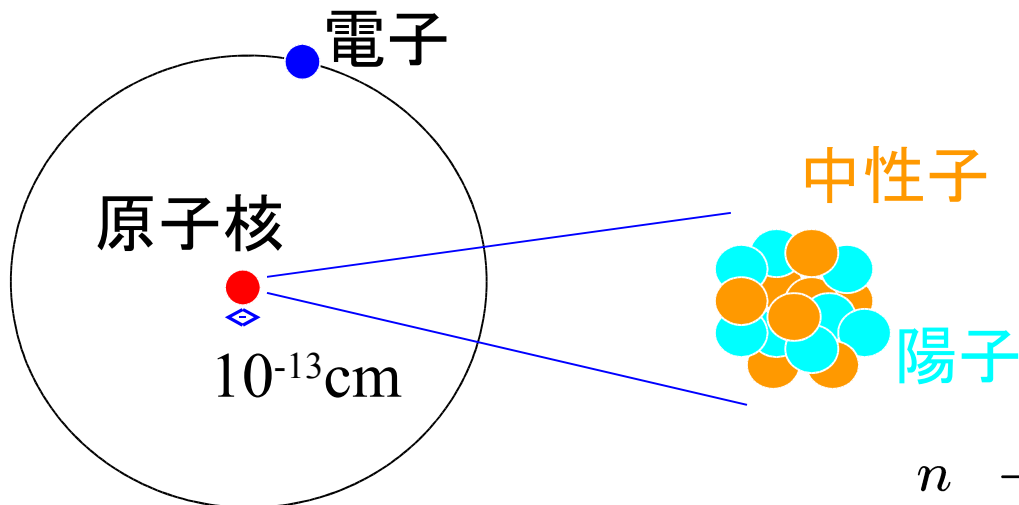
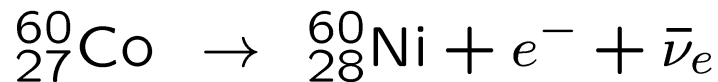
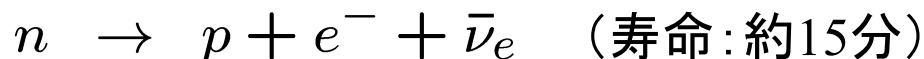


# 原子核の構造



- 陽子は正の電荷を持ち、中性子は電荷を持たない。
- 陽子と中性子の質量はほぼ等しい(但し中性子の方が若干重い)。

## β崩壊



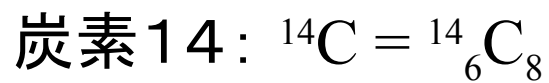
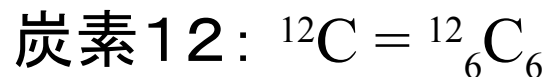
←→  
 $10^{-8}\text{cm}$

## 同位元素

陽子の数が同じで中性子の数が違う原子核から構成される元素。化学的性質は同じ。

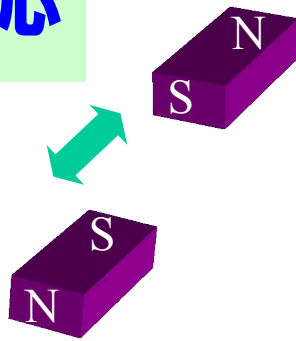
例) 水素と重水素。

例) 炭素14

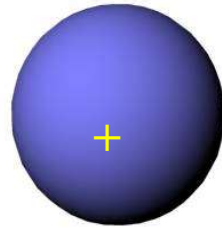


# 核融合反応

磁石の反発



原子核

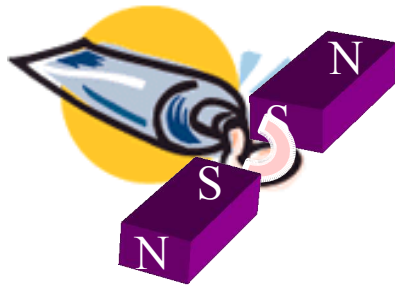


原子核

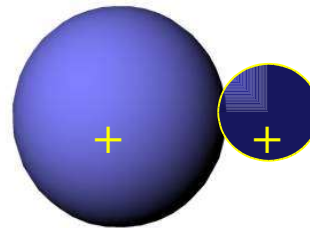


クーロン(電磁)力による反発

近づけると……



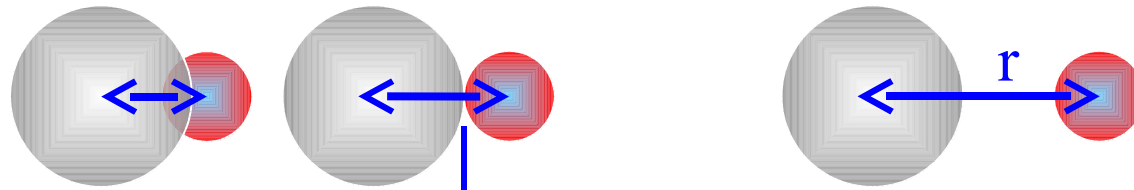
瞬間接着剤で磁石同士をくっつける



強い力(核力)による引き寄せ

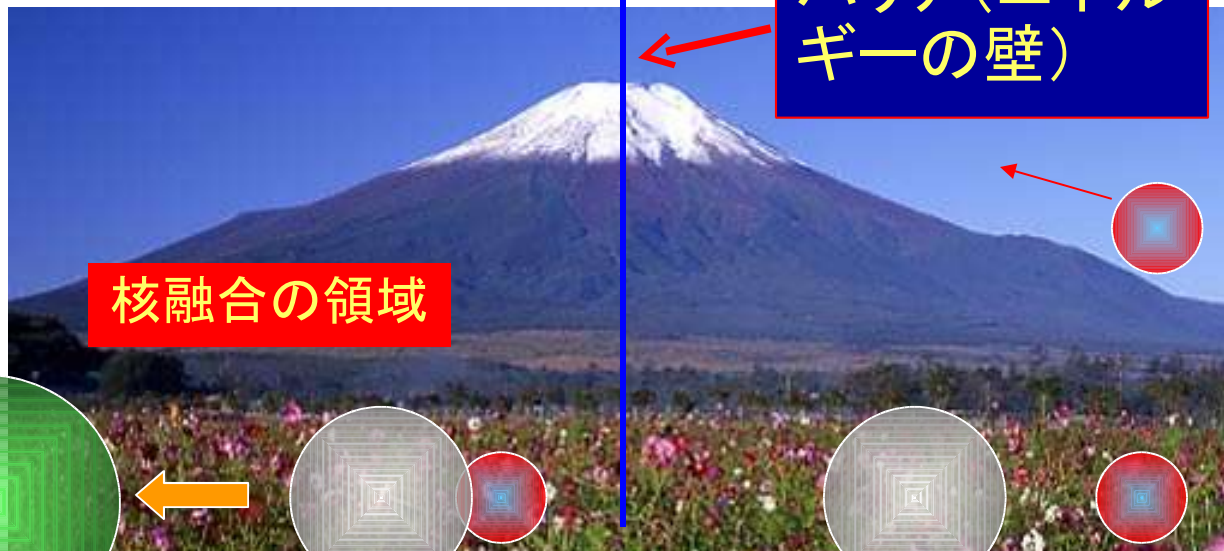
強い力: 近い距離で働き、クーロン力より 137 倍強い (引き寄せあう力)

# 強い力(引力) vs 電磁力(反発力)

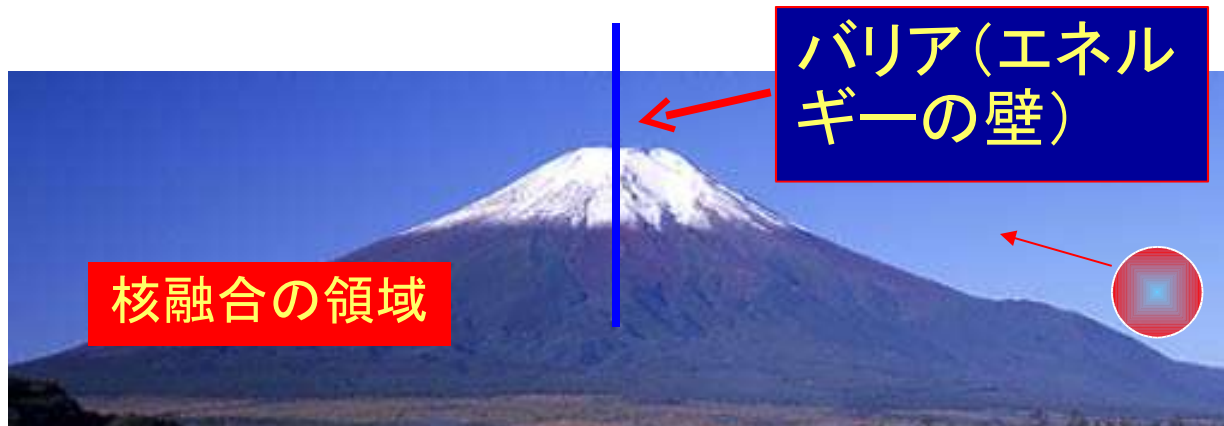


正味の力: 引力

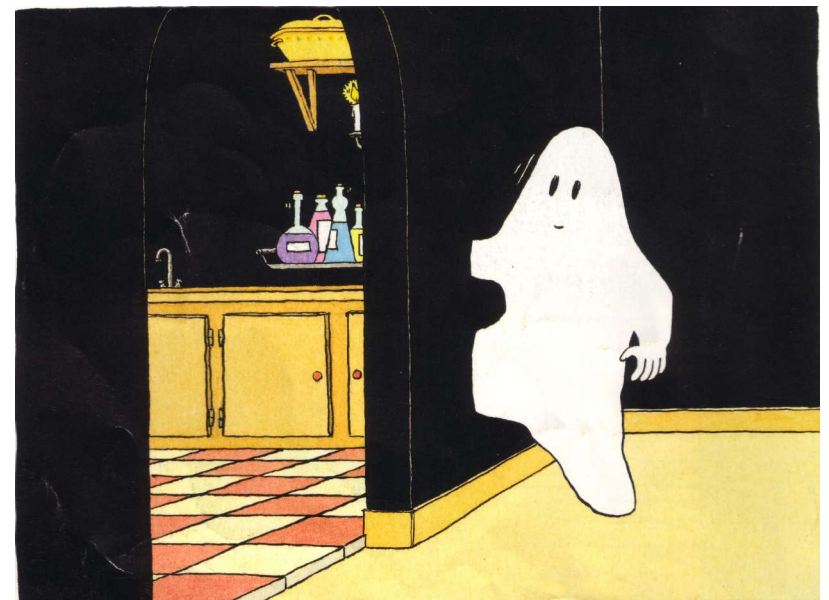
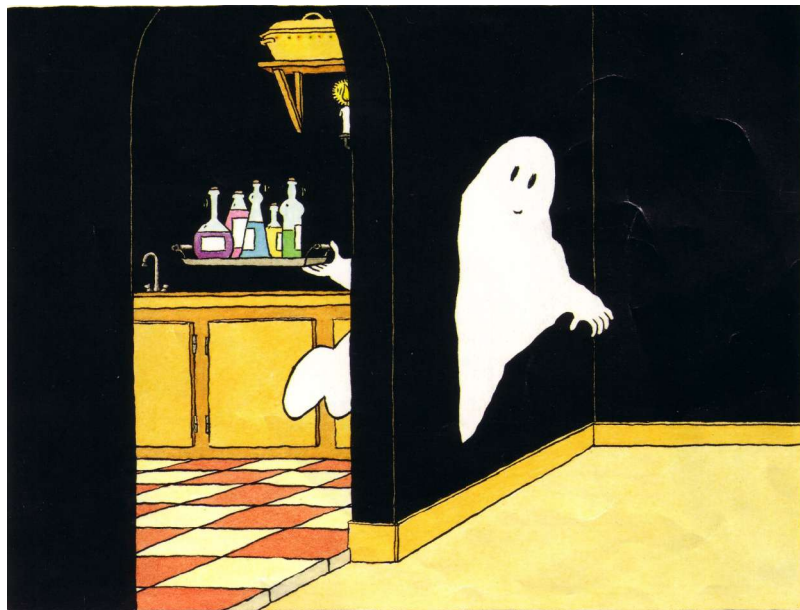
正味の力: 反発力



原子核を勢いよくぶつけるとバリアを乗り越えて核融合が起きる



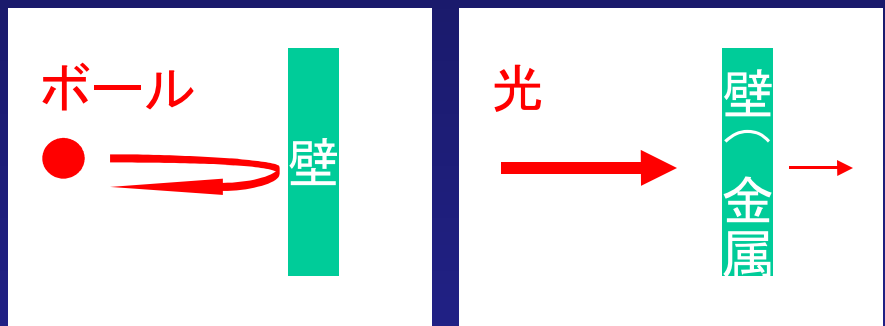
原子核を勢いよくぶつけるとバリアを乗り越えて核融合が起きる  
.....しかし、星(太陽)の中では「勢い」(エネルギー)が足りない  
→ 「量子トンネル現象」



ジャック・デュケノワ著「おばけパーティー」より

# 量子トンネル現象

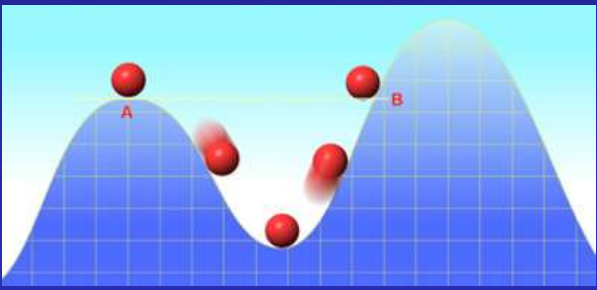
## 古典力学



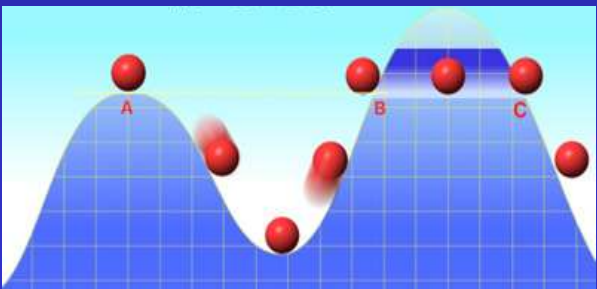
ボールなどの物質は壁に当たると跳ね返るが、光などの波動は壁(金属薄膜)を通り抜ける(エバネッセント波)。

## 量子力学

ミクロナ粒子を記述する量子力学では粒子は波動的性質を持つ。

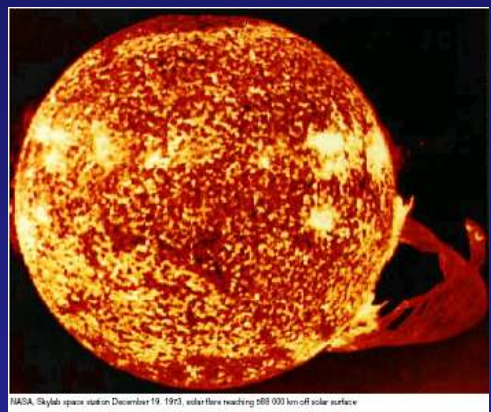


古典力学では、AはBで止まってそれ以上は上がれない。

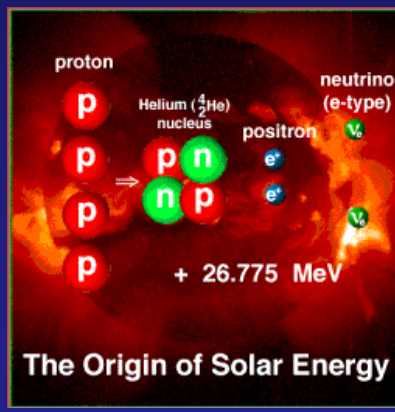


量子力学では、粒子の波動性のためAは山の反対側(BからC)に出ることができる。

## 太陽のエネルギー源

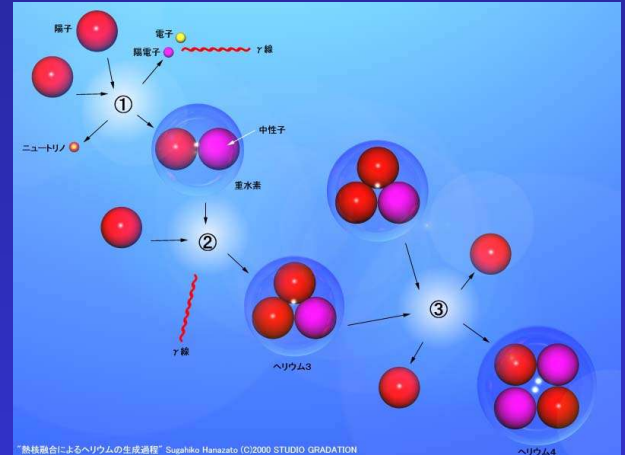


NASA, Skylab space station December 19, 1973, solar flare reaching 688,000 km off solar surface



The Origin of Solar Energy

太陽は大部分が水素やヘリウムなどの気体でできている。太陽の中心で水素原子核がぶつかり合いヘリウム原子核に変わることにより膨大なエネルギーが産み出されている( $E=mc^2$ )。このような反応を核融合反応といい、そのメカニズムは量子トンネル効果により初めて説明される。



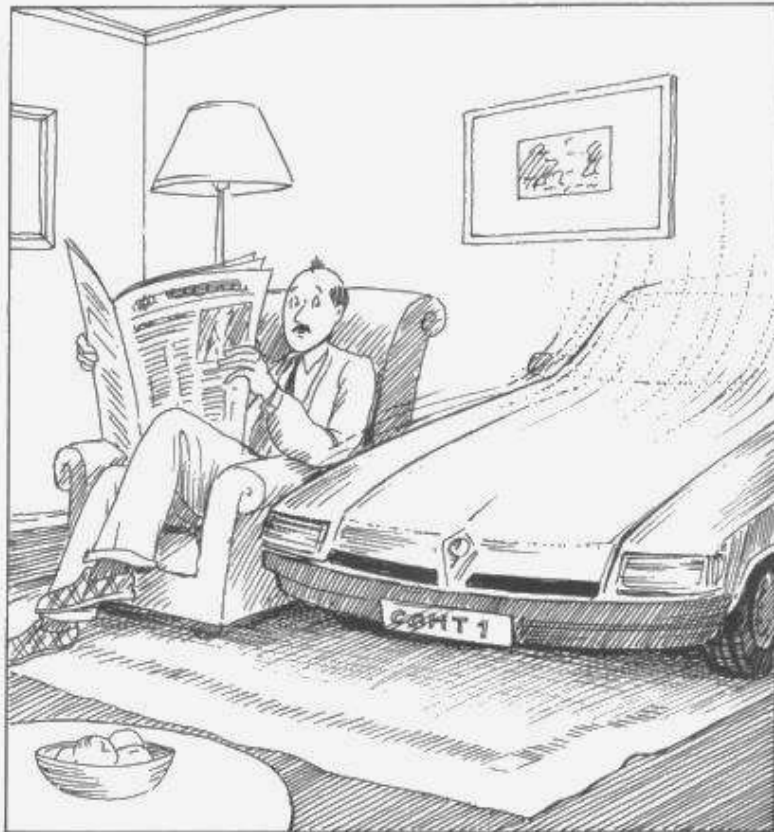
"熱核融合によるヘリウムの生成過程" Supahiko Hanazato (C)2000 STUDIO GRADATION

# ハイゼンベルクの不確定性原理

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq 10^{-34} \quad \text{J s}$$

距離と運動量を同時に決めることはできない

....もし  $\Delta p \cdot \Delta x \geq 10 \quad \text{J s}$  だったら....



What if his car leaked out of its locked garage?



ハイゼンベルク  
(1901~1976)

車が車庫をすり抜ける！？



現実では電子や原子核のように質量が軽い場合のみトンネル現象が起きる

電子の質量: 約  $10^{-27} \text{ g}$

陽子の質量: 約  $10^{-24} \text{ g}$