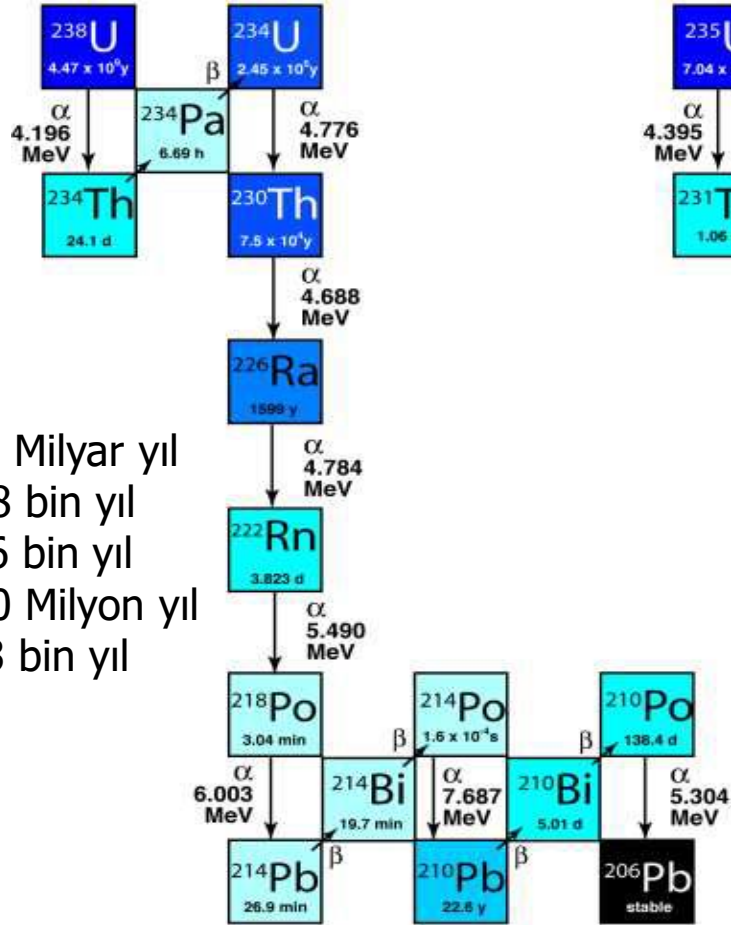


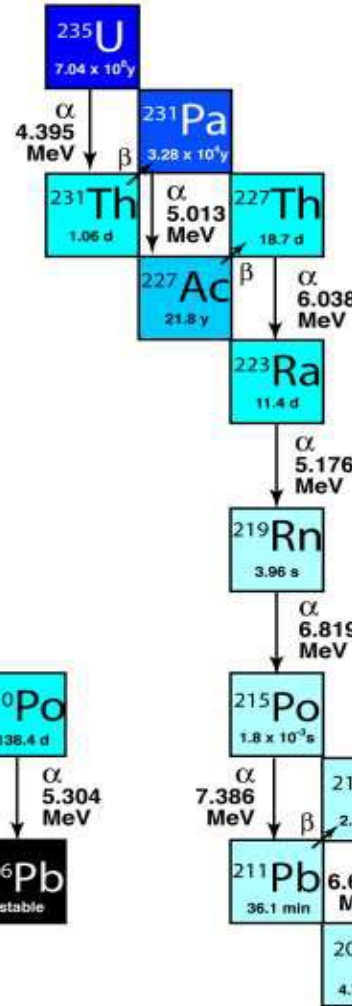
DOĞAL RADYOAKTİF SERİLER

Seri Adı	Türü	Son Çekirdek (Kararlı)	Çekirdek	Yarı Ömür(Y)	Gaz
Toryum	4n	^{208}Pb		$1,41 \times 10^{10}$	
Neptinyum	4n+1	^{209}Bi	^{237}Np	$2,14 \times 10^6$	
Uranyum	4n+2	^{206}Pb		$4,47 \times 10^9$	
Aktinyum	4n+3	^{207}Pb		$7,04 \times 10^8$	

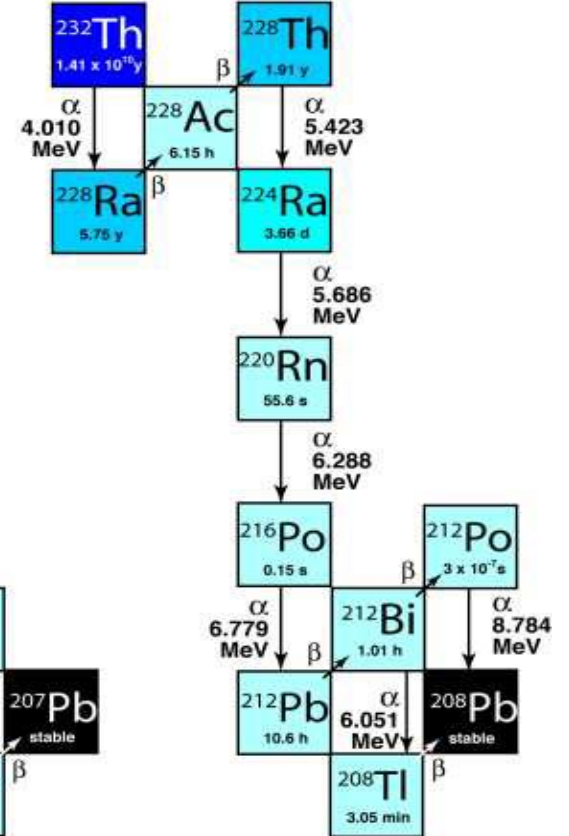
Uranyum Serisi



Aktinyum Serisi



Toryum Serisi



^{238}U = 4.5 Milyar yıl
 ^{234}U = 248 bin yıl
 ^{230}Th = 76 bin yıl
 ^{235}U = 700 Milyon yıl
 ^{231}Pa = 33 bin yıl

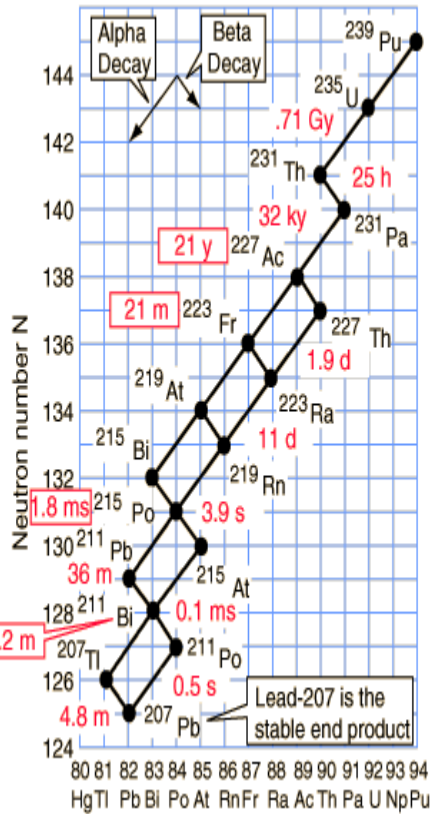
The Uranium-235 Decay Series

- ²³⁵U Series
- ²³²Th Series
- ²³⁸U Series
- ²³⁷Np Series

The four natural radioactive series

This series is traditionally called the Actinium series.

Boxed values for half-life are for multiple decay paths

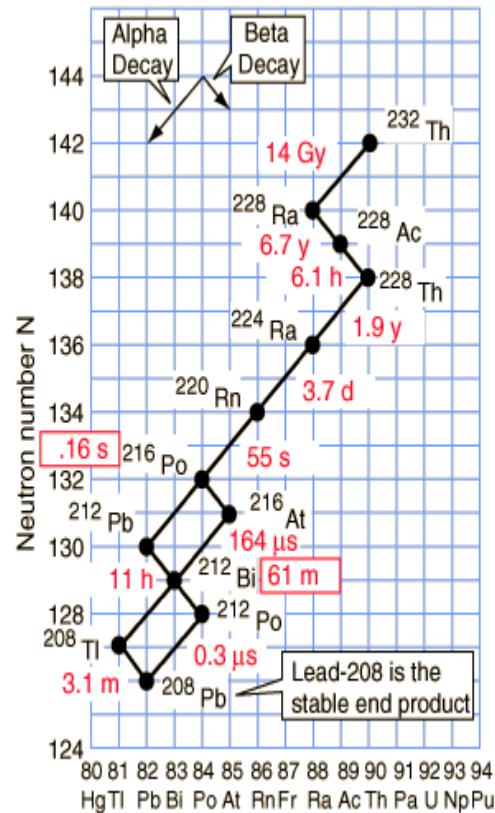


The Thorium-232 Decay Series

- ²³⁵U Series
- ²³²Th Series
- ²³⁸U Series
- ²³⁷Np Series

The four natural radioactive series

Boxed values for half-life are for multiple decay paths

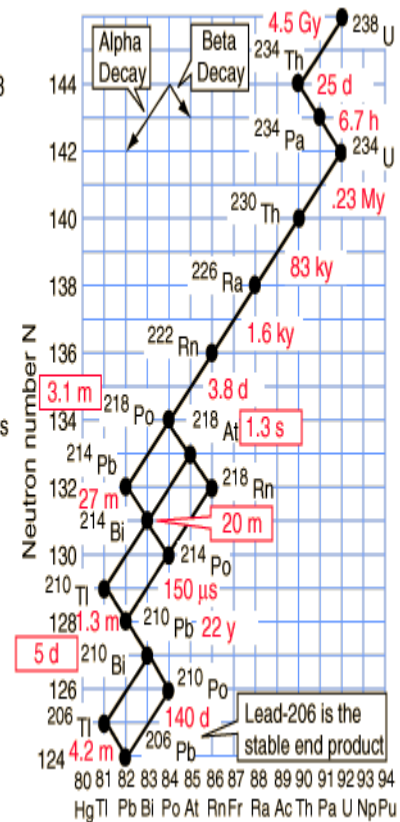


The Uranium-238 Decay Series

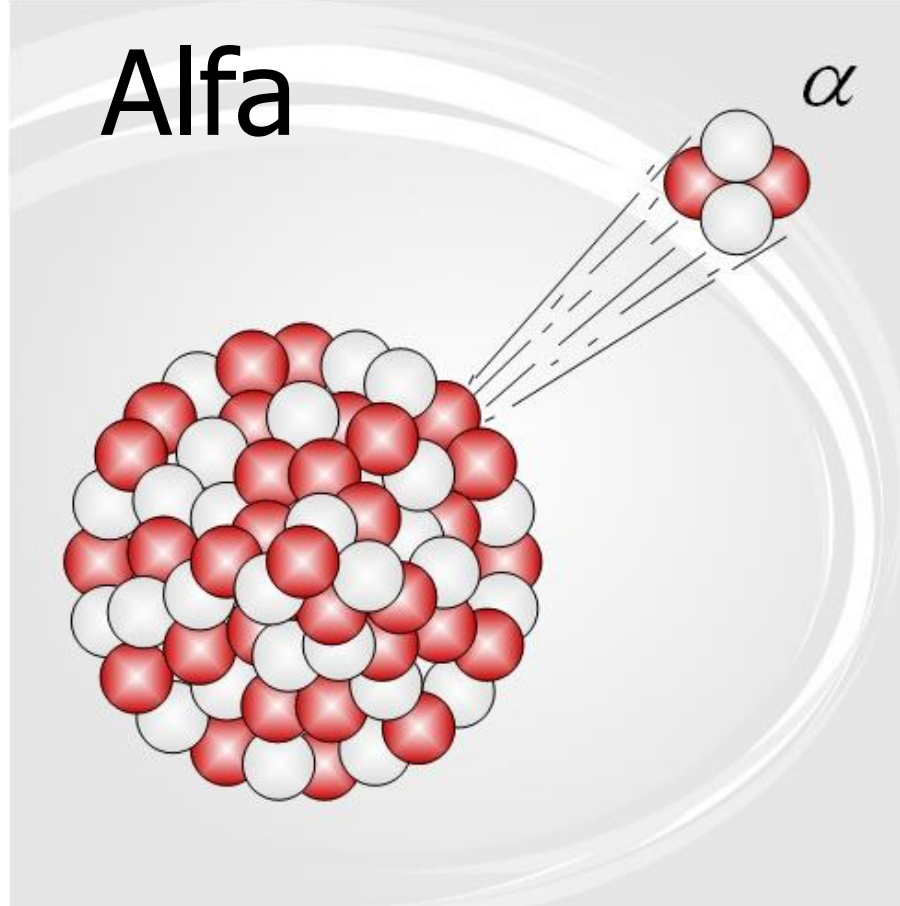
- ²³⁵U Series
- ²³²Th Series
- ²³⁸U Series
- ²³⁷Np Series

The four natural radioactive series

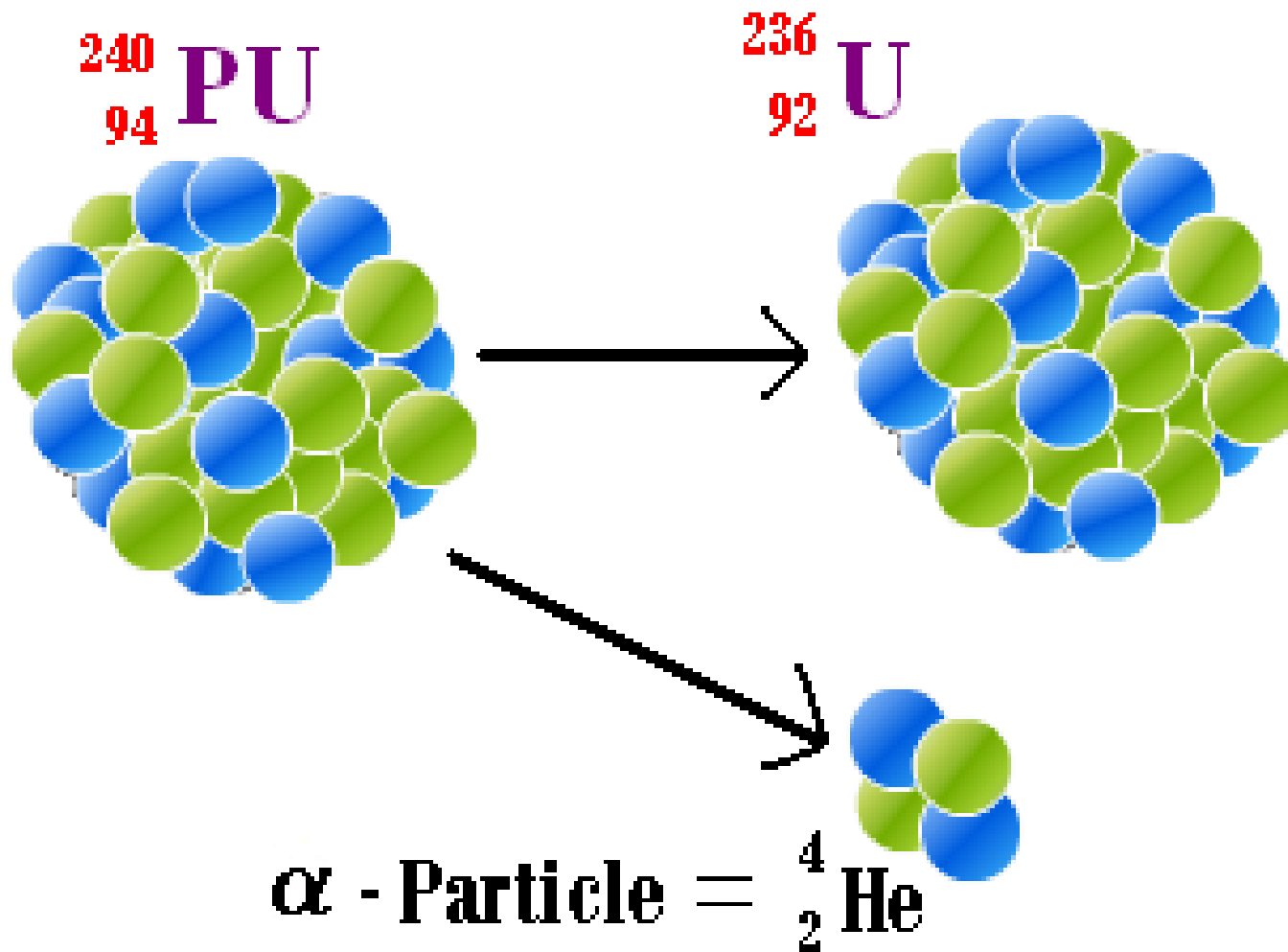
Boxed values for half-life are for multiple decay paths



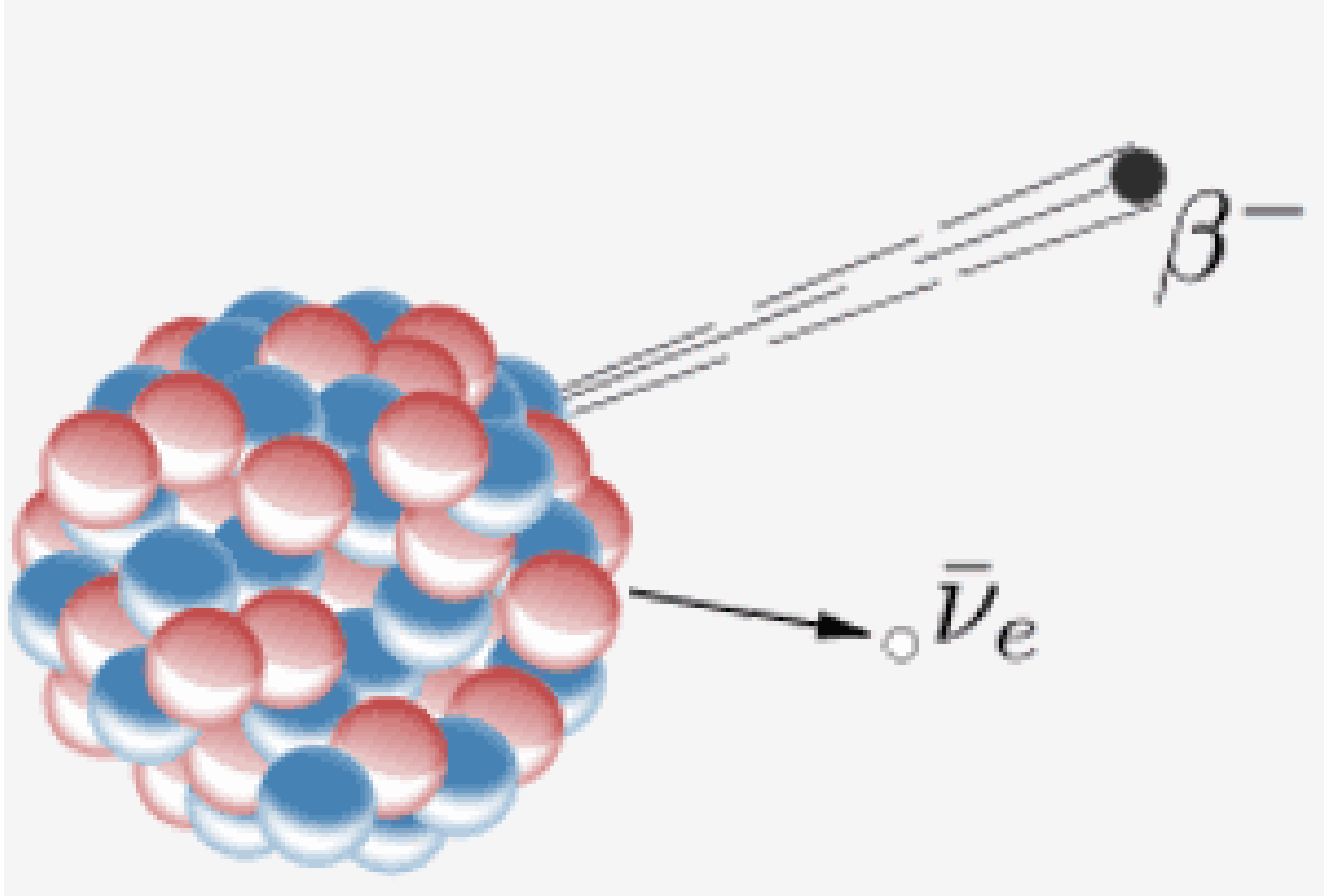
RADYASYON DOZU BİRİMLERİ



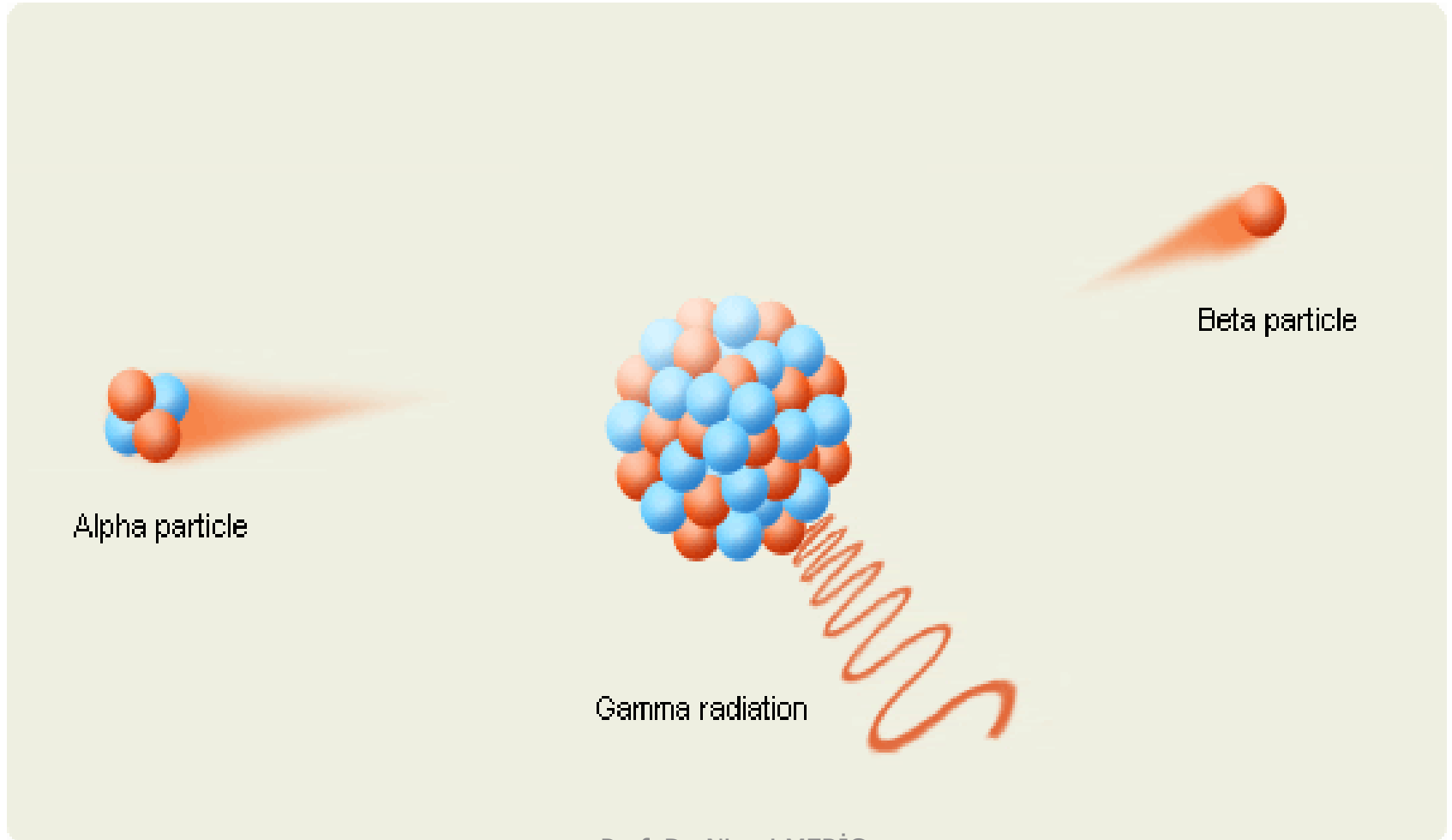
Alfa



Beta



Gama



RADYASYON DOZU

1. Aktivite: Verilen bir zaman içersindeki parçalanma sayısı

A. Becquerel

= 1 parçalanma / saniye



Saniyede bir parçalanma

B. Curie

Saf Radyumun 1 gramının aktivitesi



Saniyede 3.7×10^{10} Parçalanma

$$\text{mCi} = 10^{-3} \text{ Ci}$$

$$\mu\text{Ci} = 10^{-6} \text{ Ci}$$

2. Röntgen: 1 kg havada 2.58×10^{-4} C luk + ve - iyonlar oluşturan radyasyon miktarıdır.

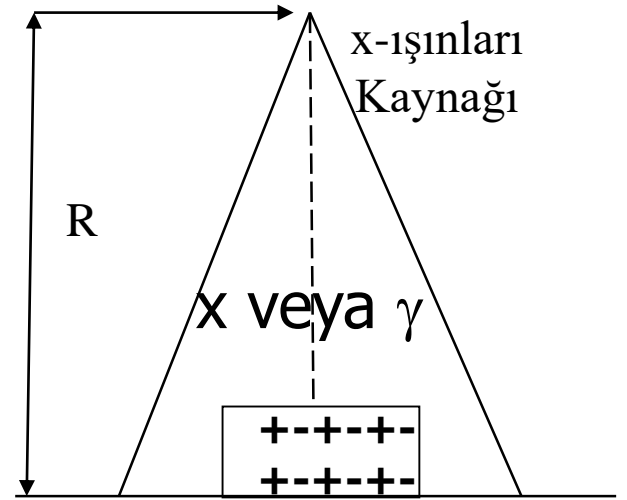
Bilgi: Bir iyon Çifti 1.602×10^{-19} C'luk yük taşır

1 kg havada oluşan iyon çiftlerinin sayısı:

$$\frac{2.58 \times 10^{-4} \text{ C}}{1.602 \times 10^{-19} \text{ C}}$$

$$= 1.611 \times 10^{15} \text{ dir.}$$

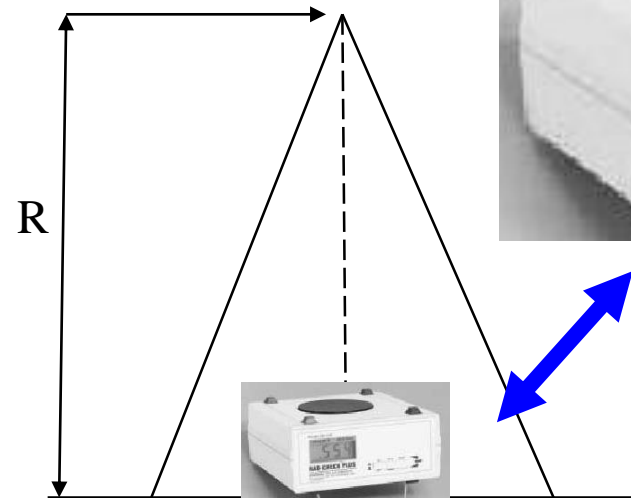
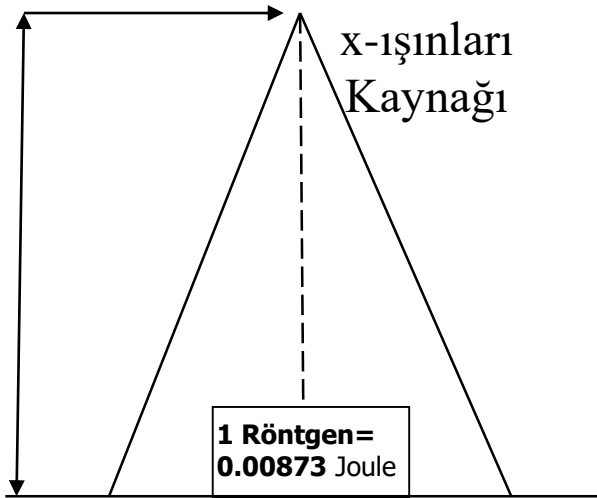
$$1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$



Bilgi: Havada bir iyon çifti oluşması için için gerekli olan ortalama enerji 5.416×10^{-18} Joule dür

1 Röntgenlik ışınlama sonucu bir kg havada soğurulan enerji:

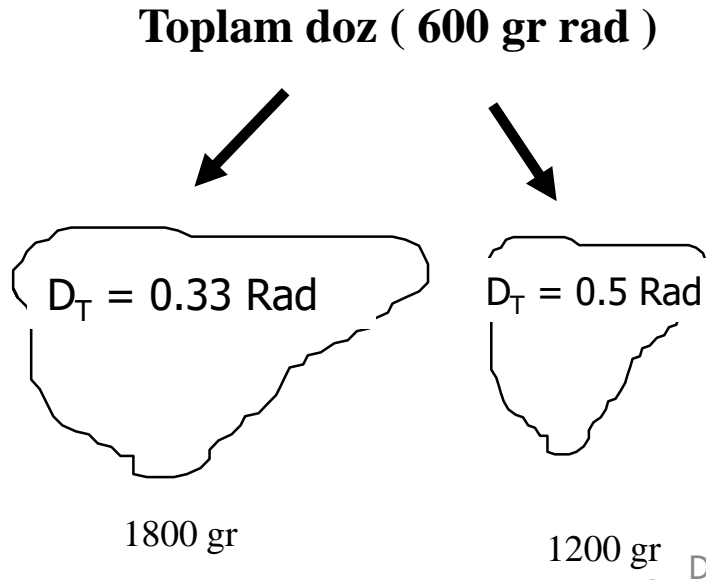
$$1.611 \times 10^{15} \times 5.416 \times 10^{-18} = 0.00873 \text{ Joule' dür}$$



İyon odası

3. Soğurulan Doz: vücut dokusu içerisinde özel bir noktada soğurulan radyasyon enerjisinin miktarı

$$D_T = \frac{E}{M} = \frac{\text{Biriken...Enerji}}{\text{Soğurulan...Maddenin...Kütlesi}}$$



Soğurma

1. Radyasyonun giricilik özelliğine,
2. Işınlanan organın yoğunluğuna
- 3. Işınlanan organın büyüklüğüne**

- **Gray** : Maddenin 1 kilogramına 1 joule'lük enerji veren radyasyon miktarı
- **Rad** : Maddenin 1 gramına 100 erglik enerji veren radyasyon miktarı

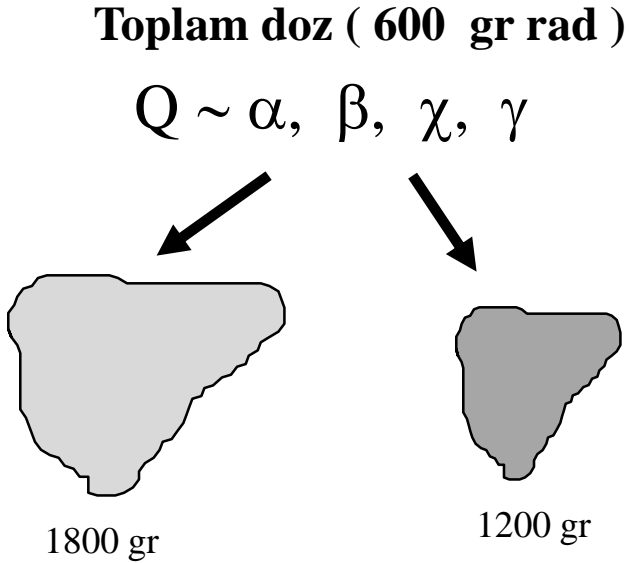
olarak tanımlanır:

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/gr}$$

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

$$= 100 \text{ Rad.}$$

4. Eşdeğer Doz: Rölatif Biyolojik Etkinlik

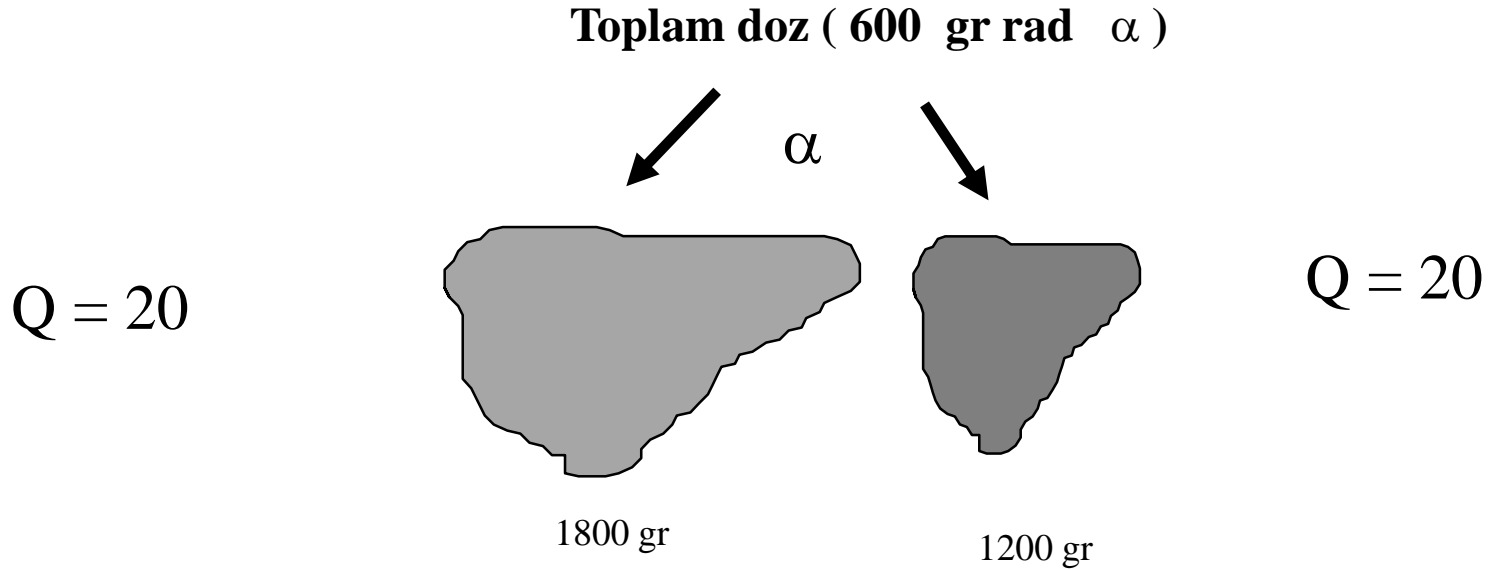


$$H_T = Q \times D_T$$

Q (Kalite Faktörü- Radyasyon Ağırlık Faktörü) Değerleri

Type of Radiation	Q
X-ışınları, γ -ışınları, β -ışınları	1
nötronlar ($E < 10$ keV)	2 to 5
nötronlar ($E = 0.01$ MeV)	2.5 to 10
nötronlar (0.1 MeV)	7.5 to 10
nötronlar (0.5 MeV)	10 to 20
nötronlar (0.1 to 2 MeV)	20
nötronlar (2 to 20 MeV)	5
nötronlar (<i>general</i>)	10
Yüksek enerjili protonlar, α -parçacıkları, ağır yüklü çekirdekler	20

ÖRNEK 1



$$H_T = Q \times D_T$$

- Sievert (Sv)
- rem

1 rem = 0.01 Sv
1 Sv = 100 rem

ÖRNEK 1 cevap

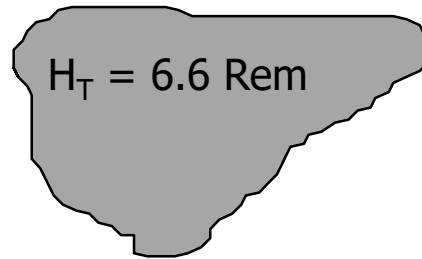
Toplam doz (600 gr rad α)

α

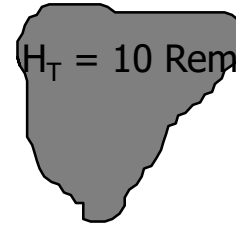
$$Q = 20$$

$$D_T = 0.33 \text{ Rad}$$

$$\begin{aligned} H_T &= 20 \times 0.33 \\ &= 6.6 \text{ rem} \\ &= 0.066 \text{ Sv} \end{aligned}$$



1800 gr



1200 gr

$$Q = 20$$

$$D_T = 0.5 \text{ Rad}$$

$$\begin{aligned} H_T &= 20 \times 0.5 \\ &= 10 \text{ rem} \\ &= 0.1 \text{ Sv} \end{aligned}$$

$$H_T = Q \times D_T$$

- Sievert (Sv)
- rem

1 rem = 0.01 Sv
1 Sv = 100 rem

ÖRNEK 2

$$Q_{\alpha} = 20$$

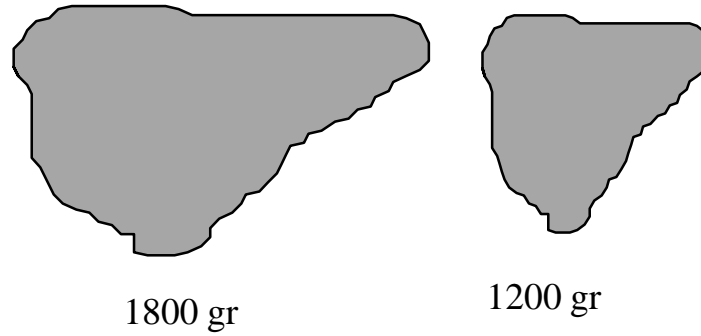
$$Q_{\beta} = 1$$

$$D_{T,\alpha} = 0.33 \text{ Rad}$$

$$D_{T,\beta} = 0.66 \text{ Rad}$$

Toplam doz (600 gr rad α , 1200 gr rad β)

α ve β



$$D_{T,\alpha} = 0.5 \text{ Rad}$$

$$D_{T,\beta} = 1.0 \text{ Rad}$$

$$H_T = \sum Q_R \times D_{T,R}$$

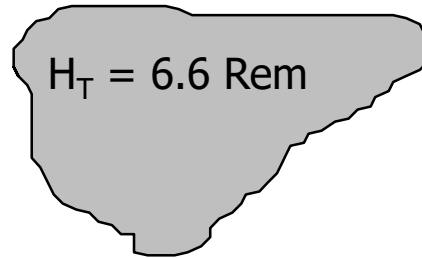
ÖRNEK 2 cevap

$$Q_{\alpha} = 20$$

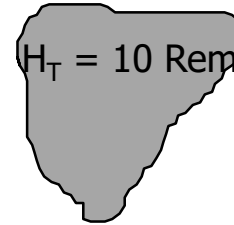
$$Q_{\beta} = 1$$

Toplam doz (600 gr rad α , 1200 gr rad β)

α ve β



1800 gr



1200 gr

$$D_{T,\alpha} = 0.33 \text{ Rad}$$

$$D_{T,\beta} = 0.66 \text{ Rad}$$

$$D_{T,\alpha} = 0.5 \text{ Rad}$$

$$D_{T,\beta} = 1.0 \text{ Rad}$$

$$\begin{aligned} H_T &= 20 \times 0.33 + 1 \times 0.66 \\ &= 7.26 \text{ rem} \\ &= 0.0726 \text{ Sv} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_T &= 20 \times 0.5 + 1 \times 1 \\ &= 11 \text{ rem} \\ &= 0.11 \text{ Sv} \end{aligned}$$

$$H_T = \sum Q_R \times D_{T,R}$$

ETKİN EŞDEĞER DOZ

Aynı tip radyasyona maruz kalan vücudun farklı kesimleri ışınlama sonunda çok farklı sonuçlara sahip olabilir. Yani tüm vücut belirli bir radyasyonla ışındığında, bazı kısımları diğerlerinden çok daha dramatik etkilenebilir. Bu etki aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$H_E = \sum W_T \times H_T$$

W_T = ICRP tarafından önerilen T dokusu için **doku ağırlık faktörü**

H_T = T dokusu için eşdeğer doz

H_E = Birimi Sieverts, Sv

Doku veya organ	Doku Ağırlık Faktörü, WT
Üreme organları	0.20
Kırmızı kemik iliği	0.12
Barsak(Kalın)	0.12
Akciğer	0.12
Mide	0.12
Mesane	0.05
Meme	0.05
Karaciğer	0.05
Özafagus	0.05
Tiroid	0.05
Cilt	0.01
Kemik yüzeyi	0.01
Kalanlar	0.05
Toplam	1.00

Doğal radyasyondan kaynaklanan ışınlanma

- ❖ Uzaydan dünya atmosferine gelen **yüksek enerjili kozmik ışınlara** ait paracıklardan
- ❖ Yer kabuğunda (toprak, hava, su, bitkiler ve diğer canlılar) bulunan **doğal radyoaktif izotoplardan**

Doğal radyasyon yolu ile alınan ortalama yıllık etkin doz **1,94 mSv** .

KOZMİK RADYASYON (TOPLAM)	0,39 mSv
SOLUNUM YOLU İLE İŞINLANMA	
Uranyum ve Toryum serileri	0,006 mSv
Radon (Rn -222)	1,15 mSv
Toron (Rn -220)	0,10 mSv
BESLENME YOLU İLE İŞINLANMA	
K-40	0,17 mSv
Uranyum ve Toryum serileri	0,12 mSv

Bazı uygulamalar sonucunda alınan radyasyon dozları

Akciğer Röntgeni: 0,1 mSv

Akciğer BT : 10 mSv

Diş röntgeni : < 0,1 mSv

Mamografi : 1 mSv

1 Sv (100 rem) lik kısa süreli doz ölümlle sonuçlanıyor.

Yıllık Doz Sınırları (ICRP 103 / *Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği - Madde 10*)

		Radyasyon Görevlileri	Halk	16-18 yaş aralığındaki stajyer veya öğrenci
Etkin Doz	Ardışık 5 yılın ortalaması	20 mSv	1 mSv	-
	Herhangi bir yılda	50 mSv	5 mSv	6 mSv
Eşdeğer Doz	Göz	150 mSv	15 mSv	50 mSv
	El-ayak	500 mSv	50 mSv	150 mSv
	Cilt	500 mSv	50 mSv	150 mSv

$$1 \text{ mSv} = 10^{-3} \text{ Sv}$$

RADYASYON BİRİMLERİ

Nicelik	Ölçüm	Geleneksel Birim	SI Birim
Aktiflik (A)	Bozunma Hızı	Curie (Ci)	Becquerel (Bq)
Exposure (X)	Hacimdeki İyonlaşma	Röntgen (R)	C / kg
Soğurulan Doz (D)	Enerji Soğrulması	Rad	Gray(Gy)
Doz Eşdeğeri (D.E)	Biyolojik Etkinlik	Rem	Sievert (Sv)

<http://nukbilimler.ankara.edu.tr>

<http://jns.en.ankara.edu.tr>

<http://osl.ankara.edu.tr>

<http://nbe.ankara.edu.tr/>

<http://meetings-nbe.ankara.edu.tr>

<https://www.facebook.com/nukleerbilimler>

<https://twitter.com/NBilimler>

meric@ankara.edu.tr

Prof. Dr. Niyazi MERİÇ