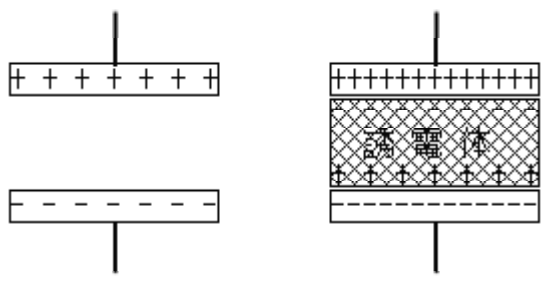


13. コンデンサー

《a》コンデンサーの電気容量 (教科書 II P.86 ~ 90、問題集 P.164 ~ 173)

コンデンサー：正負の電荷間の引力を利用し電荷を凝集(condense)して蓄える器具 (蓄電器)



極板間に**誘電体**(不導体)をはさむと誘電体表面に誘導された電荷により、さらに多くの電荷を凝集することができるようになる。

極板間には**一様な電界**ができる。

平行板コンデンサー 誘電体コンデンサー

極板間に誘電体をはさんだ誘電体コンデンサーが多い。誘電体の名前をつけて呼ぶ。

誘電体の種類	コンデンサー名
油浸紙	オイルコンデンサー
雲母	マイカコンデンサー
セラミック	セラミックコンデンサー
マイラーシート	マイラーコンデンサー
スチロール樹脂	スチロールコンデンサー

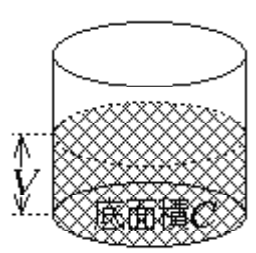
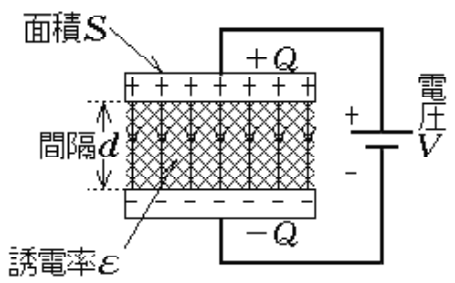
電気容量

コンデンサーに蓄えられる電気量 Q は、極板間の電圧 V に比例する。

コンデンサーの式 $Q =$

単位 クーロン ファラッド ボルト
[] [] []

電気容量 $C =$



コンデンサーを水を入れる容器にたとえて左のように考えるとわかりやすい。

電気量	Q	水の量
容量	C	器の底面積
電圧	V	水面の高さ

水の量は

$$Q = CV$$

電気容量の単位

1 ^{ファラッド}F = 1 V の電圧で 1 C の電荷を蓄えるコンデンサーの容量 (かなり大きい)

$1 \text{ } \overset{\text{マイクロファラッド}}{\mu\text{F}} = 10^{-6} \text{ F}, 1 \text{ } \overset{\text{ピコファラッド}}{\text{pF}} = 10^{-12} \text{ F}$

がよく用いられる。

注) 化学の電気量の単位 [^{ファラデー}F] (1 mol の電子が持つ電気量) と混同しないこと。

誘電率

クーロンの法則の比例定数 k に対し、 $\epsilon = \frac{1}{4\pi k}$ を物質の**誘電率**という。

注) ϵ_0 は真空中で最小 ($\epsilon_0 = 8.9 \times 10^{-12} \text{ F/m}$)。空気の誘電率は真空中とほぼ等しい。

【問】100m²の金属板2枚を、真空中で10cm離して置いたときの電気容量はいくらか。

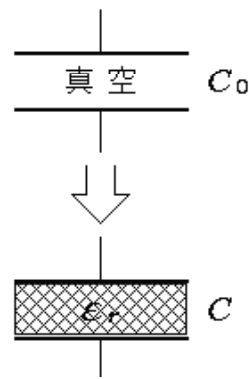
比誘電率の定義 $\epsilon_r =$ 分母をはらって $=$

極板の面積が S 、極板間隔が d の真空コンデンサーの極板間に比誘電率 ϵ_r の誘電体を満たす場合を考える。

真空コンデンサーの容量 $C_0 =$

誘電体コンデンサーの容量 $C =$

容量 C_0 の真空コンデンサーの極板間に比誘電率 ϵ_r の物質を満したときの容量 $C =$



【問】充電した真空コンデンサーの極板上の**電気量を一定に保って**次の各操作を行なうと容量、電圧、電界はそれぞれどうなるか。

	容量 C	電圧 V	電界 E
極板間隔を 2 倍にする			
極板の面積を 2 倍にする			
比誘電率 2 の物質を満す			

《b》コンデンサーの接続 (教科書ⅡP.92 ~ 94、問題集P.164 ~ 173)

並列接続

同極どうしを接続 それぞれの が等しい。

C_1 についてのコンデンサーの式

$Q_1 =$

C_2 についてのコンデンサーの式

$Q_2 =$

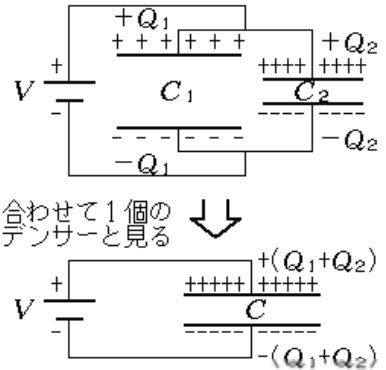
辺々加え合わせる

$Q_1 + Q_2 =$

$Q = C V$ と比較
全電気量 合成容量

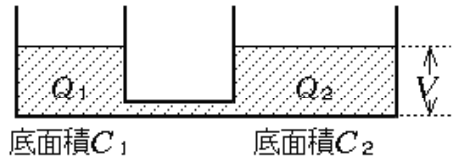
並列接続の合成容量の式

$C =$



2つ合わせて1個のコンデンサーと見る

底面積 C_1 、 C_2 の2つの容器を常に水位が等しいようにして使えば、底面積 $C_1 + C_2$ の容器と同じとみなせる。

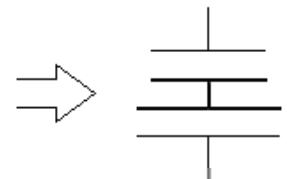


直列接続

電気量保存の法則

他から電氣的に孤立して電荷の出入りのない部分では電気量の正負を考慮した総和は変わらない。

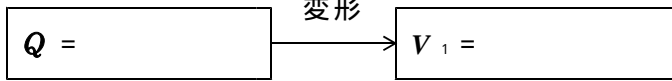
直列接続されたコンデンサーの連結部が電氣的に孤立していることを確認しよう。



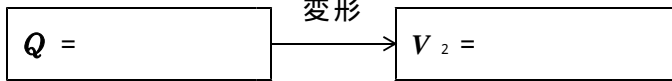
直列接続ではそれぞれのコンデンサーの が等しい。

各極板にあらわれる電気量を Q (等しい) とし、 C_1 、 C_2 に加わる電圧をそれぞれ V_1 、 V_2 とする。

C_1 について



C_2 について



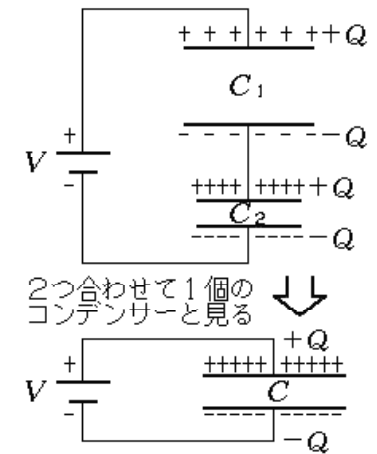
電圧の関係式



$$V = \frac{Q}{C} \text{ と比較して}$$

直列接続の合成容量の式

$$\frac{1}{C} =$$

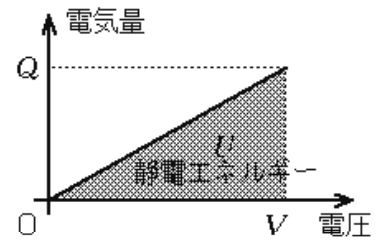


逆数どうしの関係であることに注意しよう。

【問】 $1 \mu F$ のコンデンサー 2 個を、並列接続にしたときと、直列接続したときの合成容量をそれぞれ求めよ。3 個を並列、直列に接続したときはどうか。

《c》 静電エネルギー (教科書 II P.91 ~ 92、問題集 P.164 ~ 173)

電気容量 C のコンデンサーが電圧 V で充電される場合の電気量 Q の変化は右の図のようになる。このとき、コンデンサーに蓄えられるエネルギー U は図の影の部分の面積に等しい。



$Q - V$ 図のグラフと座標軸で囲まれる部分の面積

$$U =$$

コンデンサーの式

$$Q =$$

静電エネルギー

$$U = \text{単位 [J]}$$

【問】 $10V$ の電池で $1000 \mu F$ のコンデンサーを充電するとき、電池のした仕事はいくらか。コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーはいくらか。

極板間にはたらく力

コンデンサーの極板上の電気量 Q を一定に保って、極板間距離 d を x だけ増したとする。このとき静電エネルギー U はどのように変化するか考えてみよう。

極板間隔	電気容量	電圧	電界の強さ	静電エネルギー
d	C	V		$U =$
$d + x$				$U' =$

極板間の電界は電気量 Q によって決まるので一定である。したがって極板が互いに引き合う力 F は一定だと考えられる。

静電エネルギーの増加	$U =$	エネルギーの増加は仕事によるものと考えられるから $U = W$
極板間引力 F に逆らって極板を x だけ引き離す仕事	$W =$	
極板間にはたらく力	$F =$	

《d》コンデンサー回路（教科書ⅡP.94、問題集P.164～173）

解法の手順

操作前の回路でコンデンサーの各極板にたまっている電気量を確認する。操作後の各極板の電気量と電圧を仮定する。

向かい合う極板には必ず正負等量の電荷が現れる。

回路中の電氣的に孤立した部分に着目し、操作前後の**電気量保存の式**を立てる。

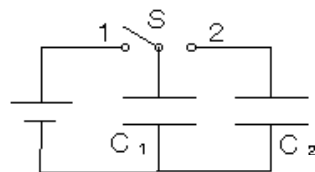
操作後の各コンデンサーについて、**コンデンサーの式**を書き、上式に代入する。（式ア）

任意の閉じた経路を一巡しながら**電圧の関係式**を立てる。（式イ）

一巡してもとの場所にもどれば電位ももともどる。

式アと式イを連立して解く。

【問】右の回路で電池の起電力は 6.0V 、 $C_1=2.0\ \mu\text{F}$ 、 $C_2=4.0\ \mu\text{F}$ である。スイッチ S を 1 に接続した後、2 に切り換えると、 C_2 の電圧および電気量はいくらになるか。この操作をくりかえすとどうなるか。



【問】図の回路で最初スイッチ S_1 、 S_2 はともに開いており、コンデンサー C_1, C_2, C_3 には電荷はないものとする。電池の負極を電位の基準として以下に答えよ。

(1) まず S_1 を閉じた。 C_1 の電気量と P 点の電位を求めよ。

(2) 次に S_1 を開き、 S_2 を閉じた。 C_2 の電気量と P 点の電位を求めよ。

(3) さらに S_2 を開き、 S_1 を閉じた。 C_1 の電気量と P 点の電位を求めよ。

《まとめ》

コンデンサーの式と電気容量

$$Q = \quad C =$$

真空コンデンサーへの誘電体挿入

$$C =$$

コンデンサーの並列接続

コンデンサーの直列接続

コンデンサーの静電エネルギー

$$U =$$

一様な電界の公式

$$E =$$