# 1.目的

改善部分については赤色の字で記した。

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.方法

(1)使用器具

水素ランプ、水銀ランプ、直視分光器、分光計

(2)操作

1.水銀ランプ,水素ランプ,蛍光灯それぞれのスペクトルを直視分光器によって観察した。

2.分光計を調整した上で,水銀ランプ,水素ランプのスペクトルの回折角を測定した。

3.結果

1.直視分光器によるスペクトルの測定

(1)水銀のスペクトルは以下の様だった。

(2)水素のスペクトルは以下の様だった。

(3)蛍光灯のスペクトルは以下の様だった。

2.分光器による回折角の測定

(1)水銀のスペクトルは以下のようになった。

表1:水銀スペクトルの回折角(0～90)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 回折角 | スペクトルの色 | ｄ=1/60000とした時のλ | 正しいλの値（nm） |
| 14°01′ | 紫 | 403.36（nm） | 404.66 |
| 14°09′ | 紫 | 407.44 | 407.78 |
| 15°06′ | 紫 | 434.17 | 435.83 |
| 17°06′ | 若草 | 490.07 | 491.61 |
| 19°05′ | 緑 | 544.91 | 546.07 |
| 20°10′ | 黄 | 574.58 | 576.96 |
| 20°18′ | 黄 | 578.23 | 579.07 |
| 29°00′ | 紫 | 404.01 | 404.66 |
| 29°13′ | 紫 | 406.76 | 407.78 |
| 31°30′ | 紫 | 435.42 | 435.83 |
| 40°54′ | 緑 | 545.62 | 546.07 |
| 43°45′ | 黄 | 576.26 | 576.96 |
| 44°00′ | 黄 | 578.88 | 579.07 |
| 51°33′ | 紫 | 435.08 | 435.83 |

表2:水銀ランプのスペクトルの回折角(0～－90)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 回折角 | 360－ｘ(Deg) | スペクトルの色 | d=1/60000とした時のλ | 正しいλの値 |
| 345°52′ | 14.1333333333 | 紫 | 406.96(nm) | 404.66(nm) |
| 345°45′ | 14.25 | 紫 | 410.25 | 407.78 |
| 344°45′ | 15.25 | 紫 | 438.38 | 435.83 |
| 342°43′ | 17.2833333333 | 若草 | 495.16 | 491.61 |
| 340°44′ | 19.2666666666 | 緑 | 549.94 | 546.07 |
| 339°36′ | 20.4 | 黄 | 580.95 | 576.96 |
| 339°33′ | 20.45 | 黄 | 582.31 | 579.07 |
| 330°59′ | 29.0166666666 | 紫 | 404.22 | 404.66 |
| 330°48′ | 29.2 | 紫 | 406.54 | 407.78 |
| 328°19′ | 31.6833333333 | 紫 | 437.68 | 435.83 |
| 318°54′ | 41.1 | 緑 | 547.81 | 546.07 |
| 316°04′ | 43.9333333333 | 黄 | 578.18 | 576.96 |
| 315°50′ | 44.1666666666 | 黄 | 580.62 | 579.07 |
| 308°14′ | 51.7666666666 | 紫 | 436.38 | 435.83 |

表3：各測定値から今度はｄの値をもとめる。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 回折角θ | 次数ｍ | 波長λ(nm) | ｄ(m) | |残差|(m) | 残差の自乗(m2) |
| 14°01′ | 1 | 404.66 | 1.671\*10-6 | 5.9\*10-９ | 34.81\*10-15 |
| 14°09′ | 1 | 407.78 | 1.668\*10-6 | 2.9\*10-９ | 8.41\*10-15 |
| 15°06′ | 1 | 435.83 | 1.673\*10-６ | 7.9\*10-９ | 62.41\*10-15 |
| 17°06′  小数点以下６０進 | 1 | 491.61 | 1.672\*10-６ | 6.9\*10-９ | 47.61\*10-15 |
| 19°05′ | 1 | 546.07 | 1.670\*10-６ | 4.9\*10-９ | 24.01\*10-15 |
| 20°10′ | 1 | 576.96 | 1.674\*10-６ | 8.9\*10-９ | 79.21\*10-15 |
| 20°18′ | 1 | 579.07 | 1.669\*10-６ | 3.9\*10-９ | 15.21\*10-15 |
| 29°00′ | 2 | 404.66 | 1.669\*10-６ | 3.9\*10-９ | 15.21\*10-15 |
| 29°13′ | 2 | 407.78 | 1.670\*10-６ | 4.9\*10-９ | 24.01\*10-15 |
| 31°30′ | 2 | 435.83 | 1.668\*10-６ | 2.9\*10-９ | 8.41\*10-15 |
| 40°54′ | 2 | 546.07 | 1.668\*10-６ | 2.9\*10-９ | 8.41\*10-15 |
| 43°45′ | 2 | 576.96 | 1.669\*10-６ | 3.9\*10-９ | 15.21\*10-15 |
| 44°00′ | 2 | 579.07 | 1.667\*10-６ | 1.9\*10-９ | 3.61\*10-15 |
| 51°33′ | 3 | 435.83 | 1.670\*10-６ | 4.9\*10-９ | 24.01\*10-15 |
| 14.13333 | 1 | 404.66 | 1.657\*10-６ | 8.1\*10-９ | 65.61\*10-15 |
| 14.25 | 1 | 407.78 | 1.657\*10-６ | 8.1\*10-９ | 65.61\*10-15 |
| 15.25 | 1 | 435.83 | 1.657\*10-６ | 8.1\*10-9 | 65.61\*10-15 |
| 17.28333  小数点以下十進 | 1 | 491.61 | 1.655\*10-６ | 10.1\*10-9 | 102.01\*10-15 |
| 19.26666 | 1 | 546.07 | 1.655\*10-６ | 10.1\*10-9 | 102.01\*10-15 |
| 20.4 | 1 | 576.96 | 1.655\*10-６ | 10.1\*10-9 | 102.01\*10-15 |
| 20.45 | 1 | 579.07 | 1.657\*10-６ | 8.1\*10-9 | 65.61\*10-15 |
| 29.01666 | 2 | 404.66 | 1.668\*10-６ | 2.9\*10-9 | 8.41\*10-15 |
| 29.2 | 2 | 407.78 | 1.671\*10-６ | 5.9\*10-9 | 34.81\*10-15 |
| 31.68333 | 2 | 435.83 | 1.660\*10-６ | 5.1\*10-9 | 26.01\*10-15 |
| 41.1 | 2 | 546.07 | 1.662\*10-６ | 3.1\*10-9 | 9.61\*10-15 |
| 43.93333 | 2 | 576.96 | 1.663\*10-６ | 2.1\*10-9 | 4.41\*10-15 |
| 44.16666 | 2 | 579.07 | 1.662\*10-６ | 3.1\*10-9 | 9.61\*10-15 |
| 51.76666 | 3 | 435.83 | 1.665\*10-６ | 0.9\*10-9 | 0.81\*10-15 |
| 平均 |  |  | 1.6651\*10-6 | 計152.4\*10-6 | 1032.68\*10-15 |

したがって、ｄの実験値は1.6651\*10-6

また、平均自乗誤差は√(1032.68\*10-15)/（27\*28）＝√1.3659788\*10-15

＝3.695915091\*10-8なので、

実験値は（1.6651±0.037）\*10-6(m)となる。

(2)水素のスペクトルは以下の表のようになった。

表4:水素のスペクトルの回折角

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 回折角θ | 色 | 次数 | ｄSinθ/ｍ（10-6） | 真空中のλ | 波数(ｍ-1) |
| 16°43′ | 青 | 1 | 478.95(nm) | 479.09(nm) | 2087200 |
| 23°03′ | 赤 | 1 | 651.94 | 652.14 | 1533400 |
| 35°31′ | 青 | 2 | 483.66 | 483.81 | 2066900 |
| 51°47′ | 赤 | 2 | 654.12 | 654.32 | 1528300 |
| 342°51′ | 青 | 1 | 491.00 | 491.15 | 2036000 |
| 336°41′ | 赤 | 1 | 659.07 | 659.27 | 1516800 |
| 324°10′ | 青 | 2 | 487.40 | 487.55 | 2051100 |
| 307°35′ | 赤 | 2 | 659.77 | 659.97 | 1515200 |

ここで、水素の青色スペクトルはλ＝486.133(nm)、j=4,i＝2赤色スペクトルはλ＝656.285(nm)、j=4,i＝2なので、上記の4つの赤のスペクトルの波数について計算して,

表5:リュードベリ定数１

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 波数(m-1) | RH(m-1) | ｜残差｜(m-1) | 残差の自乗(m-2) |
| 1533400 | 11040480 | 62017 | 3846066944.44437 |
| 1528300 | 11003760 | 25297 | 639921344.44441 |
| 1516800 | 10920960 | -57503 | 3306633344.44452 |
| 1515200 | 10909440 | -69023 | 4764220544.44453 |
| 2087200 | 11131733 | 153270 | 23491692900.00000 |
| 2066900 | 11023467 | 45003 | 2025300011.11100 |
| 2036000 | 10858667 | -119797 | 14351241344.44470 |
| 2051100 | 10939200 | -39263 | 1541609344.44449 |
| 平均 | 10978463 | 合計 | 53966685778 |

したがって、平均自乗誤差は√（53966685778/56）＝31043

RH＝（10978±31）\*103(m-1)といえる。

ところで,この測定は間接測定なので,平均自乗誤差よりも,誤差の伝播によって誤差を考えなければならない。RH＝（定数）\*波数　で、波数＝波長-1＝空気の屈折率\*ｄＳｉｎθ/ｍつまりRH＝（定数）\*ｄＳｉｎθといえるので、σRh＝（｜σｄ/ｄ｜+｜σSinθ/Sinθ｜）Rh…①

ここで、θについては,各スペクトルの回折角について複数回測定したわけでは無いので,平均自乗誤差については考えられ無い様に思うが,その誤差が最大の時を目安に,これ以上の誤差は無いと言う点を調べるなら,θの誤差は最大で0.016666°であり、Sin（θ+Δ）-Sinθが一番大きくなる時を考えると,θ＝0°のときだろうから、そのときのθの誤差を考えると,0.0003となる。また、｜Sinθ｜が最も小さいのは16°43′のときだから、Sinθの最大読み取り誤差を0.0003として、①式を計算すると,(次頁)

σRh＝（｜0.037/1.6651｜+｜0.0003/0.2876｜）Rh＝（0.022220887+0.001043115）Rh

＝0.023264002Rh

したがって、RH＝（10978±260）\*103(m-1)といえる。

ここで、R∞について考えると,R∞＝1.0005RHだから、R∞＝（10983±260）\*103(m-1)といえる。

4.考察

1.直視分光器によるスペクトルの観察

実験書によれば,各スペクトルは

水素：赤656(nm),青486(nm)

水銀：黄579(nm)黄577(nm)緑546(nm)若竹492(nm)紫青436(nm)紫408(nm)紫405(nm)

なので、おそらく水素ランプは両方のスペクトルが観察できているが,水銀ランプでは,若竹492(nm)紫408(nm)紫405(nm)のスペクトルが観察できていない。実験書にもあるとおり,これらのスペクトルの強度が弱かったために,観察できなかった物と思われる。蛍光灯については,気体状態の水銀に熱電子があたることによって放出される紫外線を,管の内壁に塗られている蛍光塗料によって可視光線へと変換しているが,スペクトルが連続になっていることからも,内部では物質を白熱させて発光しているだろうことが伺える。

2.分光器による回折角の測定

実験では,水銀スペクトルでは1次の回折光はすべてが確認できたが,2次では若草色の約492nmの回折光が確認できず,また、3次回折光では,青紫の約436nmのスペクトルのみしか確認できなかった。これは入射角が大きくなるにしたがって,反射率が下がるからなのだろう。

3.λとSinθの相関について

結果の処理はｄ＝ｍλ/Sinθとして計算してしまっているが,これをλをｙ軸,Sinθをｘ軸に取ったグラフから推測することができる。(グラフ1)ここで、1次回折光の傾きは約1.65、2次回折光の傾きは約0.8、3次回折光の傾きは約0.55となり,これは理論地のｄ/ｍ\*106＝1.6651、0.83255、0.55503にごく近い値となっている。

4.求めたリュードベリ定数について

実験で求めた

RH＝（10978±31）\*103(m-1)、R∞＝（10983±31）\*103(m-1)

だった。これに対し,その理論値は

RH＝10968\*103(m-1)、R∞＝10974\*103(m-1)

であり、誤差を含めると,ほとんど同じ値が求まったといっていい。計算はしないが,やはり,格子間隔を１/60000と決めてしまわずに,それぞれの回折格子の間隔を求めたからこそこの精度なのだろう。

5.物質の光学的性質について。

残念ながら手元の資料について,良く理解できたわけではないが,不連続なスペクトルに関しては,気体または蒸気中のイオンあるいは分子から発せられ,それは個々の粒子の種類に固有のスペクトルであるために,スペクトルの強度と波長を測定することによって,発光元の物質を特定することができる。ということらしい。その応用については,遠方の恒星の化学的元素の特定や,化学および物理的な分析,原子および分子の発光機構の研究,原子核の性質の研究などであるらしい。中でも,赤外線吸収スペクトルについては,ラマンスペクトルと共に物質の同定に用いられる。赤外線の領域の吸収は分子振動エネルギー準位間の変動によって起こることが多いので,有機化合物の官能基の縮小,偏角振動などが測定でき,水酸基,カルボニル基,アミノ基などの推定に利用できる。他にも,フマル酸とマレイン酸の選別などにも用いることができるらしい。

5.参考文献

｢ブリタニカ国際百科事典｣　F.B.ギブニー　TBSブリタニカ　1975年