

物理Ⅱ

後期 第5回 電磁気

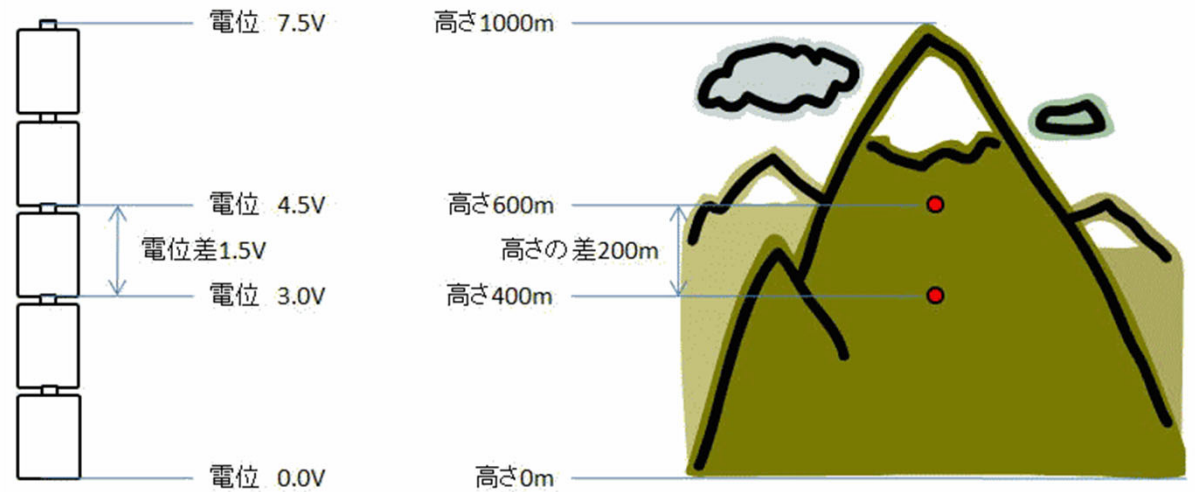
電場・電位と位置エネルギー

教科書 p 34-39

今日の内容

点電荷による 電位と位置エネルギー

電位の基準点 ($V=0$)



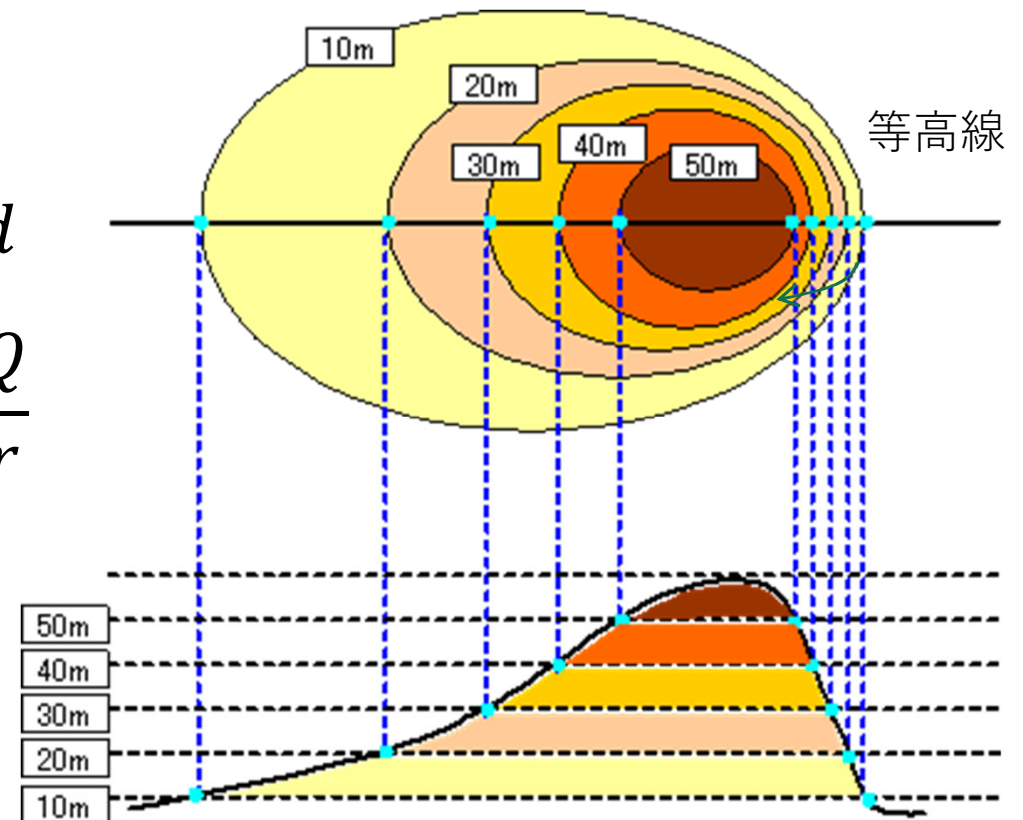
点電荷による電場と一様電場との違い

電場
一様電場 E 一定

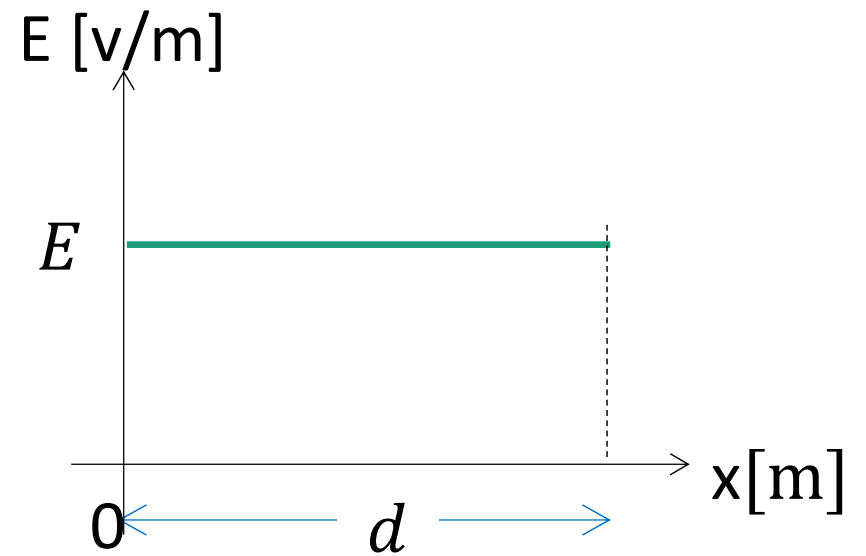
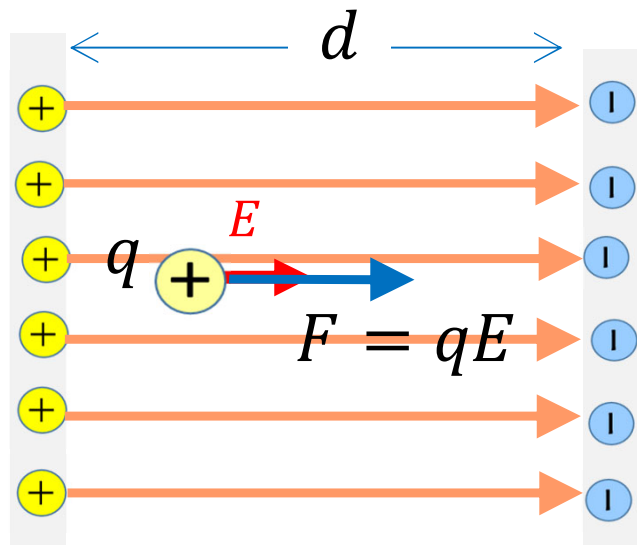
点電荷 $E = k \frac{Q}{r^2}$

電位
 $V = Ed$
 $V = k \frac{Q}{r}$

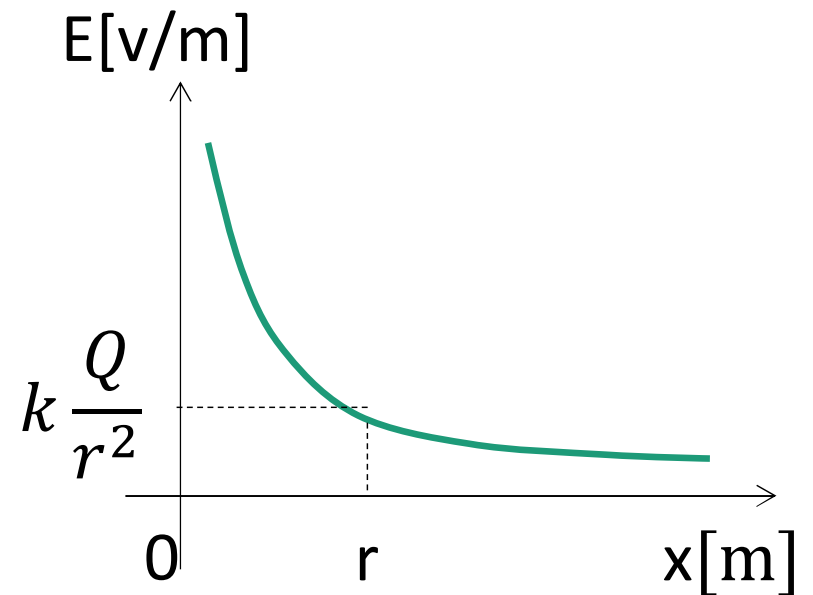
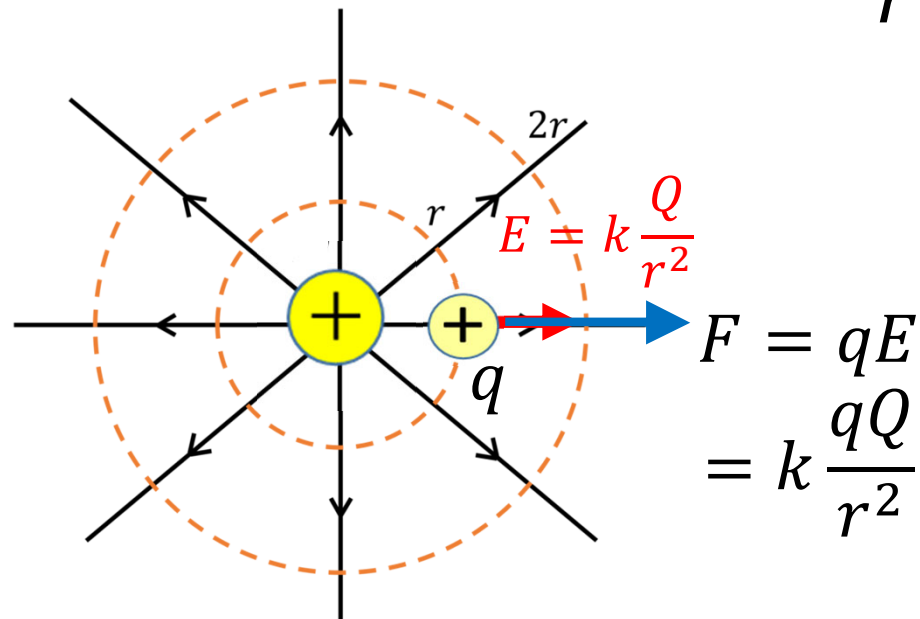
点電荷のつくる等電位面



一様電場 E 一定



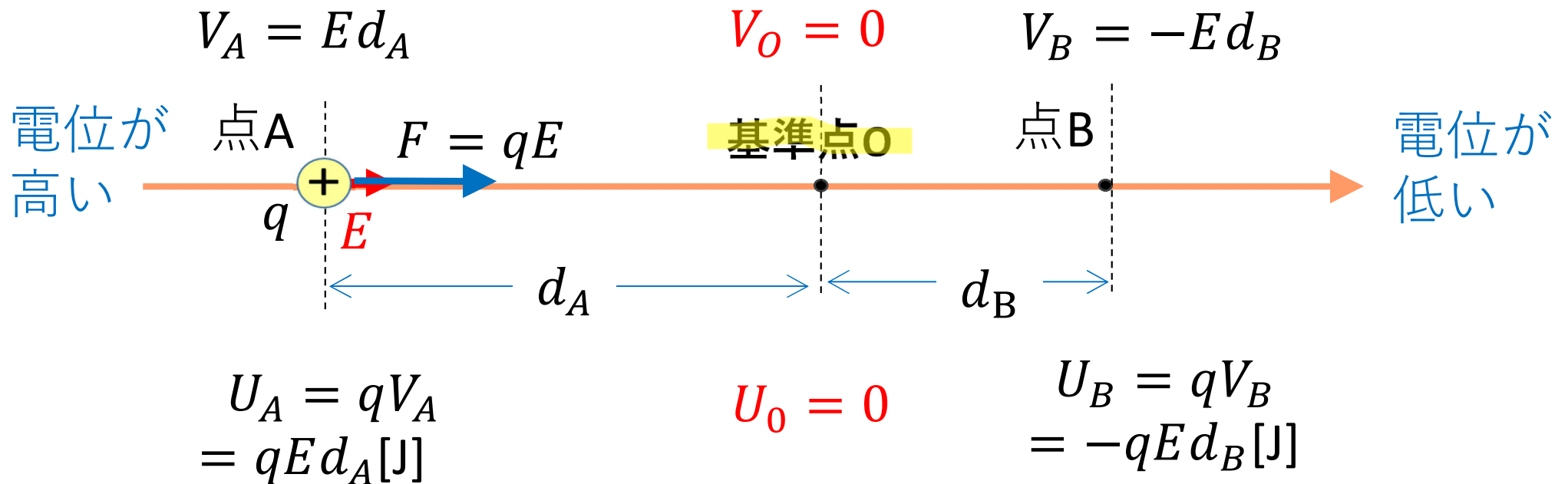
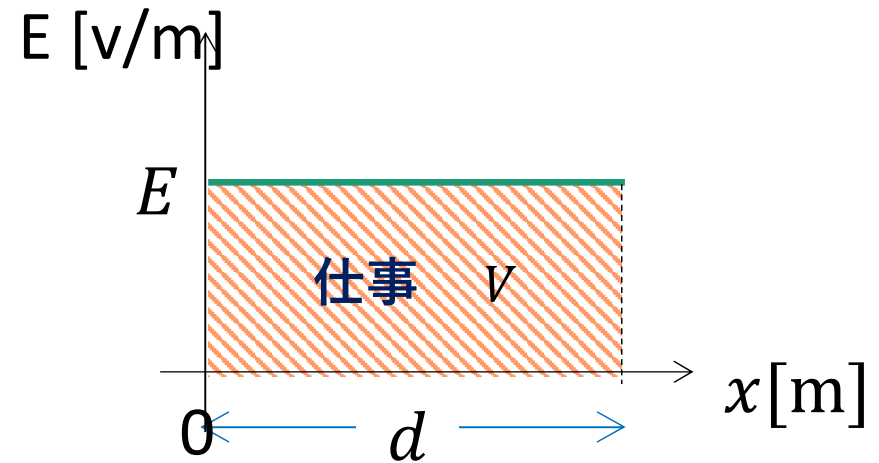
点電荷による電場 $E = k \frac{Q}{r^2}$



一様電場

電場 E [V/m] 一定

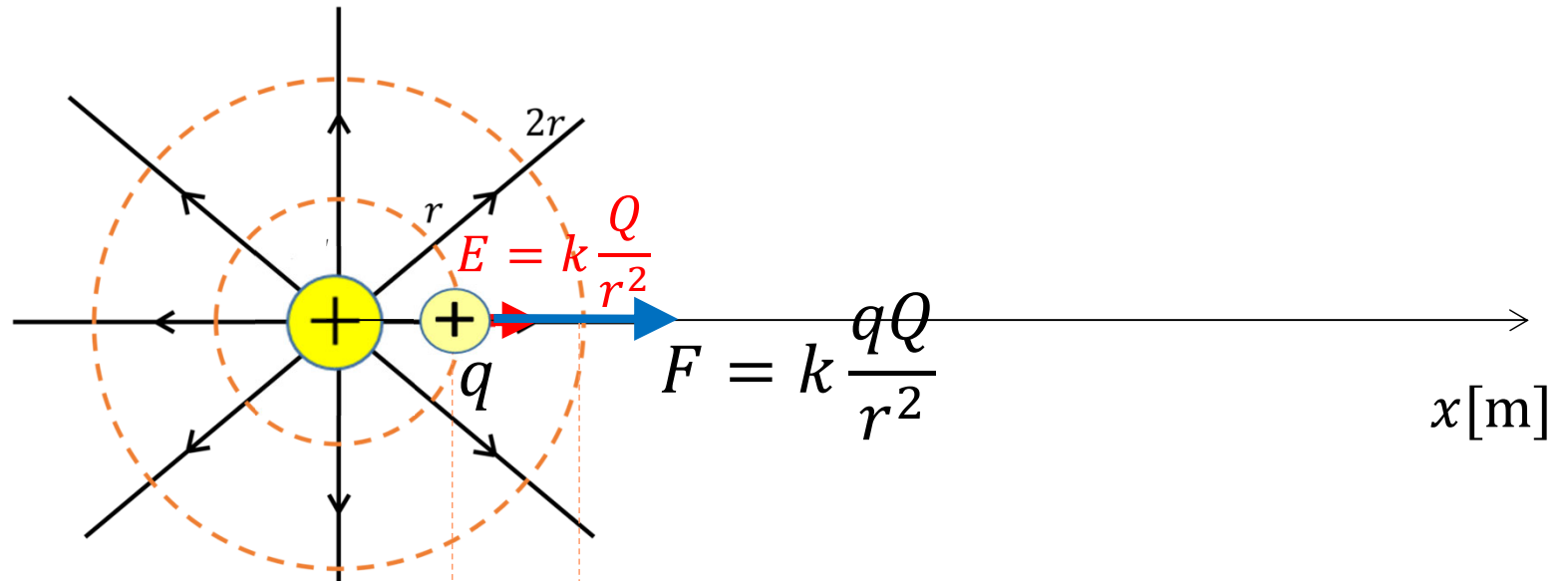
電位 $V = Ed$



点電荷による電場

電場

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

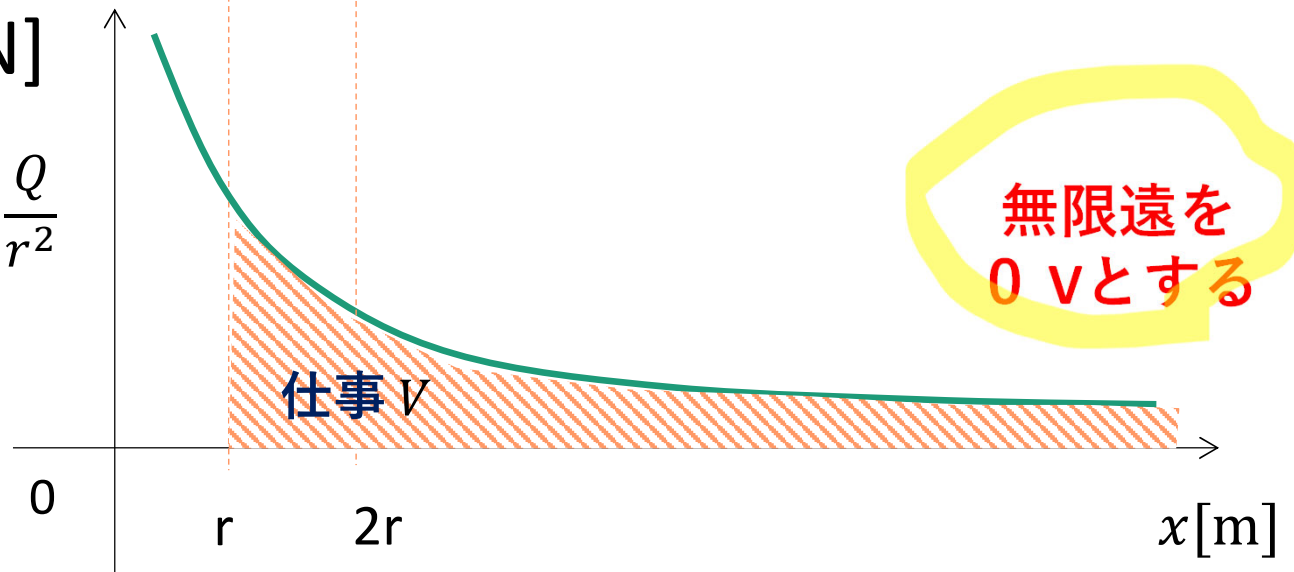


電位

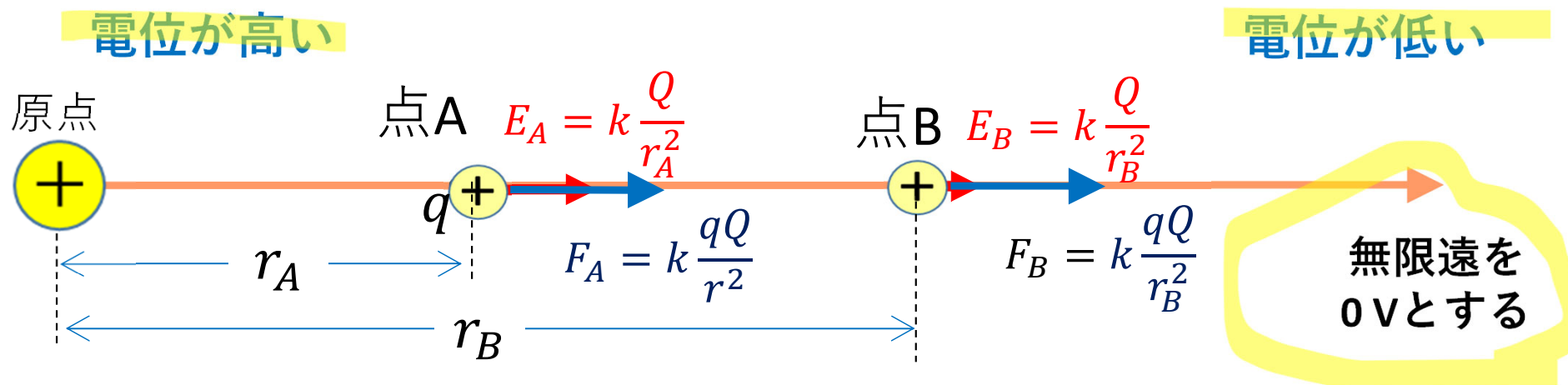
$$V = k \frac{Q}{r}$$

$E[\text{N}]$

$$k \frac{Q}{r^2}$$



- ・ 原点に $Q > 0$ の正電荷があるとき



電位

$$V_A = k \frac{Q}{r_A} > 0$$

$$V_B = k \frac{Q}{r_B} > 0$$

$$V_O = 0$$

電荷 q のもつ
位置エネルギー

$$U_A = qV_A = k \frac{qQ}{r_A} > 0$$

$$U_B = k \frac{qQ}{r_B} > 0$$

$$U_O = 0$$

例題 1 を解きましょう

例題 1

演習プリント 5 -B [1] (1)(2)

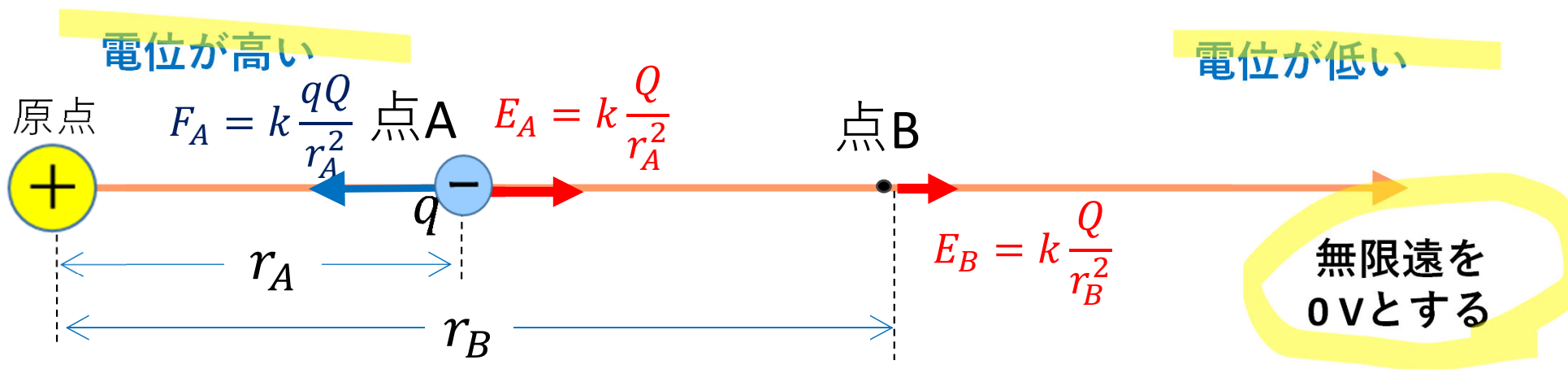
真空中で、原点に $+4.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ がある。無限遠の電位を 0 V とする。

- (1) 原点から 0.20 m に点Pの電位はいくらか。
- (2) 点Pに $+2.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ の正電荷を置いたとき、位置エネルギーはいくらか。

例題 1 解答例

$$(1) \quad V = k \frac{Q}{r} = 9.0 \times 10^9 \cdot \frac{+4.0 \times 10^{-8}}{0.20} = 1.8 \times 10^3 \text{ V}$$

$$(2) \quad U = qV = 2.0 \times 10^{-9} \cdot 1.8 \times 10^3 = 3.6 \times 10^{-6} \text{ J}$$



電位

$$V_A = k \frac{Q}{r_A} > 0$$

$$V_B = k \frac{Q}{r_B} > 0$$

$$V_O = 0$$

電荷 q のもつ
位置エネルギー

$$U_A = qV_A = k \frac{qQ}{r_A} < 0$$

$$U_B = k \frac{qQ}{r_B} < 0$$

$$U_O = 0$$

例題 1 つづき

演習プリント 5 -B [1](3)

真空中で、原点に $+4.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ がある。無限遠の電位を 0 V とする。

(3) (2)の電荷を取り除いた後、点Pに $-2.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ の負電荷を置いた。位置エネルギーはいくらか。

例題 1 解答例

$$(3) \quad U = q'V = -2.0 \times 10^{-9} \cdot 1.8 \times 10^3 = -3.6 \times 10^{-6} \text{ J}$$

$+Q$



$x[m]$

$-Q$



$x[m]$

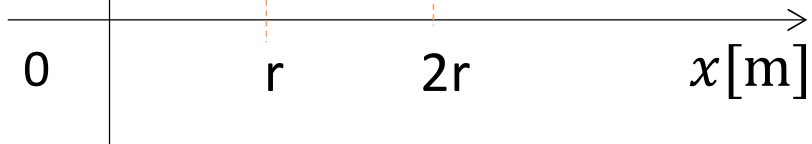
電位
 $V[V]$

電位が
高い

$$k \frac{Q}{r}$$

$$V = k \frac{Q}{r}$$

電位が
低い



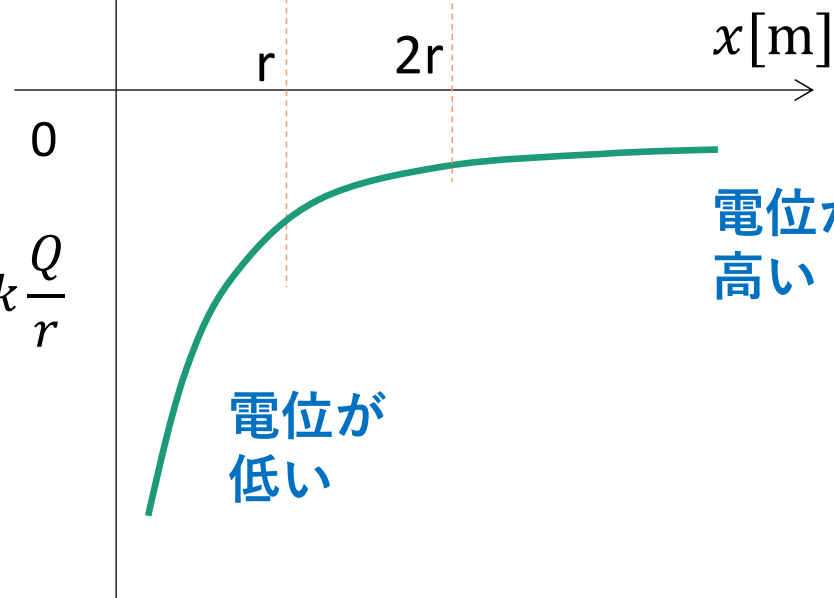
電位
 $V[V]$

$$V = -k \frac{Q}{r}$$

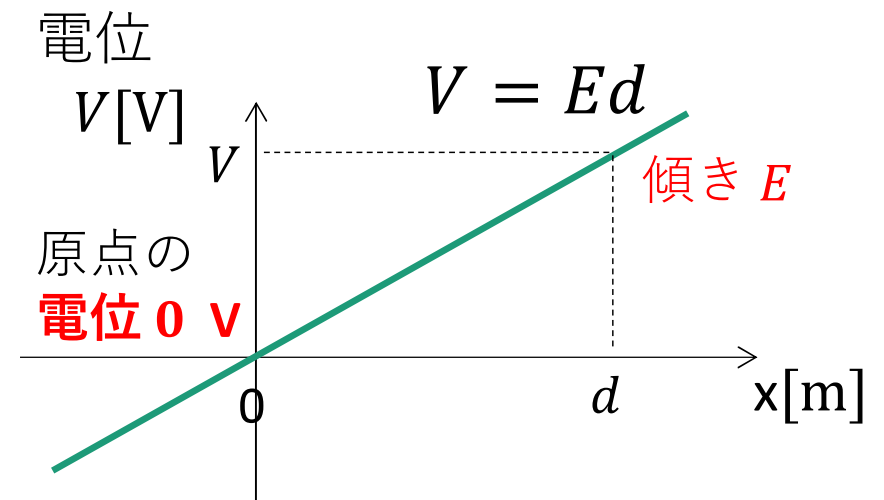
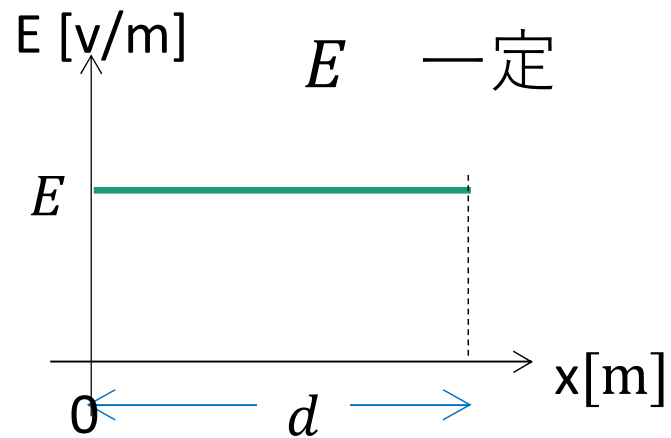
$$-k \frac{Q}{r}$$

電位が
高い

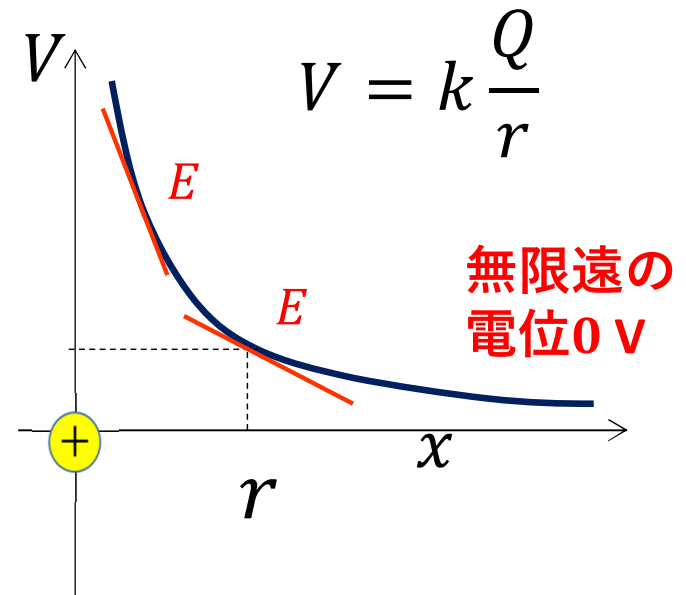
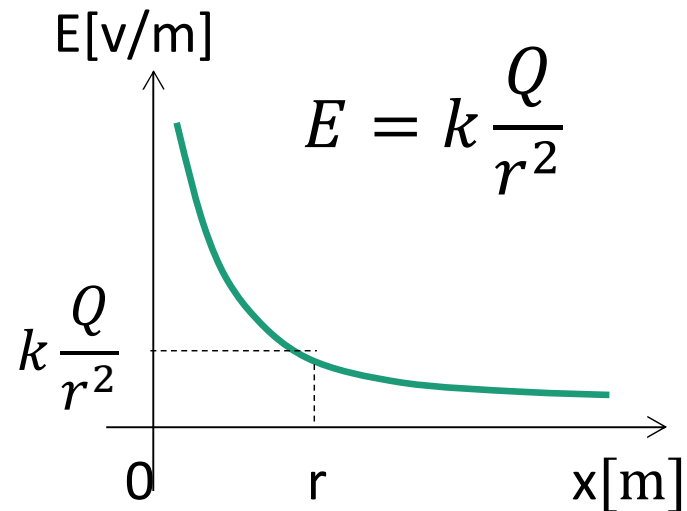
電位が
低い



一様電場と電位



点電荷による電場と電位

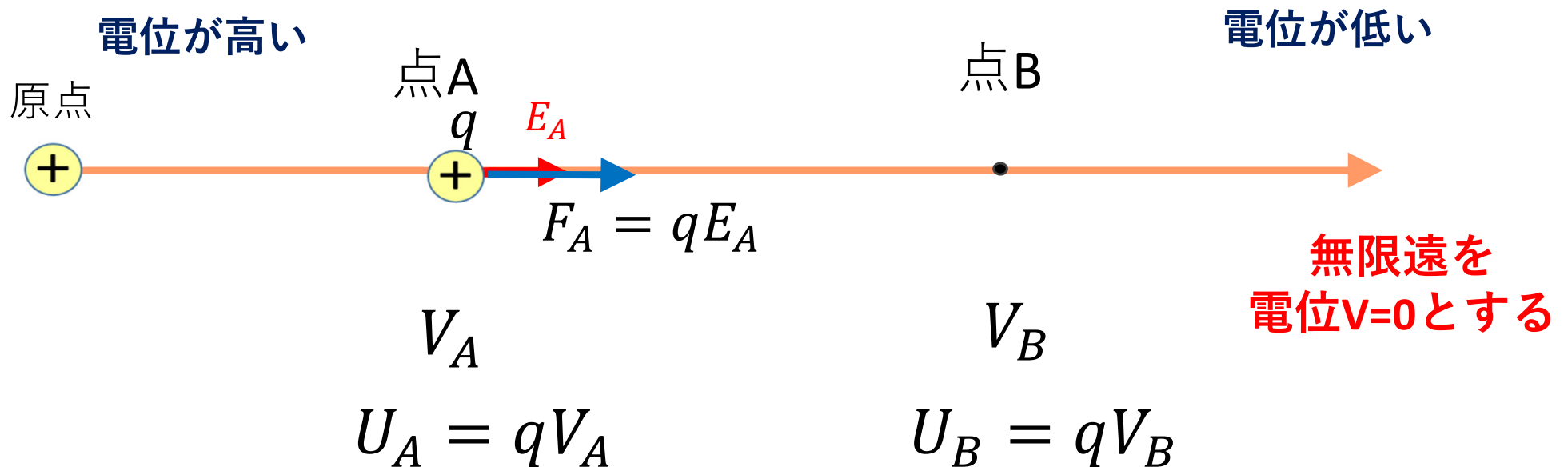


電場のする仕事と電位差

2点間の電位差は2点の位置で決まる

電位差

$$W_{A \rightarrow B} = U_A - U_B = q(V_A - V_B)$$



例題2を解きましょう

例題2

演習プリント 5-B[3]

真空中で、原点に $+3.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ の電荷が置いてある。x軸上の0.60 mに点A、0.90 mに点Bがある。 $-2.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ の負電荷を点Bに置いたら点Aまで移動した。無限遠の電位を0 Vとする。

- (1) 点Aと点Bの電位と位置エネルギーをそれぞれ求めよ。
- (2) 電場がした仕事はいくらか。

例題2 解答例

(1) 点A:

$$V_A = k \frac{Q}{r_A} = 9.0 \times 10^9 \cdot \frac{+3.0 \times 10^{-8}}{0.60} = 4.5 \times 10^2 \text{ V}$$

$$U_A = qV_A = -2.0 \times 10^{-9} \cdot 4.5 \times 10^2 = -9.0 \times 10^{-7} \text{ J}$$

点B:

$$V_B = k \frac{Q}{r_B} = 9.0 \times 10^9 \cdot \frac{+3.0 \times 10^{-8}}{0.90} = 3.0 \times 10^2 \text{ V}$$

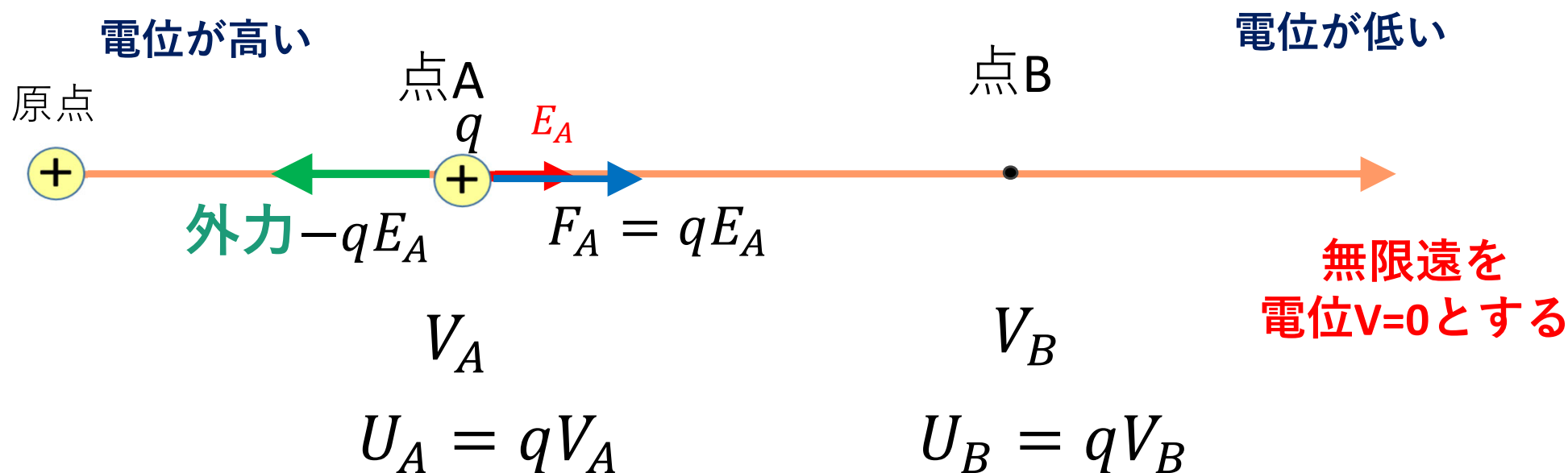
$$U_B = qV_B = -2.0 \times 10^{-9} \cdot 3.0 \times 10^2 = -6.0 \times 10^{-7} \text{ J}$$

$$(2) \quad W_{B \rightarrow A} = U_B - U_A = 3.0 \times 10^{-7} \text{ J}$$

外力のする仕事

外力：静電気力とつり合う力

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



例題3を解きましょう

等電位面と電気力線

$$V = k \frac{Q}{r} \text{ より}$$

✓ 距離 r が同じ点の電位は同じ

$$V_B = V_C \quad V_A = V_D$$

点 A, 点 B の電位差は $V_A - V_B$

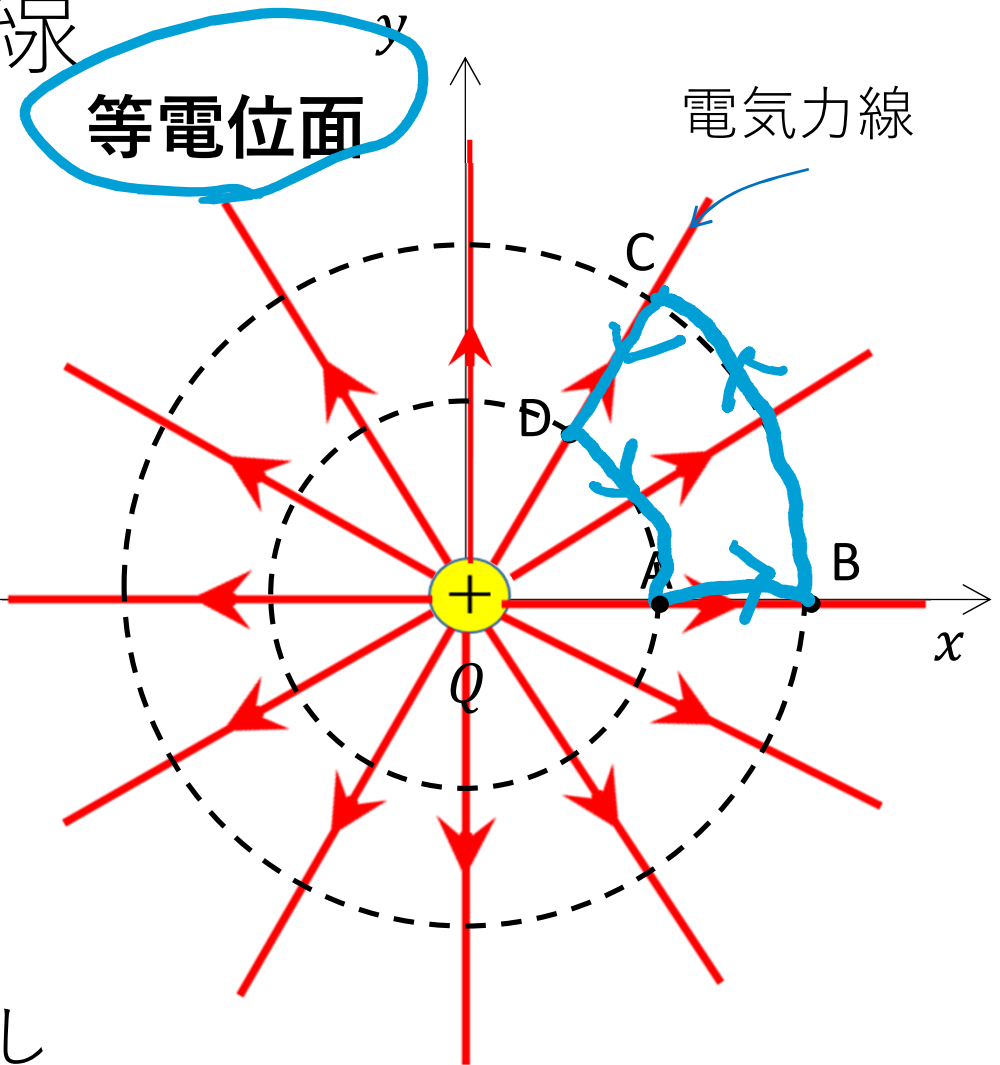
点 A, 点 C の電位差は $V_A - V_C$

✓ 電気力線と等電位面は直交する

等電位面に沿って電荷を動かしても、仕事は常に 0

A → B → C → D → A で一周したとき、電場のした仕事は 0

例題 3 を解きましょう



例題3

演習プリント 5-B[4]

真空中で、原点に $+1.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ の電荷がある。 x 軸上の 0.10 m に点A、 0.20 m に点B、 y 軸上の 0.20 m に点Cがある。点C,B,Aの順に $+2.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ の電荷を外力を加えて静かに移動する。無限遠の電位を 0 V とする。

- (1) 各点における電位と位置エネルギーを求めよ。
- (2) CB, BAの移動に必要な外力による仕事を求めよ。

例題3 解答例

(1) 点A

$$V_A = 9.0 \times 10^9 \cdot \frac{+1.0 \times 10^{-8}}{0.10} = 90 \text{ V}$$

$$U_A = qV_A = 2.0 \times 10^{-6} \cdot 90 = 1.8 \times 10^{-4} \text{ J}$$

点B $V_B = 45 \text{ V}$ $U_B = qV_B = 9.0 \times 10^{-5} \text{ J}$

点C $V_C = 45 \text{ V}$ $U_C = qV_C = 9.0 \times 10^{-5} \text{ J}$

(2) CB: $W'_{C \rightarrow B} = U_B - U_C = 0 \text{ J}$

BA: $W'_{B \rightarrow A} = U_A - U_B = 9.0 \times 10^{-5} \text{ J}$

