

CROSS SECTION REAKSI INTI

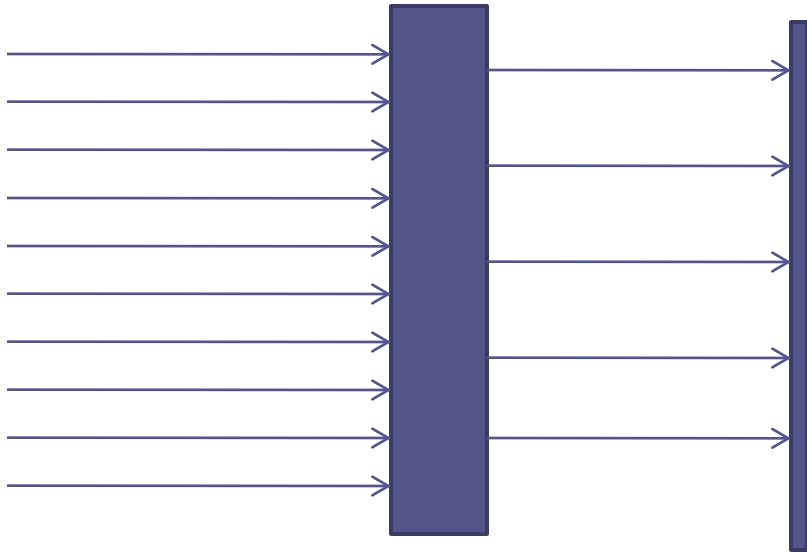


Sulistyani, M.Si.
Email: sulistyani@uny.ac.id

Tampang Lintang (Cross Section) Reaksi Nuklir

- Kemungkinan terjadinya reaksi nuklir disebut penampang lintang (σ) yang mempunyai dimensi luas.
- Tampang lintang dapat dibandingkan dengan tetapan laju reaksi.
- Ex: Reaksi kimia $A + B \rightarrow D$, maka laju reaksinya dinyatakan $dC_D/dt = kC_A C_B$
- Dengan cara sama, untuk reaksi nuklir $A(x,y)B$ dinyatakan: $dN_B/dt = \sigma Q_x N_A$
- N_A dan N_B adalah jumlah atom A dan B per satuan volum, Q_x adalah fluks yaitu jumlah proyektil per satuan luas per waktu ($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$), dan σ adalah tampang lintang.
- Bila berkas partikel jenis x dengan fluks Q menabrak lapisan tipis atom A dengan ketebalan s , maka pada saat partikel memasuki lapisan dengan ketebalan ds , fluks partikel akan berkurang sebesar:
 - $-dQ_x = \sigma Q_x N_A ds$ jika diintegrasikan akan diperoleh:
 - $\ln Q_x/Q_{x(0)} = \sigma Q_x N_A s$ untuk reaksi nuklir: $A(x,y)B$

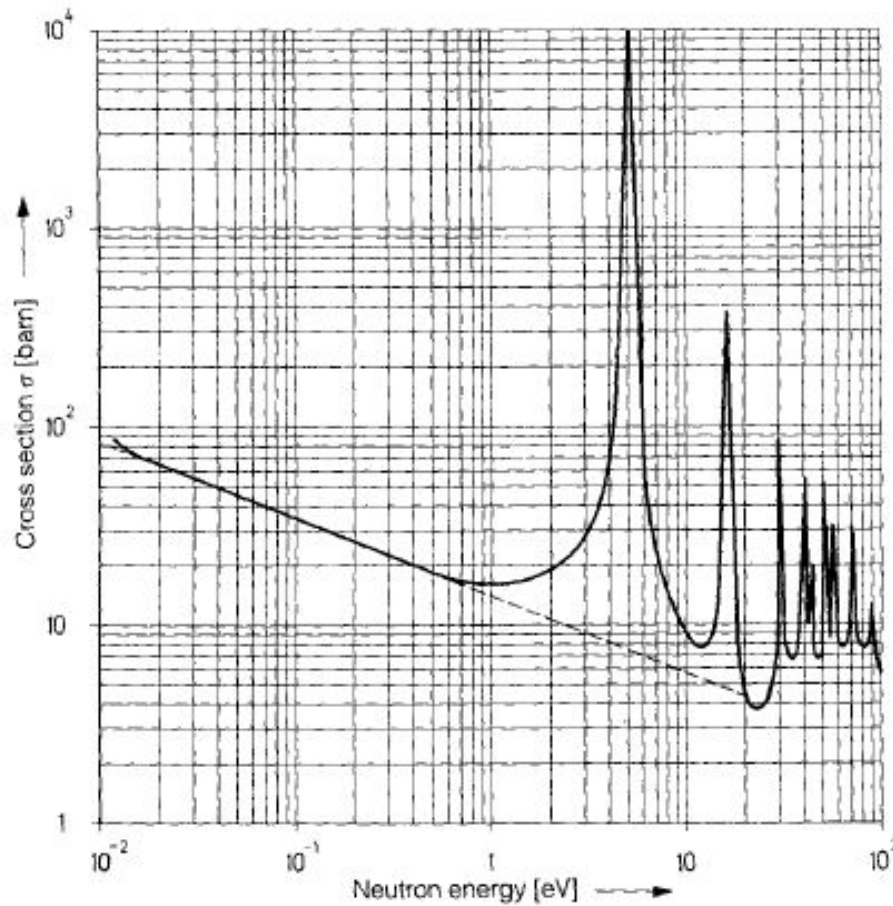
Penampang Lintang



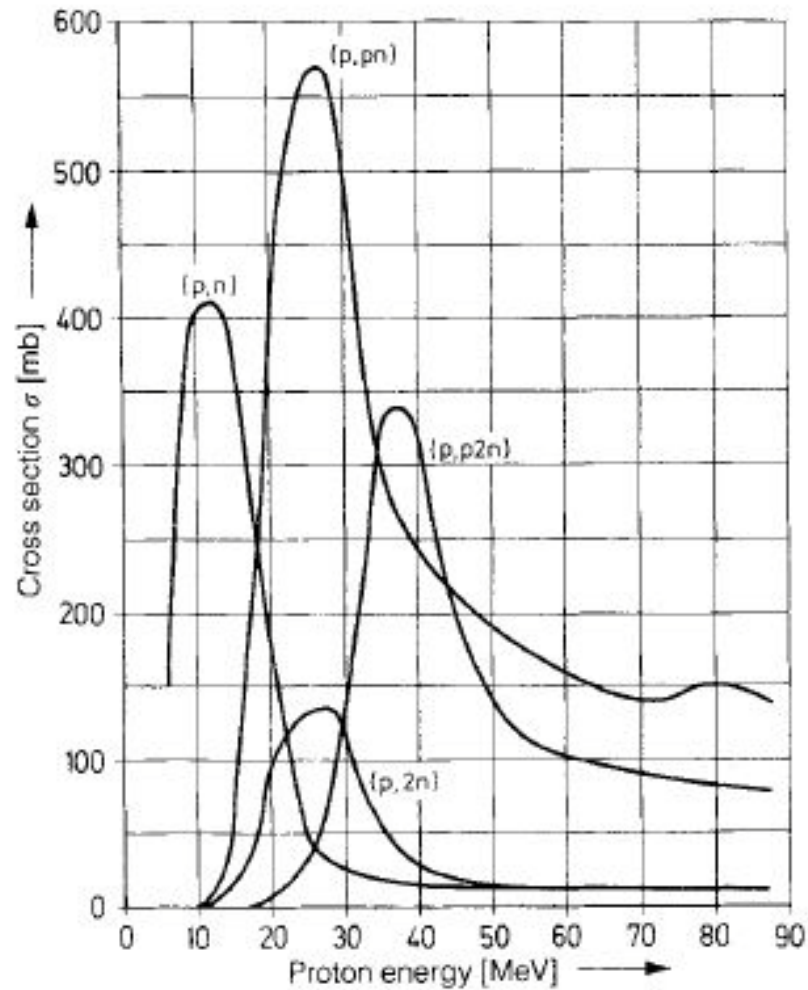
Bila ada reaksi nuklir lainnya maka cross section reaksi adalah cross section total.

Satuan cross section reaksi nuklir adalah barn, $1 \text{ b} = 10^{-24} \text{ cm}^2$.

Cross section sebagian besar reaksi bergantung pada energi proyektil sehingga kebolehjadian terjadinya reaksi nuklir merupakan fungsi energi proyektil, yang berupa energi kinetik proyektil yang dipindahkan ke inti majemuk sebagai energi eksitasi inti majemuk. Ketergantungan kebolehjadian reaksi nuklir pada energi proyektil disebut fungsi eksitasi.



Cross section σ of Ag for neutrons as a function of the energy of the neutrons



Cross sections of several nuclear reactions of protons with ^{63}Cu as a function of their energy.

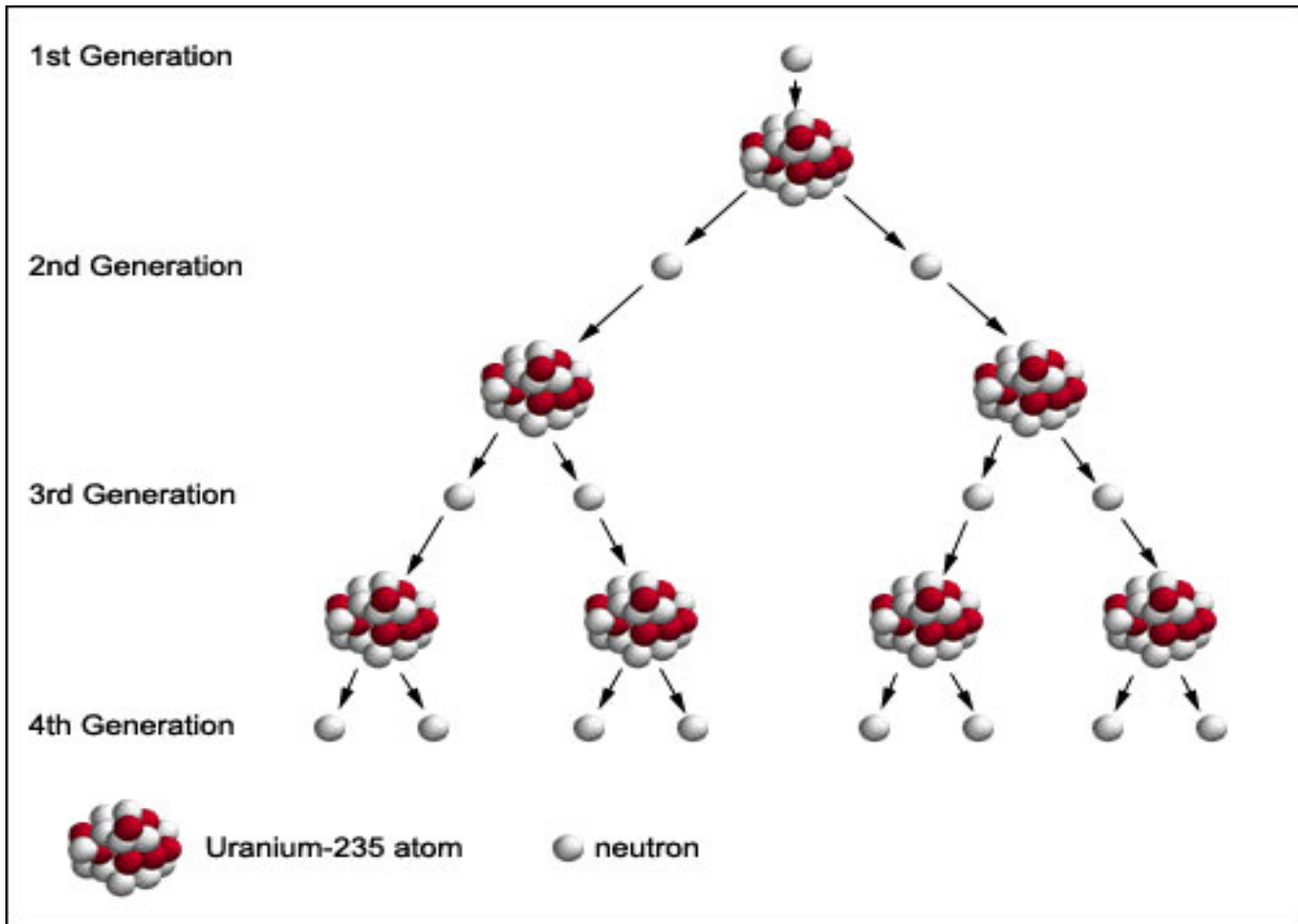
Reaksi Nuklir dengan Partikel Bermuatan

- Proyektil partikel bermuatan (proton, neutron, partikel alfa) mampu menabrak inti jika energinya dapat mengatasi potensial penghalang inti sasaran.
- Tingginya potensial penghalang (E_c) tergantung pada nomor atom inti sasaran dan nomor atom proyektil.
$$E_c = (1/4\pi\epsilon_0) (Z_1eZ_2e/r) \quad \epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{C}^2\text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$$
- Bila E_c dalam MeV dan r dalam cm, maka
$$E_c = 1,44 \cdot 10^{-13} (Z_1Z_2/r) \text{ MeV}$$
 dengan r adalah jarak dimana gaya inti mulai bekerja yaitu: $r = r_0(A_1^{1/3} + A_2^{1/3})$ dimana $r_0 = 1,4 \cdot 10^{-13} \text{ cm}$
- Cross section maksimum untuk reaksi absorpsi partikel-partikel bermuatan umumnya mendekati πr^2 (r = jarak antara pusat inti partikel proyektil dan inti sasaran bila keduanya bertemu) sehingga dinyatakan sebagai jari-jari pertukaran reaksi inti.
- Jenis reaksi khusus lainnya adalah reaksi Oppenheimer, biasanya menggunakan neutron sebagai proyektil.

Reaksi Nuklir dengan Neutron

- Neutron tidak bermuatan sehingga neutron mudah mendekati inti tanpa ditolak oleh muatan inti atom sasaran.
- Neutron mudah ditangkap oleh inti sasaran dengan makin berkurangnya kecepatan neutron.
- $\Sigma_c \sim 1/v \sim 1/E^{1/2}$
- Sebagian besar reaksi nuklir yang melibatkan neutron termal adalah proses tangkapan neutron, dimana energi eksitasi inti majemuk dihilangkan dengan pemancaran sinar gamma (n, γ).
- Reaksi neutron yang memancarkan partikel bermuatan setelah menangkap neutron seperti (n,p) atau (n, α) merupakan reaksi yang terjadi dengan melalui energi ambang (threshold reaction).
- Pembelahan inti dengan neutron termal hanya mungkin terjadi pada inti dengan tipe (g,u) dan (u,u), sedangkan pembelahan inti berat lainnya dikarenakan suatu reaksi ambang.

Reaksi Fisi Berantai



Perhitungan Hasil pada Reaksi Nuklir

- Untuk reaksi $A(x,y)B$, laju pembentukan nuklida B adalah: $dN_B/dt = \sigma Q_x N_A$
- Dengan asumsi fluks dan energi proyektil konstan selama melalui volum sasaran (sasaran diasumsikan relatif tipis), jumlah inti yang transmudasi dalam reaksi nuklir diabaikan, cross section kecil.

- Bila nuklida hasil bersifat radioaktif, maka peluruhan selama waktu iradiasi harus diperhitungkan. $dN_B/dt = \sigma Q_x N_A - \lambda N_B$
- Pada integrasi antara $t=0$ dan $t=t$, pada $t=0$ maka $N_B=0$ sehingga

$$N_B = (\sigma Q_x N_A / \lambda) (1 - e^{-\lambda t})$$

- Oleh karena $A = -dN_B/dt = \lambda N_B$ maka $A_{B(t)} = (\sigma Q_x N_A) (1 - e^{-\lambda t})$
- Jika $N_A = (L \times I_A \times m_A) / Ar_A$ maka
 $A_{B(t)} = (\sigma Q_x L \times I_A \times m_A) / Ar_A (1 - e^{-\lambda t})$
- Radioaktivitas nuklida yang diiradiasi selama waktu t kemudian dibiarkan meluruh selama waktu t' , maka persamaan setelah akhir iradiasi adalah: $A_{B(t')} = A_{B(t)} \times e^{-\lambda t'}$