



ATOM NUMARASI  $25 \leq Z \leq 101$  OLAN  
ELEMENTLER İÇİN L VE M  
TABAKALARINA AİT ORTALAMA  
FLORESANS VERİMLERİN HESAPLANMASI

Elir ÖZ

Fizik Anabilim Dalı

Ocak 1996

50056



*ATOM NUMARASI  $25 \leq Z \leq 101$  OLAN ELEMENTLER İÇİN  
L VE M TABAKALARINA AİT ORTALAMA FLORESANS  
VERİMLERİN HESAPLANMASI*

*Elif Öz*

*DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ*

*Fen Bilimleri Enstitüsü*

*Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca*

*Fizik Anabilim Dalında*

*YÜKSEK LİSANS TEZİ*

*Olarak Hazırlanmıştır.*

*Danışman: Prof.Dr.Hasan ERDOĞAN*

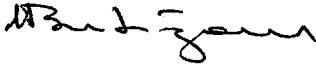
*Ocak 1996*

Elif ÖZ'ün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırlanan "Atom Numarası  $25 \leq Z \leq 101$  Olan Elementler İçin L ve M Tabakalarına Ait Ortalama Floresans Verimlerin Hesaplanması" başlıklı bu çalışma, jürimizce Lisansüstü Yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

8.14.1996

İMZA

Üye : Prof.Dr.Hasan ERDOĞAN



İMZA

Üye : Prof. Dr. Mustafa Tan




İMZA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Baylan



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **23.05.1996** gün ve **03** sayılı kararıyla onaylanmıştır.

  
Yrd. Doç. Dr. İlyas NUHOĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

## ATOM NUMARASI $25 \leq Z \leq 101$ OLAN ELEMENTLER İÇİN L VE M TABAKALARINA AİT

### ORTALAMA FLORESANS VERİMLERİN HESAPLANMASI

#### ÖZET

Bu çalışmada,  $25 \leq Z \leq 101$  arası elementler için L tabakasına ait ortalama floresans verimi ( $\bar{w}_L$ ), ortalama auger verimi ( $\bar{a}_L$ ) ve toplam L tabakası x-ışını floresans tesir kesiti ( $\sigma_L^x$ ),  $25 \leq Z \leq 100$  arası elementler için ise M tabakasına ait ortalama floresans verimi ( $\bar{w}_M$ ), ortalama auger verimi ( $\bar{a}_M$ ) ve toplam M tabakası x-ışını floresans tesir kesiti ( $\sigma_M^x$ ) teorik olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler gerek deneysel, gerek teorik olarak elde edilen diğer araştırmacıların sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Puri ve arkadaşlarının vermiş olduğu alt tabaka floresans verimler ( $w_i$ ) ve Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri ( $f_{ij}$ ) kullanılarak etkin alt tabaka floresans verimler ( $\nu_i$ ) hesaplanmış ve buradan da L tabakasına ait ortalama floresans verim ( $\bar{w}_L$ ), türetilmiştir. Ayrıca, Krause'nin vermiş olduğu etkin alt tabaka floresans verimler ( $\nu_i$ ) kullanılarak da hesaplanmıştır. Bu iki değer karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Mc Guire'nin vermiş olduğu alt tabaka floresans verimler ( $w_i$ ) ve Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri ( $f_{ij}$ ) kullanılarak etkin alt tabaka floresans verimler ( $\nu_i$ ) hesaplanmış ve M tabakasına ait ortalama floresans verim ( $\bar{w}_M$ ) türetilmiştir. Sınırlı sayıda element için hesaplanan  $\bar{w}_M$  değerleri, diğer elementler için ise interpolasyon metodu kullanılarak bulunmuştur.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Floresans verimler, Auger verimleri, X-ışını floresans tesir kesitleri, Ortalama floresans ve Auger verimi

**CALCULATION OF AVERAGE FLUORESCENCE YIELDS OF L AND M SHELL FOR  
ELEMENTS  $25 \leq Z \leq 101$ .**

**SUMMARY**

In this thesis, average L shell fluorescence yield( $\bar{w}_L$ ), average L shell auger yield( $\bar{a}_L$ ) and the total L shell x-ray fluorescence cross section( $\sigma_L^x$ ) have been calculated theoretically for the elements  $25 \leq Z \leq 101$ . Average M shell fluorescence yield( $\bar{w}_M$ ), average M shell auger yield( $\bar{a}_M$ ) and the total M shell x-ray fluorescence cross section( $\sigma_M^x$ ) have been calculated theoretically for the elements  $25 \leq Z \leq 100$ . These calculated values have been compared with the other experimental values and the values calculated theoretically.

The effective subshell fluorescence yields( $\nu_i$ ) have been calculated using the subshell fluorescence yields( $w_i$ ) and Coster Kronig transition probabilities ( $f_{ij}$ ) which are given by Puri et al and then the average L shell fluorescence yield( $\bar{w}_L$ ) has been derivated. It has also been calculated using effective subshell fluorescence yields( $\nu_i$ ) which have been given by Krause both of these values have been given as comparative.

The effective subshell fluorescence yields( $\nu_i$ ) have been calculated using the subshell fluorescence yields( $w_i$ ) and Coster Kronig transition probabilities ( $f_{ij}$ ) which are given by Mc Guire. Then, the average M shell fluorescence yield( $\bar{w}_M$ ) has been derivated. The values of ( $\bar{w}_M$ ) have been calculated for the small number of elements and they have been found for the other elements using the interpolation method.

**KEYWORDS:** Fluorescence yields, Auger yields, X Ray Fluorescence Cross Section, Average fluorescence yield and Auger yield

## TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sırasında değerli görüşleri ile yardımlarını esirgemeyen tez hocam Sayın Prof.Dr.Hasan ERDOĞAN'a en içten şükran ve saygılarımı arz ederim.

Ayrıca çalışmalarım boyunca bana destek olan Yrd.Doç.Dr.Mehmet BAYLAN, Yrd.Doç.Dr. Mehmet ERTUĞRUL ve Pamukkale Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü elemanlarına teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>KABUL VE ONAY SAYFASI</b> .....	iii
<b>ÖZET</b> .....	iv
<b>SUMMARY</b> .....	v
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	vi
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	vii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	iv
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xi
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. TEORİK BİLGİLER</b>	
<b>2.1. Gama Işınlarnın Madde İle Etkileşmesi</b> .....	4
2.1.a. Fotoelektrik olay.....	5
2.1.b. Saçılma olayı.....	6
2.1.b.i. Compton olayı.....	7
2.1.b.ii. Koharent olayı.....	8
2.1.c. Çift oluşumu.....	8
<b>2.2. Soğurma Katsayıları ve Soğurma Kıyıları</b> .....	9
<b>2.3. X-Işınlarnın Meydana Gelmesi</b> .....	11
<b>2.4. X-Işını Enerji Sevyeleri</b> .....	15
<b>2.5. Genel Primer Floresans Şiddet Denklemi</b> .....	15
<b>2.6. Floresans Verim ve Coster-Kronig Geçişler</b> .....	19
<b>2.7. Auger Olayı</b> .....	20
<b>2.8. Karakteristik X-Işını Tesir Kesitleri</b> .....	21
<b>3. ORTALAMA FLORESANS VERİMİN HESAPLANMASI</b>	
<b>3.1. L Tabakasına Ait Ortalama Floresans Verimin Hesaplanması</b> .....	22
<b>3.2. M Tabakasına Ait Ortalama Floresans Verimin Hesaplanması</b> .....	24
<b>3.3. Sonuçların Karşılaştırılması</b>	
3.3.a. L tabakasına ait ortalama floresans verimin karşılaştırılması.....	25
3.3.b. M tabakasına ait ortalama floresans verimin karşılaştırılması.....	26
<b>4. AUGER VERİMLERİNİN HESAPLANMASI</b>	
<b>4.1. L Tabakasına Ait Ortalama Auger Veriminin Hesaplanması</b> .....	27
<b>4.2. M Tabakasına Ait Ortalama Auger Veriminin Hesaplanması</b> .....	28
<b>4.3. Sonuçların Karşılaştırılması</b>	
4.3.a. L tabakasına ait ortalama auger verimlerinin karşılaştırılması.....	28
4.3.b. M tabakasına ait ortalama auger verimlerinin karşılaştırılması.....	28



**İÇİNDEKİLER'İN DEVAMI**

<b>5.FLORESANS TESİR KESİTLERİNİN HESAPLANMASI</b>	
5.1.L Tabakasına Ait Floresans Tesir Kesitlerinin Hesaplanması.....	29
5.2. M Tabakasına Ait Floresans Tesir Kesitlerinin Hesaplanması.....	29
5.3. L ve M Tabakalarının Floresans Tesir Kesitlerinin Deneysel Olarak Elde Edilmesi.	30
5.4.Sonuçların Karşılaştırılması	
5.4.a. L tabakasına ait floresans tesir kesitlerinin karşılaştırılması.....	31
5.4.b. M tabakasına ait floresans tesir kesitlerinin karşılaştırılması.....	31
6.ÇİZELGELER.....	32
7.ŞEKİLLER.....	67
8.SONUÇ VE TARTIŞMA.....	77
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	79



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<i>Şekil</i>	<i>Sayfa</i>
2.1 Gama ışınlarının madde ile etkileşmesi	4
2.2 Fotoelektrik olay	6
2.3 Compton saçılması	7
2.4 Soğurma kırıkları	10
2.5 K tabakası x-ışını geçişleri 12	12
2.6 Nd enerji seviyeleri diyagramı. Enerjiler keV olarak yazılmış ve seigbahn gösterimler kullanılmıştır.	14
2.7 Karakteristik x-ışınlarının üretilmesine uygun bir geometri	16
3.1 $L_1$ alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı.	67
3.2 $L_2$ alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı.	67
3.3 $L_3$ alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı.  25 $\leq Z \leq 51$ arası elementler için teorik fotoiyonizasyon tesir kesitleri 6keV de, 52 $\leq Z \leq 101$  arası elementler için teorik fotoiyonizasyon tesir kesitleri ise 30keV'de alındı.	67
3.4 Krause ve Puri'nin değerlerinden hesapladığımız $L_1$ etkin alt tabaka floresans verimler	68
3.5 Krause ve Puri'nin değerlerinden hesapladığımız $L_2$ etkin alt tabaka floresans verimler	68
3.6 Krause ve Puri'nin değerlerinden hesapladığımız $L_3$ etkin alt tabaka floresans verimler.	68
3.7 Mc. Guire'nin değerlerinden hesapladığımız $M_1$ etkin alt tabaka floresans verim	69
3.8 Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız $M_2$ etkin alt tabaka floresans verim	69
3.9 Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız $M_3$ etkin alt tabaka floresans verim	69
3.10. Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız $M_4$ etkin alt tabaka floresans verim	70
3.11. Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız $M_5$ etkin alt tabaka floresans verim	70
3.12. $M_1$ alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı.	70
3.13. $M_2$ alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı.	71
3.14. $M_3$ alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı	71

**ŞEKİLLER DİZİNİ'NİN DEVAMI**

3.15.	$M_4$ alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı.	71
3.16.	$M_5$ alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı. 25 $\leq Z \leq 51$ arası elementler için teorik fotoiyonizasyon tesir kesitleri 6keV de, 52 $\leq Z \leq 101$ arası elementler için teorik fotoiyonizasyon tesir kesitleri ise 30keV'de alındı.	72
3.17	Krause ve Puri'nin değerlerinden ve aynı zamanda tüm araştırmacıların değerlerinin ortalaması alınarak hesapladığımız ortalama L tabakası floresans verimler.	72
3.18	Krause ve Puri'nin değerlerinden hesapladığımız ortalama K - L tabakası floresans verimler.	72
3.19	Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız ortalama M tabakası floresans verim.	73
3.20	Fit edilmiş ortalama M tabakası floresans verim	73
3.21	Bazı araştırmacıların değerlerinin ortalamasını alarak hesapladığımız ortalama M tabakası floresans verim.	73
3.22	Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız ortalama L - M tabakası floresans verim.	74
4.1	Krause ve Puri'nin değerlerinden hesapladığımız auger verimleri.	74
4.2	Mc. Guire'nin değerlerinden hesapladığımız ortalama M tabakası auger verimi	74
4.3	Fit edilmiş ortalama M tabakası auger verimi	75
5.1	30keV' de Puri ve Krause'nin değerlerinden hesapladığımız L tabakası x-ışını floresans tesir kesitleri	75
5.2	6keV' de Mc.Guire'nin değerlerinden hesapladığımız M tabakası x-ışını floresans tesir kesiti	75
5.3	6keV'de hesapladığımız fit edilmiş M tabakası x-ışını floresans tesir kesiti	76

## **ÇİZELGELER DİZİNİ**

<b><u>Çizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
3.1. Puri'nin L tabakası için vermiş olduğu alt tabaka floresans verimler ve Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri	32
3.2. Puri'nin değerlerinden hesapladığımız L tabakası için etkin alt tabaka floresans verimler ve ilk boşluk dağılımları	34
3.3. Krause'nin L tabakası için vermiş olduğu alt tabaka floresans verimler ve Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri	36
3.4. Krause'nin L tabakası için vermiş olduğu etkin alt tabaka floresans verimler ve hesapladığımız ilk boşluk dağılımları	38
3.5. Mc.Guire'nin M tabakası için vermiş olduğu alt tabaka floresans verimler	40
3.6. Mc Guire'nin M tabakası için vermiş olduğu Coster-Kronig ve Süper Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri	42
3.7. Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız M tabakası için etkin alt tabaka floresans verimler ve ilk boşluk dağılımları	44
3.8. L tabakasına ait ortalama floresans verimler	46
3.9. Puri ve Krause'nin değerlerinden hesapladığımız ortalama Lve KL floresans verimler ve ortalama L auger verimleri	48
3.10. Ortalama L tabakası floresans verim değerlerimizin diğer çalışmacıların değerleri ile karşılaştırılması	50
3.11. M tabakasına ait ortalama floresans verimler	52
3.12. M tabakası için fit katsayıları	54
3.13. Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız ortalama M ve LM floresans verimler	54
3.14. Fit edilmiş ortalama M tabakası floresans verim değerlerimizin diğer araştırmacıların değerleri ile karşılaştırılması.	56
4.1. Hubbell'in değerlerinden ve mevcut değerlerimizden hesapladığımız ortalama L auger verimleri	58

**ÇİZELGELER DİZİNİ'NİN DEVAMI**

4.2	Hubbell'in değerlerinden ve mevcut değerlerimizden hesapladığımız ortalama M auger verimleri	60
5.1	30keV'de hesapladığımız L tabakasına ait x-ışını floresans tesir kesitleri	62
5.2.	6keV'de hesapladığımız M tabakasına ait x-ışını floresans tesir kesitleri	64
5.3	M tabakasına ait x-ışını floresans tesir değerlerimiz ile diğer çalışmacıların değerlerinin karşılaştırılması	66



## 1.GİRİŞ

Bu çalışmamızda, atom numarası  $25 \leq Z \leq 101$  olan elementler için ortalama L tabakası floresans verimi ve ortalama auger verimi ile L tabakası x-ışını floresans tesir kesitleri hesaplanmıştır. Bununla birlikte, atom numarası  $25 \leq Z \leq 100$  olan elementler için ortalama M tabakası floresans verimi ve ortalama auger verimi ile M tabakası x-ışını floresans tesir kesitleri hesaplanmıştır. L ve M tabakası için yapılan hesaplamalar bu konu üzerine deneysel ve teorik çalışma yapmış olan bazı araştırmacıların değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Atom içerisinde elektronların düzenlenişi ve tabakalara bölüşümü hakkındaki bilgiler, atomların verdikleri spektrumların incelenmesi sonunda elde edilmektedir. İç tabaka elektronları çeşitli yollarla sökülerek iyon haline getirilmiş atomlarda ve radyoaktif bozunmalarda elektronların yeniden düzenlenişi ışımalı (radiative) ve ışımasız (nonradiative) geçişlerle olmaktadır. Işımasız geçişler ve Coster-Kronig geçişlerin keşfedilmesinden bu yana ışımalı ve ışımasız geçişler ve bunlar arasındaki bağıntılar bir çok teorik ve deneysel çalışmanın konusu olmuştur.

$L_i$  alt tabaka floresans verimleri ( $w_i$ ) ve Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri ( $f_{ij}$ ), Relativistik Hartree-Slater (RHDS) modeline dayanan ışımalı ve ışımasız geçiş hızları kullanılarak  $18 \leq Z \leq 100$  [M.H.Chen and B.Crasemann, 1981] ve  $25 \leq Z \leq 96$  [S.Puri et al, 1992] arası elementler bölgesinde hesaplanmıştır. Işımasız yayınım hızları sadece yirmüç element için mevcut olduğundan orta elementler de ışımasız geçişlerin herbiri logaritmik ara değer bulma metodu kullanılarak bulunmuştur. RHDS modeline dayanan  $w_i$  ve  $f_{ij}$  değerlerinin, Krause ve arkadaşlarının değerlerinden daha güvenilir olduğu öne sürülmüştür.

Na-Th arası bazı elementler için relativistik olmayan Herman-Skillman (HS) potansiyeli kullanılarak floresans verimleri ve Coster-Kronig geçişler hesaplanmış, deneysel değerler ile uyum içinde olduğu gözlenmiştir. [E.J.Mc.Guire, 1970]

Floresans, Auger, Coster-Kronig verimleri, ışımalı ve ışımasız geçiş hızları, düzey genişlikleri üzerine mevcut bilgi, K tabakası ( $5 \leq Z \leq 110$ ) ve L alt tabakaları ( $12 \leq Z \leq 110$ ) için verilmiş ve sınırlı sayıda elementler için bilinen floresans verim ve Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri orta elementler için ise interpolasyon metodu kullanılarak bulunmuştur. [M.O.Krause, 1979]

L tabakasına ait ortalama floresans verim, ECPSSR [Energy loss, Coulomb deflection, Perturbed Stationary State, Relativistik effects.] modeline dayanan alt tabaka fotoiyonizasyon tesir kesitleri ve Krause'nin yarı deneysel değerleri alınarak Ni'den Cm'ye kadar olan elementler için hesaplanmıştır. Farklar her zaman %'den daha az bulunmuştur. [D.D.Cohen, 1987]

$56 \leq Z \leq 92$  [S.Singh et al, 1990],  $41 \leq Z \leq 52$  [R.R.Garg et al, 1992] ve  $73 \leq Z \leq 92$  [I.Singh et al, 1984] arası elementler için  $^{55}\text{Fe}(25\text{mCi})$  düşük enerjili foton kaynağı, NER-496 uyarıcı sistem kullanılmıştır. Çeşitli numunelerden L x-ışını spektrası Si(Li) dedektörü ile kaydedilmiştir. Spektra AXIL ile analiz edilmiş ve L x-ışını floresans tesir kesitleri ölçülmüştür. Ölçülen toplam L x-ışını floresans tesir kesitleri ve Scofield'in (1973) teorik toplam L tabakası fotoiyonizasyon tesir kesitleri kullanılarak  $\bar{w}_L$  hesaplanmıştır. Krause tarafından rapor edildiğine göre;  $56 \leq Z \leq 92$  arası elementler için  $w_i$ 'nin değerlerindeki hata %3-15 ve  $f_{ij}$ 'nin değerlerindeki hata %10-30'dur.  $w_i$  ve  $f_{ij}$  değerlerindeki belirsizlikler %5-30 hataya sebep olur. RHDS modeline dayanan değer ile Krause'nin değerlerindeki fark yüzünden  $\bar{w}_L$  (RHDS) ve  $\bar{w}_L$  (ECPSSR) arasında sistematik fark görünür. Gelen farklı parçacık enerjilerinde ve farklı iyonizasyon modu için  $\bar{w}_L$  değerlerinde belirgin bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Yukarıda belirtilen elementler bölgesinin sınırlı bir sayısı için  $w_i$  ve  $f_{ij}$  değerleri mevcut olduğundan, orta elementler için kübik spline ara değer bulma metodu kullanılmıştır.

Radyonükleidler için de bu ölçümler yapılmıştır. Bu değerler ile Krause'nin teorik değerleri ve Bambynek'in deneysel değerlerinin uyum içinde olduğu görülmüştür. [H.S.Sahota et al, 1988]

L tabakası Coster-Kronig verimler ile birlikte K, L ve M tabakası floresans verimlerin mevcut deneysel değerleri özetlenmiş; K tabakası için teorik ve deneysel değerler arasında genelde bir uyum olmasına rağmen,  $L_2$  ve  $L_3$  alt tabaka floresans verimlerin deneysel değerlerinin Listangarten'in yarı deneysel sonuçları ile uyumsuzluk içinde olduğu görülmüştür. [R.W.Fink et al, 1966]

X-ışını floresans verimler, Auger ve Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri ölçülerek  $23 \leq Z \leq 96$  arası otuzbir element için  $\bar{w}_L$  türetilmiştir. [W.Bambynek et al, 1972]

$79 \leq Z \leq 92$  [K.Shatendra et al, 1983],  $81 \leq Z \leq 92$  [R.R.Garg et al, 1990] ve  $71 \leq Z \leq 92$  [S.Puri et al, 1992] arası elementler için  $^{55}\text{Fe}(25\text{mCi})$  foton kaynağı numuneyi uyarmada kullanılmış ve M x-ışını spektrası Si(Li) dedektörü ile kaydedilerek M tabakası x-ışını floresans tesir kesitleri (MXRF) ölçülmüştür. Ölçülen  $\bar{w}_M$  değerleri, Chen ve arkadaşları tarafından verilen  $w_i$ ,  $S_{ij}$  ve  $f_{45}$  kullanılarak hesaplanan teorik değerlerden %10-17 daha yüksek olduğu gibi, Hubbell'in değerlerinden de yüksek bulunmuştur. MXRF tesir kesitlerinin teorik olarak hesaplanan ve deneysel yöntemlerle elde edilen

veriler arasındaki farkın, teorik olarak hesaplanan MXRF tesir kesitlerini değerlendirmek için kullanılan fiziksel parametrelerdeki hatalardan kaynaklandığı öne sürülmüştür.

X-ışını floresans verimlerin ölçümleri, analizleri, fitleri ve tabloların bibliyografyası 1978-1983 arası hazırlanmıştır. Ölçümlere ve teorik modellere dayanan  $w_K$ ,  $\bar{w}_L$ ,  $\bar{w}_M$  floresans verimlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Deneysel parametrik formüllere standart etmek için fitlenen  $w_K$ ,  $\bar{w}_L$ ,  $\bar{w}_M$  değerleri verilmiştir. Buna göre  $\bar{w}_L$  (RHDS) değerleri,  $\bar{w}_L$  (ECPSSR) den  $32 \leq Z \leq 77$  bölgesinde %12 ve  $Z < 32$  için %21 daha büyüktür. Bu iki grup  $Z > 77$  için iyi bir uyum içindedir.  $\bar{w}_L$  (fit) değerlerinin  $\bar{w}_L$  (RHDS) değerleri ile uyum içinde olduğu görülmüştür.  $48 \leq Z \leq 77$  arası elementler için  $\bar{w}_L$  (fit) değerleri,  $\bar{w}_L$  (ECPSSR) değerlerinden daha büyük,  $\bar{w}_M$  (fit) değerlerinin ise hem Chen hem de Mc Guire'nin teorik değerleri ile  $64 \leq Z \leq 92$  arası bölgede uyum içinde olduğu gözlenmiştir.  $w_K$ ,  $\bar{w}_L$ ,  $\bar{w}_M$  değerlerini hesaplamada faydalanılan parametreler, orta elementler için spline interpolasyon metodu kullanılarak bulunmuştur. [J.Hubbell et al, 1994]

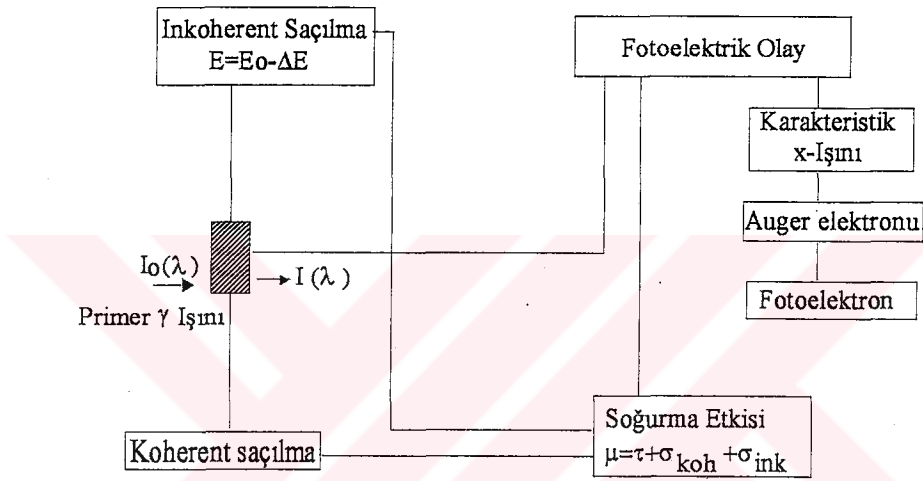
Ca-Th arası elementler için Auger, Coster-Kronig, Süper Coster-Kronig ve ışımali geçiş hızları kullanılarak M tabakası auger, Coster-Kronig ve floresans verimler hesaplanmıştır. [E.J.Mc Guire, 1972]



## 2. TEORİK BİLGİLER

### 2.1. Gama Işınlarnın Madde İle Etkileşmesi (Tıraşoğlu, E.,1994)

Gama ışınlarının madde ile etkileşmesi karmaşık bir konu olduğundan, burada sadece analitik olarak ölçülebilen x-ışınlarının meydana gelmesi ile ilgileneceğiz. Gama ışınlarının madde ile etkileşmesi neticesinde meydana gelmesi muhtemel olaylar şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Gama ışınlarının madde ile etkileşmesi

Gama ışınlarının madde ile etkileşmesi sonucunda meydana gelen olayların ortak yönü, primer radyasyonun enerjisine ve saçıcı maddenin yapısına bağlı olmalarıdır.  $I_0$  şiddeti ile maddeye gelen  $\gamma$  ışınının şiddetinde,  $t$  kalınlığındaki maddeyi geçtikten sonra azalma olur. Bu azalma maddenin kalınlığına ve  $I_0$  şiddetine bağlı olarak,

$$I = I_0 e^{-\mu_t t} \quad (2.1)$$

bağıntısı ile verilir. Burada  $\mu_t$  toplam soğurma katsayısı olup, etkileşen maddeye ve demetin enerjisine bağlıdır.  $t$ :cm,  $g/cm^2$ ,  $atom/cm^2$ ,  $elektron/cm^2$  olarak alınabileceğinden, soğurma katsayısı  $\mu_t$ ;  $cm^{-1}$ ,  $cm^2/g$ ,  $cm^2/atom$ ,  $cm^2/elektron$  olarak alınabilir.

Gama ışınlarının madde ile etkileşmeleri sonucu esas itibari ile üç olay olabilir. Bunlar,

- a)Fotoelektrik olay
- b)Saçılma (Compton,Coherent) olayı
- c)Çift oluşumu

Bu üç olayın meydana gelme ihtimaliyeti, foton enerjisine göre değişmektedir. Şöyleki; 0.001 MeV'den 0.5 MeV'e kadar fotoelektrik olay, 0.1MeV'den 0.5 MeV'e kadar saçılma olayı daha etkin olup, çift oluşumu olayı 1.02 MeV'lik  $\gamma$  enerjisiyle başlar ve artan  $\gamma$  enerjisiyle artar. Bu üç olay birbirinden tamamen bağımsızdır.

#### a)Fotoelektrik Olay

Enerjisi, atoma bağlı bir elektronun enerjisinden fazla olan bir foton, bağlı elektrona çarparsa, elektron fotonun toplam enerjisini soğurarak serbest hale geçer. Bu elektron, fotoelektron olarak adlandırılır ve bu olaya fotoelektrik olay denir. Serbest bir elektron foton soğuramaz ve sonuçta fotoelektron haline gelemez. Bu durumda momentumun ve enerjinin korunumu söz konusu değildir. Fakat bağlı bir elektron foton soğurabilir ve fotoelektron haline gelebilir. Bu durumda atom geri tepir ve momentum korunur. Bu işlem sırasında foton tamamen soğrulur ve K tabakasından sökülen elektronun enerjisi;

$$E_{fe} = E - \Phi_K \quad (2.2)$$

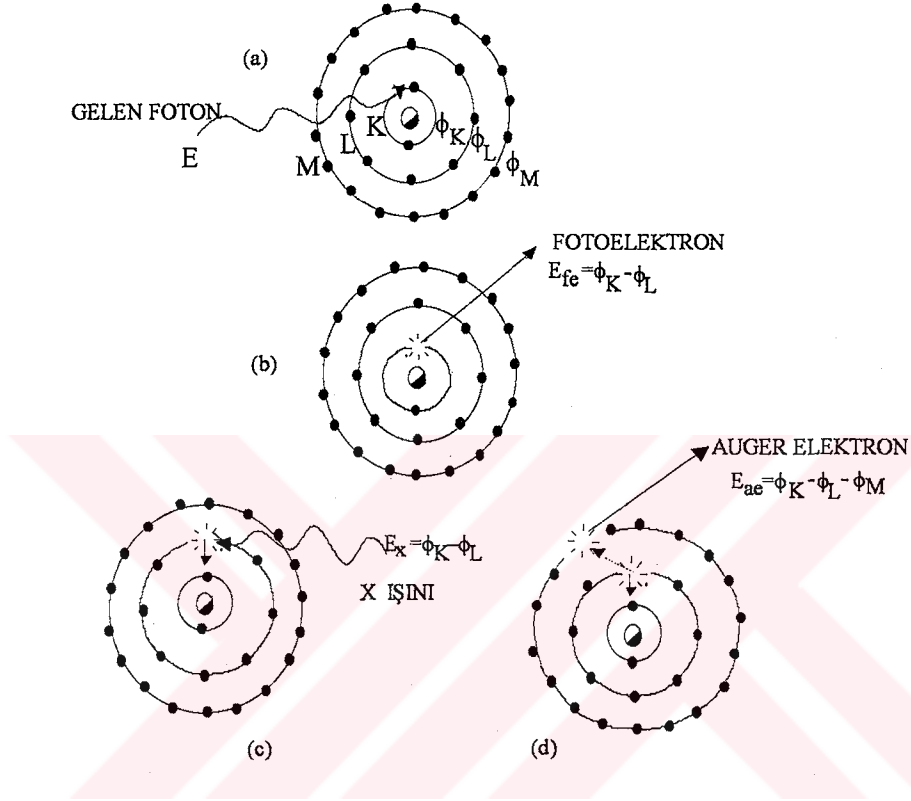
şeklinde ifade edilir. Burada E gelen fotonun enerjisi,  $\Phi_K$  elektronun K tabakasına ait bağlanma enerjisidir. Bu şekilde K tabakasından oluşturulan boşluk, atomun kararsız bir halini gösterir. Neticede daha düşük bağlanma enerjili tabakadan bir elektron bu boşluğu doldurmak üzere K tabakasına geçer. Bu işlem sonucu, iki tabakanın bağlanma enerjileri arasındaki fark kadar enerjiye sahip bir foton yayınlanır. Atomdan yayınlanan bu foton karakteristik x-ışını olarak adlandırılır. Örneğin; K tabakasından oluşan bir boşluk L tabakasındaki bir boşluk tarafından doldurulacak olursa, yayınlanan karakteristik x-ışınının enerjisi

$$h\nu = \Phi_K - \Phi_L \quad (2.3)$$

kadar olacaktır. Burada h = plank sabitidir,  $\nu$ = yayımlanan fotonun frekansıdır,  $\Phi_K$  elektronun K tabakasına bağlanma enerjisi,  $\Phi_L$  L tabakasına bağlanma enerjisidir.

Oluşan karakteristik x-ışını her zaman atomu terketmez. bazen bu foton atomun dış kabuğundaki elektronlardan birisini sökerek yok olur. Bu olaya Auger olayı, sökülen elektrona da Auger elektronu denir. Küçük atom numaralı elementler için Auger elektronu yayınlanma ihtimali, büyük

atom numaralı elementlerden daha fazladır. Büyük atom numaralı elementler için ise karakteristik x-ışını yayınlanması daha fazladır. K elektronlarından birinin sökülmesiyle sonuçlanan bir fotoelektrik olay şekil.2.3'de şematik olarak gösterilmiştir.



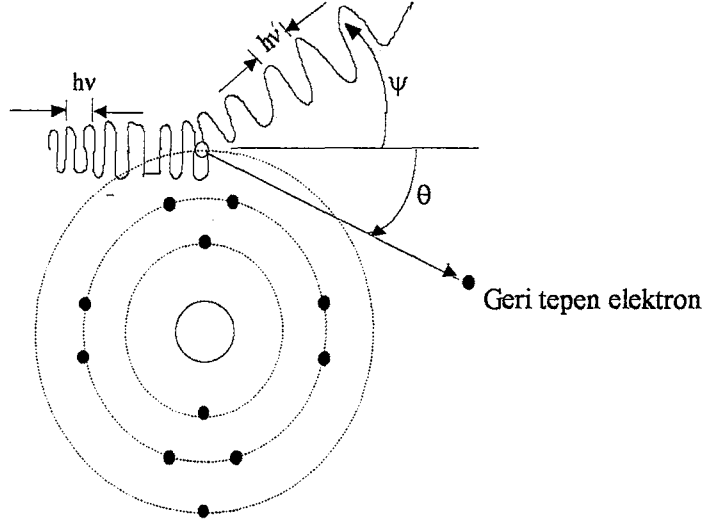
Şekil 2.2 Fotoelektrik olay

### 2.1.b)Saçılma Olayı (Erdoğan, H., 1976)

Atoma gelen ışın, enerjisinin bir kısmını kaybederek saçılır. Bu olay iki ayrı şekilde olabilir.

#### 2.1.b-i)Compton Olayı

Şekil 2.3'de görüldüğü gibi compton olayında gelen foton serbest elektron ile etkileşerek enerjisinin bir kısmını geri tepen elektrona verir ve saçılır. Saçılan foton, geliş doğrultusu ile  $\psi$ , elektron ise  $\theta$  açısı yapar. Gelen foton serbest kabul edilen atomun en dış yörünge elektronlarından birisi ile etkileşmesi sonucu, enerjisinin belli bir kısmını kaybetmesiyle oluşan saçılmaya inkohherent saçılma veya compton olayı denir. Fotoelektrik olay genellikle K ve L tabakalarında olmasına rağmen Compton olayı daha çok dış tabakalarda meydana gelir. Compton olayında, gelen fotonun enerjisi, fotonun etkileştiği elektronun bağlanma enerjisine göre çok büyüktür.



Şekil 2.3 Compton saçılması

Compton saçılmasına uğrayan fotonun dalga boyundaki değişme;

$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{in}} - \lambda_0 = 0,024(1 - \text{Cos}\psi) \quad (2.4)$$

ile ifade edilir. Burada  $\Delta\lambda$ ,  $\text{Å}$  birimindedir.

Gelen foton, saçılan foton ve geri tepen elektron daima bir düzlemde olduğundan enerjinin ve momentumun korunumu söz konusudur. Enerjinin ve momentumun korunumundan hareketle saçılan fotonun enerjisi için;

$$E' = \frac{E}{1 + \alpha(1 - \text{Cos}\psi)} \quad (2.5)$$

ifadesi bulunur. Burada;  $E'$  saçılan fotonun enerjisi,  $E$  gelen fotonun enerjisi ve

$$\alpha = \frac{E}{m_0 c^2} \quad (2.6)$$

dir.  $m_0$  elektronun durgun kütlesi ve  $m_0 c^2$  elektronun durgun kütle enerjisidir.

Geri tepen elektronun enerjisi, gelen fotonun enerjisi ile saçılan fotonun enerjisi farkına eşittir.

$$E_k = E - \frac{E}{1 + \alpha(1 - \cos\psi)} \quad \text{veya} \quad E_k = \frac{\alpha E(1 - \cos\psi)}{1 + \alpha(1 - \cos\psi)} \quad (2.7)$$

### 2.1.b-ii) Koharent Saçılma

Gelen fotonlar atomun çekirdeğinden enerjilerinde bir değişiklik olmaksızın saçılabilirler. Bu durum, enerjisi elektronun bağlanma enerjisinden daha küçük olan fotonların elektron üzerinden saçılması yoluyla da meydana gelebilir.

### 2.1.c) Çift Oluşumu

Fotonların enerjilerini kaybettiği üçüncü önemli olay, elektron pozitron çifti meydana gelmesi olayıdır. Bu olayın olabilmesi için gerekli eşik enerji,  $2m_0c^2$  veya 1.02MeV dur. Bazen, 1.02 MeV'den daha büyük enerjili bir foton yüksek atom numaralı bir elementin çekirdeğinin yakınından geçerken yok olur ve bir elektron pozitron çifti meydana gelir. X-ışını floresans tekniğinde uyarma için genellikle 1.02 MeV'den daha küçük enerjili fotonlar kullanıldığından elektron çifti meydana gelme olayı bu tür çalışmalarda söz konusu değildir.

### 2.2 Soğurma Katsayıları ve Soğurma Kısılları (Ertuğrul, M., 1990)

Bir madde içerisinde geçen bir  $\gamma$  ışını demetinin azalması, madde atomları ile üç çeşit etkileşmeden dolayı meydana gelmektedir. Bunlar fotoelektrik etkileşme, saçılma, elektron çifti oluşumu hadiseleridir. Toplam kütle soğurma katsayısı  $\mu / \rho$  ise;

$$\mu / \rho = \tau / \rho + \sigma / \rho + \kappa / \rho \quad (2.8)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $\tau/\rho$  toplam fotoelektrik kütle soğurma katsayısı,  $\sigma/\rho$  saçılma katsayısı,  $\kappa/\rho$  elektron çifti meydana gelme katsayısıdır.

Elementlere ait kütle soğurma katsayıları enerjinin fonksiyonu olarak değişir, belli bir x-ışını enerjisinde her element için farklıdır. Toplam fotoelektrik kütle soğurma katsayısı  $\tau/\rho$  atomun enerji seviyelerine bağlı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$(\tau / \rho)_E = (\tau / \rho)_{E,K} + (\tau / \rho)_{EL_1} + (\tau / \rho)_{EL_{II}} + (\tau / \rho)_{EL_{III}} + \dots \quad (2.9)$$

bu daha genel olarak,

$$(\tau / \rho)_E = \sum_i (\tau / \rho)_{E_i} \quad (2.10)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $(\tau / \rho)_{E_i}$ ; i' inci elektron seviyesinin, E enerjisi için fotoelektrik kütle soğurma katsayısını göstermektedir. Soğurucu maddenin etkileştiği radyasyonun soğurulma ihtimaliyetini veren soğurma katsayıları aşağıdaki gibi gruplandırılır.

1) Lineer Soğurma Katsayısı ( $\mu$ ): Birim alanda birim kalınlık başına soğurmayı verir ve

$$\mu = \frac{\log_e(I_0 / I)}{t} \quad (\text{cm}^{-1}) \quad \text{şeklinde ifade edilir.}$$

2) Kütle Soğurma Katsayısı ( $\mu_m$ ): Birim alanda birim kütle başına soğurmayı verir.

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{cm}^2 / \text{g})$$

3) Atomik Soğurma Katsayısı ( $\mu_a$ ): Birim alanda atom başına soğurmayı verir.

$$\mu_a = \frac{\mu A}{\rho N} = \frac{\mu}{n} \quad (\text{cm}^2 / \text{atom})$$

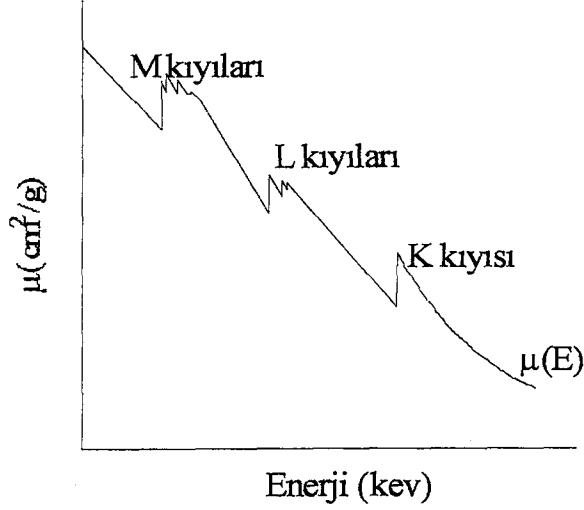
4) Molar Soğurma Katsayısı ( $\mu_{mol}$ ): Birim alanda mol başına soğurmayı verir.

$$\mu_{mol} = (\mu / \rho) \cdot A \quad (\text{cm}^2 / \text{mol})$$

Burada  $\rho$  numunenin yoğunluğu, N avagadro sayısı ve A atom ağırlığıdır.

Şekil 2.4'de görüldüğü üzere bir elementin x-ışını soğurma katsayısı x-ışını enerjisi ile azalır ve enerjinin belli değerlerinde ani keskinlikler mevcuttur. Bu ani keskinliklere soğurma kıyıları denir. Herhangi bir elementin bir atomun verilen bir seviyesinden bir elektron sökebilmek için gerekli minimum foton enerjisi, bu elementin bu seviyesinin soğurma kıyısı olarak bilinmektedir. Her elementin çeşitli uyarılma enerjileri olduğu gibi çeşitli soğurma kıyıları da vardır. K tabakası için bir ( $E_{Kab}$ ). L

tabakası için üç ( $E_{L_{Iab}}$ ,  $E_{L_{IIab}}$ ,  $E_{L_{IIIab}}$ ), M tabakası için beş soğurma kıyısı, N tabakası için ise yedi tane soğurma kıyısı vardır.



Şekil: 2.4 Soğurma kıyıları

Eğer primer fotonun enerjisi,  $E_{K_{ab}}$  enerjisinden küçük olursa, bu foton bu tabakaya ait elektronu söküp atamaz. Bu tabakaya ait elektronun sökülebilmesi için primer fotonun enerjisinin soğurma enerjisine eşit veya daha büyük olması gerekir. Primer foton enerjisi soğurma enerjisinden çok fazla büyük olursa, bu fotonlar çok fazla enerjitik olduklarından hemen hemen hiç soğurmaya tabi olmadan elementi terkederler. Bunun için herhangi bir numuneye gelen primer fotonların enerjileri, bu numuneye ait soğurma enerjilerinden küçük veya çok büyük olması halinde numunede x-ışını meydana getiremezler.

### 2.3.X-Işınlarnın Meydana Gelmesi (Jenkins , R., 1988)

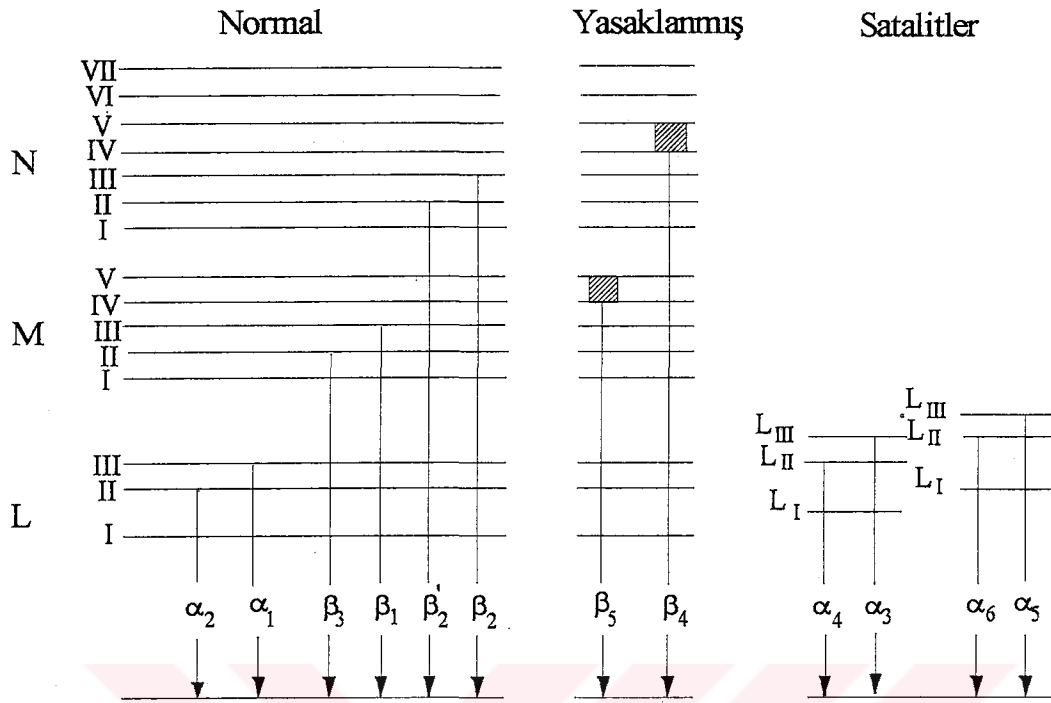
X-ışınları  $10^{-5} - 10^2 \text{ \AA}$  aralığında kısa dalga boylarına sahip elektromagnetik dalgalardır. Bunlar, yüksek enerjili elektronların yavaşlatılması veya atomun iç yörüngelerinde oluşan boşluklara elektron geçişlerinden meydana gelir. Yüksek enerjili elektronların madde içersinde adım adım yavaşlaması neticesinde meydana gelen x-ışınlarına sürekli x-ışınları veya Bremstrahlung adı verilmektedir.  $\beta$  ışınları, iç dönüşüm elektronları, Compton geritepme elektronları ve Auger elektronları sürekli x-ışını spektrumu verirler.

Atomun iç tabaka elektronlarından bir veya bir kaç tane sökülüp atıldığı zaman atomda meydana gelen boşluk  $10^{-12} - 10^{-14}$  saniye içerisinde diğer üst tabaka elektronları tarafından doldurulabilir, bu esnada enerji düzeyleri arasındaki fark karakteristik x-ışını olarak yayımlanır. X-ışını spektrumunda gözlenen çizgilerin çoğu kesin çizgiler olup seçim kurallarına uyarlar.  $\Delta n \neq 0$ ,  $\Delta l = \pm 1$  ve  $\Delta j = 0, \pm 1$  ( $0 \rightarrow 0$  geçişi hariç)

İlk bakışta seçim kurallarına uymayan yasaklanmış çizgi adı verilen geçişler olabilir. Yasaklanmış çizgiler s orbitalleri arasında enerji farkının olmadığı dış orbital seviyelerinden çıkar. Örnek olarak; 3d seviyesi kısmen dolu geçiş elementlerinde ve enerjilik olarak 3p seviyelerine benzer yasaklanmış zayıf bir geçiş olan  $\beta_5$  geçişi gözlenebilir.

Çizgilerin üçüncü bir tipi olan çift iyonizasyondan çıkan uydu çizgileri adı verilen çizgiler oluşabilir. Fotoelektrik olayda ilk elektronun fırlamasını takip eden boşluk dolmadan önce kısa fakat sonlu bir zaman geçer. Bu zamana uyarılmış düzeyin ömrü denir. Düşük atom numaralı elementler için, ilk boşluk dolmadan önce atomdan ikinci bir elektronun çıkabilme ihtimaliyeti yüksek olduğundan, düzeyin ömrü belli bir dereceye kadar artar. İkinci elektronun kaybolması alt tabakayı çevreleyen elektronun enerjilerini değiştirir. Yayınlanan x-ışını çizgilerinin  $\alpha_1 / \alpha_2$  ye uyan diğer çiftleri üretilir. Bu  $\alpha_3 / \alpha_4$  ve  $\alpha_5 / \alpha_6$  uydu çizgileri K serisindeki genel çoğunluğu iki kat artırır. Bu çizgiler şeklin sağ tarafında gösterilir. Onlar nicel olarak zayıf olduklarından ne yasaklanmış geçişler ne de uydu geçişleri çok fazla önemli değildir. Onlar spektranın büyüklüğünde bazı karışıklıklara sebep olur, iz elementlerden geldiği gibi bazı yanlış yorumlamalara sebep olabilir





Şekil 2.5 K tabakası x-ışını geçişleri

Ayrıca K tabakasının yukarıdaki tabakalar birden fazla alt tabakadan meydana gelmiştir. Bu alt tabakalara sahip tabakalarda, Coster-Kronig geçişler söz konusudur. Bu geçişler, aynı baş kuantum sayısına sahip alt tabakalar arasında elektron ve boşluk kaymalarıdır. Herhangi bir yolla x tabakasının  $x_i$  alt tabakasında meydana getirilmiş bir boşluğun daha yüksek  $x_j$  alt tabakasına kayması ihtimali  $f_{ij} x$  ile gösterilmektedir. Mesela;  $f_{12}L$  Coster-Kronig geçişi  $2p_{1/2}$  ( $L_2$  alt tabakasının)' dan  $2s_{1/2}$  ( $L_1$  alt tabakası)'na bir elektron geçiş ihtimalidir.

Bir atomun K tabakasındaki bir boşluk L tabakasındaki bir elektron tarafından doldurulacak olursa yayınlanan ışınlar  $K_{\alpha}$  ışınları, M tabakasındaki bir elektron tarafından doldurulacak olursa  $K_{\beta}$  ışınları denmektedir. K kabuğu x-ışınları, Siegbahn notasyonlarına göre aşağıdaki şekilde gösterilir

$$K_{\alpha 1} = K - L_{III}$$

$$K_{\alpha 2} = K - L_2$$

$$K_{\alpha} = K_{\alpha 1} + K_{\alpha 2}$$

$$K_{\beta 1} = K - M_3$$

$$K_{\beta 2} = (K - N_3) + (K - N_2)$$

$$K_{\beta 3} = K - M_2$$

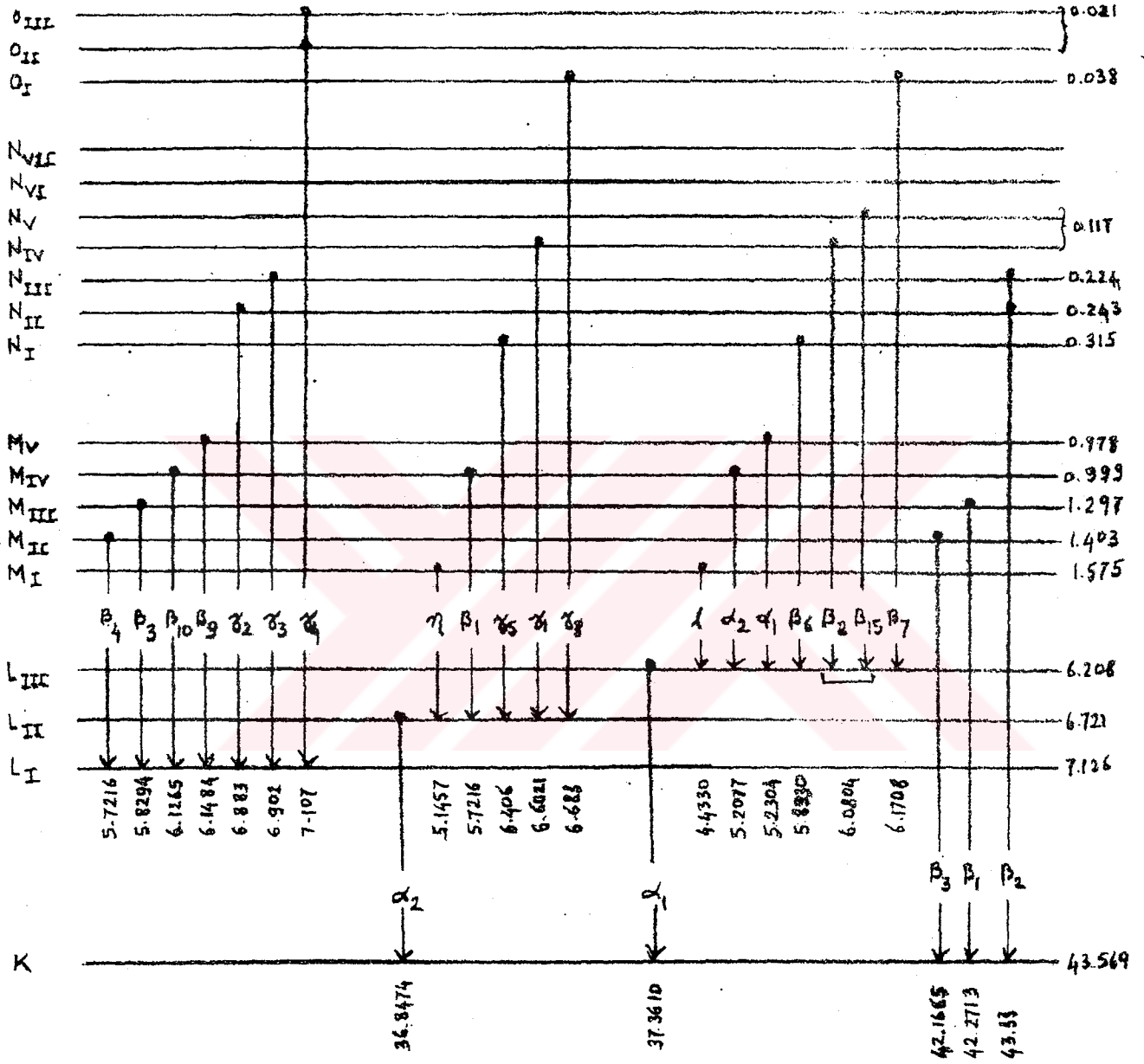
$$K_{\beta 4} = (K - N_4) + (K - N_5)$$

$$K_{\beta 5} = (K - M_4) + (K - M_5)$$

$$K'_{\beta 1} = K_{\beta 1} + K_{\beta 3} + K_{\beta 5}$$

$$K'_{\beta 2} = K_{\beta 2} + K_{\beta 4} + \text{daha yüksek seviyeden geç işler}$$

$$K_{\beta} = K'_{\beta 1} + K'_{\beta 2}$$



Şekil 2-6 Nd enerji seviyeleri diyagramı.  
Enerjiler keV olarak yazılmış ve Siegbahn gösterimleri kullanılmıştır.

### 2.4.X-ışını Enerji Seviyeleri (Jenkins, R., 1988)

Bohr atom teorisine göre her atom merkezde çekirdek ve çekirdeğin etrafında yörüngelerde dolanan elektronlardan meydana gelmiştir. Elektronlar çekirdekten olan uzaklıklarına göre sınıflandırılmıştır. Pauli prensibine göre herhangi bir atomdaki bir elektronun kuantum sayılarından en az birinin diğerlerinininkinden farklı olması gerekir. Herbiri belli bir enerji değerine karşılık gelen yörüngelerde bulunan her elektron dört kuantum sayısı ile tanımlanır. Bu kuantum sayıları  $n, l, m$  ve  $s$  ile gösterilirler.

**1. Baş kuantum sayısı ( $n$ ):** Yörüngenin büyüklüğü ile elektronun çekirdeğe olan ortalama uzaklığını belirler. Bu kuantum sayısı  $n=1,2,3,\dots$  gibi tam sayı değerleri alabilir. Yazıldıkları sıra ile K,L,M,.. tabakalarına karşılık gelir.

**2 Yörünge açısal momentum kuantum sayısı( $l$ ):** Bu kuantum sayısı dalga fonksiyonunun açısal kısmında kullanıldığı için orbitalin şeklini tanımlar. Elektronun açısal momentumunun büyüklüğünü belirler. ve  $l = 0,1,2,\dots,n-1$  gibi değerler alır. Bir tabakadaki alt tabakaları belirler.

**3. Mağnetik kuantum sayısı ( $m$ ):** Açısal momentumun mağnetik alan doğrultusundaki bileşenidir. Bir alt tabakadaki orbital sayısını gösterir. 0 ve  $-l$  ile  $+l$  arasında bütün değerleri alır.

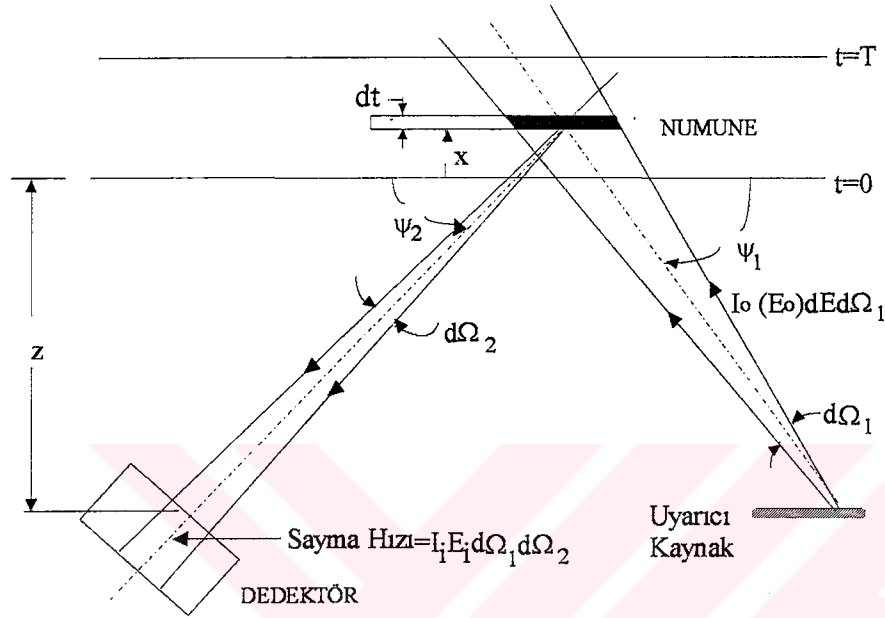
**4. Spin kuantum sayısı ( $s$ ):** Elektronun kendi ekseni etrafında dönmesinden dolayı oluşan mağnetik alanın, dış mağnetik alan doğrultusundaki bileşenidir.  $\pm 1/2$  değerlerini alır. Bir orbitalde en fazla iki elektronun bulunabileceğini gösterir.

Bu kuantum sayılarına eklenmiş beşinci bir kuantum sayısı ise Toplam açısal momentum kuantum sayısı  $J$ , Elektronun spini ile birlikte yörünge açısal momentumunu belirler ve  $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$  değerini alır.  $m_j, j$ 'nin farklı yönelimleri dikkate alındığında  $m_j = \pm 1/2, \pm 3/2, \pm 5/2, \dots, \pm j$  değerlerini alır. Her alt tabakanın alacağı elektron sayısı  $2J+1$  dir.

### 2.5 Genel Primer Floresans Şiddet Denklemi (Büyükkasap, E., 1991)

Numune üzerine gelen uyarıcı radyasyon veya x-ışını demeti numunede bulunan analit atomları ile doğrudan fotoelektrik etkileşme yapması sonucu oluşan şiddete, primer floresans şiddet denir. Atomdan yayımlanan Karakteristik x-ışınları, fotoelektrik etkileşme ve elektron yakalanması

sonucu meydana gelmektedir. Fotoelektrik etkileşmenin meydana getirdiği üretimde şiddete ait bir ifade çıkarmak mümkündür. Şekil 2.6 karakteristik x-ışınlarının üretilmesine uygun, uyarıcı kaynak, numune ve dedektör geometrisini göstermektedir.



Şekil 2.7 Karakteristik x-ışınlarının üretilmesine uygun bir geometri.

Kaynak x-ışını tüpü veya radyoizotop kaynak olabilir. Burada, hesapların basitleştirilmesi için kaynak, nokta kaynak olarak düşünülmüştür. Kaynaktan,  $E_0$  ve  $E_0 + dE_0$  enerji aralığında ve  $d\Omega_1$  diferansiyel katı açısı içerisinde saniyede yayımlanan  $\gamma$  fotonlarının sayısı  $I_0(E_0) dE_0 d\Omega_1$  şeklinde ifade edilir. Burada  $I_0(E_0)$  kaynağın şiddetidir. Bu fotonlar,  $\psi_1$  geliş açısı ile numune yüzeyine ulaşmaktadırlar.

Numune yüzeyinden  $t$  mesafesi kadar içerde bulunan,  $dt$  kalınlığına sahip diferansiyel elemandan yayımlanan karakteristik x-ışınlarının sayısı bulunabilir. Gelen  $\gamma$  fotonları bu hacim elemanına ulaşabilmek için  $t \cdot \csc \psi_1$  kalınlığına geçmek zorundadırlar. Bu kalınlığa geçiş hacim elemanına ulaşanlar

$$I_1 = I_0(E_0) dE_0 d\Omega_1 \exp[-\mu(E_0) \rho t \csc \psi_1] \quad (2.11)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $\mu(E_o)(\text{cm}^2/\text{g})$ ,  $E_o$  enerjisinde numunenin toplam kütle soğurma katsayısıdır.

Diferansiyel hacim elemanı içinde  $\gamma$  fotonları  $dt \cdot \text{csc} \psi_1$  kalınlığında soğurulacaktır. Böylece, bu elemanda birim zamanda meydana gelen fotoelektrik etkileşme sayısı

$$I_2 = I_1 \tau(E_o) \rho dt \text{csc} \psi_1 \quad (2.12)$$

ile verilir. Burada  $\tau(E_o)$  numunenin toplam fotoelektrik kütle soğurma katsayısıdır ve numuneyi meydana getiren elementlerin toplam fotoelektrik kütle soğurma katsayılarının ağırlıklı ortalaması ile verilir.

$$\tau(E_o) = \sum_m W_m \tau_m(E_o) \quad (2.13)$$

Burada  $W_m$ , numune içinde m. elementin ağırlık kesri,  $\tau_m(E_o)$  ise m. elementin toplam fotoelektrik kütle soğurma katsayısıdır. Sadece i. elementin uyarılması ile ilgilenildiği zaman fotoelektrik etkileşmelerin sayısı

$$I_3 = \frac{W_i \tau_i(E_o)}{\tau(E_o)} I_2 \quad (2.14)$$

$$= I_1 W_i \tau_i(E_o) \rho dt \text{csc} \psi_1$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $\tau_i(E_o)$ , bağlanma enerjisi  $\Phi$  nin uyarıcı foton enerjisi  $E_o$  dan küçük olan bütün tabakaların iyonlaşmasını kapsar. Sadece i. elementin K ışınları ile ilgilenilirse, bu durumda K tabakasının iyonlaşma hızı

$$I_4 = \frac{\tau_{K_i}(E_o)}{\tau_i(E_o)} I_3 \quad (2.15)$$

$$= I_1 W_i \tau_{K_i}(E_o) \rho dt \text{csc} \psi_1$$

ile verilir. Burada  $\tau_{K_i}(E_o)$ , i. elementin K tabakasına ait fotoelektrik kütle soğurma katsayısıdır. İyonlaşmadan sonra meydana gelen K tabakasındaki boşluk dış yörüngelerdeki elektronlar tarafından doldurulacaktır. Bu işlemden sonra atomdan, bazen Auger elektronu, bazen de Karakteristik K x-

ışınları yayımlanır. K tabakasına ait floresans verimi  $\omega_K$ , karakteristik K x-ışını yayımlanma ihtimalini vermektedir. Böylece i. elementden K x-ışınlarının yayımlanma hızı

$$I_5 = \omega_K \cdot I_4 \quad (2.16)$$

olur. Eğer K serisi çizgilerinden sadece  $E_i$  enerjili olan ile ilgileniliyor ise ve bu çizgi K serisinin toplam foton hızının f kesrini temsil ediyorsa, bu durumda söz konusu çizgide foton yayımlanma hızı

$$I_6 = f \cdot I_5 \quad (2.17)$$

ile ifade edilir. Bu fotonlar bütün yönlerde izotropik olarak yayımlanmaktadır. Dedektöre doğru,  $\psi_2$  yayımlama açısı ile  $d\Omega_2$  diferensiyel katı açısında foton yayımlama hızı

$$I_7 = \frac{d\Omega_2}{4\pi} I_6 \quad (2.18)$$

olur. Karakteristik x-ışınları numuneden yayımlanmadan önce  $t \cdot \text{csc} \psi_2$  kalınlığında soğurulmaktadır. Bu soğurulmadan sonra foton yayımlanma hızı

$$I_8 = I_7 \cdot \exp[-\mu(E_i) \rho t \text{csc} \psi_2] \quad (2.29)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $\mu(E_i)$ ,  $E_i$  enerjili karakteristik x-ışını için numunenin toplam kütle soğurma katsayısıdır. Eğer  $E_i$  enerjisindeki foton için sayaç verimi  $\varepsilon(E_i)$  ise, foton sayma hızı

$$I \text{ dt } E_o = \varepsilon(E_i) \cdot I_8 \quad (2.20)$$

olur. Bu değer,  $E_o$  ve  $E_o + dE_o$  enerjileri arasındaki uyarma için t den t+dt ye kadar olan diferansiyel hacim elemanının şiddete katkısıdır. Bütün numune kalınlığının katkısını hesaplamak için bu ifadenin t=0 ve t=T aralığında integralinin alınması gereklidir. İşlemleri kolaylaştırmak için numune kalınlığı t, z ile mukayese edildiğinde çok küçük olduğundan  $\psi_2$  sabit kabul edilebilir. Ayrıca bu ifadenin K tabakasını iyonlaştırabilecek enerji aralığında da integralinin alınması gereklidir. Bu enerji aralığı, K kabuğu elektronlarının bağlama enerjisi  $\Phi_K$  dan  $E_{\text{max}}$  a kadardır. Böylece  $d\Omega_1$  ve  $d\Omega_2$  katı açıları için foton sayma hızı

$$I_i(E_i) d\Omega_1 d\Omega_2 = \int_{E_o=\Phi_K}^{E_{\text{max}}} \int_{t=0}^T I \text{ dt } dE_o \quad (2.21)$$

$$\begin{aligned}
&= d\Omega_1 \left( \frac{d\Omega_2}{4\pi} \right) \frac{\varepsilon(E_i)}{\sin\psi_1} \int_{E_o=\Phi_K}^{E_{\max}} W_i \tau_{ki}(E_o) \omega_{ki} f \\
&\quad \times \left( \frac{1 - \exp\{-\rho T[\mu(E_o) \csc\psi_1 + \mu(E_i) \csc\psi_2]\}}{\mu(E_o) \csc\psi_1 + \mu(E_i) \csc\psi_2} \right) \times I_o(E_o) dE_o.
\end{aligned}$$

ile ifade edilir. Burada sadeleştirme yapılırsa, ifade

$$\begin{aligned}
I_i(E_i) &= \frac{\varepsilon(E_i)}{4\pi \sin\psi_1} \int_{E_o=\Phi_K}^{E_{\max}} W_i \tau_{ki}(E_o) \omega_{ki} f \\
&\quad \times \left( \frac{1 - \exp\{-\rho T[\mu(E_o) \csc\psi_1 + \mu(E_i) \csc\psi_2]\}}{\mu(E_o) \csc\psi_1 + \mu(E_i) \csc\psi_2} \right) \times I_o(E_o) dE_o.
\end{aligned} \tag{2.22}$$

şeklini alır. Eğer uyarıcı kaynak monokromatik ise şiddete ait ifade

$$\begin{aligned}
I_i(E_i) &= \frac{\varepsilon(E_i)}{4\pi \sin\psi_1} W_i \tau_{ki}(E_o) \omega_{ki} f \\
&\quad \times \left( \frac{1 - \exp\{-\rho T[\mu(E_o) \csc\psi_1 + \mu(E_i) \csc\psi_2]\}}{\mu(E_o) \csc\psi_1 + \mu(E_i) \csc\psi_2} \right) \times I_o(E_o) dE_o.
\end{aligned} \tag{2.24}$$

şeklinde verilir. Bu bağıntı aynı zamanda bir çok araştırmacı tarafından elde edilmiştir. Floresans şiddet için bulunan bu denklem genel bir denklemdir. Ancak bu denklemin kalın ve ince numuneleri incelemede sağlayacağı pratik faydalar vardır.

## 2.6. Floresans Verim ve Coster-Kronig Geçişler:

Bir atomun K tabakasında herhangi bir yolla oluşturulan boşluğun doldurulması ihtimaliyetine bu atomun K tabakasına ait floresans verim, bu esnada yayımlanan ışına da karakteristik x-ışını denir.



Floresans verim,  $n_K$  ; K tabakasında meydana getirilen boşlukların sayısı ve  $I_K$  da yayımlanan toplam K tabakasına ait karakteristik x-ışınları sayısı olmak üzere,

$$\omega_K = \frac{I_K}{n_K}$$

şeklinde yazılabilir [*W.Bambynek et al, 1972*].  $\omega_K$  ; K tabakasına ait floresans verimdir.

Floresans verimi, ayrıca

$$\omega_i = \frac{\Gamma_R(Li, x)}{\Gamma(Li)} \quad (x=L, j, M, N, O \ j>i)$$

şeklinde ifade edilebilir (*S.Puri et al, 1993*). Burada  $\Gamma_R$  , ışımalı kısmi genişlik (geçiş hızlarının toplamı) ve  $\Gamma$ , toplam seviye genişliğidir. Bir atomda tabakalar arası geçişler  $\Delta n \neq 0$ ,  $\Delta l = \pm 1$  ve  $\Delta J = 0, \pm 1$  gibi şartlara bağlı olarak yapılır. Bunun dışındaki geçişler yasak geçişlerdir.  $\Delta n = 0$  olduğu alt tabakalar arasındaki geçişlere ya da boşluk transferine Coster-Kronig geçişler denir. Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri  $f_{ij}$  şeklinde gösterilir.  $f_{ij}$ , i. alt tabakadaki boşluğun j. alt tabakaya kayması ihtimalidir. Coster-Kronig geçişler ışımasız  $f_{ij}(A)$  ve ışımalı  $f_{ij}(R)$  olmak üzere iki kısımdan ibarettir. Bu durumda

$$f_{ij} = f_{ij}(A) + f_{ij}(R)$$

yazılabilir [*W.Bambynek et al, 1972*]. Işımalı  $f_{ij}(R)$  geçişi, ışımasız  $f_{ij}(A)$  geçişinden çok küçüktür. Bundan dolayı ışımalı geçiş ihmal edilerek Coster-Kronig geçiş aşağıdaki gibi yazılabilir [*S.Puri et al, 1993*].

$$f_{ij} = \frac{\Gamma_A(LiLj, x)}{\Gamma(Li)} \quad (x=M, N, O \ j>i)$$

Burada  $\Gamma_A$  , Auger kısmi genişliği (Auger geçiş hızlarının toplamı)'dır.

### 2.7. Auger Olayı:

Atomlarda herhangi bir yolla meydana getirilen boşluk, diğer üst tabaka elektronları tarafından ışımalı olarak doldurulabildiği gibi ışımasız olarak da doldurulabilir. Atomdan yayımlanan K

tabakasına ait karakteristik x-ışınları yine aynı atomun üst tabakalarında bulunan bir elektronu sökerek boşluk meydana getirebilirler. Bu olaya Auger olayı, yayımlanan elektrona da Auger elektronu denir. K tabakası için Auger olayı ihtimaliyeti  $a_K$ , ışımaz geçişlerin sayısı  $I_{KA}$ , meydana getirilen boşluk sayısı da  $n_K$  olmak üzere,

$$a_K = \frac{I_{KA}}{n_K}$$

şeklinde verilir. Floresans verim, Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri ve Auger ihtimaliyetleri arasında

$$w_i + a_i + \sum_{j=i+1} f_{ij} = 1$$

şeklinde bir ilişki vardır [W.Bambynek et al, 1972].

## 2.8.Karakteristik X-Işını Tesir Kesitleri [D.Oğuz, 1995]

Tesir kesiti, bir nükleer işlemin olma ihtimaliyetini tanımlayan diğer bir kavramdır. Tesir kesiti, deneysel olarak ölçülebilen ve teorik değerler ile karşılaştırılabilen bir ifade olduğundan, nükleer işlemlerin ayrıntılı olarak incelenmesine imkan sağlar. Tesir kesiti, ışığın madde ile etkileşmesine bağlı olarak, soğurma tesir kesiti, saçılma tesir kesiti gibi isimlendirilebilir. Tesir kesitinin tam olarak bilinmesi, reaktör zırlama, endüstriyel radiography, tıbbi fizikte enerji taşıma ve depolama konularında, radyasyon soğurma katsayılarının hesaplanmasında ve diğer alanlardaki bazı değişimlerin incelenmesinde gerekmektedir. Ayrıca elementlerin karakteristik x-ışını tesir kesitlerinin deneysel olarak hesaplanması, atomların yapısı, yaş tayini, tahribatsız miktar analizleri, ilaç sanayii gibi fiziksel ve kimyasal bir çok alanda kullanılmaktadır.

### 3. ORTALAMA FLORESANS VERİMİN HESAPLANMASI

#### 3.1. L Tabakasına Ait Ortalama Floresans Verimin Hesaplanması:

L tabakasına ait ortalama floresans verimin genel tanımı aşağıdaki gibi

$$\bar{w}_L = \frac{\sigma_L^X}{\sigma_L^I} \quad (3.1)$$

yazılabilir [D.D.Cohen, 1987]. Burada  $\sigma_L^X$ ; toplam L tabakası x-ışını floresans tesir kesitidir ve deneysel olarak ölçülebilir.  $\sigma_L^I$  ise toplam L tabakası fotoiyonizasyon tesir kesitidir. Fotoiyonizasyon tesir kesitleri J.H.Scofield'in 1973 yılında yayınlamış olduğu tablodan yararlanılarak elde edilen değerlerdir.

Floresans tesir kesiti deneysel, fotoiyonizasyon tesir kesiti teorik olarak hesaplandığından, bulunan ortalama L tabakası floresans verimler yarı deneyseldir.

L tabakası için;

$$\sigma_L^X = \nu_1 \sigma_{L1}^I + \nu_2 \sigma_{L2}^I + \nu_3 \sigma_{L3}^I \quad \text{ve} \quad (3.2)$$

$$\sigma_L^I = \sigma_{L1}^I + \sigma_{L2}^I + \sigma_{L3}^I \quad (3.3)$$

yazılabilir [D.D.Cohen, 1987]. Burada  $\nu_i$ ; L tabakasının i. alt tabakasındaki bir boşluk için bir ışın yayınlanması ihtimaliyetidir ve etkin alt tabaka floresans verim olarak adlandırılır. Alt tabaka floresans verim ( $w_i$ ) ve Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri tarafından aşağıdaki gibi verilir [D.D.Cohen, 1987].

$$\nu_1 = w_1 + w_2 \cdot f_{12} + w_3 (f_{13} + f_{13}^1 + f_{12} \cdot f_{23}) \quad (3.4)$$

$$\nu_2 = w_2 + w_3 f_{23} \quad (3.5)$$

$$\nu_3 = w_3 \quad (3.6)$$

(3.1) ile (3.2) denklemini birleştirilerek

$$\bar{w}_L = (\nu_1 \sigma_{L1}^I + \nu_2 \sigma_{L2}^I + \nu_3 \sigma_{L3}^I) / \sigma_L^I \quad (3.7)$$

elde edilir [D.D.Cohen, 1987]. Aynı zamanda,

$$\bar{w}_L = \sum_{i=1}^3 N_i \nu_i \quad (3.8)$$

olarak da yazılabilir [W.Bambynek et al, 1972]. Burada  $N_i$ ; L tabakasının i. alt tabakasında meydana getirilen bağıl boşluk sayısıdır,

$$N_i = \frac{n_i}{\sum n_i} \quad \text{ve} \quad \sum N_i = 1 \quad (3.9)$$

yukarıdaki gibi verilir. Burada  $n_i$ ; L tabakasının i. alt tabakasındaki boşluk sayısıdır. Eğer Coster-Kronig geçişler yok ise;

$$\bar{w}_L = \sum N_i w_i \quad (3.10)$$

yazılabilir [W.Bambynek et al, 1972]. Fakat bu denklem Coster-Kronig geçişlerden dolayı kullanılmaz.

$\bar{w}_{KL}$  büyüklüğü ise;

$$\bar{w}_{KL} = N_2 \nu_2 + N_3 \nu_3 \quad (3.11)$$

olarak yazılabilir [R.W.Fink et al, 1966]. Burada  $N_2 = (K_{\alpha_2} / K_{\alpha})$  ve  $N_3 = (K_{\alpha_1} / K_{\alpha})$  dir.

S.Puri'nin L tabakası için vermiş olduğu alt tabaka floresans verimler ile Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri Tablo(3.1)'de, bu değerlerden hesapladığımız etkin alt tabaka floresans verimler ile ilk boşluk dağılımları Tablo(3.2)'de, Krause'nin vermiş olduğu alt tabaka floresans verimler ile Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri Tablo(3.3)'de, etkin alt tabaka floresans verimler Tablo(3.4)'de verilmiştir. L tabakasına ait ilk boşluk dağılımları Şekil (3.1), Şekil(3.2) ve Şekil(3.3) de, etkin alt tabaka floresans verimler ise Şekil(3.4), Şekil(3.5) ve Şekil (3.6) da gösterilmiştir.

### 3.2. M Tabakasına Ait Ortalama Floresans Verimin Hesaplanması:

M tabakasına ait ortalama floresans verimin genel tanımı aşağıdaki gibi

$$\bar{w}_m = \frac{\sigma_m^x}{\sigma_m^I} \quad (3.12)$$

yazılabilir [R.R.Garg et al, 1991]. Burada  $\sigma_m^x$  toplam M tabakası x-ışını floresans tesir kesiti,  $\sigma_m^I$  ise J.H.Scofield'in(1973) tablosundan alınan toplam M tabakası fotoiyonizasyon tesir kesitidir.

M tabakasına ait ortalama floresans verim aşağıdaki bağıntıdan da

$$\bar{w}_M = \sum_{i=1}^5 N_i \nu_i \quad (3.13)$$

hesaplanabilir [R.R.Garg et al, 1991]. Burada  $N_i$ ; M tabakasının i. alt tabakasında meydana getirilen bağıl boşluk sayısıdır.  $\nu_i$  ise M tabakasının i. alt tabakasındaki bir boşluk için bir ışın yayınlanması ihtimaliyetidir. Bu ihtimaliyet, alt tabaka floresans verimler  $w_i$  ( $i=1-5$ ), süper Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri  $S_{ij}(i=1-3, j=2-5)$  ve  $f_{45}$  ile gösterilen Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri tarafından aşağıdaki gibi tanımlanır [K.Shatendra et al, 1983].

$$\begin{aligned} \nu_1 = & w_1 + S_{12}w_2 + (S_{13} + S_{12}S_{23})w_3 + (S_{14} + S_{13}f_{34} + S_{12}S_{24} + \\ & S_{12}S_{23}S_{34})w_4 + (S_{15} + S_{14}f_{45} + S_{13}S_{35} + S_{12}S_{25} + S_{13}S_{34}f_{45} + \\ & S_{12}S_{24}f_{45} + S_{12}S_{23}S_{35} + S_{23}S_{34}f_{45})w_5 \end{aligned} \quad (3.14)$$

$$\begin{aligned} \nu_2 = & w_2 + S_{23}w_3 + (S_{24} + S_{23}S_{34})w_4 + (S_{25} + S_{24}f_{45} + S_{23}S_{35} + \\ & S_{23}S_{34}f_{45})w_5 \end{aligned} \quad (3.15)$$

$$\nu_3 = w_3 + S_{34}w_4 + (S_{35} + S_{34}f_{45})w_5 \quad (3.16)$$

$$U_4 = w_4 + f_{45}w_5 \quad (3.17)$$

$$U_5 = w_5 \quad (3.18)$$

$\bar{w}_{LM}$  büyüklüğü ise;

$$\bar{w}_M \approx \bar{w}_{LM} \approx 0,4w_{M4} + 0,6w_{M5} \quad (3.19)$$

olarak yazılabilir [*R.W.Fink et al, 1966*].

E.J.Mc Guire'nin M tabakası için vermiş olduğu alt tabaka floresans verimler Tablo(3.5)'de, Coster-Kronig ile Süper Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri Tablo(3.6)'da, bu değerlerden hesapladığımız etkin alt tabaka floresans verimler ile ilk boşluk dağılımları Tablo(3.7)'de verilmiştir. M tabakasına ait etkin alt tabaka floresans verimler Şekil (3.7), Şekil(3.8), Şekil(3.9), Şekil(3.10), Şekil(3.11) de, ilk boşluk dağılımları ise Şekil(3.12), Şekil(3.13), Şekil(3.14), Şekil(3.15), Şekil(3.16)'da gösterilmiştir.

### 3.3. Sonuçların Karşılaştırılması

#### 3.3.a L Tabakasına Ait Ortalama Floresans Verimin Karşılaştırılması

L tabakasına ait ortalama floresans verim bağıntısı kullanılarak hesapladığımız değerler, deneysel ve teorik olarak hesaplanan değerler ile Tablo(3.8) karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tablo(3.8)'den yararlanılarak atom numarasına karşı çizilen grafikler ise Şekil(3.17) de gösterilmiştir. Puri ve Krause'nin değerlerinden hesapladığımız ilk boşluk dağılımları ile etkin alt tabaka floresans verimleri kullanarak bulduğumuz KL floresans verim değerleri ise Tablo(3.9) da verilip, Şekil(3.18) de gösterilmiştir. L tabakasına ait ortalama floresans verim değerlerimizin, elde edilen diğer araştırmacıların değerleri ile % olarak karşılaştırması Tablo(3.10) da verilmiştir.

### 3.3.b M Tabakasına Ait Ortalama Floresans Verimin Karşılaştırılması

M tabakasına ait ortalama floresans verim bağıntısı kullanılarak hesapladığımız değerler, deneysel olarak bulunan ve teorik olarak hesaplanan değerler ile Tablo(3.11) de karşılaştırmalı şekilde verilmiştir. Tablo(3.11)'den yararlanılarak atom numarasına karşı çizilen grafikler ise Şekil(3.19), Şekil(3.20) ve Şekil(3.21)'de gösterilmiştir.

$\bar{w}_M$  değerlerini  $25 \leq Z \leq 100$  arası tüm elementler için bulmak amacıyla bazı elementlerin bilinen değerlerinden yararlanılmıştır. Bu katsayılar Tablo(3.12)'de verilmiştir. Hesaplanan  $\bar{w}_M$  değerleri ise Tablo(3.13)'de liste edilmiş ve Şekil(3.22)'de gösterilmiştir. M tabakasına ait ortalama floresans verim değerlerimizin, elde edilen diğer araştırmacıların değerleri ile % olarak karşılaştırılması Tablo(3.14)'de verilmiştir.

#### 4. AUGER VERİMLERİNİN HESAPLANMASI

##### 4.1. L Tabakasına Ait Ortalama Auger Veriminin Hesaplanması

Kısım 2.7 de floresans verim, Coster -Kronig geçiş ihtimaliyetleri ve Auger ihtimaliyetleri arasında

$$w_i + a_i + \sum_{j=i+1} f_{ij} = 1 \quad (4.1)$$

ilişki olduğu verilmişti [W.Bambynek et al, 1972]. Burada, floresans verim  $w_i$  ; bir boşluğun bir elektron tarafından o tabakaya ait bir karakteristik x-ışını yayımlanarak doldurulması ihtimaliyeti,  $f_{ij}$  boşluğun aynı tabakanın daha yüksek alt tabaka elektronları tarafından doldurulması ihtimaliyeti,  $a_i$  ise boşluğun ışısız olarak daha yüksek tabaka elektronları tarafından doldurulması (Auger olayı) ihtimaliyetidir.

Buradan L tabakası için aşağıdaki bağıntılar elde edilir [R.W.Fink et al, 1966].

$$\begin{aligned} w_1 + a_1 + f_{12} + f_{13} &= 1 \\ w_2 + a_2 + f_{23} &= 1 \\ w_3 + a_3 &= 1 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Belli bir boşluk dağılımı için ortalama floresans  $\bar{w}_L$  ile ortalama auger verim  $\bar{a}_L$  arasındaki bağıntı

$$\bar{w}_L + \bar{a}_L = 1 \quad (4.3)$$

yazılabilir [R.W.Fink et al, 1966].



#### 4.2. M Tabakasına Ait Ortalama Auger Verimin Hesaplanması

$w_i$  floresans verim,  $f_{ij}$  Coster-Kronig geçiş ihtimaliyeti ve  $a_i$  Auger verimi olmak üzere;

$$w_i + a_i + \sum_{j=i+1} f_{ij} = 1 \quad (4.1)$$

yazılabilir. Buradan M tabakasına ait ortalama auger verimi belli bir boşluk dağılımı için;

$$\bar{w}_M + \bar{a}_M = 1 \quad (4.4)$$

yazılabilir [W.Bambynek et al, 1972].

#### 4.3. Sonuçların Karşılaştırması

##### 4.3.a L Tabakasına Ait Ortalama Auger Verimlerinin Karşılaştırılması

Hubbell'in değerleri ile mevcut değerlerimizden hesapladığımız Auger verimleri Tablo(4.1)'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tablo(4.1)'den yararlanılarak atom numarasına karşı çizilen grafik ise Şekil(4.1)'de gösterilmiştir.

##### 4.3.b M Tabakasına ait Ortalama Auger Verimlerinin Karşılaştırılması

M tabakası için Hubbell'in değerlerinden ile mevcut değerlerimizden hesapladığımız Auger verimleri Tablo(4.2)'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tablo(4.2)'den yararlanılarak atom numarasına karşı çizilen grafikler ise Şekil(4.2) ve Şekil(4.3)'de gösterilmiştir.

## 5. FLORESANS TESİR KESİTLERİNİN HESAPLANMASI

### 5.1. L Tabakasına Ait Floresans Tesir Kesitlerinin Hesaplanması

L x-ışınlarının toplam teorik tesir kesitleri aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanabilir [R.R.Garg et al, 1992]

$$\begin{aligned} \sigma_L^x = & \sigma_{L1} w_1 + (\sigma_{L2} + \sigma_{L1} f_{12}) w_2 + [\sigma_{L1} (f_{13} + f_{12} f_{23}) + \\ & \sigma_{L2} f_{23} + \sigma_{L3}] w_3 \end{aligned} \quad (5.1)$$

Burada  $\sigma_{Li}$  ; Li alt tabakasına ait fotoiyonizasyon tesir kesitidir.

### 5.2. M Tabakasına Ait Floresans Tesir Kesitlerinin Hesaplanması

M tabakasına ait floresans tesir kesitleri, Garg ve arkadaşlarının 1991 yılında vermiş oldukları aşağıdaki bağıntılardan hesaplanabilir.

$$\sigma_{M1}^x = \sigma_{M1} w_1 \quad (5.2)$$

$$\sigma_{M2}^x = (\sigma_{M1} S_{12} + \sigma_{M2}) w_2 \quad (5.3)$$

$$\sigma_{M3}^x = (\sigma_{M1} (S_{13} + S_{12} S_{23}) + \sigma_{M2} S_{23} + \sigma_{M3}) w_3 \quad (5.4)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{M4}^x = & [\sigma_{M1} (S_{14} + S_{12} S_{24} + S_{13} S_{34} + S_{12} S_{23} S_{34}) + \\ & \sigma_{M2} (S_{24} + S_{23} S_{34}) + \sigma_{M3} S_{34} + \sigma_{M4}] w_4 \end{aligned} \quad (5.5)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{M5}^x = & [\sigma_{M1} (S_{15} + S_{12} S_{25} + S_{13} S_{35} + S_{14} f_{45} + S_{12} S_{23} S_{35} + \\ & S_{12} S_{24} f_{45} + S_{13} S_{34} f_{45} + S_{12} S_{23} S_{34} f_{45} + \\ & \sigma_{M2} (S_{25} + S_{24} f_{45} + S_{23} S_{35} + S_{23} S_{34} f_{45}) + \end{aligned}$$

$$\sigma_{M3} (S_{35} + S_{34} f_{45}) + \sigma_{M4} f_{45} + \sigma_{M5} ] w_5 \quad (5.6)$$

Toplam tesir kesiti ise;

$$\sigma_M^x = \sum_{i=1}^5 \sigma_{Mi}^x \quad (5.7)$$

şeklinde verilir.

### 5.3. L ve M Tabakalarının Floresans Tesir Kesitlerinin Deneysel Olarak Elde Edilmesi

L x veya M x-ışınları için tesir kesitleri aşağıdaki gibi

$$\sigma_{M/L}^x = \frac{N_{M/L}}{I_o \cdot G \cdot \varepsilon_{M/L} \beta_{M/L} \cdot m} \quad (5.8)$$

yazılabilir [*R.R.Garg et al, 1991*]. Burada  $N_{M/L}$ , birim zamanda ölçülen M/L x-ışınları şiddeti,  $I_o$  numuneye birim zamanda gelen foton şiddeti, G geometrik faktör,  $\varepsilon_{M/L}$  x-ışınları enerjilerindeki dedektör verimi,  $\beta_{M/L}$  soğurma düzeltmesi faktörü ve m ise birim alana düşen madde miktarıdır.

### 5.4. Sonuçların Karşılaştırılması

#### 5.4.a L Tabakasına Ait Floresans Tesir Kesitlerinin Karşılaştırılması

L x-ışınlarının toplam teorik tesir kesitleri (3.1) bağıntısından hesaplanmıştır.  $\sigma_L^f$ ; L tabakası için toplam fotoiyonizasyon tesir kesitidir ve J.H.Scofield'in tablolarından alınmıştır. L x-ışınlarının toplam teorik tesir kesitleri Tablo(5.1)'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tablo(5.1)'den yararlanılarak atom numarasına karşı çizilen grafik ise Şekil(5.1)'de gösterilmiştir.

#### 5.4.b M Tabakasına Ait Floresans Tesir Kesitlerinin Karşılaştırılması

M x-ışınlarının toplam teorik tesir kesitleri (3.12) bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır.  $\sigma_m^f$ ; M tabakası için toplam fotoiyonizasyon tesir kesitidir ve J.H.Scofield'in tablolarından alınmıştır. M x-

ışınlarının toplam teorik tesir kesitleri Tablo(5.2)'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tablo(5.2)'den yararlanılarak atom numarasına karşı çizilen grafikler ise Şekil(5.2) ve Şekil(5.3)'de gösterilmiştir. M tabakasına ait x-ışını floresans tesir kesit değerlerimiz ile elde edilen diğer araştırmacıların değerlerinin % olarak karşılaştırılması Tablo(5.3)'de verilmiştir.



**Çizelge 3.1:**Puri'nin L tabakası için vermiş olduğu alt tabaka floresans verimler ve Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri

Z	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$	$f_{1,2}$	$f_{1,3}$	$f_{2,3}$
25-MN	0,00033	0,0034	0,0039	0,268	0,688	
26-FE	0,00038	0,0048	0,0054	0,272	0,684	
27-CO	0,00044	0,0063	0,0071	0,275	0,681	
28-NI	0,00049	0,0079	0,0088	0,279	0,676	
29-CU	0,00053	0,0096	0,0106	0,282	0,672	
30-ZN	0,00057	0,0104	0,0101	0,284	0,666	0,028
31-GA	0,00089	0,0122	0,0118	0,205	0,726	0,026
32-GE	0,00105	0,0142	0,0136	0,199	0,727	0,025
33-AS	0,00123	0,0162	0,0155	0,194	0,728	0,024
34-SE	0,00145	0,0184	0,0175	0,189	0,729	0,024
35-BR	0,00165	0,0206	0,0194	0,189	0,725	0,023
36-KR	0,00211	0,0199	0,0202	0,198	0,704	0,095
37-RB	0,0034	0,0223	0,0226	0,138	0,720	0,097
38-SR	0,0041	0,0248	0,0251	0,113	0,737	0,099
39-Y	0,0047	0,0276	0,0279	0,096	0,746	0,101
40-ZR	0,0053	0,0292	0,0304	0,088	0,747	0,126
41-NB	0,0061	0,0325	0,0339	0,055	0,773	0,129
42-MO	0,0068	0,0360	0,0375	0,056	0,771	0,132
43-TC	0,0076	0,0396	0,041	0,057	0,768	0,136
44-RU	0,0083	0,043	0,045	0,057	0,766	0,140
45-RH	0,0089	0,045	0,047	0,062	0,759	0,153
46-PD	0,0099	0,050	0,052	0,065	0,750	0,154
47-AG	0,0111	0,054	0,056	0,068	0,740	0,156
48-CD	0,0122	0,059	0,060	0,071	0,735	0,159
49-IN	0,0134	0,064	0,065	0,074	0,728	0,161
50-SN	0,0356	0,068	0,070	0,188	0,323	0,167
51-SB	0,0382	0,073	0,075	0,190	0,325	0,169
52-TE	0,041	0,078	0,081	0,193	0,328	0,172
53-I	0,043	0,084	0,086	0,195	0,328	0,173
54-XE	0,046	0,090	0,092	0,197	0,329	0,175
55-CS	0,049	0,097	0,098	0,199	0,330	0,177
56-BA	0,053	0,103	0,104	0,201	0,331	0,178
57-LA	0,057	0,111	0,112	0,201	0,328	0,176
58-CE	0,061	0,119	0,119	0,201	0,328	0,174
59-PR	0,065	0,128	0,126	0,201	0,321	0,172
60-ND	0,067	0,136	0,134	0,210	0,332	0,171
61-PM	0,071	0,145	0,142	0,211	0,331	0,168
62-SM	0,075	0,155	0,150	0,212	0,331	0,166
63-EU	0,078	0,164	0,158	0,215	0,334	0,163
64-GD	0,083	0,175	0,167	0,216	0,334	0,160
65-TB	0,087	0,186	0,175	0,216	0,334	0,158
66-DY	0,091	0,197	0,184	0,217	0,335	0,155
67-HO	0,095	0,208	0,193	0,219	0,338	0,153
68-ER	0,105	0,219	0,203	0,182	0,354	0,150
69-TM	0,109	0,231	0,212	0,183	0,354	0,147
70-YB	0,114	0,243	0,222	0,184	0,354	0,145
71-LU	0,120	0,256	0,231	0,185	0,353	0,143

Çizelge 3.1'den devam

72-HF	0,125	0,268	0,241	0,186	0,352	0,141
73-TA	0,131	0,280	0,251	0,186	0,351	0,139
74-W	0,136	0,291	0,261	0,186	0,352	0,140
75-RE	0,084	0,304	0,271	0,087	0,640	0,138
76-OS	0,088	0,318	0,282	0,088	0,636	0,136
77-IR	0,093	0,331	0,292	0,088	0,631	0,134
78-PT	0,074	0,344	0,303	0,067	0,716	0,132
79-AU	0,078	0,358	0,313	0,068	0,711	0,129
80-HG	0,082	0,370	0,322	0,069	0,707	0,128
81-TL	0,088	0,384	0,332	0,054	0,713	0,126
82-PB	0,093	0,397	0,343	0,054	0,708	0,123
83-BI	0,098	0,411	0,353	0,055	0,703	0,121
84-PO	0,103	0,424	0,363	0,055	0,697	0,119
85-AT	0,109	0,438	0,374	0,056	0,691	0,117
86-RN	0,114	0,451	0,384	0,056	0,685	0,114
87-FR	0,120	0,464	0,394	0,056	0,679	0,112
88-RA	0,126	0,476	0,404	0,056	0,672	0,111
89-AC	0,133	0,490	0,414	0,057	0,666	0,108
90-TB	0,139	0,503	0,424	0,058	0,659	0,106
91-PA	0,147	0,495	0,434	0,053	0,655	0,14
92-U	0,149	0,506	0,444	0,051	0,660	0,139
93-NP	0,157	0,519	0,454	0,046	0,656	0,135
94-PU	0,165	0,473	0,463	0,046	0,648	0,228
95-AM	0,173	0,487	0,473	0,047	0,639	0,220
96-CM	0,181	0,501	0,482	0,047	0,631	0,212

**Çizelge 3.2:** Puri'nin değerlerinden hesapladığımız L tabakası için etkin alt tabaka floresans verimler ve ilk boşluk dağılımları

Z	$\nu_1$	$\nu_2$	$\nu_3$	$N_1$	$N_2$	$N_3$
25-MN	3,9E-03	3,4E-03	4,0E-03	0,546	0,158	0,296
26-FE	5,3E-03	4,8E-03	5,4E-03	0,525	0,166	0,309
27-CO	7,0E-03	6,3E-03	7,1E-03	0,504	0,173	0,322
28-NI	8,6E-03	8,0E-03	8,8E-03	0,484	0,180	0,338
29-CU	0,0103	0,0096	0,0106	0,465	0,187	0,347
30-ZN	0,0103	0,0107	0,0101	0,446	0,194	0,359
31-GA	0,0120	0,0125	0,0118	0,429	0,200	0,369
32-GE	0,0138	0,0145	0,0136	0,412	0,206	0,380
33-AS	0,0157	0,0166	0,0155	0,396	0,213	0,390
34-SE	0,0177	0,0188	0,0175	0,381	0,218	0,400
35-BR	0,0197	0,0210	0,0194	0,366	0,224	0,409
36-KR	0,0206	0,0218	0,0202	0,354	0,229	0,417
37-RB	0,0230	0,0244	0,0226	0,339	0,235	0,426
38-SR	0,0257	0,0272	0,0251	0,326	0,239	0,433
39-Y	0,0284	0,0304	0,0279	0,310	0,244	0,441
40-ZR	0,0309	0,0330	0,0304	0,302	0,249	0,448
41-NB	0,0343	0,0368	0,0339	0,290	0,253	0,455
42-MO	0,0380	0,0409	0,0375	0,280	0,257	0,461
43-TC	0,0417	0,0452	0,041	0,269	0,262	0,468
44-RU	0,0455	0,0493	0,045	0,260	0,266	0,474
45-RH	0,0478	0,0522	0,047	0,250	0,269	0,480
46-PD	0,0526	0,0580	0,052	0,241	0,272	0,481
47-AG	0,0568	0,0628	0,056	0,232	0,276	0,489
48-CD	0,0612	0,0685	0,060	0,224	0,280	0,495
49-IN	0,0662	0,0745	0,065	0,216	0,282	0,501
50-SN	0,0732	0,0797	0,070	0,209	0,285	0,504
51-SB	0,0789	0,0856	0,075	0,201	0,289	0,508
52-TE	0,0853	0,092	0,081	0,153	0,291	0,512
53-I	0,0904	0,0988	0,086	0,515	0,193	0,290
54-XE	0,0971	0,106	0,092	0,505	0,198	0,296
55-CS	0,104	0,114	0,098	0,495	0,203	0,301
56-BA	0,112	0,121	0,104	0,486	0,207	0,306
57-LA	0,120	0,130	0,112	0,476	0,212	0,310
58-CE	0,128	0,139	0,119	0,467	0,217	0,315
59-PR	0,129	0,140	0,119	0,452	0,218	0,316
60-ND	0,144	0,158	0,134	0,426	0,226	0,324
61-PM	0,154	0,180	0,142	0,440	0,230	0,329
62-SM	0,162	0,179	0,150	0,431	0,235	0,333
63-EU	0,172	0,190	0,158	0,422	0,239	0,337
64-GD	0,182	0,201	0,167	0,414	0,243	0,341
65-TB	0,192	0,214	0,175	0,406	0,248	0,345
66-DY	0,201	0,225	0,184	0,398	0,252	0,349
67-HO	0,212	0,238	0,193	0,390	0,256	0,353
68-ER	0,222	0,249	0,203	0,382	0,261	0,356
69-TM	0,232	0,262	0,212	0,374	0,265	0,359
70-YB	0,243	0,275	0,222	0,366	0,269	0,363

Çizelge 3.2'den devam

71-LU	0,255	0,289	0,231	0,359	0,273	0,366
72-HF	0,266	0,302	0,241	0,352	0,277	0,370
73-TA	0,277	0,314	0,251	0,345	0,281	0,373
74-W	0,288	0,327	0,261	0,338	0,285	0,376
75-RE	0,287	0,341	0,271	0,330	0,289	0,379
76-OS	0,298	0,356	0,282	0,324	0,293	0,382
77-IR	0,309	0,370	0,292	0,317	0,297	0,384
78-PT	0,317	0,384	0,303	0,311	0,301	0,387
79-AU	0,327	0,398	0,313	0,304	0,304	0,390
80-HG	0,338	0,411	0,322	0,298	0,308	0,393
81-TL	0,347	0,425	0,332	0,292	0,312	0,395
82-PB	0,359	0,439	0,343	0,285	0,316	0,397
83-BI	0,371	0,453	0,353	0,279	0,319	0,400
84-PO	0,382	0,467	0,363	0,273	0,323	0,402
85-AT	0,394	0,481	0,374	0,268	0,326	0,405
86-RN	0,405	0,495	0,384	0,262	0,326	0,407
87-FR	0,415	0,508	0,394	0,257	0,332	0,410
87-FR	0,415	0,508	0,394	0,257	0,332	0,410
88-RA	0,427	0,521	0,404	0,251	0,335	0,412
89-AC	0,439	0,534	0,414	0,245	0,339	0,414
90-TB	0,450	0,547	0,424	0,240	0,343	0,416
91-PA	0,460	0,555	0,434	0,235	0,346	0,418
92-U	0,471	0,568	0,444	0,230	0,349	0,419
93-NP	0,481	0,580	0,454	0,225	0,352	0,422
94-PU	0,491	0,578	0,463	0,220	0,355	0,424
95-AM	0,503	0,591	0,473	0,215	0,357	0,427
96-CM	0,513	0,603	0,482	0,210	0,359	0,430



**Çizelge 3.3:**Krause'nin L tabakası için vermiş olduğu alt tabaka floresans verimler ve Coster-Kronig geçiş ihtimaliyetleri

Z	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$	$f_{1,2}$	$f_{1,3}$	$f_{1,3}$	$f_{2,3}$
25-MN	8,4E-04	5,0E-03	5,0E-03	0,30	0,58	1,9E-05	
26-FE	1,0E-03	6,3E-03	6,3E-03	0,30	0,57	2,1E-05	
27-CO	1,2E-03	7,7E-03	7,7E-03	0,30	0,56	2,3E-05	
28-NI	1,4E-03	8,6E-03	9,3E-03	0,30	0,55	2,4E-05	0,028
29-CU	1,6E-03	0,010	0,011	0,30	0,54	2,6E-05	0,028
30-ZN	1,8E-03	0,011	0,012	0,29	0,54	2,8E-05	0,026
31-GA	2,1E-03	0,012	0,013	0,29	0,53	3,0E-05	0,032
32-GE	2,4E-03	0,013	0,015	0,28	0,53	3,2E-05	0,050
33-AS	2,8E-03	0,014	0,016	0,28	0,53	3,4E-05	0,063
34-SE	3,2E-03	0,016	0,018	0,28	0,52	3,6E-05	0,076
35-BR	3,6E-03	0,018	0,020	0,28	0,52	3,8E-05	0,088
36-KR	4,1E-03	0,020	0,022	0,27	0,52	4,1E-05	0,100
37-RB	4,6E-03	0,022	0,024	0,27	0,52	4,1E-05	0,109
38-SR	5,1E-03	0,024	0,026	0,27	0,52	4,7E-05	0,117
39-Y	5,9E-03	0,026	0,028	0,26	0,52	5,2E-05	0,126
40-ZR	6,8E-03	0,028	0,031	0,26	0,52	5,8E-05	0,132
41-NB	9,4E-03	0,031	0,034	0,10	0,61	7,8E-05	0,137
42-MO	0,010	0,034	0,037	0,10	0,61	8,1E-05	0,141
43-TC	0,011	0,037	0,040	0,10	0,61	8,8E-05	0,144
44-RU	0,012	0,040	0,043	0,10	0,61	9,6E-05	0,148
45-RH	0,013	0,043	0,046	0,10	0,60	1,0E-04	0,150
46-PD	0,014	0,047	0,049	0,10	0,60	1,1E-04	0,151
47-AG	0,016	0,051	0,052	0,10	0,59	1,2E-04	0,153
48-CD	0,018	0,056	0,056	0,10	0,59	1,4E-04	0,155
49-IN	0,020	0,061	0,060	0,10	0,59	1,6E-04	0,157
50-SN	0,037	0,065	0,064	0,17	0,27	3,0E-04	0,157
51-SB	0,039	0,069	0,069	0,17	0,28	3,2E-04	0,156
52-TE	0,041	0,074	0,074	0,18	0,28	3,4E-04	0,155
53-I	0,044	0,079	0,079	0,18	0,28	3,7E-04	0,154
54-XE	0,046	0,083	0,085	0,19	0,28	4,0E-04	0,154
55-CS	0,049	0,090	0,091	0,19	0,28	4,3E-04	0,154
56-BA	0,052	0,096	0,097	0,19	0,28	4,7E-04	0,153
57-LA	0,055	0,103	0,104	0,19	0,29	5,1E-04	0,153
58-CE	0,058	0,110	0,111	0,19	0,29	5,5E-04	0,153
59-PR	0,061	0,117	0,118	0,19	0,29	6,0E-04	0,153
60-ND	0,064	0,124	0,125	0,19	0,30	6,6E-04	0,152
61-PM	0,066	0,132	0,132	0,19	0,30	7,2E-04	0,151
62-SM	0,071	0,140	0,139	0,19	0,30	7,9E-04	0,150
63-EU	0,075	0,149	0,147	0,19	0,30	8,7E-04	0,149
64-GD	0,079	0,158	0,155	0,19	0,30	9,6E-04	0,147
65-TB	0,083	0,167	0,164	0,19	0,30	1,1E-03	0,145
66-DY	0,089	0,178	0,174	0,19	0,30	1,2E-03	0,143
67-HO	0,094	0,189	0,182	0,19	0,30	1,3E-03	0,142
68-ER	0,100	0,200	0,192	0,19	0,30	1,4E-03	0,140
69-TM	0,106	0,211	0,201	0,19	0,29	1,6E-03	0,139
70-YB	0,112	0,222	0,210	0,19	0,29	1,8E-03	0,138

## Çizelge 3.3'de devam

71-LU	0,120	0,234	0,220	0,19	0,28	2,0E-03	0,136
72-HF	0,128	0,246	0,231	0,18	0,28	2,3E-03	0,135
73-TA	0,137	0,258	0,243	0,18	0,28	2,6E-03	0,134
74-W	0,147	0,270	0,255	0,17	0,28	2,8E-03	0,133
75-RE	0,144	0,283	0,268	0,16	0,33	3,0E-03	0,130
76-OS	0,130	0,295	0,281	0,16	0,39	2,9E-03	0,128
77-IR	0,120	0,308	0,294	0,15	0,45	2,8E-03	0,126
78-PT	0,114	0,321	0,306	0,14	0,50	2,8E-03	0,124
79-AU	0,107	0,334	0,320	0,14	0,53	2,8E-03	0,122
80-HG	0,107	0,347	0,333	0,13	0,56	3,0E-03	0,120
81-TL	0,107	0,360	0,347	0,13	0,57	3,2E-03	0,118
82-PB	0,112	0,373	0,360	0,12	0,58	3,5E-03	0,116
83-BI	0,117	0,387	0,373	0,11	0,58	3,8E-03	0,113
84-PO	0,122	0,401	0,386	0,11	0,58	4,2E-03	0,111
85-AT	0,128	0,415	0,399	0,10	0,59	4,7E-03	0,111
86-RN	0,134	0,429	0,411	0,10	0,58	5,2E-03	0,110
87-FR	0,139	0,443	0,424	0,10	0,58	5,8E-03	0,109
88-RA	0,146	0,456	0,437	0,09	0,58	6,4E-03	0,108
89-AC	0,153	0,468	0,450	0,09	0,58	7,1E-03	0,108
90-TB	0,161	0,479	0,463	0,09	0,57	7,8E-03	0,108
91-PA	0,162	0,472	0,476	0,08	0,58	8,4E-03	0,139
92-U	0,176	0,467	0,489	0,08	0,57	9,7E-03	0,167
93-NP	0,187	0,466	0,502	0,07	0,57	0,011	0,192
94-PU	0,205	0,464	0,514	0,05	0,56	0,013	0,198
95-AM	0,218	0,471	0,526	0,05	0,55	0,014	0,203
96-CM	0,228	0,479	0,539	0,04	0,55	0,016	0,200
97-BK	0,236	0,485	0,550	0,04	0,54	0,017	0,198
98-CF	0,244	0,490	0,560	0,03	0,54	0,019	0,197
99-ES	0,253	0,497	0,570	0,03	0,54	0,021	0,196
100-FM	0,263	0,506	0,579	0,03	0,53	0,023	0,194
101-MD	0,272	0,515	0,588	0,02	0,53	0,026	0,191
102-NO	0,280	0,524	0,596	0,02	0,52	0,028	0,189
103-LR	0,282	0,533	0,604	0,01	0,53	0,030	0,185
104	0,291	0,544	0,611	0,01	0,52	0,033	0,181
105	0,300	0,553	0,618	0,01	0,51	0,035	0,178
106	0,310	0,562	0,624		0,51	0,038	0,174
107	0,320	0,573	0,630		0,50	0,042	0,171
108	0,331	0,584	0,635		0,50	0,046	0,165
109	0,343	0,590	0,640		0,49	0,050	0,163
110	0,354	0,598	0,644		0,48	0,054	0,158

Çizelge 3.4:Krause'nin L tabakası için vermiş olduğu etkin alt tabaka floresans

verimler ve hesapladığımız ilk boşluk dağılımları

Z	$\nu_1$	$\nu_2$	$\nu_3$	$N_1$	$N_2$	$N_3$
25-MN	5,2E-03	5,0E-03	5,0E-03	0,546	0,158	0,296
26-FE	6,5E-03	6,3E-03	6,3E-03	0,525	0,166	0,309
27-CO	7,8E-03	7,7E-03	7,7E-03	0,504	0,173	0,322
28-NI	9,2E-03	8,9E-03	9,3E-03	0,484	0,180	0,338
29-CU	0,011	0,010	0,011	0,465	0,187	0,347
30-ZN	0,012	0,011	0,012	0,446	0,194	0,359
31-GA	0,013	0,012	0,013	0,429	0,200	0,369
32-GE	0,014	0,014	0,015	0,412	0,206	0,380
33-AS	0,015	0,015	0,016	0,396	0,213	0,390
34-SE	0,017	0,017	0,018	0,381	0,218	0,400
35-BR	0,020	0,020	0,020	0,366	0,224	0,409
36-KR	0,022	0,022	0,022	0,354	0,229	0,417
37-RB	0,024	0,025	0,024	0,339	0,235	0,426
38-SR	0,026	0,027	0,026	0,326	0,239	0,433
39-Y	0,028	0,030	0,028	0,310	0,244	0,441
40-ZR	0,031	0,032	0,031	0,302	0,249	0,448
41-NB	0,034	0,036	0,034	0,290	0,253	0,455
42-MO	0,036	0,039	0,037	0,280	0,257	0,461
43-TC	0,040	0,043	0,040	0,269	0,262	0,468
44-RU	0,043	0,046	0,043	0,260	0,266	0,474
45-RH	0,046	0,050	0,046	0,250	0,269	0,480
46-PD	0,049	0,054	0,049	0,241	0,272	0,481
47-AG	0,053	0,059	0,052	0,232	0,276	0,489
48-CD	0,058	0,065	0,056	0,224	0,280	0,495
49-IN	0,062	0,070	0,060	0,216	0,282	0,501
50-SN	0,067	0,075	0,064	0,209	0,285	0,504
51-SB	0,072	0,080	0,069	0,201	0,289	0,508
52-TE	0,077	0,085	0,074	0,153	0,291	0,512
53-I	0,083	0,091	0,079	0,515	0,193	0,290
54-XE	0,088	0,096	0,085	0,505	0,198	0,296
55-CS	0,094	0,104	0,091	0,495	0,203	0,301
56-BA	0,100	0,111	0,097	0,486	0,207	0,306
57-LA	0,108	0,119	0,104	0,476	0,212	0,310
58-CE	0,114	0,127	0,111	0,467	0,217	0,315
59-PR	0,121	0,135	0,118	0,452	0,218	0,316
60-ND	0,129	0,143	0,125	0,426	0,226	0,324
61-PM	0,135	0,152	0,132	0,440	0,230	0,329
62-SM	0,143	0,161	0,139	0,431	0,235	0,333
63-EU	0,152	0,171	0,147	0,422	0,239	0,337
64-GD	0,160	0,181	0,155	0,414	0,243	0,341
65-TB	0,169	0,191	0,164	0,406	0,248	0,345
66-DY	0,180	0,203	0,174	0,398	0,252	0,349
67-HO	0,190	0,215	0,182	0,390	0,256	0,353
68-ER	0,201	0,227	0,192	0,382	0,261	0,356
69-TM	0,210	0,239	0,201	0,374	0,265	0,359
70-YB	0,221	0,25	0,210	0,366	0,269	0,363

Çizelge 3.4' den devam

71-LU	0,232	0,264	0,220	0,359	0,273	0,366
72-HF	0,243	0,277	0,231	0,352	0,277	0,370
73-TA	0,258	0,291	0,243	0,345	0,281	0,373
74-W	0,271	0,304	0,255	0,338	0,285	0,376
75-RE	0,284	0,318	0,268	0,330	0,289	0,379
76-OS	0,293	0,331	0,281	0,324	0,293	0,382
77-IR	0,305	0,345	0,294	0,317	0,297	0,384
78-PT	0,318	0,359	0,306	0,311	0,301	0,387
79-AU	0,330	0,373	0,320	0,304	0,304	0,390
80-HG	0,345	0,387	0,333	0,298	0,308	0,393
81-TL	0,358	0,401	0,347	0,292	0,312	0,395
82-PB	0,372	0,415	0,360	0,285	0,316	0,397
83-BI	0,382	0,429	0,373	0,279	0,319	0,400
84-PO	0,396	0,444	0,386	0,273	0,323	0,402
85-AT	0,411	0,459	0,399	0,268	0,326	0,405
86-RN	0,422	0,474	0,411	0,262	0,326	0,407
87-FR	0,436	0,489	0,424	0,257	0,332	0,410
88-RA	0,448	0,503	0,437	0,251	0,335	0,412
89-AC	0,464	0,517	0,450	0,245	0,339	0,414
90-TB	0,476	0,529	0,463	0,240	0,343	0,416
91-PA	0,485	0,538	0,476	0,235	0,346	0,418
92-U	0,503	0,549	0,489	0,230	0,349	0,419
93-NP	0,518	0,562	0,502	0,225	0,352	0,422
94-PU	0,528	0,566	0,514	0,220	0,355	0,424
95-AM	0,544	0,578	0,526	0,215	0,357	0,427
96-CM	0,557	0,587	0,539	0,210	0,359	0,430
97-BK	0,566	0,594	0,550	0,204	0,361	0,434
98-CF	0,575	0,600	0,560	0,199	0,362	0,437
99-ES	0,591	0,609	0,570	0,195	0,363	0,440
100-FM	0,602	0,618	0,579	0,191	0,365	0,444
101-MD	0,611	0,627	0,588	0,187	0,368	0,445
102-NO	0,619	0,637	0,596			
103-LR	0,627	0,645	0,604			
104	0,635	0,655	0,611			
105	0,643	0,663	0,618			
106	0,652	0,671	0,624			
107	0,661	0,681	0,630			
108	0,678	0,689	0,635			
109	0,689	0,694	0,640			
110	0,698	0,700	0,644			

Çizelge 3.5:Mc.Guire'nin M tabakası için vermiş olduğu alt tabaka floresans verimler

Z	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$	$\omega_4$	$\omega_5$
25-MN	3,1E-06	1,6E-05			
26-FE	2,8E-06	1,6E-05			
27-CO	2,8E-06	1,7E-05			
28-NI	3,5E-06	1,5E-05			
29-CU	4,1E-06	1,6E-05			
30-ZN	4,6E-03	2,2E-05			
31-GA					
32-GE	9,1E-06	2,6E-06		2,7E-03	
33-AS					
34-SE					
35-BR					
36-KR	4,9E-05	6,0E-05	6,0E-05	2,7E-03	
37-RB					
38-SR					
39-Y					
40-ZR	7,0E-05	1,4E-05	1,5E-04	2,7E-03	
41-NB					
42-MO					
43-TC					
44-RU	1,2E-04	2,6E-04	2,3E-04	2,9E-03	
45-RH					
46-PD					
47-AG	1,7E-03	3,9E-04	3,2E-04	2,7E-03	
48-CD					
49-IN					
50-SN	2,5E-04	7,0E-04	5,4E-04	2,7E-03	
51-SB					
52-TE					
53-I					
54-XE	4,7E-04	9,0E-04	6,8E-04	2,7E-03	
55-CS					
56-BA					
57-LA	8,4E-04	1,1E-03	9,9E-04	2,7E-03	
58-CE					
59-PR					
60-ND	8,1E-04	1,32E-03	1,05E-03	2,6E-03	3,2E-03
61-PM					
62-SM					
63-EU	8,7E-04	1,47E-03	1,26E-03	4,1E-03	5,9E-03
64-GD					
65-TB					
66-DY					
67-HO	1,08E-03	1,85E-03	1,45E-03	6,7E-03	0,0106
68-ER					
69-TM					
70-YB	1,15E-03	1,97E-03	1,66E-03	8,6E-03	0,0149
71-LU					
72-HF					

Çizelge 3.5'den devam

73-TA	1,45E-03	2,64E-03	2,14E-03	0,0130	0,0205
74-W					
75-RE					
76-OS	1,67E-03	3,25E-03	3,2E-03	0,0137	0,0232
77-IR					
78-PT					
79-AU	2,13E-03	4,23E-03	4,2E-03	0,0264	0,0256
80-HG					
81-TL					
82-PB					
83-BI	2,89E-03	6,52E-03	5,33E-03	0,0330	0,0325
84-PO					
85-AT					
86-RN	3,95E-03	9,75E-03	6,30E-03	0,0355	0,0362
87-FR					
88-RA					
89-AC					
90-TB	4,53E-03	1,40E-03	8,10E-03	0,0582	0,0497



Çizelge 3.6' dan devam

70-YB	0,272	0,525	0,056	0,091	0,116	0,680	0,105	0,141	0,761	0,479
71-LU										
72-HF										
73-TA	0,197	0,561	0,065	0,115	0,114	0,674	0,106	0,082	0,810	0,411
74-W										
75-RE										
76-OS	0,161	0,594	0,067	0,109	0,107	0,684	0,098	0,106	0,764	0,418
77-IR										
78-PT										
79-AU	0,148	0,594	0,067	0,112	0,114	0,673	0,095	0,114	0,782	0,046
80-HG										
81-TL										
82-PB										
83-BI	0,109	0,650	0,065	0,095	0,103	0,662	0,083	0,094	0,750	0,035
84-PO										
85-AT										
86-RN	0,143	0,593	0,069	0,100	0,128	0,610	0,093	0,072	0,768	0,065
87-FR										
88-RA										
89-AC										
90-TB	0,072	0,690	0,063	0,091	0,116	0,623	0,088	0,097	0,725	0,066



**Çizelge 3.7:**Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız M tabakası için etkin alt tabaka floresans verimler ve ilk boşluk dağılımları

Z	$\nu_1$	$\nu_2$	$\nu_3$	$\nu_4$	$\nu_5$	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	$N_5$
25-MN	8,09E-06	1,6E-05				0,576	0,145			
26-FE	7,7E-06	1,6E-05				0,554	0,158			
27-CO	8,03E-06	1,7E-05				0,537	0,159			
28-NI	8,1E-06	1,5E-05				0,514	0,164			
29-CU	8,9E-06	1,6E-05				0,495	0,168			
30-ZN	1,08E-05	2,2E-05				0,475	0,174			
31-GA										
32-GE	1,55E-05	2,6E-05				0,437	0,183			
33-AS										
34-SE										
35-BR										
36-KR	0,0016	0,0025	0,0011	2,7E-03		0,372	0,196	0,356	0,032	
37-RB										
38-SR										
39-Y										
40-ZR	0,0012	0,0018	0,0002	2,7E-04		0,318	0,202	0,366	0,047	
41-NB										
42-MO										
43-TC										
44-RU	0,0013	0,00192	0,000914	2,9E-03		0,275	0,204	0,367	0,064	
45-RH										
46-PD										
47-AG	0,0014	0,00199	0,000922	2,7E-03		0,248	0,203	0,322	0,077	
48-CD										
49-IN										
50-SN	0,0017	0,0023	0,0011	2,7E-03		0,534	0,170	0,264	0,0141	
51-SB										
52-TE										
53-I										
54-XE	0,002	0,00259	0,00123	2,7E-03		0,492	0,185	0,281	0,0187	
55-CS										
56-BA										
57-LA	0,0024	0,00266	0,00152	2,7E-03		0,462	0,195	0,291	0,023	0,02
58-CE										
59-PR										
60-ND	0,0045	4,31E-03	3,93E-03	3,45E-03	3,2E-03	0,435	0,204	0,300	0,027	0,03
61-PM										
62-SM										
63-EU	0,0070	0,0059	6,54E-03	6,2E-03	5,9E-03	0,408	0,212	0,308	0,0316	0,03
64-GD										
65-TB										
66-DY										
67-HO	0,0127	0,0116	0,0110	0,0110	0,0106	0,358	0,211	0,299	0,0364	0,04
68-ER										
69-TM										
70-YB	0,0157	0,0160	0,0152	0,0157	0,0149	0,355	0,229	0,319	0,044	0,05

Çizelge 3.7'den devam

71-LU										
72-HF										
73-TA	0,0209	0,0215	0,0205	0,0214	0,0205	0,334	0,234	0,323	0,049	0,06
74-W										
75-RE										
76-OS	0,0260	0,0240	0,0234	0,0234	0,0232	0,314	0,239	0,325	0,0552	0,06
77-IR										
78-PT										
79-AU	0,0276	0,0283	0,0274	0,0276	0,0256	0,297	0,243	0,326	0,0611	0,07
80-HG										
81-TL										
82-PB										
83-BI	0,0334	0,0352	0,0329	0,0341	0,0325	0,274	0,247	0,327	0,0696	0,08
84-PO										
85-AT										
86-RN	0,0379	0,0409	0,0368	0,0379	0,0362	0,258	0,327	0,327	0,0762	0,08
87-FR										
88-RA										
89-AC										
90-TB	0,0520	0,0563	0,0501	0,0614	0,0614	0,239	0,326	0,326	0,0853	0,09

Çizelge 3.8: L tabakasına ait ortalama floresans verimler

Z	Chen RHDS	Cohen ECPSSR	Bambynek ECPSSR	Hubbell (Fit)	Hubbell ( 89)	Mitchell	Sing	*Mev:Değ	Mev:Değ	Ortalama
25-MN			0,00295			0,0038		0,0051	0,0039	0,0039
26-FE		0,0063		0,0064	0,00614		0,0063	0,0064	0,0052	0,0060
27-CO								0,0077	0,0069	0,0073
28-NI		0,0092		0,0088	0,00819	0,0081	0,0091	0,0092	0,0086	0,0087
29-CU		0,0105	0,0056	0,0100	0,00939	0,0093	0,0105	0,011	0,010	0,0094
30-ZN		0,0117		0,0113	0,0107	0,011	0,0117	0,012	0,011	0,0113
31-GA		0,0131	0,0064	0,0128	0,0122	0,012	0,0129	0,013	0,012	0,0116
32-GE		0,0145		0,0141	0,0138	0,014	0,0139	0,014	0,014	0,0140
33-AS		0,0161		0,0156	0,0155	0,015	0,0156	0,015	0,016	0,0155
34-SE						0,017		0,017	0,018	0,0173
35-BR						0,019		0,020	0,020	0,0196
36-KR		0,0219		0,0211	0,0218	0,022	0,0210	0,022	0,021	0,0217
37-RB		0,0241	0,010	0,0232	0,0242	0,024	0,0186	0,024	0,023	0,0211
38-SR		0,0262		0,0256	0,0263	0,027	0,0213	0,026	0,026	0,0254
39-Y		0,0288	0,0315	0,0282	0,0285	0,030	0,0246	0,028	0,029	0,0286
40-ZR		0,0313		0,0310	0,0319	0,033	0,0330	0,031	0,031	0,0318
41-NB		0,0344		0,0342	0,0335	0,036	0,037	0,034	0,035	0,035
42-MO		0,0377		0,0376	0,0363	0,040	0,0380	0,037	0,038	0,0372
43-TC						0,043		0,040	0,042	0,0417
44-RU						0,047		0,044	0,046	0,0456
45-RH		0,0471		0,0499	0,0459	0,052	0,051	0,047	0,049	0,0486
46-PD		0,0503		0,0547	0,0495	0,056	0,054	0,050	0,053	0,0444
47-AG		0,0544	0,0518	0,0599	0,0534	0,061	0,057	0,054	0,058	0,0556
48-CD		0,0584		0,0656	0,0575	0,066	0,066	0,059	0,063	0,0616
49-IN		0,0629		0,0717	0,0618	0,071	0,075	0,063	0,068	0,067
50-SN		0,0673		0,0782	0,0665	0,077	0,079	0,068	0,073	0,0718
51-SB		0,0724		0,0852	0,0714	0,082	0,083	0,073	0,079	0,068
52-TE		0,0774		0,0934	0,0765	0,089	0,093	0,074	0,081	0,0818
53-I		0,083		0,096	0,082	0,096	0,077	0,083	0,091	0,0853
54-XE			0,107			0,102		0,089	0,097	0,0987
55-CS			0,089			0,110		0,095	0,104	0,0995
56-BA	0,114	0,101	0,093	0,110	0,100	0,117	0,110	0,101	0,111	0,106
57-LA	0,121	0,108	0,101	0,116	0,107	0,125	0,118	0,109	0,119	0,113
58-CE	0,129	0,115		0,123	0,114	0,133	0,121	0,116	0,127	0,122
59-PR	0,138	0,123	0,123	0,130	0,121	0,141	0,132	0,121	0,127	0,128
60-ND	0,146	0,130	0,131	0,138	0,129	0,150	0,143	0,128	0,140	0,137
61-PM	0,155					0,158		0,138	0,156	0,152
62-SM	0,164	0,145		0,155	0,145	0,168	0,161	0,145	0,162	0,156
63-EU	0,173	0,154	0,142	0,165	0,153	0,177	0,164	0,155	0,171	0,161
64-GD	0,184	0,162		0,174	0,163	0,187	0,184	0,163	0,181	0,175
65-TB	0,194	0,172	0,194	0,184	0,172	0,197	0,192	0,173	0,191	0,186
66-DY	0,204	0,181	0,14	0,194	0,182	0,207	0,199	0,184	0,201	0,187
67-HO	0,214	0,191		0,205	0,192	0,217	0,217	0,193	0,212	0,205
68-ER	0,223	0,201		0,215	0,202	0,228	0,223	0,204	0,222	0,215
69-TM	0,231	0,210		0,226	0,212	0,239	0,228	0,214	0,232	0,224
70-YB	0,241	0,220		0,236	0,223	0,250	0,239	0,225	0,243	0,234
71-LU	0,252	0,231		0,247	0,234	0,261	0,246	0,2236	0,255	0,245
72-HF	0,264	0,242		0,258	0,245	0,272	0,255	0,248	0,266	0,256

Çizelge3.8'den devam

73-TA	0,277	0,255	0,225	0,269	0,257	0,284	0,274	0,261	0,277	0,263
74-W	0,290	0,267		0,280	0,269	0,296	0,285	0,274	0,289	0,281
75-RE	0,301	0,280		0,292	0,281	0,308	0,286	0,287	0,296	0,291
76-OS	0,312					0,320		0,299	0,309	0,31
77-IR	0,322	0,305	0,30	0,314	0,305	0,332	0,326	0,312	0,320	0,315
78-PT	0,332	0,318	0,32	0,326	0,318	0,344	0,328	0,325	0,331	0,327
79-AU	0,342	0,332	0,398	0,337	0,331	0,356	0,330	0,339	0,342	0,346
80-HG	0,352	0,345	0,38	0,348	0,343	0,369	0,346	0,353	0,354	0,355
81-TL	0,363	0,359	0,43	0,360	0,356	0,381	0,354	0,367	0,365	0,372
82-PB	0,374	0,372	0,36	0,371	0,369	0,393	0,374	0,380	0,377	0,375
83-BI	0,385	0,385	0,40	0,383	0,382	0,406	0,3	0,393	0,389	0,389
84-PO	0,397						0,354	0,3407	0,401	0,3401
85-AT	0,409						0,374	0,421	0,414	0,414
86-RN	0,422						0,374	0,432	0,424	0,426
87-FR	0,434							0,448	0,437	0,439
88-RA	0,446		0,451					0,461	0,448	0,451
89-AC	0,458							0,475	0,460	0,464
90-TB	0,470	0,475	0,488	0,468	0,474		0,473	0,488	0,472	0,477
91-PA	0,481		0,51					0,499	0,482	0,493
92-U	0,492	0,499	0,51	0,495	0,499	0,515	0,489	0,512	0,493	0,501
93-NP			0,575					0,526	0,504	0,535
94-PU			0,581					0,535	0,510	0,542
95-AM								0,548	0,521	0,534
96-CM			0,531					0,559	0,531	0,540
97-BK								0,569		0,569
98-CF								0,576		0,576
99-EF								0,587		0,587
100-FM								0,598		0,598
101-MD								0,607		0,607

(\*):Krause'nin vermiş olduğu değerleri kullanarak hesapladığımız değerleri göstermektedir.

Çizelge 3.9:Puri ve Krause'nin değerlerinden

hesapladığımız ortalama KL

floresans verimler

Z	$\omega_{KL}$	* $\omega_{KL}$
25-MN	1,72E-03	2,27E-03
26-FE	2,46E-03	2,99E-03
27-CO	3,37E-03	3,81E-03
28-NI	4,41E-03	4,74E-03
29-CU	5,47E-03	5,68E-03
30-ZN	5,70E-03	6,44E-03
31-GA	6,85E-03	7,19E-03
32-GE	8,15E-03	8,58E-03
33-AS	9,58E-03	9,43E-03
34-SE	0,0110	0,0109
35-BR	0,0126	0,0126
36-KR	0,0134	0,0142
37-RB	0,0153	0,0160
38-SR	0,0173	0,0177
39-Y	0,0197	0,0196
40-ZR	0,0218	0,0218
41-NB	0,0247	0,0245
42-MO	0,0278	0,0270
43-TC	0,0310	0,0299
44-RU	0,0344	0,0326
45-RH	0,0366	0,0355
46-PD	0,0407	0,0384
47-AG	0,0447	0,0417
48-CD	0,0488	0,0459
49-IN	0,0535	0,0498
50-SN	0,0579	0,0536
51-SB	0,0628	0,0581
52-TE	0,0682	0,0626
53-I	0,0440	0,0404
54-XE	0,0482	0,0441
55-CS	0,0526	0,0485
56-BA	0,0568	0,0526
57-LA	0,0622	0,0574
58-CE	0,0676	0,0622
59-PR	0,0681	0,0667
60-ND	0,0791	0,0728
61-PM	0,0881	0,0783
62-SM	0,0920	0,0841
63-EU	0,0992	0,0904
64-GD	0,105	0,0968
65-TB	0,113	0,103
66-DY	0,121	0,111
67-HO	0,129	0,119
68-ER	0,137	0,127
69-TM	0,145	0,135

Çizelge 3.9'dan devam

70-YB	0,154	0,143
71-LU	0,163	0,152
72-HF	0,172	0,162
73-TA	0,181	0,172
74-W	0,191	0,182
75-RE	0,201	0,193
76-OS	0,212	0,204
77-IR	0,222	0,215
78-PT	0,232	0,226
79-AU	0,243	0,238
80-HG	0,253	0,250
81-TL	0,263	0,262
82-PB	0,274	0,274
83-BI	0,285	0,286
84-PO	0,296	0,298
85-AT	0,308	0,311
86-RN	0,317	0,321
87-FR	0,330	0,336
88-RA	0,340	0,348
89-AC	0,352	0,361
90-TB	0,364	0,374
91-PA	0,373	0,385
92-U	0,384	0,396
93-NP	0,395	0,409
94-PU	0,401	0,418
95-AM	0,413	0,431
96--CM	0,423	0,442
97-BK		0,453
98-CF		0,462
99-ES		0,471
100-FM		0,482
101-MD		0,492

(\*):Krause'nin vermiş olduğu değerleri kullanarak hesapladığımız değerleri göstermektedir.

**Çizelge 3.10:** Ortalama L tabakası floresans verim değerlerimizin diğer çalışanların değerleri ile karşılaştırılması

Z	%Chen		%Hubbell (89)		%Singh	
	*w <sub>L</sub>	w <sub>L</sub>	* w <sub>L</sub>	w <sub>L</sub>	* w <sub>L</sub>	w <sub>L</sub>
25-MN			3,2	26		
26-FE			-4,2	15,3	1,5	-21,1
27-CO			-8,3	2,3		
28-NI			-12,3	-5	-1	-5,8
29-CU			-17,1	-6,4	4,5	-5
30-ZN			-12,3	-2,8	2,5	-6
31-GA			-6,5	1,6	0,76	-7,5
32-GE			-1,4	-1,4	0,71	0,71
33-AS			3,2	-3,2	-4	2,5
34-SE			2,3	-3,4		
35-BR			-2,5	-2,5		
36-KR			-0,9	3,6	4,5	0
37-RB			0,8	4,9	22,5	19
38-SR			1,1	1,1	18	18
39-Y			1,7	-1,7	12	15
40-ZR			2,8	2,8	-6,4	-6,4
41-NB			-1,5	-4,4	2	-5,7
42-MO			-1,9	-4,6	-5,2	0
43-TC			-1,7	-6,8		
44-RU			-3,5	-8,2		
45-RH			-2,3	-6,7	-8,5	-4
46-PD			-1	-7	-8	-1,8
47-AG			-1,1	-8,6	-5	1,7
48-CD			-2,6	-9,5	-11,8	-4,7
49-IN			-1,9	-10	-19	-10,3
50-SN			-2	-9	-16	-8,2
51-SB			-2,2	-10,6	-13,6	-5
52-TE			3,2	-5,8	-25,6	-14,8
53-I			-1,2	-10,9	7,2	15,3
54-XE			-1,4	-10,6		
55-CS			-1,2	-10,8		
56-BA	11,4	2,6	-1	-11	-8,9	0,9
57-LA	9,91	1,75	-1,8	-11,2	-8,2	0,84
58-CE	10,07	1,55	-1,7	-11,4	-4,3	4,7
59-PR	12,31	7,9	0	-4,9	-9	-3,9
60-ND	12,32	4,1	0,7	-8,5	-11,7	-2,1
61-PM	10,96	-0,64	-0,72	-13,8		
62-SM	11,5	1,21	0	-11,7	-11	0,61
63-EU	10,40	1,15	-1,3	-11,7	-5,8	4,09
64-GD	11,4	1,63	0	-11	-12,8	-1,6
65-TB	10,82	1,54	-0,58	-11	-10,9	-0,52
66-DY	9,8	1,47	-1	-10,4	-8	0,99
67-HO	9,8	0,93	-0,52	-10,4	-12,4	-2,3
68-ER	8,5	0,44	-0,9	-9,9	-9,3	-0,45
69-TM	7,35	-0,43	-0,9	-9,4	-6,5	1,7
70-YB	6,63	-0,83	-0,89	-8,9	-6,2	1,6

Çizelge 3.10'dan devam

71-LU	11,5	-1,19	-0,85	-8,9	-4,2	3,5
72-HF	6,06	-0,75	-1,2	-8,5	-2,8	4,1
73-TA	5,77	0	-1,5	-7,7	-4,9	1
74-W	5,5	0,34	-1,8	-7,4	-4	1,3
75-RE	4,65	1,66	-2,1	-5,3	0,34	3,3
76-OS	4,16	0,96	-2	-5,4		
77-IR	3,1	0,62	-2,3	-4,9	-4,4	-1,8
78-PT	2,1	0,30	-2,2	-4	-0,92	0,9
79-AU	0,87	0	-2,4	-3,2	2,6	3,5
80-HG	-0,28	-0,56	-2,9	-3,2	1,9	2,2
81-TL	-1,1	-0,55	-3	-2,5	3,5	3
82-PB	-1,6	-0,80	-2,9	-2,1	1,5	0,79
83-BI	-2,07	-1,02	-2,8	-1,8	4,8	3,8
84-PO	-2,51	-1	-3	-1,5		
85-AT	-2,93	-1,22	-2,9	-1,2		
86-RN	-2,37	-0,47	-2,3	-0,47		
87-FR	-3,22	-0,69	-2,9	-0,45		
88-RA	-3,36	-0,44	-2,9	0		
89-AC	-3,71	-0,43	-3	0,21		
90-TB	-3,83	-0,42	-2,9	0,42	3	0,2
91-PA	-3,84	-0,20	-2,6	0,82		
92-U	-4,06	-0,20	-2,6	1,2	4,5	0,8
93-NP			-2,9	1,3		
94-PU			-2	2,6		
95-AM			-2,2	2,7		
96-CM			-2	3,1		
97-BK			-1,6			
98-CF			-0,7			
99-ES			-0,68			
100-FM			-0,5			

(\*):Krause'nin vermiş olduğu değerleri kullanarak hesapladığımız değerleri göstermektedir.



Çizelge 3.11: M tabakasına ait ortalama floresans verimler

Z	Chen	Mc.Guire	Hubbell	Singh	Shatendra	Mevcut Değ.	Fit.Mev. Değ.	Ortalama Değ.
25-MN			2,67E-05			6,9E-06	5,06E-05	2,806E-05
26-FE			3,68E-05			6,8E-06	1,62E-07	1,45E-05
27-CO			4,96E-05			7,01E-06	3,05E-05	1,036E-03
28-NI			6,53E-05			6,6E-06	3,32E-05	3,53E-05
29-CU			8,45E-05			7,1E-06	2,05E-05	3,737E-05
30-ZN			1,08E-04			8,9E-06	8,43E-05	4,178E-05
31-GA			1,35E-04				5,14E-05	9,32E-03
32-GE			1,68E-04			1,1E-05	1,06E-04	9,5E-05
33-AS			2,06E-04				1,71E-04	1,885E-04
34-SE			2,51E-04				2,44E-04	2,47E-04
35-BR			3,02E-04				3,24E-04	3,13E-04
36-KR			3,61E-04				4,09E-04	2,566E-04
37-RB			4,28E-04				4,98E-04	4,63E-04
38-SR			5,04E-04				5,89E-04	5,465E-04
39-Y			5,90E-04				6,81E-04	6,355E-04
40-ZR			6,86E-04			0,0008	7,74E-04	7,533E-04
41-NB			7,93E-04				8,86E-04	8,295E-04
42-MO			9,12E-04				9,57E-04	9,345E-04
43-TC			0,00104				1,04E-03	1,04E-03
44-RU			0,00119			0,0012	1,13E-03	1,173E-03
45-RH			0,00135				1,21E-03	1,28E-03
46-PD			0,00153				1,29E-03	1,41E-03
47-AG			0,00172			0,0013	1,37E-03	1,463E-03
48-CD			0,00193				1,45E-03	1,69E-03
49-IN			0,00217				1,52E-03	1,845E-03
50-SN			0,00242			0,0016	1,60E-03	1,873E-03
51-SB			0,00269				1,66E-03	2,21E-03
52-TE			0,00298				1,73E-03	2,355E-03
53-I			0,00330				1,8E-03	2,55E-03
54-XE			0,00365			0,0019	1,87E-03	2,473E-03
55-CS			0,00401				1,95E-03	2,98E-03
56-BA			0,00441				2,02E-03	3,215E-03
57-LA			0,00484			0,0021	2,1E-03	3,013E-03
58-CE			0,00529				2,52E-03	3,905E-03
59-PR			0,00578				2,93E-03	4,355E-03
60-ND			0,00629			0,0042	3,56E-03	4,683E-03
61-PM			0,00685				4,38E-03	5,615E-03
62-SM			0,00744				5,36E-03	6,4E-03
63-EU			0,00806			0,0065	6,48E-03	7,013E-03
64-GD			0,00873				7,69E-03	8,21E-03
65-TB			0,00943				8,98E-03	9,205E-03
66-DY			0,0102				0,010	0,0101
67-HO			0,0110			0,0111	0,0117	0,0113
68-ER			0,0118				0,0131	0,0125
69-TM			0,0127				0,0145	0,0136
70-YB			0,0136			0,0155	0,0159	0,015
71-LU	0,0172	0,0160	0,0146	0,0154			0,0173	0,0161
72-HF	0,0183	0,0186	0,0156	0,0176			0,0186	0,0177

Çizelge 3.11'den devam

73-TA	0,0193	0,0208	0,0167	0,0190		0,021	0,0201	0,0194
74-W			0,0179				0,0213	0,0196
75-RE			0,0191				0,0226	0,0209
76-OS			0,0203			0,024	0,0239	0,023
77-IR	0,0240	0,0208	0,0216	0,0276			0,0251	0,0238
78-PT	0,0254	0,0236	0,0230	0,0285			0,0264	0,0253
79-AU	0,0268	0,0247	0,0245	0,0264	0,025	0,027	0,0276	0,026
80-HG			0,0260				0,0289	0,027
81-TL	0,0298	0,0270	0,0275	0,0332			0,0303	0,0295
82-PB	0,0313	0,0305	0,0292	0,0362	0,028		0,0317	0,0311
83-BI	0,0329	0,0320	0,0310	0,0384		0,034	0,0332	0,0335
84-PO			0,0328				0,0348	0,034
85-AT			0,0347			0,038	0,0366	0,036
86-RN			0,0366				0,0385	0,038
87-FR			0,0387				0,0407	0,0397
88-RA			0,0408				0,0431	0,042
89-AC			0,0430			0,049	0,0458	0,0459
90-TB	0,0451	0,0543	0,0453	0,0525	0,044		0,0486	0,0483
91-PA			0,0477				0,0522	0,05
92-U	0,0491		0,0502	0,0539	0,051		0,0560	0,052
93-NP			0,0528				0,0603	0,057
94-PU			0,0555				0,0652	0,0604
95-AM			0,0583				0,0705	0,064
96-CM			0,0612				0,0766	0,065
97-BK			0,0642				0,083	0,0642
98-CF			0,0673				0,09	0,0673
99-ES			0,0706				0,099	0,0706
100-FM			0,0739				0,108	0,0739

Çizelge 3.12.M tabakası için fit katsayıları

PARAMETRE	Z	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
$\omega_M$	25-57	0,0195117	-0,0019659	6,99636E-05	-1,04101E-06	5,69E-09
$\omega_M$	57-100	2,9872	-0,169062	0,0035398	-3,25646E-05	1,11941E-07

Çizelge 3.13:Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız

ortalama M ve LM floresans verimleri

Z	$\omega_M$	FIT. $\omega_M$	$\omega_{LM}$
25-MN	6,9E-06	5,06E-05	
26-FE	6,8E-06	1,62E-07	
27-CO	7,01E-06	3,05E-03	
28-NI	6,6E-06	3,32E-05	
29-CU	7,1E-06	2,05E-05	
30-ZN	8,9E-06	8,43E-06	
31-GA		5,14E-05	
32-GE	1,1E-05	1,06E-04	1,08E-03
33-AS		1,71E-04	
34-SE		2,44E-04	
35-BR		3,24E-04	
36-KR		4,09E-04	1,08E-03
37-RB		4,98E-04	
38-SR		5,89E-04	
39-Y		6,81E-04	
40-ZR	0,0008	7,74E-04	1,08E-03
41-NB		8,66E-04	
42-MO		9,57E-04	
43-TC		1,04E-03	
44-RU	0,0012	1,13E-03	1,16E-03
45-RH		1,21E-03	
46-PD		1,29E-03	
47-AG	0,0013	1,37E-03	1,08E-03
48-CD		1,45E-03	
49-IN		1,52E-03	
50-SN	0,0016	1,6E-03	1,08E-03
51-SB		1,66E-03	
52-TE		1,73E-03	
53-I		1,8E-03	
54-XE	0,0019	1,87E-03	1,08E-03
55-CS		1,95E-03	
56-BA		2,02E-03	
57-LA	0,0021	2,1E0-03	1,08E-03
58-CE		2,52E-03	
59-PR		2,93E-03	
60-ND	0,0042	3,56E-03	2,96E-03

Çizelge 3.13'den devam

61-PM		4,38E-03	
62-SM		5,36E-03	
63-EU	0,0065	6,48E-03	5,18E-03
64-GD		7,69E-03	
65-TB		8,98E-03	
66-DY		0,010	9,04E-03
67-HO	0,0111	0,0117	
68-ER		0,0131	
69-TM		0,0145	
70-YB	0,0155	0,0159	0,0123
71-LU		0,0173	
72-HF		0,0186	
73-TA	0,021	0,0201	0,0175
74-W		0,0213	
75-RE		0,0226	
76-OS	0,0243	0,0239	0,0194
77-IR		0,0251	
78-PT		0,0264	
79-AU	0,0275	0,0276	0,0259
80-HG		0,0289	
81-TL		0,0303	
82-PB		0,0317	
83-BI	0,0346	0,0332	0,0327
84-PO		0,0348	
85-AT		0,0366	
86-RN	0,0381	0,0385	0,0359
87-FR		0,0407	
88-RA		0,0431	
89-AC		0,0458	
90-TB	0,049	0,0486	0,0531
91-PA		0,0522	
92-U		0,0560	
93-NP		0,0603	
94-PU		0,0652	
95-AM		0,0705	
96-CM		0,0766	
97-BK		0,083	
98-CF		0,09	
99-ES		0,099	
100-FM		0,108	

**Çizelge 3.14:**Fit edilmiş ortalama M tabakası floresans verim değerlerimiz ile diğer çalışanların değerlerinin karşılaştırılması

Z	%Hubbell	Shatendra	%Chen
	Fit. $\omega_M$	%Fit. $\omega_M$	Fit $\omega_M$
25-MN	89,5		
26-FE	99,5		
27-CO	38,5		
28-NI	49		
29-CU	75		
30-ZN	21		
31-GA	61,9		
32-GE	37		
33-AS	17		
34-SE	2,7		
35-BR	-7,2		
36-KR	-13,2		
37-RB	-16,3		
38-SR	-16,8		
39-Y	-15,4		
40-ZR	-12,2		
41-NB	-11,7		
42-MO	-4,9		
43-TC	0		
44-RU	5		
45-RH	10,3		
46-PD	15,6		
47-AG	20,3		
48-CD	24,8		
49-IN	30		
50-SN	33,8		
51-SB	38,2		
52-TE	42		
53-I	45		
54-XE	48		
55-CS	51		
56-BA	54		
57-LA	56		
58-CE	52		
59-PR	49,2		
60-ND	43		
61-PM	36		
62-SM	28		
63-EU	19		
64-GD	11		
65-TB	4		
66-DY	1,9		
67-HO	-6		
68-ER	-11		

## Çizelge 3.14' den devam

69-TM	-14		
70-YB	-16,9		
71-LU	-18,4		-0,58
72-HF	-19,2		-1,6
73-TA	-20		-4,1
74-W	-19		
75-RE	-18		
76-OS	-17		
77-IR	-16		-1,5
78-PT	-14		1,8
79-AU	-11,7	9,4	-2,9
80-HG	-11		
81-TL	-10		-1,6
82-PB	-8	11,6	-1,2
83-BI	-7		-0,9
84-PO	-6		
85-AT	-5		
86-RN	-5,2		
87-FR	-5,2		
88-RA	-5,6		
89-AC	-6		
90-TB	-7	9,4	-7
91-PA	-9		
92-U	-11	8,9	-14
93-NP	-14		
94-PU	-17		
95-AM	-11,8		
96-CM	-25		
97-BK	-29		
98-CF	-33		
99-ES	-40		
100-FM	-46		

**Çizelge 4.1:** Hubbell'in değerlerinden ve mevcut değerlerimizden hesapladığımız ortalama L auger verimleri

Z	$\bar{a}_L$	* $\bar{a}_L$	Hubbell(Fit.) $\bar{a}_L$	Hubbell (89) $\bar{a}_L$
25-MN	0,9961	0,9949		
26-FE	0,9948	0,9936	0,99936	0,99386
27-CO	0,9931	0,9923		
28-NI	0,9914	0,9908	0,9912	0,99881
29-CU	0,990	0,989	0,99	0,99061
30-ZN	0,989	0,988	0,9887	0,9893
31-GA	0,988	0,987	0,9872	0,9878
32-GE	0,986	0,986	0,9859	0,9862
33-AS	0,984	0,985	0,9844	0,9845
34-SE	0,982	0,983		
35-BR	0,980	0,980		
36-KR	0,979	0,978	0,9789	0,9782
37-RB	0,977	0,976	0,9768	0,9758
38-SR	0,974	0,974	0,9744	0,9737
39-Y	0,971	0,972	0,9718	0,9715
40-ZR	0,969	0,969	0,969	0,9681
41-NB	0,965	0,966	0,9658	0,9665
42-MO	0,962	0,963	0,9624	0,9637
43-TC	0,958	0,959		
44-RU	0,954	0,956		
45-RH	0,951	0,953	0,9501	0,9541
46-PD	0,947	0,950	0,9453	0,9505
47-AG	0,942	0,946	0,9401	0,9466
48-CD	0,937	0,941	0,9344	0,9425
49-IN	0,932	0,937	0,9283	0,9382
50-SN	0,927	0,932	0,9218	0,9335
51-SB	0,921	0,927	0,9148	0,9286
52-TE	0,919	0,926	0,9066	0,9235
53-I	0,909	0,917	0,904	0,918
54-XE	0,903	0,911		
55-CS	0,896	0,905		
56-BA	0,889	0,899	0,89	0,9
57-LA	0,881	0,891	0,884	0,893
58-CE	0,873	0,884	0,877	0,886
59-PR	0,873	0,879	0,87	0,879
60-ND	0,860	0,872	0,862	0,871
61-PM	0,844	0,862		
62-SM	0,838	0,855	0,845	0,855
63-EU	0,829	0,845	0,835	0,847
64-GD	0,819	0,837	0,826	0,837
65-TB	0,809	0,827	0,816	0,828
66-DY	0,799	0,816	0,806	0,818
67-HO	0,788	0,807	0,795	0,808
68-ER	0,778	0,796	0,785	0,798
69-TM	0,768	0,786	0,774	0,788
70-YB	0,757	0,775	0,767	0,777

Çizelge 4.1'den devam

71-LU	0,745	0,764	0,753	0,766
72-HF	0,734	0,752	0,742	0,755
73-TA	0,723	0,739	0,731	0,743
74-W	0,711	0,726	0,72	0,731
75-RE	0,704	0,713	0,708	0,719
76-OS	0,691	0,701		
77-IR	0,680	0,688	0,686	0,695
78-PT	0,669	0,675	0,674	0,682
79-AU	0,658	0,661	0,663	0,669
80-HG	0,646	0,647	0,652	0,657
81-TL	0,635	0,633	0,64	0,644
82-PB	0,623	0,620	0,629	0,631
83-BI	0,611	0,607	0,617	0,618
84-PO	0,599	0,593		
85-AT	0,586	0,579		
86-RN	0,576	0,568		
87-FR	0,563	0,552		
88-RA	0,552	0,539		
89-AC	0,540	0,525		
90-TB	0,528	0,512	0,532	0,526
91-PA	0,518	0,501		
92-U	0,507	0,488	0,505	0,501
93-NP	0,496	0,474		
94-PU	0,490	0,465		
95-AM	0,479	0,452		
96-CM	0,469	0,441		
97-BK		0,431		
98-CF		0,424		
99-ES		0,413		
100-FM		0,402		
101-MD		0,393		

(\*):Krause'nin vermiş olduğu değerleri kullanarak hesapladığımız değerleri göstermektedir.



Çizelge 4.2. M tabakası için hesapladığımız

ortalama auger verimleri

Z	Fit. $\bar{a}_M$	Hubbell $\bar{a}_M$
25-MN	0,9999494	0,9999733
26-FE	0,9999998	0,9999632
27-CO	0,99695	0,9999504
28-NI	0,999966	0,9999347
29-CU	0,9999795	0,9999155
30-ZN	0,9999915	0,999892
31-GA	0,9999948	0,999865
32-GE	0,9999894	0,999832
33-AS	0,999829	0,999794
34-SE	0,99756	0,999749
35-BR	0,999676	0,999698
36-KR	0,999591	0,999639
37-RB	0,999502	0,999572
38-SR	0,999411	0,999496
39-Y	0,999319	0,99941
40-ZR	0,999226	0,999314
41-NB	0,999134	0,999207
42-MO	0,999043	0,999088
43-TC	0,99896	0,99896
44-RU	0,99887	0,99881
45-RH	0,99879	0,99865
46-PD	0,99871	0,99847
47-AG	0,99863	0,99828
48-CD	0,99855	0,99807
49-IN	0,99848	0,99783
50-SN	0,9984	0,99758
51-SB	0,99834	0,99731
52-TE	0,99827	0,99702
53-I	0,9982	0,9967
54-XE	0,99813	0,99635
55-CS	0,99805	0,99599
56-BA	0,99798	0,99559
57-LA	0,9979	0,99516
58-CE	0,99748	0,99471
59-PR	0,99707	0,99422
60-ND	0,99644	0,99371
61-PM	0,99562	0,99315
62-SM	0,99464	0,99256
63-EU	0,99352	0,99194
64-GD	0,99231	0,99127
65-TB	0,99102	0,99057
66-DY	0,99	0,9898
67-HO	0,9883	0,989
68-ER	0,9869	0,9882
69-TM	0,9855	0,9873
70-YB	0,9841	0,9864

Çizelge 4.2'den devam

71-LU	0,9827	0,9854
72-HF	0,9814	0,9844
73-TA	0,9799	0,9833
74-W	0,9787	0,9821
75-RE	0,9774	0,9809
76-OS	0,9761	0,9797
77-IR	0,9749	0,9784
78-PT	0,9736	0,977
79-AU	0,9724	0,9755
80-HG	0,9711	0,974
81-TL	0,9697	0,9725
82-PB	0,9683	0,9708
83-BI	0,9668	0,969
84-PO	0,9652	0,9672
85-AT	0,9634	0,9653
86-RN	0,9615	0,9634
87-FR	0,9593	0,9613
88-RA	0,9569	0,9592
89-AC	0,9542	0,957
90-TB	0,9514	0,9547
91-PA	0,9478	0,9523
92-U	0,944	0,9498
93-NP	0,9397	0,9472
94-PU	0,9348	0,9445
95-AM	0,9295	0,9417
96-CM	0,9234	0,9388
97-BK	0,917	0,9358
98-CF	0,91	0,9327
99-ES	0,901	0,9294
100-FM	0,892	0,9261

Çizelge 5.1:30 keV'de hesapladığımız L x-ışını

floresans tesir kesitleri

Z	$\sigma_L^X$	* $\sigma_L^X$
25-MN	0,2104	0,27526
26-FE	0,3335	0,41057
27-CO	0,5222	0,5827
28-NI	0,7272	0,81859
29-CU	1,0329	1,13619
30-ZN	1,31505	1,434
31-GA	1,65168	1,78932
32-GE	2,20738	2,20738
33-AS	2,87664	2,69685
34-SE	3,67434	3,47021
35-BR	4,6168	4,6168
36-KR	5,46105	5,7211
37-RB	6,71439	7,00632
38-SR	8,49264	8,49264
39-Y	10,56615	10,2018
40-ZR	12,56151	12,56151
41-NB	15,729	15,2796
42-MO	18,88904	18,39196
43-TC	23,03322	21,9634
44-RU	27,7628	26,56192
45-RH	32,47818	31,15254
46-PD	38,49496	36,316
47-AG	46,06128	42,88464
48-CD	54,59265	51,12645
49-IN	64,1818	59,46255
50-SN	74,898	69,768
51-SB	87,9586	81,2782
52-TE	97,7022	89,2588
53-I	118,7186	108,2818
54-XE	136,6439	125,3743
55-CS	157,9656	144,2955
56-BA	181,5405	165,1855
57-LA	209,2377	191,6547
58-CE	239,8014	219,0312
59-PR	257,175	245,025
60-ND	298,522	272,9344
61-PM	362,0136	320,2428
62-SM	401,6304	359,484
63-EU	452,4147	410,0835
64-GD	510,4381	459,6763
65-TB	573,7067	519,6401
66-DY	642,2553	587,9352
67-HO	719,7824	655,2736
68-ER	800,0214	735,1548
69-TM	886,5184	817,7368

Çizelge 5.1'den devam

70-YB	983.809	910.935
71-LU	1092.726	1011.3072
72-HF	1205.6184	1124.0352
73-TA	1326.4145	1249.7985
74-W	1545.6587	1465.4342
75-RE	1577.236	1529.2795
76-OS	1734.6951	1678.5561
77-IR	1891.296	1844.0136
78-PT	2058.2242	2020.915
79-AU	2236.1328	2216.5176
80-HG	2431.449	2423.345
81-TL	2630.9565	2645.3727
82-PB	2849.0267	2871.698
83-BI	3078.7016	3110.3592
84-PO	3322.2048	3371.9136
85-AT	23587.9724	3648.6386
86-RN	3842.5848	3915.0864
87-FR	4139.8758	4244.0832
88-RA	4434.0352	4562.7014
89-AC	4751.8	4906.75
90-TB	5082.496	5254.784
91-PA	5409.004	5599.778
92-U	5765.635	5987.84
93-NP	6129.648	6397.212
94-PU	6444.36	6760.26
95-AM	6834.478	7188.664
96-CM	7220.007	7600.723
97-BK		8013.796
98-CF		8395.2
99-ES		8852.547
100-FM		9354.514
101-MD		9852.217

(\*):Krause'nin vermiş olduğu değerleri kullanarak hesapladığımız değerleri göstermektedir.

Çizelge 5.2:6 keV'de hesapladığımız M tabakası x-ışını floresans tesir kesitleri

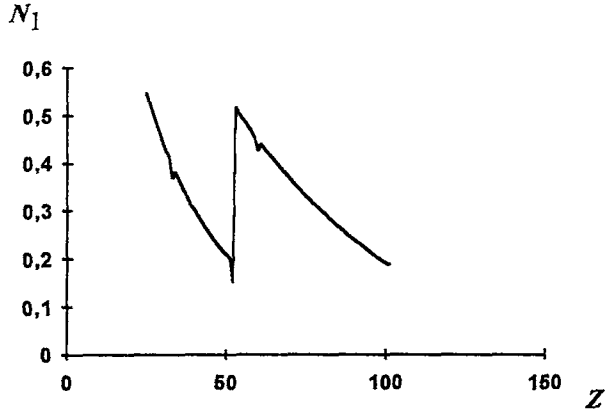
Z	$\sigma_M^X$	Fit. $\sigma_M^X$	exp. $\sigma_M^X$ Puri	exp. $\sigma_M^X$ Shatendr a	teo. $\sigma_M^X$ Chen	teo. $\sigma_M^X$ Mc.Guire
25-MN	5.338E-03	0,03914				
26-FE	6.2237E-03	1,48E-04				
27-CO	7,5245E-03	3,27387				
28-NI	8,2645E-03	0,04157				
29-CU	0,0101	0,0293				
30-ZN	0,0148	0,01408				
31-GA		0,0998				
32-GE	0,0247	0,2384				
33-AS		0,4438				
34-SE		0,7276				
35-BR		1,1053				
36-KR		1,5896				
37-RB		2,1969				
38-SR		2,9386				
39-Y		3,8282				
40-ZR	5,04848	4,8844				
41-NB		6,1126				
42-MO		7,5304				
43-TC		9,09324				
44-RU	11,62248	10,9445				
45-RH		12,9433				
46-PD		15,1962				
47-AG	16,8207	17,7264				
48-CD		19,4238				
49-IN		23,5584				
50-SN	27,0512	27,0512				
51-SB		30,5523				
52-TE		34,5913				
53-I		39,0294				
54-XE	38,8911	38,27703				
55-CS		49,446				
56-BA		55,25306				
57-LA	61,8639	61,8639				
58-CE		79,9117				
59-PR		99,79873				
60-ND	153,447	130,0646				
61-PM		171,38064				
62-SM		224,24096				
63-EU	290,394	289,50048				
64-GD		366,23625				
65-TB		451,6305				
66-DY		539,75				
67-HO	581,196	612,612				
68-ER		797,004				
69-TM		934,844				
70-YB	1057,7975	1085,0955				
71-LU		1248,1258	1136		1261	1238

Çizelge 5.2'den devam

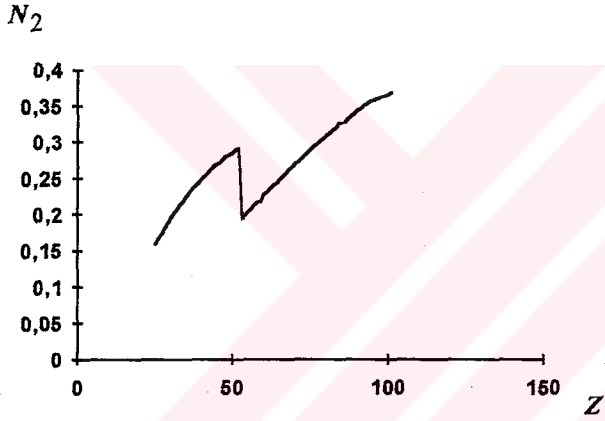
72-HF		1417.1898	1322		1420	1443
73-TA	16787.749	1615.4169	1505		1524	1704
74-W		1803.4071				
75-RE		2013.3436				
76-OS	2276.0838	2238.6174				
77-IR		2470.3922	2767		2403	2359
78-PT		2728.176	2993		2666	2594
79-AU	2980.725	2991.564	3309	2091	2953	2975
80-HG		3281.017		3540		
81-TL		3598.731				
82-PB		3935.238	4217		3949	4035
83-BI	4487.62	4306.04	4691		4334	4403
84-PO		4712.964				
85-AT		5174.508				
86-RN	5614,035	5672.975				
87-FR		6247.043				
88-RA		6883.07				
89-AC		7604.632				
90-TB	8456,42	8387.388	8979	7025	7911	9526
91-PA		9359.46				
92-U		10433.36	9723	8909	9304	
93-NP		11670.462				
94-PU		13063.472				
95-AM		13875.81				
96-CM		15634.826				
97-BK		16307,01				
98-CF		18417.6				
99-ES		21089,97				
100-FM		23907,96				

**Çizelge 5.3:** M tabakası x-ışını floresans tesir kesit değerlerimiz ile diğer çalışmaların değerlerinin karşılaştırılması

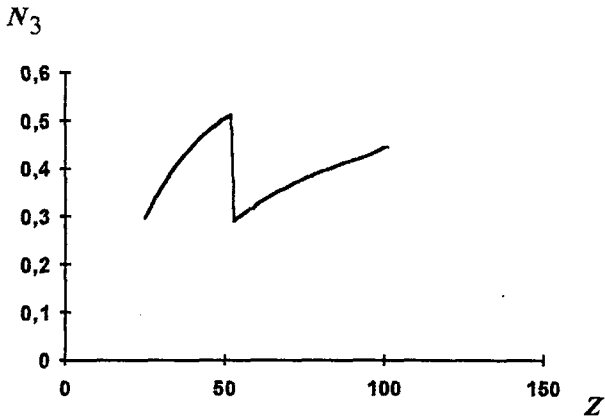
Z	%Shatendra	%Mc Guire
	Fit. $\sigma_M^X$	Fit. $\sigma_M^X$
71-LU		0,8
72-HF		-1,8
73-TA		-5,5
74-W		
75-RE		
76-OS		
77-IR		4,5
78-PT		4,9
79-AU	30	0,53
80-HG	-7,9	
81-TL		
82-PB		-2,5
83-BI		-2,2
84-PO		
85-AT		
86-RN		
87-FR		
88-RA		
89-AC		
90-TB	16,2	-13,5
91-PA		
92-U	14,6	



Şekil3.1:L<sub>1</sub> alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı



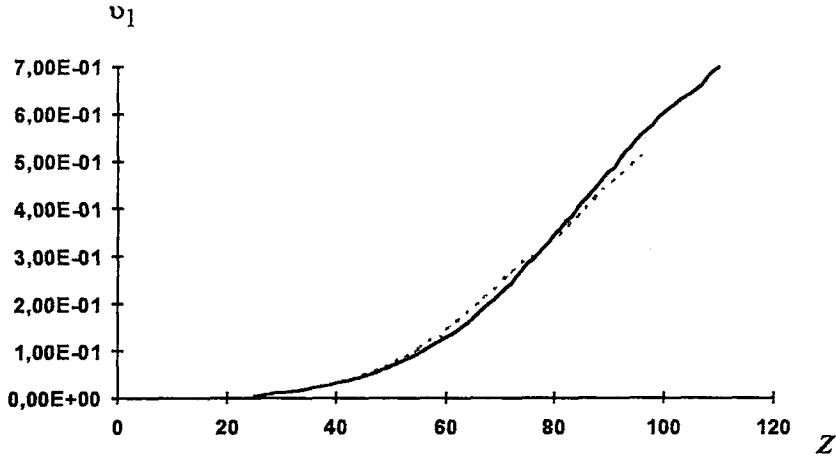
Şekil3.2:L<sub>2</sub> alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı



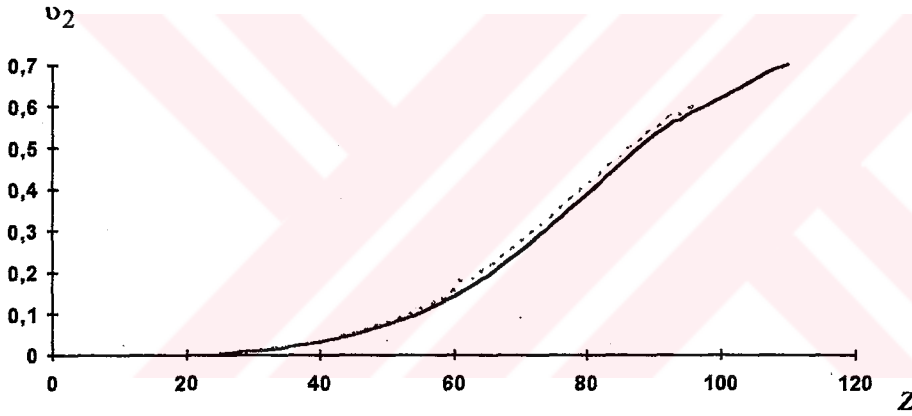
Şekil3.3:L<sub>3</sub> alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı

25 ≤ Z ≤ 51 arası elementler için teorik fotoiyonizasyon tesir kesitleri 6keV'de, 52 ≤ Z ≤ 101 elementler için teorik fotoiyonizasyon tesir kesitleri ise 30keV'de alındı.

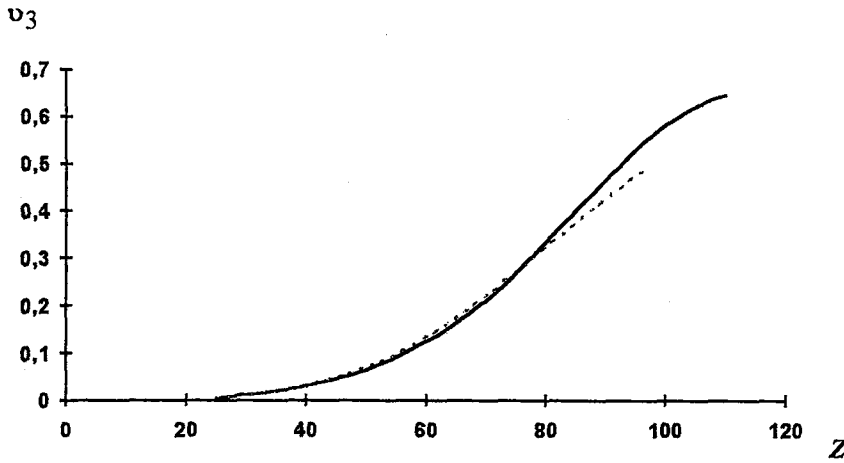




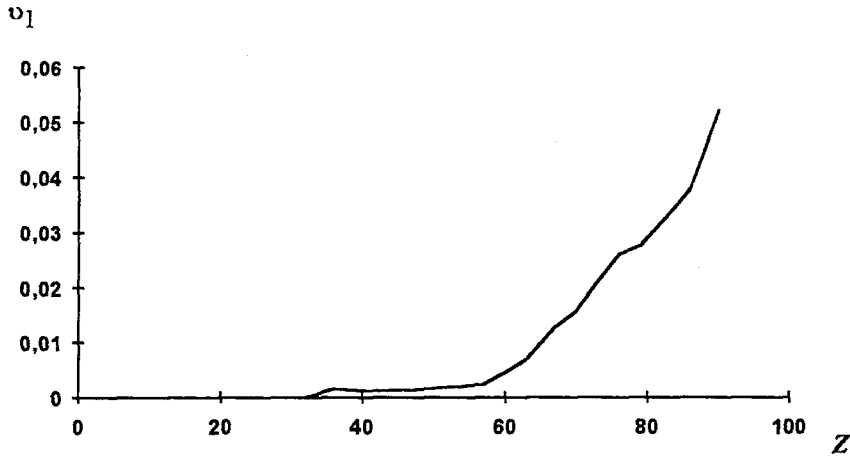
Şekil3.4: Krause ve Puri'nin değerlerinden hesapladığımız  $L_1$  etkin alt tabaka floresans verimler.



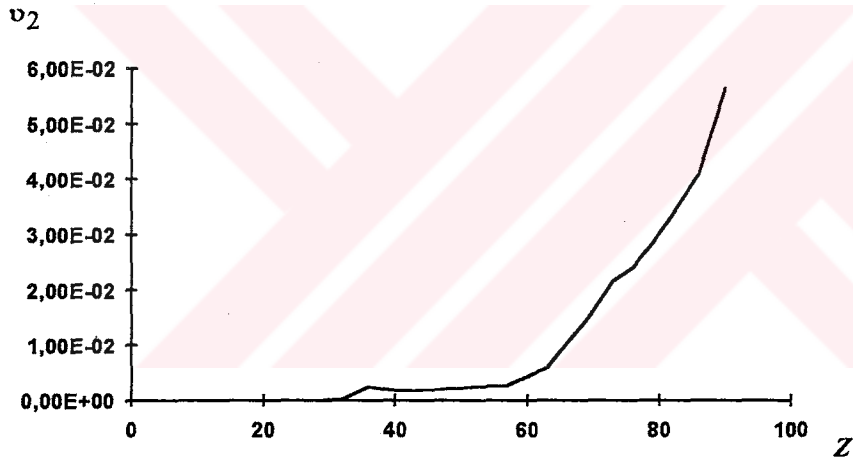
Şekil3.5: Krause ve Puri'nin değerlerinden hesapladığımız  $L_2$  etkin alt tabaka floresans verimler.



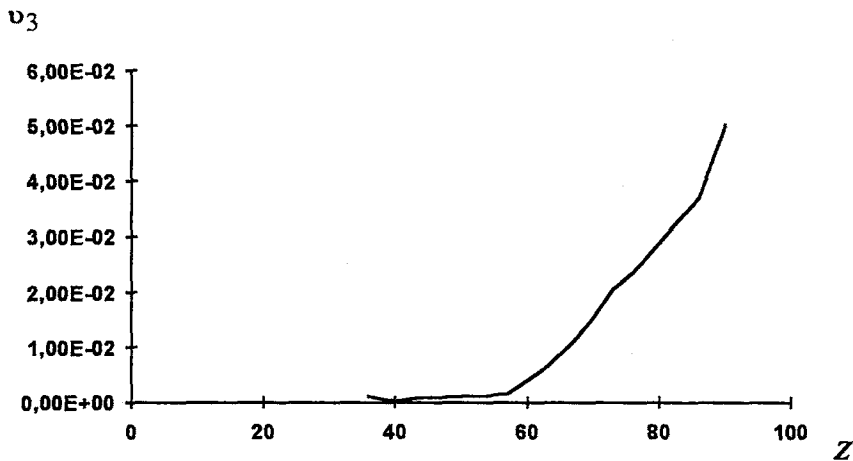
Şekil3.6: Krause ve Puri'nin değerlerinden hesapladığımız  $L_3$  etkin alt tabaka floresans verimler.



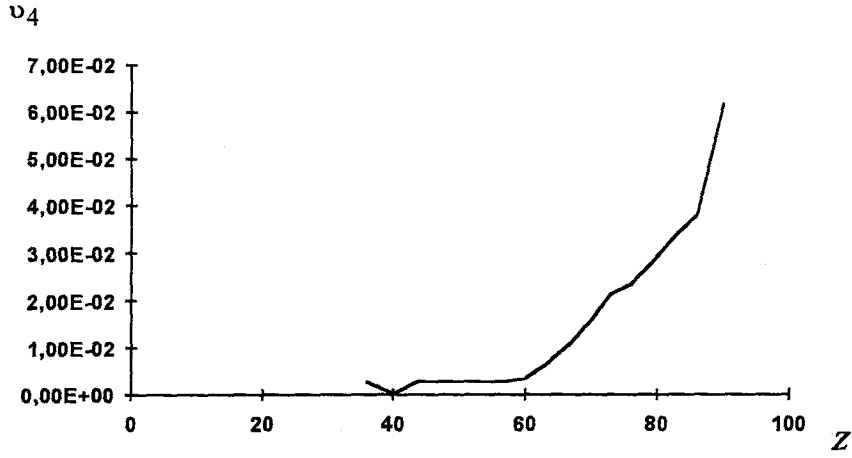
Şekil3.7:Mc. Guire'nin değerlerinden hesapladığımız  $M_1$  etkin alt tabaka floresans verim



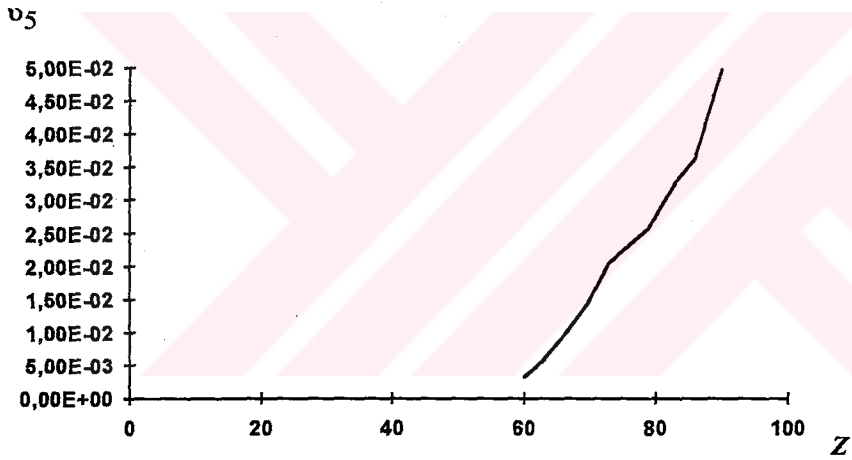
Şekil3.8:Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız  $M_2$  etkin alt tabaka floresans verim



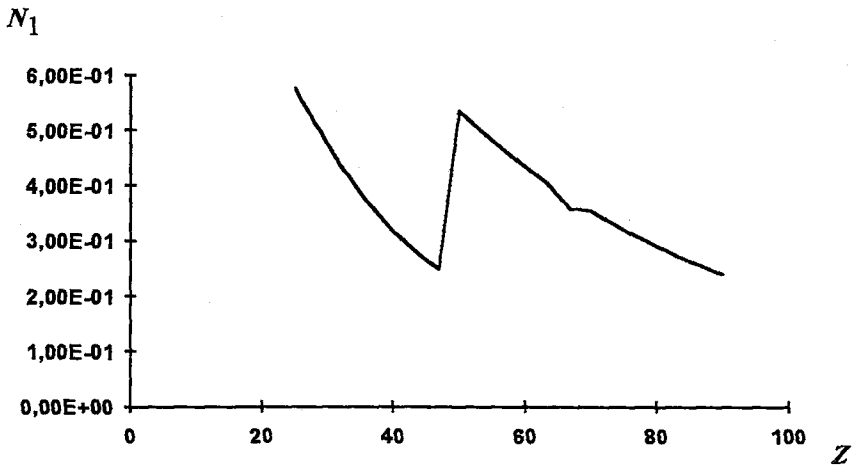
Şekil3.9:Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız  $M_3$  etkin alt tabaka floresans verim



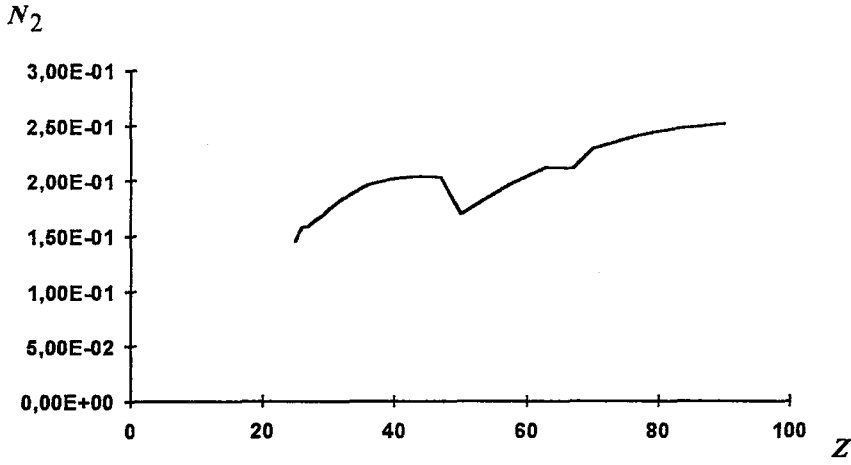
Şekil3.10:Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız  $M_4$  etkin alt tabaka floresans verim



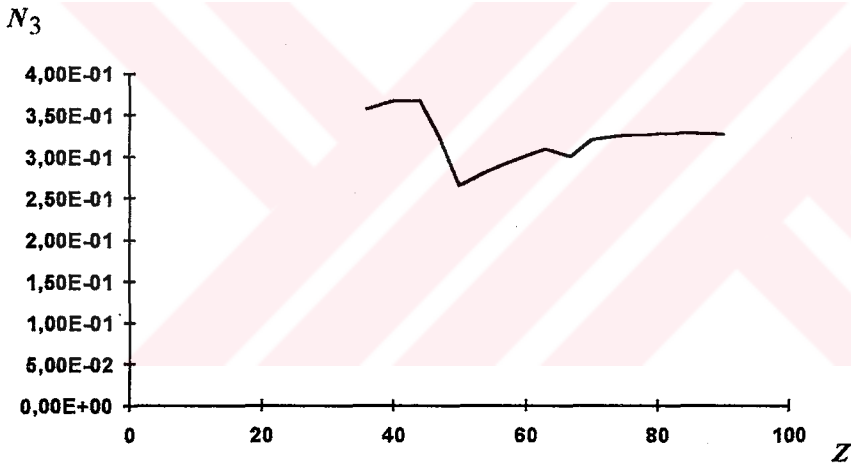
Şekil3.11:Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız  $M_5$  etkin alt tabaka floresans verim



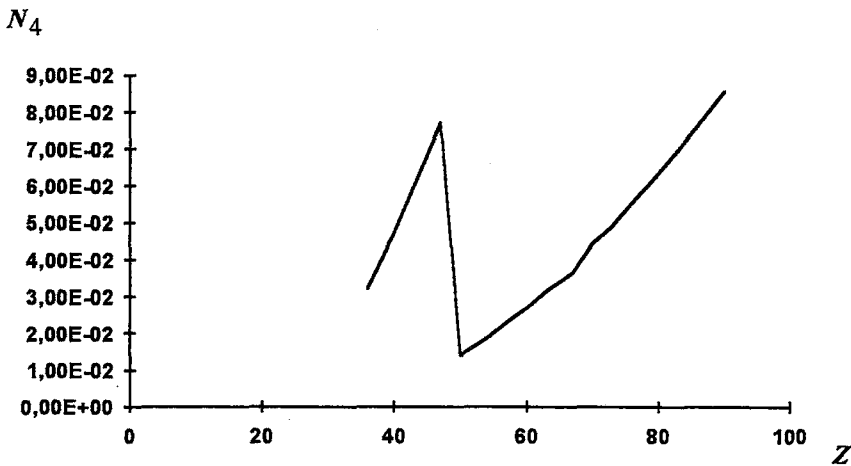
Şekil3.12: $M_1$  alt tabakasındaki ilk boşlukların relatif sayısı.



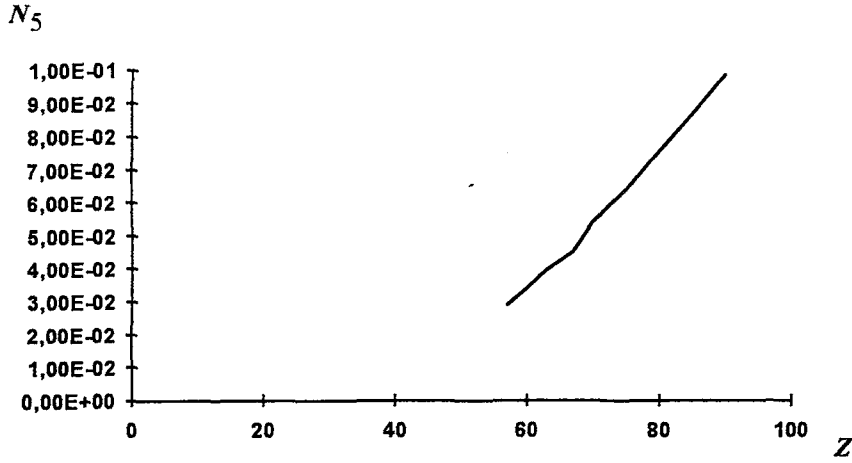
Şekil3.13:  $M_2$  alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı



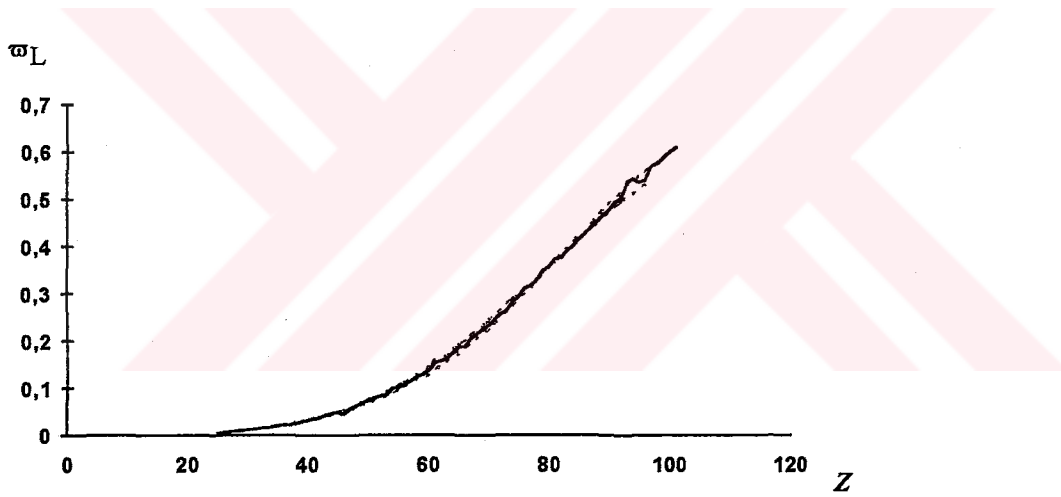
Şekil3.14:  $M_3$  alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı



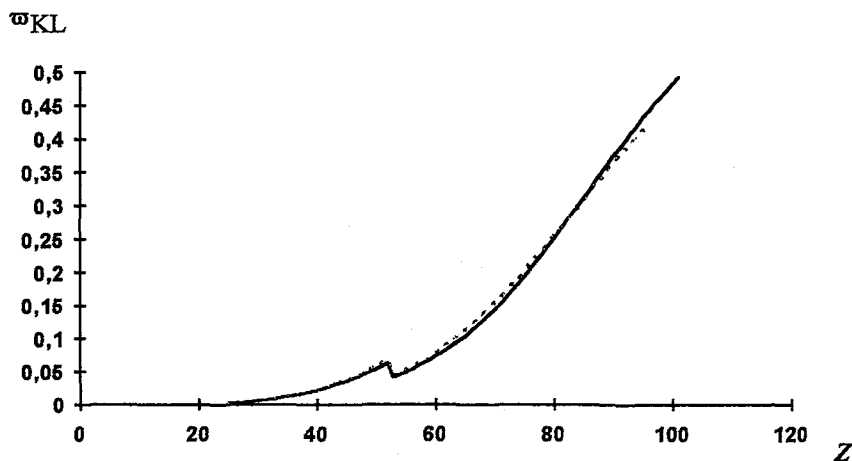
Şekil3.15:  $M_4$  alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı



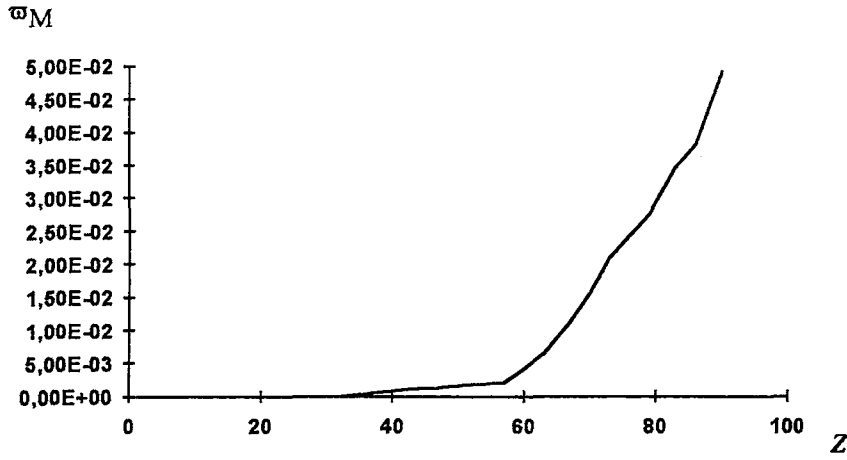
Şekil 3.16:  $M_5$  alt tabakasındaki ilk boşlukların relativ sayısı  
 $25 \leq Z \leq 51$  arası elementler için teorik fotoiyonizasyon tesir kesitleri  $6\text{keV}$ 'de,  $52 \leq Z \leq 101$  elementler için teorik fotoiyonizasyon tesir kesitleri ise  $30\text{keV}$ 'de alındı



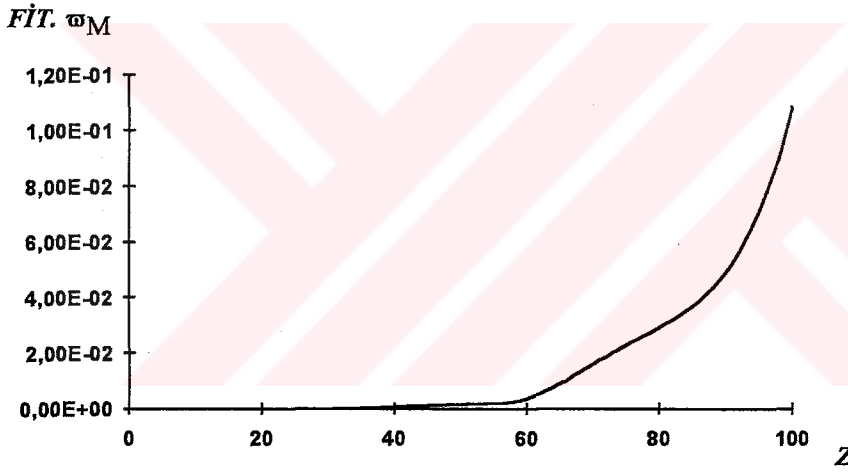
Şekil 3.17: Krause ve Puri'nin değerlerinden ve aynı zamanda tüm araştırmacıların değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanan ortalama L tabakası floresans verimleri



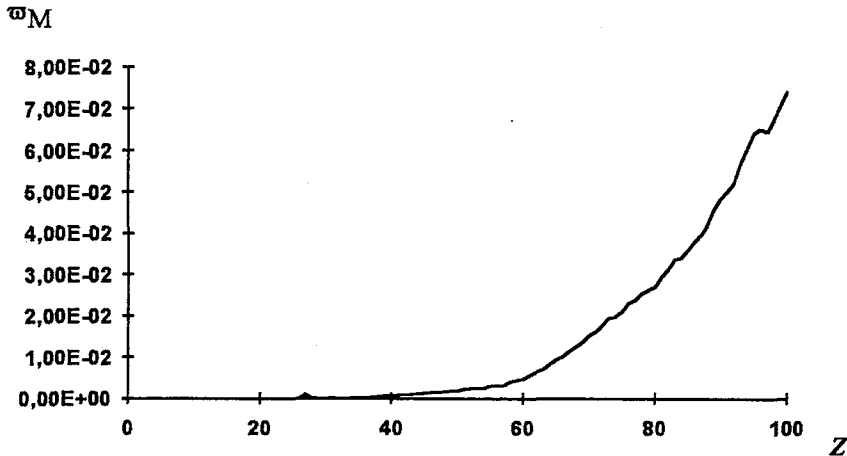
Şekil 3.18: Krause ve Puri'nin değerlerinden hesapladığımız ortalama K-L tabakası floresans verimleri



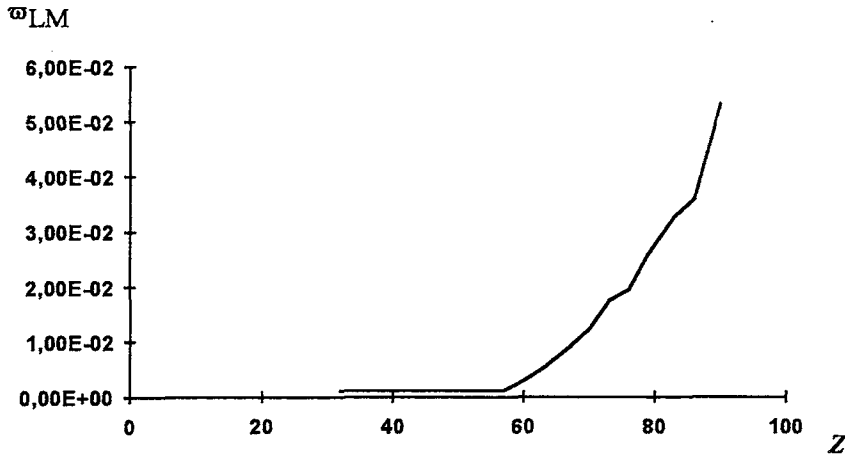
Şekil3.19:Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız ortalama M tabakası floresans verim



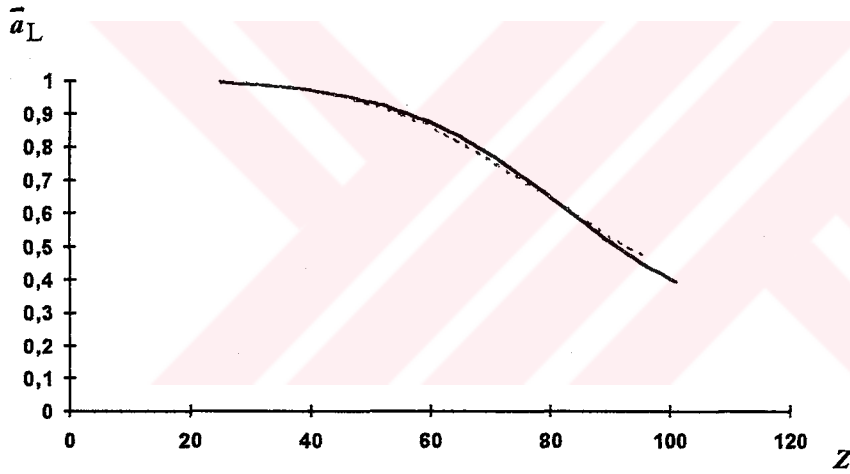
Şekil3.20:Fit edilmiş ortalama M tabakası floresans verim



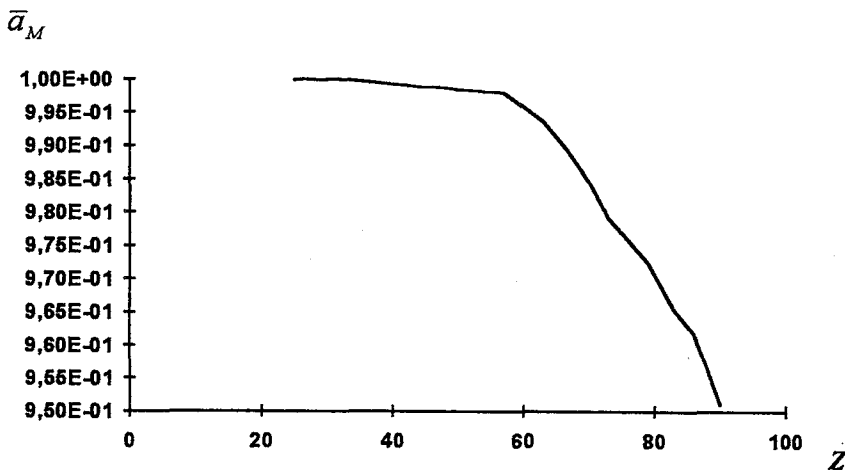
Şekil3.21:Bütün araştırmacıların değerlerinin ortalaması alınarak hesapladığımız ortalama M tabakası floresans verim



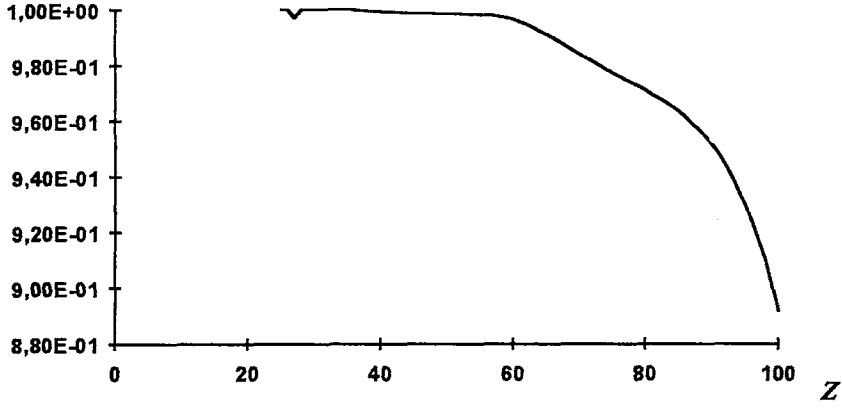
Şekil3.22:Mc. Guire'nin değerlerinden hesapladığımız ortalama L-M tabakası floresans verim



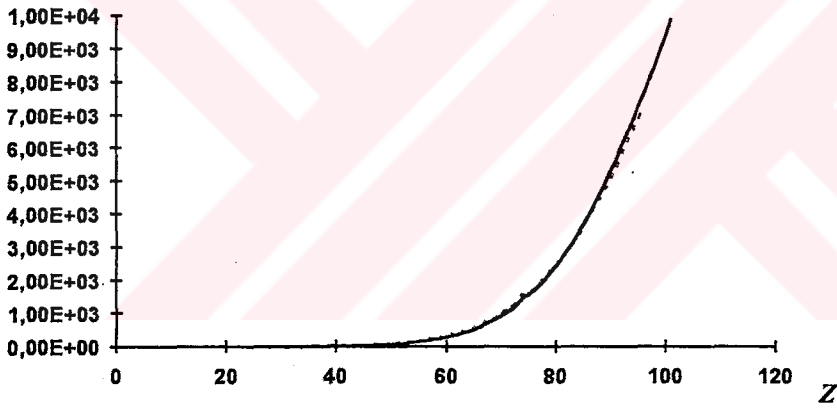
Şekil4.1:Krause ve Puri'nin değerlerinden hesapladığımız L tabakasına ait auger verimleri



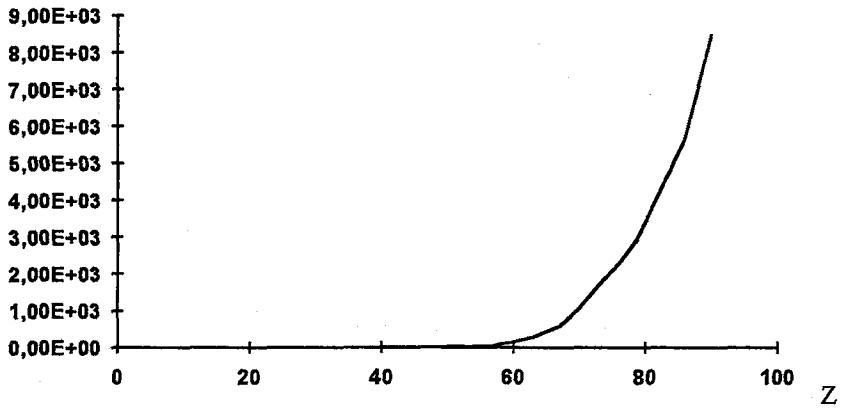
Şekil4.2:Mc. Guire'nin değerlerinden hesapladığımız ortalama M tabakası auger verimi

FIT.  $\bar{a}_M$ 

Şekil4.3:Fit edilmiş ortalama auger verimi

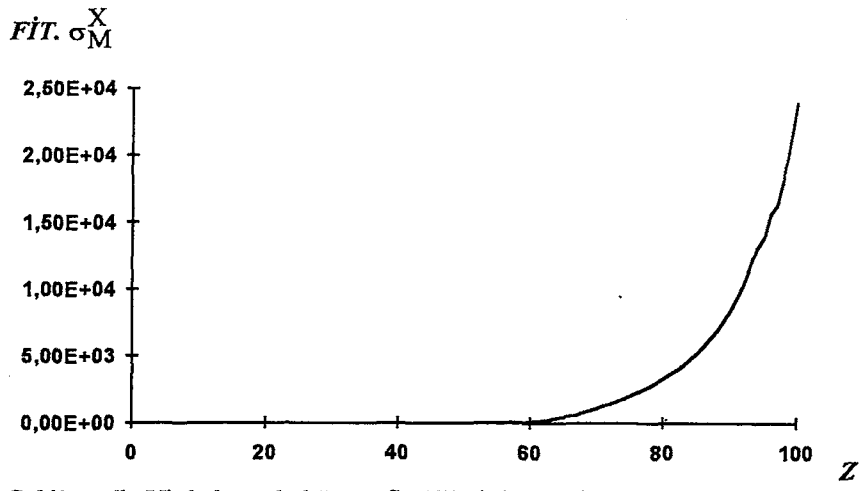
 $\sigma_L^X$ 

Şekil5.1:30keV' de Puri ve Krause'nin değerlerinden hesapladığımız L tabakası x-ışını floresans tesir kesiti

 $\sigma_M^X$ 

Şekil5.2:6keV' de Mc.Guire'nin değerlerinden hesapladığımız M tabakası x-ışını floresans tesir kesiti





Şekil 5.3: 6keV’ de hesapladığımız fit edilmiş M tabakası x-ışını floresans tesir kesiti



## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bir defada bir boşluk için x-ışını yayınlanma ihtimaliyeti olan floresans verim, 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Fotoelektrik olay sonucunda karakteristik x-ışını ile Auger olayının meydana gelme ihtimaliyeti toplamı 1'dir. Küçük atom numaralı elementler de Auger elektronu yayınlanma ihtimaliyeti yüksek, büyük atom numaralı elementlerde ise karakteristik x-ışını yayınlanma ihtimaliyeti yüksek olduğundan atom numarası büyüdükçe L ve M tabakalarına ait ortalama floresans verimler artacak, ortalama auger verimleri azalacaktır. Buna bağlı olarak da atom numarası büyüdükçe L ve M tabakalarının x-ışını floresans tesir kesitleri artacaktır.

Krause'nin değerlerinden faydalanarak hesapladığımız L tabakasına ait ortalama floresans verimler, Chen ve arkadaşlarının  $56 \leq Z \leq 79$  arası elementler bölgesi için bulduğu değerlerden %2-11 daha küçük,  $80 \leq Z \leq 92$  arası elementler bölgesinde %0,8-4 daha büyük, Hubbell'in değerlerinden ise  $26 \leq Z \leq 32$  arası bölgede %14-17 daha büyük,  $Z=25$  için %4 daha küçük,  $33 \leq Z \leq 100$  arası bölgede de %0,5-3,2 daha küçük, Singh ve arkadaşlarının değerlerinden de  $25 \leq Z \leq 39$  arası bölgede %1-12 ve  $79 \leq Z \leq 92$  arası bölgede %2-5 daha büyük,  $40 \leq Z \leq 78$  arası bölgede %0,9-12 daha küçük olduğu görülmüştür.

Puri'nin değerlerinden faydalanarak hesapladığımız L tabakasına ait ortalama floresans verimler, Chen arkadaşlarının  $56 \leq Z \leq 66$  arası elementler için bulduğu değerlerden %1-2 daha küçük,  $67 \leq Z \leq 92$  arası bölgede %0,4-1 daha büyük, Hubbell'in değerlerinden ise  $25 \leq Z \leq 27$  arası bölgede %2,3-26 daha küçük,  $28 \leq Z \leq 96$  arası bölgede %0,2-8 daha büyük, Singh ve arkadaşlarının değerlerinden de  $26 \leq Z \leq 63$  arası bölgede %1-21 daha küçük,  $64 \leq Z \leq 92$  arası bölgede ise %1-4 daha büyük olduğu görülmüştür.

Krause'nin değerlerinden hesapladığımız  $\bar{w}_L$  değerleri,  $25 \leq Z \leq 40$  arası elementler bölgesinde Puri'nin değerleri kullanılarak hesapladığımız  $\bar{w}_L$  değerlerinden büyük,  $41 \leq Z \leq 80$  arası elementler bölgesinde küçük ve  $81 \leq Z \leq 101$  arası bölgede ise büyük olduğu görülmüştür. Bunun nedeni,  $\bar{w}_L$  değerleri hesaplanırken kullanılan fiziki parametrelerdeki farktan kaynaklanmaktadır.

Krause ve Puri'nin değerlerinden hesapladığımız  $\bar{w}_L$  değerlerindeki farktan dolayı da toplam L tabakasına ait x-ışını floresans tesir kesitleri arasında bir farklılık ortaya çıkmıştır.

L tabakasına ait hesapladığımız ortalama auger verimleri ( $\bar{a}_L$ ) ile Hubbell'in  $\bar{w}_L$  değerlerinden faydalanarak hesapladığımız  $\bar{a}_L$  değerlerinin uyum içinde olduğu görülmüştür.

Mc Guire'nin değerlerinden hesapladığımız M tabakasına ait ortalama floresans verim değerleri, Hubbell'in değerlerinden  $Z < 34$  elementler için bir uyum söz konusu olmamasına rağmen  $34 \leq Z \leq 42$  arası bölgede %2-5 daha büyük,  $44 \leq Z \leq 67$  arası bölgede %5-40 daha küçük,  $68 \leq Z \leq 100$  arası bölgede %5-42 daha küçük, Shatendra ve arkadaşlarının değerlerinden  $79 \leq Z \leq 92$  arası dört element için %8-11 daha büyük, Chen ve arkadaşlarının değerlerinden de  $71 \leq Z \leq 92$  arası bölgede %0,6-7 daha büyük olduğu görölmüştür.

Hesapladığımız toplam M tabakasına ait x-ışını floresans tesir kesit değerleri, Mc Guire'nin değerlerinden  $72 \leq Z \leq 90$  arası elementler için %2-14 daha büyük, Shatendra ve arkadaşlarının değerlerinden de  $79 \leq Z \leq 92$  arası elementler bölgesinde %14-30 daha büyük olduğu görölmüştür.

M tabakasına ait hesapladığımız ortalama auger verimi ( $\bar{\alpha}_M$ ) ile Hubbell'in  $\bar{w}_M$  ve  $\bar{w}_M$  (fit) değerlerinden hesapladığımız auger verimlerinin iyi bir uyum içinde olduğu görölmüştür.

L ve M tabakalarına ait ortalama floresans değerlerimiz ile elde edilen diğer araştırmacıların değerleri arasındaki fark, bu değerleri hesaplamada kullandığımız Fiziksel parametrelerdeki hatalardan kaynaklanmaktadır. Bu yüzden L ve M tabakalara ait x-ışını floresans tesir kesitleri arasında da bir fark oluşacaktır.

### **KAYNAKLAR DİZİNİ**

- Bambynek, W., Crasemann, B., R.W. and Freundt, H.U., Mark, H. and Swift, C.D., Price, R.E. and Rao, P.V., 1972, X Ray Fluorescence Yields, Auger and Coster Kronig Transition Probabilities, Reviews of modern physics Vol.44, 716-813p.**
- Büyükkasap, E., 1991,  $55 \leq Z \leq 67$  Elementler Bölgesinde Karakteristik x-ışını Şiddet Oranları üzerine Bir Çalışma, A.Ü.F.B.E., Doktora Tezi.**
- Chen, M.H., Crasemann, B. and Mark, H., 1981, Widths and Fluorescence Yields of Atomic L Shell Vacancy States, Physical Review A, Vol.24, 177-182p.**
- Cohen, D.D., 1987, Average L Shell Fluorescence Yields, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B 22, 55-58p.**
- Doğan, O., 1995, Si(Li) Dedektörü ile Karakteristik x- ışınlarının Floresans Tesir Kesitlerinin ve Boşluk Geçiş İhtimaliyetlerinin Ölçülmesi, A.Ü.F.B.E., Yüksek Lisans Tezi.**
- Erdoğan, H., 1976, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, ve I için Karakteristik x-ışını Şiddet Oranları, A.Ü.T.B.T.O., Doktora Tezi.**
- Ertuğrul, M., 1990, N(coh)/N(inc) Şiddet Oranına Matris Etkileri, A.Ü.F.B.E., Yüksek Lisans Tezi.**
- Fink, R.W., Japson, R.C., Mark, H. and Swift, C.D., 1966, Atomic Fluorescence Yields, Reviews of Modern Physics, Vol.38, 513-540p.**
- Garg, R.R., Singh, S., Shahi, J.S., Mehta, D., Singh, N., Trehan, P.N., Kumar, S., Garg, M.L. and Margal, P.C., 1990, Measurement of M Shell X-Ray Production Cross Sections Using 5,96keV Photons, X Ray Spectrometry, 74-79p.**
- Garg, R.R., Puri, S., Singh, S., Mehta, D., Shahi, J.S., Garg, M.L., Singh, N., Mangal, P.C. and Trehan, P.N., 1992, Measurements of L X-Ray Fluorescence Cross Sections and Yields for Elements in the Atomic Range  $41 \leq Z \leq 52$  at 5,96keV, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B 72,147-152p.**

- Hubbell, J.H.**, 1989, Bibliography and Current Status of K, L, and Higher Shell Fluorescence Yields for Computations of Photon Energy Absorption Coefficients, National Institute of Standards and Technology Center for Radiation Research MD 20898, 1-37p.
- Hubbell, J.H.**, Trehan, P.N., Singh, N., Chand, B., Mehta, D., Garg, R.R., Singh, S. and Puri, S., 1994, A Review, Bibliography and Tabulation of K, L, and Higher Atomic Shell X-Ray Fluorescence Yields, J.Phys. Chem. Ref. Data. Vol.23,339-364p.
- Jenkins, R.**, 1988, X Ray Fluorescence Analysis, JCPDS International Centre for Diffraction Data, 620-660p.
- Krause, M.O.**, 1979, Atomic Radiative and Radiationless Yields for K and L Shells, Physical and Chemical Reference Data, Vol.8, 307-330p.
- Mc Guire, E.J.**, 1971, Atomic L Shell Coster Kronig, Auger and Radiative Rates and Fluorescence Yields for Na- Th, Physical Review A, Vol.3, 587-593p.
- Mc Guire, E.J.**, 1971, Atomic M Shell Coster Kronig, Auger, and Radiative Rates and Fluorescence Yields for Ca- Th, Physical Review A, Vol.5, 1043-1047p.
- Mc Guire, E.J.**, 1972, M Shell Auger and Coster Kronig Electron Spectra, Physical Review A, Vol.5, 1052-1059p.
- Puri, S.**, Mehta, D., Chand, B., Singh, N., Mangal, P.C. and Trehan, P.N., 1992, M Shell X Ray Production Cross Sections and Fluorescence Yields for the Elements  $71 \leq Z \leq 92$  Using 5.96 keV Photons, Nuclear Instruments and Methods Physics Research, B57,319-323p.
- Puri, S.**, Mehta, D., Chand B., Singh, N. and Trehan, P.N., 1993, L Shell Fluorescence Yields and Coster Kronig Transition Probabilities for the Elements with  $25 \leq Z \leq 96$ , X-Ray Spectrometry, Vol.22, 358-361p.
- Sahota, H.S.**, Singh, R. and Sidhu, N.P.S., 1988, Average L Shell Fluorescence Yields from L Shell Vacancies in Radionuclides, X-Ray Spectrometry, Vol.17, 99-101p.
- Salem, S.I.**, 1974, Panossian S.I. and Krause, R.A., Experimental K and L Relative X- Ray Emission Rates, Atomic Data and Nuclear data Tables 14,91-109p.

- Scofield, J.H.**, 1973, Theoretical Photoionization Cross Sections from 1 to 1500keV, UCRL-51326.
- Shatendra, K.**, Allawadhi, K.L. and Sood, B.S., 1983, Measurements of Average M Shell Fluorescence Yields in some High Z Elements, Physica 124C, 279-281p.
- Singh, I.**, Mittal, R., Allawadhi, K.L. and Sood, B.S., 1984, Measurement of Average L Shell Fluorescence Yields in Elements  $73 \leq Z \leq 92$ , Physica 132C, 119-121p.
- Singh, S.**, Mehta, D., Garg, R., Kumar, S., Garg, M.L., Singh, N., Mangal, P.C., Hubbell, J.H. and Trehan, P.N., 1990, Average L Shell Fluorescence Yields for Elements  $56 \leq Z \leq 92$  Nuclear Instruments and Methods Physics Research, B51, 5-10p.
- Tan, M.**, 1982, Nd ve Yb Elementlerinin Floresans Verimi ve Coster-Kronig Geçiş İhtimaliyetleri, A.Ü. Doçentlik Tezi.
- Tertian, R.** and Claisse, F., 1982, Principles of Quantitative X-Ray Fluorescence Analysis, Heyden, New York, 56-78p.
- Tertian, R.**, 1988, X-Ray Spectrom., 17, 89-88p.
- Tıraşoğlu, E.**, 1994, Enerji Dispersiv X-Işını Floresans Analizinde Şiddetlendirme Etkisi, A.Ü.F.B.E., Doktora Tezi.
- VanDyck, P.**, Morkowicz, A. and VanGrieken, R., 1985, X-Ray Spectrometry, 14 (4), 183p.
- VanEspan, J.P.**, 1991, PhD Thesis, Universiteit Antwerpen, Belçika.
- Yamoto, I.**, Kaji, H. and Yoshihara, K., 1985, J. Radiat. Nucl. Chem. Lett., 95, 5, 301-309p.