



T.C.  
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
FİZİK ANABİLİM DALI

BAŞLIK  
CLS

FAHRETTİN KOYUNCU

Doktora Tezi

Danışman  
Doç. Dr. Asım SOYLU

Temmuz 2018

## ÖZET

BAŞLIK

CLS

KOYUNCU, Fahrettin

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman

:Doç. Dr. Asım SOYLU

Temmuz 2018, .... sayfa

Anahtar sözcükler:

## SUMMARY

TITLE

CLS

KOYUNCU, Fahrettin

Niğde Ömer Halisdemir University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics

Supervisor

:Doç. Dr. Asım SOYLU

June 2018, .... pages

Keywords:

## ÖNSÖZ

## TEŞEKKÜR

## İÇİNDEKİLER

ÖZET . . . . .	iii
SUMMARY . . . . .	iv
ÖNSÖZ . . . . .	v
TEŞEKKÜR . . . . .	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ . . . . .	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ . . . . .	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ . . . . .	ix
BÖLÜM I. GİRİŞ . . . . .	1
BÖLÜM II. KÜMELENME TEORİSİ VE REAKSİYON KİNEMATİĞİ . . . . .	5
BÖLÜM III. OKSİJEN ÇEKİRDEĞİNDEKİ DÖRT ALFALI ZİNCİR YAPISI . . . . .	6
BÖLÜM IV. DENEYSEL TEKNİKLER . . . . .	7
BÖLÜM V. VERİ ANALİZLERİ . . . . .	8
BÖLÜM VI. MONTE CARLO SİMÜLASYONLARI . . . . .	9
BÖLÜM VII. BULGULAR . . . . .	10
BÖLÜM VIII. TARTIŞMA VE SONUÇ . . . . .	11
8.1 Diferansiyel Tesir Kesitlerinin karşılaştırılması . . . . .	11
8.2 Sonuç ve Gelecek Çalışmalar . . . . .	11
KAYNAKLAR . . . . .	13
EKLER . . . . .	17
ÖZGEÇMİŞ . . . . .	18

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 8.1	Enerjilere atanan en olası spin-parite değerleri . . . . .	12
-------------	--	----



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 8.1	Uyarılma enerjileri ile $^{12}\text{C}(^4\text{He}, ^8\text{Be})^8\text{Be}$ için atanan spin ve parite değerlerinden elde edilen $J(J + 1)$ 'in grafiği . . . . .	11
-----------	--	----

## BÖLÜM I

### GİRİŞ

Genel manada füzyon reaksiyonu iki atom çekirdeğinin bir araya gelip birleşmesi ve daha ağır bir çekirdek oluşturması olayıdır. Bu süreç sonunda açığa çıkan enerji toplam kütledeki kayıp ile ilişkilidir. Demir gurubu (Co-Ni-Fe) elementlerin kuşağına gelindiğinde  $A \cong 62$  de ( $A$  kütle numarası) çekirdeğin bağlanma enerjisi maksimum seviyeye ulaşır. Dolayısıyla kütle numarası daha düşük olan çekirdeklerin füzyonu enerji salma eğilimindedir (Bertulani). Kütle numarası daha büyük elementlerin ( $A > 62$ ) füzyon yapması ile açığa çıkacak enerji füzyona girmeleri için gerekli olan enerjiden çok daha küçüktür. İki çekirdeğin füzyon yapması farklı yollar ile mümkün olabilir, hızlandırılmış parçacıkların hedef üzerine düşürülmesi veya füzyona girecek çekirdeklerin bulunduğu ortamın yeterince sıcak ve yoğun olması gibi, termal yollar ile gerçekleşen bu füzyon reaksiyonları termonükleer füzyon reaksiyonları olarak adlandırılırlar (Clayton Illiadis Arnett). Termonükleer füzyon reaksiyonları için yıldızlar en iyi adaylardır.

Örneğin Güneşte üretilen enerjinin kimyasal yollardan olduğunu varsayalım. Kimyasal reaksiyonlar atomlardaki veya moleküllerdeki elektronların yeniden düzenlenmesi ile gerçekleşirler ve böylece enerji yayarlar, yayılan enerjinin miktarı ise elektronların enerji seviyesi mertebesinde. Bu şekilde her bir atomun  $E_1 \sim 10$  eV enerji yaydığını düşünelim o halde toplam enerji  $E_{tot} = NE_1$  kadar olacaktır. Yine bir varsayım yaparak Güneşin tamamının hidrojen atomlarından teşekkül ettiğini ele alalım buradan  $N \sim M_{\odot}/m_p \sim 1.2 \times 10^{57}$  elde edilir ve toplam

$$E_{tot} \sim 1.2 \times 10^{58} eV \frac{1.60 \times 10^{-19}}{1 eV} \sim 1.9 \times 10^{39} J, \quad (1.1)$$

olarak elde edilir. Bu toplam enerji ile Güneş ancak

$$t = \frac{E_{tot}}{L_{\odot}} \sim \frac{1.9 \times 10^{39} J}{3.84 \times 10^{26} J s^{-1}} \sim 5 \times 10^{12} s \sim 160.000 y, \quad (1.2)$$

kadar parlayacaktır, burada  $L_{\odot}$  Güneşin lüminositesidir. Nükleer enerjiler ise MeV mertebesinde yani kimyasal enerjinin milyon katı mertebesinde. Bu süreçler Einsteinın kütle-enerji dönüşüm ilkesi uyarınca enerji salınımı yaparlar. Dolayısıyla

Güneşin tüm kütlelerinin enerjiye dönüştüğünü düşünürsek

$$E_{tot} = M_{\odot}c^2 \sim (1.99 \times 10^{30} \text{ kg}) (3 \times 10^8 \text{ m/s}) \sim 2 \times 10^{47} \text{ J}$$

$$t = \frac{2.47 \times 10^{47} \text{ J}}{3.84 \times 10^{26} \text{ J s}^{-1}} \sim 5 \times 10^{20} \text{ s} \sim 10^{13} \text{ y}, \quad (1.3)$$

bulunur, burada sırasıyla  $M_{\odot}$  ve  $c$  Güneşin kütlesi ve ışığın hızıdır. Elbette füzyon ile açığa çıkan enerji bundan daha azdır çünkü enerjiye dönüşen kütle miktarı daha azdır. Burada amaç zaman bakımından nükleer süreçlerin yıldızlara daha uygun olduğunu göstermektir (Principles of Astrophysics). Füzyon reaksiyonlarının önündeki en büyük engel Coulomb bariyeridir. Dolayısıyla ilk akla gelen yıldızlardaki sıcaklığın Coulomb engelini aşmakta yeterli olup olmadığıdır. Yine Güneşi örnek olarak seçersek, klasik fizik çerçevesinde düşündüğümüzde füzyonun sadece kinetik enerjinin Coulomb bariyerini aştığı yerde olabileceğini söyleriz. Hızların Maxwell-Boltzmann dağılımı için tipik kinetik enerji,  $k_b$  Boltzmann sabiti ve  $T$  ise sıcaklık olmak üzere,  $\sim \frac{3}{2}k_bT$  ile verilir.  $r_s$  güçlü kuvvetin etkin olduğu yer olarak seçilirse Coulomb bariyerinin yüksekliği  $\frac{Z_1Z_2e^2}{r_s}$  olur. Coulomb bariyerini aşacak kinetik enerji için sıcaklık

$$T = \frac{2Z_1Z_2e^2}{3k_br_s}, \quad (1.4)$$

olarak elde edilir ve burada sırasıyla  $Z_i$  ve  $e$  füzyona giren çekirdeklerin proton sayıları ve birim yüküdür. Hidrojen füzyonu için  $r_s = 1 \text{ fm}$  alınırsa

$$T \sim \frac{2(1.52 \times 10^{-14} \text{ kg}^{1/2} \text{ m}^{3/2} \text{ s}^{-1})^2}{3(1.38 \times 10^{-23} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1})(10^{-15} \text{ m})} \sim 10^{10} \text{ K}, \quad (1.5)$$

olarak hesaplanır. Bulunan bu değer Güneş merkezindeki sıcaklıktan daha yüksektir (Güneşin merkez sıcaklığı  $\sim 1.6 \times 10^7 \text{ K}$ ). Dolayısıyla klasik yaklaşıma göre füzyon oluşması beklenmez (Principles of Astrophysics).

Oysa kuantum fiziği hesaba katıldığında parçacıkların yerine onların dalga fonksiyonu düşünülür. Dalga fonksiyonu parçacığın belirli bir pozisyonda bulunma olasılığıdır. Bariyere yaklaştıkça dalga fonksiyonun kaybolması gerekmez, bariyerin içine nüfuz edebilir ve diğer taraftan daha küçük sonlu bir genlikle çıkabilir. Tünellemenin manası parçacığın Coulomb bariyerini aşması değil bariyerden tünelleme yapıp geçmesi için gerekli enerjiye sahip olması durumudur. Işık için momentum ve dalga boyu arasındaki ilişkinin  $\lambda = h/p$  olduğunu biliyoruz. Bu eşitlik ağır parçacıklar içinde uygulanabilir. O halde füzyon yapmak üzere yaklaşan

iki çekirdek için

$$kinetikenerji = \frac{1}{2}\mu v^2 = \frac{p^2}{2\mu} = \frac{h^2}{2\mu\lambda^2}, \quad (1.6)$$

şeklinde verilir ve burada  $\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$  sistemin indirgenmiş kütlesidir. Coulomb bariyeri klasik yaklaşımda olduğu gibi kullanılır fakat  $r_s$  aralığı  $\lambda$  olur,  $\frac{Z_1 Z_2 e^2}{\lambda}$ . Klasik enerjiyi Coloumb bariyerine eşitlediğimizde

$$\lambda = \frac{h^2}{2Z_1 Z_2 e^2 \mu}, \quad (1.7)$$

sonucuna ulaşırız. Yeniden sıcaklık bağlantısına geçtiğimizde ve hidrojen için  $\mu = m_p/2$  alındığında

$$T \sim \frac{h^2}{3\mu k_b \lambda^2} \sim \frac{4Z_1^2 Z_2^2 e^4 \mu}{3k_b h^2} \sim 10^7 K, \quad (1.8)$$

olur ve bu sonuç Güneşin merkez sıcaklığı ile uyumludur (Principles of Astrophysics). Güneş dahil tüm yıldızlar enerjilerini füzyon reaksiyonları ile sağlarlar ve muhtemel füzyon reaksiyonlarının çeşitliliği ise yıldızın kütlesi ile ilişkilidir.

O halde elementler arasındaki nükleer reaksiyonların mekanizmalarını anlamak, yıldızların yaşam süreçlerini ve ne tür çekirdeklerin sentezlendiğinin bilgisini elde etmek için gereklidir. Nükleer fizik, reaksiyon mekanizmalarının açıklanmasında, astrofizik ise elementlerin sentezlendiği fiziksel ortamın şartlarının belirlenmesinde bize yol gösterir (Tübitak 1001). işte bu şartlar altında yapılan çalışmalar doğal olarak nükleer astrofiziğin ilk inceleme alanı güneşin enerji kaynağı olan nükleer reaksiyonların anlaşılması üzerine olmuştur. 1938 yılında, Bethe ve Critchfield şu an pp-zinciri olarak adlandırılan hidrojenin helyuma dönüşümünü açıklayan reaksiyonlar üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır (TEz-ö.1). Ardından von Weizsäcker ve Bethe birbirlerinden bağımsız olarak, hidrojenin helyuma dönüşümü tanımlayan CNO-I döngüsünü önermişlerdir (Tez-ö.2,3). Bu gibi çalışmalar ile farklı kütledeki yıldızların yanma süreçleri hakkında farklı bilgiler ortaya konulmuştur.

Yıldızlarda nükleer reaksiyonların çeşitliliğinin yıldızın kütlesi, ile ilişkili olduğunu daha önce belirtmiştik. Bu çalışmada ilgilenmesi planlanan yıldızlar kütlece  $M > 11 M_\odot$  mertebesinde olup bu yıldızlarda değişim süreci düşük kütleli yıldızlara göre önemli farklılıklar gösterir. Ağır yıldızlarda daha önce bahsettiğimiz pp-zinciri, CNO döngüsü ve üçlü-alfa reaksiyonları gibi süreçler düşük kütleli yıldızlara göre

daha erken dönemlerde gerçekleşir. Dolayısıyla yıldızda Karbon, Oksijen, Neon ve Silikon yanma süreçleri gibi farklı yanma fazlarının oluşması beklenir. Bahsi geçen bu yanma fazlarından bazılarına çalışmamızın diğer kısımlarında detaylı olarak değineceğiz. Bu tez çalışmasında kullanılan materyal ve metot kısmı tezin 2. kısmında

## **BÖLÜM II**

### **KÜMELENME TEORİSİ VE REAKSİYON KİNEMATİĞİ**

## BÖLÜM III

### OKSİJEN ÇEKİRDEĞİNDEKİ DÖRT ALFALI ZİNCİR YAPISI

**BÖLÜM IV**

**DENEYSEL TEKNİKLER**



**BÖLÜM V**  
**VERİ ANALİZLERİ**

## BÖLÜM VI

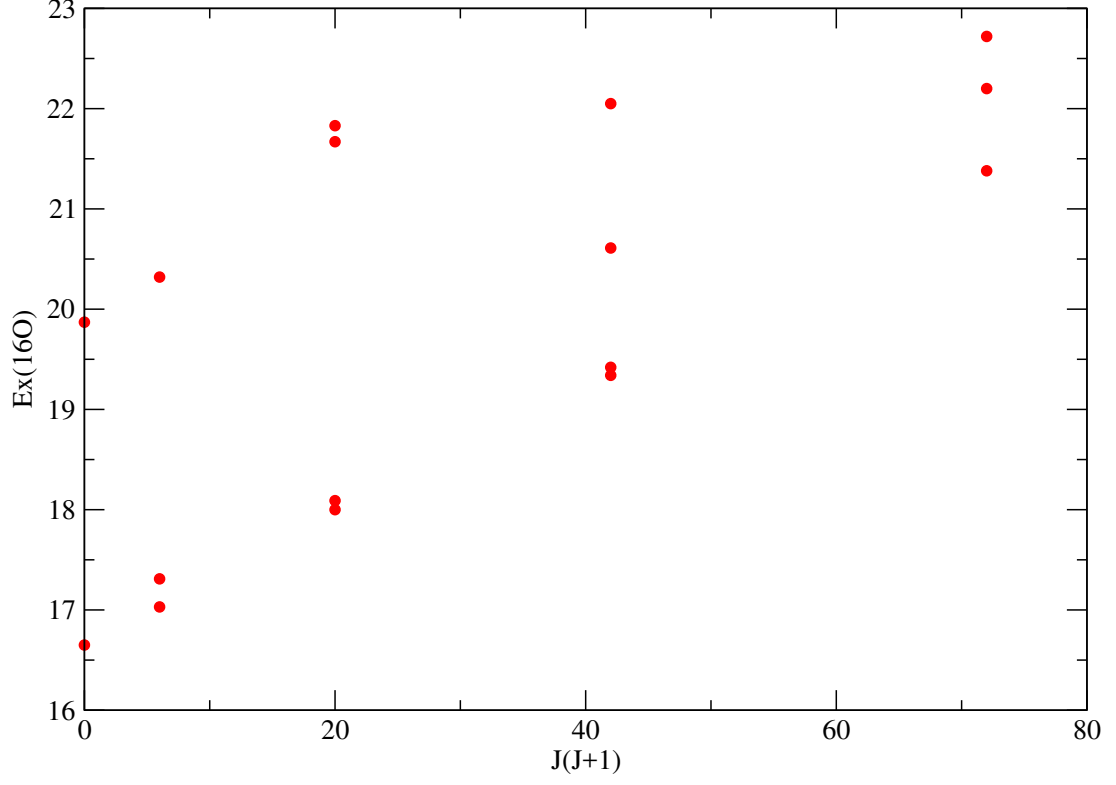
### MONTE CARLO SİMÜLASYONLARI

## **BÖLÜM VII**

### **BULGULAR**

## BÖLÜM VIII

### TARTIŞMA VE SONUÇ



Şekil 8.1 Uyarılma enerjileri ile  $^{12}\text{C}(^4\text{He}, ^8\text{Be})^8\text{Be}$  için atanan spin ve parite değerlerinden elde edilen  $J(J + 1)$ 'in grafiği

#### 8.2 Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Çizelge 8.1 Enerjilere atanan en olası spin-parite değerleri

$^{12}\text{C}(^4\text{He}, ^8\text{Be})^8\text{Be}$		
$E_x$	$E_\alpha$	$J^\pi(\text{Çift})$
16,65	12,60	<b>0<sup>+</sup></b>
17,03	13,10	<b>2<sup>+</sup></b>
17,31	13,50	<b>2<sup>+</sup></b>
17,54	13,80	-
17,70	14,00	-
17,84	14,20	<b>2<sup>+</sup>, 4<sup>+</sup></b>
18,00	14,40	<b>4<sup>+</sup></b>
18,09	14,52	<b>4<sup>+</sup></b>
18,24	14,70	-
18,68	15,30	-
18,98	15,70	-
19,34	16,20	<b>6<sup>+</sup></b>
19,42	16,30	<b>6<sup>+</sup></b>
19,57	16,50	<b>2<sup>+</sup>, 4<sup>+</sup>, 6<sup>+</sup></b>
19,87	16,90	<b>0<sup>+</sup></b>
20,10	17,20	-
20,32	17,50	<b>2<sup>+</sup></b>
20,61	17,90	<b>6<sup>+</sup></b>
20,77	18,10	<b>6<sup>+</sup>, 8<sup>+</sup></b>
21,38	18,90	<b>8<sup>+</sup></b>
21,67	19,30	<b>4<sup>+</sup></b>
21,83	19,50	<b>4<sup>+</sup></b>
22,05	19,80	<b>6<sup>+</sup></b>
22,20	20,00	<b>8<sup>+</sup></b>
22,72	20,70	<b>8<sup>+</sup></b>

## KAYNAKLAR

- [1] Chadwick, J., The Existence of a Neutron, Proc. Roy. Soc. A, 136, 692-708, 1932.
- [2] Bethe, H.A. and Bacher, R.F., Nuclear Physics I. Stationary States of Nuclei, Rev. Mod. Phys., 8, 82-229, 1936.
- [3] Bethe, H.A., Nuclear Physics II. Nuclear Dynamics, Theoretical, Rev. Mod. Phys., 9, 69-244, 1937.
- [4] Wheeler, J.A., Molecular Viewpoints in Nuclear Structure, Phys. Rev., 52, 1083-1106, 1937.
- [5] Dennison, D.M., Excited States of the  $O^{16}$  Nucleus, Phys. Rev., 57, 454-456, 1940.
- [6] Rutherford, E., The Scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  Particles by Matter and the Structure of the Atom, Phil. Mag., 21, 669-688, 1911.
- [7] Gamow, G., Mass Defect Curve and Nuclear Constitution, Proc. Roy. Soc. A, 126, 632-644, 1930.
- [8] Gamow, G., Constitution of Atomic Nuclei and Radioactivity, Oxford University Press, UK, 1931.
- [9] Freer, M. and Merchant, A.C., Developments in the study of nuclear clustering in light even-even nuclei, J. Phys. G., 23, 261-323, 1997.
- [10] Chevallier, P., Scheibling, F., Goldring, G., Plessner, I. and Sachs, M. W., Breakup of  $O^{16}$  into  $Be^8 + Be^8$ , Phys. Rev., 160, 827-835, 1967.
- [11] Brochard, F., Chevallier, P., Disdier, D., Rauch V., Rudolf G. and Scheibling F.,  $^{12}C(^4He, ^8Be)^8Be$  reaction in the energy range  $E_x=17-33$  MeV, Physical Review C, 13, 967-975, 1976.
- [12] Martin, Ph. and Ophel T.R., A search for an  $8^+$  level in  $^{16}O$  with the  $^{12}C(^4He, ^8Be)^8Be$  reaction, Nuclear Physics A, 194, 491-496, 1972.
- [13] Ames, L.L., Natural parity levels in  $^{16}O$ , Physical Review C, 25, 729-755, 1982.
- [14] Wheeler, J., On the Mathematical Description of Light Nuclei by the Method of Resonating Group Structure, Phys. Rev., 52, 1107-1122, 1937.
- [15] Hafstad, L. and Teller, E., The Alpha-Particle Model of the Nucleus, Phys. Rev., 54, 681-692, 1938.
- [16] Brink, D.M., Proc. Int. School of Physics, Enrico Fermi Course 36, Varenna, ed C. Bloch Academic Press, New York, 247, 1966.

- [17] Morinaga, H., Interpretation of Some of the Excited States of  $4n$  Self-Conjugate Nuclei, *Phys. Rev.*, 101, 254-258, 1956.
- [18] Ikeda, K., Tagikawa N. and Horiuchi, H., The Systematic Structure-Change into the Molecule-like Structures in the Self-Conjugate  $4n$  Nuclei, *Prog. Theor. Phys.* (Suppl.), E68, 464-475, 1968.
- [19] Buck, B., Dover C.B. and Vary J.P., Simple potential model for cluster states in light nuclei, *Phys. Rev. C*, 11, 1803-1821, 1975.
- [20] Freer M., The clustered nucleus-cluster structures in stable and unstable nuclei, *Rep. Prog. Phys.* 70, 2149-2210, 2007.
- [21] Britton, T.M., The Search for the  $2^+$  Excitation of the Hoyle State in  $^{12}\text{C}$  using  $^{12}\text{C}(^{12}\text{C}, 3\alpha)^{12}\text{C}$  reaction, midterm report, University of Birmingham, Birmingham, 2008.
- [22] Erb, K.A., Betts, R.R., Resonant and average behavior of the  $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$  total reaction cross section:  $5.6 \leq E_{cm} \leq 10.0$  MeV, *Phys. Rev. C*, 22, 507-514, 1980.
- [23] Buck, B., Friedrich, H. and Wheatley, C., Local potential models for the scattering of complex nuclei, *Nucl. Phys. A*, 275, 246-268, 1977.
- [24] Hiura, J., and Tamagaki, R., Chapter II. Typical Realization of Alpha-Particle Model Aspects in Beryllium Region, *Suppl. Prog. Theor. Phys.*, 52, 25-88, 1972.
- [25] Holzer, P., Mosel, U. and Greiner, W., Double-centre oscillator and its application to fission, *Nucl. Phys. A*, 138, 241-252, 1969.
- [26] Harvey, M., USDERA report ORO-486526, 549, *Proc. 2nd Int. Conf. on Clustering Phenomena in Nuclei*, College Park, 1979.
- [27] Samantha, J. H., Search for a Shape Eigenstate in  $^{32}\text{S}$ , PhD Thesis, University of Birmingham, Birmingham, 1998.
- [28] Leander, G. and Larsson, S.E., Potential-energy surfaces for the doubly even  $N=Z$  nuclei, *Nucl. Phys. A*, 239, 93-113, 1975.
- [29] Merchant, A. and Rae, W., Systematics of alpha-chain states in  $4N$ -nuclei, *Nucl. Phys. A*, 549, 431-438, 1992.
- [30] Zhang, J. and Rae, W., Systematics of 2-dimensional  $\alpha$ -cluster configurations in  $4N$  nuclei from  $^{12}\text{C}$  to  $^{44}\text{Ti}$ , *Nucl. Phys. A*, 564, 252-270, 1993.
- [31] Kanada-En'yo, Y. and Horiuchi, H., Structure of light exotic nuclei studied with AMD model, *Nucl. Phys. A*, 616, 394-405, 1997.

- [32] Kanada-En'yo, Y. and Horiuchi, H., Structure of Light Unstable Nuclei Studied with Antisymmetrized Molecular Dynamics, Prog. Theor. Phys.(Japan), Suppl., 142, 205-263, 2001.
- [33] Xu, C. and Ren, Z.Z.,  $\alpha$  decay of nuclei in extreme cases, Phys. Rev. C, 69, 024614, 2004.
- [34] Xu, C. and Ren, Z.Z., Favored  $\alpha$ -decays of medium mass nuclei in density-dependent cluster model, Nuclear Physics A, 760, 303-316, 2005.
- [35] Ren, Z.Z., Xu, C. and Wang, Z.J., New perspective on complex cluster radioactivity of heavy nuclei, Phys. Rev. C, 70, 034304, 2004.
- [36] Ajzenberg-Selove, F., Energy Levels of Light Nuclei,  $A = 5 - 10$ , Nucl. Phys. A, 490, 88, 1988.
- [37] Takigawa, N. and Arima, A., Structure of  $^{12}\text{C}$ , Nucl. Phys. A, 168, 593-624, 1971.
- [38] Takaschy, N.D., The structure of  $^{12}\text{C}$  in a cluster model with varying hinge angle, Nucl. Phys. A, 178, 469, 1972.
- [39] Bargholtz, C., Vibrations and polarizations in a cluster model description of states in  $^{12}\text{C}$  and  $^{16}\text{O}$ , Nucl. Phys. A, 243, 449, 1975.
- [40] Ames, L.L., Natural Parity Levels in Oxygen  $^{16}\text{O}$ , PhD Thesis, Wisconsin University, Madison, 1979.
- [41] Freer, M. and Clarke, N.M.,  $^8\text{Be}$  and  $\alpha$  decay of  $^{16}\text{O}$ , Phys. Rev. C, 51, 1682-1692, 1995.
- [42] Eswaran, M.A., Mirgule, E.T., Kumar S., Chakrabarty D.R. and Datar V.M., Int. Nucl. Phys. Symp., Trombay, Bombay, India, 1995.
- [43] Wuosmaa, A.H., Betts, R.R., Back, B.B., Freer, M., Glagola, B.G., Happ, T., Henderson, D.J., Wilt, P. and Bearden, I.G., Evidence for alpha-particle chain configurations in  $^{24}\text{Mg}$ , Phys. Rev. Lett. 68, 1295-1298, 1992.
- [44] Marsh, S. and Rae, W.D.M., The structure of  $^{24}\text{Mg}$  using the cranked cluster model, Phys. Lett. B, 180, 185-190, 1986.
- [45] Robson, D., Nuclear reactions with resonant-particle production, Nucl. Phys. A, 204, 523-528, 1973.
- [46] Rae, W.D.M., Cole, A.J., Harvey, B.G. and Stokstad, R.G., Breakup of  $^{16}\text{O}$  and  $^{20}\text{Ne}$  at 9 MeV/nucleon, Phys. Rev. C, 30, 158-168, 1984.
- [47] Chappell, S., Rae, W.D.M. and Simmons, P., Calibration of position sensitive detectors with low-energy elastic scattering, Nucl. Inst. and Meths. A, 396, 383-387, 1997.



- [48] Price, D.L., Clustering and Nuclear Structure of the Carbon Isotopes  $^{13}\text{C}$  and  $^{14}\text{C}$ , PhD Thesis, University of Birmingham, Birmingham, 2007.
- [49] Krane, K.S., Introductory Nuclear Physics, John Wiley and Sons press, 1987.
- [50] Institut de Physique Nucléaire Orsay, <http://www.efnudat.org/docs/ipn.pdf>, 2007.
- [51] Haigh, P.J., The Search for Molecular Cluster Structures in  $^{11}\text{Be}$  and  $^{14}\text{C}$ , PhD Thesis, University of Birmingham, Birmingham, 2007.
- [52] Sunsort, Charissa group, <http://npg.dl.ac.uk/MIDAS/manual/SunSort/index.html>, 1999.
- [53] Soylu, A., Freer, M. and Curtis, N., Monte Carlo Simulation Code for dedection efficiency, Birmingham Üniversitesi, yayınlanmadı, 2009.
- [54] Relkin, Yale University, <http://nucleus.iaea.org/CIR/CIR/LARELKIN.html>, 2000.
- [55] Soylu, A., Freer, M. and Curtis, N., Data Analysis of Orsay Experiment başlıklı rapor, Birmingham Üniversitesi, yayınlanmadı, 2009.
- [56] Soylu, A., Freer, M. and Curtis, N., Angular Distributions and Monte Carlo Simulations of Orsay Experiment başlıklı rapor, Birmingham Üniversitesi, yayınlanmadı, 2009.
- [57] Monte Carlo Methods, <http://en.wikipedia.org/wiki/MonteCarlomethod>

**EKLER**

**EK-A**

## ÖZGEÇMİŞ