



ANKARA ÜNİVERSİTESİ
NÜKLEER BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

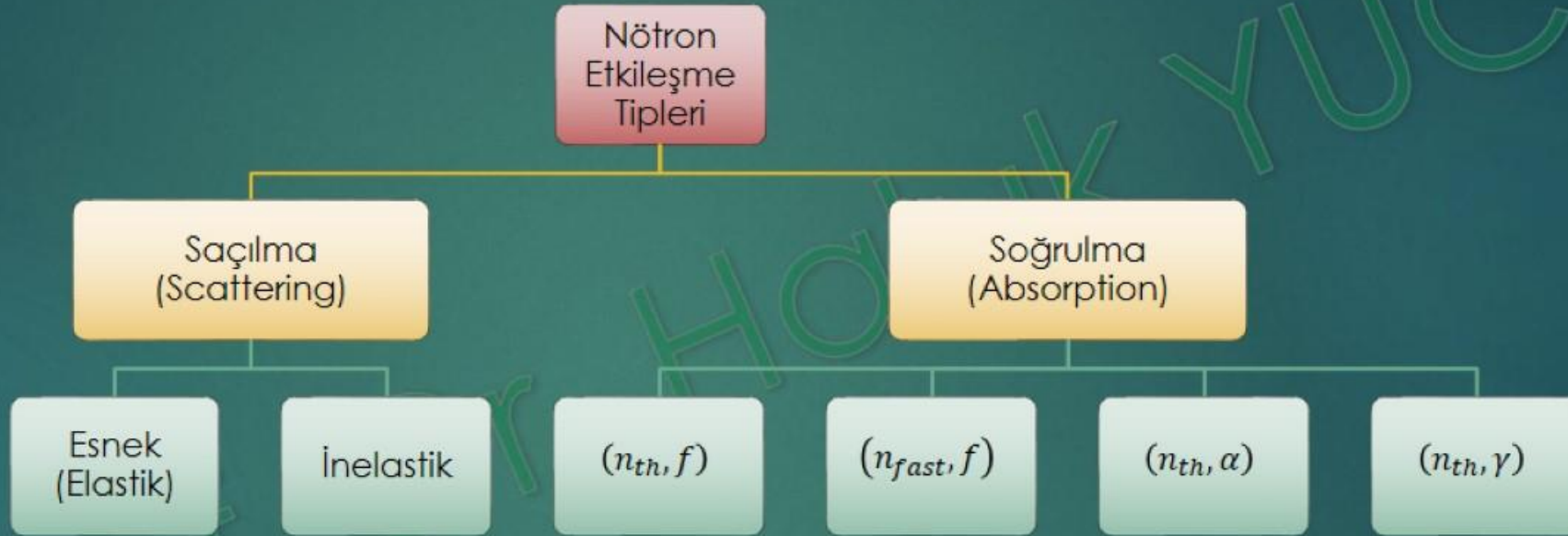
**RADYASYONDAN KORUNMA
PRENSİPLERİ VE NÖTRON
ETKİLEŞİMLERİ**

101538

PROF. DR. HALUK YÜCEL

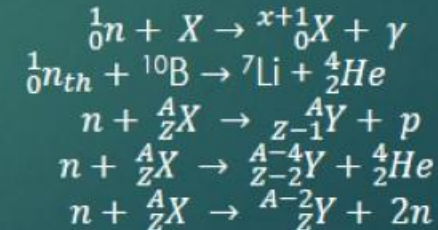
Nötronların Madde ile Etkileşmesi

- Atom çekirdeğini proton (p) ve nötronlar oluşturur. Nötronla yüksüz olduğu için çekirdek kuvvetleriyle etkileşirler. Coulomb kuvvetleriyle etkileşmezler. Bunun sonucu, nötronların nükleer etkileşme olasılığı (tesir kesiti) yüklü parçacıklardan daha büyüktür.



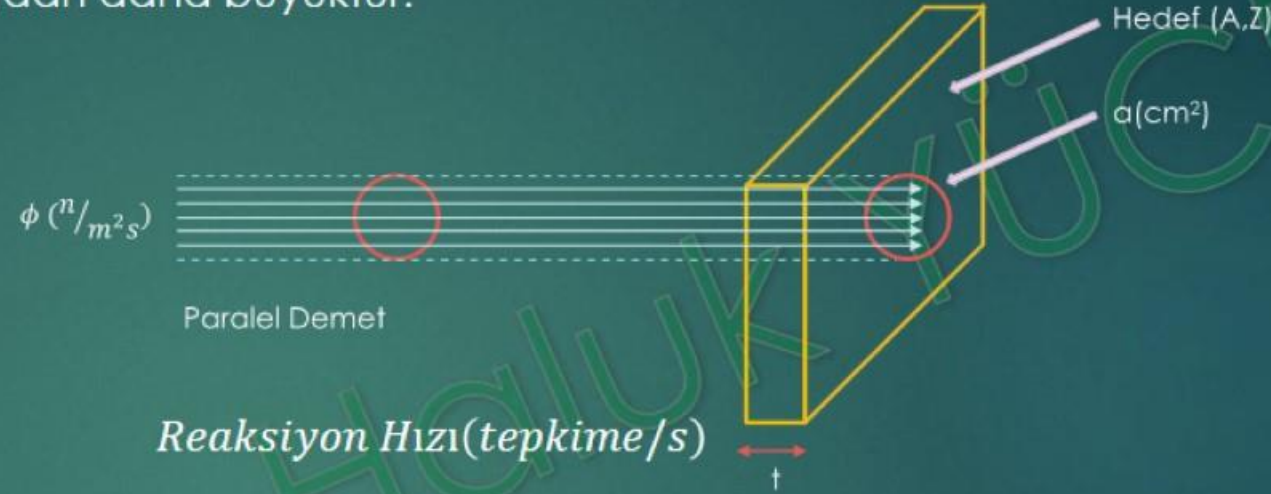
- (n, n)
- $n + \frac{A}{Z}X \rightarrow \frac{A}{Z}X + n$
 - Toplam kinetik enerji korunur
 - Kinetik enerji iki parçacık arasında paylaşılır

- (n, n')
- $n + \frac{A}{Z}X \rightarrow \frac{A}{Z}X^* + n'$
 - Çekirdeğe verilen enerjinin bir kısmı çekirdeğin uyarılmasında kullanılır
 - Uyarılmış çekirdek bir veya daha fazla γ ışını yayarak taban seviyesine geçer



Nötronların Etkileşme Olasılığı (Tesir Kesiti)

- Atom çekirdeğini proton (p) ve nötronlar oluşturur. Nötronla yüksüz olduğu için çekirdek kuvvetleriyle etkileşirler. Coulomb kuvvetleriyle etkileşmezler. Bunun sonucu, nötronların nükleer etkileşme olasılığı (tesir kesiti) yüklü parçacıklardan daha büyüktür.



$$= \left(\frac{\text{Hedef çarpan}}{\text{cm}^2 \text{ s başına nötron}} \right) \times \left(\frac{\text{Demete maruz kalan malzeme sayısı}}{\text{malzeme sayısı}} \right) \times \left(\text{Etkileşme olasılığı} \left(\frac{\#n/\text{cm}^2}{\text{çekirdek}} \right) \right)$$

$$R \left(\frac{\text{reaksiyon}}{\text{s}} \right) = \Phi \left(\frac{\#n}{\text{cm}^2 \text{ s}} \right) \times N \left(\frac{\text{çekirdek}}{\text{cm}^3} \right) \times a (\text{cm}^2) \times t (\text{cm}) \times \sigma (\text{cm}^3)$$

$$R = \phi * N * a * t * \sigma$$

$$R \left(\frac{\text{reaksiyon}}{s} \right) = \Phi \left(\frac{\#n}{\text{cm}^2 s} \right) \times N \left(\frac{\text{\u00e7ekirdek}}{\text{cm}^3} \right) \times a(\text{cm}^2) \times t(\text{cm}) \times \sigma (\text{cm}^3)$$

$$R = \phi * N * a * t * \sigma$$

- σ =tesir kesiti=hedef malzemenin cm^2 'sine \u00e7arpan n\u00f6tron ba\u015fına her bir hedefle etkile\u015fme olasılı\u011fı
- Tesir kesiti birimi $1 \text{b} = 10^{-24} \text{cm}^2 = 10^{-28} \text{m}^2$
- Toplam tesir kesiti $= \sigma_{top} = \sigma_s + \sigma_i + \sigma_\gamma + \sigma_f + \dots$
- Makroskopik tesir kesiti $\Sigma = N \left(\frac{\text{\u00e7ekirdek}}{\text{cm}^3} \right) \sigma(\text{cm}^2)$
- Ortalama serbest yol,

$$\lambda = \frac{1}{\Sigma} = \frac{\int x * e^{-\Sigma x}}{e^{-\Sigma x} dx} [\text{cm}]$$

Örnek: Grafit için $\sigma_s = 4.6b$, $\sigma_a = 0.034b$ ise ortalama serbest yol nedir?

($\rho = 1.6 \text{ g/cm}^3$, $A = 12$)

$$N = \rho * \frac{N_{av}}{A} = 1.6 * \frac{6.023 \times 10^{24}}{12} = 0.803 \times 10^{30} \text{ atom/m}^3$$

$$\Sigma_s = 0.803 \times 10^{30} * 4.8 \times 10^{-28} = 38.5 \text{ m}^{-1}$$

$$\Sigma_a = 0.803 \times 10^{30} * 0.0034 \times 10^{-28} = 0.027 \text{ m}^{-1}$$

$$\Sigma_t = \Sigma_s + \Sigma_a = 38.527 \text{ cm}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{1}{\Sigma_t} = 22.59 \text{ cm}$$

- Karışım için:

$$N_i = w_i * \rho * \frac{N_{av}}{A_i}$$

i: karışımındaki izotop ağırlık kesri

Örnek: Doğal uranyum tesir kesiti nedir?

$$^{235}\text{U} = \%0.711, \sigma_a(^{235}\text{U}) = 678b, \sigma_a(^{238}\text{U}) = 2.73b, \rho = 19.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\Sigma_a(U) = \left(0.00711 \times (19.1 \times 10^3) \times \frac{0.6023 \times 10^{24}}{235 \times 10^{-3}} \times 678 \times 10^{-28} \right) + \left(0.99289 \times (19.1 \times 10^3) \times \frac{0.6023 \times 10^{24}}{238 \times 10^{-3}} \times 2.73 \times 10^{-28} \right)$$

$$\Sigma_a(U) = (23.6 + 13.1) m^{-1}$$

Reaksiyon Hızı

- Reaksiyon hızı,

$$R = \phi \Sigma_i$$

Örnek: Nükleer reaktör içinde belirli bir noktadaki nötron akısının 2.5×10^4 nötron/m²s olduğu yere ²³⁵U foili yerleştiriliyor, oluşacak fizyon hızı nedir?

²³⁵U için $\sigma_f = 577\text{b}$

$$\Sigma_{fission} = N\sigma_f$$

$$\Sigma_{fission} = (19.1 \times 10^3) \times \frac{0.6023 \times 10^{24}}{235 \times 10^{-3}} \times (577 \times 10^{-28})$$

$$\Sigma_{fission} = 2824 \text{cm}^{-1} = 28.24 \text{m}^{-1}$$

$$R_f = \phi \Sigma_i (2.5 \times 10^4) \times 2824 = 7.06 \times 10^4 \text{ fisyon/m}^3\text{s}$$

Birim yüzeyden belirli zamanda geçen nötron sayısı (Neutron fluence)

$$\Phi_F \left(\frac{n}{m^2} \right) = \int \Phi(t) dt$$

- Polienerjitik nötronların olduğu durumda,

$\Phi(E)dE$ = kinetik enerjisi E ile $E+dE$ arasındaki nötronlardan oluşan bir nötron akısı

$\sigma_i(E)$ = kinetik enerjisi E olan nötronlar için i tipindeki bir reaksiyon için tesir kesiti

N = Durgun hedef atomlarının m^3 başına hedef atom sayısı

$$R \left(\frac{\text{reaksiyon}}{m^3 s} \right) = \int dE \cdot \phi(E) \cdot N \cdot \sigma_i(E)$$

- İlgilenilen nötron enerjileri üzerinden alınan integrasyon toplam akı,

$$\phi = \int \Phi(E) dE$$

- Uygulamada ortalama tesir kesiti kavramı kullanılır.

$$R = \int dE. \phi(E). N. \sigma_i(E) = \phi \Sigma_i = \phi N \sigma_i$$

- Ortalama tesir kesiti,

$$\bar{\sigma}_i = \frac{\int dE. \phi(E). \sigma_i(E)}{\int \Phi(E) dE}$$

Örnek: Bir PWR reaktörünün suyunda nötronların akısını dengelemek için 800ppm elementi çözündürülüyor. Termal nötronların ortalama serbest yolu (λ) ve makroskobik tesir kesiti nedir?

(H_2O : $\sigma_s = 103b$, $\sigma_a = 0.65b$, Doğal Bor: $\sigma_s = 4b$, $\sigma_a = 759b$)

© Prof. Dr. Haluk YÜCEL