



ANKARA ÜNİVERSİTESİ
NÜKLEER BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

RADYASYONDAN KORUNMA PRENSİPLERİ

101538

PROF. DR. HALUK YÜCEL

Radyasyondan Korunma Prensipleri

1. **Justification (Gerekçelendirme):** Radyasyon ışınlamasının dahil olduğu bir durumda karar verilirken sağlanan fayda zarardan fazla olmalıdır.
2. **Optimization:** Işınlama ihtimalleri, ışınlanacak insan sayısı ve her birinin kişisel dozunun her biri mümkün olan en düşük seviyede tutulmalıdır. (*As Low As Reasonably Achievable*, ALARA)
3. **Doz Limitleri:** Halk ve çalışan dozları komisyon tarafından belirlenen sınırları aşmamalıdır.

	Çalışan	Halk
Etkin doz	5 yılın ortalaması 20 mSv (50mSv/ yıl)	1 mSv (5 mSv)
Göz lensi	20 mSv	?
Deri	500mSv	50mSv
Eller Ayaklar(Ekstremite)	500mSv	50mSv

Spesifik Gama-Işını Sabiti (Γ)

- Gama yayımlayan bir izotopun $l^2 \frac{\Delta x}{\Delta t}$ değerini A ile bölümüdür.

- Spesifik Gama Sabiti,

$$\Gamma = \frac{l^2 \frac{\Delta x}{\Delta t}}{A} = \frac{l^2}{A} * \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

- Burada A, nüklitin aktivitesi,

- $\dot{X} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, bu nüklitin noktasal kaynağından 1 m mesafedeki ışınlama hızıdır.

$$\Gamma \left(\frac{R \text{ m}^2}{h \text{ Ci}} \right)$$

Γ – Spesifik Gama Sabitleri

Kaynak	$R/mCi.h @ 1cm$	$\mu Sv/GBq h @ 1m$
^{60}Co	12.87	347.5
^{226}Ra	8.25	222.8
^{137}Cs	3.32	89.6
^{131}I	2.27	61.3
^{99m}Tc	0.78	21.1
^{201}Tl	0.46	12.4

Örnek: ^{32}P $E_{\beta}=1.71$ MeV $R=800$ mg/cm², $\rho_{s.tissue}=1$ g/cm³, $R=800$ mg/cm² / 1 g/cm³ = 0.8 cm, $A=1750$ MBq ise ^{137}Cs 'nin 50 cm'de beklenen ışınlaması nedir?

$$\Gamma(^{137}Cs) = 89.6 \mu Sv/GBq h @ 1 m, 1.750 GBq olduğuna göre$$

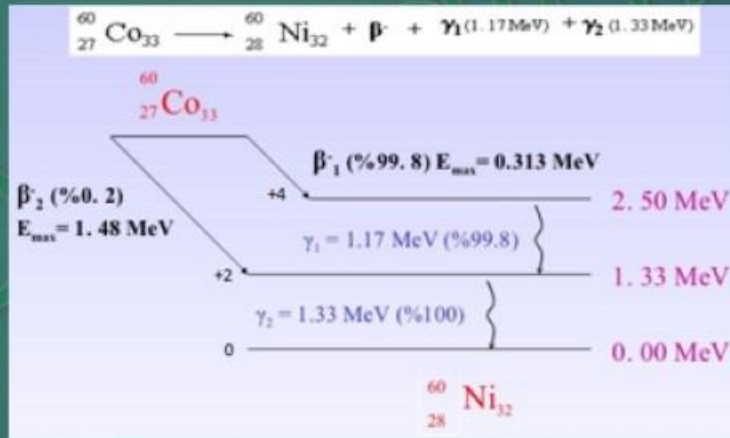
$$1.75 \times 89.6 = 156.8 \mu Sv/GBq h @ 1m$$

$$156.8 \times \left(\frac{100}{50}\right)^2 = 634,8 \mu Sv/GBq h @ 50cm$$

Radyasyon Kaynakları

Gama Bozunumu:

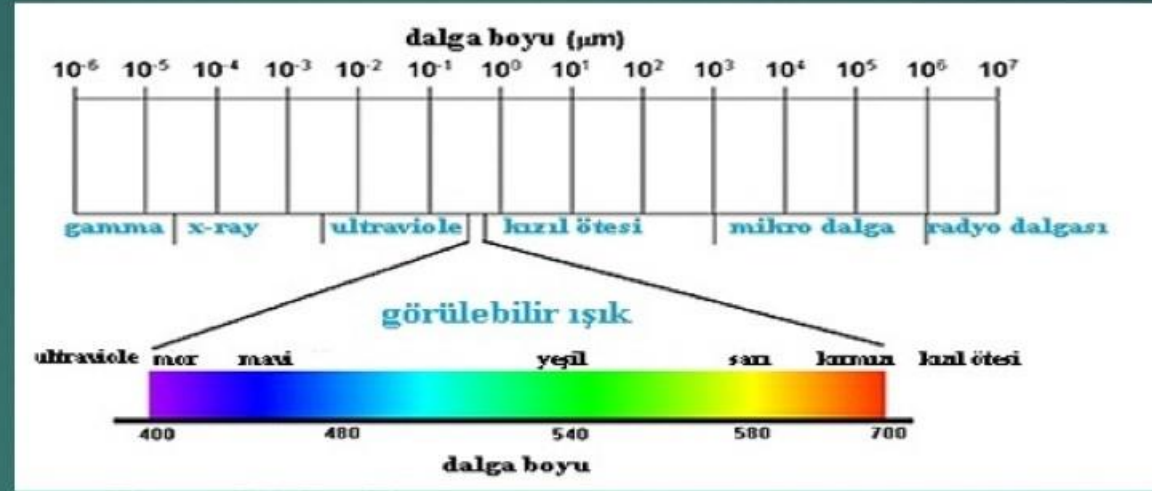
- Gama yayını, çekirdeklerin uyarılmış seviyeleri arasındaki geçişlerden salınır. Bu bozunmada, kütle numarasında ve çekirdekteki nükleonlarda bir değişme olmaz. (Z,N veya A'da değişme olmaz)
- Bu bozunma prosesinde fazlalık uyarılma enerjisi kaybolur. α veya β bozunumunu takiben bir yan ürün gibi düşünülebilir.



Co-60 Bozunumu Şeması [1]

Gama Işını

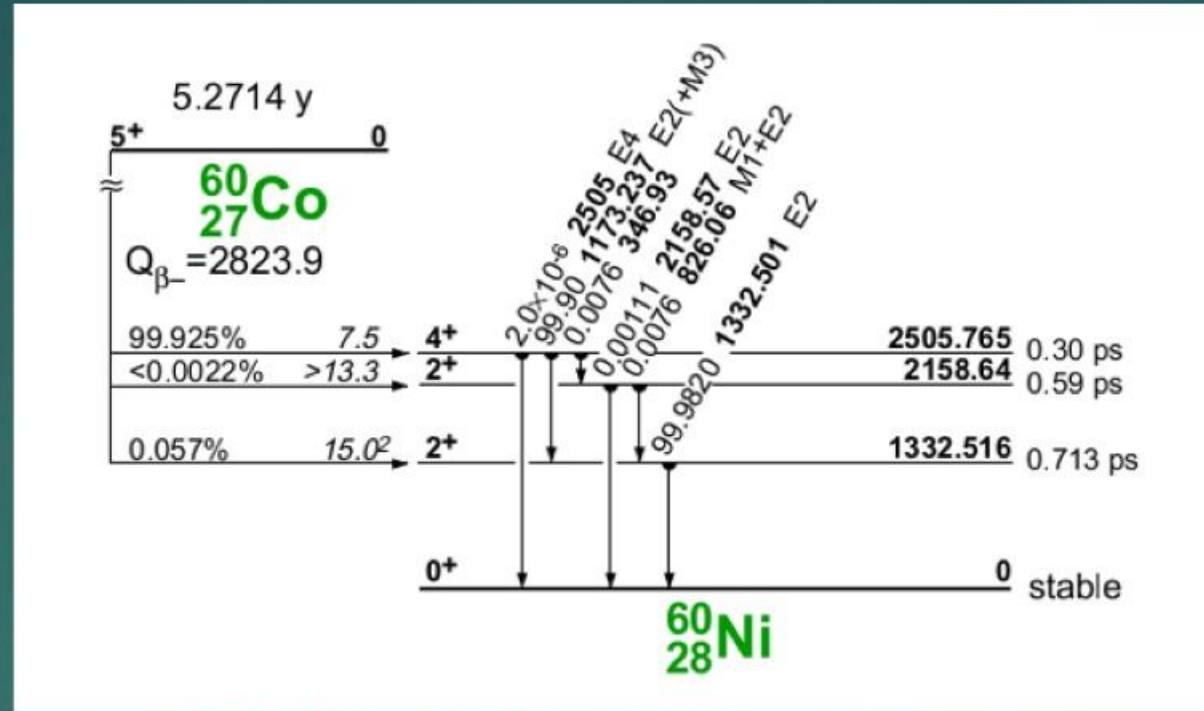
- Elektromanyetik radyasyondur. Elektromanyetik spektrumun yüksek enerji tayfında ve kısa dalga boyundadır.



Elektromanyetik Dalga Spektrumu [2]

- $E = h\nu$, $\lambda = c / \nu$;
- $h = 4.135 \times 10^{-35} \text{ eV/Hz}$, $c = 2.997926 \times 10^8 \text{ m/s}$, $100 \text{ keV} = 1.2398 \times 10^{-12} \text{ m} = 2.4180 \times 10^{20} \text{ Hz}$

- Bazen yüksek enerjili X-ışınları ve γ -ışınları birbirlerinin üzerine binebilir.
- X-ışını $\rightarrow 1 - 100 \text{ keV}$, γ -ışınları $\rightarrow 10 - 10000 \text{ keV}$,
- Kozmik γ -ışınları 100 MeV ve üst limiti yok
- Soft γ -ışınları $10^6 \text{ eV} = 1 \text{ MeV}$
- Medium γ -ışınları $30 \times 10^6 \text{ eV} = 30 \text{ MeV}$
- Yüksek enerjili γ -ışınları $10^{10} \text{ eV} - 10^{13} \text{ eV} = 10 \text{ GeV}$
- Çok yüksek (ultra) γ -ışınları $> 10^{14} \text{ eV}$



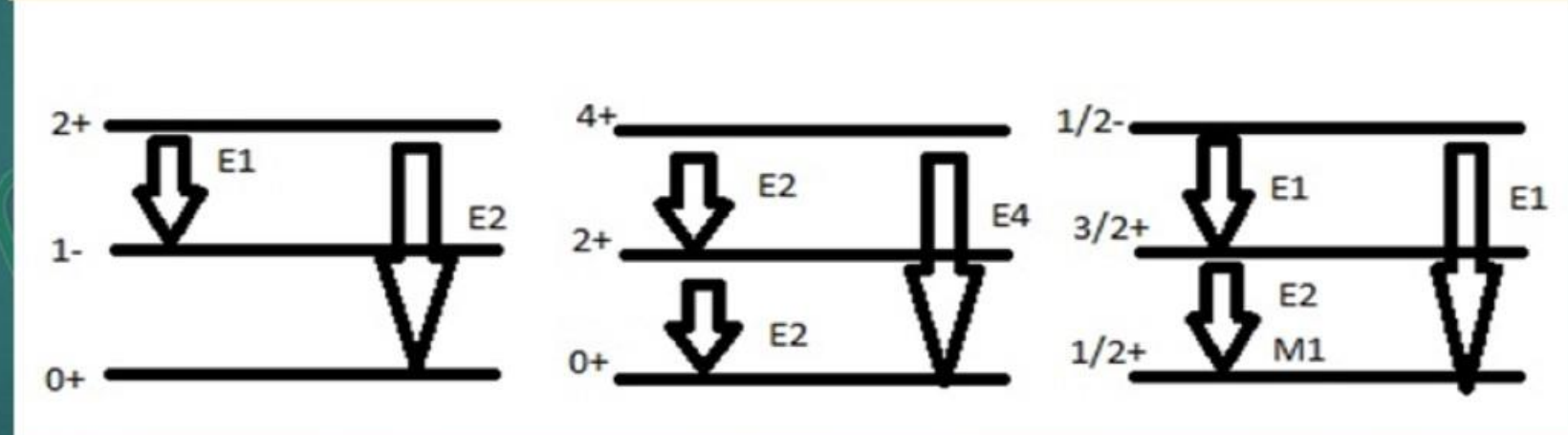
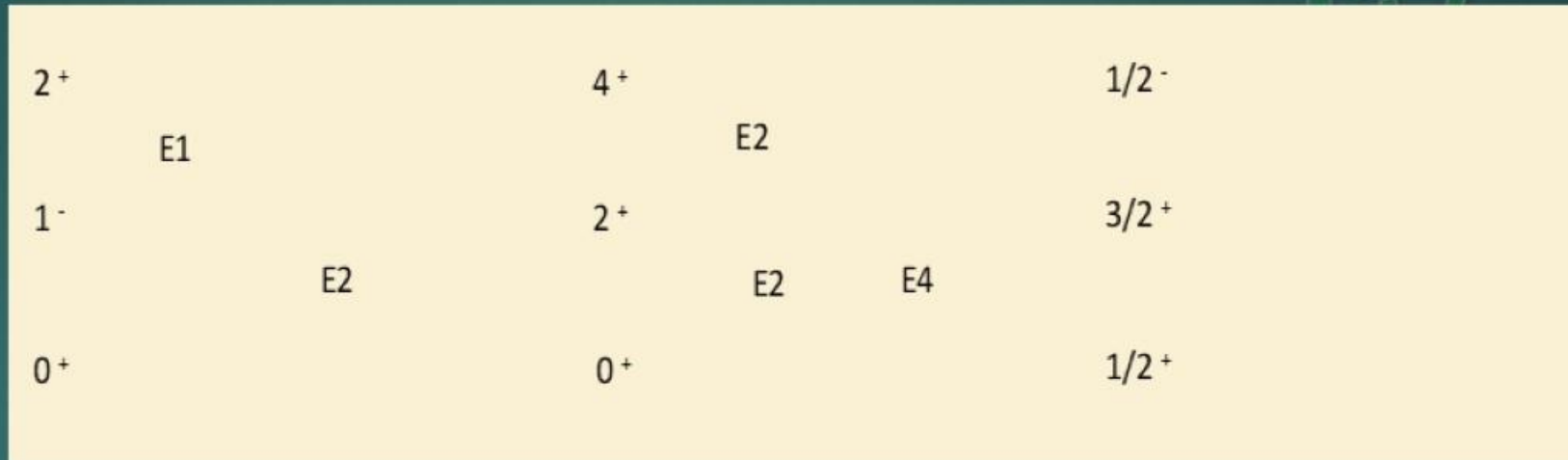
- Gama geçişleri, ışın enerjilerinin tek (Unique) olması radyoaktif maddenin karakterizasyonunda kullanılır.
- Bu enerjiler yüksek kesinlikle ölçülebilmektedir.

- Uyarılmış bir nükleer seviyede, bir veya daha fazla nükleon daha yüksek enerjili kabuk veya kabuklara atlayabilir.
- Nükleer enerji seviyeleri yük ve akım dağılımları olarak “çekirdekte bir değişmeye” yol açar.
 - ✓ Yük dağılımları Elektrik momentlerine $\rightarrow E$
 - ✓ Akım dağılımları manyetik momentlerinin $\rightarrow M$ oluşmasına neden olur.

Not: Nötron yüksüz olmasına karşın, yine de bir manyetik momenti vardır.

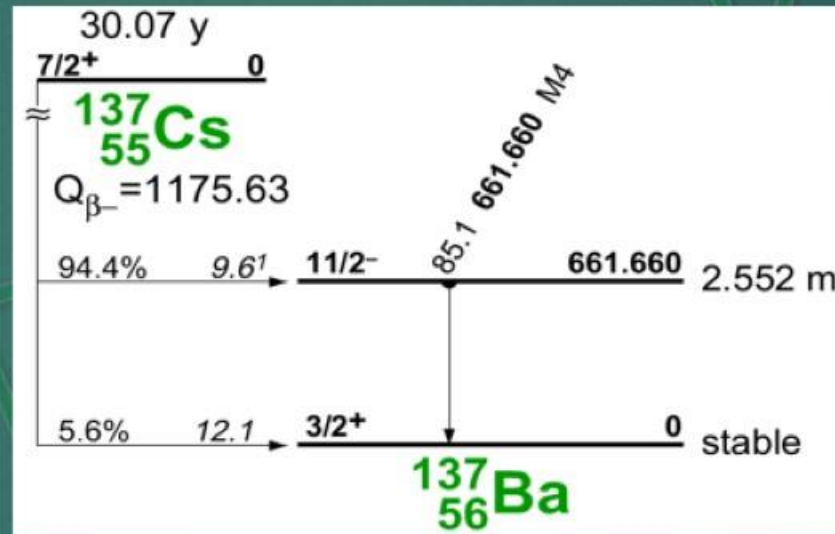
- Bir birimlik açısal momentum değişimine elektrik dipol momenti denir $E1$ ile gösterilir.
- İki birimlik açısal momentum değişimine elektrik quadrupol momenti denir $E2$ ile gösterilir.
- Manyetik momentlerde değişim $\rightarrow M1$ (dipol), $M2$ (quadrupol)

- Bozunma ile çekirdek pariteleri de değişebilir. Π (+) çift, (-) tek



İzomerik Geçiş

- İzomerik State (m): Nükleer seviye ömrü kolayca ölçülebilecek uzunlukta ise buna izomerik seviye denir. Çoğu gama geçişi $< 10^{-12}s$ de gerçekleşir. Pratikte $\mu s, ms$ kesim noktası 1ns üstünde ömürlere sahip nükleer seviyelere "Metastable State" denir.
- ^{137m}Ba $t_{1/2} = 2.552\text{dk}$

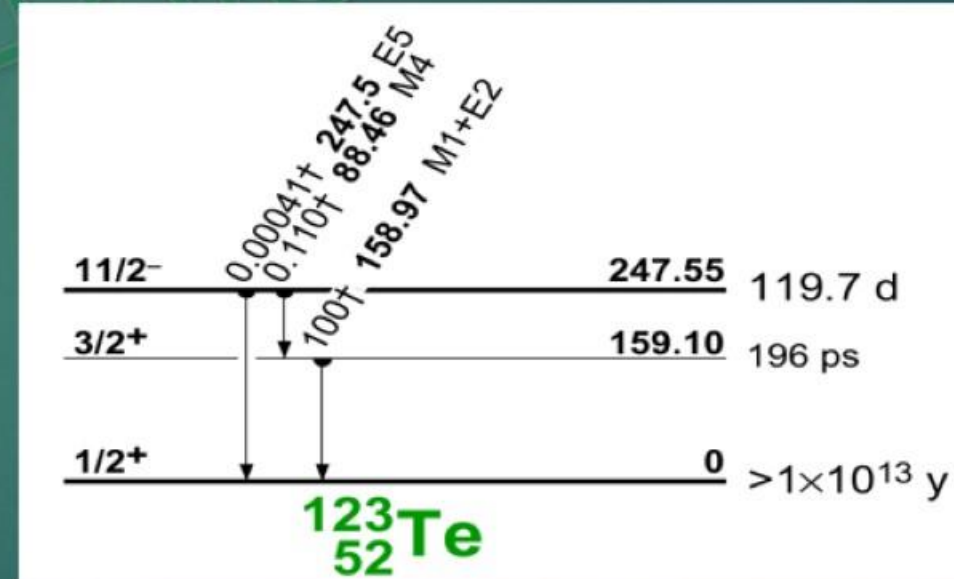


Cs-137 izomerik geçişi_[3]

İç Dönüşüm (Internal Conversion) – IC

- Çekirdeğin Enerjisi, dışarıdaki (çekirdek dışı) elektrona aktarılır ve atomdan “monoenerjistik” bir elektron fırlatılır. Buna iç dönüşüm elektronu denir.
- IC bir bozunma (de-eksitasyon modu) durumudur ve N, Z ve A’da bir değişme gözlenmez. Ana çekirdeğin izomerik durumunun bir karakteristiğidir ve bir X ışını üretilir. Ana düzey Ξ yeni oluşan (Daughter) düzey. Elektron Yakalama (EC) zıttı bir durumdur.
- γ - emisyonuyla, iç dönüşüm birbirleriyle yarışan olaylardır.
- İç Dönüşüm katsayısı,

$$\alpha = \frac{\text{Yayımlanan IC elektron sayısı}}{\text{Yayımlanan } \gamma\text{-ışınları sayısı}}$$



- Gama bozunmasında,

Enerji korunumu, $E_j = E_i - E_f - E_R$

Geri tepme enerjisi $E_R = 0.5368 \times 10^{-6} \frac{E_\gamma^3}{A_r}$

(keV)

Relatif kütle

- $J_i = J_f + L$, $J = \sqrt{J * (J + 1)} * \hbar$, $|J_f - L| < J_i * |J_f + L|$

- $\pi_i = \pi_f + \pi_\gamma$, $L = \sqrt{L * (L + 1)} * \hbar$