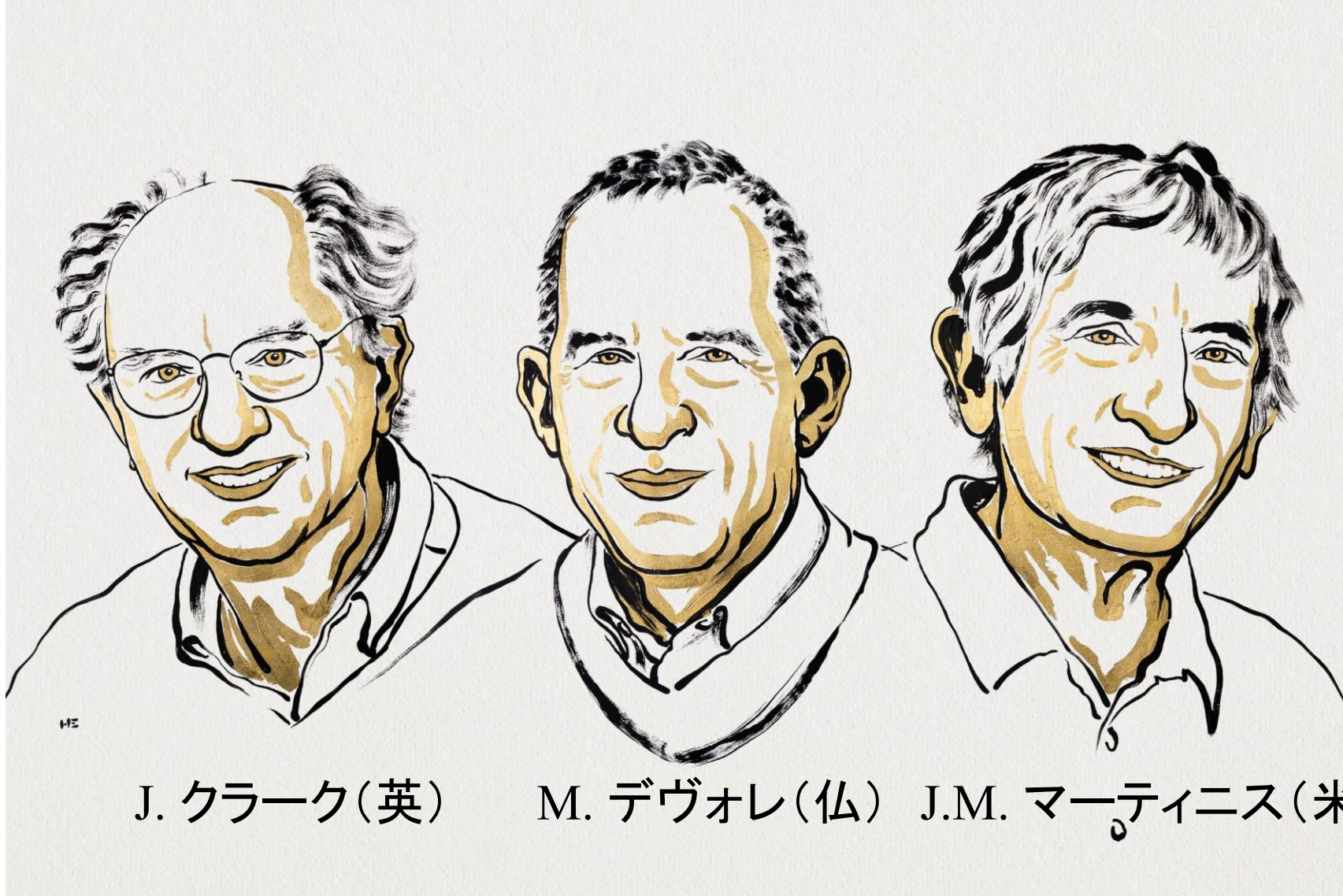


2025年ノーベル物理学賞

「電気回路における巨視的トンネル効果とエネルギー量子化の発見」

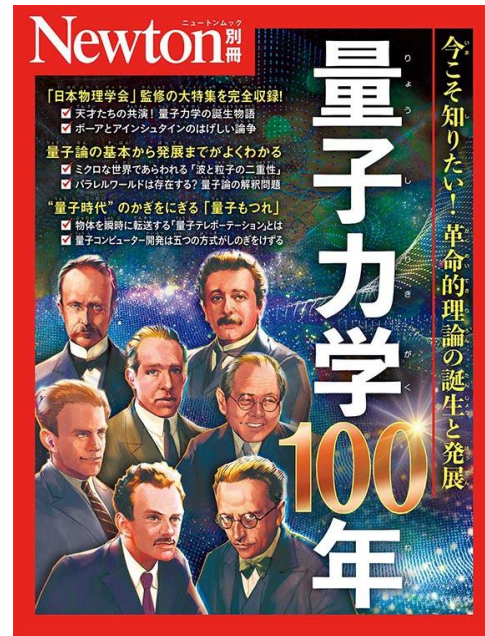


2025年ノーベル物理学賞

「電気回路における巨視的トンネル効果とエネルギー量子化の発見」

今からスライドで

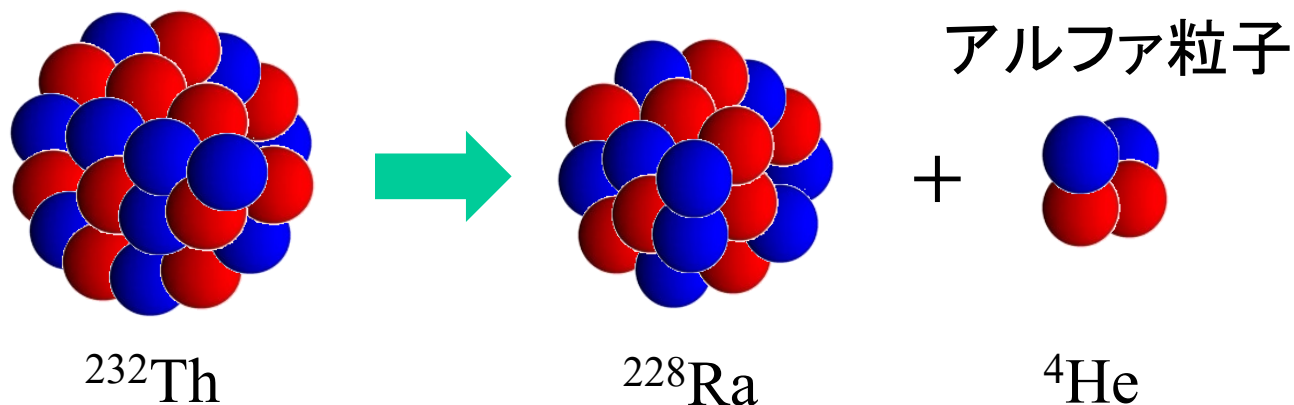
黒板で
(プランクの公式との関係で)



今年は量子力学100周年！

原子核と量子力学

アルファ崩壊



重い原子核は時間がたつと自然に2つに分かれる

(例えば) ^{232}Th (トリウム232: 陽子90個 + 中性子142個)

約140億年経つと ^{228}Ra (ラドン228) と ^4He (ヘリウム4) に分かれる

【ところが】 ^{230}Th (トリウム230: 陽子90個 + 中性子140個) だと
約7万6千年で分かれる

原子核の寿命

^{232}Th : 約140億年
 ^{230}Th : 約7万6千年

中性子の数がたった2つだけ
変わっただけで、なんで寿命
がこんなに違うのだろう？



大きな謎

原子核と量子力学

ジョージ・ガモフ (1904-1968)



<https://astro-dic.jp/gamow-george/>

1928年、量子力学を使って
この謎を解明

当時、量子力学はできたてホヤホヤ

1925年: ハイゼンベルクの行列力学

1926年: シュレーディンガー方程式

1927年: 不確定性原理

当時、量子力学が実際の現象に
使えるかどうか人々は半信半疑

今から100年前



原子核の寿命

^{232}Th : 約140億年

^{230}Th : 約7万6千年

中性子の数がたった2つだけ
変わっただけで、なんで寿命
がこんなに違うのだろう？

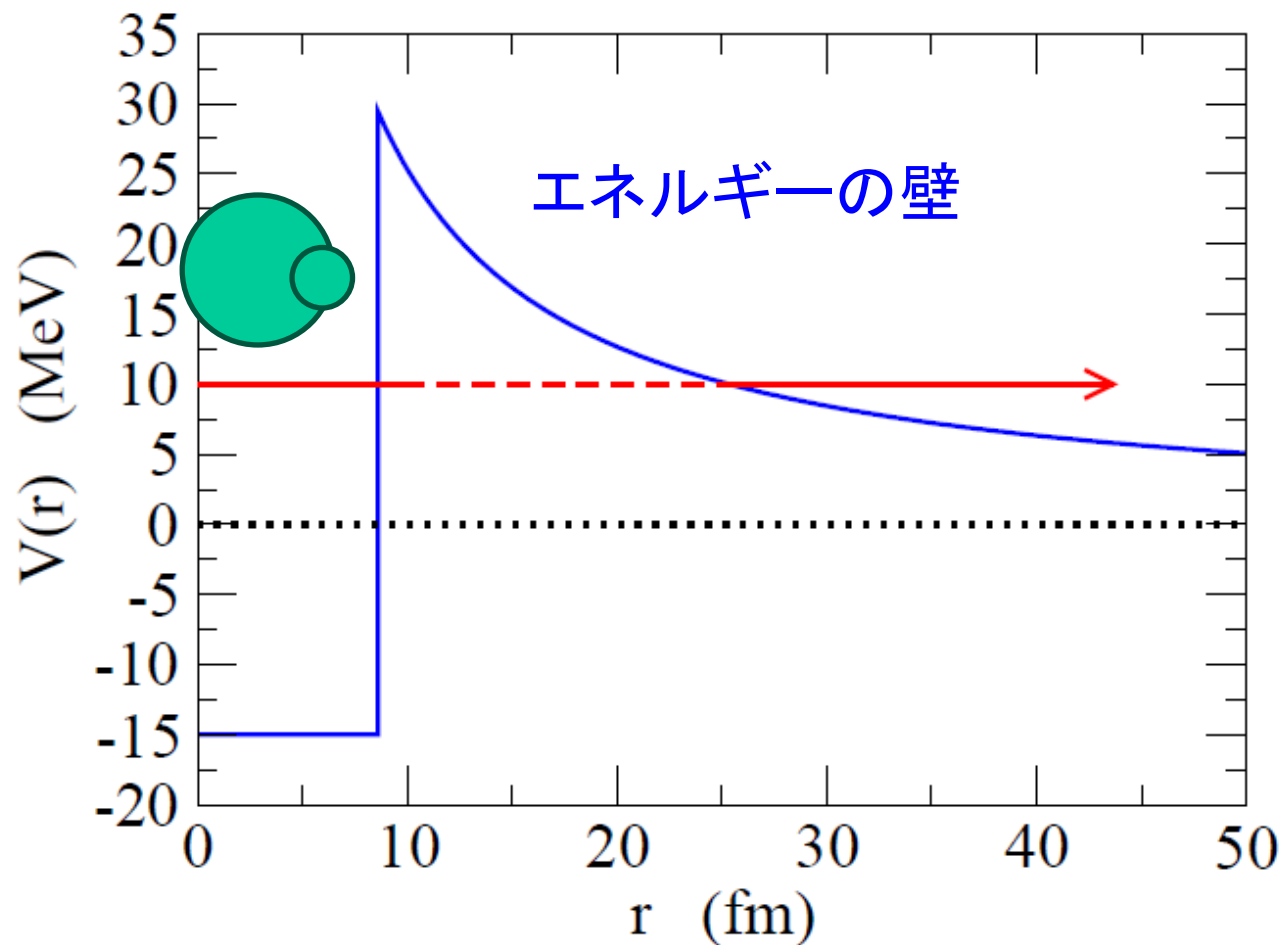
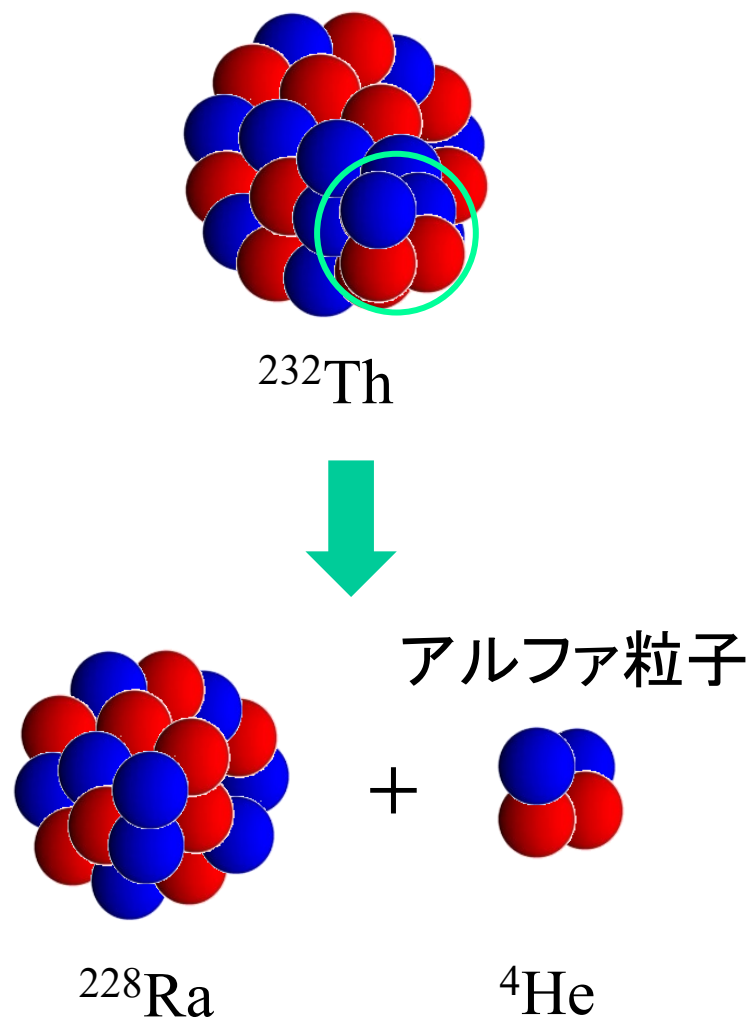


大きな謎

→ガモフの発見が量子力学の成功の有力な証拠の1つに！

量子力学の発展に原子核が大きな役割を果たした

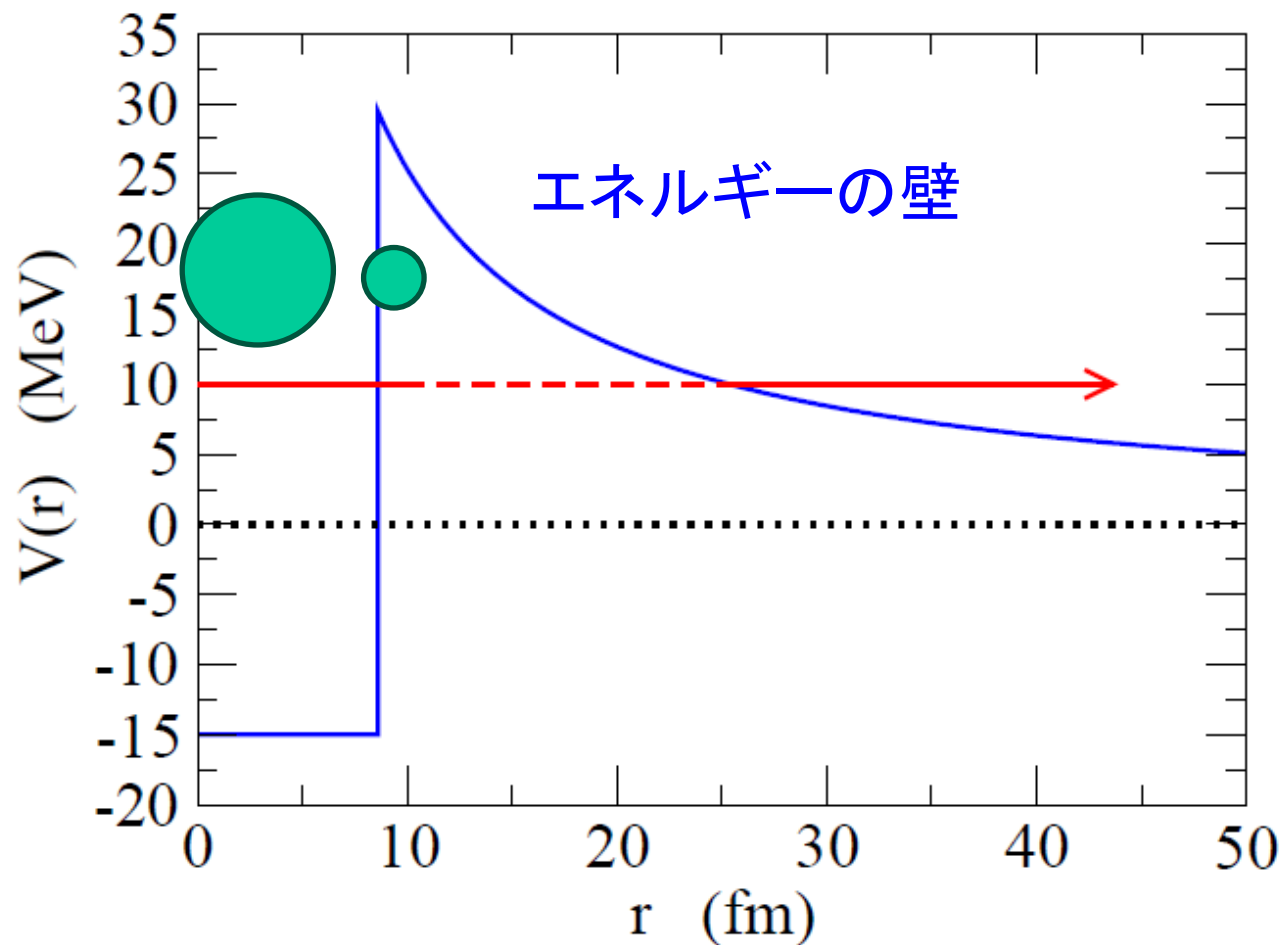
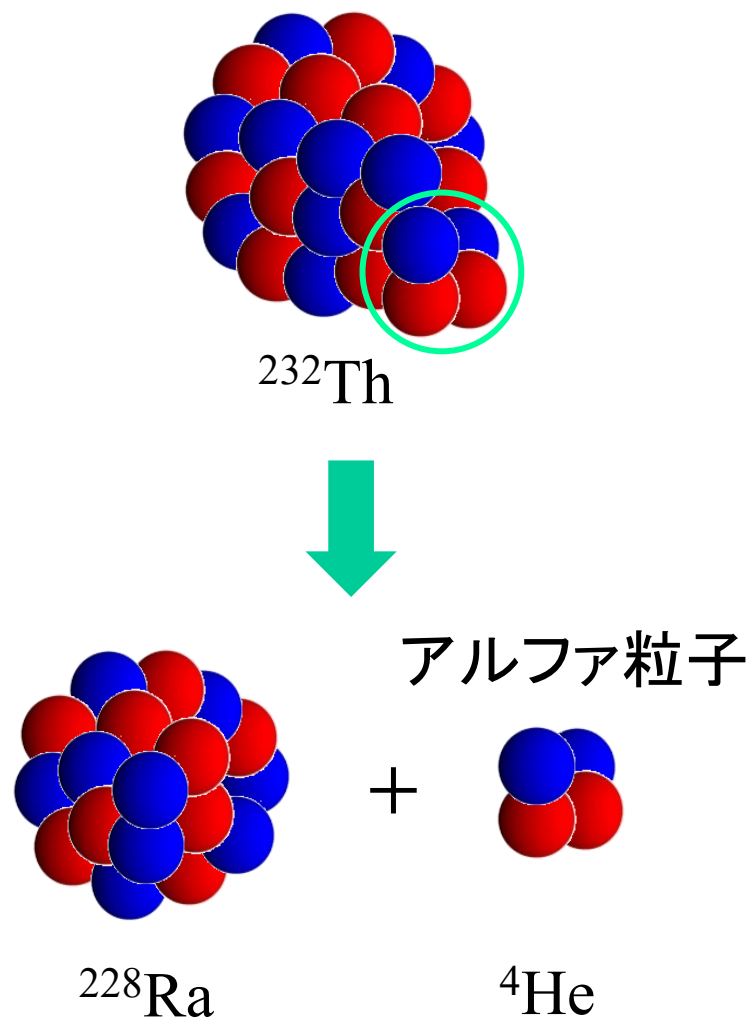
アルファ崩壊



最初、アルファ粒子は原子核のエネルギーの壁に閉じ込められている

→量子力学では、極まれに壁を通り抜けられる

アルファ崩壊



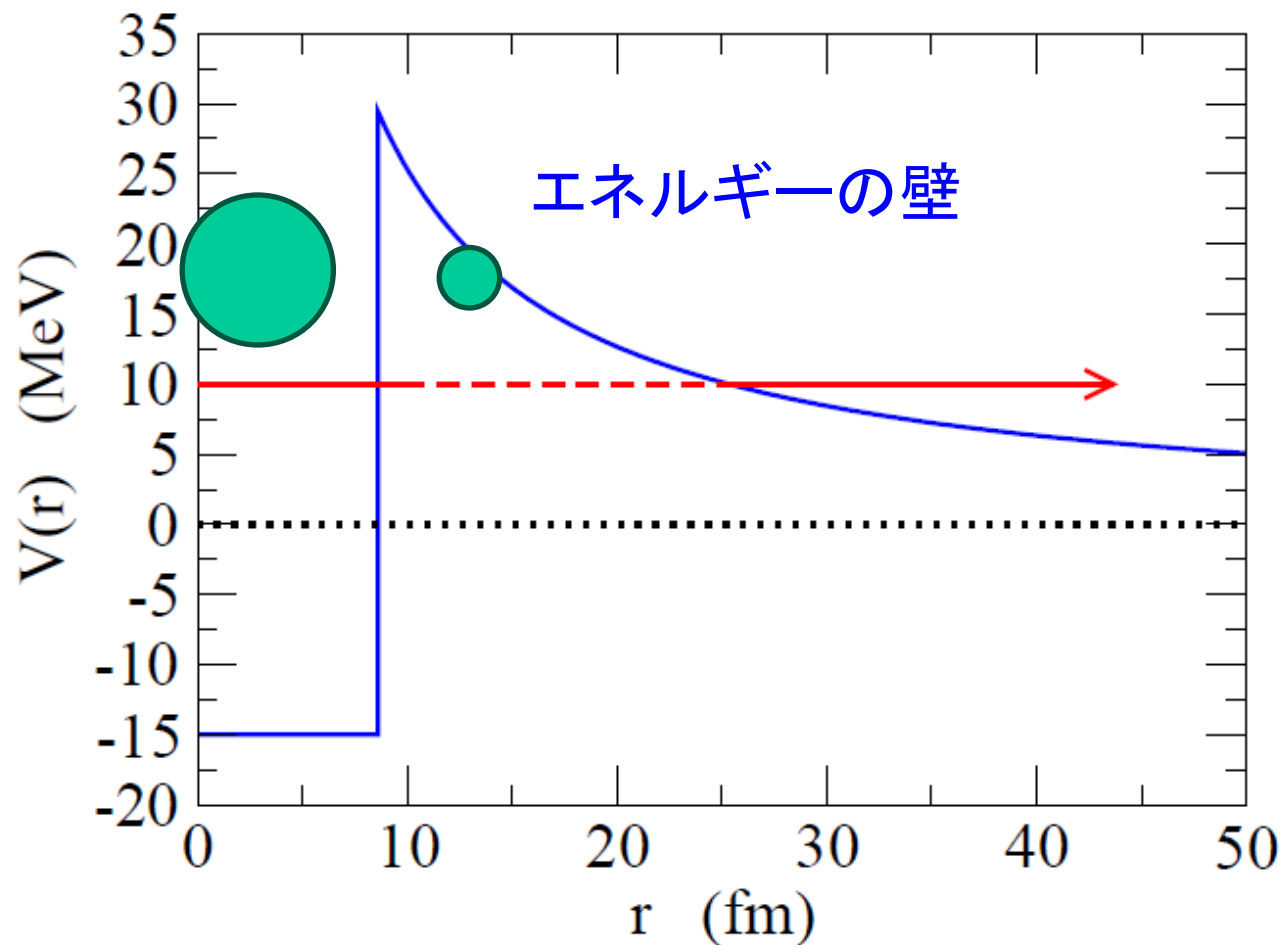
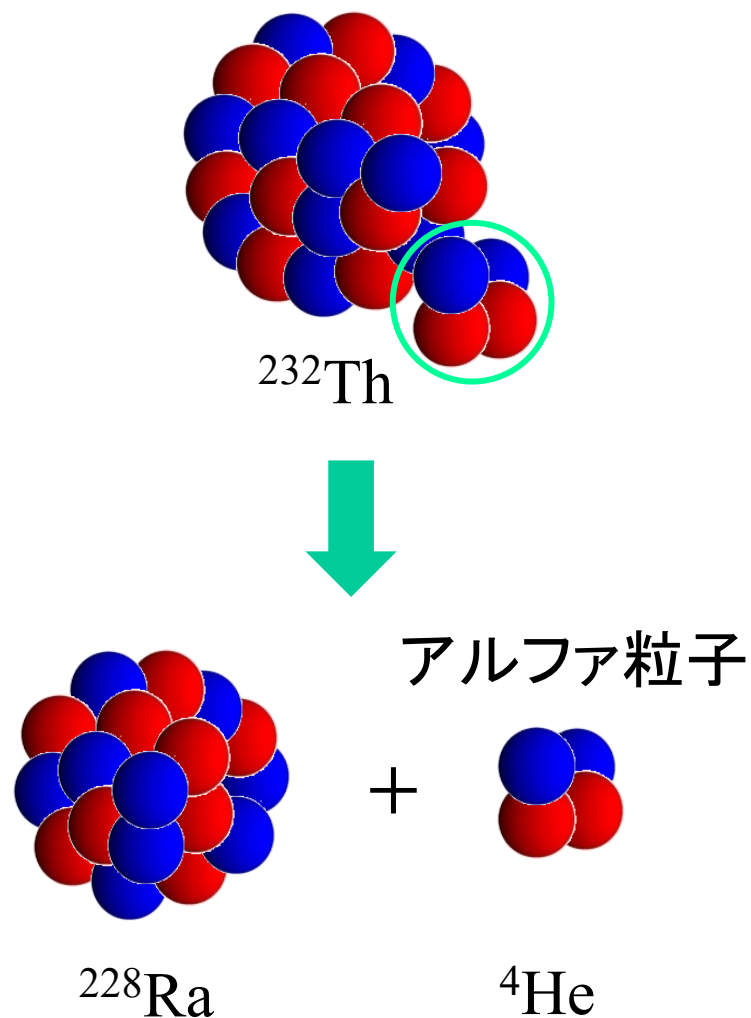
最初、アルファ粒子は原子核のエネルギーの壁に閉じ込められている

→量子力学では、極まれに壁を通り抜けられる

原子核と量子力学

ガモフの考え方

アルファ崩壊



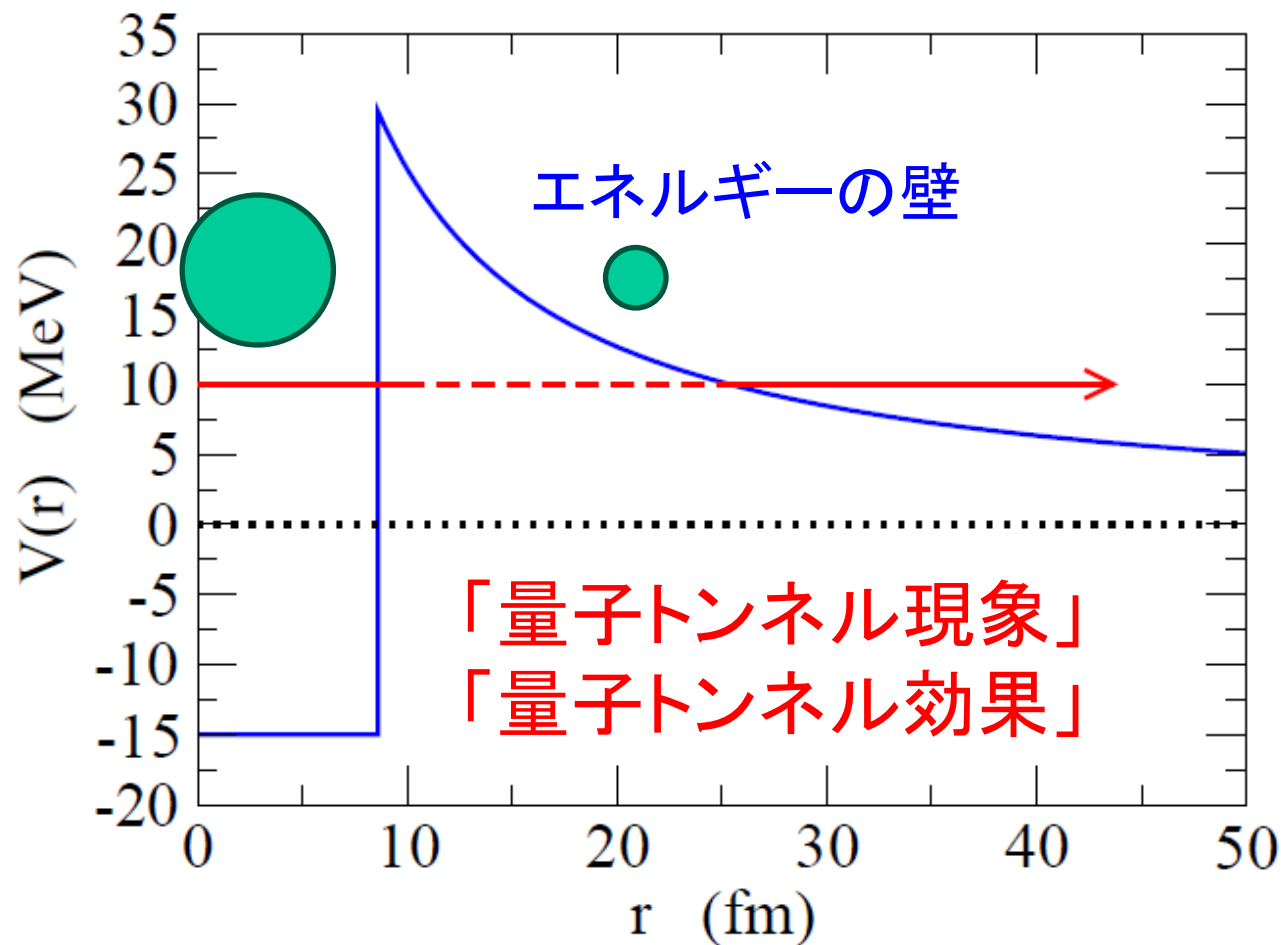
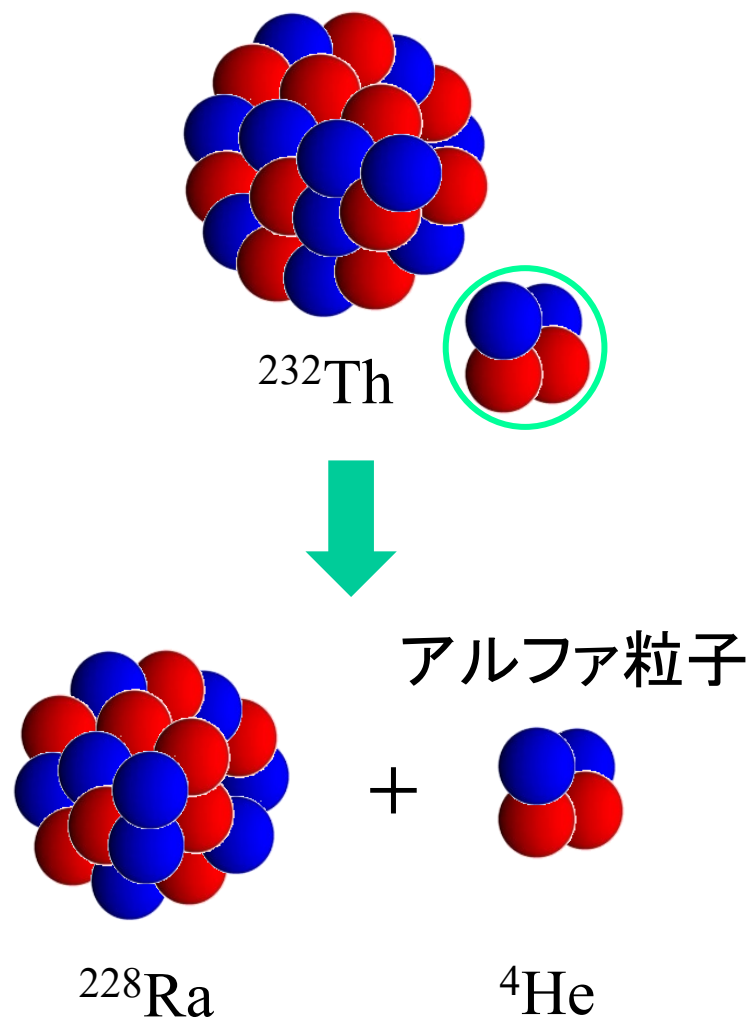
最初、アルファ粒子は原子核のエネルギーの壁に閉じ込められている

→量子力学では、極まれに壁を通り抜けられる

原子核と量子力学

ガモフの考え方

アルファ崩壊



最初、アルファ粒子は原子核のエネルギーの壁に閉じ込められている

→量子力学では、極まれに壁を通り抜けられる

原子核と量子力学

ガモフの考え方

量子トンネル現象

ごく稀にしか起こらない

→条件が少しでも変わると
確率が大きく変化

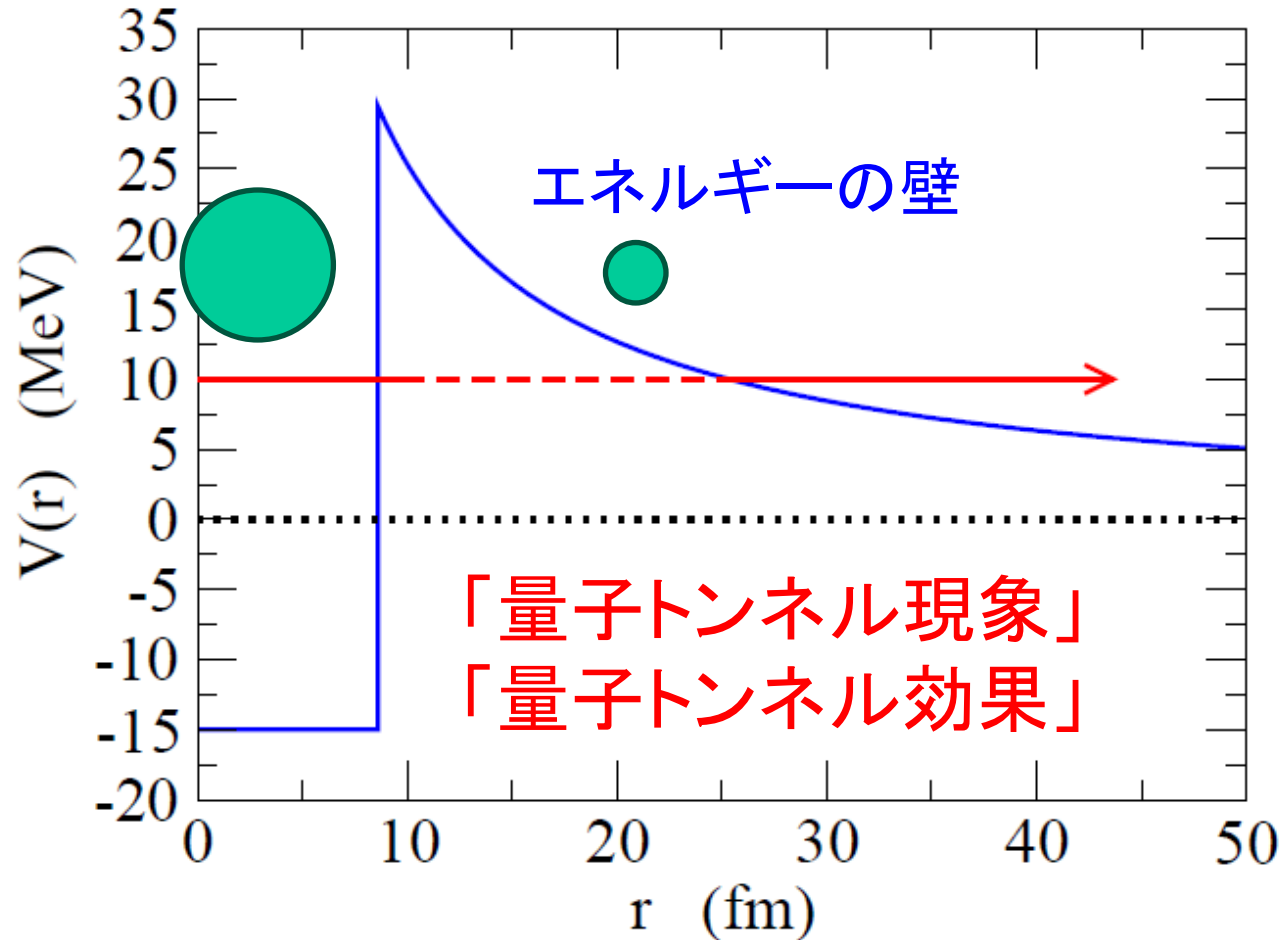
原子核の寿命

^{232}Th : 約140億年

^{230}Th : 約7万6千年

中性子の数が変わると、ほんの
少しだけアルファ粒子のエネルギーが変わる

$$E_{\alpha} = 4.1 (^{232}\text{Th}) \rightarrow 4.8 (^{230}\text{Th})\text{MeV}$$



最初、アルファ粒子は原子核のエネルギーの壁
に閉じ込められている

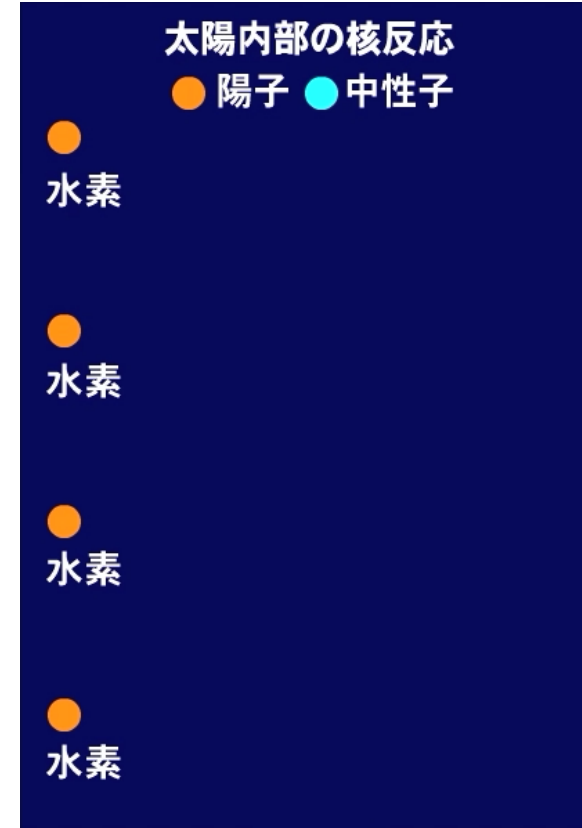
→量子力学では、極まれに壁を通り抜けられる

量子トンネル現象と天体現象

量子トンネル現象は我々の身近なこととも関係している



Wikipedia

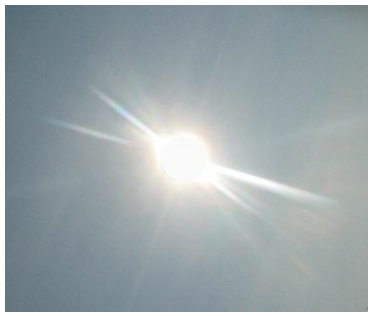


国立科学博物館

<https://www.kahaku.go.jp/exhibitions/vm/resource/tenmon/space/sun/sun01.html>

太陽が輝いているわけ: 太陽の中で陽子と陽子が核融合することで熱が発生

量子トンネル現象と天体現象



陽子は+の電気を持つので、陽子と陽子は反発

→ 勢いをつけてぶつけないと核融合が起きない(エネルギーの壁がある)



太陽の中でエネルギーの壁を乗り越えるには**1億2千度**以上の高温が必要

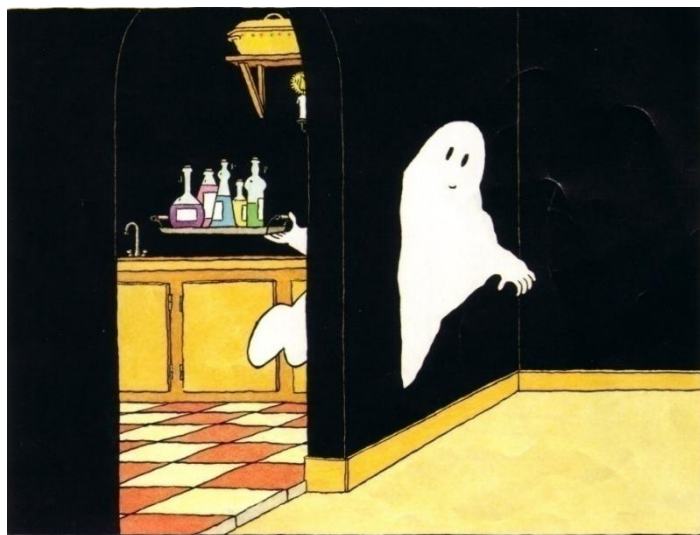
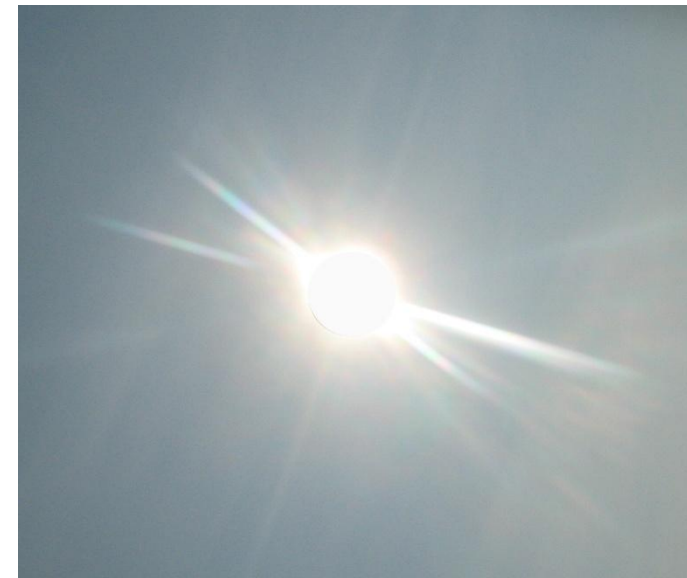
→ 実際には、太陽の中心温度は **1500 万度**

太陽が燃えない!!



量子トンネル現象!

量子トンネル現象と天体現象



ジャック・デュケノワ著「おばけパーティー」(ぽるぷ社)より

量子トンネル現象で越えられないはずの壁を通り抜けて太陽が輝いている!

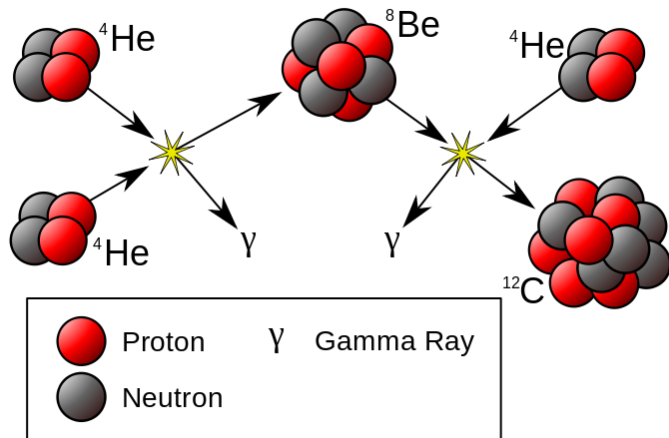
量子トンネル現象と天体現象



量子トンネル現象でエネルギーの壁を越えて太陽が輝いている!

量子トンネル現象は稀にしか起きない

←太陽があつという間に燃え尽きないわけ



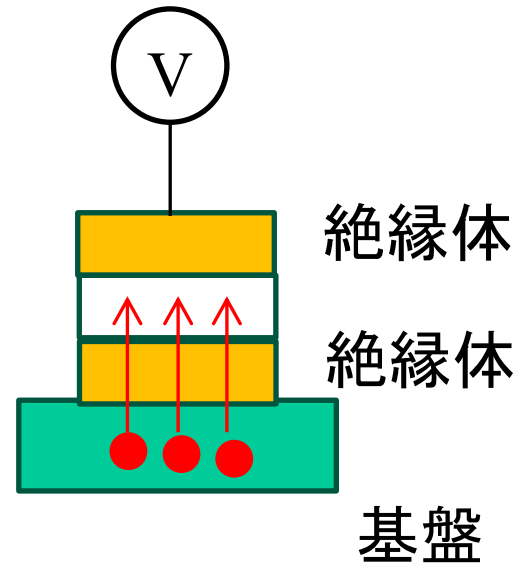
星の中で炭素や酸素ができるのも、
量子トンネル現象による核融合反応のため

量子トンネル現象と半導体デバイス

もっと身近なところにも量子トンネル現象が使われている



フラッシュメモリ



パソコンや
USBメモリにも

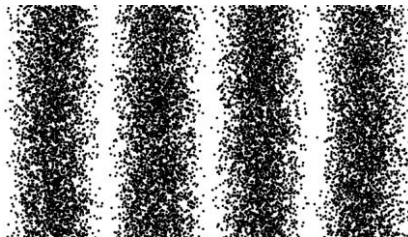
スマートフォンで写真を撮ると：
→ デジタル情報が**量子トンネル現象**でスマートフォン
の中の「フラッシュメモリ」に保存される

電圧をかけると量子トンネル現象
により電子が移動

→ 電子があるかないかで
「1」と「0」を区別

巨視的量子トンネル現象

量子力学



ジョージ・ガモフ
「不思議の国のトムキンス」より

* アルファ崩壊の理論と同じ人

