

## Section 2.

# 恒星の構造と性質 (1)

## 2.1 運動方程式

## 2.2 太陽の中心温度

# 太陽

## 太陽の明るさ

$$= 4 \times 10^{26} \text{ J/s (= W)} = 4 \times 10^{33} \text{ erg/s}$$

(C) JAXA/ISAS

日本の一年の消費電力 =  $2 \times 10^{19} \text{ J} = 2 \times 10^{26} \text{ erg}$   
日本が $10^7$ 年 = 1000万年かけて使うエネルギーを1秒で放射

そもそもなぜこんなに明るいの??

# 太陽はなぜ明るく輝くのだろうか？

## A. 化学反応

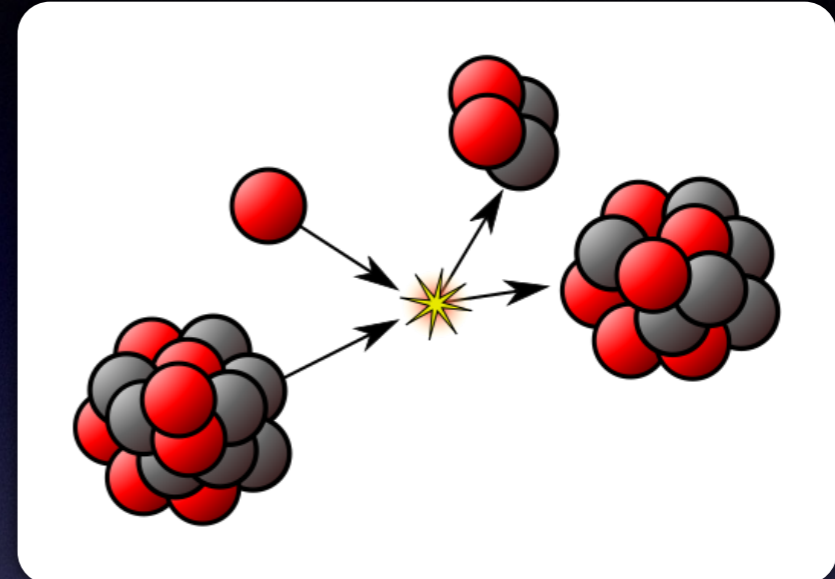


<https://www.britannica.com/science/chemical-reaction>



原子や分子がくっつく  
= 原子核は変わらない

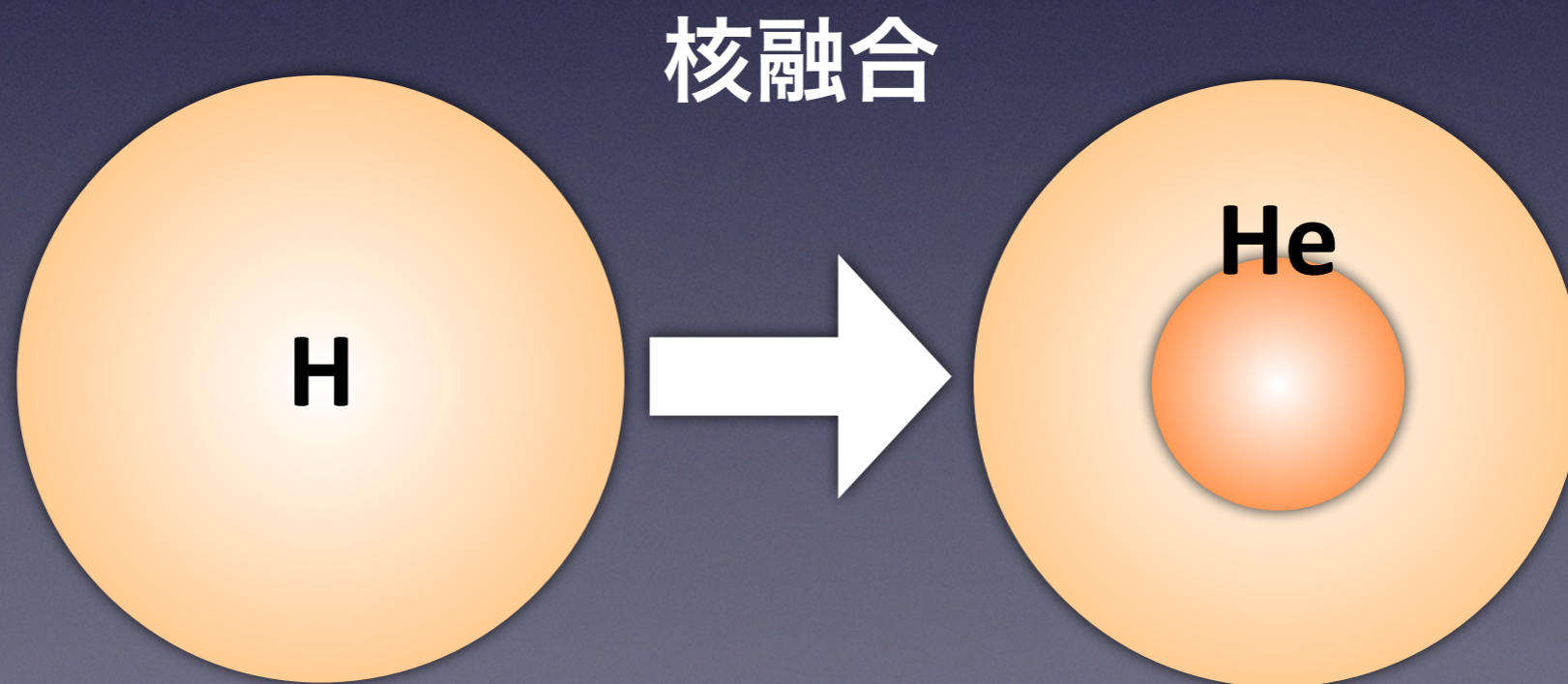
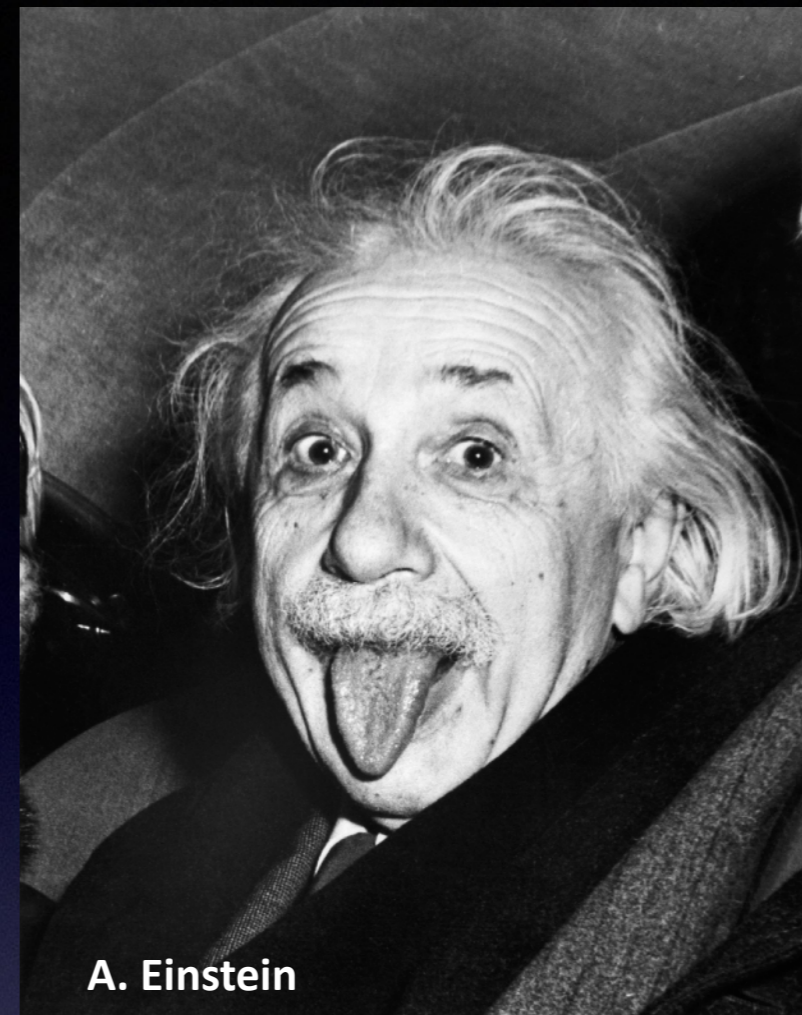
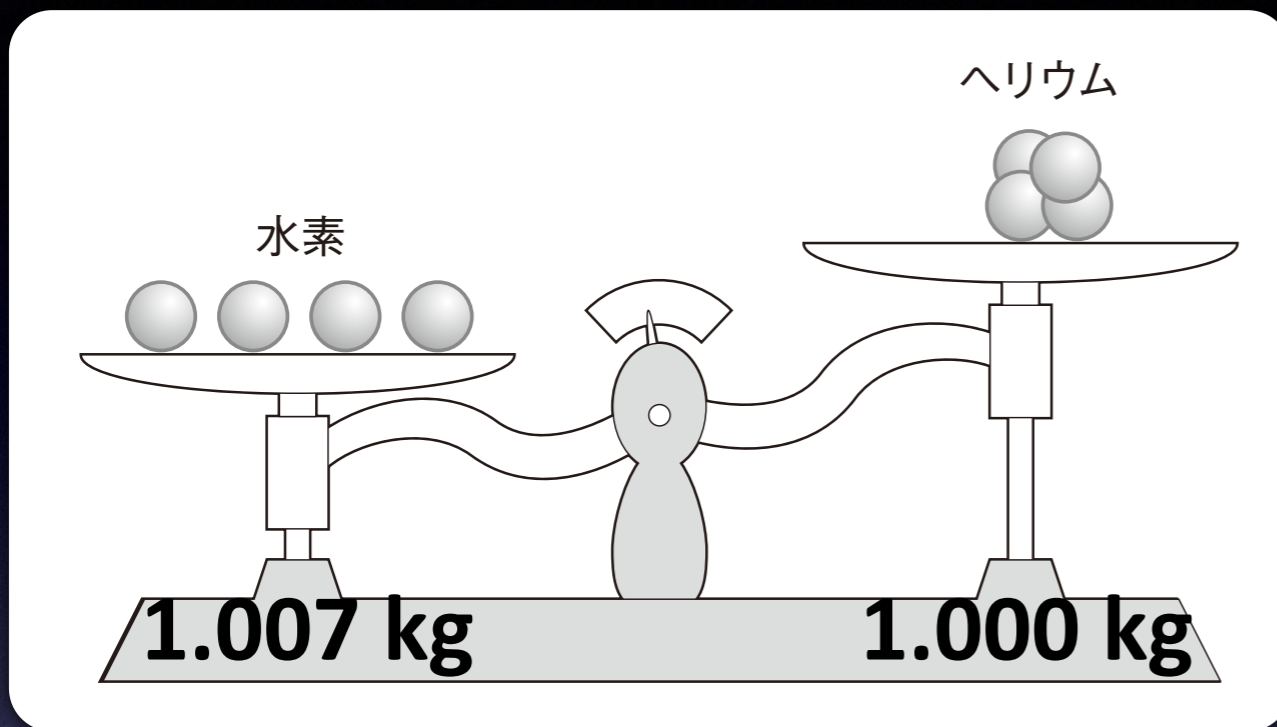
## B. 原子核反応



原子核が変わる  
= 新しい元素ができる

太陽を約100億年  
輝かせることができる

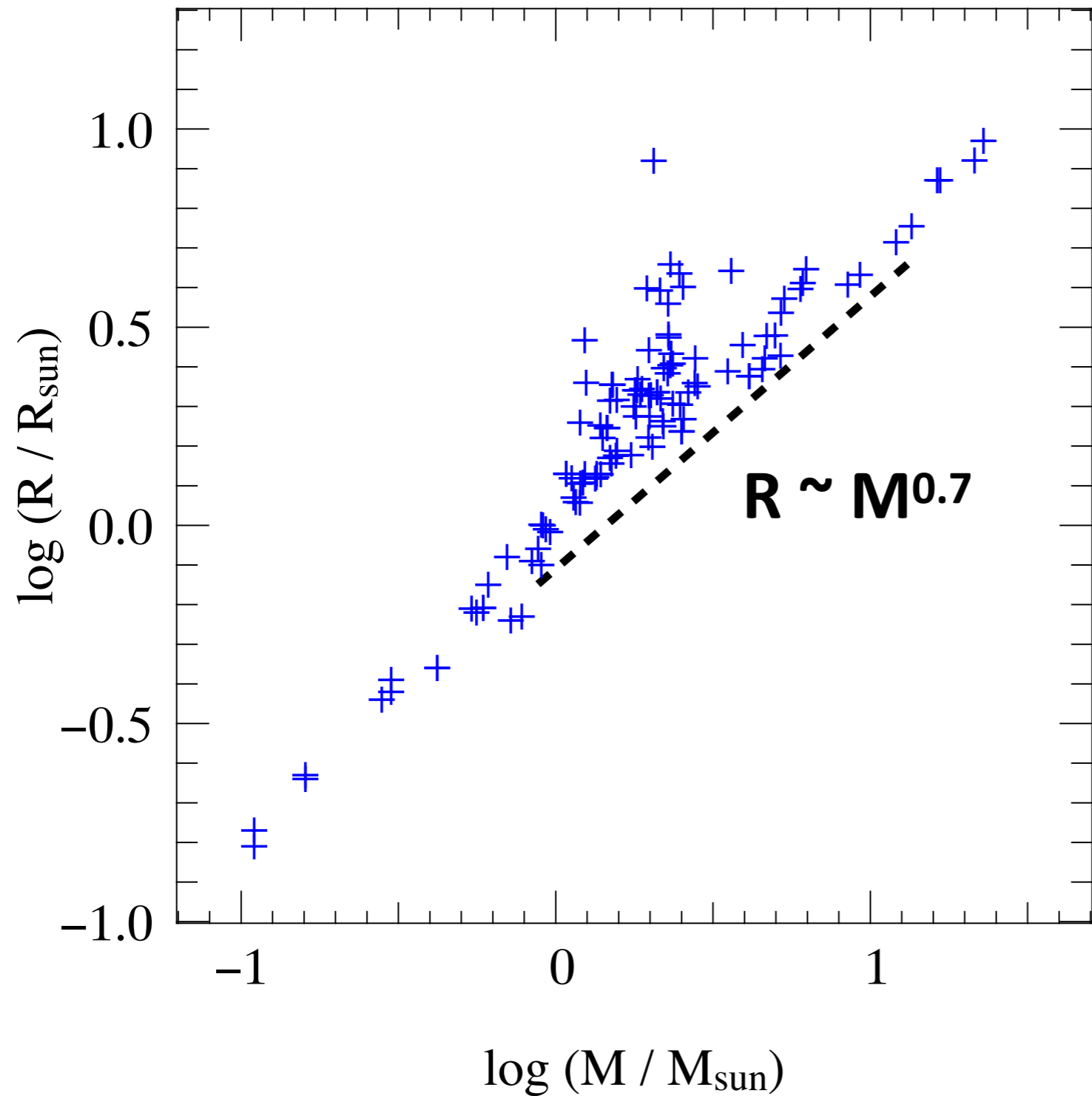
エネルギー源:  $E = mc^2$



**本当にそんなことが起きるの？  
どうやって??**

元素の種類が変わるのを間近で見たことがある人は  
ほとんどいないはず！

# 質量と半径の関係 (主系列星)



「主系列星」  
重い星の方が  
半径が大きい  
なぜ？



# さまざまな疑問を**物理**を使って理解しよう

- 星の中はどうなっているの？
- なぜ重い星の方が大きいのか？
- なぜ星は明るく輝くのか？
- なぜ重い星の方が明るいのか？
- なぜ星は「進化」するのか？
- なぜ質量で星の運命が変わるのか？
- なぜ星は星でいられるのか？
- なぜ一部の星は爆発するのか？
- ...

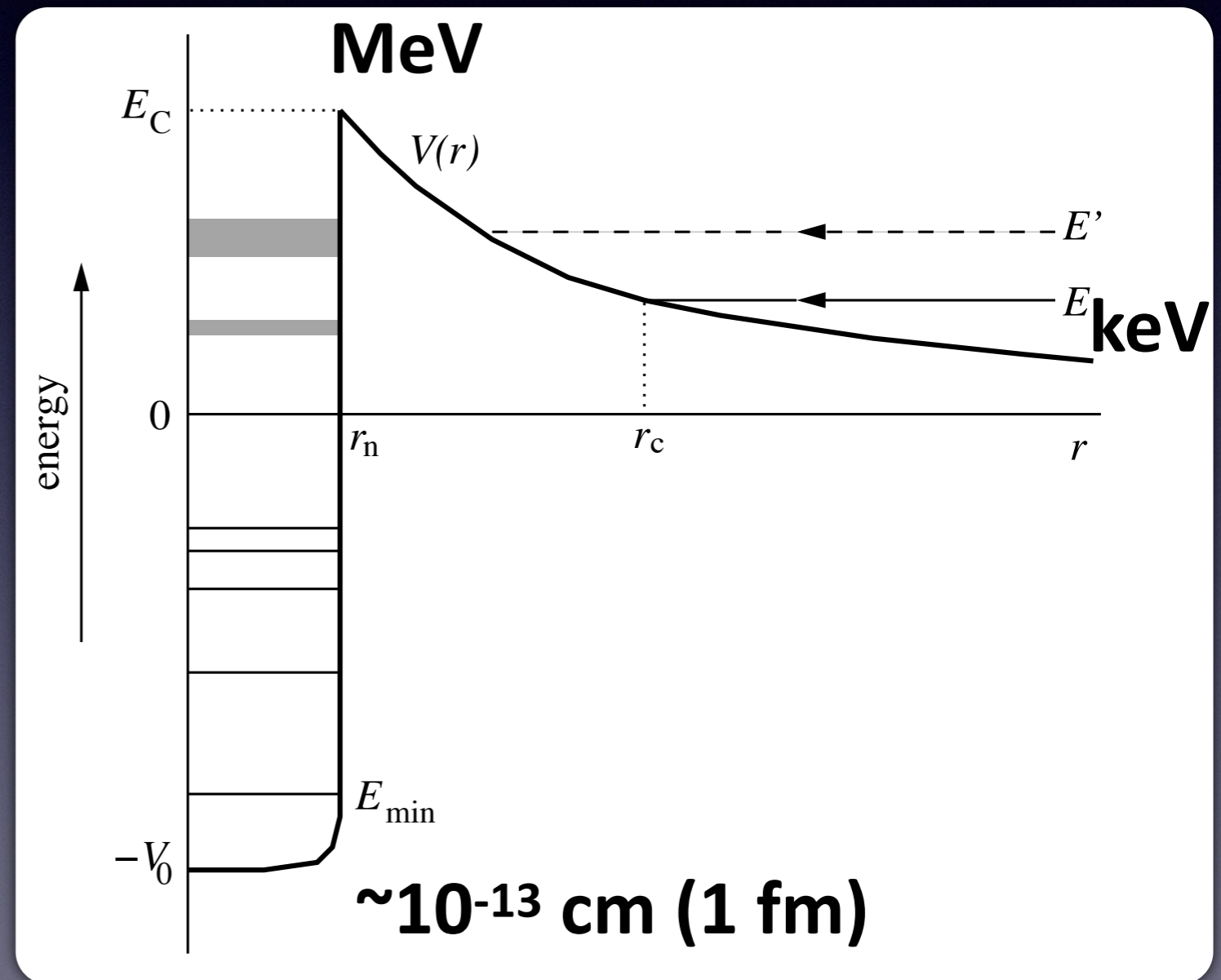
# 核融合

クーロン障壁  $E \sim (Z_1 Z_2 e^2) / r \sim 10^6 \text{ eV (MeV)}$

ガスの典型的なエネルギー  $E \sim kT \sim 10^3 \text{ eV (keV)} \leq 10^7 \text{ K}$

=> トンネル効果が必要

量子力学





# まとめ

- 恒星の内部
  - 力のつりあい：静水圧平衡  $\Leftarrow$  力学
  - 理想気体の状態方程式  $\Leftarrow$  熱力学
  - 太陽の中心温度は約 $10^7\text{K}$  (1000万度)
  - 核融合にはトンネル効果が必要
  - 核融合が $10^7\text{K}$ で起きるとすると、  
星の半径は質量に比例する

# レポート課題 1

現象の「タイムスケール」は一般的に

$$t = Q / (dQ/dt)$$

と表すことができる(Qは何らかの物理量)

1-1. Kelvin-Helmholtzタイムスケールを説明せよ

1-2. 太陽の場合のKelvin-Helmholtzタイムスケールを概算せよ

1-3. 自由落下時間 (free-fall timescale) を説明せよ

1-4. 太陽の場合の自由落下時間を概算せよ

1-5. 太陽の場合のsound crossing timeを概算せよ