

生徒実験：摩擦電気と静電気力

【1】目的

箔検電気と電気振り子を使って静電誘導などの現象を観察し、摩擦電気と静電気力についての理解を深める。

【2】原理

一般に、異なる種類の物質を摩擦すると、摩擦面で電子のやりとりが起こり、両物体は互いに逆符号の電気を帯びる。これを摩擦電気という。不導体ではこの電気が物体表面にとどまり、帯電状態が持続する。摩擦電気ですら正に帯電するか負に帯電するかは物質の組み合わせで決まる。物質を正に帯電しやすい順番に並べた系列を帯電列という。二つの物質のうち、帯電列の序列のより高い物質が正に、他方が負に帯電する。

帯電体を導体に近づけると、導体中の自由電子が帯電体を作る電界によりすみやかに配置を変え、導体の帯電体に近い側に帯電体と異なる符号の電荷が、帯電体から遠い側に帯電体と同じ符号の電荷が現れる。これが静電誘導である。

箔検電気はこの静電誘導を利用して電荷の有無や電界の存在を確かめる器具である。検電気の上皿に帯電体を近づけると、帯電体の電荷と同符号の電荷が他端の箔に退けられ、箔は同符号電荷間にはたらく斥力により開く。この場合、帯電体を遠ざければ、箔は再び閉じる。

箔検電気全体が帯電しているときも、同様に箔は開いた状態になる。このとき、帯電体を開いた箔に近づけると、箔の動きにより検電気が帯電体と同符号に帯電しているか、異符号に帯電しているかを知ることができる。開いた箔は、上皿に指を触れると閉じる。人体（導体）を通じて電荷が外部（地球）に移動するためであり、この操作を接地またはアースという。

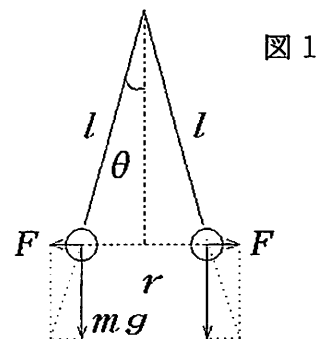
図1のように質量 m の軽い導体球を長さ l の絶縁糸でつるした二個の電気振り子を考える。両球に同符号等量の電荷 q を与えると、静電気力により離れて静止する。このときの両球の中心間の距離を r とすると、クーロンの法則により両球間にはたらく静電気力 F は

$$F = k \frac{q^2}{r^2} \quad \dots\dots ①$$

である。ここに k はクーロンの法則の比例定数で、真空中または空気中では、 9.0×10^9 [Nm²/C]という値になる。一方、力のつりあいの条件により、

$$F = mg \tan \theta \cong mg \sin \theta = mg \frac{r}{2l} \quad (\theta \text{が小さいとき})$$

だから、式①と合わせて次式により球の電気量 q を得ることができる。



$$q \doteq \sqrt{\frac{m g r^3}{2 k l}} \quad \dots\dots ②$$

【3】器具

箔検電気、電気振り子、柄付き導体球（2個）、エボナイト棒、アクリル棒、ポリエチレン袋、毛皮、ものさし、金網かご（共用）、アルミホイル（共用）

【4】作業

- ①箔検電気の箔が開いていれば、まず上皿に指を触れてアース（接地）し、箔を閉じておく。
- ②エボナイト棒を毛皮でこすると、エボナイト棒は負に帯電することがわかっている。帯電したエボナイト棒を箔検電気の上皿に接触しないように近づけると箔が開くこと、遠ざけると箔が閉じることを確認する。
- ③帯電したエボナイト棒を箔検電気の上皿に接触させないように近づけ、そのまま上皿に一瞬指を触れてアースする。指を離してからエボナイト棒を遠ざけると、箔は開いたままになる。この箔の近くに帯電したエボナイト棒を近づけ、箔が引かれるようすを観察し、箔検電気に残った電荷が正であることを確かめる。
- ④③の方法で帯電した箔検電気の箔に、ポリエチレンでこすったエボナイト棒を近づけ、箔の動きからこのときのエボナイト棒の電荷の正負を判定する。
- ⑤④と同様にして、毛皮でこすったアクリル棒、ポリエチレンでこすったアクリル棒について同様の観察をし、それぞれアクリル棒が正負いずれに帯電しているかを判定する。
- ⑥前後の班で協力し、箔検電気を2個用意し、アースして箔を閉じておく。
- ⑦図2のように、柄付き導体球2個を接しておき、毛皮でこすって負に帯電したエボナイト棒を、接触させないように近づける。
- ⑧エボナイト棒を近づけたまま、図3のように二つの導体球を離す。その後、エボナイト棒を遠ざける。
- ⑨⑧の導体球をそれぞれ別の箔検電気の上皿に接触させ、箔が開くようすを観察する。さらに、毛皮でこすって負に帯電したエボナイト棒を開いた箔の部分近づけ、箔の動きからそれぞれの導体球が正負いずれに帯電していたかを判定する。
- ⑩⑨で箔が開いた箔検電気2個の上皿どうしを接触させ電荷が打ち消し合うことを確認する。
- ⑪箔検電気をアルミホイルの上に置き、その上から金網かごをかぶせる。こうするといかなる帯電体によっても箔が開かないことを確認する。（静電遮蔽）

近づける ←

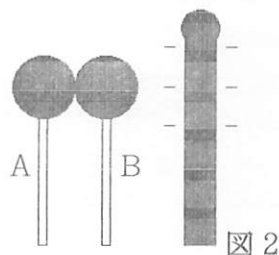


図2

離す ←

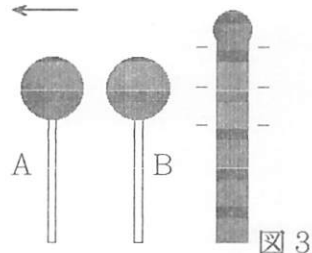


図3

- ⑫電気振り子の腕木を 180° 広げた状態にし、毛皮でこすったエボナイト棒を一方の振り子の球に近づける。球が棒に吸い寄せられ、一瞬接触してはじかれるようすを観察する。
- ⑬⑫の振り子の揺れがおさまってから、同じエボナイト棒をそっと近づけ、球が斥力を受けることを確認する。このことから球の電荷を判定する。
- ⑭⑫のようにして一方の振り子を帯電させたあと、すばやく腕木を閉じて2球を接触させる。2球が接触したのちわずかに離れて静止するようすを観察せよ。
- ⑮離れて静止した2球の中心間の距離 r と、腕木から球の中心までの距離 l を測定する。球の直径は $1.5[\text{cm}]$ である。⑫～⑮は何回か試みて、 r がなるべく大きいものを採用せよ。測定は大まかでありよい。
- ⑯絶対に導体球に指やものさしを触れてはならない。竹のものさしはかなり電気を通す。

【5】考察

- ①作業②で箔が開くしくみを図を添えて説明せよ。毛皮でこすったエボナイトは負に帯電していることを前提とせよ。
- ②作業③で箔検電気が帯電するしくみを図を添えて説明せよ。
- ③作業③～⑤の結果から、エボナイト、アクリル、毛皮、ポリエチレンの帯電列を決定せよ。例 (+) $A > B > C > D$ (-)
- ④教科書などを参考に、静電誘導の立場から、作業⑦～⑩で観察した現象のしくみを図を添えて説明せよ。
- ⑤作業⑪で確認した静電遮蔽について、教科書等で調べて説明せよ。
- ⑥作業⑫⑬で観察した電気振り子の動きについて、電荷の移動を中心に、図を添えて説明せよ。
- ⑦作業⑭で観察した電気振り子の動きについて説明せよ。
- ⑧作業⑮の測定結果と原理の式②とから、電気振り子の帯電量 $q[\text{C}]$ を求めよ。
 なお、振り子の導体球の質量は $m \doteq 1.7 \times 10^{-4}(\text{kg})$ 、重力加速度は $g \doteq 10[\text{m/s}^2]$ とせよ。有効数字は1～2桁で十分である。

観察測定結果

作業③～⑤の結果

作業	帯電棒	摩擦の相手	棒を近づけた箔の反応	棒の電荷の判定
③	エボナイト	毛皮		
④	エボナイト	ポリエチレン		
⑤	アクリル	毛皮		
⑤	アクリル	ポリエチレン		

上の結果から判定される帯電列（考察③）

(+) > > > (-)

作業⑨の結果（負に帯電したエボナイト棒を近づけたとき）

導体球の記号	エボナイト棒を近づけた箔の動き	導体球の電荷の判定
A：棒から遠い方		
B：棒に近い方		

作業⑮の結果

二球の中心間の距離 $r =$ [cm] = [m]

腕木から球の中心までの距離 $l =$ [cm] = [m]
（糸の長さではない！）

式2により求めた導体球の帯電量 $q =$ [C]