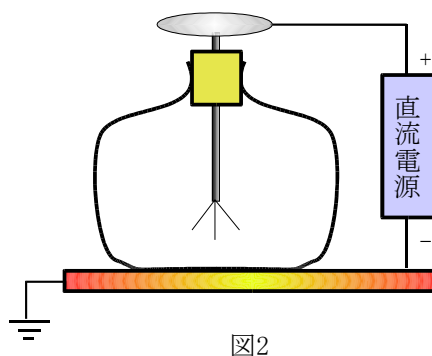
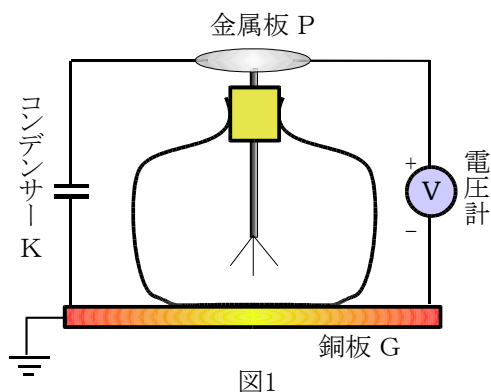


## 入試問題研究 第133回 1994年 東京大学 ② 電気



接地された十分大きな銅板  $G$  の上に、はく検電器  $A$  を置く。はく検電器と銅板からなるこのシステムを一つのコンデンサーと考えることが出来る。そのとき、はく検電器の金属板  $P$  およびはくを合わせた部分と下の銅板  $G$  との間の電気容量は、はくの開閉によって変化せず、その値は

$C_1 = 1.0 \times 10^{-13}$  [F] であった。このはく検電器を用いて、次のような手順で実験を行った。

- ① ある負の帯電体を金属板  $P$  の上面に近づける。
- ② 帯電体はそのままの状態、 $P$  と  $G$  を導線で短絡して、すぐに導線ははずした。
- ③ つぎに、帯電体を遠ざけた。その後では、はく検電器のはくは開いたままになっていた。
- ④ ③ の状態になった後で、図1のように、 $P$  と  $G$  の間に電気容量  $C_2 = 1.5 \times 10^{-7}$  [F] のコンデンサー  $K$  をつないだ。ただし、つなぐ前のコンデンサー  $K$  は帯電していなかった。
- ⑤ つぎに、コンデンサー  $K$  はそのままにして、図1のように、内部抵抗の十分大きい理想的な電圧計のプラス端子を  $P$  にマイナス端子を  $G$  につないだ。すると、電圧計は  $V = +1.0 \times 10^{-3}$  [V] を示した。
- ⑥ コンデンサー  $K$  と電圧計をはずして、図2のように、 $P$  と  $G$  の間に電圧が可変の直流電源をつないだ。ある電圧に設定したところ、はくが③のときと同じ角度に開いた。
- ⑦ 直流電源の電圧を⑥と同じ一定値に保ったまま、はく検電器の金属板  $P$  に手を触れないように注意しながら  $P$  と直流電源の間をつなぐ導線ははずした。
- ⑧ 導線を再びつないで⑥の状態に戻した。そして、直流電源の電圧を⑥の値と同じ値に保ったまま④で使用したのと同じコンデンサー  $K$  を  $P$  と  $G$  の間につないだ。

以下の問いに答えよ。

- I ①、②、③ではどのようなことが起きているか。はくは開いているか閉じているか、金属板  $P$  とはくに現れる電荷の符号はどうなるか。順を追って説明せよ。
- II ④ではどのようなことが観察されるか。また、その理由を述べよ。
- III ③では、はく検電器に蓄えられていた電気量  $Q_0$  を  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $V$  を用いて表せ。また、 $Q_0$  の値を求めよ。
- IV ⑥で設定した電圧はいくらか。
- V ⑦ではどのようなことが観察されるか。また、その理由を述べよ。
- VI ⑧ではどのようなことが観察されるか。また、その理由を述べよ。

## 入試問題研究 第133回 1994年 東京大学 ② 電気 解答・解説

I クーロンの法則による電荷の移動(静電誘導により生じる電荷など)を考えれば、はく検電器の電荷移動はわかる。コンデンサー接続については並列接続だけの基本レベル。

① では、負に帯電した帯電体が金属板 P とはくくに静電誘導を起こす。帯電体(負)に近い金属板 P に正電荷が生じ、帯電体から遠い位置にある はく には負電荷が生じる。はく、銅板 G はコンデンサーの極板と考えると、反対側の極板に相当する銅板 G には正電荷が生じてる(正、負のセットになる)。よって、はく には負電荷が生じているから、「はくは開いている」

② では、金属板 P と銅板 G を短絡したので、はく、金属板 P、銅板 G は同電位となり、コンデンサーに相当する、はくと銅板 G の電荷がなくなる。はくに電荷が無くなり、「はくは閉じる」

※ ただし、金属板 P には正電荷が残っている。

③ では、負に帯電した帯電体が遠ざかるので、帯電体(負)に引きつけられて留まっていた金属板 P の正電荷は互いに反発しあうようになる。そのため、はくの方に一部が移動して、はくと金属板 P の両方に正電荷が広がる。はくに正電荷がたまっているから、「はくは開いている」

※ はくと銅板 G はコンデンサーだから、銅板 G は負電荷が生じる。

II 金属板 P と銅板 G に電荷のたまっていないコンデンサー K を並列に接続したのだから、はく検電器にたまっている正電荷の一部がコンデンサー K に移動する。並列接続の場合は、電気容量比に電荷が分配される。電気容量が 100 万倍のコンデンサー K をつないだのだから、ほとんど全ての電荷がコンデンサー K に移動する(はくには約 100 万分の 1 の電荷しか残らない)。よって、はくにたまる電荷はほぼゼロだから、はく検電器の「はくは閉じてしまう」

III ③ では、 $Q_1 = C_1 V$ 、 $Q_2 = C_2 V$ 、 $Q_0 = Q_1 + Q_2$  だから、 $Q_0 = (C_1 + C_2) V$  である。

数値を代入して  $Q_0 = (1.0 \times 10^{-13} + 1.5 \times 10^{-7}) \times 1.0 \times 10^{-3}$  より、 $Q_0 = 1.5 \times 10^{-10}$  [C] である。

IV はくの開きが同じだから、はくにたまっている電荷は  $Q_0 = 1.5 \times 10^{-10}$  [C] である。

よって、その電圧は  $1.5 \times 10^{-10} = 1.0 \times 10^{-13} V'$  である。よって、 $V' = 1.5 \times 10^3$  [V] である。

V はくの電荷は銅板 G にひきつけられて、電荷の移動がない。電気量の変化がないので、「はくの開きは同じ」になる。

VI 導線で電源装置とつなぐと、はくの開きは⑥の状態に復帰する。コンデンサー K を接続したとき、コンデンサーの充電にはほとんど時間がかからず、はく検電器と銅板によるコンデンサーの電圧は電源電圧のままだから変わらない。よって、はくにたまる電荷は変わらない。よって、「はくの開きに変化はない」ことになる。

現実の回路の場合、直流電源の内部抵抗や回路のインダクタンス成分が存在する。このため、極短時間(～ミリ秒未満)のレベルで見れば電源電圧が一瞬下がり、はくに蓄えられえる電気量が少なくなることが起こる。しかし、非常に短い時間なのではくの慣性により瞬時の変化に、はくが動けない。したがって、はくが動くのを見ることは事実上できない。