

Ders 5-6: Jeokronoloji

Radyoaktif parçalanma türleri:

(i) *Alfa parçalanması:*

Bir ${}^4\text{He}$ çekirdeğinin dışarı atılması: İki proton (p), iki nötron (n)

(ii) *Beta parçalanması:*

Bir elektron ya da bir pozitronun dışarı atılmasına denktir.

a. Elektron yayını (β⁻ parçalanması): $n \rightarrow p + \text{elektron} + \text{antinötrino}$

b. Pozitron yayını (β⁺ parçalanması): $p \rightarrow n + \text{pozitron} + \text{nötrino}$

c. Elektron zaptetme: $p + \text{orbital elektronu} \rightarrow \text{nötron} + \text{nötrino}$

Radyoaktif parçalanmaya ilişkin bazı ana denklemleri türetelim: Bir ana nuklidin (N) parçalanma hızı onun bolluğuyla orantılıdır:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

Burada λ parçalanma sabitidir.

$$\int \frac{dN}{N} = \int -\lambda dt$$

$$\ln N = -\lambda t + C$$

$$(C = \ln N_0)$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}, \quad N_0 = N(t = 0) \quad (1)$$

Ancak N_0 genelde deneyçiler tarafından bilinmemektedir. Yavru izotopun derişimi

$$(\text{konsantrasyonu}) D - D_0 = N_0 - N$$

Bunu, bir nolu denklemde yerleştirirsek,

$$D - D_0 = N_0 - N e^{-\lambda t} = N_0(1 - e^{-\lambda t}) \text{ elde edilir.}$$

Bu bağıntı bir nolu denkleme bölünmesiyle

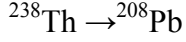
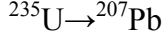
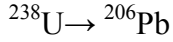
$$\frac{D - D_0}{N} = \frac{N_0(1 - e^{-\lambda t})}{N_0 e^{-\lambda t}} = \frac{(1 - e^{-\lambda t})}{e^{-\lambda t}}$$

$$\frac{(D - D_0)}{N} = e^{\lambda t} - 1$$

elde edilir. Dolayısıyla, $D = D_0 + N(e^{\lambda t} - 1)$ 'dir.

U-Pb Yaş Tayini

Uranyumun (U) üç radyoaktif izotopu vardır:



Th yaşlandırması ender olarak kullanılmaktadır.

$$\lambda_{238} = 1.55 * 10^{-10} \text{ yıl}^{-1}$$

$$\text{Yarılanma ömrü (T}_{1/2}) = 4.5 \text{ milyar yıl}$$

$$\lambda_{235} = 9.85 * 10^{-10} \text{ yıl}^{-1}$$

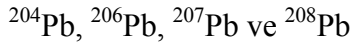
$$\text{T}_{1/2} = 0.750 \text{ milyar yıl}$$

$$\lambda_{232} = 4.95 * 10^{-11} \text{ yıl}^{-1}$$

$$\text{T}_{1/2} = 14 \text{ milyar yıl}$$

^{235}U daha yüksek parçalanma sabitesinden dolayı erken Güneş Sistemi'nde ^{238}U 'den göreceli olarak daha boldu.

Kurşun dört ana durağan izotopu vardır:



Bu durağan izotoplardan ^{204}Pb radyojenik değildir. Yani herhangi bir radyoaktif parçalanmanın ürünü değildir. Diğerleri ise ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb radyojeniktirler, yani radyoaktif bir parçalanmanın ürünleridir.

Pb/Pb Yaş Tayini:

Parçalanma denklemini ($D = D_0 + N(e^{\lambda t} - 1)$) iki radyoaktif uranyum (^{238}U ve ^{235}U) izotopik sistemleri için yazalım:

$$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_0 + (^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb})(e^{\lambda_{238}t} - 1)$$

$$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = (^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_0 + (^{235}\text{U}/^{204}\text{Pb})(e^{\lambda_{235}t} - 1)$$

İki denklemi birbirine bölelim:

$$[(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}) - (^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_0] / [(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}) - (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_0] = (^{235}\text{U}(e^{\lambda_{235}t} - 1)) / (^{238}\text{U}(e^{\lambda_{238}t} - 1))$$

Denklemin her iki tarafını $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_0$ ile çarpalım:

$$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = (^{235}\text{U}(e^{\lambda_{235}t} - 1) / (^{238}\text{U}(e^{\lambda_{238}t} - 1)) (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}) + (^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_0 - (^{235}\text{U}(e^{\lambda_{235}t} - 1)) / (^{238}\text{U}(e^{\lambda_{238}t} - 1)) (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_0$$

Günümüzde $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 'un Güneş Sistemi'nde her yerde sabit olduğu ($\sim 1/137$) varsayılırsa, bu denklem doğrusal çizgiye denk olur!

$$y = mx + b$$

Ordinatı $y = {}^{207}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb}$

Absis ise $x = {}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb}$

Doğrunun eğimi ise

$$m = ({}^{235}\text{U}(e^{\lambda_{235}t}-1))/({}^{238}\text{U}(e^{\lambda_{238}t}-1)) \text{ olur.}$$

y eksenindeki kesim yeri ise,

$$b = ({}^{207}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb})_0 - ({}^{235}\text{U}(e^{\lambda_{235}t}-1))/({}^{238}\text{U}(e^{\lambda_{238}t}-1)) ({}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb})_0$$