

電磁気学 No.5 コンデンサー

真空の誘電率は $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m である。物質の誘電率 ϵ は、 $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ で与えられる。

物質	比誘電率 ϵ_r
パラフィン	2.2
ボール紙	3.2
雲母	7.0
ゴム (シリコン)	8.6
水	81
チタン酸バリウム	5000

1. 電気容量 C の単位 [F] を MKSA 単位で表わしなさい。

$$F = \frac{\overset{\text{クーロム}}{C}}{\underset{\text{ボルト}}{V}} = \frac{A \cdot s}{kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}} = \frac{A^2 \cdot s^4}{kg \cdot m^2}$$

2. 誘電率 ϵ の単位が [F/m] であることを確かめなさい。また、MKSA 単位で表わしなさい。

$$[\epsilon] = \left[C \frac{d}{S} \right] = F \times \frac{m}{m^2} = F/m = \frac{A^2 \cdot s^4}{kg \cdot m^3}$$


3. 電場 \vec{E} に誘電率 ϵ をかけた物理量を電束密度 $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$ という。この単位が [C/m²] であることを確かめなさい。また、MKSA 単位で表わしなさい。

$$[\epsilon E] = \frac{F}{m} \times \frac{V}{m} = \frac{1}{m^2} \times \frac{A^2 \cdot s^4}{kg \cdot m^2} \times \frac{kg \cdot m^2}{A \cdot s^3} = \frac{A \cdot s}{m^2} = \frac{C}{m^2}$$

4. 神経細胞は、情報を電位パルスとして送る。細胞膜は厚さ $d = 0.010 \mu\text{m}$ であり、 $\epsilon_r = 8.0$ のコンデンサーの絶縁体と考えられる。

(1) 細胞膜コンデンサーの $S = 1.0 \text{ cm}^2$ あたりの電気容量 C は何 μF か。

$S = 1.0 \text{ cm}^2$



$$C = 8.0 \times 8.85 \times 10^{-12} \frac{1 \times 10^{-4}}{0.010 \times 10^{-6}} = 0.71 \mu\text{F}$$

(2) $S = 1.0 \text{ cm}^2$ あたり $V = 10 \text{ mV}$ なら何 nC の電荷がたまっているか。

$$Q = 0.71 \times 10^{-6} \cdot 10 \times 10^{-3} = 7.1 \text{ nC}$$

5. 真空中で、面積 $S = 0.40 \text{ m}^2$ の2枚の金属板を $d = 8.85 \times 10^{-3} \text{ m}$ 隔てて平行に置いた。

(1) このコンデンサーの電気容量 C は何 F か。

$$C = \epsilon_0 \frac{S}{d} = 8.85 \times 10^{-12} \frac{0.40}{8.85 \times 10^{-3}} = 0.40 \times 10^{-9} \text{ F}$$

(2) このコンデンサーに $Q = 1.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ を充電したとき、極板間の電位差は何 V か。

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{1.0 \times 10^{-7}}{0.40 \times 10^{-9}} = 2.5 \times 10^2 \text{ V}$$

(3) このときコンデンサーの極板間の電場の強さは何 V/m か。

$$E = \frac{V}{d} = \frac{2.5 \times 10^2}{8.85 \times 10^{-3}} = 0.28 \times 10^5 \text{ V/m}$$

(4) 極板間に雲母を満たしたとき、コンデンサーの電気容量は何 F か。

$$C' = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d} = \epsilon_r C = 7 \cdot 0.40 \times 10^{-9} = 2.8 \times 10^{-9} \text{ F}$$

6. コンデンサーの間が真空の場合を考える。このコンデンサーを電圧 V の電池につないだら、 Q の電荷が蓄えられた。

(1) 電池をはずして、極板間の距離 d を2倍にする $d' = 2d$ と、コンデンサーの電圧 V' はどうなるか。

$$V' = \frac{Q}{C'} = \frac{Q}{\epsilon_0 \frac{S}{d'}} = 2 \frac{Q}{\epsilon_0 \frac{S}{d}} = 2 \frac{Q}{C} = 2V$$

(2) 電池をはずして、極板間に誘電体をいれると、コンデンサーの電圧 V' はどうなるか。

$$V' = \frac{Q}{C'} = \frac{Q}{\epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}} = \frac{V}{\epsilon_r}$$

(3) 電池をつないだまま、極板間の距離 d を2倍にする $d' = 2d$ と、コンデンサーに蓄えられる電荷 Q' はどうなるか。

$$Q' = C' V = \epsilon_0 \frac{S}{d'} V = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{S}{d} V = \frac{Q}{2}$$

(4) 電池をつないだまま、極板間に誘電体をいれると、コンデンサーに蓄えられる電荷 Q' はどうなるか。

$$Q' = C' V = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d} V = \epsilon_r Q$$

7. 今日の講義でわかったこと・わからなかったこと・感想などを書きなさい。(自由記載)