

**T.C.**  
**RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**COMPTON SAÇILMASINA KİMYASAL ETKİNİN KATKISININ**  
**ÖLÇÜLMESİ**

**MİNE KAYA**

**TEZ DANIŞMANI**  
**PROF. DR. MEHMET ŞAHİN**  
**TEZ JÜRİLERİ**  
**PROF. DR. LÜTFÜ DEMİR**  
**PROF. DR. HASAN KARABULUT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**FİZİK ANABİLİM DALI**

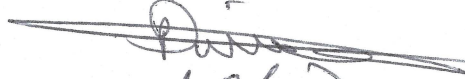

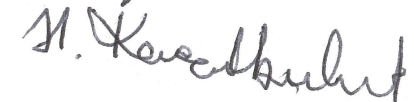
**RİZE-2015**

**Her Hakkı Saklıdır**

T.C  
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

COMPTON SAÇILMASINA KİMYASAL ETKİNİN KATKISININ  
ÖLÇÜLMESİ

Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN danışmanlığında, Mine KAYA tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 21/05/2015 tarihinde Fizik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Ünvanı Adı Soyadı	İmzası
Başkan :	Prof. Dr. Lütfü DEMİR	
Üye :	Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN	
Üye :	Prof. Dr. Hasan KARABULUT	

  
Prof. Dr. Selami ŞAŞMAZ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmada Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi ve Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünde yapılmıştır. Bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde tecrübelerini ve bilgilerini esirgemeyen çok değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN'e ve Prof. Dr. Ali GÜROL'a en içten şükranlarımı arz ederim.

Bu çalışmada hazırlanan bazı numuneler ve laboratuvar malzemeleri için; Mr. Prof. Dr. Wolf WEYRICH'ın bana ve çalışma arkadaşlarıma sağlamış olduğu imkanlardan dolayı teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım süresince benden desteğini esirgemeyen Sayın Doktor Zeynep UZUNOĞLU'na ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu zamana kadar her türlü desteğini esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Mine KAYA

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan Compton saçılmasına kimyasal etkinin katkısının ölçülmesi başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 21/05/2015

Mine KAYA

***Uyarı:** Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.*

## ÖZET

### COMPTON SAÇILMASINA KİMYASAL ETKİNİN KATKISININ ÖLÇÜLMESİ

**Mine KAYA**

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Fizik Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi  
Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN**

Bu çalışmada, kimyasal bağların bir fonksiyonu olarak atomların X-ışını saçılmaları çalışılmıştır. Diğer araştırmacılardan tamamen farklı bir yöntem kullanılmıştır. Literatürde kimyasal etki çalışmaları incelendiğinde genellikle bir birleriyle benzer oldukları görülebilmektedir. Bizim bilgilerimize göre, yapılan çalışmalarda bulunan etki değerleri hemen hemen hata sınırları içinde kalmaktadır. Sunulan çalışmada, hata sınırları dışında net etkiyi gözlemleyecek bir yöntem önerildi.

SiC, B<sub>4</sub>C, CaCO<sub>3</sub>, ve C (grafit) numunelerinden saf Compton pikleri elde edildi. Bu piklerden serbest elektronlara ait sayımları pik analizi ile elde edildi. Bağ enerjileri teorik olarak hesaplandı. Deney de verimi 1 olan HpGe detektörü kullanıldı. Kaynak olarak 1 Ci (curie) <sup>241</sup>Am halka kaynak kullanıldı. Elde edilen sayımlarla bağ enerjileri arasında bir ilişki gözlemlendi.

**2015, 35 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Kimyasal Etki, Bağ Enerjisi, Compton Saçılması.

## **ABSTRACT**

### **MEASUREMENT THE CONTRIBUTION OF THE CHEMICAL EFFECT ON THE COMPTON SCATTERING**

**Mine KAYA**

**Recep Tayyip Erdoğan University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Physics  
Master Thesis  
Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN**

In this study, the x-ray scattering of atoms was studied as a function of chemical bonds. When the chemical effect studies are investigated in the literature, it can be seen that all studies almost are the similar. As for as the author's knowledge, a completely different technique was used in this study according to the mentioned methods in literature. It can be seem that the values reported by different researchers were in the margin of error approximately. In the presented study, a method enabling to observe the net effect that is outside the margin of error has been suggested.

The pure Compton peaks were obtained from SiC, B<sub>4</sub>C, CaCO<sub>3</sub>, and C (graphite) samples. Counts belonging to the free electrons have been analyzed from these peaks. The bounding energies were calculated theoretically. HpGe detector which has efficiency value as 1 has been used in the experiment. 1 Ci (curie) <sup>241</sup>Am ring was used as the source material. A relation has been observed between the chemical bonds from the obtained counts.

**2015, 35 pages**

**Keywords:** Chemical Effect, Bonding Energy, Compton Scattering.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET .....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. X-Işınları.....	3
1.2.1. X-Işınlarının Özellikleri.....	3
1.2.2. Elektromanyetik Dalgaların Madde ile Etkileşmesi .....	4
1.2.2.1. Compton Saçılması .....	5
1.2.2.2. Hareketli ve Serbest Elektronlardan Compton Saçılması.....	8
1.2.2.3. Koherent Saçılma.....	10
1.2.2.4. Çift Oluşumu.....	10
1.2.2.5. Fotoelektrik Olay .....	11
1.3. Tesir Kesiti.....	11
1.4. Spektral Çizgi Şekilleri.....	12
1.4.1. Doğal Çizgi Genişliği .....	13
1.4.2. Doppler Genişlemesi.....	15
1.5. Kimyasal Etkiyi Açıklamada Kullanılan Bazı Terimler.....	16
1.5.1. Bağ Karakteristikleri.....	17
1.5.1.1. Bağ Enerjileri.....	17
1.5.1.2. Bağ Uzunlukları.....	17
1.5.1.3. Bağ Açılırları.....	18
1.5.2. Kimyasal Bağ Çeşitleri .....	18
1.5.2.1. İyonik Bağ.....	18
1.5.2.2. Kovalent Bağ .....	18
1.5.2.3. Metalik Bağ.....	19

1.5.3.	Elektronegatiflik .....	19
1.5.4.	Elektron İlgisi .....	20
1.5.5.	İyonlaşma Enerjisi .....	20
1.5.6.	Oksidasyon Sayısı.....	20
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	21
2.1.	HpGe Detektörlü Ölçüm Sistemi.....	21
2.2.	Sayma Sistemi.....	22
2.2.1.	Yüksek Voltaj Kaynağı.....	22
2.2.2.	Ön Yükseltici .....	23
2.2.3.	Yükseltici .....	23
2.2.4.	Analog Dijital Dönüştürücü.....	24
2.2.5.	Çok Kanallı Analizör (MCA) .....	24
2.3.	Numunenin Hazırlanması .....	24
2.4.	Detektör Verimi .....	25
3.	BULGULAR.....	26
4.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR .....	30
5.	ÖNERİLER.....	31
	KAYNAKLAR .....	32
	ÖZGEÇMİŞ .....	35



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Karakteristik çizgiler (Mo kaynak). .....	3
Şekil 2. Elektromanyetik radyasyonun maddeyle etkileşimi.....	5
Şekil 3. Bağlı ve serbest elektronların Compton piki.....	5
Şekil 4. Compton Saçılması.....	6
Şekil 5. Compton saçılmasında momentumun korunumu.....	7
Şekil 6. Hareketli ve serbest elektronlardan compton saçılması. ....	9
Şekil 7. Çift oluşumu. ....	11
Şekil 8. Spektral çizgi şekillenimi .....	12
Şekil 9. Deney sisteminin genel görünümü. ....	21
Şekil 10. Numune odası.....	22
Şekil 11. SiC' nin ham spektrumu.....	26
Şekil 12. SiC, CaCO <sub>3</sub> , B <sub>4</sub> C, C(Grafit) numunelerinin Compton piki. ....	28
Şekil 13. Serbest elektron bağ enerjisi grafiği.....	29

## TABLÖLAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Numunelerin özellikleri.....	25
<b>Tablo 2.</b> Deney Sonuçları.....	27

## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Sn	Kalay
SnO <sub>2</sub>	Kalay Oksit
eV	Elektron-volt
I <sub>0</sub>	Numuneye Gelen Işının Şiddeti
I	Numuneden Çıkan Işının Şiddeti
dΩ	Katı Açı
r <sub>e</sub>	Klasik Elektron Yarıçapı
k	Elektronun Durgun Kütle Enerjisi
S(x,z)	İnkoherent saçılma fonksiyonu
β	Beta Parçacığı
γ	Gama Işınması
Z	Atom Numarası
t	Maddenin Kalınlığı
V	Ortalama Genişlik
e <sup>-</sup>	Elektron
e <sup>+</sup>	Pozitron
f	Etkin Alan Kesri
N	Foton Sayısı
σ	Standart Sapma
s	s Orbitali
p	p Orbitali
HpGe	High Purity Germanium Detektörü
ADC	Analog Dijital Dönüştürücü
MCA	Çok Kanallı Analizör
HV	Yüksek Voltaj Kaynağı

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

Saf atomların X-Işını floresans verim, X-Işını üretim tesir kesitleri, geçiş oranları, diferansiyel saçılma tesir kesitleri günümüzde oldukça iyi teorik ve deneysel olarak ölçülmekte ve hesaplanmaktadır. Fakat atomlar bireysel olarak tek başlarına bulunmazlar. Atomlar molekül yapıda ya da kristal yapıda bulunurlar. Dolayısıyla başka atomlarla ya da kendisi gibi atomlarla kimyasal bağlarla bağlıdırlar. Kimyasal bağ yapan atom artık farklı bir yapı içindedir. Bu yeni durumun atomların yukarıdaki X-ışını nicelikleri üzerine etkisi nedir? Bu soru ilk defa 1924 Lindh ve Lundgusat tarafından sorulmuş ve bir cevap aranmıştır. Bu araştırmacılar Rombik sülfür, sülfat ve çeşitli metallerin  $K_{\beta}$  çizgilerinin rölativ şiddetlerinin ölçümünü yapmışlardır. Bu çalışmada  $K_{\beta}$  emisyon şiddetlerini seçmelerinin sebebi dış tabaka elektronlarının kimyasal etkiye daha açık olmasıdır. Eğer S tabakasından bir elektron dışarıya atılırsa bunun perdeleme etkisi diğerlerine göre daha düşük olacağından, dış tabakadaki bir elektron üzerinde çekirdeğin etkisi daha büyük olacaktır. Dolayısıyla bu atomun elektronik yapısını değiştirecektir.  $K_{\beta}$  ışınması ise en dış tabaka elektronlarından K tabakasına geçişi içerdiğinden kimyasal etkiyi incelemenin en iyi yollarından biri olarak görülmüştür.

Kimyasal etki hafif elementlerde daha etkilidir. Bundan dolayı bu konudaki çalışmalar ağırlıklı olarak hafif elementler üzerine yapılmıştır. Bu elementlerde valans elektronları L kabuğu içindedir. Daha sonra bileşiklerde ve diğer metallerde kimyasal etki Sumbaer ve arkadaşları tarafından çalışıldı. Bu çalışmalarında özellikle Sn ve SnO<sub>2</sub> çalışmışlardır. Enerji seviyelerindeki kaymaları K tabakası için  $\Delta K = -1,3$  eV, L tabakası için -1,1 eV ve M tabakası içinde -1,1eV vermişlerdir. Bunun yanında bazı araştırmacılarda Sarode ve Chetal Meder toprak metallerinin alaşımlarında soğurma kıyıları üzerine kimyasal etki çalışmışlardır. Bunlardan sonra Kuahwaha Noder toprak metalleri ve onların oksitleri üzerine çalışmıştır. Kuahwaha'dan sonra Adhyapak, Vaingankar gibi araştırmacılarda soğurma kıyıları üzerine kimyasal etkiyi çalışmışlardır. Soğurma kıyıları kristaldeki mevcut enerji bantları ile ilgili bilgi sağladığından X-Işını emisyon spektrumu metal ve yalıtkanların iletim ve valans bandlarını araştırmada oldukça faydalı bir tekniktir. Kimyasal etki özellikle 1980 den

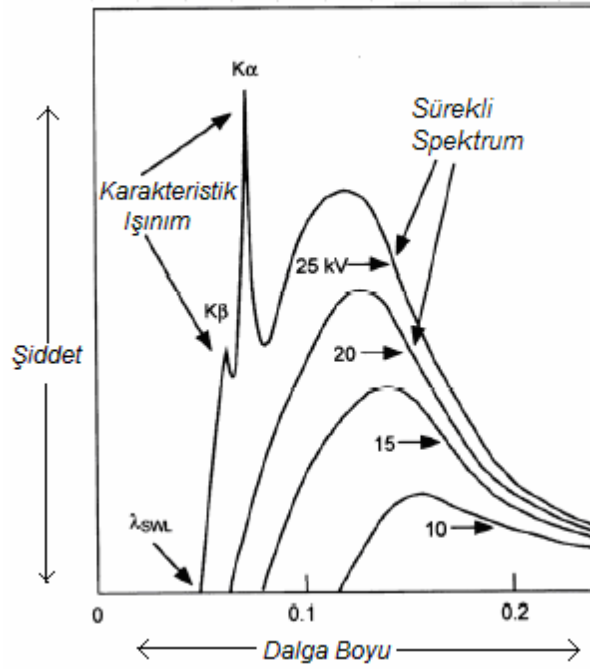
sonra yoğun olarak çalışılmıştır. Bu çalışmalar ağırlıklı olarak X-Işını geçiş şiddetleri, X-Işını üretim tesir kesitleri, floresans verim üzerine yoğunlaşmıştır. Kimyasal etki 3d grubu elementlerde daha net gözükeceği düşünülerek birçok araştırmacı tarafından bu gruba dahil olan elementler üzerinde çalışılmıştır. (Bianconi vd., 1985; Mukoyama vd., 1986; Arndt vd., 1982; Söğüt vd., 2002).

Yukarıdaki çalışmalarda, daha çok şiddet oranları floresans tesir kesitleri ve Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri üzerine çalışılmıştır. K X-Işınlarıyla ilgili olarak  $\frac{K_{\beta}}{K_{\alpha}}$  şiddet oranlarına kimyasal etki Mukoyama vd., 1986; Arndt vd., 1982; Küçükönder vd., 1993; çalışmışlardır. Bu araştırmacılar sonuçları oksidasyon sayısına atomun perdeleme etkisine göre yorumlamışlardır. Kupriyanova arseniğin X-Işını emisyon spektrumunda çizgi şiddetlerine kimyasal bağın etkisini araştırmıştır. Yine bir başka araştırmacı  $\frac{K_{\beta}}{K_{\alpha}}$  şiddet oranı üzerine kimyasal etkiyi Mn(mangan) un valans bandının bileşiklerinde aldığı değerlere göre yorumlamıştır Kataria vd., 1986; Krom bileşiklerinde  $K_{\beta}$  spektrumunun doğal çizgi genişliği ve şiddeti oksidasyon durumuna bağlı olarak çalışılmıştır (Deluigi vd., 2006;). K X-Işını floresans verimi üzerine ortamın etkisi çalışılmıştır (Quarles vd., 1986; ) bahsedilen çalışmaların ve diğer literatür çalışmalarını genel özelliği benzer çalışmalardır. Ayrıca sonuçların yorumlanması teoriden ziyade önseziye dayanarak yapılmıştır. Çalışmaların çoğunluğunda gözlenen etki hata sınırları içinde kalmaktadır. Bundan dolayı biz bu çalışmamızda farklı bir yöntem önerdik. Kimyasal etkinin temelinde son yörünge elektronlarının bağ yapmış olduğu düşünülerek bu elektronlar aslında atomun en serbest elektronlarıdır. Compton saçılması ise ağırlıklı olarak serbest elektronlarla radyasyonun etkileşmesi sonucu olmaktadır. Dolayısıyla Compton saçılmasından kimyasal bağ hakkında bilgi edinilebilir. Compton profili çalışmalarına bakılırsa spektrum iki kısımdan oluşmaktadır. Bir serbest elektronlardan saçılma, diğeri bağlı elektronlardan saçılma. Deneysel düzenek güzel bir şekilde kurulursa ve spektrum oldukça iyi analiz edilirse, serbest elektronlardan ve bağlı elektronlardan saçılmalar ayırt edilebilir. Kimyasal bağ ile özellikle serbest elektronlardan saçılma sayısı arasında bir ilişkinin olacağı açıktır. Tezimiz bu doğrultuda deneysel araştırma ile yapılmış bir çalışmadır.

## 1.2. X-Işınları

### 1.2.1. X-Işınlarmın Özellikleri

Hedeften gelen ışınlar analiz edildiği zaman, ışınların farklı dalga boylarında (sürekli spektrum) olduğu ve şiddetin dalga boyu ile değişiminin tüp gerilimine bağlı olduğu görülür. Bir X-Işınları tüpünde gerilim hedef metal için karakteristik olan belirli bir değerin üstüne yükseltirse belirli bazı dalga boylarında sürekli spektruma ilave olarak keskin şiddet maksimumları görülür. Bunlar çok dar ve dalga boyları kullanılan hedef metalin karakteristiği olduğundan bunlara karakteristik çizgiler denir (Şekil 1.).



Şekil 1. Karakteristik çizgiler (Mo kaynak).

Bu çizgiler K, L, M gibi artan dalga boyları sırasında muhtelif takımlara ayrılırlar ve çizgilerin hepsi birden kullanılan hedef metalin karakteristik spektrumunu oluşturur. Daha uzun dalgaboylu çizgiler örnek tarafından kolayca soğuruldukları için, X-Işınlarmın kırınım deneylerinde genelde hep K çizgileri kullanılır. K takımında çeşitli çizgiler vardır. Fakat normal bir kırınım çalışmasında yalnız en kuvvetli üç çizgi kullanılır. Bu çizgiler  $K_{\alpha 1}$ ,  $K_{\alpha 2}$ ,  $K_{\beta 1}$  dir ve bir molibden kaynak için bunların dalga boyları;

$$K_{\alpha 1}: 0,70926 \text{ \AA}$$

$$K_{\alpha 2}: 0,71354 \text{ \AA}$$

$$K_{\beta 1}: 0,63225 \text{ \AA}$$

olarak bilinir. X-ışınları kırınım deneyinde kullanılmak istenen K çizgileri dışında kalan ışımalar çeşitli yöntemlerle filtrelenir.

### 1.2.2. Elektromanyetik Dalgaların Madde ile Etkileşmesi

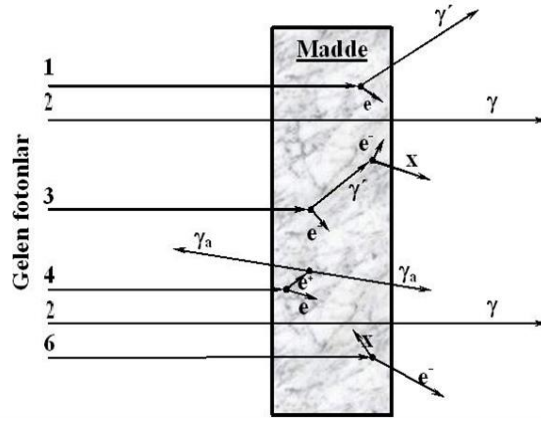
Tek renkli bir X veya gama ışını demeti bir maddeden geçerse, demetin şiddetinde bir azalma olur. Demet şiddeti  $I_0$  olmak üzere demetin  $dx$  kalınlığındaki bir maddeyi geçtikten sonraki şiddeti  $I$  ise şiddetteki azalma maddenin X veya gama ışını soğurulma kat sayısına bağlı olarak değişir. Gelen ve geçen şiddet arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir;

$$I=I_0 \cdot e^{-\mu x} \quad (1)$$

Burada  $\mu$  ( $\text{cm}^{-1}$ ), lineer soğurma katsayısı olup birim kalınlık başına düşen soğurulma olarak tarif edilmektedir.

X-ışınının madde ile etkileşmesi sonucunda;

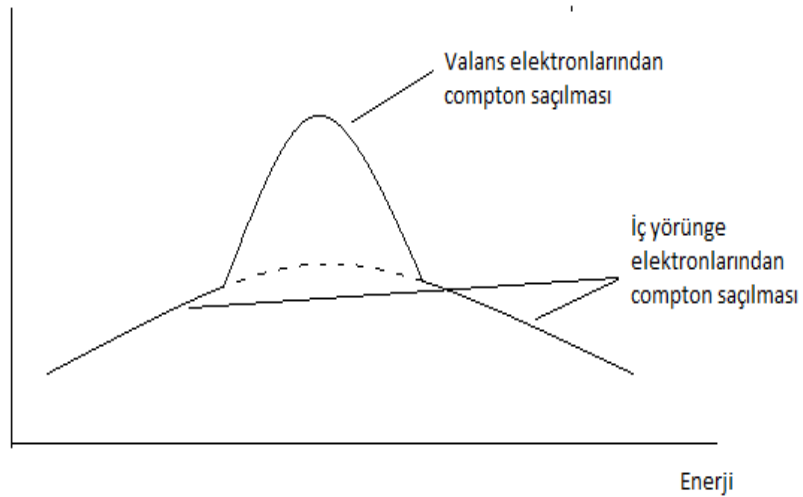
- Koherent saçılması
  - Compton saçılma
  - Hareketli ve serbest elektronlardan Compton saçılması
  - Fotoelektrik olay
  - Çift oluşumu
- meydana gelir.



**Şekil 2.** Elektromanyetik radyasyonun maddeyle etkileşimi.

### 1.2.2.1. Compton Saçılması

Compton saçılması, bir fotonunun başlangıçta durgun ve serbest elektronlardan enerji kaybederek saçılma olarak tarif edilebilir. Atomdaki elektronların bağlanma enerjisi gelen foton enerjisi yanında çok küçük ise özellikle son yörünge elektronları serbest bir elektron gibi ele alınabilir.



**Şekil 3.** Bağlı ve serbest elektronların Compton piki.

İnelastik saçılma da saçılan fotonlar çoğunlukla anizotropik dağılım gösterirler ve aynı zamanda farklı enerjilerde farklı açılara sahip olurlar. Gelen ve saçılan foton arasında  $\theta$  açısı yaparak  $d\Omega$  katı açısı içine saniyede saçılan fotonların sayısının bilinmesi önemlidir. Bunun için açığa bağımlı diferansiyel tesir kesiti tanımlanır.



Diferansiyel tesir kesiti, birim katı açılı başına düşen tesir kesiti ( $d\sigma/d\Omega$ ) olarak tarif edilmekte ve inkoherent (Compton) saçılma diferansiyel tesir kesiti,

$$\frac{d\sigma_{inc}(\theta)}{d\Omega} = \frac{d\sigma_{KN}(\theta)}{d\Omega} S(x,Z) \quad (2)$$

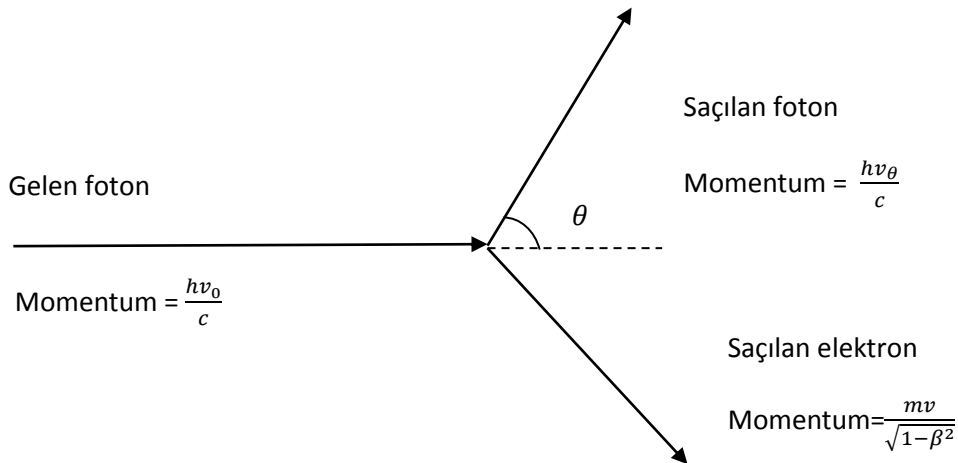
ifadesi ile verilmektedir. Burada  $\frac{d\sigma_{KN}}{d\Omega}$  Klein-Nishina diferansiyel tesir kesiti olup polarize olmamış fotonlar için,

$$\frac{d\sigma_{KN}}{d\Omega} = \frac{1}{2} r_0^2 \left[ 1 + k(1 - \cos \theta) \right]^{-2} \left[ 1 + \cos^2 \theta + \frac{k^2(1 - \cos \theta)^2}{1 + k(1 - \cos \theta)} \right] \left( \frac{cm^2 / elektron}{steradian} \right) \quad (3)$$

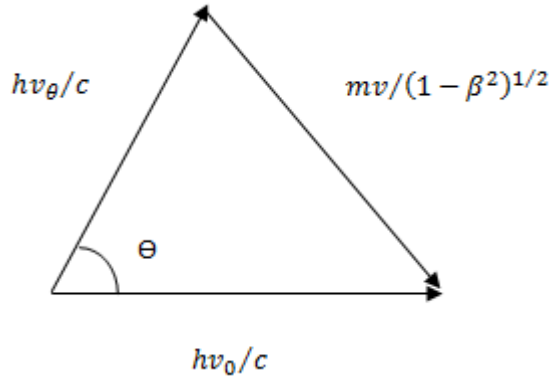
ifadesiyle verilmektedir. Burada  $k = E(eV) / 511003,4$  elektronun durgun kütle enerjisi ve  $r_e$  klasik elektron yarıçapıdır. (2) ifadesindeki  $S(x,Z)$  inkoherent saçılma fonksiyonu olup

$$X = \sin(\theta/2)/\lambda \quad (4)$$

ifadesiyle verilen momentum transferidir.



**Şekil 4.** Compton Saçılması (Kabil, 2012).



**Şekil 5.** Compton saçılmasında momentumun korunumu (Kabil, 2012).

Şekil 4' de  $\nu_0$  frekanslı bir X-ışını fotonunun bir elektrondan saçılması gösterilmiştir. Burada  $h$  Planck sabiti,  $c$  ışık hızı  $\theta$  saçılma açısı, ilk momentum  $h\nu_0/c$  ve saçılan fotona saçılan elektronun momentumlarının bileşkesi  $h\nu_\theta/c$ 'dir. Momentumun korunumu ilkesine göre saçılan elektronun momentumu, gelen ve saçılan fotonun momentumlarının vektörel farkına eşittir.

$$m\beta c / \sqrt{1 - \beta^2} \quad (5)$$

biçimindeki elektronun momentumu şu şekilde verilmiştir;

$$\left( \frac{m\beta c}{\sqrt{1 - \beta^2}} \right)^2 = \left( \frac{h\nu_0}{c} \right)^2 + \left( \frac{h\nu_\theta}{c} \right)^2 + 2 \frac{h\nu_0}{c} \cdot \frac{h\nu_\theta}{c} \cos \theta \quad (6)$$

Burada  $\beta$  geri tepen elektronun hızının ışık hızına oranıdır. Fakat saçılan fotonun  $h\nu_\theta$  enerjisi, gelen fotonun  $h\nu_0$  enerjisi ile saçılan elektronun kinetik enerjileri farkına eşittir. Bu ilişki şu şekildedir;

$$h\nu_\theta = h\nu_0 - mc^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \quad (7)$$

$\beta$  ve  $\nu_0$  olmak üzere iki bilinmeyenli iki bağımsız eşitliğin çözümü ile;

$$\nu_\theta = \nu_0 / \left( 1 + 2a \sin^2 \frac{1}{2} \theta \right) \quad (8)$$

eşitliği elde edilir. Burada

$$\alpha = hv_0/mc^2 = h/mc\lambda_0 \quad (9)$$

biçimindedir. Dalgaboyu cinsinden

$$\lambda_\theta = \lambda_0 + (2h/mc)\sin^2\frac{1}{2}\theta \quad (10)$$

Eşitlik (7)' den ;

$$\frac{1}{(1-\beta^2)} = \{1 + \alpha[1 - (v_\theta/v_0)]\}^2 \quad \text{veya } \beta \text{ 'nın açık ifadesi} \quad (11)$$

$$\beta = 2\alpha \sin\frac{1}{2}\theta \frac{\sqrt{1+(2\alpha+\alpha^2)\sin^2\frac{1}{2}\theta}}{1+2(\alpha+\alpha^2)\sin^2\frac{1}{2}\theta} \quad (12)$$

olarak bulunur. Klasik teoriye göre Doppler kayması;

$$v_\theta = \frac{v_0}{\left(1 + \frac{2\beta'}{1-\beta'} \sin^2\frac{1}{2}\theta\right)} \quad (13)$$

Burada  $\beta'c$  elektronun hızıdır. Bu ifade, denklem (8) ile aynıdır.

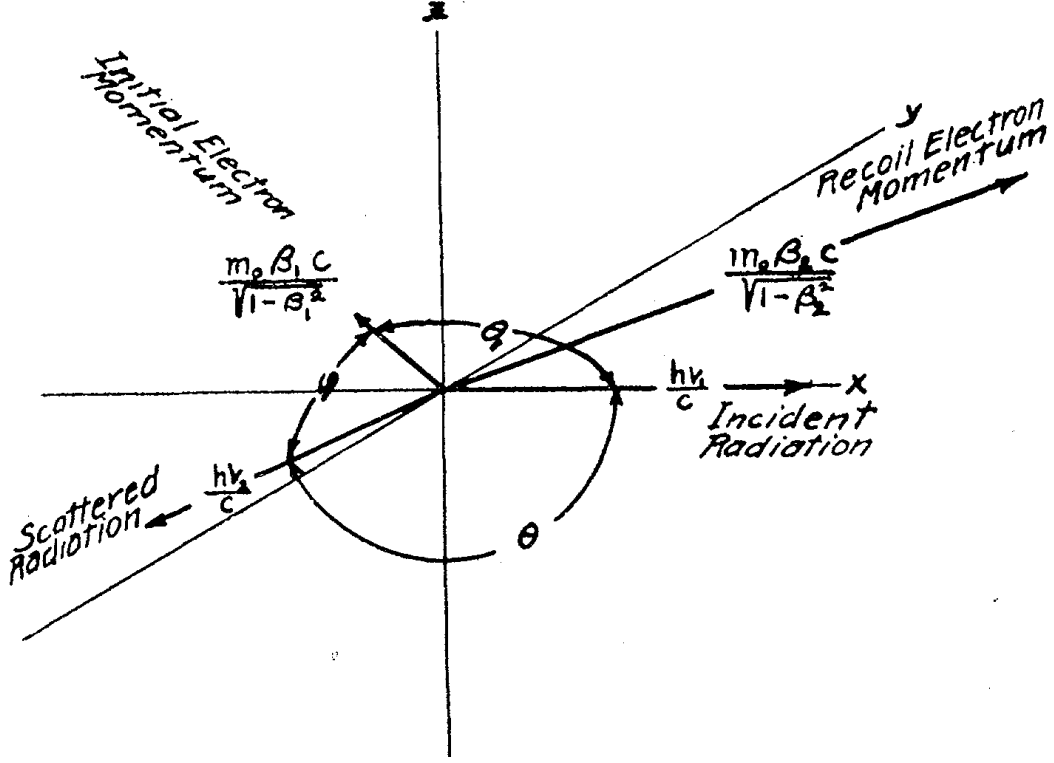
$$\alpha = \frac{\beta'}{1-\beta'} \quad \text{veya} \quad \beta' = \frac{\alpha}{1+\alpha} \quad (14)$$

yazılırsa her iki ifadenin de aynı olduğu görülür (Kabil vd., 2012; Tartar, 2007).

### 1.2.2.2. Hareketli ve Serbest Elektronlardan Compton Saçılması

İlk olarak başlangıçta hareket eden ve  $\theta$  saçılma açısıyla bir kuantum saçan elektronların genel durumu şekil 6. daki gibidir. Burada  $v_1$  = etkileşmenin orijinde olduğu pozitif x-ekseni yönünde yayılan kuantumun başlangıç frekansı,  $\beta_{1c}$  etkileşmeden önceki elektronun hızı,  $a_1, b_1, c_1$ , hızının kosinüsleri ve  $a_1 = \cos \theta_1$  yani  $\theta_1$  elektronun başlangıç hızı ile x-ekseni arasındaki açıdır. Saçılan kuantum  $v_2$

frekansına sahip ve  $p, q, r$  yön kosinüsleriyle tanımlanan yayılma yönü elektronların başlangıç hızıyla  $\theta$  açısı ve OX ile  $\theta$  açısı yapsın.



Şekil 6. Hareketli ve serbest elektronlardan Compton saçılması.

$$\cos\phi = (a_1 p + b_1 q + c_1 r) \quad (15)$$

$$p = \cos\theta \quad (16)$$

Geri tepme elektronları  $a_2, b_2, c_2$  kosinüsleri ile tanımlanan yönde  $\beta_2 c$  final hızına sahip olursa (Jesse ve Dumand, 1929), varsayımı dört denklem verir.

$$h\nu_1 + m_0 c^2 / (1 - \beta_1^2)^{1/2} = h\nu_2 + m_0 c^2 / (1 - \beta_2^2)^{1/2} \quad (17)$$

$$h\nu_1 / c + (m_0 \beta_1 c / (1 - \beta_1^2)^{1/2}) a_1 = (h\nu_2 / c) p + (m_0 \beta_2 c / (1 - \beta_2^2)^{1/2}) a_2 \quad (18)$$

$$(m_0 \beta_1 c / (1 - \beta_1^2)^{1/2}) b_1 = (h\nu_2 / c) q + (m_0 \beta_2 c / (1 - \beta_2^2)^{1/2}) b_2 \quad (19)$$

$$(m_0 \beta_1 c / (1 - \beta_1^2)^{1/2}) c_1 = (h\nu_2 / c) r + (m_0 \beta_2 c / (1 - \beta_2^2)^{1/2}) c_2 \quad (20)$$

$a_2, b_2, c_2$  ve  $\beta_2$ 'yi elemine edilirse ve  $\alpha = h\nu_1 / m_0 c^2$  olursa:

$$v_2 = v_1 \frac{1 - \beta_1 \cos \theta_1}{1 - \beta_1 \cos \phi + 2\alpha(1 - \beta_1^2)^{1/2} \sin^2 \theta / 2} \quad (21)$$

elde edilir.

$v = c/\lambda$  ve değişim için olan üniteye kıyasla  $\beta^2$  ihmal edilirse

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{\beta_1(\cos \theta_1 - \cos \phi)}{1 - \beta_1 \cos \theta_1} \lambda_1 + \frac{2\alpha \lambda_1 \sin^2 \theta / 2}{1 - \beta_1 \cos \theta_1} \quad (22)$$

Burada ikinci terim basit ‘‘Compton değişimi’’ ne karşılık gelirken ilk terim elektronun başlangıç hızından kaynaklı değiştirilmiş pozisyondan sapmayı temsil eder.

### 1.2.2.3. Koherent Saçılma

Elastik veya Rayleigh saçılması olarak da adlandırılan Koherent saçılmada gelen fotonların enerji ve fazlarında saçılmadan sonra herhangi bir değişiklik meydana gelmez. Koherent saçılmada, gelen fotonla saçılan fotonun dalgaboyları aynıdır. Bu saçılma olayında gelen ve saçılan radyasyonun toplam şiddeti, her bir elektron tarafından saçılan radyasyonun genliklerinin toplamı ile bulunur ve bu toplam karesel dir. Bu olay çoğunlukla düşük enerjilerde ve yüksek  $Z$ 'li ortamlarda meydana gelir.

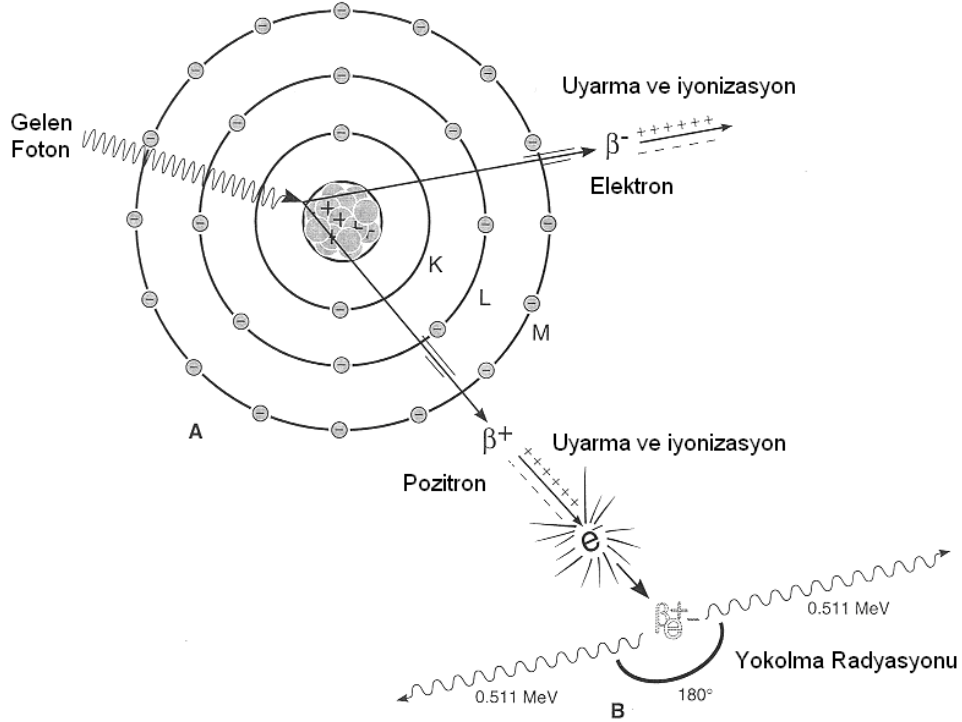
### 1.2.2.4. Çift Oluşumu

Çift oluşumu, çekirdeğin etki alanına giren bir fotonun bir elektronla ( $e^-$ ) bir pozitrona ( $e^+$ ) dönüşmesi olayıdır.

$$\gamma \text{ fotonu} \rightarrow e^- + e^+ \quad (23)$$

Elektron ve pozitronun kütleleri birbirine eşit fakat zıt işaretlidir. Aynı zamanda bu olay çekirdek etrafında olduğundan hiçbir korunum ilkesi bozulmuş olmaz. Yani, hem yük hem çizgisel momentum ve hem de toplam enerji korunmuş olur. Bu olay Şekil 7. Çift oluşumu. 'de gösterilmiştir. Bu olay için eşik enerjisi  $m_0c^2 = 0,511 \text{ MeV}$  'dir. Bu nedenle çift oluşum olabilmesi için foton enerjisinin en az  $1,02 \text{ MeV}$  olması gerekir. Çift oluşumun karşıtı ise, bir elektron ile bir pozitronun yan yana gelerek bir foton çifti

oluşturmak suretiyle yok olmasıdır. Bu olayın çekirdek etrafında olma zorunluluğu yoktur.



Şekil 7. Çift oluşumu.

### 1.2.2.5. Fotoelektrik Olay

Madde üzerine düşen fotonun madde atomunun bağlı elektronlarından bir tanesine tüm enerjisini verip bu elektronun yörüngesinden ayrılıp serbest hale gelmesi olayına fotoelektrik olay, serbest hale gelen elektrona da fotoelektron denilmektedir.

### 1.3. Tesir Kesiti

Tesir kesiti verilen bir olayın meydana gelme ihtimaliyetinin ölçüsüdür. Bu nicelik deneysel olarak ölçülebilir bir nicelik olduğundan nükleer işlemlerin ayrıntılı olarak incelenmesini mümkün kılmaktadır.

A yüzeyine ve t kalınlığına sahip ince bir levhanın birim hacminde n tane atom varsa ve herhangi bir olayın meydana gelmesiyle orantılı olarak atomu kuşatan etkin

alan  $\sigma$  ise, maddede işlem gören yüzey A.n.t. $\sigma$  olur. n. $\sigma$ .t=f etkin alan kesri adını alır ve levha üzerine düşürülen radyasyonun levhadan geçerken ki şiddetindeki değişimin kesrini temsil eder. Madde üzerine gelen N radyasyondan Ns tanesi s türündeki olayı gerçekleştiriyorsa tesir kesiti klasik olarak,

$$\sigma = \frac{N_s}{n.N.t} \quad (24)$$

ifadesiyle verilir (Çolak, 1992).

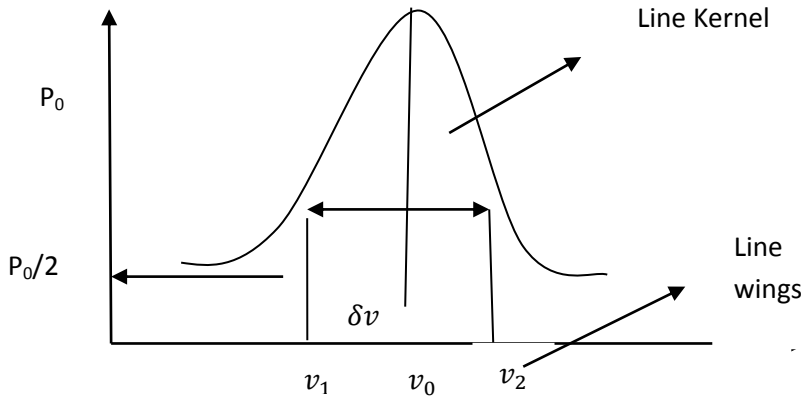
#### 1.4. Spektral Çizgi Şekilleri

Atomik geçişlerde soğurma yada emisyonunda, geçiş enerjisi

$$E = h\nu_{ik} = E_i - E_k \quad (25)$$

olup, bu geçişten yayınlanan spektrum çizgisi monokromatik çizgi şeklinde değildir. Daha çok merkezi bir frekans çevresinde frekans dağılımına sahiptir. Bunun böyle olmasının iki ana nedeni vardır. Bunlardan birincisi fiziksel özelliklerden kaynaklanır. İkincisi ise sistemin elektronik özelliklerinden. Merkezi frekans  $\nu_0$  olmak üzere bunun sağında ve solunda simetrik frekanslar alalım çizgi genişliği frekans birimlerinde

$$\delta\nu = \nu_2 - \nu_1 \quad \text{dir} \quad (26)$$



Şekil 8. Spektral çizgi şekillenimi (Kabil, 2012).

$\delta v$  ifadesine yarı maksimumda tam genişlik denir. çizgi genişlikleri sık sık açısal hız birimlerinde verilir.

$$w = 2\pi v \quad (27)$$

$$\delta w = 2\pi \delta v \quad (28)$$

yada dalga boyu cinsinden

$$\lambda = \frac{c}{v} \quad (29)$$

$$\delta \lambda = -\frac{c}{v^2} \delta v = -\frac{c}{\lambda} \delta v \quad (30)$$

Tüm bu notasyonlarda rölativ yarı- genişlik için

$$\left| \frac{\delta \lambda}{\lambda} \right| = \left| \frac{\delta v}{v} \right| = \left| \frac{\delta w}{w} \right| \quad (31)$$

yazılabilir. Spektral aralıkta eğrinin yarı maksimumdaki genişliği içindeki bölgeye line kernel, dışında alan ise line wings denir. Çizgi genişlemesinin birkaç nedeni olduğunu belirtmiştik. Şimdi bunları inceleyelim.

#### 1.4.1. Doğal Çizgi Genişliği

Enerji seviyelerinde belirsizlik ilkesinden dolayı bir belirsizlik olup bu

$$\delta E = \frac{h}{\tau} \quad (32)$$

şeklindedir. Dolayısıyla

$$\delta v_{ik} = (\delta E_i + \delta E_k)/h \quad (33)$$

dır. Bunu anlamak için şu yolu takip edebiliriz. Sönümlü basit harmonik hareket yapan bir osilatörün denklemi



$$\ddot{x} + \gamma \dot{x} + w_0^2 = 0 \quad (34)$$

yazılabilir. Burada  $\gamma$  sabiti açısal hızdan çok küçük olduğundan çözüm

$$x \sim x_0 e^{-\left(\frac{\gamma}{2}\right)t} \cos w_0 t \quad (35)$$

alınabilir. Fourier transformu alırsak

$$A(w) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-iwt} dt \quad (36)$$

Bu integral alınırsa

$$A(w) = \frac{x_0}{\sqrt{8\pi}} \left[ \frac{1}{i(w_0 - w) + \frac{\gamma}{2}} + \frac{1}{i(w_0 + w) + \frac{\gamma}{2}} \right] \quad (37)$$

İkinci terim özellikle rezonans bölgesinde ihmal edilebilir ( $w_0 = w$ ). Yayınlanan fotonun enerjisi ile genlik orantılıdır. Dolayısıyla spektral radyasyon gücü ile genlik orantılıdır.

$$P_w = A(w)A^*(w) \quad (38)$$

orantı katsayısına c dersek;

$$P_w = \frac{c}{(w_0 - w)^2 + \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2} \quad (39)$$

c katsayısını belirlemek için

$$\int_0^{\infty} P_w dw = P_0, \quad w' = w_0 - w \quad (40)$$

dersek

$$\int_0^{\infty} P_w dw = \int_{-\infty}^{\infty} P_w d w' = P_0 \quad (41)$$

$$c = \frac{P_0 \gamma}{2\pi} \quad (42)$$

$$P_w = P_0 \frac{\gamma/2\pi}{(w_0 - w)^2 + \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2} \quad (43)$$

bulunur. Bu Lorentzian profil olarak isimlendirilir. Yarı maksimumdaki tam genişliği

$$\delta w_n = \gamma = \delta v = \gamma/2\pi \quad (44)$$

olacaktır. Daha önce yarıömürün;

$$\tau = \frac{1}{A} \quad (45)$$

şeklinde olduğunu belirtmiştik. Burada Einstein katsayısı sönümlü harmonik harekette sönüm katsayısı  $\gamma$  ya karşılık gelir. Böylece

$$\delta w_n = \frac{1}{A} \rightarrow \delta v = \frac{1}{2\pi\tau} \quad (46)$$

yazılabilir. Benzer şekilde;

$$\delta v_{ik} = (\delta E_i + \delta E_K)/h \quad (47)$$

İfadesinden

$$\delta E = (\delta E_i + \delta E_K) \rightarrow \delta v = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{1}{\tau_i} + \frac{1}{\tau_k} \right) \quad (48)$$

bulunur. (Kabil, 2012)

#### 1.4.2. Doppler Genişlemesi

Eğer uyarılmış bir atom  $v$  hızıyla hareket ediyorsa duran bir gözlemci yayımlanan fotonun açısal hızını

$$w_e = w_0 + \vec{k} \cdot \vec{v} \quad (49)$$

olarak görür. Burada  $\vec{k}$  dalga vektördür. Eğer dalga vektörünün yönü z eksenini seçilirse

$$k = (0,0, v_z) \rightarrow k \cdot v = k_v v_z \quad (50)$$

olur. Soğurma durumunda;

$$w_a = w_0 + k_v v_z = w_0 \left(1 + \frac{v_z}{c}\right) \quad (51)$$

Termal dengede atomların hızlarının dağılımı Maxwell-Boltzmann dağılımı ile verilir.

$$n_i(v_z) dv_z = \frac{N_i}{v_m \sqrt{\pi}} e^{-\left(\frac{v_z}{v_m}\right)^2} dv_z \quad (52)$$

$$v_m = (2k_b T/m)^{1/2} \quad (53)$$

$$N_i = \int_{-\infty}^{\infty} n_i(v_z) dv_z \quad (54)$$

Burada  $N_i$  birim hacimde  $E_i$  enerjisinde toplam atom sayısıdır. Yukarıda ki benzer yollar takip edilerek doppler genişlemesi için

$$\delta v_d = 7,16 \cdot 10^{-7} v_0 \sqrt{T/M} S^{-1} \quad (55)$$

Bulunur. Bu genişlemenin etkisini görmek için hidrojen atomunda  $2p \rightarrow 1s$  geçişini ele alalım. Sıcaklık 1000 K olsun. Bu geçişten yayımlanan fotonun dalga boyunda doppler etkisinden dolayı genişlik  $\lambda = 121,5 \text{ nm}$  olmak üzere  $\lambda = 0,003 \text{ nm}$  dir (Kabil, 2012).

### 1.5. Kimyasal Etkiyi Açıklamada Kullanılan Bazı Terimler

Bağ karakteristikleri, kimyasal bağ çeşitleri, bağ teorileri, hibritleşme, elektronegatiflik, elektron ilgisi, iyonlaşma enerjisi ve oksidasyon sayısı kimyasal etkiyi açıklamada kullanılan başlıca kavramlardır.

### 1.5.1. Bağ Karakteristikleri

Bağ enerjileri, bağ uzunlukları ve bağ açıları bağ karakteristikleridir.

#### 1.5.1.1. Bağ Enerjileri

Kimyasal tepkimelerde atomlar farklı Őekillerde dűzenlenerek yeni molekűller oluŐtururlar. Tepkimeye giren molekűllerdeki kimyasal bađlar kopar, farklı kimyasal bađlar oluŐarak yeni molekűller meydana gelir. Kimyasal bađın koparılması için gereken enerjiye bađ enerjisi denir. Kimyasal bađlar sűz konusu molekűlűn geometrisine, diđer atomların konumları, bűyűklűkleri ve elektronegatiflikleri gibi űzelliklere bađlıdır. Bađ enerjisi, bađların tek, çift veya űlű bađ olmasına gűre deđiŐir. Bađ sayısı arttıça bađ kuvveti artar. Çoklu bađlar tek bađdan daha kuvvetlidir. Bűyle bađların bađ uzunlukları daha kısadır. Tek bađlar  $\sigma$  bađlarıdır. Çift bađlar bir  $\sigma$  ve bir  $\pi$  bađından oluŐur.  $\pi$  simetrisindeki orbitallerin çakıŐmasından oluŐan  $\pi$  bađı daha zayıftır. űlű bađlar ise bir  $\sigma$  ve iki  $\pi$  bađından oluŐur. Bađ enerjisi, bađın kuvvetinin bir űlsűdűr. Bađ ne kadar kuvvetli ise, bađ enerjisi o kadar bűyűktűr. Bađın kuvveti ise kendini bađ uzunluđunda gűsterir. Bađ uzunluđu bađ kuvveti ile ters orantılıdır. Yani kuvvetli bađlar kısa, zayıf bađlar ise uzundur (BaydaŐ, 2000).

#### 1.5.1.2. Bağ Uzunlukları

Bir molekűlű oluŐturan atomlar arasındaki uzaklık, atomların titreŐim hareketi nedeniyle sűrekli olarak deđiŐir. Fakat bir molekűlde tam olarak belirli olan bir ortalama uzaklıktan (ortalama bađ uzunluđundan) sűz edilebilir. Atom numarası bűyűdűke bađ uzunluđunun arttıđı gűrűlűr. Bunu, deđerlik elektronlarının birbirini itmesi yűzűnden iki atomun birbirine daha az yaklaŐabildiđini dűŐunerek açıklayabiliriz. űnkű atom numarası bűyűk olan atomlardaki deđerlik elektronları çekirdekten daha uzak olan alt tabakalarda bulunmaktadır. Bűylece çekirdekler arası uzaklık artmıŐ olur. Ayrıca, atom numarası arttıça çekirdek yűkű artmakta ve iki çekirdeđin arasındaki itme kuvveti bűyűyerek atomların yaklaŐmasını űnlemektedir (BaydaŐ, 2000).

### **1.5.1.3. Bağ Açıları**

Bir molekülde bir merkez atomuna bağlanan diğer iki atomun çekirdeklerini birleştiren doğruların arasındaki açıya bağ açısı denir. Atomların yaptığı titreşim hareketleri nedeniyle nasıl sabit bir bağ uzunluğundan söz edilemiyorsa, sabit bir bağ açısından da söz edilemez. Fakat belirli bir molekül yapısı için daima belirli bir ortalama açı vardır; bağ açısı bu ortalama açıdır (Baydaş, 2000).

### **1.5.2. Kimyasal Bağ Çeşitleri**

Asal gazlar dışındaki çoğu atomlar karasız yapıya sahiptirler. Ancak, bu atomlar kimyasal bağ oluşumu ile dış seviyelerinde bulunan s ve p orbitallerini doldururlar ve böylece çekirdek etrafındaki elektronları küresel yük dağılımına kavuşmuş olur. Bu durumda atom, kararlı bir yapıya ulaşır. Kimyasal bağlanma, atomların asal gaz yapısını kazanma çabalarının doğal bir sonucudur. Kimyasal bağlar, bağlanma özelliklerine bakılarak dört ana grup altında toplanabilir (Saydam, 2009).

#### **1.5.2.1. İyonik Bağ**

Zıt işaretili yüklü iyonlar arasındaki elektrostatik kuvvetlere dayanan kimyasal bağ türüdür. Elektron verme eğiliminde olan atomla elektron alma eğiliminde olan atom reaksiyon alanına girdiklerinde, aralarında elektron alışverişi olur. Bunun sonucunda elektron alan atom negatif iyon haline gelirken, elektron veren atom pozitif iyon haline gelecektir. Böylelikle aralarında elektrostatik çekme kuvveti oluşan atomlar iyonik bağlı bir bileşik oluştururlar.

#### **1.5.2.2. Kovalent Bağ**

İki atom, çekirdeklerinin etkileşiği bölgede karşılıklı birer elektronlarını ortaklaşa kullanılırsa, bir kovalent bağ oluşur. Oluşan kovalent bağ, iki atomu bir molekül içinde bir arada tutar. Kovalent bağ, çekirdekle ortaklaşa kullanılan elektron bulutu arasındaki elektrostatik çekim kuvvetinin bir sonucudur. İki atomdan her biri ortaklık yapılan elektron bulutunu kendine çekeceğinden, iki elektron bulutu birbiri içine girer, girişim

yapar. Böylece kovalent bağ oluşur. Bunun için, elektron ortaklaşması yapacak iki atomun elektronlarının, girişim yapabileceği sınıra kadar birbirlerine yaklaşmaları gereklidir. Sonra, birbirine yaklaşan elektronlardan ancak, ters spinli olanları bir araya gelir ve ortaklık yapabilir.

### **1.5.2.3. Metalik Bağ**

Esas olarak metaller arasındaki, bir ya da daha çok atomu bir arada tutan bir kimyasal bağ türüdür (Aksoy, 2012). Metallerin en karakteristik özelliği iyonizasyon potansiyellerin ve elektronegatifliklerinin düşük olmasıdır. Bunun nedeni metal atomlarının dış elektronlarının çekirdeğe oldukça zayıf bir kuvvetle bağlı olmalarıdır. Metalik bir kristalde, pozitif iyonlar kristal kafesindeki pozisyonlara yerleşir. Dış elektronlarla kafes boyunca serbestçe hareket eder ve kristali bir arada tutar. Burada, kovalent ve iyonik bağlardaki gibi merkezi bir bağ söz konusu değildir. Metalik bağ, düzgün pozitif iyon yığını ile bu yığını kuşatan elektron gazı arasında ortaya çıkar (Aksoy, 2012).

### **1.5.3. Elektronegatiflik**

Bir atomun bir kimyasal bağda (molekülde) elektronları çekme kabiliyetidir. Molekül içinde atomların elektron çekme kabiliyetlerinin kantitatif bir ölçüsü, her atomun iyonlaşma enerjisi ile elektron ilgisinin ortalaması alınarak elde edilebilir. Ancak çok az atomun elektron ilgisi ölçülebilmektedir. Bağ oluşturan atomların hangisinin elektron alacağı, hangisinin elektron vereceği, ne iyonlaşma enerjisi ile ne de elektron ilgisi ile açıklanabilir. Genel olarak elektronegatiflikler periyotlarda soldan sağa doğru gidildikçe (değerlik elektron sayısının artmasıyla) ve gruplarda ise aşağıdan yukarıya doğru gidildikçe artar. Elektronegatiflik değerleri bir bileşikteki bağlanma türünü tahmin etmek için de kullanılabilir. Elektronegatiflikleri arasında büyük fark olan iki element birleştiği zaman iyonik bir bileşik oluşur.

#### **1.5.4. Elektron İlgisi**

Atomların elektron alma ya da alabilme kabiliyetidir. Gaz fazında nötral bir atomun bir elektron aldığı zaman ortaya çıkarttığı enerjiye elektron ilgisi denir. Atom numarası küçük olan atomun elektron ilgisi, büyük numaralı olandan daha fazladır. Bu durum, küçük atom numaralı atoma katılan elektronun çekirdeğe daha yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

#### **1.5.5. İyonlaşma Enerjisi**

Temel halde gaz fazındaki nötr bir atomun en dış tabakasındaki bir elektronu uzaklaştırmak için verilmesi gereken enerji miktarıdır. Genel olarak iyonlaşma enerjisi periyot boyunca soldan sağa doğru ve baş grup elementlerinin oluşturduğu gruplarda aşağıdan yukarıya doğru artar (Tekbıyık, 2005).

#### **1.5.6. Oksidasyon Sayısı**

Atomun pozitif veya negatif yük sayısıdır. Bir atomun bir bileşikteki oksidasyon sayısı, bileşik içindeki elektronlar belirli bir şekilde atomlar arasında bölüşüldüğü zaman, o atomun payına düşen elektrik yükünün büyüklüğü ve işaretidir.

## 2.YAPILAN ÇALIŞMALAR

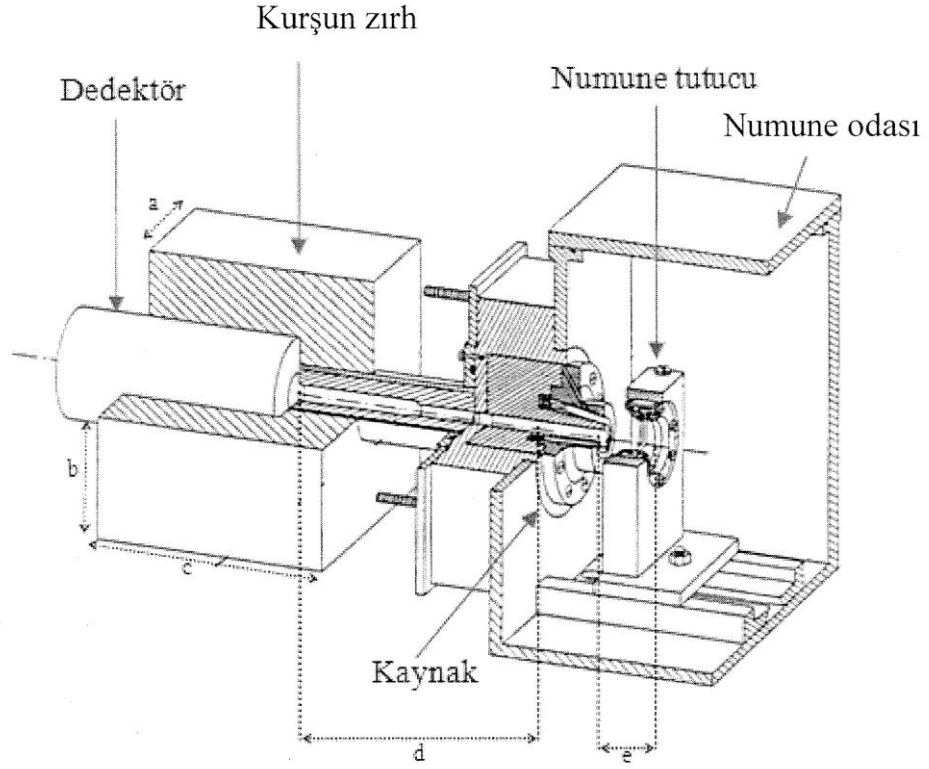
### 2.1. HpGe Detektörlü Ölçüm Sistemi

Hazırlanan numuneler numune odası olarak adlandırılan bir hazne içerisinde bulunan numune tutucu içerisine yerleştirilmiştir. Amaç deneyin gerçekleştiği alanı küçülterek havadan ve ortamdan kaynaklanan soğurulma ve saçılma etkilerini azaltılmasıdır. Ölçümler alınması süresince sistem şartlarının değiştirilmemesine özen gösterilmiştir. Bu şekil üzerinde görüldüğü gibi 1 Ci (curie) aktifliğe sahip <sup>241</sup>Am halka-kaynak numune haznesine sabitlenmiş olup, deneyi yapan kişinin radyasyondan mümkün olduğunca etkilenmemesi için, kurşunla zırhlanmıştır. HpGe detektör kullanılarak gerçekleştirilen deneyde istatistiğin oluşması için yeterli ölçme 72000 sn olarak belirlenmiştir. Deney sisteminin ve numune odasının genel görünümü şekil 9. ve şekil 10. da görülmektedir.



Şekil 9. Deney sisteminin genel görünümü.





**Şekil 10.** Numune odası ( $a=6,5$  cm,  $b=6,3$  cm,  $c=13,5$  cm,  $d=11$  cm ve  $e=5$  cm (Turşucu, 2012).

## 2.2. Sayma Sistemi

Bir sayma sistemi öncelikle bir detektör, ön yükseltici ve yükseltici, yüksek voltaj kaynağı (HV), analog sayısal dönüştürücü (ADC), çok kanallı analizör (MCA) ve bilgisayar sisteminden oluşur. Detektörden alınıp bilgisayara ulaşan veriler “Genie 2000” programı yardımıyla görünür ve değerlendirilebilir hale getirilir. Programın kurulu olduğu bilgisayar ve sistemin diğer kısımları arasında interface görevi yapan bir ayardan oluşmaktadır. Bilgisayarda piklerin görünümü için kullandığımız Genie 2000 programı, aynı zamanda yüksek voltaj, ADC, yükseltici gibi sistemleri de kontrol edebilmektedir (Apaydın, 2006).

### 2.2.1. Yüksek Voltaj Kaynağı

Detektörde meydana gelen yükleri toplamak için bir yüksek voltaj detektör üzerine uygulanmalıdır. En iyi çalışma voltajı genellikle üretici firma tarafında belirlenir ve

X ışınları detektörü için birkaç yüz volt,  $\gamma$ -ışınları detektörü için 3000 V'un üstüne çıkabilir.

### 2.2.2. Ön Yükseltici

Modern bir yarıiletken detektör sistemi ile birlikte yüke hassas ön yükseltici kullanılır. Elektronik gürültüyü minimuma indirmek için, genellikle bir alan etkili transistör (FET) olan ön yükselticinin girişi detektörle aynı tarzda soğutulur, yani sıvı azot sıcaklığında muhafaza edilir. Ön yükseltici çalışmasını iyileştirmek için FET'in sıcaklığı oda sıcaklığında olan detektörün dış muhafazasından içeriye biraz ısı transferine izin verilerek detektörden daha sıcak tutulabilir. Ön yükseltici, detektörden gelen yük pulsunu voltaj pulsuna dönüştürür ve ön yükselticiden çıkan pulsların yükseklikleri veya genlikleri detektörde toplanan yük miktarı ile orantılı olmalıdır. Eğer fotonun bütün enerjisi detektörde soğurulmuşsa fotonun enerjisiyle orantılı olmalıdır (Turşucu, 2012).

### 2.2.3. Yükseltici

Bir yükselticinin iki ana görevi vardır bunlar;

- Ön yükselticinin çıkış puls genliklerini ayırt ederek sayılma için uygun seviyelerini yükseltmek,
- Pulsları, puls genliği ve X-ışını fotonu arasındaki orantılı ilişkiyi tamamen sürdürerek işleme uygun bir forma sokmaktır.

Modern sistemler için çıkış pulsunun genliği 2 V'tan 10 V'a kadar değişir. Çoğu amplifikatör hem unipolar çıkış (yani, sinyalin ilk kısmı tamamen pozitif veya tamamen negatiftir) hem de bipolar çıkış (yani, sinyal hem pozitif hemde negatif bileşene sahiptir) ile donatılmıştır. En iyi sinyal-gürültü (signal-to-noise) oranını elde etmek için, yükselticinin unipolar çıkışı seçilir. Kullanıcının bilerek seçmesi gereken başka bir yükseltici denetimi puls genişliğini belirleyen "shaping time" sabitidir. Bir spektrumdaki pikler için en iyi rezülasyon genellikle sistem daha uzun bir zaman üzerinden gürültünün ortalamasını alabileceği için daha uzun zaman sabitiyle elde

edilebilir. Bununla birlikte, daha uzun zaman sabitleri daha fazla rasgele toplanmaya da neden olur. Bundan dolayı, eğer sistem 2.000 s<sup>-1</sup>'lik sayma hızlarında çalıştırılacaksa daha kısa zaman sabitleri kullanılabilir.

#### **2.2.4. Analog Dijital Dönüştürücü**

Analog dijital dönüştürücünün (ADC) amacı yükselticiden gelen analog pulsu, onun genliği ile dolayısıyla X-ışını fotonunun enerjisiyle orantılı bir tam sayıya çevirmektir. Bu işleme analogu sayısal dönüşürme işlemi denir. Sayılmış olan her bir puls yüksekliği kadar sayı analizörün hafızasında biriktirilir. Sonuçta bu bilinen bir enerji spektrumu olarak ekrana aktarılır.

#### **2.2.5. Çok Kanallı Analizör (MCA)**

MCA sayısal hale getirilmiş pulsları kanallara yerleştirir ve bilgisayar hafızasına kaydeder. Gerçekte, her bir kanal depolamak için kullanılan bir kutudur ve X-ışını spektrumunda kesin olarak kalibre edilmiş sayısal enerji aralığı olan bir enerji aralığına düşen pulsları sayar. Kalibrasyon işlemi standart kaynaklar kullanılarak ölçüme başlamadan önce yapılmalıdır.

### **2.3. Numunenin Hazırlanması**

Bu çalışmada SiC(toz), CaCO<sub>3</sub>(toz), B<sub>4</sub>C(TOZ), C(Grafit (toz)) bileşikleri kullanılmıştır. Toz numuneler değirmende öğütüldükten sonra en küçük parçacık büyüklüğünü elde etmek için 400 mesh'lik elekten eilenmiş ve daha sonra toz numuneler numune tutucuya yerleştirilmiştir. Bu numunelerin kütleleri 10<sup>-5</sup> g hassasiyete sahip Metler H-10 terazisi kullanılarak tespit edilmiştir. Kullandığımız numunelerin özellikleri tablo 1 de verilmiştir.

**Tablo 1.** Numunelerin özellikleri.

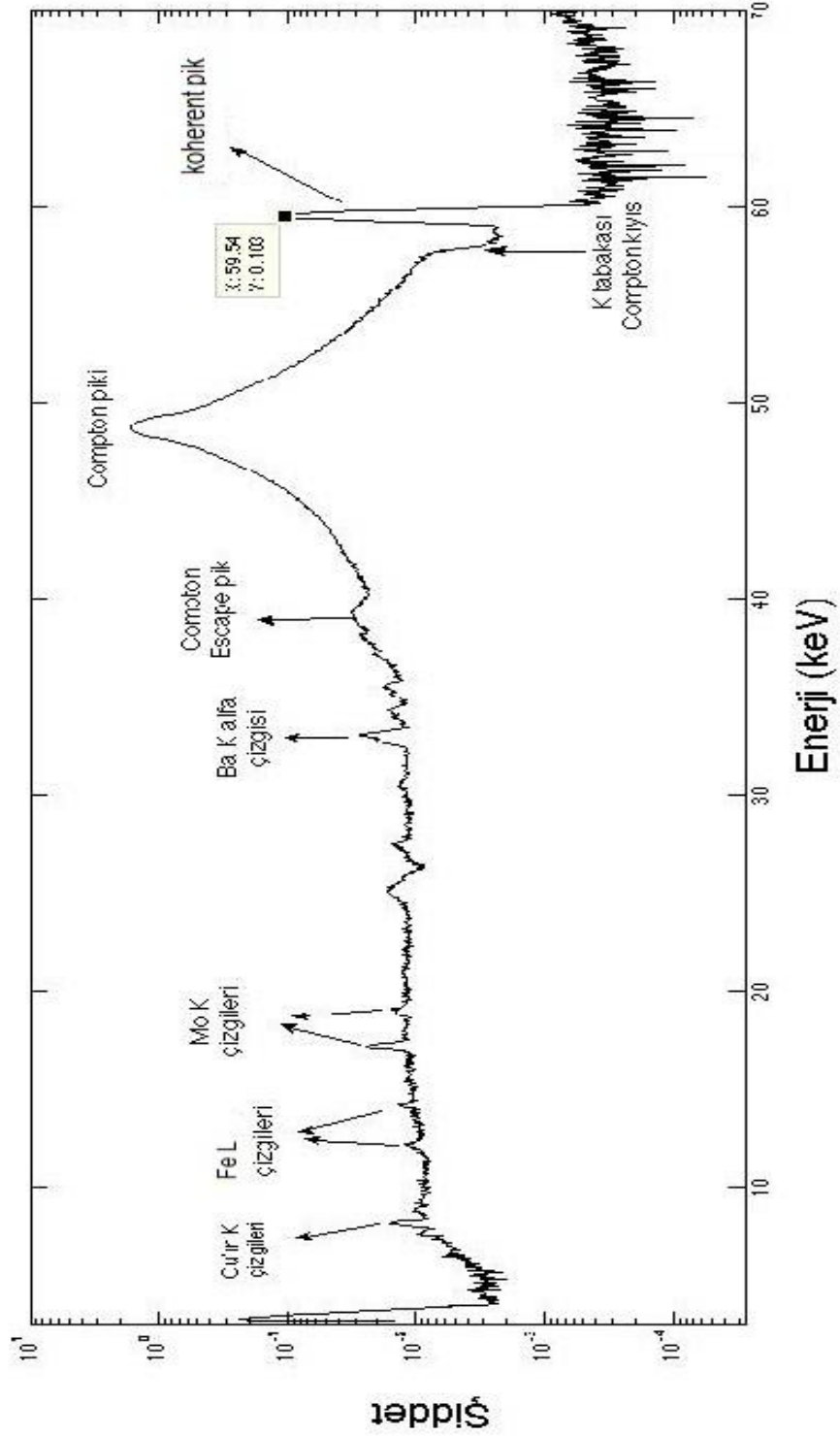
Kimyasal Formülü	SiC	CaCO <sub>3</sub>	B <sub>4</sub> C	C
Kimyasal Adı	Silisyum Karbür	Kalsiyum Karbonat	Bor Karbür	Grafit
Moleküler Ağırlığı (g/mol)	40,1	100,09	55,25	12,01
Yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )	3,21	2,7×10 <sup>18</sup>	2,51	2,2
Bağ Enerjisi (elektron volt)	3,66	36,7	6,834	7,373

#### 2.4. Detektör Verimi

Detektör verimi, detektörde sayılabilir büyüklükte puls üreten fotonların sayısının, detektöre gelen fotonların sayısına oranı ya da detektörde sayılabilir büyüklükte puls üreten fotonların yüzdesi olarak tanımlanır. Detektör verimliliğinin tayini için kalibre edilmiş kaynaklara ihtiyaç vardır. Bu kaynakların bozunmalarında foton yayımlama ihtimali değerleri bilinmelidir. Detektör verimliliğini etkileyen faktörleri imalat faktörü, detektör maddesi, kolimatör faktörü, detektörün hassas bölgesi, ve kıyılardan kaçmalar şeklinde sıralayabiliriz. Yapılan deney süresince enerji aralığında kullandığımız detektörün verimi 1 dir.

### 3. BULGULAR

Deney geometrisinde ölçülen SiC'nin ham spektrumu şekil 11'de görülmektedir.



Şekil 11. SiC'nin ham spektrumu.

SiC'nin ham spektrumunda oluşan çizgiler sırasıyla;

Cu K çizgileri: Numune tutucunun bakır olmasından kaynaklanmaktadır

Fe L çizgileri: Koruyucu zırhtan kaynaklanmaktadır.

Mo K çizgileri: Kurşunu sertleştirmek için içerisine katılan katkı maddesinden kaynaklanmaktadır.

Ba K Alfa çizgileri: Hassas bir enerji kalibrasyonu yapmak için referans numune olarak kullanılmıştır.

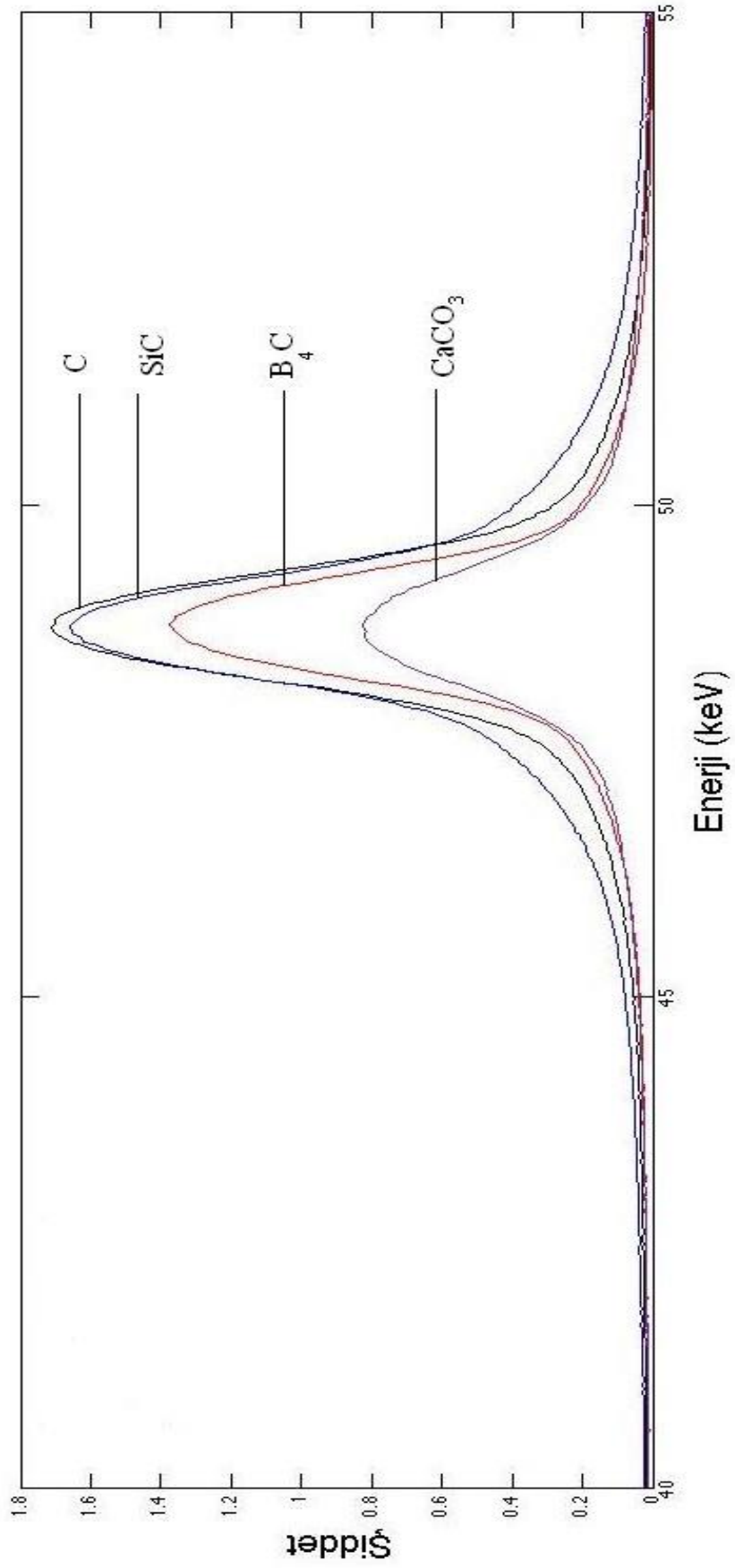
Compton Escape Pik: Compton saçılmış x-ışınlarının yük toplanmasını tamamlamadan sayılmasından kaynaklanır.

C(Grafit), SiC, CaCO<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>C numuneleri için gerekli hesaplamalar yapılarak tablo 2. deki değerler elde edilmiştir. Bu değerler kullanılarak şekil 12. da ki Compton piki grafiği çizilmiştir. Her bir numunenin Compton pikini daha iyi inceleyebilmek için tek grafikte toplanmıştır.

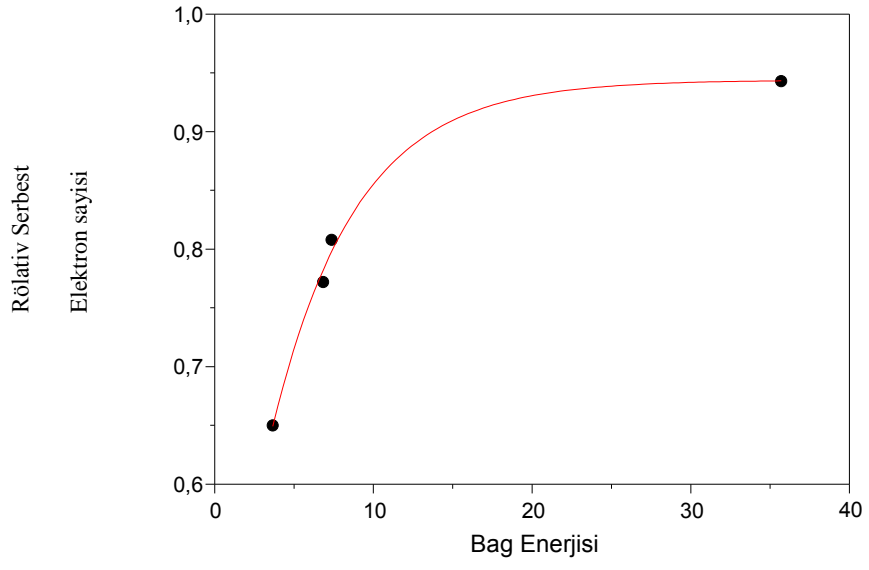
Bağ enerjisi yoğunluk fonksiyoneli teorisine dayalı hesaplamalar ile Grafit, SiC, CaCO<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>C yapılarının birim hücrelerinin kolezif enerjileri hesaplandı. Sonrasında birim hücreye düşen atom sayıları göz önüne alınarak C(Grafit), SiC, CaCO<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>C bağ enerjileri hesaplandı. Hesaplamalarda Vienna ab-initio simulation package (VASP) programı kullanıldı. Hesaplanan bağ enerjisi değerleri tablo 1 ve tablo 2 de verilmiştir.

**Tablo 2.** Deney sonuçları.

	Bağ Enerjisi	I <sub>1</sub> Normalize	I <sub>1</sub>	I Toplam	Hata Oranı
Grafit	7,373	0,808	4523600	5598200	0,808±0,065
B <sub>4</sub> C	6,834	0,772	3541800	4586500	0,772±0,0055
SiC	3,66	0,65	4246900	6529900	0,650±0,0040
CaCO <sub>3</sub>	36,7	0,943	2099700	2225900	0,943±0,0091



Şekil 12. SiC, CaCO<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>C, C(Grafit) numunelerinin compton piki.



**Şekil 13.** Serbest elektron bağ enerjisi grafiği.



#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada sadece karbon atomlarından oluşan C(Grafit) ve farklı kimyasal yapıya sahip SiC, B<sub>4</sub>C ve CaCO<sub>3</sub> numunelerinden Compton saçılması incelendi. Bilindiği gibi Compton saçılması serbest ve durgun kabul edilebilen elektronlarla fotonların inelastik saçılması olmasına rağmen şekil 3. de görüldüğü gibi bir Compton piki hem valans elektronlarından hem de iç yörünge elektronlarından saçılmayı ihtiva eder. Saf karbon atomlarından oluşan grafitte bize karbon atomunun dış yörünge ve iç yörünge elektronlarının momentum dağılımları gibi pek çok konuda detaylı bilgiler verir. Diğer yandan karbon atomu kimyasal bağ yaptığında valans elektronları hem karbon atomuna bağlı olacak hem de kimyasal bağla diğer atomlara bağlı olacaktır. Bunun sonucunda karbon atomunun kimyasal çevresi (dolayısıyla kimyasal bağ özellikleri) değiştikçe Compton saçılması ihtimaliyetleri de değişecektir. Yani son yörünge elektronları kuvvetli bir kimyasal bağla ikinci atoma bağlıysa artık bu atomların iç yörüngelerdeki elektronları serbest atomların yörünge elektronlara göre daha serbestmiş gibi davranacaklardır. Sonuç olarak iç yörünge elektronlarından meydana gelen Compton saçılması sayısının artması beklenirken dış yörünge elektronlarının sayısının azalması beklenir.

## 5. ÖNERİLER

Bu çalışmada net olarak görülmüştür ki bağ enerjisi ile saçılma arasında bir ilişki mevcuttur. Bu ilişkinin daha iyi incelenmesi için bağ enerjileri aynı olan farklı kimyasal çevreye ve aynı elektron sayısına sahip farklı fiziksel yapıya sahip valans elektronlarından Compton saçılmasının değişimi incelenerek bağ enerjisi arasındaki ilişkiler araştırılarak yeni bir yöntem önerilebilir. Bununla birlikte serbest elektronlardan izafi saçılma sayısı ile iletkenlik, süperiletkenlik, bağ enerjileri, bağ tipleri hakkında çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalardan yeni ölçüm teknikleri geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Aksoy, C., 2012.** Bazı Elementler ve Bileşiklerinin Floresans Parametreleri ve  $\text{Fe}_y\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x$  Süperiletken İnce Yapısal Filmlerin Yapısal Analizi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 86 s., 24.
- Apaydın, G., 2006.**  $65 \leq Z \leq 92$  Bölgesinde Bazı Elementlerin K ve L X-Işınlarnı Floresans Parametrelerinin Ölçülmesi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 80 s., 30.
- Arndt, U. W., Coates W.A. and Crathorn, A. R., 1954.** A Gas-Flow X-Ray Diffraction Counter. Proceedings of the Physical Society, 67B, 357.
- Baydaş, E., 2000.** Atom Numarası  $22 \leq Z \leq 29$  Olan Elementlerin Halojenli Bileşiklerinde Uyarma Enerjisine Bağlı Olarak K Tabakası Flöresans Tesir Kesitleri Üzerine Kimyasal Etkiler. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 78 s., 24.
- Bianconi, A., Fritsch, G., Calas. and Periau, J., 1985.** X-Ray-Absorption Near-Edge Structure of  $3d$  Transition Elements in Tetrahedral Coordination: The Effect of Bond-Length Variation. Physical Review, 32B, 4292(R) – Published.
- Adhyapak, S. V., Kanetkar, S. M. and Nigavekar, A.S., 1976.** Correlation of X-Ray K-Absorption Edge Chemical Shift and the Philips Electronegativity Difference C for Some Average-Valance-(4) Semicanducting Compounds. Il Nuovo Cimento, 35B, 2.
- Jesse, W. and Dumond, M., 1929.** Compton Modified Line Structure and its Relation to the Electron Theory of Solid Bodies. Physical Review, 33, 643-658.
- Kabil, H., 2012.** Bazı Kristallerin İnelastik Diferansiyel Saçılma Tesir Kesitlerinin Enerji Ayrımlı X-Işını Spektrometresi ile Ölçümü. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 41s., 11, 19, 20.
- Köksal, K. O., 2013.** Titanyum ve Bileşiklerinin X-Işınlarnı Floresans Parametreleri Üzerine Kimyasal Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 64 s., 30.
- Kupriyanova, T. A., Flippov, M. N. And Lyamina, O.I., 2003.** Chemical Bond Effects on Line Intensities in Arsenic X-Ray Emission Spectrum. Journal of Structural Chemistry, 44 (3), 410-419.
- Kushwaha, M. S., Shrivastava, B.D. and Dubey, V.S., 1975.** L absorption spectra of  $^{57}\text{La}$  to  $^{63}\text{Eu}$  in their oxides. Journal of Physics F. Metal Physics, 5, 597.

- Lindh, A.E. and Lundquist, O., 1924.** Structure of the K  $\beta$ 1 line of sülfür Arkiv för Matematik Physics, 18, 3.
- Mukoyama, T. and Shimizu, S., 1978.** Many-electron effect on the K-shell internal ionisation accompanying beta decay. Journal of Physics G, Nuclear and Particle Physics, 4, 1509.
- Saydam, M., 2009.** Co, Ni, Cu, Zn Komplekslerinin K X-Işını Floresans Parametreleri Üzerine Kimyasal Etkiler. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 61 s., 31.
- Sarode, P.R. and Cheral, A.R., 1977.** An EXAFS study of amorphous selenium. Journal of Physics F. Metal Physics, 7, 745.
- Söğüt, Ö., Baydaş, E., Büyükkasap, E., Şahin, y. and Küçükönder, A., 2002.** Chemical Effects on L Shell Fluorescence Yields Ba, La and Ce Compounds. Journal of Radionalytical and Nuclear Chemistry, 251(1), 119-122.
- Sumbaev, O.I. and Mezentsev, A.F., 1965.** Experimental Investigation of the Elastic Quasi- Mosaic Effect Soviet Physics, JETP (Eng. Trans.), 21, 295.
- Sumbaev, O.I. and Mezentsev, A.F., 1966.** Mesic-Atoms Mg, Si, C, O; measured pionic X-rays; deduced wave length ratios. Soviet Physics, 22, 323.
- Sumbaev, O.I. and Mezentsev, A.F., Marushenko, V.I., Petrovich, E.V. and Ryl'nikov, A.S., 1966.** Experimental Observation of the Isotopic Shift of the  $K_{\alpha 1}$  X-ray Line of Molybdenum. Soviet Physics, 23, 572.
- Sumbaev, O.I., Petrovich, E.V., Smirnov Yu. P., Egorov, A.I., Zykovş V.S. and Grushko, A.I. 1968.** Chemical Shifts of the  $K_{\alpha 1}$  Lines and the Valence Structure of Transition Metals of the Fifth and Sixth Period. Soviet Physics, 26, 891.
- Sumbaev, O.I. 1970.** Soviet Physics, The Effect of the Chemical Shift of the X-ray  $K_{\alpha}$  Lines in Heavy Atoms. Systemization of the Experimental Data and Comparison with Theory, 20, 927.
- Tartar, A., 2007.** Klinik Lineer Hızlandırıcıların Su Fantomundaki Doz Dağılımlarının Monte Carlo Yöntemi İle Elde Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye, 101 s., 34. 37.
- Tekbıyık, A., 2005.** K ve Ca bileşiklerinin X-Işını Şiddet Oranları Üzerine Kimyasal Etki. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 60 s., 29.
- Turşucu, A., 2012.** Etkin Atom Numaralarının Gama Işınlarının Saçılması ve Soğurulmasından Faydalanılarak Bulunması. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 71 s., 40.

**Ün, A., 2007.** Compton Saçılması ile Toprak Nem Miktarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 75 s., 11. 26.

**Vaingankar, A. S., Khasbardar, B. V. And Patil, R. N., 1979.** X-ray finestructure study of manganese metal. Journal of Physics F, Metal Physics, 9, 2301.

## ÖZGEÇMİŞ

Mine KAYA, 10/02/1990 tarihinde Artvin’de doğdu. İlköğretimini 2004 yılında Artvin/Yusufeli Halit Paşa İlköğretim Okulu’nda ve ortaöğretimini 2007 yılında Erzurum Özel Aziziye Lisesi’nde tamamladı. 2007 yılında başladığı lisans eğitimini 2011 yılında Rize Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü’nde tamamladı. 2011 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Fizik Bölümü’nde başladığı Yüksek Lisans Öğretimini halen devam ettirmektedir. 2011 yılında akaryakıt istasyonunda çalışmaya başlamış ve halen devam etmektedir. Bununla birlikte 2015 yılında iş güvenliği uzmanı olarak çalışmaya başlamıştır. Orta derecede İngilizce bilmektedir.