

T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
ARAŞTIRMA PROJELERİ YÖNETİM BİRİMİ

Proje No: MF.14.04

KOZMİK MÜON TELESKOPU

Ahmet Bingül

Gaziantep
Eylül 2015

T.C
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
ARAŞTIRMA PROJELERİ YÖNETİM BİRİMİ

Proje No: MF.14.04

KOZMİK MÜON TELESKOPU

Proje Yürütücüsü
Ahmet Bingül

**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ / FİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ/
YÜKSEK ENERJİ VE PLAZMA FİZİĞİ A.B.D.**

Gaziantep
Eylül 2015

ÖNSÖZ

Evrenimizi ve uzak galaksileri daha iyi anlamamız açısından kozmik ışınların çalışılması büyük önem arz etmektedir. Bir çoğu güneş sistemi dışından gelen bu ışınlar'ın %89'i proton, %10'i He çekirdeği geri kalanı ise oksijen, karbon ve demir gibi ağır çekirdeklerdir. Atmosfere giren ağır çekirdekler atmosferdeki hava molekülleri ve atmosferik çekirdeklerle etkileşerek pion, kaon, nötron, vs gibi kısa ömürlü hadronlara dönüşürler, bunlar ise kısa bir süre sonra müon, elektron, foton ve Nötrino gibi daha hafif parçacıklara bozunurlar ve bu parçacıklar kozmik ışınları oluşturmaktadırlar. Bizden çok uzak galaksilerden gelen bu ışınlar dünyamızda deniz seviyesine kadar inmektedirler. Bu tür parçacıkların, Açısal dağılımlarının, Akılarının ölçülmesi bize uzak galaksiler hakkında detaylı bilgiler vermektedir. Müon ölçümü ise bu kozmik ışınların başlıcalarındandır ve yeryüzüne kadar gelen yüklü nadir parçacıklardan bir tanesidir.

Biz bu proje ile Gaziantep'te müon parçacıklarının Akılarını ve Açısal dağılımlarını Kozmik Müon Teleskopu olarak adlandırılan dedektör düzeneği ile ölçmeyi başardık.

Bizlere sağlamış oldukları imkanlardan ve maddi destekten ötürü Gaziantep Üniversitesi Rektörlüğü'ne ve Gaziantep Üniversitesi Bilimsel Araştırma Dairesi'ne yürekle teşekkür ederim.

Ağustos 2015
Doç. Dr. Ahmet Bingöl

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|-------------------------------|--------------|
| ÖNSÖZ | iv |
| İÇİNDEKİLER | v |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ | vi |
| ÖZET | vii |
| ABSTRACT | vii |
| | |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| | |
| 2. TEMEL BİLGİLER | 2 |
| | |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 7 |
| | |
| 4. VERİ ANALİZİ | 12 |
| | |
| 3. BULGULAR VE TARTIŞMA | 14 |
| | |
| KAYNAKLAR | 15 |

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Sayfa

| | |
|---|----|
| Şekil 1. Birincil kozmik ışınlar | 2 |
| Şekil 2. Birincil ve ikincil kozmik ışınlar | 3 |
| Şekil 3. Birincil ve ikincil kozmik ışınlar | 5 |
| Şekil 4. Yüksekliği bağlı olarak ikincil kozmik ışınların akısı | 6 |
| Şekil 5. Bütün bileşenler | 7 |
| Şekil 6. (a) Plastik sintilatörler (parıldaklar) (b) BC-408 | 8 |
| Şekil 7. PMT (a) çalışma ilkesi (b) PMT cihazı | 9 |
| Şekil 8. DRS4 Evaluation Board | 9 |
| Şekil 9. KMT örnek DRS4 çıktısı | 9 |
| Şekil 10. KMT ile açık havada veri alırken | 10 |
| Şekil 11. KMT ile ilk kez veri laboratuvarında alırken | 11 |
| Şekil 12. Akı dağılımı | 12 |
| Şekil 13. Akı dağılımı açığa bağımlılığı | 13 |

ÖZET

KOZMİK MÜON TELESKOPU

Proje Yürütücüsü: Ahmet Bingül

Proje Araştırmacı(lar):

Mühendislik Fakültesi / Fizik Mühendisliği Bölümü /
Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği A.B.D

Bu projede, Türkiye'de 850 m rakımlı Gaziantep şehrinde atmosferik müon parçacıklarının akısı ve açısal dağılımları ölçülmüştür. Ölçüm iki parıldak, iki fotosensör modülü ve bir birleştirici DRS4 elektronik kartı barındıran Müon Teleskopu detektör sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Müon akısı $\Phi = 185 \pm 18 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olarak bulunmuş ve açısal dağılımın kuramsal öngörüler ile uyum içinde olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Kozmik parçacıklar, muon, sintilatör, akı

ABSTRACT

COSMIC MUON TELESCOPE

Name of Author: Ahmet Bingül

Project Researchers:

Faculty of Engineering/Engineering of Physics/High Energy and Plasma Physics

In this project, the flux and the angular distribution of the atmospheric muon particles have been measured in Gaziantep city at 850 m altitude in Turkey. Measurements are performed by a Muon Telescope detector system containing two scintillators, two photo-sensor modules and a DRS4 chip. The muon flux is found to be $\Phi = 185 \pm 18 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ and the angular distribution is shown to be consistent with the theoretical predictions.

Key words: Cosmic particles, muon, scintillator, flux

BİRİNCİ BÖLÜM GİRİŞ

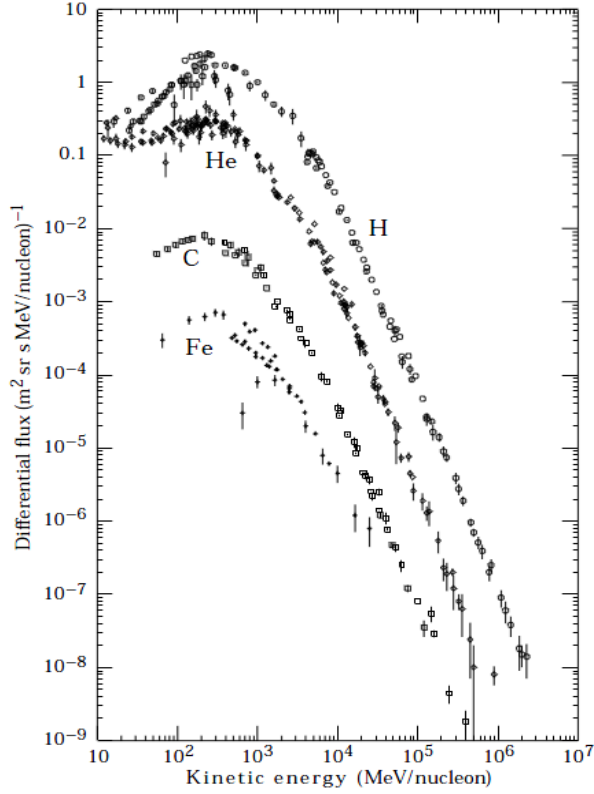
1800'li yılların sonunda ve 1900'li yılların başında atomların maddenin en küçük yapı taşı olduğu ve maddenin atomlardan meydana geldiği düşünülmekteydi. 1930'lu yıllarda atomların, proton ve nötrondan oluşan çekirdekler ve etrafındaki elektron bulutlarından oluştuğu keşfedildi. 1960'lı yıllarda ise çekirdeğin içine girip çekirdeği oluşturan temel parçacıklar araştırmaya başlandı. Böylelikle atomun öyle basit olmadığı anlaşıldı ve bugün hala parçacık fiziğinde geçerli olan Standart Model ortaya çıktı. Standart modele göre temel parçacıklar: 6 çeşit kuark, 6 çeşit lepton ve bunların karşıt parçacıkları, foton, 8 çeşit gluon ve 3 çeşit vektör bozonundan oluşan kuvvet taşıyıcı parçacıklardan oluşmaktadır. Projede adı geçen **müon** parçacığı ise standart modelin leptonlar sınıfında yer almaktadır. Müonlar ilk defa 1937 yılında, *kozmetik ışınların incelenmesi sırasında*, elektronun 200 katı ağırlığında, yüklü bir parçacığın bulunması ile keşfedilmiştir.

Kozmik ışınlar dünya dışı üretilen yüksek enerjili atom-altı parçacıklardır. Kozmik ışınlar iki grupta incelenebilir. Birincil kozmik ışınlar, Güneş, nötron yıldızı ve süpernova gibi yıldızların içindeki çekirdek tepkimeleri sonucu oluşur ve yıldızlar arası mesafeyi kat ederek dünya atmosferine çarparlar. Birincil ışınlar atmosferin üst tabakalarında yeni çekirdek tepkimeleri oluşturarak, atmosfer içinde, çok sayıda ikincil kozmik ışınların oluşmasına sebep olur. İkincil ışınların önemli bir kısmı yeryüzüne ulaşmadan atmosfer tarafından yutulurlar veya daha hafif parçacıklara bozunurlar. Yeryüzüne ulaşan "elektrik yüklü" ikincil kozmik ışınların hemen hepsi "Müon Parçacıkları"dır.

Müonların akı, izledikleri yol ve enerjisi gibi fiziksel özellikleri yeryüzünde uygun detektörler yardımıyla ölçülebilmektedir. Bunlardan en meşhuru Kozmik Müon Teleskopu (KMT) olarak bilinir. Bu projede başarılı bir şekilde çalışan Kozmik Müon Teleskobu detektör sistemi üretilmiştir. Sistem ile toplanan veriler analiz edilmiş ve sonuçların kuramsal öngörüler ile uyum içinde olduğu tespit edilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM TEMEL BİLGİLER

Kozmik ışınlar başlıca Güneş Sisteminde olmak üzere diğer yıldızlarda çekirdek tepkimeleri sonucunda veya süpernova patlamaları neticesinde ortaya çıkan yüksek enerjili parçacıklardır[1]. Birincil kozmik ışınlar ağırlıklı olarak (%90) proton barındırır. Geriye kalan kısmı ise elektron, pozitron gibi hafif parçacıklardan ve Helyum'dan Demir'e kadar geniş bir tayfa sahip ağır atom çekirdeklerden oluşur [2]. Birincil kozmik ışınların kinetik enerjileri 10 MeV ile 1 PeV arasında değişebilmektedir. Bu parçacıkların ölçülen enerjilerine karşılık akı değeri Şekil 1'de gösterilmiştir [3].

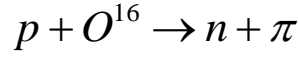


Şekil 1. Birincil kozmik ışınları oluşturan ana bileşenlerin enerji-akı grafiği.

Kinetik enerji 1 MeV = 1.6×10^{-19} Joule ile 1PeV = 1.6×10^{-4} Joule arasında değişmektedir.

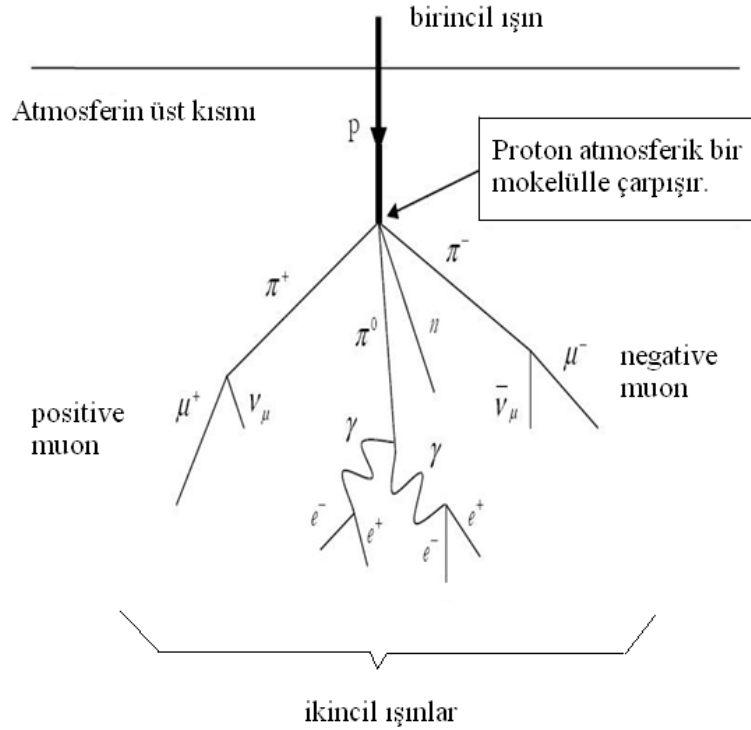
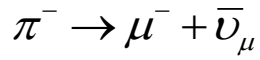
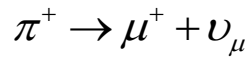
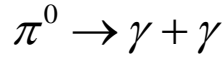
İkincil kozmik ışınlar, birincil kozmik ışınların atmosferimizde ortalama 30-40 km yükseklikte Oksijen ve Azot gibi atom çekirdekleri ile çarpışmasıyla ortaya çıkar. Açığa çıkan yeni ikincil ışınlar havada oluşan parçacık jetleri biçimde yeryüzüne doğru püskürür (Şekil 2 ve Şekil 3). İlk aşamada, ikincil ışınların bünyesinde birçok

“piyon” parçacığı bulunur. Örnek olarak, birincil ışın olan proton’unun Oksijen ile tepkimesi sonucunda bir nötron ve bir piyon(π) şu şekilde açığa çıkabilir:



Piyonlar kararsız olup çok kısa sürede daha kararlı parçacıklara dönüşürler. Yüksüz piyonlar aşağıdaki yolla iki adet yüksek enerjili fotona bozunur.

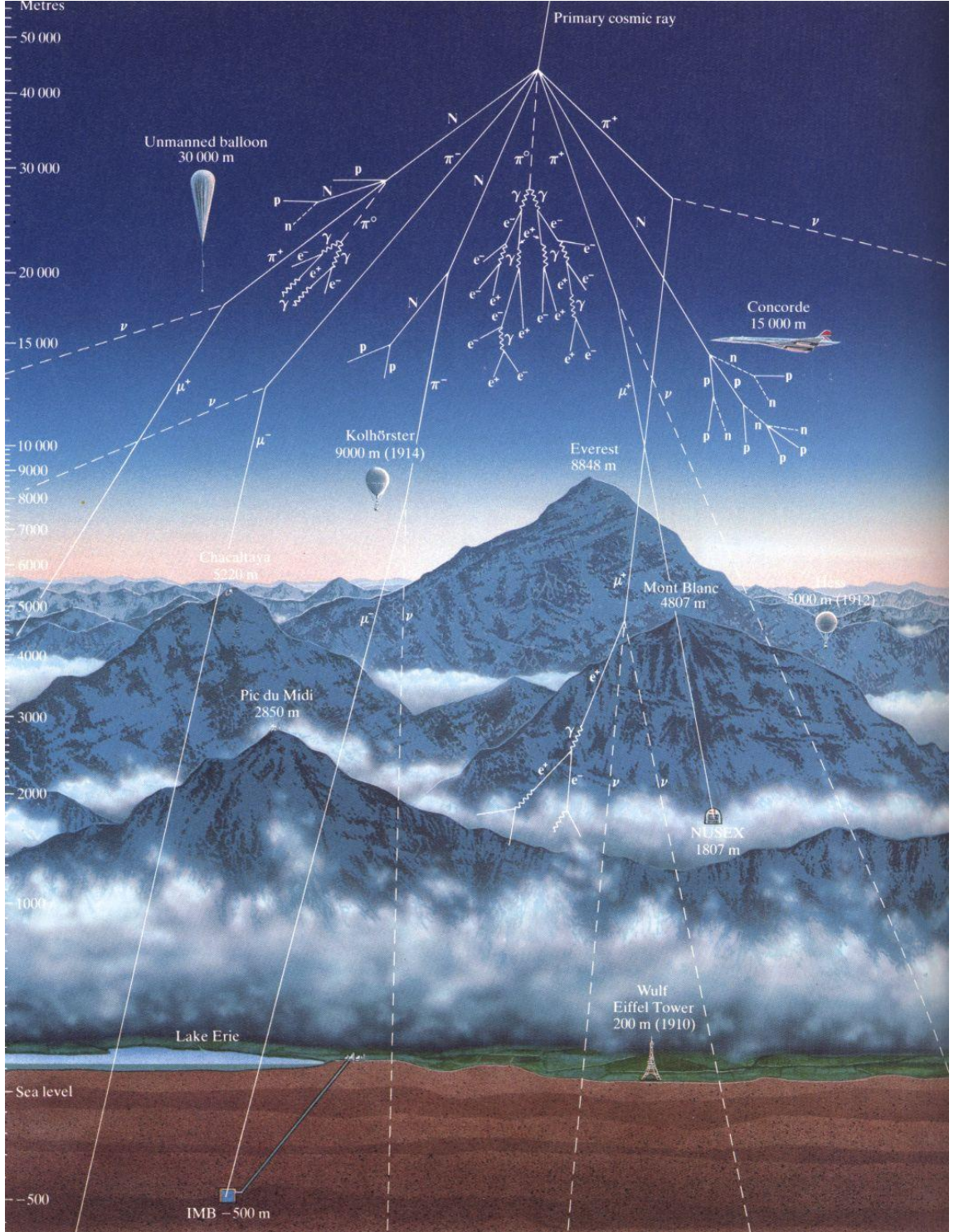
Yüklü piyon ise, bir müon (μ) ve nötrino (ν) parçacıklarına aşağıdaki tepkimeye bozunur:



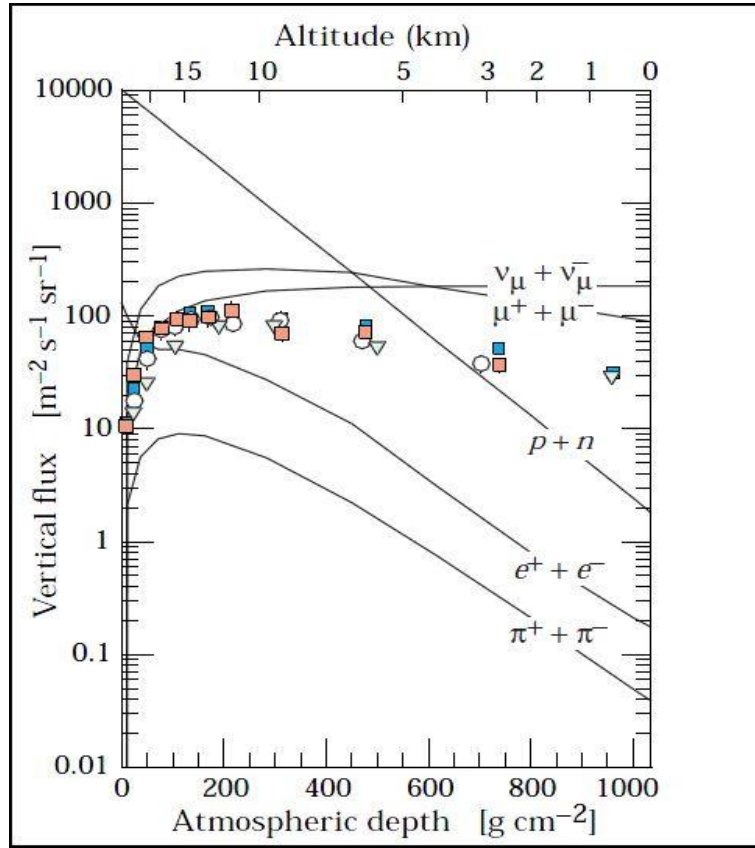
Şekil 2. Birincil kozmik ışınların atmosferde ikincil kozmik ışınları oluşturması.

Yeryüzüne nötrino ve müon parçacıkları sağanak halinde yağmaktadır. Ancak nötrino yüksüz olduğundan ve madde ile oldukça zayıf etkileştiğinden gözlenmeleri çok zordur. Diğer taraftan elektrik yüklü müonlar madde ile nispeten daha fazla etkileşebilir ve bu onların gözlemesini kolaylaştırır.

Yeryüzüne ulaşabilen parçacıkların içinde çok nadir de olsa pilyonlar, protonlar elektronlar da vardır. İkincil ışınların oluşmasından itibaren, atmosfer derinliğine bağlı olarak yüze ulaşan parçacık akısı (1 metrekareye saniyede düşen parçacık sayısı) Şekil 4’de gösterilmiştir[2]. Bu şekilden açıkça söyleyebiliriz ki, gözlenebilir yüklü parçacıkların hemen hepsi (%99u) müonlardır. Ayrıca, yüzeydeki müon akısı $180 \text{ /m}^2\text{/s/sr}$ civarında olduğu için, uygun düzenekler ve detektörler yardımıyla kozmik müonların gözlenmesi mümkündür.



Şekil 3. Birincil kozmik ışınların atmosferde ikincil kozmik ışınları oluşturması ile ilgili bir çizim



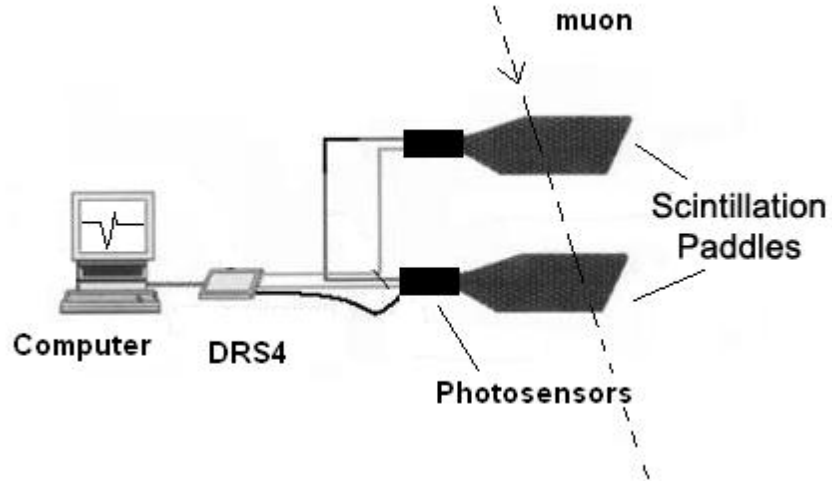
Şekil 4. Yüksekliği bağı olarak ikincil kozmik ışınların akısı

Kozmik müonların yeryüzünde gözlenmesi için birçok yöntem mevcuttur [4]. Biz bu çalışmada müon teleskopunu üretmeyi tercih ettik. Bu teleskop üretilmesi kolay, maliyeti düşük ve günümüzde eğitim ve araştırma amaçlı kullanılan bir detektördür.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM MATERYAL VE YÖNTEM

Veri toplama (Data Acquisition) herhangi fiziksel bir sinyalin daha sonra tahlil edilmesi için dijital ortama aktarılması işidir. Veri toplama birimleri genellikle algıçlar, çeviriciler ve kaydedicilerden oluşur.

Bu kısımda kozmik müon parçacıklarının ölçümünde kullanılacak Muon Teleskopu Detektör sistemi ayrıntıları verilecektir, Şekil 5. Detektör sisteminin temel bileşenleri 2 adet plastik sintilatör, 2 adet foto-çoğaltıcı tüp ve bir adet veri toplamak için kullanılan DRS4 elektronik karttır.



Şekil 5. Bütün bileşenler

Sintilatör (Parıldak)

Sintilatör içinden yüklü bir parçacık (bizim projedeki müon) geçtiğinde *ışık* üreten özel bir plastik malzemedir. Yüklü parçacık sintilatöre vurduğunda, plastik içindeki atomlar uyarılır. Atomlar tekrar kararlı hale dönüşürken genellikle mor veya mor ötesi optik bölgede ışık yayar, Şekil 6a. Bu çalışmada BC-408 (polyvinyltoluene, yoğunluğu 1.032 g/cc, kırılma indisi 1.58) tipinde sintilatör kullanılmıştır Şekil_6b,[5].

Foto-çoğaltıcı tüp (PMT)

PMT modern fizikten bildiğimiz foto-elektrik etki ilkesine dayanır. Buna göre bir metal yüzeye düşen fotonlar (ışık) yüzeyden belli bir olasılıkla elektron söker. Her bir PMT bir sintilatör bağlanır. Bir sintilatörden müon geçtiğinde açığa çıkan fotonlar PMT'nin katot yüzeyine düşer ve elektron söker. Yüzeyinden sökülen elektronlar birinci anoda doğru sürüklenip hızlandırılır. Burada daha fazla elektron sökülerek ikinci anoda doğru sürüklenip çok daha fazla sayıda elektron sökülür. Bu işlem birkaç kez devam eder. Sonunda başlangıca göre 10^5 kat fazla elektron ve ölçülebilen bir akım oluşur. Kuşkusuz, bu akım gelen foton sayısı ile orantılıdır, Şekil 7. Bizim sistemimizde kullanılan PMT H10721 serisi photosensor modül olarak bilinmektedir[6].

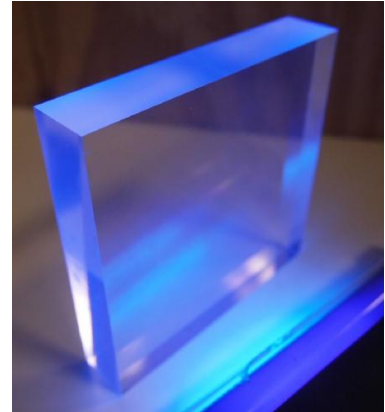
DRS4 Elektronik Kart

Birbirine belli bir mesafede paralel tutulan iki sintilatör+PMT sisteminden aynı anda geçen bir müon, her iki PMT'den neredeyse eş zamanlı iki elektrik sinyalleri üretir. Bu sinyallerin toplanıp bilgisayar ortamında analiz edilmesi için oldukça hızlı çalışan bir elektronik arabirime ihtiyaç duyulur. Bu projede (daha önce test edilip bu türden çalışmalarda başarılı olduğu kanıtlanan) DRS4 Evaluation Board [7] kullanılmıştır, Şekil 8. DRS4 ile iki sintilatörden alınan örnek voltaj-zaman çıktısı Şekil 9'da gösterilmiştir.

KMT Detektör sistemi ile açık havada ve laboratuvarında veri alırken elde edilen fotoğraflar Şekil 9 ve Şekil 10'da gösterilmiştir.

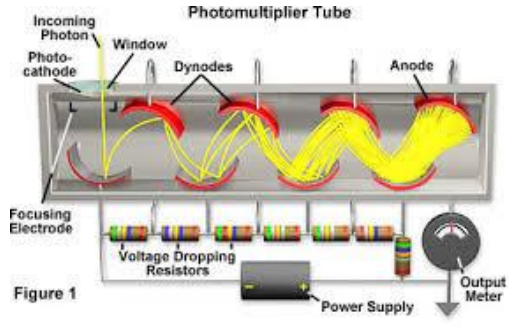


(a)



(b)

Şekil 6. (a) Plastik sintilatörler (parıldaklar) (b) BC-408



(a)



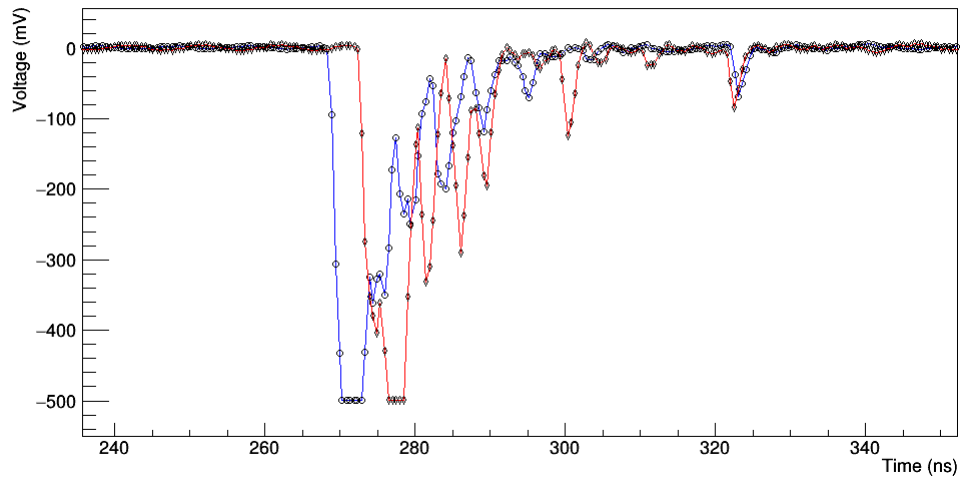
(b)

Şekil 7. PMT (a) çalışma ilkesi (b) PMT cihazı



Şekil 8. DRS4 Evaluation Board

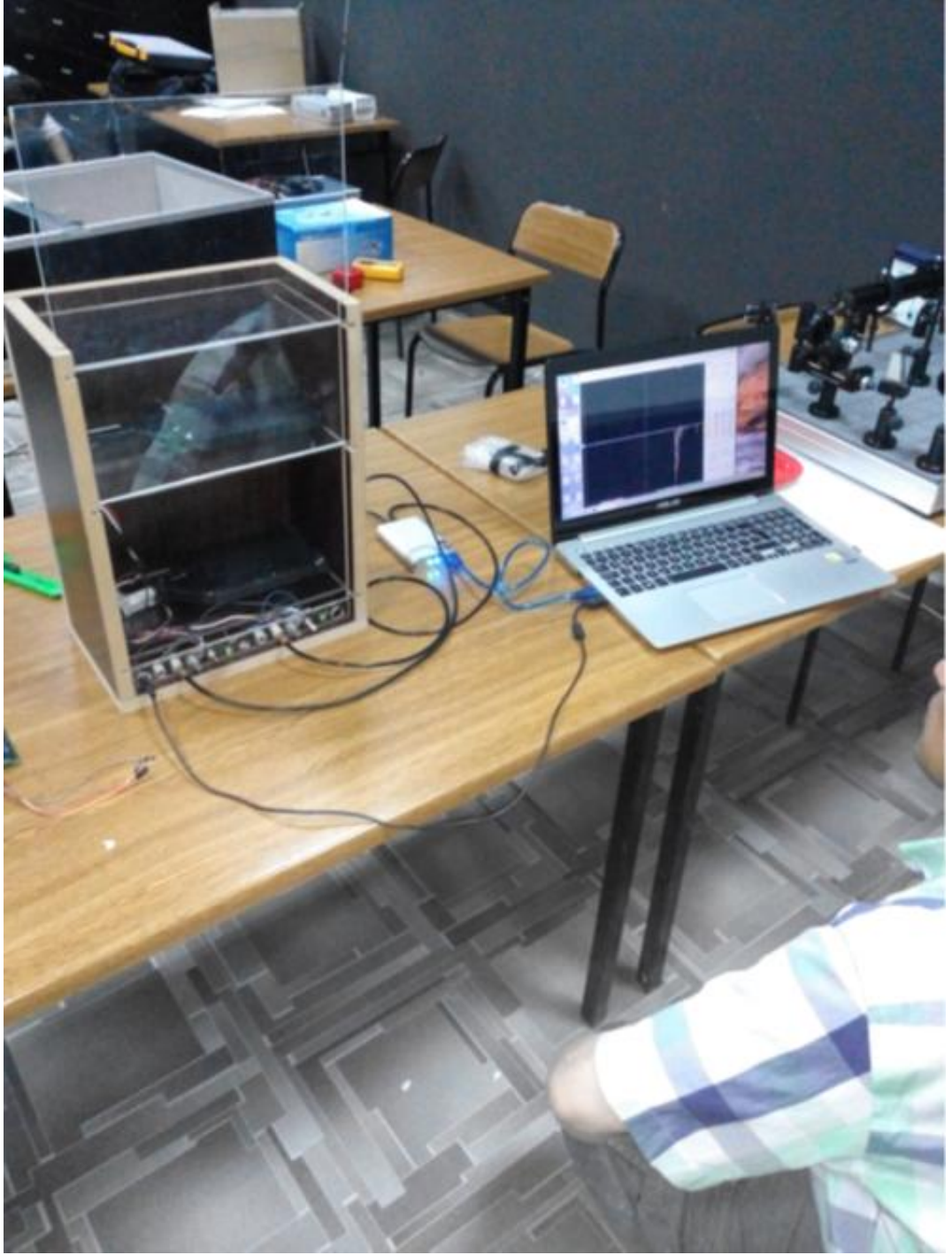
11



Şekil 9. KMT örnek DRS4 çıktısı



Şekil 10. KMT ile açık havada veri alınırken



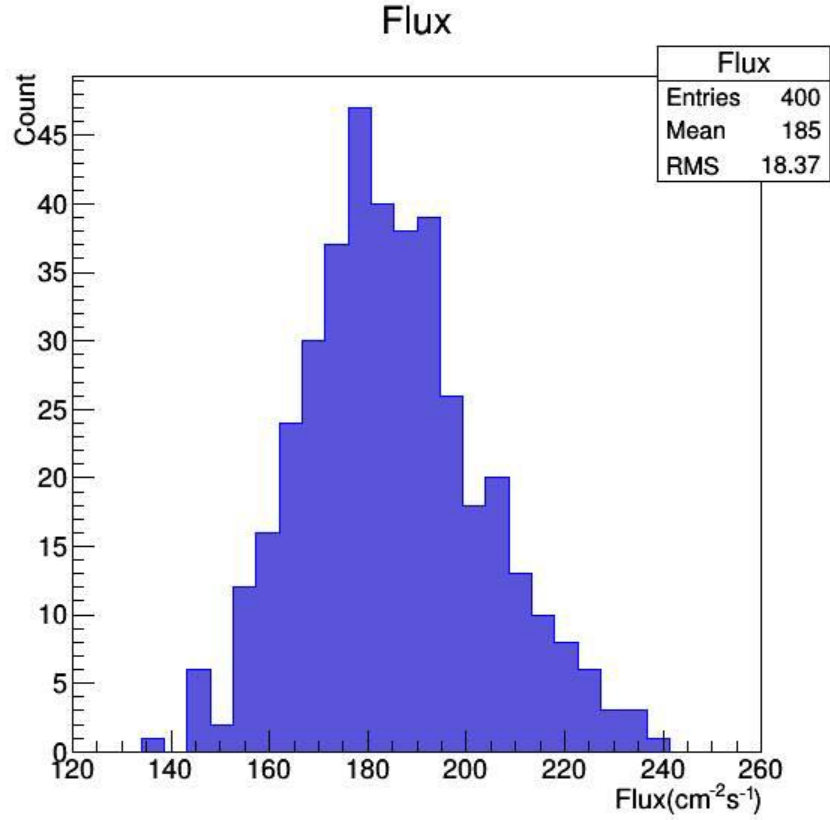
Şekil 11. KMT ile ilk kez veri laboratuvarında alınırken

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM VERİ ANALİZİ

Bu kısımda üretilen Kozmik Müon Teleskopu ile toplanan verilerin analizi anlatılmıştır. Kozmik Müon Teleskop sistemi ile temel olarak iki ölçüm gerçekleştirilmiştir: Akı ve Açısal Dağılım.

Atmosferik muon akısı (Φ)

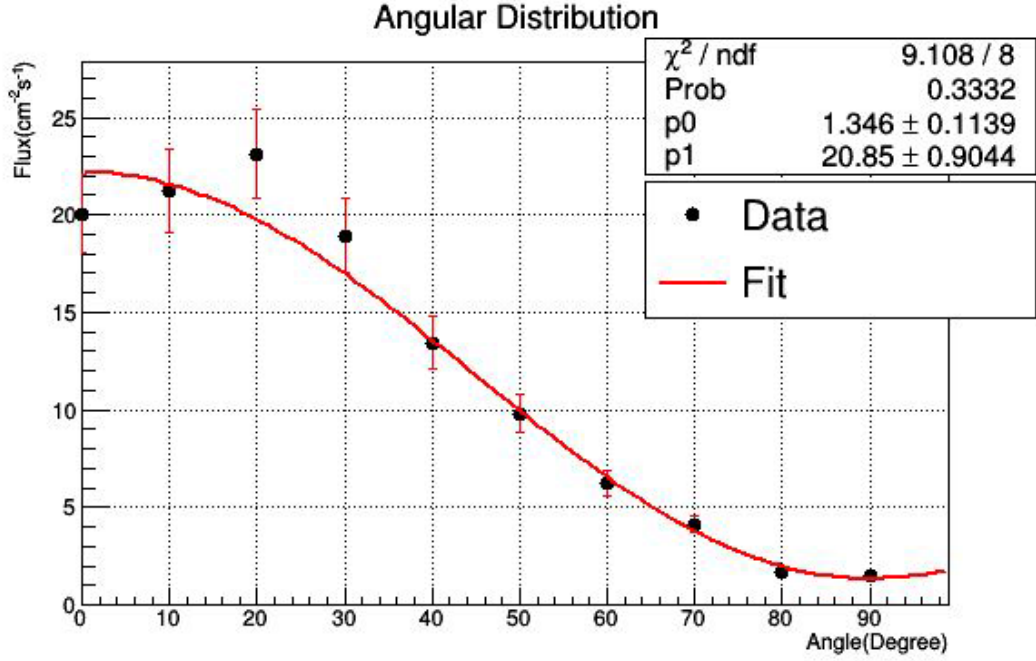
Akı, birim zamanda birim alana düşen kozmik muon sayısı olarak tanımlanmıştır. Burada sintilatör alanı yaklaşık olarak $A = 14 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 140 \text{ cm}^2$ dir. Literatürde deniz seviyesindeki akının ortalama değeri $\Phi = 167 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olarak bilinmektedir [2]. Kozmik muonların ölçümü sayma istatistiğine uyduğu için, yüzlerce yapılan akı ölçümleri belli bir ortalama etrafında dağılım göstermesi beklenir. Buna göre tekrarlı deneyler farklı sonuçlar verecektir. Her biri 100 sayım içeren 40 farklı ölçümünden elde edilen akı dağılımı Şekil 12’de gösterilmiştir. Dağılımdan elde edilen akı değeri $\Phi = 185 \pm 18 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olarak bulunur. Burada ilk sayı akı dağılımının ortalama değeri, ikincisi ise dağılımın standart sapmasıdır.



Şekil 12. Akı dağılımı

Açısal Dağılım (θ)

Kuramsal olarak, yeryüzündeki atmosferik müonların açısal dağılımları $\cos^2(\theta)$ ile orantılıdır [2]. Burada θ zenit açısıdır. Çalışmada θ değeri 10° 'ar derecelik adımlarla değiştirilerek açısal akı değerleri hesaplanmıştır. Şekil 13'de gösterilen akının açığa bağlı değişimi kuramsal öngörüler ile son derece uyumludur.



Şekil 13. Akı dağılımı açığa bağımlılığı.
Noktalar ölçülen değerleri, eğri kuramsal beklentiyi göstermektedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada bir Kozmik Muon Teleskopu detektör sistemi tasarlanmış ve üretilmiştir. Sistem ile Gaziantep'teki atmosferik kozmik muonların akısı ve açısal dağılımı ölçülmüş, sonuçların literatürdeki değerlerle uyum içinde olduğu tespit edilmiştir. Sistemin oluşturulmasında gönüllü lisans ve yüksek lisans öğrencileri görev almıştır. Bu sistem ile yapılan fizik çalışmaları yanında lisans/yüksek lisans öğrencilerimizin elektronik ve deneysel optik bilgisini artmıştır.

Bundan sonra, söz konusu detektörün sisteminin üretilmesiyle, Gaziantep şehrindeki kozmik müon akısının hesaplanması ve özellikle Fizik ve Optik & Akustik Mühendisliği Lisans/Yüksek Lisans öğrencilerinin Parçacık Fiziği ve Optik detektörler alanında temel düzeyde eğitim ve araştırma yapması mümkün olacaktır. Öğrenciler fizik analizleri yanında, gerek akademik gerek de mühendislik uygulamalarda kullanılabilecek elektronik ve deneysel optik bilgilerini geliştirecek ve gelecek büyük projeler için alt yapı oluşturarak bilime ve mühendisliğe önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1]. Sharma (2008). Atomic And Nuclear Physics. Pearson Education India. p. 478. ISBN 978-81-317-1924-4.
- [2]. Cosmic Rays, Revised September 2005 by P.V.Sokolsky (Univ. of Utah) and R.E. Streitmatter (NASA)
- [3]. J.A. Simpson, Ann. Rev. Nucl. and Part.Sci. 33, 323 (1983)
- [4]. <http://www.pas.rochester.edu/~pavone/particle-www/telescopes/>
- [5]. Saint-Gobain Industrial Ceramics, Inc. (2006). BC-400/BC-404/BC-408/BC-412/BC-416 Premium Plastic Scintillators:Newbury, Ohio.
- [6]. Photosensor Modules H10720/H10721 Series (2015).
- [7]. <http://www.psi.ch/drs/evaluation-board>