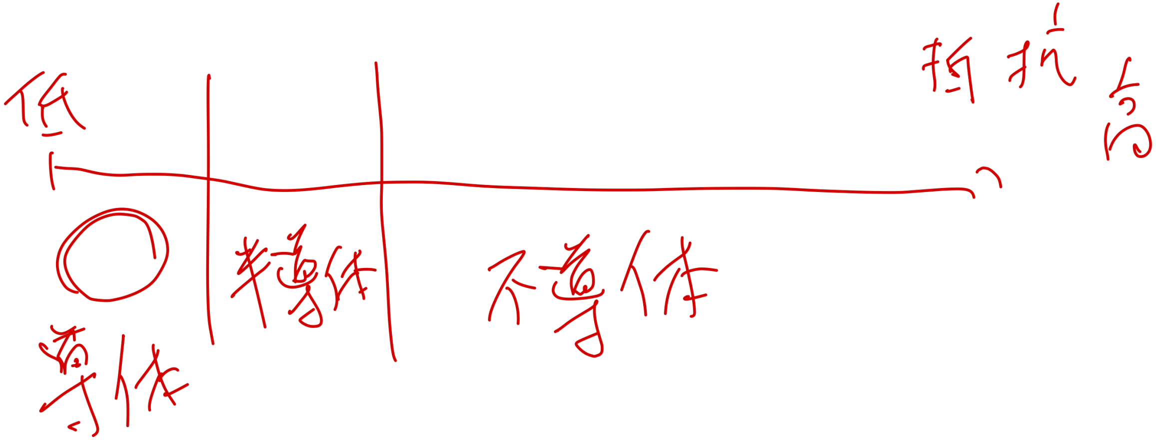
電気工学2第6回

藤田 一寿

導体

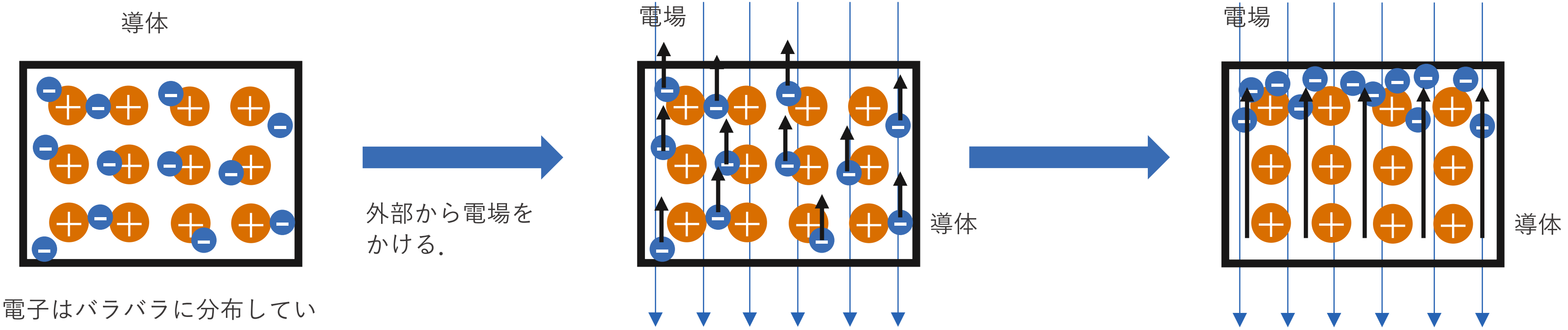
導体とは

- 電気を伝える物質
  - 導体
- 電気を伝えない物質
  - 不導体, 絶縁体



■ 導体と電場

- 電場中に導体を置くとどうなるか？



電子はバラバラに分布している.

電子は電場により電場と逆向きに移動する.

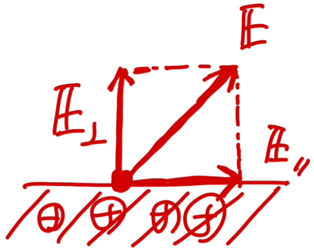
電子は導体の端に移動することで，端に電子がたまり，そこが負極になる.
その結果，導体内部に電場が発生する.
内部に発生した電場と外部の電場が相殺する.

- **導体内では**
    - **電場が0**
    - **電位が一定（接地すると0）**

導体表面の電場

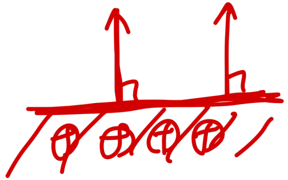
- 導体表面に電荷が一様に分布しているとする．

- もし電場が導体面に対し斜めなら，電場は導体面に対し平行な成分を持つ．

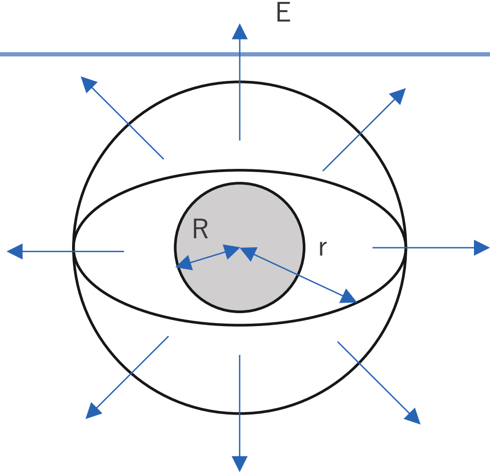


- そうならば，導体表面の電荷は電場によって移動し続けることになる．

- つまり，電場が導体面に対し斜めなら，導体表面に電荷は一様に分布できない．
- よって，**電場は導体表面に対し垂直**でなければならない．

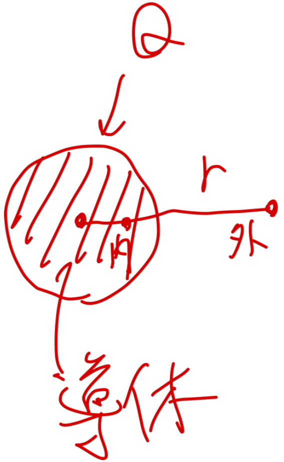


導体球に分布する電荷が作る電場



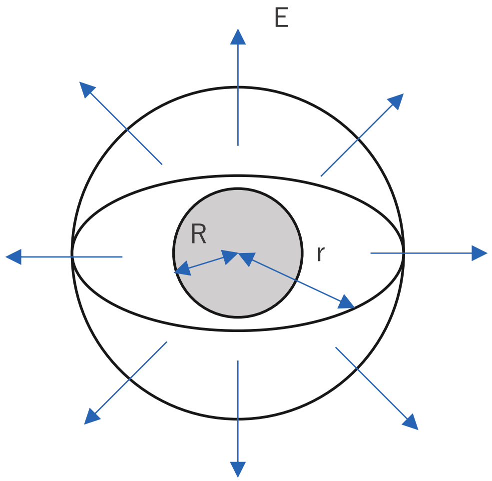
- 半径Rの導体球に電荷Qが分布しているとする.
- この球の中心からrの場所の電場を求める.

- 電荷が分布している球と同心の半径rの球を考える.
- $R < r$の時,
- 導体の電荷はQだから，よってガウスの法則より
- $4\pi r^2 E = \dfrac{Q}{\varepsilon_0}$
- $E = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$
- $R \leq r$の時，**導体内部の電場は0である.**



■ 導体球に分布する電荷が作る電位

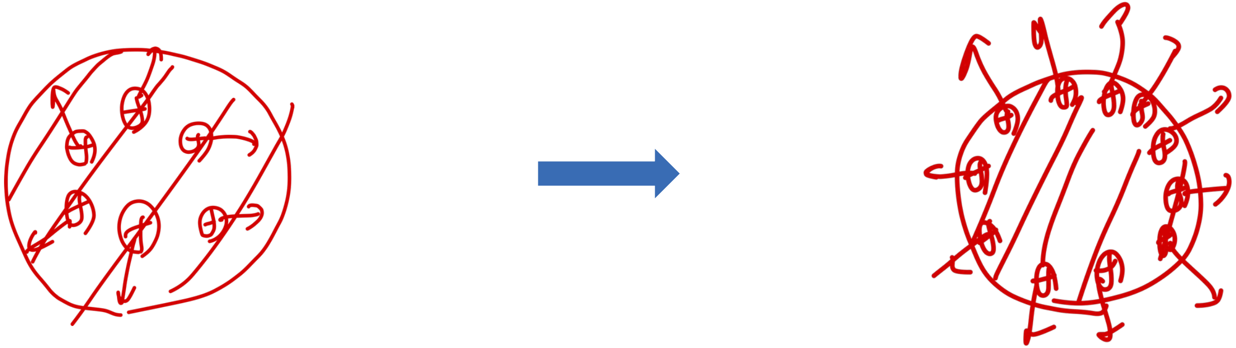
- 半径Rの導体球に電荷Qが分布しているときの電位を求める．ただし，無限遠方を基準とする．
- 電荷が分布している球と同心の半径rの球を考える．
- $R < r$の時の電場は$E = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$だから，電位は
- $V = -\int_{\infty}^{r} \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 x^2} dx = \left[\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 x}\right]_{\infty}^{r} = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 x}$
- $R \leq r$の時，導体内部の電場は0なので，電位は
- $V = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$



発展

電荷は導体球のどこに分布するのか

- 導体球に電荷を帯電させた時，その電荷は導体表面に均一に分布する.



導体内では，電荷は自由に移動できる.
電荷同士は反発し合うので，他の電荷から離れようとする.
よって，図のような導体の内部に電荷は存在しない（当然陽子や電子はあるが）.

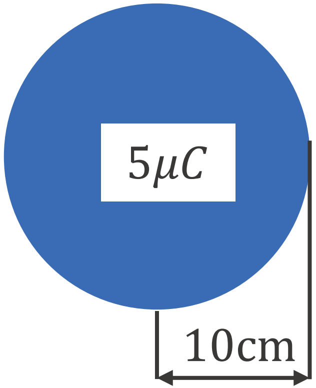
電荷同士が反発してお互い距離を取ると，最終的に導体表面に均一に分布する.
その時の電場は導体球の表面から垂直に発する.

導体まとめ

- 導体内の電場は0
- 導体内の電位は一定
- 導体から発する電場は，導体表面から垂直に出る．
- 導体球に電荷を帯電させた時，その電荷は導体表面に均一に分布する．

問題

- 半径10cmの導体球に $5\mu C$ が帯電している．以下の問に答えよ．ただし，$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$を $9.0\times10^9 \mathrm{Nm^2/C^2}$とする．

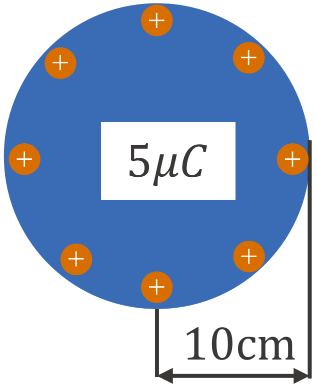


- 帯電した電荷は導体球のどこに分布するか．
- 中心から5cmの場所における電場を求めよ．
- 中心から5cmの場所における電位を求めよ．
- 中心から100cmの場所における電場を求めよ．
- 中心から100cmの場所における電位を求めよ．

問題

- 半径10cmの導体球に$5\mu C$が帯電している．以下の問に答えよ．ただし，$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$を $9.0\times10^9\mathrm{Nm^2/C^2}$とする．

1. 帯電した電荷は導体球のどこに分布するか．
2. 中心から5cmの場所における電場の強さを求めよ．
3. 中心から100cmの場所における電場の強さを求めよ．
4. 中心から5cmの場所における電位を求めよ．ただし無限遠方を 0 とする．
5. 中心から100cmの場所における電位を求めよ．ただし無限遠方を 0 とする．

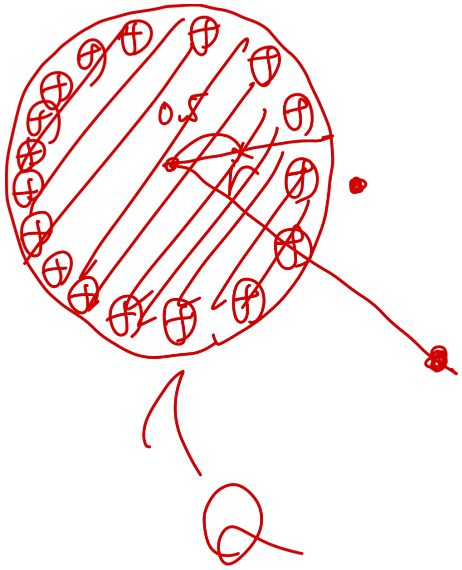


1. 導体表面に分布する．
2. 導体内の電場の強さは0N/Cである．
3. 電場の強さは$E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}=9.0\times10^9\times5\times10^{-6}/1^2=4.5\times10^4$N/C
4. 導体内部の電位は導体表面と同じである．つまり，$V=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r}=9.0\times10^9\times5\times10^{-6}/0.1=4.5\times10^5\mathrm{V}$
5. 電位は$V=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r}=9.0\times10^9\times5\times10^{-6}/1=4.5\times10^4\mathrm{V}$

問題

- 真空中に正電荷で帯電した半径rの球形導体がある．電界強度が最も大きい部分はどれか．

1. 導体の中心点
2. 導体の中心から$0.5r$離れた位置
3. 導体表面近傍で導体内の位置
4. 導体表面近傍で導体外の位置
5. 導体中心から$2r$離れた位置



問題

- 真空中に正電荷で帯電した半径rの球形導体がある．電場強度が最も大きい部分はどれか．

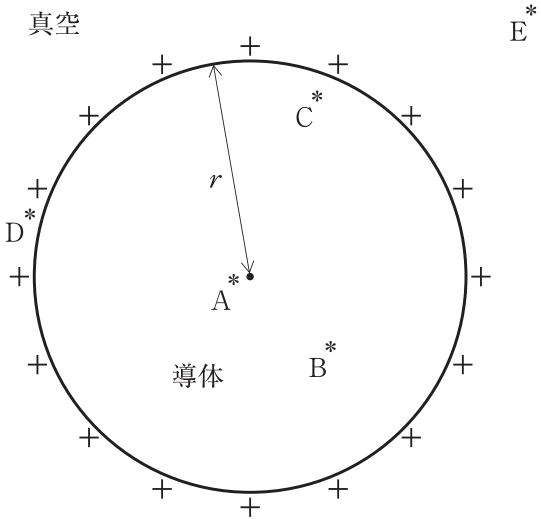
1. 導体の中心点
2. 導体の中心から$0.5r$離れた位置
3. 導体表面近傍で導体内の位置
4. 導体表面近傍で導体外の位置
5. 導体中心から$2r$離れた位置

1. 導体内の電場は0
2. 0.5rの場所は導体内なので電場は0
3. 表面近傍であっても導体内の電場は0
4. 電場の強さは逆二乗則に従っているので5の2r離れた場所より導体球近傍の方が電場は強い．

問題

- 図は真空中に正電荷で帯電した半径rの導体球の断面である．図中の各点（＊）において電場強度の最も大きい点はどれか．（臨床工学技士国家試験32回）

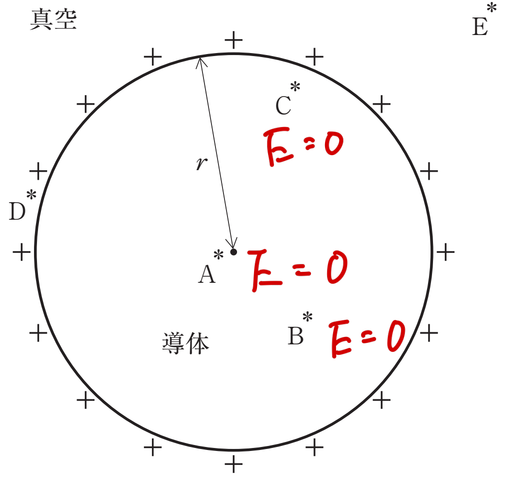
1. A
2. B
3. C
4. D
5. E



問題

- 図は真空中に正電荷で帯電した半径rの導体球の断面である．図中の各点（＊）において電場強度の最も大きい点はどれか．（臨床工学技士国家試験32回）

1. A
2. B
3. C
4. D
5. E



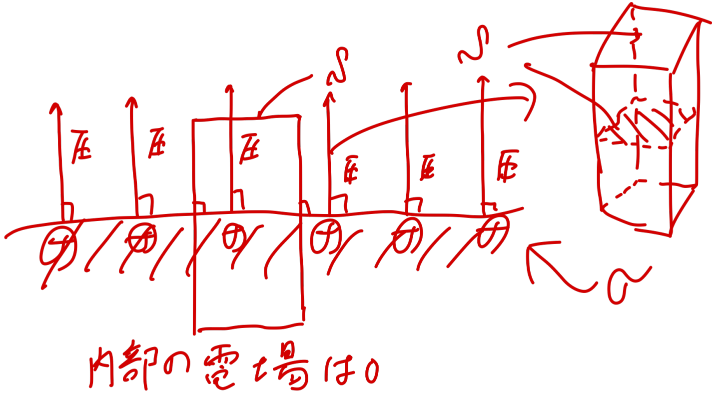
導体内は電場は0なので，A, B, Cの電場は0である．
また，電場は距離の2乗に反比例するので，遠ければ遠いほど小さい．よってEよりDの電場は大きい．
よってDの電場が最も大きい．

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{Q}{r^2}$$

無限に広い導体平面にある電荷が生成する電場と電位

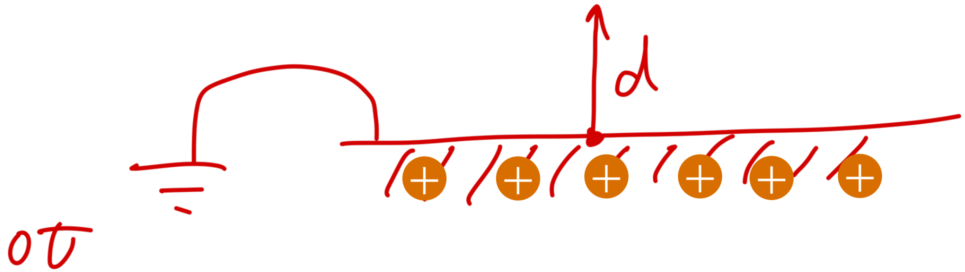
- 無限に広い導体表面に面密度 σ で電荷が帯電しているとする.
- この時生じる電場を求める.

- 図のように底面積Sの四角柱を考える. 導体が作る電気力線は, 導体表面に対し垂直であるので, 電場は四角柱の側面から出ない. さらに, 導体中は電場は無い. よってガウスの法則は
- $ES = \dfrac{\sigma S}{\varepsilon_0}$
- とかける. 電場Eは
- $E = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$



無限に広い導体平面にある電荷が生成する電場と電位

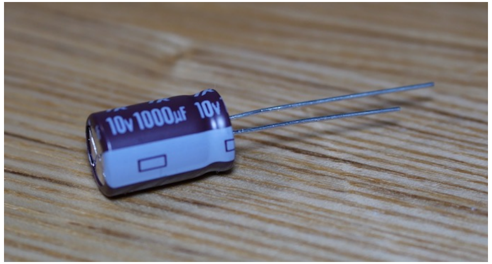
- 無限に広い導体平面にある電荷が作る電場Eは次の式で表せる.
- $E = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$
- 電位は，導体表面を基準とし導体表面からの距離をdとすると,
- $V = -\int_d^0 \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0} dx = -\dfrac{\sigma d}{\varepsilon_0}$
- つまり，電位は導体表面からの距離に比例する.
  - 正電荷が電場を作る設定なので，1Cの正電荷が導体から離れると位置エネルギーは減ることになる（電位は負になる）.

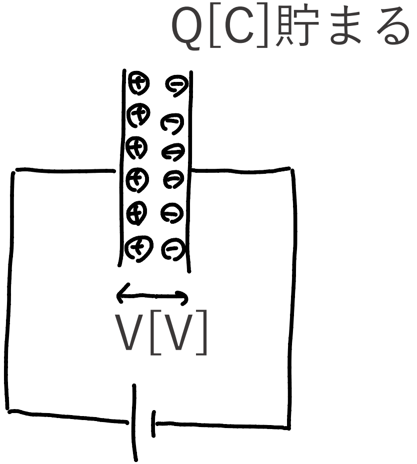


電気容量とコンデンサ

コンデンサ（キャパシタ）

- コンデンサ
  - 電荷を貯めることができる.
- コンデンサの両端電位差Vの時，コンデンサに貯まる電荷Qは
- $Q = CV$
- 比例定数Cは電気容量という.
- 電気容量の単位は F（ファラデー，ファラッド）

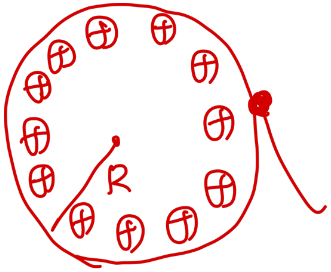




導体球の電気容量

- 単なる導体球も電化を貯めることができるため，コンデンサと見ることができる．

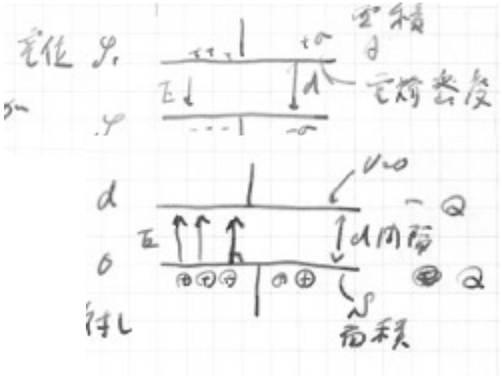
- 半径Rの導体球の電気容量を求める．
- 導体球Qを与えたとすると周囲の電場はガウスの法則より
- $E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0}$
- $E = \frac{Q}{4\pi r^2 \varepsilon_0}$
- 無限遠方との導体表面の電位差は
- $V = -\int_{\infty}^{R} \frac{Q}{4\pi r^2 \varepsilon_0} dr = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$
- $Q = CV$より
- $C = \frac{Q}{V} = 4\pi\varepsilon_0 R$　これが導体球の電気容量



電位 $V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

平行板コンデンサ

- 一般的にコンデンサとして用いられる平行板コンデンサの電気容量を求める．
- それぞれの板に電荷密度σと $-\sigma$ で帯電しているとする．
- 電荷密度 ρ で帯電している板をが生成する電場E_+は誘電率を ε_0とすると
- $2dSE_+ = \dfrac{\sigma dS}{\varepsilon_0}$
- $E_+ = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$
- 電荷密度$-\sigma$で帯電している板が生成する電場$E_$は
- $E_- = -\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$
- 平行板の間の電場は，それぞれの板が生成する電場は同じ向きだから
- $E = E_+ + E_- = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$

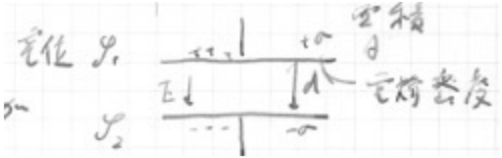


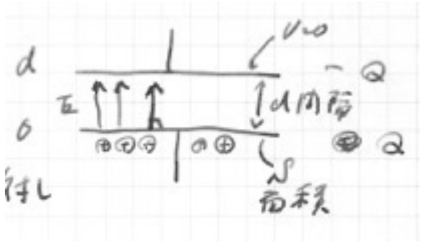
発展

平行板コンデンサ

発展

- 平行板の電位差Vは，平行板の間隔をdとすると
- $V=-\int_{d}^{0}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}dx=\frac{\sigma d}{\varepsilon_0}$
- 電荷密度ρは板に帯電している電荷をQ，板の面積をSとすると
- $\sigma=\frac{Q}{S}$
- よってVは
- $V=\frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$
- $Q=CV$より
- $C=\frac{\varepsilon_0 SQ}{Qd}=\frac{\varepsilon_0 S}{d}$ これが平行板コンデンサの電気容量



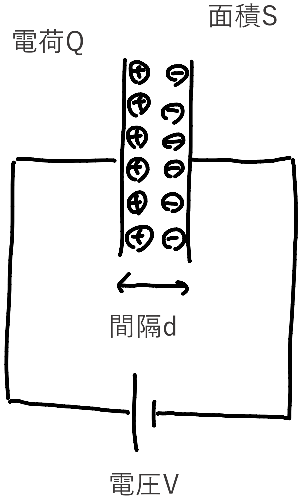


平行板コンデンサの内の電圧

- 平行板コンデンサ内の電場は
- $E = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$
- 平行板コンデンサの平行板と距離dの場所の電位差（電圧）Vは
- $V = \int_0^d E dx = Ed = \frac{\rho d}{\varepsilon_0}$
- つまり，**平行板コンデンサ内の電圧は平行板からの距離に比例する．**

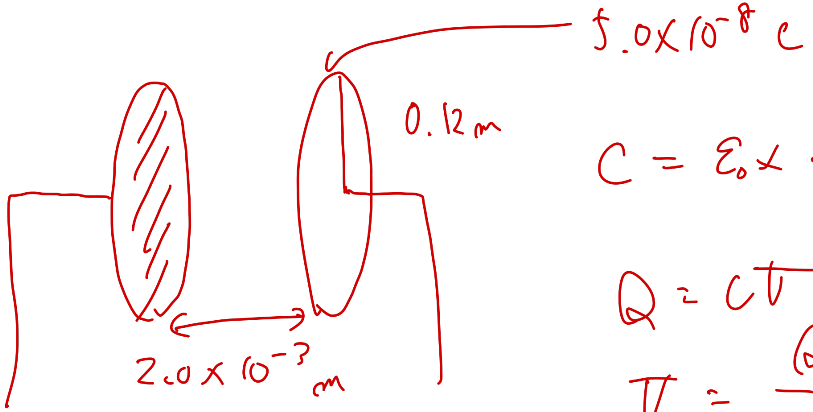
コンデンサのまとめ

- コンデンサに貯まる電荷$Q = CV$
- 平行板コンデンサの静電容量$C = \dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$
  - 平行板が広ければ広いほど多く電荷を貯めることが出来る.
  - 平行板が離れれば離れるほど電荷を貯める量が減る.



問題

- 真空中で，半径0.12mの2枚の金属板を2.0×10^{-3}mの間隔で平行に向かい合わせて，各金属板に絶対値5.0×10^{-8}Cの正負電荷を与える．真空の誘電率を8.85×10^{-12}F/mとする．
- 1. コンデンサの電気容量はいくらか．
- 2. 金属板の間に生じた電位差は何Vか．



$$C = \varepsilon_0 \times \frac{S}{d}$$

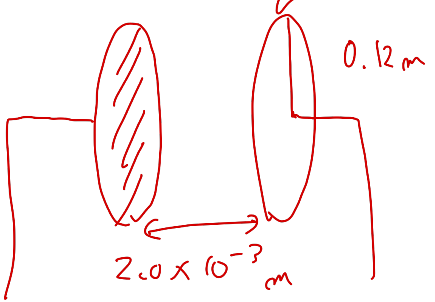
$$Q = CV$$

$$V = \frac{Q}{C}$$

問題

- 真空中で，半径0.12mの2枚の金属板を2.0×10^{-3}mの間隔で平行に向かい合わせて，各金属板に絶対値5.0×10^{-8}Cの正負電荷を与える．真空の誘電率を8.85×10^{-12}F/mとする．
- 1. コンデンサの電気容量はいくらか．
- 2. 金属板の間に生じた電位差は何Vか．

5.0×10^{-8} C



$C = \varepsilon_0 \times \frac{S}{d}$

$Q = CV$

$V = \frac{Q}{C}$

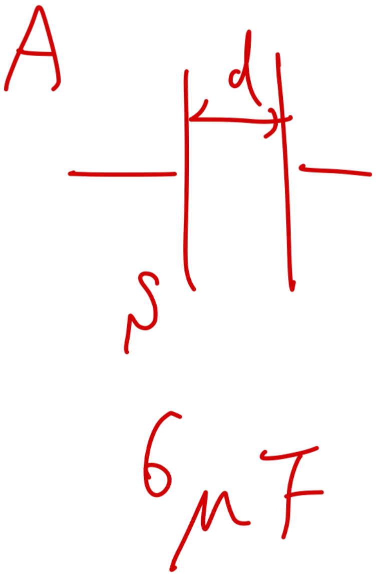
1. $C = \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \frac{8.85\times10^{-12}\times0.12\times0.12\times3.14}{2.0\times10^{-3}} = 0.20\times10^{-12+3} = 2.0\times10^{-10}$F

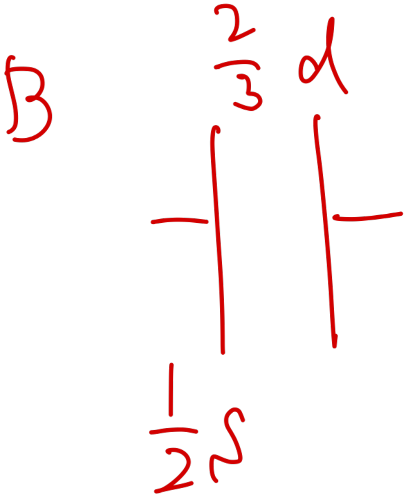
2. Q=CVより

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{5.0\times10^{-8}}{2.0\times10^{-10}} = 2.5\times10^{2}$$

問題

- 2つのコンデンサA，Bがある．平行板の面積比は2:1，平行板の間隔の比は3:2で，Aの電気容量は6.0μFである．Bの容量は何μFか．

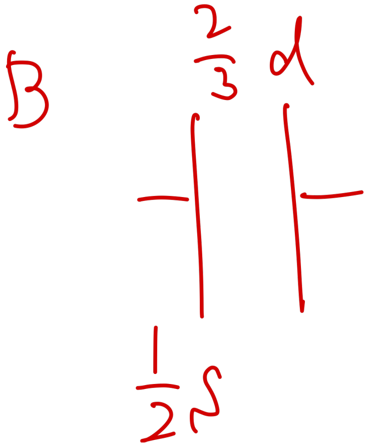




$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

問題

- 2つのコンデンサA，Bがある．平行板の面積比は2:1，平行板の間隔の比は3:2で，Aの電気容量は6.0μFである．Bの容量は何μFか．



コンデンサAの電気容量は

$$C_A = \frac{\varepsilon_0 S_A}{d_A}$$

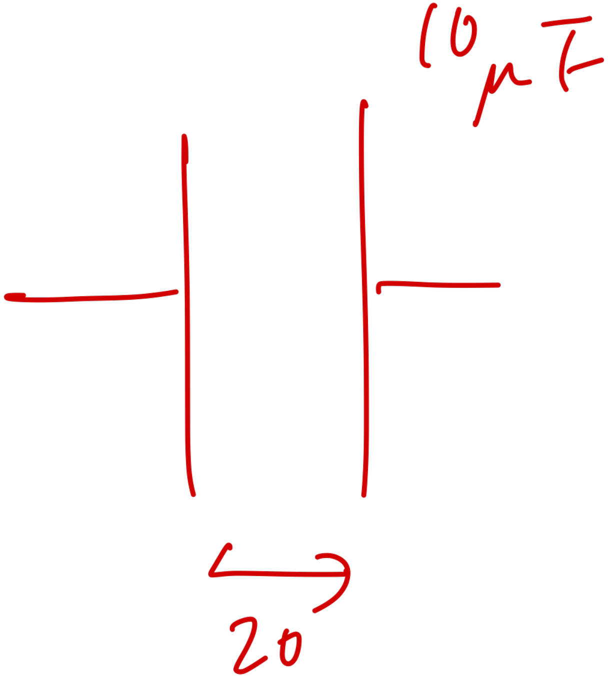
コンデンサBの電気容量は

$$C_B = \frac{\varepsilon_0 S_B}{d_B} = \frac{\varepsilon_0 S_A/2}{2d_A/3} = \frac{3}{4}\frac{\varepsilon_0 S_A}{d_A} = \frac{3\times 6}{4} = 4.5$$

よってコンデンサBの電気容量は4.5μFである．

問題

- $10\mu F$のコンデンサにある電荷量を与えると，$20V$の電位差が生じた．与えられた電荷量$[\mu C]$を求めよ．



問題

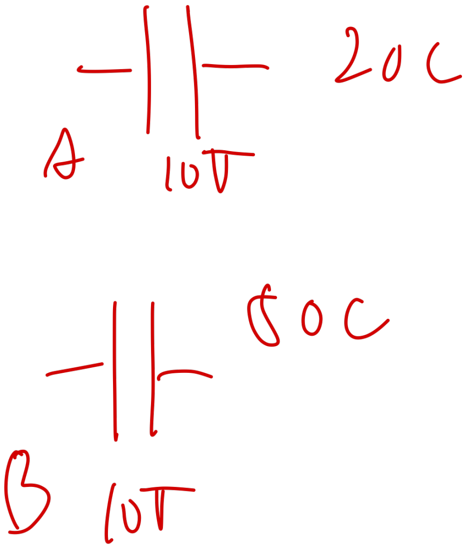
- $10\mu F$のコンデンサにある電荷量を与えると，$20V$の電位差が生じた．与えられた電荷量$[\mu C]$を求めよ．

$Q=CV$より

$$Q=10[\mu F]\times 20[V]=200[\mu \mathrm{C}]$$

問題

- 二つのコンデンサA，Bがある．両方に10 V の電圧を加えたら，蓄えられた電荷はAが20C，Bが50Cになった．Aの静電容量C_AはＢの静電容量C_Bの何倍か．



問題

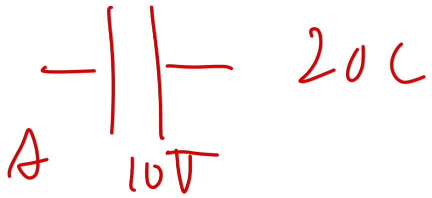
- 二つのコンデンサA，Bがある．両方に10 V の電圧を加えたら，蓄えられた電荷はAが20C，Bが50Cになった．Aの静電容量C_AはＢの静電容量C_Bの何倍か．

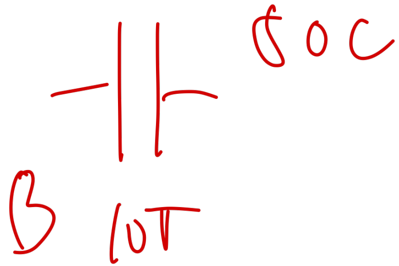
それぞれのコンデンサの電圧は等しいので

$$Q_A = C_A V$$
$$Q_B = C_B V$$
$$\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{C_A}{C_B}\frac{V}{V}$$

よって

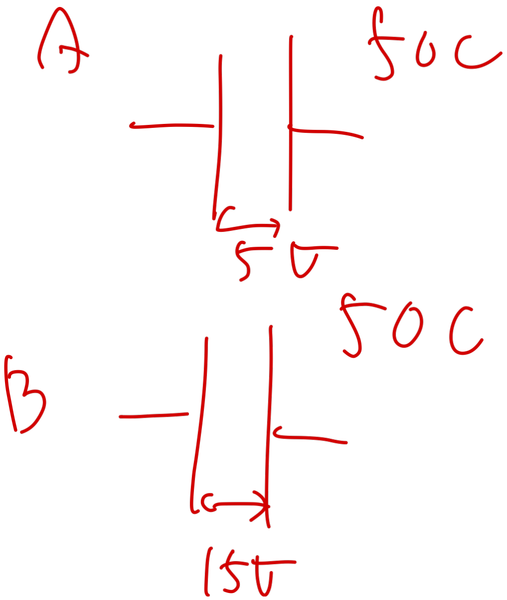
$$\frac{C_A}{C_B} = \frac{Q_A}{Q_B} = \frac{20}{50} = 0.4倍$$





■ 問題

- 二つのコンデンサA, Bがある．両方に50Cの電荷を蓄えたら，Aの電圧が5 V，Bの電圧が15Vになった．Aの静電容量C_AはBの静電容量C_Bの何倍か．



問題

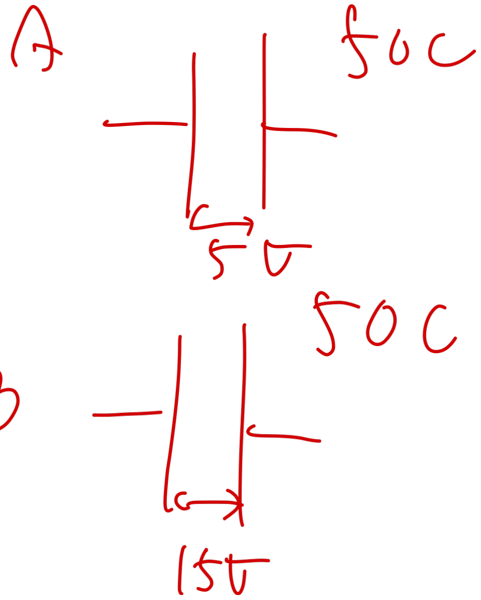
- 二つのコンデンサA，Bがある．両方に50Cの電荷を蓄えたら，Aの電圧が5 V，Bの電圧が15Vになった．Aの静電容量C_AはBの静電容量C_Bの何倍か．

それぞれのコンデンサの電荷量は等しいので

$$Q = C_A V_A$$
$$Q = C_B V_B$$
$$\frac{Q}{Q} = \frac{C_A}{C_B}\frac{V_A}{V_B}$$

よって

$$\frac{C_A}{C_B} = \frac{V_B}{V_A} = \frac{15}{5} = 3倍$$



コンデンサのエネルギー

コンデンサに蓄えられるエネルギー

- コンデンサに蓄えられるエネルギーWは，静電容量C，電圧Vとすると次のように表される．

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

おまけ

平行板が十分広いと仮定→Eは一定

電位$V = \int E\,dx = Ex$

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

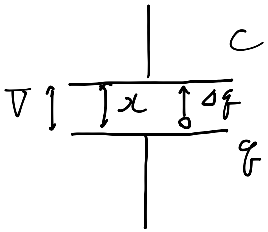
平行板に電荷qがたまっているとする.

Δqの電荷を平行板間移動させるのに必要なエネルギーΔUは

$$\Delta U = \int F\,dx = \int \Delta q E\,dx = \Delta q E x = \Delta q V = \Delta q \frac{q}{C}$$

電荷を0からQまでためるのに必要なエネルギーは

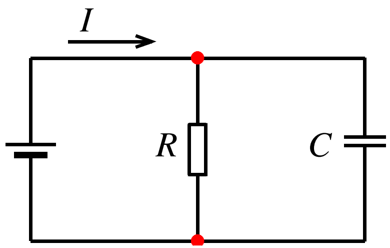
$$U = \int_0^Q \frac{q}{C}\,dq = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{C^2V^2}{C} = \frac{1}{2}CV^2$$



問題解説

- 図の回路のキャパシタに蓄えられているエネルギー[J]はどれか.（第41回ME2種）

1. CRI^2
2. $\dfrac{CR}{2I^2}$
3. $\dfrac{I}{2CR}$
4. $\dfrac{CIR}{4}$
5. $\dfrac{CI^2R^2}{2}$



問題解説

- 図の回路のキャパシタに蓄えられているエネルギー[J]はどれか．（第41回ME2種）

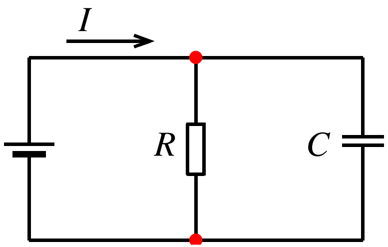
1. CRI^2
2. $\dfrac{CR}{2I^2}$
3. $\dfrac{I}{2CR}$
4. $\dfrac{CIR}{4}$
5. $\dfrac{CI^2R^2}{2}$

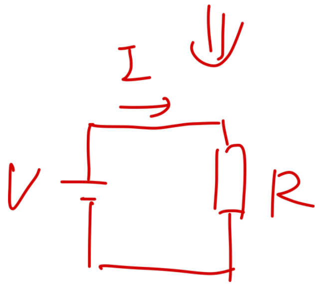
キャパシタに加わる電圧は，並列回路なので抵抗Rに加わる電圧と等しい．また，**直流電源の場合**，定常状態になるとCのインピーダンスは無限大となり**キャパシタは開放と見なせる**．つまり，電流Iは，すべて抵抗Rに流れる．よって，キャパシタに加わる電圧Vは

$$V = IR$$

である．キャパシタに蓄えられるエネルギーWは，

$$W = CV^2/2$$
$$= CI^2R^2/2$$





問題

- 静電容量$20\mu F$のキャパシタに蓄えられるエネルギーが$160\mu J$であるとき，以下の問いに答えよ．答えは有効数字 3 桁以内で表せ．

1. キャパシタの電荷$[\mu C]$を求めよ．
2. キャパシタ両極の電位差$[V]$を求めよ．

問題

- 静電容量20μFのキャパシタに蓄えられるエネルギーが160μJであるとき，以下の問いに答えよ．答えは有効数字３桁以内で表せ．

1. キャパシタの電荷[μC]を求めよ．
2. キャパシタ両極の電位差[V]を求めよ．

$$1. U=\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}C\times\left(\frac{Q}{C}\right)^2=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{20\times10^{-6}}=160\times10^{-6}$$

$$Q=\sqrt{2\times20\times10^{-6}\times160\times10^{-6}}=\sqrt{2^2\times4^2\times10^{-10}}=8\times10^{-5}\mu C$$

$$2. V=\frac{Q}{C}=\frac{8\times10^{-5}}{20\times10^{-6}}=4V$$

問題

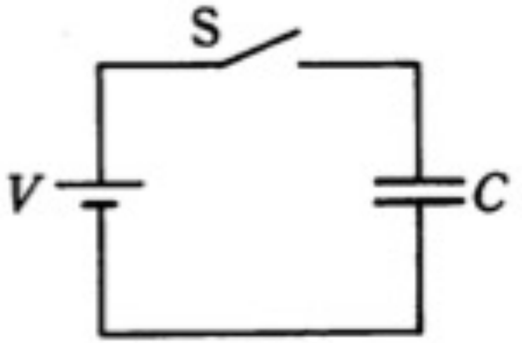
- 極板間隔を変えることのできるコンデンサーに，スイッチSを経て電圧一定の電池につないで，Sを閉じる.

1）Sを閉じたまま極板間隔を2倍にする場合

2）Sを開いてから極板間隔を2倍にする場合

次の量はそれぞれ何倍になるか.

- 蓄えられる電気量（電荷量）
- 極板間の電位差
- 蓄えられる静電エネルギー



問題

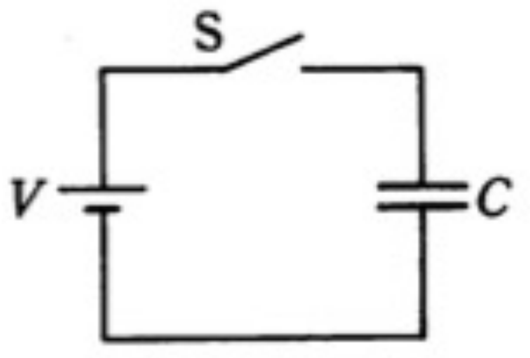
- 極板間隔を変えることのできるコンデンサーに，スイッチSを経て電圧一定の電池につないで，Sを閉じる．

1） Sを閉じたまま極板間隔を2倍にする場合

この場合，電源はつながったままなので電圧がVで一定である．

間隔を2倍にすると静電容量は1/2になる．

- 蓄えられる電気量（電荷量）
  - $Q = \frac{1}{2}CV$なので1/2倍
- 極板間の電位差
  - 電圧がVで一定であるので，1倍
- 蓄えられる静電エネルギー
  - $U = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}C\right)V^2$なので1/2倍



問題

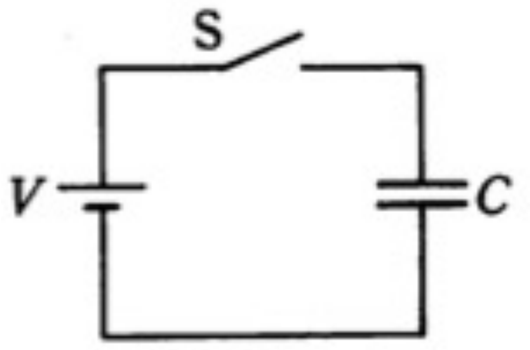
- 極板間隔を変えることのできるコンデンサーに，スイッチSを経て電圧一定の電池につないで，Sを閉じる．

2) Sを開いてから極板間隔を2倍にする場合

この場合，電源はつながっておらず，電源から電荷が補給されないため，電荷Qが一定である．

間隔を2倍にすると静電容量は1/2になる．

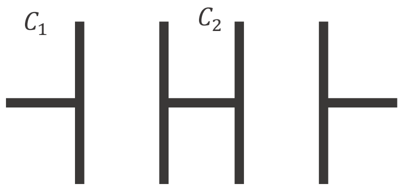
- 蓄えられる電気量（電荷量）
  - 電荷Qは一定なので，1倍
- 極板間の電位差
  - $Q = \frac{1}{2}CV$，$V = 2Q/C$よって2倍
- 蓄えられる静電エネルギー
  - $U = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}C\right)(2V)^2$なので2倍



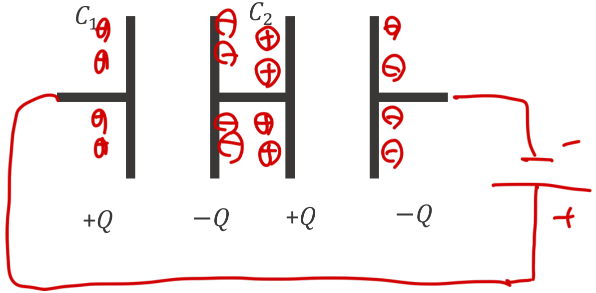
コンデンサを用いた回路

コンデンサの直列回路

- コンデンサを直列につないだらどうなるか？

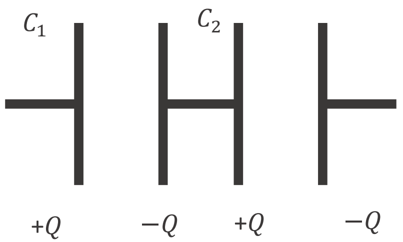


- 電圧Vを加えるとコンデンサには電荷がたまる．C1とC2は導線でつながっているので，つながっている板には同じ量の電荷がたまる．



あくまでも電池を繋いだとき．

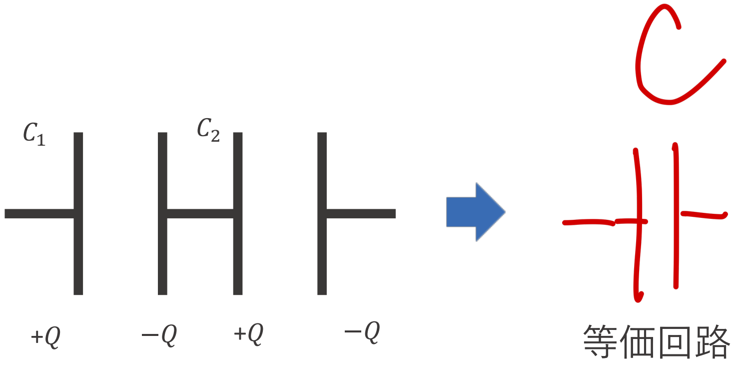
コンデンサの直列回路



- 接続する電極にたまる電荷の量は同じので
- $Q = C_1V_1 = C_2V_2$
- よって
- $\frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1}$
- また，直列接続なのでC1とC2の電圧降下の和は電源電圧を等しいので
- $V = V_1 + V_2$
- よってそれぞれのコンデンサに加わる電圧は
- $V_2 = \frac{C_1}{C_2}V_1, V = V_1 + \frac{C_1}{C_2}V_1 = \frac{C_1+C_2}{C_2}V_1$
- $V_1 = \frac{C_2}{C_1+C_2}V, V_2 = \frac{C_1}{C_1+C_2}V$

コンデンサの直列回路

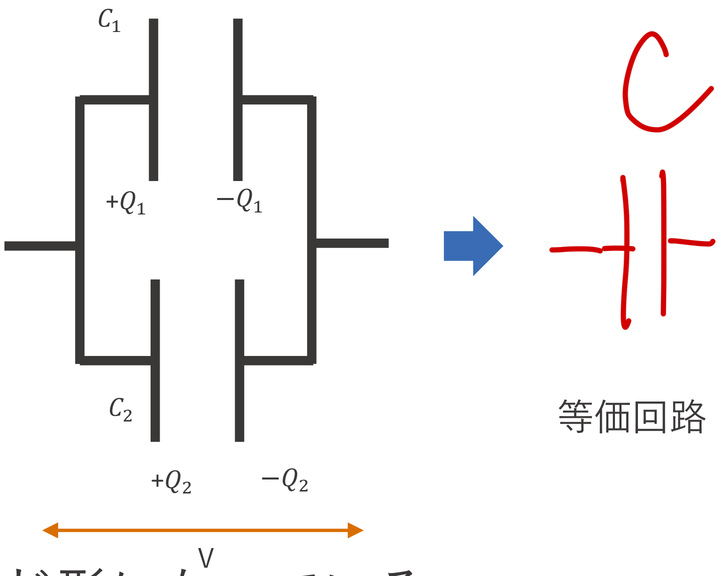
- 合成静電容量Cは
- $Q = CV = C_1V_1$
- $C = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$



- 実は合成静電容量は次の式で求められる．
- $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
- この式は，抵抗の並列回路の合成抵抗を求める式と同じ形になっている．

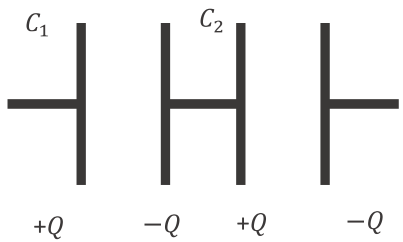
コンデンサの並列回路

- 並列回路なのでコンデンサに加わる電圧はすべて等しいので，それぞれのコンデンサにたまる電荷Q1，Q2は
- $Q_1 = C_1V, Q_2 = C_2V$
- コンデンサにたまる電荷の総量Qは
- $Q = Q_1 + Q_2 = C_1V + C_2V$
- よって合成静電容量は
- $Q = CV$
- $C = \frac{Q}{V} = \frac{Q_1+Q_2}{V} = C_1 + C_2$
- この式は，抵抗の直列回路の合成抵抗と同じ形になっている．

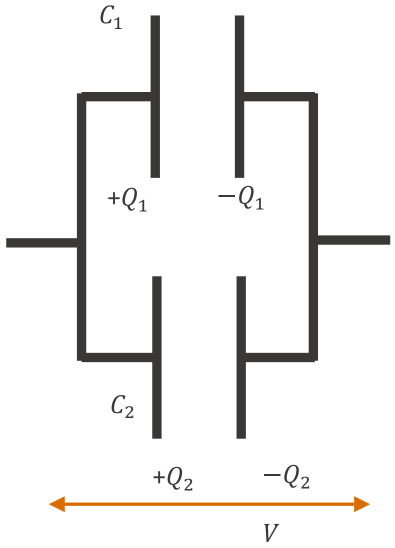


コンデンサの回路のまとめ

- コンデンサの直列回路
  - それぞれのコンデンサに溜まった電荷は等しい.
  - 合成静電容量Cは$\frac{1}{C} = \sum_i \frac{1}{C_i}$から求まる.



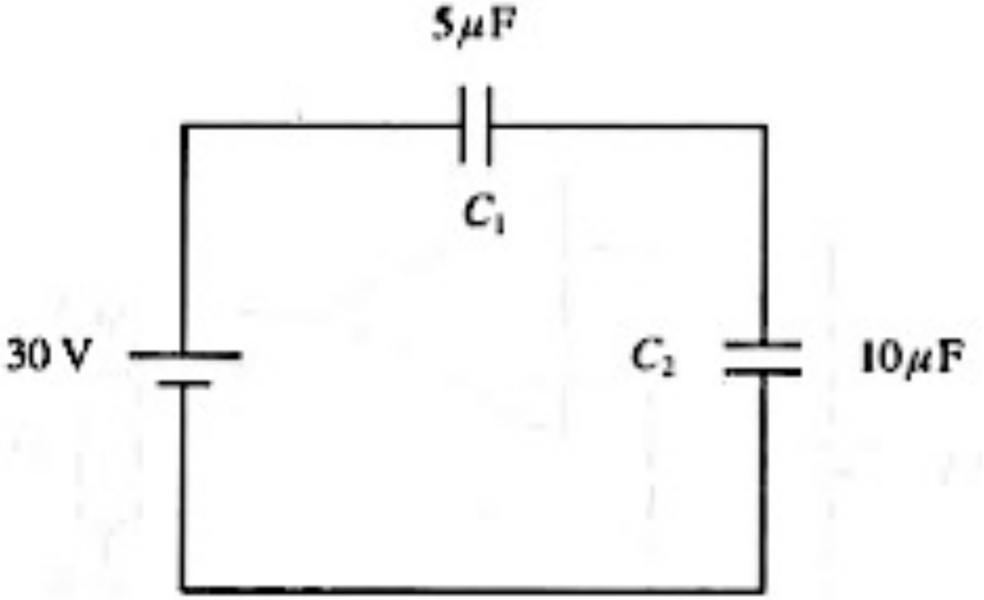
- コンデンサの並列回路
  - それぞれにかかる電圧は等しい.
  - 合成静電容量Cは$C = \sum_i C_i$である.



問題解説

- 図の回路でコンデンサC2の両端電圧[V]はいくらか．（第34回ME2種）

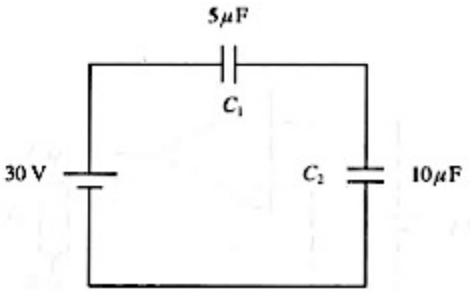
1. 3
2. 5
3. 10
4. 15
5. 20



問題解説

- 図の回路でコンデンサC2の両端電圧[V]はいくらか．（第34回ME2種）

1. 3
2. 5
3. 10
4. 15
5. 20



電圧の比はコンデンサの容量の逆比なので，

$$30\times\frac{5}{15}=10V$$

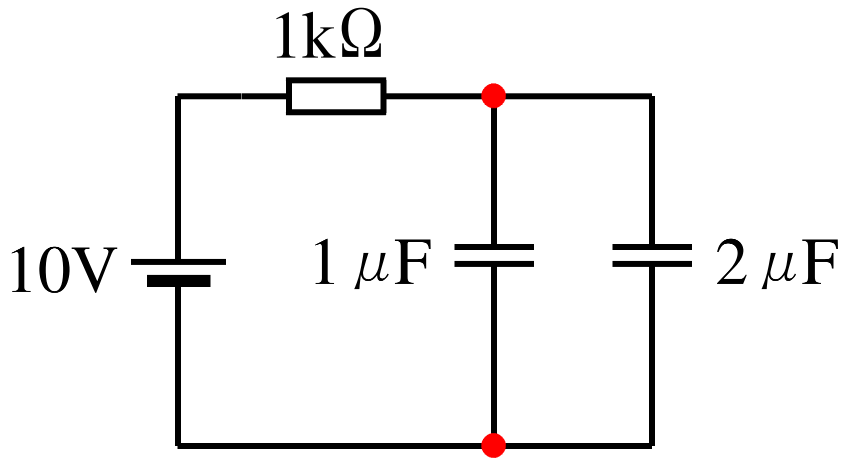
別解

$$V=V_{C_1}+V_{C_2}$$
$$Q=C_1V_{C_1}=C_2V_{C_2}$$
$$V_{C_1}=\frac{C_2}{C_1}V_{C_2}$$
$$V=\frac{C_2}{C_1}V_{C_2}+V_{C_2}=\frac{C_1+C_2}{C_1}V_{C_2}$$
$$V_{C_2}=\frac{C_1}{C_1+C_2}V=\frac{5}{10+5}\times 30=\frac{1}{3}\times 30=10$$

問題解説

- 図の回路で2μFのキャパシタに蓄積される電荷[μC]はどれか．（第40回ME2種）

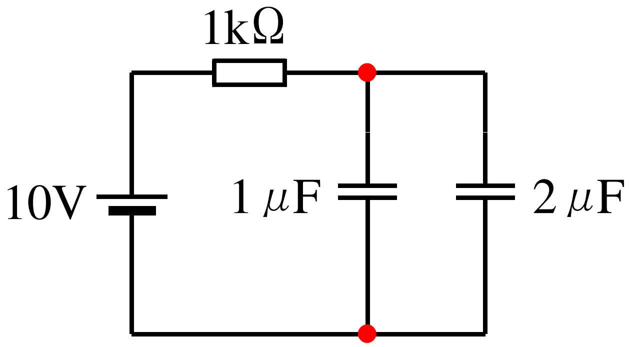
1. 1
2. 2
3. 10
4. 20
5. 30



問題解説

- 図の回路で2μFのキャパシタに蓄積される電荷[μC]はどれか．（第40回ME2種）

1. 1
2. 2
3. 10
4. 20
5. 30

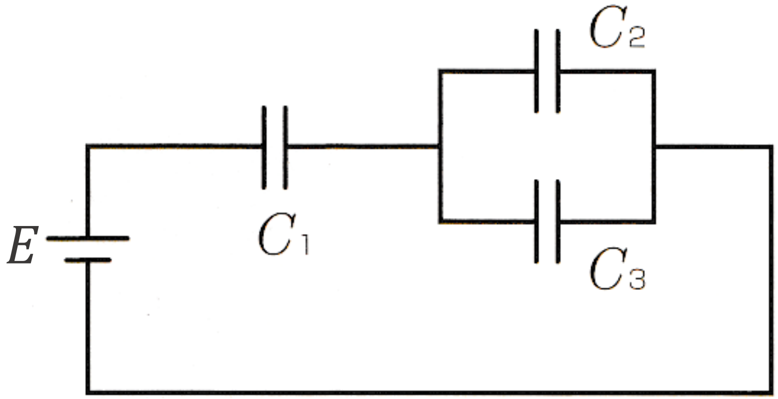


直流回路のとき，定常状態になるとキャパシタのインピーダンスは無限大（開放）である．よって，キャパシタで10Vの電圧降下が起こる．2つのキャパシタは並列につながっているので，それぞれ10Vの電圧が加わっている．よって，2μFのキャパシタに溜まった電荷Qは

$Q = 2\mu F \times 10V = 20\mu\mathrm{C}$

問題

- 図の回路において， $C_1 = 1\mu F, C_2 = 2\mu F, C_3 = 3\mu F, E = 12V$ であるとき，以下の問いに答えよ．答えは分数のままでよい．
- 各キャパシタの両極の電位差を求めよ．
- 各キャパシタに蓄えられている電気量を求めよ．
- C_1, C_2及びC_3の合成容量を求めよ．



問題

- 図の回路において，$C_1 = 1\mu F, C_2 = 2\mu F, C_3 = 3\mu F, E = 12V$であるとき，以下の問いに答えよ．答えは分数のままでよい．

1. 各キャパシタの両極の電位差を求めよ．

C2とC3の合成電気容量C23は

$$C_{23} = C_2 + C_3 = 5\mu\mathrm{F}$$

C1とC23で貯まる電荷は同じだから

コンデンサC１,C2，C3の電圧をそれぞれV_1, V_2, V_3とすると

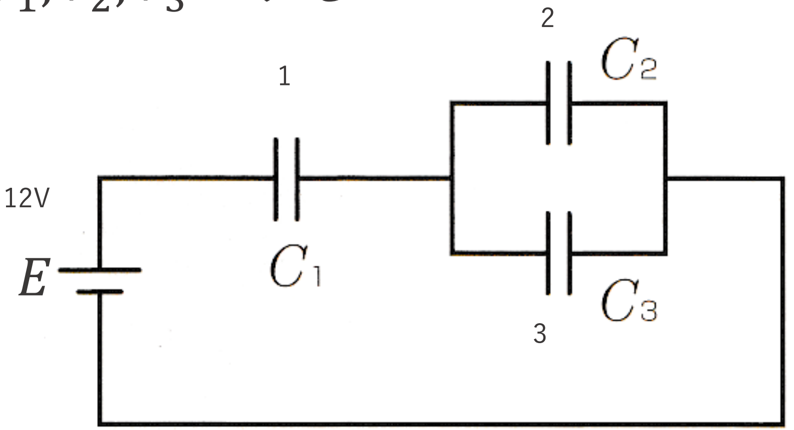
$$C_1V_1 = C_{23}V_{23}$$

$$V_1 = 5V_{23}$$

よって

$$V_1 = 12\times\frac{5}{6} = 10V$$

$$V_{23} = V_2 = V_3 = 2V$$

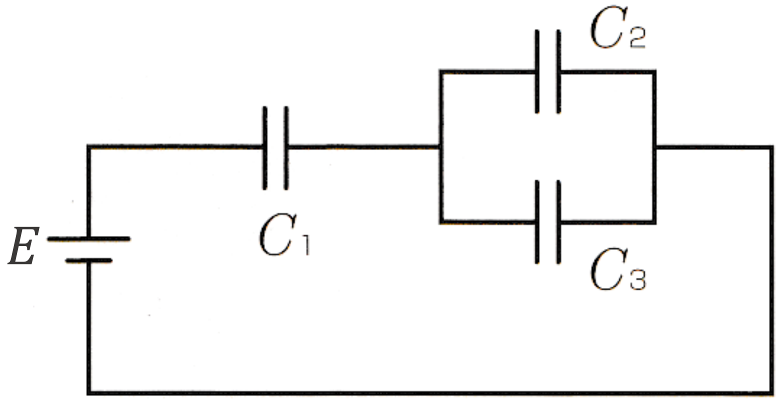


問題

- 図の回路において， $C_1 = 1\mu F, C_2 = 2\mu F, C_3 = 3\mu F, E = 12V$ であるとき，以下の問いに答えよ．答えは分数のままでよい．
- 2. 各キャパシタに蓄えられている電気量を求めよ．

各コンデンサに貯まる電気量を Q_1， Q_2， Q_3とすると
$V_1 = 10V$， $V_2 = V_3 = 2V$だから

$$Q_1 = C_1 V_1 = 10\mu C$$
$$Q_2 = C_2 V_2 = 4\mu C$$
$$Q_3 = C_3 V_3 = 6\mu C$$



問題

- 図の回路において，　$C_1 = 1\mu F, C_2 = 2\mu F, C_3 = 3\mu F, E = 12V$ であるとき，以下の問いに答えよ．答えは分数のままでよい．
- 3. C_1, C_2及びC_3の合成容量を求めよ．

C2とC3の合成電気容量C23は

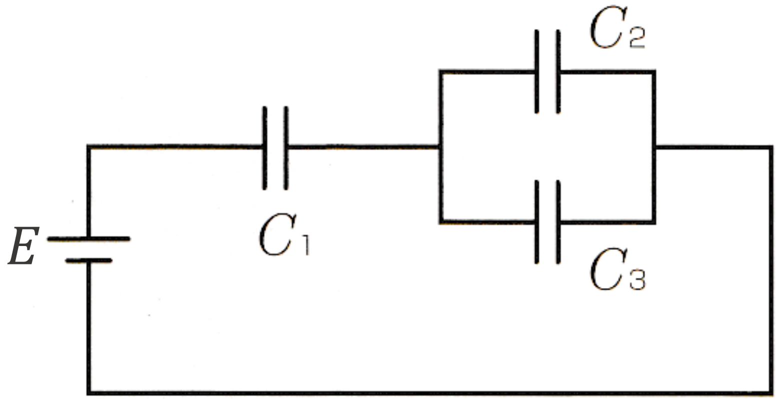
$$C_{23} = C_2 + C_3 = 5\mu\mathrm{F}$$

C23とC1は直列だから合成電気容量Cは

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{23}} = \frac{1}{1} + \frac{1}{5} = \frac{6}{5}$$

よって

$$C = \frac{5}{6}\mu\mathrm{F}$$



抑えるポイント

- コンデンサに貯まる電荷
  - $Q = CV$
- 平行板コンデンサの静電容量
  - $C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$
  - 平行板が広ければ広いほど多く電荷を貯めることが出来る.
  - 平行板が離れれば離れるほど電荷を貯める量が減る.
- コンデンサにたまったエネルギー
  - $W = \frac{1}{2}CV^2$
- コンデンサC_1, C_2を直列に繋いだときの合成静電容量
  - $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
- コンデンサC_1, C_2を並列に繋いだときの合成静電容量
  - $C = C_1 + C_2$