

電験どうでしょう管理人
KWG presents

短期集中講座

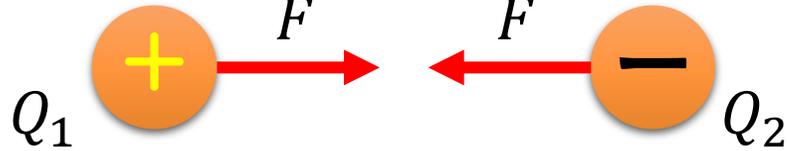
電磁気学（静電気）

2023.06.17 Sat

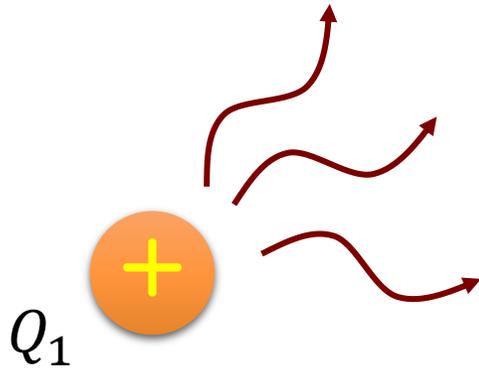
クーロン力とは

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

引力



斥力



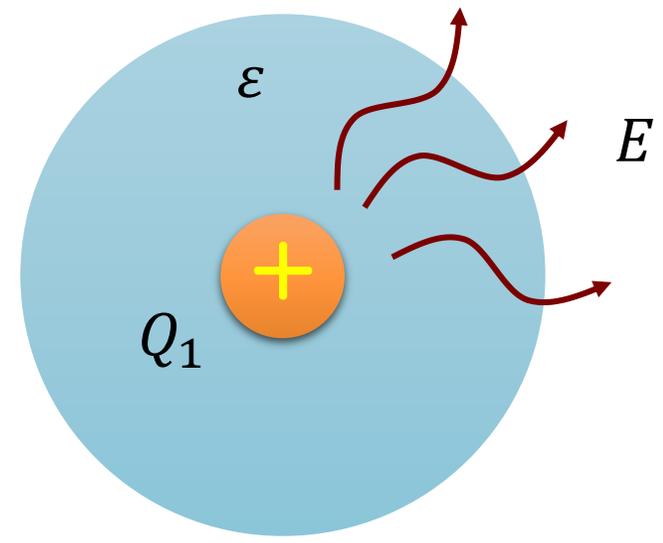
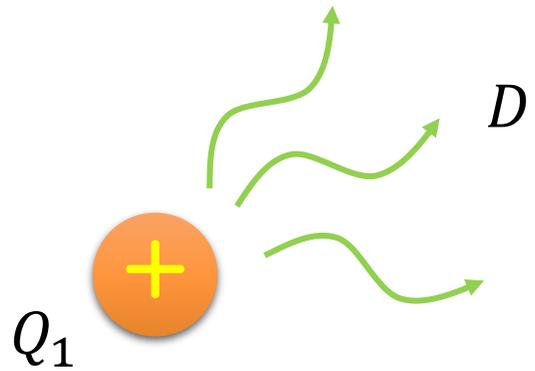
電荷が空間にある雰囲気を出して、
周りの電荷に相互作用を引き起こす

相互作用：クーロン力
雰囲気：電界、電束

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]

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



電荷が作る雰囲気→電束
その密度→電束密度

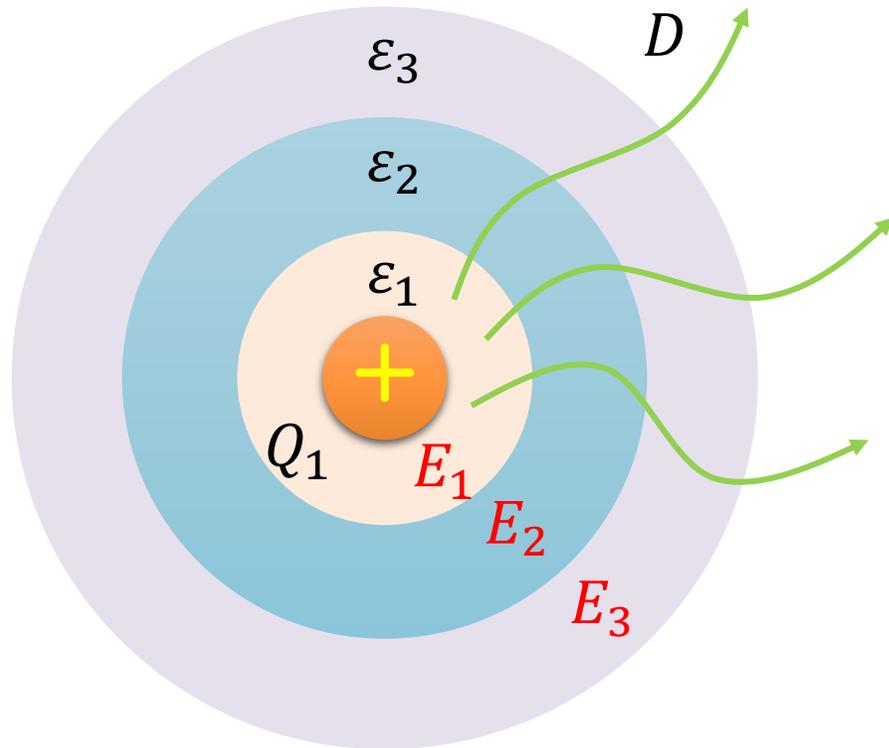
電荷とその周りの誘電体
が作る雰囲気→電界

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]

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



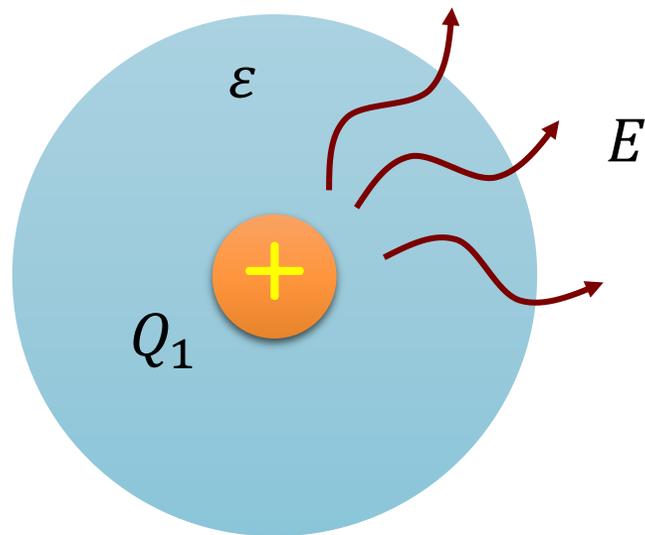
電荷の周りに複数の誘電体が存在する場合、電束密度→電界の順に考えることができる

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

電荷が作る雰囲気→電束

電界と電気力線

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]



1つの電荷が作る電界 $E = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2}$

複数の電荷が作る電界

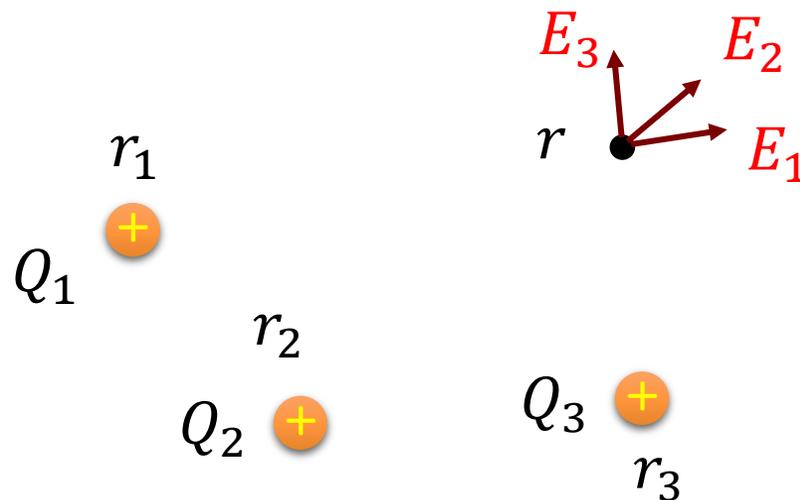
$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

$$= \frac{Q_1}{4\pi\epsilon(r - r_1)^2} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon(r - r_2)^2} + \frac{Q_3}{4\pi\epsilon(r - r_3)^2} + \dots$$

計算が大変

電荷とその周りの誘電体
が作る雰囲気→電界

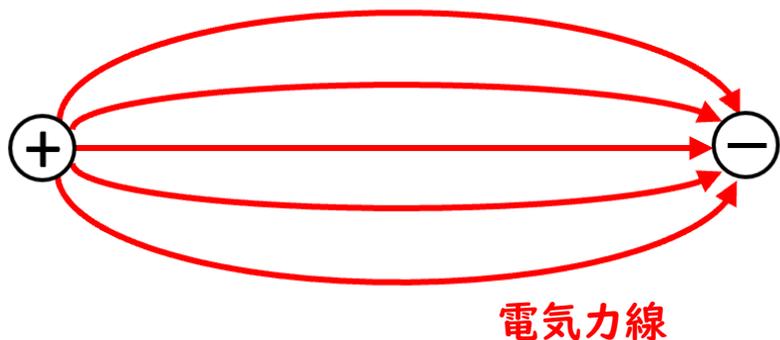
クーロン力の程度を把握する
のに有効



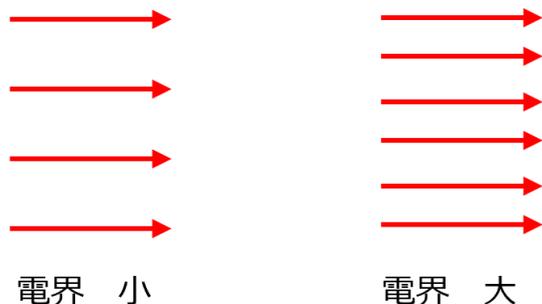
電界と電気力線

電気力線：電荷が作る電界を直感的にイメージするための
仮想的な線

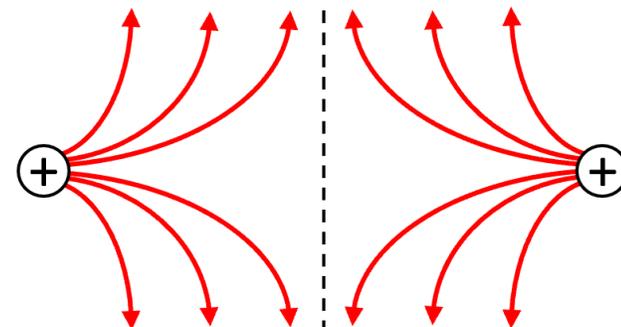
電気力線は正の電荷から出て、負の電荷へ入る。
途中で増減したり、他の電気力線と交差したりしない。



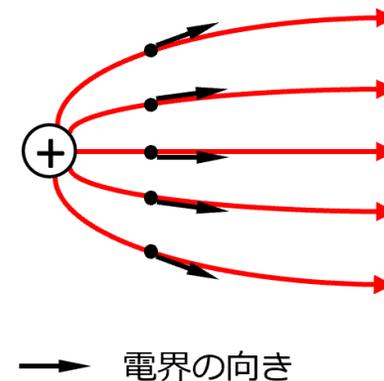
電気力線の密度は電界の強さを表す。



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。



H29 問1

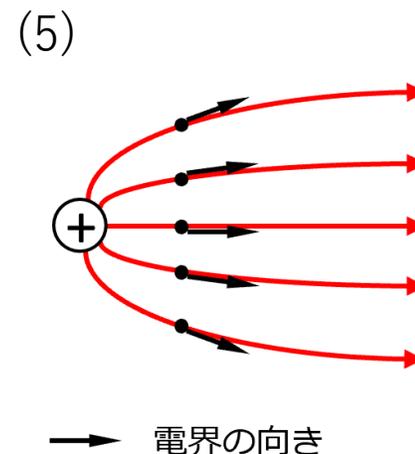
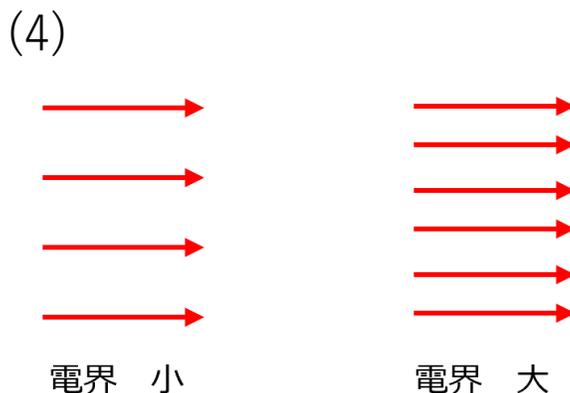
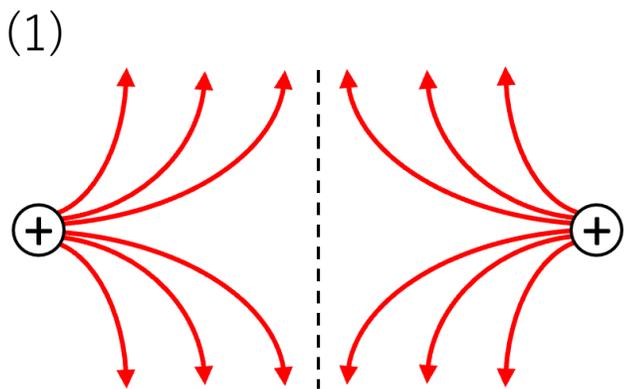
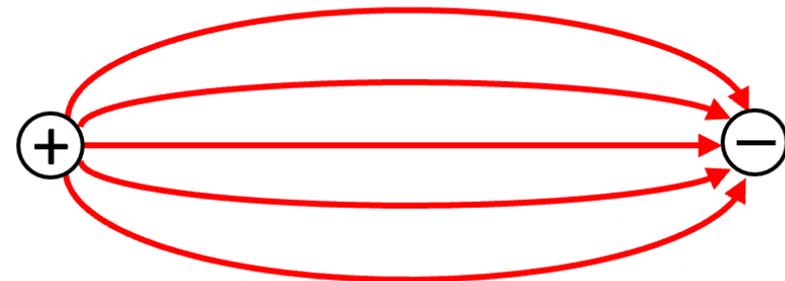
問1 電界の状態を仮想的な線で表したものを電気力線という。この電気力線に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 同じ向きの電気力線同士は反発し合う。
- (2) 電気力線は負の電荷から出て、正の電荷へ入る。
- (3) 電気力線は途中で分岐したり、他の電気力線と交差したりしない。
- (4) 任意の点における電気力線の密度は、その点の電界の強さを表す。
- (5) 任意の点における電界の向きは、電気力線の接線の向きと一致する。

H29 問1

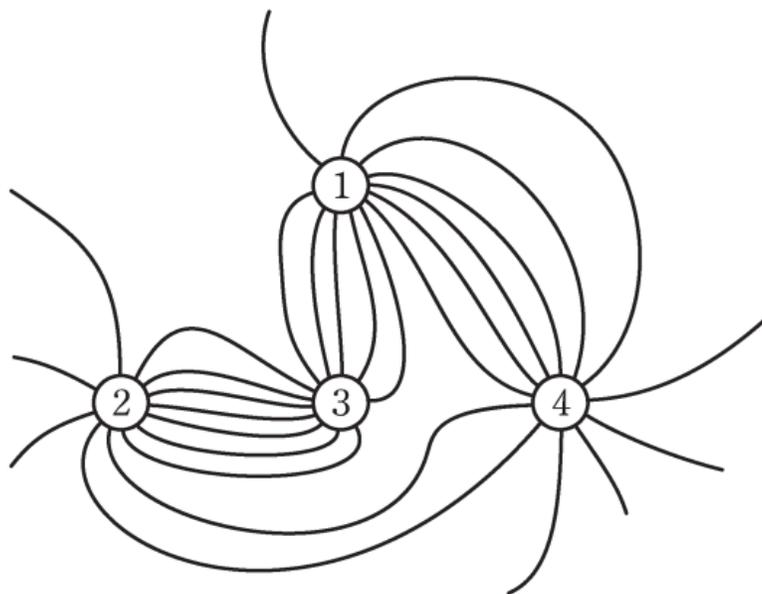
問1 電界の状態を仮想的な線で表したものを電気力線という。この電気力線に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 同じ向きの電気力線同士は反発し合う。
- (2) 電気力線は負の電荷から出て、正の電荷へ入る。**
- (3) 電気力線は途中で分岐したり、他の電気力線と交差したりしない。
- (4) 任意の点における電気力線の密度は、その点の電界の強さを表す。
- (5) 任意の点における電界の向きは、電気力線の接線の向きと一致する。



R02 問2

問2 四本の十分に長い導体円柱①～④が互いに平行に保持されている。①～④は等しい直径を持ち、図の紙面を貫く方向に単位長さあたりの電気量 $+Q$ [C/m]又は $-Q$ [C/m]で均一に帯電している。ただし、 $Q > 0$ とし、①の帯電電荷は正電荷とする。円柱の中心軸と垂直な面内の電気力線の様子を図に示す。ただし、電気力線の向きは示していない。このとき、①～④が帯びている単位長さあたりの電気量の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



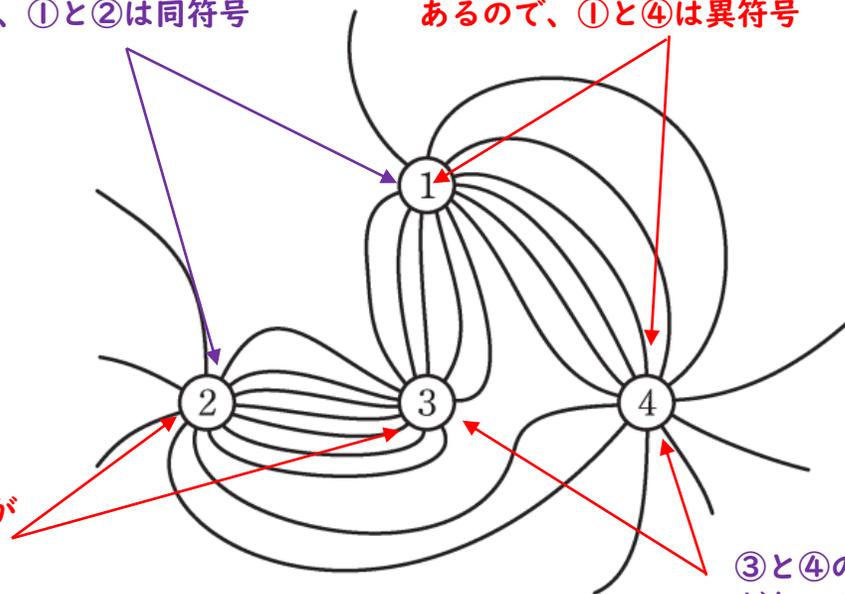
	①	②	③	④
(1)	$+Q$	$+Q$	$+Q$	$+Q$
(2)	$+Q$	$+Q$	$-Q$	$-Q$
(3)	$+Q$	$-Q$	$+Q$	$+Q$
(4)	$+Q$	$-Q$	$-Q$	$-Q$
(5)	$+Q$	$+Q$	$+Q$	$-Q$

R02 問2

問2 四本の十分に長い導体円柱①～④が互いに平行に保持されている。①～④は等しい直径を持ち、図の紙面を貫く方向に単位長さあたりの電気量 $+Q$ [C/m]又は $-Q$ [C/m]で均一に帯電している。ただし、 $Q > 0$ とし、①の帯電電荷は正電荷とする。円柱の中心軸と垂直な面内の電気力線の様子を図に示す。ただし、電気力線の向きは示していない。このとき、①～④が帯びている単位長さあたりの電気量の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

①と②の間で電気力線の出入りが
ないので、①と②は同符号

①と④の間で電気力線の出入りが
あるので、①と④は異符号



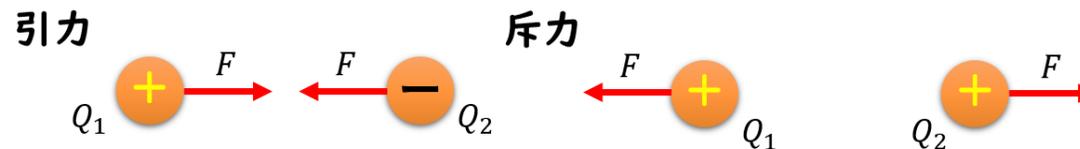
②と③の間で電気力線の出入りが
あるので、②と③は異符号

③と④の間で電気力線の出入り
がないので、③と④は同符号

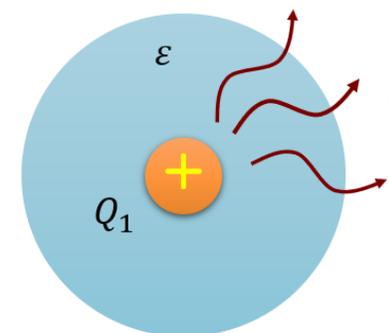
	①	②	③	④
(1)	$+Q$	$+Q$	$+Q$	$+Q$
(2)	$+Q$	$+Q$	$-Q$	$-Q$
(3)	$+Q$	$-Q$	$+Q$	$+Q$
(4)	$+Q$	$-Q$	$-Q$	$-Q$
(5)	$+Q$	$+Q$	$+Q$	$-Q$

電界と電位

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



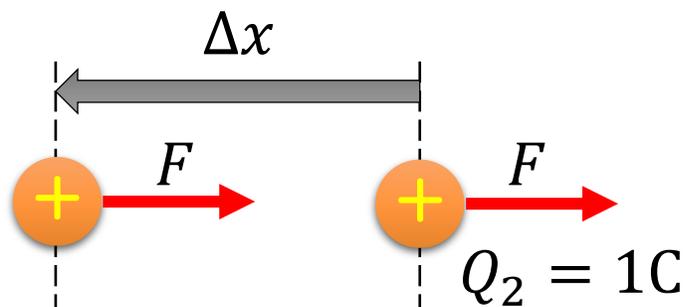
電界 $E = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2}$, $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} = Q_2 E$ E [V/m]



電荷とその周りの誘電体を作る雰囲気 → 電界

仕事と電位の関係

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

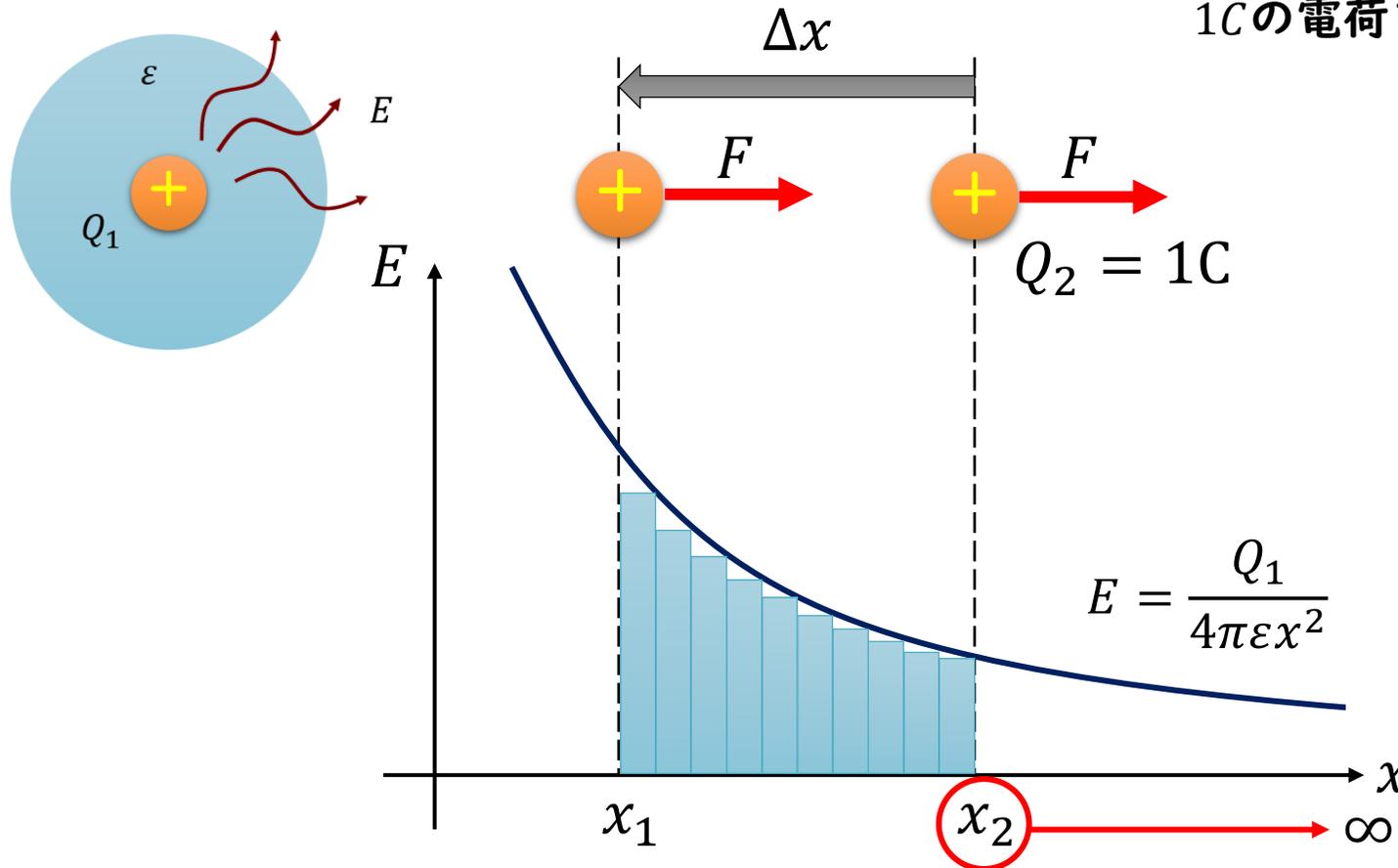


1Cの電荷を移動させるときに発生する仕事

電位を表す式

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

1Cの電荷を移動させるときに発生する仕事



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

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

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

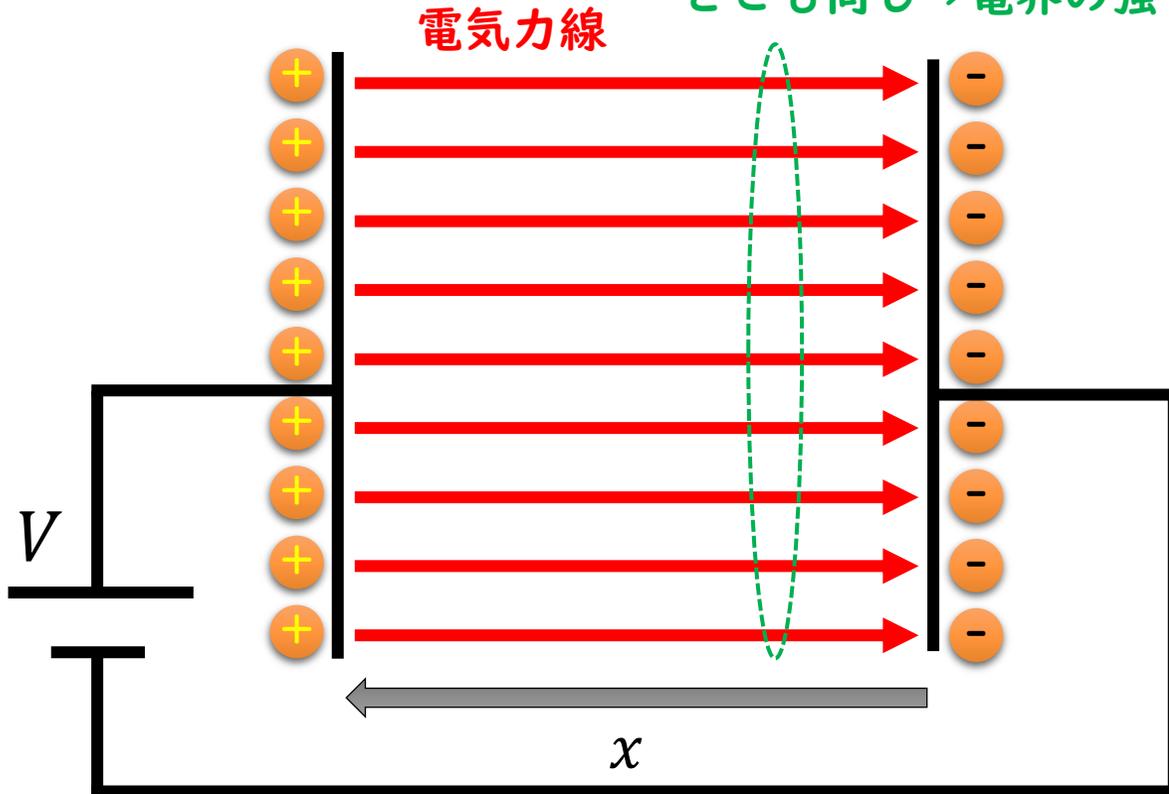
電位とは、電荷 Q_1 が位置 x_1 で有する
位置エネルギー

電位を表す式（平板電極）

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

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



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

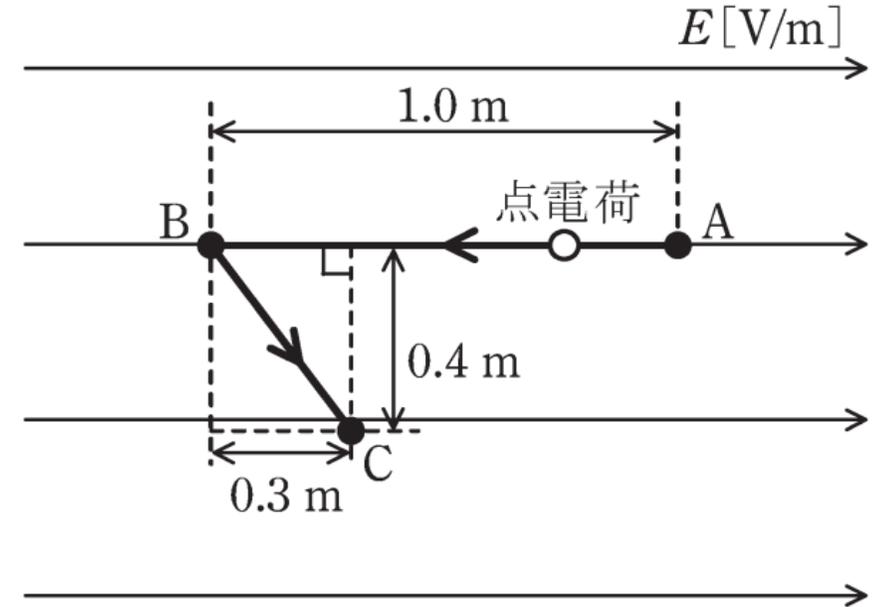
$$V = Ex$$

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。

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

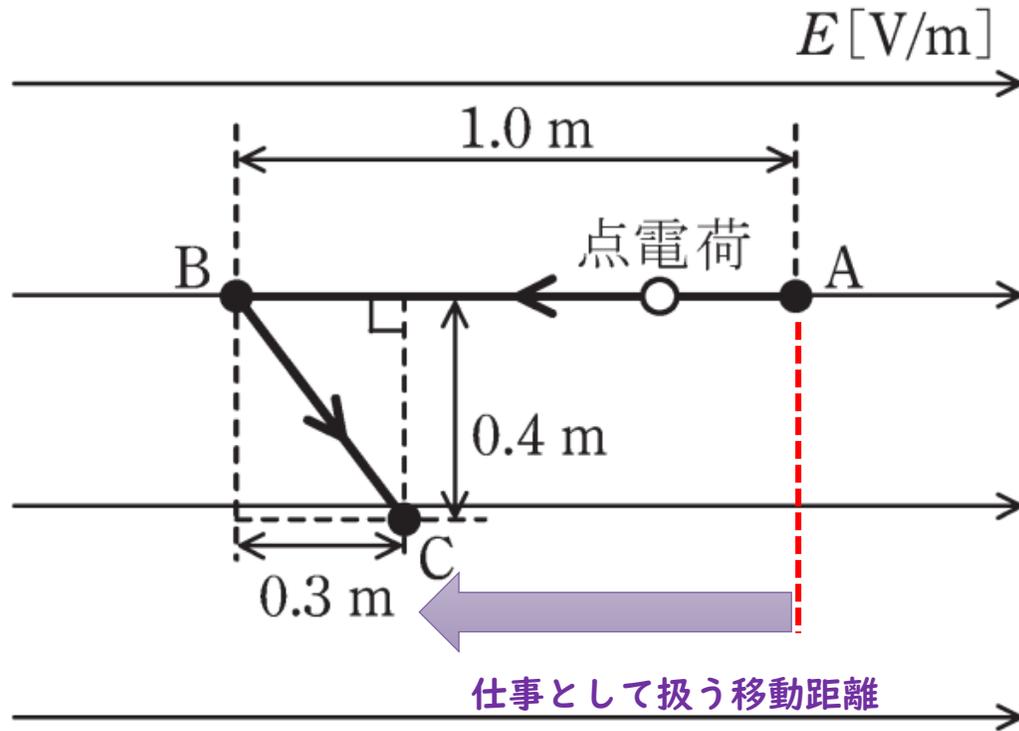
(4) 14

(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 $E[\text{V/m}]$ 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 $V_{BA} [\text{V}]$ 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。



仕事から電界を求める

$$W = F \cdot \Delta x = qE \cdot \Delta x$$

$$E = \frac{W}{q\Delta x} = \frac{14}{2 \times (1.0 - 0.3)} = \frac{14}{1.4} = 10 \text{ V/m}$$

A-B間の電位差を求める

$$W = F \cdot \Delta x = qE \cdot \Delta x = qV$$

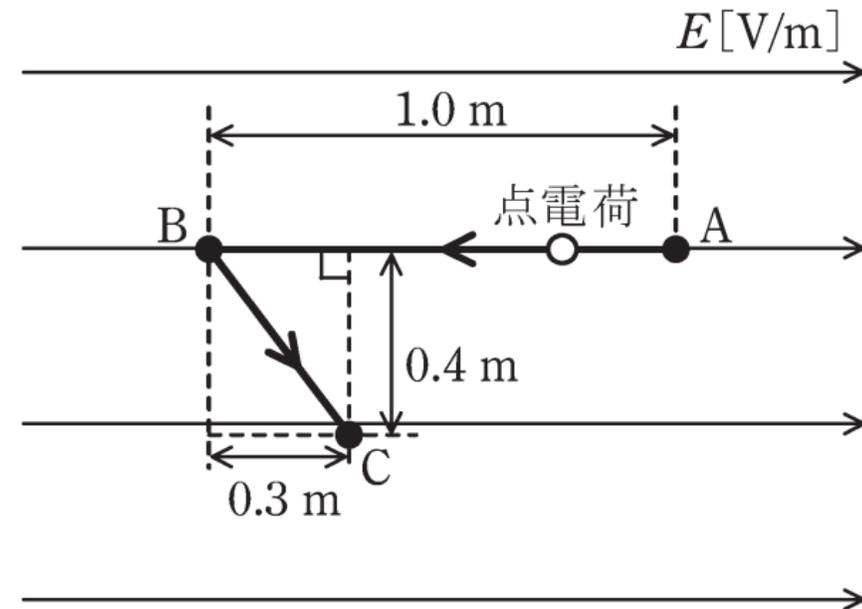
$$V = E \cdot \Delta x \rightarrow V_{AB} = E(x_B - x_A)$$

$$V_{AB} = 10 \times (1.0 - 0) = 10 \text{ V}$$

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

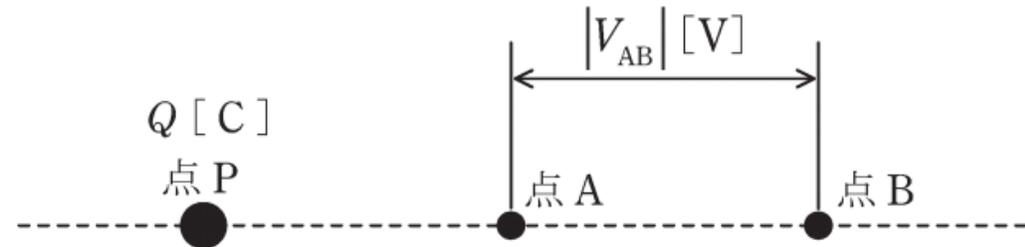
(5) 20

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。

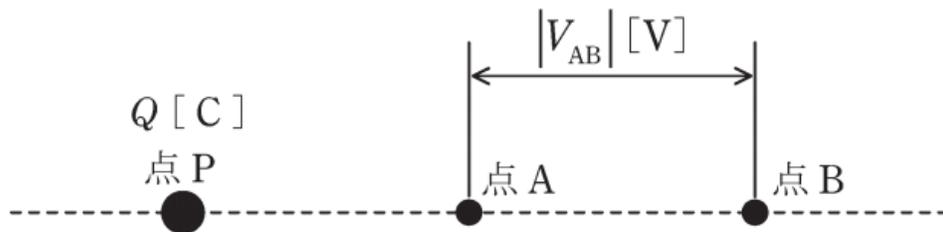
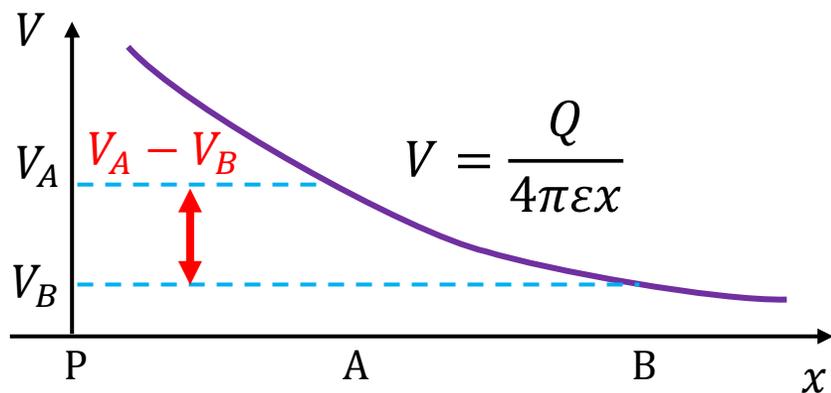


- (1) (a) と (b) (2) (a) と (c) (3) (a) と (d) (4) (b) と (c) (5) (c) と (d)

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。



$$V_{AB} = V_A - V_B = \frac{Q}{4\pi\epsilon x_A} - \frac{Q}{4\pi\epsilon x_B} = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{x_A} - \frac{1}{x_B} \right)$$

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

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{x_A} - \frac{1}{x_B} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2+1} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \times \frac{1}{6}$$

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

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{x_A} - \frac{1}{x_B} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{1+2} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{3} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \times \frac{2}{3}$$

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

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{x_A} - \frac{1}{x_B} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{0.5} - \frac{1}{0.5+1} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{0.5} - \frac{1}{1.5} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \times \frac{4}{3}$$

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

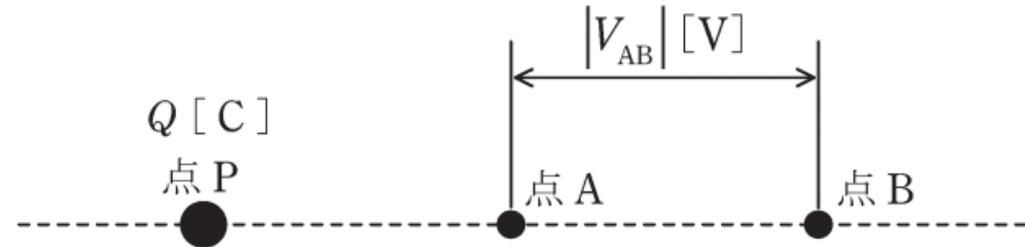
$$\frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{x_A} - \frac{1}{x_B} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{1+0.5} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{1.5} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \times \frac{1}{3}$$

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]

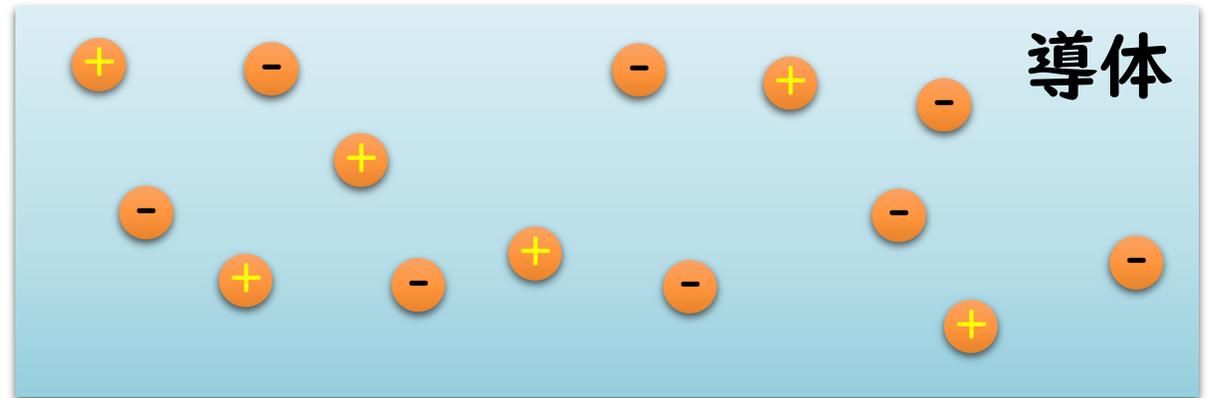
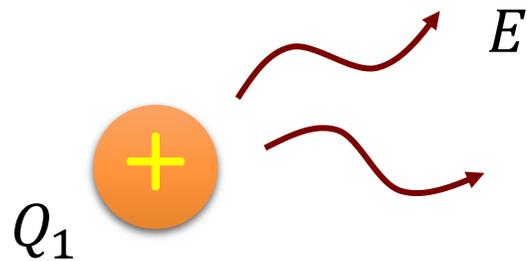
- (a) P-A間の距離を2m, A-B間の距離を1mとした。
- (b) P-A間の距離を1m, A-B間の距離を2mとした。
- (c) P-A間の距離を0.5m, A-B間の距離を1mとした。
- (d) P-A間の距離を1m, A-B間の距離を0.5mとした。



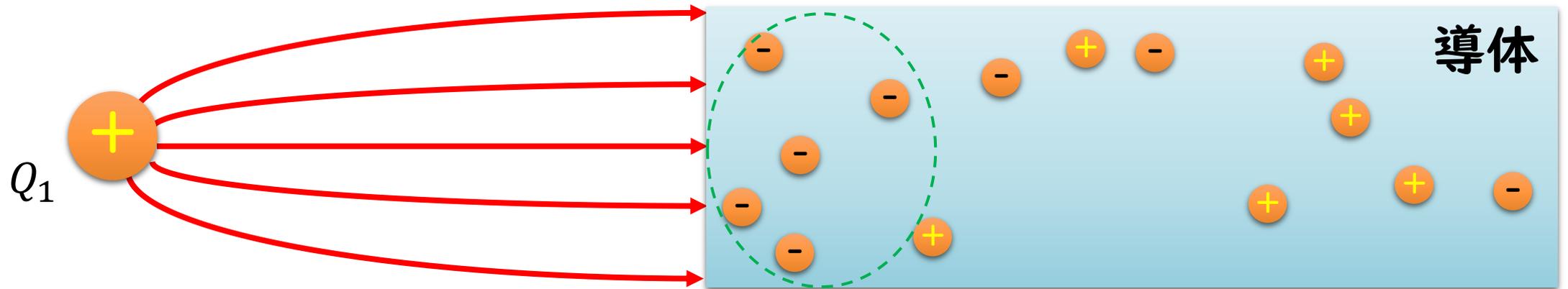
- (1) (a) と (b) **(2)** (a) と (c) (3) (a) と (d) (4) (b) と (c) (5) (c) と (d)

導体と電界

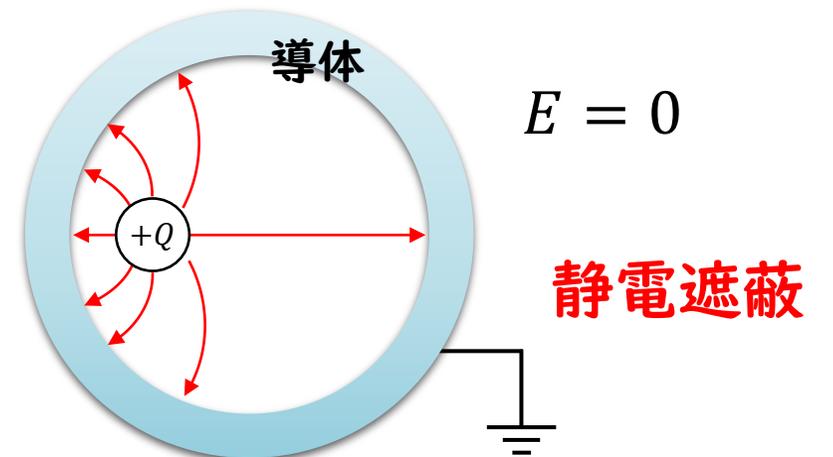
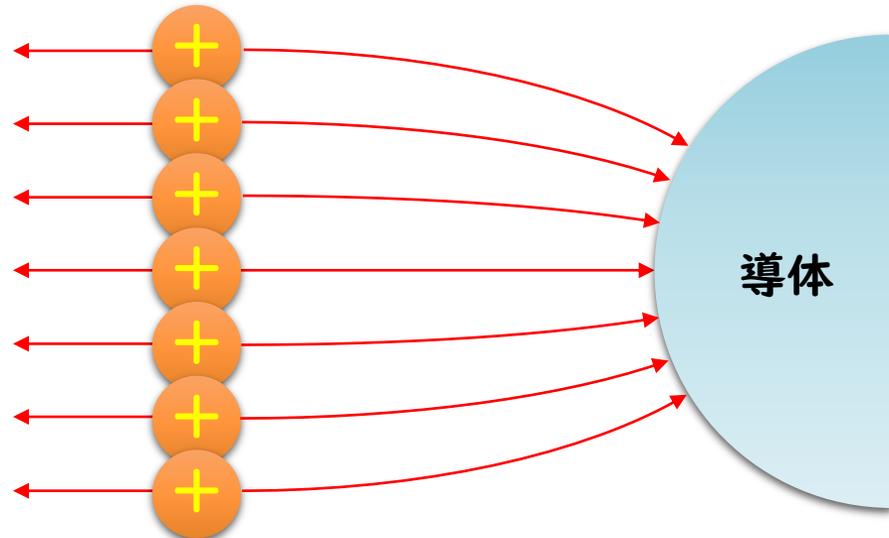
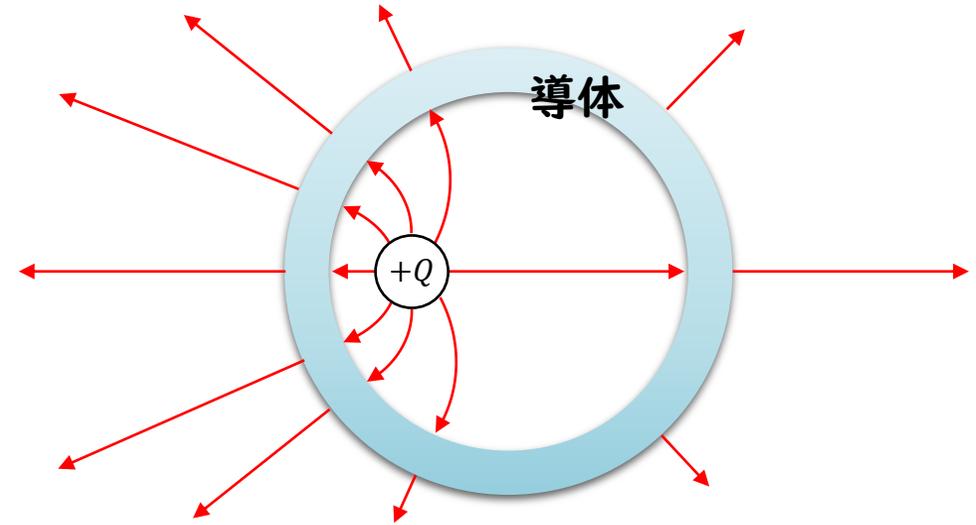
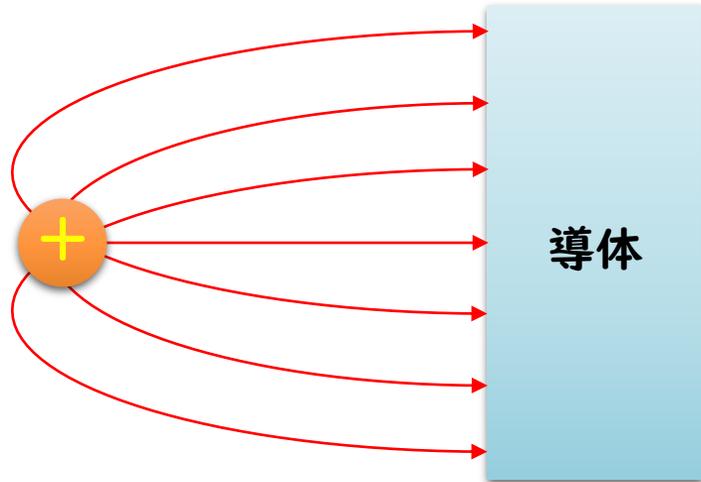
電荷 Q_1 を導体に近づけると、



電気力線は導体に垂直に交わる $E = 0$ 導体内部の電界は0となる



導体付近の電気力線



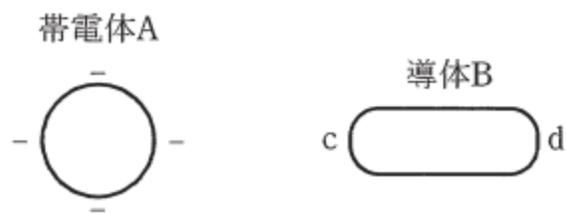
H26 問2

問2 次の文章は、静電気に関する記述である。

図のように真空中において、負に帯電した帯電体 A を、帯電していない絶縁された導体 B に近づけると、導体 B の帯電体 A に近い側の表面 c 付近に の電荷が現れ、それと反対側の表面 d 付近に の電荷が現れる。

この現象を という。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(ウ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	正	負	静電遮へい
(2)	負	正	静電誘導
(3)	負	正	分極
(4)	負	正	静電遮へい
(5)	正	負	静電誘導

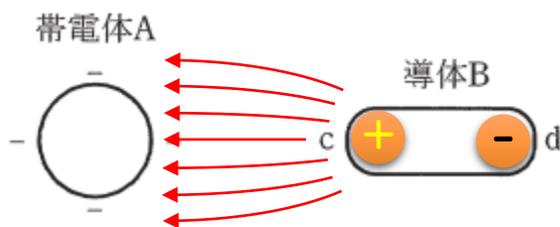
H26 問2

問2 次の文章は、静電気に関する記述である。

図のように真空中において、負に帯電した帯電体 A を、帯電していない絶縁された導体 B に近づけると、導体 B の帯電体 A に近い側の表面 c 付近に の電荷が現れ、それと反対側の表面 d 付近に の電荷が現れる。

この現象を という。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(ウ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



電荷の偏りができる (静電誘導)

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	正	負	静電遮へい
(2)	負	正	静電誘導
(3)	負	正	分極
(4)	負	正	静電遮へい
(5)	正	負	静電誘導

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。
- (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。

電束の総和 = 電荷 (誘電率に依存しない)

電気力線の総和 = $\frac{Q}{\epsilon}$
(誘電率に依存する)

覚えるべき公式

平行平板の静電容量

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

静電容量と電圧、電荷の関係

$$Q = CV$$

電圧と電界の関係

$$V = Ed$$

静電容量に蓄えられたエネルギー

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

電束密度と電界の関係

$$D = \epsilon E$$

合成静電容量 (並列接続)

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$

合成静電容量 (直列接続2個)

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

合成静電容量 (直列接続3個以上)

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

電圧比 (直列接続2個)

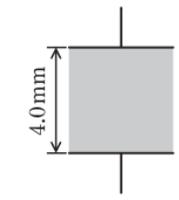
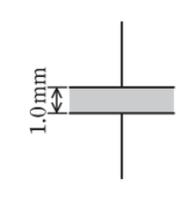
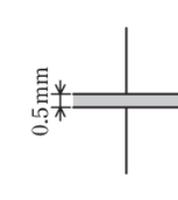
$$V_1 : V_2 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} = C_2 : C_1$$

電圧比 (直列接続3個)

$$V_1 : V_2 : V_3 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} : \frac{1}{C_3}$$

R02 問17

問17 図のように，誘電体の種類，比誘電率，絶縁破壊電界，厚さがそれぞれ異なる三つの平行板コンデンサ①～③がある。極板の形状と大きさは同一で，コンデンサの端効果，初期電荷及び漏れ電流は無視できるものとする。上側の極板に電圧 V_0 [V] の直流電源を接続し，下側の極板を接地した。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

	①	②	③
形状 サイズ			
誘電体の種類	気体	液体	固体
比誘電率	1	2	4
絶縁破壊電界	10 kV/mm	20 kV/mm	50 kV/mm

(a) 各平行板コンデンサへの印加電圧の大きさが同一のとき，極板間の電界の強さの大きい順として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) ①>②>③

(2) ①>③>②

(3) ②>①>③

(4) ③>①>②

(5) ③>②>①

(b) 各平行板コンデンサへの印加電圧をそれぞれ徐々に上昇し，極板間の電界の強さが絶縁破壊電界に達したときの印加電圧(絶縁破壊電圧)の大きさの大きい順として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) ①>②>③

(2) ①>③>②

(3) ②>①>③

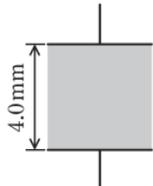
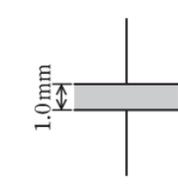
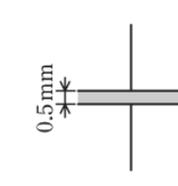
(4) ③>①>②

(5) ③>②>①

導出のポイント

電圧と電界の関係 $V = Ed$

平行板の電圧 V と電界 E は平板間距離 d に依存する

	①	②	③
形状 サイズ			
誘電体の種類	気体	液体	固体
比誘電率	1	2	4
絶縁破壊電界	10 kV/mm	20 kV/mm	50 kV/mm

(a) 各平行板コンデンサへの印加電圧の大きさが同一のとき、極板間の電界の強さの大きい順として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

$$E_1 = \frac{V_0}{4} \quad E_2 = \frac{V_0}{1} = 4E_1 \quad E_3 = \frac{V_0}{0.5} = 2V_0 = 8E_1$$

$$\therefore E_3 > E_2 > E_1$$

(b) 各平行板コンデンサへの印加電圧をそれぞれ徐々に上昇し、極板間の電界の強さが絶縁破壊電界に達したときの印加電圧(絶縁破壊電圧)の大きさの大きい順として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

$$V_{B1} = E_{B1}d_1 = 10 \times 4 = 40 \text{ kV}$$

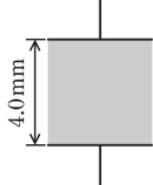
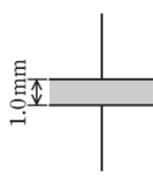
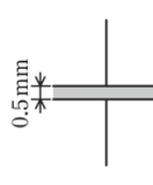
$$V_{B2} = E_{B2}d_2 = 20 \times 1 = 20 \text{ kV}$$

$$V_{B3} = E_{B3}d_3 = 50 \times 0.5 = 25 \text{ kV}$$

$$\therefore V_{B1} > V_{B3} > V_{B2}$$

R02 問17

問17 図のように，誘電体の種類，比誘電率，絶縁破壊電界，厚さがそれぞれ異なる三つの平行板コンデンサ①～③がある。極板の形状と大きさは同一で，コンデンサの端効果，初期電荷及び漏れ電流は無視できるものとする。上側の極板に電圧 V_0 [V] の直流電源を接続し，下側の極板を接地した。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

	①	②	③
形状 サイズ			
誘電体の種類	気体	液体	固体
比誘電率	1	2	4
絶縁破壊電界	10 kV/mm	20 kV/mm	50 kV/mm

(a) 各平行板コンデンサへの印加電圧の大きさが同一のとき，極板間の電界の強さの大きい順として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

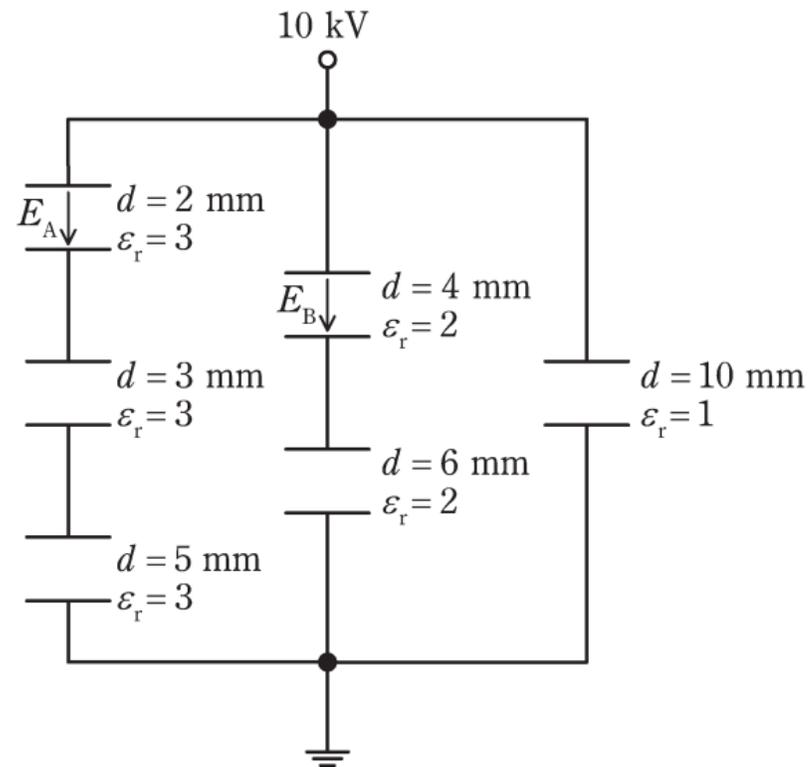
(b) 各平行板コンデンサへの印加電圧をそれぞれ徐々に上昇し，極板間の電界の強さが絶縁破壊電界に達したときの印加電圧(絶縁破壊電圧)の大きさの大きい順として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) ①>②>③
- (2) ①>③>②
- (3) ②>①>③
- (4) ③>①>②
- (5) ③>②>①**
-
- (1) ①>②>③
- (2) ①>③>②**
- (3) ②>①>③
- (4) ③>①>②
- (5) ③>②>①

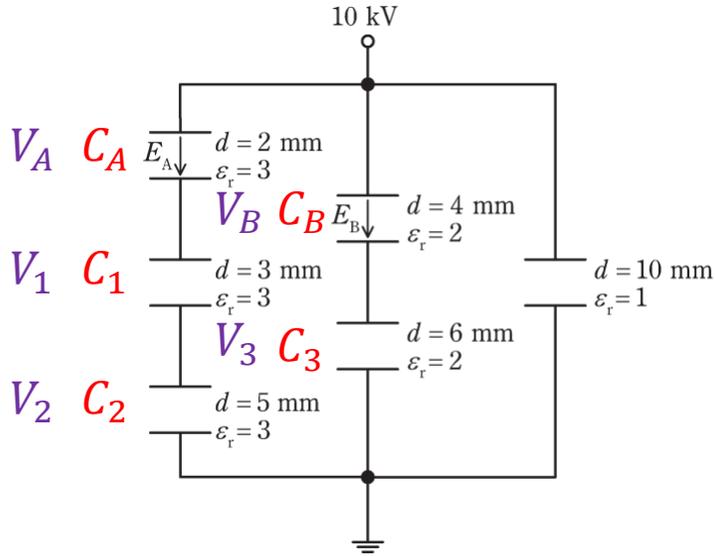
R01 問2

問2 図のように、極板間距離 d [mm] と比誘電率 ϵ_r が異なる平行板コンデンサが接続されている。極板の形状と大きさは全て同一であり、コンデンサの端効果、初期電荷及び漏れ電流は無視できるものとする。印加電圧を 10 kV とするとき、図中の二つのコンデンサ内部の電界の強さ E_A 及び E_B の値 [kV/mm] 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。

	E_A	E_B
(1)	0.25	0.67
(2)	0.25	1.5
(3)	1.0	1.0
(4)	4.0	0.67
(5)	4.0	1.5



導出のポイント



1. 静電容量を求める

$$C_A = 3\varepsilon_0 \frac{S}{2} = \frac{1}{2} 3\varepsilon_0 S = \frac{1}{2} C_0 \quad C_B = 2\varepsilon_0 \frac{S}{4} = \frac{1}{4} C_0'$$

$$C_1 = 3\varepsilon_0 \frac{S}{3} = \frac{1}{3} 3\varepsilon_0 S = \frac{1}{3} C_0 \quad C_2 = 2\varepsilon_0 \frac{S}{6} = \frac{1}{6} C_0'$$

$$C_2 = 3\varepsilon_0 \frac{S}{5} = \frac{1}{5} 3\varepsilon_0 S = \frac{1}{5} C_0$$

2. 電圧 V_A, V_B を求める

$$V_A : V_1 : V_2 = \frac{1}{C_A} : \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} = \frac{2}{C_0} : \frac{3}{C_0} : \frac{5}{C_0} = 2 : 3 : 5$$

$$V_A = \frac{2}{2 + 3 + 5} \times 10 \text{ kV} = 2 \text{ kV}$$

$$V_B : V_3 = \frac{1}{C_B} : \frac{1}{C_3} = \frac{4}{C_0'} : \frac{6}{C_0'} = 4 : 6$$

$$V_B = \frac{4}{4 + 6} \times 10 \text{ kV} = 4 \text{ kV}$$

3. 電界を求める

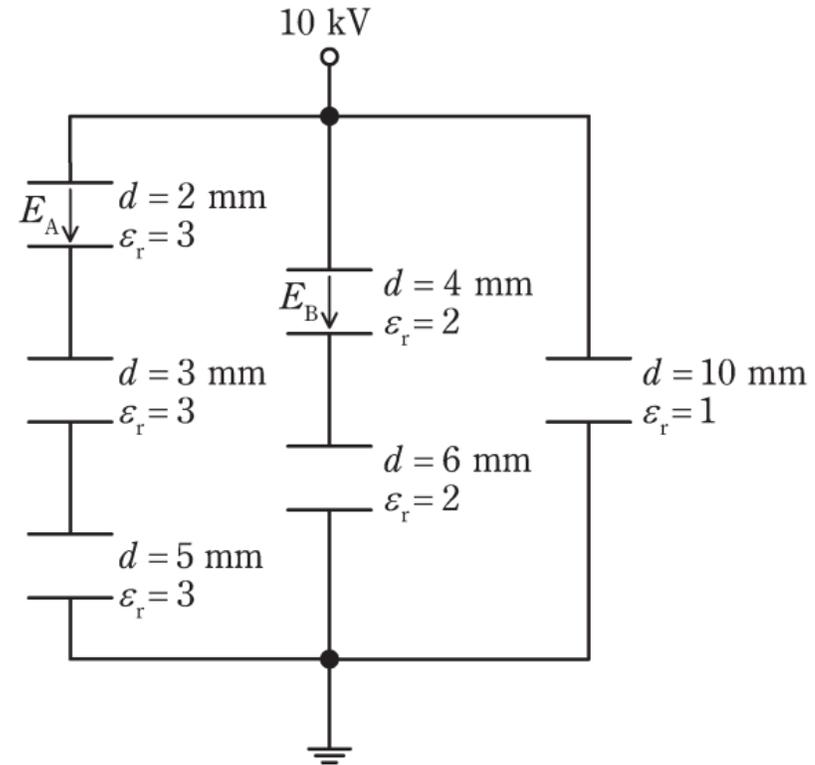
$$E_A = \frac{V_A}{d_A} = \frac{2}{2} = 1 \text{ kV/mm}$$

$$E_B = \frac{V_B}{d_B} = \frac{4}{4} = 1 \text{ kV/mm}$$

R01 問2

問2 図のように、極板間距離 d [mm] と比誘電率 ϵ_r が異なる平行板コンデンサが接続されている。極板の形状と大きさは全て同一であり、コンデンサの端効果、初期電荷及び漏れ電流は無視できるものとする。印加電圧を 10 kV とするとき、図中の二つのコンデンサ内部の電界の強さ E_A 及び E_B の値 [kV/mm] 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。

	E_A	E_B
(1)	0.25	0.67
(2)	0.25	1.5
(3)	1.0	1.0
(4)	4.0	0.67
(5)	4.0	1.5



H28 問2

問2 極板 A と極板 B との間に一定の直流電圧を加え、極板 B を接地した平行板コンデンサに関する記述 a ~ d として、正しいものの組合せを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

- a 極板間の電位は、極板 A からの距離に対して反比例の関係で変化する。
- b 極板間の電界の強さは、極板 A からの距離に対して一定である。
- c 極板間の等電位線は、極板に対して平行である。
- d 極板間の電気力線は、極板に対して垂直である。

(1) a

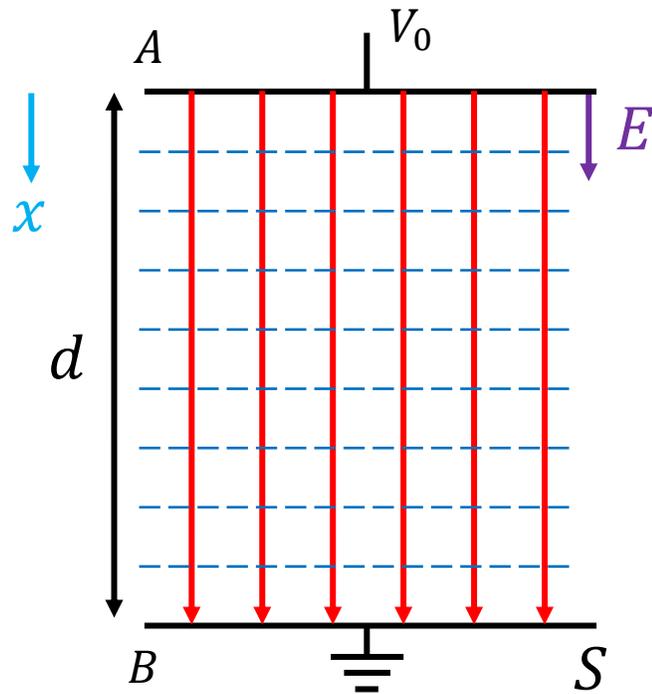
(2) b

(3) a , c , d

(4) b , c , d

(5) a , b , c , d

導出のポイント



S : 平板の面積

d : 平板間距離

電気力線 \longrightarrow

等電位線 -----

a 極板間の電位は, 極板 A からの距離に対して反比例の関係で変化する。

$$V_x = V_0 - Ex \quad \rightarrow x \text{に反比例ではない (誤り)}$$

b 極板間の電界の強さは, 極板 A からの距離に対して一定である。

\rightarrow 正しい

c 極板間の等電位線は, 極板に対して平行である。

\rightarrow 正しい

d 極板間の電気力線は, 極板に対して垂直である。

\rightarrow 正しい

H28 問2

問2 極板 A と極板 B との間に一定の直流電圧を加え、極板 B を接地した平行板コンデンサに関する記述 a ~ d として、正しいものの組合せを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

- a 極板間の電位は、極板 A からの距離に対して反比例の関係で変化する。
- b 極板間の電界の強さは、極板 A からの距離に対して一定である。
- c 極板間の等電位線は、極板に対して平行である。
- d 極板間の電気力線は、極板に対して垂直である。

(1) a

(2) b

(3) a , c , d

(4) b , c , d

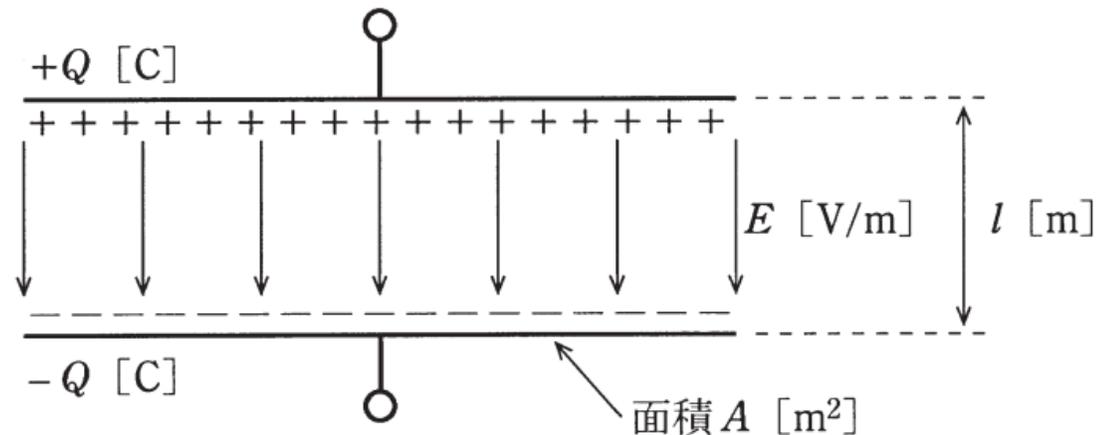
(5) a , b , c , d

H27 問2

問2 図のように、真空中で2枚の電極を平行に向かい合せたコンデンサを考える。各電極の面積を A [m²]、電極の間隔を l [m] とし、端効果を見捨てると、静電容量は \square (ア) [F] である。このコンデンサに直流電圧源を接続し、電荷 Q [C] を充電してから電圧源を外した。このとき、電極間の電界 $E = \square$ (イ) [V/m] によって静電エネルギー $W = \square$ (ウ) [J] が蓄えられている。この状態で電極間隔を増大させると静電エネルギーも増大することから、二つの電極間には静電力の \square (エ) が働くことが分かる。

ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

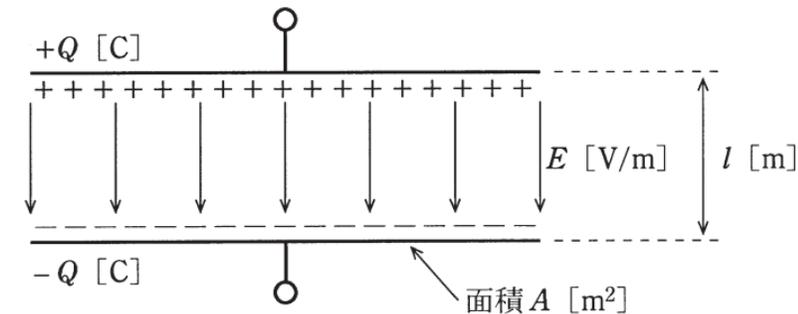


	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	$\epsilon_0 \frac{A}{l}$	$\frac{Ql}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{\epsilon_0 A}$	引 力
(2)	$\epsilon_0 \frac{A}{l}$	$\frac{Q}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{2\epsilon_0 A}$	引 力
(3)	$\frac{A}{\epsilon_0 l}$	$\frac{Ql}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{2\epsilon_0 A}$	斥 力
(4)	$\frac{A}{\epsilon_0 l}$	$\frac{Q}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{\epsilon_0 A}$	斥 力
(5)	$\epsilon_0 \frac{A}{l}$	$\frac{Q}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{2\epsilon_0 A}$	斥 力

導出のポイント

問2 図のように、真空中で2枚の電極を平行に向かい合せたコンデンサを考える。各電極の面積を A [m²]、電極の間隔を l [m] とし、端効果を見做すと、静電容量は [F] である。このコンデンサに直流電圧源を接続し、電荷 Q [C] を充電してから電圧源を外した。このとき、電極間の電界 $E =$ [V/m] によって静電エネルギー $W =$ [J] が蓄えられている。この状態で電極間隔を増大させると静電エネルギーも増大することから、二つの電極間には静電力の が働くことが分かる。

ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。



(ア)

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{l}$$

(イ)

$$Q = CV \rightarrow V = \frac{Q}{C} \rightarrow El = \frac{Q}{C}$$

$$E = \frac{Q}{Cl} = \frac{Q}{l} \frac{1}{\epsilon_0 \frac{A}{l}} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

(ウ)

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon_0 \frac{A}{l}} = \frac{Q^2 l}{2\epsilon_0 A}$$

(エ) 引力

平行板の静電容量

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

電圧と電界の関係

$$V = Ed$$

静電容量と電圧、電荷の関係

$$Q = CV$$

静電容量に蓄えられたエネルギー

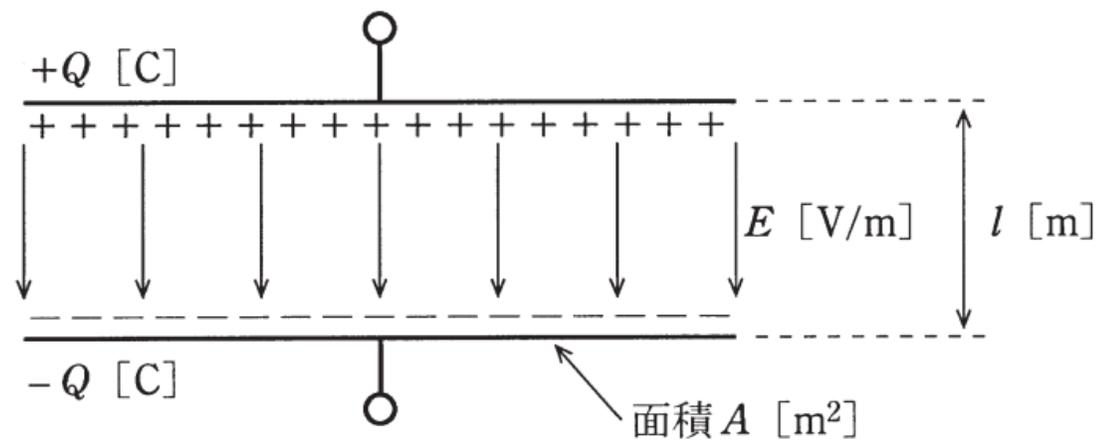
$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

H27 問2

問2 図のように、真空中で2枚の電極を平行に向かい合せたコンデンサを考える。各電極の面積を A [m²]、電極の間隔を l [m] とし、端効果を見捨てると、静電容量は [F] である。このコンデンサに直流電圧源を接続し、電荷 Q [C] を充電してから電圧源を外した。このとき、電極間の電界 $E =$ [V/m] によって静電エネルギー $W =$ [J] が蓄えられている。この状態で電極間隔を増大させると静電エネルギーも増大することから、二つの電極間には静電力の が働くことが分かる。

ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	$\epsilon_0 \frac{A}{l}$	$\frac{Ql}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{\epsilon_0 A}$	引 力
(2)	$\epsilon_0 \frac{A}{l}$	$\frac{Q}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{2\epsilon_0 A}$	引 力
(3)	$\frac{A}{\epsilon_0 l}$	$\frac{Ql}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{2\epsilon_0 A}$	斥 力
(4)	$\frac{A}{\epsilon_0 l}$	$\frac{Q}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{\epsilon_0 A}$	斥 力
(5)	$\epsilon_0 \frac{A}{l}$	$\frac{Q}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{2\epsilon_0 A}$	斥 力

H23 問2

問2 直流電圧 1000 [V] の電源で充電された静電容量 8 [μF] の平行平板コンデンサがある。コンデンサを電源から外した後に電荷を保持したままコンデンサの電極間距離を最初の距離の $\frac{1}{2}$ に縮めたとき、静電容量 [μF] と静電エネルギー [J] 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。

	静電容量	静電エネルギー
(1)	16	4
(2)	16	2
(3)	16	8
(4)	4	4
(5)	4	2

導出のポイント

問2 直流電圧 1000 [V] の電源で充電された静電容量 8 [μF] の平行平板コンデンサがある。コンデンサを電源から外した後に電荷を保持したままコンデンサの電極間距離を最初の距離の $\frac{1}{2}$ に縮めたとき、静電容量 [μF] と静電エネルギー [J] 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。

平行板の静電容量

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

静電容量と電圧、電荷の関係

$$Q = CV$$

静電容量に蓄えられたエネルギー

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

$$Q = CV = 8\mu \times 1000 = 8 \text{ mC}$$

$$d \rightarrow \frac{d}{2} \rightarrow C' = 2C = 2 \times 8 = 16 \mu\text{F}$$

電極間距離を縮めても電荷の量は変化しないので

$$W = \frac{1}{2} C' V^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C'} = \frac{1}{2} \frac{(8 \times 10^{-3})^2}{16 \times 10^{-6}} = \frac{64}{32} = 2 \text{ J}$$

H23 問2

問2 直流電圧 1000 [V] の電源で充電された静電容量 8 [μF] の平行平板コンデンサがある。コンデンサを電源から外した後に電荷を保持したままコンデンサの電極間距離を最初の距離の $\frac{1}{2}$ に縮めたとき、静電容量 [μF] と静電エネルギー [J] 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。

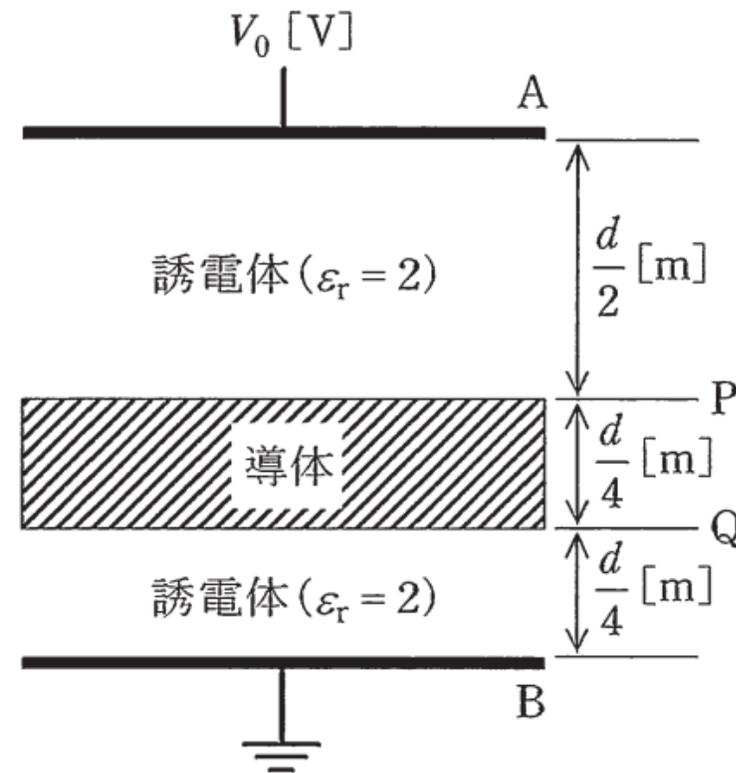
	静電容量	静電エネルギー
(1)	16	4
(2)	16	2
(3)	16	8
(4)	4	4
(5)	4	2

H26 問1

問1 極板 A-B 間が比誘電率 $\epsilon_r=2$ の誘電体で満たされた平行平板コンデンサがある。極板間の距離は d [m] , 極板間の直流電圧は V_0 [V] である。極板と同じ形状と大きさを持ち、厚さが $\frac{d}{4}$ [m] の帯電していない導体を図に示す位置 P-Q 間に極板と平行に挿入したとき、導体の電位の値 [V] 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、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

- (1) $\frac{V_0}{8}$ (2) $\frac{V_0}{6}$ (3) $\frac{V_0}{4}$ (4) $\frac{V_0}{3}$ (5) $\frac{V_0}{2}$

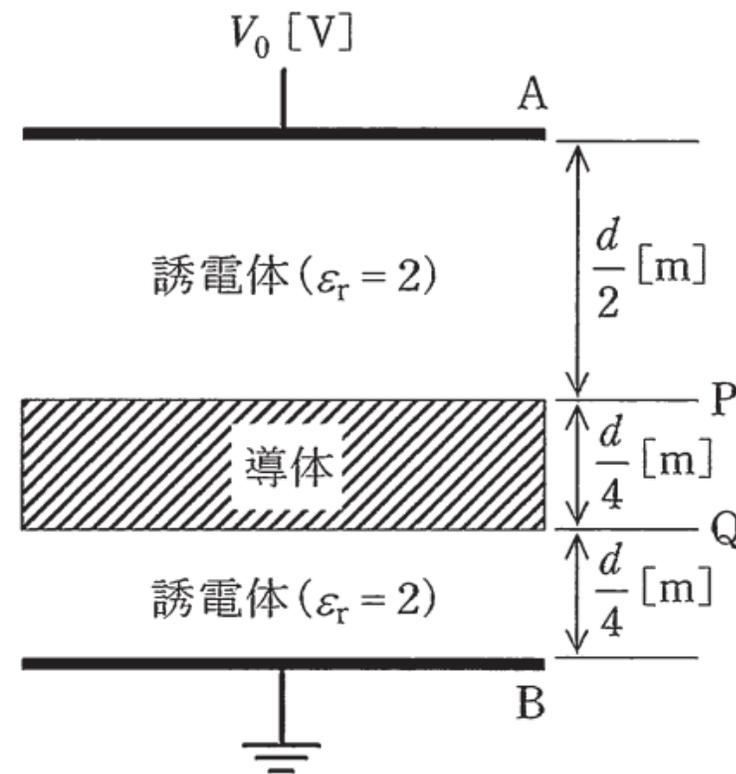


H26 問1

問1 極板 A-B 間が比誘電率 $\epsilon_r=2$ の誘電体で満たされた平行平板コンデンサがある。極板間の距離は d [m] , 極板間の直流電圧は V_0 [V] である。極板と同じ形状と大きさを持ち、厚さが $\frac{d}{4}$ [m] の帯電していない導体を図に示す位置 P-Q 間に極板と平行に挿入したとき、導体の電位の値 [V] 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、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

- (1) $\frac{V_0}{8}$ (2) $\frac{V_0}{6}$ (3) $\frac{V_0}{4}$ (4) $\frac{V_0}{3}$ (5) $\frac{V_0}{2}$



H30 問2

問2 次の文章は、平行板コンデンサの電界に関する記述である。

極板間距離 d_0 [m] の平行板空気コンデンサの極板間電圧を一定とする。

極板と同形同面積の固体誘電体（比誘電率 $\epsilon_r > 1$ ，厚さ d_1 [m] $< d_0$ [m]）を極板と平行に挿入すると，空気ギャップの電界の強さは，固体誘電体を挿入する前の値と比べて 。

また，極板と同形同面積の導体（厚さ d_2 [m] $< d_0$ [m]）を極板と平行に挿入すると，空気ギャップの電界の強さは，導体を挿入する前の値と比べて 。

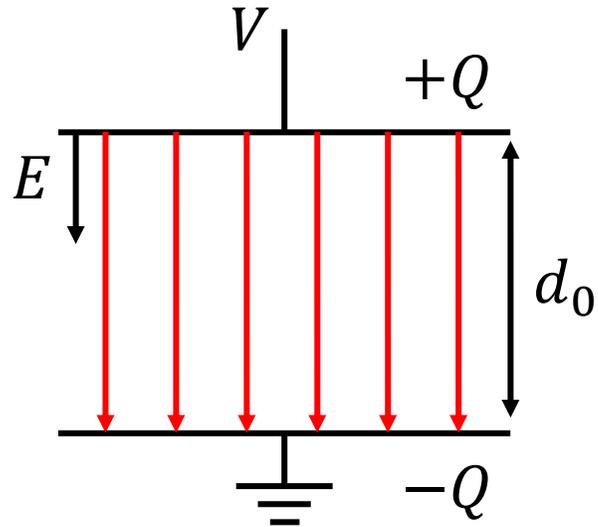
ただし，コンデンサの端効果は無視できるものとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)及び(イ)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

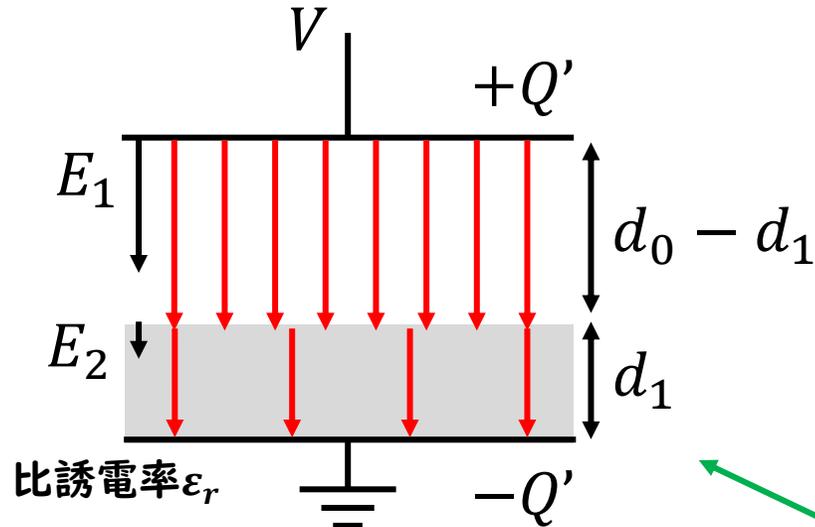
	(ア)	(イ)
(1)	強くなる	強くなる
(2)	強くなる	弱くなる
(3)	弱くなる	強くなる
(4)	弱くなる	弱くなる
(5)	変わらない	変わらない

導出のポイント

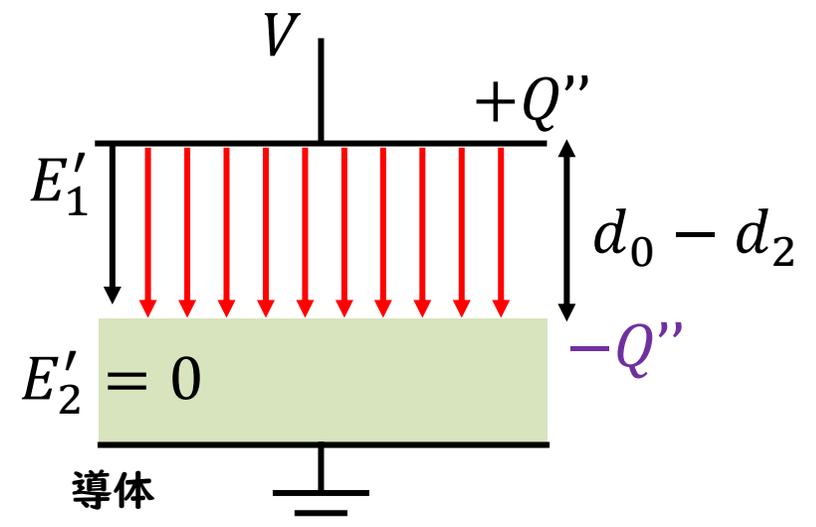
空気のみ



固体誘電体を挿入



導体を挿入



E と E_1 の大きさを比べると $E < E_1$

→誘電体を挿入すると、
空気ギャップの電界は**強くなる**

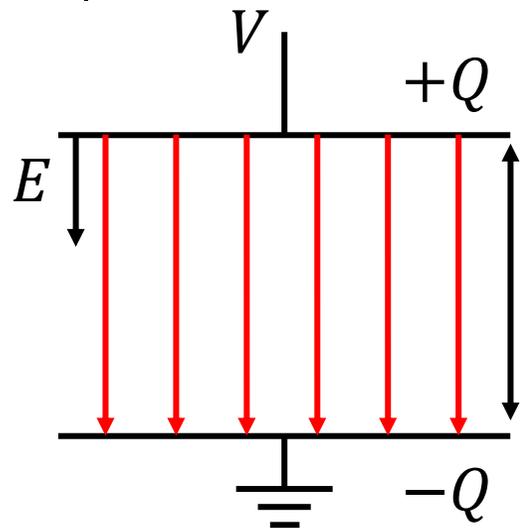
E と E'_1 の大きさを比べると $E < E'_1$

→導体を挿入すると、
空気ギャップの電界は**強くなる**

いずれの場合も空気ギャップのすき間が短くなるので、クーロン力が強くなる

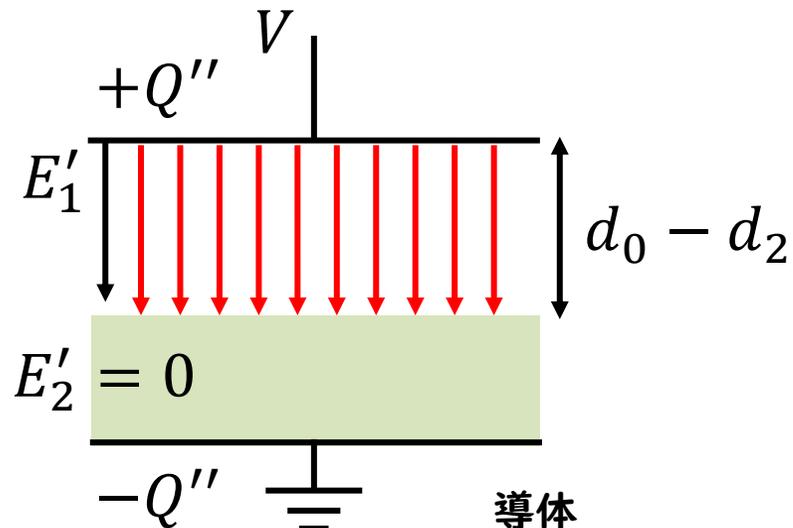
$F = QE$ より
→電界は強くなる

計算で求める場合



空気のみ

$$E = \frac{V}{d_0}$$



導体を挿入

$$E'_1 = \frac{V}{d_0 - d_2}$$

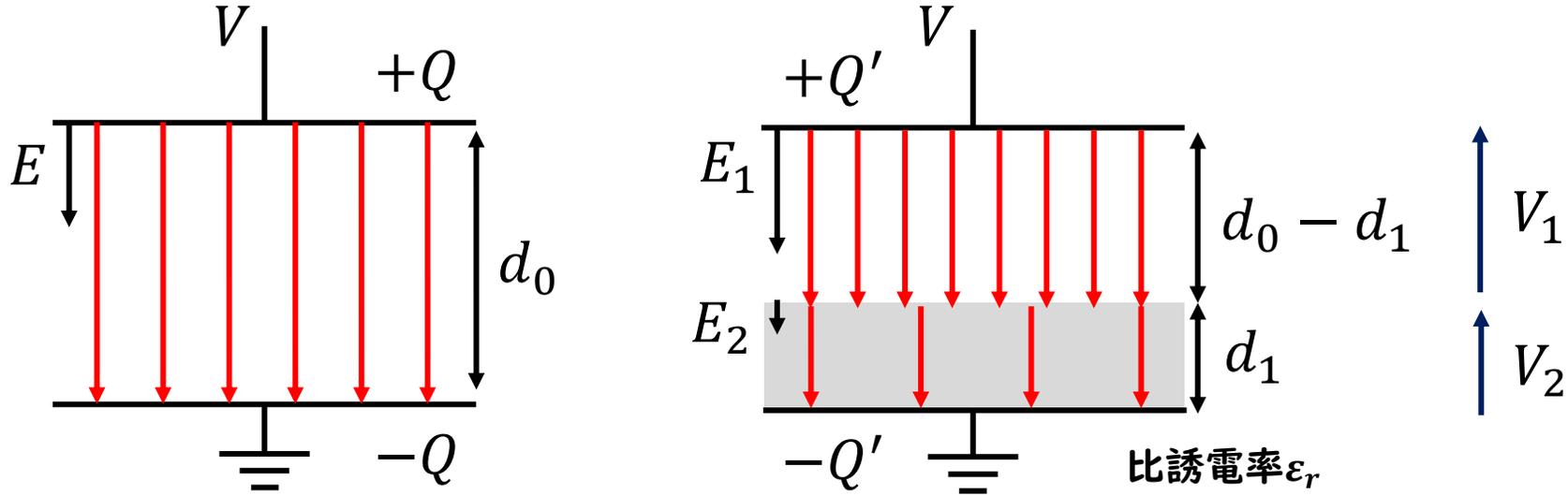
$$E : E'_1 = \frac{1}{d_0} : \frac{1}{d_0 - d_2}$$

$$E : E'_1 = d_0 - d_2 : d_0$$

$$d_0 - d_2 < d_0 \text{ より}$$

$$\therefore E < E'_1$$

計算で求める場合



空気のみ

$$E = \frac{V}{d_0}$$

誘電体を挿入

$$D = \epsilon_0 E_1 = \epsilon_r \epsilon_0 E_2$$

$$E_1 = \epsilon_r E_2$$

$$E_2 = \frac{E_1}{\epsilon_r}$$

$$V = V_1 + V_2 = E_1(d_0 - d_1) + E_2 d_1$$

$$E d_0 = E_1(d_0 - d_1) + \frac{E_1}{\epsilon_r} d_1$$

$$E_1 = \frac{d_0}{d_0 - d_1 + \frac{d_1}{\epsilon_r}} E = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r}\right) \frac{d_1}{d_0}} E$$

$$\therefore E_1 > E$$

分母の数は1より小さい

H30 問2

問2 次の文章は、平行板コンデンサの電界に関する記述である。

極板間距離 d_0 [m] の平行板空気コンデンサの極板間電圧を一定とする。

極板と同形同面積の固体誘電体（比誘電率 $\epsilon_r > 1$ ，厚さ d_1 [m] $< d_0$ [m]）を極板と平行に挿入すると，空気ギャップの電界の強さは，固体誘電体を挿入する前の値と比べて 。

また，極板と同形同面積の導体（厚さ d_2 [m] $< d_0$ [m]）を極板と平行に挿入すると，空気ギャップの電界の強さは，導体を挿入する前の値と比べて 。

ただし，コンデンサの端効果は無視できるものとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)及び(イ)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)
(1)	強くなる	強くなる
(2)	強くなる	弱くなる
(3)	弱くなる	強くなる
(4)	弱くなる	弱くなる
(5)	変わらない	変わらない

H30 問17

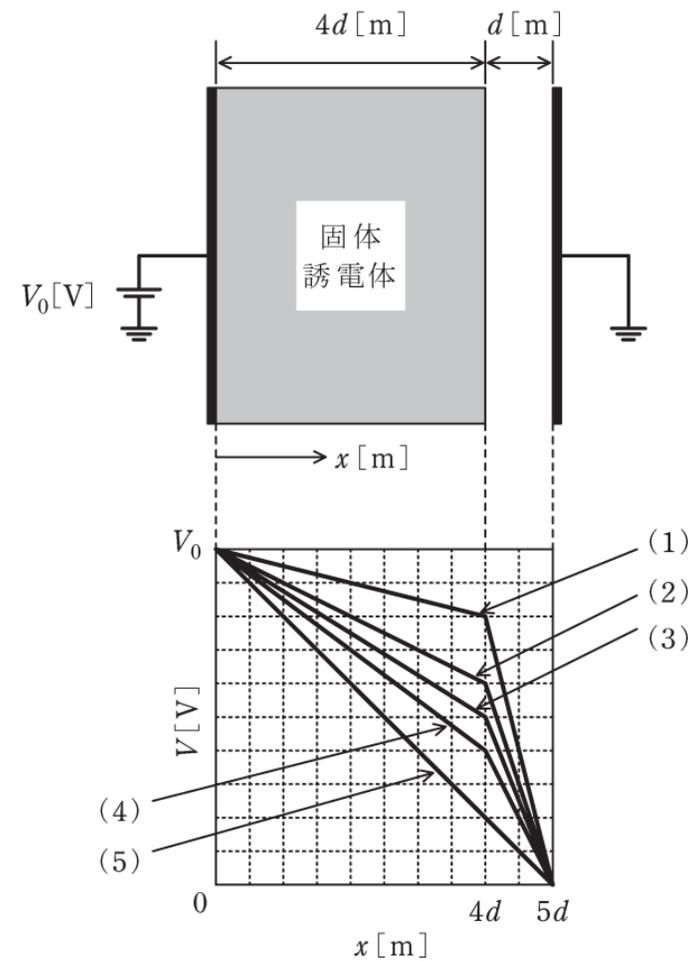
問 17 空気(比誘電率 1)で満たされた極板間距離 $5d$ [m]の平行板コンデンサがある。図のように、一方の極板と大地との間に電圧 V_0 [V]の直流電源を接続し、極板と同形同面積で厚さ $4d$ [m]の固体誘電体(比誘電率 4)を極板と接するように挿入し、他方の極板を接地した。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

(a) 極板間の電位分布を表すグラフ(縦軸：電位 V [V]，横軸：電源が接続された極板からの距離 x [m])として、最も近いものを図中の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(b) $V_0 = 10$ kV, $d = 1$ mm とし、比誘電率 4 の固体誘電体を比誘電率 ϵ_r の固体誘電体に差し替え、空気ギャップの電界の強さが 2.5 kV/mm となったとき、 ϵ_r 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。

- (1) 0.75 (2) 1.00 (3) 1.33 (4) 1.67 (5) 2.00



導出のポイント

(a) 極板間の電位分布を表すグラフ(縦軸: 電位 V [V], 横軸: 電源が接続された極板からの距離 x [m])として, 最も近いものを図中の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

$$C_1 = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{4d} = 4\epsilon_0 \frac{S}{4d} = \epsilon_0 \frac{S}{d} \quad C_2 = \epsilon_0 \frac{S}{d} \rightarrow C_1 = C_2$$

$$V_1 : V_2 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} = 1 : 1$$

$$V_2 = \frac{1}{2} V_0 \quad \text{固体誘電体と空気の境界面の位置 } 4d \text{ で電圧が } \frac{1}{2} V_0 \text{ となるグラフを選ぶ}$$

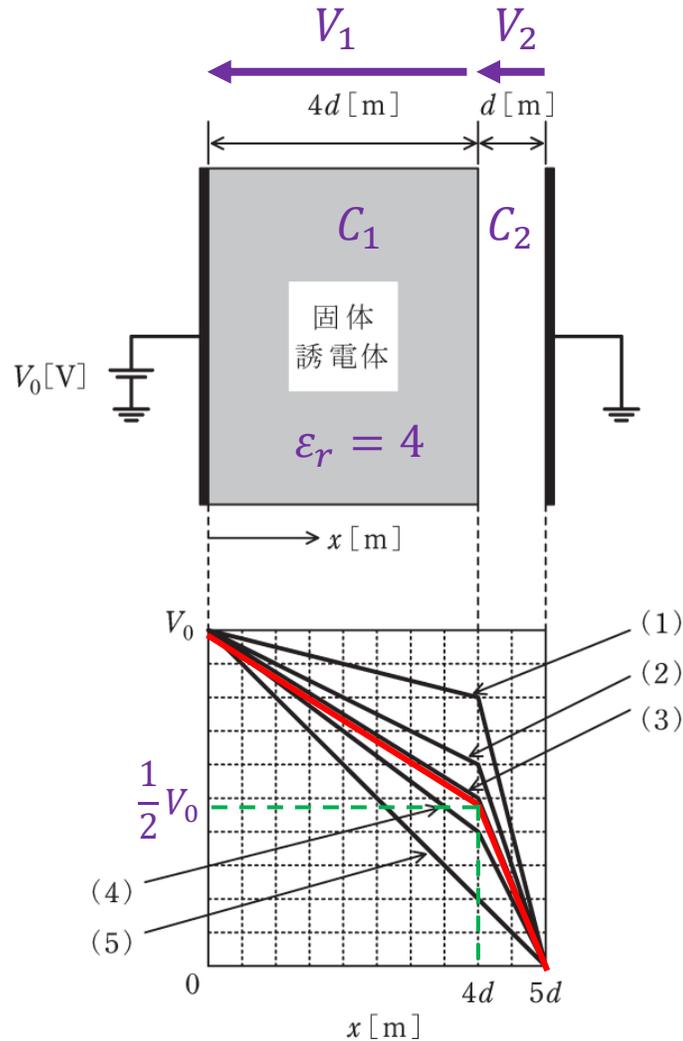
(b) $V_0 = 10 \text{ kV}$, $d = 1 \text{ mm}$ とし, 比誘電率 4 の固体誘電体を比誘電率 ϵ_r の固体誘電体に差し替え, 空気ギャップの電界の強さが 2.5 kV/mm となったとき, ϵ_r の値として最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

$$V_2 = Ed = 2.5 \text{ k} \times 1 \text{ mm} = 2.5 \text{ V}$$

$$V_1 = V_0 - V_2 = 10 - 2.5 = 7.5 \text{ V}$$

$$V_1 : V_2 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} = \frac{1}{\epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{4d}} : \frac{1}{\epsilon_0 \frac{S}{d}} = \frac{4}{\epsilon_r} : 1 = 7.5 : 2.5$$

$$\begin{aligned} \frac{4}{\epsilon_r} : 1 &= 7.5 : 2.5 \\ \frac{4}{\epsilon_r} \times 2.5 &= 7.5 \\ \epsilon_r &= \frac{10}{7.5} = 1.33 \end{aligned}$$



H30 問17

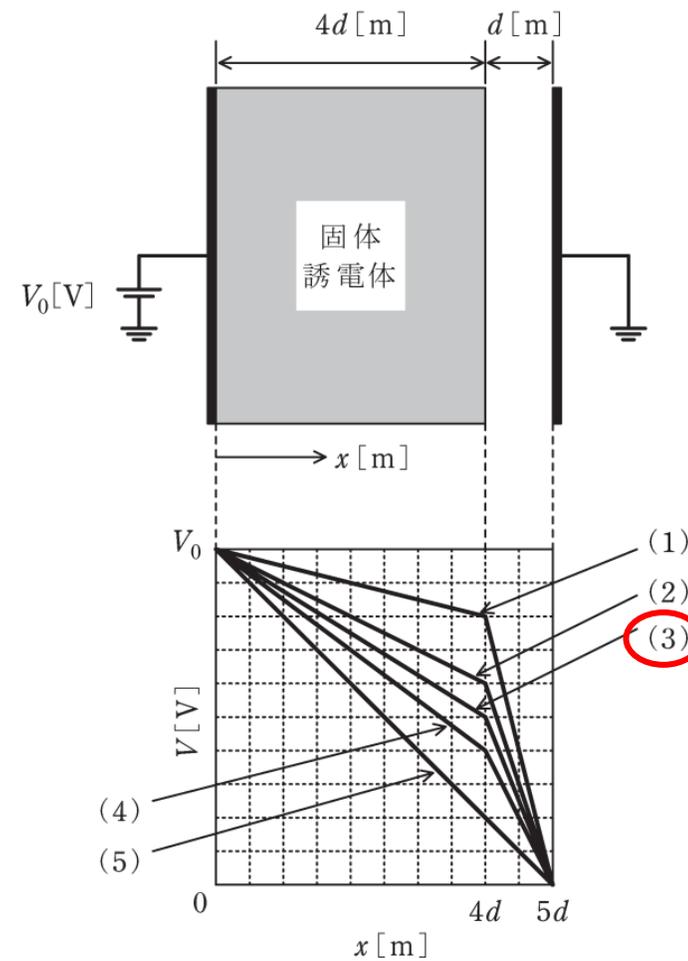
問 17 空気(比誘電率 1)で満たされた極板間距離 $5d$ [m]の平行板コンデンサがある。図のように、一方の極板と大地との間に電圧 V_0 [V]の直流電源を接続し、極板と同形同面積で厚さ $4d$ [m]の固体誘電体(比誘電率 4)を極板と接するように挿入し、他方の極板を接地した。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

(a) 極板間の電位分布を表すグラフ(縦軸:電位 V [V], 横軸:電源が接続された極板からの距離 x [m])として、最も近いものを図中の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

(b) $V_0 = 10$ kV, $d = 1$ mm とし、比誘電率 4 の固体誘電体を比誘電率 ϵ_r の固体誘電体に差し替え、空気ギャップの電界の強さが 2.5 kV/mm となったとき、 ϵ_r 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。

- (1) 0.75 (2) 1.00 (3) 1.33 (4) 1.67 (5) 2.00

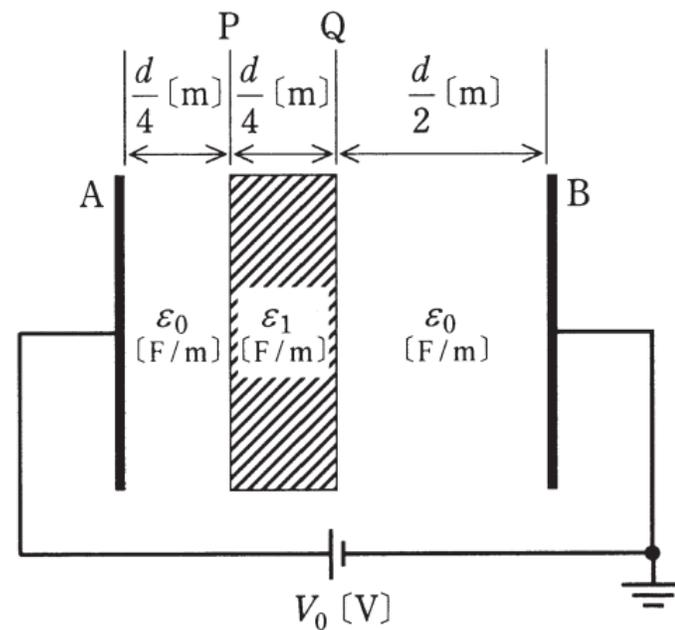


H24 問2

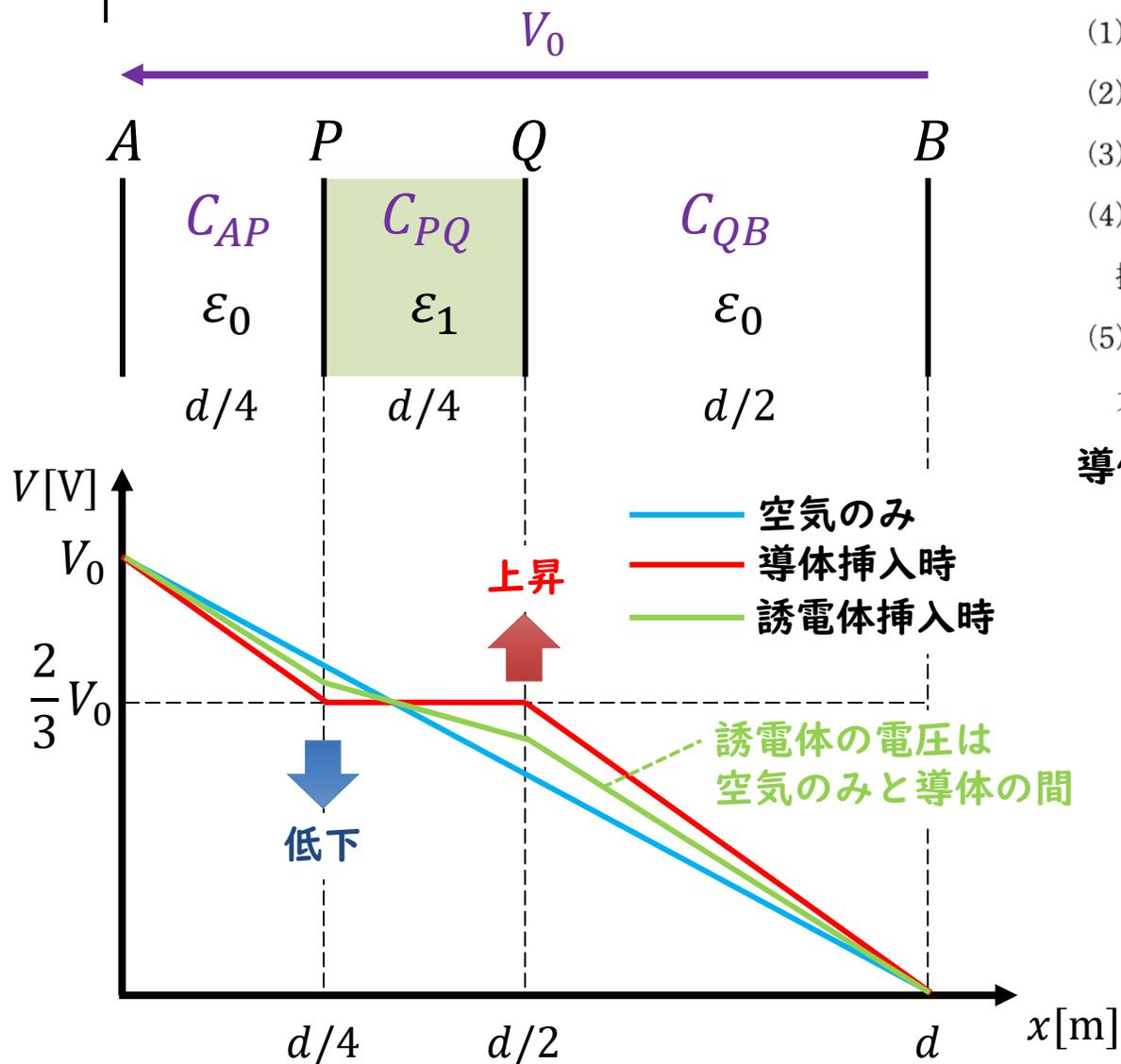
問2 極板 A-B 間が誘電率 ϵ_0 [F/m] の空気で満たされている平行平板コンデンサの空気ギャップ長を d [m]、静電容量を C_0 [F] とし、極板間の直流電圧を V_0 [V] とする。極板と同じ形状と面積を持ち、厚さが $\frac{d}{4}$ [m]、誘電率 ϵ_1 [F/m] の固体誘電体を図に示す位置 P-Q 間に極板と平行に挿入すると、コンデンサ内の電位分布は変化し、静電容量は C_1 [F] に変化した。このとき、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、空気の誘電率を ϵ_0 、コンデンサの端効果は無視できるものとし、直流電圧 V_0 [V] は一定とする。

- (1) 位置 P の電位は、固体誘電体を挿入する前の値よりも低下する。
- (2) 位置 Q の電位は、固体誘電体を挿入する前の値よりも上昇する。
- (3) 静電容量 C_1 [F] は、 C_0 [F] よりも大きくなる。
- (4) 固体誘電体を導体に変えた場合、位置 P の電位は固体誘電体又は導体を挿入する前の値よりも上昇する。
- (5) 固体誘電体を導体に変えた場合の静電容量 C_2 [F] は、 C_0 [F] よりも大きくなる。



導出のポイント



- (1) 位置 P の電位は、固体誘電体を挿入する前の値よりも低下する。 **正しい**
- (2) 位置 Q の電位は、固体誘電体を挿入する前の値よりも上昇する。 **正しい**
- (3) 静電容量 C_1 [F] は、 C_0 [F] よりも大きくなる。
- (4) 固体誘電体を導体に変えた場合、位置 P の電位は固体誘電体又は導体を挿入する前の値よりも上昇する。 **間違い**
- (5) 固体誘電体を導体に変えた場合の静電容量 C_2 [F] は、 C_0 [F] よりも大きくなる。 **正しい**

導体挿入時

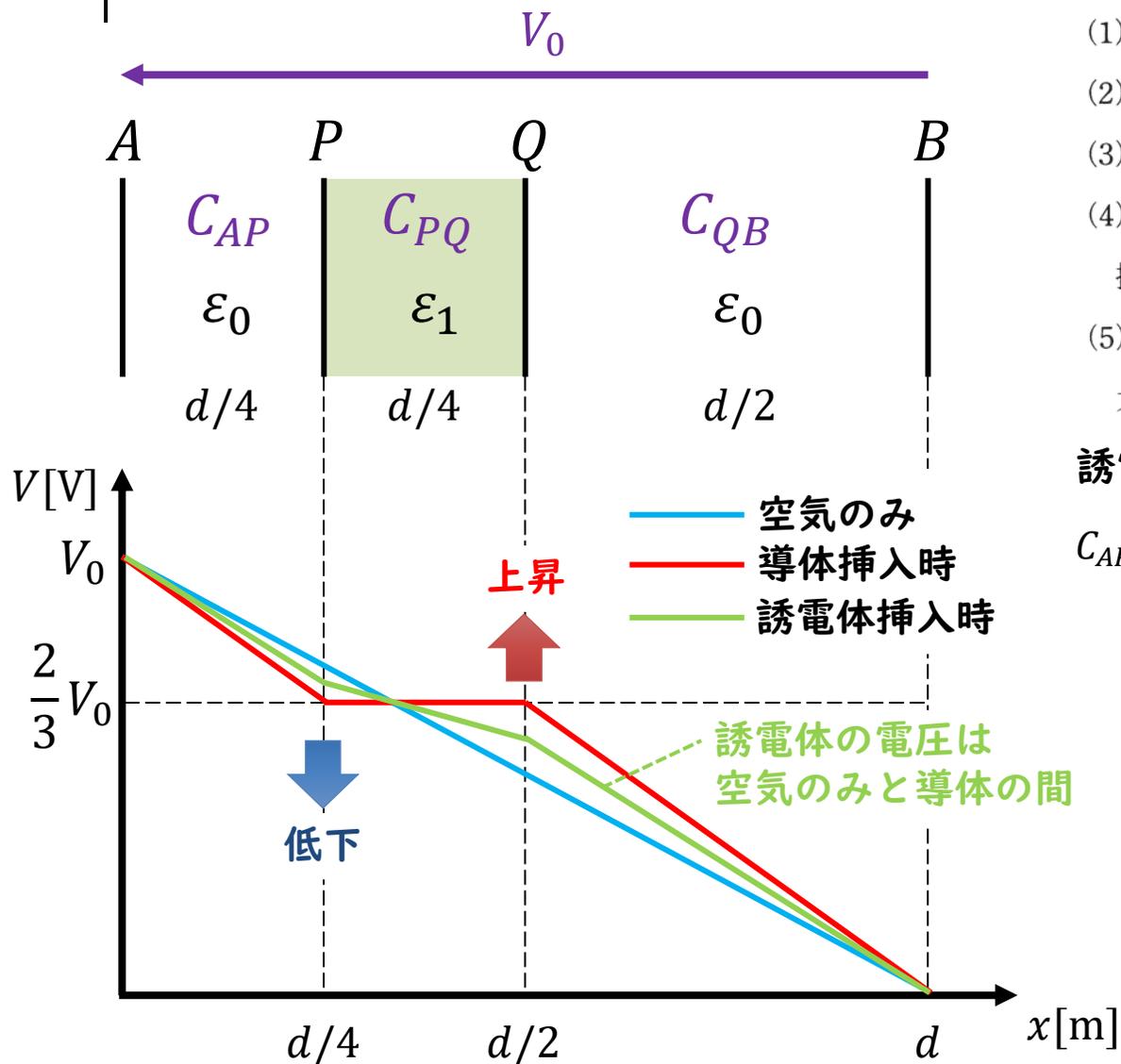
$$C_{AP} = \epsilon_0 \frac{S}{d/4} = 4\epsilon_0 \frac{S}{d} \quad C_{QB} = \epsilon_0 \frac{S}{d/2} = 2\epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$V_{AP} : V_{QB} = \frac{1}{C_{AP}} : \frac{1}{C_{QB}} = \frac{1}{4\epsilon_0 \frac{S}{d}} : \frac{1}{2\epsilon_0 \frac{S}{d}} = 1 : 2$$

$$V_{QB} = \frac{2}{3}V_0$$

$$C_2 = \frac{C_{AP}C_{QB}}{C_{AP} + C_{QB}} = \frac{4\epsilon_0 \frac{S}{d} \times 2\epsilon_0 \frac{S}{d}}{4\epsilon_0 \frac{S}{d} + 2\epsilon_0 \frac{S}{d}} = \frac{8}{6}\epsilon_0 \frac{S}{d} = \frac{4}{3}C_0 > C_0$$

導出のポイント



- (1) 位置 P の電位は、固体誘電体を挿入する前の値よりも低下する。
- (2) 位置 Q の電位は、固体誘電体を挿入する前の値よりも上昇する。
- (3) 静電容量 C_1 [F] は、 C_0 [F] よりも大きくなる。正しい
- (4) 固体誘電体を導体に変えた場合、位置 P の電位は固体誘電体又は導体を挿入する前の値よりも上昇する。
- (5) 固体誘電体を導体に変えた場合の静電容量 C_2 [F] は、 C_0 [F] よりも大きくなる。

誘電体挿入時

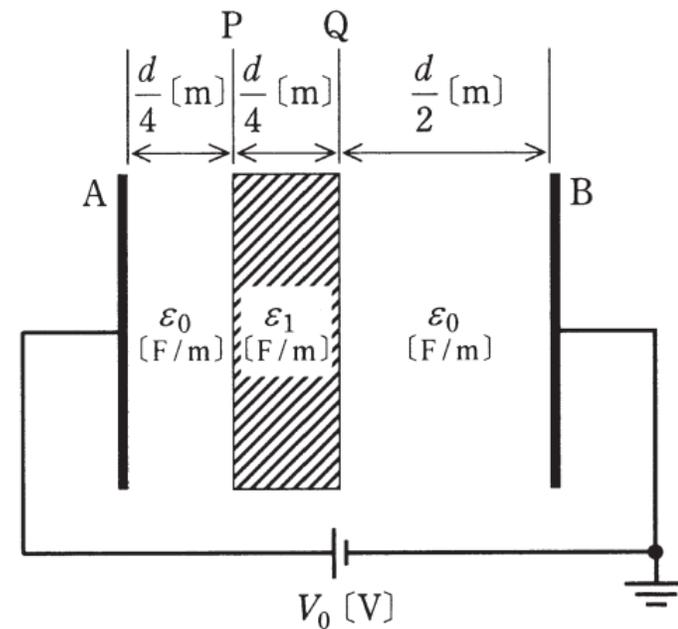
$$C_{AP} = \epsilon_0 \frac{S}{d/4} = 4\epsilon_0 \frac{S}{d} \quad C_{PQ} = \epsilon_1 \frac{S}{d/4} = 4\epsilon_1 \frac{S}{d} \quad C_{QB} = \epsilon_0 \frac{S}{d/2} = 2\epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{C_1} &= \frac{1}{C_{AP}} + \frac{1}{C_{PQ}} + \frac{1}{C_{QB}} = \frac{1}{4\epsilon_0 \frac{S}{d}} + \frac{1}{4\epsilon_1 \frac{S}{d}} + \frac{1}{2\epsilon_0 \frac{S}{d}} \\ &= \frac{d}{4\epsilon_0 S} \left(1 + \frac{\epsilon_0}{\epsilon_1} + 2 \right) = \frac{d}{4\epsilon_0 S} \left(3 + \frac{\epsilon_0}{\epsilon_1} \right) = \frac{d}{4\epsilon_0 S} \left(\frac{3\epsilon_1 + \epsilon_0}{\epsilon_1} \right) \\ C_1 &= \frac{\epsilon_0 S}{d} \frac{4\epsilon_1}{3\epsilon_1 + \epsilon_0} = \frac{4}{3 + \epsilon_0/\epsilon_1} C_0 > C_0 \end{aligned}$$

H24 問2

問2 極板 A-B 間が誘電率 ϵ_0 [F/m] の空気で満たされている平行平板コンデンサの空気ギャップ長を d [m]、静電容量を C_0 [F] とし、極板間の直流電圧を V_0 [V] とする。極板と同じ形状と面積を持ち、厚さが $\frac{d}{4}$ [m]、誘電率 ϵ_1 [F/m] の固体誘電体を図に示す位置 P-Q 間に極板と平行に挿入すると、コンデンサ内の電位分布は変化し、静電容量は C_1 [F] に変化した。このとき、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、空気の誘電率を ϵ_0 、コンデンサの端効果は無視できるものとし、直流電圧 V_0 [V] は一定とする。

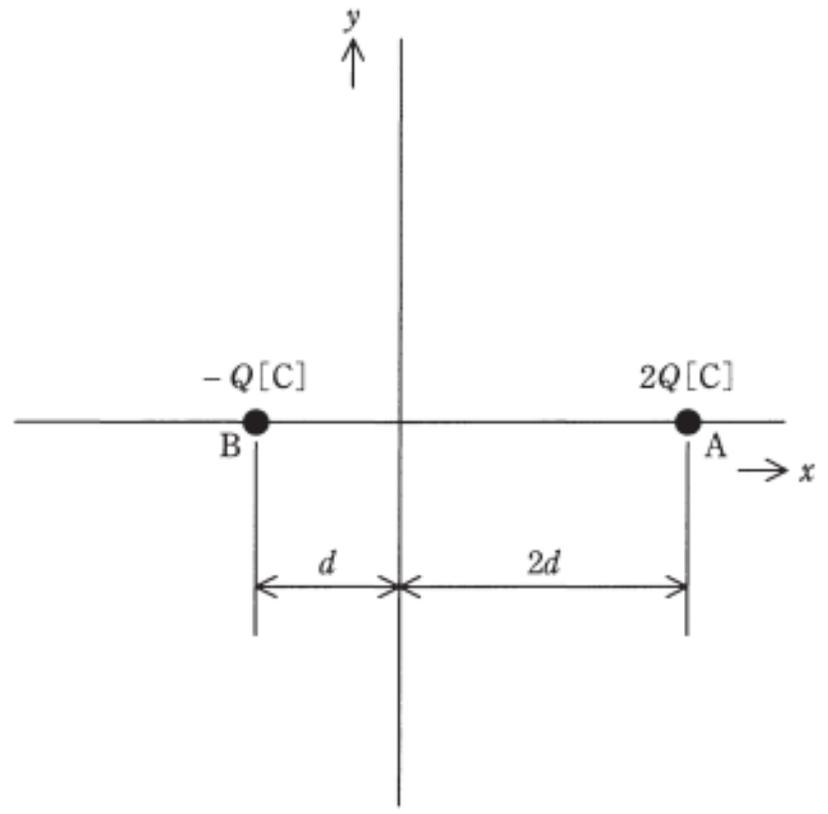


- (1) 位置 P の電位は、固体誘電体を挿入する前の値よりも低下する。
- (2) 位置 Q の電位は、固体誘電体を挿入する前の値よりも上昇する。
- (3) 静電容量 C_1 [F] は、 C_0 [F] よりも大きくなる。
- (4) 固体誘電体を導体に変えた場合、位置 P の電位は固体誘電体又は導体を挿入する前の値よりも上昇する。
- (5) 固体誘電体を導体に変えた場合の静電容量 C_2 [F] は、 C_0 [F] よりも大きくなる。

ご聴講ありがとうございました
ございました!!

H28 問1

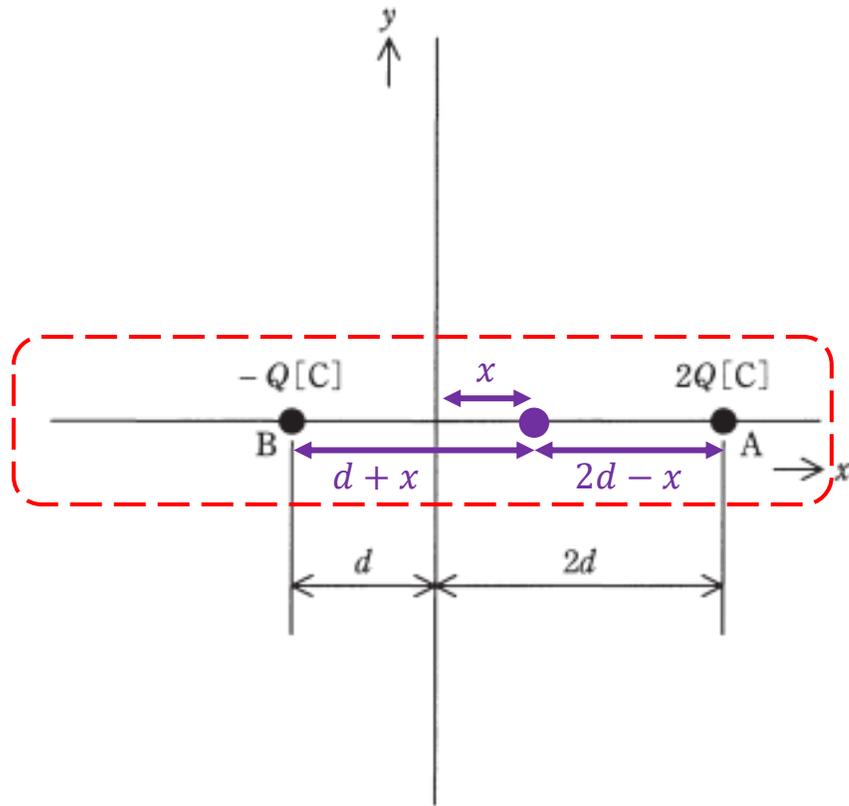
問1 真空中において、図のように x 軸上で距離 $3d$ [m]隔てた点A($2d, 0$)、点B($-d, 0$)にそれぞれ $2Q$ [C]、 $-Q$ [C]の点電荷が置かれている。 xy 平面上で電位が 0 Vとなる等電位線を表す図として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1)
- (2)
- (3)
- (4)
- (5)

導出のポイント

問1 真空中において、図のように x 軸上で距離 $3d$ [m]隔てた点A($2d, 0$), 点B($-d, 0$)にそれぞれ $2Q$ [C], $-Q$ [C]の点電荷が置かれている。 xy 平面上で電位が $0V$ となる等電位線を表す図として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



x 軸上で電位が $0V$ になる点を求める

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{+2Q}{2d-x} \quad \text{点Aの電荷} -Q \text{が位置} x \text{に作る電位}$$

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{-Q}{d+x} \quad \text{点Bの電荷} -Q \text{が位置} x \text{に作る電位}$$

$$V_B + V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{-Q}{d+x} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{+2Q}{2d-x} = 0$$

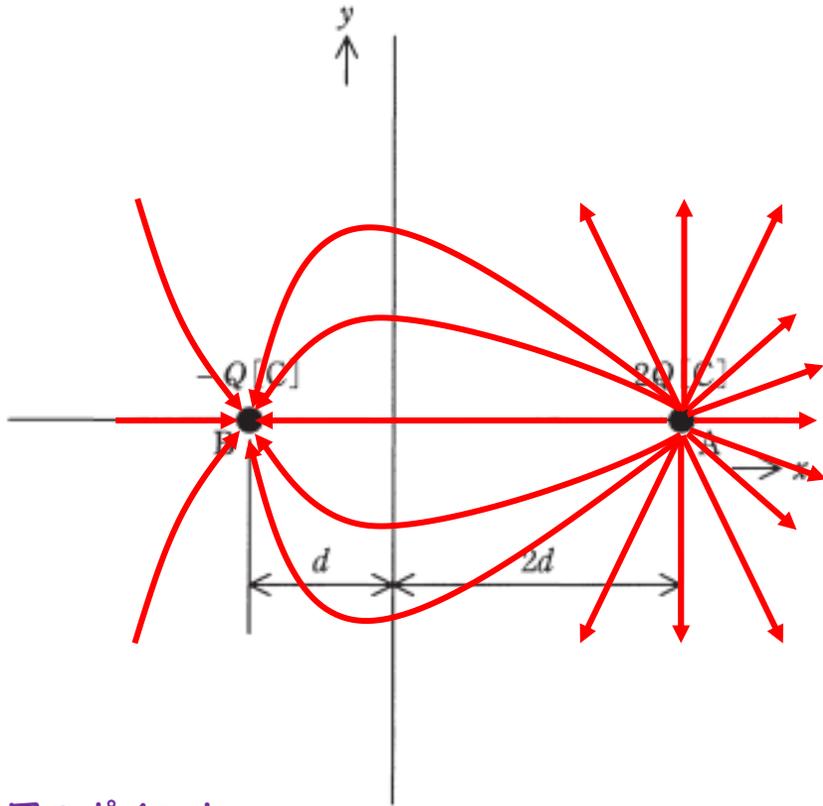
$$\frac{-Q}{d+x} + \frac{+2Q}{2d-x} = 0 \rightarrow (2d-x)Q = (d+x)2Q$$

$$2d-x = 2d+2x \rightarrow 3x = 0 \rightarrow x = 0 \text{ [m]}$$

x 軸上の位置 0 mで電位が $0V$ になる

導出のポイント

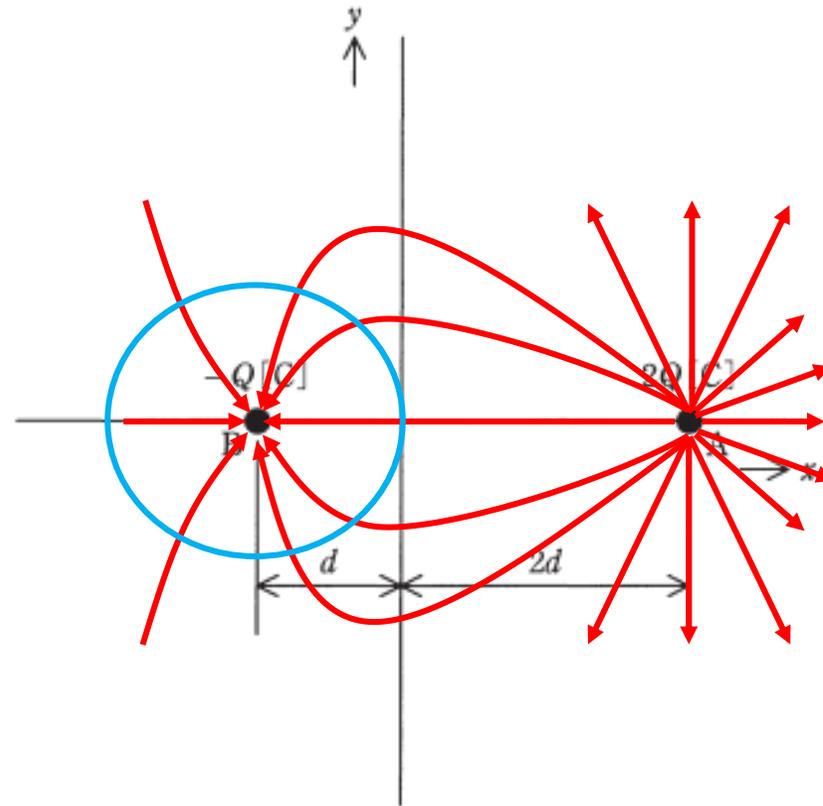
1. 電気力線を描く



作図のポイント

- ・ $-Q$ に比べて $2Q$ は2倍の本数の電気力線を書く
- ・ $-Q$ の近くで電気力線が曲がるように書く
($2Q$ の方が影響が強いの)

2. $V = 0$ の等電位線を描く

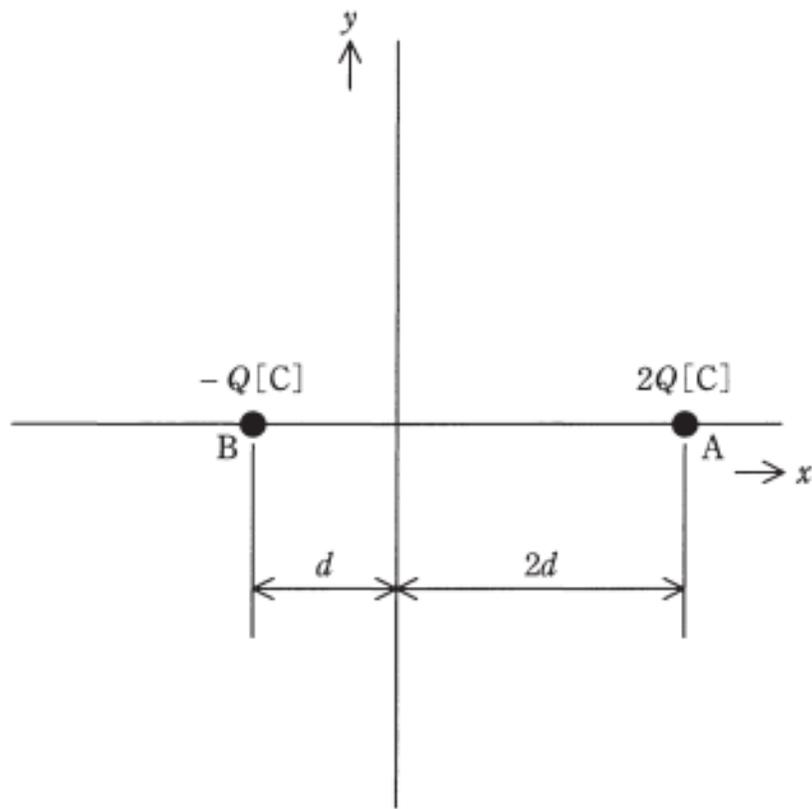


作図のポイント

- ・ x 軸上の位置 0 m で電位が 0 V になる
- ・ 等電位線は電気力線に対して垂直に交わる

H28 問1

問1 真空中において、図のように x 軸上で距離 $3d$ [m]隔てた点A($2d, 0$)、点B($-d, 0$)にそれぞれ $2Q$ [C]、 $-Q$ [C]の点電荷が置かれている。 xy 平面上で電位が 0 Vとなる等電位線を表す図として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) (2)
- (3) (4)
- (5)