

KTÜ Fen Fakültesi Fizik Bölümü

Nükleer Fizik Laboratuvarı Deney Föyü

Hazırlayanlar

Prof. Dr. Tuncay BAYRAM, Arş. Gör. S. Berkay ŞARLI, Arş. Gör. Alper KÖSEOĞLU, Rahmah ELVIRA

Deney 11

Gama Işını Soğurma

AMAÇ

-Deneyin temel amacı farklı malzemeler ve farklı enerjiler için γ radyasyon zayıflama katsayısının ölçülmesidir.

KURAMSAL BİLGİ

Gama absorpsiyonu, gama ışınlarının bir maddenin içine girmesi ve orada absorbe edilmesi sürecidir. Bu fenomen, atom çekirdeğinin enerji seviyeleri arasındaki geçişler sırasında ortaya çıkar. Gama ışınları, yüksek enerjili elektromanyetik radyasyondur ve genellikle radyoaktif bozunma süreçlerinin bir sonucu olarak meydana gelirler. Bu nedenle, gama absorpsiyonu, nükleer fizik ve radyasyonun etkileşimleri açısından önemlidir.

Gama ışınları madde içerisinde fotoelektrik olay, Compton saçılması ve çift oluşum mekanizmaları ile malzemeye enerji aktarır. Böylece gama ışınları geçiş yaptığı malzeme içerisindeki atomlar tarafından soğurulur. Bu süreç, malzemenin kalınlığına, gama ışınlarının enerjisine ve malzemenin iç yapısına bağlı olarak değişir. Gama soğurulmasını anlamak ve karakterize etmek için, gama ışınlarının malzeme içindeki davranışını inceleyen deneyler tasarlanır.

Bu deneyler genellikle gama spektroskopisi kullanılarak gerçekleştirilir. Gama spektroskopisi, gama ışınlarının enerjilerini ve yoğunluklarını belirlemek için kullanılan bir tekniktir.

Maddeden geçen bir γ ışını akısının zayıflaması Beer-Lambert yasası olarak bilinen ve aşağıda gösterildiği gibi üstel formda olan yasa ile belirlenir. Gama akısındaki zayıflama maddenin kalınlığına ve madde içindeki etkin elektron yoğunluğuna bağlıdır.

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x}$$

Burada I_0 gelen foton akısıdır ve $I(x)$, etkileşime girmeden malzemenin x katmanından çıkan γ ışınlarının akısını ifade etmektedir. μ lineer

(doğrusal) soğurma katsayısı malzemenin özelliklerine (atom numarası, yoğunluk) ve çarpan fotonun enerjisine bağlıdır. Bu deney ile öğrenciler gama ışını sayma ve spektrum analizine dayalı tamamlayıcı ölçüm tekniklerini öğrenerek farklı malzemeler (medikal dozimetri malzemeleri, zırh malzemeleri vb.) için malzemenin gama ışını soğurma parametrelerini belirleme üzerine deneyim kazanırlar.

Bu etkileşme süreçleri, gama ışını enerjisini tamamen veya kısmen elektronların kinetik enerjisine (veya çift oluşum durumunda elektron ve pozitronlara) dönüştürür. Yüklü parçacıkların ortamın atomik ve moleküler sistemleriyle etkileşmesi sonucu uyarılmış durumlara neden olur. Bu uyarılmış durumların bozunumu görünür veya UV bölgesinde olan ve ışık sensörü tarafından tespit edilebilen ışık üretilmesine neden olur.

Soğurma katsayısı malzemenin cinsi ve gama ışınının enerjisine bağlıdır. Düşük enerjili gama ışınları, yüksek enerjili gama ışınlarına göre malzeme de daha fazla soğurulurken aynı enerjideki gama ışınları düşük Z 'ye (atom numarası) sahip malzemelerde daha fazla absorbe edilir.

Etkin malzeme kalınlığı (x_{eff}) malzemenin gerçek kalınlığının, enerjiye bağlı olarak değişen bir düzeltme faktörü ile çarpılmasıyla hesaplanır. Bu faktör, gama ışınının enerjisine ve malzemenin absorpsiyon özelliklerine bağlıdır.

Noktasal bir gama radyasyon kaynağı, her yönde eşit miktarda radyasyon yayarak izotropik bir şekilde salınım yapar. Bu, kaynaktan uzaklaştıkça gama ışınlarının akısının, uzaklığın karesinin tersiyle orantılı olarak azalacağı anlamına gelir ki bu durum "Ters Kare Yasası" olarak bilinir. Kaynaktan r uzaklığında bir noktada ölçülen gama ışınlarının sayısı, bu noktanın etrafındaki bir kürenin yüzey alanına yayılan gama ışınlarının yoğunluğuna bağlıdır.

Bu durumu matematiksel olarak ifade etmek için ölçüm yüzeyindeki akıyı tanımlamak gerekir,

ve $\Phi = S / (4\pi r^2)$ olarak ifade edilir. Burada S , kaynaktan birim zamanda yayılan gama ışınlarının toplam sayısını, r ise ölçüm yüzeyine olan uzaklığı temsil eder. Dolayısıyla, radyasyon kaynağından uzaklaştıkça, dedektör tarafından ölçülen gama ışını sayısının azalması beklenir.

Gama absorpsiyonu deneylerinin bulguları, nükleer fizik, radyasyon tıbbi ve endüstriyel uygulamalar gibi pek çok alanda büyük bir öneme sahiptir. Bu deneylerin planlanması ve sonuçlarının analizi, gama ışınlarının madde ile etkileşimlerini anlamak ve yönetmek açısından önemli bir rol oynamaktadır. Bu çerçevede, soğurma olayının teorik ve deneysel olarak titiz bir şekilde incelenmesi, ileri teknolojik ilerlemelerin ve uygulamaların temelini oluşturmaktadır.

DENEY EKİPMANLARI

- Güç kaynağı ve Yükseltici Ünite [SP5600]



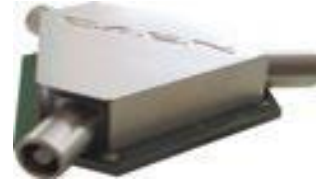
- Sayısallaştırıcı (dijitizer) [DT5720A]



- SP5606 - Mini Spektrometre



• A315- Ayırıcı



- Çeşitli kablolar: LEMO-LEMO, MCX-MCX, 2 x USB
- Güç Kablosu Adaptörü (1 Giriş / 3 Çıkış)
- AC/DC Adatörü (+12 V Çıkış)
- ^{137}Cs radyoaktif kaynağı

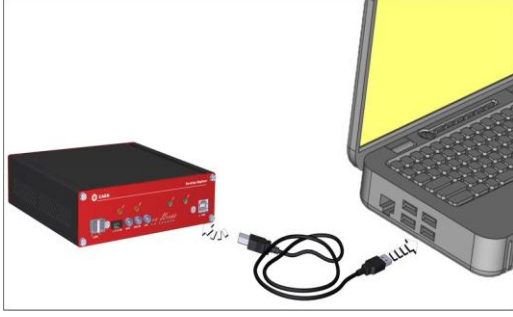
DÜZENEGİN KURULMASI

- Kitin ana üniteleri gösterildiği gibi bağlanmalıdır.



- Aşağıdaki iki şekilde gösterildiği gibi SP5600 (PSAU) ve DT5720A (DGTZ) PC'ye USB kabloları ile bağlanmalıdır.





- Spektroskopi ölçümleri sırasında doygunluğu önlemek için spektrometrenin çıkış sinyali A315 ayırıcı kullanılarak bölünür.



- Spektrometrenin Güç Kablosu PSAU kanalına işaretçi solda kalacak şekilde bağlanmalıdır (örneğin kanal 0).



- Modül tarafından yükseltmek üzere PSAU kanal 0'a ayırıcının bir çıkışından bağlanmalıdır. Diğer ayırıcı çıkışı, sayısallaştırıcının ön panelinde kanal 0 girişine bağlanacak ve dijitalleştirilecektir.



- Kullanılan PSAU kanalının Dijital Çıkışı, Sayısallaştırıcının ön panelinde TRG IN'ye bağlanmalıdır.

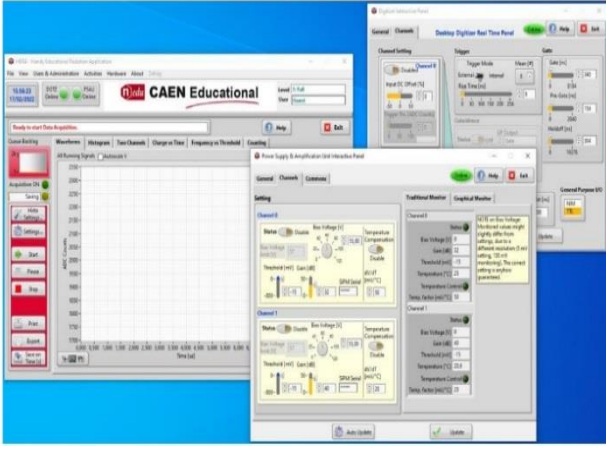


- Kart güç kablosu SP5600 kanalına bağlamak için, işaretli kablo tarafını kanal etiketine denk gelecek şekilde takılmalıdır.



DENEY SİSTEMİNİN HAZIRLANMASI

Kit elemanlarına güç verin. HERA simgesini tıklatarak programı çalıştırın ve donanım bağlantısını bekleyin. Yazılım donanımı otomatik olarak tanır ve bağlantıyı başlatır. İkili bağlantının gerçekleştiğini kontrol edin ve sonra Hardware Management Access'i seçin. Bağlı PSAU kanalını ve Sayısallaştırıcı kanalını etkinleştirin



Sistem çalışmaya başladığında, ilk işlem dedektöre düzgün bir şekilde bias voltajı sağlamak ve yükselticinin doyum noktasının altında, doğru kazancı ayarlamaktır. Algılama sistemi (SIPM + sintilasyon kristali) tarafından ölçülen ışığın yoğunluğu, γ kaynak aktivitesi ile orantılıdır. Bununla birlikte, bu bilgiler sensörün karakteristik özelliği olan ve zaman içinde meydana gelen stokastik etkilerden etkilenir ve önyargılıdır: termal olarak oluşturulan taşıyıcılar nedeniyle sahte çığ (avalanche) olayları (diğer adıyla Dark Count Rate (DCR)).

Deney için SiPM bias ayarlarının ve uygun kazanç değerlerinin seçilmesi gereklidir. Bu konuda sorumlu Öğretim Elemanları sizlere yardımcı olacaktır.

DENEYİN YAPILIŞI

1. Aşama

Deneyin 1.aAşamasında kristal varken ancak ^{137}Cs radyoaktif kaynağı yok iken duruma karşılık gelen eşik gerilim değerini yukarıdaki şekilde gösterilen "Threshold Setting" bölümüne giriniz (Daha önceki deneylerinizde bunu belirlemişsiniz, bu değeri kullanabilirsiniz). PSAU Interactive panelinden girdiğiniz değer doğruluğunu kontrol ediniz (Sintilatörün içinde olduğundan lütfen emin olunuz bkz. Şekil).



-HERA yazılımında "Hardware" bölümünü seçip buradan "Histogram" sekmesine geçip sayımı başlattığınızda aşağıda verilen resimdeki gibi bir spektrum elde etmelisiniz. Cs-137 kaynağını dedektörünüzün üzerine konumlandırarak bu histogram görüntüsünü elde ediyorsanız 100 saniyelik bir sayım alarak (örneğin "masa_2_sayım1" olarak adlandırabilirsiniz) hazırlayacağınız raporda kullanabilirsiniz.

-Bu işlem sonrası Cs-137 kaynağını dedektörünüzün üzerine konumlandırarak bir histogram sekmesinden bir boş ölçümü (Boş ölçümden kasıt herhangi absorblayan malzeme kullanmadan aldığımız ölçüm) alınız. Excel formatında kaydediniz.

-Bunun üzerine kaynağı dedektörden uzaklaştırarak absorblayıcıları sabitlemek için SP5607 modülünü dedektör üzerine konumlandırıp, sabitleyiniz.

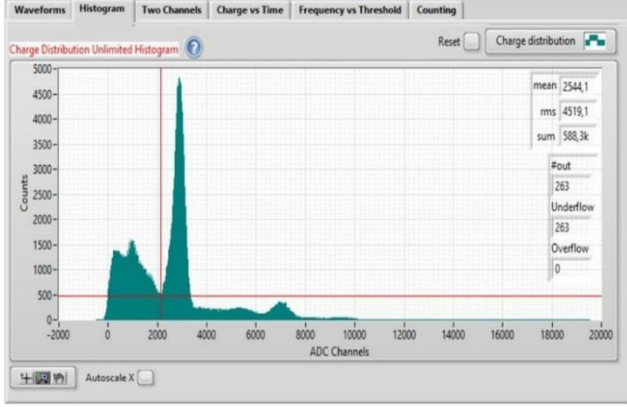
-Ardından 4, 10, 14, 20, 24, 30 ve 34 mm'lik yükseklikler için, Alüminyum ve Pleksiglass malzemelerin ölçümlerini, Cs-137 kaynağını malzemelerin üzerine koyarak gerçekleştiriniz (Excel formatında kaydediniz).

2. Aşama

-Soğurucuları sabitlemek için kullanılan SP5607 modülünü dedektör üzerinden uzaklaştırarak Eu-152 kaynağı ile malzeme olmadan 100 saniye için ölçüm alınız ve kaydediniz.

-Ardından SP5607'i tekrar dedektör üzerine sabitleyerek 14mm'lik bir yükseklikte alüminyum malzemelerden oluşan soğurucu malzeme için ölçümleri 100 saniye için tekrarlayarak, kaydediniz.

ANALİZ



Deneyin 1. aşamasında dedektörde sintilasyon kristali takılıken aldığınız histogramların excel formatında kaydettiğiniz verileri kullanarak Sayım/ADC kanal grafiğini çizdiğinizde aşağıda örneği verilen histogram görüntüsüne benzer bir grafik elde edilir. Daha önce yaptığımız deneylerden hatırlayacağınız gibi kanal dönüşüm faktörü olan **1.962** değerini kullanmayı ihmal etmeyiniz. Cs-137 için tüm bu histogram ölçümlerini excelde üst üste grafiğini çizdiriniz. Bu durumda aşağıda verilen örnek grafiğe benzer bir grafik elde etmeyi bekleyebilirsiniz. Elde ettiğiniz grafiği absorblayıcının yüksekliğine bağlı nasıl değiştiğini yorumlayınız.

Elde ettiğiniz grafikte 662 keV gama enerjisine karşılık gelen pikin alanını her yükseklik için hesaplayarak toplam gama sayılarını belirleyiniz. 662 keV'deki her yüksekliği karşılık gelen piklerin alanını (toplam sayımın) hesaplariken daha önce "Deney - 2: Foton Sayma İstatistiği" föyünden faydalanarak FWHM'i değerlerini grafik yardımı ile belirleyebilirsiniz. Ardından sonuçları aşağıdaki tabloya işleyiniz.

Tabloya işlenen sonuçlardan yola çıkarak $I(d)$ - d grafiği oluşturulur. Buradan hareketle, kuramsal kısımdaki Beer-Lambert formülünün her iki tarafının doğal logaritmasını alırsak;

$$\ln I(d) = \ln(I_0 e^{-\mu d}),$$

$$\ln I(d) = \ln(I_0) - \mu d,$$

$$\ln(I(d)/I_0) = -\mu d.$$

Buradan $\ln(I(d)/I_0)$ - d (mm) grafiği oluşturulur. Bu oluşturulan grafiğin denklemden doğrusal olduğu ve eğimin de $-\mu$ 'ya eşit olduğu görülür. Bu sayede eğim hesabını yaparak lineer soğurma katsayısı ilgili malzeme için hesaplanır.

Ölçüm	Yükseklik (mm)	Sayım
1	0	
2	4	
3	10	
4	14	
5	20	
6	24	
7	30	
8	34	

-Deneyin 2. aşamasında Excel formatında kaydettiğiniz verileri kullanarak Sayım/ADC kanal grafiğini çizdiğinizde oluşturduğunuz spektrumlardan faydalanarak deneyin 1. Aşamasındaki analizinizi hem Cs-137 hem de Eu-152'nin 0 ve 14mm ölçümlerini kullanarak lineer soğurma katsayısının enerjiye bağlı grafiği çiziniz (Eu-152'nin 121.8, 964.1 ve 1408 keV'lik gama enerjilerini dikkate alınız). Sonuçları yorumlayınız.

Tartışma Soruları

1. Eğer alüminyumu 662 keV'lik gama ışınlarından korunmak için zırh malzemesi olarak kullanacak olsaydınız, gama ışını akısını yarıya düşürecek alüminyum kalınlığı kaç mm olurdu? (deney sonuçlarınızı kullanarak hesaplayınız)
2. 964.1 keV'lik gama ışınını aynı oranda soğuracak alüminyum ve flexi glass kalınlıklarını oranını hesaplayınız?
3. Gama radyasyonundan korunma amaçlı zırh malzemelerinin tasarım ve seçiminde hangi hususlara dikkat etmelisiniz?