

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

Ç.N.A.E.M. A.R- 266

"SOĞUK FÜZYON" UN Pd K_x-IŞINLARI ÖLÇÜMÜYLE SINANMASI

A.Ercan, N.Erduran, E.Gültekin

FİZİK BÖLÜMÜ

Kasım 1989

P. K. 1, Hava Alanı, İstanbul



TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

C.N.A.E.M. A . R - 266

"SOĞUK FÜZYON"UN Pd K_x- IŞINLARI ÖLÇÜMÜYLE SINANMASI

A.Ercan , N.Erduran , E.Gültekin

FİZİK BÖLÜMÜ

Kasım 1989

P. K. 1, Hava Alanı, İstanbul

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL	1
3. DENEYSEL	5
4. SONUÇ	9
5. KAYNAKLAR	10

"SOĞUK FÜZYON"UN Pd K α -IŞINLARI ÖLÇÜMÜYLE SINANMASI

Ali Ercan, Nizamettin Erduran, Ergun Gültekin

Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
Fizik Bölümü PK. 1 , 34831 Havaalanı-Istanbul

Özet:

3"x3" kuyu tipi NaI(Tl) dedektör sisteminde Pd K α -ışınlarının ölçümü yöntemiyle, şimdiye kadar üzerinde durulmamış bir $d + d \rightarrow \alpha$ "Soğuk Füzyon" türünün olabilirliği araştırılmıştır. Bu deney, böyle "eksotik" bir tepkileşimin yer almadığını göstermektedir.

Abstract:

The plausibility of $d + d \rightarrow \alpha$ type "Cold Fusion" which has not been given any attention so far, was investigated by a method based on detection of Pd K α -rays using a well-type 3"x3" NaI(Tl) detector system. No evidence of this kind of "exotic" reaction was found.

1. Giriş

Ağırsuyun (D_2O) Platin anod ve Paladyum katod kullanılarak yapılan elektrolizi sonucu ısı şeklinde açığa çıkan bir enerji fazlalığının gözlemlendiği ve bunun da paladyum kristali içindeki döteron çekirdeklerinin kaynaşmaları (d-d Füzyonu) sonucu olduğu ileri sürülmüştür [1]. Bunun üzerine, değişik laboratuvarlarda yapılan yoğun deneysel ve kuramsal çalışmalar çelişkili sonuçlar ortaya çıkarmıştır. d-d kaynaşmasının beklenen ürünlerinden 2.45 MeV lik nötronların doğrudan veya dolaylı olarak ölçümlerinden çıkarılan d-d tepkileşim hızı, açığa çıktığı ileri sürülen entalpi fazlalığını açıklamaktan çok uzaktır [2]. Öte yandan, katod olarak kullanılan Paladyum kristalini eritecek kadar [1] yüksek ısıların açığa çıktığı ve bu ısı kaynağının da öne sürülen d-d kaynaşması olduğu kabul edilirse, normal şartlar altında pek gözlenemeyen bir d-d tepkileşim türünün göz önüne alınması gerekir [3].

2. Kuramsal

Baryon sayısı, elektrik yük, enerji, momentum, açısal momentum, parite gibi fiziksel büyüklüklerin korunduğu ve ısı-salan d-d tepkileşimleri ve bu tepkileşimlerin Q-değerleri şunlardır:

$$d + d \rightarrow t + n \quad , \quad Q = 3.27 \text{ MeV} \quad (T1)$$

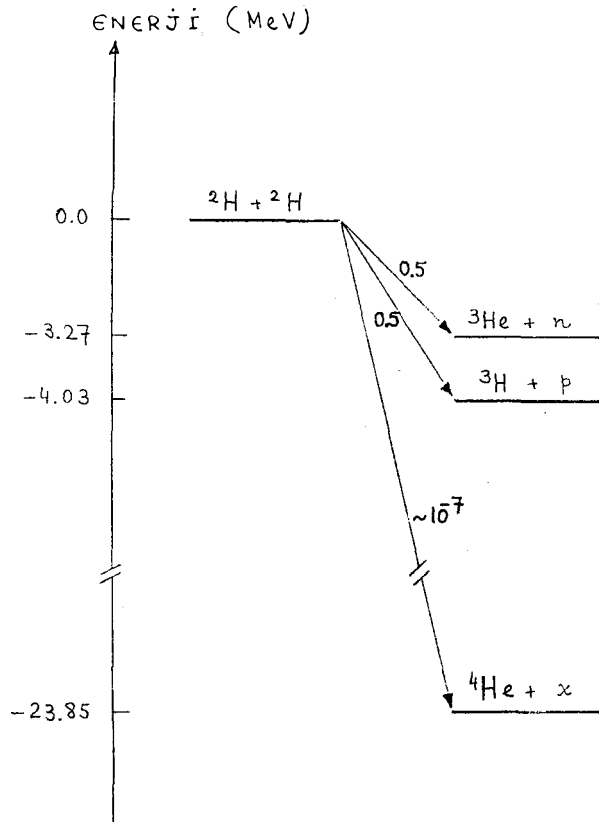
$$d + d \rightarrow t + p \quad , \quad Q = 4.03 \text{ MeV} \quad (T2)$$

$$d + d \rightarrow \alpha + \gamma \quad , \quad Q = 23.85 \text{ MeV} \quad (T3)$$

Bu tepkileşimlerde yer alan parçacıkların temel seviye spin ve pariteleri, kütle farkları aşağıda listelenmiştir :

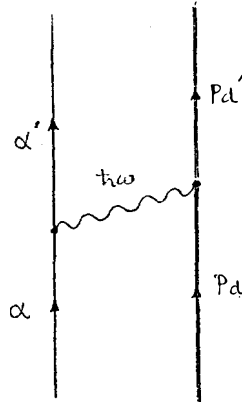
Parçacık	Simge	I^π	δm (MeV)
foton	γ	1^-	0
proton	p	$1/2^+$	7.289
nötron	n	$1/2^+$	8.071
döteron	d	1^+	13.136
triton	t	$1/2^+$	14.950
^3He	τ	$1/2^+$	14.231
alfa	α	0^+	2.425

Şekil.1 de bu üç tepkileşim kanalının enerji ilişkileri ve d-d sisteminin ilgili kanallara geçiş olasılıkları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1: d+d tepkileşim kanalları ve tepkileşim olasılıkları. Yandaki enerji ekseninde tepkileşim Q-değerleri şematik olarak gösterilmiştir.

iki döteron çekirdeğinin, kaynaşma anlamında tepkileşime girmeleri için pirenste 0.17 MeV Coulomb engelini aşmaları gerekir. Ancak Coulomb engelini çok daha altındaki enerjilerde bile Kuantum Mekanik Tünel olayından dolayı d-d tepkileşimlerinin gözlenmesi mümkündür. T3 kanalında momentum ve enerjinin sakınımı sonucu α taneciği 23.85 MeV lik enerjinin yalnızca 0.08 MeV kesimini kinetik enerji olarak alırken , geriye kalan 23.77 MeV lik enerji foton tarafından taşınacaktır. Bu yüksek enerjili gamaların çok büyük bir kesimi elektrolit içinde soğurulmadan dışarı çıkacaktır. Öte yandan tepkileşim sonucu, ortaya çıkan enerjiyle Pd kristalinin şeklinin bozulması öne sürüldüğünde, bunun ancak enerjinin hemen tümünün kristal içinde soğurulması gerektiği anlamı ortaya çıkar ki burada yüksek enerjili gamaların soğurulmadan kristali terk etmeleriyle çelişir. Halâ gözlemlendiği söylenen entalpi fazlasının nötronsuz d-d tepkileşimi sonucu ortaya çıktığını kabul etmek gerekirse T3 tepkileşim kanalında tepkileşim ürünü α nın Pd kristal atomlarıyla etkileşmesini düşünmek gerekir.



Şekil 2: $d + d$ tepkileşmesinden oluşan α - parçacığının kristal atomu ile enerji ve momentumu bölüşmesi. $\hbar\omega$ fononun (elastic wave packet) enerjisi ~ 0.85 MeV dir ki, bu da $\lambda = 0.015 \text{ \AA}$ dalgaboyuna karşılık gelir. Pd kristalinde birim hücre uzunluğu $\sim 3.9 \text{ \AA}$ dir.

Sekil.2 de bu tür etkileşme diyagram olarak gösterilmiştir. Bu tür etkileşmede kinetik enerjisi 23.0 MeV olan α parçacığı (yükü tanecik olması nedeniyle) kristal elektronlarıyla etkileşerek enerjisinin hemen tümünü kristalde bırakacaktır. Bu etkileşmenin sonucu olarak ortama Pd X-ışınlarının yayılması beklenir. Spektrumda K α -ışınlarının beklenen sayım hızı

$$N_x = c \cdot \lambda \cdot n^2 \cdot \sigma \cdot w \cdot \Omega \cdot \epsilon \cdot s$$

olur. Burada

- c : Birim hacimdeki döteron atom çifti sayısının birim hacimdeki Pd atomlarının sayısına oranı
- λ : Kristal içinde döteron çifti başına saniyedeki ($d+d \rightarrow \alpha$) tepkileşiminin hızı [s^{-1}]
- n : Birim yüzeydeki Pd atomlarının sayısı [cm^{-2}]
- σ : α parçacığının Pd atomunda bir K elektronu boşluğu (K-hole) yaratma olasılığı [cm^2]
- w : Pd K α -ışını yayınlama olasılığı (K fluorescence yield)
- Ω : X-ışınlarının soğurulmasında hesaba katan sayım katı açısı
- ϵ : Pd X-ışınları için dedektörün verimi
- s : Kullanılan Pd'un yüzey alanıdır [cm^2]

N_x değerinin alt sınırını belirlemek için 3. Bölümde anlatılan deneysel koşullar altındaki

$$\begin{aligned} c &= 0.005 & ; & \Omega = 0.25 & ; & \sigma = 100 \text{ barn [4]} \\ \epsilon &= 1 & ; & w = 0.82 & ; & n = 6.8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2} \\ s &= 1.5 \times 3.7 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

değerlerini alabiliriz. Döteron çifti başına saniyedeki tepkileşim hızını belirleyen λ değerini, kaynak [1] de verilen $P = 1.75 \text{ W}$ entalpi fazlalığıyla şöyle hesaplayabiliriz.

$$\lambda = P/(Q.n_{dd}) = 1.75/(23.85 \times 1.602 \times 10^{-19} \times n_{dd})$$

değeri bulunur.

10 cm boyunda 4 mm çapında Pd-Katod içindeki Pd atomlarının sayısı

$$n_{dd} = \pi \times 0.2^2 \times 10 \times 12.02 \times 6.022 \times 10^{23}/106.4$$

olduğundan döteron çifti başına "tepkileşim hızı"

$$\lambda (dd \rightarrow \alpha) = 1.07 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1} \text{ dir.}$$

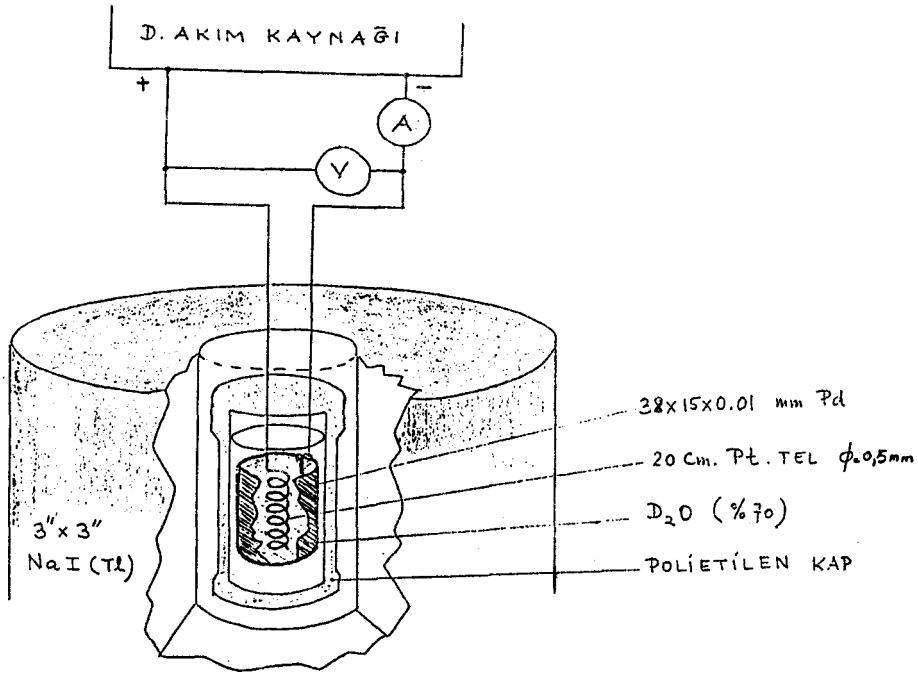
Bu değer yukarıdaki formülde yerine koyulduğunda, sipektrumda saniyede alınması gereken Pd Kx-ışınları sayısının alt sınırı olarak

$$N_{\alpha} \approx 30000 \text{ c/s}$$

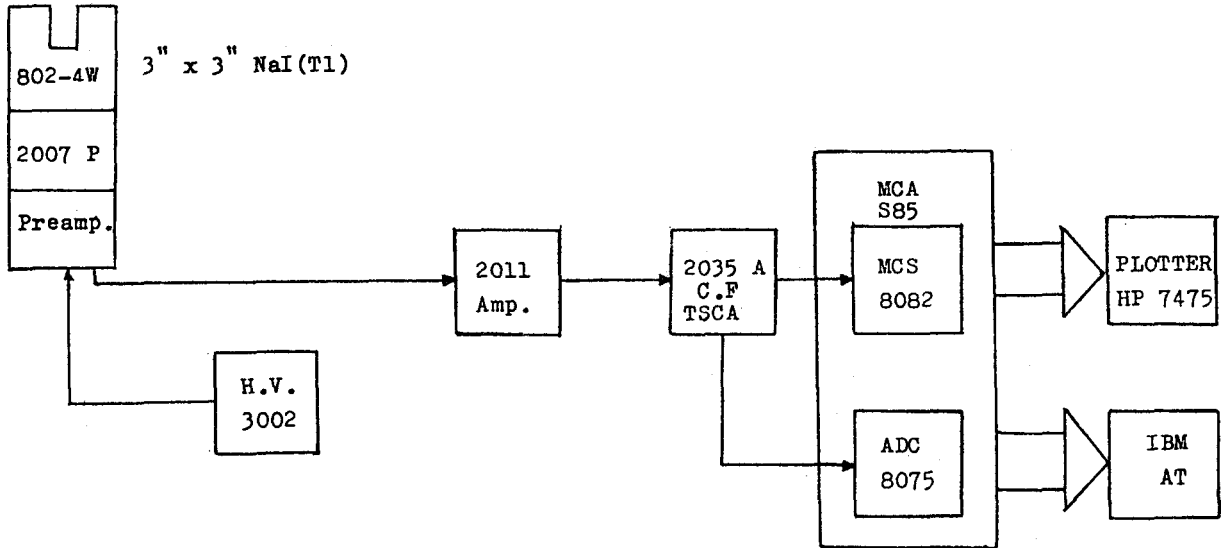
bulunur.

3. Deneysel

Oluşup oluşmadığı sınanmak istenen $d + d \rightarrow \alpha$ tepkileşimi ürünü 23 MeV enerjili α ların Pd kıristali içinde elektronlarla etkileşimleri sonucu ortama yayılması beklenen Pd Kx-ışınlarının gözlenmesi için hazırlanan deney düzeneği şematik olarak Şekil.3 de gösterilmiştir. Elektroliz kabı olarak iç çapı 12 mm, yüksekliği 40 mm ve yan duvar kalınlığı 0.7 mm olan silindirik şeklinde bir polietilen tüp kullanılmıştır. Bu elektroliz kabı içine elektrolit olarak %70 saflıkta 3.72 g Ağırsu ve 57 mg LiOH karışımı konmuştur. Katod olarak 0.01 mm kalınlığında 15 mm x 37.2 mm boyutlarında bir Pd levha silindirik sek-



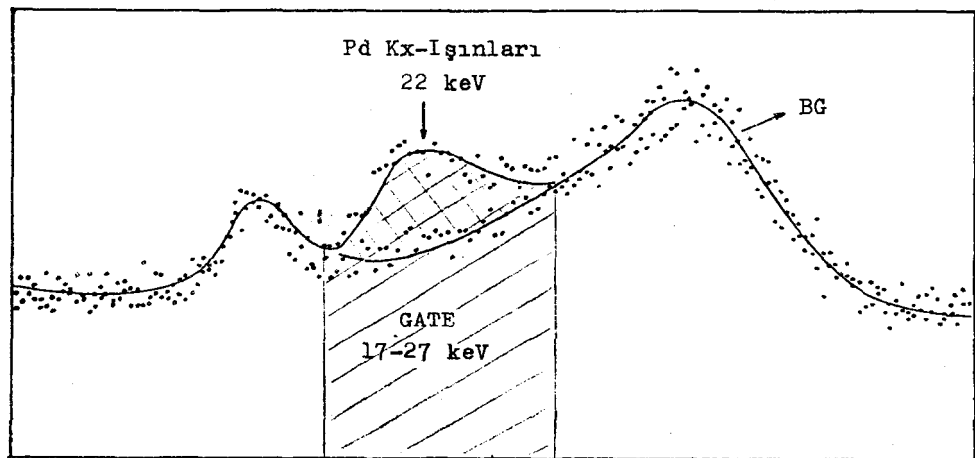
Şekil 3: Polietilen elektroliz kabının, 3"x3" NaI dedektörünün kuyusundaki konumu. Dedektör 10 cm Pb korunak içindedir. Doğru akım kaynağına bağlanan elektroliz hücresinden sabit 2 mA doğru akım geçirilmiştir.



Şekil 4: 3" x 3" NaI(Tl) dedektör ve bağlı elektronik birimlerden (Canberra) ölçüm düzeneği.

linde kıvrılmış ve polietilen hücrenin iç çeperine deşecek şekilde yerleştirilmiştir. Anod olarak 200 mm uzunluğunda, 0.5 mm çapında bir pilatin tel dış çapı 4 mm olan bir spiral şekline getirilmiş ve elektroliz hücresinin simetri eksenini boyunca tutturulmuştur. Elektroliz hücresi tümüyle 3"x3" kuyu tipi bir NaI(Tl) dedektörün kuyusuna (16.7 mm çapında ve 52.4 mm derinliğinde) yerleştirilmiştir. Dedektörün çeperlerindeki Al kalınlığı 0.55 mm dir. Dedektör , duvar kalınlığı 10 cm olan bir Pb sığınak içine alınmıştır. Dedektör ve bağlı olduğu elektronik birimlerden oluşan sayım sistemi Şekil.4 de gösterilmiştir. Tek kanallı analizörle sipektrumda Pd X-ışınlarının bölgesi sınırlandırılarak (Gate) sınır içine düşen sayımların zamana göre değişimini gözlemek (Multi Channel Scaling) için öncelikle bu bölgenin belirlenmesi gerekir. Bu amaçla Ba, Cs Cd kaynaklar kullanılarak enerji kalibrasyonu yapılmıştır.

Şekil.5 de ^{57}Co kaynakla uyarılarak elde edilen 22 keV lik Pd K α -ışınlarının oluşturduğu tepe ve sayım için sınırlandırılan enerji aralığı görülmektedir. ölçümlere geçmeden önce sayım sisteminin kararlılığı ve güvenilirliği sınanmış, 27 saat sü-



Şekil 5: 3"x 3" NaI dedektörüyle alınan Co-57 sipekturumu ve Co-57 kaynakla uyarılan Pd K α -ışınları ($\bar{E}$ =22 keV) tepesi; SCA ile sınırlandırılan sipekturum bölgesi (Gate), 17-27 keV enerji aralığındadır.

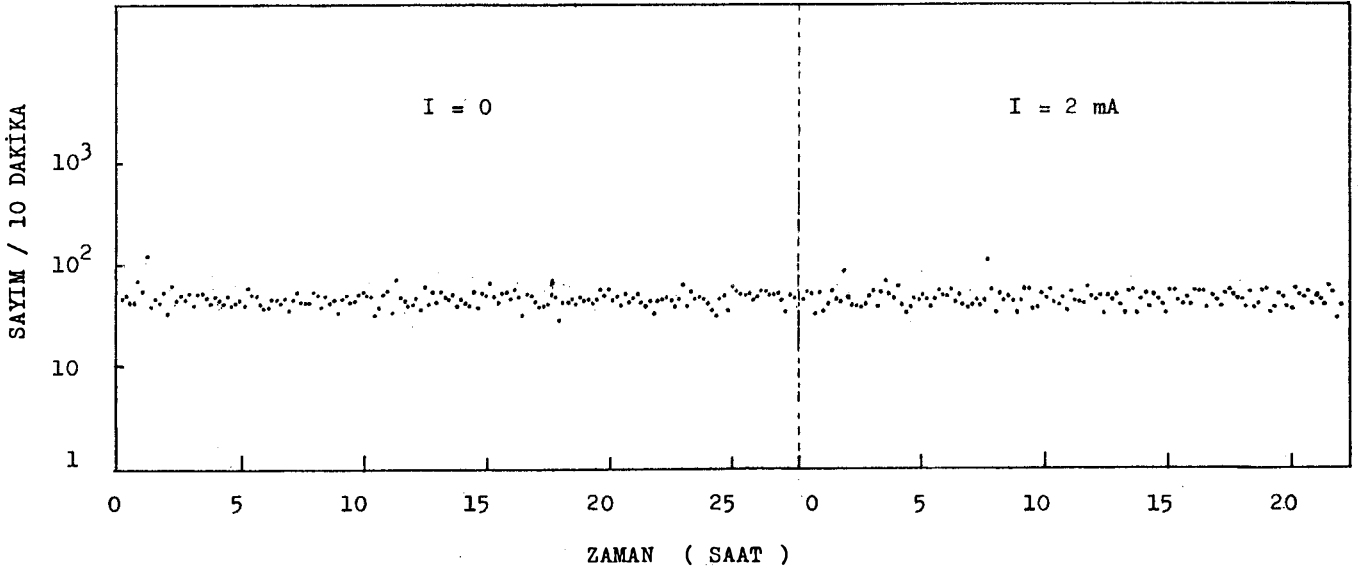
reyle bir taban sayımı alınmıştır. Hazırlanan elektroliz hücresi stabil bir doğru akım kaynağına bağlanmış ve hücreden 2 mA lik bir akım geçirilmiştir. Bu sırada gözlenen gerilim farkı ≈ 2 Voltur. 22 saat süreyle değişmeyen şartlar altında ve sınırlanan sipektrum bölgesi içinde alınan sayımlar, taban sayımlarıyla karşılaştırmalı olarak Şekil.6 da gösterilmiştir. Pd K α -ışınları bölgesinde taban sayımı

0.075 (1) c/s

aynı bölgede elektroliz süresince alınan sayım

0.076 (1) c/s

dir. Bu durumda, Pd K α -ışınlarının kesin olarak gözleendiğini söylemek mümkün değildir. Diğer bir deyişle Pd K X-ışınları yayımı ,eğer varsa, ölçüm düzeneğinin duyarlık sınırı olan 0.001 c/s düzeyinin altındadır.



Şekil 6: Elektroliz kabından akım geçmediği (I=0) ve geçtiği (I=2mA) durumlarda her 10 dakikadabir ve 10 dakika süreyle Pd K α -ışınları enerji bölgesinden (E=22 keV; $\Delta E=\pm 5$ keV) alınan sayımlar. Taban sayımı 0.0750 c/s, akımın geçtiği durumdaki ortalama sayım ise 0.0765 c/s bulunmuştur.

4. Sonuç

Elektrokimyasal yoldan gerçekleştirildiği ileri sürülen "Soğuk Füzyonun" oluşma türlerinden T1 ve T2 kanallarının gözlenen entalpi fazlalığından sorumlu olamayacağının kesinleşmesi üzerine, bu çalışma kapsamında sadece T3 kanalı üzerinde duruldu. T3 kanalının bilinen şekliyle [5] ortaya çıkması beklenen yüksek enerjili gamaların ölçümü yoluna gidilmemiş, buna karşın kırıстал içinde enerji bırakan bir mekanizmanın varlığı düşünülmüştür. Bu şekilde " 23 MeV ENERJİLİ α LARIN OLUŞDUĞU VE BU α LARIN KIRIСТАL ATOMLARIYLA ETKİLEŞEREK ENERJİLERİNİ ÇOK KISA MESAFELERDE KIRIСТАLE BIRAKTIKLARI " varsayılmıştır. Bu durumda ortama yayılması beklenen Pd K α -ışınlarının ölçülmesi denenmiş, tepkileşim hızının üst sınırı olarak döteron çifti başına

$$\lambda (d+d \rightarrow \alpha) < 3.8 \times 10^{-17} \text{ s}^{-1}$$

bulunmuştur. Bu değer, açığa çıktığı öne sürülen entalpi fazlalığına yetebilecek bir tepkileşim hızından en az on milyon kere daha küçüktür.

Bu çalışmayı destekleyen Prof.Dr.A. Özmen'e, Deney gereçleri yardımıyla bulunan Dr.P. Arıkan, Dr.G. Köksal, Dr.Y. Erkol, Dr.H. Atasoy, G.Tarcan, M.Subaşı ve A. Baykal'a teşekkürlerimizi sunarız.

5. KAYNAKLAR

- [1] M. Fleischmann and S. Pons, J. Electroanal. Chem. 261(1989)301
- [2] S.E. Jones, E.P. Palmer, J.B. Czirr, D.L. Jensen, J.M. Thorne, S.F Taylor and J.Rafelski
23 Mart 1989 da Nature Dergisine sunuldu.
- [3] A. Ercan ve N. Erduran, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Araştırma Raporu. AR-265
- [4] J. Garcia, R.J. Fortner and T.M. Kavanagh, Reviews of Modern Physics 45(1973)111
- [5] F.J. Wilkinson III and F.E Cecil, Physical Review C 31(1985)2036