

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

Ç.N.A.E.M. A . R - 265

SOĞUK FÜZYONUN ÇEKİRDEK FİZİĞİ AÇISINDAN İRDELENMESİ

Ali ERCAN , Nizamettin ERDURAN

FİZİK BÖLÜMÜ

Eylül 1989

P. K. 1, Hava Alanı, İstanbul



TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

Ç.N.A.E.M. A.R- 265

SOĞUK FÜZYONUN ÇEKİRDEK FİZİĞİ AÇISINDAN İRDELENMESİ

Ali ERCAN , Nizamettin ERDURAN

FİZİK BÖLÜMÜ

Eylül 1989

P. K. 1, Hava Alanı, İstanbul

SOĞUK FUZYONUN ÇEKİRDEK FİZİĞİ AÇISINDAN İRDELENMESİ

ALİ ERCAN ve NİZAMETTİN ERDURAN

CNAEM Fizik Bölümü, PK.1 34831 Havaalanı-İstanbul

1. GİRİŞ

Üstesinden gelemeyeceği boyutlara varan çevre sorunlarının yanı sıra savaş tehlikesi ve ekonomik bunalımlar karşısında umarsız kalan insanlık için, hiç olmazsa enerji sorununu bir anda ortadan kaldıracak mucize bir teknolojinin doğum haberi gibi duyurulan "Soğuk Füzyon" dünya kamuoyunda geniş yankılar uyandırdı ve güncelliğini hala korumaktadır. Southampton Üniversitesinden(İngiltere) Prof. Martin Fleischmann ve onun bir zamanlar doktora öğrencisi ve şimdi Utah Üniversitesi (Salt-Lake City, ABD) Kimya bölümü başkanı Prof. Stanley Pons 23 Mart 1989 tarihinde bir "basın toplantısı" yaparak, beş yılı aşkın bir çalışma ve araştırma sonucu olan bulgularını açıkladılar. Fleischmann ve Pons (FP) ağır suyun (D_2O) platin anod ve paladyum katod kullanılarak yapılan elektrolizi sonucu ısı şeklinde açığa çıkan enerji fazlasını gözlemlediklerini ve bununla ancak paladyum kristali içindeki döteron çekirdeklerinin **kaynaşmaları** (d-d Füzyonu) sonucu olabileceğini söylediler. NATURE dergisine gönderdikleri ve daha sonra dergi yayın kurulunun deneyler ve yöntemlerle ilgili bazı açıklamalar istemesi üzerine geri çektikleri makaleleri Journal of Electroanalytical Chemistry de bir ön not olarak yayınlandı [1]. Bundan bir gün sonrada Brigham-Young Üniversitesinden(Provo,Utah ABD) Profs.S.E Jones, J. Rafelski ve arkadaşları aynı konu üzerindeki çalışmalarını kapsayan bir makaleyi "Yoğun Madde içinde Soğuk çekirdek-kaynaşmasının gözlenmesi" adı altında

NATURE dergisine gönderdiler. Jones ve arkadaşları d-d tepkileşimlerinden çıkan 2.45 MeV enerjili nötronları doğrudan ölçtüklerini ve d-d füzyon hızının saniyede 10^{-23} dolayında olduğunu belirtmişlerdir . Bu sayı FP tarafından verilen füzyon hızının çok altındadır. Bu haberler üzerine dünyadaki bir çok laboratuvar da soğuk füzyon deneylerine başlandı . Titanyum veya paladyum kıristali içine emdirilmiş döteron çekirdeklerinin kaynaşması işareti olarak açığa çıkan ısı fazlalığı ve/veya nötron yayınının gözleendiği yolundaki ilk "başarı" haberleri Macaristan, İtalya, Çekoslovakya, G. Kore, D. Almanya, Brazilya, Çin Halk Cumhuriyeti, Birleşik Arap Emirliği ve Hindistandan geldi. Bu arada d-d çekirdeklerinin yoğun madde içinde hangi etkenler altında ve nasıl kaynaşabileceklerini açıklayan teorik modellerin de geliştirilmekte olduğu duyuldu. Öte yandan M.I.T, CALTEC, Harwell, BNL gibi saygın bir çok araştırma laboratuvarından verilen olumsuz deney sonuçları, dünya kamuoyundaki soğuk füzyon heyecanına karşı ortama tam bir kargaşa getirdi. Başarılı olanlar "Başarısız" olanlar için "gerekli deney koşullarını" yerine getiremediklerini ve "yeterli sabrı" göstermediklerini söylediler. Olumsuz sonuç alanlar ise başarılı olduklarını iddia edenleri ağır bir şekilde eleştirdiler. Özellikle de

- . Kozmik ışınların,
- . Çevreden gelen doğal gama aktivitesinin,
- . Nötron detektörlerinin çevre koşullarına karşı aşırı duyarlılığının ölçümleri etkileyebileceğini ve
- . Elektrokimyasal tepkileşimlerin tüm katkılarının gözönüne alınmadığını ileri sürdüler.

Yoğun madde içinde D-çekirdeklerinin elektroliz etkisiyle kaynaşması olayı elektrokimya, katıhal fiziği ve çekirdek fiziği gibi üç değişik bilimsel disiplinin ilgi alanına girmektedir. Biz burada d-d çekirdek tepkimelerinin bilinen özelliklerinden yola çıkarak FP tarafından verilen deney sonuçlarının incelemesini ve irdelemesini amaçlamaktayız.

2. PALADYUM-DÖTERON SİSTEMİ

Atom numarası $Z=46$ olan paladyum^{*)} 5. periyod VIII. grup elementi olup elektron konfigürasyonu $[Kr]4d^{10}$ dur. 20°C'daki özgül elektrik iletkenliği $0.106 \text{ ohm.mm}^2/\text{m}$ yoğunluğu 12.02 gr/cm^3 olan gümüş görünümlü paladyum metalinin ergime noktası 1250°K dir. yüzey merkezli kübik (fcc) kristal yapısındaki Pd'nin birim hücre boyutu $3.9 \times 10^{-8} \text{ cm}$ dir. Kovalent atomik yarıçapının $1.4 \times 10^{-8} \text{ cm}$ lik değeri kristal dokusu içinde her bir Pd atomu için çapı $\sim 10^{-8} \text{ cm}$ olan bir "boşluğun" oluşmasına elverişlidir. Çapı 10^{-8} cm olan döteron atomları bu boşluklara yerleşebilirler. Palladyum kristalının bu özelliği öteden beri bilinmekte olup özellikle hidrojenin depolanması tekniğinde uygulama alanı bulmuştur. Kristal içindeki boşluk tüm kristal hacminin yaklaşık %25 ini oluşturmaktadır. Bu boşlukların D atomlarıyla tümüyle doldurulması, kristal içindeki döteron gazının 10^4 atm lik basınç altında bulunmasıyla eş anlamlıdır. Öte yandan iki döteron çekirdeğinin kaynaşma

(*) Kendisiyle aynı zamanda keşfedilen astroid Pallas'dan ($\pi\alpha\lambda\lambda\alpha\varsigma$: Eski Yunan Bilgelik Tanrıçası) adını alan paladyum yer kabuğunda $\sim 0.01 \text{ gr/ton}$ derişiminde bulunup yıllık üretimi ~ 100 tondur.

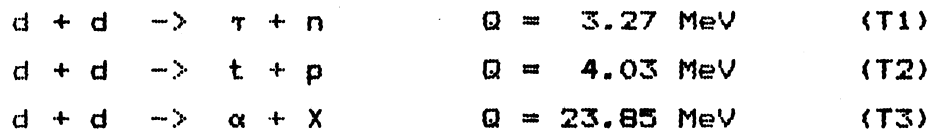
ısı için gerekli kiritik aralık olarak 8.6 fm. aldığı-mızda iki döteron çekirdeğini bu kiritik uzaklık içine getirebilmek demek 10^{14} atm. değerinde bir basınç uygulamak anlamına gelir (Güneş merkezindeki basınç 2×10^{11} atm.). Bu ise en azından D-çekirdeklerinin Coulomb engelini aşması için gerekli enerjiyle eşanlamlıdır. D-çekirdeğinin önemli özelliklerinden bir kısmını şöyle sıralayabiliriz:

Kütle : $m_d = 2.0141$ amu (1 amu = 931.5 Mev/c²)
 Yarıçap : $r_d = 4.3$ fm. (1 fm = 10^{-13} cm)
 Bağlanma Enerjisi: $E_b = -2.225$ MeV
 EQ. Moment : $Q = 2.86 \cdot 10^{-27}$ cm²
 MD. Moment : $\mu = 0.857 \mu_N$
 Temel Seviye
 Spin ve Paritesi : $I^\pi = 1^+$

izospin singlet durumundaki döteron çekirdeği "gevşek" bağlanma enerjisi nedeniyle nerdeyse bir Titanyum çekirdeği kadar büyüktür. Çok küçük olmasına rağmen sıfırdan farklı bir EQ. Momentin varlığı da döteron çekirdeğinin küresel biçimden biraz uzaklaştığını gösterir.

3. ISI-SALAN (EZOTERMİK) VE DÜŞÜK ENERJİLİ D-D TEPKİLEŞİMLERİ.

Baryon sayısı, elektrik yük, enerji, momentum, açısal momentum, parite gibi fiziksel büyüklüklerin korunduğu ve ısı-salan d-d tepkileşimleri şunlardır.



T3 kanalında X genelde 23.77 MeV enerjili bir fotondur. T1 ve T2 kanallarının maksimum tepkileşim kesitleri 100 mbarn civarında olmasına karşın T3 kanalının tepkileşim kesiti bunlardan bir Milyon kere daha küçüktür [2,3]. İki döteron çekirdeğinin kaynaşma anlamında tepkileşebilme için piresipte $V = 0.17$ MeV Coulomb engelinin aşmaları gerekir. Ancak Coulomb engelini çok daha altındaki enerjilerde bile Kuantum Mekaniksel Tünel olayından dolayı d-d tepkileşimlerinin gözlenmesi mümkündür. Nitekim yukarıda gösterilen tepkileşimlerin kesitleri 10 KeV ye kadar düşük döteron enerjileri için ölçülebilmektedir. E enerjisindeki bir yüklü parçacığın V potansiyel engelini tünelleme olasılığı:

$$T = \exp (-G)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada Gamow faktörü G

$$\int_R^{R'} dr [V(r) - E]^{1/2}$$

değerine orantılıdır. integral sınırları, R d-d kaynaşması için kırıttık uzaklık ($2r_d$), R' ise E nin Coulomb enerjisine eşit olduğu uzaklıktır. Buradanda görüldüğü gibi tünelleme olasılığı enerjiyle orantılıdır. İntegrantı küçük değerlere götürececek bir başka etken olmadığı sürece, $V(R) = 0.17$ MeV lik bir engelin eV mertebesindeki enerjilerde tünellenmesi olasılığı yok denecek kadar küçüktür.

4. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

FP deneylerinde 1.75 Watt entalpi fazlalığı gözlemlenmiştir. T1 veya T2 kanallarını gözönüne aldığımızda bu ısı fazlalığı saniyede 10^{12} lik bir tepkileşme hızına karşı gelir. Ancak FP deneylerinde saniyede 10^4 gibi beklenenden 100,000,000 kere daha az bir tepkileşim hızı gözlemlenmiştir. T2 kanalı için de aynı şey geçerlidir. Dolayısıyla T1 ve T2 kanallarının muhtemel bir soğuk füzyon nedeni olamayacakları açıktır. Eğer açığa çıkan ısı d-d kaynaşması kökenli ise bunun tek sorumlusu olarak T3 kanalını görebiliriz. Q değeri 23.85 MeV olan bu kanalda normal olarak α ile birlikte 23.77 MeV lik bir foton çıkışı gözlenir [3]. Bu fotonların enerjilerinin ancak çok az bir kesrini soğuk füzyon deneyinde kullanılan elektrolit içinde bırakabilecekleri hesaba katıldığında hala ölçülebilir mertebelerde ısı farkı gözlenebiliyorsa bu kanalın da tepkileşim hızının 10^{13} s^{-1} düzeyinde olması gerekir. Normalde T1 ve T2 kanallarından 1,000,000 kere daha az olası T3 kanalının tepkileşim kesitinin nasıl böyle büyük değerlere ulaşabileceğini anlamak zordur. Henüz soğuk füzyon deneyleri tarafından 23.8 MeV fotonların gözlenmesi için bir girişimde bulunulmadığından bu konu üzerine kesin bir şey söylemek için erkendir. Öte yandan T3 kanalında X yerine foton olabileceği gibi bir "Fonon" da düşünülebilir. Diğer bir deyimle α nın Pd kristal atomlarıyla (fonon aracılığıyla) etkileşmesi ve böylece enerjinin büyük bir kısmının kristal içinde soğurulma olasılığından söz edilebilir. Burada yine Coulomb engelinin herhangi bir mekanizmayla (Muhtemelen bölgesel efektif negatif yük fazlalıklarının perdelemesi sonucu) aşılmış (tünellenmiş) olduğunu varsayıyoruz. Bu durumda ise Q

değerinin büyük bir bölümünü α parçacığı kinetik enerji olarak alırken fonon enerjisi 0.85 MeV civarında kalacaktır. Ancak α parçacığı kristal elektronlarıyla etkileşecek ve kısa sürede neredeyse bütün enerjisini kristale vermiş olacaktır. Bunun sonucu olarak da ortama Pd X-ışınlarının yayınlanması beklenir. Bildiğimiz kadarıyla Pd X-ışınlarını gözlemek için kimse bir girişimde bulunmamıştır.

5. SONUÇ

Elektrokimyasal yoldan gerçekleştirildiği ileri sürülen soğuk füzyon ancak T1, T2 ve T3 biçimindeki tepkileşimlerle mümkündür. Bu Tepkileşimlerin varlığını göstermek için δT Entalpi fazlalığı, 2.45 MeV Nötronlar ve bu nötronların yutulması sonucu ortaya çıkan 2.224 MeV gamaların, 23.8 MeV gamaların eşzamanlı olarak ölçülmüş olması gerekir. Şimdiye kadar yapılan deneylerde ısıyla birlikte doğrudan veya dolaylı olarak nötron ölçümleri yapılmış ve bu sonuçlara bakılarak soğuk füzyonun olası birliği tartışılmıştır. T1 ve T2 kanallarının açık olmadıkları hemen hemen kesindir. FP tarafından ölçülen 1.75 W ısı fazlası eğer öne sürüldüğü gibi salt çekirdek kaynaşması sonucu ise bu ancak T3 kanalının varlığıyla izah edilebilir. Bu kanalın açıklığı da 23.8 MeV lik fotonların ve Pd X-ışınlarının gözlenmesiyle kanıtlanabilir. Bunun için CNAEM Fizik Bölümünde gerekli ön çalışmalara başlanmıştır.

REFERANSLAR

- /1/ M. Fleischmann and S. Pons J. Electroanal. Chem.
261(1989)301
- /2/ R.B. Theus et al. Nucl. Phys. B0(1966)273
- /3/ F.J. Wilkinson III and F.E. Cecil Phys. Rev.C
31(1985)2036