

**Fe_xNi_{1-x} ALAŞIMLARINDA ETKİN ATOM
NUMARALARININ VE ELEKTRON
YOĞUNLUKLARININ DENEYSEL,
YARI DENEYSEL VE TEORİK
METOTLA HESAPLANMASI**

Eren URTEKİN

Yüksek Lisans Tezi

Fizik Anabilim Dalı

Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı

Prof. Dr. Lütfü DEMİR

2014

Her hakkı saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Fe_xNi_{1-x} ALAŞIMLARINDA ETKİN ATOM NUMARALARININ VE
ELEKTRON YOĞUNLUKLARININ DENEYSEL, YARIDENEYSEL
VE TEORİK METOTLA HESAPLANMASI**

Eren URTEKİN

FİZİK ANABİLİM DALI
Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı

ERZURUM
2014

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

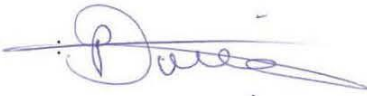


TEZ ONAY FORMU

Fe_xNi_{1-x} ALAŞIMLARINDA ETKİN ATOM NUMARALARININ VE
ELEKTRON YOĞUNLUKLARININ DENEYSSEL, YARI DENEYSSEL VE
TEORİK METOTLA HESAPLANMASI

Prof.Dr. Lütfü DEMİR danışmanlığında, Eren URTEKİN tarafından hazırlanan bu çalışma 07/07/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı – Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Lütfü DEMİR

İmza : 

Üye : Prof.Dr. Murat ÇELİK

İmza : 

Üye : Prof. Dr. Salih ERZENE OĞLU

İmza : 

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 10/07/2014 tarih ve 28/873 nolu kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Fe_xNi_{1-x} ALAŞIMLARINDA ETKİN ATOM NUMARALARININ VE ELEKTRON YOĞUNLUKLARININ DENEYSEL, YARI DENEYSEL VE TEORİK METOTLA HESAPLANMASI

Eren URTEKİN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı
Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Lütfü DEMİR

Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlardaki Fe_xNi_{1-x} (x= 0,2, 0,52, 0,55, 0,61 ve 0,64) alaşımlarının 59.54 keV enerjisi için kütle soğurma katsayıları (μ_m) deneysel olarak belirlendi. Aynı zamanda, teorik kütle soğurma katsayıları karışım kuralı dikkate alınarak hesaplandı. Hesaplanan μ_m değerleri kullanılarak alaşımlar için ilgili enerjide toplam atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları deneysel ve teorik olarak belirlendi. Ayrıca, her bir alaşım için etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları hem deneysel elde edilen kütle soğurma katsayıları hem de WinXCOM programından alınan teorik değerler kullanılarak yarı deneysel olarak hesaplandı. Bu parametrelerde alaşım konsantrasyonunun değişimine göre farklılıklar gözlemlendi.

2014, 56 sayfa

Anahtar Kelimeler: Alaşım, kütle soğurma katsayısı, atomik tesir kesiti, elektronik tesir kesiti, etkin atom numarası, etkin elektron yoğunluğu.

ABSTRACT

Master Thesis

CALCULATION BY THE EXPERIMENTAL, SEMI-EXPERIMENTAL AND THEORIC METHOD OF EFFECTIVE ATOMIC NUMBERS AND ELECTRON DENSITIES IN $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ ALLOYS

Eren URTEKİN

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics
Department of Atomic and Molecular Physics

Supervisor: Prof. Dr. Lütfü DEMİR

In this study, the mass attenuation coefficients of $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ ($x= 0.2, 0.52, 0.55, 0.61$ and 0.64) alloys in different concentrations have been determined experimentally for 59,54 keV energy. At the same time, theoretical mass attenuation coefficients have been calculated by means of mixture rule. The total atomic and electronic cross-sections, effective atomic numbers and electron densities have been indicated experimentally and theoretically for alloys in related energy by using measured values of μ_m . Also, effective atomic numbers and electron densities have been calculated as semi-empirical for each alloy by using both experimental obtained mass attenuation coefficients and theoretical values received from WINXCOM program. These parameters were observed differences according to the change of the concentrations of alloys.

2014, 56 pages

Keywords: Alloys, mass attenuation coefficient, atomic cross section, electronic cross section, effective atomic number, effective electron density

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu alıőma Atatürk Üniversitesi Fen Fakóltesi Fizik Bölümünde yapılmıőtır. Bu çalıőmanın planlanması ve yürütülmesinde tecrübelerini ve kıymetli bilgilerini esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Lütfü DEMİR'e en içten őükranlarımı arz ederim.

Çalıőmalarım sırasında tecrübelerini ve bilgilerini esirgemeyen çok kıymetli arkadaşım Sayın Ufuk PERİŞANOĞLU'na çok teşekkür eder ve en içten őükranlarımı arz ederim.

Çalıőmalarım sırasında yapmıő olduğu katkılardan dolayı kıymetli arkadaşım Sayın Öğr. Gör. Bünyamin ALİM'a teşekkür ederim.

Fen Fakóltesi Fizik Bölümünün tüm elemanlarına sađlamıő oldukları kolaylıklardan dolayı ve tüm arkadaşlarıma katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Teővik ve desteklerinden dolayı değerli aileme teőekkürlerimi sunarım.

Eren URTEKİN

Haziran, 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	9
2.1. Geçiş Metalleri ve Genel Özellikleri.....	9
2.2. Alaşım Oluşumu ve Alaşımlama.....	11
2.2.1. Alaşımlandırma ve içyapı oluşumu.....	12
2.2.2. Katı eriyikler.....	13
2.2.3. Alaşımların fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	14
2.2.4. Alaşım üretimi.....	15
2.3. X-ışınları ve Genel Özellikleri.....	16
2.3.1. X -ışınlarının üretimi.....	17
2.3.2. Sürekli X -ışınları.....	18
2.3.3. Karakteristik X-ışınları.....	19
2.4. Gama ışınları.....	21
2.4.1. Gama ışınlarının madde ile etkileşimleri.....	22
2.4.2. Fotoelektrik olay.....	24
2.4.3. Auger olayı.....	25
2.4.4. Çift oluşum.....	26
2.4.5. Compton Saçılması.....	27
2.5. Gama Işınlarının Soğurulması.....	30
2.6. Tesir Kesitleri.....	31
2.6.1. Toplam Atomik tesir kesiti.....	33
2.6.2. Toplam Elektronik tesir kesiti.....	34
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	35

3.1. X -ışını Floresans Tekniği.....	35
3.2. Si (Li) Dedektörün Çalışma Prensibi	36
3.3. Sayma Sistemi	38
3.3.1. Yüksek voltaj kaynağı	39
3.3.2. Ön yükseltici.....	40
3.3.3. Yükseltici.....	40
3.3.4. Analog sayısal dönüştürücü.....	40
3.3.5. Çok kanallı analizör (MCA).....	41
3.4. Numunelerin Hazırlanması ve Deney Geometrisi.....	41
3.5. Kütle Soğurma Katsayılarının Deneysel Metotlu Belirlenmesi	42
3.6. Etkin Atom ve Elektron Yoğunluklarının Yarı deneysel Metotla Belirlenmesi .	44
3.7. Etkin Atom ve Elektron Yoğunluklarının Teorik Olarak Belirlenmesi	44
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	46
5. SONUÇ ve TARTIŞMA.....	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	57

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

σ	Tesir Kesiti
<i>ADC</i>	Analog Sayısal Dönüştürücü
<i>e</i>	Elektron Yüğü
<i>EDXRF</i>	Enerji Ayrımlı X-ışını Floresans Spektrometresi
<i>WDXRF</i>	Dalga boyu Ayrımlı X-ışını Floresans Spektrometresi
<i>h</i>	Plank Sabiti
<i>MCA</i>	Çok Kanallı Analizör
<i>m_o</i>	Elektronun Durgun Kütlesi
<i>N_A</i>	Avagadro Sayısı
<i>t</i>	Numune Kalınlığı (gr/cm ²)
<i>XRF</i>	X-ışını Floresans
<i>Z_e</i>	Etkin Atom Numarası
μ_m	Kütle Soğurma Katsayısı
σ_e	Toplam Elektron Tesir Kesiti
σ_t	Toplam Atomik Tesir Kesiti
<i>N_e</i>	Etkin Elektron Yoğunluğu/Etkin Elektron Sayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Periyodik çizelge	9
Şekil 2.2. 3d geçiş elementlerinin elektron yapısı	10
Şekil 2.3. Alaşımlarda “ bileşen- üretim- sonuç ” ilişkisi.....	12
Şekil 2.4. X -ışını tüpü	18
Şekil 2.5. Sürekli X-ışını oluşum mekanizması.....	18
Şekil 2.6. Karakteristik K ve L X -ışınları oluşumu.....	20
Şekil 2.7. Gama ışınlarının madde ile etkileşmeleri sonucunda meydana gelebilecek olaylar.....	23
Şekil 2.9. Auger olayı	26
Şekil 2.10. Çift oluşumu	27
Şekil 2.11. Compton saçılması	28
Şekil 2.12. Gama ışınlarının soğurulması.....	31
Şekil 2.13. Tesir kesiti ile gelen demetin şiddeti arasındaki ilişki ve tesir kesitinin geometrik yorumu.	32
Şekil 3.1. XRF tekniği ve XRF düzeneği	36
Şekil 3.2. Si (Li) dedektörün şematik gösterimi	37
Şekil 3.3. Sayma sistemi	39
Şekil 3.4. Kütle soğurma katsayılarını belirlemek için kullanılan deney geometrisi	42
Şekil 4.1. Fe_xNi_{1-x} alaşımı için μ_m değerlerinin x ile değişimi	47
Şekil 4.2. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için σ_t değerlerinin x ile değişimi	48
Şekil 4.3. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için Z_e 'nin x 'in bir fonksiyonu olarak gösterimi	49
Şekil 4.4. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için N_e 'nin x 'in bir fonksiyonu olarak gösterimi.....	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. X ışınlarının genel özellikleri, madde ile etkileşmeleri, yapabileceği fiziksel olaylar ve X -ışını soğurulmasının kalıcı sonuçları	17
Çizelge 2.2. Kuantum sayıları ve seçim kuralları	21
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan numunelerin özellikleri	41
Çizelge 4.1. Fe_xNi_{1-x} alaşımlarının alaşımları için kütle soğurma katsayıları (μ_m).	46
Çizelge 4.2. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için toplam elektronik ve toplam atomik tesir kesitleri (σ_e ve σ_t).	47
Çizelge 4.3. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için etkin atom numaralarının (Z_e) deneysel, yarı deneysel ve teorik değerleri.....	48
Çizelge 4.4. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için elektron yoğunlukları veya sayılarının (N_e) deneysel, yarı deneysel ve teorik değerleri	49

1. GİRİŞ

3d geçiş metalleri modern teknolojinin gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır ve onların valens elektron yapılarının bilinmesi fiziksel özelliklerinin anlaşılması için çok önemlidir. 3d geçiş elementlerinin elektronik yapıları ile ilgili bazı araştırmalar yapılmasına rağmen bu elementlerin tümünün valens elektron yapısını anlamak için yapılmış sistematik ve detaylı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çünkü 3d geçiş metallerinin sahip oldukları çeşitli fiziksel özellikleri nedeniyle bu metaller, bunların farklı bileşikleri ve alaşımları çok yaygın bir kullanım alanına sahiptirler. Örneğin; Prinz 1998'de *Science* dergisindeki makalesinde magnetoelektronik hızlı gelişimi nedeniyle, Fe_xNi_{1-x} alaşımlarının teknolojik açıdan çok önemli materyaller olarak ortaya çıktığını vurgulamıştır. Fe_xNi_{1-x} alaşımları sahip oldukları düşük direnç, yüksek geçirgenlik gibi farklı özellikleri nedeniyle manyetik kayıt cihazlarında, sensörlerde ve manyetik hafıza kartlarında kullanılmaktadırlar.

Geçiş metalleri veya ağır metaller, sertlikleri, yüksek yoğunlukları, ısı iletkenliklerinin iyi oluşu ve yüksek erime-kaynama sıcaklıkları, mukavemet, korozyona dayanım gibi özellikleri ile bilinirler. Mevcut özelliklerinden dolayı çok geniş kullanım alanına sahiptirler. Örneğin; geçiş metali olan demir ve bakır, ilkçağdan itibaren uygarlığın gelişimine yardımcı olmuş ve günümüzde de en önemli endüstriyel metaryallerdendir. Metalurjinin bir bilim dalı olarak gelişmesiyle birlikte demir ısıl işlem ile özellikleri değiştirilerek özellikle büyük kopma mukavemeti ile teleferik, inşaat, otomotiv, tıp, alt yapı ve makine sanayi gibi bir çok alanda endüstriye hammadde kaynağı durumuna gelmiştir. Ayrıca bakır iyi elektrik iletkenliği sebebiyle elektrik sektöründe, alaşımlar durumunda makine sektöründe kullanılır. 3-d bloğunun diğer metalleride teknolojide geniş kullanım alanına sahiptirler.

X-ışınlarının ve γ -ışınlarının madde ile etkileşimleri sonucunda meydana gelen soğurma ve saçılma olayları maddenin atom numarası ve yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir. Bileşik ve alaşım halindeki materyaller için soğurulma ve saçılma olayları etkin atom numarası (Z_e) ile de ilgilidir. Etkin atom numarası, kullanılan numunenin karışım,

bileşik ya da alaşım formunda olması durumunda bilinmesi gereken bir parametredir. Doğru etkin atom numarası verileri, medikal fizik, radyografi, radyasyon biyolojisi ve radyasyon dozimetri alanında yapılan çalışmalarda gerekli olmaktadır (Turşucu 2012).

γ -ışınlarının madde ile etkileşimleri nükleer fizik, medikal fizik, dozimetri alanlarında çok büyük öneme sahip olmasından dolayı son zamanlarda birçok bilimsel, endüstriyel, tarımsal ve biyolojik uygulamalarda kullanılmaktadır. γ -ışınlarının bir madde ile etkileşime girmesi ,gelen radyasyonun soğurulması ve saçılmasıyla sonuçlanır (El-Kateb *et al.* 2000). Yoğunluktan bağımsız olarak kütle azaltma katsayısı, radyasyonun madde içinde azalmasını belirleyen önemli bir parametre olup, maddenin birim alan başına düşen birim kütlesiyle gelen fotonlar arasında etkileşme meydana getirme kesrini ifade etmektedir. Kütle azaltma katsayıları kullanılarak birçok diğer önemli parametreler (moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numarası ve elektron yoğunluğu gibi) belirlenebilir (Jackson and Hawkes 1981).

Kütle azaltma katsayısıyla ilgili olarak birçok deneysel ve teorik çalışma mevcuttur. (Hubbell 1982; Berger and Hubbell 1987; Hubbell and Seltzer 1995). Elementlerde (Conner *et al.* 1970; Tartari *et al.* 1998; Prešeren and Kodre 1999), bileşiklerde (Önder *et al.* 2012; Pawar and Bichile 2013; Ahmadi *et al.* 2013) ve alaşımlarda (Kaewkhao *et al.* 2008; Han and Demir 2009; Han *et al.* 2012; Demir and Turşucu 2013; Limkitjaroenporn 2013) sulu ortamlarda (Kaur *et al.* 2000; El-Kateb 2001), camlarda (Singh *et al.* 2002; Singh *et al.* 2006; Singh *et al.* 2008), suda (Reddy *et al.* 1999; Sidhu *et al.* 1999), biyolojik maddelerde (Singh *et al.* 2002), dedektörlerde (Bhandal and Singh 1996) çalışılmıştır.

40 element, 45 karışım ve bileşik için 1 keV–20 MeV enerji aralığında kütle azaltma katsayıları için Hubble (1982) bir tablo oluşturmuştur. Daha sonra bu tablo (Berger and Hubbell 1987; Hubbell and Seltzer 1995) $1 \leq Z \leq 92$ atom aralığındaki elementler ve 48 dozimetrik bileşikler için yenilenmiştir. Ayrıca, kütle azaltma katsayıları 1 keV'den 100 GeV'e kadar değişen enerjilerde de sunulmuştur (Lide 1996). Bu tablo değerleri, 1 keV ile 100 GeV arasındaki enerjiler için herhangi bir element, bileşik yâda karışımın foton

etkileşim tesir kesitlerinin veya kütle azaltma katsayılarının hesaplanması için XCOM adı ile geliştirilen bir bilgisayar programı yardımıyla elde edilebilmektedir (Berger and Hubbell 1987-1999). Daha sonra bu program, tesir kesiti ve kütle azaltma datalarından oluşan tabloları önceden tanımlanmış bir Microsoft Excel şablonuna taşıma kolaylığı sağlayan WinXCOM adı verilen bir program sayesinde Windows ortamına taşınmıştır.

Atom numarası (Z), atom ve nükleer fizikte hemen hemen her formülü oluşturan önemli bir parametredir. Etkin atom numarası, radyoterapideki dozun absorbesinin hesaplanmasında veya radyasyon önleyicinin dizaynında, X ve γ -ışınlarının etkileşimlerinin gösterimi için uygun parametrelerinden biridir. Hine (1952) birkaç elementin birleşiminden oluşan malzemelerin etkin atom numarasının tek numara ile gösterilemeyeceğini belirtmiştir. Madde ile etkileşebilen X ve γ -ışınlarının farklı proseslerinin herbiri için maddede ki çeşitli atom numaralarının farklı ağırlıklara sahip olduğunu söylemiştir. Etkin atom numarası, birim kütle başına elektronların sayısı ile ifade edilebilen, elektron yoğunluğu ile yakından ilişkilidir.

Etkin atom numarasının hesaplamaları, atom numarası ve enerjinin sınırlanmış oranlarının üzerinde fit edilen veri ile foton etkileşim tesir kesitlerinin parametrelerine dayalıdır (Jakkson *et al.* 1981). Yang *et al.* (1987) kan, beyin, kalp ve karaciğer gibi yumuşak insan dokularının etkin atom numaralarını hesaplamışlardır. Ayrıca Singh *et al.* (2002) radyasyon önleyicide potansiyel kullanıma sahip birkaç cam (mercek) için etkin atom numarasını hesaplamışlardır.

Manjunathagura and Umesh (2006), Manohora and Honagodimath (2007), Manoharo *et al.* (2008) biyokimyada çeşitli fonksiyonlara sahip birkaç molekülün etkin atom numarasını hesaplamışlardır. Grinyev *et al.* (2007) lokal yoğunluk ve etkin atom numaralarının farklı malzemelerde ayrı algılanması için çift enerji radyografisini geliştirdiler.

Etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu, bilinmeyen objelerin ve malzemelerin temel yapılarının belirlenmesindeki parametrelerin arasında en önemli

niceliklerdir. Etkin atom numarası, çok elementli malzemelerin karakteristikleri hakkında temel bilgilerin verilmesini sağlar ve onların fiziksel olarak ne anlama geldiklerini belirtir. Çok elementli materyallerin, etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu gibi sabitleri kullanılarak belirli formüllerle verilen enerji soğurulması hesaplanabilir. Bazı durumlarda etkin atom numarası materyalin kimyasal kompozisyon başlangıç şartları hakkında bilgi vermek için kullanılır (Manohara *et al.*2008).

Farklı bileşikler için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu hesaplanmasında birkaç yöntem geliştirilmiştir (Perumullu *et al.*1984; Lingam *et al.*1984; Singh *et al.*1996; Kumar and Reddy 1997; Gowda *et al.* 2004; Manjunathaguru and Umesh 2006; Manjunathaguru ve Umesh 2007). Bununla birlikte farklı bileşikler için etkin atom numarası ve elektron yoğunluğu çalışmaları çok sınırlı gibi görünebilir. Etkin atom numarası, elektron yoğunluğu, foton etkileşim tesir kesiti ve kütle azaltma katsayılarının kesin değerleri iyi bilinen karışım kuralı ile hesaplanmaktadır. Jange *et al.* (2005) enerji aralığı 13.5-41.5 keV üzerindeki molibdenin kütle azaltma katsayılarını hesaplamışlardır. Tran *et al.* (2005) yüksek hassasiyete sahip geniş X -ışını enerji aralığını kullanarak gümüşün X -ışınları kütle azaltma katsayısı hesaplanmıştır.

Ün ve Şahin (2011); PbO, barite, colemanite, tincal ve ulexite numuneleri için 80,1302,9; 356,0; 661,7 ve 1250,0 keV enerjilerinde etkin atom numarası, etkin elektron numarası, toplam atomik tesir kesiti, toplam elektronik tesir kesiti, ortalama serbest yol ve karma değerleri teorik ve deneysel olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada bahsedilen parametrelerin belirlenmesinde kütle soğurma katsayılarını kullanılmıştır. Murty *et al* (1999) foton tesir kesitinin atom numarasına bağlılığını incelemek için doku benzeri materyaller üzerinde çalışmışlardır ve 13-60 keV enerji aralığında kütle soğurma katsayılarını belirleyerek etkin atom numaralarını hesaplamışlardır. Kaewkhao (2008) Cu/Zn alaşımlarının kütle soğurma katsayılarını, toplam etkileşim tesir kesitlerini, etkin atom numarasını, etkin elektron yoğunluğunu ve ortalama serbest yollarını karışım kuralını kullanarak 356, 511, 662, 835 ve 1275 keV enerjili fotonlarla belirlemişlerdir. Manohara *et al.* (2008) bazı yağlı asitlerde ve karbonhidratlarda karma değerlerini, etkin elektron yoğunluklarını ve etkin atom numaralarını 1 keV-100 GeV enerji aralığında

belirlediler. Gowda *et al.* (2005) bazı aminoasitler (glisine, alanine, serine, valine, threonine, leucine, isoleucine, aspartic asit, lysine, glutamic asit, histidine, phenylalanine, arginine, tyrosine, tryptophane) ve şekerler (arabinose, ribose, glucose, galactose, mannose, fructose, rhamnose, maltose, melibiose, melezitose ve raffinose) için 30,8; 35,0; 81,0, 145; 276,4; 302,9; 356; 383,9; 661,6; 1173 ve 1332,5 keV enerjilerinde etkin atom numarası ve elektron yoğunluklarını hesaplamışlardır.

Etkin atom numarasını belirlemek için kullanılan bir diğer yöntem saçılma (Compton ve koherent) şiddetlerinin oranıdır. Bu yöntemde, dedektör verimi ve öz soğurma düzeltmesi faktörlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Singh *et al.* (2007a) 20 mCi aktifliğe sahip ¹⁴¹Ce radyoaktif kaynağından yayınlanan 145 keV enerjili gama ışınlarını kullanarak saçılma açısının 70° olduğu deney geometrisi ile atom numarası $6 \leq Z \leq 64$ aralığında olan elementler için X-ışını spektrumlarını elde etmişlerdir. Spektrumlarda Compton ve koherent saçılan fotonların oluşturduğu tepelerinin altında kalan alanları oranlayarak etkin atom numarasını hesaplamışlardır. Singh *et al.* (2007b) saçılma açısının 50° olduğu deney geometrisinde akrilik ve bakalit numuneleri için ²⁰³Hg kaynağından yayınlanan 279 keV enerjili fotonları kullanarak etkin atom numaralarını belirlemişlerdir. Singh *et al.* (2010) bir diğer çalışmalarında ise bileşik yapıları bilinen bazı nadir toprak elementlerinin etkin atom numaralarını belirlemişlerdir. Bu amaçla atom numarası $6 \leq Z \leq 82$ aralığında olan elementlerden 59,54 keV enerjili fotonları 90°'lik saçılmaya uğratarak X-ışını spektrumlarını elde etmişlerdir. Bu spektrumda Compton ve koherent saçılan fotonların oluşturduğu tepelerin altında kalan alanları belirleyerek numune için öz soğurma düzeltmesi, dedektör için fotopik verim düzeltmesi ve hava için öz soğurma düzeltmesi yapmışlardır. Atom numarasına karşılık Compton ve koherent tepelerin alanlarının oranının çizildiği grafikte fit eğrisinin tespit edilmesiyle etkin atom numarasını belirlemişlerdir. Duvauchelle *et al.* (1999) suda homojen olarak çözünebilen 8 tuzdan 80 sıvı numune hazırlamışlardır. Bu sıvı numuneler içerisinde alüminyum, potasyum, demir, kalsiyum, bakır, çinko, iyot ve gadolinyum elementleri bulunmaktaydı. Bu numuneler için Enerji ayrımlı X-ışını floresans (EDXRF) spektrometresinde Compton

ve koherent saçılan fotonların oluşturduğu tepelerin alanları oranından faydalanarak etkin atom numaralarını belirlemişlerdir.

El-Kateb *et al.* (1999) bazı alaşımlar için etkin atom numarası ve atomik tesir kesitini hesaplamışlardır. 81, 356, 511, 662, 835, 1274 ve 1332 keV enerjilerindeki gama ışınlarının transmisyonu ile pirinç, bronz, çelik, alüminyum-silikon ve kurşun antimon alaşımları üzerine çalışmışlardır. Kütle soğurma katsayısını hesaplamışlardır. Karışım kuralı ile toplam etkileşme tesir kesitleri ve etkin atom numarasını hesaplamışlardır. Teorik ve deneysel sonuçların uyumlu olduğunu görmüşlerdir.

Murty *et al.* (2004) toplam foton azalması için W/Cu alaşımının etkin atom numarasını hesaplamışlardır. Kaewkhao *et al.* (2008) Cu/Zn alaşımı için etkin elektron yoğunluklarını ve etkin atom numaralarını hesaplamışlardır. Cu/Zn alaşımının etkin elektron yoğunluklarını, etkin atom numaralarını, toplam etkileşme tesir kesitlerini, kütle azaltma katsayılarını 356, 511, 662, 835 ve 1275 keV gama ışınları enerjilerinde temel karışım metodu ile hesaplamışlardır. Gama ışınlarını 662 keV' de %10.2 rezolüsyona sahip NaI(Tl) sintilasyon dedeksiyon sistemi kullanarak dedekte etmişlerdir. Etkin atom numaraları ve etkin elektron yoğunluklarının enerjinin bir fonksiyonu olarak hemen hemen sabit olma eğiliminde olduğunu görmüşlerdir.

Han ve Demir (2009) farklı enerjilerde Cr, Fe ve Ni alaşımları için etkin atom numaraları ve elektron yoğunluklarını, kütle azaltma katsayılarını hesaplamışlardır. Cr, Fe, Ni ve Fe_xNi_{1-x} ($x=0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3$ ve 0.2) $Fe_xCr_yNi_{1-(x+y)}$ ($x=0.7, y=0.1; x=0.5, y=0.2; x=0.4, y=0.3; x=0.3, y=0.3; x=0.2, y=0.2; x=0.1, y=0.2$) ve Ni_xCr_{1-x} ($x=0.8, 0.6, 0.5, 0.4$ ve 0.2) alaşımları için kütle azaltma katsayılarını (μ_m) 22.1, 25.0, 59.5 ve 88.0 keV foton enerjilerinde ölçmüşlerdir. Numuneleri transmisyon düzenlemesini kullanarak 10mCi Cd-109 ve 100mCi Am-241 radyoaktif nokta kaynağı ile ışıldadılar. X- ve γ -ışınlarının 5.9 keV' de 160 eV rezolüsyona sahip Si(Li) dedektör ile sayarak toplam atomik ve elektronik tesir kesitlerini (σ_t ve σ_e), etkin atom numaralarını ve etkin elektron yoğunluklarını, yukarıda belirlenen 3d alaşımları için elde edilen kütle azaltma katsayılarını kullanarak deneysel ve teorik olarak olarak

hesaplamışlardır. Deneysel değerler tüm numuneler için hesaplanan teorik değerlerle karşılaştırıldığında sonuçların uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Limkitijaroenporn *et al.* (2012) Compton saçılma tekniği ile farklı foton enerjilerinde Ag/Cu/Zn alaşımlarının kütle azaltma katsayısını ve etkin atom numarasını hesaplamışlardır. Ag/Cu/Zn alaşımlarının kütle azaltma katsayısı ve etkin atom numaraları, gama ışınları transmisyon methodu kullanarak 220 keV' den 662 keV enerji aralığında hesaplanmıştır. Foton enerjisi compton saçılma tekniği ile değiştirilmiştir. Deneysel değerlerin %1 hatadan daha az bir değerle teorik değerle uyumlu olduğu görülmüştür. Kütle azaltma katsayıları ve etkin atom numaralarının, daha düşük enerjilerde Ag/Cu/Zn alaşımlarının daha yüksek foton etkileşim ihtimaliyetinden dolayı gama ışınlarının enerjilerinin artması ile azaldığı görülmüştür. Han *et al.* (2012) yeni yarı-ampirik yaklaşımla 3d geçiş metal alaşımlarının etkin atom numarasını hesaplamışlardır. Toplam etkileşme tesir kesitine dayalı yeni, güvenilir ve pratik yarı-ampirik eşitlik, 3d geçiş metal alaşımlarının etkin atom numaralarının değerlerinin hesaplanması için kullanıldı. Ti, Cr, Fe, Co, Ni ve Cu metalleri için 22.1, 25.0, 59.5 ve 88.0 keV özel foton enerjilerinde ölçülen toplam etkileşim tesir kesitleri kullanılmıştır. Etkin elektron numaraları, yarı-ampirik eşitliklerin kullanılması ile saptanmıştır. Hem etkin atom numaraları hemde etkin elektron numaralarının teorik değerleri WinXCOM programındaki verilere dayalı hesaplanan ve deneysel değerlerle karşılaştırılan yarı-ampirik yaklaşımla türetilmiştir. Teorik ve deneysel değerlerin birbirleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Murty *et al.* (2000) transmisyon deneyleri kullanarak W/Cu alaşımı için etkin atom numaralarını hesaplamışlardır. Bu çalışmada transmisyon deneyleri ile 65/35 ve 60/40 oranlarında W/Cu alaşımı için etkin atom numarası 60-400 keV foton enerji aralığı için gerçekleştirilmiştir. Ayrıca İçelli *et al.* (2005) CoCuNi alaşımları için etkin atom numaralarını, Ni değerlerinin değişimine karşı 15.746 keV'den 40.930 keV X -ışını enerji aralığı için belirlemişlerdir.

Han ve Demir (2009) Ti_xCo_{1-x} ve Co_xCu_{1-x} alaşımlarında kütleye soğurma katsayılarından hareketle elektron yoğunlukları ve etkin atom numaralarını çalışmışlardır. Saf Ti, Co, Cu ve Ti_xCo_{1-x} ve Co_xCu_{1-x} ($x=0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3$ ve 0.2) alaşımları için toplam kütleye azaltma katsayıları 22.1, 25.0, 59.5 ve 88.0 keV foton enerjilerinde hesaplanmıştır. Toplam atomik ve elektronik tesir kesiti, etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları yukarıda belirtilen 3d alaşımları için hesaplanmıştır. Teorik kütleye azaltma katsayıları karışım metodu ile hesaplanmıştır ve teorik sonuçlarla gözlemlenen deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında sonuçların uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Clerc *et al.* (2010), platinyum-galyum alaşımlarının fiziksel özelliklerini ve elektron yoğunluğu dağılımını incelemişlerdir. Ab initio yoğunluk fonksiyon teorisine dayalı küme modeli, $Pu_{12}Ga$ (%7.7 Ga) ve $Pu_{18}Ga$ (%5.3 Ga) için inelastik özellikler, elastik özellikler, bağ uzunluğu, basınç bağlılık, elektron yoğunluğu dağılımını hesaplamak için gallium-platinyum alaşımlarında kullanılmıştır.

Limkitjaroenporn *et al.* (2013), Inconel 738 süperalaşımının kütleye azaltma katsayılarını farklı gama enerjilerinde Compton saçılma tekniği ile belirlemişlerdir. Teorik kütleye azaltma katsayıları WinXCOM programı ile hesaplamışlardır. Azaltma katsayılarından hareketle etkin atom numaralarını ve etkin elektron yoğunluklarını hesaplamışlardır. Sonuçta parametrelerin gama ışını enerjilerinin azalmasıyla arttığını gözlemlemişlerdir.

Perişanoğlu ve Demir (2014) 59,5 keV enerji için farklı kompozisyonlardaki Ni_xCr_{1-x} ($x=0.40; 0.50; 0.60; 0.80$) alaşımlarının toplam kütleye soğurma katsayılarını deneysel olarak belirlemişlerdir. Her bir alaşım için teorik kütleye soğurma katsayılarını karışım kuralı dikkate alınarak WinXCOM programında hesaplamışlardır. Alaşımlar için; toplam atomik ve elektronik tesir kesitleri ve etkin atom numaraları ölçülen kütleye soğurma katsayılarını kullanarak hesaplamışlardır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Geçiş Metalleri ve Genel Özellikleri

Geçiş elementleri (metalleri) periyodik tablonun *d*-bloğu olarak adlandırılan bölgesinde bulunurlar (Alım 2012). Geçiş metallerinin hepsi, elektron diziliminde en dışta *d*-orbitalinde her zaman elektron taşırlar (Şekil 2.1).

	IA																				VIII A									
1	H																					He								
2	Li	Be	GEÇİŞ ELEMENTLERİ										B	C	N	O	F	Ne												
3	Na	Mg	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B	IX B	X B	IB	IIB	Al	Si	P	S	Cl	Ar												
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr												
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe												
6	Cs	Ba	*La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn												
7	Fr	Ra	+Ac	Rf	Ha	Sg	Ns	Hs	Mt	110	111	112	113																	
Lantanitler			58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71														
Aktinitler			90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103														

Şekil 2.1. Periyodik çizelge

Birinci sıra geçiş elementleri; $[Ar] 3d^n 4s^2$, ağır geçiş metalleri olarak da adlandırılan ikinci ve üçüncü geçiş metalleri ise sırasıyla $[Kr] 4d^n 5s^2$ ve $[Xe] 4f^{14} 5d^n 6s^2$ şeklinde bir elektron konfigürasyonuna sahiptirler. Bu elementler ilk olarak *s* orbitalindeki ve sonrasında *d* orbitalindeki elektronları vererek iyonlaşırlar. Bu iyonlar veya atomlar boş olan *d* orbitalleriyle kompleks yapıları meydana getirirler. Şekil 2.2’de 3d geçiş elementlerinin elektron yapısı gösterilmiştir.

	4s	3d					4p		
Sc	↑↓	↑							
Ti	↑↓	↑	↑						
V	↑↓	↑	↑	↑					
Cr	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
Mn	↑↓	↑	↑	↑	↑	↑			
Fe	↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑			
Co	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	↑			
Ni	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑			
Cu	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓			
Zn	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓			

Şekil 2.2. 3d geçiş elementlerinin elektron yapısı

Tepkimeye giren elektron d-orbitali elektronlarıdır. Geçiş metalleri sertlikleri, yüksek yoğunlukları, iyi ısı iletkenlikleri ve yüksek erime kaynama sıcaklıkları ile tanınırlar. Sertlikleri nedeniyle, saf halde ya da alaşım halinde yapı malzemesi olarak kullanılırlar. d bloğu elementleri periyodik sistemin en çok çalışılan elementleridir. Demir ve bakır, uygarlığın gelişimine katkıda bulunmuş ve günümüzde de önemli endüstriyel metallerin başında gelirler. Bu bloğun diğer elementleri de teknolojinin çok çeşitli alanlarında kullanılırlar. Örnek vermek gerekirse, titanyum uzay araçları endüstrisinde, vanadyum ise petrokimya endüstrisinde katalizör olarak kullanılır. d bloğu element atomları, elektron diziliş kuralına göre, d orbitallerinin kısmen veya tamamen dolduğu elektron dizilimine sahiptirler. d-orbitali beş orbitalden oluşur. Her orbitalin iki elektronla dolduğunu düşünürsek, d bloğunun her bir sırasında 10 geçiş elementi mevcuttur.

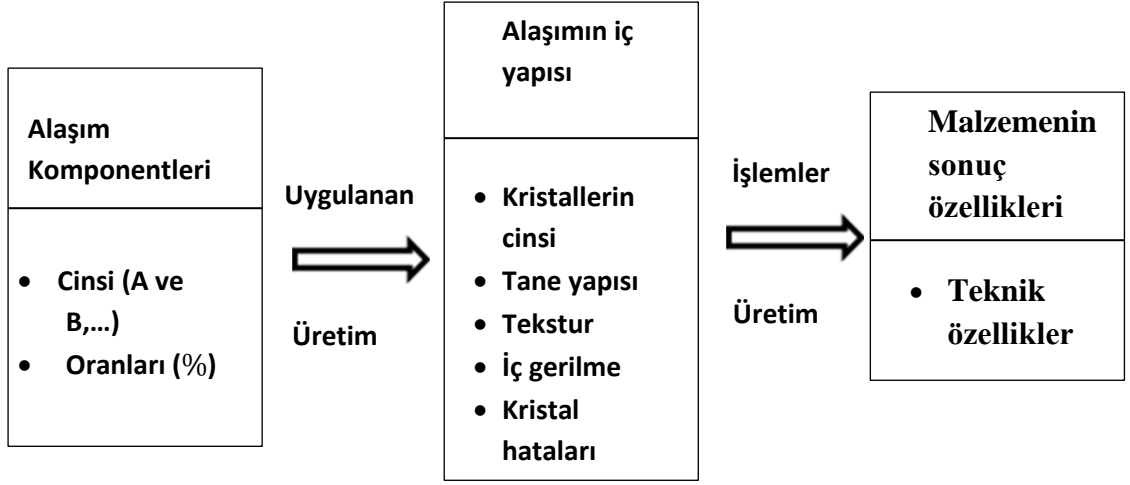
Geçiş metalleri, d orbitallerine elektron girmesine karşılık gelen metallerdir. d-orbitallerinin dolması ile gösterilen metallere temel geçiş metalleri (birinci sıra geçiş metalleri) denir. f orbitallerinin dolması ile gösterilen metallere ise iç geçiş metalleri denir. Birinci sıra geçiş metalleri ve iç geçiş metallerinin tamamı metaldir ve elektriği

iyi iletirler (Bulun 2010). İç geçiş metallerrinin sert, kırılğan ve erime noktalarının yüksek olmasının sebebi dolmamış d-orbitallerinin birbirlerine yaklaşarak kovalent bağ yapmasından kaynaklanmaktadır.

Elementlerin paramanyetik özellikler göstermesi orbitallerinde çiftlenmemiş elektron bulunmasından kaynaklanmaktadır. Geçiş metallerrinin d-orbitali genelde tam dolu olmadığı için, geçiş metalleri ve bileşikleri paramanyetiktir. Demir, kobalt, mangan, nikel metalleri daha fazla paramagnetik özellik gösterirler.

2.2. Alaşım Oluşumu ve Alaşımlama

İki ya da daha çok metalin, bazen de bir metal ile karbon gibi bir ametalin birleştirilmesi ile elde edilen, üstün mekanik değerler taşıyan metalurji ürünü olan yeni türe alaşım adı verilir. Alaşımı oluştururken alaşımların özelliklerini belirleyebilmek için alaşımı oluşturan elementlerin cinsi, miktarı ve tane yapısını bilmemiz oldukça önem arz etmektedir. (Şekil 2.3) Alaşım meydana getirme işlemi, metalin birtakım özelliklerini değiştirmeyi veya ona yeni özellikler kazandırmayı hedefler. Alaşımlama işlemi ile saf metallerrin özelliklerini (fiziksel özellikler, kimyasal özellikler, mekaniksel özellikler v.b) değiştirebiliriz. Alaşımların en büyük faydası, alaşım oluşturulurken ana metale eklenen metal veya ametallerin metal özelliklerine nasıl etki ettiğinin bilinmesi ile üstün özelliklere sahip yeni ürünlerin elde edilmesine olanak sağlamasıdır.



Şekil 2.3. Alaşımlarda “ bileşen- üretim- sonuç ” ilişkisi

2.2.1. Alaşımlandırma ve içyapı oluşumu

Herhangi bir alaşımı oluşturacak X ve Y maddelerinin cinslerine bağımlı olarak, meydana getirecekleri iç yapı ikiye ayrılmaktadır:

Birinci olarak tek bir cins kristal meydana gelebilir. Söz konusu yapı tek kristal cinsinden oluşur ancak polikristal yapıdadır. Bu kristal cinsi alaşım maddelerinden birinin kristal şeklini alabilir (katı eriyik). Her iki maddeye ait atomlar alaşım maddelerinin her birinin kristal cinsinden farklı bir kristal kafesi ve atom yerleşim biçimi ile başka bir kristal türü oluşturabilirler.

İkinci olarak ise, alaşımı meydana getiren metaller alaşım içerisinde her biri ayrı ayrı kendi kristalini oluşturabilirler (kristal karışımı). Bu kristaller diğer elementi sınırlı oranda eritebilir; belli oranda eritilmiş olarak yapı içerisinde katı eriyik kristalleri halinde birarada bulunabilirler. Alaşımın iç yapısının hangi fazlardan oluşacağı alaşım elementlerinin;

- Kimyasal özelliklerine (elektronik konfigürasyonu, elektronegatiflik v.b)
- Atom çaplarının büyüklüğüne

- Büyük ölçüde her bir metalin kendi kafes yapılarına bağlı olarak ortaya çıkar (Demirci 2004).

2.2.2. Katı eriyikler

Metallerin (X ve Y) birbirlerini her oranda eritebilen katı eriyik meydana getirebilmeleri için, söz konusu metallere ait kristallerin aynı kafes yapılarına sahip olmaları ve atom çaplarının birbirine yakın olması gerekmektedir. Bu yakınlık derecesi eritme sınırını belirleyecek olan en önemli parametredir. Örnek vermek gerekirse, Co metalini düşündüğümüzde bu metalin iyon yarıçapı 1.25\AA 'dur. Bununla birlikte Fe metalini düşündüğümüzde bu metalin iyon yarıçapı 1.27\AA 'dur. İlk bakışta bu iki metalin iyon yarıçaplarının çok yakın olması bu iki metalin iyi bir alaşım oluşturacağı düşüncesini aklımıza getirebilir ancak bu iki metalin kristal yapılarını incelediğimizde Co'nun hcp yapısında, Fe'nin ise bcc yapısında kristalleştiğini gördüğümüzde kristal yapıları birbirinden çok farklı olduğundan bu iki elementin alaşım yapamayacağını rahatlıkla söyleyebiliriz. Bu iki olgu sonucun belirlenmesinde etkili ancak yeterli değildir. Valans elektron yoğunluğu ve elektronegatiflik gibi özelliklerde katı eriyik oluşturmada önemli parametrelerdir.

Atom yarıçapı farkı ne kadar küçükse elementlerin katı halde birbirlerini eritebilme yetenekleri o kadar büyür. Ancak iki metalin alaşımın yapılabileceği tek bir özellikte anlaşılacak kadar kolay değildir. Atom çapları farkı %8'den az olan elementler birbirlerini her oranda eritebilir, aynı kristal içerisinde her iki X ve Y atomları her oranda yer alabilirler. Atomlar arasındaki çap farkının artması ile katı eriyik alanı daralır, eritme yeteneği düşer.

X ve Y atom çapları farkının %14-15'ten fazla olması durumunda her iki element katı halde birbirlerini eritemez kabul edilebilir (Demirci 2004).

Alaşımı meydana getiren elementlerin elektronegatiflik değerleri birbirine ne kadar yakın ise, eritme yetenekleri o kadar fazla olur. Bir başka deyişle elementlerin "elektronegatiflik" değer farkı ne kadar az ise eritme yeteneği o kadar fazladır.

Bir element için elektronegatiflik kavramı, $0.31 \left(\frac{v+1}{R} + 0.50 \right)$ olarak ifade edilir; v: valans elektronun sayısı; R: atom yarıçapı. Bu farkın artması metalik bağ karakterinin zayıflamasına ve katı eriyik yerine kimyasal ilginin artmasıyla bileşiklerin oluşmasına yol ağar (Demirci 2004; Guillermet 1988).

2.2.3. Alaşımların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Alaşımların fiziksel özellikleri;

- Alaşımlar, yoğun olup maden parlaklığında, ısı ve elektriği iletirler. Bazıları beyazdır. Fakat bakır ve altın gibi renkli maddeler alaşım içerisinde yeteri miktarda bulunursa alaşım renklenir.
- Genel olarak alaşımlar, alaşımı oluşturan maddelerden daha sert, levha haline getirilmesi daha zor fakat daha dayanıklıdırlar. Levha ve yaprak haline getirilebilen altın, antimon veya kurşun ile karıştırıldığı zaman sert ve kırılğan bir hal alır.
- Alaşımın yapısında metal olmayan katkı elementi olsa bile asıl eleman kesinlikle metal olduğundan metal karakter taşır.
- Alaşımın erime noktası kendisini oluşturan elementlerin erime noktalarından daha düşük, daha yüksek veya ara değerde olabilir. Fakat büyük çoğunlukla daha düşük olmaktadır. Örneğin kurşun 335°C, bizmut 264°C, kalay 228°C eridiği halde %50Bi, %31,25 Pb, %18,75 Sn ibaret olan alaşım 94,5°C'de erir (Darcet alaşımı).
- Bakır ve kalay alaşımı zamanla dayanıklılığını kaybeder. Bakır birçok metalle alaşım yapar. Kıymetli elementlerden gümüş ve altına sertlik verir.

Alaşımların kimyasal özellikleri ise

- Alaşımlar kendilerini oluşturan elementlerden daha az oksitlenebilen karışımlardır. Fakat alaşımlarda da oksitlenme az da olsa olduğundan dolayı bazı alaşımların alevle yanma özelliğine sahip olduğu görülür. Örneğin kalay ve kurşun antimon ve potasyumdan ibaret alaşımlar alevle yanarlar.
- Asitlerin alaşımlar üzerine etkisi alaşımı oluşturan elementlerden daha azdır.
- Alaşımlar genellikle kendilerini meydana getiren metallerden daha az aktiftirler. Örneğin, sodyum malgaması suyu daha yavaş ayrıştırır. Halbuki sodyum suya çok kuvvetli etki yapar.
- Bir alaşımın parlak yüzeyi üstüne asitler veya bazı kimyasal ayıraçlar dökülürse alaşımda muhtelif renkler görülür. Etkilenmeler birbirinden farklıdır. Alaşımı oluşturan elementlerin cinsine göre çeşitli irili ufaklı çukurlar meydana gelir. Bu çukurlar mikroskop altında incelenebilir.
- Bazı alaşımların üzerinde şekil değişikliği meydana getirilebilir. Alaşım belli bir sıcaklığa kadar ısıtıldığında tekrar eski haline dönebilir.

2.2.4. Alaşım üretimi

İki veya daha fazla metalin belli oranlarda bir araya gelmesiyle oluşturdukları alaşımların üretiminde, öne çıkan en önemli üç metod aşağdaki gibidir:

- **Eritme metodu;** Bu methoda alaşımı oluşturan metallerden yüksek erime sıcaklığına sahip metal, grafit bir pota içerisinde eritilir. Daha sonra ise daha düşük erime sıcaklığına sahip metallere sırası ile eritilir. Mevcut durumda ortaya çıkabilecek oksitlenmeye karşı oksit önleyici maddeler katılır. Uçma durumundan kaynaklanacak eksiklik ise erime sıcaklığı daha düşük olan metalden biraz katılarak giderilir.
- **Toz karışım metodu;** Bu methoda alaşım üretimi; yüksek basınç altında metal tozlarının preslenmesiyle oluşturulur.
- **Sinterleme metodu;** Bu methoda alaşım üretimi, öncelikle alaşımı oluşturan metallere muhtelif oranlarda karıştırılır. Daha sonra yüksek sıcaklıklarda uzun süre

ısıtılarak difüzyon olayıyla birbiri içerisinde kaynatılarak dayanıklı katı bir yapı meydana getirilir. Bu durumda parçacıklar arasında boy büyümesi meydana gelir. Boyun büyümesi saf mukavemet özelliğinin kuvvetlenmesine neden olur.

2.3. X-ışınları ve Genel Özellikleri

Kaynağından ıraksayan çizgiler boyunca dalga veya parçacıklar şeklinde yayılan enerjiye radyasyon denir. Genel anlamda, doğal yada yapay radyoaktif çekirdeklerin kararlı hale geçebilmek için dışarıya verdikleri hızlı parçacıklar veya ivmeli hareket eden yüklü parçacıkların ışıdığı enerji radyasyon olarak adlandırılır. Radyasyonu iki şekilde sınıflandırabiliriz: a-) Parçacık radyasyonu: Belirli kütle ve enerjiye sahip çok süratli hareket eden küçük parçacıkları belirtir. b-) Dalga tipi radyasyon: Belli bir enerjiye sahip elektromagnetik dalgalarıdır.

1895 yılında William Röntgen madde üzerine düşen hızlı elektronların bilinmeyen tabiatlı son derece girici ışımlar meydana getirdiğini gözlemlemiştir. Tabiatları tam olarak bilinemediği için X -ışınları olarak isimlendirilen bu ışınların giricilik ve şiddetlerinin, gelen elektronların hızlarıyla doğru orantılı olduğu tespit edildi. Hugo ve Wind 1899 yılında dar bir yarıktan bir X -ışını demeti geçirmek suretiyle bir kırınım deseni elde ettiler. Elde edilen desen oldukça küçük olduğu için kabul görmemiştir. X -ışınlarının dalga tabiatı ise, polarizasyonlarının gösterilmesi suretiyle Barkla tarafından 1906'da ortaya konulmuştur. Ayrıca dalga karakteri taşıdığı, 1912 yılında Lave'nin ortaya koyduğu kristallerdeki kırınım deneyleri ile meydana çıkmıştır.

X -ışınları yüksek enerjili elektronların yavaşlatılması veya atomların iç yörüngelerindeki elektron geçişleri ile meydana gelen 10^{-5} - 100 \AA dalgaboyu aralığındaki elektromanyetik radyasyon olarak tarif edilir (Bütün 2007). X-ışınları madde ile karşılaştığında etkilenmeden geçiş (transmission), yansıma (reflection), kırılma (refraction), koharent saçılma, inkoharent saçılma, kırınım (diffraction), fotoelektrik soğurma ve çift oluşum gibi olaylar meydana gelir. X -ışınları fotoelektrik

soğurma ve inkoharent saçılma gibi olaylarda parçacık özelliği; yansıma, kırılma, polarizasyon, koharent saçılma gibi olaylarda ise dalga özelliği gösterirler.

X -ışınlarının genel özellikleri ve madde ile etkileşimleri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

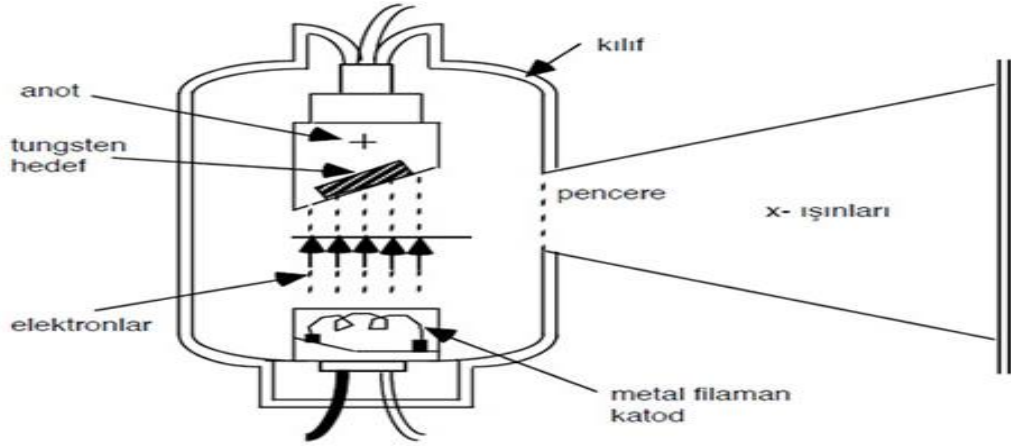
Çizelge 2.1. X ışınlarının genel özellikleri, madde ile etkileşimleri, yapabileceği fiziksel olaylar ve X -ışını soğurulmasının kalıcı sonuçları

Genel Özellikler	Etkileşme sonunda maddeden çıkan tanecik
<ul style="list-style-type: none"> • Sürekli spektrum verir. • Çizgi spektrumu verir. • Işık hızı ile yayılırlar. • Doğrular halinde yayılırlar. • Elektrik ve magnetik alandan etkililenmezler. 	<ul style="list-style-type: none"> • İyon • Fotoelektron • Auger elektronu • Geri tepme elektronu • Elektron-pozitron çifti
Yapabileceği fiziksel olaylar	X-ışını soğurulmasının kalıcı sonuçları
<ul style="list-style-type: none"> • Transmisyon • Kırılma • Yansıma • Polarizasyon • Koharent saçılma • İnkoharent saçılma • Fotoelektrik olay 	<ul style="list-style-type: none"> • Radyasyon tahribatı • Sıcaklık artması • Fotoelektrik iyonizasyon • Genetik değişme • Hücrenin Ölümü

2.3.1. X -ışınlarının üretimi

X -ışınlarının üretilmesinde en sık kullanılan kaynak X -ışını tüpleridir. Şekil 2.4’te bir X -ışını tüpü şematize edilmiştir. Fileman tel üzerinden akım geçmesiyle termoiyonik olay ile etrafına elektron saçar. Bu elektronlar anot ile katot arasında uygulanan potansiyelle anoda gönderilir. Anot maddesi Cu, W, Co gibi metallere yapılır. Gelen elektronlar anottaki elektronlara enerji aktararak X-ışını çizgisinin yayılmasına sebep olurlar. Gelen elektron anot atomlarının çekirdekleriyle yakın çarpışmada bulunabilirler. Böyle coloumb etkileşmelerinde gelen elektron büyük ivmelenmelere maruz kalabilir ve

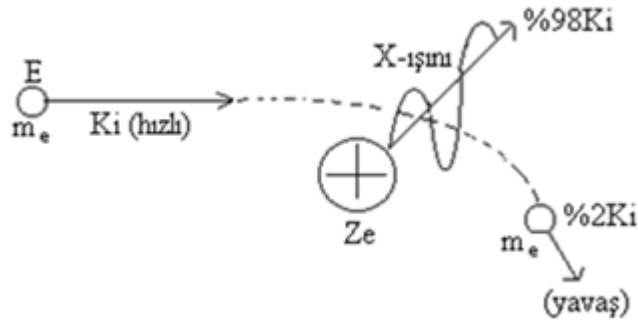
büyük açılarda saçılabilir. Çekirdek elektrona göre çok büyük kütleli olmasından dolayı elektronlar enerji kaybetmezler.



Şekil 2.4. X -ışını tüpü

2.3.2. Sürekli X -ışınları

Sürekli X -ışınları elektronlar, protonlar ve α parçacıkları gibi yüksek enerjili, yüklü parçacıkların ağır çekirdeklerin coloumb alanından geçerken enerji kaybetmeleri sonucu meydana gelir. Elektron bu etkileşimde enerji ışıır. Bu enerji sürekli spektrum veya Bramstrahlung (frenleme radyasyonu) spektrumu olarak isimlendirilir.



Şekil 2.5. Sürekli X-ışını oluşum mekanizması

Şekil 2.5'te sürekli X -ışını oluşum mekanizması verilmiştir. Sürekli X -ışını spektrumu geniş bir frekans aralığını kapsayan sürekli bir ışımaya karşılık gelmektedir. Bu nedenle bunlara beyaz X -ışınları da denmektedir. Bu ışınların oluşumunu klasik elektromagnetik teoriye göre açıklayabiliriz. İvmeli hareket eden yükler elektromagnetik ışımada bulunurlar. Yüksek enerjili elektronlar bir hedefe çarptıkları zaman enerjilerinin %1'i sürekli X -ışınlarının oluşumuna sebep olur.

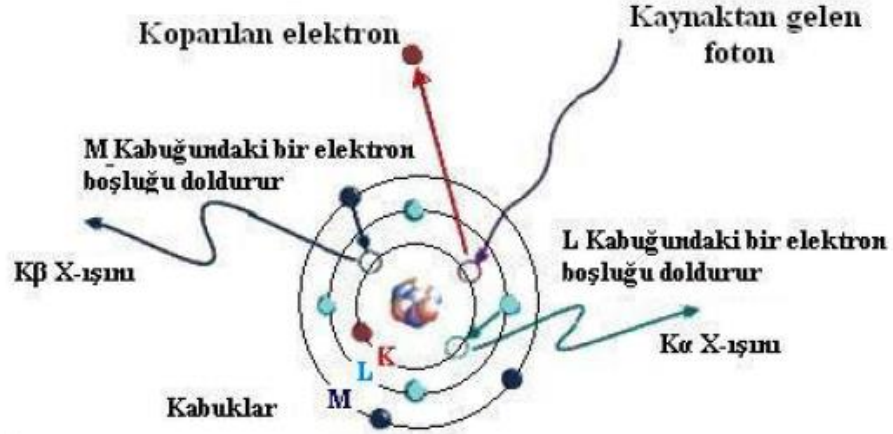
Kuantum teorisine göre, X -ışını tüpünde meydana getirilen sürekli X -ışını spektrumu, elektronların maksimum enerjisine karşılık gelen, kısa dalgaboyu sınırıyla (λ_{min}) karakterize edilir (Dözen 2006).

Bir X -ışını tüpünde elektronlar tarafından oluşturulan sürekli X -ışını spektrumu aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Sürekli spektrumun şekli anodun tabiatına bağlı olmayıp gelen elektronların enerjisine bağlıdır.
- Kısa dalgaboyu sınırı (λ_{min}) gelen elektronun kinetik enerjisiyle ters orantılıdır. Bu sınırın frekansı $\nu_0=c/\lambda_0$, $E= h \nu_0$ ampirik ifadesine uyar.
- Toplam şiddet, tüp voltajı ve hedef maddesinin atom numarası ile doğru orantılıdır.

2.3.3. Karakteristik X-ışınları

Hızlandırılmış elektronlar, X -ışınları tüpünden yayınlanan ışınlar, radyoizotop kaynaktan yayınlanan fotonlar, proton, nötron ve α parçacıkları vasıtasıyla bir atomdan bir elektron sökülürse yani iç yörüngede bir boşluk meydana getirilirse bu boşluk, daha üst yörüngelerden gelen elektron ile çok kısa bir zamanda doldurulur. İki enerji seviyesi arasındaki farka eşit bir foton yayınlanır. Bu fotona karakteristik X -ışını fotonu denir. Şekil 2.6'da karakteristik K ve L X -ışınlarını oluşturan bazı geçişler gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Karakteristik K ve L X -ışınları oluşumu (Bütün 2007).

Bir atomun K kabuğunda meydana gelen boşluk L kabuğunda bulunan bir elektron tarafından doldurulursa, böyle bir durumda yayımlanan fotonun frekansı karakteristik spektrumun K_{α} çizgisine karşılık gelir. Bu boşluk M kabuğundaki elektron tarafından doldurulursa K_{β} çizgisi, N kabuğundaki elektronlar tarafından doldurulursa K_{γ} çizgisine karşılık gelen fotonlar yayımlanır.

Eğer, hedef atomu üzerine çarpan elektronların enerjileri K kabuğundan elektron sökecek kadar büyük değilse, L, M, N,... kabuklarının birinden bir elektron sökülebilir. K kabuğuna benzer olarak L kabuğunda meydana gelen boşluğun M, N,... kabuklarındaki elektronlarla doldurulması ile L_{α} , L_{β} , L_{γ} ışınları, M kabuğu için M_{α} , M_{β} , M_{γ} ,... ve N kabuğu için N_{α} , N_{β} , N_{γ} ,... çizgileri, kısacası L,M ve N serileri ortaya çıkar.

Pauli dışarlama ilkesine göre atomlardaki elektronlar belli yörüngelerde bulunabilirler. Bu ilke “Bütün kuantum sayıları aynı olan iki elektron aynı orbitalde bulunamazlar”. Bu kuantum sayıları n baş kuantum sayısı, l yörünge açısız kuantum sayısı, m yörünge manyetik kuantum sayısı, s spin kuantum sayısıdır. n yörünge ve enerjinin büyüklüğünü belirler. Bu değerlere karşılık gelen kabuklar K, L, M, N, ... olarak isimlendirilirler. Kabuklar arasındaki elektron geçişlerinin uymak zorunda olduğu seçim

kuralları vardır. Seçim kuralları ise $\Delta n \neq 0$, $\Delta l = +1, -1$ ve $\Delta j = 0, +1, -1$, dir (Bütün 2007). Çizelge 2.2’te bu durum gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Kuantum sayıları ve seçim kuralları.

SEMBOL	İSİM	ÖNEMİ	MÜSAADELİ DEĞERLER
n	Baş kuantum sayısı	Esas itibariyle bağlanma enerjisini ve tabakaları gösterir.	1, 2, 3,.....,∞
l	Yörünge açısal momentum kuantum sayısı	Yörünge açısal momentumunun ve yörüngelerin büyüklüğünü belirler (uzay kuantumlanmasını verir).	0, 1, 2,....., $n-1$
m_l	Yörünge manyetik kuantum sayısı	L açısal momentumunun manyetik alan üzerindeki izdüşümünü belirler. Bir manyetik alanda yörüngelerin yerleşimini (pozisyonunu) gösterir.	$-l, \dots, 0, \dots, +l$
s	Spin kuantum sayısı	Spin açısal momentumun varlığını gösterir.	1/2
m_s	Spin manyetik kuantum sayısı	Spin yönünün saat yönünde veya saatin tersi yönünde olduğunu gösterir.	+1/2, -1/2
j	Dahili prosesyon veya toplam açısal momentum kuantum sayısı	l ve s 'nin mümkün kombinezonlarından ibarettir. Spin ve yörünge açısal momentumlarının toplamının büyüklüğünü belirler.	$l \pm 1/2$ ($j=0$ ve $-1/2$ hariç)

2.4. Gama ışınları

Gama ışınlarının kaynağı atomun çekirdeğidir. Bu ışınlar atom çekirdeğinin enerji seviyelerindeki farklılıklarından meydana gelir. Çekirdek bir alfa ve bir beta parçacığı yayımladıktan sonra genellikle kararlı bir durumda olmaz. Fazla çekirdek enerjisi bir elektromagnetik radyasyon olarak yayınlanır. Gama ışınları, alfa ve beta parçacıklarından daha yüksek enerjili ve dolayısıyla daha nüfuz edici ışınlardır. Gama ışınlarının alfa ve beta parçacıklarına göre madde içinde nüfuz etme kabiliyetleri çok fazla olmasına rağmen, iyonlaştırma etkileri ise daha azdır. Gama ışınlarının birkaç cm kalınlığındaki kurşun tuğlalarla belli bir kısmı durdurulabilir. Madde içerisinden geçerken üstel bir fonksiyon şeklinde bir şiddet azalmasına uğrarlar. Yüksüz olduklarından elektrik ve manyetik alanda sapma göstermezler.

Gama ışınları yüksek giricilik özelliklerinden dolayı canlı dokulara zarar verebilir, canlı hücreleri öldürebilir, bu özelliğinden dolayı tıpta, kanserli hücreleri öldürmek için kullanılmaktadır. Gama ışınları uzayda çok uzun mesafeler kat ederek yerküreye kadar gelir ve yerküre atmosferi tarafından soğurulurlar. Işığın farklı dalga boyları yerküre atmosferini geçerek farklı katmanlara ulaşırlar. Gama ışınları evrenin en sıcak bölgelerinde üretilen ışığın enerjik formlarıdır (Uğurlu 2013).

2.4.1. Gama ışınlarının madde ile etkileşmeleri

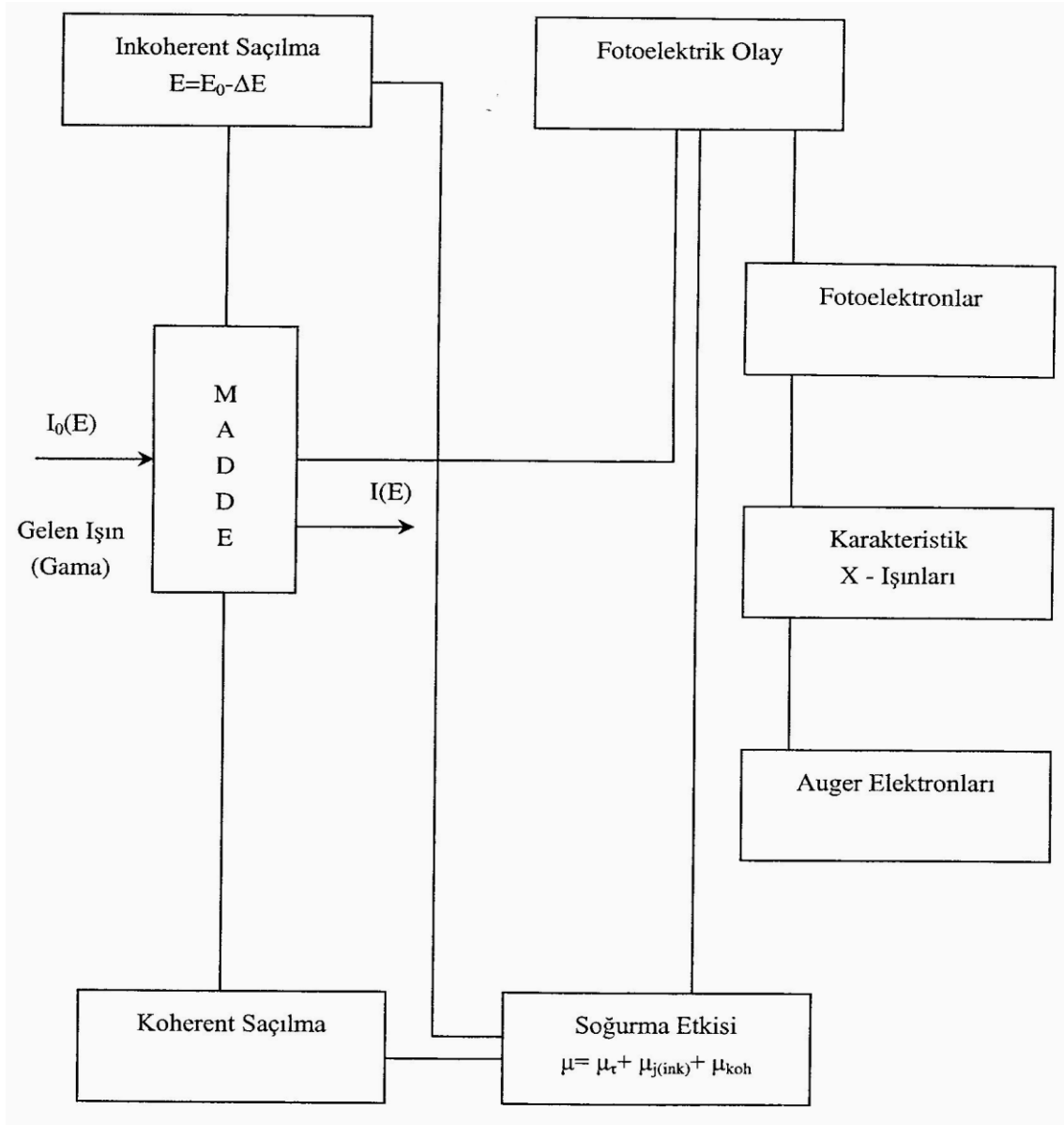
Gama ışınları, yüklü parçacıklara kinetik enerji aktardığında, bu durum gama ışınlarının tayfsal özelliklerini belirlememizde önemli bir parametre olacaktır. Gelen gama ışını fotonu ile ikincil parçacıkların yönü arasındaki açı, gama ışınlarının enerjileri hakkında önemli bilgileri edinmemizi sağlar. Bu ışınların madde ile etkileşmeleri, etkileşme alanlarının durumlarına göre:

- Atomun elektronu ile etkileşme
- Çekirdek ile etkileşme
- Çekirdek ve elektron etrafındaki elektrik alan ile etkileşme
- Çekirdek çevresindeki mezon alanı ile etkileşme olarak gruplandırılır (Şahin 1998).

Bir nükleer bozunmada yayımlanan gama ışınları enerjileri 1MeV'in kesrinden birkaç MeV'e kadar bir aralıkta enerjiye sahiptirler (Dözen 2006). Bu enerji aralığında madde ile etkileşmeler sonucunda enerji kaybettikleri üç temel olayı şu şekilde sıralayabiliriz:

- Fotoelektrik olay ($0.01\text{MeV} < E < 0.5 \text{ MeV}$)
- Saçılma ($0.1 \text{ MeV} < E < 10 \text{ MeV}$)
- Çift oluşum ($> 1.02 \text{ MeV}$)

Gama ışınlarının madde ile etkileşmeleri sonucunda meydana gelecek olaylar Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Gama ışınlarının madde ile etkileşimleri sonucunda meydana gelebilecek olaylar (Dözen 2006).

Yukarıda belirttiğimiz üç olay içinde, gelen fotonun şiddetinde azalma meydana gelir. Bu olayların tesir kesitlerinin toplam azaltma katsayısı, her bir olayın kütle azaltma katsayılarının toplamı olarak;

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{\tau}{\rho} + \frac{\sigma}{\rho} + \frac{K}{\rho} \quad (2.1)$$

Şeklinde ifade edilir (Bertin 1995). Burada;

$\frac{\mu}{\rho}$ → toplam azaltma katsayısı

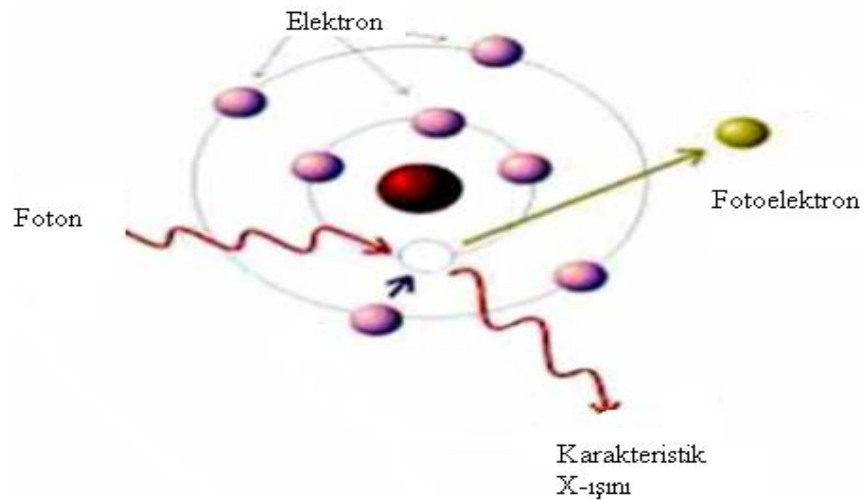
$\frac{\tau}{\rho}$ → fotoelektrik kütle azaltma katsayısı

$\frac{\sigma}{\rho}$ → saçılma kütle azaltma katsayısı

$\frac{K}{\rho}$ →elektron-pozitron çifti oluşumu kütle azaltma katsayısı

2.4.2. Fotoelektrik olay

$h\nu$ enerjili bir foton, atomun bağlı elektronlarından biriyle etkileştiğinde, fotonun enerjisinin tamamının soğurularak elektronun serbest hale geçmesi olayına fotoelektrik olay, serbest hale geçen elektrona da fotoelektron denir. Şekil 2.8'de bu olay gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Fotoelektrik olayı

Bu olayda elektronun kazandığı kinetik enerji;

$$K_e = h\nu - E_b \quad (2.2)$$

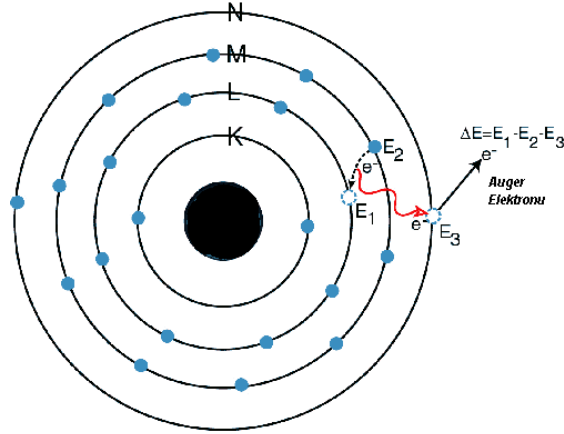
Burada K_e elektronun kazandığı kinetik enerji, $h\nu$ gelen fotonun enerjisi ve E_b ise elektronun bağlanma enerjisidir. Serbest elektron ile fotoelektrik olay gerçekleşmez. Bunun sebebi boye bir elektronda kinetik enerji ve momentum korunmaz. Bağlı elektronlarda ise atom geri tepceğinden momentum korunur. Atomun kütlesi çok büyük olduğundan, geri tepme enerjisi çok küçük olacaktır. Bu yüzden kinetik enerji ifadesi ihmal edilebilir.

Düşük atom numaralı elementlerde fotoelektrik etkide düşüktür. Bunun nedeni ise söz konusu elementlerin bağlanma enerjilerinin düşük olmasıdır. Atom numarası arttıka fotoelektrik etkide artmaktadır.

Fotoelektrik olay, foton enerjisinin fazla olduğu durumlarda atomun i yörüngelerinde, düşük olduğu durumlarda ise dış yörüngelerde meydana gelme ihtimali artmaktadır. Yani fotoelektrik olayı düşük enerjilerde dış, yüksek enerjilerde ise i yörüngelerde meydana gelir.

2.4.3. Auger olayı

Uyarılan bir atomda i yörüngelerde meydana gelen bir boşluk st tabakalardan bir elektron geçişi ile doldurulur. Atom daha düşük enerji seviyesine geçer. Bu sırada ortaya çıkan enerji bir dış yörüngedeki elektronu sökmek için kullanılırsa atom ışımasız bir geçiş yapar. Bu olaya Auger olayı, sökülen elektronda Auger elektronu denir (Dyson 1998). Bu olay Şekil 2.9'da gösterilmiştir.

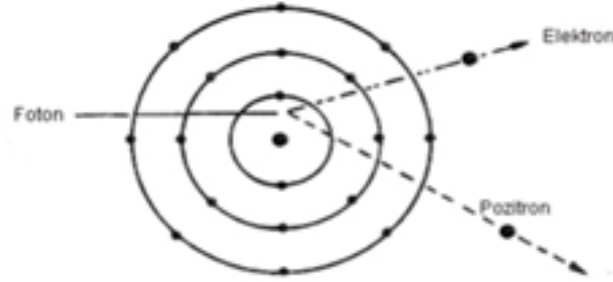


Şekil 2.9. Auger olayı

Auger olayı, elektronları daha gevşek bağlı ve karakteristik fotonların daha kolay soğurulduğu atom numarası düşük olan elementlerde daha yaygın görülür.

2.4.4. Çift oluşum

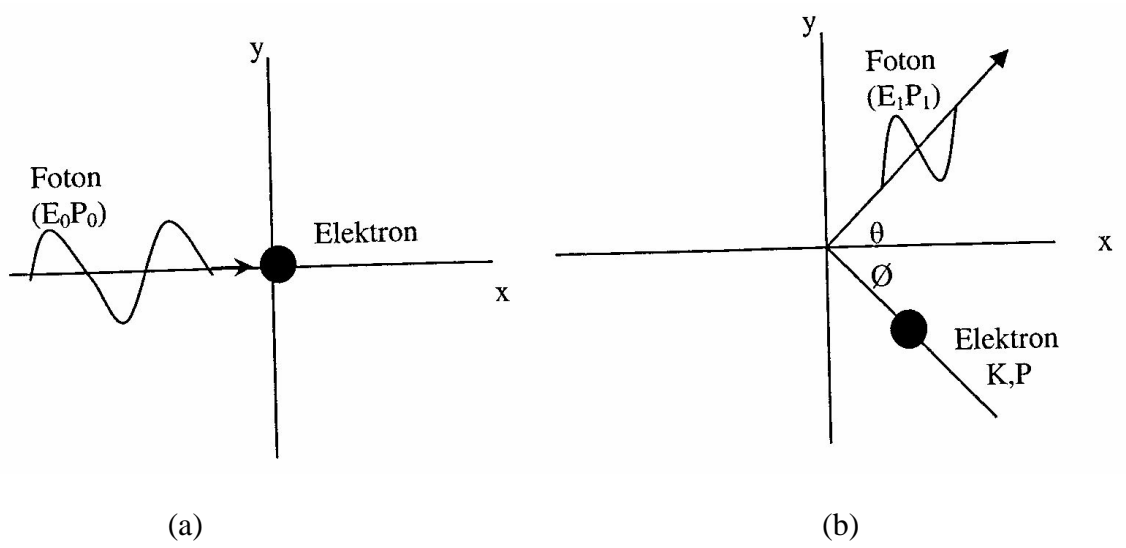
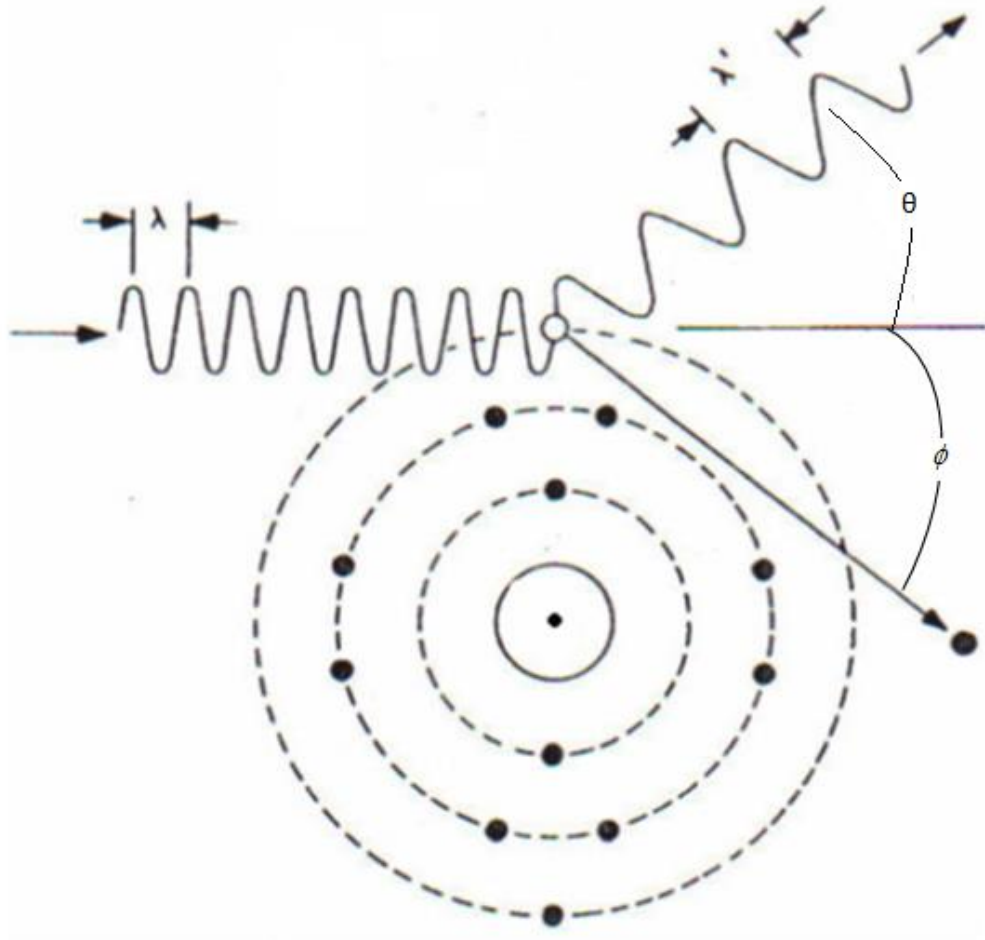
Çift oluşum olayı, bir fotonun bir elektron ve bir pozitrona dönüşmesidir. Elektron ve pozitronun yükleri zıt işaretli olmakla beraber kütleleri ve yükleri eşittir. Bu olayda enerjisi yeterince büyük olan foton, atom çekirdeğinin yanından geçer. Foton, aynı anda biri negatif yüklü elektron diğeri ise pozitif yüklü pozitron olmak üzere iki parçacığa dönüşür. Gelen fotonun enerjisi en az 1.02 MeV olmalıdır. Çünkü bir elektron veya pozitronun durgun kütle enerjisi $m_0c^2=0.511$ MeV'dir. Çift oluşum olayı için eşik enerjisi ise $2m_0c^2=1.02$ MeV'dir. Çift oluşum olayında yük, çizgisel momentum ve toplam enerji korunur. Bu olay çekirdek etrafında gerçekleşir. Momentumun korunumu sebebiyle bu olayın ağır çekirdeklerde meydana gelme ihtimali daha yüksektir. Hafif çekirdeklerle de çift oluşum meydana gelebilir. Bu durumda da eşik enerjisinin daha yüksek olması gerekir. Çift oluşum olayı Şekil 2.10'da gösterilmiştir



Şekil 2.10. Çift oluşumu

2.4.5. Compton Saçılması

Compton saçılmasının en önemli özelliği ışığın tanecikli yapıda olduğunu göstermesidir. Compton olayında gama fotonu atomun serbest veya zayıf bağlı elektronuna çarpar ve enerjisinin bir kısmını ona aktarır. Bu durumda geliş doğrultusu ile θ açısı yaparak saçılır. Şekil 2.11(a)'da fotonun rölativistik enerjisi E_0 ve momentumu P_0 'dır. Böyle bir foton durgun kütle enerjisi m_0c^2 olan durgun elektron üzerine gönderilmiştir. Şekil 2.11(b)'de foton momentumu P_1 ve enerjisi E_1 ve saçılma açısı θ olacak şekilde saçılmaktadır. Bu durumda elektronda saçılmadan sonra momentumu P kinetik enerjisi K ve saçılma açısı ϕ olacak şekilde geri tepmektedir.



Şekil 2.11. Compton saçılması

Momentumun korunumu prensibine göre;

$$P_0 = P_1 \cos \theta + P \cos \emptyset \quad (2.3)$$

$$0 = P_1 \sin \theta - P \sin \emptyset \quad (2.4)$$

Enerjinin korunumuna göre;

$$E_0 + m_0 c^2 = E_1 + K + m_0 c^2 \quad (2.5)$$

$$E_0 - E_1 = K \quad (2.6)$$

$$P = E/c = h\nu/c \quad (2.7)$$

$$cP_0 - cP_1 \cos \emptyset - cP_1 = K \quad (2.8)$$

Elektronun toplam enerjisi için;

$$E^2 = P^2 c^2 + (m_0 c^2)^2 \quad (2.9)$$

olarak elde edilir.

$$(K + m_0 c^2)^2 = P^2 c^2 + (m_0 c^2)^2 \quad (2.10)$$

$$K^2 + 2K m_0 c^2 = P^2 c^2 \quad (2.11)$$

$$(P_0 - P_1)^2 + 2m_0 c (P_0 - P_1) = P_0^2 + P_1^2 - 2P_0 P_1 \cos \theta \quad (2.12)$$

$$m_0 c (P_0 P_1) = P_0 P_1 (1 - \cos \theta) \quad (2.13)$$

gelen ve saçılan fotonların dalgaboyları arasındaki fark;

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_0 = \lambda_c (1 - \cos \theta) \quad (2.14)$$

Burada ;

$$\lambda_c = h / m_0 c \quad (2.15)$$

2.15 eşitliği ile belirtilen Compton dalgaboyudur. 2.14 eşitliğine göre ise Compton saçılmasının sadece θ açısı ile değiştiğini söyleyebiliriz.

2.5. Gama Işınlarnnın Soğurulması

Gama ışınları tek bir elementer olayda üzerine düştüğü maddelerin özelliğine ve enerjilerine göre enerjisinin bir kısmını veya tamamını kaybeder. Bu özelliğiyle alfa ve beta parçacıklarından ayrılır. Gama ışınlarının maddenin içerisinde geçerken bu enerji kaybını hangi atomun civarında kaybedeceği ihtimaliyete bağlıdır. Madde tarafından soğurulan gama ışınları için radyoaktif bozunma kanunları geçerlidir. Herhangi bir maddenin küçük bir dt kalınlığında absorblenen dI şiddeti bu kalınlığa giren I şiddeti ile doğru orantılıdır.

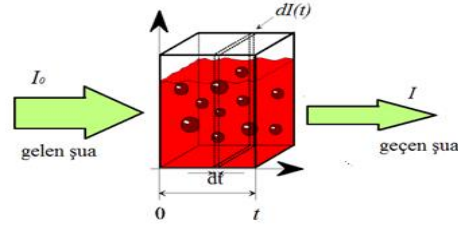
$$\frac{dI}{dt} = -\mu I \quad (2.16)$$

(2.16) denkleminde I gama ışınlarının şiddetini, μ ise gama ışınlarının enerjisine ve maddenin cinsine bağlı olan lineer soğurma katsayısını gösterir. Eksi işareti ise t kalınlığının artmasıyla ters orantılı olarak şiddetin azalmasından kaynaklanmaktadır.

Denklem (2.16)'nın integralini aldığımızda ise

$$I = I_0 e^{-\mu t} \quad (2.17)$$

elde edilir. I , t kalınlığını geçen ışının şiddeti, I_0 ise başlangıçta gelen gama ışınının şiddetidir. Şekil 2.12' de bu durum gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Gama ışınlarının soğurulması

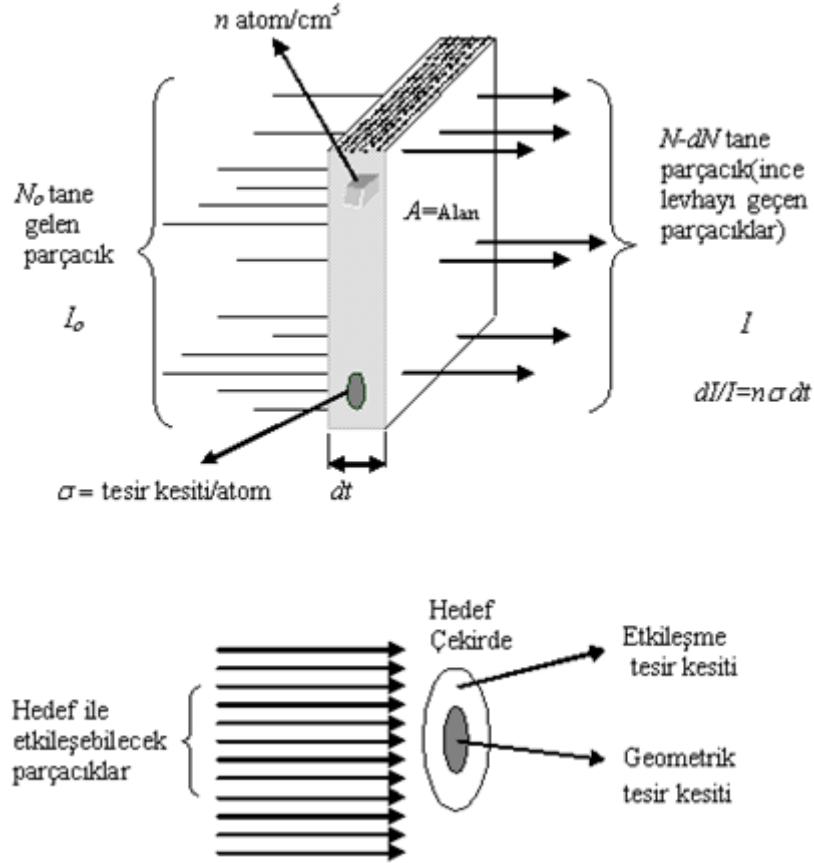
2.6. Tesir Kesitleri

Tesir kesiti, bir olayın meydana gelme olasılığının bir ölçüsüdür. Genellikle bu ölçü, hedef parçacığı kuşatan hayali bir alanla sembolize edilir. Hedef parçacığın tesir kesiti, söz konusu olayın tabiatına ve gelen parçacığın enerjisine bağlıdır. Tesir kesiti parçacığın geometrik kısmından (kesitinden) küçük veya büyük olabilir. Söz konusu nicelik, ışığın madde ile etkileşmesine bağlı olarak, saçılma ve soğurma tesir kesiti olarak adlandırılır. Bir moleküldeki atomları bir arada tutan bağlar ve moleküllerin bağlanma enerjilerindeki değişim, tesir kesitlerini etkileyen parametrelerdir.

Tesir kesiti deneysel olarak hesaplanabilir ve teorik değerlerle karşılaştırılabilir. Onun bu özelliği nükleer işlemlerde kullanılmasını sağlar. Tesir kesiti suni radyoizotopların üretilmesi, soğurma ve saçılma gibi olaylarda, gelen ışınların parçacıklarının hedef çekirdeğe çarptıkları zaman meydana gelebilecek olayların olasılığını belirtmek için kullanılır. Bunun yanı sıra tıbbi fizik, enerji taşıma ve depolama, atomların yapısı, yaş tayini, ilaç sanayi gibi birçok alanda kullanılır.

A yüzeyine ve dt kalınlığına sahip ince bir levha üzerine I_0 şiddetiyle gelmekte olan bir foton demetini düşünelim. Bu foton demeti ince levhadan geçerken atomlardan birine çok yaklaşmışsa, bu atom tarafından fotonun yutulma yada saçılma ihtimali vardır. σ 'nın bir atomu kuşatan etkin alan olduğunu varsayalım. Eğer gelen foton bu alana düşerse foton bu alanla etkileşme yapacaktır. Levhanın birim hacmi başına n tane hedef atomu olsun. Levha o kadar ince olsun ki, hiçbir atom öteki atom üzerine binmesin ve böylece her atomun gelen fotonla aynı ölçüde etkileşme ihtimali olsun. Eğer maddenin

birim hacminde n tane atom varsa Adt hacminde $nAdt$ tane atom bulunur. Birim yüzeye düşen atom sayısı ise ndt olur. Bir atomun işlem gördüğü etkin alan σ ise ndt sayıda atomun işlem gördüğü etkin alan $n\sigma dt$ olur. Buna göre toplam etkin alan $nA\sigma dt$ dir. Bu olay Şekil 2.13'te gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Tesir kesiti ile gelen demetin şiddeti arasındaki ilişki ve tesir kesitinin geometrik yorumu.

Etkin alan kesri f ise ;

$$f = \sigma A n dt / A = \sigma n dt \quad (2.18)$$

Etkin alan kesrini I şiddetinde meydana gelen değişim olarak adlandırabiliriz.

$$dI = -fI \quad (2.19)$$

f'nin (2.18) eşitliğindeki değeri yerine yazılırsa;

$$-dI/I = \sigma n dt \quad (2.20)$$

Eksi işaretinin konulmasının amacı I şiddeti ile dt kalınlığının ters orantılı olmasından dolayıdır. Yani dt kalınlığı arttıkça I şiddeti azalacaktır. $t=0$ da $I=I_0$ olduğunu kabul edersek ve 2.20 eşitliğinin integralini alırsak

$$I = I_0 e^{-\sigma n t} \quad (2.21)$$

Gelen ışın demetindeki N parçacık sayısı ışın demetinin şiddetiyle orantılıdır. (2.21) denklemini şu şekilde ifade edebiliriz.

$$N = N_0 e^{-\sigma n t} \quad (2.22)$$

N_0 levhaya gelen parçacıkların sayısı, N ise t kalınlığını geçen parçacıkların sayısıdır. t kalınlığını geçerken herhangi bir etkileşmeye uğrayanların sayısı ise N_s ' dir. Bu durumda tesir kesiti;

$$\sigma = \frac{N_s}{N_0 n t} \quad (2.23)$$

şeklinde ifade edilir. Birimi barn ($1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}$) olarak verilir (Şahin 1999).

2.6.1. Toplam Atomik tesir kesiti

Atom başına düşen toplam foton etkileşim tesir kesiti olan toplam atomik tesir kesiti (2.24) eşitliğiyle bulunabilir.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_m}{\sum_i n_i} (\text{barn/atom}) \quad (2.24)$$

Toplam atomik tesir kesitini bir başka şekilde ise, numunenin (örneğin) toplam kütle azaltma katsayısının numunenin bir gramındaki toplam atom sayısına bölünmesi olarak formülize edebiliriz.

$$\sigma_a = \frac{(\mu/\rho)_c}{N_A \sum_i \frac{w_i}{A_i}} (\text{barn/atom}) \quad (2.25)$$

Burada $(\mu/\rho)_c$, bileşiğin veya alaşımın kütle azaltma katsayısı, w_i ise i ' nci elementin ağırlıkça yüzdesi ve A_i ise i ' nci elementin atomik kütlesidir.

2.6.2. Toplam Elektronik tesir kesiti

Elektron başına düşen toplam foton etkileşim tesir kesiti olan toplam elektronik tesir kesiti

$$\sigma_e = \frac{1}{N_A} \sum_i \frac{f_i A_i}{Z_i} \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i (\text{barn/elektron}) \quad (2.26)$$

ile verilir. Burada, N_A (atom/g) Avagadro sayısı, i ' nci elementin atomik kütlesi ve Z_i ise i ' nci elementin atom numarasıdır. f_i i ' nci elementin kısmi bolluğudur. $(\mu/\rho)_i$, numunede var olan i ' nci elementin kütle azaltma katsayısıdır (Perişanoğlu 2014).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

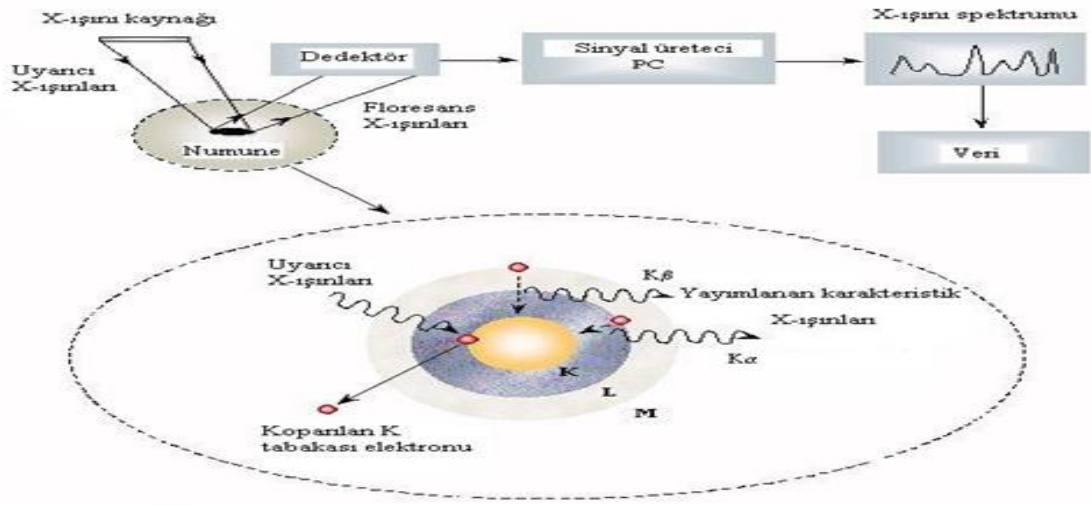
3.1. X -ışını Floresans Tekniği

X -ışını floresans (*XRF*) tekniği; analiz süresinin kısalığı, tahribatsız oluşu, değişik formlarda numune hazırlayabilme kolaylığı, numunedeki mevcut olan hemen hemen tüm elementlerin spektrokimyasal yapısının belirlenmesi, yüksek hassasiyet (ppm), ucuz maliyet ve otomasyon kolaylığı gibi avantajlara sahip olduğundan bilim ve teknolojide yaygın bir kullanım alanına sahiptir. *XRF* tekniği; atom-molekül, radyasyon ve astrofizik araştırmaları, çevre kirliliği analizleri, eczacılık, kimya ve tıbbi araştırmalar, endüstride kalite kontrol tespiti, arkeolojide çok kıymetli tarihi eserlerin incelenmesi ve yaşlarının belirlenmesi gibi çok farklı alanlarda kullanılmaktadır.

XRF analizinin çalışma prensibi numuneden yayınlanan karakteristik X -ışınları fotonlarının yoğunluğu ve dalga boyu veya enerji ölçümleri ile ilgilidir. Bu veriler konsantrasyon veya onların kütlelerinin hesaplanması ve analitteki mevcut elementlerin belirlenmesidir. Bir spektrometrenin çizgilerin ayrılması için yeterli ayırma gücüne sahip olması gerekir. Aynı zamanda spektrometre, ilgilenilen dalga boyu ve enerji bölgesinde ölçüm yapabilme imkanı sağlamalıdır. Bu nedenle spektrometre seçiminde; ayırma gücü, karakteristik pik, temel sayma seviyesi, enerji veya dalga boyu aralığı gibi özelliklere dikkat edilmelidir. Bu faktörler birbirine bağlıdır. Örneğin ayırma gücünün sabit tutulması, mutlak pik şiddetinin düşmesine neden olur. Bir spektrometrenin ayırma gücü, onun çizgileri ayırma kabiliyeti olarak tarif edilir. Ayırma gücü, herhangi bir kaynak – dedektör mesafesinde kalibre edilmiş kaynaklarla tayin edilebilir.

Şekil 3.1’de *XRF* tekniğinin temel metodu şematik olarak gösterilmiştir. Bir atom herhangi bir yolla uyarıldığında atomun bir iç tabaka elektronu kopabilir. Atomun temel hale geçmesi esnasında daha dış yörüngedeki bir elektron bu boşluğu doldurabilir. Bu iki tabaka arasındaki farka eşit bir karakteristik X -ışını fotonu yayınlanır. Karakteristik X -ışını spektrumunu karakteristik piklerin sayısı meydana getirir. Numunedeki

elementlerin enerjilerini piklerin enerjileri tayin eder. Bu yöntem kalitatif analiz olarak bilinir. Elementlerin konsantrasyonunu ise piklerin şiddeti belirler. Bu yönteme de kantitatif analiz denir. Bir *XRF* spektrometresi ; bir primer radyasyon kaynağı ve karakteristik *X* -ışınlarını saymak için kullanılan bir dedektör sisteminden meydana gelir.



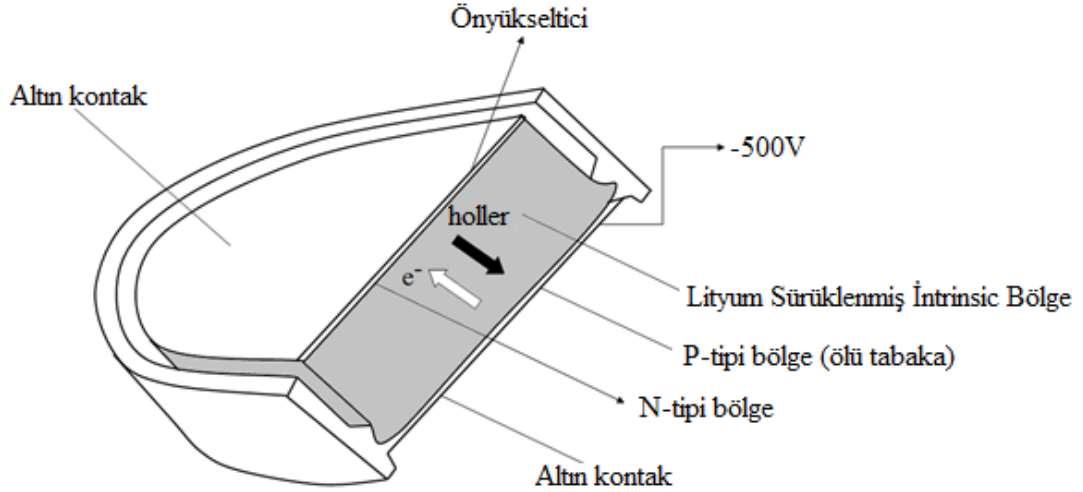
Şekil 3.1. XRF tekniği ve XRF düzeniği

3.2. Si (Li) Dedektörün Çalışma Prensibi

Dedektörler, *X*-ışını foton enerjisini voltaj pulsuna çeviren dönüştürücüler olarak tanımlanır. *X*-ışını dedeksiyonunda kullanılan dedektörler (sayaçlar) üç kısımdır: Gazlı, sintilasyon ve katı hal dedektörleri.

Yarıiletkenlerin düşük sıcaklıklarda iyi bir yalıtkan davranışı göstermesinden istifade ile yapılmış olan katıhal sayaçları ikincil *X*-ışınlarını ölçmek için yaygın olarak kullanılırlar. Karakteristik *X*-ışınlarının hem düşük enerji bölgesinde yer almalarından hem de enerjilerinin birbirlerine yakın olmasından dolayı bunların şiddetleri ölçülürken rezolüsyonu ve dedektör verimi çok iyi olan yarı iletken dedektörler tercih edilirler. Son yıllarda Si-PIN, HgI₂, Si-DRIFT ve CDZnTe gibi yüksek rezolüsyonlu yarı iletken dedektörler yapılmasına rağmen, Si(Li), Ge(Li) ve HPGe yarı iletken kristal dedektörler

uygun şekil ve soğutma şartlarına sahip olduklarından daha yaygın olarak kullanılırlar (Perişanoğlu 2014). Şekil 3.2’ de şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.2. Si (Li) dedektörün şematik gösterimi

Sayaç kristalinin girişinde p-tipi bölgede sayıma katkısı bulunmayan ölü tabaka mevcuttur. Sayaç kristali p ve n tipi kristallerin bir araya getirilmesiyle oluşturulur. Bu iki kristal bir araya getirildiğinde aralarında bir kontak potansiyeli meydana gelir. Kristale ters beslem uygulanarak bu bölge genişletilebilir. Saymada hassas olan ve alanı 30–1000 mm² olan bu bölgeye; deplasyon bölgesi, hassas bölge, tüketim bölgesi veya intristik bölge adı verilir. Sayaca foton geldiği zaman altın elektrotu ve ölü tabakayı geçenler deplasyon bölgesinde + ve – iyon çiftleri oluştururlar. Aynı fotonun meydana getirdiği + ve – yükler çeşitli olaylardan sonra tekrar birleşebilirler. Bu olaya rekombinasyon denilir. Yarıiletkenler yüksek sıcaklıklarda iletken hale gelir. Elektrotlara uygulanan gerilim ile yük geçişi meydana gelecek ve dedektör şoke olacaktır. Bunu önlemek için dedektör sıvı azot sıcaklığında (-196°C) tutulur.

Katıhal dedektörlerin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Diğer sayaçlara göre enerji dönüşümü çok verimlidir. Si (Li) ve Ge (Li) için sırasıyla 3,8 ve 2,9 eV başına bir elektron hol çifti meydana gelmektedir.

- Çok iyi rezolüsyona sahiptirler; 6–8 keV enerjili fotonlar için yarı maksimumdaki tam genişlik (FWHM) 130 eV'a kadar düşmektedir. Dolayısıyla atom numaraları birbirine çok yakın olan birçok elementin spektral çizgileri kolayca ayrılabilir.
- -1000 sayma/saniye ye kadar olan şiddetlerde puls-yükseklik kayması ve puls genişlemesi olmamaktadır.
- Yeterli kalınlıktaki katihal sayaçlarının kullanıldıkları spektral bölgedeki verimleri çok fazla olmaktadır.
- Sayaç hacminin küçük olması bakımından numunenin istenildiği kadar yakınında kullanılabilme imkânı vardır (Kurucu 1990).

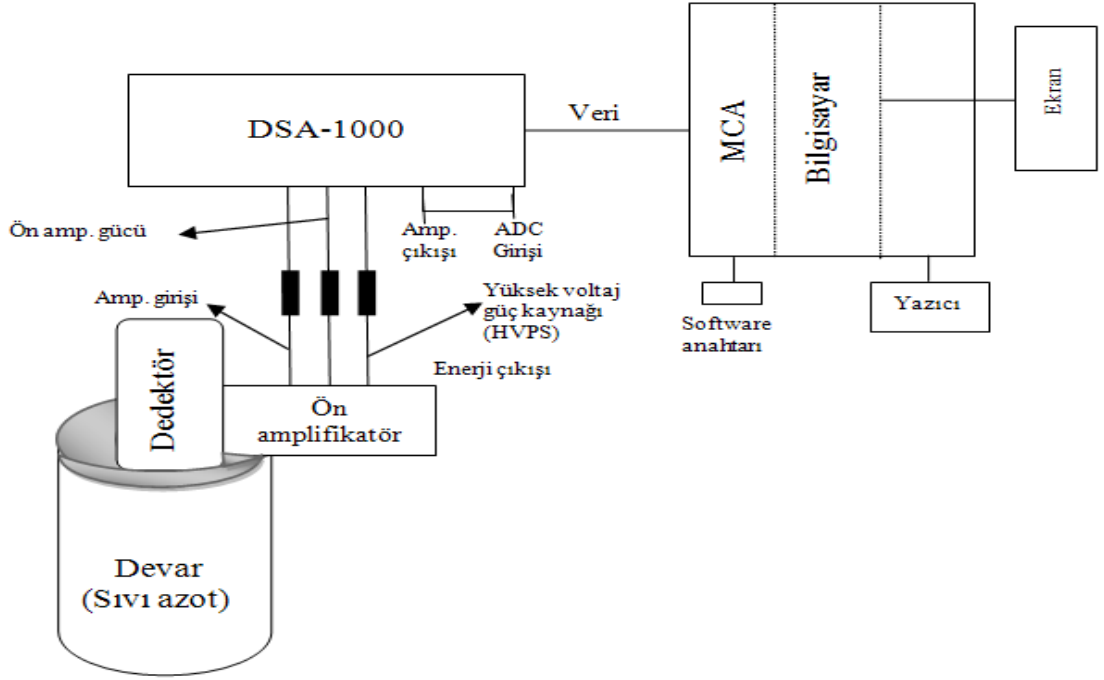
Katihal sayaçlarının dezavantajları ise;

- Lityumun yüksek mobilitesi önemli bir gürültü seviyesine sebep olmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda dedektör karakteristikleri değişebileceğinden sıvı azot sıcaklığına ihtiyaç duyulmaktadır.
- Sıvı azot sıcaklığında bile gürültü seviyesinin yüksek olmasından dolayı katihal dedektörlerinin düşük atom numaralı elementlerle ilgili kullanımı sınırlıdır.
- Saniyede - 20000 sayımdan fazla şiddetler için dedektör rezolüsyonu artan şiddetle hızla kötüleşmektedir.
- Katihal dedektörlerin rezolüsyonu küçük atom numaralı elementlerde sintilasyon dedektörlerine kıyasla düşüktür.
- İyi rezolüsyon için etkin alanları küçüktür.

3.3. Sayma Sistemi

Sayma sistemi bir dedektör (ön yükseltici ile birlikte), yükseltici, analog sayısal dönüştürücü (*ADC*), yüksek voltaj kaynağı, çok kanallı analizör (*MCA*) sistemin tüm birimlerini yöneten spektrumları alan ve değerlendirmede kullanılan Genie-2000 programının yüklü olduğu bir bilgisayar ile sistemin diğer birimleri arasında interface görevi yapan bir dandandan (software key) oluşmaktadır (Şekil 3.3). Kullandığımız DSA-1000 sayma sistemi, yüksek voltaj güç kaynağı, yükseltici, ADC ve *MCA*'yı ihtiva

etmektedir. Yüksek voltaj güç kaynağı, amplifikatör ve ADC'nin koşulları Genie-2000 programı ile kontrol edilmektedir. DSA-1000, gelişmiş dijital sinyal proses teknikleriyle donanımlı çok kanallı bir analizördür. DSA-1000, sinyal prosesinin sonrasında sinyalleri sayısallaştıran dönüştürücü sistemlerden farklı olarak sinyal prosesinin öncesinde ön yükselticiden alınan sinyalleri sayısallaştırır. Analog devre sayısının azalmasıyla hassasiyet, yeniden üretilebilirlik ve kararlılığın artması sağlanmış olur. Dijital sinyal proseslerinin kullanımı pulsların daha hızlı ve hassas olarak işlenmesini sağlayarak sinyal toplama performansının ve spektrum rezolüsyonunun artmasını sağlar (Han 2009).



Şekil 3.3. Sayma sistemi

3.3.1. Yüksek voltaj kaynağı

Dedektörde meydana gelen yükleri toplamak için dedektör üzerine yüksek gerilim uygulanmalıdır. İyi bir çalışma gerilimi küçük bir dedektör için birkaç yüz volt, büyük bir dedektör için beş bin volta kadar değişebilir. Bu çalışmada dedektöre uygulanan gerilim -500 voltur.

3.3.2. Ön yükseltici

Yarı iletken dedektörler ile yüke hassas bir ön yükseltici kullanılır. Elektronik gürültüyü minimize etmek için, genellikle bir alan etkili transistör (*FET*) olan ön yükselticinin girişi dedektör ile birlikte sıvı azot içerisinde muhafaza edilir. Ön yükseltici dedektörden gelen yükü voltaj pulsuna dönüştürür. Ön yükselticiden çıkan pulsların yükseklikleri veya genlikleri dedektörde toplanan yük miktarı eğer fotonun bütün enerjisi dedektörde soğurulmuş ise fotonun enerjisi ile orantılı olmalıdır.

3.3.3. Yükseltici

Bir yükselticinin birinci görevi; ön yükselticinin çıkış puls genliklerini ayırt etmek ve sayılması için uygun voltaj seviyelerine yükseltmek, ikinci görevi ise; pulsları, puls genliği ve x -ışını fotonu arasındaki orantılı ilişkiyi aynen koruyarak işleme uygun bir hale getirmektir. Kullanıcı puls genişliğini belirleyen şekillendirme zamanı (shaping time) sabitinin seçimine dikkat etmelidir. Bir spektrumdaki pikler için en iyi rezolüsyon genellikle daha uzun zaman sabitiyle elde edilebilir. Çünkü sistem daha uzun bir zaman üzerinden gürültünün ortalamasını alabilir. Bununla birlikte, daha uzun zaman sabitleri yüklerin daha fazla rastgele toplanmasına neden olur (Debertin and Helmer 1988).

3.3.4. Analog sayısal dönüştürücü

Analog sayısal dönüştürücünün (*ADC*) görevi yükselticiden gelen analog pulsunu, onun genliğiyle (dolayısıyla X -ışını fotonunun enerjisiyle) orantılı bir tam sayıya çevirmektir. Ön yükselticiden gelen potansiyel pulsları lineer yükselticide büyütüldükten sonra *ADC*'ye gönderilirler. *ADC*'de analog işlemleri yapılan bu pulslar çok kanallı analizöre gönderilir ve orada enerjilerine karşılık gelen kanallarda sayılırlar. Bu sayımlar sonucu sayacın ayırma gücüyle ilgili olarak aynı enerjili karakteristik X -ışınları bir pik oluştururlar. Bu pikler bir araya geldiğinde enerjiye veya dalga boyuna karşı şiddet desenleri oluştururlar ki bu desene X -ışını spektrumu denir.

3.3.5. Çok kanallı analizör (MCA)

Çok kanallı analizör (MCA) sayısal hale getirilmiş pulsları uygun gelen kanallara yerleştirir ve bilgisayar hafızasına kaydeder. Her kanal kalibrasyon işlemiyle belirlenmiş olan belli bir enerji aralığına düşen pulsları sayar.

3.4. Numunelerin Hazırlanması ve Deney Geometrisi

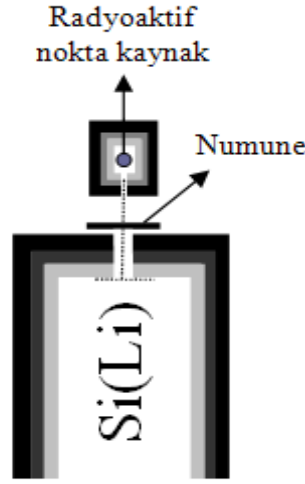
Bu çalışmada demir-nikel alaşımlarının çeşitli kompozisyonlardaki değerlerinin etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları deneysel, yarı deneysel ve teorik olarak araştırılmıştır. Kullanılan alaşımlar Fe_xNi_{1-x} yapısındaki ve 13 mm çapında olan foil şeklindeki $Fe_{0.20}Ni_{0.8}$, $Fe_{0.52}Ni_{0.48}$, $Fe_{0.55}Ni_{0.45}$, $Fe_{0.61}Ni_{0.39}$, $Fe_{0.64}Ni_{0.36}$ alaşımlardır. Burada x değerleri 0.20, 0.52, 0.55, 0.61 ve 0.64 olarak verilmektedir. Numunelerin hazırlanması sırasında gelebilecek her türlü zararı ve hatayı en aza indirgeyecek araç-gereçler kullanılmıştır. Hazırlanan numuneler hassasiyeti yüz binde bir olan hassas bir terazi ile tartılmıştır. Çalışmada kullanılan alaşımların bazı özellikleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan numunelerin özellikleri

Numune	Kütle (mg)	Çap (mm)	Kütle kalınlığı (g/cm^2)
$Fe_{0.20}Ni_{0.80}$	1,13861	13	0,8578
$Fe_{0.52}Ni_{0.48}$	0,78242	13	0,5895
$Fe_{0.55}Ni_{0.45}$	0,11405	13	0,0859
$Fe_{0.61}Ni_{0.39}$	0,26433	13	0,1992
$Fe_{0.64}Ni_{0.36}$	0,02164	13	0,0163

Bu çalışmada numunelerin kütle soğurma katsayıları, 100 mCi şiddetinde olan Am-241 radyoaktif nokta kaynaktan yayınlanan 59,54 keV’lik γ -ışınları için ölçülmüştür. Her bir numune için I_0 ve I şiddetleri üçer kez bir Si (Li) dedektör kullanılarak ölçülmüştür.

Çalışmada kullanılan deney geometrisi Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Bu çalışmada dedektörün aktif çapı 3,91 mm, aktif alanı 12 mm² ve 5,9 keV'de FWHM'u 160 eV olan bir Si (Li) dedektör kullanılmıştır. Deney geometrisinde Si(Li) dedektör dış ortamdan gelebilecek yüzey kirlenmelerini önleyecek şekilde Be pencere ile koruma altına alınmıştır. Ölçümler sırasında 4.2 mm kalınlığında ve 3mm çapında kurşundan oluşan bir kolimatör kullanılmıştır. Deney sisteminde kaynak-numune arası mesafe 4.63 cm Numune- Be pencere arası mesafe 0.3 cm ve kaynak-Be pencere arası mesafe 4.93 cm'dir.



Şekil 3.4. Kütlesel soğurma katsayılarını belirlemek için kullanılan deney geometrisi

3.5. Kütlesel Soğurma Katsayılarının Deneysel Metotlu Belirlenmesi

Farklı materyal ve enerjiler için kütle soğurma katsayıları transmission ile belirlenebilir. Bu işlem aşağıdaki eşitlik ile açıklanır (Han ve Demir 2009).

$$I = I_0 e^{-\mu_m t} \quad (3.1)$$

Burada I_0 madde üzerine gelen fotonların soğurulma olmadan önceki şiddetini ve I maddeden soğurulmadan geçen fotonların şiddetini gösterir. $\mu_m = \mu/\rho$ (cm²/g) kütle

soğurma katsayısı ve t (g/cm²) numunenin kütle kalınlığı (birim alan başına kütle) dir. Buna göre μ_m için;

$$\mu_m = \frac{\ln(I/I_o)}{t} \quad (3.2)$$

ifadesi yazılabilir. Herhangi bir enerjiye sahip X - veya γ - ışınları için t kütle kalınlığına sahip bir materyalin μ_m değeri başlangıçtaki şiddeti I_o ve maddeyi geçtikten sonraki şiddet I ölçülmek suretiyle belirlenebilir. Çok elementli kompoze bir materyal için toplam kütle soğurma katsayısı her bir elementin kütle soğurma katsayılarının karışım kuralına göre toplamıdır.

$$\mu_m = \sum_i \omega_i (\mu_m)_i \quad (3.3)$$

Burada ω_i i . elementin ağırlık kesri, $(\mu_m)_i$ ise i . elementin kütle soğurma katsayısıdır. Çok elementli bir materyal için ağırlık kesri;

$$\omega_i = \frac{n_i A_i}{\sum_j n_j A_j} \quad (3.4)$$

ifadesi ile verilebilir. Burada A_i i . elementin atom numarası ve n_i materyaldeki sayısıdır. İlgilenilen materyallerin belli enerjilerdeki X - veya γ - ışınları için kütle soğurma katsayıları Berger and Hubbell (1987,1999) tarafından ilk versiyonu 1987 yılında hazırlanan ve 1999 yılında 3.01 versiyonu düzenlenen XCOM programının Windows altında çalışan versiyonu olan WinXCOM (Gerward *et al.* 2001) programı kullanılarak bulunabilir. Bu program tüm element, bileşik ve karışımlar için standart ve seçilen enerjilerde kısmi ve kütle soğurma katsayılarını hesaplamak için karışım kuralını kullanır.

3.6. Etkin Atom ve Elektron Yoğunluklarının Yarı deneysel Metotla Belirlenmesi

A ve B herhangi iki element olmak üzere; Z_1 ve Z_2 sırasıyla bu elementlerin atom numaraları olsun. Bu durumda bu elementlerin etkin atom numaraları yarı deneysel olarak eşitlik (3.5) yardımıyla hesaplanır.

$$Z_e = \frac{Z_1(\log R_2 - \log R) + Z_2(\log R - \log R_1)}{\log R_2 - \log R_1} \quad (3.5)$$

Burada Z_1 ve Z_2 sırasıyla elementlerin atom numaraları, R sabiti ise A ve B elementlerinin oluşturduğu alaşımın WinXCOM programından teorik olarak elde edilen inkoharent azaltma katsayısının, alaşımın deneysel olarak elde edilen kütle azaltma katsayısına bölümüyle elde edilen sabittir. R_1 ve R_2 sabitleri ise yine WinXCOM programından teorik olarak elde edilen sabitlerdir.

Alaşımın yarı deneysel olarak elektron yoğunlukları, yarı deneysel olarak belirlenen etkin atom numarası kullanılarak eşitlik (3.9) yardımıyla elde edilir.

3.7. Etkin Atom ve Elektron Yoğunluklarının Teorik Olarak Belirlenmesi

Kompoze bir materyal için toplam atomik tesir kesiti (σ_t) ilgilenilen enerji için toplam kütle soğurma katsayısı hesaplanarak belirlenebilir. σ_t ve μ_m arasındaki ilişki;

$$\sigma_t = \frac{\mu_m N}{N_A} \quad (3.6)$$

İfadesiyle belirlenebilir (Wang *et al.* 1995). Burada N materyalin atomik kütlesi ve N_A Avogadro sayısıdır. İlgilenilen element için toplam elektronik tesir kesiti (σ_e);

$$\sigma_e = \frac{1}{N_A} \sum \frac{f_i N_i}{Z_i} (\mu_m)_i = \frac{\sigma_t}{Z_e} \quad (3.7)$$

ifadesinden hesaplanabilir (Singh *et al.* 2002). Burada f_i ; $f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n = 1$ olacak şekilde atom numaralarına göre i . elementin kısmi bolluğudur. Z_i ise i . elementin atom numarasıdır. (3.7) ifadesinden görüldüğü üzere σ_t ve σ_e materyalin etkin atom numarası (Z_e) ile;

$$Z_e = \frac{\sigma_t}{\sigma_e} \quad (3.8)$$

şeklinde ilişkilidir (Singh *et al.* 2002). Buradan hareketle etkin elektron sayısı veya elektron yoğunluğu N_e için;

$$N_e = \frac{N_A}{N} Z_e \sum n_i = \frac{\mu_m}{\sigma_e} \quad (3.9)$$

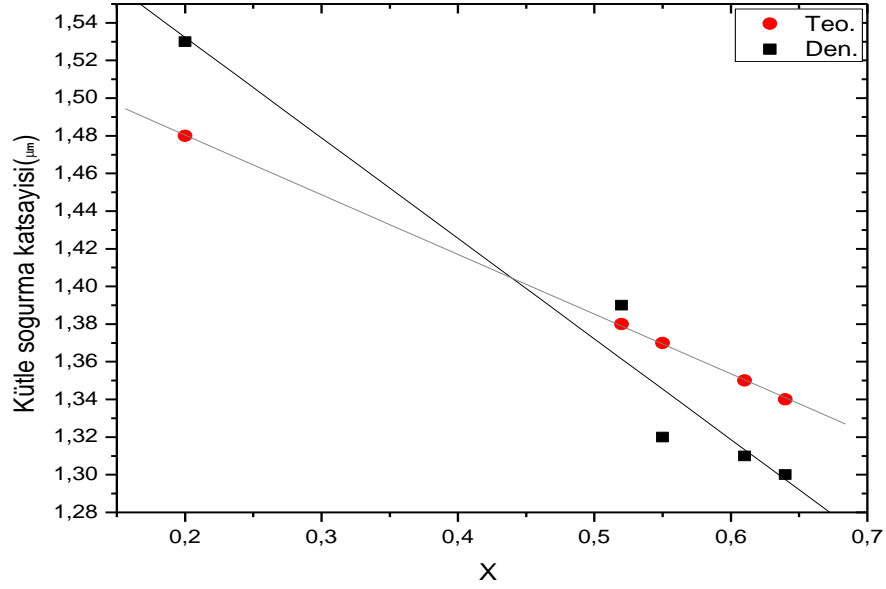
ifadesi yazılabilir. Bu çalışmada incelenen alaşımlar için toplam atomik ve elektronik tesir kesitleri (σ_t ve σ_e), etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları (Z_e ve N_e) hesaplanan toplam kütle soğurma katsayıları (μ_m) kullanılarak, (3.6-9) denklemlerinden elde edilmiştir. Bu eşitliklerden faydalanılarak söz konusu değerler teorik ve deneysel olarak hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada; farklı kompozisyonlardaki $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ ($x= 0.20, 0.52, 0.55, 0.61$ ve 0.64) alaşımlarının 59.5 keV'lik enerjisi için kütle soğurma katsayıları (μ_m) deneysel olarak belirlenmiş ayrıca WinXCOM programında karışım kuralı kullanılarak teorik olarak hesaplanmıştır. Ölçülen μ_m değerleri kullanılarak alaşımlar için ilgili enerjide toplam atomik tesir kesitlerine (σ_i), toplam elektron tesir kesitlerine (σ_e), etkin atom numaralarına (Z_e) ve elektron yoğunluklarına (N_e) ait deneysel ve teorik değerler belirlenmiştir. Ayrıca eşitlik (3.5) ve (3.9) kullanılarak etkin atom numarası ve elektron yoğunlukları yarı deneysel olarak elde edilmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.1-4.4 ve Şekil 4.1-4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.1. $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ alaşımlarının alaşımları için kütle soğurma katsayıları (μ_m).

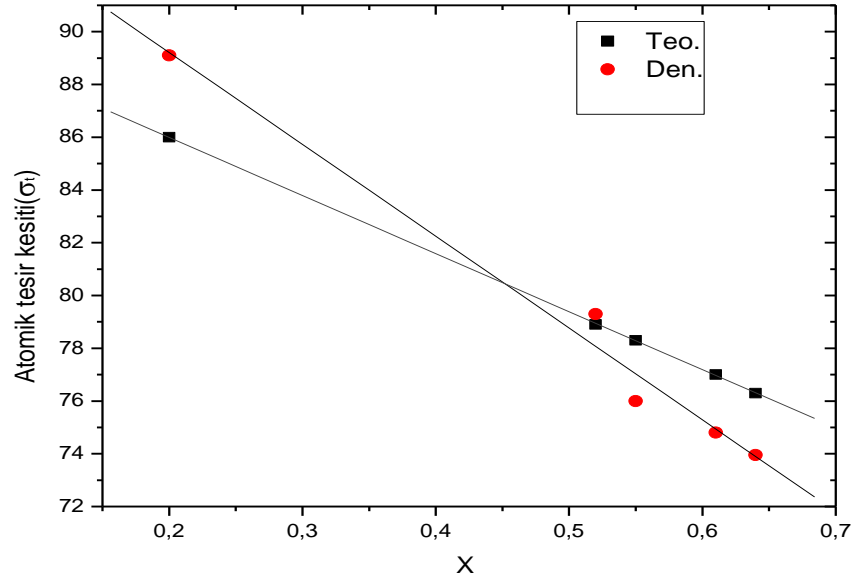
Alaşım	59,5 keV	
	Den.	Teo.
$\mu_m (\text{cm}^2/\text{g})$		
$\text{Fe}_{0,20}\text{Ni}_{0,80}$	1,53	1,48
$\text{Fe}_{0,52}\text{Ni}_{0,48}$	1,39	1,38
$\text{Fe}_{0,55}\text{Ni}_{0,45}$	1,32	1,37
$\text{Fe}_{0,61}\text{Ni}_{0,39}$	1,31	1,35
$\text{Fe}_{0,64}\text{Ni}_{0,36}$	1,30	1,34



Şekil 4.1. Fe_xNi_{1-x} alaşımı için μ_m değerlerinin X ile değişimi

Çizelge 4.2. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için toplam elektronik ve atomik tesir kesitleri (σ_e ve σ_t).

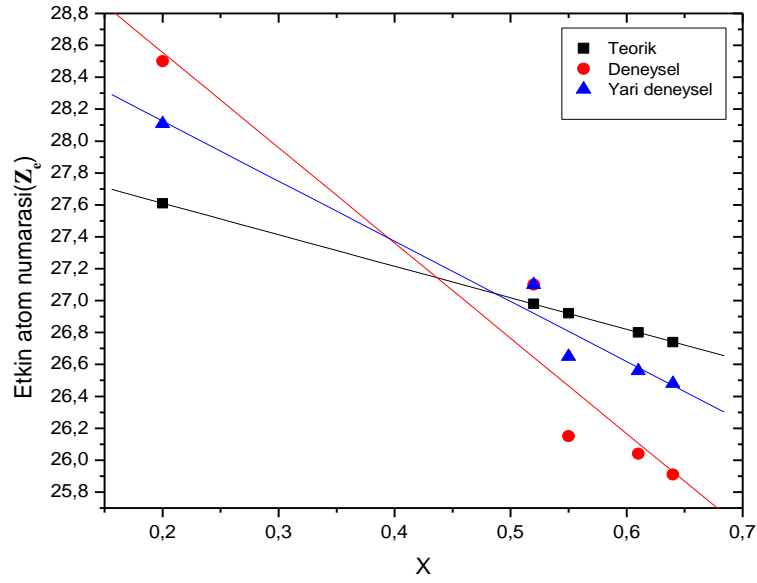
Alaşım	59,5 keV	
	Den.	Teo.
σ_e (b/atom)		
$Fe_{0,20}Ni_{0,80}$	–	3,11
$Fe_{0,52}Ni_{0,48}$	–	2,92
$Fe_{0,55}Ni_{0,45}$	–	2,90
$Fe_{0,61}Ni_{0,39}$	–	2,87
$Fe_{0,64}Ni_{0,36}$	–	2,85
σ_t (b/atom)		
$Fe_{0,20}Ni_{0,80}$	89,10	86,00
$Fe_{0,52}Ni_{0,48}$	79,30	78,90
$Fe_{0,55}Ni_{0,45}$	76,00	78,30
$Fe_{0,61}Ni_{0,39}$	74,80	77,00
$Fe_{0,64}Ni_{0,36}$	73,95	76,30



Şekil 4.2. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için σ_t değerlerinin X ile değişimi

Çizelge 4.3. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için etkin atom numaralarının (Z_e) deneysel, yarı deneysel ve teorik değerleri

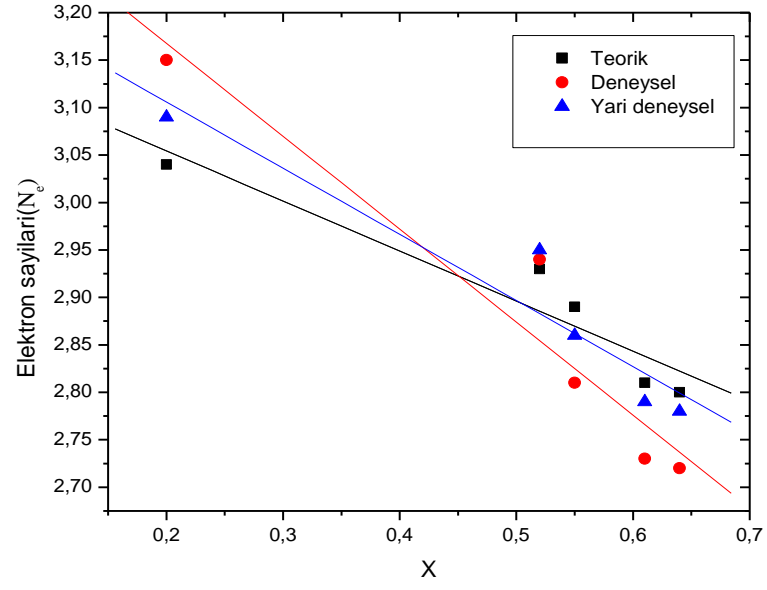
Alaşım	59,5 keV		
	Den.	Yarı Den.	Teo
Z_e			
$Fe_{0,20}Ni_{0,80}$	28,50	28,11	27,61
$Fe_{0,52}Ni_{0,48}$	27,10	27,10	26,98
$Fe_{0,55}Ni_{0,45}$	26,15	26,65	26,92
$Fe_{0,61}Ni_{0,39}$	26,04	26,56	26,80
$Fe_{0,64}Ni_{0,36}$	25,91	26,48	26,74



Şekil 4.3. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için Z_e 'nin X' in bir fonksiyonu olarak gösterimi

Çizelge 4.4. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için elektron yoğunlukları veya sayılarının (N_e) deneysel, yarı deneysel ve teorik değerleri

Alaşım	59,5 keV		
	Den.	Yarı Den.	Teo.
N_e (10^{23} elektron/g)			
$Fe_{0,20}Ni_{0,80}$	3,15	3,09	3,04
$Fe_{0,52}Ni_{0,48}$	2,94	2,95	2,93
$Fe_{0,55}Ni_{0,45}$	2,81	2,86	2,89
$Fe_{0,61}Ni_{0,39}$	2,73	2,79	2,81
$Fe_{0,64}Ni_{0,36}$	2,72	2,78	2,80



Şekil 4.4. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için N_e 'nin X 'in bir fonksiyonu olarak gösterimi

5. SONUÇ ve TARTIŞMA

3d geçiş metalleri ve onların alaşımları modern teknolojinin gelişiminde önemli bir rol oynamaktadırlar. 3d geçiş metali alaşımları için valens elektron yerleşimlerinin yanı sıra kütle soğurma katsayıları, toplam atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numarası ve elektron yoğunluğu gibi fiziksel parametrelerin bilinmesi onların fiziksel özelliklerinin anlaşılabilmesi için oldukça önemlidir.

X-ışını ve γ -ışınlarının azaltılması bir elementin atom numarasına ve yoğunluğuna bağlıdır. Çoklu element yapıda olan maddelere gelince, X-ışını ve γ -ışınlarının azaltılması o maddenin yoğunluğuna ve etkin atom numarasına bağlıdır. Radyasyonun madde ile etkileşimini yorumlamak açısından önemli bir parametre olan etkin atom numarası, elementlerin atom numaralarına benzerdir. Hine (1952) birkaç elementten oluşan bir maddenin etkin atom numarasının tek bir numara ile temsil edilemeyeceğini açıklamıştır. Bu sebeple birçok teknolojik uygulamada önemli yeri olan alaşımların radyasyon tepkisini karakterize etmek için kullanılan etkin atom numarasını bilmek önemlidir.

Bu çalışmada; farklı kompozisyonlardaki Fe_xNi_{1-x} ($x= 0.20, 0.52, 0.55, 0.61$ ve 0.64) alaşımlarının 59.5 keV enerjisi için kütle soğurma katsayıları (μ_m) deneysel olarak ve her bir alaşım için teorik kütle soğurma katsayısı karışım kuralı dikkate alınarak WinXCOM programından hesaplandı. Bu değerler kullanılarak toplam atomik tesir kesitleri, toplam elektronik tesir kesitleri, etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları deneysel ve teorik olarak belirlendi. Ayrıca deneysel olarak elde edilen kütle soğurma katsayıları ve WinXCOM programından alınan teorik değerlerle etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları eşitlik (3.5) ve (3.9) yardımıyla yarı deneysel olarak tayin edildi.

Etkin atom numarasının belirlenebilmesi için kütle soğurma katsayısı, atomik tesir kesiti ve elektronik tesir kesiti gibi parametrelerin bilinmesi gerekir. Fe_xNi_{1-x} alaşımları için

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de görüldüğü üzere; seçilen enerjide incelenen her bir alaşım için kütle soğurma katsayıları (μ_m), alaşımdaki atom numarası küçük olan elementin konsantrasyonu arttıkça alaşımın kütle soğurma katsayıları azalmaktadır. Alaşımlar için deneysel olarak belirlenen μ_m değerleri WinXCOM programında karışım kuralı temel alınarak hesaplanan teorik değerlerle uyumludur. Deneysel ve teorik sonuçlar arasındaki küçük farklılıklar; ölçümler sırasında numunelerde meydana gelen oksitlenme, deney sistemi, sayma veya verim hatası gibi etkenlerden kaynaklanabilir. Toplam atomik ve elektronik tesir kesitlerinin (σ_t ve σ_e) alaşımdaki atom numarası küçük olan elementin konsantrasyonunun artışı ile küçüldüğü görülmektedir (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2). Şekil 4.3’ te etkin atom numaralarının değerlerinin alaşımdaki elementlerin konsantrasyonuna göre çizilen grafiğinde, bu değerlerin alaşımdaki atom numarası küçük olan elementin konsantrasyonu arttıkça azalış gösterdiği görülmektedir. Bu sonuca bağlı olarak elektron yoğunluklarının değerleri de Şekil 4.4’te de görüldüğü üzere atom numarası küçük olan elementin konsantrasyonu arttıkça azalışı uyumluluk göstermektedir. Sonuç olarak deneysel, yarı deneysel ve teorik değerlerin uyumlu olduğunu söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR

- Ahmadi, M., Lunscher, N., John, T.W. Yeow, 2013, Effective atomic numbers and electron densities of bacteriorhodopsin and its comprising amino acids in the energy range 1 keV–100 GeV, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 300, 30-34.
- Alım, B., 2012. Dış manyetik alanda geçiş metal alaşımlarının K tabakası X-ışını şiddet oranları ve valens electron yapılarının belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Berger, M.J., Hubbell, J.H., 1987, 1999, (XCOM) Photon cross section on a personal computer (versiyon 1.2), NBSIR 87, 3597, National Bureau of Standarts, Gaithersburg, MD, USA; versiyon 3.1, <http://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/Text/>.
- Bhandal, G. S., Singh, K., 1996. Total and partial mass attenuation coefficients and effective atomic number studies in different solid state nuclear track detectors. Radiation Physics and Chemistry, 47, 109-116.
- Bütün H., 2007. Fe_xZn_{1-x} İnce Filmlerinde K β /K α Şiddet Oranının Ölçülmesi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş
- Clerc G., Ledbetter H., Migliori A., 2010. Electron-density distribution and physical properties of plutonium–gallium alloys: Ab initio cluster calculations Journal of Physics and Chemistry of Solids 71 1609–162
- Conner, A. L., Atwater, H. F., Plassmann H. E., McCrary J. H., 1970. Gamma-Ray Attenuation-Coefficient Measurements. Physical Review A, 1, 539-544.
- Çevik, U., Baltaş, H., Çelik, A., Bacaksız, E., 2006, Determination of attenuation coefficients, thicknesses and effective atomic numbers for CuInSe₂ semiconductor. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B, 247 173–179.
- Dağistanlı, H., Mutlu, R.H., 2012, Effect of the crystal structure on the X-ray intensity ratios of 3d metals. Radiation Physics and Chemistry, 81, 7, 796-797.
- de Jonge, M.D., Tran, C.Q., Chantler, C.T., Barnea, Z., Dhal, B.B., Cookson, D.J., Lee, W.-K., Mashayekhi, A., 2005. Measurement of the X-ray mass attenuation coefficient and determination of the imaginary component of the atomic form factor of molybdenum over the 13.5–41.5 keV energy range. Phys. Rev. A 71, 032702
- Demirci, A. H., 2004 “Malzeme Bilgisi ve Malzeme Muayenesi” Alfa Basım Yayım, İstanbul. 314syf.
- Dözen, C., 2006. M tabakası X-ışınları üretim tesir kesitlerinin hesaplanması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 68 s.
- Duvauchelle, P., Peix, G., Babot D., 1999. Effective atomic number in the Rayleigh to Compton scattering ratio, Nucl. Instr. and Meth. B., 155, 221-228.
- El-Kateb, A.H., Rizk, R.A.M., Abdul-Kader, A.M., 2000, Annals of Nuclear Energy, 27, 1333–1343.

- Erdoğan, M., 2001, (Çeviri , Malzeme Bilimi ve Mühendislik malzemeleri, Nobel Yayın Dağıtım.
- Gerward, L., 1981, X-ray attenuation coefficients and atomic photoelectric absorption cross sections silicon. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 14, 3389–3395.
- Gowda, S., Krishnaveni, S., Gowda, R., 2005, Studies on effective atomic numbers and electron densities in amino acids and sugars in the energy range 30-1333 keV. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* 239, 361–369.
- Grinyov B., Ryzhikov V., Lecoq P., Naydenov S., Opolonin A., Lisetskaya E., S. Galkin, N. Shumeiko, *Nucl. Instr. and Meth. A.* 580 (2007) 50.
- Han, I., 2009. Geçiş metallere valens elektron yapılarının X-ışını şiddet oranları vasıtasıyla belirlenmesi, X-ışını şiddet oranlarının tavlama sıcaklığına bağlı davranışlarının incelenmesi, alaşımlar için etkin atom numaraları ve elektron yoğunluklarının tayini. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Han, I., and Demir, L., 2009, Determination of mass attenuation coefficients, effective atomic and electron numbers for Cr, Fe and Ni alloys at different energies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 267, 3–8.
- Han, I., and Demir, L., 2009, Mass attenuation coefficients, effective atomic and electron numbers of Ti and Ni alloys *Radiation Measurements*, 10.1016/j.radmeas.2009.03.010
- Han, I., and Demir, L., 2009, Mass attenuation coefficients, effective atomic numbers and electron densities of undoped and differently doped GaAs and InP crystals. *Annals of Nuclear Energy*, 10.1016/j.anucene.2009.03.015.
- Han, I., Demir, L., Şahin M., 2009, Determination of mass attenuation coefficients, effective atomic and electron numbers for some natural minerals. *Radiation Physics and Chemistry*, 10.1016/j.radphyschem.2009.03.077.
- Han, I., Şahin, M., Demir, L., 2007, Measurement of K X-ray fluorescence cross-sections, fluorescence yields and intensity ratios for some elements in the atomic range $22 \leq Z \leq 68$. *Applied Radiation and Isotopes*, 65, (6), 669–675.
- Han, I., Şahin, M., Demir, L., 2008, Angular variations of K and L X-ray fluorescence cross sections for some lanthanides. *Canadian Journal of Physics*, 86, (2), 361–367.
- Hine, G.J., 1952, The effective atomic numbers of materials for various gamma interactions. *Physics Review*, 85, 725–737.
- Hubbell, J.H., 1982, Photon mass attenuation and energy-absorption. *International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 33, 1269–1290.
- Hubbell, J.H., Seltzer, S.M., 1995, Tables of X-ray mass attenuation coefficients and mass energy-absorption coefficients 1 keV to 20 MeV for elements $1 \leq Z \leq 92$ and 48 additional substances of dosimetric interest. National Institute of Standards and Physics Laboratory, NISTIR 5632.
- Jackson, D.F., Hawkes, D.J., 1981, X-ray attenuation coefficients of elements and mixtures. *Physics Reports*, 70, 169–233.
- Kaewkhao, J., Laopaiboon, J., Chewpraditkul W., 2008. Determination of effective atomic numbers and effective electron densities for Cu/Zn alloy. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 109, 1260-1265.

- Kalaycı, Y., Aydınuraz, A., Tugluoglu, B., Mutlu, R.H., 2007. Valence electronic structure of Ni in Ni-Si alloys from relative K X-ray intensity studies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 255, 438-440.
- Kumar, T. K., Reddy, K. V., 1997. Effective atomic numbers for materials of dosimetric interest. *Radiation Physics and Chemistry*, 50, 6, 545-553.
- Kumar, T.K., Reddy, K.V., 1997. Effective atomic numbers for materials of dosimetric interest. *Radiat. Phys. Chem.* 50 (6), 545–553.
- Lide, D.R., 1996. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 76th ed. CRC Press Inc., New York.
- Limkitjaroenporn, P., Kaewkhao, J., Asavavisithchai S., 2013, Determination of mass attenuation coefficients and effective atomic numbers for Inconel 738 alloy for different energies obtained from Compton scattering, *Annals of Nuclear Energy*, 53, 2013, 64-68
- Lingam, S. C., Babu, K. S., Reddy, D. V. K., 1984. Total gamma ray cross sections and effective atomic numbers in compounds in the energy region 32 to 662 keV. *Indian J. Phys. A*, 58, 285-287.
- Manjunathaguru, V., Umesh, T.K., 2006. Effective atomic numbers and electron densities of some biologically important compounds containing H, C, N and O in the energy range 145–1330 keV, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.*, 39, 3969-3981.
- Manohara, S.R., Hanagodimath, S.M., 2007. Effective atomic numbers for photon energy absorption of essential amino acids in the energy range 1 keV to 20 MeV, *Nucl. Instr. and Meth. B.*, 264, 9-14.
- Murty, C.R., Rao, A.S.N., Rao, G.K., 1999. Z-dependence of photon interactions in simulated materials, *Appl. Radiat. Isot.* 51, 335-339.
- Murty, R.C., 1965, Effective atomic numbers of heterogeneous materials. *Nature*, 207, 398–399.
- Murty, V.R.K., 2004, Effective atomic numbers for W/Cu alloy for total photon attenuation. *Radiation Physics and Chemistry*, 71, 667–669.
- Murty, V.R.K., Winkoun, D.P., Devan, K.R.S., 2000, Effective atomic number for W/Cu alloy using transmission experiments. *Applied Radiation and Isotopes*, 53 945–948.
- Perişanoğlu, U., 2014 Dış manyetik alanda bazı geçiş metali alaşımlarının K tabakası X-ışını şiddet oranlarının belirlenmesi ve bu alaşımlar için etkin atom numaralarının tayini. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Perumallu, A., Rao, A.S.N., Rao, G.K., 1984. Photon interaction measurements of certain compounds in the energy range 30–660 keV. *Can. J. Phys.* 62, 454.
- Prinz, G.A., 1998, *Magneto-electronics*. Science, 282, 1660–1663.
- Raj, S., Padhi, H.C., Powlowski, F., Basa, D.K., 2000, Valence electronic structure of Fe and Ni in Fe_xNi_{1-x} alloys from relative K X-ray intensity studies. *Solid State Communications*, 116, 563–567.
- Serway, R.A. and Jewett, J.W., 2004. *Physics for Scientists and Engineers* 6th Edition. Brooks Cole, 1296 p, USA.
- Sidhu, S. G., Singh, K., Singh, P. J., Mudahar S. G., 1999. Effect of collimator size and absorber thickness on gamma ray attenuation measurements. *Radiation Physics and Chemistry*, 56, 535-537.

- Singh, K., Singh, H., Sharma, V., Nathuram, R., Khanna, A., Kumar, R., Bhatti, S., and Sahota, H.S., 2002, Gamma-ray attenuation coefficients in bismuth borate glasses. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B, 194, 1–6.
- Singh, M.P., Sandhu B.S., Singh, B., 2007. Measurement of effective atomic number of composite materials using scattering of γ -rays, Nucl. Instr. and Meth. A., 580, 50-53.
- Singh, M.P., Sandhu, B.S., Singh, B., 2007. Measurement of the effective atomic number of composite materials using Rayleigh to Compton scattering of 279 keV gamma rays, Phys. Scr., 76,281-286.
- Söğüt, Ö., Büyükkasap, E., Küçükönder, A., Ertuğul, M., Şimşek, Ö., 1995, Alloying Effect on $K\beta/K\alpha$ Intensity Ratios in $\text{Cr}_x\text{Ni}_{1-x}$ and $\text{Cr}_x\text{Al}_{1-x}$ Alloys. Applied Spectroscopy Reviews, 30, (3), 175 – 180.
- Tran, C.Q., Chantler, C.T., Barnea, Z., de Jonge, M.D., Dhal, B.B., Chung, C.T.Y., Paterson, D., Wang, J., 2005. Measurement of the X-ray mass attenuation coefficient of silver using the X-ray extended range technique. J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 38, 89–107.
- Turşucu, A., ATOM numarası $21 \leq z \leq 71$ arasında olan nadir toprak elementlerinin ve oksitli bileşiklerinin etkin atom numaralarının gama ışınlarının saçılması ve soğurulmasından faydalanılarak bulunması ve k x-ışını şiddet oranlarına kimyasal etkinin araştırılması Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Uğurlu, M., 2013. Bazı geçiş metal alaşımlarında farklı Co konsantrasyonuna göre valens elektron yoğunluğunun değişiminin hesaplanması. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Un, A., Sahin, Y., 2011. Determination of mass attenuation coefficients, effective atomic and electron numbers, mean free paths and kerma for PbO, barite and some boron ores, Nucl. Instr. and Meth. B, 269, 1506-1511.
- Ün, A., Demir, F., 2013, Effective atomic number and effective electron number for heavy-weight and normal-weight concretes. Applied Radiation and Isotopes, 80, 73-77.
- Wang, D.C., Ping, L.A., Yang, H., 1995, Measurement of the mass attenuation coefficients for SiH_4 and Si. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B, 95, 161–165.
- Yang N.C., Lechner P.K., Hawkins W.G., Med. Phys. 14 (1987) 759.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında İstanbul'da doğan Eren URTEKİN orta ve lise öğrenimini İstanbul Kartal Süleyman Demirel Lisesi'nde tamamladı. 2003 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünden 2007 yılında mezun oldu. 2008 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı'nda Yüksek Lisansa başladı. Şu an Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.