



# Работа электрического поля

10 класс

Работа электростатического

поля  
Знак потенциальной энергии в механике

Знак потенциальной энергии в

электростатике  
Независимость работы от

траектории

Потенциал электрического

поля

Напряженность и

напряжение

Энергия и потенциал точечного

заряда

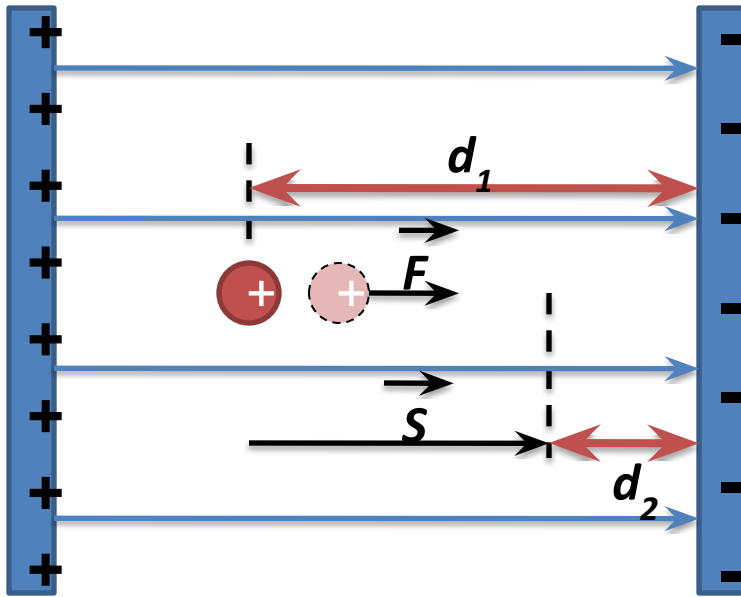
Заряды и массы. Аналогия.

Эквипотенциальные

поверхности

ВЫХОД

# Работа электростатического поля



Исторически заряд  $q$  в электрическом поле. Во время движения заряда действует сила  $F = qE$ , которая совершает работу:

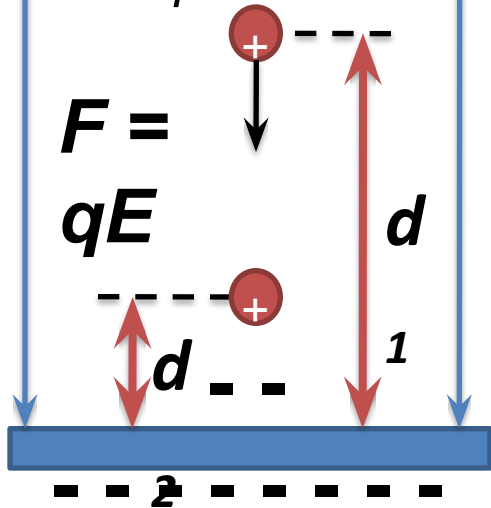
$$A = FScos(0^\circ) = qE(d_1 - d_2) = -(qEd_2 - qEd_1) = -\Delta W_p$$

$$W_p = qEd$$



# Аналогия с работой силы тяжести

Заряд  $q$   
перемещается в  
электрическом поле

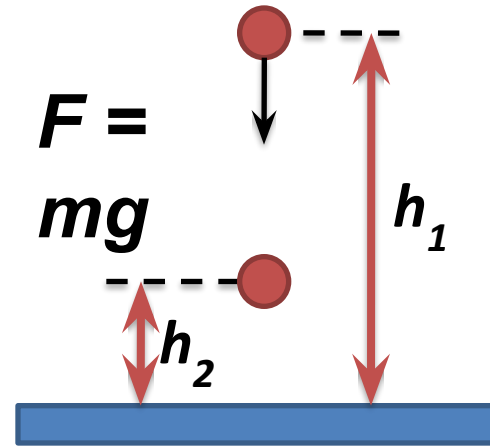


$$W_p = qEd$$

$$A_{\text{эл. поля}} = -$$

$$\Delta W_p$$

Тело массы  $m$   
перемещается в поле  
силы тяжести



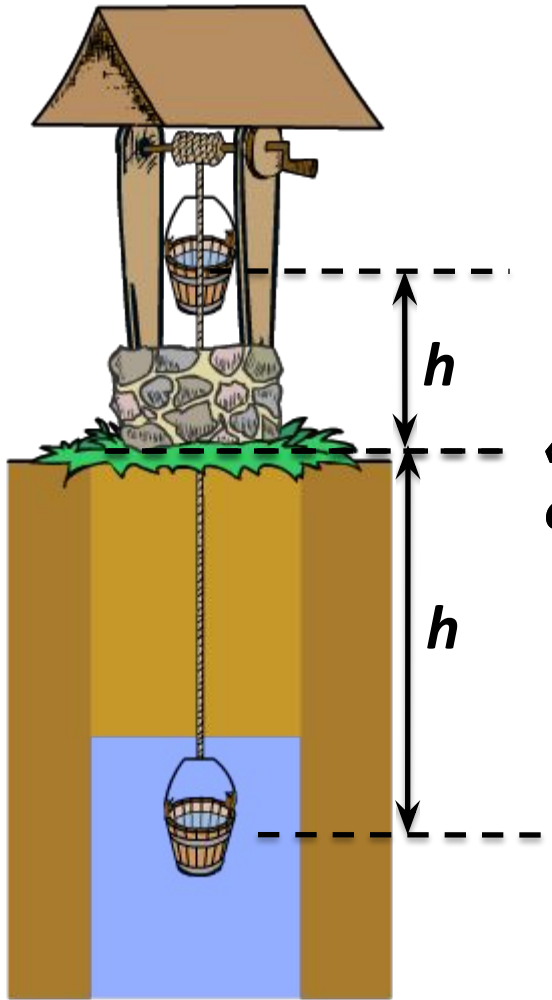
$$A = W_p = mgh_1 - mgh_2$$

$$= -(mgh_2 - mgh_1) = -$$

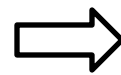
$$\Delta E_p \Delta W_p$$



# Знак потенциальной энергии



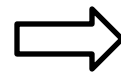
$$m > 0$$
$$h > 0$$



$$W_p = mgh > 0$$

«0»  
высоты

$$m > 0$$
$$h < 0$$



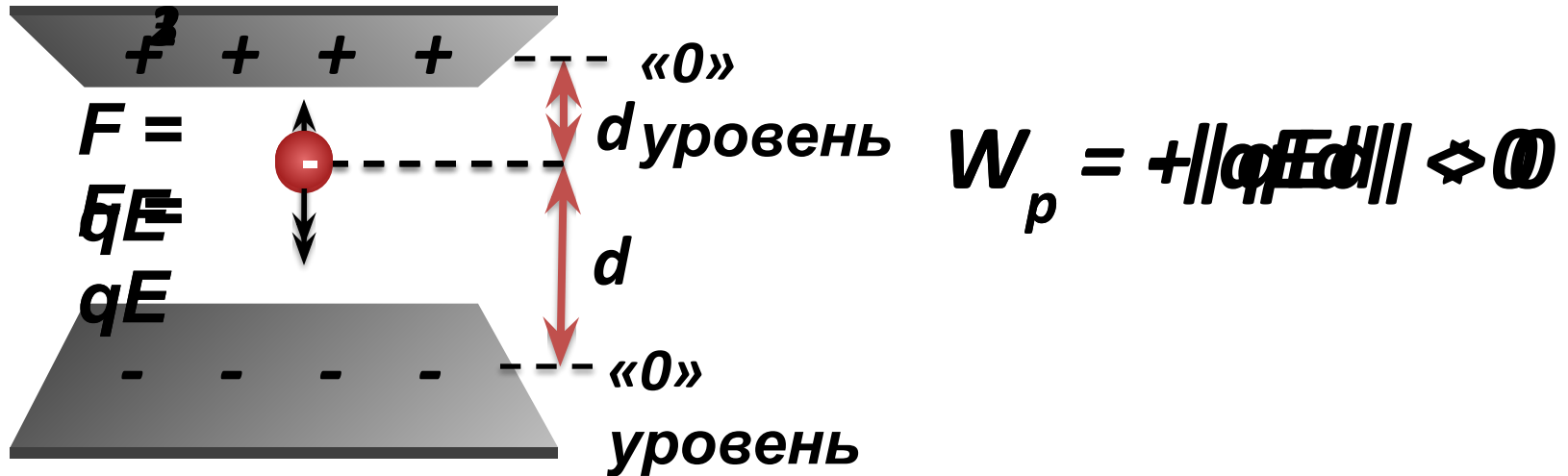
$$W_p = mgh < 0$$

**Знак потенциальной энергии зависит только от знака высоты (от выбора «0» уровня)**



# Знак потенциальной энергии

Пример



**Знак энергии заряда, находящегося в электрическом поле, зависит: от направления поля, знака заряда и выбора «0» уровня**

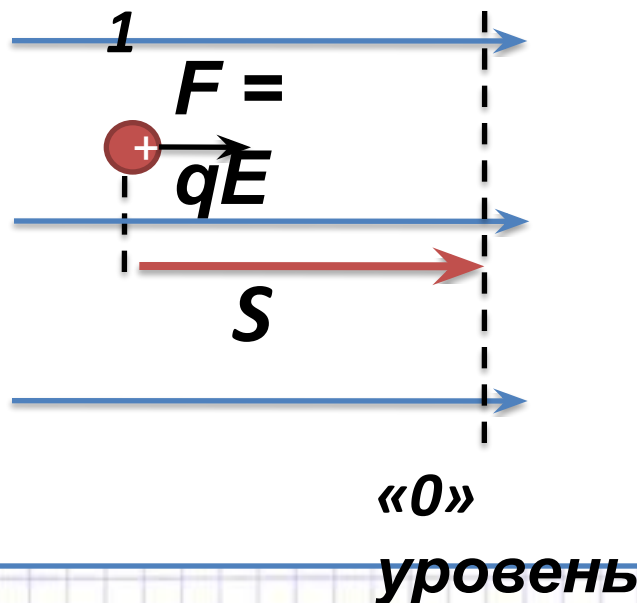


# Знак потенциальной энергии

Знак потенциальной энергии равен знаку работы электрического поля при перемещении заряда на «0» уровень.

$$A = -\Delta W_p = -(W_{p2} - W_{p1}) = -(0 - W_{p1}) = W_{p1}$$

Пример



$$A = FS \cos(0^\circ) > 0$$



$$W_p = +|qEd|$$

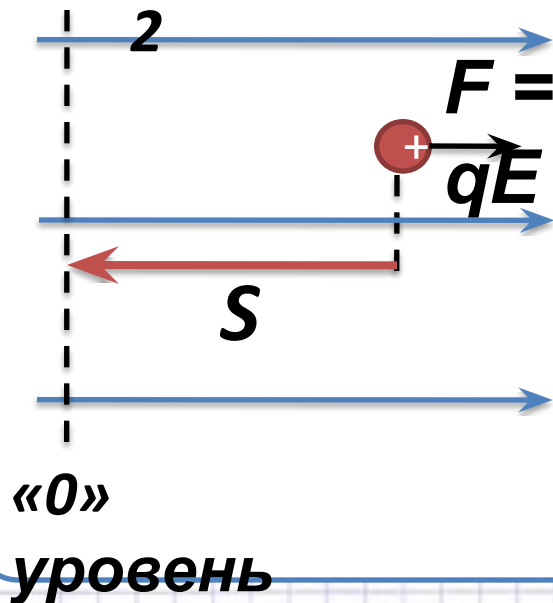


# Знак потенциальной энергии

Второе определение потенциальной энергии равно работе внешних сил по перемещению заряда из конечной точки в начальную точку при перемещении на зарядовом уровне «0»

$$A = -\Delta W_p = -(W_{p2} - W_{p1}) = -(0 - W_{p1}) = W_{p1}$$

Пример



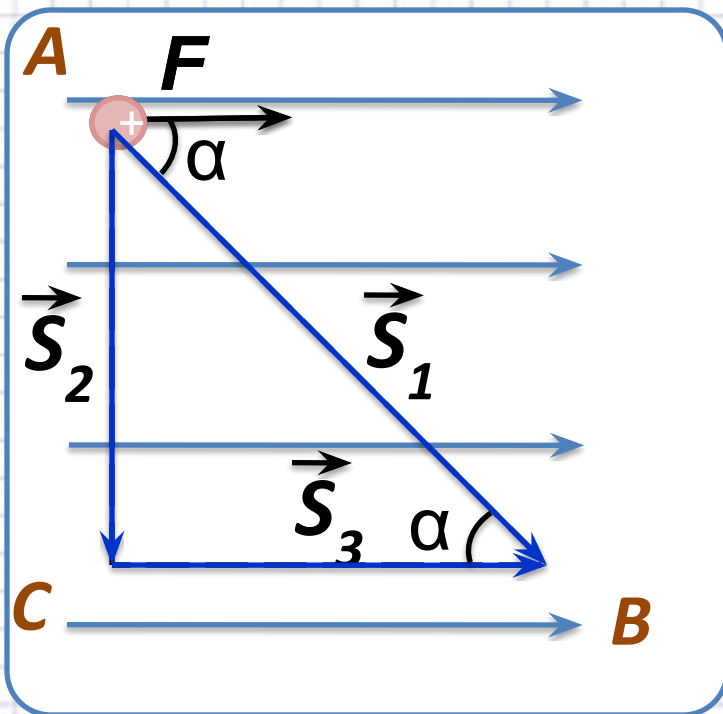
Для перемещения на «0» уровень необходимо на заряд подействовать внешней силой  $W_{неп} = |qE \cdot S|$  (на рисунке не указана).





# Работа при перемещении по разным траекториям

Работа электрического поля не зависит от траектории.

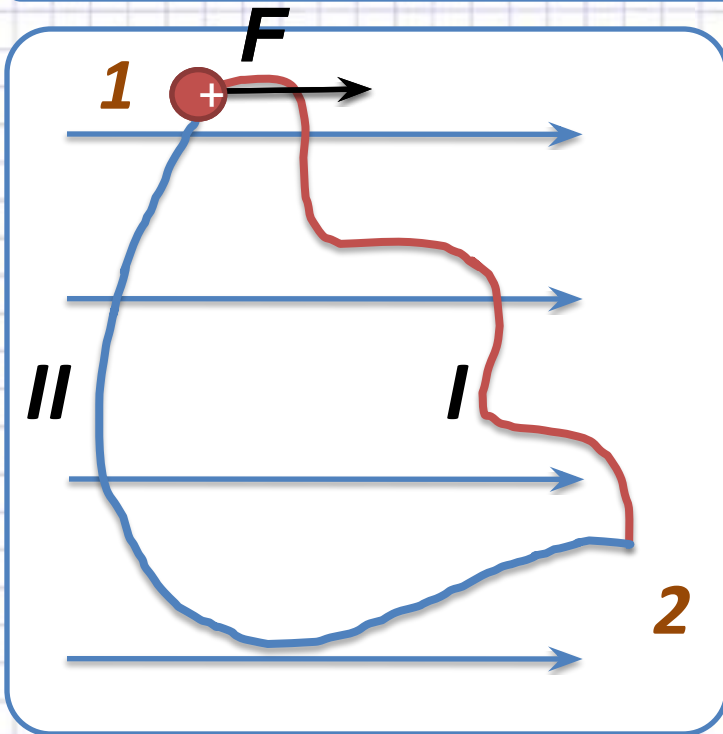
$$A_2 = FS \cos(\alpha) = F \cdot AC \cos(\alpha) = F \cdot BC$$


$$\left. \begin{aligned} A_1 &= F \cdot BC \\ A_2 &= 0 \\ A_3 &= F \cdot BC \end{aligned} \right\} A_2 + A_3 = A_1$$



# Работа электрического поля не зависит от траектории

$$A_{12} = -\Delta W_{12} = -(W_2 - W_1)$$

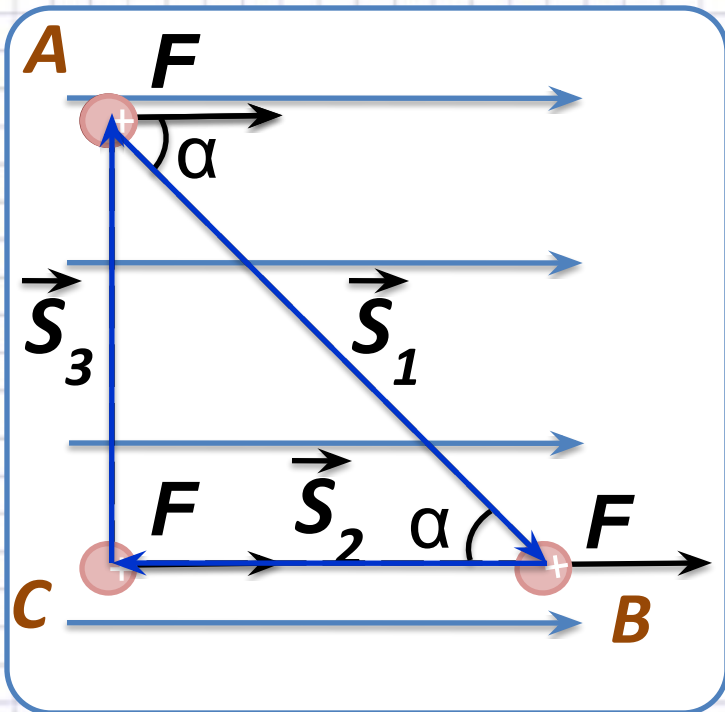


Энергии заряда  $W_1$  и  $W_2$  не зависят от траектории.  
Следовательно, при перемещении заряда по траекториям I и II **работа одинакова.**



# Работа при перемещении по замкнутой траектории

При перемещении заряда по замкнутой линии работа электрического поля равна нулю.\*

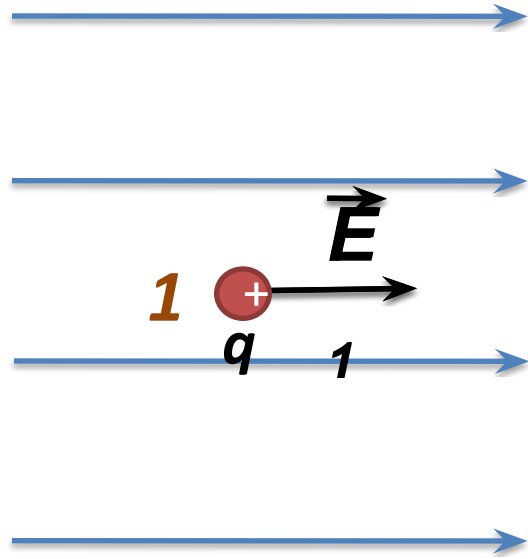


$$\left. \begin{aligned} A_1 &= F \cdot BC \\ A_2 &= -F \cdot BC \\ A_3 &= 0 \end{aligned} \right\} A_{123} = 0$$



# Потенциал электрического поля

**На заряд, находящийся в электрическом поле, действует сила  $F$**



Если удалить заряд, то в точке «останется» напряженность

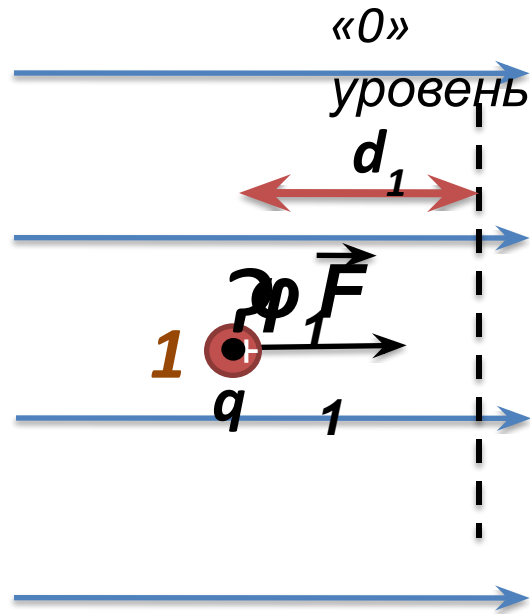
$$E = \frac{F}{q}$$

Напряженность – силовая характеристика электрического поля



# Потенциал электрического поля

Заряд  $q$  перемещают из точки  $1$  в точку  $0$  в направлении вектора  $\vec{E}$ . Работа, совершаемая полем, равна  $W_p = qEd$ , где  $d$  — расстояние между точками. Потенциал  $\varphi$  — это работа, совершаемая полем при перемещении единичного положительного заряда из точки  $1$  в точку  $0$ .



Вопрос: «Остался ли заряд  $q$  в точке «0»?»  
Потенциал  $W_p = |qEd|$

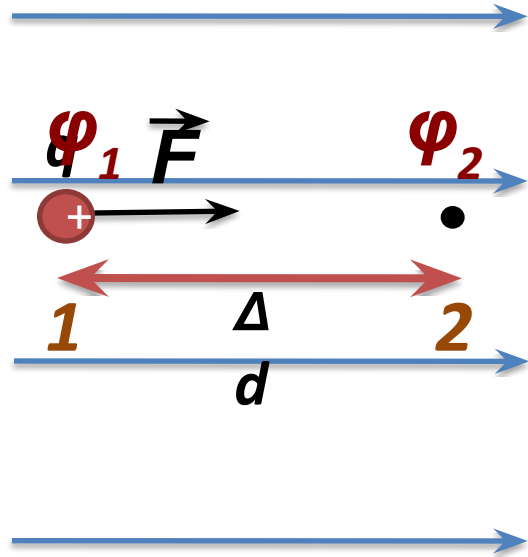
$$\varphi = \frac{W_p}{q} = \frac{qEd}{q} = Ed$$

$$[\varphi] = \frac{[W_p]}{[q]} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$$



# Напряженность и напряжение

Переместим заряд из точки 1 в точку 2  
 $\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\Delta d}$   $\frac{U}{\Delta d}$   $\frac{[U]}{[\Delta d]}$   $\frac{В}{м}$



Работа электрического поля:  $A = FS = qE\Delta d$

$$A = - (W_{p2} - W_{p1}) = W_{p2} - W_{p1}$$

$$W_{p1} = q\varphi_1; \quad W_{p2} = q\varphi_2$$



$$A = qE\Delta d = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$$

$U = \varphi_1 - \varphi_2$  - разность потенциалов или

напряжение



# Энергия и потенциал точечного заряда

$F$  – изменяется, следовательно, переместим заряд  $q$  из точки  $a$  в точку  $b$  разобьем путь на небольшие участки

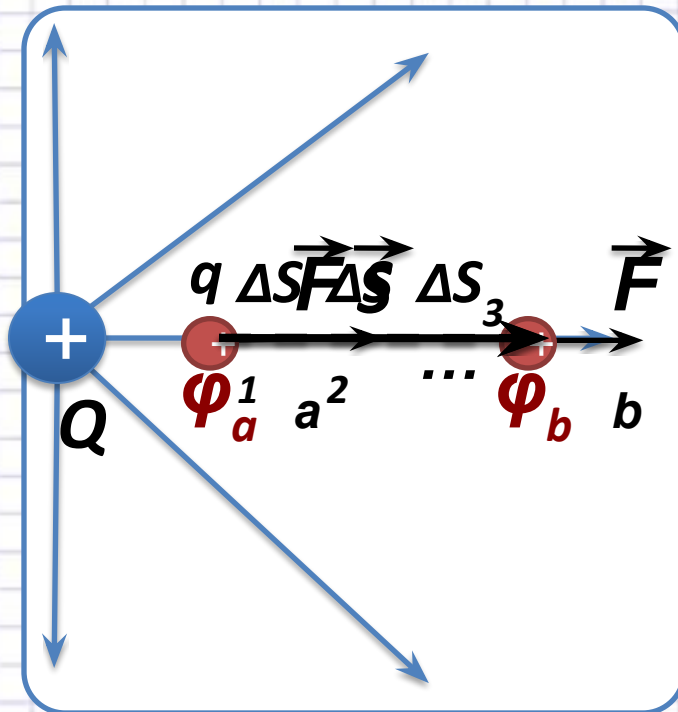
$\Delta S_i$

Работа электрического поля:

$$A = F_1 \Delta S_1 + F_2 \Delta S_2 + \dots$$

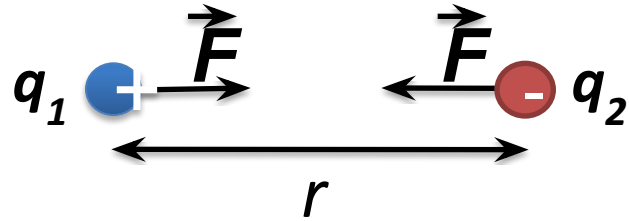
$$A = k \frac{Qq}{r_1^2} \Delta S_1 + k \frac{Qq}{r_2^2} \Delta S_2 + \dots$$

$$A = k \frac{Qq}{r_a} - k \frac{Qq}{r_b}$$



# Заряды и массы. Аналогия.

Взаимодействие зарядов

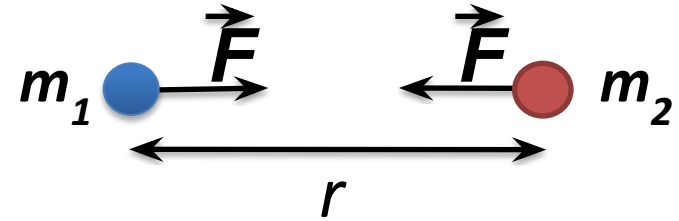


$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$W_p = k \frac{q_1 q_2}{r}$$

$$q_2 < 0 \rightarrow W_p < 0$$

Взаимодействие масс



$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$W_p = -G \frac{m_1 m_2}{r}$$



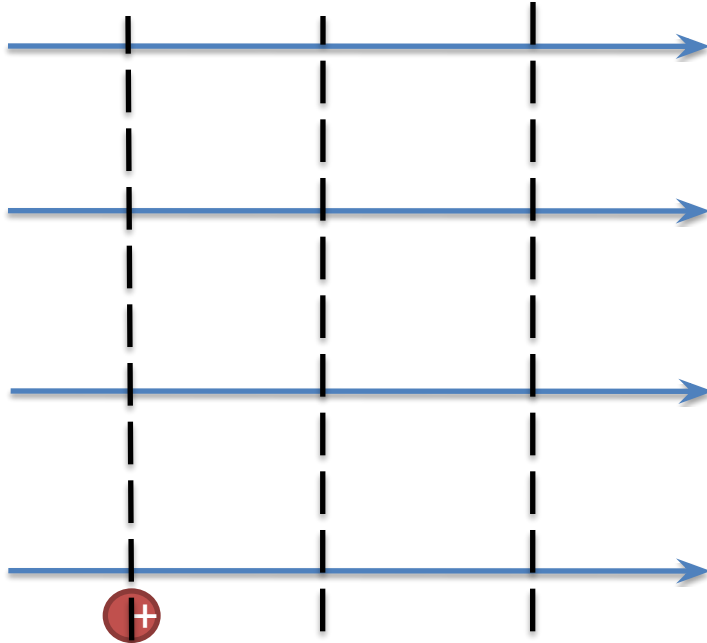


# Эквипотенциальные поверхности

При перемещении заряда перпендикулярно силовым линиям электрического поля  $A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = 0$ , следовательно,  $\varphi_1 = \varphi_2$

**Поверхность, все точки которой имеют равный потенциал, называется эквипотенциальной**

Однородное поле



Поле точечного заряда

