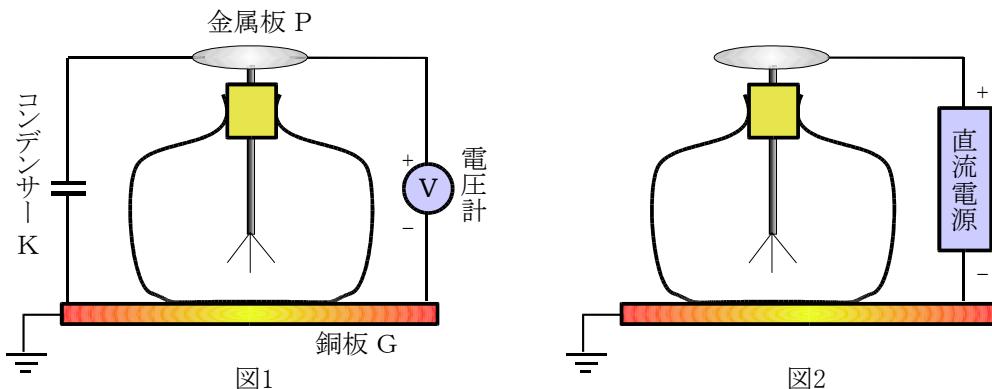


入試問題研究 第133回 1994年 東京大学 ② 電気



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で、PとGを導線で短絡して、すぐに導線をはずした。
 - 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は帶電していなかった。
 - 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をはずした。
 - 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、負に帶電した帶電体が金属板Pとはくに静電誘導を起こす。帶電体(負)に近い金属板Pに正電荷が生じ、帶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(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、負に帶電した帶電体が遠ざかるので、帶電体(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ので、「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りず、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。