

物理Ⅱ

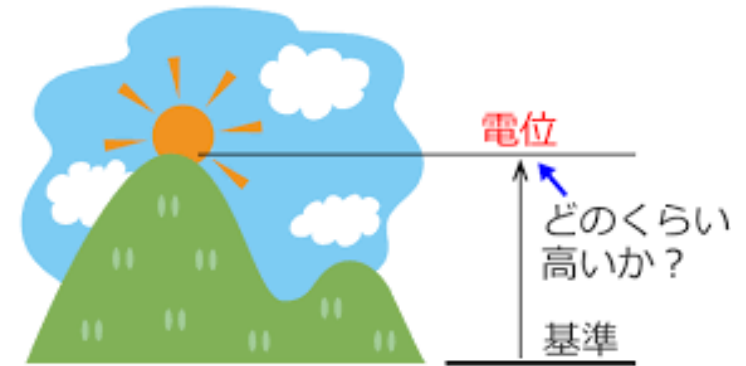
後期 第4回 電磁気
電位

教科書 p 30 - 36

今日の内容

電位は「高さ」のイメージ

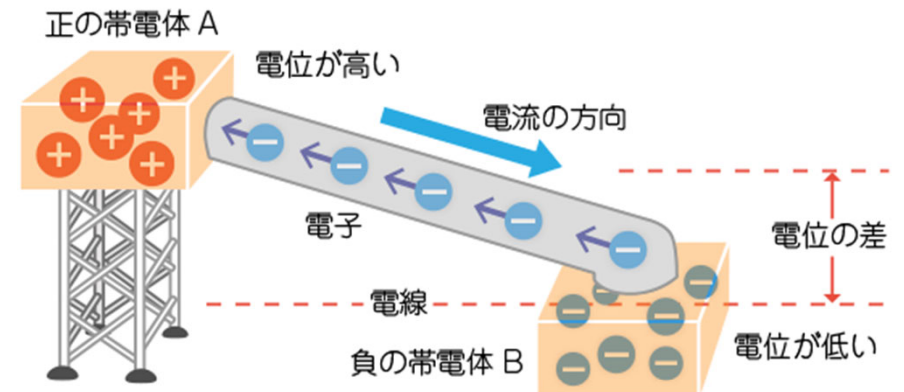
電位は仮想的な「高さ」



電位のイメージ

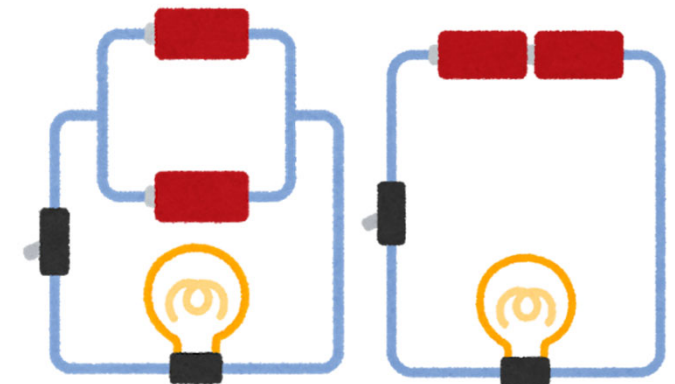
電位は位置エネルギーのこと

電気力は保存力で位置エネルギーを考えることができる。重力による位置エネルギーから電気力による位置エネルギーを考え、電位を定義し、一様電場における電位について考える。



※電子と電流の方向については「電流の向き」を指す
北海道電気保安協会

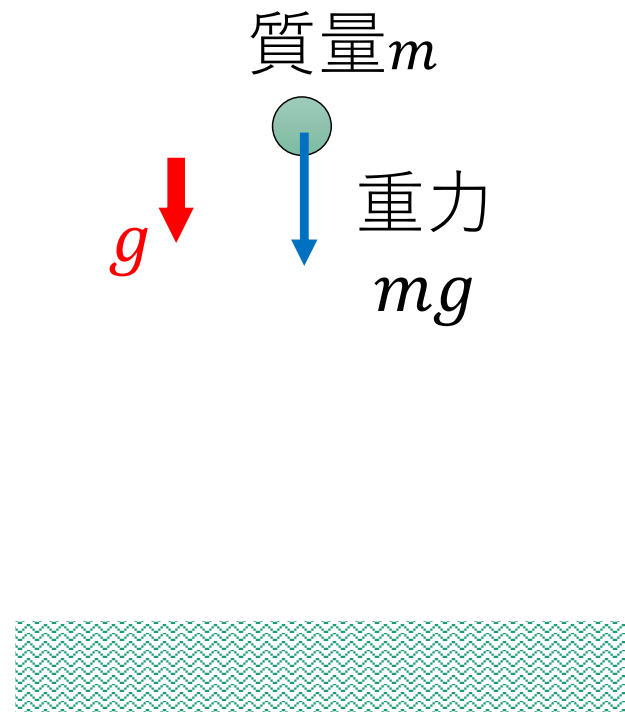
電場は + 1 C に働く電気力
電位は + 1 C あたりの位置エネルギー



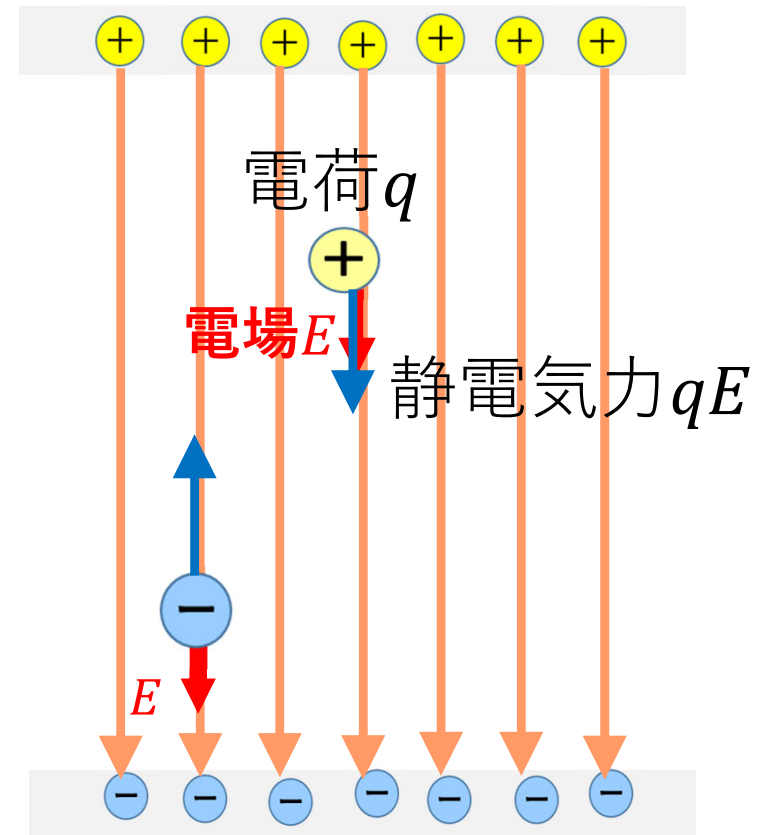
どっちが明るい？

重力と一様電場

重力



一様電場 E



重力による位置エネルギー

基準点からの高さ h にある物体は、
次の位置エネルギーをもつ

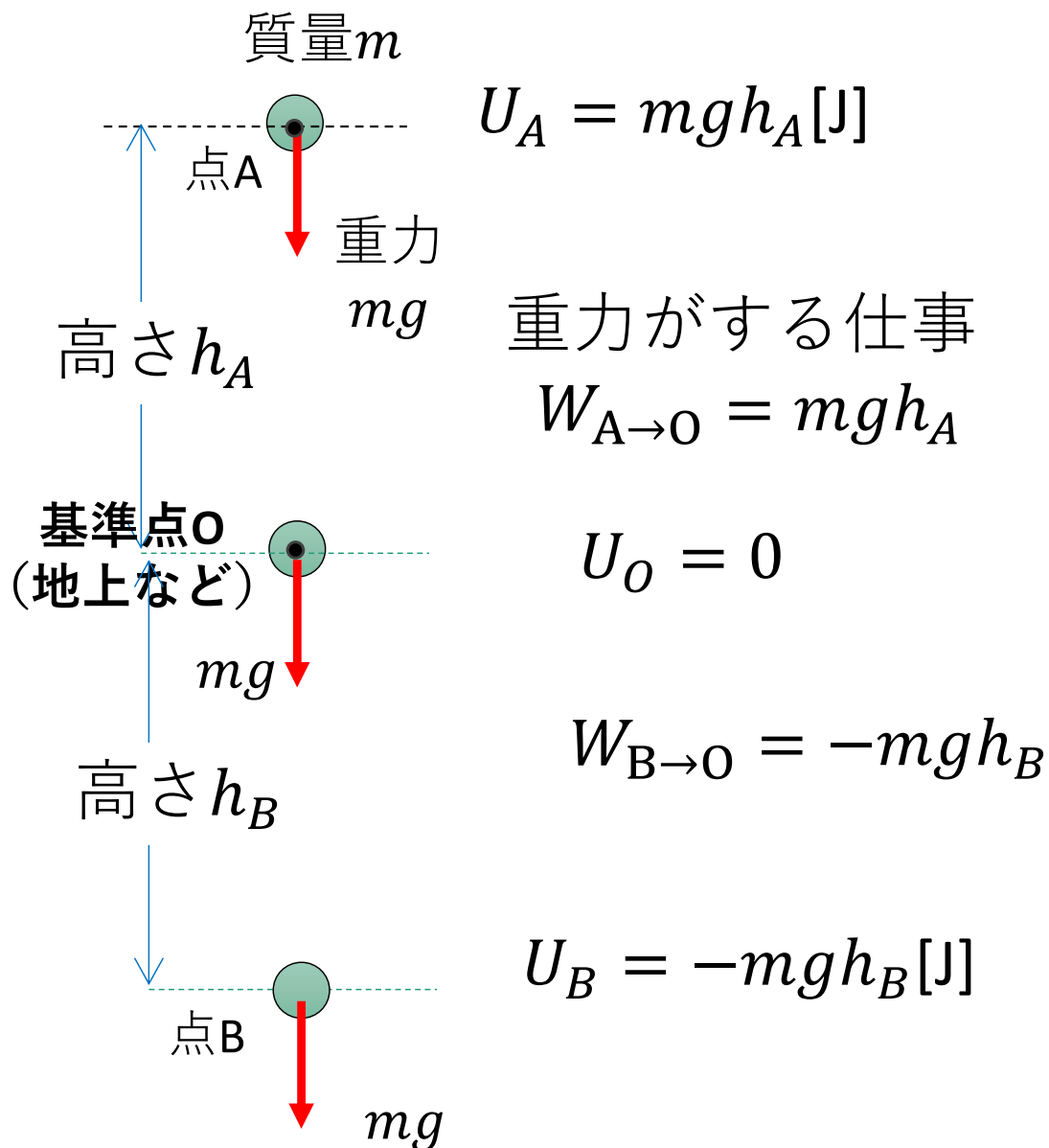
$$U = mgh$$

点Aの位置エネルギー

$$U_A = mgh_A = W_{A \rightarrow O}$$

点Bの位置エネルギー

$$U_B = -mgh_B = W_{B \rightarrow O}$$



静電気力による位置エネルギー

一様電場中で、基準点から距離 d にある電荷は次の位置エネルギーを持つ

$$U = qEd \text{ [J]}$$

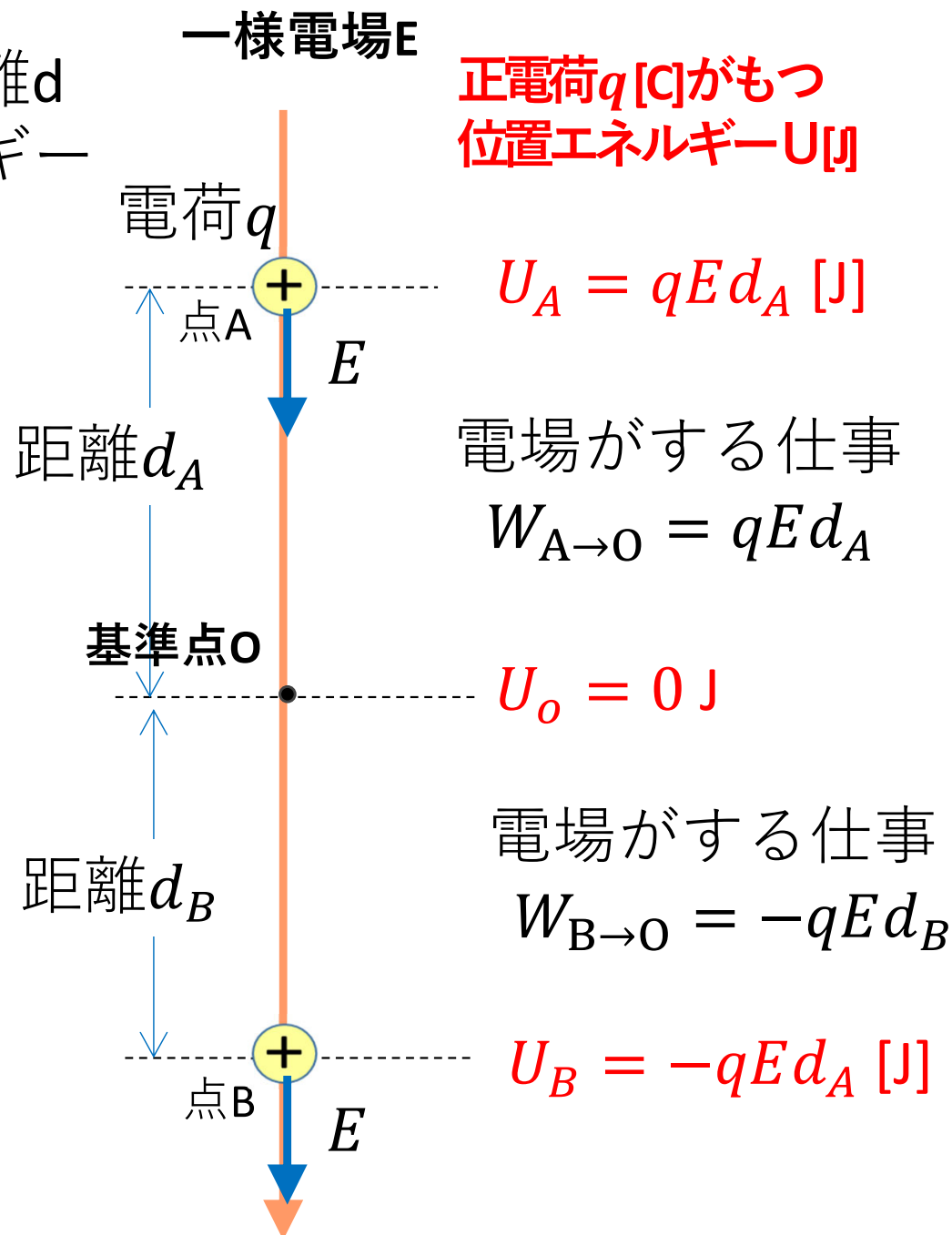
※一様電場の場合

点Aでの位置エネルギー

$$U_A = qEd_A = W_{A \rightarrow O}$$

点Bでの位置エネルギー

$$U_B = -qEd_B = W_{B \rightarrow O}$$



電位

$$V = \frac{U}{q}$$

単位 $\text{J/C} = \text{V}$ (ボルト)

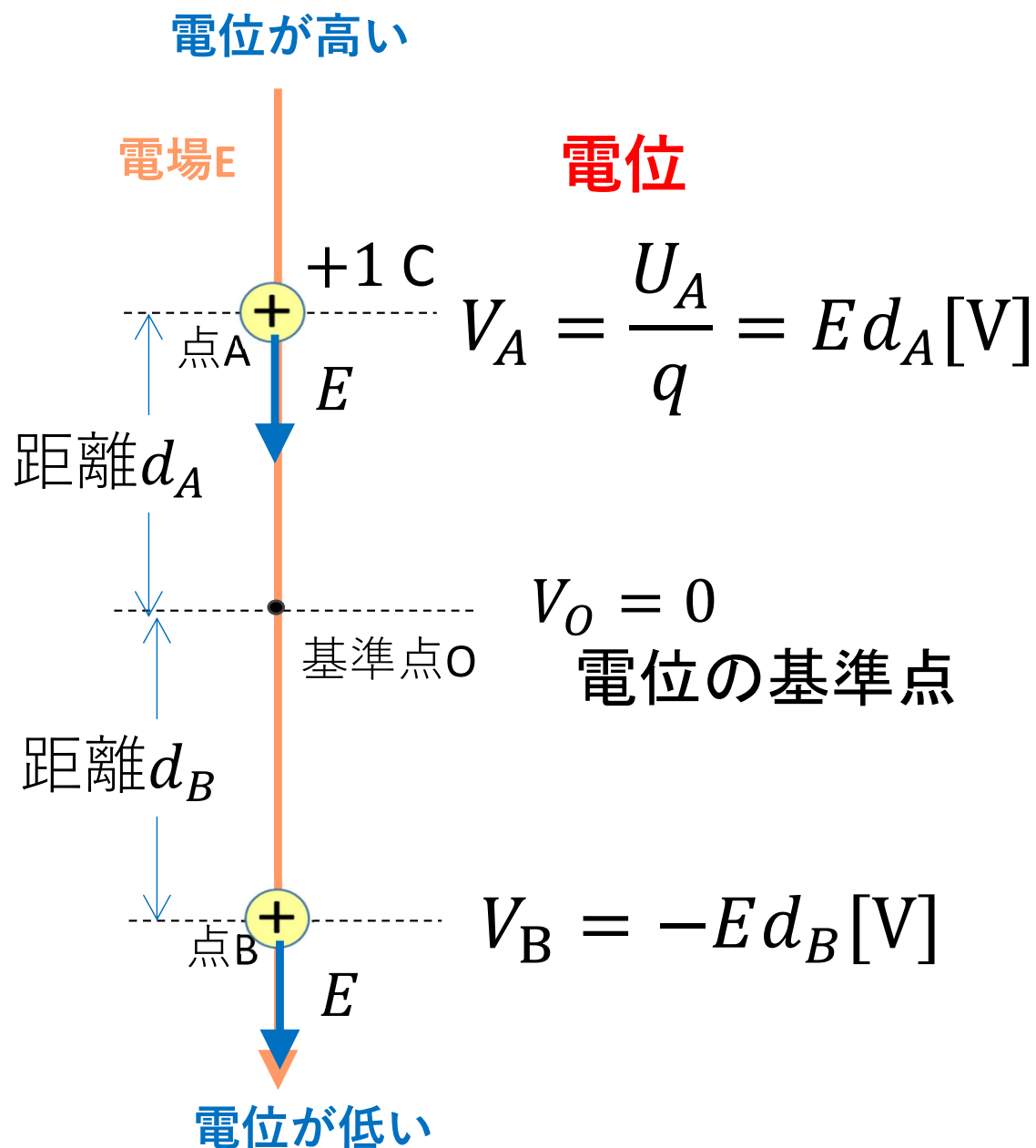
電気量に関係なく位置で決まる

電位 は電荷 $+1 \text{ C}$ が持つ
位置エネルギーに等しい

一様電場中で、基準点から
距離 d の点の電位は

$$V = Ed \text{ [V]}$$

※一様電場の場合



例題 1 を解きましょう

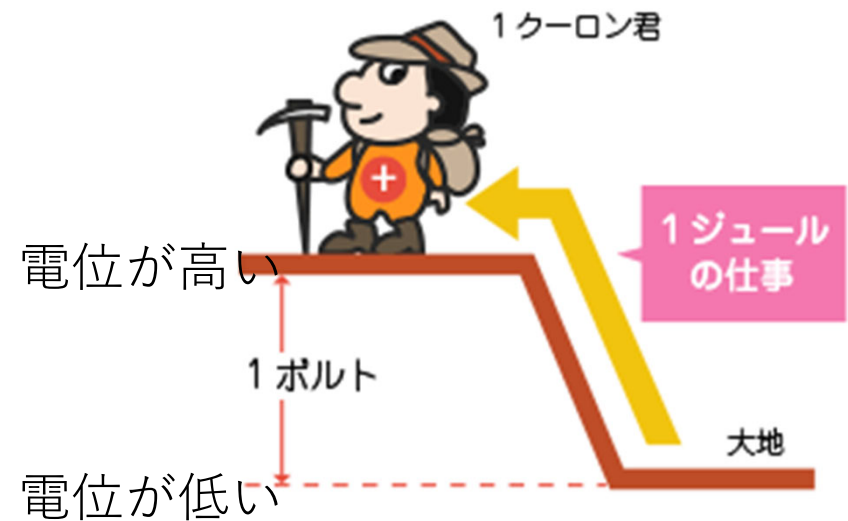
例題1 電位

- (1) 電場中の点Aから基準点まで電荷 $+1 \text{ C}$ が移動した。
電場のした仕事が 1 J であるとき、点Aの電位はいくらか。

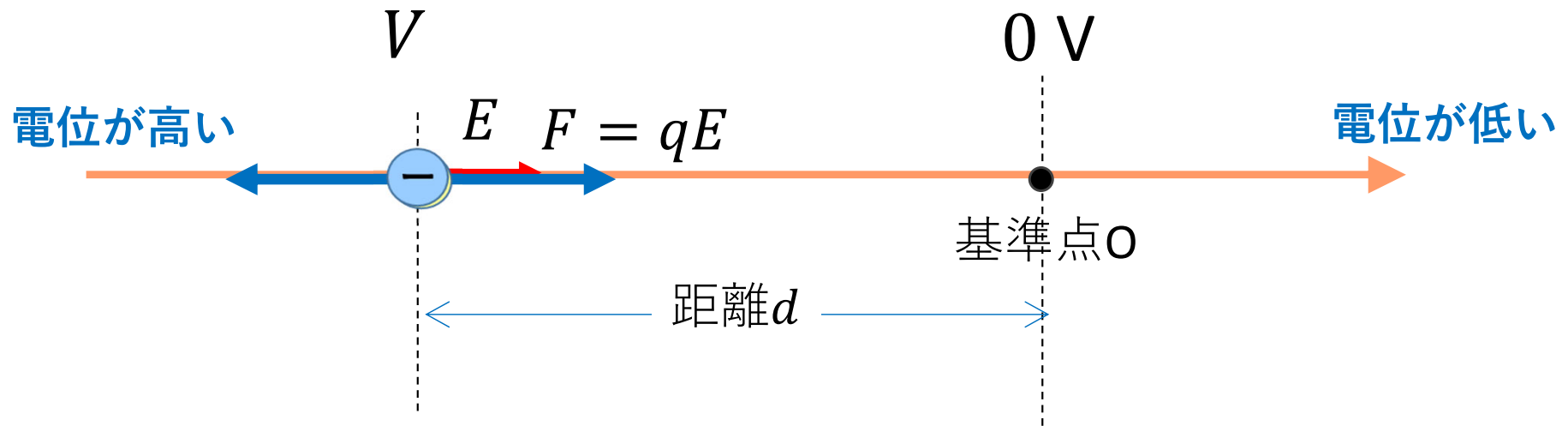
例題 1 解答例

$$(1) W_{A \rightarrow O} = U_A = qV_A$$

$$V_A = \frac{W_{A \rightarrow O}}{q} = \frac{1 \text{ J}}{+1 \text{ C}} = 1 \text{ V}$$



電位と位置エネルギー



位置エネ
ルギー

電位 V の点に
正電荷 $+q$ を置いたとき

$$U = qV$$

負電荷 $-q$ を置いたとき

$$U = -qV$$

図のような一様電場中では

$$U = qEd$$

$$U = -qEd$$

例題2 電位と位置エネルギー

- (1) 電位 5.0 V の点Aに $q_1 = +3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ の正電荷があるとき、位置エネルギーはいくらか。また、電荷 q_1 を取り除いて点Aに $q_2 = -2.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ の負電荷がを置いたとき、位置エネルギーはいくらか。
- (2) $8.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ の正電荷が $3.2 \times 10^{-5} \text{ J}$ の位置エネルギーをもつとき、その点の電位はいくらか。

例題2 解答例

$$(1) \quad U_1 = q_1 V_A = 3.0 \times 10^{-5} \cdot 5.0 = 1.5 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$$U_2 = q_2 V_A = -2.0 \times 10^{-5} \cdot 5.0 = -1.0 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$$(2) \quad V = \frac{U}{q} = \frac{3.2 \times 10^{-5}}{8.0 \times 10^{-6}} = 4.0 \text{ V}$$

静電気力と仕事、電位差

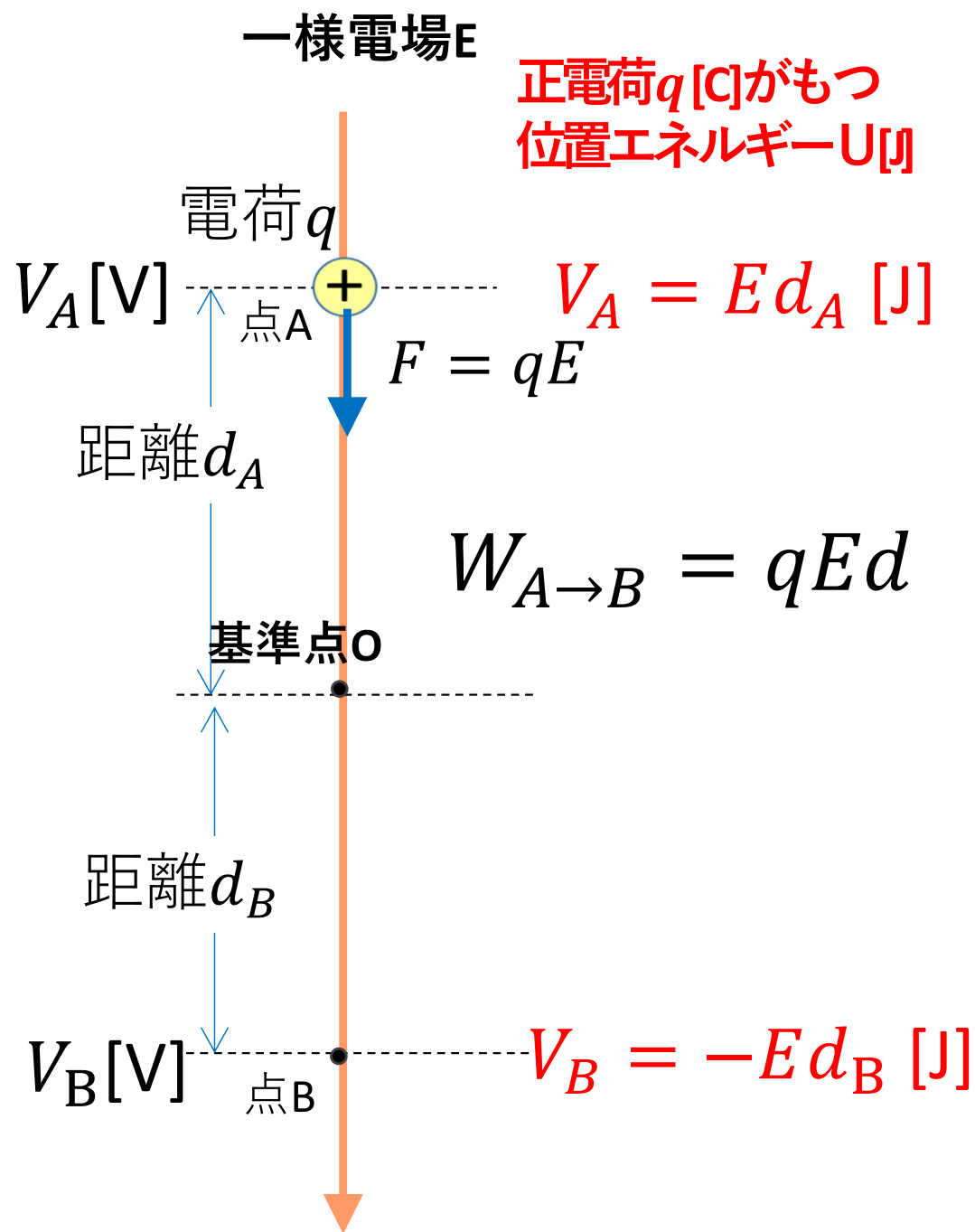
$$U_A - U_B$$

$$= q(V_A - V_B)$$

電位差

$$= W_{A \rightarrow B}$$

電荷 q が点Aから点Bへ
移動したときの電場が
した仕事



例題3を解きましょう

例題3

一様電場

演習プリント4-B[4]

鉛直上向きに y 軸に沿って下向きの一様な電場があり、その強さは $E = 5.0 \text{ V/m}$ である。 $y = 0.30, -0.20 \text{ m}$ に点A, 点Bがある。ただし、原点Oの電位を 0 V とする。

- (1) 点A, 点Bの電位はいくらか。
- (2) $+2.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ の電荷を点Aに置いたら点Bまで移動した。電場がした仕事を求めよ。

例題3 解答例

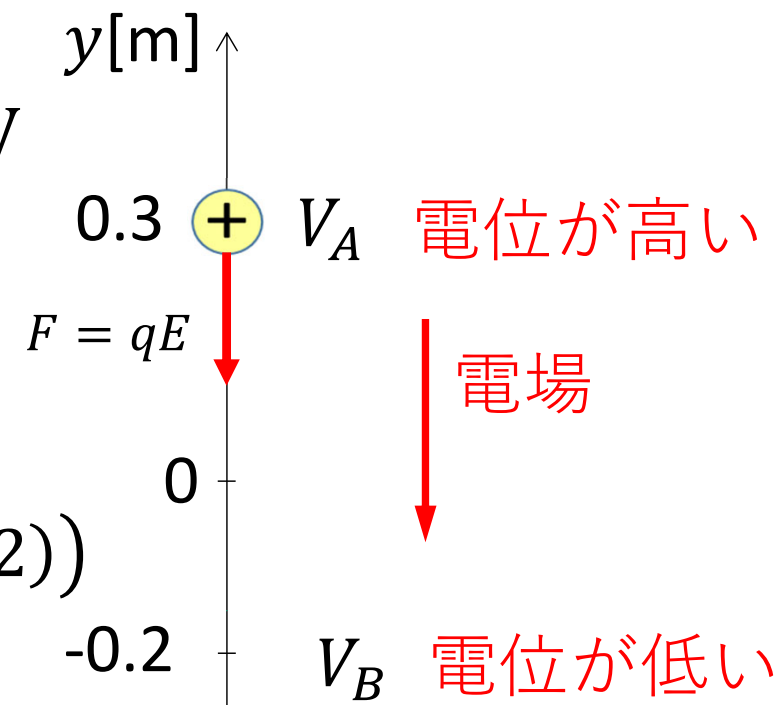
(1) 一様電場の電場と電位の関係式 $V = Ed$ を使う。

$$V_A = 5.0 \text{ V/m} \cdot 0.30 \text{ m} = 1.5 \text{ V}$$

$$V_B = 5.0 \text{ V/m} \cdot (-0.20 \text{ m}) = -1.0 \text{ V}$$

(2) 電場がした仕事

$$\begin{aligned} W_{A \rightarrow B} &= Fd = qEd \\ &= +2.0 \times 10^{-7} \cdot 5.0 \cdot (0.3 - (-0.2)) \\ &= 5.0 \times 10^{-7} \text{ J} \end{aligned}$$

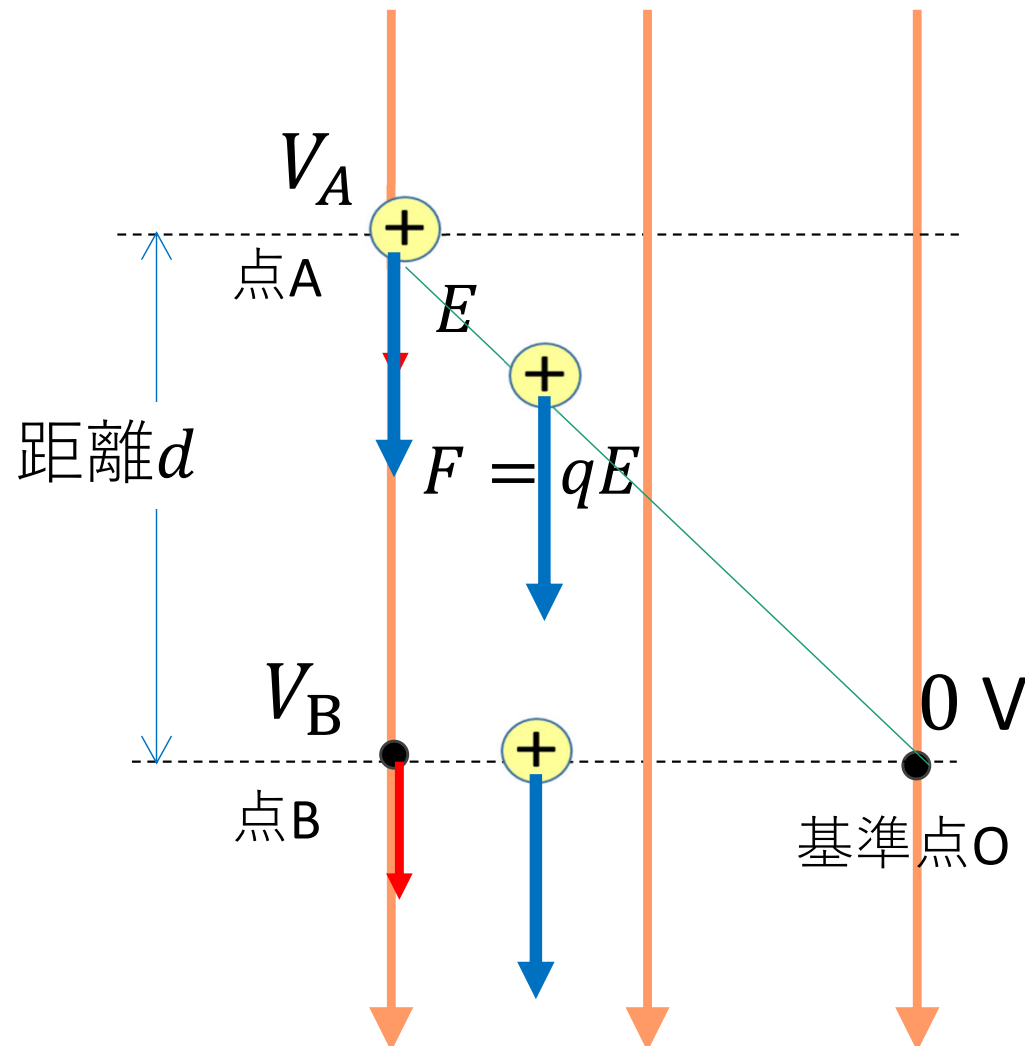


または

$$W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B) = +2.0 \times 10^{-7} \cdot (1.5 - (-1.0)) = 5.0 \times 10^{-7} \text{ J}$$

静電気力と仕事、等電位面

静電気力のする仕事は途中の経路によらず一定



$$W_{B \rightarrow O} = q(V_B - V_O) \text{ より}$$

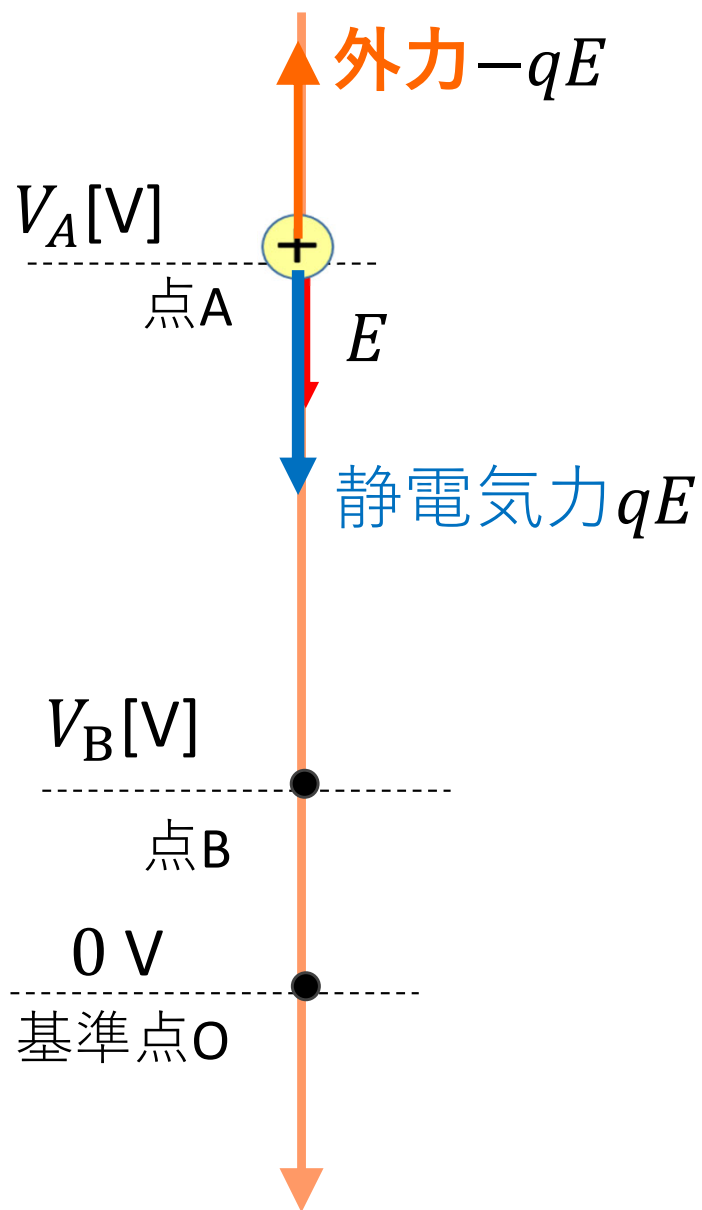
$$0 = q(V_B - 0) \text{ から}$$

$$V_B = 0 \text{ V}$$

$$W_{A \rightarrow O} = W_{A \rightarrow B} + W_{B \rightarrow O} \text{ より}$$

$$q(V_A - 0) = qEd + 0 \text{ から}$$

$$V_A = Ed [\text{V}]$$



外力のする仕事

$$\begin{aligned}
 W'_{A \rightarrow B} &= -W_{A \rightarrow B} \\
 &= U_B - U_A = q(V_B - V_A)
 \end{aligned}$$

例題4を解きましょう

例題4

仕事と電位

- (1) 点Aに置かれた $4.2 \times 10^{-8}\text{C}$ の正電荷が、点Aよりも電位が15V低い点Bまで移動した。電場がした仕事はいくらか。
- (2) 電場の中で位置エネルギー $3.6 \times 10^{-7}\text{J}$ の点Aから位置エネルギー $2.4 \times 10^{-7}\text{J}$ の点Bまで $3.0 \times 10^{-9}\text{C}$ の正電荷を外力を加えてゆっくり運んだ。このとき、外力がした仕事、電場がした仕事、AB間の電位差をそれぞれいくらか。

例題4 解答例

(1) A点の電位よりB点は15V低いので、

$$W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B) = 4.2 \times 10^{-8} \cdot 15 = 6.3 \times 10^{-7} \text{ J}$$

(2) 外力がした仕事

$$W'_{A \rightarrow B} = U_B - U_A = 2.4 \times 10^{-7} - 3.6 \times 10^{-7} = -1.2 \times 10^{-7} \text{ J}$$

電場がした仕事

$$W_{A \rightarrow B} = U_A - U_B = 3.6 \times 10^{-7} - 2.4 \times 10^{-7} = 1.2 \times 10^{-7} \text{ J}$$

$$\text{電位差は } V_A - V_B = \frac{U_A - U_B}{q} = \frac{1.2 \times 10^{-7}}{3.0 \times 10^{-9}} = 40 \text{ V}$$

$V_A > V_B$ よりAの方が電位が高い