

**Потенциальная энергия заряженного тела в  
однородном электростатическом поле.  
Потенциал. Разность потенциалов.**

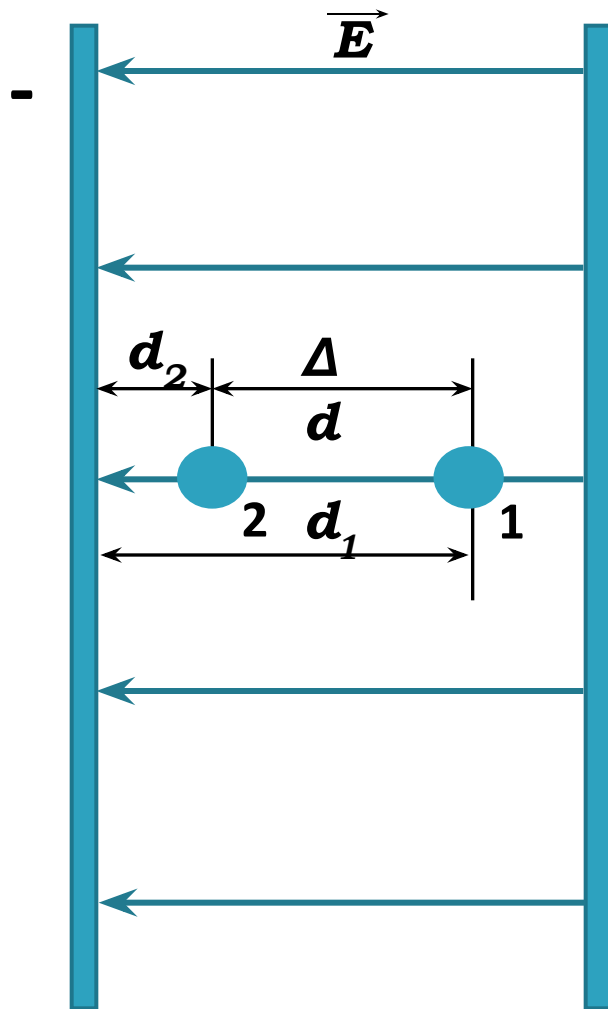
# СОДЕРЖАНИЕ

Е

- Работа поля по перемещению заряда  
.....
- Потенциальная энергия заряженного тела  
.....
- Потенциал электростатического  
поля.....
- Связь между напряженностью и напряжением  
.....
- Поразмыслим.....
- .....



# Работа при перемещении заряда в однородном электростатическом поле

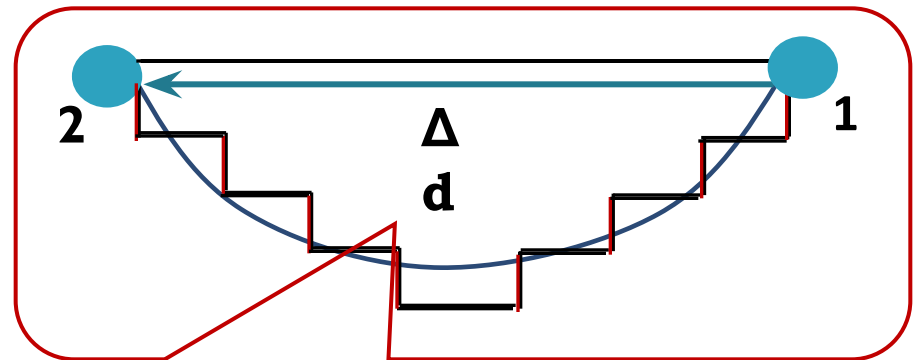
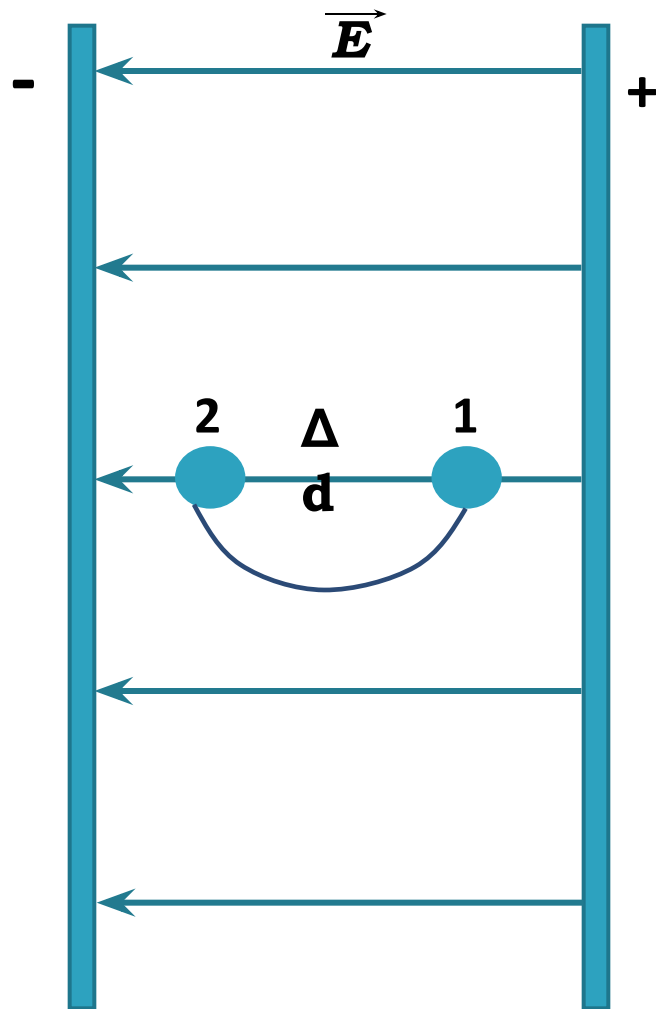


+ Вычислим работу поля при перемещении положительного заряда  $q$  из точки 1, находящейся на расстоянии  $d_1$  от «-» пластины, в точку 2, расположенную на расстоянии  $d_2$  от нее.

Работа поля положительна и равна:

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

# Работа поля не зависит от формы траектории



При перемещении вдоль частей ступенек, перпендикулярных напряженности поля  $\vec{E}$ , работа не совершается

При перемещении вдоль частей ступенек, параллельных  $\vec{E}$ , совершается работа, равная работе по перемещению заряда из точки 1 в точку 2 на расстояние  $\Delta d$  вдоль силовой линии



# Потенциальная энергия

**Известный факт:** Если работа не зависит от формы траектории, то она равна изменению потенциальной энергии, взятому с противоположным знаком, т.е.

$$A = - (W_{p2} - W_{p1}) = - \Delta W_p$$

Ранее мы получили формулу:  $A = - (qEd_2 - qEd_1)$

Очевидно, что потенциальная энергия заряда в однородном электростатическом поле равна:  $W_p = qEd$

## Важные зависимости

- Если  $A > 0$ , то  $\Delta W_p < 0$  – потенциальная энергия заряженного тела уменьшается, а кинетическая энергия возрастает;
- Если  $A < 0$ , то  $\Delta W_p > 0$  – потенциальная энергия возрастает, а кинетическая энергия уменьшается;
- Если  $A = 0$ , то  $\Delta W_p = 0$  – потенциальная энергия не изменяется и кинетическая энергия постоянна.

▶ **!!! На замкнутой траектории работа поля равна нулю**



# Потенциал электростатического поля

## Потенциальное поле

- Работа поля при перемещении тела из одной точки в другую не зависит от формы траектории
- Работа поля при перемещении тела на замкнутой траектории равна нулю

- Любое электростатическое поле потенциально;
- Только для однородного электростатического поля применима формула  $W_p = qEd$

$$W_{p1} = q_1 Ed$$

$$W_{p2} = q_2 Ed$$

$$W_{p3} = q_3 Ed$$

$$W_{pn} = q_n Ed$$

$$W_p \sim q, \text{ значит} \\ W_p / q = \text{const}$$

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

**Потенциалом** электростатического поля называют отношение потенциальной энергии заряда в поле к этому заряду

Единица потенциала в СИ:  $1[\varphi]=1\text{В}$

▶ Потенциал – энергетическая характеристика поля



# Разность потенциалов

**Значение потенциала** в данной точке **зависит** от выбора нулевого уровня для отсчета потенциала

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

$$W_p = q\varphi$$
$$A = -(W_{p2} - W_{p1}) = -q(\varphi_2 - \varphi_1) = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$$

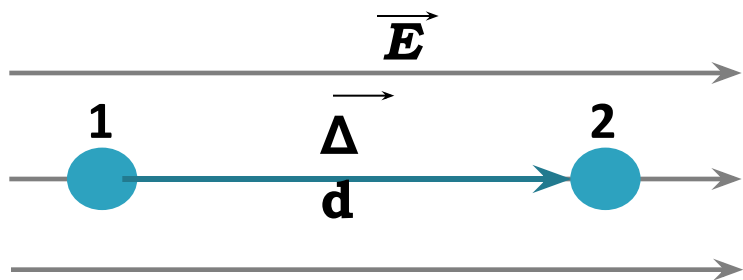
где  $U = \varphi_1 - \varphi_2$  - разность потенциалов, т. е. разность значений потенциала в начальной и конечной точках траектории

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = A/q$$

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

Единица разности потенциалов в СИ:  $1[U] = 1\text{Дж}/\text{Кл} = 1\text{В}$

# Связь между напряженностью электростатического поля и напряжением



$$A = qE \Delta d$$

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$$

$$U = E \Delta d$$

$$E = U / \Delta d$$

$U$  - разность потенциалов  
между точками 1 и 2;

$\Delta \vec{d}$  - вектор перемещения,  
совпадающий по  
направлению с вектором  $E$

Т.к.  $A = q(\varphi_1 - \varphi_2) > 0$ , то  $\varphi_1 > \varphi_2 \Rightarrow$   
**!!!**

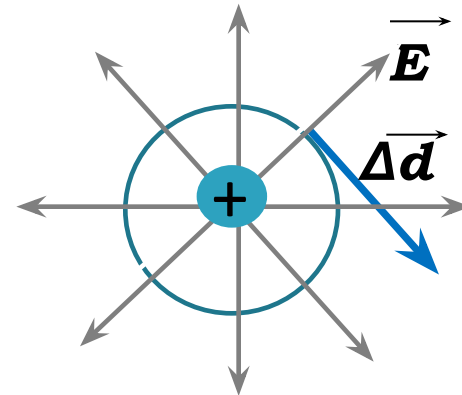
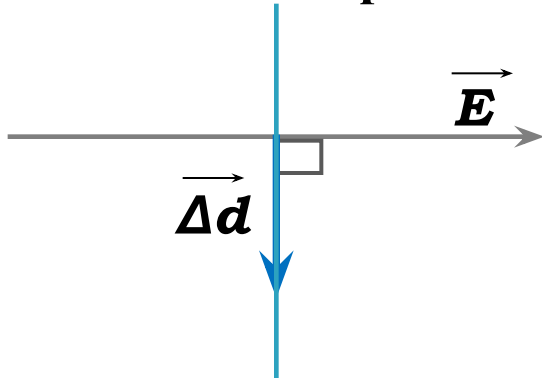
**напряженность электрического поля  
направлена  
в сторону убывания потенциала**

Единица напряженности в СИ:  
 **$1[E] = 1В/м$**



# Эквипотенциальные поверхности

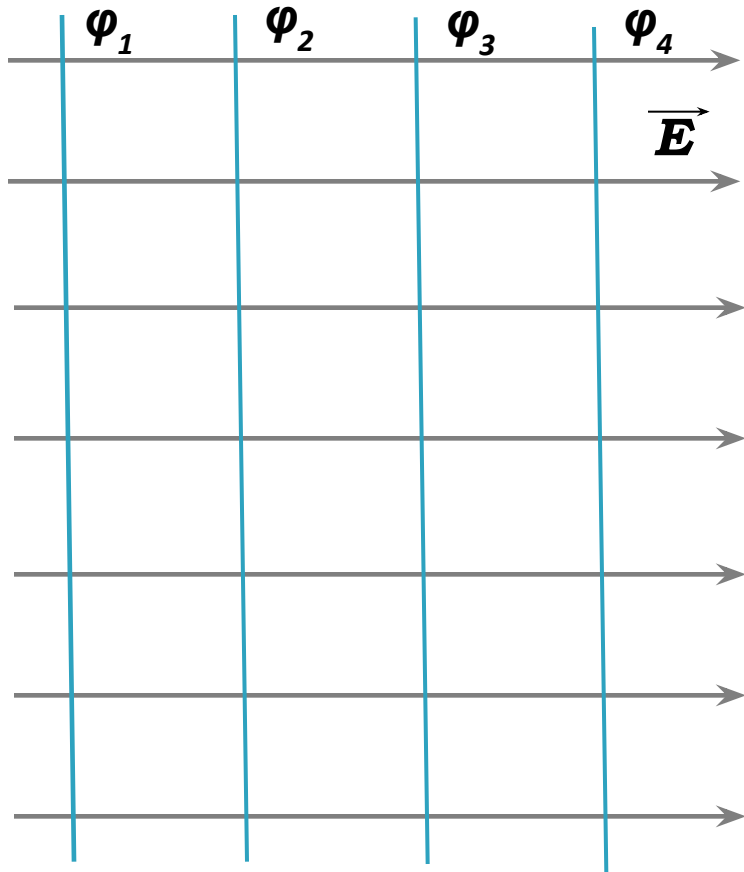
Если провести поверхность, перпендикулярную в каждой точке силовым линиям, то при перемещении заряда вдоль этой поверхности электрическое поле не совершает работы,  $\Rightarrow$  все точки этой такой поверхности имеют один и тот же потенциал.



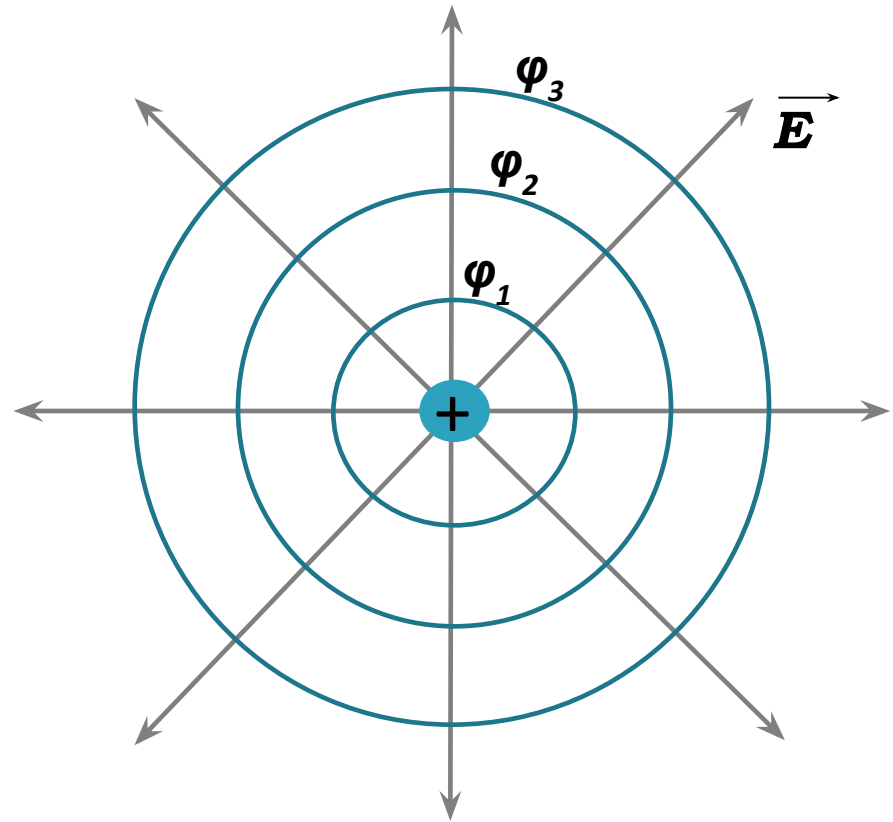
**Эквипотенциальные** – поверхности равного потенциала

- для однородного поля – плоскости
- для поля точечного заряда – концентрические сферы
- поверхность любого проводника в электростатическом поле

# Примеры эквипотенциальных поверхностей



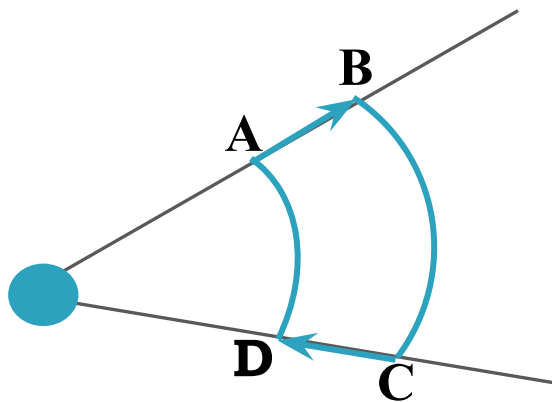
$$\varphi_4 < \varphi_3 < \varphi_2 < \varphi_1$$



$$\varphi_3 < \varphi_2 < \varphi_1$$

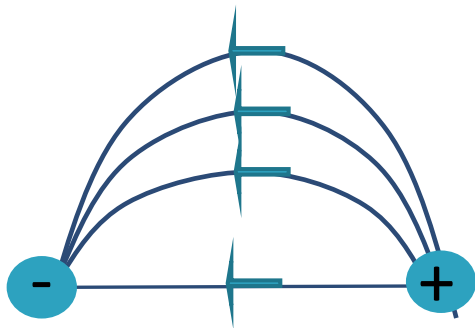


# Поразмыслим



1. Электрический заряд  $q_1 > 0$  переместили по замкнутому контуру ABCD в поле точечного заряда  $q_2 > 0$ . На каких участках работа поля по перемещению заряда была: положительной? отрицательной? равной нулю?  
Как изменялась потенциальная энергия системы?  
Чему равна полная работа по перемещению заряда?

2. Потенциал электростатического поля возрастает в направлении снизу вверх. Куда направлен вектор напряженности поля? Ответ пояснить.



3. Сравните работы по перемещению заряда  $q$  по каждой из линий напряженности электрического поля.
4. Известно, что все точки внутри проводника имеют один и тот же потенциал. Докажите это.



## 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:  $A = 11 \text{ мкДж.}$

## Литература и интернет – ресурсы

---

1. **Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский. – М. : Просвещение, 2009 г.**
2. **Кирик Л.А. , Генденштейн Л.Э., Гельфгат И.М. Задачи по физике для профильной школы с примерами решений. 10 -11классы. Под ред. В.А.Орлова. – М.: Илекса,2008.**
3. **Шаскольская М.П., Эльцин И.А. Сборник избранных задач по физике. Под ред. проф.С.Э.Хайкина. – М. : Наука,1974.**

