



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Adem OKTAY

GERMANYUM İZOTOPLARI ÜRÜNLERİNİN
ENERJİ GEÇİŞLERİNİN ve ^{75}Ge İZOTOPUNUN
YARI ÖMRÜNÜN BELİRLENMESİ

FİZİK ANABİLİM DALI

OSMANİYE – 2016

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAK YÜKSEK LİSANS/ DOKTORA PROGRAMI**

**GERMANYUM İZOTOPLARI ÜRÜNLERİNİN ENERJİ
GEÇİŞLERİNİN ve ⁷⁵Ge İZOTOPUNUN YARI
ÖMRÜNÜN BELİRLENMESİ**



Adem OKTAY

**FİZİK
ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE
EYLÜL-2016**

TEZ ONAYI

GERMANYUM İZOTOPLARI ÜRÜNLERİNİN ENERJİ GEÇİŞLERİNİN VE ⁷⁵Ge İZOTOPUNUN YARI ÖMRÜNÜN BELİRLENMESİ

Adem OKTAY tarafından Yrd.Doç. Dr. Güral AYDIN danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Güral AYDIN
Fizik Anabilim Dalı, MKÜ

Üye: Doç. Dr. Muhittin ŞAHAN
Fizik Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Yusuf Oğuzhan GÜNAYDIN
Fizik Anabilim Dalı, KSÜ

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. A. Ali GÜRTEN
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Bu Çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: MKÜ-BAP-12061

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Adem OKTAY



ÖZET

GERMANYUM İZOTOPLARI ÜRÜNLERİNİN ENERJİ GEÇİŞLERİNİN ve ⁷⁵Ge İZOTOPUNUN YARI ÖMRÜNÜN BELİRLENMESİ

Adem OKTAY
Yüksek Lisans, Fizik Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Güral AYDIN

Eylül 2016, 84 sayfa

Bu çalışmada germanyum izotopları ürünlerinin bazı çekirdek enerji geçiş değerleri ve ⁷⁵Ge izotopunun yarı ömrü deneysel verilere dayalı olarak (γ,n) ve (γ,p) fotonükleer reaksiyonları kullanılarak elde edilmiştir. Fotonükleer reaksiyonlar klinik linak vasıtası ile germanyum çekirdeklerinin 18 MeV enerjili fotonlar ile bombardıman edilmesi sonucu gerçekleştirilmiştir. Reaksiyonlar sonucunda oluşan ürünlerin bozunumları sonucunda yayılan gama ışınları her çekirdek için ayrı olup karakteristik özellik taşırlar. İzotop çekirdeklerinin ışınmaları yüksek saflıkta germanyum detektörü ile her biri farklı enerji için ayrılmış olan kanallarda sayılmış ve ölçüm sonuçları spektroskopik olarak elde edilmiştir. Elde edilen spektroskopi verileri analiz edilerek istatistik hata hesaplamaları da yapılarak enerji geçiş değerleri ve yarılanma ömür değeri elde edilmiştir. Bu çalışmada yayımlanan enerji geçiş değerleri ⁷⁵Ge ve ⁶⁹Ge izotoplarının bozunumları sonucu ortaya çıkan sırasıyla ⁷⁵As ve ⁶⁹Ga izotoplarının çekirdek enerji geçiş değerleridir. Yarı ömür hesaplaması ise elde edilen sayımlardan bozunan madde miktarları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ⁷⁵Ge izotopu için 81.67 dakika olarak bulunan yarı ömür değeri literatürde yer alan en iyi değere %1.34 kadar yaklaşmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fotonükleer Reaksiyon, Enerji Geçişleri, Yarı Ömür

ABSTRACT

THE ENERGY TRANSITIONS OF THE PRODUCTS OF GERMANIUM ISOTOPES AND THE HALF-LIVE OF ^{75}Ge ISOTOPE

Adem OKTAY
M.Sc., Department of Physics
Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Gral AYDIN

September 2016, 84 pages

In this study, some nucleus energy transition values of the products of germanium isotopes and the half-live of ^{75}Ge isotope were obtained based on experimental data by using photonuclear reactions of (γ, n) ve (γ, p) . The photonuclear reactions were carried out as a result of bombardment of germanium isotopes with 18 MeV photons by using clinic linear accelerator. The gamma-rays which are emitted in consequence of decays of the products, which are produced with reactions, differ with nuclei and have characteristics properties. The radiation of isotope nuclei are counted with high purity germanium detector in channels corresponding to related energy values of gamma-rays and spectroscopic results were obtained. The obtained data were analyzed with statistical errors and energy transition values and half-live value were obtained. The published energy transition values belong to nucleus energy transition values of ^{75}As and ^{69}Ga which were produced as results of the decay of ^{75}Ge and ^{69}Ge isotopes, relatively. Finally, the half-live calculation were performed with counts indicating the number of decayed nuclei with time. The half-live value for ^{75}Ge isotope as 81.67 minutes is %1.34 close to the number which is the best value in literature.

Key Words: Photonuclear Reactions, Energy Transitions, Half-Lives.

TEŞEKKÜR

Bu alıőmamda bana her zaman ve her tŒrlŒ gerekli yardımı sunan Danıőmanım Yrd. Do. Dr. GŒral AYDIN'a, laboratuvar eğitimi almamda ve teknik destekte her zaman yardımcı olan Akdeniz Œniversitesi NUBA çalıőanlarına, çalıőmamda her zaman bana destek olan aileme kalpten teőekkŒrlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	2
2.1.1 Temel Bilgiler	3
2.1.2 Nükleer Reaksiyonlar	6
2.1.3 Nükleer Reaksiyon Çeşitleri.....	6
2.1.4 Gama (Foton) Işınlarmın Etkisi.....	9
2.2 Radyasyon Dedektörleri.....	13
2.2.1 Gazlı Dedektörler (Sayaçlar).....	13
2.2.2 Sintilasyon Dedektörleri.....	16
2.2.3 Yarı İletken Detektörleri	19
2.2.4 Yüksek Safılıkta Germanyum (HPGe) Dedektörleri.....	24
3. MALZEME VE YÖNTEM	26
3.1 HPGe Dedektörü	26
3.2 Electron LINAC (SLi-25)	27
3.3 Enerji Geçişleri	28
3.4 Enerji geçişleri İçin Hesaplama Yöntemleri	30
3.5 Yarı Ömür Hesabı İçin Yöntem	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	34
4.1 Enerji Geçişleri İçin Bulgular Ve Tartışma	46
4.2 Yarı Ömürler İçin Bulgular ve Tartışma.....	53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
5.1 Enerji Geçişleri İçin Sonuçlar ve Öneriler	60
5.2 Yarı Ömür İçin Sonuçlar ve Öneriler.....	61

KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	66
EKLER	67



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Ölçüm öncesi Pikleri Fitleme Verileri (Befor gf3.sto Dosyası).....	43
Çizelge 4.2 Ölçüm Sonrası Pikleri Fitleme Verileri (After gf3.sto Dosyası).....	44
Çizelge 4.3 Ge İzotopları Ürünlerinin Pikleri Fitleme Verileri	45
Çizelge 4.4 Ölçüm Öncesi ve Ölçüm Sonrası Merkez Kanal ve Hataları (1.Hesap)..	46
Çizelge 4.5 Hata Hesabı Parametreleri (1. Hesap).....	47
Çizelge 4.6 ⁷⁵ As- ⁶⁹ Ga İzotoplarının Bulunan Enerji Geçişleri ve Hataları (1.Sonuç).48	
Çizelge 4.7 Ölçüm Öncesi-Ölçüm Sonrası Merkez Kanal ve Hataları (2. Hesap)....	49
Çizelge 4.8 Hata Hesabı Parametreleri (2. Hesap).....	50
Çizelge 4.9 ⁷⁵ As- ⁶⁹ Ga İzotoplarının Bulunan Enerji Geçişleri ve Hataları (2.Hesap).50	
Çizelge 4.10 Ölçüm Öncesi-Ölçüm Sonrası Merkez Kanal ve Hataları (3. Hesap)..	51
Çizelge 4.11 Hata Hesabı Parametreleri (3. Hesap).....	52
Çizelge 4.12 ⁷⁵ As- ⁶⁹ Ga İzotoplarının Bulunan Enerji Geçişleri ve Hataları (3.Hesap)....	53
Çizelge 4.13 Araştırma Sonucunda Elde Edilen Yarı Ömür Değerleri.....	59
Çizelge EK-3.1 ⁷⁵ Ge İçin Belirlenen Δt Süreleri, Dosya Aralıkları ve r1step'ler....	74
Çizelge EK-3.2 strip_v2.f Programında Kullanılacak Dosya ve Zaman Aralıkları..	75
Çizelge EK-3.3 Piklerin Fitlenmesi İçin Kullanılacak Bazı Değerler.....	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Alfa, Beta, Gama ışınları.....	3
Şekil 2.2 Alfa, Beta, Gama ışınları gircilikleri.....	5
Şekil 2.3 Zaman skalası.....	9
Şekil 2.4 Fotoelektrik soğurma	10
Şekil 2.5 Compton saçılması.....	10
Şekil 2.6 Çift Oluşumu.....	11
Şekil 2.7 Kaçak pik gösterimi	12
Şekil 2.8 Gazlı dedektörlerin düzlem plakaları gösterimi.....	14
Şekil 2.9 Silindirik Oranlı Dedektör	15
Şekil 2.10 Anot yakınında çığ oluşumu	16
Şekil 2.11 Sintilasyon dedektörü.....	17
Şekil 2.12 Sırası ile n-tipi yarıiletken oluşumu ve p-tipi yarıiletken oluşumu.....	20
Şekil 2.13 Elektron enerji bantları	21
Şekil 2.14 p-tipi ve n-tipi eklemine oluşan tüketim bölgesi oluşumu	21
Şekil 2.15 p-tipi ve n-tipi eklemine geri besleme sonucu	22
Şekil 2.16 Ge(Li) Dedektörü (İnce n-tipi).....	23
Şekil 2.17 HpGe n-tipi ve p-tipi dedektörün yapısı	24
Şekil 2.18 n ve p tipi HpGe dedektörlerinin gösterim	25
Şekil 3.1 HPGe çalışma düzeneği	26
Şekil 3.2 Yüksek saflıkta germanyum (HPGe) dedektörü	27
Şekil 3.3 Electron LINAC (SLI-25).....	28
Şekil 3.4 Zamana bağlı sayım grafiği	32
Şekil 4.1 ¹³³ Ba pik (ölçüm öncesi)	34
Şekil 4.2 ¹⁰⁹ Cd pik (ölçüm öncesi).....	34
Şekil 4.3 ⁵⁷ Co pik (ölçüm öncesi)	35
Şekil 4.4 ⁶⁰ Co pik (ölçüm öncesi)	35
Şekil 4.5 ¹³⁷ Cs pik (ölçüm öncesi)	36
Şekil 4.6 ²² Na pik (ölçüm öncesi)	36
Şekil 4.7 ⁵⁴ Mn pik (Ölçüm öncesi).....	37
Şekil 4.8 Soil pik (ölçüm öncesi)	37
Şekil 4.9 ¹³³ Ba pik (ölçüm sonrası).....	38
Şekil 4.10 ⁵⁷ Co pik (ölçüm sonrası).....	38

Şekil 4.11	¹⁰⁹ Cd pik (ölçüm sonrası).....	39
Şekil 4.12	⁶⁰ Co pik (ölçüm sonrası)	39
Şekil 4.13	¹³⁷ Cs pik (ölçüm sonrası)	40
Şekil 4.14	⁵⁴ Mn pik (ölçüm sonrası)	40
Şekil 4.15	²² Na pik (ölçüm sonrası)	41
Şekil 4.16	Soil pik (ölçüm sonrası)	41
Şekil 4.17	Ge izotopları pikleri 1	42
Şekil 4.18	Ge izotopları pikleri 2	42
Şekil 4.19	Ge izotopları pikleri 3	42
Şekil 4.20	Ortalama merkezi kanal ve enerji (keV) grafiği-1	47
Şekil 4.21	Ortalama merkezi kanal ve enerji (keV) grafiği-2	49
Şekil 4.22	Ortalama merkezi kanal ve enerji (keV) grafiği-3	52
Şekil 4.23	$\Delta t = 180$ s için net count (sayım) ve zaman grafiği	54
Şekil 4.24	$\Delta t = 360$ s için net count (sayım) ve zaman grafiği	55
Şekil 4.25	$\Delta t = 900$ s için net count (sayım) ve zaman grafiği	55
Şekil 4.26	$\Delta t = 1800$ s için net count (sayım) ve zaman grafiği	56

SİMGELER ve KISALTMALAR

m	kütle	(kg)
E	enerji	(j)
c	ışık hızı	(ms ⁻¹)
d	döteron	(-)
p	proton	(-)
n	nötron	(-)
e ⁻	elektron	(-)
e ⁺	pozitron	(-)
E _k	kinetik enerji	(j)
E _γ	foton enerjisi	(j)
E _b	bağlanma enerjisi	(j)
h	plank sabiti	(j.s)
λ	bozunma sabiti	(s ⁻¹)
ν	frekans	(s ⁻¹)
σ	hata	(-)
ch	kanal	
cov	kovaryans	
cor	korelasyon	
C _c	merkez kanal ortalaması (centroid combine)	
C _b	Merkez kanal ölçüm öncesi (centroid befor)	
C _a	merkez kanal ölçüm sonrası (centroid after)	
*	dosya adlarına uygun değişken	
FWHM	full width at half maximum	
NUBA	Akdeniz Üniversitesi, Nükleer Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezi	
nudat	Uluslar Arası Nükleer Veri Tabanı	

Alt İndisler

a_i polinom parametresi

Üst İndisler

* aktif çekirdek

1. GİRİŞ

İnsan sağlığının önemini her gün daha iyi anlıyoruz. Sadece insan sağlığı mı? Elbette ki doğadaki tüm canlıların yaşanı önemlidir. Canlıların yaşanı tehdit eden birçok etken var. Bunlardan en tehlikelisi de radyasyondur. Bundan korunmak için öncelikle tehlikeyi analiz etmeli ve sonra gerekli önlemler alınmalıdır.

Dünyada gelişmiş ülkeler varlıklarını sürdürmek, beklide kendi etki alanları içinde hâkimiyetlerini devam ettirmek için birçok araştırma yapmış ve araştırmaları hız kesmeden devam etmektedir. Bu araştırmalar sonucu geniş alanlara nüfus etmişlerdir. Nükleer fiziğin alanı olan atomun yapısını keşfederek büyük enerjiler elde edilmeye başlanmış bu sayede dünyanın ola gelen düzeni şekillenmeye başlamıştır.

Bizler de bu konularda geri kalmamalı, çağın gereklerine uyum sağlamalı ve atomun yapısı konusundaki araştırmalarımızı derinleştirmeliyiz. Doğanın yapı taşı olan atomun muhteviyatını keşfetmeli, nasıl yararlanılacağını bulmalıyız.

Bunları bilerekten bu araştırmada Ge izotopları ürünlerinin (⁶⁹Ga, ⁷⁵As) enerji geçişleri, ⁷⁵Ge elementinin de yarı ömürleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Atomların enerji seviyelerinin ve yarı ömürlerinin belirlenmesi, nükleer tıp gelişimi, klinik lineer hızlandırıcıların kullanım amaçların genişletilmesi, ülkemizin deney envanterlerinin oluşması, radyasyon zırhlaması, kalifiye bilim insanlarının yetişmesi açısından önem arz etmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İlk Enerji seviyelerinin belirlenmesi çalışması 1936 yılında Bethe teorisinde görülmektedir [1]. Weisskopf bu termodinamik etkileşimi genelleştirerek 1937’de enerji hesapları çalışmaları yapmıştır [2]. Nötron ve proton aktivasyonu gibi bir çok yöntemleri içinde barındıran enerji seviyelerinin belirlenmesi denemelerine örnekler verebiliriz. $^{32}\text{S}(n,d)^{31}\text{P}$ nükleer reaksiyonu ile ^{31}S aynı zamanda $^{19}\text{F}(p, n)^{19}\text{Ne}$ nükleer reaksiyonu ile ^{19}Ne atomunun çekirdeklerinin enerji seviyeleri tespit edilmiştir [3].

Burada kullanılan yöntem nötron ve proton bombardımanları şeklinde gerçekleştirilmiştir [3]. Yine döteron-proton (d,p) reaksiyonu kullanılarak ^{90}Y çekirdeğinin enerji seviyeleri ölçülmüştür[4]. Proton-alfa (p, α) reaksiyonu kullanılarak ^{47}V ve ^{49}V çekirdekleri için enerji seviyesi ölçülmüştür [5]. Konjin ve arkadaşlarının ^{48}Sc ve ^{48}V çekirdeklerinin enerji seviyelerini sintilasyon dedektörü kullanarak tespit etmişlerdir [6]. Son zamanlarda imkanların iyileşmesi ile enerji seviyesi belirleme bir çok defa yapılmıştır [7-11].

Segene’nin “Cu, Zn, Ga ve Ge’un radyoaktif izotopları” makalesinde (1939) ^{72}Ga izotopunu tanımlamıştır [12,13]. Segene nötron yakalama reaksiyonunda spektrumlar kuvarz fiber elektroskop ile analiz edilmiştir. Li Yan ve ekibi (2004) tarafından yayınlanan çalışmada ^{72}Ga bozunumu gamma-ışını spektroskopisi ile incelenmiştir [14]. Li Yan ve ekibinin çalışmasında $^{71}\text{Ga}(n,\gamma) ^{72}\text{Ga}$ reaksiyonu ile ^{72}Ga elde edilmiştir. Bu çalışmasında Compton baskılı spektrometre ve yüksek saflıklı Germanyum detektörleri tek başlarına ve beraber kullanarak ^{72}Ga izotopunun beta bozunumunu gözlemlemiştir. K.S. Krane (2012), nötron radyasyonuna maruz kalan Ga ile 14 saatlik ^{72}Ga ’ın bozunumlarını incelemiştir [15]. Krane yaptığı bu çalışmada ^{72}Ge düzeylerinin enerji ve beta-bozunum dallanmaları için yeni değerler önerilmiştir.

Yarı ömür belirlenmesi ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Oka ve arkadaşları Sodyum İyodür (NaI) dedektör kullanılarak 1966’da (γ,n), (γ,p) nükleer reaksiyonlarını kullanarak bir çok çekirdeğin yarı ömürlerini belirlemiştir [16]. Daha sonraki yıllarda da çalışmalar devam etmiştir [17-19].

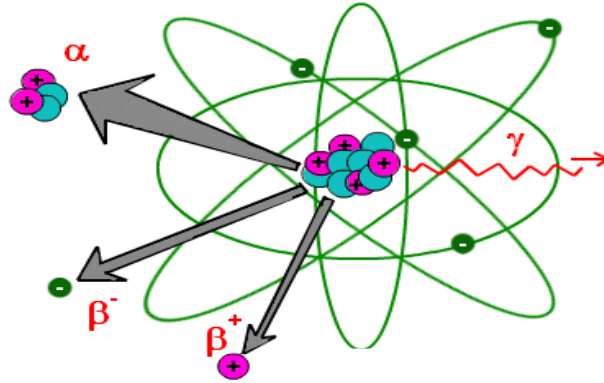
Sagane ^{75}Ge izotopunu, 1939 yılındaki “Cu, Zn, Ga ve Ge’un radyoaktif izotopları” makalesinde tanımlamıştır [20,21]. Germanyum hedefi hızlı ve yavaş nötronlar tarafından bombardıman edilmiştir. Sonucunda nötron yakalama işlemi meydana gelmiştir ve yarı ömür 81(3) dakikadır.

2.1.1 Temel Bilgiler

2.1.1.1 Radyasyon

Radyoaktif madde, kararlı hale gelmek için kendiliğinden ışınım yapan veya bozulan maddelerdir. Tabiiatta bu özellikte birçok madde vardır. Ancak daha çok atom numarası 83’ den yüksek maddelerde bu özellik gözlenmektedir [22]. Bu maddelerde n/p oranı 1’ den farklılık göstermektedir. Kararsızlıkları nedeni ile elektromanyetik radyasyon ya da parçacık yayarlar. Böylece daha kararlı hale gelmeye çalışırlar.

Radyasyon, radyoaktif maddelerin kararlı hale gelmek için yaydıkları elektromanyetik dalgalar ya da partiküllerdir. Enerji salınımları genel olarak alfa, beta ve gamadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Alfa, Beta, Gama ışınları [22]

Alfa ışınması, kararsız atom çekirdeğinin kendiliğinden veya dışarıdan etki sonucu ^4_2He parçaları yaymasıdır (Denklem 2.1).



Örnekte radyum atomundan bir radon ve helyum atomu meydana gelmiştir. Yani çekirdek He (2 proton, 2 nötron) parçacığı yayınlamış.

Beta ışınması, atom çekirdeğindeki bir nötronun bir proton ve bir elektrona dönüşmesi veya protonun nötrona ve pozitrona dönüşmesi sonucu oluşur.

Denklem 2.2’de nötrondan protona ve elektrona dönüşüm gösterilmiştir.



Örneğin Denklem 2.3’de bir sezyum atomu bir baryum atomuna ve elektrona dönüşür.



Sezyum atomunun nötron sayısı 82 proton sayısı ise 55’tir. Bir nötronun bir proton ve bir elektrona dönüşmesi sonucu nötron sayısı 81, proton sayısı 56 olmuştur. Çekirdek elektron yaymıştır.

Denklem 2.4’de protonun nötron ve pozitrona dönüşümü gösterilmiştir.



Denklem 2.5’de sodyum çekirdeği neon ve pozitron dönüşmüştür.



Sodyum çekirdeğinin 11 protonu ve 11 nötronu vardır. Işıma ile neona ve pozitrona dönüşmüş ve neonun 10 proton ve 12 nötronu vardır.

Beta ışınmaları reaksiyonları sonucu nötrino oluşumlarının da olabileceği unutulmamalıdır.

Gama ışınması, alfa ve beta ışınları sonucu uyarılmış halde kalan çekirdeklerin yaydıkları elektromanyetik enerjidir. Yüksek enerjili çekirdekler foton yayarlar ve ışık ile aynı hızdadır [24].

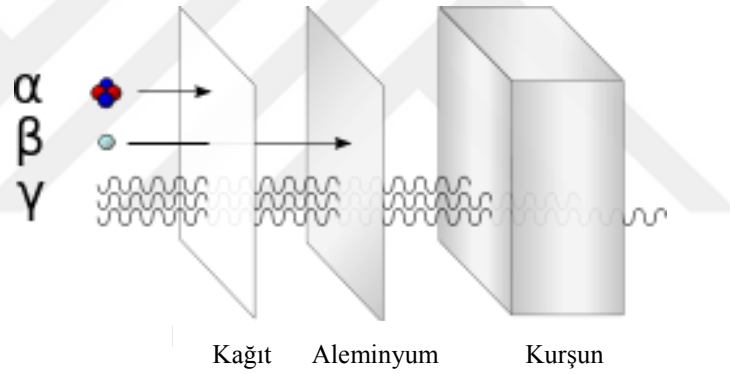


Denklem 2.6'da baryum çekirdeği yüksek enerjilidir ve foton yayarak kararsızlıktan kurtulacaktır.

Einstein' in enerji denkleminde kütlesini hesaplamak mümkündür.

$$E=mc^2 \rightarrow m=E/c^2$$

Alfa ışını, beta ışını, gama ışınlarının gericilikleri Şekil 2.2'de anlatılmaya çalışılmıştır.



Şekil 2.2 Alfa, Beta, Gama ışınları gericilikleri [23]

α ışınları kağıt tarafından soğrulabilir. β ışını alemnium levha soğrulabilir. γ ışını ise kurşun plakalarda büyük ölçüde soğrulabilir.

Bremsstrahlung, yüklü partiküllerin ve özellikle bir çekirdeğin elektrik alanından geçmesi sırasında enerjilerinden kaybederler. Bu enerji kaybı (frenleme) sürekli bir x ışını spektrumu şeklinde yayınlanır. İç Bremsstrahlung β partiküllerinin oluşumu sırasında olur. Hızlandırma sonucu ani olarak meydana β parçacıklarına elektromanyetik radyasyonun eşlik etmesi olarak tarif edilebilir. Dış Bremsstrahlung ise hızlandırılan β partiküllerini saran çevre maddeleri atomlarına çarpması sonucu x ışınları meydana gelir. Sürekli spektrumlardır [24].

2.1.2 Nükleer Reaksiyonlar

Öncelikle nükleer reaksiyonların nasıl ifade edildiğini bakalım:

$X(a,b)Y$

Bu gösterim formu kapalı formdur.

X : hedef çekirdek

a : Mermi çekirdek

b : Ürün hafif çekirdek

Y : Gerilene ağır çekirdek



Denklem 2.7 reaksiyonunda Th hedef çekirdeği α partikülleri ile bombardıman edilmiş ve U ürün çekirdek nötron yaymıştır.

2.1.3 Nükleer Reaksiyon Çeşitleri

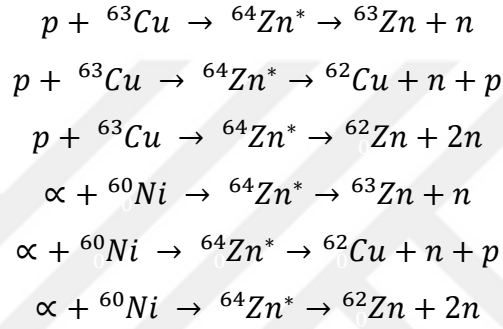
Nükleer reaksiyonları önceleri iki farklı grupta incelenmiştir.

2.1.3.1 Bileşik Çekirdek (Denge) Reaksiyonları

Bu tür reaksiyonlarda parçacık hedef çekirdeğe girer. Parçacığın çarpma parametresi çekirdeği geçecek kadar (10-20MeV gibi) değildir. Çekirdek içinde nükleonlarla pek çok çarpışma yaparak enerjisini ve kimliğini kaybeder. Bu enerji çekirdek içinde bileşik sistemler oluşturabilir ve bileşik sistemin nükleonları aralarında paylaşılabilir. Mermi olarak ifade edebileceğimiz parçacık enerjisini çekirdek içinde kaybettiğinde çekirdek uyarılmış duruma gelir. Uyarılmış çekirdek taban durumuna dönmek için parçacık veya gama yayınlar. Bu reaksiyon parçacık veya gama yayınlanması ile sonlanır. Bu çekirdeğe parçacık girmesi ile enerji veya parçacık yayınlanması arasında geçen yaklaşık süre 10^{-22} s' nin 10^6 katıdır. Yani yaklaşık 10^{-16} s' dir.

Bileşik çekirdek reaksiyonu, $a + A \rightarrow B + b$ şeklinde yazılsa da $a + A \rightarrow C^* \rightarrow B + b$ şeklinde olur.

Parçacıklar (a) hedef çekirdek içinde soğrulduktan sonra bir bileşik çekirdek (C^*) oluştururlar. Bileşik çekirdek uyarılmış durumdadır. Bileşik çekirdek parçacık (b) veya ışınım yaparak temel duruma (B) gelir. Yayıma sadece bir nükleon şeklinde de olabilir. Çekirdeği terk eden parçacıklar buharlaşma gibi her hangi bir yönde olabilir. Açığa bağımlılığı yoktur. Ancak çekirdeklerin çıkış modları bellidir. Bu reaksiyonlara örnek:



2.1.3.2 Direkt (Doğrudan) Reaksiyonlar

Direkt reaksiyonlar daha çok çekirdeğin yüzeyinde olan reaksiyonlardır.. Parçacık hedef çekirdeğe gelir ve birkaç nükleonla etkileşir. Etkileşme çekirdek yüzeyinde kısa süreli 10^{-22} saniyede olur. Saçılmalar açısaldır. Çarpışmalar elastik ve inelastik şekilde olur.

Bir nükleer reaksiyonun nasıl bir etkileşim göstereceği gelen nükleonun enerjisine göre söyleyebiliriz. 1 MeV enerji ile gelen nükleonun dalga boyu 4fm dir. Böyle bir nükleon bileşik çekirdek reaksiyonu meydana gelmesi olasıdır. 20 MeV enerji ile gelen nükleonun ise dalga boyu 1fm dolaylarındadır ve direk reaksiyon olması muhtemeldir.

Elastik Saçılma: Böyle reaksiyonlarda $Q=0$ dır. Yani enerji aktarımı olmaz. Çekirdeklerde bir değişim meydana gelmez.

Örnek olarak $n + {}^{208}\text{Pb} \rightarrow n + {}^{208}\text{Pb}$ reaksiyonunu verebiliriz.

İnelastik Saçılma: Gelen çekirdeğin enerjisi Coulomp bariyerini geçebilecek seviyede ise hedef çekirdek ve/veya gelen çekirdek uyarılabilir. Kompleks bir yapı olması da muhtemeldir. Bu tür saçılmalarda Q değeri sıfırdan farklıdır. Gelen parçacığın enerjisinin bir kısmı hedef çekirdeğe aktarılmıştır; uyarılma olmuştur. Kinetik enerji korunumu aranmaz. ${}^{12}\text{C} + {}^{208}\text{Pb} \rightarrow {}^{12}\text{C}^* + {}^{208}\text{Pb}^*$ reaksiyonunu örnek verebiliriz.

Yakalama(Spriping) reaksiyonları: Böyle reaksiyonlarda mermi çekirdekten hedefe nükleon aktarımı olur. A(d,p)B reaksiyonunda döteron bir nükleonu hedef çekirdeğe transfer olmuştur ve proton saçılmıştır. Bu reaksiyona döteron soyma reaksiyonu şeklinde de adlandırılır.

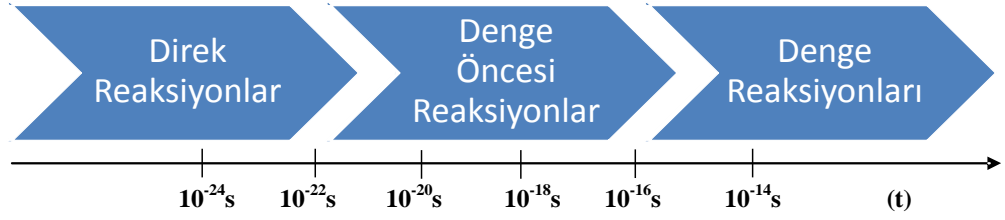
Pick-up reaksiyonları: Bu tür reaksiyonlarda gelen çekirdek hedef çekirdekten bir nükleon alır ve saçılır. A(p,d)B şeklinde ifade edebileceğimiz reaksiyonda proton bir nükleonla birleşerek döteron oluşmuş ve saçılmıştır.

Bazı reaksiyonlarda ise mermi çekirdek hedef çekirdeğe çarpar, aynı özellikte parçacık saçılır. Ancak saçılan bu parçacık mermi çekirdek olmayabilir (knock – out reaksiyon).

2.1.3.3 Rezonans (Denge Öncesi) Reaksiyonları

Böyle reaksiyonlar denge ve direk reaksiyon arasında gerçekleşir. Bu durum belli enerji düzeylerinde olasıdır. Her enerji düzeyinde rezonans gerçekleşmez. Sistem dengeye gelene kadar uyarılma durumundan saçılmalar yapar. Basamak basamak rezonans reaksiyonlar gelişir [25].

Nükleer reaksiyonları oluşam zamanlarına göre Şekil 2.3'deki gibi gösterebiliriz.



Şekil 2.3 Zaman skalası (Sınırlar kesin değildir.)

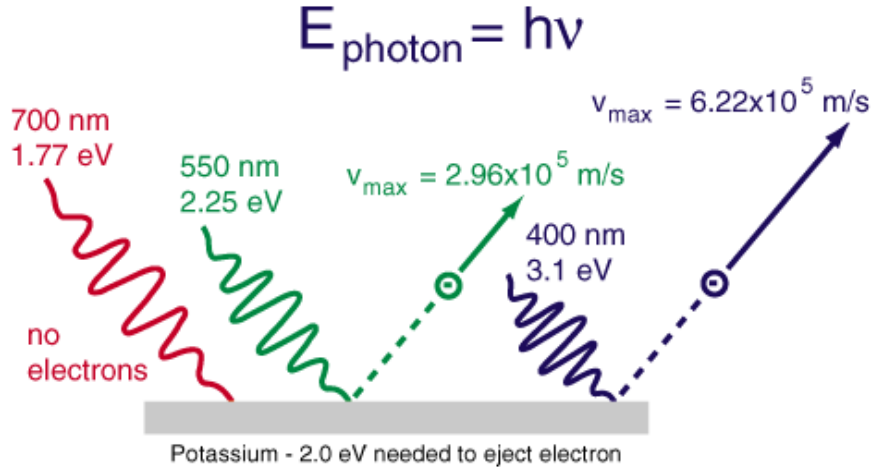
2.1.4 Gama (Foton) Işınlmasının Etkisi

Fotonlar madde ile fotoelektrik soğurma, compton olayı, çift oluşumu şekillerinde etkileşime girer.

2.1.4.1 Fotoelektrik Soğurma

Maddelerdeki elektronların bir bağlanma enerjileri vardır. Elektronları sökmek için bir enerjiye ihtiyacımız var ancak bu enerji maddenin cinsine bağlı olmakla birlikte küçük bir değerdir. Maddeye gelen fotonun enerjisi elektronların bağlanma enerjisinden büyükse elektron kopar ve bu elektrona fotoelektron denir.

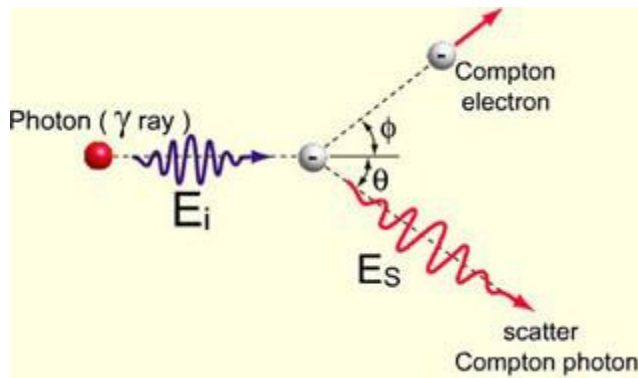
E_γ enerjisi gelen gama (foton) ışınının, E_b bağlanma enerjisinin, E_k kopan elektronun kinetik enerjisi olduğunu düşünürsek, $E_k = E_\gamma - E_b$ olmalıdır. Fotoelektronun yeri başka elektronlar tarafından doldurulurken karakteristik x-ışını yayarlar. Bağlanma enerjisinin küçük bir değer olduğu dikkate alınırsa sökülen elektronun yaklaşık enerjisi gelen fotonun enerjisi ile orantılı olacaktır. Şekil 2.4'de fotoelektrik soğurma olaylarını görüyoruz [22].



Şekil 2.4 Fotoelektrik soğurma [22]

2.1.4.2 Compton Saçılması

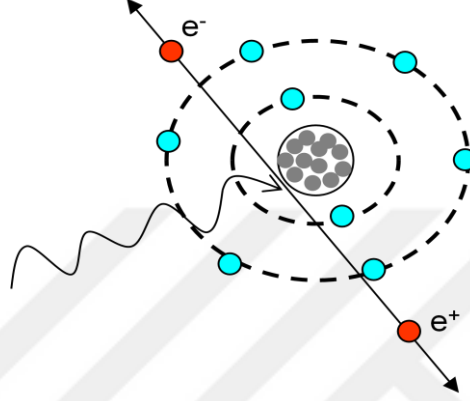
Kaynaktan gelen gama ışınları elektronla esnek çarpışma yapabilirler. Compton olayı Şekil 2.5’ de görüldüğü gibidir. Gelen fotonun elektrona çarpması ile elektrona hareket enerjisi kazanır ve bir kısmı da elektron tarafından açılı olarak saçılır. Gelen gama ışınının enerjisine E_γ , elektronun hareket enerjisine E_k , saçılan ışımaya E_s dersek $E_k = E_\gamma - E_s$ bağıntısı kurabiliriz.



Şekil 2.5 Compton saçılması [22]

2.1.4.3 Çift oluşumu

Gelen gama ışını hedef madde tarafından soğrulur. Enerjisi çift oluşturmaya yetecek kadar ise çift oluşturabilir (Şekil 2.6). Gelen gama ışınının enerji değeri en az 1022 keV olmalıdır. Oluşan çiftler pozitron ve elektrondur. Pozitron ortamda fazla yaşayamaz, bir elektrona birleşerek nötrleşir ve gama ışını yayar. Gamlardan biri dedektöre ulaşırsa 511 keV'lik pik oluşturur. Oluşan pike yok oluş piki denir.



Şekil 2.6 Çift Oluşumu [22]

2.1.4.4 Kaçak Pikler

2.1.4.4.1 Tek Kaçak Piki

Bazı enerjilerin dedektör tarafında kaydedilmemesi dikkate alınmalıdır. Yok oluş piklerinden biri dedektör tarafından kaydedilmeden ayrılırsa 511 keV'lik enerji eksikliği olacaktır ve oluşacak pikten 511 keV eksik değerinde pik oluşacaktır. Buna tek kaçak piki denilir.

2.1.4.5 Çift Kaçak Piki

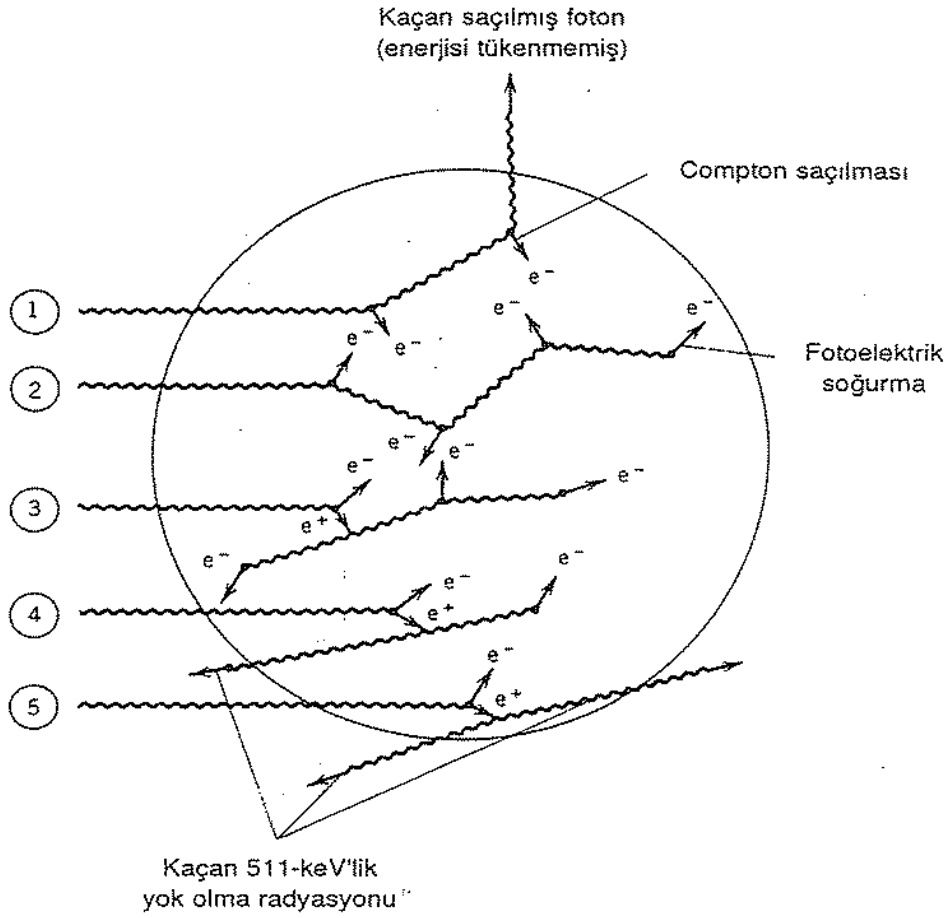
Oluşan iki fotonda dedektörde algılamadan ayrılabilir. Bu durumda da çift kaçak piki oluşacaktır. Oluşan pik olması gerekenden 1022 keV değerinde eksik oluşacaktır.

2.1.4.6 Toplam Pik

Uyarılmış örnek elementin çekirdeği kendine özgü enerjiler yayınlıyacaktır. Bazen iki enerji aynı anda dedektöre ulaşır ve dedektör ikisini birlikte algılar. Dedektör bu enerjilerin ikisini tek bir enerji gibi değerlendirir ve spektrumda toplan bir enerji ortaya çıkar. Bu pikede toplam pik diyoruz.

2.1.4.7 X-ışını piki

Uyarılmış elementimizden saçılan fotonlar dedektörün iç çeperinde etkileşimde olacaktır. Bunun sonucunda dedektörün iç çeperinden x-ışınları saçılacaktır. Bu saçılmalar dedektöre ulaşması durumunda pik oluşturacaktır. Bu piklere X-ışını piki deriz. X ışını pikleri 511 keV veya çift oluşumu sonucu 1022 keV olurlar [22].



Şekil 2.7 Kaçak pik gösterimi [27]

2.2 Radyasyon Dedektörleri

Parçacığın enerjisini belirlemek için öncelikle atomlar nasıl etkileştiğini incelemeliyiz. Yükü olan parçacık çekirdekten çok çevresindeki elektronlarla etkileşir. Çünkü çekirdek atomun sadece 10^{-15} oranındadır. Oysa elektronla çarpışma olasılığı 10^{15} defa fazladır. Yüklü parçacığın çekirdekle etkileşmesi coulomb saçılması şeklindedir. Önemlidir ancak minimal bir enerji kaybı olacaktır.

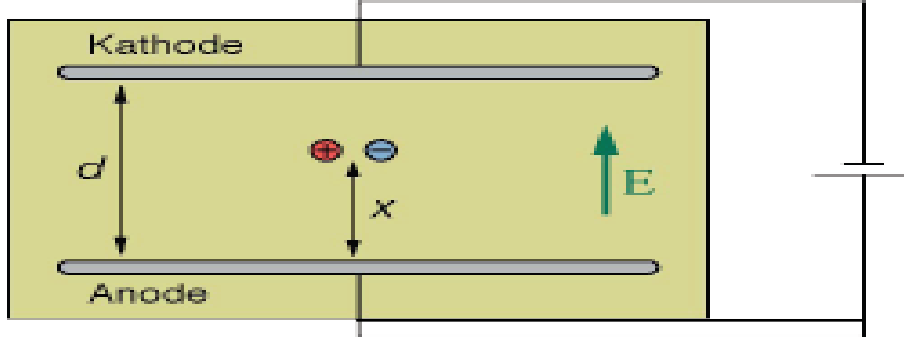
Bu nedenle daha çok yüklü parçacığın elektronla coulomb saçılmaları dikkate alınmaktadır. Elektronla meydana gelen bu etkileşimde kolaylık olması için elektronun hareketsiz olduğu varsayılır. M yüklü parçacığın kütlesi, m elektronun kütlesi, ΔT ise yüklü parçacığın hareket enerjisindeki değişimi simgelerse enerjinin ve momentumun korunumundan parçacığın kinetik enerjisindeki değişimi Denklem 2.8'le hesaplanır.

$$\Delta T = T \left(\frac{4m}{M} \right) \quad (2.8)$$

Yüklü parçacığın birkaç farklı senaryosu söz konusu olabilir. Parçacık enerjisini kaybetmeden defalarca çarpışmalar meydana getirir. Önceleri enerji kaybı çokken daha sonra azalacaktır. Ağır parçacık (alfa) yolu üzerindeki elektronlar ile çarpışmalarında küçük açı ile saçılacağından düz bir yol izliyor kabul edilebilir. Parçacık her çarpışmada enerjisini kaybedeceğinden belirli bir yol aldıktan sonra enerjisi bitecektir. Aldığı yola menzil denilir. Menzili etkileyen nelerdir? Parçacığın türü ve ilk enerjisi, içinde yol aldığı maddenin yoğunluğu (cinsi) etkiler. Elektronu çekirdekten koparmak için yani iyonlaştırmak için yaklaşık 10 eV'lik enerjiye ihtiyaç vardır. Parçacığın kafa kafaya çarpışmalarında enerjisinin büyük bir kısmını elektrona aktaracaktır ve bu elektron da başka ikincil elektronlar meydana getirecektir. Dedekte işleminde bu da göz önüne alınmalıdır [27].

2.2.1 Gazlı Dedektörler (Sayaçlar)

Günümüzde de kullanılmakta olan gazlı dedektörler iyonlaşma mantığı ile çalışırlar. Bunun için en basit anlamda düzlem plakalı kondansatör kullanılır (Şekil 2.8). Kondansatörün plakaları arası gaz (genellikle hava) kullanılır. Plakalar arasındaki elektrik alan iyonların tekrar elektronla birleşmesini engellemelidir. Elektronlar pozitif yüklü (anot) plakaya, iyonlar ise negatif yüklü (katot) plakaya gidecektir.



Şekil 2.8 Gazlı dedektörlerin düzlem plakaları gösterimi [28]

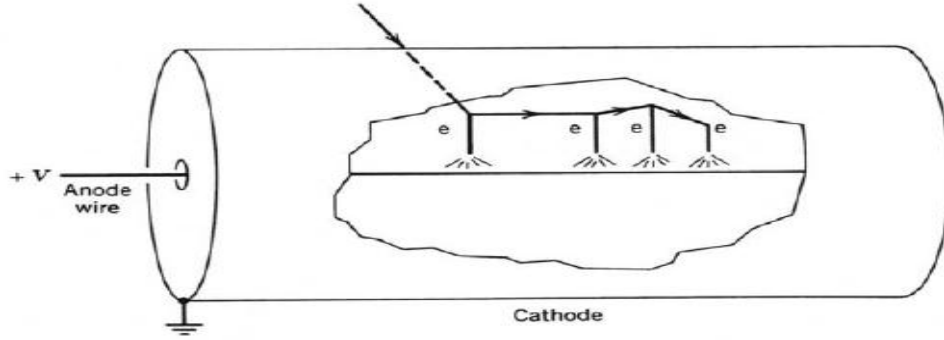
Bu düzeneklerde iyonlaşma sonucunda sayım verisi elde edilmelidir. Bir iyon oluşturmak için 34 eV enerji gereklidir. 1 MeV enerjili radyasyon $3 \cdot 10^4$ iyon oluşturacaktır. Kondansatörün levhalarının arası 1 cm (10×10 cm ebatlarında), sığanın $8,9 \cdot 10^{-12}$ F olduğunda meydana gelen pulslar yaklaşık olarak,

$$\frac{3 \cdot 10^4 \text{ iyon} \times 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C/ion}}{8,9 \cdot 10^{-12} \text{ F}} \cong 0,5 \text{ mV}$$

olarak hesaplanır. Bu puls değeri küçüktür. Analiz yapmak için daha belirgin olmalıdır. 10^4 kat büyütülebilir. Pulsun genliği oluşan iyonların sayısı ile orantılıdır. Plakalar arası voltaj farkından bağımsızdır. İyonların hızı yaklaşık 1 m/s'dir. 1 cm plakalar arası 0,01 s gibi sürede giderler. Elektronlar 1000 kat daha hızlıdır. Ancak nükleer fizikte tepki süreleri çok büyüktür. Aktifliği 1 μCi olan az bir radyasyon ortalama 30 μs 'de bir bozunma yapar. Dolayısı ile her radyasyon için kullanılması olanaklı değildir [27].

Gazlı dedektörlerde bütün pulsları izlemek zordur. Bunun için voltajı 1000 V'a yükseltmek gerekir. Voltajı artırmak iyon ve elektronları daha hızlı hareket ettirir ve artık elastik çarpışmalardan daha çok elastik olmayan çarpışmalar olmaya neden

olur. Elastik olmayan çarpışma sonucunda yeni ikincil iyonlaşmalar meydana gelir. Radyasyondan kaynaklanmayan ikincil iyonlaşmalar sonucu oluşan hızlı yükselmeye *Townsend Çığ'*ı denir. Her birincil iyon 10^3 - 10^5 ikincil iyon oluşturur. Dedektör, birincil iyonları ve ikincil iyonları orantılı olarak algılar. Bu özelliğinden dolayı *orantılı sayaçlar* denilir (Şekil2.9).



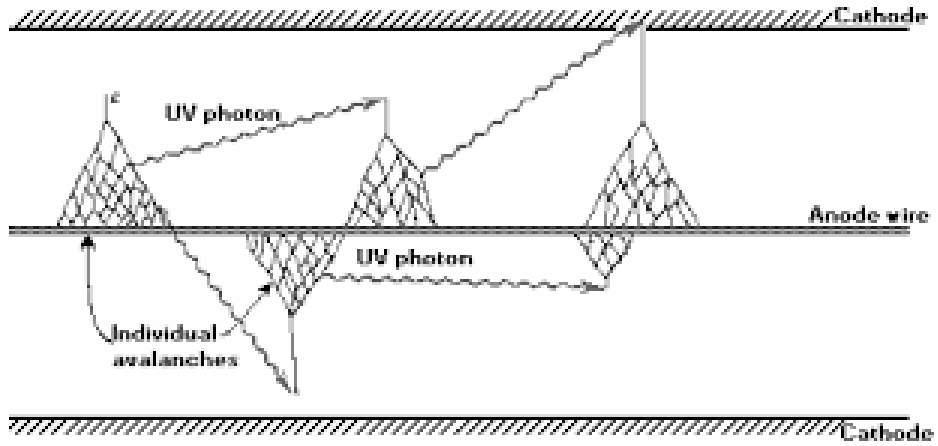
Şekil 2.9 Silindirik Oranlı Dedektör [28]

Şekil 2.9 incelendiğinde r yarıçap için elektrik alan ifadesi Denklem 2.9'dir.

$$E(r) = \frac{V}{r \ln\left(\frac{b}{a}\right)} \quad (2.9)$$

Elektrik alan r'ye bağlı olarak anot yakınlarda çok katot yakınlarda az dır. Birincil iyonlaşma katot yakınlarda yani büyük yarıçaplarda meydana gelir. Radyasyonun birincil (büyük yarıçapta) iyonlaştırmasında sürüklenme hızı yavaştır ve önemlidir. Çünkü dedektör μs mertebesindeki puls için çalıştırılarak sayımlar elde edilir.

Kondansatörün voltajı yükseltirse ikincil çığlar oluşur. İkincil çığ oluşumu birincil çığ sonunda uyarılmış atomların foton yayması sayesinde gerçekleşir. Bu fotonlar bütün tüpe etki eder. 10^6 kat daha fazla enerji oluşur. Burada belirlemek istediğimiz radyasyon bilgileri belirgin değildir. Bütün radyasyonlar benzer pulslar üretir. Bu bölge *Geiger-Müller* bölgesidir (Şekil 2.10) .



Şekil 2.10 Anot yakınında çığ oluşumu [29]

Gieger sayacında oluşan çığ birikmiş elektronu içerir. 1 V dolaylarındadır. Daha çok yüklenme gerektirmezler. 10^{-6} s içinde elektronlar birikir. Bu süre içinde anot teli etrafında çığ meydana gelir. Çığın meydana gelmesinin nedeni pozitif iyonların hızlı hareket edememeleridir. Anot etrafında toplanan iyonlar elektrik alanın etkisini düşürür ve çığ oluşumu durur. $10^{-4} - 10^{-3}$ saniyede yüklenmiş iyonlar katoda varırlar ve çevrim tamamlanır.

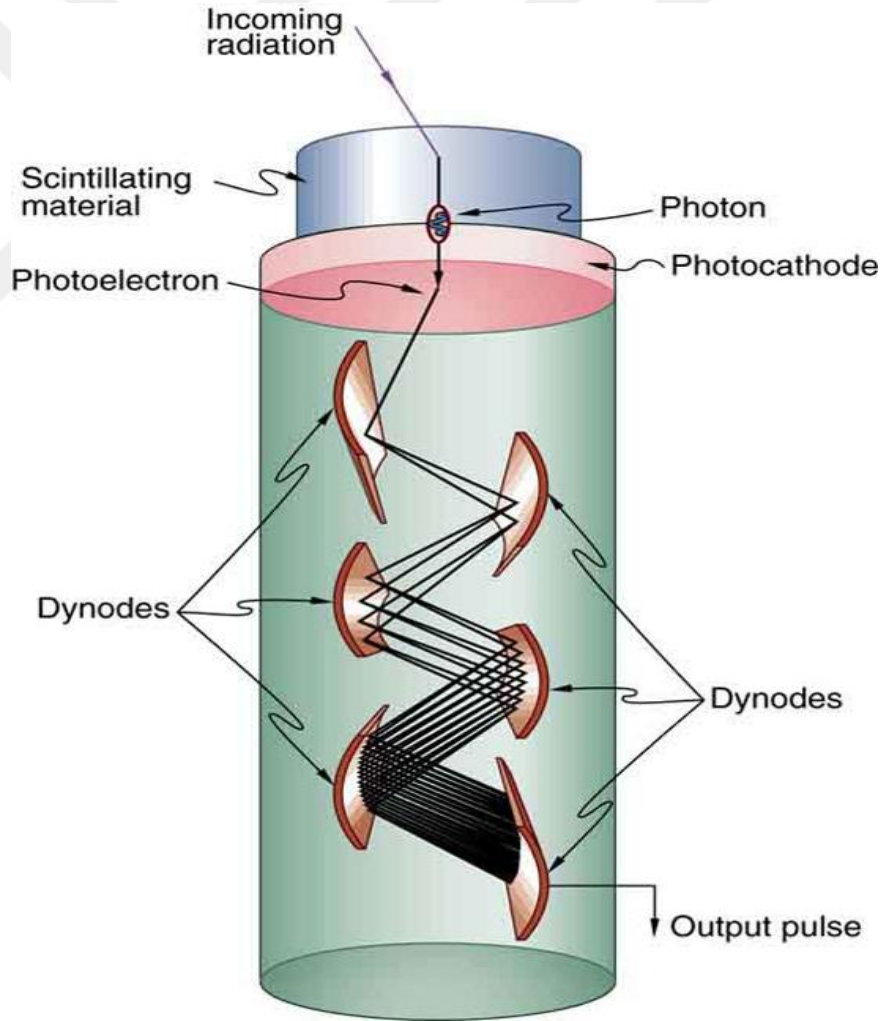
Ancak olay bitmiş sayılamaz çünkü katoda ulaşan iyonlar yeterli enerjili olması tekrar elektron sökülmesine neden olacaktır. Bunu önlemek için yeni bir gaz eklenmelidir. Bu gaza söndürücü gaz denir ve kompleks bir yapıya sahiptir. Birinci gazın iyonun enerjisi eklenen ikinci gazın moleküllerine çarparak ayırmak için harcanır ve tekrar iyonlaşmanın önüne geçilir.

Sonuç olarak birincil iyonlar ve elektronlar radyasyonun enerjisi ile orantılı bir puls üretirler. Ancak voltaj artırılarak kutuplara ulaşması sağlanır. Pulslar voltajdan bağımsız olarak oluşur. Pulslar analiz edilerek radyasyonun enerjisi hakkında bilgi edinebiliriz. Orantılı yerde yorumlamanın kolay olması için puls genişliği voltaj ile artırılır. Oluşan pulslar radyasyonun iyonlaştırması ile orantılıdır. Son olarak Gieger – Müller bölgesinde tün pulslar aynı çıkış yüksekliğindedir.

2.2.2 Sintilasyon Dedektörleri

Gazlı sayaç ile elde edilen veriler nükleer fizik için pek de uygun değildir. Bunun için daha farklı bir yol bulunmalıdır.

Sintilasyon detektöründe gelen radyasyon detektörde atomlarla çok sayıda etkileşime girerek uyarılmış atomlar meydana getirir. Uyarılmış durumdaki atomlar hızla foton yayımlamaya başlarlar. Materyallerin böyle ışık yaymalarına floresans denir. Yayılan fotonlar duyarlı yüzeye çarparak fotoelektrik salınım yaparlar. Bu salınımlar (İkincil) küçük olduğu için fotoçoğaltıcı tüpte çoğaltılmalıdır. Çoğaltma sonucunda pulslar meydana gelir. Sintilasyon dedektörleri için materyal seçiminde önemli olan ışık çıkışı, radyasyonun soğrulma olasılığı, zaman faktörü ve enerji çözme gücüdür. Diğer önemli bir şey ise sintilatörün kolay elde edilebilmesidir. NaI bunun için uygundur ancak bu kristal nem çekiçi özelliğe sahip olduğundan kapalı olarak saklanmalıdır. Aksi takdirde şeffaf durumdan donuk hale geçer. Sintilatörün plastik (esnek) olması kolay şekil verilebilmesi (kesilmesi) açısından önemlidir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Sintilasyon dedektörü [35]

Sintilasyon dedektörlerini iki ana başlıkta inceleyebiliriz. Bunlar organik materyal içeren ve inorganik materyal içerenlerdir. Sintilatörler için önemli olan çıkış ışığının büyüklüğü ve ışık dalga boyudur. Işık çıktıları tüp girişindeki fotoelektronların sayısını etkilemektedir. Numunenin azlığı sinyallerin az olacağı anlamına gelmektedir.

Organik sintilatörler için tartışırsak moleküller arası etkileşimler zayıftır. Molekülün enerji soğurması için iki farklı yol vardır. Öncelikle elektronlar daha fazla uyarılmış duruma getirilebilirler. İkinci yol moleküldeki atomlar titreştirilir. Olağan bir titreşim enerjisi 0,1 eV iken elektronik uyarılma için bu birkaç eV civarındadır. Uyarılmış elektronlar materyale güçlü bir bağla bağlanmamışlardır. Dedektöre giren radyasyon birden çok moleküle etkileşime girer ve her etkileşimde birkaç eV enerji vererek uyarırlar. Böylece olağan titreşim durum uyarılabilir. Uyarılmış durumlar hızla en düşük elektronik uyarılmışlık duruma dönüşebilirler (yaklaşık 1 ps) ve sonra elektronik titreşim taban durumuna dönmeye başlarlar (10 ns). Elektronik taban durumundan da hızla titreşim taban durumuna haline geçerler.

Şartlar normal olduğunda sintilatör moleküllerinin tamamı elektronik taban durumunun en alt titreşim halindedir. Bilinen oda şartlarındaki sıcaklıkta termal enerji 0,025 eV'dir. Elektronik taban durumu üstünde her hangi bir titreşim durumu bulmak olası değildir. Bu da her fotonun soğrulmasının mümkün olmadığını göstermektedir. Sintilatörün seçici olduğunu ifade eder.

Inorganik sintilatörler için en çok kullanılan NaI molekülleridir. NaI gibi kristallerin yüzeyinden yansımalar olur, soğurmalar olur ki bunlar dedektörü kullanışsız yaparlar. Kristalin atomları birlikte etkileştiklerinden enerji bant serilerinde kesikli enerjiye seviyelerine neden olur. En dış band iletim ve değerlik bandıdır. NaI atomlarında değerlik bandı dolu ancak iletim bandı boştur. Kaynak radyasyon (yaklaşık 4 eV) değerlik bandından iletim bandına bir elektron geçmesine neden olur. İletim bandındaki elektron enerji kaybederek (foton yayar) değerlik bandına geri gelir.

Işık (foton) yayılmasını artırmak ve soğrulmasını minimuma indirmek için aktivatörler kullanılır. En çok kullanılan Tl elementidir. Böylece NaI(Tl) dedektörü elde edilmiş olur. Tl aktivatörü enerji bantları arasında durumlar oluşturur. NaI

safsızlığında 303 nm dalga boylu foton yayarken aktivatörlü dedektörde 410 nm dalga boylu foton yayımlanır. NaI(Tl) dedektöründe bu enerjide absorplanma olmaz. Bunun nedeni ise aktivatör taban durumları ihlal edilemez. Çıktılar fotoçoğaltıcı tüp (photomultiplier =PM) için uygundur. Yüksek hassasiyet gereken gama ışınları için NaI(Tl) kullanımı daha iyi sonuçlar verir.

Gelen radyasyon sintilatöre çok fazla fotoelektron göndermez. Anlaşılır puslar elde etmek için PM kullanılır. PM dinot denilen plakalardan plakalardan oluşur. Dinotlar arası voltaj farkı ortalama 100 V'tur. Bir elektron için 100 eV enerji oluşumu demektir. Oluşan oluşan bu enerji ile çarpan elektron çarptığı dinottan daha fazla elektiron salınacaktır. Elektronun salınması için 2-3 eV enerji terlidir. Böylece her dinotta 30-50 kat kazanç olacaktır. Fakat salınan bütün elektronlar karşı dinoda gitmeyecek farklı yönlere dağılacaktır. Bundan dolayı her dinot geçişlerinde 5 çarpanı kadar artış olacaktır. 10 plakalı PM için 5^{10} (yaklaşık 10^7) kat artış olacaktır. Spektrometrelerinde iki husus önem arz etmelidir. Kararlı bir göç kaynağı kullanılmalıdır. Aynı zamanda çıkış pulsları dedektöre gelen radyasyonla orantılı olmalıdır. Dalgalı voltaj farkı kullanılırsa veya lineerlik yani gelen radyasyon enerjisi ile puls genlikleri orantılı olmazsa içinden çıkılamayacak bir hal meydana gelecektir. Sonuç almayı daha çok olanaksızlaştıracaktır.

Foto çoğaltıcı tüple sintilatörün eşleşmesi dalga boyları önemlidir. Ölçümlerde ortamın sıcaklığının da önemli olduğu unutulmamalıdır. İnorganik sintilatörlere NaI(Tl), CsI(Tl), CaI(Na), LiI(Eu) ve CaF₂(Eu) kristalleri örnek olabilir [30]. PM seçimi, ölçülmek istenen farklı enerjili radyasyona fotokatodun cevabı, fotokatodun hassaslığı, kazanç, zamanlama ve gürültü seviyesi gibi etkenler göz önüne alınarak yapılmalıdır.

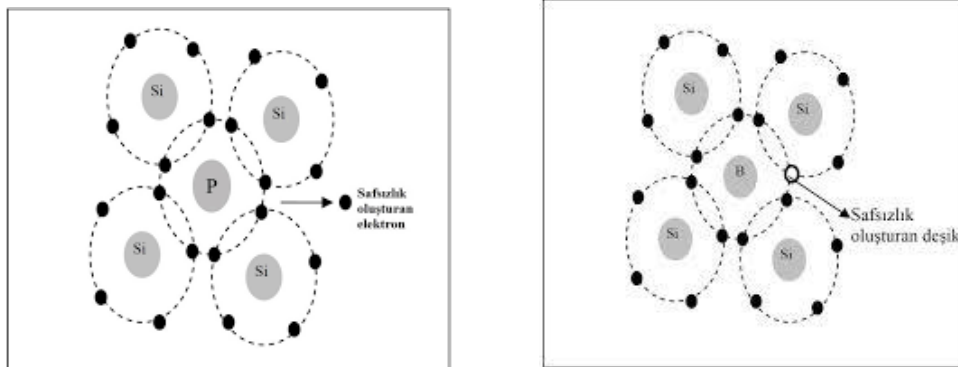
2.2.3 Yarı İletken Detektörleri

Gazlı dedektörler ve sintilasyon detektörlerine alternatif olarak yarı iletken detektörleri kullanılabilir. Yarı ilkten detektörlerinde germanyum ve silikon atomları kullanılır. Bu atomların 4 değerlik elektronları olmasından dolayı son yörüngedeki (değerlilik) elektronlar ortak kullanılarak atomlar arası kovalent bağ oluştururlar ve bütün elektronlar kullanıldığı için iletim bandı boş kalır. Yalıtkan atomlarında

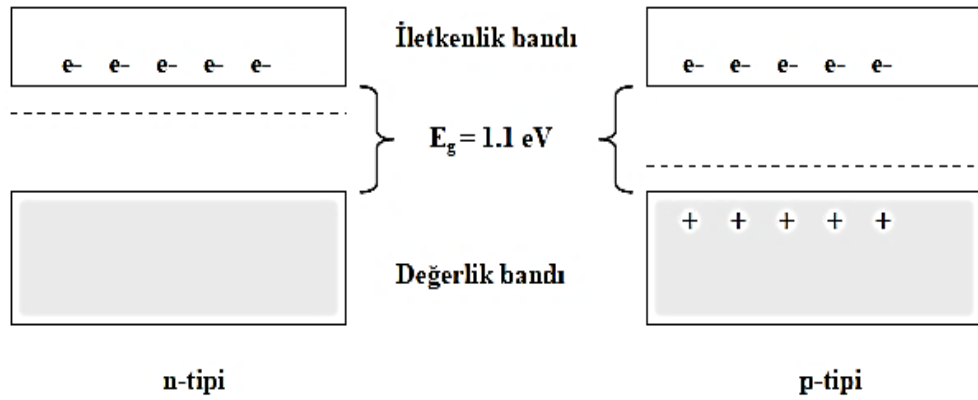
değerlik bandı ile iletim bandı arasında ~ 5 eV'lik aralık vardır. Oysa yarı iletken atomlarında 1 eV'lik aralık vardır. Yalıtkanlık ve iletken değerlilik bandı ile iletkenlik bandı arasındaki farka bağlı olarak değişir. Ge veya silikon atomlarına 5 veya 3 değerlik elektronlu atomlar verilerek elektrik iletimi kontrol altına alınabilir.

n-tipi yarıiletken oluşturmak için germanyum (veya silikon) atomlarına beş değerlik elektronu olan (P, As, Sb, Li gibi) atomla birleştirilmelidir. Bu durumda Ge (veya Si) atomlarının 4 değerlik elektronu ve katkı maddesinin (fosfor gibi) 4 elektronu ortak kullanılırlar (bağ oluştururlar) ancak katkı maddesinin bir elektronu boşta kalır. Boşta kalan elektron bağ yapmaz. Örgü içinde kolayca gezebilir (Şekil 2.12). Örgü içindeki bu kolayca dolaşabilen elektronlar verici durumları olmuş olur. Verici durumları iletim bandının hemen altında yer alır (Şekil 2.13). Serbest elektronlar düşük enerji ile iletim bandına geçebilirler. Oluşturulan böyle kristal yapıları n tipi yarıiletken denilir.

P tipi yarıiletken oluşturmak için Ge (veya Si) atomlarına 3 değerlik elektronu olan atomlar (bor gibi) katılır (Şekil 2.13). Komşu atomlar elektronlarının ortak kullanımı sonucu kovalent bağlar oluşur ancak bir elektrona ihtiyaç vardır. Bağ yapmak için gerekli elektron yerleri deşikler oluştururlar. Bunlar valans (değerlik) bandının yakınında (hemen üstünde) alıcı durumları oluştururlar. Alıcı durumlarında valans bandından elektron almaya yatkındır. Bu materyallere p-tipi yarıiletken denilir. Deşikler pozitif yük taşıyıcılarıdır.



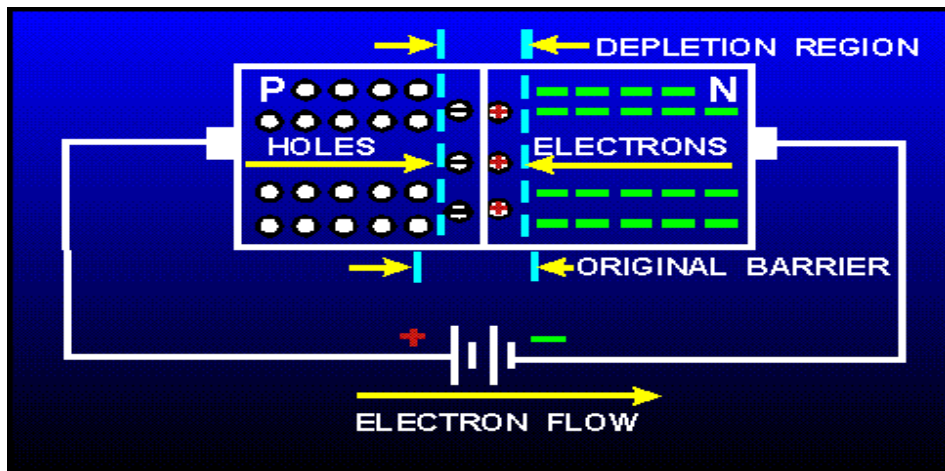
Şekil 2.12 Sırası ile n-tipi yarıiletken oluşumu ve p-tipi yarıiletken oluşumu [31]



Şekil 2.13 Elektron enerji bantları [32]

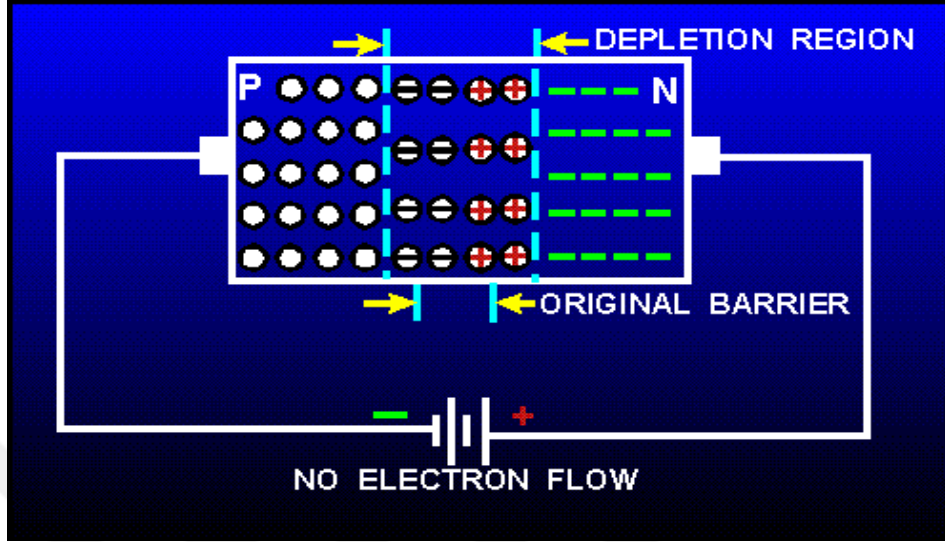
n-tipi ve p-tipi yarıiletkenleri birleştirilirse eklem yerinde n tipinden p tipine elektronlar geçecektir ve deşikleri doldurulacaktır. n-tipi bölgesinden elektronların ayrılması sonucu sabit verici durumları (pozitif iyonlar) oluşur. P tipi tarafında ise deşiklerin dolması nedeni ile negatif yüklü sabit alıcı durumları oluşur. Oluşan elektrik alan göçü bitirir. Bu iki yapı arasında bir tükenme bölgesi meydana gelir. Bir eklem diyot oluşmuş olur (Şekil 2.14).

Radyasyon tükenme bölgesinde elektron deşik çiftleri oluşturur. Oluşan çiftler sonunda elektronlar bir yönde hareket ederken deşikler (holler) diğer yönde hareket ederler. Toplanan elektronlar puls çıktısını oluştururlar. Puls genliği gelen radyasyonla orantılıdır. Bizim araştırmamızda MAESTRO32 yazılımı sayesinde pulsalar anlamlı hale gelmektedir.



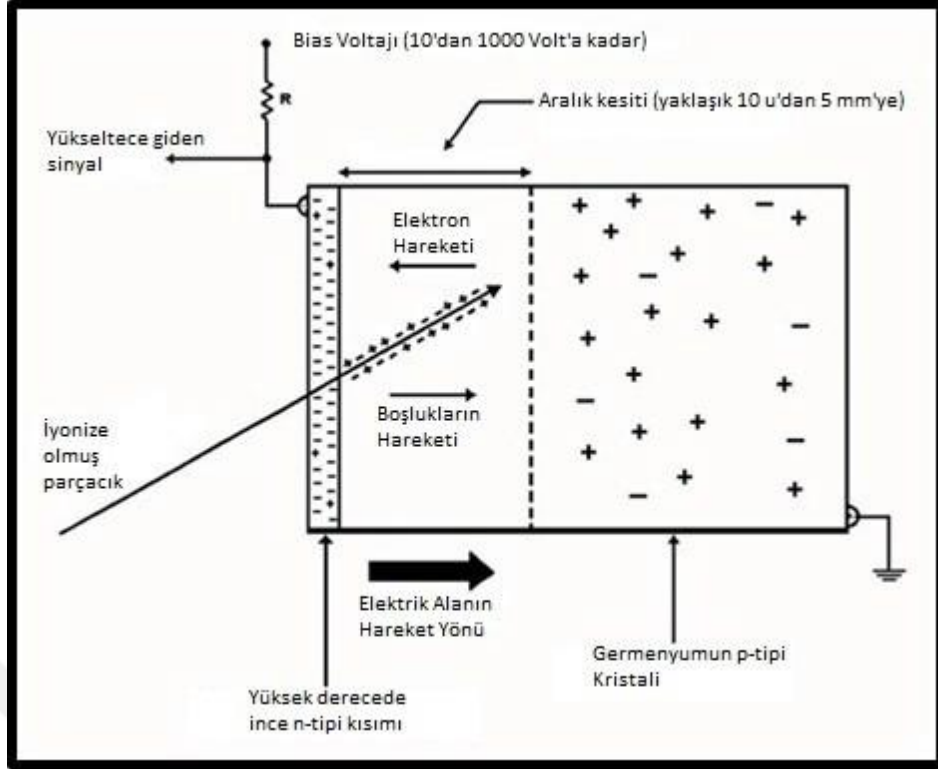
Şekil 2.14 p-tipi ve n-tipi eklemde oluşan tüketim (deplasman) bölgesi oluşumu [31]

Bu diyotlara geri besleme yüksek voltaj farkı (1000-3000 V) uygulanır (Şekil 2.15). Voltaj uygulanmasının nedeni tükenme bölgesini artırıp dedektörü daha duyarlı hale getirmektir.



Şekil 2.15 p-tipi ve n-tipi ekleminde geri besleme sonucu tüketim (deplasman)bölgesi oluşumu [31]

Eğer p-tipi yarıiletkenin üzerine Li atomları yayılırsa n-tipi ince bir yarıiletken oluşturulmuş olacaktır. Az bir sıcaklık artırımını ve ters besleme ile Li, p-tipi tarafına yayılır ve geniş bir tükenme bölgesi oluşturur. Böyle oluşturulan dedektöre Li-sürüklemeli Ge (veya Si) dedektörü denir (Şekil 2.16) . Ge(Li) ve Si(Li) olarak gösterilirler. Bu tip dedektörler soğuk ortamda (77 K) tutulmalıdır. Li sıcakta bölge örgüsü içinden ayrılabilir ve sıcaklıkta termal uyarılmalar olacağından soğutularak bu etkenler ortadan kaldırılmalıdır. Bu tip dedektörler sıvı azot yardımıyla düşük sıcaklıkta tutulabilirler. Düşük sıcaklık gürültü verileri oluşumunu da azaltacaktır. Çağımızın olanaklarında yüksek-safılıkta Ge elde edilebilmektedir [27].



Şekil 2.16 Ge(Li) Dedektörü (İnce n-tipi) [37]

Ge(Li) veya Si(Li) dedektörlerde n-tipi yarıiletken 1 mm kalınlığında yapılabilmektedir. Bu orta enerjili gamaların yol alabileceği bir kalınlıktır. 100 keV enerjili gama ışınının Ge içinde alacağı yol (menzil) 4mm, Si içinde alacağı yol ise 2 cm civarındadır. Yüklü parçacıklar için bu çok çok daha küçük bir menzildir.

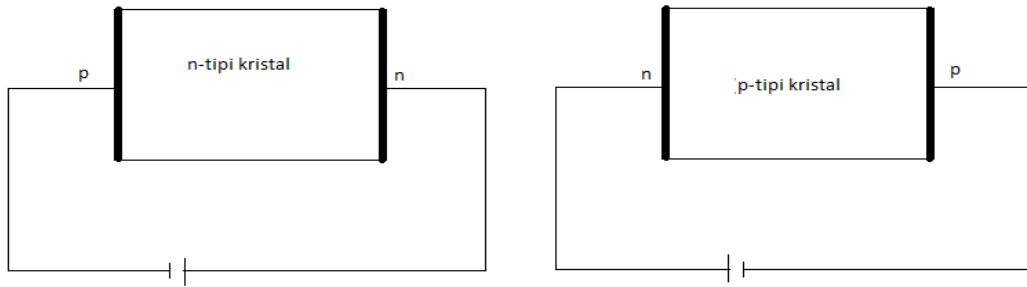
Parçacık duyarlı dedektör yapmak için çok ince n-tipi malzeme p- tipi malzeme üzerine sürülür. Elektrik akımı için p-tipi malzeme üzerine altın buharı ile tabaka (sızması için kalınlık 1 mikrometre) oluşturulur. Yüklerin toplanması büyük hacimli dedektörde 10-100 ns'dir.

Sintiltörlerde en az 30 eV puls oluşturur ancak yarıiletken dedektörde 3 eV dahi puls oluşturur. Sintilatörler enerjiyi %13 algılar, yarıiletken dedektörler ise %100 algırlar. Ayrıca yüksek çözünürlüklüdür. Buna dayanarak daha verimli bir ölçüm ve sonuç elde etmek olanaklıdır.

2.2.4 Yüksek Saflıkta Germanyum (HPGe) Dedektörleri

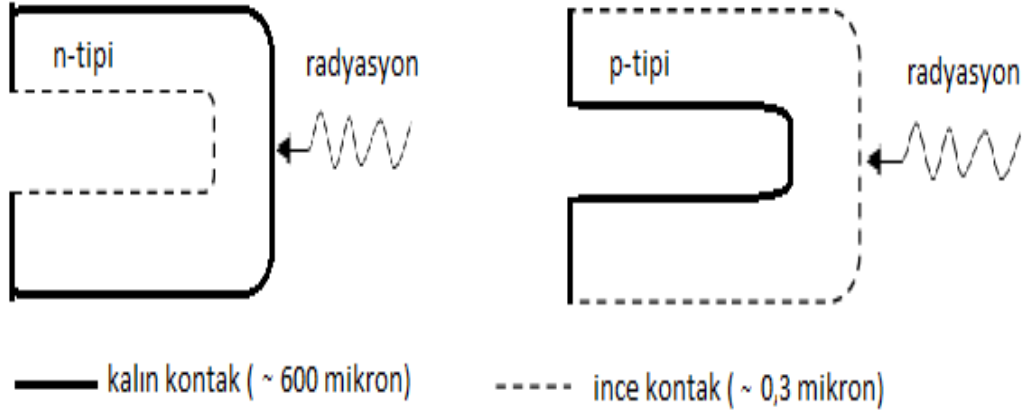
Önceleri germanyum kristalinin safsızlık oranı 10^{13} atom/cm³ idi. Ancak 1986 yılında yüksek saflıktaki germanyum kristalinde safsızlık oranı 10^{10} atom/cm³ olan kristaller elde edilmiştir. Bu kristallerin elde edilmesi ile Li katkısına gerek kalmamış ve soğutma ihtiyacı ortadan kalkmıştır. Sadece kullanıldı süreçte soğutulması yeterli olacaktır. Elde edilen dedektörde tüketim bölgesi büyük oranda artmıştır.

p-tipi veya n-tipi kristalin farklı taraflarına n alıcı kontak ve p verici kontak yerleştirilir. n alıcı kontak yapmak için n-tipi kristalin bir tarafına Li katılır. diğer tarafına p verici kontak yapmak için ise boron katkısı yapılır. Ters voltaj (p-tipine (-), n-tipine (+) kutup) uygulanarak n-tipi kristal kısmı tüketim bölgesi haline dönüştürülür. Aynı olayı p-tipi kristal ile de yapabiliriz (Şekil 2.17).



Şekil 2.17 HpGe n-tipi ve p-tipi dedektörün yapısı

HpGe dedektörler geliştirilerek koaksial tipleride üretilmiştir. Koaksial dedektörlerde tüketim bölgesi arttırılmıştır. Böylece daha geniş bir hacim ve yüzey elde edilmiştir. Bu dedektörlerde de çalışma mantığı aynıdır ancak Şekil 2.18’de görüldüğü gibi geometrisi farklıdır.



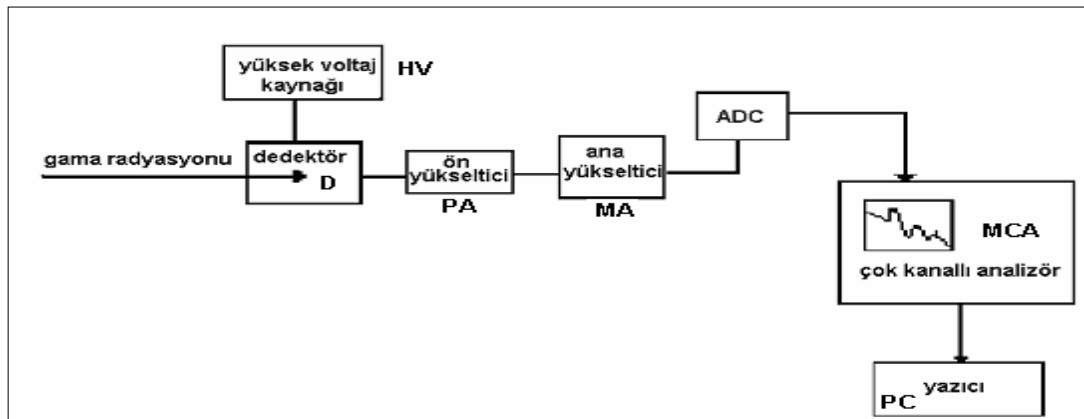
Şekil 2.18 n ve p tipi HpGe dedektörlerinin gösterim [31]

n-tipi HpGe bir dedektör için iç kontak bölgesine ince n-tipi katkı, dış kısma ise p-tipi kalın bir katkı eklenir. p-tipinde ise bunun tam tersi uygulanır. n-tipi kontak p-tipine göre oldukça kalındır. Dolayısı ile n-tipi olanlar nötronlara daha çok dirençlidirler. Termal iletimi engellemek için sürekli soğutulurlar [36].

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 HPGe Dedektörü

Ölçümler p-tipi, koaksiyal, elektrik soğutuculu HPGe dedektörü (Şekil 3.2) ile yapılmıştır. Modeli AMATEK-ORTEC (GEM40P4-83) olan dedektörün göreceli verimi %40'dır. Co⁵⁷ radyoizotopunun 122keV deki piki için FWHM değeri 768eV, Co⁶⁰ radyoizotopunun 1332keV deki piki için FWHM değeri 1,85keV tur. Güç beslemesi ORTEC firması ürünü ile sağlanmaktadır. Spektroskopi yükseltici, analog-dijital dönüştürücü ve bilgisayardan meydana gelen çoklu bir NIM (Nuclear Instrumentation Module) kabloya bağlıdır (Şekil 3.1). Radyasyon yayılmasını önlemek için dedektör 10 cm kalınlığında kurşun zırh içine alınmıştır. İç kısımda oluşabilecek x-ışınlarını önlemek için kurşunun içi yüzeyi 2 mm kalınlığında bakır ile kaplanmıştır. Veri elde etme ve anlamlı hale getirilmesi MAESTRO32 (ORTEC) ve GF3 (RADWARE) yazılımlarıyla yapılmıştır. Yarı ömür hesaplamalarında kullanmak için 9, 90, 900 ve 8775s süreli dosyalama yapılmıştır. Enerji kalibrasyonu için Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nden (IAEA 1364-43-2) gama ışını enerjileri büyüklüğü 47 ile 1837 keV arasında değişen çeşitli karma kalibrasyon kaynakları temin edilmiştir. Dedektör 16383 kanala ayarlıdır. Enerji çözünürlüğü yaklaşık 3000keV değerine kadar algılaya bilecek şekilde ve gürültüyü önlemek için 0,18 keV olarak ayarlanmıştır [22,34].



Şekil 3.1 HPGe çalışma düzeneği [34]



Şekil 3.2 Yüksek saflıkta germanyum (HPGe) dedektörü [22]

3.2 Electron LINAC (SLi-25)

Fotonükleer reaksiyonlar için gerekli olan doğrusal hızlandırıcı atom altı yüklü parçacıkları hızlandırılmak için kullanılır. Leó Szilárd keşfetmiş ve Rolf Wideröe 1928’de ilk prototipinin patentini almış ve yapmıştır. Bir bremsstrahlung kaynağıdır. 1953’de Londra Hammersmith hastanesinde sağlık alanında kullanılmaya başlamıştır [34].

Vakumlu ortamdaki tungsten üzerinden elektrik akımı geçirilerek elektironlar termiyonik olarak üretilir. Üretilen elektronlar vakum altında (~ 50 keV) doğrusal kılavuz bakır kavite içerisinde radyofrekans (RF, 2856 MHz) oluşturucusu (klystron veya magnetron) ile üretilen RF dalgalarına bindirilerek hızlandırılır. Elektiron huzmesinin yönlendirilmesi kuadrapol mıknatıslarla yapılır [22,34].

Şekil 3.3’de görülen Akdeniz Üniversitesi NUBA’da kullanılan philips SLi-25 atma sıklığı 400 atma/s ve atma uzunluğu $3 \mu s^{-1}$ olan bir atmalı çizgisel hızlandırıcıdır. 4, 6, 18 MeV frenleme X-ışını enerji spektrumuna sahiptir [22,34].



Şekil 3.3 Electron LINAC (SLI-25) [22]

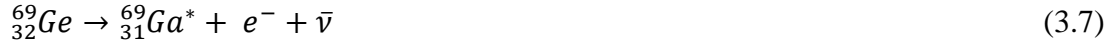
3.3 Enerji Geçişleri

Atom çekirdeklerinin uyarılmış enerji seviyeleri arasındaki geçişler karakteristik özellik göstermektedir. Daha önce yapılan çalışmalara 2. bölümünde değinilmiştir.

Foton elde etmek için cLINAC kullanılmıştır. Bremsstrahlung sonucu meydana gelen fotonlar hızlandırılmıştır. Bunun sonunda 18MeV enerjili fotonlar elde edilmiştir. ^{70}Ge , ^{72}Ge , ^{73}Ge ve ^{75}Ge izotoplarının 18MeV enerjili gama yani fotonlarla bombardıman edilmesi sonucu proton ve nötron yayarak fotonükleer reaksiyonlar meydana gelmiştir. Bazı izotopların reaksiyonları aşağıdaki gibidir (Denklem3.1-4).



Reaksiyonlar sonunda çekirdek elektron ve nötrino vb. yayabilirler ve kız çekirdekler ($^{72}\text{Ge}^*$, $^{73}\text{Ge}^*$, $^{69}\text{Ga}^*$ ve $^{75}\text{As}^*$) oluşur. Ancak çekirdekler aktif durumda olurlar. Bu reaksiyonları aşağıdaki gibi gösterebiliriz (Denklem 3.5-8).



Oluşan aktif kız çekirdekler kendilerine özgü atomik fotonlar yayınlayarak (enerji geçişleri) temel duruma dönmek isteyeceklerdir (Denklem 3.9-12). Fotonları yüksek çözünürlüklü germanyum dedektörü tarafından dedekte ederiz ve izotoplara ait pikler elde etmiş oluruz. Bu pikleri yorumlamak ve enerji geçişlerini ayrıca yarı ömürleri hesaplamak araştırmamızın amacına ulaşmasında önemli bir basamak olacaktır [34].



HPGe dedektörü fotonları sayacak ve her kanala ne kadar sayım (count) olduğunu bize verecektir. Ayrıca sayımları belirli zaman aralığına göre dosyalayacaktır.

Oluşan piklerin nasıl anlaşılır hale getirildiği “EKLER” bölümünde ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

3.4 Enerji geçişleri İçin Hesaplama Yöntemleri

Dedektörün sapmasının olduğu Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 karşılaştırıldığında görülmektedir. Ancak verileri hiçbir işlem yapmadan yorumlayamayız. Hata hesapları ve bunlara bağlı olarak hesaplar yapmalıyız.

Denklem 3.13 ile ortalama bir merkez kanalı belirleyebiliriz.

$$C_c = (C_b + C_a)/2 \quad (3.13)$$

Hataları ise aşağıdaki Denklem 3.14'den yararlanarak standart hatayı hesaplayabiliriz.

$$\sigma_{C_c} = \sqrt{(\sigma_{C_b}^2 + \sigma_{C_a}^2 + (C_b - C_c)^2 + (C_a - C_c)^2)/2} \quad (3.14)$$

Kullandığımız yazılımlar bir polinom fonksiyonunu Denklem 3.15-17 formunda algılamakta ve sonuçları da bu formda vermektedir.

$$E = a_0 + a_1(ch) \quad (3.15)$$

$$E = a_0 + a_1(ch) + a_2(ch)^2 \quad (3.16)$$

$$E = a_0 + a_1(ch) + a_2(ch)^2 + a_3(ch)^3 \quad (3.17)$$

Lineer enerji denklemi en genel haliyle şu şekilde verilebilir.

$$E = \sum_i^n a_i(ch)^i \quad (3.18)$$

Bu denklemin hata hesabını yapmak için fit parametrelerindeki hataları, merkez kanaldaki hatalar kovaryans veya korelasyon matris elemanlarını hesaba katmak zorundayız. Bu nicelikler dikkate alındığında enerji üzerindeki hata Denklem 3.19 ve Denklem 3.20 gibi hesaplanabilir. Kovaryans ve korelasyon denklemleri aynı sonucu verecektir.

$$\sigma_E^2 = \sum_i^n \left(\frac{\partial E}{\partial a_i} \right)^2 \sigma_{a_i}^2 + 2 \sum_i^n \sum_{j>i}^n \left(\frac{\partial E}{\partial a_i} \right) \left(\frac{\partial E}{\partial a_j} \right) cov_{ij} + \left(\frac{\partial E}{\partial ch} \right)^2 \sigma_{ch}^2 \quad (3.19)$$

$$\sigma_E^2 = \sum_i^n \left(\frac{\partial E}{\partial a_i} \right)^2 \sigma_{a_i}^2 + 2 \sum_i^n \sum_{j>i}^n \left(\frac{\partial E}{\partial a_i} \right) \left(\frac{\partial E}{\partial a_j} \right) cor_{ij} + \left(\frac{\partial E}{\partial ch} \right)^2 \sigma_{ch}^2 \quad (3.20)$$

Birinci dereceden lineer enerji denklemi kullandığımız için $i=0,1$ değerlerini alabileceğinden Denklem 3.19 indirgenerek Denklem 3.21 elde edilir.

$$\sigma_E^2 = \sigma_{a_0}^2 + (ch)^2 \sigma_{a_1}^2 + 2\{(ch)cov_{01} + (ch)^2 cov_{02}\} + (a_1)^2 \sigma_{ch}^2 \quad (3.21)$$

İkinci dereceden lineer enerji denklemi kullandığımız için $i=0,1,2$ değerlerini alabileceğinden Denklem 3.19 indirgenerek Denklem 3.22 elde edilir.

$$\begin{aligned} \sigma_E^2 = & \sigma_{a_0}^2 + (ch)^2 \sigma_{a_1}^2 + (ch)^4 \sigma_{a_2}^2 + 2\{(ch)cov_{01} + (ch)^2 cov_{02} + (ch)^3 cov_{12}\} \\ & + (a_1 + 2a_2(ch))^2 \sigma_{ch}^2 \end{aligned} \quad (3.22)$$

Üçüncü dereceden lineer bir enerji denklemi kullanmak için $i=0,1,2,3$ olacaktır ve Denklem 3.19 indirgenerek Denklem 3.23 şeklinde olacaktır.

$$\begin{aligned} \sigma_E^2 = & \sigma_{a_0}^2 + (ch)^2 \sigma_{a_1}^2 + (ch)^4 \sigma_{a_2}^2 + (ch)^6 \sigma_{a_3}^2 + 2\{(ch)cov_{01} + (ch)^2 cov_{02} + \\ & (ch)^3 cov_{03} + (ch)^3 cov_{12} + (ch)^4 cov_{13} + (ch)^5 cov_{23}\} + (a_1 + 2a_2(ch) + \\ & 3a_3(ch)^2)^2 \sigma_{ch}^2 \end{aligned} \quad (3.23)$$

Araştırmada birinci dereceden ve üçüncü dereceden lineer enerji denklemleri için hesaplamalar yapılırsa da ikinci derece için denemede iyi sonuçlar elde edilememiştir.

3.5 Yarı Ömür Hesabı İçin Yöntem

Elementlerin bozunumlarını hesaplamak için,

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (3.24)$$

bağıntısını kullanırız.

$N(t)$ maddenin zamana göre miktarıdır. Zaman ilerledikçe madde azalacaktır. N_0 bozunma başlamadan önceki madde miktarıdır. λ bozunma sabiti ve birimi $1/s$ 'dir. t ise geçen süredir.

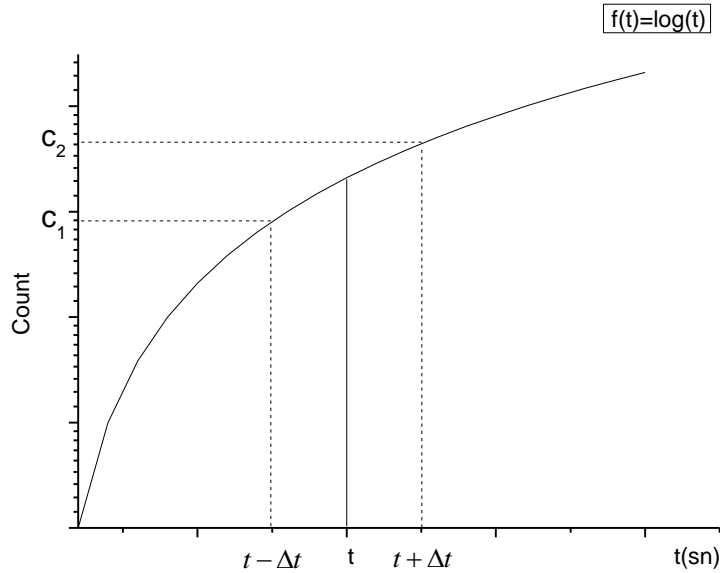
Bu deneyimizde kalan madde miktarını değil de bozunan madde miktarını belirleyeceğiz. Çünkü elde edilen sayımlar bize bozunan madde miktarını bulmamızı sağlayacaktır. Denklem 3.25 yardımıyla bozunan madde miktarını hesaplamaya çalışalım.

$$N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} \quad (3.25)$$

Yapılan sayımla (count değerleri) bozunan madde miktarını bulmak için N yerine C alabiliriz.

$$C(t) = C_0 - C_0 e^{-\lambda t} = C_0(1 - e^{-\lambda t})$$

$2 \Delta t$ zaman aralığı arasındaki net sayım madde miktarı ile orantılı olacaktır.



Şekil 3.4 Zamana bağlı sayım grafiği

C_1 ve C_2 şeklinde belirlenen sayım sayıları farkı bulunursa :

$$C_1 = C_0(1 - e^{-\lambda(t-\Delta t)})$$

$$C_2 = C_0(1 - e^{-\lambda(t+\Delta t)})$$

$$\Delta C = C_2 - C_1 = C_0(1 - e^{-\lambda(t+\Delta t)}) - C_0(1 - e^{-\lambda(t-\Delta t)})$$

Denklem düzenlenirse:

$$\Delta C = C_0 e^{-\lambda t} (e^{\lambda \Delta t} - e^{-\lambda \Delta t}) \quad (3.26)$$

$$C_0 (e^{\lambda \Delta t} - e^{-\lambda \Delta t}) = A$$

A ifadesi sabittir.

$$\Delta C = A e^{-\lambda t}$$

Eşitliğin her iki tarafının logaritması alınırsa,

$$\ln \Delta C = \ln A - \lambda t \quad (3.27)$$

böylece birinci dereceden polinom oluşmuştur. Δt sürelerde alınan sayımlar azalma gösterecektir. λ negatiftir ve eğimi göstermektedir.

Polinom yardımıyla λ değeri bulunur. Bulunan değerden de yarı ömür hesaplanabilir.

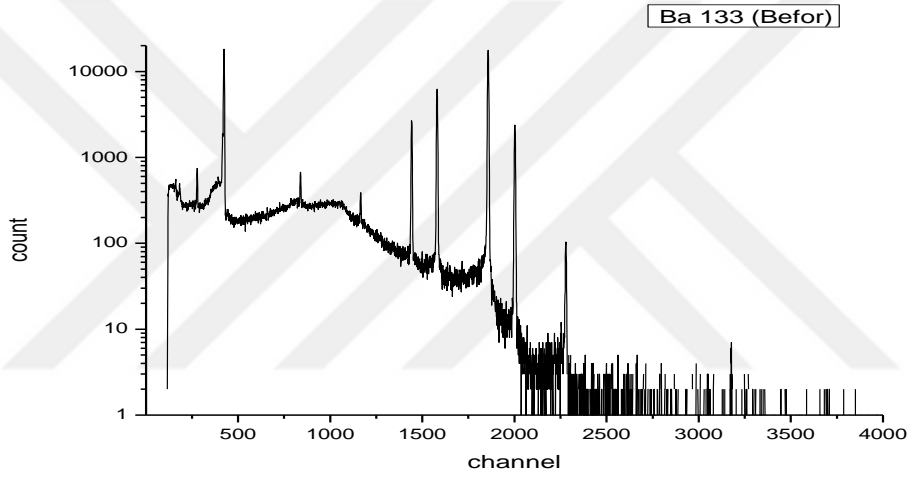
$$t_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (3.28)$$

elde edilir.

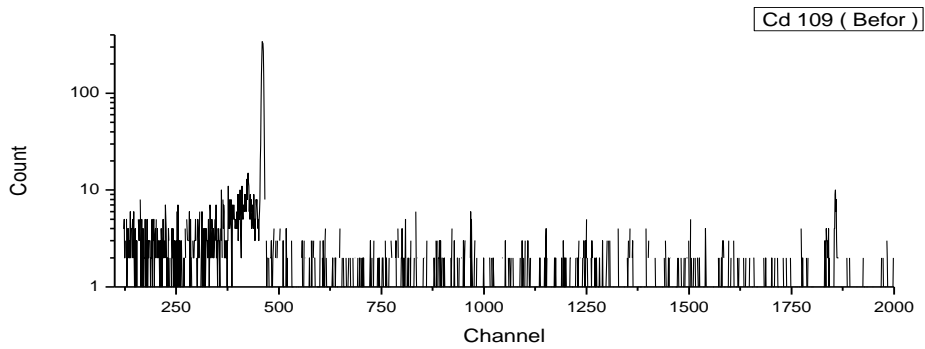
Kullanılan yazılımlar yukarıda formüle edilen safhaları basamak basamak yapacaktır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

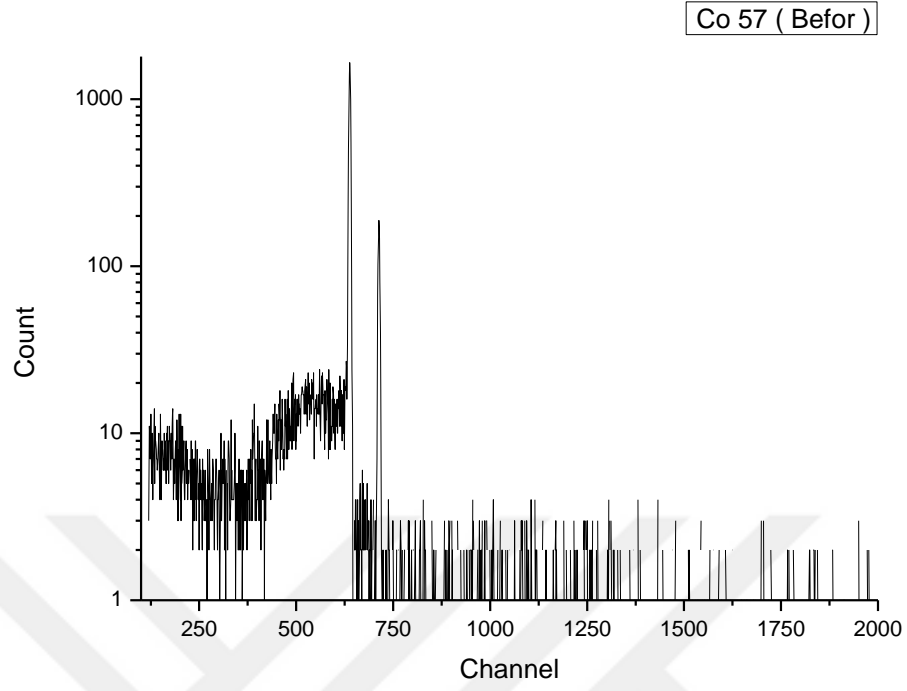
HPGe dedektörü ile yapılan ölçümlerden sonra gerekli yazılımlar kullanılarak spektrum verileri elde edilmiştir. Ölçümden önce ve ölçümden sonra örnek elementler { ^{133}Ba , ^{109}Cd , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{54}Mn , ^{22}Na , Soil (^{208}Tl , ^{228}Ac , ^{214}Bi vs.)} ile ölçümler yapılarak dedektörün sapması belirlenmiştir. Araştırmamızda “linux” işletim sistemi kullanılmıştır. Şekil 4.1-16 spektrumlar, ölçümden önce (befor) ve ölçümden sonra (after) alınan spektrumlardır. Şekil 4.17-19 spektrumlar Ge izotopları ürünlerine ait olan spektrumlardır ve üç parçaya ayrılmış ve parçalar birbirlerinin devamıdır.



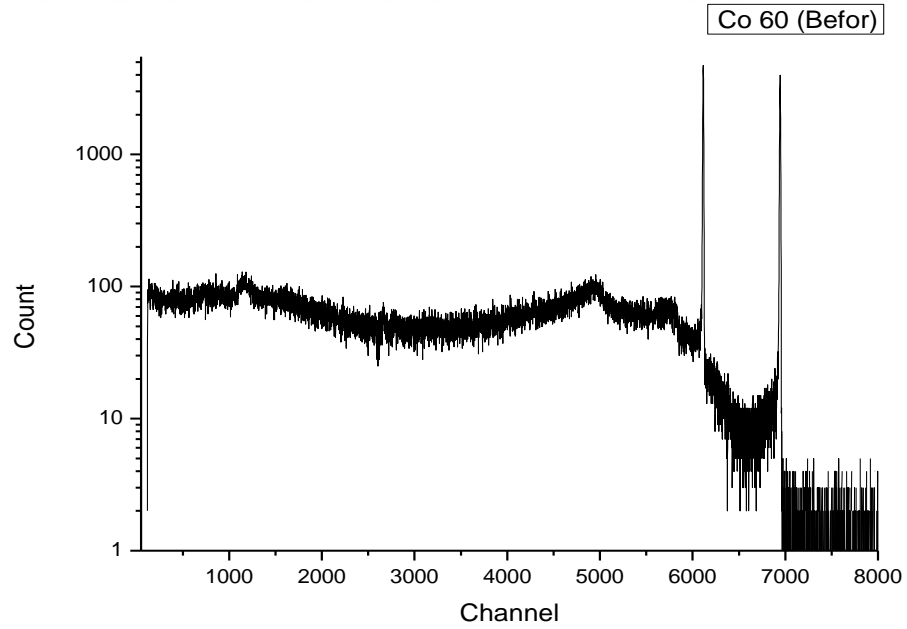
Şekil 4.1 ^{133}Ba pik (ölçüm öncesi)



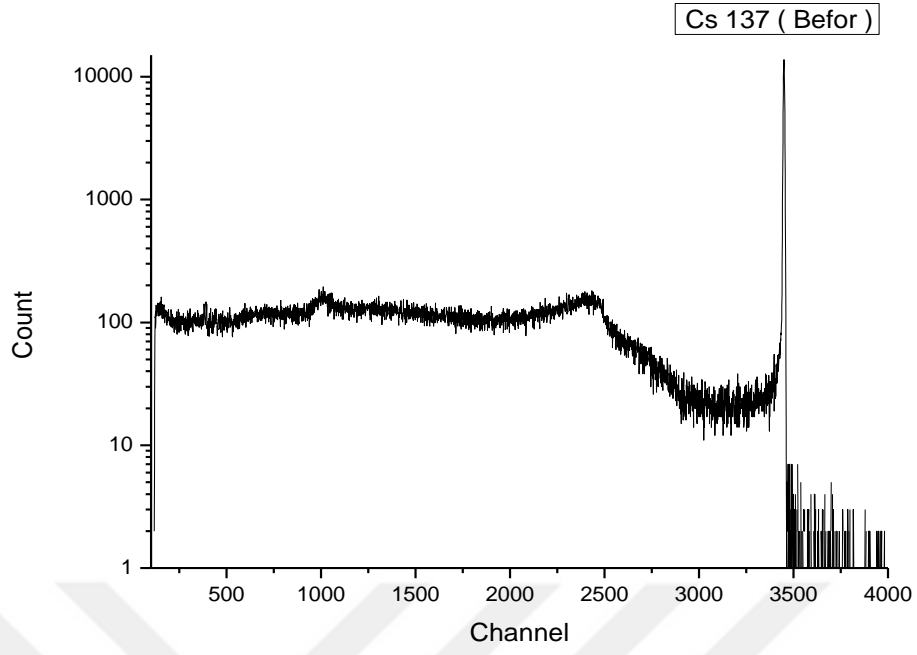
Şekil 4.2 ^{109}Cd pik (ölçüm öncesi)



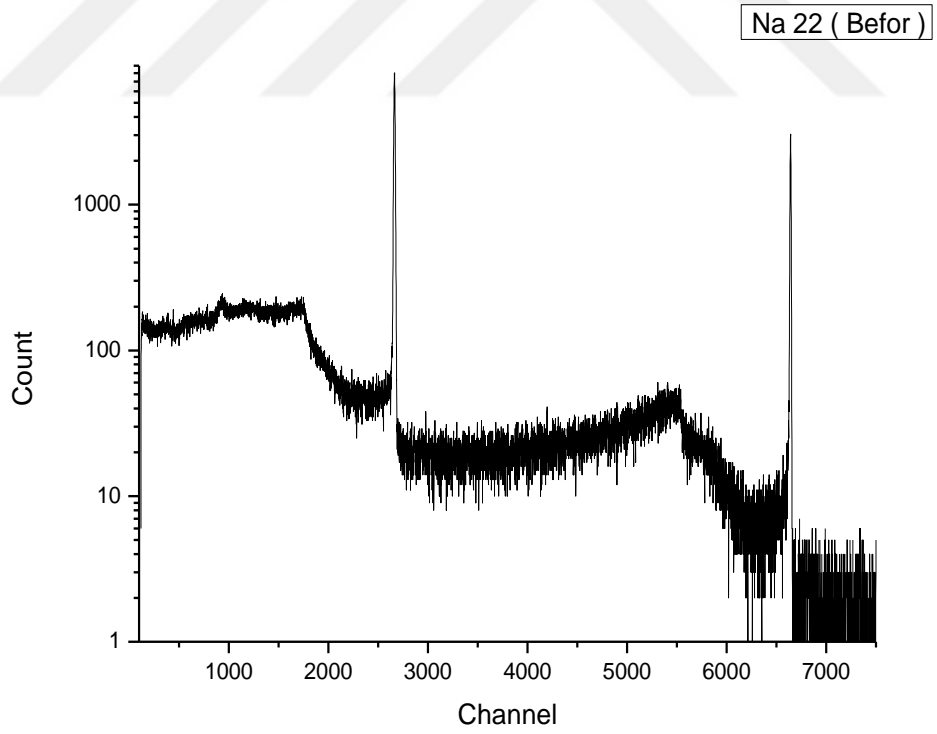
Şekil 4.3 ^{57}Co pik (ölçüm öncesi)



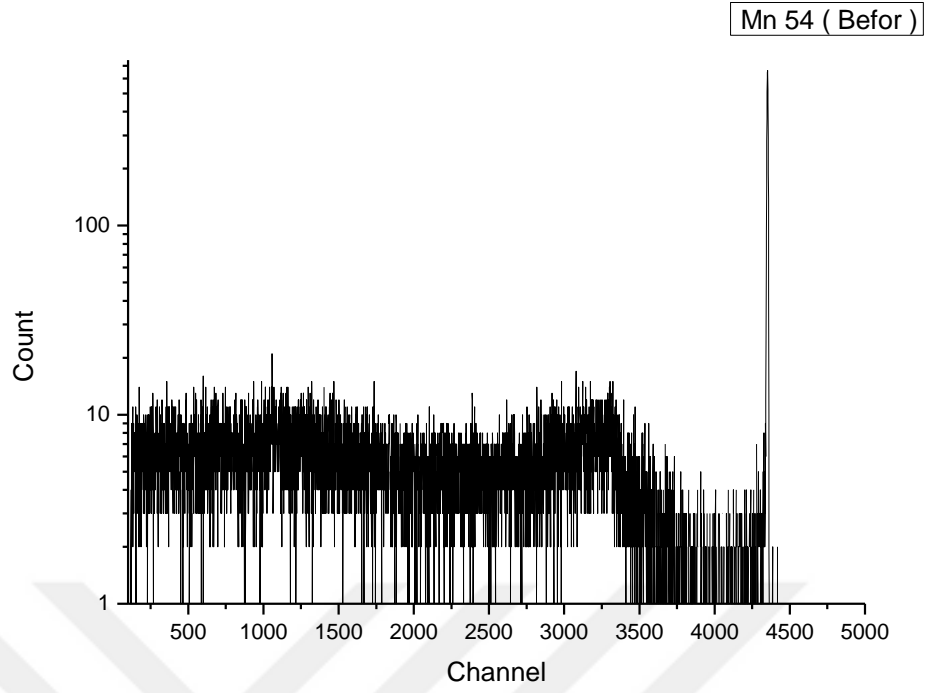
Şekil 4.4 ^{60}Co pik (ölçüm öncesi)



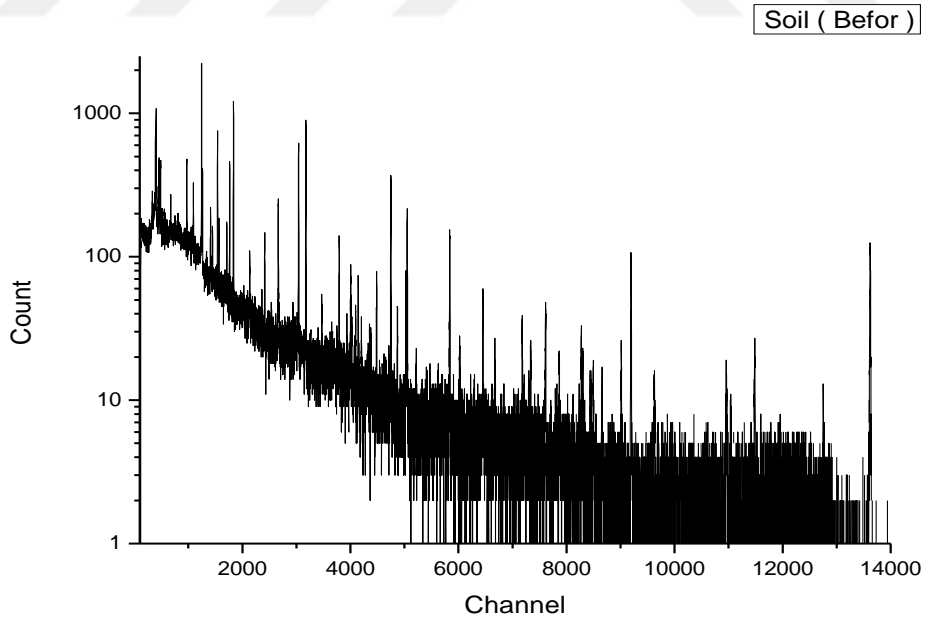
Şekil 4.5 ^{137}Cs pik (ölçüm öncesi)



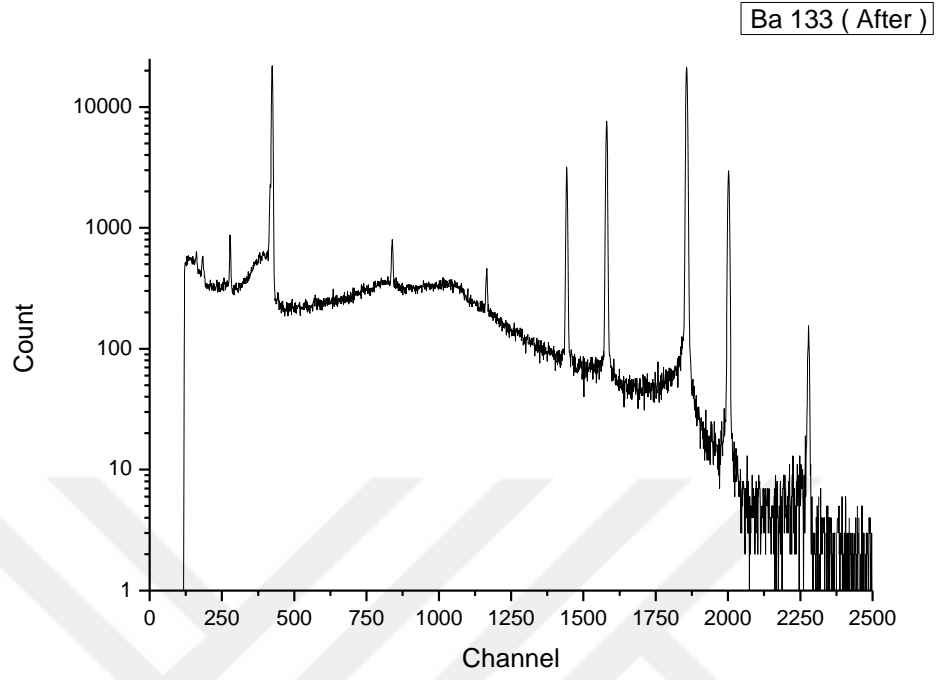
Şekil 4.6 ^{22}Na pik (ölçüm öncesi)



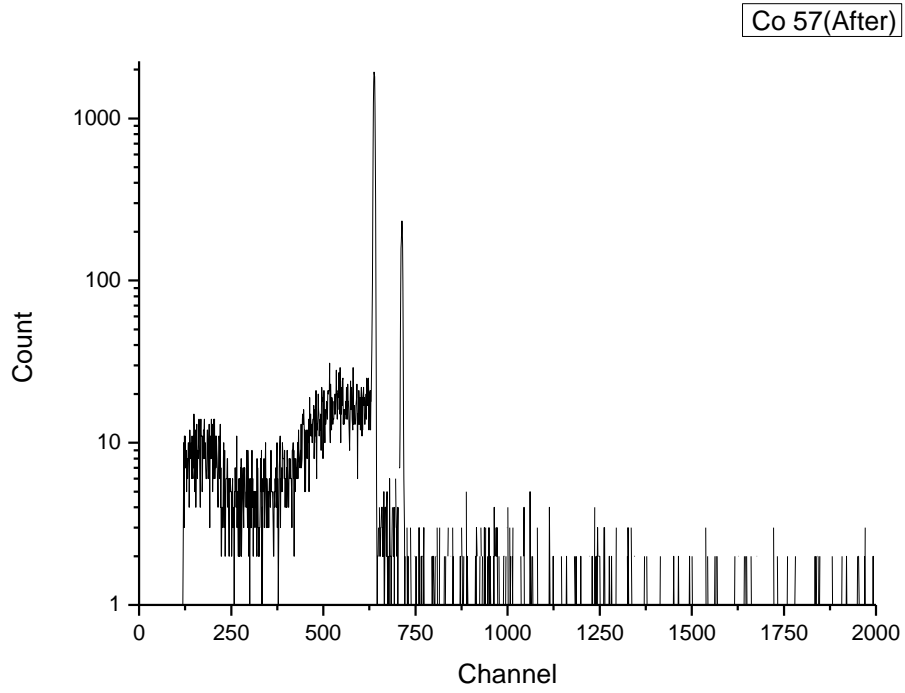
Şekil 4.7 ^{54}Mn pik (Ölçüm öncesi)



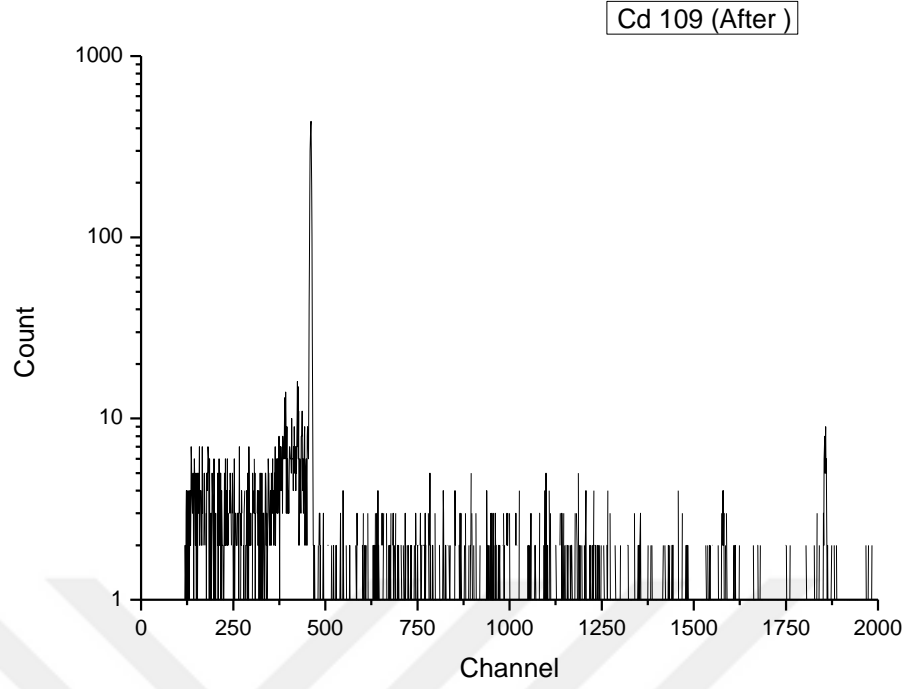
Şekil 4.8 Soil pik (ölçüm öncesi)



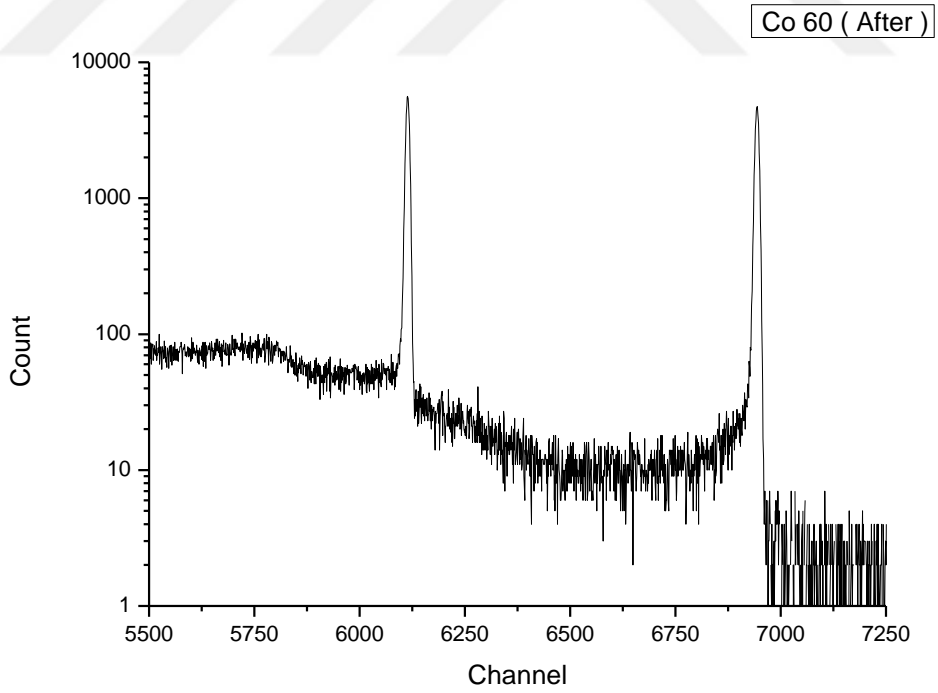
Şekil 4.9 ^{133}Ba pik (ölçüm sonrası)



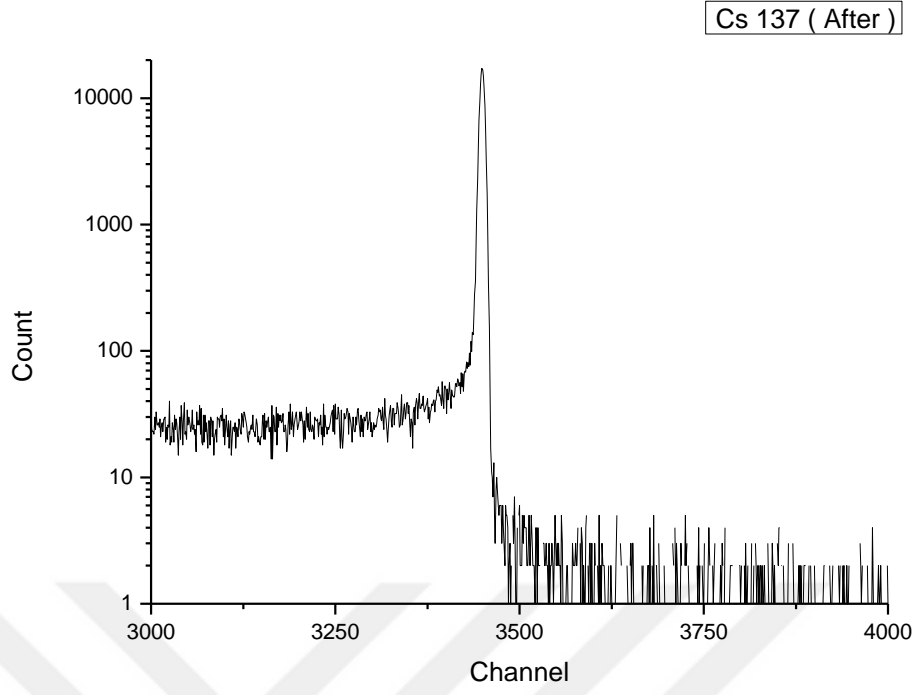
Şekil 4.10 ^{57}Co pik (ölçüm sonrası)



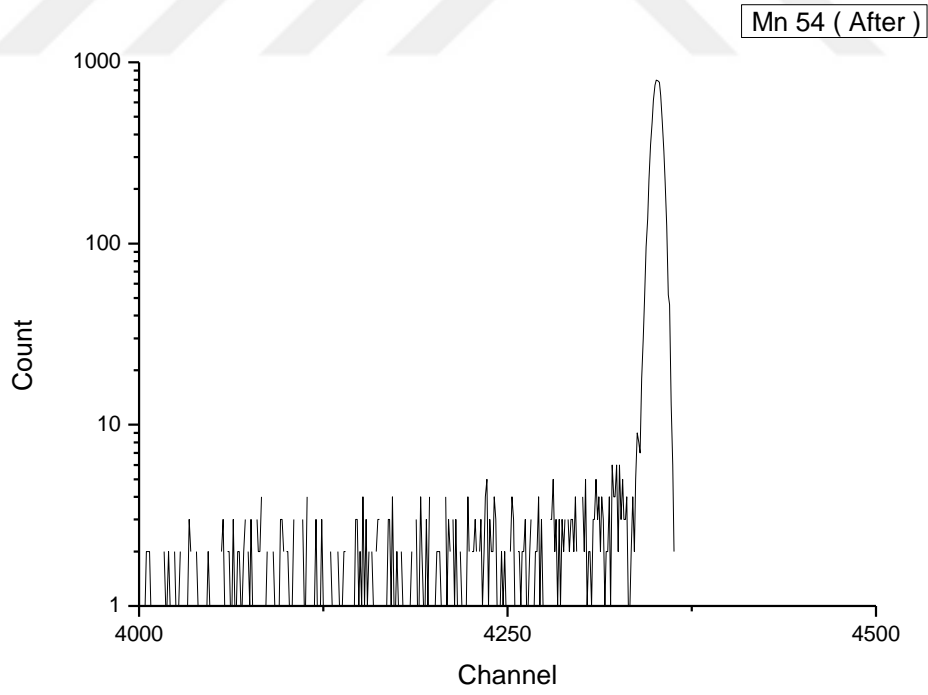
Şekil 4.11 ^{109}Cd pik (ölçüm sonrası)



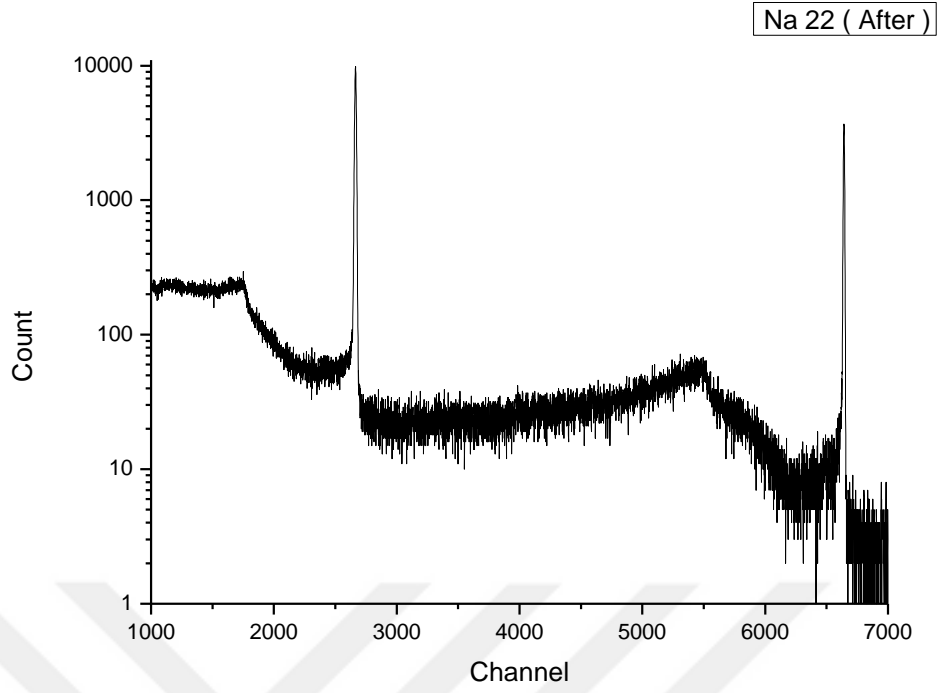
Şekil 4.12 ^{60}Co pik (ölçüm sonrası)



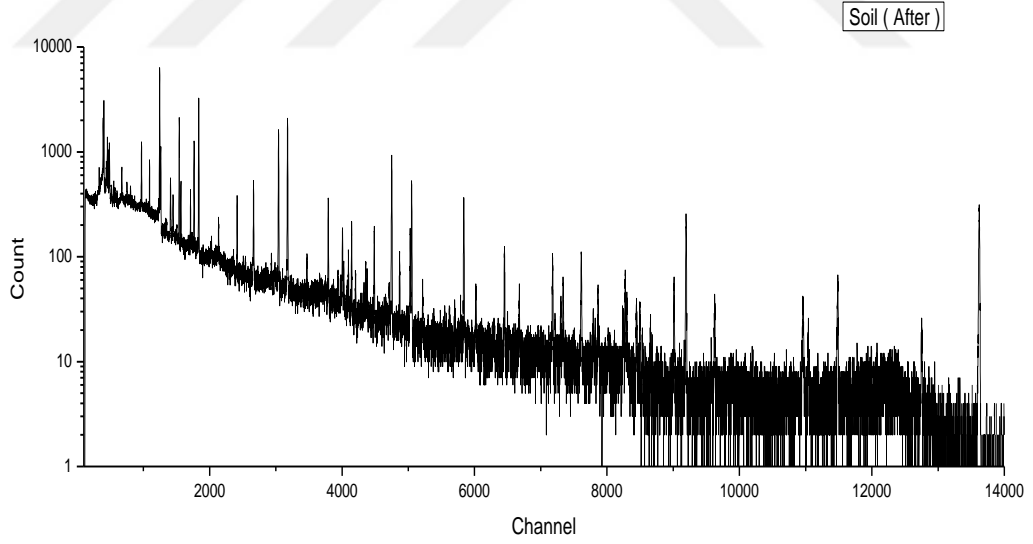
Şekil 4.13 ¹³⁷ Cs pik (ölçüm sonrası)



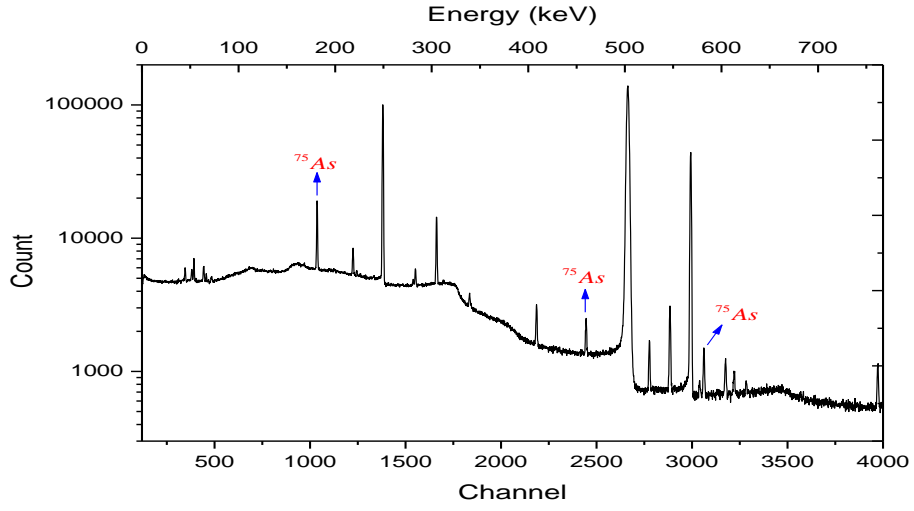
Şekil 4.14 ⁵⁴ Mn pik (ölçüm sonrası)



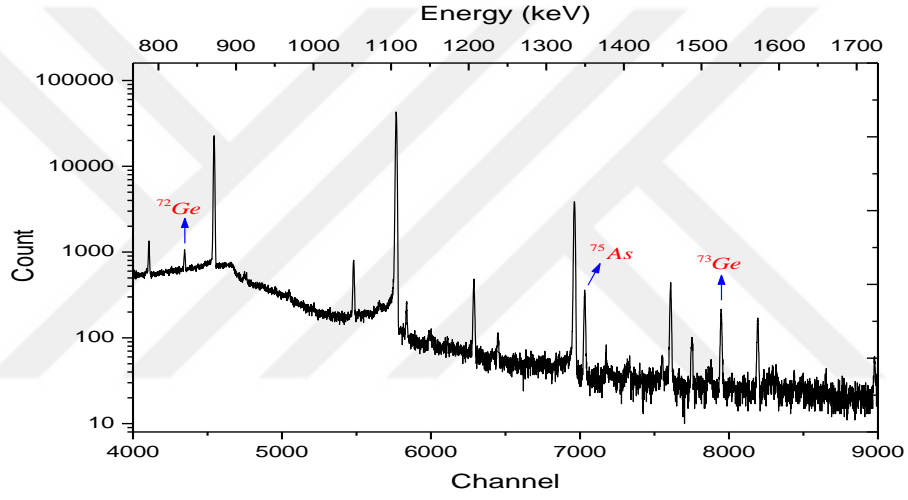
Şekil 4.15 ^{22}Na pik (ölçüm sonrası)



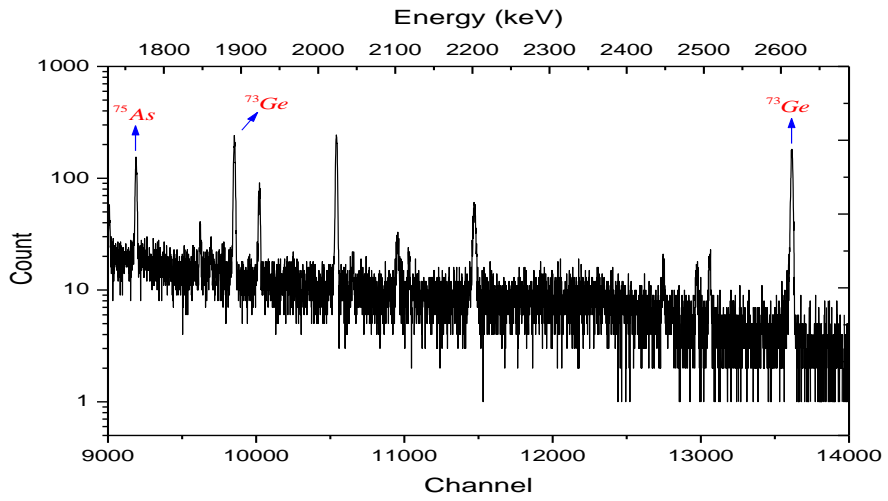
Şekil 4.16 Soil pik (ölçüm sonrası)



Şekil 4.17 Ge izotopları pikleri 1



Şekil 4.18 Ge izotopları pikleri 2



Şekil 4.19 Ge izotopları pikleri 3

Spektrumlarından pulslar (pikler) yazılımlar (gf3) yardımı ile bir fonksiyona fitlenerek merkez kanal (centroid) ve enerjileri elde edilir. Ayrıca bunların hataları da oluşacaktır.

Çizelge 4.1’de Ge izotopları ışınları öncesi kalibrasyon elementleri ile yapılan ölçümün piklerinin fitlenmesi sonucu oluşan düzenlenmiş veriler görülmektedir.

Çizelge 4.1 Ölçüm öncesi Pikleri Fitleme Verileri (*Befor gf3.sto Dosyası*)

Merkezi Kanal	Hata	Alan	Hata	Enerji(keV)	Hata	DosyaAdı
278.4092	0.0700	2418	103	52.8097	0.0135	ABa133
1580.2307	0.0132	38108	205	302.8766	0.0025	ABa133
1857.2310	0.0078	113874	348	356.0855	0.0015	ABa133
2002.3162	0.0229	15680	131	383.9549	0.0044	ABa133
803.4684	0.0955	398	74	153.6683	0.0183	ABa133
460.3572	0.0502	1685	43	87.7600	0.0096	ACd109
638.1111	0.0229	8153	92	121.9048	0.0044	ACo57
713.1731	0.0700	1012	34	136.3235	0.0134	ACo57
6114.1455	0.0198	46640	226	1173.7963	0.0038	ACo60
6943.7051	0.0218	42573	213	1333.1464	0.0042	ACo60
3449.4578	0.0099	109900	341	661.9364	0.0019	ACs137
4351.6851	0.0461	5772	78	835.2452	0.0089	AMn54
6641.8135	0.0248	31699	184	1275.1560	0.0048	ANa22
1092.1949	0.1376	1059	196	209.1298	0.0264	ASoil
1540.8563	0.0468	4055	101	295.3131	0.0090	ASoil
1835.2681	0.0345	8573	122	351.8667	0.0066	ASoil
3176.8098	0.0424	6174	90	609.5634	0.0081	ASoil
3041.3301	0.0524	4127	79	583.5391	0.0101	ASoil
4748.2461	0.0710	3778	77	911.4207	0.0136	ASoil
5838.3228	0.1279	1371	44	1120.8135	0.0246	ASoil
9193.0752	0.1684	1257	46	1765.2279	0.0323	ASoil
13620.1924	0.1556	1925	51	2615.6328	0.0299	ASoil

Çizelge 4.2’de Ge izotopları ölçümleri sonunda kalibrasyon elementleri ile yapılan ölçümler sonucu elde edilen spektrumların fitleme sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.2 Ölçüm Sonrası Pikleri Fitleme Verileri (*After gf3.sto Dosyası*)

Merkezi Kanal	Hata	Alan	Hata	Enerji(keV)	Hata	Dosya Adı
279.3383	0.0632	2354	87	52.9881	0.0121	ABa133
1164.1023	0.1557	2136	228	222.9424	0.0299	ABa133
1441.7634	0.0274	20952	187	276.2784	0.0053	ABa133
1580.1599	0.0121	45388	221	302.8629	0.0023	ABa133
1857.1554	0.0072	134989	378	356.0710	0.0014	ABa133
2002.1321	0.0196	18529	140	383.9196	0.0038	ABa133
2278.5637	0.1048	959	35	437.0193	0.0201	ABa133
460.5771	0.0510	2033	48	87.8023	0.0098	ACd109
713.0144	0.0635	1240	37	136.2930	0.0122	ACo57
637.9998	0.0206	9838	102	121.8834	0.0040	ACo57
6113.9600	0.0182	56529	255	1173.7606	0.0035	ACo60
6943.4561	0.0200	51019	232	1333.0986	0.0038	ACo60
3449.2446	0.0087	134900	376	661.8954	0.0017	ACs137
4350.9526	0.0492	7376	94	835.1046	0.0095	AMn54
6641.4492	0.0224	38299	203	1275.0861	0.0043	ANa22
1539.6534	0.0280	14589	198	295.0821	0.0054	ASoil
1835.9244	0.0201	20549	160	351.9927	0.0039	ASoil
1835.9827	0.0206	20638	202	352.0039	0.0039	ASoil
3040.1921	0.0318	13111	187	583.3206	0.0061	ASoil
3176.9260	0.0267	15145	134	609.5858	0.0051	ASoil
4749.2515	0.0566	8483	111	911.6138	0.0109	ASoil
5838.0522	0.0857	3117	79	1120.7616	0.0165	ASoil
7611.4375	0.2088	1204	65	1461.4111	0.0401	ASoil
9193.4902	0.1055	2908	66	1765.3076	0.0203	ASoil
11481.3467	0.2633	970	47	2204.7820	0.0506	ASoil
12750.9766	0.4858	367	76	2448.6653	0.0933	ASoil
13620.4893	0.1038	4428	78	2615.6899	0.0199	ASoil

Çizelge 4.3'de Ge izotopları ürünlerine ait spektrumların fitlenmesi sonucu elde edilen merkez kanal (centroid), alan (sayım), enerji ve hataları görülmektedir.

Çizelge 4.3 Ge İzotopları Ürünlerinin Pikleri Fitleme Verileri (*Count gf3.sto Dosyası*)

Merkezi Kanal	Hata	Alan	Hata	Enerji(keV)	Hata
344.5450	0.1114	13596	2346	65.5137	0.0214
1037.0704	0.0136	70066	607	198.5409	0.0026
1223.9238	0.0439	24373	817	234.4336	0.0084
1381.1466	0.0036	562763	907	264.6345	0.0007
1662.5859	0.0167	60426	665	318.6962	0.0032
1834.3105	0.1595	4814	440	351.6827	0.0306
2184.8533	0.0588	15343	557	419.0185	0.0113
2443.7461	0.0750	13467	1094	468.7492	0.0144
2774.8418	0.0822	19530	881	532.3494	0.0158
2884.1802	0.0356	18266	451	553.3522	0.0068
2993.0281	0.0057	325885	633	574.2608	0.0011
3062.6025	0.0890	6399	573	587.6254	0.0171
3175.2017	0.1294	4119	518	609.2545	0.0248
3971.0513	0.1381	10293	1467	762.1293	0.0265
4106.6865	0.0829	6561	267	788.1835	0.0159
4344.3149	0.2117	8272	2563	833.8295	0.0407
4544.2114	0.0092	203509	606	872.2276	0.0018
5479.1938	0.0898	8466	397	1051.8285	0.0173
5479.1934	0.0899	8465	397	1051.8284	0.0173
5479.1929	0.0898	8470	397	1051.8282	0.0173
5766.5439	0.0064	437700	686	1107.0255	0.0012
5833.9824	0.2091	1937	143	1119.9797	0.0402
5834.3677	0.2205	1699	151	1120.0538	0.0424
6287.2451	0.0946	5256	250	1207.0470	0.0182
6962.7261	0.0230	43324	223	1336.8002	0.0044
7031.0024	0.1020	3944	145	1349.9154	0.0196
7607.9697	0.0879	4377	119	1460.7450	0.0169
7945.1274	0.1529	2860	162	1525.5096	0.0294
8191.9614	0.1753	1987	122	1572.9240	0.0337
9215.3828	0.1847	646	153	1769.5131	0.0355
9852.7539	0.1235	3057	110	1891.9457	0.0237
10016.9736	0.2727	2466	168	1923.4906	0.0524
10543.2314	0.1239	3399	116	2024.5795	0.0238
13614.1553	0.1422	2865	62	2614.4731	0.0273

4.1 Enerji Geçişleri İçin Bulgular Ve Tartışma

Ölçüm öncesi ve sonrası 18 veri kullanılarak Denklem 3.13 yardımı ile merkez kanal ve Denklem 3.14 ile hataları belirlenmiştir (izelge 4.4).

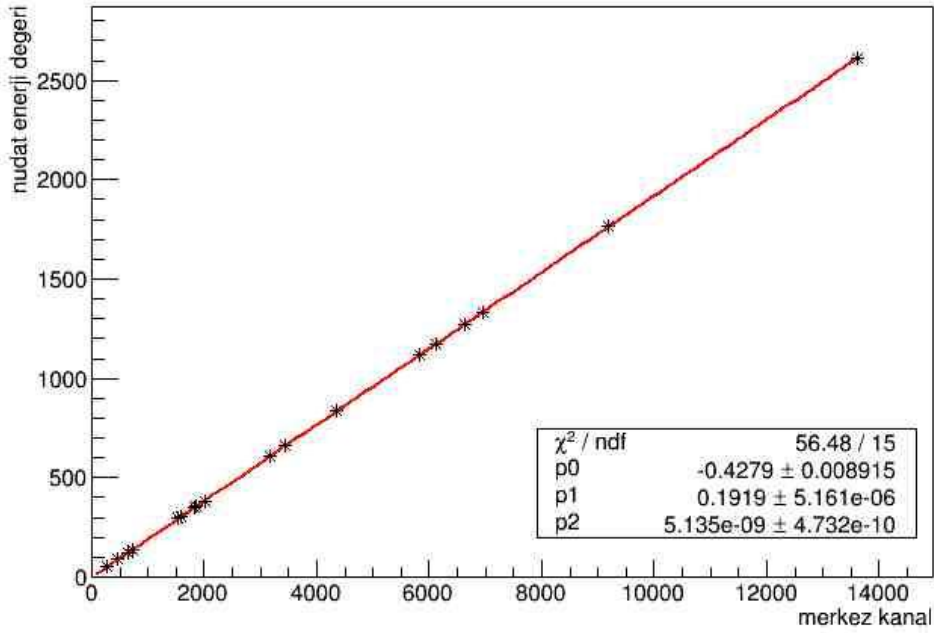
Çizelge 4.4 Ölçüm Öncesi ve Ölçüm Sonrası Merkez Kanal ve Hataları (1.Hesap)

Element	C_b	σ_{C_b}	C_a	σ_{C_a}	C_c	σ_{C_c}
¹³³ Ba	278,4092	0,0700	279,3383	0,0632	278,874	0,4693
¹³³ Ba	1580,2307	0,0132	1580,1599	0,0121	1580,195	0,0376
¹³³ Ba	1857,2310	0,0078	1857,1554	0,0072	1857,193	0,0385
¹³³ Ba	2002,3162	0,0229	2002,1321	0,0196	2002,224	0,0945
¹⁰⁹ Cd	460,3572	0,0502	460,5771	0,0510	460,467	0,1210
⁵⁷ Co	638,1111	0,0229	637,9998	0,0206	638,055	0,0598
⁵⁷ Co	713,1731	0,0700	713,0144	0,0635	713,094	0,1037
⁶⁰ Co	6114,1455	0,0198	6113,9600	0,0182	6114,053	0,0947
⁶⁰ Co	6943,7051	0,0218	6943,4561	0,0200	6943,581	0,1262
¹³⁷ Cs	3449,4578	0,0099	3449,2446	0,0087	3449,351	0,1070
⁵⁴ Mn	4351,6851	0,0461	4350,9526	0,0492	4351,319	0,3693
²² Na	6641,8135	0,0248	6641,4492	0,0224	6641,631	0,1837
²¹⁴ Pb	1540,8563	0,0468	1539,6534	0,0280	1540,255	0,6027
²¹⁴ Pb	1835,2681	0,0345	1835,9827	0,0206	1835,625	0,3584
²¹⁴ Bi	3176,8098	0,0424	3176,9260	0,0267	3176,868	0,0681
²¹⁴ Bi	5838,3228	0,1279	5838,0522	0,0857	5838,188	0,1737
²¹⁴ Bi	9193,0752	0,1684	9193,4902	0,1055	9193,283	0,2506
²⁰⁸ Tl	13620,1924	0,1556	13620,4893	0,1038	13620,341	0,1988

Çizelge 4.4’de ikinci sütun ölçüm öncesi dördüncü sütun ölçüm sonrası merkez kanalları ve üçüncü ile beşinci sütunda hataları görülmektedir. Altıncı sütunda ortalama kanal ve bu kanalların hesaplanmış hataları da yedinci stundadır.

Her merkez kanala bir enerji denk gelmektedir. Bunu daha iyi şekil 4.20 çizildiğinde anlayabiliriz. Bu grafikten enerji ve merkez kanalın eşlenmeleri yanlışlığın olmadığının ispatı niteliğindedir. İleride şekil 4.22 için bu tip şekil yorumu yapılacaktır.

Şekil 4.20’de merkezi kanal ve enerjinin fitlenmiş şekli görülmektedir.



Şekil 4.20 Ortalama merkezi kanal ve enerji (keV) grafiği-1

Şekil 4-20’de 18 nokta bulunmaktadır. Bu 18 veri kullanıldığını yansıtmaktadır. Centroid (merkez kanal) baz alınarak yapılan fitlemelerde ikinci dereceden polinom fiti en iyi sonucu verdiği için ikinci dereceden lineer denklem enerji hesaplamasında kullanılmıştır. İkinci dereceden lineer enerji denklemi için hata hesaplamalarının parametreleri Çizelge 4.5’de gösterilmiştir. Elde edilişi “EKLER” bölümünde ayrıntılı anlatılmıştır.

Çizelge 4.5 Hata Hesabı Parametreleri (1. Hesap)

Parametre	Değer
a_0	-0,427896
a_1	0,191924
a_2	$5,13517 \times 10^{-09}$
σ_{a_0}	0,00891477
σ_{a_1}	$5,16101 \times 10^{-06}$
σ_{a_2}	$4,73177 \times 10^{-10}$
COV ₀₁	$-4,06638 \times 10^{-08}$
COV ₀₂	$3,15543 \times 10^{-12}$
COV ₁₂	$-2,25963 \times 10^{-15}$

Çizelge 4.6'da centroid (Merkez Kanal), centroid (merkez kanal) hatası, enerji, enerji hatası, Nudat verileri bulunmaktadır. Enerji Denklem 3.16 ve enerji hatası ise Denklem 3.22 ile hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6 ^{75}As - ^{69}Ga İzotoplarının Bulunan Enerji Geçişleri ve Hataları (1. Sonuç)

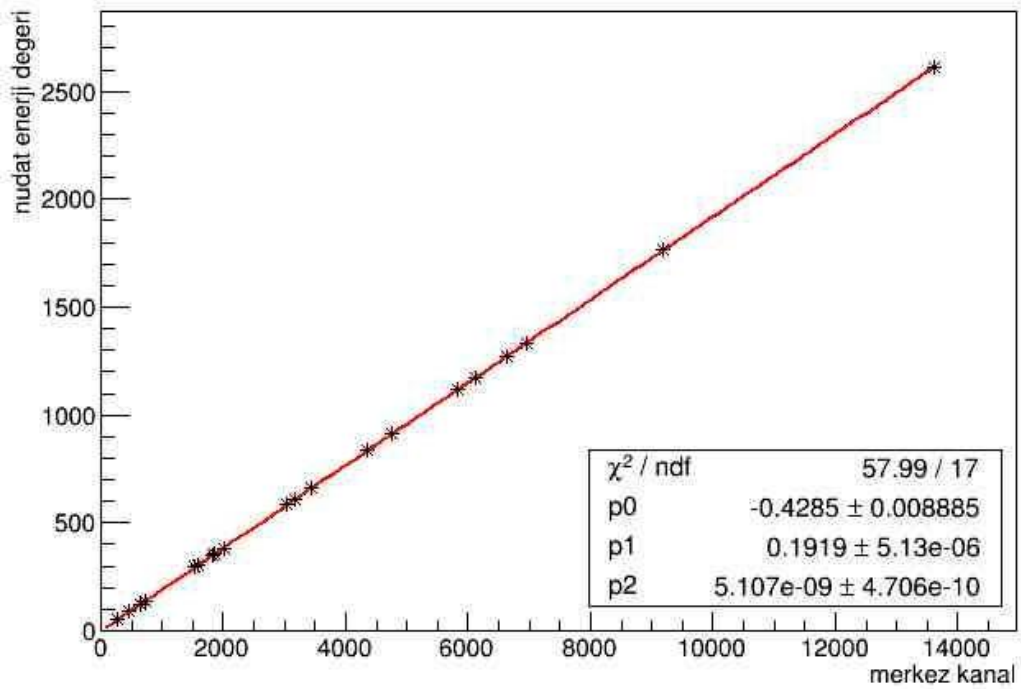
Element	C	σ_C	E (keV)	σ_E	E(Nudat)	$\sigma_E(\text{Nudat})$
^{75}As	1037,0704	0,0136	198,6163	0,00572	198,60	0,1
^{75}As	1381,1466	0,0036	264,6571	0,00446	264,60	0,1
^{75}As	2184,8542	0,0588	418,9226	0,01216	419,10	0,2
^{75}As	2443,7461	0,0750	468,6163	0,01523	468,80	0,2
^{69}Ga	1223,9238	0,0439	234,4801	0,00963	234,79	0,1
^{69}Ga	1662,6044	0,0167	318,6800	0,00526	318,63	0,2
^{69}Ga	2774,8418	0,0822	532,1704	0,01679	532,66	0,1
^{69}Ga	2884,1802	0,0356	553,1582	0,00910	553,35	0,1
^{69}Ga	2993,0281	0,0057	574,0520	0,00640	574,11	0,1
^{69}Ga	3971,0513	0,1381	761,7931	0,02807	762,49	0,1
^{69}Ga	4106,6865	0,0829	787,8304	0,01862	788,14	0,1
^{69}Ga	4544,2114	0,0092	871,8214	0,01128	871,98	0,1
^{69}Ga	5479,1938	0,0898	1051,3151	0,02260	1052,02	0,1
^{69}Ga	5766,5439	0,0064	1106,4810	0,01583	1106,77	0,1
^{69}Ga	6962,7261	0,0230	1336,1353	0,02179	1336,60	0,1
^{69}Ga	7031,0024	0,1020	1349,2441	0,02923	1349,89	0,1
^{69}Ga	9852,7539	0,1235	1891,0505	0,04698	1891,48	0,1
^{69}Ga	10543,2314	0,1239	2023,6420	0,05226	2023,65	0,2

Araştırmamızın sonucunda enerji geçişi değerleri ve hataları belirlenmiş oldu. Ancak ölçüm öncesi ve ölçüm sonrası ölçümlerinde 18 veri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu ölçüm öncesi ve ölçüm sonrası verilerinin kullanımı dedektörün kalibrasyonu için önemlidir. Çünkü dedektörle ölçüme başlamadan önce ve sonra sonuçlar aynı değildir. Meydana gelen sapmalar muhtemelen koşulların değişmesi anlamına gelir. Koşullar ölçüme başladığımızdaki ısı ve ölçümü bitirdiğimizdeki ısı farkı gibi sebeplerden dolayı değişecektir. Ayrıca kullanılan alet ve makinelerin sürekli çalışmalarından kaynaklanan sapmalar da olabilir. Bunları düşünerek başka pikler fitlenerek daha hassas bir sonuca ulaşmaya çalışmalıyız. Bu sebeple ikinci artırılmış bir ölçüm öncesi ve ölçüm sonrası değerleri oluşturup tekrar hesaplama yapılması uygun görülmüştür.

Çizelge 4.7 Ölçüm Öncesi-Ölçüm Sonrası Merkez Kanal ve Hataları (2.Hesap)

Element	C_b	σ_{C_b}	C_a	σ_{C_a}	C_c	σ_{C_c}
¹³³ Ba	278,4092	0,0700	279,3383	0,0632	278,8740	0,4693
¹³³ Ba	1580,2307	0,0132	1580,1599	0,0121	1580,1950	0,0376
¹³³ Ba	1857,2310	0,0078	1857,1554	0,0072	1857,1932	0,0385
¹³³ Ba	2002,3162	0,0229	2002,1321	0,0196	2002,2242	0,0945
¹⁰⁹ Cd	460,3572	0,0502	460,5771	0,0510	460,4672	0,1210
⁵⁷ Co	638,1111	0,0229	637,9998	0,0206	638,0555	0,0598
⁵⁷ Co	713,1731	0,0700	713,0144	0,0635	713,0938	0,1037
⁶⁰ Co	6114,1455	0,0198	6113,9600	0,0182	6114,0528	0,0947
⁶⁰ Co	6943,7051	0,0218	6943,4561	0,0200	6943,5806	0,1262
¹³⁷ Cs	3449,4578	0,0099	3449,2446	0,0087	3449,3512	0,1070
⁵⁴ Mn	4351,6851	0,0461	4350,9526	0,0492	4351,3189	0,3693
²² Na	6641,8135	0,0248	6641,4492	0,0224	6641,6314	0,1837
²¹⁴ Pb	1540,8563	0,0468	1539,6534	0,0280	1540,2549	0,6027
²¹⁴ Pb	1835,2681	0,0345	1835,9827	0,0206	1835,6254	0,3584
²¹⁴ Bi	3176,8098	0,0424	3176,926	0,0267	3176,8679	0,0681
²¹⁴ Bi	5838,3228	0,1279	5838,0522	0,0857	5838,1875	0,1737
²¹⁴ Bi	9193,0752	0,1684	9193,4902	0,1055	4748,7488	0,5068
²²⁸ Ac	4748,2461	0,0710	4749,2515	0,0566	9193,2827	0,2506
²⁰⁸ Tl	3041,3301	0,0524	3040,1921	0,0318	3040,7611	0,5706
²⁰⁸ Tl	13620,1924	0,1556	13620,4893	0,1038	13620,3409	0,1988

Çizelge 4.7 verileri ile nudat enerji değerleri kullanılarak Şekil 4.21 elde edilir. Noktaların doğru üzerinde olmaları yapılan işlemin doğruluğunun göstergesidir.



Şekil 4.21 Ortalama merkezi kanal ve enerji (keV) grafiği-2

Şekil 4.21'den 20 ölçüm öncesi ve ölçüm sonrası enerji geçiş değerinin hesaba katıldığı gözlemlenmektedir.

Çizelge 4.8 Hata Hesabı Parametreleri (2. Hesap)

Parametre	Değer
a_0	-0,428467
a_1	0,191925
a_2	$5,10669 \times 10^{-09}$
σ_{a_0}	0,00888486
σ_{a_1}	$5,12991 \times 10^{-06}$
σ_{a_2}	$4,70565 \times 10^{-10}$
COV ₀₁	$-4,02561 \times 10^{-08}$
COV ₀₂	$3,11968 \times 10^{-12}$
COV ₁₂	$-2,22834 \times 10^{-15}$

Çizelge 4.9 ⁷⁵As- ⁶⁹Ga İzotoplarının Bulunan Enerji Geçişleri ve Hataları (2. Hesap)

Element	C	σ_C	E (keV)	σ_E	E(Nudat)	σ_E (Nudat)
⁷⁵ As	1037,0704	0,0136	198,6168	0,00570	198,60	0,1
⁷⁵ As	1381,1466	0,0036	264,6578	0,00440	264,60	0,1
⁷⁵ As	2184,8542	0,0588	418,9241	0,01201	419,10	0,2
⁷⁵ As	2443,7461	0,0750	468,6180	0,01505	468,74	0,2
⁶⁹ Ga	1223,9238	0,0439	234,4808	0,00962	234,79	0,1
⁶⁹ Ga	1662,6044	0,0167	318,6810	0,00515	318,63	0,2
⁶⁹ Ga	2774,8418	0,0822	532,1724	0,01652	532,66	0,1
⁶⁹ Ga	2884,1802	0,0356	553,1603	0,00851	553,35	0,1
⁶⁹ Ga	2993,0281	0,0057	574,0542	0,00537	574,11	0,1
⁶⁹ Ga	3971,0513	0,1381	761,7961	0,02740	762,49	0,1
⁶⁹ Ga	4106,6865	0,0829	787,8335	0,01745	788,14	0,1
⁶⁹ Ga	4544,2114	0,0092	871,8248	0,00800	871,98	0,1
⁶⁹ Ga	5479,1938	0,0898	1051,3191	0,01943	1052,02	0,1
⁶⁹ Ga	5766,5439	0,0064	1106,4853	0,00936	1106,77	0,1
⁶⁹ Ga	6962,7261	0,0230	1336,1403	0,01139	1336,60	0,1
⁶⁹ Ga	7031,0024	0,1020	1349,2491	0,02226	1349,89	0,1
⁶⁹ Ga	9852,7539	0,1235	1891,0571	0,02874	1891,48	0,1
⁶⁹ Ga	10543,2314	0,1239	2023,6489	0,03033	2023,65	0,2

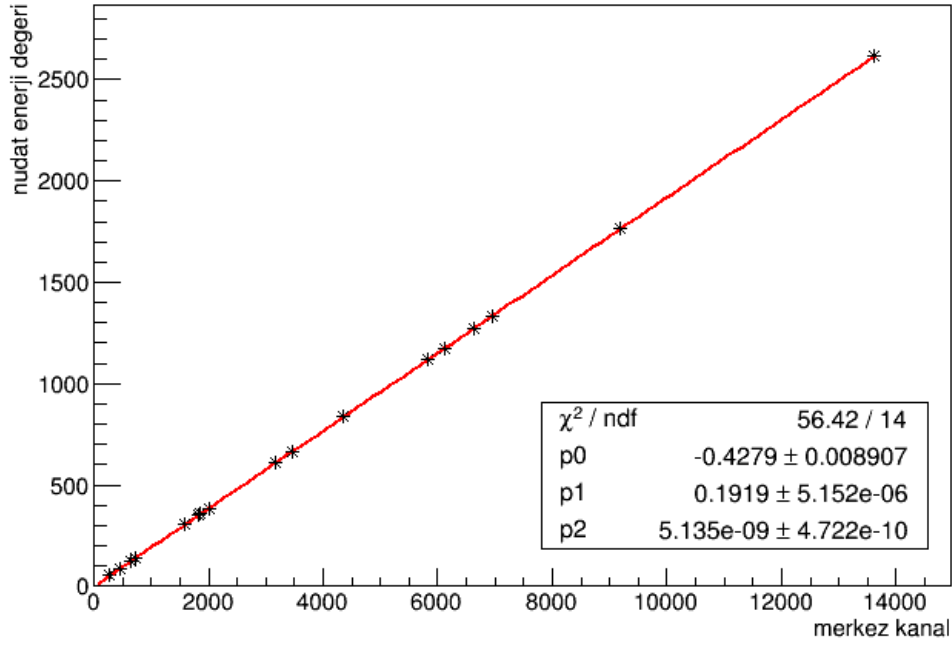
Enerjiler ve hataları birinci elde edilen (Çizelge 4.6) verilere göre daha olumludur. Bu defa çok veri kullanıp daha az hata düşüncemizin aksine daha az veri ile hesaplama yapalım. Kullanılacak veriler Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Ölçüm Öncesi-Ölçüm Sonrası Merkez Kanal ve Hataları (3. Hesap)

Element	C_b	σ_{C_b}	C_a	σ_{C_a}	C_c	σ_{C_c}
¹³³ Ba	278,4092	0,0700	279,3383	0,0632	278,874	0,4693
¹³³ Ba	1580,2307	0,0132	1580,1599	0,0121	1580,195	0,0376
¹³³ Ba	1857,2310	0,0078	1857,1554	0,0072	1857,193	0,0385
¹³³ Ba	2002,3162	0,0229	2002,1321	0,0196	2002,224	0,0945
¹⁰⁹ Cd	460,3572	0,0502	460,5771	0,0510	460,467	0,1210
⁵⁷ Co	638,1111	0,0229	637,9998	0,0206	638,055	0,0598
⁵⁷ Co	713,1731	0,0700	713,0144	0,0635	713,094	0,1037
⁶⁰ Co	6114,1455	0,0198	6113,9600	0,0182	6114,053	0,0947
⁶⁰ Co	6943,7051	0,0218	6943,4561	0,0200	6943,581	0,1262
¹³⁷ Cs	3449,4578	0,0099	3449,2446	0,0087	3449,351	0,1070
⁵⁴ Mn	4351,6851	0,0461	4350,9526	0,0492	4351,319	0,3693
²² Na	6641,8135	0,0248	6641,4492	0,0224	6641,631	0,1837
²¹⁴ Pb	1835,2681	0,0345	1835,9827	0,0206	1835,625	0,3584
²¹⁴ Bi	3176,8098	0,0424	3176,926	0,0267	3176,868	0,0681
²¹⁴ Bi	5838,3228	0,1279	5838,0522	0,0857	5838,188	0,1737
²¹⁴ Bi	9193,0752	0,1684	9193,4902	0,1055	9193,283	0,2506
²⁰⁸ Tl	13620,1924	0,1556	13620,4893	0,1038	13620,341	0,1988

Şekil 4.22’yi incelersek x^2/ndf değerinin bire ne kadar yakın olursa sonuç da o kadar daha iyi olur. Yani fonksiyonla veriler uyuşur. p_0 , p_1 , p_2 değerleri polinomun sırası ile a_0 , a_1 , a_2 değerleridir (Denklem 3.16). Yatay eksen merkez kanal ve dikey eksen uluslar arası veri tabanında bulunan enerji değeridir.

Çizelge 4.10 incelendiğinde 17 kalibrasyon değeri hesaba katıldığı gözlenir. Bu verilerden yararlanarak Şekil 4.22 çizilmiştir.



Şekil 4.22 Ortalama merkezi kanal ve enerji (keV) grafiği-3

Çizelge 4.11 Hata Hesabı Parametreleri (3. Hesap)

Parametre	Değer
a_0	-0,427946
a_1	0,191924
a_2	$5,13475 \times 10^{-9}$
σ_{a_0}	$0,00890684 \times 10^{-3}$
σ_{a_1}	$5,15184 \times 10^{-6}$
σ_{a_2}	$4,72174 \times 10^{-10}$
COV ₀₁	$-4,0539 \times 10^{-8}$
COV ₀₂	$3,14249 \times 10^{-12}$
COV ₁₂	$-2,25013 \times 10^{-15}$

Çizelge 4.11 parametreleri Çizelge 4.12’de verilen sonuçları elde etmemizi sağlamıştır. Enerji hataları sonucun daha iyi görülebilmesi için virgülden sonra beş hane alınmıştır.

Çizelge 4.12 ⁷⁵As-⁶⁹Ga İzotoplarının Bulunan Enerji Geçişleri ve Hataları (3. Hesap)

Element	C	σ_C	E (keV)	σ_E	E (Nudat)	$\sigma_E(\text{Nudat})$
⁷⁵ As	1037,0704	0,0136	198,6163	0,00571	198,60	0,1
⁷⁵ As	1381,1466	0,0036	264,6570	0,00440	264,60	0,1
⁷⁵ As	2184,8542	0,0588	418,9225	0,01202	419,10	0,2
⁷⁵ As	2443,7461	0,0750	468,6162	0,01506	468,74	0,2
⁶⁹ Ga	1223,9238	0,0439	234,4801	0,00962	234,79	0,1
⁶⁹ Ga	1662,6044	0,0167	318,6799	0,00515	318,63	0,2
⁶⁹ Ga	2774,8418	0,0822	532,1703	0,01653	532,66	0,1
⁶⁹ Ga	2884,1802	0,0356	553,1582	0,00853	553,35	0,1
⁶⁹ Ga	2993,0281	0,0057	574,0520	0,00540	574,11	0,1
⁶⁹ Ga	3971,0513	0,1381	761,7931	0,02741	762,49	0,1
⁶⁹ Ga	4106,6865	0,0829	787,8304	0,01746	788,14	0,1
⁶⁹ Ga	4544,2114	0,0092	871,8213	0,00804	871,98	0,1
⁶⁹ Ga	5479,1938	0,0898	1051,3150	0,01945	1052,02	0,1
⁶⁹ Ga	5766,5439	0,0064	1106,4810	0,00941	1106,77	0,1
⁶⁹ Ga	6962,7261	0,0230	1336,1352	0,01143	1336,60	0,1
⁶⁹ Ga	7031,0024	0,1020	1349,2440	0,02228	1349,89	0,1
⁶⁹ Ga	9852,7539	0,1235	1891,0505	0,02874	1891,48	0,1
⁶⁹ Ga	10543,2314	0,1239	2023,6420	0,03034	2023,65	0,2

Çizelge 4.12 enerji hataları Çizelge 4.9'dan daha çoktur.

4.2 Yarı Ömürler İçin Bulgular ve Tartışma

Yarı ömür belirlemede amacımız belirlediğimiz zaman aralıklarında elde edilen sayımlar olmalıdır. Çünkü her Δt süresinde belli bir sayım elde edilecektir. Bu demektir ki çekirdekte sürekli enerji geçişleri olmakta yani ışımaya yapmaktadır. Bir sonraki Δt zamanlı dosyada daha az sayım olmaktadır. Daha sonraki dosyalardaki sayımlarda da azalacaktır. Bu çekirdekler stabil olana kadar devam edecektir. Biz eğer her Δt zaman aralığında ne kadar bir azalma olduğunu bir fonksiyona bağlarsak, bu fonksiyon yardımıyla elementimizin yarı ömrünü hesaplayabiliriz. Araştırmada Denklem 3.27 belirlenerek lineer bir sonuç elde edilmiştir. Elde edilen verilerden Denklem 3.28 yardımıyla yarı ömür değerleri elde edilmiştir.

$\Delta t = 54s$ için yapılan sonuç pek verimli değildir. Bunun nedeni açıktır. 54 saniyede çok bir sayım yapılamamıştır. Bu araştırma için dezavantajdır. λ değeri birinci dereceden denklemin grafiğinin çizilmesi sonucunda elde edilen eğimdir. Çok az

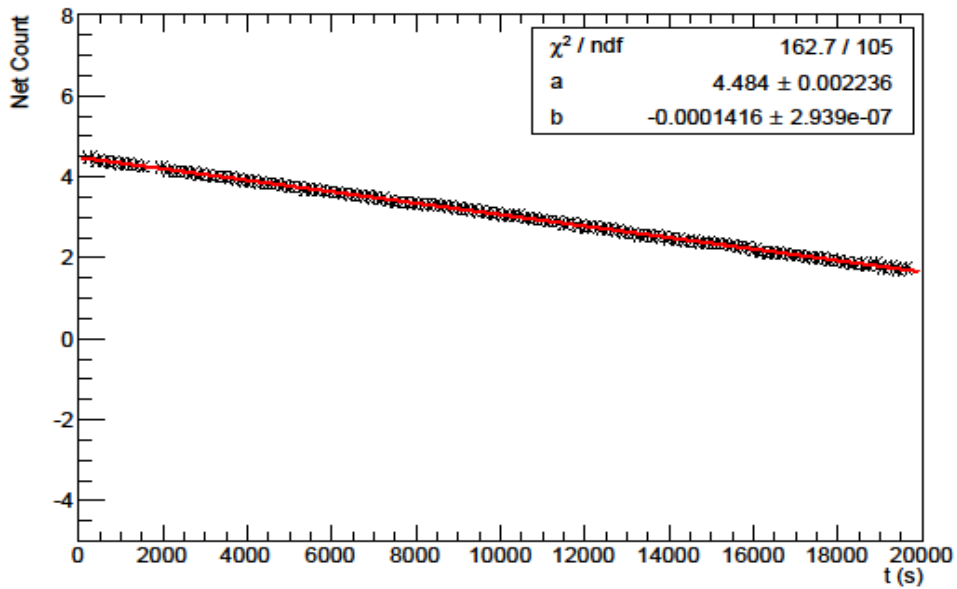
veriden hassas bir sonuç elde etmek zordur ve gerçek sonuçtan sapmalara götürebilir. Bundan dolayı $\Delta t = 54s$ için yaklaşık değerler elde edilse de veriler değerlendirmeye alınmamıştır.

$\Delta t = 180s, 360s, 900s, 1800s,$ için $199keV, 264 keV, 469keV$ enerji değerlerinden araştırma yapılmıştır. Bu enerji değerlerinin seçilmesi önemlidir. $199keV, 264 keV$ için yeterince sayım alınmıştır (Çizelge 4.3). $469keV$ için sayım sayısı az olsa da incelemeye değer görülmüştür.

Aşağıda zaman aralıklarına göre elde edilmiş üç farklı enerji değerinin kombine grafikleri görülmektedir. Sayımlar toplanmış ve sapmalar ise Denklem 4.1 ile hesaplanmıştır.

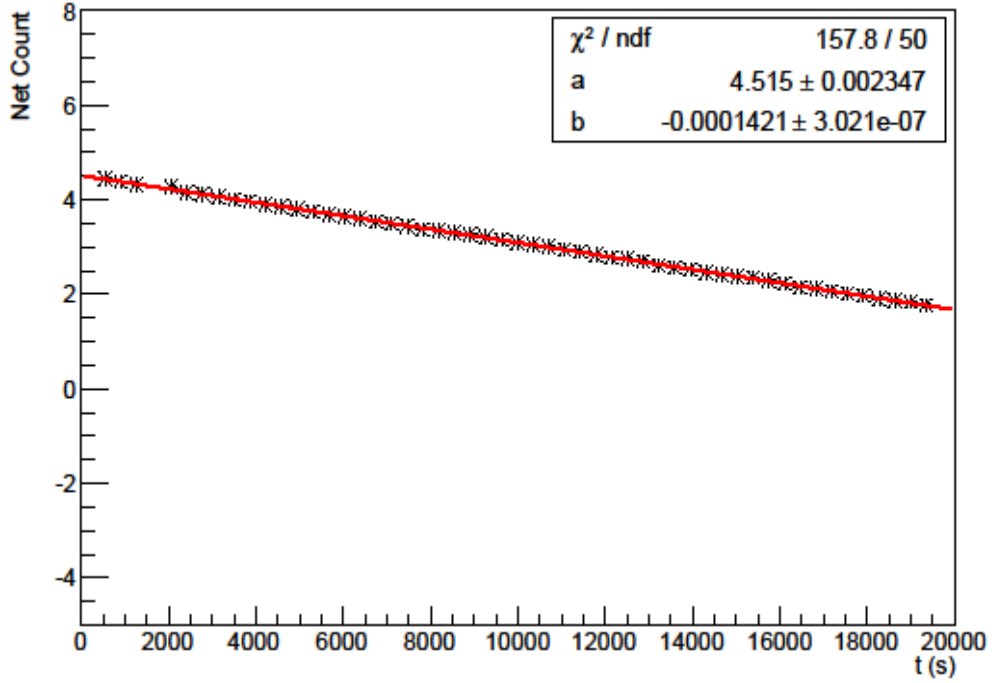
$$\sigma = \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2)} \quad (4.1)$$

Ölçümler sonucunda hangi sıklıkla veri alındığı (dosyalandığı) belirlenmiştir (Şekil EK3.1). ^{75}Ge izotopun yarı ömrü literatürden yapılan araştırmada $82.78(4)$ dakikadır. Ölçüm sonunda yapılan dosyalama süreleri göz önünde bulundurularak yarılanma ömrünün belirli yüzdeliklerinde Δt süreleri belirlenmiştir (Çizelge EK3.1) Araştırmamızda belirlenen sürelerde dosyaların oluşturulması “EKLER” bölümünde geniş bir şekilde anlatılmıştır. Farklı Δt sürelerinde elde edilen dosyalardaki net sayımların zamana bağlı grafikleri Şekil 4.23-26’da görülmektedir.

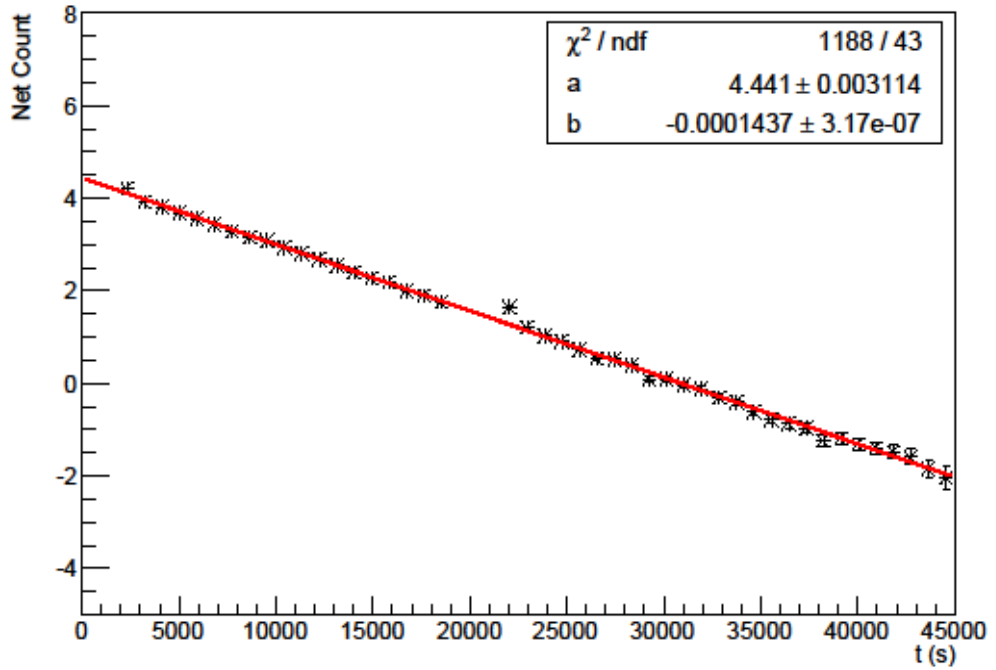


Şekil 4.23 $\Delta t = 180 s$ için net count (sayım) ve zaman grafiği

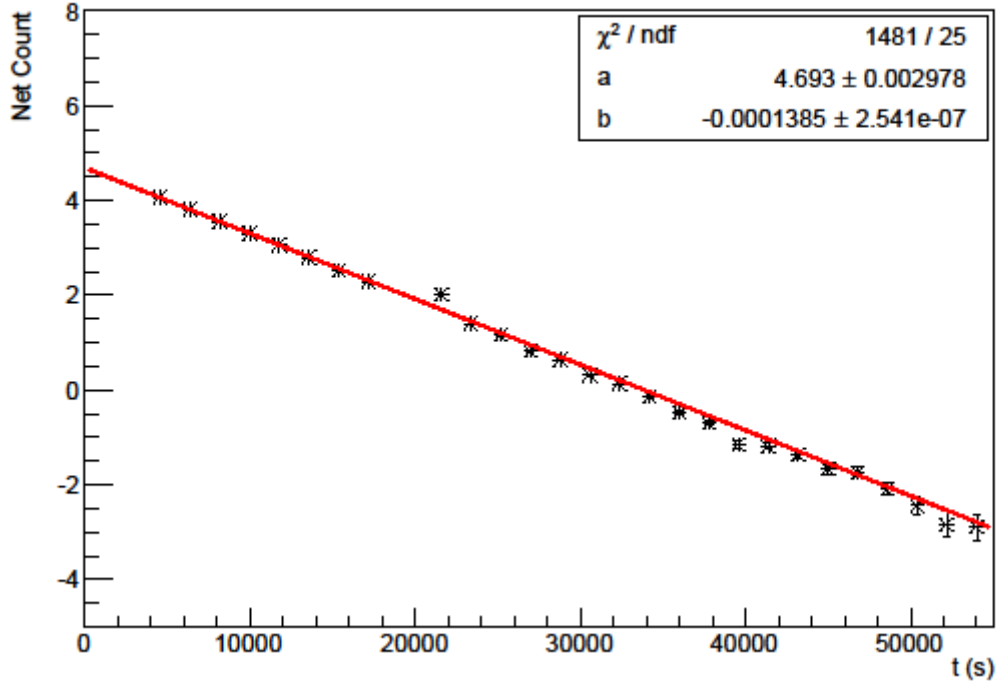
Şekil 4.23'te noktalardan geçen doğrunun denklemini genel olarak $y=a+bx$ şeklindedir. Bu denklem lineer bir doğru denklemdir. Aynı durum Şekil 4.24-26 içinde geçerlidir.



Şekil 4.24 $\Delta t = 360$ s için net count (sayım) ve zaman grafiği



Şekil 4.25 $\Delta t = 900$ s için net count (sayım) ve zaman grafiği



Şekil 4.26 $\Delta t = 1800$ s için net count (sayım) ve zaman grafiği

Şekil 4.23-26 verilerinde “b” değerleri λ değerleridir. Aynı zamanda fitleme çizgisinin eğimidir. Denklem 3.28’de λ değerleri kullanılarak yarı ömür hesaplanmıştır (Çizelge 4.13).

Belirlenen Δt zamanlarına göre yeni dosyalar oluşturulmuştur. Farklı enerjilerde yapılan birleştirme için hata hesabında Denklem 4.1 gözetilmiştir. Denklem 3.27 ve Denklem 3.28 yardımıyla farklı zamanlara ait yarı ömür parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler aşağıda görülmektedir. Hesaplamalar için kullanılan yazılımlar ve kullanımları “EKLER” bölümünde anlatılmaktadır.

$\Delta t = 180$ s İçin Yarı Ömür Verileri

```
first order
chi2/ndf 1.54913
par0 4.48367
err0 0.00223646
par1 -0.000141626
err1 2.93911e-07
par1 4894.2 s
par1 81.5699 min
par1 1.3595 hours
err1 10.1567 s
err1 0.169278 min
err1 0.0028213 hours
cov 5.00177e-06
cov -5.1657e-10
cov -5.1657e-10
cov 8.63835e-14
cor 1
cor -0.785872
cor -0.785872
cor 1
```

$\Delta t = 360$ s İçin Yarı Ömür Verileri

```
first order
chi2/ndf 3.15525
par0 4.51464
err0 0.00234683
par1 -0.000142096
err1 3.02068e-07
par1 4878.02 s
par1 81.3003 min
par1 1.355 hours
err1 10.3697 s
err1 0.172828 min
err1 0.00288047 hours
cov 5.50759e-06
cov -5.68683e-10
cov -5.68683e-10
cov 9.12453e-14
cor 1
cor -0.802203
cor -0.802203
cor 1
```

$\Delta t = 900$ s İçin Yarı Ömür Verileri

```
first order
chi2/ndf 27.6311
par0 4.44067
err0 0.00311448
par1 -0.00014367
err1 3.17036e-07
par1 4824.58 s
par1 80.4096 min
par1 1.34016 hours
err1 10.6464 s
err1 0.17744 min
err1 0.00295733 hours
cov 9.7e-06
cov -7.97346e-10
cov -7.97346e-10
cov 1.00512e-13
cor 1
cor -0.807519
cor -0.807519
cor 1
```

$\Delta t = 1800$ s İçin Yarı Ömür Verileri

```
first order
chi2/ndf 59.2365
par0 4.69339
err0 0.00297849
par1 -0.00013854
err1 2.54051e-07
par1 5003.21 s
par1 83.3869 min
par1 1.38978 hours
err1 9.17473 s
err1 0.152912 min
err1 0.00254854 hours
cov 8.87141e-06
cov -6.46564e-10
cov -6.46564e-10
cov 6.4542e-14
cor 1
cor -0.854465
cor -0.854465
cor 1
```

Çizelge 4.13 Araştırma Sonucunda Elde Edilen Yarı Ömür Değerleri

Element	Hesap Aralığı Δt (s)	Yarı Ömür $t_{1/2}$ (dakika)	Yarı Ömür Hatası
^{75}Ge	180	81,5699	0,1693
^{75}Ge	360	81,3003	0,1729
^{75}Ge	900	80,4096	0,1774
^{75}Ge	1800	83,3869	0,1529

^{75}Ge için dört farklı zaman aralığında bulunan yarı ömür değerleri Çizelge 4.13'de görülmektedir. Uluslar arası nükleer veri tabanında yarı ömür 82,78(4) dakika olarak belirtilmektedir. Eğer bulunan farklı zaman aralıklarındaki yarı ömür değerlerin aritmetik ortalamasını alırsak 81,6667 dakika olarak buluruz. Hataların aritmetik ortalaması 0,1681 olarak bulunur.

Eğer uluslar arası değerle bulunan değerlerin farkı alınıp çıkan değer yüzde olarak belirtilirse,

$$\frac{82,78 - 81,67}{82,78} \times 100 = 1,34$$

fark %1,34 olarak çıkar. Bulunan yarı ömür değeri çok küçük bir farkla belirlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 Enerji Geçişleri İçin Sonuçlar ve Öneriler

Yüksek Safılıkta Germanyum (HPGe) Dedektörü ile elde edilen veriler sonucunda enerji geçişleri için yapılan araştırmamızda bazı değerler elde edilmiştir. Özellikle piklerin fitlenmesi sürecinde çok hassas davranılmış, yapılabilecek en iyi sonuçlar elde edilene kadar titizlikle çalışılmıştır. Dedektörün hata oranı elbette ki sonuçlarda etkilidir. Ancak sayımdan önceki (befor) ve sonraki (after) kalibrasyon elementleriyle yapılan sayımlar enerjinin belirlenmesinde önemli yer tutmaktadır. Birinci denememizde 18, ikincide 20, üçüncüde 17 örnek element ile sapma hesapları yapılmıştır. Sonuçlardan da görüldüğü gibi daha çok veri kullandığımız ikinci hesaplamamızda hesaplar içinde en iyi sonuç elde edilmiştir. Akılcı olanda budur. Sonuçlar doğru yolda olduğumuzun bir kanıtıdır. Çünkü daha çok veri kullanılarak hatalar daha iyi dağıtılabilir. Yani ne kadar çok kalibrasyon verisi kullanırsak daha çok gerçek sonuca yaklaşıyoruz.

Dünya çapında yapılan çalışmaların sonuçları “nuda” ekranında yayınlanmaktadır. Çizelge 4.6, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.12 bakıldığında dünya enerji geçiş değerleri ile çok yakın değerler olduğu görülebilir. Biz bu araştırmamızda 2. Sonuç olan Çizelge 4.9’u gerçek sonuç olarak değerlendireceğiz. Çünkü hatanın en az olduğu sonuçtur. ⁷³Ge izotopunun 13,06 keV ve 53,53 keV enerji geçiş pikleri vardır. Muhtemelen (13,06+53,53=66,59) 65,69 keV enerji geçiş değeri toplam piktir.

Yapılan araştırmamızda (Çizelge 4.9) ⁷⁵As izotopu için 198,617 keV’lik enerjide 0,006 hata, 264,658 keV’lik enerjide 0,004 hata, 418,924 keV’lik enerjide 0,012 hata, 468,618 keV’lik enerjide 0,015 hata hesaplanmıştır. Uluslar arası veri tabanında 198,6 keV’lik enerjide 0,1 hata, 264,6 keV’lik enerjide 0,1 hata, 419,1 keV’lik enerjide 0,2 hata, 468,74 keV’lik enerjide 0,2 hata vardır. ⁶⁹Ga için 318,681 keV’lik enerjide 0,005 hata, 574,054 keV’lik enerjide 0,005 hata, 2023,65 keV’lik enerjide 0,03 hata hesaplanmış uluslar arası veri tabanında ise 318,63 keV’lik enerjide 0,2 hata, 574,11 keV’lik enerjide 0,1 hata, 2023,65 keV’lik enerjide 0,2 hata vardır. Bu

enerji değerlerinde daha az hata ile sonuç alınmıştır. Araştırmamızın hataları istatistik hatalardır. Sistematik hatalar hesaba katılmamıştır.

Görölüyor ki ^{75}As ve ^{69}Ga izotopları için uluslar arası veri tabanından daha iyi hataları vardır. 871,8248 keV ve 1106,4854 keV enerji değerleri de çok yakın değerlerdir. Ancak veri tabanındaki hataları ile dūřünürsek daha iyi bir değer değildir.

Eęer veri tabanındaki enerjilere hatalarını ekler ve çıkarırsak bulunan enerji değerinin bu aralığa dūřmesi etik olacaktır. Bu aralığın dışında olan enerji değerleri için aradığımız elementin (yada izotoplarının) enerji geçiş değerini bulduğumuzu söylemek doğru olmayabilir. Ayrıca bu enerji değerinin aradığımız değerlerden değildir demek de doğru olmayabilir. Daha kesin sonuçlar ile doğruya ulaşabiliriz. Öbür enerji değerleri çok yakın değerler olmasına rağmen farklı izotop veya ürün çekirdeklere ait olabileceği unutulmamalıdır. Veri tabanı incelendiğinde farklı izotoplara ait yakın enerji değerleri görölmektedir.

574,11 keV ve 1106,77 keV enerji değerleri muhtemelen ^{69}Ga 'un enerji seviyeleridir. Belirlenen 574,0543keV ve 1106,4854 keV enerjileri salınımlarında ^{69}Ga izotopunun çekirdekleri taban durumuna (stabil) gelmiştir diyebiliriz.

HPGe dedektörünün gürültüyü gidermek için 0,18'lik hata payı dikkate alınabilir. Belkide daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

5.2 Yarı Ömür İçin Sonuçlar ve Öneriler

Akdeniz Üniversitesi NUBA biriminin imkanları kullanılarak, Ge elementi izotopları Electron LINAC - SLi-25 ile 18 MeV enerjili fotonla ışınlanmış, ışınlanan Ge elementi 10 dakika gibi kısa bir sürede Yüksek Saflıkta Germanyum (HPGe) Dedektörüne kalibrasyon için gerekli olan örnek numune elementlerden (ölçüm öncesi) sonra yerleştirilmiştir. Ge elementi izotoplarının üç gün boyunca yaptığı ışımalar dedektör tarafından sayılmıştır. Daha sonra örnek numunelerin tekrar sayımları (ölçüm sonrası) yapılmıştır.

Yapılan sayımlar aynı zamanda yarılanan madde miktarı ile orantılıdır. Ge elementi As elementine dönüşmektedir (Denklem 3.8). Belirli zaman periyodundaki bozunan miktar belirlenerek yarı ömür hesaplanmıştır.

Yapılan araştırma sonunda elde edilen veriler Çizelge 4.13’de görülmektedir. Daha önce 54s’lik zaman aralığı için görüşlerimizi paylaşmıştık. Diğer yarılanma ömürleri genel olarak yakındır. Hataları da çok yakındır. ⁷⁵Ge için ortalama yarı ömür 81,67 dakikadır. Elde edilen yarı ömür değeri literatüre göre %1,34 farkla hesaplanmıştır. Ancak literatür değerleri daha hassastır. Elde edilen sonuçtan dünya çapında yapılan araştırma sonuçlarına uyumu açıkça görülmektedir. Bu sonuçlar ülkemizde böyle önemli çalışmaların yapılabildiğinin somut bir kanıtıdır. Aynı zamanda ülkemizde yapılacak üs düzey çalışmalar için basamak kabul edilebilir.

Enerji geçiş değerleri ve yarı ömür değerleri göstermektedir ki dünya çapında yapılan çalışmalara katkıda bulunulabilecek kadar iyi sonuçlardır. Bu sonuç titizlikle ve sabırla çalışmanın bir ürünüdür. Nodat verileri incelendiğinde yüksek enerjilerde sapmaların çokluğu göze çarpmaktadır. Bunun nedeni kullanılan dedektörün çeşidi veya duyarlı enerji aralıklarından kaynaklanan hatalar olabilir. Yüksek enerjilerde çalışmalar az da olabilir. Kullandığımız dedektörde çözünürlüğünün yüksek olmasının, algılama gücünün yüksek olmasının sonuca etkisi önemlidir.

Hastanelerde kullanılan klinik linak farklı bir amaçla kullanılmıştır. Sadece sağlık alanında değil de nükleer araştırmalar için kullanılmıştır. Ülkemizde ilk defa germanyum izotopları ve ürünleri için bir çalışma yapılmıştır. Ülkemizde bu verilerin elde edilmesi önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Bethe, H., An Attempt to Calculate the Number of Energy Levels of a Heavy Nucleus, *Physics Review*, 50(9), 332-341, 1936.
- [2] Weisskopf, V., Statistics and Nuclear Reactions, *Physics Review*, 52(4), 295-303, 1937.
- [3] Wesolowski J. J., Anderson J. D., Hansen L. F., Wong C., McCLURE J. W., Energy levels of ^{31}S and ^{19}Ne , *Nuclear Physics* 71(3), 586-592, 1965.
- [4] Hamburger, E. W., Hamburger A. I., Energy levels of ^{90}Y from the $^{89}\text{Y}(d,p)^{90}\text{Y}$ reaction, *Nuclear Physics* 68(1), 209-220, 1965.
- [5] BROWN G., MacGREGOR A., Level structure measurements with the (p,α) reaction: (II). Energy levels of ^{47}V and ^{49}V , *Nuclear Physics* 77(2), 385-393, 1966.
- [6] Konjin J., Linderman E. W. A., De Wit S. A., The Decay of ^{48}Sc and ^{48}V , *Nuclear Physics A*,558-572, 1967.
- [7] Bosnjakovic B., Van Best J. A., Bouwmeester, J., Energy level of ^{38}Ar from the $^{37}\text{Cl}(p,\alpha)^{34}\text{S}$ reaction, *Nuclear Physics A* 94 (3), 625-652, 1967.
- [8] Ajzenberg-Selove, F., Bingham, H. G., Energy levels of ^{14}C , *Nuclear Physics A*, 202(1), 152-160, 1973.
- [9] Kent, J. J., Energy levels of ^{92}Nb and ^{94}Tc from ^{92}Zr , $^{94}\text{Mo}(p,n\gamma)^{92}\text{Nb}$, $^{94}\text{Tc}^*$, *Nuclear Physics A*, 255(2), 296-306, 1975.
- [10] Pougheon, F., Bernas, M., Roy-Stephan, M., Detraz, C., Guillemaud, D., Kashy, E., Langevin, M., Maulin, F., Roussel, P., First study of the $(^{14}\text{C}, ^{12}\text{C})$ reaction: Selectivity of the reaction and energy levels of ^{28}Mg and ^{30}Si , *Nuclear Physics A*, 255 (1), 207-220, 1981.
- [11] Tilley, D. R., Kelley, J. H., Godwin, J. L., Millener, D. J., Purcell, J. E., Sheu, C. G. Weller, H. R., Energy levels of light nuclei $A=8, 9, 10^*$, *Nuclear Physics A*, 745(3-4), 155-362, 2004.
- [12] Sagane, R., Radioactive isotopes of Cu, Zn, Ga and Ge'' *Phys. Rev.* 55(1) 1939.
- [13] Gross, J.L., Thoennessen, M., Discovery of gallium, germanium, lutetium, and hafnium isotopes, *Atomic Data and Nuclear Data Tables* 98(5), 983-1002, 2012.

- [14] Li Yan, Shen Shui-Fa, Shi Shuang-Hui, Gu Jia-Hui, Liu Jing-Yi, and Xu Hui, New levels and transitions in ^{72}Ge following the decay of ^{72}Ga , 14(1), 95-101, 2005.
- [15] Krane, K.S., The decays of $^{70, 72}\text{Ga}$ to levels of $^{70, 72}\text{Ge}$ and the neutron capture cross sections of $^{69, 71}\text{Ga}$, Appl. Radiat. Isot. 70(8), 1649-1657, 2012.
- [16] Oka, Y., Kato, T., Nomura, K., Saito, T., Gamma-ray spectrometric study of the photoactivation products with 20 MeV Bremsstrahlung, Journal of Nuclear Science and Technology, 4(7), 346-352, 1967.
- [17] Bosch, H., Munczek, H., New Half-Life in the Family of Antimony Isotopes, Physical Review, 106(5), 1957.
- [18] Ebrey, T. G., Gray, P. R., Precision Half-Life Measurements of Forteen Positron-Emitting Nuclei, Nuclear Physics 61(3), 479-492, 1965.
- [19] Cork, J. M., Brice, M. K., Hickman, G. D., Schmid, L. C., Radiation from Antimony 122, Physical Review 93(5), 1954.
- [20] R.D. Meeker, Decay of ^{73m}gSe , ^{75m}Ge , and ^{77m}gGe , Thesis, Iowa State Univ. (1970); Diss.Abst.Int. 31B, 3634, 1970.
- [21] K.S. Azimov, R.B. Begzhanov, D.A. Gladyshev, H.Isakov, Half-Lives of the Excited States of As^{75} , Yadern.Fiz. 10(3), 1969- Soviet J.Nucl.Phys. 10(1), 1970.
- [22] Akdeniz Üniversitesi Nükleer Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Fotonükleer Reaksiyonların Gerçekleştirilmesi İle İlgili Temel Bilgiler Kitapçığı, Mart 2014.
- [23] “VİKİPEDİ” Erişim adresi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Radyasyon>, Erişim Tarihi: 25.06.2016.
- [24] Soyberk, Ö., İyonlaştırıcı Işınlara karşı Zırhlamaların pratik Uygulamaları, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Ankara, 1969.
- [25] Boztosun, İ., Nükleer Fizik Ders Notları, Erciyes Üniversitesi, Erzincan, 2005
- [26] “Radyasyon Fiziği Ders Notları” Erişim adresi: <http://www.google.com.tr/url?url=http://fizik.beun.edu.tr/files/2013/04/F%25C4%25B0Z444-ADYASYON-F%25C4%25B0Z%25C4%25B0%25C4%259E%25C4%25B0-DERS-NOTLARI-KASIM-9.ppt&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0ahUKEwiB38j298XOAhXCshQKHQ38BtoQFggUMAA&usg=AFQjCNFNWS-NJmTFD7gjvnTJNorUgK8O4w>, Erişim Tarihi :26.07.2016.
- [27] Krane, K.S., Nükleer Fizik I, Palme Yayıncılık, Ankara, 2001.

- [28] “İstanbul Üniversitesi Erşim sitesi: <http://nucleus.istanbul.edu.tr/~nukfiz/>, Erişim Tarihi: 06.04.2016.
- [29] “Medikal Fizik radyasyon Ölçüm Çihazları” Erişim adresi: http://medikalfizik.org/uploads/files/14_MDF_Kongre/3_gun/Radyasyon_Olcum_Cihazlari%23Ayhan_Akkas.pdf, Erişim Tarihi: 01.07.2016
- [30] Tsoulfanidis, N., Measurement And Detection Of Radiation, Taylor & Francis, Washington, USA, 1995.
- [31] Baykal, S., Yeni Tip Gama Dedektörleri ve İz Sürme Tekniği, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü, Yüksek Lisans, Ankara, (22,23,26), 2007.
- [32] Erdoğan, İ. Y., Farklı Optik Özelliklere Sahip Cu²O ve CuO Nanoyapılarının Elektrokimyasal Olarak Hazırlanması ve Karakterizasyonu, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü, Yüksek Lisans, Bingöl, 9, 2015.
- [33] Baykal, S., Yeni Tip Gama Dedektörleri ve İz Sürme Tekniği, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü, Yüksek Lisans, Ankara, 23, 2007
- [34] Aydın, G., Yaşar S., Bilimsel Araştırmalar Projesi MKÜ-BAP-12061, MKÜ, Hatay, 2014.
- [35] “cnx” Erşim Adresi: <https://cnx.org/contents/Aw83H98P@4/Radiation-Detection-and-Detect>, Erişim tarihi: 20.06.2016.
- [36] Knoll, G. F., Radiation Detection and Measurements, John Wiley & Sons, USA. 1999.
- [37] “Nuclear Security & Safeguards Education Portal” Erişim adresi: <http://nsspi.tamu.edu/nssep/courses/basic-radiation-detection/semiconductor-detectors/introduction/introduction>, Erişim Tarihi: 25.06.2016.

ÖZGEÇMİŞ

- 1. Adı Soyadı** : Adem OKTAY
2. Doğum Tarihi : 20.07.1975
3. Ünvanı : Öğretmen
4. Öğrenim Durumu : Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Bitirme Yılı
Lisans	Fizik Öğretmenliği	Yüzüncü Yıl Üniversitesi	2001

5. İş Tecrübesi:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Öğretmen	Altınçağ İlkokulu Dört Yol/HATAY	2016-...
Öğretmen	Hürriyet İlkokulu Kozluk/BATMAN	2010-2013
Öğretmen	Kalecik İlköğretim Okulu Hasanbeyli/OSMANİYE	2007-2010
Öğretmen	Habiller İlköğretim Okulu Güneysınır/KONYA	2004-2007

6. Projeler: “Fotoaktivasyon Yöntemiyle Germanyum Elementi Ürünlerinin Deneysel Analizi”, BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri) MKÜ, Proje No:12061.

EKLER

- | | | |
|------|--|---------------|
| EK 1 | Gerekli Yazılımlar ve Kullanımı İle İlgili Kısa Bilgiler | (sayfa 68) |
| EK 2 | Pik fitleme | (sayfa 69-71) |
| EK 3 | Yarı Ömür Belirleme Basamakları | (sayfa 72-76) |
| EK 4 | Yarı Ömür İçin Kullanılan Yazılımlardan Bazıları | (sayfa 77-84) |



EKLER

EK 1

Gerekli Yazılımlar Ve Kullanımı İle İlgili Kısa Bilgiler

Linux Kullanımı

Linux işletim sistemi ücretsiz dağıtılan, çoğu zaman konsol (dos ekranı) üzerinden çalışan kodları anlaşılır bir sistemdir. Linux kullanılmasındaki amaç ise dünya genelinde fazla kullanılmamasıdır. Bunun sonucunda kötü yazılımlar ile dışarıdan etki etme olasılığı düşük olması nedeni ile bilimsel çalışmalar için tercih edilmektedir.

Birçok openSuse dağıtımı ise çok kullanılan dağıtımlarındandır. Bizim çalışmamızda da bu dağıtım kullanılmıştır.

Birçok programın işletimi, kurulumu gibi işlemler dos ortamına benzeyen “konsol” kullanılarak yapılır. Konsol “tools” barından veya “shift” basılı tutup “F4” tuşlarına basıldığında açılır. Linux programında büyük harf küçük harf duyarlılığı vardır [22].

Kullanılan bazı komutlar:

pwd : Bulunulan dizinin adını gösterir.

ls: Bulunulan dizinin içeriğini gösterir.

cd *dizin*: belirtilen dizine geçiş yapar veya *dizin* belirtilmemişse ev dizine geçiş yapar.

cp kaynak hedef : Bir yerdeki dosya ya da dizinleri başka bir yere kopyalamak içindir.

rm dosya ...: İsmi girilen dosyaları siler.

mkdir *dizinadı* : Yeni *dizin* oluşturur.

yat2 : Yönetici ekranını görüntüler.

mv: Dosya ismi değiştirir.

more: Dosya içeriğini gösterir.

EK-2

Pik Fitleme Nasıl Yapılır?

Pikleri analiz edebilmek için anlaşılır hale getirilmesi gerekir. Pikin bir fonksiyonunun belirlenmesi gereklidir. Bunun için gf3 yazılımı kullanılmıştır. Daha sonra da ölçümden önce ve sonra yapılan kalibrasyon elementleriyle yapılan sayımlar yardımı ile hata hesapları yapılmıştır. Elde edilen hata parametreleri yardımıyla enerji geçişleri hesaplanmıştır.

Bu işlemleri safha safha inceleyelim:

Öncelikle bize dedektörden gelen dosyalar incelendiğinde “befor”, “after” ve “count” dosyalarını görürüz. Bu dosyaların içinde MAESTRO32 yazılımının belirlenen zamana göre oluşturduğu *.Spe dosyalarını görmeliyiz. Ayrıca bunların hangi zaman aralığına göre dosyalama yaptığını gösteren *.job dosyası olmalıdır.

Befor, after ve count dosyaları açılarak *.Spe olarak görülen dosyaları *.spe dosyalarına çevirmeliyiz. Bunun için *.Spe dosyaları, spetoasc, t.sh program dosyaları varken t.sh dosyası çalıştırılarak *.spe dosyaları elde edilir.

Befor ve after dosyaları sayımdan önce ve sayımdan sonra kalibrasyon elementleriyle yapılan sayımların sonuçlarıdır. Bu sayım detektörün sayım öncesi ve sayım sonrası değerlerde kayma olup olmadığını anlamamıza yararlar. Dedektörün herhangi bir koşuldan (sıcaklık farkı gibi) etkilenip etkilenmediğini anlamamızı, aynı zamanda bunu tolere etmemize yarayacak dosyalardır.

Kalibrasyon elementleri ^{133}Ba , ^{109}Cd , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{54}Mn , ^{22}Na , Soil (^{208}Tl , ^{228}Ac , ^{214}Bi vs.) elementlerinden oluşur. “Soil” bir karışım örnektir.

Bize gelen befor, after ve count dosyalarının içindeki *.Spe dosyaları *.spe dosyalarına dönüştürüldükten sonra befor dosyası elementleri daha sonra after dosyası elementleri pikleri tek tek fitlenir . Bu fitlemeden ve hesaplamalardan sonra count pikleri fitlenir.

Sayımlarda pikler görülecektir. Fitleme işlemdeki amaç pikin fonksiyonunun belirlenmesi ve bizim için hesaplama yapılabilir duruma gelmesidir.

Pik Fitleme

*.spe dosyalarından sayı olarak en büyük olan dosya belirlenir. Konsol açılır. Konsol açmak için *Shift + F4* tuşları birlikte basılır. Karşımıza konsol ekranı (dos ortamına benzer siyah ekran) komut ekranı çıkar. Bu ekranda bulunulan yer belirlenir. Bunun için *pwd* komutu ile bulunulan yer belirlenir. “ ./” çalıştırma komutudur. Önce ana terminale kadar çıkılır (..) ve *gf3* işletim dosyası adresi yazılır.

Örnek: alp@linux-ocrv:~ /germenium/cal befor>./../.././Download/rw05/src/gf3
ABa133.spe

Sorular BETA için y (yes) diğer sorular için ise n (no) şeklinde geçilir.

Do you want always to fix R at this value? (Y/N)N

Do you want always to fix BETA at this value? (Y/N)Y

Do you want always to fix STEP at this value? (Y/N) N

Do you want all widths to be fixed by default? (Y/N) N

Do you want the relative widths to be fixed by default? (Y/N) N

Çıkan ekranda enerji kalibrasyonu için “ec” komutu kullanılır. Bunun için *.Spe dosyalarından “enerji fit” değerlerinden yararlanılır. Birinci değerden ikinci değer çıkarılır. Çıkan sonuç ile ikinci değer kullanılır. Arada bir boşluk bırakılması unutulmamalıdır (-0,669968 0,192090).

Enerji kalibrasyonundan sonra logaritmik bir görüntü için “log” komutu verilir. “ds1” komutu ile piklerin grafiği görülür. Bu işlemler en büyük “Befor”, “After”, “Ge Count” dosyaları için yapılır.

Artık fitleme yapılabilir. “ex” komutu ile grafikte ayrıntılı görülmek istediğimiz kısım belirlenir.”ex” komutu ayrıntılı gösterecektir. “af” komutu ile pik seçilmeli ve pikin başlama ve bitiş kısımları iyi belirlenmelidir.

Fitlemede *chisq/d.o.f* değeri 1 (bir) yapılmaya çalışılır. Bunun için beta değeri *width* (genişlik) değerinin yarısı olmalıdır. Dolayısı ile *fx bta* komutu ile *width* değerinin

yarısı girilir. Daha sonra $fx\ stp$ ve $fx\ r$ komutları ile değerler değiştirilerek ideal fitleme sağlanmaya çalışılır. Bu yapılan işlemler en güzel örten grafiği elde etmektir. Bizim için ideal olan değerde $sa1$ ve $sa-1$ komutları ile kayıtlar yapılır. Bu işlemler her pik için tekrar edilir.

Kayıtlar sonucunda $gf3.sto$ dosyası oluşur (izelge 4.1-3).

lm ncesi ve ölçüm sonrası verileri kullanarak toplam bir dosya oluşturulur. Bu işlemlerde centroidlerin aritmetik ortalaması (Denklem 3.13), hatalarında ise hata hesabı (Denklem 3.14) kullanılır. Elde edilen sonuç izelge 4.4, izelge4.7, izelge 4.10'da gösterilmiştir.

$gf3.sto$ dosyasından toplam izelge centroid ve centroid error, nudat enerj ve nudat enerj error verileri belirlenir ve bunlar $*.dat$ dosyası Şeklinde yazılır.

$*.dat$ dosyası $*.C$ yazılımı ile çalıştırılır ($root_l_*.c$) ve centroid – enerji fitlemesi gerçekleşir. $root$ yazılımı çalıştırıldıktan sonra çıkmak için $.q$ komutu kullanılır. Ayrıca polinomun parametrelerini (izelge 4.5- izelge 4.8- izelge4.11) elde etmiş oluruz. ıkan sonuçlar count verilerinin düzenlenmesinde kullanılacaktır. Denklem 3.16 ve Denklem 3.22 ile enerji değerleri ve sapmaları daha verimli ve güvenilir bir Şekilde elde edilecektir.

EK-3

Yarı Ömür Belirleme Basamakları

Elementin yarı ömrünü belirlemek için gerekli olan sayımların olduğu “count” dosyası ve bunun içinde bazı programlara ihtiyaç vardır. (*strip_v2.f* , *new_t.sh* , *cmd*.sh*, *root* , *vb.*). Ayrıca araştırdığımız elementlerin literatürdeki (*nudat*) yarı ömürlerine ihtiyaç vardır.

“*nudat*” bilgileri, ^{75}Ge ($t_{1/2} = 82,78(4)$ dakika) şeklinde bulunmuştur. Süreci tek tek basamaklayalım.

Δt Sürelerinin Belirlenmesi

Önce araştırılan elementlerin yarı ömürleri literatörden (*nudat*) bulunur. Buna göre Δt süreleri belirlenir. Bu araştırmada *Ge.job* dosyasından *Spe* dosyalarının hangi zamanlar ile oluşturulduğu görülmektedir. Bu dosyadan yararlanarak süreler öğrenilir. Şekil EK 3.1’de görüldüğü gibi her biri 9s’lik 200 dosya, 90s’lik 200 dosya, 900s’lik 200 dosya ve 8775s’lik 8 dosya görülmektedir. Ayrıca Çizelge EK-3.2 hangi dosyaların kaç saniye olduğunu göstermektedir.

```
CLEAR
START
LOOP 1
WAIT 1
SAVE
"E:\HPGe\photonuclear_exp\Germanium\count\Getest.SPE"
END_LOOP

CLEAR
START
LOOP 200
WAIT 9
SAVE
"E:\HPGe\photonuclear_exp\Germanium\count\Ge1???.SPE"
END_LOOP

LOOP 200
WAIT 90
SAVE
"E:\HPGe\photonuclear_exp\Germanium\count\Ge2???.SPE"
END_LOOP

LOOP 200
WAIT 900
SAVE
"E:\HPGe\photonuclear_exp\Germanium\count\Ge3???.SPE"
END_LOOP

LOOP 8
WAIT 8775
SAVE
"E:\HPGe\photonuclear_exp\Germanium\count\Ge4???.SPE"
END_LOOP
```

Şekil EK-3.1 *Ge.jop* Dosyası

Farklı Δt süreleri denenir. Δt farklarının sayımda oluşturulan dosyalama sürelerine uygun olması önemlidir. Dosya sürelerinin tam katı olmasına dikkat edilmeli ve farklı zaman aralıklarındaki dosyaların kullanılmasına olanak sağlanmalıdır.

Çizelge EK-3.1 ⁷⁵Ge İçin Belirlenen Δt Süreleri, Dosya Aralıkları ve r1step'ler

Yarı Ömürün ΔT Süresi	ΔT Süreli Dosyaların Aralığı	Dosyaların Süresi	Aralıktaki Dosya Sayısı	Aralıktaki Dosya Yarısı Sayısı
$\Delta t \sim \%1 * 82m$ $\Delta t = 54 s$	$i=0 - i=199$ arası	9s' lik	Step1=6	r1step=3
$\Delta t \sim \%3 * 82m$ $\Delta t = 180 s$	$i=0 - i=199$ arası	9s' lik	Step1=20	r1step=10
	$i=200 - i=399$ arası	90s' lik	Step2=2	r2step=1
$\Delta t \sim \%7 * 82m$ $\Delta t = 360 s$	$i=0 - i=199$ arası	9s' lik	Step1=40	r1step=20
	$i=200 - i=399$ arası	90s' lik	Step2=4	r2step= 2
$\Delta t \sim \%18 * 82m$ $\Delta t = 900 s$	$i=0 - i=199$ arası	9s' lik	Step1=100	r1step=50
	$i=200 - i=399$ arası	90s' lik	Step2=10	r2step =5
	$i=400 - i=599$ arası	900s' lik	Step1=1	r3step=1
$\Delta t \sim \%36 * 82m$ $\Delta t = 1800 s$	$i=200 - i=399$ arası	90s' lik	Step1=20	r1step =10
	$i=400 - i=599$ arası	900s' lik	Step2=2	r2step =1

***strip_v2.f* Dosyasının Düzenlenmesi**

Yazılım Δt süreli dosyalar oluşturmak içindir. Belirlenen sürelerden yararlanarak strip dosyasındaki *do-endo* döngüleri düzenlenir. Burada dosya sayısı tek ise r1step sayısı step sayısı ile aynı olmalıdır. Döngü parçası da buna uygun olmalıdır. Bu dosyayı *new_t.sh* çalıştıracaktır (çalıştırma komutu *sh_new_t.sh*). EK 4 kısmında *strip_v2.f* dosyası görülebilir.

Çizelge EK-3.2 *strip_v2.f* Programında Kullanılacak Dosya ve Zaman Aralıkları

Kullanılacak i Aralıkları	*.Spe Dosyaları	Her Dosya Süresi (s)	Toplam Süre (s)	Toplam Süre (s)	Toplam Süre
$0 \leq i \leq 99$	Ge1000-Ge1099 ve arası	9	900	1800	30dakika
$100 \leq i \leq 199$	Ge1100-Ge1199 ve arası	9	900		
$200 \leq i \leq 299$	Ge2000-Ge2099 ve arası	90	9000	18000	5saat
$300 \leq i \leq 399$	Ge2100-Ge2199 ve arası	90	9000		
$400 \leq i \leq 499$	Ge3000-Ge3099 ve arası	900	90000	180000	50saat
$500 \leq i \leq 599$	Ge3100-Ge3199 ve arası	900	90000		
$600 \leq i \leq 608$	Ge4000-Ge08 ve arası	8775	70200	70200	19,5saat

new_t.sh Dosyasının Düzenlenmesi ve Çalıştırılması

Germanyuma özgü dosya isimlerinin oluşturulması ve *gf3* programının adresinin doğru yazıldığından emin olmalıdır.

***cmd*.sh* Dosyalarının Düzenlenmesi ve Çalıştırılması**

cmd.sh* programı belirli Δt aralıklarla oluşturulan dosyalardan (*gf3ASC*Ge*.dat*) veri dosyaları oluşturur. Bu veriler belirlenen piklerin Δt zaman aralıklarında artış farkları konusunda bilgi verecektir. Yani Δt zaman aralığında ne kadar sayım (count) yapılmışsa belirlenecektir. Bu bizim için bozunan madde miktarı demektir ve buna göre yarı ömür hesaplanabilir. Bizim araştırmamızda Ge için 199 keV, 264keV, 469keV enerjili pikler fitlenerek bundan yarı ömürler hesaplanmaya çalışılacaktır. Bunun için *ASC*Ge*.spe* dosyalarından kaç tane olduğu belirlenmelidir. Belirlemek için *ASC*Ge*.txt* dosyalarından bakılabilir ($\Delta t = 54s$ için 33 dosya, $\Delta t = 180s$ için

108, $\Delta t = 360s$ için 53, $\Delta t = 900s$ için 218, $\Delta t = 1800s$ için 108 dosya). Daha önceden gf3 ile yapılan fitlemelerden kuvvetli piklerin kanal, r, stp, beta değerlerini not almıştık (Çizelge EK-3.3).

Çizelge EK-3.3 Piklerin Fitlenmesi İçin Kullanılacak Bazı Değerler (*cmd*.sh* için)

Element Adı	centroid	Enerji (Kev)	r	stp	bta	Count Area	Count Area Error
⁷⁵ Ge	1037	199	2.90	0.975	2.55	70066	607
⁷⁵ Ge	1381	265	1.31	0.09	2.73	562763	907
⁷⁵ Ge	2444	469	1.6	1.8	3.4	13467	1094

Ayrıca enerji kalibrasyon değerleri (0.669968_0.192090) belirlenmelidir. Bu bilgiler yardımıyla program hazırlanır. Program *sh_l_cmd*.sh* komutu ile çalıştırılır. Örneğin *gf3ASC*Ge_199.dat* dosyaları oluşmuştur. *h199_ASC*.C* dosyalarında düzenlenmelidir. Dosyalar düzenlendikten sonra *root (root_l_h199_ASC*.C)* komutu yardımı ile çalıştırılır. Bunun sonucunda enerji için yarı ömür bulunur. Bu program birinci dereceden polinom içermektedir ve bize katsayıları verir. Katsayılar doğruya ait olduğundan (denklem (12.4)) bozunma sabitini (λ) belirlemiş oluruz. Belirlenen enerji değerlerinde doğrusal çizimler yaptırılır. Her enerji için ayrı hesaplamalar yapıldıktan ve çizimleri görüldükten sonra artık veriler derlenmeli ve tek bir değer için konbine edilmelidir. Değerler tablo şeklinde ifade edilmelidir. Bunun için bir *exell (COMBINE.ods)* dosyasına ihtiyaç vardır.

***.dat Dosyaları *.c Dosyası İçine Konması ve Çalıştırılması**

Oluşan *.dat dosyaları *.c yazılımları için bir veri niteliğindedir. *.c yazılımı fitleme sonucunda oluşan verileri birinci dereceden polinom şeklinde görecektir ve lineer hale gelmiş sonuçları değerlendirecek ve lineer grafiğini verecektir.

EK-4

Yarı Ömür İçin Kullanılan Yazılımlardan Bazıları

Strip_2.vf yazılımı

```
program strip
implicit none
integer nmax,mmax
parameter(nmax=20000)
parameter(mmax=1000)
integer i,j,k,n,m,lt(0:mmax),rt(0:mmax),p,lttmp,cc(nmax,0:mmax),
&      cctmp(nmax,0:mmax),dt1(0:mmax),ltd(0:mmax),dcc1,
&      dt2(0:mmax),dcc2,dt3(0:mmax),dcc3,rtt(0:mmax),dcc4,dcc5,
&      dt4(0:mmax),dt5(0:mmax),r1step,r2step,r3step,r4step,
&      r5step
double precision dlt(0:mmax),drt(0:mmax),ccr(nmax,0:mmax),tmp,
&      cr(nmax,0:mmax)
character a*600,b*60,c*60,l,name(mmax)*60,c1*60,namec(mmax)*60

write(*,*) "Open list of files?(Y/N)" !note the *.Spe files are
input
read(*,*) l
if(l.eq."y".or.l.eq."Y") then
write(*,*) "Name of the file list?"
read(*,*) c
c1=trim(adjustl(c))
open(70,file=c1,status='old')
!      open(90,file="all.dat",status='unknown')
open(81,file='time_temp1.dat',status='unknown')
open(82,file='time_temp2.dat',status='unknown')
open(83,file='time_temp3.dat',status='unknown')
open(84,file='time_temp4.dat',status='unknown')
open(85,file='time_temp5.dat',status='unknown')
write(81,'(A)') "#name, live time, real time"
write(82,'(A)') "#name, live time, real time"
write(83,'(A)') "#name, live time, real time"
write(84,'(A)') "#name, live time, real time"
write(85,'(A)') "#name, live time, real time"
! read in
do m=1,608
read(70,*,END=607) a
c1=trim(adjustl(a))
write(*,*) c1
name(m)=a
open(50,file=c1,status='old')
read(50,*) b
read(50,*) b
read(50,*) b
read(50,*) b
read(50,*) b
read(50,*) b
read(50,*) b
read(50,*) b
read(50,*) b
```

```

        read(50,*) b
        read(50,*) lt(m),rt(m) !live time real time
        read(50,*) b
        read(50,*) i,n
        write(*,*) b,i,n
        do i=1,n
            read(50,'(i12)') cc(i,m)
        enddo
        write(*,*) "Sucsess","ASC"//c1,n
    enddo
607  continue
    close(50)
c sorting
    do j=1,m-1
        lttmp=1000000000
        do i=1,m-1
            if(lttmp.gt.lt(i)) then
                lttmp=lt(i)
                p=i
            endif
        enddo
        ltt(j)=lt(p)
        rtt(j)=rt(p)
        namec(j)=name(p)
        do k=1,n
            cctmp(k,j)=cc(k,p)
        enddo
        lt(p)=1000000
    enddo

! initialisation, to make the zero-th step as beginning
    ltt(0)=0
    rtt(0)=0
    do j=1,n
        ccr(j,0)=0.d0
        cctmp(j,0)=0
    enddo
    do i=1,m-1
        dlt(i)=dfloat(ltt(i)-ltt(i-1))
        drt(i)=dfloat(rtt(i)-rtt(i-1))
        do j=1,n
            ccr(j,i)=dfloat(cctmp(j,i)-cctmp(j,i-1))*drt(i)/dlt(i)
        enddo
    enddo

    do j=1,n
        cr(j,1)=ccr(j,1)
        do i=1,m-1
            cr(j,i)=ccr(j,i)+cr(j,i-1)
        enddo
    enddo
c output
! dt=54, step1=6, step2=0 only region 1
  r1step=3 !r1step is one half of step
  p=1
  do i=0+r1step,199-r1step,2*r1step

```

```

a=namec(i)
write (b, "(I3)") p
open(61,file="ASC1Ge"//trim(adjustl(b))//".asc",
& status='unknown')
dt1(i)=rtt(i+r1step)-rtt(i-r1step)
do j=1,n
  dcc1=int(cr(j,i+r1step)-cr(j,i-r1step))
  write(61,'((i12),A,(i12))' ) j-1,",",dcc1
enddo
write(81,'(A,(i8),(i8))' ) namec(i),rtt(i),dt1(i)
p=p+1
enddo

! dt=180, region 1 step 20, regionn 2 step 2
r1step=10
r2step=1 !r2step and r1step have to have to match
r1step*time1=r2step*time2 , for tungsten: 10*9=1*90
p=1
do i=0+r1step,199-r1step,2*r1step
write (b, "(I3)") p
open(62,file="ASC2Ge"//trim(adjustl(b))//".asc",
& status='unknown')
dt2(i)=rtt(i+r1step)-rtt(i-r1step)
do j=1,n
  dcc2=int(cr(j,i+r1step)-cr(j,i-r1step))
  write(62,'((i12),A,(i12))' ) j-1,",",dcc2
enddo
write(82,'(A,(i8),(i8))' ) namec(i),rtt(i),dt2(i)
p=p+1
enddo

do i=200+r2step,399-r2step,2*r2step
write (b, "(I3)") p
open(62,file="ASC2Ge"//trim(adjustl(b))//".asc",
& status='unknown')
dt2(i)=rtt(i+r2step)-rtt(i-r2step)
do j=1,n
  dcc2=int(cr(j,i+r2step)-cr(j,i-r2step))
  write(62,'((i12),A,(i12))' ) j-1,",",dcc2
enddo
write(82,'(A,(i8),(i8))' ) namec(i),rtt(i),dt2(i)
p=p+1
enddo

! dt=360, region 1 step 40, regionn 2 step 4
r1step=20
r2step=2
p=1
do i=0+r1step,199-r1step,2*r1step
write (b, "(I3)") p
open(63,file="ASC3Ge"//trim(adjustl(b))//".asc",
& status='unknown')
dt3(i)=rtt(i+r1step)-rtt(i-r1step)
do j=1,n
  dcc3=int(cr(j,i+r1step)-cr(j,i-r1step))
  write(63,'((i12),A,(i12))' ) j-1,",",dcc3

```

```

        enddo
        write(83,'(A,(i8),(i8))') namec(i),rtt(i),dt3(i)
        p=p+1
    enddo

    do i=200+r2step,399-r2step,2*r2step
        write (b, "(I3)") p
        open(63,file="ASC3Ge"//trim(adjustl(b))//".asc",
& status='unknown')
        dt3(i)=rtt(i+r2step)-rtt(i-r2step)
        do j=1,n
            dcc3=int(cr(j,i+r2step)-cr(j,i-r2step))
            write(63,'((i12),A,(i12))') j-1,",",dcc3
        enddo
        write(83,'(A,(i8),(i8))') namec(i),rtt(i),dt3(i)
        p=p+1
    enddo

! dt=900, region 2 setep 100 regionn 3 step 10
    r2step=50
    r3step=5
    r4step=1
    p=1
    do i=0+r2step,199-r2step,2*r2step
        write (b, "(I3)") p
        open(64,file="ASC4Ge"//trim(adjustl(b))//".asc",
& status='unknown')
!         dt4(i)=lvt(i+r2step)-lvt(i-r2step)
        dt4(i)=rtt(i+r2step)-rtt(i-r2step)
        do j=1,n
!             dcc4=cctmp(j,i+r2step)-cctmp(j,i-r2step)
            dcc4=int(cr(j,i+r2step)-cr(j,i-r2step))
            write(64,'((i12),A,(i12))') j-1,",",dcc4
        enddo
        write(84,'(A,(i8),(i8))') namec(i),rtt(i),dt4(i)
        p=p+1
    enddo

    do i=200+r3step,399-r3step,2*r3step
        write (b, "(I3)") p
        open(64,file="ASC4Ge"//trim(adjustl(b))//".asc",
& status='unknown')
        dt4(i)=rtt(i+r3step)-rtt(i-r3step)
        do j=1,n
            dcc4=int(cr(j,i+r3step)-cr(j,i-r3step))
            write(64,'((i12),A,(i12))') j-1,",",dcc4
        enddo
        write(84,'(A,(i8),(i8))') namec(i),rtt(i),dt4(i)
        p=p+1
    enddo

    do i=400+r4step,599-r4step,r4step
        a=namec(i)
        write (b, "(I3)") p
        open(64,file="ASC4Ge"//trim(adjustl(b))//".asc",
& status='unknown')

```

```

        dt4(i)=rtt(i+r4step)-rtt(i)
        do j=1,n
            dcc4=int(cr(j,i+r4step)-cr(j,i))
            write(64,'((i12),A,(i12))') j-1,",",dcc4
        enddo
        write(84,'(A,(i8),(i8))') namec(i),rtt(i)+dt4(i)/2,dt4(i)
        p=p+1
    enddo

! dt=1800, region 2 setep 200 regionn 3 step 20
    r1step=10
    r3step=1
    p=1
    do i=200+r1step,399-r1step,2*r1step
        write (b, "(I3)") p
        open(65,file="ASC5Ge"//trim(adjustl(b))//".asc",
& status='unknown')
! dt4(i)=lvt(i+r1step)-lvt(i-r1step)
        dt4(i)=rtt(i+r1step)-rtt(i-r1step)
        do j=1,n
! dcc4=cctmp(j,i+r1step)-cctmp(j,i-r1step)
            dcc4=int(cr(j,i+r1step)-cr(j,i-r1step))
            write(65,'((i12),A,(i12))') j-1,",",dcc4
        enddo
        write(85,'(A,(i8),(i8))') namec(i),rtt(i),dt4(i)
        p=p+1
    enddo

    do i=400+r3step,599-r3step,2*r3step
        write (b, "(I3)") p
        open(65,file="ASC5Ge"//trim(adjustl(b))//".asc",
& status='unknown')
        dt4(i)=rtt(i+r3step)-rtt(i-r3step)
        do j=1,n
            dcc4=int(cr(j,i+r3step)-cr(j,i-r3step))
            write(65,'((i12),A,(i12))') j-1,",",dcc4
        enddo
        write(85,'(A,(i8),(i8))') namec(i),rtt(i),dt4(i)
        p=p+1
    enddo

    else
        write(*,*) "Wrong!!!"
    endif
end

```

new.sh yazılımı

```

#! /bin/bash
rm *.asc
rm *.spe
filename="Ge.txt"
gfortran strip_v2.f -o strip_v2
echo -e "Y\n $filename" |./strip_v2
filename1="ASC1"$filename

```

```

filename2="ASC2"$filename
filename3="ASC3"$filename
filename4="ASC4"$filename
filename5="ASC5"$filename
touch "$filename1"
echo $filename1
ls ASC1Ge*.asc -t --width=1 > $filename1
echo -e "4\nY\n $filename1" | /home/alp/Downloads/rw05/src/spec_ascii
touch "$filename2"
echo $filename2
ls ASC2Ge*.asc -t --width=1 > $filename2
echo -e "4\nY\n $filename2" | /home/alp/Downloads/rw05/src/spec_ascii
touch "$filename3"
echo $filename3
ls ASC3Ge*.asc -t --width=1 > $filename3
echo -e "4\nY\n $filename3" | /home/alp/Downloads/rw05/src/spec_ascii
touch "$filename4"
echo $filename4
ls ASC4Ge*.asc -t --width=1 > $filename4
echo -e "4\nY\n $filename4" | /home/alp/Downloads/rw05/src/spec_ascii
touch "$filename5"
echo $filename5
ls ASC5Ge*.asc -t --width=1 > $filename5
echo -e "4\nY\n $filename5" | /home/alp/Downloads/rw05/src/spec_ascii

```

cmd1.sh vazılımı

```

# ! /bin/bash
rm gfnit.cmd
rm gf3.sto
gfortran gf3read.f -o gf3read
cp time_temp1.dat time_temp.dat
# echo -e "Y\n $filename" |
/home/can/2_NICKEL_ANALYSES/HALFLIFEDENEME7/gf3read
echo "log
ds0
ec
y
-0.669968 0.192090" >> gfnit.cmd #add your own calibration!!!

## 199 keV

for((k=1;k<=33;k=k+1));
do
echo "sp ASC1Ge$k.spe
ft 1
987
1087
1037
r
2.9
stp
0.975
bta
2.55

```

```

sa 1
sa -1" >> gfinit.cmd
done

#
echo "st
y" >> gfinit.cmd

echo -e " " | ../../../../Downloads/rw05/src/gf3
mv gf3.sto ASC1Ge_199.dat

echo -e "n\n ASC1Ge_199.dat" | ./gf3read

## 264 keV

rm gfinit.cmd
rm gf3.sto
gfortran gf3read.f -o gf3read

echo "log
ds0
ec
y
-0.669968 0.19209" >> gfinit.cmd #add your own calibration!!!

for((k=1;k<=33;k=k+1));
do
echo "sp ASC1Ge$k.spe
ft 1
1331
1431
1381
r
1.31
stp
0.09
bta
2.73

sa 1
sa -1" >> gfinit.cmd
done

#
echo "st
y" >> gfinit.cmd

echo -e " " | ../../../../Downloads/rw05/src/gf3
mv gf3.sto ASC1Ge_264.dat

echo -e "n\n ASC1Ge_264.dat" | ./gf3read

## 469 keV

rm gfinit.cmd
rm gf3.sto

```



```
gfortran gf3read.f -o gf3read

echo "log
ds0
ec
y
-0.669968 0.19209" >> gfinit.cmd #add your own calibration!!!

for((k=1;k<=33;k=k+1));
do
echo "sp ASC1Ge$k.spe
ft 1
2394
2494
2444
r
1.6
stp
1.8
bta
3.4

sa 1
sa -1" >> gfinit.cmd
done

#
echo "st
y" >> gfinit.cmd

echo -e " " | ../../../../Downloads/rw05/src/gf3
mv gf3.sto ASC1Ge_469.dat

echo -e "n\n ASC1Ge_469.dat" | ./gf3read
```