



RADYASYON

Yrd. Doç. Dr. Aslı AYKAÇ

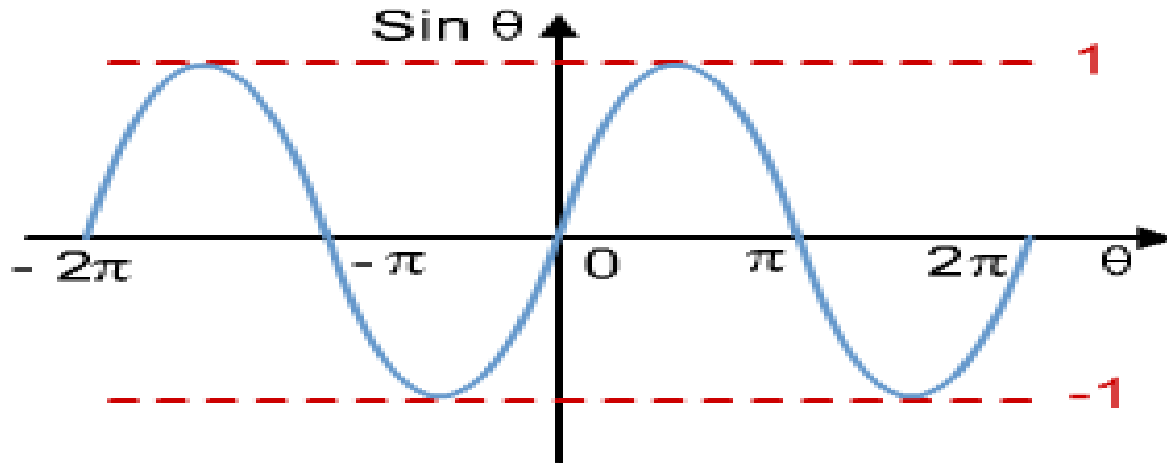
YDÜ Tıp Fakültesi

Biyofizik AD

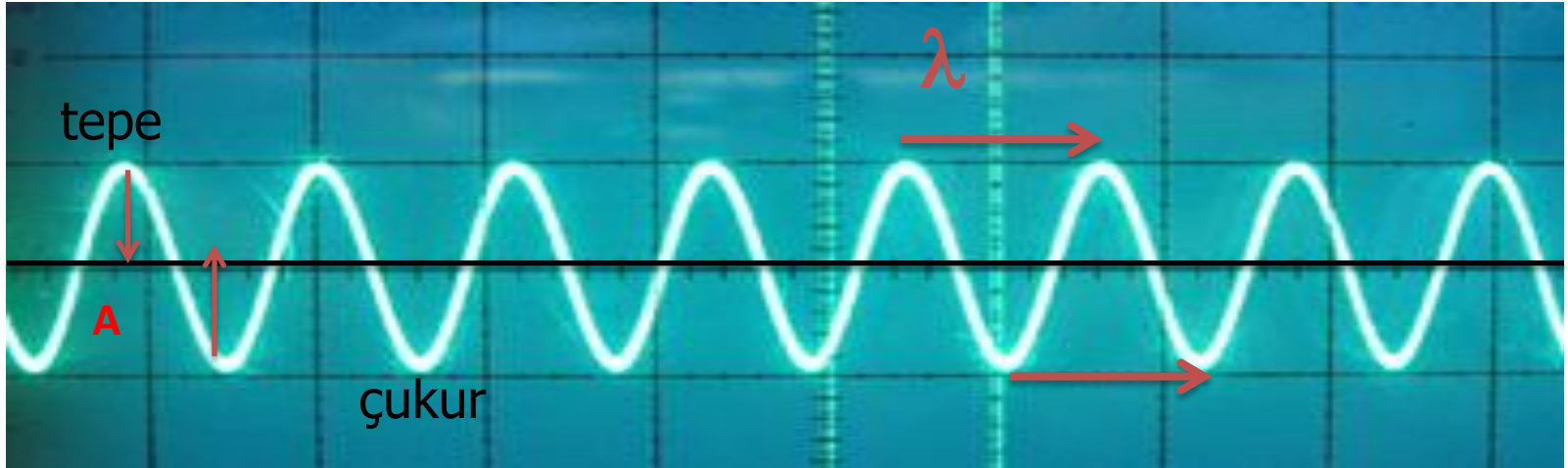
EMDlerin Karakteristik Özellikleri

EMDler

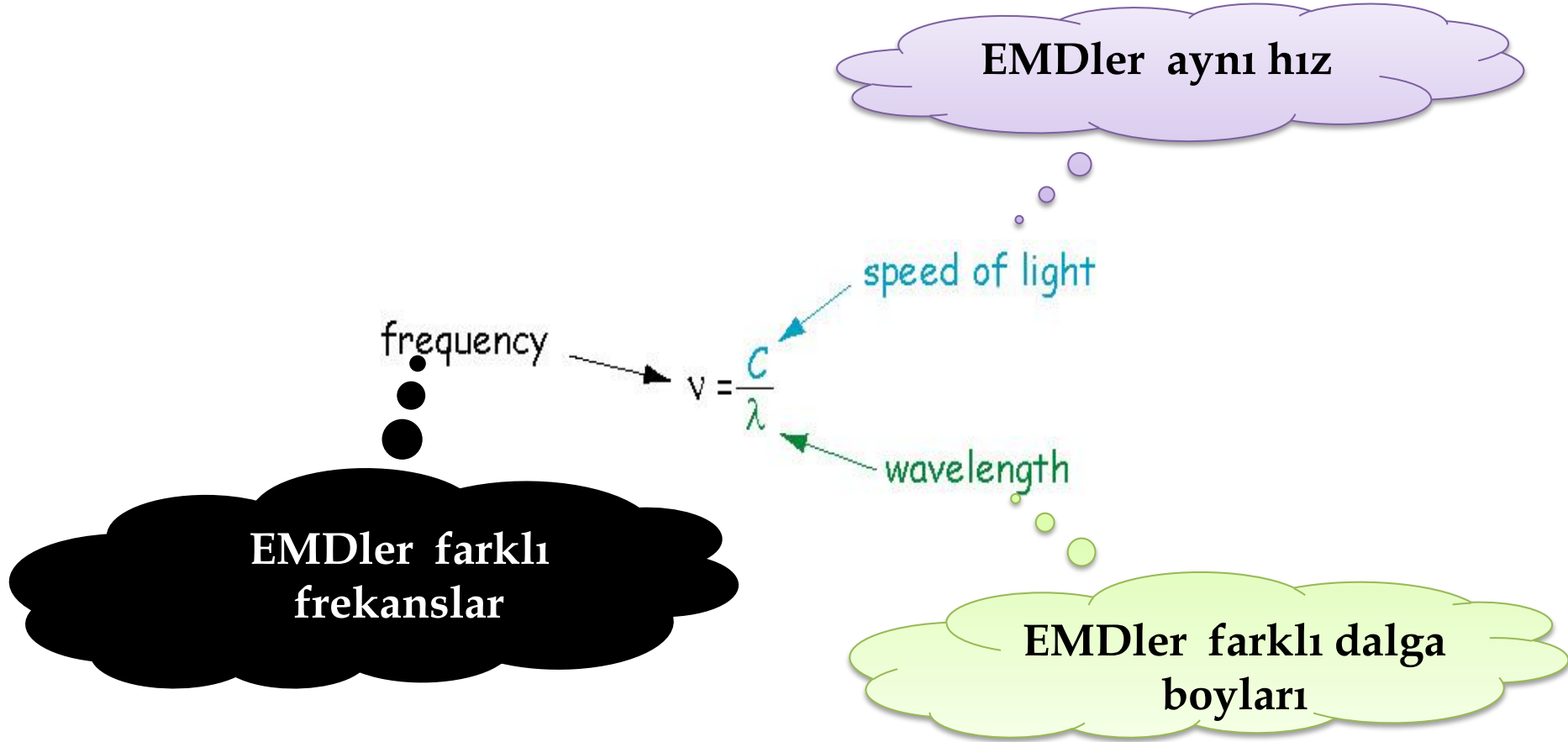
- enine (transverse) dalga
- boşlukta yayılır
- ışık hızında hareket eder
- **sinusoidal**



EMD dalgaları, dalga boyu- λ / frekans- ν / genlik (ya da yoğunluk)- A / enerji miktarı- E ile bağlantılı olarak karakterize edebiliriz



EMDlerin hepsi aynı hıza (ışık hızına) sahip AMA farklı özellikler gösterirler



λ : Dalga boyu

h : Planck's sabiti

$$6.626068 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

c : Işık hızı

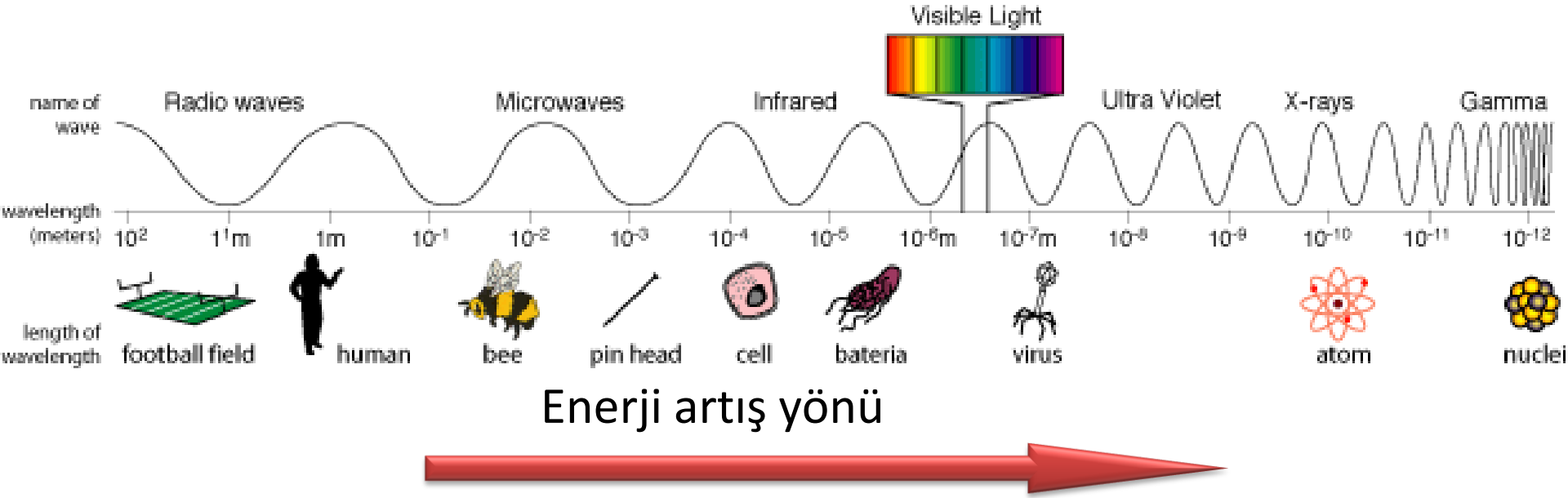
Işık hızı = Dalga boyu \times frekans

$$c = \sim 300.000 \text{ km/s}$$

$$E = hf = hc / \lambda$$

❖ EMDlerin enerji değerlerini farklı

Elektromagnetik Spektrum



Düşük frekans

Yüksek frekans

$$E = hf = hc / \lambda$$

Uzun dalga boyu
Düşük frekans
Düşük enerji

$$E = h\nu = hc / \lambda$$

Kısa dalga boyu
Yüksek frekans
Yüksek enerji



Radio waves



Rabbits

Microwave



Move

Infra-red



In

Visible Light



Very

Ultra-violet



Unusual

X-rays



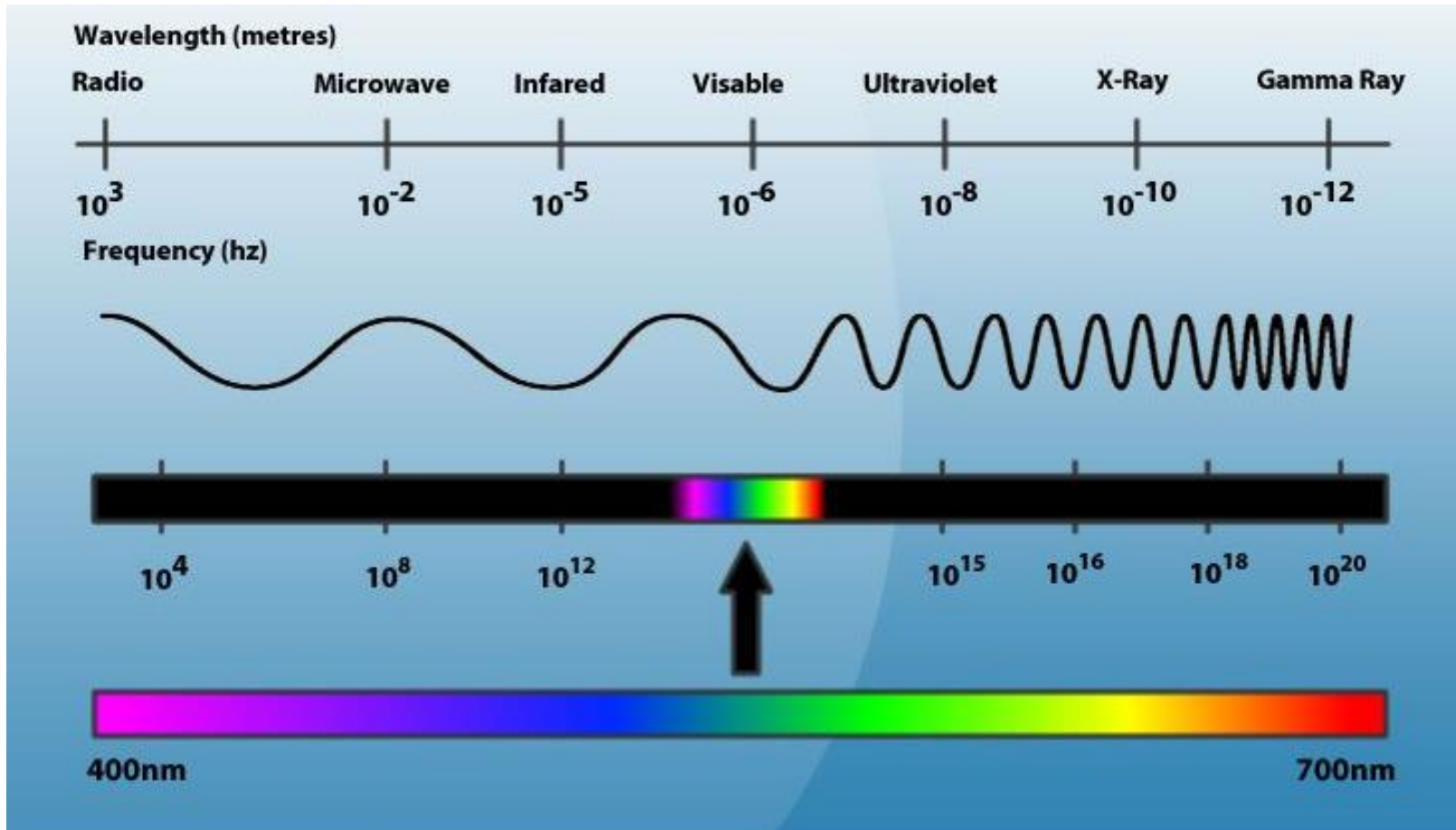
eXpensive

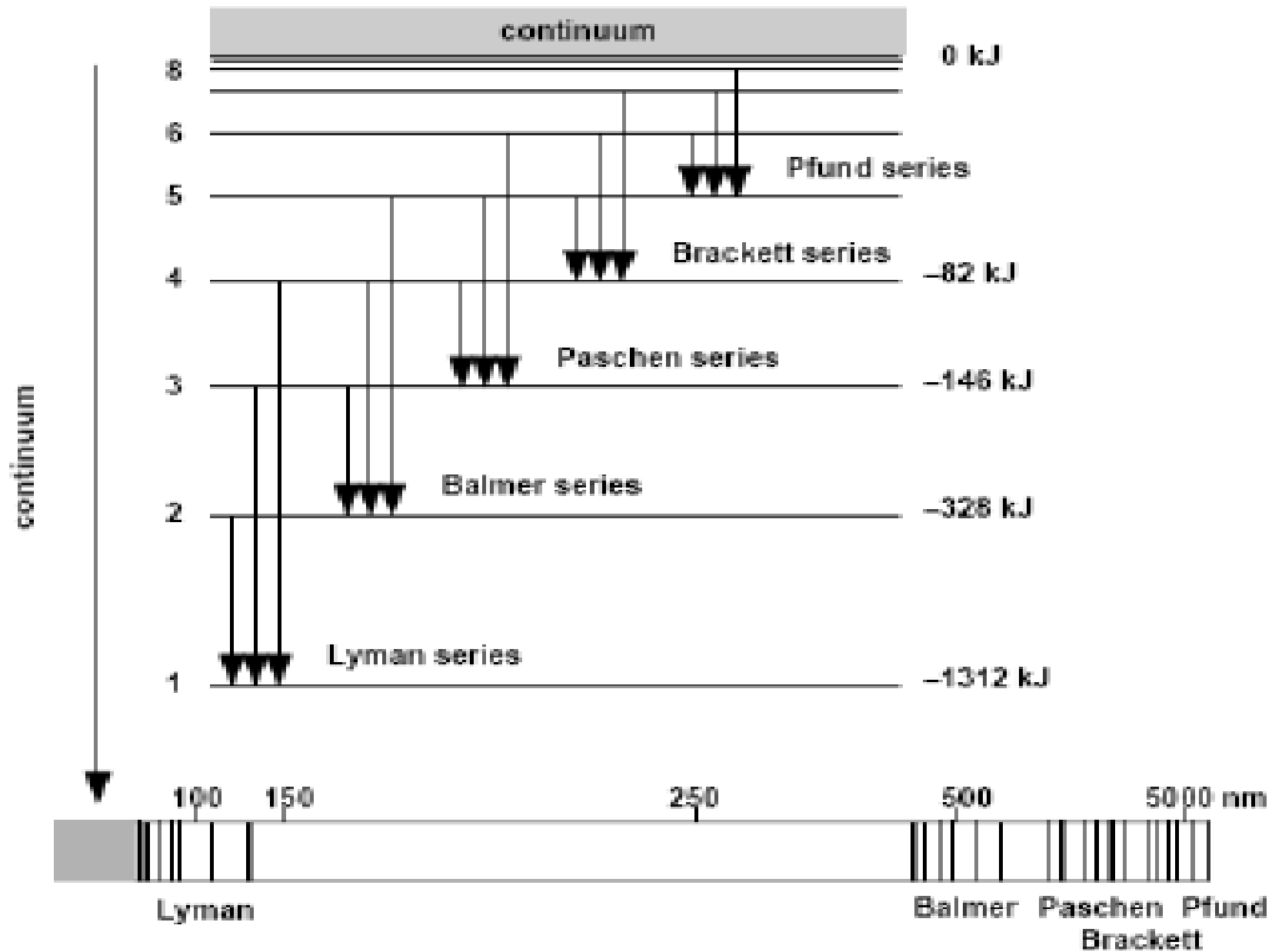
Gamma rays



Gardens

Elektromagnetik Spektrum



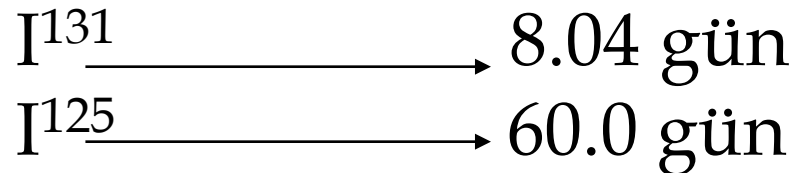


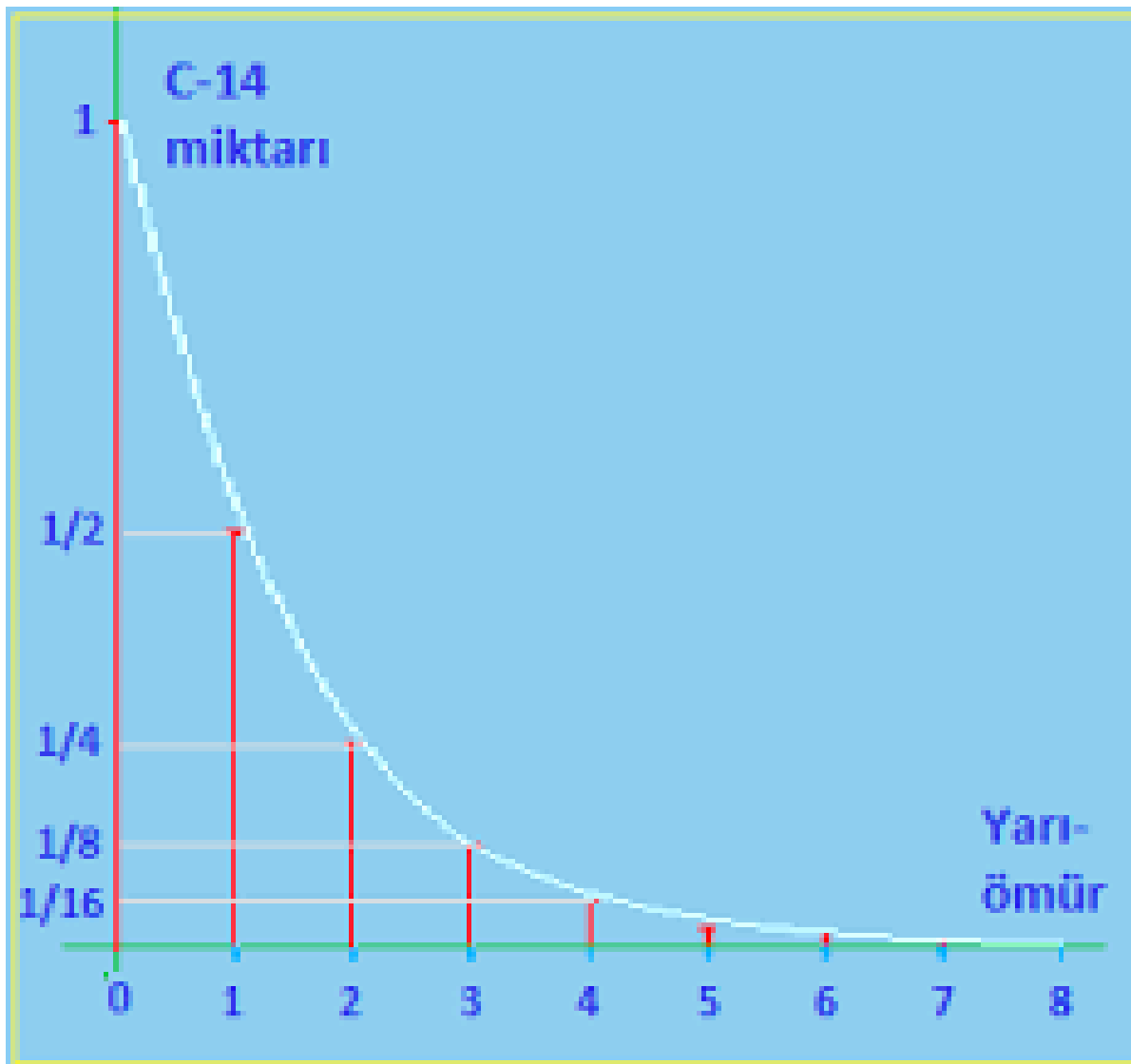
Yarı Ömür ($T_{1/2}$)

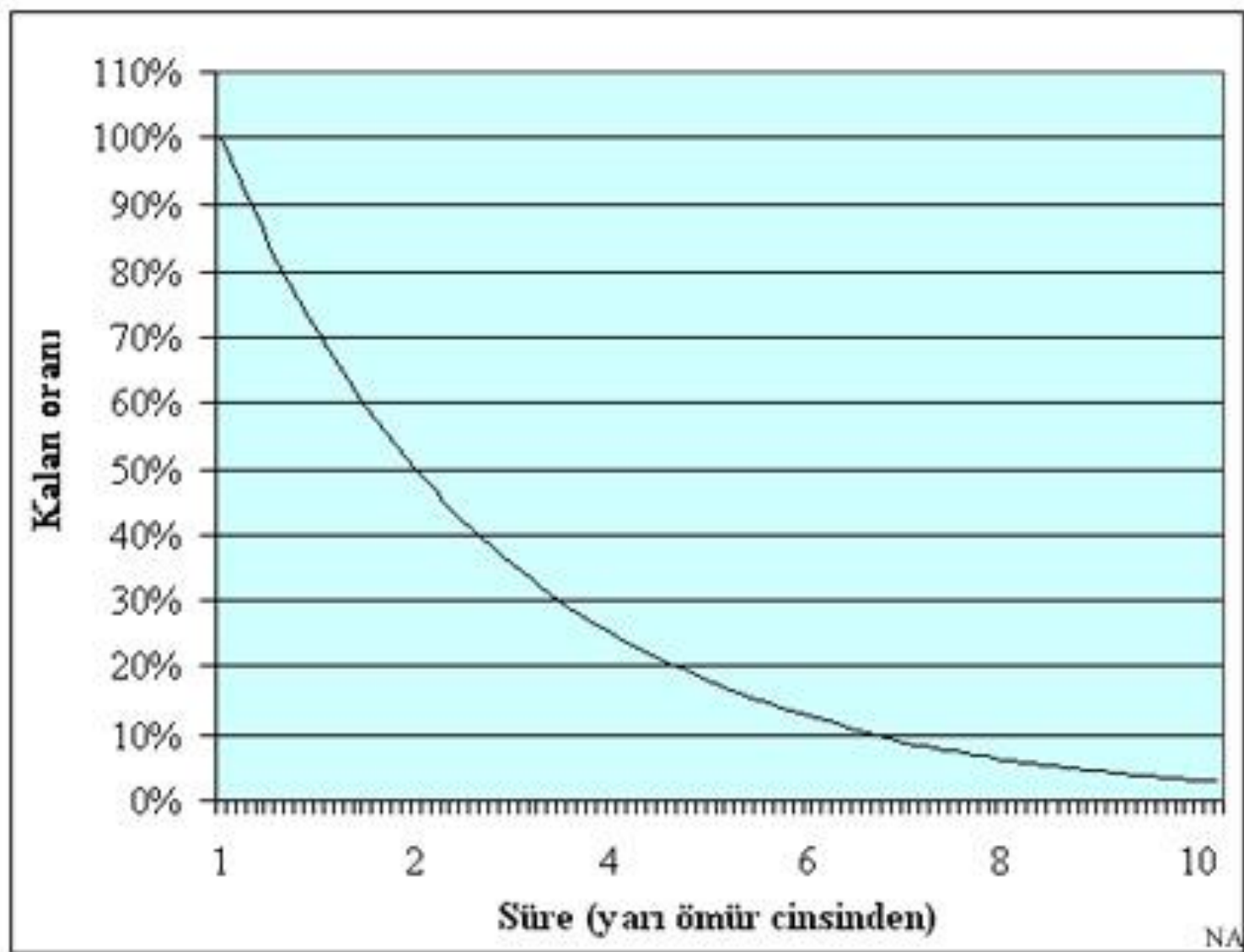
Bir radyoaktif maddenin, başlangıçtaki mevcut atom sayısının, yarıya inmesi için geçen zaman

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0.693 / \lambda$$

- her element için farklıdır
- o elementin bir özelliğidir







- Nükleer bozunma rastgele bir süreçtir

$t = 0$	N_0 çekirdek
$t = T$ (bir yarı ömür sonra)	$N_0 / 2$ kalan çekirdek
$t = 2 T$ (iki yarı ömür sonra)	$N_0 / 4$ kalan çekirdek
$t = 3 T$ (üç yarı ömür sonra)	$N_0 / 8$ kalan çekirdek

Örnek

^{13}N ; $t^{1/2} = 10$ dakika. ; başlangıç ^{13}N çekirdek miktarı 1000

ilk 10 dk	500 bozunan	500 kalan
20 dk	250 bozunan	250 kalan
30 dk	125 bozunan	125 kalan

Ortalama ömür

- $T_{\text{ort}} = 1/\lambda$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \longrightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

- $T_{\text{ort}} = 1/\lambda = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} = 1,44 T_{1/2}$

Bozunma sabitinin tersi

Bu yarı ömürden biraz daha yüksek

Biyolojik Yarı Ömür (T_B)

- Canlı dokuya, bir organa veya bir organizmaya verilen radyoaktif maddenin, verilen miktarının, biyolojik ortamdan yarısının atılması için geçen zaman

Tıpta kullanılan bazı radyonüklidlerin yarı ömürleri

Nuclide	Organ where concentrated	Half Life (days) physical	Half Life (days) biological
^3_1H	Total body	4.6×10^3	19
$^{14}_6\text{C}$	Fat	2.09×10^6	35
	Bone	2.09×10^6	180
$^{24}_{11}\text{Na}$	Total Body	0.62	29
$^{32}_{15}\text{P}$	Bone	14.3	1200
$^{45}_{20}\text{Ca}$	Bone	152	18,000
$^{35}_{16}\text{S}$	Skin	87.1	22
$^{36}_{17}\text{Cl}$	Total Body	1.6×10^8	29
$^{42}_{19}\text{K}$	Muscle	0.52	43
$^{59}_{26}\text{Fe}$	Blood	46.3	65
$^{64}_{29}\text{Cu}$	Liver	0.54	39
$^{131}_{51}\text{I}$	Thyroid	8.1	180

Efektif Yarı Ömür (T_{eff})

Radyoaktif maddenin vücutta etkili olduğu süre

- Vücuttan hemen atılan bir madde ile Ca^{2+} gibi kemiklere yerleşen bir madde arasında biyolojik yarı ömür açısından büyük fark vardır
 - Verilen radyoaktif madde bulunduğu organdan atılmıyorsa

$$T_B = T_{\text{eff}}$$

$$\text{Efektif Yarı Ömür} = \frac{\text{Biyolojik yarı ömür} \times \text{Fiziksel yarı ömür}}{\text{Biyolojik yarı ömür} + \text{Fiziksel yarı ömür}}$$

Örnek

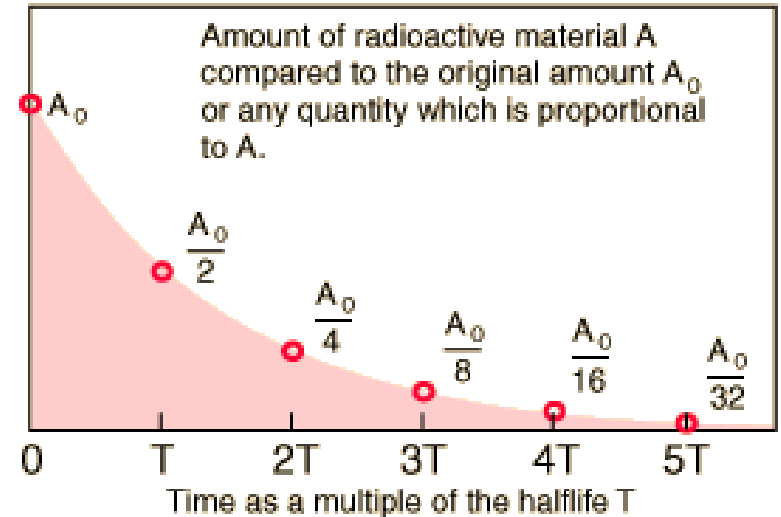
Radyoaktif bir materyal içindeki aktif çekirdek sayısı $N_0 = 1000$ ve bozunma sabiti $\lambda = 0,1 \text{ s}^{-1}$ ise

- İlk 1 s deki bozunan çekirdek sayısı
 $N = 0,1 \times 1000 = 100$ adet olacak
kalan çekirdek sayısı 900 olacaktır
- İkinci 1 s içinde ise $0,1 \times 900 = 90$ adet
kalan çekirdek sayısı ise 810 adet
- Üçüncü 1 s içinde $0,1 \times 810 = 81$ adet
kalan çekirdek sayısı da 729 adet

Radyoaktif Parçalanma Kanunu

- **$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$**
 - N_0 : Başlangıçtaki (t : 0 anındaki) mevcut toplam çekirdek sayısı
 - λ : Parçalanma sabiti

- $\Delta N = -\lambda N \Delta t$
- (A) $\Delta N / \Delta t = -\lambda N$
 $\lambda =$ bozunma sabiti
- $t=0$ anında, N_0 çekirdek var, t zaman sonra geriye kalan çekirdek sayısı :
- $N / N_0 = e^{-\lambda t}$
 Exponansiyel bozunma formülü



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

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\int_0^t \lambda dt$$

$$\ln N \Big|_{N_0}^N = -\lambda(t - 0)$$

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$$

$$e^{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)} = e^{-\lambda t}$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

- **$T_{1/2}$** : Bir radyoaktif elementin başlangıçtaki atom sayısının (N_0) parçalanma sonucunda yarı değerini alması için geçen zaman

$t=0$ anında $N=N_0$ olduğunu varsayıyoruz

$N=N_0/2$ için $t= T_{1/2}$

$$N/N_0 = e^{-\lambda t}$$

$$\ln 1 - \ln 2 = \ln \left(e^{-\lambda T_{1/2}} \right)$$

$$\frac{1/2 N_0}{N_0} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$0 - \ln 2 = \ln \left(e^{-\lambda T_{1/2}} \right)$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Örnek

- Başlangıçtaki değeri 1×10^{-2} g olan saf radyoaktif bir maddenin 4 saat sonraki değeri $0,25 \times 10^{-2}$ g olduğu görülmektedir. Bu maddenin yarı ömrü nedir?

$$\ln \frac{1}{4} = \ln(e^{-4\lambda})$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$0,25 \times 10^{-2} = 1 \times 10^{-2} \cdot e^{-4\lambda}$$

$$\ln 4 = 4\lambda \quad 2 \ln 2 = 4\lambda$$

$$1/4 = e^{-4\lambda}$$

$$\lambda = \ln 2 / 2$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{\frac{\ln 2}{2}} = 2 \text{ saat}$$

1.Örnek-Tamsayı yöntemi

- ^3H izotopunun yarı ömrü yaklaşık olarak 4500 gündür. 1000 μgr ^3H izotopundan 9000 gün, içinde kaç μgr kaldığını hesaplayınız.
- 9000 gün için, **$n = 9000/4500 = 2$** ve

$$N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 250$$

2.Örnek-Tamsayı yöntemi

- ${}^3\text{H}$ izotopunun yarı ömrü yaklaşık olarak 4500 gündür. 1000 μgr ${}^3\text{H}$ izotopundan 13500 gün, içinde kaç μgr kaldığını hesaplayınız.
- 13500 gün için, **$n = 13500/4500 = 3$**

$$N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 125$$

3.Örnek-Tamsayı yöntemi

- ^3H izotopunun yarı ömrü yaklaşık olarak 4500 gündür. 1000 μgr ^3H izotopundan 90000 gün, içinde kaç μgr kaldığını hesaplayınız.
- 90000 gün için, **$n = 90000/4500 = 20$**

$$N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{20} \cong 0.001$$

4. Örnek-Tamsayı olmayan

- ${}^3\text{H}$ izotopunun yarı ömrü yaklaşık olarak 4500 gündür. 1000 μgr ${}^3\text{H}$ izotopundan 6000 ve 2000 gün, içinde kaç μgr kaldığını hesaplayınız.
- 6000 ve 2000 yarı ömrün 4500'ün tam katı değildir

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

6000 gün için, $\cong 397 \mu\text{gr}$

2000 gün için, $\cong 735 \mu\text{gr}$

İyot 131 tiroid bozuklukları tedavisinde kullanılmaktadır

^{131}I için $t_{1/2} = 8.1$ gün

Eğer bir hastaya ^{131}I tedavisi veriliyorsa 8.1, 16.2 ve 60. günlerde kalan iyot miktarı

8.1 gün = T $1 / 2$

16.2 gün = $2 T$ $1 / 4$

....

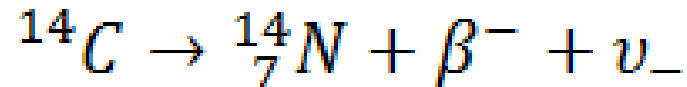
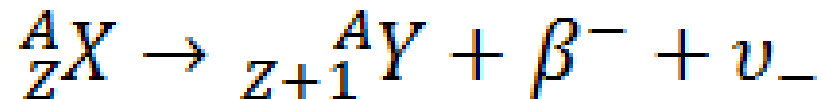
.....

60 günü bu şekilde hesaplayamayız , exponansiyel bozunma formülünü kullanırsak

$$\mathbf{N / N_0 = e^{-\lambda t} = e^{-0.693 t / T} = e^{-0.693 (60 \text{ gün}) / 8.1 \text{ gün} = e^{-5.13} = 0.0059}$$

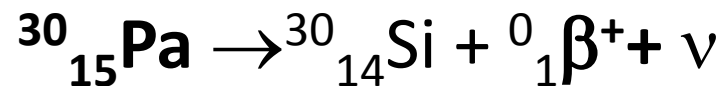
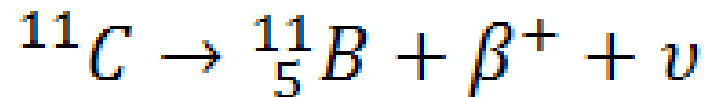
Negatron yayınlanması (β^-)

- $N/Z >$ stabil şartlar
- $n \rightarrow p + e + \bar{\nu}_e$
- $\bar{\nu}_e$: antineutrino



Pozitron yayınlanması (β^+)

- $N/Z <$ stabil şartlar
- $p \rightarrow n + e^+ + \nu$
- ν : neutrino



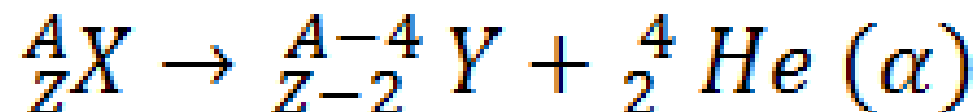
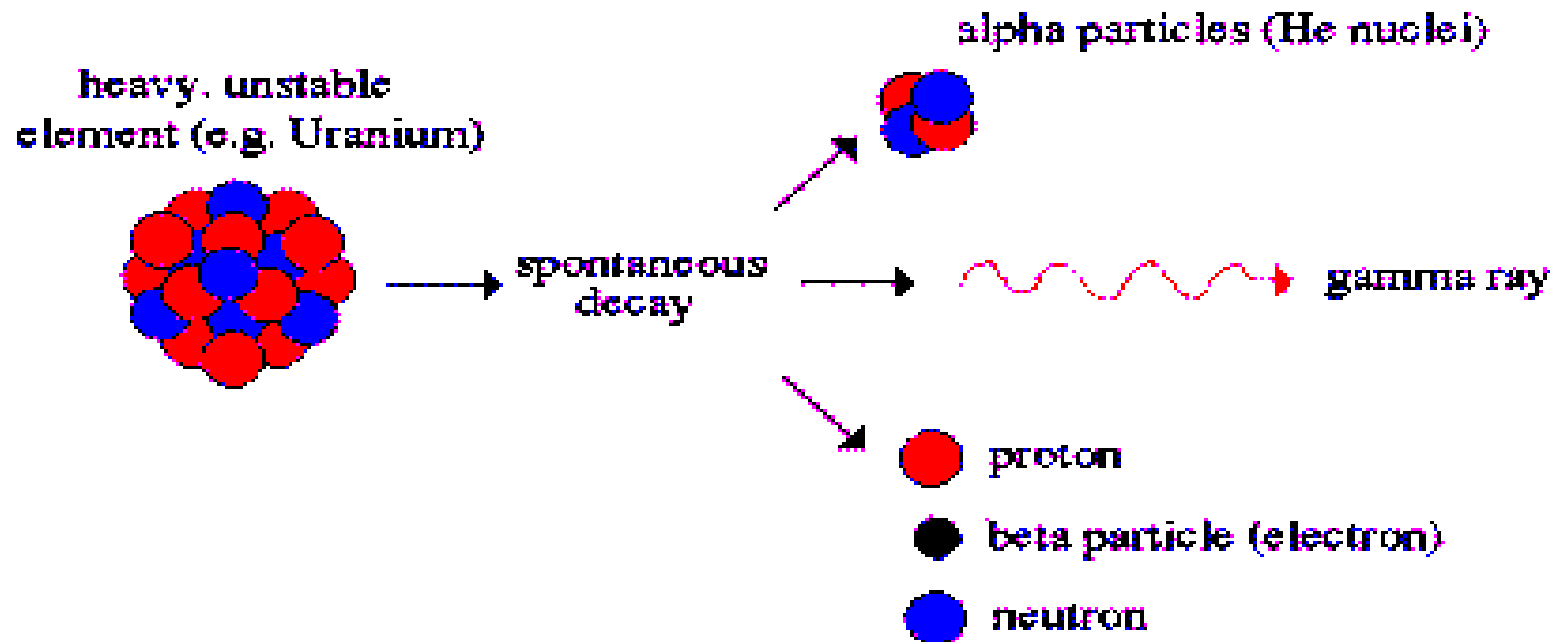
Elektron yakalanması

- X atomu bir e yakalayarak p ile birleştiriyor
 - Z 1 azalıyor
 - n bir artıyor
 - Neutrino yayınlanır
 - Daha kararlı duruma geçiyor
- 1p ile 1e birleşerek 1 n oluşturur

Alfa parçalanması

- Yüksek atom numaralı elementler kararlı seviyeye tek bir parçacık yayınlayarak inmezler
- Alfa parçalanmasında, çekirdekten 2 p ve 2 n yayınlanır. $Z > 83$ 'den büyük

Alfa parçalanması

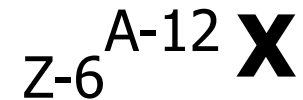


X izotopu 3 α ışınması yaparsa , oluşan elementin Z ve A' sı ne olur ?

3 α ışınması ;

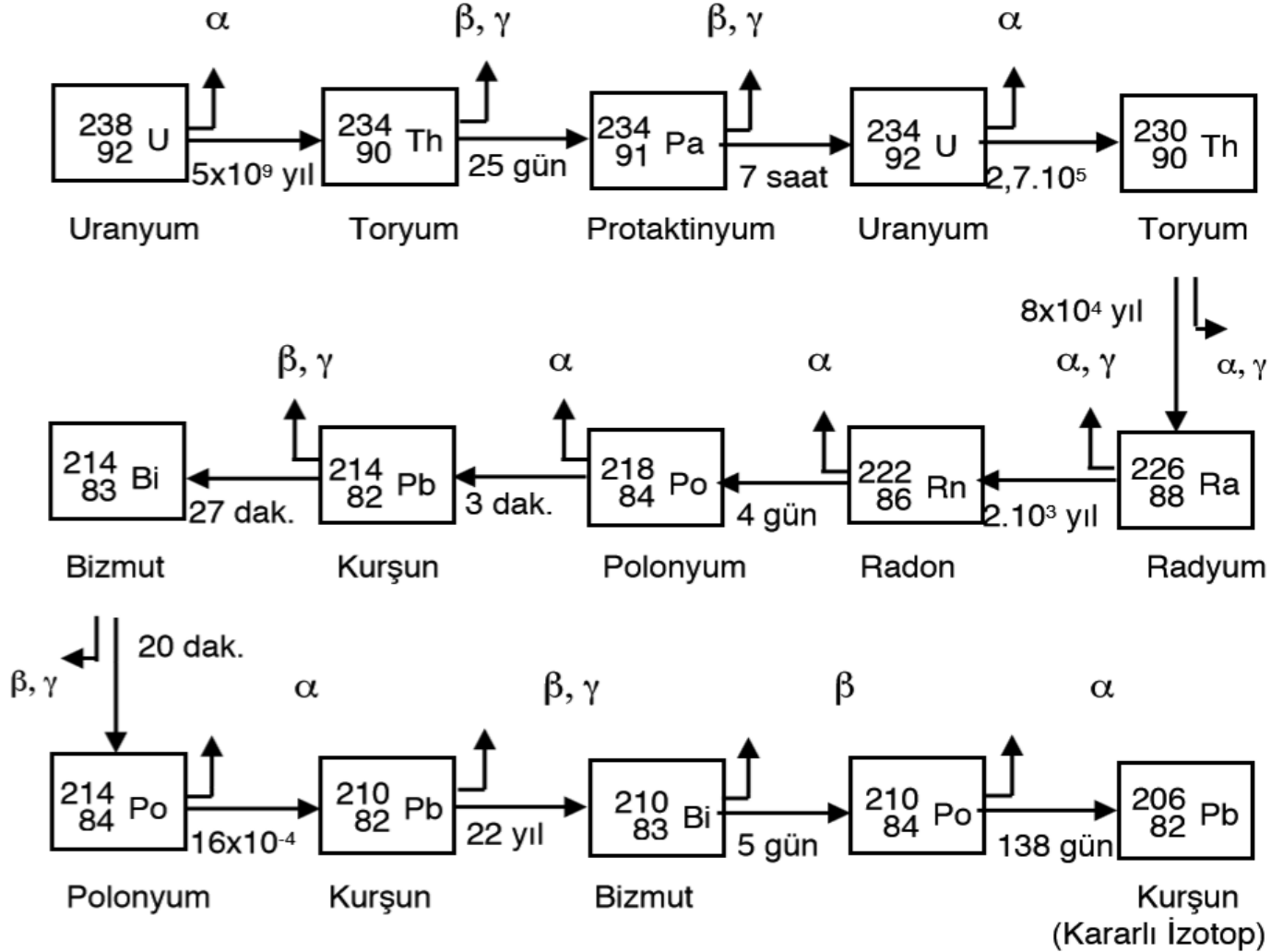
Z \rightarrow 2.3 = 6

A \rightarrow 4.3 = 12 azaltır









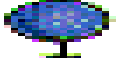









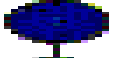









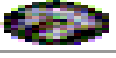


- Bir radyoaktif ana çekirdekten alfa (α), beta (β) ve gamma (γ) bozunmaları sonucu yavru çekirdekler oluşturan seriler, ***radyoaktif seriler*** olarak tanımlanır
- Radyoaktif seriler U, Th, Ac ve Np serisi şeklinde 4 grup oluşturur
- Her seri, bozunma zincirini tamamladıktan sonra kararlı bir çekirdek haline dönüşür

Uranyum 238 serisi

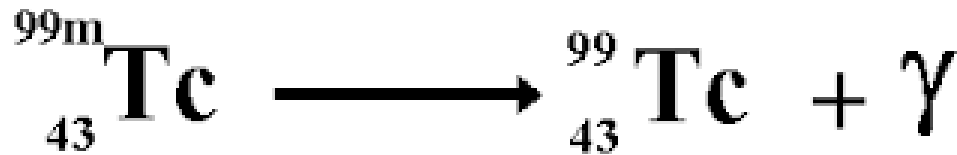
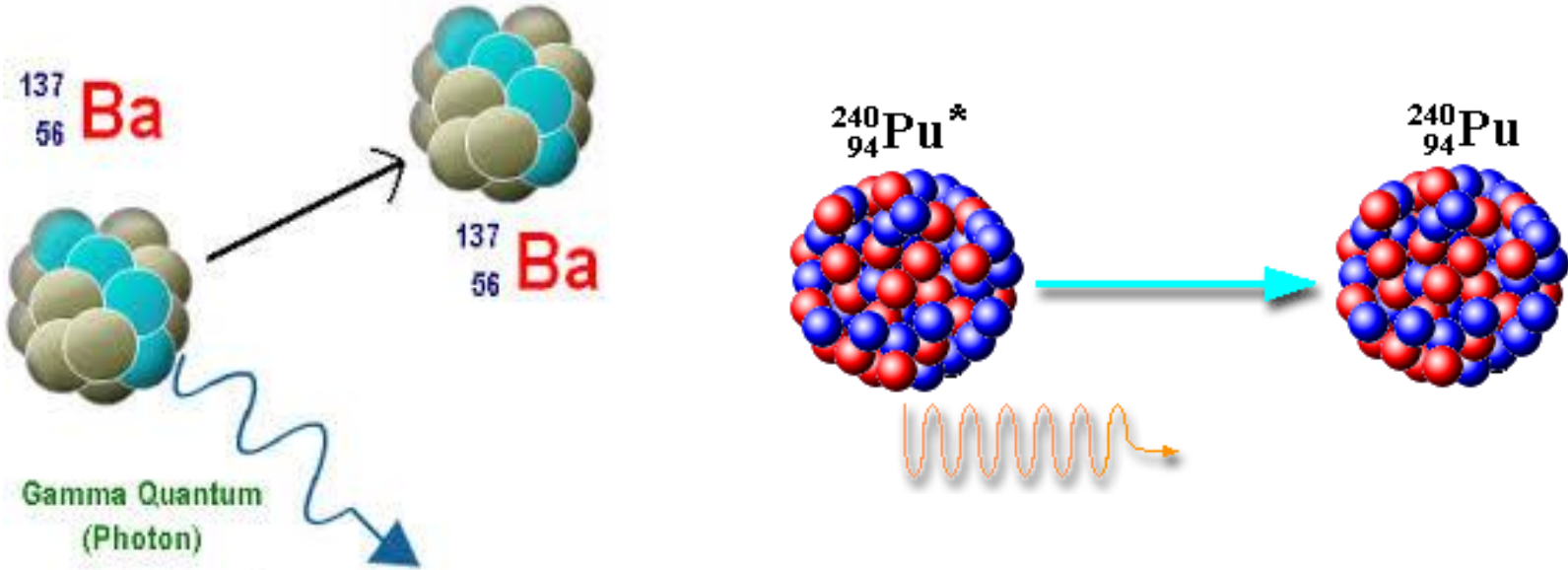


URANIUM 238 (U238) RADIOACTIVE DECAY

type of radiation	nuclide	half-life	
		uranium-238	4.47 billion years
α			
		thorium-234	24.1 days
β			
		protactinium-234m	1.17 minutes
β			
		uranium-234	245000 years
α			
		thorium-230	8000 years
α			
		radium-226	1600 years
α			
		radon-222	3.823 days
α			
		polonium-218	3.05 minutes
α			
		lead-214	26.8 minutes
β			
		bismuth-214	19.7 minutes
β			
		polonium-214	0.000164 seconds
α			
		lead-210	22.3 years
β			
		bismuth-210	5.01 days
β			
		polonium-210	138.4 days
α			
		lead-206	stable

Gama (γ) Radyasyonu

Yüksek enerjili EMD. Çekirdeğin uyarılmış enerji seviyesinden temel enerji seviyesine dönerken yayınladığı foton(lar)



Radyasyon ve Tipleri

RADYASYON

İYONLAŞTIRICI RADYASYON

İYONLAŞTIRICI OLMAYAN RADYASYON

PARÇACIK TİPİ

DALGA TİPİ

Hızlı elektronlar
Alfa parçacıkları
Beta parçacıkları

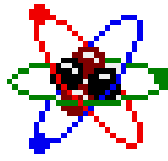
X-Işınları
Gama ışınları

Dolaylı iyonlaştırıcı
Nötron parçacıkları

DALGA TİPİ

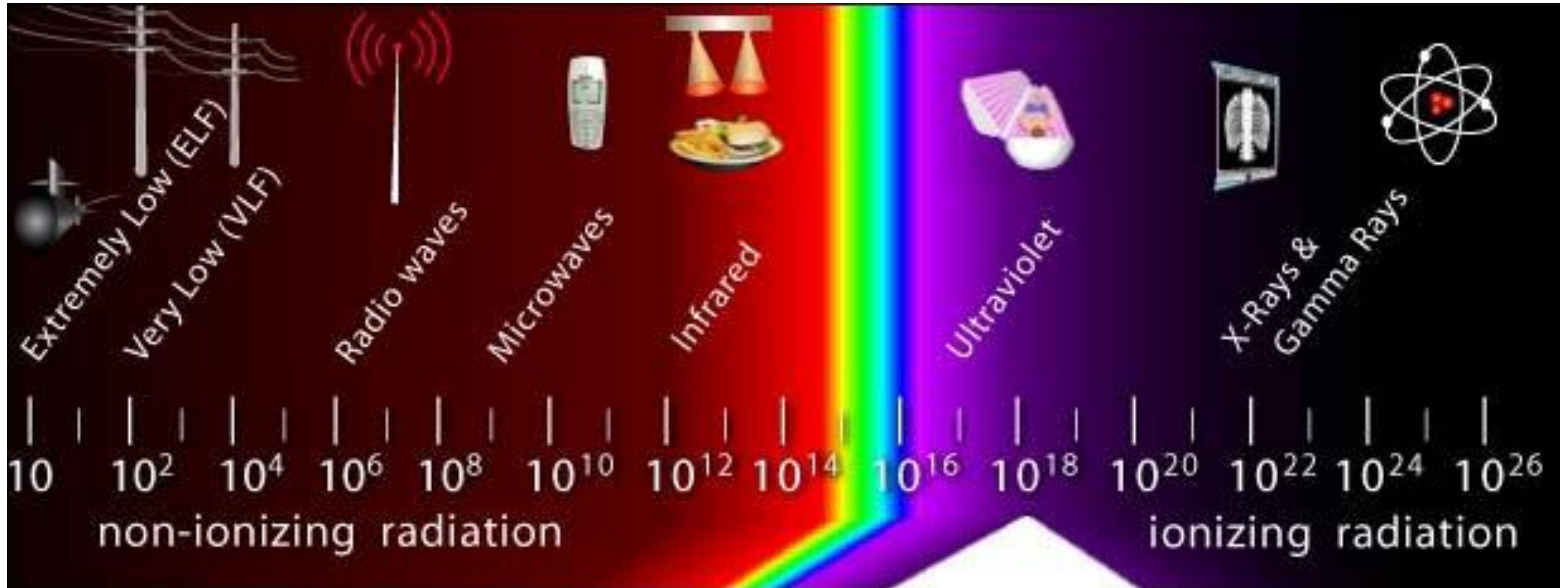
Radyo dalgaları
Mikrodalgalar
Kızılötesi dalgalar
Görülebilir ışık

Radyasyon Tipleri



Elektromanyetik spektrumdaki ışınlar sahip oldukları enerjiye göre iki gruba ayrılır

- İyonlaştırıcı Radyasyon:** Partiküler (alfa ve beta radyasyon) veya elektromanyetik dalgalar (X ve γ ışınları)
- İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon:** Ortama iyonlaştırıcı etki yapmayan mor ötesi (UV) ışınlar, görünür ışık ve kızılötesi (IR) ışınlar ile mikro dalgalar ve radyo frekansı (RF)

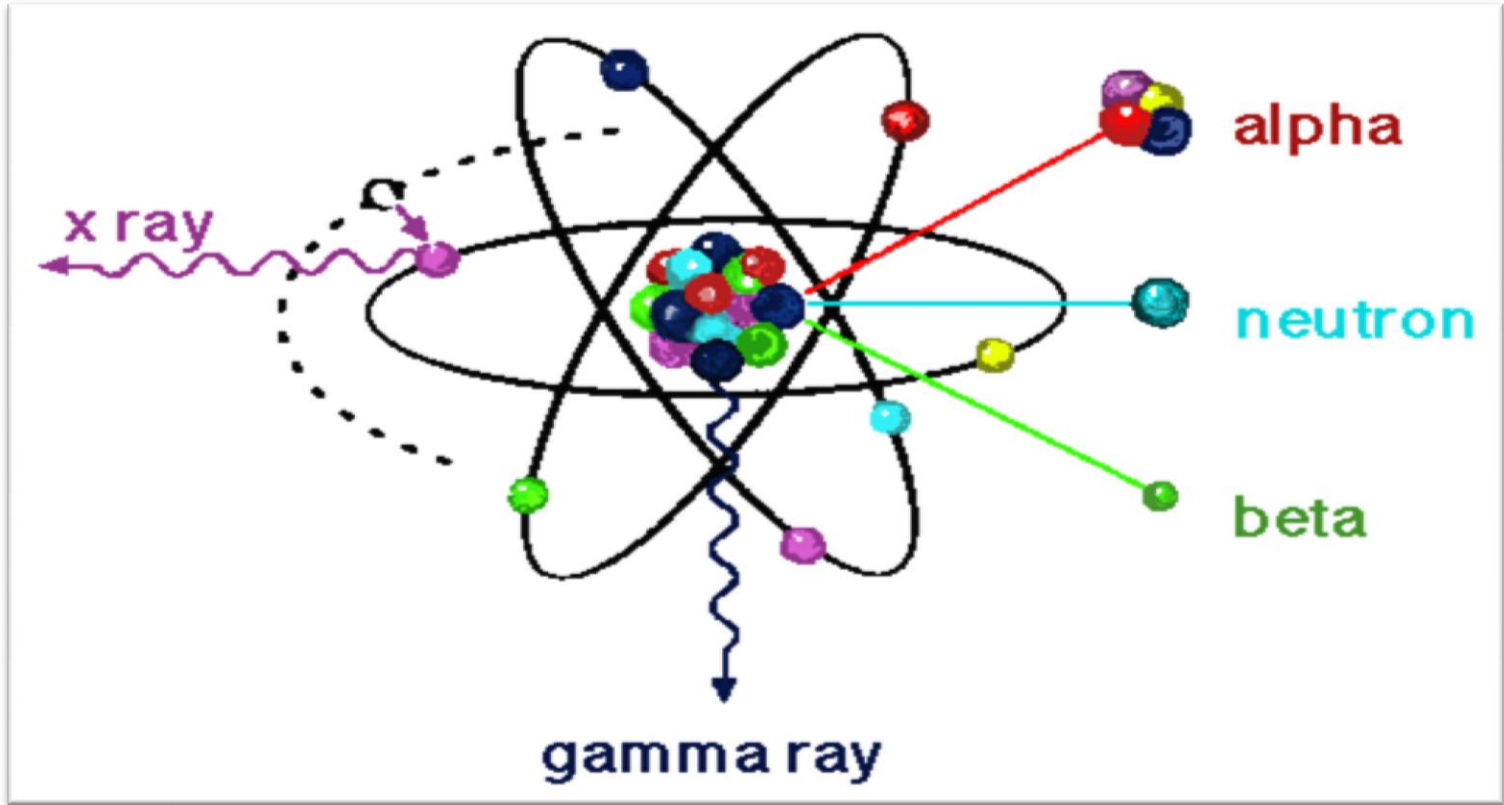


1. İyonlaştırıcı Radyasyon

- İyonlaştırıcı radyasyon, çarptığı maddede yüklü parçacıklar (iyonlar) oluşturabilen radyasyon
 - İyonizasyon olayı herhangi bir maddede meydana gelebileceği gibi insanlar dahil tüm canlılarda da oluşabilir
 - Önlem alınmadığı takdirde tüm canlılar için zararlı olabilecek radyasyon tipidir

İyonlaştırıcı Radyasyon-2

Elektron kopması ile çevre atomlara enerji aktarılır



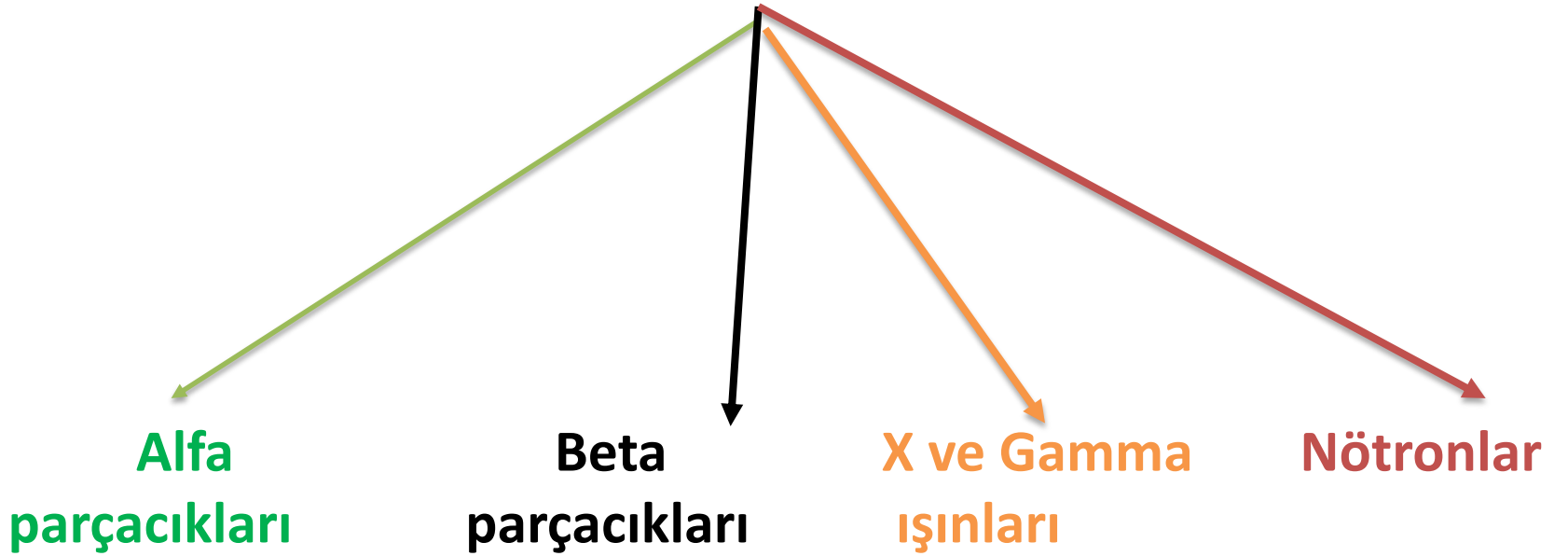
İyonlaştırıcı Radyasyon

İyonize radyasyon olarak;

- Alfa α parçacıkları
- Beta β parçacıkları
- Nötron parçacıkları
- X ve γ -Işınları

X-Işınları dışındaki radyasyonlar, atom çekirdeğinden çıkmakta ve bundan dolayı bunlara **nükleer radyasyonlar** da denilmektedir

Radyoaktif Bozunma ile Salınan Radyasyonlar



Radyasyon terimleri ve özel birimler ile SI birimleri arasındaki ilişki

Aktivite

- özel birimi **Curie (Ci)** ; 3.7×10^{10} parçalanma / s
 - SI birimi **Becquerel (Bq)**; 1 parçalanma/ s
- $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$**
 $1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$
- **Curie:** Saniyede 3.7×10^{10} parçalanma veya bozunma gösteren maddenin aktivitesidir
 - **Bequerel:** Saniyede 1 parçalanma yapan çekirdeğin aktivitesidir

Radyasyon terimleri ve özel birimler ile SI birimleri arasındaki ilişki

Işınlanma dozu

Özel birim **Röntgen (R)** ; normal hava şartlarında (0°C ve 760 mm Hg basıncı) havanın 1kg'ında 2.58×10^{-4} C luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya γ radyasyonu miktarıdır

SI birim **Coulomb / kilogram (C/kg)** ; normal hava şartlarında havanın 1 kg'ında 1 C'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya γ radyasyonu miktarıdır

$$\mathbf{1C/kg = 3876 R = 3.88 \times 10^3 R}$$

$$\mathbf{1 R = 2.58 \times 10^{-4} C / kg}$$

Radyasyon terimleri ve özel birimler ile SI birimleri arasındaki ilişki

Soğurulmuş doz

Birim kütle başına depolanan enerjinin ölçüsüdür

Özel birim **Radiation doz (rad)**; ışınlanan maddenin 1 kg'ında 10^{-2} J'lük enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır

SI birim **Gray (Gy)**; ışınlanan maddenin 1 kg'ında 1 J'lük enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır

$$1\text{Gy} = 100\text{rad}$$

$$1\text{rad} = 0.01\text{ Gy}$$

$$\text{Gray (Gy)} = 1\text{ Joule/kg}$$

Eşdeğer doz

- Vücutta toplanan enerjinin ifadesidir
- Düşük doz düzeylerinde radyasyonun tipine ve enerjisine göre biyolojik hasarlarını da içeren bir kavramdır
- Birimi; **Sievert (Sv) = 1 Joule/kg**
- Radyasyon korunmasında kullanılan bir birimdir

Radyasyon terimleri ile SI birimleri arasındaki ilişki

Eşdeğer doz

Özel birim **Röntgen equivalent man (rem)**; 1 Röntgenlik X veya γ ışını ile aynı biyolojik etkiyi oluşturan herhangi bir radyasyon miktarıdır

SI birim **Sievert (Sv)** ; 1 Gy' lik X ve γ ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır

$$1\text{Sv}=100 \text{ rem}= 1 \text{ J/kg}$$

$$1\text{rem}=0.01\text{Sv}$$

Etkin doz

- Doku veya organların aldığı dozun tüm vücut için yüklediği riski ifade etmek için kullanılan bir kavramdır
 - Birimi **Sievert Sv**

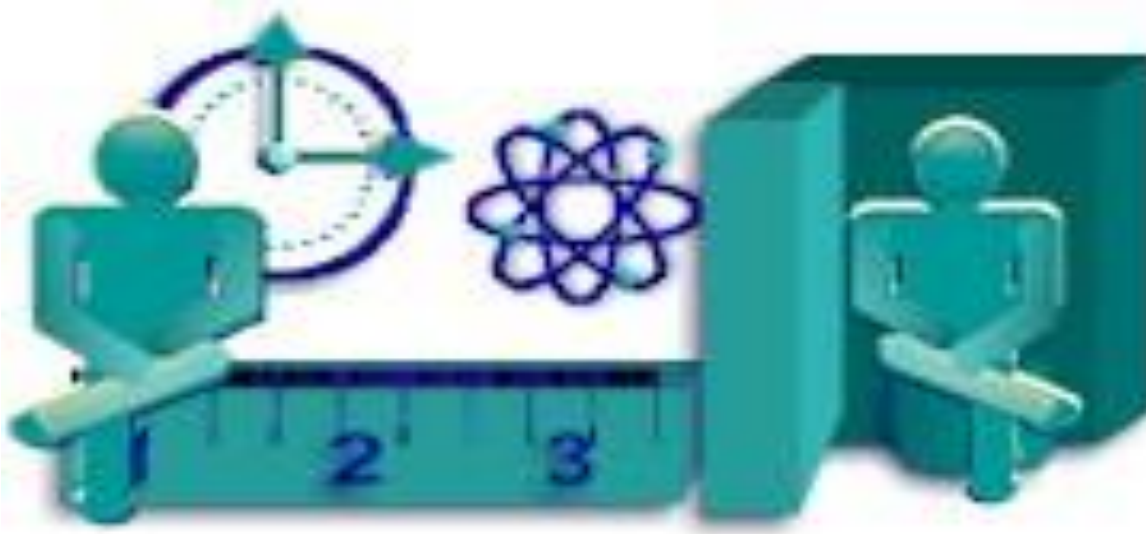
Miktar (quantity)	Özel Birim	SI birim
Işınlanma dozu	Roentgen (R)	Coulomb/kg
Soğrulmuş doz	Rad	Gray (Gy)
Eşdeğer doz	Rem	Sievert (Sv)
Radyoaktivite	Curie (Ci)	Becquerel (Bq)

TERİM	BİRİM		DÖNÜŞÜM
	Özel birim	SI birim	
Aktivite	Curie Ci	Becqueler Bq	1Ci= 3.7x10 ¹⁰ Bq 1Ci= 3.7 GBq
Işınlama dozu	Roentgen R	Coulomb/kilogram C/kg	1 C/kg= 3876 R 1 R= 2.58x10 ⁻⁴ C/kg
Soğrulmuş doz	Radiation Absorbed Dose rad	Gray Gy	1 Gy= 100 rad 1 rad= 0.01 Gy
Doz eşdeğeri	Roentgen equivalent man rem	Sievert Sv	1 Sv = 100 rem

RADYASYONDAN KORUNMA

Radyasyon hayatımızın vazgeçilmez bir parçası !

- Dış uzaydan gelen kozmik ışınlar
- vücudumuzda bulunan radyoaktif elementler
- yaşadığımız evlerin yapı malzemelerinin içerdiği doğal uranyum ve toryumun parçalanmasıyla ortaya çıkan radyoaktif radon ve toron gazları
- tarlalarda kullandığımız fosfor içeren suni gübreler
- yiyecek ve içeceklerimizdeki radyoizotoplar
- evlerimizde ısınmak için kullandığımız fosil yakıtlar
- hastalıklarımızın teşhis ve tedavisinde kullanılan radyasyon üreten ve radyoaktif madde içeren cihazlar
- nükleer bomba denemeleri ve nükleer tesisler nedeniyle



Radyasyondan korunmada dikkat edilmesi gereken parametreler

Süre

Mesafe

**Zırhlama/
Engel**

α Radyasyonu

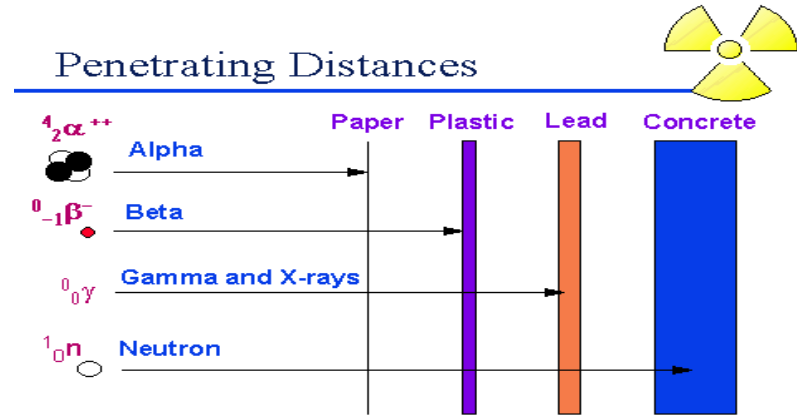
havada yalnız 2.5-5.0 cm dokuda
ise birkaç mikron ilerleyebilir,
Derinin üst tabakasına geçemez,
Bir kağıtla siper almak
mümkündür,
En büyük tehlike alfayı solumak ve
sindirmekle olur

β Radyasyonu

Cilde girer ama önemli organlara değil,
Kalın elbise veya alüminyumla
korunulabilir

γ Radyasyonu

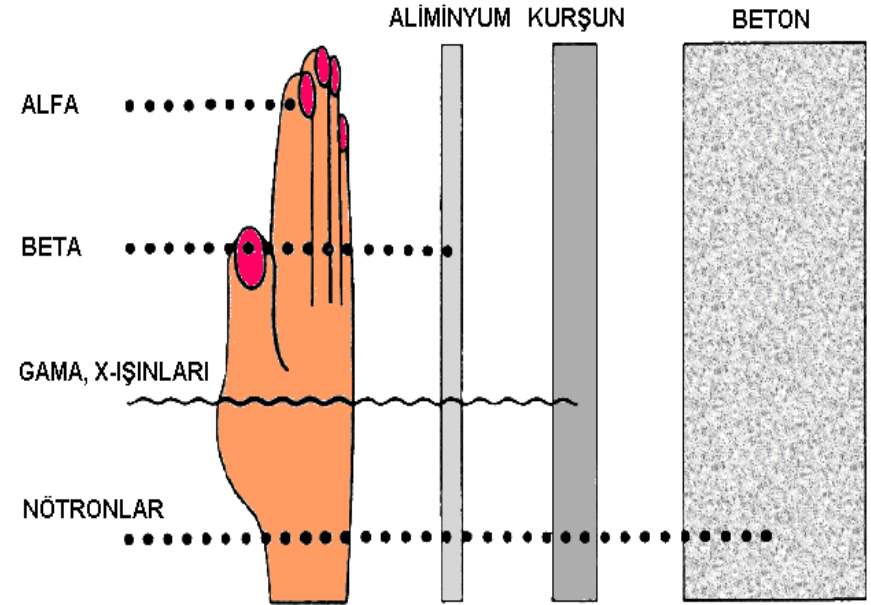
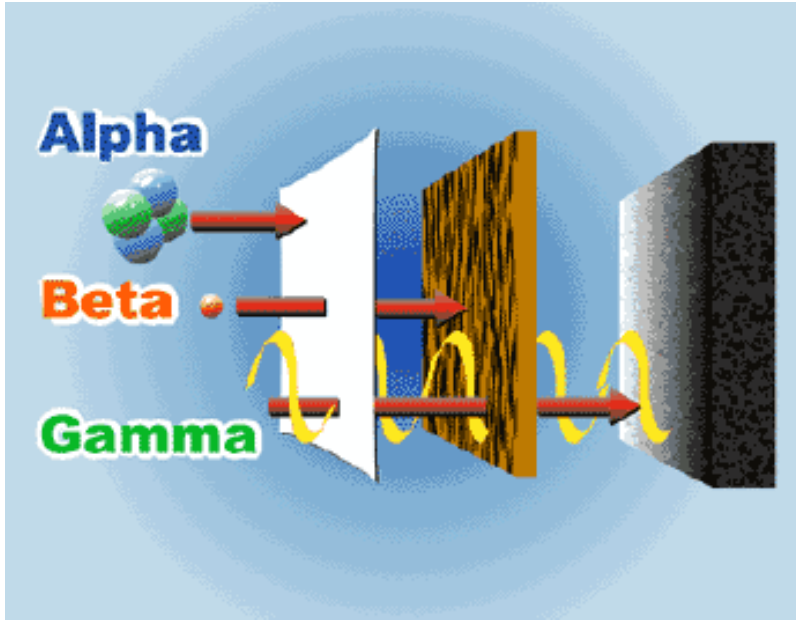
Yüksek enerji ışınları,
Dokunun derinliğine nüfuz ederler,
Radyasyon hastalığının baş nedeni,
Radyoaktif çürümeyle üretilir



Nötron Radyasyonu

Dokuları temasta zedeler,
Nükleer fizyon sonucu (reaktör, silah)
Çok fazla içe işler ve özel siper gerektirir

Radyasyon Çeşitlerine Göre Zırhlama



α : İnce bir kağıt tabakası veya cildimiz tarafından soğurulur

β : İnce bir metal tabakası tarafından

γ : Giricilik özelliği daha fazla olup kurşun ve beton gibi yoğun malzemelerde

n : Parafin, beton, su gibi hidrojen zengin ortamlarda soğurulur

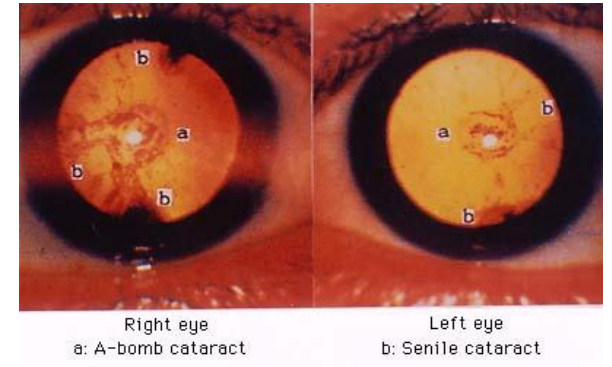
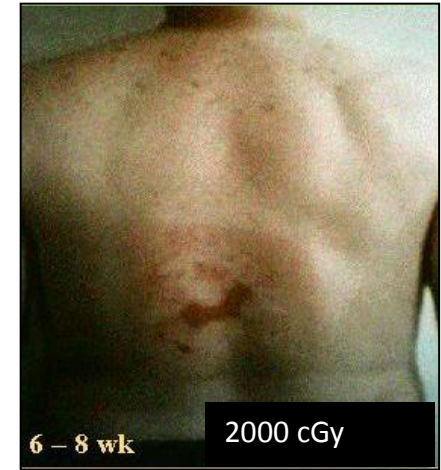
Radyasyonun Etkileri

Stokastik Etki

Non stokastik Etki

Deterministik Etkiler (non-stokastik)

- Belli bir eşik dozu var
- Eşik dozundan yüksek dozlarda ortaya çıkar
- Doz ile bireysel etkiler arasında ilişki vardır
 - Katarakt, deride eritem

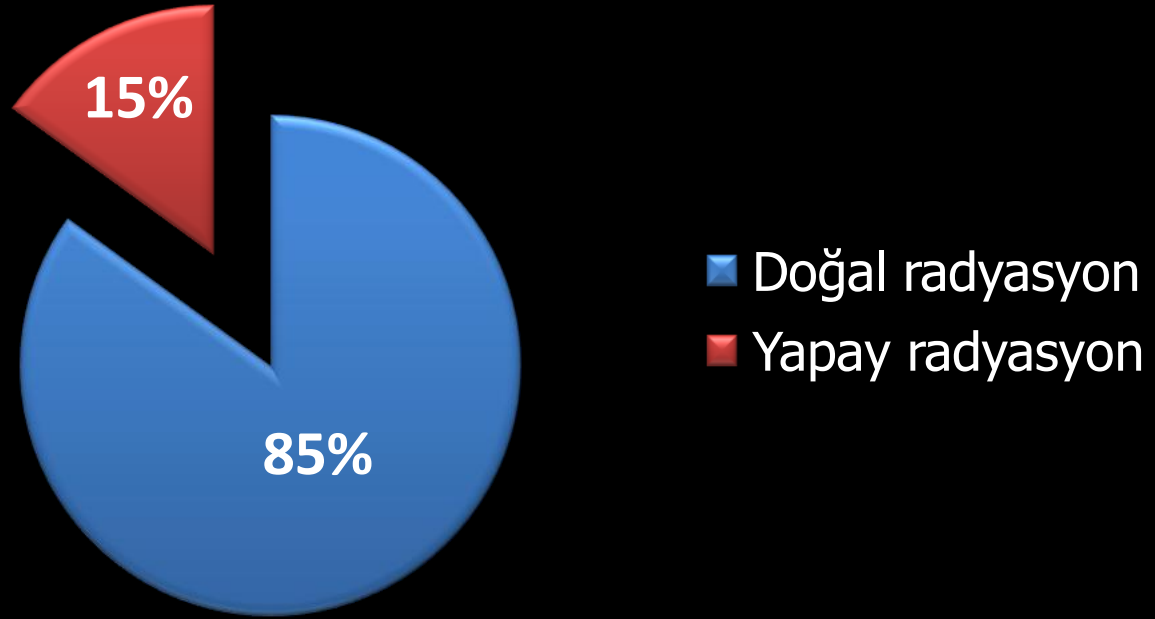


- Dünya Geneline Doğal Radyasyon kaynakları nedeniyle alınan yıllık etkin doz **2.4 mSv**
- Bir akciğer filminden alınan doz **0.02 mSv**
- Bilgisayarlı tomografi ile akciğer tetkikinden alınan doz **8 mSv**
- Tıp alanında çalışan radyasyon görevlilerinin aldıkları dozun yıllık ortalaması **1 - 5 mSv** civarında
- Çernobil nedeniyle Türk Halkının aldığı kişisel doz ortalaması **0.5 mSv**

Işınlama(rem)	Sağlığımıza etkisi	Süre
5 -10	Kanda kimyasal deęişim	saatlerce
50	Mide bulantısı	"
55	Bitkinlik	"
70	Kusma	"
75	Saç dökülmesi	2-3 hafta
90	Diare	"
100	Kanamalar	"
400	Ölümcül doz (ÖLÜM)	2 ay içinde
1000	Bağırsak çeperinde hasar	
	İç kanamalar	
	ÖLÜM	1- 2 haftada
2000	MSS nin hasarlanması	Dakikalar
	Bilinç kaybı	İçinde
	ÖLÜM	Ölüm

Radyasyon Çeşitleri

Radyasyon Çeşiti



Doğal Radyasyon Kaynakları

Toprakta

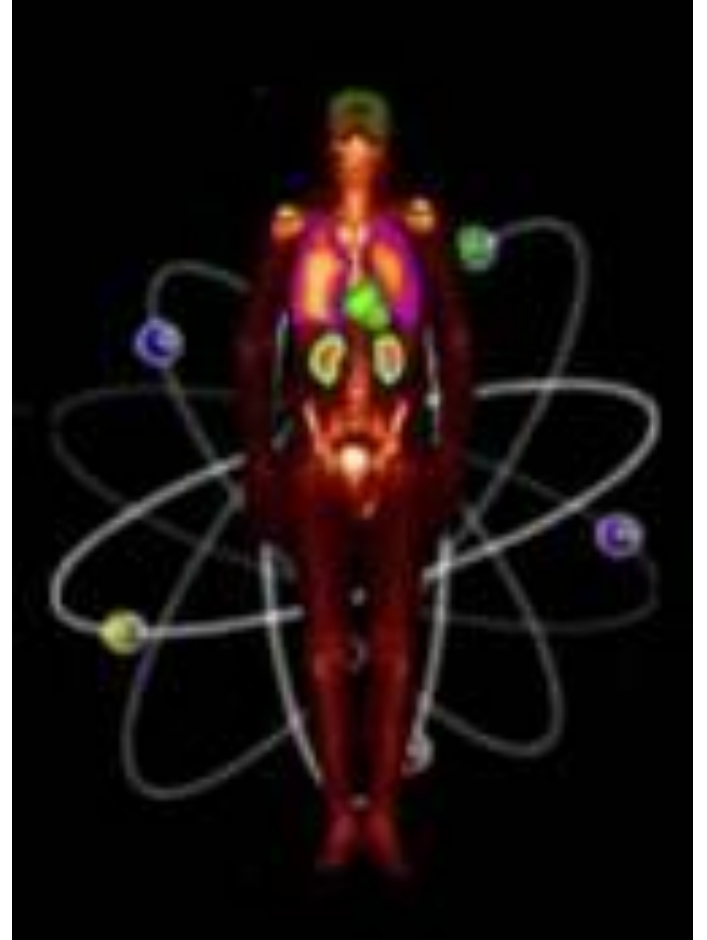
- Toryum
- Uranyum
- Potasyum
- Radyum
- Radon

İnsan Vücudunda

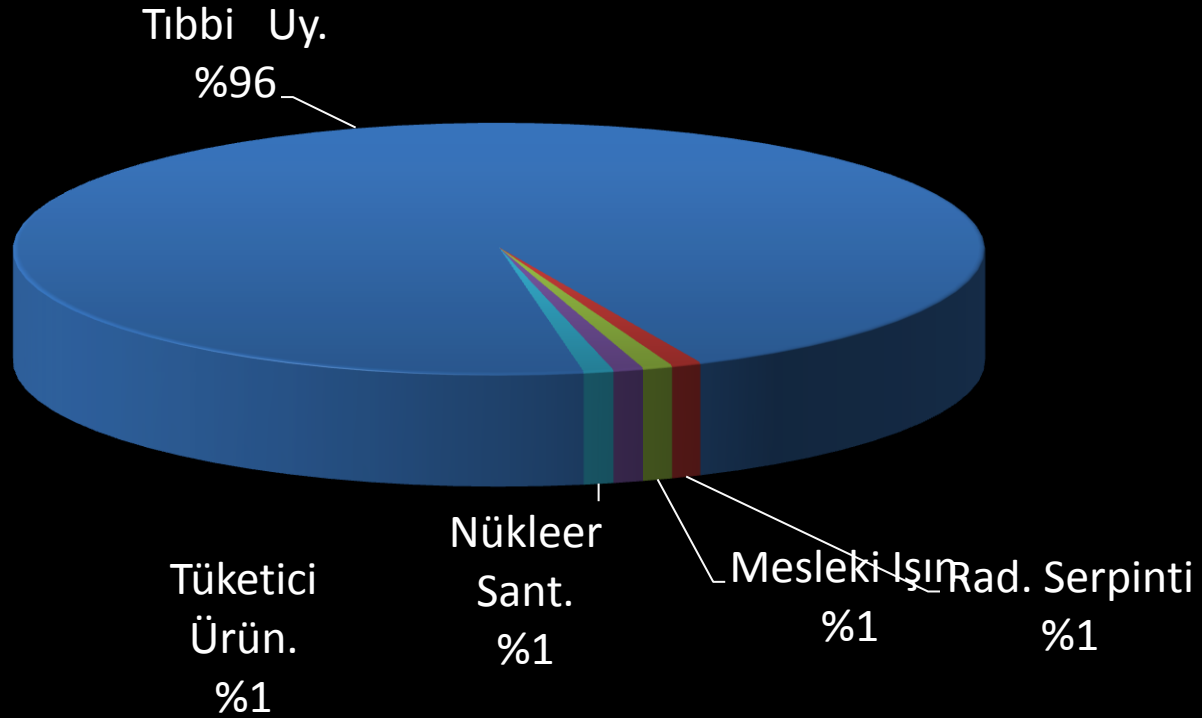
- Potasyum-40 (4400 Bq)
- Radyum
- Karbon-14
- Tiryum
- Polonyum

YAPAY RADYASYON KAYNAKLARI

- Tıbbi Uygulamalar
 1. Tanısal Radyoloji
 2. Nükleer Tıp
 3. Radyoterapi
- Endüstriyel Uygulamalar
 1. Sterilizasyon
- Nükleer Serpinti
- Nükleer Santraller
- Tüketici Ürünleri



Yapay Radyasyon Kaynakları



Tıbbi Uygulamalar

Radyasyon Kaynađı	Doz (mSv)
Radyoloji	0.5
Diřçilik	0.06
Nükleer Tıp	0.8
Radyoterapi	0.6

Tanısal Amaçlı Bazı X-Işını Tetkikleri Nedeni ile Alınan Etkin Doz Değerleri

Tetkik	Konvansiyonel X ışını, Doz, (mSv)	Bilgisayarlı Tomografi, Doz, (mSv)
Kafa	0.07	2,3
Diş	< 0.1	-
Akciğer	0.14	8.0
Karın	0.53	13.3
Kalça	0.83	13.3
Omurlar	2	8.8
El, ayak	0.06	-

Tanısal Amaçlı Bazı Nükleer Tıp Tetkikleri Nedeni ile Alınan Etkin Doz Değerleri

Tetkik	Etkin Doz, mSv
Beyin	6.99
Kemik	4.3
Troid, Akciğer	12
Karaciğer, Böbrek	1.5

Hastalık kategorisine göre hedef hacim için ortalama tedavi dozları

Kanser/tümör türü	Tedavi Dozu (Teleterapi), Gy	Tedavi Dozu (Brakiterapi), Gy
Lenfoma	39	-
Meme	54	16
Akciğer	49	
Baş-boyun	60	44
Beyin	53	-
Prostat	59	35
Jinekolojik	50	45

Hücrelerin Radyasyona Karşı Duyarlılık Sırası

(Bölünen hücreler radyasyona karşı daha hassastır)

- Beyaz kan hücreleri (Lenfositler)
- Kırmızı kan hücreleri (Eritrositler)
- Sindirim sistemi hücreleri
- Üreme organı hücreleri
- Cilt hücreleri
- Kan damarları
- Doku hücreleri (Kemik ve Sinir Sistemi)

Radyasyonun Biyolojik Etkileri-1

- DNA, hücre ve insanın büyümesini ve gelişmesini kontrol eden kromozomları oluşturduğu için radyasyon hasarından etkilenen moleküllerin en önemlilerindedir
- Radyasyonun DNA'yı etkilemesi, organizmaya üç şekilde zarar verebilir.
 1. Hücre ölümü
 2. Malignite
 3. Genetik hasar

Radyasyonun Biyolojik Etkileri-2

- Eğer hasar germ hücrelerindeki DNA'da oluşursa bir sonraki ya da daha sonraki nesillerde zararlı etkiler görülebilir
- DNA'daki hasar sonucu kromozomal değişikliklerin neden olduğu mutasyonlar, resessif özelliktedir
- Bu durumda genetik etki, ancak aynı özellikte mutasyona uğramış diğer bir üreme hücresi ile fertilizasyon olduğunda ortaya çıkar

Radyasyonun Biyolojik Etkileri-3

- İyonizan ışınların maddeyle etkileşimi sonucu ısı ve iyonizasyon oluşur
- Canlı organizma ile bu etkileşim, doğrudan veya dolaylı olarak iki şekilde olur

Doğrudan Etki

- Hücredeki makro moleküllerde (enzim, protein, RNA, DNA) olur
- Enzim ve proteinlerde oluşan etki hücre tarafından onarılabilir
- DNA'da oluşan etki ise onarılamaz
- DNA'da oluşan bu etkiler genetik mutasyon ve hücre ölümüne neden olabilir

Dolaylı Etki 1

- Su moleküllerinde görülen etkidir
- İnsan vücudunun % 80'i sudur
- Su, radyasyona maruz kaldığında, başka moleküler yapılara bölünür
- Buna ***suyun radyolizi*** denir
- Suyun radyolizi sonucunda yaklaşık 1 ms'lik bir süre için, H ve OH serbest kökleri oluşur

Dolaylı Etki 2

- Su molekülüne
- enerji yüklü elektron çarpınca, bağlayıcı elektronlardan biri dışarı çıkabilir ve su molekülü parçalanarak bir hidrojen (**H⁺**) **iyonu** ve bir hidroksil (**⁰OH**) **Radikali** meydana gelir
- radyasyon nedeni ile enerji yüklü elektron çarpması ile dışarı çıkan suya ait elektron başka bir su molekülü tarafından da tutulabilir. Negatif yüklü hale gelen su molekülü bu kez de bir hidrojen (**⁰H**) **Radikali** ve bir hidroksil (**OH⁻**) **iyonu** şeklinde iki parçaya bölünebilir

Dolaylı Etki 3

- Bunların enerji fazlaları, diğer molekülleri etkileyerek moleküler bağları çözebilir
- Ayrıca serbest köklerin birleşmesi sonucu, hidrojen peroksit (H_2O_2) oluşabilir
- Bu madde, hücreye toksik etkilidir
- Bu şekilde oluşabilen hidrojenperoksit (H_2O_2) kökü de hücreye hasar vermektedir

Radyasyonun Biyolojik Etkileri-4

- Radyasyonun canlı üzerindeki etkileri, ışınlamanın şiddeti ve süresine göre değişir
- Etkiler hemen görülebildiği gibi latent bir dönemden sonra da görülür
- Tanısal amaçlı X-ışını cihazlarıyla alınan dozun düşük olması nedeniyle burada oluşan etkiler, nükleer silah ya da reaktör kazalarında görülen etkilerden farklı olmaktadır

20 - 30 Gy arasında bir doza maruz kalmış bir işçinin ellerinde meydana gelen yanık ve su kabarcıkları



5 – 10 Gy lik, Ir-192 radyoaktif kaynağını iř önlüğünün cebinde 2 saat taşıyan bir işçinin, göğsünün ön ve saç tarafında işinlanmadan 11 gün sonra oluşan kızarıklıklar



20-30 Gy lik ışımaya maruz kalan işçinin, 21 gün sonra, ışınlanan bölgesinde meydana gelen deri dökülmesi



Arka cebinde 28 Ci'lik Ir-192 kaynağını 45 dakika taşıyan bir kişinin kalçasında meydana gelen radyasyon yanığıının gelişimi



olaydan 31 gün sonra



olaydan 50 gün sonra bacadan alınan deri dikilmiş



olaydan 6 ay sonra

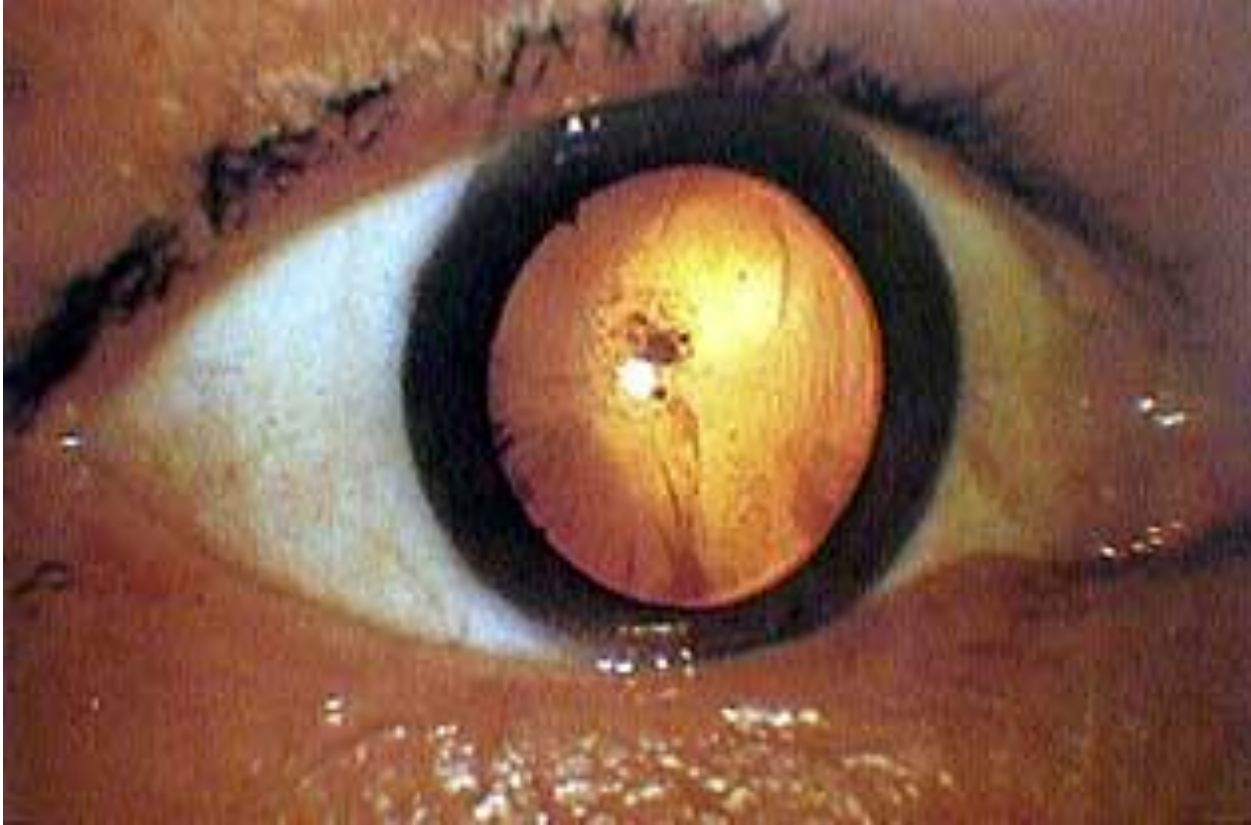


olaydan 19 ay sonra

Hiroşimaya atılan bombanın Radyasyon ışması sonucu deride oluşan yanıklar-keloid yaraları



Bombalama ile yayılan UV sonucu gözde
oluşan katarakt



Hücre düzeyinde etkime

Dört ana evreden oluşan bu olaylar arasında kesin sınırlar yoktur. Öyle ki bazı olaylar fizikokimyasal evrede iken bazı olaylar kimyasal evreye geçmiş olabilir.

I- FİZİKSEL EVRE: (10^{-13} s içinde oluşur)

Işımanın hücrenin bir atomu veya molekülü ile etkileşmesi sonucu enerjisinin **biyomoleküllerce soğurulması ile iyonlaşmanın ve uyarılmanın** meydana gelmesi

II- FİZİKO KİMYASAL EVRE: (10^{-10} s içinde oluşur)

Bu iyonlaşma sonucu hücre içinde yeni ürünler oluşur. Örneğin hücredeki **makromoleküllerde birinci kırılma oluşur ve hücredeki suyun ışığa ile etkileşmesi sonucu kimyasal yönden son derece aktif yüksüz radikaller oluşabilir**

III- KİMYASAL EVRE: (10^{-6} s içinde oluşur)

Bu radikaller arasında veya radikallerle hücre molekülleri arasında ısı, basınç ve oksijen miktarı gibi çevresel etkiler yardımıyla çeşitli kimyasal reaksiyonlar oluşur

IV- BİYOLOJİK EVRE: (1 s ile 40 sene içinde oluşur)

Hücrede oluşan zarar sonucu ışımamın dozuna, dozun verilme hızına, ışımamın türü ve enerjisine, dozun dokularda dağılımına ve dokuların ışımaya karşı duyarlılığına bağlı olacak şekilde biyolojik etkimler ortaya çıkar

Radyasyonun Biyolojik Etkileri

Fiziksel olaylar (iyonlaşma, uyarma)

← Atom düzeyinde



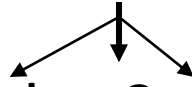
Fizikokimyasal olaylar (Radikallerin oluşumu)

← Moleküler düzeyde



Direkt ve indirekt etki (Hücresel zarar)

← Hücre düzeyinde



Somatik Hücreler

Germ Hücreleri

Somatik etki

← Organ düzeyinde

Akut etki

Kronik etki

Lösemi

Kanser

Genetik etki
(Mutasyon)

Eşik doz (50 rem)

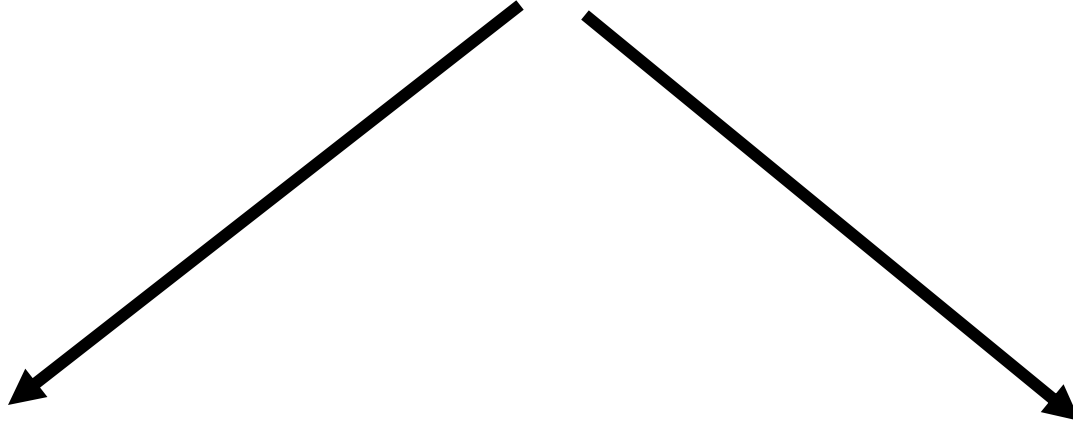
Eşik doz yok

(Rastgele olmayan etki)

(Rastgele etki)

Akut ve Kronik Radyasyon Dozları

Radyasyonun Doza Bağlı Biyolojik Etkileri



Akut Etkiler

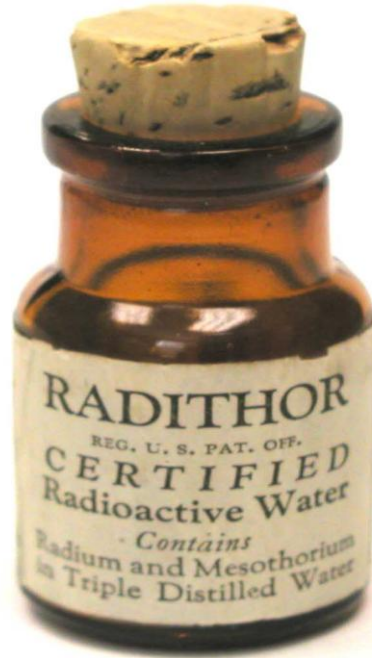
Kronik Etkiler

BİR SAĞLIK SKANDALI

Dr. C. C. MOYAR ın **sağlıklı ve güçlü yaşam için** önerdiği **RADITHOR** (Radyoaktif distile su) den **2 yıl içinde 1400 şişe** içen Eben BYERS (51 yaşında) Radium zehirlenmesinden dolayı öldü



Radyoaktif su



Radyoaktif Çikolata

CEP TELEFONLARINDAN YAYILAN RADYASYON

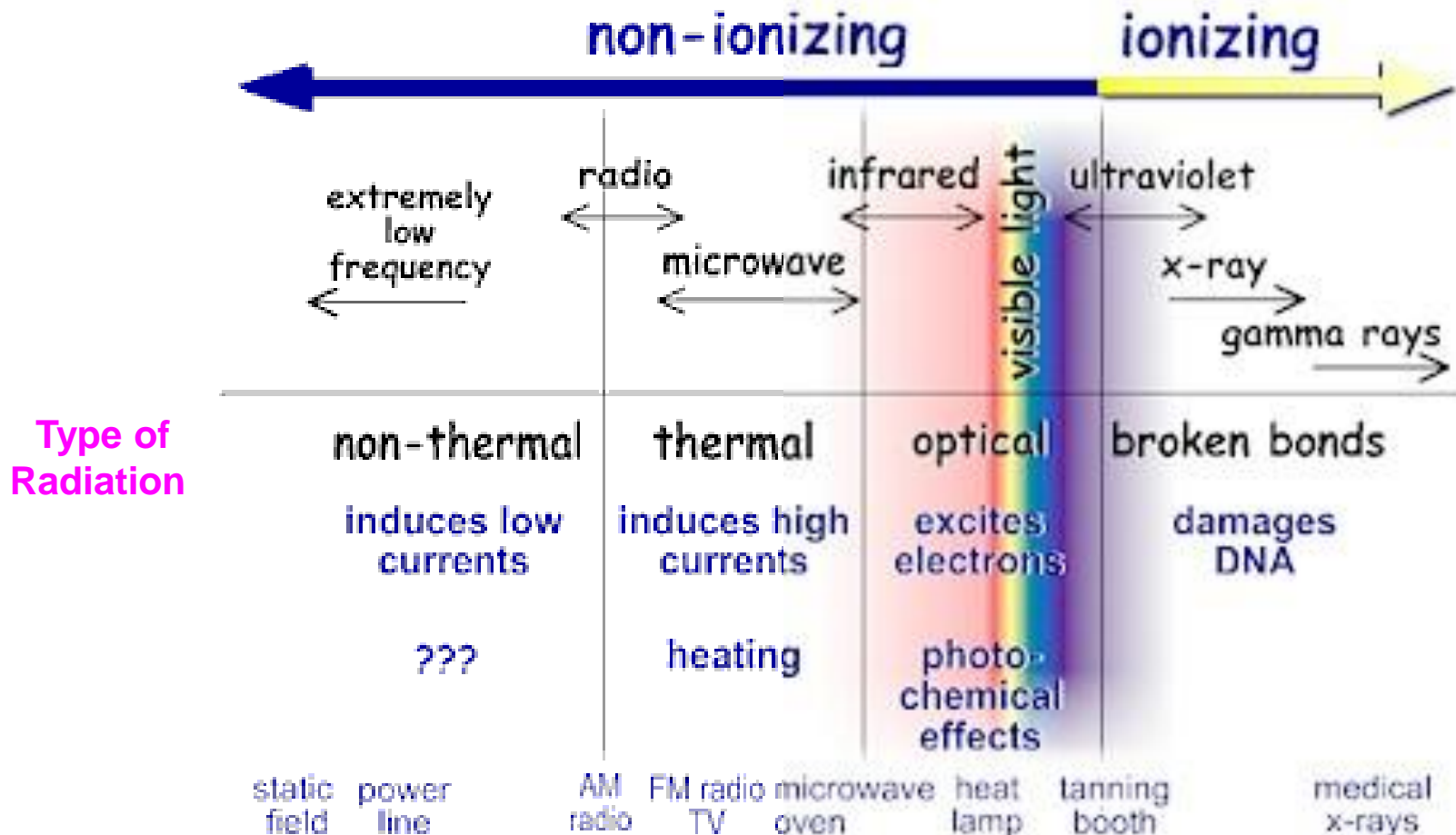
Cep telefonlarından yayılan non-iyonizan radyasyonun soğurulması SAR (Specific Absorption Rate) 1 ile 10 gr lık dokuda Watt/kg ile tanımlanmaktadır

Uluslararası Non-iyonizan radyasyondan korunma komisyonu (ICNIRP) verilerine göre **Avrupada SAR güvenlik sınırı 10 gr lık dokuda 2 Watt/kg dır.**



Düşük radyasyon için antenleri saklı olanlar ve beyinden uzakta kullanılanlar seçilmeli

Elektromanyetik spektrum içindeki ışınlar:



NEW APPROVED Greetings - State Dept. of Health

Garry Varvel
The Inimitable State
Quack Comics - 2008



Long distance Wave



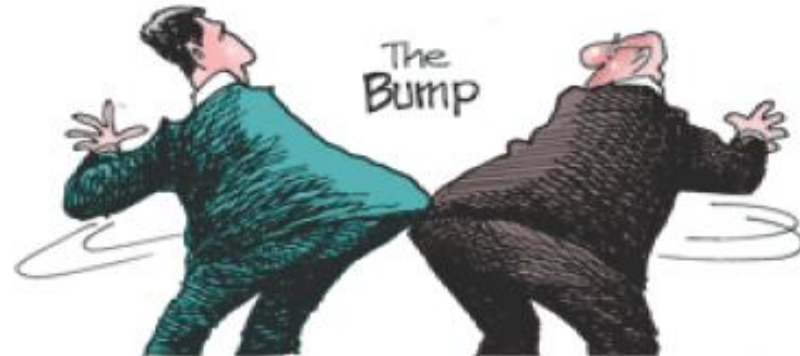
Elbow Bump



Sanitary Gloves



The Bow



The Bump

garyvarvel.com

Unutma

Radyasyon görölmez kokusu
alınmaz ve duyu organları
tarafından algılanamaz