

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Подготовка к ЕГЭ

Учитель: Попова И.А.

МОУ СОШ № 30

Белово 2010

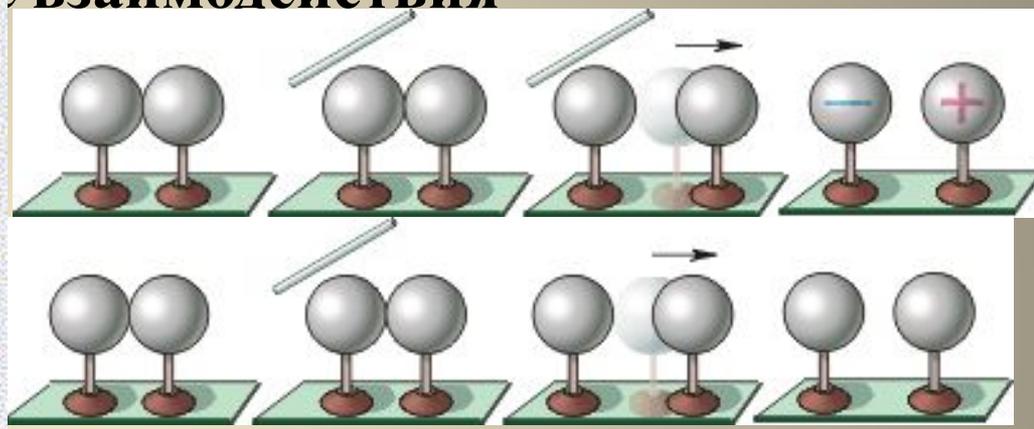
ЦЕЛЬ: ПОВТОРЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ, ЗАКОНОВ И ФОРМУЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В СООТВЕТСТВИИ С КОДИФИКАТОРОМ ЕГЭ.

Элементы содержания, проверяемые на ЕГЭ 2010:

1. Электризация тел
2. Взаимодействие зарядов. Два вида заряда
3. Закон сохранения электрического заряда
4. Закон Кулона
5. Действие электрического поля на электрические заряды
6. Напряженность электрического поля
7. Принцип суперпозиции электрических полей
8. Потенциальность электростатического поля
9. Потенциал электрического поля. Разность потенциалов
10. Проводники в электрическом поле
11. Диэлектрики в электрическом поле
12. Электрическая емкость. Конденсатор
13. Энергия электрического поля конденсатора

Электризация тел

Заряд Q – это физическая величина, характеризующая способность частиц или тел вступать в электростатическое взаимодействие

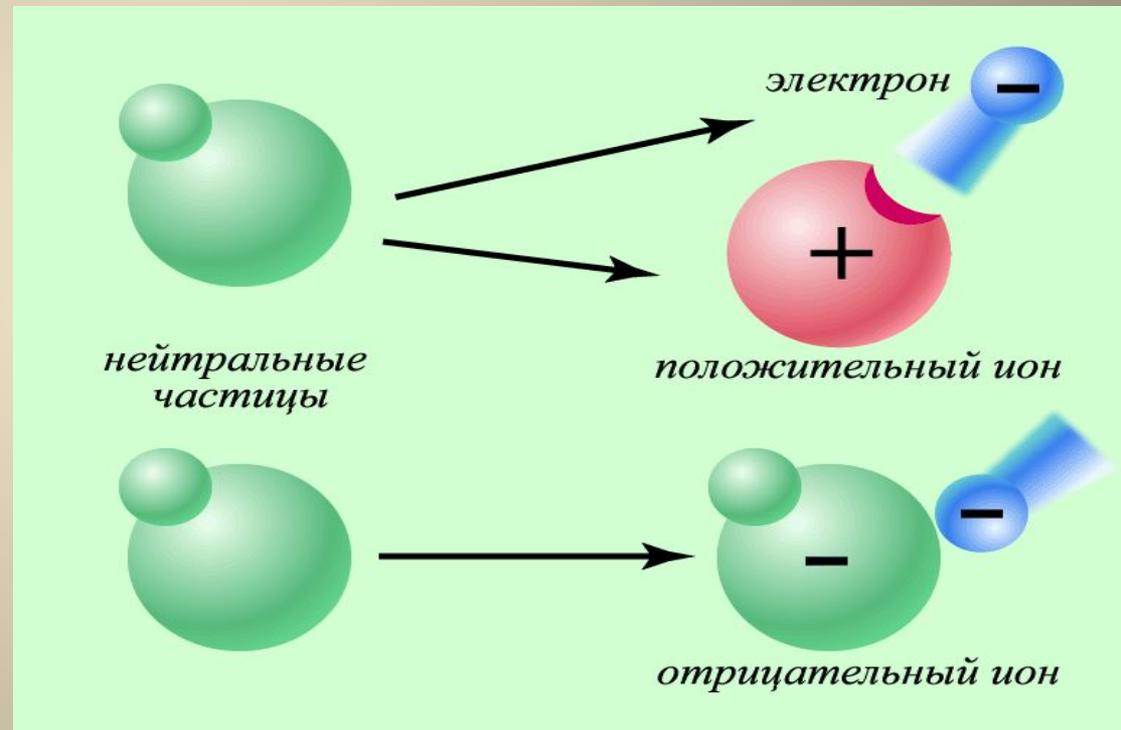


Трибоэлектрическая шкала.

При трении двух материалов тот из них, что расположен в ряду **выше**, заряжается **положительно** и тем сильнее, чем более разнесены материалы по шкале.

Электризация тел

- **Носителями зарядов являются элементарные частицы**
- Электрические заряды **протона** и **электрона** по модулю в точности **одинаковы** и равны элементарному заряду e .
 $e = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
- В нейтральном атоме число **протонов** в ядре **равно** числу **электронов** в оболочке (**атомным номер**).
- Электрический заряд тела – **дискретная величина**:

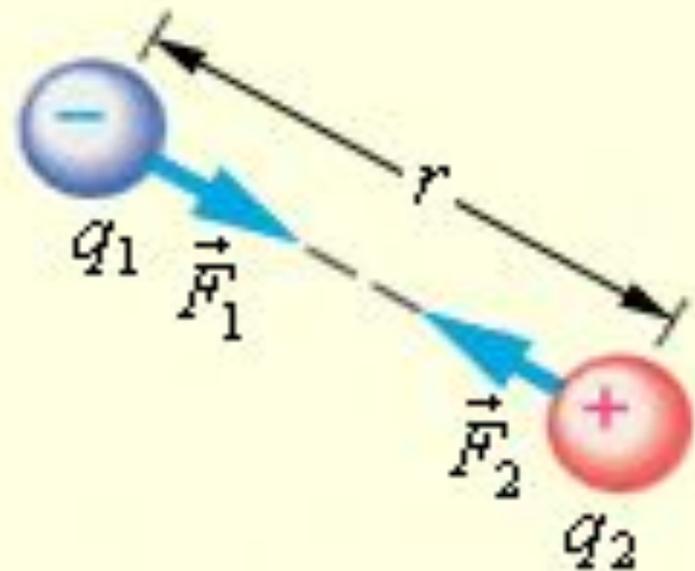
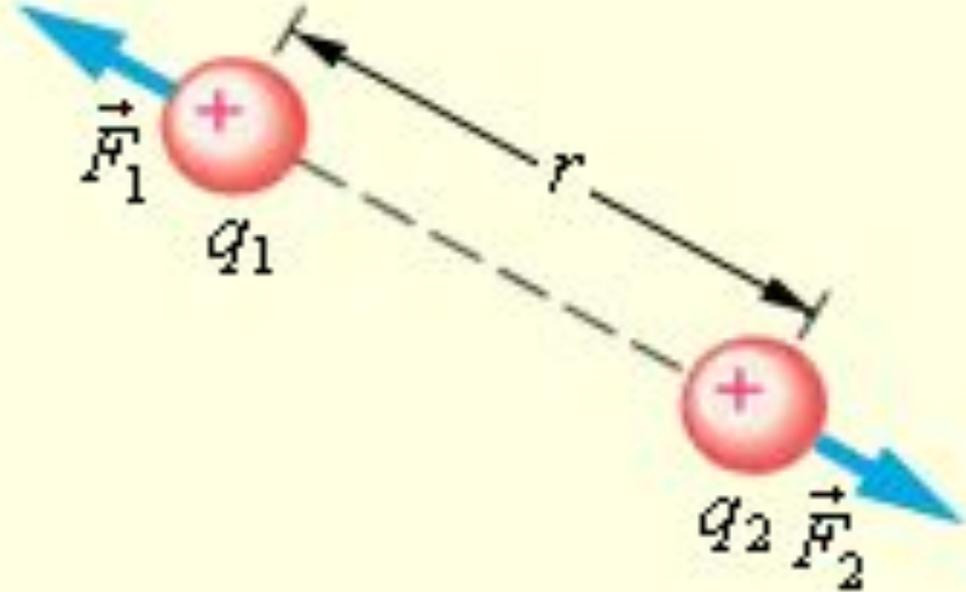
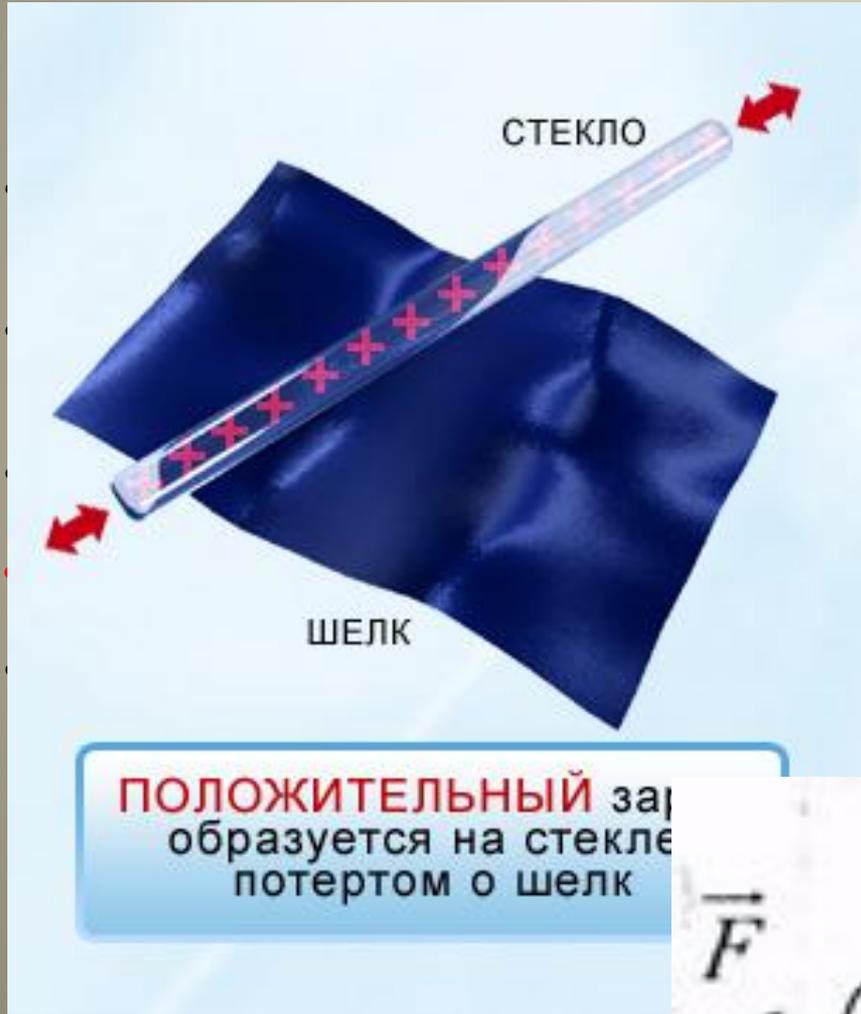


$$q = \pm ne \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

Взаимодействие

вида

- Электрический заряд (q или Q)



Закон сохранения электрического заряда

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

q_1, q_2, \dots, q_n – заряды электрически
изолированной системы

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

Закон Кулона

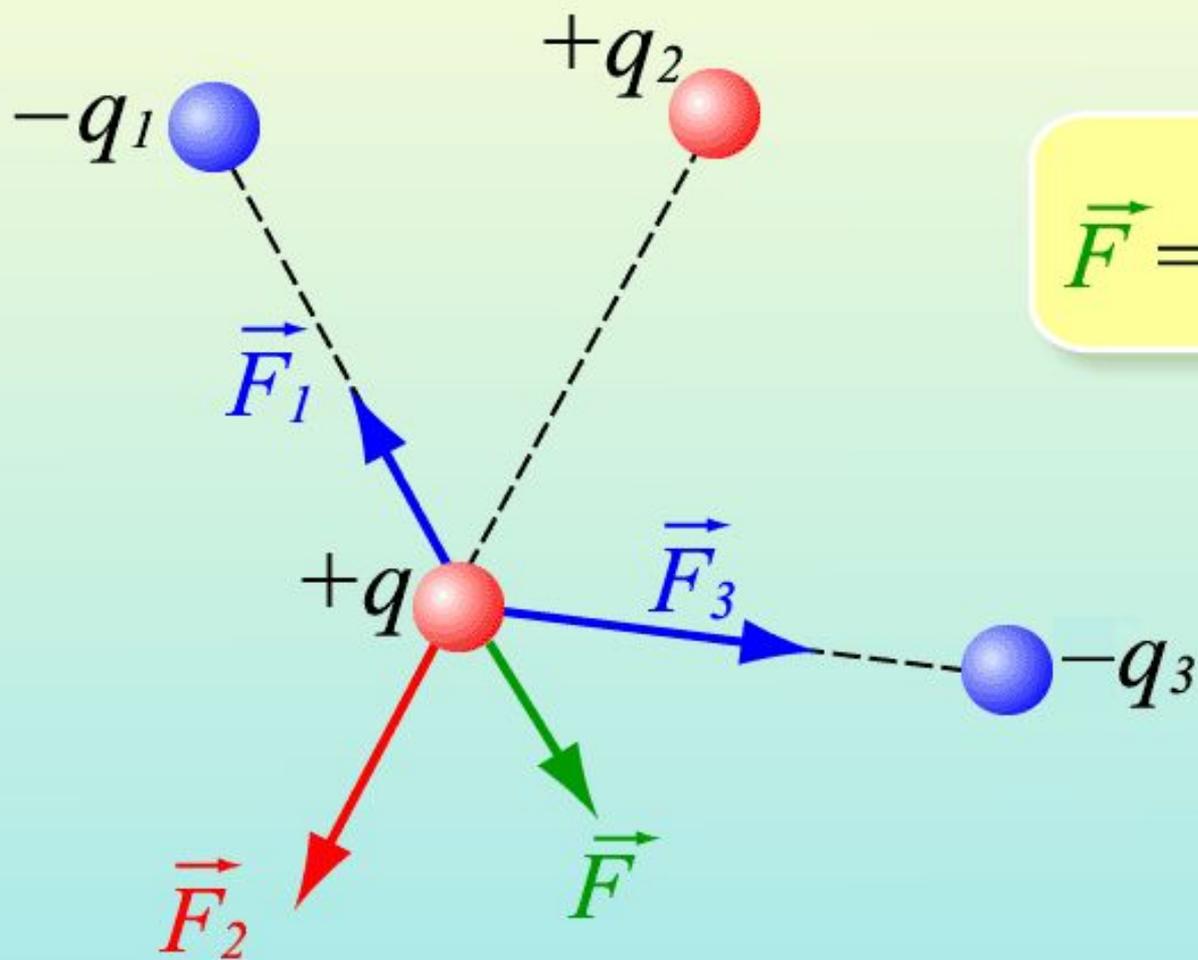
$$\vec{E}_1 = -\vec{E}_2$$

- **Точечным зарядом** называют заряженное тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.
- **Закон Кулона:** Силы взаимодействия неподвижных зарядов прямо пропорциональны **произведению модулей зарядов** и обратно пропорциональны **квадрату расстояния** между ними:
- Силы взаимодействия подчиняются третьему закону Ньютона:
- Закон Кулона хорошо выполняется для **точечных зарядов**
- В Международной системе СИ за единицу заряда принят **кулон (Кл)**.
- Коэффициент **k** в системе СИ обычно записывают в виде:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная

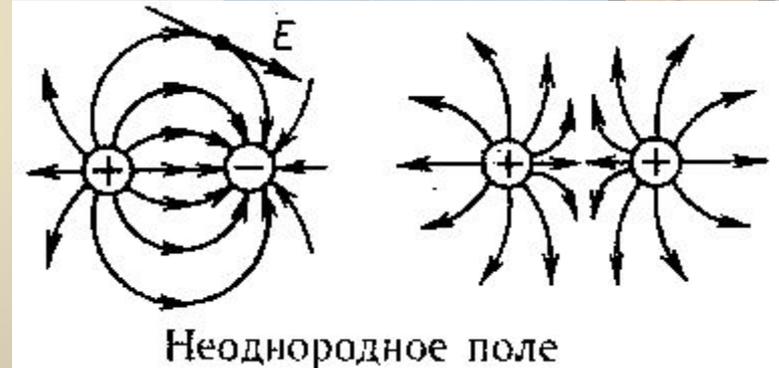
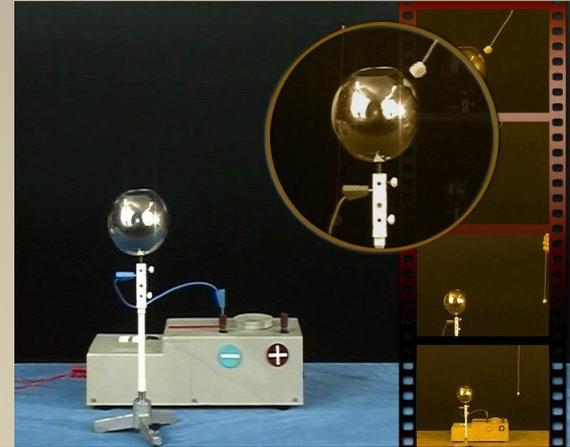
Принцип суперпозиции кулоновских сил



$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

Действие электрического поля на электрические заряды

- **Электрическое поле** — 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, обладающих электрическим зарядом.**
- Электрическое поле можно рассматривать как **математическую модель**, описывающую значение величины **напряженности** электрического поля в данной точке пространства.
- Электрическое поле является **одной из составляющих** единого **электромагнитного поля** и **проявлением электромагнитного взаимодействия.**



Напряженность электрического поля

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

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

- Для количественного определения электрического поля вводится **силовая характеристика** напряженности 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:

- **Напряженность** электрического поля – **векторная** физическая величина.
- **Направление** вектора совпадает в каждой точке пространства с **направлением** силы, действующей на **положительный пробный заряд**.

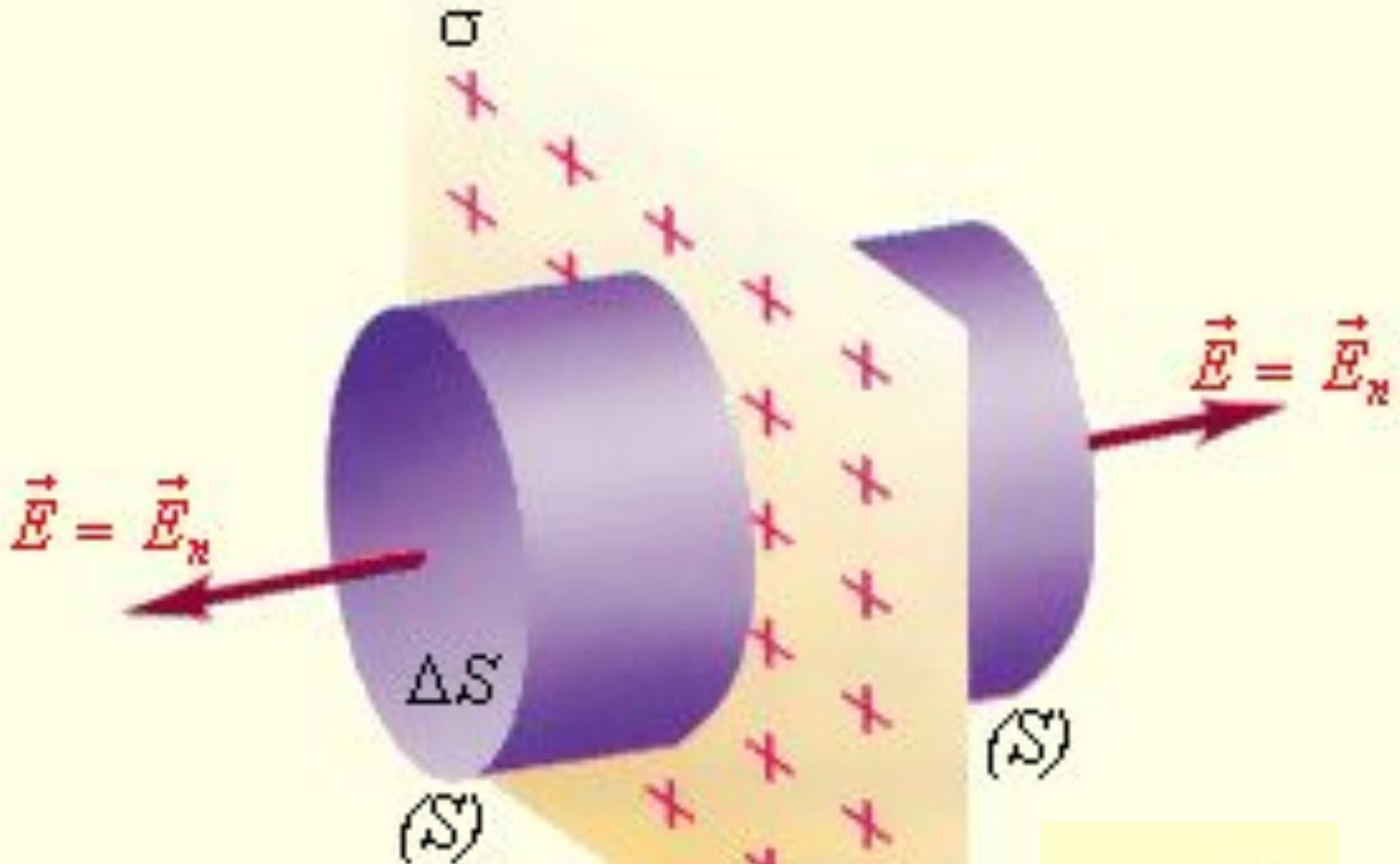
Принцип суперпозиции электрических полей

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_1}{\sigma}$$

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

- **Принцип суперпозиции:** напряженность электрического поля, создаваемого системой зарядов в данной точке пространства, **равна векторной сумме напряженностей** электрических полей, создаваемых в той же точке зарядами **в отдельности:**
- Для **наглядного** представления электрического поля используют **силовые линии**





Поле равномерно заряженной плоскости.
 $\sigma = Q/S$ – поверхностная плотность заряда.
 S – замкнутая поверхность.

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

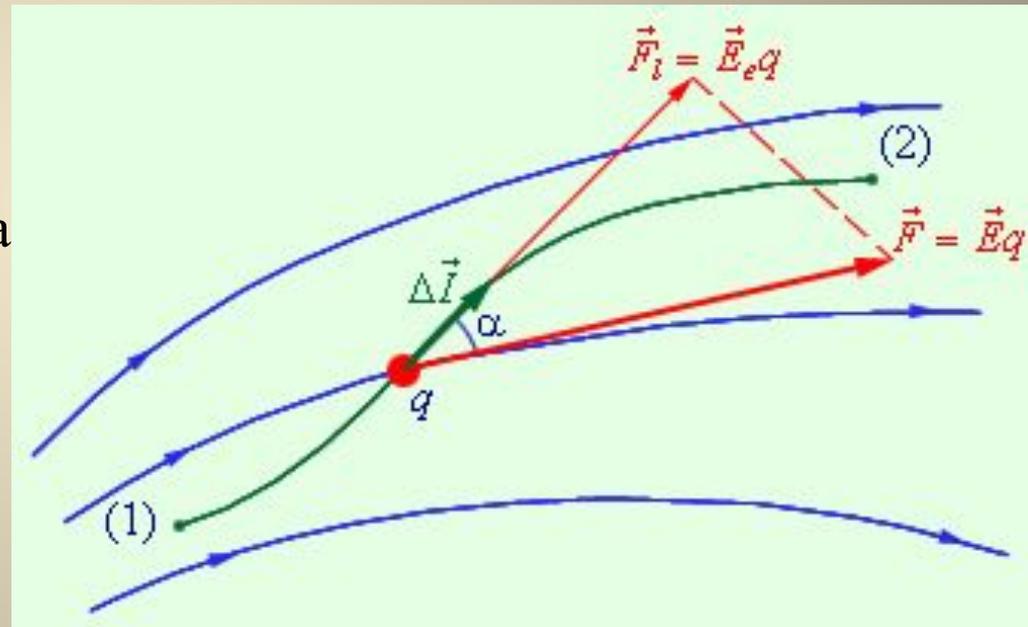
Потенциальность электростатического поля

При перемещении пробного заряда q в электрическом поле электрические силы совершают **работу**.

Работа сил электростатического поля при перемещении заряда из одной точки поля в другую **не зависит от формы траектории**, а определяется только положением начальной и конечной точек и величиной заряда.

Работа сил электростатического поля при перемещении заряда **по любой замкнутой траектории равна нулю**.

$$\Delta A = F \cdot \Delta l \cdot \cos \alpha = Eq \Delta l \cos \alpha = E_1 q \Delta l$$



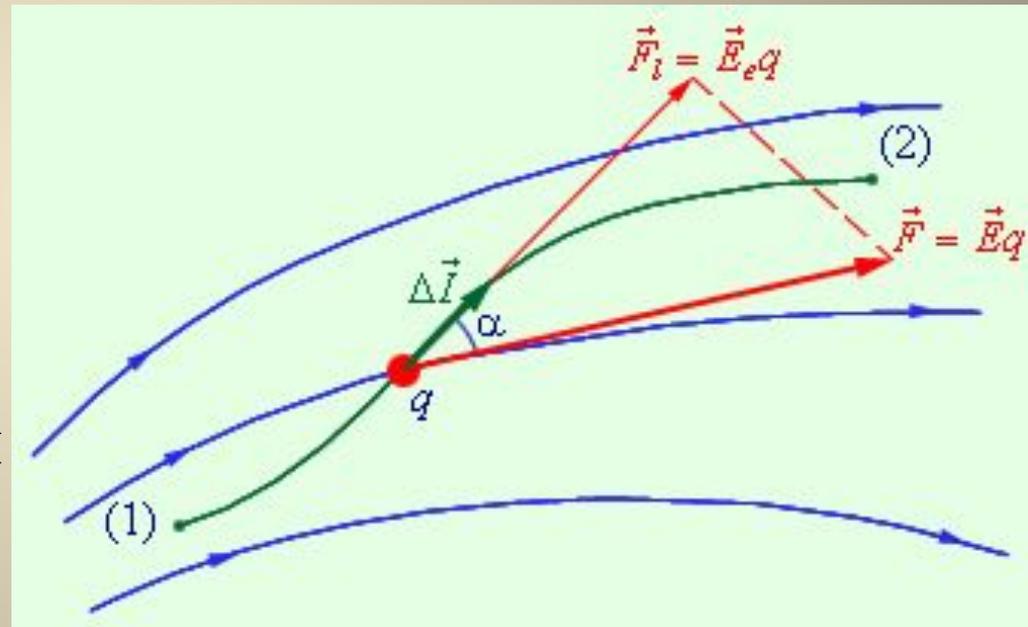
Работа электрических сил при малом перемещении заряда q

Потенциальность электростатического поля

При перемещении пробного заряда q в электрическом поле электрические силы совершают **работу**.

Работа сил электростатического поля при перемещении заряда из одной точки поля в другую **не зависит от формы траектории**, а определяется только положением начальной и конечной точек и величиной заряда.

$$\Delta A = F \cdot \Delta l \cdot \cos \alpha = Eq \Delta l \cos \alpha = E_1 q \Delta l$$



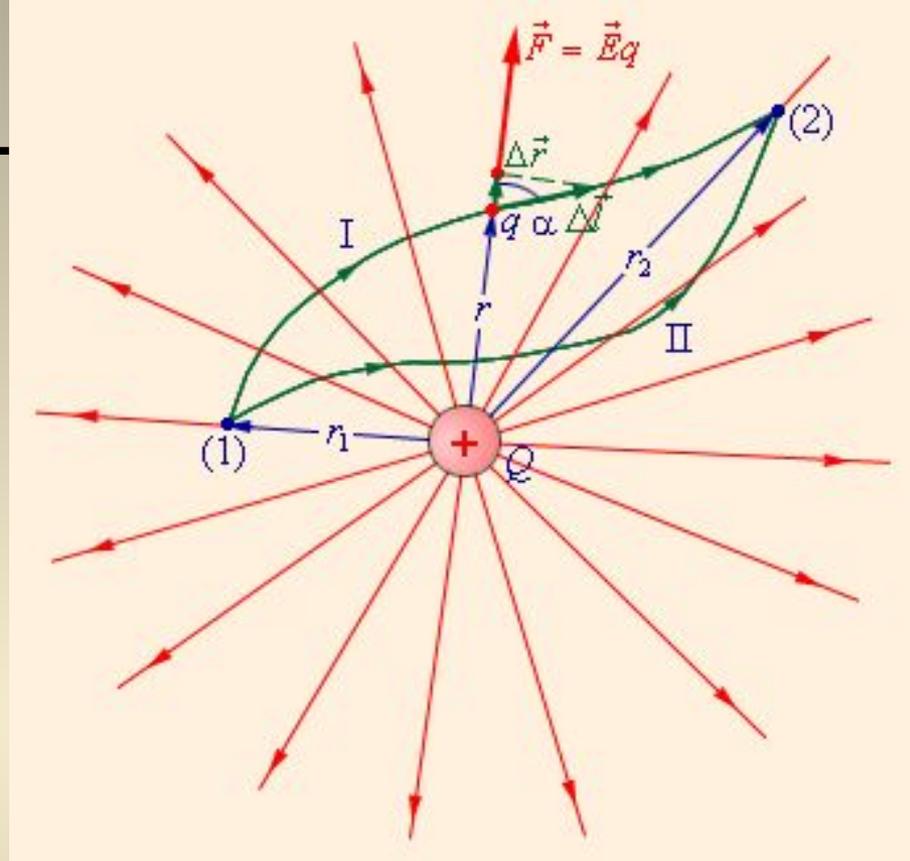
Работа электрических сил при малом перемещении заряда q

Потенциальность электростатического поля

- Силые поля, работа сил которых при перемещении заряда по любой замкнутой траектории равна нулю, называют **потенциальными** или **консервативными**.

- Потенциальная энергия** заряда q , помещенного в любую точку (1) пространства, относительно фиксированной точки (0) **равна работе A_{10}** , которую совершит электрическое поле при перемещении заряда q из точки (1) в точку (0):

- $W_{p1} = A_{10}$



Работа, совершаемая электрическим полем при перемещении точечного заряда q из точки (1) в точку (2), равна **разности значений потенциальной энергии** в этих точках и **не зависит от пути перемещения** заряда и от выбора точки (0).

$$A_{12} = A_{10} + A_{02} = A_{10} - A_{20} = W_{p1} - W_{p2}$$

Потенциал электрического поля.

Разность потенциалов

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

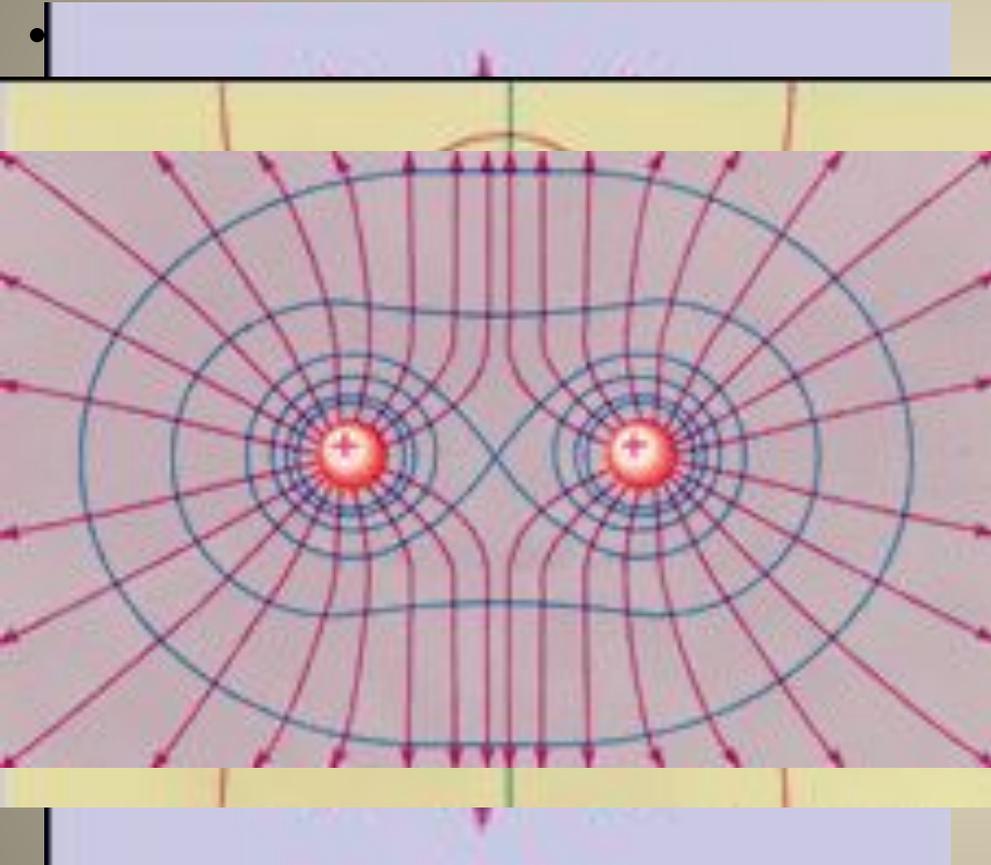
- Физическую величину, равную отношению потенциальной энергии электрического заряда в электростатическом поле к величине этого заряда, называют **потенциалом φ электрического поля**:
- Потенциал φ является энергетической характеристикой электростатического поля.
- В Международной системе единиц (СИ) единицей потенциала является вольт (В):
 $1 \text{ В} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ Кл}.$

$$\varphi_{\infty} = \frac{A_{\infty}}{q}$$

- Работа A_{12} по перемещению электрического заряда q из начальной точки (1) в конечную точку (2) равна произведению заряда на разность потенциалов ($\varphi_1 - \varphi_2$) начальной и конечной точек:
 - $A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$
- **Потенциал** поля в данной точке пространства равен **работе**, которую совершают электрические силы при удалении единичного положительного заряда из данной точки в бесконечность.

Потенциал электрического поля. Разность потенциалов

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



Силовые линии электрического поля всегда **перпендикулярны** эквипотенциальным поверхностям.

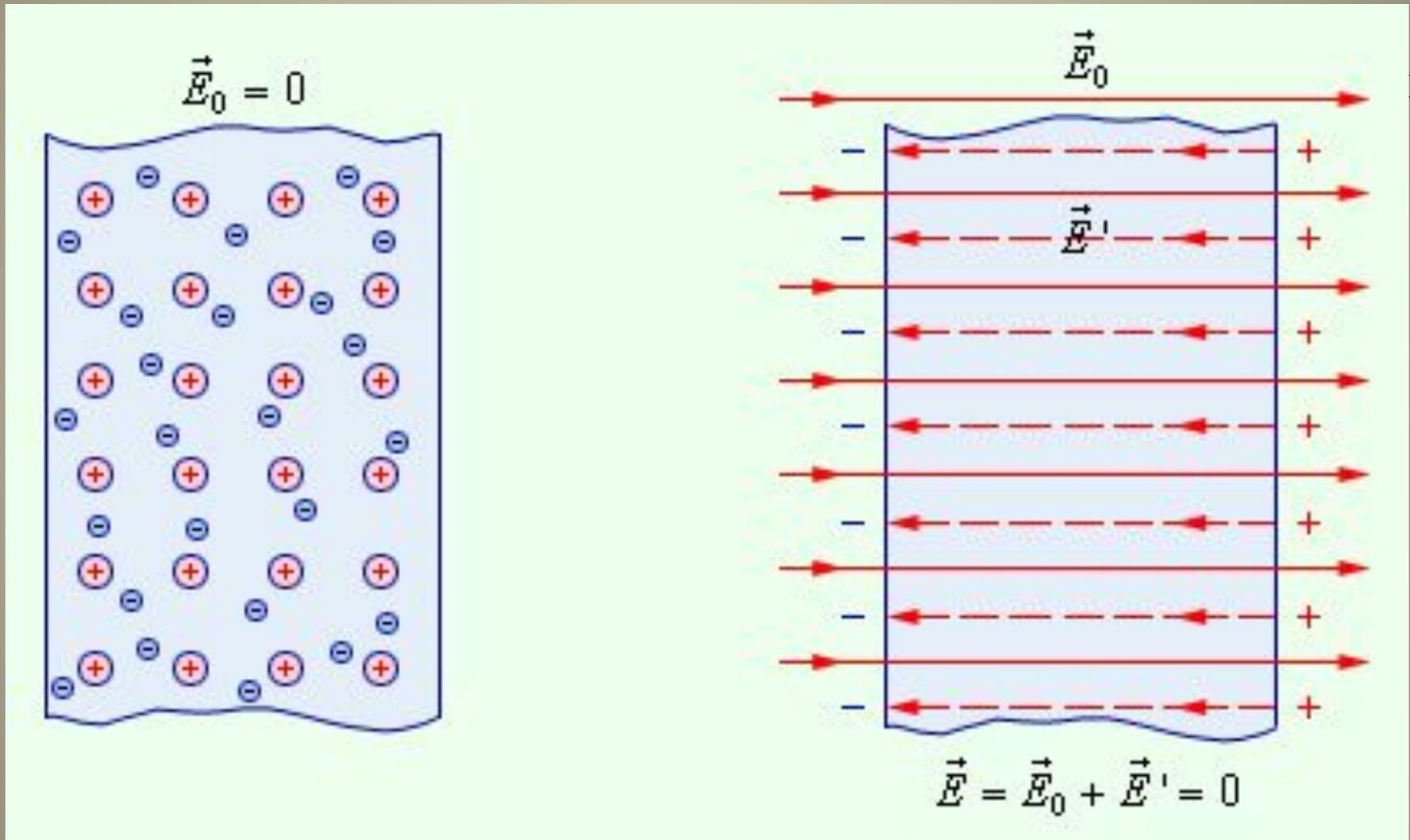
Эквипотенциальные поверхности (синие линии) и силовые линии (красные линии) простых электрических полей:

точечного заряда;

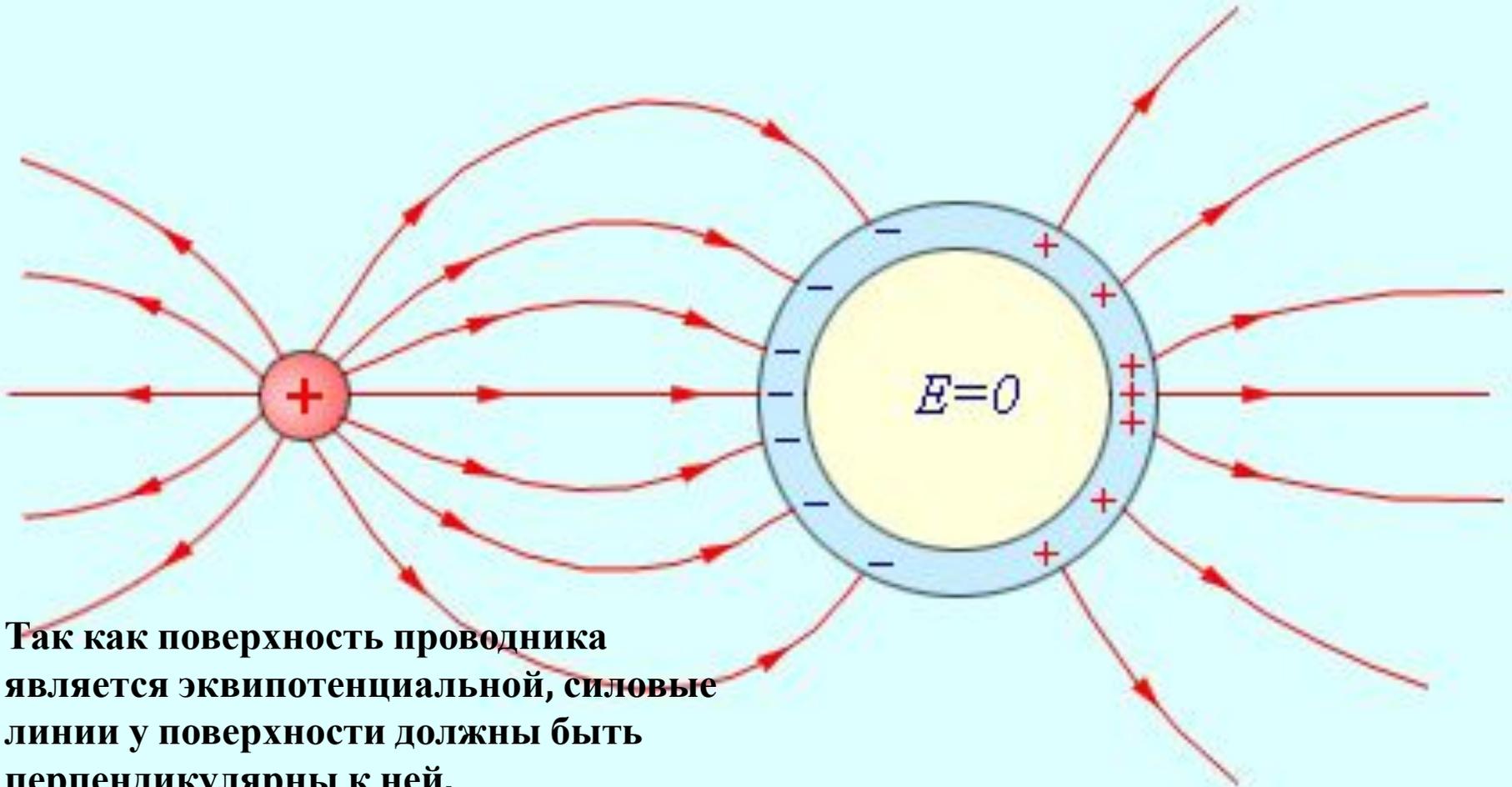
электрического диполя;

двух равных положительных зарядов

Проводники в электрическом поле



Проводники в электрическом поле

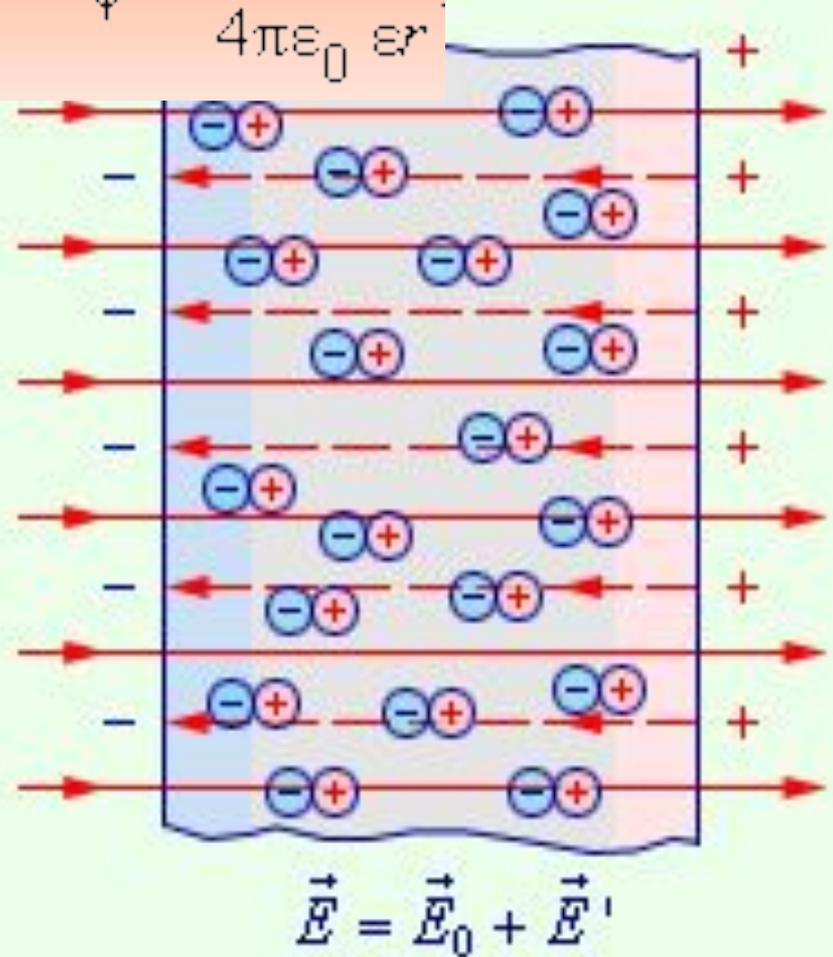
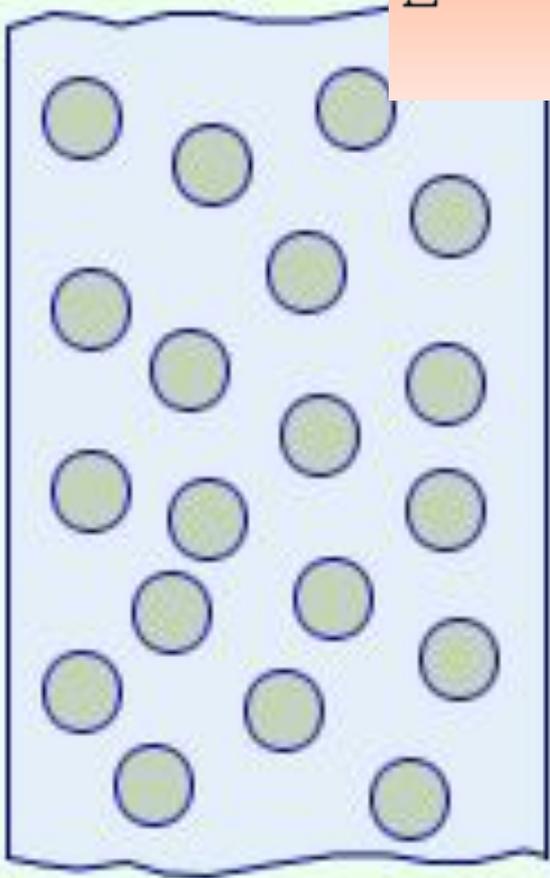


Так как поверхность проводника является эквипотенциальной, силовые линии у поверхности должны быть перпендикулярны к ней.

Если в однородном диэлектрике с диэлектрической проницаемостью ϵ находится точечный заряд Q , то напряженность поля создаваемого этим зарядом в некоторой точке, и потенциал φ в ϵ раз меньше, чем в вакууме:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{\epsilon r^3} \vec{r},$$

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



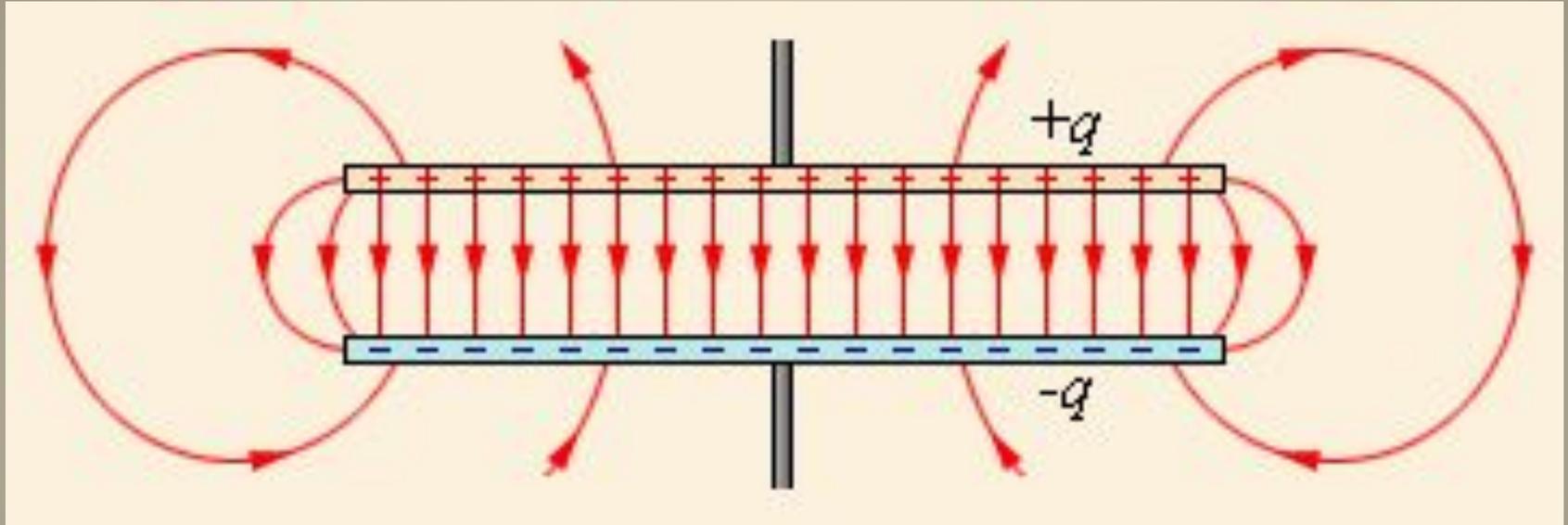
Электрическая емкость. Конденсатор

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

- **Электроемкостью** системы из двух проводников называется физическая величина, определяемая как *отношение заряда q одного из проводников к разности потенциалов $\Delta\varphi$ между ними:*
- В системе СИ единица электроемкости называется **фарад** (Ф):
$$1 \text{ Ф} = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ В}}$$
- **Конденсатором** называется система двух проводников, разделенных слоем диэлектрика,
- а проводники, составляющие конденсатор, называются **обкладками**

Электрическая емкость. Конденсатор

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



Поле плоского конденсатора

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

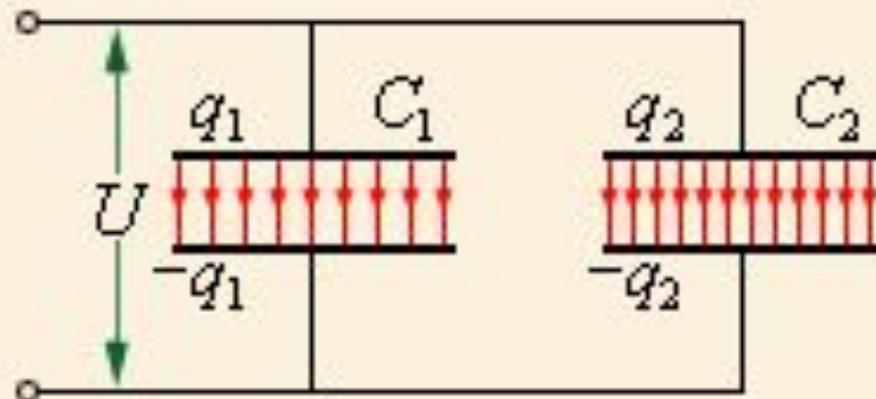
Электрическая емкость. Конденсатор

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

При **параллельном соединении** конденсаторов:

$$U_1 = U_2 = U$$
$$q_1 = C_1 U \text{ и } q_2 = C_2 U$$
$$q = q_1 + q_2$$

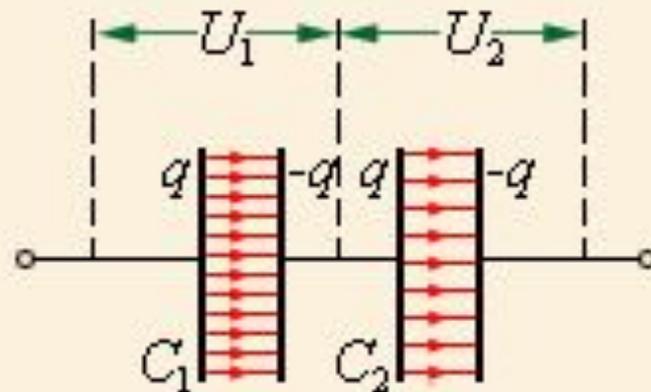
$$C = \frac{q_1 + q_2}{U} \text{ или } C = C_1 + C_2$$



При **последовательном соединении** конденсаторов:

$$q_1 = q_2 = q$$
$$U_1 = \frac{q}{C_1} \quad U_2 = \frac{q}{C_2}$$
$$U = U_1 + U_2$$

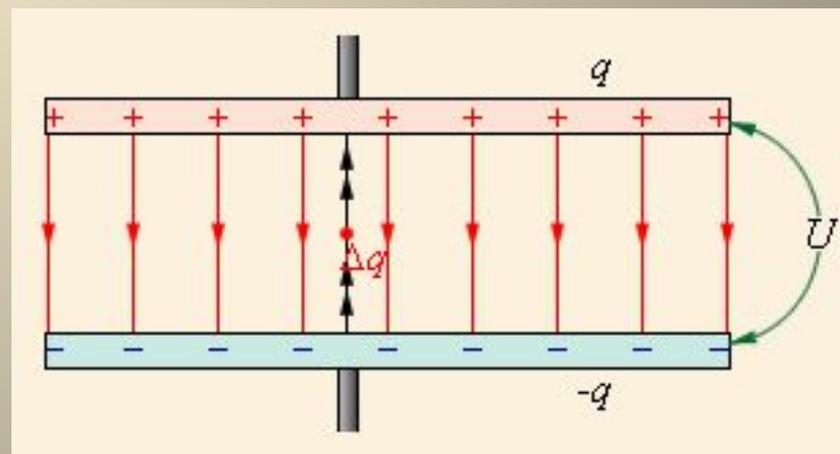
$$C = \frac{q}{U_1 + U_2} \text{ или } \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$



Энергия электрического поля конденсатора

- **Энергия заряженного конденсатора** равна работе внешних сил, которую необходимо затратить, чтобы зарядить конденсатор.

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

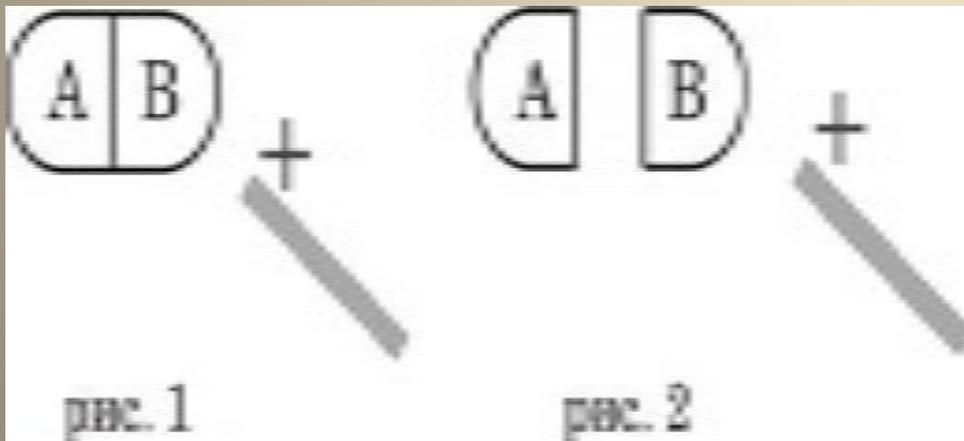


ЕГЭ 2001-2010 (Демо, КИМ)

ГИА-9 2008-2010 (Демо)

РАССМОТРИМ ЗАДАЧИ:

ГИА 2008 г. 9. К незаряженному проводнику АВ поднесли, не касаясь его, положительно заряженную стеклянную палочку (рис. 1). Затем, не убирая палочку, разделили проводник на две части (рис. 2). Какое утверждение о знаках зарядов частей А и В после деления будет верным?



1. Обе части будут иметь положительный заряд.
2. Обе части будут иметь отрицательный заряд.
3. Часть В будет иметь положительный заряд, часть А - отрицательный.
4. Часть В будет иметь отрицательный заряд, часть А - положительный.

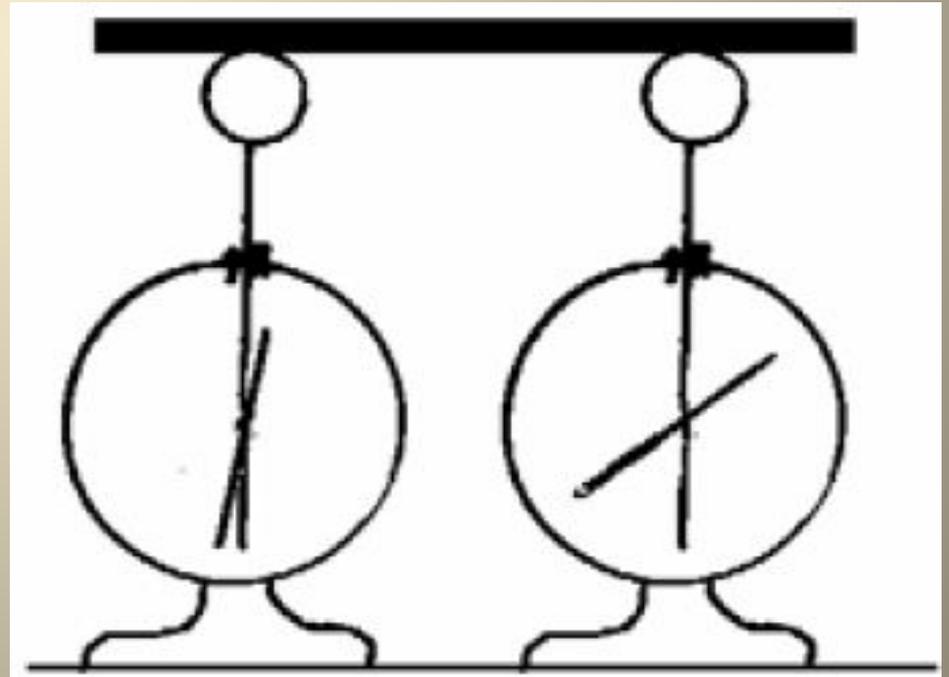
(ГИА 2009 г.) 9.

На рисунке изображены одинаковые электрометры, соединенные стержнем. Из какого материала может быть сделан этот стержень?

А. Медь.

Б. Сталь.

1. только А
2. только Б
3. и А, и Б
4. ни А, ни Б

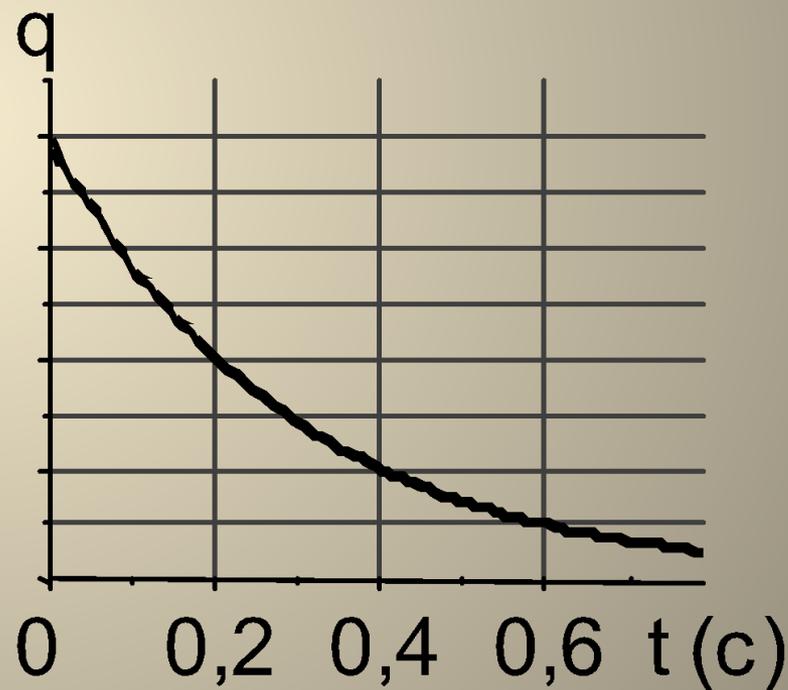


(ГИА 2010 г.) 9. Металлическая пластина, имевшая положительный заряд, по модулю равный $10 e$, при освещении потеряла четыре электрона. Каким стал заряд пластины?

1. $6 e$
2. $- 6 e$
3. $14 e$
4. $- 14 e$

(ЕГЭ 2001 г.) А17. Электрический заряд сферы меняется со временем согласно графику на рисунке. Через какое время на сфере останется четверть первоначального заряда?

1. 0,2 с
2. 0,1 с
3. 0,4 с
4. 0,6 с



2001 г. А16. В таблице зафиксированы значения силы притяжения заряженных тел при разных расстояниях между ними. Какой вывод о связи силы и расстояния можно сделать по этой таблице?

r (см)	1	2	4	10
F (Н)	10^{-8}	$2.3 \cdot 10^{-9}$	$0.6 \cdot 10^{-9}$	10^{-10}

- 1. сила очень мала и ее можно не учитывать**
- 2. сила уменьшается с расстоянием**
- 3. зависимость не прослеживается**
- 4. при r больше 10 см сила обращается в 0**

(ЕГЭ 2001 г., Демо) А17. Когда мы снимаем одежду, особенно изготовленную из синтетических материалов, мы слышим характерный треск. Какое явление объясняет этот треск?

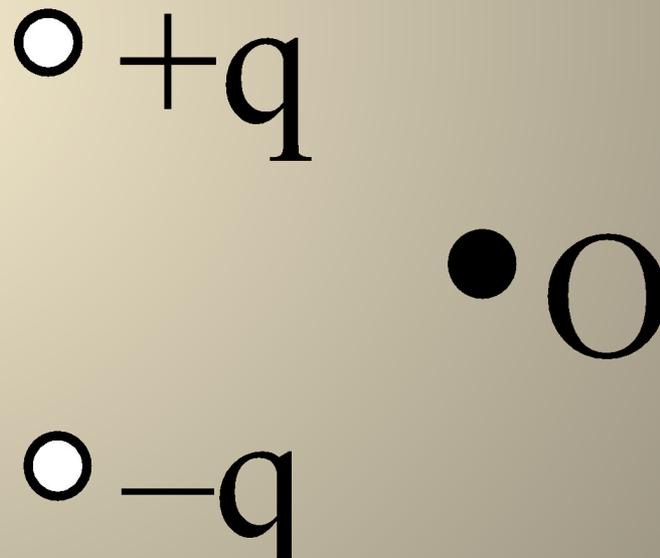
1. Электризация.
2. Трение
3. Нагревание.
4. Электромагнитная
индукция

(ЕГЭ 2001 г., Демо) 22. Два одноименных заряда по 10^{-8} Кл находились на расстоянии $3 \cdot 10^{-2}$ м друг от друга. С какой силой они взаимодействуют? Притягиваются или отталкиваются заряды?

1. Притягиваются с силой $3 \cdot 10^{-5}$ Н.
2. Притягиваются с силой 10^{-3} Н.
3. Отталкиваются с силой $3 \cdot 10^{-5}$ Н.
4. Отталкиваются с силой 10^{-3} Н.

(ЕГЭ 2002 г., Демо) А15. При трении пластмассовой линейки о шерсть линейка заряжается отрицательно. Это объясняется тем, что

1. ←
2. →
3. ↑
4. ↓



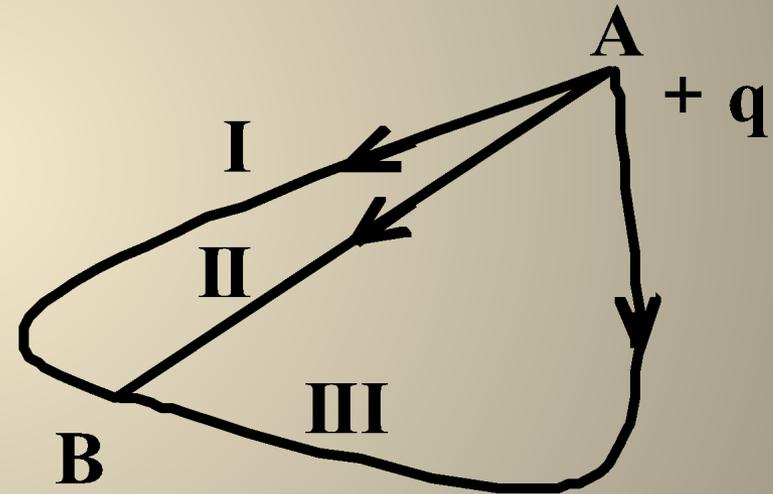
(ЕГЭ 2002 г., Демо) А31. Плоский воздушный конденсатор зарядили и отключили от источника тока. Как изменится энергия электрического поля внутри конденсатора, если расстояние между пластинами конденсатора увеличить в 2 раза?

1. увеличится в 2 раза
2. уменьшится в 2 раза
3. увеличится в 4 раза
4. уменьшится в 4 раза

2002 г. А15 (КИМ). Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов, если расстояние между ними увеличить в 3 раза?

1. уменьшится в 9 раз
2. увеличится в 3 раза
3. уменьшится в 3 раза
4. увеличится в 9 раз

2002 г. А16 (КИМ). В однородном электростатическом поле перемещается положительный заряд из точки А в точку В по траекториям I, II, III. В каком случае работа сил электростатического поля больше?



1. I
2. II
3. III
4. работа сил электростатического поля по траекториям I, II, III одинакова

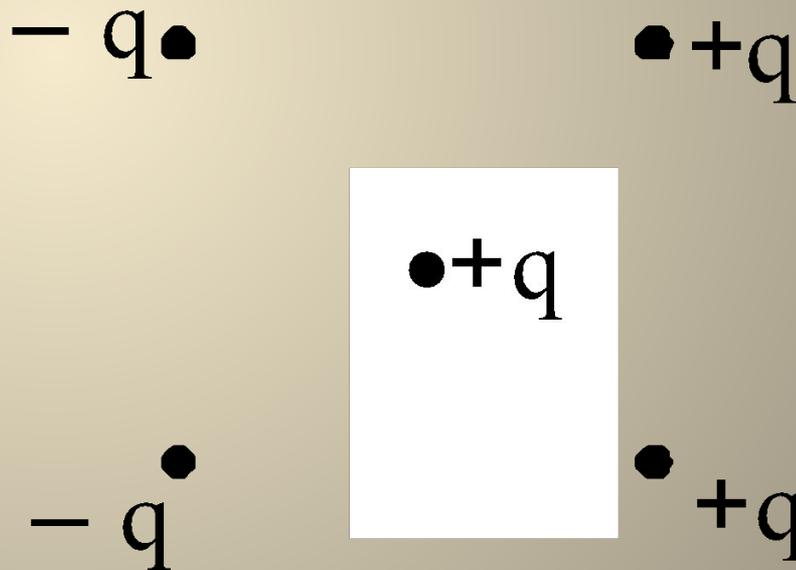
2002 г. А17 (КИМ). Как направлена кулоновская сила \vec{F} , действующая на положительный точечный заряд, помещенный в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды: $+q$, $+q$, $-q$, $-q$?

1. \rightarrow

2. \downarrow

3. \uparrow

4. \leftarrow



(ЕГЭ 2003 г., КИМ) А15. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных неподвижных зарядов, если расстояние между ними увели^{***n***}чить в n раз?

1. увеличится в n раз
2. уменьшится в n раз
3. увеличится в n^2 раз
4. уменьшится в n^2 раз

(ЕГЭ 2003 г., КИМ) А19. Изменится ли емкость конденсатора, если заряд на его обкладках увеличить в n раз?

1. увеличится в n раз
2. уменьшится n раз
3. не изменится
4. увеличится в n^2 раз

(ЕГЭ 2004 г., демо) А11. Легкий незаряженный шарик из металлической фольги подвешен на тонкой шелковой нити. При поднесении к шарiku стержня с положительным электрическим зарядом (без прикосновения) шарик

1. притягивается к стержню
2. отталкивается от стержня
3. не испытывает ни притяжения, ни отталкивания
4. на больших расстояниях притягивается к стержню, на малых расстояниях отталкивается

(ЕГЭ 2004 г., демо) А25. Плоский

конденсатор зарядили и отключили от источника тока. Как изменится энергия электрического поля внутри конденсатора, если увеличить в 2 раза расстояние между обкладками конденсатора? Расстояние между обкладками конденсатора мало как до, так и после увеличения расстояния между ними

1. уменьшится в 2 раза
2. увеличится в 2 раза
3. уменьшится в 4 раза
4. увеличится в 4 раза

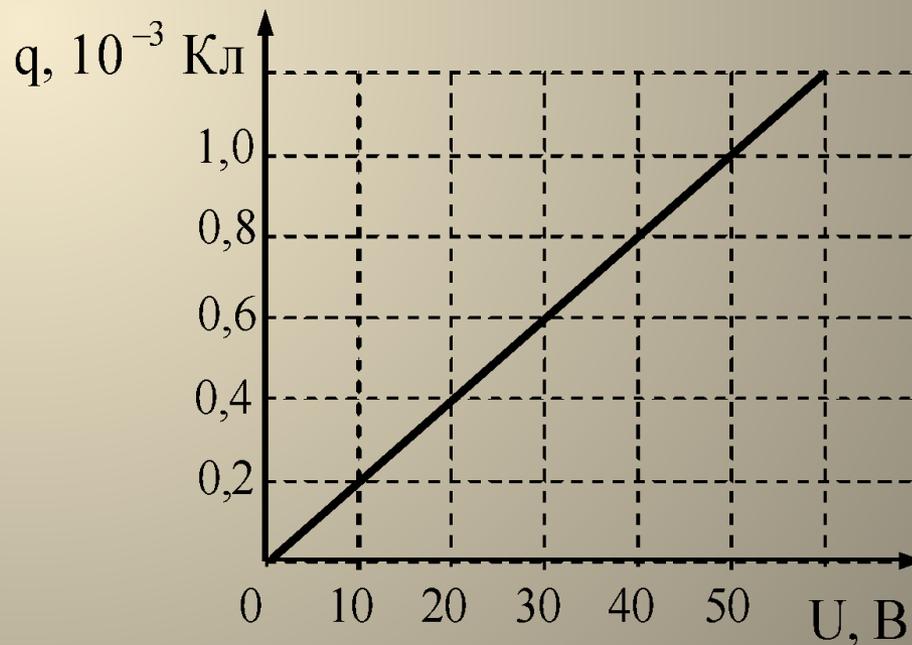
(ЕГЭ 2005 г., ДЕМО) А14. Какое утверждение о взаимодействии трех изображенных на рисунке заряженных частиц является правильным?



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

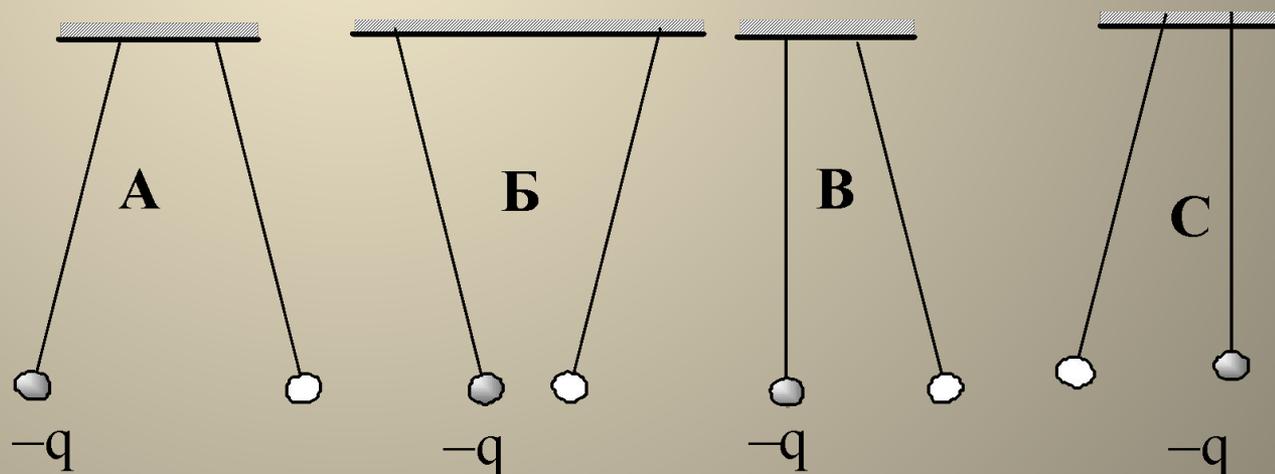
(ЕГЭ 2005 г., ДЕМО) А15. При исследовании зависимости заряда на обкладках конденсатора от приложенного напряжения был получен изображенный на рисунке график. Согласно этому графику, емкость конденсатора равна

1. $2 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$
2. $2 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$
3. $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Ф}$
4. 50 Ф

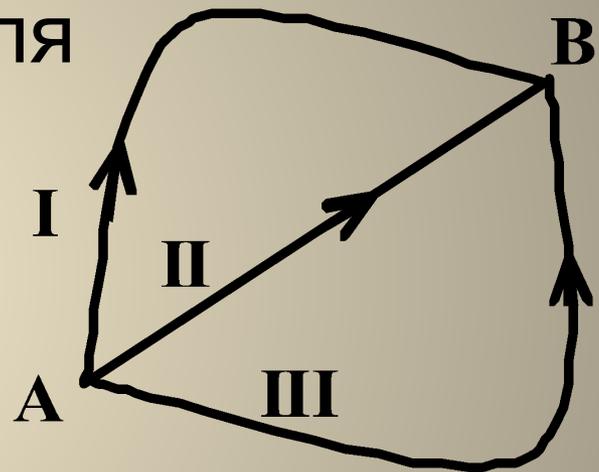


(ЕГЭ 2006 г., ДЕМО) А14. Два одинаковых легкого шарика, заряды которых равны по модулю, подвешены на шелковых нитях. Заряд одного из шариков указан на рисунках. Какой(-ие) из рисунков соответствует(-ют) ситуации, когда заряд 2-го шарика отрицателен?

1. А
2. Б
3. В и С
4. А и В



(ЕГЭ 2006 г., ДЕМО) А15. α -частица перемещается в однородном электростатическом поле из точки А в точку В по траекториям I, II, III (см. рисунок). Работа сил электростатического поля



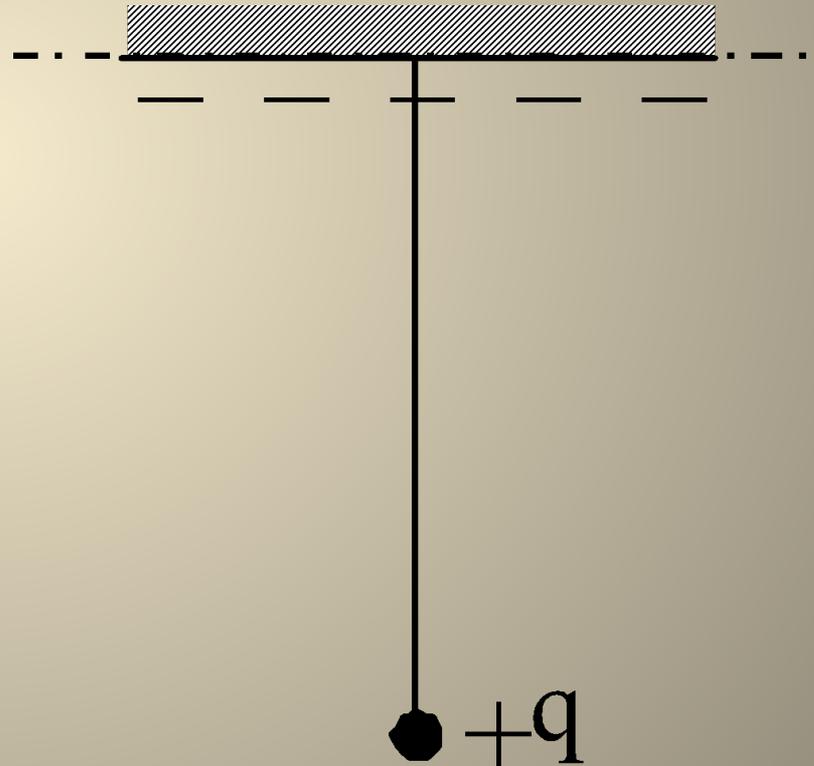
1. наибольшая на траектории I
2. наибольшая на траектории II
3. одинаковая только на траекториях I и III
4. одинаковая на траекториях I, II и III

(ЕГЭ 2007 г., ДЕМО) А16. Пылинка, имевшая отрицательный заряд $-10e$, при освещении потеряла четыре электрона. Каким стал заряд пылинки?

1. $6e$
2. $-6e$
3. $14e$
4. $-14e$

(ЕГЭ 2007 г., ДЕМО) А17. К бесконечной горизонтальной отрицательно заряженной плоскости привязана невесомая нить с шариком, имеющим положительный заряд (см. рисунок). Каково условие равновесия шарика, если mg – модуль силы тяжести, $F_{\text{э}}$ – модуль силы электростатического взаимодействия шарика с пластиной, T – модуль силы натяжения нити ?

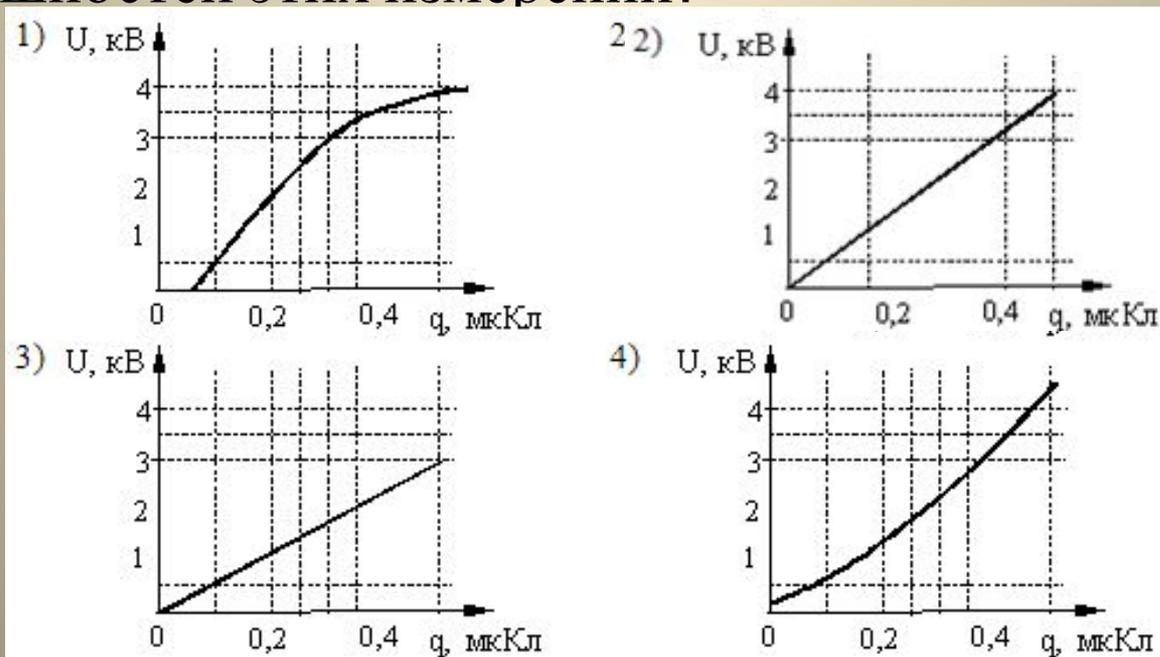
1. $-mg - T + F_{\text{э}} = 0$
2. $mg + T + F_{\text{э}} = 0$
3. $mg - T + F_{\text{э}} = 0$
4. $mg - T - F_{\text{э}} = 0$



(ЕГЭ 2007 г., ДЕМО) А30. В лаборатории исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены

q , мкКл	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
U , кВ	0,5	1,5	3,0	3,5	3,8

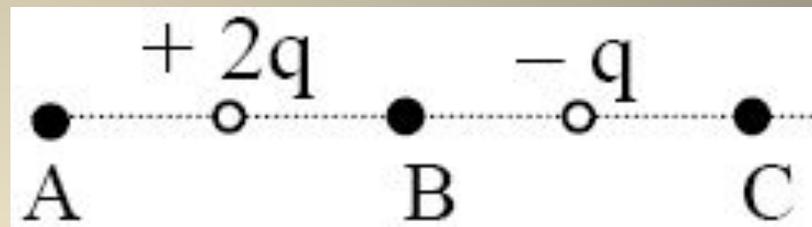
Погрешности измерений величин q и U равнялись соответственно 0,05 мкКл и 0,25 кВ. Какой из графиков приведен правильно с учетом всех результатов измерения и погрешностей этих измерений?



(ЕГЭ 2008 г., ДЕМО) А16. Как изменится сила электростатического взаимодействия двух электрических зарядов при перенесении их из вакуума в среду с диэлектрической проницаемостью 81, если расстояние между ними останется прежним?

1. увеличится в 81 раз
2. уменьшится в 81 раз
3. увеличится в 9 раз
4. уменьшится в 9 раз

(ЕГЭ 2008 г., ДЕМО) А17. На рисунке показано расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $+2q$ и $-q$.



Модуль вектора напряженности электрического поля этих зарядов имеет

1. максимальное значение в точке А
2. максимальное значение в точке В
3. одинаковые значения в точках А и С
4. одинаковые значения во всех трех точках

(ЕГЭ 2008 г., ДЕМО) В1.

Плоский воздушный конденсатор отключили от источника тока, а затем увеличили расстояние между его пластинами. Что произойдет при этом с зарядом на обкладках конденсатора, электроемкостью конденсатора и напряжением на его обкладках?

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) Заряд конденсатора	1) увеличится
Б) Электроемкость	2) уменьшится
В) Напряжение на обкладках	3) не изменится

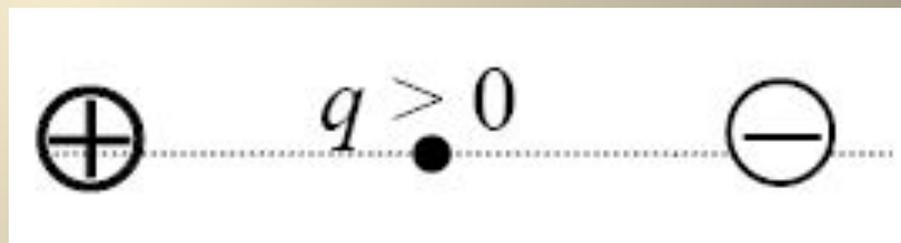
А	Б	В
3	2	1

(ЕГЭ 2009 г., ДЕМО) А13. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами уменьшили в 3 раза, а один из зарядов увеличили в 3 раза. Силы взаимодействия между ними

1. не изменились
2. уменьшились в 3 раза
3. увеличились в 3 раза
4. увеличились в 27 раз

(ЕГЭ 2010 г., ДЕМО) А13. Точечный положительный заряд q помещен между разноименно заряженными шариками (см. рисунок). Куда направлена равнодействующая кулоновских сил, действующих на заряд q ?

1. →
2. ↓
3. ↑
4. ←



1. Берков, А.В. и др. Самое полное издание типовых вариантов реальных заданий ЕГЭ 2010, Физика [Текст]: учебное пособие для выпускников. ср. учеб. заведений / А.В. Берков, В.А. Грибов. – ООО "Издательство Астрель", 2009. – 160 с.
2. Касьянов, В.А. Физика, 11 класс [Текст]: учебник для общеобразовательных школ / В.А. Касьянов. – ООО "Дрофа", 2004. – 116 с.
3. МАЙЕР В.В. Электростатика: элементы учебной физики/
<http://fiz.1september.ru/2007/17/01.htm>
4. Мякишев, Г.Я. и др. Физика. 11 класс [Текст]: учебник для общеобразовательных школ / учебник для общеобразовательных школ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев . – " Просвещение ", 2009. – 166 с.
5. Открытая физика [текст, рисунки]/ <http://www.physics.ru>
6. Подготовка к ЕГЭ [/http://egephizika](http://egephizika)
7. Федеральный институт педагогических измерений. Контрольные измерительные материалы (КИМ) Физика // [Электронный ресурс]//
<http://fipi.ru/view/sections/92/docs/>
8. ФИЗИКА / <http://www.ido.rudn.ru/nfpk/fizika/electro/1.html>
9. ФИЗИКА. РУ. / <http://cit.vvsu.ru/MIRROR/www.fizika.ru/theory>

Используемая литература