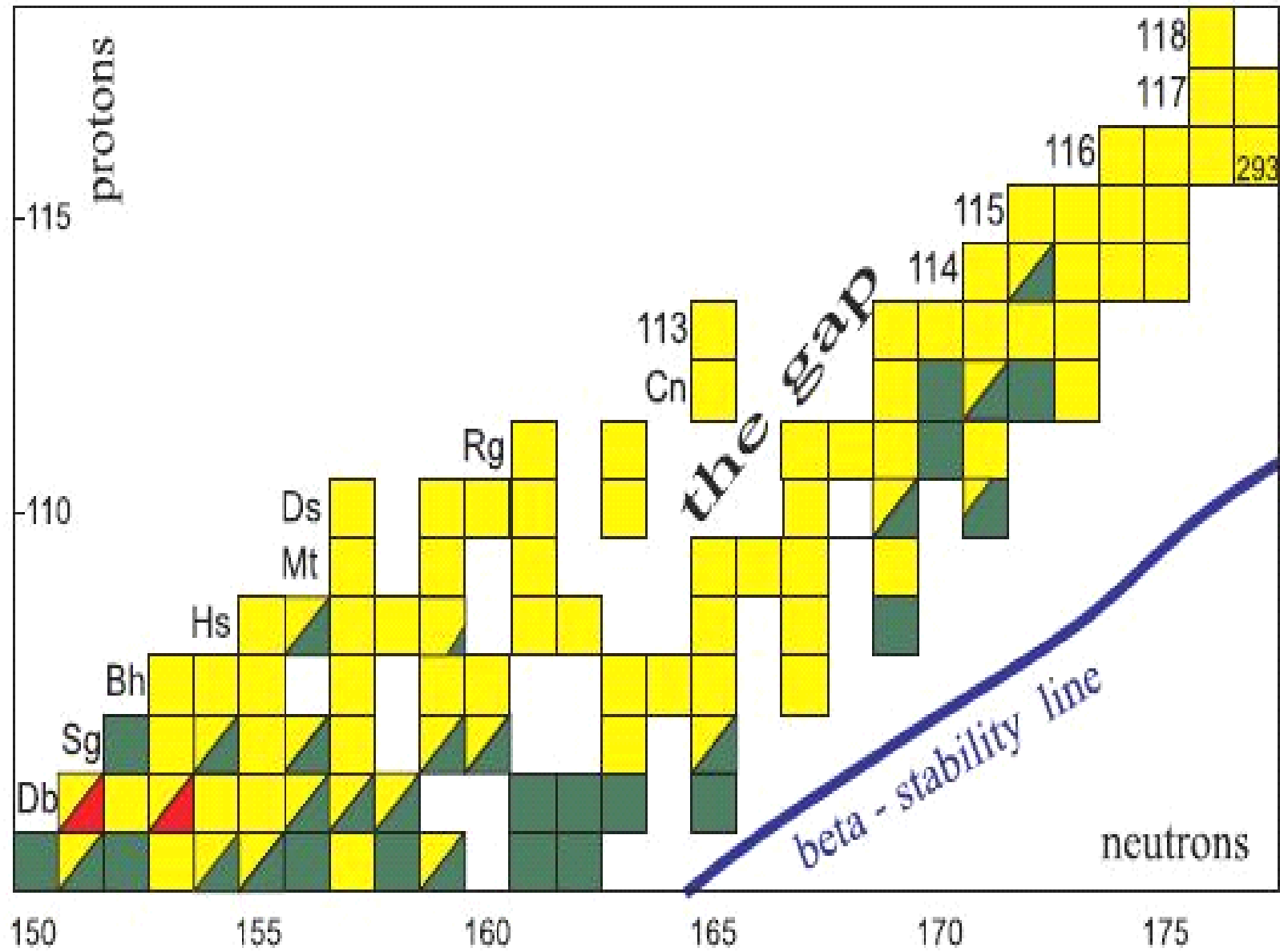
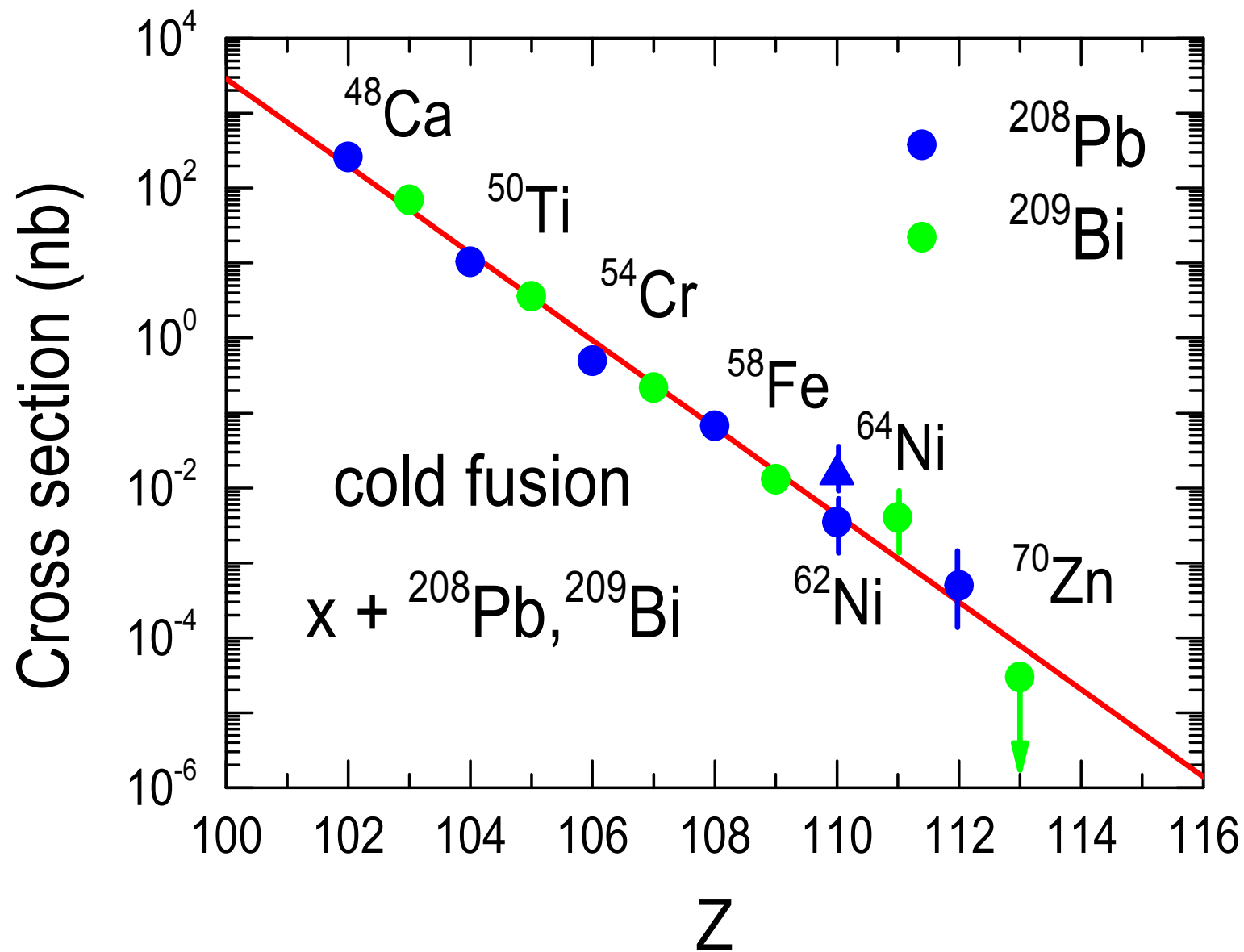
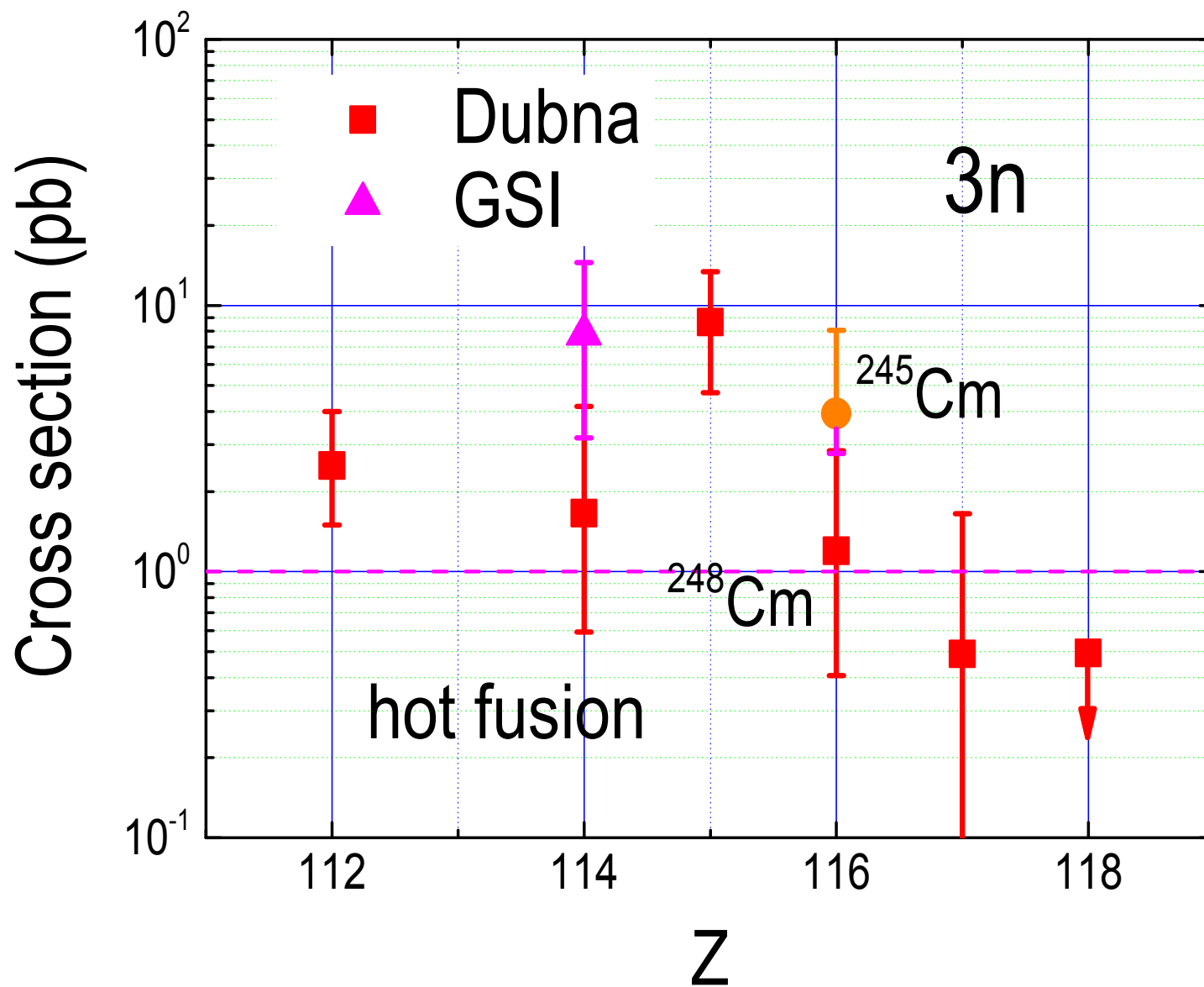


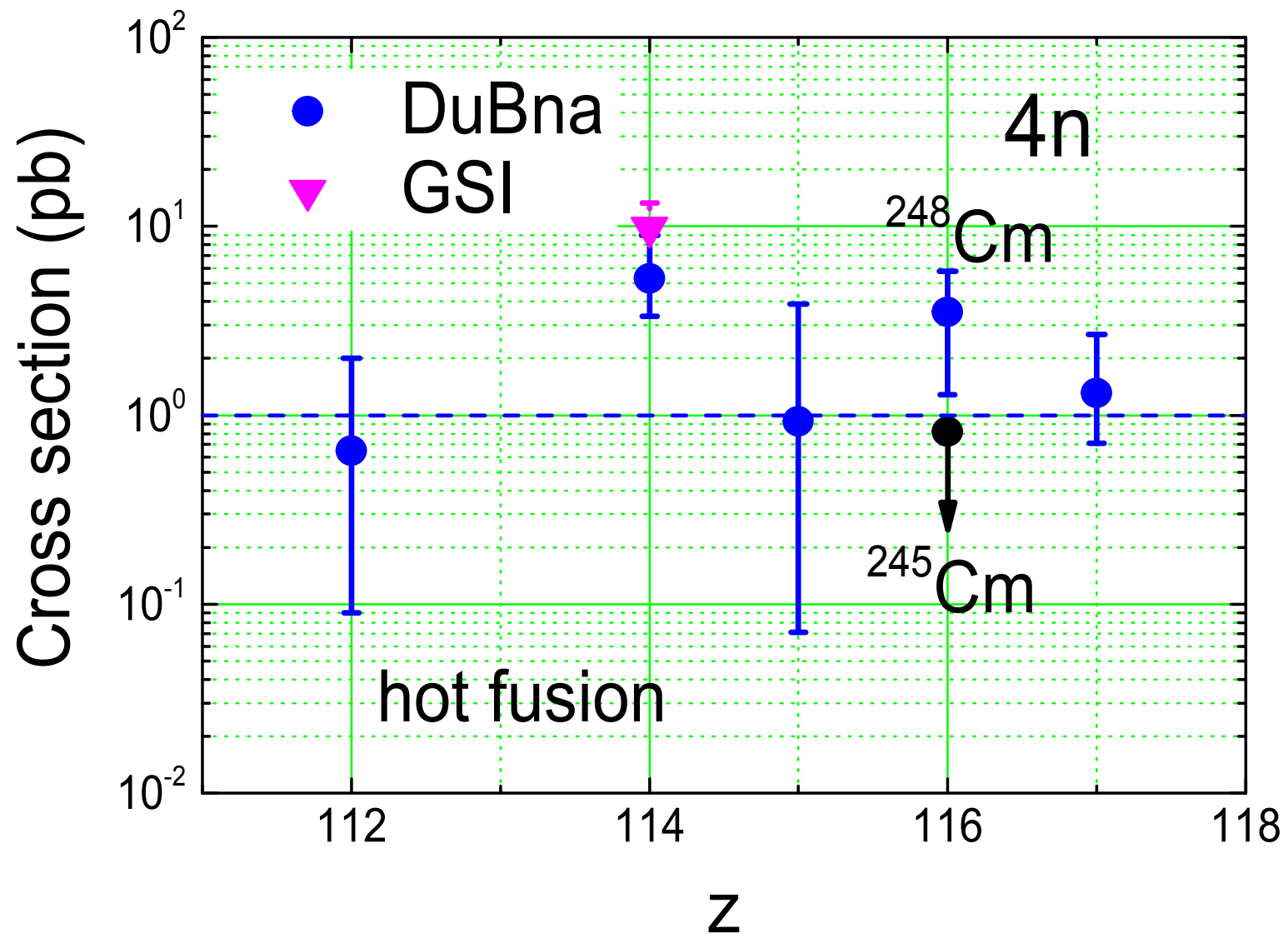
# 利用 $54\text{Cr}+248\text{Cm}$ 热融合反应 产生超重元素120可能性探讨

- ※超重元素合成概况;
- ※融合扩散模型(fusion-by-diffusion model)简解;
- ※结果与讨论









(1) **超重岛的存在**获得实验上强有力的支持；

(2) **超重岛的中心?** 比 $^{208}\text{Pb}$ 重的下一个双幻核是 $Z=114$ , 还是 $Z=120-126$ ?

中子幻数 $N=184$ , 实验上还差7-8个中子  
( $N=176(^{194}\text{118})$ ,  $N=177(^{293}\text{116})$ );

(3) 实验和理论上都将注意力集中在**合成超重元素120**. 实验上面临巨大挑战:

$^{249}\text{Cf}$ 是最重可以利用的靶核, 要合成120

须用比 $^{48}\text{Ca}$ 重的弹核, 融合几率激烈下降.

升级实验设备和条件? 另找新的合成途径?

超重核合成面临**waiting-point**

# fusion-by-diffusion model 简解

超重核形成截面：

$$\sigma_{ER}(E) = \pi \hat{\lambda}^2 \sum_{J=0}^{\infty} (2J+1) T_J(E) P_{CN}(E, J) P_{surv}(E, J)$$

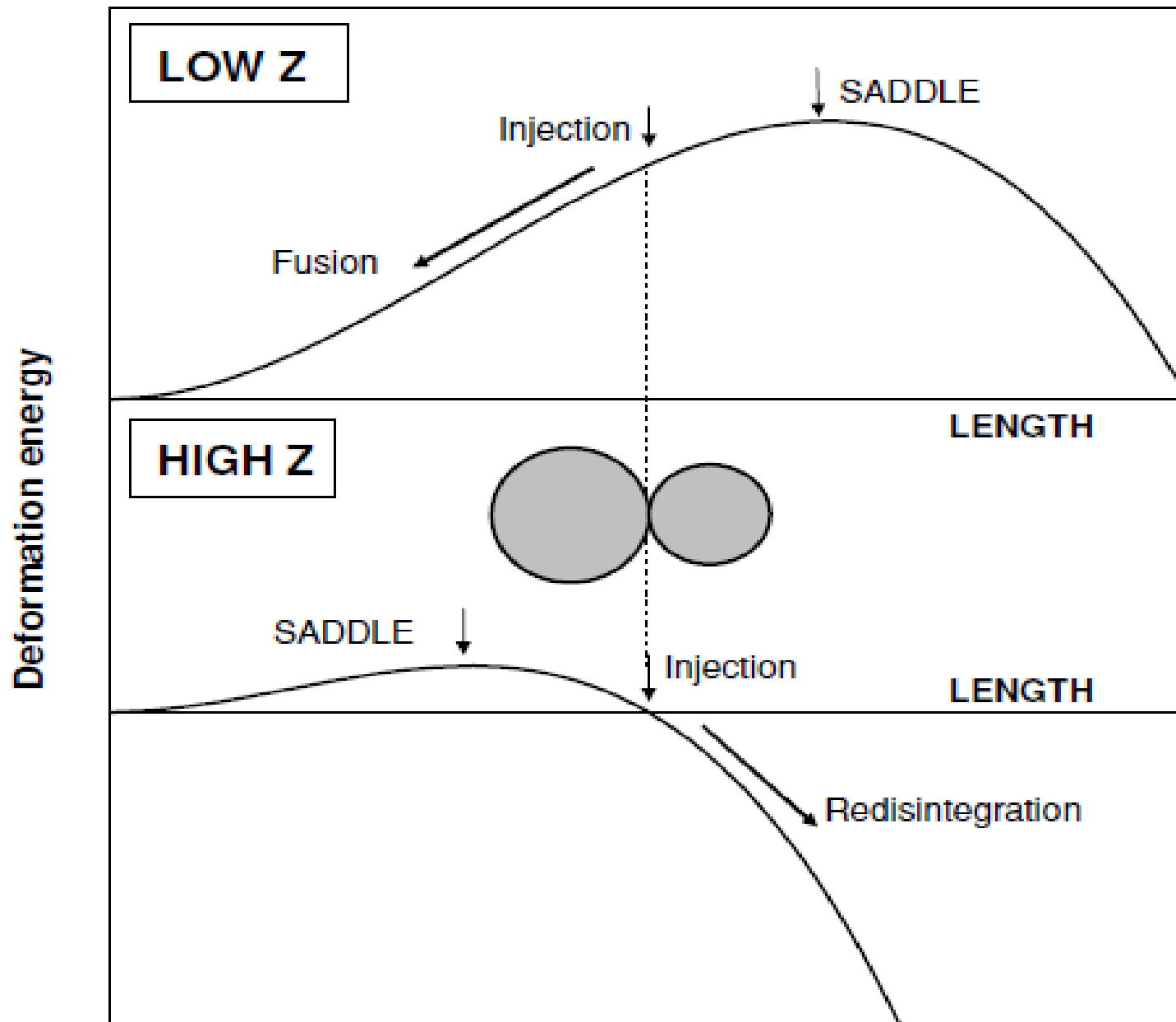
$T_J(E)$  : 库仑位垒穿透几率

$P_{CN}(E, J)$  : 融合几率。

$P_{surv}(E, J)$  : Survival Probability

- 对于轻反应系统,  $P_{CM}(E, \mathcal{J})=1$
- 对于重反应系统(fissility parameter  $x \geq 0.7$  )  
鞍点收缩到弹核和靶核接触组态以内, 呈现内垒。  $P_{CM}(E, \mathcal{J}) < 1$





# 融合扩散模型图像

反应系统穿越库仑位垒，到接触点后，形成**neck**，由双核(**dinucleus**)迅速( $\approx 10^{-21} s$ )演变成单核(**mononucleus**)；与此同时，由融合谷(**fusion valley**)进入位于内垒外的不对称裂变谷(**asymmetric fission valley**)。反应系统翻越内垒进入复合核组态或分离发生准裂变。

融合过程分二步：

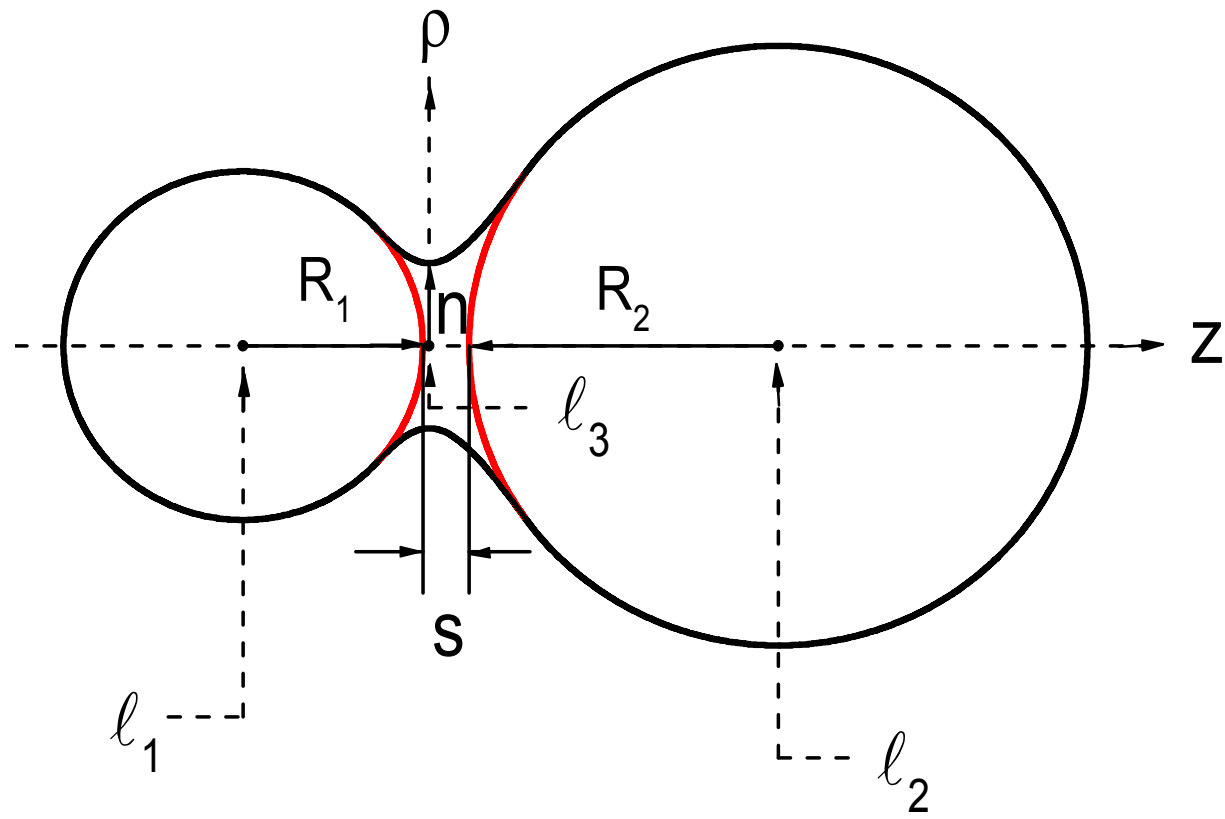
(1) 双核系统到单核系统演变，进入不对称裂变谷；

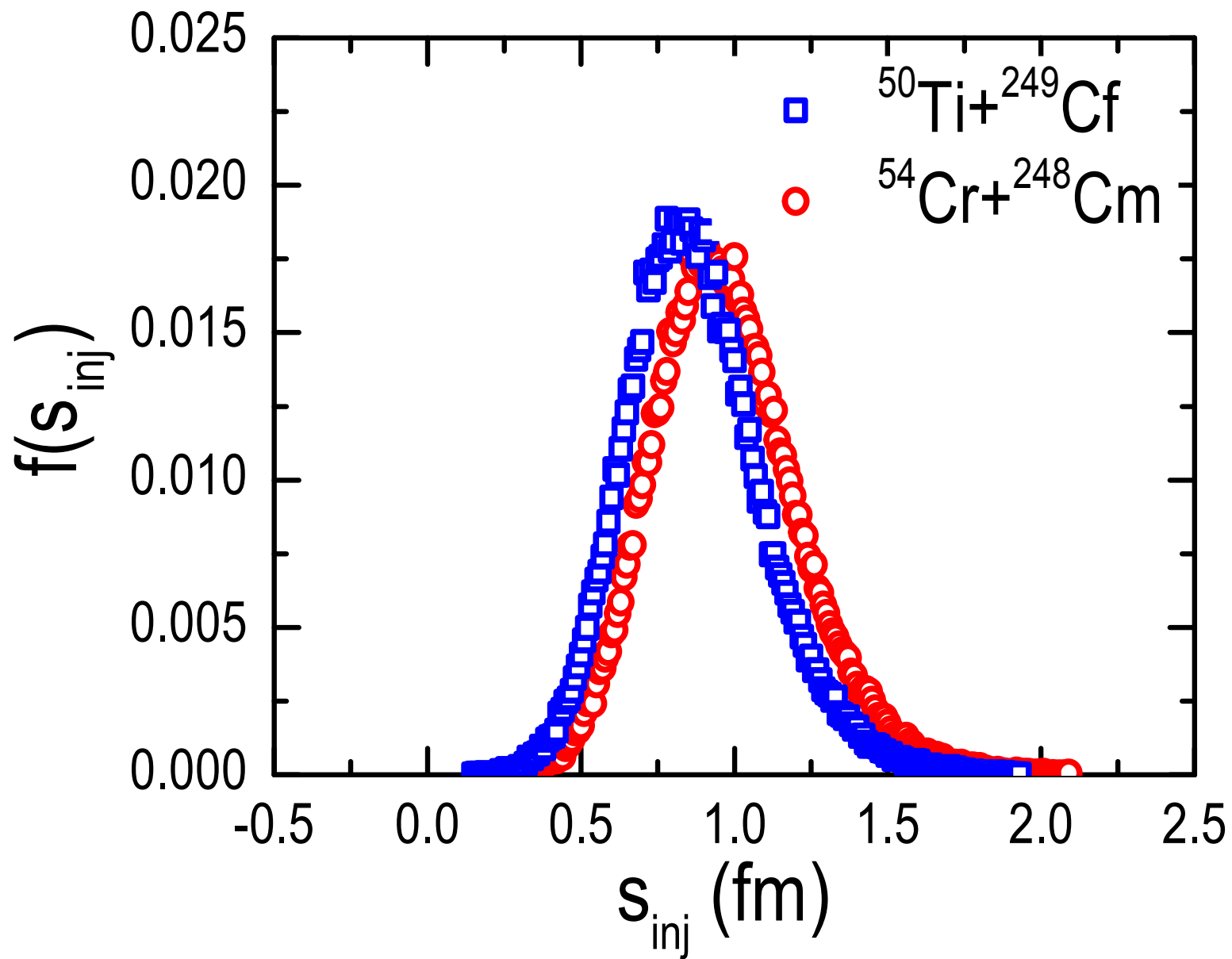
利用二维Langevin方程作动力学计算，宏观变量： $s, n$ ；

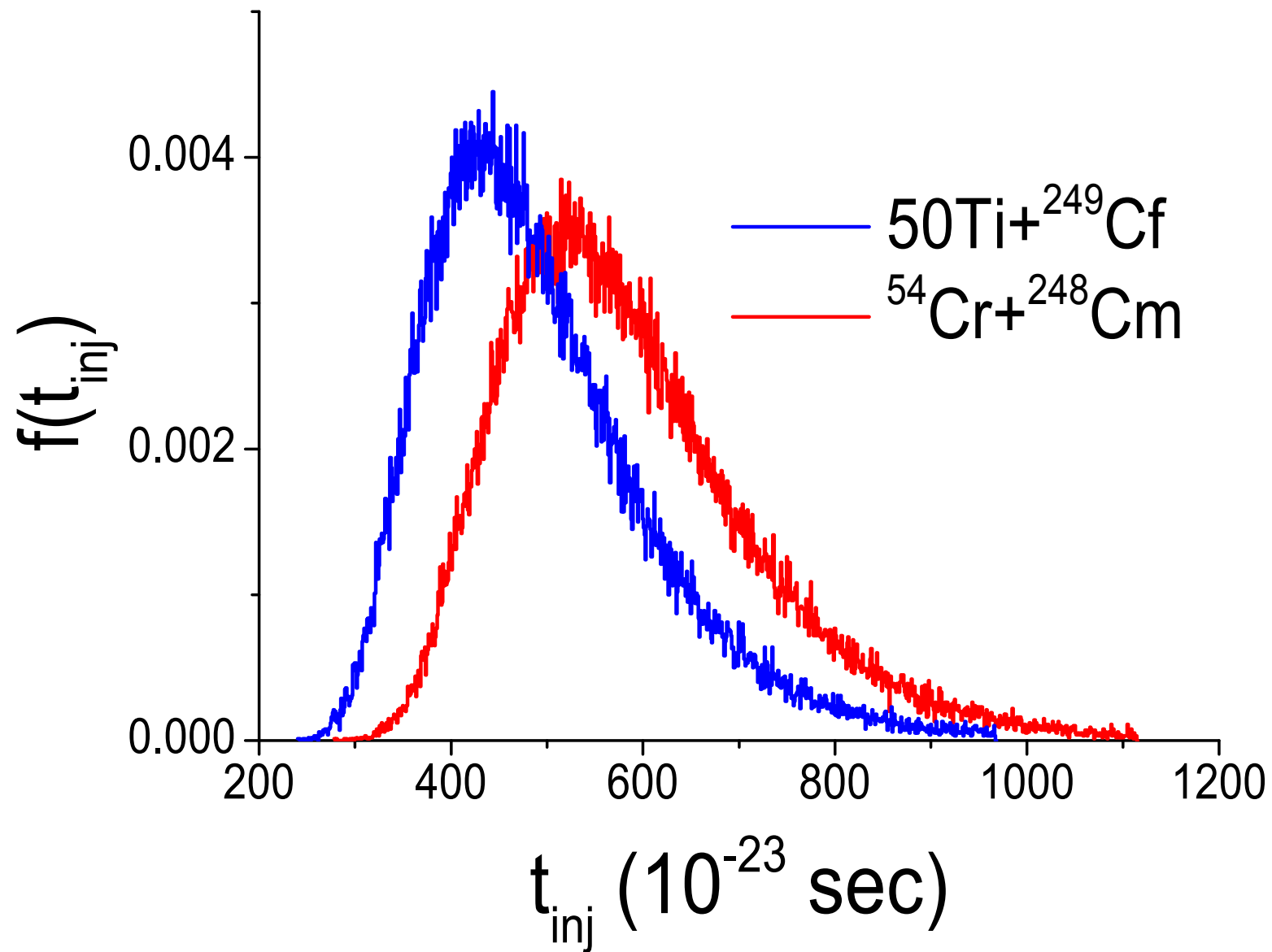
形变势能用有限程液滴模型(FRLMD)；

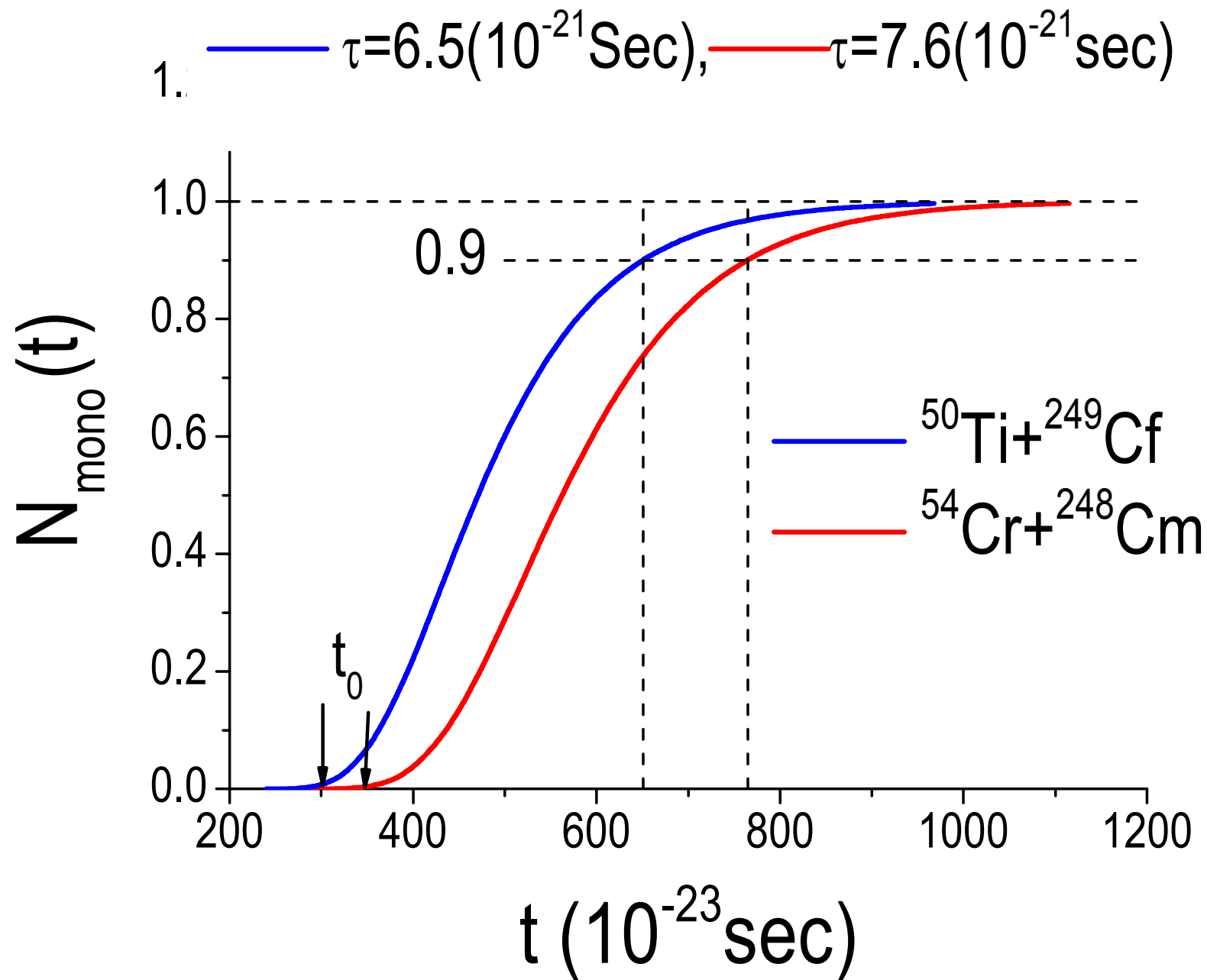
惯性张量：不可压缩无旋流(Werner-Wheeler近似)；

摩擦张量：wall-plus-window公式。







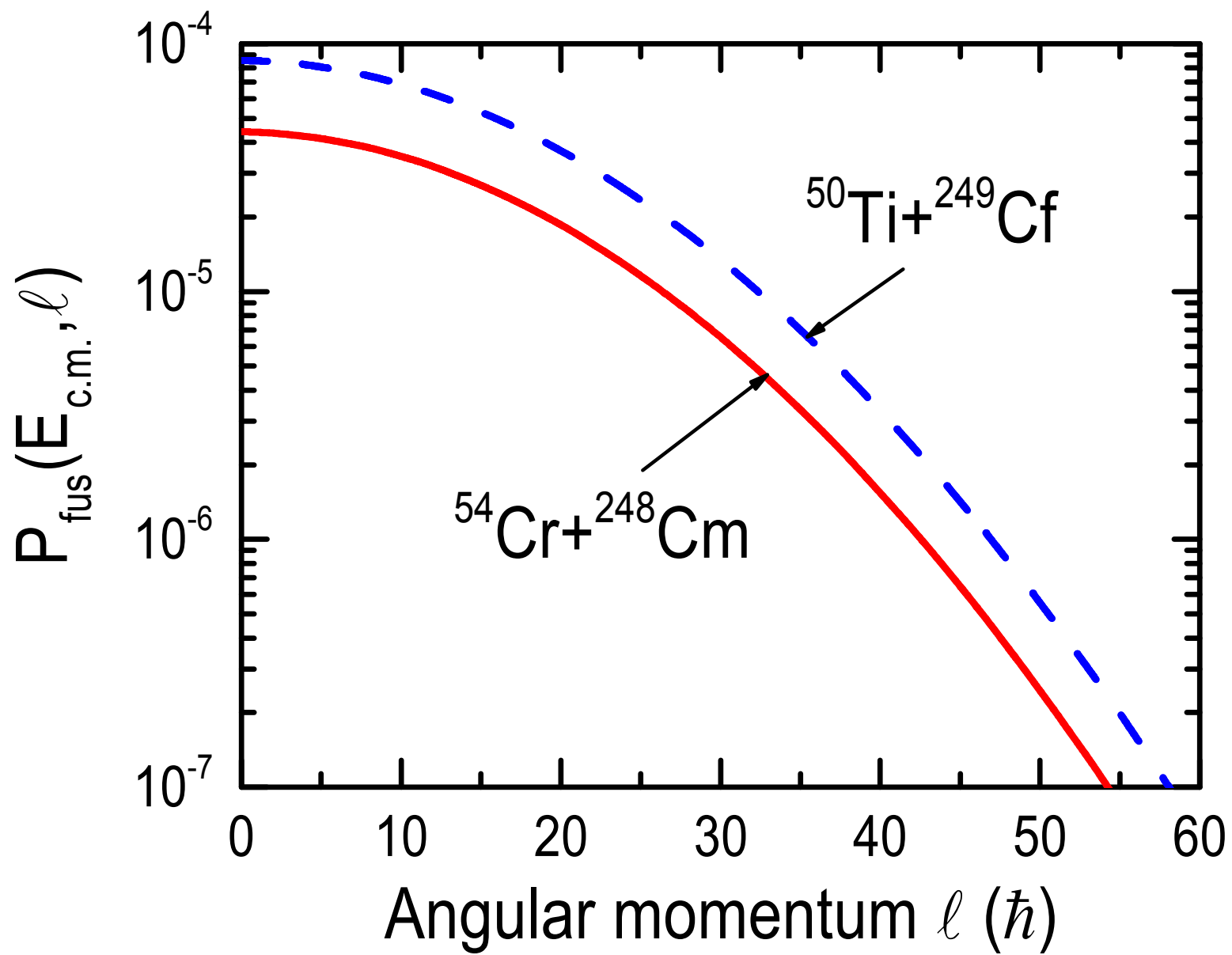


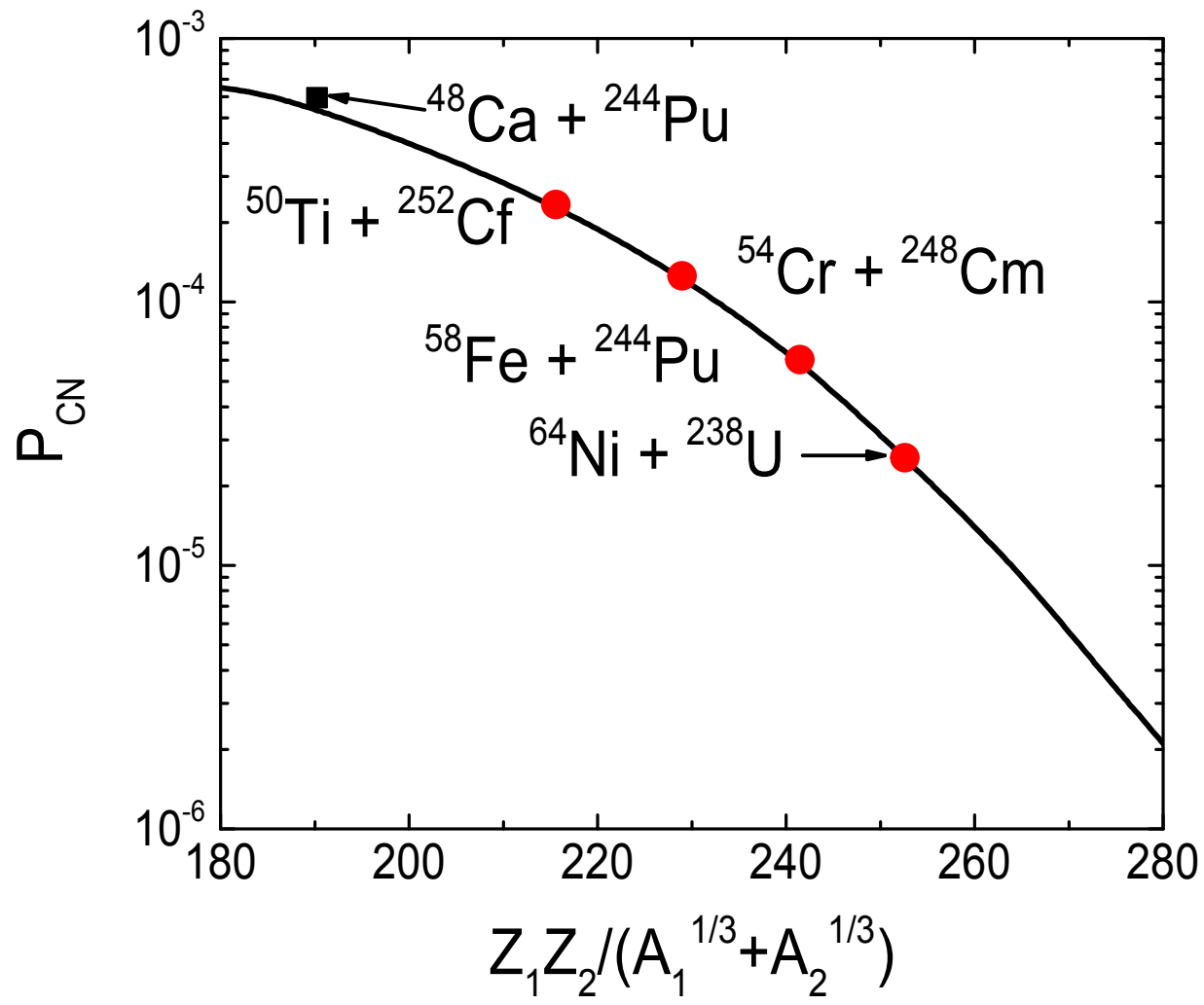
(2) 进入不对称裂变谷后，通过扩散过程翻越内垒形成复合核。

宏观变量： $\mathbf{s}$ ，类似于粘弛液滴中的布朗运动。漂移和扩散用Smoluchowski偏微分方程描写。

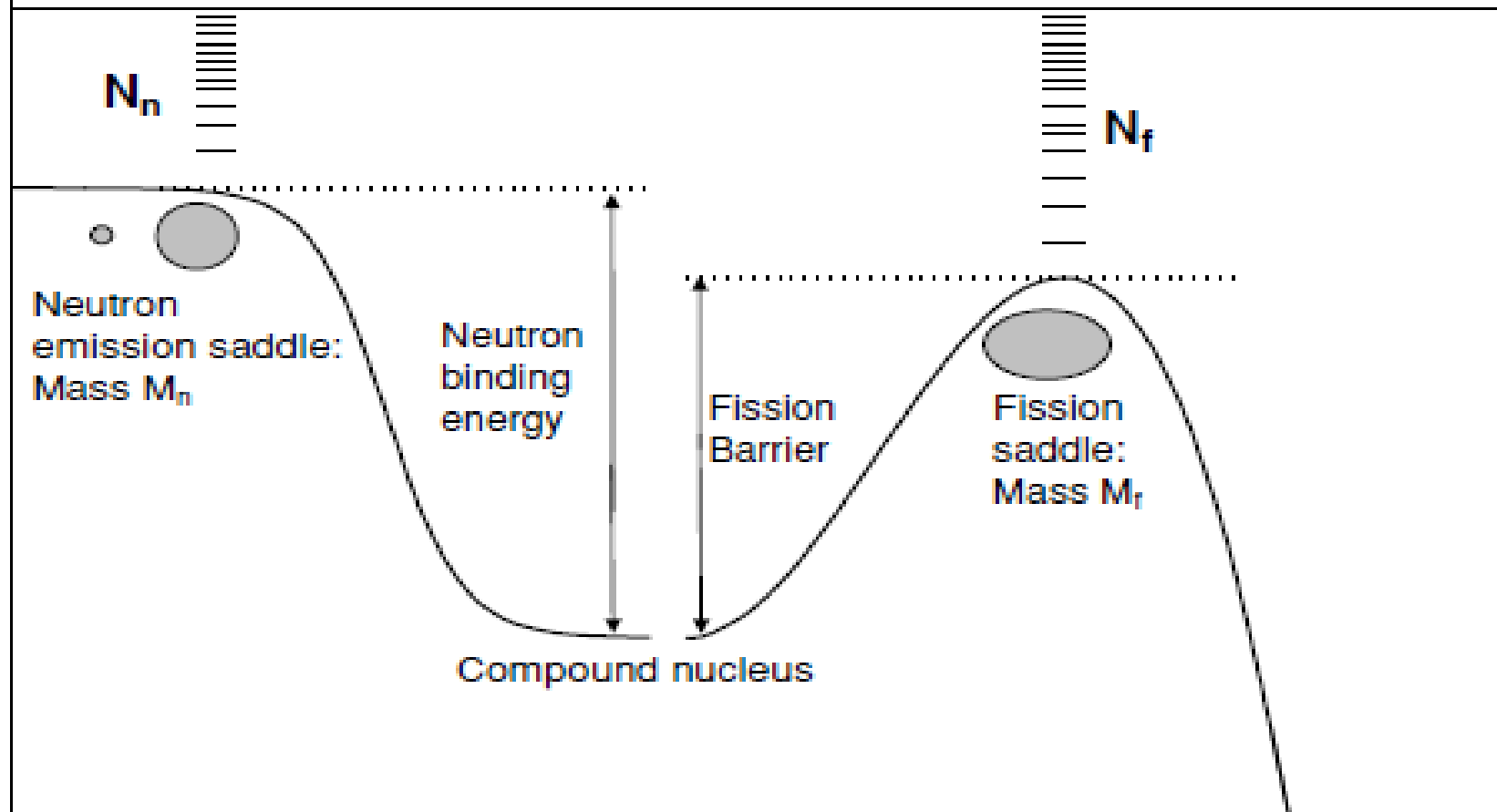
$$P_{CN}(E, l) = \frac{1}{2} \int \text{erfd} \left( \sqrt{B(s_{inj}, l) / T} f(s_{inj}) \right) ds_{inj}$$







Total Mass:  $E_{c.m.} + M_{proj} + M_{target}$



- Survival Probability  $P_{surv}(E, t)$

$$\Gamma_n = \frac{gm_n \sigma_n}{\pi^2 \hbar^2 \rho_0(E_0)} \int_0^{E_n^{\max}} \rho_n(E_n^{\max} - \varepsilon_n) \varepsilon_n d\varepsilon_n$$

$$\Gamma_f = \frac{1}{2\pi\rho_0(E_0)} \int_0^{E_f^{\max}} \rho_f(E_f^{\max} - K) dK,$$

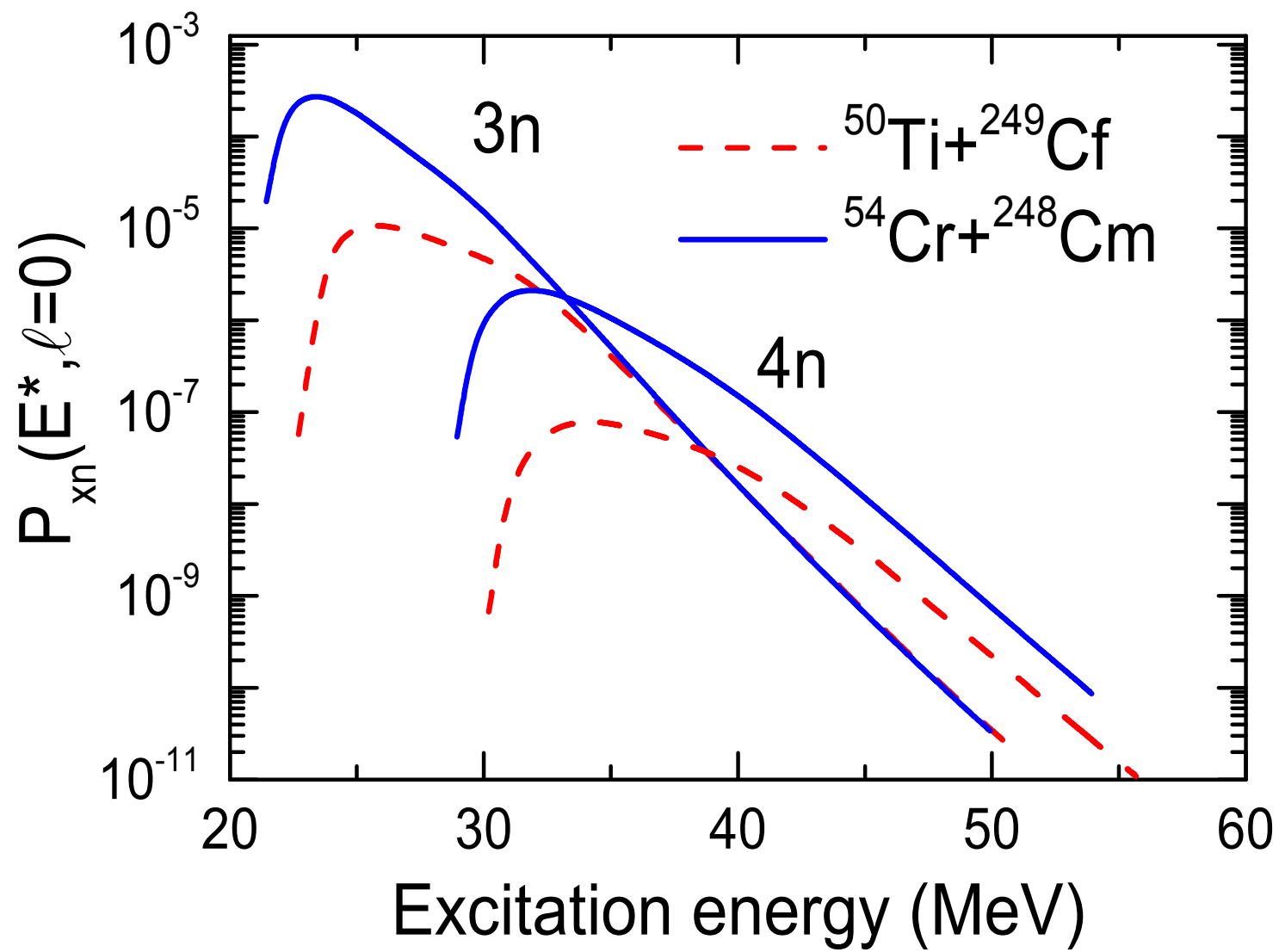
- 两主要因素, 能级密度参数, 壳效应随激发能的衰减
- 能级密度参数与核形变相关

$$\tilde{a} = 0.076A + 0.180A^{2/3}F(\alpha) + 0.157A^{1/3}G(\alpha)MeV^{-1}$$

$$\alpha = (R_{\max} - R_0) / R_0$$

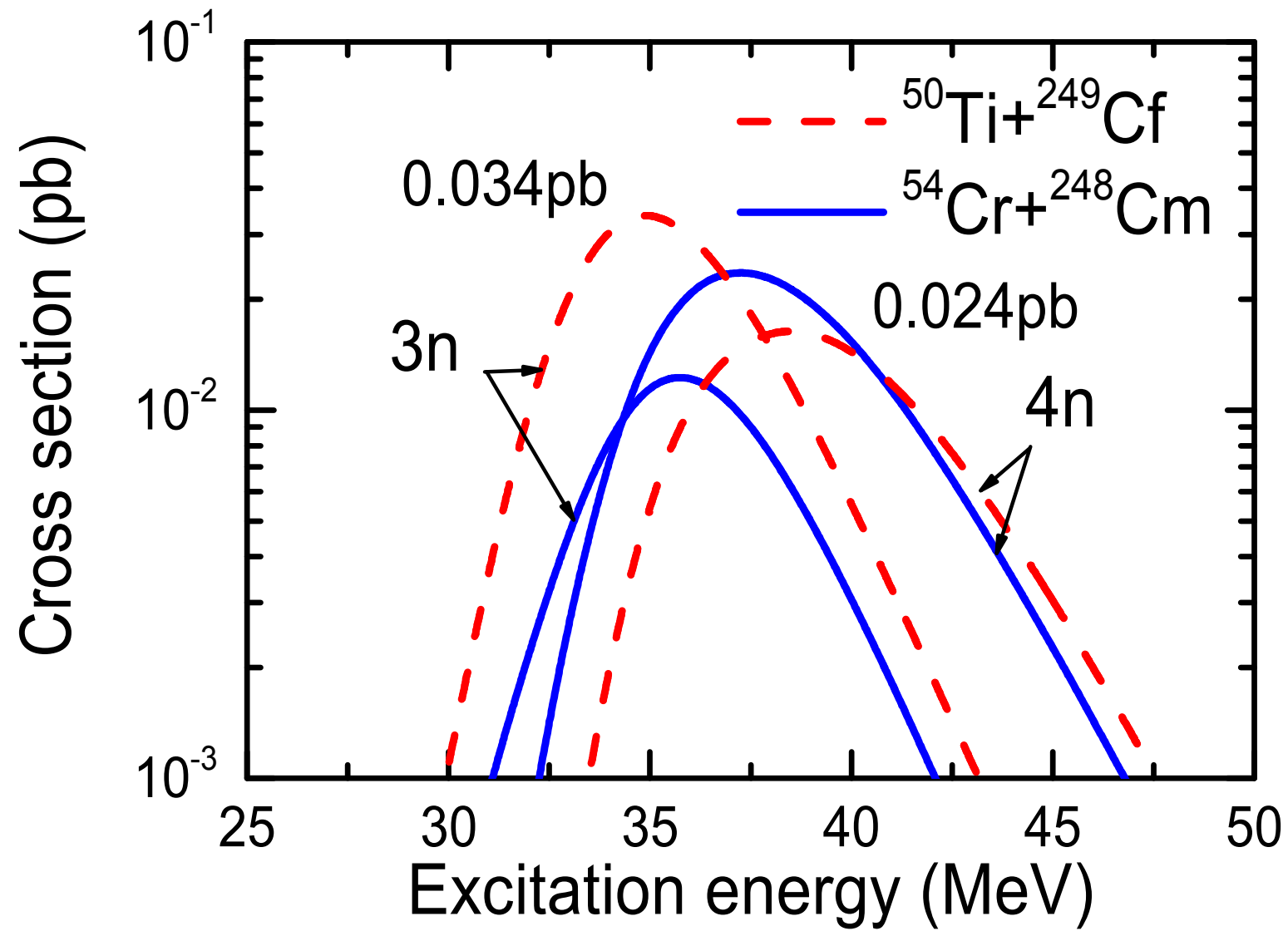
- 壳效应随激发能的衰减

$$a = \tilde{a} \left[ 1 + \frac{\Delta_{sh}}{U} (1 - \exp(-U / E_D)) \right]$$



# 结果与讨论

- 融合几率:  $50\text{Ti} + 249\text{Cf} > 54\text{Cr} + 248\text{Cm}$  ;
- 蒸发残余:  $50\text{Ti} + 249\text{Cf} < 54\text{Cr} + 248\text{Cm}$  .



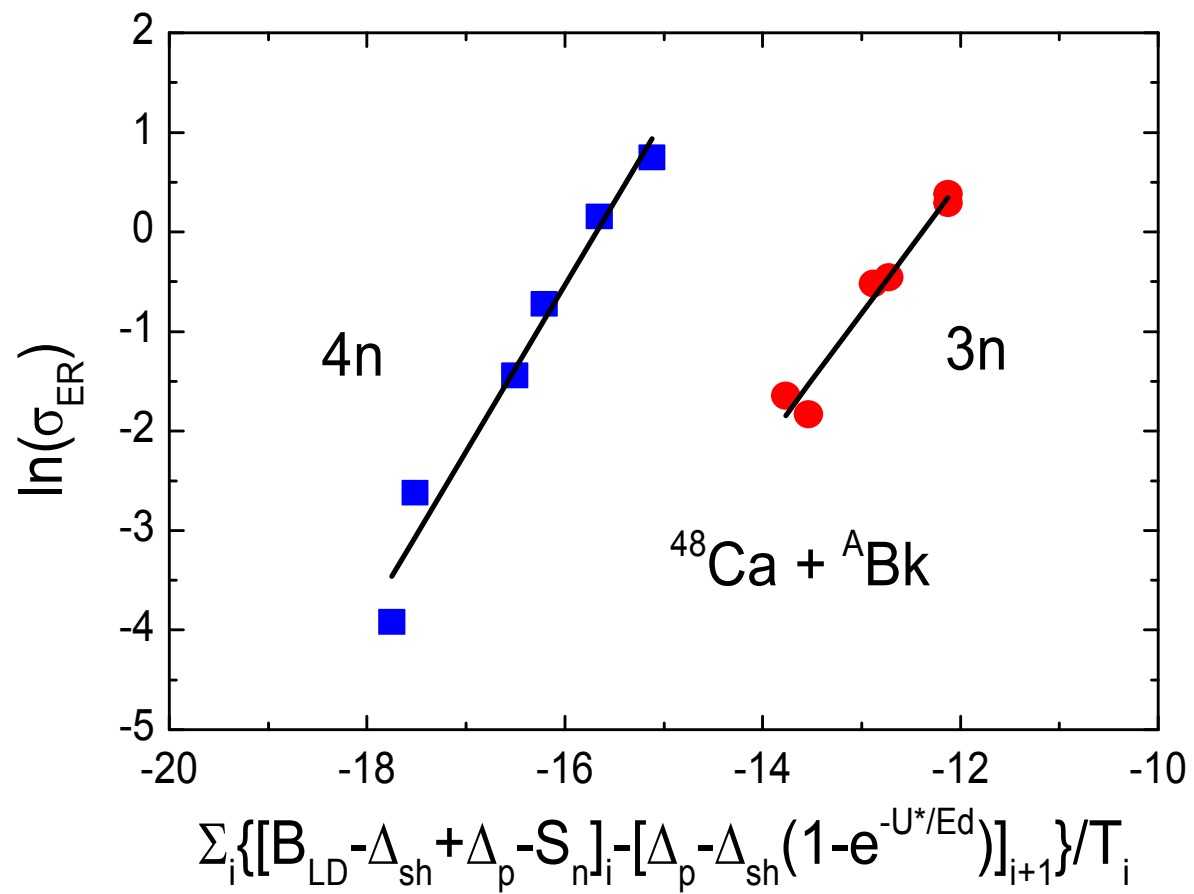


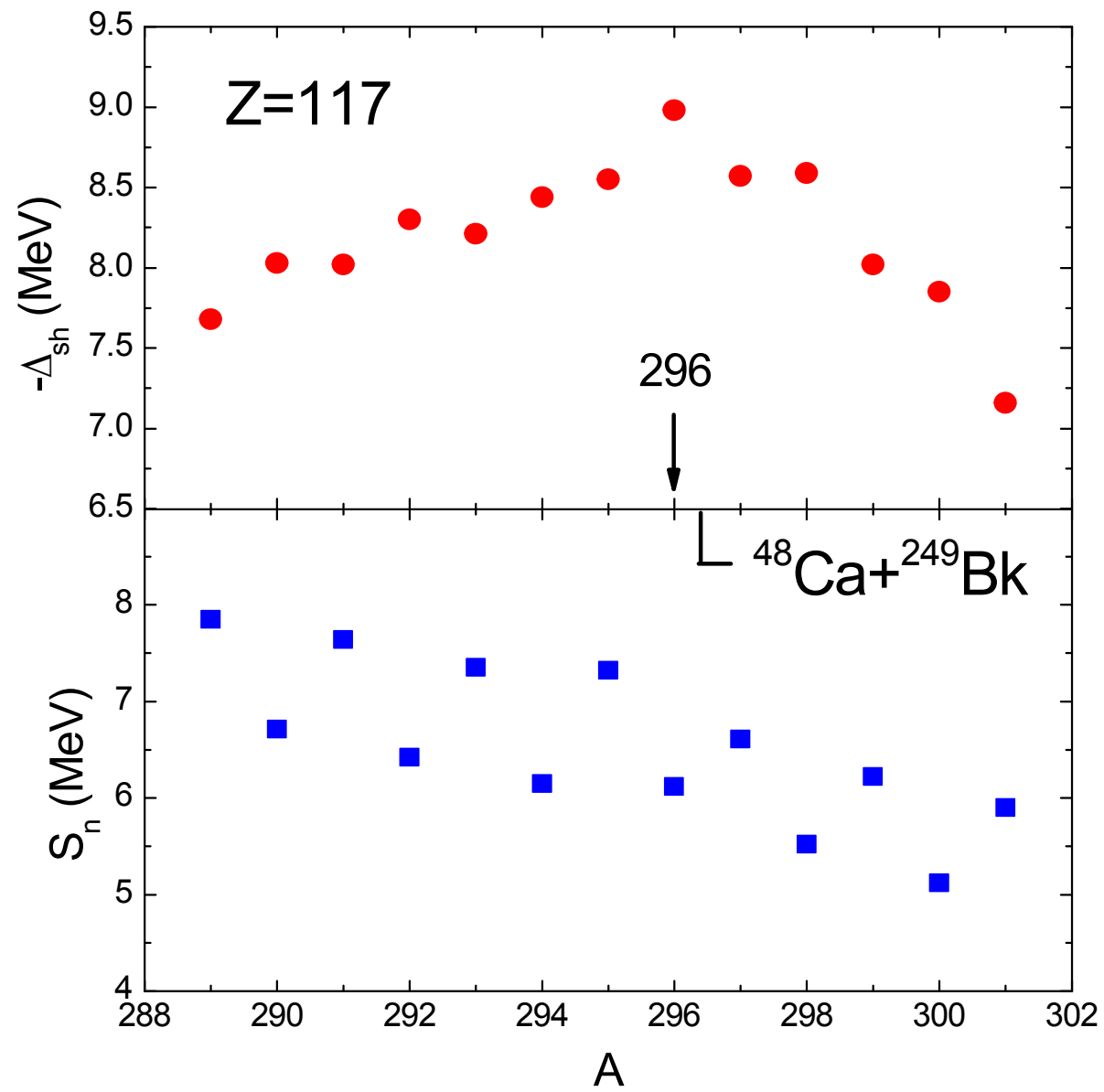
- 有效裂变位垒高度与中子分离能差  $d$

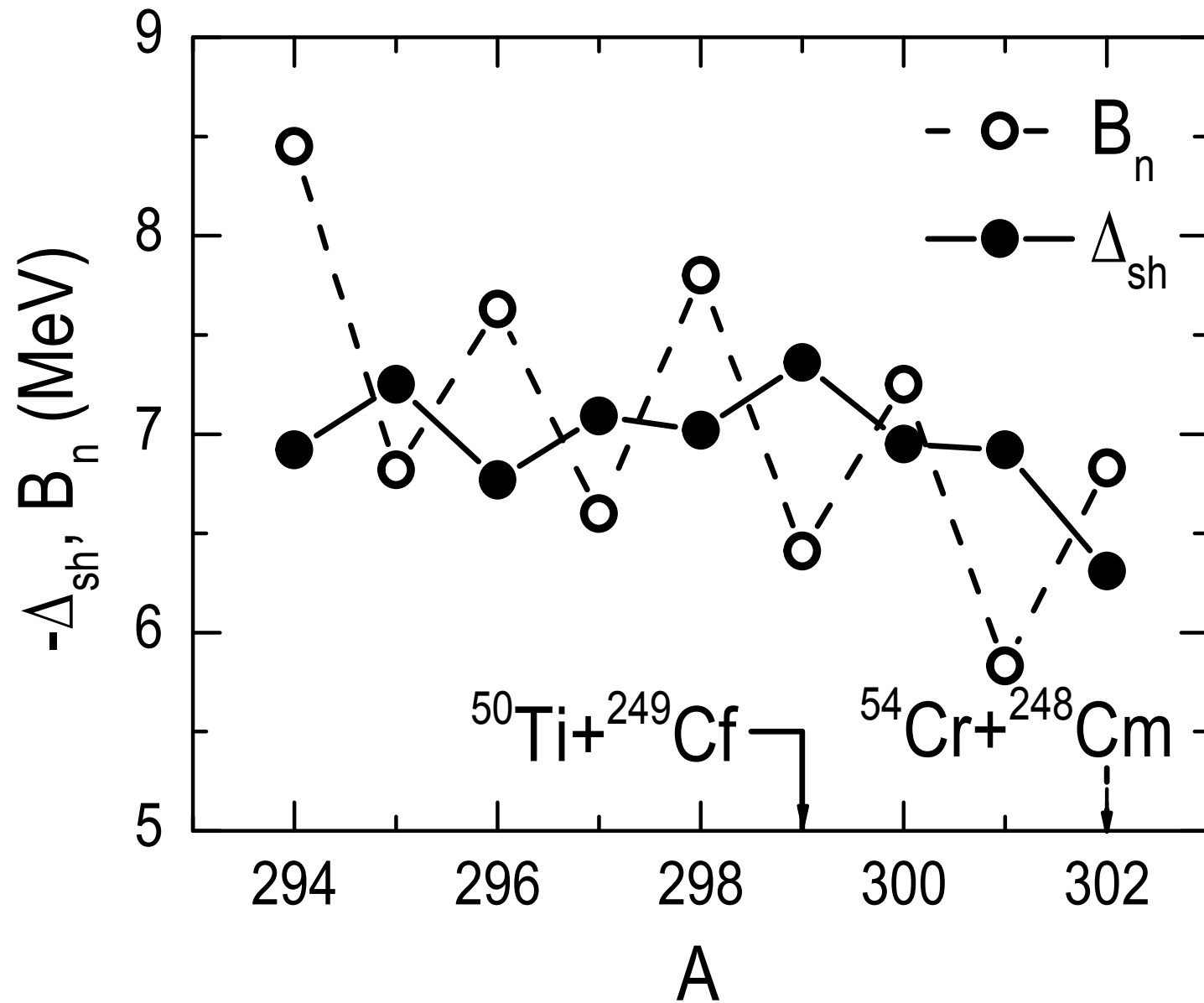
$$\frac{\Gamma_n}{\Gamma_f} \propto \exp[(B_f - B_n) / T]$$

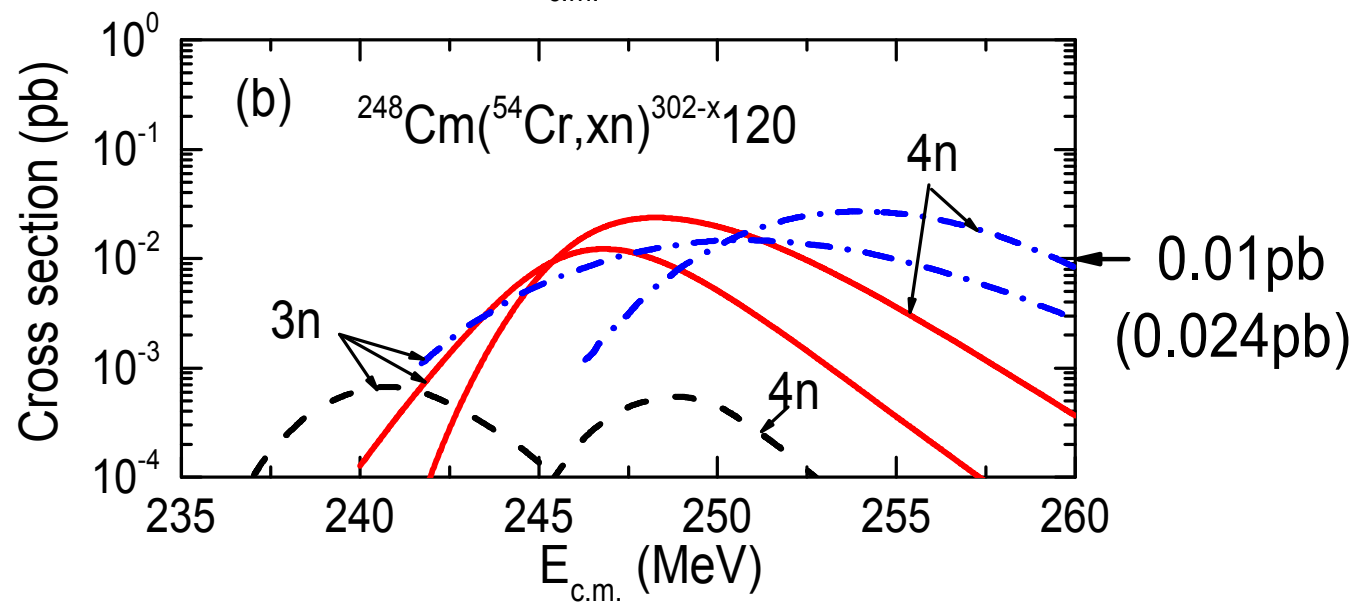
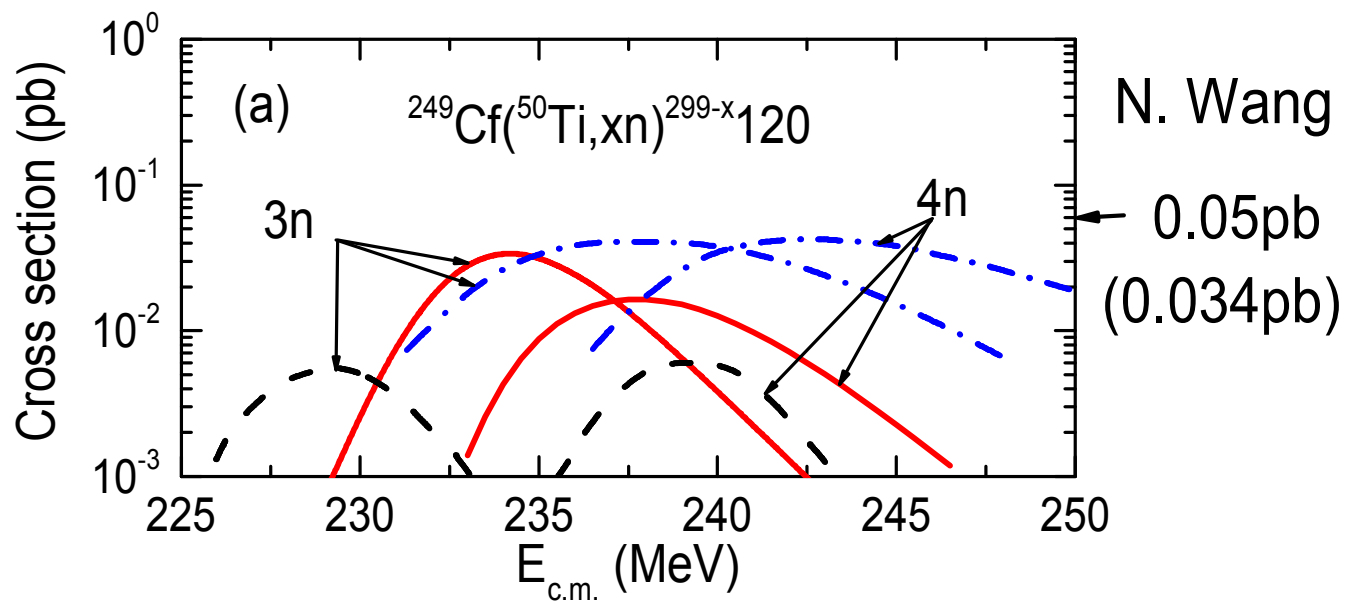
$d =$

$$\sum_{i=1}^k \{ [B_{LD} - \Delta_{sh}^{gs} + \Delta_p - B_n]_{i-1} - [\Delta_p - \Delta_{sh}^{gs}(1 - \exp(-U/E_D))]_i \} / T_{i-1}$$







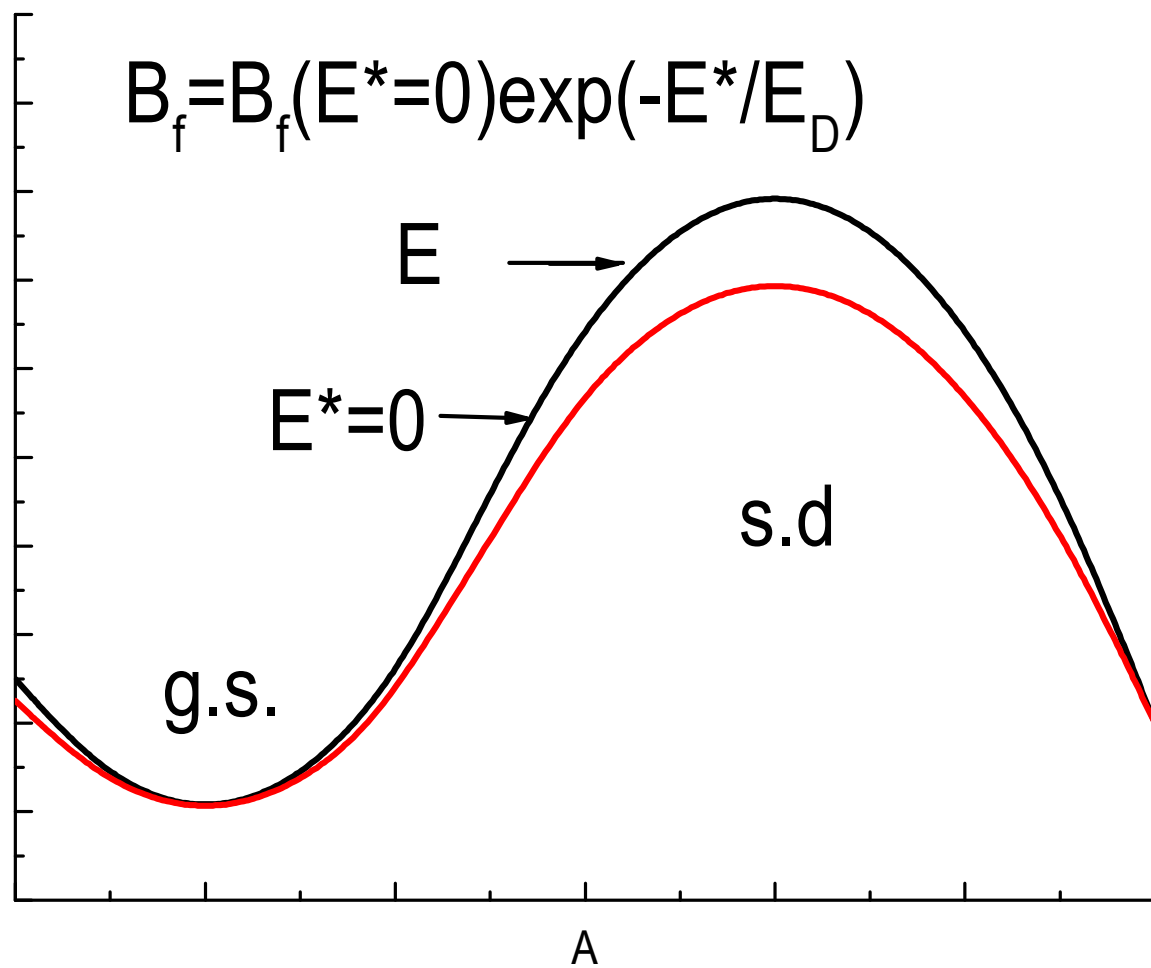


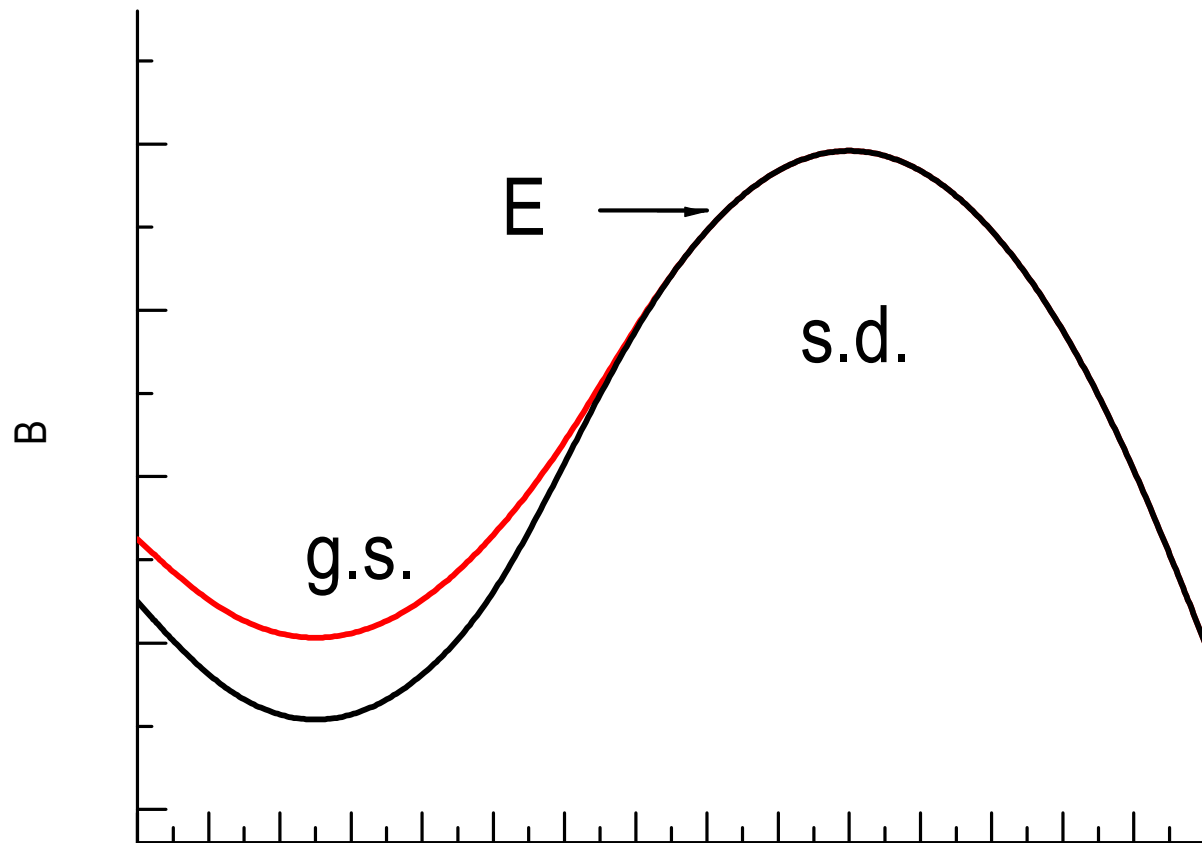
# 有关壳效应随激发能的衰减 效应讨论

- 影响  $\Gamma_n$  还是  $\Gamma_f$

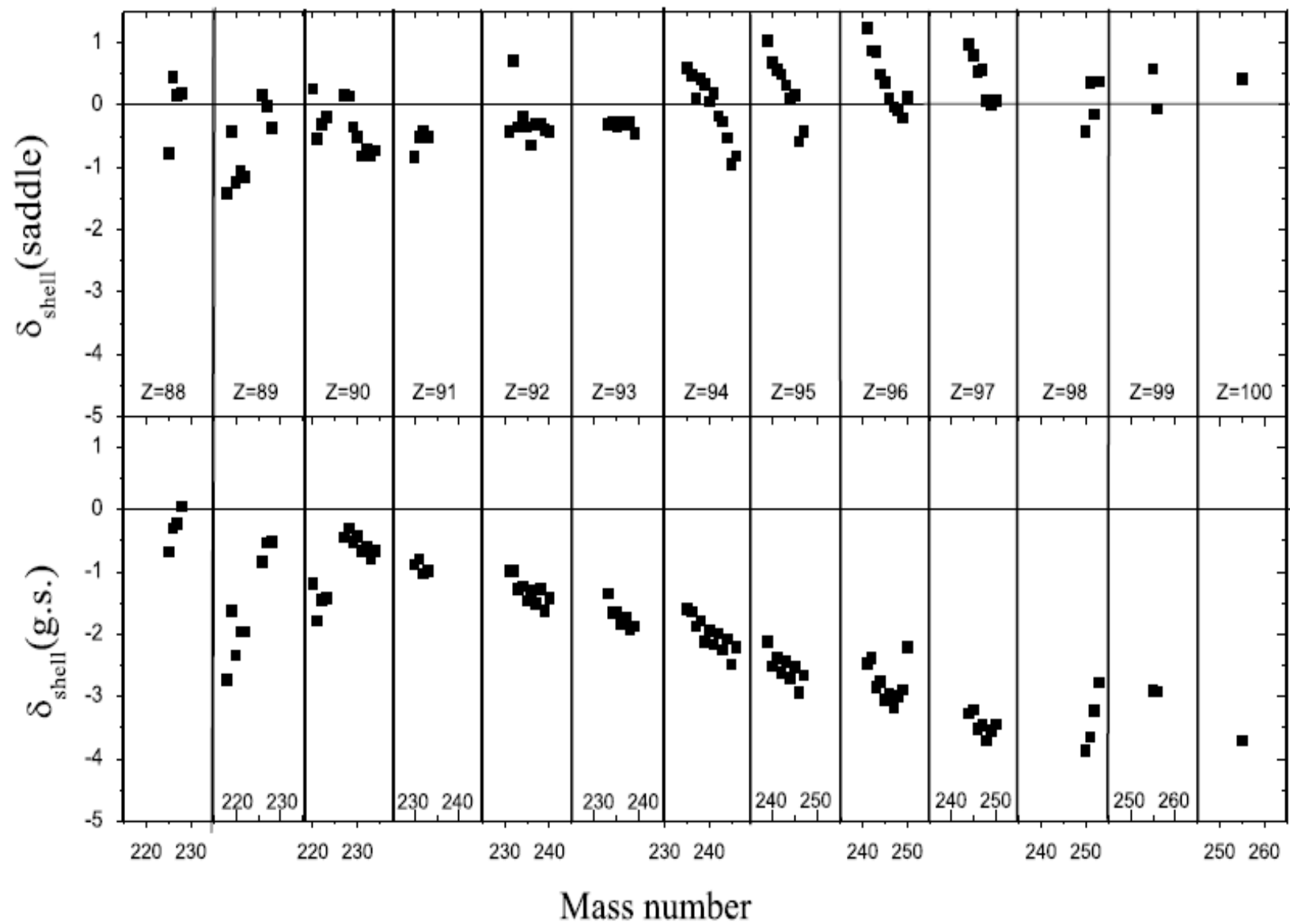
$$B_f = B_f(E_{CN}^* = 0) \exp[-E_{CN}^* / E_D]$$

$$B_f = B_f(E^*=0) \exp(-E^*/E_D)$$









- 壳效应随激发能的衰减通过能级密度参数影响  $\Gamma_n$

$$a = \tilde{a} \left[ 1 + \frac{\Delta_{sh}}{E_{CN}^*} (1 - \exp(-E_{CN}^* / E_D)) \right]$$

- 结论:

$$\sigma_{3n}({}^{50}\text{Ti} + {}^{249}\text{Cf}) = 0.034 \text{ pb}$$

$$\sigma_{4n}({}^{54}\text{Cr} + {}^{248}\text{Cm}) = 0.024 \text{ pb}$$

- 利用 $54\text{Cr} + 248\text{Cm}$ 热融合反应产生超重元素120的好处:

(1)  $248\text{Cm}$  靶材料比 $249\text{Cf}$ 更容易收集到足够的量;

(2)  ${}^{298}120$  比  ${}^{296}120$  更丰中子