**１．目的**

原子の発光スペクトルの波長を測定し、原子のエネルギー順位について理解する。

**２．実験方法**

2.1使用器具

　　分光計、直視分光器、水素ランプ、水銀ランプ、白熱電球、蛍光灯

* 分光計…回折角から光の波長を測定する装置。光源からの光を平行光にするコリメーター、回折格子を置く試料台、回折光を見るための回転できる望遠鏡、度目盛り板からなる。
* 直視分光器…スペクトルを簡単に見るための下図のような構造のプリズム分光器、採光窓を光源に向けてみる。スリット幅とピントの調整ができる。波長目盛りの付いたものや、吸収スペクトルを見るための試料スペースを備えたものもある。

採光窓

スリット開閉リング

スリット

対物レンズ

アミチプリズム

接眼レンズ

* 水素ランプ…水蒸気を封じたガラス放電管と、高電圧の交流電流からなる。放電によって水分子が水素原子と水酸基に解離し、水素原子が発光する。内径の小さい部分が明るい。
* 水銀ランプ…真空管に似た形状をしており、金属水銀とアルゴンガスが封入されている。アルゴンガスによる放電で管の温度が上昇し、水銀の蒸気圧が上がって水銀原子も放電状態になり発光する。
* 白熱電球・蛍光灯…普段日常生活で使っている、スタンドや天井の蛍光灯。

　2.2実験

1. 分光計の操作の仕方を理解し、光源・回折格子面・望遠鏡を調整する。
2. 直視分光器（原子の発光スペクトルを簡単に観測できるようなプリズム分光器）を用いて水素ランプ、水銀ランプ、白熱電球、蛍光灯、自然光それぞれのスペクトルを観測した。
3. 調整した分光計を用いて、水素ランプと水銀ランプのスペクトルの回折角を観測した。
4. 格子定数の決定とリベドリ定数の算出

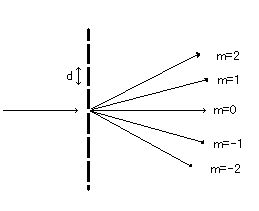
　　　・格子定数の決定

　細く絞られたコリメーターのスリットから回折格子に垂直に入射した回折格子で光は回折格子で回折される。回折された後のスペクトル線を望遠鏡で観察した。その際に目盛板で回折の次数０を基準とした回転角を測定した。回折格子には多数の刻線が等間隔に引かれており、その間隔を格子定数と呼び、1mmの間に何本の刻線が存在するかをあらわす。格子定数をｄ(mm)とすると、光が格子面に垂直に入射した場合、波長λの成分が進む方向θは

 （１）

で与えられる。ここでｍは回折の次数という。

不連続な光を入れると、当然λは連続ではない。また、式より、θも不連続であることがわかる。θが不連続であるということは、不連続な光のスペクトルを見ることができるということである。



測定値より格子定数を求めた。この場合水銀のスペクトルの波長を既知として計算を行った。まず、d=1／600（mm)として各角θに対して波長λを求めた。各波長と対応しそうな波長の性格な値と、角θから、格子定数ｄをそれぞれ求めた。

・リドベリ定数の算出

水銀ランプを使用した実験で用いた格子定数ｄを用いて水素スペクトルの波長を計算しリドベリ定数を算出した。まず、測定結果と（１）式より波長と波数を計算すた。それぞれのに対し、水素原子のリドベリ定数Rhを算出した。

つぎに、リドベリ定数R∞を算出した。

**３．結果と考察**

3.1直視分光器によるスペクトルの測定

　　　それぞれの光源についておおよそ次のように見えた

1. 水素ランプのスペクトル
2. 水銀ランプのスペクトル
3. 白熱電球のスペクトル
4. 蛍光灯のスペクトル
5. 自然光のスペクトル

　3.2分光器による回折角の測定

(1)水銀ランプのスペクトルと回折角（゜）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | ***M＝1*** | ***m＝2*** | ***m＝３*** |
| **濃紫（強）** | 14.005 | 29.083 | 46.733 |
| **濃紫** | 14.167 | 29.300 | － |
| **紫青（強）** | 15.017 | 31.505 | 51.650 |
| **若竹色** | 17.167 | 36.150 | － |
| **緑（強）** | 19.300 | 40.950 | － |
| **黄色（強）** | 20.267 | 43.800 | － |
| **黄色（強）** | 20.333 | 44.033 | － |

　　(2)水素ランプのスペクトルと回折角（゜）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | ***M＝1*** | ***m＝2*** | ***m＝３*** |
| **紫（強）** | 15.133 | 31.450 | － |
| **うすい紫** | 15.217 | 31.685 | － |
| **水色（強）** | 17.000 | 35.717 | － |
| **うすい水色** | 18.667 | － | － |
| **うすい水色** | 19.067 | － | － |
| **うすい赤** | 21.717 | － | － |
| **赤（強）** | 23.200 | 52.950 | － |

次に上記の結果と λ＝ｄsinθ／ｍ　より　λを求めたものを次の表にまとめた。また、実験書に載ってるλの正しい値から格子数ｄを求めたものを右側に書いた。

　　(1)水銀ランプのスペクトル

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 角度（゜） | λ(nm) | λ正値(nm) | ｄ格子数 |
| **濃紫（強）** | 14.005 | 403.3443 | 404.66 | 598.0 |
| **濃紫** | 14.167 | 407.9150 | 407.78 | 599.9 |
| **紫青（強）** | 15.017 | 436.1398 | 435.83 | 594.5 |
| **若竹色** | 17.167 | 491.9297 | 491.61 | 600.4 |
| **緑（強）** | 19.300 | 550.8573 | 546.07 | 605.3 |
| **黄色（強）** | 20.267 | 577.3257 | 576.96 | 600.4 |
| **黄色（強）** | 20.333 | 579.1263 | 579.07 | 600.0 |
| **濃紫（強）** | 29.083 | 405.0634 | 404.66 | 600.6 |
| **濃紫** | 29.300 | 407.8187 | 407.78 | 600.0 |
| **紫青（強）** | 31.505 | 435.4775 | 435.83 | 599.5 |
| **若竹色** | 36.150 | 491.5844 | 491.61 | 600.0 |
| **緑（強）** | 40.950 | 546.1668 | 546.07 | 600.1 |
| **黄色（強）** | 43.800 | 576.7860 | 576.96 | 599.8 |
| **黄色（強）** | 44.033 | 577.2271 | 579.07 | 600.2 |
| **濃紫（強）** | 46.733 | 404.5398 | 404.66 | 599.8 |
| **紫青（強）** | 51.650 | 435.6862 | 435.83 | 599.8 |
| 平均 599.9 |

結果よりｄの平均値は５９９．９。

　また、平均値の平均自乗誤差を計算すると、σｄは０．５となる。

　したがって　ｄ＝５９９．９±０．５となる。

　この結果より使用した回折格子の格子数は６００ということになった。

　上で求めたｄを使い水素ランプについての実験を行った。測定値と測定値から（１）式に代入して得た波長、波数を求める。波数は波長λの逆数λｰ1=ν／cのことでありであらわす。は



で求めることができる。RH が水素のリドベリ定数である。静止している原子が持つエネルギーは任意の値を取るのではなく、各状態に対応したとびとびの値を取る。この値のことをエネルギー準位というが、ｉ番目の状態から、よりエネルギーの低いｊ番目に遷移した場合、放出される光のエネルギーνは



で与えられる。水素原子のエネルギー準位でｎ＝３、４，５の準位からn＝２の準位への遷移の波長はそれぞれ656nm、486nm、434nmとなっている。

　測定結果と、算出した波長、波数、リドベリ定数、そしてエネルギー準位を表にする。

(2)水素ランプのスペクトル

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 角度（゜） | λ(nm) | 波数(m-1) | ﾘﾍﾞﾄﾞﾘ定数ＲＨ | n |
| **紫（強）** | 15.133 | 435.1879 | 2297858 | 10942181 | 5 |
| **うすい紫** | 15.217 | ~~437.5466~~ | ~~2285471~~ | － | － |
| **水色（強）** | 17.000 | 487.3836 | 2051772 | 10942784 | 4 |
| **うすい水色** | 18.667 | ~~533.5523~~ | ~~1874231~~ | － | － |
| **うすい水色** | 19.067 | ~~544.5649~~ | ~~1836328~~ | － | － |
| **うすい赤** | 21.717 | ~~616.8274~~ | ~~1621199~~ | － | － |
| **赤（強）** | 23.200 | 656.7012 | 1522763 | 10963894 | 3 |
| **紫（強）** | 31.450 | 434.8822 | 2299473 | 10949871 | 5 |
| **うすい紫** | 31.685 | ~~437.7950~~ | ~~2284174~~ | － | － |
| **水色（強）** | 35.717 | 486.5824 | 2055150 | 10960800 | 4 |
| **赤（強）** | 52.950 | 665.0917 | 1503521 | 10825351 | 3 |
| 平均10930813 |

　水素のﾘﾍﾞﾄﾞﾘ定数の平均値は10930813

　また平均値の平均自乗誤差は21410

　よって、ＲＨ＝10930813±21410

次にリドベリ定数R∞ を算出する。 RH は次の式であらわされる。



これに対してR∞は



と定義される。



より、

＝10925350±21399

となる。

　次に水素原子のリドベリ定数とリドベリ定数の理論値を求める。

　電子の電荷、真空の誘電率、原子の質量、プランクの定数にそれぞれ定数を代入して計算したところ、水素原子のリドベリ定数のリドベリ定数とリドベリ定数は次のようになった。

ＲH ＝10973732　　　　 R∞ ＝10968247

実験で求めた水素原子のリドベリ定数とリドベリ定数とこの理論値を比べると、水素原子のリドベリ定数では約０．２％、リドベリ定数でも約０．２％とかなりいい値まで近づいているので今回の実験は成功だったと言えると思う。

　今回は回折格子を使って分光を行ったが、ほかにも分光がおこるものが存在する。その代表的なものがプリズムである。プリズムは光の屈折角がその波長に応じて変わることを用いた一種の分光器である。これはスリットをでた光が波長に応じてある角度だけ曲がることを用いた回折分光器と同じ性質を持っている。両者ともにホイヘンスの定理を用いた波動現象である。また、自然現象として虹も光が入射してさまざまな方向に屈折し、波長が変化して、七色に見えるのも同じである。

　今回実験で光源として白熱電球と蛍光灯を用いたが、この二つの違いについて少々考察してみる。

　白熱電球はエジソンが京都の竹を原料に作った話が有名だが、原理としては、ガラス球の中のフィラメントに電流を流し、２０００℃以上に加熱し熱放射による発光を利用したランプである。

　白熱電球の発光は、高温のフィラメントからの熱放射であって、高温になると物質内部での原子分子イオンなどの熱振動が活発になることによって、エネルギーが放射される現象で、連続スペクトルの白熱発光である。このようなことから、白熱電球のスペクトルは自然光（つまり太陽からの熱放射による光）のスペクトルと同じだということが分かる。

　これに対し、蛍光灯では低圧の水銀蒸気を管内に密封し、この蒸気中の放電によって放射される紫外線が管内の表面に塗ってある蛍光体を励起して、可視光に変換した光を主として利用するランプである。管内に水銀があるせいか蛍光灯のスペクトルを見ると水銀ランプのスペクトルとほとんど同じようなところに色が少し薄いところがあり、蛍光灯と水銀が何らかの関係があることがこのことからも分かる。

**４．結論**

　水素ランプや水銀ランプのスペクトルを測定することによって、波長や格子定数、リベドリ定数を求めることができた。

　また、原子のエネルギー準位がとびとびであるということも改めて確認できた。