Doğanın Senfonisi

Yaman Evkaya

İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi
Fizik Anabilimdalı

Danışman:Prof. Dr. Suat ÖZKORUCUKLU



1 Giriş

Atom altı parçacıkların keşfiyle beraber insanoğlu bu parçacıkları daha yakından incelemek için çalışmalar yapmaya yönelmiştir.Bu parçacıkların keşfi bize maddenin doğasına olan bakış açımızı bir adım öteye götürmüştür.Bu parçacıkların arkasında yatan fiziği çözmek adına yapılan çalışmalar insanlığa farklı açılardan katkıda bulunmuştur.Parçacık fiziği üzerine yapılan çalışmalar genişledikçe evrenin oluşumundan sonraki çok kısa süreler içerisinde gerçekleşen olaylar hakkında yorumda bulunmak da mümkün olmaya başlamıştır.

Bu amaçla geliştirilen teknolojilerden birisi ise sintilatör dedektörleridir.Bu teknolojinin gelişmesi ile zamanla sintilatör dedektörlerinin geri dönüt verme süreleri ve üretim maliyetleri azalmıştır bu sayede nükleer fizik ve parçacık/yüksek enerji fiziği deneylerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.Sintilatör dedektörleri sayesinde herhangi bir zaman diliminde sintilatör yüzeyinden geçen bir parçacığın yarattığı sinyal, osilatörlerce okunabilmektedir.Böylelikle bir çarpışma olayı sonrası ortaya çıkan parçacıklar tespit edilebilir olmuştur.

Biz ise burada bu parçacığı müon olarak belirleyip kaynağını ise kozmik ışımalar olarak seçeceğiz.Bunun sebebi sürekli olarak dünyamıza evrenin farklı bölgelerinde gerçekleşen olaylar sonucu oluşmuş parçacıklar akın etmektedirler.Yani büyük çaplı çarpışmalar sonucu ortaya çıkan parçacıkları tespit etmek için yüksek bütçeli ve fazla emek gerektiren düzenekler kurmaktansa doğal bir radyasyon ışıması kullanarak ihtiyacımız olan parçacık akısını elde etmiş oluyoruz.Böylece çok daha düşük bir bütçeyle bu deneyi gerçekeleştirebilmek mümkün kılınmıştır.Bizim bu deneyde ele alacağımız kozmik müon ışınını tespit etme amacıyla geliştirilen sintilatör dedektörü gibi farklı tipteki dedektör teknolojileri, zamanla Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'ndaki çarpışmaları izlemek ve izlerini analiz edip çarpışmalar hakkında bilgi elde etmek için kullanılmıştır.

Bu deney ile akısının sinyal verisi elde edilen müon parçacıklarının zaman-gerilim boyutundaki verilerini bir gerilim-frekans dönüştürücü devre sistemi ile zaman-frekans boyutuna çevirecek ve bu frekans dalgaları bir hoparlöre bağlanarak çıkardığı ses incelenecektir. Bu ortaya çıkan ses dalgaları müon parçacıklarının akısı tarafından oluşturulucaktır yani bize doğanın yazdığı konçertoyu dinleme imkanı sağlayacaktır.

2 Deneysel Teknikler ve Teori

2.1 Doğal Radyasyon Işıması

Dünya üzerindeki doğal radyoaktivitenin asıl nedeni müon parçacıklarıdır. Su seviyesi incelendiğinde en çok görüren parçacık olan müon birçok farklı şekilde oraya ulaşmış olabilir. Bunlardan en yaygın olanı yıldızlar arası uzay kaynaklı protonların atmosfere ulaştıktan sonra atmosferde bulunan gaz molekülleri ile çarpışması sonucu pionların oluşması ve ardından bu oluşan pionun çok kısa sürede bozunarak müonları oluşturmasıdır. Pionlar yüksek enerjileri/kütleleri sebebiyle oldukça kararsız yapıdadırlar bu yüzden bozunmaya çok yatkınlardır. Aşağıdaki denklemde de gösterildiği gibi yaklaşık 26 nanosaniye civarında ömürleri olan pionlar, ömürleri 2.2µs olan müonlara bozunurlar.

$$\pi^+ \longrightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

$$\pi^- \longrightarrow \mu^- + \nu_\mu$$

Bu müonlar su seviyesine ulaşırken ilerledikleri doğrultuda enerji kaybederler.Çünkü adeta bir çığ gibi yaşanan bu çarpışmalar sırasında gerçekleşen Coulomb saçılmaları ve iyonizasyonlar sebebi ile müon ilk oluştuğu esnadaki enerjisinin bir kısmını kaybedebilir.Bu yolculukta müonlar yaklaşık 2 GeV enerji kaybederler.

$$\frac{\partial N_\mu}{\partial E_\mu \partial \Omega} \approx \frac{0.14E^-27_\mu}{cm^2.s.sr.GeV}\left(\frac{1}{1+\frac{1.1E_\mu \cos\theta}{115GeV}}+\frac{0.054}{1+\frac{1.1E_\mu \cos\theta}{850GeV}}\right)$$

Sintilatör yüzeyine çarpan Müon, sintilatör yüzeyindeki atomların içinden geçtiği zaman ışık emisyonuna yani sintilasyona sebep olan atomları uyarır. Bu uyarılma sonucu enerjiyle yüklenen söz konusu atomun elektronları bir üst enerji seviyesine çıkarlar. Radikal halde kalmak istemeyen atomun elektronları tekrar kendi enerji seviyelerine dönerler. Bu enerji seviyesi azalması esnasında atom, gama ışıması ile bir foton yayarak tekrar kararlı hale gelir. Bu sintilatörlerde sintilasyon için yükselme ve bozunma süresi çok hızlı olduğundan, üretilen ışığın yoğunluğu basit bir üstel bozulmayı takip etmez. Bunun yerine, bir Gauss eğrisi ile kıvrımlı üstel bir bozulma şeklini alır.

2.2 Sintilatörün Yapısı

Bu uyarılmanın gerçekleştiği sintilatör yüzeyi, organik bir maddedir.Organik sintilatörler aromatik hidrokarbon bileşikleri içerirler.Yaygın olarak kullanılan organik sintilatörler ise plastik sintilatörlerdir.Plastik sintilatörler, organik sintilatörlerin, polyviniltoluene, polyfenilbenzen ve polystirene gibi plastikle karıştırılmasıyla elde edilir.Plastik sintilatörlerin çokça tercih edilmesinin sebeplerinden birkaçı ise yüksek bir ışık verimine ve 2-3 nano-saniyelik hızlı bir bozunma süresine sahip olmalarıdır.
Sintilatör dedektöründen alınan verimin yüksek seviyede olması için sintilatör yüzeyi sıralı derecelendirilmiş zımparalar ile pürüssüzleştirilir.Böylece foton yüzeye ulaştığında farklı yönlere sapmasına sebep olacak yüzey bozuklukları en aza indirilir bu sayede direkt sintilatör ile etkileşme oranı yani sintilatörün verimliliği arttırılır.Fakat bu yüzey pürüssüzleştirme işlemi fotonun sintilatör içinden geçmesi için yeterli değildir çünkü yüzey henüz mattır ve fotonların geçmesini engeller.Bu durumu ortadan kaldırıp fotonu sintilatörün içinden geçirmek için yapılacak diğer işlem yüzey parlatma işlemidir.Kullanılan sıralı parlatma tozları ile sintilatör yüzeyi olabildiğince parlak hale getirilir.Bu parlatma işlemi sonucu fotonun direkt sintilatör içerisinden geçtiği açıkça görülür.Bu iki işlem sayesinde sintilatörün işlevsel hale gelmesi sağlanır ve verimi arttırılır.

Yaşanan sintilasyon olayı sonrası ortaya çıkan fotonlar, sintilatör üzerinde farklı bölgelere dağılırlar.Her bir yönde açığa çıkan bu fotonlar, geri yansımasın diye sintilatörün etrafı ışığı yansıtıcak bir tabaka ile sarılır.Fakat bu tabaka ışığı absorbe etmeyecek türde olmalıdır.Burada malzeme olarak ince bir alüminyum folyo veya Tyvak kağıdı kullanılabilir.Fakat bu kaplama işlemi esnasında verimin yüksek olması için sintilatör yüzeyi ile kaplanan malzeme arası oldukça sıkı olmalı ve hava boşluluğu olmamalıdır.Bu kaplama sonrası istenmeyen fotonların yüzeye ulaşıp sinyal oluşturmaması için sintilatör dedektörü yüzeyi ışık geçirmez bir bant veya karton ile kaplanır.

Sintilasyon sonucu oluşan fotonları PMTye yöneltilmek amacıyla fotonlar, bir başka plastik yapı tarafınca bir doğrultuda yöneltilirler.Adeta bir huni gibi çalışan bu yapı sayesinde fotonların istenmeyen yönlere yönelmesi engellenir ve oluşan tüm fotonlar PMT nin katot yüzeyine ulaştırılır.

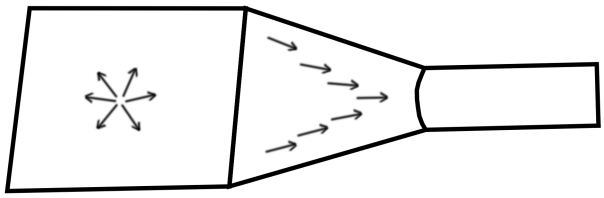


Figure 1: Sintilatör Dedektörü Şematiği

2.3 Fotoçoğaltıcı Tüp ve Işımanın Tespit Edilmesi

Sintilasyon sonucu oluşmuş fotonlar fotoçoğaltıcıların katot yüzeyine ulaştıklarında katot yüzeyinden elektron koparırlar.

Bu ve ardından süregelen olaylar Einstein'ın fotoelektrik olayı yasalarına tabiidir.

$$E = h\nu - \phi$$

Katot yüzeyine çarpan ilk foton, ilk elektronu kopartıktan sonra yüzeyden ayrılan elektron fotoçoğaltıcı tüp içerisinde ilerler. Fotoçoğaltıcı tüpün içerisinde bulunan sıralı metal plakalar arası dirençlerle kurulan devre sistemine verilen yüksek gerilim sayesinde her bir metal plaka arasında farklı büyüklüklüklerde elektrik alanlar oluşturulur.Bu oluşturulan elektrik alanlar sayesinde ivmelenen elektron her bir metal plaka yüzeyine doğru yönelir.İlk oluşan elektronlar diğer metal levhalar ile temasa geçtikten sonra aynı şekilde o yüzeyin elektronlarını da sökerek tüp boyunca hareket eder.Bu sayede başlangıçta sayısı daha az olan elektron sayısı yaklaşık 10^6 seviyelerine ulaşır.Böylece sintilatör yüzeyine gelen müon parçacığının varlığını belirticek bir elektron akımı oluşturulmuş olur.
Fotoçoğaltıcıların katot yüzeyleri, fotoelektrik olayın gerçekleşmesinde katkılı olan yarı iletken malzemelerden yapılır.Burada değinilebilecek bir konu ise çıkış fotonlarının gelen fotonlara olan oranı yani kuantum verimliliğidir.Aşağıdaki formül ile verilir.

$$\eta(\nu) = (1 - R)(\frac{P_v}{k})(\frac{1}{1 + 1/\kappa L})P_s$$

Fotoçoğaltıcılardan çıkan elektron akısının sinyalini okumak için fotoçoğaltıcıya bir elektronik devre entegre edilir.Bu devreye fotoçoğaltıcıyı efektif hale getirecek yüksek gerilim sağlayıcı kablo bağlanır.Sintilasyon sonucu oluşan akımı okumak için ise bir lemo kablo bağlantısı sağlanır.Bu kablo görüntülemek istediğimiz sinyali bize iletecektir.
Oluşan sinyal lemo kablolarca osiloskopa iletilir ve bu osiloskop sayesinde elde ettiğimiz elektron akımını zaman-gerilim boyutunda görmemiz mümkün olur.Bu sinyal verisinin analizi yapılarak sintilatör üzerine düşen müon parçacıklarının akısı ve enerjisi saptanabilir.Fotoçoğaltıcı aşağıdaki şemada modellenmiştir

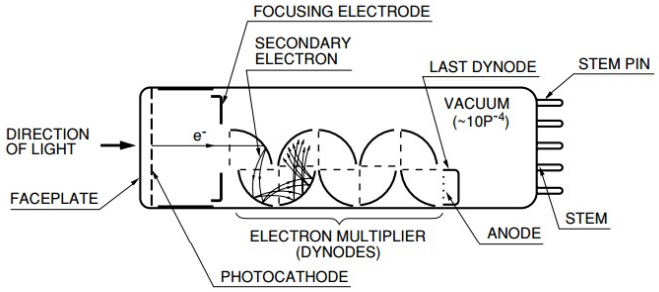


Figure 2: Fotoçoğaltıcı Tüp Şematiği



Figure 3: Fotoçoğaltıcı Tüp ve Elektronik Devre Kartı

3 Deneysel Verilerin Analizi ve İşlenmesi

3.1 Deney Düzeneği

.Öncelikle sintilatörün kendisi ve dedektörün parçalarının kaplaması yapılır.Kaplamaları yapılmış ve fotoçoğaltıcı tüp bağlantıları kurulmuş sintilatör dedektörü kapalı odaya konularak dijital osilatöre bağlanır.



Figure 4: Dedektör parçaları ve sintilatörün kendisi.



Figure 5: Alüminyum folyo ile kaplanmış dedektör parçaları



Figure 6: Kaplamaları ve fotoçoğalıtıcı bağlantıları yapılmış sintilatör dedektörü

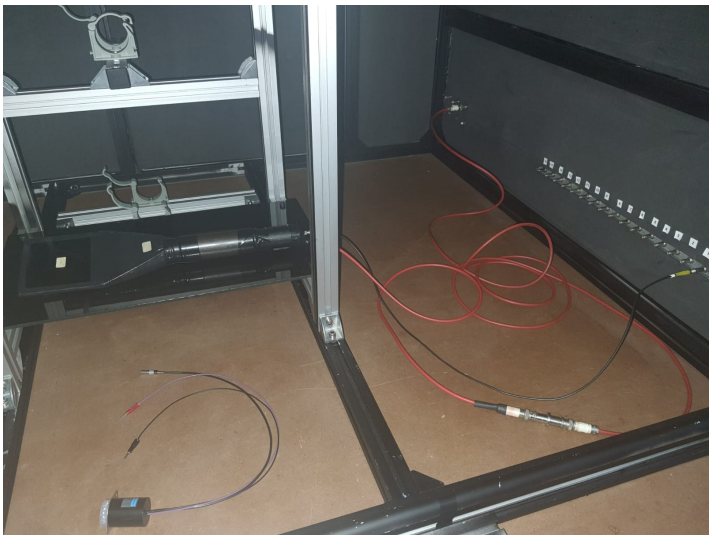


Figure 7: Karanlık oda düzeneği

3.2 Verilerin Elde Edilmesi

Kapalı oda içerisindeki düzenek içerisinde yerleştirilen sintilatör dedektörünün arka ucunda bulunan yüksek-gerilim kablosu ve sinyal kablosu bağlantıları sağlanır. Ardından LeCroy dijital osiloskop düzeneği üzerinden dedektöre çalışma aralığı uyarınca gerekli gerilim verilir. Bizim kullandığımız sintilatör için bu gerilim 800 voltdur. Gerekli gerilim uygulandıktan sonra sintilatör üzerine düşen müon aksının yaratığı ışınımın sinyali lemo kablolar aracılığı ile osiloskopa iletilir. Osiloskop ekranında görüntülenen veriler yardımıyla müon akısının sıklığının ve enerjisinin verilerini analiz etmek mümkün olur.
Son olarak da LeCroy üzerine bulunan paneller üzerinden gerekli ayarlamalar yapılır ve grafiğin boyutları duyulabilir bir frekans elde edebilmek için gerekli olan gerilim ve zaman aralığı değerine getirilir

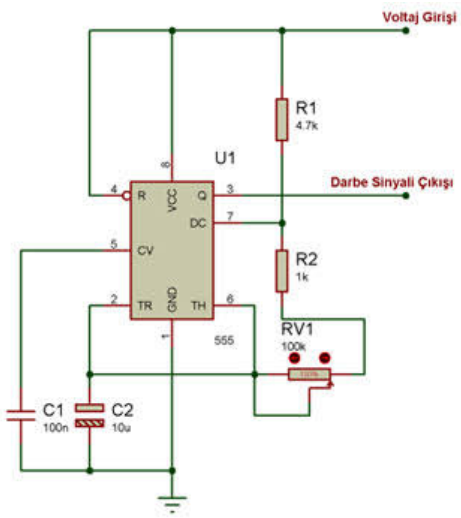


Figure 8: LM555 Zamanlayıcı Devresi Şematiği

3.3 Freakns Dönüştürü Devresi

Daha önce de belirtildiği gibi elde edilen veriler voltaj-zaman boyutundadır. Bu elde edilen verileri işleyip istediğimiz frekans boyutuna dönüştürebilmek için bir gerilim-frekans dönüştürücü devresi tasarlanmıştır. İlgili devre bir LM555 zaman ayarlayıcı devresidir. Bu devre, yaklaşık 1 volt ve 500 nanosaniye değerlerinden itibaren işlev görmeye başlamaktadır. Bu gerekli değerleri elde edebilmek için LeCroy düzeneği üzerinden sintilasyon dedektöründen elde edilen verilerin gerilim ve zaman aralığı değerleri değiştirilir. Bu sayede herhangi bir ekstra ön-yükseltme devresi kullanmadan duyulabilir bir frekans elde edilebilir.

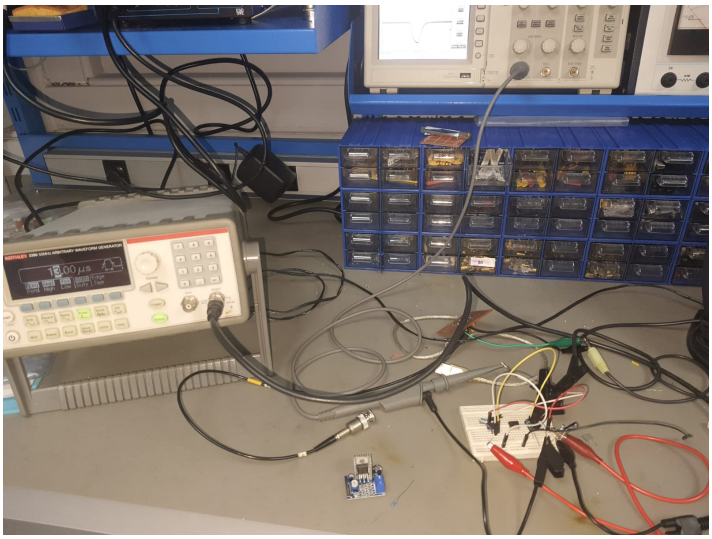


Figure 9: LM555 Zamanlayıcı Devresi Üzerine Yapılan Sinyal Jeneratörü Denemeleri

4 Sonuç

Kozmik proton ışınımlarının bozunumu sonucu oluşan ve su seviyesine ulaşan müon, saniyede santimetre başına bir parçacıklık bir akı yaratır.
Bu düzenekte kullanılan sintilasyon dedektörünün 10 santimetrelik boyutu sayesinde frekans dönüştürücü devresi saniyede 10 'pulse'luk bir sinyal oluşturur. Oluşturulan bu frekans laboratuvar ordamında deneyle doğrulanmıştır ve duyulabilir bir ses elde

edilmiştir. Ardından da son olarak elde edilen müon akısı ve 'pulse' sinyali verilerin osiloskop görüntüsü aşağıda gösterilmiştir.

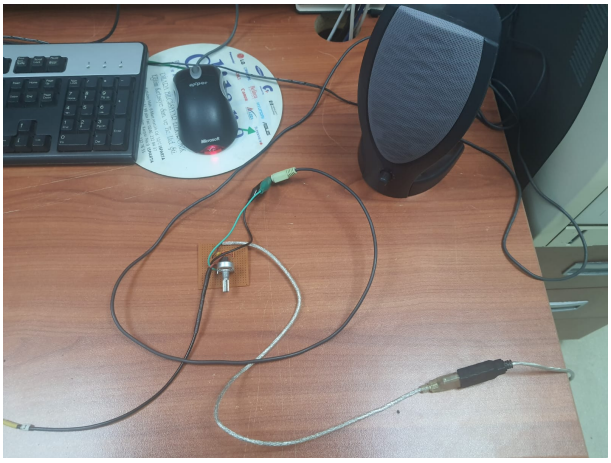


Figure 10: LM555 Devresinin Son Aşamadaki Görüntüsü

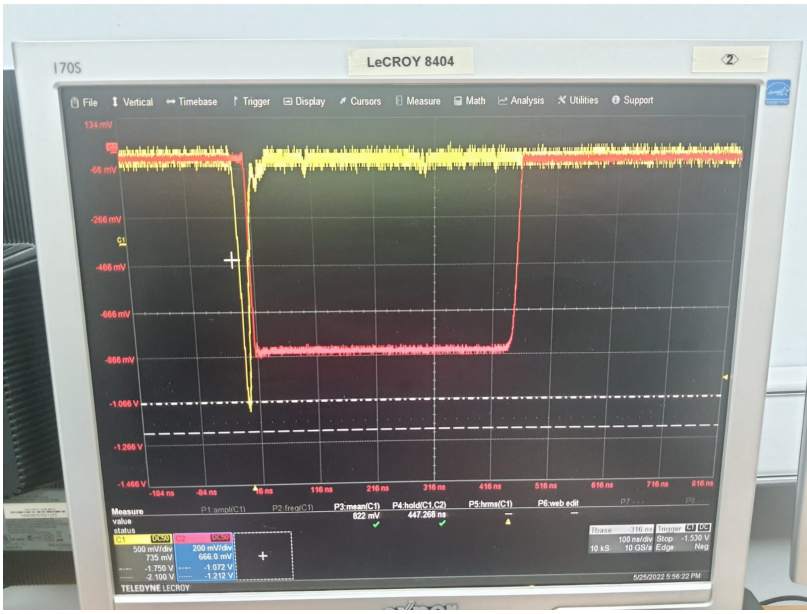


Figure 11: Yükseltilen Değerlerin Osiloskop Görüntüsü (Sarı eğri asıl elde edilen müon akısını, kırmızı eğri ise devrenin çalışması için yükseltilmiş verileri simgelemektedir.