

ミリカンの実験と電気素量 () 組 () 番 氏名 ()

電気素量の測定 → 1909年 アメリカ、ミリカンの功績

電子1個の電気量をどのようにして測るのか？

アイデア → 電子1個は単独では見えないが、電子1個分の電荷がくっついたものの測定は可能だよ！

小さな粒子を作る方法とは

- 水を霧吹きで吹いて小さな水滴をつくる方法 → []
- 水で出来た霧の場合の欠点 → []
- 解決方法 []

油の霧に電子をくっつける方法とは

- X線は電離作用(X線が原子核を回る電子を弾き飛ばすため、原子が電子と陽イオンに分かれる)がある。
- 油の霧にX線を当てると電気を帯びる
(油が電子余分に受け取ると負電荷の油滴、電子を放出するだけなら正電荷の油滴)
X線のエネルギーを貰って電子が油滴から飛び出すとき、油滴がプラスに帯電する
飛び出した電子を受け取った油滴は負に帯電する

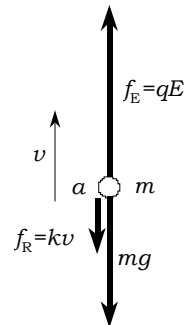
電界中での油の霧の運動を観察し、質量と電荷の電気量を求める → 重力、電気力、空気の抵抗力による運動

質量 → 油の粒子は表面張力で完全な球状である。 → 球の体積の公式 []
半径を顕微鏡で測定し、その油の霧の体積を求め、密度を掛けて質量を求める。

電気量 → 電界中での電気力 $f = qE$ を使え！

電気力 → 油の霧の運動の加速度から求める。

抵抗力 → ※ 空気の抵抗をどうするのか？ → 一般に「空気の抵抗は速度に比例する！」



電気量を q [C]、質量を m [kg]、電界を E [V/m]、速度 v [m/s]、加速度 a [m/s²]とする。

電気力の大きさ [], 重力の大きさ [], 空気と油の霧粒子の抵抗力 [] とかけるので、

油の霧粒子の運動方程式は [] である。

しばらくすると油の霧の運動は等速運動になる → 加速度 $a = 0$ になる。

→ そのときの速度 v (終速度という) が満たす関係式 → []

実験値との比較 → 同じ粒子で二つの電界 E, E' [V/m] で、それぞれの終速度 v, v' を測定する。

電界が E のときの終速度 v 、電界 E' のときの終速度 v' 、油の霧粒子の半径 r の五つが求められる。

油の霧の半径 r 、油の密度を ρ とすると 油の霧粒子の質量は $m = []$ だ。

終速度が満たす関係式

電界が E のとき [] …①、電界 E' のとき [] …②

①、②より、油の霧粒子が持つ電気量の大きさは $q = []$ と求めることが出来る。

測定結果はどのように成っていたのだろうか？ → 油の霧の電気量の大きさの分布は不連続であった！

→ その意味するところは何か？ 「電子が1個、2個、3個、4個という電子の数に起因する電気量ではないか！」

中堅 ミリカンはどのようにして電子の電気量を見つけたか。「電子が1個、2個、3個、4個という電子の数に起因する電気量」であるを利用して、電子の電気量を見つける方法を示しなさい。

ミリカンの実験と電気素量 (解説) () 組 () 番 氏名 ()

電気素量の測定 → 1909年 アメリカ、ミリカンの功績

電子1個の電気量をどのようにして測るのか？

アイデア → 電子1個は単独では見えないが、電子1個分の電荷がくっついたものの測定は可能だよ！

小さな粒子を作る方法とは

- 水を霧吹きで吹いて小さな水滴をつくる方法 → [細いノズルの先を吹くと気圧が下がる (ベルヌーイの定理) ので、ノズルの下の水が上に上がってきて風に飛ばされ霧になる]
- 水で出来た霧の場合の欠点 → [蒸発してゆくの霧の質量が変化する]
- 解決方法 [蒸発しにくい油を使って油の霧粒子により実験を行う]

油の霧に電子をくっつける方法とは

- X線は電離作用がある。
- 油の霧にX線を当てると電気を帯びる。
(X線のエネルギーを貰って電子が飛び出すため、油粒子がプラスに帯電する)
(飛び出した電子を受け取った油粒子は負に帯電する)

電界中での油の霧の運動を観察し、質量と電荷の電気量を求める → 重力、電気力、空気の抵抗力による運動
質量 → 油の粒子は表面張力で完全な球状である。

半径を顕微鏡で測定し、その油の霧の体積を求め、密度を掛けて質量を求める。

電気量 → 電界中での電気力 $f = qE$ を使え！

電気力 → 油の霧の運動の加速度から求める。

※ 空気の抵抗をどうするのか？ → 速度に比例するから、公式 $f = -kv$

電気量を q [C]、質量を m [kg]、電界を E [V/m]、速度 v [m/s]、加速度 a [m/s²] とする。

電気力の大きさ $f_E = qE$ 、重力の大きさ mg とする。また、空気と油の霧粒子の抵抗

抗力

は速度に比例する抵抗を受けるとして $f_R = -kv$ とし、

運動方程式は $qE - mg - kv = ma$ が成立する。

しばらくすると油の霧の運動は等速運動になる → 加速度 $a = 0$ になる。

→ そのときの速度(終速度という) v を測定する。

→ 同じ粒子で別の電界 E' [V/m] (\dot{V}') で、同様にして、そのときの終速度 v' を測定する。

→ 油滴の半径(または直径)を r とする。密度を ρ とすれば油滴の質量は $m = \frac{4}{3}\rho\pi r^3$ (質量 = 密度 × 体積)

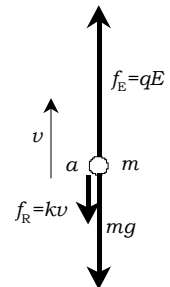
測定可能量 電界が E のとき、速度 v 、電界 E' のとき、速度 v' 、油の霧粒子の半径 r

$qE - mg - kv = 0 \dots \textcircled{1}$ 、 $qE' - mg - kv' = 0 \dots \textcircled{2}$ より、 $\frac{qE - mg}{v} = \frac{qE' - mg}{v'}$ だから、

油の霧の電気量の大きさは $q = \frac{mg(v' - v)}{E \cdot v' - E' \cdot v}$ である。 → これで右辺はすべて数値が確定した物理量！

→ 油の霧の電気量の大きさの分布は不連続であった！ → その意味するところは何か？

→ 電子が1個、2個、3個、4個という電子の数に起因する電気量ではないか！



中堅 油滴の電荷は「電子が1個、2個、3個、4個という電子の数に起因する電気量」であるから、実験結果は飛び飛びの値になる。この飛び飛びの値の間隔が「電子1個の電気量」になる。