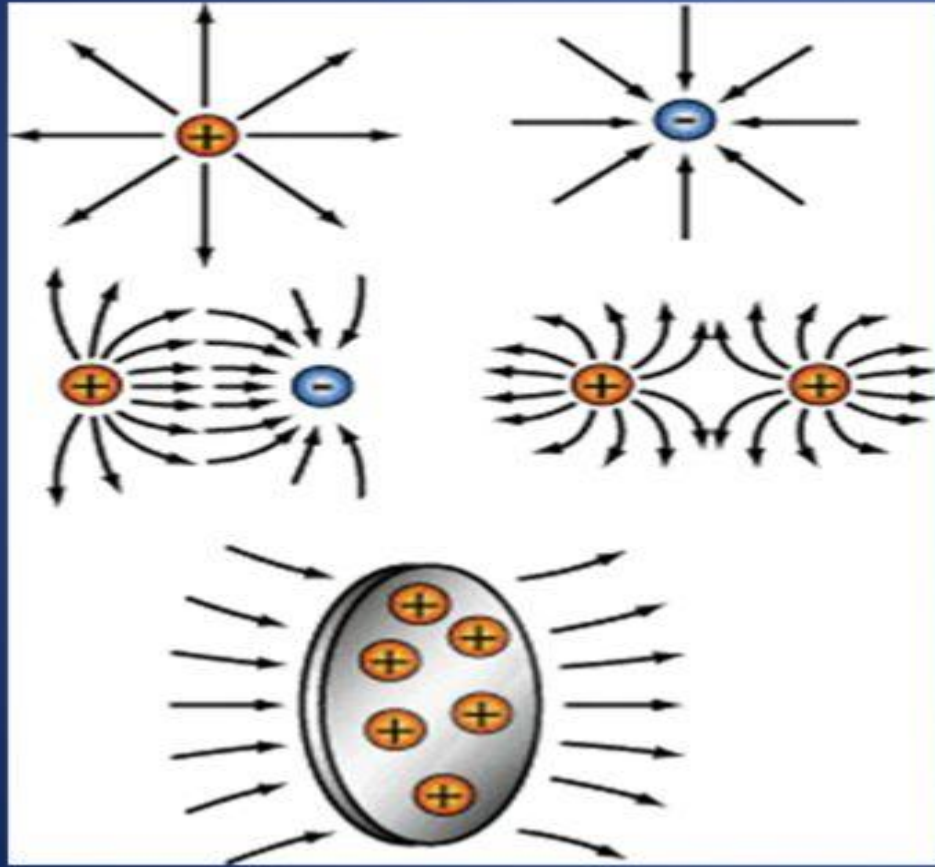


# Напряженность поля

точечного заряда

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

# Направление вектора напряженности электрического поля

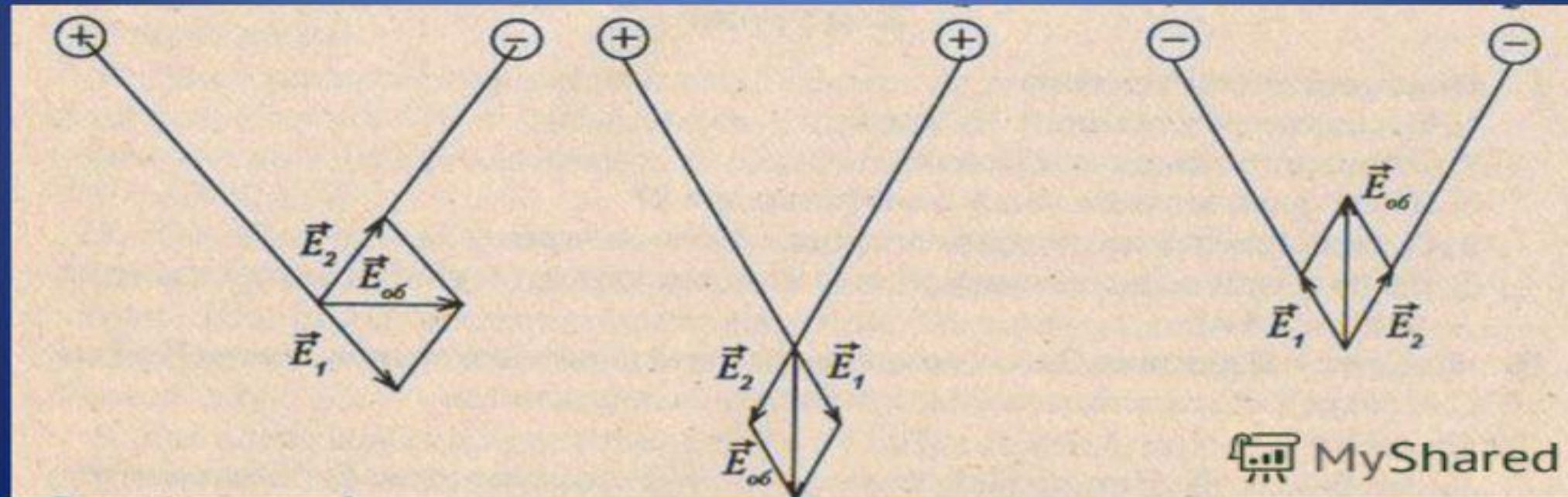


- совпадает с направлением силы, действующей на положительный заряд
- в любой точке вдоль прямой, соединяющей эту точку и заряд

# Принцип суперпозиции полей

[Навигатор.lnk](#)

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



# 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



Направление вектора  $\vec{E}$  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, создаваемого 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

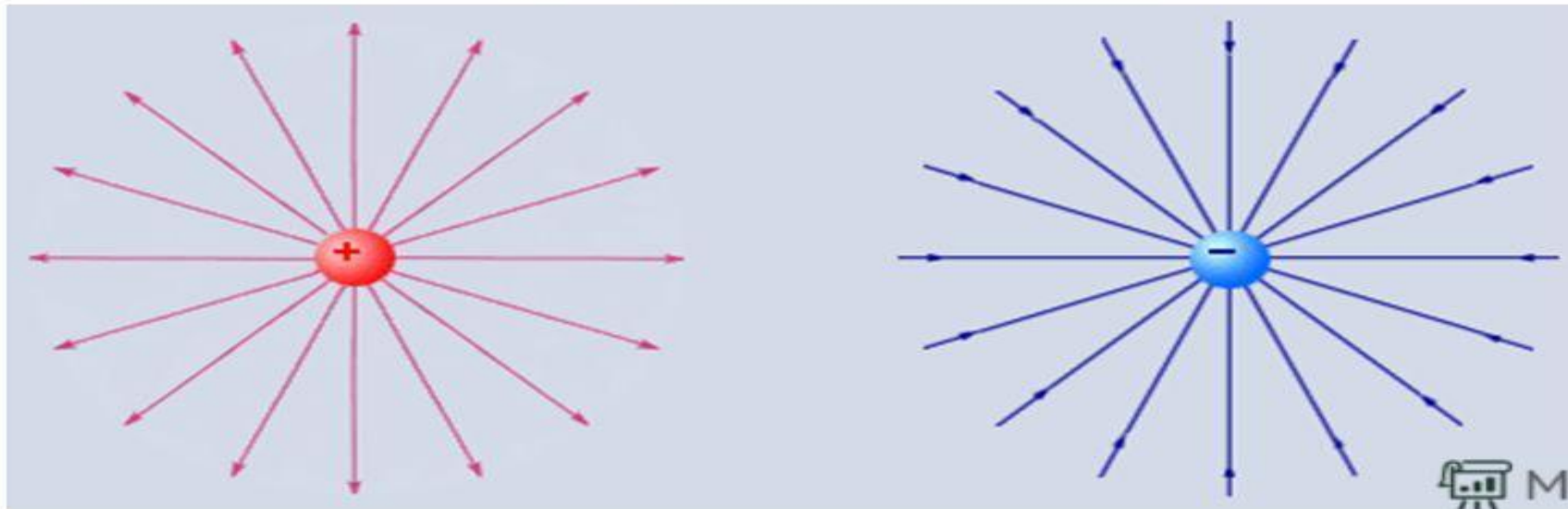
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Это поле называется *кулоновским*.

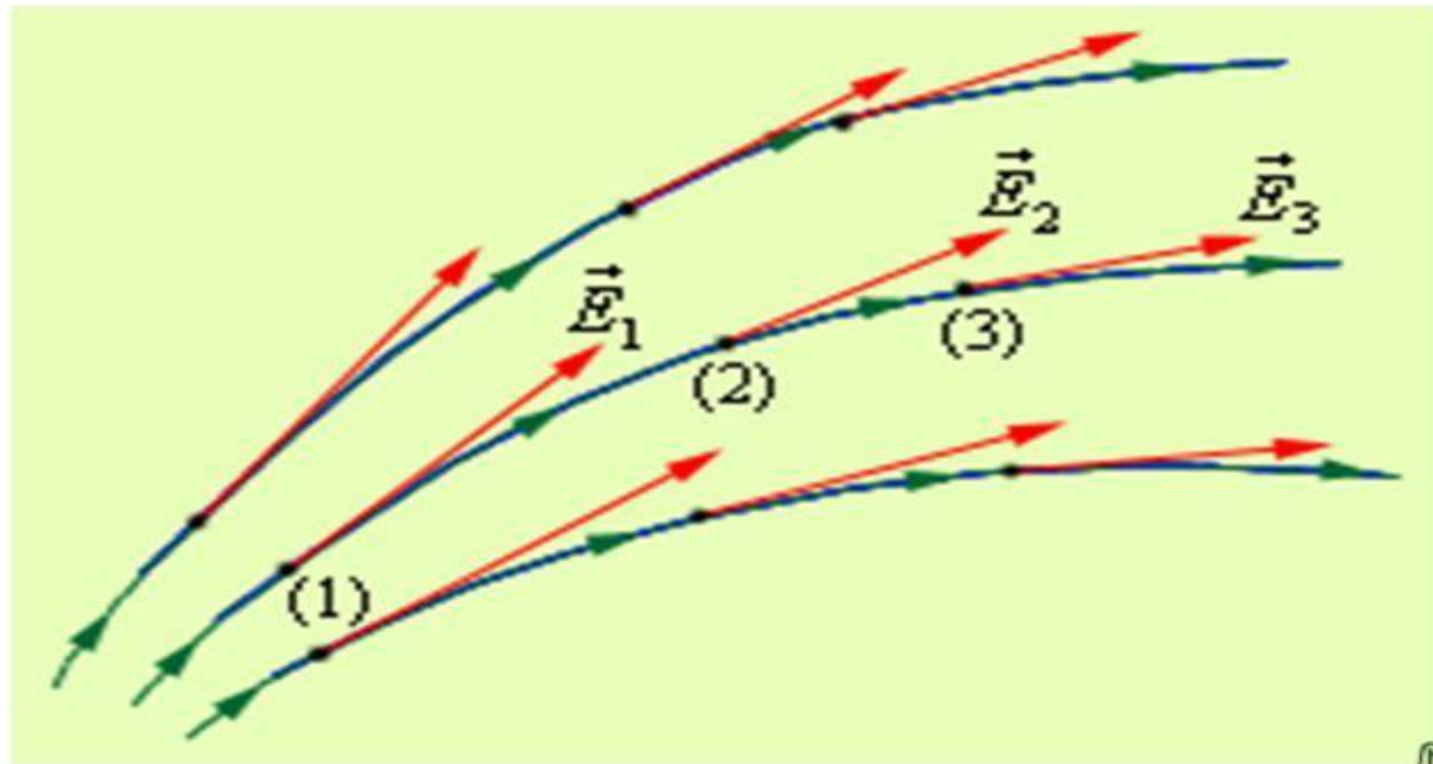
В кулоновском поле направление вектора  $\vec{E}$  зависит от знака заряда  $Q$ :

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

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



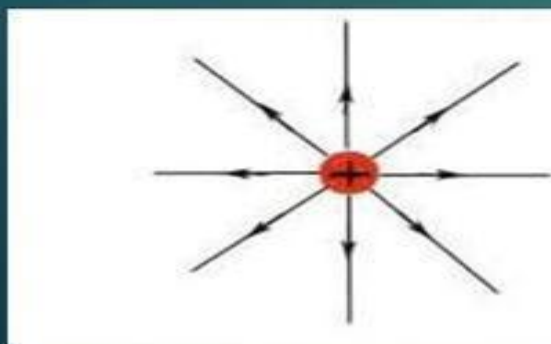
Для наглядного изображения электрического поля используют **силовые линии**. Эти линии проводят так, чтобы направление вектора в каждой точке совпадало с направлением касательной к силовой линии. При изображении электрического поля с помощью силовых линий, их густота должна быть пропорциональна модулю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



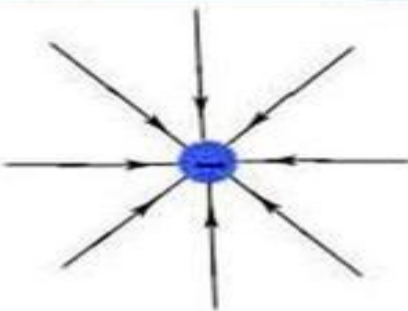
# Электрическое поле

- В пространстве вокруг электрического заряда существует электрическое поле. Электрическое поле можно изобразить графически с помощью силовых линий электрического поля, которые имеют направление.

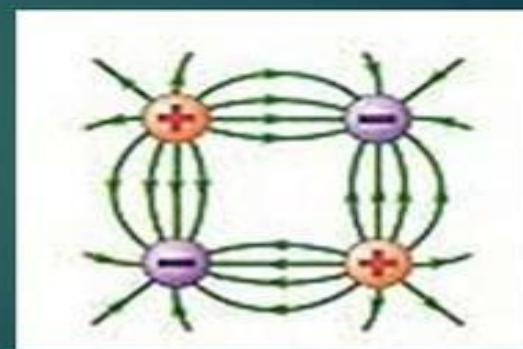
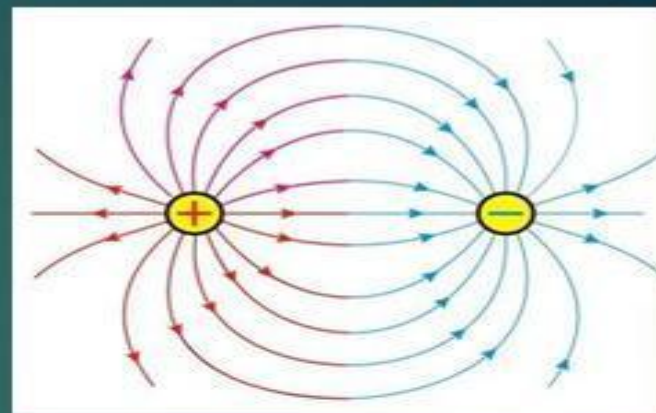
Электрическое поле  
положительного заряда.



Электрическое поле  
отрицательного  
заряда.



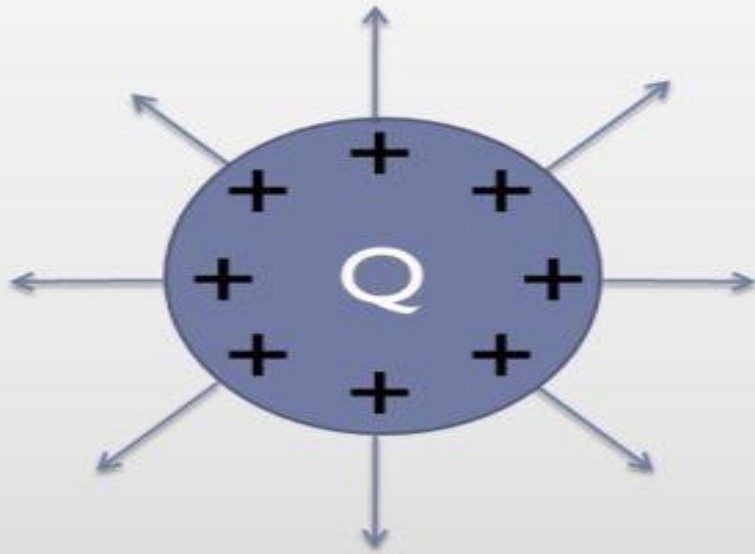
Электрическое поле двух  
разноименных зарядов



Электрическое поле  
четырёх разноименных  
зарядов

## Поле заряженного шара.

---



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

$$r \geq R_{III}$$

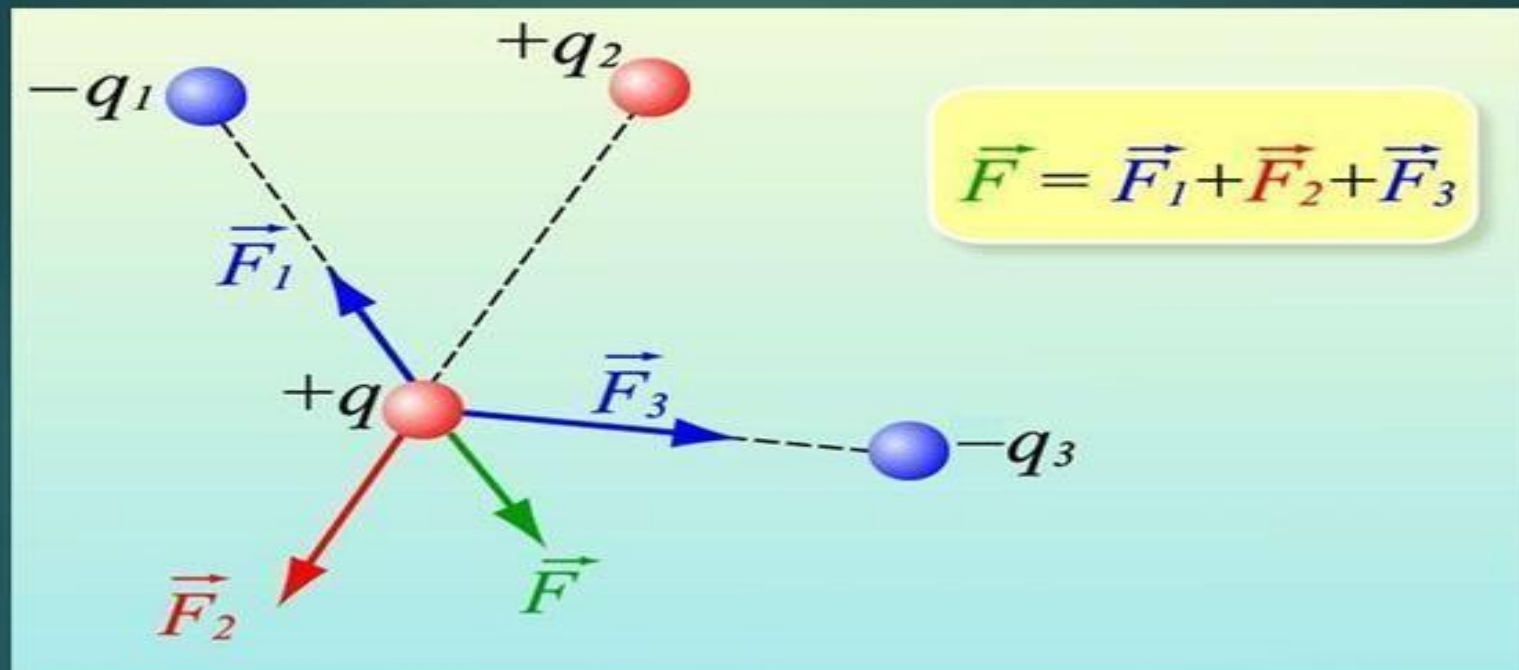
*Внутри шара  $E=0$*

# Закрепление

1. Напряженность электрического поля измеряют с помощью пробного заряда  $q_{\text{п}}$ . Как изменится модуль напряженности, если величину пробного заряда увеличить в 2 раза?

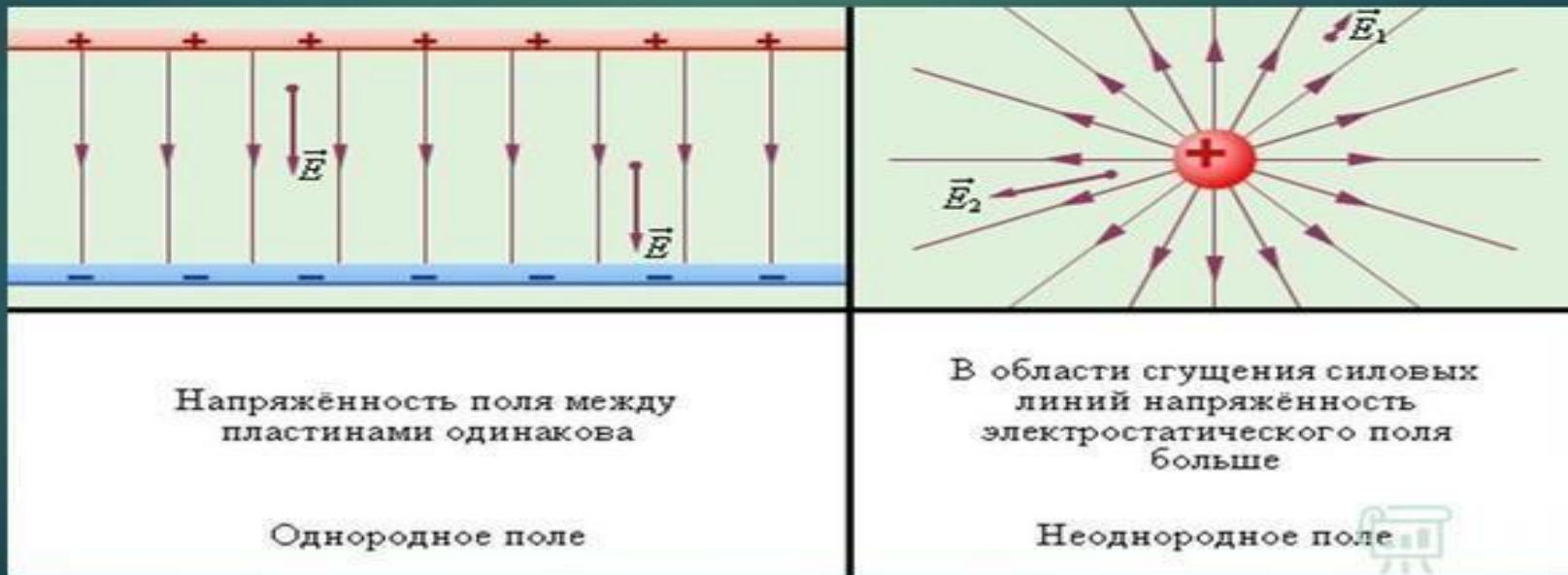
1. Не изменится.
2. Увеличится в 2 раза.
3. Уменьшится в 2 раза.
4. Ответ неоднозначен.

## Принцип суперпозиций электрических полей

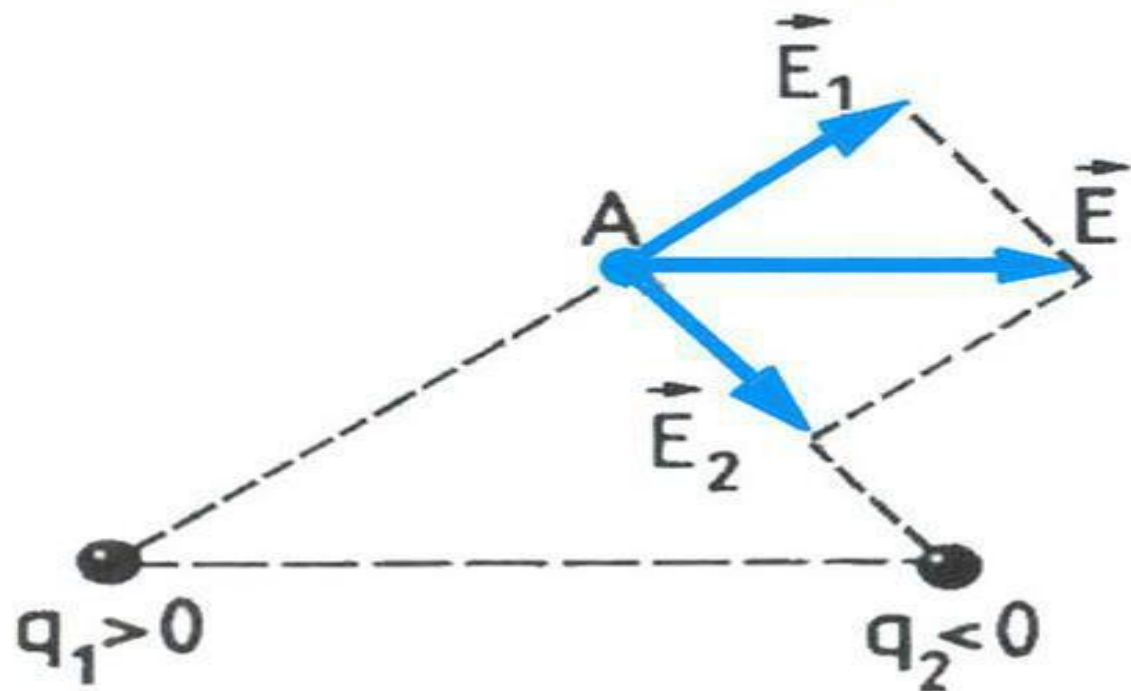


## Свойства силовых линий электрического поля

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

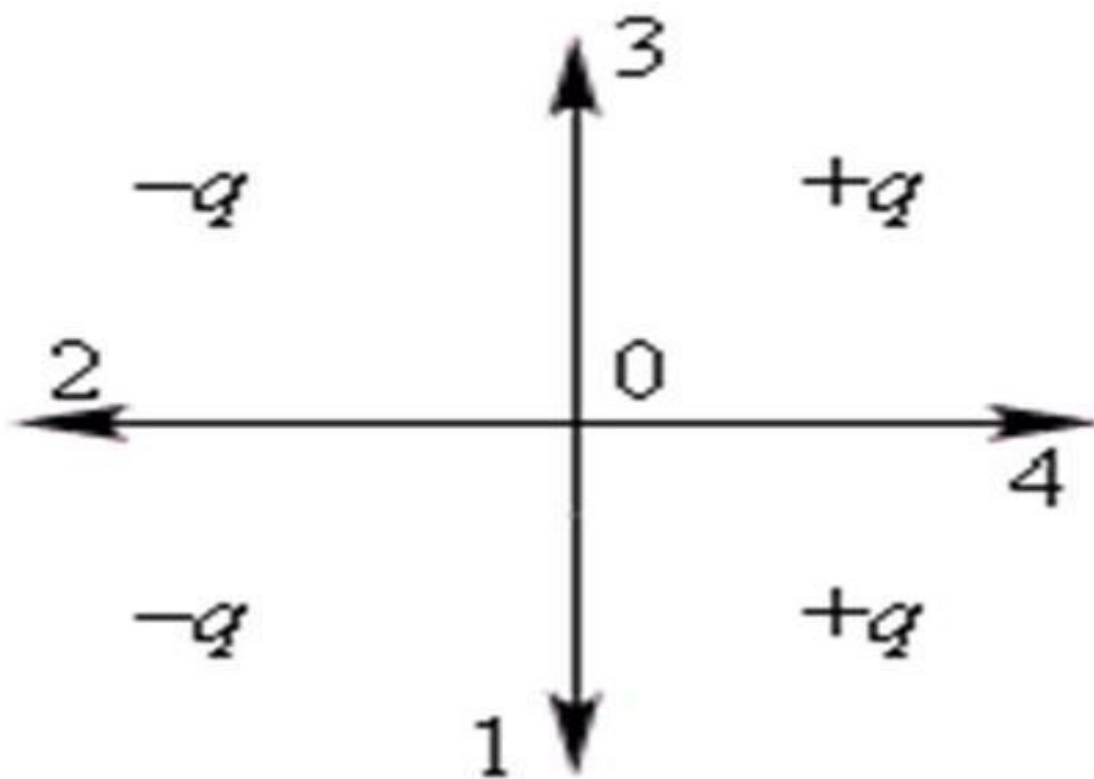


*На рисунке мы видим, как определяется напряженность поля в точке A, созданная двумя точечными зарядами*



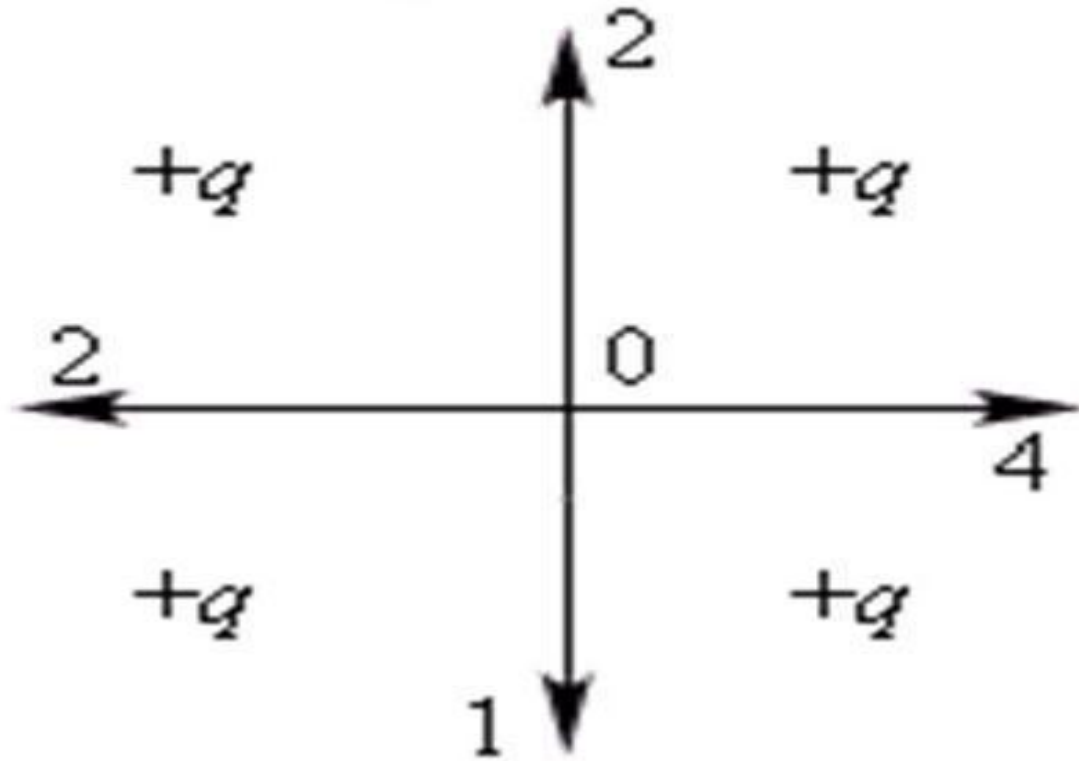


*Каково направление вектора напряженности электрического поля, созданного равными по модулю зарядами в точке  $O$ ?*



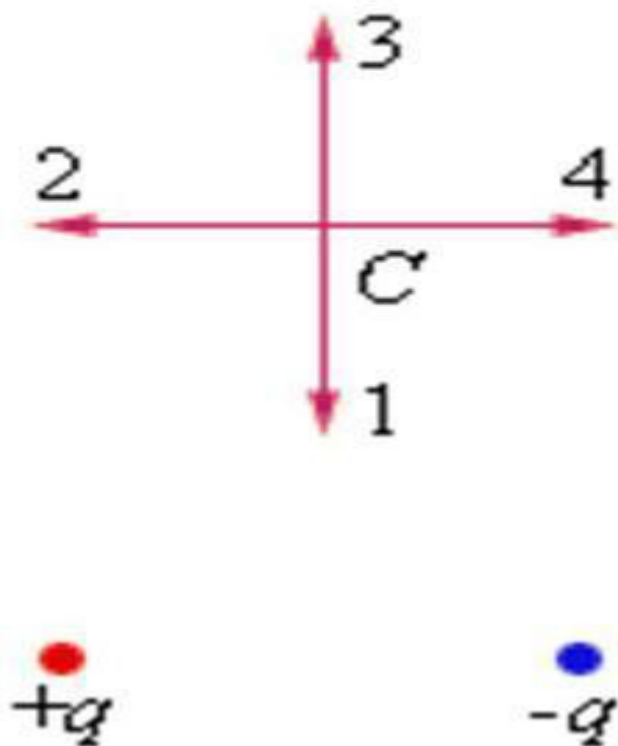
*Направление **2***

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



*Напряженность в точке  $O$  равна нулю.*

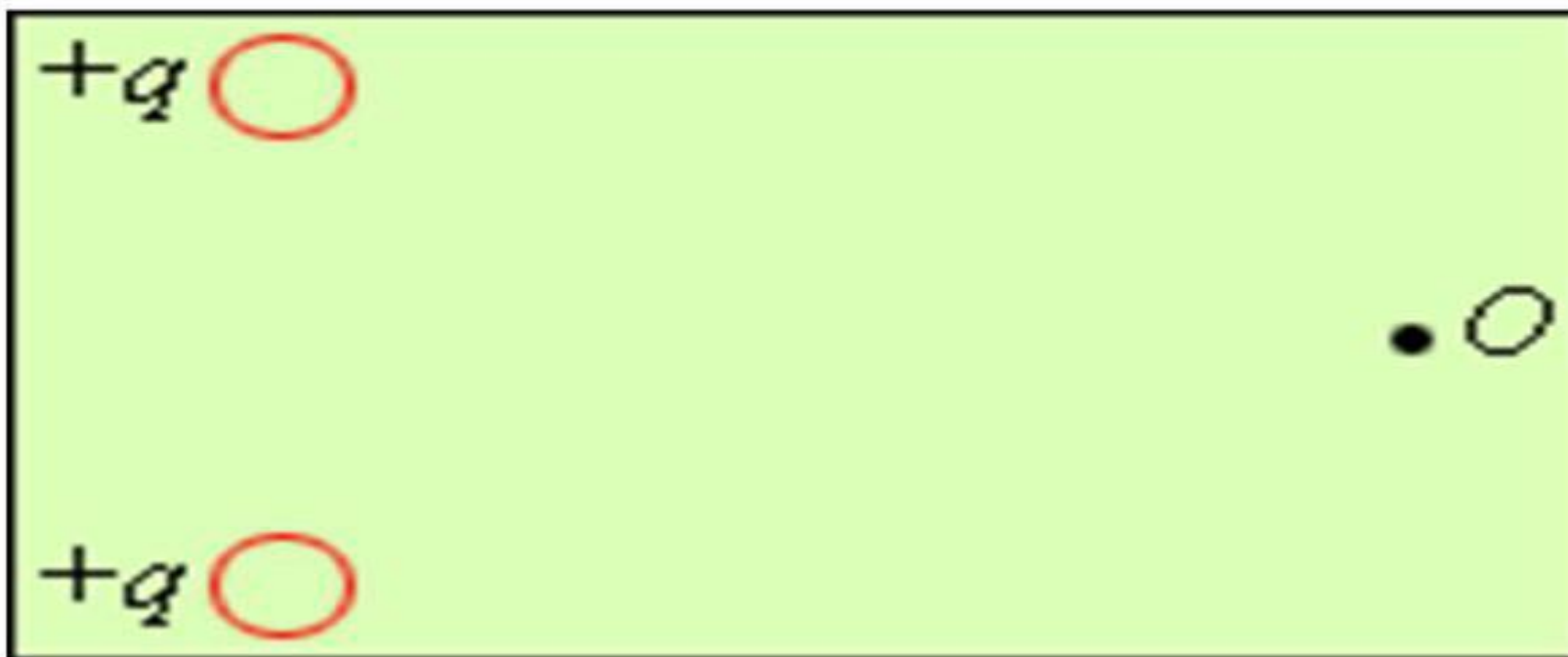
*Какое направление в точке  $O$  имеет вектор напряженности электрического поля созданного двумя одноименными отрицательными зарядами?*



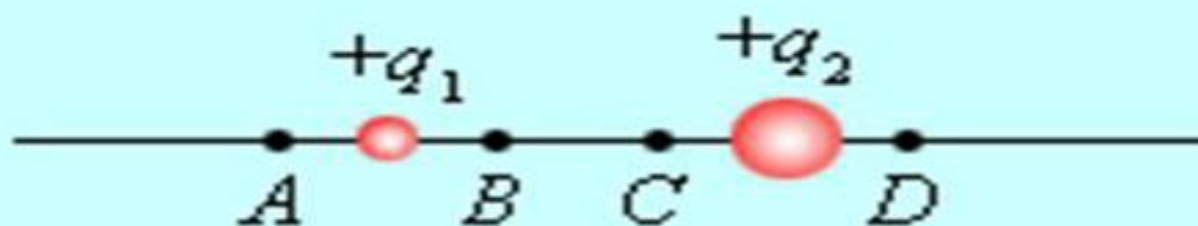
*Какая стрелка на рисунке указывает направление вектора напряженности электрического поля двух одинаковых по модулю разноименных точечных зарядов  $+q$  и  $-q$  в точке  $C$ ?*



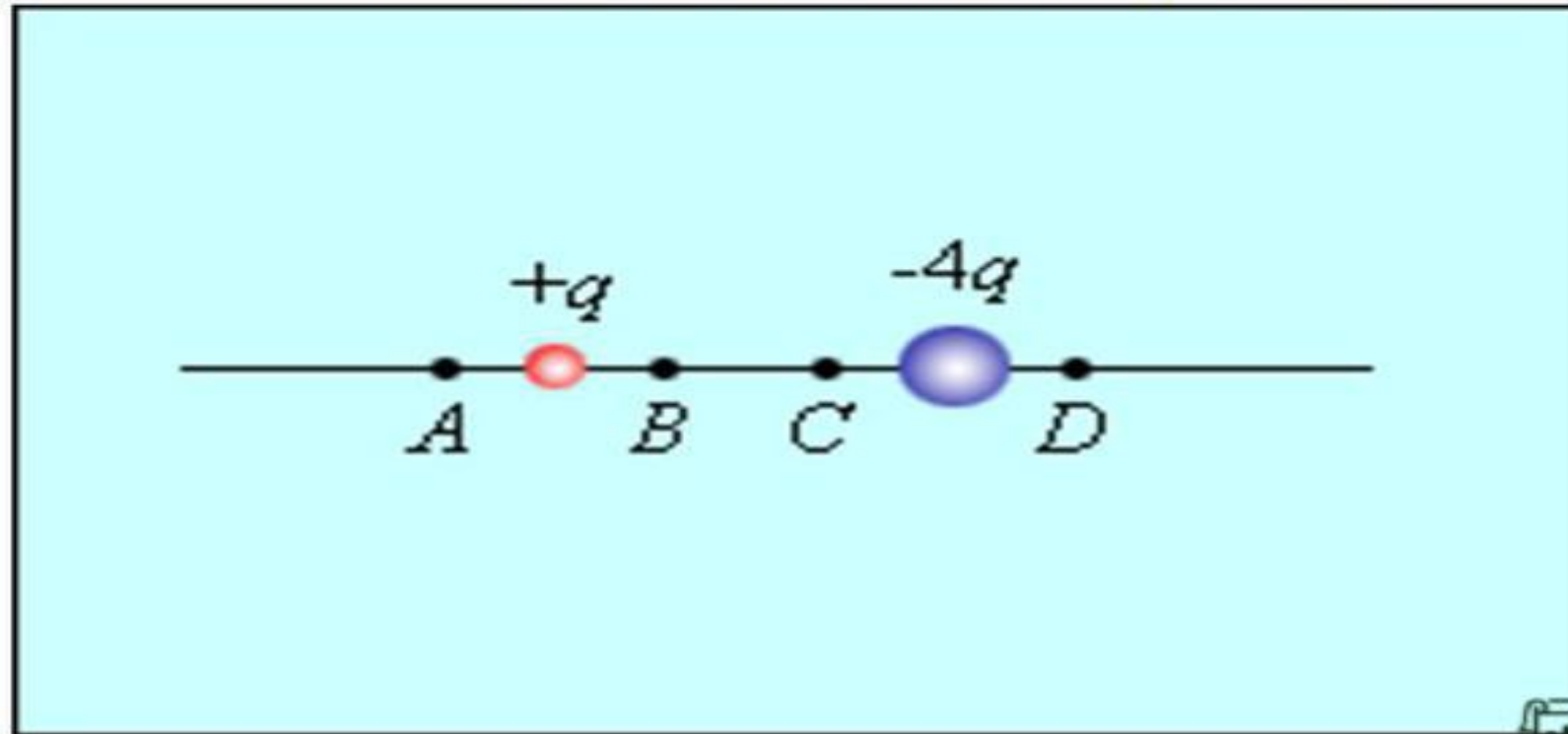
*Какое направление в точке  $O$  имеет вектор напряженности электрического поля созданного двумя одноименными положительными зарядами?*



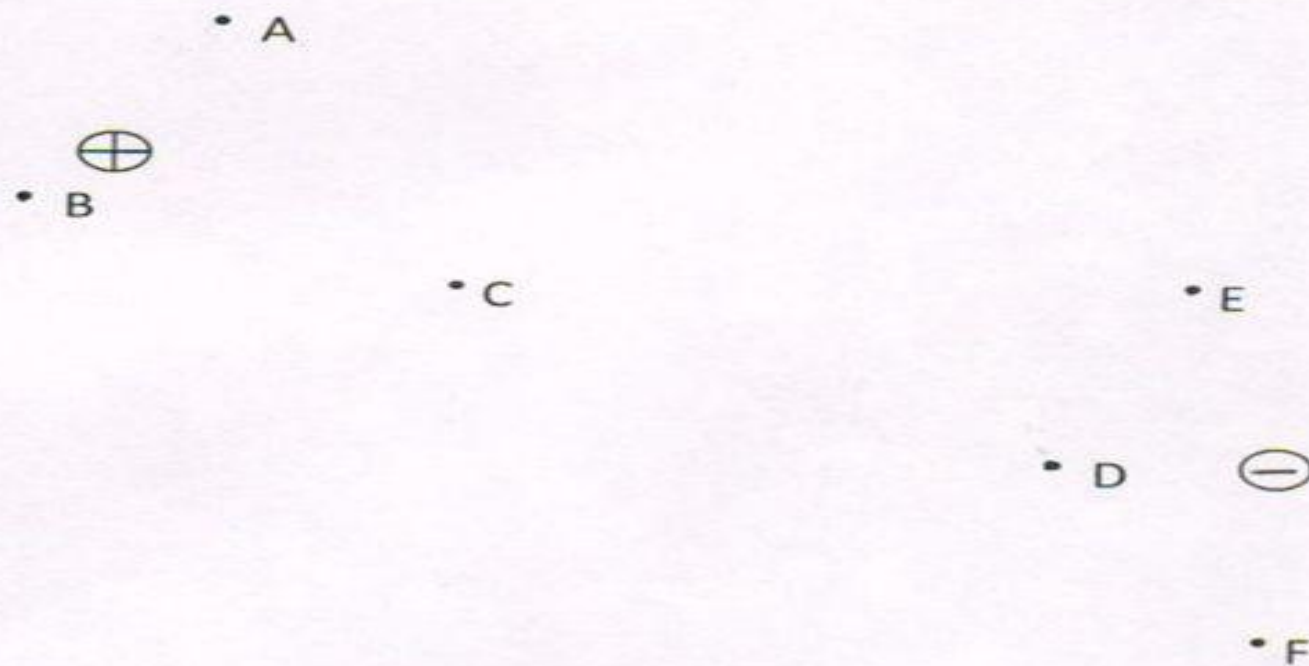
*Электростатическое поле создается системой двух шаров с зарядами  $q_1 = +q$  и  $q_2 = +4q$  соответственно. Укажите точку, в которой напряженность поля может быть нулевой.*



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

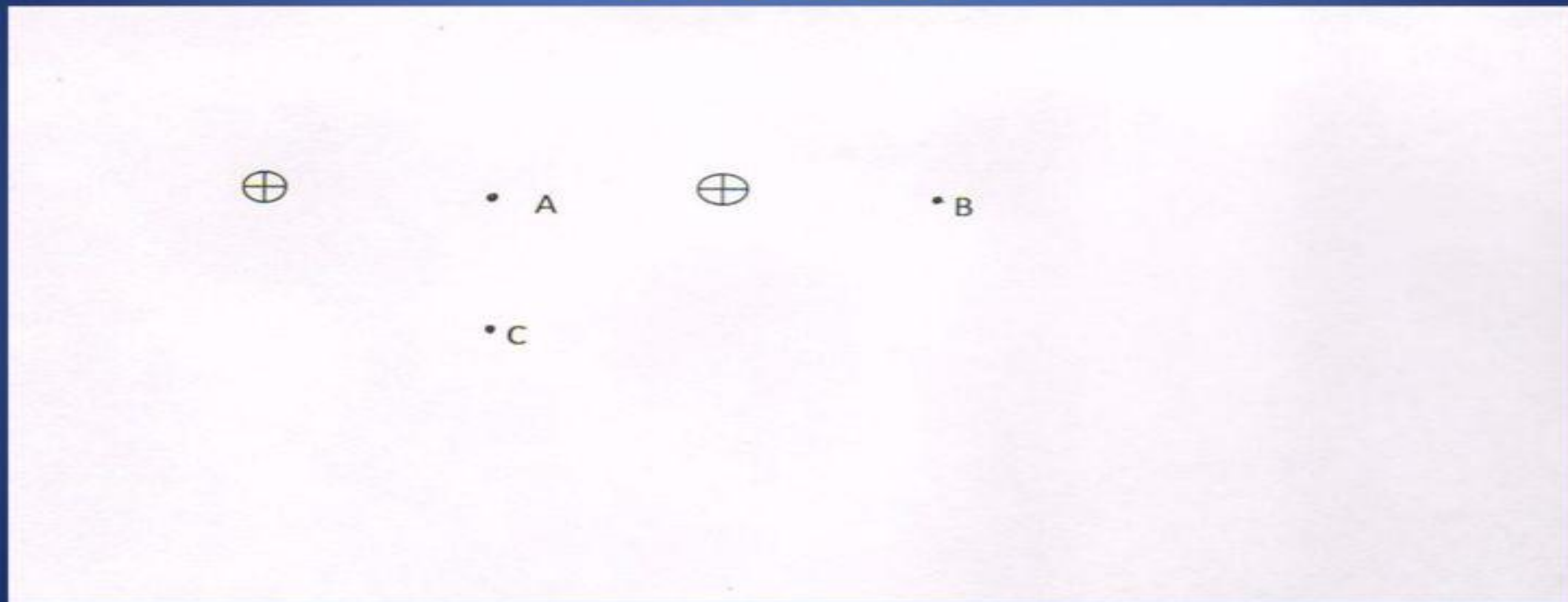


# Показать направление вектора напряженности электрического поля в точках

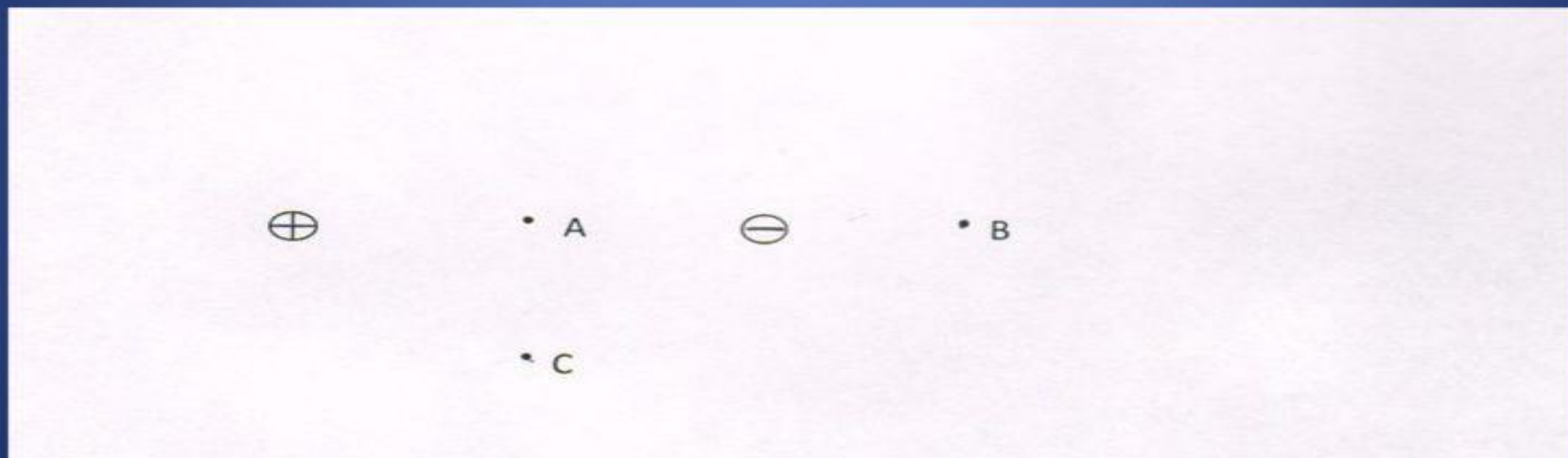




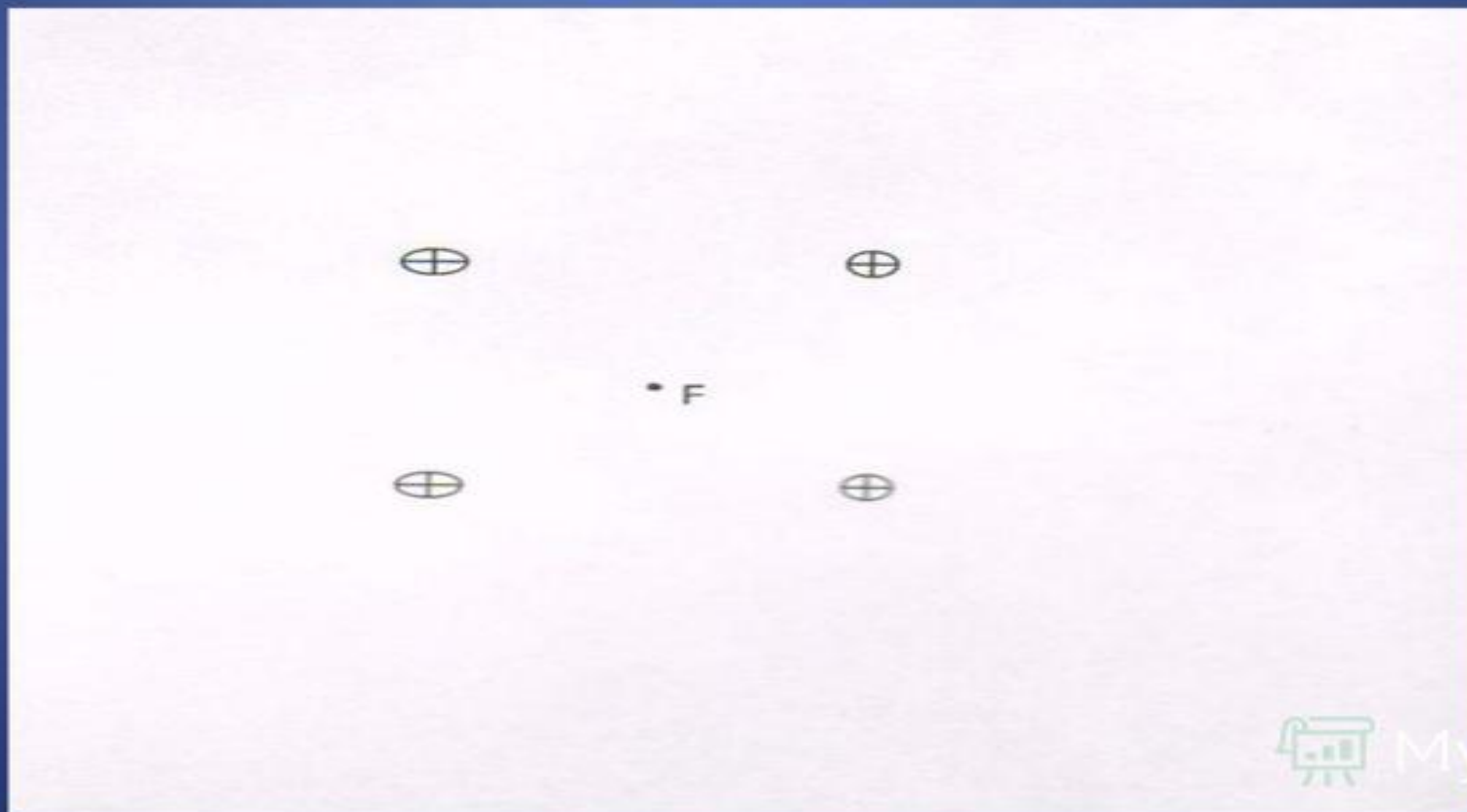
# Показать направление вектора напряженности электрического поля в точках



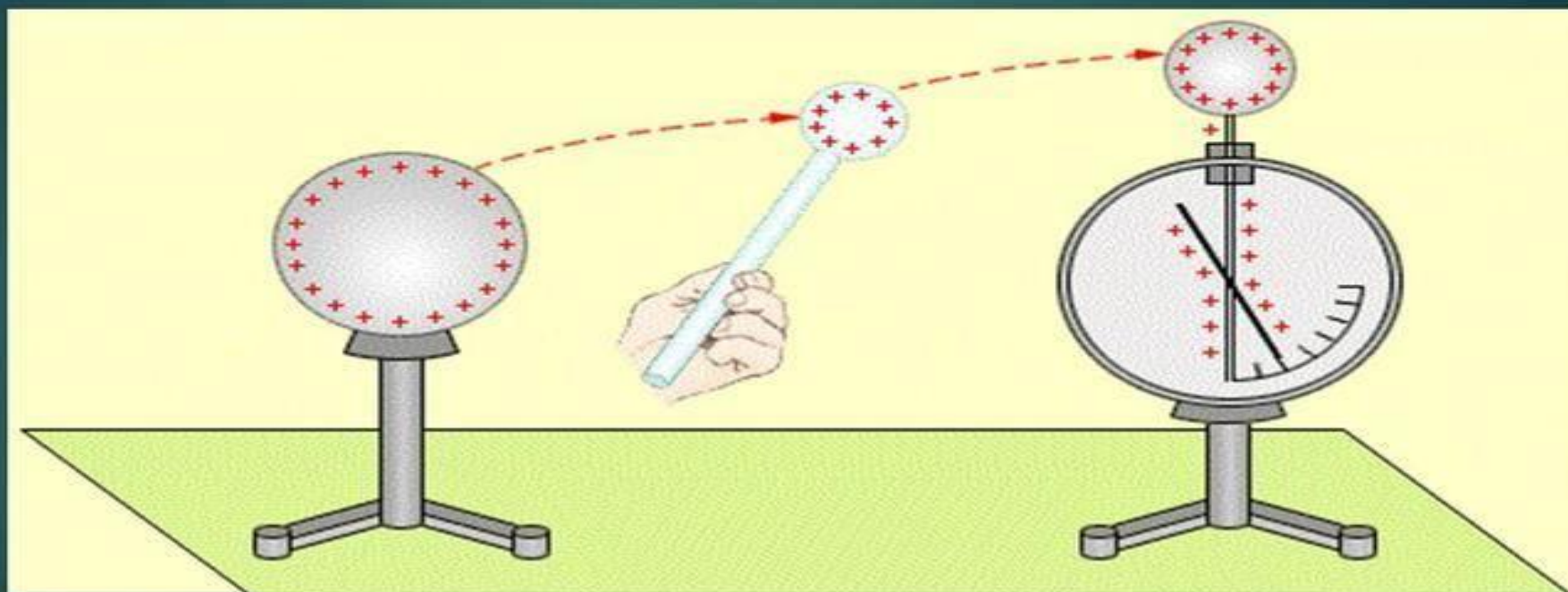
# Показать направление вектора напряженности электрического поля в точках



# Показать направление вектора напряженности электрического поля в точках



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





**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.

- 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 (1831).

# Близкодействие и действие на расстоянии

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



MyShared

## Близкодействие и действие на расстоянии

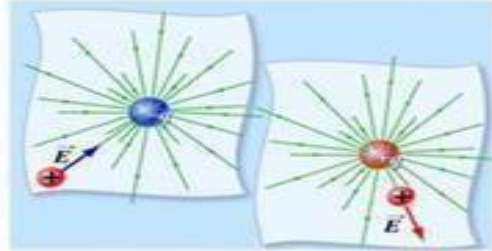
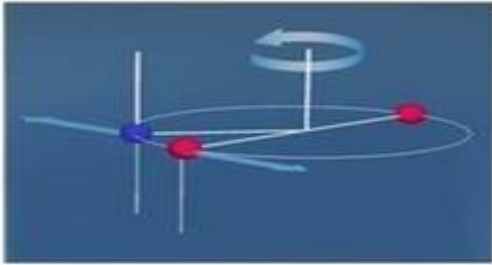


MyShared

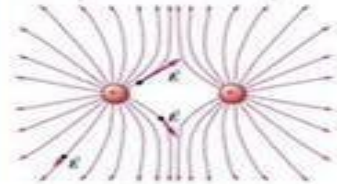
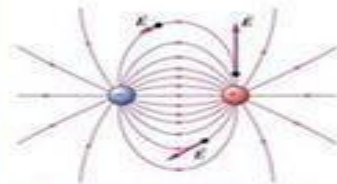
- **Дальнодействие:** действие осуществляется без участия какого бы то ни было посредника и мгновенно передается от одного тела к другому.
- **Близкодействие:** всякое действие от одного тела к другому передается с конечной скоростью от точки к точке через среду, которую мы не наблюдаем.

MyShared

# Электрическое поле



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



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

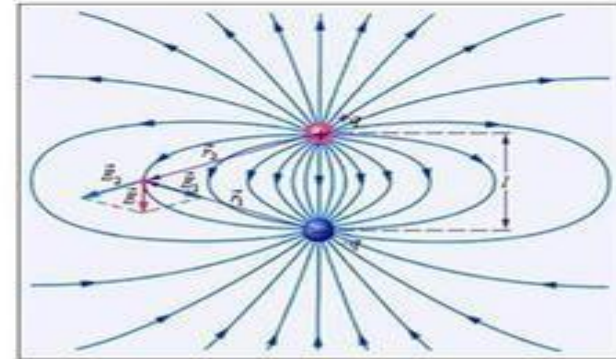
$$E = k \frac{q}{r^2}$$

Принцип суперпозиции полей

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

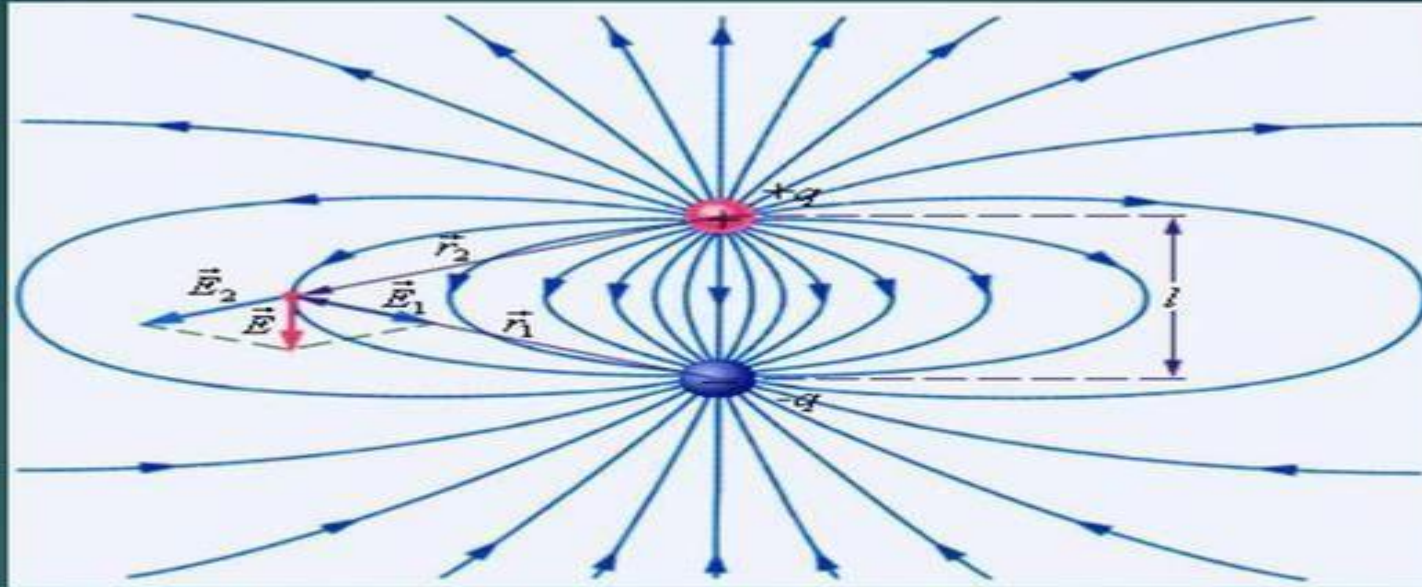
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2}$$

$\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость вещества





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



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