

電験どうでしょう管理人  
*KWG presents*

電験オンライン塾

第4回 電磁気学 演習  
~平行平板(応用)~

2023.5.28 Sun

# 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)

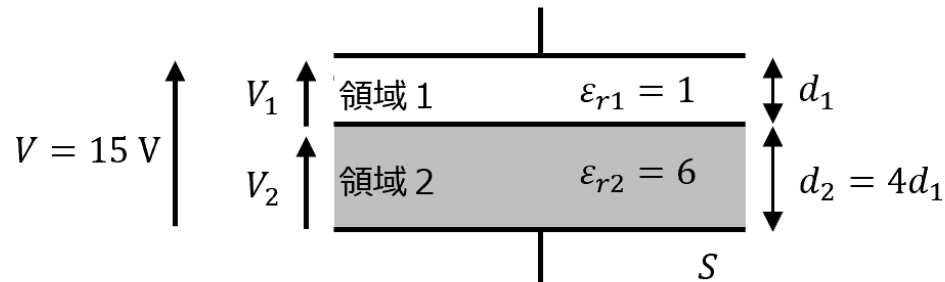
$$V_1 : V_2 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} = C_2 : C_1$$

電圧比 (直列接続3個)

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

# 演習問題 I

静電容量に関する各問に答えよ。



(1) 領域1の静電容量 $C_1$ をとしたとき、領域2の静電容量 $C_2$ を $C_1$ を含む式で表せ。

(2) 領域1と領域2に加わる電圧 $V_1, V_2$ をそれぞれ求めよ。

(3) 領域2の距離を変化させ、 $V_1 = V_2$ とした。このときの $d_2$ を $d_1$ を含む式で表せ。

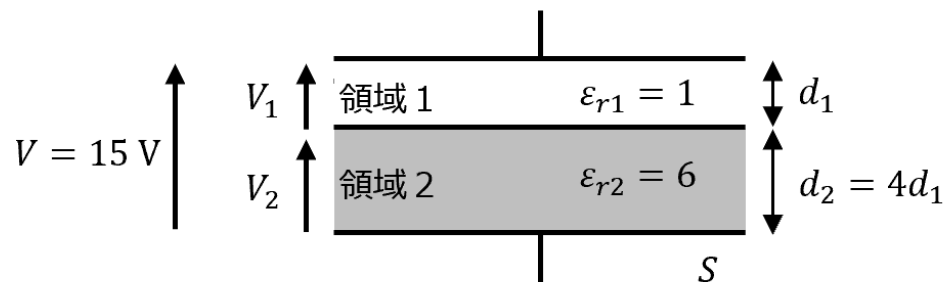
Ans.  $C_2 =$  \_\_\_\_\_

Ans.  $V_1 =$  \_\_\_\_\_  $V_2 =$  \_\_\_\_\_

Ans.  $d_2 =$  \_\_\_\_\_

# 演習問題 I (解答)

静電容量に関する各問に答えよ。



- (1) 領域1の静電容量 $C_1$ をとしたとき、領域2の静電容量 $C_2$ を $C_1$ を含む式で表せ。

$$C_1 = \epsilon_0 \frac{S}{d_1}$$

$$C_2 = \epsilon_{r2} \epsilon_0 \frac{S}{d_2} = 6\epsilon_0 \frac{S}{4d_1} = \frac{3}{2} \epsilon_0 \frac{S}{d_1} = \frac{3}{2} C_1$$

Ans.  $C_2 = \frac{3}{2} C_1$

- (2) 領域1と領域2に加わる電圧 $V_1, V_2$ をそれぞれ求めよ。

$$V_1 : V_2 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} = C_2 : C_1 = \frac{3}{2} C_1 : C_1 = 3 : 2$$

$$V_1 = \frac{3}{3+2} \times 15 = 9 \text{ V}, \quad V_2 = \frac{2}{3+2} \times 15 = 6 \text{ V}$$

Ans.  $V_1 = 9 \text{ V} \quad V_2 = 6 \text{ V}$

- (3) 領域2の距離を変化させ、 $V_1 = V_2$ とした。このときの $d_2$ を $d_1$ を含む式で表せ。

$C'_2 = C_1$ を満たす $d_2$ を求める

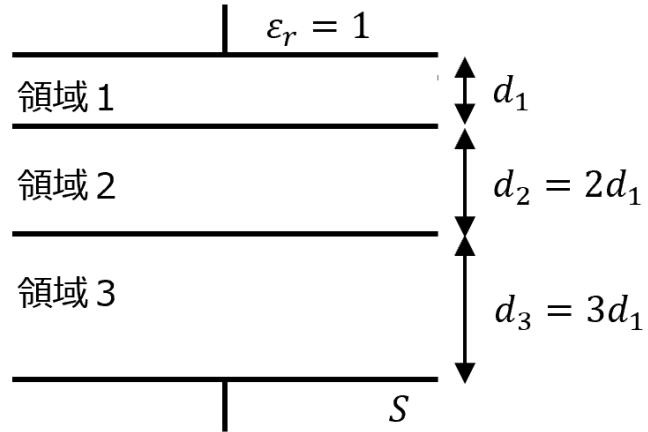
$$C'_2 = C_1 \leftrightarrow \epsilon_{r2} \epsilon_0 \frac{S}{d_2} = \epsilon_0 \frac{S}{d_1} \rightarrow \frac{\epsilon_{r2}}{d_2} = \frac{1}{d_1} \rightarrow \frac{d_2}{\epsilon_{r2}} = d_1$$

$$d_2 = \epsilon_{r2} d_1 \rightarrow d_2 = 6d_1$$

Ans.  $d_2 = 6d_1$

# 演習問題2

静電容量に関する各問に答えよ。



- (1) 領域1の静電容量 $C_1$ をとしたとき、領域2の静電容量 $C_2$ および領域3の静電容量 $C_3$ を $C_1$ を含む式で表せ。

Ans.  $C_2 =$        $C_3 =$

---

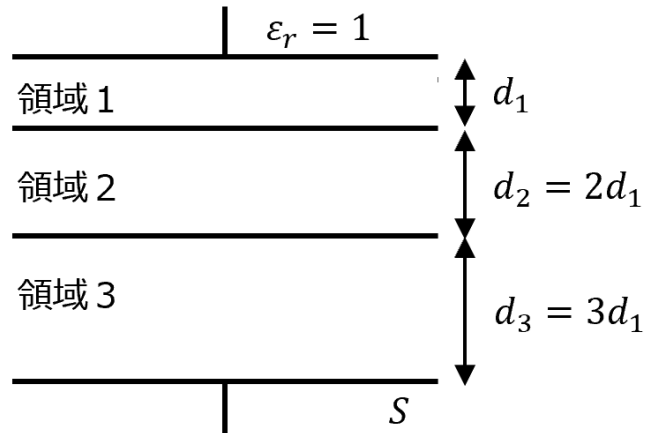
- (2) 全領域の合成静電容量 $C$ を $C_1$ を含む式で表せ。

Ans.  $C =$

---

# 演習問題2 (解答)

静電容量に関する各問に答えよ。



- (1) 領域1の静電容量 $C_1$ をとしたとき、領域2の静電容量 $C_2$ および領域3の静電容量 $C_3$ を $C_1$ を含む式で表せ。

$$C_1 = \epsilon_0 \frac{S}{d_1}$$

$$C_2 = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d_2} = \epsilon_0 \frac{S}{2d_1} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{S}{d_1} = \frac{1}{2} C_1$$

$$C_3 = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d_3} = \epsilon_0 \frac{S}{3d_1} = \frac{1}{3} \epsilon_0 \frac{S}{d_1} = \frac{1}{3} C_1$$

$$\text{Ans. } C_2 = \frac{1}{2} C_1 \quad C_3 = \frac{1}{3} C_1$$

- (2) 全領域の合成静電容量 $C$ を $C_1$ を含む式で表せ。

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1/2} + \frac{1}{C_1/3} = \frac{1}{C_1} + \frac{2}{C_1} + \frac{3}{C_1} = \frac{6}{C_1}$$

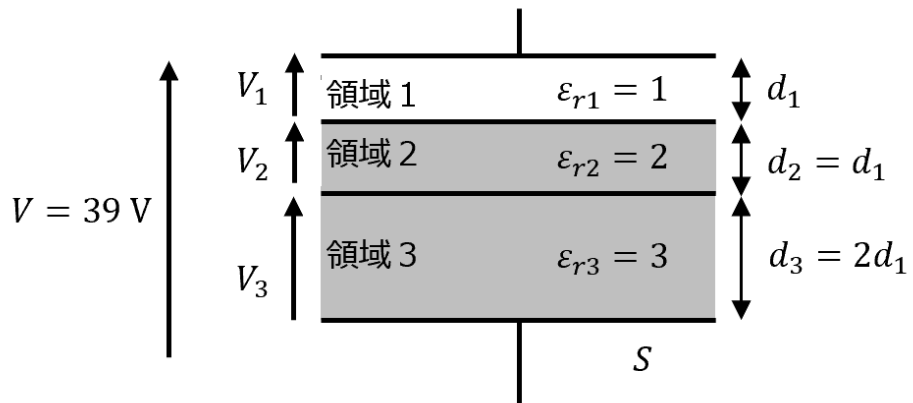
$$C = \frac{C_1}{6}$$

$$\text{Ans. } C = \frac{C_1}{6}$$

# 演習問題3

静電容量に関する各問に答えよ。

(1) 領域1の静電容量 $C_1$ をとしたとき、全領域の合成静電容量 $C$ を $C_1$ を含む式で表せ。



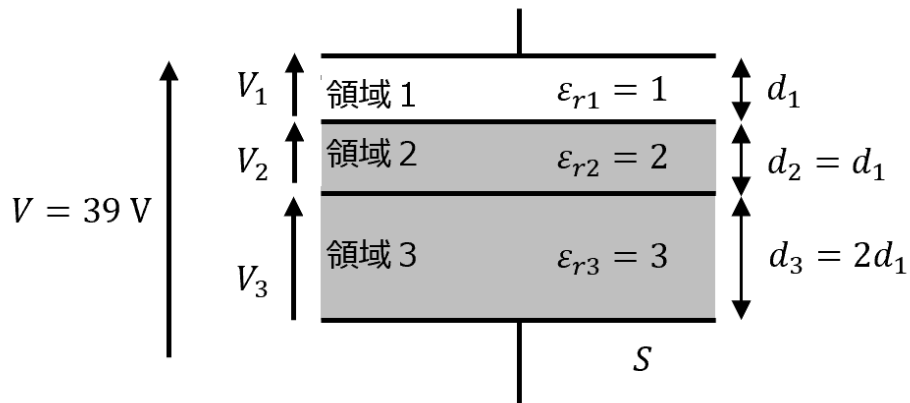
Ans.  $C =$  \_\_\_\_\_

(2) 各領域で生じる電位差 $V_1, V_2, V_3$ をそれぞれ求めよ。

Ans.  $V_1 =$  \_\_\_\_\_  $V_2 =$  \_\_\_\_\_  $V_3 =$  \_\_\_\_\_

# 演習問題3 (解答)

静電容量に関する各問に答えよ。



(1) 領域1の静電容量 $C_1$ をとしたとき、全領域の合成静電容量 $C$ を $C_1$ を含む式で表せ。

$$C_1 = \epsilon_0 \frac{S}{d_1} \quad C_2 = \epsilon_{r2} \epsilon_0 \frac{S}{d_2} = 2\epsilon_0 \frac{S}{d_1} = 2C_1$$

$$C_3 = \epsilon_{r3} \epsilon_0 \frac{S}{d_3} = 3\epsilon_0 \frac{S}{2d_1} = \frac{3}{2} \epsilon_0 \frac{S}{d_1} = \frac{3}{2} C_1$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{2C_1} + \frac{1}{C_1 \cdot 3/2} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{2C_1} + \frac{2}{3C_1}$$

$$= \frac{1}{C_1} \left( \frac{6}{6} + \frac{3}{6} + \frac{4}{6} \right) = \frac{1}{C_1} \cdot \frac{13}{6} \rightarrow C = \frac{6}{13} C_1$$

Ans.  $C = \frac{6}{13} C_1$

(2) 各領域で生じる電位差 $V_1, V_2, V_3$ をそれぞれ求めよ。

$$V_1 : V_2 : V_3 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} : \frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{2C_1} : \frac{1}{C_1 \cdot 3/2} = 1 : \frac{1}{2} : \frac{2}{3} = 6 : 3 : 4$$

$$V_1 = \frac{6}{6+3+4} \times 39 = \frac{6}{13} \times 39 = 18$$

$$V_2 = \frac{3}{6+3+4} \times 39 = \frac{3}{13} \times 39 = 9$$

$$V_3 = \frac{4}{6+3+4} \times 39 = \frac{4}{13} \times 39 = 12$$

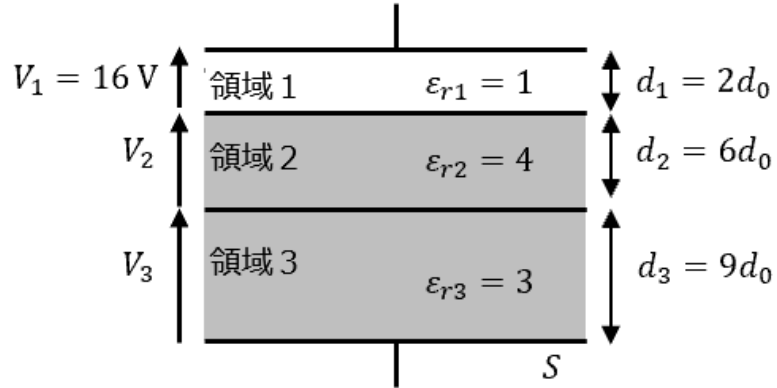
Ans.  $V_1 = 18 \text{ V} \quad V_2 = 9 \text{ V} \quad V_3 = 12 \text{ V}$



# 演習問題4

静電容量に関する各問に答えよ。

(2) 各領域で生じる電位差  $V_2, V_3$  をそれぞれ求めよ。



Ans.  $V_2 =$   $V_3 =$

(1)  $C_0 = \epsilon_0 S / d_0$  をとしたとき、領域1の静電容量  $C_1$ 、領域2の静電容量  $C_2$  および領域3の静電容量  $C_3$  を  $C_0$  を含む式で表せ。

(3) 各領域で生じる電界  $E_1, E_2, E_3$  を  $d_0$  を含む式で表せ。

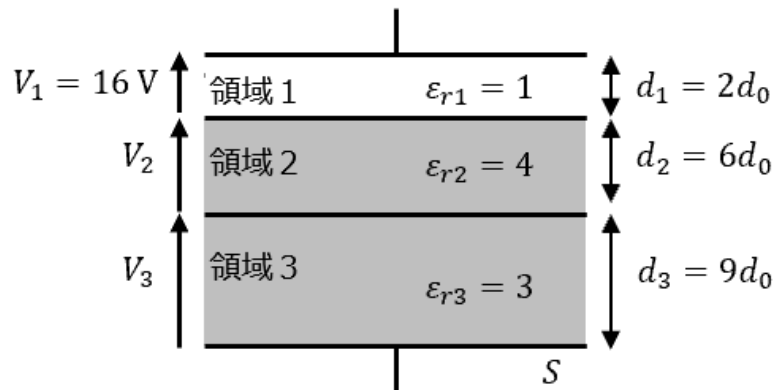
Ans.  $C_1 =$   $C_2 =$   $C_3 =$

Ans.  $E_1 =$   $E_2 =$   $E_3 =$

# 演習問題4 (解答)

静電容量に関する各問に答えよ。

(2) 各領域で生じる電位差  $V_2, V_3$  をそれぞれ求めよ。



$$V_1 : V_2 : V_3 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} : \frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_0/2} : \frac{1}{C_0/3} : \frac{1}{C_0/3} = 2 : \frac{3}{2} : 3 = 4 : 3 : 6$$

$$V_1 : V_2 : V_3 = 16 : 12 : 24$$

Ans.  $V_2 = 12\text{V}$   $V_3 = 24\text{V}$

(1)  $C_0 = \epsilon_0 S/d_0$  をとしたとき、領域1の静電容量  $C_1$ 、領域2の静電容量  $C_2$  および領域3の静電容量  $C_3$  を  $C_0$  を含む式で表せ。

(3) 各領域で生じる電界  $E_1, E_2, E_3$  を  $d_0$  を含む式で表せ。

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{S}{d_0} \quad C_1 = \epsilon_{r1} \epsilon_0 \frac{S}{d_1} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{S}{d_0} = \frac{1}{2} C_0$$

$$C_2 = \epsilon_{r2} \epsilon_0 \frac{S}{d_2} = \frac{4}{6} \epsilon_0 \frac{S}{d_0} = \frac{2}{3} C_0$$

$$C_3 = \epsilon_{r3} \epsilon_0 \frac{S}{d_3} = \frac{3}{9} \epsilon_0 \frac{S}{d_0} = \frac{1}{3} C_0$$

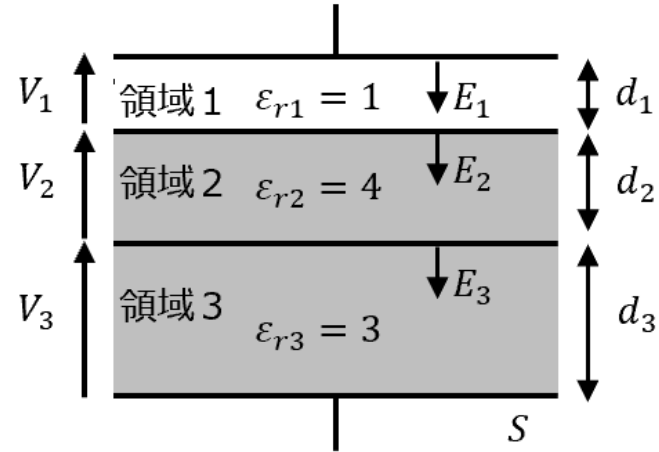
Ans.  $C_1 = \frac{1}{2} C_0$   $C_2 = \frac{2}{3} C_0$   $C_3 = \frac{1}{3} C_0$

$$E_1 = \frac{V_1}{d_1} = \frac{16}{2d_0} = \frac{8}{d_0} \quad E_2 = \frac{V_2}{d_2} = \frac{12}{6d_0} = \frac{2}{d_0} \quad E_3 = \frac{V_3}{d_3} = \frac{24}{9d_0} = \frac{8}{3d_0}$$

Ans.  $E_1 = \frac{8}{d_0}$   $E_2 = \frac{2}{d_0}$   $E_3 = \frac{8}{3d_0}$

# 演習問題5

静電容量に関する各問に答えよ。



(1) 領域2の電界 $E_2$ および領域3の電界 $E_3$ を $E_1$ を含む式で表せ。

Ans.  $E_2 =$        $E_3 =$

(2)  $V_2 = V_1$ となるとき、 $d_2$ を $d_1$ を含む式で表せ。

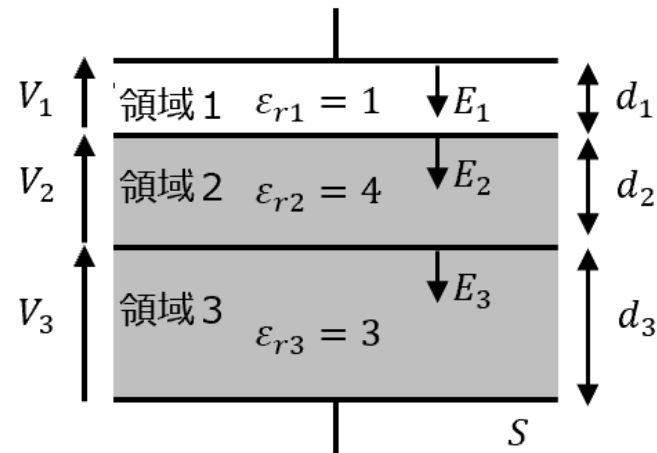
Ans.  $d_2 =$

(3)  $d_3 = 5d_1$ となるとき、 $V_3$ を $V_1$ の何倍になるか。

Ans.  $\frac{V_3}{V_1} =$

# 演習問題5 (解答)

静電容量に関する各問に答えよ。



(1) 領域2の電界 $E_2$ および領域3の電界 $E_3$ を $E_1$ を含む式で表せ。

$$\begin{aligned} D &= \epsilon_{r1}\epsilon_0 E_1 = \epsilon_{r2}\epsilon_0 E_2 \\ \epsilon_{r1}E_1 &= \epsilon_{r2}E_2 \\ E_2 &= \frac{\epsilon_{r1}}{\epsilon_{r2}}E_1 = \frac{1}{4}E_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \epsilon_{r1}\epsilon_0 E_1 = \epsilon_{r3}\epsilon_0 E_3 \\ \epsilon_{r1}E_1 &= \epsilon_{r3}E_3 \\ E_3 &= \frac{\epsilon_{r1}}{\epsilon_{r3}}E_1 = \frac{1}{3}E_1 \end{aligned}$$

Ans.  $E_2 = \frac{1}{4}E_1$     $E_3 = \frac{1}{3}E_1$

(2)  $V_2 = V_1$ となる時、 $d_2$ を $d_1$ を含む式で表せ。

$$V_2 = E_2 d_2 = \frac{1}{4}E_1 d_2, V_1 = E_1 d_1$$

$$\begin{aligned} V_2 &= V_1 \text{ より} \\ \frac{1}{4}E_1 d_2 &= E_1 d_1 \\ d_2 &= 4d_1 \end{aligned}$$

Ans.  $d_2 = 4d_1$

(3)  $d_3 = 5d_1$ となる時、 $V_3$ を $V_1$ の何倍になるか。

$$V_3 = E_3 d_3 = \frac{1}{3}E_1 \cdot 5d_1 = \frac{5}{3}E_1 d_1, V_1 = E_1 d_1$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{\frac{5}{3}E_1 d_1}{E_1 d_1} = \frac{5}{3}$$

Ans.  $\frac{V_3}{V_1} = \frac{5}{3}$

ご聴講ありがとうございました  
ございました!!