

Section 5.

核融合反応

5.1 恒星内部の温度

5.2 核融合反応

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

太陽はなぜこんなに明るいのか??

=> 物理を使って理解しよう

太陽はなぜ明るく輝くのか？

A. 化学反応

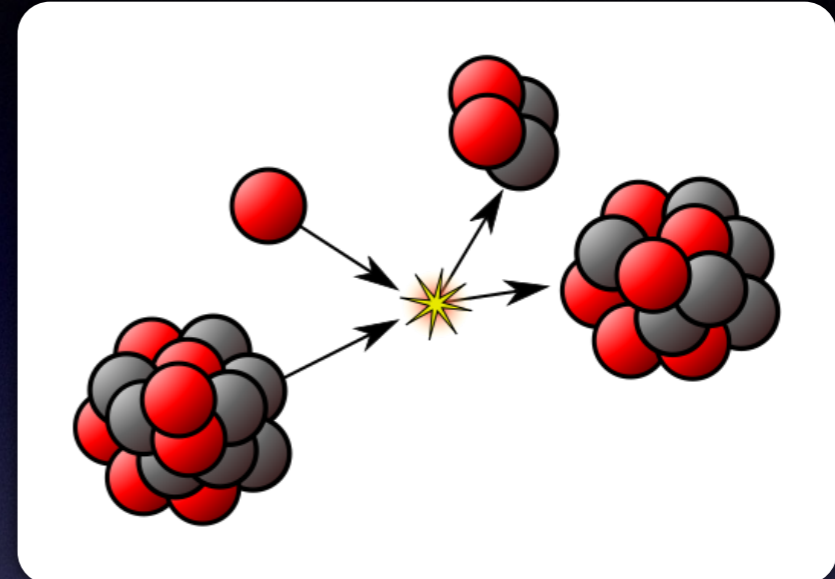


<https://www.britannica.com/science/chemical-reaction>



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



星の中では核融合反応が起きているらしい

=> 本当？

星の中はどうなっているの？

核融合

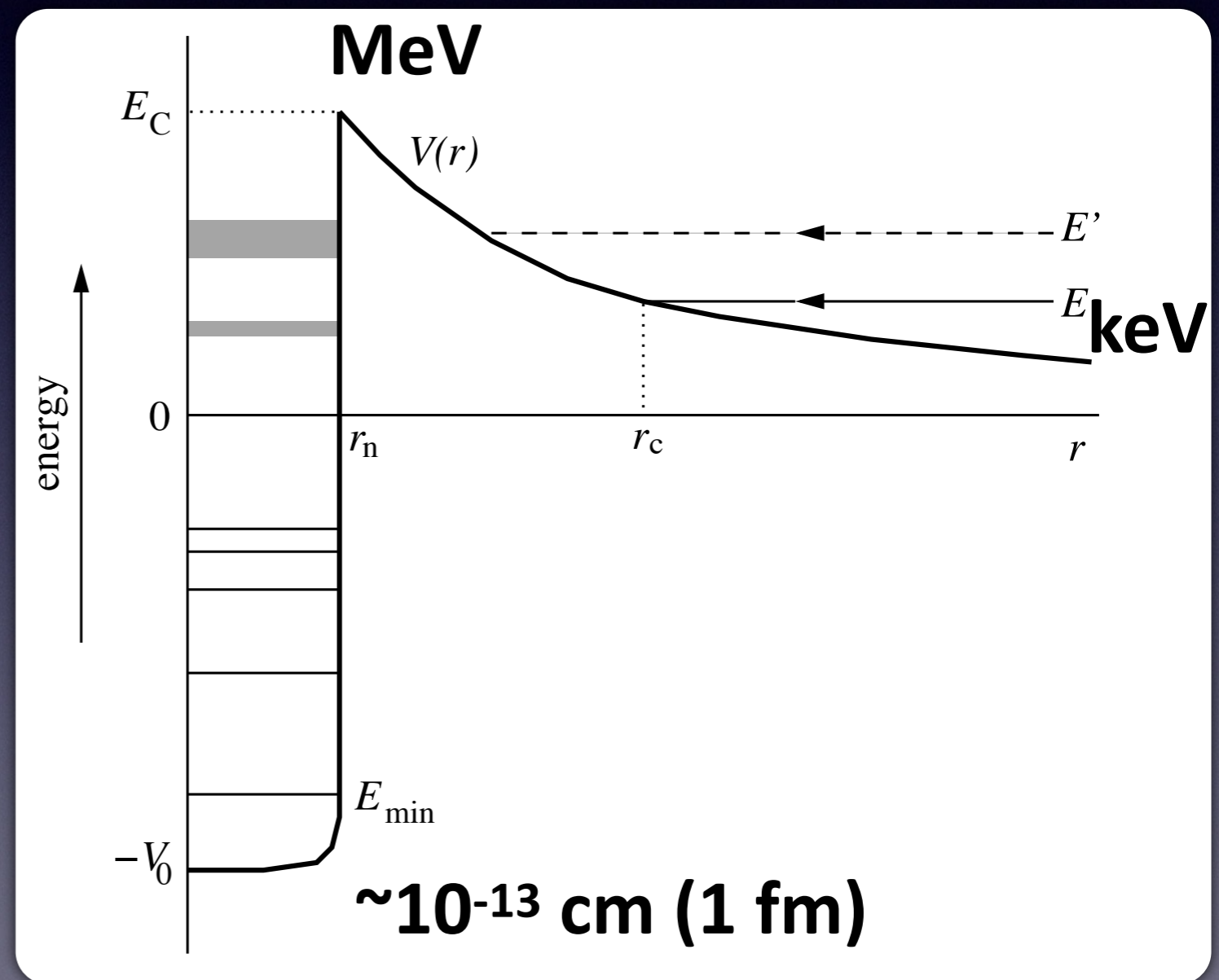
クーロン障壁 $E \sim (Z_1 Z_2 e^2) / r \sim 10^6 \text{ eV (MeV)}$

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

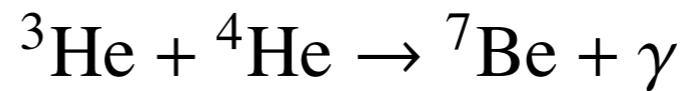
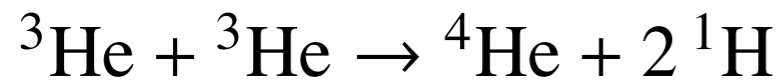
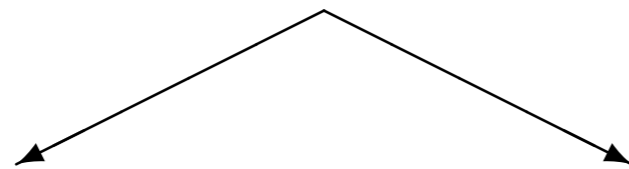
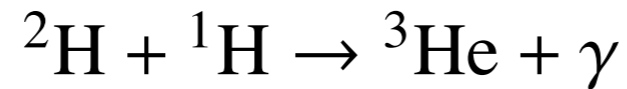
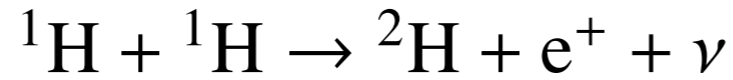
量子力学

温度が高いほど核融合が
起こりやすい

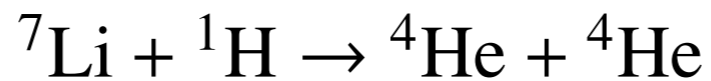
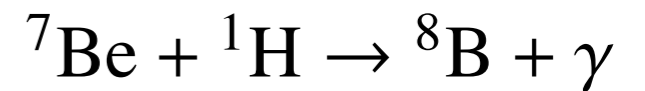
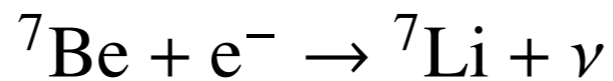
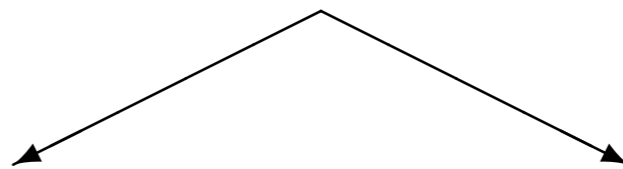


水素燃烧 (pp chain)

$$4\ ^1\text{H} \rightarrow\ ^4\text{He} + 2\ e^+ + 2\ \nu$$



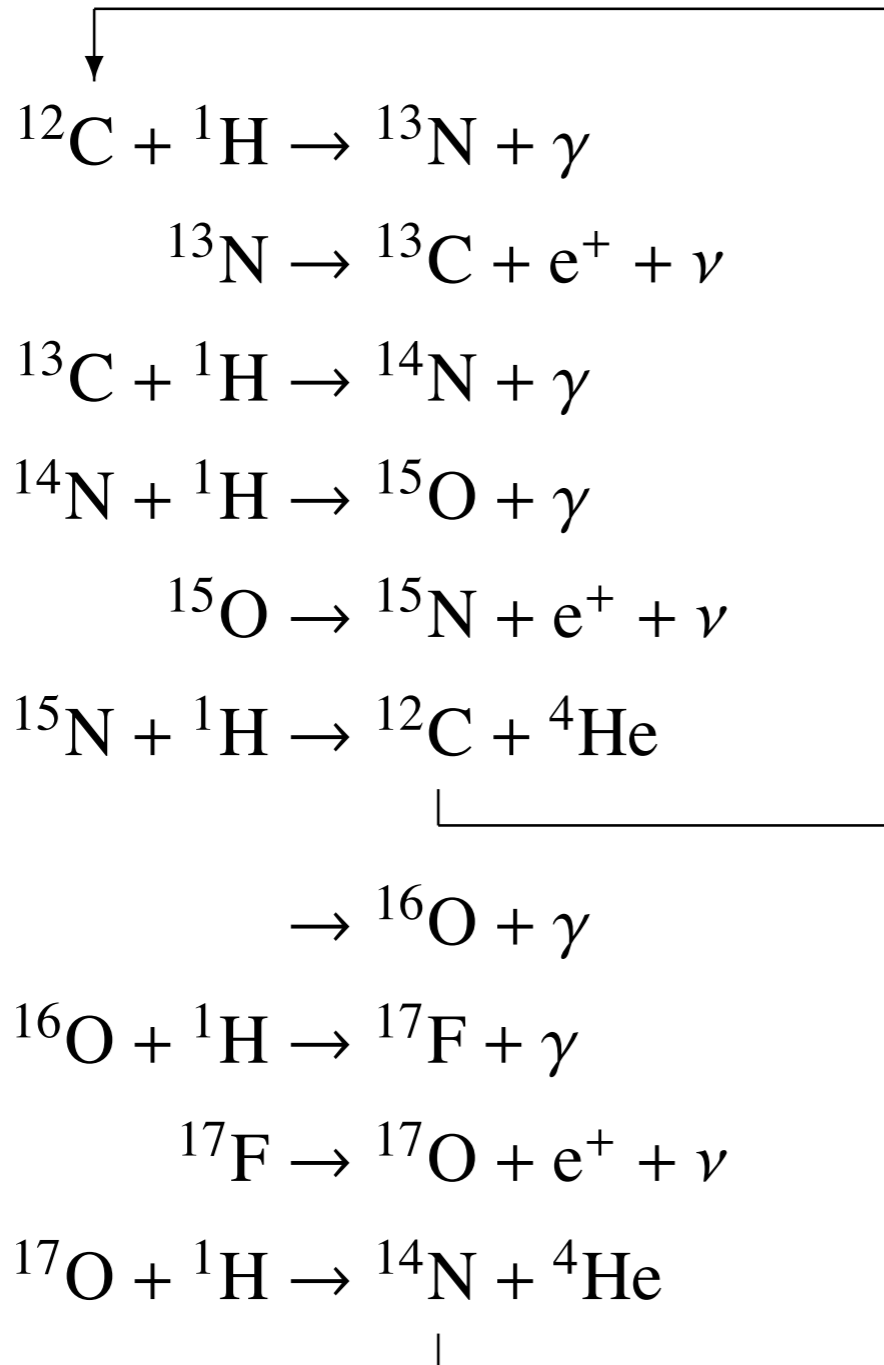
pp1



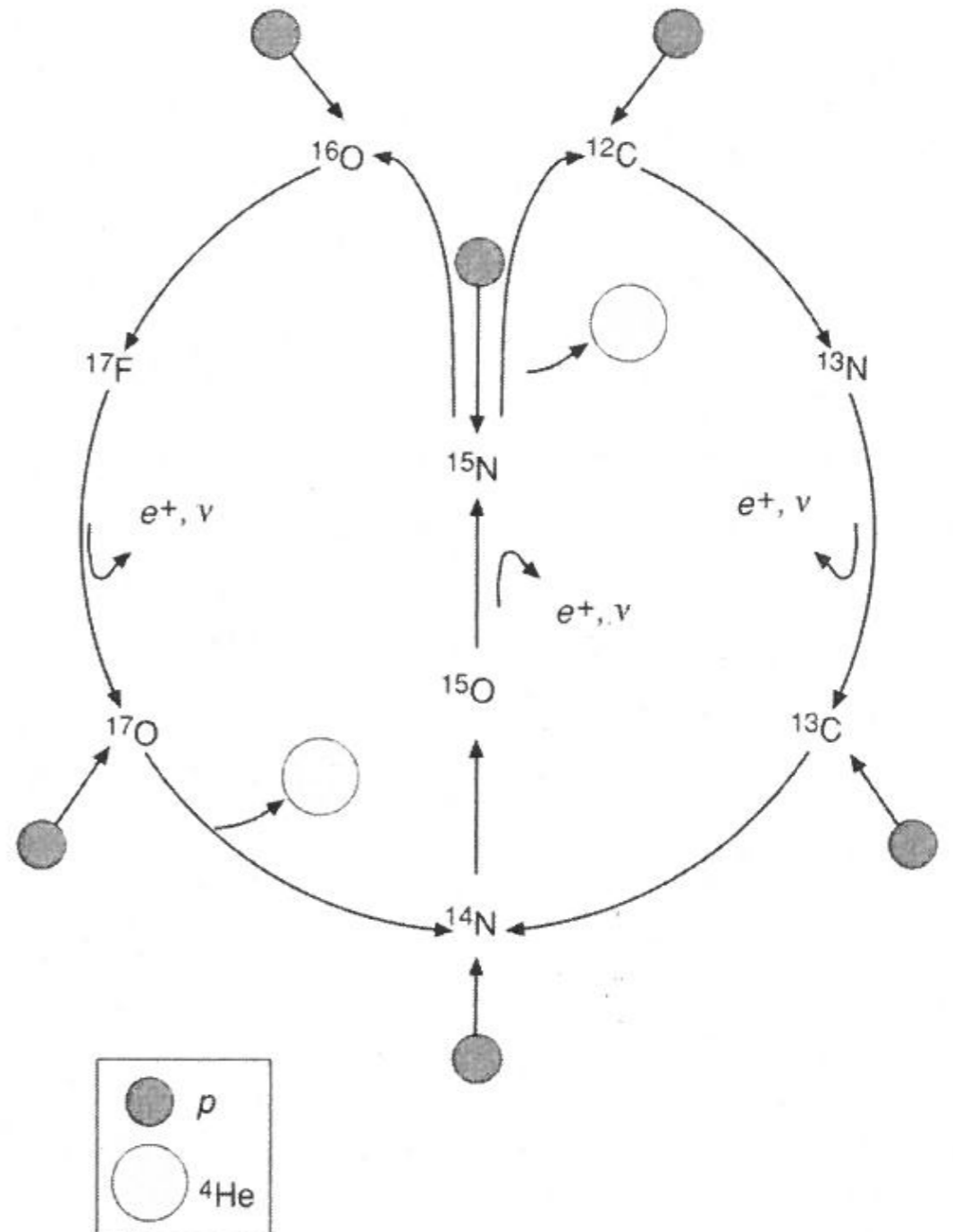
pp2

pp3

水素燃烧 (CNO cycle)



Textbook by Pols



Textbook by Prialnik

まとめ

- 恒星の内部
 - 力学と熱力学で大まかに理解できる
 - 太陽の中心温度は約 10^7K (1000万度)
- 核融合反応
 - 原子核のクーロンポテンシャル
>> 粒子の運動エネルギー
 - トンネル効果が必要 (量子力学)

熱力学

3セメ

統計力学

5,6セメ

力学

1,2セメ

電磁気学

2,3セメ

宇宙物理学
天体物理学

流体力学

4セメ

原子核物理学

7セメ

量子力学

4,5セメ

相対論

4,7セメ