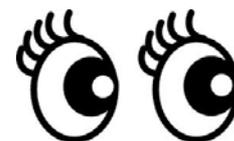
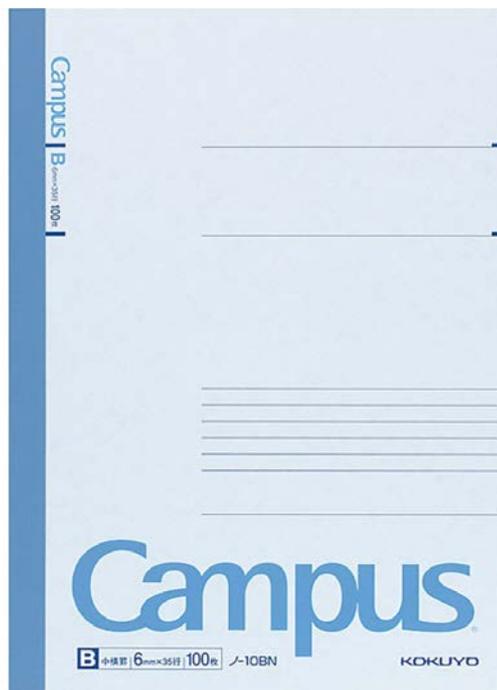
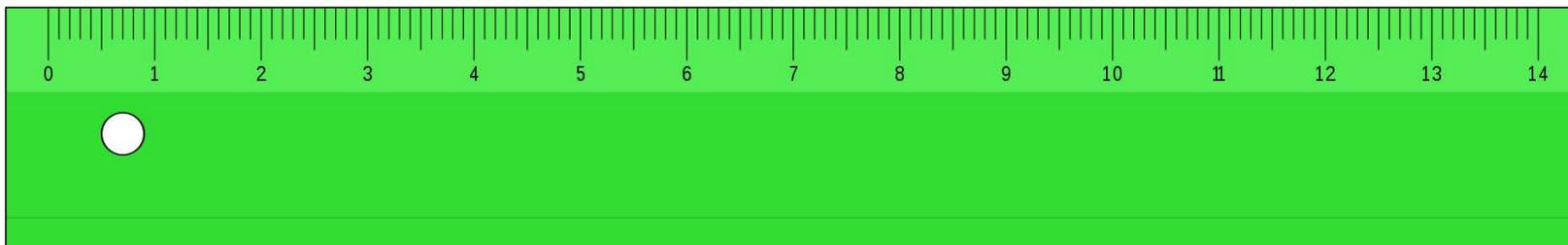


# ものの大きさや形をどう測るか？



目で見ると

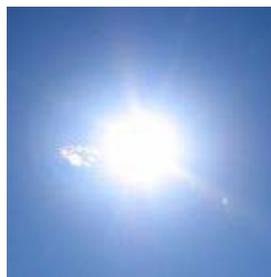
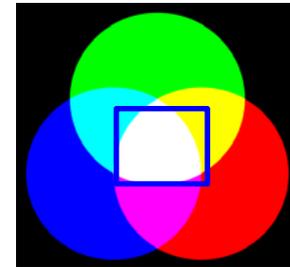


定規で測ると

そもそも、ものが見えるとはどういうことか？

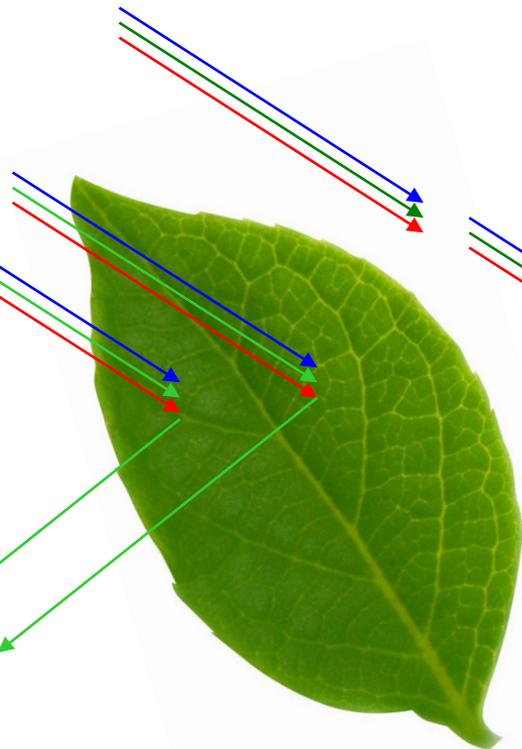


# そもそも、ものが見えるとはどういうことか？



太陽

緑色の光だけが  
が反射  
(他の色は吸収)

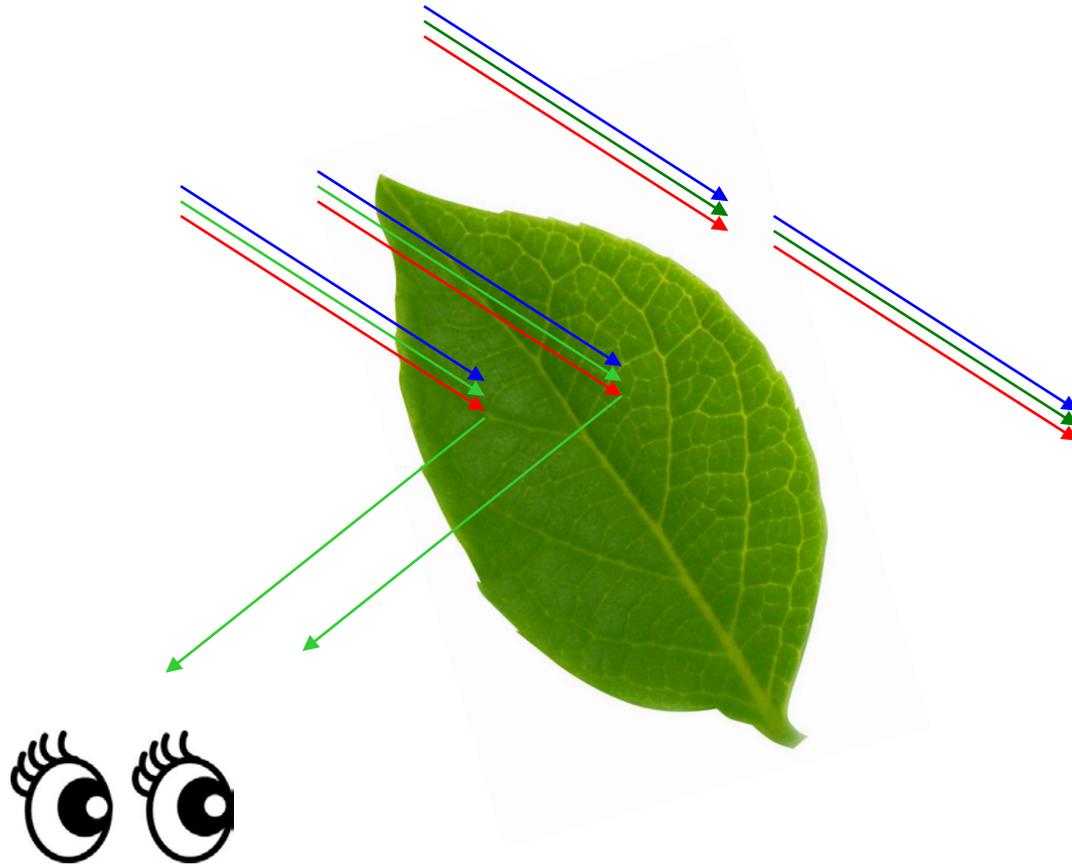


葉に光が当たら  
なければ緑は  
反射しない



葉の形

# そもそも、ものが見えるとはどういうことか？



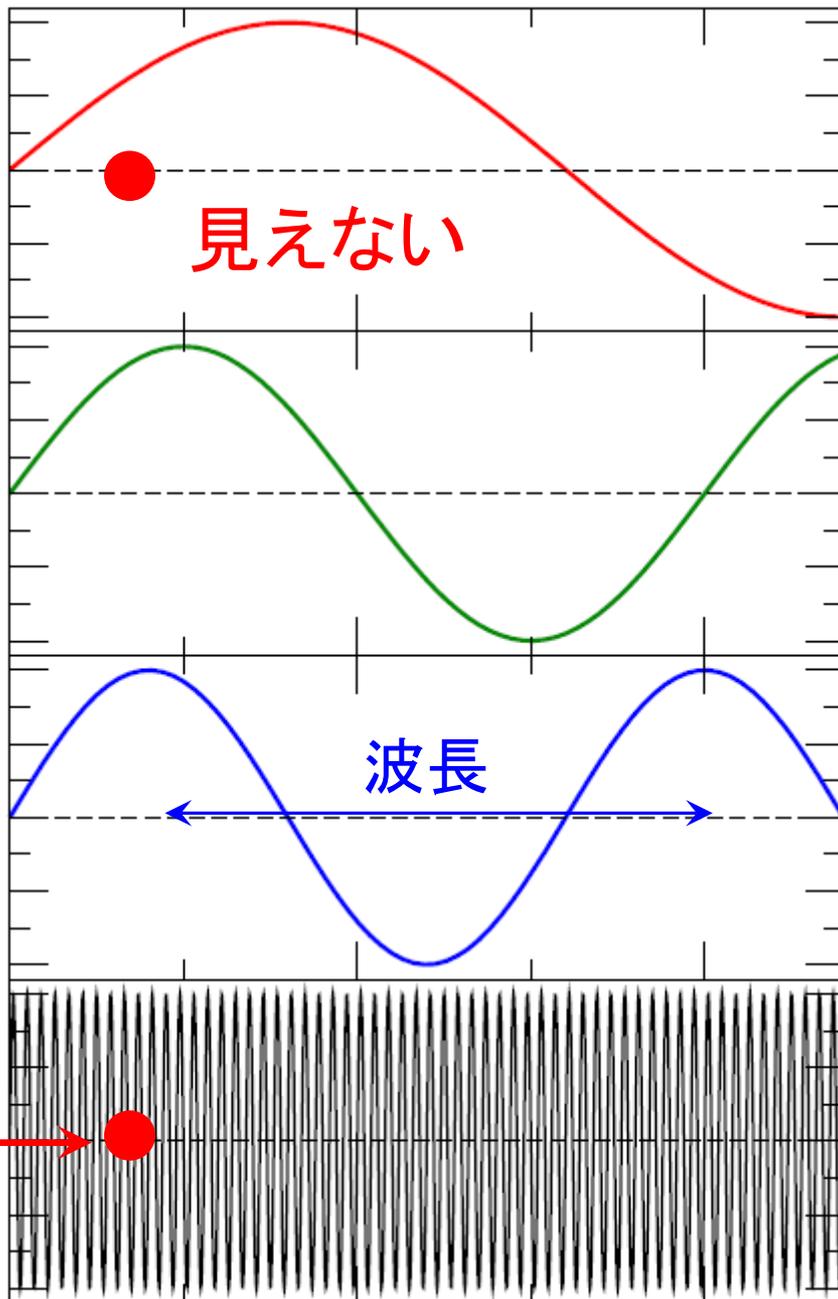
原子核のようなミクロなものの大きさを測るのも基本的には同じ  
何かをぶつけて、どのように散乱されるか観測する

光でものを見るためには、その大きさ以下の波長でなければならぬ



小さなものを見るためには、X線やガンマ線が必要。

見える  
(細かくスキャンされる)



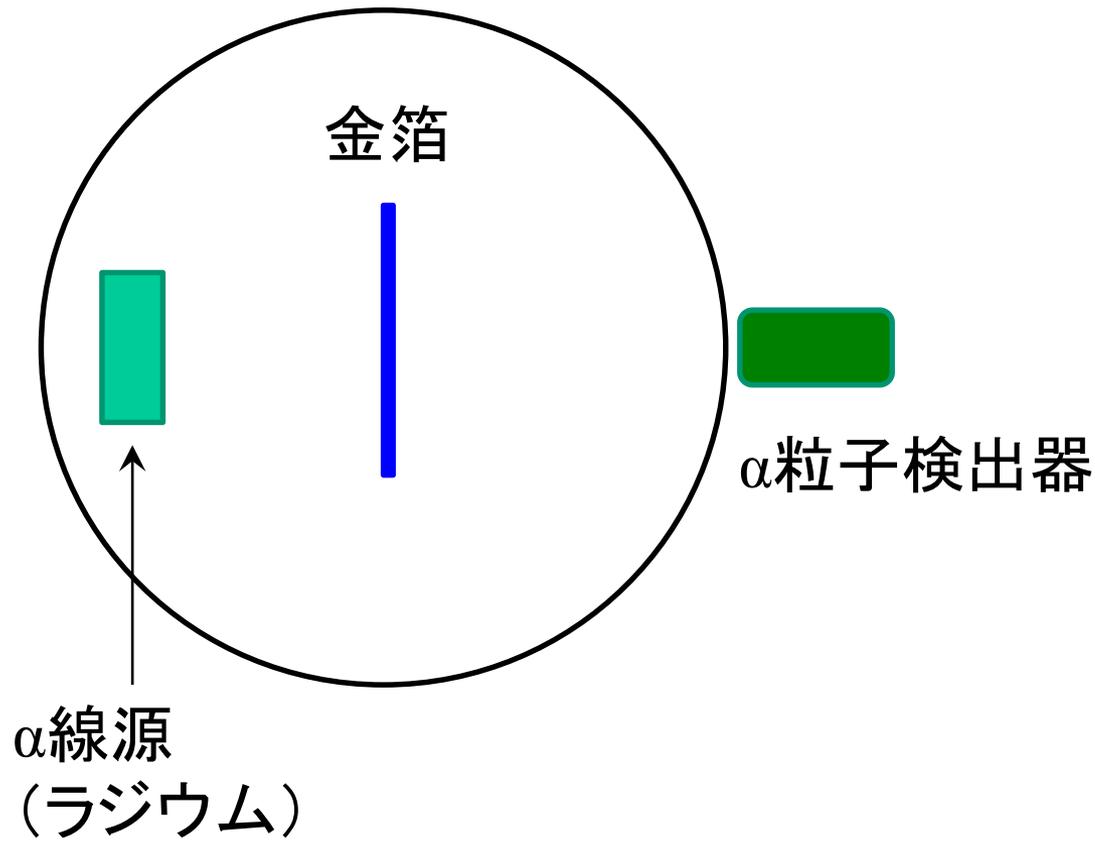
可視光(赤)  
~ 800 nm

可視光(緑)  
~ 500 nm

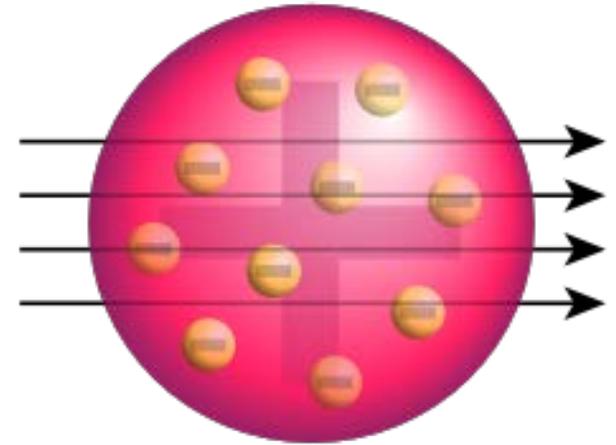
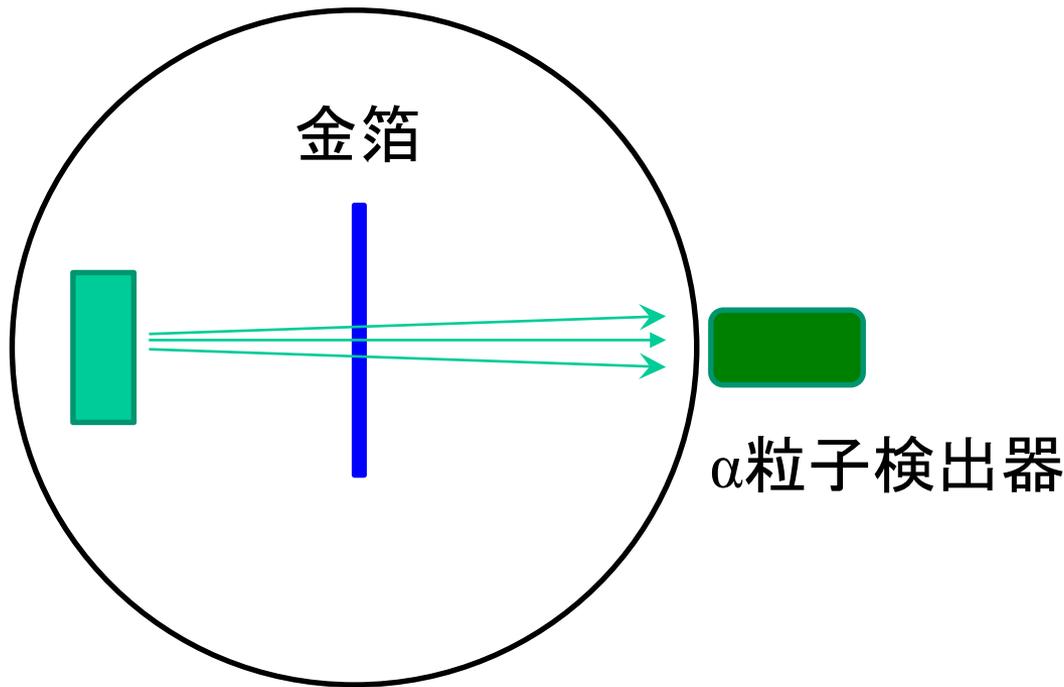
可視光(青)  
~ 400 nm

X線  
~ 1 pm  
- 10 nm

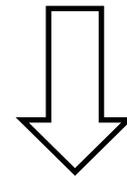
ラザフォード散乱 (ラザフォード、ガイガー、マースデン : 1909年)



ラザフォード散乱 (ラザフォード、ガイガー、マースデン : 1909年)



J.J.トンプソンのブドウ  
パン模型を検証したい

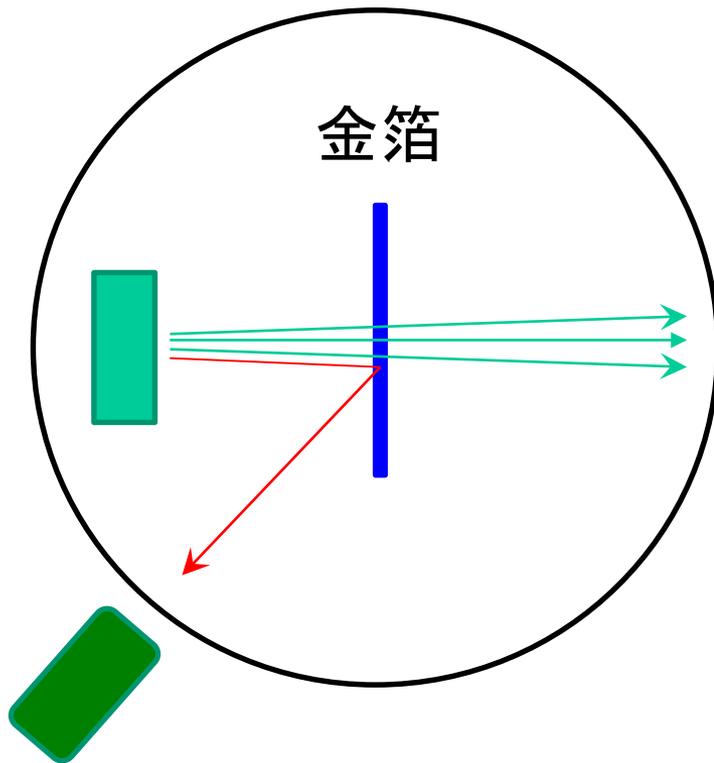


散乱の角度は高々 0.01 度

観測: たいていの $\alpha$ 粒子はほとんど曲げられずに検出器に入る  
→ブドウパン模型は正しそうだ(?)

# ラザフォード散乱 (ラザフォード、ガイガー、マースデン : 1909年)

試しに検出器を後方角度に置いて見た  
(ブドウパン模型が正しければ、何も観測  
しないはず)



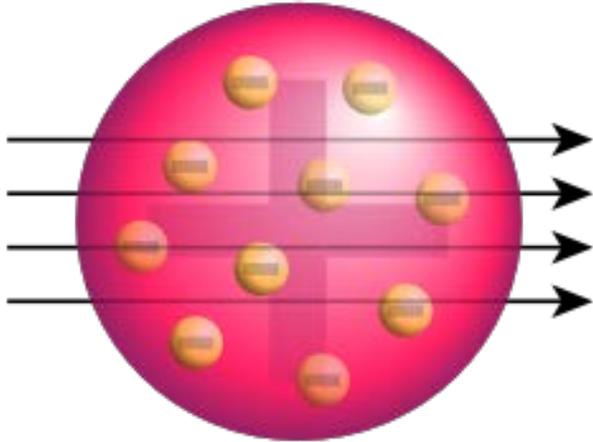
$\alpha$ 粒子検出器



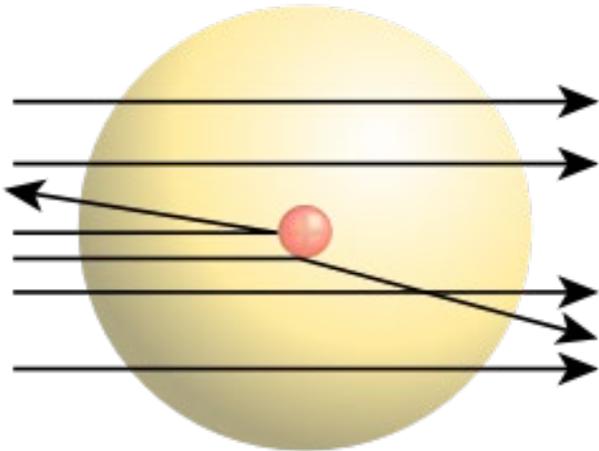
8千個に1個の割合で後方に跳ね  
返ってくる $\alpha$ 粒子を観測  
(驚愕の事実)

「砲弾をティッシュペーパーに向かって  
撃ったところ、跳ね返されてきた」

# ラザフォード散乱 (ラザフォード、ガイガー、マースデン : 1909年)



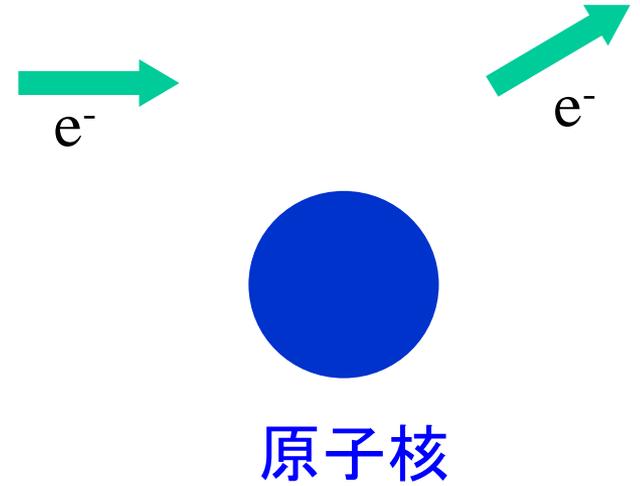
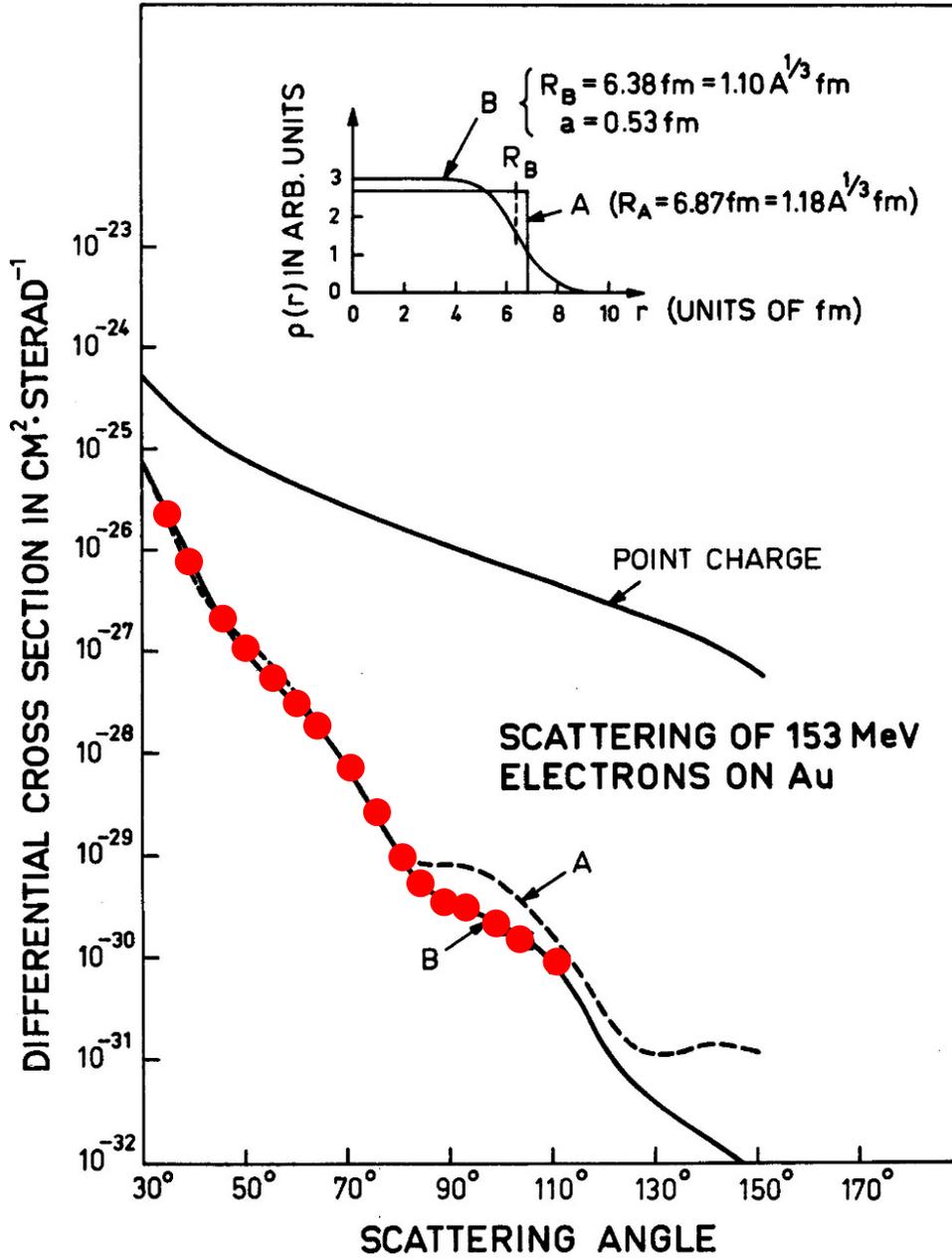
J.J. トムソンのぶどうパン模型



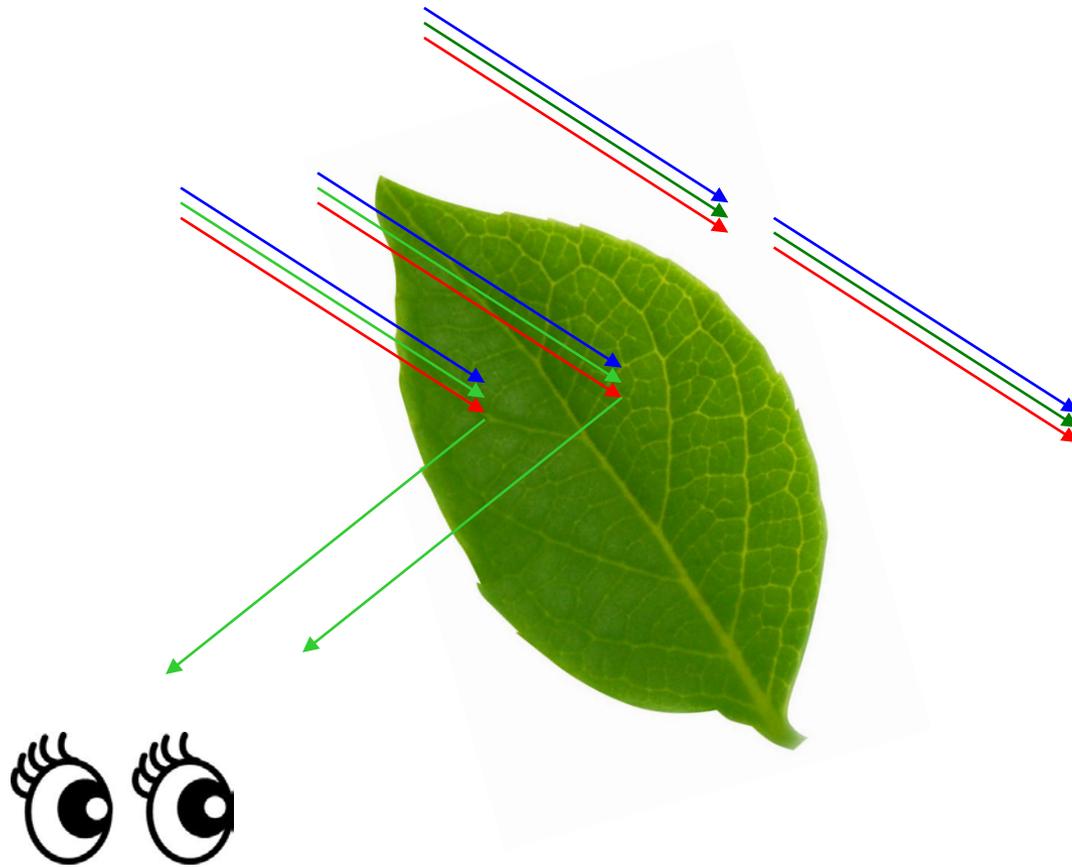
ラザフォードの有核原子模型  
(原子核を点状粒子とみなした  
解析)

→ 原子核の大きさは約  $2 \times 10^{-14}$  m 以下

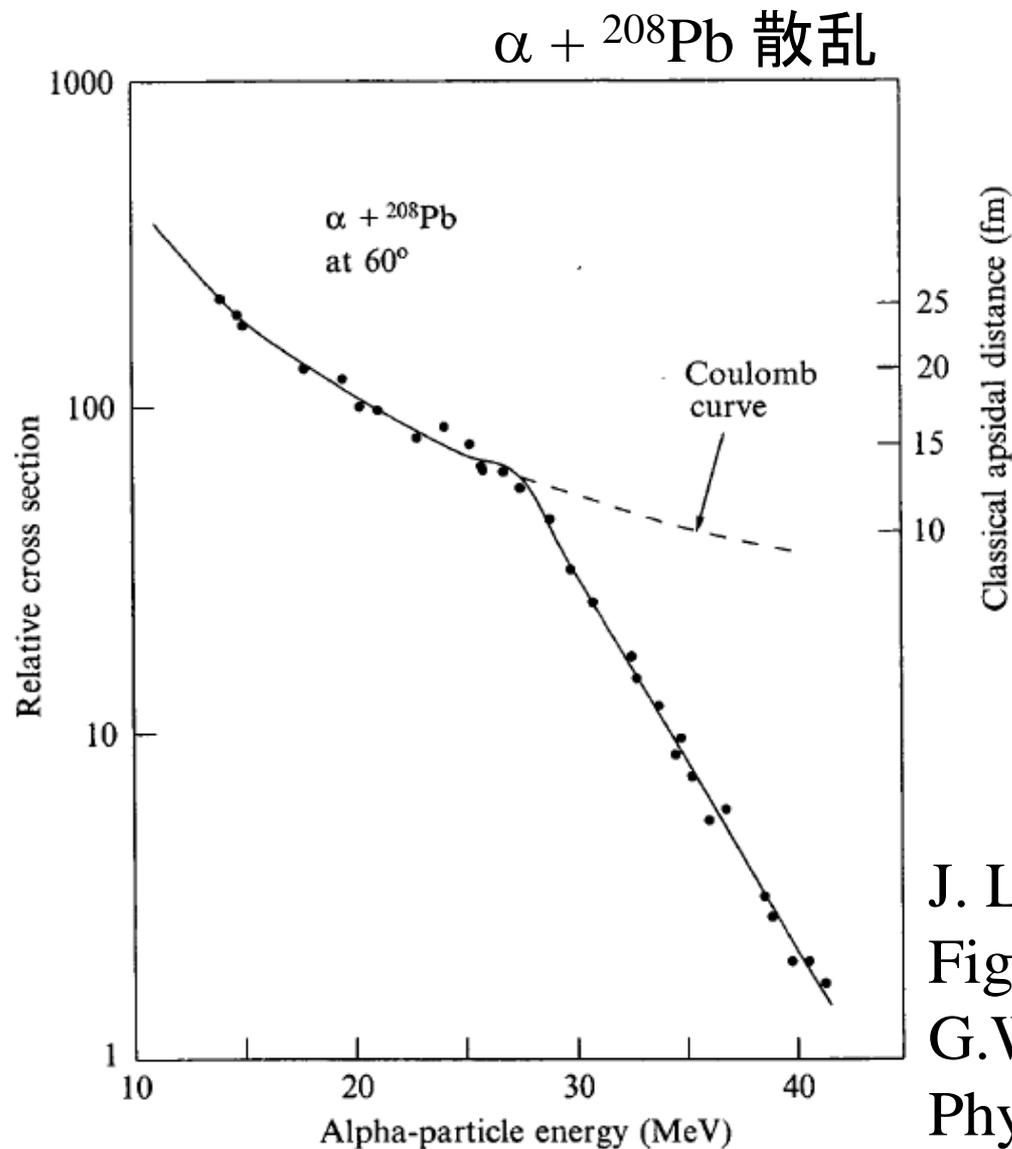
# 電子散乱



# 原子核の吸収から原子核の大きさを見る



# 原子核の吸収から原子核の大きさを見る

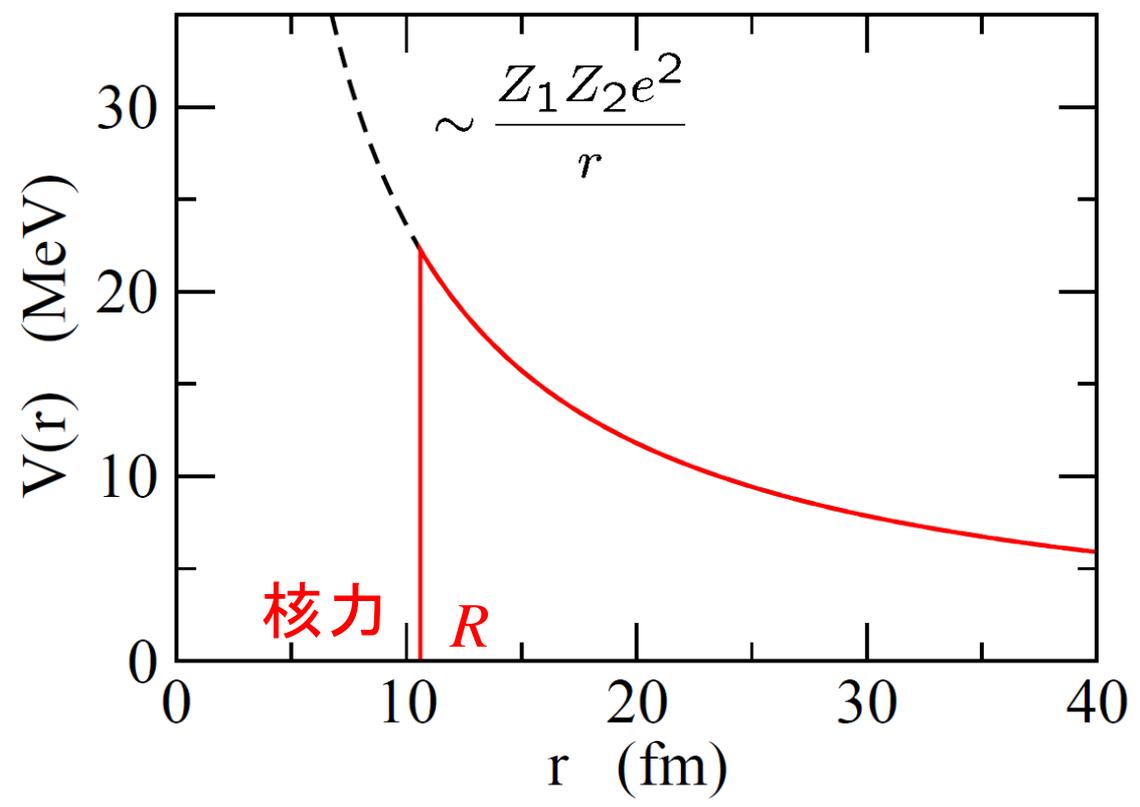
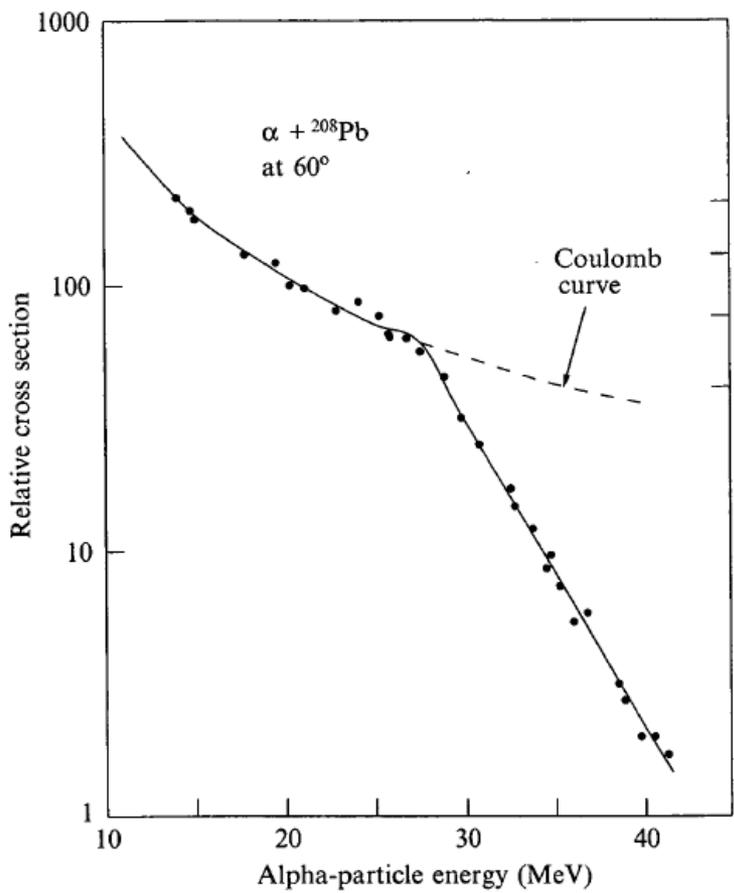


J. Lilley, "Nuclear Physics" (Wiley)  
Fig. 1.13.

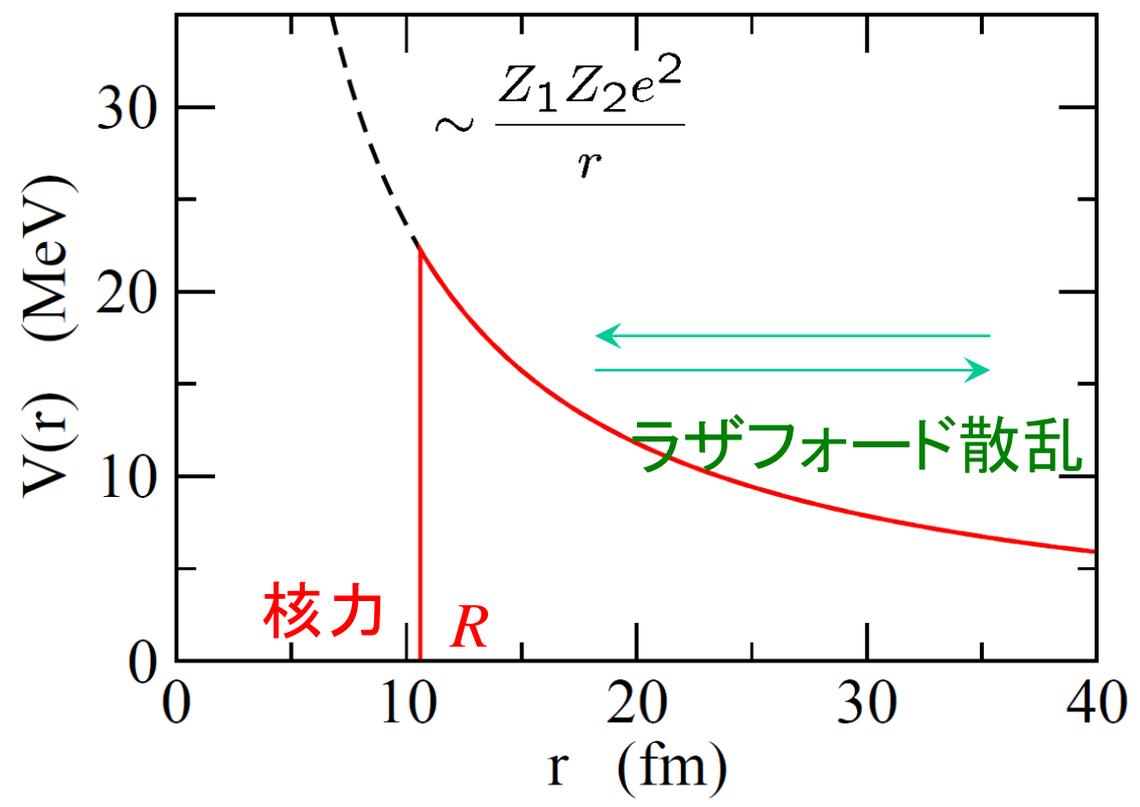
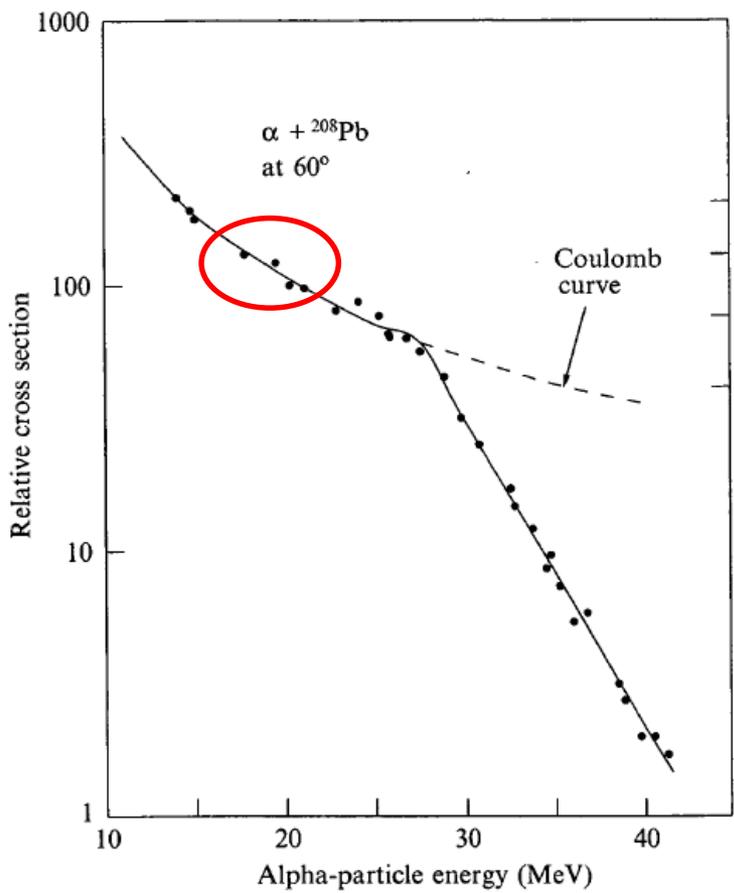
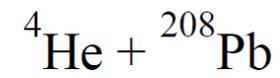
G.W. Farwell and H.E. Wegner,  
Phys. Rev. 95 ('54) 1212.

# 原子核の吸収から原子核の大きさを見る

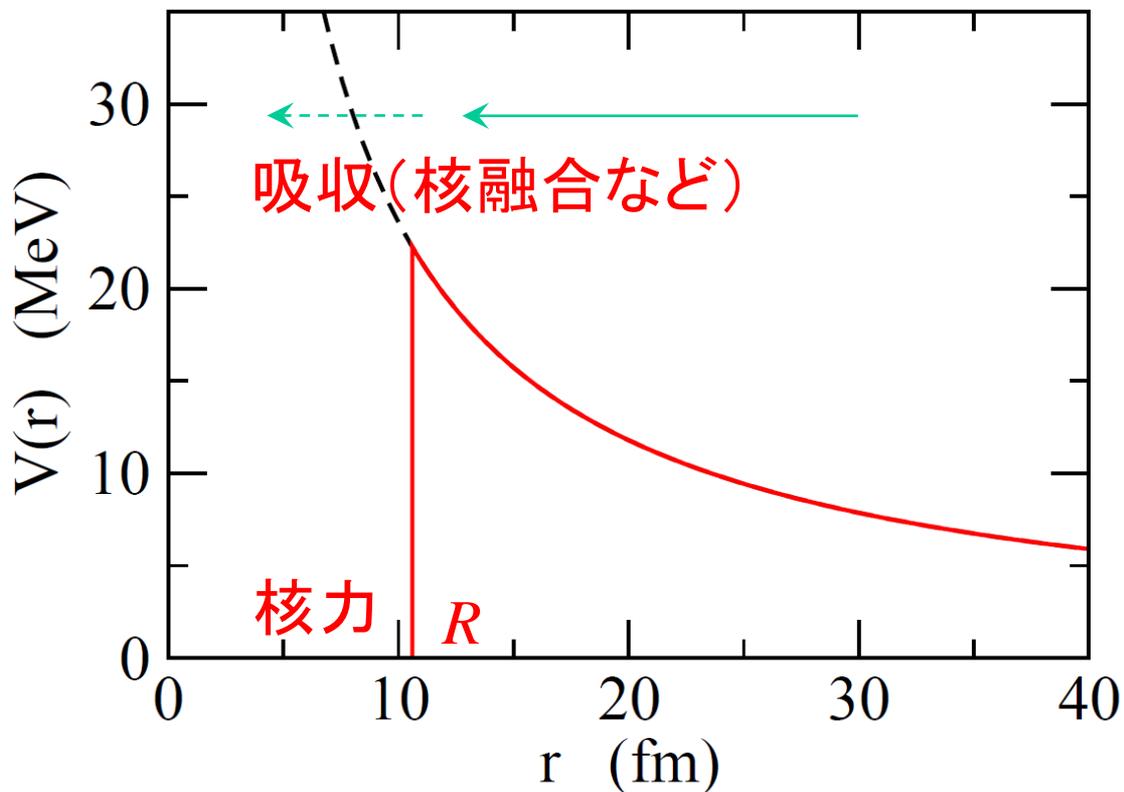
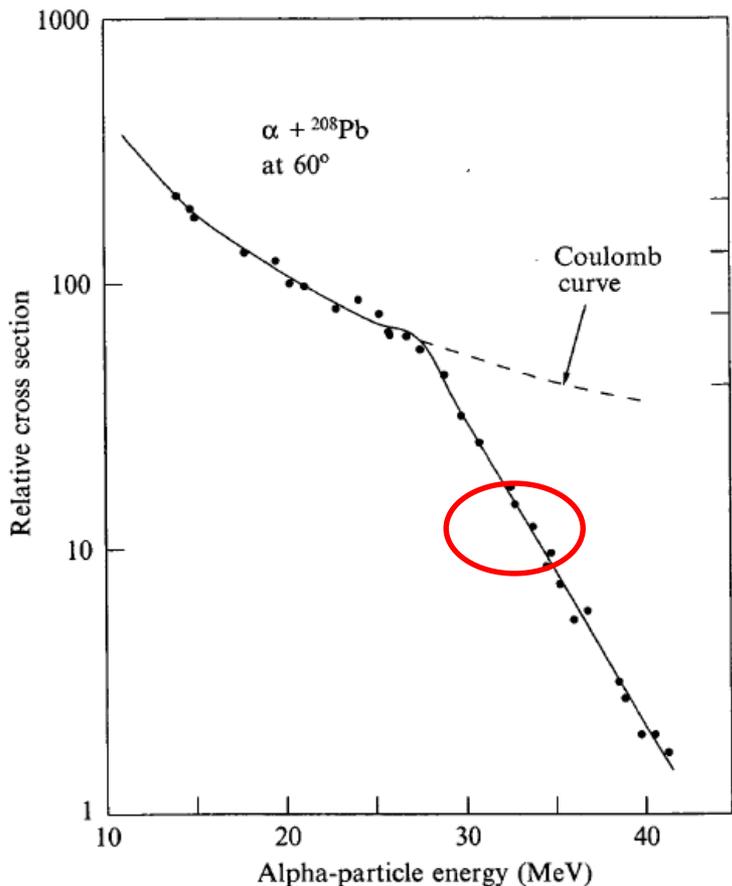
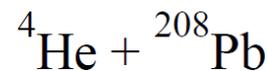
${}^4\text{He} + {}^{208}\text{Pb}$



# 原子核の吸収から原子核の大きさを見る



# 原子核の吸収から原子核の大きさを見る

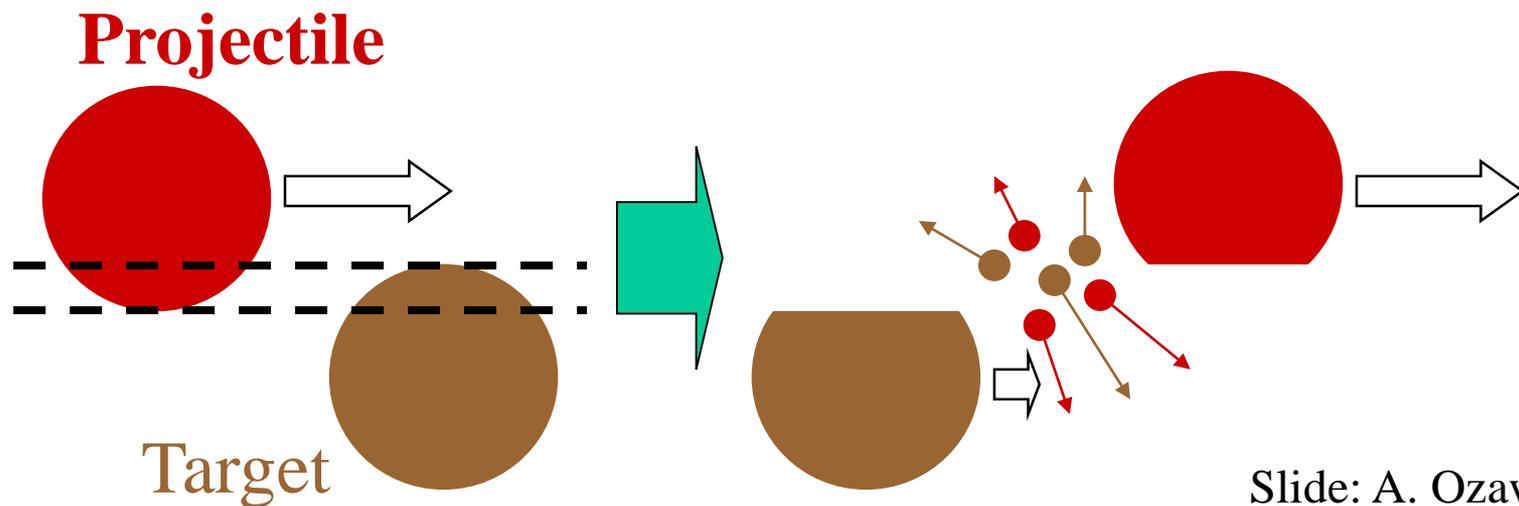
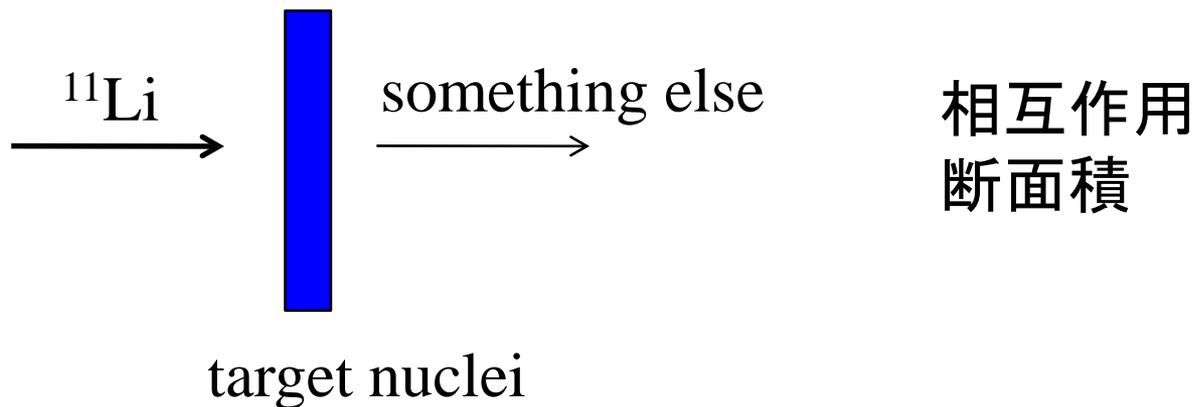


$$\rightarrow R \sim 1.41 A^{1/3} + 2.11 \text{ fm}$$

(核力のレンジや密度分布のテールの効果により  
実際の半径はもう少し小さい)

# 原子核を壊して原子核の大きさを見る

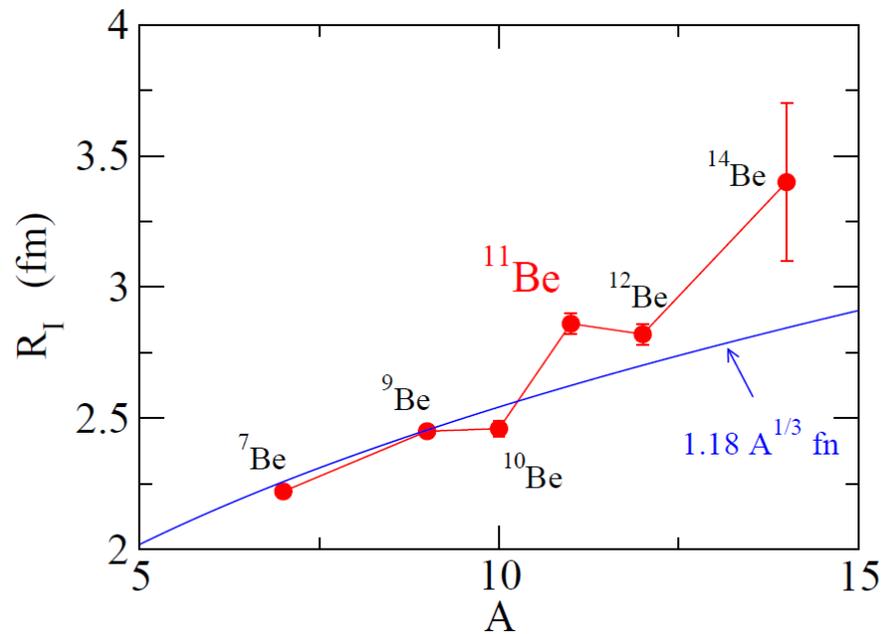
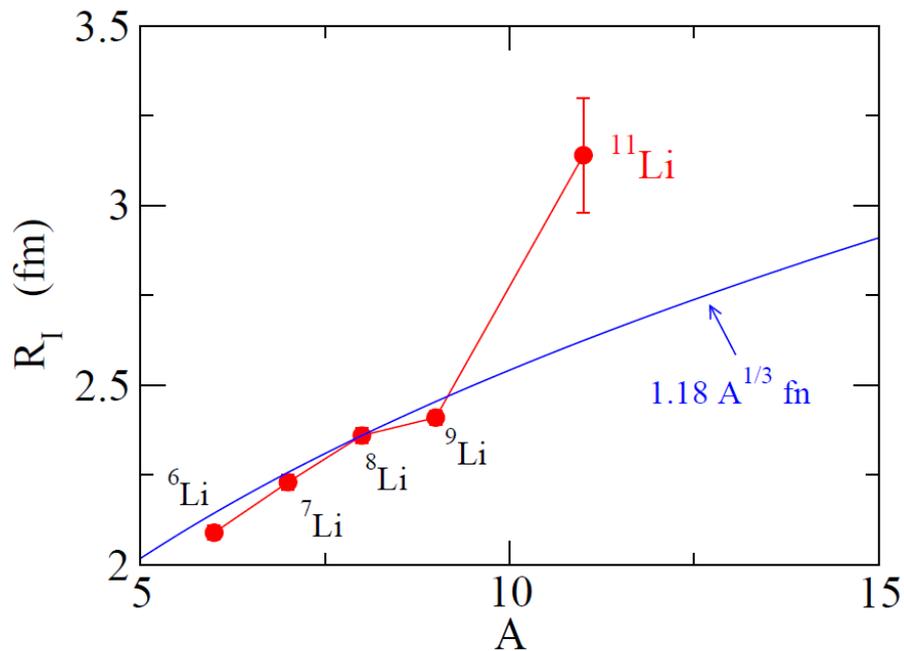
高いエネルギーでぶつけて壊す



Slide: A. Ozawa

2つの原子核が重なった時だけ壊れる → 原子核の半径

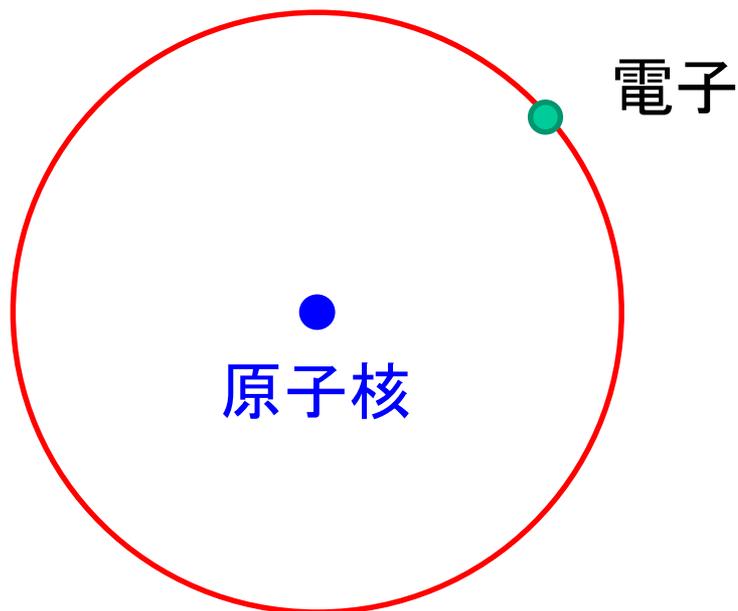
# ハロー原子核の発見



I. Tanihata, T. Kobayashi, O. Hashimoto et al., PRL55('85)2676; PLB206('88)592



# 分光実験による原子核の大きさ



原子核が点電荷だとすると:

$$V(r) = -\frac{Ze^2}{r}$$

→ 
$$E_n = -\frac{1}{2}m_e c^2 \frac{(Z\alpha)^2}{n^2}$$

$$n = n_r + l + 1$$

ボーア半径:

$$a_B = \frac{\hbar}{m_e c \alpha}$$

# 分光実験による原子核の大きさ

実際には原子核は点電荷ではない

➡ スペクトルがずれる

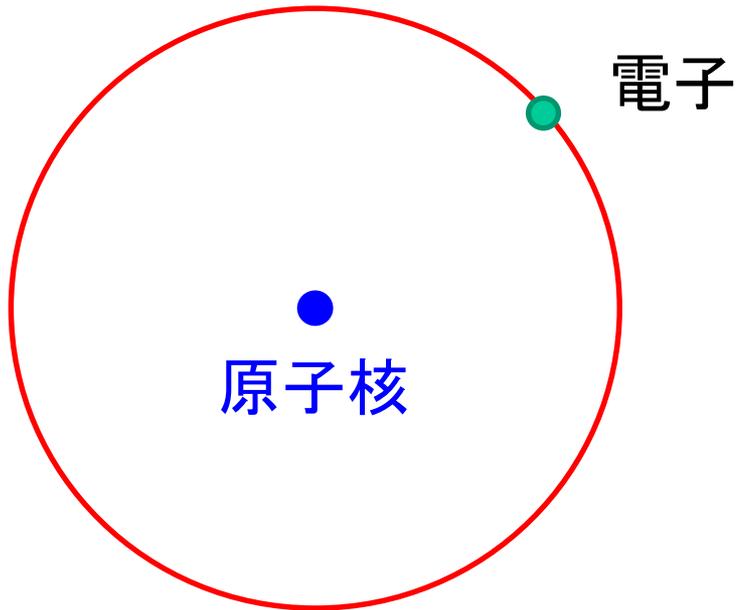
このずれ具合から原子核の大きさを見積もる

ボーア半径: 
$$a_B = \frac{\hbar}{m_e c \alpha}$$

→  $\mu$  粒子を使うと電子の場合より軌道が内側に入り、原子核の情報を見やすい

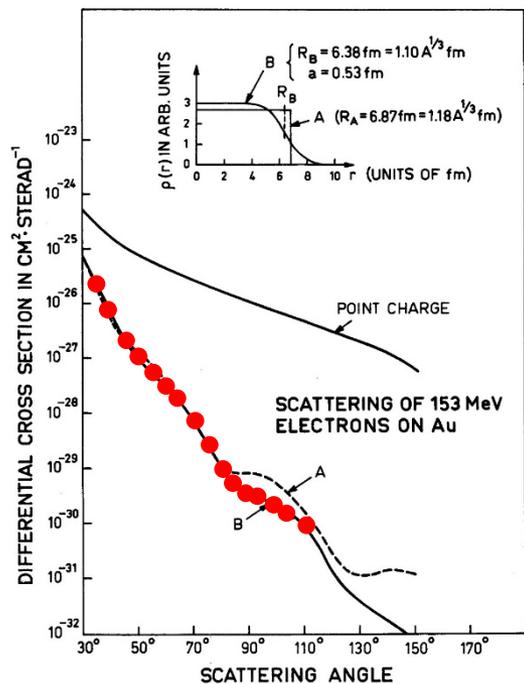
$$m_\mu = 206.7 m_e$$

→  $R \sim (1.2 \pm 0.03) A^{1/3} \text{ fm}$  (八木浩輔「原子核物理学」p.13)

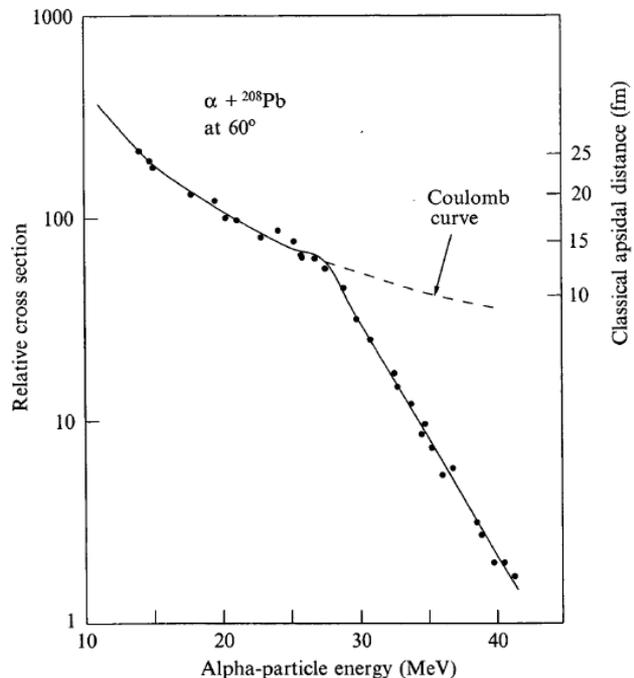


# まとめ:原子核の半径をどう測るか?

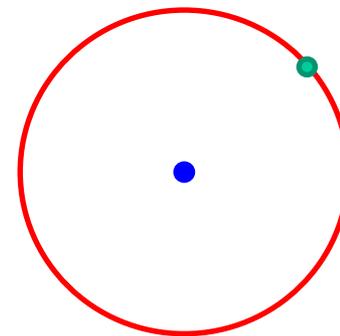
## 電子散乱



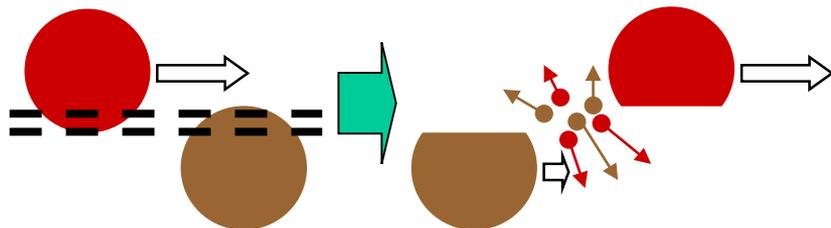
## 吸収断面積



## 分光実験



## 相互作用断面積



# 陽子半径パズル

