

1. ²²⁶Ra ÇEKİRDEĞİNİN α-ENERJİSİNİN ÇOK KANALLI ANALİZÖR YARDIMIYLA İNCELENMESİ

Amaç

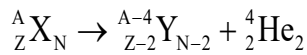
Etrafında koruma kalkanı bulunan ²²⁶Ra kaynağından yayınlanan α-parçacıklarının enerjileri çok kanallı analizör yardımıyla incelenecektir. Bu sebeple α-parçacıkları, enerji kalibrasyonu, bozunma serileri, radyoaktif denge gibi kavramlar anlaşılacaktır.

Deney Malzemeleri

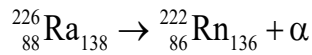
- Alfa Detektörü
- Çok Kanallı Analizör (Multichannel Analyser-MCA)
- MCA için measure yazılımı
- Alfa detektörü için önyükselteç
- Cam deney tüpü
- Aktivitesi 3.7 kBq olan ²⁴¹Am radyoaktif kaynağı
- Aktivitesi 3 kBq olan ²²⁶Ra radyoaktif kaynağı
- İki aşamalı diyafram tipi vakum pompası (220 Volt)
- Vakum tüpü
- Dijital vakum ölçer
- BNC tipi 750 mm ve 300 mm koaksiyel bağlantı kablosu
- Y şeklinde tüp bağlantı aparatı
- 20 mm genişlikli pens

Deneye Hazırlık Bilgileri

Alfa bozunumunda radyoaktif (kararsız) çekirdek bir α-parçacığı (⁴He) yayınlayarak daha kararlı bir çekirdeğe dönüşür [1,2].



Burada X ve Y ilk ve son çekirdeklerin kimyasal simgelerini göstermektedir. Alfa bozunumuna bir örnek,



verilebilir.

Radyoaktif bozunumda kararsız “ana” çekirdek daha kararlı olan bir “kız” çekirdeğe dönüşür. Eğer kız çekirdek de kararsızsa, “torun” çekirdeğe bozunur ve bu süreç kararlı bir çekirdeğe ulaşılan kadar devam eder. Bu şekilde peş peşe olan bozunmalara “bozunma serisi” denir [1]. Dünya’da mevcut dört tane bozunma serisi vardır: Toryum,

Uranyum, Neptünyum ve Aktinyum. Uranyum bozunma zinciri ^{226}Ra bozunma serisini içermektedir (Tablo 1.1). ^{226}Ra kaynağının, yarı-ömrü 22,3 yıl olan ^{210}Po 'a kadar olan bozunum ürünleriyle radyoaktif dengede (ana çekirdeğin yarı-ömrünün ürün çekirdeğe göre çok uzun olduğu durum) olduğu düşünülebilir. ^{226}Ra kaynağının üretim zamanına bağlı olarak, ^{210}Po ürün çekirdeğinin yarı-ömrünün düşük olması sebebiyle bu ürün çekirdeğe ait pik deneyde gözlenemeyebilir [3]. Buna göre deneyde gözlenmesi beklenen pikler aşağıda sıralanmıştır:

4784 keV	^{226}Ra
5304 keV	^{210}Po
5489 keV	^{222}Rn
6002 keV	^{218}Po
7687 keV	^{214}Po

Tablo 1.1. ^{226}Ra bozunma serisini içeren Uranyum bozunma zinciri [3]

Çekirdek	Bozunma Türü	Yarı-ömür	E (MeV)	Ürün Çekirdek
^{238}U	α	4.468×10^9 y	4.270	^{234}Th
^{234}Th	β^-	24.10 g	0.273	^{234}Pa
^{234}Pa	β^-	6.70 sa	2.197	^{234}U
^{234}U	α	245500 y	4.859	^{230}Th
^{230}Th	α	75380 y	4.770	^{226}Ra
^{226}Ra	α	1602 y	4.871	^{222}Rn
^{222}Rn	α	3.8235 g	5.590	^{218}Po
^{218}Po	α %99.98 β^- %0.02	3.10 dak	6.115 0.265	^{214}Pb ^{218}At
^{218}At	α %99.90 β^- %0.10	1.5 s	6.874 2.883	^{214}Bi ^{218}Rn
^{218}Rn	α	35 ms	7.263	^{214}Po
^{214}Pb	β^-	26.8 dak	1.024	^{214}Bi
^{214}Bi	β^- %99.98 α %0.02	19.9 dak	3.272 5.617	^{214}Po ^{210}Tl
^{214}Po	α	0.1643 ms	7.833	^{210}Pb
^{210}Tl	β^-	1.30 dak	5.484	^{210}Pb
^{210}Pb	β^-	22.3 y	0.064	^{210}Bi
^{210}Bi	β^- %99.99987 α %0.00013	5.013 g	1.426 5.982	^{210}Po ^{206}Tl
^{210}Po	α	138.376 g	5.408	^{206}Pb
^{206}Tl	β^-	4.199 dak	1.533	^{206}Pb
^{206}Pb		kararlı		

Deneyde ^{226}Ra kaynağından yayınlanan alfa parçacıklarının enerji spektrumu gözleyebilmek için alfa detektörü kullanılacaktır. Bir α -parçacığı bu detektöre çarptığı zaman detektörün tüketim bölgesindeki madde ile etkileşir ve kinetik enerjisinin tümünü

kaybeder. Bu süreçte alfa parçacığının kinetik enerjisiyle orantılı olarak birkaç serbest yük taşıyıcısı üretilir. Üretilen bu yük taşıyıcıları sayesinde gerilim pulsu elde edilir ve bu puls MCA-çok kanallı analizörde gözlenir.

Tablo 1.2. ^{226}Ra kaynağından yayınlanan α -parçacıklarının enerjileri [3]

Çekirdek	Birim ^{226}Ra Atomu Başına Dallanma Oranları	E (keV)	Yayınlanan α -parçacıklarının Enerjisi (keV)
^{226}Ra	%100	4871	4784.34
^{222}Rn	%100	5590	5489.48
^{218}Po	%100	6115	6002.35
^{218}At	%0.02	6874	6693
^{214}Bi	%99.9	5617	5452
^{218}Rn	%0.10	7263	7129.2
^{214}Po	%99.98	7833	7686.82
^{210}Po	%99.99987	5408	5304.33

^{226}Ra radyoaktif kaynağından yayınlanan alfa parçacıklarının enerji spektrumunu inceleyebilmek için ilk önce enerji kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir. Bu sebeple ^{241}Am kaynağı kullanılacaktır. Bu kaynağın etrafında koruyucu kalkan yoktur. Bu sebeple kaynaktan yayınlanan alfa parçacıklarının enerjileri detektöre ulaşan parçacıkların enerjileriyle aynıdır. ^{241}Am 'un bozunumuna bakıldığında kararlı ^{237}Np 'a bozunduğu ve %85'lik dallanma oranıyla 5486 keV enerjili α -parçacığı yayınladığı görülür (Şekil 1.1). Yayınlanan bu α -parçacığı deneyde enerji kalibrasyonunun yapılabilmesinde kullanılacaktır.

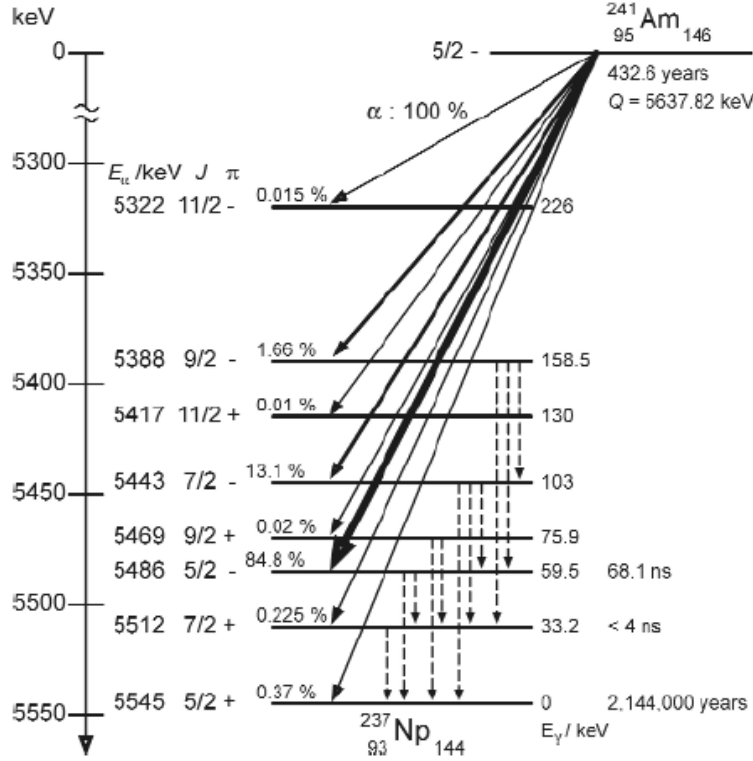
Enerji kalibrasyonu: MCA, 0 V'dan 4 V'a kadar olan aralığı 4000 eşit kanala böler. Böylece her bir kanal 1 mV'a karşılık gelir ($4V / 4000$). Ayrıca MCA için kullanılan yazılım programında "offset" parametresi kullanılır. Bu parametre 4 V'luk aralığın tamamında belli bir oranda kaymaya ya da ötelemeye sebep olur. Örneğin %5'lik bir "offset" kullanılıyorsa 4000 kanalda 200 kanal ($4000 \text{ kanal} \times 0.05 = 200 \text{ kanal}$) kayma yaratarak ölçüm aralığının 200 kanaldan başlamasını sağlar. Bu kanal sayısının enerji kalibrasyonunda dikkate alınması gereklidir.

Eğer deneyde enerji kalibrasyonu için ^{241}Am kaynağı kullanılıyorsa ve "offset" parametresi %5 olarak alınıyorsa kalibrasyon faktörü,

$$s = \frac{(n + 200) mV}{5486 keV} \quad (1.1)$$

ile hesaplanır. Burada n pikin gözleendiği kanal numarasıdır. Kalibrasyon faktörü belirlendikten sonra kanal numarası bilinen her hangi bir pikin enerjisi hesaplanabilir;

$$E = \frac{n' + 200}{s} \quad (1.2)$$



Şekil 1.1. ^{241}Am radyasyon kaynağının bozunum şeması [3]

Deneyde kullanılacak olan ^{226}Ra kaynağının etrafında ise koruma kalkanı vardır. Böylece kaynaktan yayınlanan α -parçacıkları detektöre ulaşmadan önce kalkandan kaynaklanan materyali geçmelidirler. Bu sebeple ^{241}Am kaynağından elde edilen enerji piklerine göre daha geniş enerji pikleri meydana gelecektir. Ayrıca α -parçacıkları bu kalkanı geçerken enerjisinin bir kısmını kaybedecektir ve böylece gerçek α -parçacıklarının enerjisinden daha düşük enerji gözlenecektir. Bu enerji kaybı hesaplanacaktır.

Deneyin Yapılışı

1. Şekil 1.2’de deney düzeneği gösterilmiştir. Alfa detektörünün etrafına siyah renkli koruyucu takılır ve detektör vakum tüpünün içine yerleştirilir.
2. ^{241}Am kaynağı (etrafında koruyucu kalkan yoktur) cam deney tüpü içerisinde bulunan döner kol üzerindeki vidaya dikkatlice monte edilir ve alfa detektörünün önüne olabildiğince yakın yerleştirilir.

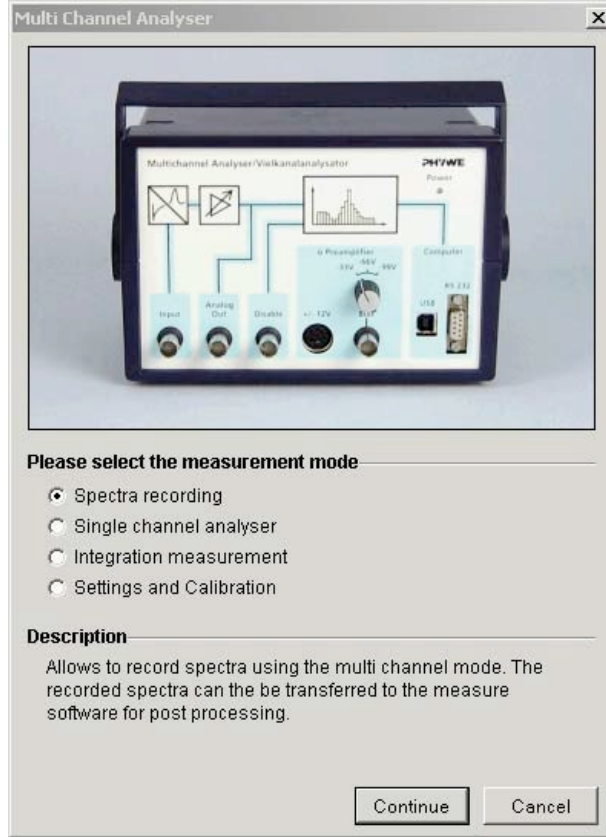
3. Kısa BNC koaksiyel kablosunun bir ucu alfa detektörüne takılır. Diğer ucu da ön yükseltecin “Detektör” yazılı girişine takılır.



Şekil 1.2. ^{226}Ra kaynağının alfa enerjilerinin MCA yardımıyla incelenmesi deneyine ait deney düzeneği [3]

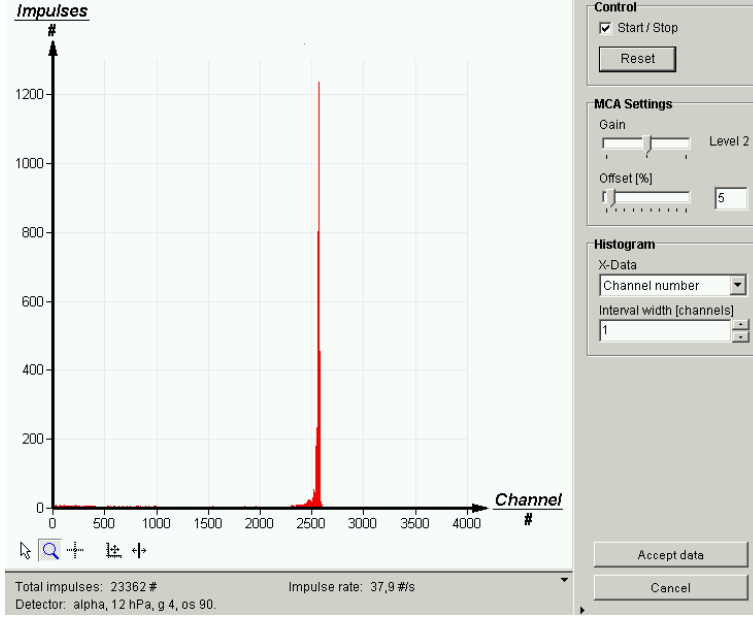
4. Diğer BNC kablolarından birisi koaksiyel kablosu ön yükseltecin “Bias” yazılı çıkışı ile MCA’nın “Bias (ön gerilim)” yazılı girişine takılır. MCA’nın “Bias” seçim anahtarı “-33V” olarak ayarlanır.
5. Bir başka BNC koaksiyel kablosu ön yükseltecin “Output” yazılı çıkışı ile MCA’nın “Input” yazılı girişine takılır
6. 5-kutuplu kalın gri koaksiyel kabloların bir ucu ön yükseltecin arkasında bulunan “UB” çıkışına diğer ucu da MCA’nın “+/-12V” yazan girişine takılır.
7. Ön yükseltecin üzerinde bulunan dört anahtar “ α ”, “Inv”, “Ext” ve “-” olarak ayarlanır.
8. MCA’nın USB çıkışı “Measure” yazılım programının bağlı olduğu bilgisayara takılır.
9. Vakum pompasından gelen siyah vakum borusunun bir ucu cam deney tüpünün vakum girişine diğer ucu ise dijital basınç ölçere takılır.

10. Mekanik vakum pompası yardımı ile dijital basınç ölçerde 11 mbar değeri görülene kadar cam deney tüpü vakumlanır.
11. İstenilen sabit vakum değerine ulaşıldığında vakum borusu üzerinde bulunan kışkaç sıkılarak cam tüp içerisindeki basıncın sabit kalması sağlanır. Ölçüm sırasında tüp içerisindeki basınç kontrol edilmelidir. Sabit basınçta tutulmaya çalışılmalıdır.
12. Deney düzeneği bahsedilen şekilde hazırlandıktan sonra bilgisayarın masaüstünde bulunan “Measure” programı çalıştırılır.
13. Açılan pencerede “Gauge” □ “Multi Channel Analyser” sekmeleri tıklanır.
14. Şekil 1.3’de gösterilen pencereden “Spectra recording” seçilir ve “Continue” seçeneği tıklanır.



Şekil 1.3. MCA için başlangıç penceresi [3]

15. Açılan yeni pencerede “Gain”, “Level 2” ye, “Offset[%]” ise 5’e ayarlanır. Start/Stop seçeneği tıklanır ve böylece dakika başına sayım ölçülür. x-data yazılı kısımda x-ekseni “Channel number” ve “Interval width [channels]” ise “1” olarak seçilir. (Şekil 1.4).



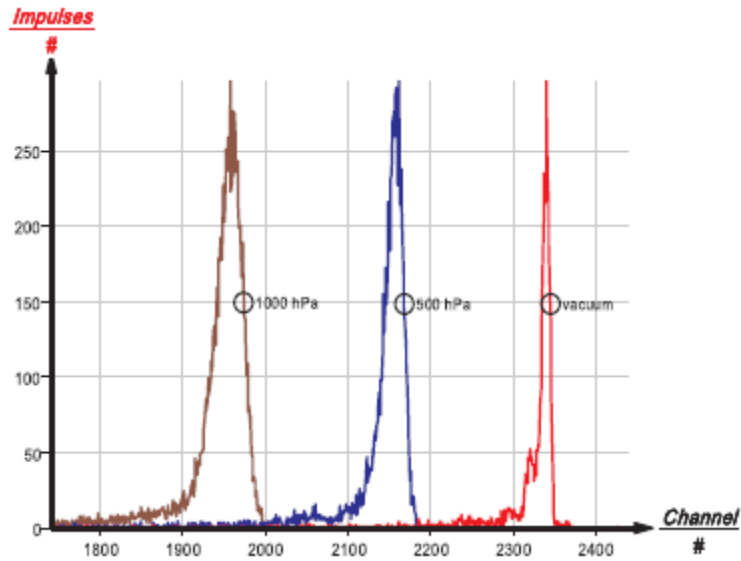
Şekil 1.4. MCA'daki spektrum kayıt penceresi [3]

16. Tüm ayarlamalar yapıldıktan sonra en üstte bulunan “Reset” tuşu tıklanarak ölçüm başlatılır.
17. ^{241}Am kaynağının piki “Measure” programında açıkça görüldüğünde “Accept data” seçeneği tıklanarak ölçüm durdurulur. “Total Impulse” değerinin 5000 olması bu ölçüm için yeterlidir.
18. Kaydedilen veriler programda açılan pencerede görülmektedir. “Display Options” sekmesi kullanılarak elde edilen sonuçlar görülür ve bu veriler Tablo 1.3’e kaydedilir. (“Measure” programında -aracı kullanılarak ölçüm sonucunda elde edilen pikte istenilen bölge büyütülebilir. -aracı kullanılarak pikin x ve y konumları tanımlanabilir ve böylece pikin FWHM-maksimum pik yüksekliğinin yarısındaki genişliği hesaplanabilir.)
19. Vakum borusu üzerinde bulunan kısıkaç gevşetilir. Vakum pompası yardımıyla cam deney tüpünün içerisindeki havanın 500 mbar olması sağlanır ve tekrar kısıkaç sıkılır. “Measure” programında, “Gauge”→ ”Multi Channel Analyser” sekmeleri tıklanarak ölçüm alınır.
20. Yukarıda anlatılan işlemler cam deney tüpü içerisindeki hava değerinin 1000 mbar basınç değerinde olması ile tekrarlanır. Değerler Tablo 1’e kaydedilir.
21. ^{241}Am radyasyon kaynağı kullanılarak alınan ölçümlerden elde edilen spektrum Şekil 1.5’de verilen spektruma benzer olmalıdır [3]. MCA’da “Measurement” □ “Adopt channel” seçenekleri kullanılarak bu üç ölçüm sonucu tek bir grafikte gösterilebilir. Cam deney tüpü içerisindeki basıncın elde edilen enerji pikine olan katkısı tartışılır.

Tablo 1.3. Deneyde ^{241}Am radyoaktif kaynağının kullanılmasıyla pikin yarı genişliğinin sol kısmından okunan x_1 konumu ile pikin yarı genişliğinin sağ kısmından okunan x_2 konumlarının değerleri

Hava basıncı (mbar)	Pik yüksekliği sayımı	FWHM	x_1 (ch#)	x_2 (ch#)	$(x_1+x_2)/2$ (ch#)
11					
500					
1000					

22. Hava basıncının 11 mbar olduğu durumda elde edilen pikin maksimum olduğu konum değeri (Tablo 1'deki $(x_1 + x_2)/2$ değeri) kullanılarak enerji kalibrasyonu yapılır, kalibrasyon faktörü hesaplanır (Denklem 1.1).



Şekil 1.5. Deneyde ^{241}Am radyoaktif kaynağının kullanılmasıyla elde edilen cam deney tüpü içerisindeki basıncın 11 mbar, 500 mbar ve 1000 mbar değerindeki enerji pikleri [3]

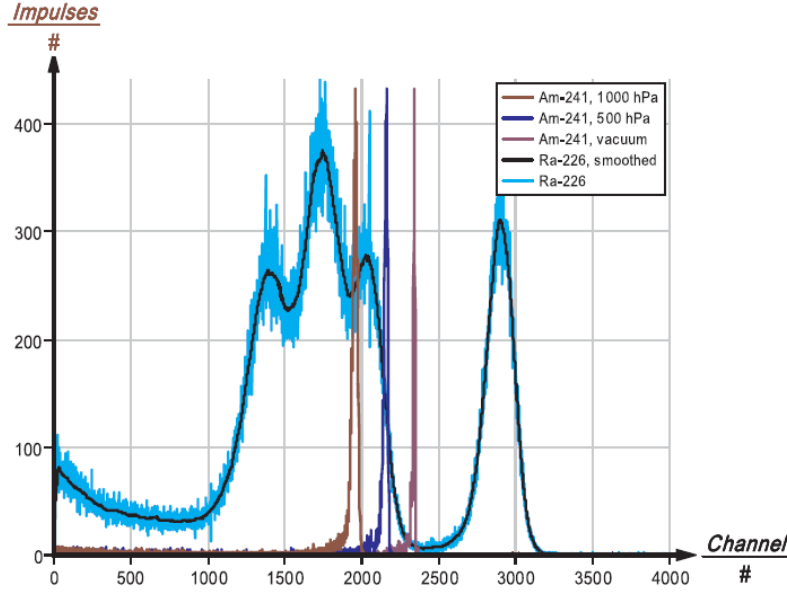
23. Cam deney tüpü içerisindeki hava boşaltılır. ^{241}Am radyoaktif kaynağı ve alfa detektörünün etrafına takılan koruyucu çıkartılır. ^{226}Ra kaynağı döner kol üzerindeki vidaya monte edilir. Cam deney tüpü vakumlanarak hava basıncının 11 mbar olması sağlanır. ^{241}Am kaynağı için yapılan ayarların aynısı yapılır ve “Total Impulse” değeri yaklaşık 250000 impuls olana kadar ölçüm alınır. Daha sonra “Accept data” seçeneği tıklanır.

24. ^{241}Am ve ^{226}Ra radyasyon kaynakları kullanılarak alınan ölçümlerden elde edilen spektrum Şekil 1.6’da verilen spektruma benzer olmalıdır [3]. “Measure”

programında “Analysis” □ “Smooth...” seçenekleri tıklanarak pikler düzgün şekilde biçimlendirilir ve ^{226}Ra kaynağı için dört tane pik gözlenir. Böylece pik genişlikleri ve piklerin bulunduğu konumlar kolayca belirlenebilir. Belirlenen bu değerler Tablo 1.4’e kaydedilir. Enerji değerleri elde edilen kalibrasyon faktörü yardımıyla hesaplanır.

Tablo 1.4. Deneyde ^{226}Ra radyoaktif kaynağının kullanılmasıyla elde edilen enerji piklerinin ölçüm sonuçları

Pik No	Kanal No (ch#)	Enerji (keV)	Literatürdeki Enerji Değeri (keV)	Enerji Kaybı ΔE (keV)- (Enerji-Lit. Enerji Değ.)	Pikteki Kayma (ch#) (ΔE_{xs})
1			4784		
2			5489		
3			6002		
4			7687		



Şekil 1.6. ^{241}Am ve ^{226}Ra radyasyon kaynakları kullanılarak alınan ölçümlerden elde edilen spektrum [3]

Kaynaklar

- [1] Krane, Kenneth, Nükleer Fizik 2. Cilt, 2002, Palme Yayıncılık.
- [2] Knoll, Glenn F., Radiation Detection and Measurement, 2000, John Wiley & Sons.
- [3] PHYWE physics, deney kataloğu, www.phywe.com.