

Doç. Dr. Sait Albayram

RADYASYON GÜVENLİĞİ



Radyasyon

Tanim:

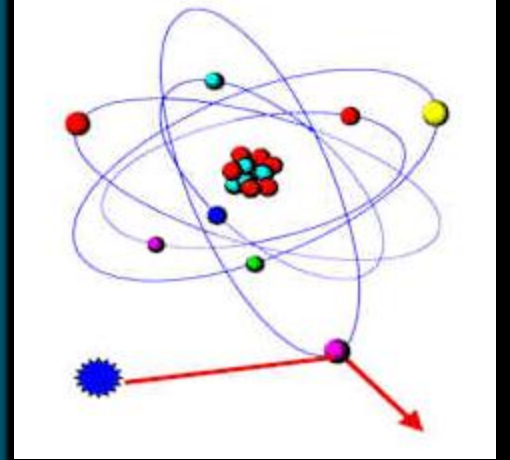
✓ **Partikul yada dalga formunda enerji**



Tanımlamalar

Ionize Radyasyon

Alpha α
Beta (β)
Gamma (γ) \ X isini
Neutronlar (n)



Non-Ionize Radyasyon Elektromenyetik

Laserler
Radiofrekans

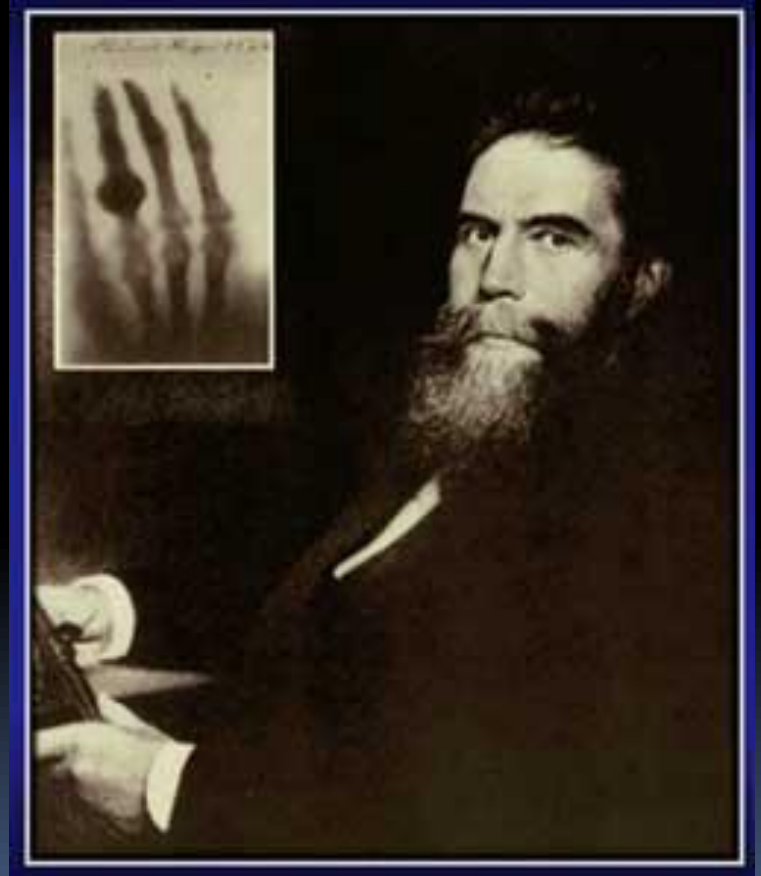
Cep telefonu
Antenler
Mikrodalgalar
Guc istasyonalri

Magnetler

MRI/NMR
Katod isin tupleri
Sarjli partikul isinlar
Kitle spektrometreleri
Solenoid valvler
Magnetic trains

Wilhelm Roentgen

- X-ışınlarını; 8 Kasım 1895 yılında buldu .



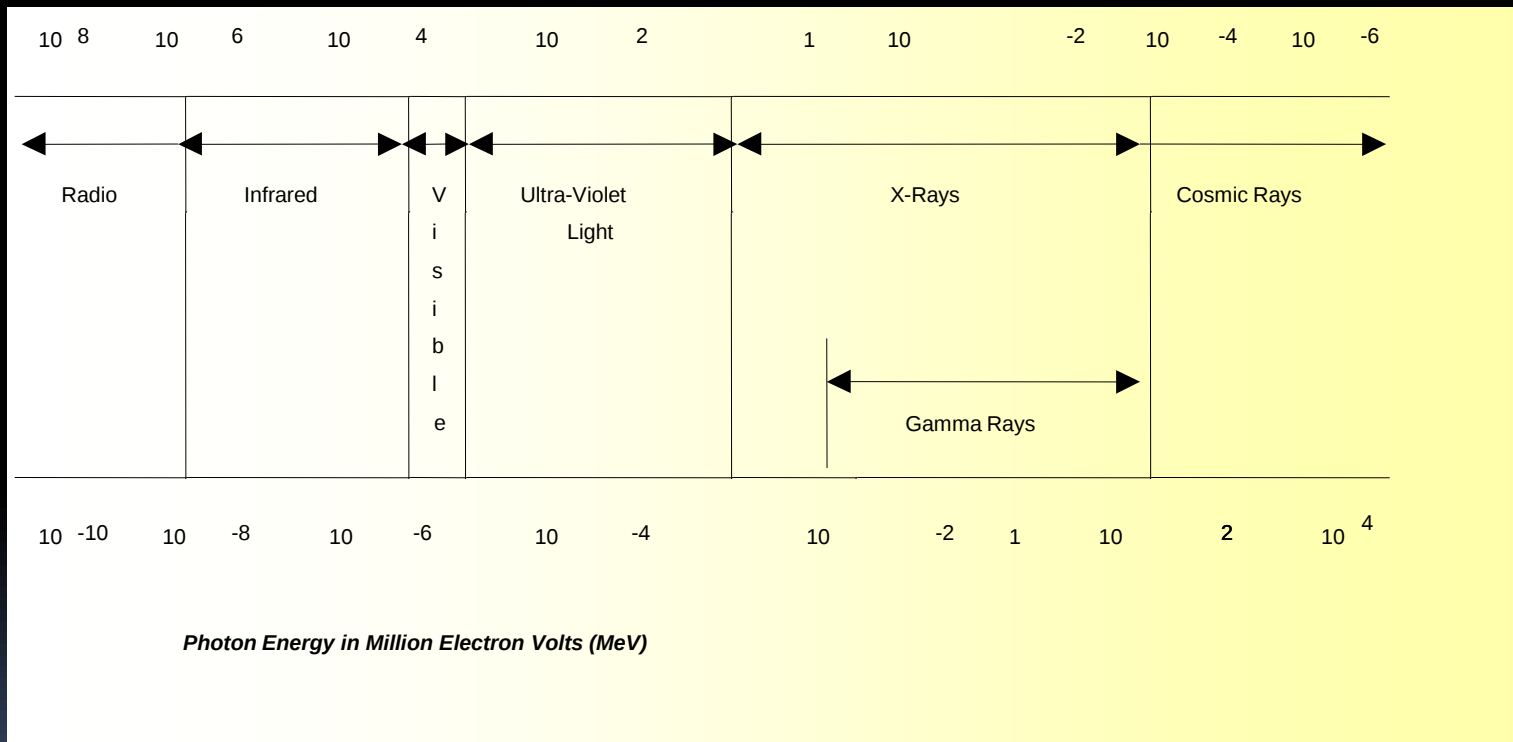
Ionize Radyasyona Maruz Kalma Limitleri

- *Yillik mesleki limit. (5K mrem)*
- *Hamile çalışanlar için (500 mrem/9 mo)*
- *Cocuklar (10% eriskin dozu)*

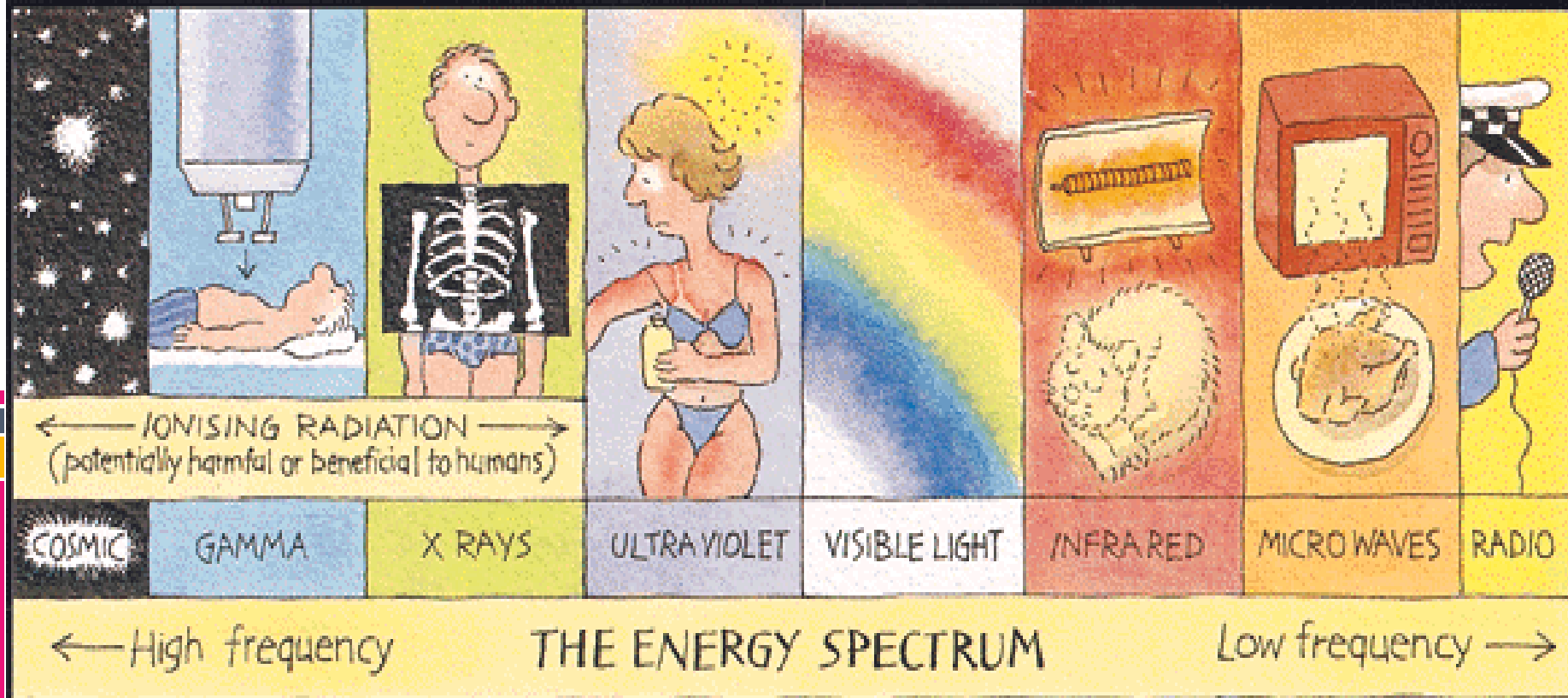
Ortalama "halk" dozu 360 mrem/yil
Ortalama dental x-ray = 10 mrem
Bas/boyun x-ray = 20 mrem
Ulkelerarasi havayolu ucusu = 5 mrem

Elektromanyetik Spektrum

Radyasyon Dalgauzunlugu/ Angstrom Birimi



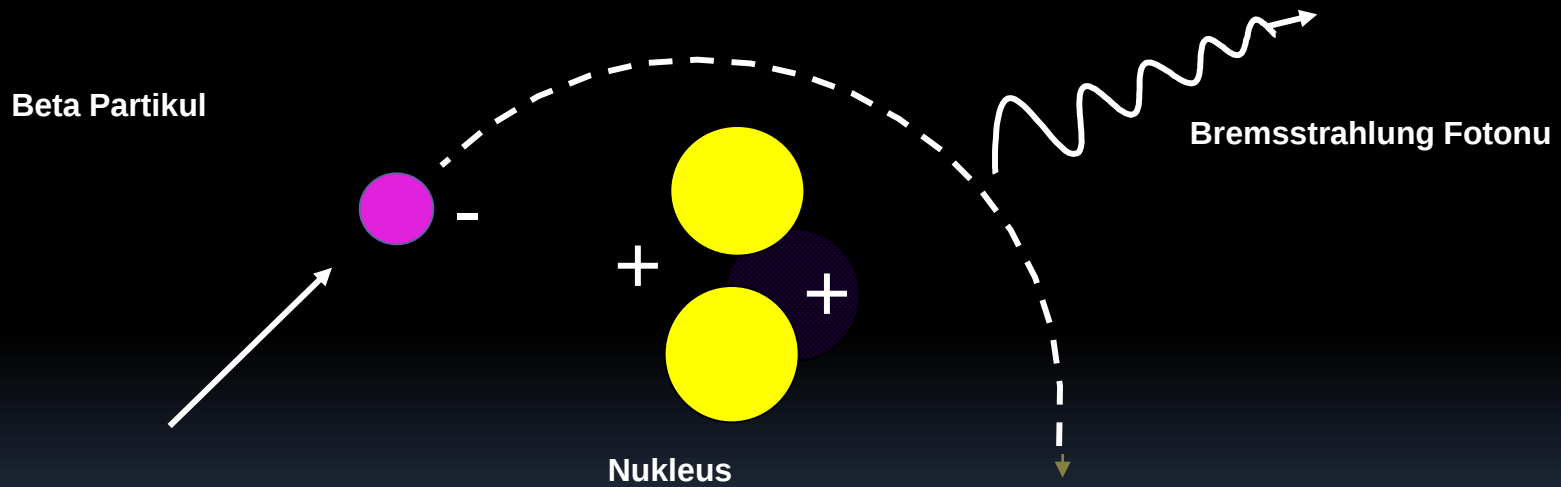
Non-Ionize Radyasyon



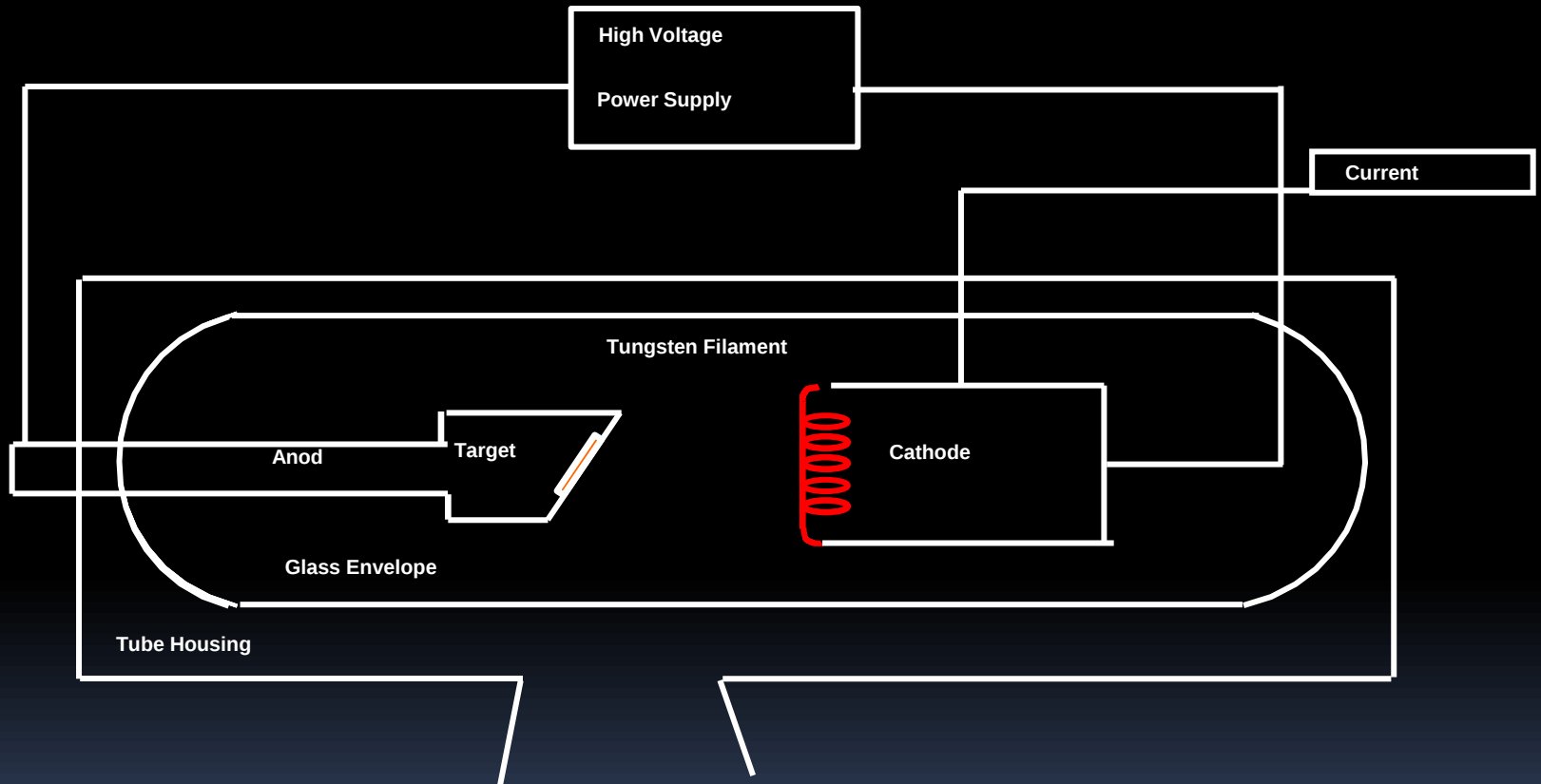
X-Işınları

- Radyasyon dalga tipi- non-partikül
-
- Elektron bulutundan orijin alan fotonlar
- Bremsstrahlung X-ışınları elektronlar veya beta partikülleri nükleus .evresinde yavaşlayınca oluşur

Bremsstrahlung Radyasyonu



X-Işını Cihaz Komponentleri



X-Işını Temel Kuralları

- ✓ **kVp** - X-ışınlarının ne kadar penetre olduğu
 - ✓ Mamografi - 20 - 30 kVp
 - ✓ Dental - 70 - 90 kVp
 - ✓ Göğüs- 110 - 120 kVp
- ✓ **mA** – ne kadar radyasyon üretildiği
- ✓ **Zaman**- makinenin ne kadar süre ile açık kaldığı
- ✓ Yukarıdakilerin kombinasyonu **`exposure=pozlama`yi** verir

Radyasyon Tipleri

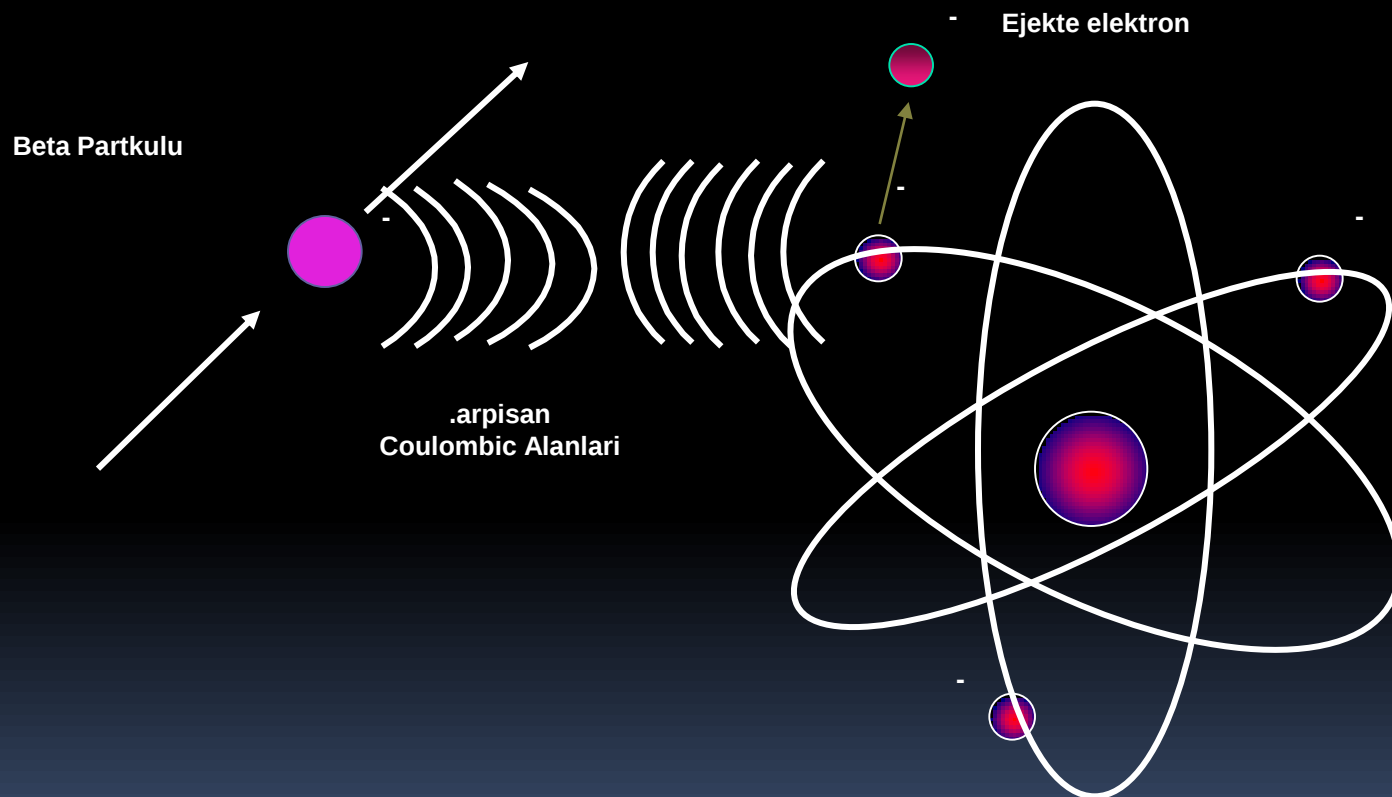
	Kitle (amu)	Yük	Havadaki yolculuk mesafesi
Alfa	4.0000	+2	Birkac cm
Beta Plus	0.0005	+1	Birkac metre
Beta Minus	0.0005	-1	Birkac metre
Gama	0.0000	0	metrelerce
X-Isini	0.0000	0	metrelerce
Nötron	1.0000	0	metrelerce

Radyasyonun Maddeler ile Etkileşimi

- Radyasyon küçük miktarlarda enerji veya ısıyı depolar
- Molekülleri değiştirir
 - Hücre & DNA a zarar verir
 - Benzer etkiler kimyasallardan meydana gelebilir
 - Etkilerin çoğu ortaya çıkan iyon çiftleri üretimindedir

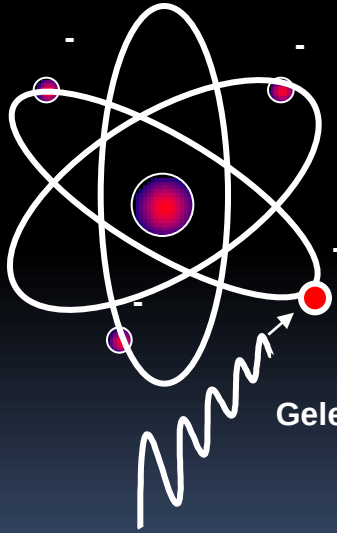
Ionizasyon

Beta partikulu ile ionizasyon



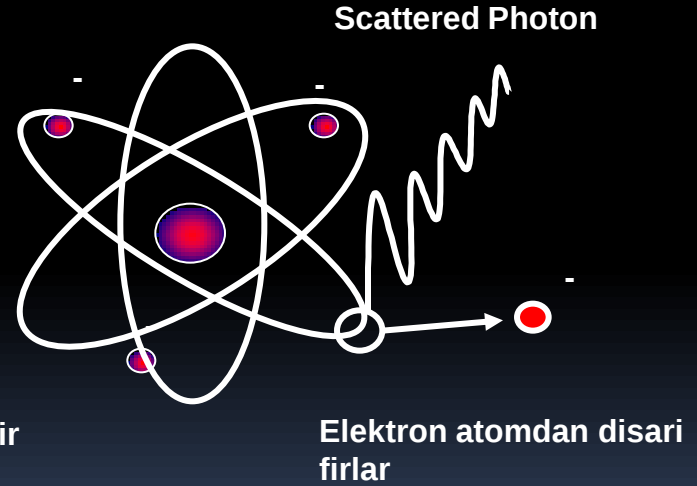
`Compton` Etkisi

Etkilesim oncesi



Gelen foton elektron ile carpisir

Etkilesim sonrasi



Elektron atomdan disari
firlar



Ne Olabilir ?

Iskalayabilir



Minor zarar



Major zarar



Olum





Frau Roentgen'n eli,
1895



Colles' kırığı 1896 .

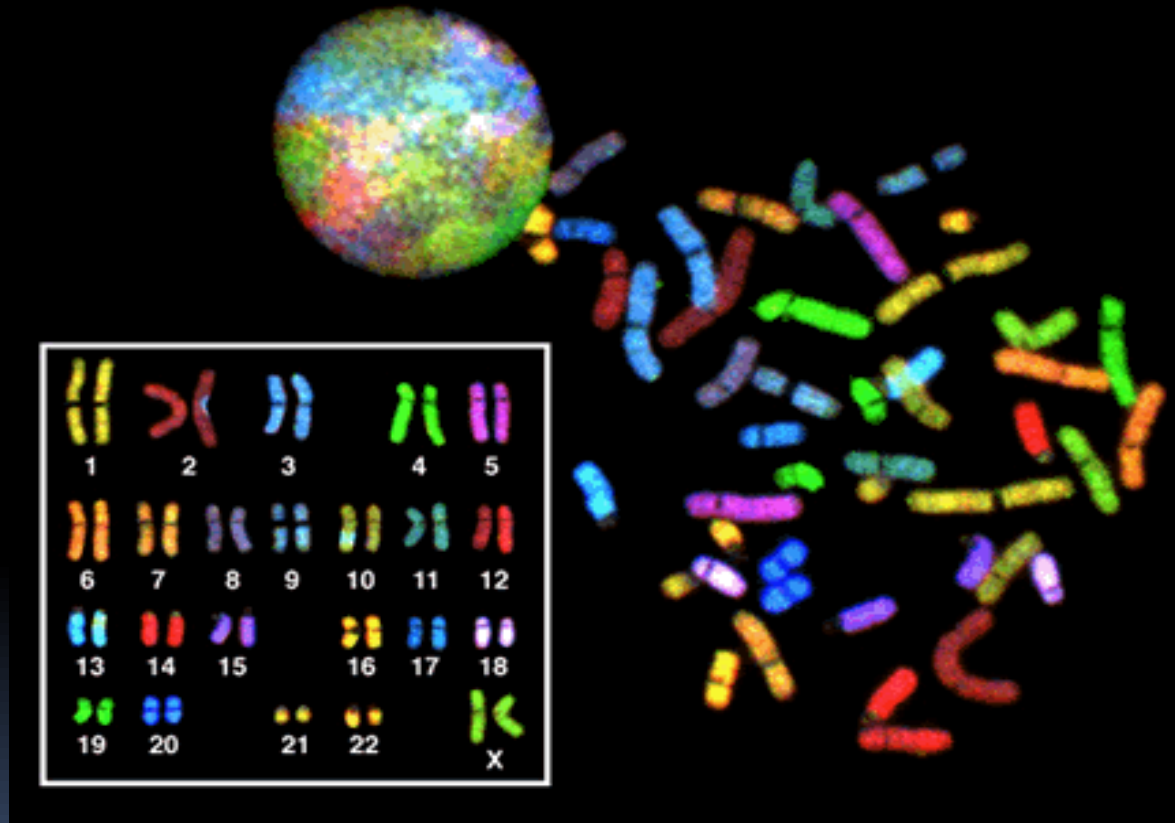
Mihran Kassabian (1870-1910)



ETKİLERİ

- Etki doz bağımlıdır
 - Hiçbiri olmaması ile ÖLÜM arasında geniş bir etki aralığı
 - DNA Zararı belirgin olabilir
 - *Single strand break*- vücut kolayca tamir eder
 - *Double strand break*- nadir fakat kolay tamir edilebilir

Radyasyonun Biyolojik Etkileri



Akut ekspozisyon

- Yüksek dozlar Kısa Süre içerisinde Alınırsa
 - Kaza
 - Nükleer Savaş
 - Kanser Tedavisi
- Kısa süreli etkiler (Akut radyasyon sendromu. 150- 350 rad Tüm vücut)

*Anoreksi
yorgunluk
epilasyon*

*bulantı
kusma
diare*

*eritem
hemoraji
olum*

İnsanda Akut Tüm Vücut Işınıms Etkileri

Absorbe edilen

Doz (Rad)

Etki

10,000

Birkac saat icerisinde olum

1,200

Birkac gun icerisinde olum

600

Birkac hafta icerisinde olum

450

LD 50/30

100

Muhtemel iyilesme

50

Gorulebilir etki YOK

25

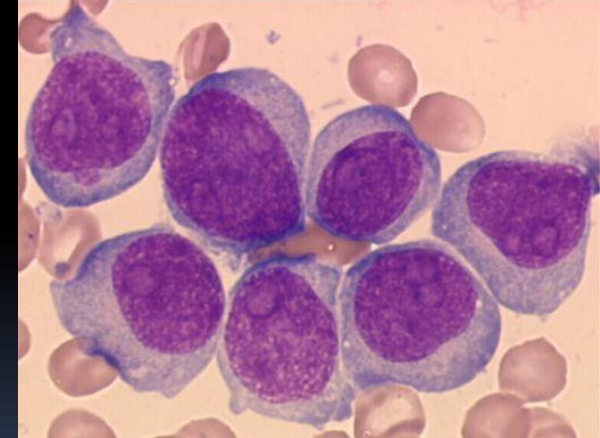
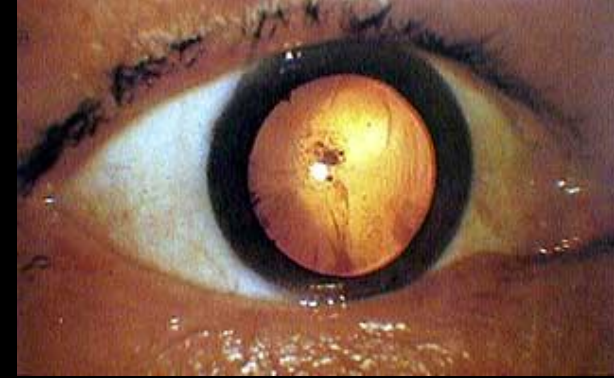
Belirgin Kan tablosu degisiklikleri

5

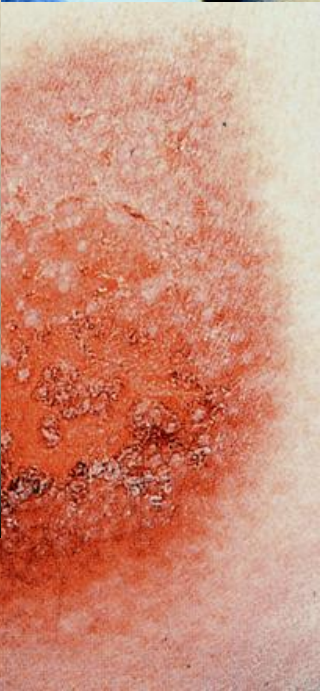
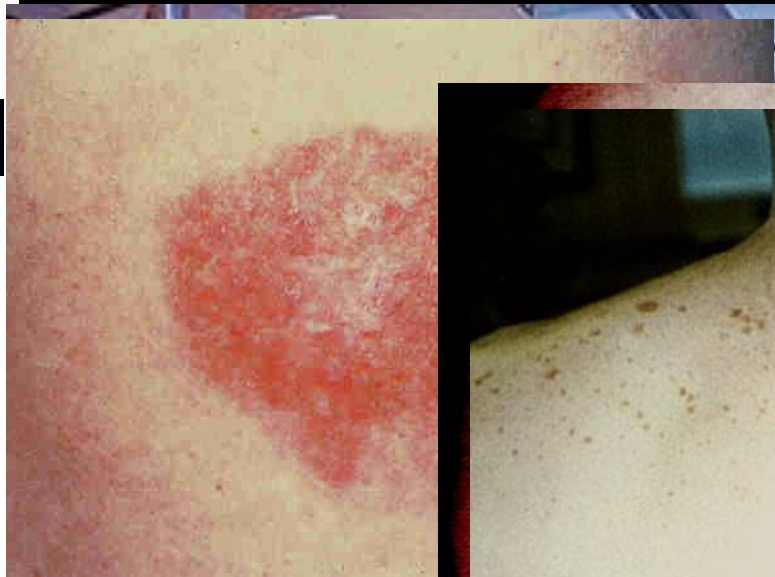
1. Kan degisiklikleri

Radyasyonun Etkileri

■ Akut radyasyon sendromu



- Artmış lösemi riski
- Radyasyon Kanseri 20% ; lösemi(normal insidans 4%)
İnsidans 6-8 yılda artar
- Solid kanserler– alımdan itibaren 10 yıl sonrasında



Kanser Riski

- 1: 20,000 → fatal kanser riski/ her millisievert için
 - Chest x-ray: 0.02mSv ► 1:1 milyon risk
 - Abdomen x-ray: 1mSv ► 1 : 20,000
 - Barium meal: 3mSv ► 1 : 7,000
 - CT abdomen: 10mSv ► 1 : 2,000
 - (Tipik girişimsel radyolog dozu < 3 mSv/y)

30 January 2004

X-RAYS used in everyday detection of diseases and broken bones are responsible for about 700 cases of cancer a year, according to the most detailed study to date.

700 CANCER CASES

The research showed that 0.6 per cent of the 124,000 patients found to have cancer each year can attribute the disease to X-ray exposure. Diagnostic X-rays, which are used in conventional radiography and imaging techniques such as CT scans, are the largest man-made source of radiation exposure to the general population.

Although such X-rays provide great benefits, it is generally accepted that their

Ortalama X-ray dozu = 0.5mSv ► 1 : 40,000 risk

UK Radyoloji = 41.5 milyon X-ışını/yıl

Kronik Ekspozisyon

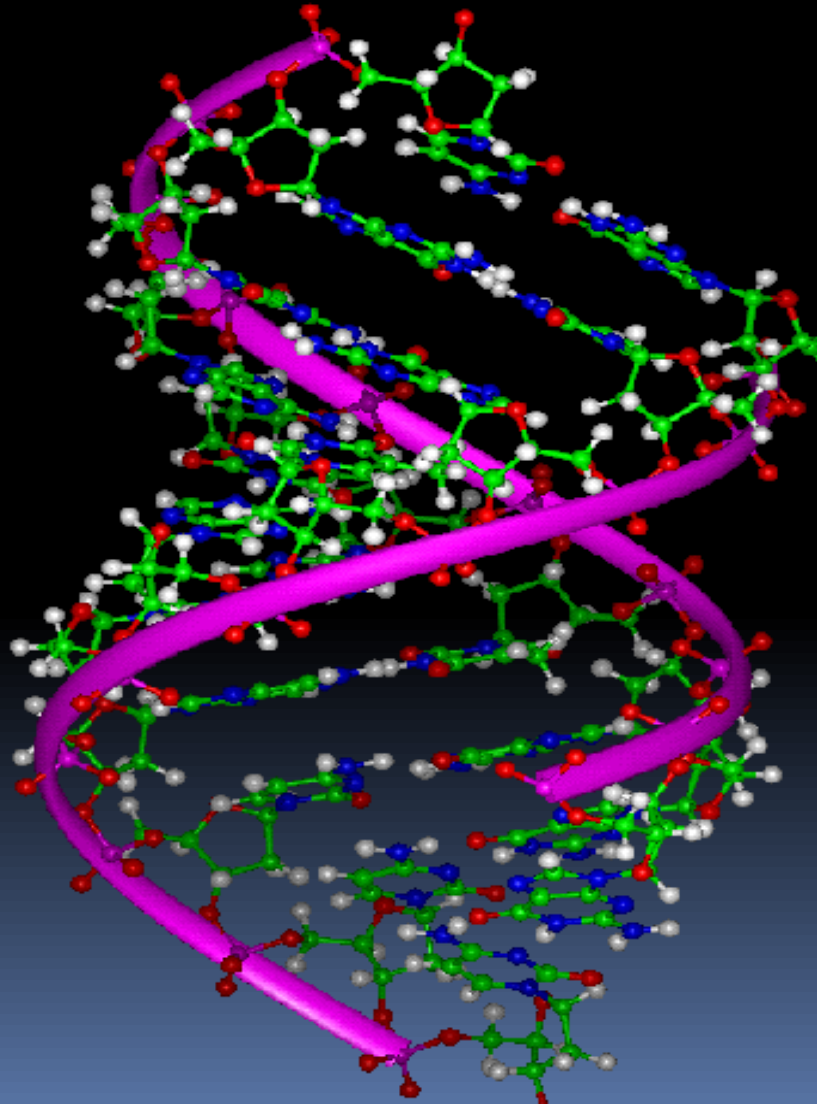
- Uzun Peryodlarda Alinan Doz
 - Arkaplan Radyasyon ekspoz'syonu
 - Mesleki Radyasyon Ekspoz'syonu
- 50 rem akut vs 50 rem kronik
 - akut: hucre tamiri icin zaman YOK
 - chronic: hucre tamiri icin zaman VAR
- Ortalama ABD tum hayat boyu alinan 20 - 30 rem
- Uzun sureli Etkiler
 - Kanser riskinde artis
 - 0.07% per rem hayatboyu ekspozisyon
 - Normal Risk: 30% (kanser insidansi)



Hücresel Etkiler

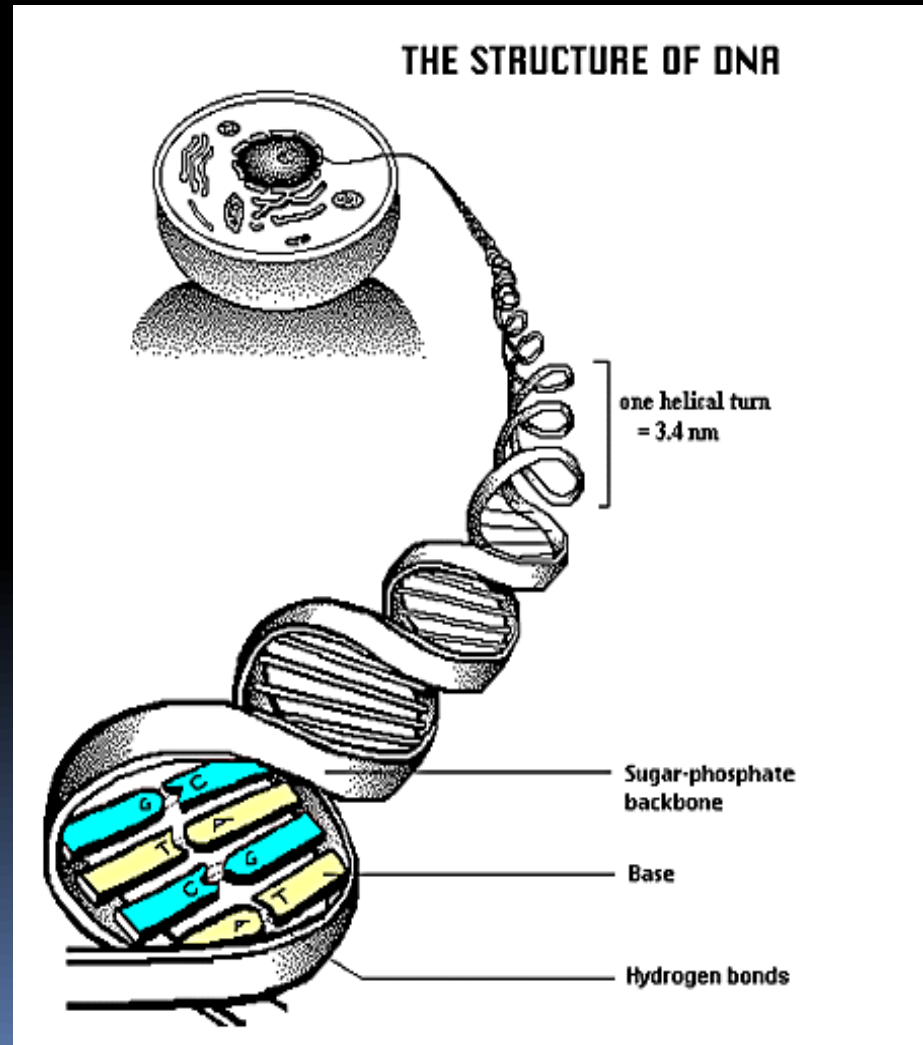
- Vücut dokularında ionizasyon: suya benzer
 - Ionizasyon ile oluşanlar:
 - Peroksidler
 - Serbest radikaller
 - Oksidler
- 

DNA ve RadyasyonRadiation



Iyonize Radyasyonun hücresel etkileri

- DNA kırılmaları
- Serbest radikaller oluşur



Hücrsel Etkiler

- Hücreler genellikle zarar sonrası iyilesir
- Tekrarlayan durumlarda kalıcı hasra oluşur
 - Hücre ölümü
 - Hücre disfonksiyonu - tumor, kanser, katarakt, kan bozuklukları
 - Mitoz | gecikmiş veya durmuş
 - Kromozomal etki
 - Yüksek akut dozda Organ disfonksiyonu

Degisken Duyarlilik

- Farkli turlerde genis degisken radyosensitivite
 - Bitkilers/mkroorganizmalar vs. memeliler
- Hucre tipleri arasinda genis farkliliklar
 - Bolunen hucreler daha cok sensitiftir
 - Non-differensiye hucreler daha cok sensitiftir
 - Yuksek differensiye hucreler (sinir hucreleri gibi) daha AZ sensitiftirler

Fetüs Üzerinde Etkiler

- **Fetus hızlı bölünen hücreler içerir**
- **radyasyon etkileri Bölünen hücrelerde bölünmeyenlere göre daha sensitiftirler**
- **Düşük doz radyasyonun etkilerini ölçmek daha zordur**
- **Fetus için daha düşük doz limiti kullanılır**

Genetik Etkilers

- İonize radyasyon yada kimyasallar gibi dış etkenler ile hücre nükleusundaki herediter materyale zarar verilebilir
- *in-utero etkiler* `teratojenik` olarak isimlendirilir
- Teratojenik etkiler ilk haftalarda daha belirgindir
 - * **8-17 GW*** - vücut organlarının oluştuğu periyot
- *in-utero* radyasyon alan çocuklarda mental retardasyon SIKLIĞI Hiroşima ve Nagasaki'de bombalanan çocuklardan daha fazla

Maternal Faktorler & Hamilelik

Smoking		
General	Babies weigh 5-9 oz. Less than average	
< 1 pack/day	Infant Death	1 in 5
> 1 pack/day	Infant Death	1 in 3
Alcohol		
2 drinks/day	Babies weigh 2-6 oz. Less than average	1 in 10
2-4 drinks/day	Fetal alcohol syndrome	1 in 3
> 4 drinks/day	Fetal alcohol syndrome	1 in 3 to 1 in 2
Radiation		
1 rem	Childhood leukemia deaths before 12 years	1 in 3333
1 rem	Other childhood cancer deaths	1 in 3571

Doz Cevap Egrileri

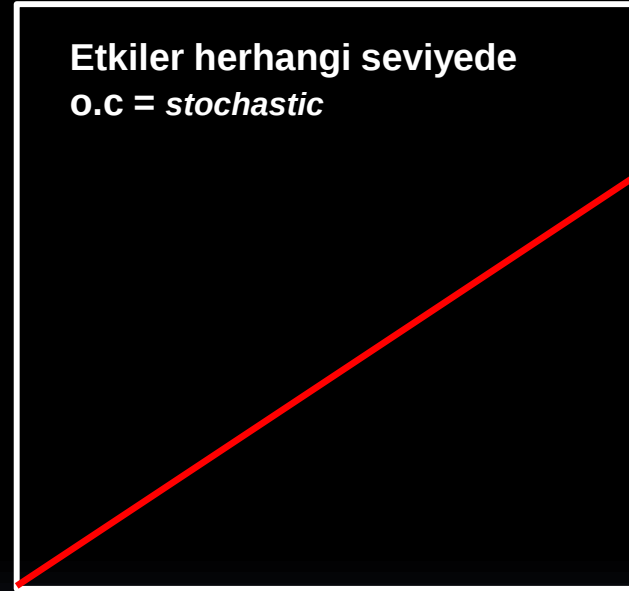
Akut etkiler

Biolojik etkiler



Doz

Kronik etkiler?



Doz

Isinlanan Bolge

- Alan ne kadar büyük ise – zarar okadar fazla(eger diger tum faktorler ayni ise)
- Kan yapan hucreler daha sensitiftir
- Tum vucut dozulokelize doza gore daha cok zarara neden olurmedikal tedavide oldugu gibi).

Radyasyon Isinlama & Doz



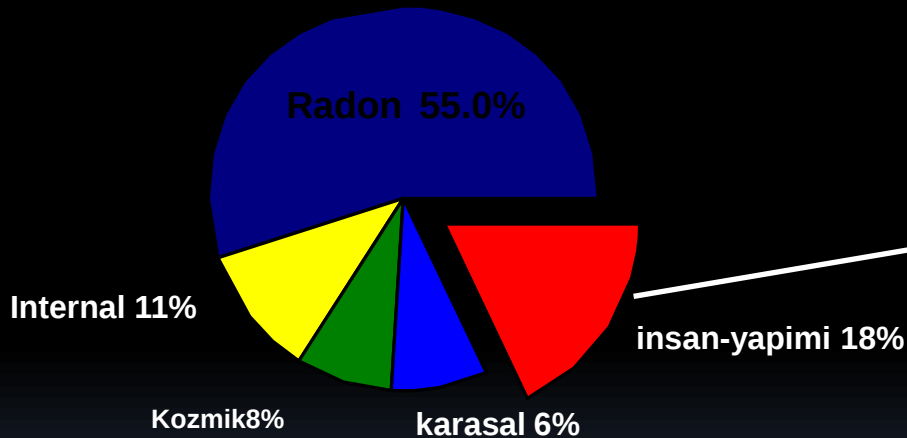
Arkaplan Isinlanma

Isinlanma dozu **HICBIR** zaman sifir **olmaz**/ her zaman arka plan radyasyonu mevcuttur

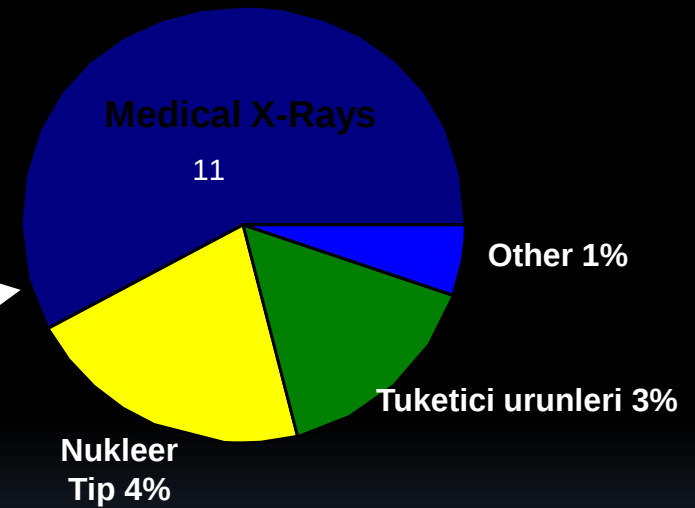
- Naturel Kaynaklar - Radon
- Kozmik
- Karasal
- Teknoloji sonucu (insan yapimi)
- Medikal: Tanisal X-isini, Radyofarmasotik
- Nukleer Silahlar
- Endustriel aktiviteler
- Arastirmalar
- Tuketici urunleris
- Diger: Havayolu ile seyahat, Radyoaktif materyallerin transportu

Yillik Arkaplan Radyasyon Dozu

Total isinlama



Insan yapimi kaynaklar



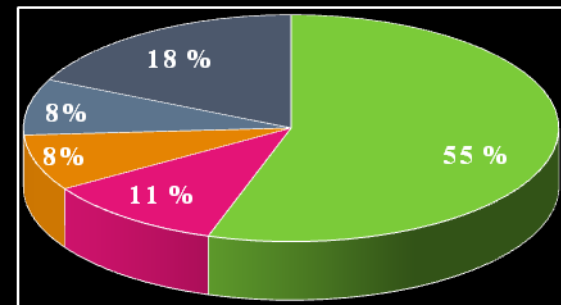
Total ABD ortalama dozu esdegeri = 360 mrem/year

YILLIK DOZ

- ABD Ortalama Yillik Radyasyona maruz kalma~ 360 mrem

rem = "**röntgen equivalent in man**,

- *Doz birimidir*



■ Radon (198 mrem)

■ Internal Yayıncı (40 mrem)

■ Kozmik (29 mrem)

□ Karasal (29 mrem)

□ İnsan yapımı (65 mrem)



Karasal

- Genel kaynaklar
 - Potassium
 - Thorium and Uranium

Exposure = $I \sin, X$

- Havadaki X veya Gamma Radyasyonun urettigi ionizasyon olcusu
- `Exposure` birimi **Roentgen**

$$X = \frac{Q \text{ (charge)}}{M \text{ (mass of air)}}$$

Absorve Doz, D

- Absorve Doz (veya Radyasyon Dozu) =
- Absorve edilen doz birimi `rad`
- $1 \text{ rad} = 100 \text{ ergs/g} = 0.01 \text{ joules/Kg}$
- $1 \text{ gray} = 100 \text{ rads}$

`Equivalent` =Esdeger Doz Birimi

- İnsanda ölçülen doz= rem veya millirem
- 1000 mrem = 1 rem
- SI biriminde 1 sievert (Sv) = 100 rem
- Eksternal radyasyon isini > dozimetre ile ölçülür
- Internal radyasyon dozu > biyolojik örnek analizi

Farkli Radyasyonlarda Etkinlik Derecesi

	Etkinlik derecesi
X veGamma isinlari	1
Elektronlar ve Muonlar	1
Neutronlar < 10 kev	5
>10kev -100 Kev	10
> 100 kev - 2 Mev	20
>2 Mev	10
Protonlar > 30 Mev	10
Alfa Partikulleri	20

Eksternal Doz

- 2 Standard referans noktası
 - **Shallow Dose:** Ortalama .007cm derinlikte canlı cilt dokusu
 - **Deep Dose:** Vücut yüzeyine yakın iç organlar, 1 cm.
- Shallow Dose Equivalent, SDE
 - Alpha radyasyon tehlikeli değil
 - Beta ve gamma radyasyonu.
- Deep Dose Equivalent, DDE
 - Alpha ve Beta radyasyonu zararlı değil.
 - Gamma için, $SDE = DDE$ (tipik)

Internal Doz

- *Committed Dose Equivalent, CDE* (belirli organa spesifik)
- *Committed Effective Dose Equivalent, CEDE*

Total Efektif Doz Eşdeğeri

Total Effective Dose Equivalent, (TEDE)

- Eksternal ve internal dozları kombine etmek için kullanılır
- $TEDE = CEDE + DDE$
- Birim rem veya Sievert (Sv)

Rad korunmada Standartlar

- Mesleki limitler
 - 5 rem /yil TEDE
 - 50 rem /yil CDE (herhangi tek organ)
 - 15 rem /yil lens
 - 50 rem /yil skin dose
- Halk
 - 100 mrem /yil
 - Sinirlendirilmis alanlarda herhangi bir saat icinde 2 mremden daha fazla
- Hamileligi bilinen bayanlar (mesleki)
 - 500 mrem/term

Clarkson Beklenen Çalışan Radyasyon Işınlanma

- Beklenen Pozlama: f saptanabilir minimum dozdan daha az (10 mrem/month) – gerçekte sıfır
- Ortalama yıllık arkaplan ışın alma miktarı- ABD popülasyonu için = 360 mrem/year
- Federal Işınlanma Limiti = 5000 mrem/yıl

Radyasyon Kullanımı



**X-RAY
SPECS**
ONLY \$1⁰⁰

**An Hilarious
Optical Illusion**

Scientific optical principle really works. Imagine—you put on the “X-Ray” Specs and hold your hand in front of you. You seem to be able to look right through the flesh and see the bones underneath. Look at your friend. Is that really his body you “see” under his clothes? Loads of laughs and fun at parties. Send only \$1 plus 25c shipping charges. Money Back Guarantee.

HONOR HOUSE PRODUCTS CORP., Lynbrook, N.Y. Dept. 97XR02

Tüketici Ürünleri

- İnşa materyalleri
- Tütün (Po-210)
- Sigara dedektörleri (Am-241)
- Kaynak çubuğu (Th-222)
- Televizyon (düşük seviyede X-ışını)
- Saat ve diğer parlayan ürünler (tritium veya radium)
- Tüp lüksü
- Şenlik eşyası(Ur-235)
- mücevher

Medikal

➤ Tanısal

- X-ışını
- Nukleer tıp (Tc-99m, Tl-201, I-123)
- Positron Emission Tomography (PET)

➤ Tedavi

- X-ışını (Lineer hızlandırıcı)
- Radyoisotoplar
 - Brakiterapi (Cs-137, Ir-192, Ra-226)
 - Teleterapi (Co-60)
 - Radyofarmositik (I-131, Sr-89, Sm-153)

Radyolojik Tehlikeler

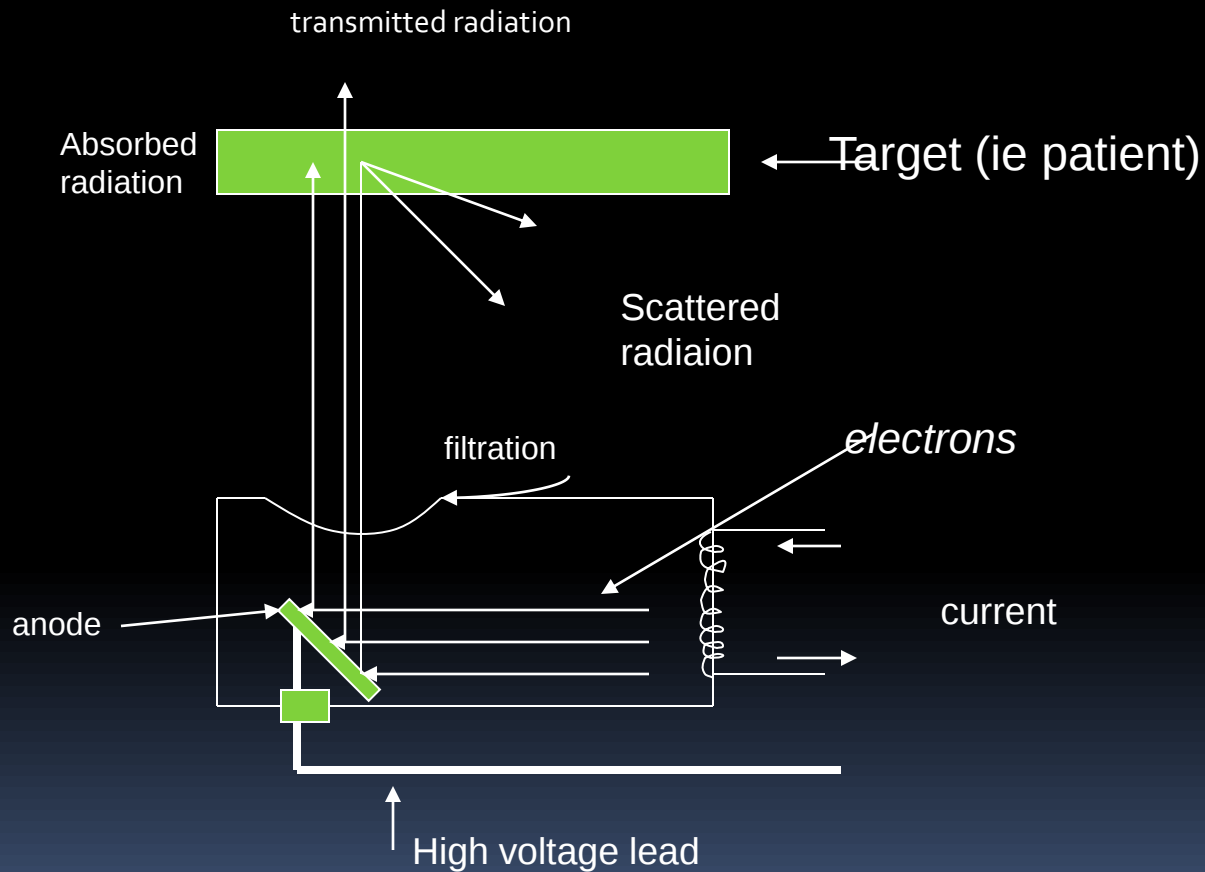


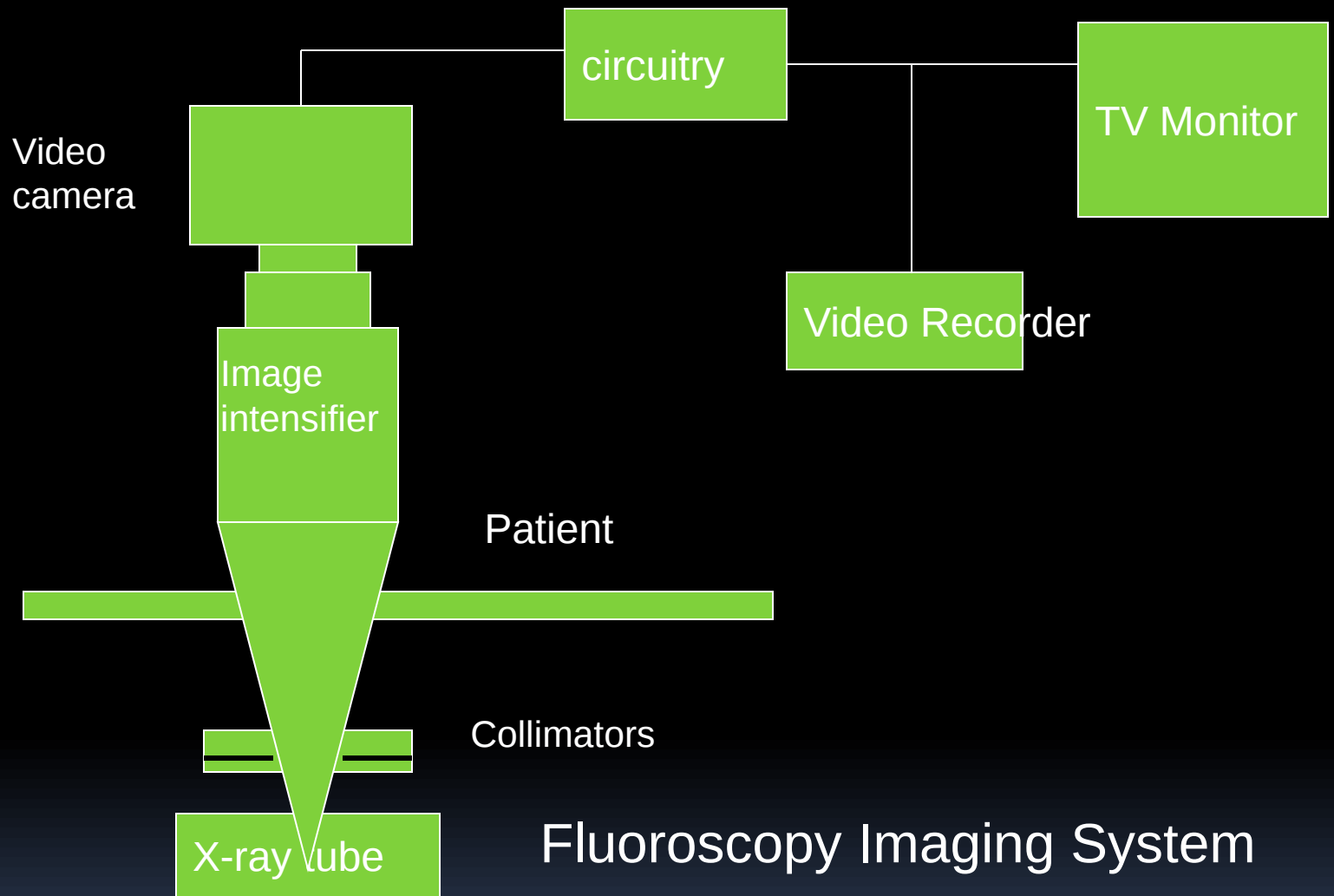


İonize Radyasyondan Korunmada Temel Prensipler

- Zaman
 - Mesafe
 - Koruyucu engel
 - Kontaminasyon Kontrolü (sadece ionizan)
- 

X-Ray Tube Assembly





Fluoroscopy Imaging System



The End

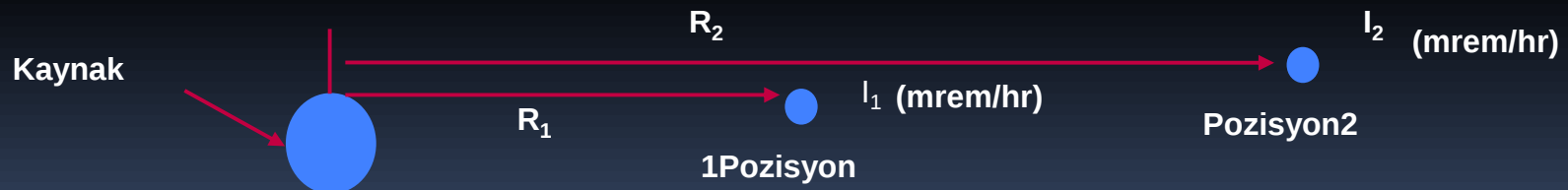


Eksternal Radyasyon Ters Kare Kanunu

- Radyasyon seviyesi mesafenin karesi ile ters olarak azalır
 - (ör. İki birim uzaklaşınca radyasyon seviyesi dörtte bir)

$$\frac{I_1}{R_1^2} = \frac{I_2}{R_2^2}$$

Bulunduğun yer = Yoğunluk (ışın oranı) 1 ve 2 ve... pozisyonunda
R = d1 ve 2 pozisyonları için kaynaktan uzaklık



Gama Işını Sabiti

- Gama Işını Sabiti ile Işınlanma oranının tesbiti
 - Γ (mSv/hr)/MBq - 1 metrede
 $(mSv/hr)/MBq \times 3.7 = (mrem/hr)/\mu Ci$
- Işınlanma Oranı Tesbiti, bir metredeki X (mrem/hr) :

$$X = \Gamma * 3.7 * A$$

A = Activity (μCi)

Γ = Gamma Ray Constant(mSv/hr)/Mbq

3.7 ; çevirme faktörü

Örnek hesaplama

- 5 Curie Cs-137 Source
- Calculate Exposure Rate at 1 metredeki ışınlama oranının hesaplanması

$$\Gamma = 1.032 \text{ E-4 mSv/hr/MBq @ 1 metre}$$

$$X = 1.032 \text{ E-4} * 3.7 * 5 \text{ Ci} * 1000 \text{ mCi/Ci} * 1000 \text{ uCi/mCi}$$

$$X = 1909 \text{ mrem/saat}$$

$$X = 1.91 \text{ rem/saat}$$

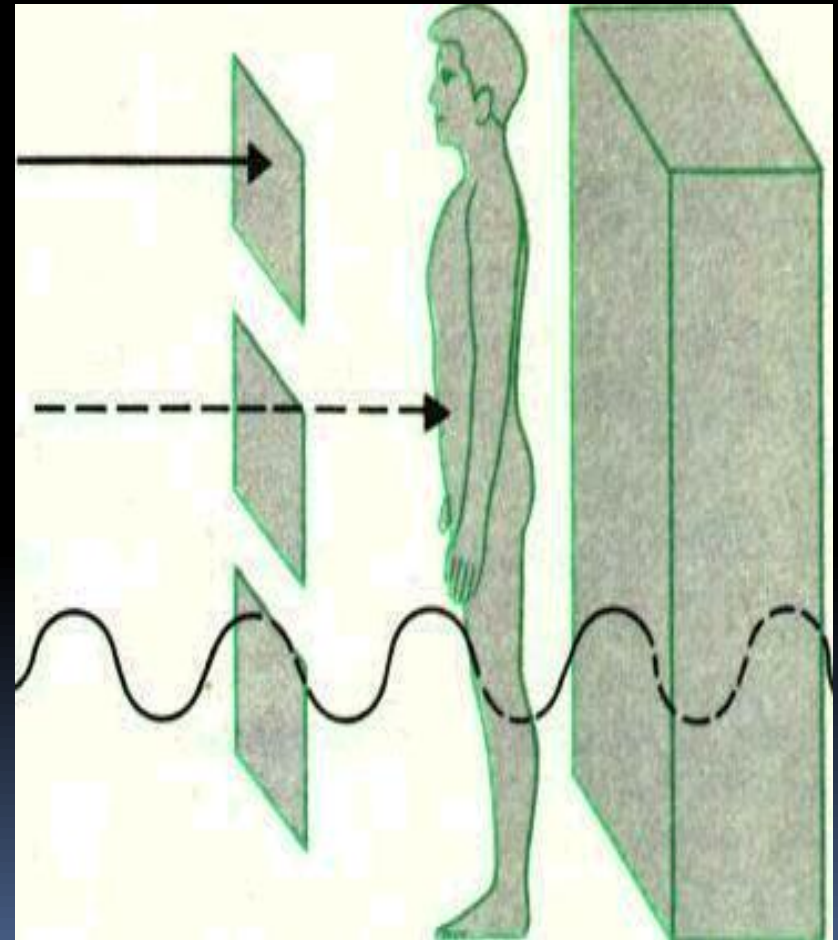
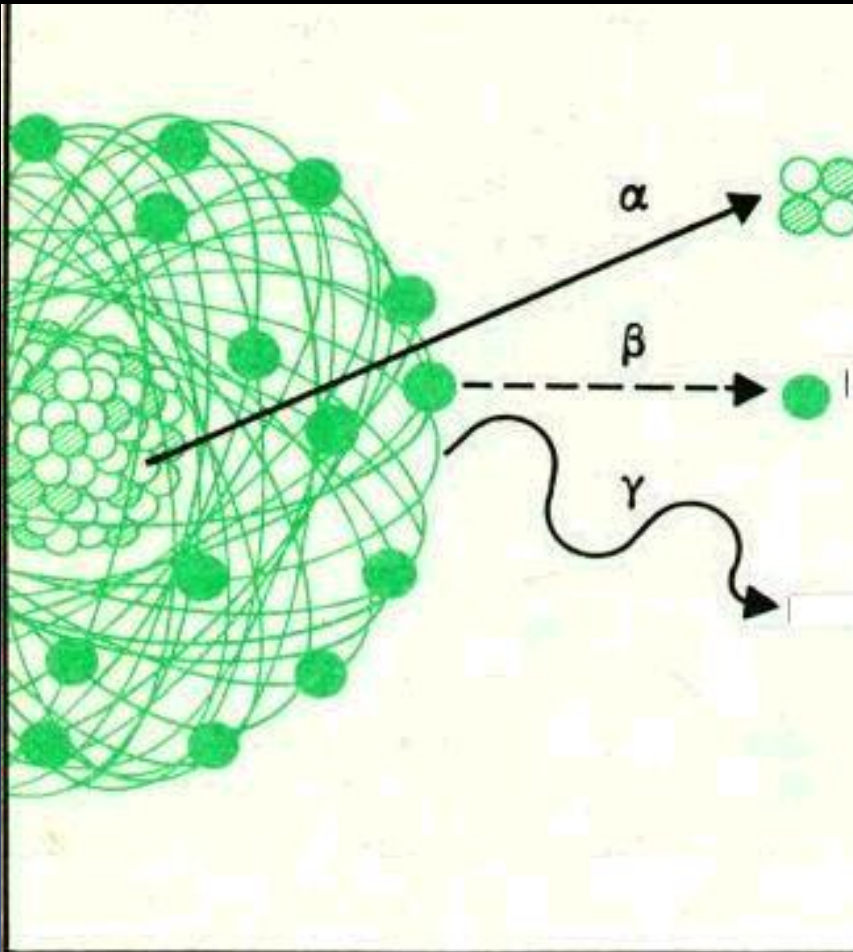
Gama Işını Korunma

- Etki kalınlık ile artar, d (cm)
- Materyale göre değişir, (1/cm)
 - Atenuasyon katsayısı μ
 - Yüksek Z maddeler daha etkilidir
Su - Demir - Kurşun
good - better - best

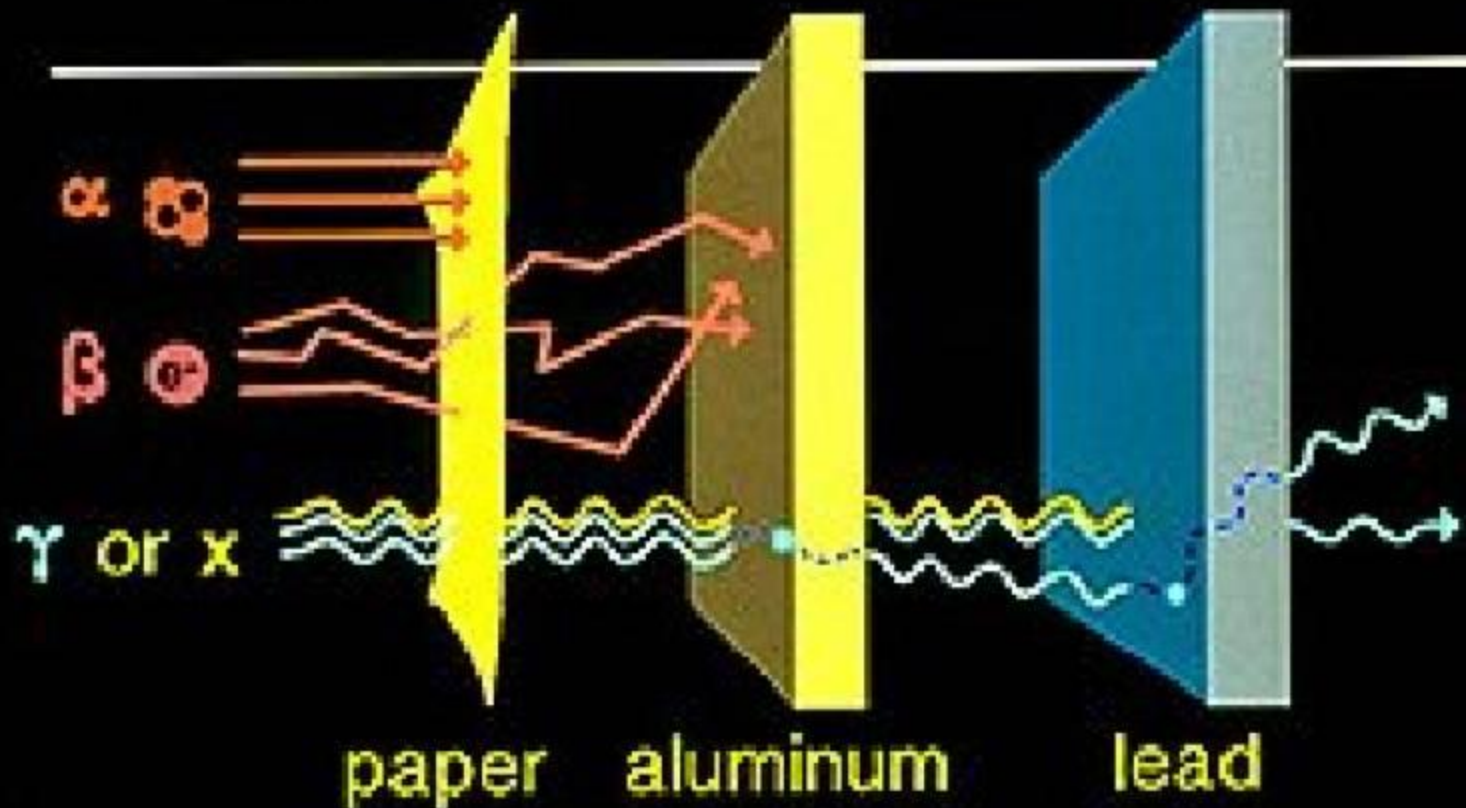
Beta Yayıcılardan Korunma

- Düşük enerjililer(H-3, C-14, S-35) koruyucuya gerek yok (Clarkson)
- Yüksek enerjili beta yayıcılarda (P-32) koruyucu gerekebilir
- Beta koruyucu düşük atom ağırlıklı (Z) madde olmalı (Lucite, Plexiglas, vs.)
- Yüksek atom ağırlıklı maddeler (kurşun gibi) , aslında Bremsstrahlung X-ışını formunda radyasyon yayarlar

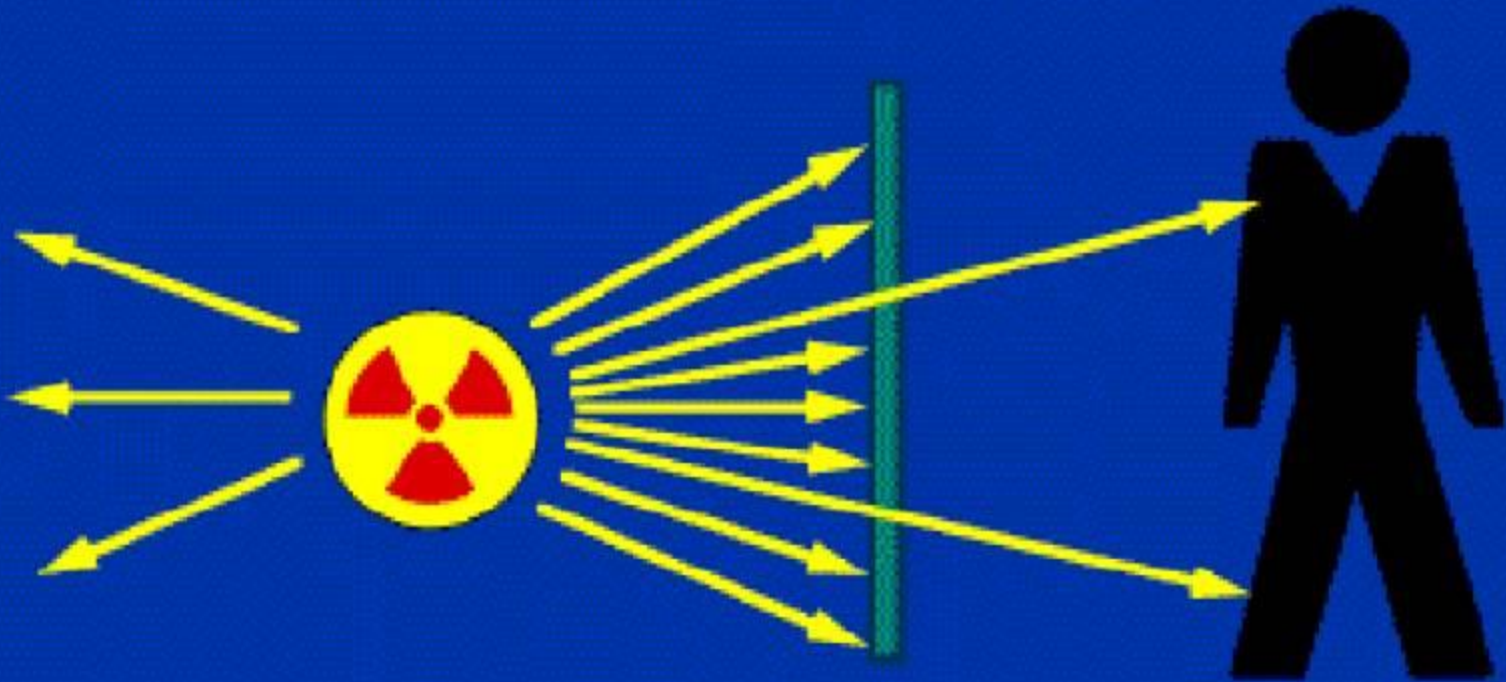
Ionize Radyasyon



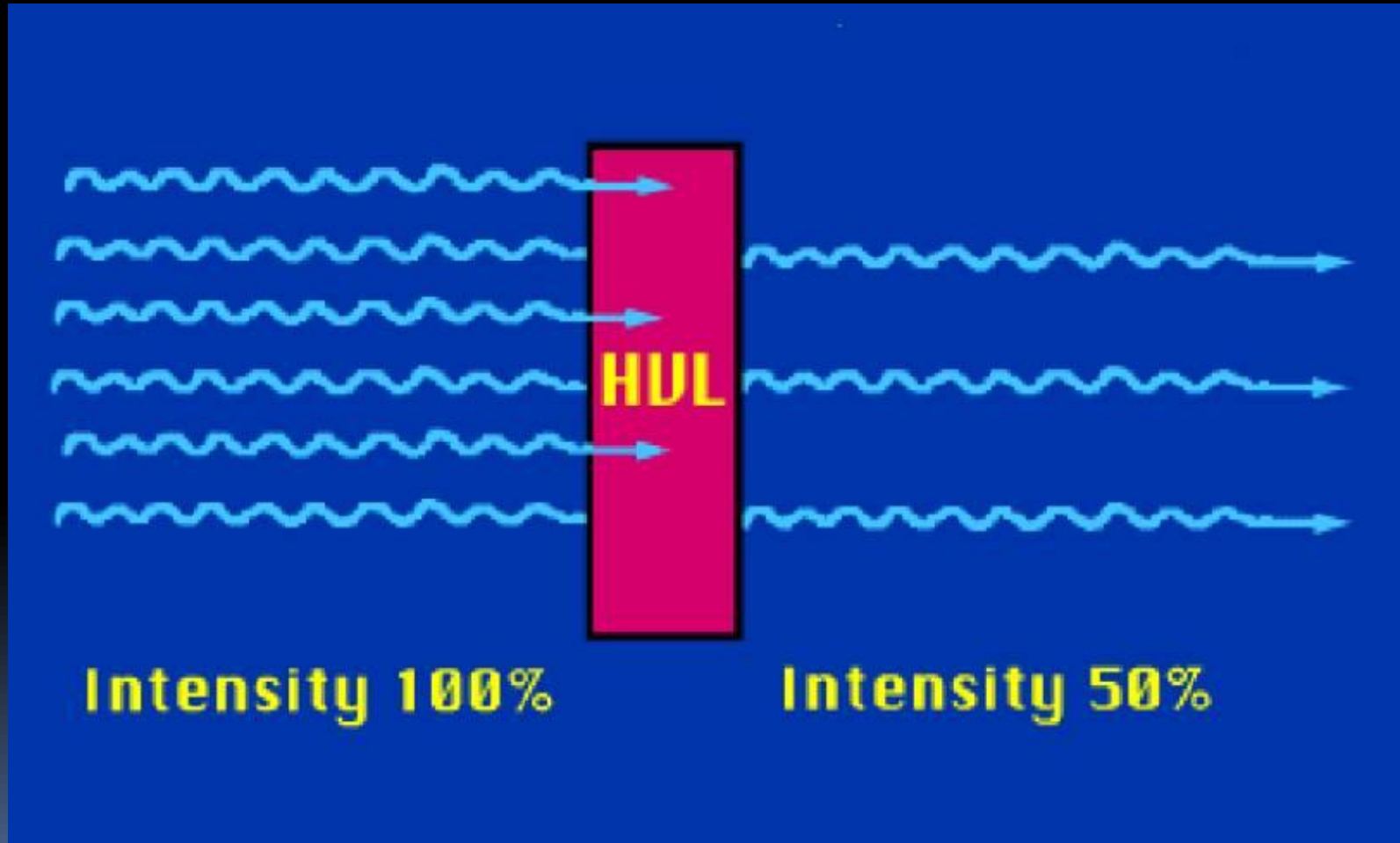
Dışardan ışınlanmada Korunma



Korunma Fotonları



Yarı değer tabakası (HVL; half value layer)



Eksternal vs Internal Doz

- **TEDE: Total Efektif Doz Eşdeğeri**

$$\text{TEDE} = \text{DDE} + \text{CEDE}$$

$$\text{Total Doz} = \text{Eksternal Doz} + \text{Internal Doz}$$

- **1 rem internal (CEDE) ~1 rem eksternal (DDE)**

Radyasyon Dedektörü



Radyasyon Dedektör Tipleri

➤ Gaz içerikli Dedektörler

- Geiger Mueller (GM)
- Gas Flow Proportional Counters
- Ionization

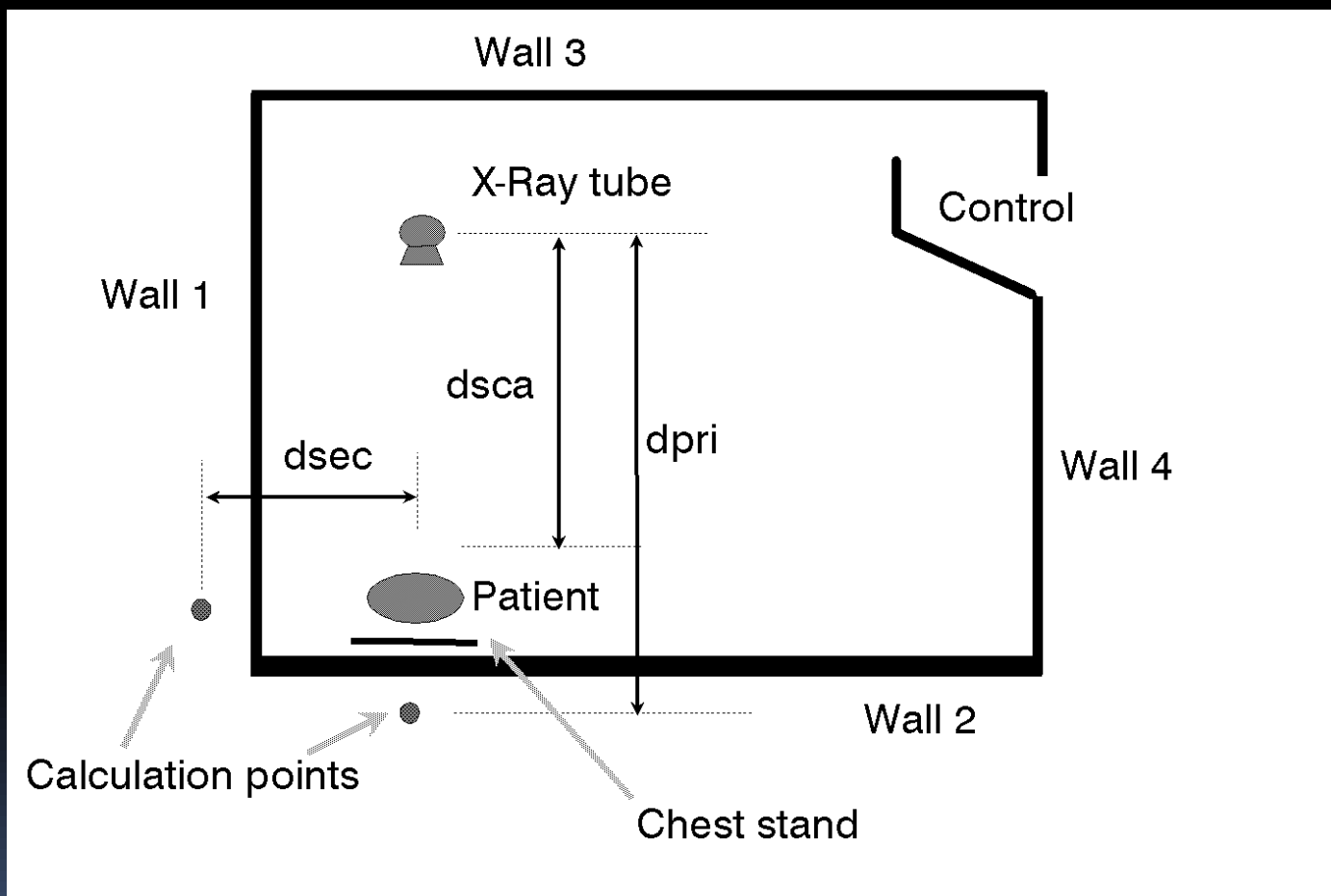
■ Solid yapıda Dedektörler

- Germanium Lithium High Purity
- Silicone Lithium
- Silicone Diode
- Cadmium Telluride

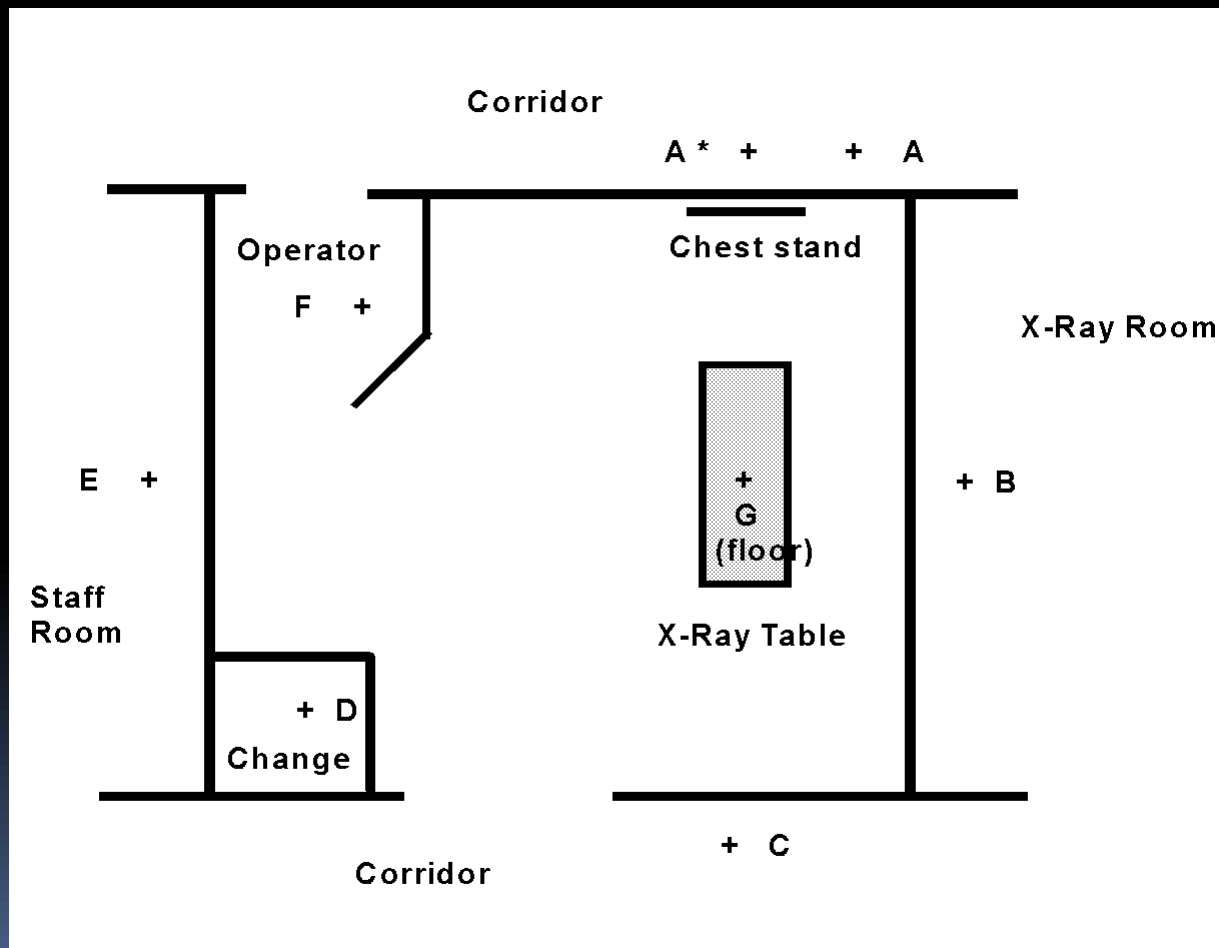
➤ Sintilasyon Dedektörleri

- Sodium Iodide (NaI)
- Zinc Sulfide (ZnS)
- Anthracene
- Plastik Scintillators

Radyasyondan korunma parametreleri



Radyasyondan korunma- Tipik Oda Düzeni



ALARA

- Radyasyondan korunmada amaç radyasyon dozunu makul düzeyde olabildiğince azaltmaktır
 - ALARA As Low As Reasonably Achievable
- Makul düzey nedir?
 - *içeriği:* -Teknolojinin koşul ve fiyatı
-Fiyat vs. yarar
-Toplumsal& sosyoekonomik etkenler