

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

Ç.N.A.E.M. A.R- 271

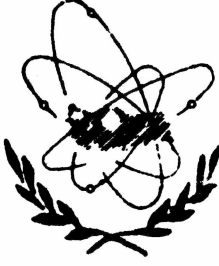
TR-2 DE HIZLI NÖTRON SİPEKTURUMU

A.Ercan, A.İşyar, N.Erduran

REAKTÖR BÖLÜMÜ

Aralık 1989

P.K. 1, Hava Alanı, İstanbul



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.işyar, 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 üretimi-
ne yönelik çalışmalarda kullanılan ışınlama tüpleri içindeki
nötron akı yoğunluk dağılımı nötron aktivasyon yöntemiyle öl-
çülmüştür. 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 Nö-
tronların Enerji dağılımı empirik olarak belirlenmiştir. De-
neysel değerlere yapılan uyum sonucunda empirik bir akı yoğun-
luğu bağıntısı elde edilmiştir. 1 MW güç için D-45 ışınlama
elemanı içinde $\sim 4 \times 10^{12}$ 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 $\sim 4 \times 10^{12}$ n/s.cm².MeV.

* Bu çalışma III. Ulusal Nükleer Bilimler Kongresinde (İstan-
bul 1989) bildiri olarak sunulmuştur.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

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

1.BİRİŞ

Akı yoğunluğu zamana bağılı olmayan bir nötron kaynağıyla ışınlanmış bir örnekten yayınlanan belli enerjideki fotonların sipekturunda 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,

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

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

f : Sayımı yapılan fotonların toplam bozunumdaki oranı.

Ω : Sayım katı açısı

ϵ : Fotonlar için dedektör sisteminin TET verimidir.

I : Bir Integral değeri olup,

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

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

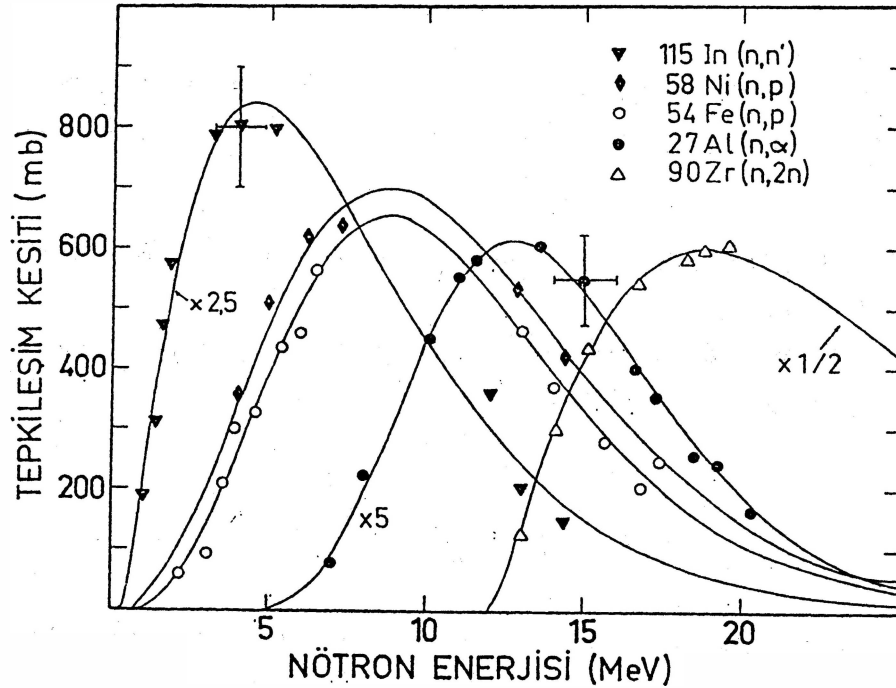
miŖse, n6tr6n akı yoğunluğu $d\bar{q}/dE$ deneysel dataya yapılacak uyumla belirlenebilir. iyi nitelikli bir uyum elde etmek için, akı yoğunluğunu belirleyen fonksiyondaki parametrelerin sayısından fazla ve eŖik enerjileri farklı tepkileŖimlerin kullanılması gerekir. Bu nedenle

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

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 alınmıŖtır. 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.



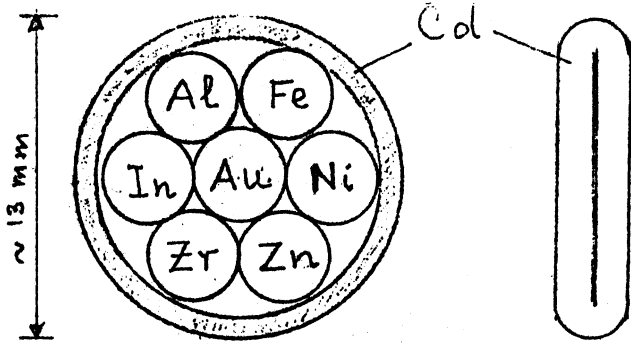
Ŗekil 1: Deneysel tepkileŖim kesit 6l6mlerine yapılan uyum eęrileri.

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
$^{27}\text{Al} (n, \alpha)$	0.122	+ 3.25	9.47	5.862	0.0588
$^{54}\text{Fe} (n, p)$	0.653	- 0.09	8.85	3.983	0.351
$^{58}\text{Ni} (n, p)$	0.703	- 0.41	9.08	3.494	0.406
$^{90}\text{Zr} (n, 2n)$	1.200	+12.11	6.67	1.304	0.753
$^{115}\text{In} (n, n')$	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.

Çapları ~ 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)	$t_{1/2}$	tb (h) ts (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 1	0.1977

- 1) Tabloda verilmeyen $^{90}\text{Zr}(n, 2n)$ ve $^{197}\text{Au}(n,)$ 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

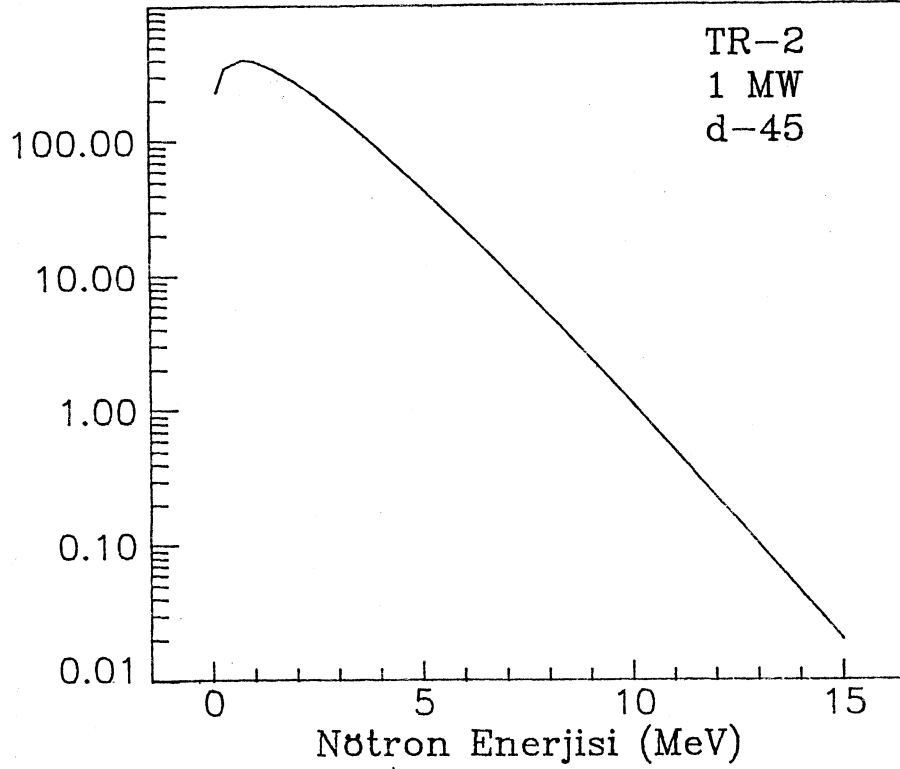
3. SONUÇ

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 ısınlama elemanı içinde

$$\bar{\Phi}(E) = 5.45 \times 10^{12} \cdot \exp(-E) \cdot \sinh[(2.E)^{1/3}] \text{ n/s.cm}^2$$

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.