

İSÜ

İSTİNYE
ÜNİVERSİTESİ
İ S T A N B U L

Plastik Sintilatör Üretim Çalışmaları

Sertaç Öztürk

İstinye Üniversitesi

Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 955 (2020) 163314

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A

journal homepage: www.elsevier.com/locate/nima

Nuclear reactor monitoring with gadolinium-loaded plastic scintillator modules

Sertac Ozturk


Department of Physics, Tokat Gaziosmanpaşa University, 60250, Tokat, Turkey

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:
Nuclear reactor
Neutrino
Safeguards
Detector
Scintillator
Simulation

In this study, simulation-based design and optimization studies of a gadolinium-loaded segmented plastic scintillator detector are presented for monitoring applications of nuclear reactors in Turkey using antineutrinos. For the first time in the literature, a multivariate analysis technique is introduced to suppress cosmic background for such a reactor antineutrino detector.



4. Prospect

Nuclear technology is a new area for Turkey. The first nuclear reactor in Turkey is going to start operation in 2023, in Akkuyu. Construction of additional nuclear power plants in Sinop and Gneada are being planned in the near future. These reactors will provide a great opportunity for development of new national (and also international) neutrino physics projects.

A kind of segmented detector made of gadolinium loaded plastic scintillators for monitoring nuclear reactors discussed in this paper must be one of the highest priority project for nuclear safety in Turkey. Such a neutrino detector could be used for monitoring of nuclear reactors and nuclear wastes [20] in Turkey. In addition, reactor antineutrino energy spectrum measurements could be performed with scientific purposes, and it would be the first step towards development of a new reactor neutrino oscillation experiment in Turkey.

For that reason, it is planned to submit a project for funding to produce a demonstration module. Production and tests of gadolinium loaded plastic scintillator blocks can be done in Turkish Atomic Energy Authority, Sarayköy Nuclear Research and Training Center (SANAEM). High quality plastic scintillators have been produced in SANAEM in the past and there is necessary technological know how to synthesize new types of element loaded scintillator blocks with desired volumes and shapes.

The final design with some form of passive shielding, the construction and test are expected to take up to 2 years, before the first nuclear reactor core becomes active.

✓ Nim A da yayınlanan bir makale ile her şey başladı.

✓ <https://doi.org/10.1016/j.nima.2019.163314>

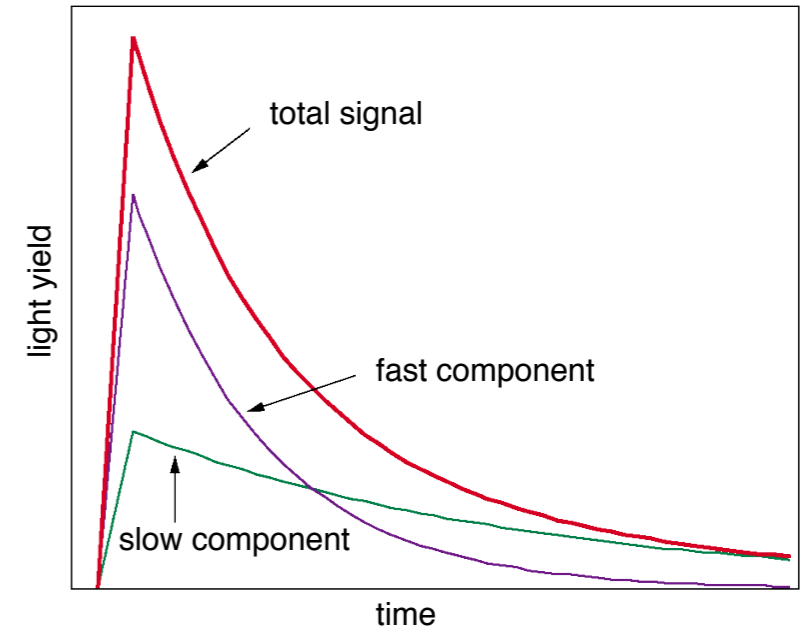
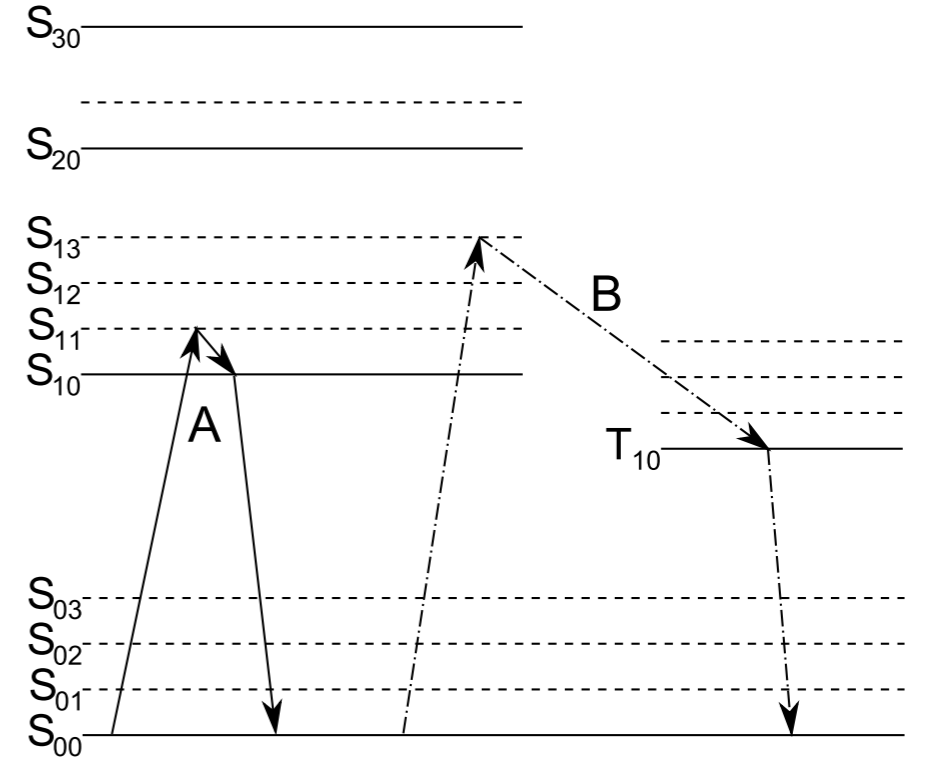
✓ Gd katkılı plastik sintilatörler ile nükleer reaktörlerim izlenmesi ve nötrino fiziği.

✓ Gd katkılı plastik üretmek için olumsuz cevaplar ile gerekli çalışmaların başlaması.



Sintilasyon (Parıldama)

- ☑ Sintilasyon, atomların ve moleküllerin radyasyon ile uyarılmasının ardından optiksel fotonların yayınlanmasıdır.
 - ✓ Floresans (singlet, ns) ve fosforesans (triplet, (μs – ms arası))
- ☑ Sintilasyon (parıldama) yapan malzemelere sintilatör (parıldak) denir.
 - ✓ İnorganik (NaI, CsI, LYSO, vs.), organik kristal, sıvı, cam, plastik
 - ✓ Hızlı tepki süresi, hassas enerji ölçümü, dayanıklılık, düşük maliyet
- ☑ Geniş kullanım alanı
 - ✓ Parçacık fiziği, astrofizik, ulusal güvenlik, arkeoloji, tıp, vs.



$$N(t) = A \cdot \exp\left(\frac{-t}{\tau_f}\right) + B \cdot \exp\left(\frac{-t}{\tau_s}\right)$$

Plastik Sintilatörler

✓ Polimer taban

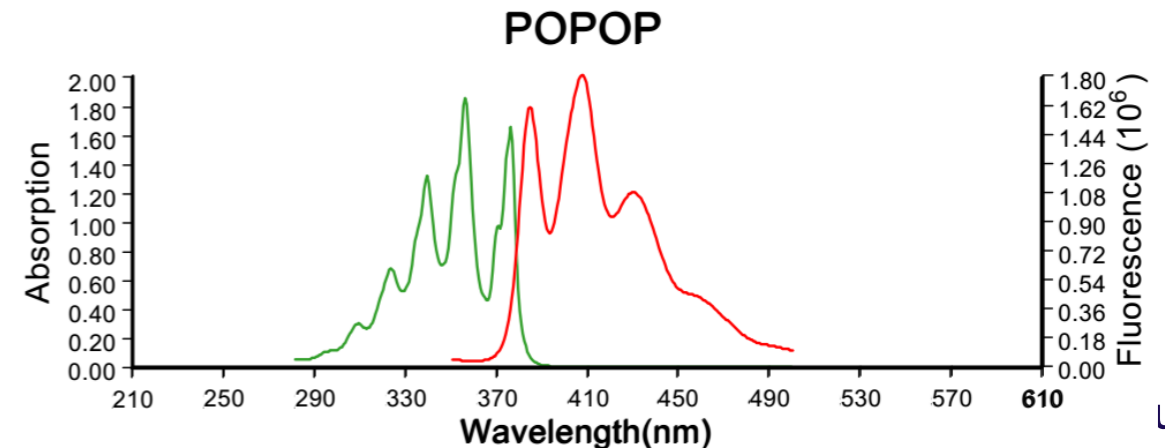
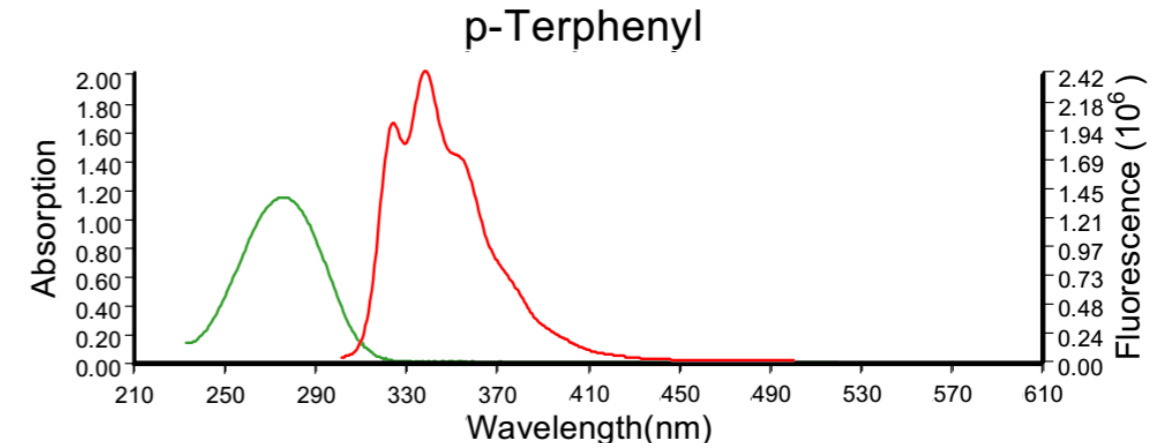
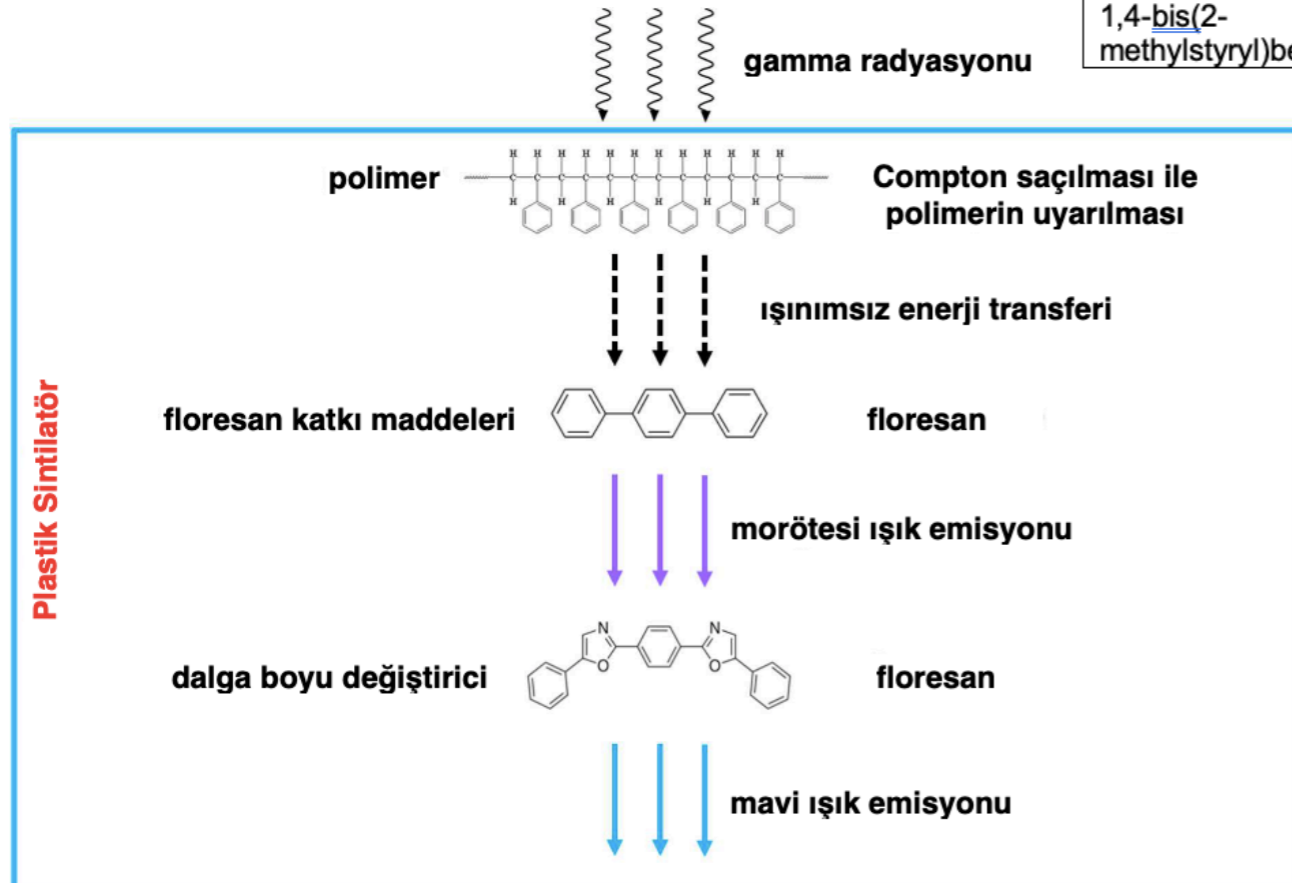
✓ Flor katkıları

✓ Birincil flor (%1-%30),
dalga boyu kaydırıcı
(%0.001 - %0.4)

İsim	T _g (°C)	d (g/cm ³)	n (kırılma indisi)	λ _{em} (nm)
Polyviniltoluene (PVT)	93-118	1.02	1.59	315
Polistiren (PS)	100	1.04-1.065	1.59	310
Pleksi (PMMA)	105	1.19	1.49	400-700
Polietilen tereftalat (PET)	78	1.33	1.57	385
Polyethylene naftalat (PEN)	122	1.36	1.65	425

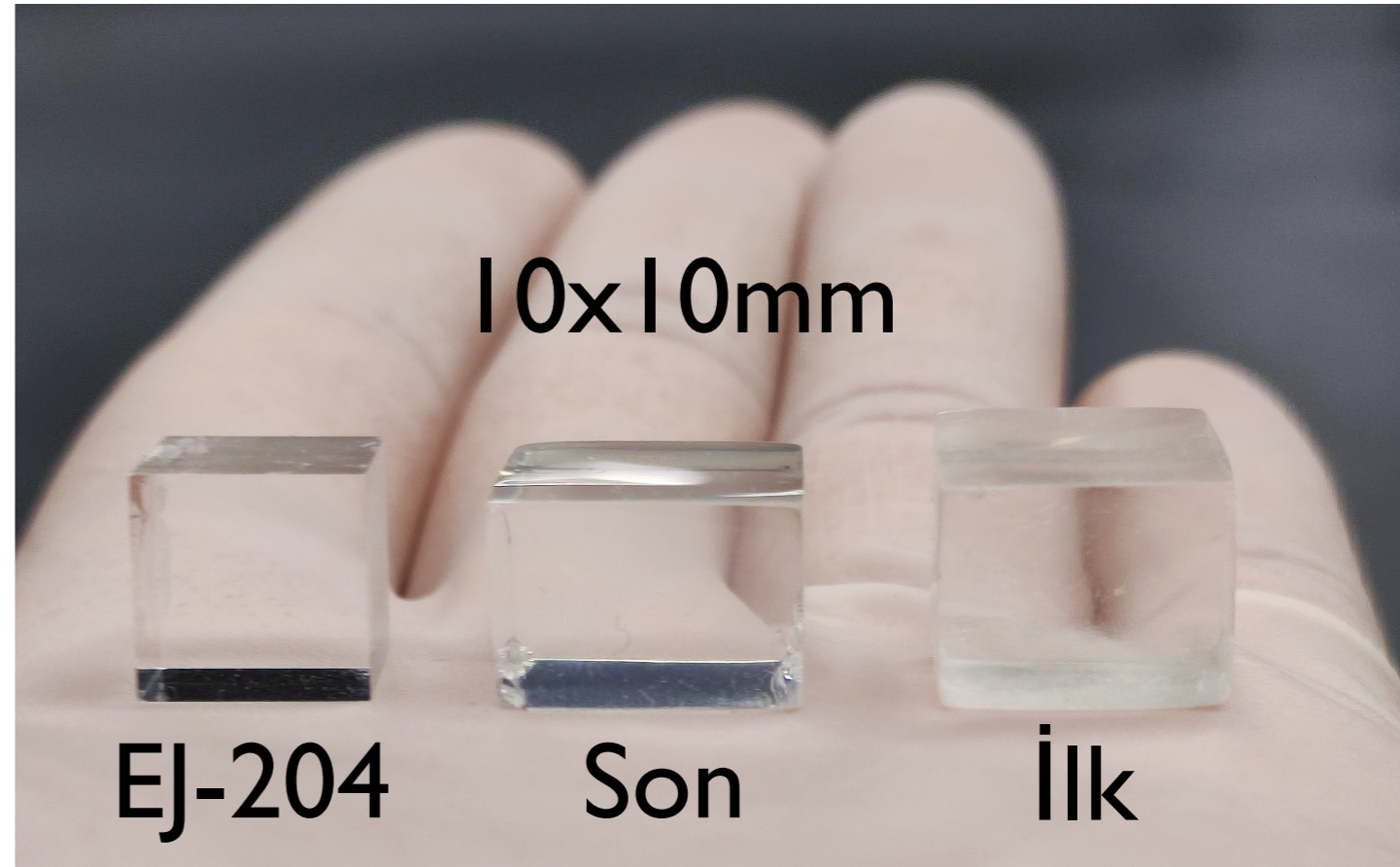
İsim	Kısaltma	λ _{abs} (nm)	λ _{em} (nm)	φ (Kuantum verimlilik)	T (ns)
p-Terphenyl	PTP	288;276	335;339	0.85	1.2
2,5-Diphenyloxazole	PPO	303;308	365;375	0.8	1.6
2-phenyl-5-(4-biphenyl)- 1,3,4-oxadiazole	PBD	305;302	360;365	0.8	1.2

İsim	Kısaltma	λ _{abs} (nm)	λ _{em} (nm)	φ	T (ns)
1,4-bis(5-phenyl-2-oxazolyl)benzene	POPOP	365	415-417	0.85	1.3
1,4-bis(2-methylstyryl)benzene	Bis-MSB	347-350	420	0.96	1.6



Plastik Sintilatör Sentezi

- ☑ Taban seçimi
 - ✓ Stiren, vinlytolene
 - ✓ Sıvı form, inhibitor katkısı
 - ✓ Saflaştırma işlemi
- ☑ Flor katkısı seçimi
 - ✓ PPO ve POPOP
- ☑ Yöntem seçimi
 - ✓ Termal Polimerizasyon
 - ✓ Hücre dökümü
- ☑ Polimerizasyon başlatıcısı seçimi
 - ✓ AINB, benzoyl peroxide
- ☑ Argon ve azot atmosferinin sağlanması
- ☑ Termal döngünün belirlenmesi
- ☑ Parlatma işlemi
- ☑ Veri alınması
 - ✓ UV-Vis, osiloskop, MCA



Optiksel Özellikler

Sint2

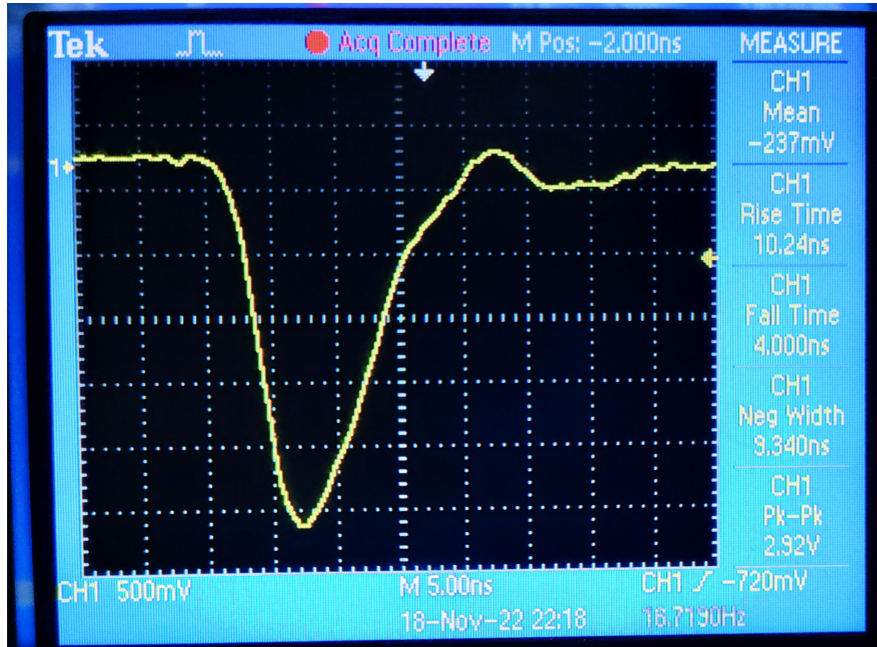
✓ PV taban, %1.5 PPO, %0.06 POPOP, AINB

✓ Argon atmosferi

EJ-204 içeriği belli değil.

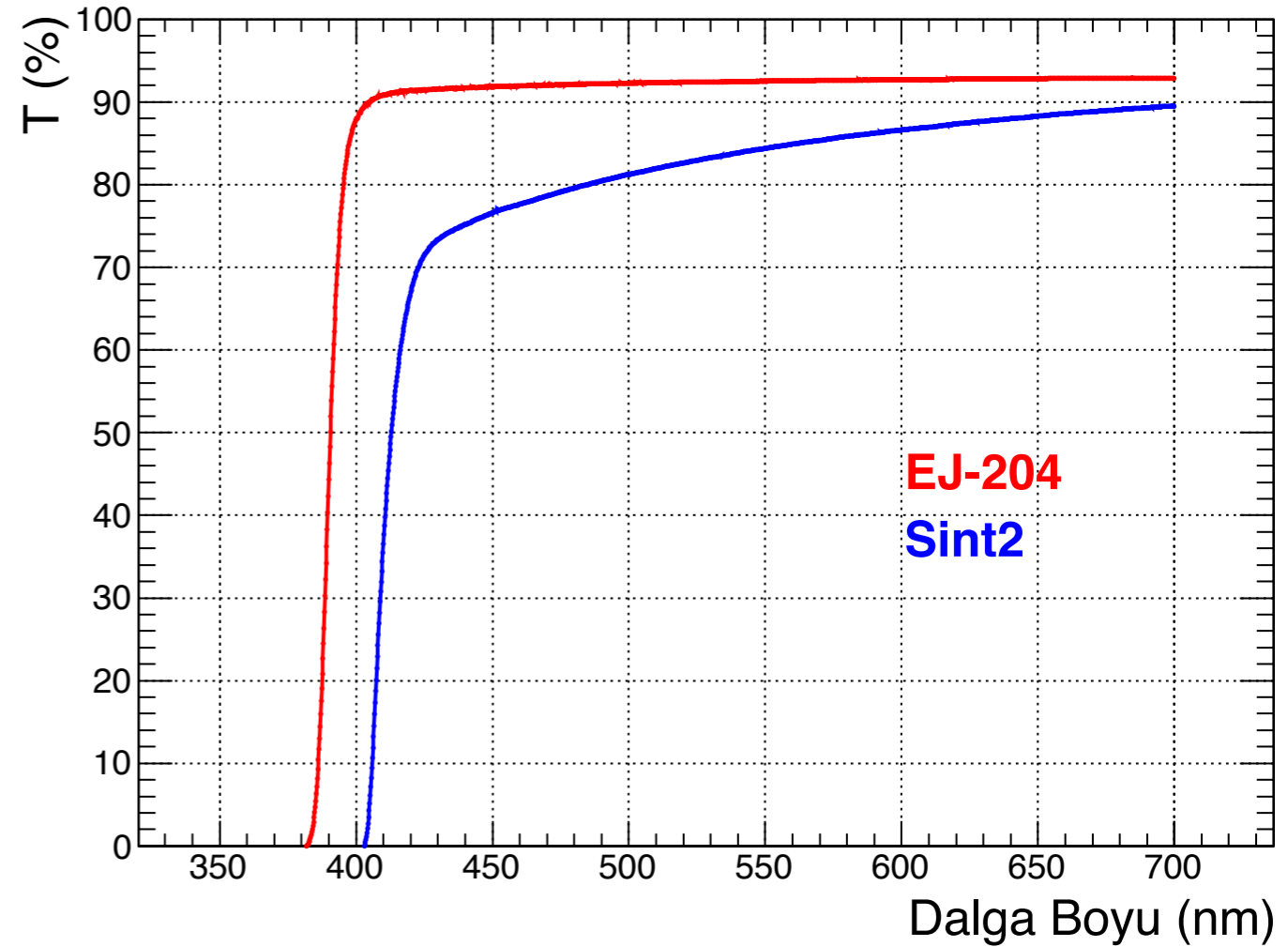
✓ PTP + BBO/DPS ?

Optiksek geçirgenlik oldukça yüksek.

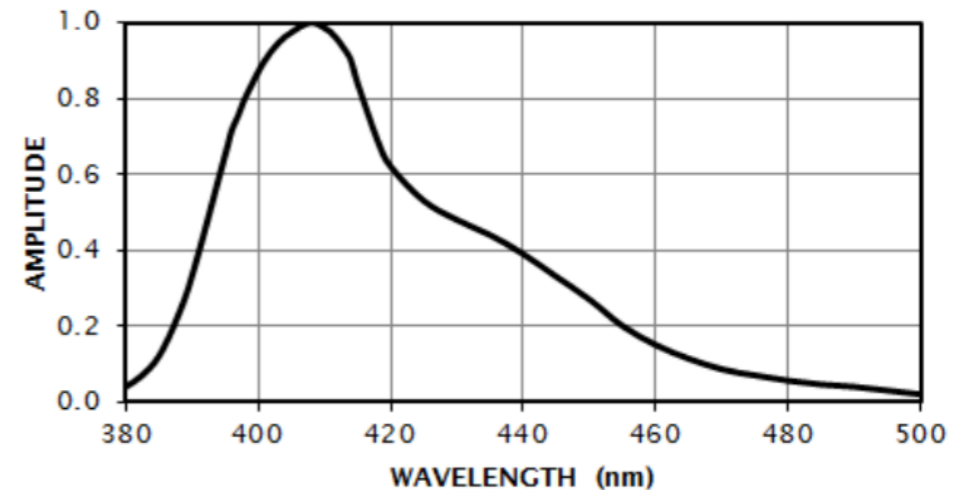


PROPERTIES	EJ-200	EJ-204
Light Output (% Anthracene)	64	68
Scintillation Efficiency (photons/1 MeV e ⁻)	10,000	10,400
Wavelength of Maximum Emission (nm)	425	408
Light Attenuation Length (cm)	380	160
Rise Time (ns)	0.9	0.7
Decay Time (ns)	2.1	1.8
Pulse Width, FWHM (ns)	2.5	2.2

Graph

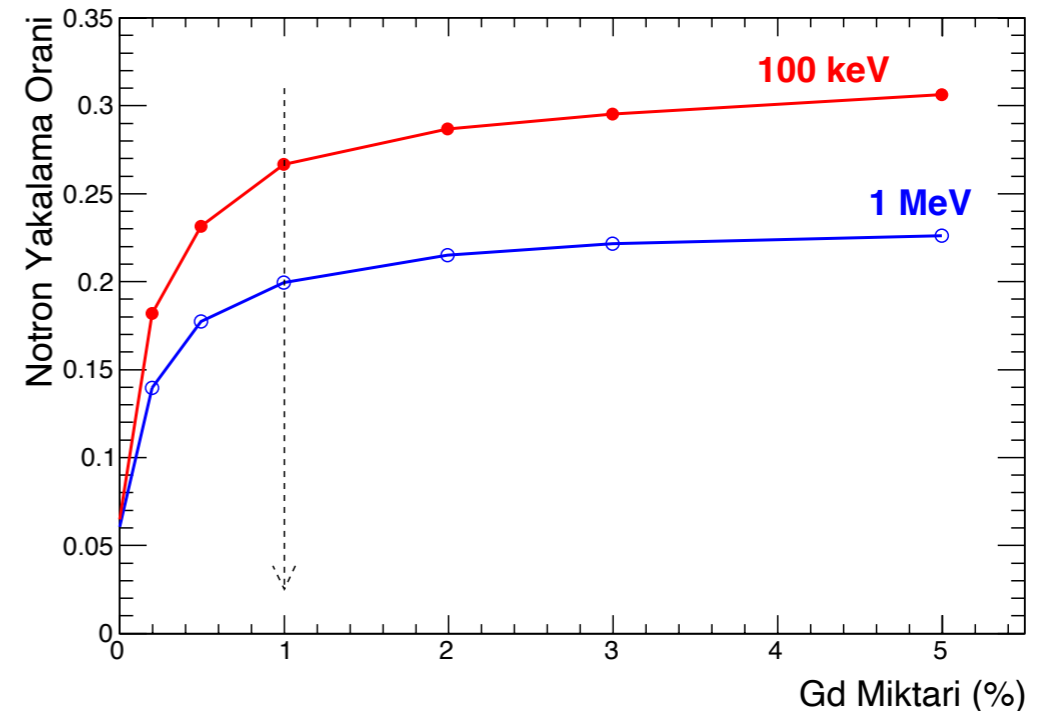
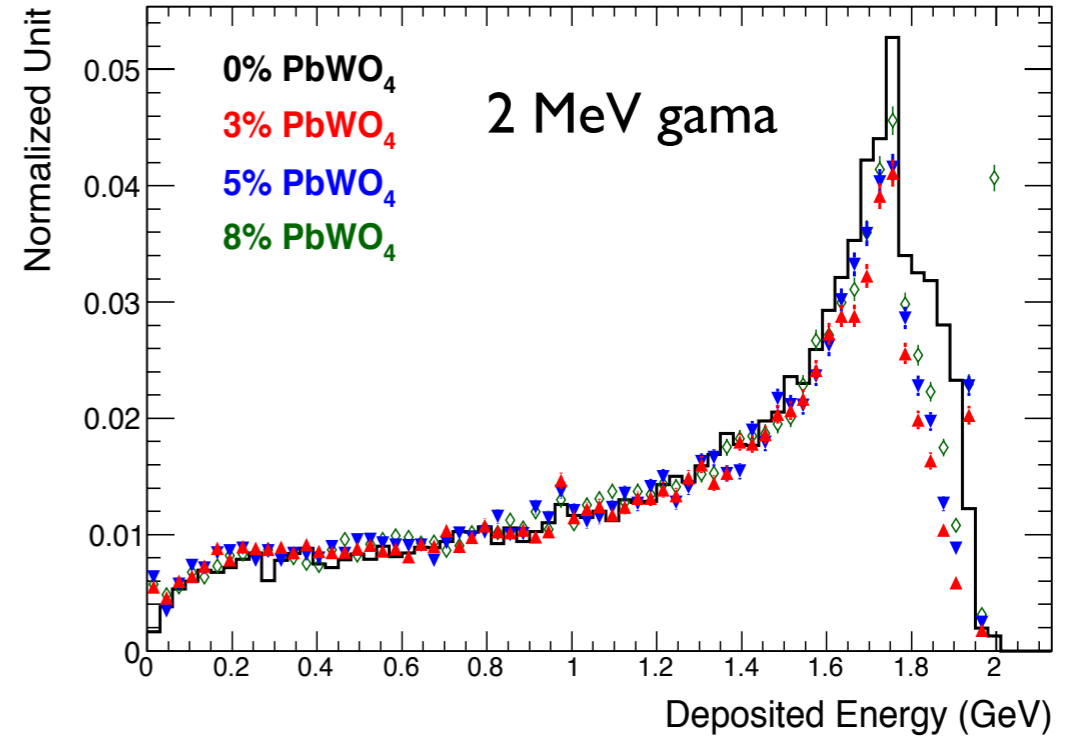


EJ-204 EMISSION SPECTRUM

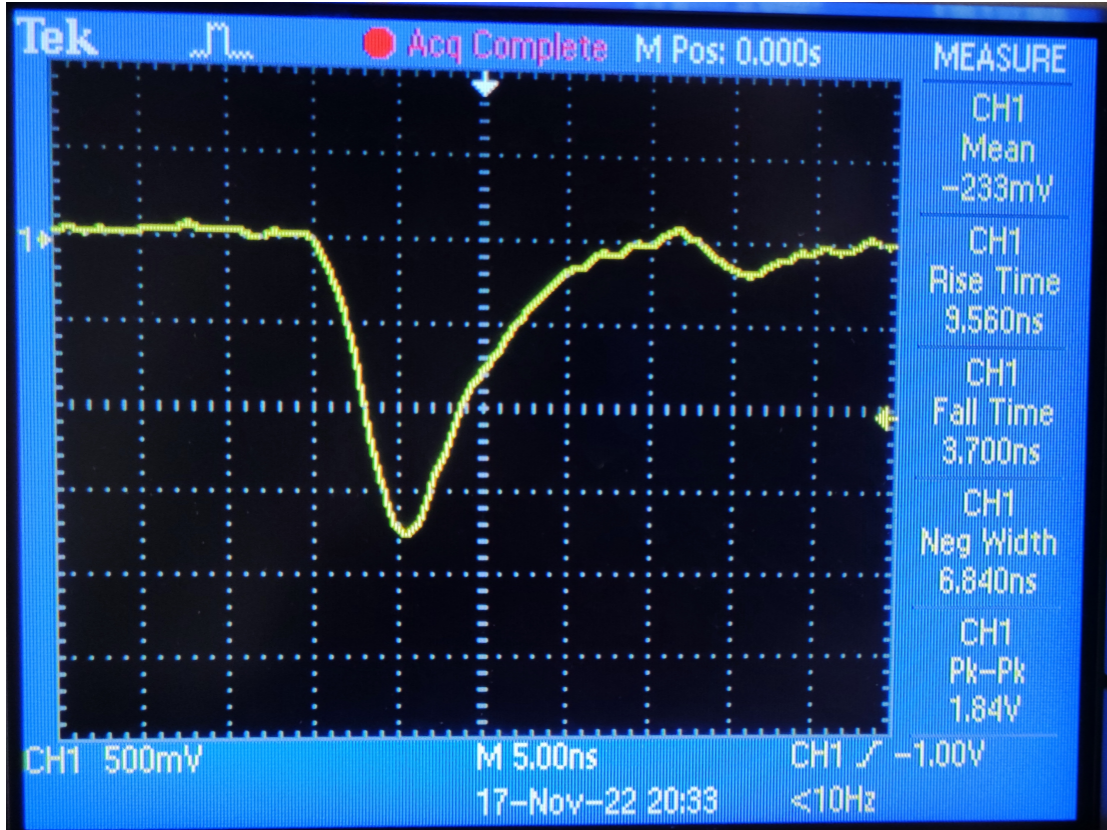
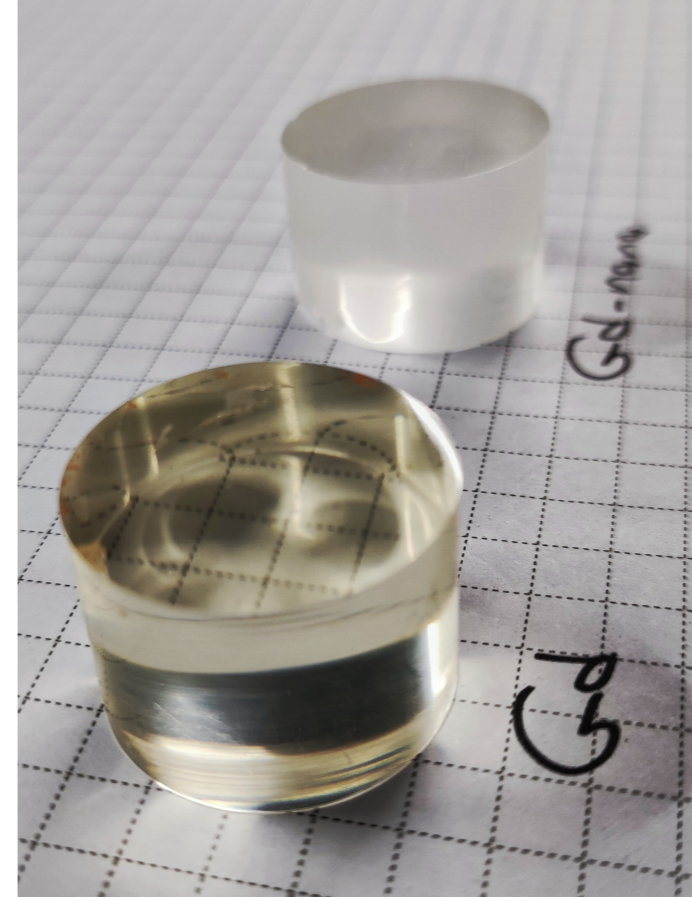
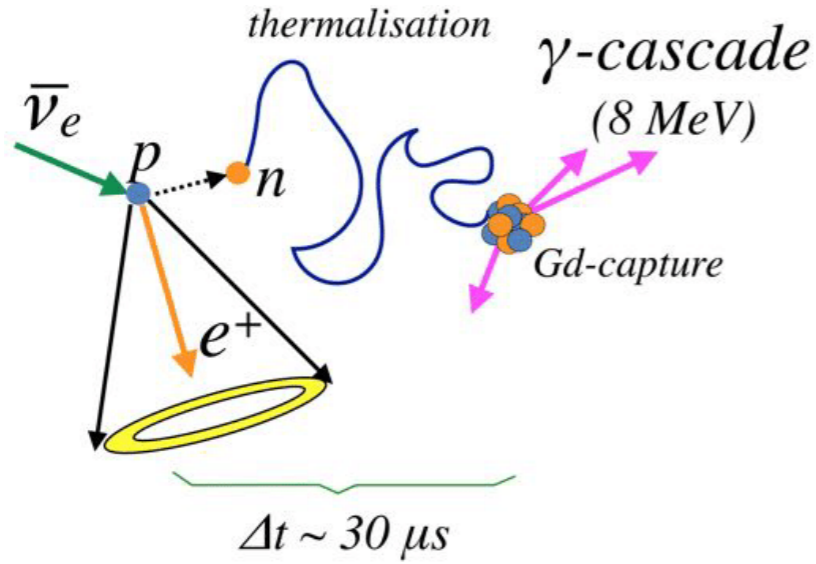


Katkılı Plastik Sintilatör Üretimi

- ✓ Plastik sintilatörlerde hassasiyeti arttırmak
 - ✓ Gama ve Nötron
- ✓ Gama radyasyonuna hassasiyeti arttırmak için ağır atom numaralı katkılar
 - ✓ Kurşun ve bizmut
- ✓ Nötron hassasiyetini arttırmak için özel elementler
 - ✓ ^{10}B , ^6Li , ^{155}Gd , ^{157}Gd , ^{113}Cd
- ✓ Organometalik, nanoparçacık, kuantum dot



Gadolinyum Katkılı Plastik Sintilatör Sentezi



☑ Gd organometalik ve nanoparçacıklı plastik sintilatör örnekleri sentezlendi.

✓ Gd(THMD)3 ve nanoparçacık katkısı oranı%0.2

☑ Sinyal yapısı düzgün.

☑ Nanoparçacık katkısı geçirgenliği azaltıyor.

$$T = \frac{I}{I_0} = \exp \left\{ - \frac{32\pi^4 V_p x r^3 n_m^4}{\lambda^4} \left[\frac{(n_p/n_m)^2 - 1}{(n_p/n_m)^2 + 1} \right]^2 \right\}$$

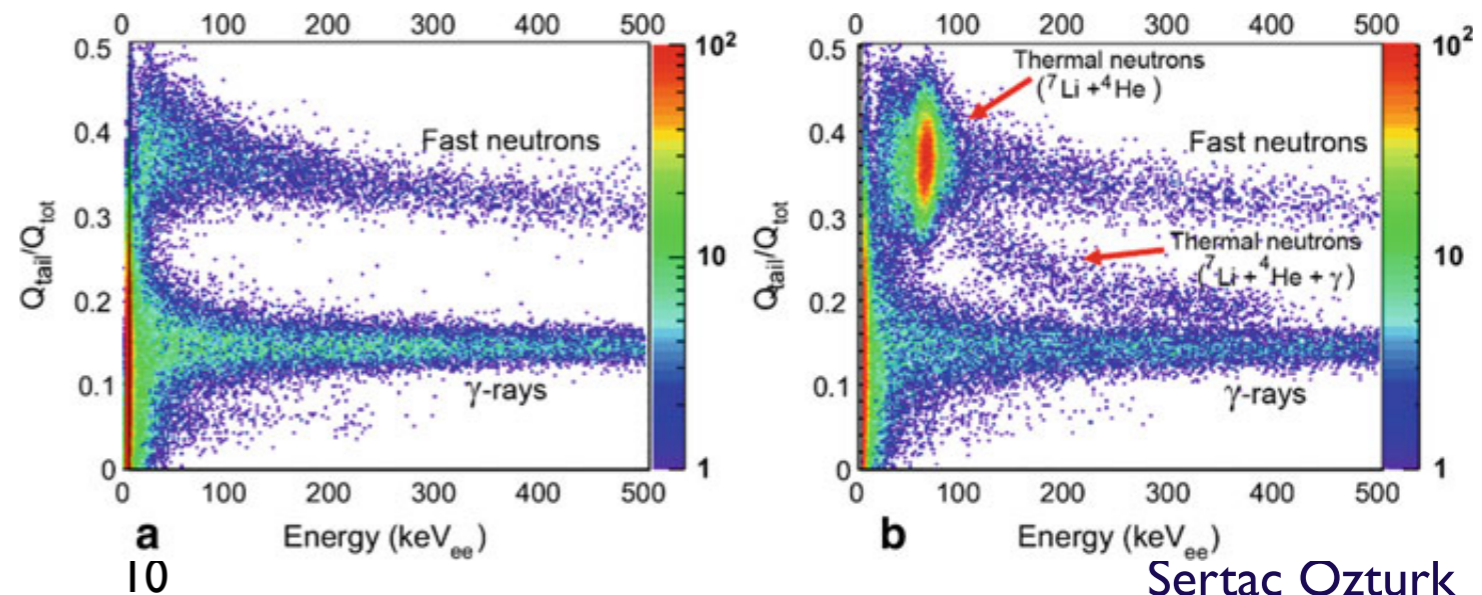
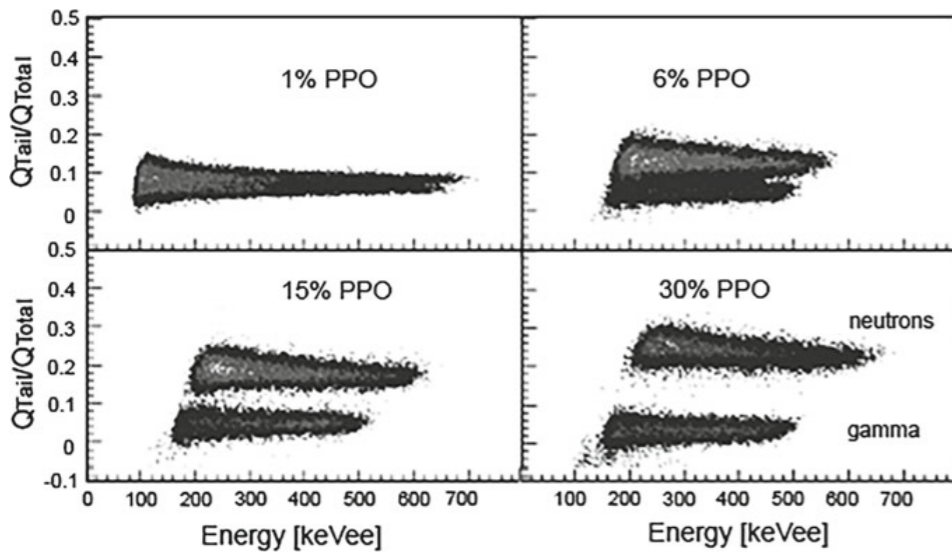
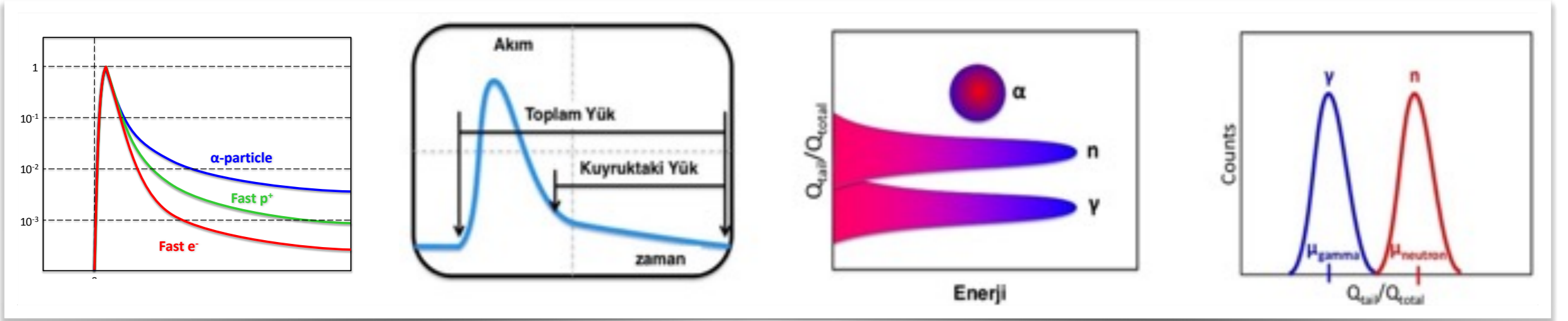
3D Yazıcı ile Plastik Sintilatör Üretimi

- ☑ 3D yazıcı ile plastik sintilatör üretebilmek.
 - ✓ Plastik sintilatör granül üretimi
 - ▶ Granül boyutları, polimerleşme miktarı
 - ✓ Plastik sintilatör filament üretimi
 - ▶ Plastikleştirici miktarı, optimal ısı ayarları
 - ✓ Optimal FDM 3D yazıcı ayarları
 - ▶ Sıcaklık ayarları, noozle çapı, katman yapıları
- ☑ TÜBİTAK 1005 projesi olarak başladı.
 - ✓ Bora Akgün, Kıvanç Nurdan, Gökhan Ünel, Erkcan Özcan, Sertaç ÖZTÜRK
- ☑ İlk denemeler yapıldı.
- ☑ Gelecekte katkılı plastik sintilatör filament üretimi



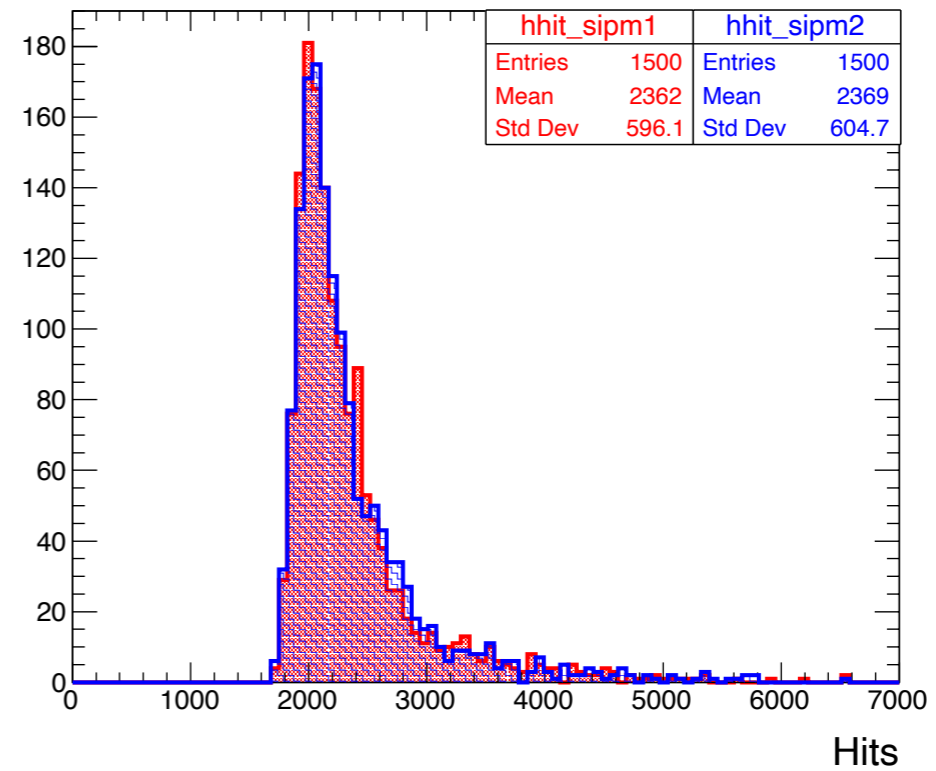
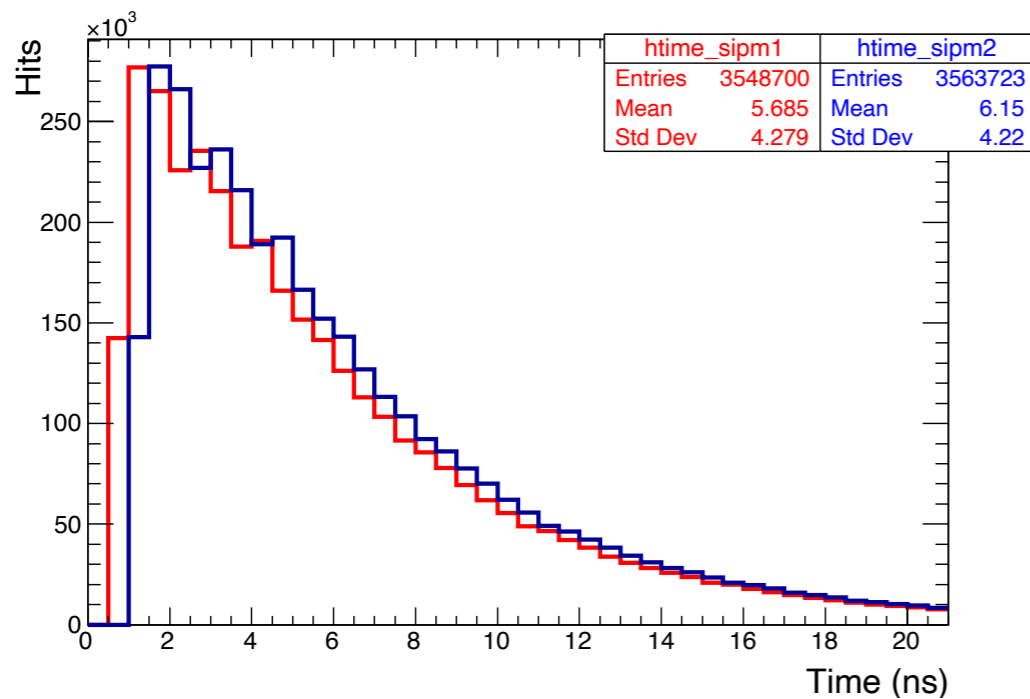
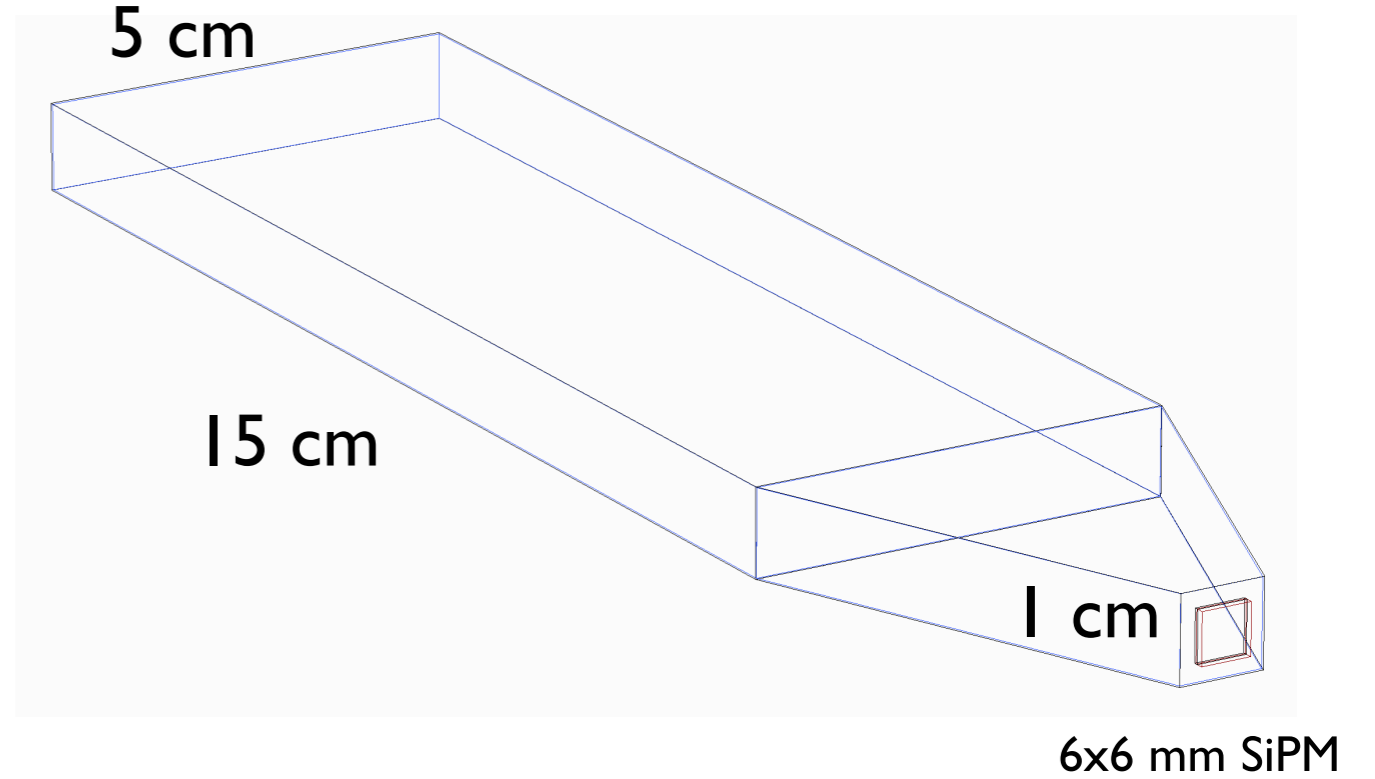
PSD Duyarlı Plastik Sintilatör Senzitezi

- ✓ PSD = Pulse Shape Discrimination
 - ✓ Gama/Nötron ayırımı
 - ✓ Yüksek oranda birincil (%20-%30) ve ikincil (%0.3) flor katkısı
 - ✓ %5 ve %10 PPO katkılı plastik sintilatör sentezi başarılı.
- ✓ EJ-276 mevcut.



Kozmik Müon Tetikleme Sistemi Üretimi

- ✓ Plastik sintilatör üretimi için özel kalıp üretimi.
- ✓ Kozmik müon olayları için tetikleme sistemi
- ✓ Sintilatör, sipm ve dijital kart tasarımı ve üretimi



☑ CRONUS Teknoloji A.Ş.

- ✓ Geniş Alanlarda Toprak Nem Miktarını Ölçen Yeni Bir Kozmik Işın Nötron Sensörü Üretimi
- ✓ TÜBİTAK 1512
- ✓ Teknopark İstanbul
- ✓ Sintilatör üretimi ve satışı
 - ▶ cronustechs@gmail.com

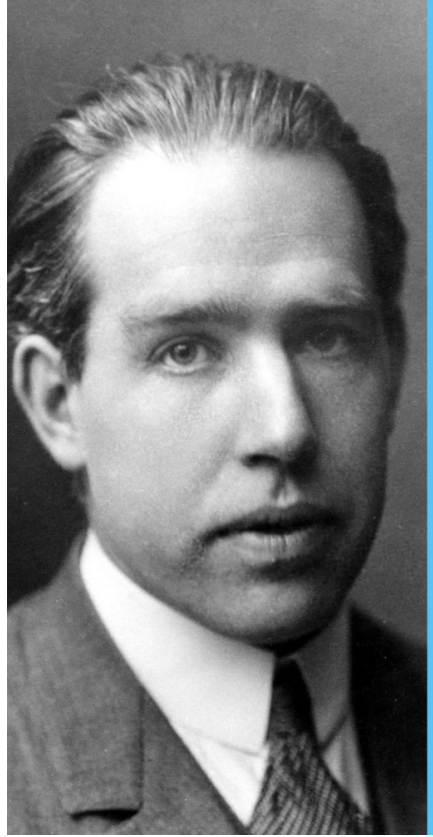
CRONUS

Cosmic RadiatiOn NeUtron Sensor



- ☑ Plastik sintilatör sentezleme çalışmaları İstinye Üniversitesi bünyesinde kısa süre önce başladı.
 - ✓ 3 aylık sürede çoğu prosedür şekillendi.
 - ✓ Hava kabarcıksız, temiz ve şeffaf
- ☑ Gd katkılı plastik sintilatör üretimi gerçekleştirildi.
 - ✓ Amaç PSD ye duyarlı %I Gd katkılı plastik sintilatör sentezini başarmak.
- ☑ 3D yazıcı ile plastik sintilatör üretim çalışmalarına başlandı.
- ☑ Özel sintilatör kaplama yöntemlerinin denenmesine yönelik proje hazırlığı başladı. (TÜBİTAK 1005 projesi yazımı)
- ☑ Triplet-harvesting (SSD), sintilasyon yapan nanoparçacık katkılı plastik sintilatör üretimi çalışmalarına başlanacak.

Hedefler



"An expert is a person who has found out by his own painful experience all the mistakes that one can make in a very narrow field."

Nicholas Bohr

