

**Тема: Потенциал  
электростатического поля.  
Разность потенциалов.  
10 класс**

# Электрическое поле

- ▶ *Электрическое поле* - это вид материи, окружающей электрические заряды, и проявляющейся в действии на эти заряды.
- ▶ Поле, созданное *покоящимися* электрическими зарядами называется *электростатическим*.

## Свойства электрического поля:

- ▶ порождается электрическими зарядами;
- ▶ обнаруживается по действию на заряд;
- ▶ действует на заряды с некоторой силой.



# Напряженность электрического поля

*Напряженностью*  $E$  электрического поля в данной точке называют физическую величину, равную отношению силы  $F$ , действующей со стороны поля на точечный пробный заряд  $q$ , помещенный в данную точку поля к величине этого заряда

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

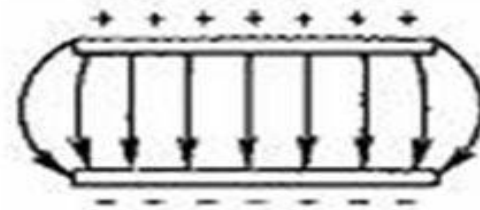
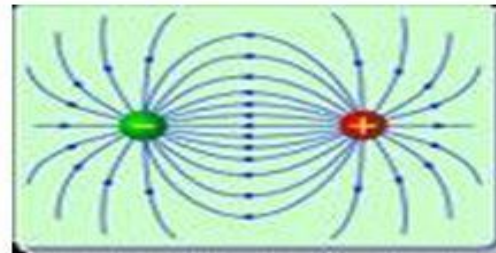
# Напряженность поля точечного заряда:

*Напряженность* - силовая характеристика электрического поля

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

## Графическое изображение электрических полей

- ▶ Картина силового поля для системы из двух разноименных зарядов:
- ▶ Электрическое поле между двумя параллельными разноименно заряженными пластинами:



Однородное поле



# Принцип суперпозиции полей

- ▶ **Напряженность** поля, созданного несколькими зарядами, равна векторной сумме напряженностей полей, созданных каждым из зарядов:

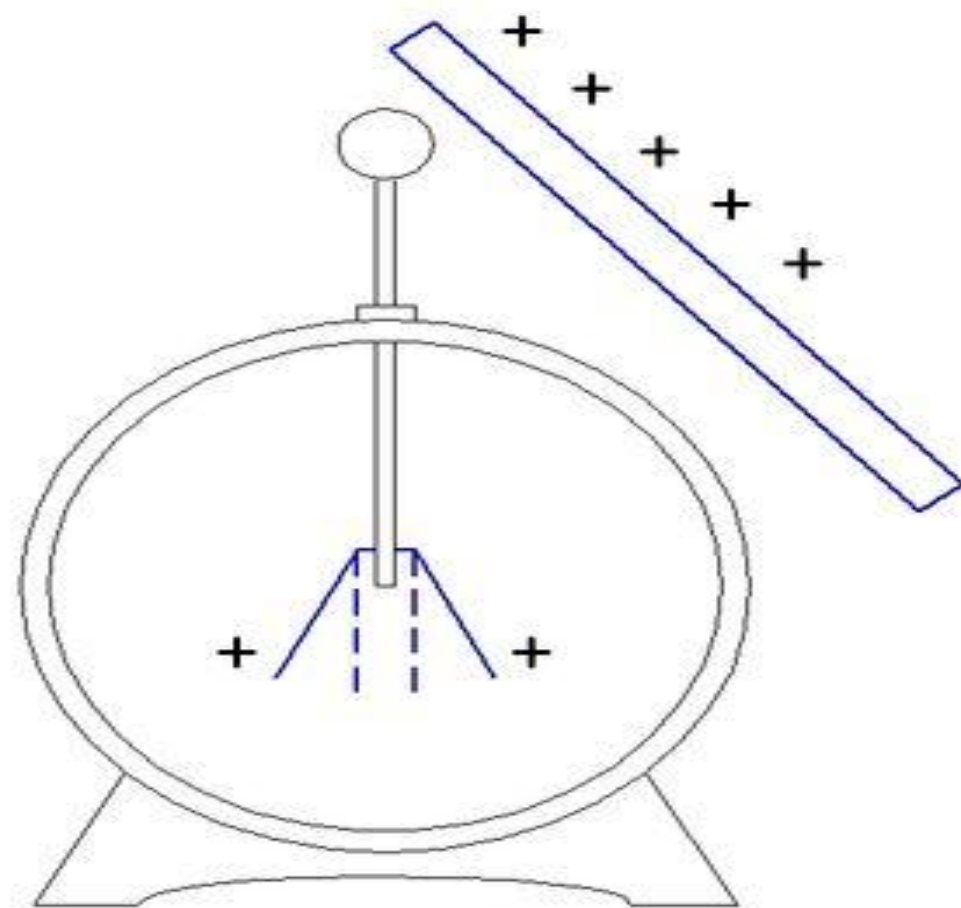
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

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

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

*Заряженные тела притягивают или отталкивают друг друга.*

При перемещении заряженных тел, например листочков электроскопа, действующие на них силы **совершают**



**Определение:** Система, способная совершить работу благодаря взаимодействию тел друг с другом, обладает потенциальной энергией. Система заряженных тел обладает **потенциальной энергией, называемой электростатической или электрической**

Энергия взаимодействия электронов с ядром в атоме и энергия взаимодействия атомов друг с другом в молекулах - это в основном **электрическая энергия.**

С точки зрения теории близкодействия на заряд непосредственно действует электрическое поле, созданное другим зарядом. При перемещении заряда действующая на него со стороны поля сила



# РАБОТА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА

**Электростатическое поле** - эл. поле неподвижного заряда.

**F**эл , действующая на заряд, перемещает его, совершая работу.

В однородном электрическом поле

**F**эл = **qE** - постоянная величина

# Заряд в электрическом поле

- На заряд , помещенный в электростатическое поле, действует *сила* со стороны этого поля.
- При перемещении заряда эта сила может совершить *работу*. Эту работу часто называют *работой электрического поля*.

# Потенциальная энергия

- Система «заряд + поле» обладает способностью совершать работу.
- Система, способная совершать работу, обладает *потенциальной энергией*.

## Заряд в электрическом поле

- ▶ На заряд, помещенный в электростатическое поле, действует *сила* со стороны этого поля.
- ▶ При перемещении заряда эта сила может совершить *работу*. Эту работу часто называют *работой электрического поля*.

## Потенциальная энергия

- ▶ Система «заряд + поле» обладает способностью совершать работу.
- ▶ Система, способная совершать работу, обладает *потенциальной энергией*.



# Изменение потенциальной энергии

- ▶ *Изменение потенциальной энергии  $\Delta W_p$  связано с совершенной системой работой  $A$  соотношением:*

$$\Delta W_p = - A$$

- ▶ Если  $A > 0$ , то  $W_p$  уменьшается.
- ▶ Если  $A < 0$ , то  $W_p$  увеличивается.



# Потенциал электростатического поля

- ▶ Потенциалом электростатического поля  $\varphi$  в данной точке называется физическая величина, равная отношению потенциальной энергии  $W_p$  заряда  $q$ , помещенного в данную точку поля, к величине этого заряда:

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

## Энергетическая характеристика электрического поля

- ▶ Потенциал - величина скалярная.
- ▶ Потенциал - энергетическая характеристика электрического поля.
- ▶ Физический смысл имеет не потенциал точки, а разность потенциалов между двумя точками. Именно она связана с работой поля при перемещении заряда из одной точки в другую.

# Разность потенциалов

- ▶ Разность потенциалов между точками 1 и 2 равна отношению работы поля при перемещении заряда из точки 1 в точку 2 к величине этого заряда:

$$(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{A}{q}$$

## Напряжение

- ▶ Разность потенциалов в электростатическом поле имеет и другое название - *напряжение* между двумя точками.

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

## Единицы измерения

- ▶ СИ:  $[\varphi_1 - \varphi_2] = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ Кл} = 1 \text{ В}$  (вольт)
- ▶ Разность потенциалов между двумя точками поля равна 1 В, если при перемещении заряда в 1 Кл из одной точки в другую электрическое поле совершает работу в 1 Дж.

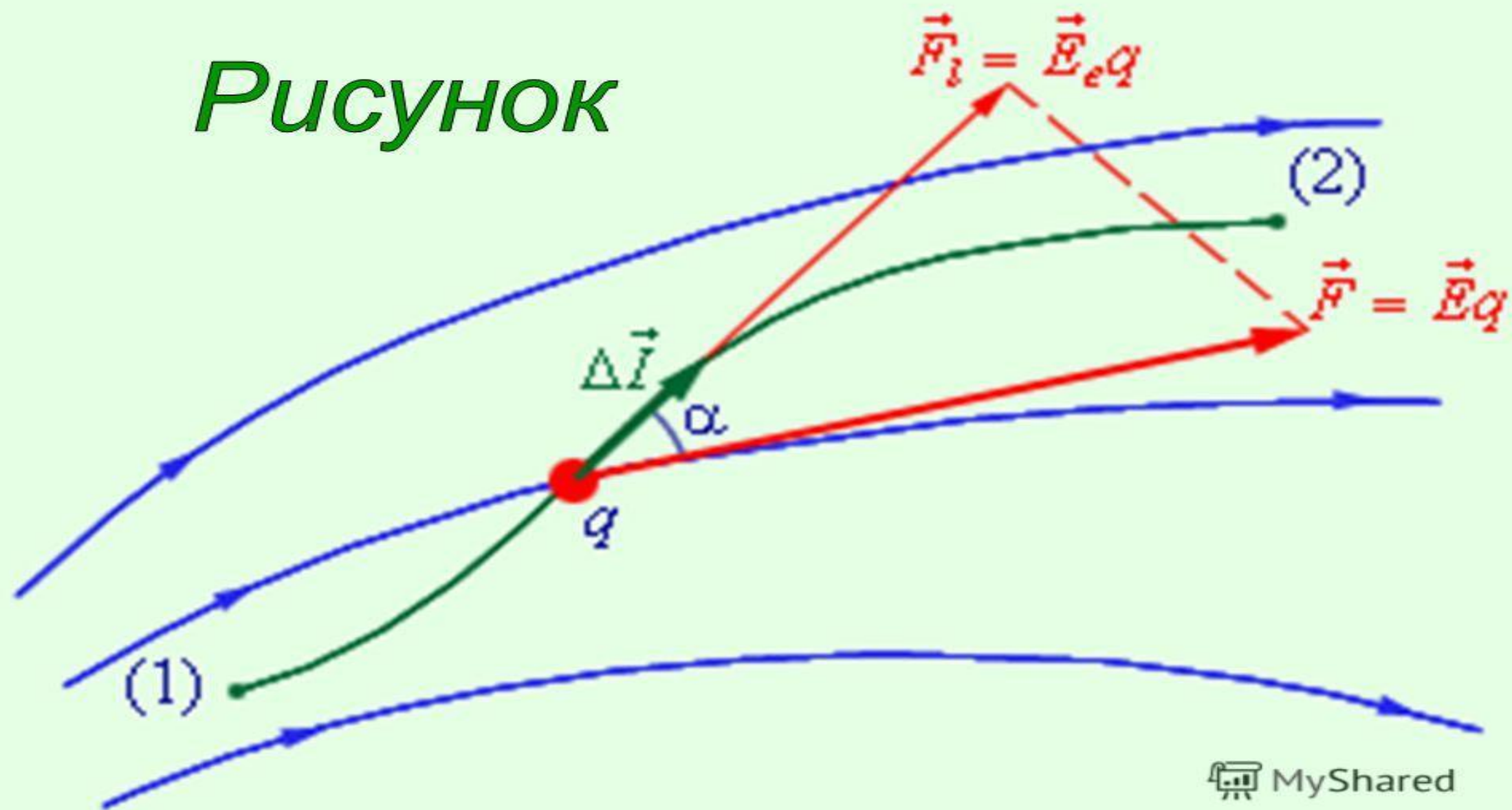
# Работа электрического поля

- При перемещении пробного заряда  $q$  в электрическом поле электрические силы совершают работу. Эта работа при малом перемещении равна:

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

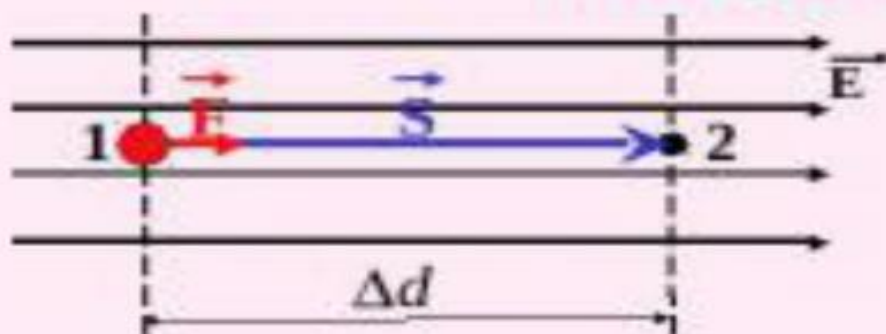


# Рисунок



## *Пойми и запомни!*

### Работа эл. поля по перемещению эл. заряда



$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$$

$$F = E \cdot q$$

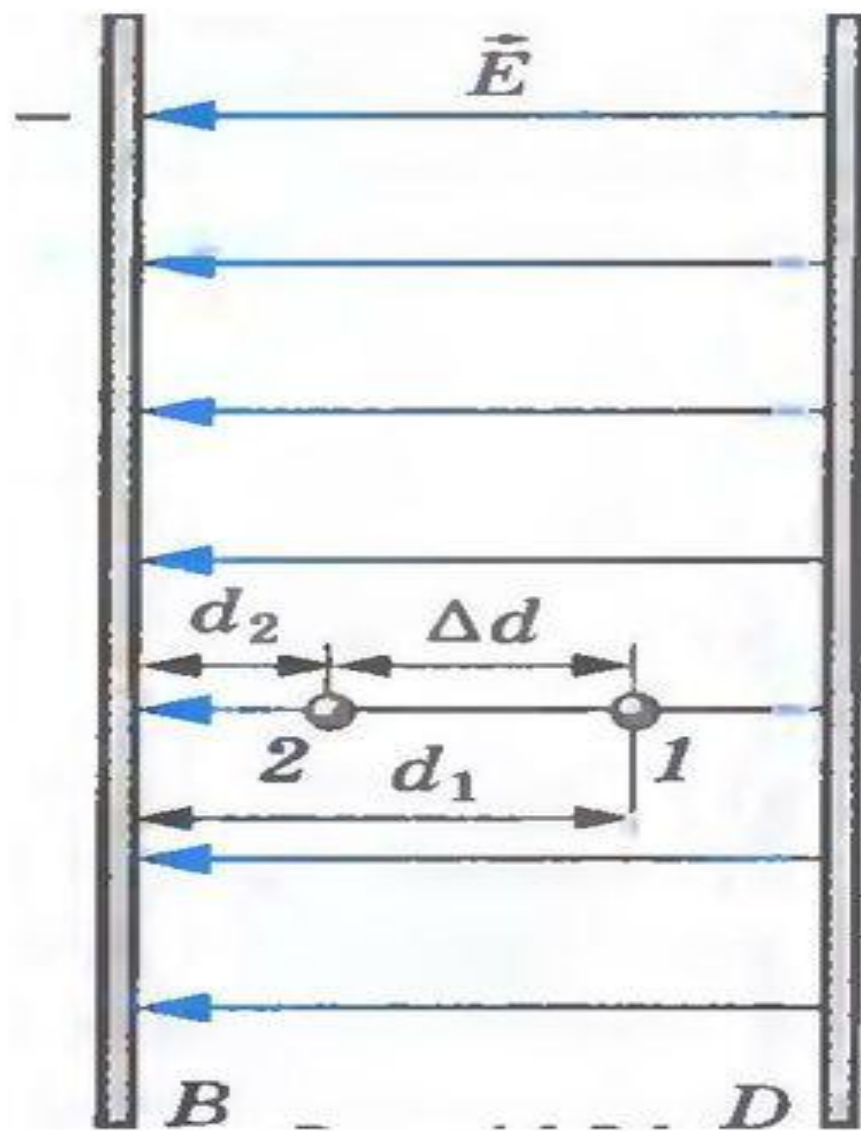
$$S = \Delta d$$

$$\cos \alpha = 0$$

$$A = Eq\Delta d$$

Работа однородного  
электростатического поля по  
перемещению электрического  
заряда.





Вычислим работу, совершаемую полем при перемещении положительного заряда  $q$  из точки 1, находящейся на расстоянии  $d_1$  от левой пластины, в точку 2, расположенную на расстоянии  $d_2$  от нее. Точки 1 и 2 лежат на одной силовой линии.

$$A = F \cdot S$$

$$F = E \cdot q$$

$$S = \Delta d = d_1 - d_2$$

$$A = Eq\Delta d \quad (1)$$

**Работа однородного электростатического поля по перемещению электрического заряда.**

Работа эл. поля не зависит от траектории движения заряда, а только от начального и конечного положения заряда.

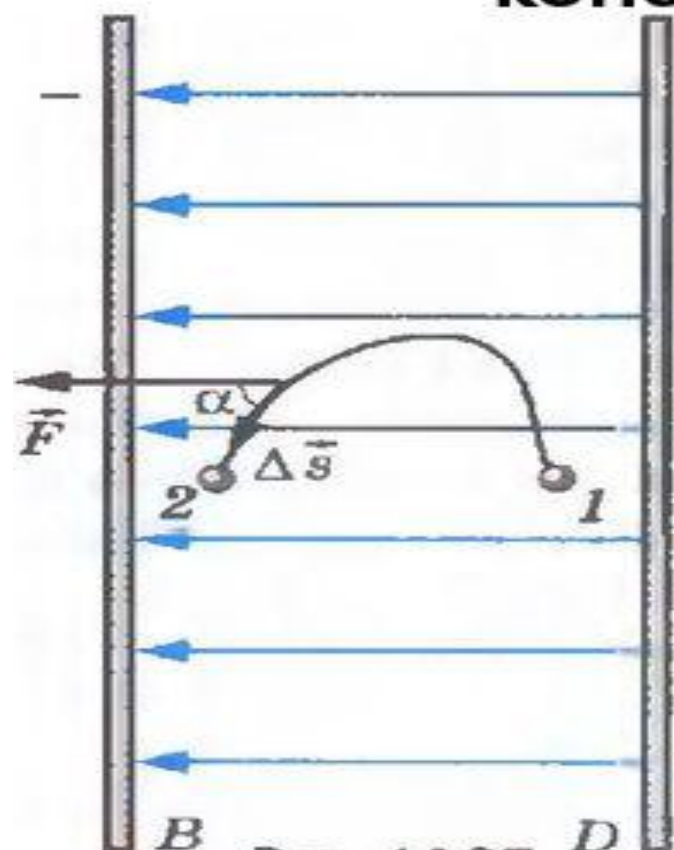


Рис. 14.27

$$A = A_{\text{зоп}} + A_{\text{верт}}$$

$$A = F \cdot \Delta s \cdot \cos \alpha$$

$$A_{\text{верт}} = E q h \cdot 0$$

$$A_{\text{верт}} = 0$$

$$A_{\text{зоп}} = E q \cdot (d_1 + d_2 + \dots + d_n) \cdot 1$$

$$A_{\text{зоп}} = E q \Delta d$$

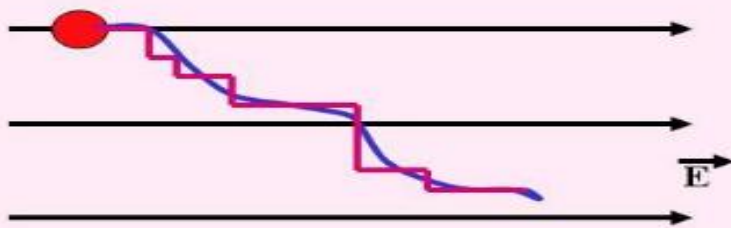
$$\Delta d = d_1 + d_2 + \dots + d_n$$

$$A = E q \Delta d$$

## Пойми и запомни!

### Работа эл. поля по перемещению эл. заряда

Работа эл. поля не зависит от траектории движения заряда, а только от начального и конечного положения заряда.



$$A = A_{гор} + A_{верт}$$

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$$

$$A_{верт} = Eqh \cdot 0$$

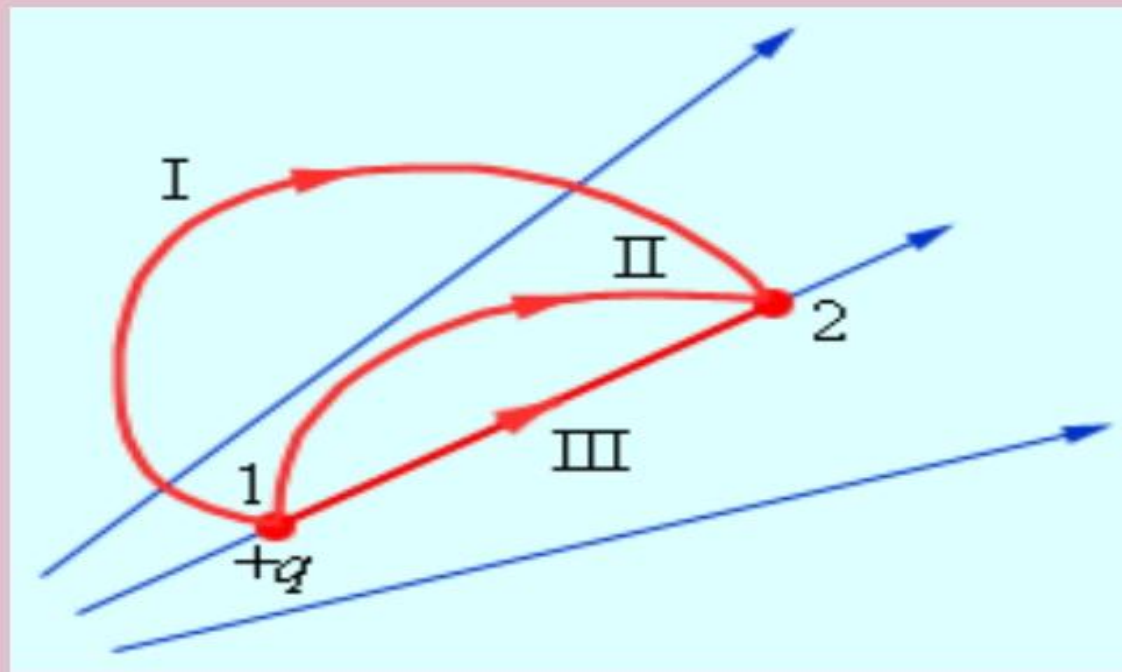
$$A_{верт} = 0$$

$$A_{гор} = Eq \cdot (d_1 + d_2 + \dots + d_n) \cdot 1$$

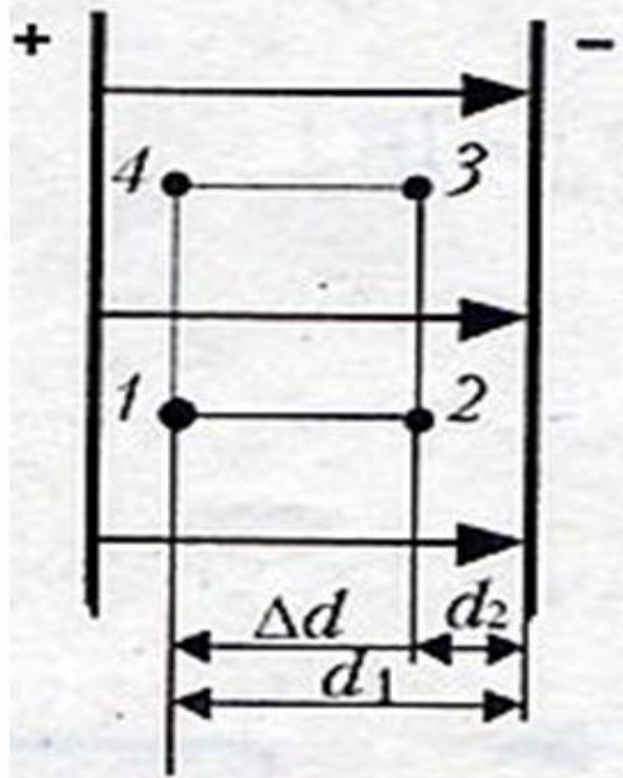
$$A = Eq \Delta d$$

$$A_{гор} = Eq \Delta d \quad \Delta d = d_1 + d_2 + \dots + d_n$$

*Сравните работу электростатического поля по перемещению заряда на различных участках.*







$$A_{12} = F s \cdot \cos(\mathbf{F}, \mathbf{s}) = qE\Delta d.$$

$$A_{23} = 0, \text{ т.к. } \cos 90^\circ = 0.$$

$$A_{34} = -qE\Delta d, \text{ т.к. } \cos 180^\circ = -1.$$

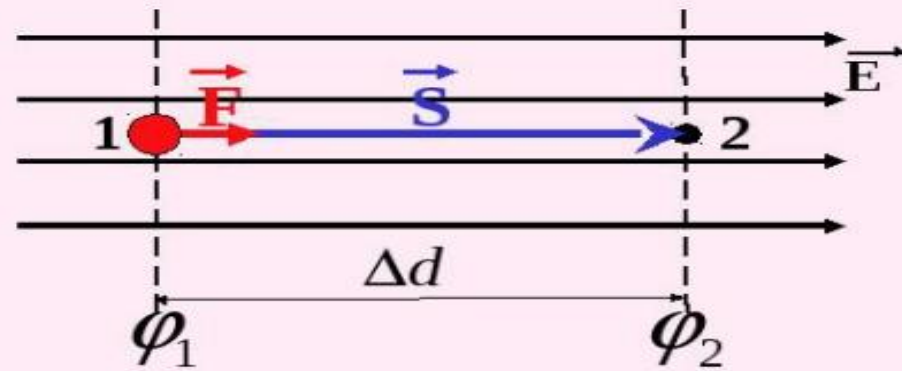
$$A_{41} = 0, \text{ т.к. } \cos 270^\circ = 0.$$

$$A_{1234} = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41} = 0.$$

**Работа поля (эл. силы) не зависит от формы траектории и на замкнутой траектории = нулю.**



## Работа эл. поля по перемещению эл. заряда



$$\phi_1 - \phi_2 = \Delta\phi = U$$

$[U] = \text{В}$  - напряжение

$$A = qU$$

$$A = Eq\Delta d$$

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

$$[E] = \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$A = -\Delta W_E = -(W_{E2} - W_{E1})$$

$$W_E = q\phi$$

$$A = q\phi_1 - q\phi_2 = q(\phi_1 - \phi_2)$$

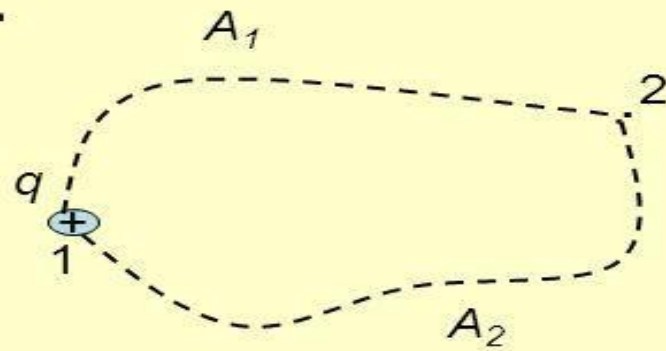


# Свойства

- 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**.

# Особенности работы электрического поля

- Работа поля при перемещении заряда из точки 1 в точку 2 в электростатическом поле зависит только от положения этих точек в поле и не зависит от траектории движения заряда.



$$|A_1| = |A_2|$$



# Физическое поле потенциально, если:

1. работа в нем не зависит от формы траектории;
  2. работа по замкнутому контуру в нем равна нулю.
- *Электростатическое поле – потенциальное.*



# ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ЗАРЯЖЕННОГО ТЕЛА В ОДНОРОДНОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

**Электростатическая энергия** - потенциальная энергия системы заряженных тел (т.к. они взаимодействуют и способны совершить работу).

$$A = qE\Delta d = qE(d_1 - d_2) = -(qEd_2 - qEd_1).$$

$$A = -\Delta W_{\text{п}} = -(W_{\text{п}2} - W_{\text{п}1}).$$

$$W_{\text{п}} = qEd.$$

# Потенциальная энергия

, Работа электростатической силы не зависит от формы траектории точки ее приложения, эта сила является консервативной.

Тогда ее работа  $(W_{\text{II}})$  согласно формуле равна  $\Delta W_{\text{II}}$  (2)  
изменению потенциальной энергии, взятому  
Тогда потенциальная энергия заряда в однородном  
с противоположным знаком:  
электростатическом поле равна:

$$W_{\text{II}} = Edq \quad (3)$$



## **Всякое электростатическое поле-потенциально.**

- (т.к. оно способно совершить работу по перемещению заряда).

$$A = -\Delta W_{\Pi} = -(W_{\Pi 2} - W_{\Pi 1}).$$

$$W_{\Pi} = qEd.$$

$$A = qE\Delta d = qE(d_1 - d_2) = -(qEd_2 - qEd_1).$$



# Потенциальная энергия

▣  $A = qE(d_1 - d_2) = -(qEd_2 - qEd_1)$

▣ По закону сохранения энергии:

▣  $A = -(W_{п2} - W_{п1}) = -\Delta W_{п}$

▣ где  $W_{п}$  – потенциальная энергия заряда в точке поля


$$W_{п} = qEd$$



**Если поле совершает  
положительную работу  
( вдоль силовых линий ), то  
потенциальная энергия  
заряженного тела  
уменьшается (но согласно  
закону сохранения энергии  
увеличивается кинетическая  
энергия ) и наоборот.**

Формула (3) подобна формуле для потенциальной энергии тела  $E=mgh$ . Но заряд  $q$  в отличие от массы может быть как положительным, так и отрицательным.

**1. Если поле совершает положительную работу, то потенциальная энергия заряженного тела в поле уменьшается :**  $\Delta W_{\text{п}} < 0$

Одновременно согласно закону сохранения энергии растет его кинетическая энергия.

$$\Delta W_{\text{п}} > 0$$

**2. Если работа отрицательна то .**

Потенциальная энергия растет, а кинетическая энергия уменьшается; частица тормозится.

На замкнутой траектории, когда заряд возвращается в начальную точку **Работа поля  $\Delta W_{\text{п}}$  равна нулю: —  $(W_{\text{п1}} - W_{\text{п2}}) = 0$**



## **Свойства**

- Если поле совершает положительную работу ( вдоль силовых линий ), то потенциальная энергия заряженного тела уменьшается (но согласно закону сохранения энергии увеличивается кинетическая энергия ) и наоборот.
- На замкнутой траектории работа электростатического поля равна 0.



# Потенциал

- Физическую величину, равную отношению потенциальной энергии электрического заряда в электростатическом поле к величине этого заряда, называют потенциалом  $\varphi$  электрического поля:

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



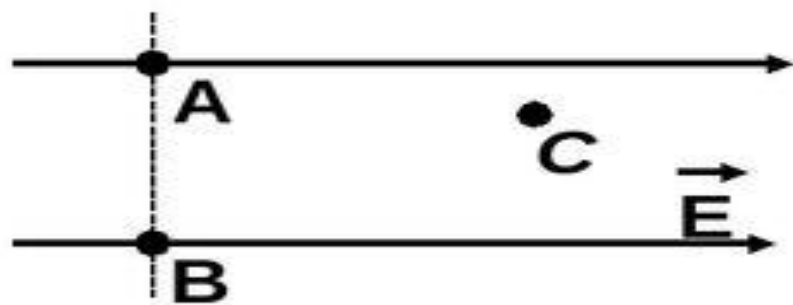
# Потенциал

Потенциал – Энергетическая характеристика электрического поля – она определяет энергию, которую приобретает заряженная частица в электрическом поле.

$$\phi = \frac{W}{q} = Ed$$

$$[\phi] = V \text{ (вольт)}$$

$$1V = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}}$$



$$\phi_A = \phi_B$$

$$\phi_C < \phi_A$$



## Потенциал

**Потенциал** – Энергетическая характеристика электрического поля – она определяет энергию, которую приобретает заряженная частица в электрическом поле.

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

$$[\varphi] = B \text{ (вольт)}$$

$$1B = \frac{1Дж}{1Кл}$$



$$\varphi_A = \varphi_B$$

$$\varphi_C < \varphi_A$$



# Сравним движение частицы в электрическом и гравитационном полях.



# ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

$$\varphi = \frac{W}{q} = \text{const};$$

$$[\varphi] = \text{Дж} / \text{Кл} = 1\text{В}.$$

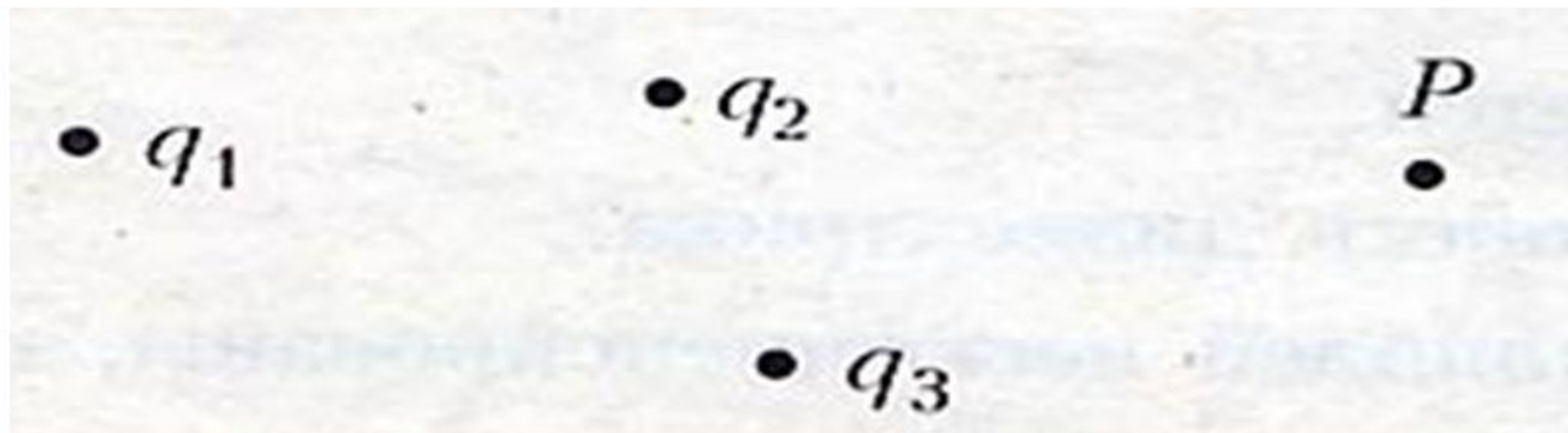
$\varphi$  – скаляр;  $\varphi > 0$ , если  $+q$ ,  $\varphi < 0$ , если  $-q$ .



# Свойства

- - энергитическая характеристика эл. поля.
- - равен отношению потенциальной энергии заряда в поле к этому заряду.
- - скалярная величина, определяющая потенциальную энергию заряда в любой точке эл. поля.
- Величина потенциала считается относительно выбранного нулевого уровня.





$$\varphi = \pm \varphi_1 \pm \varphi_2 \pm \varphi_3$$

(принцип суперпозиции)

# Принцип суперпозиции

- Потенциал электрического поля системы зарядов равен алгебраической сумме потенциалов полей, созданных каждым из зарядов:

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



# Разность потенциалов

Значение потенциала в данной точке зависит от выбора точки, потенциал которой принимается равным нулю.

*Изменение потенциала* не зависит от выбора нулевого уровня отсчета потенциала.

Т.к.  $W_n = \phi q$  то работа сил поля:

$$A = -\Delta W_{\text{п}} = -(W_{\text{п}2} - W_{\text{п}1}) = -q(\phi_2 - \phi_1) = qU$$

$$U = \phi_2 - \phi_1$$

Тогда  $U = \phi_2 - \phi_1$  - разность потенциалов в начальной и конечной точках траектории или разность потенциалов.



# Энергетическая характеристика электрического поля

- Потенциал – величина скалярная.
- Потенциал – энергетическая характеристика электрического поля.
- Физический смысл имеет не потенциал точки, а разность потенциалов между двумя точками. Именно она связана с работой поля при перемещении заряда из одной точки в другую.

## РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ ( или иначе НАПРЯЖЕНИЕ )

- - это разность потенциалов в начальной и конечной точках траектории заряда.

$$A = - (W_{n2} - W_{n1}) = -(q\varphi_2 - q\varphi_1) = q (\varphi_1 - \varphi_2).$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = \frac{A}{q}; \quad [U] = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}.$$





## РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ ( НАПРЯЖЕНИЕ )

- это разность потенциалов в начальной и конечной точках траектории заряда.

$$A = - (W_{n2} - W_{n1}) = -(q\varphi_2 - q\varphi_1) = q (\varphi_1 - \varphi_2).$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = \frac{A}{q}; \quad [U] = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}.$$

**Напряжение между двумя точками ( U ) равно разности потенциалов этих точек и равно работе поля по перемещению единичного заряда.**

## Разность потенциалов называют напряжением.

Согласно формуле:

$$A = -\Delta W_{\text{п}} = -(W_{\text{п}2} - W_{\text{п}1}) = -q(\varphi_2 - \varphi_1) = qU$$

Разность потенциалов между двумя точками  
оказывается равной:

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

**Определение:** Разность потенциалов (напряжение) между двумя точками равна отношению работы поля при перемещении положительного заряда из начальной точки в конечную к величине этого заряда.



# Потенциал ( $\varphi$ )-энергетическая характеристика поля

▣  $\varphi = W_{\text{п}}/q$   $\varphi$  зависит от выбора, где  $W_{\text{п}}=0$

▣ **Разность потенциалов (напряжение)**

▣  $A = -(W_{\text{п}2} - W_{\text{п}1}) = -(q\varphi_2 - q\varphi_1) = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$

▣  $U = \varphi_1 - \varphi_2 = A/q$  Напряжение не зависит от выбора, где  $W_{\text{п}} = 0$

▣ **Разность потенциалов (напряжение) между двумя точками равна отношению работы поля при перемещении заряда из начальной точки в конечную к этому заряду**

## **Физический смысл разности потенциалов**

- **Напряжение между двумя точками (  $U$  ) равно разности потенциалов этих точек и равно работе поля по перемещению единичного заряда.**



# Единицы измерения

- СИ:  $[\varphi_1 - \varphi_2] = \text{В (вольт)}$

1 Дж

$$[\varphi_1 - \varphi_2] = \frac{\text{1 Дж}}{\text{1 Кл}} = 1 \text{ В}$$

- Разность потенциалов между двумя точками поля равна 1 В, если при перемещении заряда в 1 Кл из одной точки в другую электрическое поле совершает работу в 1 Дж.



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

- **Потенциал** поля в данной точке пространства равен работе, которую совершают электрические силы при удалении единичного положительного заряда из данной точки в бесконечность.





# Потенциал поля точечного заряда

$$\varphi = \varphi_{\infty} = \frac{1}{q} \int_r^{\infty} E dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_r^{\infty} \frac{dr}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}.$$

Пусть заряд  $q$  перемещается в направлении вектора напряженности однородного электрического поля  $\vec{E}$  из точки 1 в точку 2, находящуюся на расстоянии

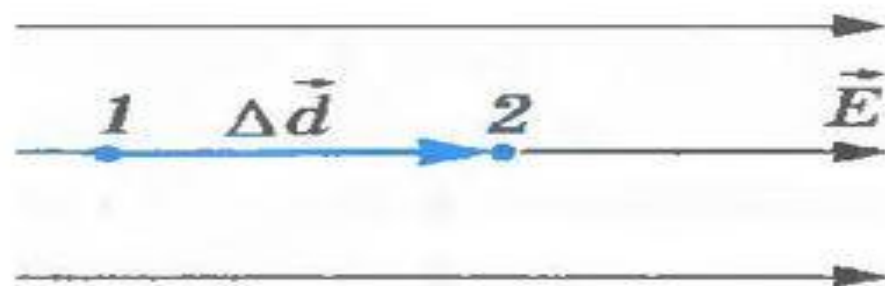


Рис. 14.28

Электрическое поле совершает работу:

$$A = Eqd$$

Работу можно представить через разность потенциалов:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_{12}) = qU$$

Выражаем напряженность электрического поля из формулы (1) и подставляем (2)

$$E = \frac{A}{qd} = \frac{qU}{qd} = \frac{U}{d}$$

Чем меньше меняется потенциал на расстоянии, тем меньше напряженность электростатического поля.

# СВЯЗЬ МЕЖДУ НАПРЯЖЕННОСТЬЮ ПОЛЯ И РАЗНОСТЬЮ ПОТЕНЦИАЛОВ

$$A = q \cdot E \cdot \Delta d$$

$$A = q \cdot U$$

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

$$[E] = \text{В/м}$$



## СВЯЗЬ МЕЖДУ НАПРЯЖЕННОСТЬЮ ПОЛЯ И РАЗНОСТЬЮ ПОТЕНЦИАЛОВ

$$A = q \cdot E \cdot \Delta d.$$

$$A = q \cdot U$$

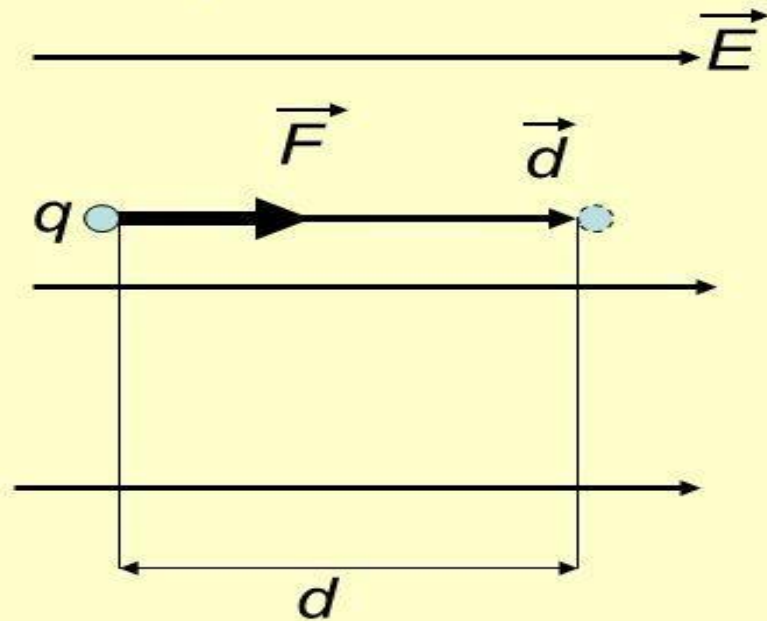
$$E = \frac{U}{\Delta d} \quad [E] = \text{В/м}$$

Чем меньше меняется потенциал на отрезке пути, тем меньше напряженность поля.

Напряженность эл. поля направлена в сторону уменьшения потенциала.

# Связь между разностью потенциалов и напряженностью

Пробный заряд  $q > 0$  перемещается в однородном поле с напряженностью  $\vec{E}$  в направлении силовых линий.



$$\left. \begin{array}{l} F = qE \\ A = Fd \end{array} \right\} \Rightarrow A = qEd$$
$$\left. \begin{array}{l} U = \frac{A}{q} \end{array} \right\} \Rightarrow \mathbf{U = Ed}$$

# Определение

- В однородном электростатическом поле с напряженностью  $\vec{E}$  разность потенциалов между точками, соединенными вектором  $\vec{d}$ , направление которого совпадает с направлением напряженности поля, определяется формулой:

$$U = Ed$$

Так как при перемещении положительного заряда в направлении вектора напряженности электростатического поля совершает положительную работу, то потенциал в начальной точке больше потенциала в конечной точке, следовательно напряженность электростатического поля направлена в сторону убывания потенциала.

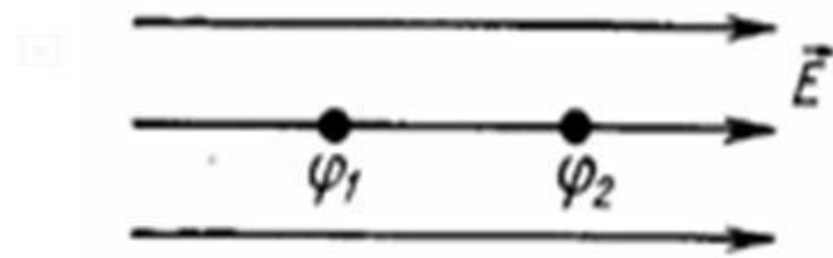


# Связь между E и U

□  $A_{1,2} = qE\Delta d$

□  $A_{1,2} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$

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



$$\varphi_1 < \varphi_2$$

**E в сторону  $\varphi \downarrow$**

□

# **Свойства**

- **Чем меньше меняется потенциал на отрезке пути, тем меньше напряженность поля.**
- **Напряженность эл. поля направлена в сторону уменьшения потенциала.**



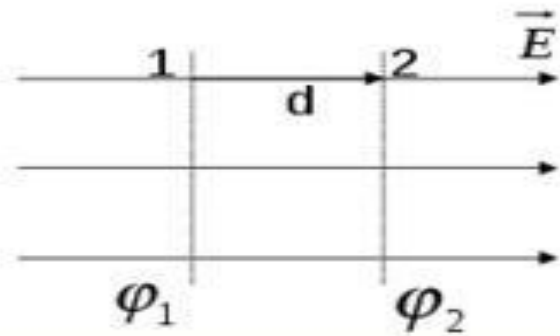
- Соотношение между напряженностью и разностью потенциалов можно записать также в виде:

$$E = \frac{U}{d}$$

- Напряженность поля направлена в сторону убывания потенциала.

# Связь между силовой и энергетической характеристиками (для однородного поля)

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



Напряженность электростатического поля направлена в сторону убывания потенциала.

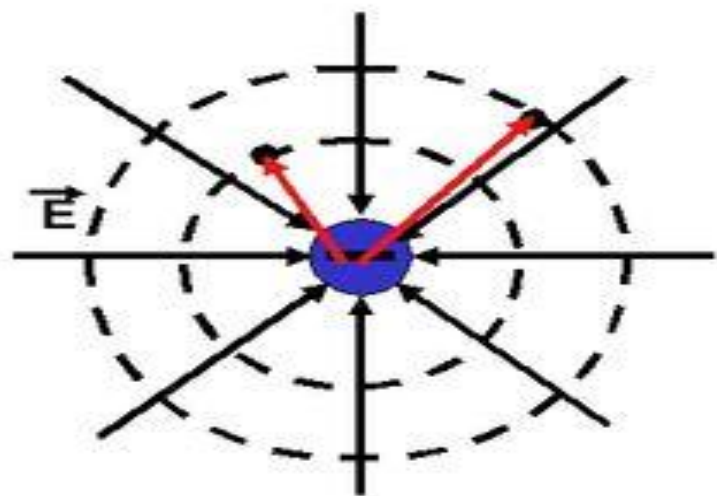
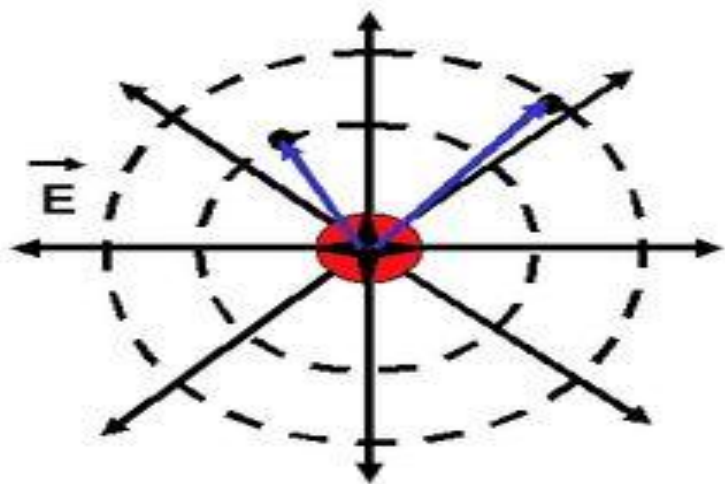


# Единицы напряженности поля

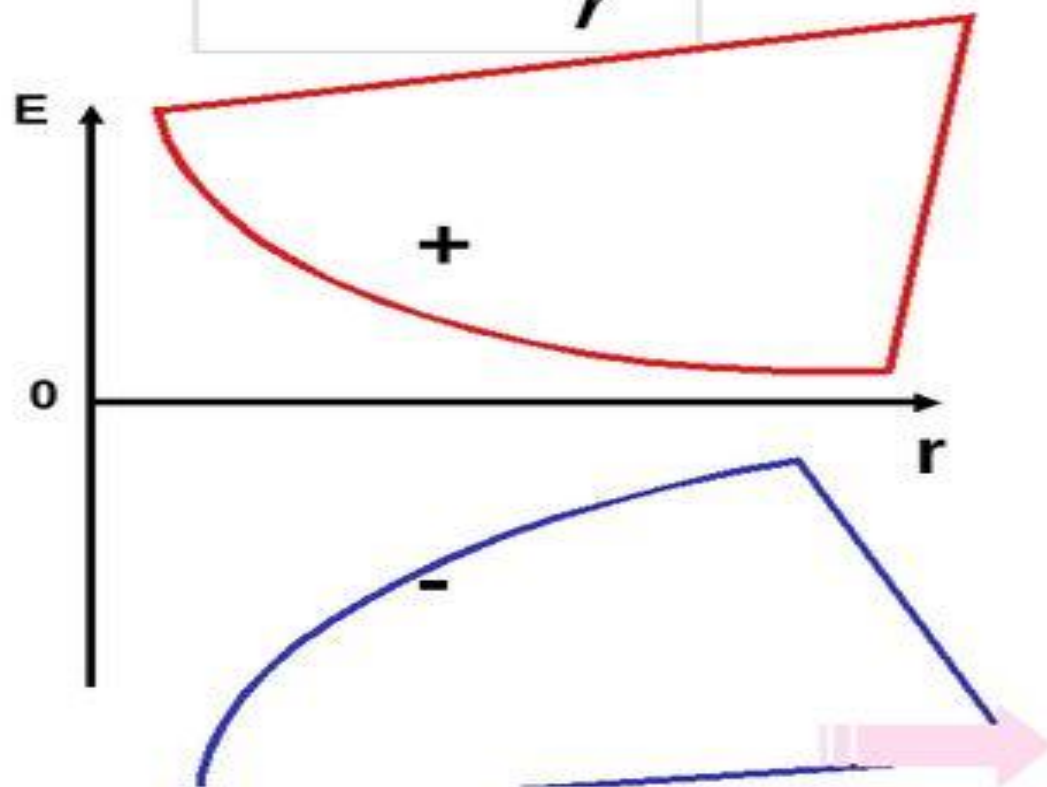
- СИ:  $[E] = \frac{В}{М}$

$$1 \frac{В}{М} = 1 \frac{Н}{Кл}$$

# Потенциал

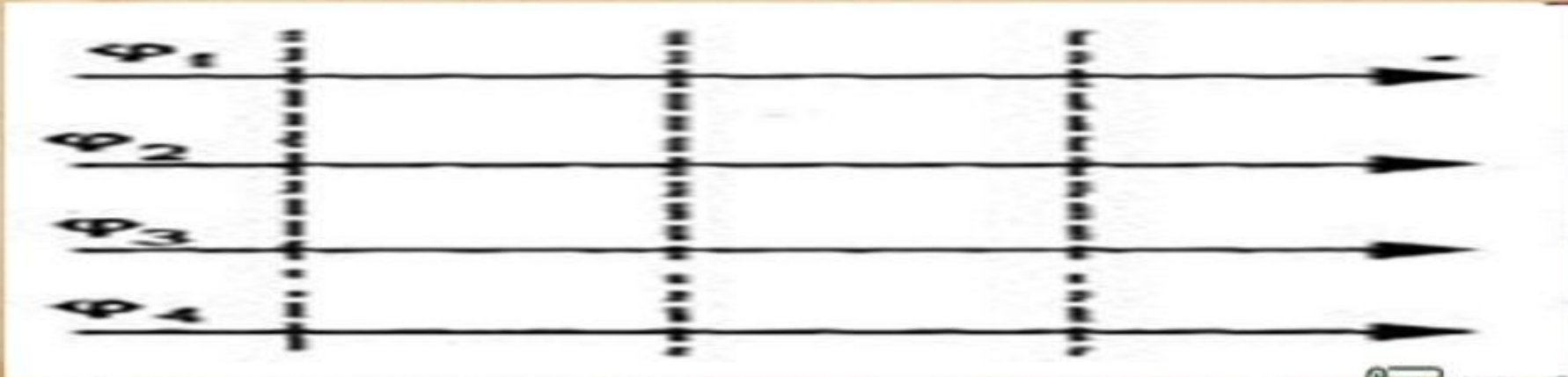


$$\phi = k \frac{q_0}{r}$$

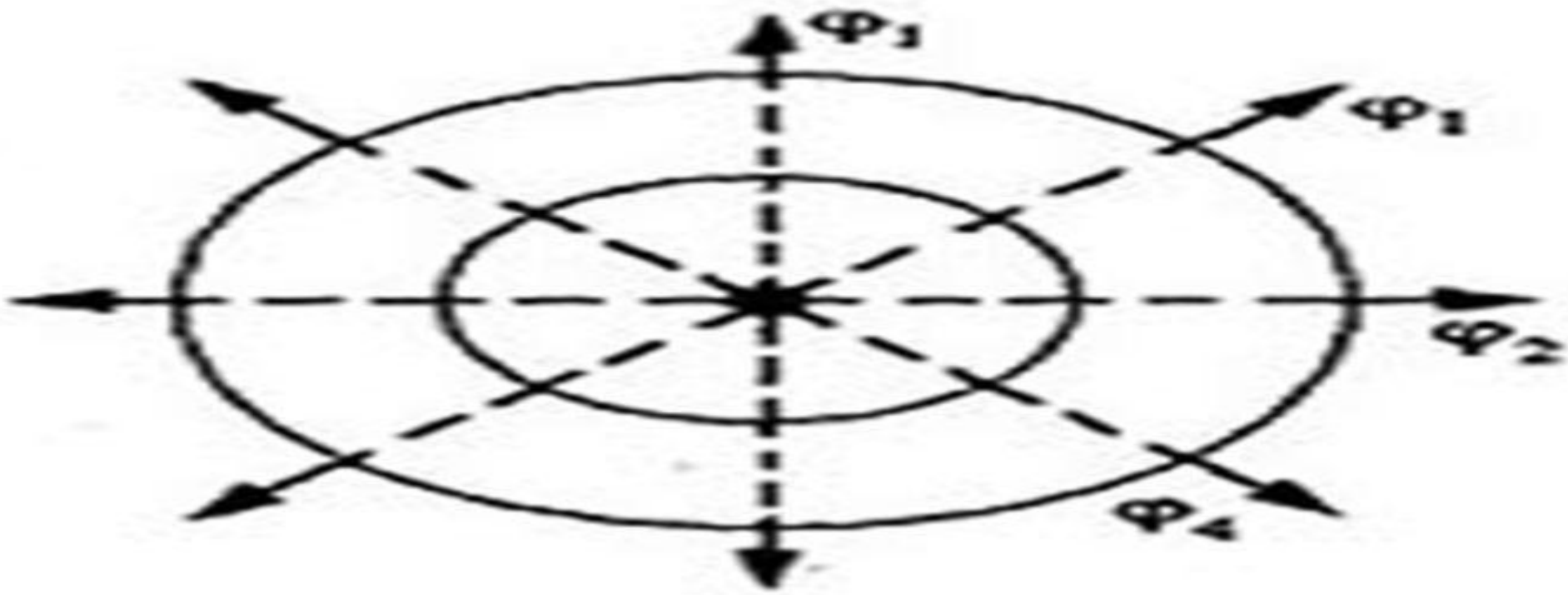


# ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

- поверхности, все точки которых имеют одинаковый потенциал
- для однородного поля - ЭТО ПЛОСКОСТЬ



**ДЛЯ ПОЛЯ ТОЧЕЧНОГО ЗАРЯДА - ЭТО  
КОНЦЕНТРИЧЕСКИЕ СФЕРЫ**





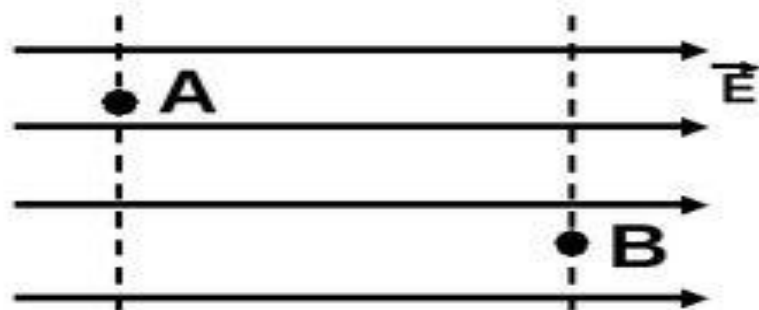
## СВОЙСТВО

ЭПП перпендикулярны силовым линиям:

$$\psi_1 = \psi_2 = \psi_3 = \psi_4.$$

# Потенциал

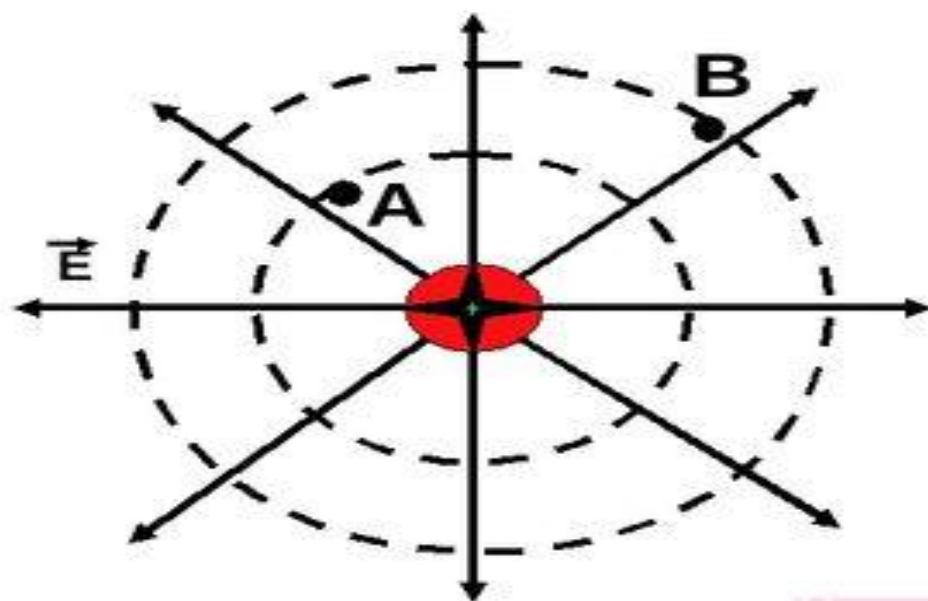
- Поверхности равного потенциала называют эквипотенциальными поверхностями.
- Эквипотенциальные поверхности перпендикулярны линиям напряженности.



$$\phi_A$$

$>$

$$\phi_B$$



# Эквипотенциальные поверхности (ЭПП)

- Эквипотенциальные поверхности – поверхности равного  $\varphi$
- Т.к  $\varphi_1 = \varphi_2 \rightarrow A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = 0 \rightarrow \cos \alpha = 0 \rightarrow$  ЭПП  $\perp$  силовым линиям

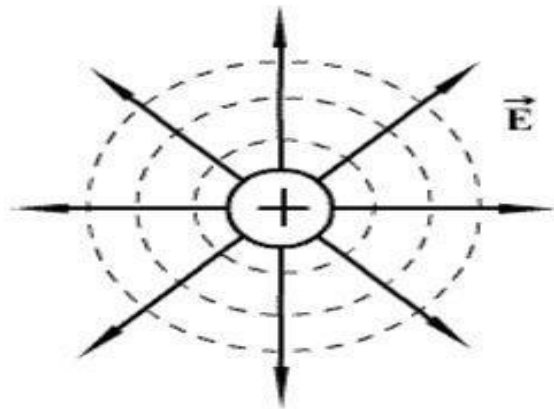
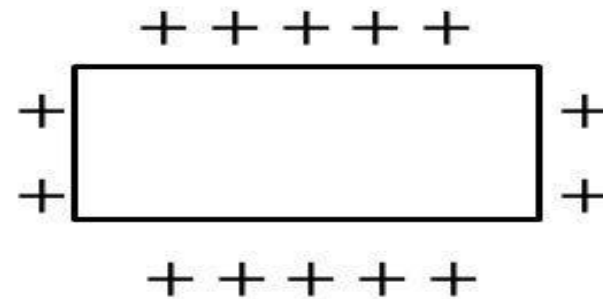


рис. 13.15

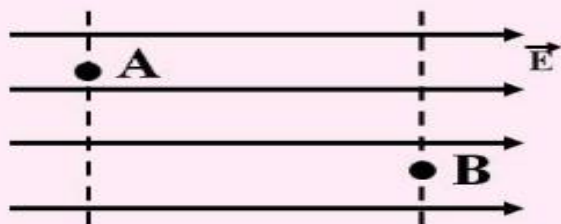


поверхность любого проводника - ЭПП

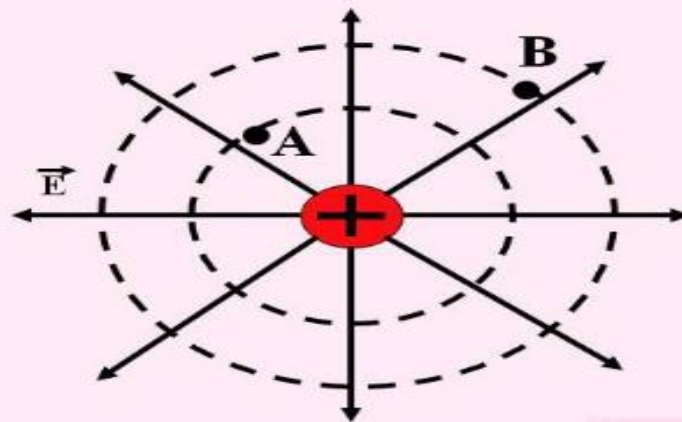
## *Пойми и запомни!*

### **Потенциал**

- Поверхности равного потенциала называют **эквипотенциальными поверхностями**.
- Эквипотенциальные поверхности перпендикулярны линиям напряженности.



$$\varphi_A > \varphi_B$$





# Свойства

- Экипотенциальная поверхность имеется у любого проводника в электростатическом поле, т.к. силовые линии перпендикулярны поверхности проводника.
- Все точки внутри проводника имеют одинаковый потенциал ( $\varphi = 0$ ).
- Напряженность внутри проводника  $= 0$ , значит и разность потенциалов внутри  $= 0$ .



Физическая величина	Обозначение	Единица измерения
1. Электрический заряд	$q$	Кл
2. Диэлектрическая проницаемость	$\epsilon$	
3. Напряженность	$E$	$\frac{H}{Cл}$
4. Работа	$A$	Дж
5. Потенциал	$U$	В
6. Разность потенциалов	$\Delta\varphi$	В
7. Емкость	$C$	Ф
8. Энергия электрического поля	$W$	Дж

## Решите и запишите

1. Какую работу совершает электрическое поле при перемещении заряда 2 нКл из точки с потенциалом 20 В в точку с потенциалом 200 В?

Дано:

$$q = 2 \text{ нКл} = 2 \times 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$\varphi_1 = 20 \text{ В}$$

$$\varphi_2 = 200 \text{ В}$$

---

$A = ?$

Решение:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = 2 \times 10^{-9} \text{ Кл} (20 \text{ В} - 200 \text{ В}) = \\ = -0,36 \text{ мкДж.}$$

Ответ:  $A = 0,36 \text{ мкДж.}$

2. Поле образовано зарядом 17 нКл. Какую работу надо совершить, чтобы одноименный заряд 4 нКл перенести из точки, удаленной от первого заряда на 0,5 м в точку, удаленную от него на 0,05 м?

Дано:

$$q_1 = 17 \text{ нКл} = 17 \times 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$d_1 = 0,5 \text{ м}; \quad d_2 = 0,05 \text{ м};$$

$$q_2 = 4 \text{ нКл} = 4 \times 10^{-9} \text{ Кл}$$

---

$A = ?$

Решение:

$$A = q_2 E d_2 - q_2 E d_1 = k q_2 q_1 (1/d_2 - 1/d_1) = \\ = 11 \text{ мкДж}$$

Ответ:  $A = 11 \text{ мкДж.}$

# Закрепление материала

1. При перемещении заряда между точками с разностью потенциалов  $1 \text{ кВ}$  электрическое поле совершило работу  $40 \text{ мкДж}$ . Чему равен заряд?
2. В однородном электрическом поле напряженностью  $60 \text{ кВ/м}$  переместили заряд  $5 \text{ нКл}$ . Перемещение, равное по модулю  $20 \text{ см}$ , образует угол  $60^\circ$  с направлением силовой линии. Найти работу поля, изменение потенциальной



# Самостоятельно а)-1 вариант б)- 2 вариант

1. Точка А лежит на линии напряженности однородного поля, напряженность которого  $60 \text{ кВ/м}$ . Найти разность потенциалов между этой точкой и точкой В, расположенной в  $10 \text{ см}$  от точки А. Рассмотреть случаи, когда точки А и В лежат: а) на одной линии напряженности; б) на прямой, перпендикулярной линии напряженности; в) на прямой, направленной под углом  $45^\circ$  к линиям напряженности