

電験どうでしょう管理人
KWG presents

電験オンライン塾

第15回 過去問解説
平行平板(3)

2023.12.23 Sat

H24 問1

問1 図1及び図2のように、静電容量がそれぞれ4〔μF〕と2〔μF〕のコンデンサ C_1 及び C_2 、スイッチ S_1 及び S_2 からなる回路がある。コンデンサ C_1 と C_2 には、それぞれ2〔μC〕と4〔μC〕の電荷が図のような極性で蓄えられている。この状態から両図ともスイッチ S_1 及び S_2 を閉じたとき、図1のコンデンサ C_1 の端子電圧を V_1 〔V〕、図2のコンデンサ C_1 の端子電圧を V_2 〔V〕とすると、電圧比 $\left| \frac{V_1}{V_2} \right|$ の値として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

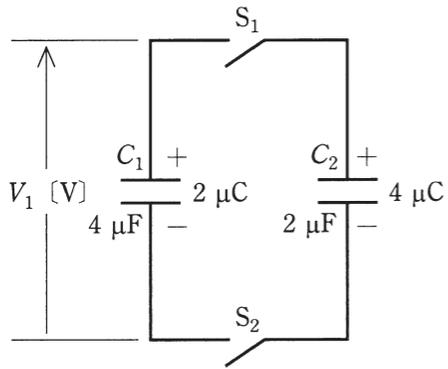


図1

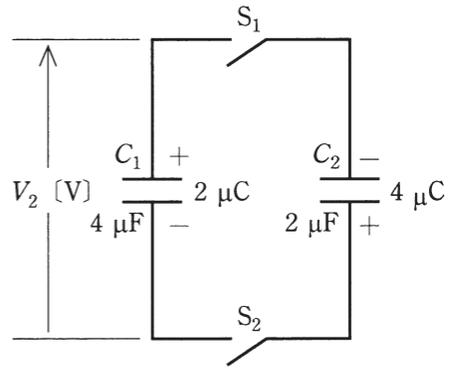


図2

- (1) $\frac{1}{3}$ (2) 1 (3) 3 (4) 6 (5) 9

H24 問1

問1 図1及び図2のように、静電容量がそれぞれ4 [μF] と2 [μF] のコンデンサ C_1 及び C_2 、スイッチ S_1 及び S_2 からなる回路がある。コンデンサ C_1 と C_2 には、それぞれ2 [μC] と4 [μC] の電荷が図のような極性で蓄えられている。この状態から両図ともスイッチ S_1 及び S_2 を閉じたとき、図1のコンデンサ C_1 の端子電圧を V_1 [V]、図2のコンデンサ C_1 の端子電圧を V_2 [V] とすると、電圧比 $\left| \frac{V_1}{V_2} \right|$ の値として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

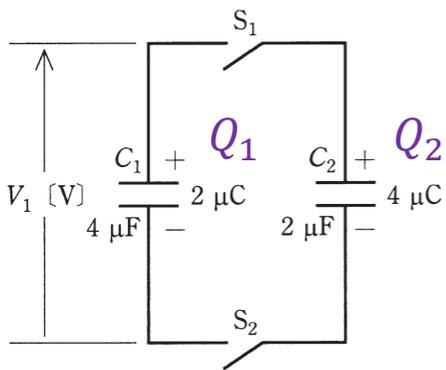


図1

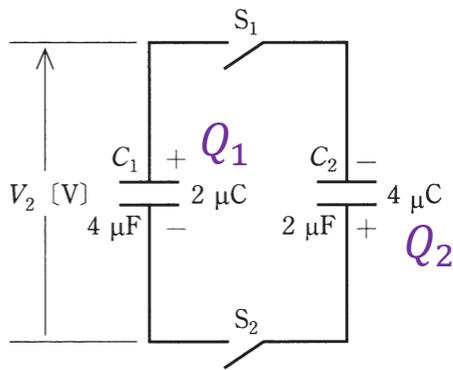


図2

- (1) $\frac{1}{3}$ (2) 1 (3) 3 (4) 6 (5) 9

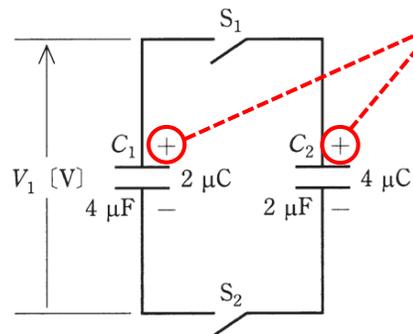


図1

$$Q = Q_1 + Q_2 = 2 + 4 = 6 \mu\text{C}$$

C_1 と C_2 の「並列接続」と考えることができる

$$C = C_1 + C_2 = 4 + 2 = 6 \mu\text{F}$$

$$V_1 = \frac{Q}{C} = \frac{6}{6} = 1 \text{ V}$$

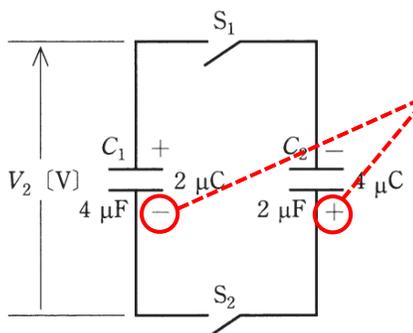


図2

$$Q' = Q_2 - Q_1 = 4 - 2 = 2 \mu\text{C}$$

$$C' = C_1 + C_2 = 4 + 2 = 6 \mu\text{F}$$

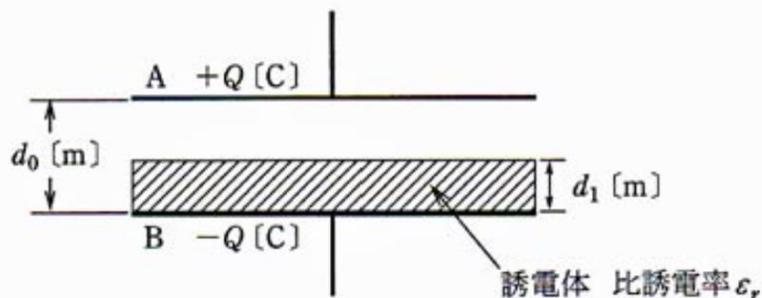
$$V_2 = -\frac{Q'}{C'} = -\frac{2}{6} = -\frac{1}{3} \text{ V}$$

$$\therefore \left| \frac{V_1}{V_2} \right| = \frac{1}{1/3} = 3$$

H17 問18

問18 電極板の間隔が d_0 [m]、電極板面積が十分に広い平行板空気コンデンサがある。このコンデンサの電極板間にこれと同形、同面積の厚さ d_1 [m]、比誘電率 ϵ_r の誘電体を図のように挿入した。いま、このコンデンサの電極 A、B に $+Q$ [C]、 $-Q$ [C] の電荷を与えた。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、コンデンサの初期電荷は零とし、端効果は無視できるものとする。また、空気の比誘電率は1とする。



(a) 空げきの電界 E_1 [V/m] と誘電体中の電界 E_2 [V/m] の比 $\frac{E_1}{E_2}$ を表す式として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) ϵ_r (2) $\frac{\epsilon_r d_1}{d_0 - d_1}$ (3) $\frac{\epsilon_r d_1^2}{(d_0 - d_1)^2}$ (4) $\frac{\epsilon_r (d_0 - d_1)}{d_1}$ (5) $\frac{\epsilon_r d_1}{d_0}$

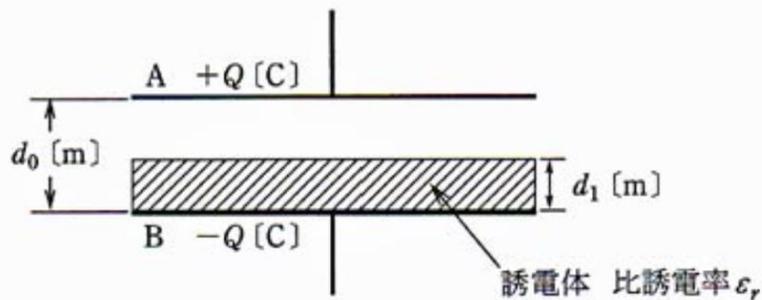
(b) 電極板の間隔 $d_0 = 1.0 \times 10^{-3}$ [m]、誘電体の厚さ $d_1 = 0.2 \times 10^{-3}$ [m] 及び誘電体の比誘電率 $\epsilon_r = 5.0$ としたとき、空げきの電界 $E_1 = 7 \times 10^4$ [V/m] であった。コンデンサの充電電圧 V [V] の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 100.8 (2) 70.0 (3) 67.2 (4) 58.8 (5) 56.7

H17 問18

問18 電極板の間隔が d_0 [m]、電極板面積が十分に広い平行板空気コンデンサがある。このコンデンサの電極板間にこれと同形、同面積の厚さ d_1 [m]、比誘電率 ϵ_r の誘電体を図のように挿入した。いま、このコンデンサの電極 A、B に $+Q$ [C]、 $-Q$ [C] の電荷を与えた。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、コンデンサの初期電荷は零とし、端効果は無視できるものとする。また、空気の比誘電率は1とする。



(a) 空げきの電界 E_1 [V/m] と誘電体中の電界 E_2 [V/m] の比 $\frac{E_1}{E_2}$ を表す式として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) ϵ_r (2) $\frac{\epsilon_r d_1}{d_0 - d_1}$ (3) $\frac{\epsilon_r d_1^2}{(d_0 - d_1)^2}$ (4) $\frac{\epsilon_r (d_0 - d_1)}{d_1}$ (5) $\frac{\epsilon_r d_1}{d_0}$

電束密度と電界の関係 $D = \epsilon_r \epsilon_0 E$ より

$$D = \epsilon_0 E_1 = \epsilon_r \epsilon_0 E_2 \rightarrow E_1 = \epsilon_r E_2 \rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \epsilon_r$$

(b) 電極板の間隔 $d_0 = 1.0 \times 10^{-3}$ [m]、誘電体の厚さ $d_1 = 0.2 \times 10^{-3}$ [m] 及び誘電体の比誘電率 $\epsilon_r = 5.0$ としたとき、空げきの電界 $E_1 = 7 \times 10^4$ [V/m] であった。コンデンサの充電電圧 V [V] の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 100.8 (2) 70.0 (3) 67.2 (4) 58.8 (5) 56.7

$$\frac{E_1}{E_2} = \epsilon_r \rightarrow E_2 = \frac{1}{\epsilon_r} \times E_1 = \frac{1}{5.0} \times 7 \times 10^4 = 1.4 \times 10^4 \text{ V/m}$$

$$V = E_1 \times (d_0 - d_1) + E_2 \times d_1 \\ = 7 \times 10^4 \times (1.0 \times 10^{-3} - 0.2 \times 10^{-3}) + 1.4 \times 10^4 \times 0.2 \times 10^{-3}$$

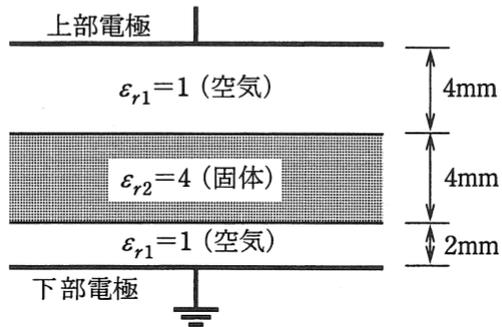
$$V = 5.6 \times 10 + 0.28 \times 10 = 58.8 \text{ V}$$

H21 問17

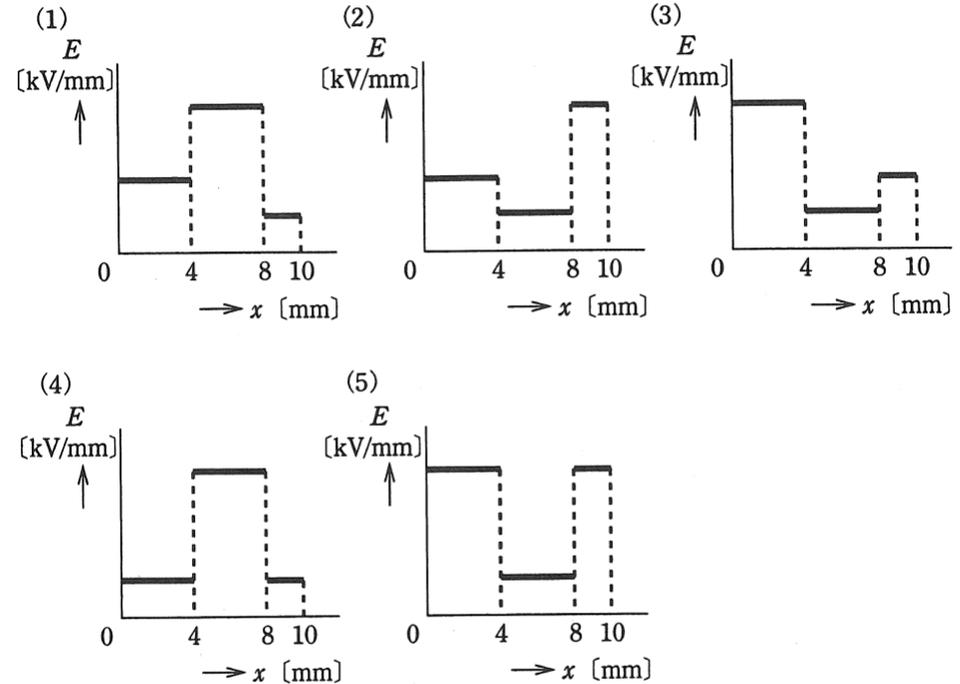


問17 図に示すように、面積が十分に広い平行平板電極（電極間距離 10 [mm]）が空気（比誘電率 $\epsilon_{r1}=1$ とする。）と、電極と同形同面積の厚さ 4 [mm] で比誘電率 $\epsilon_{r2}=4$ の固体誘電体で構成されている。下部電極を接地し、上部電極に直流電圧 V [kV] を加えた。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、固体誘電体の導電性及び電極と固体誘電体の端効果は無視できるものとする。



(a) 電極間の電界の強さ E [kV/mm] のおおよその分布を示す図として、正しいのは次のうちどれか。
ただし、このときの電界の強さでは、放電は発生しないものとする。また、各図において、上部電極から下部電極に向かう距離を x [mm] とする。



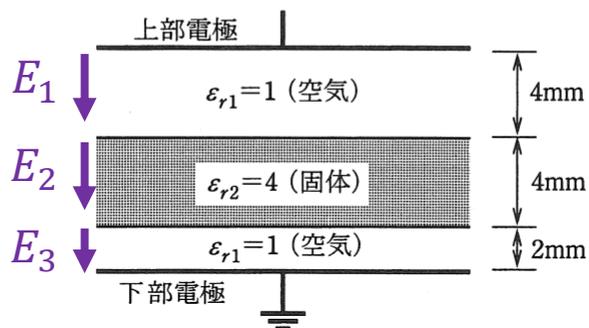
(b) 上部電極に加える電圧 V [kV] を徐々に増加し、下部電極側の空気中の電界の強さが 2 [kV/mm] に達したときの電圧 V [kV] の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 11 (2) 14 (3) 20 (4) 44 (5) 56

H21 問17

問17 図に示すように、面積が十分に広い平行平板電極（電極間距離 10 [mm]）が空気（比誘電率 $\epsilon_{r1}=1$ とする。）と、電極と同形同面積の厚さ 4 [mm] で比誘電率 $\epsilon_{r2}=4$ の固体誘電体で構成されている。下部電極を接地し、上部電極に直流電圧 V [kV] を加えた。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、固体誘電体の導電性及び電極と固体誘電体の端効果は無視できるものとする。



電束密度と電界の関係 $D = \epsilon_r \epsilon_0 E$ より

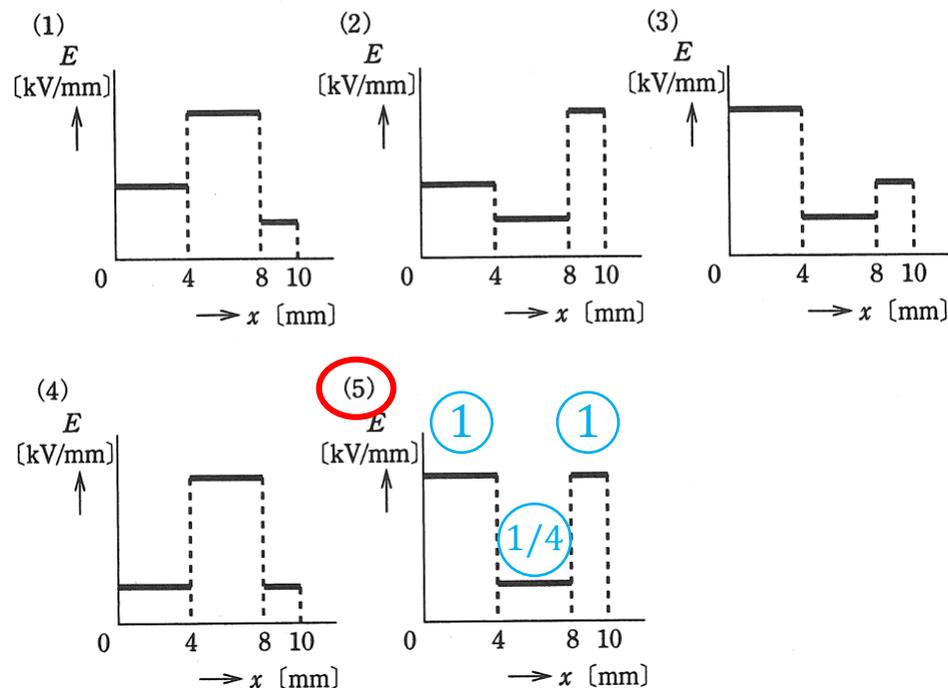
$$D = \epsilon_0 E_1 = \epsilon_{r2} \epsilon_0 E_2 = \epsilon_0 E_3$$

$$E_3 = E_1$$

$$E_2 = \frac{1}{\epsilon_{r2}} E_1 = \frac{1}{4} E_1$$

(a) 電極間の電界の強さ E [kV/mm] のおおよその分布を示す図として、正しいのは次のうちどれか。

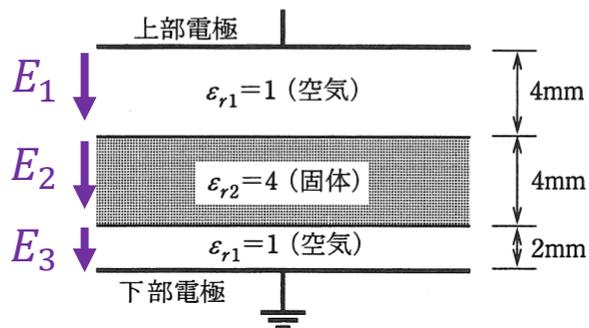
ただし、このときの電界の強さでは、放電は発生しないものとする。また、各図において、上部電極から下部電極に向かう距離を x [mm] とする。



H21 問17

問17 図に示すように、面積が十分に広い平行平板電極（電極間距離 10 [mm]）が空気（比誘電率 $\epsilon_{r1}=1$ とする。）と、電極と同形同面積の厚さ 4 [mm] で比誘電率 $\epsilon_{r2}=4$ の固体誘電体で構成されている。下部電極を接地し、上部電極に直流電圧 V [kV] を加えた。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、固体誘電体の導電性及び電極と固体誘電体の端効果は無視できるものとする。



(b) 上部電極に加える電圧 V [kV] を徐々に増加し、下部電極側の空气中的電界の強さが 2 [kV/mm] に達したときの電圧 V [kV] の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 11 (2) 14 (3) 20 (4) 44 (5) 56

$$V = E_1 \times d_1 + E_2 \times d_2 + E_3 \times d_3$$

$$= 2 \times 4 + \frac{1}{4} \times 2 \times 4 + 2 \times 2 = 8 + 2 + 4 = 14 \text{ kV}$$

電束密度と電界の関係 $D = \epsilon_r \epsilon_0 E$ より

$$D = \epsilon_0 E_1 = \epsilon_{r2} \epsilon_0 E_2 = \epsilon_0 E_3$$

$$E_3 = E_1$$

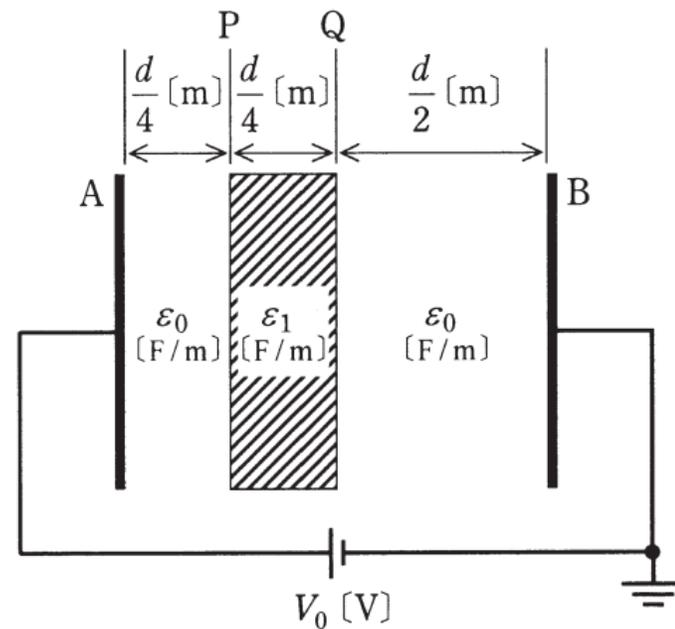
$$E_2 = \frac{1}{\epsilon_{r2}} E_1 = \frac{1}{4} E_1$$

H24 問2

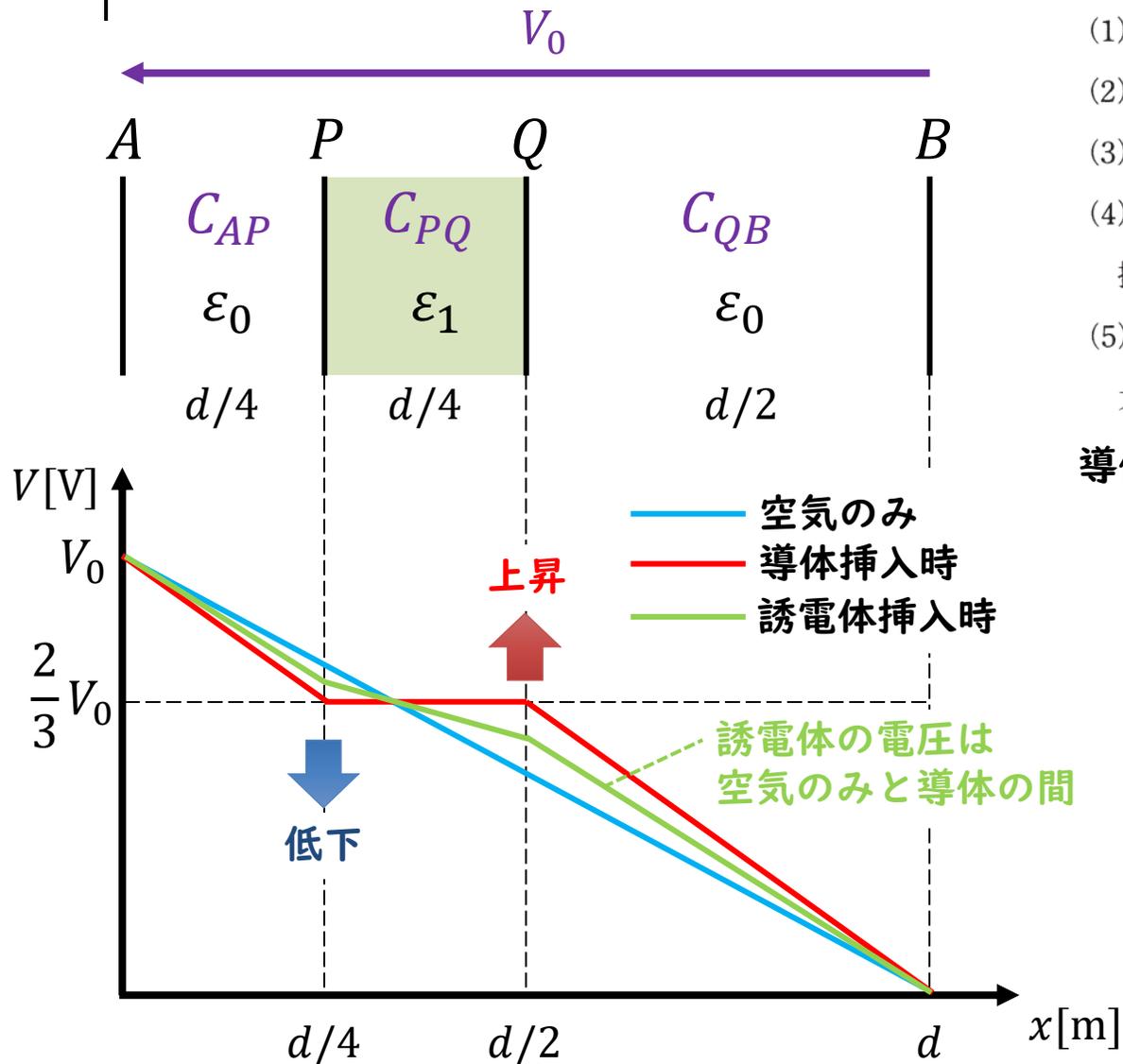
問2 極板 A-B 間が誘電率 ϵ_0 [F/m] の空気で満たされている平行平板コンデンサの空気ギャップ長を d [m]、静電容量を C_0 [F] とし、極板間の直流電圧を V_0 [V] とする。極板と同じ形状と面積を持ち、厚さが $\frac{d}{4}$ [m]、誘電率 ϵ_1 [F/m] の固体誘電体を図に示す位置 P-Q 間に極板と平行に挿入すると、コンデンサ内の電位分布は変化し、静電容量は C_1 [F] に変化した。このとき、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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。



H24 問2



- (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

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

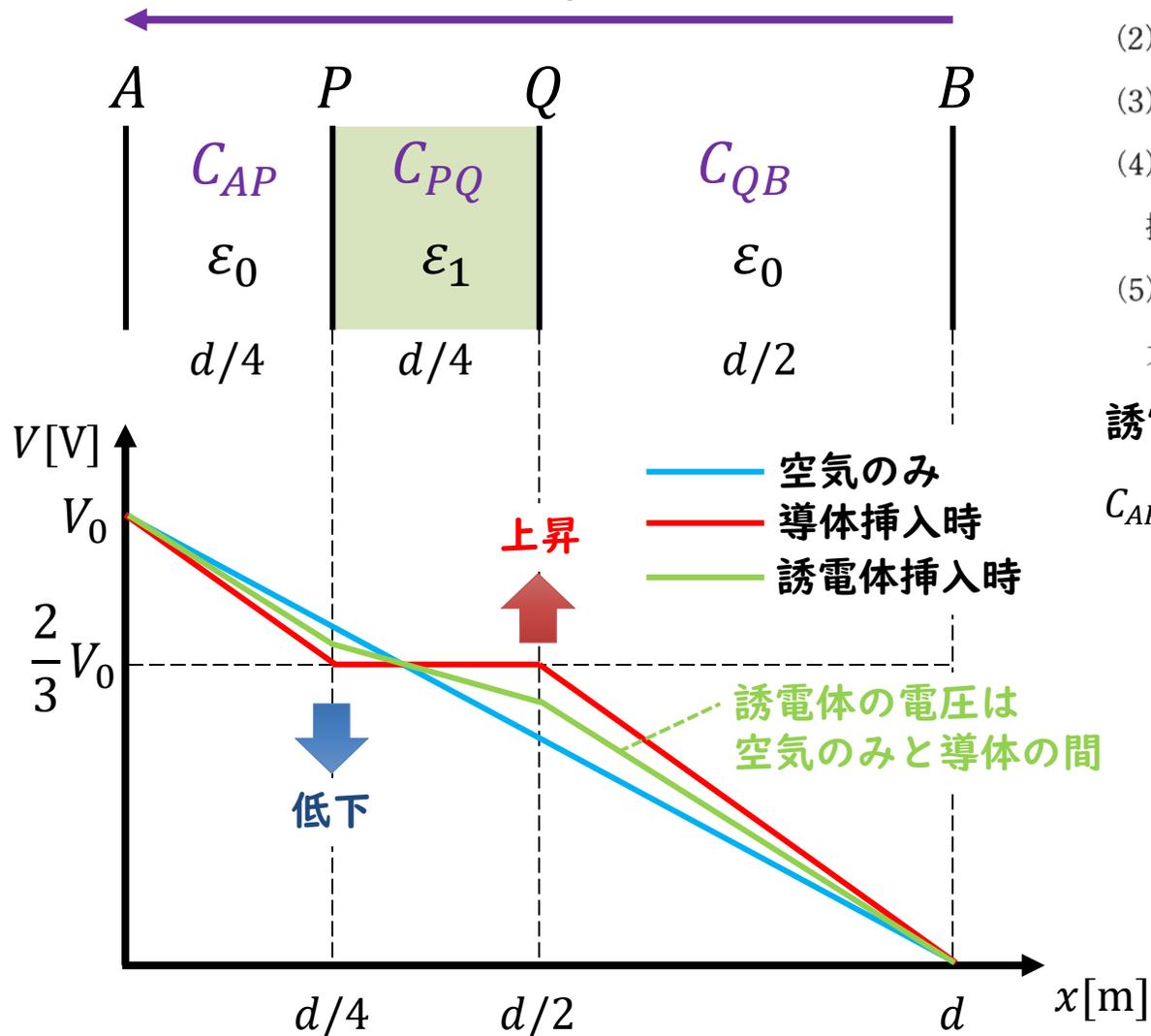
$$V_{AP} : V_{QB} = \frac{1}{C_{AP}} : \frac{1}{C_{QB}} = \frac{1}{4\epsilon_0 \frac{S}{d}} : \frac{1}{2\epsilon_0 \frac{S}{d}} = 1 : 2$$

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

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

H24 問2

V_0



- (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

$$C_{AP} = \varepsilon_0 \frac{S}{d/4} = 4\varepsilon_0 \frac{S}{d} \quad C_{PQ} = \varepsilon_1 \frac{S}{d/4} = 4\varepsilon_1 \frac{S}{d} \quad C_{QB} = \varepsilon_0 \frac{S}{d/2} = 2\varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

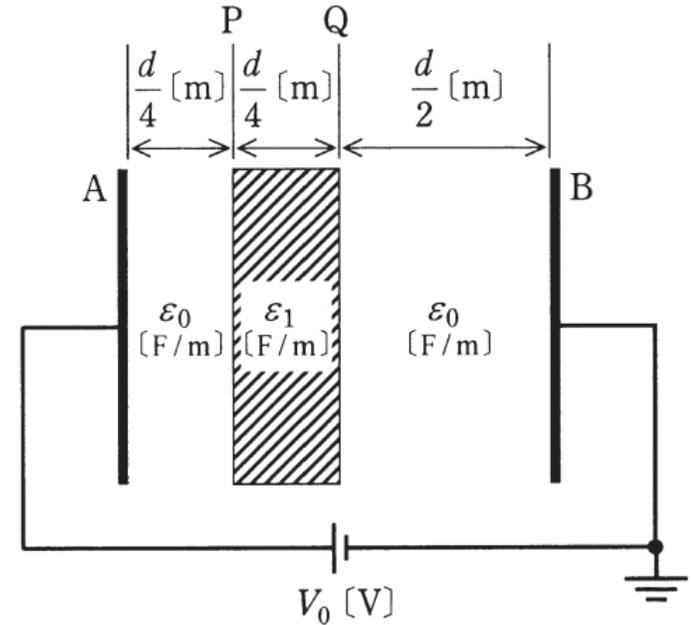
$$\begin{aligned} \frac{1}{C_1} &= \frac{1}{C_{AP}} + \frac{1}{C_{PQ}} + \frac{1}{C_{QB}} = \frac{1}{4\varepsilon_0 \frac{S}{d}} + \frac{1}{4\varepsilon_1 \frac{S}{d}} + \frac{1}{2\varepsilon_0 \frac{S}{d}} \\ &= \frac{d}{4\varepsilon_0 S} \left(1 + \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_1} + 2 \right) = \frac{d}{4\varepsilon_0 S} \left(3 + \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_1} \right) = \frac{d}{4\varepsilon_0 S} \left(\frac{3\varepsilon_1 + \varepsilon_0}{\varepsilon_1} \right) \\ C_1 &= \frac{\varepsilon_0 S}{d} \frac{4\varepsilon_1}{3\varepsilon_1 + \varepsilon_0} = \frac{4}{3 + \varepsilon_0/\varepsilon_1} C_0 > C_0 \end{aligned}$$

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!!