

電気の約束ごと(基本)

電気とは?(用語の定義)

陽 子:原子核を構成するもので、正電気+をもっている。

電 子:原子核の外側をまわり、負電気ーをもっている。

自由電子:原子から離れ、物質中を自由に飛び回っている電子。

帯電:物質が電気をもつこと。

電荷:帯電した電気。

電気量:電荷のもつ電気の量で、単位はクーロン[C]。

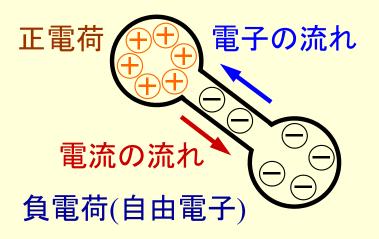
1個の電子の質量 $m = 9.1093897 \times 10^{-31}$ [kg]

1個の電子の電気量 $e = 1.6021773 \times 10^{-19}$ [C]

電気の約束ごと(電流)

電流とは?

電子の流れを電流と言い、電流は電子の流れる方向と逆向きに流れる。



電流の大きさ

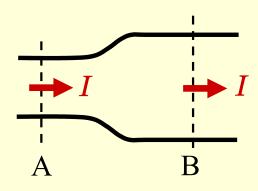
電流の大きさ(I)は次式で表され、単位は[A]である。1[s]間に1[C]の割合で電荷が通過するとき、これを1[A]という。

$$I = \frac{Q}{t} \quad [A]$$

Q:電荷、*t*:時間

電流の連続性

電荷が1本の導体の中を移動するときは、どの断面を考えても、同一時間に同一電気量が 通過する性質をもっている。これを、電流の連続性という。



電気の約束ごと(電圧・起電力)

電位とは?

水位に相当する電気的な高さを<mark>電位</mark>とよぶ。海水面を水位0(ゼロ)と言うように、大地の電位を0(ゼロ)としている。

電位差•電圧

電位の差を電位差または電圧とよぶ。電位・電位差・電圧の単位はボルト [V]で表す。1[V]は、1[C]の電気量が2点間を移動して1[J]の仕事をするとき、この2点間の電位差をさす。

起電力

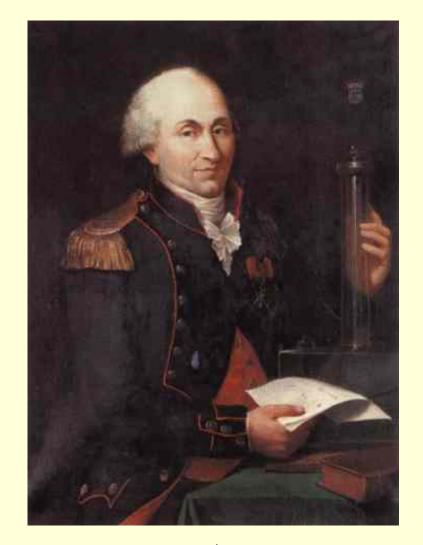
電池のように、電位差を発生する力を起電力とよぶ。単位[V]。

電源

電池のように、連続して起電力を発生する装置を電源とよぶ。

クーロンの法則 と電気力線

1784年、「クーロンは物体の表面における電荷分布を帯びた2つの小球の間にはたらく引力および斥力を、彼が発明したねじれ秤を用いて実験的に測定し、クーロンの法則を確立した。また、磁気についても同様の法則が成り立つことを明らかにした。



シャルル・オーギュスタン・ド・ クーロン(Charles Augustin de Coulomb、1736年6月14 日 - 1806年8月23日)

摩擦電気と電荷

電荷

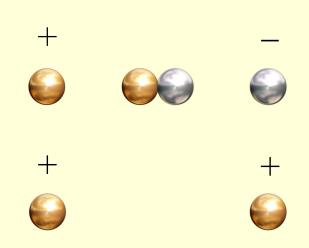
電荷とは、電気を持った最小単位物質をさし、最も小さな単位を**点電荷**(電荷と略すことが多い)または荷電粒子という。この電荷は + または - の電気力を持つ。

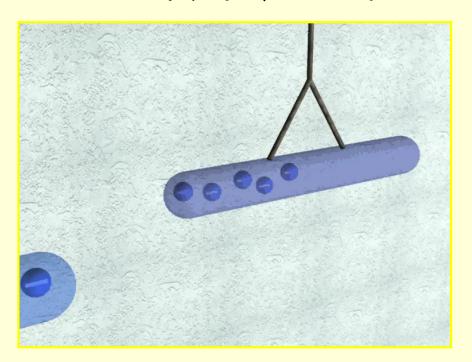
異なる符号の電荷は引き合い、同じものは反発する性質をもつ。

摩擦電気

物質は電気的構成を持っている原子・分子からなり、2つの物体を摩擦し合うと、その間で電子の授受が行われ、電気が生じる。

+ 毛布、ガラス、綿、紙、絹、金属、ゴム、こはく、エボナイト、セルロイド –



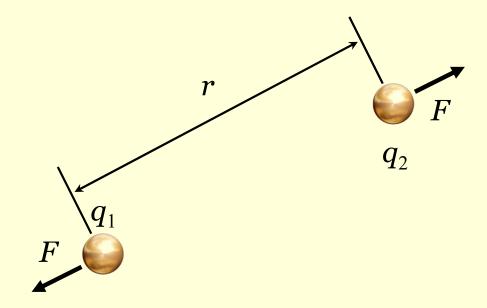


クーロンの法則(電荷による力)

帯電した2つの小球A、Bを、球の大きさが両球間の距離に比べて十分無視できるほど小さいな状態で、A、Bそれぞれの電荷を q_1 、 q_2 、距離をrとすると、A、B間に働く力Fは、

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

となる、ただし、F > 0のときは斥力、F < 0のときは引力である。このように、「2つの点電荷の間に働く電気力は、それらがもつ電荷の積に比例し、それらの距離の2乗に反比例する。」こととなる。これを**クーロン**(Coulomb)の法則といい、この法則に従う電気力のことをクーロン力という。



$$q_1$$
、 q_2 が+、+または-、-だと斥力 q_1 、 q_2 が+、-または-、+だと引力

比例定数kをクーロン定数といい、 光速 $c = 3.0 \times 10^8 [m/s]$ を用いて、

$$k = c^2 \times 10^{-7} [\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2]$$

= $9.0 \times 10^9 [\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2]$

となる。

単位とクーロン

MKSA単位系

実用単位であるMKS単位系に電流 I の単位 A(r) を加えた MKSA単位系が一般的に用いられる。このMKSA単位系を用いると、電気量の単位は、時間 t=1[s] の間に電流 I=1[A] が運ぶ電荷 Q で表され、これを1[C(f) につい)」とする。

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$t = 1[s]$$

$$O = 1[C]$$

$$I = 1[A]$$

真空の誘電率

クーロン定数 k は一般的に、

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

と書かれることが多い。ここで、 ε_0 は 真空の誘電率といい、その値は、

$$\varepsilon_0 = 8.854185 \times 10^{-12} [\text{C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2]$$

となる。この誘電率を用いると、クーロンの法則は、

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

となる。

電界(電場)

電荷が分布している空間の任意の点Pに電荷を置くと、この電荷にクーロン力が作用する。このような空間を電界(工学的な言い方)もしくは電場(理学的な言い方)という。電界 E 中に q[C]の点電荷を置いたとき、電荷に比例したクーロン力 F が働く。電界とクーロン力は共に向きがあり、正電荷の場合はその方向が一致するためベクトルを用いて表すと、

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

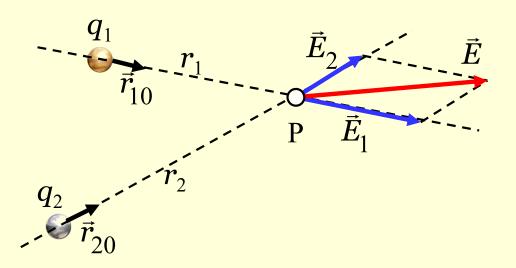
となる。

電界の単位は[N/C]であるが、電 圧の単位である[V]を用いて、[V/m] で表されることが多い。 クーロンの法則より、点電荷 q[C] が距離 r[m]離れた点に作る電界は、

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \vec{r}_0$$

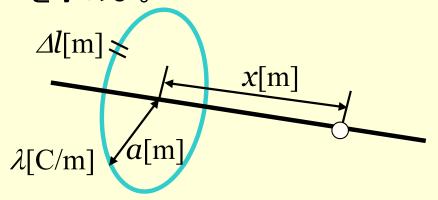
となる。ここで \vec{r}_0 は点電荷から点P に向かう単位ベクトルである。

多くの点電荷 q_1 、 q_2 、 q_3 、…が点Pに作る電界 E は、それぞれの電荷 q_i の作る電界 E_i のベクトルを合成したものとなる。



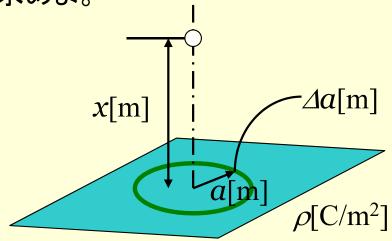
例題1

半径 a[m]の円輪の上に、一様な線密度 $\lambda[C/m]$ で分布している電荷がある。円輪の中心から距離 x[m]にある中心軸上の点の電界の強さを求めよ。



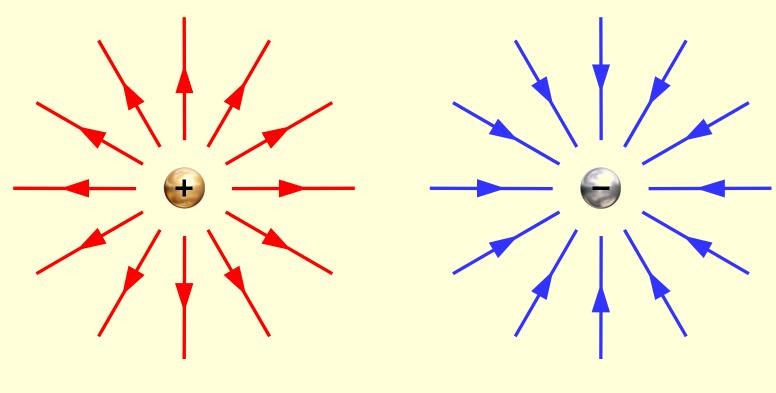
例題2

面密度 ρ [C/m²]で一様に帯電した 無限に広い平面板が、この平面から 距離 x[m]の点に作る電界の強さを 求めよ。



電気力線

電界の中で、任意の点における接線が、その点の電界 E の方向と一致するものを電気力線という。電界の向きから、電気力線は+の電荷から出て-の電荷に入る。



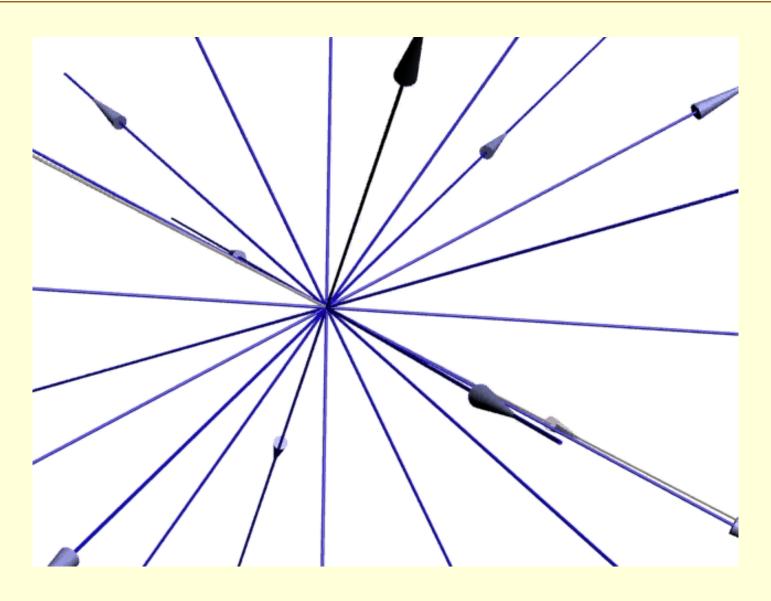
(a) 正電荷

+電荷は外向きの電気力線になる。

(b) 負電荷

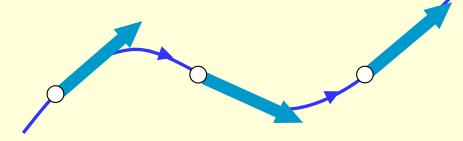
-電荷は内向きの電気力線になる。

点電荷の電気力線

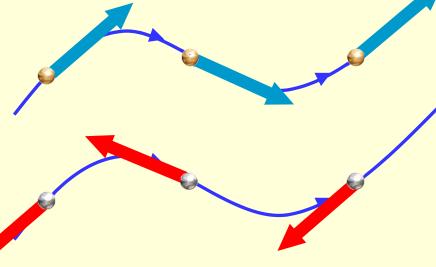


電気力線は、電荷の量に比例し、全ての方向に広がる。

電気力線の性質

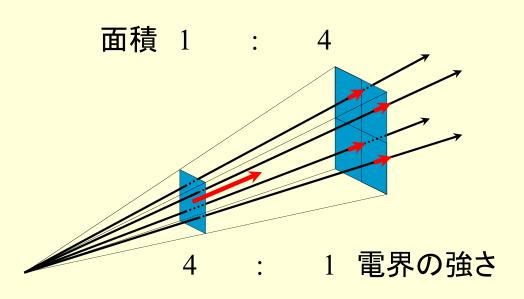


各点での電気力線の接線は、各点での電界の向きを示す。



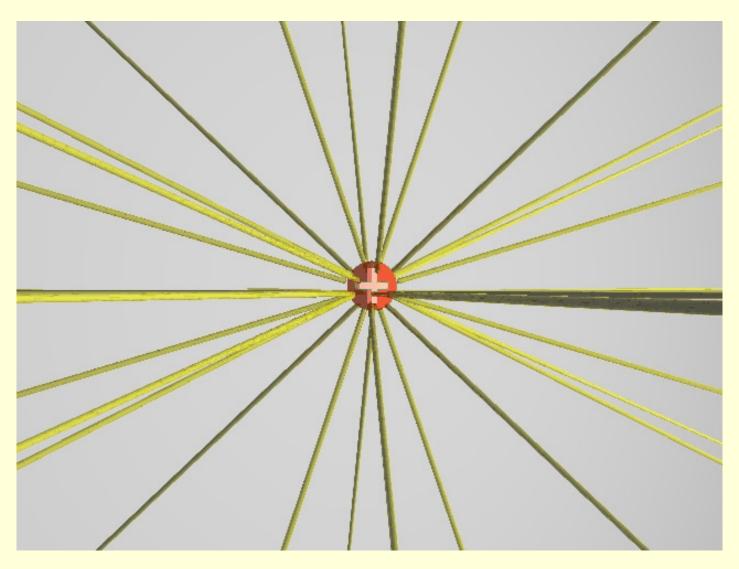
各点での電気力線の接線は、各点に正の電荷を置いたときに働く力の向きを示し、負の電荷のときは向きは逆になる。

電気力線の密度



電気力線の密度は、電界の強さに 比例し、電気力線の間隔が広いと、 電界の強さは小さくなる。

閉局面の電気力線

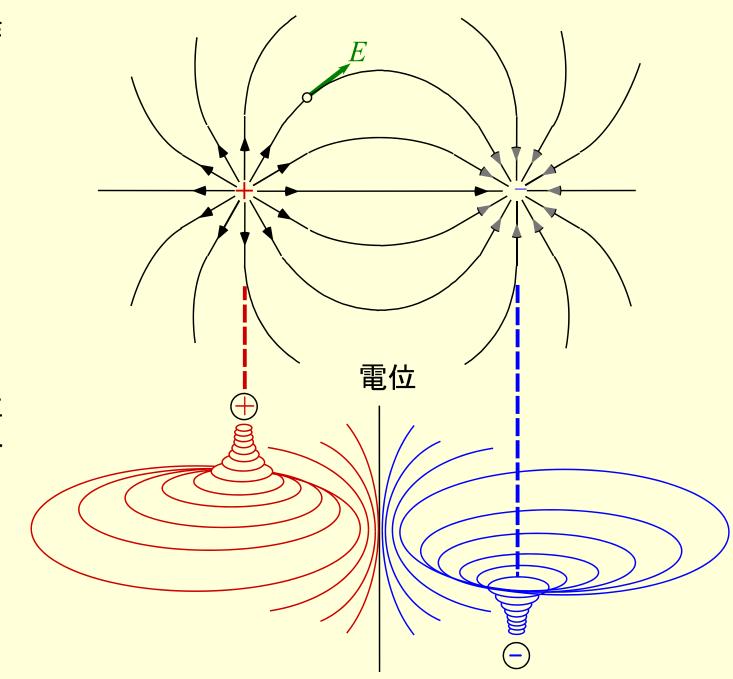


電荷から生じる電気力線の数はまわりにある面の形状で変わることはない

正負電荷対

+と-の点電荷が作る電気力線

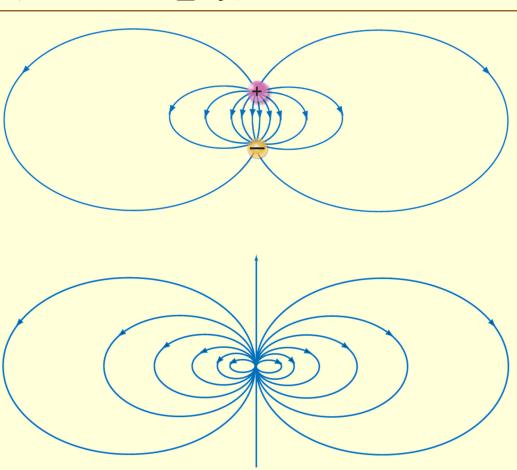
電界が作る電位 のモデル図(電界 は電位に比例)



分極した分子の電場

水分子のように、外から電気的な力を加えなくても分極した分子がある。

一番単純な例として2つの点電荷+q、-qが距離dだけ離れておかれているものを考えてみる。このようなものを**電気双極子**という。電気双極子の作る電気力線は、十分遠くから見ると2つの電荷からの距離の差が見えなり、その強さは P=qd という量にしかよらなくなる。このPを**電気双極子モーメント**という。



一様な電場中の荷電粒子の運動

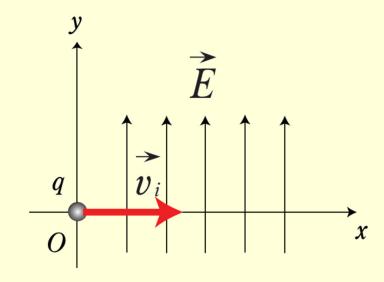
質量mで電荷qの荷電粒子は一様な電界 \vec{E} のもとで、

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

の一定の力を受ける。したがって、 ニュートンの法則より、一様な電界 中の荷電粒子は、一定の加速度を 受ける等加速度運動をする。

y方向の一様な電界に垂直なx方向に荷電粒子が入ってきた場合、電荷 q の粒子はy方向にF = qE の力を受け、等加速度運動を、x方向には力を受けないので等速度運動を行う。電界に進入するときの時刻をt=0、初速度を $\vec{v}=(v_i,0)$ とすると、x方向速度は、 $v_x(t)=v_i$ となり、y方向速度は、

$$m\frac{dv_y}{dt} = qE$$



より、

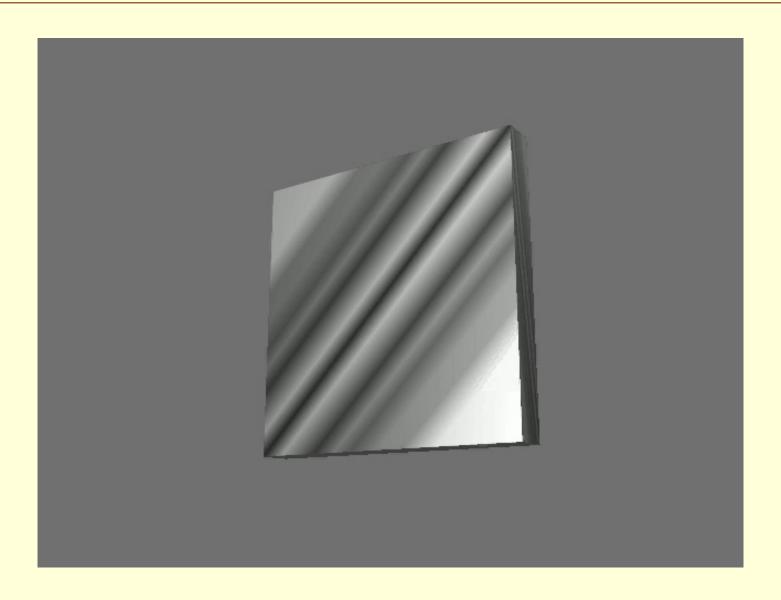
$$v_y = \frac{qE}{m}t$$

となる。t = 0の時に原点にいたとすると、

$$x(t) = v_i t$$

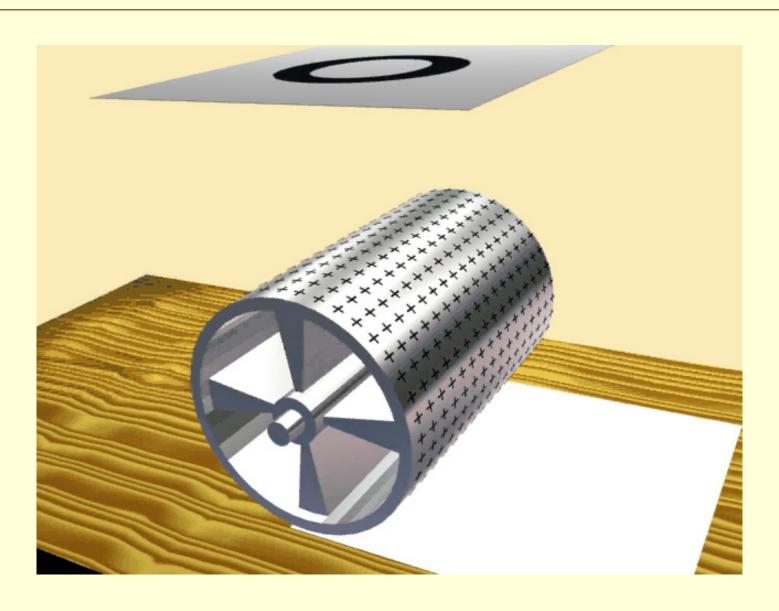
$$y(t) = \frac{qE}{2m} t^2$$

平面板の電気力線



平面板の電気力線は面から垂直に出る。

レーザープリンタ



ガウスの法則

カール・フリードリヒ・ガウスが1835年に発見し、1867年に発表された電荷と電場の関係をあらわす方程式である。この式はジェームズ・クラーク・マクスウェルにより数学的に整備されマクスウェルの方程式の1つとなった。電気におけるアンペールの法則とみなすこともできる。



ヨハン・カール・フリードリヒ・ガウス (Johann Carl Friedrich Gauss (Gauß)、1777年4月30日 - 1855年2月23日)

閉じた平面から出る電気力線

電気力線の密度は電界の強さに 比例する。一般的には、電界の強さ E[N/C=V/m]のとき、電気力線に 垂直な単位面積 $(1[m^2])$ を貫く電気 力線の本数をE[本]とする。

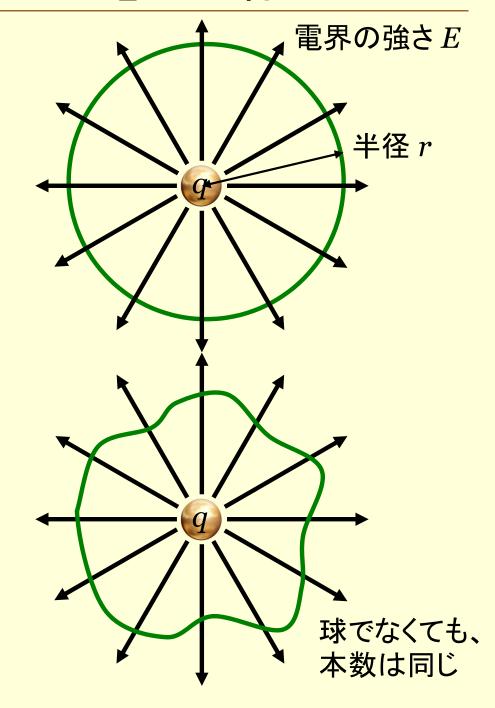
例として、点電荷 q[C]の電界の場合、この点電荷を中心とする半径 r[m]の球面を考えると、この球面上での電界の強さは、

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$$

となる。球の表面積は $4\pi^2$ なので、 球を貫く電気力線の本数は、

$$N = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \times 4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

となる。



ガウスの法則

任意の閉局面Sの中にn個の点電 荷 q_1, q_2, \dots, q_n があり、それぞれ の電荷から電気力線が出ている時 を考える。

この閉局面 S 内の全電荷 q_{an} は、

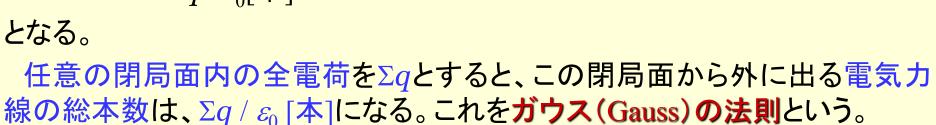
$$q_{all} = q_1 + q_2 + \cdots + q_n$$
 [C]

また、各電荷から出る電気力線は、 それぞれ、

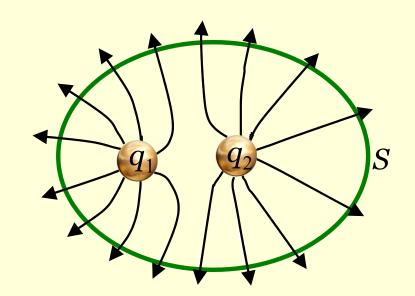
$$N_i = q_i / \varepsilon_0$$
 [本]

よって、この面からの電気力線の本数は、

$$N = \sum q / \varepsilon_0[\mathbf{A}]$$



※ただし、負電荷の場合は、電気力線の方向が逆になる。



ガウスの法則の応用

電気力線の本数 N は、単位面積あたりの電気力線数 E と、それが貫く面積 S を用いて、

$$N = ES$$

と表すこともできるので、結果として、

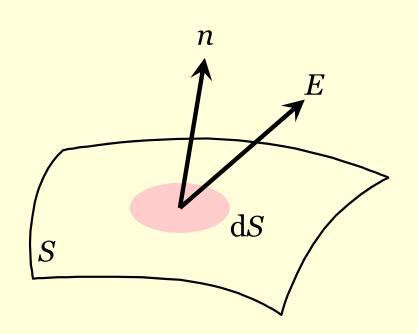
$$N = ES = \Sigma q / \varepsilon_0$$

と表すこともできる。

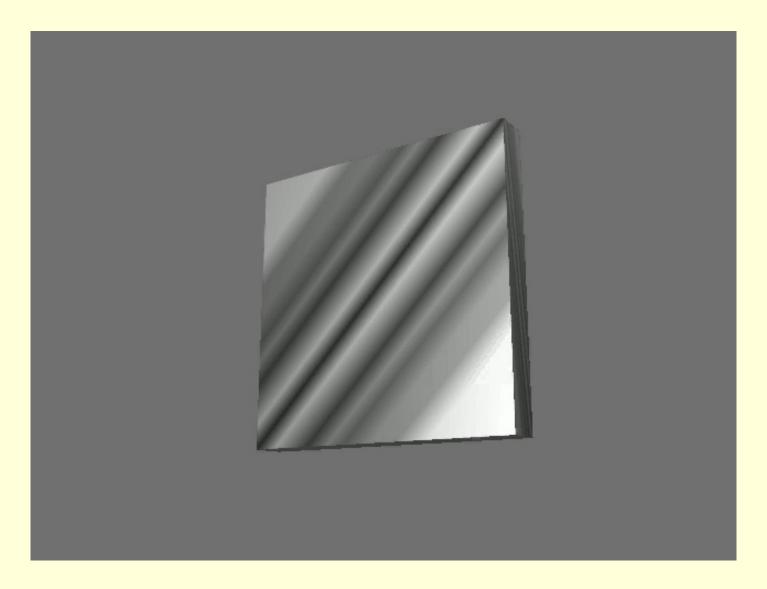
一般的には、面を微少な面積 dS に分割し、その面と垂直な電界の成分 $E_n(n$ はnormalの意味)を考えたとき、電気力線の本数 N を次式のように求める。

$$N = \oint_{S} E_{n} dS = \oint_{S} E \cos \theta dS$$

ここで、 \oint_S は閉曲面S全体に対する面積積分を示し、 θ は電界 E と法線ベクトル n との角度を示す。

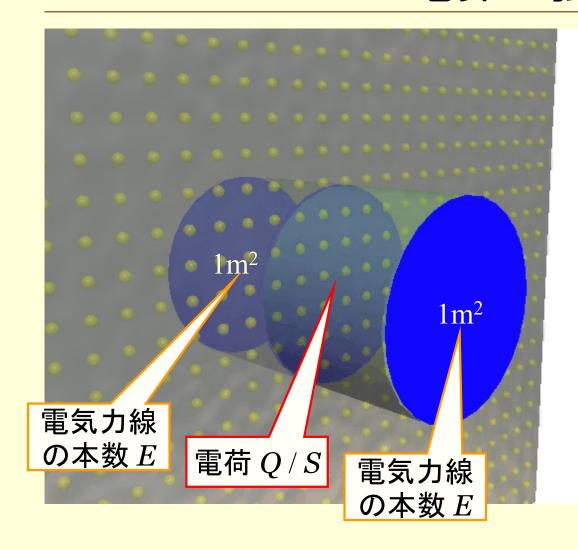


平面板の電気力線



平面板の電気力線は面から垂直に出る。

電界の強さ



平面板全体の電荷 Q、平面板全体の面積 S とすると $1 m^2$ あたりの電荷 Q/S となる。ここから出る電気力線の本数は 2E となるので、

$$\frac{Q/S}{\varepsilon_0} = 2E$$

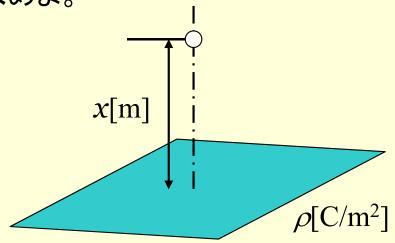
よって、

$$E = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}$$

すなわち、この電界は平面板からの距離によらず一定になる。

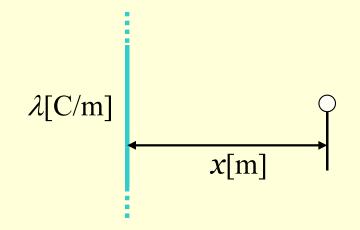
例題1

面密度 ρ [C/m²]で一様に帯電した無限に広い平面板が、この平面から距離 x[m]の点に作る電界の強さを求めよ。



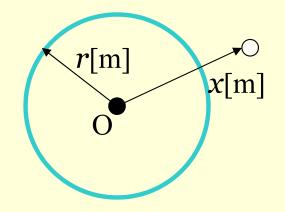
例題2

無限に長い直線上に線密度 λ [C/m]で一様に分布した電荷が、この直線から距離 x[m]の点に作る電界の強さを求めよ。



例題3

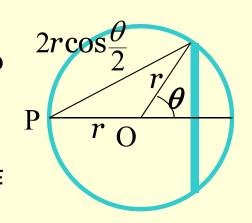
全体で電荷 Q[C]で一様に帯電した半径 r[m]の球殻の中心から距離 x[m]での電界の強さを求めよ。



x=r のとき

Pから等距離にある球帯の面積は、 $2\pi r^2 \sin\theta \mathrm{d}\theta$

この球帯がPに作る電界 dE は、



$$dE = \frac{\sigma 2\pi r^2 \sin\theta d\theta}{4\pi \varepsilon_0 4r^2 \cos^2(\theta/2)} \cos\frac{\theta}{2}$$

ただし、

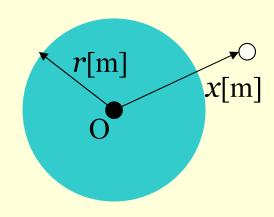
よって、

$$\sigma = \frac{Q}{4\pi r^2}$$

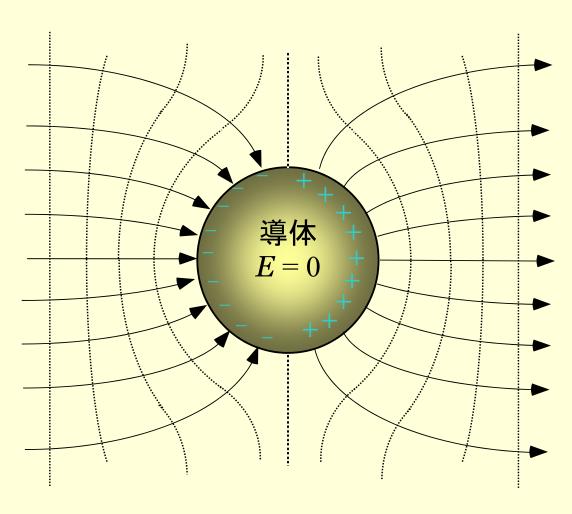
$$E = \frac{Q}{8\pi r^2 \varepsilon_0}$$

例題4

全体で電荷 Q[C]で一様に帯電した半径 r[m]の球の中心から距離 x[m]での電界の強さを求めよ。

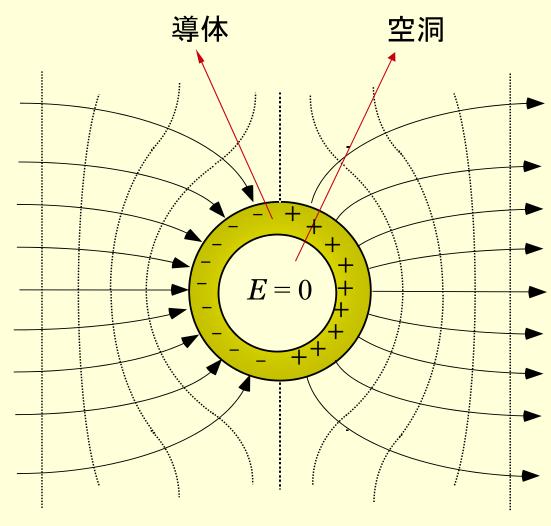


電場中の導体(中実球のとき)



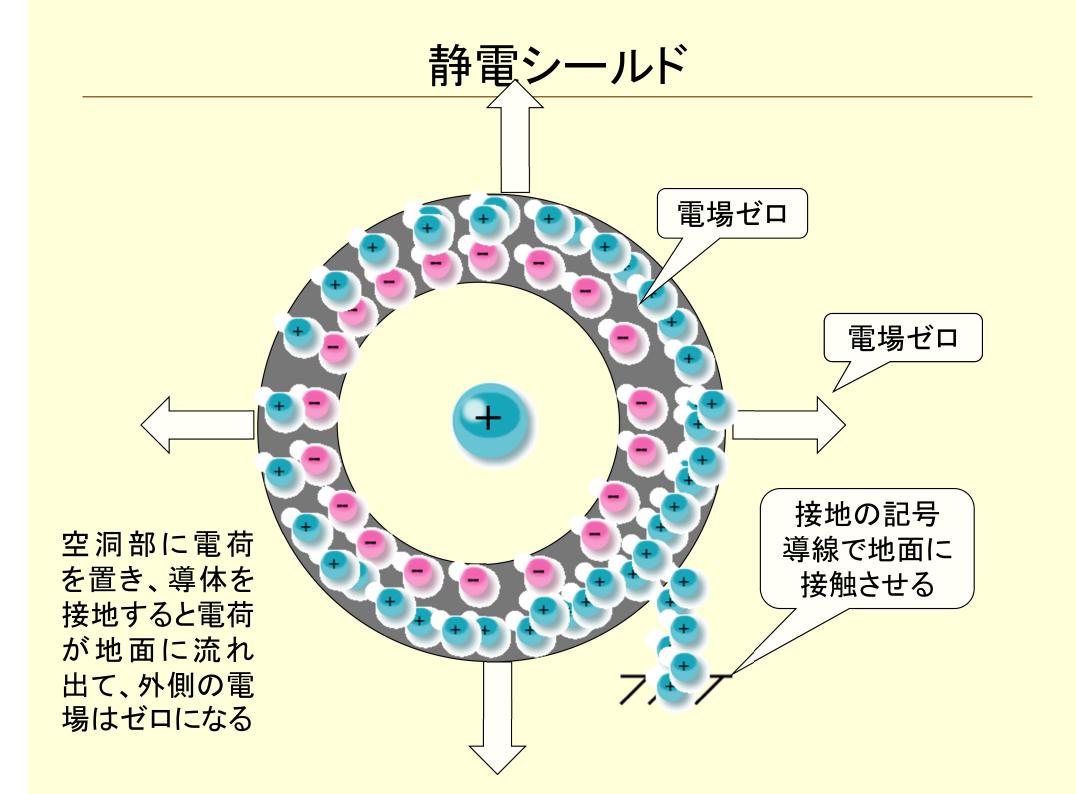
図のように、電場の中に金属 のような導体をおくと、導体内 部の電場が 0 (ゼロ)となるよう に導体中の電荷が移動し、導 体表面に正負別で分布する。 電荷の移動が終わったとき、す なわち導体内部の電場が 0 (ゼ 口)になったとき、導体の電位は 全て等しくなり、表面は等電位 面になる。導体外の電気力線 は導体表面に垂直となり、導体 内部では電場が 0 (ゼロ)ゆえ 電気力線は存在せず、導体内 に正負の電荷は現れない。

電場中の導体(中空球のとき)

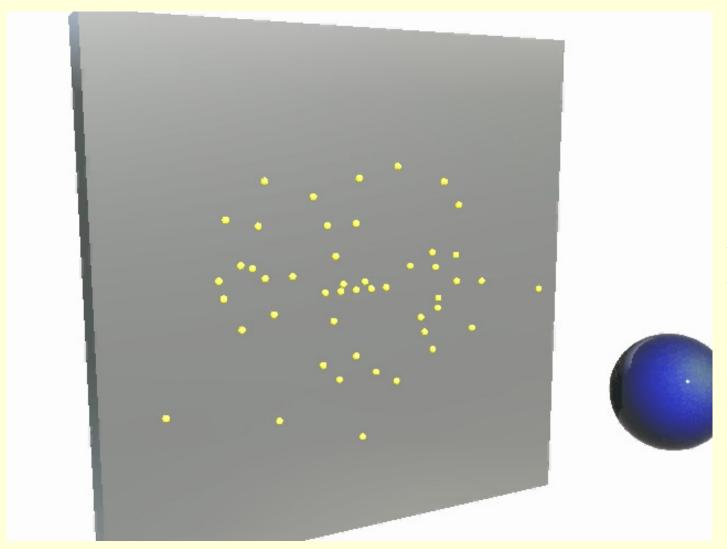


図のように導体内部に空洞があり、その空洞に電荷がない場合には、空洞内部の電場が (ゼロ)となる。従って、導体で囲まれた空間内は、外からの電場の影響を受けることがない。このように外部の電場の影響を遮ることを静電遮蔽(electric shielding;静電シールド)という。

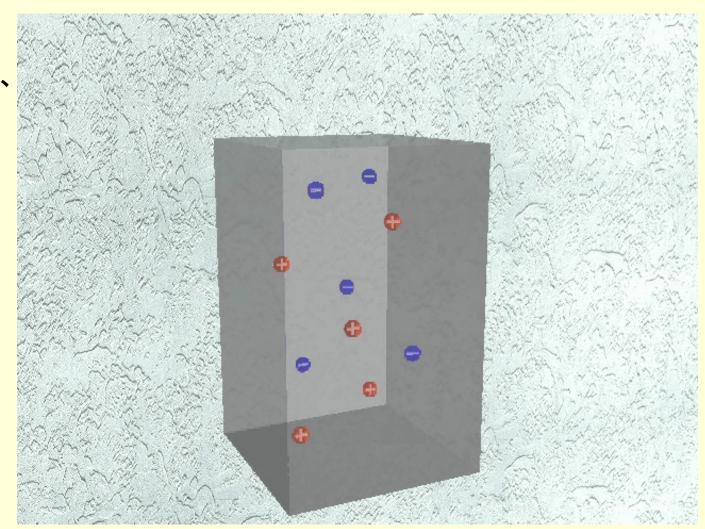
長いトンネルや鉄筋コンクリートの建物内部でラジオ放送が聞こえなかったり、車に雷が落ちても中の人間が感電しないのは、この静電遮蔽によるものである。電子計器の金属製外箱や生体計測時に使用する金網などは、この静電遮蔽の性質を利用している。



静電誘導

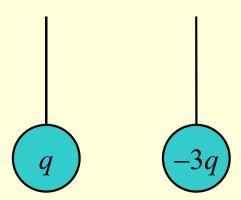


アース



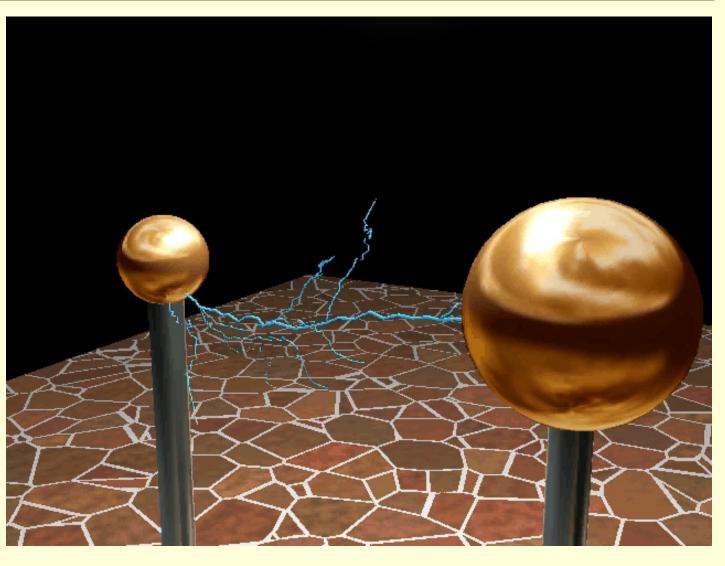
例題5

電荷 q と電荷 -3q に帯電した2つ の導体が糸でつるされている。2つ の導体がくつつくが、そのあとどうなるか?



放電と絶縁破壊

導体に電子を 与えると、電荷は 導体中を自由に 動けるが、空気 中には出てこな い。しかし、さら に電子の数を増 やし電界が強くな ると、電子に大き な力が働き空気 中を移動できる ようになる。これ を放電現象とい い、固体などの 絶縁体で同じよう な現象を起こす ことを絶縁破壊と いう。

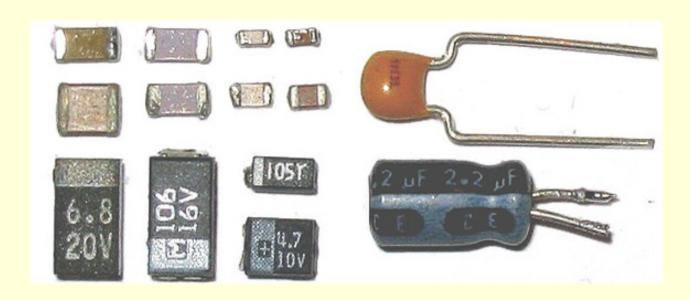


放電の一番身近な現象は雷である。雲の中にたまった静電気が一気に地面へと放電される。そのとき、空気との摩擦により、大きな音が発生する。

電気的エネルギーと 電気容量

コンデンサ(蓄電器)は、静電容量により電荷(電気エネルギー)を蓄えたり、放出したりする受動素子である。

英語圏でコンデンサ (condenser) と言った場合、もっぱら冷凍機などの凝縮器 (熱媒体凝縮用の熱交換器) のことを指す。決して通用しないことはないが、一般には capacitor(キャパシタ)といい、日本でもこの呼び方が普及しつつある。



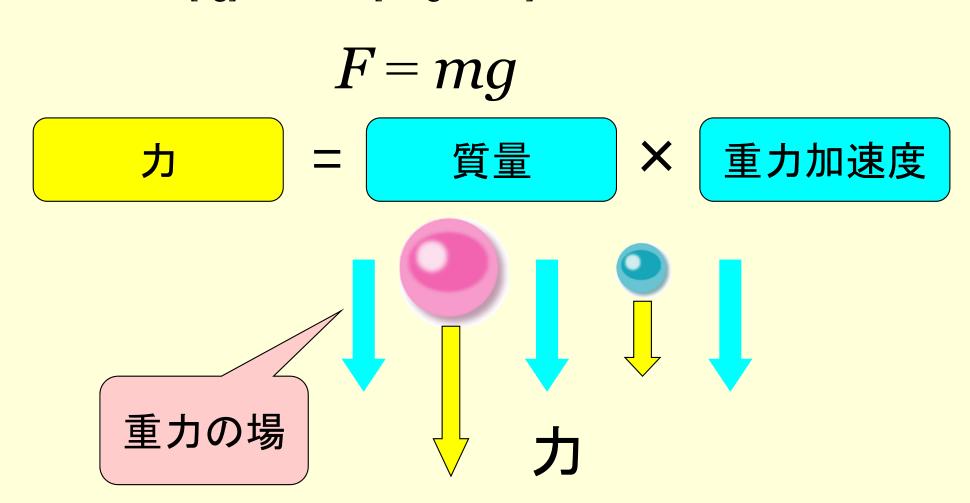
場と力

風: 面積が大きいほど受ける力が大きい。

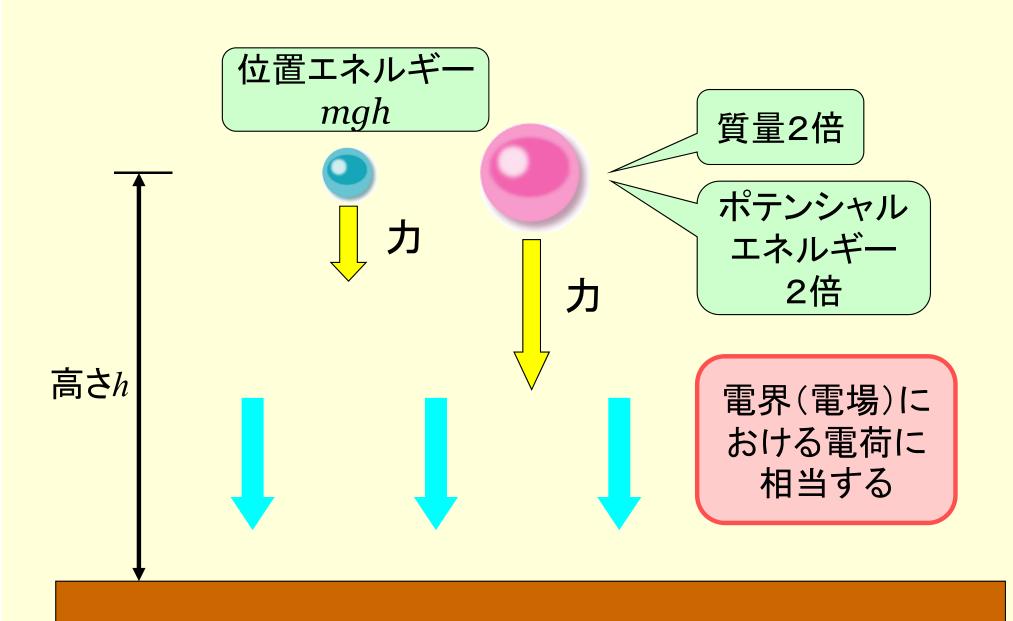
ex. 1[m²]あたりのカ[N/m²]を風の場と定義できる。

重力: 質量が大きいほど受ける力が大きい。

ex. 1[kg]あたりのカ[N/kg = m/s²]を重力場と定義できる。



重力とポテンシャルエネルギー



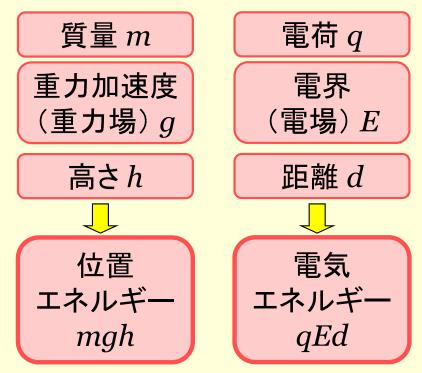
位置エネルギーと電気エネルギー

カ学の重力(重力場)と電磁気学の電界(電場)は似ている。 では、位置エネルギーと電気エネルギーは?



1[C]の電荷に対する電気ポテンシャルを電位という。電位 V は任意の点Pから基準点Sまで移動するときの、電界Eのなす仕事で表され、

$$V = \int_{S}^{P} \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\int_{S}^{P} E_{S} ds$$



と定義される。ここでsは点Pから点Sまでの経路を示す。電位ゼロの基準点はどこにとってもいいが、理論的には無限遠、実用的には地面(グランド)にとる。

1[C]の点電荷に対する電位ポテンシャル

電場の中で+1の点電荷が点Aから点Bに移るときの電界のなす仕事 ΔV は、

$$\Delta V = -\int_{A}^{B} E_{S} ds = -\int_{S}^{B} E_{S} ds - \int_{A}^{S} E_{S} ds$$

$$= -\int_{S}^{B} E_{S} ds - (-\int_{S}^{A} E_{S} ds)$$

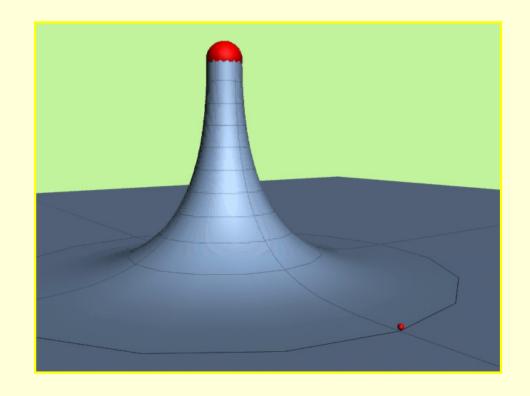
$$= V_{B} - V_{A}$$

すなわち、電位の差になる。これを 電位差、または電圧という。

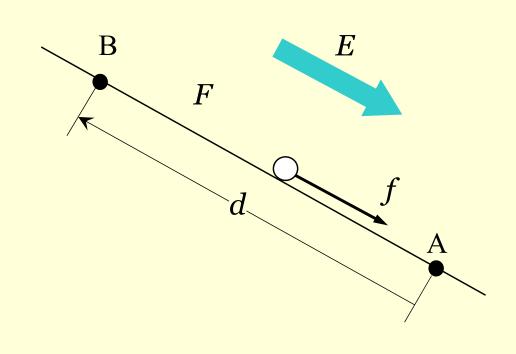
$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$$
電荷
$$q$$

点電荷 q から距離 r の点Pの電位 V は無限遠からの電位差を求めればよいので、

$$V = -\int_{-\infty}^{r} E ds = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_{0}} \int_{-\infty}^{r} \frac{q}{s^{2}} ds$$
$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_{0}} \left[\frac{q}{s} \right]_{-\infty}^{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_{0}} \frac{q}{r}$$



電気の傾斜の中で電荷を運ぶ



正電荷qが、一様な電場Eの中でする運動は、図のように摩擦のない斜面上にある物体の運動に置き換えることができる。AとBを結んだ直線は一様な電界の方向と平行で、その距離Ed、また電場が電荷におよぼす力の大きさと、Eからの力Eを等しいものすると、EがEの位置エネルギーの差は

$$W = Fd = qEd$$

となる。また、AB間の電位差をVとすると、

$$W = qV$$

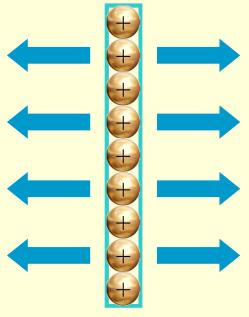
ゆえ、次式が成立する。

$$V = Ed$$

$$E = V/d$$

2枚の平行板による電位

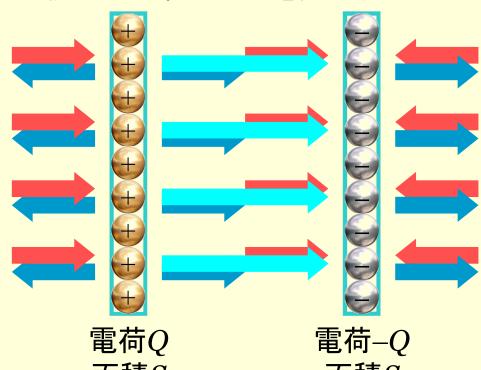
1枚の平面板による電界は、



電荷Q 面積Sガウスの法則より、

$$E = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}$$

2枚の平面板による電界は、



面積S

面積S

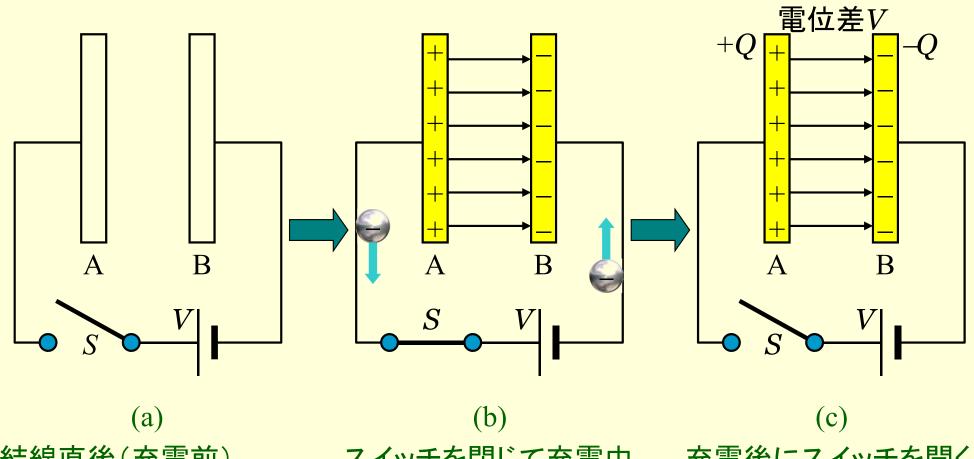
板の外側では打ち消しあいOになる。

板の内側では

$$E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}$$

となる、このような電気部品をコンデ ンサーという。

コンデンサーへの充電



結線直後(充電前)

スイッチを閉じて充電中

誘電により電池の-極 からBに、Aから電池の +極に向かって電子が 流れる。

充電後にスイッチを開く

2つの平行板に電荷が 蓄積され、その間の電 位差は電池と同じ V に なる。

電気容量(静電容量)

電荷と電位差の関係は?

電荷と電界は比例

電界と電位差は比例

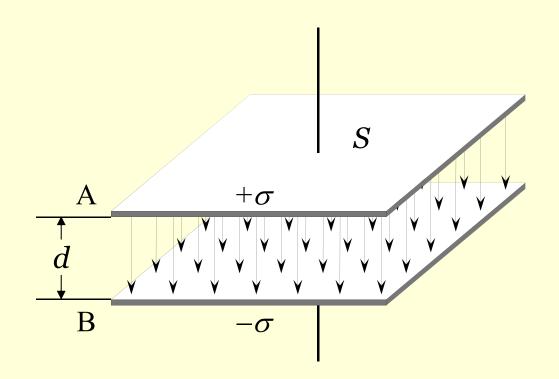
電荷と電位差は比例関係

$$Q = CV$$

C: 電気容量(静電容量)という 電気のためやすさを示す

1[V]の電圧で1[C]の電荷をためられる電気容量を 1[F (ファラド)]と定義する。

コンデンサーの電気容量



平板コンデンサーの 構造と電界

極板 A, B:

S: 極板の面積

d: 極板間の距離

電荷の綿密度

$$E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S} = \frac{S\sigma}{\varepsilon_0 S} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

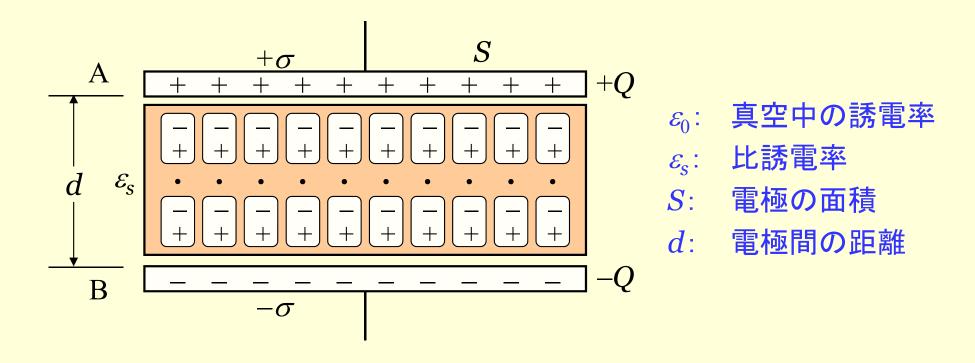
$$V = Ed$$

$$E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S} = \frac{S\sigma}{\varepsilon_0 S} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

$$V = Ed$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{S\sigma}{V} = \frac{\varepsilon_0 \cdot S\sigma}{\sigma d} = \frac{\varepsilon_0 \cdot S\sigma}{d}$$

誘電体のある平板コンデンサー



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

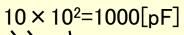
物質の比誘電率

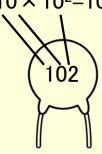
材質	比誘電率 ε_{s}	絶縁破壊電界[10 ⁶ V/m]
真空	1	
空気	0.00059	3.55
パラフィン	2.0~3.5	0.7~1.2
テフロン	2.1	60
紙	2.0~2.6	16
ポリスチレン	2.5 ~ 2.7	30 ~ 32
天然ゴム	2.7~4.0	2.0~2.5
ガラス	5 ~ 10	8 ~ 13
石英	2.8	80
雲母(20~100°C)	6 ~ 8	5 ~ 15
ダイヤモンド	16.5	100
水	81	_
チタン酸バリウム(セラミック)	2500以上	_

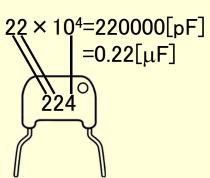
コンデンサの種類と容量の表示

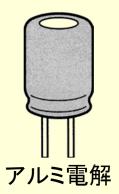
ここに示すコンデンサの他にバリアブ ル・コンデンサ(バリコン)や特殊コンデン サもある。

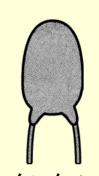
(3桁目は乗数を示す)

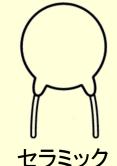










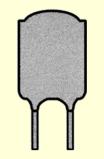




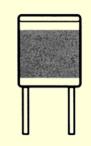
タンタル (タンタル電解)

積層 (積層セラミック)











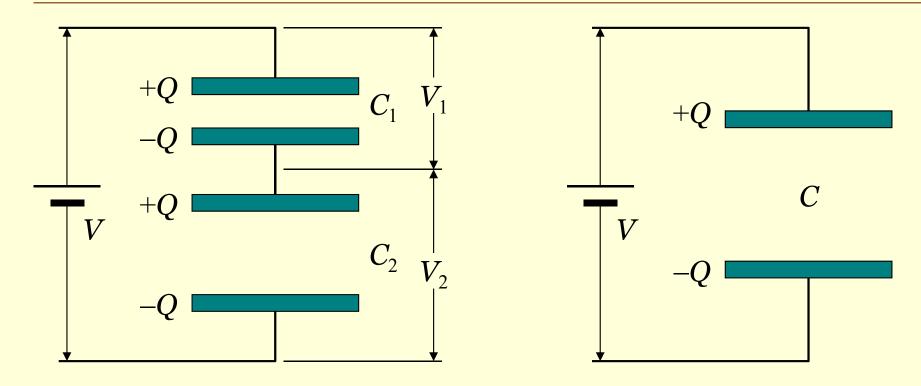
マイラーコーン

ポリコン (マイラーフィルム) (ポリエステルフィルム) (ポリスチレンフィルム)

ポリスチレン

スチロン (ポリスチレンフィルム)

コンデンサーの直列接続



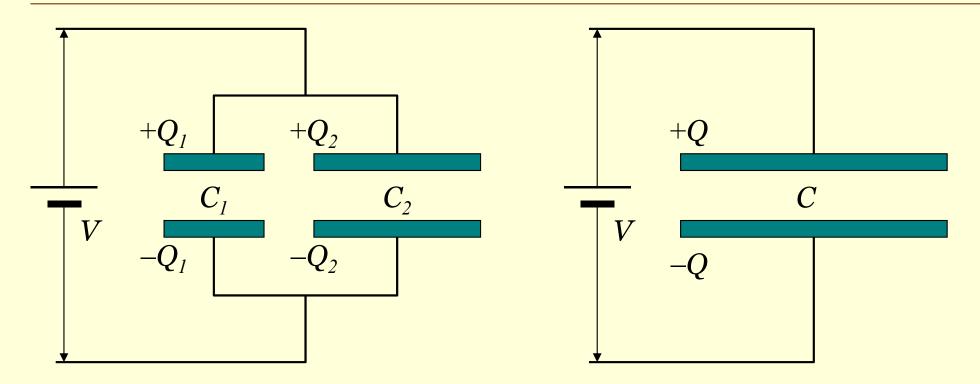
 C_1 と C_2 のコンデンサーが直列に接続され、外から電圧Vを加えるとき、

$$V_1 = \frac{Q}{C_1}$$
、 $V_2 = \frac{Q}{C_2}$ の関係式と、 $V = V_1 + V_2$ の関係式より、

$$V = \frac{Q}{C} = Q(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2})$$
 となり、直列接続の電気容量 C は、

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

コンデンサーの並列接続



並列接続時には、コンデンサーに加えられる電圧Vが一定となり、それぞれに蓄えられる電荷は Q_1 と Q_2 に分けられる。したがって、

$$C_1 = \frac{Q_1}{V}$$
 $C_2 = \frac{Q_2}{V}$ $C = \frac{Q}{V} = \frac{Q_1 + Q_2}{V} = C_1 + C_2$

から、並列接続時の電気容量Cは、接続した全電気容量を加算し、

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

コンデンサに蓄えられるエネルギー

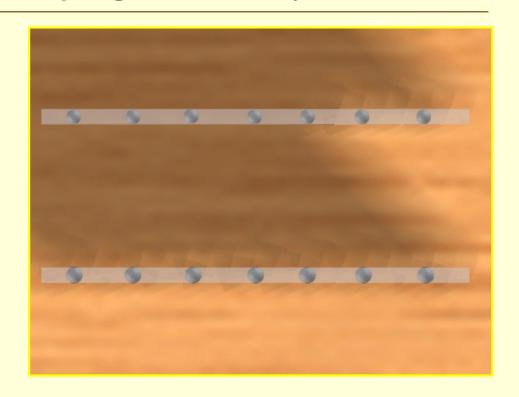
平行板コンデンサで、電荷のない 状態からdqだけ電荷を移動してみ る。電荷が移動し終わると、このコン デンサーには電位差が生じる。これ を繰り返し、電荷をQだけ蓄えるとき の仕事を考える。

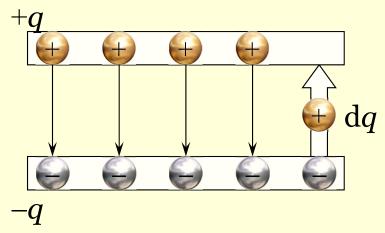
電荷がqだけ溜まった状態でdqだけ移動するのに必要な仕事は、電位差がV=q / Cであるので、

$$dW = Vdq = \frac{q}{C}dq$$

となる。したがって、電荷がゼロの状態から電荷がQの状態までする仕事Wは、

$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CV^2$$





となる。これがコンデンサーに蓄えられたエネルギーとなる。

マイクロフォンの種類

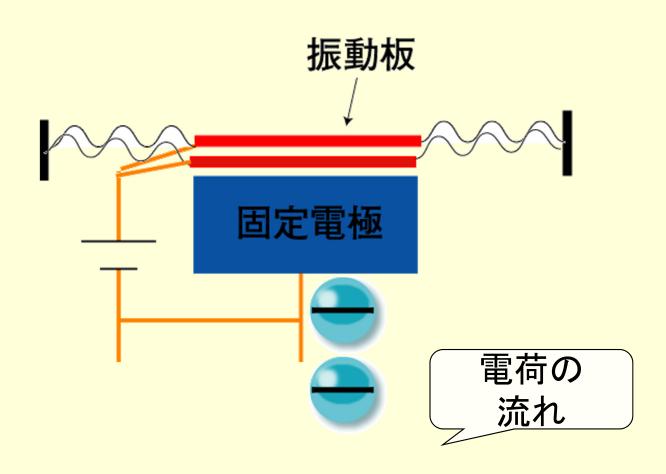


小型軽量で安価、扱いがデリケート



コンデンサーマイクの原理

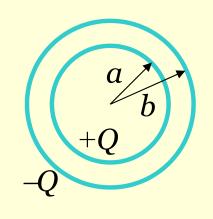




例題

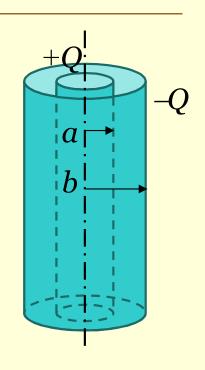
例題1

図のような球面コンデンサの内側の極に電荷*Q*を与えたとき、両極間の電位差*V*、および電気容量*C*を求めよ。



例題2

図のような共通の 軸を持った円筒コン デンサに単位長さあ たりQの電荷を与え たとき、両極間の電 位差V、および電気 容量Cを求めよ。



例題

例題3

並行板コンデンサの極板(面積S)の間に、極板に平行に2枚の誘電体の板(厚さ d_1 、 d_2 、比誘電率 ε_1 、 ε_2)をきっちり詰めたものの電気容量を求めよ。

$$d_1$$
 ε_1 ε_2 ε_2

$$E_{1} = \frac{Q}{\varepsilon_{0}\varepsilon_{1}S} \qquad V_{1} = E_{1}d_{1} = \frac{Qd_{1}}{\varepsilon_{0}\varepsilon_{1}S}$$

$$E_{2} = \frac{Q}{\varepsilon_{0}\varepsilon_{2}S} \qquad V_{2} = E_{2}d_{2} = \frac{Qd_{2}}{\varepsilon_{0}\varepsilon_{2}S}$$

$$\therefore C = \frac{Q}{V_1 + V_2} = \varepsilon_0 S / \left(\frac{d_1}{\varepsilon_1} + \frac{d_2}{\varepsilon_2} \right)$$