



ANKARA ÜNİVERSİTESİ
NÜKLEER BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

LİNEER ENERJİ TRANSFERİ KAVRAMI VE RÖLATİF BİYOLOJİK ETKİNLİK

101538

PROF. DR. HALUK YÜCEL

LET (Linear Enerji Transferi)

- Bir ortamda yüklü parçacıkların lineer enerji transferi, enlemesine dl mesafesinde belirli bir enerjiye sahip yüklü parçacıklar tarafından ortama local olarak aktarılan ortalama enerjinin bu dl enine uzaklığa bölümüdür.

$$LET = Lx \frac{dE_l}{dl}$$

- LET ~ maddenin yoğunluğu ile orantılıdır.
- Durdurma gücü,

$$\frac{S}{\rho} = \frac{1}{\rho} x \frac{dE_s}{dl}$$

dl : enine gidilen yol uzunluğundur.

$S = \frac{dE_s}{dl}$ parçacığın kaybettiği ortalama enerjidir.

Relatif Biyolojik Etkinlik (RBE)

- İnsanların radyasyondan korunması için “soğurulan doz” radyasyon etkilerini değerlendirmek bakımından fazla bir anlam ifade etmiyor, çünkü aktarılan enerjinin ölçülmesi değil daha çok radyasyon exposure nedeni ile meydana gelen biyolojik etkiler önemlidir. Maalesef, soğurulan doz ile ortaya çıkan biyolojik etkiler her zaman bire bir karşılık gelmiyor ve bu nedenle, radyasyonun biyolojik etkilerini hesaba katan yeni bir birim (Sv veya rem) tanımlamak zorunluluğu vardır. Öyle ki, idealde belirli bir biyolojik etki sadece doza bağımlı olmalıdır. radyasyonun tipine ve enerjisine bakılmaksızın aynı biyolojik etkiyi oluşturması ve aynı zamanda göz önünde bulundurulan biyolojik etkinin ölçüsü olmalıdır.

© Prof. Dr. Haluk YÜCEL

- Pratikte dokuya farklı radyasyon tiplerinin aktardığı enerji farklı ve biyolojik organizma oldukça karmaşık bir yapıya sahip olduğundan bunu kesin belirlemek mümkün değildir.
- Bununla birlikte “ideal bir doz birimi” mümkün olmamakla birlikte aynı biyolojik etkilere eşitlenecek bazı birimler tanımlanmıştır.

$$RBE = \frac{\left(\begin{array}{l} 200 - 300 \text{ keVlik } X - \text{ışını veya } \gamma \text{ radyasyonundan ileri gelen} \\ \text{soğurulan dozun ürettiği belirli bir biyolojik etki} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Aynı biyolojik etkiyi oluşturan } i - \text{inci tip radyasyonun} \\ \text{soğurulmuş doz değeri} \end{array} \right)}$$

$$RBE = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{absorbed dose due to } \frac{x}{\gamma} 200 - 300 \text{ keV producing a certain} \\ \text{biological effect} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{absorbed dose due to } i \text{ th radiation type producing the same} \\ \text{biological effect} \end{array} \right)}$$

- RBE'nin anlamının anlaşılması bakımından aşağıdaki hususlara dikkat çekilebilir.
 1. RBE fotonlar cinsinden tanımlanır ve bu yüzden $RBE=1$, elektromanyetik radyasyon için kabul edilir. RBE'nin tanımında 200-300 keV'lik foton enerjileri belirtiliyor olmasına karşın, RBE, tüm foton enerjileri için 1'e eşit alınmaktadır.
 2. Herhangi bir verilen radyasyon tipi tek RBE'ye sahip olamaz, çünkü RBE değeri radyasyonun enerjisine hücreye, incelenen biyolojik etkiye, toplam doza, doz hızına ve diğer faktörlere bağlıdır.
 3. Biyolojik hasarın, birim mesafeye aktarılan enerjiyle yani LET arttığı bilinen bir gerçektir. Bu yüzden daha ağır parçacıklar aynı miktar soğrulma dozuna kıyasla daha fazla biyolojik hasara neden oldukları da artık çok iyi bilinmektedir.

- İşte bu sayılan kısıtlamalar nedeniyle ICRU komitesi 1963 yılında RBE yerine kalite faktörünü teklif etmiştir. QF çeşitli mütalaalar sonucu sayı olarak verilmektedir.
- 1973 yılında ICRU "F" harfini atarak sadece Q faktörünü kullanmayı tavsiye etmiştir.
- 1977 yılında ICRP (1991) doz eşdeğeri, H tanımını dokuda herhangi bir nokta için tanımlamıştır.
- Doz Eşdeğeri,

$$H = DxQxN$$

D= soğurulan doz,

Q=kalite faktörü,

N= tüm düzeltme faktörlerinin bir çarpımıdır. N için tavsiye edilen değer 1'dir.

- RBE kavramı şimdi sadece radyobiyolojide kullanılmaktadır. Halbuki, Q faktörü radyasyon korunmasında kullanılmaktadır. O halde soğurulan doz ile ilgili karşılık gelen bir Q faktörüyle çarpılırsa bu değer eř değer dozun "H"nin birimi elde edilir.

$$1 \text{ rem} = Q \times 1 \text{ rad}$$

$$1 \text{ Sievert(Sv)} = Q \times 1 \text{ Gy}, \quad 1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

- Radyasyon kalite faktörleri, zaman içinde ICRP 26, ICRP 60 ve ICRP 103 dokümanlarında tavsiye edildiği şekilde değişikliğe uğramıştır.
- En eskisi ICRP 26

Radyasyon Tipi	Q	Radyasyon Tipi	Q
γ -Işını	1	Nötronlar	
X- ışını	1	Termal	3
Beta parçacıkları (β^+, β^-)	1	0.005 MeV	2
Protonlar ($E < 14$ MeV)	10	0.02 MeV	5
Alfa Parçacıkları ($E < 10$ MeV)	20	0.1 MeV	7.5
Geri kalan Parçacıklar (A>4)	20	0.5 MeV	11
		1 MeV	11
		5 MeV	8
		10 meV	6.5

Örnek: Bir medikal merkezde radyoterapi alanında, gama ışınları nedeniyle soğurulan doz hız, $\dot{D}_\gamma = 10$ mrad/h, hızlı nötronlar nedeniyle $\dot{D}_{\text{fast}} = 10$ mrad/h, termal nötronlar nedeniyle $\dot{D}_{\text{th}} = 6$ mrad/h ise ortamda 100s kalan bir kişinin eşdeğer dozu kaç mSv tir?

Kaynak	Doz Hızı (mrad/h)	Q	\dot{H} (mrem/h)	\dot{H} (mSv/h)
Gama ışını	10	1	10	0.1
Hızlı nötron	10	10	100	1
Termal nötron	6	2	12	0.12
Toplam	26	-	122	1.22

$$122\text{mSv/h} \times (100\text{s}/3600\text{s}) = 0.034\text{mSv}$$