

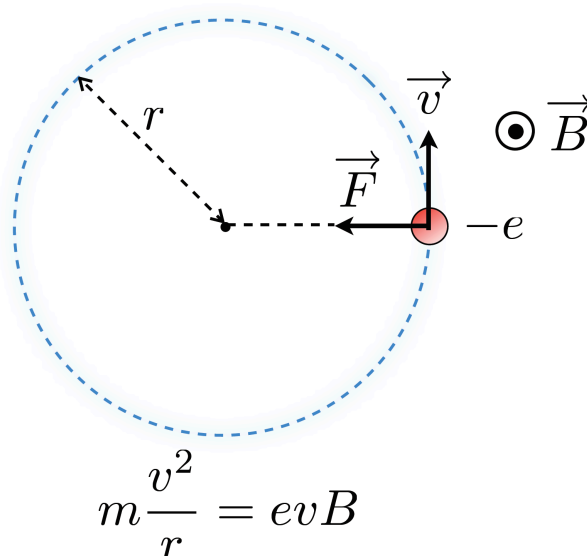
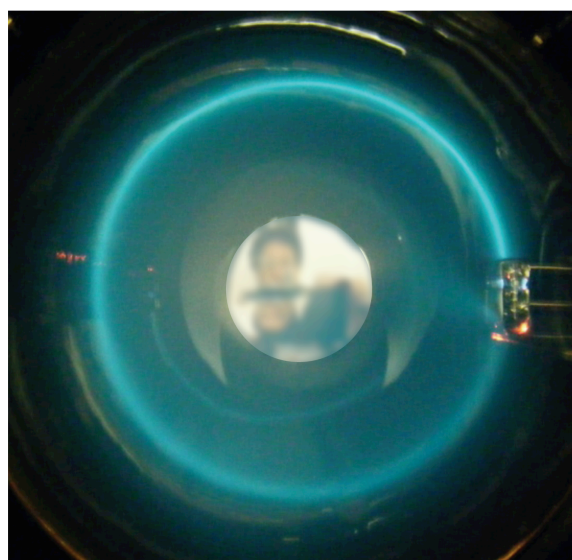
実験 No.	1	テーマ	電子の動きを見てみよう
実験指導担当	山崎 篤志		

1. はじめに

「原子 (atom)」という言葉は「分割できないもの」を意味するギリシャ語に由来します。物質は原子から成り、原子がそれ以下の小さい部分に分割できない最小単位であるという考え方は、驚くべきことに古代ギリシャから存在していました。このような考え方は、19 世紀末に電子が発見されたことによって改められ、今日ではより内部の構造が明らかになっています。原子は正の電荷を持つ原子核と負の電荷を持つ電子から構成されています。電子はそれ以上小さな物質に分割できない「レプトン」と呼ばれる素粒子の一種であり、電荷と質量をもっています。そのほかにも、電子の自転運動に対応する「スピン」と呼ばれる大切な物理量を持っていますが、これは皆さんが大学で物理を勉強するときに量子力学の講義で詳しく習うことになります。

19 世紀末に、陰極線管に電圧をかけた時に現れる陰極線の正体を調べていた J. J. トムソンは静磁場中で陰極線が曲がることを発見し、陰極線の正体が電子であることを明らかにしました。また、彼はこれを利用して電子の電荷と静止質量の比（「比電荷」という）を求めることに成功しました。今回はヘリウムガスを封入したガラス球を使って電子の比電荷を実際に求めてみましょう。

電子は一様な磁場中ではローレンツ力を受けます。これにより電子はローレンツ力を向心力として等速円運動をします。本実験ではヘリウムガスを封入したガラス球のなかでは電子の軌跡が見えることを利用し、電子が描く円軌道の直径を測定して（半径を求めて）比電荷を求めます。



2. 実験

- ① 比電荷測定器と直流安定化電源のコンセントを差し込み、電源スイッチをONにする。
- ② 電圧計を見ながら比電荷測定器の加速電圧可変つまみを回して電圧計の表示が250Vになるように設定する。
- ③ 直流安定化電源の電流調整つまみを最大にする（時計回りに回しきる）。
[※この際には、まだコイルに電流は流れない。]
- ④ 電流計を見ながら直流安定化電源の電圧調整つまみを回して、コイルに電流（2A以下）を流し、比電荷測定器の球管内の電子の軌道を確認する。
- ⑤ 比電荷測定実験シート（次頁）にあるようにコイル電流を1.20Aにセットする。
- ⑥ 右図を参考にして、電子軌道の右端と左端の目盛りの読みを記録する。

※左端の電子軌道は有限の幅を持っているため、測定では最も外側を読み取ること。また、この時に求まるものは電子軌道の直径 $2r$ であることに注意する。

- ⑦ 次に、加速電圧を250Vに保ったまま、コイル電流を変化させて、電子軌道直径を測定する。
- ⑧ 同様に、コイル電流を1.60Aに保ったまま、加速電圧を変化させて電子軌道直径を測定する。

3. 比電荷を求める。

- ① 次頁にある計算式を使って比電荷を計算してみよう。
- ② 下記の文献値から比電荷を求め、実験で得られた結果と比較してみよう。
- ③ 電子の加速電圧やコイルに流す電流を変化させると、電子の軌道半径はどのように変化したか、考えてみよう。

4. 参考

[文献値] 電気素量 e : $1.60217733 \times 10^{-19}$ [C]

電子の静止質量 m : $9.1093897 \times 10^{-31}$ [kg]

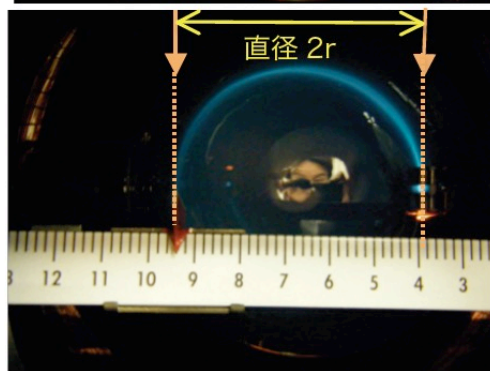
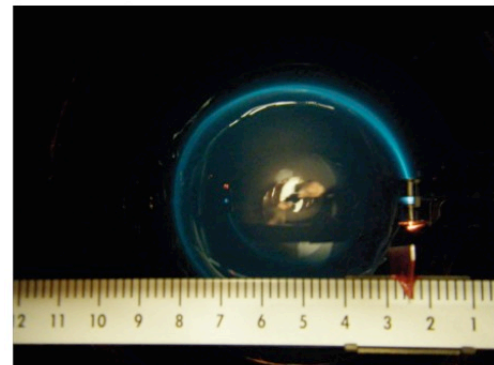
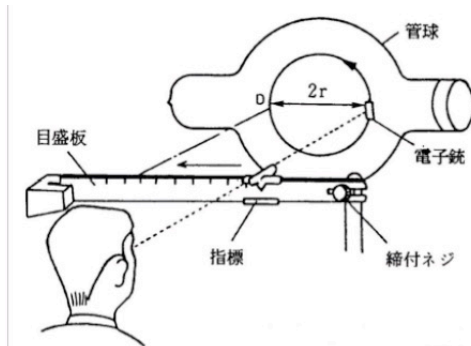


図 電子軌道の直径の測り方。目盛りを読み取る時には、指標が指す値を真正面から片目で読み取ります。両目で読んだり、斜めから読むと視差により正しく読み取れません。右端と左端の目盛りの読みは「2.45」と「9.20」なので、電子軌道は直径6.75cmとなる。すなわち、半径は3.38cm。

比電荷測定 実験シート

____年__月__日 ()
記入者____ (共同実験者____)

加速電圧 V [V]	コイル電流 I [A]	電子軌道の左端 r ₁ [cm]	電子軌道の右端 r ₂ [cm]	電子軌道の半径 r (= $\frac{ r_1 - r_2 }{2}$) [cm] *1	比電荷 e/m [C/kg] *2
250	1.20				
250	1.40		同上		
250	1.60		同上		
250	1.80		同上		
250	2.00		同上		
180	1.60		同上		
210	1.60		同上		
240	1.60		同上		
270	1.60		同上		
300	1.60		同上		

*1 : 比電荷を求める際には単位を (m) にすること. *2 : 次頁の (5) 式から求めよ.

注意!!

電子の軌道半径は、薄くぼやけて
いるが可能な限り外側を測ること.

比電荷の平均値 (本日の結果) : _____ [C/kg]

比電荷の文献値 : _____ [C/kg]

比電荷の求め方

磁場中を運動する電子にはローレンツ力が働く.

$$F = evB$$

電子の軌道が円形であるのは、ローレンツ力が遠
心力とつり合って円運動をしているためである.

$$m \frac{v^2}{r} = evB \quad \dots(1)$$

また、電子の運動エネルギーと加速電圧との関係
は、以下ようになる.

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV \quad \dots(2)$$

(1)と(2)から v を消去して,

$$\frac{e}{m} = \boxed{} \quad \dots(3)$$

また、(実験で用いた) ヘルムホルツコイルの中心では、
磁束密度 B は次のように与えられる.

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \mu_0 \frac{nI}{R} \quad [\text{Wb/m}^2] \quad \dots(4)$$

ここで,

$$\text{真空中の透磁率} \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \quad [\text{H/m}]$$

$$\text{コイルの巻き数} \quad n = 130$$

$$\text{コイルの半径} \quad R = 0.15 \quad [\text{m}]$$

であるため、(3)と(4)から比電荷は以下のように求められる.

$$\frac{e}{m} = (3.3 \times 10^6) \times \frac{V}{I^2 r^2} \quad [\text{C/kg}] \quad \dots(5)$$

これに V , I , r の測定値を代入する.