

電験どうでしょう管理人
KWG presents

電験オンライン塾

第3回 電磁気学 演習
~平行平板(基礎)~

2023.05.21 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)

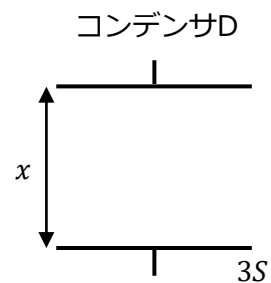
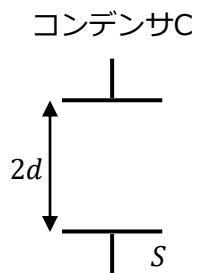
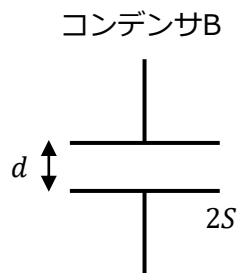
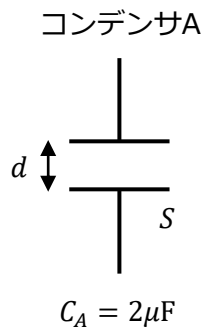
$$V_1 : V_2 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} = C_2 : C_1$$

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) コンデンサAの静電容量 $C_A = 2\mu\text{F}$ のとき、コンデンサBの静電容量を求めよ。
- (2) コンデンサCの静電容量を求めよ。

Ans. $C_B =$ _____

Ans. $C_C =$ _____

- (3) コンデンサDの静電容量 C_D がコンデンサAの静電容量 C_A と同じ値になるとき、コンデンサDの電極間距離 x を d を含む式で表せ。

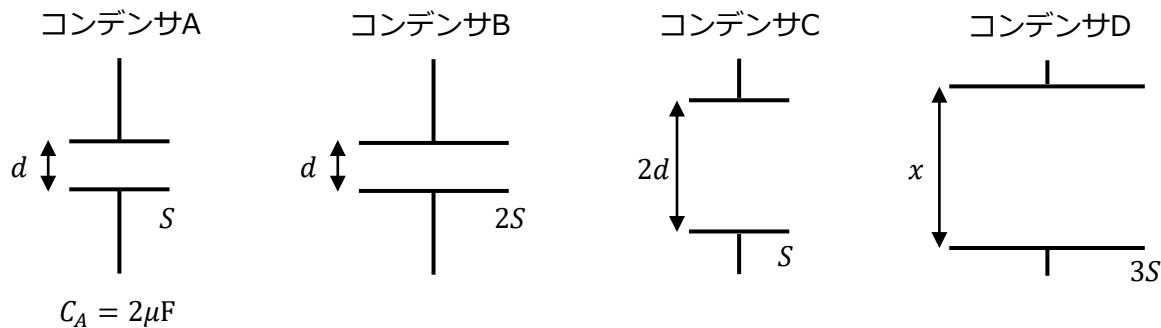
Ans. $x =$ _____

- (4) コンデンサの両端に直流電圧 V を印加することを考える。コンデンサAとコンデンサDの電界の大きさが一致するとき、コンデンサDの電極間距離 x を d を含む式で表せ。

Ans. $x =$ _____

演習問題I (解答)

静電容量に関する各問に答えよ。



- (1) コンデンサAの静電容量 $C_A = 2\mu\text{F}$ のとき、コンデンサBの静電容量を求めよ。
- (2) コンデンサCの静電容量を求めよ。

$$C_A = \epsilon_0 \frac{S}{d} = 2\mu\text{F}$$

$$C_B = \epsilon_0 \frac{2S}{d} = 2C_A = 2 \times 2 = 4\mu\text{F}$$

Ans. $C_B = 4\mu\text{F}$

$$C_A = \epsilon_0 \frac{S}{d} = 2\mu\text{F}$$

$$C_C = \epsilon_0 \frac{S}{2d} = \frac{C_A}{2} = \frac{1}{2} \times 2 = 1\mu\text{F}$$

Ans. $C_C = 1\mu\text{F}$

- (3) コンデンサDの静電容量 C_D がコンデンサAの静電容量 C_A と同じ値になるとき、コンデンサDの電極間距離 x を d を含む式で表せ。

$$C_A = \epsilon_0 \frac{S}{d}, \quad C_D = \epsilon_0 \frac{3S}{x}$$

$$\epsilon_0 \frac{S}{d} = \epsilon_0 \frac{3S}{x} \leftrightarrow \frac{1}{d} = \frac{3}{x} \leftrightarrow x = 3d$$

Ans. $x = 3d$

- (4) コンデンサの両端に直流電圧 V を印加することを考える。コンデンサAとコンデンサDの電界の大きさが一致するとき、コンデンサDの電極間距離 x を d を含む式で表せ。

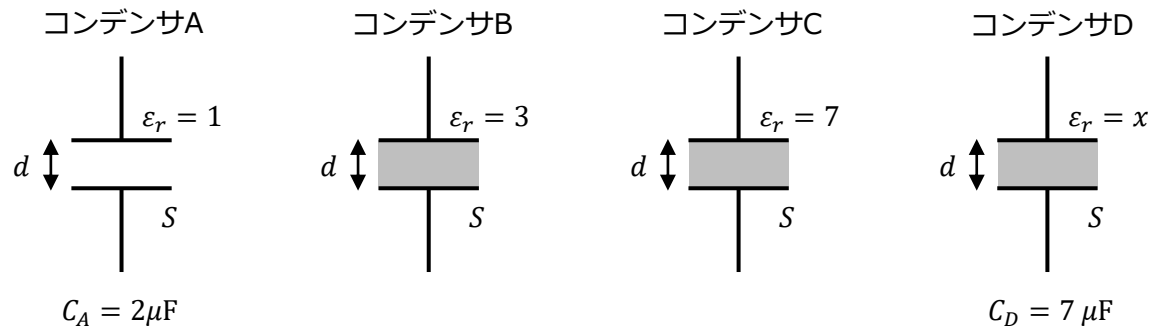
$$E_A = \frac{V}{d}, \quad E_D = \frac{V}{x}$$

$$E_A = E_D \leftrightarrow \frac{V}{d} = \frac{V}{x} \leftrightarrow x = d$$

Ans. $x = d$

演習問題2

静電容量に関する各問に答えよ。



(3) コンデンサDの静電容量が $C_D = 7\mu\text{F}$ のとき、
コンデンサDの誘電体の比誘電率を求めよ。

Ans. $\epsilon_r =$ _____

(1) コンデンサAの静電容量 $C_A = 2\mu\text{F}$ のとき、
コンデンサBの静電容量を求めよ。

Ans. $C_B =$ _____

(2) コンデンサCの静電容量を求めよ。

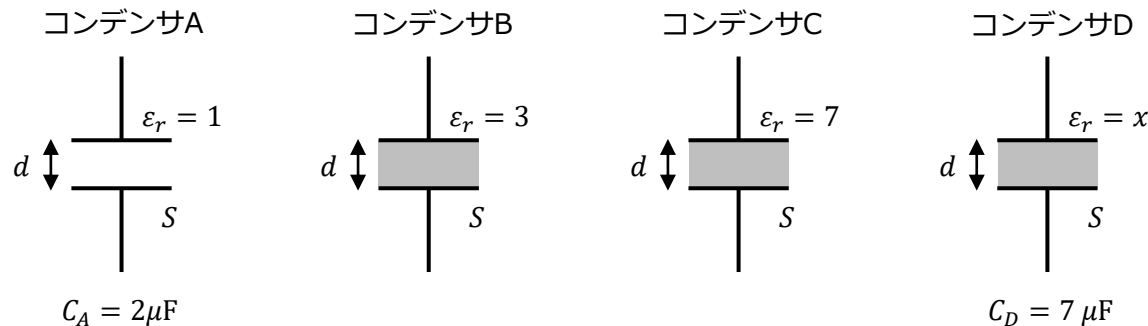
Ans. $C_C =$ _____

(4) コンデンサAとコンデンサDの静電容量を同じ値にするため、
コンデンサDの電極間距離を変化させる。
変更後のコンデンサDの電極間距離 D を d を含む式で表せ。

Ans. $D =$ _____

演習問題2 (解答)

静電容量に関する各問に答えよ。



(1) コンデンサAの静電容量 $C_A = 2\mu\text{F}$ のとき、
コンデンサBの静電容量を求めよ。

$$C_A = \epsilon_0 \frac{S}{d} = 2\mu\text{F}$$

$$C_B = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d} = 3\epsilon_0 \frac{S}{d} = 3C_A = 3 \times 2 = 6\mu\text{F}$$

Ans. $C_B = 6\mu\text{F}$

(2) コンデンサCの静電容量を求めよ。

$$C_A = \epsilon_0 \frac{S}{d} = 2\mu\text{F}$$

$$C_C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d} = 7\epsilon_0 \frac{S}{d} = 7C_A = 7 \times 2 = 14\mu\text{F}$$

Ans. $C_C = 14\mu\text{F}$

(3) コンデンサDの静電容量が $C_D = 7\mu\text{F}$ のとき、
コンデンサDの誘電体の比誘電率を求めよ。

$$C_A = \epsilon_0 \frac{S}{d} = 2\mu\text{F}$$

$$C_D = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d} = \epsilon_r \times C_A = 7\mu\text{F} \rightarrow \epsilon_r = \frac{7}{C_A} = \frac{7}{2} = 3.5$$

Ans. $\epsilon_r = 3.5$

(4) コンデンサAとコンデンサDの静電容量を同じ値にするため、
コンデンサDの電極間距離を変化させる。
変更後のコンデンサDの電極間距離 D を d を含む式で表せ。

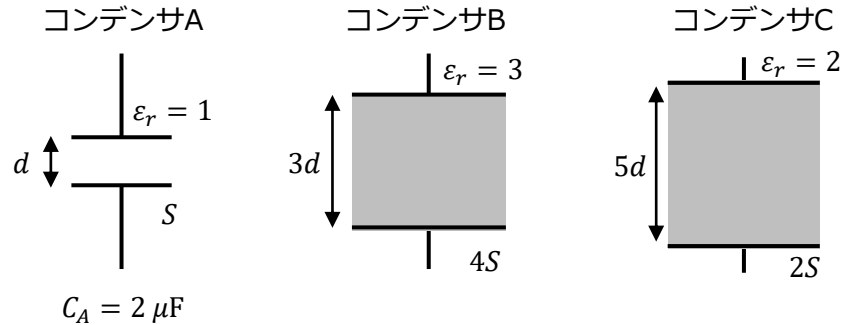
$$C_A = \epsilon_0 \frac{S}{d}, C_D = 3.5 \times \epsilon_0 \frac{S}{D}$$

$$C_A = C_D \leftrightarrow \epsilon_0 \frac{S}{d} = 3.5 \times \epsilon_0 \frac{S}{D} \leftrightarrow \frac{1}{d} = \frac{3.5}{D} \rightarrow D = 3.5d$$

Ans. $D = 3.5d$

演習問題3

静電容量に関する各問に答えよ。



(2) コンデンサBとコンデンサCを直列に接続したときの合成の静電容量を求めよ。

Ans. $c =$ _____

(1) コンデンサAの静電容量 $C_A = 2 \mu\text{F}$ のとき、コンデンサB、コンデンサCの静電容量を求めよ。

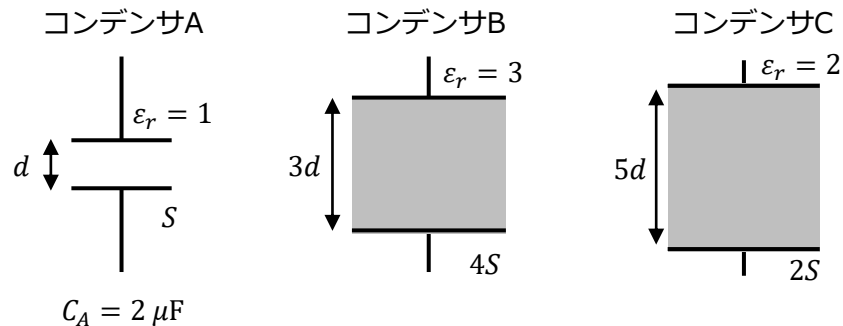
(3) コンデンサBとコンデンサCを並列に接続したときの合成の静電容量を求めよ。

Ans. $C_B =$ _____ $C_C =$ _____

Ans. $c =$ _____

演習問題3 (解答)

静電容量に関する各問に答えよ。



(2) コンデンサBとコンデンサCを直列に接続したときの合成の静電容量を求めよ。

$$C = \frac{C_B C_C}{C_B + C_C} = \frac{8 \cdot \frac{8}{5}}{8 + \frac{8}{5}} = \frac{8 \cdot \frac{8}{5}}{8 + \frac{8}{5}} = \frac{8 \cdot \frac{8}{5}}{\frac{40}{5} + \frac{8}{5}} = 8 \cdot \frac{8}{5} \cdot \frac{5}{48} = \frac{4}{3}$$

Ans. $C = \frac{4}{3} \mu\text{F}$

(1) コンデンサAの静電容量 $C_A = 2 \mu\text{F}$ のとき、コンデンサB、コンデンサCの静電容量を求めよ。

$$C_A = \epsilon_0 \frac{S}{d} = 2 \mu\text{F}$$

$$C_B = 3\epsilon_0 \frac{4S}{3d} = 4\epsilon_0 \frac{S}{d} = 4 \times C_A = 4 \times 2 = 8 \mu\text{F}$$

$$C_C = 2\epsilon_0 \frac{2S}{5d} = \frac{4}{5} \epsilon_0 \frac{S}{d} = \frac{4}{5} \times C_A = \frac{4}{5} \times 2 = \frac{8}{5} \mu\text{F}$$

Ans. $C_B = 8 \mu\text{F}$ $C_C = \frac{8}{5} \mu\text{F}$

(3) コンデンサBとコンデンサCを並列に接続したときの合成の静電容量を求めよ。

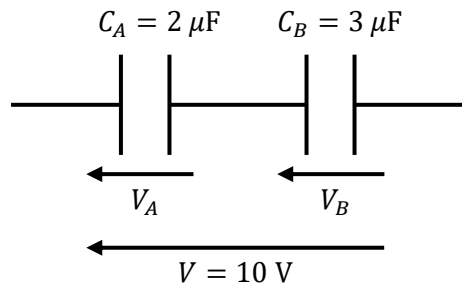
$$C = C_B + C_C = 8 + \frac{8}{5} = \frac{40}{5} + \frac{8}{5} = \frac{48}{5}$$

Ans. $C = \frac{48}{5} \mu\text{F}$

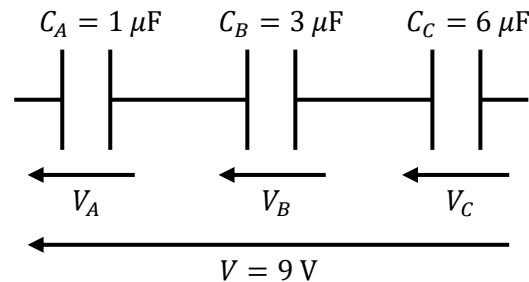
演習問題4

各問について、合成の静電容量と各素子に加わる電圧を求めよ。

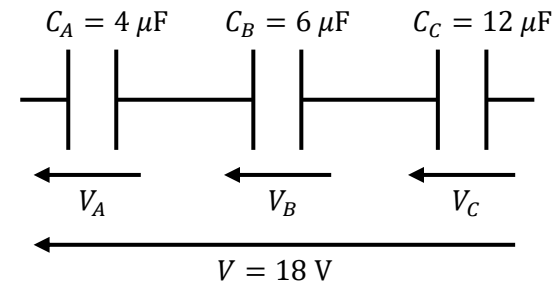
(1) 合成静電容量 C_{AB} と電圧 V_A, V_B を求めよ。



(2) 合成静電容量 C_{ABC} と電圧 V_A, V_B, V_C を求めよ。



(3) 合成静電容量 C_{ABC} と電圧 V_A, V_B, V_C を求めよ。



Ans. $C_{AB} =$ $V_A =$ $V_B =$

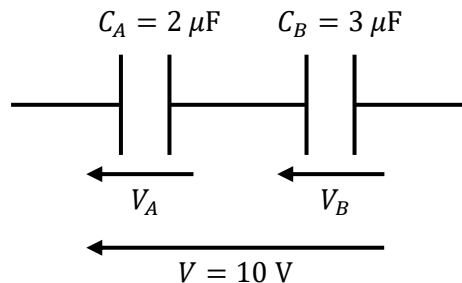
Ans. $C_{ABC} =$ $V_A =$ $V_B =$ $V_C =$

Ans. $C_{ABC} =$ $V_A =$ $V_B =$ $V_C =$

演習問題4 (解答)

各問について、合成の静電容量と各素子に加わる電圧を求めよ。

(1) 合成静電容量 C_{AB} と電圧 V_A, V_B を求めよ。



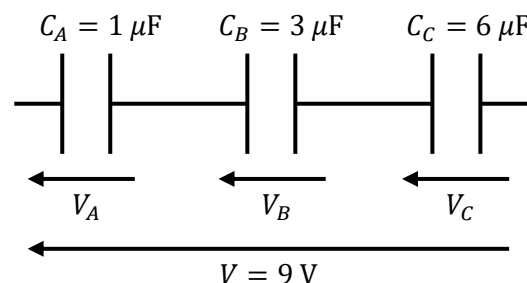
$$C_{AB} = \frac{C_A C_B}{C_A + C_B} = \frac{2 \cdot 3}{2 + 3} = \frac{6}{5}$$

$$V_A : V_B = \frac{1}{C_A} : \frac{1}{C_B} = \frac{1}{2} : \frac{1}{3} = 3 : 2 = 6 : 4$$

$$V_A = 6 \text{ V}, V_B = 4 \text{ V}$$

Ans. $C_{AB} = \frac{6}{5} \mu\text{F}$ $V_A = 6 \text{ V}$ $V_B = 4 \text{ V}$

(2) 合成静電容量 C_{ABC} と電圧 V_A, V_B, V_C を求めよ。



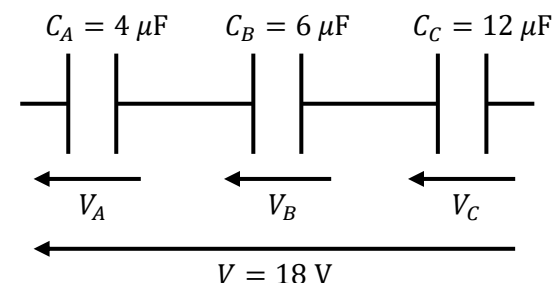
$$\frac{1}{C_{ABC}} = \frac{1}{C_A} + \frac{1}{C_B} + \frac{1}{C_C} = \frac{1}{1} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{6}{6} + \frac{2}{6} + \frac{1}{6} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} \rightarrow C_{ABC} = \frac{2}{3}$$

$$V_A : V_B : V_C = \frac{1}{C_A} : \frac{1}{C_B} : \frac{1}{C_C} = \frac{1}{1} : \frac{1}{3} : \frac{1}{6} = 6 : 2 : 1$$

$$V_A = 6 \text{ V}, V_B = 2 \text{ V}, V_C = 1 \text{ V}$$

Ans. $C_{ABC} = \frac{2}{3} \mu\text{F}$ $V_A = 6 \text{ V}$ $V_B = 2 \text{ V}$ $V_C = 1 \text{ V}$

(3) 合成静電容量 C_{ABC} と電圧 V_A, V_B, V_C を求めよ。



$$\frac{1}{C_{ABC}} = \frac{1}{C_A} + \frac{1}{C_B} + \frac{1}{C_C} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3}{12} + \frac{2}{12} + \frac{1}{12} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2} \rightarrow C_{ABC} = 2$$

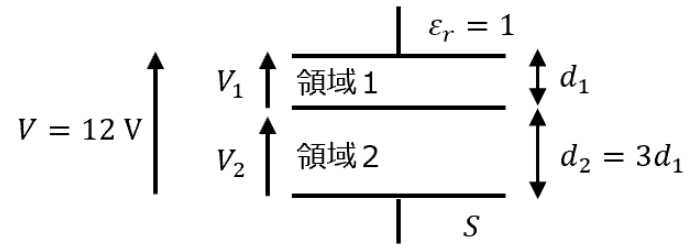
$$V_A : V_B : V_C = \frac{1}{C_A} : \frac{1}{C_B} : \frac{1}{C_C} = \frac{1}{4} : \frac{1}{6} : \frac{1}{12} = 3 : 2 : 1 = 9 : 6 : 3$$

$$V_A = 9 \text{ V}, V_B = 6 \text{ V}, V_C = 3 \text{ V}$$

Ans. $C_{ABC} = 2 \mu\text{F}$ $V_A = 9 \text{ V}$ $V_B = 6 \text{ V}$ $V_C = 3 \text{ V}$

演習問題5

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1の距離を $1/3$ にしたとき、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。

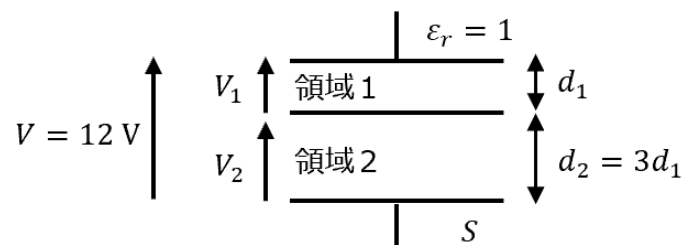
Ans. $C_2 =$ _____

Ans. $V_1 =$ _____ $V_2 =$ _____

Ans. $V_1 =$ _____ $V_2 =$ _____

演習問題5 (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。

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

$$C_2 = \epsilon_0 \frac{S}{d_2} = \epsilon_0 \frac{S}{3d_1} = \frac{1}{3} \epsilon_0 \frac{S}{d_1} = \frac{1}{3} C_1$$

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

- (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。

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

$$V_1 = \frac{1}{1+3} \times 12 = 3 \text{ V}, \quad V_2 = \frac{3}{1+3} \times 12 = 9 \text{ V}$$

Ans. $V_1 = 3 \text{ V} \quad V_2 = 9 \text{ V}$

- (3) 領域1の距離を1/3にしたとき、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。

$$C'_1 = \epsilon_0 \frac{S}{d_1/3} = 3\epsilon_0 \frac{S}{d_1} = 3C_1$$

$$V_1 : V_2 = \frac{1}{C'_1} : \frac{1}{C_2} = C_2 : C'_1 = \frac{1}{3} C_1 : 3C_1 = 1 : 9$$

$$V_1 = \frac{1}{1+9} \times 12 = 1.2 \text{ V}, \quad V_2 = \frac{9}{1+9} \times 12 = 10.8 \text{ V}$$

Ans. $V_1 = 1.2 \text{ V} \quad V_2 = 10.8 \text{ V}$

ご聴講ありがとうございました
ございました!!