



ANKARA ÜNİVERSİTESİ
NÜKLEER BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
**DIŞ IŞINLAMAYA BAĞLI VERİLEN
DOZ HESABI**

**'Yüklü Parçacıklar Nedeniyle
Eşdeğer Doz Hızı Hesabı'**

101538

PROF. DR. HALUK YÜCEL

© Prof. Dr. Haluk Yücel

DIŞ IŐINLAMA SEBEBİYLE VÜCUDA VERİLEN DOZUN HESABI

- Uzayda belirli bir noktadaki radyasyon alanının Şiddeti verildiğinde o noktada dıran bir birey tarafından alınan doz hızı hesaplanır. İnsan vücutu dıőında radyasyon alanının aşağıdaki nicelikler bakımından bilindiği varsayılır. Bunlar:
 1. Radyasyon Tipi
 2. Radyasyon Enerjisi
 3. Iőinlamaya dahil olan radyasyonun/parçacıkların sayısı
- Bu hesaplamalardaki insan vücutunun varlığı ve üzerindeki elbiseleri nedeniyle radyasyon alanında meydana gelebilecek bozulmalar göz ardı edilir, dikkate alınmaz. Bu doz hızı hesabı yüklü parçacıklar, fotonlar ve nötronlar için farklıdır.

1. Yüklü Parçacıklar Nedeniyle Eşdeğer Doz Hızı Hesabı

- Uzayda belirli bir noktada yüklü parçacık alan şiddeti bilindiği varsayılırsa,
 $\phi(E) \cdot dE$ = enerjisi E ile E+dE arasında kinetik enerjiye sahip ($\#n/m^2s$) başına yüklü parçacık sayısı bilinen ve bu alan nedeniyle kişinin maruz kalması durumunda yüklü parçacıkların aktaracağı enerji nedeniyle doz eşdeğer hızı \dot{H} :

$$\dot{H} = \int dE \cdot \phi(E) \cdot \frac{dE}{dx} \cdot \frac{Q(E)}{\rho} \quad (1)$$

Burada dE/dx : Enerjisi E olan yüklü parçacıklar için dokunun durdurma gücü

$Q(E)$: E enerji,li parçacıklar için kalite faktörü

- Boyut analizi,

$$\dot{H} = \int \left[\frac{\#parçacık}{m^2 \cdot s} \right] \cdot \left[\frac{MeV}{m} \right] \cdot \left[\frac{m^3}{kg} \right] = \left[\frac{MeV}{kg \cdot s} \right] \Rightarrow \left[\frac{MeV}{kg \cdot s} \times 1.602 \times 10^{-13} \frac{J}{MeV} \right] = 1.602 \times 10^{-13} \frac{J}{kg \cdot s} = \frac{Sv}{s}$$

- Uygulamada parçacık sayısı $\phi(E)$: belirli bir enerji grubu dağılımı üzerinden integral alınarak hesaplanır. Yani,

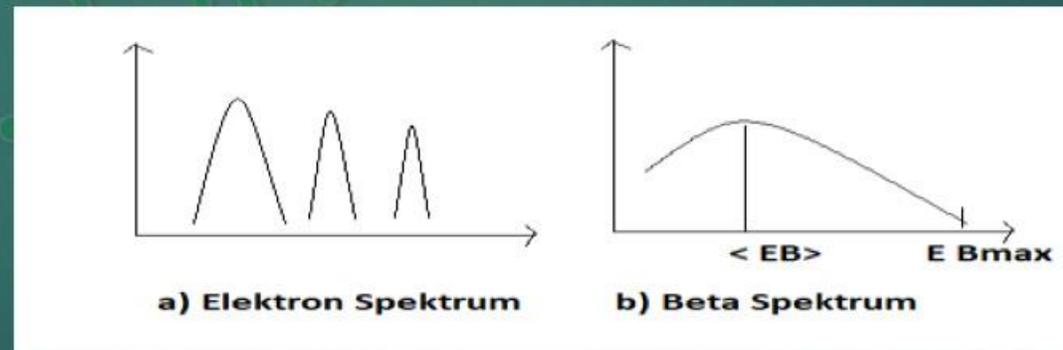
$$\phi_g = \int_{E_g}^{E_{g-1}} \phi(E) dE \quad \text{Enerjisi } E_g \text{ ile } E_{g-1} \text{ arasında olan}$$

O halde çoklu grup yapısına göre doz eşdeğeri hızı hesabı,

$$\dot{H} = \sum_{g=1}^G \phi_g \left(\frac{dE}{dx} \right) \frac{Q_g}{\rho} \left[\frac{Sv}{s} \right] \quad (2)$$

Şeklinde ifade edilir. Burada G: enerji gruplarının toplam sayısı ve Q_g ise g grubunun ortalama kalite faktörüdür.

- Eşitlik "1" ve "2" pratikte elektron ve beta demetleri için kullanışlıdır çünkü enerjisi $E < 10$ MeV olan alfalar insan derisine tam olarak nüfuz etmezler. Harici beta demetleriyle alınan doz, bu parçacıkların menziline eşit dokudaki derinlikle sınırlı olacaktır.
- Beta parçacıkları, elektron olmasına rağmen doz hızı hesabında betalar ve elektronlar arasında bir ayırım gereklidir. Çünkü tek enerjili elektronlardan oluşan bir elektron demeti ile atom çekirdeğinin bozulmasıyla yayımlanan elektronlardan oluşan beta parçacık demeti birbirinden farklıdır. Betaların maksimum enerjisi olan bir spektrum ve $\langle E_{\beta} \rangle = \frac{1}{3} \times E_{max}$ olan sürekli bir spektrumdur (!! iç doz hesaplarında ortalama enerji kullanılır.)



- Genelde basitlik olması için eşitlik 1 ve eşitlik 2 de ki kalite faktörü elektron ve betalar için $Q(E) = 1$ alınır.
- Pratikte daha da kullanışlı olması için akı – doz hızı (Flux to Dose Conversion) faktörleri kullanılır.
- Bu faktörlere göre doz eşdeğeri hızı, \dot{H} aşağıdaki gibi ifade edilir.

Tek grup için doz eşdeğer hızı $\dot{H} = \int C(E) \cdot \varphi(E) \cdot dE$ $C(E)$: dönüştürme faktörü

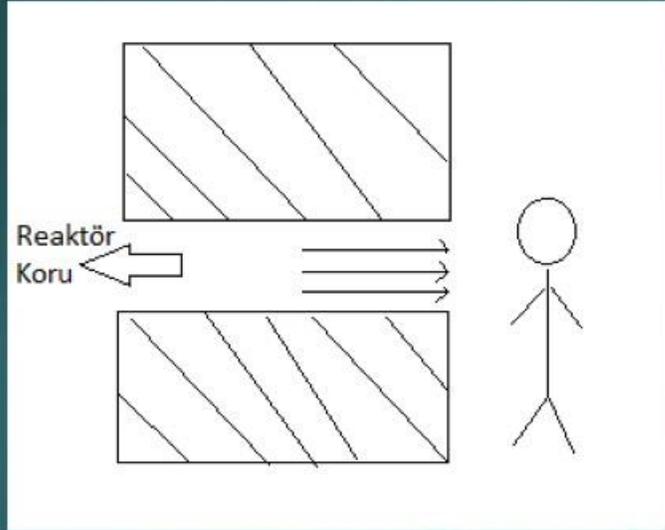
Enerji grupları üzerinden $\dot{H} = \sum_{g=1}^G C_g \cdot \varphi_g$

Burada belirli bir grup için belirlenen dönüştürme faktörü:

$$C_g = \frac{1}{E_{g-1} - E_g} \times \int_{E_g}^{E_{g-1}} C(E) dE$$

Elektronlar			Beta lar		
E_{max} (MeV)	$C(E)$ (Sv/s)/[#/m ² s]	$C(E)$ (mrem)/[#/cm ² s]	$E_{\beta max}$ (MeV)	$C(E)$ (Sv/s)/[#/m ² s]	$C(E)$ (mrem)/[#/cm ² s]
0.02	2.104×10^{-13}	0.758	0.2	1.160×10^{-13}	0.417
0.10	0.649×10^{-13}	0.234	0.4	0.772×10^{-13}	0.278
0.20	0.440×10^{-13}	0.158	0.6	0.578×10^{-13}	0.208
0.30	0.369×10^{-13}	0.133	0.8	0.433×10^{-13}	0.156
0.40	0.337×10^{-13}	0.121	1.0	0.386×10^{-13}	0.119
0.60	0.309×10^{-13}	0.111	1.5	0.330×10^{-13}	0.119
0.80	0.297×10^{-13}	0.107	2.0	0.317×10^{-13}	0.114
1.00	0.293×10^{-13}	0.105	3.0	0.303×10^{-13}	0.109
2.00	0.297×10^{-13}	0.107			
3.00	0.303×10^{-13}	0.109			
5.00	0.320×10^{-13}	0.115			
7.00	0.24×10^{-13}	0.118			
10.0	0.342×10^{-13}	0.123			

Soru: Bir araştırma reaktörünün açık demet çıkışında 10s süreyle duran bir kişinin maruz kaldığı doz seviyeleri aşağıda verilmiştir. Kişinin beta radyasyonu nedeniyle ve toplam alacağı doz nedir?



$$\left\{ \begin{array}{l} 10^8 \text{ fast nötron/m}^2\text{s} \\ 10^9 \text{ termal nötron/m}^2\text{s} \\ 10^7 \text{ } \gamma/\text{m}^2\text{s} \text{ (} E_\gamma = 2 \text{ MeV)} \\ 10^8 \text{ } \gamma/\text{m}^2\text{s} \text{ (} E_\gamma = 0.511 \text{ MeV)} \\ 10^{10} \text{ } \gamma/\text{m}^2\text{s} \text{ (} E_\gamma = 1.2 \text{ MeV)} \end{array} \right.$$

Soru: 1 Ci $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ kaynağında 1 metre mesafede 15 dk maruz kalan kişinin toplam Beta dozu nedir? (mSv)

$$^{90}\text{Y } E_{\beta\text{max}} = 2.28 \text{ MeV, } \%100 \text{ C(E)} = 0.113 \frac{(\text{mrem}/\text{h})}{\#/\text{cm}^2\text{s}}$$

$$^{90}\text{Sr } E_{\beta\text{max}} = 0.547 \text{ MeV, } \%100 \text{ C(E)} = 0.243 \frac{(\text{mrem}/\text{h})}{\#/\text{cm}^2\text{s}}$$

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

$$\phi = \frac{A}{4\pi r^2} = \frac{3.7 \times 10^{10}}{4\pi \cdot 100^2} \cong 2.905 \times 10^5 \frac{\text{beta}}{\text{cm}^2\text{s}}$$

$$\begin{aligned} \dot{H} &= \sum_i C_{i,g} \cdot \phi_g = \left(2.905 \times 10^5 \times \frac{\#}{\text{cm}^2\text{s}} \times 0.113 \right) + \left(2.905 \times 10^5 \times \frac{\#}{\text{cm}^2\text{s}} \times 0.243 \right) = 1.0342 \times 10^5 \times \frac{15}{60} \\ &= 0.2585 \times 10^5 \text{ mrem} = 25.854 \text{ rem} = 0.25854 \text{ Sv} = 258.54 \text{ mSv} \end{aligned}$$