

# Radyasyon ve Tipleri

## RADYASYON

### İYONLAŞTIRICI RADYASYON

#### PARÇACIK TİPİ

Hızlı elektronlar  
Alfa parçacıkları  
Beta parçacıkları

Dolaylı iyonlaştırıcı  
Nötron parçacıkları

#### DALGA TİPİ

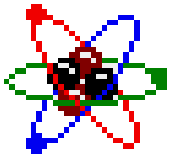
X-Işınları  
Gama ışınları

### İYONLAŞTIRICI OLMAYAN RADYASYON

#### DALGA TİPİ

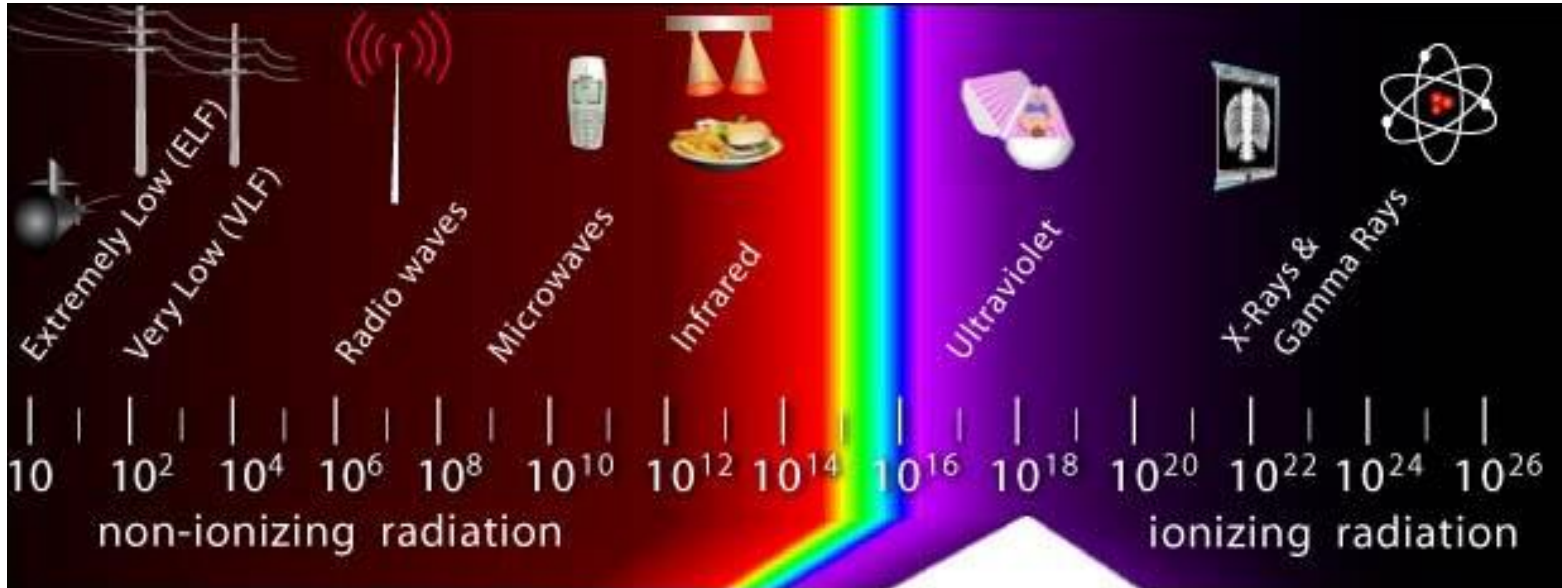
Radio dalgaları  
Mikrodalgalar  
Kızılötesi ışık  
Morötesi ışık  
Görülebilir ışık

# Radyasyon Tipleri



Elektromanyetik spektrumdaki ışınlar sahip oldukları enerjiye göre iki gruba ayrılır

1. **İyonlaştırıcı Radyasyon:** Parçacık (alfa ve beta radyasyon) veya elektromanyetik dalgalar (X ve  $\gamma$  ışınları)
2. **İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon:** Ortama iyonlaştırıcı etki yapmayan mor ötesi ışınlar, görünür ışık ve kızılötesi (IR) ışınlar ile mikro dalgalar ve radyo frekansı (RF)



# 1. İyonlaştırıcı Radyasyon

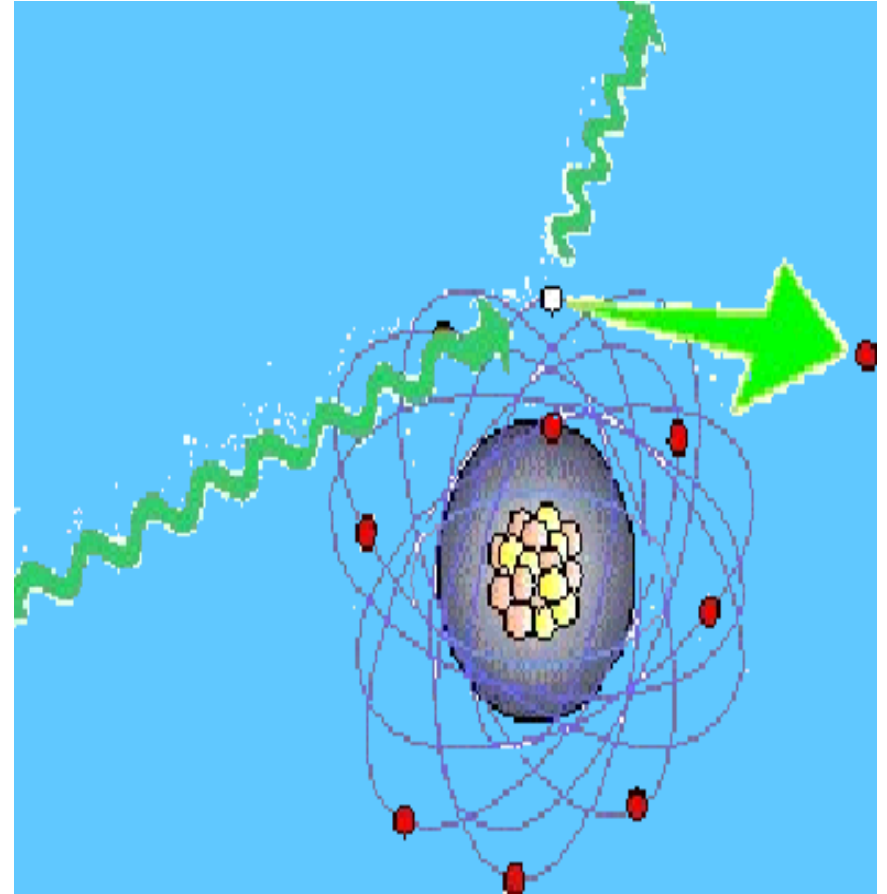
- İyonlaştırıcı radyasyon, çarptığı maddede yüklü parçacıklar (iyonlar) oluşturabilen radyasyon
  - İyonizasyon olayı herhangi bir maddede meydana gelebileceği gibi insanlar dahil tüm canlılarda da oluşabilir
  - Önlem alınmadığı takdirde tüm canlılar için zararlı olabilecek radyasyon tipidir

# EK-1: İyonizasyon

Kararlı durumdaki atomun  $e^-$  larından biri koparıldığında, protonların sayısı elektronlardan fazla olacağından atom bir elektrik yükü kazanacaktır

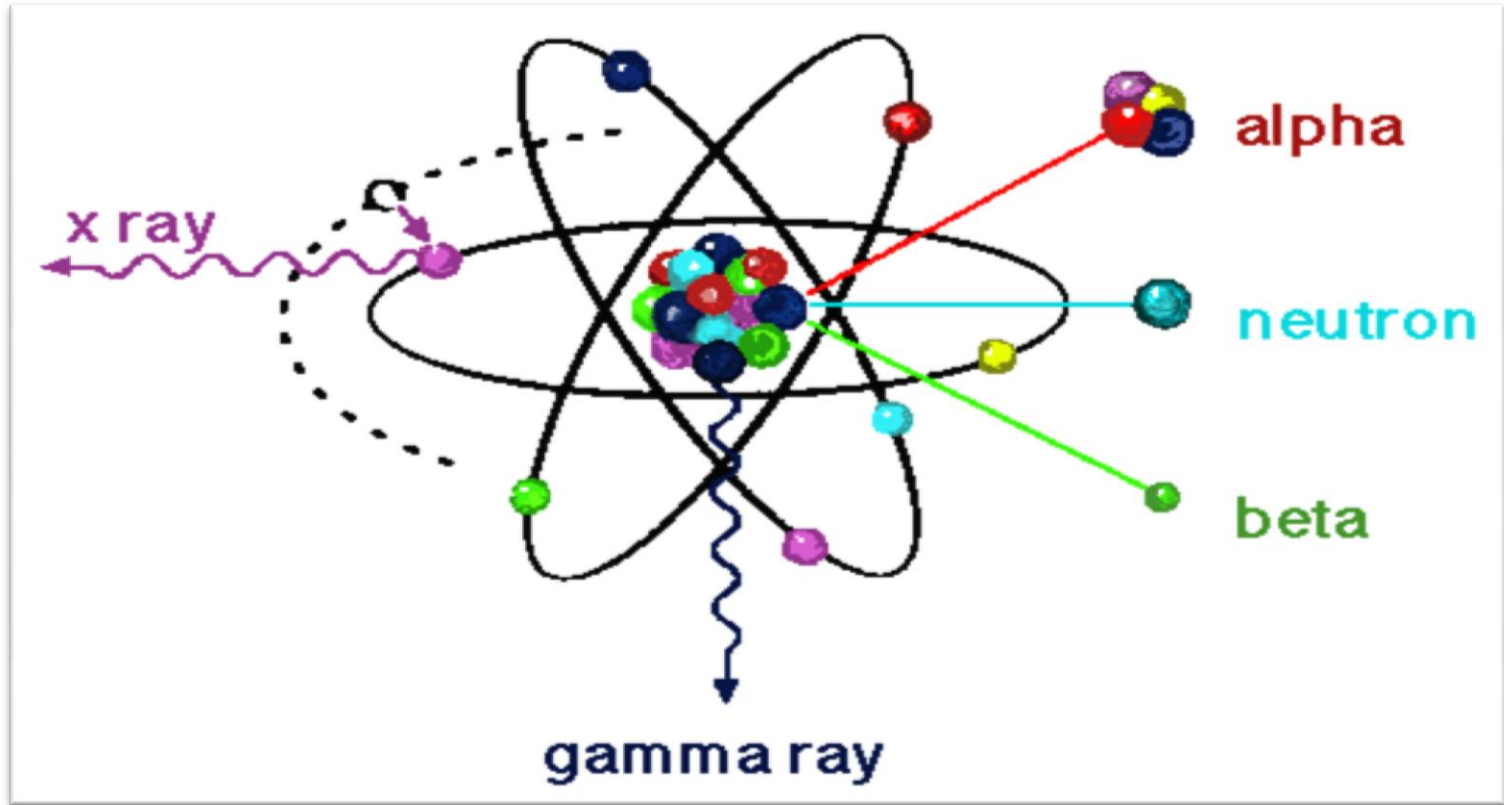
Bu şekilde bir elektronun atomdan ayrılmasından sonra geriye kalan atoma "iyon" adı verilir

İyonların meydana geliş olayına da "iyonizasyon" denir



# İyonlaştırıcı Radyasyon-2

Elektron kopması ile çevre atomlara enerji aktarılır



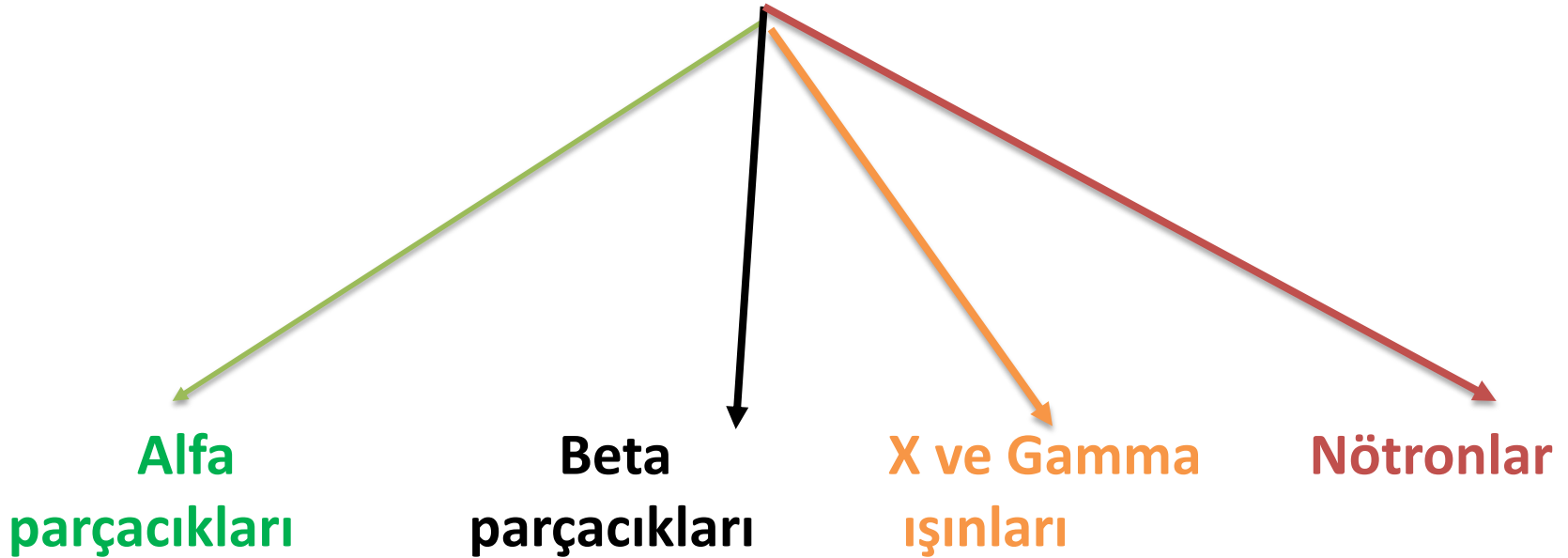
# İyonlaştırıcı Radyasyon-3

## İyonize radyasyon olarak;

- Alfa  $\alpha$  parçacıkları
- Beta  $\beta$  parçacıkları
- Nötron parçacıkları
- X ve  $\gamma$  -Işınları

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

# Radyoaktif Bozunma ile Salınan Radyasyonlar



# Parçacık Radyasyonu

- Belli bir kütle ve enerjiye sahip çok hızlı hareket eden minik parçacıkları ifade eder
  - Bunlar hızla giden mermilere benzerler, ancak gözle görölemeyecek kadar küçüktürler



# 1. Alfa ( $\alpha$ ) parçacıkları

- ${}^4_2\text{He} = {}^4_2\alpha$
- Çok küçük bir madde kalınlığı, örneğin bir kağıt parçası ile durdurulabilir
- Elektrik yükleri büyük olduğundan, geçtikleri bölgelerde yoğun bir iyonlaşma oluştururlar. Bu yüzden, enerjilerini çabucak kaybederler
- Erişme uzaklıkları kısadır
- Dış radyasyon tehlikeleri yoktur

## 2.Beta ( $\beta$ ) Parçacıkları

- Pozitif veya negatif yüklü elektronlardır
  - Çekirdekteki enerji proton fazlalığından kaynaklanıyorsa, + yüklü betalar (Pozitron) yayılır
  - Çekirdekteki enerji nötron fazlalığından kaynaklanıyorsa, - yüklü betalar (Negatron) yayılır

### 3. Nötronlar

- Kütleleri yaklaşık olarak  $p'$  nun kütlesine eşit ve elektrik yükleri olmayan parçacıklardır
  - Radyoaktif bozulma olayı sonucu oluşmazlar
  - Bir nükleer reaktörün içindeki atomların parçalanması gibi nükleer reaksiyonlar sonucu elde edilirler
  - Güneşte oluşan nükleer patlamalarla uzaya yayılabilir ve dünyamıza ulaşırlar
  - Bu ışımanın partiküllerinin girginliği çok fazladır

# Dalga Tipi Radyasyon-1

- Belli bir enerjiye sahip ancak kütleli radyasyon çeşidi
  - Titreşim yaparak ilerleyen elektrik ve manyetik enerji dalgaları gibi
- Bütün dalga tipi radyasyonlar ışık hızıyla ( $3 \times 10^8$  m/s) hareket eder
- Görünür ışık, dalga tipi radyasyonun bir çeşidi

# Dalga Tipi Radyasyon-2

**X ve gamma ışınları** dalga şeklinde olup, çok giricidirler

Gamma ışınları, X ışınlarından daha yüksek enerjiye sahiptirler

- Radyasyonun enerjisi arttıkça ışık rengi mor renk ötesine gider ve morötesi olarak adlandırılır
  - Morötesi ışığı göremez veya hissedemeyiz, ancak ortamda mevcuttur
  - Eğer şiddeti büyükse, ciltte bırakacağı güneş yanığına benzer yanık izleri ile varlığı hissedilir

# Radyasyon terimleri ve özel birimler ile SI birimleri arasındaki ilişki

## Aktivite

- özel birimi **Curie (Ci)** ;  $3.7 \times 10^{10}$  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  $3.7 \times 10^{10}$  parçalanma veya bozunma gösteren maddenin aktivitesidir
- **Bequerel:** Saniyede 1 parçalanma yapan çekirdeğin aktivitesidir

# Radyasyon terimleri ve özel birimler ile SI birimleri arasındaki ilişki

## **İşinlanma dozu**

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

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

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



# 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

$$1\text{Gy} = 100\text{rad} \quad 1\text{rad} = 0.01 \text{ Gy}$$

# 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  $\gamma$  ışını ile aynı biyolojik etkiyi oluşturan herhangi bir radyasyon miktarıdır

SI birim **Sievert (Sv)** ; 1 Gy' lik X ve  $\gamma$  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**

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

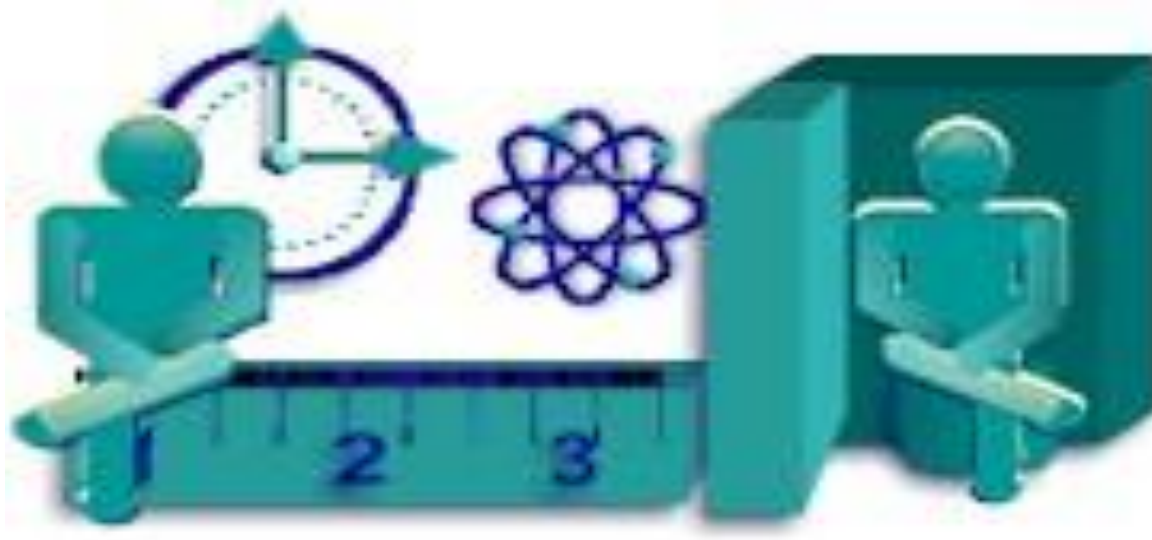
| TERİM         | BİRİM                              |                              | DÖNÜŞÜM                                           |
|---------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|
|               | Özel birim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

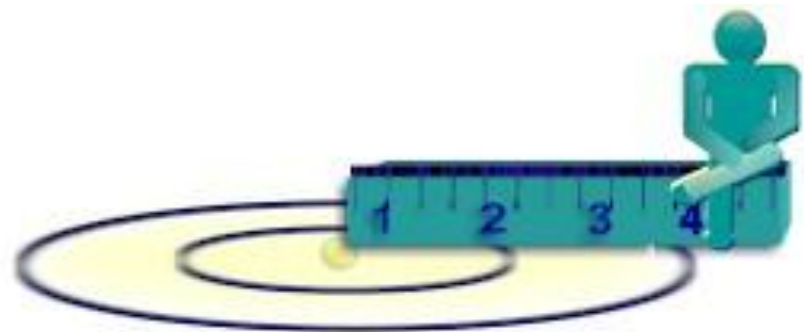
**Zırhlama/  
Engel**

# **Radyasyondan korunmanın temel yöntemleri- Zaman**

- Radyasyona maruz kalan kişinin kaynakla karşı karşıya kaldığı süredir
  - Bu süre içinde maruz kalınan ışınlam şiddeti genel olarak saatte miliröntgen ile ifade edilir

# Radyasyondan korunmanın temel yöntemleri- Mesafe

- Radyasyon şiddeti uzaklığın karesi ile T.O olarak azalmaktadır
  - Örneğin aynı kaynaktan 4 m uzakta olan bir kişi, 2 m uzakta olandan 1/4 kadar şiddette radyasyona maruz kalmaktadır
  - $I_1 \cdot d_1^2 = I_2 \cdot d_2^2$



# Radyasyondan korunmanın temel yöntemleri- Zırhlama

Kurşun, beton ve su radyasyona karşı oldukça iyi korunmayı ve şiddette azalmayı sağlamaktadır

Bu nedenle radyasyonla yapılan uygulama ve çalışmalarda bu engeller kullanılmaktadır

Radyasyon şiddetindeki azalma exponansiyeldir

$$I_2 = I_1 \cdot e^{-\mu x}$$

$\mu$  : lineer soğurma katsayısı,

$x$  : kalınlık

## $\alpha$ Radyasyonu

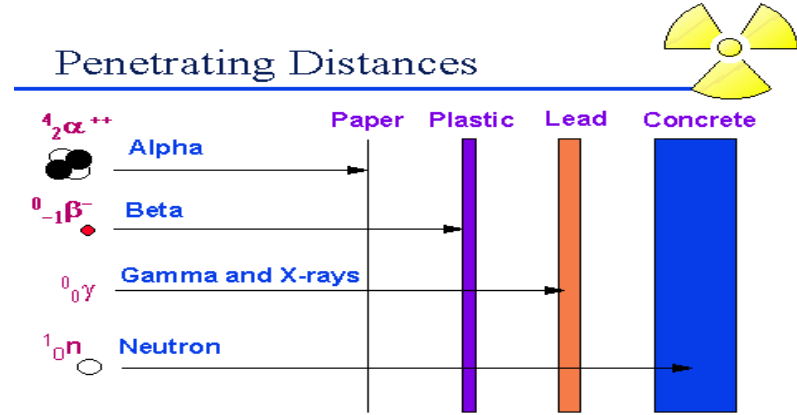
havada yalnız 2.5-5.0 cm dokuda  
ise birkaç mikron ilerleyebilir,  
Derinin üst tabakasına geçemez,  
Bir kağıtla siper almak  
mümkündür,  
En büyük tehlike almayı solumak ve  
sindirmekle olur

## $\beta$ Radyasyonu

Cilde girer ama önemli organlara değil,  
Kalın elbise veya alüminyumla ile  
korunabilir

## $\gamma$ Radyasyonu

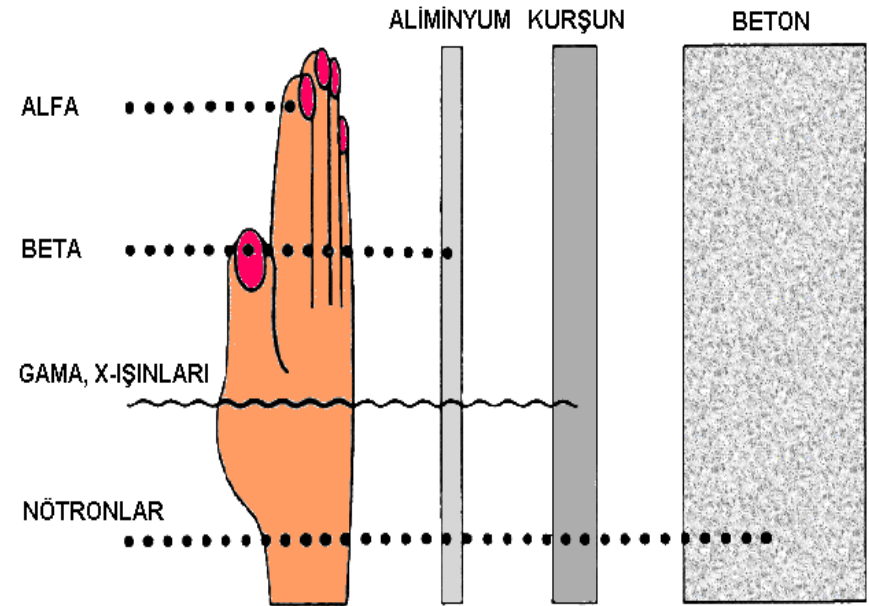
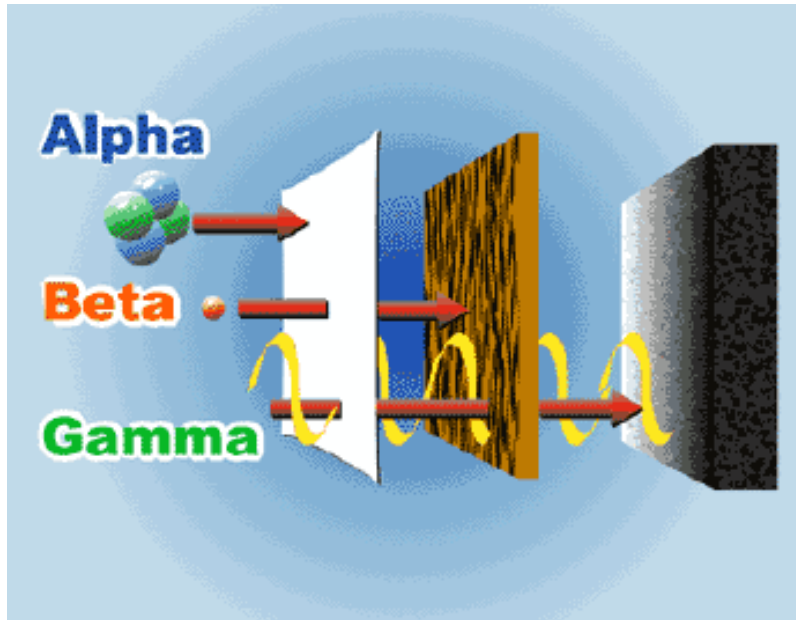
Yüksek enerjili ışınlardır,  
Dokunun derinliğine nüfuz ederler,  
Radyasyon hastalığının baş nedeni,  
Radyoaktif çürümeyle üretilir



## Nötron Radyasyonu

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

# Radyasyon Çeşitlerine Göre Zırhlama



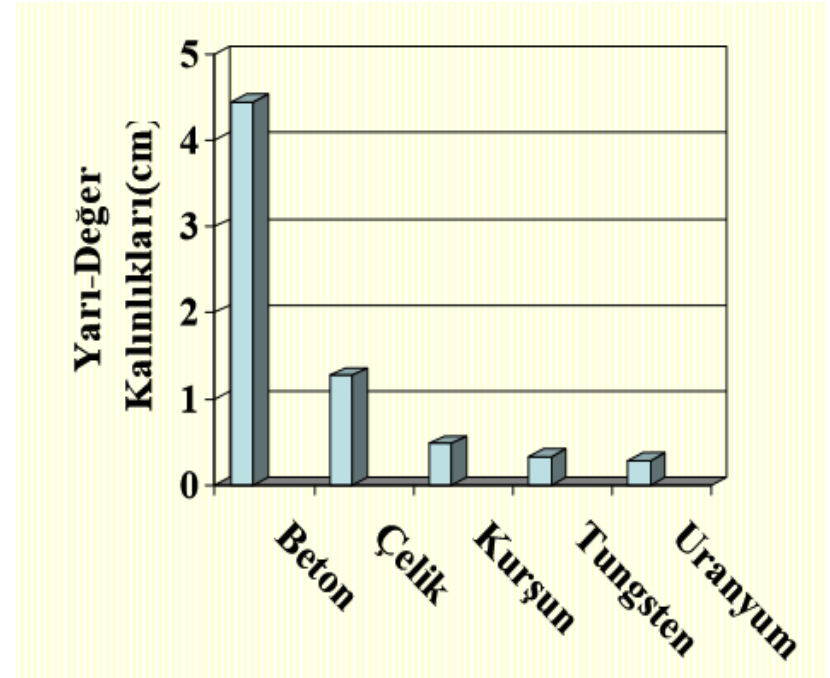
$\alpha$  : İnce bir kağıt tabakası veya cildimiz tarafından soğurulur

$\beta$  : İnce bir metal tabakası tarafından

$\gamma$  : Giricilik özelliği daha fazla olup kurşun ve beton gibi yoğun malzemelerde

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

- Bir radyasyon kaynağından maruz kalınabilecek belli bir miktardaki radyasyon dozunu yarıya indirebilmek için gerekli zırh malzeme kalınlıkları



# **Radyasyonun Etkileri**

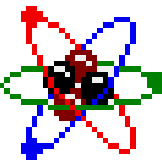
**Stokastik Etki**

**Non stokastik Etki**



# Stokastik ve Stokastik Olmayan Etkiler

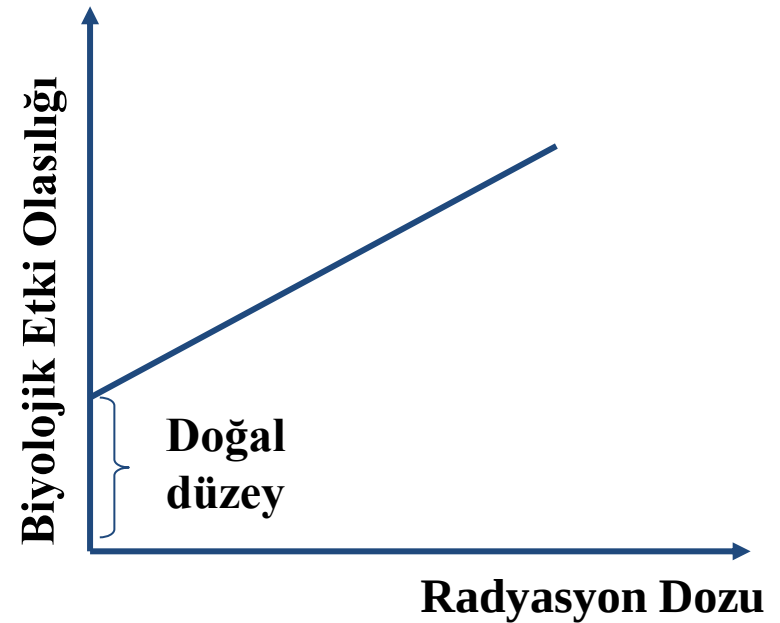
- Herhangi bir eşik dozuna bağlı olmadan ortaya çıkabilen radyasyon etkisi **stokastik** etkidir
- Meydana geliş olasılığı, belirli bir radyasyon dozunun aşılmasını gerektiren **stokastik olmayan** etkidir



# Stokastik Etkiler

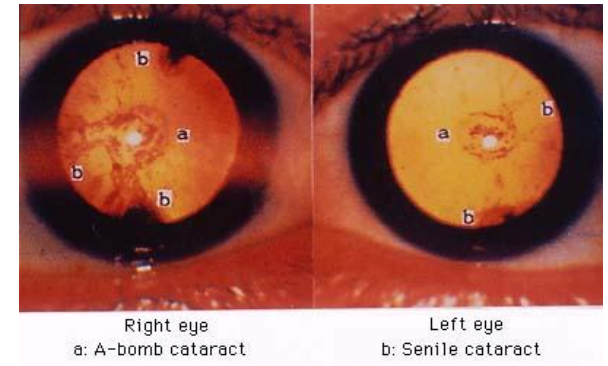
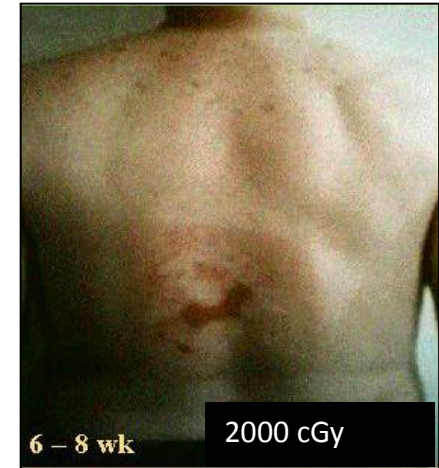
Değişken, rastlantısal

- İstatistiksel bir yol izler
- Eşik değer yok
- Doz artışına bağlı artar
- Bulguların şiddeti radyasyon dozu ile bire bir ilişkili değildir
  - Kanser



# 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

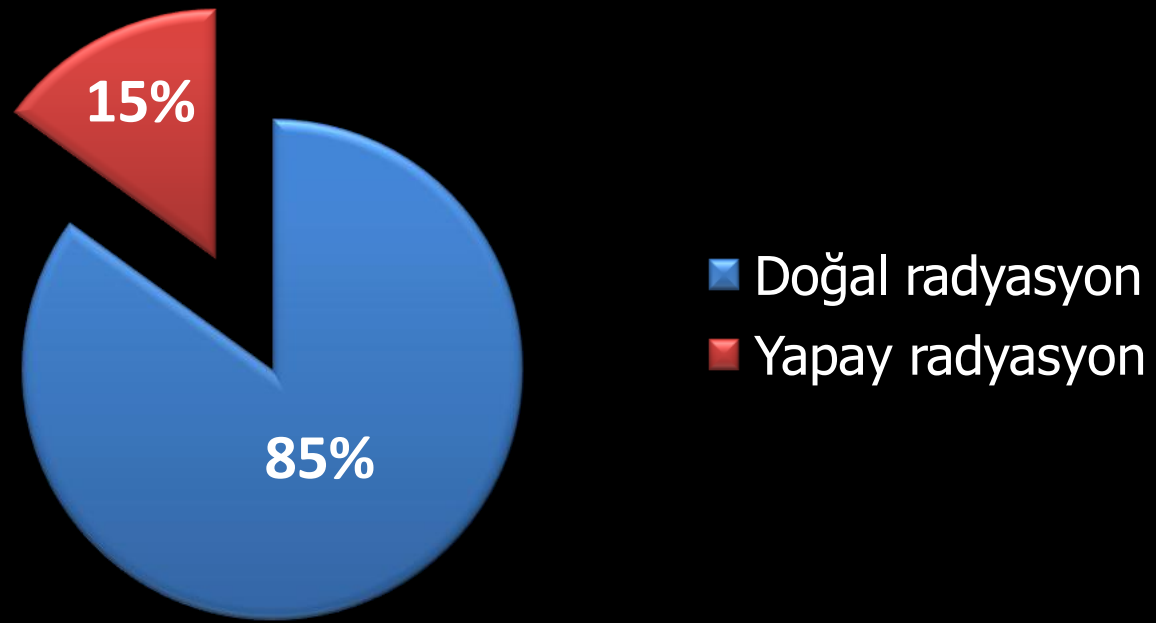


- Dünya Geneline Doğal Radyasyon kaynakları nedeniyle alınan yıllık etkin doz **2.4 mSv**
- Bir akciğer filminden alınan doz **0.02 mSv**
- Bilgisayarlı tomografi ile akciğer tetkikinden alınan doz **8 mSv**
- Tıp alanında çalışan radyasyon görevlilerinin aldıkları dozun yıllık ortalaması **1 - 5 mSv**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

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

Doğal radyasyonun bir kısmını  
uzaydan gelen **kozmik ışınlar**  
oluşturur

Bu ışınların büyük bir kısmı  
dünya atmosferinden geçmeye  
çalışırken tutulurlar

Sadece küçük bir miktarı  
yerküreye ulaşır





Kutup yakınlarına ekvatora oranla daha fazla kozmik ışın gelir

Bu ışınlar atmosfere nüfuz ettiklerinde karmaşık reaksiyonlara uğrarlar ve atmosfer tarafından azar azar tutulurlar

Bu nedenle yükseklik azaldıkça doz miktarı da azalır

# Kutuplardaki Auroralar



# Kutuplardaki Auroralar

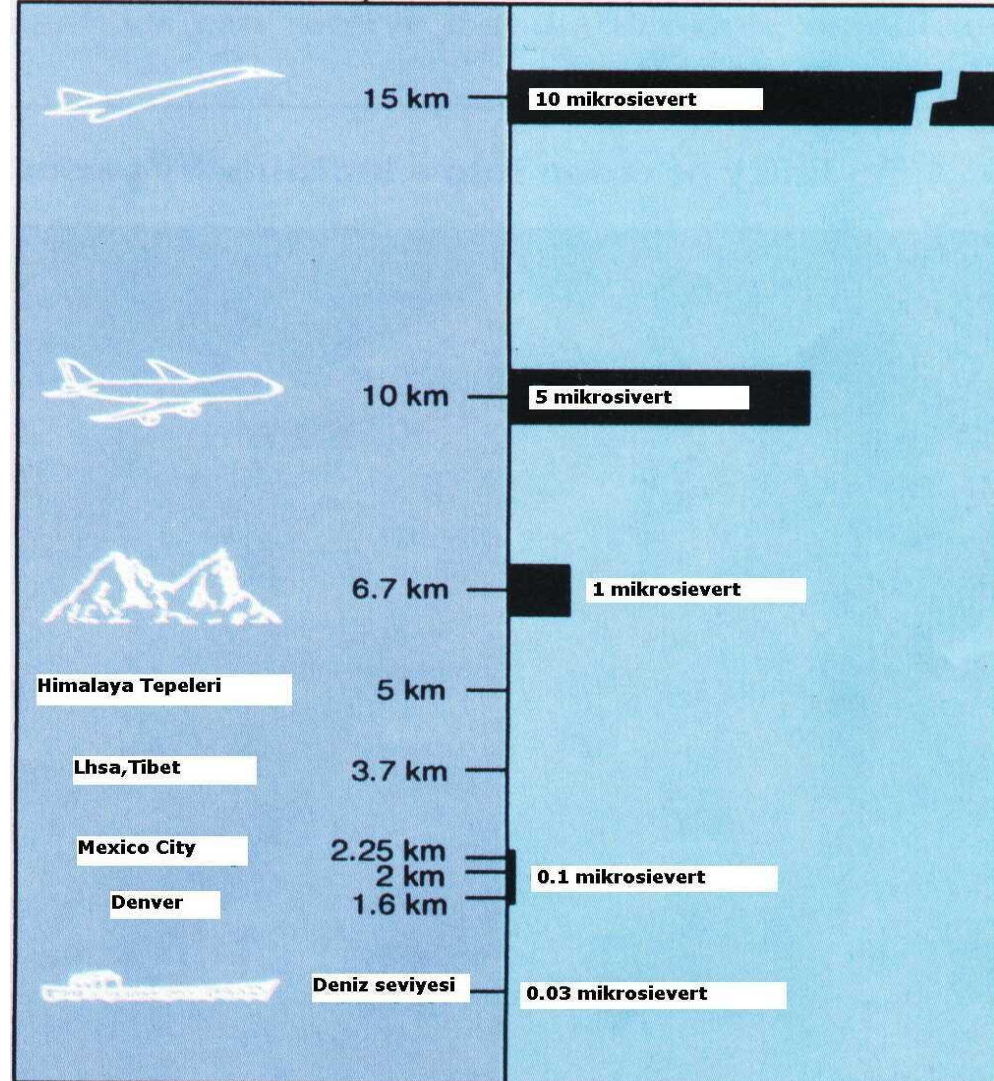


İnsanların büyük çoğunluğu yüksekliği az olan bölgelerde yaşadıkları için, kozmik radyasyon nedeni ile maruz kaldıkları dozlarda fazla farklılık gözlenmez

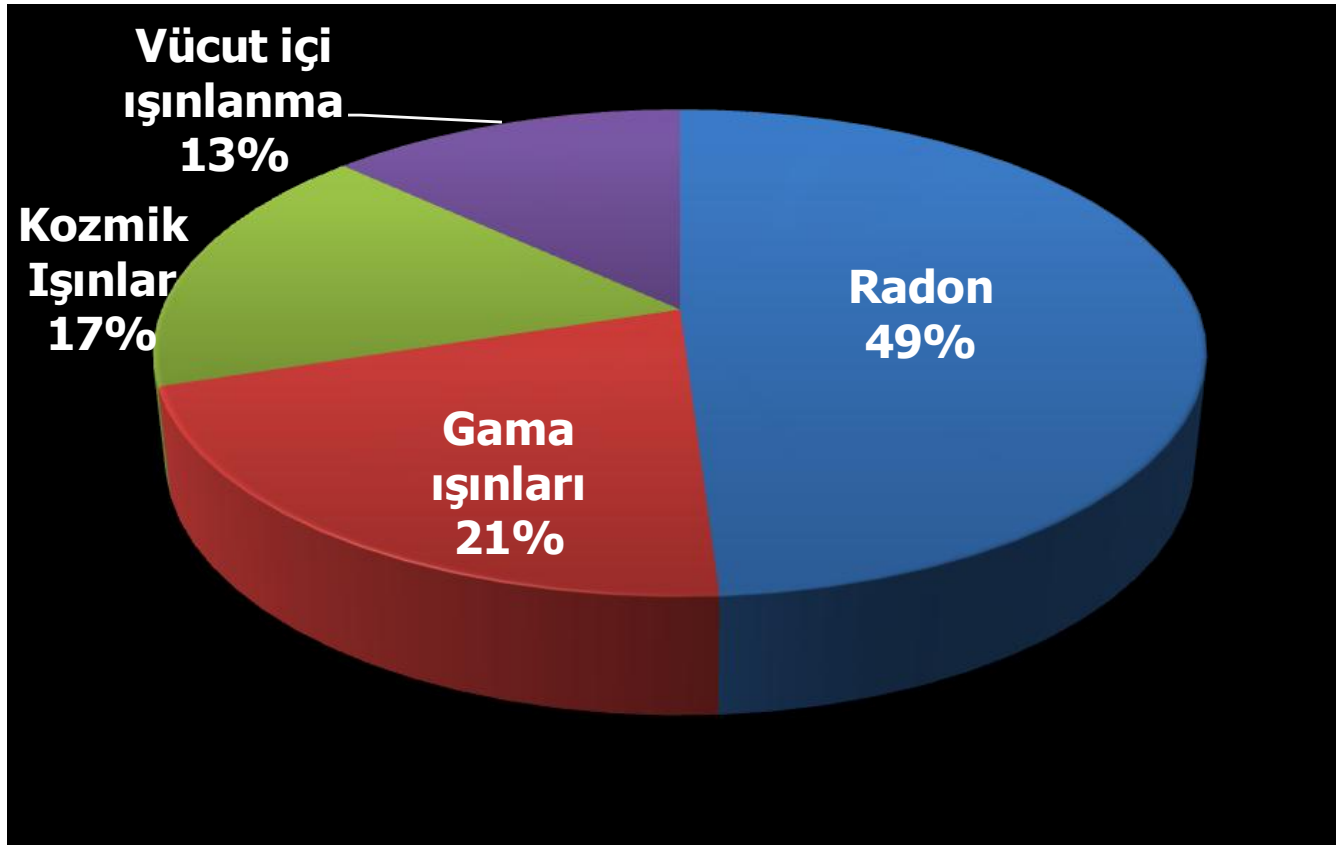
Bir dağın tepesinde veya havada yol alan bir uçakta bulunan bir kişi, deniz seviyesinde bulunan bir kişiden çok daha fazla kozmik ışına maruz kalır

# Kozmik ışıklardan 1 saatte alınan radyasyon dozunun yüksekliğe göre değişimi

Yaşantımızda,  
kozmetik ışıklar  
nedeniyle maruz  
kaldığımız  
ortalama  
radyasyon dozu  
0.26 mSv/yıl dır.



# Doğal Radyasyon Kaynakları



**Vücutumuzdaki**  
**Doğal Radyasyon miktarları (70 Kg lık kişide)**

| <b>Çekirdek türü:</b> | <b>Çekirdeğin Toplam kütlesi:</b> | <b>Çekirdeğin toplam Aktivitesi:</b> | <b>Günlük çekirdek alımı:</b> |
|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Uranium</b>        | 90 µg                             | 30 pCi (1.1 Bq)                      | 1.9 µg                        |
| <b>Thorium</b>        | 30 µg                             | 3 pCi (0.11 Bq)                      | 3 µg                          |
| <b>Potassium 40</b>   | 17 mg                             | 120 nCi (4.4 kBq)                    | 0.39 mg                       |
| <b>Radium</b>         | 31 pg                             | 30 pCi (1.1 Bq)                      | 2.3 pg                        |
| <b>Carbon 14</b>      | 22 ng                             | 0.1 µCi (3.7 kBq)                    | 1.8 ng                        |
| <b>Tritium</b>        | 0.06 pg                           | 0.6 nCi (23 Bq)                      | 0.003 pg                      |
| <b>Polonium</b>       | 0.2 pg                            | 1 nCi (37 Bq)                        | ~0.6 fg                       |



# **RADYASYON VE ÇEVRESEL ETKİLEŞİM**

# HANGİ CİHAZDAN NASIL ETKİLENİYORUZ?

Bilim dergisi American Scientific radyasyonun insan sağlığına etkilerini araştırdı. Dergi, cep telefonundan solaryuma kadar birçok teknik cihazın sağlık için yarattığı tehditleri bir grafikte anlattı

**Biyolojik etkiler**

**DNA'ya zarar vermeyen: İyonlaştırıcı olmayan radyasyon**

**DNA'ya zarar veren: İyonlaştırıcı radyasyon**

Uzun vadede sağlık problemleri

Vücut ısısında artış

Nefes darlığı, baş ağrısı, alıyuvarda değişim

DNA hasarı

**Frekans Bandı**

**Radyo dalga aralığı**

Yayın ve kablosuz ağ

Mikrodalga

**Terahertz**

**Kızılötesi**

**Ultraviyole**

**X ışını ve Gama ışını**

Yumuşak X ışını

Sert X ışını



AM Radyo  
600 kHz - 1.6 MHz



FM Radyo  
88 - 108 MHz



Cep Telefonu  
900 MHz - 2.4 GHz



Radar  
1-100 GHz



TV yayını  
54-700 MHz



Kablosuz ağ  
~2.4 GHz



Dijital metre



Mikrodalga fırın

Elektronikler

Optikler

Görünür dalga boyları (nm)

700 625 575 540 470 440

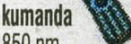
Fiber telekomünikasyon

0.7-1.4  $\mu$ m



Uzaktan kumanda

850 nm



Gece görüşü

10-0.7  $\mu$ m



Dış tedavi

200-350 nm



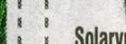
Isık

700-400 nm



Solaryum

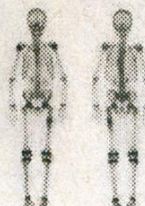
400-290 nm



Tıbbi röntgen  
80 keV



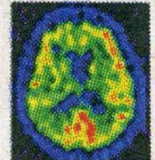
Bagaj taraması  
160 keV



Kemik taraması  
140 keV



Kozmik gama ışını  
>10 BeV



Tomografi  
511 keV

**Frekans kaynakları**

**Canlılar çevresinden oldukça anlamlı düzeyde iyonize edici ışıma alırlar:**

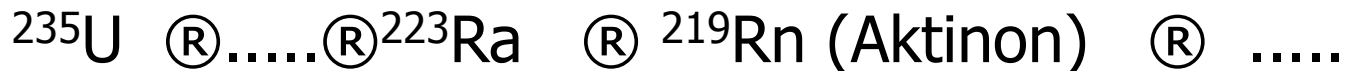
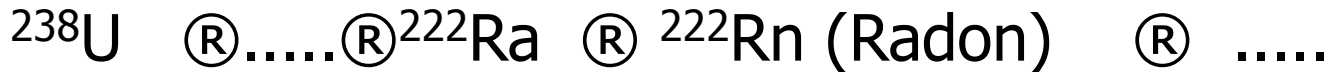
- Tıp ve diş hekimliğinde kullanılan X-ışınları
- Teşhis ve tedavide kullanılan ışımlar
- Soluduğumuz havada bulunan Radon



# Radon Nedir?

- renksiz,
- kokusuz,
- 86 atom numarası ile soy gazlar sınıfında,
- $^{119}\text{Rn}$  -  $^{226}\text{Rn}$  arasında toplam 28 izotopu bulunan bir kimyasal elementtir

Bozunma şeması



Ana atomlar bütün doğal malzemelerde (kaya, toprak ve yapı malzemeleri gibi) bulunabilir

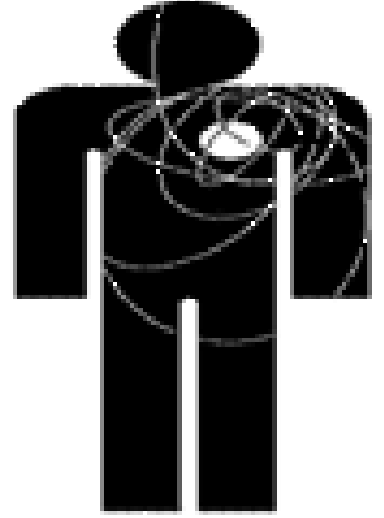
# **Radon gazı nerelerde bulunur?**

- Zemindeki çatlaklar
- Yapı bağlantı noktaları
- Duvar çatlakları
- Asma kat boşlukları
- Tesisat boru boşlukları
- Duvar arası boşlukları
- İçme suyu

- Yiyecek, içecek ve teneffüs ettiğimiz havadan aldığımız radyoaktivite nedeni ile
- Yeryüzündeki radyonüklidlerin yaydığı gama ışınları nedeniyle tüm vücut radyasyona maruz kalır

# **Alınan radyasyon dozu,**

- bölgenin taşına,
- toprağına
- yapı malzemesine bağılıdır



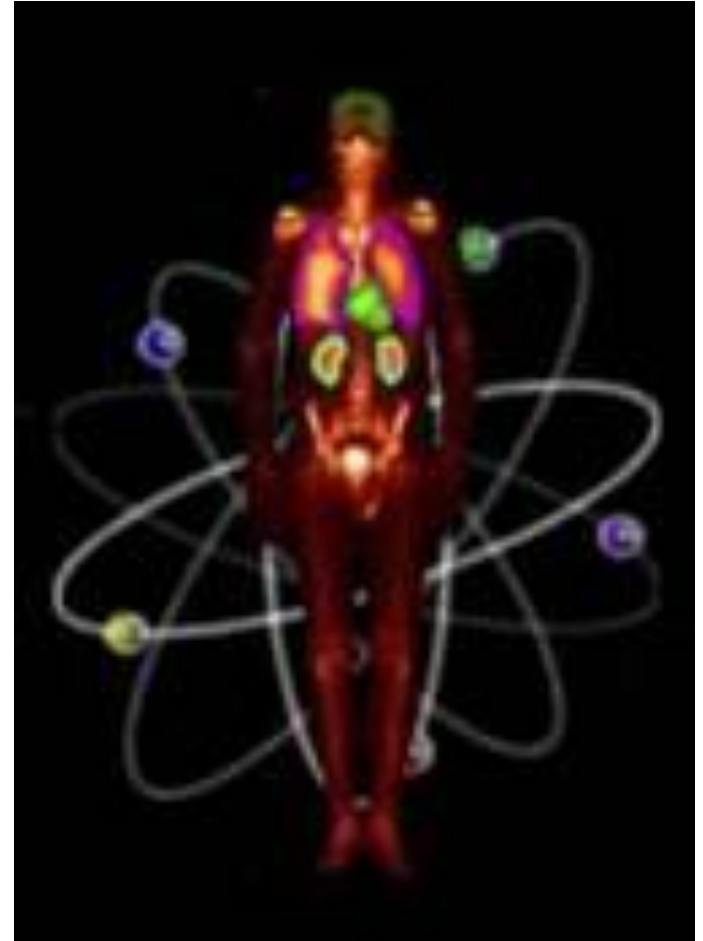
Vücudumuzda bulunan radyoaktif elementlerden (özellikle Potasyum-40) nedeni ile belli bir radyasyon dozuna maruz kalırız

Potasyum- 40' ın vücuttaki miktarı, vücuttaki kas miktarı ile değişir

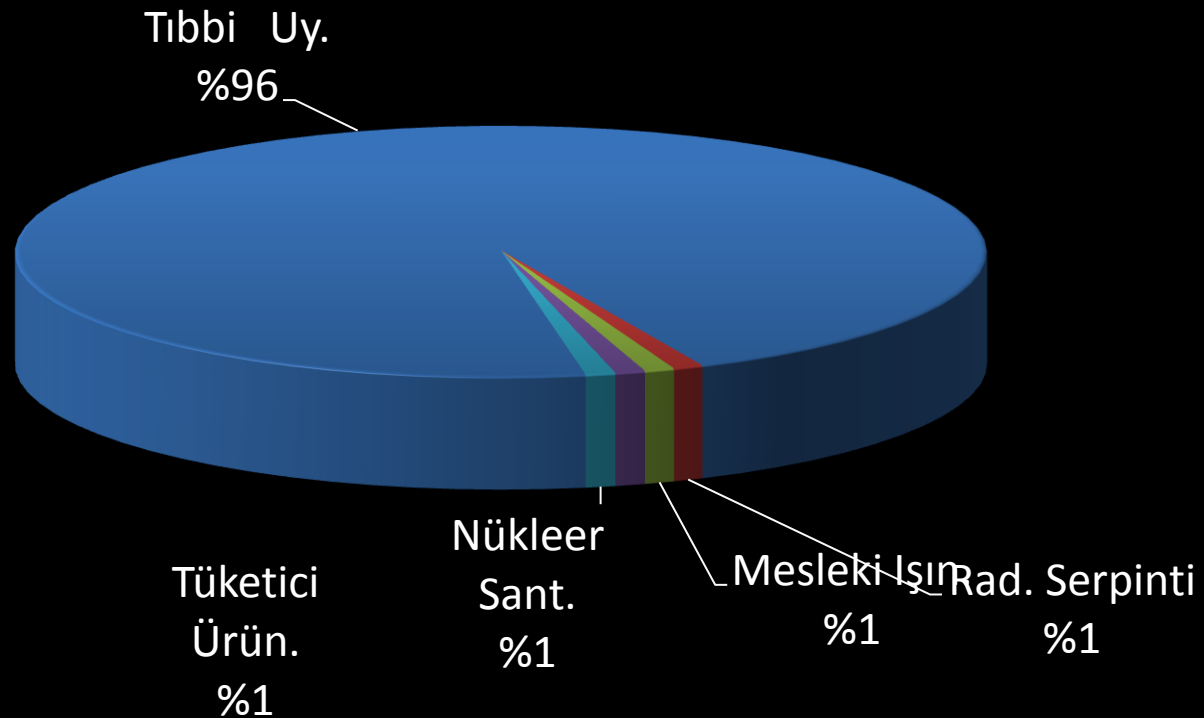


# **YAPAY RADYASYON KAYNAKLARI**

- 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 Kaynağı  | Doz (mSv)  |
|--------------------|------------|
| Radyoloji          | 0.5        |
| Dişçilik           | 0.06       |
| <b>Nükleer Tıp</b> | <b>0.8</b> |
| Radyoterapi        | 0.6        |

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

| Tetkik       | Konvansiyonel<br>X ışını, Doz,<br>(mSv) | Bilgisayarlı<br>Tomografi,<br>Doz, (mSv) |
|--------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| Kafa         | 0.07                                    | 2,3                                      |
| Diş          | < 0.1                                   | -                                        |
| Akciğer      | 0.14                                    | 8.0                                      |
| Karın        | 0.53                                    | 13.3                                     |
| <b>Kalça</b> | <b>0.83</b>                             | <b>13.3</b>                              |
| 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            |
| <b>Troid, Akciğer</b> | <b>12</b>      |
| Karaciğer,<br>Böbrek  | 1.5            |

# Hastalık kategorisine göre hedef hacim için ortalama tedavi dozları

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



# **Radyasyonun Biyolojik Etkileri**



İyonize radyasyonlar hücrelerin normal işleyişini etkileyebilirler

İyonize radyasyonların biyolojik etkileri, hücrelerde bulunan atomların iyonlaşmasıyla başlar

İyonlaştırıcı radyasyon hücreler ile etkileştiğinde,  
hücrenin kritik bir kısmında hasar oluşturabilir  
(oluşturmayabilir de)

İyonlaşma bazı durumlarda, hücrenin yapısını değiştirir

Fakat bu değişiklikler, hücrelerde doğal olarak ortaya çıkan değişikliklerden farklı değildir

Yani, iyonlaşma olumsuz bir etki oluşturmaz

Normal zamanlarda da hücrelerde hasarlar oluşur, oluşan hasarlar onarılır ve normal çalışmalarını sürdürürler

Bazı iyonlaştırıcı olaylar, normalde hücrede bulunmayan maddeler üretilmesine neden olur

Bu durum, hücre yapısı ve bileşenlerinin bozulmasına neden olabilir

Vücudumuzda her gün sürekli olarak oluşan,  
binlerce kromozomal değişiklik vardır

## **Kromozomlar,**

- hücrenin kendini yenilemesinde,
- işlevlerini yerine getirmesinde rol oynadığı
- genetik bilgileri içeren
- hücrelerin temel (kritik) parçalarıdır

Hücrelerin, kromozom hasarlarını onarmayı da içeren, düzenli olarak çalışan etkin bir onarım mekanizması vardır

Hücreler, sınırlı düzeyde oluşan hasarları onarabilirler

Kromozomlarda oluşan hasarlar genellikle onarılır



Eğer zarar görmüş bir hücre, kendini onarmadan önce bir işleve gereksinim duyarsa, ya onarım işlevi gerçekleşmez ya da işlev yanlış gerçekleşir veya işlev tamamlanmaz

Bu durumda hücre normal işlevlerini yerine getirmeyebilir veya diğer hücrelere zarar verir

Bu hücreler kendi kendilerini eşleyemeyebilirler  
veya kontrolsüz bir şekilde çoğalabilirler ki bu tür  
hücreler kansere zemin oluşturabilirler

Bir hücre radyasyon nedeniyle ciddi bir şekilde zarar görmüşse veya işlevleri bozulmuşsa hücre ölebilir

Hücrenin radyasyondan zarar görme düzeyi,  
hücrenin radyasyona ne kadar duyarlı olduğuna  
bağlıdır

Hücrelerin tümü, radyasyonun zararlı etkilerinden aynı şekilde etkilenmezler

Genel olarak, bölünme hızı yüksek olan hücreler, bölünme hızı düşük olan hücrelere göre radyasyondan daha fazla etkilenirler

# **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)

# **Radyasyona Karşı Doku ve Organ Duyarlılığı**

- Karaciğer, böbrek, kas, kemik, kıkırdak ve bağ dokuları yetişkin canlılarda farklılaşmış ve bölünmediği için radyasyona karşı dirençlidirler
- Kemik iliği, ovaryum ve testislerin (üreme organları) bölünen hücreleri, mide-bağırsak ve derideki epitel hücreler ise radyasyona duyarlıdırlar



# Radyasyonun Biyolojik Etkileri-1

- DNA, hücre ve insanın büyümesini ve gelişmesini kontrol eden kromozomları oluşturduğu için radyasyon hasarından etkilenen moleküllerin en önemlilerindendir
- 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, resesif 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 yaklaşık % 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<sup>+</sup>**) **iyonu** ve bir hidroksil (**<sup>0</sup>OH**) **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 (**<sup>0</sup>H**) **Radikali** ve bir hidroksil (**OH<sup>-</sup>**) **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



# **Bir kaza oluşumu sonucu, erken safhalarındaki en önemli ışınlama yolları şöyle sıralanabilir**

- 1-** Radyoaktif kaynak, nükleer tesisten ve salınan herhangi bir radyoaktif maddeden kaynaklanan **direkt (doğrudan) radyasyon**
- 2-** Hava ile taşınan radyoaktif maddelerin (uçucular, aerosoller, partiküller), **solunmasından**
- 3-** Radyoaktif maddelerin toprakta veya yüzeyde birikimi nedeni ile doğrudan **radyasyon ışınlamalarından**
- 4-** Cilt ve giysilere **bulaşan** radyoaktif maddelerden kaynaklanır

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 yanığının gelişimi



olaydan 31 gün sonra



olaydan 50 gün sonra bacadan alınan deri dikilmiş



olaydan 6 ay sonra



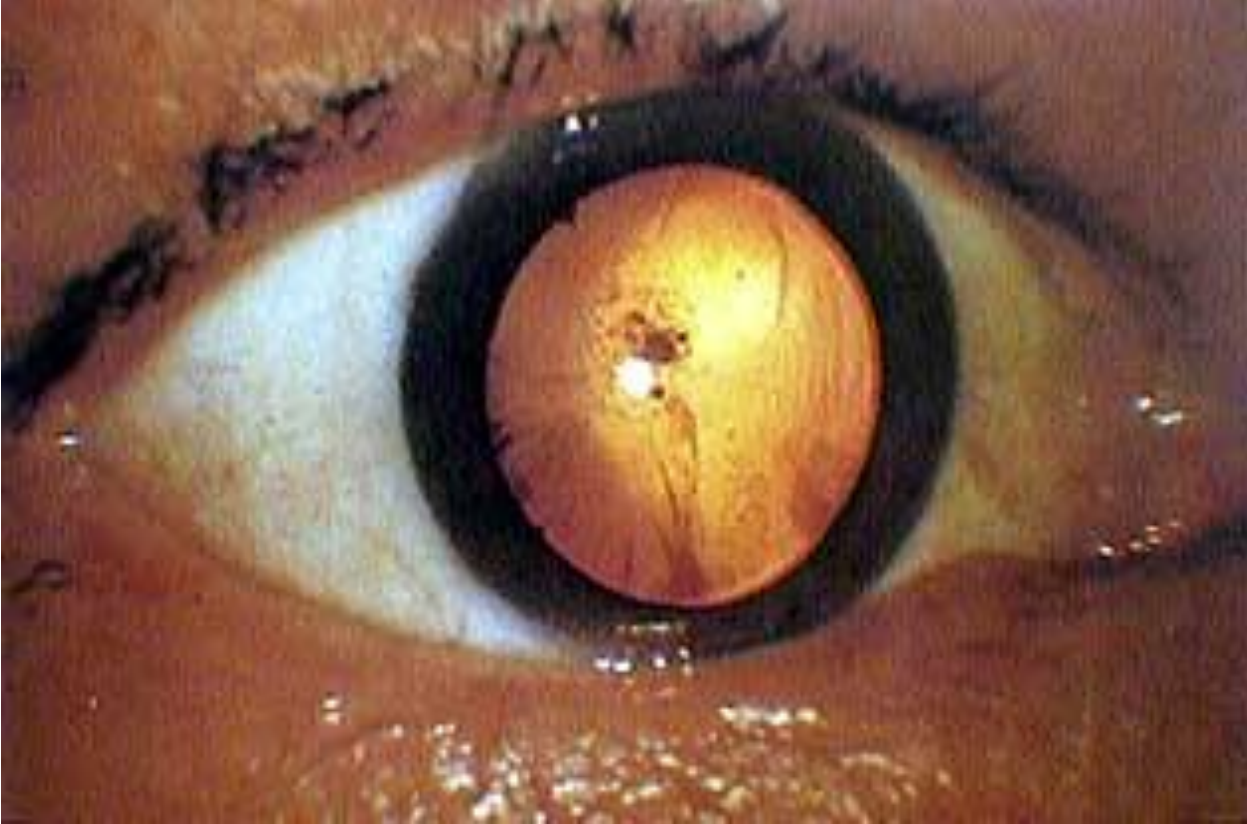
olaydan 19 ay sonra

Hiroşhimaya atılan bombanın Radyasyon ışıması sonucu deride oluşan yanıklar-keloid yaraları





Bombalama ile yayılan UV sonucu gözde  
oluşan katarakt



# Hücre düzeyinde etkiye

**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 ısıma 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- BİYOLÖJİK EVRE: ( 1 s ile 40 sene içinde oluşur)**

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



# Radyasyonun Biyolojik Etkileri

Fiziksel olaylar (iyonlaşma, uyarma)

← Atom düzeyinde



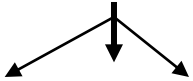
Fizikokimyasal olaylar (Radikallerin oluşumu)

← 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)

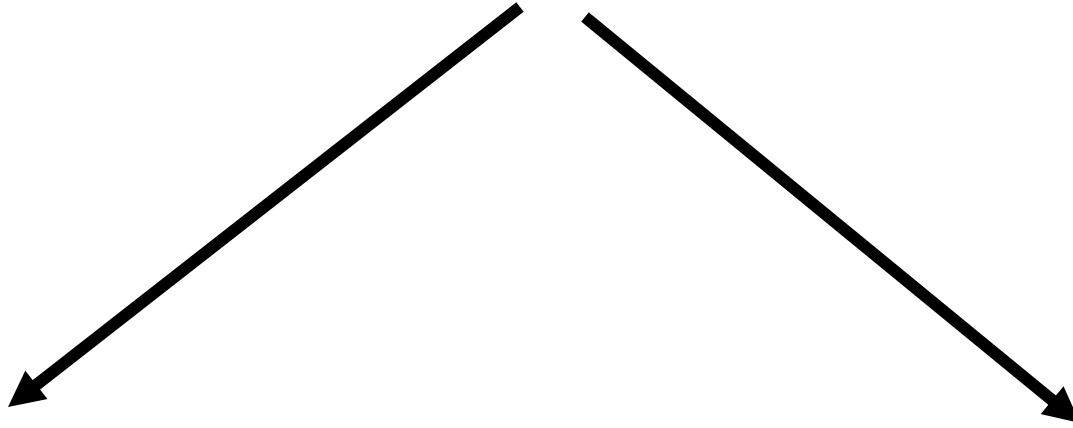
Eşik doz yok

(Rastgele olmayan etki)

(Rastgele etki)

# **Akut ve Kronik Radyasyon Dozları**

# **Radyasyonun Doza Bağılı Biyolojik Etkileri**



**Akut Etkiler**

**Kronik Etkiler**

# Akut radyasyon dozu

- Tüm vücudun ***10 Rad veya daha yüksek*** dozlarda radyasyona maruz kalması
- Eğer alınan radyasyon dozu yeterince büyükse, doza bağlı olarak biyolojik etki, saatler veya haftalar içinde ortaya çıkar
- ***Ani olarak yüksek dozlarda radyasyona maruz*** kalma sonucu ortaya çıkan sendromlar, Akut Radyasyon Sendromu olarak adlandırılır

# Kemik iliği sendromu

- >100 rad düzeyindeki radyasyon,
  - kemik iliği,
  - dalak
  - lenfatik dokular gibi en hızlı bölünen hücrelerde hasara neden olur
- Belirtiler:
  - iç kanama,
  - yorgunluk,
  - bakteriyel enfeksiyonlar
  - ateş

# Gastrointestinal Sistem Sendromu;

>1000 rad düzeyinde radyasyon, mide ve bağırsak gibi daha yavaş bölünen hücrelerde hasara neden olur

- Belirtiler:
  - mide bulantısı,
  - kusma,
  - ishal,
  - su kaybı,
  - elektrolit denge bozukluğu,
  - sindirim yeteneği kaybı,
  - ülser kanaması

**>5000 rad düzeyindeki radyasyon**, sinir hücresi gibi yenilenmeyen hücrelerde hasara neden olur

Belirtiler:

- Koordinasyon kaybı
- Konfüzyon
- Koma
- Kasılma
- Şok
- Gastrointestinal sistem ve kan yapıcı organ semptomları

## **Diğer akut etkiler-1**

200-300 rad düzeyinde radyasyona maruz kalan kişilerde,

Deride kızarıklık (erythema), saç foliküllerinin zarar görmesine bağlı saç dökülmesi görülür



## Diğer akut etkiler-2

***125-200 rad düzeyinde*** radyasyona maruz kalan bayanların yumurtalıkları etkilendiğinden % 50 sinde kalıcı adet düzensizliği görülmektedir

***600 rad düzeyinde*** radyasyona maruz kalanların kısırlık görülmektedir

# **Kronik radyasyon etkileri**

- Uzun zaman diliminde düşük düzeylerde radyasyona maruz kalma sonucu ortaya çıkar
- Vücut kronik olarak alınan radyasyon dozunu, akut olarak alınan radyasyona göre daha iyi tolere edebilir

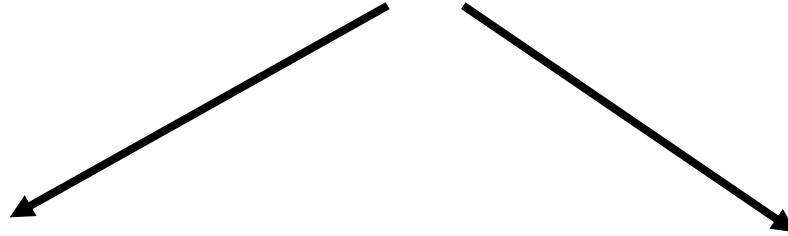
Böylesi durumlarda, hücrelerde oluşan hasar düşük olduğundan, vücudun oluşan zararları onarmak için gerekli zamanı vardır

Vücudun ayrıca ölü veya işlevini yitirmiş hücreleri sağlıklı yeni hücreler ile değiştirmek için yeterli zamanı vardır

# Somatik ve Genetik Etkiler

- **Somatik etki**, radyasyona maruz kalan kişide gözlenen etkiler olarak tanımlanır
- **Genetik veya kalıtımsal** yolla ortaya çıkan radyasyon etkileri, radyasyona maruz kalan kişinin kendinde değil de, daha sonraki nesillerinde ortaya çıkan etkilerdir

# **Somatik etkiler, alınan radyasyon dozuna bağlı olarak**



## **Erken ortaya çıkan**

400 rad lık bir radyasyona maruz kalan kişinin saçlarındaki geçici dökülmeler

## **Geç ortaya çıkan**

kanser oluşumundaki artış ve katarakt

## 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

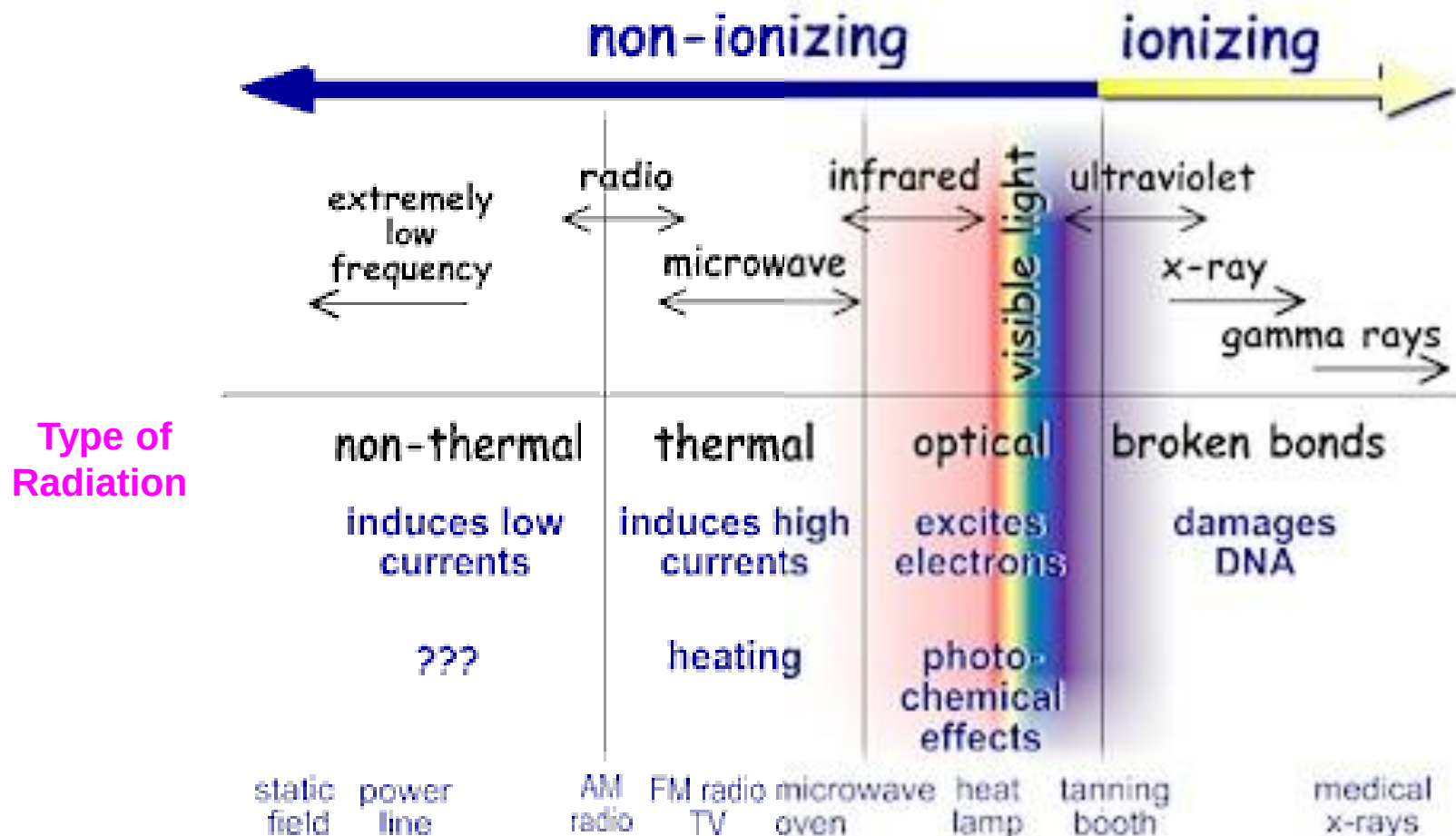
**Cep telefonlarından yayılan non-iyonizan radyasyonun soğurulması SAR (Specific Absorption Rate) 1 ile 10 gr lık dokuda Watt/kg ile tanımlanmaktadır**

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 ışıklar:





# NEW APPROVED Greetings - State Dept. of Health

*Garry Varvel*  
If it ain't broke, don't fix it.  
©2007 Garry Varvel



Long distance Wave



Elbow Bump



Sanitary Gloves



The Bow



The Bump

[garyvarvel.com](http://garyvarvel.com)

# **Unutma**

Radyasyon görülmez kokusu  
alınmaz ve duyu organları  
tarafından algılanamaz