



ANKARA ÜNİVERSİTESİ
NÜKLEER BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**VÜCUT İÇİNDEKİ İŞINLAMAYA
BAĞLI DOZ HIZI HESABI**

101538

PROF. DR. HALUK YÜCEL

VÜCUT İÇİNDE İŞINLAMA NEDENİYLE DOZ HESABI

a) Vücut İçindeki Yüklü Parçacıklar Nedeniyle Doz (Internal Dose)

- Yüklü parçacıklar(e, p, α) vücut içinde radyonüklitlerden meydana gelir ve enerjilerini bırakırlarsa, 10 MeV'den daha az enerjili parçacıkların menzili mm veya daha küçük olduğundan, tüm enerjilerini çok küçük bir hacme aktarırlar ve bu nedenle hesaplanması kolaydır.
- Yüklü parçacığın elektron olması durumunda, sahip oldukları enerjinin bir kısmı Bremsstrahlung olarak kaçar ve bunu düzeltecek bir terimi hesaba katmak gerekebilir.
- İç ışınlama doz hızı,

$$H = \frac{\int_0^{\infty} E \cdot S(E) \cdot Q(E) \cdot dE}{\text{parçacık enerjisinin aktarıldığı kütle}} \quad (1)$$

Burada, $S(E)$ =birim zamanda yayınlanan parçacıkları sayısı (aktivite) ancak bu parçacıkların enerjisi E ile $E+dE$ arasında

$Q(E)$ =kalite faktörü

- Eşitlik (1)'deki parçacık enerji spektrumu çok gruplu ise,

$$H = \frac{\sum_g E_g S_g Q_q}{m} \quad (2)$$

$$S_g = \int_{E_g} S(E) \cdot dE \quad (3)$$

Burada, m=enerji aktarılan hacmin kütlesi $m = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$

R=dokudaki yüklü parçacığın menzili

ρ =dokunun yoğunluğu

- Şayet kaynak bir organa enerjisini aktarırsa, bu durumda Eşitlik (2)'deki kütle m yerine o organın kütlesi alınır. Kaba bir yaklaşımla tüm radyasyonun tüm radyasyonun enerjisinin o organ hacminde soğrulduğu varsayılabilir.

Örnek: 6 MeV enerjili 1 pCi alfa kaynağının dokudaki doz hızı nedir?

6 MeV alfalar için range=4.7 μm

$$S(E) = 1 \text{ pCi} \times 3.7 \times 10^{-2} \frac{\text{Bq}}{\text{pCi}} \times P_{\alpha}$$

$$S(E) = 3.7 \times 10^{-2} \alpha/s$$

$$m_{\text{doku}} = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho = \frac{4}{3} \pi (4.7 \times 10^{-6} \text{ m})^3 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\dot{H} = \frac{\int_0^{\infty} S(E) \cdot Q(E) \cdot E \cdot dE}{m_{\text{doku}}}$$

$$\dot{H} = \frac{3.7 \times 10^{-2} \frac{\alpha}{s} \times 6 \frac{\text{MeV}}{\alpha} \times 1.6 \times 10^{-13} \frac{\text{J}}{\text{MeV}} \times 20}{\frac{4}{3} \pi (4.7 \times 10^{-6})^3 \times 10^3 \text{ kg}}$$

$$\dot{H} = 1.64 \times 10^{-3} \frac{\text{Sv}}{\text{s}} = 589 \frac{\text{rem}}{\text{h}}$$

$P_{\alpha} = \%100 = 1 \alpha/\text{bozunma}$

$1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$

Alfa kalite faktörü, $Q(E) = 20$

Örnek: 6 MeV enerjili 1 pCi alfa kaynağının akciğerlere düzgün şekilde dağıldığı varsayılırsa, doz hızı nedir?

Standart 70kg insanda yaklaşık 1kg akciğer organı olduğu varsayılmaktadır.

$$S(E) = 1 \text{ pCi} \times 3.7 \times 10^{-2} \frac{\text{Bq}}{\text{pCi}} \times P_{\alpha}$$

$$S(E) = 3.7 \times 10^{-2} \alpha / s$$

$$\dot{H} = \frac{\int_0^{\infty} S(E) \cdot Q(E) \cdot E \cdot dE}{m_{\text{doku}}}$$

$$\dot{H} = \frac{3.7 \times 10^{-2} \frac{\alpha}{s} \times 6 \frac{\text{MeV}}{\alpha} \times 1.6 \times 10^{-13} \frac{\text{J}}{\text{MeV}} \times 20}{1 \text{ kg}}$$

$$\dot{H} = 7.11 \times 10^{-13} \frac{\text{Sv}}{\text{s}} = 2.56 \times 10^{-7} \frac{\text{rem}}{\text{h}}$$

Örnek: 1 mCi ^{131}I radyoizotopundan yayınlanan betalar nedeniyle tiroid bezindeki doz hızı nedir?

^{131}I iki farklı enerjide beta yayınlar;

- $E_{\beta}^1 = 0.606 \text{ MeV}$ %90, dokudaki menzili 2mm
- $E_{\beta}^2 = 0.334 \text{ MeV}$ %7.34, dokudaki menzili 0.9mm

Tiroid bezinin kütlesi 0.025 kg ve hacmi 25cm^3 'tür. Tüm betaların soğrularak enerjilerini tiroid bezinde bıraktıkları varsayılır.

Ortalama enerjiler, $\overline{E}_{\beta}^1 = \frac{1}{3} 0.606 \text{ MeV} = 0.202 \text{ MeV}$

$$\overline{E}_{\beta}^2 = \frac{1}{3} 0.334 \text{ MeV} = 0.111 \text{ MeV}$$

$$\dot{H} = \frac{1\text{mCi} \times 3.7 \times 10^7 \frac{\text{Bq}}{\text{mCi}} \times (0.90 \times 0.202 + 0.0734 \times 0.111) \frac{\text{MeV}}{\beta} \times 1.6 \times 10^{-13} \frac{\text{J}}{\text{MeV}} \times 1}{0.025\text{kg}}$$

$$\dot{H} = 4.498 \times 10^{-5} \text{ Sv/s}$$

$$\dot{H} = 16.19 \text{ rem/h}$$

b) Foton Kaynağının Vücut İçi Işınlaması Nedeniyle Doz

- Fotonların sonsuz uzun menzilleri vardır bu nedenle vücut içindeki bir yerde olan kaynak tüm vücuda doz verir.
- Bir iç organda radyoizotopun uniform olarak ihtiva edildiği göz önüne alınırsa ve E enerjili gama kaynağının yayınlanma hızı S_V ($\# \gamma / m^3 s$), kaynak hacmi V_s olduğu düşünülürse, hedef hacim olarak başka bir organ tarafından alınacak doz hızı;

$$\dot{H} = \frac{\int_{V_s} \int_{V_T} \left(\frac{S_V dV_s}{4\pi r^2} \right) e^{-\mu r} \left[\# \gamma / m^2 s \right] \times E [MeV / \gamma] * \mu_a^{dokü} \left[m^2 / kg \right] \times B(\mu r) \times \rho \left[kg / m^3 \right] dV_T \times 1.6 \times 10^{-13} \frac{J}{MeV}}{\rho \left[kg / m^3 \right] \times V_T} \quad (1)$$

Burada, $\mu = E$ enerjili gamalar için dokudaki toplam lineer zayıflama katsayısı

$\mu_a^{dokü} = E$ enerjili gamalar için kütle-enerji soğurma katsayısı

$B(\mu r) = E$ enerjili gamalara için yığılma faktörü

$\rho =$ dokunun yoğunluğu

- Eşitlik (1)'deki uzayda konumu sabit kalan niceliklerin integrali alınarak foton ışınlarından kaynaklanan iç ışınlama doz hızı,

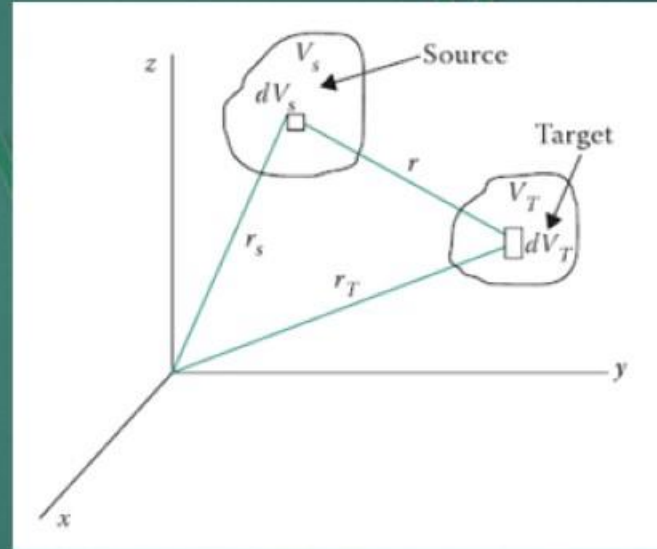
$$\dot{D} = \dot{H} = \frac{S_V}{4\pi} E \mu_a^{doku} g$$

$$g = \frac{1}{V_T} \int_{V_T} dV_T \int_{V_S} dV_S \frac{e^{-\mu r}}{r^2} B(\mu r, E)$$

Burada, g =geometri faktörü

V_T =hedef organ hacmi

V_S =kaynak hacmi



- Örneğin radyoaktif iyodun tiroide verdiği doz nedir? Tiroidin küresel olduğu varsayılırsa,

$$g = \int_0^R 4\pi r^2 dr \frac{e^{-\mu r}}{r^2}$$

$$g = \frac{4\pi}{\mu} (1 - e^{-\mu R})$$

$$\bar{g} = 0.75(g)_{center}$$

© Prof. Dr. Haluk YÜCEL

- Silindirik varsayılan vücutlar için ortalama geometri faktörü \bar{g} bir aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Silindir Yüksekliği (cm)	Silindir Yarıçapı (cm)							
	3	5	10	15	20	25	30	35
2	17.5	22.1	30.3	34.0	36.2	37.5	38.6	39.3
5	22.3	31.8	47.7	56.4	61.6	65.2	67.9	70.5
10	25.1	38.1	61.3	76.1	86.5	93.4	98.4	103
20	25.7	40.5	68.9	89.8	105	117	126	133
30	25.9	41.0	71.3	94.6	112	126	137	146
40	25.9	41.3	72.4	96.5	116	131	143	153
60	26.0	41.6	73.0	97.8	118	134	148	159
80	26.0	41.6	73.3	98.4	119	135	150	161
100	26.0	41.6	73.3	98.5	119	136	150	162