

講義中の注意



- 講義中は、参加者のマイク・カメラの機能はミュート状態になります。
- 進行はスタッフ及び講師が行いますので、指示に従ってください。
- 質疑応答の時間は、参加者のマイクをオンにして質問を受け付けることもあります。希望される方は「チャット欄」で申し出てください。

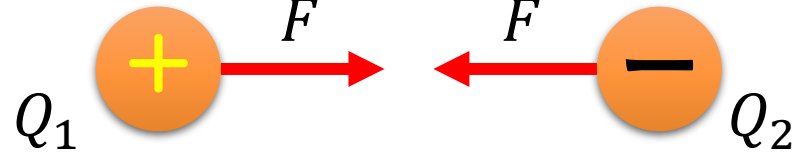
電験三種 ライブ講義

第5回 静電気

クーロン力

電荷間で働く力 $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2}$

引力



斥力

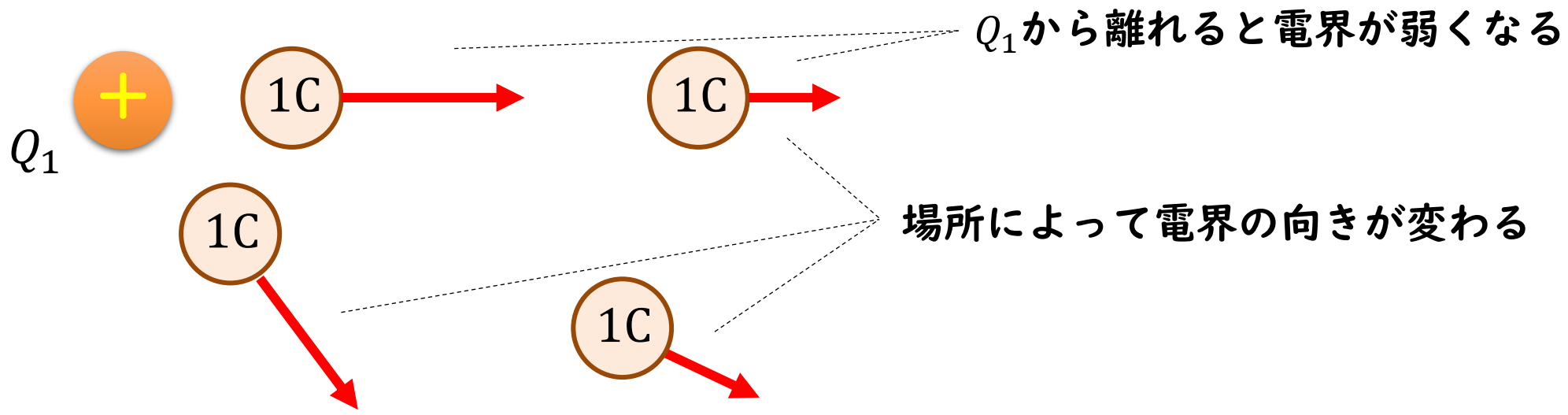


1つの電荷 Q_1 がどのくらいのクーロン力を
生み出すかイメージしたい

クーロン力と電界

1つの電荷 Q_1 がどのくらいのクーロン力を生み出すかイメージしたい
→ Q_1 の近くに電荷を置いてみる **(電界の概念)**

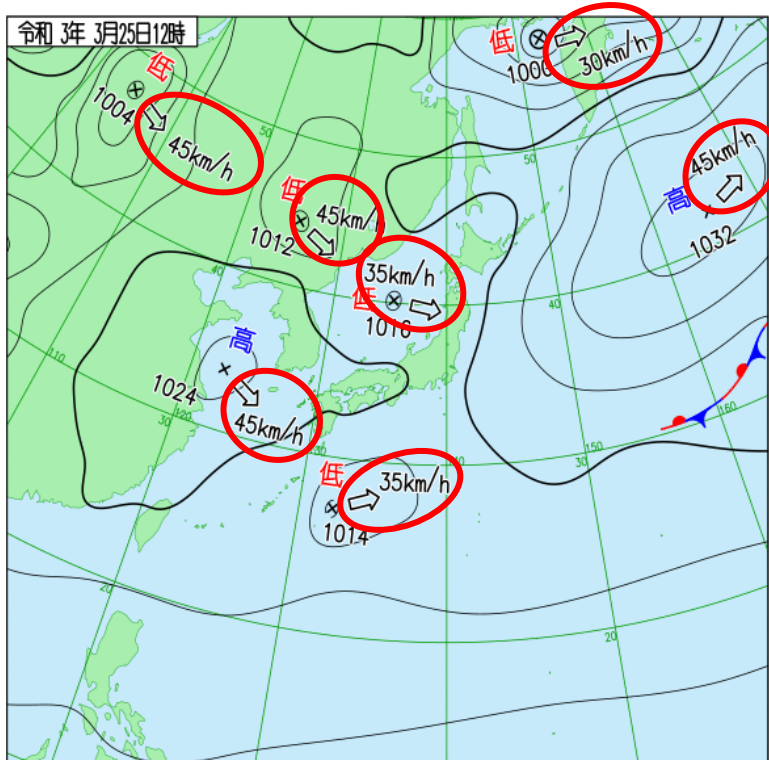
電界とは電荷 Q_1 が1Cの電荷に与える力 $F = \frac{Q_1 \times 1}{4\pi\epsilon r^2} \rightarrow E = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2}$



電荷の持つ性質を分かりやすく表現したい → 電界

電界に似たもの

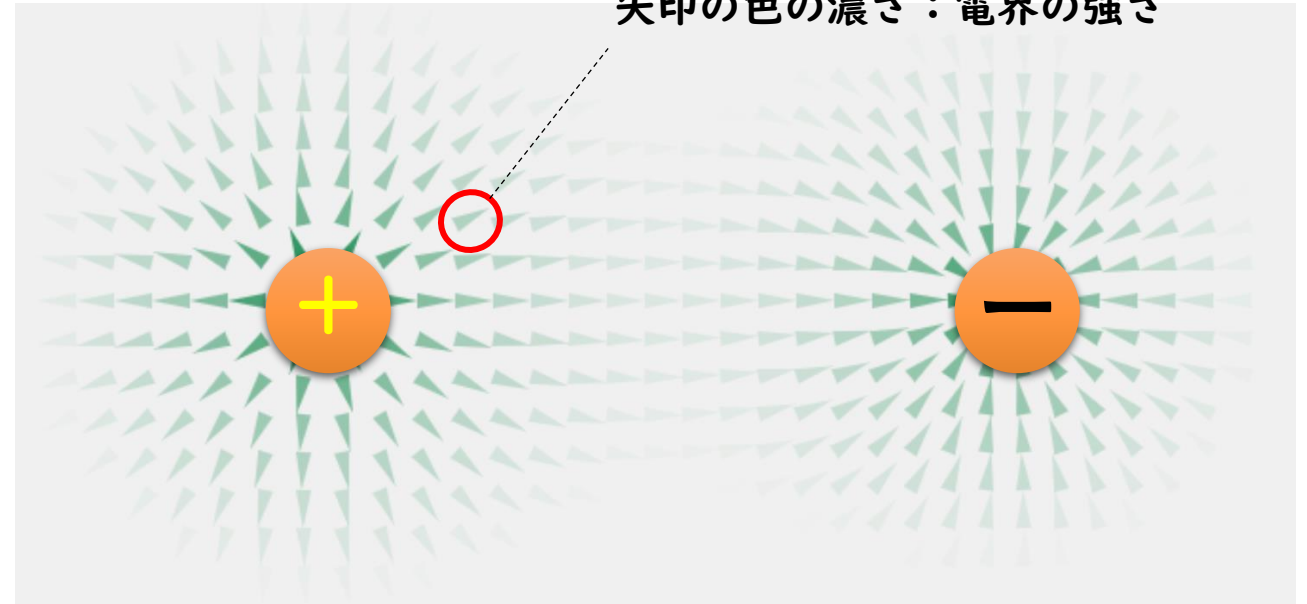
天気図



国土交通省 気象庁

<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/wxchart/>

矢印の向き：電界の向き
矢印の色の濃さ：電界の強さ



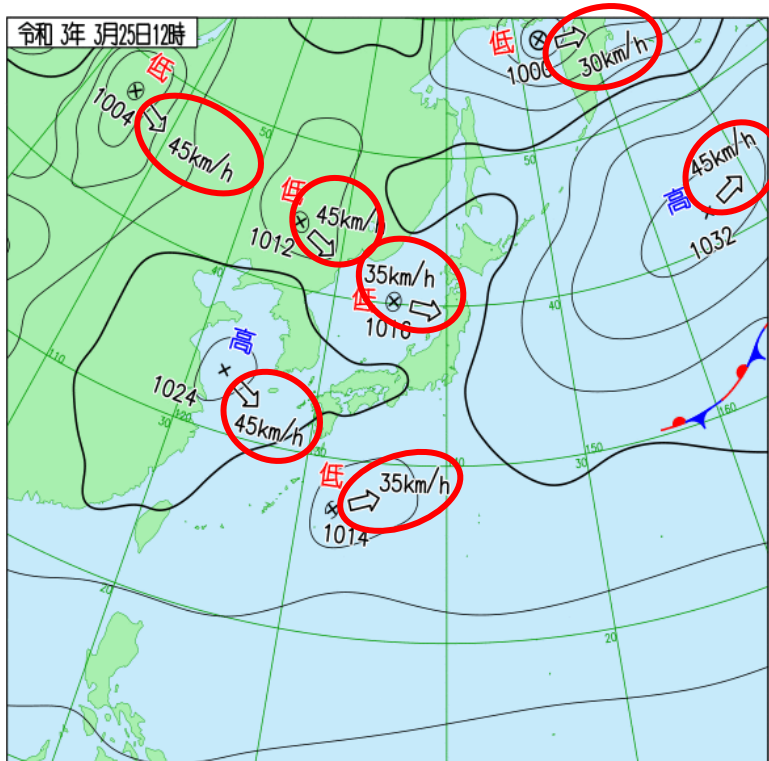
天気図
等圧線
気圧の山と谷
風速

電気の世界
→等電位線
→電荷
→電界

もうちょっと見やすくしたい…

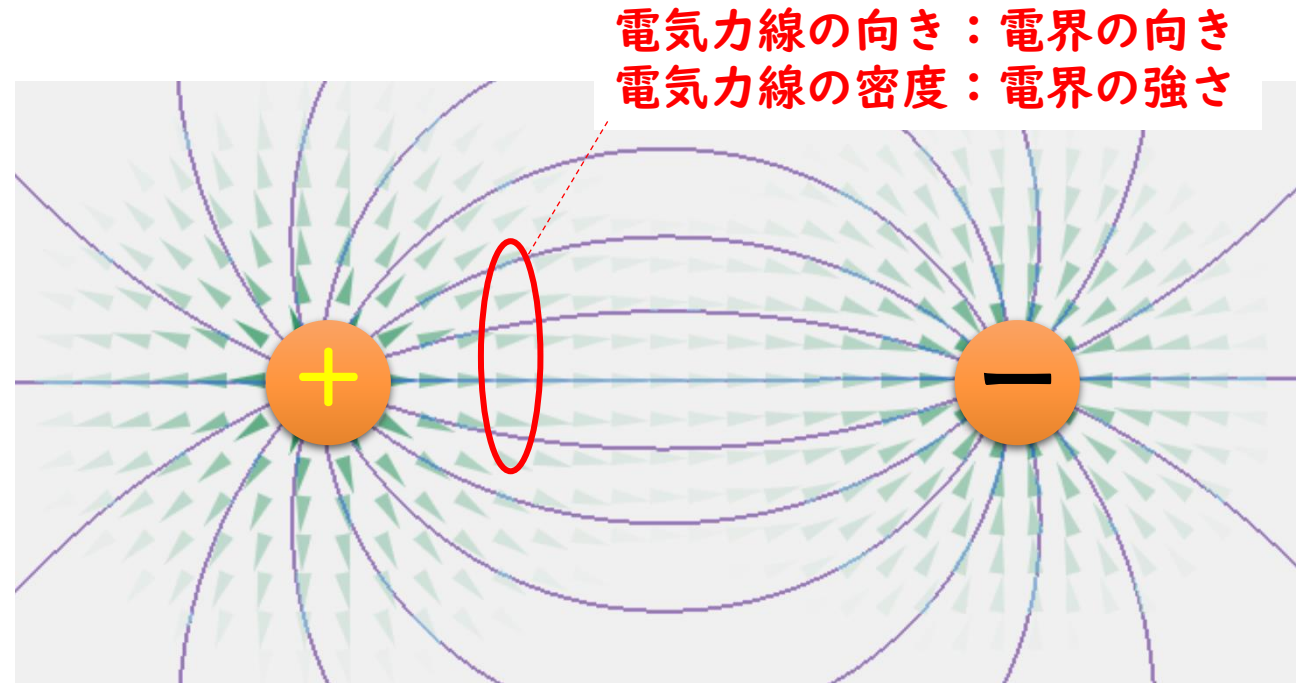
電気力線の導入

天気図



国土交通省 気象庁

<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/wxchart/>



電気力線の向き：電界の向き
電気力線の密度：電界の強さ

天気図
等圧線
気圧の山と谷
風速

電気の世界
→等電位線
→電荷
→電界、電気力線

電気力線という表現を利用することで
電荷が作る電界がイメージしやすくなる

ここまでのまとめ

クーロン力：電荷間で働く力 $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2}$

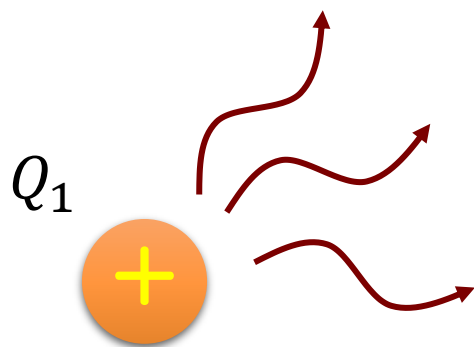
引力



斥力



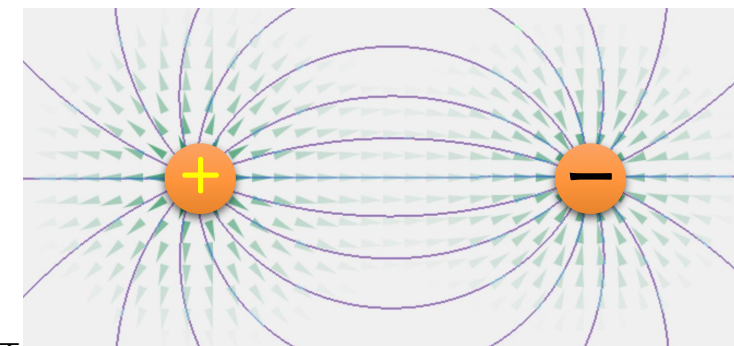
電荷が発生する『雰囲気』→電界



電界：電荷 Q_1 が1Cの電荷に与える力 $E = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2}$

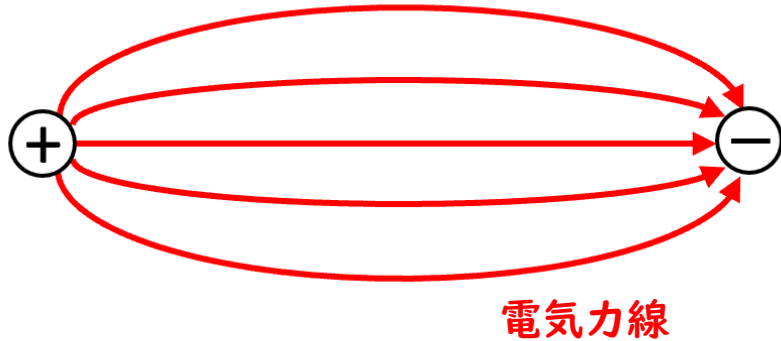
電気力線：電界を可視的に表現したもの

電気力線の向き：電界の向き
電気力線の密度：電界の強さ

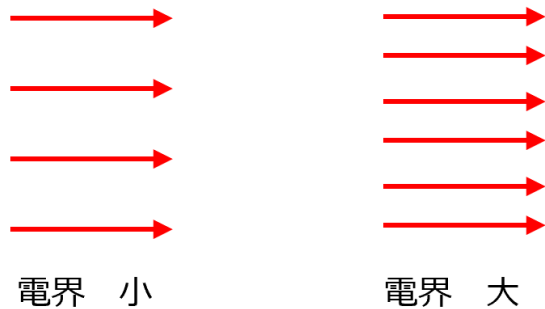


電気力線の特徴

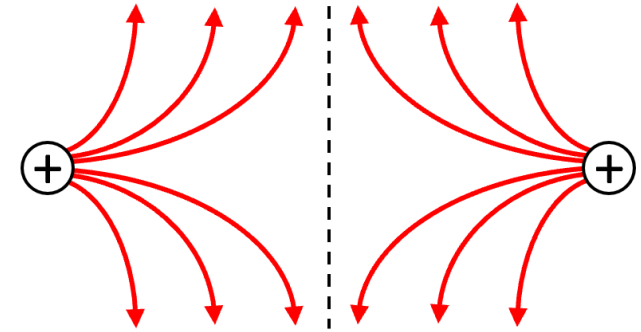
電気力線は正の電荷から出て、負の電荷へ入る。
途中で増減したり、他の電気力線と交差したりしない。



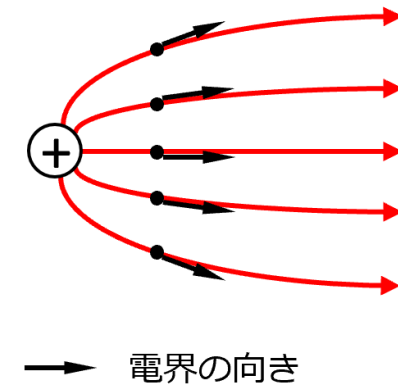
電気力線の密度は電界の強さを表す。



同符号の電荷の電気力線は反発しあう。
(同じ向きの電気力線は反発し合う)



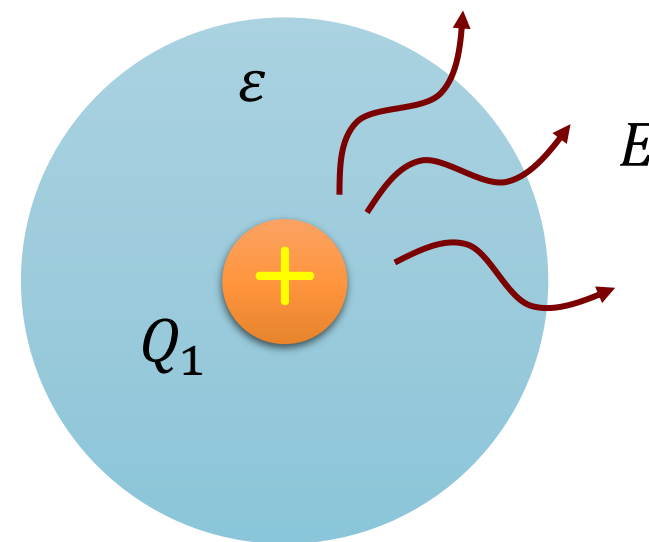
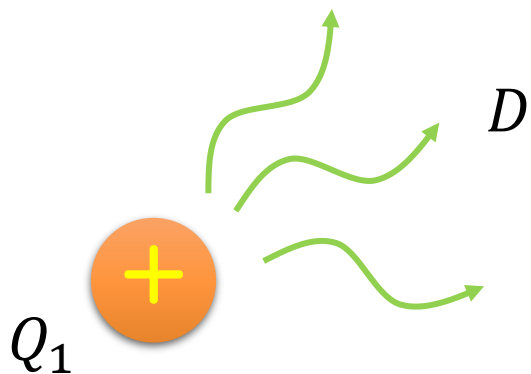
電気力線の接線の向きは電界の向きを表す。



電界と電束の違い

電界 $E = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2}$, $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} = Q_2 E$ E [V/m]

電束 $D = \epsilon E = \frac{Q_1}{4\pi r^2}$ D [C/m²]



電荷が作る雰囲気→電束

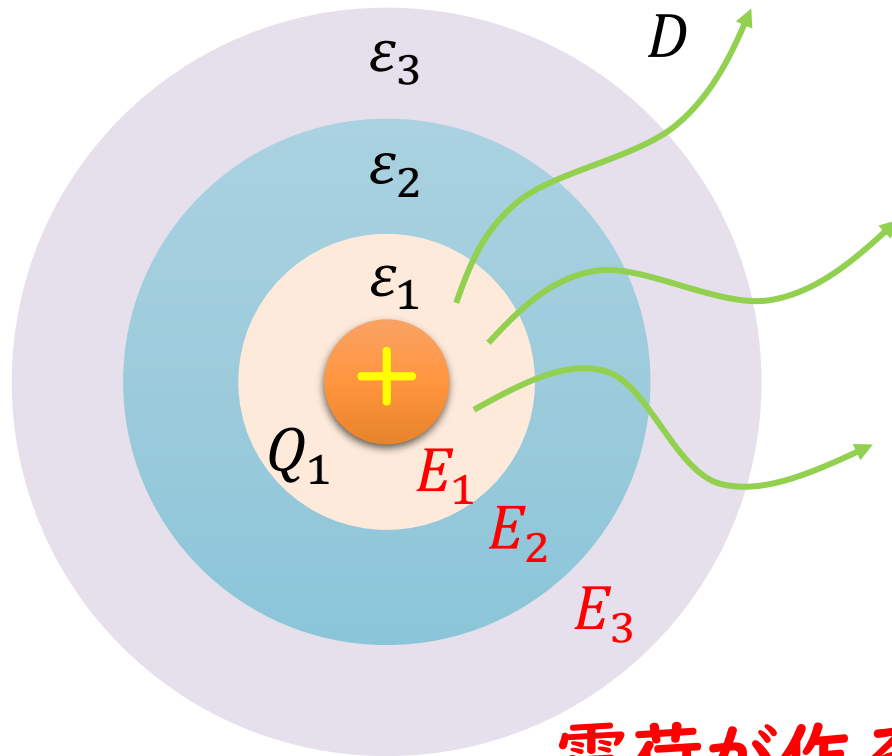
電荷とその周りの誘電体
が作る雰囲気→電界

クーロン力の程度を把握する
のに有効

電束はどういうときに有効？

電界 $E = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2}$, $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} = Q_2 E$ E [V/m]

電束 $D = \epsilon E = \frac{Q_1}{4\pi r^2}$ D [C/m²]



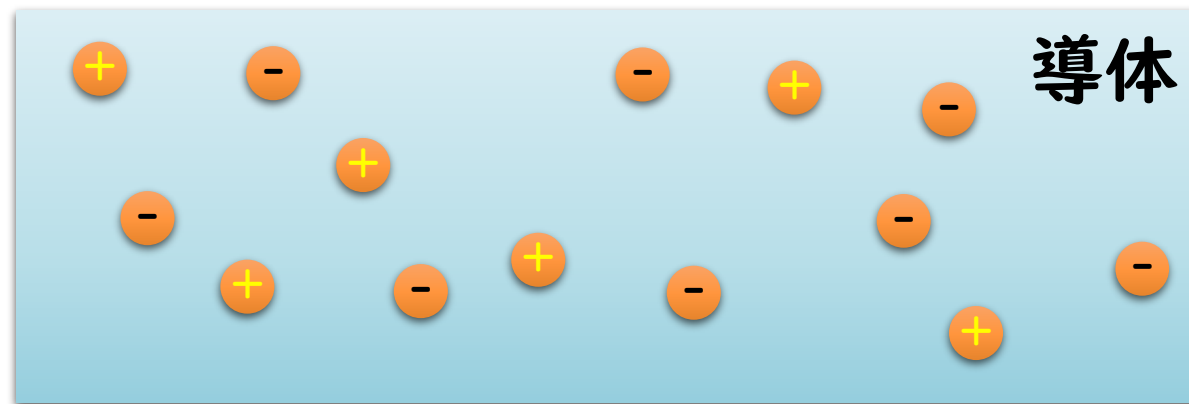
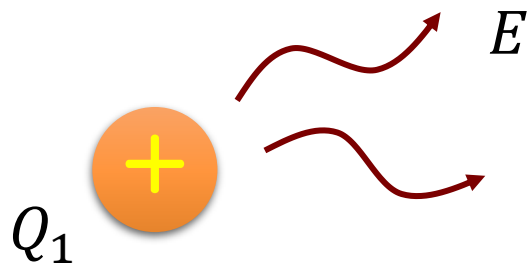
電荷の周りに複数の誘電体が存在する場合、電束→電界の順に考えることができる

$$D = \frac{Q_1}{4\pi r^2} \begin{cases} \rightarrow E_1 = \frac{D}{\epsilon_1} \\ \rightarrow E_2 = \frac{D}{\epsilon_2} \\ \rightarrow E_3 = \frac{D}{\epsilon_3} \end{cases}$$

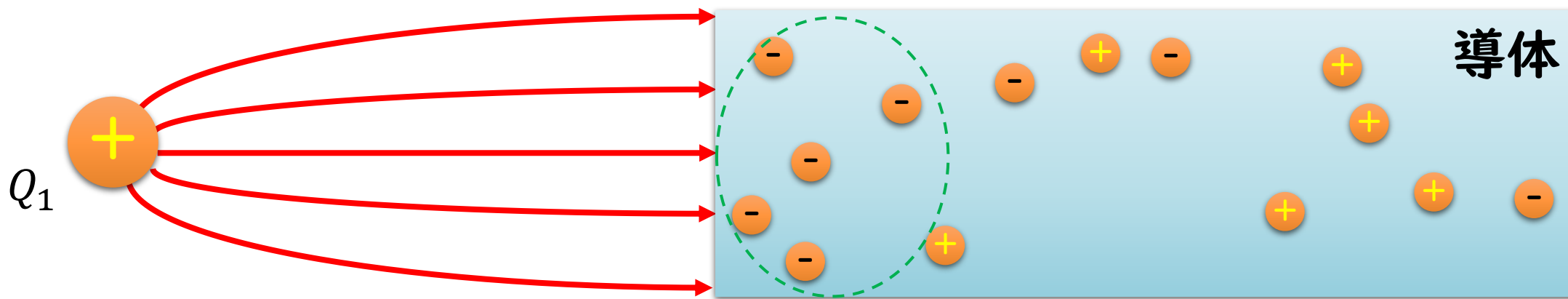
電荷が作る雰囲気→電束

導体と電界

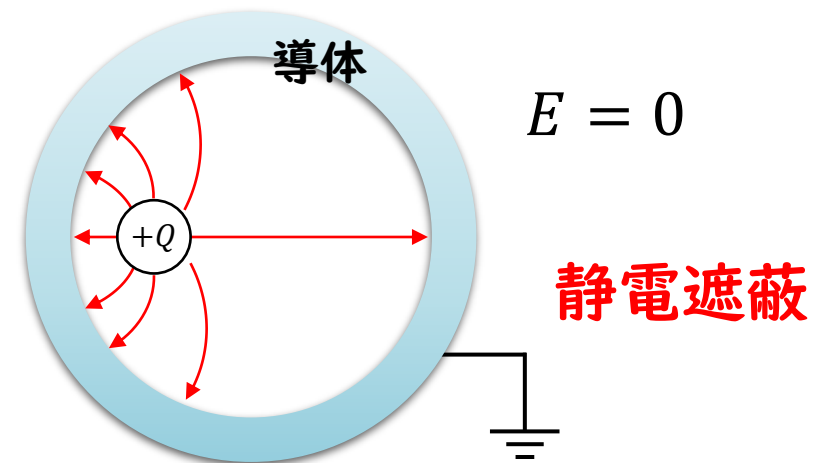
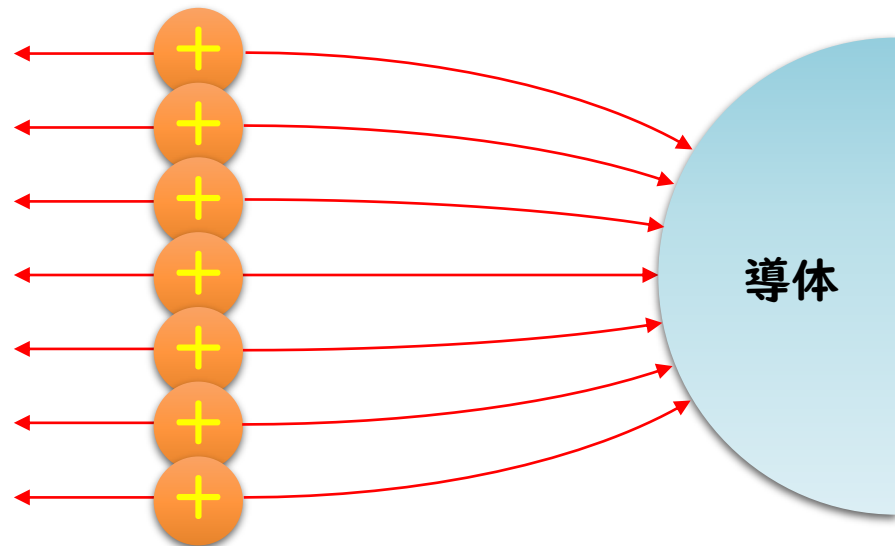
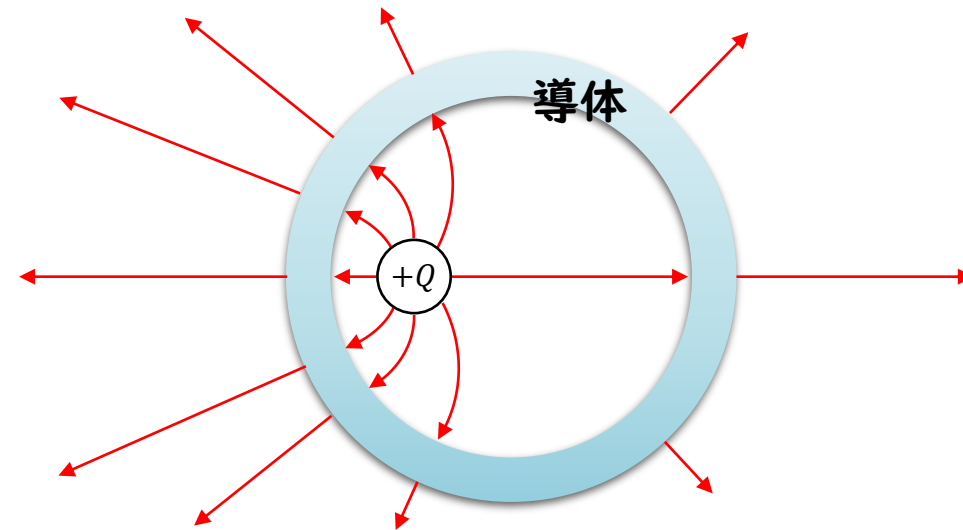
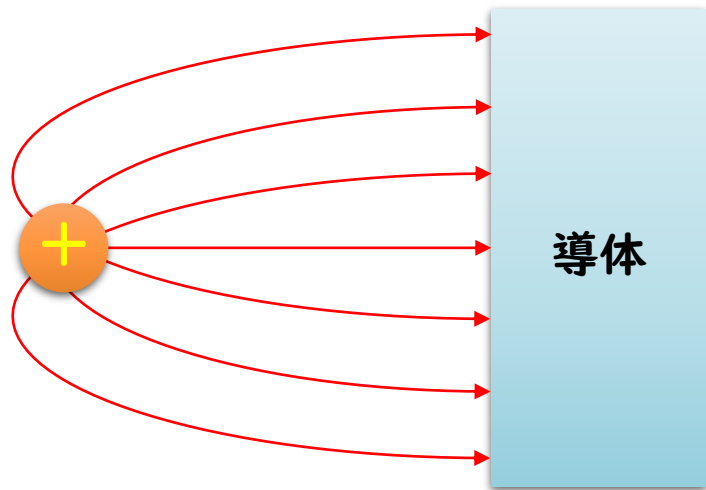
電荷 Q_1 を導体に近づけると、



電気力線は電界に垂直に交わる $E = 0$ 導体内部の電界は0となる



導体付近の電気力線



H23 問1

問1 静電界に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 電気力線は、導体表面に垂直に出入りする。
- (2) 帯電していない中空の球導体 B が接地されていないとき、帯電した導体 A を導体 B で包んだとしても、導体 B の外部に電界ができる。
- (3) Q [C] の電荷から出る電束の数や電気力線の本数は、電荷を取り巻く物質の誘電率 ϵ [F/m] によって異なる。
- (4) 導体が帯電するとき、電荷は導体の表面にだけ分布する。
- (5) 導体内部は等電位であり、電界は零である。

H23 問1

問1 静電界に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 電気力線は、導体表面に垂直に出入りする。 **導体の性質**

(2) 帯電していない中空の球導体 B が接地されていないとき、帯電した導体 A を導体 B で包んだとしても、導体 B の外部に電界ができる。

静電遮蔽

(3) Q [C] の電荷から出る電束の数や電気力線の本数は、電荷を取り巻く物質の誘電率 ϵ [F/m] によって異なる。

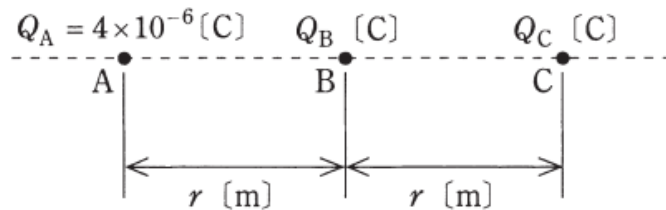
電束の特性

(4) 導体が帯電するとき、電荷は導体の表面にだけ分布する。 **導体の性質**

(5) 導体内部は等電位であり、電界は零である。 **導体の性質**

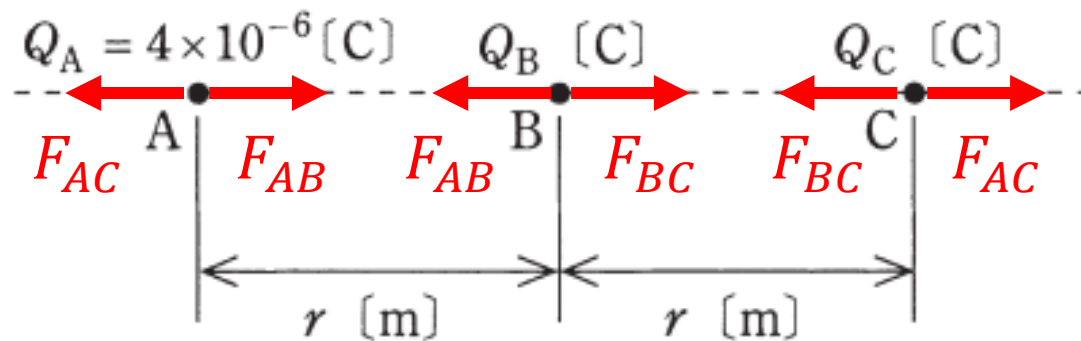
H25 問2

問2 図のように、真空中の直線上に間隔 r [m] を隔てて、点 A, B, C があり、各点に電気量 $Q_A = 4 \times 10^{-6}$ [C], Q_B [C], Q_C [C] の点電荷を置いた。これら三つの点電荷に働く力がそれぞれ零になった。このとき、 Q_B [C] 及び Q_C [C] の値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。
ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。



	Q_B	Q_C
(1)	1×10^{-6}	-4×10^{-6}
(2)	-2×10^{-6}	8×10^{-6}
(3)	-1×10^{-6}	4×10^{-6}
(4)	0	-1×10^{-6}
(5)	-4×10^{-6}	1×10^{-6}

導出のポイント



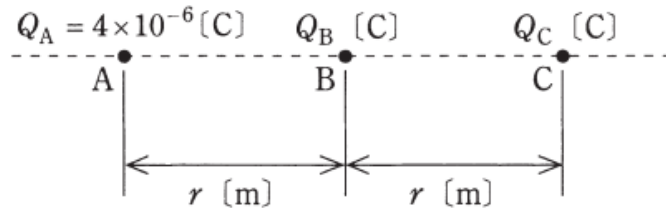
クーロン力

$$F_{12} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2}$$

	Q_B	Q_C
(1)	1×10^{-6}	-4×10^{-6}
(2)	-2×10^{-6}	8×10^{-6}
(3)	-1×10^{-6}	4×10^{-6}
(4)	0	-1×10^{-6}
(5)	-4×10^{-6}	1×10^{-6}

H25 問2

問2 図のように、真空中の直線上に間隔 r [m] を隔てて、点 A, B, C があり、各点に電気量 $Q_A = 4 \times 10^{-6}$ [C], Q_B [C], Q_C [C] の点電荷を置いた。これら三つの点電荷に働く力がそれぞれ零になった。このとき、 Q_B [C] 及び Q_C [C] の値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。
ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。

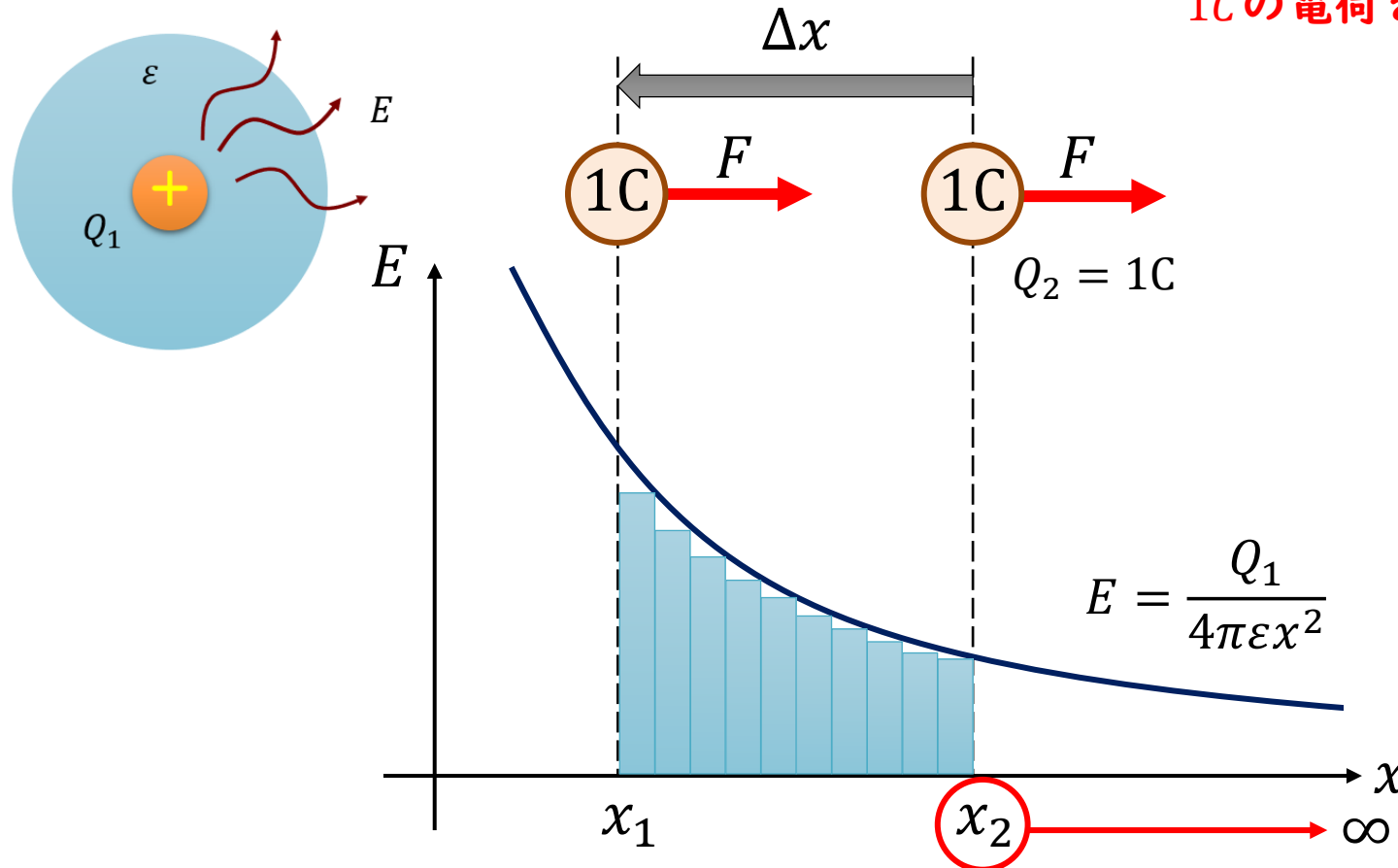


	Q_B	Q_C
(1)	1×10^{-6}	-4×10^{-6}
(2)	-2×10^{-6}	8×10^{-6}
(3)	-1×10^{-6}	4×10^{-6}
(4)	0	-1×10^{-6}
(5)	-4×10^{-6}	1×10^{-6}

仕事と電位

仕事 $W = F \cdot \Delta x \rightarrow W = Q_2 E \cdot \Delta x$ 電位 $V = E \cdot \Delta x$

1Cの電荷を移動させるときに発生する仕事



$$V = E(x) \cdot \Delta x$$

$$V = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_2} \right)$$

$$V = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon x_1}$$

電位とは、電荷 Q_1 が位置 x_1 で有する
(無限遠を基準とした)

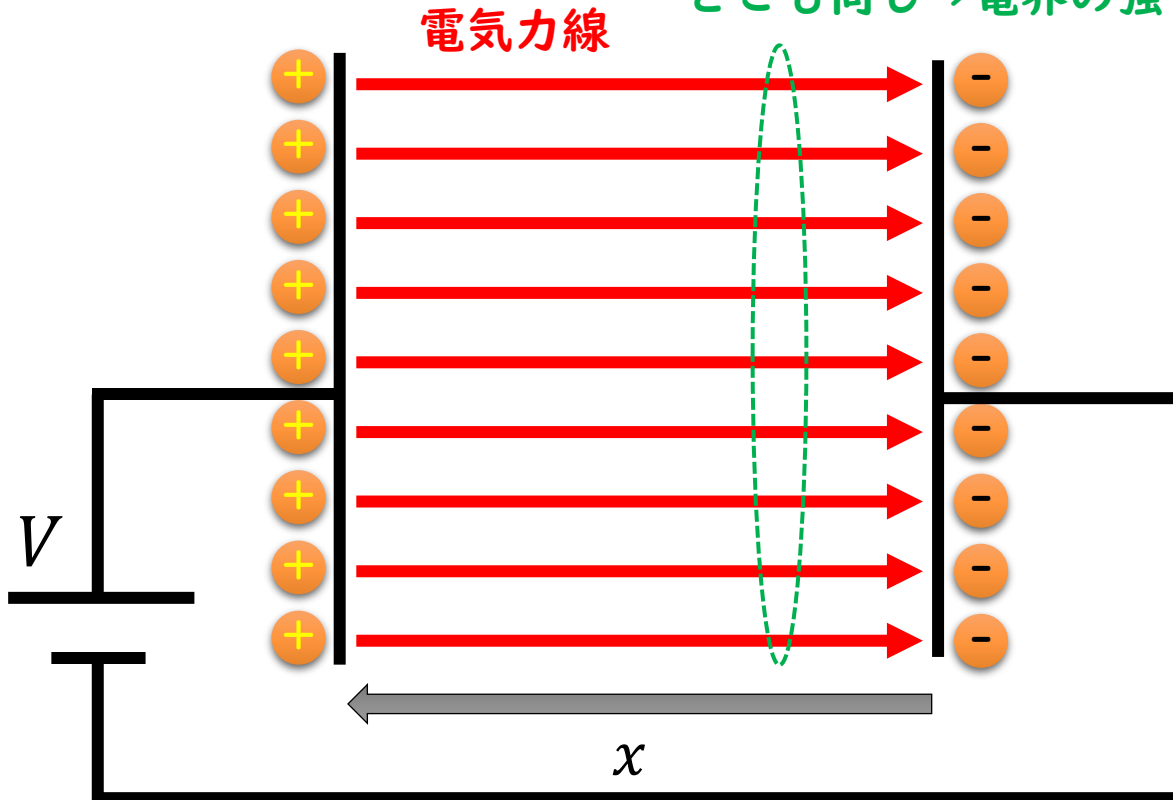
位置エネルギー

電位 (平板電極)

電位 $W = F \cdot \Delta x \rightarrow W = Q_2 E \cdot \Delta x$ $V = E \cdot \Delta x$

1Cの電荷を移動させるときに発生する仕事

電気力線の向きと密度が
どこも同じ→電界の強さは一様



$$V = E(x) \cdot \Delta x$$

$$V = E x$$

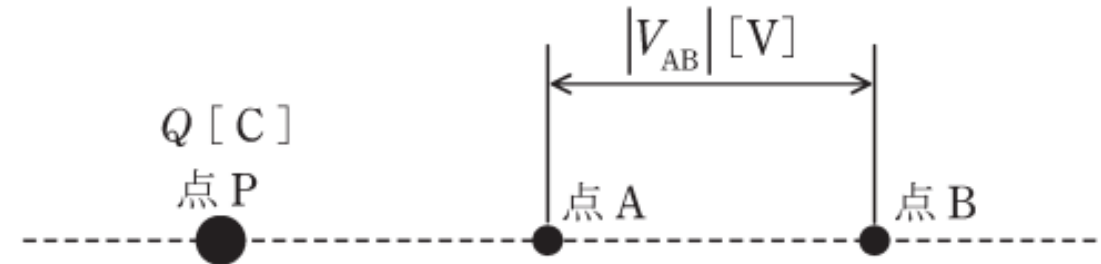
外部から仕事Vを平板電極に与える
ことで、平板電極に電荷を集め、
電極内部に電界Eを発生させること
ができる。

RO1 問1

問1 図のように、真空中に点P、点A、点Bが直線上に配置されている。点Pは $Q[C]$ の点電荷を置いた点とし、A-B間に生じる電位差の絶対値を $|V_{AB}|[V]$ とする。次の(a)～(d)の四つの実験を個別に行ったとき、 $|V_{AB}|[V]$ の値が最小となるものと最大となるものの実験の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

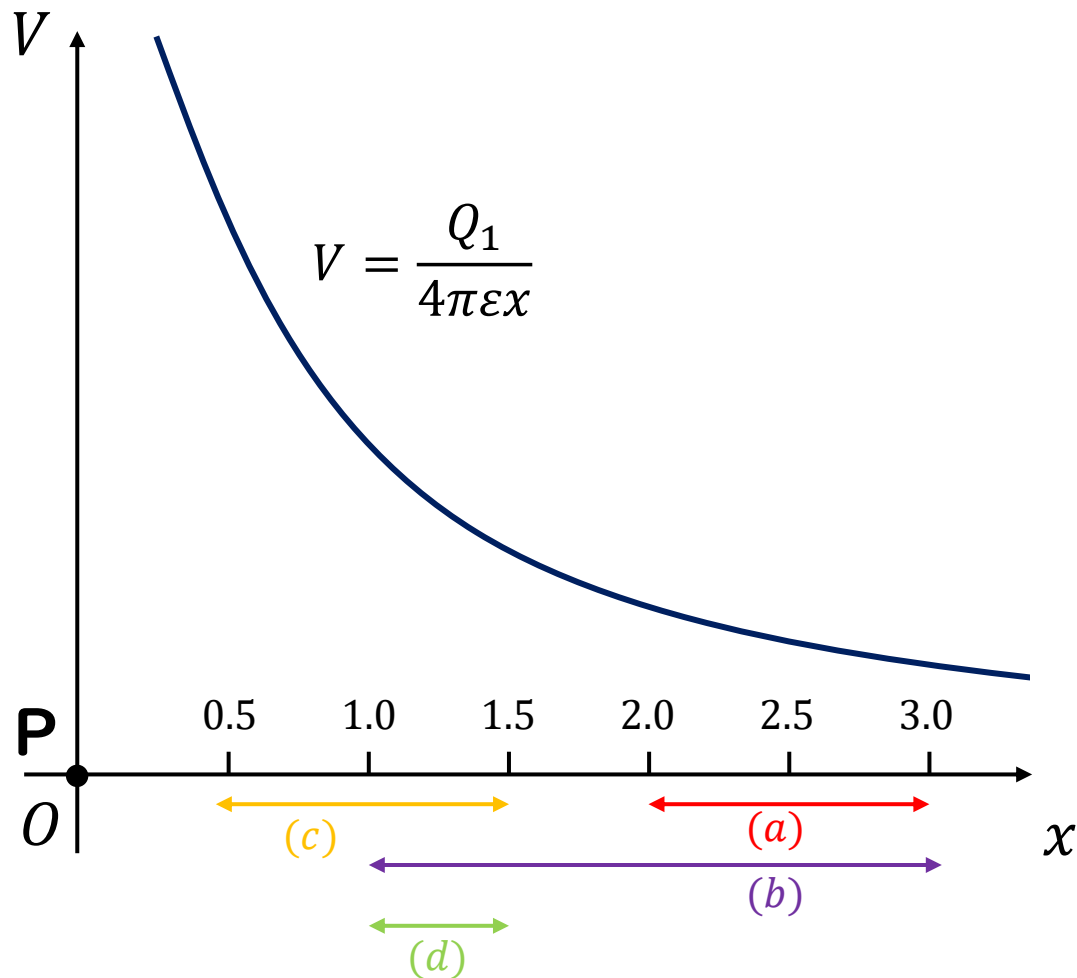
[実験内容]

- (a) P-A間の距離を2m、A-B間の距離を1mとした。
- (b) P-A間の距離を1m、A-B間の距離を2mとした。
- (c) P-A間の距離を0.5m、A-B間の距離を1mとした。
- (d) P-A間の距離を1m、A-B間の距離を0.5mとした。



- (1) (a)と(b) (2) (a)と(c) (3) (a)と(d) (4) (b)と(c) (5) (c)と(d)

導出のポイント



[実験内容]

- (a) P-A間の距離を2 m, A-B間の距離を1 mとした。
- (b) P-A間の距離を1 m, A-B間の距離を2 mとした。
- (c) P-A間の距離を0.5 m, A-B間の距離を1 mとした。
- (d) P-A間の距離を1 m, A-B間の距離を0.5 mとした。

2点間A-Bの電位
AからBに1Cを移動させるときに発生する仕事

$$V = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_2} \right)$$

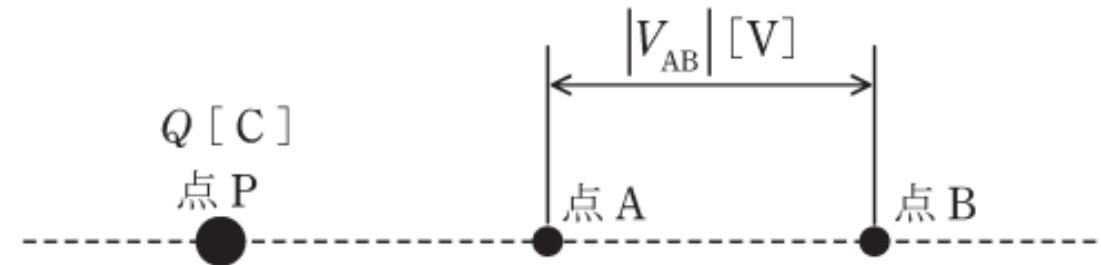
- (1) (a) と (b) (2) (a) と (c) (3) (a) と (d) (4) (b) と (c) (5) (c) と (d)

RO1 問1

問1 図のように、真空中に点P、点A、点Bが直線上に配置されている。点Pは $Q[C]$ の点電荷を置いた点とし、A-B間に生じる電位差の絶対値を $|V_{AB}|[V]$ とする。次の(a)～(d)の四つの実験を個別に行ったとき、 $|V_{AB}|[V]$ の値が最小となるものと最大となるものの実験の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

[実験内容]

- (a) P-A間の距離を2m、A-B間の距離を1mとした。
- (b) P-A間の距離を1m、A-B間の距離を2mとした。
- (c) P-A間の距離を0.5m、A-B間の距離を1mとした。
- (d) P-A間の距離を1m、A-B間の距離を0.5mとした。

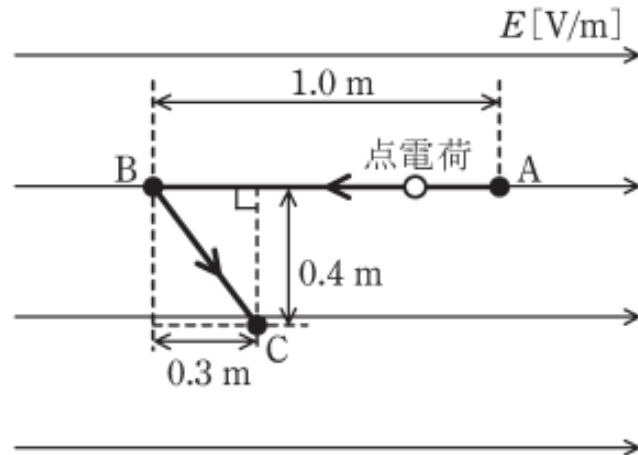


- (1) (a)と(b) (2) (a)と(c) (3) (a)と(d) (4) (b)と(c) (5) (c)と(d)

R02 問1

問1 図のように、紙面に平行な平面内の平等電界 E [V/m] 中で 2C の点電荷を点 A から点 B まで移動させ、さらに点 B から点 C まで移動させた。この移動に、外力による仕事 $W=14\text{J}$ を要した。点 A の電位に対する点 B の電位 V_{BA} [V] の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、点電荷の移動はゆっくりであり、点電荷の移動によってこの平等電界は乱れないものとする。



(1) 5

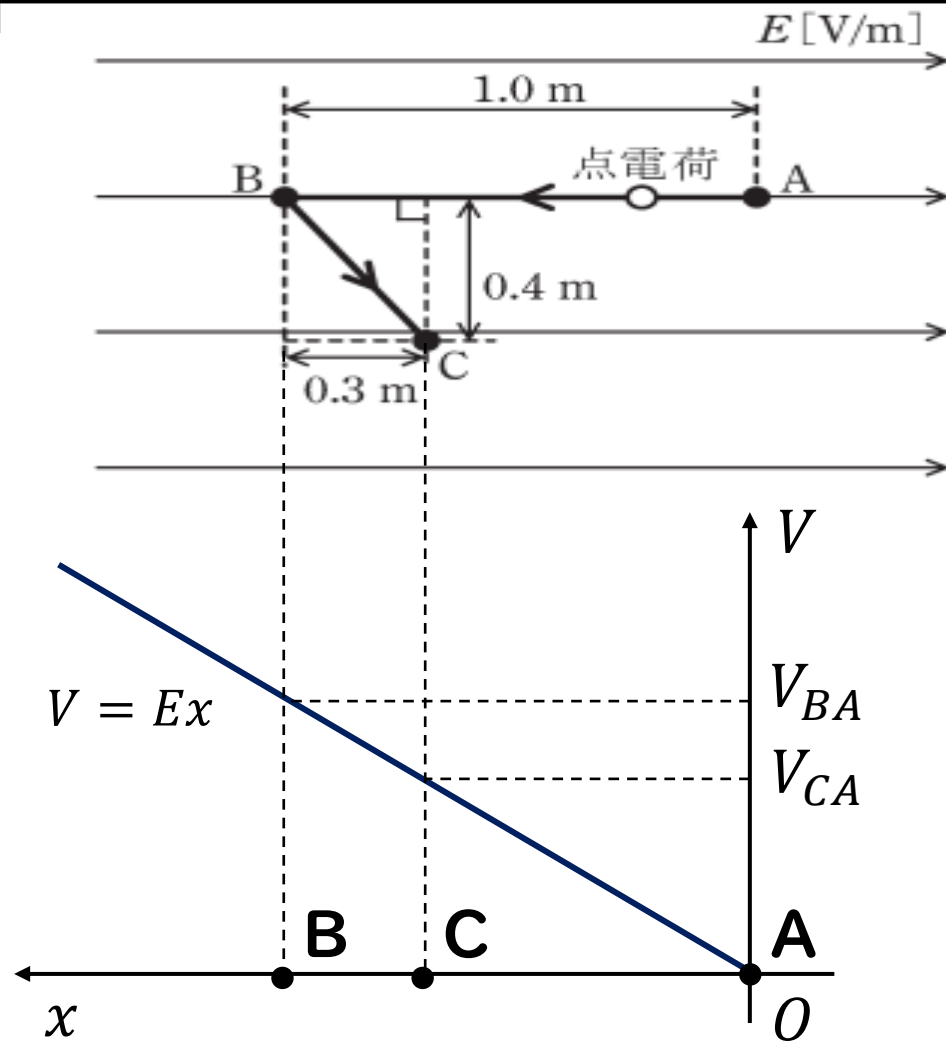
(2) 7

(3) 10

(4) 14

(5) 20

導出のポイント



問1 図のように、紙面に平行な平面内の平等電界 E [V/m] 中で 2C の点電荷を点 A から点 B まで移動させ、さらに点 B から点 C まで移動させた。この移動に、外力による仕事 $W=14\text{J}$ を要した。点 A の電位に対する点 B の電位 V_{BA} [V] の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、点電荷の移動はゆっくりであり、点電荷の移動によってこの平等電界は乱れないものとする。

仕事と電位の関係

$$W = QV$$

一様な電界における電位

$$V = Ex$$

(1) 5

(2) 7

(3) 10

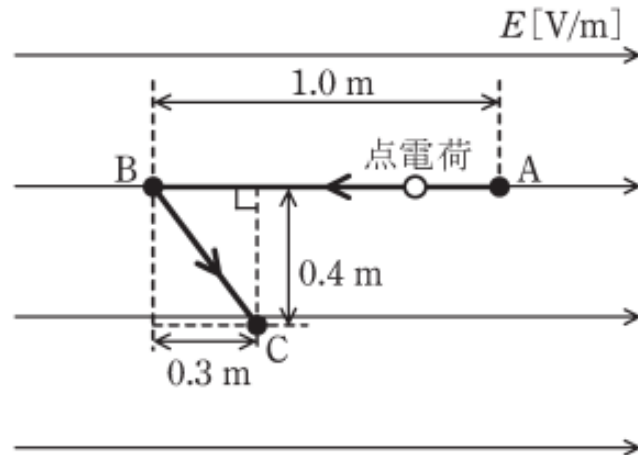
(4) 14

(5) 20

R02 問1

問1 図のように、紙面に平行な平面内の平等電界 E [V/m] 中で 2C の点電荷を点 A から点 B まで移動させ、さらに点 B から点 C まで移動させた。この移動に、外力による仕事 $W=14\text{J}$ を要した。点 A の電位に対する点 B の電位 V_{BA} [V] の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、点電荷の移動はゆっくりであり、点電荷の移動によってこの平等電界は乱れないものとする。



(1) 5

(2) 7

(3) 10

(4) 14

(5) 20

ご聴講ありがとうございました!!