

Nükleer Enerji ile Elektrik Üretimi

Hafta 3 – Radyoaktivite

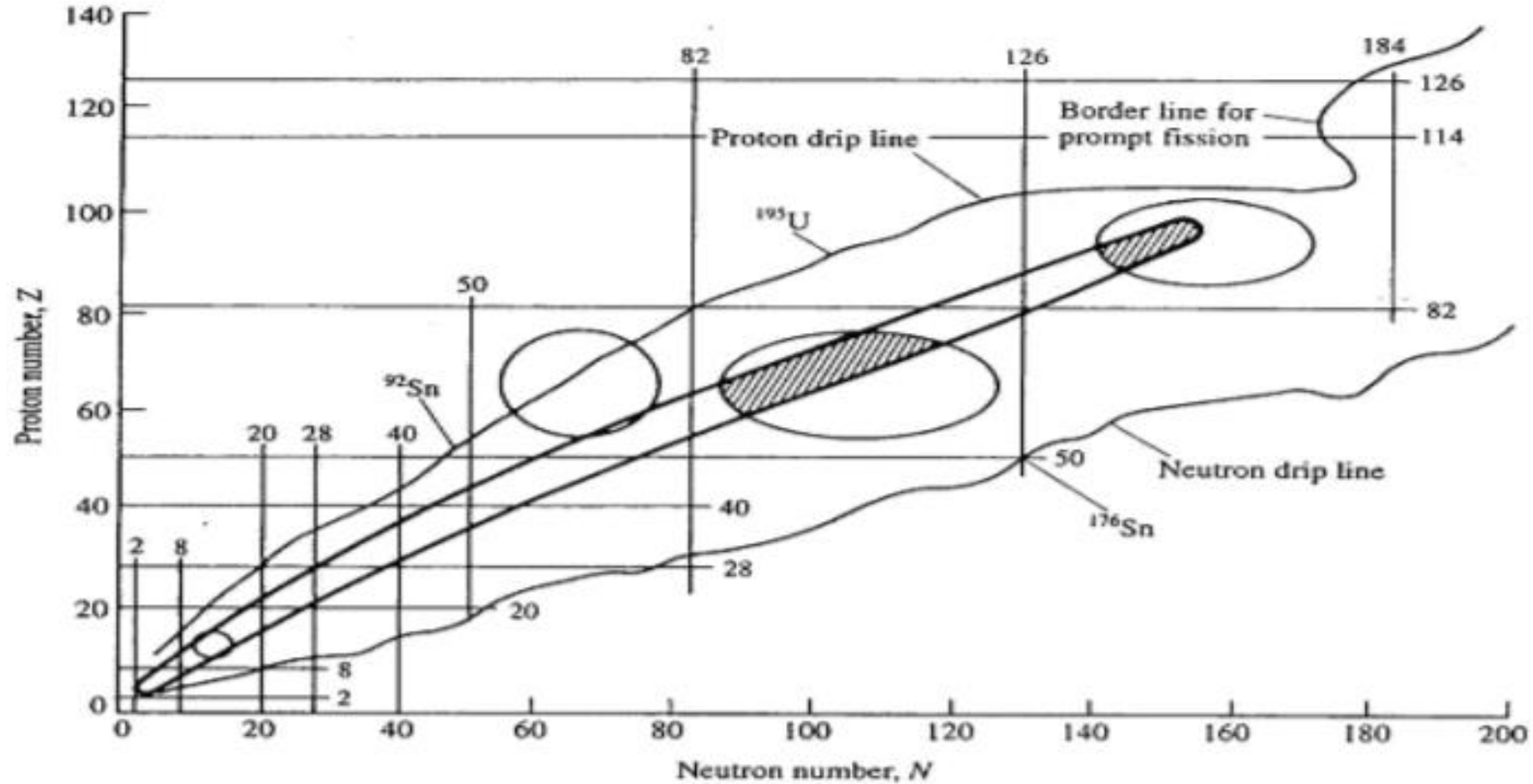
İçerik

- Nükleer kararlılık
- Radyoaktif bozunma süreçleri
- Bozunma yasası
- Özet

Nükleer Kararlılık

- Protonların itici Coulomb kuvvetleri, nükleonları birbirlerinden ayırmaya çalışmasına rağmen güçlü nükleer kuvvetler çekirdeği bir arada tutmaya çalışırlar.
- Kararlı çekirdeklerde birleşmeyi sağlayan ilave nötronlar ile birbirlerini iten protonların sayısı arasında bir denge bulunmaktadır.
- Şekil – 1’de nükleer kararlılık eğrisini gösterecek şekilde bilinen çekirdekler için nötron sayısına karşılık atom numarası çizilmiştir. (N’ye karşılık Z)
- Başlangıçta $N=Z$ kararlılık kuşağındadır fakat artan Z değerleri için protonlardan ziyade sürekli olarak daha büyük sayıda ilave nötronlara ihtiyaç duyulur.

Nükleer Kararlılık Eğrisi (Şekil -1)



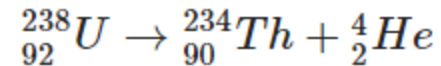
Radyoaktif Bozunma Süreçleri

N/Z Oranı	Bozunma Modları	Bozunma Mekanizmaları
Nötron fazlalığı	Beta Nötron	Nötron \rightarrow Proton + elektron (β^-) emisyon Çekirdekten nötron çıkarımı
Nötron eksikliği	Alfa Pozitron Elektron yakalama Proton	Bir He-4 çekirdeği emisyonu Proton \rightarrow Nötron + elektron (β^+) emisyon Orbital elektronu + proton \rightarrow Nötron Çekirdekten proton çıkarımı

Radyoaktif Bozunma

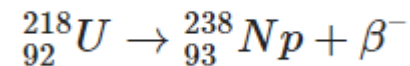
Alfa (α) Bozunması

- α parçacığı yayınlayan radyoaktif bir çekirdeğin atom numarası 4, kütle numarası 2 birim azalır.
- Bu reaksiyonlarda çekirdek enerji kaybeder ve kararlı hale geçer, α parçacığı aynı zamanda pozitif yüklü helyum (He) çekirdeği olduğundan elektrik ve manyetik alanda sapar, α bozunmasına aşağıdaki örnek verilebilir.



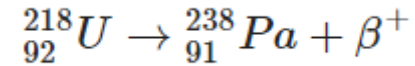
Beta (β) Bozunması

- β^+ ve β^- olmak üzere iki şekilde ışıdır.
- Reaksiyonlarda çekirdek enerji kaybederek kararlı hale geçer.
- Açığa çıkan β parçacıkları elektrik ve manyetik alanda sapar.
- Atom çekirdeğindeki bir nötronun bir elektrona dönmesi ile β^- parçacığını yayınlayan radyoaktif bir çekirdeğin atom numarası 1 birim artarken kütle numarası değişmez.
- β^- bozunmasına aşağıdaki örneği verebiliriz.



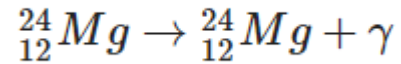
Beta (β) Bozunması

- Atom çekirdeğindeki bir nötronun pozitif yüklü bir elektrona (pozitron) dönüşmüş hali olan β^+ parçacığını yayınlayan radyoaktif bir çekirdeğin atom numarası 1 birim azalırken kütle numarası değişmez. β^+ bozunmasına aşağıdaki örneği verebiliriz:



Gama (γ) Bozunması

- Radyoaktif bozunma sonucu oluşan gamma ışınları α ve β parçacıklarının aksine elektrik ve manyetik alandan etkilenmeyen yüksek enerjili elektromanyetik dalgalardır.
- Radyoaktif çekirdeğin enerji kaybederek kararlı hale geçtiği γ bozunmasında atom ve kütle numarası değişmez, γ bozunmasına aşağıdaki örneği verebiliriz:



Bozunma Yasası

- Bir t anında N radyoaktif çekirdek varsa ve numuneye yeni çekirdekler ilave edilemiyorsa, dt süresi içinde bozunan dN çekirdek sayısı, N ile orantılıdır.

$$\lambda = - (dN/dt)/N$$

λ = Bozunma (parçalanma) sabiti

- Denklemin sağ tarafı da bir atomun birim zamandaki bozunma olasılığını ifade eder.
- Yani bu olasılık, atomun yaşı ne olursa olsun, sabit olup, radyoaktif bozunmanın istatistiksel teorisinin temel varsayımıdır. Bu denklemin integrali alınır;

$$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$$

N_0 burada t=0 anında henüz bozunmamış çekirdek sayısını ifade eder.

Yarı ömür t(1/2) ile ifade edilir ve $N = N_0/2$ yerine konulursa;

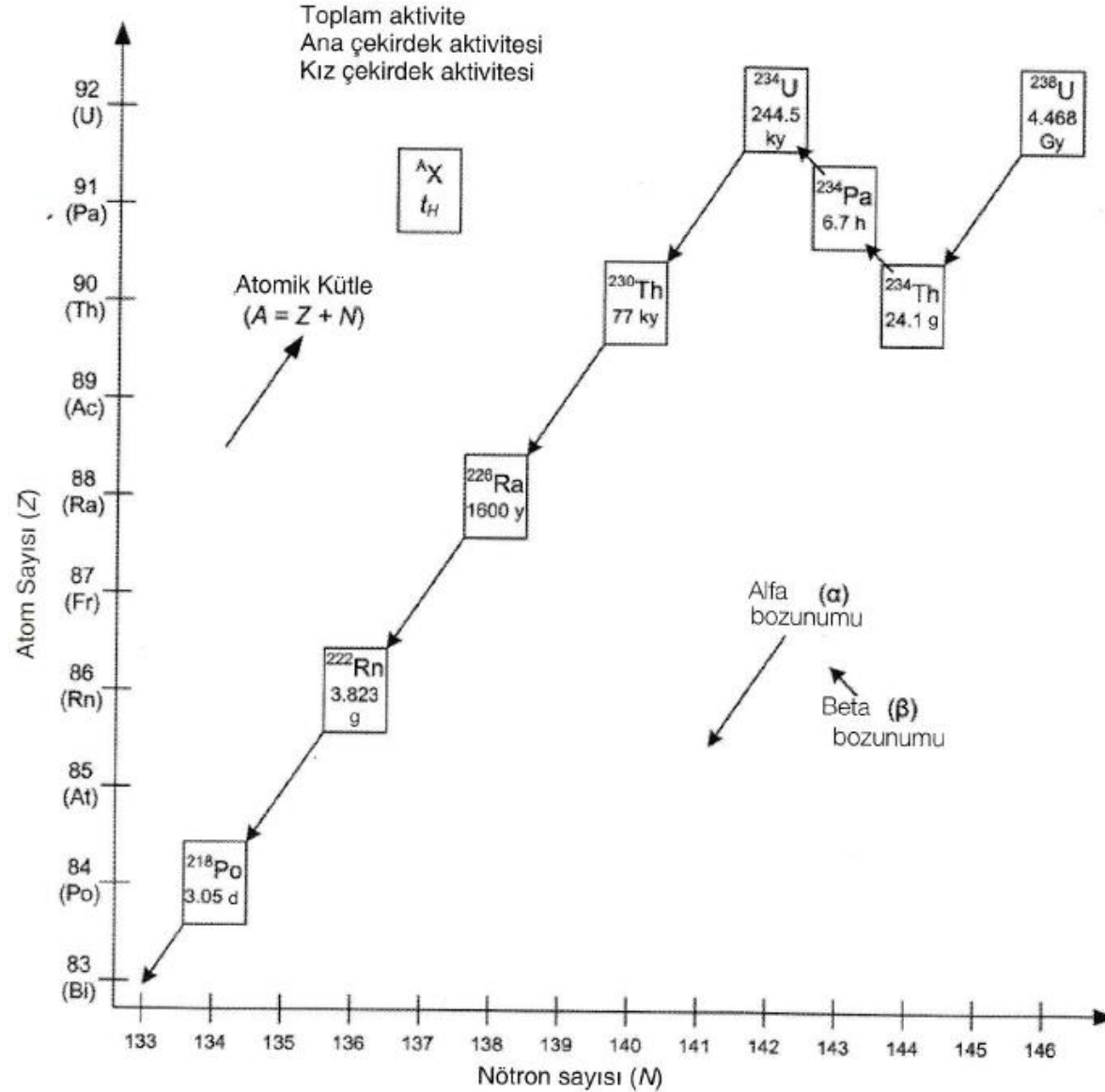
t(1/2) = 0,693/ λ şeklinde olur.

- Ortalama Ömür (ζ): bir çekirdeğin bozununcaya kadar geçirdiği ortalama süreye denir.

$$\zeta = \left(\int_0^\infty t |dN/dt| dt \right) / \left(\int_0^\infty |dN/dt| dt \right)$$

- integral alınırsa $\zeta = 1/\lambda$ olur.

U-238 Seri Bozunma Zincirinde Üretilen İlk Yedi Bozunum



Özet

- Doğada bulunan veya insan yapımı olan pek çok element, alfa parçacığı, beta parçacığı ve gama ışınları yaymak suretiyle radyoaktiftirler.
- Süreç üstel bir eşitlik tarafından yönetilerek yarı ömür olarak adlandırılan bir zamanda numunenin yarısı bozunur.
- Bilinen yüzlerce radyoizotop arasında yarıömür değerleri bir saniyeden milyarlarca yıla kadar olan sürelerde farklılık gösterir.

Kaynakça

NÜKLEER ENERJİ; Nükleer Süreçlerin Kavramları, Sistemleri ve Uygulamalarına Giriş;
Raymond L. MURAY ve Keith E. HOLBERT; 7. Basımdan Çeviri; Nobel.