

30 MeV'de Proton Bombardmanı ile Nötron Demeti Üretimi

Aydın Yıldırım*¹, İsmail Boztosun², Haris Dapo³

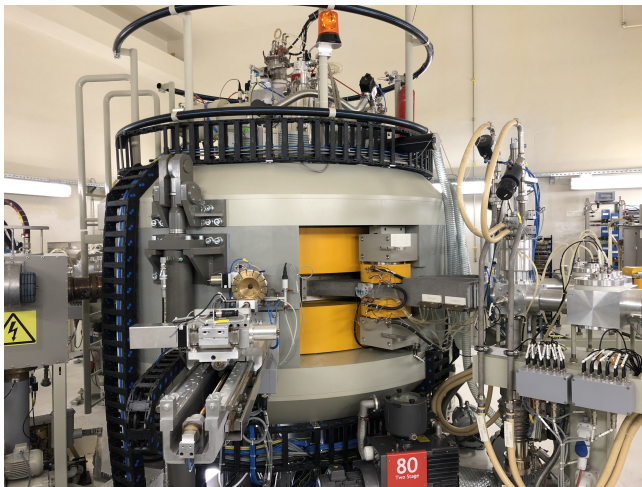
1. Proton Hızlandırıcısı Tesisi (PHT) TENMAK-NÜKEN, Ankara
2. Akdeniz Üniversitesi, Fizik Bölümü, Antalya
3. Türk Hızlandırıcı ve Işınım Laboratuvarı (TARLA), Gölbaşı, Ankara

3 Aralık 2022



- 1 Proton Hızlandırıcısı Tesisi
- 2 Hedef Seçimi
- 3 Nötron Akısı Elde Edilmesi
- 4 Uygulama Alanları
- 5 Kaynakça
- 6 Teşekkür

Proton Hızlandırıcısı Tesisi



Şekil 1: Cyclone[®] 30 HiC Proton Hızlandırıcısı ve Demet Hatları

Proton Hızlandırıcısı Tesisi

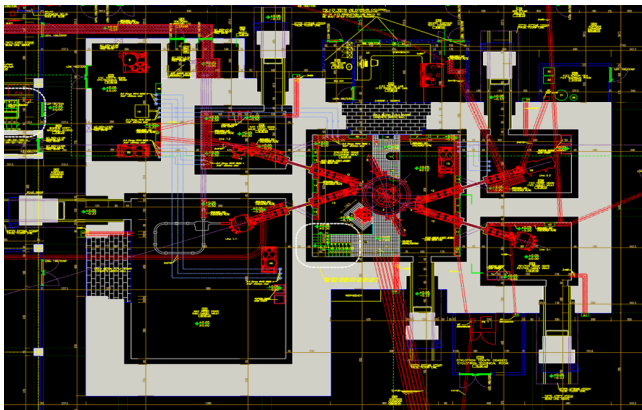


Şekil 2: Demet Hattı 1. Bölge

Proton Hızlandırıcısı Tesisi



Proton Hızlandırıcısı Tesisi



Şekil 4: Hızlandırıcı ve demet hatları planı - Ar-Ge Odası

Hedef Seçimi

1. Aday

Lityum (${}^7\text{Li}$)



Lityum için (p,n) reaksiyonu eşik değeri 1.9 MeV

2. Aday

Berilyum (${}^9\text{Be}$)



Berilyum için (p,n) reaksiyonu eşik değeri 2.1 MeV

[Leelanoi et al.(2018), Jeon et al.(2020)]



Malzeme

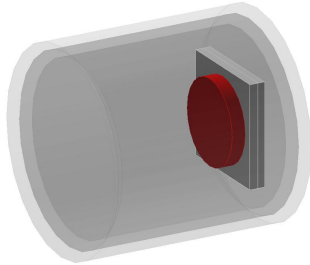
- Lityum
- Berilyum

Hedef Malzemenin Kalınlığı

- Durdurma Kalınlığı (Protonların tamamı durdurulmalı mı? Hydrogen Blistering)
- Daha ince hedef (Maksimum Nötron Akısı?)

[Jeon et al.(2020)]

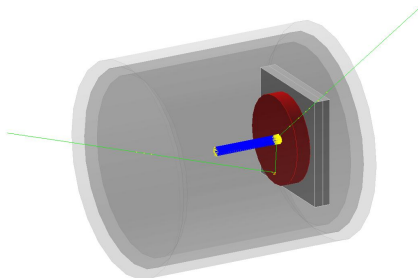
Geant4 Simülasyonları



Şekil 5: Geant4 simülasyon geometrisi

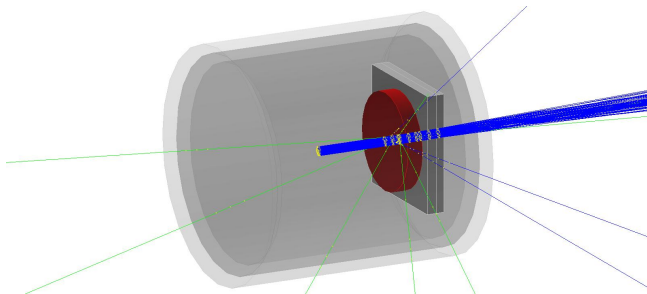
[Agostinelli et al.(2003), Allison et al.(2006), Allison et al.(2016)]

Geant4 Simülasyonları



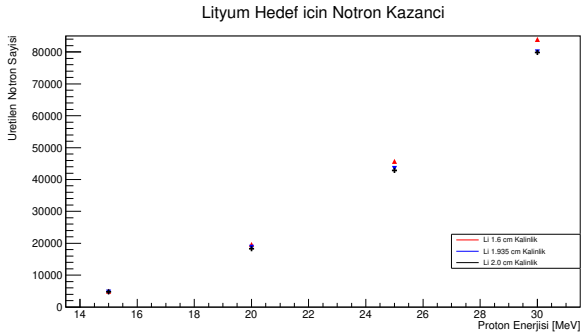
Şekil 6: Proton demeti - 1

Geant4 Simülasyonları



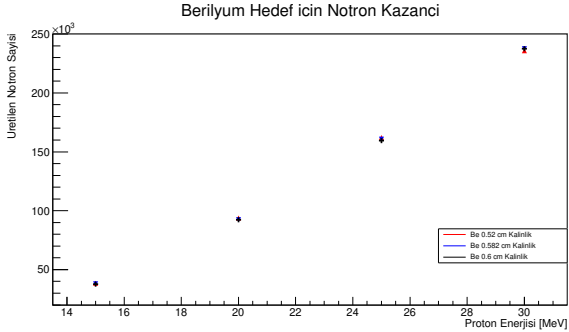
Şekil 7: Proton demeti - 2

Lityum Hedef



Şekil 8: Lityum hedef ile yapılan simülasyon sonuçları. Farklı kalınlıklarda elde edilen nötron sayısı dikey eksende verilmiştir.

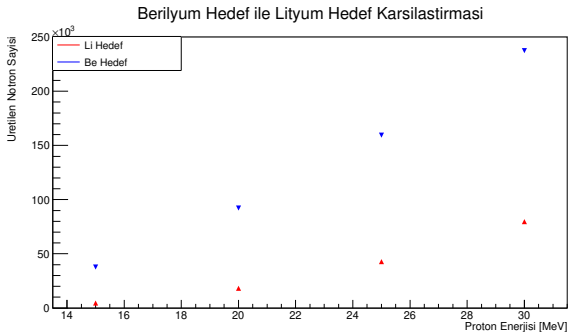
Berilyum Hedef



Şekil 9: Berilyum hedef ile yapılan simülasyon sonuçları. Farklı kalınlıklarda elde edilen nötron sayısı dikey eksende verilmiştir.

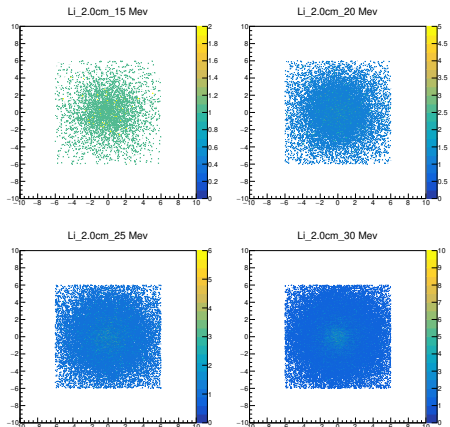
[Jeon et al.(2020)]

Lityum vs. Berilyum



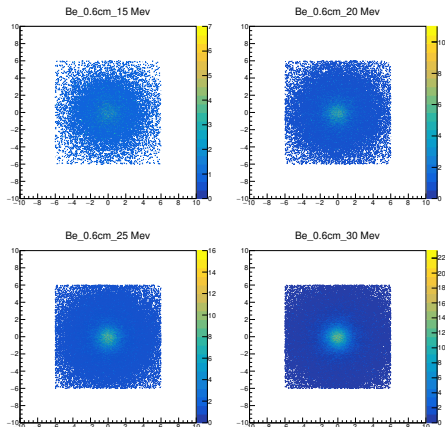
Şekil 10: Durdurma kalınlıkları dikkate alındığında, lityum hedef ile berilyum hedef tarafından oluşturulan nötron sayıları.

Lityum vs. Berilyum



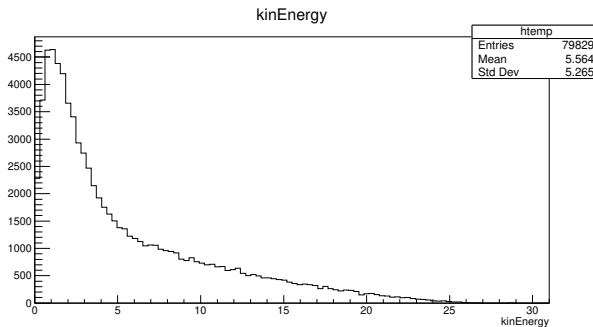
Şekil 11: Lityum hedef için farklı proton enerjilerinde oluşan nötron salınımı

Lityum vs. Berilyum



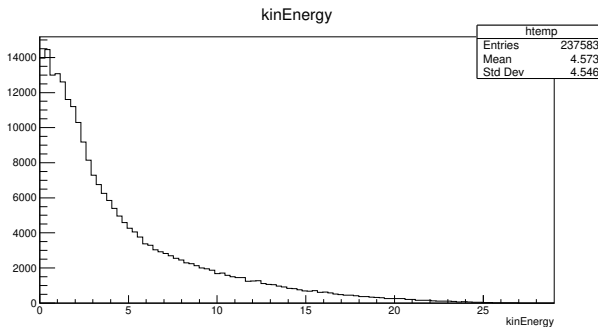
Şekil 12: Berilyum hedef için farklı proton enerjilerinde oluşan nötron salınımı

Lityum vs. Berilyum



Şekil 13: Lityum hedeften saçılan nötronların enerji dağılımı

Lityum vs. Berilyum



Şekil 14: Berilyum hedeften saçılan nötronların enerji dağılımı

Lityum vs. Berilyum

Tablo 1: Lityum hedeften saçılan nötron ve gama sayıları.

Proton E.	Kalınlık	T. Nöt. Sayısı	Nöt. Sayısı	G. Sayısı	G/N Oranı
30 MeV	1.6 cm	138906	83964	139641	1.663
30 MeV	1.935 cm	139823	80057	140409	1.754
30 MeV	2.0 cm	140350	79829	139161	1.743

Lityum vs. Berilyum

Tablo 2: Berilyum hedeften saçılan nötron ve gama sayıları.

Proton E.	Kalınlık	T. Nöt. Sayısı	Nöt. Sayısı	G. Sayısı	G/N Oranı
30 MeV	0.52 cm	411885	235882	227927	0.96628
30 MeV	0.582 cm	419507	237594	229523	0.96603
30 MeV	0.6 cm	419971	237583	230169	0.96879

Lityum vs. Berilyum

Hedef Seçimi?

Berilyum her yönden daha iyi görünüyor...

Berilyum → Radyoaktif olmadığı halde bilinen en tehlikeli elementlerden birisi! Berilyum ile çalışmak uzmanlık gerektiriyor.
[Taylor et al.(2003)]

Uygulama Alanları

Akademik (Eğitim)

Enstrümantasyon






1. SANS (Small Angle Neutron Scattering)
2. Reflectometry
3. Powder/polycrystalline diffraction and strain measurements
4. Radiography
5. TOF-Instrument for incoherent-inelastic measurements
6. Activation analysis
7. Special stations (neutronics engineering/instrumentation)
8. Medical applications






[IAEA-TECDOC-1439(2005), Mitsimoto et al.(2013), Mattera et al.(2017), Iverson et al.(2014)]



Kaynakça

Kaynakça

-  Leelanoi P., Buranurak S., and Sangaroon S., "Investigating a proton beam-based neutron source for BNCT using the MCNP simulation", IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series vol.**1144**: 012004, 2018
-  Jeon B., Kim J., Lee E., et al., "Target-Moderator-Reflector system for 10^{30} MeV proton accelerator-driven compact thermal neutron source: Conceptual design and neutronic characterization", Nuclear Engineering and Technology, vol.**52**: 633-646, 2020
-  Agostinelli S., Allison J., Amako H., et al., "Geant4—a simulation toolkit", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, vol.**506**(3): 250-303, 2003
-  Allison J., Amako K., Apostolakis J., et al., "Geant4 Developments and Applications", IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, vol.**53**(1): 270-278, 2006
-  Allison J., Amako K., Apostolakis J., et al., "Recent developments in Geant4", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, vol.**835**: 186-225, 2016

-  Taylor, T.P., Ding M., Ehler D.S., et al., "Beryllium in the Environment: A Review", Journal of Environmental Science and Health, Part A, **38**(2): 439-469, 2003
-  Mitsimoto T., Yajima S., Tsutsui H., et al., "Cyclotron-based neutron source for BNCT", APPLICATION OF ACCELERATORS IN RESEARCH AND INDUSTRY, AIP Conference Proceedings, vol.**1525**: 319-322, 2013
-  Mattera A., Pomp S., Lantz M., et al., "A neutron source for IGISOL-JYFLTRAP: Design and characterisation", Eur. Phys. J. A vol.**53**: 173, 2017
-  Development opportunities for small and medium scale accelerator driven neutron sources, IAEA-TECDOC-1439, February 2005
-  Iverson E.B., Baxter D.V., Muhrer G., et al., "Enhancing neutron beam production with a convoluted moderator", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, vol.**762**: 31-41, 2014

TEŞEKKÜRLER

