

1. 目的

原子の放電管を光源として用いて、回折格子分光計を使って、それぞれの原子に特有なスペクトル線を観測し、その波長を求める。

2. 原理

回折格子に光を垂直に当てると、回折格子を通った光はいくつかの方向に現れる。回折光が現れる角度 θ_m は波長 λ と格子定数 N によって表される次式 $\sin\theta_m = m\lambda N$ (1) に従って決まる。

よって、光の波長が分かっているならば、ある光に対してその回折光の角度を計測することで(1)式から回折格子の格子定数 N を求めることができる。

また、格子の間隔が分かっているならば、ある光に対してその回折光の角度を計測することで(1)式から波長 λ を求めることができる。

3. 方法

装置の名称やその部品の呼び名などは極力テキストに準じている。

① 格子定数 N の測定

- i 分光器のネジを開けたり閉めたりしながら機構の対応を理解した。
- ii F_1 を回して目盛円板 M を固定した。
- iii 回折格子を入射光に対して直角になるように調整し、ネジを閉めて固定した。
- iv Na ランプを台にセットし電源を入れスタートボタンを長押しし、点灯させた。
- v Na ランプにカバーを被せ、開いている穴から漏れる光がスリット S に差し込むようにした。
- vi スリット S を大きく開け接眼レンズ E を覗きながら望遠鏡 T を回して右側の 1 次の回折光を探し、視界の中央に捉えたところで望遠鏡固定ネジ F_3 回して望遠鏡 T を固定した。
- vii スリット S を細くして、ピント調節ネジ R_1 を使って見える回折光にピントを合わせ、微動ネジ R_2 を回して望遠鏡内に見えるクロスと内側の回折光の位置を合わせた。
- viii 微動時固定ネジ F_3 を回して望遠鏡 T を固定した後、主尺と左の副尺を使って θ_R を読み取った。
- ix vi から viii までの手順を、右側を左側に、 θ_R を θ_L に読み替えて行った。
- x vi から ix までの手順を、1 次を 2 次を読み替えて繰り返した。
- xi vi から x までの手順を、内側を外側に読み替えて繰り返した。
- xii 読み取った数値を $N = \frac{\sin\theta_m}{m\lambda}$ に代入して格子定数 N を求めた。また、求めた N の平均値 $\bar{N}$ を求めた。

xiii 読み取った、計算した数値を $\frac{\Delta N}{N} = \sqrt{\left(\frac{\cos\theta_m}{\sin\theta_m} \cdot \Delta\theta\right)^2 + \left(\frac{\Delta\lambda_i}{\lambda_i}\right)^2}$ (2) に代入して、 N の不確かさ ΔN を求めた。

② 光の波長 λ の測定

- i 電源を切った後、Na ランプを取り外し、Hg ランプを取り付け電源を入れ、スタートボタンを長押しし点灯させた。
- ii Hg ランプにカバーを被せ、カバーに開いている穴から漏れる光がスリット S に差し込むようにした。
- iii スリット S を大きく開け接眼レンズ E を覗きながら望遠鏡 T を回して右側の 1 次の回折光を探し、視界の中央に捉えたところで望遠鏡固定ネジ F_3 回して望遠鏡 T を固定した。
- iv スリット S を細くして、ピント調節ネジ R_1 を使って見える回折光にピントを合わせ、微動ネジ R_2 を回して望遠鏡内に見えるクロスと内側の回折光の位置を合わせた。
- v 微動時固定ネジ F_3 を回して望遠鏡 T を固定した後、主尺と左の副尺を使って θ_R を読み取った。
- vi iii から v までの手順を、右側を左側に、 θ_R を θ_L に読み替えて行った。
- vii iii から vi までの手順を、1 次を 2 次を読み替えて繰り返した。
- viii iii から vii までの手順を、内側を外側に読み替えて繰り返した。

ix iii から viii までの手順を、着目する色を変えて繰り返した。

x 読み取った数値を、 $\lambda = \frac{\sin\theta_m}{mN}$ (3)に代入して光の波長 λ を求めた。また、求めた λ の平均値 $\bar{\lambda}$ を求めた。

xi 読み取った、計算した数値を $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{\cos\theta_m}{\sin\theta_m} \cdot \Delta\theta\right)^2 + \left(\frac{\Delta N}{N}\right)^2}$ (4)に代入して、 λ の不確かさ $\Delta\lambda$ を求めた。

4. 実験結果

① 格子定数 N の測定

表 1 測定結果および計算結果

Na	m	λ	θ_R	θ_L	$\theta_R + \theta_L$	$\theta_R - \theta_L$	θ_m	N	$\frac{\Delta N}{N}$
D ₁	1	589.592nm	200° 30' +15'	159° 00' 18	360° 03	41° 27	20° 43.5	600.22	7.6880×10^{-4}
	2	589.592 nm	225° 00' +09'	135° 00' 2	360° 11	90° 07	45° 03.5	600.27	2.9030×10^{-4}
D ₂	1	588.995 nm	200° 30' +13'	159° 00' 20	360° 03	41° 23	20° 41.5	599.90	7.7015×10^{-4}
	2	588.995 nm	225° 00' +04'	135° 00' 5	360° 09	89° 59	44° 59.5	600.18	2.9098×10^{-4}

$$\bar{N} = 600.14 \quad \left(\frac{\Delta N}{N}\right) = 5.3006 \times 10^{-4}$$

② 光の波長 λ の測定

表 2 測定結果および計算結果

Hg	m	N	θ_R	θ_L	$\theta_R + \theta_L$	$\theta_R - \theta_L$	θ_m	λ	$\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$
紫(内側)	1	600	194° 00' +05'	165° 00' +26'	359° 31'	28° 39'	14° 19.5'	412.37	1.2565×10^{-3}
	2	600	211° 30' +05'	150° 30' +27'	362° 32'	60° 38'	30° 19'	420.65	7.2700×10^{-4}
紫(外側)	1	600	194° 00' +10'	165° 00' +20'	359° 30'	28° 50'	14° 25'	414.95	1.2496×10^{-3}
	2	600		150° 30' +11'					
青	1	600	195° 00' +10'	164° 30' +17'	359° 57'	30° 23'	15° 11.5'	436.75	1.1952×10^{-3}
	2	600	211° 30' +02'	148° 00' +26'	359° 58'	63° 06'	31° 33'	436.04	7.1099×10^{-4}
緑	1	600	199° 00' +08'	160° 30' +20'	359° 58'	38° 18'	19° 09'	546.74	9.9134×10^{-4}

5. 考察

① 格子定数 N の測定

3 の手順およびテキストに従って実験を行った。測定結果および計算結果は表 1 としてまとめた。

ここでは実験結果について考察を行う。

表 1 にある通り、格子定数 N はそれぞれ 600.22、600.27、599.90、600.18 と求められた。

また、それぞれに対する相対不確かさは 7.6880×10^{-4} 、 2.9030×10^{-4} 、 7.7015×10^{-4} 、 2.9098×10^{-4} となった。そして、格子定数 N の平均値は 600.14 となった。

相対不確かさを見ると 2 次の回折光の測定結果の方が 1 次の回折光の測定結果よりも精度が高い。その主な原因は、 θ_m が大きくなる分それに対する $\Delta\theta$ の割合が小さくなるためである。

格子定数 N と相対不確かさの値を付きあわせて考えたところ、有効数字 4 桁目から下では測定による不確かさの影響が出ていることがわかった。よって、この回折格子の格子定数 N は 600 1/mm という値が不確かさを含まない確かな値である。

② 光の波長 λ の測定

3 の手順およびテキストに従って実験を行った。測定結果および計算結果は表 2 としてまとめた。

$\theta_R + \theta_L$ の値を見た瞬間に気づいたが、紫色の光を見て測定した部分は明らかに実験を失敗しているので、考察に値しない。そもそも、紫の光がかなり似通った位置で 2 本みえていたことすら正しい結果だったのかどうか危ぶまれるように思った。

次に、青の光について考える。表 2 に記した計算した波長 λ と不確かさの値を考慮すると、この光の波長は 436 nm とすると不確かさを含まない値であると考えた。手元にある理科年表にある数値を参照すると、435.835 nm という値が見受けられる。測定して計算した値は平均をとると不確かさを多分に含んでいるが 436.39 nm であり、不確かさの大きさが 0.4 nm 程度であるためこの両者は同じ物と考えた。誤差は +0.13% だが、この計算における有効数字が 3 桁であることを考えると誤差はないも同じである。

最後に 1 次の回折光しか確認できなかったが、緑の光について考える。その波長は不確かさを含まない範囲で考えると 547 nm となる。理科年表を参照すると、546.074 nm という値がある。誤差を計算すると +0.12% となる。相対不確かさの値も 0.99% であるのでその範囲を考慮するとこの 2 つの波長は同じ物と考えた。先ほどと同様に今回の測定と計算では有効数字は 3 桁で、4 桁目からは不確かさの影響が明らかにしているため、文献値との誤差はないと言える。

③ 光の色と波長の関係

測定に失敗して値が信用できない紫色の光から始まり、波長が長くなるに連れて青、緑と変化している。測定はしなかったが、この先に黄色の光の 1 次の回折光があった。分かりきったことではあるが、虹などによく見られる光のスペクトルと同じ順番で並んでいる。波長が短いほど紫に、長くなるに連れて青、緑、黄色と移り変わり最終的に赤に見えるようになっていく。また、紫に見える光よりも波長が短い、または赤く見える光よりも波長が長い光は、それらの光に反応する細胞が人間の目にないため色として認識されない。

蛇足になるとも思ったが、光の色は光そのものに色といった何らかの特性があるわけではない。

ある波長の光に反応する眼底の細胞が脳に伝える信号と、その脳が信号をそういう色として認識する事によって生じるものである。

世に広く多種多様に存在する電磁波の中で偶然人間が眼底にその波長のものを感知し、それを光として認識し波長によって異なる色であると認識している為に、“色” というものが存在しているのであって、光の色と波長の関係は人間の脳がそのように認識しているからそのような関係があるといえる。

6. 参考文献

- 『理科年表 昭和 59 年』 p.500
編集:国立天文台
発行所:丸善株式会社
発行日:昭和 58 年 11 月 30 日

7. 感想

実験開始後の装置の操作方法やその他の実験途中における説明などが徹底されていて実に分かりやすく実験を進めることができた。事前にテキストを多少読んでいたが、やはり装置を前にして説明を聞くと納得が行くことは確かだ。

測定も、1 ‘単位での測定の割には割と簡単と言えた。計算もさほど面倒なものではなくレポートの手間もあまり無かったように感じられた。

ただ、後から $\theta_R + \theta_L$ の値が妙であることに気がついたときには少し唖然とした。後半の実験での紫色の光の波長の測定結果が全く信用できないものとなっていて、かなり残念な気持ちになった。

掛け算や割り算、平均をとったときの不確かさの扱いがどうしても理解できずレポートを書くたびに悩んでしまう。毎回適当にやり過ごしてしまっているがどうにもしっくりこない。今の時期は中間試験に様々な科目でレポートの提出期限が迫り実験レポートだけに注意を払えないのがすこしばかり勿体無い気がする。

基礎科学実験 B と違って、全体的に手順などがあやふやで予習に戸惑うことも多いが全レポート提出に向けてこれからも頑張っていきたい。