

TARLA Laboratuvarında Nükleer Rezonans Floresansı İçin Gama Spektroskopi Sistemi ve Diğer Uygulamalar

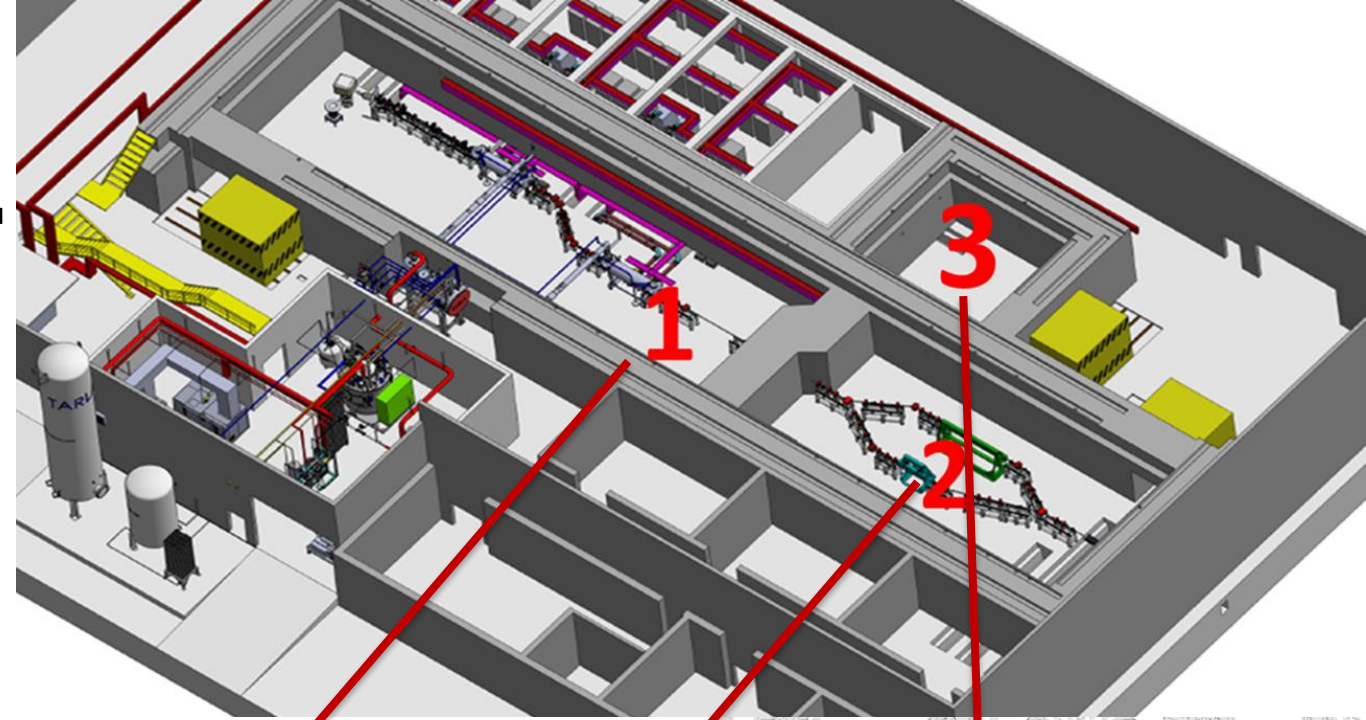
Hatice YILMAZ ALAN, Haris DAPO
Ankara Üniversitesi
Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü



- ✓ **Turkish Accelerator and Radiation Laboratory (TARLA)**
- ✓ **Türk Hızlandırıcı ve Işınım Laboratuvarı**

Amaç;

- 250 keV ->15-40 MeV enerjili elektron demetini kullanarak 4-350 μm dalga boyu aralığında kızılötesi bölgede **Serbest Elektron Lazeri (SEL)** üretmek.
- 0-30 MeV enerjili elektron demetini kullanarak **Bremsstrahlung(Gama) ışınımı üretmek ve nükleer yapı** çalışmaları yapmak.
- 0-40 MeV enerjili elektron demeti ile doğrudan **sabit hedef deneyleri** yapmak.

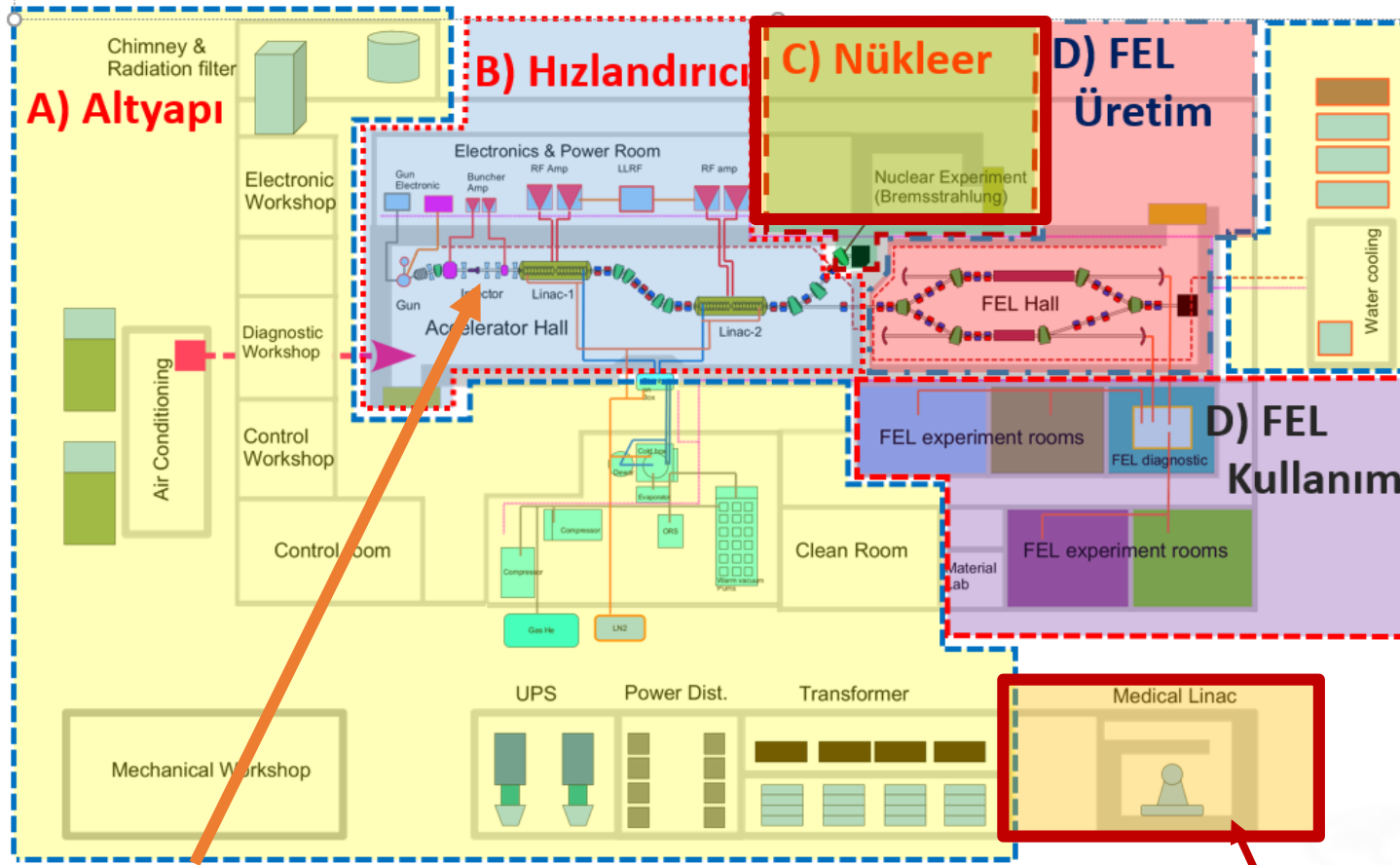


1- Hızlandırıcı Bölümü

2- Serbest Elektron Lazeri Bölümü

3- Nükleer İstasyon Bölümü





Yapılabilecek Uygulamalar

Linak;

- 1- Demet Uygulamaları
- 2- Gama (Brems.)Uygulamaları
 - Nükleer Araştırmalar → Fotoaktivasyon Analizleri
 - Fotonükleer Reaksiyonlar
 - Nükleer Rezonans Floresansı

Medikal Linak;

- 1- Sağlık, tedavi
- 2- X Işını
- 3- Gama (Brems.)Uygulamaları
- 4- Nükleer Araştırmalar → Fotonükleer Reaksiyonlar
- 5- Tohum Islahı
- 6- Gıda ışınlama
- 7- Polimer Çapraz Bağlama
- 8- Malzeme Modifikasyonu

TARLA Linak

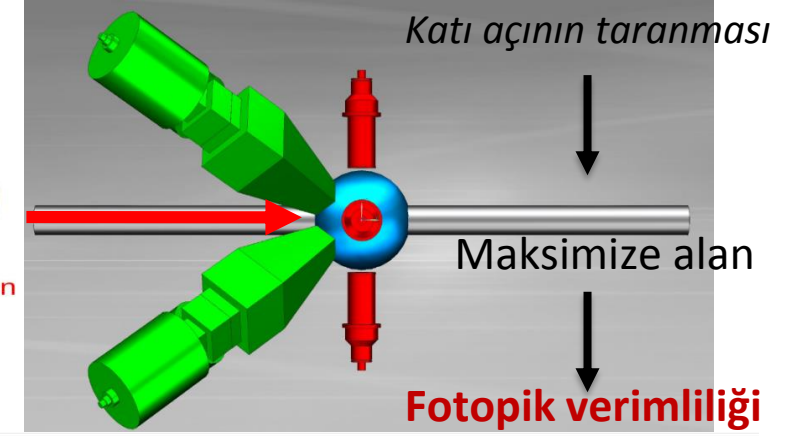
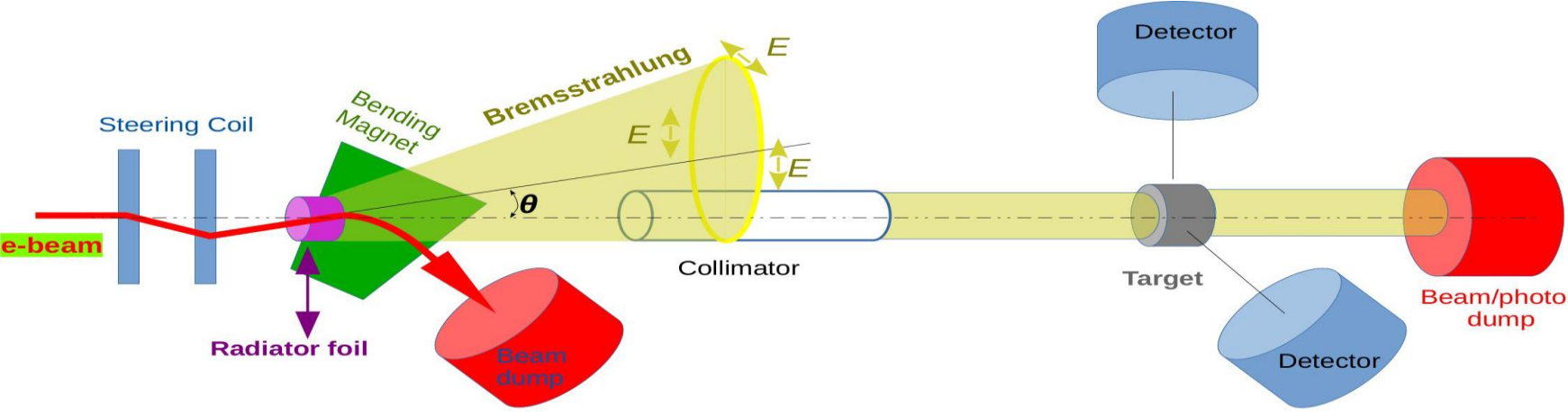
e-demeti enerji = 0-40 MeV
 Maksimum Demet Akımı= 1.5 mA
 Paketçik uzunluğu= 0.5-6 ps
 Maks. mikro demet tekrarlama oranı= 26 MHz
 Bremsstrahlung enerjisi = 0-30 MeV

Medikal Linak

e-demeti enerji = 4-25 MeV
 Maksimum Demet Akımı = 100 nA
 Paketçik uzunluğu = ~100 ps
 Maks. mikro demet tekrarlama oranı= 3 GHz
 Bremsstrahlung enerjisi = 4-25 MeV

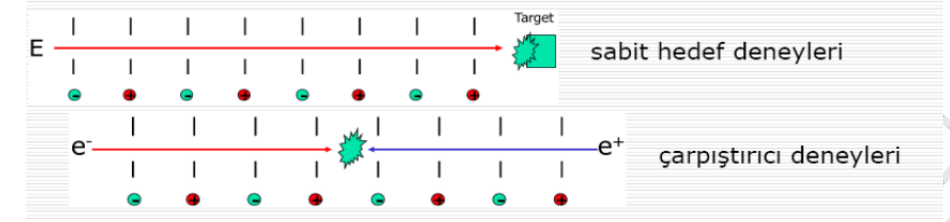
0-30 MeV foton enerjisi,
 $\sim 10^{10} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{MeV}^{-1}$ foton akısı,

Gama radyasyonu enerjisi



- 2 adet Clover HPGe (BGO ile)
- 2 adet Tek kristal HPGe (BGO ile)
- 4 adet Büyük Hacimli LaBr₃

Clover dedektörü → 4 ayrı n tipi kristal, HPGe



Foton enerjisi : 0-30 MeV

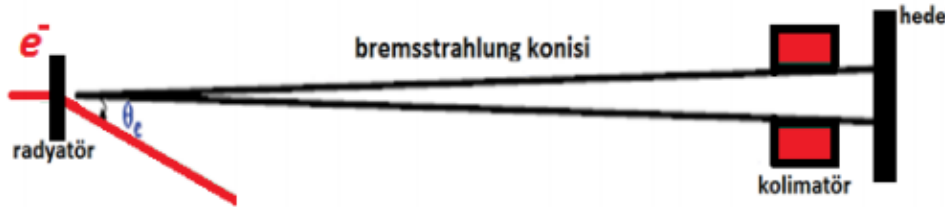
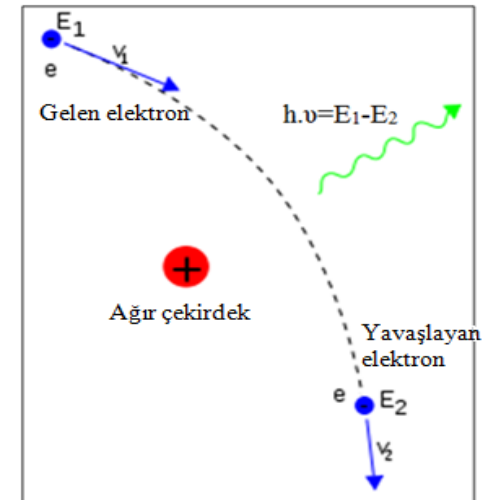
Foton Akısı: $\sim 10^{10} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{MeV}^{-1}$

Bremsstrahlung radyasyonu;

- Foton saçılması, foto ayrışma ve fotofisyon deneyleri
- Yüksek enerjili foton dedektörü çalışması
- Endüstriyel uygulamalar

Elektronların doğrudan kullanımı;

- Radyasyon sertliği çalışmaları
- Detektör zamanlama deneyleri



- Bozunum şemaları,
- Spin,
- Tesir kesiti,
- Reaksiyon modu,
- Yarı ömür,
- Dallanma oranları,
- Geçiş kuvvetleri,
- Toplu davranış,
- Dipol kuvveti (dev dipol rezonansı ve pigme dipol rezonansı),

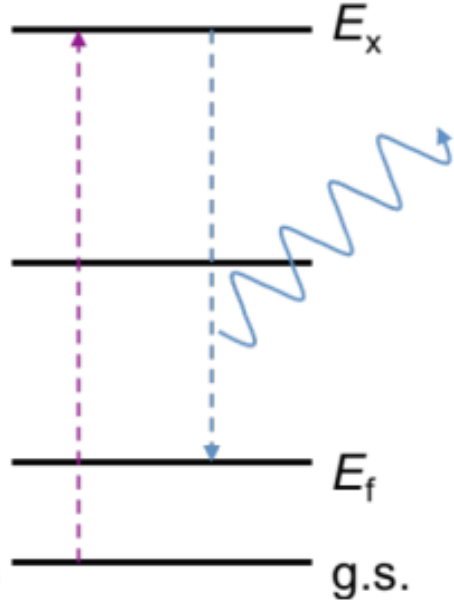
Nükleer Rezonans Floresansı (NRF)

NRF → Foton Kaynağı + Gama Dedektörü



Bremmstrahlung

Yüksek Çözünürlüklü

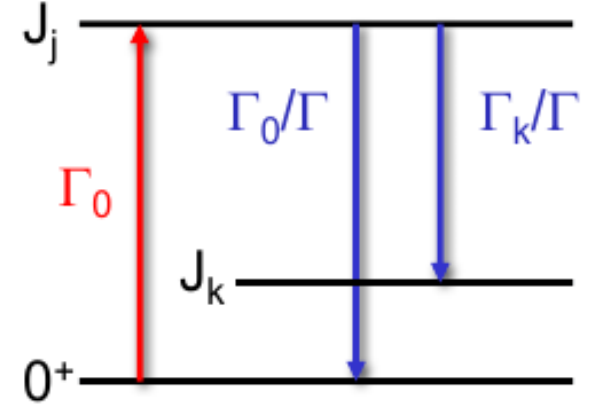


- yüksek spektral şiddet ($I = N / \text{eV} \cdot \text{s}$),
- iyi monokromatiklik,
- ayarlanabilir enerji,
- kutuplanabilirlik



Hızlandırıcı kaynaklı
Bremstrahlung fotonları

NRF, fotonların çekirdek tarafından absorbe edildiği ve daha yüksek enerjili fotonların olduğu nükleer süreçlerdir.



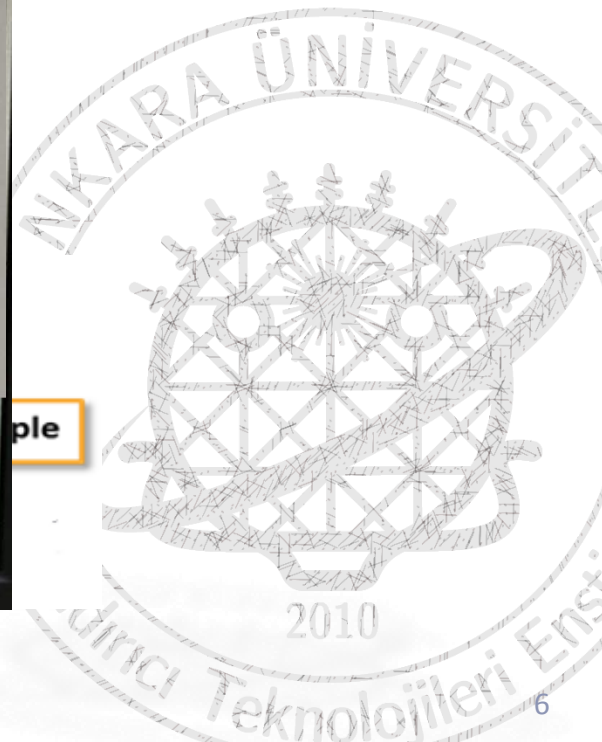
Erişilebilir Özellikler;

- Uyarılma Enerjisi E_x
- Spin J_x
- Parite π
- Bozunma Enerjileri E_y
- Bozunma Genişliği Γ_i
- Decay strengths $B(\lambda\sigma)$
- Doğal Çizgi Genişliği Γ
- Yarı Ömür τ





Electron Gun (Tungsten) 50 kV



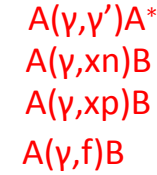
Fotonükleer Reaksiyonlar

Foton ile çekirdeklerin etkileşmesi sonucu oluşan nükleer tepkimeler

↓
Fotonükleer Reaksiyonlar



- ❖ gama-gama reaksiyonları
- ❖ nötron ayırma reaksiyonları (x=1,2)
- ❖ proton ayırma reaksiyonları (x=1,2)
- ❖ fotofisyon



* Element analizi için tahribatsız yöntem

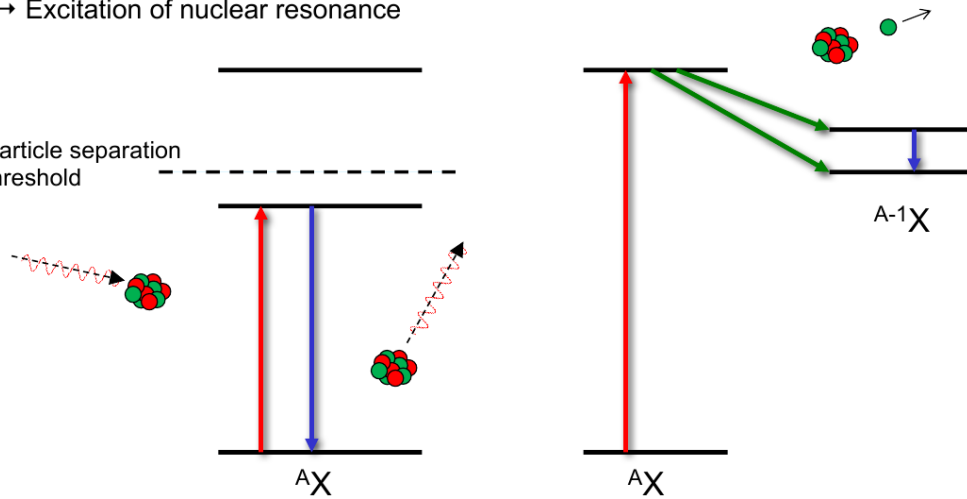
* Bremsstrahlung fotonları (linaktan gelen) ile numuneyi ışınlama ve aktive etmek

* Numune konsantrasyonu ile bilinen bir elementin konsantrasyonu kıyaslanır, bilinmeyen numunenin konsantrasyonu elde edilir.

Çekirdek	Fotonükleer Reaksiyon	Ürün Çekirdek	Kız Çekirdek
^{23}Mg	$^{23}\text{Mg} + \gamma \rightarrow ^{22}\text{Mg} + n$	^{22}Mg	^{22}Na

Photon always fully absorbed
→ Excitation of nuclear resonance

Particle separation threshold



Nuclear Resonance Fluorescence
("Photon scattering")

Photodesintegration
(Photoactivation if $A-1X$ unstable)

Check out the Advanced Cross-Variable Plot!

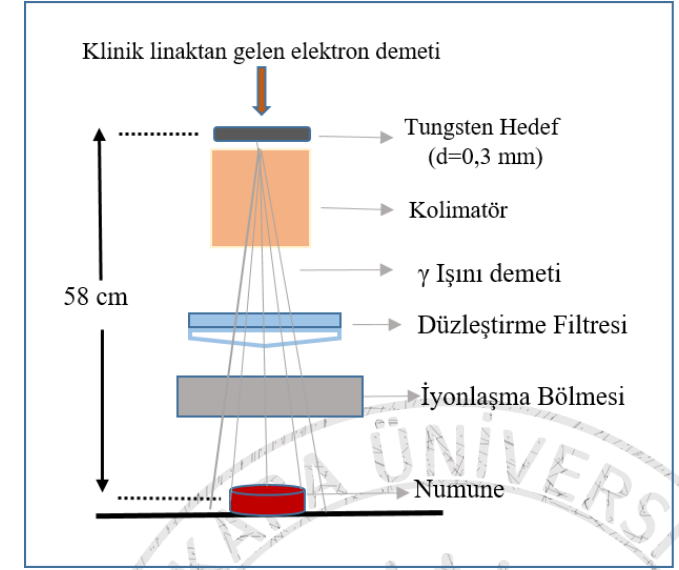
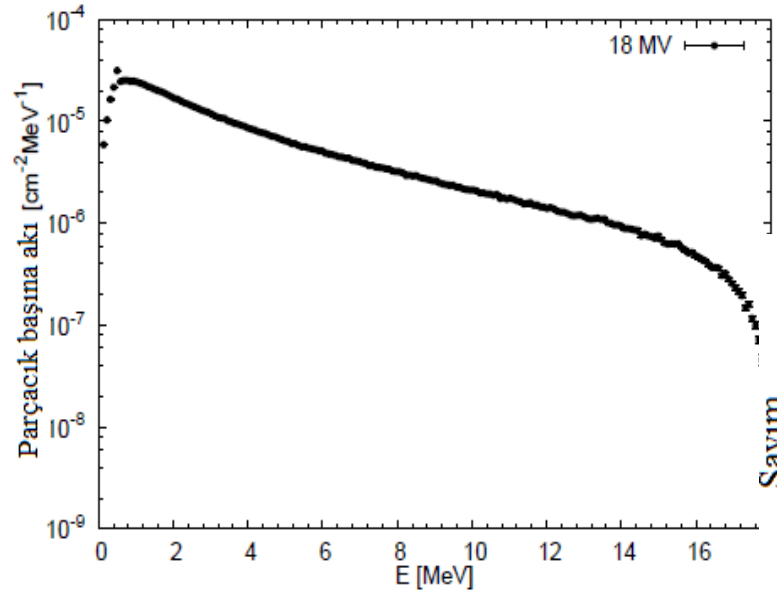
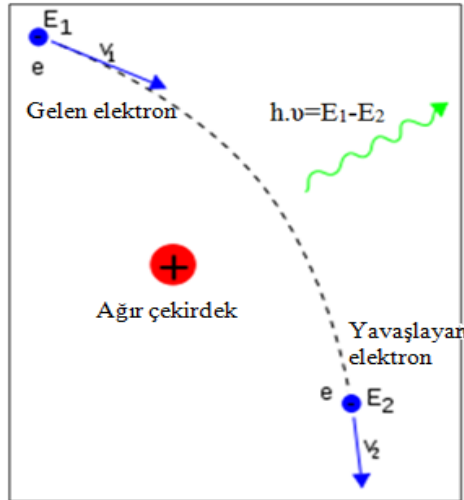
Color code	Half-life	Decay Mode	$Q_{\beta-}$	Q_{EC}	$Q_{\beta+}$	S_n	S_p	Q_{α}	ΔQ_{α}	S_{2n}	S_{2p}	Q_{2p-}	Q_{2e}
$Q_{\beta-2n}$	BE/A	(BE-LDM Fit)/A	Pair. gap	$E_{1st\ ex. st.}$	E_{2+}	E_{3-}	E_{4+}	E_{4+}/E_{2+}	β_2	$B(E2)_{42}/B(E2)_{20}$	$\sigma(n,\gamma)$	$\sigma(n,F)$	235U
62Ge	129 MS	63Ge	64Ge	65Ge	66Ge	67Ge	68Ge	69Ge	70Ge				
$\epsilon: 100.00\%$ $sp: 1.29E-1$	$\epsilon: 100.00\%$ $1.50E-1$	$\epsilon: 100.00\%$ $6.37E+1$	$\epsilon: 100.00\%$ $3.09E+1$	$\epsilon: 100.00\%$ $8.13E+3$	$\epsilon: 100.00\%$ $1.13E+3$	$\epsilon: 100.00\%$ $2.34E+7$	$\epsilon: 100.00\%$ $1.40E+5$	$\epsilon: 100.00\%$ $1.00E+24$					
61Ga	167 MS	62Ga	63Ga	64Ga	65Ga	66Ga	67Ga	68Ga	69Ga				
$\epsilon: 100.00\%$ $sp < 0.25\%$ $1.67E-1$	$\epsilon: 100.00\%$ $1.16E-1$	$\epsilon: 100.00\%$ $3.24E+1$	$\epsilon: 100.00\%$ $1.57E+2$	$\epsilon: 100.00\%$ $9.12E+2$	$\epsilon: 100.00\%$ $3.41E+4$	$\epsilon: 100.00\%$ $2.81E+5$	$\epsilon: 100.00\%$ $4.06E+3$	$\epsilon: 100.00\%$ $1.00E+24$					
60Zn	2.38 M	61Zn	62Zn	63Zn	64Zn	65Zn	66Zn	67Zn	68Zn				
$\epsilon: 100.00\%$ $1.42E+2$	$\epsilon: 100.00\%$ $8.91E+1$	$\epsilon: 100.00\%$ $3.30E+4$	$\epsilon: 100.00\%$ $2.30E+3$	$\geq 7.0E20\ Y$ 49.17% 2ϵ	$243.93\ D$	STABLE	STABLE	STABLE	STABLE				
59Cu	81.5 S	60Cu	61Cu	62Cu	63Cu	64Cu	65Cu	66Cu	67Cu				
$\epsilon: 100.00\%$ $8.15E+1$	$\epsilon: 100.00\%$ $1.42E+3$	$\epsilon: 100.00\%$ $1.20E+4$	$\epsilon: 100.00\%$ $5.80E+2$	1.00E+24	1.01E+2	$4.57E+4$	1.00E+24	$3.07E+2$	$2.22E+5$				
58Ni	STABLE	59Ni	60Ni	61Ni	62Ni	63Ni	64Ni	65Ni	66Ni				
68.077%	$\epsilon: 100.00\%$ $2.39E+12$	STABLE	26.223%	1.1399%	3.6346%	$\beta^-: 100.00\%$	101.2 Y	STABLE	0.9255%	$\beta^-: 100.00\%$	$\beta^-: 100.00\%$	$\beta^-: 100.00\%$	
1.00E+24	2.39E+12	1.00E+24	1.00E+24	1.00E+24	1.00E+24	$3.19E+9$	1.00E+24	$9.06E+3$	$1.96E+5$				

Ground and isomeric state information for $^{64}_{30}\text{Zn}$

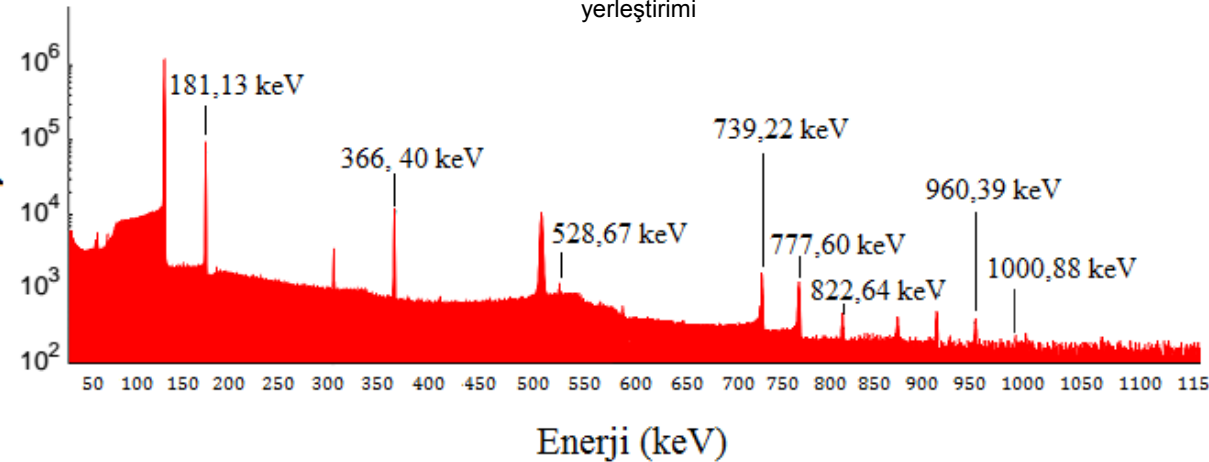
E(level) (MeV)	J π	Δ (MeV)	$T_{1/2}$	Abundance	Decay Modes
0.0	0+	-66.0040	$\geq 7.0 \times 10^{20}\ y$	49.17% 75	2ϵ

Fotonükleer Reaksiyonlar

- ❖ Linear hızlandırıcılarda üretilen Bremsstrahlung fotonları kullanılabilir.
- ❖ Nükleonlar arasındaki etkileşimleri anlamak için foton → yüksüz ve kütsüz → hedef çekirdeklere daha az zarar verir.
- ❖ Yarı-ömür,
- ❖ Enerji geçişleri,
- ❖ Aktivasyon analizi, Fotonükleer reaksiyon verileri, radyasyon taşıma analizi....



Hedef çekirdeklerin medikal linak ışınlama ünitesine yerleştirimi



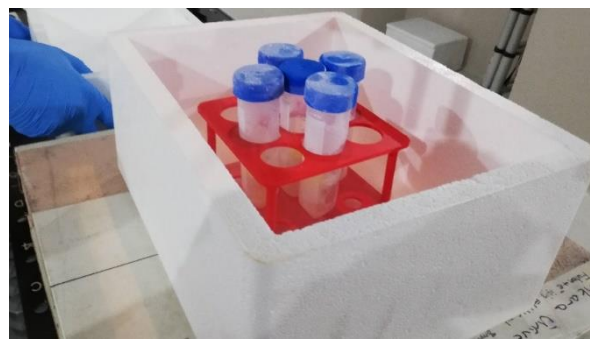
6 tüp Covid-19 numunesi

- Grup 1: 0
- Grup 2: 100 Gy
- Grup 3: 200 Gy
- Grup 4: 300 Gy
- Grup 5: 500 Gy
- Grup 6: 1000 Gy

Tungsten hedeften 65 cm

Yaklaşık 2 saat ışınlama

6 MeV enerji



5 farklı grup :

Her grup aşağıdaki 6 farklı tip tohumu içerir.

- Turuncu kadife
- Lavanta
- Akşam Sefası
- Açelya
- Mavi Hercai Menekşe
- Küçük Sarı Hint Karanfil Çiçeği

1. Grup : 0
2. Grup : 2.5 Gy
3. Grup : 5 Gy
4. Grup : 10 Gy
5. Grup : 20 Gy



Işınlama seviyelerine bağlı olarak hücrelerde ve dokularda genetik, sitolojik, biyokimyasal, fizyolojik ve morfogenetik değişiklikleri tetikleyerek bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde derin bir etkiye sahiptir.

Gıda ışınlanması, çeşitli amaçlarla gıdanın iyonlaştırıcı radyasyonla işlenmesidir.

Uygun dozlarda radyasyon zararlı haşereleri, bakterileri veya parazitleri öldürebilir ve yiyeceklerin raf ömrünü uzatabilir.

❑ Düşük Doz Uygulamaları (<1kGy)

- Tahıl, papaya, mango, avokado için Bitki Sağlığı **Böcek Dezenfeksiyonu** ...
- Patates, soğan, sarımsak için **Filizlenme Engelleme** ...
- Olgunlaşmanın gecikmesi, **parazit dezenfeksiyonu**.



❑ Orta Doz Uygulamaları (1-10 kGy)

- Sığır eti, yumurta, pisi balığı-yengeç eti, istiridye için Gıda Kaynaklı **Patojenlerin Kontrolü** ...
- Tavuk ve domuz eti, az yağlı balık, çilek, havuç, mantar, papaya için **raf ömrü uzatma** ...
- Baharat **Işınlanması**



❑ Yüksek Doz Uygulamaları (> 10 kGy)

- Et, kümes hayvanları ve bazı deniz ürünlerinin **gıda sterilizasyonu** genellikle hastanede yatan hastalar veya astronotlar için gereklidir.



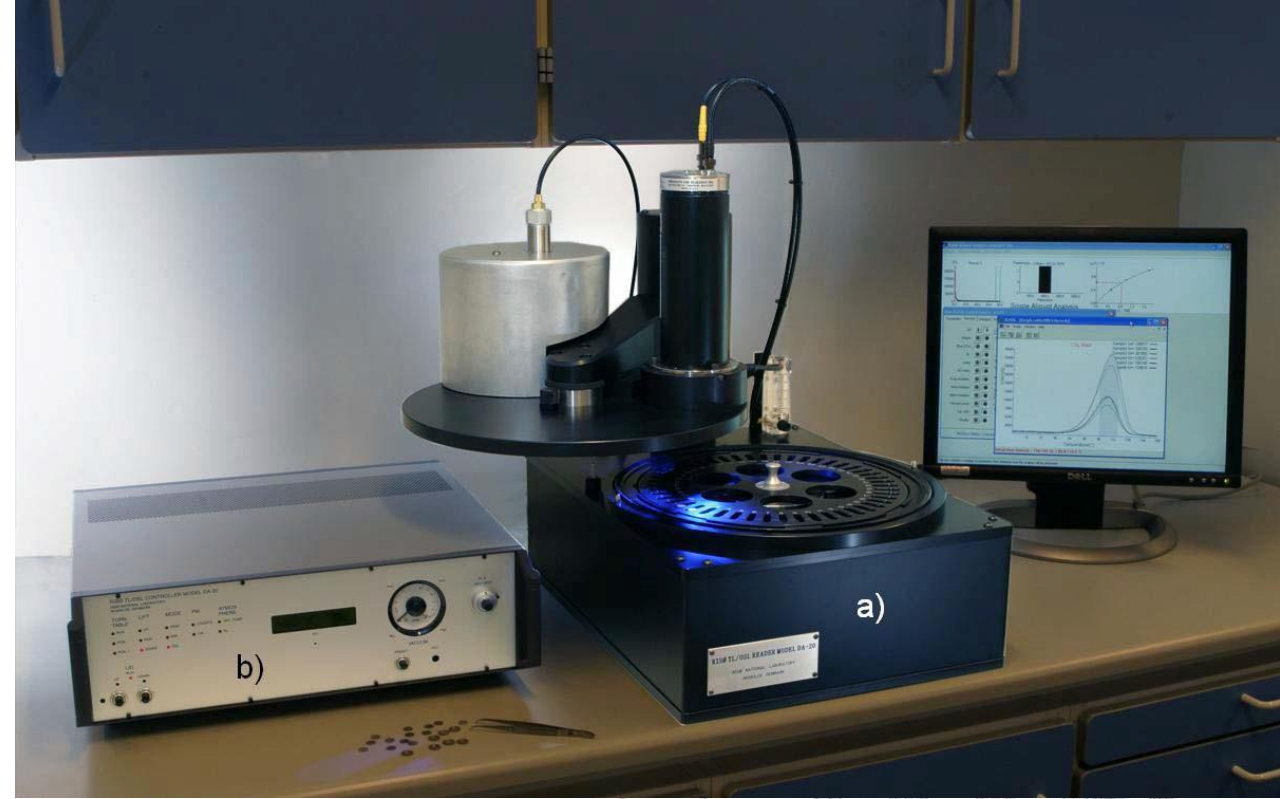
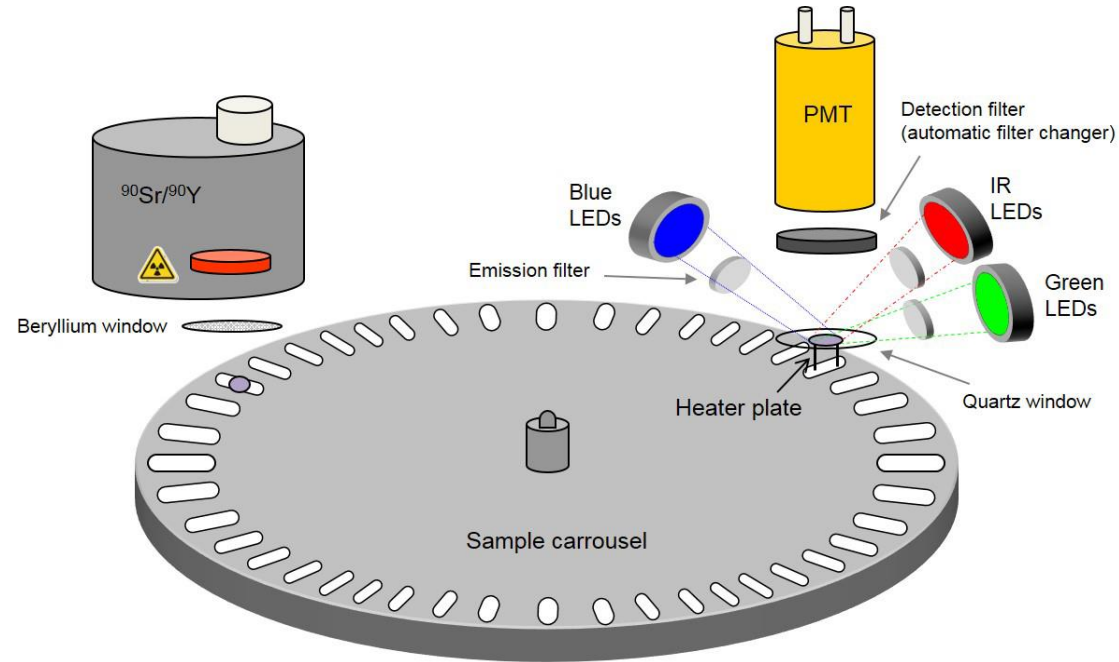
TL/OSL Reader

Isı uyarımlı → TL measurements

Işık uyarımlı → OSL measurements



*48 numune
*700°C



* beta ve alfa yayan kaynaklar (90Sr / 90Y ve 241Am)

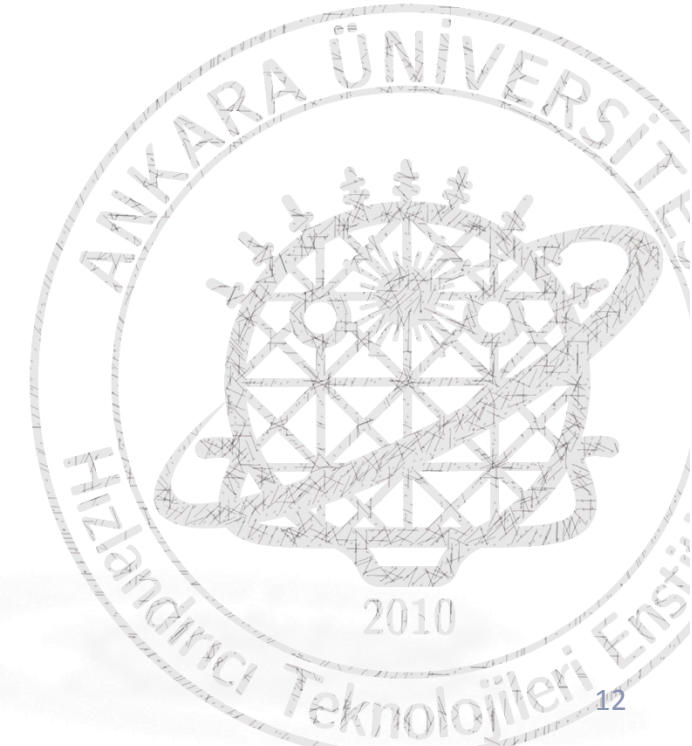
Özet

- ❖ Medikal linaklar, linakların yapabildiği nükleer araştırmaları olanaklı kılar!
- ❖ Çekirdeklerin yapısını anlamak için gerekli olan tüm aşamalar linaklar (Bremsstrahlung ışınımı üreterek) ile elde edilebilir.
- ❖ Hızlandırıcı+ Bremsstrahlung fotonları+ yüksek çözünürlüklü dedektör → nükleer çözümler, data teyidi...
- ❖ Yüksek çözünürlükte dedektörler hızlandırıcı tesisleri ve tesislerin nükleer deney odaları için vazgeçilmezdir.

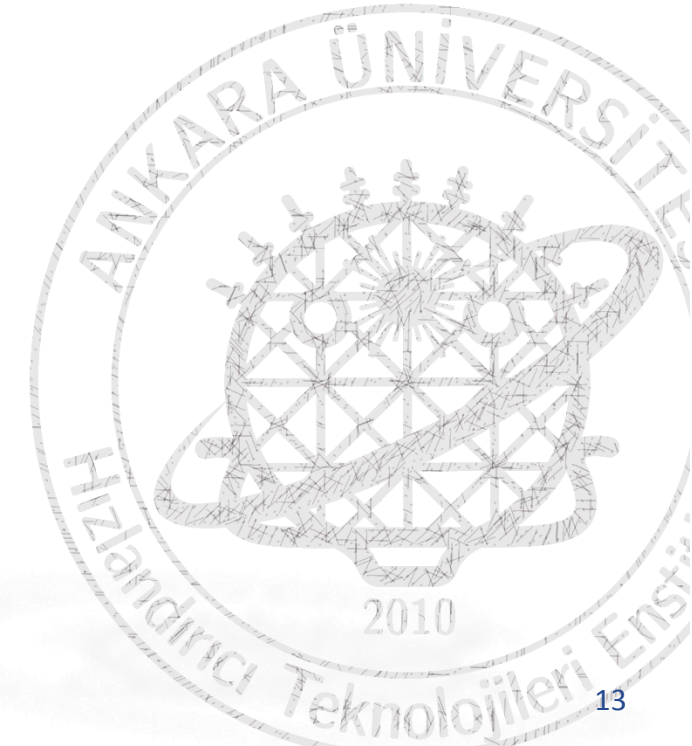
- ❖ Nükleer Deney İstasyon → Nükleer Rezonans Floresansı için dizayn edilmektedir.

- ❖ *TARLA Linak → dedektör çalışmaları, foton saçılma-ayırışma deneyleri, NRF ..yapılacaktır.*

- ❖ TARLA Medikal Linak ile → gıda , tohum, malzeme vb ışınlama...
- ❖ Fotonükleer reaksiyonlar, polimer çapraz bağlama *yapılabilir*



**TARLA Projesi, 2006K12-827
proje numarası
ile Cumhurbaşkanlığı Strateji ve
Bütçe Müdürlüğü tarafından
desteklenmektedir.**



Teşekkürler...

<https://tarla.org.tr/>

<http://hte.ankara.edu.tr/>