

T.C.
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

CORSİKA SİMÜLASYON PROGRAMI İLE FARKLI ENERJİLERDEKİ TAU
PARÇACIKLARININ ÜRETİMİ



YÜKSEK LİSANS TEZİ
GÜNAY MERHAN

DANIŞMAN
DOÇ.DR. MİTHAT KAYA

MAYIS-2010
KARS

T.C. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Günay MERHAN'ın Doç. Dr. Mithat KAYA'nın danışmanlığında yüksek lisans tezi olarak hazırladığı "Corsika Simülasyon Programı ile Farklı Enerjilerdeki Tau Parçacıklarının Üretimi" adlı bu çalışma yapılan tez savunması sınavı sonunda jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Yönetmeliği uyarınca değerlendirilerek oy birliğiyle kabul edilmiştir.

03/05/2010

	<u>Adı-Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Başkan	: Doç. Dr. Mithat KAYA	
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Güventürk UĞURLU	
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Nizami MUSTAFA	

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... gün ve/.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdullah DOĞAN

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada CORSİKA simülasyon programı kullanılarak farklı enerjilerdeki Tau'nun $\tau \rightarrow \pi^- \pi^0 \pi^0 \nu_\tau$ bozunma kanalının TAUWER dedektör sistemi ile üretilmesi ele alınmıştır. Bu bozunma kanalı için ilk olarak olay sayısı, duş sayısı sabit tutulmuş ve yalnızca enerji değerleri değiştirilerek ölçümler alınmıştır. Daha sonra deneysel girdiler sabit tutularak seyreltme (thin) değerleri ve dedektörün açısı değiştirilerek deneysel veriler alınmıştır. Simülasyon sonucunda elde edilen pionlar'ın karşılaştırılması yapılarak deneysel düzeneğin optimizasyonu yapılmıştır. Buna göre parçacıkların uygun enerjileri, açıları ve thinning değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada Kozmik Işınlara, Monte Carlo Simülasyonları ve CORSİKA Simülasyon Programının genel yapısı ve kurulumu da ele alınmıştır. Yapılan çalışma neticeleri literatürle karşılaştırılarak doğrulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Tau, Tauwer, Corsika, Kozmik ışınlar, dedektör, Monte Carlo Simülasyonu

ABSTRACT

Main focus of this study is to produce tau decay channels in different energy rates with TAUWER detector system by using Corsika simulation program. First the event numbers, shower numbers were kept constant and only the energy rates were changed and measured for that decay channel. Afterwards, new data were obtained by keeping experimental data constant while changing the thin values and angle of the detector. Experimental array was optimized by comparing pions found at the end of simulation. By that the convenient energies, angles and thin values were determined. In this study, the general structure of Cosmic Rays, Monte Carlo Simulations, CORSIKA Simulation Program and their configurations were also investigated. Results of this study were compared with the literature and shown to be consistent with the reported results.

Key words: Tau, Tauwer, Corsika, Cosmic Rays, Detector, Monte Carlo Simulation

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği Bilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmada CORSİKA simülasyon programı ile farklı enerjilerdeki tau parçacıklarının üretilmesi ele alınmıştır. Ele alınan numunelerin seyreltme (thin) değerleri değiştirilerek ve dedektör farklı açılarda alınarak parçacıkların durumu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, Kozmik Işınlara, Monte Carlo Simülasyonları, Tau Duşları ve CORSİKA Simülasyon Programının genel yapısı ele alınmıştır.

Tez çalışmamda en çok emeği geçen, yoğun çalışmalarından bana zaman ayırarak, derin bilgilerinden faydalanmamı sağlayan, öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyduğum, değerli bilim adamı, Sayın Doç.Dr. Mithat KAYA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tezin hazırlanma sürecinde her zaman yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen Fizik Bilim Uzmanı Mehmet Şah YURTÇİÇEK'e, Yüksek Lisans Öğrencisi Erdal KURT'a ve emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunarım.

Kars- 2010

Günay MERHAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET	II
ABSTRACT.....	III
ÖNSÖZ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLO DİZİNİ	XI
SİMGELER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1 Kozmik Işınlr	1
1.1.1 Birincil Kozmik Işınlr	3
1.1.2 İkincil Kozmik Işınlr	4
1.1.3 Uzayda Kozmik Işınlr	6
1.1.4 Atmosferde Kozmik Işınlr.....	7
1.1.5 Kozmik Işınlrın Tarihçesi	8
1.2 Kozmik Işınlr ile İlgili Yapılan Deneyler	10
1.2.1 Kozmik Işın ve Gama Işını Deneyleri	10
1.2.2 Balon Deneyleri	12
1.2.3 Atmosferik Cherenkov Deneyleri	12
1.2.4 Atmosferik Flüoresan Deneyleri.....	14
1.2.5 Parçacık Dedektörleri ile Hava Duş Deneyleri.....	14
1.2.6 Nötron Gözleyiciler	15
1.2.7 Yeraltında Kurulan Diğer Kozmik Işın Deneyleri.....	15
1.3 Monte Carlo Simülasyon Metodu.....	16
1.3.1 Simülasyon Uygulama Alanları.....	18
1.3.2 Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları	18
1.3.3 Monte Carlo Metodunun Matematiksel Analizi	19
2. CORSİKA PROGRAMI	22
3. YUKARI DOĞRU OLAN TAU HAVA DUŞARI İÇİN OLUŞTURULMUŞ	
DEDEKTÖR DÜZENEĞİNİN ÇALIŞMASI	24
3.1 UHE Hadronları ve $\nu\tau$ Tarafından Üretilen Duşlar.....	25
3.2 Dedektör Düzeneginin Dizaynı	27
3.3 Dedektör Akseptansı ve Ön Görülen Olay Miktarı	29
3.4 Bir Tau Duşunun Tanımlanması.....	31
3.5 Tau Duşunun Yeniden Yapılandırılması	32
4. DENEYSEL BULGULAR	34

4.1 Farklı Enerjilerde Elde Edilen Analiz.....	36
4.2 Seyreltme (Thin) Değerleri Değiştirilerek Yapılan Analiz.....	46
4.3 Açı Değerleri Değiştirilerek Yapılan Analiz	53
5.SONUÇ	56
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	62
EKLER	63
EK 1	63
1.1 Corsika Program Dosyasını Hazırlama.....	63
1.2 Corsikada Simülasyon Yöntemi	63
1.2.1 Çalışma Sayısı.....	63
1.2.2 Birinci Olayın Sayısı.....	64
1.2.3 Rastgele Sayı Üreticisini Başlatma.....	64
1.2.4 Duşların Sayısı	64
1.2.5 Birincil Parçacık Tanımlanması.....	64
1.2.6 Enerji Alanı	65
1.2.7 Spektrumun Eğimi	65
1.2.8 Zirve (Zenith) Açısı Tanımı.....	66
1.2.9 Güney(Azimuth) Açısı Tanımı	66
1.2.10 Koni Görünümün Ayrıntıları	66
1.2.11 Başlangıç Yüksekliği	67
1.2.12 Geliş Zamanının Başlangıç Noktası.....	67
1.2.13 İlk Etkileşim Tanımı	68
1.2.14 Yüzeysel Oluş Sıklığı	68
1.2.15 Giriş Dosya İsmine Düzenlenmesi	69
1.2.16 Atmosferik Model Seçimi.....	69
1.2.17 A(i) Atmosferik Parametreler	69
1.2.18 B(i) Atmosferik Parametreler	69
1.2.19 C(i) Atmosferik Parametreler	70
1.2.20 Atmosferik Tabaka Sınırları	70
1.2.21 Harici Tabaka Halindeki Atmosferler.....	70
1.2.22 Yeryüzünün Magnetik Alanı	71
1.2.23 Ön-Duşlar İçin Deneysel Koordinatlar	71
1.2.24 DPMJET Seçilmiş Bölge (Flag)	72
1.2.25 DPJSIG Seçilmiş Bölge (Flag)	72

1.2.26 EPOS Seçilmiş Bölge (Flag).....	72
1.2.27 EPOS Parametreleri	73
1.2.28 EPOSIG Seçilmiş Bölge (Flag)	73
1.2.29 NEXUS Seçilmiş Bölge (Flag).....	73
1.2.30 NEXUS Parametreleri.....	73
1.2.31 NEXSIG Seçilmiş Bölge (Flag).....	74
1.2.32 QGSJET Seçilmiş Bölge (Flag)	74
1.2.33 QGSSIG Seçilmiş Bölge (Flag).....	74
1.2.34 SIBYLL Seçilmiş Bölge (Flag)	74
1.2.35 SIBSIG Seçilmiş Bölge (Flag).....	75
1.2.36 VENUS Seçilmiş Bölge (Flag).....	75
1.2.37 VENUS Parametreleri.....	75
1.2.38 VENSIG Seçilmiş Bölge (Flag).....	76
1.2.39 HDPM Etkileşim Parametreleri ve Parçalanma.....	76
1.2.40 Modeller Arası Enerji Geçişi	76
1.2.41 Elektromagnetik Etkileşime Yön Veren Bölgeler (Flags).....	77
1.2.42 Elektro Çoklu Saçılmalarda Uzunluk Faktörü.....	77
1.2.43 NKG Yanal Alanın Yarı Çapı.....	77
1.2.44 Hadronik Seyreltilme (Thin) Tanımı	78
1.3 Corsika Dosyası	78
1.4 Corsika Program Bölümleri	82
1.4.1 DPMJET Programı	82
1.4.2 HDPM Programı	82
1.4.3 UPWARD Bölümü	83
EK 2	84
2.1 Basit Simülasyon Çalıştırılması.....	84
EK 3	87
3.1 Corsika Simülasyonunda Alınan Numune Sonuçları	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	Kozmik ışının hava çekirdeği ile çarpışması sonucu oluşan bir duş örneği.....	1
Şekil 1.2	Milikan'ın Muir ve Arrowhead göllerindeki deneyleri	3
Şekil 1.3	Bir kozmik hızlandırıcıda proton demeti ile kozmik ışınların mümkün iki oluşum olasılığı. Bağlı akılar magnetik sınırlanma bölgesinin optiksel kalınlığına bağlıdır.	4
Şekil 1.4	0° (kapalı noktalar) ve 70° (açık noktalar) yörüngeleri ile parçacıklar için deniz seviyesinde gözlenen kozmik ışın akısı.....	6
Şekil 1.5	Tipik enerjilerde birincil kozmik ışınların enerji spektrumu.....	7
Şekil 1.6	Kozmik ışınları tespit etmek için kullanılan değişik teknikler.....	8
Şekil 1.7	Gelişi güzel sayıların frekansa bağlı grafiği.....	20
Şekil 3.1	Kayada ve suda enerjinin fonksiyonu olarak nötrino etkileşim uzunlukları ve havada, suda, kayadaki tau oranları.....	26
Şekil 3.2	Her biri D aralığıyla yerleştirilmiş 12 li 4 sıra dedektör düzeneğinin tepeden görünüşü.....	27
Şekil 3.3	Detektör düzeneği üzerine çarpan parçacık duşun şematik çizimi.....	27
Şekil 3.4	95° 'lik zenith açısıyla dağ yamacına yerleştirilmiş dedektör düzeneğinin şematik çizimi ve eğimli duşların yeryüzünden gelen(yer kabuğundan L mesafesini aştıktan sonra) nötrinoların gösterimi.	28
Şekil 3.5	Bir Tower'a farklı yönlerden gelen parçacıklar.	28
Şekil 3.6	AGN modelinde beklenen nötrino akısının enerji spektrumu.....	29
Şekil 3.7	Tau'un yer yüzeyine ulaştığı kabuğu boyunca nötrino etkileşimleri mavi renk, Yerden çıkan ve yerden uzaklığı 10 km olan dedektöre ulaşmadan bozunan tauları kırmızı renk göstermektedir	30
Şekil 3.8	L mesafesinin fonksiyonu olarak değişik yüksekliklerdeki dedektörlerin değişim verimleri.....	30
Şekil 3.9	Dedektör seviyesi kavisli bir yarıçap (R) şekilde gösterildiği gibi O orjinde dušta meydana gelen dedektör seviyesi boyunca zaman yayılımın sistematik çizimi.....	31
Şekil 3.10	Dedektörün bulunduğu alanda 500 ns'nin zaman penceresinde muon yoğunluğu üretilmesi hava duşlarında kullanarak hesaplanmıştır: atmosfer (solda) ve τ (sağda) grafiğin sağ yanında gelen ve 5×10^{18} eV enerjiye sahiptir.....	31
Şekil 4.1.1	Numune 1 Elektron, Gama ve Muonların dağılımı.....	36
Şekil 4.1.2	Numune 1 Elektron, Gama ve Muonların x ekseninde dağılımları.....	37

Şekil 4.1.3 Numune 1 Ağırlık (düzeltme çarpanı), Zaman ve x eksenindeki Muon, Gama ve Elektron dağılımları	37
Şekil 4.1.4 Numune 1 x eksenindeki parçacıkların momentumları.....	38
Şekil 4.1.5 Numune 1 teta ve fi açığı grafikleri.....	38
Şekil 4.1.6 Numune 1 x ve y yönündeki hareketleri ve x eksenindeki momentum dağılımları	39
Şekil 4.1.7 Numune 2 Elektron, Gama ve Muonların dağılımı.....	39
Şekil 4.1.8 Numune 2 Elektron, Gama ve Muonların x ekseninde dağılımları.....	40
Şekil 4.1.9 Numune 2 Ağırlık (düzeltme çarpanı), Zaman ve x eksenindeki Muon, Gama ve Elektron dağılımları	40
Şekil 4.1.10 Numune 2 x eksenindeki parçacıkların momentumları.....	41
Şekil 4.1.11 Numune 2 teta ve fi açığı grafikleri.....	41
Şekil 4.1.12 Numune 2 x ve y yönündeki hareketleri ve x eksenindeki momentum dağılımları	42
Şekil 4.1.13 Numune 3 Elektron, Gama ve Muonların dağılımı.....	42
Şekil 4.1.14 Numune 3 Elektron, Gama ve Muonların x ekseninde dağılımları.....	43
Şekil 4.1.15 Numune 3 Ağırlık (düzeltme çarpanı), Zaman ve x eksenindeki Muon, Gama, ve Elektron dağılımları	43
Şekil 4.1.16 Numune 3 x eksenindeki parçacıkların momentumları.....	44
Şekil 4.1.17 Numune 3 teta ve fi açığı grafikleri.....	44
Şekil 4.1.18 Numune 3 x ve y yönündeki hareketleri ve x eksenindeki momentum dağılımları	45
Şekil 4.2.1 Numune 4 Elektron, Gama ve Muonların dağılımı.....	46
Şekil 4.2.2 Numune 4 Elektron, Gama ve Muonların x ekseninde dağılımları.....	47
Şekil 4.2.3 Numune 4 Ağırlık (düzeltme çarpanı), Zaman ve x Eksenindeki Muon, Gama, ve Elektron dağılımları	47
Şekil 4.2.4 Numune 4 x eksenindeki parçacıkların momentumları.....	48
Şekil 4.2.5 Numune 4 teta ve fi açığı grafikleri.....	48
Şekil 4.2.6 Numune 4 x ve y yönündeki hareketleri ve x eksenindeki momentum dağılımları	49
Şekil 4.2.7 Numune 5 Elektron, Gama ve Muonların dağılımı.....	49
Şekil 4.2.8 Numune 5 Elektron, Gama ve Muonların x ekseninde dağılımları.....	50
Şekil 4.2.9 Numune 5 Ağırlık (düzeltme çarpanı), zaman ve x eksenindeki muon, gama ve elektron dağılımları	50
Şekil 4.2.10 Numune 5 x eksenindeki parçacıkların momentumları.....	51

Şekil 4.2.11 Numune 5 teta ve fi açI grafikleri.....	51
Şekil 4.2.12 Numune 5 x ve y yönündeki hareketleri ve x eksenindeki momentum dağılımları	52
Şekil 4.3.1 Numune 6 Elektron, Gama ve Muonların dağılımı.....	53
Şekil 4.3.2 Numune 6 Elektron, Gama ve Muonların x ekseninde dağılımları.....	53
Şekil 4.3.3 Numune 6 Ağırlık (düzeltme çarpanı), zaman ve x eksenindeki muon, gama ve elektron dağılımları.....	54
Şekil 4.3.4 Numune 6 x eksenindeki parçacıkların momentumları.....	54
Şekil 4.3.5 Numune 6 teta ve fi açI grafikleri.....	54
Şekil 4.3.6 Numune 6 x ve y yönündeki hareketler, x eksenindeki momentum dağılımları ve açılar.....	55

TABLO DİZİNİ

Tablo 1.1 Temel parçacıkların yarı ömürleri	2
Tablo 5.1 Enerjileri sırayla 5×10^8 , 10^7 , 10^9 olan numunelerden elde edilen parçacık değerleri	56
Tablo 5.2 Seyreltme (thin) değerleri sırasıyla 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} olan numunelerden elde edilen parçacık değerleri	56
Tablo 5.3 Açık değerleri sırasıyla 91° , 92° , 93° olan numunelerden elde edilen parçacık değerleri	57
Tablo 5.4 Parçacıkların ID numarası aşağıdaki gibidir	85

SİMGELER DİZİNİ

1. SİMGELER

e^-	Elektron
e^+	Pozitron
μ^-	Müon
τ^-	Tau
ν_e	Elektron Nötrinosu
ν_μ	Müon Nötrinosu
ν_τ	Tau Nötrinosu
u	Yukarı Kuark
d	Aşağı Kuark
s	Garip Kuark
c	Tılsımlı Kuark
b	Alt Kuark
t	Üst Kuark
γ	Foton
W	W Bozonu
Z	Z Bozonu
A_μ	Foton Alanı
W_μ^\pm	W_μ^\pm Alanı
Z_μ	Z Alanı
H	Higgs Alanı
g	$SU_L(2)$ Etkileşme Sabiti
g'	U_Y Etkileşme Sabiti
Y	Zayıf Hiperyük
I^w	Zayıf İzospin
θ_w	Wienberg Açısı
m_e	Elektronun Kütlesi
m_H	Higgs Bozonun Kütlesi

m_W	W Bozonun Kütlesi
m_Z	Z Bozonun Kütlesi

2. KISALTMALAR

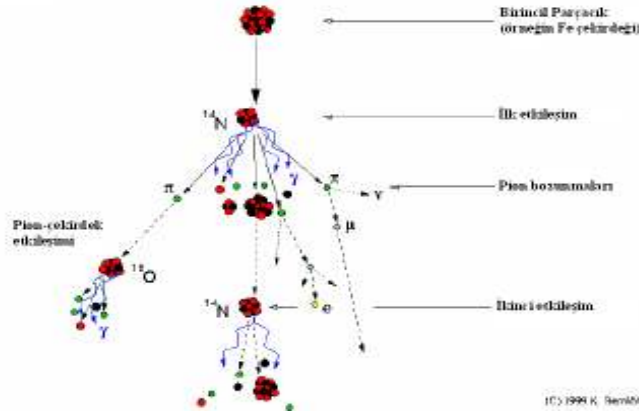
S.M.	Standart Model
LHC	Büyük Hadron Çarpıştırıcısı
SPS	Süper Proton Çarpıştırıcısı
CKM	Cabiblo-Kobayashi-Maskawa Matrisi
CERN	Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi
SLAC	Stanford Proton Hızlandırıcısı
LEP	Büyük Elektron Pozitron Hızlandırıcısı
DESY	Ulusal Yüksek Enerji Fiziği Araştırma Enstitüsü
QCD	Kuantum Elektrodinamiği

1. GENEL BİLGİLER

1.1 Kozmik Işınlr

Bilim dünyasında, açıklanamayan bazı olaylar zaman içinde yeni teorilerin ve bilimsel buluşların ortaya çıkmasına neden olabiliyor ve bu nedenle açıklanamayan olayların üzerinde durmak insanlık için son derece faydalı sonuçlar ortaya koyabilir. Ancak bu olaylardan bazıları ilk ortaya konuldukları zamandan bu zamana yıllar geçmiş olmasına rağmen halen açıklanamıyor ve yanlışlıkları da ispatlanamıyor. 2005 yılı itibariyle üzerinde en çok durulan ve henüz açıklanamayan olayların başında kozmik ışınlar gelmektedir.

Kozmik ışınlar dış uzaydan gelen parçacıklardır, bunlar çoğunlukla protonlar olmakla birlikte diğer parçacıklar arasında helyum, nötron, nötrino... vb. sayılabilir. Uzayda bulunan kozmik ışınları genelde yüklü parçacıklar oluşturmaktadır. Bu ışınların bileşenleri hidrojen çekirdekleri ile baskındır. Bu gibi kozmik ışınlar uzayın derinliklerinde gezinirken dünyamıza da uğrarlar ve dünya atmosferinde bulunan hava çekirdekleri ile etkileşirler. Dünya atmosferine çarpan bu ışınlar aşırı enerji yüklü olduğundan atmosferdeki gaz moleküllerinin çekirdekleri ile etkileşirken başka parçacıkların da oluşmasına neden olurlar. Oluşan bu parçacıklar bir parçacık sağanağı şeklinde yeryüzüne doğru inerler. Bu sağanağa yapısı itibariyle “parçacık duşu” adı verilir. Şekil 1.1’de bir duş oluşum şeması gösterilmiştir.



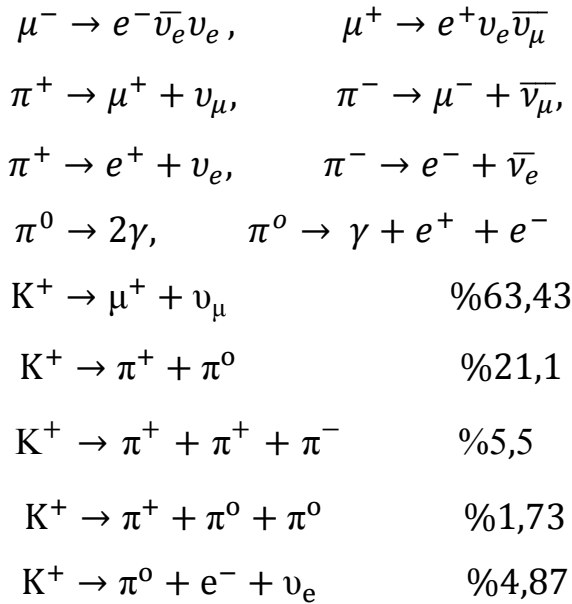
Şekil 1.1 Kozmik ışının hava çekirdeği ile çarpışması sonucu oluşan bir duş örneği

Bu duş ürünleri yarı ömürlerinin az olması nedeniyle çabucak başka parçacıklara bozunarak yer yüzeyine doğru inmeye başlarlar. Bazı temel parçacıklara ait “parçacık yarı ömür tablosu” aşağıda verilmiştir.

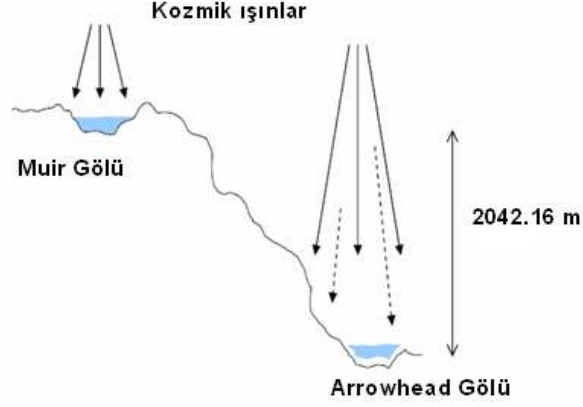
Tablo 1.1 Temel parçacıkların yarı ömürleri

Tip	İsim	Sembol	Kütle (MeV/c ²)	Yarı ömür
Lepton	Elektron/Pozitron	e^-/e^+	0,511	$> 4.6 \times 10^{20}$ yıl
	Müon /Antimüon	μ^-/μ^+	105,6	2.2×10^{-6} saniye
	Tau/Antitau	τ^-/τ^+	1777	291×10^{-15} saniye
Mezon	Nötral Pion	π^0	135	8.4×10^{-17} saniye
	Yüklü Pion	μ^+/μ^-	139,6	$2,6 \times 10^{-8}$ saniye
Baryon	Proton/ Antiproton	p^+/p^-	938,2	$> 10^{29}$ yıl
	Nötron /Antinötron	n/\bar{n}	939,6	885,7 saniye
Bozon	W bozon	w^+/w	80400	10^{-25} saniye
	Z bozon	Z^0	91000	10^{-25} saniye

Atmosferde düş ürünü olarak oluşan bazı parçacıkların tablo 1.1’de belirtilen yarı ömür süreleri içinde gerçekleştirdikleri bazı reaksiyonlar aşağıda verilmiştir.



Kozmik ışın akısı; belirlenen bir kesitten birim zamanda geçen kozmik ışın sayısıdır. Kozmik ışın radyasyon akısının atmosferden mi yoksa yerden mi kaynaklandığını anlamak için Millikan, Muir ve Arrowhead gölünde bazı denemeler yaptı. 1925 yılında Kaliforniya’da farklı yüksekliklerde olan Muir (3,657 m) ve Arrowhead (1,524 m) göllerinde teleskoplarla detaylı çalışmalar yaptı. Teleskopları iki gölün farklı derinliklerine yerleştirerek iyonizasyon değişimlerini gözlemledi.

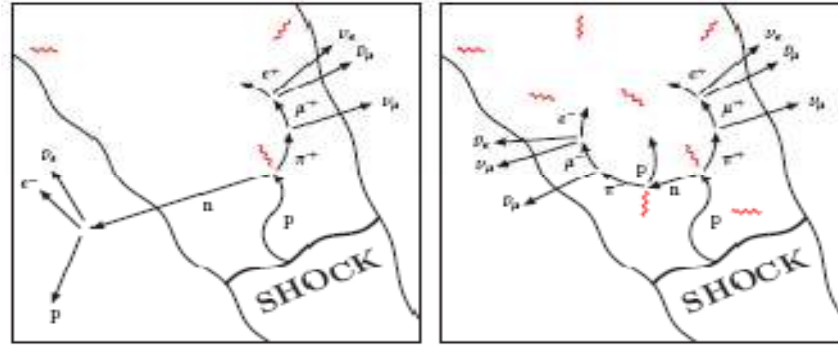


Şekil 1.2 Milikan'nın Muir ve Arrowhead göllerindeki deneyleri

Eğer şekil 1.2'de kozmik ışınlar atmosferde üretilseydi (kesikli oklar) daha sonra Arrowhead gölünde ölçülen radyasyon akısı Muir gölünden daha büyük olmalıydı. Bu delil olarak bulunamadı ve ölçümlerde azalan akı radyasyonun aşağıdan değil de yukarıdan geldiği doğrulanarak gölün artan derinliklerinde elde edildi. Millikan iyonizasyonun gece ve gündüz devam ettiğini gözlemledi ve ışınların gama ışınlarından 18 kat fazla enerjiye sahip olduğunu fark etti. Bu iyonize ışınları "kozmetik" adı veren Millikan oldu[1].

1.1.1 Birincil Kozmik Işınlar

Birincil kozmik ışınlar astrofiziksel kaynaklardan meydana gelen oldukça yüksek enerjili parçacıklardır ve evren boyunca dışa doğru yayılırlar. Bu parçacıklar genelde pozitif yük ile baskındırlar. Bu baskınlığın \approx % 98'i parçalanmış çekirdek ve % 2'si ise elektrondur. Kozmik ışın spektrumu, yıldızlar arası ortamlarda bulunan ağır çekirdeklerle parçalanmaya neden olan kozmik ışınları belirterek, nükleosentez ile beklenilenle karşılaştırılan hafif çekirdekte bol miktarda bulunmaktadır. Daha ağır leptonlar zayıf bozunma karşısında kararsızdır ve kaynaktan dünyaya çok uzun mesafelerde gezinmeye gücü yetmez.



Şekil 1.3 Bir kozmik hızlandırıcıda proton demeti ile kozmik ışınların mümkün iki oluşum olasılığı. Bağlı akılar magnetik sınırlanma bölgesinin optiksel kalınlığına bağlıdır.

Şeki 1.3'te bir kozmik hızlandırıcıda proton demeti ile kozmik ışınların mümkün iki oluşum olasılığı görülebilir. Yüksek enerjili parçacıkların ve protonların bir çoğu çekim etkisiyle değişik yollarla üretilebilir. Aktif galaktik çekirdekler, ikili kaynaklar üzerindeki katkı ve bol enerji miktarı sürekli olarak serbest bırakılacaktır. Gravitasyonel potansiyel enerji sırasıyla yüzeyde ısıya dönüştürülen kinetik enerjiye dönüştürülecektir. Alternatif olarak, farklı olaylarda uzay boyunca dışa doğru gezinerek bol miktarda parçacık meydana gelecektir. Meydana gelen kozmik ışınlar, daha sonra radyo galaksileri ve süpernovada var olan şoklarla hızlandırılmaktadır[2].

Birincil kozmik ışınlar, nükleon başına 10^{11} GeV'e kadar tespit edilmektedir. Bununla birlikte çoğu 10^3 GeV ile 1 GeV enerjilere sahiptir. Kozmik ışın ve enerji spektrumu birkaç bölgeye ayrılabilir, 1 den 10^6 GeV'e akısını $N(E)dE = kE^{-\gamma} dE m^{-2} s^{-1} GeV^{-1}$ güç yasası izler, burada $2.5 < \gamma < 2.7$ arasındadır. 10^7 GeV üzerinde akı hızlı bir şekilde azalır. Bu azalış ≈ 2.1 'de ve γ artışı 3,1 ile bir k sabiti ile olur.

$4 \cdot 10^{10}$ GeV üzerindeki enerjilerde parçacıklar çok nadirdir, fakat kaynakları ardındaki noktalar ve B galaktik manyetik alan tarafından etkilenirler[3]. Bu 1985 yılında A.A. Watson tarafından gözlemlendi ve Sydney Giant Air Shower Array de çok yakın zamanda da bu gözlemlendi ve galaksimizde bilinen kaynaklarla bağlantısı olmayan çok yüksek enerjili kozmik ışınlar gözlemlendi.

1.1.2 İkincil Kozmik Işınlar

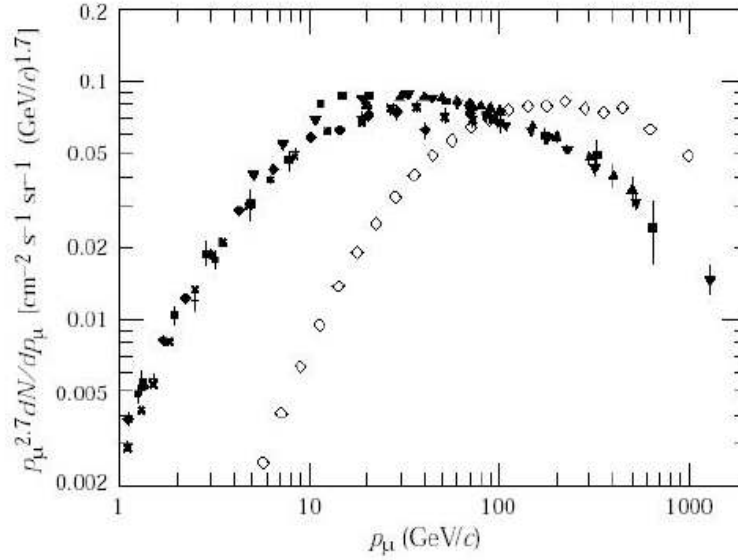
İkincil kozmik ışınlar, birincil kozmik ışınların geçtikleri ortamda bulunan bir birincil ya da ikincil kozmik ışınlarla etkileşimi yoluyla üretilmektedir. İkincil parçacıklar, bir protonun

oksijen veya azot molekülleri ile etkileşmesiyle genelde atmosferde üretilmektedir. Bu etkileşimler, fotonükleer parçalanma boyunca kademeli nükleonik tetik ya da bremsstrahlung yoluyla enerjili fotonlar üretirler. Üretilen fotonlar, daha sonra, çift oluşumu geçirirler. Çok sayıda pion, lepton-nötrino veya foton çiftine bozunarak güçlü etkileşimler boyunca da üretilirler.

Yüklü pionlar, $\approx 2.5 \times 10^{-8}$ saniye yarıömüre sahiptir ve bu yüzden çok enerjili olanları dışında genelde atmosferde bozunurlar. İki yüklü pionun, muonlara ve muon nötrinolarına bozunur. Gözlenen birçok muonun deniz seviyesinde olması çok önemlidir. Yüksek atmosferde üretilen muonlar, relativistik olarak gezinen parçacıklar için $t \approx 50 \mu sn$ olan sürede yüzeye ulaşmak için 15 km kadar gezinmek zorundadır. Muon'un durgun yarı ömrü $2 \mu sn$ civarındadır.

Muon dünyaya girerken muonun atmosfer ile etkileşmesi esnasında kayıp enerji ve momentumu bir muonun enerjisinden ve momentumundan küçüktür. 2,4 GeV/c momentumda meydana gelen muon bir vakumda 15 km bozunma uzunluğuna sahip olabilir, fakat atmosfer boyunca enerji kayıpları 8,7 km için indirgenir. Tipik bir muon, yer seviyesine ulaşmadan önce iyonizasyon için ≈ 2 GeV kaybeder, bu başlangıç enerjisine bağlıdır[4].

Deniz seviyesinde muonların enerjileri 4 MeV dir. Enerji spektrumu 1 GeV'nin altında yassıdır ve daha yüksek enerjilerde bu dikleşir, çünkü bu aralıkta daha az birincil parçacık vardır. 1 GeV/c² 'den daha düşük enerjili parçacıklar için enerji spektrumu, yerel jeomanyetik durum ve solar koşullar için çok hassas olarak, sık ölçülmüştür. Enerjisi (kütlesi) 1 GeV/c²'den büyük olan dikey muon şiddeti deniz seviyesinde $\approx 70 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ dir ve 1 ile 10 GeV arasındaki enerjiler için bir $\cos^2 \theta$ fonksiyonuna bağlı açı ile değişir. Yüksek açılarda çok az muon, atmosfer boyunca çok daha büyük mesafelerde gezinme şartı ile yüzeye ulaşabilir. Bu yüzden daha fazla enerji kaybedecektir. Enerjinin bir fonksiyonu olarak kozmik ışın akısı yani dN/dp , 0° ile 70° derece yörüngeleri ile parçacıklar şekil 1.4'te gösterildiği gibidir.



Şekil 1.4 0° (kapalı noktalar) ve 70° (açık noktalar) yörüngeleri ile parçacıklar için deniz seviyesinde gözlenen kozmik ışın akısı[4]

Eğer açık noktalar için veri lineer eksen üzerinde çizilirse, açıklar $y = 0,001p_{\mu}^{1,73}$ formunda bir güç yasası eğrisi ile bağlantılıdır. En üst ve en alt momentum limiti içinde muon sayısı aşağıdaki formülle verilir.

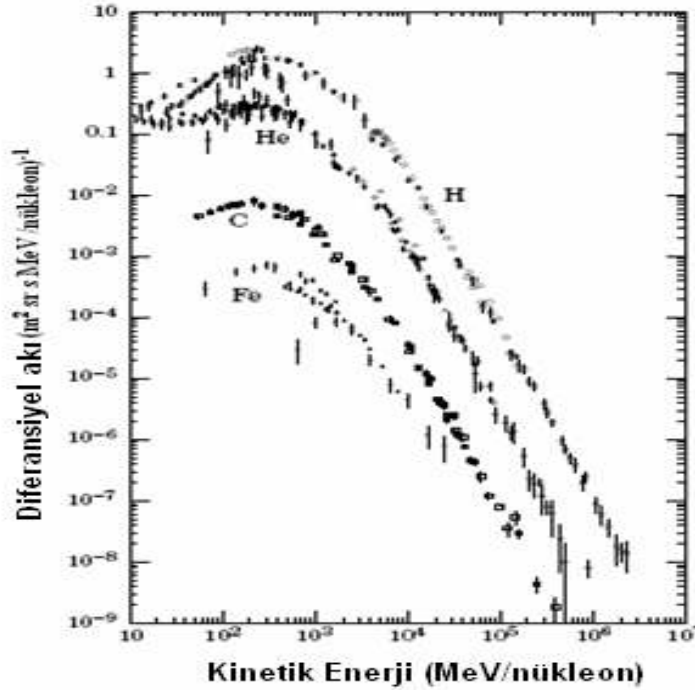
$$p_{\mu}^{1.7} \frac{dN}{dp_{\mu}} = 0.0001 p_{\mu}^{1.73}$$

$$N = 0.0001 \frac{p_{\mu}^{0.03}}{0.03} \Bigg|_{p_{alt}}^{p_{üst}}$$

1.1.3 Uzayda Kozmik Işınlr

Kozmik ışınları birincil ve ikincil olmak üzere karakterize ediyoruz, birincil olanlar astrofiziksel kaynaklarda meydana gelen orijinal parçacıklardır, ikincil olanlar ise uzaydan geçişi esnasında bazı maddelerle karışarak birincillerin çarpışmalarından sonra meydana gelen “kalıntı (debris)” parçacıklardır. Yıldızlar tarafından bolca üretilen parçacıklar, örneğin elektronlar, protonlar ve helyum, karbon, oksijen ve demir çekirdekleri birincilleri oluştururken diğer çekirdekler (Lityum, Berilyum, Bor) ikincilleri oluştururlar. Dünya atmosferi, deniz seviyesine ulaşmadan önce birçok birincil parçacığı ikincil parçacığa (baskın

olarak yüksüz ve yüklü pionlar) dönüştürür ya da soğurur. Birincil enerjilerle tespit ettiğimiz ikincillere etkisi oldukça önemlidir. Şekil 1.5'te birincil kozmik ışınların ana bileşenlerinin enerji spektrumunu gösterir.



Şekil 1.5 Tipik enerjilerde birincil kozmik ışınların enerji spektrumu[5]

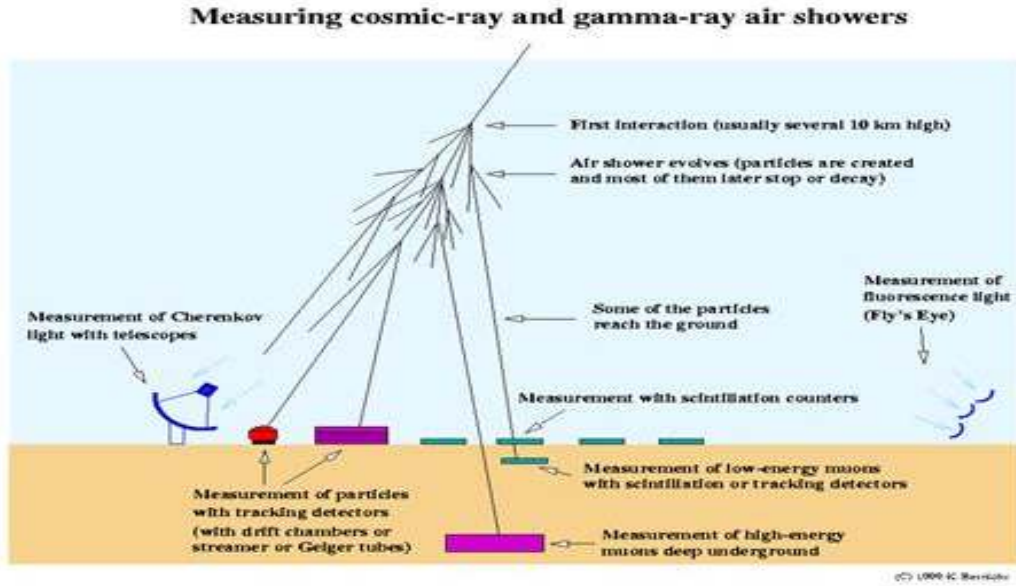
Dünya, Güneş ve manyetik alanıyla biraz çevrelenmiştir. Dünya atmosferinin üst tabakalarına ulaşan 10 GeV altında birincil parçacık akısında azalma vardır[6].

1.1.4 Atmosferde Kozmik Işınlr

Yüksek enerjili kozmik ışınlar, birçoğu pionlar olmakla birlikte daha çok egzotik mezonlar üretebilen ikincil hadronlar, bir jete neden olan şiddetli inelastik çarpışmalarda yüksek atmosferde parçacıklar çarpışır. $2,6 \times 10^{-8}$ saniye yarı ömürlü bir yüklü pion % 99,8 üzerinde muonlara bozunurken, yüksüz pionların % 98,8 civarında tipik elektromanyetik duş olarak ilerleyen fotonlara bozunur. Sonuç olarak birincil ve başka hadronlardan nükleonik kalıntılar (fotonlar ve nötronlar) ile birlikte muon-nötrinolar ve % 1,7 muon, elektromanyetik duşlardan % 18 elektron ve % 80 fotonların başlıcalarını içeren ikincil kalıntıların bir duşudur.

Bu hava duşları ya da yaygın hava duşları yeterince geniş bir ebata ulaştıklarında, kayda değer olarak alanı kaplar, onların açısı ona neden olan birincil parçacıkların doğrudan enerjisine

bağlıdır. Bu bize düşük maliyet kullanarak dünyadan çok yüksek enerjili birincil parçacık enerjisini ölçme yolu sağlar.



Şekil 1.6 Kozmik ışınları tespit etmek için kullanılan değişik teknikler[7]

Şekil 1.6’da kozmik ışınları tespit etmek için kullanılan değişik yöntemler gösterilmiştir. Yapılan deneyler irtifadaya ve ışınların özelliklerine bağlı olarak farklı mevkilerde ve farklı cihazlar kullanılarak yapılmaktadır.

1.1.5 Kozmik Işınların Tarihçesi

1912 tarihinde, kozmik ışın araştırmalarının babası kabul edilen Victor Hess tarafından 5,000 m rakımda bir balonla uzaydan gelen “nüfuz radyasyonu” keşfedildi. Bu kozmik ışın alanında bir milat oldu ve birçok fizikçinin bu konuya yönelmesine ön ayak oldu.

1929 tarihinde, Dimitry Skobelzyn ilk kez çok yeni bir icat olan sis odasını kullanarak kozmik ışınların geride bıraktığı gizemli izleri gözlemledi.

1932 tarihinde kozmik ışınların doğası üzerine şiddetli tartışmalara sahne oldu. Robert Millikan’ın bir teorisine göre uzaydan gelen gama ışınları idi. Bu yüzden “kozmetik ışın” olarak adlandırıldı. Fakat kanıt gerçekte kozmik ışınların enerjik parçacıklar olduğunu destekliyordu.

1933 tarihinde, Carl Anderson kendi sis odasından geçen kozmik ışınların izlerini gözlemlerken daha sonra pozitron olarak adlandırılan anti-elektronda antimaddeyi keşfetti. Bir pozitron tamamen bir elektrona benzeyen bir parçacıktır, fakat pozitif yüklü olduğundan zıddır.

Muonlar, 1936'da C.W.Anderson ve S.H.Neddermeyer tarafından kozmik ışınlar da keşfedildi ve ilk kez 1941'de F.Rasetti tarafından yarı ömrü ispatlandı[8]. Pozitron ve muon kozmik ışınlar kullanılarak keşfedilen ilk atomaltı parçacık serisi idi. Keşifler temel parçacık fiziği bilimini ortaya çıkardı. Parçacık fizikçiler 1950'lerde parçacık hızlandırıcıları gelinceye kadar araştırmalarında kozmik ışınları kullandılar.

1938 tarihinde, Alplerin yükseklerine parçacık dedektörleri yerleştiren Pierre Auger, metrelerce uzağa yerleştirilen iki dedektörün her ikisine de yaklaşık aynı zamanda gelen parçacık sinyallerinin farkına vardı. Auger, hava molekülleri ile birincil yüksek enerjili parçacıkların çarpışmalarının neden olduğu ikincil atomaltı parçacık duşu "Extensive Air Shower" keşfetti.

1949 tarihinde Enrico Fermi, kozmik ışınların hızlandırılmalarına yönelik bir açıklama önerdi. Fermi'nin kozmik ışın "shock" hızlandırıcısında, protonlar uzayda manyetik bulutta dışa doğru hareketle hızlanır. Patlayan yıldızların (Süpernova) kozmik hızlandırıcı gibi hareket ettiğine inanılmaktadır, fakat onlar tek başına çok yüksek enerjili kozmik ışınların oluşumundan sorumlu olamaz.

1960'ların başında Arno Penzias ve Robert Wilson evrende yayılan düşük enerjili mikrodalgaları keşfettiler. Kenneth Greisen, Vadem Kuzmin ve Georgi Zatsepin yüksek enerjili kozmik ışınların mikrodalga fon (background) ile etkileşebileceğini ileri sürdüler. Etkileşim enerjilerini düşürebilir. Öyleki uzun galaksiler arası mesafelerde gezinen parçacıklar 5×10^{19} eV den daha büyük enerjilere sahip olamazdı.

1991 tarihinde, Amerika'da Fly's Eye Cosmic Ray araştırma grubu 3×10^{20} eV enerjili bir kozmik ışın olayı keşfetti. 10^{20} eV enerjilerdeki olaylar 30 yıl önce de rapor edilmişti.

1994'te Japonya'da AGASA grubu 2×10^{20} eV enerjide bir olay rapor etti. Fly's Eye ve AGASA olayları daha önce görülenlerden çok daha yüksek enerjilerde idi.

1995'te uluslararası bir araştırma grubu, hava duşlarının keşfedilmesi onuruna Pierre Auger olarak adlandırılan projede yeni bir kozmik ışın gözlemevi tasarlama çalışmalarına başladı. Yeni gözlemevinde oldukça yüksek enerjili kozmik ışınlardan oluşan çok sayıda hava duşlarını ölçen ve tespit eden devasa düzenekler kullanıldı. Çok yüksek enerjili kozmik ışınları izleyerek bilinmeyen kaynakların anlaşılması ve evrenin gelişimi üzerine halen araştırmalar devam etmektedir.

1.2 Kozmik Işınlara İlgili Yapılan Deneyler

Görüldüğü gibi günümüze gelene dek bu alan üzerinde araştırmalar hızlanarak artmakta ve birkaç ülke bir araya gelerek devasa deneylerde beraber çalışmaktadır. Bu uğurda milyonlarca dolar harcanmaktadır. Evrenin geçmişi ve geleceği hakkında bir sürü bilgi içerdiği tahmin edilen bu ışınların küresel ısınmaya neden olduğu ve hatta son zamanlarda Bonn Üniversitesinde bir grup bilim adamı tarafından dinazorların yok olmasına sebep olduğu iddiaları ortaya atılmaktadır. Aşağıda listede bu deneylerden bazıları sıralanmıştır[9].

1.2.1 Kozmik Işın ve Gama Işını Deneyleri

- [ACE](#) [Advanced Composition Explorer] Görevi çoğunlukla güneşten gelen parçacıklardır, Ağustos 1997 de fırlatıldı.
- [AGILE](#) [Astro-rivelatore Gamma a Immagini LEggero] X-ışını/gama ışını görevi, 23 Nisan 2007 de fırlatıldı.
- [AMS](#) [Alpha Magnetic Spectrometer] Dedektör [Uluslararası uzay istasyonundan](#) fırlatıldı.
- [ASCA](#) [Advanced Satellite for Cosmology and Astrophysics] (Görevi X-ışını gözlemler Haziran 2000 de gözlemler sona erdi.)
- [BeppoSAX](#) [Satellite per Astronomia X] (Mayıs 1996 - Nisan 2002)
- [Chandra](#) X-ray satellite
- [CGRO](#) [Compton Gamma Ray Observatory] (mission terminated) with the four experiments:
 - [BATSE](#) [Burst And Transient Source Experiment]
 - [OSSE](#) [Oriented Scintillation Spectrometer Experiment]
 - [Comptel](#) [imaging Compton telescope]
 - [EGRET](#) [Energetic Gamma Ray Experiment Telescope]

- [Geotail](#) (measures the Earth's magnetotail)
- [GLAST](#) [Gamma ray Large Area Space Telescope] (to be launched in Oct. 2007,
- [GRANAT](#) gamma-ray satellite with several experiments (SIGMA, WATCH and others) was turned off November 27, 1998
 - [SIGMA](#) [Système d'Imagerie Gamma à Masque Aléatoire]
- [HETE](#) [High-Energy Transient Experiment] (launch failed on 4 Nov. 1996) has a follow-up:
 - [HETE-2](#) (launched October 9, 2000).
- [IMP-8](#) (Interplanetary Monitoring Platform)
- [INTEGRAL](#) [INTErnational Gamma-Ray Astrophysics Laboratory] (Ekim 2002 de fırlatıldı)
- [NINA](#) [New Instrument for Nuclear Analysis], görevi düşük enerjili kozmik ışınlar.
- [PAMELA](#) (magnet spectrometer, 15 Haziran 2006 de fırlatıldı).
- [Polar](#) (examines the Earth's magnetosphere and ionosphere)
- [Rosat](#) X-ray satellite (ended February 12, 1999)
- [RXTE](#) [Rossi X-ray Timing Explorer]
- [SAMPEX](#) [Solar Anomalous Magnetospheric Particle Explorer]
- [Spectrum-X-Gamma satellite](#) is a future mission
- [Suzaku](#) X-ray satellite (Astro-E2 mission,
- [SWIFT](#) (gamma ray burst mission, launched November 20, 2004)
- [Ulysses](#) (explores interplanetary space at high solar latitudes)
- [Voyager](#) (two spacecrafts heading towards interstellar space)
- [WIND](#) (explores solar wind and plasma processes near the earth as well as gamma-ray bursts)
- [XMM-Newton](#) [X-ray Multi-mirror Mission]

Özel amaçlı görevler için teklif edilen yâda geliştirme aşamasında olanlar:

- [ACCESS](#) [Advanced Cosmic ray Composition Experiment for the Space Station]
- [Andromeda](#) (a coded-aperture gamma-ray telescope)
- [BLAST](#) [Burst Locations with an Arc Second Telescope]
- [EUSO](#) [Extreme Universe Space Observatory]
- [MEGA](#) [Medium Energy Gamma-ray Astronomy]
- [OWL](#) [Orbiting Wide-angle Light-collectors]

1.2.2 Balon Deneyleeri

- [AESOP / LEE](#) [Anti-Electron Sub Orbital Payload / Low Energy Electrons]
- [ANITA](#) [Antarctic Impulse Transient Array] (project for radio frequency neutrino shower detection)
- [ATIC](#) [Advanced Thin Ionization Calorimeter]
- [BaBy](#) [Background Bypass] (measuring atmospheric UV background for the [EUSO](#) project)
- [BESS](#) [Balloon-borne Experiment with a superconducting Solenoid Spectrometer]
- [BETS](#) [Balloon borne Electron Telescope with Scintillating fibers]
- [CAPRICE](#) [Cosmic AntiParticle Ring Imaging Cherenkov Experiment],[CAPRICE-II](#)
- [CREAM](#) [Cosmic Ray Energetics and Mass Balloon Experiment]
- [GRATIS](#) [Gamma-Ray Arcminute Telescope Imaging System]
- [GRIP](#) [Gamma Ray Imaging Payload]
- [GRIS](#) [Gamma-Ray Imaging Spectrometer]
- [HEAT](#) [High Energy Antimatter Telescope]
- [HIREGS](#) [High Resolution Gamma-Ray and Hard X-Ray Spectrometer]
- [IMAX](#) [Isotope Matter Antimatter Experiment]
- [ISOMAX](#) [Isotope Magnet Experiment]
- [JACEE](#) [Japanese-American Collaborative Emulsion Experiment] (mainly for cosmic-ray composition up to several hundred TeV)
- [MASS_.](#) [Matter Antimatter Superconducting Spectrometer] (flown in different configurations; for MASS2)
- [PoGOLite](#) [Polarized Gamma-ray Observer]
- [RUNJOB](#) [RUSSIAN-NIPPON JOINT Balloon Experiment]
- [SMILI](#) [Superconducting Magnet Instrument for Light Isotopes]
- [TIGRE](#) [Tracking and Imaging Gamma Ray Experiment] (under development)
- [TIGER](#) [Trans Iron Galactic Element Recorder]
- [TRACER](#) [Transition Radiation Array for Cosmic Energetic Radiation]

1.2.3 Atmosferik Cherenkov Deneyleeri

Teleskoplar ve Teleskop Sistemler:

- [CANGAROO](#) at Woomera, Australia [Collaboration between Australia and Nippon for a GAMMA Ray Observatory in the Outback].

- [CANGAROO-III](#) system of four 10 m telescopes in Australia (fully operational since March 2004).
- [CAT](#) [Cherenkov Array at Thémis]
- [CLUE](#) [C(h)erenkov Light Ultraviolet Experiment] at the HEGRA site on La Palma (operational from 1997 to 2000)
- [HEGRA Cherenkov Telescopes](#) on [La Palma](#), Canary Islands (operational until Sep. 2002)
- [H.E.S.S.](#) [High Energy Stereoscopic System], four 13 m telescopes in Namibia, fully operational since December 2003)
- [MACE](#) [Major Atmospheric Cerenkov Telescope Experiment] (project in India)
- [MAGIC](#) (a 17 m telescope on La Palma, Canary Islands, operational since 2003)
- [Narrabri](#), Australia: Mark 6 telescopes of the [University of Durham](#) (operational until March 2000)
- [PACT](#) [Pachmarhi Array of C(h)erenkov telescopes] at the High Energy Gamma Ray Observatory at Pachmarhi, India
- [TACTIC](#) [TeV Atmospheric Cerenkov Telescope with Imaging Camera] at Mt. Abu, Rajasthan, India.
- [VERITAS](#) [Very Energetic Radiation Imaging Telescope Array System] (under construction in Arizona, USA)
- [Whipple Gamma-Ray Telescope](#) on [Mt. Hopkins](#), Arizona

Işık Toppları Olarak Solar Güç Tesisleri:

- [CACTUS](#) [Converted Atmospheric Cherenkov Telescope Using Solar-2] (Initially called *Solar Two Observatory*.)
- [CELESTE](#) [CErenkov Low Energy Sampling and Timing Experiment] at Thémis, France
- [GRAAL](#) [Gamma-Ray Astronomy at ALmeria] near Almeria, Spain (operational 1998-2001), *link not operational*
- [STACEE](#) [Solar Tower Air Cherenkov Experiment] at Sandia Labs, New Mexico

Cherenkov Sayıcı Düzenekler:

- AIROBICC (non-imaging counters in the [HEGRA](#) array)
- [BLANCA](#) [Broad Lateral Non-imaging C(h)erenkov Array]
- [TUNKA-25](#) (array of non-imaging counters near Lake Baikal)

Diğer Cherenkov Işığı Tespit Konseptleri:

- [SPHERE](#) (a balloon project looking for light reflected on snow)

- [GAW Gamma Air Watch](#) (a project using Fresnel lenses for imaging).

Gelecekteki Projeler:

- [CTA](#) [Cherenkov Telescope Array] (a project taking Cherenkov telescope arrays to a larger scale).

1.2.4 Atmosferik Flüoresan Deneyleri

- [ASHRA](#) [All-sky Survey High Resolution Air-shower detector]
 - [Auger Project Fluorescence Group](#)
 - [EUSO](#) [Extreme Universe Space Observatory] (a proposed space experiment on ISS to observe air shower fluorescence light).
 - [HiRes](#) The High Resolution Fly's Eye Cosmic Ray Detector
 - [OWL](#) [Orbiting Wide-angle Light collectors] (a plan to build a pair of satellites for air Shower detection).
- [TA / TALE: Telescope Array \[TA\] and its low energy extension \[TALE\]](#) (multiple detectors for fluorescence light plus ground array).

1.2.5 Parçacık Dedektörleri ile Hava Duş Deneyleri

- [AGASA](#) [Akeno Giant Air Shower Array]
- [ARGO-YBJ](#): new experiment under construction in Tibet
- [ASCE](#) [Air-Shower Core Experiment] (Sydney, operational 1989-1991)
- [Buckland Park Extensive Air Shower Array](#) (Australia) (operational 1994-1998)
- [CASA](#) [Chicago Air Shower Array] (operational 1990-1998),
- [CRT](#) [Cosmic Ray Tracking] (prototypes, operational 1992-1996)
- [EAS-TOP experiment](#) (Italy, above the [Gran Sasso](#) underground laboratory, until April 2000)
- [Haverah Park](#) (former experiment of Leeds University, operational until 1993)
- [GRAND](#) [Gamma Ray Astrophysics at Notre Dame] (an array of tracking detectors)
- [GREX](#) [Gamma Ray Experiment] array (Haverah Park, operational 1986-1995)
- [HEGRA](#) [High Energy Gamma Ray Astronomy] (operational 1988-2002)
- [KASCADE](#) [KArlsruhe Shower Core and Array DEtector]. Now extended as [KASCADE-GRANDE](#).
- [MILAGRO](#) (Water Cherenkov experiment near Los Alamos).
- [Norikura Observatory](#) in Japan

- [Pierre Auger Project](#) (originally also known as the Giant Airshower Detector Project).
- [SPASE 2](#) [South Pole Air Shower Array]
- [SUGAR](#) [Sydney University Giant Air shower Recorder] (was operational from 1968 to 1979)
- [Tian-Shan Mountain Cosmic Ray Station](#) (pages by Lebedev Institute),
- [Tibet AS-gamma experiment](#): scintillation counter array

1.2.6 Nötron Gözleyiciler

- [Bartol neutron monitor program](#)
- [“Swiss Neutron monitors and SONTEL](#) [Solar Neutron Telescope Gornergrat]
- [Mexico City neutron monitor data sets](#)
- [Moscow neutron monitor](#) (*with real-time data!*)
- [Neutron monitor data sets](#) from the University of New Hampshire (formerly at University at Chicago)
- [Neutron monitor data archive at NOAA](#) (1953 - present)
- [Oulu Cosmic Ray Station](#)
- [Neutron monitors of the Potchefstroom University](#) in the southern hemisphere
- [Neutron monitor data from Yerevan](#)
- [Lomnický štít neutron monitor](#) (Slovakia)

1.2.7 Yeraltında Kurulan Diğer Kozmik Işın Deneyleri

- [ALTA](#) Alberta Large area Time coincidence Array
- [CHICOS](#) California HIGhschool Cosmic ray ObServatory
- [CROP](#) [Cosmic Ray Observatory Project] (high school project in Nebraska)
- [HİSPARC](#) [High School Project on Astro-Physics Research with Cosmics] (in the Netherlands)
- [NALTA](#) [North American Large area Time coincidence Arrays]
- [NYSCPT](#) [New York Schools Cosmic Particle Telescope]
- [WALTA](#) [WAshington Large Area Time coincidence Array] (university + schools project)

Radyo Dalgaları ile Duş Tespiti

- [LOFAR](#) [LOW Frequency ARray] and the prototype station [LOPES](#).
- [CODALEMA](#) [Cosmics Detector Array Logarithmic ElectroMagnetic Antennas]

Diğer Dedektörler/Deneyler:

- [Pamir emulsion chamber experiment.](#)
- [University of Adelaide Cosmic Ray Muon Monitor](#)[9]

1.3 Monte Carlo Simülasyon Metodu

Monte Carlo yöntemi, deneysel ve istatistiksel problemlerin çözümüne, rastgele sayılarla yaklaşımlara verilen genel bir isimdir. Bu yöntem, özellikle 1930'lardan sonra hızla gelişmeye başlamış bir tekniktir. Los Alamos laboratuvarlarında nükleer silah geliştirilmesi projesinde çalışan bilim adamları tarafından ilk kez ortaya atılmıştır. Bu metotlar olasılık teorisine tabidir. Metodun bir probleme uygulanması, problemin tesadüfi sayıları kullanarak simülasyon edilip, hesaplanmak istenen parametrenin bu simülasyonlarının sonuçlarına bakılarak yaklaşık hesaplanması fikrine dayanır. Metot da basit sayısal integral hesaplama yöntemlerinden, günümüz istatistik teorisinin yoğun hesaplama gerektiren Bayes çıkarılma yöntemlerini pratik ve rutin olarak uygulanabilir hale getiren modern simülasyon tekniklere ulaşan bir gelişim izlemiştir[10,11]. Simülasyon kelimesinin modern anlamda kullanılışı 1940 yılı sonlarında John Von Neumann ve Stanislaw Ulam'ın çalışmalarına Monte Carlo simülasyonu adını vermeleri ile başlar[12]. Monte Carlo simülasyonu, duyarlılık metodu, momentler metodu ve tam cebirsel çözümleme gibi risk analizi yöntemlerinden birisidir. Sonuçları diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, riski daha iyi temsil etmesi nedeniyle mühendislik, eğitimde ölçme ve değerlendirme, askeri savunma teknolojisi, fen ve mühendislik alanında, nükleer teknolojisi ve uzay sisteminde, istatistiksel analiz ve sosyoekonomik sahalarında sıkça başvurulan bir yöntemdir[13].

Genel anlamda simülasyon, gerçeğin temsil edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Simülasyonun amacı, bir gerçek hayat sistemini girdi ve çıktılarıyla matematiksel olarak ifade etmek, gerçek sistemi kurulan model üzerinden tanıyıp araştırmak, değişik kararları ve seçenekleri gerçek sistemde hiçbir değişiklik yapmadan deneyebilmektir. Bu teknik sayesinde analitik işlemleri çok karışık ve deneysel işlemleri de çok pahalı olan nükleer savunma problemleri başarı ile çözülmüştür. 1950 yılı başlarında sayısal bilgisayarların gelişimi ile simülasyon kelimesi başka anlamlar da kazanmıştır. Bu sayede sosyal bilimciler de fizikçiler ve kimyacılar gibi laboratuvar deneyimlerine benzer deneyleri bilgisayarda gerçekleştirme olanağı bulmuştur. Josep H.Mice simülasyonu, bir sistemin kendisi üzerinde doğrudan denemeler yapmak veya bu sistem ile ilgili bir problemin analitik çözümünü bulmak yerine sistemin modelini kurup denemelere girişme anlamında kullanılmıştır[14].

Monte Carlo tekniği, özel bir denemede ya da bir simülasyon çalışmasında bir ya da daha çok olasılık dağılımından rastgele sayılar seçme tekniğidir. Yöntem daha sonra çoklu integral değerlendirme problemleri gibi çok karmaşık olmayan problemlerin çözümüne kolaylıkla adapte edilmiştir. Bazı bilimciler yöntemin sadece varyans azaltma tekniklerinin örnekleme işlemlerinde kullanılması şeklinde sınıflandırılmasını önermişlerdir. Buna rağmen yöntemin bugünkü kullanımı, genellikle olasılık dağılımlarından rastgele değerlerin seçimi şeklindedir.

Geçmiş uygulamalarda şans oyunları bir simülasyon tekniği olarak adlandırılmış olmasına rağmen aralarında belirgin farklılıklar olduğu kesindir. Şans oyunu, oyuncuların faaliyetlerinin bir sonucu olarak bir modelin davranışını gözlemek ve karar vermek için bir oyun modelinin kullanılmasıdır.

Monte-Carlo, şans oyunları ve model örnekleme yöntemlerini içermektedir. Simülasyon tekniklerinin en büyük dezavantajı, Monte-Carlo, şans oyunları ve model örneklemesinde var olan düzgün bir terminolojiden yoksun olmasıdır. Buna karşılık uygulanabilir oldukları durumlarda, bir mühendis, bir ekonomist, bir yöneylem araştırmacısı veya bir işletme analisti görevini kolaylıkla üstlenebilir. Herhangi bir amaç için geliştirilen ve çalıştırılan bir simülasyon modeli kontrol edebilir koşullar altında sistemin dinamik davranışlarının kontrol altına alınmasına imkan sağlar. Daha güzel bir ifade ile, simülasyon teknikleri, ilgili problemlerinin analizinde bir laboratuvar hizmetini üstlenir. Literatürde, bu tür simülasyon modellerine Analog Simülasyon Model'leri adı verilmektedir. Analog model, bir özelliğın benzeyen bir başka özellikle simgelendiği modellerdir. Bu tanıma göre analog simülasyonlar, kesin olarak kendisine benzeyen diğer bir sistemi temsil etmek için fiziksel bir sistemi kullanan simülasyonlardır. Ekonomide, işletmelerde ve diğer sosyal bilimlerde kullanılan simülasyon teknikleri, dinamik bir süreci temsil eden sayısal bir model üzerinde denemeler yapmayı içerir. Sistemin değişkenler arasındaki etkileşimini simülasyon modellerinde gözlemek daha kolaydır. Ancak yoğun bilgisayar kullanımını gerektirir. Gerçek sistemden toplanan bilgiler, bilgisayarda geliştirilen modellere uygulanarak sayısal birtakım sonuçlara ulaşmak hedeflenir. Bunların değerlendirilmesi ve yorumlanması yapılarak sistem performans ölçütlerine ait birtakım tahminlerde bulunulur. Simülasyon modelleri aracılığı ile en kötü durum senaryoları da incelenebilir. Simülasyon modeli, sadece matematik denklemlerine değil, denemelere dayanır ve model optimum sonuçlar ortaya çıkarmaz fakat simülasyon modelleri yardımı ile alternatif çözümler ortaya konarak, optimum sonuca en yakın çözüm seçilir[14].

1.3.1 Simülasyon Uygulama Alanları

Simülasyonun kullanıldığı bazı uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir:

- a) Üretim/imalat sistemlerinin tasarım ve analizi
- b) Montaj hattı dengeleme
- c) İşgücü planlaması
- d) Malzeme taşıma sistemleri
- e) Yeni askeri silah ve sistem taktiklerinin saptanması
- f) Bir envanter sistemindeki sipariş planlarının incelenmesi
- g) İletişim sistemlerinin ve bunlar için gerekli mesaj protokollerinin tasarımı
- h) Otoyollar, havaalanları, metrolar ve limanların tasarım ve işletimi
- i) Ambulans bulundurma noktalarının ve buralardaki araç sayılarının saptanması
- j) Yangın söndürme istasyonlarının yerlerinin ve buralarda bulundurulması gerekli minimum araç sayılarının saptanması
- k) Finansal veya ekonomik sistemlerin analizi
- l) Dağıtım kanallarının tasarımı
- m) Bir bilgisayar sisteminin donanım ve yazılım gereksinimlerinin belirlenmesi
- n) İşletme yöneticilerinin eğitilmesi(işletme oyunları/firma benzetimi)
- o) Alınacak riskleri minimize etmek için uzay uçuşları denemeleri
- p) Tamir-bakım sistemleri

1.3.2 Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları

a) Simülasyonun Avantajları:

- 1- Simülasyon esnek bir çözüm yöntemidir.
- 2- Diğer modellere kıyasla anlaşılması daha kolaydır.
- 3- Aşamalı olarak uygulayabilme imkanı vardır.
- 4- Klasik çözüm yöntemlerinin kullanılmadığı büyük karmaşık problemlerin çözümünde oldukça etkilidir.
- 5- Bir başka yöntemde incelenmesi olanaksız olan koşullar ve kısıtlar simülasyon ile rahatça modellenebilir.
- 6- Sonuçları ancak aylar, yıllar sonra alınabilecek durumlarda simülasyon ile çok kısa sürede analiz edilebilir.
- 7- Simülasyon, modellenen sistemi değiştirmeden yeni fikir ve politikaların model üzerinde rahatça uygulamasına olanak verir.

8- Kullanıcı simülasyonu istenen zamanda durdurup yeniden başlatabildiğinden deney koşulları üzerinde tam bir kontrole sahiptir.

b) Simülasyonun Dezavantajları

- 1- İyi bir simülasyon modelini geliştirmek vakit alıcı ve pahalıdır.
- 2- Optimum çözüm üretme garantisi yoktur. Bir çeşit deneme-yanılma yöntemidir.
- 3- Her simülasyon modeli kendine özgüdür.
- 4- Uygulanmasındaki kolaylıklar dolayısıyla analitik çözümlerin göz ardı edilmesine neden olabilir.
- 5- Modellemede ve bulguların analizinde yapılacak hatalar, yanlış sonuçlara yol açabilir.

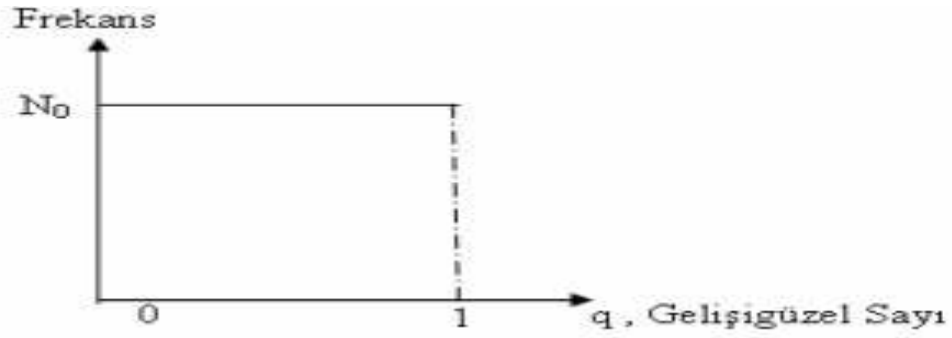
1.3.3 Monte Carlo Metodunun Matematiksel Analizi

Monte carlo metodunda sayısal olarak bir deneyi veya olayı taklit etmek için temel araç 0-1 arasında değerler alan düzgün dağılımlı sayıları kullanmaktır. Bu sayıları q ile gösterelim. Bu sayılar bir bilgisayar programı ile türetilir. Belli bir ölçü veya deneyde bulunabilecek değerler kümesi bir gelişigüzel sayı kümesi oluşturur.

Gelişigüzel sayılar kümesinde herhangi bir sayının gelme olasılığı ötekilerden farklı olabilir. Olasılıklar aynı ise böyle bir kümeye düzgün dağılımlı gelişigüzel sayılar kümesi denir[15]. Gelişigüzel Sayılar her bir rakamı aynı olasılıkla seçilmiş ve birbirinden bağımsız sayılardan oluşmuş bir kümenin elemanlarıdır. Monte Carlo Metot'unda çok sayıda gelişigüzel sayı gerektiğinden bu sayılar bilgisayarda üretilir.

Bilgisayarda tümüyle belirli bir yönteme göre ardı ardına oluşturulan bu sayılar gerçekte gelişigüzel olmamakla birlikte gelişigüzel sayıların istatistiksel özelliklerini içerirler. Bu formülden elde edilen gelişigüzel sayı dizisine, "sözde gelişigüzel sayılar" denir.

Şekil1.7'de q gelişigüzel sayılara karşın, bu sayıların $N(q)$, sıklık(frekans) dağılımı görülmektedir.



Şekil 1.7 Gelişi güzel sayıların frekansa bağlı grafiği

Gelişigüzel Sayılar ‘Mixed congruential method’ formülden elde edilebilir;

$$P_i = tamsayı \times \left(ax_i / br_i \right)$$

$$X_{i+1} = ax_i - br_i$$

1.3.3.1

$$q_i = x_{i+1} / b$$

Bu yöntemin algoritması; $x_i = ax_{i-1} \pmod{m}$ matematiksel bağıntıyla gösterilebilir. Burada x_i , pozitif tam sayı dizisi olup başlangıç değeri x_0 'dır. a ve b ise pozitif bir tam sayılardır. Bu sayılardan daha büyük başka bir pozitif tamsayı ise m 'dir. x_i pozitif tamsayılar dizisi, x_{i-1} ile çarpılıp çıkan sayının m 'ye göre modu hesaplanarak elde edilir[16,17].

$$x_i = (ax_{i-1} + c) \pmod{m}$$

1.3.3.2

‘Mixed congruential method’ adı verilen yöntemde başlangıç değeri olarak x pozitif bir tamsayı alınır. Üretilen sayı dizisinin her sayısı m 'ye bölünerek 0-1 aralığındaki sayılardan o yeni bir dizi elde edilir. a ve c iki tam sayı m 'de bu sayıların ikisinden de büyük bir tamsayıdır. a , b , c , m ve x_0 'ın farklı değerleriyle üretilen diziler gelişigüzel ve bir x_i dizisi, x_0 , a , c , m ile tümüyle belirlenir. Dizinin en çok m adet farklı sayıdan oluştuğu ve sonuçta kendisini tekrarlayacağı açık olmakla birlikte periyot, m , a ve c 'nin uygun değerleri seçilerek mümkün olduğunca büyütülebilir[18].

Şimdi de, $a \leq x \leq b$ aralığında, her bir x sonucunun ortaya çıkma olasılığı, $f(x)$ sıklık fonksiyonu ile belirlenen bir olayı taklit etmek isteyelim. Olayda sonucun x ile $x+dx$ arasında bir değer alma olasılığı,

$$p(x)dx = \frac{f(x)dx}{\int_a^b f(x)dx} \quad 1.3.3.3$$

Burada, $P(x)$ fonksiyonuna Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu adı verilir.

$Q(x)$, Toplam Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu ise,

$$Q(x) = \int p(x')dx \quad 1.3.3.4$$

şeklinde tanımlanır.

$a \leq x \leq b$ aralığındaki her x değerine karşılık $Q(x)$, toplam olasılık yoğunluk fonksiyonu 0-1 aralığında gelişigüzel değerler alır. $Q(x)$ değerlerinin ortaya çıkma sayısı yani sıklık fonksiyonu düzgün bir dağılım gösterir. O halde $P(x)$ 'i T ye eşitleyebiliriz,

$$T = Q(x) \quad 1.3.3.5$$

1.3.3.3, 1.3.3.4, 1.3.3.5 denklemlerini kullanarak Temel Monte Carlo ilkesinine ulaşabiliriz.

$$T = \int_a^x f(x')dx' / \int_a^b f(x)dx \quad 1.3.3.6$$

elde edilir. Denklem (1.3.3.6) Temel Monte Carlo İlkesi olarak bilinir. Denklem (1.3.3.6) den X tersine çözülmüşse T 'ye bağlı olarak,

$$X = P^{-1}(T) \quad 1.3.3.7$$

ters dönüşüm denklemi elde edilir.

2. CORSİKA PROGRAMI

CORSİKA (COsmic Ray SIMulation for KAscade) atmosferde kapsamlı hava duşlarının yayılımı ve özelliklerinde çalışan Monte Carlo programının detayıdır. Corsika Almanya'nın Karlsruhe şehrinde KASCADE simülasyon uygulamalarındaki deneyler için geliştirildi[19]. Bu deney 3×10^{14} 'ten 1×10^{17} eV enerji aralığındaki birincil kozmik radyasyonun temel bileşenini ölçer. Daha sonra bu enerji aralığı KASCADE-Grande'de geliştirilerek, 10^{18} eV'e ulaşıldı[20].

Corsika programı 10^{20} eV enerjisindeki atmosferde nüklei(çekirdek), hadron, muon, elektron ve protonların simülasyon etkileşimine ve dağılımına imkan verir[21]. Corsika gözlem seviyesini seçerek, hava duşunda meydana gelen bütün ikincil parçacıkların geliş zamanını, tipini, enerjisini, konumunu ve yönünü verir.

Corsika standart FORTRAN programının kurulmasıyla çalışmaya başlar. Corsika, hava duşlarının simülasyonu için ekstra program kütüphanelerini kullanmaz. Bundan dolayı Fortran kullanıldığında Corsika her bilgisayarda çalışır.

CORSİKA programı basit olarak 4 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, yeryüzünün magnetik alanının, çoklu saçılmalar tarafından enerji iyonlarının düşüşünü ve sapmalarını hesaba katarak parçacıkların izlenmelerinin ve kararsız parçacıklarının dağılım uygulamalarındaki üretiminin genel program yapısını kullanır. Girdileri ve çıktıları üstlenen genel çerçeve programıdır. Yani kararsız parçacıkların bozunması, iyonizasyon enerji kaybı ve yerin magnetik alanı ile çoklu saçılma yoluyla oluşan sapmaların izlenmesi yapılır. İkinci bölüm, yüksek enerjide hava çekirdekleri ile çekirdekler ve hadronların hadronik etkileşimlerini işlemektedir. Üçüncü bölüm, düşük enerjideki hadronik etkileşim simülasyonudur. Dördüncü bölüm, elektronların, pozitronların ve fotonların geçişlerini ve etkileşimlerini tanımlamaktadır.

Corsika bu son üç bölüm için tercihe göre değişebilecek simülasyonlar ve CPU zamanın tüketilmesine göre değişik modeller içermektedir. Yüksek enerji hadronik etkileşimler bu modellerin herhangi biriyle işlenecektir. Basit Monte Carlo üreticisi (HDPM) olan Dual Parton Model (DPMJET), Quark-Gluon-String model (QGSJET), Mini-Jet model (SBYLL) veya VENUS'un üretimiyle kinematiksel dağılımı olan ölçümler de ki denemeler DPMJET tarafından işlenecektir[22-28]. Buradaki altı alternatif gibi H_1 ve Zeuss data üzerinde temellenen yeni iddialar ile VENUS ve QGSJET'in birleştirilmiş algoritması olan NEXUS

modeline bir bağlantı eklendi[29]. Eski modeli içeren EPOS'dur[30]. EPOS, NEXUS taslağına dayanır. Fakat nükleer, yüksek yoğunluk etkisi ve güçlü etkileşimler önemli gelişmelere dayanır. EPOS modeli hazırlanınca çoğu yeni RHIC dataları yalnız burada çoğalacaktır.

Düşük enerjili hadronik etkileşimler şu kodlardan biriyle simüle edilebilir. FLUKA, bir çok nükleer etki ayrıntısını içeren çok saf bir model, GHEISHA, birkaç yüz GeV'luk enerji alanlarındaki Monte Carlo programlarında denenmiş, kabul görmüş olan dedektör, ya da düşük enerjilerdeki UrQMD hadronik çekirdek çarpışmalarının mikroskobik tanımlamalarını yapan dedektör[31-33].

Elektronların ve fotonların etkileşimleri, her parçacığı ve reaksiyonunu açıkça izleyen EGS4 kodu ya da 10. gözlem seviyesine kadar toplam elektron sayılarını ve seçilmiş konumlarda elektron yoğunluklarını bulmak için analitik NKG formülü kullanılabilir[34,35].

İleride bu tercihe göre elektronik, müonik, nötrino ve anti-nötrinoları işlemek ve düz etki alanını, duşları simüle etmek için Cherenkov ışığı oluşturulabilir. Son zamanlarda, HERWIG etkileşme programları CORSİKA ile temel nötrinoları işlemek için bağlantılandı[36]. 10^{16} eV üzerindeki ultra yüksek enerjili duşların hesaplanma zamanını kısaltmak için duş gelişiminde sadece ikincil parçacıkların izlendiği bir bölünme zayıf bir örnek fikir olarak ortaya çıkar. Ayrıca hava duş simülasyonları için yapılmamış olan hadronik etkileşim modellerini test etmek için kullanılan bir program çeşidi de vardır. CORSİKA program yapısının detaylı bir tanımı, kullanılan tesir kesiti, hadronik etkileşim modeli HDPM, elektromagnetik etkileşim modelleri ve parçacık bozunmaları referans [49]'da yayınlanmıştır. DPMJET, EPOS, NEXUS, QGSJET, SIBYLL, VENUS, FLUKA, GHEISHA, UrQMD ve EGS4 programların detayları için referanslara [23-26,28-34] bakınız. Bununla birlikte bu kodları etkin hava duşlarının simülasyonuna adapte etmek için önemli uyarlamalar yapılmıştır. Küçük modifikasyonlar kapsamlı hava duşlarının simülasyonu için onlara adapte olsun diye bu kodlar yapılmıştı. Değişik hadronik etkileşim modellerinin karşılaştırılması referans [37,38]'de verilmiştir.

CORSİKA'daki fizik açıklamalarının yanında bu CORSİKA-GUIDE, CORSİKA6900'ün teknik işletme ve çalıştırma açıklamalarını içerir[21]. Programın yükselmesi ihtiyaç duyulan giriş dataları, dosya formatları, parametre ayarlamaları, çıkışlar ve diğer teknik ayrıntılar hakkında açıklamalar içerir. Bu CORSİKA-GUIDE referans [39]'in güncelleştirilmiş versiyonudur.

Bu çalışmada kullandığımız CORSİKA programı ile ilgili detaylı bilgi Ek 1'de verilmiştir.

3. YUKARI DOĞRU OLAN TAU HAVA DUŞARI İÇİN OLUŞTURULMUŞ DEDEKTÖR DÜZENEĞİNİN ÇALIŞMASI

UHECR(Ultra-High Energy Cosmic Rays) astronomi çağının yükselmesinde astrofizik olgusunu anlama, evrenin yapısını ve evrimini aydınlatılabilir. Özellikle, ultra-yüksek enerji kozmik ışınlarının(UHECR'ının) incelenmesi onların kaynakları ve oluşumları hakkındaki yeni sorulara cevap olmaktadır. Süpernova kalıntıları veya pulsarlar(dönen nötron yıldızlar) gibi galaktik kaynaklardan gelen kozmik ışınlar göre eski Ginzburg projesi olası nötrino kaynaklarında olduğu gibi yeni dikkatleri üzerine çekmiştir[40-42]. Bununla beraber Süpernova PeV enerji ivmelerini sağlayabilir. Kozmik ışınlar son derece büyük enerjilerdir, fakat düşük ve daha düşük akımlarla dünyaya çarptığı gözlenen başlıca protonlar ve atomik çekirdeklerdir. Enerji spektrumları 10^{20} eV üzerindeki enerjilere uzanır ve çoğunlukla iki kıvrımlı(düğüm) yani, eğimin yaklaşık 3×10^{15} eV'lik enerjilerde dikleştiği bir "knee(diz)"ve spektrumun düzleştirdiği 3×10^{18} eV'lik enerjideki bir "ankle(ayak bileği)" ile bir güç yasası tarafından tanımlanır. Genellikle knee'nin altındaki çoğu kozmik ışının çok yüksek enerjilerden biri olan galaksimizden, ankle'nin yukarısındaki çoğu kozmik ışının ise ekstra-galaktik kaynaklardan geldiği kabul edilir. UHECR kaynağı yani knee üzerindeki şaşırtıcı gizemin kalıntılarıdır. Hiç kimse üretildikleri yerin güvenilirliğini bilmez ve hiçbir garanti veren kaynak henüz bulunamadı. Galaksimizden ve ekstra galaktik kaynaklardan meydana gelen yüksek enerji kozmik ışınlarının iddiası aynı tür kaynaktan gelebildiği fikrini verir [43,44]. Ankle yukarısında UHECR'nin kaynağı aktif galaktik çekirdeklerin(AGN) merkezlerinde üretilen parçacıklara göre olabilir, hem ayrıca hangisi merkezi kara deliği çevreleyen, bir artış disk hedefiyle hızlandırılmış protonlar ve iyonların etkileşimleri aracılığıyla nötrinoları üretebilirdi. UHECR analogide GRB'lerin ve SGR'lerin kaynakları tarafından üretilmesi şüphe çekti[45]. Bununla beraber UHECR akısı kozmik ışınlar $4 \div 5 \times 10^{19}$ eV üzerindeki enerjilere sahip kozmik mikrodalga background radyasyonu ile etkileşiminden sonra önlenmesi beklenir. Böyle bir damla oranı Greisen, Zatsepin ve Kuzmin'in önerisiyle genellikle "GZK sınır noktası(limiti)" olarak adlandırılır[46]. Eğer GZK limiti deneylerle doğrulanmazsa, yeni fizik bu uç noktadaki olayların kaynağını anlamak için yardım istemelidir ve nötrinolar araştırmanın yanı sıra kaynakta da çok önemli bir rol oynayabilir[47].

Gerçekten nötrinolar çoğunlukla kozmik ışın akılarının(değişimlerinin) olduğu yüksek enerjili ile ilgilidir ve onlar sadece zayıf etkileşimlerinden dolayı kaynaklarının karakteristik bir imzası olarak yönlülüğü taşırlar. Bu yüzden, yüksek enerji nötrino gözlemleri yeni astronominin değerli araştırmalarıdır. Bilgi enerji spektrumunda, varış yönünde ve kozmik nötrinoların flavor içeriğinde kodlanır. Nötrino-flavor, karışım oranının ölçümünde bu parçacığın kaynağını belirtmek için önemlidir. Bu UHE parçacıklar karanlık madde yıkımı ve yok olmalardan(anilasyonlardan) dolayı çok az bulunan egzotik kaynaklardan gelebilir[48-50] Çoğu deney 10^{11} - 10^{16} eV'lik enerjilerle parental(ebeveyn) nötrinoların yüklü akım etkileşimleri tarafından üretilmiş çoğu yukarıya giden etkili lepton izlerini(müonları) ararken nötrinoları keşfedebilir. Bu enerji aralığında ortak kozmik ışın akısından ikincil nötrino, çeşitli atmosferik teknikler[51-53] kullanılarak incelenmiştir.

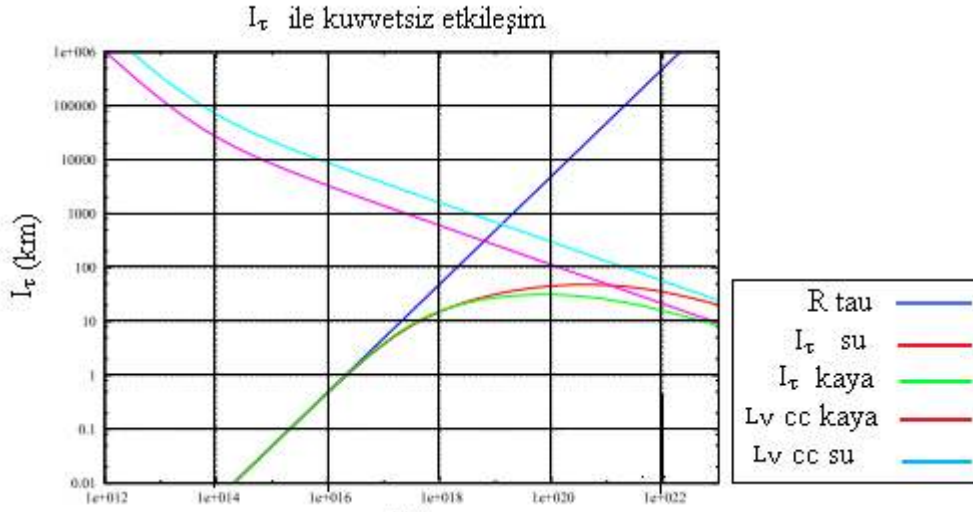
Bununla birlikte uçuşta acayip Tau dağılımı üzerine temellenerek yeni bir teknik geliştirildi. Bu teknik PeV-EeV tau nötrino astronomisinde kuvvetli hava duş testlerindeki horizonlar veya uzaklaşan (Hortaular ve uptaular veya yeryüzünden ayrılan nötrinolar) UHE tau nötrinolarının keşfidir[47,54-57]. Nitekim yataydan gelen nötrinolar duyarlı yaklaşık 10^{19} eV'lik enerjili parçacıkları tespit etmek için dizayn edilmiş deneyler devam etmektedir. Örneğin Pierre Auger Gözlem evinin kuzey bölgesi $\Theta < 60^\circ$ 'li güney açılarda fotolumünans ışık boyunca aşağı doğru olan hava duşları ve ayrıca 10^{19} eV üzerindeki enerjiler ile Dünya'nın yüzeyinden ayrılan nötrinolar tarafından üretilen büyük akseptans duşları keşfetmektedir [58,59].

Deneylein hiçbirini nötrino fiziğinin veya UHECR'lerin keşfine bağılı değıildi. Amanda/Icecube Antares, Magic veya NuTel gibi geniş görev döngüsü ile özellikle 10^{18} eV civarındaki enerjilerin ν_τ akısını hesaplamak için dizayn edilmişlerdir[51,52,60]. Buradaki dedektörün tanımı yer kaynaklı Tau nötrinolarının akılarının üst limitini ayarlamak ya da hesaplamak için yüksek hassasiyetli dizayn şeklindedir.

3.1 UHE Hadronları ve ν_τ Tarafından Üretilen Duşlar

Tau nötrinolarının tespit edebilme yeteneğı özellikle yatayda dünya kabuğunun küçük bir kesitinden geçen ve atmosfere büyük zirve açılarıyla giren nötrinolar için artmaktadır. Bununla beraber 10^{18} eV enerji civarında dünya nötrinolar için geçirgenliğini kaybeder ve sadece yatay ya da yüzeyden olan nötrinolar tespit edilebilir. Dikey yönden gelen nötrinoların atmosferle etkileşimleri ihmal edilebilir ve genellikle yüzeydeki detektörler tarafından tespit

edilemezler. Yer küreye teğet nötrinolar etkileştiklerinde 10^{17} eV üzerindeki enerjileriyle 4-5 km kadar geniş bir alanda rock (kaya)'a sebep olan tau'ları üretirler. Şekil 3.1'de farklı ortamlarda Tau'ların oranları görülmektedir.



Şekil 3.1 Kayada ve suda enerjinin fonksiyonu olarak nötrino etkileşim uzunlukları ve havada, suda, kayadaki tau oranları [56]

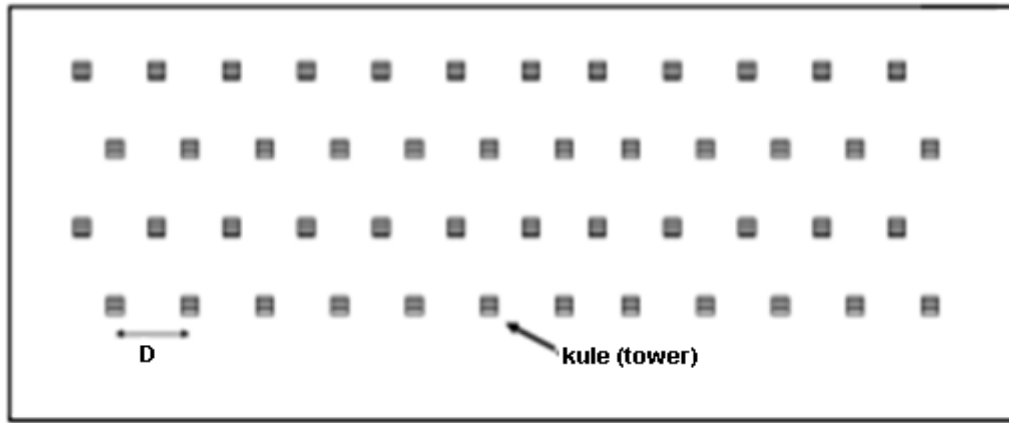
Kayayı boylu boyunca geçen Tau etkileşim uzunluğunun nötrinonun etkileşim uzunluğuna oranı $\lambda_{\tau\text{-rock}}/\lambda_\nu$ 10^{18-19} eV'un yaklaşık yüzde biri kadardır. Nötrino akılarının backgroundlarının temel kaynağı atmosferik proton ve müyonlardan gelmektedir. Deneilerin en zor tarafı da eğimli Tau düşleri ile bu backgroundu birbirinden ayırmaktır. Bu bölümde işlenen konunun amacı Monte Carlo simülasyonu kullanılarak düşlerin özelliklerini keşfetmektedir. Nitekim düş topolojisi UHE nötrinolarını olağan basit atmosferik hadron etkileşimlerini ayırmak için kullanılabilir[55,57,61,62].

Basit hadronlar atmosfere girdiklerinde etkileşirler ve aşağı doğru olan hava düşlerini başlatırlar. Geniş bir zirve açısıyla ($\Theta \cong 90$) yeryüzünden yaklaşık 400 km yukarıda etkileşirler. Etkileşmeden yaklaşık 100 km sonra düşun maksimum gelişimi olur. Atmosferle etkileşimlerden dolayı, yer seviyesinde, düşun elektromagnetik içeriğinin çoğu kaybolur ve sadece daha enerjik muonlar kalır. 5×10^{18} eV'luk ilk enerjiyle protonlardan gelen muonların yoğunluğu hava simülasyonu kullanılarak 10^{-2} muons/m² olacak şekilde tahmin edilmektedir[63]. Diğer taraftan UHE nötrinoları protonlara ve çekirdeklerle zayıf etkileşirler. Yüklü ya da nötr akımlar enerjileri 10^{17-20} eV olan leptonlar ve nötrinolar üretirler. ν_τ yüklü akımla etkileştiği zaman, bozunmaları, bozunma uzunlukları 5-10 km olan küçük geçiş alanlı hava düşlerini ortaya çıkaran yüksek enerjili leptonlar oluşur. ν_τ 'nin geliş yönü düşun

şeklinde de tahmin edilebilir. Simülasyon çalışmaları gösterir ki zaman yapısı ve muon yoğunluğu zemin seviyesindeki özel geometrik durumlara göre τ ve hadron duşlarında farklılıklar gösterir. Bu çalışmada sadece tüm tau bozunmalarının yaklaşık % 64'ü olan Tau hadronik bozunmaları incelenmiştir. Örneğin $\tau^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$. Tau leptonun $\pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ 'ya bozunumu ile başlayan duş atmosferin uzun yönüne kendisiyle aynı enerjide ve zirve açısına sahip olan yatay atmosferik proton duşundan 10^3 kadar daha büyük yoğunluğa sahiptir.

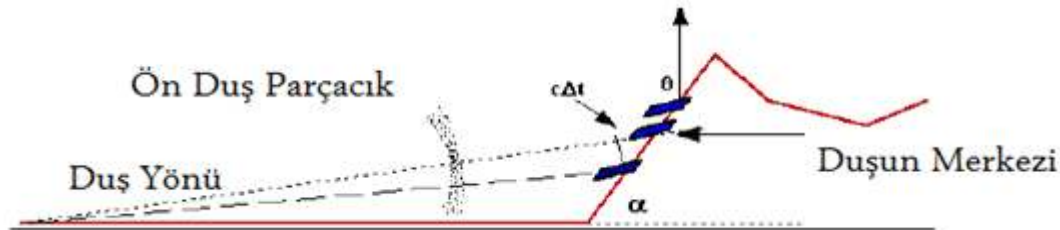
3.2 Dedektör Düzeneginin Dizaynı

Eğimli hava duşlarından muon'u dedekte etmek için yatayda ve geniş bir alanda yayılmış dedektör grubu gerekir. Tower (kule) diye adlandırılan temel modüller, karelere ayrılmış bir alanda D mesafesinde yerleştirilir[64]. Örneğin D=100m ile yerleştirilmiş bir düzenekte 300ns'lik towerlar arası zaman bağlantısı duşun geliş yönünün belirlenmesini sağlar.



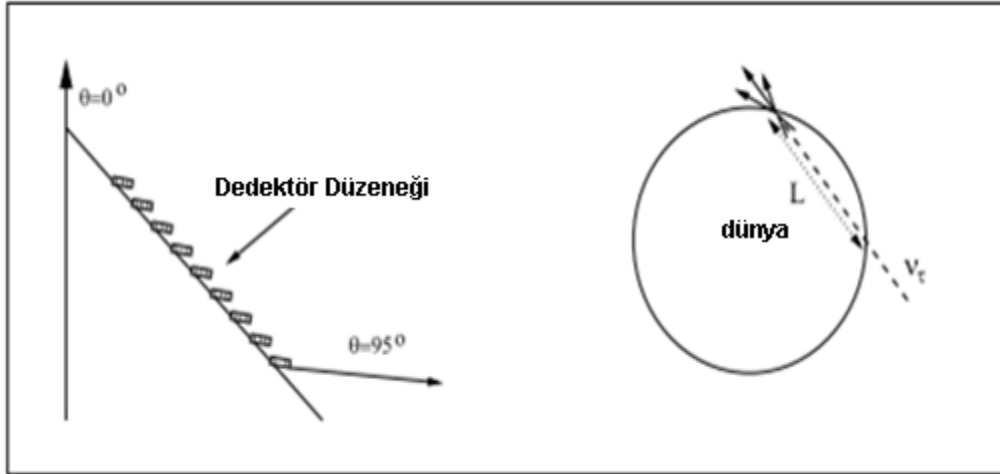
Şekil 3.2 Her biri D aralığıyla yerleştirilmiş 12 li 4 sıra dedektör düzeneginin tepeden görünüşü

Eğimli duşlardan yeryüzünden ayrılıp gelen nötrinolardan dolayı yatay yerleştirilmiş dedektör düzenekleri küçük zenith açılı düzeneklerden daha etkindir. Böylece eğimli bir alanda aşağıyı gösteren ya da dağ yamacında, daha geniş katı açılı için yüksekte, bulunan dedektörler hem daha etkin olurlar hem de arka plandaki background olaylarının engellenmesini sağlarlar.



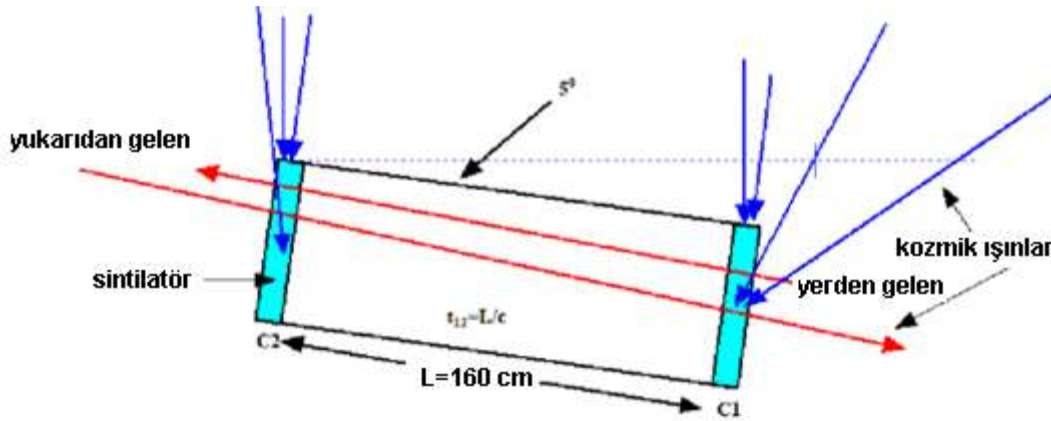
Şekil 3.3 Detektör düzenegi üzerine çarpan parçacık duşun şematik çizimi

Şekil 3.3'te yer yüzeyiyle alfa açısı yapacak şekilde yerleştirilmiş dedektör düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 3.4 95°'lik zenith açısıyla dağ yamacına yerleştirilmiş dedektör düzeneğinin şematik çizimi ve eğimli düşlerin yeryüzünden gelen (yer kabuğundan L mesafesini aştıktan sonra) nötrinoların gösterimi.

90°'e kadar olan zenith açılarda dedektörlerin çok az bir etkinliği vardır. Genellikle atmosferde oluşan yatay τ düşlerini elde ederler. Yer yüzeyinden yukarıya doğru gelen ν_τ etkileşimleri ile oluşan yukarı yönlü düşlerin tespiti için dedektörün yukarı ve aşağı giden parçacıkları ayırt edebilmesi gerekir ve tower'lar tek tek bu özelliğe uygun olarak kullanılabilirler.



Şekil 3.5 Bir Tower'a farklı yönlerden gelen parçacıklar.

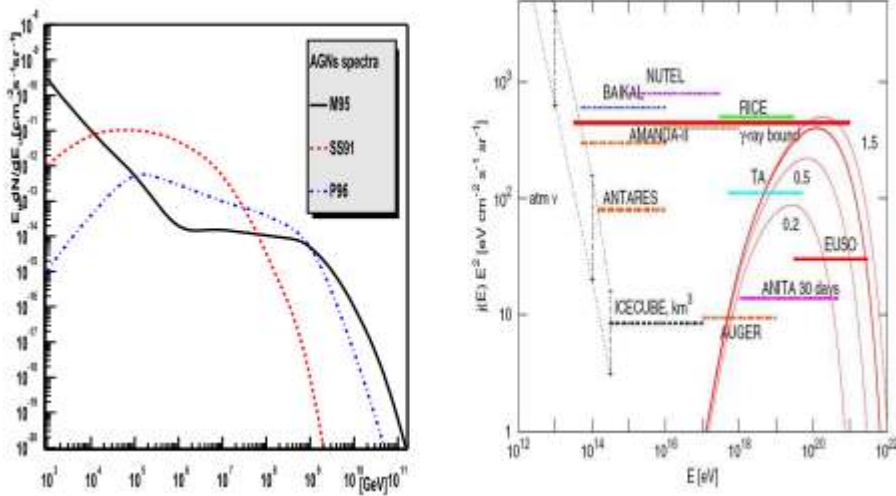
Her tower aralarında 160 cm bulunan iki sintilatör içerir ve bunlar yüzeylerinden geçen parçacıkların zamanını hesaplayacak donanıma sahiptir. Bunlarla parçacığın yönü belirlenebilir ve yukarı giden parçacıklar seçilebilir. Ayrıca depolanan yük de hesaplanabilir.

Duşun zemin seviyesindeki yapısı dedektör düzeneğinin tanesellik ölçüsünü belirlemek için çalışıldı. 5×10^{18} eV'lik zeminden gelen τ düşündeki muon yoğunluğu m^2 başına 10 parçacık ve düşün sınırlarında en az m^2 başına 2 parçacık vardır. Bu durumda sintilatörün $20 \times 20 \text{ cm}^2$ ve düş yoğunluğunu da sabit alınırsa her tower'ın düşün merkezinde ve sınırlarında %8 ile %40'lik parçacık yakalama ihtimali vardır.

Duşun boylamsal olarak az gelişmesi dedektörün yer yüzeyinden yani düşün ortaya çıktığı yerden uzaklığının kısa tutulması gerektirir[66]. Tercihen 10 km kadardır. Bu mesafe arttıkça background olayları da artar. Tau bozunmalarından yeniden oluşan ν_τ hesaba katılmamıştır. Yer yüzeyindeki Tau düşunun şekli üzerinde yapılan çalışma gösteriyor ki bir dağın iki yakın tepesi ya da yamacına kurulmuş olan yakın iki dedektör akseptansı(parçacık yakalama kapasitesi) arttırır[67]. Dedektörler dik açıyla belli bir boşlukta yerleştirilirler.

3.3 Dedektör Akseptansı ve Ön Görülen Olay Miktarı

10^{18} eV ν_τ akısının $10 \text{ km}^{-2}\text{yr}^{-1}\text{sr}^{-1}$ 'lik GZK modeline uyması beklenir ve AGN meydana getirme mekanizmasında 10^2 kat daha büyüktür.

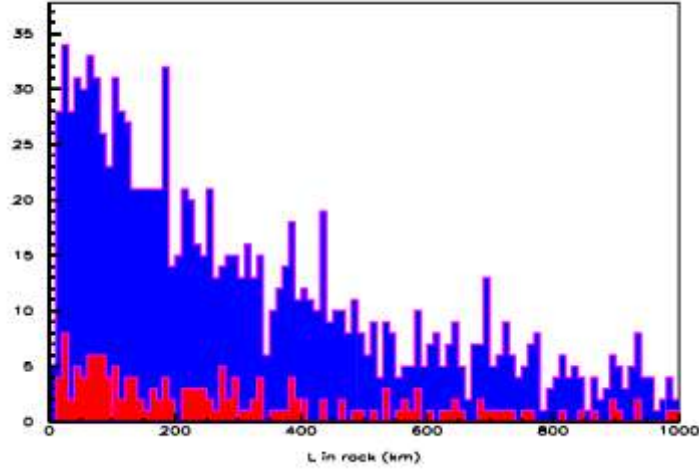


Şekil 3.6 AGN modelinde beklenen nötrino akısının enerji spektrumu

Bu beklentilere göre, yılda en az bir olay yakalamak için dedektör akseptansı yani dedektör duyarlılığı $1-10 \text{ km}^2\text{sr}$ olmalıdır.

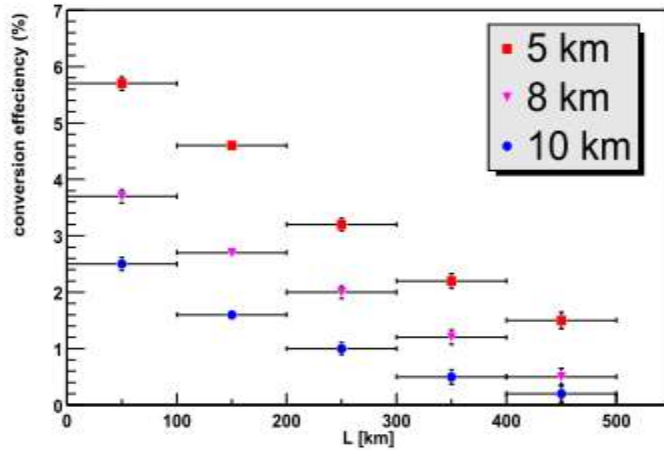
10^{18} eV'lik ν_τ 'nin yer yüzeyinden gelen 10^{17} eV'lik Tau üretebilmesinin olasılığı yer kabuğunda geçtiği L mesafesine bağlıdır ve buradaki Tau'nun enerji kaybı kayalar içerisinde

olur. Bu olasılık, L mesafesinden önce ν_τ 'nın etkileşmesi ve Tau'nun L mesafesine ulaşması olasılığı ile hesaplanan olasılık eğrisidir.



Şekil 3.7 Tau'un yer yüzeyine ulaştığı kabuğu boyunca nötrino etkileşimleri mavi renk, Yerden çıkan ve yerden uzaklığı 10 km olan dedektöre ulaşmadan bozulan taurarı kırmızı renk göstermektedir

Şekil 3.6 gösterir ki, 10^7 - 10^{20} eV'lik enerji aralığında E^{-2} güç kuralına uyan ν_τ akısını gösterir. Yer yüzeyine ulaşan tau'ların sayısı L mesafesi arttıkça düşer. Zenith açısı 92.5° 'e denk gelen $L=200$ - 300 km için değişim verimi %1.5' den %3'e kadar, L'nin ve 10km-15km dedektör düzeneğinin fonksiyonu olarak, değerler alır.

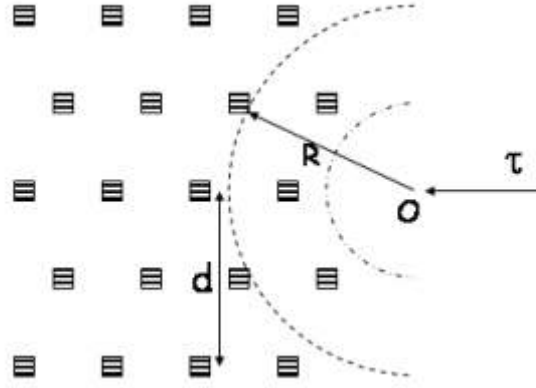


Şekil 3.8 L mesafesinin fonksiyonu olarak değişik yüksekliklerdeki dedektörlerin değişim verimleri

Değişim verimi, dedektör yüzeyine yer seviyesinden en yakın Tau düşünü elde etme olasılığı diye tanımlanır.

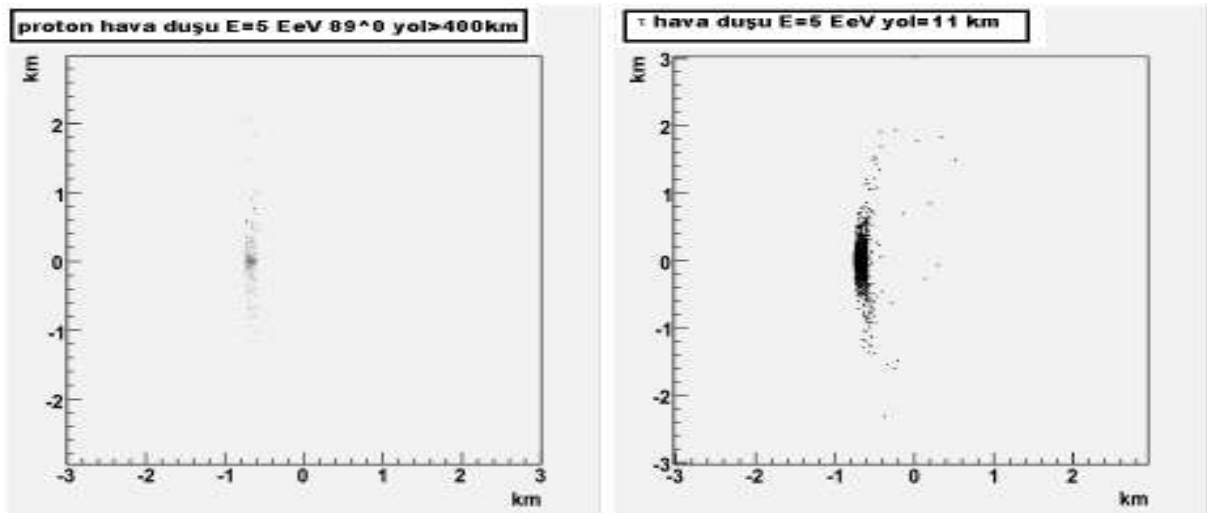
3.4 Bir Tau Duşunun Tanımlanması

Parçacıkların geliş zamanları düşün geliş doğrultusu hakkında bilgi verebilir. Basit yatay hadron etkileşimi detektörden çok uzakta dalga düzlemine sahiptir. Tau duşu detektöre eğim yarıçapı $R \approx 10$ km olan uzaklıkta bulunur.



Şekil 3.9 Dedektör seviyesi kavisli bir yarıçap (R) şekilde gösterildiği gibi O orjinde duşta meydana gelen dedektör seviyesi boyunca zaman yayılımının sistematik çizimi

Bu yüzden duş gelişiminin zaman hesaplanması düşün bozunmamış şeklini ve ortaya çıktığı noktayı tanımlayabilir. Tau duşları ve atmosferik hadron duşlardan detektör düzenekleri ile alınan muon yoğunluğu, hava simülasyonlarıyla karşılaştırıldı.



Şekil 3.10 Dedektörün bulunduğu alanda 500 ns'nin zaman penceresinde muon yoğunluğu üretimi hava duşlarında kullanarak hesaplanmıştır: atmosfer (solda) ve τ (sağda) grafiğin sağ yanında gelen ve 5×10^{18} eV enerjiye sahiptir.

Simülasyonda hadron duşu 89° zirve açısıyla ortaya çıkarken τ duşu yerden $\Theta=90^\circ$ lik zirve açısıyla çıkar, her iki duşta 5×10^{18} eV enerjiye sahiptir ve 500 ns'lik zaman aralığıyla

belirtilmiştir. τ duşunu diğer basit UHECR merkezli parçacıklardan ayırmak için değişik stratejiler belirlenebilir.

- Detektör düzeneğini farklı zirve açılarında yerleştirmek (örneğin $\Theta=92 - 95^\circ$) ve kabul edilebilirliğini arttırmak için her bir ünitenin güney açısının değişmesini önlemek[64],
- Yeni UHECR hava duşundan Tau bozunması ve detektör mesafesi olarak $R \approx 10\text{km}$ ve eski bir UHECR hava duşundan yine Tau bozunması ve detektör mesafesi olarak $R > 100\text{km}$, farklı olan parçacık yoğunluğunu hesaplamak,
- Duşun x ve y yönlerini hesaplama,
- Kısa ömürlü elektromagnetik bileşenler ile hava duşunun uzun ömürlü muonlarının oranlarını hesaplamak.

3.5 Tau Duşunun Yeniden Yapılandırılması

Tau duşunun yeniden yapılandırılması hakkında bir çalışma Aires ve Corsika Monte Carlo simülasyonları ile yapılmıştır. Tau duşu Monte Carlo olayları 95° derecelik zirve açısıyla yapılmıştır. Detektör 45° 'lik açıyla Tau'nun ortaya çıktığı yer yüzünden 10 km uzağa yerleştirilmiştir. Sonuçlar 5° açısıyla fazla bağlı değildir. Simülasyonda enerjileri sırasıyla 20 MeV ve 300 MeV'den büyük müonları ve elektronları dikkate alırız. Sırasıyla, duş merkezinin salınmasının (düzeneğin içerisindeyse) yaklaşık 5m doğrultusunda duşun yerçekiminin merkezi hesaplanarak kestirilebilir. Bu duşun geliş açısı ve yönüne bağlı olarak yaklaşık 50m kesin olmayan toplamları ve parçacık yoğunluğunun üstel azalışı etkiler. 1° 'den az açısal kararlılıkla, dünyanın kabuğu ile duş ekseninin kesişimi yaklaşık 100 m hata payıyla hesaplanabilir. Duşun yönü (x, y, z) koordinatlarını tanımlayan fonksiyon olarak squares fitting tekniği ve Tau'nun bozunması Tau'a göre detektör tarafından kaydedilmiş olan t_i geliş zamanının en aza indirgenmesi ile değerlendirilmiştir.

$$x^2 = \sum_{i=1}^N (x_i l + y_i m + z_i k - c(t_i - t_0))^2$$

Toplam, bütün tower'ları içerir ve l, m, k kosinüs doğrultularıdır. Duştaki muonları kullanmak zirve açısının çözüm sonucu olan $0,5^\circ$ 'in katlarıyla kestirilebilir. $100 \times 100 \text{ m}^2$ ye $D=25\text{m}$ aralıklarla dedektör yerleştirildiğinde bu sonuç her bir dedektörde farklı olur. Her dedektörün tepe noktası belirtilen eksene $7,5^\circ$ 'den fazla sapmayla gelen parçacıkları göremez. Ayrıca

eğer duş dedektör düzeneği içerisindeyse, duşun başlangıç yarıçapını tahmin etmek için kullanılabilir. Merkezi dedektör düzeneğinin dışında olan duşları dedekte edebilmek, her ne kadar background olayları fazla olsa da, ünitelerin geniş akseptansına(parçacık yakalama kapasitesine) bağlıdır[63].

4. DENEYSEL BULGULAR

Corsika simulasyon programı, $\tau^- \rightarrow \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ kanalı için çalıştırılıp aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Burda elde edilen veriler sözü edilen bozunmanın farklı enerji değerleri ve dedektörün farklı açı değerleri kullanılarak bulunmuştur. Ayrıca bu tür simülasyon çalışmalarında bilgisayar işlemci zamanı (Computer CPU timing) önemli olduğundan her örnek numune için bu zaman değerleride eklenmiştir. Bu zamanı karşılaştırmak açısından her numunedeki Olay Sayısı ve Duş Sayısı aynı alınmıştır. Numuneler farklı Seyreltme (thin) değerleriyle de ele alınmış.

Aşağıda, pionların bozunmasından elde edilen elektron, gama ve muon parçacıklarının grafikleri verilmiştir. Tau, pion ve diğer parçacıkların özellikleri aşağıda verilmiştir[68].

τ

$$J = \frac{1}{2}$$

$$\text{Mass } m = 1776.84 \pm 0.17 \text{ MeV}$$

$$(m_{\tau^+} - m_{\tau^-})/m_{\text{average}} < 2.8 \times 10^{-4}, \text{ CL} = 90\%$$

$$\text{Mean life } \tau = (290.6 \pm 1.0) \times 10^{-15} \text{ s}$$

$$c\tau = 87.11 \mu\text{m}$$

$\pi^- 2\pi^0 \nu_\tau$ (ex. K^0)	[g] (9.27 ± 0.12) %	S=1.2	862
$\pi^- 2\pi^0 \nu_\tau$ (ex. K^0),	< 9 × 10 ⁻³	CL=95%	862
$\pi^- \pi^+ \pi^- \nu_\tau$	(9.32 ± 0.07) %	S=1.2	861
$\pi^- \pi^+ \pi^- \nu_\tau$ (ex. K^0)	(9.03 ± 0.06) %	S=1.2	861
$\pi^- \pi^+ \pi^- \nu_\tau$ (ex. K^0),	< 2.4 %	CL=95%	861

π^\pm

$$I^G(J^P) = 1^-(0^-)$$

$$\text{Mass } m = 139.57018 \pm 0.00035 \text{ MeV} \quad (S = 1.2)$$

$$\text{Mean life } \tau = (2.6033 \pm 0.0005) \times 10^{-8} \text{ s} \quad (S = 1.2)$$

$$c\tau = 7.8045 \text{ m}$$

π^+ DECAY MODES	Fraction (Γ_i/Γ)	Confidence level	$\frac{p}{(MeV/c)}$
$\mu^+ \nu_\mu$	[b] (99.98770 ± 0.00004) %		30
$\mu^+ \nu_\mu \gamma$	[c] (2.00 ± 0.25) × 10 ⁻⁴		30
$e^+ \nu_e$	[b] (1.230 ± 0.004) × 10 ⁻⁴		70
$e^+ \nu_e \gamma$	[c] (1.61 ± 0.23) × 10 ⁻⁷		70
$e^+ \nu_e \pi^0$	(1.036 ± 0.006) × 10 ⁻⁸		4
$e^+ \nu_e e^+ e^-$	(3.2 ± 0.5) × 10 ⁻⁹		70
$e^+ \nu_e \nu \bar{\nu}$	< 5 × 10 ⁻⁶	90%	70
Lepton Family number (LF) or Lepton number (L) violating modes			
$\mu^+ \bar{\nu}_e$	L [d] < 1.5	× 10 ⁻³	90% 30
$\mu^+ \nu_e$	LF [d] < 8.0	× 10 ⁻³	90% 30
$\mu^- e^+ e^+ \nu$	LF < 1.6	× 10 ⁻⁶	90% 30

π^0

$$I^G(J^{PC}) = 1^-(0^{-+})$$

$$\text{Mass } m = 134.9766 \pm 0.0006 \text{ MeV} \quad (S = 1.1)$$

$$m_{\pi^\pm} - m_{\pi^0} = 4.5936 \pm 0.0005 \text{ MeV}$$

$$\text{Mean life } \tau = (8.4 \pm 0.6) \times 10^{-17} \text{ s} \quad (S = 3.0)$$

$$c\tau = 25.1 \text{ nm}$$

π^0 DECAY MODES	Fraction (Γ_i/Γ)	Scale factor/ Confidence level	p (MeV/c)
2γ	$(98.798 \pm 0.032) \%$	S=1.1	67
$e^+e^-\gamma$	$(1.198 \pm 0.032) \%$	S=1.1	67
γ positronium	$(1.82 \pm 0.29) \times 10^{-9}$		67
$e^+e^+e^-e^-$	$(3.14 \pm 0.30) \times 10^{-5}$		67

 γ

$$I(J^{PC}) = 0,1(1^{--})$$

$$\text{Mass } m < 1 \times 10^{-18} \text{ eV}$$

$$\text{Charge } q < 5 \times 10^{-30} e$$

$$\text{Mean life } \tau = \text{Stable}$$

 e

$$J = \frac{1}{2}$$

$$\text{Mass } m = (548.57990943 \pm 0.00000023) \times 10^{-6} \text{ u}$$

$$\text{Mass } m = 0.510998910 \pm 0.000000013 \text{ MeV}$$

$$|m_{e^+} - m_{e^-}|/m < 8 \times 10^{-9}, \text{ CL} = 90\%$$

$$|q_{e^+} + q_{e^-}|/e < 4 \times 10^{-8}$$

Magnetic moment anomaly

$$(g-2)/2 = (1159.6521811 \pm 0.0000007) \times 10^{-6}$$

$$(g_{e^+} - g_{e^-}) / g_{\text{average}} = (-0.5 \pm 2.1) \times 10^{-12}$$

$$\text{Electric dipole moment } d = (0.07 \pm 0.07) \times 10^{-26} \text{ e cm}$$

$$\text{Mean life } \tau > 4.6 \times 10^{26} \text{ yr, CL} = 90\% \text{ [a]}$$

 μ

$$J = \frac{1}{2}$$

$$\text{Mass } m = 0.1134289256 \pm 0.0000000029 \text{ u}$$

$$\text{Mass } m = 105.658367 \pm 0.000004 \text{ MeV}$$

$$\text{Mean life } \tau = (2.197019 \pm 0.000021) \times 10^{-6} \text{ s} \quad (S = 1.1)$$

$$\tau_{\mu^+}/\tau_{\mu^-} = 1.00002 \pm 0.00008$$

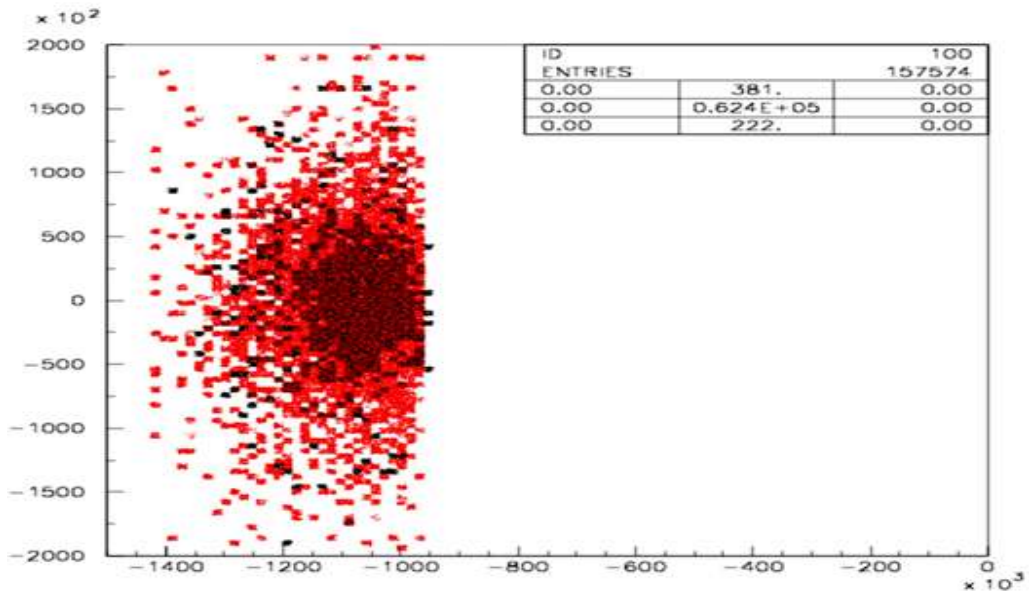
$$c\tau = 658.650 \text{ m}$$

4.1 Farklı Enerjilerde Elde Edilen Analiz

Örnek numune 1, örnek numune 2 ve örnek numune 3 enerji değerleri değiştirilerek karşılaştırılmıştır.

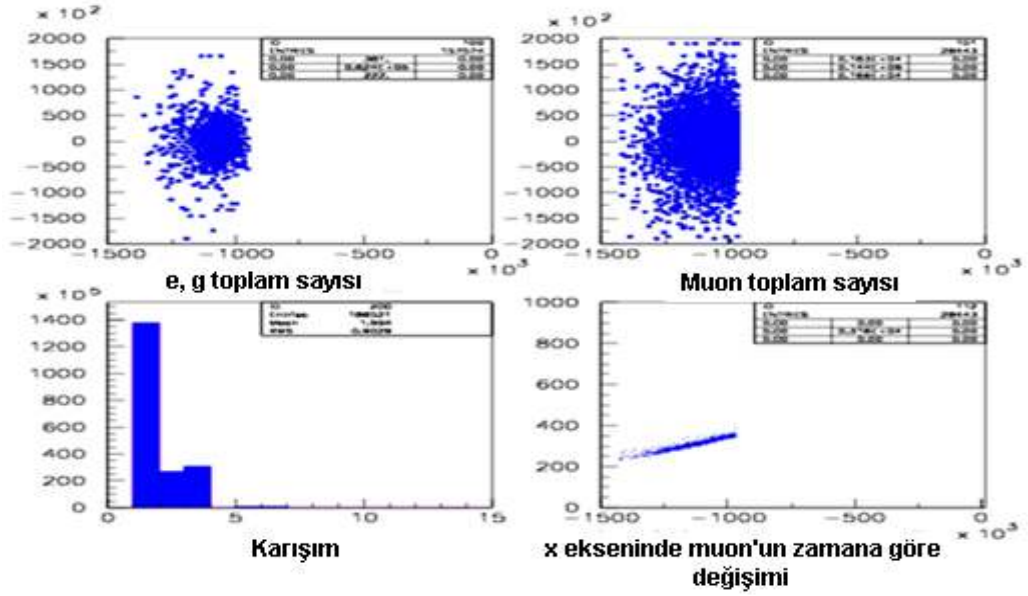
Örnek numune 1:

Olay Sayısı	Duş Sayısı	Enerjisi	Thin	Teta Açısı	Simülasyon Zamanı
500	10	5×10^8 GeV	10^{-6}	92°	9 saat 44 dk



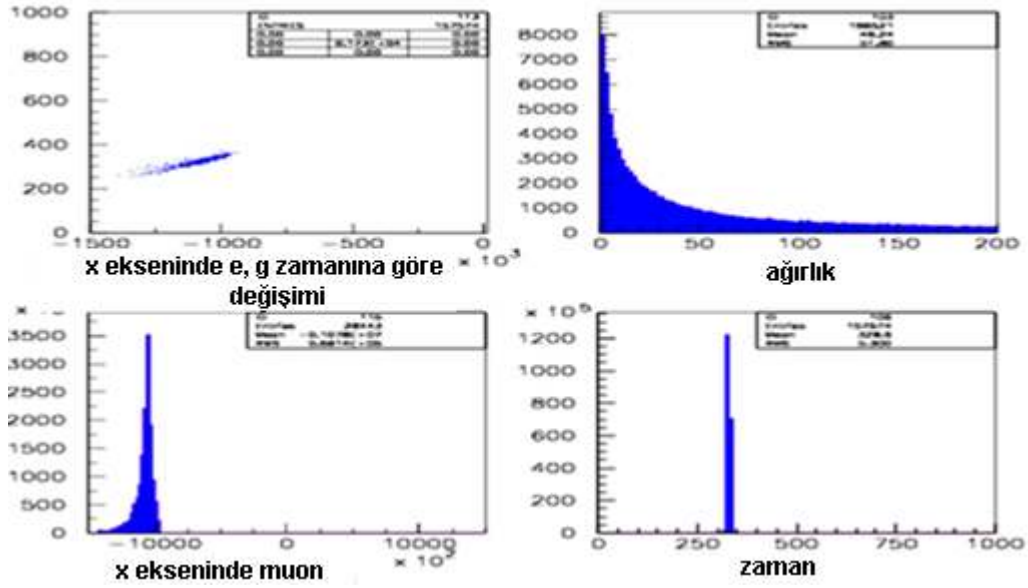
Şekil 4.1.1 Numune 1 Elektron, Gama ve Muonların dağılımı

Şekil 4.1.1'de toplam parçacık sayısı görülmektedir. Burada kırmızı noktalar muon parçacıklarını, siyah görünenler ise elektron ve gama parçacıklarını temsil etmektedir. Şekil 4.1.1'de görüldüğü gibi muonlar dağınıkken diğer parçacıklar bir noktaya odaklanmıştır. Bunun nedeni ise muonların elektron ve gamalardan daha büyük kütleye (enerjiye) sahip olmasıdır. X ve Y eksenindeki değerler kanal aralığını göstermektedir.



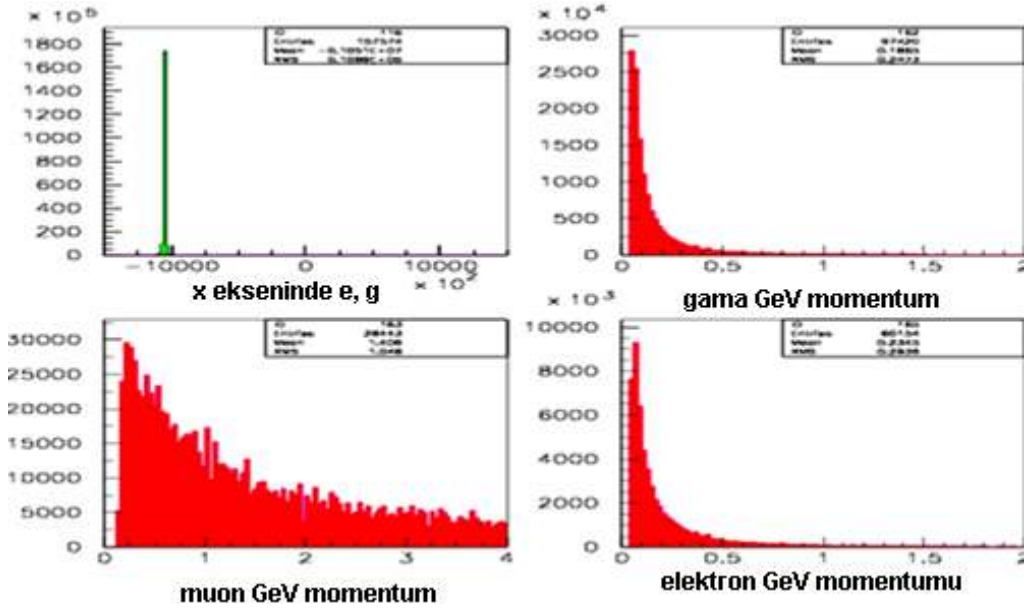
Şekil 4.1.2 Numune 1 Elektron, Gama ve Muonların x ekseninde dağılımları

Şekil 4.1.2’de Sol üstteki ve sağ üstteki grafik sırasıyla elektron, gama ve muonların toplam sayısını göstermektedir. Sol alttaki karışım grafiği parçacıkların ID numaralarına göre (örneğin $\gamma=1$, $e^+=2$, $e^-=3$, $\mu^+=5$, $\mu^-=6$) dağılımını vermektedir. Bazı parçacıkların ID numaralarını ekte bulabilirsiniz. Sağ alttaki grafik ise muonun zamana göre dağılımını vermektedir.

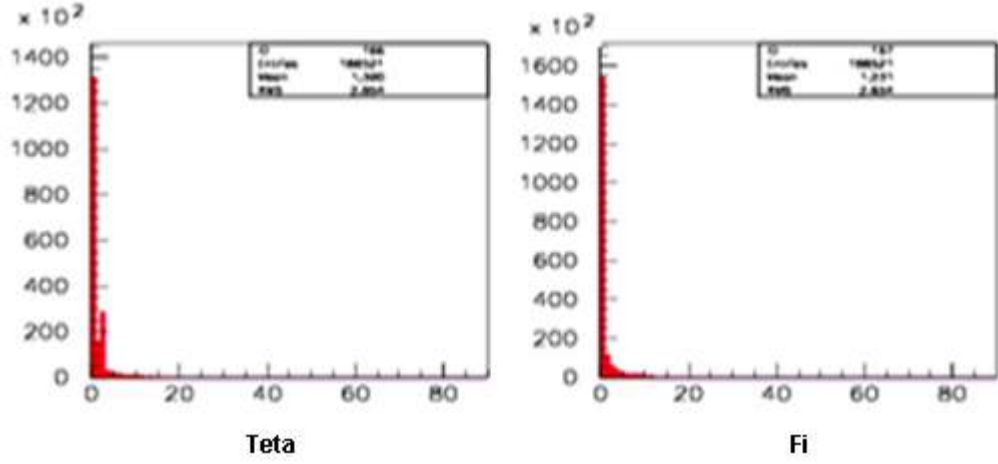


Şekil 4.1.3 Numune 1 Ağırlık (düzeltme çarpanı), Zaman ve x eksenindeki Muon, Gama ve Elektron dağılımları

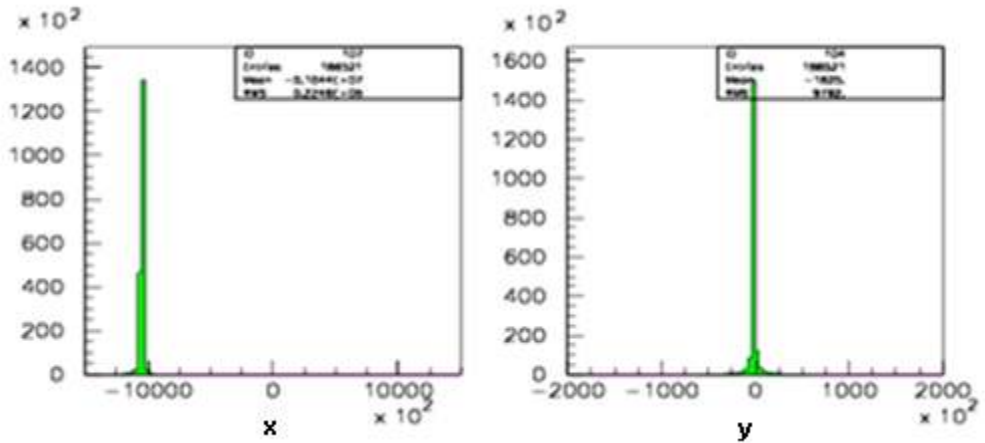
Şekil 4.1.3 Sol üst köşede x ekseninde elektronun ve gamanın zamana göre değişimi gösterilmektedir. Düzeltme çarpanı olan ağırlık grafiği sağ üst köşede verilmiştir. Ayrıca x ekseninde muonun belirli bir aralıkta dağılımı görülmektedir.

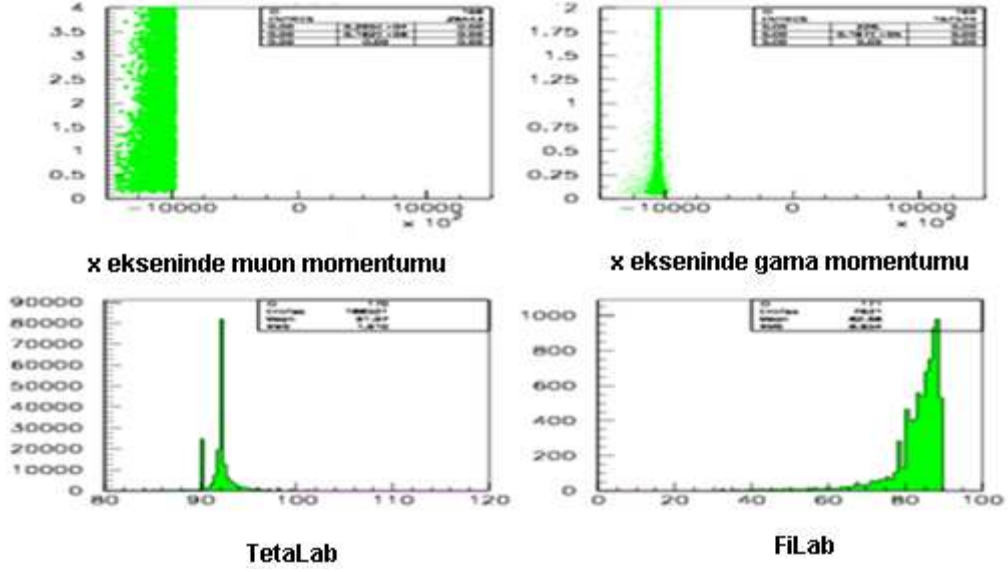


Şekil 4.1.4 Numune 1 x eksenindeki parçacıkların momentumları



Şekil 4.1.5 Numune 1 teta ve fi açı grafikleri





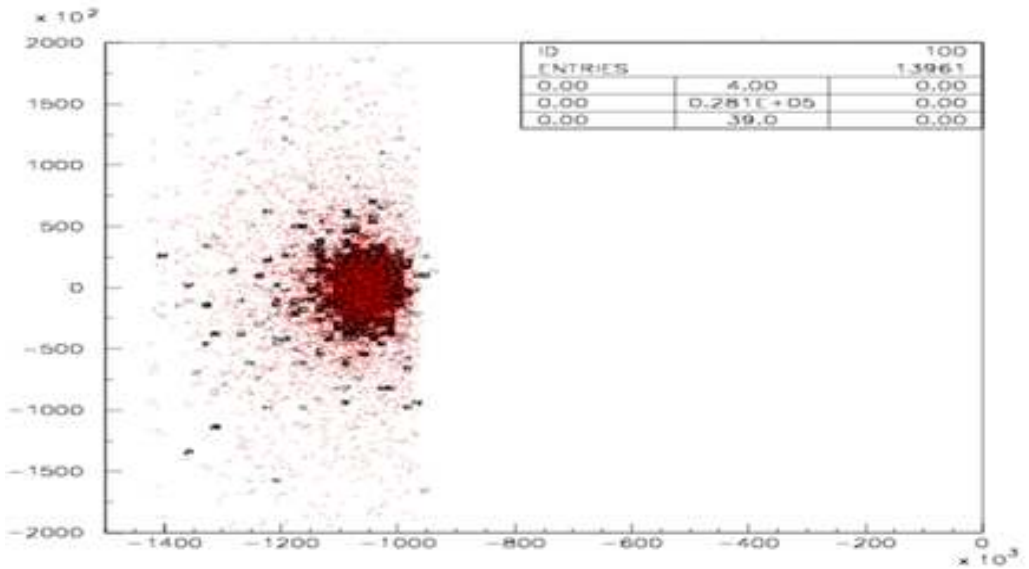
Şekil 4.1.6 Numune 1 x ve y yönündeki hareketleri ve x eksenindeki momentum dağılımları

Şekil 4.1.4'te x ekseninde elektron, muon ve gamanın momentumları GeV cinsinden verilmiştir. Şekil 4.1.5 dedektörün zirve açısı olan teta ve fi açıları verilmiştir.

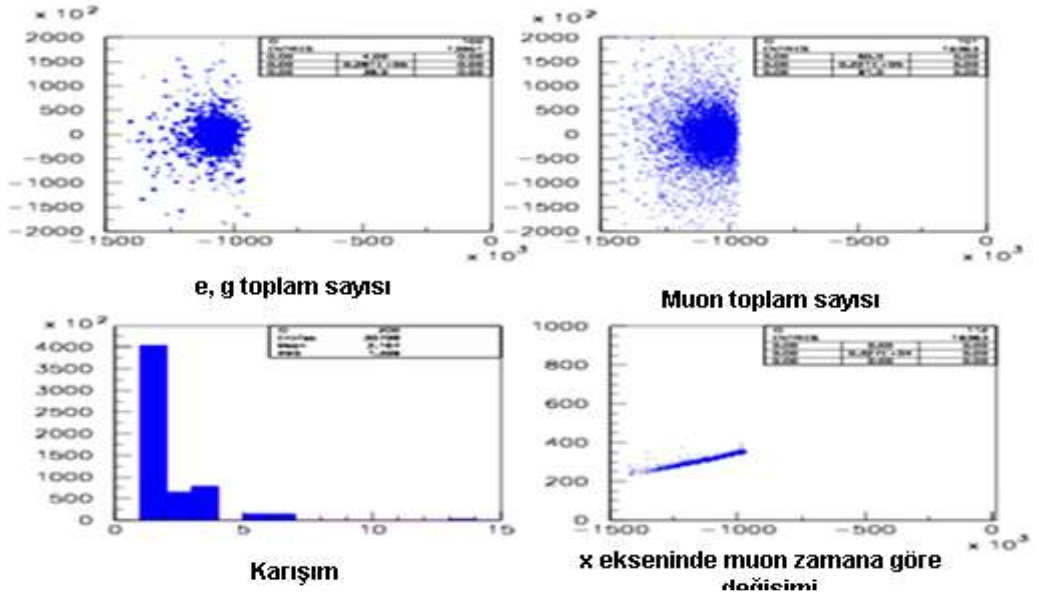
Örnek numune 2:

Bu numunede sadece enerji parametreleri değiştirilerek analiz tekrarlanmıştır.

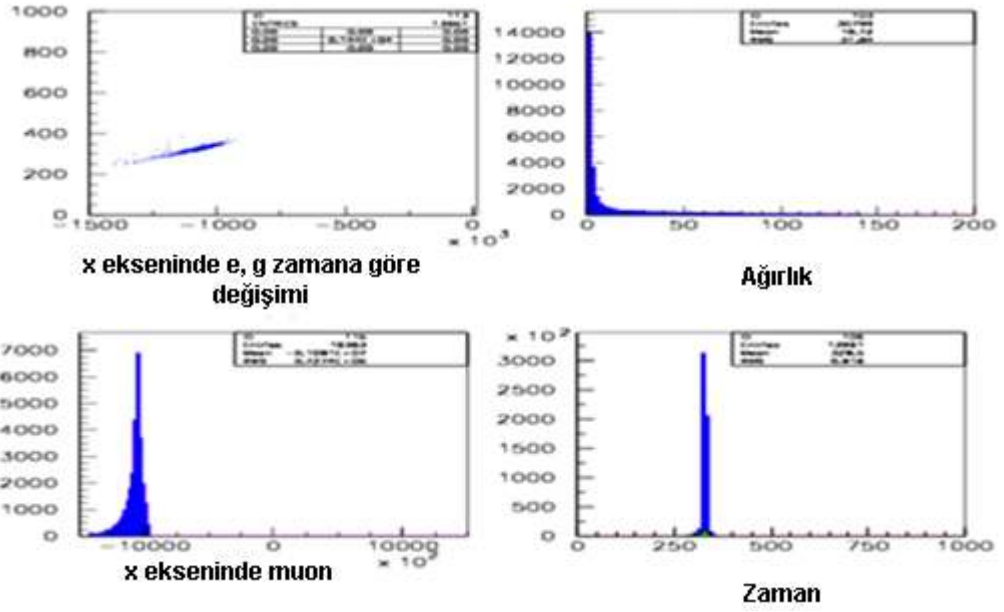
Olay Sayısı	Duş Sayısı	Enerjisi	Thin	Teta Açısı	Simülasyon Zamanı
500	10	10^7 GeV	10^{-6}	92^0	14 saat 06 dk



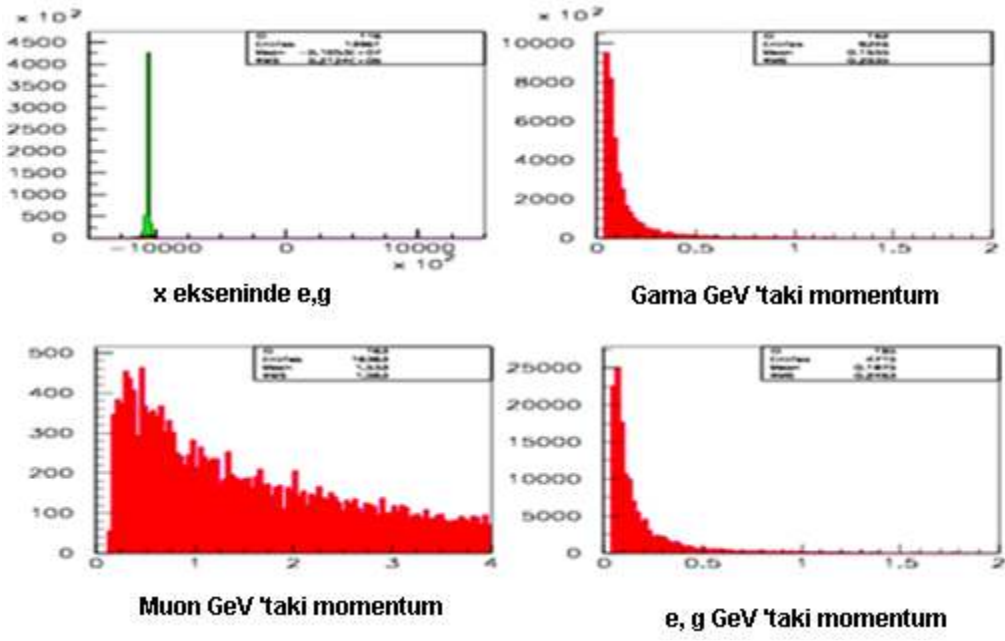
Şekil 4.1.7 Numune 2 Elektron, Gama ve Muonların dağılımı



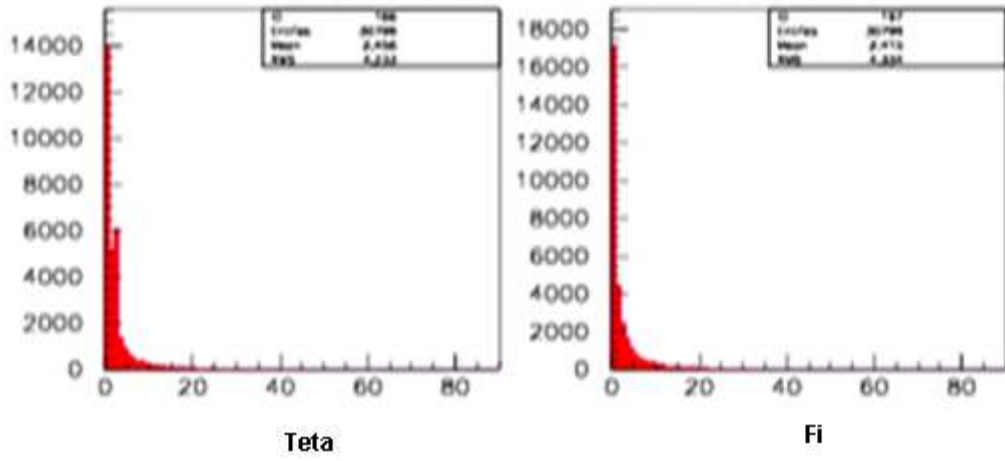
Şekil 4.1.8 Numune 2 Elektron, Gama ve Muonların x ekseninde dağılımları



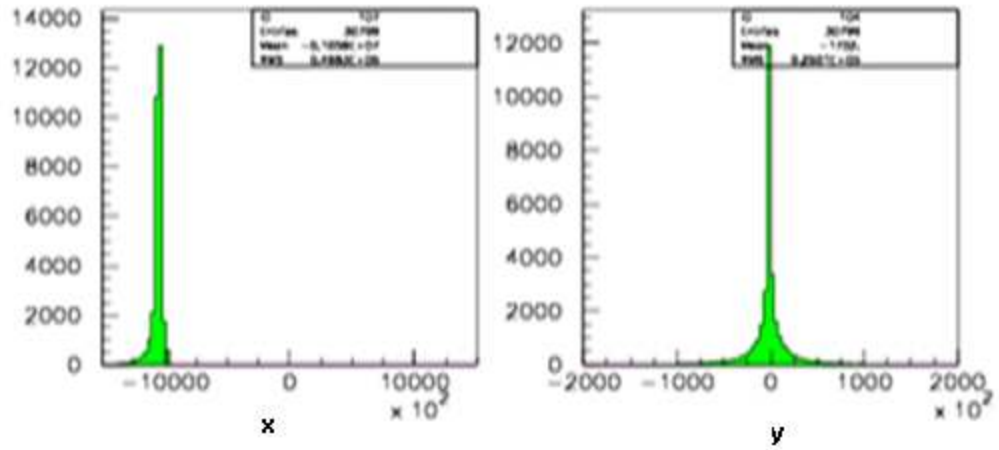
Şekil 4.1.9 Numune 2 Ağırlık (düzeltme çarpanı), Zaman ve x eksenindeki Muon, Gama ve Elektron dağılımları

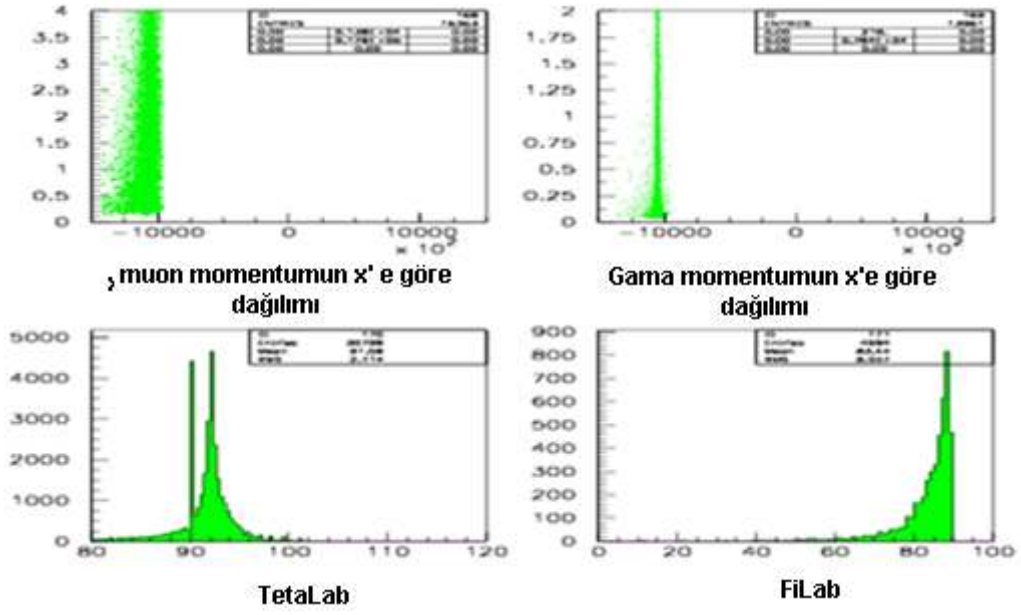


Şekil 4.1.10 Numune 2 x eksenindeki parçacıkların momentumları



Şekil 4.1.11 Numune 2 teta ve fi açı grafikleri



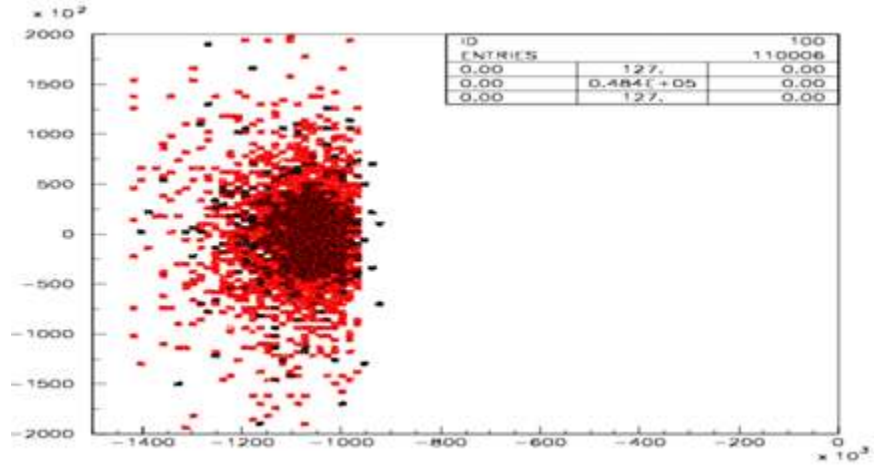


Şekil 4.1.12 Numune 2 x ve y yönündeki hareketleri ve x eksenindeki momentum dağılımları

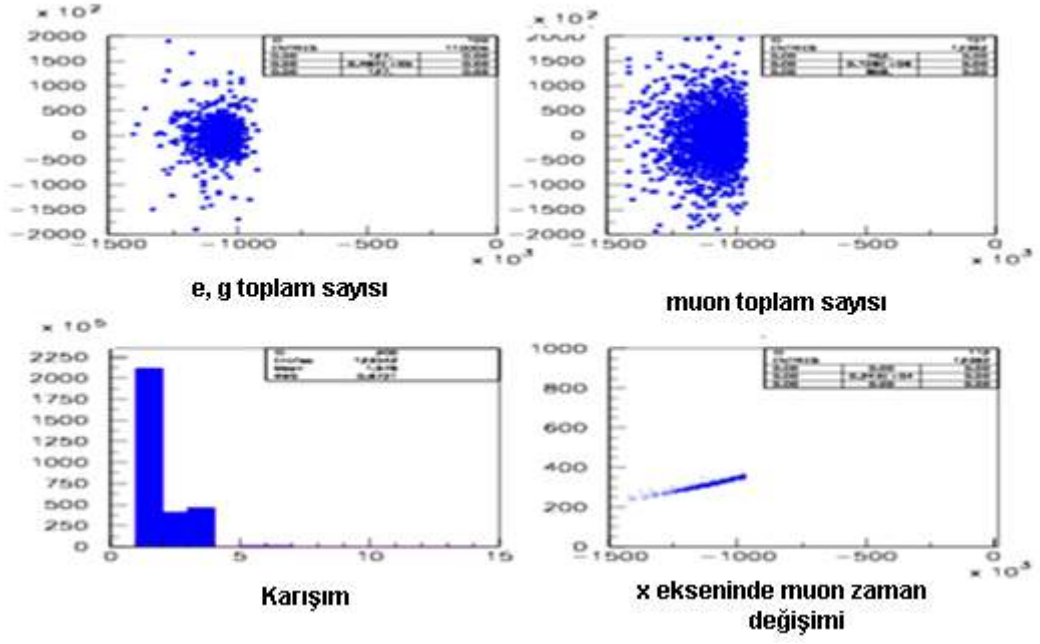
Örnek numune 3:

Bu numunede sadece enerji parametreleri değiştirilerek analiz tekrarlanmıştır.

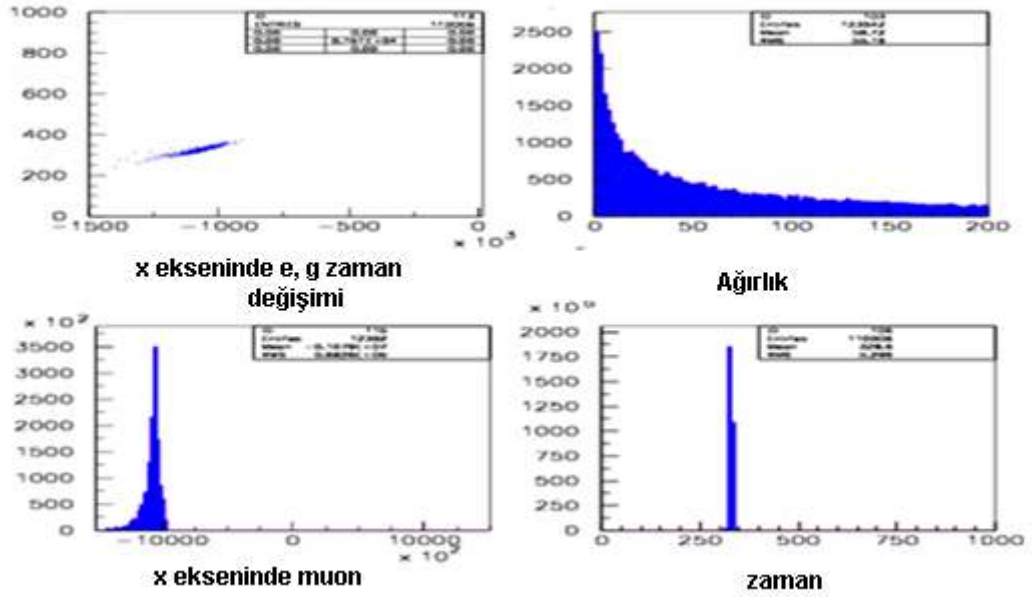
Olay Sayısı	Duş Sayısı	Enerjisi	Thin	Teta Açısı	Simülasyon Zamanı
500	10	10^9 GeV	10^{-6}	92^0	12 saat 17 dk



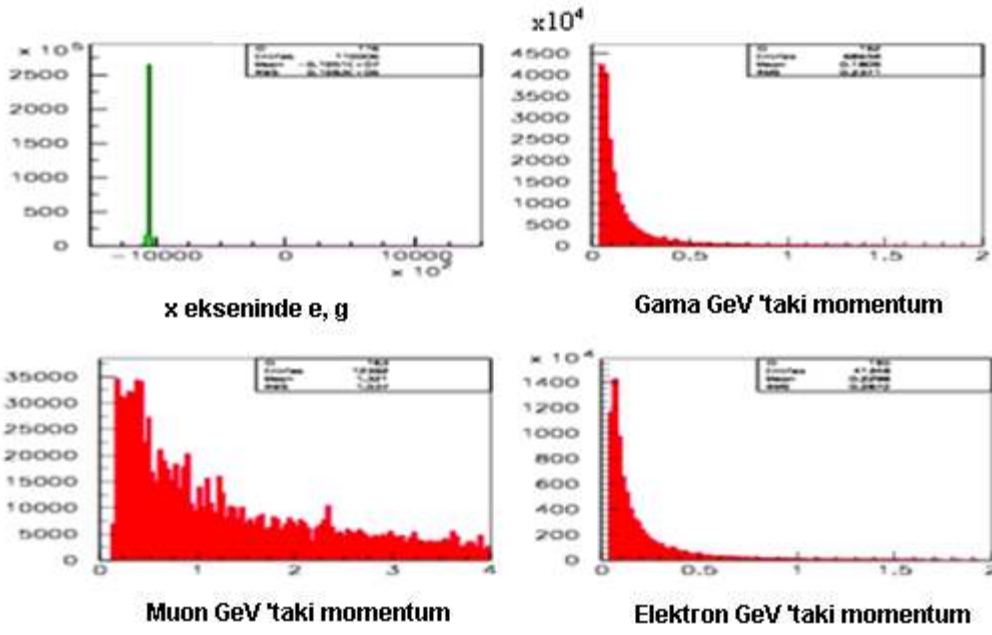
Şekil 4.1.13 Numune 3 Elektron, Gama ve Muonların dağılımı



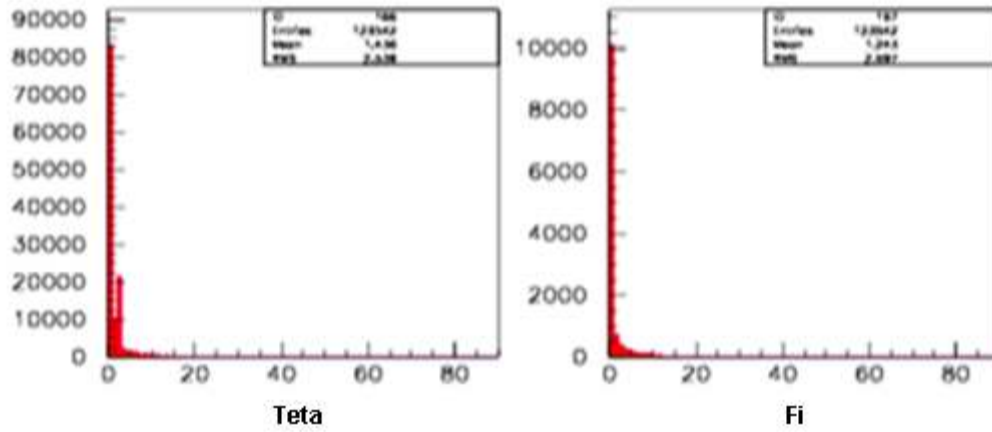
Şekil 4.1.14 Numune 3 Elektron, Gama ve Muonların x ekseninde dağılımları



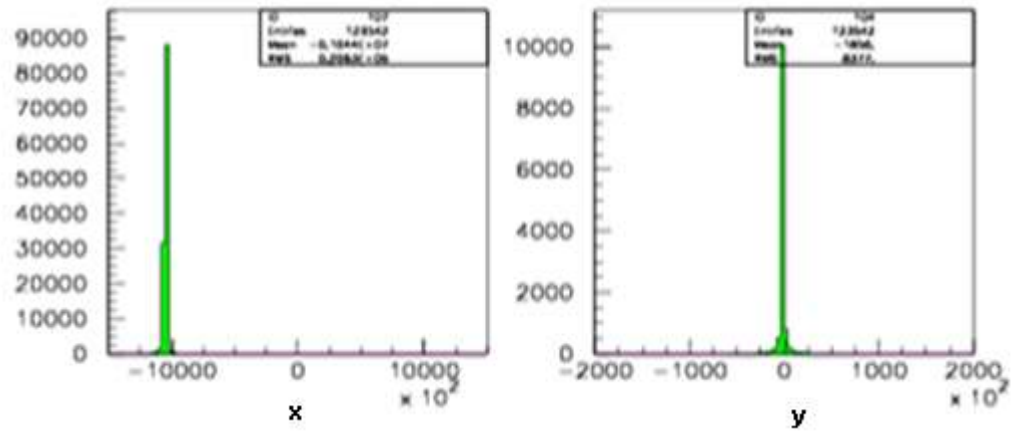
Şekil 4.1.15 Numune 3 Ağırlık (düzeltme çarpanı), Zaman ve x eksenindeki Muon, Gama, ve Elektron dağılımları

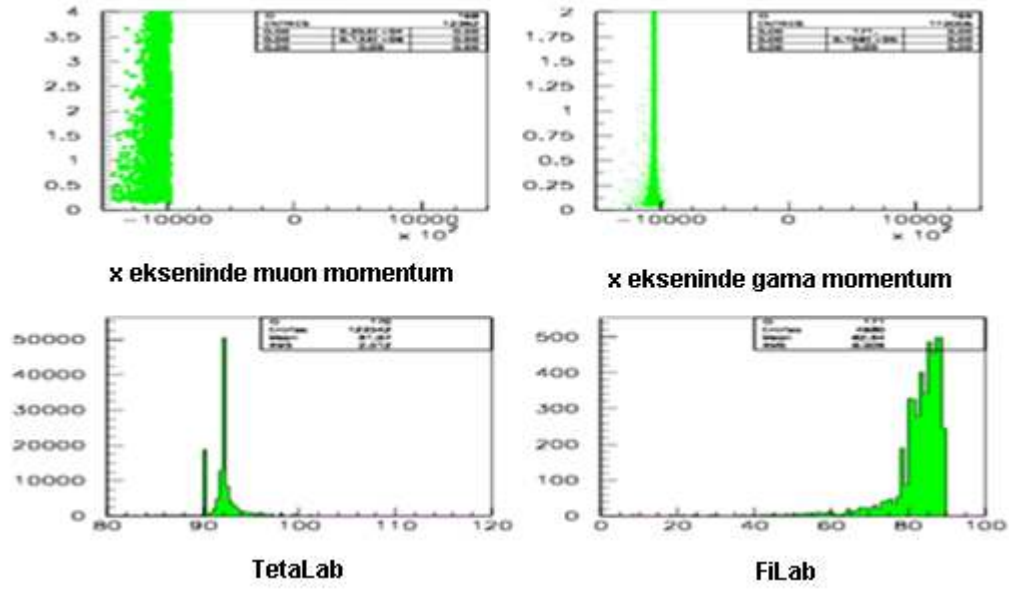


Şekil 4.1.16 Numune 3 x eksenindeki parçacıkların momentumları



Şekil 4.1.17 Numune 3 teta ve fi açığı grafikleri





Şekil 4.1.18 Numune 3 x ve y yönündeki hareketleri ve x eksenindeki momentum dağılımları

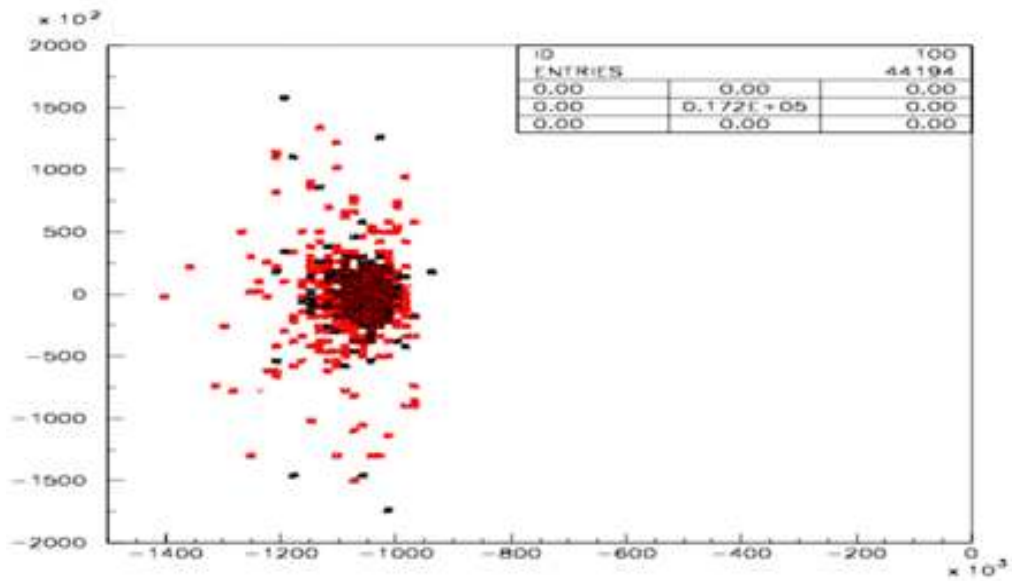
Örnek numune 1, örnek numune 2, örnek numune 3'te enerjiler değiştirilerek grafikler alınmıştır. Elde ettiğimiz verilerde enerjisi az olan numuneyi ele aldığımızda, enerjisi az olan numunenin simülasyonu daha kısa sürede tamamladığını gördük. Ve elde edilen parçacık sayısı, enerjisi fazla olana göre artış gösterdi. Enerjisi düşük olan numunede parçacıklar daha geniş bir kanal aralığına yayılmıştır. Enerjisi az olan simülasyon da daha fazla parçacık gözlenmiştir.

4.2 Seyreltme (Thin) Değerleri Değiştirilerek Yapılan Analiz

Örnek numune 3, örnek numune 4 ve örnek numune 7 seyreltme değerleri değiştirilerek karşılaştırılmıştır.

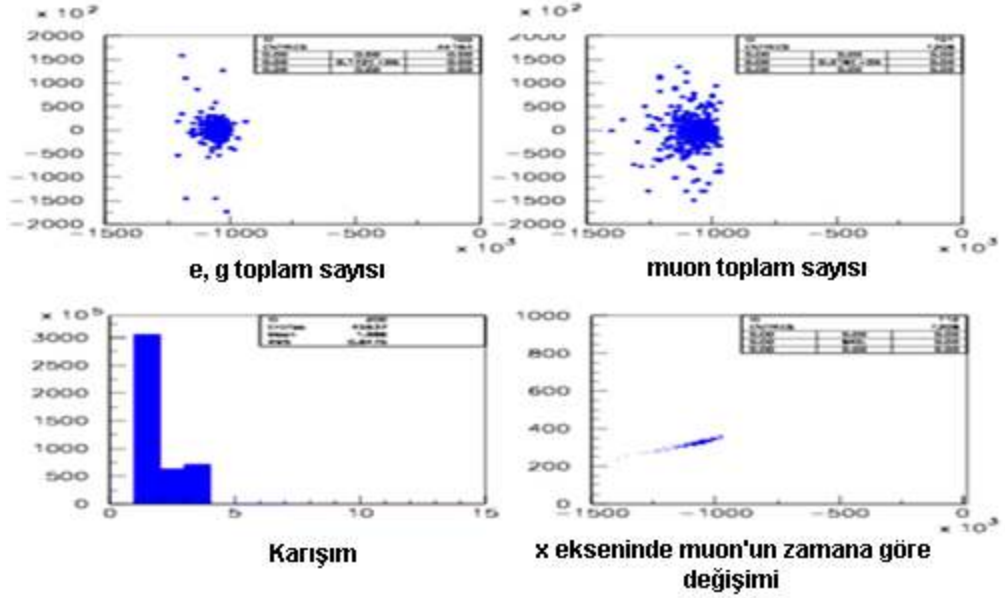
Örnek numune 4:

Olay Sayısı	Duş Sayısı	Enerjisi	Thin	Teta Açısı	Simülasyon Zamanı
500	10	10^9 GeV	10^{-5}	92^0	2 saat 26 dk



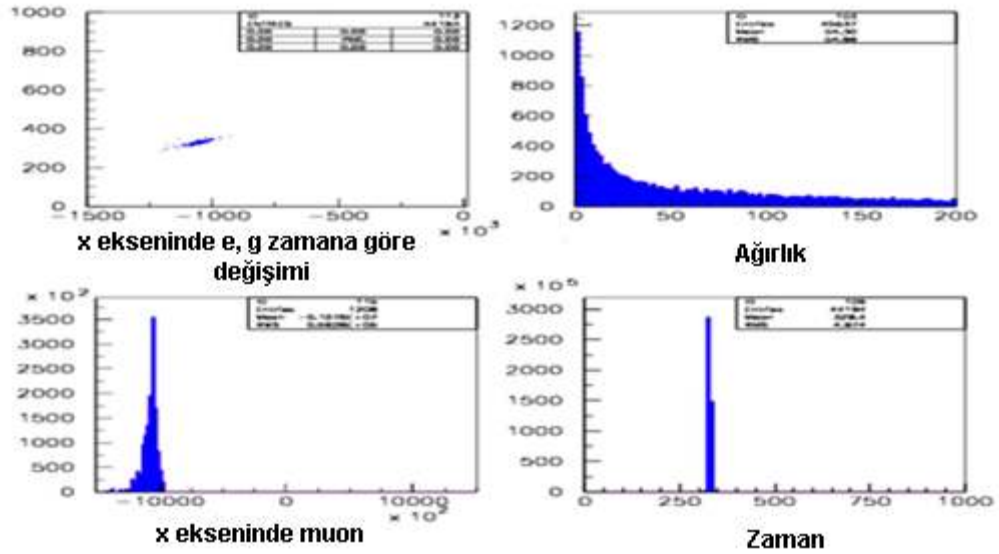
Şekil 4.2.1 Numune 4 Elektron, Gama ve Muonların dağılımı

Şekil 4.2.1 Elektron, Gama ve Muonların dağılımını gösterir. Thinning özelliği dedektöre gelen parçacık sayısında seyreltme olarak verilir. Pionların bozunmasından elde edilen duşun içerisinde birçok parçacık oluşmaktadır ve dedektörün sağlıklı ölçüm yapmasını engellemektedir. Bundan dolayı thinning özelliği kullanılarak duşlar seyreltilip parçacıkların bir bölümü alınır. Alınan bu bölümün çalıştırılması, genelde elde etmek istediğimiz parçacıklar hakkında bilgi edinmemizi sağlar. Bu çalışmada seyreltme (thin) değerlerini değiştirerek parçacık sayısını gözlemledik ve thinning değerini optimize ettik.

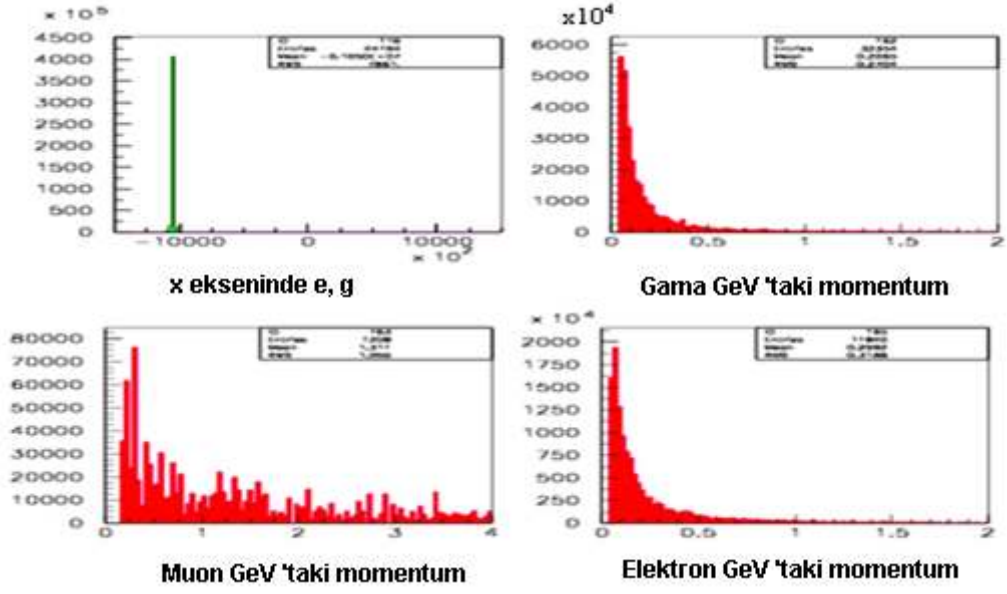


Şekil 4.2.2 Numune 4 Elektron, Gama ve Muonların x ekseninde dağılımları

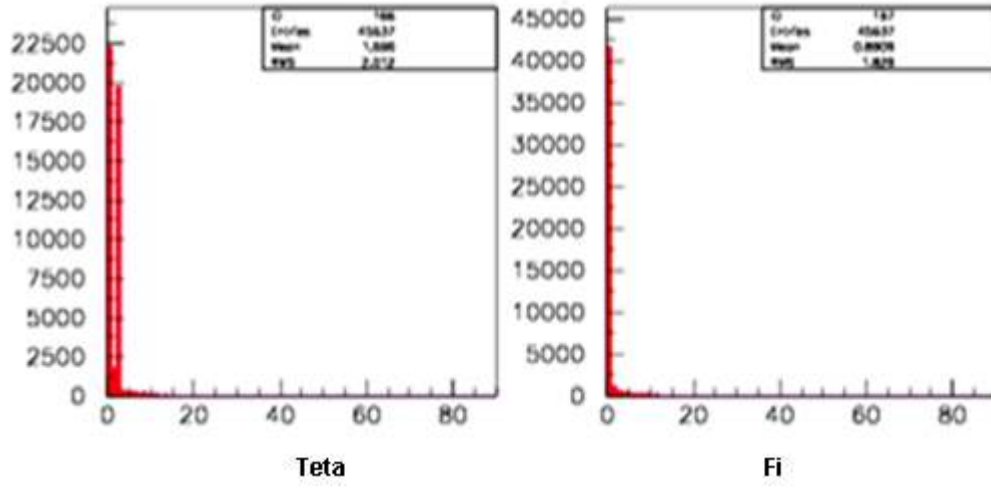
Şekil 4.2.2 Sol üstteki ve sağ üstteki grafik sırasıyla elektron, gama ve muonların toplam sayısını göstermektedir. Sol alttaki karışım grafiği parçacıkların ID numaralarına göre(örneğin $\gamma=1$, $e^+=2$, $e^-=3$, $\mu^+=5$, $\mu^-=6$) dağılımını vermektedir. Bazı parçacıkların ID numaralarını tablo 5.4'te bulabilirsiniz. Sağ alttaki grafik ise muonun zamana göre dağılımını vermektedir.



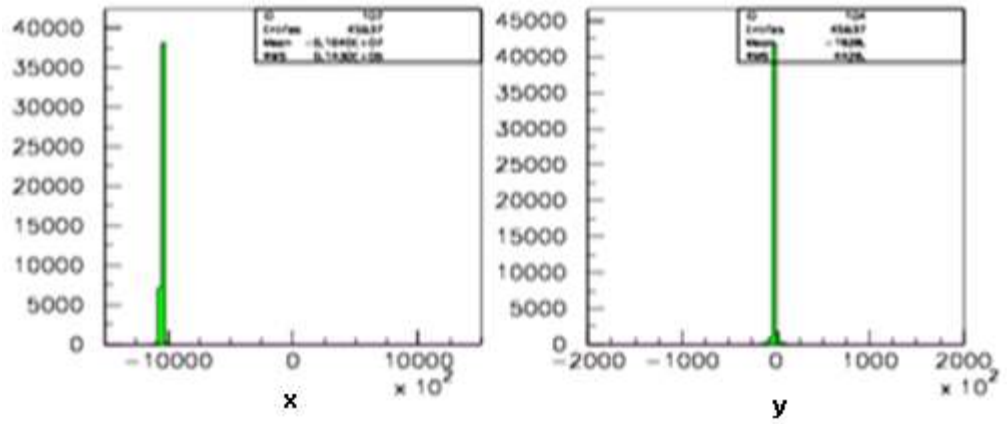
Şekil 4.2.3 Numune 4 Ağırlık (düzeltme çarpanı), Zaman ve x Eksenindeki Muon, Gama, ve Elektron dağılımları

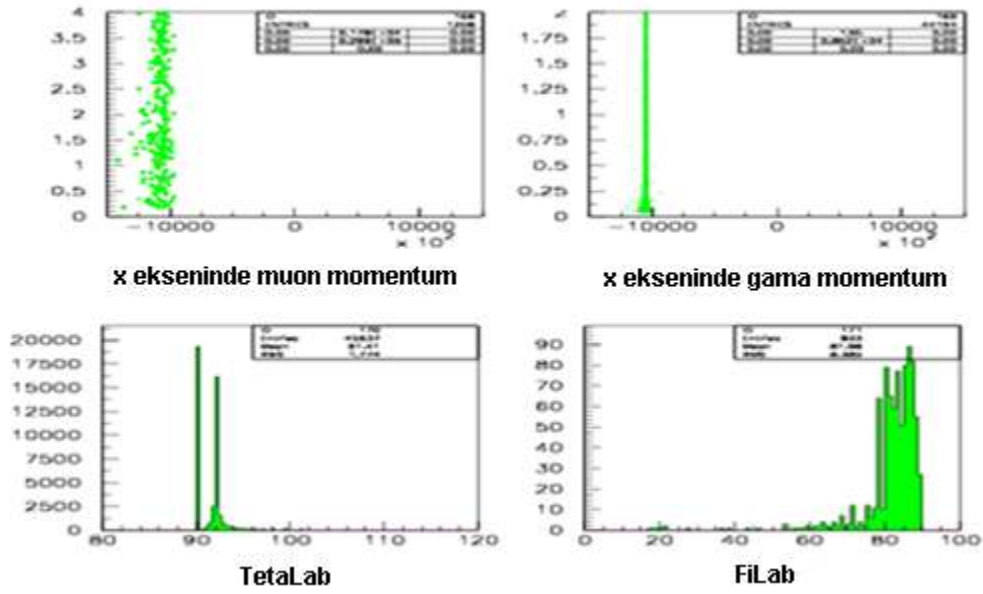


Şekil 4.2.4 Numune 4 x eksenindeki parçacıkların momentumları



Şekil 4.2.5 Numune 4 teta ve fi açığı grafikleri



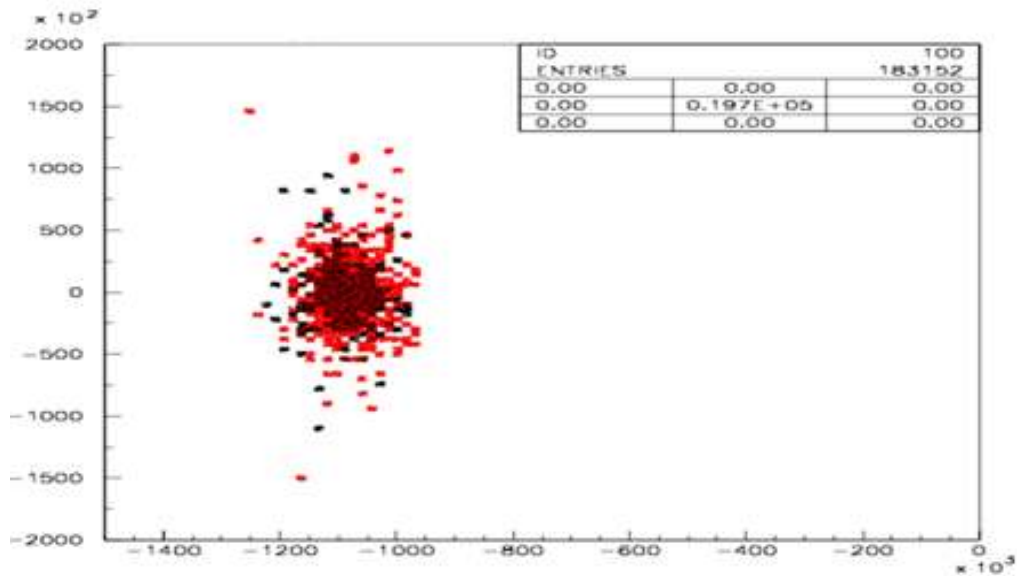


Şekil 4.2.6 Numune 4 x ve y yönündeki hareketleri ve x eksenindeki momentum dağılımları

Örnek numune 4, örnek numune 3 ve örnek numune 7 sırasıyla 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} thin değerleriyle simülasyonları sağlanmıştır. 10^{-5} , 10^{-6} thin değerlerinde dedektöre duşlar ulaşmıştır. Fakat 10^{-7} thin değerinde ise dedektöre duşlar ulaşamamıştır. Bundan dolayı bu çalışmada örnek numune 7'nin grafikleri yer almamaktadır. Thin değeri büyük olan numune simülasyonunu daha kısa sürede tamamlamıştır.

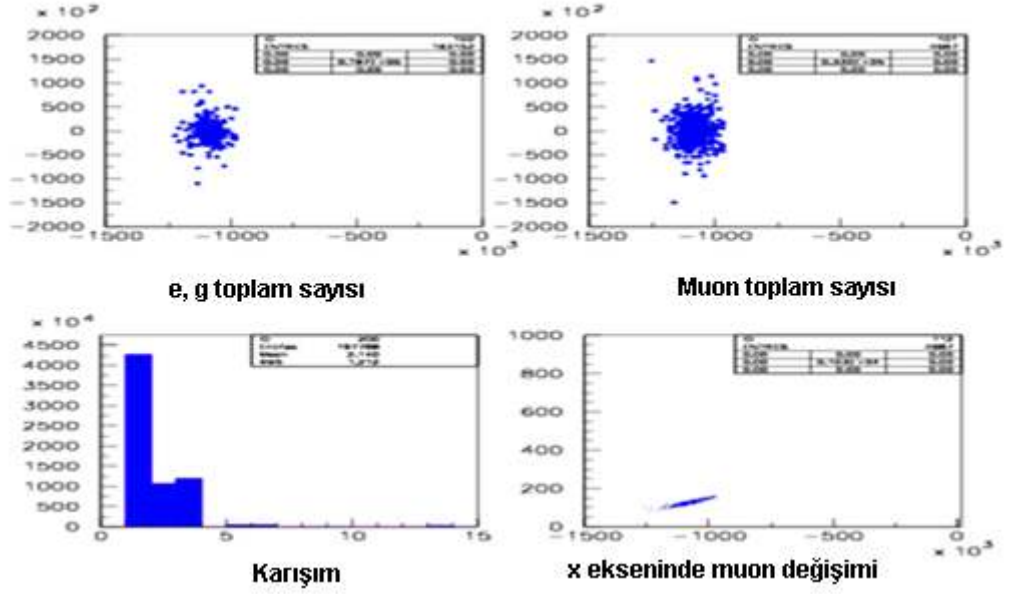
Örnek numune 5:

Olay Sayısı	Duş Sayısı	Enerjisi	Thin	Teta Açısı	Simülasyon Zamanı
500	10	10^9 GeV	10^{-6}	93^0	9 saat 39 dk

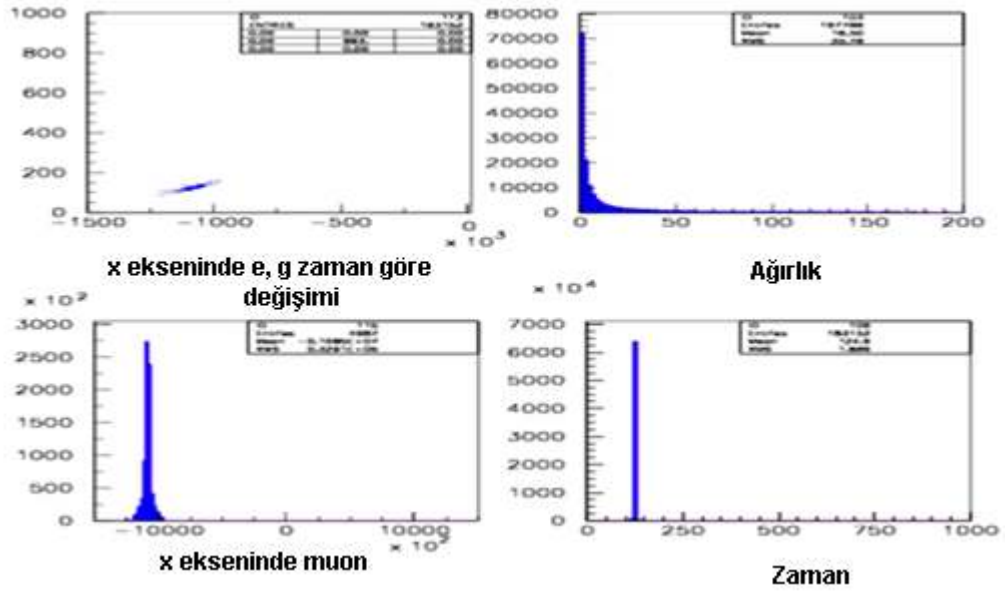


Şekil 4.2.7 Numune 5 Elektron, Gama ve Muonların dağılımı

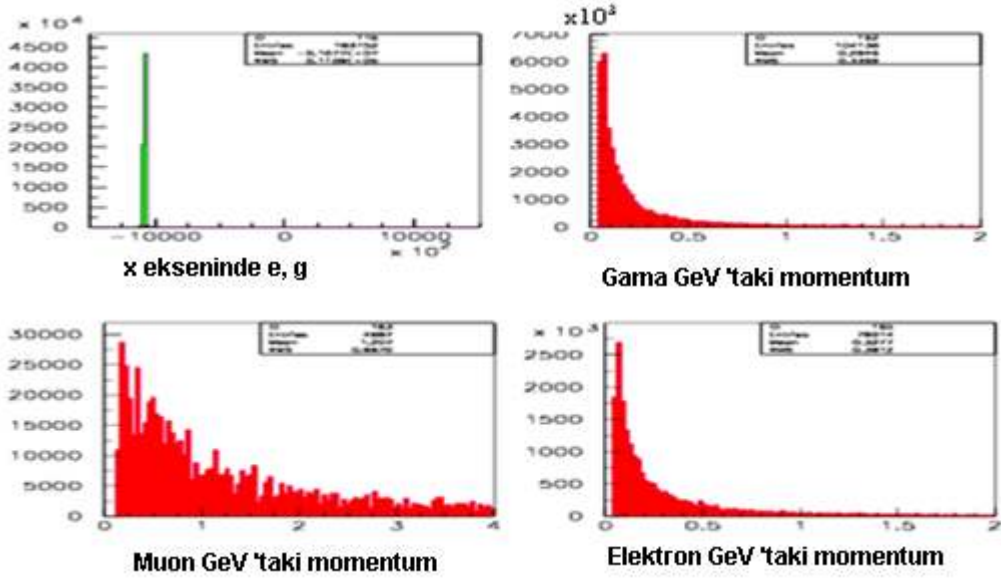
Dedektörün teta açısı değiştirilerek elektron, gama, muonun x, y ekseninde bulunan kanal aralıklarındaki parçacıklar şekil 4.25'te görülmektedir.



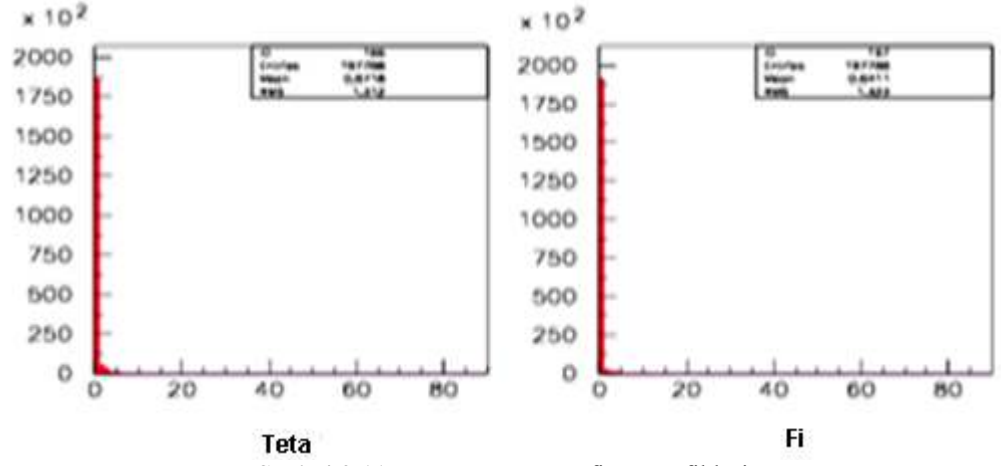
Şekil 4.2.8 Numune 5 Elektron, Gama ve Muonların x ekseninde dağılımları



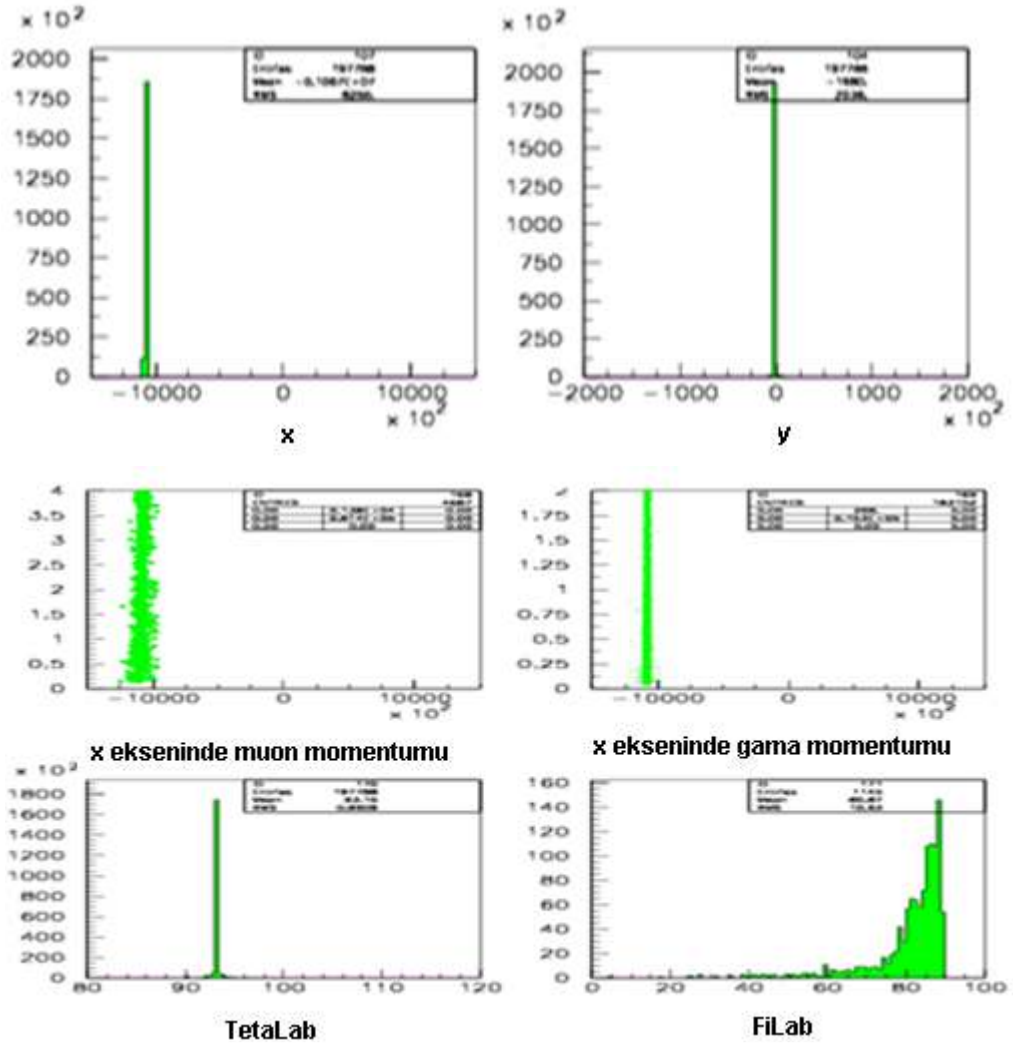
Şekil 4.2.9 Numune 5 Ağırlık (düzeltme çarpanı), zaman ve x eksenindeki muon, gama ve elektron dağılımları



Şekil 4.2.10 Numune 5 x eksenindeki parçacıkların momentumları



Şekil 4.2.11 Numune 5 teta ve fi açığı grafikleri



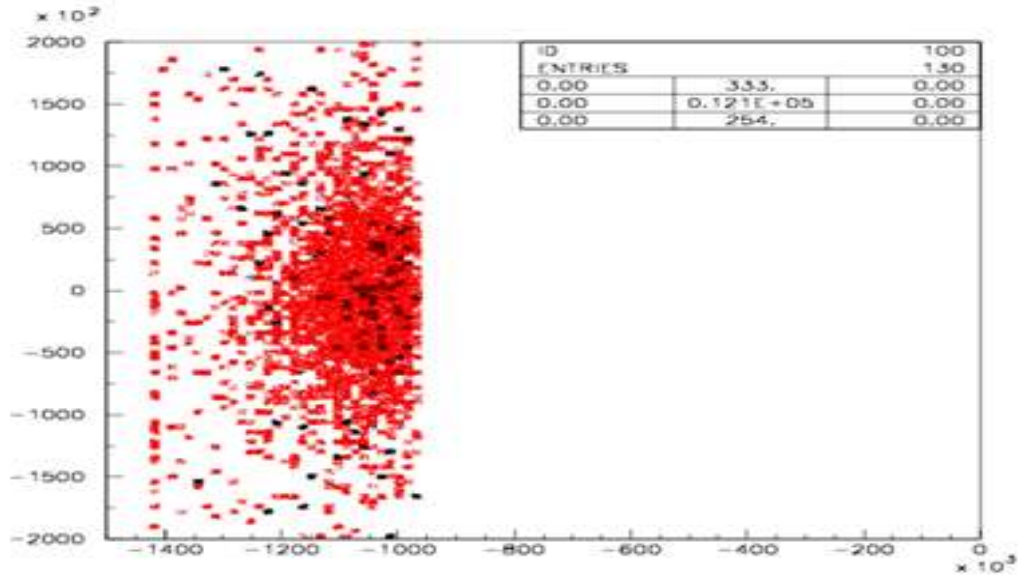
Şekil 4.2.12 Numune 5 x ve y yönündeki hareketleri ve x eksenindeki momentum dağılımları

4.3 Açı Değerleri Değiştirilerek Yapılan Analiz

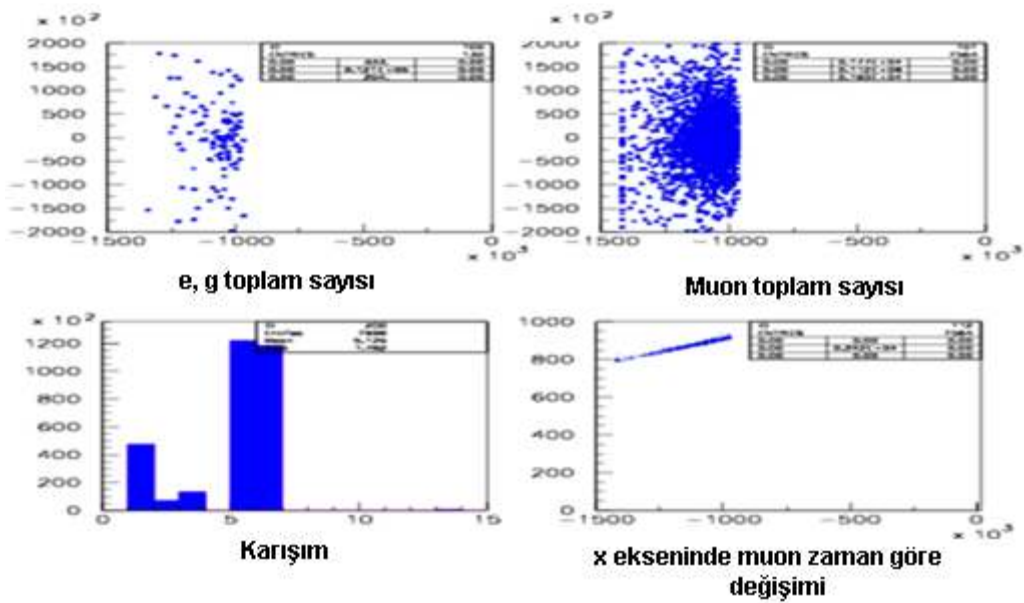
Örnek numune 3, örnek numune 5 ve örnek numune 6'da açı değerleri değiştirilerek karşılaştırılmıştır.

Örnek numune 6:

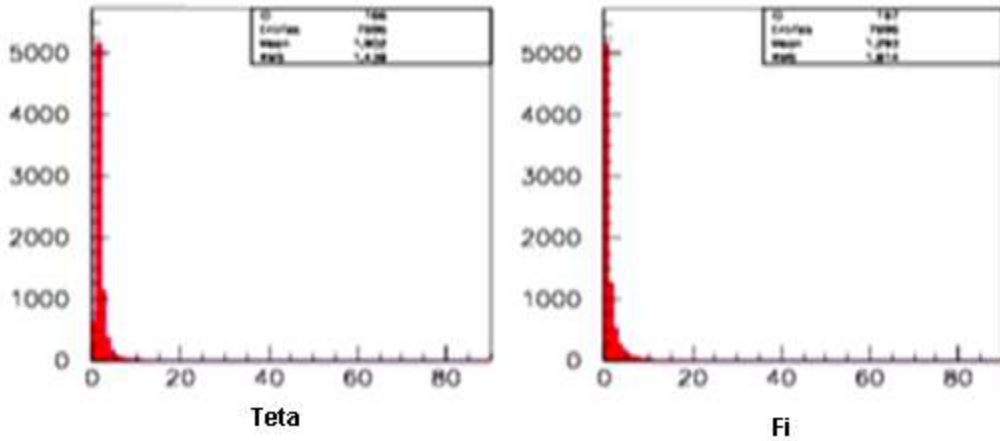
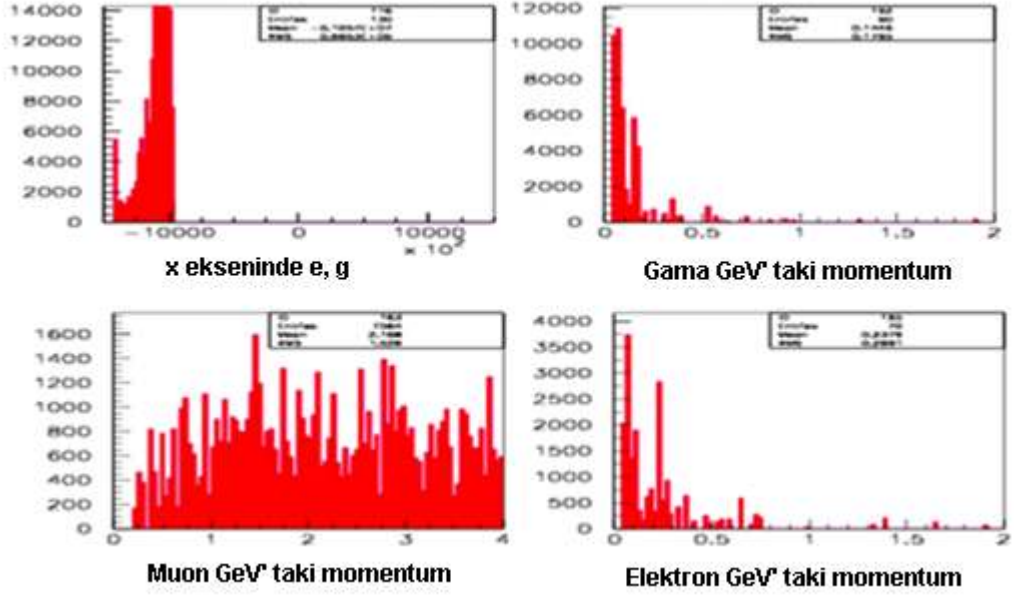
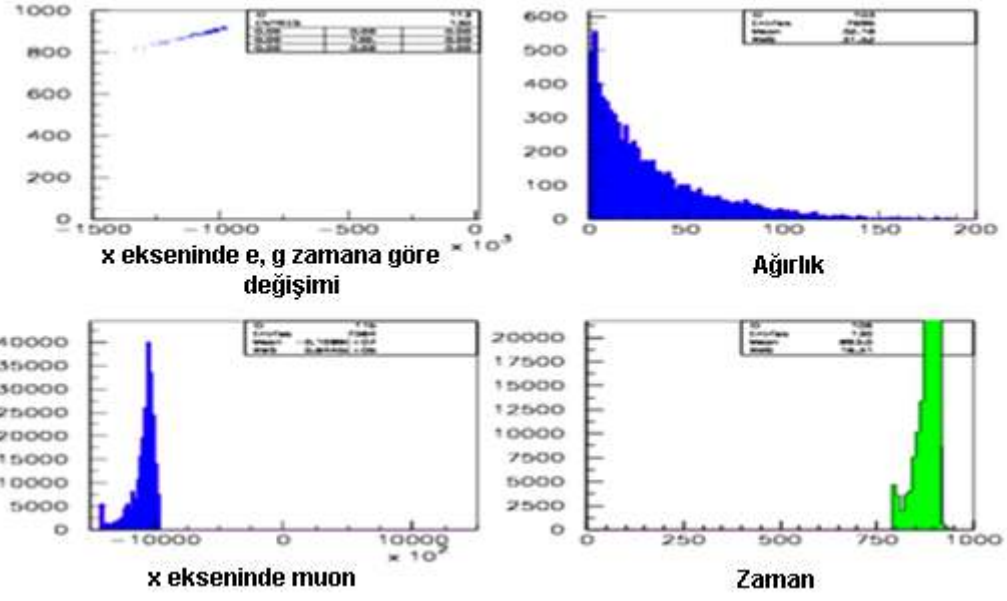
Olay Sayısı	Duş Sayısı	Enerjisi	Thin	Teta Açısı	Simülasyon Zamanı
500	10	10^9 GeV	10^{-6}	91^0	12 saat 37 dk

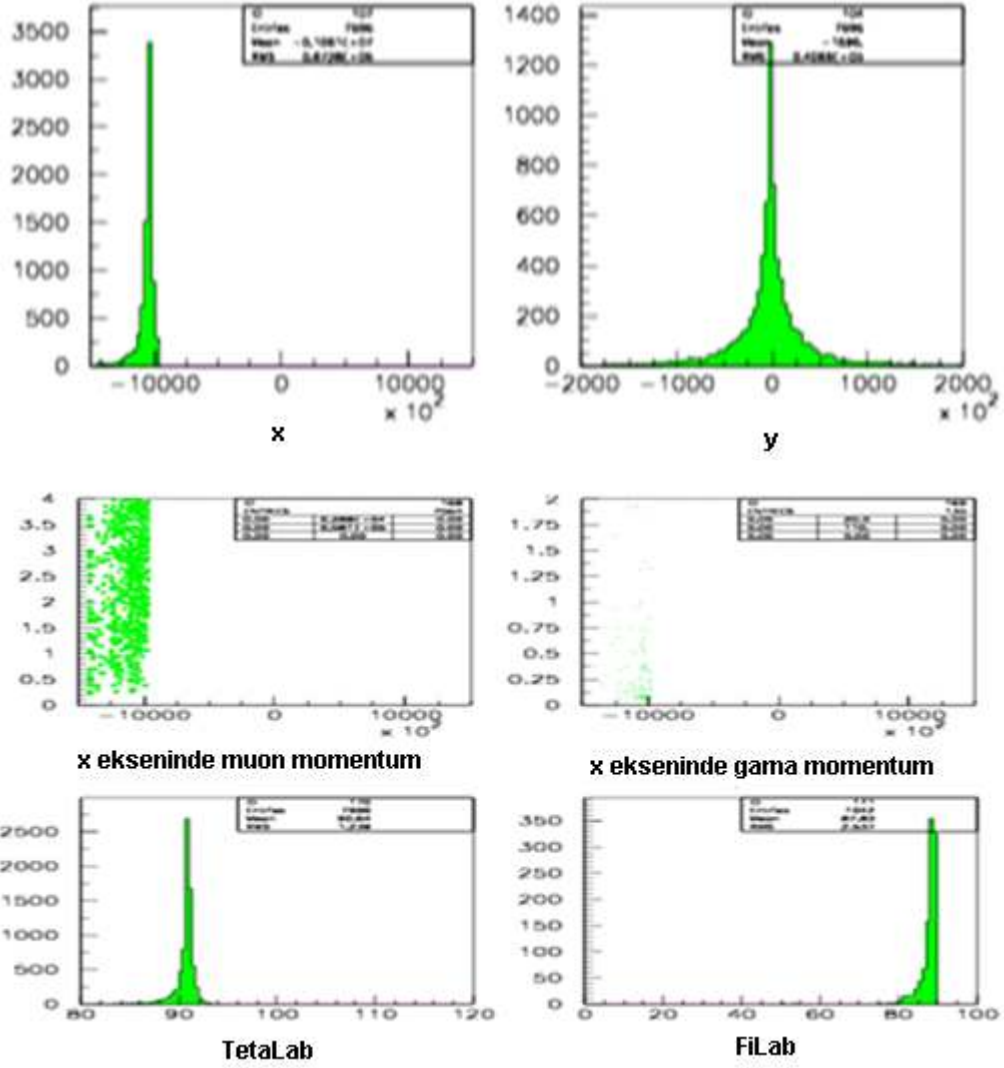


Şekil 4.3.1 Numune 6 Elektron, Gama ve Muonların dağılımı



Şekil 4.3.2 Numune 6 Elektron, Gama ve Muonların x ekseninde dağılımları





Şekil 4.3.6 Numune 6 x ve y yönündeki hareketler, x eksenindeki momentum dağılımları ve açılar

Açı büyüdükçe daha kısa sürede simülasyon tamamlandı ve parçacık sayısında artma görüldü. Daha geniş bir alandaki parçacıklar alındı. $92^\circ - 92.5^\circ$ açıda, elektronun, gamanın, muonun momentumları $93^\circ - 93.5^\circ$ açığa göre arttığı görüldü. Açı arttıkça momentum değeri azalır. Aldığımız sonuçlarda açısı büyükten küçüğe doğru sıralandığında örnek numune 5, örnek numune 4 ve örnek numune 6 olur. Bu sonuçtan momentumu küçük olan numunemiz 6, büyük olan ise örnek numune 5'tir.

5.SONUÇ

Toblo 5.1 Enerjileri sırayla 5×10^8 , 10^7 , 10^9 olan numunelerden elde edilen parçacık değerleri

Enerji	10^7	5×10^8	10^9
Gama Sayıları	1.895607×10^4	1.235×10^6	2.74×10^6
Elektron Sayısı	4.964352×10^3	2.798×10^5	5.53×10^5
Pozitron Sayısı	4.115352×10^3	2.476×10^5	4.59×10^5
MU - (μ^-)	12116.0	516157.5	919439.2
MU + (μ^+)	12397.8	519623.7	915424.6
PI 0 (π^0)	7.0	400.8	414.1
PI - (π^-)	12.4	479.3	315.4
PI + (π^+)	10.8	461.1	840.3
İşlemci Zamanı			

Enerji arttıkça gama, elektron, pozitron, muon değerlerinde artma görüldü. Ayrıca enerji artıkça genel olarak PI 0 (π^0)’da artma ve PI - (π^-)’de azalma görüldü. Enerji değeri büyüdükçe Tau daha az elde edildi.

Toblo 5.2 Seyreltme (thin) değerleri sırasıyla 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} olan numunelerden elde edilen parçacık değerleri

Thinning Değerleri	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7} (duşlar elde edilemedi.)
Gama Sayıları	2.324×10^6	2.74×10^6	-
Elektron Sayısı	4.162×10^5	5.53×10^5	-
Pozitron Sayısı	3.568×10^5	4.59×10^5	-
MU - (μ^-)	859507.6	919439.2	-
MU + (μ^+)	879540.0	915424.6	-
PI 0 (π^0)	0.0	414.1	-
PI - (π^-)	915.7	315.4	-
PI + (π^+)	380.1	840.3	-
İşlemci Zamanı			

10^{-5} , 10^{-6} thin değerlerinde dedektöre duşlar ulaşır. Fakat 10^{-7} thin değerinde ise dedektöre duşlar ulaşamaz. Thin değeri büyüdükçe parçacık sayılarında azalma görülür. Dolayısıyla daha az Tau parçacığı elde edilir. Thin değeri büyük olan numune simülasyonunu daha kısa sürede tamamlar.

Tablo 5.3 Açı değerleri sırasıyla 91°, 92°, 93° olan numunelerden elde edilen parçacık değerleri

Açı Değerleri	91° -91.5°	92° -92.5°	93° -93.5°
Gama Sayıları	8.8726x10 ⁵	2.74X10 ⁶	1.4X10 ⁷
Elektron Sayıları	1.3412x10 ⁵	5.53X10 ⁵	6.79X10 ⁶
Pozitron Sayıları	1.2438x10 ⁵	4.59X10 ⁵	5.68X10 ⁶
MU - (μ^-)	344284.7.	919439.2	1359771.5
MU + (μ^+)	360591.6	915424.6	1378332.2
PI 0 (π^0)	304.3	414.1	19988.3
PI - (π^-)	188.9	315.4	11334.2
PI + (π^+)	176.6	840.3	11116.5
İşlemci Zamanı			

Açı büyüdükçe parçacık sayısında artma görüldü. Dolayısıyla Tau parçacıkları daha çok elde edilir. Teta açısı 95° ve üzeri, 90° ve altı olduğunda herhangi bir deneysel veri alınamadı.

Sonuç olarak, bu çalışmada Dünya yüzeyinden dedektörlere gelen kozmik ışınlardan üretilen $\tau^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ kanalını gözlemlemek için gerekli parametreleri optimize etmeye çalıştık. Buna göre dedektörleri kuracağımız dağ yamacının 92,5°'lik bir açıda olması gerektiği, gelen parçacıkların enerjilerinin 10⁹ eV ve seyreltme değerinin 10⁻⁶ olması gerektiği sonucuna vardık. Corsika simülasyonundan elde ettiğimiz sonuçlar Ek 3'te yer almaktadır.

KAYNAKLAR

- 1 High Frequency rays of Cosmic Origin III. Measurements in snow-fed lakes at high Altitudes, R.A Millikan and G.Harvey Cameron, The Physical Review, Second Series, November, 1926, Vol. 28, No.5
- 2 <http://www.cosmicrays.org/> (24.04.2008)
- 3 Gilmore, R. 1992 Single Particle Detection and Measurement Taylor & Francis)
- 4 Longair, M. 1992 High Energy Astrophysics, Volume 1 Cambridge University Press.
- 5 AttenCHN <http://www.staff.city.ac.uk/~micfar/s'waredownloads.htm> /cosmic rays (28.09.2007)
- 6 Cosmic Rays, S. Eidelman et al., Physics Letters B592, 1 (2004)
- 7 Thin Cosmic Rain, M. W. FRIEDLANDER, Harvard University Press (2000)
- 8 K.Bernlöhr, 1999
- 9 Detection of Muons, Dmitri Denisov, Fermilab, Academic Lecture, April 5 2000.
- 10 Leimddorter,A."On the Transformation of the Transport Equation for Solving Deep Penetration Problems by the monte carlo metod,"Trans. Chalmers Univ. Technol, Gothenbers. No:286,1964
- 11 Ürün.,G.,Menkinli C.T. "Applications of monte carlo simulation in petroleum exploration and production as a method of risk analysis" TPJD bülteni, cilt 15, sayı 01haziran, 2003
- 12 Ulam,S.,Metropolis ,N.,"The Monte Carlo Method,"j.amer.Stat.assoc.,44,335,1949
- 13 Lux.,I.,Koblinger,L."Monte Carlo Particle Transport Methods,Neutron and Photon Calculations ,CRC Pres,boc raton.,1991
- 14 Foster,D.G.,Artur,"Avarege Neutronic Properties of "Prompt" Fission Products," Los Alamos National Laboraty Report LA-9168-MS,February 1982
- 15 Hammerssley,J.M.,"Monte Carlo Methods for solving multivariable problems. "Ann. Newyork Acad. Sci.86,844-874
- 16 Briesmeister, J., "RSIC Computer Code Collection MCNP4A, Monte Carlo N-Particle Transport Code System", Los Alamos National Laboratory, New Mexiko, 1993.
- 17 Spanier,J.," Monte Carlo Methods and their application to neutron transport problems", USAEC report WAPPD-195,Bettis atomic power laboratory,july 1959
- 18 Morton,K.W.,"On the tratment of monte carlo methods in textbooks. "Math. Tab. Aids Comput.10,223-224
- 19 T. Antoni et al. (KASCADE Collaboration), *Nucl. Instr. Meth. A* 513 (2003) 490
- 20 K.-H. Kampert et al. (KASCADE-Grande Collaboration), *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* 122 (2003) 422; G. Navarra et al. (KASCADE-Grande Collaboration), *Nucl. Instr. Meth.*

- 21 D. Heck et al., Report FZKA 6019 (1998), Forschungszentrum Karlsruhe; http://www.wik.fzk.de/corsika/physicsdescription/corsika_phys.html
- 22 J.N. Capdevielle et al., Report KfK 4998 (1992), Kernforschungszentrum Karlsruhe
- 23 J. Ranft, *Phys. Rev. D* 51 (1995) 64; preprint *hep-ph/9911213* and *hep-ph/9911232* (1999)
- 24 N.N. Kalmykov and S.S. Ostapchenko, *Yad. Fiz.* 56 (1993) 105; *Phys. At. Nucl.* 56 N3 (1993) 346; N.N. Kalmykov, S.S. Ostapchenko, and A.I. Pavlov, *Izv. RAN Ser. Fiz.* 58 (1994) N12 p.21; N.N. Kalmykov, S.S. Ostapchenko, and A.I. Pavlov, *Bull. Russ. Acad. Science (Physics)* 58 (1994) 1966; N.N. Kalmykov, S.S. Ostapchenko, and A.I. Pavlov, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* 52B (1997) 17; S.S. Ostapchenko, private communications (2001)
- 25 S.S. Ostapchenko, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* 151 (2006) 143 and 147; *Phys. Rev. D* 74 (2006) 014026
- 26 R.S. Fletcher, T.K. Gaisser, P. Lipari, and T. Stanev, *Phys. Rev. D* 50 (1994) 5710; J. Engel, T.K. Gaisser, P. Lipari, and T. Stanev, *Phys. Rev. D* 46 (1992) 5013
- 27 R. Engel, T.K. Gaisser, P. Lipari, and T. Stanev, *Proc. 26th Int. Cosmic Ray Conf.*, Salt Lake City (USA), 1 (1999) 415; R. Engel, private communications
- 28 K. Werner, *Phys. Rep.* 232 (1993) 87
- 29 H.J. Drescher et al., *Phys. Rep.* 350 (2001) 93
- 30 K. Werner, F. M. Liu and T. Pierog, *Phys. Rev. C* 74 (2006) 044902
- 31 H. Fesefeldt, Report PITHA-85/02 (1985), RWTH Aachen
- 32 A. Fass`o, A. Ferrari, S. Roesler, P.R. Sala, G. Battistoni, F. Cerutti, E. Gadioli, M.V. Garzelli, F. Ballarini, O. Ottolenghi, A. Empl, and J. Ranft, *The physics models of FLUKA: status and recent developments*, Computing in High Energy and Nuclear Physics 2003 Conference (CHEP2003), La Jolla, CA (USA), March 24-28, 2003 (paper MOMT005); eConf C0303241 (2003); arXiv:hep-ph/0306267; <http://www.fluka.org/>
- 33 S.A. Bass et al., *Prog. Part. Nucl. Phys.* 41 (1998) 225; M. Bleicher et al., *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* 25 (1999) 1859; <http://www.th.physik.uni-frankfurt.de/~urqmd/>
- 34 W.R. Nelson, H. Hirayama, and D.W.O. Rogers, Report SLAC 265 (1985), Stanford Linear Accelerator Center; <http://www.slac.stanford.edu/pubs/slacreports/slac-r-265.html>; http://www.irs.inms.nrc.ca/inms/irs/EGS4/get_egs4.html
- 35 A.A. Lagutin, A.V. Plyasheshnikov, and V.V. Uchaikin, *Proc. 16th Int. Cosmic Ray Conf.*, Kyoto (Japan), 7 (1979) 18; J.N. Capdevielle for KASCADE Collaboration, *Proc. 22nd Int. Cosmic Ray Conf.*, Dublin (Ireland), 4 (1991) 405
- 36 G. Corcella et al., *JHEP* 0101 (2001) 010; G. Marchesini et al., *Comp. Phys. Comm.* 67 (1992) 465; <http://hepwww.rl.ac.uk/theory/seymour/herwig/>
- 37 J. Knapp, D. Heck, and G. Schatz, Report FZKA 5828 (1996), Forschungszentrum Karlsruhe; <http://www-ik.fzk.de/corsika/modelcomp/>; J. Knapp, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* 75A (1999) 89; D. Heck et al. (KASCADE Collaboration), *Proc. 27th Int. Cosmic Ray Conf.*, Hamburg (Germany), (2001) 233; J. Knapp et al., *Astropart. Phys.* 19 (2003) 77; D. Heck, M. Risse, and J. Knapp, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* 122 (2003) 40
- 38 D. Heck, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* 151 (2006) 127

- 39 J. Knapp and D. Heck, Report KfK 5196B (1993), Kernforschungszentrum Karlsruhe; for an up-to-date version see http://www-ik.fzk.de/corsika/usersguide/corsika_tech.html
- 40 V.L. Ginzburg and S.I. Syrovatskii, "Origin of cosmic rays", The Macmillan Co., New York (1964).
- 41 S. Nagataki, *Astrophys. J.* 600 (2004) 883.
- 42 W. Bednarek, *Astron. Astrophys.* 407 (2003) 1.
- 43 A.D. Erlykin, T. Wibig and A.W. Wolfendale, *New Journal of Physics* 3 (2001) 18.
- 44 J. Arons, *Astrophys. J.* 589 (2003) 871.
- 45 W. Bednarek and R. J. Protheroe, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 302 (1999) 373, astro-ph/9802288.
- 46 K. Greisen, *Phys. Rev. Lett.* 16 (1966) 748; G.T. Zatsepin and V.A. Kuzmin, *JETP Lett.* 4 (1966) 78.
- 47 D. Fargion, B. Mele, A. Salis. *Astrophys. J.* 517 (1999) 725, astro-ph/9710029.
- 48 V.K. Dubrovich, D. Fargion, M.Y. Khlopov. (*Astropart. Phys.* 22 (2004) 183.
- 49 D. Elsaesser and K. Mannheim, *Astropart. Phys.* 22 (2004) 65, astro-ph/0405347.
- 50 P. Bhattacharjee, G. Sigl, *Physics Report* 327(2000) 109-247
- 51 P. Niessen (for the Amanda Collaboration), astro-ph/0306209.
- 52 For example, <http://icecube.wisc.edu>
- 53 D. DeMuth et al., *Astropart. Phys.* 20 (2004) 533.
- 54 Fargion, A. Aiello, R. Conversano, 26th ICRC, Salt Lake City, USA, HE.6.1.10, pp. 396398(1999)
- 55 D. Fargion, *Astrophys. J.* 570 (2002) 909.
- 56 D. Fargion, et. al; *Astrophys. J.* 613 (2004) 1285, hep-ph/0305128.
- 57 J.L. Feng et al., *Phys. Rev. Lett.* 88 (2002) 161102.
- 58 X. Bertou et al., *Astropart. Phys.* 17 (2002) 183.
- 59 M. M. Guzzo and C. A. Moura, hep-ph/0504270.
- 60 E. Zas, astro-ph/0504610.
- 61 J.F. Beacom et al., *Phys. Rev. D* 68 (2003) 093005.
- 62 Z. Cao, M.A. Huang, P. Sokolsky and Y. Hu, astro-ph/0411677.
- 63 S. J. Sciutto, Aires, "A system for air shower simulations" (v 2.8.0) March 2005.
- 64 M. Iori, A. Sergi and D. Fargion, astro-ph/0409159.
- 65 D. Fargion et. al., astro-ph/0501079
- 66 T. Gaisser and AM Hillas, *Proceedings of the 15th ICRC, Plovdiv, Bulgaria*, 8 (1977) 353.

67 J.F. Beacom, P. Crotty and E. W. Kolb, Phys. Rev. D 66 (2002) 021302.

68 <http://pdg.lbl.gov/2009/download/rpp-2008-booklet.pdf>

69 M. Haffke (Univers. Dortmund, Germany), private communication (2007)

70 D. Heck, Report FZKA 7254 (2006), Forschungszentrum Karlsruhe; <http://www-ik.fzk.de/~heck/publications/>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Günay MERHAN

Doğum Yeri : Susuz-KARS

Doğum Tarihi : 20.06.1984

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl) :

Lise : Anadolu Lisesi

Lisans : Kafkas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik bölümü

Yüksek Lisans: Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Enerji ve Plazma A.B.D

EKLER

EK 1

1.1 Corsika Program Dosyasını Hazırlama

Corsika'nın dosya yapısını **tar xvf corsika-6900.tar** komutuyla **corsika-6900.tar** paketini açarak kurabilirsiniz. Corsika kurulumu ile ilgili soruların cevabını Corsika'da bulunan **./coconut'** program paketinde bulabilirsiniz.

1.2 Corsikada Simülasyon Yöntemi

Hava duşlarındaki simülasyonun görüntü kart formatındaki MONIIN (MONItor INput) ünitesi üzerinde verilen şifre tarafından yönetilir.

KEYWRD arg1 arg2 arg3 ... arg\$n\$ comments

Şifre ve argumanlar silinme ile minimum ayrılacaktır. Eski argumanlar 80 sütuna kadar açıklama ile gösterilecektir. Eklenen açıklamalar Del tarafından gösterilen **c** veya **C**, birinci karakter veya * karakteriyle kayıtlı silmelerin ilk 6 karakteri ile ayrılmış kart üzerinden verilecektir. 'IACT' ile kart başlangıcı IACT tercihinde kart açıklamasıyla eklenerek işlem görülür. İçteki bütün karakterleri kapsayan şifrelerde **EOPAR, DIRECT, HISTDS, HOST, IACT, INFILE, NEXPAR, TELFIL** ve **USER** gösterilen karakterler hariç büyük durum karakterlere dönüştürülür. Eğer istersen silme tarafından bu karakter argumanların bir kesme veya tırnak işaretinin nitelendirmeye silmesini kapsayacaktır. Şifre yönetiminin sıra numarası isteğe göredir. Geçerli şifre, iç içe arguman ismi, doğal (A:karakter, F:kaydırma, I:tamsayı, L:mantık), varsayılan kurulum, açıklamalar ve sınırlar gösterildiğinde listelenir. Corsika gibi bazı argumanların yalnız limit oranları için geçerli olan kodu kapsayan parametreleştirmeler ve yaklaşımlar, enerji oranları 10^{11} - 10^{20} eV arasında olan EAS simülasyonu ilk kez dizayn edildi. Önerilen alandan çıkıldığında bir hata mesajı alınır. Programın çalışması durumunda doğru olmayan sonuçlar alınır.

1.2.1 Çalışma Sayısı

RUNNR NRRUN
Format: (A5, I), varsayılan: 1

NRRUN: bu simülasyonun çalışma sayısı. Bu sayı çıkış dosyalarındaki form bölümünde kullanılır.

Limit: $0 \leq \text{NRRUN} \leq 999\,999$

1.2.2 Birinci Olayın Sayısı

EVTNR SHOWNO

Format: (A5, I), varsayılan: 1

SHOWNO: bir duşun olay sayısıdır. İkinci duş buna benzer SHOWNO+1 sayısı elde edilecektir.

Limit: $1 \leq \text{SHOWNO} \leq 999\,999$

1.2.3 Rastgele Sayı Üreticisini Başlatma

SEED ISEED (i, k) i=13

Format: (A4, 3I), varsayılan: k, 0, 0

ISEED(1, k): rastgele sayı sıralamasındaki k'nın başlangıcını kapsar.

ISEED(2,3, k): $N_{in} = \text{ISEED}(2, k) + 10^9 \cdot \text{ISEED}(3, k)$ genellikle başlangıç için performansındaki N_{in} çağırılma sayısını kapsar.

Genelde k=1-5 sıralamaları kullanılır: Hadron duşu için sıralama 1, EGS4 bölümü için 2, Cherenkov fotolarının simülasyonu için 3, Cherenkov teleskop sistemlerinin rastgele uzaklıkları için 4, NUPRIM seçeneğinde HERWIG programı için 5 seçilir. Bunların klavye çizgisinin ortaya çıkan sıralamaların görüntü aktivasyonudur. **Minimum 2 başlangıcı aktivasyon olacaktır.**

Rastgele sayılar farklı alınırsa değiştirilmiş ISEED(1, k) yeterlidir. Olayları ve diğer bölüm fonksiyonları IACT seçeneğinde seçildiği zaman rastgele üretici durumlar kullanılacaktır.

Sınır (rastgele sayıların serbest sıralamasını verir): $1 \leq \text{ISEED}(1, k) \leq 900\,000\,000$

1.2.4 Duşların Sayısı

NSHOW NSHOW

Format:(A5, I), varsayılan: 10

NSHOW: Çalışmada genel olarak duşların sayısını verir.

Sınır: $\text{NSHOW} \geq 1$

1.2.5 Birincil Parçacık Tanımlanması

PRMPAR PRMPAR

Format: (A6, I), varsayılan: 14

PRMPAR: İlk parçacığın parçacık tipini verir. Örneğin parçacık kodları için tablo 1.3.1 bakınız.

Vektör mezonlar, titreşimler ve önemli parçacıklar kısa yaşam süreleri vardır. İlk nötrinolar yalnız NUPRIM seçeneğinde kullanılacaktır. Kütle numaraları 5 veya 8 ile kararsız çekirdekler çapraz-seçimde diğer modları için belirlenmeyecek yalnız SIBYLL ve QGSJET ile kullanılacaktır.

Sınır: $1 \leq \text{PRMPAR}(1) \leq 5699$.

Bu şifre STACKIN seçeneğinde kullanılmaz.

1.2.6 Enerji Alanı

ERANGE

LLIMIT

ULIMIT

Format (A6, 2F), varsayılan: 1.E4, 1.E4

LLIMIT: düşük sınırı verir.

ULIMIT: İlk parçacığın enerji alanındaki (GeV) üst sınırıdır. İlk enerji mesafeden dolayı rastgele seçilir. Eğer LLIMIT=ULIMIT ise ilk enerjiyle değerler karışır. Enerjiler parçacıktan kalan kütlelerin toplam enerjisidir.

Sınır: LLIMIT > HILOW (çekirdek için varsayılan 80 GeV/nükleon dur.). Bu sınır bir basit süper pozisyon modelidir. Birinci foton ve elektronlar için ULIMIT $\leq 1.E11$ GeV (Fakat etkili olmayan LPM'den bakmadan saklanan NKG'yi kapsamaktadır.); üst sınırdaki olmayan birinci hadronlar ve çekirdekler içindir fakat kullanıcı seçilen hadronik etkileşim modelinin üzerinde almalıdır[37]. O HDPM için tavsiye edilir.

Bu şifre STACKIN seçeneğinde kullanılmaz.

1.2.7 Spektrumun Eğimi

ESLOPE

PSLOPE

Format:(A6, F), varsayılan: 0.

PSLOPE: Farklı birinci enerji spektrumunu γ sembolüyle ifade edilir. Birinci enerjiler

$$\frac{dN}{dE_0} \propto E_0^\gamma \quad 1.4.7.1$$

1.4.7.1formülündeki değerler enerji spektrumundan rastgele alınmaktadır. PSLOPE birinci enerjinin durumundan anlaşılmamaktadır. Enerjiler parçacığın hareketsiz külesini kapsayan ve toplam enerjileridir. Bu şifre STACKIN seçeneğinde kullanılmaz.

1.2.8 Zirve (Zenith) Açısı Tanımı

THETAP THETPR(1) THETPR(2)

Format: (A6, 2F), varsayılan:0., 0.

THETPR(1): Birinci parçacığın (açı ölçüsü (in°)) zirve açısının düşük sınırınıdır.

THETPR(2): Birinci parçacığın (in°) zirve açısının yüksek sınırınıdır.

Zirve açısı gökyüzünün bütün katı açı elementlerinden eşit parçacık akıları yönünden bir manada bu mesafenin dışında rastgele seçilir ve geniş detektörler horizontal düzenlemesi tarafından kaydedilir. THETPR detektöre düşen horizontal açıdır. THETPR(i)=0 da dikeydir. Eğer THETPR(1)=THETPR(2) ise zirve açısının değerleri karışıktır.

Sınır: $0 \leq \text{THETPR}(i) \leq 70$

1.2.9 Güney(Azimuth) Açısı Tanımı

PHIP PHIPR(1) PHIPR(2)

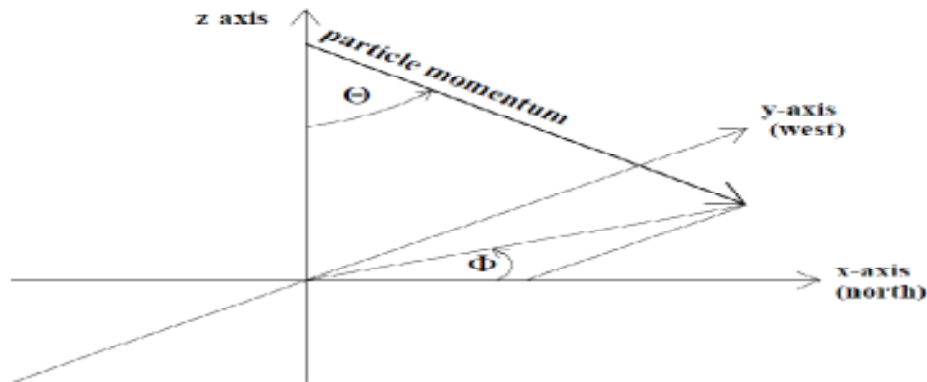
Format:(A4, 2F), varsayılan:0., 0.

PHIPR(1): Birinci parçacığın (açı ölçüsü (in°)) güney açısının düşük sınırınıdır.

PHIPR(2): Birinci parçacığın (açı ölçüsü (in°)) güney açısının yüksek sınırınıdır.

Güney açısı mesafenin dışında rastgele seçilir. Eğer PHIPR(1)=PHIPR(2) ise güney açısının değerleri karışıktır. Batı noktası $\theta=90^\circ$ için duş ekseninin kuzey magnetik noktası $\theta=0^\circ$ için aşağıdaki Corsikada koordinat sitemi bakınız.

Sınır: $-360 \leq \text{PHIPR}(i) \leq 360$



1.2.10 Koni Görünümünün Ayrıntıları

VIEWCONE VUECON(1) VUECON(2)

Format:(A8, 2F), varsayılan:0., 0.

VUECON(1): Koni görünümünün (açı ölçüsü(in°)) içerideki sınır açısı.

VUECON(2): Koni görünümünün (açı ölçüsü(in^0)) dışarıdaki sınır açısı.

VIEWCONE bölümü içten ve dıştan kapalı VUECON(1) ve VUECON(2) ile birinci yönleri karışık olan THETPR(1) ve PHIPR(1)'de dairesel koni etrafında birincilerin yönü seçilir. Detektör geometrisinde seçime bağlı olan açısız zirveleri, geniş horizontal yönleri için seçilir. Sınır: $0 \leq \text{VUECON}(1) \leq \text{VUECON}(2) < 90$. Program geçerliliği, açılar ötesindeki alanla genel duşların arasındadır. Bu şifre yalnız VIEWCONE bölümünde hazırdır.

1.2.11 Başlangıç Yüksekliği

FIXCHI THICK0

Format: (A6, L), varsayılan: 0

THICK0: Birinci parçacığın (kütle g/cm^2) başlangıç yüksekliği bütün duşlar için ayarlanır. Bu seçimler birinci etkileşiminin yüksekliği FIXHEI > 0 tarafından ayarlanırsa etkili olmayabilir. Seçilmiş olan atmosfer yüksekliğinin içerisinde alt-duşların başlamasının gelişiminde bu klavye ile gösterilmiştir. Başlangıç yüksekliği düşük gözlem seviyesinin üstünde olacaktır.

Başlangıç yüksekliği yukarıya doğru birinci parçacıkla UPWARD bölümünde gözlem seviyesinden aşağıda olacaktır.

Sınır: $0 \leq \text{THICK0}$

1.2.12 Geliş Zamanının Başlangıç Noktası

TSTART TMARGIN

Format: (A6, L), varsayılan: 0., 0

TMARGIN: Seçilmiş alandaki geliş zaman skalasının başlangıç noktasını bildirir. Eğer TMARGIN= .false. ise ilk etkileşimdeki dış saatin başlangıcıdır. Eğer TMARGIN= .true. ise atmosfer içine girişin iç saatte başlama başlangıcıdır. İlâveten kayıp enerji iyonlaşması, yeryüzünün magnetik alan içindeki yönü ve genel Cherenkov fotonlarının atmosfer başlangıcı arasındaki yol üzerinde hadronik veya müonik birinci yükler için sağlamaktadır ve başka türlü olan ilk etkileşimler standart versiyonunda yetersiz olabilir. İlk etkileşimin yüksekliği TMARGIN= .true. için olay başlık sayfasındaki büyük parçasının 7 elementi negatif yazacaktır.

Bu klavye CURVED, SLANT veya STACKIN bölümlerinde hazırlanmaz ve TMARGIN, CURVED ve SLANT bölümlerinde varsayılan tarafından **.true.** ayarlanır.

1.2.13 İlk Etkileşim Tanımı

FIXHEI FIXHEI N1STTR

Format: (A6, F, I), varsayılan: 0., 0

FIXHEI: Fix'ler çalışmalarda bütün duşlar için hadronik birincilerinin ilk etkileşimlerinin yüksekliğidir. Eğer FIXHEI=0 ise ilk etkileşime uygun olan serbest yola göre rastgele özelliğidir. İlk etkileşiminin karışık yüksekliği ve kararsız hadronik birincinin durumunda bozulmayacaktır. Bu karışık yükseklik düşük gözlem seviyesinin üstünde olacaktır. Eğer FIXHEI > 0 ayarlanabilirse birincinin başlangıç yüksekliği etkili olmayacaktır.

Klavye FIXHEI de CURVED bölümünde birinci parçacık için kullanılmayacaktır.

Başlangıç yüksekliğinde yukarıya doğru birinci parçacıkla UPWARD bölümünde gözlem seviyesinin aşağısındadır.

FIXHEI, STACKIN bölümünde harici davranan etkileşimlerinin ilkinin yüksekliği tayin edilmek istenecektir.

N1STTR: İlk etkileşiminin hedef Fix'leri atmosferik bolluğa göre seçilen 1= Nitrojen, 2=Oksijen, 3=Argon, else=rastgeledir. Bu bölümler yalnız $E_{lab} \geq HILOW$ 'un nükleon tarafından bir enerjiyle birinciler yani yüksek enerji hadronik birincileri için uygulanabilir. Birde NUPRIM bölümünde kullanılabilir. İstikrarsız hadronik birincilerin durumu ve önceden kararlaştırılmış hedefin ilk etkileşiminde bozulma olmayacaktır.

Sınır: $0 \leq FIXHEI < \text{atmosfer model 1 için } 112.8E5 \text{ cm atmosferin sınırı} < MODATM < 9$
veya $MODATM > 17$

1.2.14 Yüzeysel Oluş Sıklığı

IMPACT HIMPACT(1) HIMPACT(2)

Format:(A6, 2F), varsayılan:0., 0.

HIMPACT(1): Horizontal duş ekseninin minimum yüksekliği için düşük (cm) değerdir.

HIMPACT(2): Horizontal duş ekseninin minimum yüksekliği için üst (cm) değerdir. Gerçek minimum yüksekliği değişmez, dağılımla bu mesafenin dışında rastgele seçilir. Şifre THETAP tarafından verilen zirve açısı, gerçek minimum yükseklikten hesaplanmamalıdır.

Sınır: $OBSLEV(1) \leq HIMPACT(i) \leq \text{minimum (atmosfer sınırının FIXHEI, FIXCHI[1} < MODATM < 9 \text{ veya MODATH} > 17 \text{ atmosferik modeller için } 112.8E5 \text{ cmdir]})$

Şifre yalnız UPWARD bölümüyle CURVED bölümünün kombinasyonunda hazırlanır.

1.2.15 Giriş Dosya İsmi Düzenlenmesi

INFILE FILINP

Format: (A6, A64), varsayılan: ‘ ’

FILINP: İsim dosyası, ikincil parçacıklarının parametrelerindeki giriş dosyasını kapsayan isimler ve yöneticiler bulunur. FILINP’ın küçük durum karakterleri büyük harfle değiştirilmez. ‘home’ gibi UNIX isimlerinin FORTRAN otomatik olarak gelişmesi mümkün olmadığından lütfen aklınızda tuttuğunuz ‘I’ karakteriyle kullanıcı sonunda kendi belirlediği ismi verecektir.

Sınır: FILINP ~ karakteriyle başlanamaz.

Şifre yalnız STACKIN bölümünde hazırlanır.

1.2.16 Atmosferik Model Seçimi

ATMOD MODATM

Format: (A5, I), varsayılan: 1

MODATM: Atmosferik parametrelerin sayısını vermektedir.

MODATM=0: ATMA, ATMB, ATMC ve ATMLAY (çoğu üst tabakalar değişmez) şifreleri tarafından da okunan atmosferi verir.

Sınır: $0 \leq \text{MODATM} \leq 22$.

1.2.17 A(i) Atmosferik Parametreler

ATMA AATM1 AATM2 AATM3 AATM4 (AATM5)

Format: (A4, 4F) varsayılan: 0., 0., 0., 0., (ATMOD 0 için)

Değişim: (A4, 5F) varsayılan: 0., 0., 0., 0., 0., (ATMOD 10 için)

AATM(i): Atmosferik model #0’ın 4 tabakası için A-parametreleridir. Atmosferik model #10’un 5 tabakası için A-parametreleridir. 5. tabakanın bir tabakası eksilirse U.S standart atmosferin aynı parametrelerini kullanan ATMOD=0’un durumundan dolayı üzerine kaydeder.

Sınır: $0 < \text{AATM5}$

1.2.18 B(i) Atmosferik Parametreler

ATMB BATM1 BATM2 BATM3 BATM4

Format: (A4, 4F) varsayılan: 0., 0., 0., 0., (ATMOD 0 için)

BATM(i): Atmosferik model #0'ın 4 tabakası için B-parametreleridir. 5. tabakanın bir tabakası eksilirse U.S standart atmosferin aynı parametrelerini kullanılır. ATMOD=0 veya 10 da kullanılabilir.

Sınır: BATMi≠0.

1.2.19 C(i) Atmosferik Parametreler

ATMC CATM1 CATM2 CATM3 CATM4 (CATM5)

Format: (A4, 4F) varsayılan: 0., 0., 0., 0., (ATMOD 0 için)

Format: (A4, 5F) varsayılan: 0., 0., 0., 0., 0., (ATMOD 10 için)

CATM(i): Atmosferik model #0'ın 4 tabakası için C-parametreleridir. Atmosferik model #10'un 5 tabakası için C-parametreleridir. 5. tabakanın bir tabakası eksilirse U.S standart atmosferin aynı parametrelerini kullanan ATMOD=0'un durumundan dolayı üzerine kaydeder.

Sınır:0.<CATMi>0.

1.2.20 Atmosferik Tabaka Sınırları

ATMLAY HLAY2 HLAY3 HLAY4 HLAY5

Format: (A6, 4F), varsayılan:4.D5, 10.D5, 40.D5, 100.D5

HLAYi: Atmosferik modeli için # 0 veya 10'un tabakaları düşük sınırlarıdır. 0'ın değerleri HLAY1 için ayarlanır. Özelliğine bakılmadan MODATM=1'in varsayılan değerleri için MODATM=0 ve 10 için kullanılır. Varsayılan değerlerin (MODATM ≠0 ve ≠10) diğer modelleri için seçilen MODATM modelidir. Yalnızca ATMOD=0 veya 10'la kullanılabilir.

Sınır: 0. < HLAYi

1.2.21 Harici Tabaka Halindeki Atmosferler

ATMOSPHERE IATMOX FREFRX

Format: (A10, I, L), varsayılan: 0,F

IATMOX: CORSİKA yapı modelindeki atmosferik model olan IATMOX=i'in (yoğunluk ve aksettirici index terimleridir) MODTRAN'daki kullanımınıdır[39]. MODTRAN modeli, atmosferlerin nasıl olmasını istediğimiz bir isim dosyası olan **atmprofi.dat** 'bernlahr' paketini kapsar: tropikal(i=1), orta-derecedeki yazlar (2), orta-derecedeki kışlar (3), düşük-derecedeki yazlar (4), düşük-derecedeki kışlar (5) ve 1997 deki U.S. standart atmosferler (6) ile sağlanmaktadır. İlâveten yaz (7) ve kış (8) atmosferler La Palma üzerinden MAGIC

Cherenkov teleskopu için sağlanmaktadır[69]. Atmosfer (9) South Pole'deki kış atmosferini vermektedir.

FREFRX: Eğer .true ise Cherenkov fotonları için atmosferik kırılımların içindeki açıklamaları (düzlem-paralel atmosferler için) verilir. Eğer .false ise kırılımlara önem verilmez. Eğer CHERENKOV bölümü seçmezseniz, ikincil argümanların değerlerini önem verilmez.

Şifre yalnız 'bernlöhr' paketinin **atmo.c** programlarıyla halka sisteminin ve ATMEXT bölümünde hazırlar.

1.2.22 Yeryüzünün Magnetik Alanı

MAGNET BX BZ

Format: (A6, 2F), varsayılan: 20.40, 43.23

BX: Detektörün x yönündeki yeryüzü magnetik alanın (μT) horizontal parçasıdır.

BZ: Yeryüzünün magnetik alanının aşağı doğru olan düşey parçasıdır. Varsayılan değerler Karlsruhe yeri için magnetik alanı göstermektedir. Diğer yerlerin değerleri geniş internet ağında on-line olarak hazır olacağından **Geomag** programında bulunacaktır. BZ 'Z' değerlerinin, BX ise Geomag haberleşmenin H değerleridir.

Sınır: BX, BZ \neq 0.

1.2.23 Ön-Duşlar İçin Deneysel Koordinatlar

GCOORD GLONG GLAT GRFYEAR IPREPR IPRSTP

Format: (A6i 2F), varsayılan: -69.585, -35.463, 2003., 1, 0

GLONG: Deneylelerin (batı uzunluğu negatiftir) coğrafik uzunluklarını verir.

GLATI: Deneylelerin (kuzey uzunluğu negatiftir) coğrafik uzunluklarını verir.

GRFYEAR: Deneylelerin yılını verir(magnetik alanın zamanla değişmesidir). Bu koordinatlar ultra yüksek enerjili birincil fotonlar tarafından ön-duşları kapsayan durumlarda, deney pozisyonların atmosferin etrafında, yeryüzü küresinin magnetik dipol alanından hesaplanarak verilir.

IPREPR: Gösterilen yazı; IPREPR \leq 0 ön-duş yazılımını sağlar. IPREPR=1, MAXPRT veya DEBUG durumlarının ön-duşların ayrıntılarını yazdırır. IPREPR \geq 2 daima ön-duşların ayrıntısını yazar.

IPRSTP= Ön-duşlarından meydana gelen IPRSTP \neq 0 olaylarından saçılmasıdır.

Sınır: -180. \leq GLONG \leq 180.; -90 \leq GLATI \leq 90.; 1965 \leq GRFYEAR \leq 2005.

Şifre yalnız PRESHOWER bölümünde hazırlanabilir.

1.2.24 DPMJET Seçilmiş Bölge (Flag)

DPMJET FDPMJT LEVLDP

Format: (A6, L, I), Varsayılan: T, 0

Flag: seçilmiş alan, işaretlenmiş bölge

FDPMJT: Eğer .true. ise DPMJET programı, yüksek enerjili hadron etkileşimlerinin işlemi yapar.

LEVLDP: DEPUG durumundaki DPMJET kodu için debug veriminin değerini verir. Debug veriminin 8'e kadar artmasıyla daha da çok ayrıntı alınır. Bu verim her zaman aynı olmaz ve daima 6 ünite üzerinden meydana gelir.

Sınır: $0 \leq \text{LEVLDP} \leq 8$

Bu şifre yalnız DPMJET bölümünü hazırlanır.

1.2.25 DPJSIG Seçilmiş Bölge (Flag)

DPJSIG FDPJSG

Format: (A6, L), Varsayılan: T

FDPJSG: Eğer .true. ise DPMJET yüksek enerjili hadronik çapraz-seçimlerde kullanılır. Eğer .false. ise varsayılan seçim tanımlanır.

Bu şifre yalnız DPMJET bölümünde hazırlanır.

1.2.26 EPOS Seçilmiş Bölge (Flag)

EPOS FNEXUS ISHON

Format: (A5, L, I), varsayılan: T, 0

FNEXUS: Eğer .true. ise EPOS programları yüksek enerjili hadronik etkileşim işlemi yapar.

Eğer .false. ise HDPM programları yüksek enerjili hadronik etkileşimlerin işlemi yapar.

ISHON: EPOS programı için debug verimi hakkında karar verir. Verim ISHON > 0 sayısını kapsayarak daha da çok ayrıntı almaktadır. MDEBUB ünitesi üzerinden meydana çıkan verimdir. Daha çok bilgi için EPOS dökümanını araştırılmalıdır. İlâveten depugging EOPAR print... kullanılan yazı parametrelerinin ayarlanmasıyla etkilidir. Bu debug verimi **ifch** dosyasında yazmaktadır.

Sınır: $0 \leq \text{ISHON} \leq 9$

Bu şifre yalnız EPOS bölümünde hazırlanır.

1.2.27 EPOS Parametreleri

EPOPAR parcha

Format: (A6, A74), varsayılan: ‘ ’

Parcha: **epos-bas-xxx.f.** program bloğunun alt programının okumasıyla okunan komut çizgisidir. Mümkün olan komut çizgisi EPOS dökümanında tanımlanır. Küçük durum karakterleri kullanılır. Parcha'nın küçük durum karakterinin baş harfleri değiştirilemez. Giriş parametrelerinde kullanılan, set nevent, run veya stop komutlarını kullanmadan sonuçlar veya gürültüler elde edilemez. Yalnız **epos.inixx** isimleri standart kullanım tarafından değiştirilebilir.

Bu şifre yalnız EPOS bölümünde hazırlanır.

1.2.28 EPOSIG Seçilmiş Bölge (Flag)

EPOSIG FNEXSG

Format: (A6, L), varsayılan: T

FNEXSG: Eğer .true. ise EPOS yüksek enerjili hadronik çapraz-seçimler de kullanılır. Eğer .false. ise varsayılan çapraz seçimler kullanılır.

Bu şifre yalnız EPOS bölümünde hazırlanır.

1.2.29 NEXUS Seçilmiş Bölge (Flag)

NEXUS FNEXUS ISHON

Format: (A5, L, I), varsayılan: T, 0

FNEXUS: Eğer .true. ise NEXUS programları yüksek enerjili hadronik etkileşimlerin işlemini yapar. Eğer .false. ise HDPM programları yüksek enerjili hadronik etkileşimlerin işlemini yapar.

ISHON: NEXUS programları için debug verimi hakkında karar verir. Verim ISHON > 0 sayısını kapsayan daha da çok ayrıntı almaktadır. MDEBUG ünitesi üzerinden meydana çıkan verimdir. Daha çok bilgi için NEXUS dökümanını araştırılmalıdır. İlaveten depugging NEXPAR print... kullanılan yazı parametrelerinin ayarlanmasıyla etkilidir. Bu depug verimi **ifch** dosyasında yazmaktadır.

Sınır: $0 \leq \text{ISHON} \leq 9$

Bu şifre yalnız NEXUS bölümünde hazırlanır.

1.2.30 NEXUS Parametreleri

NEXPAR parcha

Format: (A6, A74), varsayılan: ‘ ’

Parcha: **nexus-bas-xxx.f.** program bloğunun alt programının okumasıyla okunan komut çizgisidir. Mümkün olan komut çizgisi NEXUS dökümanında tanımlanır. Küçük durum karakterleri kullanılır. Parcha'nın küçük durum karakterinin baş harfleri değiştirilemez. Giriş parametrelerinde kullanılan run set nevent veya stop set nevent, komutlarını kullanmadan sonuçlar veya gürültüler elde edilemez. Yalnız **nexus.inixx** isimleri standart kullanım tarafından değiştirilebilir. Bu şifre yalnız NEXUS bölümünde hazırlanır.

1.2.31 NEXSIG Seçilmiş Bölge (Flag)

NEXSIG FNXSG

Format: (A6, L), varsayılan: T

FNXSG: Eğer .true. ise NEXUS yüksek enerjili hadronik çapraz-seçimlerinde kullanılır. Eğer .false. ise yine çapraz-seçimler kullanılır.

1.2.32 QGSJET Seçilmiş Bölge (Flag)

QGSJET FQGS LEVLDQ

Format: (A6, L, I), varsayılan: T, 0

FQGS: Eğer .true. ise qgsjet-II-03 (QGSJET01c) programları yüksek enerjili hadronik etkileşimlerin işlemini yapar. Eğer .false. ise HDPM programları yüksek enerjili hadronik etkileşimlerin işlemini yapar.

LEVLDQ: DEBUG'un durumunda qgsjet-II-03 kodu için debug verimi hakkında bilgi verir. Debug verimi 4'e kadar azalırsa daha da çok ayrıntı alınır. Bu verim yeniden saçılmaz ve daima 6 ünite üzerinden meydana çıkmaktadır.

Sınır: $0 \leq \text{LEVLDQ} \leq 4$

Bu şifre yalnız QGSJET bölümünde hazırlanır.

1.2.33 QGSSIG Seçilmiş Bölge (Flag)

QGSSIG FQGSSG

Format: (A6, L), varsayılan: T

FQGSSG: eğer .true. ise qgsjet-II-03 (QGSJET01c) yüksek enerjili hadronik çapraz-seçimler kullanılır. Eğer .false. ise varsayılan çapraz-seçimler kullanılır.

Bu şifre yalnız QGSJET bölümünde hazırlanır.

1.2.34 SIBYLL Seçilmiş Bölge (Flag)

SIBYLLY FSIBYL ISDEBUG

Format: (A6, L), varsayılan: T, 0

FSIBYL: Eğer .true. ise SIBYLL programı yüksek enerjili hadronik etkileşimleri işleyerek kullanılır. Eğer .false. ise HDPM programı yüksek enerjili hadronik etkileşimleri işleyerek kullanılır.

ISDEBUG: debug seviyesi; SIBYLL 2.1 debug veriminin seviyesinin azalmasıyla daha da çok ayrıntı alınır. Bu verim tekrar saçılmaz ve daima 6 ünite üzerinden meydana çıkmaktadır. Bu şifre yalnız SIBYLL bölümünde hazırlanır.

1.2.35 SIBSIG Seçilmiş Bölge (Flag)

SIBSIG FSIBSG

Format: (A6, L), varsayılan: T

FSIBSG: Eğer .true. ise SIBYLL yüksek enerji hadronik çapraz-seçimler kullanılır. Eğer .false. ise varsayılan çapraz-seçimler kullanılır.

Bu şifre yalnız SIBYLL bölümünde hazırlanır.

1.2.36 VENUS Seçilmiş Bölge (Flag)

VENUS FVENUS ISHOO

Format: (A5, L, I), varsayılan: T, O

FVENUS: Eğer .true. ise VENUS programı yüksek enerji hadronik etkileşimlerini ele alır. Eğer .false. ise HDPM programı yüksek enerji hadronik etkileşimlerinin ele alır.

ISHOO: VENUS programları için debug verimi hakkında bilgi verir. Verim $ISHOO \geq 90$ sayısını kapsayarak daha da çok ayrıntı verir. Bu verim MDEBUG ünitesi üzerinden ortaya çıkmaktadır. Daha çok bilgi için **venini** altprogramın listesini araştırılmalıdır.

Sınır: $0. \leq ISHOO \leq 98$.

Bu şifre yalnız VENUS bölümünde hazırlanır.

1.2.37 VENUS Parametreleri

VENPAR PARCHA(i) PARVAL(i)

Format: (A6, A6, F), Varsayılan: ' ', 0.

PARCHA(i): VENUS parametrelerin ismi değişebilir.

PARVAL(i): VENUS parametrelerin yerine yeni değerleri alınır. Maksimum $i=100$ parametreleri kullanıcı tarafından ardışık olarak seçilir. Hazır isimler ve onların anlamları

venini altprogramın listesinden alınabilecektir. VENUS parametreleri standart kullanıcı tarafından değiştirilemez.

Bu şifre yalnız VENUS bölümünde hazırlanır.

1.2.38 VENSIG Seçilmiş Bölge (Flag)

VENSIG FVENSG

Format: (A6, L), Varsayılan: T

FVENSG: Eğer .true. ise VENUS yüksek enerji hadronik çapraz seçimler kullanılır. Eğer .false. ise varsayılan çapraz seçimler kullanılır. Bu şifre yalnız VENUS tarafından hazırlanır.

1.2.39 HDPM Etkileşim Parametreleri ve Parçalanma

HADFLG NFLAIN NFLDIF NFLPIO NFLPIF NFLCHE NFRAGM

Format: (A6, 6I), varsayılan: 0., 0., 0., 0., 0., 2.

Yüksek enerji hadronik etkileşim modeli, HDPM'nin ve bütün hadronik etkileşim modellerinin çekirdek parçalanmasındaki fırlatıcıya yön veren seçimlerdir.

NFLAIN: (NFLAIN=0) bir çekirdek hedefinde fırlatıcının etkileşim değeri kararsız olacaktır veya (NFLAIN≠0) ortalama değerleri hesaplanacaktır.

NFLDIF: (NFLDIF=0) kırılım etkileşimleri olmayabilir veya (NFLDIF≠0) kırılım etkileşimleri mümkündür.

NFLPIO: (NFLPIO=0) π^0 'nın dağılım hızı çarpışma dataları tarafından yüksüz pion'lar alınır veya (NFLPIO≠0) yüklü pion'lar için alınır.

NFLPIF: (NFLPIF=0) yüklü pion'ların sayıları gibi π^0 sayıları kararsızdır veya (NFLPIF≠0) çarpışma datalarındaki parametreler kararsızdır.

NFLCHE: (NFLCHE=0) fırlatıcı ve hedef parçacıkların reaksiyonları için yük değişmez veya (NFLCHE≠0) yük değişir.

NFRAGM: (NFLGM=0) ilk etkileşim birincil çekirdek parçalanmaları serbest nükleonlar içinde tamamlanır veya (NFLDIF=1) yeni bir çekirdekle etkileşmeyen nükleonlar üzerinde sıralanır.

NFRGM için seçilmiş alan HDPM programları için tanımlanır.

DPMJET prensiple bağdaşmayan çok detaylı nükleer parçalanma modellerini sunmaktadır.

Sınır: $0 \leq$ bütün bayraklar < 100

1.2.40 Modeller Arası Enerji Geçişi

HILOW HILOELB

Format: (A5, F), Varsayılan: 80

HILOELB: Yüksek ve düşük enerji hadronik etkileşim modeli arasındaki (E_{lab} , GeV) enerji geçişinde bulunur. Çok yüksek enerji hadronik etkileşim modeli, düşük enerji sınırında ≈ 80 GeV alanında SIBYLL ≈ 60 GeV çok düşük enerji modellerinden bir kaçı 100 GeV yüksekliğine kadar imkan vererek kullanılır.

1.2.41 Elektromagnetik Etkileşime Yön Veren Bölgeler (Flags)

ELMFLG FNKG FECS

Format: (A6, 2L), Varsayılan: T, F

FNKG: Eğer .true. ise NKG bölümünde elektromagnetik alt duşların analitiğinde hesaplanmaları için swich kullanılır. ELCUT(3) elektron kinetik enerjisinin eşik enerjisi alınır. Eğer .false. ise NKG bölümü zayıf kalacaktır.

FECS: Eğer .true. ise EGS4 bölümü açık atmosferde e^+ , e^- ve fotonların bütün etkileşimleri hesaplanır. Eğer .false. ise EGS4 bölümü zayıf olacaktır. EGS4 otomatik seçileceği gibi bu seçilmiş alan CERENKOV bölümünde kullanılmayacaktır.

1.2.42 Elektro Çoklu Saçılmalarda Uzunluk Faktörü

STEPFC STEPFC

Format: (A6, F), Varsayılan: 1

STEPFC: EGS4 simülasyonlarında elektronlar ve pozitronlar için çoklu saçılmalarda mesafe faktörünü veren değerlerdir. Adım mesafesinin kullanarak görüşme üzerindeki ayrıntılar verilmektedir[25, 39]. Bu faktörün büyütülmesini hesap ederek, zaman azalmasına müsaade edilir fakat büyüme üzerine elektron yanal dağılımlarının simülasyonlarını az sıklıkta olur. STEPFC=10 ile CPU zamanı ≈ 1.7 'nin bir faktör tarafından azaltılmaktadır. STEPFC'nin azalması hesap edilen çoğu zamanları kapsamaktadır.

Örnek: STEPFC=0.1 yaklaşık faktörü 5 eşittir.

Sınır: $0 < STEPFC \leq 10.0$

1.2.43 NKG Yanal Alanın Yarı Çapı

RADNKG RADNKG

Format: (A6, F), varsayılan: 200.E2

RADNKG: Duştaki NKG dağılımın yanal alanın yarı çapını veren, logaritmik skalada eşit uzaklıktaki 10 yarı çap için hesaplanır, içerideki yarı çap daima 100 cm'de tutulur.

Sınır: RADNKG >100.

1.2.44 Hadronik Seyreltilme (Thin) Tanımı

THINH THINRAT WEITRAT

Format: (A6, 2F), Varsayılan: 1., 1.

THINRAT: Seyreltilmiş algoritmadaki hadronik parçacıkların aşağısında olan enerji ve parçacıklaştırılan enerji arasındaki oranı $\epsilon_{th,em}/\epsilon_{th,hadr}$ veren, bu özel parçacıkların seyreltilmiş sınır EFRCTHN'dan hadronik seyreltilmiş sınır farklılıkları bulur.

WEITRAT: Seyreltilmiş durumdaki hadronik parçacıkların ağırlık sınırı, parçacıklaştırılmış ağırlık sınırının oranı tarafından WMAX'dan ağırlaştırılmış sınır, hadronik ağırlık sınır farklılığından bulunur. THINEM ile beraber THINH şifresinin simülasyon kullanımı müsaade edilmez ve hata adımı gösterir.

Sınır: $ULIMIT.EFRCTHN/THINRAT \leq 1.10^{16}$ eV; $1.10^{-4} \leq WEITRAT \leq 1.10^{16}$ eV

Bu şifre yalnız THIN bölümünde hazırlanır.

1.3 Corsika Dosyası

CORSİKA 6.9 seti değişik dosya ve rehberin **gzipped.tar** dosya oluşumu gibi vermektir:

- Bir README dosyası kısa açıklamalarla nasıl ilerleyebileceğini vermektedir.
- COCONUT çalıştırılabilir yapı iskelet dosyasında CORSİKA kurulumunu kullanabiliriz.
- AUTHORS dosyası yazarın ismini verir.
- COPYING dosyası kurmanın telif hakkını verir.
- ChangeLog dosyası CORSİKA tarihini verir.
- INSTALL dosyası CORSİKA kurulumundaki **./cocunut** nasıl kullanmayı detaylı bilgiyi verir.
- NEWS dosyası CORSİKA hakkında son haberleri verir.
- cDO_NOT_RUN_CONFIGURE dosyası **./configure** kullanılır ve **./coconut** kullanılmadığını hatırlatır.
- **Makefile.am**, **Makefile.in**, **acinclude.m4**, **configure.in**, **configure** dosyaları ve altdizini **config/** kurmak için lazımdır ve ne yaptığını tamamen bilmezsen değişimi yapamazsın. Bütün altyöneticilere uygun **Makefiles** oluşturmada **configure** tarafından lazım olan bir **Makefile.am** ve **Makefiles.in** sahip olmasıdır.
- **bernlahr** altdizini 'bernlahr' paket programını kapsamaktadır. O ATMEXT seçeneğinde gözle görülen atmosferin profilinin kullanmak için ve Imaging

Atmospheric Cherenkov Telescope (IACT) için C-programının bir bölümüdür. Bu paket program K. Bernlöhr tarafından sağlanmıştır.

- C⁺⁺-programın paket program kapsamlı **coast/** altdizini ROOTOUT seçeneğiyle kombinasyon olarak kullanılacaktır.
- **doc/** altdizinin kapsamı;
 - **CORSİKA_PHYSICS.ps** dosyasına eklemede CORSİKA'nın fiziksel tanımını kapsar(FZKA 6019 raporu ve **CORSİKA_PHYSICS.pdf** dosyası acrobat formatını kapsamaktadır).
 - **CORSİKA_GUIDEex.ps** dosyasına eklemede Guide kullanımını verir(**CORSİKA_GUIDEex.pdf** dosyası acrobat formatını kapsamaktadır).
 - **References.tex** dosyası L^AT_EX formatında hadronik etkileşim modeli ve CORSİKA da asıl referansları vermektedir.
- **dpmjet/** altdizininin DPMJET-II.55 modelin kaynak dosyasını kapsamaktadır(dpmjet253c.f, dpmjet254.f, dpmjet255.f, dpmjet256c.f).
- **epos/** altdizini EPOS modeli için kaynak paketi kapsamaktadır.
- **herwig/** altdizinde HERWIG kurulur ve README dosyası içerisinde bulunmaktadır.
- **config.h.in** dosyasını kapsayan **include/** altdizini **config.h** güncelleştirmeyi yapılmasının ihtiyacı vardır. **Config.h** dosyası CORSİKA tarafından ön-işlemci yönetilmeye ihtiyacı olan bütününü kapsamaktadır.
- İlaveten bir yazı dosyası olan libtool'un **lib/** altdizinleri CORSİKA'yı derlediğin zaman oluşturulur.
- **nexus/** altdizini NEXUS modeli için kaynak paketi kapsamaktadır.
- **PYTHIA** kurulan **pythia/** altdizini ve README.corsika dosyasının içerisinde bulunmaktadır.
- **run/** altdizini çalışan CORSİKA'yı kapsayarak kullanılır:
 - 14 data UrQMD(UrQMD-<VER>-xs.dat) için çapraz- kesit masası ve DPMJET programı için Glauber masası (GLAUBTAR.DAT) ve nükleer datalar için (NUCLEAR.BIN) VENUS programı (VENUSDAT) tarafından kullanılabilir numerik datanın QGSJET-II (sectnu-II-03) (çünkü qgsdat-II-03 dosyası büyük olan ayırıcı ve burada kopyalamak için indirilebilir) için QGSJET01 (QGSDAT01 ve SECTNU) için elektromagnetik etkileşimler (6 setin EGSDAT5_xx) için nükleon-nükleon yöntemleri (NUCNUCCS) için enerjiye bağlı çapraz-kesitlerin setini kapsamaktadır.

- **atmabs.dat**, **mirreff.dat** ve **quanteff.dat** 3 data seti Cherenkov radyasyonunun atmosferik absorpsiyon, ayna yansıtıcısı ve kuantum etkisinin önemini kabul eder.
- 3 giriş örneği (all-inputs, nexus-inputs ve epos-inputs) NEXUS ve EPOS ile birkaç modelle simülasyonuna yön verir.
- Derlemeden sonra CORSİKA'nın çift dosyalıdır.
- **src/** altdizininin kapsamı:
 - Kaynak kodu (**corsika.F** and **corsika.h**) olan esas bölüm EGS ve HDPM modelin programı içeren CORSİKA'nın kodunu içeren bazı C-önişlemçi komutu ile FORTRAN kod dosyasıdır. O FLUKA, GHEISHA, UrQMD, DPMJET, EPOS, NEXUS, QGSJET SIBYLL, VENUS ve hadronik etkileşim kodu üstelik ara yüzü içermektedir.
 - GHEISHA, QGSJET01c, QGSJET-II-03, SIBYLL2.1, ve VENUS programlar (*gheisha 2002d.f*, *qgsjet01c.f*, *qgsjet-II-03.f*, *sibyll2.1.f*, and *venus.f*)'ın teorik FORTRAN kodu ile beş dosyaya ayrılmıştır.
 - PRESHOWER ve STACEE (*presw.c* ve *stacee.c*)'nın teorik C-kodu ile iki dosyaya ayrılmıştır.
 - İki FORTRAN programı çift CORSİKA parçacık çıkış dosyası (*corsikaread.f* ve *corsikaread_thin.f* ilk zamanda CORSİKA **run/** da kurulmasını içermektedir.) okumaktadır.
 - C-programının iki özelliği (*timerc.c* ve *trapfe.c*) derlemeye ihtiyacı vardır.
 - Program (*plottracks3c.f* ve (*work.inc*) dosyasını içeren PLOTSH seçeneğiyle göz önüne getirilen olgular kurulmuştur.
 - C-programı (*map2png.c*) PLOTSH2 seçeneğiyle göz önüne getirilen olgular kurulmuştur.
- **urgmd/** altdizini UrQMD modelinin kaynak paketini kapsamaktadır.

CORSİKA kodu ve ilgili olan dosyalar anonim ftp tarafından Karlsruhe'nin Forschungszentrum'dan elde edilecektir. Bilgisayarınızın ismine erişildikten sonra yetkili tarafından kontrol edilecektir. Eğer bilgisayarınız CORSİKA dosyasının transfer yapmak isterseniz aşağıda gösterilen yolları takip ediniz.

ftp ftp-ik.fzk.de

Trying 141.52.67.78...

Connected to ikserv.fzk.de.

220 ftp-ik FTP server ready.

Name (ftp-ik.fzk.de:username): anonymous [or ftp]

331 Guest login ok, send your complete e-mail address as password

Password : (your mail address)

230- PROBLEMS

230- If your FTP client crashes or hangs shortly after login please try

230- using a dash (-) as the first character of your password . This will

230- turn off the informational messages that may be confusing your FTP

230- client . Administrative contact : bekk@ik.fzk.de

230-

230-

230- Welcome to ftp-ik.fzk.de, the

230- ***** I N F O and S O F T Server *****

230- Forschungszentrum Karlsruhe, Institut fuer Kernphysik

230- KASCADE Collaboration Karlsruhe

230-

230-

230- current directory : / local time: [date & time]

230- You are user number # out of a possible total of 10 in your domain class

230- All transfers to and from ftp-ik.fzk.de are logged. If you
don't like this

230- then disconnect now!

230-

230- Guest login ok , access restrictions apply

Remote system type is UNIX.

Using binary mode to transfer files.

ftp > cd pub/corsika/v690

250 CWD command successful.

ftp > mget *

mget corsika-6900.tar.gz? y

.

.

ftp > quit
221-You have transferred # bytes in # files.
221-Total traffic for this session .was # bytes in # transfers
221-Thank you for using the FTP service on ftp-ik.fzk.de.
221 Goodbye.

1.4 Corsika Program Bölümleri

1.4.1 DPMJET Programı

DPMJET her bir elementin etkileşimleri, çoklu minijet ve yumuşak zincirlerle, iki birleşimli Dual Parton Model ile hadron-çekirdek ve çekirdek-çekirdek çarpışmalarını yüksek enerji hadronik etkileşimlerini tanımlayan programdır. DPMJET2.55 versiyonu CORSİKA için hazırlanmıştır. İlk kez DPMJET kullananlar için kaynak dosyadan FORTRAN kodu çıkartıldığı zaman DPMJET bölümünde seçilir. **Makefile** corsika programında **gheisha_2002d.f** koduyla derlenir ve **libdpm.a** kütüphanesindeki **dpmjet253c.f**, **dpmjet254c.f**, **dpmjet255c.f**, **dpmjet256c.f** otomatik programlarla derlenecektir. Dosya girişinizde şifre sağlayacaktır.

DPMJET T 0

Basit HDPM programları .false. (F)'de DPMJET ayarlanmasında kullanılır. DPMJET bölümünde 10^{15} eV birincil enerjisi (kuvvetli NKG, kuvvetsiz EGS4) VENUS programı gibi aynı CPU zamanını isteyecektir. Teknik olarak çok yüksek enerjilere kadar DPMJET kullanıcılara imkan verir. Çok yüksek enerjiden inelastik hadron çekirdek çapraz seçimlerden, DPMJET aktivasyonlarından **dpjsig** alt programlar tarafından hesaplanır. Çekirdek-çekirdek çapraz seçimler Corsika'nın Glauber tabloları DPMJET nükleon-nükleon çapraz seçimler kullanmadan çıkarılır. DPMJET çapraz seçiminde DPMJET bölümünde kaynak dosyadan FORTRAN kodu mevcut olduğu için otomatik olarak seçilecektir. Giriş dosyanızdaki şifreniz sağlanacaktır.

DPJSIG T

DPJSIG ayarlanması .false. (F) ise Corsika'nın varsayılan çapraz seçimler kullanılacaktır[21].

1.4.2 HDPM Programı

HDPM simülasyonundaki yüksek enerjili hadronik etkileşim programları kurulur. Bu programlar hazır olan deneysel dataların seri olarak düzeltilmesidir. HDPM ve diğer modeller

ile proton-proton etkileşim simülasyonları oldukça gerçektir[30]. Deneysel datalar HDPM’de basit modele göre uyuşmayan başlangıç sonuçları ve yüksek enerjili nükleon- nükleon veya çekirdek-çekirdek çarpışmaları nadirdir. Eğer bir HDPM programlarından diğer modeller ile detaylı simülasyon tarafından farklı çekirdek, belki de çok elastik sonuçlar veren hava duşlarına sebep olacaktır. HDPM programları varsayıldığı gibi kaynak dosyadan FORTRAN kodu çıkartıldığı zaman özelliği kalmaz. Fakat **gheisha_2002d.f** kodu derlendiğinde Corsika programımız bağlantılı olacaktır.

1.4.3 UPWARD Bölümü

UPWARD bölümünde seçilen kod yukarıya doğru hareketli parçacıklar ele alır. Zirve açısı birincil parçacıklar için $0^\circ < \Theta < 70^\circ$ ve $110^\circ < \Theta < 180^\circ$ ile sınırlandırılacaktır. Eklenmeyen şifre özellik olacaktır. UPWARD bölümü CURVED bölümüyle kombinasyonludur. Kendine ait zirve açılarıyla ikincil parçacıklar ve kendine ait $0^\circ < \Theta < 180^\circ$ zirve açıları ile başlayan duşlar, kuvvetli olarak gösterilecektir[70]. X yönündeki duşlar yaklaşık olarak deniz seviyesinin minimum yüksekliğinin tabaka açısı (zirve açısı=90°) ile duşlar için tamamen geometrik olarak bulunan HIMPACT(i) tarafından özelliğidir. Atmosfer içine giren zirve açısı HIMPACT(i) ile hesaplanır. THETPR(i) açıları anlamlı değildir ve önem verilmez. UPWARD bölümünde UPWARD program versiyonundan, kaynak dosyadan FORTRAN kodu çıkartıldığı zaman seçilebilecektir.

EK 2

2.1 Basit Simülasyon Çalıştırılması

Aşağıda verilen örnekte corsika programının olay yaratma simülasyonun genel adımlarıdır.

RUNNR: 226	çalışma sayısı
EVTNR: 1	ilk düşün olay sayısı
NSHOW: 10	oluşturulacak düşün sayısı
INFILE: nupipipi_10to8.dat	kanal (enerji)
THETAP: 92. 92.5	zenith açısının oranı
PHIP: 0. 0.1	azimuth açısının oranı (derece)
SEED: 1 3 1	I.raslantısal sayı bölümü için set
SEED: 2 3 0	II. raslantısal sayı bölümü için set
SEED: 3 3 0	III. Raslantısal sayı bölümü için set
OBSLEV: 2250.E2	gözlem seviyesi yada yer seviyesi
FIXHET: 1500.E2 2	
MAGNET: 20.0 42.8	avrupanın merkezindeki manyetik alan
HADFLG: 0 0 0 0 0 2	hadronik etkileşimde belirlenmiş nokta, dağılma
ECUTS: 0.1 0.1 0.05 0.05	parçacıklar için enerji kesimi
MUADDI: F	muyonlar için toplanan bilgi
MUMULT: T	çoklu saçılma açısı
ELMFLG: F T	NKG, EGS etkileşim noktaları
STEPFC: 1.0	çoklu saçılma basamak uzunluğu
RADNKG: 200.E2	NKG için dış yarıçap
ARRANG: 0.	düzeneğin kuzeye göre rotasyonu
LONGI: F 2. F F	boylamsal dağılım, basamak boyutu, uyum, çıktı
THIN: 1. 000E-06 1. 000E+06 0.000E+00	
ECTMAP: 1.E3	gama faktörü için kesim değeri
MAXPRT: 1	yazılan olayların maksimum sayısı
DIRECT: ./	
DATBAS: T	.dbase dosyasının yazımı
PAROUT: F F	yatay gözlem için çıktı seviyesi
USER: ferraril	kullanıcı

DEBUG: F 6 F 1

hata ayıklama bölgesi ve çıkış için
logaritmik birim

INCLIN:-9000.E2 0.E2 1900.E2 -0.5 0. 0.86

orjinin x,y,z si ve normalin x,y,z si

EXIT:

terminal girişleri

Burada çok önemli girişler hakkında birkaç basit bilgi verilecektir. Bazı komutlar Corsika'nın farklı sürümlerinde bulunmaktadır.

- RUNNR: Çalışma sayısıdır. Bu sayı çıkış dosyanın ismi olarak kullanılır.
- EVTNR: İlk duşun olay sayısıdır.
- NSHOW: Olacak duşun sayısı her çalışmada genellenecektir.
- PRMPAR: Birincil parçacıkların sayısıdır. Örneğin gama için 1, elektron için 3 vs. (Birincil parçacıkların listesi aşağıda verilmiştir.)

Tablo 5.4 Parçacıkların ID numarası aşağıdaki gibidir

Particle identifications			
Identification	Particle	Identification	Particle
1	γ	51	ρ^0
2	e^+	52	ρ^+
3	e^-	53	ρ^-
5	μ^-	54	Δ^{++}
6	μ^-	55	Δ^+
7	π^0	56	Δ^0
8	π^+	57	Δ^-
9	π^-	58	$\bar{\Delta}^{--}$
10	K_L^0	59	$\bar{\Delta}^-$
11	K^+	60	$\bar{\Delta}^0$
12	K^-	61	$\bar{\Delta}^+$
13	n	62	K^{*0}
14	p	63	K^{*+}
15	\bar{p}	64	K^{*-}
16	K_S^0	65	\bar{K}^{*0}
17	η	66	ν_e
18	Λ	67	$\bar{\nu}_e$
19	Σ^+	68	ν_μ
20	Σ^0	69	$\bar{\nu}_\mu$
21	Σ^-	71	$\eta \rightarrow \gamma\gamma$
22	Ξ^0	72	$\eta \rightarrow 3\pi^0$
23	Ξ^-	73	$\eta \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$
24	Ω	74	$\eta \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$
25	\bar{n}	75	μ^+ add. info.
26	$\bar{\Lambda}$	76	μ^- add. info.
27	$\bar{\Sigma}^-$		
28	$\bar{\Sigma}^0$		
29	$\bar{\Sigma}^+$		
30	$\bar{\Xi}^0$		
31	$\bar{\Xi}^+$		
32	$\bar{\Omega}^+$		
50	ω		

- ERANGE: Enerji alanıdır(GeV). Burada minimum ve maksimum enerjileri karışıktır.
- ECUTS: Hadron, muon, elektron ve proton için düşük enerji kesimidir.
- LONGI: Eğer .true. ise uzun profiller (enerji depolama, gama, elektron, pozitron,.... sayıları) 'Datnnnnn.long' çıkış dosyasını verir. Bu sayılar (g/cm^2) uzunlamasına gelişen örnekler için farklı adım büyüklükleridir.
- VOLHEI: Buz(ice)/su(water) değer simülasyonun uzunluğudur. Giriş IW versiyonu için özelliklidir.
- THETAP, PHIP: Gelen parçacığın zirve ve güney açısıdır. Buz/su'da iki parametreler kesinlikle ilgili değildir ve yükler olmayacaktır.
- DIRECT: '/' tarafından çıkış yöneticisinin ismidir.

EK 3

3.1 Corsika Simülasyonunda Alınan Numune Sonuçları

Enerjisi 10^9 olan numunede;

AVERAGE NUMBER OF PARTICLES PER EVENT :

FROM LEVEL NUMBER		1
HEIGHT IN CM		2.250E+05
HEIGHT IN G/CM**2		7.885E+02
NO OF PROTONS	=	110001.9 +- 70259.0
NO OF ANTIPROTONS	=	291.2 +- 259.2
NO OF NEUTRONS	=	676907.6 +- 321010.0
NO OF ANTINEUTRONS	=	692.9 +- 594.9
NO OF GAMMAS	=	2.744003E+06 +- 6.577437E+05
NO OF ELECTRONS	=	5.536803E+05 +- 1.845446E+05
NO OF POSITRONS	=	4.591395E+05 +- 1.554331E+05
NO OF MU -	=	919439.2 +- 549567.9
NO OF MU +	=	915424.6 +- 549808.8
NO OF PI 0	=	414.1 +- 575.8
NO OF PI -	=	315.4 +- 767.4
NO OF PI +	=	840.3 +- 948.3
NO OF K0L	=	1.9 +- 4.0
NO OF K0S	=	0.0 +- 0.0
NO OF K -	=	0.3 +- 0.6
NO OF K +	=	0.5 +- 1.6
NO OF STR. BARYONS	=	0.0 +- 0.0
NO OF DEUTERONS	=	0.0 +- 0.0
NO OF TRITONS	=	0.0 +- 0.0
NO OF 3HELIUM	=	0.0 +- 0.0
NO OF ALPHAS	=	0.0 +- 0.0
NO OF OTHER PART.	=	0.0 +- 0.0
NO OF DECAYED MUON	=	4675201.3 +-

Enerjisi 5×10^8 olan numunede;

AVERAGE NUMBER OF PARTICLES PER EVENT :

FROM LEVEL NUMBER		1	
HEIGHT IN CM		2.250E+05	
HEIGHT IN G/CM**2		7.885E+02	
NO OF PROTONS	=	59242.9 +-	29483.4
NO OF ANTIPROTONS	=	249.1 +-	252.5
NO OF NEUTRONS	=	368356.4 +-	150253.1
NO OF ANTINEUTRONS	=	305.2 +-	180.2
NO OF GAMMAS	=	1.234966E+06 +-	4.118027E+05
NO OF ELECTRONS	=	2.798231E+05 +-	1.004819E+05
NO OF POSITRONS	=	2.475918E+05 +-	7.704362E+04
NO OF MU -	=	516157.5 +-	235622.8
NO OF MU +	=	519623.7 +-	226311.5
NO OF PI 0	=	400.8 +-	562.6
NO OF PI -	=	479.3 +-	529.3
NO OF PI +	=	461.1 +-	446.6
NO OF K0L	=	1.5 +-	2.1
NO OF K0S	=	0.0 +-	0.0
NO OF K -	=	0.1 +-	0.3
NO OF K +	=	0.0 +-	0.0
NO OF STR. BARYONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF DEUTERONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF TRITONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF 3HELIUM	=	0.0 +-	0.0
NO OF ALPHAS	=	0.0 +-	0.0
NO OF OTHER PART.	=	0.0 +-	0.0
NO OF DECAYED MUON	=	2588926.1 +-	

Enerjisi 10^7 olan numunede;

AVERAGE NUMBER OF PARTICLES PER EVENT :

FROM LEVEL NUMBER		1	
HEIGHT IN CM		2.250E+05	
HEIGHT IN G/CM**2		7.885E+02	
NO OF PROTONS	=	1258.2 +-	672.6
NO OF ANTIPROTONS	=	3.7 +-	3.4
NO OF NEUTRONS	=	7808.3 +-	3159.7

NO OF ANTINEUTRONS	=	4.5 +-	3.6
NO OF GAMMAS	=	1.895607E+04 +-	5.021606E+03
NO OF ELECTRONS	=	4.964352E+03 +-	1.885248E+03
NO OF POSITRONS	=	4.115352E+03 +-	1.681015E+03
NO OF MU -	=	12116.0 +-	5507.3
NO OF MU +	=	12397.8 +-	5899.8
NO OF PI 0	=	7.0 +-	10.0
NO OF PI -	=	12.4 +-	16.9
NO OF PI +	=	10.8 +-	10.9
NO OF K0L	=	0.0 +-	0.0
NO OF K0S	=	0.0 +-	0.0
NO OF K -	=	0.1 +-	0.3
NO OF K +	=	0.0 +-	0.0
NO OF STR. BARYONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF DEUTERONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF TRITONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF 3HELIUM	=	0.0 +-	0.0
NO OF ALPHAS	=	0.0 +-	0.0
NO OF OTHER PART.	=	0.0 +-	0.0
NO OF DECAYED MUON	=	66174.5 +-	

Zive açısı 93-93. 5 numunede;

AVERAGE NUMBER OF PARTICLES PER EVENT :

FROM LEVEL NUMBER		1
HEIGHT IN CM		2.250E+05
HEIGHT IN G/CM**2		7.885E+02
NO OF PROTONS	=	201055.5 +- 99665.5
NO OF ANTIPROTONS	=	1083.8 +- 625.6
NO OF NEUTRONS	=	914995.7 +- 390365.9
NO OF ANTINEUTRONS	=	1740.4 +- 1198.2
NO OF GAMMAS	=	1.400071E+07 +- 6.158207E+06
NO OF ELECTRONS	=	6.787086E+06 +- 4.590989E+06
NO OF POSITRONS	=	5.679012E+06 +- 3.840989E+06
NO OF MU -	=	1359771.5 +- 721449.5
NO OF MU +	=	1378332.2 +- 732613.5
NO OF PI 0	=	19988.3 +- 25316.8
NO OF PI -	=	11334.2 +- 8520.7
NO OF PI +	=	11116.5 +- 11892.0

NO OF K0L	=	88.1 +-	65.1
NO OF K0S	=	0.0 +-	0.0
NO OF K -	=	91.9 +-	167.0
NO OF K +	=	13.8 +-	15.8
NO OF STR. BARYONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF DEUTERONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF TRITONS	=	111.3 +-	351.9
NO OF 3HELIUM	=	0.0 +-	0.0
NO OF ALPHAS	=	0.0 +-	0.0
NO OF OTHER PART.	=	0.0 +-	0.0
NO OF DECAYED MUON	=	4629032.3 +-	

Zive açısı 91-91. 5 numunede;

AVERAGE NUMBER OF PARTICLES PER EVENT :

FROM LEVEL NUMBER		1	
HEIGHT IN CM		2.250E+05	
HEIGHT IN G/CM**2		7.885E+02	
NO OF PROTONS	=	28755.2 +-	16604.8
NO OF ANTIPROTONS	=	32.1 +-	101.4
NO OF NEUTRONS	=	381910.0 +-	135130.5
NO OF ANTINEUTRONS	=	134.0 +-	130.1
NO OF GAMMAS	=	8.872578E+05 +-	1.632620E+05
NO OF ELECTRONS	=	1.341229E+05 +-	4.327184E+04
NO OF POSITRONS	=	1.243844E+05 +-	4.206573E+04
NO OF MU -	=	344284.7 +-	160569.5
NO OF MU +	=	360591.6 +-	170726.7
NO OF PI 0	=	304.3 +-	754.4
NO OF PI -	=	188.9 +-	357.4
NO OF PI +	=	176.6 +-	177.8
NO OF K0L	=	0.0 +-	0.0
NO OF K0S	=	0.0 +-	0.0
NO OF K -	=	0.0 +-	0.0
NO OF K +	=	0.0 +-	0.0
NO OF STR. BARYONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF DEUTERONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF TRITONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF 3HELIUM	=	0.0 +-	0.0
NO OF ALPHAS	=	0.0 +-	0.0

NO OF OTHER PART. = 0.0 +- 0.0

NO OF DECAYED MUON = 3809715.5 +-

Thini 10⁵olan numunede;

AVERAGE NUMBER OF PARTICLES PER EVENT :

FROM LEVEL NUMBER		1	
HEIGHT IN CM		2.250E+05	
HEIGHT IN G/CM**2		7.885E+02	
NO OF PROTONS	=	82124.5 +-	38182.6
NO OF ANTIPROTONS	=	110.4 +-	349.1
NO OF NEUTRONS	=	603687.8 +-	267028.2
NO OF ANTINEUTRONS	=	538.4 +-	1232.8
NO OF GAMMAS	=	2.323775E+06 +-	8.249243E+05
NO OF ELECTRONS	=	4.161666E+05 +-	1.650066E+05
NO OF POSITRONS	=	3.568491E+05 +-	9.840309E+04
NO OF MU -	=	859507.6 +-	394647.6
NO OF MU +	=	879540.0 +-	420572.7
NO OF PI 0	=	0.0 +-	0.0
NO OF PI -	=	915.7 +-	2895.7
NO OF PI +	=	380.1 +-	926.5
NO OF K0L	=	12.1 +-	38.3
NO OF K0S	=	0.0 +-	0.0
NO OF K -	=	0.0 +-	0.0
NO OF K +	=	0.0 +-	0.0
NO OF STR. BARYONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF DEUTERONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF TRITONS	=	0.0 +-	0.0
NO OF 3HELIUM	=	0.0 +-	0.0
NO OF ALPHAS	=	0.0 +-	0.0
NO OF OTHER PART.	=	0.0 +-	0.0
NO OF DECAYED MUON	=	4562191.1 +-	

Yukarıdaki sonuçlar elde edilmiştir.