



Bölüm 7

Radyasyon Güvenliği

Prof. Dr. Bahadır BOYACIOĞLU

RADYASYON NEDİR?

- Radyasyon, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçiminde enerji yayılımı ya da aktarımıdır.

RADYASYON ÇEŞİTLERİ

İYONLAŞTIRICI
(>10 eV)

Parçacık

- Alfa
- Beta
- Nötron

Dalga

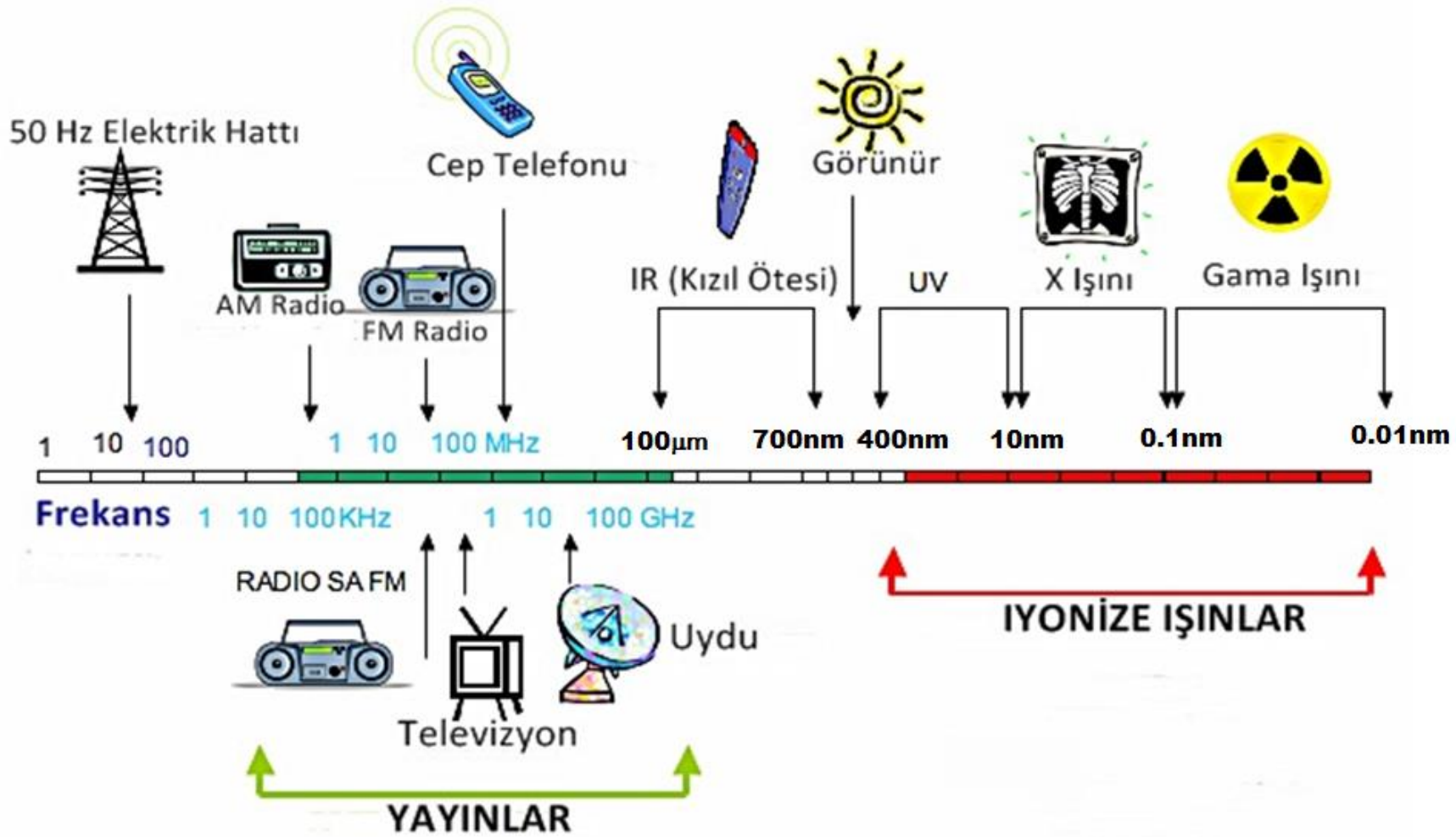
- Gama
- X ışınları

İYONLAŞTIRICI
OLMAYAN
(<10 eV)

Dalga

- İnfrared
- Görünür Bölge
- Mikrodalga
- Radyo Dalgaları

Elektromagnetik Spektrum



- Düşük Enerji,
- Düşük Frekans
- Uzun Dalgaboyu

$$E = \frac{hc}{\lambda} = hf$$

- Yüksek Enerji
- Yüksek Frekans
- Kısa Dalgaboyu

**RADYASYONDAN
KORUNUN!**

RADYASYON TANISI

Gözle görülmez

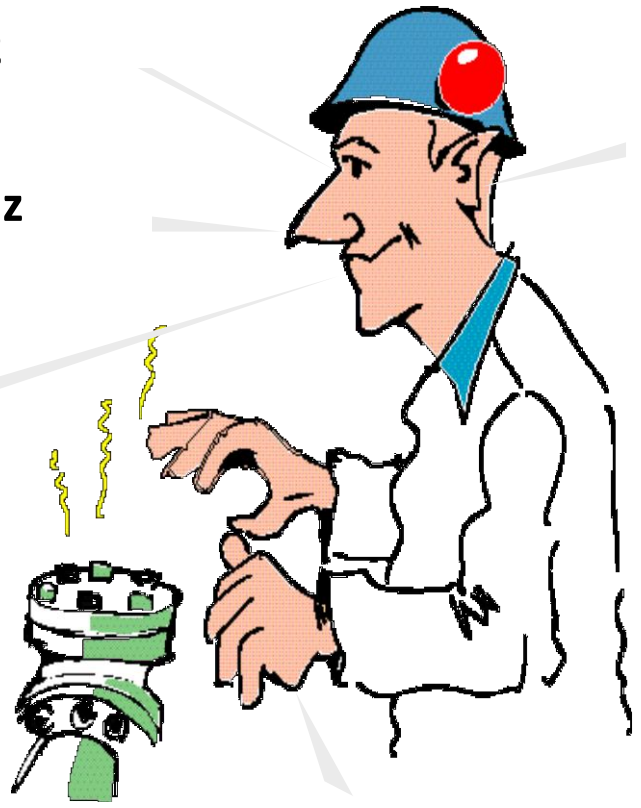
Kokusu alınmaz

Tadı alınmaz

Sesi duyulmaz

Dokunarak algılanmaz

Kişisel
yaka
Dozimetre



Radyasyon Nerede Bulunur?

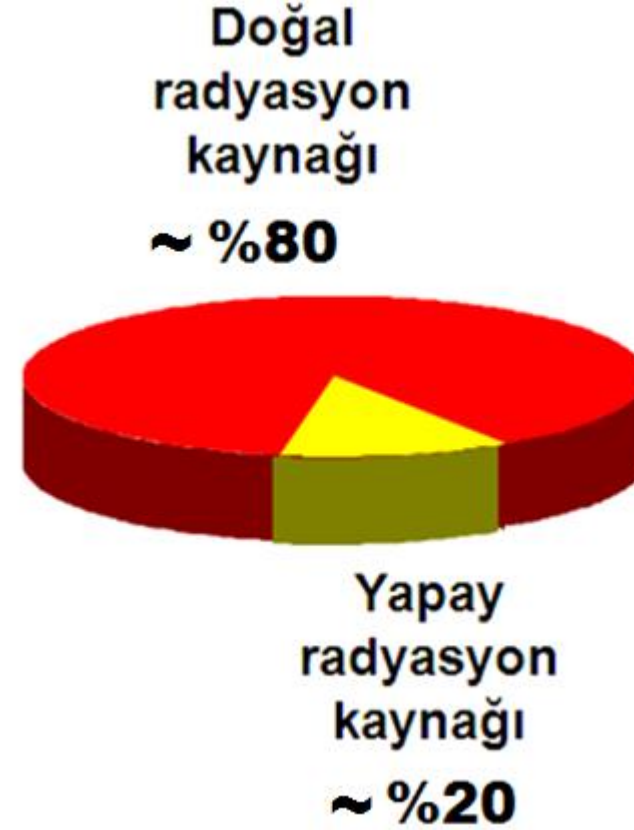


İnsanlar normal yaşamlarında kaç tip radyasyona maruz kalırlar?

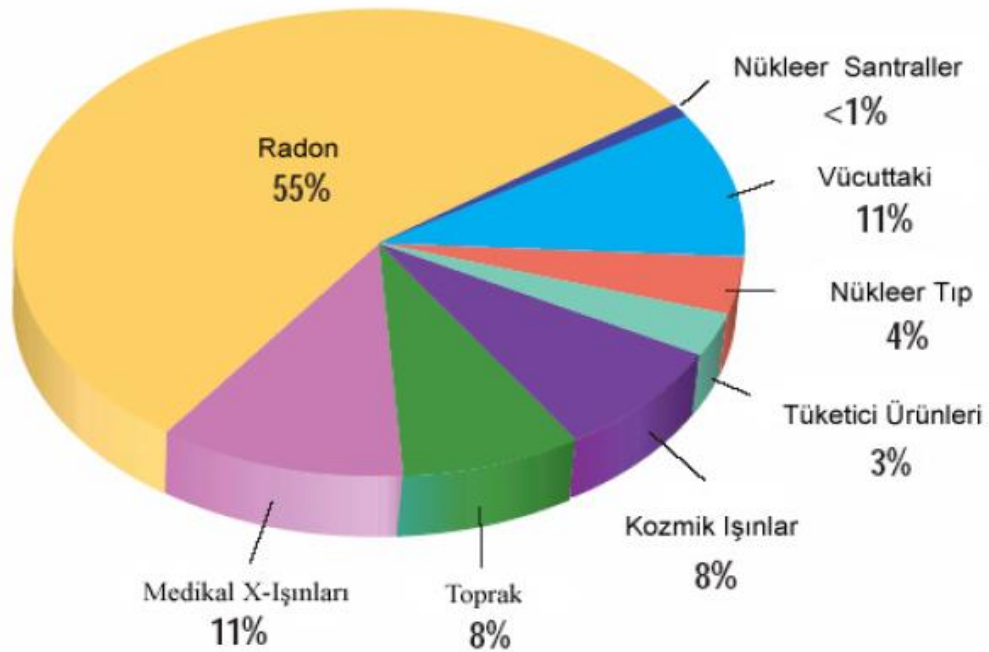
İki tip radyasyona maruz kalıyoruz:

➤ Doğal Radyasyon

➤ Yapay Radyasyon



İnsanlar normal yaşamlarında ne tip radyasyona maruz kalırlar?



Doğal Radyasyon

- 1) Kozmik ışınlar
- 2) Radon
- 3) Yer kabuğundaki doğal radyoaktif kaynaklar

2.40
mSv/yıl

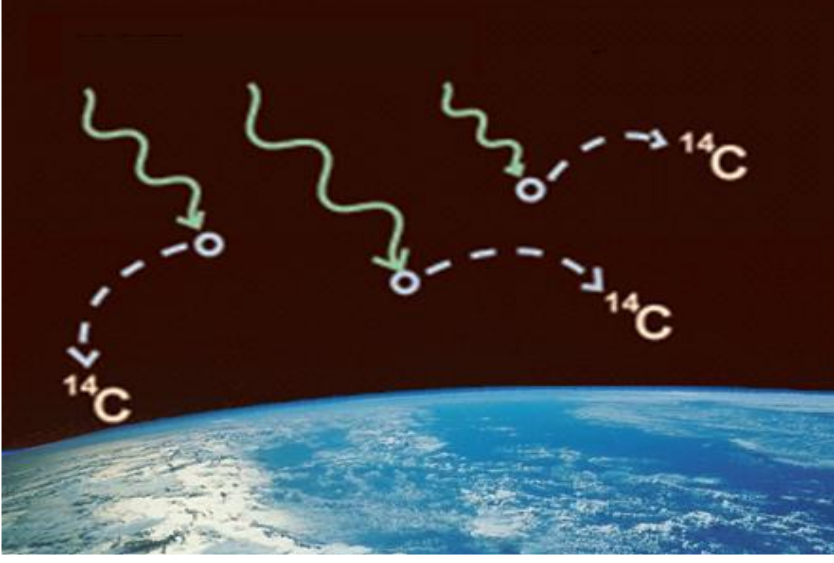
Yapay Radyasyon

- 1) Tüketici Ürünleri
- 2) Nükleer Tıp
- 3) Medikal uygulamalar
- 4) Nükleer tesisler

0.30
mSv/yıl

Dünya genelinde, maruz kalınan ortalama yıllık doz değeri: **2.7 mSv** 'dir.

İnsanlar normal yaşamlarında ne tip radyasyona maruz kalırlar?



Doğal Radyasyon

- 1) Kozmik ışınlar
- 2) Radon
- 3) Yer kabuğundaki doğal radyoaktif kaynaklar

- Uzaydan sürekli olarak Dünya atmosferine giren ve çoğu kez yeryüzüne kadar ulaşan çeşitli atomaltı parçacıklar.
- Bu parçacıklar **proton** veya **helyum** çekirdeği gibi parçacıklardır.



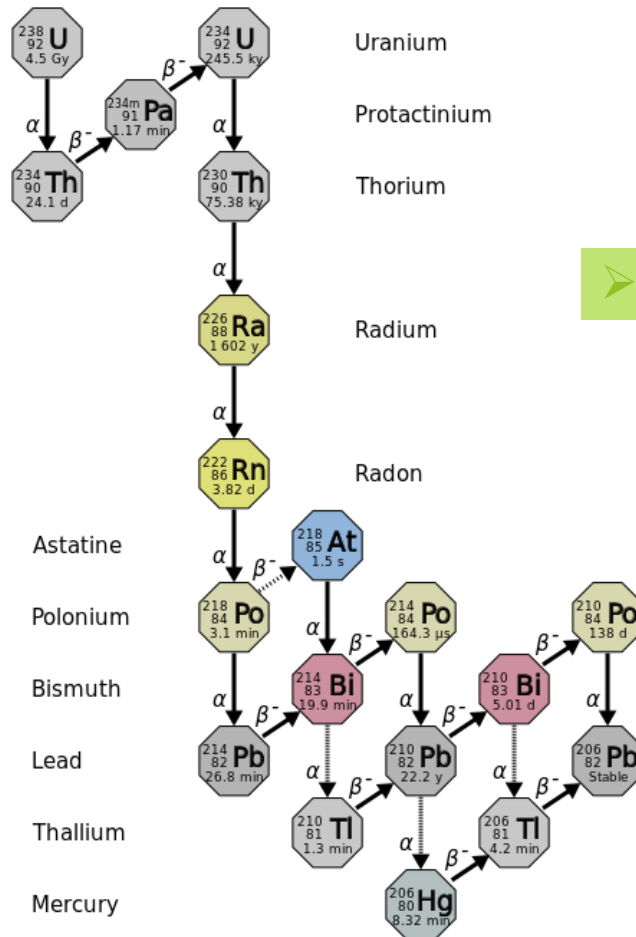
0.39
mSv/yıl

**RADYASYONDAN
KORUNUN!**

İnsanlar normal yaşamlarında ne tip radyasyona maruz kalırlar?

Doğal Radyasyon

- 1) Kozmik ışınlar
- 2) Radon
- 3) Yer kabuğundaki doğal radyoaktif kaynaklar



➤ Yarı ömrü ~ 4 gün, alfa



1.15
mSv/yıl

**RADYASYONDAN
KORUNUN!**

İnsanlar normal yaşamlarında ne tip radyasyona maruz kalırlar?

Dünyanın oluşumundan itibaren yer kabuğunda doğal olarak bulunan radyoizotoplar, vücudumuzu iki şekilde ışınlanmaya maruz bırakırlar:

- Dış ışınlanma
- İç ışınlanma

Uranyum-235, Uranyum-238, Toryum-232,
Radyum-226, Radon-222, Potasyum-40

Doğal Radyasyon

- 1) Kozmik ışınlar
- 2) Radon
- 3) Yer kabuğundaki doğal radyoaktif kaynaklar

Uranium - 238
(in ground materials)

Dış
0.48 mSv/yıl



İç
1.26 mSv/yıl



**RADYASYONDAN
KORUNUN!**

İnsanlar normal yaşamlarında ne tip radyasyona maruz kalırlar?



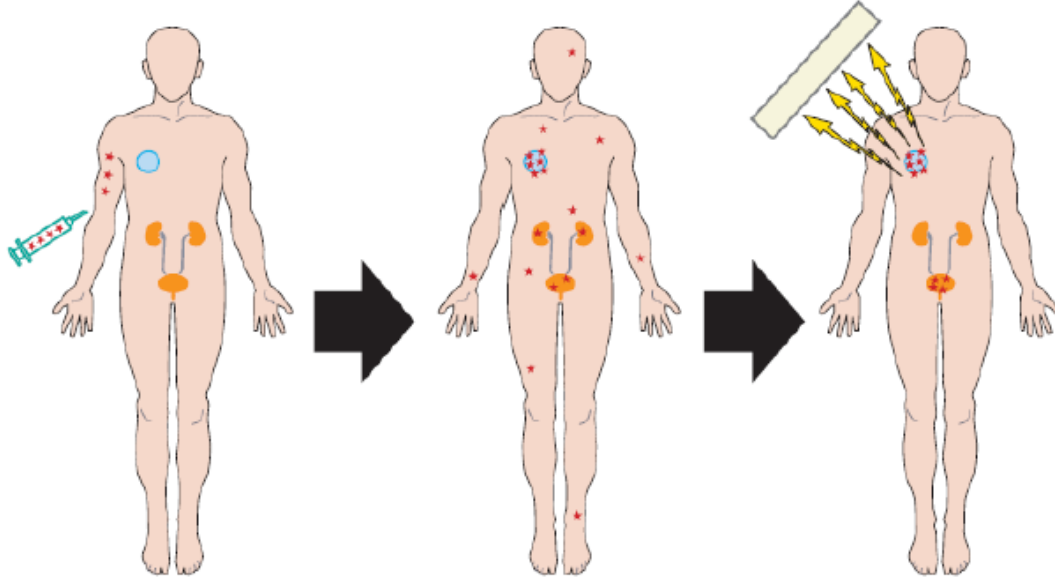
Yapay Radyasyon

- 1) Tüketici Ürünleri
- 2) Nükleer Tıp
- 3) Nükleer tesisler
- 4) Medikal uygulamalar

- Patates, muz gibi birçok yiyecekte ve içtiğimiz suda çok düşük miktarda doğal radyoaktif maddeler bulunur.

- Ankara'da ki **1** günlük doğal radyasyona maruz kalma (0.44 mSv/yıl) ~ **60** muz,
- Bir kol röntgeninden alınan radyasyon dozu ~**10** muz
- Bir beyin tomografi incelemesinde ki doz ~**100 000** muz

İnsanlar normal yaşamlarında ne tip radyasyona maruz kalırlar?

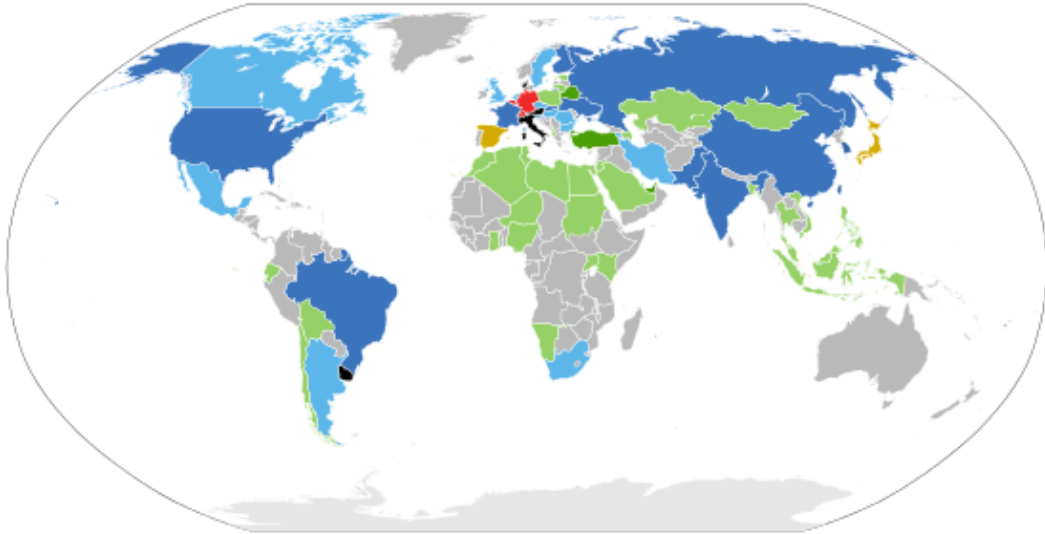


Yapay Radyasyon

- 1) Tüketici Ürünleri
- 2) Nükleer Tıp
- 3) Nükleer tesisler
- 4) Medikal uygulamalar

Nükleer tıp incelemelerinde hastaya verilen radyoaktif madde görüntülenecek organa yerleşir. Salınan gama ışınları özel detektörlerle algılanarak görüntüler elde edilir.

İnsanlar normal yaşamlarında ne tip radyasyona maruz kalırlar?

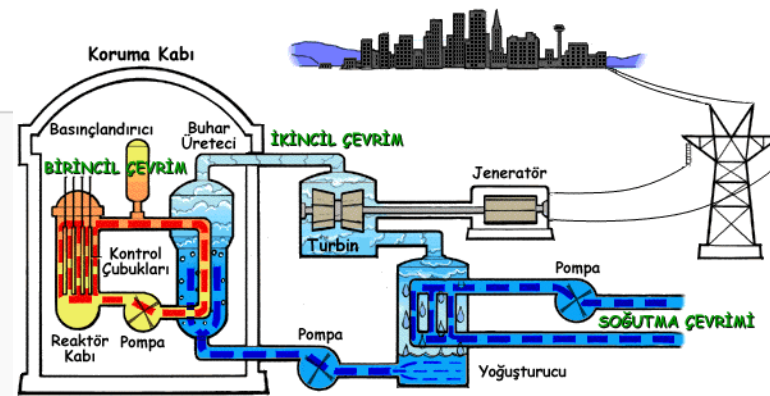


Ülkelerin nükleer enerjiye göre konumu:

- çalışan reaktörü olan ve yeni reaktörler inşa eden ülkeler
- çalışan reaktörü olan ve yeni reaktörler inşa etmeyi planlayan ülkeler
- reaktör inşa eden ülkeler
- reaktörler inşa etmeyi planlayan ülkeler
- çalışan reaktörü olan ve durumu değişmeyen ülkeler
- çalışan reaktörü olan ama aşamalı olarak kapatacak ülkeler
- sivil nükleer enerjinin yasal olmadığı ülkeler
- reaktörü olmayan ülkeler

Yapay Radyasyon

- 1) Tüketici Ürünleri
- 2) Nükleer Tıp
- 3) Nükleer tesisler
- 4) Medikal uygulamalar



31 ülkede aktif 437 nükleer reaktör

İnsanlar normal yaşamlarında ne tip radyasyona maruz kalırlar?

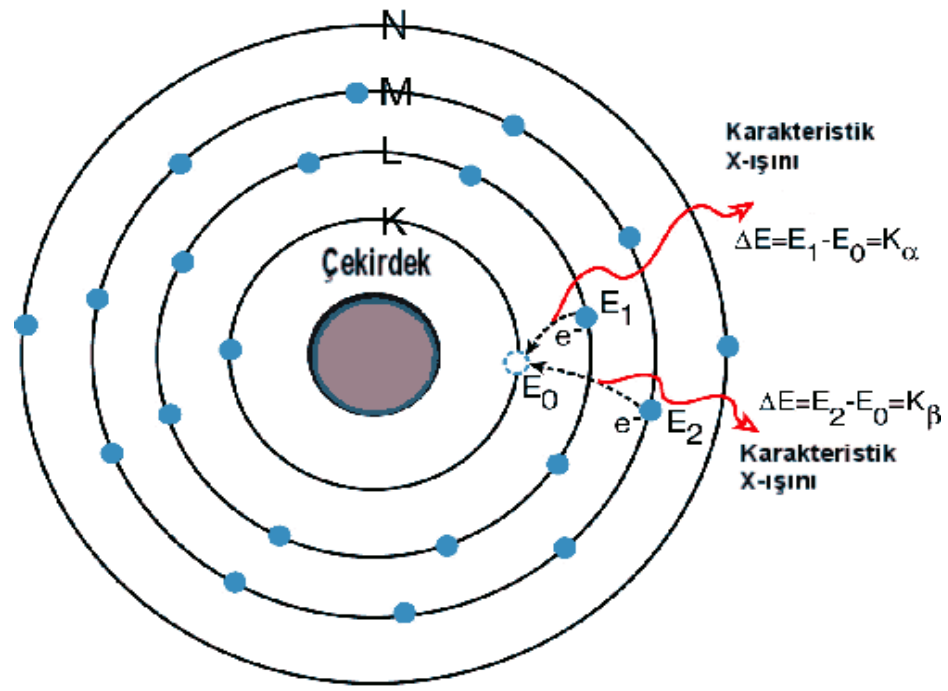
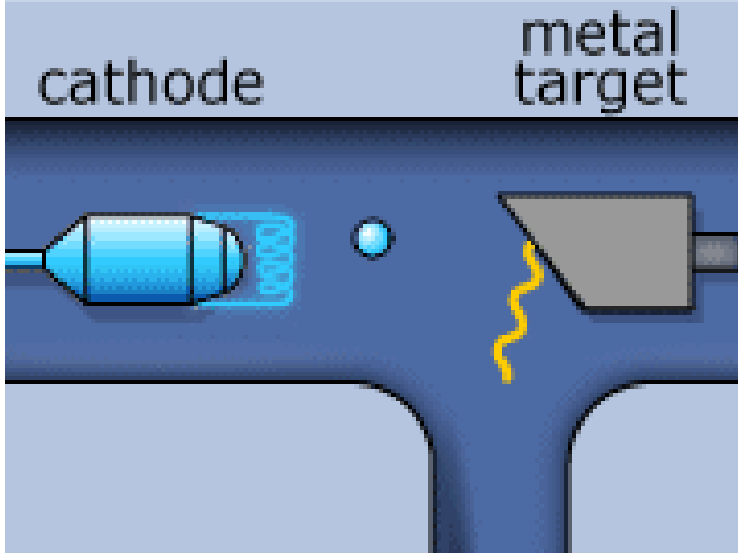
- Radyografi
- Nükleer Tıp ile Görüntüleme ve Tedavi
- Radyoterapi

Yapay Radyasyon

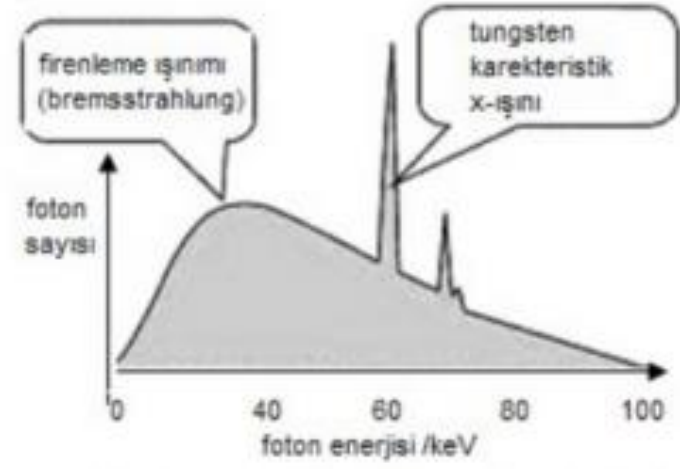
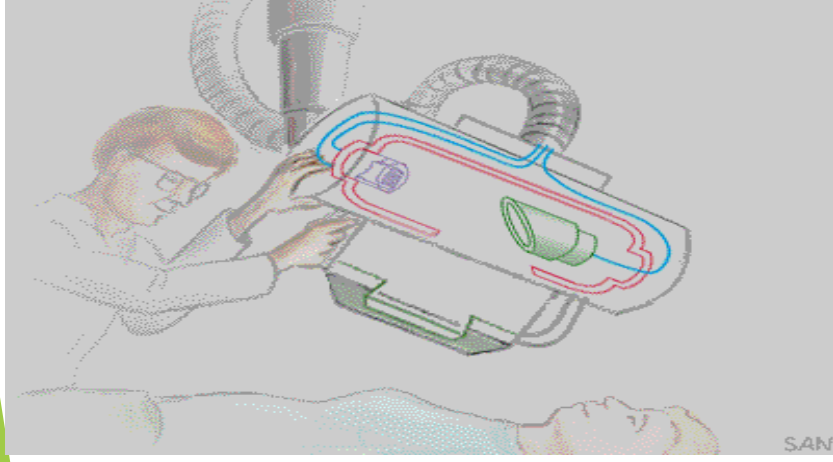
- 1) Tüketici Ürünleri
- 2) Nükleer Tıp
- 3) Nükleer tesisler
- 4) **Medikal uygulamalar**



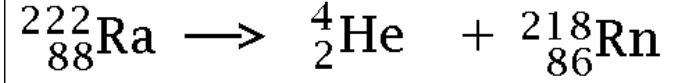
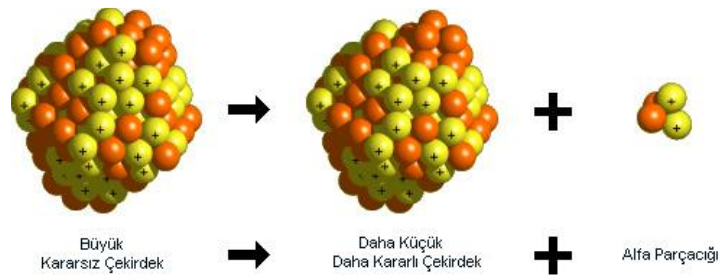
X-ışınları



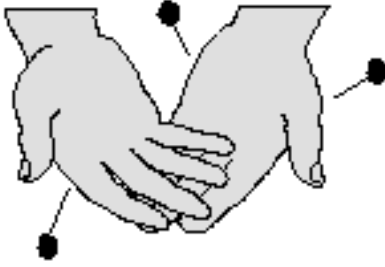
- 1- Sürekli (frenleme) x-ışınları
bremsstrahlung veya frenleme radyasyonu
- 2- Karakteristik x-ışınları



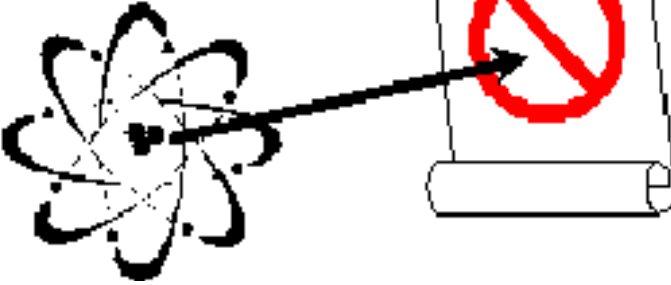
Alfa Radyasyonu



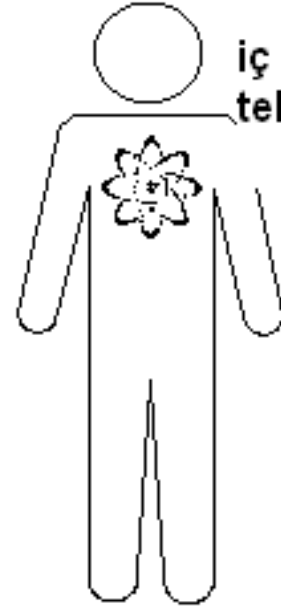
Deriye temas etmemeli



kağıt parçası ile durdurulabilir

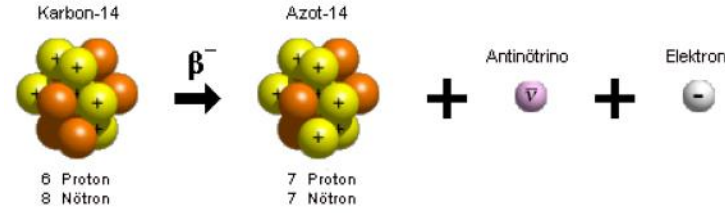


iç ışınlanma tehlikeli

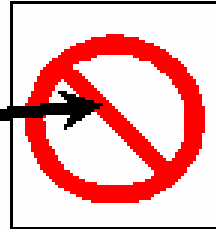
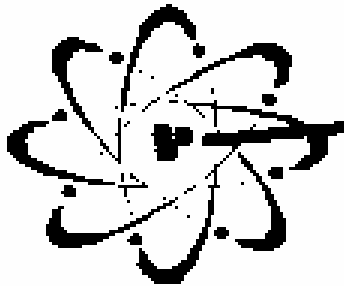
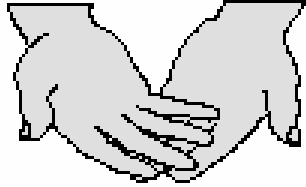


toprakta,
yapay radyonüklidler,
radon

Beta Radyasyonu



deri, göz
iç ışınlanma riski



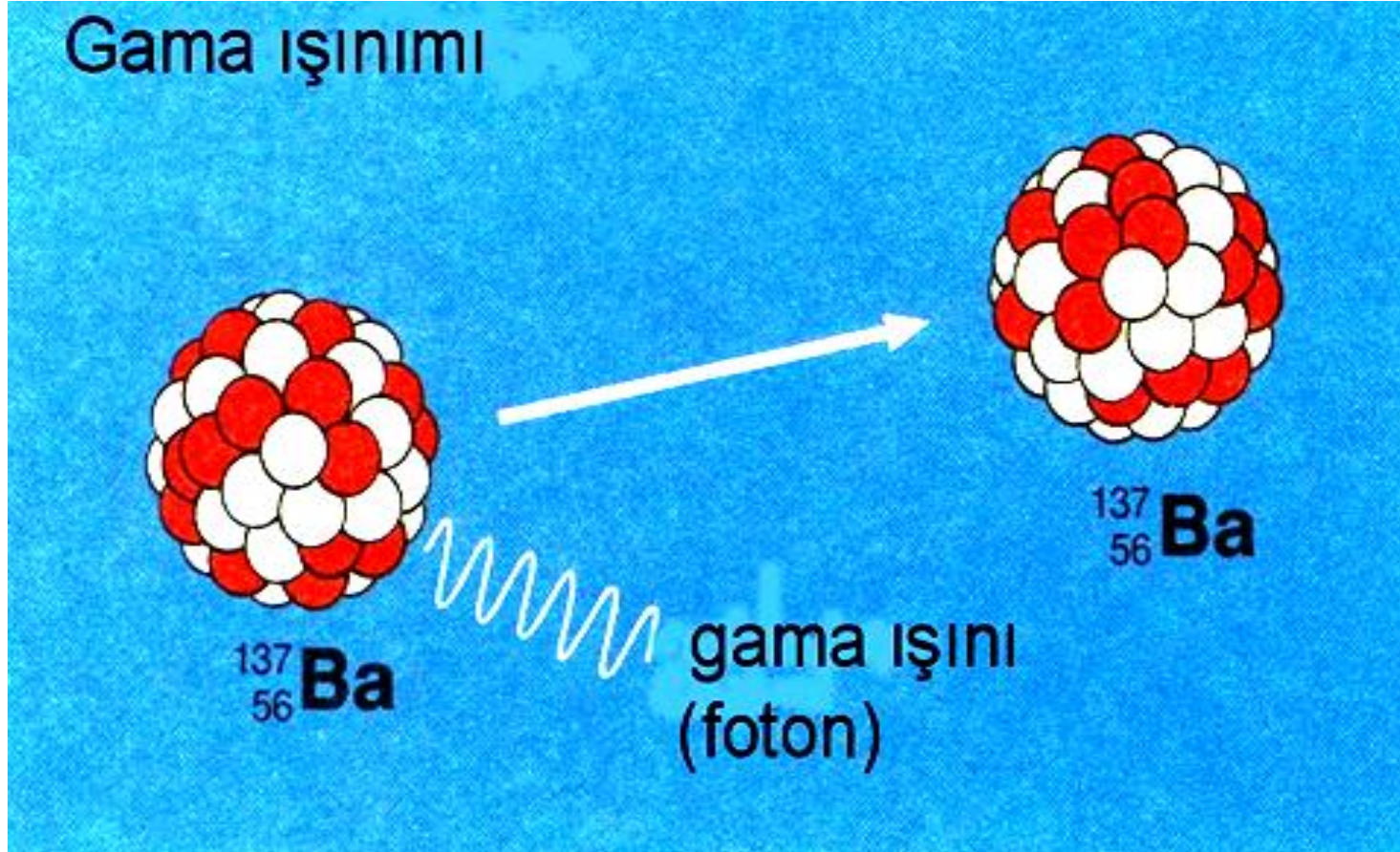
pilastikle
durdurlabilir



doğal yiyecekler, su

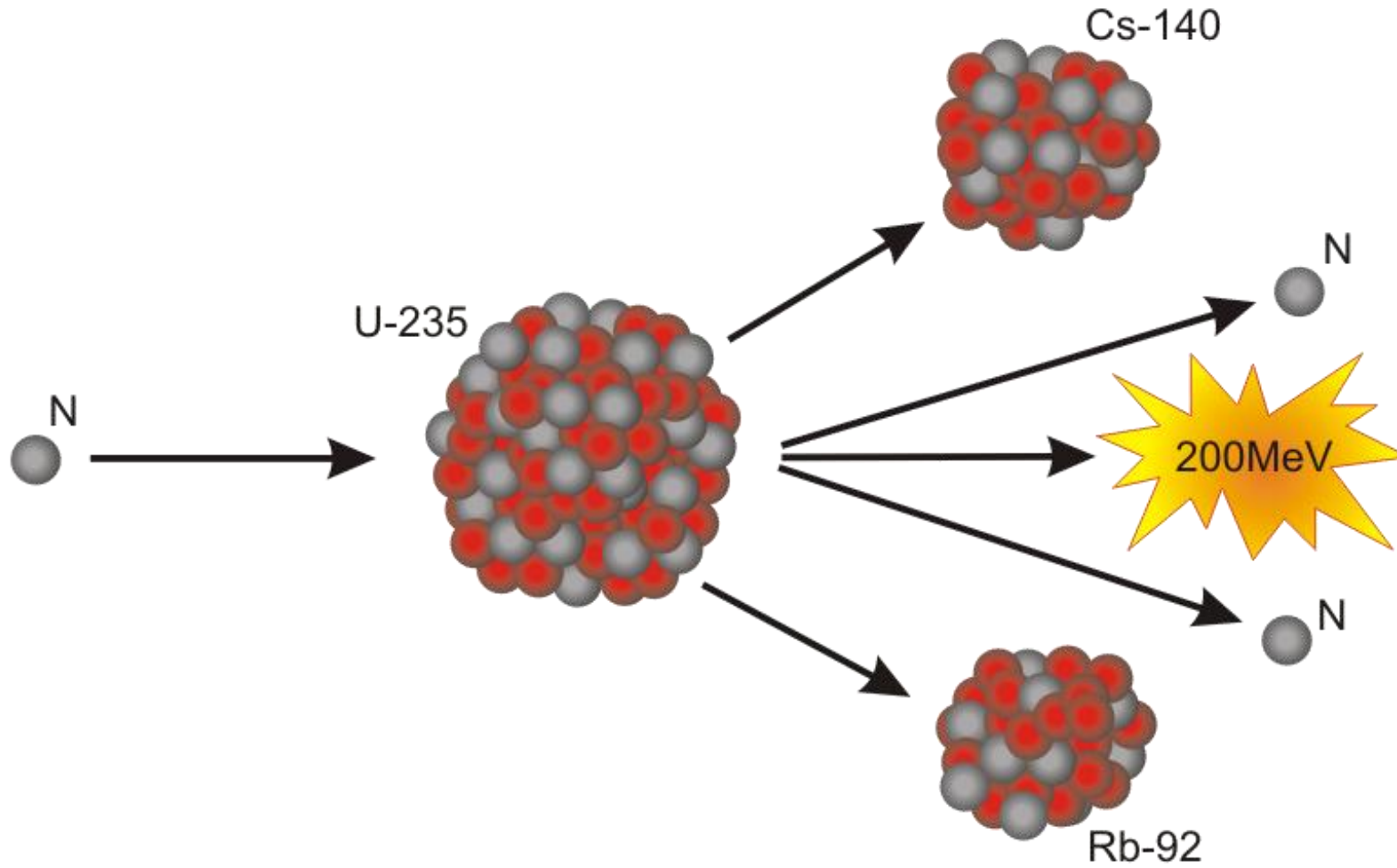
Gama Bozunumu

Gama ışınları, radyoaktif bozunmalar ya da nükleer reaksiyonlar sonucu atom çekirdeğinden, elektromanyetik dalgalar şeklinde yayılan radyasyonlardır.

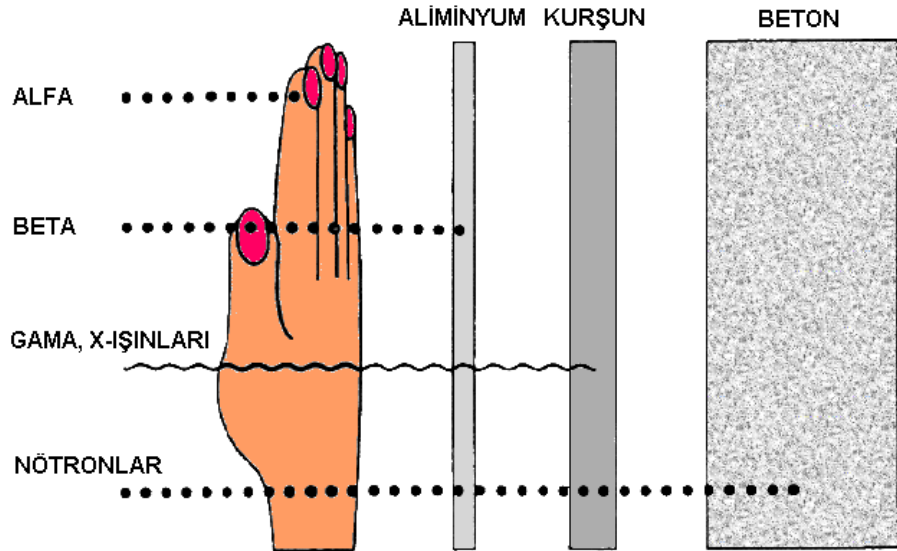
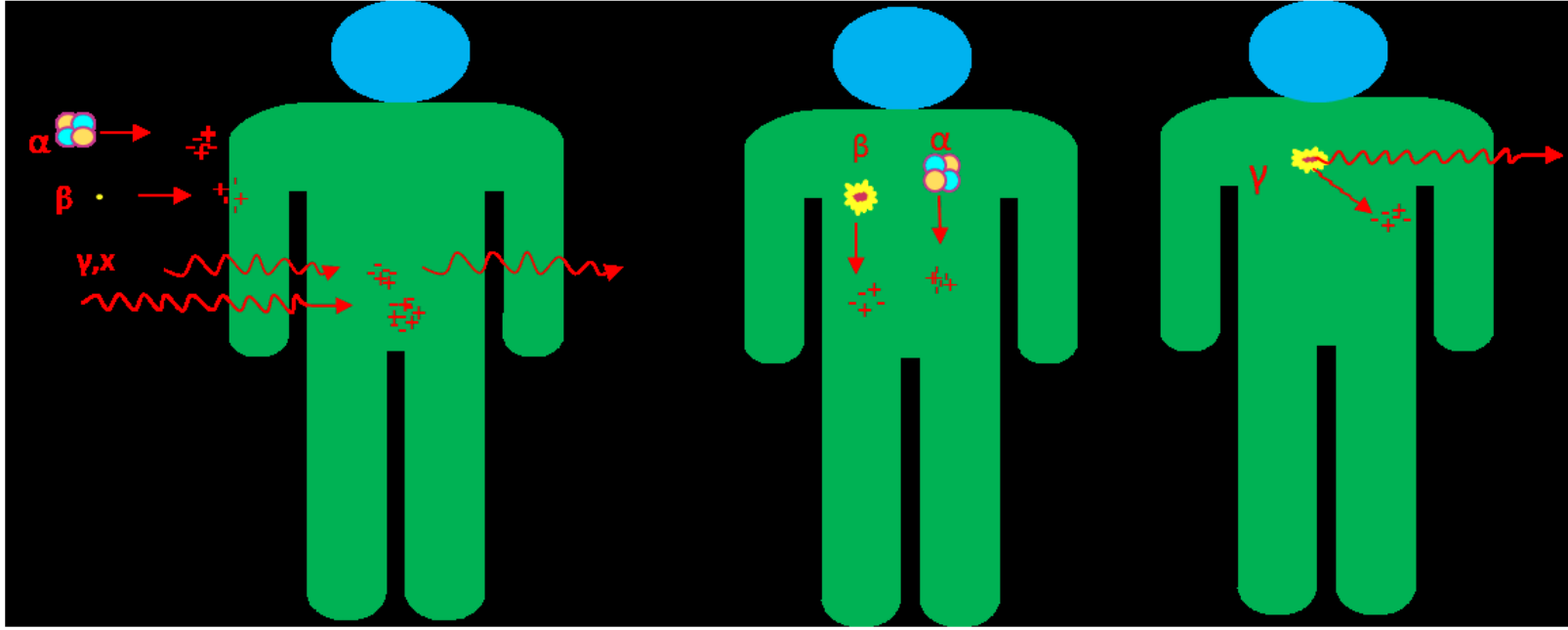


**RADYASYONDAN
KORUNUN!**

Nötron Radyasyonu



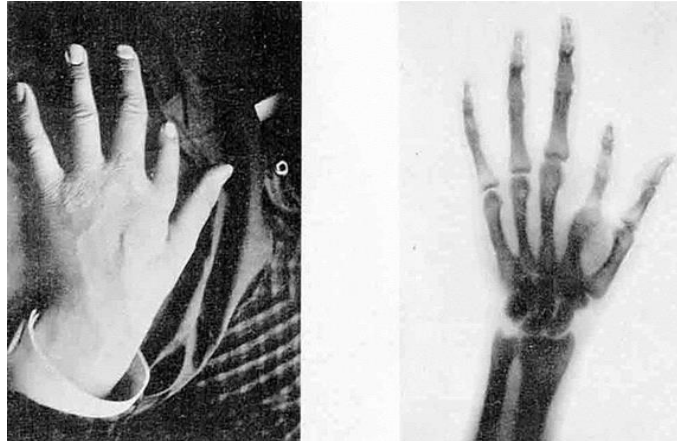
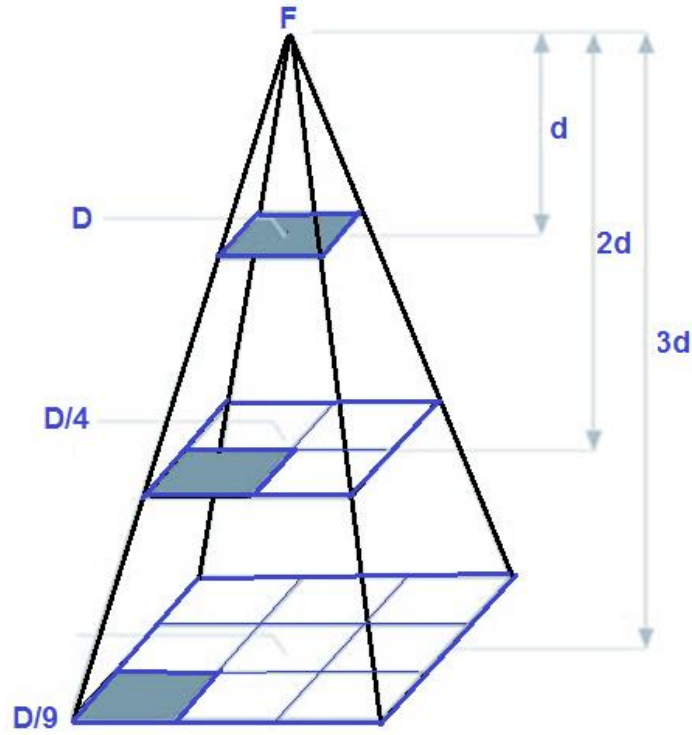
Radyasyonun giriciliği



- Vücudun dış kaynaklar tarafından ışınlanması (solda),
- Radyoaktif kaynakların vücuda girmesi (alfa ve beta kaynakları (ortada))
- Gama ışınları sağdaki şekilde gösterilmektedir.

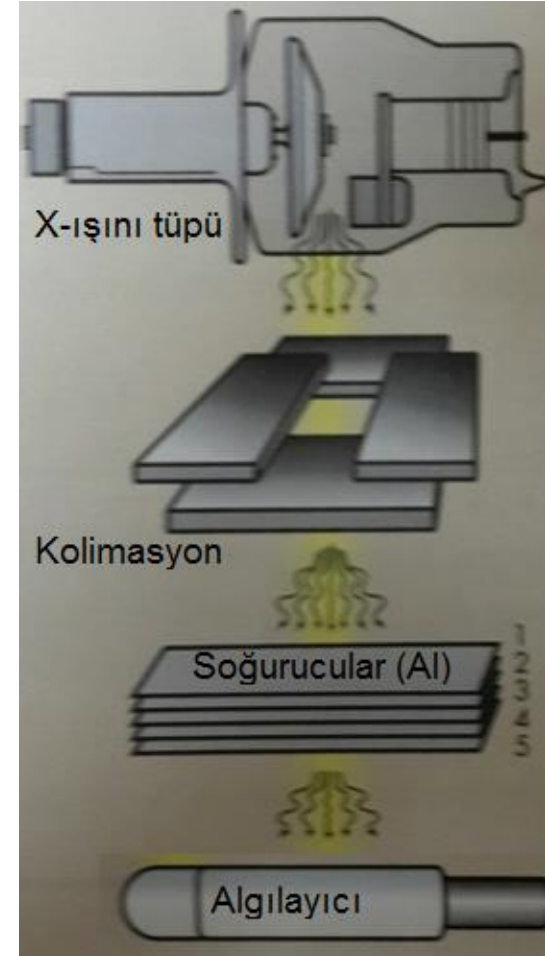
X-ışını radyasyonu

- X-ışınları, gözle görülmeyen, maddelerin içinden geçebilen yüksek enerjili elektromanyetik radyasyonlardır.
- X ışını tüpten noktasal olarak çıkar ve her yöne doğru çizgisel yayılır.
- Yüksüz oldukları için elektrik ve manyetik alanda saptırılamazlar.
- Maddeyi iyonize ederek biyolojik ve kimyasal hasarlar oluştururlar.
- Kurşun ve beton gibi yoğun malzemelerle durdurulurlar.



X-ışını cihazı özellikleri

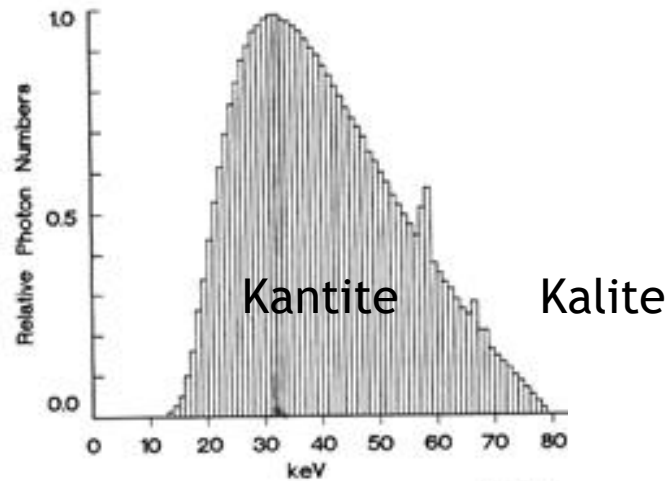
- **Metal mahfaza:** Saçılan radyasyonu engeller.
- **Kontrol paneli:** Eski sistem cihazlarda (özellikle röntgen) önemli. Otomatik ekspozur sistemleri (bölgeye ve kiloya spesifik program)
- **Kolimatör:** Demeti sınırlandırarak sadece inceleme yapılacak bölgeye yönlendirir
- **Filtreler:** X-ışını demetindeki ışınlar homojen değildir. Düşük enerjili X-ışınları görüntü oluşturmada faydalı değildir, sadece alınan dozu arttırırlar. Filtreler bu düşük enerjili X-ışınlarını soğurur.
- **Radyasyon dedektörü:** X ışını sistemlerinde imaj reseptörüne görüntü elde etmeye yetecek miktarda X ışını gelince otomatik olarak ekspozuru sonlandırır.



X-ışını cihazlarının temel yapısı

Kalite ve kantite

- **Kalite** = X-ışını **penetrasyon** (giricilik) yeteneği, etkin foton enerjisi, HVL ile ifade edilir-kalite için en özgün parametredir.
- **Kantite**=Demetteki X-ışını sayısı (foton sayısı), **ışın yoğunluğu, maruziyet**, (joule), (Gray), (Rontgen)



X-ışını cihazlarının temel yapısı

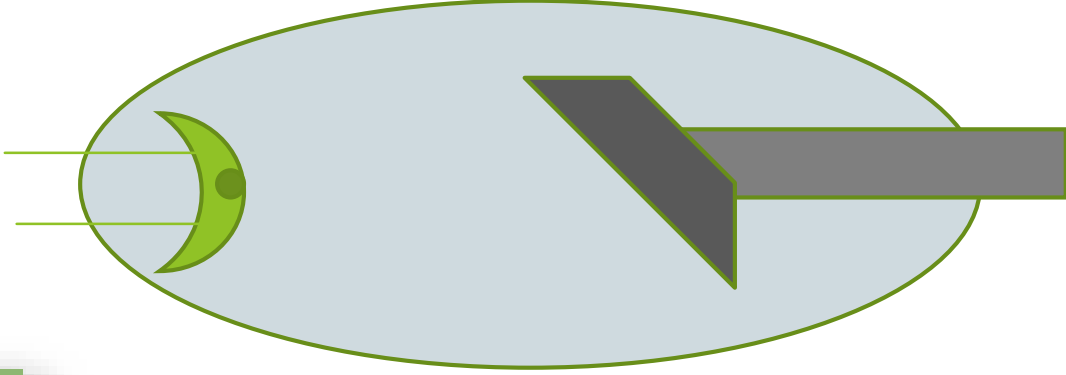
Kalite ve kantite

X-IŞIN KALİTE VE KANTİTESİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

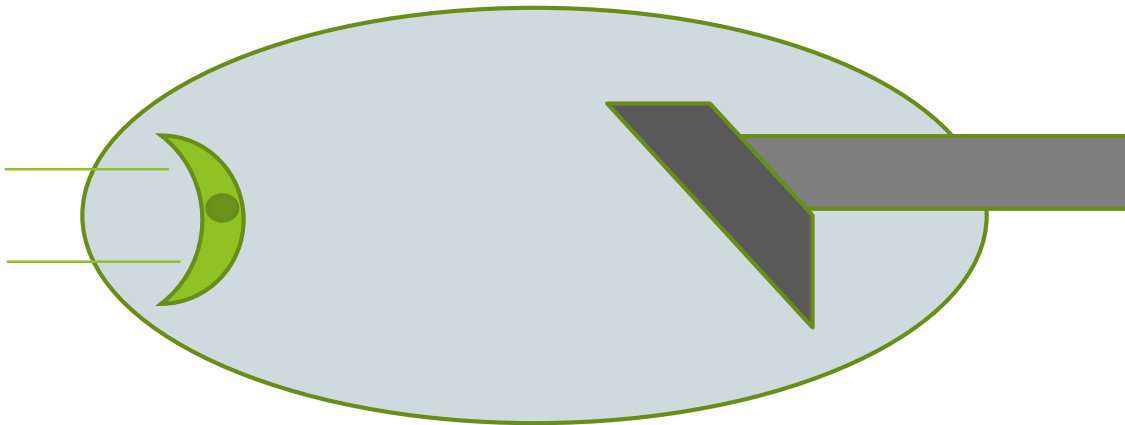
Artış	Kantite	Kalite
Akım (mAs) ↑	Artar	Değişmez
Voltaj (kVp) ↑	Artar	Artar
Eklenen filtrasyon ↑	Azalı	Artar
Target atom no ↑	Artar	Artar
Voltaj dalgalanması ↑	Azalı	Azalı



Düşük kVp = daha **az** saçılma
= **Yüksek** Kontrast
=daha **az** giricilik

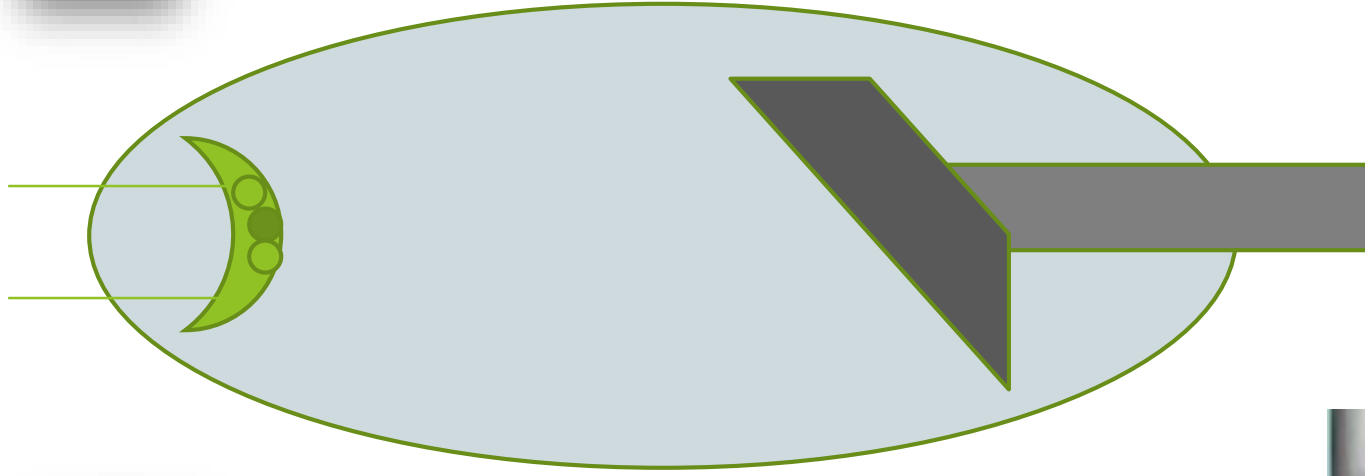


Yüksek kVp = daha **fazla** saçılma
= **Düşük** Kontrast
=daha **fazla** giricilik





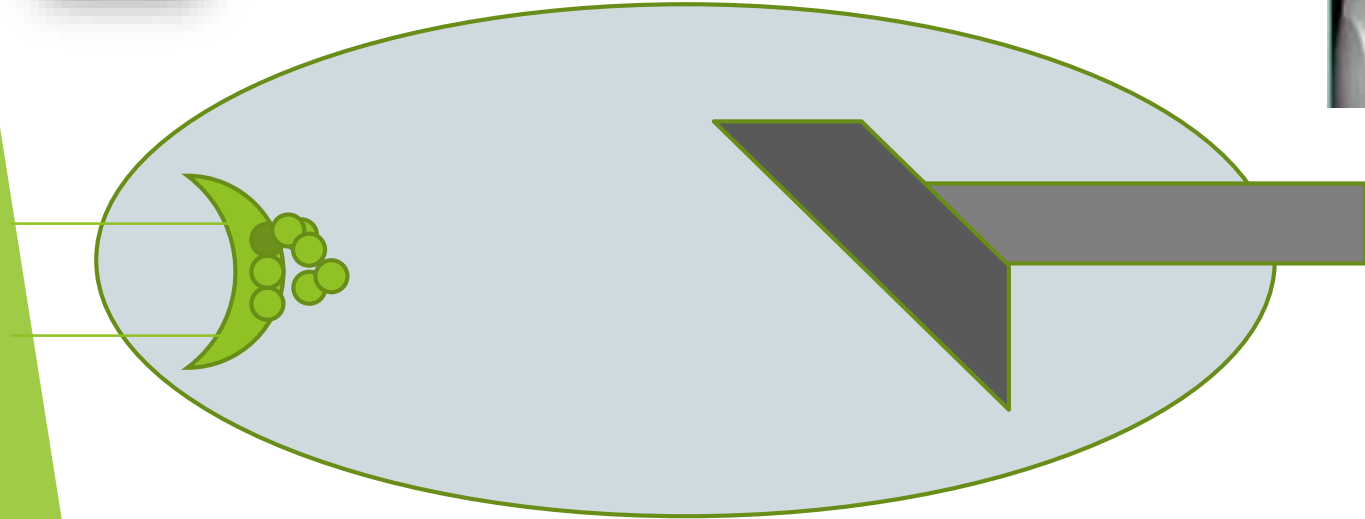
Düşük mAs = görüntü koyulaşır



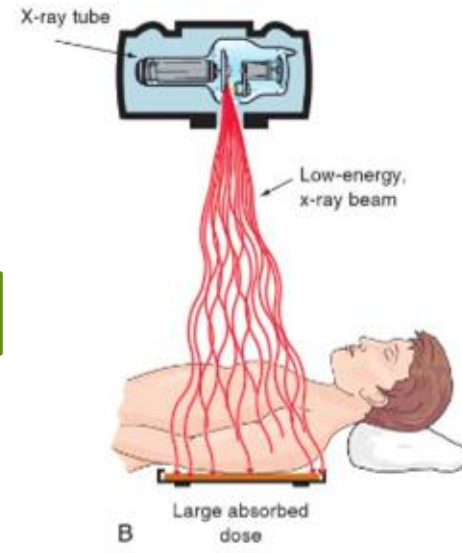
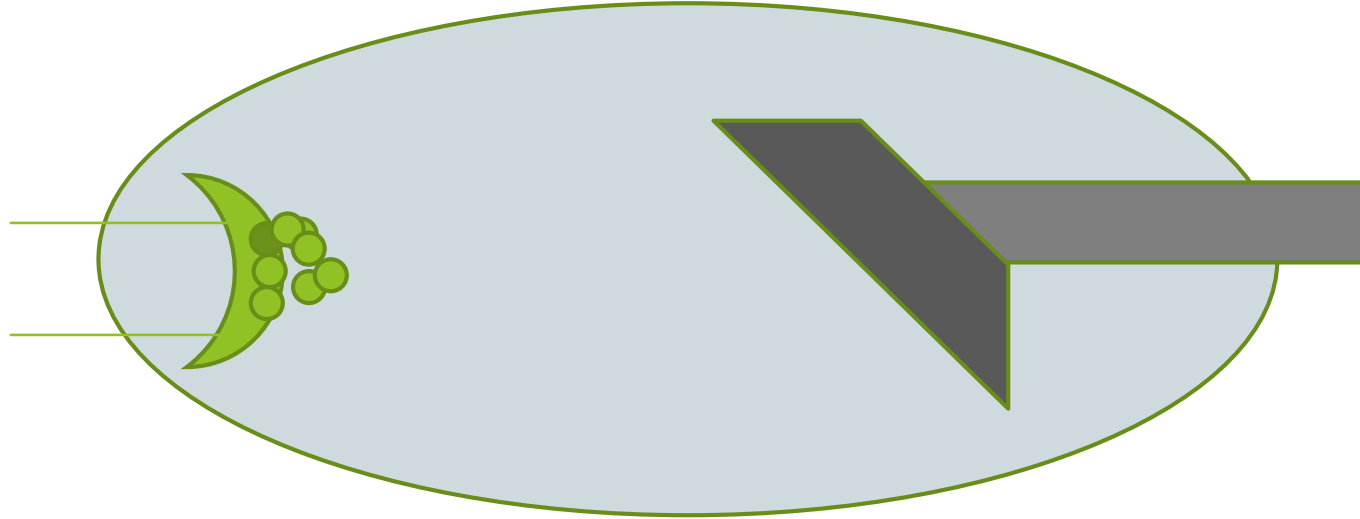
Yüksek → Düşük



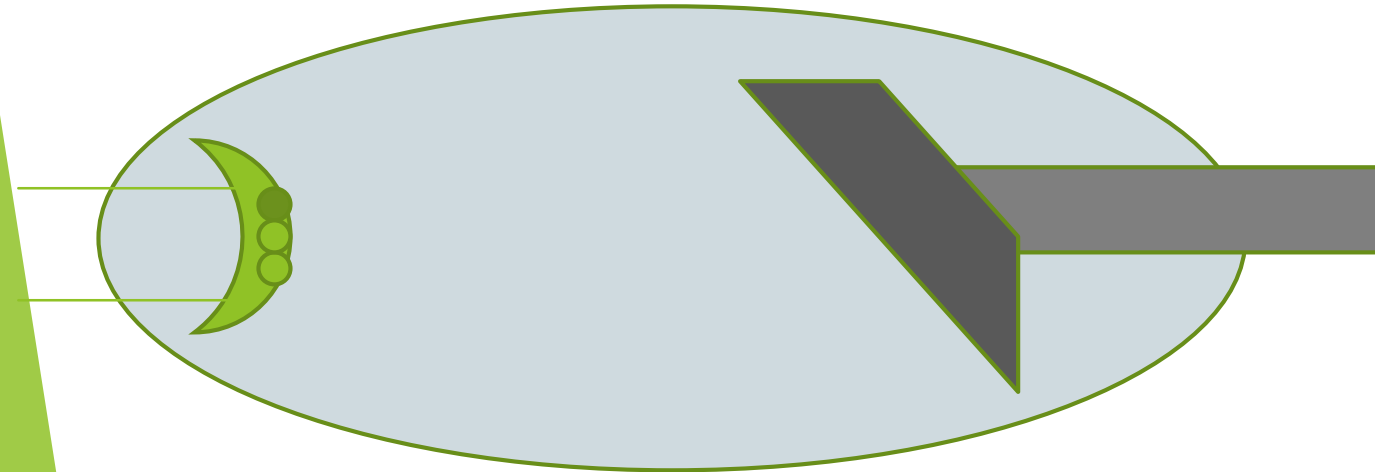
Yüksek mAs



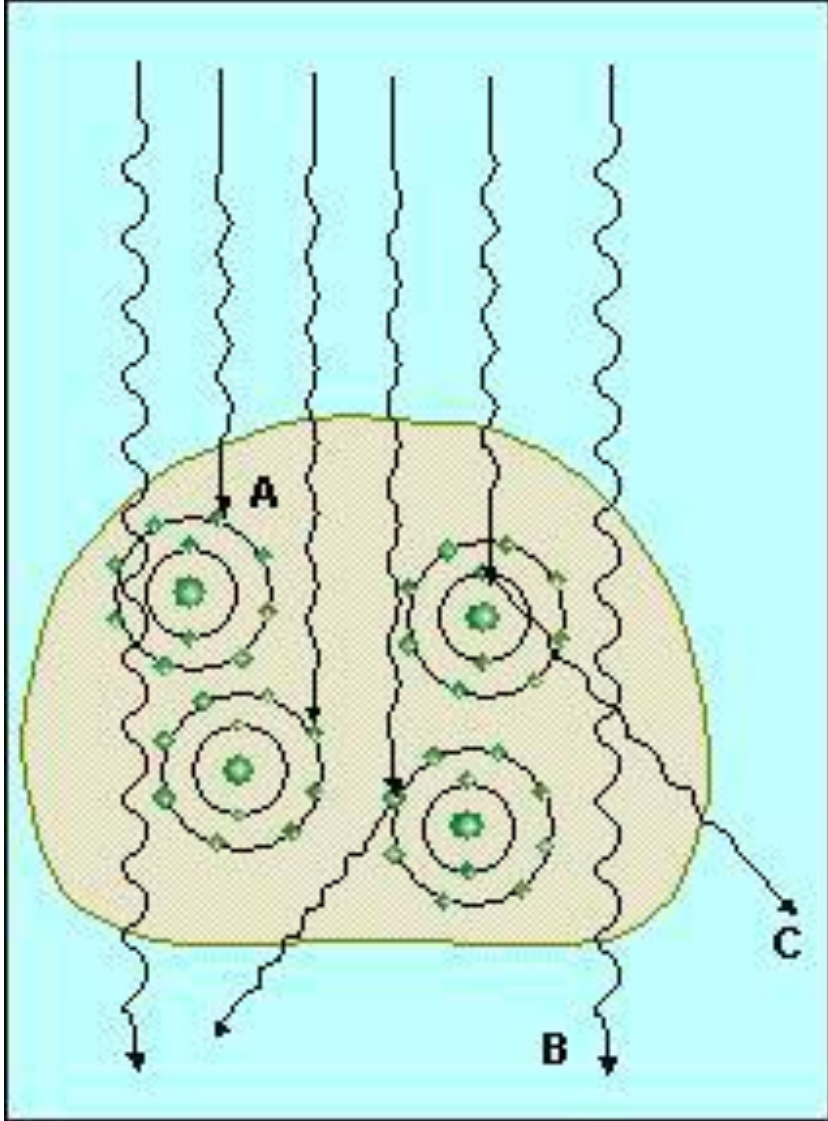
Düşük kVp ; Yüksek mAs



Yüksek kVp ; Düşük mAs = Daha az saçılma (Önerilen)



Radyasyonun madde ile etkileşmesi



A) Soğrulma: Elektronla çarptıktan sonra tüm enerjisini vererek absorbe olan x-ışını.

B) Geçme: Vücudu herhangi bir etkileşim olmadan geçerek film ya da ekran üzerine düşen ve görüntü oluşturan x-ışını.

C) Saçılma: Elektronla çarparak enerjisini kısmen kaybeden ve yön değiştirerek saçılan x – ışını.

Radyasyon ölçüm birimleri



Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi (ICRU) radyasyon çalışmalarında tüm dünyada kullanılan birimlerin aynı olması düşüncesi ile M.K.S. sistemini esas alan “Uluslararası Birimler Sistemi (SI)” 1986 yılından itibaren kullanılmaktadır.

Radyasyon niceliği	Konvansiyonel birim	S.I. birim	Aralarındaki ilişki
Işınlama Dozu (Havadaki iyonizasyon)	Roentgen $2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$	NA (Air Kerma) Coulomb/kg	$1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$ $1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$
Soğrulan Doz (Depolanan enerji)	Rad 10^{-2} Joule/kg	Gray Joule/kg	$1 \text{ Rad} = 1 \text{ cGy}$ $1 \text{ Gy} = 100 \text{ Rad}$
Doz Eşdeğeri (Biyolojik etki)	Rem = $\text{Rad} \times W_R$	Sievert $\text{Gy} \times W_R$	$1 \text{ Rem} = 0,01 \text{ Sv}$ $1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem}$
Radyoaktivite	Curie (Ci) $3.7 \times 10^{10} \text{ sn}^{-1}$	Becquerel (Bq) 1 sn^{-1}	$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ $1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$



W.C. Roentgen



L.H. Gray



R. Sievert



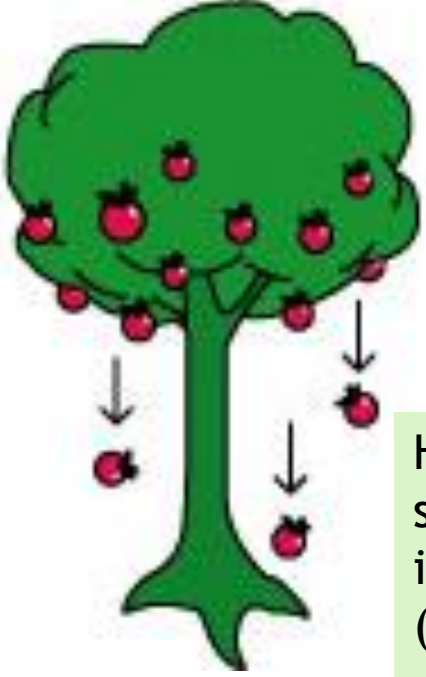
H. Becquerel



M. Curie

**RADYASYONDAN
KORUNUN!**

Radyasyon Ölçüm Birimleri

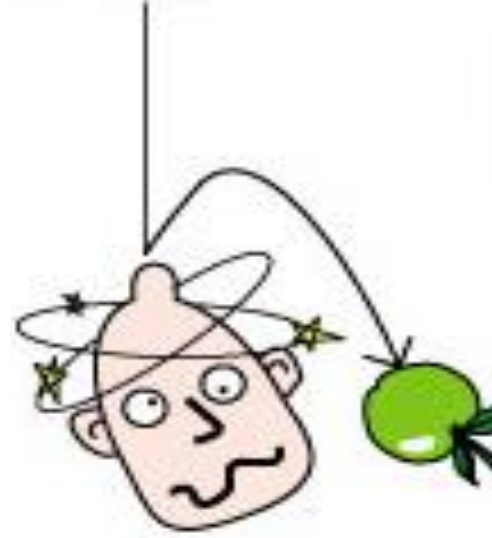


Havadaki elmaların sayısı **Coulomb/kg** ile karşılaştırılabilir. (Işınlama)
(RÖNTGEN)

Düşen elmaların sayısı **Becquerel** ile karşılaştırılabilir. (Saniyedeki bozunum sayısı)
(CURIE)



Uyuyan adama **çarpan** elmaların sayısı **Gray** ile karşılaştırılabilir. (Soğurulan doz)
(RAD)



Elmanın büyüklüğüne ve ağırlığına göre vücutta yaptığı etki **Sievert** ile karşılaştırılabilir. (Etkin doz)
(REM)

RADYASYONDAN KORUNMA



DOZ SINIRLAMA SİSTEMİ

1. **JUSTİFİKASYON (Gerekçelendirme-Net Fayda)**
2. **OPTİMİZASYON (En Düşük Doz Alınması / ALARA)**
3. **DOZ SINIRLARI**



Kişilere veya topluluklara, radyasyon hasarlarına kaşı net bir yarar sağlamayan radyasyon uygulamalarına izin verilmemelidir.

Örnek;

*«Türkiye'ye nükleer santrallerin kurulması...»
«Mesleki, yasal veya sağlık sigortası amaçlı radyolojik uygulamaların, klinik bir bulgu yoksa ve kişinin sağlığı ile ilgili önemli bir bilgi beklenmiyorsa, profesyonel kuruluşlar tarafından istenmedikçe justifiye edilmemesi...»*



RADYASYONDAN KORUNMA

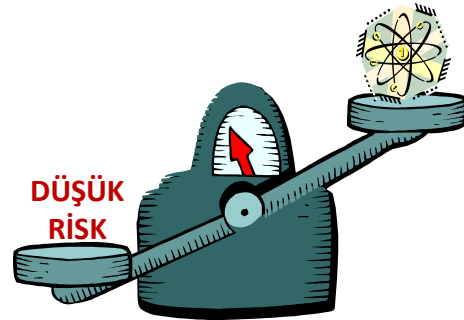


DOZ SINIRLAMA SİSTEMİ

1. *JUSTİFİKASYON (Gerekçelendirme-Net Fayda)*
2. *OPTİMİZASYON (En Düşük Doz Alınması / ALARA)*
3. *DOZ SINIRLARI*

Uygulamalarda net yararı maksimize etmek üzere ışınlanan kişilerin sayısı, bireysel dozun büyüklüğü, ekonomik ve sosyal faktörler dikkate alınarak, mümkün olan en düşük dozun alınmasının başarılmasıdır.

ALARA (As Low As Reasonably Achievable)
«Mümkün olan en düşük dozun alınması»



**RADYASYONDAN
KORUNUN!**

RADYASYONDAN KORUNMA



DOZ SINIRLAMA SİSTEMİ

1. *JUSTİFİKASYON (Gerekçelendirme-Net Fayda)*
2. *OPTİMİZASYON (En Düşük Doz Alınması / ALARA)*
3. **DOZ SINIRLARI**

*Tıbbi ışınlamalar hariç, izin verilen tüm ışınlamaların neden olduğu ilgili organ veya dokudaki eşdeğer doz ve etkin doz, **yıllık doz sınırlarını aşamaz!***

ICRP	Radyasyon Görevlisi	Halk	Stajyer
Tüm vücut	20 mSv (5 yılın ortalaması) 50 mSv (herhangi bir yılda)	1 mSv (5 yılın ortalaması) 5 mSv (herhangi bir yılda)	6 mSv
El, ayak, cilt	500 mSv	50 mSv	150 mSv
Göz merceği	150 mSv	15 mSv	50 mSv



RADYASYONDAN KORUNMA

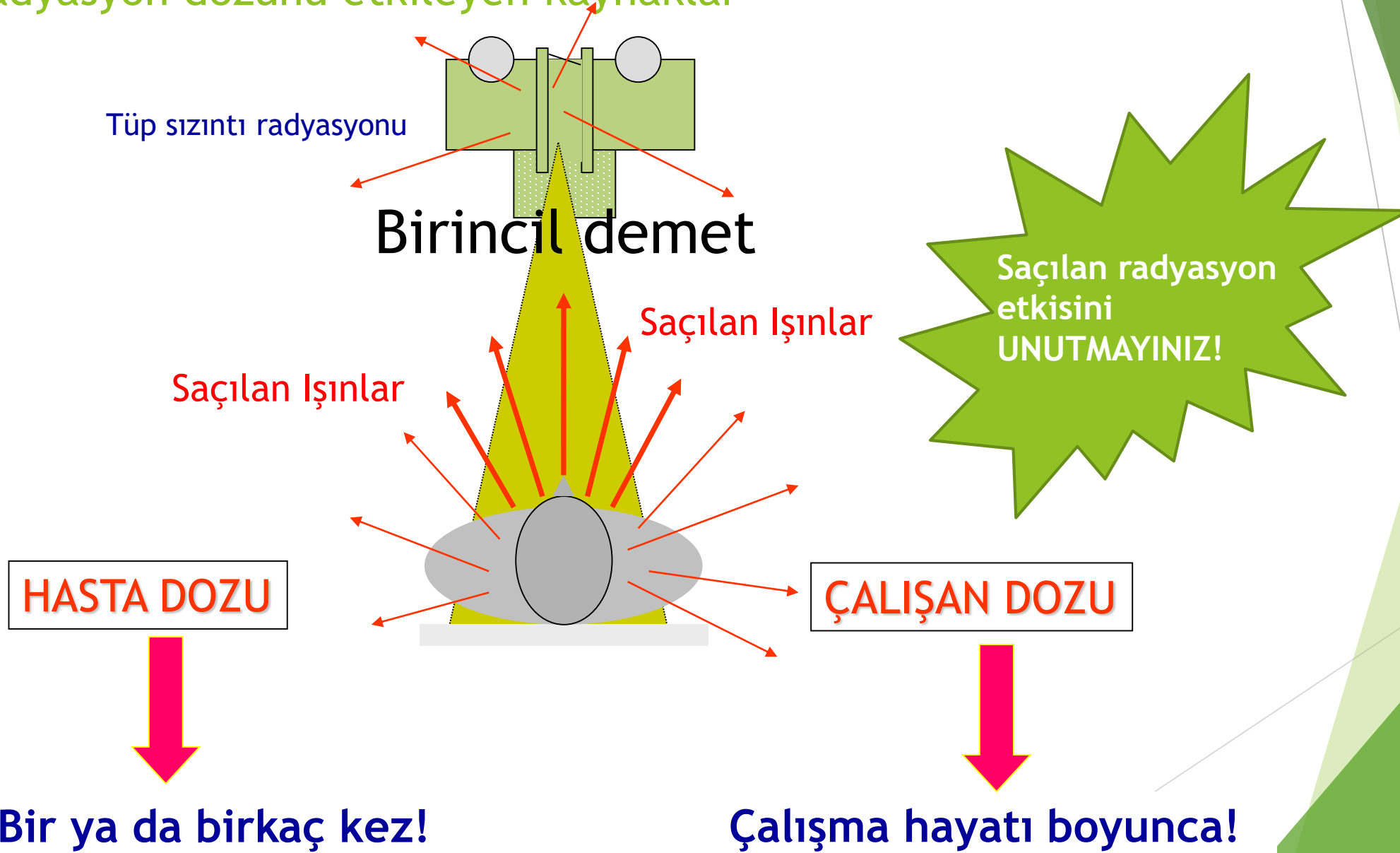
Röntgen Tetkiklerinden Ne Kadar Doz Alıyoruz?

Tetkik		Doz (mSV)
Klasik X-Işını	Göğüs	0,14
	Kol, Bacak	0,06
	Kalça	0,83
	Kafa	0,07
	Karın	0,53
Mamografi	Tarama	0,07
	Klinik	0,21
Bilgisayarlı Tomografi	Kafa	2,3
	Vücut	13,3

(Kaynak: UNSCEAR 2000 Report)

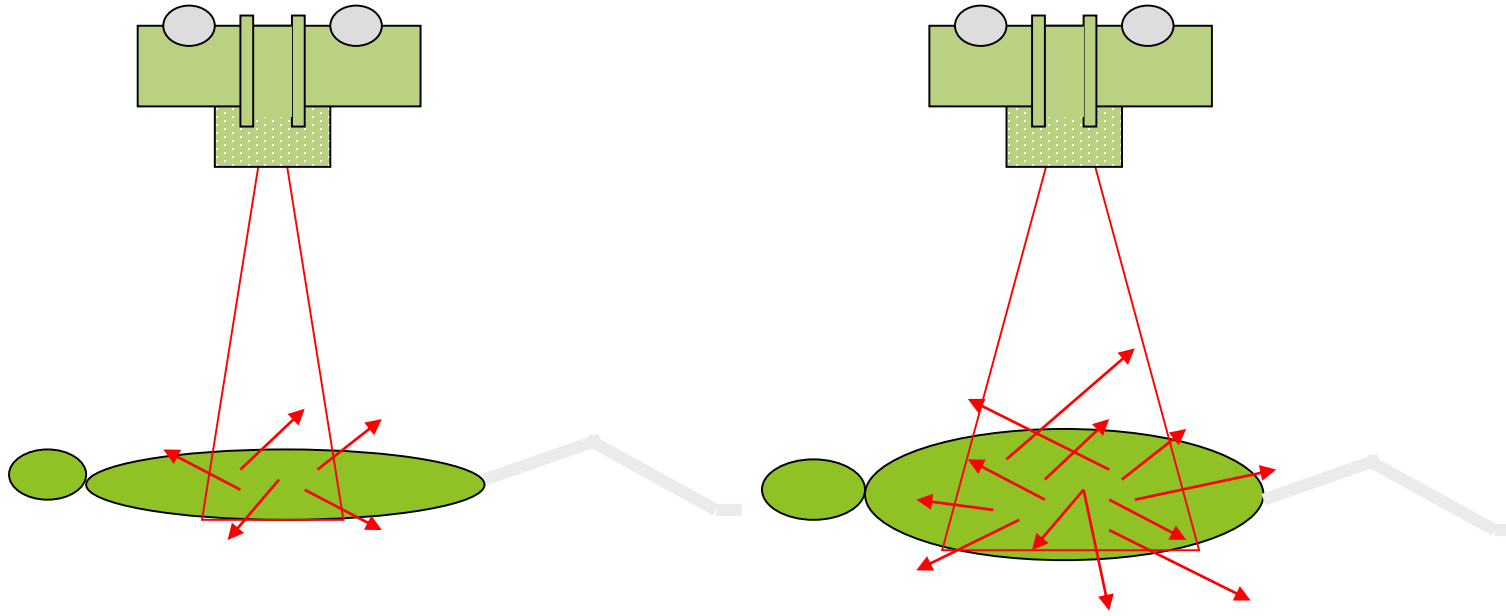
Çalışanların radyasyon dozlarının azaltılması

Radyasyon dozunu etkileyen kaynaklar



Çalışanların radyasyon dozlarının azaltılması

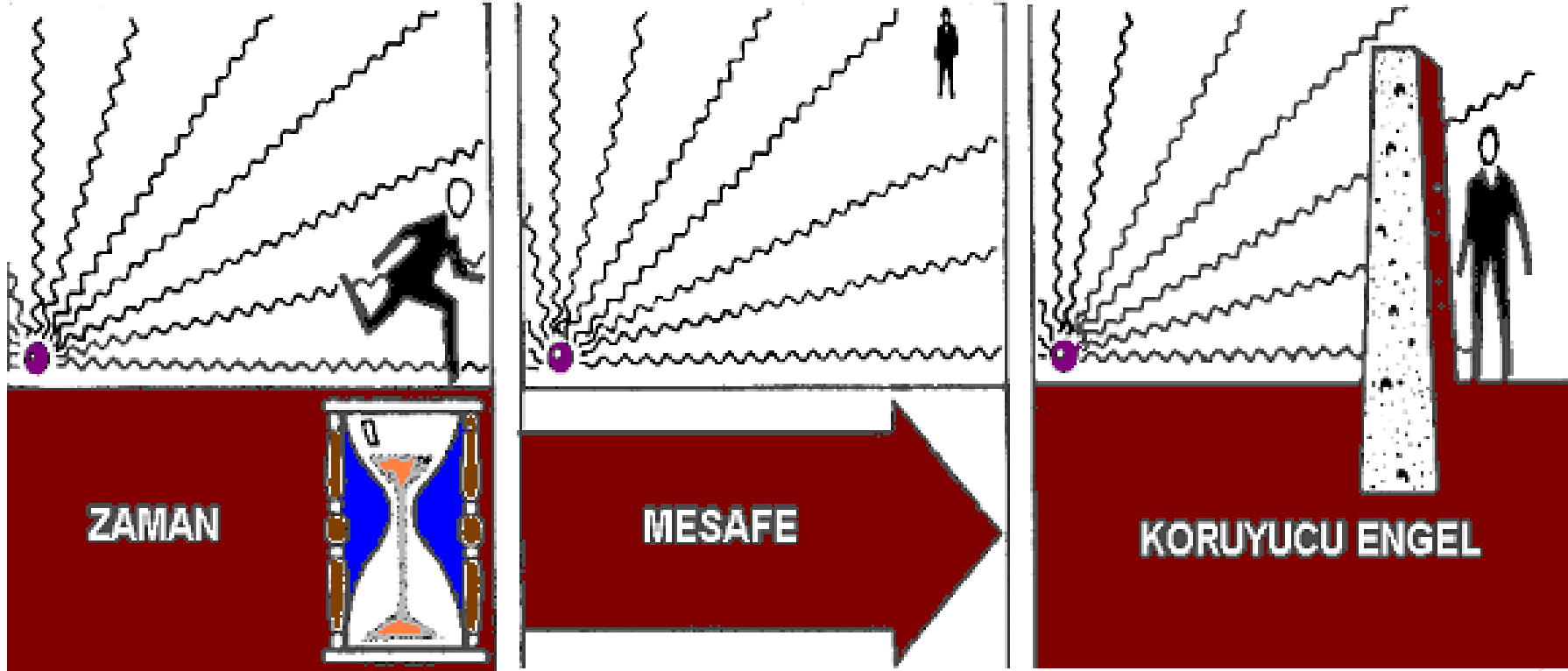
► Hasta boyutunun doza etkisi



- İri bir hastada görüntü kalitesinin ince hasta ile aynı olabilmesi doz hızının yaklaşık **on kat** artırılmasıyla mümkün olur.
- Artan saçılmış radyasyon nedeni ile çalışan dozunu da yükseltecektir.

Çalışanların radyasyon dozlarının azaltılması

Dış radyasyondan korunmanın 3 temel kuralı vardır:



Çalışanların radyasyon dozlarının azaltılması

Hatırlatma!

«Hastayı gereksiz radyasyondan korumak için yapacağınız her işlem,

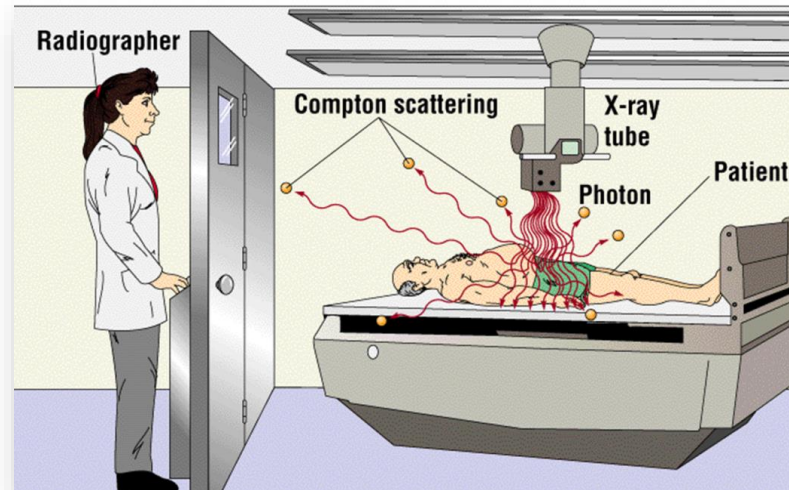


Kendi mesleki korunmanızı da büyük ölçüde katkı sağlayacaktır»

RADYASYONDAN KORUNMA



Sadece
😂 hasta
gelsin...



**KİŞİSEL DOZİMETRE
TAŞINMASI ZORUNLUDUR**

**RADYASYONDAN
KORUNUN!**

KAYNAKLAR

- ▶ Tamer Kaya, Tıp Öğrencileri İçin Temel Radyoloji Fiziği.
- ▶ Doğan Bor, RADYASYON NEDİR? Halkımız için Bilgilendirme Kılavuzu (2015).
- ▶ Mary Alice Statkiewicz Sherer, Paula J. Visconti, E. Russell Ritenour, Kelli Haynes , Radiation Protection in Medical Radiography (2014)
- ▶ https://en.wikipedia.org/wiki/Radiation_protection
- ▶ <http://www.taek.gov.tr/ogrenci/index.html>