**・目的**

水銀ランプと水素ランプのスペクトルを観察し、その結果から波長や格子定数、リドベリ定数を算出する。また、実験を通して原子のエネルギー準位を理解する。

**・実験方法**

・直視分光器での各原子のスペクトルの観察

直視分光器とは原子の発光スペクトルを容易に観察するためのプリズム分光器である。使用方法は、採光窓を光源に向けて、ピント調整、スリットの調整を行えばよい。実験は、蛍光燈、水銀ランプ、水素ランプの各光源について行い、その様子をスケッチした。

・分光計でのスペクトルの観察

・準備、注意点

まず、実験所にかいてあるように、分光計のネジの調整、望遠鏡と回折格子面の調節、を行う。実験は目盛板と望遠鏡を連動させて行う。ここで調節を怠るとデータが正確に取ることができないので、慎重に行った。回折格子の格子面は手で触れてはいけない。

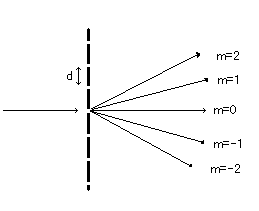
・格子定数の決定

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る。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う。まず、d=1／600（mm)として各角θに対して波長λを求める。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をそれぞれ求める。

・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する。まず、測定結果と（１）式より波長と波数を計算する。それぞれのに対し、水素原子のリドベリ定数Rhを算出する。

つぎに、リドベリ定数R∞を算出する。

**・結果、考察**

・直視分光器での各原子のスペクトルの観察

各光源についてのスケッチを示す。

蛍光燈 水銀ランプ 水素ランプ

スケッチより、分光計で見たスペクトルも同様のスペクトルが見ることができると予測できる。

・分光計でのスペクトルの観察

・実験結果

水銀ランプのスペクトルの測定値を表１にまとめる。

（m＝0の時の値12°55‘)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ***m＝1*** | ***m＝2*** | ***m＝－1*** | ***m＝－2*** |
| **濃紫（強）** | 26°07‘ | 41°03‘ | 358°07‘ | 343°00‘ |
| **濃紫** | 26°15‘ | 41°18‘ | 357°57‘ | 342°44‘ |
| **紫青（強）** | 27°14‘ | 43°35‘ | 356°55‘ | 340°20‘ |
| **若竹色** | 29°10‘ | 48°09‘ | 354°56‘ | 335°46‘ |
| **緑（強）** | 31°12‘ | 52°57‘ | 352°57‘ | 331°09‘ |
| **黄色（強）** | 32°22‘ | 55°50‘ | 351°51‘ | 328°18‘ |
| **黄色（強）** | 32°26‘ | 56°01‘ | 351°46‘ | 328°02‘ |

格子定数ｍが１、2の時のd=1／600(nm)と仮定した時の波長、その波長に対する正値、両者から算出した格子数を表２にまとめた。

ｍ＝１の時

 より 

同様にm=2の時



で求めることができる。

（m＝0の時の値12°05‘) ｍ＝１

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***色*** | ***度*** | ***分*** | ***角度*** | ***θ*** | ***λ（nm）*** | ***正値（nm）*** | ***格子数*** |
| **明紫** | 26 | 07 | 26,033 | 13.95 | 401.79 | 404.6563 | 595.8 |
| **暗紫** | 26 | 15 | 26,250 | 14.167 | 407.914 | 407.7831 | 600.2 |
| **青** | 27 | 14 | 27,233 | 15.15 | 435.578 | 435.8328 | 599.6 |
| **黄緑** | 29 | 10 | 29,167 | 17.048 | 488.621 | 491.6098 | 596.4 |
| **緑** | 31 | 12 | 31.200 | 19.117 | 545.83 | 546.0735 | 599.7 |
| **黄色** | 32 | 22 | 32.367 | 20.284 | 577.789 | 576.9598 | 600.9 |
| **黄色** | 32 | 26 | 32.433 | 20.35 | 579.598 | 579.0663 | 600.5 |

平均の格子数＝599.0

（m＝0の時の値12°05‘) ｍ＝2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***色*** | ***度*** | ***分*** | ***角度*** | ***θ*** | ***λ（nm）*** | ***正値*** | ***格子数*** |
| **明紫** | 41 | 03 | 41.050 | 28.967 | 403.59 | 404.6563 | 598.4 |
| **暗紫** | 41 | 18 | 41.300 | 29.217 | 406.77 | 407.7831 | 598.5 |
| **青** | 43 | 35 | 43.583 | 31.500 | 435.42 | 435.8328 | 599.4 |
| **黄緑** | 48 | 09 | 48.150 | 36.067 | 409.61 | 491.6098 | 598.8 |
| **緑** | 52 | 57 | 52.950 | 40.867 | 545.25 | 546.0735 | 599.1 |
| **黄色** | 55 | 50 | 55.833 | 43.750 | 576.26 | 576.9598 | 599.3 |
| **黄色** | 56 | 01 | 56.017 | 43.937 | 578.22 | 579.0663 | 599.1 |

平均の格子数＝598.9

m＝1の時のsinθをX軸にとり、水銀の原子スペクトルの正値を縦軸に取ってグラフ１をかく。このグラフの傾きが格子定数ｄである。グラフから、θとスペクトルの波長は比例することがわかる。

ｍ＝１の時とｍ＝２の時の各場合のｄついて平均値と平均値の平均自乗誤差を計算すると

d＝598.9±0.4 (mm)

よってこの実験で使用した回折格子の格子定数ｄが求まった。

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。

（m＝0の時の値12°05‘) ｍ＝１

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***色*** | ***度*** | ***分*** | ***角度（°）*** | ***θ*** | ***λ（nm）*** |  | ***リドベリ定数*** | ***ｎ*** |
| **紫** | 27 | 10 | 27.167 | 15.084 | 434.118 | 2.303 | 1.0967 | 5 |
| **青** | 29 | 01 | 29.017 | 16.934 | 486.016 | 2.057 | 10.971 | 4 |
| **赤** | 35 | 25 | 35.417 | 23.334 | 660.921 | 1.513 | 1.0893 | 3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **紫** | 356 | 50 | 356.833 | 15.250 | 438.897 | 2.278 | 1.0847 | 5 |
| **青** | 354 | 52 | 354.867 | 17.216 | 493.867 | 2.024 | 1.0795 | 4 |
| **赤** | 348 | 44 | 348.733 | 23.350 | 661.349 | 1.512 | 10.886 | 3 |

（m＝0の時の値12°05‘) ｍ＝２

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***色*** | ***度*** | ***分*** | ***角度*** | ***θ*** | ***λ（nm）*** |  | ***リドベリ定数*** | ***ｎ*** |
| **紫** | 43 | 33 | 43.550 | 31.467 | 435.551 | 2.296 | 1.0933 | 5 |
| **青** | 47 | 54 | 47.900 | 35.817 | 488.234 | 2.048 | 1.1456 | 4 |
| **赤** | 58 | 37 | 58.167 | 46.084 | 600.999 | 1.663 | 1.1973 | 3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **紫** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **青** |  |  | 測定不能 |  |  |  |  |  |
| **赤** |  |  |  |  |  |  |  |  |

ｍ＝１の時とｍ＝２の時の各場合の RH ついて平均値と平均値の平均自乗誤差を計算する。

RH ＝1.108±0.013

よって水素原子のリドベリ定数RH がもとまった。

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、



となる。

次に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、

ＲH ＝ 1.09791

R∞ ＝ 1.09737

となった。実験の測定値と比較してみると水素のリドベリ定数の方は0.9%の誤差が生じており、リドベリ定数の方は0.8%の誤差が生じている。誤差が生じてしまった理由を考えると、まず回折格子を設置する位置のことが考えられる。回折格子が光に対して垂直ではなかったために誤差が生じたのではないだろうか。回折格子をのせる台が、望遠鏡を動かす際に、いっしょに動いてしまったとも考えられる。分光計のネジをしっかり確認してから実験を行う必要があった。もし格子定数ｄ生じている場合、ｄの微少な誤差でもλに大きな誤差が生じてしまうので、非常に細部までのデータの取得が要求されると思う。また、より正確な値を得るためには回折格子を変えてみてはどうだろうか。式 λ=ｄsinθ／mの性質上、ｄが大きく、ｍが小さい場合測定できる波長の範囲が広がる。しかし、ｄが小さく、mが大きい場合の方がより短い波長まで測定できると思われるので、より高精度なデータとなるのではないだろうか。

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。

**・感想**

実験装置の使用方法に手間取ってしまい、スムーズに実験が行えなかった。スペクトルを観察している時、スペクトルが薄かったりして非常に見にくい部分があり、正確な測定が困難なものがあった。また似たような色のスペクトルがあり、非常に測定するのに時間がかかってしまった。今回の実験で予習の必要性を痛感した。