

【原子スペクトル】（教科書 § 2.2 (ボーアの原子) の序)

参考書：「基礎科学実験 A」テキストの「光のスペクトル」

キーワード：スペクトル、連続スペクトルと線スペクトル、発光スペクトルと吸収スペクトル、  
 フラウンホーファー線、基底状態、励起状態、励起、遷移、エネルギー準位、単色光

演習 1) スペクトルとは何か。スペクトルはどのようにして測定するか。

演習 2) ナトリウムランプの黄橙色の発光が細い線スペクトルである理由を説明せよ。

演習 3) ナトリウムランプの黄橙色の発光(輝線)の波長とナトリウムによる吸収で生じた暗線の波長が等しい理由を説明せよ。

演習 4) フラウンホーファー線とは何か。それによって何がわかるか。

演習 5) 3つのエネルギー準位、 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ がある。 $E_3$ から $E_2$ への遷移の発光の波長が $\lambda_{32}$ 、 $E_2$ から $E_1$ への遷移の発光の波長が $\lambda_{21}$ であるとき、 $E_3$ から $E_1$ への遷移の発光の波長 $\lambda_{31}$ を求めよ。

★演習 6)  $E_3$ から $E_2$ への遷移の発光の波長が 656nm、 $E_2$ から $E_1$ への遷移の発光の波長が 122 nm であるとき、 $E_3$ から $E_1$ への遷移の発光の波長を求めよ。

★演習 7) エネルギー準位が 4つあるとき、理論上可能な発光遷移はいくつあるか。一般にエネルギー準位が  $n$  個あるときでは、いくつあるか。

教科書 p.34 問題 6

#### 連絡事項

- ・ 6月3日(火) 2限休講 m( )m
- ・ office hour : 5月22日(木) 2限 ; 東1号館 115号室 (山田)  
 有効数字(加減、乗除)を判りたい人
- ・ web page : <http://www.e-one.uec.ac.jp/~shyamada/1A/01.html> ; シラバスからリンク

返却レポート回答(プリント②の★) 6) a) 19.59 b) 30.45

$$1) 0) \pi r^2 = \pi \times (5.5\text{m})^2 = 95\text{m}^2, \pi r^2 = \pi \times (5.60\text{m})^2 = 95.0\text{m}^2$$

四捨五入はできるだけ1回だけにする。もし筆算で計算しなければいけないときは、 $\pi$ の値は、答の有効数字の桁数より1桁多く(3.14、3.142)とるとよい。

#### 【原子スペクトル】 解答(例)

- 1) スペクトルとはある光(電磁波)の強度が波長によってどのように異なるか(波長依存性)をグラフ等であらわしたものがスペクトルである。光を波長で分ける装置は分光器といい、かつては屈折率が波長により異なることを利用してプリズムが使われたが、現在は回折格子が使われる。スペクトルには物質が出す光を分析する発光スペクトルと、物質がどの波長の光を吸収するかを調べる吸収スペクトルがある。1年次物理学実験の「光のスペクトル」は発光スペクトル、化学実験の「赤外線スペクトル」「紫外線スペクトル」は吸収スペクトルである。
- 2) 原子のエネルギー準位(エネルギーの高さ)は原子核と電子の間のクーロン力で決まるから、その間の距離にのみ依存する。K殻とL殻はそれぞれ(高校では)同心円であるから、

それぞれのエネルギー準位  $E_2$ 、 $E_1$  は一定の値のみとることができる。遷移の波長  $\lambda$  は  $\lambda = (E_2 - E_1) / hc$  であるからただ1つの値しかとることができないので、ナトリウムランプの輝線は単色光となる。以上を一言で表現するなら、スペクトルが不連続なのは、エネルギー準位が不連続なためである。

- 3) Na ランプの輝線は  $E_2$  から  $E_1$  へ、暗線は逆に  $E_1$  から  $E_2$  への遷移である。その2種類の遷移の波長は  $\lambda$  はどちらの場合も  $E_1$  と  $E_2$  のエネルギー差でのみ決まるから、等しい。
- 4) フラウンホーファー線とは太陽のスペクトルの中にあるたくさんの暗線のこと。19世紀にこれを見つけた科学者の名前から名付けられた。これによって太陽から観測者までの間にある物質（太陽および地球の大気の成分：原子や分子など）がわかる。ナトリウムランプのオレンジ色の発光を Na-D 線というのは、フラウンホーファー線のうち主な暗線に順に A, B, C, D, E... と名付けた名残である。（なお A, B は  $O_2$ 、C は H 原子、E は Fe 原子）
- 5) 題意より  $E_3 - E_2 = hc / \lambda_{32}$ 、 $E_2 - E_1 = hc / \lambda_{21}$   $\therefore$  両辺をたすと  $E_3 - E_1 = hc / \lambda_{32} + hc / \lambda_{21}$   
一方  $E_3 - E_1 = hc / \lambda_{31}$   $\therefore hc / \lambda_{31} = hc / \lambda_{32} + hc / \lambda_{21}$   $\therefore 1 / \lambda_{31} = 1 / \lambda_{32} + 1 / \lambda_{21}$

- Q&A Q: ナトリウムの輝線が1本しかないのは、励起状態が1つしかないからか? A: 励起状態は理論上は無数にある。輝線が1本しかないのは、他のすべての遷移ではエネルギーを光として発するよりも、熱として放出する方が優先的に起こるためである。
- Q: 物理学実験の「光のスペクトル」ではナトリウムランプの発光は単色光ではなく、小さい分裂のある2重線なのはなぜか? A: この授業のもう少し先で学ぶので待っていて下さい。
- Q: ナトリウム原子に 589nm の光を照射したときその光が吸収されたとしても、吸収されたエネルギーは再び光として放出されるから、結局光のエネルギーの吸収は起こらないのではないか。 A: たしかに吸収されたエネルギーの一部は再び発光するが、大部分のエネルギーは熱として失われるし、その2次の発光も再び次の原子に吸収されるから最終的にはすべてその波長の光は吸収されることになる。

-----  
今回の予習項目：教科書 p.24 2.2 ボーアの原子（引き続き）