

## 7. <sup>137</sup>Cs ve <sup>60</sup>Co Kaynaklarından Elde Edilen Enerji Spektrumunun Analizi

### Amaç

<sup>137</sup>Cs ve <sup>60</sup>Co kaynaklarından yayınlanan gama ışınlarının ölçülmesiyle MCA'da elde edilen spektrumda fotopikler dışında gözlenen Compton bölgesi, Compton sınırı ve geri saçılma pikleri incelenecektir.

### Deney Malzemeleri

- Ortec 296 model ScintiPack fotoçoğaltıcı tüp
- Yüksek gerilim (HV) güç kaynağı
- Sintilasyon detektörü için kullanılan ön yükselteç
- 4002D NIM Bin
- Ortec 572A model yükselteç
- Çok kanallı analizör (Ortec Maestro yazılım paketi)
- Aktivitesi 1  $\mu$ Ci olan <sup>137</sup>Cs standart gama kaynağı
- Aktivitesi 1  $\mu$ Ci olan <sup>60</sup>Co standart gama kaynağı

### Deneye Hazırlık Bilgileri

Gama ışını sintilasyon detektörüne geldiğinde detektör kristalinde bulunan atomun sıkı bağlı elektronuyla karşılaşır. Bütün enerjisini elektrona aktararak atomdan elektron salınmasına sebep olur. Bu elektronlara fotoelektron denir. Bu süreçte gelen gama ışını soğurulur. Fotoelektron sintilatörde ilerlerken, ilave iyonizasyonlara sebep olarak enerjisini kaybeder. Bu sürecin sonunda, iyonize olmuş atomların sayısı orijinal gama ışını enerjisiyle orantılıdır. Elektronların, iyonize atomlarda meydana gelen boşlukları doldurmasıyla görünür ışık fotonları oluşturulur. Bu olay sintilasyonun esasıdır ve görünür ışık fotonlarının sayısı gama ışınlarının orijinal enerjisiyle orantılıdır. Böylece, spektrumda fotopik oluşur. Bu pik genellikle tam enerji piki olarak adlandırılır [1,2].

Sintilatöre gelen gama ışını Compton saçılması da yapabilir. Bu olayda gelen gama ışını zayıf bağlı elektronla etkileşerek enerjisinin bir kısmını elektrona aktarır. Çarpışmadan sonra gama ışını geliş doğrultusuyla  $\theta$  açısı yaparak saçılır. Kazandığı enerjiyle geri tepen elektron ise detektör kristalinde iyonizasyona sebep olur. Sintilasyon sonucunda görünür ışık fotonlarının sayısı Compton elektronunun geri tepme enerjisiyle orantılıdır. Saçılan gama ışınının enerjisi enerji ve momentum korunum yasalarından elde edilebilir [1,2,3,4]:

$$E_{\gamma'} = \frac{E_{\gamma}}{1 + \frac{E_{\gamma}}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta)} \quad (7.1)$$

Burada,

$E_{\gamma'}$ , saçılan gama ışınının enerjisi

$E_{\gamma}$ , gelen gama ışınının enerjisi

$\theta$ , saçılan gama ışınının geliş doğrultusu ile yaptığı açı

$m_0c^2$ , elektronun durgun-kütle enerjisi (0.511 MeV)

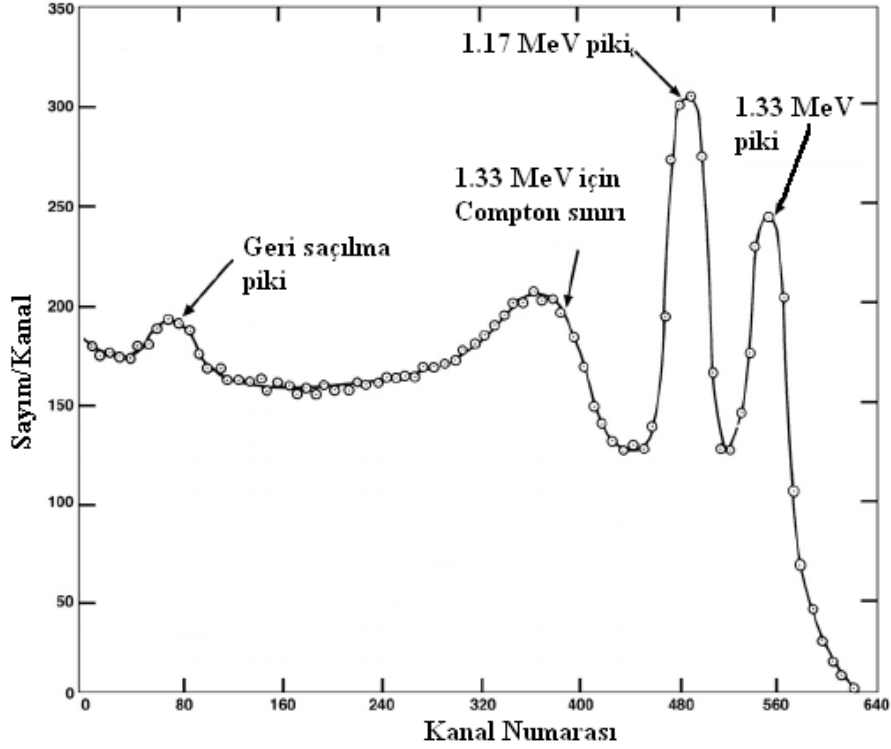
Geri tepen elektrona gama ışını tarafından aktarılan enerjinin tamamı, çarpışmanın türüne bağlıdır. Kafa kafaya çarpışmada, gama ışını geliş yönüne göre geri saçılır ve  $\theta = 180^\circ$  'dir. Bu durumda, geri saçılan gama ışınının enerjisi

$$E_{\gamma'} = \frac{E_{\gamma}}{1 + 4E_{\gamma}} \quad (7.2)$$

olur. Burada  $(m_0c^2)^{-1} \approx 2$  MeV yaklaşımı kullanılmıştır [2]. Eğer detektörde bu şekilde geri saçılma gerçekleşmişse, geri tepen elektrona maksimum enerji aktarılır ve bu enerji aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$E_e = E_{\gamma} - E_{\gamma'} \quad (7.3)$$

Böylece, Denklem 7.3 ile verilen maksimum enerji, enerji spektrumunda Compton sınırı olarak gözlenir (Şekil 7.1). Saçılan gama ışınları için saçılma açısı  $0^\circ$  'den  $180^\circ$  'ye değişebileceği ve saçılan gama ışınları detektörden kaçabileceği için detektörde depolanan enerji sıfırdan Compton sınırı olarak bilinen bir maksimuma kadar uzanır.



**Şekil 7.1.**  $^{60}\text{Co}$  için NaI(Tl) detektörüyle elde edilen spektrum [2]  
(<http://www.physics.fsu.edu/Users/Wahl/labmanuals/Ortec/AN34/exp03.pdf>)

### Deneyin Yapılışı

1. Deney 6'da verilen devreyi kurunuz.
2. Yükselteç, NIM kahasına yerleştirilir.
3. Koaksiyel kablo yardımıyla önyükseltecin çıkışı, yükseltecin girişine bağlanır.
4. Yükseltecin çıkışı (UNIPolar OUTPUT), MCA'nın (çok kanallı analizör) bulunduğu bilgisayara bağlanır.
5. NIM kahası açılır. Detektör sisteminin önünde koruma amaçlı bulunan kırmızı kapak çıkarılarak sistemin arkasındaki ON düğmesine basılır.
6. Bilgisayarda MCA açıldıktan sonra "Acquire" menüsünden "MCB properties" alt menüsüne geçiniz. Burada "ADC" alt menüsünde bulunan "Conversion Gain" (ADC dönüşüm kazancı) değerini 2048'e ayarlayınız. "Lower Level Disk-LLD" (alt seviye değeri) değerini ve "Upper Level Disk-ULD" (üst seviye değeri) değerini değiştirmeyiniz. Bu değerler bilgisayarın kontrolü altındadır. "MCB properties" alt menüsünde bulunan "Presets" menüsünde "Real Time" değerini 120 saniyeye ayarlayınız. Böylelikle sayım süresi 120 saniye olacaktır.

7. Yükseltecin şekillendirme zamanını (shaping time)  $1 \mu s$  'ye ayarlayınız.
8.  $^{137}\text{Cs}$  kaynağını NaI(Tl) kristalinden yaklaşık 5 cm uzağa (kaynağınızın aktivitesine göre) yerleştiriniz.
9. Yükseltecin kaba kazanç ayarını (coarse gain) 50 ve ince kazanç ayarını ( fine gain) 8,1 olarak ayarlayınız.
10. Çok kanallı analizörün ekranında önceden kalmış bilgiler nedeniyle bir spektrum gözlenecektir. Bu sebeple çok kanallı analizördeki MCA menüsünde bulunan "Acquire" → "Clear" a basarak ekranı temizleyiniz. Daha sonra buradaki "Start" kısmına basarak sayım almaya başlayınız.
11. Sayım bittikten sonra bilgisayarın faresi ya da klavyede bulunan "← , →" tuşlar yardımıyla Cursor'ı fotopikin tepesine (sayımın en yüksek değerde olduğu kanal), Compton sınırına ve geri saçılma pikinin olduğu sayıma getiriniz. Bu değerleri Tablo 1'e kaydediniz.
12. Anlatılan işlemleri  $^{60}\text{Co}$  standart kaynağı için tekrarlayınız ve değerleri Tablo 7.1'e kaydediniz
13. Teorik olarak elde ettiğiniz ve spektrumdan okuduğunuz değerleri karşılaştırınız. Değerlerin birbirinden ne kadar farklı olduğuna bakınız. Ölçümlerinizi bir de kaynağın arkasına bir kurşun levha koyarak alınız. Sonuçları tekrar karşılaştırınız.

**Tablo 7.1.**  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{60}\text{Co}$  kaynakları için gözlenen fotopik enerjileri, Compton sınırının ve geri saçılma pikinin enerji değerleri

İzotop		Ölçülen -Enerji (MeV)	Teorik-Enerji (MeV)
$^{137}\text{Cs}$	fotopik		
	Compton sınırı		
	geri saçılma piki		
$^{60}\text{Co}$	fotopikler		
	Compton sınırı		
	geri saçılma piki		

### Kaynaklar

[1] Krane, Kenneth, Nükleer Fizik 2. Cilt, 2002, Palme Yayıncılık.

[2] ORTEC deney kataloğu,

<http://www.ortec-online.com/service-and-support/library/educational-experiments>

[3] Knoll, Glenn F., Radiation Detection and Measurement, 2000, John Wiley & Sons.

[4] Tsoulfanidis, Nicholas, Measurement and Detection of Radiation, 1983, Hemisphere Publishing Corporation.

ANKARA ÜNİVERSİTESİ