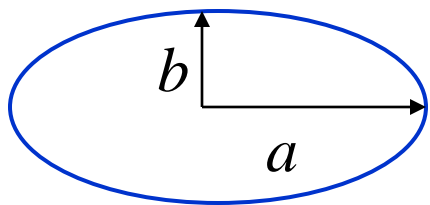


核分裂

$$B(N, Z) = a_v A - a_s A^{2/3} - a_C \frac{Z^2}{A^{1/3}} - a_{\text{sym}} \frac{(N - Z)^2}{A}$$

回転楕円体

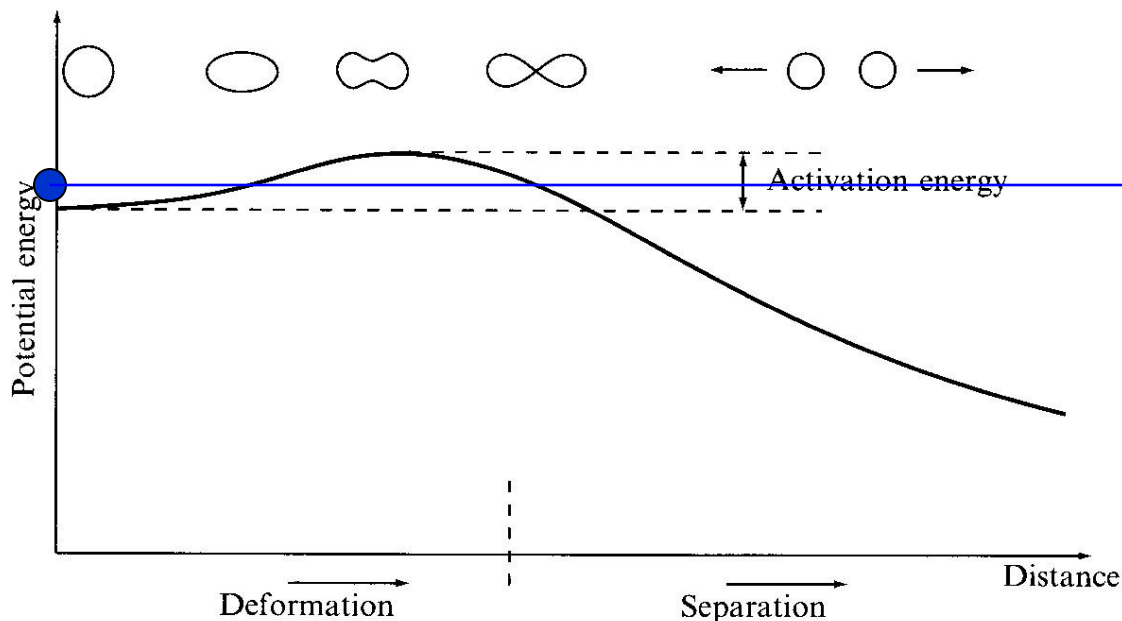


$$a = R \cdot (1 + \epsilon)$$

$$b = R \cdot (1 + \epsilon)^{-1/2}$$

$$E_{\text{surf}} = E_{\text{surf}}^{(0)} (1 + 2\epsilon^2/5 + \dots)$$

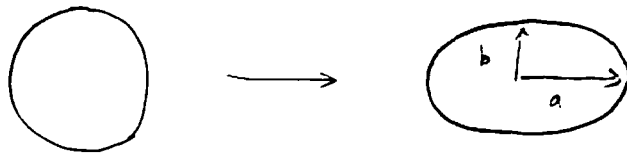
$$E_C = E_C^{(0)} (1 - \epsilon^2/5 + \dots)$$



量子
トンネル

四 核分裂 について

1. fissility パラメータ



$$a = R(1 + \epsilon)$$

$$b = R(1 + \epsilon)^{-\frac{1}{2}}$$

変形した時のエネルギー変化

- 体積項, 対称項 → 変化せず
 - γ -ロン項
 - 表面項
- } → 変化

$\left\{ \begin{array}{l} \text{表面項} \rightarrow \text{球形に近づく傾向} \\ \gamma\text{-ロン項} \rightarrow \text{変形} \end{array} \right\} \rightarrow \alpha > \text{の力, 競合}$

表面項:

$$E_S(\epsilon) = \underbrace{\sigma \int_S ds}_{\text{表面積}} \sim E_S^{(0)} \left(1 + \frac{2}{5} \epsilon^2 - \frac{4}{105} \epsilon^3 + \dots \right)$$

表面張力

$$E_S^{(0)} = + a_s A^{2/3}$$

γ -ロン項:

$$E_C(\epsilon) = \frac{1}{2} \int dr dr' \frac{e^2}{|r-r'|} \rho(r) \rho(r')$$

$$\sim E_C^{(0)} \left(1 - \frac{1}{5} \epsilon^2 - \frac{4}{105} \epsilon^3 + \dots \right)$$

$$E_C^{(0)} = a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}}$$

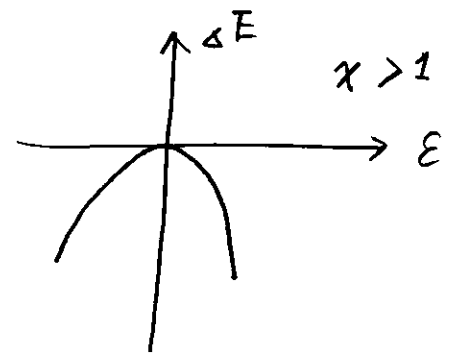
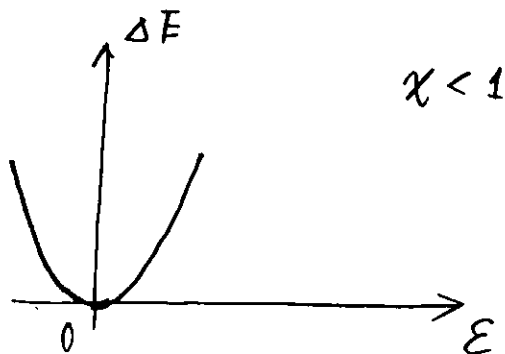
2

$$\begin{aligned}
 & E_S + E_C - E_S^{(0)} - E_C^{(0)} \\
 &= \left(\frac{2}{5} E_S^{(0)} - \frac{1}{5} E_C^{(0)} \right) \varepsilon^2 - \frac{4}{105} \varepsilon^3 (E_S^{(0)} + E_C^{(0)}) \\
 &= E_S^{(0)} \left\{ \left(\frac{2}{5} - \frac{2}{5} \cdot \frac{E_C^{(0)}}{2E_S^{(0)}} \right) \varepsilon^2 - \frac{4}{105} \varepsilon^3 \left(1 + 2 \cdot \frac{E_C^{(0)}}{2E_S^{(0)}} \right) \right\} \\
 &= E_S^{(0)} \left\{ \frac{2}{5} (1 - \chi) \varepsilon^2 - \frac{4}{105} (1 + 2\chi) \varepsilon^3 \right\}
 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{E_C^{(0)}}{2E_S^{(0)}} = \frac{Z^2}{A} / \left(\frac{Z^2}{A} \right)_{\text{crit}}$$

(fissility $\rightarrow \chi - 1$)

$$\left(\frac{Z^2}{A} \right)_{\text{crit}} \approx 50$$



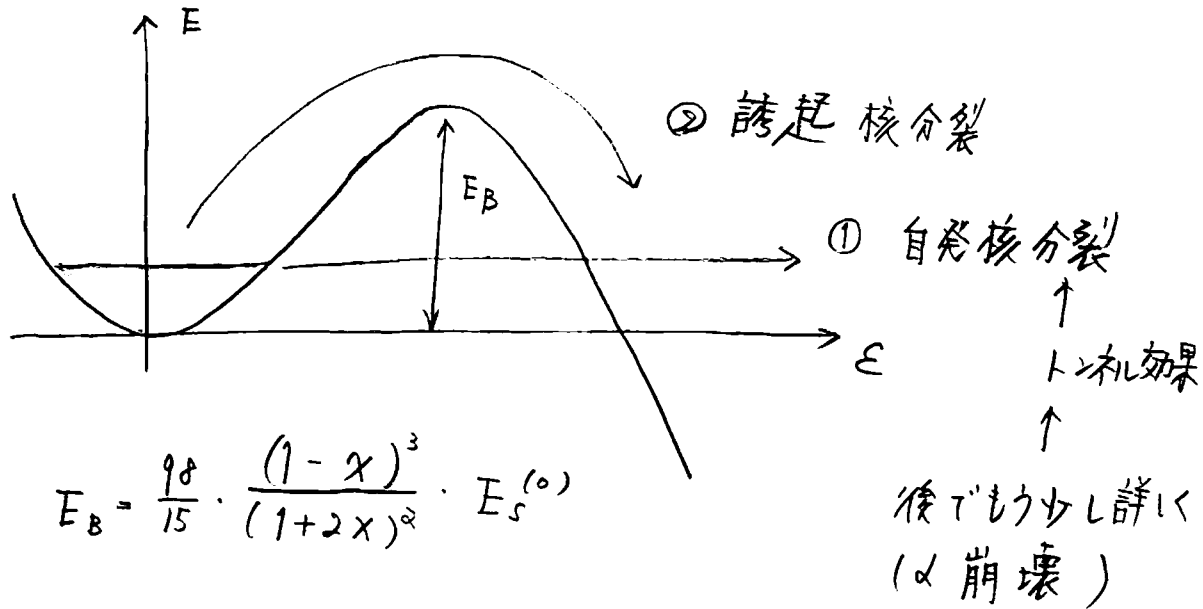
↓
核分裂に付いて不安定

$$\chi \left({}_{92}^{235}\text{U} \right) = \frac{92^2}{235} = 36.02$$

$$\chi \left({}_{106}^{258}\text{Sg} \right) = \frac{106^2}{258} = 43.89$$

2. 核分裂障壁

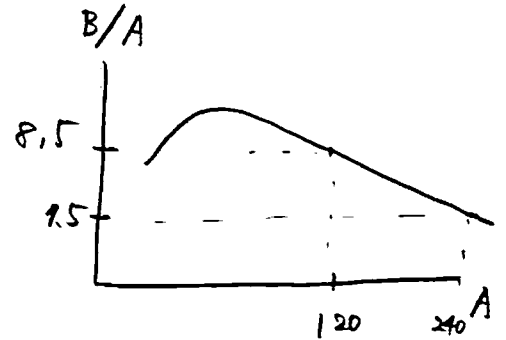
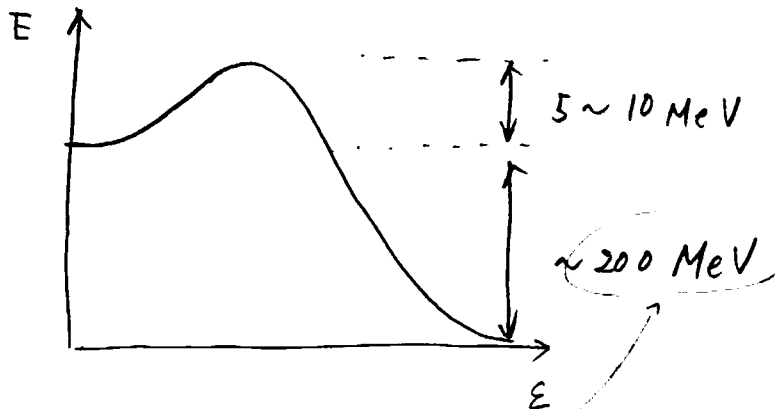
$$E = E_S^{(0)} \left\{ \frac{2}{5}(1-x)\epsilon^2 - \frac{4}{105}(1+2x)\epsilon^3 + \dots \right\}$$



$$E_B = \frac{98}{15} \cdot \frac{(1-x)^3}{(1+2x)^2} \cdot E_S^{(0)}$$

重い核ほど障壁は低くなる。

• エネルギーの解放



$$(A=240) \rightarrow 2 \times (A=120)$$

$$\Delta E = -7.5 \times 240 + 8.5 \times 120 \times 2 \sim 240 \text{ MeV}$$

この領域では
変形の自由度のエネルギー $\sim A$
内部エネルギー $\sim A$ 不可逆的に転換
「まさかの量子力学」

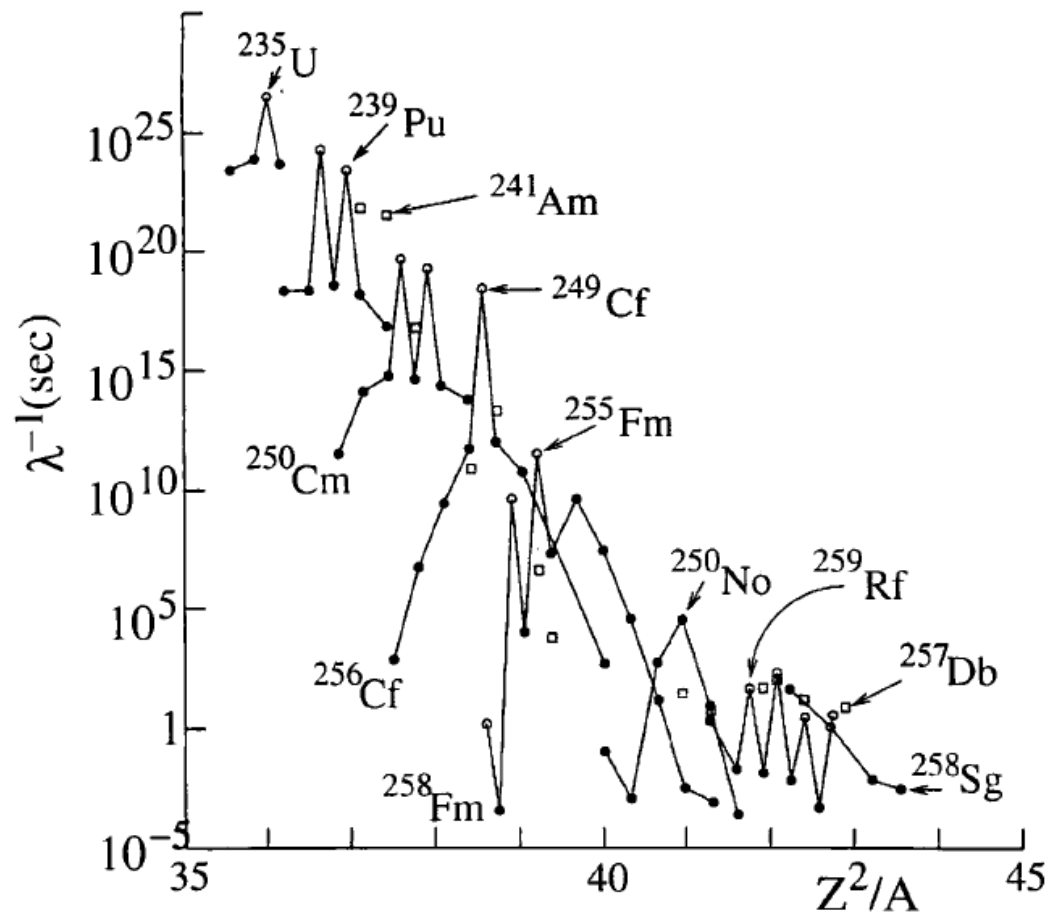


Fig. 6.4. Spontaneous fission lifetimes as a function of the fission parameter Z^2/A for selected nuclei. Circles are for even- Z nuclei. filled circles for even-even nuclei and open circles for even-odd nuclei. Squares are for odd- Z nuclei.

自発核分裂の寿命: Z^2/A が大きくなるほど、核分裂障壁が低くなって寿命が短くなる

どうして ^{235}U が“燃え”て ^{238}U が“燃え”ないのか(原発)?

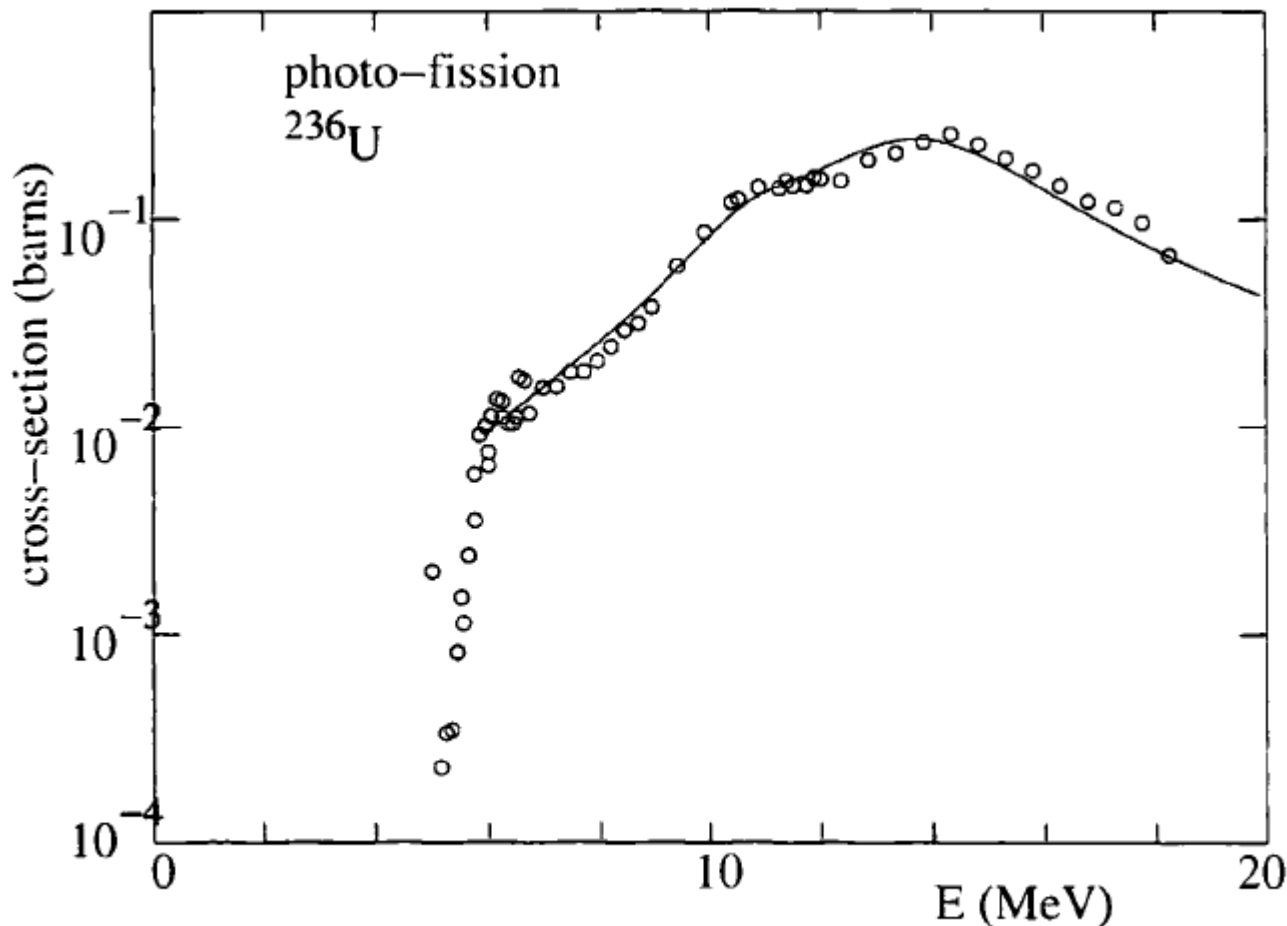


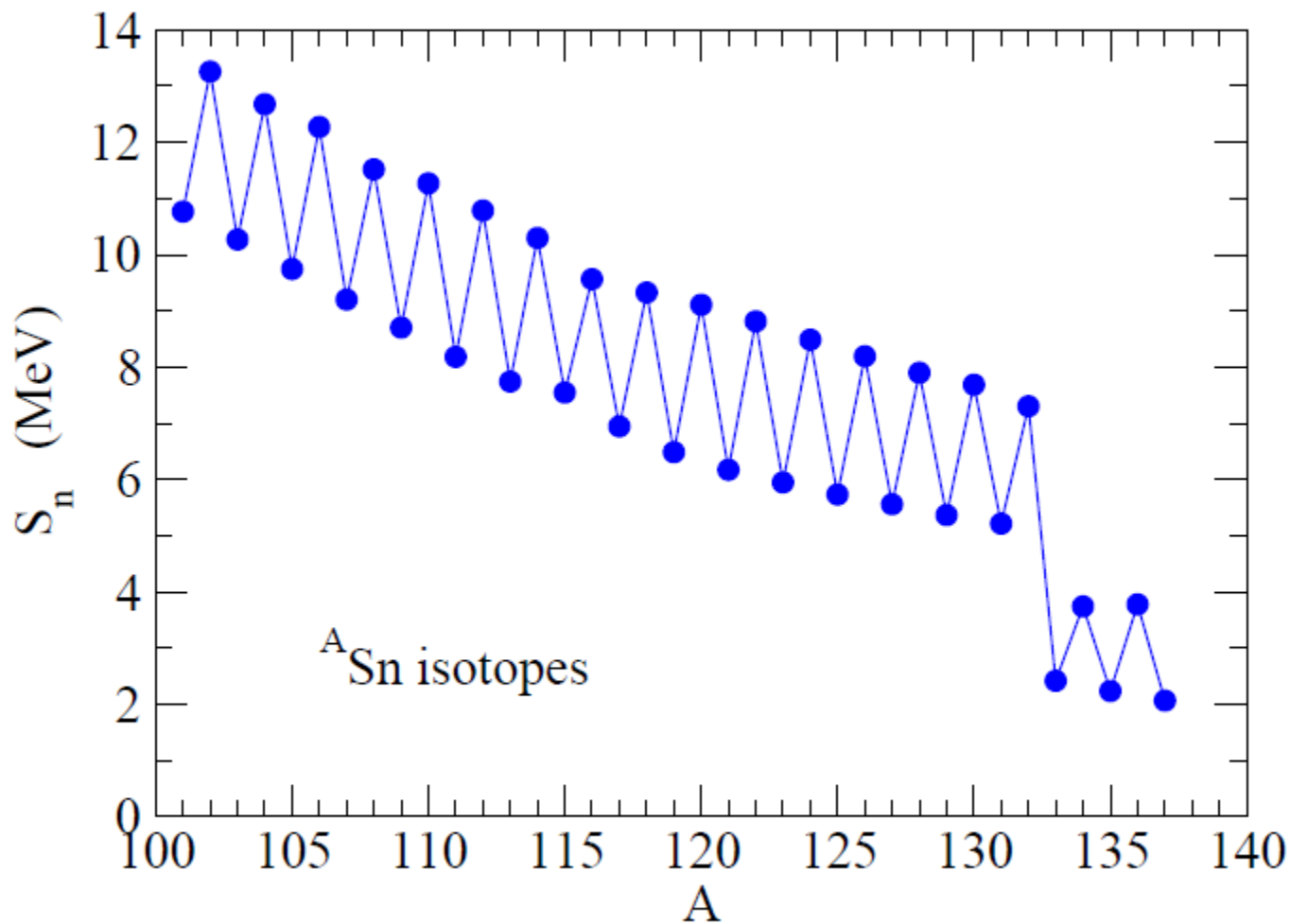
Fig. 6.5. Cross-section for $\gamma^{236}\text{U} \rightarrow \text{fission}$ [30].

photo-fission (光核分裂)の断面積:フォトンのエネルギーが 5.7 MeV のあたりから断面積が急に立ち上がる(障壁の高さが 5.7 MeV くらい)

* ^{239}U の核分裂障壁の高さは同程度 (6.0 MeV)

^{236}U と ^{239}U で大きく違うのが1中性子分離エネルギー

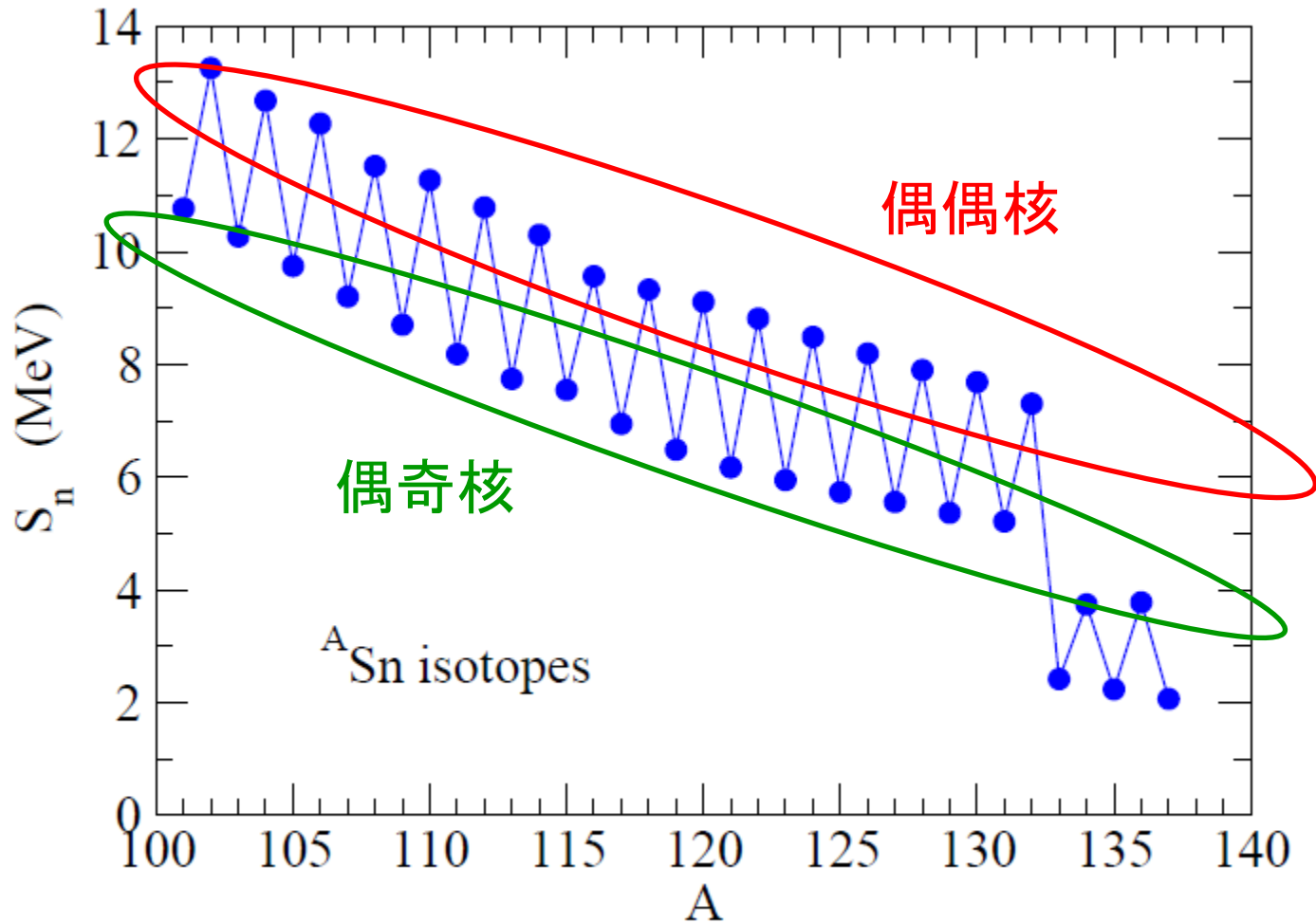
分離エネルギーにおける偶奇効果



1n separation energy: $S_n(A,Z) = B(A,Z) - B(A-1,Z)$

偶数個の中性子から1つ中性子
を取る方が奇数個から取るより
大きなエネルギーが必要

even-odd staggering



1n separation energy: $S_n (A,Z) = B(A,Z) - B(A-1,Z)$

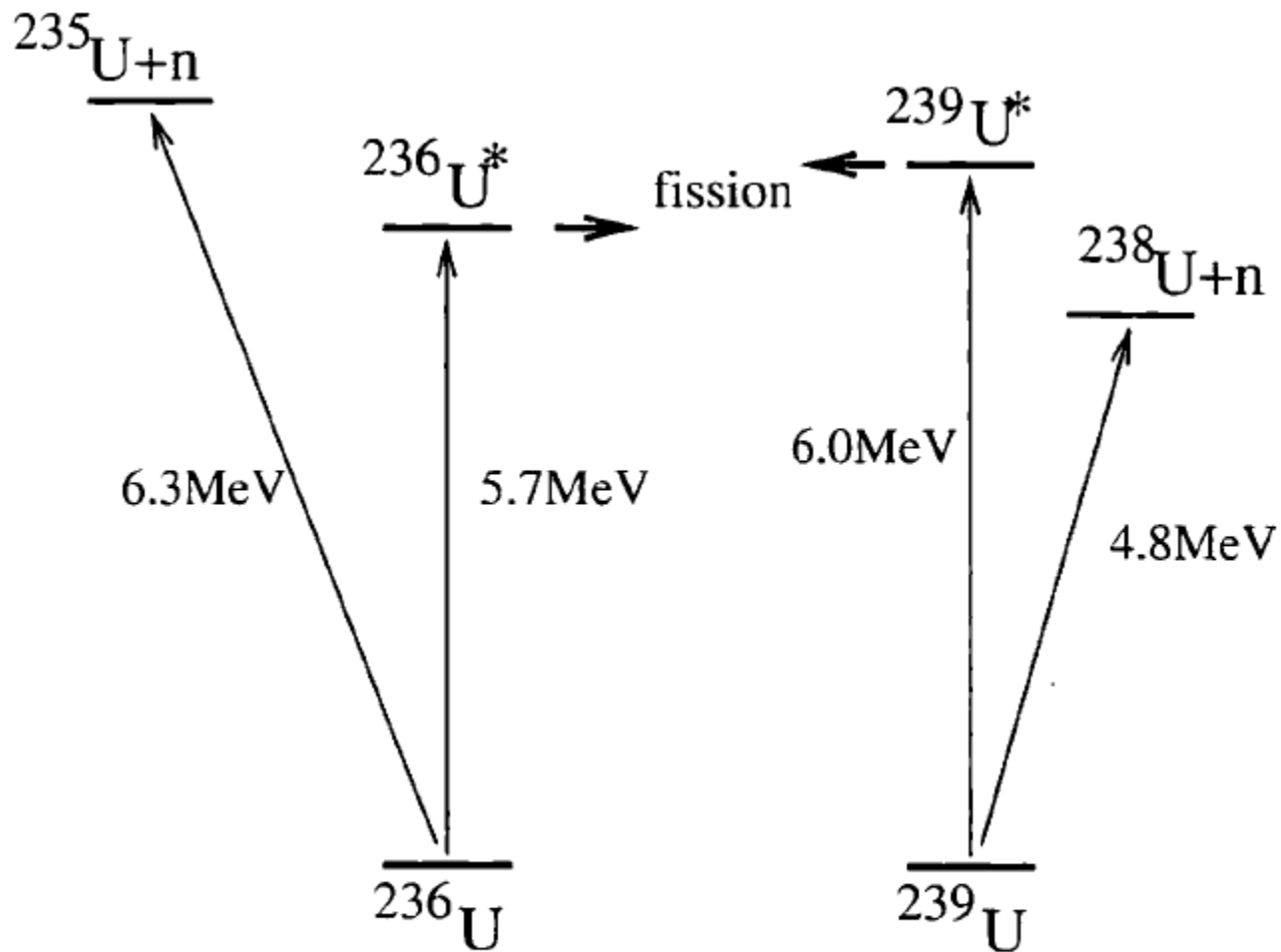
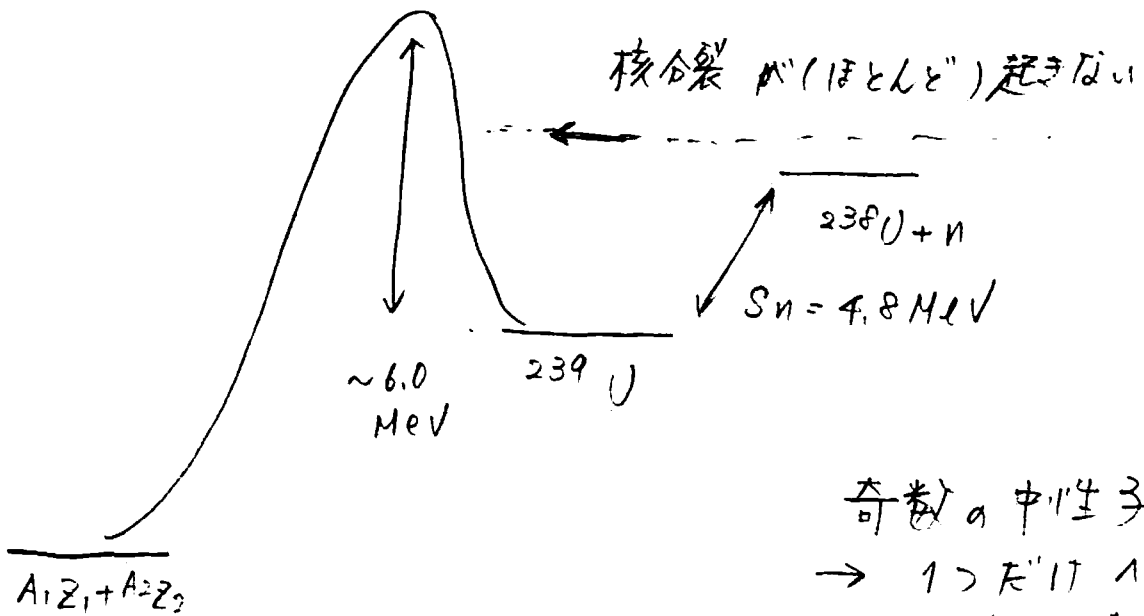
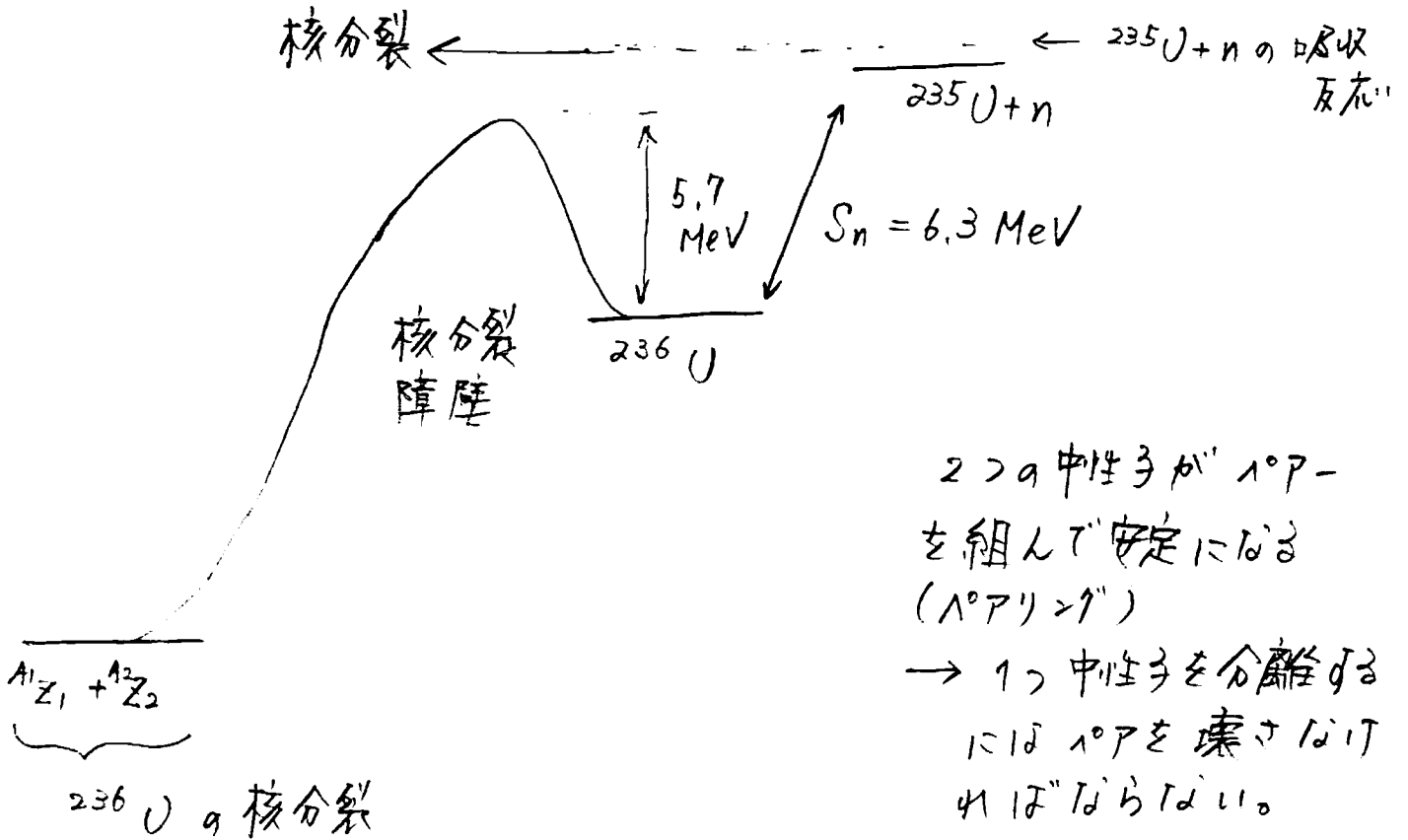


Fig. 6.6. Levels of the systems $A = 236$ and $A = 239$ involved in the fission of ^{236}U and ^{239}U . The addition of a motionless (or thermal) neutron to ^{235}U can lead to the fission of ^{236}U . On the other hand, fission of ^{239}U requires the addition of a neutron of kinetic energy $T_n = 6.0 - 4.8 = 1.2\text{MeV}$.

核分裂障壁の高さと1中性子分離エネルギーの関係

。障壁の高さと - 中性子分離エネルギー -



奇数の中性子

→ 1つだけ 10^7 -からあふれ残るがある。

→ S_n が小さくなる。