化学基礎
第一回オンライン講義

オンライン授業楽しみ！
(ドキドキ♡)

そもそもGoogle Meets
どうつかうのかな？

阿部穰里

2020年5月13日

今日のアウトライン

- 講義全体と小テストのやり方について
- 小テストやります！
- 本日の話題（講義）

  角運動量について

  ボーアモデルについて

今日のアウトライン

- 講義全体と小テストのやり方について
- 小テストやります！
- 本日の話題（講義）
  - 角運動量について
  - ボーアモデルについて

いつもの化学基礎と今年の化学基礎

1	ガイダンス	
2	演習　【演習】力学復習(1～3)、円運動1，2(ボーアモデルに向けて) 【講義】角運動量について	
3	角運動量・ボーアモデルの角運動量	ボーアモデル 偏微分の解説
4	波動	物質、光
5	演算子・固有値・固有関数・極座標	シュレディンガー方程式導出 波動関数の性質
6	シュレディンガー方程式 波動関数の性質	1次元井戸型ポテンシャル
7	1次元井戸型ポテンシャル	2，3次元井戸型ポテンシャル
8	休み	水素原子のシュレディンガー方程式
9	水素原子のシュレディンガーの解	水素原子のシュレディンガー方程式つづき
10	ラプラシアンについて 原子軌道	多電子原子、電子配置、スピン
11	多電子原子・電子配置・スピン	H2+分子のハミルトニアン LCAO (原子軌道で線形結合とる近似)
12	H_2^+分子, LCAO近似	振り返り　分子軌道と化学反応 自由研究発表会について
13	自由研究	
14	自由研究	
15	自由研究発表会	

レポート①

レポート②

オレンジ枠：小テスト

15回

いつもの化学基礎と今年の化学基礎

1	ガイダンス(化学基礎って何？)	
2	演習 【演習】力学復習(1～3)、円運動1，2(ボーアモデルに向けて) 【講義】角運動量について	
3	角運動量・ボーアモデルの角運動量	ボーアモデル 偏微分の解説
4	波動	物質、光
5	演算子・固有値・固有関数・極座標	シュレディンガー方程式導出 波動関数の性質
6	シュレディンガー方程式 波動関数の性質	1次元井戸型ポテンシャル
7	1次元井戸型ポテンシャル	2，3次元井戸型ポテンシャル
8	休み	水素原子のシュレディンガー方程式
9	水素原子のシュレディンガーの解	水素原子のシュレディンガー方程式つづき
10	ラプラシアンについて 原子軌道	多電子原子、電子配置、スピン
11	多電子原子・電子配置・スピン	H2+分子のハミルトニアン LCAO (原子軌道で線形結合とる近似)
12	H_2^+分子, LCAO近似	振り返り　分子軌道と化学反応 自由研究発表会について
13	自由研究	
14	自由研究	
15	自由研究発表会	

レポート①
5月17日

レポート②

レポート③

省略

オレンジ枠：小テスト

10回しかない

オンラインでの小テストのやり方

- 毎回、白い紙を用意してください。
- 小テストの間は顔を見せて解いてください。
  (通信制限問題を抱える人は除きます。
  別途コメントください)

- 事前に予習の動画を見てから、挑んでください。
  AI音声の動画がおすすめです！

（だんだん難しくなるので、1週1週を大切に）

小テストの成績への位置づけ

レポート3回　(20点×3)

＋小テストによる出席 (40点)

小テストの採点法

ほぼ全部できている　20点

半分ぐらいできている　10点

ほぼ全部できてない　5点

ざっくり採点

今日のアウトライン

- 講義全体と小テストについて補足
- 小テストやります！
- 本日の話題（講義）
  角運動量について
  ボーアモデルについて

“もし”予習ができていなければ、
今回のテストの時間帯には、
YouTube動画を見てください。

動画解説を見ないと、
後半の講義が
分からないと思います。

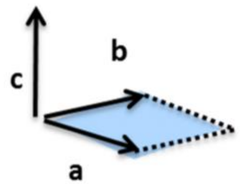
写真の提出物には、
予習できませんでしたと
書いておいてください。

小テストタイム (約20分)

- 白い紙に答えだけを書き、Google formから写真で提出。

[7] 角運動量$\vec{l}$(エル)は、
原点からの位置$\vec{r}$と質点mの運動量 $\vec{p} = m\vec{v}$
の外積で定義される。$\vec{l} = \vec{r} \times \vec{p}$

ただし外積とは、$\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$ とすると、$\vec{c}$ は、$\vec{a}$, $\vec{b}$ともに垂直であり、$\vec{a}$から$\vec{b}$に右ねじの法則を適応した方向に正の値となる。
また$\vec{c}$の大きさは、$\vec{a}$, $\vec{b}$が作る平行四辺形の面積と一致する。



① $\vec{l} = \vec{r} \times \vec{p}$ の両辺を時間tで微分すると、
力のモーメントの式 になることを示せ。
すなわち、力のモーメントが0のとき、
角運動量$\vec{l}$は時間変化をせず一定である。
(角運動量保存則)

②どのような時、力のモーメントが0になるか？

③等速円運動における角運動量$\vec{l}$の大きさをm, r, ωを用いて表せ。

[8]ボーアモデルによると角運動量$\vec{l}$の大きさは、プランク定数hを2πで割った値の自然数倍(n倍)と仮定されている。

$$l = rp = mrv = mr^2\omega = \frac{h}{2\pi}n$$

この条件を用いて、電子の運動している半径r、
エネルギー(運動エネルギー+位置エネルギー)を、
ωを用いずに h, n等を用いて表すと、

$$r_n = \left(\frac{h^2\varepsilon_0}{\pi m e^2}\right)n^2 \qquad E_n = -\left(\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\right)\frac{1}{n^2}$$

となることを示せ。力$\vec{F}$の大きさは $\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ を用いて表現してよい。

エネルギーは問題6の答え $E = -\frac{1}{2}mr^2\omega^2$ を参考にせよ。
動径方向の運動方程式は $mr\omega^2 = F$ である。

問題が見えにくい場合、ウェブの問題から解いてください。

今日のアウトライン

化学基礎って何！？より

水素原子の放電から出る光の波長

434nm

656nm

410nm　486nm

『なぜ、水素原子からは
特別な波長の光しか出てこないのか？』

- 本日の話題（講義）

  角運動量について

  ボーアモデルについ

ヒントを話すので、
結論は自分で考えてください

今日のアウトライン

水素原子の放電から出る光の波長

434nm

410nm　486nm　656nm

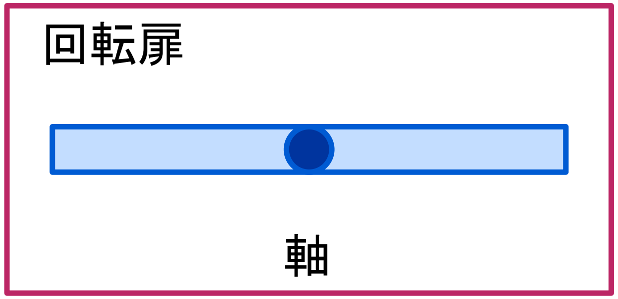
『なぜ、水素原子からは
特別な波長の光しか出てこないのか？』

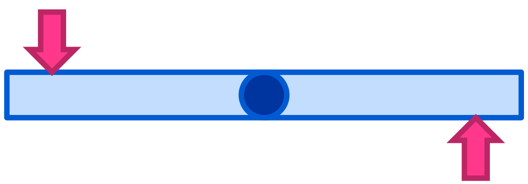
- 本日の話題（講義）

  角運動量について

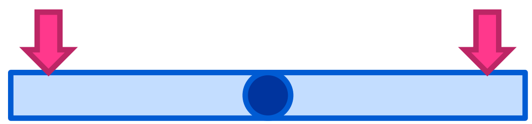
  ボーアモデルについて

角運動量の補足：回転運動について

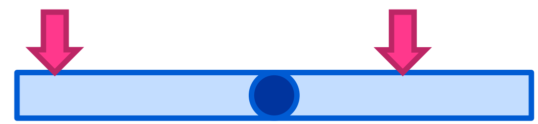




1. 回転しない
2. 時計回り
3. 反時計回り

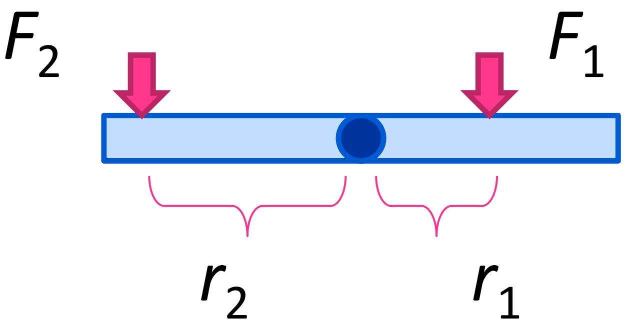


1. 回転しない
2. 時計回り
3. 反時計回り



1. 回転しない
2. 時計回り
3. 反時計回り

回転運動について



$$r_1 \cdot F_1 + \left(-r_2\right) \cdot F_2$$

のように計算

外積

$$\sum_i \vec{r}_i \times \vec{F}_i = 0$$ 回転の外力なし

$$\sum_i \vec{r}_i \times \vec{F}_i > 0$$ 反時計回りの外力

$$\sum_i \vec{r}_i \times \vec{F}_i < 0$$ 時計回りの外力

力のモーメント

回転運動について

力のモーメント $\vec{M} = \sum_i \vec{r}_i \times \vec{F}_i$ （今回テスト）

時間tで積分

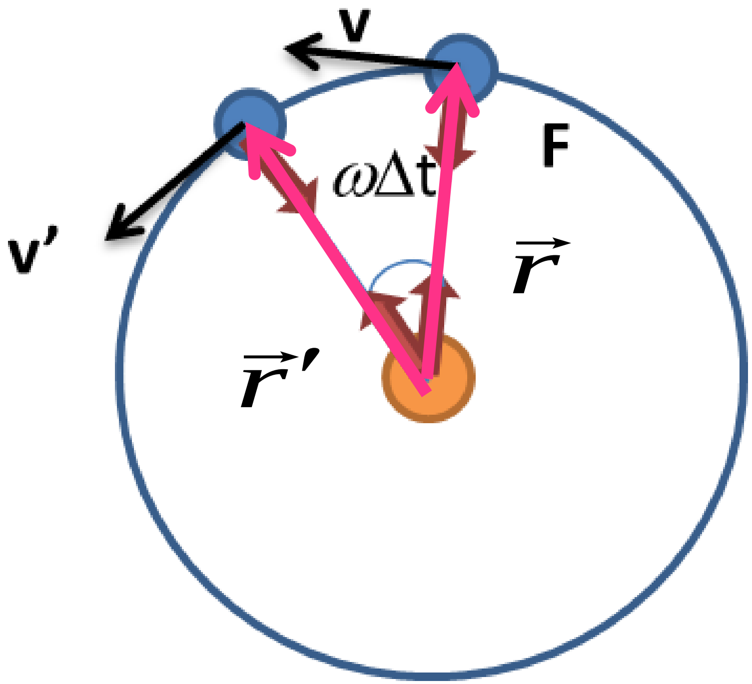
時間tで微分

角運動量 $\vec{l} = \sum_i \vec{r}_i \times \vec{p}_i$

$$\left(\frac{d\vec{l}}{dt} = \vec{M} = 0 \right)$$

力のモーメントがゼロ　➔角運動量が保存

円運動は力のモーメントゼロ



$$\vec{r} \times \vec{F} = \vec{0}$$

$$\because \vec{r} \parallel \vec{F} \quad (平行)$$

力のモーメント＝０

➔角運動量が保存

同じ軌道(*r*)を同じ力(*F*)を受けて円運動

➔角運動量が保存　(地球も角運動量保存）

今日のアウトライン

- 講義全体と小テストの補足
- 小テストの実施
- 本日の話題（講義）
  - 角運動量について
  - ボーアモデルについて

水素原子の光

水素原子の放電から出る光の波長

434nm

656nm

410nm　486nm

『なぜ、水素原子からは
特別な波長の光しか出てこないのか？』

光のエネルギー

プランク定数

光の速さ

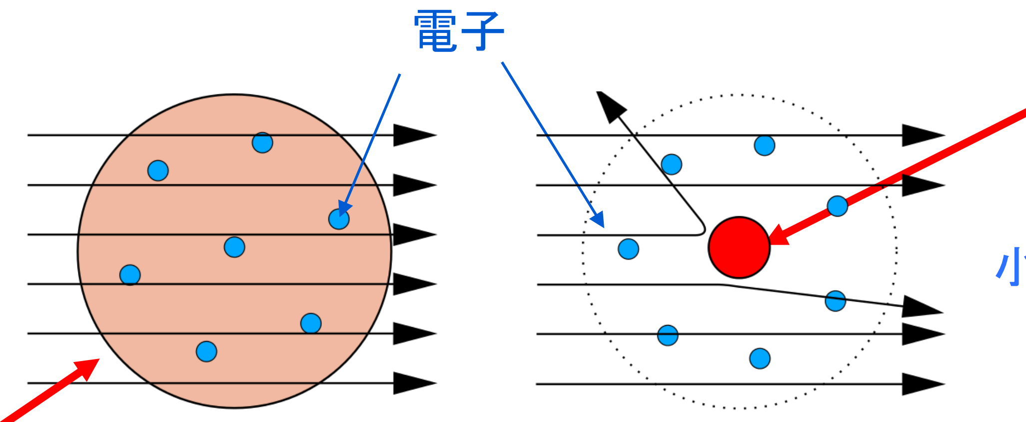
$$E = hc/\lambda$$

光の波長

特定の波長 ⇒ 特定のエネルギーを放出している

皆さんは自転車に乗っていて、
時速10kmから“瞬間“で、時速20kmになれるか？

そもそも原子の中身はどうなっている？



トムソンモデル
大きな原子核の
中に電子が存在

ラザフォードモデル
小さな原子核を中心に
電子が外側にいる

核内は弱い
正電荷分布を持つ

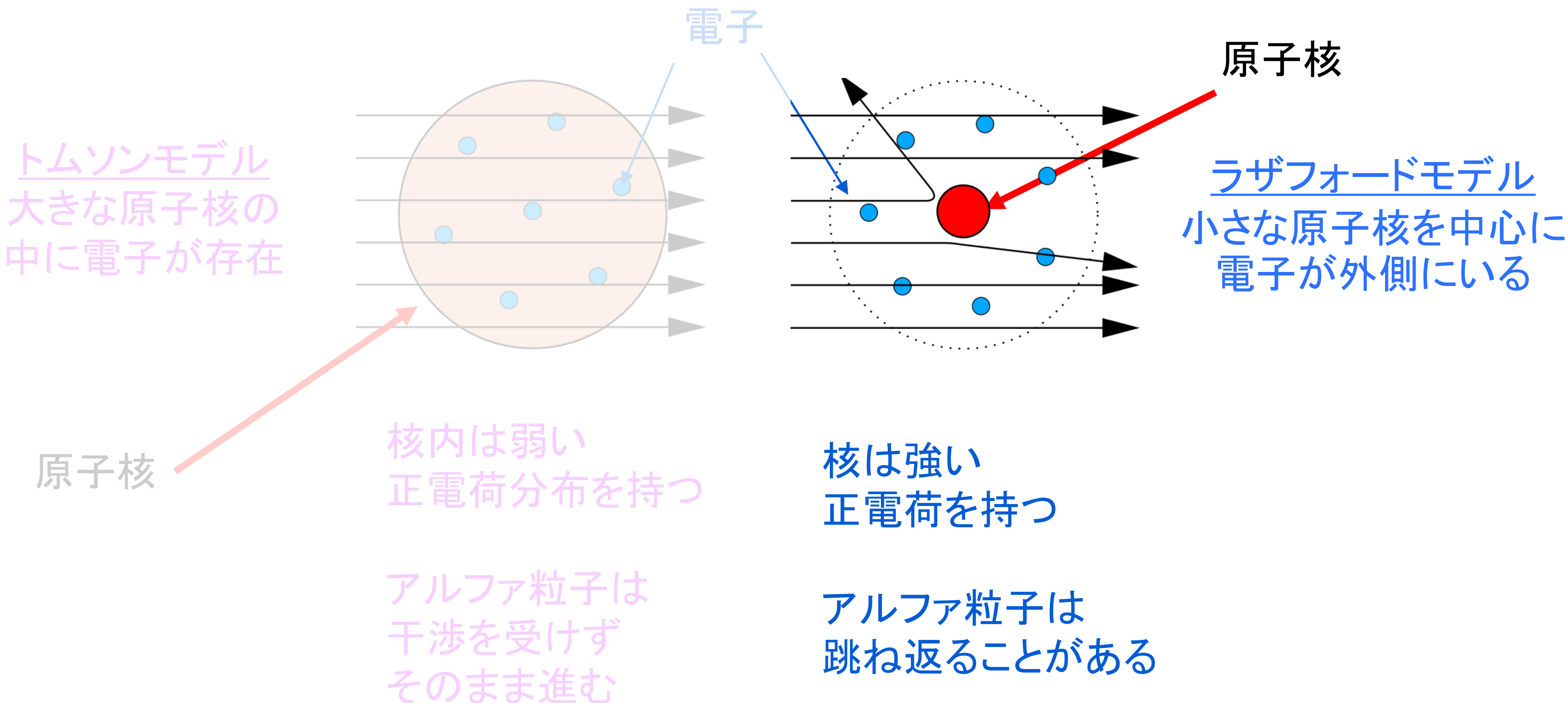
アルファ粒子は
干渉を受けず
そのまま進む

核は強い
正電荷を持つ

アルファ粒子は
跳ね返ることがある

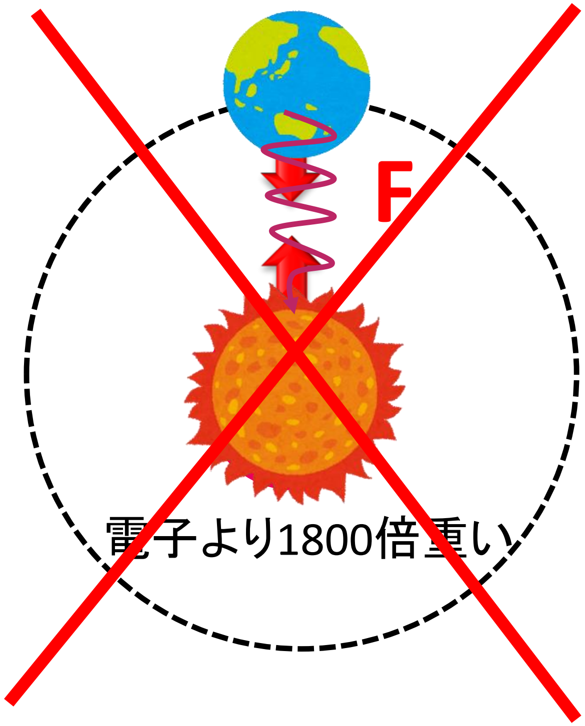
原子にα粒子(正電荷の小さい粒子)をたくさん当ててみる。
跳ね返り方から

そもそも原子の中身はどうなっている？



原子にα粒子(正電荷の小さい粒子)をたくさん当ててみる。
跳ね返り方からラザフォード型と判明。

ボーアモデル
＝水素原子モデル



クーロン引力

$$F = k\frac{(e)(-e)}{r^2}$$

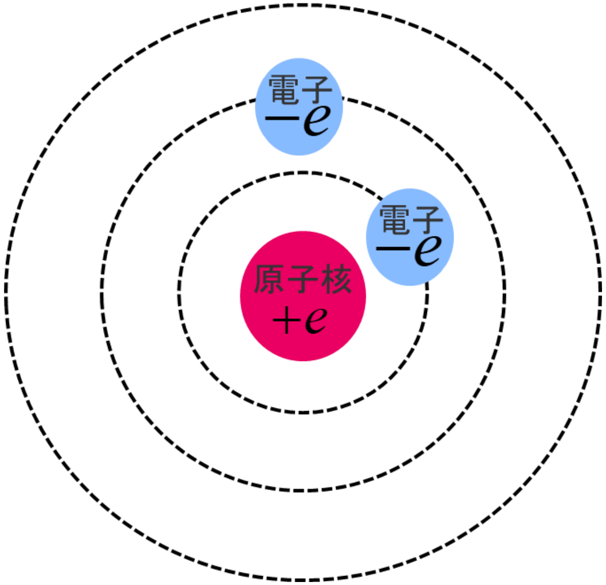
ボーアの仮説

1. 水素原子中の電子は
 原子核のまわりを
 クーロン力により円運動

2. 電磁波を出してエネルギーを失わず
 角運動量を保存したまま
 (同じ勢いのまま)運動

3. 角運動量の値も、$l = \frac{h}{2\pi}n$
 （nは正の整数）
 という特定の値しかとらない
 （h: プランク定数）

ボーアの仮説



（一定軌道を周回し
核に落ち込まないために）
電子の角運動量は変わらず
とびとびの値にしか
とれないと仮定しよう。
（角運動量の**量子化**）

$$l = rp = mrv = mr^2\omega = \frac{h}{2\pi}n \qquad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

h：<u>プランク定数</u>　単位はJ･s

$$E_n = -\left(\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\right)\frac{1}{n^2}$$

エネルギーも
飛び飛び

$$r_n = \frac{h^2\varepsilon_0}{\pi m e^2}n^2$$

軌道半径も
飛び飛び

緊急課題

真空の誘電率 ε_0= 8.854 × 10^{-12} m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2 A: アンペア= C /s

電子の質量 m_e = 9.109 × 10^{-31} kg

電子の電荷の大きさ（電気素子） e = 1.602 × 10^{-19} C C: クーロン

プランク定数 h = 6.626 × 10^{-34} m^2 kg / s

光速 c =2.999 × 10^8 m / s

$$E_n = -\left(\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\right)\frac{1}{n^2}$$

ボーアモデルの式から、

$E_6 - E_2$, $E_5 - E_2$のエネルギーに相当する光の波長をnmで有効数字3桁求めよ。ただし波長λは$E=hc/\lambda$の関係を用いよ。

まず*E*がエネルギーの単位の次元をもつか確認せよ。

電卓、エクセルなど使用可。 google formより回答。

また、この答えの意味について述べよ。

そして講義の感想や質問等を書いて、今日は終了です。

Figure Credits

- https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/GeigerMarsden_experiment_expectation_and_result_%28Japanese%29.svg
- U.S. Department of Energy / Public domain
- The American Institute of Physics credits the photo [1] to AB Lagrelius & Westphal, which is the Swedish company used by the Nobel Foundation for most photos of its book series Les Prix Nobel. / Public domain