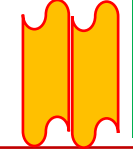


第十章 静电场中的能量

第1节 电势能与电势

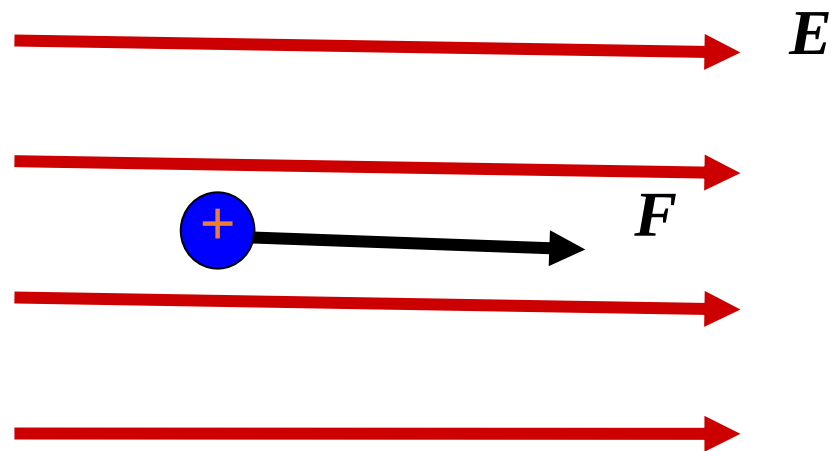
教师：徐静



新课导入

问题：一个带正电的试探电荷在匀强电场中某点由静止释放，若只受静电力作用，将如何运动？速度如何变化？动能如何变化？

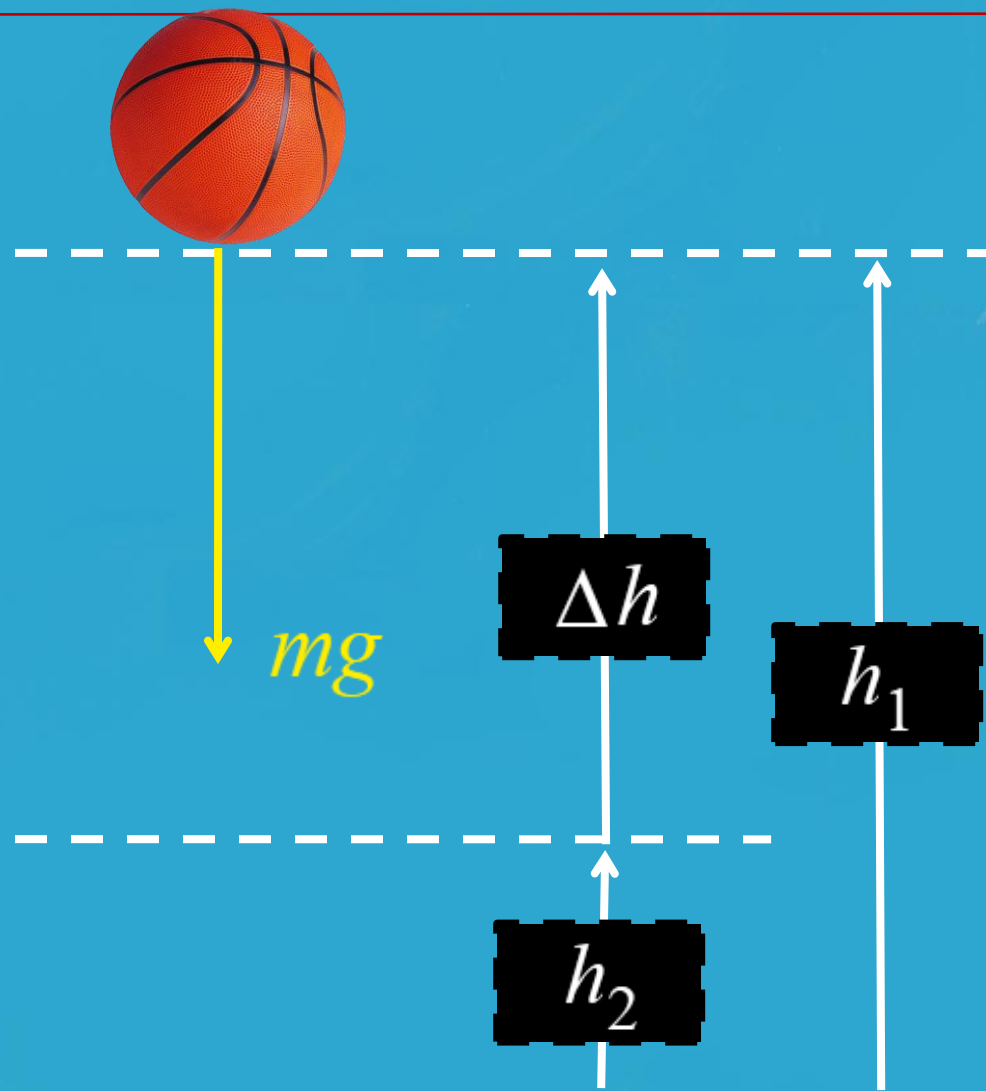
在电场力作用下电荷做匀加速直线运动，一段时间后获得一定的**速度**，试探电荷的**动能**增加。



思考：是什么能转化为试探电荷的**动能**呢？



物体竖直下落

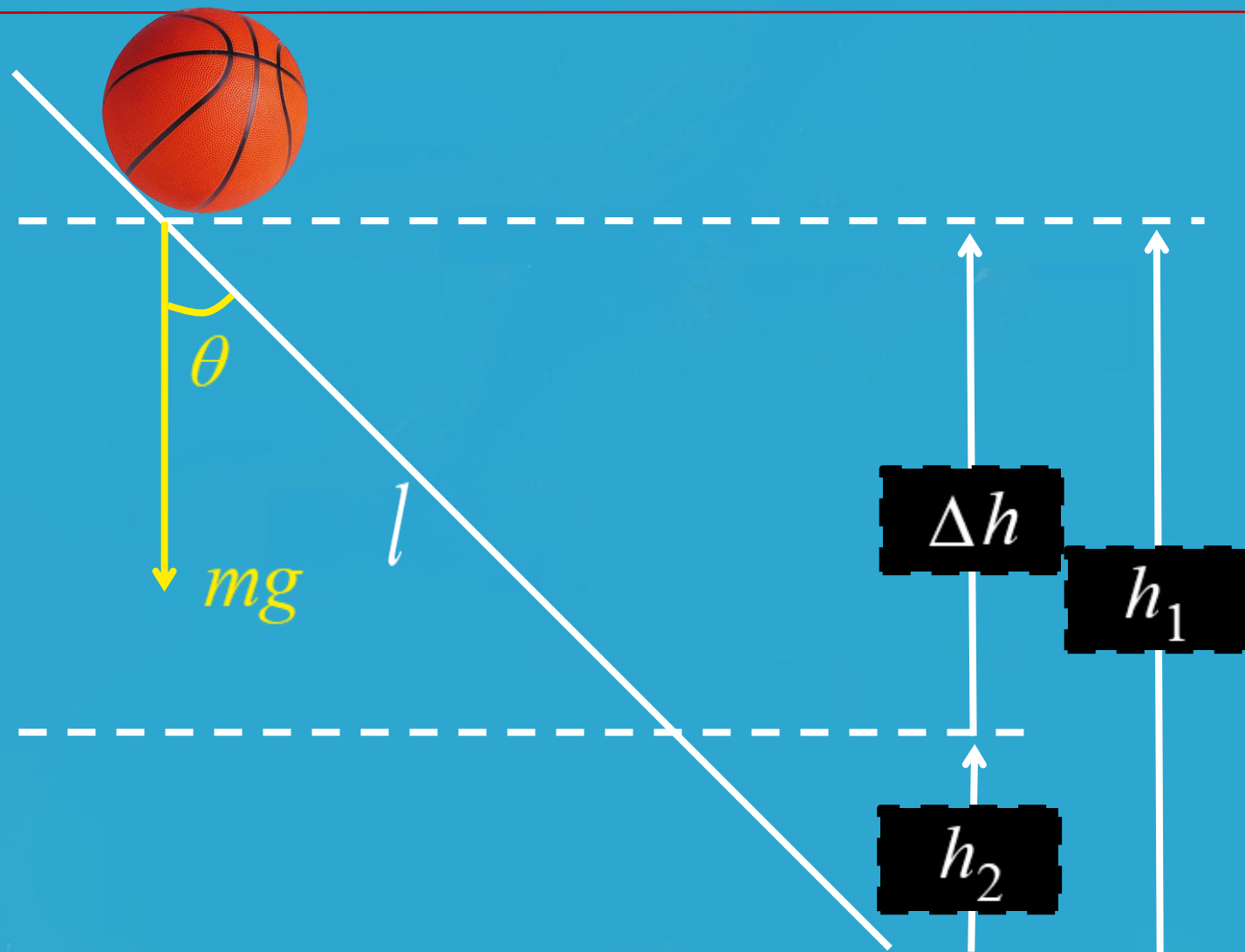


$$W_G = mg\Delta h$$
$$= mgh_1 - mgh_2$$





物体沿斜线运动

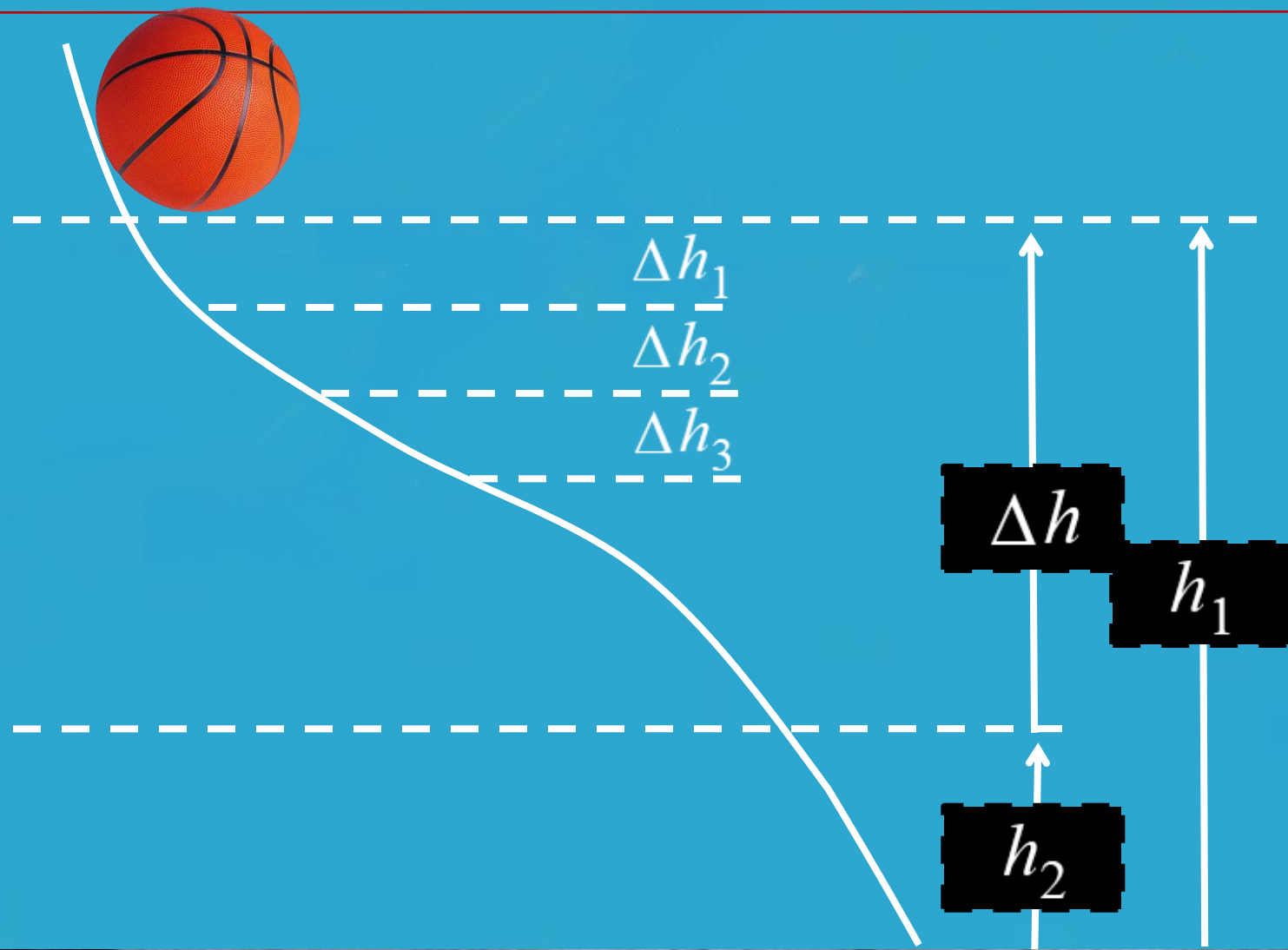


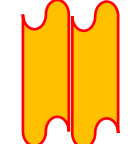
$$\begin{aligned}W_G &= mgl \cos \theta \\&= mg \Delta h \\&= mgh_1 - mgh_2\end{aligned}$$





物体沿曲线运动





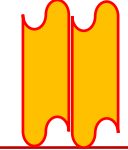
重力做功的特点

物体运动时，重力对它做的功只跟它的起点和终点的位置有关，而跟物体运动的路径无关。

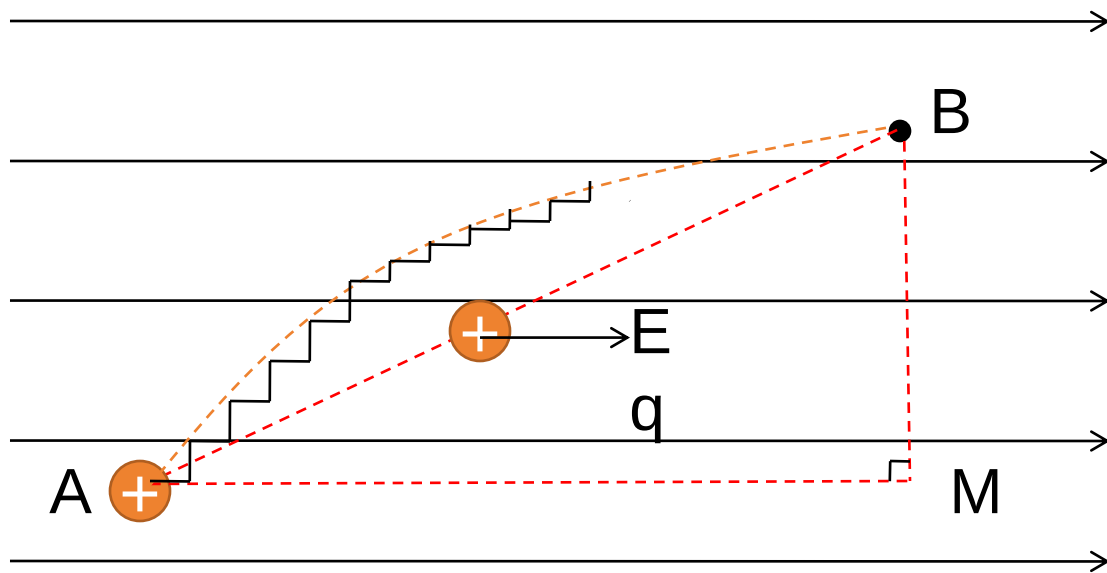
mgh 是否具有特殊意义？

重力势能的定义

$$E_p = mgh$$



一、静电力做功的特点



试一试：求电荷沿着AB、与AMB路径，电场力所做的功？

试一试：若电荷沿着AB曲线运动，此过程静电力做功为多少？

路径AB:

$$W = Fl \cos \theta = Eq|AB| \cos \theta = Eq|AM|$$

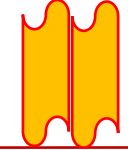
路径AMB:

$$W = W_{AM} + W_{MB} = Eq|AM| + 0 = Eq|AM|$$

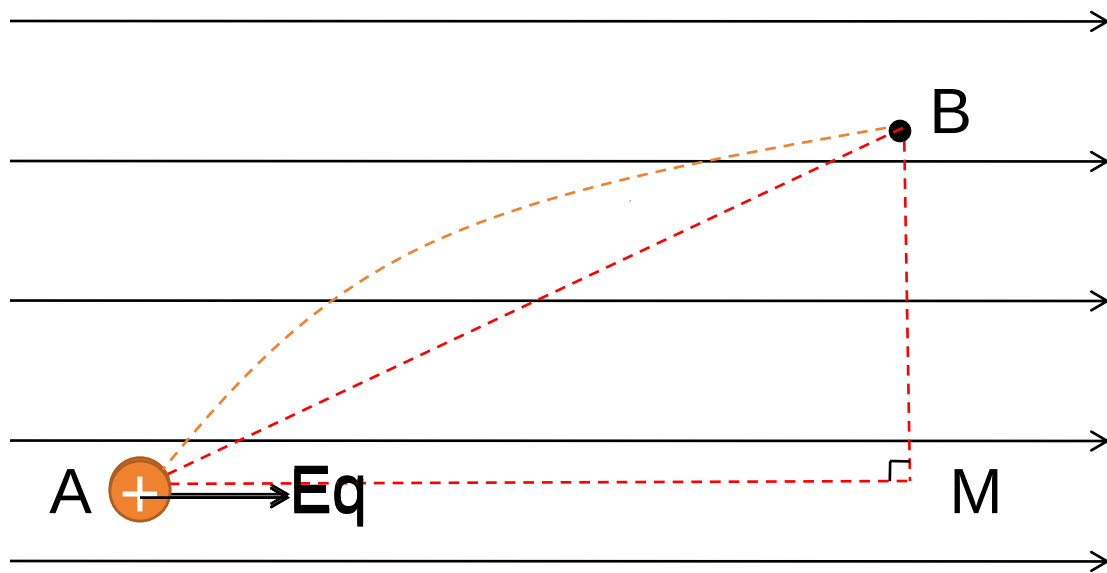
曲线AB:

将曲线AB分成无数小段，每小段中电场力做功都是电场力乘以沿电场线方向的距离，所以总功

$$W = Eq|AM|$$

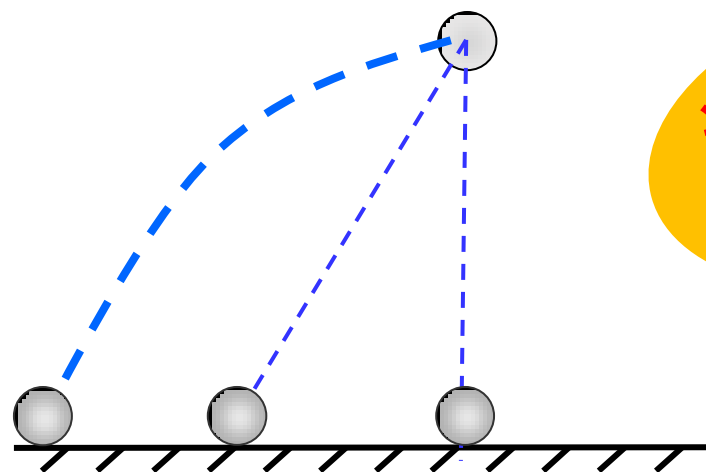


一、静电力做功的特点



结论：在匀强电场中移动电荷时，静电力所做的功与电荷的起始位置**（初）**和终止位置**（末）**有关，与电荷经过的路径无关。

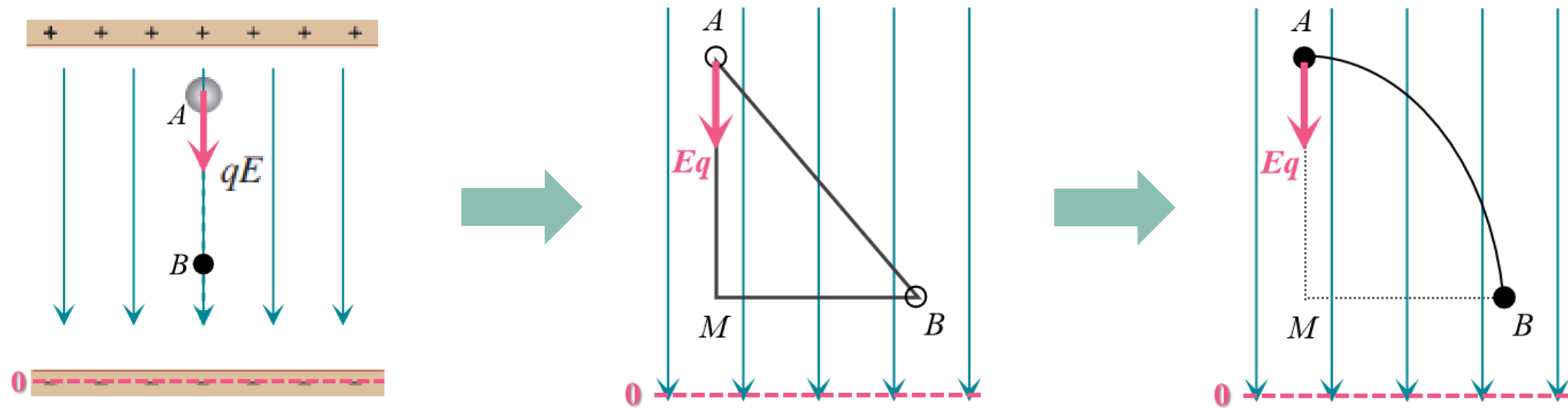
这个结论虽然是从匀强电场中推导出来，但**同样适用于非匀电场**



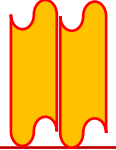
这与什么力做功相似呢？

重力做功

类比推理

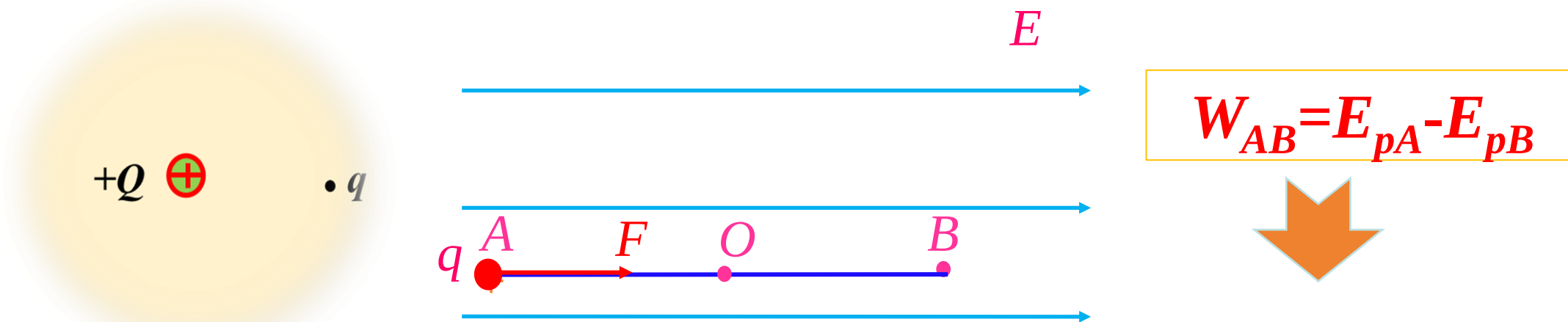


功和能量的变化密切相关，做功的过程是一个能量转化的过程，重力做功对应着重力势能的变化，那么电场力做功的过程是什么能转化为什么能呢？



二、电势能

1. 定义：电荷在电场中具有的势能叫电势能，用符号 E_p 表示。



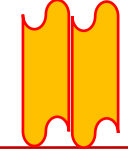
2. 电场力做功和电势能的关系 $W_{AB} = -\Delta E_{p电} = -(E_{PB} - E_{PA}) = E_{PA} - E_{PB}$

(1) 当 $W_{AB} > 0$ ，则 $E_{pA} > E_{pB}$ ，表明电场力做**正功**，电势能**减小**；

(2) 当 $W_{AB} < 0$ ，则 $E_{pA} < E_{pB}$ ，表明电场力做**负功**，电势能**增加**。

3. 电势能是**相对的**，具体数值与**零势能面**的选取有关；

通常把电荷在离场源电荷**无限远**处的电势能规定为0，或把电荷在**大地**表面的电势能规定为0。



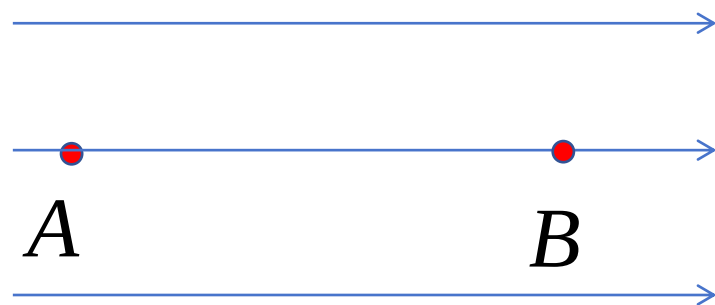
二、电势能

4. 电势能为电荷和对它作用的电场组成的系统共有。

5. 电势能是标量。

6. 电势能的大小：

如图，若A→B电场力所做功为 W_{AB}



总结：

1. 电荷在某点的电势能，等于把它从该点移动到零势能面时静电力所做的功。

2. 选择不同的零势能面，对于同一个带电体在同一点来说电势能大小是不相同的。

若以A点作为零势能面，

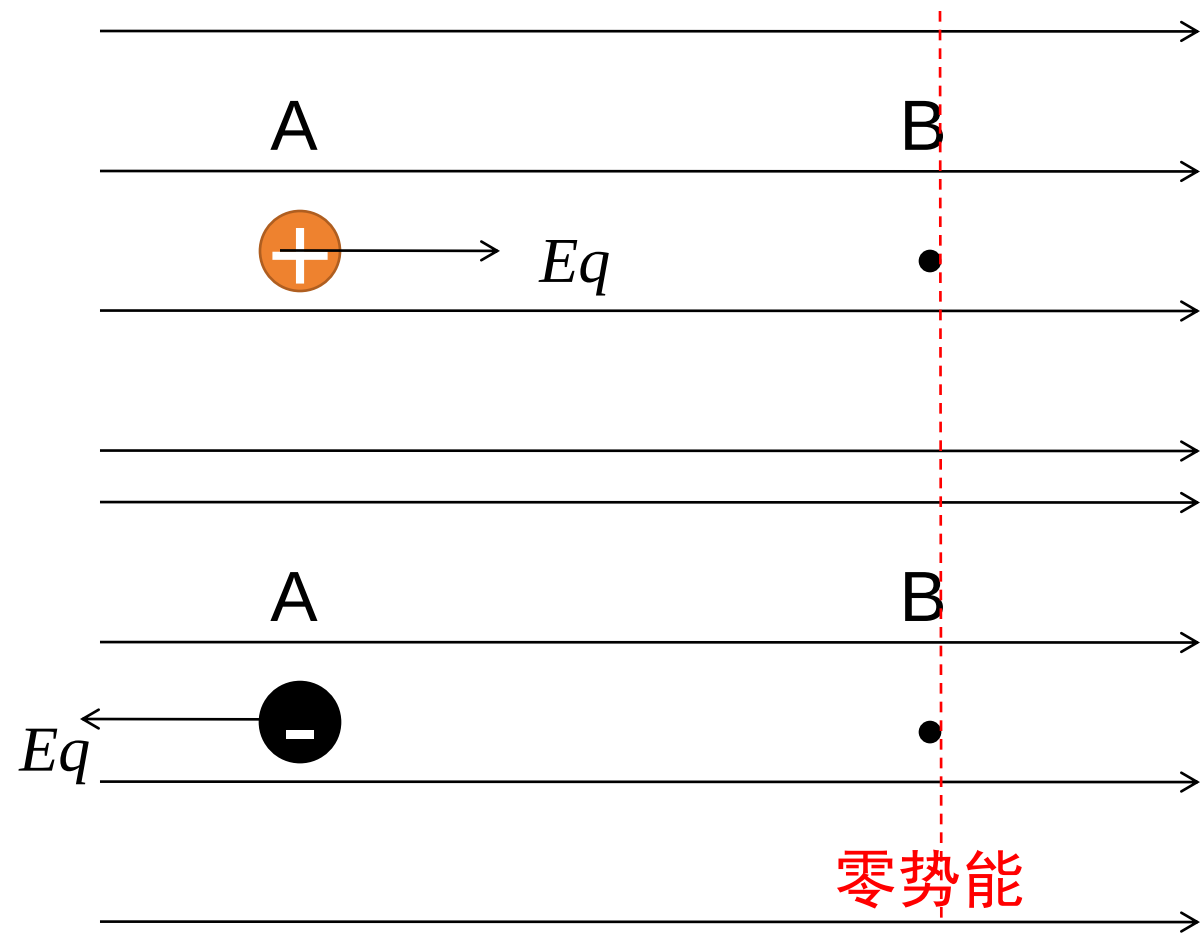
则有 $E_{PA} - E_{PB} = W_{AB}$

因 $E_{PA} = 0$ ，则 $E_{PB} = -W_{AB}$

若以B点作为零势能面，

则 $E_{PB} - 0 = W_{AB}$ 即 $E_{PB} = W_{AB}$

电势能与电荷正负的关系



正电荷在A点的电势能

$$E_{PA} = W_{AB} = Eq l > 0$$

电场力做正功，电势能减小
A点的电势能为正

负电荷在A点的电势能

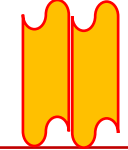
$$E_{PA} = W_{AB} = -Eq l < 0$$

电场力做负功，电势能增加
A点的电势能为负

➤ 电势能与什么有关？

电势能与电荷电性、零势能点的选取及电荷所在位置有关

有没有物理量可以表征电场本身，与电荷无关？



三、电势

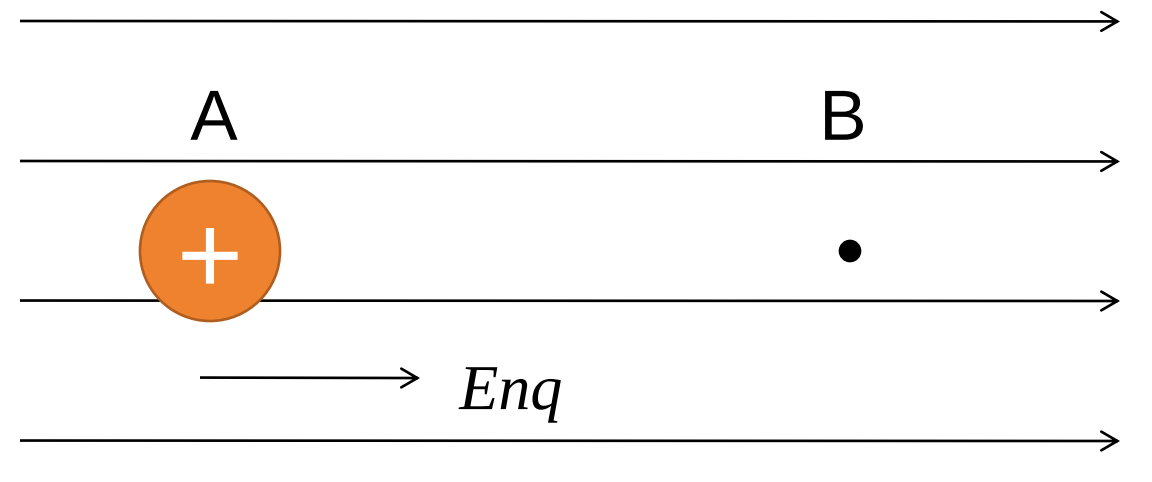


Diagram illustrating the relationship between electric field strength E and electric potential φ in a uniform electric field. A positive charge is located at point A, and the electric field E points to the right. Point B is further along the field line. The work done by the field on a charge q moving from A to B is $W_{AB} = Eq l$. The electric potential energy of charge q at A is $E_{PA} = W_{AB} = Eq l$. For a larger charge nq , the work done is $W'_{AB} = Enq l$ and the electric potential energy at A is $E'_{PA} = W'_{AB} = Enq l$. The ratio of the electric potential energy to the charge is constant: $\frac{E'_{PA}}{nq} = \frac{E_{PA}}{q}$.

正电荷 q 在 A 点的电势能

$$E_{PA} = W_{AB} = Eq l$$

正电荷 nq 在 A 点的电势能

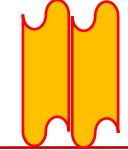
$$E'_{PA} = W'_{AB} = Enq l = nW_{AB} = nE_{PA}$$
$$\frac{E'_{PA}}{nq} = \frac{E_{PA}}{q}$$

电势： 电荷在电场中某点的电势能与电荷量之比

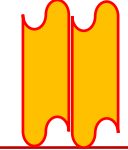
$$\varphi = \frac{E_p}{q}$$

(计算时要代入**正负号**)

在国际单位制中，电势的单位是伏特（V）， $1V=1J/C$

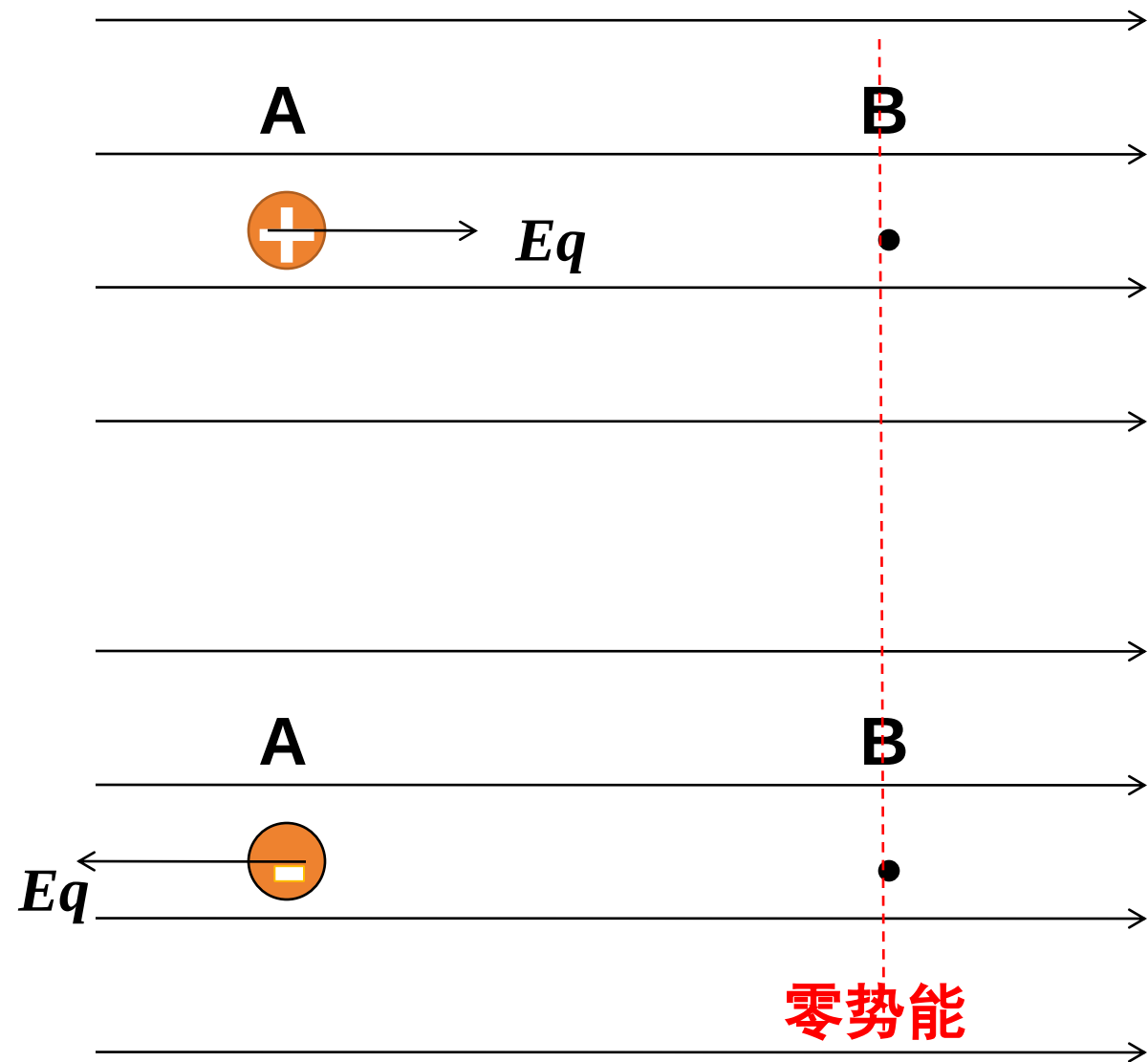


例1. 电荷量 q_1 为 $4 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的试探电荷放在电场中的 A 点，具有 $6 \times 10^{-8} \text{ J}$ 的电势能。 A 点的电势是多少？若把 q_2 为 $-2 \times 10^{-10} \text{ C}$ 的试探电荷放在电场中的 A 点， q_2 所具有的电势能是多少？



(牢记)电势的变化

电势的大小仅仅与位置有关（由场源电荷决定），沿电场线方向电势逐渐降低！



正电荷从A点移动到B点

$$W_{AB} = E_{PA} - E_{PB} > 0$$

$$\Rightarrow E_{PA} > E_{PB}, q > 0$$

$$\varphi = \frac{E}{q} \Rightarrow \varphi_A > \varphi_B$$

沿电场线方向，电势降低

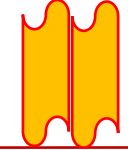
负电荷从A点移动到B点

$$W_{AB} = E_{PA} - E_{PB} < 0$$

$$\Rightarrow E_{PA} < E_{PB}, q < 0$$

$$\varphi = \frac{E}{q} \Rightarrow \varphi_A > \varphi_B$$

沿电场线方向，电势降低



例2. 回答下列题目后小结：如何根据试探电荷的电势能来判断电场中两点电势的高低？

(1) $+q$ 在 A 点的电势能比在 B 点的大， A 、 B 两点哪点电势高？

(2) $-q$ 在 C 点的电势能比在 D 点的大， C 、 D 两点哪点电势高？

(3) q 在 E 点的电势能为负值， $-q$ 在 F 点的电势能是负值， E 、 F 两点哪点电势高？



课堂小结

一、静电力做功的特点：

- 静电力所做的功与电荷的起始位置和终止位置有关，与电荷经过的路径无关

二、电势能：

- 电荷在电场中具有与位置有关的能量，称为电势能，用 E_p 表示
- 电荷在电场中某点的电势能，等于将该电荷移动到零势能点，电场力做的功

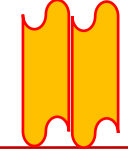
三、电势：

- 电荷在电场中某一点的电势能与它的电荷量的之比，叫作电场在这一点电势

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

(计算时要代入正负号)

- 沿电场线方向，电势越来越低



练习1. 一个电场中有 A 、 B 两点，电荷量 q_1 为 $2 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的试探电荷放在电场中的 A 点，具有 $-4 \times 10^{-8} \text{ J}$ 的电势能； q_2 为 $-3 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的试探电荷放在电场中的 B 点，具有 $9 \times 10^{-8} \text{ J}$ 的电势能。现把 q_3 为 $-5 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的试探电荷由 A 点移到 B 点，静电力做正功还是负功？数值是多少？