

## 休講のお知らせ

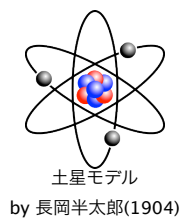
- 11月26日は学会参加のため休講
- 12月10日は学会運営のため休講
- 正規の金曜日の休講日は他に11月19日(大学祭)と1月14日(センター試験)です。

## 今日の目標

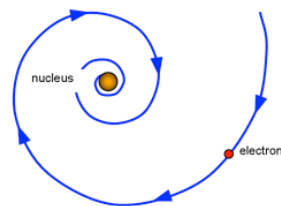
- 原子の内部構造 (歴史)
- 光とスペクトル
- (不確定性原理)
- 電子軌道

## 先週のまとめの問題

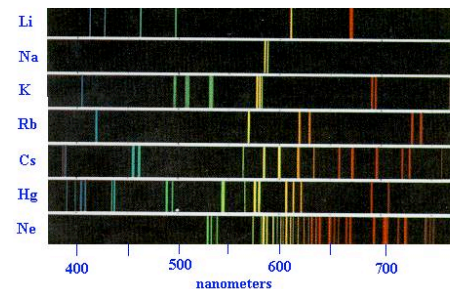
## 初期の原子モデル



## 問題点



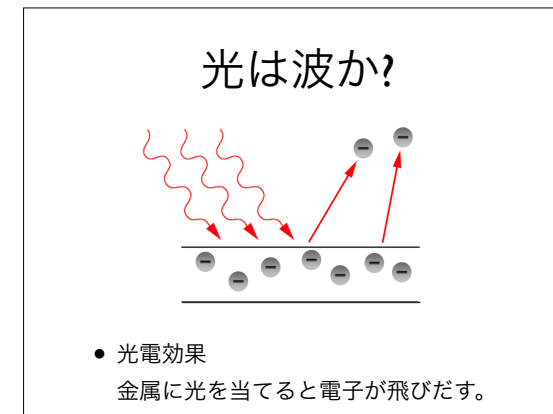
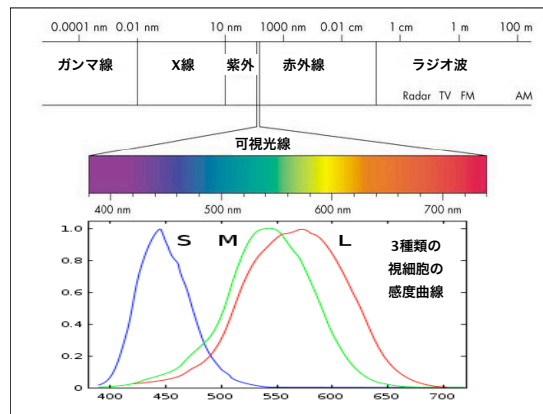
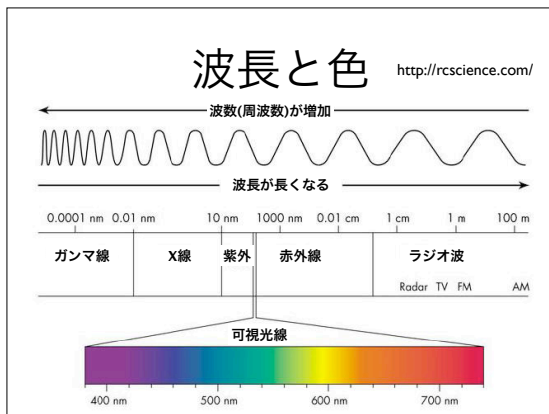
## 原子の発する光



原子の放つ光をプリズムで分ける。  
“スペクトル”: 元素によって全く異なる。

[http://faculty.sdmiramar.edu/fgarces/LabMatters/Instruments/AA/AAS\\_Theory/AtomicLineOrigins.htm](http://faculty.sdmiramar.edu/fgarces/LabMatters/Instruments/AA/AAS_Theory/AtomicLineOrigins.htm)

## 光とは?

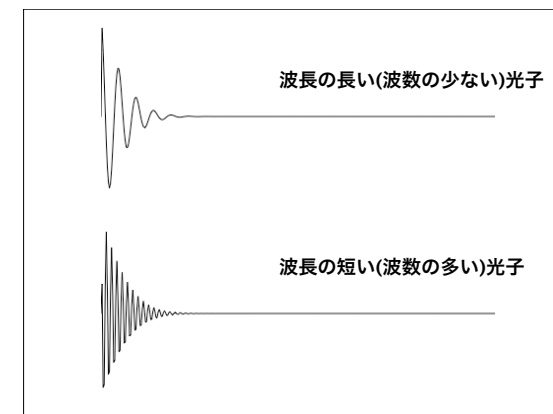


## 光電効果の性質

- 飛び出てくる電子の数は、光の強さに比例している
- 波長がある値より長い光では、どんなに強い光でも出てこない
- 波長がある値より短い光では、どんなに弱くても出てくる

## 光のエネルギー

- “光の二重性” 粒子であり、波である
- 粒子としての光  
光子が多いほどエネルギーが高い
- 波としての光  
波長が短いほどエネルギーが高い



## 「粒子の二重性」

- de Broglieの主張  
「すべての粒子は波をとみなす」  
あるいは  
「すべての粒子は波とみなせる」
- de Broglieの関係式  
 $mv = p = h/\lambda$

## 練習問題

- (1) 波長450nmの光子の運動量は?
- (2) 10000Vの電位差で加速された電子の速度は  $6 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  である。電子の質量を  $9 \times 10^{-31} \text{ kg}$  として、電子の波長を求めよ。

- プランク定数  $h$  は  $7 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  とする。  
計算はMKSA単位系で。

## まとめI

- 原子の発する光は不連続スペクトル
- 光の二重性
- 粒子は波でもある

## 原子の構造

- 電子はどこにある？
- 電子は原子核の周りを「回る」？
- 電子は波でもある。
- 電子は負の電荷を持ち、原子核にひきつけられている。

## 電子軌道の条件

- 電子の速度と質量
- 軌道半径 (クーロン力でバランス)
- 共鳴条件(波としての電子)

## 共鳴

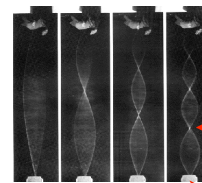
- 電子も波。
- 核のクーロン力で、原子内の電子は閉じこめられている。
- 領域に閉じこめられた波は、共鳴しないと相殺して消えてしまう。

## エネルギーの単位について

- 化学の単位:  $\text{J mol}^{-1}$
- 粒子としての単位:  $\text{eV}$
- 波としての単位:  $\text{cm}^{-1}$
- 熱としての単位:  $\text{K}$

## 1次元の波

- 弦のどの部分をどのように弾いても、定在波の足しあわせだけが生き残る。

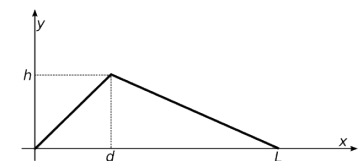


[http://www.meta-synthesis.com/webbook/34\\_qn/qn\\_pt.html](http://www.meta-synthesis.com/webbook/34_qn/qn_pt.html)

←“節”

振動数多い=音が高い=波長短い=エネルギー高い

## 現実の弦の振動



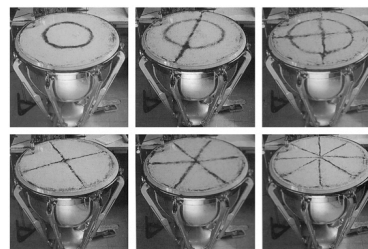
はじく直前の、ギター弦の形

## 2次元の波

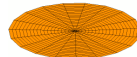
一箇所を  
とんとん叩く  
(機械で)



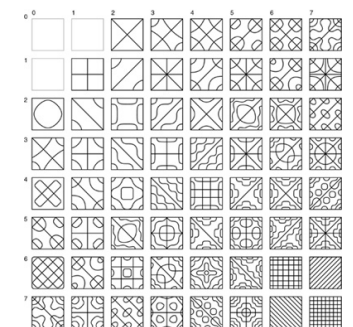
砂をまく



定在波の節の部分に砂が集まる！



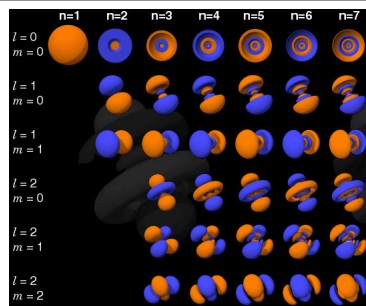
[http://www.meta-synthesis.com/webbook/34\\_qn/qn\\_pt.html](http://www.meta-synthesis.com/webbook/34_qn/qn_pt.html)



四角い鉄板をたたいた場合の定在波の節  
Waller, M. D. (1961) Chladni Figures: A study in symmetry. London: G. Bell & Sons.

## 3次元の定在波?

- クーロン力で原子核の周囲に閉じこめられた電子の定在波の形は?



原子核にとらえられた電子の定在波  
オレンジと青は波の“山”と“谷”を表す。

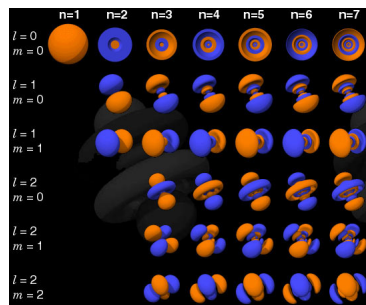
<http://chemlinks.beloit.edu/Stars/pages/orbitals.html>

## 電子軌道

- 電子の定在波の振動数は、とびとびの値をとる。
- 節の多い波ほど高エネルギー、かつ空間的に広がっている。
- 同じエネルギーの定在波が複数ある。

## 光と電子の関係

- 電子が、違う定在波の状態に変化して、余った/足りなくなったエネルギーを、光を放出/吸収して補う、と考える?



電子はどの定在波を選ぶか?

電子が多数ある場合は?

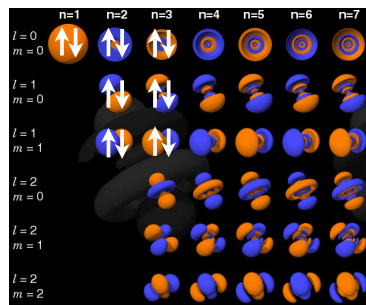
<http://chemlinks.beloit.edu/Stars/pages/orbitals.html>

## パウリの排他原理

- 電子は「同じ状態」をとらない。

## 電子のスピン状態

- 電子は2つのスピン状態を持つ。
- 矢印で表現する。  
↑上向きか、↓下向きか。
- スピン状態が異なる電子は同じ軌道に入ることができる。



電子は、これらの「軌道」を、エネルギーの低い状態から順に埋めていく。

<http://chemlinks.beloit.edu/Stars/pages/orbitals.html>

## 電子軌道

- 原子核の周囲に、エネルギー(波数)の異なるいくつかの「軌道」がある。
- 1つの軌道には電子は2つまで入れる。
- 電子が軌道から軌道へ移る時に、エネルギー差に相当する光を発する/吸収する。

## 準位

- 電子の軌道を、エネルギーの高さの順に並べたとき、それぞれの高さの状態のことを「(エネルギー)準位」と呼ぶ。

## 図2.7

## まとめ2

- 電子も波である。
- 原子核にとらえられた電子は、定在波となる。離散的なエネルギー準位。
- 電子は、低いエネルギー準位から順に、規則的に入る。
- 電子の状態が変化する時に、光の出入りがある。

## 練習問題

- 例えば、 ${}_2\text{He}$ の場合、2つの電子は1s軌道に入る。 ${}_3\text{Li}$ の場合は、3つめの電子は2s軌道に入る。  
図2.7を見ながら、 ${}_{10}\text{Ne}$ と ${}_{11}\text{Na}$ の10、11個の電子がどこにいくつ入るか考えよ

## まとめの問題

## 次回は

- 10月22日
- 不確定性原理?
- 電子準位の補足
- 共有結合の基本的な考え方