

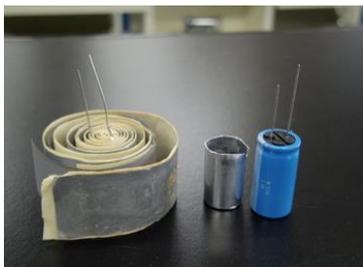
コンデンサーと電気回路

○ コンデンサー

コンデンサーとは電気を貯めることができる装置です。

実験 コンデンサーに電気をため（充電）、その後使ってみよう（放電）。

コンデンサーの中をあけると、2枚の金属板が出てくる。なぜ2枚の金属板があるだけで電気をためることができるのだろうか？

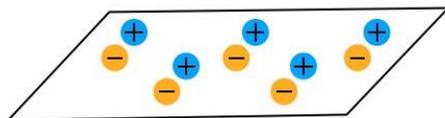


中をあけると2枚の金属板が入っている

回路記号も2枚の金属板を示すものに

○ 仕組み

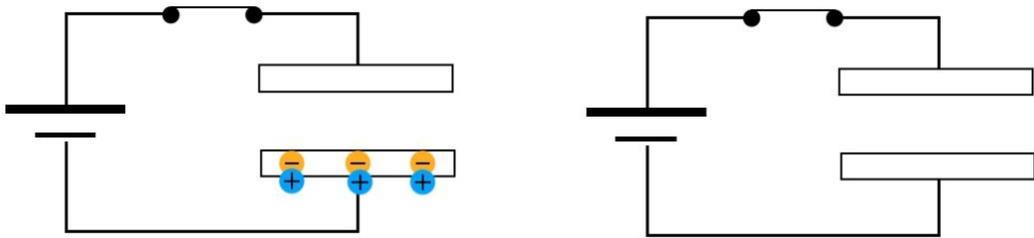
金属板にはたくさんのプラスとマイナスの電荷があり、通常電気的に中和しています。



本来は原子核であるプラスの電荷は動かず、-の電荷を持つ自由電子が動きますが、電流の流れと逆向きだとわかりにくいので、ここでは「プラスの電荷が動く」と仮定して説明します。以前説明したように、電気量で見ると、+の電荷が右に動くことと、-の電荷が左に動くことは同じであるので、大きな問題にはなりません。

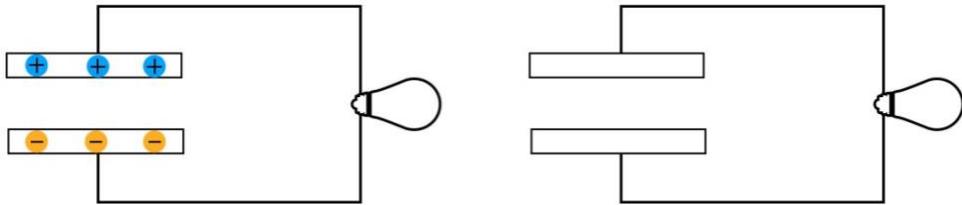


まずは充電です。2枚の金属板でできた「コンデンサー」に電池を接続してスイッチをONにすると、電圧が加わり、-の電荷は動かずに、+の電荷が下の金属板から上の金属板に運ばれます。



充電後の上と下の金属板のもつ電気量の大きさはそれぞれ（ ）になります。

次に放電について見ていきましょう。コンデンサーに LED 等の抵抗をつけると、抵抗に電流が流れて一瞬光ります。

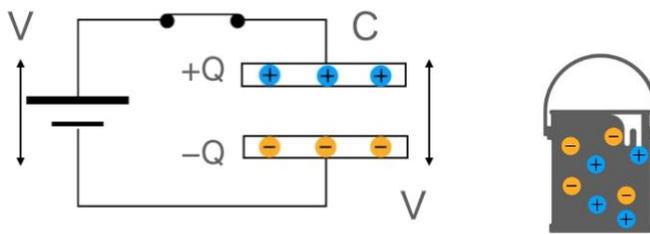


これは金属板に同種の電気のみが集まった状態は、静電気力により反発する力がはたらくため、本来不自然です。そのため電池による押さえつける力（電圧）がなくなり、導線等で回路ができると、元の極板に電荷が戻り、回路に電気が流れます。

○ コンデンサーの4つの式

① コンデンサーにたまる電気量の式（コンデンサーにたまる電気量の式）

$$Q = (\quad) \quad \boxed{\text{覚える}}$$



コンデンサーにたまる電気量は C と電圧 V に比例します。電圧は大きければ大きいほど、たくさんの電荷をコンデンサーに押し込めることができます。また C を（

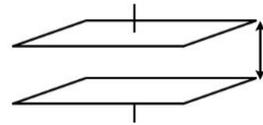
）といい、コンデンサーの能力を表します。例えるならばバケツの大きさです。単位は（ ）（ファラド）です。なお $1F$ はとても大きな単位であるため、 mF 、 μF 、 nF

などが実際によく使われます。 m は（ ） μ は（ ）、 n は（

）を表す接頭辞です。

② 電気容量の中身の式

$C =$ 覚える

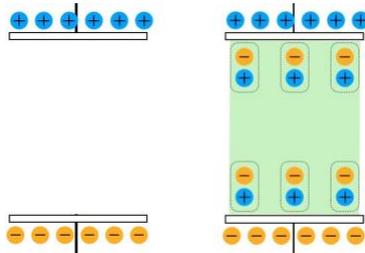


電気容量は、コンデンサーの極板面積 S に比例し、極板間隔 d に反比例します。また比例定数 ϵ を () といいます。ここでのポイントは2つです。

- ・極板間隔 d はなぜ小さいほうが、電気容量は大きくなるの？

本来無理に同種の電荷を同じ極板に押し込むと反発して不安定です。しかし極板間隔が小さいと、向こう側にある異符号の電荷と引き合うため、安定し、さらに電荷を入れることができるようになるため、電気容量は大きくなります。

- ・比例定数 ϵ (イプシロン) は何か？

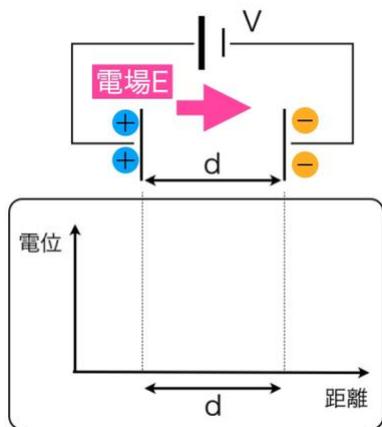


誘電率はコンデンサーの間に入っている物質によって変化する物理量です。例えば真空(≒空気)は $8.85 \times 10^{-12} \text{F/m}$ 、紙は $17.7 \times 10^{-12} \text{F/m}$ 、大豆油は $26.5 \times 10^{-12} \text{F/m}$ 。真空の誘電率がもっとも小さく、他の物質が入ると大きくなります。これは極板の間に不導体を入れると、() が起こり、不導体表面に異符号の電荷が現れるためです。このため電荷が安定し、さらに電荷を入れることができるようになるため、電気容量は大きくなります。

③ コンデンサーの中の電場の大きさの式 復習

コンデンサーの中では、電場が () になっており、次の式で表すことができます。

$E =$ 覚える



④ コンデンサーに蓄えられる静電エネルギー

エネルギーとは () のことを指します。充電したコンデンサーは LED を光らせることができるので、エネルギーをもっており、次の式で表せます。

$$U = \text{覚える}$$

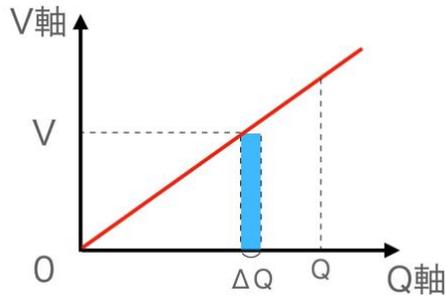
これを静電エネルギーといいます。

参考 コンデンサーのエネルギーの微積を使った導出

ある電気容量 C のコンデンサーに電荷 0 の状態から電荷 $+Q$ の状態まで電荷を動かして、コンデンサーを充電するときの外力がする仕事 (= コンデンサーが蓄えたエネルギー) について考えます。はじめコンデンサーは電圧が 0 [V] なので、ある小さな電気量 ΔQ [C] の電荷を動かすときの外力のする仕事は 0 [J] ですが、その後はコンデンサーに溜まった電荷により電圧が発生するため、ある電圧 V [V] のときに、小さな電気量 ΔQ [C] の電荷を動かすために必要な仕事は () [J] です。



このとき $V-Q$ 図では、外力のした仕事は小さな帯の面積と一致します。この ΔQ を限りなく小さくしてから、 0 から $+Q$ まで面積を足し合わせていくと、 $V-Q$ 図の三角形の面積にあたります。



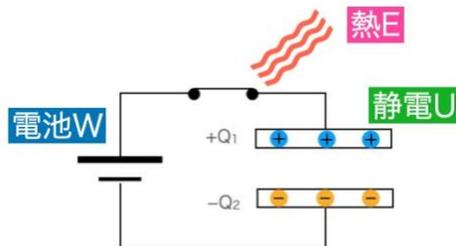
数式を使って表すと

$$W = \int_0^Q V dQ$$

$Q = CV$ より、 $V = \frac{1}{C}Q$ を代入して計算をすると（三角形の面積計算と同じ）

$$W =$$

なお、このときに電池のする仕事は、電池の電圧を V 、運んだ電気量を Q とすると、
 () となり、静電エネルギーはその半分しかありません。電池の電圧は V で一定
 なので、この際のもう半分のエネルギーは導線等で熱となっています。



$$\text{電池のする仕事 } W = \text{静電エネルギー } U + \text{熱エネルギー } E$$

問題 次の各問に答えなさい。

- (1) 電気容量 $2.0[\mu\text{F}]$ のコンデンサーに $200[\text{V}]$ の電池をつないで充電した。しばらくたったとき、コンデンサーに蓄えられている電気量は何[C]ですか。また静電エネルギーは何[J]ですか。
- (2) 極板の対向面積が $1.0[\text{m}^2]$ 、極板間の距離が $2.0[\text{mm}]$ の平行板コンデンサーの電気容量は何[F]ですか。なお極板間の隙間は真空中で、真空の誘電率は $8.8 \times 10^{-12}\text{F/m}$ とします。