

(※) ノートにやって提出

## 〔28〕 静電気力と電場

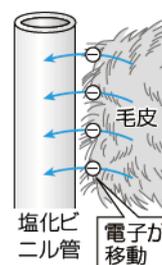
### 学習のまとめ

#### ①電荷と静電気力

帯電した物体間にはたらく力を(ア)といい、その力の原因になるものを電荷という。電荷の量を(イ)といい、その単位には(ウ)(記号 **C**)が用いられる。電荷には正電荷と負電荷の2種類があり、(エ)種の電荷の間には斥力がはたらき、(オ)種の電荷の間には引力がはたらく。

#### ②帯電と電気量の保存

帯電は、一方の物体から他方の物体に電子が移動することによっておこる。たとえば、塩化ビニル管と毛皮をこすりあわせると、毛皮から塩化ビニル管に電子が移動し、塩化ビニル管は(カ)、毛皮は(キ)に帯電する。このとき、物体間で電荷のやりとりがあっても、電気量の(ク)は変わらない。これを(ケ)の法則という。



#### ③静電気力に関するクーロンの法則

2つの点電荷の間にはたらく静電気力  $F$  [N] は、それぞれの電気量  $q_1$  [C],  $q_2$  [C] の積に比例し、電荷間の距離  $r$  [m] の2乗に反比例する。これは、静電気力に関する(コ)の法則とよばれ、比例定数を  $k$  とすると、次式で表される。

$$F = \left( \text{サ} \right)$$

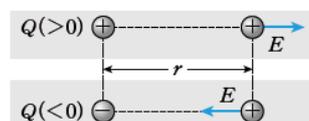
#### ④電場

電荷が静電気力を受ける空間には、(シ)が広がっているという。この空間中のある位置に単位電荷(+1C)を置いたとき、この電荷が受ける(ス)の向きを電場の向き、(セ)の大きさを電場の強さとする。電場  $\vec{E}$  [N/C] の中にある  $q$  [C] の電荷が受ける静電気力  $\vec{F}$  [N] は、

$$\vec{F} = \left( \text{ソ} \right)$$

$Q$  [C] の点電荷から  $r$  [m] はなれた点の電場  $E$  [N/C] は、クーロンの法則の比例定数を  $k$  として、次式で示される。

$$E = \left( \text{タ} \right)$$



### 練習問題

#### 28-3 電気量の保存

塩化ビニル管を毛皮でこすると、塩化ビニル管に  $-3.2 \times 10^{-7} \text{C}$  の電気量が生じた。電気素量を  $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$  とする。

- (1) 電子はどちらからどちらへ移動したか。
- (2) 移動した電子の数は何個か。

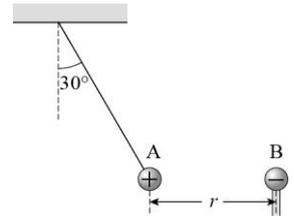
### 28-4 クーロンの法則

小さな金属球 A, B が, 0.40m の距離を隔てて固定されており, それぞれ  $4.0 \times 10^{-7}\text{C}$ ,  $2.4 \times 10^{-7}\text{C}$  の電荷をもっている。次の各問に答えよ。ただし, クーロンの法則の比例定数を  $9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$  とする。

- (1) A, B 間にはたらく静電気力の大きさは何 N か。
- (2) A, B 間にはたらく静電気力の大きさを 4 倍にするためには, A, B 間の距離を何 m にすればよいか。

### 28-5 電気振り子

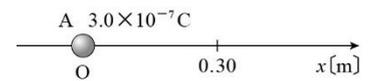
図のように, 正電荷  $Q$  をもつ小さな金属球 A を糸でつるし, 負電荷  $-Q$  をもつ小さな金属球 B を近づけると, 糸は鉛直方向から  $30^\circ$  傾いて静止した。このとき, 両者は水平に距離  $r$  はなれていた。A の質量を  $m$ , 重力加速度の大きさを  $g$  とする。



- (1) A, B 間にはたらく静電気力の大きさを,  $m$ ,  $g$  を用いて表せ。
- (2)  $Q$  を,  $m$ ,  $g$ ,  $r$ , およびクーロンの法則の比例定数  $k$  を用いて表せ。

### 28-6 点電荷がつくる電場

$x$  軸上の原点 O に,  $3.0 \times 10^{-7}\text{C}$  の正電荷をもつ小球 A が固定されている。クーロンの法則の比例定数を  $9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$  とする。



- (1) A の電荷が  $x=0.30\text{m}$  の位置につくる電場の強さは何 N/C か。
- (2) 小球 A はそのままにして, A の 4 倍の大きさの正電荷をもつ小球 B を  $x$  軸上に新たに固定し,  $x=0.30\text{m}$  の位置につくる電場を 0 にしたい。小球 B をどの位置に固定すればよいか。

## [29] 電気力線

### 学習のまとめ

#### ①電気力線の性質

電場の中に置かれた正電荷を, 電場から受ける力の向きに少しずつ移動させると, 1 本の線が得られる。この線に沿って, 電場の向きに矢印をつけたものを(ア)といい, 次のような性質がある。

- ・正電荷から出て(イ)電荷に入る。あるいは, 正電荷から出て(ウ)に, (エ)から出て負電荷に入る。それ以外の場所で発生したり, 消滅したりすることはない。
- ・接線の方向は, その点における(オ)の方向と一致する。
- ・途中で交わったり, 折れ曲がったり, 枝分かれしたりしない。
- ・電場の強さが(カ)のところでは密となり, (キ)のところでは疎となる。

#### ②電気力線と電場

電気力線が密であるほど, (ク)の強さは大きい。そこで, 電場の強さが  $E[\text{N/C}]$  のところでは, 電場に垂直な単位面積を(ケ)本の電気力線が貫くと定める。このとき,  $Q[\text{C}]$  の正電荷から出る電気力線の本数  $N$  は, クーロンの法則の比例定数を  $k[\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2]$  として, 次式で表される。

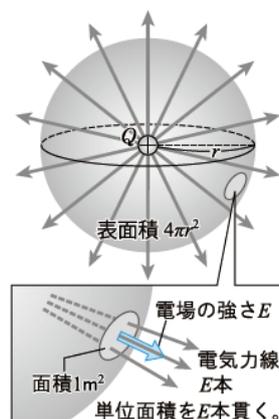
$$N = (\text{ク}) \cdots (A)$$

式(A)は次のように導かれる。図のような、正の点電荷  $Q[\text{C}]$  を中心とする半径  $r[\text{m}]$  の球面を考える。球面上の各点は、点電荷からの距離が  $r[\text{m}]$  であり、電場の強さ  $E[\text{N/C}]$  は、

$$E = \left( \frac{Q}{4\pi r^2} \right) \dots \text{(B)}$$

となる。球面を貫く単位面積あたりの電気力線の本数は、式(B)と同じである。球面全体を貫く電気力線の本数を  $N$  本とすると、球の表面積が  $(4\pi r^2)$   $[\text{m}^2]$  なので、(サ)と(シ)をかけあわせて、式(A)が導かれる。

一般に、任意の閉じた曲面(閉曲面)を貫く電気力線の本数は、閉曲面内部の電荷の和を  $Q[\text{C}]$  とするとき、 $(\frac{Q}{\epsilon_0})$  本である。これを(ガウスの)法則という。



### 練習問題

#### 29-2 電気力線の概形

次のように点電荷が置かれているとする。電気力線の概形を示せ。

- (1) 正電荷 (2) 負電荷

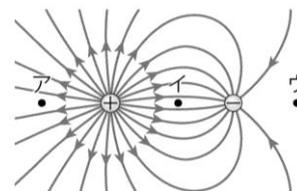


- (3) 等量の正電荷 (4) 等量で符号の異なる 2 つの点電荷



#### 29-3 電気力線の性質

図は、電気量の大きさが異なる 2 つの点電荷による電気力線の様子である。ア、イ、ウのうち、最も電場が強い点はどれか。



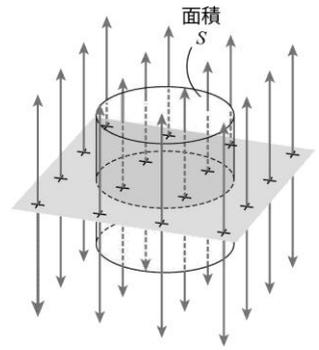
#### 29-4 球面に分布した電荷と電気力線

半径  $R[\text{m}]$  の金属球の表面に、 $Q[\text{C}]$  の正電荷が一様に分布している。クーロンの法則の比例定数を  $k[\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2]$  とする。

- (1)  $Q[\text{C}]$  の正電荷から出る電気力線の本数は何本か。  
 (2) 金属球の中心から距離  $r[\text{m}]$  ( $r > R$ ) の位置にできる電場の強さは何  $\text{N/C}$  か。

29-5 一様に分布した電荷と電気力線

十分に広い平面に、正電荷が一様に分布しており、面積  $S[m^2]$  あたり  $Q[C]$  であるとする。ここで、図のような上面と下面の面積が  $S[m^2]$  の円柱を考える。クーロンの法則の比例定数を  $k[N \cdot m^2 / C^2]$  とする。



- (1) 円柱の上面と下面を貫く電気力線の総本数はいくらか。
- (2) 平面のまわりには、平面からの距離によらず、一様な電場ができる。その強さは何  $N/C$  か。

[30] 電位

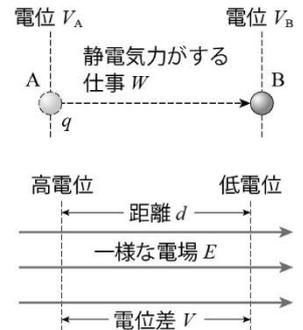
学習のまとめ

①電位と電位差

電場中のある点に置かれた電荷がもつ静電気力による位置エネルギーは、その点から基準点まで電荷が移動するときに、(ア)が電荷にする仕事に等しい。単位電荷(+1C)がもつ静電気力による位置エネルギーを(イ)といい、その単位には(ウ)(記号 V)が用いられる。電位  $V[V]$  は、電荷  $q[C]$  がもつ静電気力による位置エネルギー  $U[J]$  を用いて次式で表される。

$$V = \left( \frac{U}{q} \right)$$

電場の中の2点間における電位の差を(エ)(または電圧)という。2点 A, B の電位をそれぞれ  $V_A[V]$ ,  $V_B[V]$  とする。点 A から B まで電荷  $q[C]$  を移動させるとき、静電気力がする仕事  $W[J]$  は、 $W = (オ)$  と表される。



●一様な電場と電位差 強さ  $E[N/C]$  の一様な電場中で、 $d[m]$  はなれた2点間の電位差が  $V[V]$  であるとき、次式が成り立つ。

$$E = \left( \frac{V}{d} \right)$$

電場の強さの単位  $N/C$  は、(カ)とも表される。

②点電荷のまわりの電位

$Q[C]$  の点電荷から距離  $r[m]$  はなれた点での電位  $V[V]$  は、クーロンの法則の比例定数を  $k[N \cdot m^2 / C^2]$ , 無限遠を基準(0V)として、

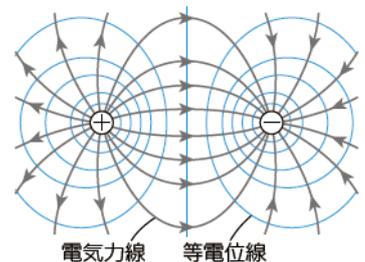
$$V = \left( \frac{kQ}{r} \right)$$

また、その点で、電荷  $q[C]$  がもつ静電気力による位置エネルギー  $U[J]$  は、 $U = \left( qV \right)$

③等電位面

電位の等しい点を連ねた面を等電位面といい、その断面を示した線を(ク)という。次の性質がある。

- ・等電位面は、(ク)と垂直になる。



- ・等電位面上で電荷を運ぶときの仕事は( )である。
- ・等電位線の間隔が狭いところは電場が強い。

### 練習問題

#### 30-3 電位と電位差

ある点 A を基準とすると、点 B の電位は 50V、点 C の電位は 80V であった。電気量  $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$  の陽子に外力を加え、点 C から B までゆっくりと移動させた。次の各問に答えよ。

- (1) 静電気力が陽子にした仕事は何 J か。
- (2) 外力が陽子にした仕事は何 J か。

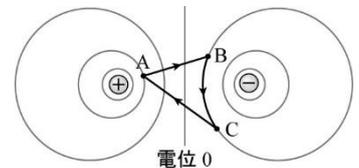
#### 30-4 一様な電場と電位差

一様な電場中において、電場の方向に沿って 0.50m はなれた 2 点 A、B がある。B から A に向かって  $3.0 \times 10^{-5} \text{C}$  の正電荷をゆっくりと運ぶとき、外力がした仕事は  $6.0 \times 10^{-3} \text{J}$  であった。

- (1) AB 間の電位差は何 V か。
- (2) 電場の強さは何 V/m か。

#### 30-6 等電位線

図は、電気量の大きさが等しい正、負の点電荷のまわりの電位を、10V 間隔の等電位線で示している。1C の正電荷を A→B→C→A と移動させる。



- (1) A→B, B→C, C→A の各区間において、静電気力が正電荷にする仕事は何 J か。
- (2) A→B→C→A と移動したとき、正電荷がもつ静電気力による位置エネルギーの変化は何 J か。