

# KTÜ Fen Fakültesi Fizik Bölümü

## Nükleer Fizik Laboratuvarı Deney Föyü

### Hazırlayanlar

Prof. Dr. Tuncay BAYRAM, Arş. Gör. Alper KÖSEOĞLU, Arş. Gör. Sadettin Berkay ŞARLI, Rahmah Elvira

### Deney 10

#### Farklı Sintilasyon Kristallerinin Karşılaştırılması

##### AMAÇ

-Sintilasyon kristalleri; gama-( $\gamma$ ) spektroskopisi, nükleer parçacıkların dedekte edilmesi, sağlık fiziği uygulamaları gibi birçok alanda önemli bir role sahiptir. Bu deneyde ise farklı sintilasyon kristallerinin bazı temel özelliklerinin, ışık verimliliği(çıkışı), sintilasyon fotonunun bozunum zamanları karşılaştırılacak olup, enerji çözünürlüğü üzerine etkisi incelenecektir.

##### KURAMSAL BİLGİ

Gama spektrometresinde kullanılan sintilasyon kristallerinin önemli temel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Seçilen sintilasyon kristalinin yüksek yoğunluğa ve ana elementinin yüksek atom numarasına sahip olmasıdır. Gelen gama-( $\gamma$ ) ışınları yüksek oranda absorbe edilir ve fotoelektrik etkisinin katkısında artış sağlanmış olur.Bu sayede yüksek tespit verimliliğine ve aynı zamanda yüksek foto-fraksiyon değerler elde edilmesine imkân sağlayacaktır.Fotofraksiyon bu deneyde belirli bir gama ışını enerjisinde ölçülen fotopik altındaki sayıların, spektrumdaki toplam sayılarına oranı olarak tanımlanmıştır.
- Seçilen sintilasyon kristalinin yüksek ışık çıkışı değerine sahip olması. Yüksek ışık çıkışı elde edilen sinyalin istatistiksel doğruluğunu arttırmada olanak sağlar ve bu sayede gelen radyasyonun enerjisinin daha doğru bir biçimde elde edilmesine olanak sağlar. Spektroskopi uygulamalarında sintilasyon kristalinin yüksek ışık çıkış özelliğine sahip olması tercih edilen bir özelliktir. Işık çıkışı genellikle malzeme içerisinde KeV başına depolanan enerjinin, üretilen sintilasyon fotonlarının sayısı olarak tanımlanan fiziksel bir niceliktir.

- Bozunma süresi; radyasyonun kristal ile etkileşime girdikten sonra, kristalden ortalama foton emisyonu (yayma) süresi olarak tanımlanır veya kristalin floresans bileşenin bozunma süresini yansıtır. Hızlı bozunma süresine sahip sintilatörler yüksek sayım oranlı ölçümler yapılmasına olanak sağlar. Özellikle parçacık fiziğinde nadir gerçekleşen olayların dedekte edilmesinde, nükleer fast-timing uygulamalarında büyük öneme sahiptir. Bu sayede uyarılmış nükleer durumların lifetime (ömürlerinin) ölçülmesine, bozunma şemalarının belirlenmesine, geçiş olasılıklarının belirlenmesine olanak tanır ve nükleer yapı hakkında önemli bilgiler sağlar.

##### DENEYDE KULLANILACAK KRİSTALLER

Günümüzde ışık verimi, malzeme özellikleri, sintilasyon ışığının zaman özellikleri ve maliyet açısından farklılık gösteren çok çeşitli sintilatör ürünleri mevcuttur. Sintilatörün seçimi uygulamaya bağlı olarak değişkenlik gösterir. Sintilatörler, ışık verimine ve emisyonun karakteristik süresine bağlı olarak farklı özelliklere sahiptir. CAEN spektrometresi üç farklı kristalle donatılmıştır: BGO (Bizmut Germanat), LYSO(Ce) (Seryum katkılı Lutesyum İtiryum Ortosilikat), CsI(Tl) (Talyum katkılı Sezyum İyodür). Hepsi aynı hacme sahip (6x6x15mm<sup>3</sup>) ve 5 tarafı beyaz epoksi ile kaplanmıştır. SiMP ile birleştirilebilmesi için 6x6mm<sup>2</sup>'lik bir yüzü açıktır.

##### DENEYDE KULLANILACAK KRİSTALLERİN HAKKINDA BİLGİLENDİRME

###### BGO KRİSTALİ:

İyi gama ışını emilimine sahip, nispeten sert, yüksek yoğunluklu, higroskopik olmayan bir kristal. Genellikle PET görüntüleme ve yüksek

enerji fiziği uygulamalarında Compton kalkanları olarak kullanılır.

### LYSO(Ce) KRİSTALİ:

Hem ışık çıkışı çok yüksek hem de hızlı, higroskopik olmayan sintilatör. PET ve TOF-PE gibi fast-timing gerekli olduğu uygulamalarda sıklıkla kullanılır.

### CsI(TI) KRİSTALİ :

Bu sintilatör, yüksek bir ışık verimi sunar ve silikon fotoçoğaltıcılar (SiPM'ler) için çok uygun bir dalga boyunda görünür ışık yayımlar. Tipik uygulamalar arasında, yüksek enerji fiziği uygulamalarında, sağlık fiziği, güvenlik görüntüleme sistemlerinde kullanılır.

Bu üç kristalin temel özellikleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

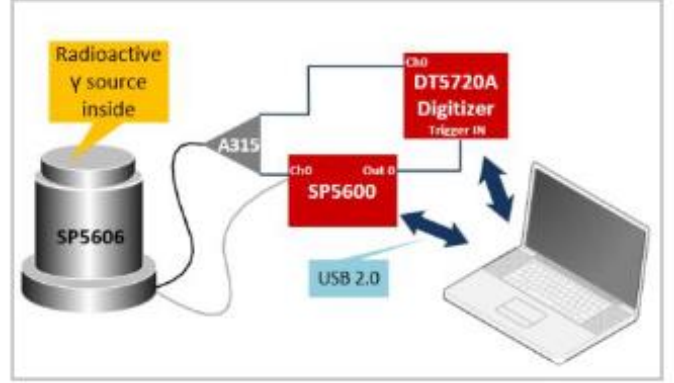
	BGO	LYSO(Ce)	CsI (TI)
Yoğunluk(g/cm <sup>3</sup> )	7.13	7.4	4.51
Bozunma Süresi(ns)	300	40	1000
Işık Çıkışı (Verimi) (ph./MeV)	8200	27000	52000
Pik Emisyonu (nm)	480	420	560
Kırılma İndeksi	2.15	1.82	1.78



Işık çıkışının(veriminin), enerji çözünürlüğü üzerinde etkisi vardır. Aynı zamanda bozulma süresinden de etkilenir, entegrasyon süresini kısıtlar ve sensörün (karanlık sayımlar ve after-pulse) gibi farklı bir etkilerine işaret eder.

## DENEY SİSTEMİ EKİPMANLARI VE KURULUMU

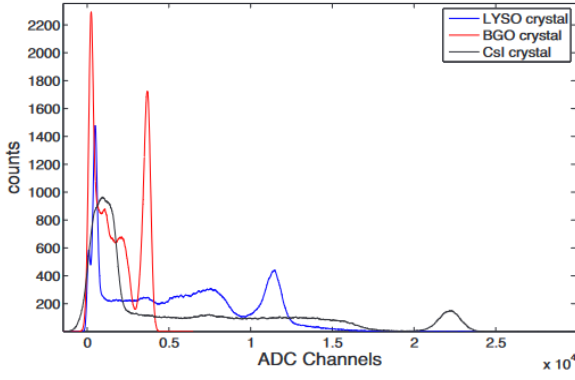
Model	SP5600	SP5606	A315	DT5720A
Description	Power Supply and Amplification Unit	Mini-Spectrometer	Splitter	Desktop Digitizer 250MS/s



-Kit elemanlarına güç verin.HERA simgesine tıklayarak programı çalıştırın ve donanım bağlantısını bekleyin. Yazılım donanımını otomatik olarak tanır ve bağlantıyı başlatır. 'Selection by Experiment'-'Gamma Spectroscopy' bölümüne girin ve sağ üst kısımdan 'Scintillators Comparison' modunu seçin.

- Deneyin 1. aşamasında "Histogram" sekmesini geçip sayımı başlattığınızda spektrum elde edip, etmediğinizi kontrol ediniz. Histogram görüntüsünü elde ediyor iseniz, <sup>137</sup>Cs kaynağını kullanarak her üç kristal içinde 500 saniyelik bir spektrum elde ediniz. Deneye ilk olarak LYSO(Ce) kristali kullanarak elde ettiğiniz spektrumu kaydederek başlayıp, yapmış olduğunuz sayımı ""sayım500\_LYSO", BGO kristali kullanarak yapmış olduğunuz sayımı "sayım500\_BGO", ve CsI(TI) kristali içinde benzer şekilde "sayım500\_CsI" olarak excel formatında kaydediniz.

- Deneyin 2. aşamasında 'Analyze' kısmına tıklayınız. 'Analyze' kısmına girdiğinizde üç kristalinde spektrumlarını tek bir grafikte aşağıdaki şekildeki gibi gözlemleyeceksiniz.



Verileri analiz etmek için aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmelidir.

1. İlk sütuna tıklayarak grafiklerin altındaki tabloda sintilatörü seçin.
2. İlgili piki belirleyin. Pikin başlangıcını ve sonunu işaretlemek için imleci kullanın. (Basitçe grafiğin altındaki çarpı sembolünü seçin, merkezine tıklayın, imleci seçilen noktaya getirin ve fareyi orada bırakın) Seçilen noktayı değiştirmek istiyorsanız "Delete Last Point" butonuna tıklayınız.
3. Tabloda foto-tepeye karşılık gelen enerji sütununu seçin. (Tek tıklama). Değer odaklandığında, enerji değerini girin ve tıklayarak onaylayın.
4. Veri kümesindeki her spektrum için yukarıdaki adımları tekrarlayın. Tabloda zaten mevcut olsa bile enerji değerini yine de onaylamanız gerekmektedir.

Analiz sonucunda sistemin kendisinin ölçtüğü ışık verimi, enerji çözünürlüğü değerlerini not ediniz!

Excel formatında kaydettiğiniz verileri kullanarak Sayım/ADC kanal grafiğini çizdiğinizde histogram görüntüsüne benzer bir grafik elde edebilirsiniz. Üç kristal içinde elde ettiğiniz spektrumdaki 662 KeV lik gama pikinin enerjisine karşılık gelen (toplam sayımı) ve FWHM değerini manuel olarak hesaplayınız. Hesaplamalarınızda daha önce "Deney -2: Foton Sayma İstatistiği" föyünden faydalanabilirsiniz. Daha sonra "Deney-8: Dedektör Enerji Çözünürlüğü" deneyinden yararlanarak ise tepe merkezinin kanal numarasını ( $\mu_{\text{peak}}$ ) belirleyiniz ve benzer şekilde

ilgilendiğiniz gama pikinin enerji çözünürlüğünü hesaplayınız.

-Hesapladığınız sayım, enerji çözünürlüğü ve foto-fraksiyon değerlerini aşağıdaki tabloya kaydediniz. Son olarak Analyze kısmından sistemin kendisinin ölçtüğü ve kristal özelliklerinin özetlendiği tablodaki teorik değerler ilede kıyaslayınız.

Kristaller	Sayım	Enerji Çöz.	Photo-Frac.
LYSO(Ce)			
BGO			
Cs (TI)			

#### Tartışma Soruları

1. Bir nükleer reaksiyon deneyinde ortaya çıkan çok sayıda gama ışınları olmakta olup bunların birbirine çok yakın pikler ürettiği durum dikkate alındığında hangi kristali kullanmanız deney verileri analizi açısından daha doğrudur?
2. Farklı sintilasyon kristalleri arasındaki enerji çözünürlüğü farklarının fiziksel temeli nedir? Bu farkların, kristalin yapısal özellikleriyle nasıl ilişkilidir?
3. Enerji çözünürlüğü, sintilasyon kristallerinin uygulama alanlarını nasıl etkiler? Örneğin, tıbbi görüntüleme sistemleri veya nükleer dedektörlerde hangi kristaller tercih edilir ve neden?