



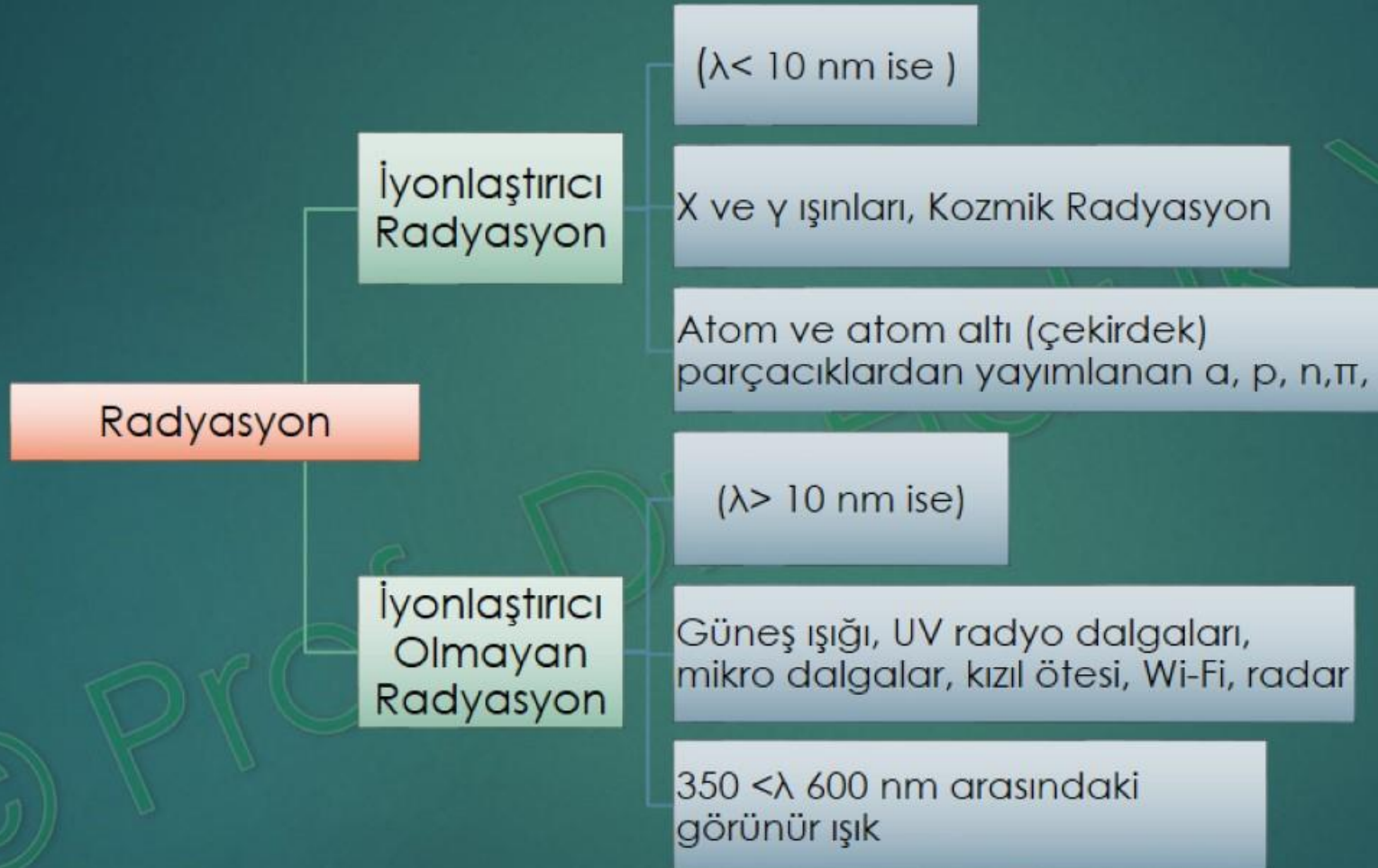
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
NÜKLEER BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

RADYASYON NİCELİKLERİ VE RADYASYON BİRİMLERİ

101538

PROF. DR. HALUK YÜCEL

RADYASYON

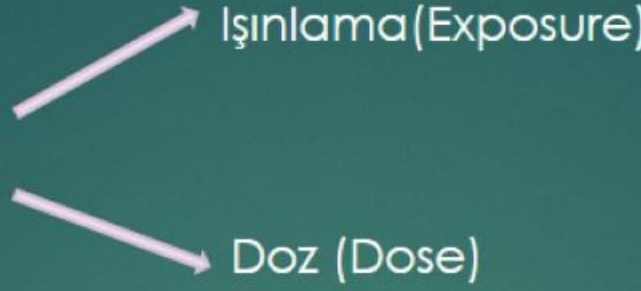


RADYASYONDAN KORUNMA KAVRAMI VE RKS/MEDİKAL FİZİKÇİ GÖREVLERİ

- **Radyasyondan Korunma kavramı;** Dünya'da meydana gelmiş bir çok radyasyon kazalarının olmaması için normal çalışma durumunda alınacak önlemleri, kaza öncesi ve sonrasında yapılacak tüm iş ve işlemleri kapsar.
- Radyasyondan Korunma Sorumlularının (RKS), uzmanların ve/veya medikal fizikçilerin görevleri:
 1. Ölçüm cihazlarının uygun kalibrasyonu ve uygun şekilde çalıştırılmasından sorumludur.
 2. Radyasyon korunması için gerekli zırhlamaların tasarlanmasından ve uygulanmasından sorumludur.
 3. Ortamda/ alanda radyasyon dedeksiyonu ve ölçülmesinden sorumludur.
 4. Radyasyon kaynaklarının kullanıldıkları yerlerde belirli aralıklarla denetleme ve tetkik yapmaktan sorumludur.

RKS, SAĞLIK FİZİKÇİSİ/MEDİKAL FİZİKÇİ GÖREVLERİ

- Radyasyondan Korunma Sorumlularının (RKS), uzmanların ve/veya medikal fizikçilerin görevleri:
 4. Radyasyon kaynaklarının uygun bir şekilde idare edilmesinden ve iş yerlerindeki radyasyon alanlarının kabul edilebilir seviyelerde tutulabilmesi için devlet mevzuatlarını uygulamaktan sorumludur.
 5. Çalışan tüm bireylerin ışınlama kayıtlarının tutulmasından sorumludur.
 6. Radyoaktif maddelerle kontamine olmuş alanların nasıl arındırılacağını bilmelidir.
 7. Kendi çalıştığı kuruluş ve yetkili otoriteler arasındaki işbirliğinde temsilci görevi yapmalıdır.
 8. Çalıştığı tesiste radyasyondan korunma programlarını hazırlar ve yürütür.
 9. Hekim veya radyoloji/onkoloji uzmanlarını tedavi planlarının uygulanmasına yardım eder.

- Radyasyonun etkisi  Işınlama (Exposure)
Doz (Dose) terimleriyle ölçülür.

- ICRP Işınlamaları 3 kategoriye ayırır
 1. Mesleki Işınlama
 2. Halkın Işınlanması
 3. Medikal Işınlama

1. Işınlama

- Standart sıcaklık ve basınçtaki kuru havada X ve Gama ışınları tarafından üretilen ikincil parçacıkların (elektronların) yolları boyunca tamamı durdurulduğunda oluşan iyonların tek işaretli yüklerinin (dQ) birim hava kütlesine oranıdır.

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

- SI birim sisteminde birimi C/kg 'dır. Eski birimi ise Roentgen (R) olarak tanımlanır.

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

- Sadece elektromanyetik radyasyon için tanımlanır.
- Sadece hava ortamı için tanımlanır.



- Havada soğurulan doz ile Röntgen arasındaki ilişki; Havada bir iyon çifti oluşturmak için gerekli enerji 33.97 eV'tur Bu aynı zamanda 33.97 J/C olarak ifade edilebilir.

$$2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg} * 33.97 \text{ J/C} = 0.00876 \text{ J/kg} = 87.6 \text{ erg/g}$$

- $D_{air} \text{ (mGy)} = 8.76x X \rightarrow$ havada soğurulan dozdur. Buradan bir ortama geçmek için ise

$$D_{med} = D_{air} * \left(\frac{(\mu_{en}/\rho)_{med}}{(\mu_{en}/\rho)_{air}} \right) \rightarrow D_{med} \text{ (mGy)} = 8.76 * \left(\frac{(\mu_{en}/\rho)_{med}}{(\mu_{en}/\rho)_{air}} \right) * X$$

$$\left(\frac{(\mu_{en}/\rho)_{med}}{(\mu_{en}/\rho)_{air}} \right) = f \rightarrow D_{med} = f * X$$

- Işınlamanın ölçülmesi iyon odaları kullanılarak başarılır ve birimi Röntgen'dir. Işınlama ve soğurulan dozun tanımlarına göre aralarında şöyle bir bağıntı yazılabilir:

$$1R = \frac{1 \text{ esu}}{1.293 \times 10^{-3} \text{ g}} \times (2.082 \times 10^9) \text{ iyon çifti/esu} \times (34 \text{ eV/iyon çifti}) \times 1.602 \times 10^{-12} \text{ erg/eV}$$

$$= 87.6 \text{ erg/g} = 0.876 \text{ rad} = 8.76 \text{ mGy}$$

Veya $1R \approx 8.76 \text{ mSv}$

- D havadaki soğurulan doz ve X havadaki ışınlama olduğunda, iki terim arasındaki ilişki,

$$D[\text{rad}] = 0.876X [\text{R}]$$

- Havanın dışındaki ortamlar için, i'inci ortam için soğurulan doz hızı, \dot{D}

$$\dot{D}_i = \Phi [\text{parçacık/cm}^2\text{s}] * \mu_{a,i} (\text{m}^2/\text{kg}) * E (\text{J/parçacık})$$

- Havadaki soğurulan doz hızı ise,

$$\dot{D}_{air} = \Phi [\text{parçacık/cm}^2\text{s}] * \mu_{a,air} (\text{m}^2/\text{kg}) * E (\text{J/parçacık})$$

- Bu denklemlerin oranından,

$$\dot{D}_{a,i} = \frac{\mu_{a,i}}{\mu_{a,air}} * \dot{D}_{a,air} = \frac{\mu_{a,i}}{\mu_{a,air}} (0.88) * \dot{X}_{air}$$

- Bu eşitlikler, soğurulan doz ölçümünün iki aşamalı bir işlem olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır.
- Işınlamanın (ya da ışınlama hızının) ölçülmesi;
 - ✓ Soğurulan dozun (ya da doz hızının), ölçülen ışınlamadan hareketle hesaplanması
 - ✓ Pratikte, uygun şekilde kalibre edilen sayaçlar ile radyasyon dozunu rad veya Gray olarak okumak mümkündür.

2. Doz

- Bir hedefin belirli kütlesine radyasyonla aktarılan enerjini ölçüsüdür. Havadan başka radyasyon tiplerini ve ortamları da içine alan ve radyasyondan korunmada geçerli bir kavramdır.

$$D = \frac{dE}{dm} \quad dE: \text{iyonlaştırıcı radyasyon tarafından aktarılan ortalama enerji}$$

dm: malzemenin birim kütlesidir. $J/kg \rightarrow Gray$

- Soğurulan dozu Gy cinsinden ölçmek kolay değildir. Bu yüzden, dokunun belirli bir miktarına aktarılan enerjiyi ölçmek zor olur. Bu zorluğu havada aktarılan enerjiyi ölçerek bypass etmek mümkündür. Bu havaya aktarılan enerji ışınlamayla orantılıdır ve bu da soğurulan doz ile ilişkilendirilir. Işınlamanın ölçülmesi yaygın olarak iyon odaları kullanılarak başarılır ve bunun birimi Röntgendir.

- Ayrıca doz, X, gama ve diğer radyasyon türlerini de kapsar. Daha genel kapsamlı olarak tanımlanan bu terimin birimi [rad] (Radiation absorbed Dose) dir.

$$1 [rad] = 100 [erg/g]$$

- S.I. biriminde ise soğurulan doz, Gray birimi ile tanımlanır. [Gy]

$$1 [Gy] = 1 [J/kg] = 100 [rad]$$

© Prof. Dr. Haluk YÜCEL

3. Doz Hızı

- dt zaman aralığında soğurulan dozdaki değişim olarak ifade edilir.

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt} = \frac{dE}{dm dt}$$

- Birimi J/kg → Gy/s'dir.
- Hava dışındaki ortamlar için doz hızı:

$$\dot{D}_{a,i} = \Phi * \mu_{a,i} * E$$

Ø: parçacık akısı,

$\mu_{a,i}$: i'nci ortam için belirli bir enerjide kütle soğurma katsayısı,

E: parçacık enerjisi (J/parçacık)

$$1\text{MeV} = 1.6\text{E-}13\text{ J}$$

4. Eşdeğer Doz

- Eş değer doz, bir insan belirli bir dokusuna veya bölgesinde soğurulan dozdur.

$$H_T = W_R * D_{T,R}$$

$D_{T,R}$: Belirli bir radyasyon türünün bir doku ya da organa verdiği ortalama soğurulmuş doz.

W_R : Belirli bir radyasyon türü için ağırlık faktörüdür.

- Radyasyon alanı farklı radyasyon türlerini içeriyorsa;

$$H_{T,R} = \sum_R * W_R * D_{T,R}$$

Birimi J/kg özel adı Sievert (Sv)' dir.

Radyasyon Ağırlık Faktörleri:

Radyasyon Tipi	Radyasyon Ağırlık Faktörü W_R
Fotonlar	1
Elektronlar ve müonlar	1
Protonlar ve yüklü pionlar	2
Alfa parçacıkları, fizyon ürünleri, ağır iyonlar	20
Nötronlar	$E_n < 1MeV, 2.5+18.2 * e^{-[\ln(E_n)]^2/6}$ $1MeV < E_n < 50MeV, 5.0+17.0 * e^{-[\ln(2 * E_n)]^2/6}$ $E_n > 50MeV, 2.5+3.25 * e^{-[\ln(0.04 * E_n)]^2/6}$

5. Eşdeğer Doz Hızı

- dt zaman aralığında eş değer doz daki değişim.

$$H'_T = \frac{dH_T}{dt}$$

- Birimi J/kg · s → (J/kg)/s
- → Sv/s'dir.

© Prof. Dr. Haluk YÜCEL

6. Etkin Doz

- Doku ya da organa özgü doku ağırlık faktörü ile (W_T) bu doku ve ya organa ait dozun çarpımıyla elde edilen dozların, tüm vücut için toplam olarak ifade edilmesidir.

$$E = \sum H_T * W_T$$

- Birimi J/kg \rightarrow Sv dir.
- ICRP 103 (2007) Tavsiyelerinde,

Organ/ Doku	W_T
Akciğer, Mide, Kolon, Kemik iliği, Meme ve geri kalanlar (kalp, böbrek, kas, prostat, pankreas vb.)	0.12
Gonadlar	0.08
Troid, Osefagus, İdrar torbası, Karaciğer	0.04
Kemik yüzeyi, Deri, Beyin	0.01

7. Doz Eşdeğeri

- Doku içerisinde bir noktada soğurulan dozun bu noktadaki kalite faktörü ile çarpımıdır.

$$H = Q * D$$

$$\text{J/Kg} \rightarrow \text{Sv}$$

8. Organ Dozu

- İnsan Vücudunun belirli bir dokusu ya da organına aktarılan ortalama soğurulan doz dur.

$$D_T = \frac{1}{m_T} \int_{m_T} D * dm = \frac{T}{m_T}$$

m_T : Doku ya da organın kütlesi,

D: dm kütle elemanında soğurulan doz

T: Aktarılan Toplam Enerji (Total deposited energy)

9. ICRU Küresi

- Kütle bileşimi % 76.2 O, % 10.1 H, % 11.1 C ve % 2.6 N elementlerinden oluşan ve yoğunluğu 1 g/cm^3 olan doku eşdeğeri malzemedan yapılan 30cm çapındaki küredir.

OPERASYONEL DOZ NİCELİKLERİ

10. Ortam Doz Eşdeğeri, $H^*(10)$

- Hizalanmış radyasyon alanının doğrultusunun zıt yönünde ICRU küresinin yarıçapı üzerinde 10mm derinliğinde bir noktada karşılık gelen bir genişletilmiş ve hizalanmış olan tarafından oluşturulan doz eşdeğeri. Birimi Sievert'tir.

11. Kişisel Doz Eşdeğeri, $H_p(d)$

- Vücut üzerinde belirtilen bir noktanın altında uygun d değerinde yumuşak dokuda ki doz değeridir.

12. Kerma, K

- Birim kütlede, indirekt iyonlaştırıcı parçacıkların serbest bıraktığı tüm yüklü parçacıkların başlangıçtaki kinetik enerjileri toplamı dE_{tr} ile maddenin kütlesi dm ile gösterilirse, dE_{tr} 'nin dm 'ye oranı Kerma'dır.

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm}$$

- Yüksüz parçacıklardan dE_{tr} : yüksüz parçacıklar tarafından serbest bırakılan tüm yüklü parçacıkların kinetik enerjileri toplamıdır.

$$Kerma = \Phi * E * \left(\frac{\mu_{tr}}{\rho} \right)_{hava}$$

$$\frac{\mu_{en}}{\rho} = \frac{\mu_{tr}}{\rho} * (1 - \bar{g})$$