

電子と原子入門

() 組 () 番 氏名 ()

陰極線の発見 → 1858年 ドイツ、ブリュッカー

真空にする技術の発達 1気圧 = 760[mmHg] からどこまで低い気圧に出来るか。

→ 目的は何か? []

トリチェリの真空 []

→ 1気圧の大気圧 = 高さ76cm程度より上部に水銀は上がれない!

真空ポンプ 空気を排出する装置で、ロータリーポンプ、拡散ポンプ、吸着ポンプなどがある。

真空放電 → 陰極(マイナス極)から何かが飛び出している。証拠 → []

運動を観察 → 電界や磁界により曲げられる。 → 「陰極線」の正体 → 負の電荷を持った粒子(電子)だ!

→ 電気量と質量を知りたいのだが、測定するには工夫がいる

電子の比電荷の測定 → 1897年 イギリスJ.J.トムソンの功績

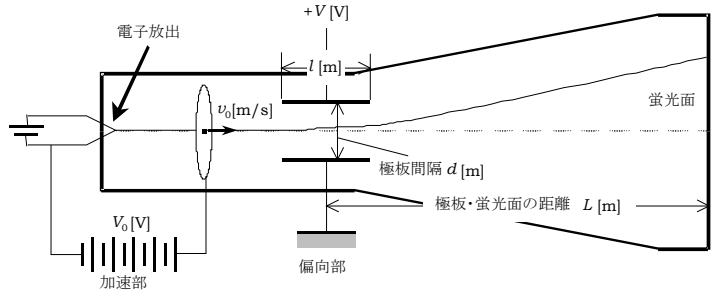
電界、磁界での曲がり方から、電子の質量、電荷の電気量を求めることは出来ないか?

電子の質量、電気量を測定する挑戦 → 運動方程式、等加速度運動の知識を利用

復習 → 運動の法則と等加速度運動の公式

最初に考え方を検討する。

右の図に示すような真空容器にヒータから出た電子を加速し、偏向部で向きを変え、右端の蛍光面に電子が当たる。そのとき、蛍光面が光るので曲がった量が測定できる。



加速部での電子の振るまい 加速部は「電子銃」と呼ばれている部分で、電子を打ち出す部分である。加速部では電子が加速電圧 V_0 により、[] [J]だけエネルギーを貰う。エネルギー保存の法則より、

[] = [] が成立し、加速部から出る電子の速度は $v_0 = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$ [m/s]である。

偏向部での電子の振るまい 極板間に出来る電界は下向きに $E = []$ [V/m]である。したがって、通過中の電子が受ける力は $f = eE$ より $f = []$ [N]である。電子の運動方程式 []

より、加速度は上向きに $a = \frac{eV}{md}$ [m/s²]である。極板間を通過する時間は $t = []$ [s]だから、偏向

部を出たときの電子の鉛直方向の速度は $v = []$ [m/s]であり、電子が偏向部を出るとき、中心線より

$$\Delta y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{eVl^2}{2mdv_0^2} \text{ [m]ずれる。}$$

偏向部から蛍光面間の電子の振るまい 偏向部を出てからは、電界が無いので電子は力を受けないため、等速直線運

動になる。偏向部を出てから蛍光板までの時間は $T = \frac{L-0.5l}{v_0} = \frac{2L-l}{2v_0}$ [s]である。蛍光面に達したときの位

置は $y = \Delta y + v_y T = []$ であるので、 $y = \frac{eVlL}{mdv_0^2}$ [m] である。加速部から出る電子の速度

$v_0 = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$ [m/s]を代入すると、 $y = \frac{eVlL}{mdv_0^2} = \frac{eVlL}{md} \cdot \frac{m}{2eV_0} = \frac{VlL}{2dV_0}$...①となって、蛍光面の位置 y が明

基本 実験をしているとき、蛍光面での位置 y の測定は、どのような手順で行うのか。

電子と原子入門 (解説) () 組 () 番 氏名 ()

陰極線の発見 → 1858年 ドイツ、ブリュッカー

真空にする技術の発達 1気圧 = 760[mmHg] からどこまで低い気圧に出来るか。

トリチェリの真空 片側を閉じた長いガラス管に水銀を封入し、鉛直に立てると水銀面は下がり、高さ76cm程度より上部に真空の空間が生じる。

真空ポンプ 空気を排出する装置で、ロータリーポンプ、拡散ポンプ、吸着ポンプなどがある。

真空放電 → 陰極(マイナス極)から何かが飛び出している。それは何か? → 「陰極線」

運動を観察 → 電界や磁界により曲げられる。 → 陰極線の正体 → 負の電荷を持った粒子(電子)だ!

→ 電気量と質量を知りたいのだが、測定するには工夫がいるヨ

電子の比電荷の測定 → 1897年 イギリス J.J.トムソンの功績

電界、磁界での曲がり方から、電子の質量、電荷の電気量を求めることは出来ないか?

電子の質量、電気量を測定する挑戦 → 比電荷は測定できるが、質量、電気量の単独では測定不可能!?

復習 → 運動の法則と等加速度運動の公式

最初に考え付く方法で考えてみよう。

右の図に示すような真空容器にヒータから出た電子を加速し、偏向部で向きを変え、右端の蛍光面に電子が当たる。そのとき、蛍光面が光るので曲がった量が測定できる。

加速部での電子の振るまい 加速部は「電子銃」と呼ばれている部分で、電子を打ち出す部分である。加速部では電子が加速電圧 V_0 により、 $W = eV_0$ [J]だけエネルギーを貰う。エネルギー保存の法則より、 $eV_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$ が成立

し、加速部から出る電子の速度は $v_0 = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$ [m/s]である。

偏向部での電子の振るまい 極板間に出来る電界は下向きに $E = \frac{V}{d}$ [V/m]である。したがって、通過中の電子が受

ける力は $f = eE = \frac{eV}{d}$ [N]である。運動方程式より、加速度は上向きに $a = \frac{eV}{md}$ [m/s²]である。極板管を通

過する時間は $t = \frac{l}{v_0}$ [s]だから、偏向部を出たときの電子の鉛直方向の速度は $v_y = at = \frac{eVl}{mdv_0}$ [m/s]であ

り、中心線より $\Delta y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{eVl^2}{2mdv_0^2}$ [m]である。

偏向部から蛍光面間の電子の振るまい 偏向部を出ると、電子は等速直線運動になる。その間の時間は

$T = \frac{L - 0.5l}{v_0} = \frac{2L - l}{2v_0}$ [s]である。

蛍光面に達したときの位置は $y = \Delta y + v_y T = \frac{eVl^2}{2mdv_0^2} + \frac{eVl}{mdv_0} \times \frac{2L - l}{2v_0}$ であるので、 $y = \frac{eVlL}{mdv_0^2}$ [m]で

ある。加速部から出る電子の速度 $v_0 = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$ [m/s]を代入すると、 $y = \frac{eVlL}{mdv_0^2} = \frac{eVlL}{md} \cdot \frac{m}{2eV_0} = \frac{VlL}{2dV_0}$

となって、蛍光面の位置 y を測定しても、電子の質量 m 、電気量 e は消える。

基本 偏向部電極に電圧をかけないとき電子は直進するので蛍光面で光る点を原点 ($y=0$) とすれば良い。