

スペクトルの観察と元素の推定

・実験目的

レプリカグレーティング(複製回折格子)を使用した簡易分光器を製作して、炎色反応や蛍光灯などのスペクトルを観察する。また、未知元素のスペクトルの波長を測定することによってその元素の推定する。

・実験準備

器具：レプリカグレーティング，ボール紙，アルミ箔，ピーカー，ガラス棒，温度計，三脚，金網，はさみ，のり，定規，メスシリンダー，試験管
スペクトル光源装置

薬品：ステアリン酸，メタノール，塩化ナトリウム，塩化リチウム，塩化カルシウム，塩化バリウム

・実験方法

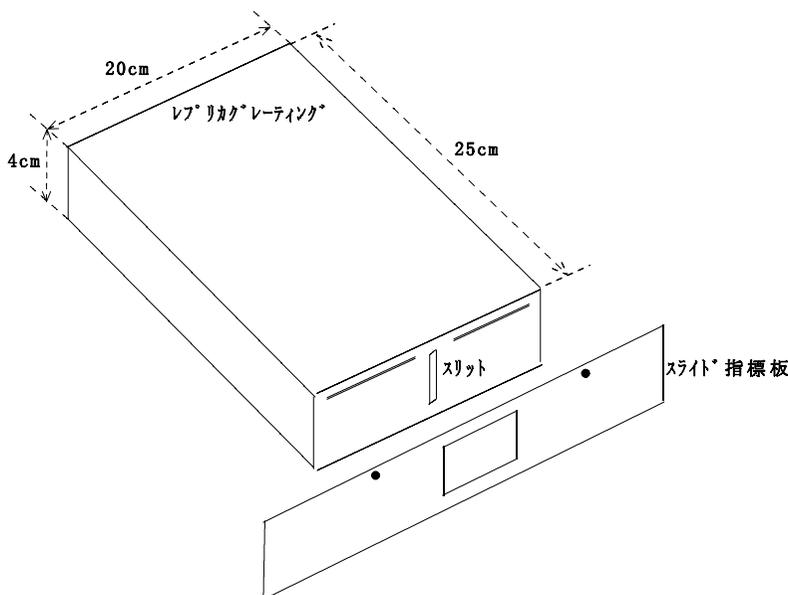
< 実験 1 > 簡易分光器の製作

別紙により，下図のような長方形の箱を作成する。

箱の縦方向は明視の距離25cmに，横方向はレプリカグレーティング用の窓を中心に，左右それぞれ20度の角度がとれるように長さ約20cmの長方形の箱をつくる。

側面の窓にレプリカグレーティングを張り付ける。その際，グレーティングのスリットの向きに注意すること。

グレーティングと反対側の面には幅1mmのスリットをつくり，光の取り入れ口とする。また，スリットと左右対象に1つずつ可動のスペクトル測定用の幅0.5mmほどの小さいスリットを指標として別の厚紙につくり(スライド指標板)，左右にスライドできるようにする。



< 実験 2 > 炎色反応観察用ゲルの作成

ビーカーに水を入れガスバーナーにかけ、湯の温度を50～60℃に保つ。
試験管にメタノール20mlを入れ、湯の中につけて暖める。

【注意事項】

メタノールは沸点が64℃であり、揮発しやすい。ガスバーナーを使用して湯を沸かすときは引火しないように注意すること。また蒸気を吸わないように注意すること。

アルミ箔でつくった容器にステアリン酸1gと塩化ナトリウム0.5gを入れ、そこへ湯で暖めたメタノールを加えてよくかき混ぜる。

かき混ぜているうちに、メタノールの温度が下がり固化する。

塩化リチウムについても同様に～を行う。

塩化カルシウム、塩化バリウムについては及びの半分の分量で同様のものをつくる。

の塩化ナトリウムとの塩化リチウムのゲルは簡易分光器によるスペクトルの観察に用いる。他は肉眼による観察に用いる。

< 実験 3 > スペクトルの観察と波長の測定

【簡易分光器によるスペクトルの波長測定の原理】

グレーティング(回折格子)は光の回折を利用してスペクトルを得る素子である。ガラスなどの表面に多数の平行な溝を刻んで作るが、この作業は困難であるのでふつうは複製したレプリカを用いる。平行な溝の間隔を格子定数という。光がグレーティングに刻まれた溝を通過するときその波長に応じた角度で回折をしていく。ここで光(スペクトル)の波長を(), 格子定数を d (), 回折角を θ とすると、次の関係式が得られる。

$$d \sin \theta = m \lambda$$

あらかじめ格子定数のわかっているグレーティングを用いてスペクトルの回折角を測定すればそのスペクトルの波長を求めることができる。この実験に用いる簡易分光器は回折格子の平面で反射された光の回折を利用しているが測定原理は同じである。また、用いたレプリカグレーティングは1cm当たり5270本の溝が刻まれているので、格子定数は、

$$d = 1 / 5270 = 1.90 \mu\text{m} = 1.90 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

である。

まず簡易分光器によって、太陽光線を観察する。簡易分光器のスリットを窓の外に向けてレプリカグレーティング側からのぞくと、スリットの左右対象の位置に連続スペクトル(プリズムで分光されたのと同じもの)が観察される。

同様にして簡易分光器を蛍光灯に向けて、蛍光灯の光のスペクトルを観察する。太陽光線のような連続スペクトルの中に細く輝く線(紫色と黄緑色)が観察される。このように細く輝く線状のスペクトルを輝線スペクトル(たんに線スペクトルともいう)という。

紫色の輝線スペクトルの位置にスライド指標板の穴をあわせて、その穴の位置の角度 θ を測る。また、黄緑色の輝線スペクトルについても同様の測定を行う。(または $\sin \theta$ を直接求めてもよい。)

塩化ナトリウムのゲルに火をつけ、簡易分光器で観察する。見えた輝線スペクトル色およびその位置の角度 θ を、と同様にして測定する。

塩化リチウムについても、と同様の測定を行う。

塩化カルシウム、塩化バリウムはその炎色反応の色を肉眼で観察する。

輝線スペクトルの波長を計算する。

< 実験 4 > スペクトルによる未知元素の特定

未知元素のスペクトルを簡易分光器によって観察し、輝線スペクトルの回折角をもとめ、波長を計算せよ。

求めた輝線スペクトルの波長を元にして、この元素が何であるか推定せよ。推定するに当たっては文献に載っている各元素のスペクトルに関するデータを参考にせよ。

【参考】スペクトルの観測による新元素の発見

19世紀中頃までに、塩類が炎に着色させること(炎色反応)、炎色反応が元素の同定に利用できることなどが化学者の間で知られていた。ハイデルベルク大学のブンゼン(化学)とキルヒホッフ(物理)は協力して炎の光をプリズムで分光してスペクトルとし、それを望遠鏡で観察する装置を開発した。各元素は、それぞれに固有の波長をもつスペクトル線を示すので、スペクトルの正確な分析によって各元素の“指紋台帳”をつくることができた。指紋台帳にのっていないスペクトルが観察されれば、新元素が発見された可能性が強かった。二人は分光器を用いて1860年に新元素セシウムを、翌年にはルビジウムを発見した。また1861年にはクルックスによってタリウムが発見された。こうしてスペクトルの観察は新元素発見の有力な手法になっていった。

1868年8月18日、インドやマレーシアでの皆既日食に際して世界各国から観測隊が送られた。このとき初めて分光器が太陽紅炎の観察に利用された。この紅炎のスペクトル線の多くは、水素やナトリウムなどよく知られた元素のスペクトル線と一致したが未知のスペクトル線も観察され、その正体に強い関心が寄せられた。観測者の一人であるロッキヤー(イギリスの天文学者)は地上に存在しない元素が太陽に存在すると考え、太陽(herios:ラテン語)にちなんで「ヘリウム」と命名した。

当時は物質の存在の有無をスペクトルだけで決めることには多くの科学者が抵抗を示したが、その後地球上でヘリウムが発見されたのは1895年のことである。

・ 実験結果

< 実験 2 > ~ < 実験 4 > の測定結果を記せ。

観察した光	色	回折角	波長(実測値)	波長(文献値)
太陽光線	赤(末端)			
	紫(末端)			
蛍光灯の光	紫			
	黄緑			
ナトリウム				
リチウム				

観察した光	色	回折角	波長（実測値）	波長（文献値）
未知元素				

・考察

未知元素のスペクトルの波長から，この元素がなんであるか推定せよ。その際，図書館などで各元素のスペクトルの波長を調べて照合せよ。文献で調べた値は，その出典を明記して以下に記せ。

未知元素のスペクトルの波長と色 () のスペクトル文献値
出典 ()

() () 色 ()

() () 色 ()

() () 色 ()

() () 色 ()

以上より未知元素は () であると推定される。

炎色反応などの輝線スペクトルと太陽光線などの連続スペクトルとは明かに異なる光である。原子スペクトルが輝線スペクトルである理由を記せ。

・反省と感想