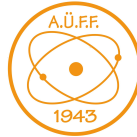


# Plastik Parıldaklar

Halil Kolatan



Ankara Üniversitesi Fizik Bölümü  
Proje Çalışma Grubu

12 Mayıs 2021

## Parıldama Dedektörlerinin Kısa Tarihi

Genel Tanımlar

İlk Parıldama Sayacı: Spinthariscopes

Parıldama Dedektörlerinin Gelişimi

## Parıldama Dedektörleri

Parıldama Dedektörleri

Organik Parıldaklar

Plastik Parıldaklar

CosmicWatch Masaüstü Müon Dedektörü

## Kaynakça

Parıldama (Scintillation)<sup>1</sup> dedektörleri, günümüzde parçacık ve nükleer fizik uygulamalarında en çok kullanılan dedektörlerden biridir. Yüklü parçacıklar belirli malzemelere vurduğunda küçük bir ışık parlaması meydana gelir. Parıldama oluşturan malzemeler ise parıldak (Scintillator)<sup>1</sup> olarak adlandırılır. Oluşan parıldama çeşitli yükselteç cihazlar ile çoğaltılarak, bir analog elektronik sinyale dönüştürülürler [1].



Kristal Parıldak ve çeşitli parıldama dedektörleri [2].

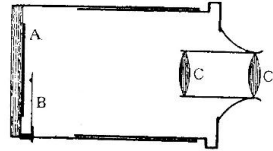
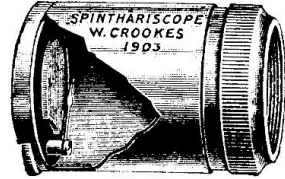
<sup>1</sup>bk. *Hızlandırıcı Fiziği Sözlüğü*

Spinthariscopes olarak bilinen ilk radyasyon dedektörü 1903 yılında W. Crookes tarafından geliştirildi. Gözleri karanlığa adapte ettikten sonra, izleyici Spinthariscopes'un merceğinden bakar ve küçük ışık parlamalarının görüldüğü çinko sülfür ( $ZnS$ ) ekranını gözlemler. Her parıldama, ekranın hemen üstüne yerleştirilmiş bir işaretçinin ucundaki küçük bir radyum kaynağından yayılan bir  $\alpha$  parçacığı tarafından üretilir. Spinthariscopes ilk parıldama sayaçlarının öncüsü olarak kabul edilir [1,3].



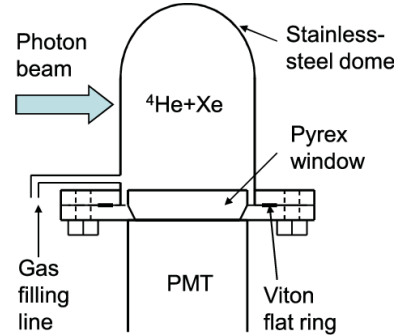
Spinthariscopes'un ticari olarak temin edilebilen ilk versiyonunun bir örneği [4].

Bu cihaz, 1909'da Geiger ve Marsden tarafından  $\alpha$  parçacıklarının saçılmasını incelemek için kullanıldı ve 1911 yılında Rutherford'un atom çekirdeğini keşfetmesiyle sonuçlandı. Bu büyük keşif için kullanılmasına rağmen, optik parıldama sayaçları, gazlı iyonizasyon cihazlarının icadıyla kullanımı tamamen bırakıldı [1,5,6].



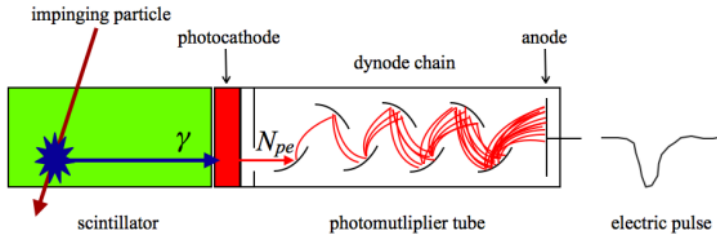
Spinthariscopes'un iç yapısı: A = ZnS ekranı, B = Radium nitrat kaynağı, C = Göz merceği lensi [7].

1944 yılında Curran ve Baker insan gözüyle bakmak yerine yeni geliştirilen fotoçoğaltıcı tüpleri (PMT) kullanmaya başlamıştır ve zayıf parıldama dedektörleri bu geliştirmeden sonra verimlilik ve güvenilirlik bakımından en az gaz iyonizasyon araçları ile yarışabilir hale gelmiştir ve elektronik parıldama dedektörü bu şekilde doğmuştur [1]. Bu modern parıldama dedektörlerinin başlangıcıydı. Günümüzde parıldama dedektörleri, yüksek enerji fiziği, tıbbi görüntüleme, güvenlik gibi birçok alanda ve  $\alpha$ ,  $\beta$  parçacıklarının, gama ve X ışınlarının, nötronların ve müonların tespiti için yaygın olarak kullanılmaktadır [9].



Fotoçoğaltıcı tüplü gaz iyonizasyon cihazının iç yapısı [8].

Bir parıldama dedektörünün temel unsurları, parıldak ve doğrudan ya da bir ışık kılavuzu aracılığıyla optik olarak bağlandığı foto dedektördür. Radyasyon parıldaktan geçerken malzemenin atomlarını ve moleküllerini uyararak ışığın yayılmasına neden olur. Bu ışık, tipik olarak bir fotoçoğaltıcı (PMT) olan fotodedektöre iletilir ve burada bir elektrik sinyaline dönüştürülür [9].



Parıldama dedektörü düzeneği [9].

Genel olarak, parıldama sinyali çeşitli bilgiler sağlayabilmektedir:

- 1. Enerji Hassasiyeti:** Belli bir enerjinin üzerinde çoğu parıldak lineer bir davranış göstermektedir. Yani bir malzemenin ışık çıkışı uyarılma enerjisiyle doğru orantılıdır. Aynı zamanda fotoçoğaltıcı da lineer bir cihaz olduğundan çıkış elektrik sinyalinin genliği de bu enerji ile orantılıdır. Bu da dedektörü ideal bir enerji spektrometresi olarak kullanmamıza olanak vermektedir.
- 2. Hızlı Zaman Cevabı:** Parıldama dedektörleri, tepki ve geri kazanım sürelerinin diğer dedektör tiplerine göre kısa olmaları bakımından hızlı cihazlar olarak sayılmaktadırlar. Bu hızlı yanıt özelliği zamanlama bilgisinin yani iki olay arasındaki zaman farkının daha hassas bir biçimde ölçülmesine olanak vermektedir.
- 3. Sinyal Şekli Ayırt Etme:** Bazı parıldaklarda, yayılan ışık sinyallerini analiz ederek farklı tipte parçacıklar arasında ayırım yapmak mümkündür. Farklı iyonlaştırma gücüne sahip olan farklı parçacıklar tarafından malzemedeki atomların uyarılmasının floresans mekanizmasının farklılığından kaynaklanır [1].



Birçok parıldama yapan malzeme vardır. Fakat, hepsi dedektör olarak uygun değildir W. Leo'ya göre iyi bir malzeme aşağıdaki gereksinimleri karşılamalıdır:

- Uyarılma enerjisini floresans radyasyona çevirmede yüksek verimlilik
- Oluşturduğu floresans ışığın iletimi için şeffaflık
- Mevcut foto çoğaltıcıların spektral cevabı ile tutarlı bir spektral aralıktaki emisyon
- Kısa bir bozunma sabiti,  $\tau$ .

Parıldaklar; organik parıldaklar: *saf organik kristaller, sıvı organik çözeltiler, plastikler*, inorganik kristaller, gazlar ve camlar olmak üzere 4 başlığa ayırabiliriz.

Bir organik parıldak tipik olarak 3 parçadan oluşur:

- Bir polimer taban; tipik olarak PVT, polistiren veya silikon bazlı malzemeler
- Birincil katkılama malzemesi
- İkincil katkılama malzemesi

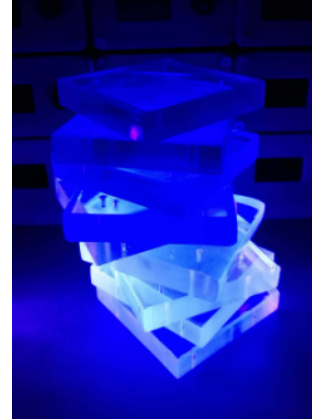
Aşağıdaki çizelgede en yaygın kullanılan organik parıldaklar ve bazı karakteristik özellikleri verilmiştir [10].

Sintilatör	Base	Yoğunluk [g/cm <sup>3</sup> ]	$\tau_D$ [ns]	$L_{ph}, N_{ph}$ [per MeV]	$\lambda_{em}$ [nm]
Anthracene		1.25	30	16000	440
BC-408 (BICRON)	PVT	1.032	2.1	10000	425
BC-408 (BICRON)	PVT	1.032	1.5	11000	391
UPS-89 (AMCRYS-H)	PS	1.06	2.4	10000	418
UPS-91F (AMCRYS-H)	PS	1.06	0.6	6500	390

Bazı organik parıldaklar ve karakteristik özellikleri [10].

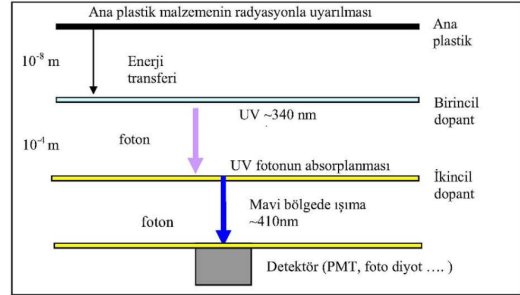
Yüksek enerji fiziğinde ve nükleer fizikte izleyici veya kalorimetre olarak hızlı zaman tepkileri, yüklü parçacıklar için yüksek verim, üretim kolaylığı, çok yönlülük ve orta maliyetler sayesinde parıldama dedektörleri yıllardır çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Çarpıştırıcı deneylerinde büyük algıçların elektromanyetik kalorimetrelerinde parıldaklar kullanılmaktadır. Radyasyon fiziğinde de birçok kullanım alanı mevcuttur. Yüksek algılama verimleri ve hızlı ışık çıkışı ile radyoterapi ve dozimetre uygulamaları için kullanışlıdır. Bununla birlikte, hızlandırıcı dışı deneylerde parıldama dedektörleri, astrofizik çalışmalarında, tıbbi görüntülemede ve endüstri gibi alanlarda sıklıkla kullanılan çok yönlü parçacık dedektörü haline gelmiştir. Örneğin; plastik parıldaklar, basitlikleri, düşük yoğunlukları ve yüksek hacimleriyle birlikte katı hal bazlı sistemlere kıyasla yüksek radyasyona maruz kalabilirler, bu da onları astrofiziksel amaçlar için de uygun hale getirmiştir. Geçmişte Phobos, Lunar Prospector veya Mars Odyssey gibi gezegen görevlerinde partikül veya nötron spektrometresi olarak ve daha yakın zamanda Dawn ve Solar Orbiter'de (AMS, DAMPE) kullanılmıştır [10].

*Plastik parıldaklar*, günümüzde en yaygın kullanılan organik parıldaklardan biridir. Genellikle moleküler yapılarında benzen halkaları olan polimerlere dayanmaktadır. İnorganik kristallerin aksine hızlı tepki verirler. Plastik parıldaklar, yaklaşık 2-3 ns arasında bir bozunma sabiti ve yüksek ışık çıkışı sağlamalarıyla son derece hızlı bir sinyal verirler. Bu hızlı bozunmadan dolayı ışık sinyalinin yükselme zamanı göz ardı edilemez [1, 10].



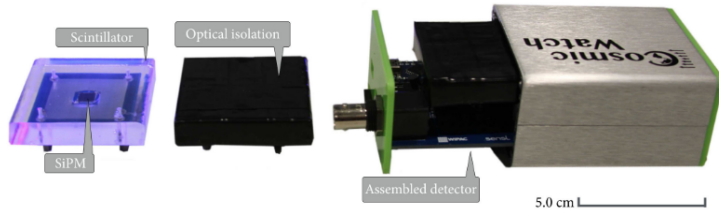
Plastik Parıldaklar [11].

Plastik parıldakların diğer bir avantajı ise normal yollarla istenilen şeklin verilebilmesidir. Bu özelliği sayesinde büyük tabakalar, bloklar ve silindirlere kadar çok çeşitli boyutlarda ve biçimlerde üretilebilirler. Ayrıca, ışık geçirgenliği ve hız gibi farklı özellikler sunan çeşitli plastik parıldaklar üretilebilmektedir ve nispeten diğerlerine göre daha ucuzdurlar. Oldukça sağlam olmalarına rağmen plastik parıldaklar aseton ve bazı organik çözücülere karşı hassastırlar. Bununla birlikte saf su ve düşük alkollere göre dayanıklıdırlar. Ayrıca, plastik parıldakların genelde çıplak el ile tutulması sakıncalıdır tutan kişinin vücut asitleri sayesinde parıldak zarar görebilir bu nedenle eldiven ile tutmak önerilmektedir [1].



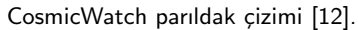
Plastik parıldakların çalışma prensibi.

CosmicWatch Masaüstü Müon Dedektörü, plastik bir parıldak kullanarak tasarlanmıştır<sup>2</sup> [11].

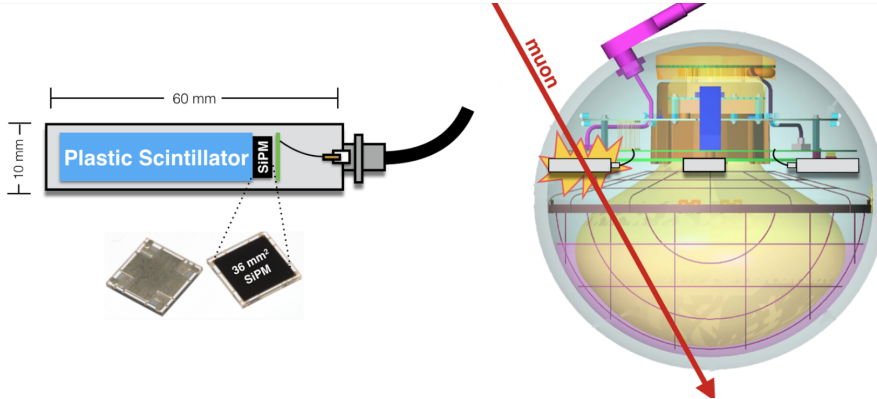


Masaüstü Müon Dedektörünün Bileşenleri [11].

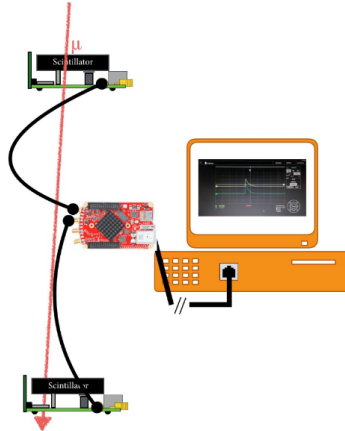
<sup>2</sup>bk. *İleri Okuma*



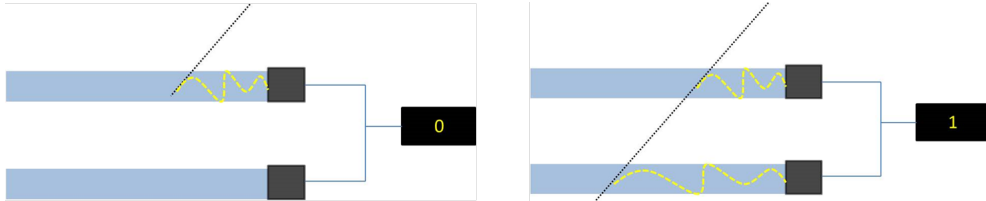




CosmicWatch düzeneği [12].



Kozmik ışın müonlarının hızını ölçmek için bir örnek düzenek [12].



Üst üste iki parıldak kullanan sistem [13].

- [1] Kaynak, B. (2018). *Plastik Sintilatörler ve Radyasyon Ölçümü ve Geant ile Benzetim Çalışmaları* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] (Dijital Görsel) *Scintillation crystal surrounded by various scintillation detector assemblies*. Web sitesi: <https://en.wikipedia.org/wiki/Scintillator>. Erişim tarihi: 7.05.2021.
- [3] Crookes, W. (1903). *Certain Properties of the Emanations of Radium*. Chemical News, 87(241).
- [4] (Dijital Görsel) *Crookes Spinthariscopes from Millikan's Lab*. Web sitesi: <https://www.ornl.gov/ptp/collection/spinthaliscopes/crookes.htm>. Erişim tarihi: 7.05.2021.
- [5] Geiger, H.; Marsden, E. (1909). *On a diffuse reflection of the  $\alpha$ -particles*. Roy. Soc. Proc., 82(557), 495-500.

- [6] Rutherford, E. (1911). *The Scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  Particles by Matter and the Scructure of the Atom*. Philos. Mag., 21, 669-688.
- [7] (Dijital Görsel) *The spinthariscopes* Web sitesi: <https://spark.iop.org/spinthariscopes>. Erişim tarihi: 7.05.2021.
- [8] (Dijital Görsel) *Photodisintegration cross section of the reaction  $4\text{He}(\gamma,n)3\text{He}$  at the giant dipole resonance peak* Web sitesi: [https://www.researchgate.net/figure/Color-online-Schematic-of-gas-scintillator-housing-with-photomultiplier-tube\\_fig2\\_235247051](https://www.researchgate.net/figure/Color-online-Schematic-of-gas-scintillator-housing-with-photomultiplier-tube_fig2_235247051). Erişim tarihi: 7.05.2021.
- [9] Mapelli, A. (2011). *Scintillation Particle Detectors Based on Plastic Optical Fibres and Microfluidics*. École Polytechnique Fédérale De Lausanne, Lozan.
- [10] Özşimşek, S. (2020). *Radyasyon Enerji Aralığı 1 Mev - 1 GeV için Geant4 ile Plastik Sintilatör Algıcın Benzetimi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, Ankara.

- [11] Axani, N. S. (2019). *The Pyhsics Behind The CosmicWatch Desktop Muon Detectors*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- [12] (Dijital Görsel) *CosmicWatch-Desktop-Muon-Detector-v3* Web sitesi: <https://github.com/spenceraxani/CosmicWatch-Desktop-Muon-Detector-v3>. Erişim tarihi: 7.05.2021.
- [13] (Dijital Görsel) *Muon detector* Web sitesi: <https://www.kth.se/en/sci/centra/rymdcenter/utstallning/myondetektor-1.813976>. Erişim tarihi: 7.05.2021.