

# フランクヘルツの実験

24cb062h 菅原明

共同実験者:原口優希

## 1. 目的

原子の取りうるエネルギーの値が離散的であることをフランクヘルツの実験装置をもちいてそくていをする.また測定をした原子の励起エネルギーをもとめ測定する原子がなにかを調べる.

## 2. 原理

フランク・ヘルツの実験とは,1914 年に J.Frank と G.L.Hertz がおこなった原子のエネルギーが離散的であることを実験的に証明した実験である.

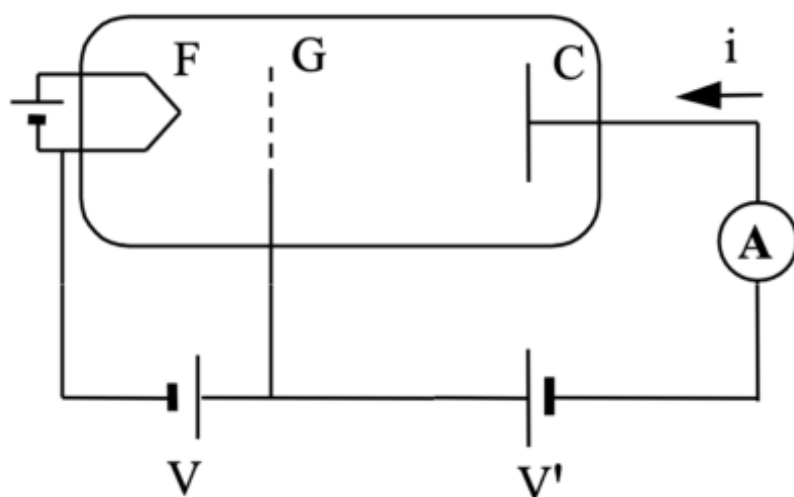


Fig. 1: フランク・ヘルツの実験装置模式図(文献[1])

Fig. 1 は 1914 年に証明したときの装置の模式図である.F はフィラメント,G はグリッド C は電子補集電極であり,管内は水銀蒸気で満たされている. フィラメントを熱することで熱電子放出現象により発生した熱電子は FG 間にかけての電圧  $V$  で加速する. グリッドを通過後 C で電流  $i$  として測定される.水銀の基底状態のエネルギー準位と第一励起準位の差  $W$  について, 電子の運動エネルギーがこの値より小さいとき水銀原子は電子からエネルギーを受け取ることができない. 一方,電圧  $V$  を大きくしていき電子の運動エネルギーが  $W$  と等しくなるとき,電子は水銀原子を励起してエネルギーを失う.このため電流  $i$  は激減する. 電圧  $V$  を増大させると  $W$  を超えることができ電子の運動エネルギーが  $2W$  となると再び励起しエネルギーを失い電流  $i$  は激減する. このように電子は  $V$  を変数とした関数  $i$  は  $W$  の間隔で激減する.

## 3. 実験方法

### 3.1. 装置

- ・ フランク・ヘルツ実験器
- ・ 100V 直線電圧器

- $300\mu\text{A}$  直線電流器
- フランクヘルツ管
- 配線用リード線

## 3.2. 測定

1. 使用するフランク・ヘルツの実験装置の回路図は Fig. 2 となる. 装置付属の使用説明書[フランク・ヘルツの実験]を読み, パネル面の説明をよく読んでから, 装置の調整1～8を行った. ただし, 今回の実験では操作 8 の「電流計の指針がふれの  $2/3$  ぐらいまで下がるようにします」の部分で電流計の指針のふれの  $1/2$  ぐらいまで下げることにした.

1

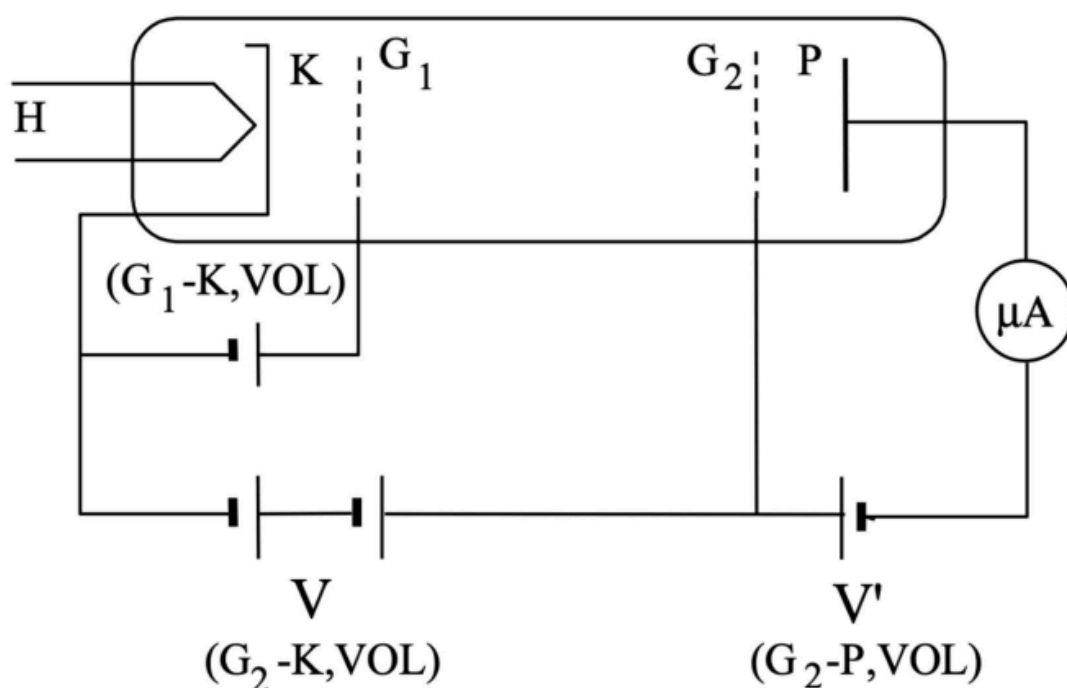


Fig. 2: 今回用いる実験装置の回路図(文献[1])

1. 調整1～8が終わったとき, G<sub>2</sub>-K 間の電圧  $V$  をゆっくり上昇させながら, 電流計のふれを見て, ピークがわかるように調整する.
2. 以上の調整が終わったとき  $V, i$  の関係を測定する. MANU-AUTO の切り替え SW を MANU にし,  $V$  を徐々に上げていく. このときの電流  $i$  の値を csv で記録し, グラフを作成しながら測定をした. またこのとき電圧  $V$  の値を変えてからおよそ 30 秒後に電流  $i$  を測定することとした.

## 4. 結果

得られた測定値をグラフにしたものは Fig. 3 となった. またこれから測定値の極小値は Table 1 のときである.

<sup>1</sup> $2/3$  まで下げて計測した際, ピークが3つのときに電流計の測定範囲をこえてしまった為

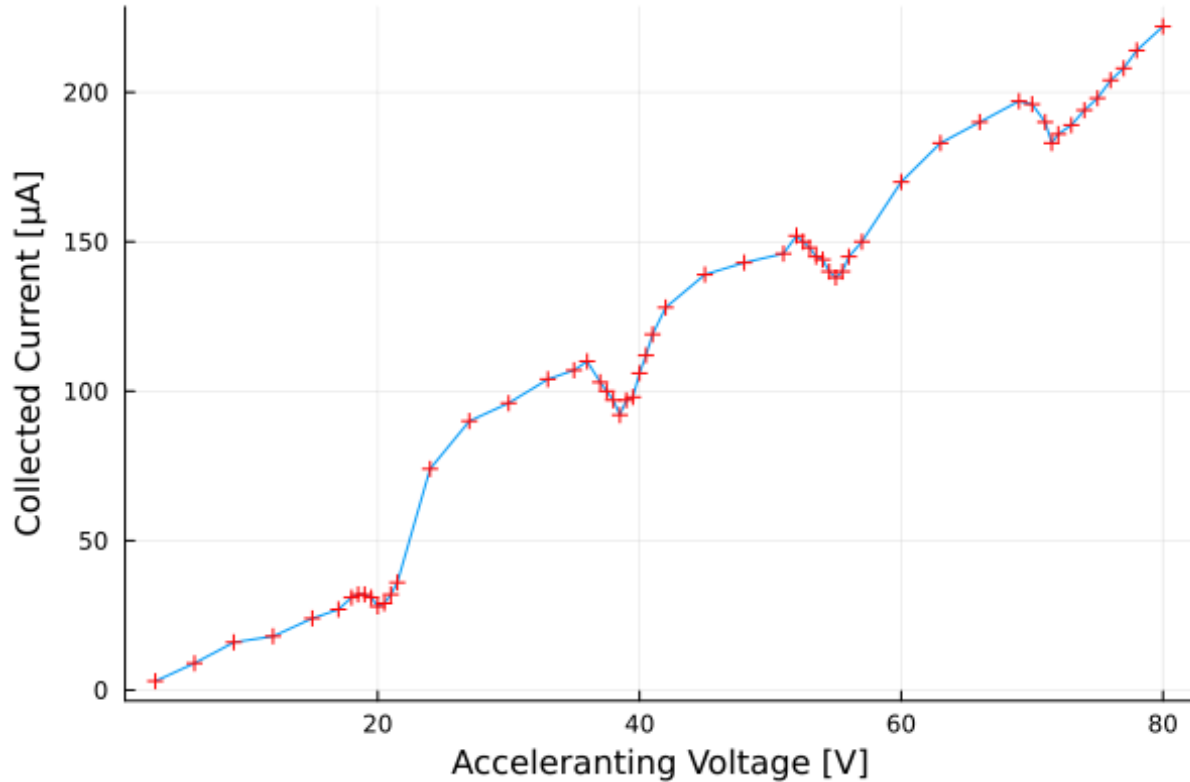


Fig. 3: フランク・ヘルツの実験における加速電圧(横軸)と電流(縦軸)

Table 1: フランクヘルツの実験の極小値の電流と電圧の値

ピーク回数	加速電圧[V]	電流[μA]
1	20.0	28.0
2	38.5	92.0
3	55.0	138.0
4	71.5	183.0

今,測定値の最小値での電圧の値を $V_{i(i=1,2,3,4)}$ とする.このとき,フランク・ヘルツ管の気体原子の励起エネルギー $W$ は, $i = 1, 2, 3, \dots, 2n$ のとき

$$W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{V_{i+n} - V_i}{n} \quad (1)$$

となる.これから, $W$ の値は

$$W = 17 \text{ eV} \quad (2)$$

また,励起エネルギーの誤差 $\delta W$ について,

$$W_i = \frac{V_{n+i} - V_i}{n} \quad (3)$$

とおくと,誤差 $\delta W$ は

$$\delta W = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W - W_i)^2}{n(n-1)}} \quad (4)$$

で与えることができるので,

$$\delta W = 0.5 \text{ eV} \quad (5)$$

となるので,

$$W \pm \delta W = 17.0 \pm 0.5 \text{ eV} \quad (6)$$

となる.

以上のことから励起エネルギーは17 eVとなり,誤差は3%である.

## 5. 考察

今回の実験では, Fig. 3 に示されるように, 加速電圧の増加に伴い電流の値は増加するが, 周期的に急激に減少する谷が観測された. これは電子が励起している状態を表しており, 原子のエネルギー準位が離散的であることを示している. また今回測定した励起エネルギーは16.5 ~ 17.5 eVとなることから今回の実験のフランク・ヘルツ管の気体原子は Ne(励起エネルギー: 16.6 eV)(文献[1] p.70 表 1 より)となることが言える.

## 参考文献

[1] 基礎物理実験 立教大学理学部物理学科 2025 年版. 2025.