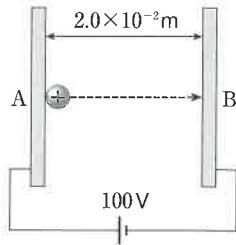


基本例題57 電場がする仕事

基本問題 440, 441, 443, 444

図のように、間隔 $2.0 \times 10^{-2} \text{m}$ で平行に置かれた十分に広い金属板A, Bに電圧 100Vを加え、AB間に一様な電場をつくり、AからBへ $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ の正電荷をもつ粒子を動かす。



- (1) 金属板間の電場の強さと向きを求めよ。
- (2) 粒子が電場から受ける力の大きさと向きを求めよ。
- (3) 粒子がAからBまで運ばれるときに、電場がした仕事はいくらか。

指 針 (1) 電場の強さは、 $E = V/d$ の関係式から求められる。また、向きは、高電位側から低電位側への向きとなる。
 (2) 電荷が電場中で受ける力は、 $\vec{F} = q\vec{E}$ と表され、 $q > 0$ のとき、 \vec{F} と \vec{E} は同じ向きである。
 (3) 電荷が運ばれるときに、電場(静電気力)からされる仕事は、 $W = qV$ と表される。このとき、仕事の正、負に注意する。

解 説 (1) 求める電場の強さを E とすると、 $E = \frac{V}{d} = \frac{100}{2.0 \times 10^{-2}} = 5.0 \times 10^4 \text{V/m}$
 電場はAからBの向きとなる。
 (2) 粒子が電場から受ける力の大きさ F は、

$$F = qE = (1.6 \times 10^{-19}) \times (5.0 \times 10^4) = 8.0 \times 10^{-16} \text{N}$$

粒子は正電荷をもつので、力の向きは電場と同じであり、AからBの向きとなる。

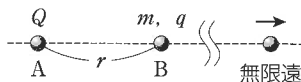
- (3) 電場(静電気力)がする仕事を W とすると、 $W = qV = (1.6 \times 10^{-19}) \times 100 = 1.6 \times 10^{-17} \text{J}$
別 解 (2)の結果を利用すると、 $W = Fs$ から、 $W = (8.0 \times 10^{-16}) \times (2.0 \times 10^{-2}) = 1.6 \times 10^{-17} \text{J}$

Point 電場がする仕事とは、静電気力がする仕事を意味する。本問では、静電気力の向きと粒子の移動する向きが同じなので、電場がする仕事は正となる。

基本例題58 電場中での粒子の運動

基本問題 443, 444

電気量 $Q[\text{C}]$ の点電荷Aが固定されており、そこから距離 $r[\text{m}]$ はなれた位置に、質量 $m[\text{kg}]$ 、電気量 $q[\text{C}]$ の粒子Bが固定されている。 $Q > 0, q > 0$ とし、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、次の各問に答えよ。



- (1) 粒子Bが、点電荷Aから受ける静電気力の大きさを求めよ。
- (2) 粒子Bの固定を外すと、BはAから初速度0ではなれていった。無限遠まではなれたときのBの速さはいくらか。ただし、静電気力以外の力は無視する。

指 針 (1) クーロンの法則の式を用いる。
 (2) 粒子は静電気力だけから仕事をされるので、そのエネルギーは保存される。粒子のもつエネルギーは、運動エネルギー、静電気力による位置エネルギーであり、最初のときと無限遠にはなれたときとで、エネルギー保存の式を立てる。

解 説 (1) 求める力の大きさを $F[\text{N}]$ とする。クーロンの法則の式、 $F = k \frac{Qq}{r^2}$ から、

$$F = k \frac{Qq}{r^2} [\text{N}]$$

(2) 粒子Bが、最初のときにもつ運動エネルギーは0、静電気力による位置エネルギー U は、無限遠を基準として、 $U = k \frac{Qq}{r}$ [J]となる。

求める速さを $v[\text{m/s}]$ とすると、無限遠まではなれたとき、運動エネルギーは $\frac{1}{2}mv^2$ [J]、静電気力による位置エネルギーは、無限遠が基準なので0となる。エネルギー保存の法則から、

$$k \frac{Qq}{r} = \frac{1}{2}mv^2 \quad v = \sqrt{\frac{2kQq}{mr}} [\text{m/s}]$$

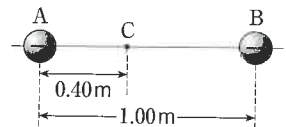
基本問題

435. 電荷の保存と静電気力 同じ大きさで同じ材質の小さな導体球A, Bが、それぞれ $+2.0 \times 10^{-5} \text{C}$ 、 $-4.0 \times 10^{-5} \text{C}$ に帯電しており、0.50mだけはなして固定されている。A, Bを接触させ、しばらくしたのち、再び0.50mはなして固定した。クーロンの法則の比例定数を $9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ として、次の各問に答えよ。

- (1) A, Bを接触させる前に、導体球間にはたらいっている静電気力を求めよ。
- (2) 接触させた後、導体球間にはたらいっている静電気力を求めよ。

→ 例題55

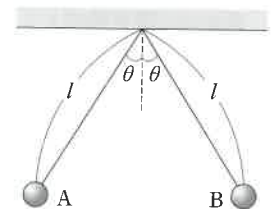
436. クーロンの法則 直線上で1.00mはなれた2点に、ともに $-1.6 \times 10^{-9} \text{C}$ の負電荷をもつ小さな導体球A, Bが固定されている。クーロンの法則の比例定数を $9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ として、次の各問に答えよ。



- (1) AとBの間にはたらく静電気力の大きさを求めよ。
- (2) A, Bによってできる、Aから0.40mはなれた点Cでの電場の強さと向きを求めよ。点CにA, Bと等量の負電荷をもつ小球を置いたとする。
- (3) 点Cに置いた小球が受ける静電気力の大きさと向きを求めよ。

→ 例題55

437. 電気振り子 長さ l の2本の軽い糸を天井に固定し、ともに正の電気量 q をもつ質量 m の2個の小球A, Bをつけると、糸は鉛直方向と θ の角をなして静止した。クーロンの法則の比例定数を k 、重力加速度の大きさを g として、次の各問に答えよ。

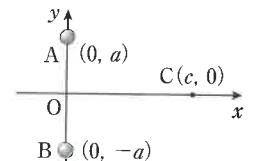


- (1) AとBの間にはたらく静電気力の大きさを、 m, g, θ を用いて表せ。
- (2) 正の電気量 q を、 k, l, m, g, θ を用いて表せ。

→ 例題55

ヒント (1) 小球には、重力、糸の張力、静電気力の3力がはたらき、それらはつりあっている。また、静電気力は水平方向にはたらいっている。(2) AB間の距離は、 $2l \sin \theta$ である。

438. 点電荷のつくる電場と電位 xy 平面内の2点 $(0, a)$ 、 $(0, -a)$ に、同じ材質の小さな金属球A, Bを固定した。クーロンの法則の比例定数を k とする。はじめ、金属球A, Bにそれぞれ $+4Q, -2Q(Q > 0)$ の電気量を与えた。



- (1) Aにはたらく静電気力の大きさと向きを求めよ。次に、金属球AとBを接触させ、しばらくしたのち、再びもとの位置に固定した。
- (2) x 軸上の点C $(c, 0)$ における電場の強さと向きを求めよ。
- (3) 電位の基準を無限遠として、点C、および原点Oの電位をそれぞれ求めよ。

ヒント (2)(3) 電場の合成はベクトル和、電位の合成はスカラー和である。

→ 例題56