

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

Ç.N.A.E.M. A.R- 271

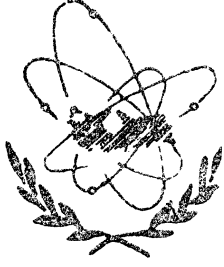
TR-2 DE HIZLI NÖTRON SİPEKTURUMU

A.Ercan, A.İsyar, N.Erduran

REAKTÖR BÖLÜMÜ

Aralık 1989

P. K. 1, Hava Alanı, İstanbul



TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

Ç.N.A.E.M. A.R- 271

TR-2 DE HIZLI NÖTRON SİPEKTURUMU

A.Ercan, A.İşyar, N.Erduran

REAKTÖR BÖLÜMÜ

Aralık 1989

P. K. 1, Hava Alanı, İstanbul

TR-2 DE HIZLI NÖTRON SİPEKTURUMU *

Ali ERCAN, Arif İŞYAR*, Nizamettin ERDURAN

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

(*) Reaktör Bölümü

Özet

TR-2 Reaktör kalbinde, malzeme analizi ve radyoizotop üretimine yönelik çalışmalarda kullanılan ışınlama tüpleri içindeki nötron akı yoğunluk dağılımı nötron aktivasyon yöntemiyle ölçülmüştür. Bu amaçla ışınlanmış Al, Fe, Ni, Zr ve In foillerin gama aktivitesi verim kalibrasyonu yapılmış bir HPGe Sayım Sisteminde ölçülmüş ve $^{27}\text{Al}(n,\alpha)$, $^{54}\text{Fe}(n,p)$, $^{58}\text{Ni}(n,p)$ ve $^{90}\text{Zr}(n,2n)$ uyarım fonksiyonlarından yararlanılarak Hızlı Nötronların Enerji dağılımı empirik olarak belirlenmiştir. Deneysel değerlere yapılan uyum sonucunda empirik bir akı yoğunluğu bağıntısı elde edilmiştir. 1 MW güç için D-45 ışınlama elemanı içinde $\sim 4 \times 10^{13}$ n/s.cm².MeV lik bir değer bulunmuştur.

Abstract

Neutron flux density inside the irradiation element, which is used for material analysis and radio-isotope production, was measured the by neutron activation method. Al, Fe, Ni, Zr and In foils were irradiated and a HPGe detector system was employed to determine the induced activities. The energy distribution of fast neutrons was determined empirically by utilizing $^{27}\text{Al}(n,\alpha)$, $^{54}\text{Fe}(n,p)$, $^{58}\text{Ni}(n,p)$ and $^{90}\text{Zr}(n,2n)$ excitation functions and fitting the experimental values measured in the course of this work to an empirical formula. The neutron flux for 1 MW power was found to be $\sim 4 \times 10^{13}$ n/s.cm².MeV.

* Bu çalışma III. Ulusal Nükleer Bilimler Kongresinde (İstanbul 1989) bildiri olarak sunulmuştur.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
1. GİRİŞ	1
2. DENEYSEL	3
3. SONUÇ	4
4. REFERANSLAR	5

1.GİRİŞ

Akı yoğunluğu zamana bağlı olmayan bir nötron kaynağıyla ışınlanmış bir örnekten yayınlanan belli enerjideki fotonların sipekturumda oluşturacakları Tüm Enerji Tepesindeki (TET) sayım en genel ifadesiyle

$$P = C.G.(N/A).h.z.f.\Omega.\epsilon.I \quad (1)$$

dır. Burada

- G : Işınlanan örnek ağırlığı [g]
- C : örnek içindeki ilgili elementin derişimi
- h : Tepkileşime giren izotopun element içindeki doğal bolluğu
- A : Elementin atomik ağırlığı [g/mol]
- N : Avogadro sayısı [6.022×10^{23} /mol]
- z : Zaman Faktörü olup,

$$z = (1 - \exp(-\lambda.t_1)) \cdot \exp(-\lambda.tb) \cdot (1 - \exp(-\lambda.ts)) / \lambda$$

şeklinde tanımlanmıştır. Burada da t_1 , t_b ve t_s sırasıyla ışınlama, bekleme ve sayım süreleridir. λ ise ürün çekirdeğin bozunum sabitidir.

- f : Sayımı yapılan fotonların toplam bozunumdaki oranı.
- Ω : Sayım katıaçısı
- ϵ : Fotonlar için dedektör sisteminin TET verimidir.
- I : Bir Integral değer olup,

$$I = \int \sigma(E) \frac{d\bar{\phi}(E)}{dE} dE \quad (2)$$

şeklinindedir. Bu integralde $\sigma(E)$, E nötron enerjisindeki tepkileşim kesitini (barn), $\bar{\phi}(E)$ ise nötron akısını ($n/s.cm^2$) göstermektedir. Yukarıda verilen (1) eşitliğinde P ölçülmüş, diğer parametreler biliniyor ve $\sigma(E)$ ninde analitik formu veril-

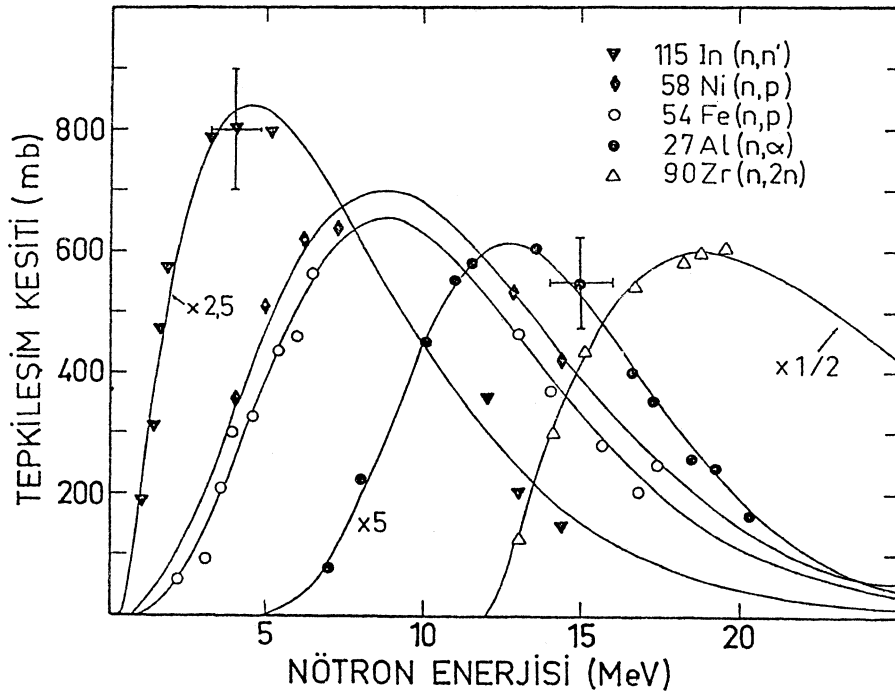
miŖse, n6tr6n akı yoğunluğu $d\bar{\sigma}/dE$ deneysel dataya yapılacak uyumla belirlenebilir. iyi nitelikli bir uyum elde etmek için, akı yoğunluğunu belirleyen fonksiyondaki parametrelerin sayısından fazla ve eŖik enerjileri farklı tepkileŖimlerin kullanılması gerekir. Bu nedenle

$$\bar{\sigma}(E) = \bar{\sigma}_0 \cdot \exp(-E) \cdot \sinh[(2 \cdot E)^{1/2}] \quad (3)$$

Ŗeklinde aldığımız bir serbest parametrelili akı yoğunluğu fonksiyonunu belirlemek için seçilen tepkileŖimler Tablo 1. de g6sterilmiŖlerdir. TepkileŖim kesiti σ nın analitik ifadesi olarak,

$$\sigma(E) = \sigma_0 \cdot u^w \cdot \exp[w \cdot (1-u)] \quad (4)$$

eŖitlięi alınmiŖtir. Burada $u = (E - E_0) / \delta$ dır. Bu eŖitlikle deneysel [1] değerlere yapılan uyum sonucu kazanılan parametreler Tablo 1. de verilmiŖ ve bu parametrelerle belirlenen uyarım fonksiyonları Ŗekil 1. de g6sterilmiŖlerdir.



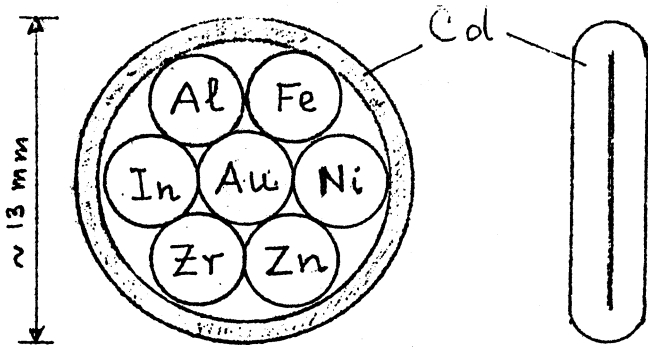
Ŗekil 1: Deneysel tepkileŖim kesit 6l6mlerine yapılan uyum eęrileri.

Tablo.1 : Deneysel tepkileşim kesiti değerlerine yapılan uyum parametreleri ve tepkileşim eşik enerjileri.

Tepkileşim	σ_0 (barn)	E_0 (MeV)	δ (MeV)	w	(*) $\langle \sigma \rangle$ barn/MeV
27Al (n, α)	0.122	+ 3.25	9.47	5.862	0.0588
54Fe (n,p)	0.653	- 0.09	8.85	3.983	0.351
58Ni (n,p)	0.703	- 0.41	9.08	3.494	0.406
90Zr (n,2n)	1.200	+12.11	6.67	1.304	0.753
115In (n,n')	0.337	+ 0.34	4.14	1.336	0.158

(*) [E_0 , E_0+20 MeV] enerji aralığındaki ortalama Tepkileşim kesiti.

2. DENEYSEL



Şekil 2 : Işınlanmak üzere hazırlanmış foillerin kadmiyum kapsül içindeki durumu.

Capları ~ 4 mm olan Al, Fe, Ni, Zr, In ve Au foiller Şekil 2. de gösterildiği gibi bir Cd kap içinde TR-2 reaktörünün D-45 ışınlama elemanı içinde 1 MW güçte 900 saniye süreyle ışınlanmışlardır. Gama sayımları TET verim kalibrasyonu daha önceden yapılmış [2] bir HPGe dedektör sistemiyle alınmıştır. Ölçüm sonuçları ve diğer nükleer data Tablo 2. de topluca gösterilmiştir.

Tablo.2: Nötron akı yoğunluğu belirlemede kullanılan parametreler ve deneysel sonuçlar.

(1) Tepkileşim	G (g) h A(g/mol)	$t_{1/2}$	t_b (h) t_s (h)	E(keV) f	(2) Ω ϵ	(3) TET c/s	(4) I'
27Al (n, α) 24Na	0.0262 1.000 26.98	15.02 h	31.133 0.2856	1368.6 1.0000	0.0183 0.121	27.15	0.001645
54Fe (n, p) 54Mn	0.0134 0.058 55.847	312.5 d	347.85 22.199	834.8 1.0000	0.0191 0.181	0.5911	0.1665
58Ni (n, p) 58Co	0.0285 0.6827 58.69	70.916 d	320.52 0.1706	810.8 0.9944	0.0191 0.185	75.65	0.1977

- 1) Tabloda verilmeyen $^{90}\text{Ir}(n, 2n)$ ve $^{197}\text{Au}(n, \gamma)$ dataları da $\bar{\Phi}_0$ belirlemede kullanılmışlardır
- 2) Sayım katiyaçısı Ω , dedektör Al penceresinden 64 mm uzaklıktaki noktasal kaynak için "ortalama derinlikle" birlikte hesaplanan değerdir. 82cc HPGe dedektör verimi Ref [2] den alınmıştır.
- 3) Ölü zaman ve darbe yığılım düzeltmeleri yapılmış TET alanı/sayım süresi.
- 4) Tepkileşim eşik enerjisi üzerinde 20 MeV lik enerji aralığında alınan integral

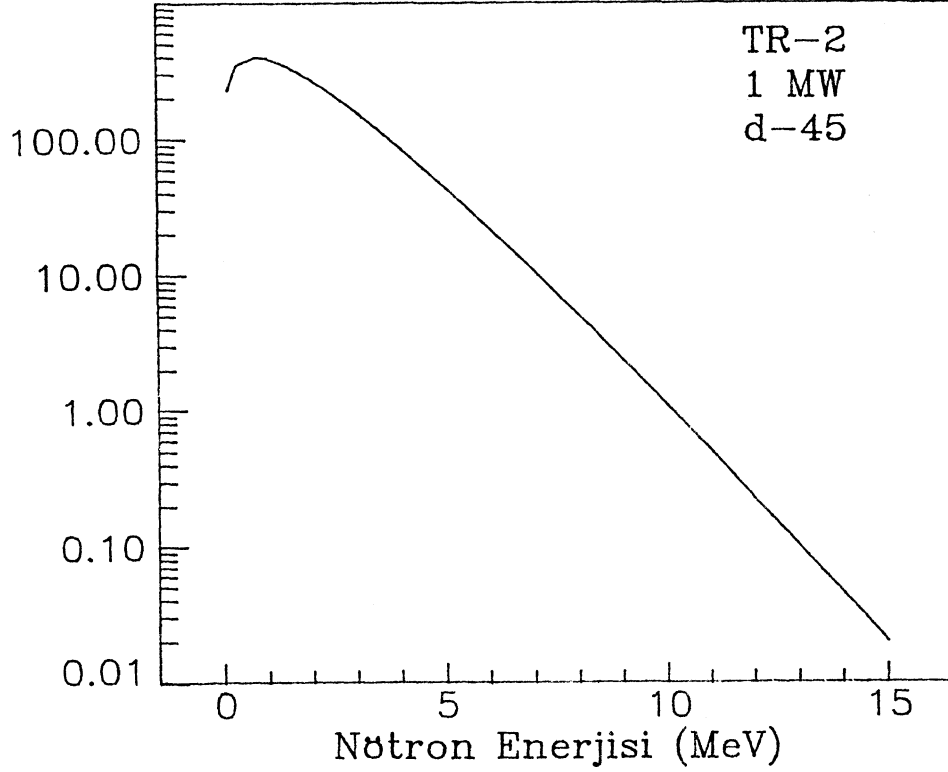
3. SONUÇ

Alt sınırı tepkileşim eşik enerjisi olan 20 MeV lik enerji aralığında (2) eşitliğiyle verilen integral hesabından $\bar{\Phi}_0$ parametresi belirlenmiş, böylece yüksek nötron Enerjileri için [1- 15 MeV] nötron akı yoğunluğu D-45 ışınlama elemanı içinde

$$\bar{\Phi}(E) = 5.45 \times 10^{12} \cdot \exp(-E) \cdot \sinh[(2.E)^{1/2}] \text{ n/s.cm}^2$$

olarak bulunmuştur. Şekil 3. den de görüldüğü gibi, (n,p) ve (n, α) tepkileşimlerinin çoğunlukla yer aldığı ~ 10 MeV enerji bölgesinde ~ 10^{12} n/s.cm² mertebesinde bir akının bulunduğu anlaşılmaktadır.

$dN(E)/dE$ ($10^{10}/s.cm^2.MeV$)



Şekil 3: TR-2 Reaktöründe, 1 MW güçte, D-45 ışınlama elemanı içinde hızlı nötron sipekturumu.

Referanslar:

- [1] Handbook on Nuclear activation Cross-Sections, Technical Report Series No. 156, IAEA, Vienna 1974
- [2] A. Ercan, M. Bostan, E. Gültekin, N. Erduran, II. Balkan Aktivasyon Analizi ve Nükleer Analitik Teknikler (Bled Yugoslavya, 4-6 Ekim 1989) kongresinde bildiri olarak sunulmuştur.