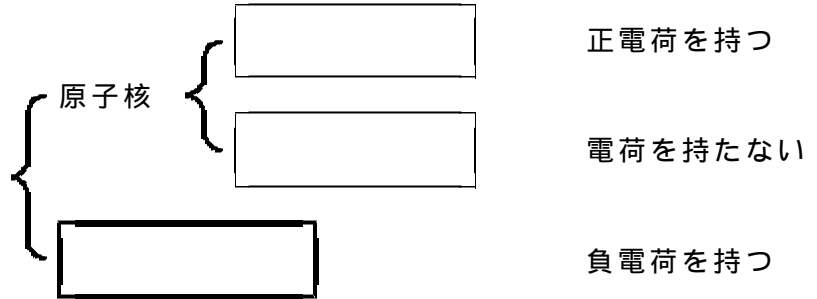


## 8. 静電気

〈a〉原子と電気 (教科書P.174-175、問題集P.66)

物質の構成

物質の構成単位：原子



陽子の持つ電気量

$+e$

電子の持つ電気量

$-e$

$e$  は電気量の最小単位で  と呼ばれる。

どの物質にも電気のもとが大量に含まれている。

普通の原子は陽子と電子を同数含み、外から見ると電氣的に中性。  
電子数が陽子数と一致していない原子または原子団をイオンという。

電子過剰

電子不足

異種の物質を接触させると、一方から他方へ電子が乗り移って帯電する(摩擦電気、剥離帯電)。物体の帯電も電子の過不足によっておこる。

電子過剰

電子不足

電気量保存の法則

正負を考慮した電気量の総和は常に一定である。

静電気力：帯電体は互いに力を及ぼし合う。この力は空間を隔ててはたらく。

同種の電気

:

を及ぼし合う。

異種の電気

:

を及ぼし合う。

やってみよう：摩擦電気の実験 教科書P.175の実験をやってみよう

〈b〉 静電誘導 (教科書P.176-177、問題集P.66-67)

導体と不導体

電流をよく通す物質には、物質内を自由に動きまわられる電子がある



	電氣的性質	自由電子の有無	物質の例
導体	電気抵抗極めて小		
不導体	電気抵抗極めて大		

両者の中間で基本的には不導体だが条件により自由電子をもつ「半導体」もある。

導体の静電誘導 導体内の自由電子が静電気力により移動して起きる部分的な帯電

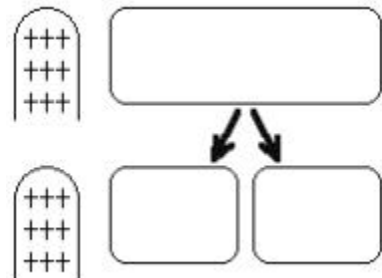
正の帯電体を近付ける



負の帯電体を近付ける



【問】帯電体を近付けて静電誘導を起こしている導体を電荷を逃がさないように切断するとそれぞれの断片は帯電するか。不導体ではどうか。

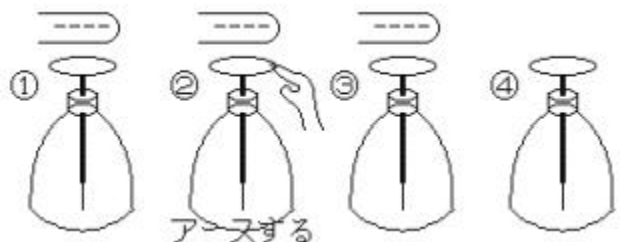


箔検電器 静電誘導を利用して電荷を検出する。



正の帯電体を検電器の円盤に近付けると円盤には  の電荷が引き寄せられ、箔には  の電荷が取り残され、その斥力によって箔は開く。

【問】右の図の操作を順に行なうとき各部に現れる電荷を符号で示し箔の開き方を図示せよ。



〈c〉クーロンの法則 (教科書 P.178-179、問題集 P.66-67)

大きさが無視できるような小さな帯電体を点電荷と呼ぶ。

二つの点電荷の間にはたらく静電気力  $F$  は、それぞれの電気量  $Q$ 、 $q$  の積に比例し、互いの距離  $r$  の 2 乗に反比例する。

クーロンの法則

$$F =$$

電気量  $Q$ 、 $q$  の単位 : [ C ]  
 距離  $r$  の単位 : [ m ]  
 力  $F$  の単位 : [ N ]

真空中でのクーロンの法則の比例定数

$$k_0 = \text{Nm}^2/\text{C}^2$$

$Q$ 、 $q$  を正電荷で正、負電荷で負とすると  $F$  は斥力のとき



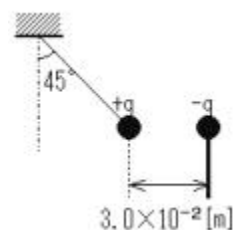
, 引力のとき



アンペア  
 1 A の電流が 1 秒間に運ぶ電気量が 1 C である。

【問】真空中で 1 C の電気量をもつ 2 物体を、1 m 離して置くとき、2 物体の及ぼし合う力の大きさは何 N か。

【問】図のように、電荷  $+q$  をもつ小球 A に糸をつけてつるし、電荷  $-q$  をもつ小球 B を近づけると、糸が鉛直線と  $45^\circ$  の角をなして静止した。A の質量が  $2.0 \times 10^{-4}$  kg、A B 間の距離が  $3.0 \times 10^{-2}$  m であるとき、 $q$  は何 C か。



電気素量 (素電荷) : 電気量の最小単位。すべての電気量はこの整数倍。

電子や陽子をもつ電気量の大きさ

$$e = \text{C}$$

【問】普通の物質の質量はほとんど陽子と中性子の質量である。陽子と中性子はほぼ同じ質量であり、普通の物質には両者がほぼ同数ずつ含まれることを考慮して、60kg の人体内の陽子数を求めよ。もしも電子がこれより 1 % だけ少ないとすると、その人体の帯電量は何 C になるか。陽子の質量を  $1.7 \times 10^{-27}$  kg とする。

〈d〉電界 (教科書 P.180-183、問題集 P.68-69)

「場」の考え方：静電気力は空間の電界(電場)によって伝えられる。

電気的な作用は空間を飛び越えて直接作用するのではない。 $Q$ が $q$ に静電気力を及ぼすときには、まず $Q$ が周囲の空間の性質を変え(電界を生じる)、それを $q$ が感じる、と二段階に分けて考える。



真上から見ると、たわみが生じていることがわからないので $q$ は $Q$ から直接力を受けたように見える。このたわみが電界に相当する。

真上から見ると・・・

重力や磁気力についても場の考え方が適用される。(重力場、磁界)

電界(電場)

電荷 $Q$ が作る電界を $E$ 、それにより電荷 $q$ が受ける静電気力を $F$ とする。

電界の定義  $F =$   電界 $E$ の単位 [            ]

電界はベクトルであって、大きさと共に向きを持った量である。 $E$ で表す。

{	正電荷 $+q$ が電界 $E$ から受ける力 $F$ の向き	$E$ と		向き
	負電荷 $-q$ が電界 $E$ から受ける力 $F$ の向き	$E$ と		向き

点電荷の作る電界

クーロンの法則  $F =$    $\rightarrow$   $F = q \cdot$

点電荷 $Q$ がその周囲に作る電界   $E =$    $F = qE$  と比較して

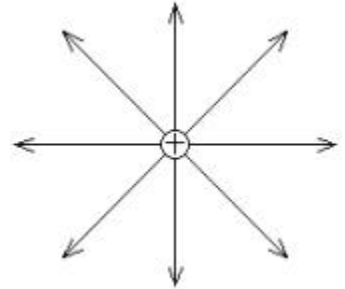
正電荷の周囲の電界ベクトルは  向き、負電荷の周囲では  向き。

〈e〉電気力線 (教科書 P.184、問題集 P.68-69)

電界のようすを図示する方法の一つに電気力線による方法がある。電気力線は、電界のあるところで、小さな正の試験電荷を電界から受ける力の向き(電界の向き)に静かに移動させていくとき描かれる有向曲線群である。

電気力線と電界ベクトルの関係

電界の向き：
電界の強さ：



電気力線の性質

正電荷から出て、負電荷へ入る。  
出る(入る)本数は、電荷の電気量に比例する。  
途中で枝分かれしたり、交叉したり、とぎれたりしない。  
電気力線どうしは反発し合い、それぞれの電気力線は縮もうとする。

【作業1】正負等量の点電荷が作る電界を電気力線で表せ。A付近とB付近ではどちらが電界が強いのか。

【作業2】二つの等量の正電荷が作る電界を電気力線で表せ。中点O付近の電界はどうなっているのか。



【問】一様な電界(強さも向きもいたるところ一定の電界)を表す電気力線はどのようなになるか。

〈 f 〉 電位 (教科書 P.185-189、問題集 P.70-73)

電位 電界内での高さに相当する量

電界内で点 A から点 B まで電荷  $q$  を移動させるのにかかる仕事が  $W$  であるとき、

点 A に対する点 B の電位差 (電圧)  $V$  を

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

で定義する。  
ボルト  
単位 [V]

電位差  $V$  の間を電荷  $q$  が移動するときの仕事

$$W =$$

注) ある基準点に対する他の点の電位差をその点の電位という。

一様な電界における電界と電位の関係

一様な電界  $E$  のもとで静電気力  $F$  にさからって電荷  $q$  を距離  $d$  だけ動かす。このときにしなければならない仕事  $W$  を求めよう。

電荷が電界から受ける静電気力

$$F =$$

静電気力にさからってする仕事

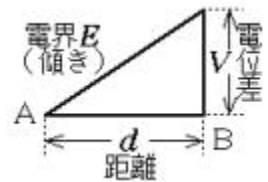
$$W =$$

一様な電界内での距離  $d$  の間の電位差

$$V =$$

注) 電界  $E$  は電位  $V$  の傾きに相当し、電位勾配<sup>こうばい</sup>とも呼ばれる。

$$E = \frac{V \text{ [V]}}{d \text{ [m]}} \quad \text{電界の単位は [N/C] でも [V/m] でもよい。}$$



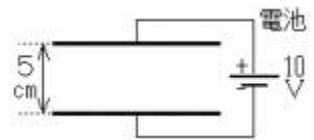
重力との比較

電気の世界	重力の世界
電気量 $q$	質量 $m$
静電気力 $F =$	重力 $F =$
仕事 $W =$	仕事 $W =$

二つの世界の対応する量に注意しよう。

重力の世界では  $g$  を一定としている。つまり一様な重力場を考えている。一様な電界と比較するとよい。

【問】右図のように平行な2枚の金属板に電池をつなぎ、正負に帯電させると、その間には一様な電界ができる。右の場合電界の強さはいくらか。また、電気力線を図示せよ。



### 点電荷の周囲での電位

点電荷  $Q$  から距離  $r$  の点での電位

$$V = \boxed{\phantom{000000}}$$

(無限遠を  $0V$  とする)

[V]

【作業3】 $Q = +1 \times 10^{-8}C$  の点電荷の周囲での電位  $V$  のグラフを描け。 $r$  は実寸。

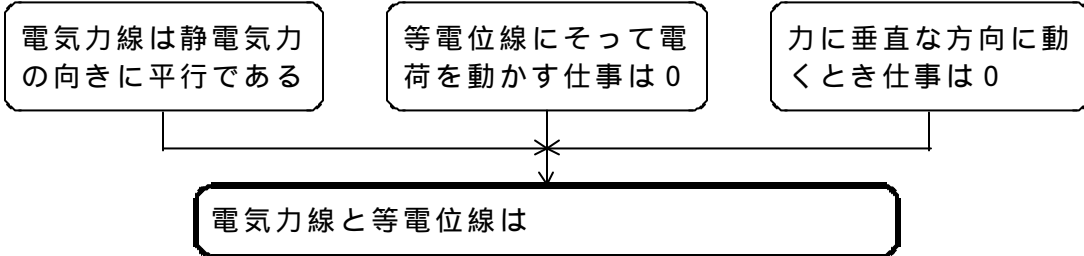
(  $5cm \times 12cm$  の方眼紙を貼る )

Q (点電荷の位置)

【作業4】電位の等しい点を連ねた線を等電位線という。上のグラフの電界について  $2 \times 10^3 V$  ごとの等電位線を示せ。

(半径  $4cm$  の円形グラフ用紙を貼る)

## 電気力線と等電位線



【作業 5】作業 4 の図に電気力線を記入せよ。

【問】右図のように平行に向かい合わせた 2 枚の金属板に 5 V の電池をつなぐ。金属板間の電気力線と 1 V ごとの等電位線を描け。負の電極を電位の基準 (0 V) とする。



電流が流れていない導体の内部はいたるところ等電位で、その表面は一つの等電位面となる。電荷は導体表面にのみ現れる。

### 〈g〉 静電気力による位置エネルギー

電界内で点 A より  $V$  だけ高い電位にある点に電気量  $q$  が置かれているとき、

電気量  $q$  が点 A に対してもつ位置エネルギー

$U =$

単位

ジュール [J]

#### 〈まとめ〉

一般公式 (定義式 いつでも成り立つ)

重力との対応

静電気力と電界	$F =$	
仕事と電位 (差)	$W =$	
位置エネルギーと電位 (差)	$U =$	

$F = mg$

$W = mgh$

$U = mgh$

一様な電界と点電荷の作る電界 (場合により使い分ける)

	単位	一様な電界	点電荷の作る電界
電界 (ベクトル)		$E =$	$E =$
電位		$V =$	$V =$