

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kadri ÖZDEMİR

**CERN’ DEKİ ATLAS DENEYİNİN ALT DETEKTÖRLERİNDEN MÜON
ODACIKLARININ TEST ANALİZLERİ**

FİZİK ANABİLİM DALI

ADANA, 2008

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CERN' DEKİ ATLAS DENEYİNİN ALT DETEKTÖRLERİNDEN
MÜON ODACIKLARININ TEST ANALİZLERİ**

Kadri ÖZDEMİR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

Bu tez/...../ 2008 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

İmza.....
Doç.Dr. Aysel K. TOPAKSU

İmza.....
Prof. Dr. Gülsen ÖNENGÜT

İmza.....
Yrd. Doç. Dr. Mustafa TOPAKSU

Danışman

Üye

Üye

Bu tez Enstitümüz Fizik Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından
Desteklenmiştir.

Proje No: FEF.2007.YL.10

- Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS

**CERN' DEKİ ATLAS DENEYİNİN ALT DETEKTÖRLERİNDEN MÜON
ODACIKLARININ TEST ANALİZLERİ**

Kadri ÖZDEMİR

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

Danışman: Doç Dr. Aysel KAYIŞ TOPAKSU

Yıl: 2008 Sayfa: 60

Jüri: Doç Dr. Aysel KAYIŞ TOPAKSU
Prof. Dr. Gülsen ÖNENGÜT
Yrd. Doç. Dr. Mustafa TOPAKSU

ATLAS detektörünün alt detektörlerinden birisi müon spektrometresidir. Müon spektrometresi müonların yörüngelerini ve momentumlarını yüksek hassasiyet ile ölçer. BIS MDT müon spektrometresinin alt birimlerinden bir tanesidir. Bu çalışmada BIS MDT odacıklarının kozmik müonlar ile performansı test edildi. Bu testlerde odacıkların uzaysal ayırım gücüne ve verimliliğine bakıldı.

Anahtar Kelimeler: ATLAS, Müon Spektrometresi, MDT, BIS MDT, Kozmik Data

ABSTRACT

MSc THESIS

TEST ANALYSES OF MUON CHAMBERS OF ATLAS DETECTOR at CERN

Kadri ÖZDEMİR

DEPARTMENT OF PHYSICS
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor: Doç Dr. Aysel KAYIŞ TOPAKSU

Year: 2008 Pages: 60

Jury: Doç Dr. Aysel KAYIŞ TOPAKSU
Prof. Dr. Gülsen ÖNENGÜT
Yrd. Doç. Mustafa TOPAKSU

Muon spectrometer is one of the subdetectors of ATLAS Detector. Muon spectrometer measures muon trajectory and its momentum with a high precision. BIS MDT is one of the sub-units of the muon spectrometer. In this thesis, performance of BIS MDT chambers were tested with cosmic muons. In these tests, spatial resolution and efficiency studies were done.

KeyWords: ATLAS, Muon Spectrometer, MDT, BIS MDT, Cosmic Data.

TEŞEKKÜR

Öncelikle tez çalışmam süresince değerli zamanını ayırarak benden her türlü desteğini esirgemeyen ve engin bilgileriyle bana yol gösteren sevgili hocam Doç. Dr. Aysel KAYIŞ TOPAKSU'ya çok teşekkür ederim. Yine bana her türlü konuda yardımcı olan hocalarım Prof. Dr. Gülsen ÖNENGÜT ve Prof. Dr. Eda EŞKUT'a çok teşekkür ederim. Selanik Aristotle Üniversitesinde laboratuvar çalışmaları esnasında görüş ve bilgilerinden yararlandığım Prof. Dr. Chariklia PETRİDOU ve Dimos SAMPSONİDİS'e teşekkür ederim.

Ayrıca tez süresince benden yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör Sertaç Öztürk ve Arş. Gör. Salim Çerçi'ye çok teşekkür ederim. Aynı zamanda desteklerini her zaman hissettiğim aileme sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmalarımı maddi yönden destekleyen Çukurova Üniversitesi Araştırma Projeleri birimine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
2.1. Parçacık Hızlandırıcıları.....	6
2.2. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (BHÇ).....	7
2.3. ATLAS Deneyi.....	13
2.4. ATLAS Detektörünün Alt Birimleri.....	13
2.4.1. Mıknatıs.....	13
2.4.2. İç Detektör.....	15
2.4.3. Kalorimetre.....	18
2.4.4. Müon Spektrometresi.....	24
3. MATERYAL VE METOD.....	26
3.1. ATLAS Deneyinin Müon Spektrometresi.....	26
3.1.1. Müon Ölçüm Prensibi.....	27
3.1.2. İzleyici Sürüklenme Odacıkları (MDT).....	28
3.1.2.1. MDT'lerin Çalışma Prensibi.....	32
3.1.3. Katot Şeritli Odacıklar (CSC).....	36
3.1.4. Müon Spektrometresinin Tetikleme Sistemi.....	37
3.1.1.3. Dirençli Düzlem Odacıkları (RPC).....	37
3.1.3.2. TGC Odacıkları.....	37
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR.....	39
4.1 BIS MDT.....	39
4.2. BIS MDT Deney Düzenegi.....	40

4.3. BIS Odacığın Gaz Katkı Sistemi.....	42
4.4. BIS MDT Odacığın Gaz Katkı Sistemi.....	44
4.5. Ayırım Gücü.....	44
4.6. Tek Tüpün Verimliliği.....	47
4.7. Kozmik Data Analizi.....	48
4.7.1.HV.....	49
4.7.2. Basınç.....	51
4.7.3. Eşik Değeri.....	51
4.7.4. Gaz Bileşimi.....	51
4.8. Uzay-Zaman bağıntısı.....	53
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	56
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Leptonlar ve kuarklara ait bazı özellikler.....	2
Çizelge 1.2. Dört temel etkileşme ve özellikleri.....	4
Çizelge 2.1. ATLAS mıknatıs sisteminin parametreleri	15
Çizelge 2.2. Kalorimetreye ait bazı özellikler.....	19
Çizelge 3.1 MDT odacıkların geometrik düzeni.....	30

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1. BHÇ halkası.....	8
Şekil 2.2. BHÇ dipol mıknatısın etkin kesiti.....	9
Şekil 2.3. ATLAS detektörü.....	13
Şekil 2.4. ATLAS Mıknatısı: CS Sistemi, BT Sistemi.....	14
Şekil 2.5. İç Detektör.....	16
Şekil 2.6. Atlas Kalorimetresi.....	20
Şekil 2.7. Elektromanyetik kalorimetreden bir kesit.....	22
Şekil 2.8. ATLAS Müon Spektrometresi	25
Şekil 3.1. ATLAS Müon Odacıkları.....	27
Şekil 3.2. Sagittanın Gösterimi.....	28
Şekil 3.3. Fıçı MDT.....	29
Şekil 3.4. Uç-kapak MDT.....	30
Şekil 3.5. Tek Bir MDT Tüpü	31
Şekil 3.6. Bir müonun bir sürüklenme tüpünden geçişi.....	33
Şekil 3.7. Bir müon sinyalinin elektroniklerden geçişi.....	34
Şekil 3.8. MDT odacıklarından geçen bir müonun izi.....	35
Şekil 3.9. Telin A noktasından B noktasına yerdeğiştirmesi.....	35
Şekil 3.10. CSC.....	36
Şekil 4.1. BIS MDT.....	39
Şekil 4.2. Deney düzeneği.....	41
Şekil 4.3. Odacıklardaki tüplerin gaz girişleri.....	42
Şekil 4.4. Gaz sistemi.....	43
Şekil 4.5. Gaz dağıtım sisteminin şeması.....	43
Şekil 4.6. a) Hedgehog kartları b) Mezzanine kartları.....	44
Şekil 4.7 Uzaysal ayırım gücünün farklı HV değerleri altında davranışı.....	45
Şekil 4.8. Uzaysal ayırım gücünün farklı basınç değerleri altında davranışı	46
Şekil4.9. Uzaysal ayırım gücünün farklı gaz karışımları değerleri altında davranışı	46
Şekil 4.10. Tek bir tüpün verimliliği.....	47
Şekil 4.11. Örnek 9 tüpün farklı HV değerleri altındaki davranışı.....	48

Şekil 4.12. TDC spektrumu.....	49
Şekil 4.13. Farklı HV altında TDC spektrumu.....	50
Şekil 4.14. Farklı basınç altında TDC spektrumu	52
Şekil 4.15. Farklı eşik değerleri altında TDC spektrumu.....	52
Şekil 4.16. Farklı gaz karışımı altında TDC spektrumu	53
Şekil 4.17. Sürüklenme zamanı ve sürüklenme uzaklığı arasındaki ilişki.....	54
Şekil 4.18. Sürüklenme hızı ve sürüklenme uzaklığı arasındaki ilişki.....	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

CERN	: Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi
BHÇ	: Büyük Hadron Çarpıştırıcısı
LEP	: Büyük Elektron-Pozitron Çarpıştırıcısı
PS	: Proton Sinkrotronu
SPS	: Süper Proton Sinkrotronu
ATLAS	: Toroidal BHÇ Aygıtı
BT	: Fıçı Toroid
CS	: Merkezi Solenoid
ECT	: Uç Kapak Toroidler
LAr	: Sıvı Argon Kalorimetre
RPC	: Dirençli Düzlem Odacıkları
MDT	: İzleyici Sürüklenme Tüpü
CSC	: Katot Şeritli Odacıklar
TGC	: İnce Boşluklu Odacıklar
LINAC	: Lineer Hızlandırıcı
RF	: Radyo Frekans
SM	: Standart Model
SCT	: Yarı İletken İzleyici
TRT	: Geçiş Işıma İzleyici
MeV	: Milyon Elektron Volt
GeV	: Milyar Elektron Volt
TeV	: Trilyon Elektron Volt
X₀	: Radyasyon Uzunluğu
λ_{abs}	: Nükleer Etkileşme Uzunluğu
P_T	: Dik Momentum
ϕ	: $\tan \phi \equiv p_y / p_x$ olduğu azimutal açı

1.GİRİŞ

Modern fiziğin en başarılı teorilerinden birisi olan Standart Model bilinen bütün temel parçacıkların nasıl düzenlendiğini ve bu parçacıkların farklı kuvvetler altında nasıl etkileştiğini açıklayan bir kuantum alan teorisidir. Temel parçacıklar kuarklar ve leptonlar olmak üzere iki gruptan oluşur. Çizelge (1.1)'de görüldüğü üzere her grup 3 aileden oluşur.

Toplam 6 tane kuark vardır ki bunlar leptonlara benzer olarak üç aileye ayrılırlar. Bu benzerlik temel parçacıkların keşfinde önemli bir rol almıştır. İkinci ve üçüncü aileler, birinci aileyi kütle artışıyla birlikte kopyalayacak biçimde oluşturulmuştur. Kuarklar kesikli elektrik yüküne sahiptir. Bunlardan u , c , t $+2/3$ elektrik yüküne sahip iken diğerleri $-1/3$ elektrik yüküne sahiptirler. Hepsinin sahip olduğu bir başka yük çeşidi ise renktir ve yeşil, kırmızı, mavi olmak üzere üç çeşidi vardır.

Leptonlar elektron, müon, tau ve bunlarla ilişkilendirilen nötrinolar şeklinde sınıflandırılmıştır. Nötrinolar yüksüzdür. Yakın zamanda yapılan çalışmalar nötrinoların çok küçük kütleye sahip olduğunu göstermesine rağmen Standart Modelin basit versiyonu bunu dikkate almaz. Yüklü leptonlar bir birim elektrik yükü ve kütleye sahiptirler. Kuarklar ve leptonlara ait diğer bazı özellikler çizelge (1.1)' de görülmektedir.

Kuarklar serbest parçacıklar olarak gözlemlenemezler. Kuarklar bir araya gelerek hadronları oluştururlar fakat kuarkların her türlü kombinasyonu bir hadron oluşturmaz (kuarklar parçacığın yükü tamsayı olacak şekilde bir araya gelir). Hadronlar, baryonlar ve mezonlar olmak üzere ikiye ayrılır. Baryonlar üç kuarkın bir araya gelmesiyle oluşurken, mezonlar bir kuark ve antikuarkın (tüm parçacıklar temel veya değil, kendisiyle ilişkilendirilmiş bir anti-parçacığa sahiptir ve bu anti-parçacık, parçacık ile aynı kütleye fakat zıt elektrik yüküne sahiptir) birleşiminden oluşurlar. Leptonlar ise her zaman madde içerisinde bulunmazlar çünkü leptonlar çok hızlı bozunurlar.

Çizelge 1.1 Leptonlar ve Kuarklara ait bazı özellikler

	1.aile	2.aile	3.aile	I	I ₃	Y	Q
Kuarklar	u	c	t	1/2	+1/2	1/3	2/3
	d	s	b	1/2	- 1/2	1/3	-1/3
Leptonlar	ν_e	ν_μ	ν_τ	1/2	+1/2	-1	0
	e	μ	τ	1/2	- 1/2	+1	1

I : Zayıf izospin

Y : Zayıf hiperyük

I_3 : Zayıf izospinin üçüncü bileşeni

Q : Elektrik yük

$$Q = Y/2 + I$$

Standart modeli daha iyi tanımlayabilmek için yalnızca parçacık bileşenlerini değil onların etkileşimlerini de tanımlamamız gerekir. Bugün doğada bilinen 4 farklı etkileşme vardır. Bunlar;

- i. Kütle çekim (Gravitasyonel),
- ii. Elektromanyetik,
- iii. Zayıf,
- iv. Kuvvetli

etkileşmelerdir. Kütle çekim etkileşmesini bir kenara bırakıp, diğer üç etkileşmeyi dikkate alırsak; bu etkileşmeleri taşıyan 12 bozon (8 gluon (g), foton (γ), $W^\pm$, Z^0) vardır. Standart model bu üç etkileşmenin üç ayar grubunun $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$

simetrisi ile inşa edilen bir ayar teorisidir. $SU(3)$ ayar grubunun simetrilerini Kuantum Renk Dinamiğini (KRD) ile betimlenen kuvvetli etkileşme taşıırken, $SU(2)$ ayar grubunu zayıf etkileşme, $U(1)$ ayar grubunu Kuantum Elektrodinamiği (KED) ile betimlenen elektromanyetik etkileşme taşır.

Kütle çekim etkileşmesi kütlesi olan tüm parçacıklar arasında gerçekleşir. Bir kütle diğer kütleyle aradaki uzaklık artıkça azalan bir kuvvetle çekecektir. Erimi sonsuz iken bağıl şiddeti yaklaşık 10^{-39} dur. Kuvvet taşıyıcısı gravitondur. Peki kuvvet taşıyıcısından kastettiğimiz nedir? Temel parçacık fiziğinde her bir etkileşme uygun bir alanla ifade edilir. Bu alanların kuantumu olan ve ayar bozonları da dediğimiz ara parçacıklara kuvvet taşıyıcıları adı verilir. Graviton kütesiz ve kararlı, iki spinli olup ışık hızıyla gitmelidir. Gravitonla ilgili bilgiler yalnızca hipotezden ibarettir. Kütle çekim kuvveti henüz kuantumlanmamış olduğundan atom-altı sistemler tarafından ihmal edilir ve parçacık fiziğinin Standart Modeline dahil edilmez. Elektromanyetik etkileşme yüklü parçacıklara etki eder. Bu etkileşme atomları bir arada tutar ve molekülleri oluştururlar. Kuvvet taşıyıcısı fotondur. Foton (γ) kuramsal olarak sıfır kütleyle sahiptir ve bu özelliğinden fotonun hem ışık hızında hareket ettiği hem de sonsuz erimli olduğu anlaşılır. Zayıf etkileşme, kütleli leptonların ve kuarkların daha hafif leptonlara ve kuarklara bozulmasına neden olur; atom çekirdeklerinin birleşimlerinin belirlenmesine yol açar. Zayıf etkileşmenin kuvvet taşıyıcıları $W^{\pm}$ ve Z^0 olmak üzere üç çeşittir. Zayıf etkileşmenin erimi çok kısa olduğundan, bu parçacıkların kütleleri büyüktür (protonun kütesinden 80 kat daha büyük). $W^{\pm}$ 'nin spini 1, yükü $\pm e$ olup, normal beta bozunumundan sorumludur. Z^0 'ın spini yine 1 olup, elektrik yükü bulunmaz ve W 'dan daha ağırdır; etkisi yüksek enerjilerle sınırlıdır. Her ikisi de $\sim 10^{-25}$ s içerisinde bozunur. Kuvvetli etkileşme nükleonları oluşturmak üzere kuarkları bir arada tutar. Kuvvet taşıyıcısı 8 tane gluondur (g). Gluonlar, kütesiz olup ışık hızıyla hareket ederler ve her birisi bir renk ve karşıt renk taşır. Bu dört etkileşmenin bazı özellikleri çizelge (1.2)' de görülmektedir.

Çizelge 1.2 Dört Temel Etkileşme ve Özellikleri

Etkileşme	Kuvvet taşıyıcıları	Etkilenen parçacıklar	Erim	Bağıl şiddet
Kütleçekim	Gravitonlar	Hepsi	∞	$\sim 10^{-39}$
Elektromanyetik	Fotonlar(γ)	Yüklü parçacıklar	∞	$\sim 10^{-2}$
Zayıf	$W^{\pm}$ ve Z^0	Kuarklar ve leptonlar	$\sim 10^{-17}$ m	$\sim 10^{-3}$
Kuvvetli	Gluonlar	Kuarklar ve Hadronlar	$\sim 10^{-15}$ m	1

Fiziğin amaçlarından birisi de, bu 4 temel etkileşmenin bütün etkileşim yollarını birleştiren tek bir kuramsal modeldir. Fizikçiler bu 4 temel etkileşmenin, Büyük Patlamadan hemen sonra olduğu gibi özdeş başka bir ifadeyle simetrik olduğunu öngörürler. Yani bu etkileşmeler aslında tek bir kuvvetin farklı görünümleridir. İlk olarak zayıf ve elektromanyetik etkileşme ‘elektrozayıf’ etkileşme adı altında tek bir etkileşme olarak birleştirildi. Bu birleştirme 1960’larda Steven Weinberg, Glashow ve bağımsız olarak Abdüsselam tarafından geliştirildi. Bu iki kuvvetin birleştirilmesiyle birlikte, kuvvet taşıyıcılarının da simetrik olmasını bekleriz. Kuram kurulurken çözülmesi gereken anahtar problem de işte bu noktada idi. Elektromanyetik etkileşmenin kuvvet taşıyıcısı olan foton kuramsal olarak sıfır kütleyle sahip iken, zayıf etkileşmenin ara bozonları olan $W^{\pm}$ ve Z^0 sırasıyla 80.33 ve 91.187 GeV kütleyle sahiptiler. Yani simetrik olmasını beklediğimiz kuvvet taşıyıcıların biri kütesizken diğeri kütlelidir. Bu durumda fizikçiler, parçacıklara kütle kazandırarak varolan simetriyi perdeleyen yeni bir parçacık, tam bir Higgs parçacığından bahsetmeye başladılar. Higgs parçacığı, Higgs alanının etkisini ileten bir parçacıktır. Higgs alanı tüm uzay-zamanı kaplayan skaler bir alan olarak düşünülmektedir. Higgs parçacığı spini sıfır bir parçacıktır. Higgs alanı parçacıklara takılarak kütle kazandırmaktadır. Bu arada kazanılan kütle etkileşmenin şiddetine bağlıdır. Yani etkileşme ne kadar şiddetli ise, kazanılan kütle o kadar büyüktür. İşte

bu Higgs alanının etkisini Higgs parçacığı iletir. Higgs parçacığının bulunması Standart Modelin doğrulanmasında çok büyük adım olacak ve kütlesiyle birlikte davranışının bilinmesi, modeldeki bazı boşlukları dolduracaktır.

Higgs parçacığının ve Standart Model için önemli bazı niceliklerin, bugün CERN’de inşasına devam edilen ve yakında işleve geçecek olan Büyük Hadron Çarpıştırıcısında bulunan (BHÇ) ATLAS detektöründe keşfi beklenmektedir. Bu çalışmada BHÇ deki ATLAS detektörü ile birlikte bu detektördeki Müon Spektrometresinin alt detektör birimlerinden biri olan MDT odacıklarından bahsedilecek ve MDT’ nin BIS (Barrel Inner Small) kısmında yapılan bazı testler ve bu testlerin sonuçları tartışılacaktır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**2.1 Parçacık Hızlandırıcıları**

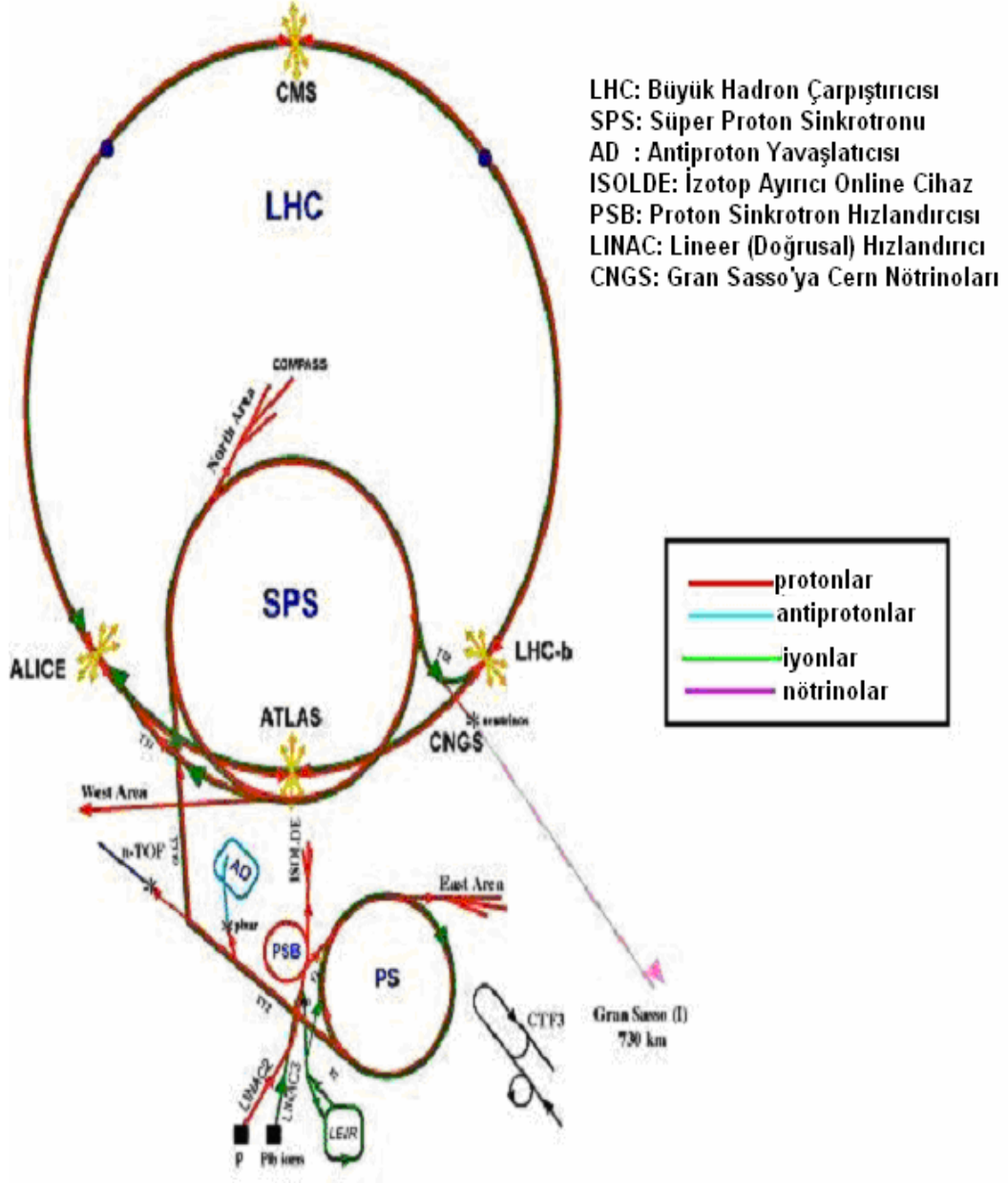
Fiziğin amaçlarından bir tanesi de Evrenin yapısı hakkındaki sorulara cevap vermektir. Bu sorulara en iyi cevabı verebilmek için maddenin yapısını anlamak gerekir. Bunun içinde maddenin en ufak parçalarına bölünmesi ya da maddenin derinliklerine inilmesi gereklidir. Bu da bir cismin bir başka cisimle çarpışması ile mümkündür. Bu işlem için parçacık hızlandırıcıları kullanılmaktadır. Bu hızlandırıcılar, temel yüklü parçacık demetlerinin toplam enerjilerinin arttırılarak hedeflenen değere ulaşmalarını sağlayan aygıtlardır. Hızlandırma, parçacıkların elektrik alan etkisinde kalarak boyuna ivmelendirilmeleri ile mümkündür. Yörüngede kalmaları ise manyetik alan ile sağlanır. Deneysel yüksek enerji fiziğinde kullanılan parçacık hızlandırıcılarında, parçacıkların çarpıştırılmadan önceki hızları, ışık hızına kadar çıkarılır. Parçacıkların hızlandırılması ve çarpıştırılması ile maddenin yapısı ve temel yapıtaşları, evrenin yapısıyla birlikte dört temel kuvvet, bu kuvvetler arasındaki etkileşmeler hakkında bilgi edinilir.

Yüklü parçacık hızlandırıcıları doğrusal ve dairesel hızlandırıcılar olarak ikiye ayrılır. Doğrusal hızlandırıcıların çalışma prensibi, salınımlı alanlara ve sürüklenme tüplerine dayanır. Bu hızlandırıcılarda, parçacık arka arkaya dizilmiş olan sürüklenme tüplerinin birinden diğerine geçerek, her sürüklenme tüpünden sonra enerjisini artırır. Doğrusal hızlandırıcılarda iki çeşit çarpıştırma yapmak mümkündür. Bunlardan ilki bir parçacık hüzmesinin sabit bir hedefle çarpışmasıdır. İkincisi ise parçacık hüzmesinin birbiri içerisinden geçerek bir noktada çarpışmasıdır. Dairesel hızlandırıcılarda da doğrusal hızlandırıcılarda olduğu gibi iki tür çarpışma gerçekleşmektedir. Dairesel hızlandırıcılar, yüklü parçacıkları RF (Radyo Frekansı) kovukları yardımıyla hızlandıran ve manyetik alanlar aracılığıyla dairesel yörüngelerde tutan hızlandırıcılardır. Parçacıklar istenilen enerjiye ulaşana dek RF kovuğundan tekrar ve tekrar geçirilir. Fizikçiler çok yüksek enerjilere ulaşmak için dairesel hızlandırıcıları tercih ediyor çünkü doğrusal hızlandırıcılar, dairesel hızlandırıcılara göre daha kolay mühendislik ve daha düşük maliyetli olmasına rağmen çok yüksek enerjilere çıkabilmek için çok uzun hızlandırma

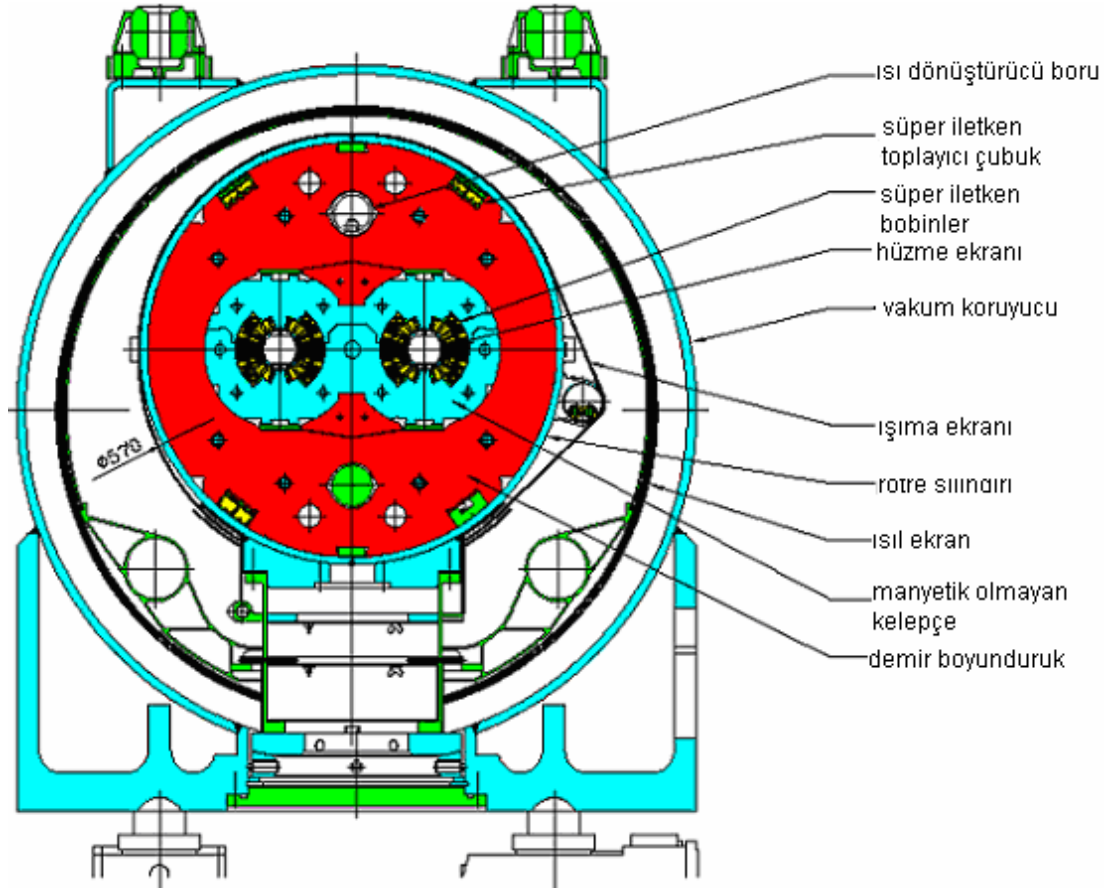
bölgesine ihtiyaç duyarlar. Buna karşın dairesel hızlandırıcılarda da sinkrotron ışıınımı ile enerji kaybı söz konusudur çünkü yüklü parçacıklar dairesel yörüngede hareket ederken enerjilerinin bir kısmını kaybeder. Enerji kaybı parçacık kütlesinin dördüncü kuvveti ile ters orantılıdır. Parçacığın kütlesi ne kadar fazla ise o kadar az sinkrotron ışıınımı gözlenir. Bundan dolayı dairesel hızlandırıcılarda elektron yerine hadronlar tercih edilir. Bugün dünyada bilinen en büyük hızlandırıcı CERN’ de bulunan BHÇ’dir.

2.2 Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (BHÇ)

Şu ana kadar dizayn edilmiş en büyük hızlandırıcı olan BHÇ Cenevre’de bulunan CERN’ deki LEP (Büyük Elektron-Pozitron Çarpıştırıcısı) tüneline inşa edildi. Kütle merkezi enerjisinin 14 TeV olduğu bir pp (proton-proton) hızlandırıcısıdır. Bu özelliği ile BHÇ, büyük patlamadan hemen sonraki 10^{-12} saniyesine, evrenin bir toplu iğnenin başından çok daha küçük ve sıcaklığın 10^{16} °K olduğu evrelere götürerek, yüksek enerjilerdeki parçacık fiziğin araştırılmasına izin verecektir. Şekil (2.1)’de BHÇ’nin çizimi ve çeşitli kısımları görülmektedir. BHÇ’de ilk adım olarak serbest protonlar iyonize edilmiş hidrojen atomlarından üretilir. Daha sonra bu protonlar LINAC (doğrusal hızlandırıcı)’da 50 MeV’e kadar hızlandırıldıktan sonra PS (Proton Sinkrotronu) ve İticiye transfer edilirler. İtici ve PS’de enerjilerini sırasıyla 1.4 GeV ve 25 GeV’e kadar yükseltirler. Protonlar PS’den ayrıldıktan sonra 6 km uzunluğundaki SPS (Süper Proton Sinkrotronu)’e iletilir. Burada protonlar beslenirler ve 450 GeV enerji ile 27 km uzunluğundaki BHÇ’ ye gönderilir. BHÇ’deki parçacıkları yörüngede tutabilmek için 0.535 T ile başlayıp 8.334 T’ ye kadar yükseltilecek bir manyetik alan gereklidir ki bu manyetik alanı 1232 dipol mıknatıstan oluşan bir mıknatıs sistemi oluşturmaktadır. Bu mıknatıs sistemi 2 °K’nin altındaki sıcaklıkta süper-akışkan helyumla çalıştırılmalıdır ve sistemdeki her bir dipolun uzunluğu 1.43 m olup, etkin kesiti şekil 2.2’ de görülmektedir. (Zimmerman, 2004)



Şekil2.1 BHÇ Halkası



Şekil 2.2 BHÇ Dipol Mıknatısın Etkin Kesiti

BHÇ' deki proton hüzmelerinin her biri zıt yönde hareket eder ve her birinin kendine ait hüzmeye borusu vardır. Her hüzmeyeindeki protonlar 7.7 cm rms uzunluğunda ard arda gelen öbekler şeklinde gruplandırılmıştır. Öbekler arasındaki boşluk 25 ns 'dir ve her bir öbekte 10^{11} proton vardır. Her öbek 362 MJ enerjiye sahip olacaktır. Işıklılık $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ düşük değeri ile başlayıp, işletimden birkaç yıl sonra $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ hedeflenen yüksek ışıklılık değerine ulaşacaktır. Eğer Higgs bozonunun kütlesi 0.5 TeV ' den daha büyük ise , yüksek ışıklılık Higgs bozonunu bulmak için gereklidir.

BHÇ'nin keşfetme potansiyelinden üstün bir başarı elde edebilmek için dört etkileşim noktasına dört deney inşa edilmiştir. Bunlardan ikisi genel amaçlı proton-proton (ATLAS VE CMS) ve diğer ikisi özelleştirilmiş (ALICE VE LHCb) deneylerdir. ATLAS deneyinde mıknatıslar iki şekilde yerleştirilmiştir. Bunlardan

ilki iç detektör civarına yerleştirilen süper solenoid ve ikincisi ise kalorimetrelerin dışına yerleştirilen bağımsız bobinler içeren büyük süper iletken toroid mıknatıstır. Bu dizayn iç detektöre ve kalorimetreye kısıtlama yapmayacak aynı zamanda yüksek ayırım gücü olan, geniş kabul gören müon spektrometresine mükemmel yeteneklilik sağlayacaktır. ATLAS deneyi bir sonraki kısımda daha ayrıntılı incelenecektir. CMS deneyi tek ve bütün bir 4 T' lik manyetik alan üreten süper iletken solenoid mıknatıs üzerine kurulacaktır. CMS 14 m yüksekliğinde, 20 m uzunluğunda ve kütlesi yaklaşık 1200 ton 'dur. ATLAS ve CMS detektörlerinde araştırılacak başlıca fizik konuları şunlardır:

- SM Higgs bozonunun 100 – 1000 GeV 'lik kütle aralığında araştırılması
- MSSM Higgs bozonunun 2.5 TeV 'e kadarlık kütle bölgesinde araştırılması
- Yeni ağır ayar bozonları (W', Z')'nin 4.5 TeV 'lik kütle bölgesine kadar araştırılması
- Kuark ve gluonların SUSY eşlerinin 2.5 TeV 'lik kütleyle kadar araştırılması
- Kuark ve leptonların alt yapılarının araştırılması
- CP kırınımı ve b-mezonlarının zamandan bağımsız karışım araştırmaları
- Ağır iyon çarpışmalarında kuark-gluon plazma araştırmaları.

ALICE deneyi Pb-Pb (kurşun-kurşun) çarpışmalarını araştırarak deneydir. Bu ağır iyon detektörü çok büyük enerji akısı olan maddelerin kuvvetli etkileşme fiziğindeki çalışmalarını kullanacaktır. LHCb deneyi ise tamamen BHÇ deki B fiziği için dizayn edilmiştir. Bu deneyde bulunan detektörler kabul edilen B mezonlarının kesin bozunma ve zaman ölçümlerini, hızlı ve verimli müon tetikleyicileri ile yapar (Schricker, 2002).

2.3. ATLAS Deneyi

ATLAS deneyinde, günümüzde tüm dünyadan 35 ülkeden 150'den fazla enstitüden 2000'e yakın bilim insanı çalışmaktadır. ATLAS deneyinin inşasına 1998 yılında başlanmıştır ve BHÇ' nin başlaması ile birlikte büyük bir kısmının hazır olması planlanmıştır. ATLAS detektörü, 1 TeV civarındaki en büyük olasılıklı Higgs bozonları kadar sınırsız çeşitlilikteki diğer olası fizik olaylarının üstesinden gelmelidir, örneğin; süpersimetrik parçacıkların ürünleri, ağır vektör bozonları ve ekstra boyutlar gibi... Detektörde yalnızca önceden bilinen fenomenler değil aynı zamanda beklenmeyen fizik süreçleri de gözlemlenebilir. Deneyde gözlemlenmesi beklenen parçacıklar son derece küçük iken, ihtiyaç duyulan detektör çok büyük bir aygıttır: ATLAS yaklaşık 11m yarıçapa, 42 m uzunluğa ve 7000 ton üzerinde kütleyle sahiptir.

ATLAS'ın koordinat sistemi şu şekilde tanımlanmaktadır; Orijin etkileşim noktası olarak seçilmiş olup, hüzmeye doğrultusu z -ekseni olarak tanımlanır. Pozitif x -ekseni etkileşim noktasından BHÇ çemberinin merkezine doğru yöneltilmiş olup, y -ekseni ise yukarıya doğru yöneltilmiştir. Azimutal açı Φ ve kutupsal açı θ demet eksenine ile uyuşacak biçimde seçilmiştir. Psüdorapidite η , kutupsal açı ile ilişkili tanımlanır (Horvat, 2005).

$$\eta = -\ln \tan(\theta/2) \quad (2.1)$$

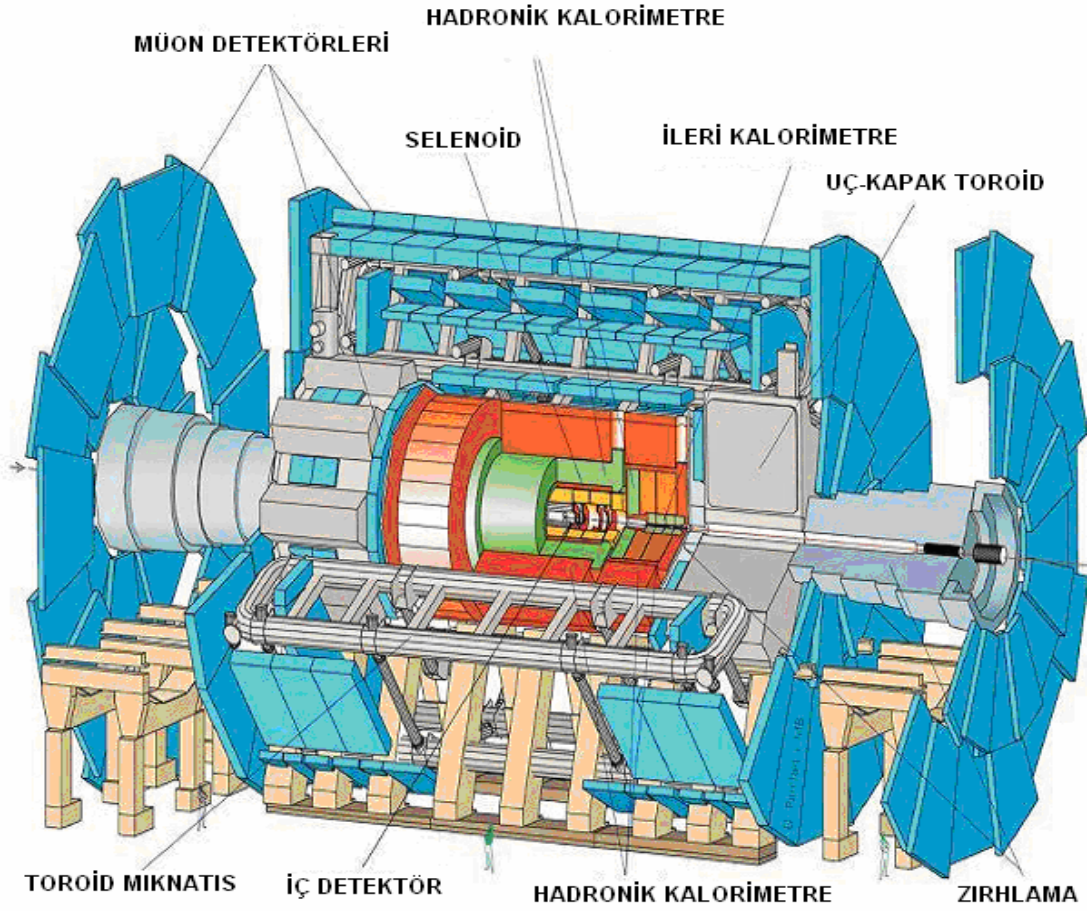
Enine momentum ise $x - y$ düzlemindeki momentum vektörlerinin izdüşümü ile tanımlanır.

ATLAS, ayrıntılarını daha sonra tartışacağımız alt detektör birimlerini kullanarak aşağıdaki özelliklere sahip olacaktır:

- i. Elektron ve fotonların elektromanyetik kalorimetre ile saptanması ve ölçülmesi,
- ii. Dik enerji kaybı E_T ' yi ve jetleri hassas olarak ölçmeyi sağlayan hadronik kalorimetre ile onu çevreleyen müon spektrometresinin yüksek ışıklılıkta hassas müon momentum ölçümü ve düşük ışıklılıkta çok düşük P_T tetikleme kapasitesi,

- iii. Yüksek ışıklılıkta lepton-momentum ölçümlerini yapabilen elektron, foton, tau-lepton ve ağır çeşnileri saptayan hızlı ve verimli izleyici ve düşük ışıklılıkta B bozunumlarının son durumlarını yeniden oluşturabilme kapasitesi,
- iv. Geniş η bölgesi .

ATLAS deneyinin 3-boyutlu dizaynı Şekil 2.3'te görülmektedir. ATLAS detektörü soğan yapısında olup üç temel detektörden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla iç detektör, kalorimetre ve müon spektrometresidir. Bunların yerleştirme planları büyük ölçüde manyetik alanlara bağlı olarak yapılmıştır. En içteki kısım iç detektör (izleme detektörü) olup, iç izleme boşluğu süper iletken solenoid ile çevrelenmektedir. Bu süper iletken solenoid çarpışma noktasından uzaklaşan elektrik yüklü parçacıkların yörüngelerini bükerek ve iç detektör bu izleri kaydeder. Daha sonra bu izlerin eğriliğinden her bir parçacığın elektrik yükü ve momentumu saptanır. İç detektörün dışarısında süper iletken hava-özlü toroidin çevrelediği kalorimetre bulunmaktadır. Burada her birime bırakılan enerji elektrik sinyaline çevrilir ve çeşitli elektronik sistemlerle okuma çıkışına kaydedilirler. Kalorimetrenin hemen dışında ATLAS hacminin büyük bir kısmını kaplayan müon spektrometresi bulunur. Mıknatısların detektöre bu şekilde yerleştirilmesinin iki büyük avantajı vardır. Bunlardan birincisi, kalorimetre ve iç detektöre minimum kısıtlama getiren ve geniş kabul gören, sağlam, yüksek çözünürlüklü müon spektrometrelerinin inşa edilmesini sağlar. İkincisi ise müon spektrometresinden geçen müonların yörüngelerinin bükülmesi ile onların yüksek hassasiyetli momentum ölçümlerinin yapılabilmesidir. Bu alt-detektörlerle ilgili ayrıntılı bilgi bir sonraki kısımda incelenecektir.(Coadou, 2003)



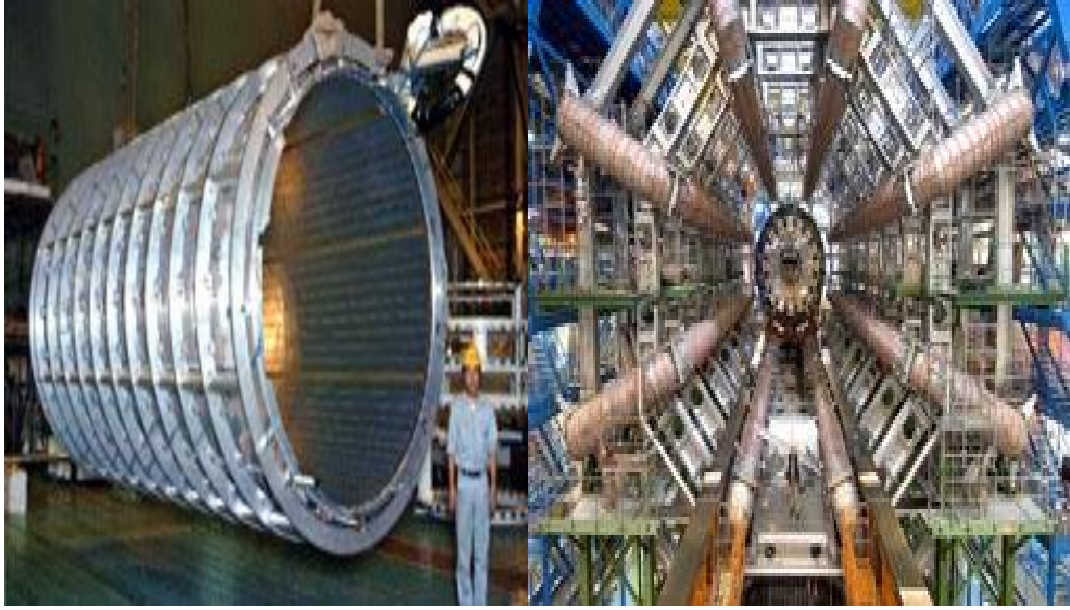
Şekil 2.3 ATLAS Detektörü

2.4 ATLAS Detektörünün Alt Birimleri

2.4.1 Mıknatıs

ATLAS detektörünün süper iletken mıknatıs kısmı birçok kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan en içeriye yerleştirilmiş olan, merkezi solenoid (CS) 5.3 m uzunluğunda olup 2 T'lık solenoidal manyetik alan sağlaması için iç izleyici detektörün çevresini kaplamaktadır. Solenoidal bobinler izleyici detektör ile elektromanyetik detektör arasına konumlandığı ve kalorimetreye ulaşan parçacıkların kesin ölçümlerini elde etmek için, mıknatıs için kullanılan madde miktarı en aza indirgenmiştir. Solenoid bu yüzden olabildiğince ince yapılmış ve elektromanyetik sıvı argon kalorimetre ile aynı vakum koruyucuyu kullanmaktadır. Diğer mıknatıs

sistemini üç büyük hava özlü toroidler oluşturmaktadır. Bunlar detektörde iki bölgeye yerleştirilmişlerdir. Birincisi, hadronik kalorimetrenin tamamını saran, birbirinden bağımsız sekiz tane kangal yapıllı büyük süper iletken hava-özlü toroid (BT) ve BT nin iki ucunu kapatan uç-kapak (ECT) toroidleridir. Şekil 2.4'te mıknatısın CS ve BT kısımları gösterilmektedir.



(a) (b)
Şekil 2.4. ATLAS Mıknatısı: (a) CS Sistemi (b) BT Sistemi

BT toroid, 9.4 m iç boru ve 20.1 m dış yarıçapı ile 25 m'den fazla uzunluğa erişmektedir. BT' nin süper iletkenleri üzerinde 3.9 T' lık manyetik alan oluşur ve 0 ile 1.3 psüdorapidite aralığında 2-6 T.m arasında bükme gücüne sahiptir. İki uç-kapak toroidi (ECT) 1.64 m iç boru ve 10.7 m dış çap ile 5 m uzunluğa erişmektedir. ECT' nin süper iletkeni üzerinde 4.2 T' lık bir manyetik alan oluşurken bükme gücü 1.6 ve 2.7 psüdorapidite aralığında 4-8 T.m arasındadır. Her bir toroid hüzmeye eksenine çevresinde simetrik ve merkezden çıkacak şekilde düzenlenmiş 8 düz bobin içermektedir. Sekiz tane olan son-kapak toroid bobinleri tek büyük bir kryostatta birleştirilmekte iken, fiçı toroid (BT) bobinler özel kryostatlar içermektedir. Tüm mıknatıslara ait bazı özellikler Çizelge 2.1'de verilmiştir. Mıknatıs sisteminin bu şekilde yerleştirilmesi, müon spektrometresindeki

müonların çoklu saçılmalarını en aza indirmek için dizayn edilmiştir. Bu yolla, müon spektrometresi iç izleyici detektöre bağlı olarak yüksek hassasiyetle müon ölçümlerine izin verir.

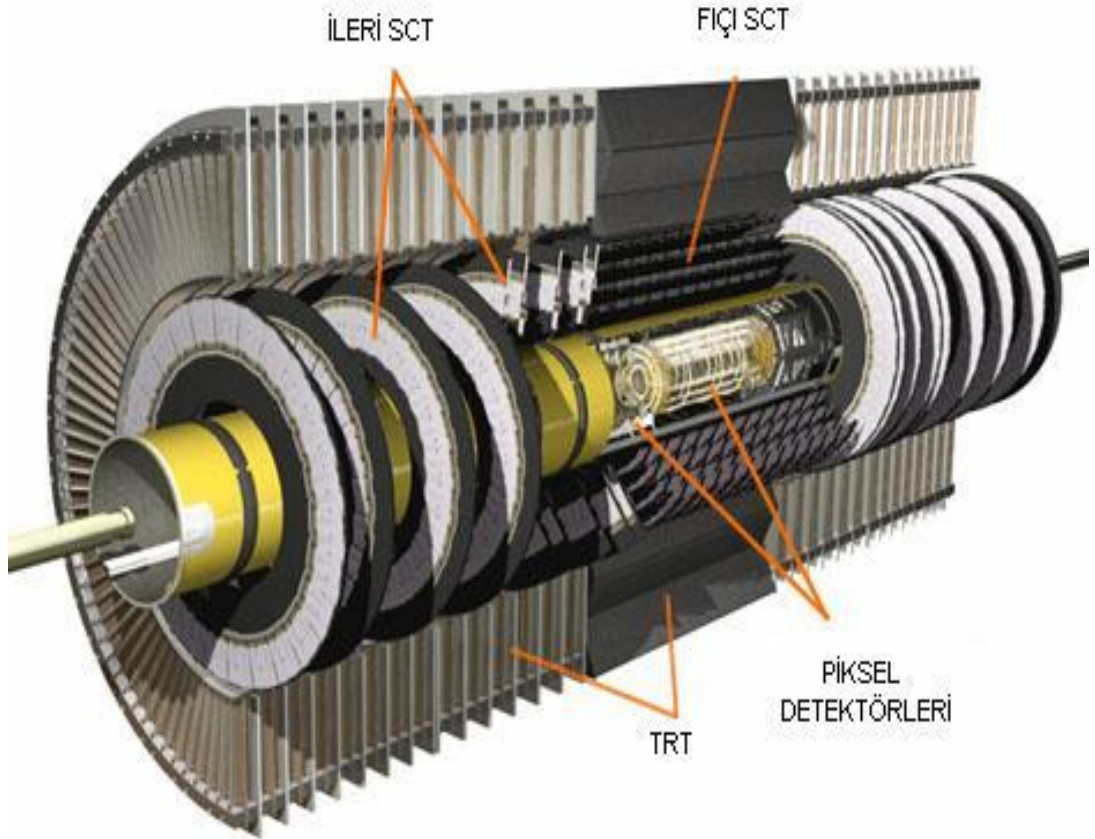
Çizelge 2.1. ATLAS Mıknatıs Sisteminin Parametreleri

Özellik	Birim	Fıçı toroid (BT)	Son-Kapak Toroidler (ECT)	Merkezi soleonoid (CS)
Tüm Yönler				
İç yarıçap	m	9.4	1.65	2.46
Dış yarıçap	m	20.1	10.7	2.63
Eksensel uzunluk	m	25.3	5	5.3
Bobin sayısı	-	8s	2x8	1
Ağırlık				
İletken	Ton	118	2x20.5	3.8
Soğuk kütle	Ton	370	2x160	5.4
Toplam montaj	Ton	830	2x239	5.7
Bobinler				
Sarım	-	120	116	1173
Çalışma Akımı	kA	20.5	20.5	8.4
Depolanan Enerji	Mj	1080	2x250	39

2.4.2 İç Detektör

İç detektör hüzmeye borusuna en yakın şekilde yerleştirilmiş ATLAS detektörünün bir parçasıdır. İç detektörün görevi her olayın etkileşim köşelerini ve izlerini yeniden inşa etmek, parçacık tanımaya katkıda bulunmak ve kısa ömürlü parçacıklar hakkında bilgi sağlamaktır. İç detektör ATLAS detektörünün en önemli

kısımlarından bir tanesidir çünkü BHÇ’de parçacık hüzmeleri her 25 ns ’de çarpıştırılacaktır ve çarpışma sonucu ortaya çıkan çok büyük sayıdaki olayların üstesinden gelebilmek için iç detektörün alt detektörlerinin çok sıkı gereksinimleri karşılaması gerekmektedir. Örneğin bu alt detektörler çok hızlı olmalı, radyasyona dayanıklı olmalı, yüksek taneciklilik ve iyi momentum ayırım gücüne sahip olmalıdır. Buna ek olarak, malzeme miktarı, hem momentum ölçümünü azaltmamak hem de kalorimetrelerdeki enerji ölçümleri ile elektron ve foton tanıma niceliğini engellemek için olabildiğince küçük tutulmuştur. İç detektör Şekil 2.5’de gösterilmektedir (Horvat, 2005).



Şekil 2.5. İç Detektör

İç detektörün dış yarıçapı 25 cm ve toplam uzunluğu 7 m ’dir ve CS tarafından sağlanan 2 T ’lık solenoidal manyetik alan içerisine yerleştirilmiştir. İç

detektör dizayn edilirken iki noktaya dikkat edilmiştir. Bunlardan ilki bütün alt detektörlerin radyasyona karşı dayanıklı olmasıdır çünkü detektör içinde çarpışan hüzmeler saniyede 1 mm^2 'ye 100000 parçacık düşen yoğunlukları oluştururlar. Bu nedenden dolayı alt detektörlerin bazı kısımları sökülüp değiştirilebilir olarak dizayn edilmiştir. İkincisi ise, izleme hacmindeki madde miktarının minimumda tutulmuş olmasıdır. Bundan dolayı güç kabloları için alüminyum ve plastiği güçlendirmesi için karbon-lif gibi düşük Z- maddeleri kullanılmıştır.

ATLAS'ın iç detektör izleyicisi üç tip detektörden oluşmaktadır: bunlar içten dışa doğru sırasıyla Silikon Piksel Detektör, Yarı İletken İzleyici (SCT) ve Geçiş Işıma İzleyiciler (TRT) dir. Tüm bu detektörler, ortamdaki çok sayıdaki izlerden yüklü parçacıkların hassas ölçümlerine izin verir. Hüzme borusundan başlayarak 4 cm 'den 22 cm 'e kadarki yarıçapta piksel detektörleri her bir izin üç uzaysal noktasını saptayabilmek için kullanılır. Bunun ardından 56 cm yarıçapına kadar, SCT her bir izin 4 uzaysal noktasını saptayabilmek için ve TRT her izin 36 noktasını sağlayabilmek için kullanılır. Piksel detektör başlıca etkileşim köşelerininin doğru şekilde ölçülmesini sağlar, SCT hassas bir biçimde parçacık momentumlarını ölçer ve TRT desen tanımayı kolaylaştırır. Her detektör, etkileşim köşelerinden gelen parçacıkların materyal içerisinden geçmesini en aza indirmek için fiçı ve uç-kapak kısımları içermektedir. (<http://atlas.web.cern.ch>)

Piksel detektörde toplam 140 milyon silikon piksel bulunmaktadır. Piksel detektörü yarı iletken izleyici (SCT) çevrelemektedir. SCT fiçada dört tabaka ve uç-kapakların her birinde dokuz tabaka silikon mikro-şerit detektörü kullanılır. Silikon şeritler geçen parçacıkların izlerini iki basamaklı mikron mertebesinde ölçer. Detektör 6.2 milyon silikon şerit ve 61 m^2 silikon detektör içermektedir. Her silikon detektör ise 768 okuma şeritleri ile $6.36 \times 6.40 \text{ cm}^2$ 'dir (Efthmiopulos, 1999).

İç detektörün son bileşeni Geçiş Işıma İzleyici (TRT) detektörleridir. Bunlar, küçük bir iyonizasyondan görülebilir bir sinyal üretebilmek için, zayıf bir anot teli yakınında klasik gaz amplifikasyon yasasını kullanan küçük çaplı iyonizasyon detektörleridir. TRT fiçı ve iki uç kapak kısmından oluşur. Fiçada yaklaşık 50000

kamış çubuk vardır ve her biri merkezde ikiye ayrılır. Uç kapaklar ise 320000 kamış çubuk içerir. TRT detektörünün toplam elektronik kanal sayısı 420000 dir. Her bir kanal her kamış çubuk için 170 μm uzaysal ayırım gücü verir ve iki bağımsız eşik değeri sağlayarak sürüklenme zaman ölçümünü verir. TRT, düşük enerjilerde ATLAS'ta elektron-pion ayırımını ve aynı zamanda yüklü parçacıkların izleri hakkında ek bilgi sağlar.

2.4.3 Kalorimetre

Kalorimetreler BHÇ' de çok önemli rol oynayacaktır. Kalorimetreler fotonların, elektronların, ayrılmış hadronlar ve jetlerin yönlerini ve enerjilerini ve de kayıp dik enerjilerinin ölçülmesini sağlamaktadır. Kalorimetreler, kayıp dik enerjiyi kullanarak Standart Model ötesindeki fiziğin keşfedilmesini sağlayacak aynı zamanda $H \rightarrow \gamma\gamma$ bozunumları ile düşük kütleli Standart Model Higgs parçacıklarını keşfetmeye yarayacaktır. Kalorimetreler hızlı detektör yanıtı ve iyi taneciklilik özelliği ile fizik performansında çarpışma yığılmalarını en aza indirecek özelliklere sahiptir. Kalorimetreler yüksek radyasyona karşı dirençli olacak şekilde tasarlanmışlardır. ATLAS kalorimetresi, farklı gereksinimleri karşılamak üzere ve ışıma ortamına uygun olacak biçimde farklı teknikleri kullanarak $|\eta| < 5$ aralığını kaplar. ATLAS kalorimetresi Şekil 2.6'da gösterilmektedir.

ATLAS kalorimetresi Elektromanyetik kalorimetre, Hadronik kalorimetre ve İleri kalorimetre olmak üzere üç kısımdan oluşur. Elektromanyetik kalorimetre iç detektörün solenoid mıknatısının dışarısına yerleştirilmiştir ve hadronik kalorimetre elektromanyetik kalorimetreyi çevrelemektedir. Elektromanyetik kalorimetre, LAr elektromanyetik gövde ve uç-kapaklardan oluşmaktadır. Hadronik kalorimetre ise Hadronik Tile kalorimetre ve LAr hadronik uç-kapaklardan oluşmaktadır. Kalorimetrenin toplam ağırlığı 4000 ton'dur. Kalorimetreye ait bazı özellikler tablo 2.2'de verilmektedir.

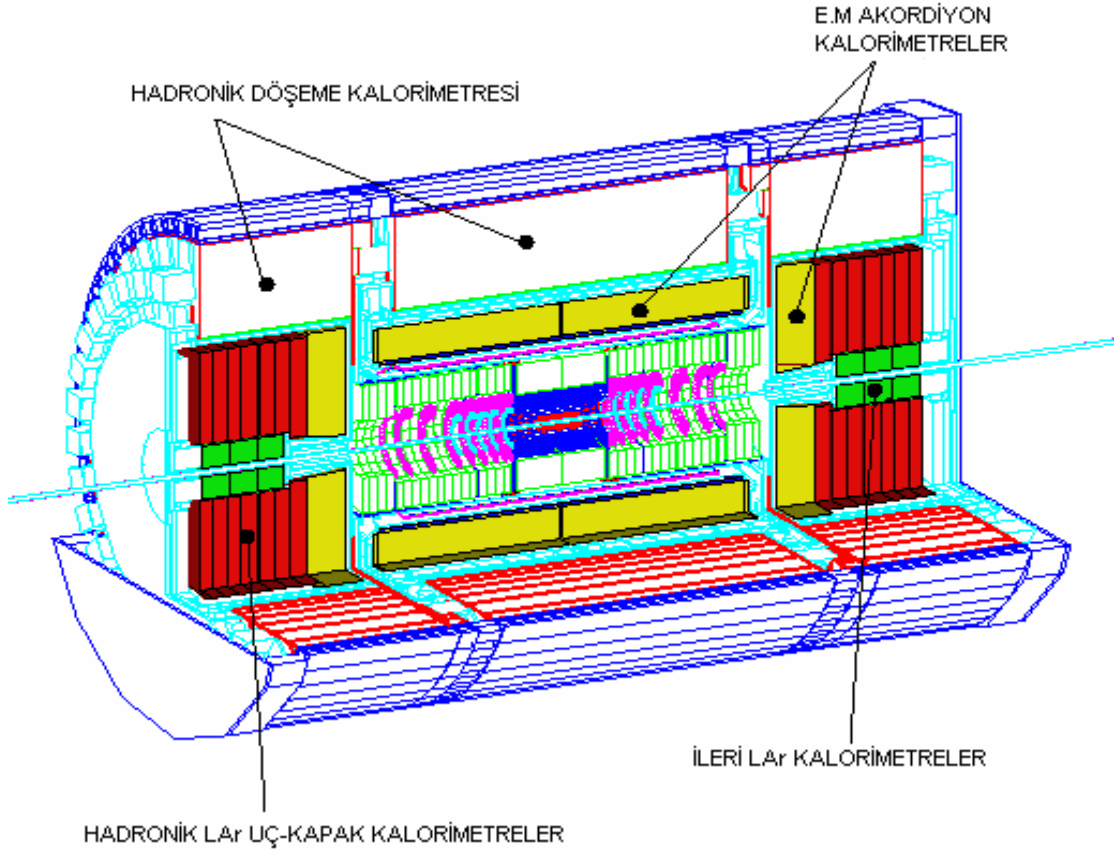
Çizelge 2.2 Kalorimetreye Ait Bazı Özellikler

Sistem	η Kaplam	Taneciklilik ($\Delta\eta \times \Delta\phi$)
E . M Fıçı	$ \eta < 1.475$	0.03 x 0.1 (s1) 0.025 x 0.025 (s2) 0.05 x 0.025 (s3)
Ön örnekleiyici	$ \eta < 1.8$	0.025 x 0.1
Hadronik Fıçı	$ \eta < 1.8$	0.1 x 0.1
Hadronik Son-Kapak	$1.5 < \eta < 2.5$ $2.5 < \eta < 3.2$	0.1 x 0.1 0.2 x 0.2
İleri kalorimetre	$3.2 < \eta < 4.9$	$\sim 0.2 \times 0.2$

Elektromanyetik kalorimetre akordeon geometrili bir sıvı-argon (LAr) detektörüdür. $|\eta| < 1.8$ psüdorapidite değeri ile ön örnekleiyici detektör gibi olup, kryostat soğuk duvarının hemen arkasına yerleştirilmiştir. Örnekleme kalorimetrelerde aktif plakalar arasında soğurucu maddeler bulunur. Elektromanyetik kalorimetre bir dizi kurşun tabaka içerir (aktif ortam) ve bunların arası sıvı argon (pasif ortam) ile doldurulmuştur (Schricker, 2002).

Elektromanyetik kalorimetre elektron, pozitron ve foton gibi elektromanyetik etkileşme yapan parçacıkların enerjilerini soğuran detektörlerdir. Etkileşme noktasında çıkan ve iç detektörü geçen yüksek enerjili elektron ve fotonlar kalorimetrenin atomları ile etkileşerek enerjilerini daha düşük enerjili elektron, pozitron ve fotonlardan oluşan elektromanyetik duşlarla kaybeder. Kalorimetrenin aktif ortamında enerji atomların uyarılmasına ve iyonlaşmasına neden olurken, pasif ortamın yardımı ile kalorimetre elektromanyetik etkileşme yapan parçacık duşlarının enerjisi ile orantılı sinyaller üretir. Elektromanyetik LAr kalorimetresi bir adet fıçı ve

iki adet uç-kapaktan oluşmaktadır. LAr fiçı, hüzme eksenine boyunca 6.65 m toplam uzunluğunda ve 2.25 m dış yarıçapında bir silindirdir.



Şekil 2.6 ATLAS Kalorimetresi

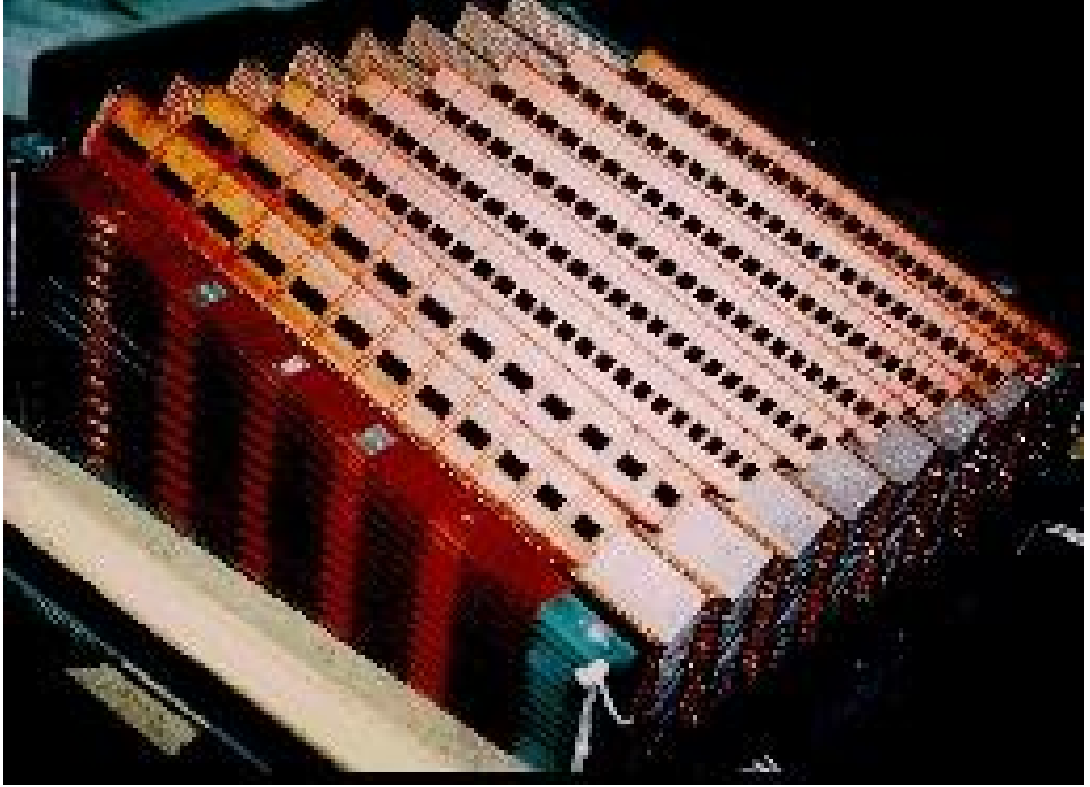
Elektromanyetik kalorimetrenin LAr kalorimetresindeki sıvı-argon boşluklarında yaratılan iyonizasyon yükü, boylamsal olarak ön (şerit olarak da bilinir), orta ve arka olmak üzere üç kısma ayrılmış bakır kaplanmış kapton elektrotları ile toplanmaktadır. LAr’ da argonun sıvı halde olması için kalorimetre yaklaşık -180°C ’de tutulmalıdır. Kalorimetrenin $\Delta\eta$ rapidite kesimlemesi 0.03’ den 0.1’e kadar ve $\Delta\phi$ azimutal kesimleme 0.025’ den 0.1’ e değişmektedir. Kalınlık fiçı bölgesinde 24 ışıma uzunluğunda ve uç-kapak bölgesinde 26 ışıma uzunluğunu geçmektedir. Işıma uzunluğu X_0 simgesi ile gösterilmektedir. Burada ön

örnekleyici birkaç ışıma uzunluğuna sahiptir ki enerji ayırım gücü ve $e^{\pm}$ tanımayı geliştirir. Enerji ayırım gücü; (Woudstra,2002)

$$\Delta E/E = \%11.5/E + \%0.5 \quad (2.2)$$

ile ifade edilmektedir. Elektromanyetik kalorimetre 1 GeV'den 3 GeV'e kadarki elektronların yeniden inşasını dikkate almaktadır. İki fotona veya dört elektrona bozulan Higgs bozonların keşfinde iyi bir kütle ayırım gücünü sağlamak için enerji ayırım gücü 10 – 300 GeV'in aralığı gerektirmektedir. Elektromanyetik kalorimetreden bir kesit Şekil 2.7' de görülmektedir.

Levhalı Hadronik Kalorimetre (TileCal), elektromanyetik LAr kalorimetre tarafından durdurulamayan hadronları soğurarak onların enerjilerini ölçer. TileCal oda sıcaklığında çalışır ve $|\eta| < 1.6$ aralığını kaplar. TileCal dış yarıçapı 4.23 m, iç yarıçapı 2.28 m ve uzunluğu yaklaşık 12 m olan bir silindirdir, fiçı ve iki genişletilmiş fiçı olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Bu kalorimetre, pasif ortam olarak demir emici levhalar ve aktif ortam olarak sintilatör levhalar ile telafili olmayan örnekleyici bir kalorimetredir. Birleştirilmiş elektromanyetik-hadronik kalorimetrelerde aynı enerji ile gelen elektromanyetik ve hadronik parçacık sinyalleri arasındaki oran bir değerinden farklı ise bu telafili olmayan kalorimetredir. Bu kalorimetrenin en sıra dışı özelliği sintilatör levhalarının standart olmayan yönlendirilmeleridir: bunlar radyal yönde ve derinliğe göre zikzak yapacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Bu özellik ile kalorimetre soğansı yapısını devam ettirirken, sintilatörlerin okuma fiberlerinin döndürülmesine izin verir. Soğansı yapı kayıp enerjiiyi yeniden oluşturma performansı göz önüne alındığında önemli bir niteliktir



Şekil 2.7. Elektromanyetik kalorimetreden bir kesit

Bu kalorimetrede sintilatör plastik döşemeler çelik tabakaların arasına yerleştirilmiştir. Hadronların bu tabakalarla (demir emici levhalar + sintilatör levhalar) etkileşmesi sonucunda düşük enerjili hadronik duşlar oluşur. Duştaki yüklü parçacıklar sintilatör levhalardan geçerken gelen parçacığın enerjisi ile orantılı ışık yayarlar. Oluşan ışık, fiber kablolar ile foto çoğaltıcı tüplere taşınır ve burada elektrik sinyaline çevrilir. Bu kalorimetredeki toplam kanal sayısı 10000 mertebesindedir. Kalorimetre $\eta = 0$ 'da yaklaşık 1.4, 4.0, 1.8 etkileşme uzunluğu (λ_{abs}) inceliğinde üç tabakaya ayrılmıştır. Azimutal olarak, fıçı ve genişletilmiş fıçılar 64 modüle ayrılmıştır. $\Delta\eta \times \Delta\phi$ taneciklilik 0.1×0.1 'e eşittir. TileCal müon spektrometresinden hemen önce yerleştirilmiştir bu yüzden müon dışındaki tüm parçacıkları soğuracak şekilde dizayn edilmiştir (ATLAS TDR,1999).

TileCal'ın hadronları soğurarak onların enerjilerini ölçtüğünden bahsetmiştik. Şimdi bu süreçler üzerinde tartışalım. Hadronlar kalorimetre içinde hadron duşları oluşturur. Bu duşlarda GeV mertebesindeki hadronlar ile MeV mertebesindeki nükleer proseslerden elde edilen parçacıklar bulunmaktadır. GeV mertebesindeki

hadronlar; proton, yüklü ve yüksüz pionlar ile nötronlardır ve bunlar en hızlı bileşenleri oluştururlar. MeV mertebesindeki nükleer proseslerden elde edilen parçacıklar foton ve nötronlardır ve daha düşük enerjiye sahiplerdir. Fotonlar detektörler tarafından tam olarak varlanamadığından kolayca detektörlerden kaçarlar. Detektörden kaçan diğer parçacıklar ise müon ve nötrinolardır. Bunun sonucu olarak hadronik kalorimetrenin çözünürlüğü elektromanyetik kalorimetreye göre daha düşüktür. TileCal yalnızca düş parçacıklarını tanımlamamakta aynı zamanda jetlerin belirlenmesi, onların enerji ve yönlerinin bulunması, kayıp dik enerjinin ölçülmesinde önemli rol oynamaktadır. Burada kalorimetre; (Woudstra,2002)

$$\Delta E/E = \%50/E + \%0.3 \quad (2.3)$$

enerji ayırım gücüne sahiptir.

$1.5 < |\eta| < 4.9$ aralığını sıvı argon hadronik uç-kapak kalorimetre, ileri kalorimetre ise $1.5 < |\eta| < 2.5$ aralığını kaplar. Hadronik LAr uç-kapak ve ileri kalorimetrenin her ikisi de elektromanyetik uç-kapaklarının da yerleştirildiği aynı kryostat içerisine yerleştirilmiştir. Her hadronik kapak iki, eşit çaplı ve bağımsız çarklar içermektedir. İlk çark için 25 mm levhalar ikinci çark için 500 mm levhalar kullanılmıştır. Her iki çarkta da art arda bakır levhalar arasındaki boşluk 8.5 mm 'dir ve her biri yaklaşık 1.8 mm 'lik serbest uçuş bölgesine sahip üç elektrot ile donatılmıştır. Çarklar iki boylamsal okuma segmentine bölünmektedir. Uç-kapak kalorimetrenin aktif kısmı yaklaşık 12 etkileşme uzunluğu kalınlığındadır (Efthimiopoulos, 1999).

ATLAS İleri Kalorimetre etkileşme noktasından yaklaşık 5 m ön yüzünde uç-kapak kryostatına bütünleştirilmiştir. Dolayısıyla çok büyük bir radyasyona maruz kalacaktır, bu da ileri kalorimetreyi radyasyona karşı dayanıklı olacak malzeme kullanmaya itmiştir. Bu bağlamda, ileri kalorimetrenin kısa boylamsal alanlarına en azından $9 \lambda_{abs}$ lik aktif detektörleri yerleştirmek zorundadır. Böylelikle bu yüksek yoğunluklu bir detektördür ve birincisi bakırdan diğer ikisi tungstenden yapılmış üç boylamsal sektör içermektedir. Bunların her biri çubuklarla doldurulmuş boylamsal

kanalların düzenli olarak yerleştirilmesiyle bir metal matris içermektedir. Duyarlı ortam, matris ve çubuklar arasındaki boşluğun doldurulduğu sıvı argondur. Boşluklar ilk kısımda 250 mikron ikinci ve son kısımda 375 mikron genişliğindedir. (Efthymiopoulos, 1999)

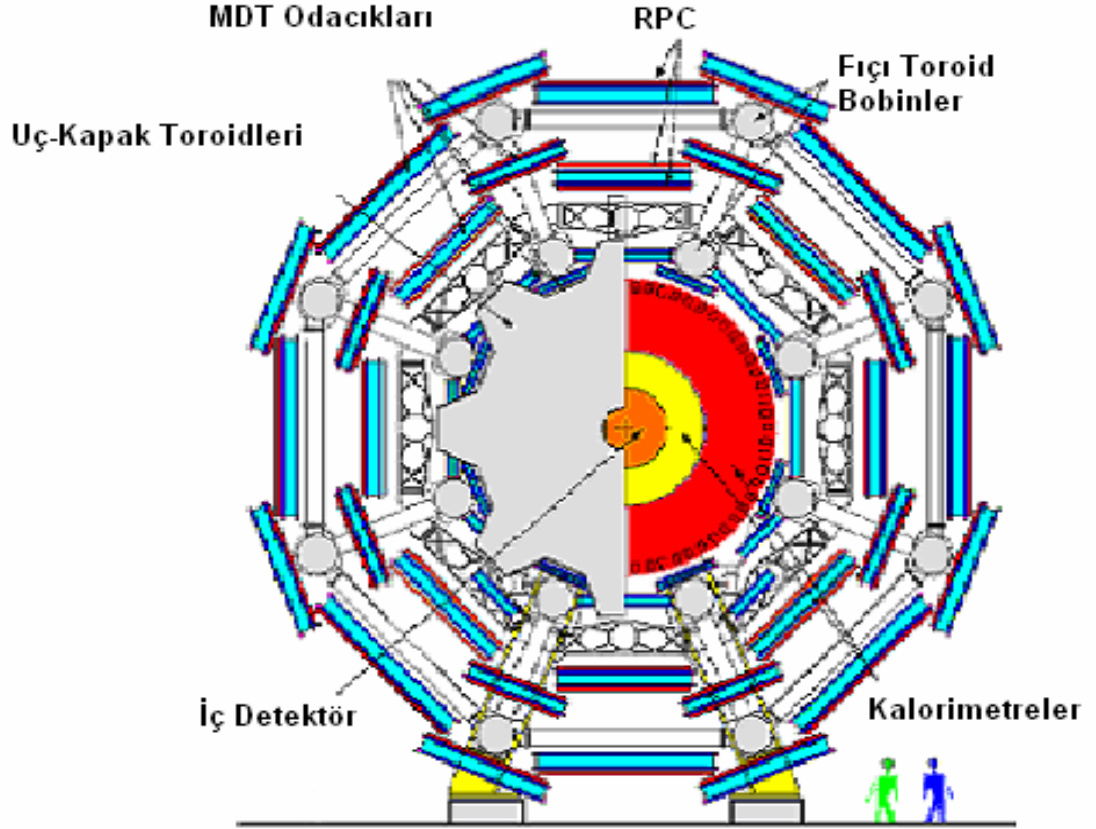
2.4.4 Müon Spektrometresi

Müon spektrometresi ATLAS deneyinin önemli bir kısmını oluşturur. Müon spektrometresi iç detektörlerden tamamen bağımsız olarak hassas müon momentum ölçüm yeteneğine sahiptir. Müonlar elektronlara benzerler fakat kütleleri elektronun kütlesinden yaklaşık 200 kat daha fazladır. Müonlar kalorimetre tarafından durdurulamayan tek yüklü parçacıktır ve yüksek enerjili müonlar parçacık içerisinden geçerken enerjilerini elektromanyetik süreçlerle kaybederler. Bunlar iyonizasyon, çoklu saçılma, fotonükleer etkileşmeler gibi süreçlerdir. Çoklu saçılma bir parçacığın madde içerisinden geçerken birbirine benzeyen saçılmalar yapması sonucu ortaya çıkar.

Müon spektrometresi $P_T > 300 \text{ GeV}/c$ durumları için $\Delta P_T / P_T = 1 \times 10^{-4} \times p / \text{GeV}$ momentum ayırım gücüne sahiptir. Örneğin 1 TeV 'lik müonların momentumu %10 hassaslıkla ölçülebilecektir. Daha küçük momentumlarda, kalorimetrelerdeki enerji kaybı dalgalanmaları, detektör yapısında ve mıknatistaki çoklu saçılmalardan dolayı ayırım gücü yüzde birkaç ile sınırlandırılacaktır, yani 10 – 200 GeV 'lik müonların momentumu %2 – 3 hassaslıkla ölçülebilecektir.

Müon spektrometresinin bu hassasiyeti, $H \rightarrow \mu^+ \mu^- \mu^+ \mu^-$ bozunma kanalı kullanılarak Higgs parçacıklarını keşfetmek için yeterlidir. Ayrıca müon spektrometresi enerjetik müonlar içerdiği zaman $A^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ bozunumundaki A^0 ağır süpersimetrik Higgs ve $Z' \rightarrow \mu^+ \mu^-$ bozunumundaki Z' bozonu gibi standart model ötesindeki fiziği araştırmak içinde iyi yapılandırılmıştır.

Müon spektrometresi Şekil 2.8’ de gösterildiği gibi birçok alt-sistemden oluşmaktadır. Müon spektrometresinin alt-sistemleri bir sonraki kısımda ayrıntılı olarak tartışılacaktır (Aleksa, 1999).

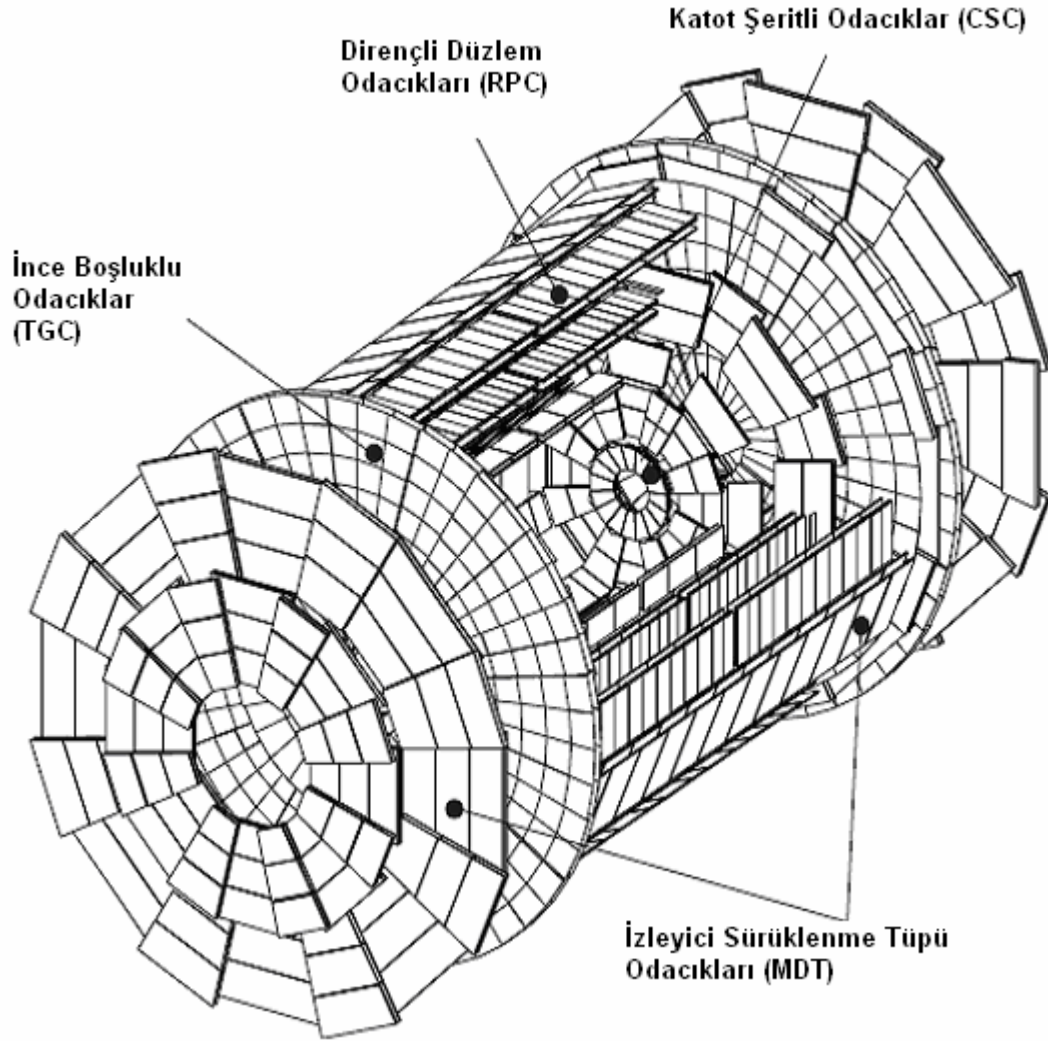


Şekil.2.8 ATLAS Müon Spektrometresi

3. MATERYAL VE METOD**3.1 ATLAS Müon Spektrometresi**

ATLAS müon spektrometresinin hassas müon momentum ölçüm yeteneğine sahip olduğundan daha önce bahsetmiştik. Bu yeteneği bütünleşmiş alt sistem ile elde etmektedir. Bu alt sistemlerden bir tanesi toroidal manyetik alan üreten bir büyük hava-özlü fiçı toroid ve iki hava-özlü fiçı toroiddir. Her toroid 8 süper iletken bobin içerir ve ortalama 0.5 T manyetik alan üretir. ATLAS deneyinin işletimi sırasında manyetik alan Hall problemlerinin müon spektrometrelerine monte edilmesiyle ölçülür. Süper iletken toroidin bu şekilde dizayn edilmesinin sebebi, müonların çoklu saçılmasını en aza indirgeyerek, müon izlerinin yeniden oluşturulmasına izin verilebilmesi içindir. Spektrometrenin alt sistemlerinden birisi de müon odacıklarıdır. Müon odacıkları etkileşme noktasından saçılan parçacıkların geçtiği yol üzerinde üç farklı istasyondadır. Bu istasyonlar detektörü kapsayacak ve iyi momentum çözünürlüğü verecek şekilde yerleştirilmiştir. Fiçı bölgesindeki odacıklar eşmerkezli olarak hüzm hattına 5 m (iç), 7 m (orta) ve 10 m (dış) radyal uzaklığı ile monte edilmişlerdir. Uç-kapak odacıkları ise etkileşme noktasından hüzm hattına sırasıyla 9 m (iç), 14 m (orta) ve 20 m (dış) uzaklığında yerleştirilmiş dört dikey diskten oluşmaktadır (Efthimiopoulos, 1999).

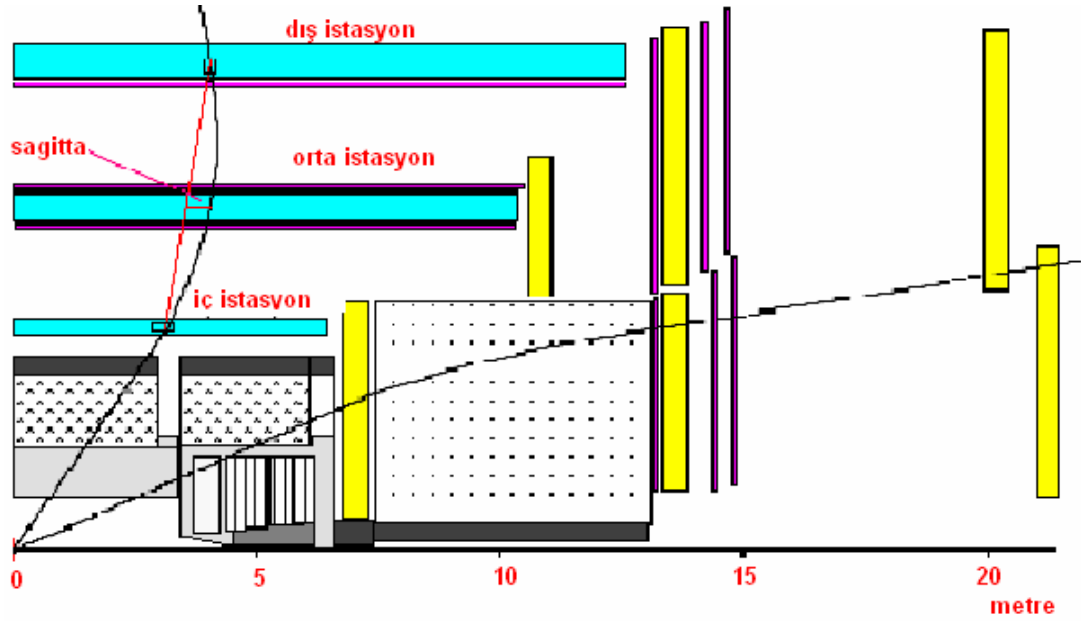
Müon odacıkları izleyici ve tetikleyici odacıklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tetikleyici odacıklar fiçı bölgesinde yaklaşık 355000 kanal ile Dirençli Düzlem Odacıkları (RPC) ve uç- kapak bölgesindeki yaklaşık 440000 kanal ile İnce Aralık Odacıkları (TGC)'dır. RPC 596 odacık ile 3650 m² alan kaplarken, TGC 192 odacık ile 2900 m² alan kaplamaktadır. İzleyici odacıklar, İzleyici Sürüklenme Tüpleri (MDT) ve Katot Şeritli Odacıklardır (CSC). MDT $|\eta| < 2.7$ rapidite aralığında ve CSC ise $|\eta| > 2.7$ rapidite aralığını kapsamaktadır. MDT 1200 odacığı ile 5500 m² alan kaplarken, CSC 32 odacık ile 27 m² alan kaplamaktadır. MDT'ler müon momentumunu çok büyük hassasiyet ile ölçerler. Bir tek MDT, bükülme yönünde yaklaşık 80 μ m hassasiyet ile bir müonun yörüngesini ölçer. CSC'ler MDT ile aynı görevi yerine getirmekle birlikte daha çok hücreli ve daha hızlı yapıya sahiptirler (Woudstra, 2002).



Şekil 3.1 ATLAS Müon Odacıklar (ATLAS MTDR, 1997)

3.1.1 Müon Ölçüm Prensibi

Müonların momentumları manyetik alanda saptırılan parçacıkların üç ayrı istasyonda ölçülen eğrilik yarıçaplarından bulunur. Müon fıçı sistemindeki üç istasyonun her biri, iz boyunca bir noktanın ölçümünü sağlamaktadır. Buradaki eğrilik, sagitta (yay) cinsinden bulunur. Sagitta (S), iç ve dış istasyonları düz bir çizgiyle birleştiren ve orta istasyonda seçilen bir noktanın bu düz çizgiye uzaklığı olarak tanımlanır. Sagitta şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Sagittanın Gösterimi

$$S = eBl^2/8P_T \quad (3.1)$$

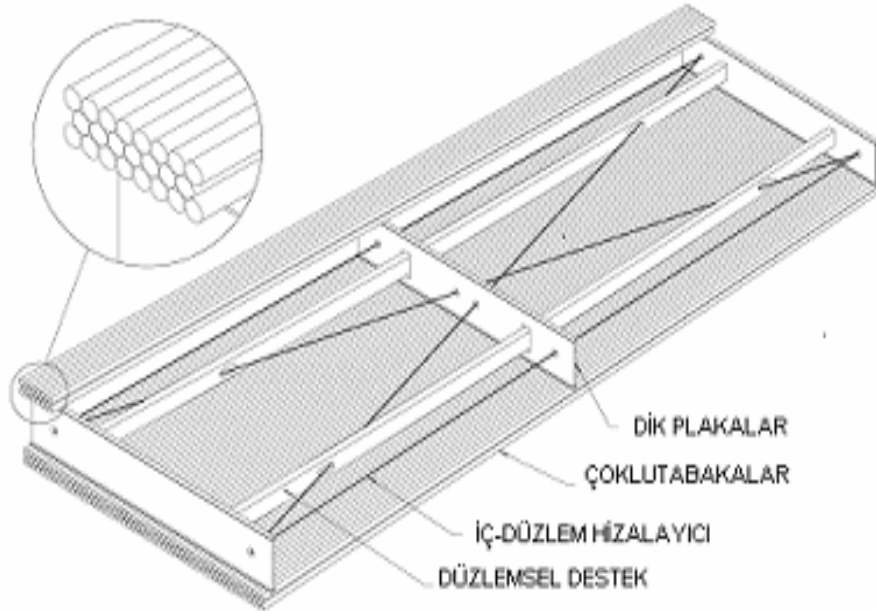
Dik müon momentumu (P_T), sagittta denkleminin (3.1) ifadesinden elde edilebilir. Yani momentumu 1 TeV olan müon yaklaşık olarak 500 μm sagittaya sahiptir ki müon spektrometresinin hedefi müon momentumunu %10 hassasiyet ile ölçmektir dolayısıyla bu 50 μm sagitta hassasiyetine denktir.

Müon odacıklarındaki her istasyon yalnızca uzayda bir nokta değil aynı zamanda yön de sağlar. Bununla, sagitta ölçümüne ek olarak açı-açı momentumuna izin verir. Her ne kadar bu ölçümün daha az kesin olmasına rağmen, üç istasyondan yalnızca ikisinde müon izininin bulunması durumda momentum ölçümüne izin verir. Üstelik düşük momentumlu müonların ayırım gücünü geliştirir (Woudstra, 2002).

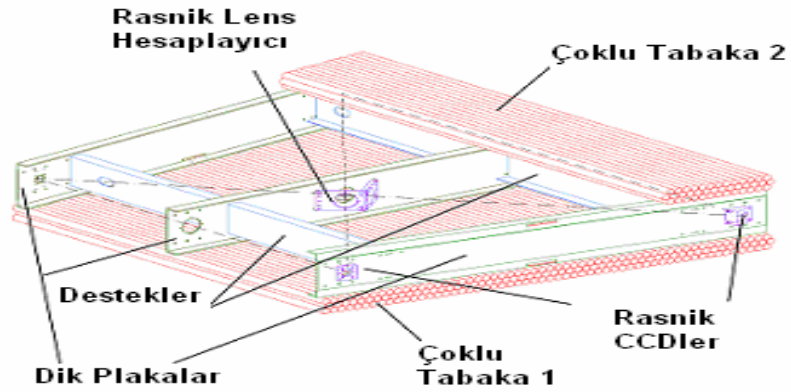
3.1.2 İzleyici Sürüklenme Odacıkları (MDT)

Müon izlerinin bükülme yönündeki hassas koordinat ölçümü MDT odacıkları tarafından yapılır. MDT'ler 370000 kanal ile yaklaşık 5500 m^2 alanı kaplar ve | 2.7 | rapitide aralığındaki müonların momentumunu hassas bir şekilde ölçmek için

gereklidir. MDT odacıkları fıçı ve uç-kapak olmak üzere iki kısma ayrılabilir. Uç-kapak MDT odacıkları eşkenar dörtgen şeklindedir ve uca doğru gittikçe azalan bir açığa sahiptir. Bu açı küçük odacıklar için 8.5^0 ve büyük odacıklar için 14^0 dir. Uç-kapak odacıkları $1m^2$ ile $10m^2$ arasında bir alanı kaplar. Uç-kapak MDT şekil 3.4’de gösterilmektedir. Şekil 3.3’de gösterildiği gibi fıçı MDT odacıkları dikdörtgen biçimindedir ve $1.5 - 10 m^2$ alan kaplamaktadır. Fıçı bölgesinde MDT üç eşmerkezli istasyonda bulunmaktadır. Bu istasyonlar ‘İç’, ‘Orta’ ve ‘Dış’ olarak radyal pozisyonlarındaki artışa göre sırasıyla adlandırılır. Her fıçı istasyon ‘Büyük’ ve ‘Küçük’ iki tip MDT odacıklarına sahiptir. Bundan dolayı farklı tip MDT odacıkları, üç harfli bir isim ile sınıflandırılır; ilki bir B (fıçı) ,daha sonra istasyonlar (I/M/O) ve son olarak büyüklüğüdür (L/S). Çizelge 3.1’de fıçı bölgesindeki 6 temel tip MDT odacıklarının geometrik dizaynı verilmiştir.



Şekil 3.3 Fıçı MDT (ATLAS mTDR, 1997)

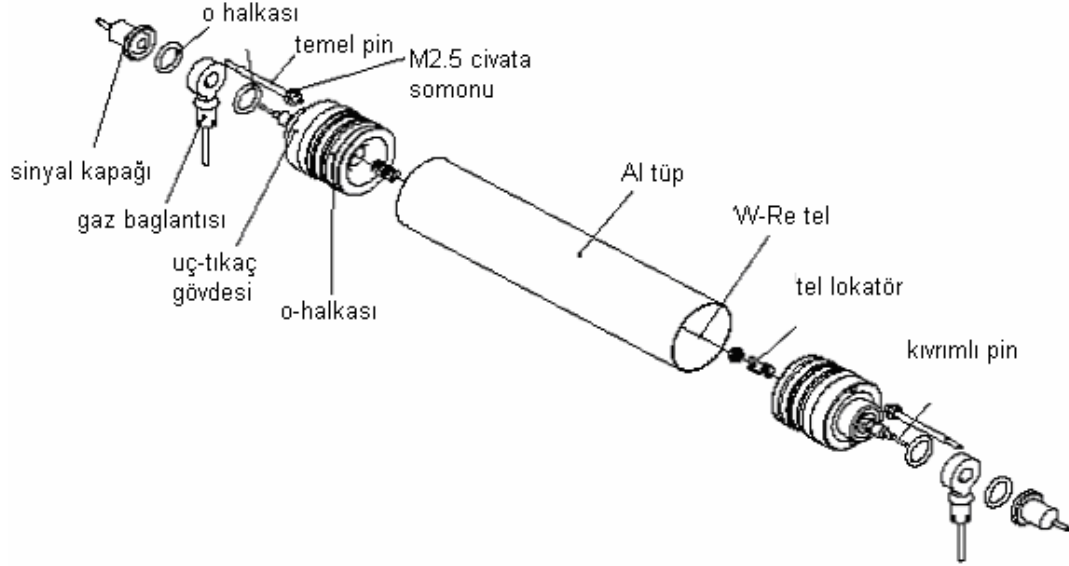


Şekil 3.4 Uç-kapak MDT (ATLAS mTDR,1997)

Çizelge 3.1 MDT Odacıklarının Geometrik Dizaynı (Woudstra, 2002)

	BIS	BIL	BMS	BML	BOS	BOL
Radyal pozisyonları (mm)	4525	4926	8070	7116	10544	9477
Her tabakadaki tüpler	30	36	48	56	72	72
Her çoklu tabakadaki tabaka sayısı	4	4	3	3	3	3
Tüp uzunluğu (mm)	1617.5	2671.5	3071.5	3551.5	3773.3	4961.5
Tüp yüksekliği (mm)	6.5	170	170	317	317	317

MDT odacıklarının temel algılayıcı elementi, 30 mm çapında, duvar kalınlığı 400 μm olan alüminyum tüplerdir. Tüplerin merkezinde 50 μm çapında altın kaplamalı W – Re (Tungsten-Renyum) tel bulunmaktadır. Tüplere 3080 V yüksek voltaj uygulanmaktadır. Tüpler 3 bar basınçta, kolay tutuşmayan Ar/CO₂ gaz karışımı ile doldurulmuştur. Gaz karışımının %93'ünü Ar (Argon), %7'sini CO₂ (Karbondiyoksit) oluşturmaktadır. Şekil 3.5'te tek bir MDT tüpü gösterilmektedir.



Şekil 3.5 Tek Bir MDT Tüpü (Zimmerman, 2004)

Şekil 3.5’te görüldüğü gibi tüplerin her iki ucu özel geliştirilen uç-tıkaçlar ile kapatılmaktadır. Bu uç-tıkaçlar aynı anda birçok amaca hizmet etmektedir;

- Teller uç-tıkaçların merkez deliğinin içerisine koyularak, telin tüp içerisine 10 µm hassasiyet ile yerleştirilmesine olanak sağlar,
- Tüpe ve tele elektriksel erişimi sağlar,
- Sürüklenme gazına rahatça girişi ve çıkışı sağlar,
- Tüpün gaz sızdirmasını önler.

MDT odacıkları iki tane çok katlı tabaka içermektedir. Bu çok katlı tabakalar orta ve dış istasyonda 3 katlı sürüklenme tüplerinden, iç istasyonda 4 katlı sürüklenme tüplerinden oluşmaktadır. İç istasyonda odacıkların 4 katlı sürüklenme tüplerinden oluşmasının sebebi bu bölgede fonun fazla olmasından dolayıdır. MDT odacıklarında çok katlı tabakalar birbirinden ayırıcı çerçeve ile ayrılmaktadır. Bu ayırıcı çerçevenin yapısal bileşenleri üç dik plaka, iki düzlemsel destek ve iç düzlem hizalayıcılarıdır. Bunlar ± 0.5 mm mekaniksel hassasiyet ile yerleştirilmişlerdir. Bu

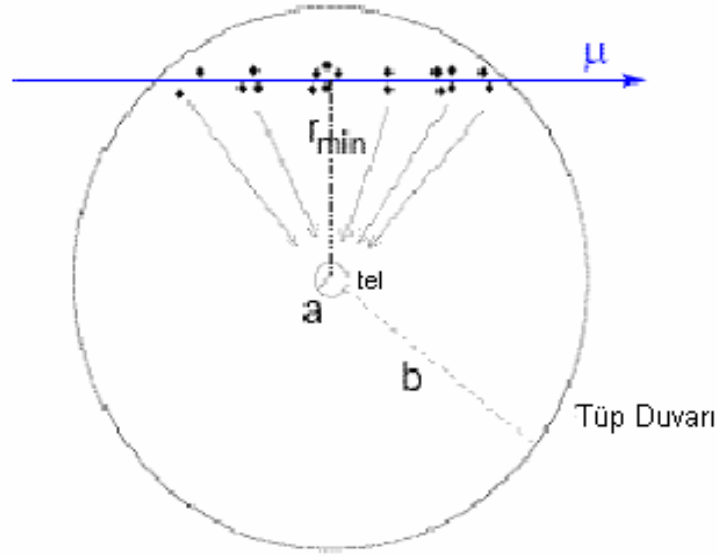
ayırıcı çerçeve sürüklenme tüplerinin hassas konumlarını sağlamaktadır. Ayrıca bu ayırıcı çerçeveye mükemmel optik sistemler yerleştirilmiştir. Bu optik sistem hem odacık deformasyonlarını hem de değişik odacıklar arasındaki bağıl yer değiştirmelerini kontrol etmek için gereklidir.

3.1.2.1 MDT'lerin Çalışma Prensibi

Daha önce bahsettiğimiz gibi, MDT odacıklarının temel birimi, merkezinde tel bulunan alüminyum tüplerdir. Tüplerin duvarı katotlar iken, anot tellere pozitif yüksek voltaj uygulanmaktadır. Tüplerin içerisi sürüklenme gazı ile doldurulmuştur. Bir müon bir sürüklenme tüpünün içerisinden geçtiği zaman gaz iyonize olur. İyonlaşma sonucu, bir küme içerisinde rasgele dağılan elektronlar oluşmaktadır. Bu elektron kümeleri (birincil elektronlar) radyal elektrik alan ($E(r)$) yönünde anot tellerine doğru sürüklenir (Horvat, 2005).

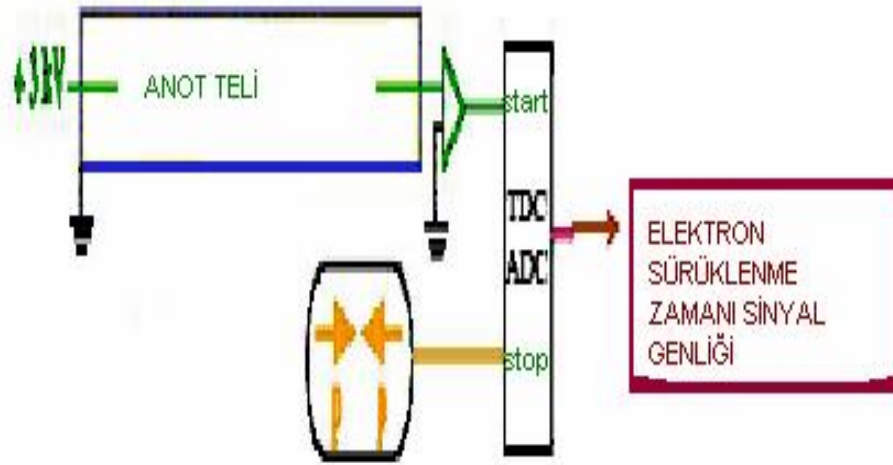
$$E(r) = V / (r \ln(b/a)) \quad (3.2)$$

Denklem (3.2)'deki r anot telinden uzaklık, a telin çapı ($50 \mu\text{m}$), b tüpün iç çapı ve V uygulanan anot voltajıdır (Şekil 3.6).



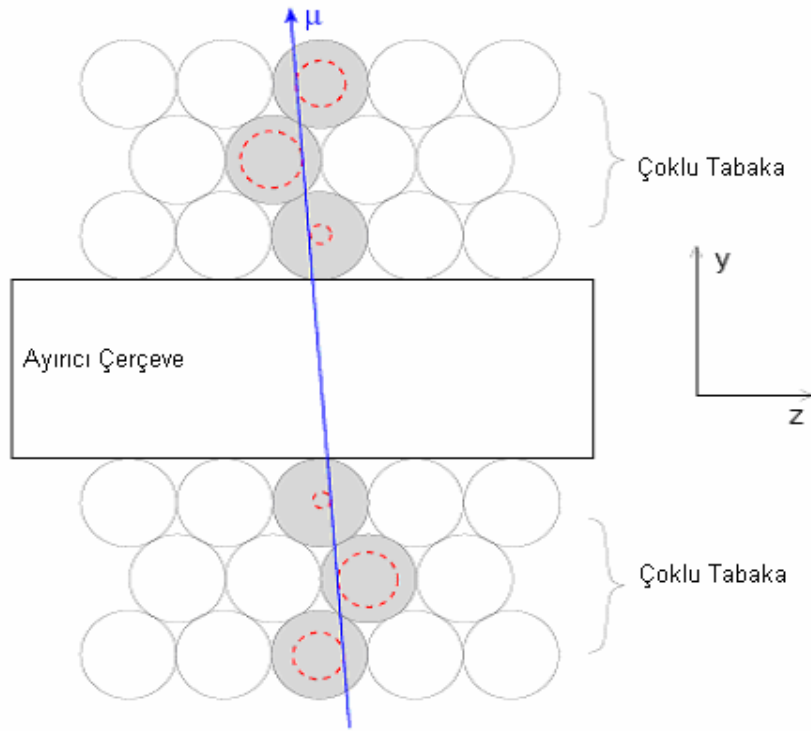
Şekil 3.6 Bir Müonun Bir Sürüklenme Tüpünden Geçiş (Horvat, 2005)

Yüksek elektrik alan bölgelerinde, yani tele yakın bölgelerde yük, yeni elektron-iyon çiftleri meydana getiren çığ prosesleri ile çoğaltılmaktadır. Anot voltajı öyle seçilir ki çığ yükseltme faktörü (gaz kazancı) 2×10^4 dür. Bu voltaj (3080 V) 'e karşılık gelir. Pozitif iyon bulutları, anot telinde bir sinyal oluşturmak için çığ bölgesinden katoda doğru hareket ederler. Ayrıca sürüklenen elektronlarda bir sinyal oluşturur ve elektron sinyal uzunluğu yaklaşık 100 ps olan bir piktir. Teller üzerindeki sinyaller tüpün sonunda çoğaltılmaktadır. Her sürüklenme tüpünün sonunda bir düşük impedanslı ön yükselteç bulunmaktadır. Ön yükselteç kısa elektron pulslarını (atmalarını) görmez. Ön yükselteci, bir değişken yükselteç, bir şekillendirici yükselteç ve bir ayırıcı izlemektedir. Ön yükselteçten çıkan sinyal ayrıştırıcıda sayısal sinyale dönüştürülür. Ayrıştırıcının sayısal çıkışı TDC (zaman-sayısal dönüştürücü)'ye bağlıdır (Şek. 3.7). TDC, sürüklenme zamanını 30 ps ayırım gücü ile ölçer (Alexopoulos ve arkadaşları, 2003).

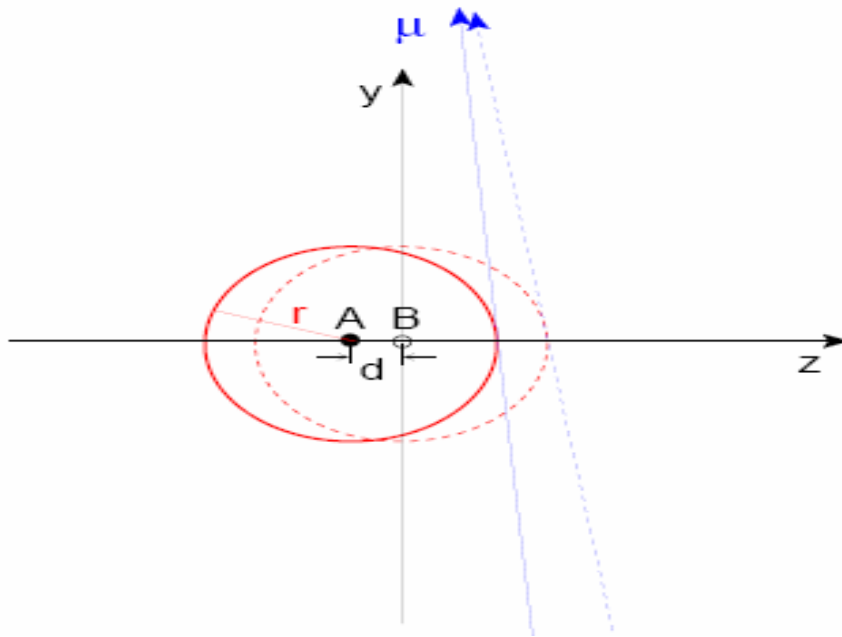


Şekil 3.7 Bir Müon Sinyalinin Elektronikten Geçışı

Daha sonra sürüklenme zamanı, sürüklenme yarıçapına çevrilir. Sürüklenme yarıçapı müon izi ile anot teli arasındaki en kısa mesafedir ($r_{\min}$ Şekil 3.6). Sürüklenme zamanını sürüklenme yarıçapına dönüştürme, gaz karışımına ve gaz yoğunluğuna kuvvetli bir biçimde bağlı olan konum-sürüklenme zamanı bağıntısı $r-t$ ile yapılmaktadır. $r-t$ ile kullanılan gaz karışımı arasındaki bağıntı lineer (doğrusal) değildir yani elektronların sürüklenme hızı elektrik şiddetine ve tüplerdeki sürüklenme yarıçapına bağlıdır. Sürüklenme hızı elektrik alan şiddeti ile doğru, sürüklenme yarıçapı ile ters orantılıdır. Şekil 3.8’de görüldüğü gibi, sürüklenme yarıçapı ile tek sürüklenme tüpü müon izlerine teğet olan yalnızca bir çemberi tanımlar. Böylece müonun tüplerden geçerken bıraktığı izler birleştirilerek müonun yörüngesi bulunmaktadır. İzlerin iyi yapılandırılması odacıktaki tel konumlarının tam olarak bilinmesine bağlıdır. Dolayısıyla telin yer değiştirmesi izin yeniden yapılandırılmasını etkiler. Bu etki Şekil 3.9’ da görülmektedir. Böylece hem telleri hem de odacık şekillerinin deformasyonunu kontrol etmek için optik izleyiciler kullanılır. Bundan dolayı bu sürüklenme odacıkları, izleyici sürüklenme odacıkları olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3.8 MDT Odacıklarından Geçen Bir Müonun İzi (Horvat, 2005).

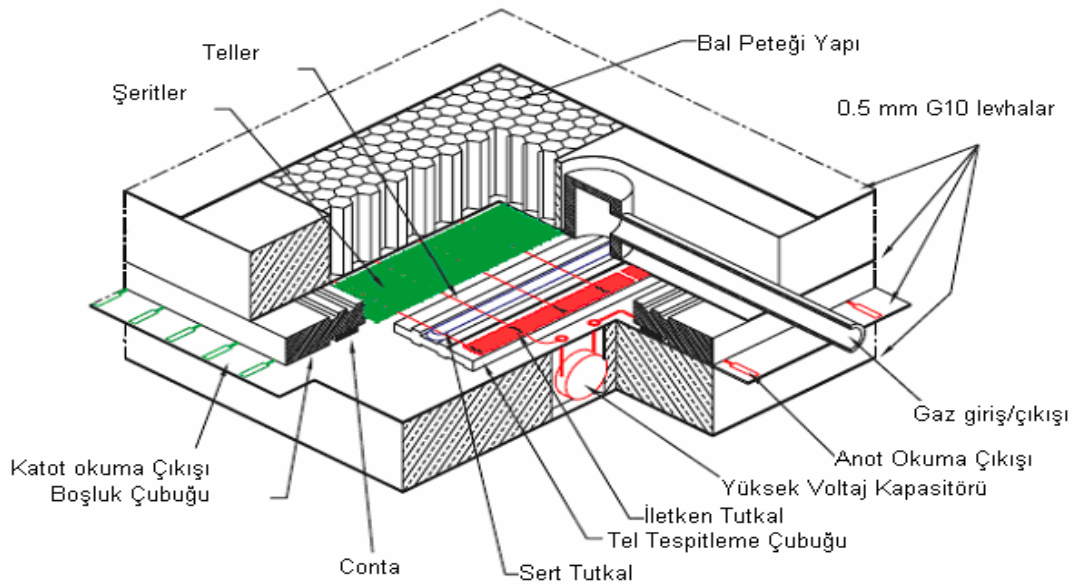


Şekil 3.9 Telin B Noktasından A Noktasına Yerdeğiştirmesi (Horvat, 2005).

3.1.3 Katot Şeritli Odacıklar (CSC)

CSC'ler çok telli oransal odacıklardır. Bu odacıklar iki katot düzlemi içermektedir ve bu düzlemler arasına anot telleri konumlandırılmıştır. Anot telleri W – Re (%97/%3) ve çapı 30 μm 'dir. Anot tellerine 2600 V yüksek voltaj uygulanmaktadır. Her katot düzlemi 4 tabaka içeren bir çoklu tabakadır. Hassas ölçümler için katot düzlemleri, anot tellerine dik yönlendirilmiş 61440 şerite bölünmektedir. Bu odacıklarda katot anot uzaklığı, anot telinin uzunluğuna eşittir. CSC %30 Ar, %50 CO₂, %20 CF₄ (karbon tetraflorür) gaz karışımı ile doldurulmuştur. Gaz kazancı 10⁴'tür.

Hassas koordinatlar, anot tellerinde biçimlendirilen çığlar ile bölünmüş katotlarda indüklenen yüklerin ölçülmesiyle elde edilir. CSC'nin uzaysal ayırım gücü 60 μm 'dir. Bu odacıklar küçük elektron sürüklenme zamanına (≤ 30 ns), 7 ns'lik zamansal ayırım gücüne, hassas iki-iz ayırım gücüne ve düşük nötron hassasiyetine sahiptir. Enine koordinat ölçümleri dik şeritlerden elde edilmektedir. Katot Şeritli Odacıkların şeması Şekil 3.10'da verilmektedir (Policicchio, 2006).



Şekil 3.10 CSC (ATLAS mTDR, 1997)

3.1.4 Müon Spektrometresi Tetikleme Sistemi

ATLAS müon spektrometresi için tetikleyici odacıklar üç-aşamalı amaca hizmet etmektedir ve bu yüzden aşağıdaki temel gereksinimleri yerine getirmelidir;

- BHÇ'nin 25 ns 'lik demet aralığından daha iyi zaman ayırım gücü gerektiren demet geçişini tanımak,
- 1 cm mertebesindeki tanecikliliği gerektiren ve orta şiddetli manyetik alanda tanımlanmış P_T sınırlamaları ile tetikleme yapmak,
- Duyarlı odacıkların 5 – 10 mm ' lik ayırım gücü ile ölçtüğü bir noktaya dik yönde ikinci koordinat ölçümünü yapmak.

Tetikleyici sistem iki farklı tip detektör içermektedir. Bunlar fiçi bölgesindeki Dirençli Düzlem Odacıkları (RPC) ve uç-kapak bölgesindeki İnce Boşluklu Odacıklardır (TGC). Bu odacıkların görevi geçen parçacığın hangi tetiklemeye ait olduğunu tanımlamaktır. Tetikleyici odacıklar fiçide 3650 m^2 ve uç-kapakta 2900 m^2 toplam alanı kaplar (ATLAS TDR ,1999).

3.1.4.1 Dirençli Düzlem Odacıkları (RPC)

RPC gazlı bir detektördür ve $1 \text{ cm} \times 1 \text{ ns}$ uzay-zaman ayırım gücünü sağlar. RPC iki paralel dirençli düzlem arasında dar bir gaz boşluğu içermektedir. Bu dirençli düzlemler bakalitten yapılmış olup, birbirlerinden yalıtılmış ayırıcı ile ayrılmaktadırlar. Birincil iyonizasyon elektronları, 4.5 kV/mm yüksek ve tek bir elektrik alanda çığlara çoğaltılmaktadır. Bu odacıklar tetrafloaraetan gazı ile işletilmektedir. Bu gaz çabuk tutuşmayan, çevresel olarak güvenli ve oldukça düşük voltajlarda çalışabilmektedir. Tetikleyici odacıklar, iki dikdörtgen biçiminde

tabakadan yapılmıştır. Bunlar ' η şeritleri' ve ' φ şeritleri' olmak üzere iki tip şerit içermektedir. η şeritleri MDT tellerine paraleldir. φ şeritleri MDT tellerine diktir ve ikinci koordinatların ölçülmesini sağlarlar (ATLAS mTDR, 1997).

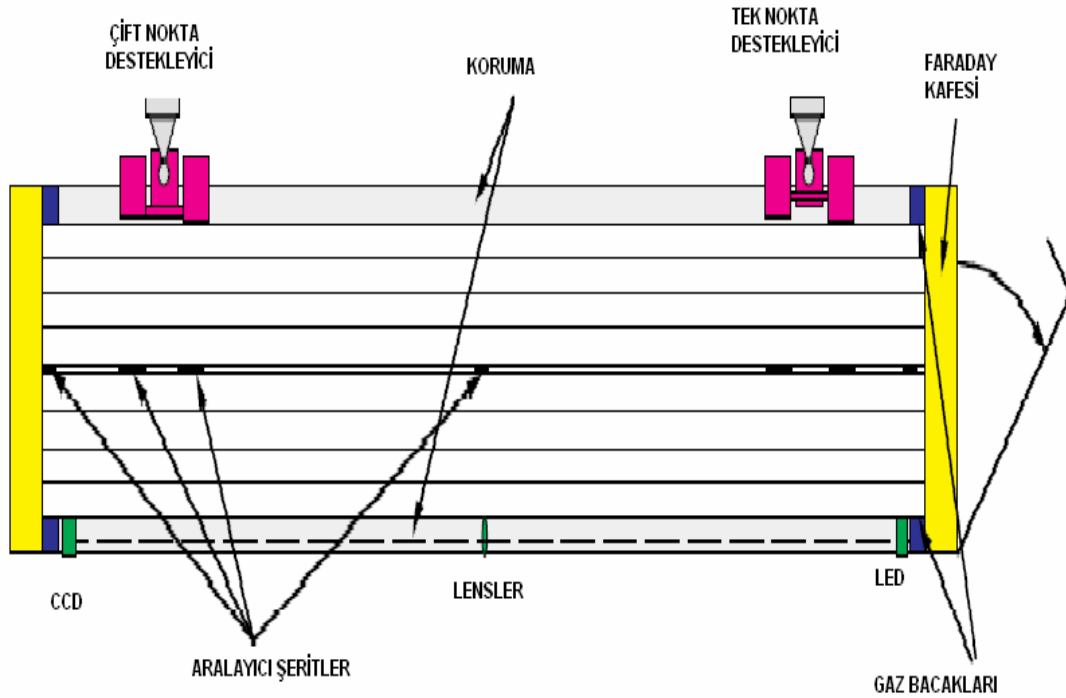
3.1.4.2 İnce Boşluklu Odacıklar (TGC)

TGC'ler çok telli oransal odacıklara benzer olarak dizayn edilmiştir. Yalnız bu odacıklardan tek farkı anot telinin katot-anot uzaklığından daha da büyük olmasıdır. Anot tellerinde sinyaller, tellere dik yerleştirilen okuma şeritleriyle birlikte tetikleyici bilgiyi saklamak için MDT tellerine paralel olarak yerleştirilmiştir. Okuma şeritleri ikinci koordinatların ölçülmesine de katkıda bulunur. TGC'lerde %5 CO₂ ve %45 n-pentan söndürücü gaz karışımı kullanılmaktadır. Bu gaz mekaniksel bozunmalara karşı daha az duyarlı olmasını sağlar. TGC'ler ikili ve üçlü olarak yapılmışlardır. İçteki istasyonda φ koordinatını ölçen sadece ikili bir yapı varken orta istasyonda bir üçlü yapı ve iki ikili yapı bulunur (ATLAS mTDR,1997).

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

4.1 BIS MDT

MDT odacıkları, $80\ \mu\text{m}$ mertebesinde bir hassasiyet ile müon spektrometresinin manyetik alanda parçacık yörüngelerini ölçmek için ATLAS deneyinde kullanılmaktadır. Farklı boyutlardaki MDT odacıkları, müon spektrometresinin fiçı bölgesinde hüzme ekseninden yaklaşık 5, 7.5 ve 10 m radyal uzaklıklarda üç istasyona yerleştirilmişlerdir. Azimutal yönde ölçüm istasyonları, sekiz büyük ve sekiz küçük dilime ayrılmıştır. İstasyondaki her dilimde z yönünde odacıkların yaklaşık 1 m ile 2 m arasındaki aralıkta yayılan boyutlarına tekrar bölünmektedir. BIS MDT odacıkları iç istasyonun küçük dilimlerine yerleştirilmiştir ve bunlar azimutal yönde 1.7 m ve z yönünde 1 m tipik boyutlara sahiptir. Bunlar Tile kalorimetre ile fiçı toroid bobin kryostatı arasındaki kısıtlı alana yerleştirilmesinden dolayı, BIS MDT odacıklarının dizaynı standart MDT dizaynından farklıdır (Avramidou, 2002).



Şekil 4.1 BIS MDT

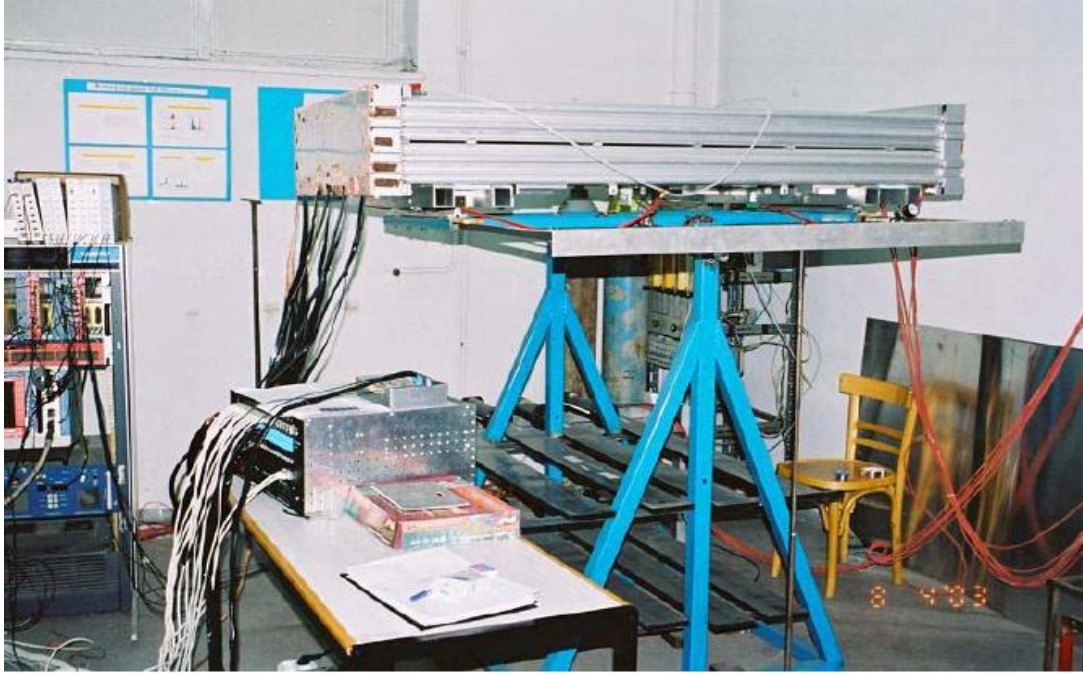
BIS MDT odacıklarının iskeleti şekil 4.1’de gösterilmektedir. Odacıklar iki çoklu tabaka içermektedir ve her çoklu tabaka sürüklenme tüplü dört tabakadan oluşmaktadır. Sürüklenme tüpleri alüminyumdan yapılmıştır ve bunlar 30 mm çapa ve 0.4 mm kalınlığa sahiptir. Çoklu tabaka tüpleri 20⁰ C’de 30.035 mm bir tel uzunluğuna sahiptir. İki çoklu tabaka 6 mm ince dik şeritler ile birbirinden ayrılmaktadır. İki çoklu tabakadaki tüplerin düzenlenmesi, odacığın orta düzlemine ($x-y$ düzlemine) uyan ayna simetrisidir. Odacık, üstteki çoklu tabaka ile birleştirilmiş üç takoz blok ile desteklenmektedir. İki çoklu tabakanın dış tarafı, 30 mm kalınlığında bir yalıtım tabakası ve 0.55 mm kalınlığında bir alüminyum kağıt ile kaplanmıştır. Sürüklenme tüpleri (uç-kapak dahil) 1685 mm uzunluğundadır ve her tabakada 30 tüp vardır. Odacığın toplam uzunluğu ise 910 mm’dir. BIS MDT odacıkları, Faraday kafesi dizaynı, gaz dağıtıcının yerleşimi ve koruma/izolasyon kaplamanın kalınlığı gibi özellikleri ile standart MDT’lerden farklıdır (Alexopoulos, 2003).

4.2 BIS MDT Deney Düzeneği

İki adet BIS modül 0 odacığı Selanik Üniversitesi’nde 1999 yılında yapılmış olup, CERN’de 2000 yılında stereo x-ışın tomografında taranmıştır. X-ışın tomografi taraması tel pozisyonları için iki boyutlu bir harita sağlar ve böylece tellerin istenilen hassasiyet ile yerleştirilmesi sağlanır. BIS modülde kullanılan sürüklenme tüpleri ise Atina Üniversitesinde yapılmış ve Ulusal Atina Üniversitesi tarafından test edilmiştir (Sampsonidis ve arkadaşları, 2002).

BIS odacığın performans testleri Selanik Üniversitesi laboratuvarında yapılmıştır. Kozmik müon deney düzeneği Şekil 4.2’de gösterilmektedir. Bu düzenek bir BIS odacığı ve tetiklemeyi sağlayacak olan bir hodoskopdan oluşmaktadır. Hodoskop, odacık alanının bir parçasını kaplar ve her iki düzlemde de 4 sintilatör levhadan oluşur. Sintilatörlerin her biri bir ışık kılavuzu ve bir bir foto çoğaltıcı tüpe bağlıdır. Foto çoğaltıcı tüpten gelen sinyaller kullanılarak analog ve sayısal sinyaller elde edilir. Her sintilatör 10 cm×100 cm’dir. İki sintilatör düzlemi arasındaki düşey uzunluk 40 cm’dir. Hodoskopun kozmik müon tetikleme oranı 18 Hz’dir. İki

sintilatör düzlemin geometrisinden dolayı odacığa tetikleme oranı 9 Hz 'dir. (Thessaloniki MDT Group, 1999)



Şekil 4.2 Deney düzeneği

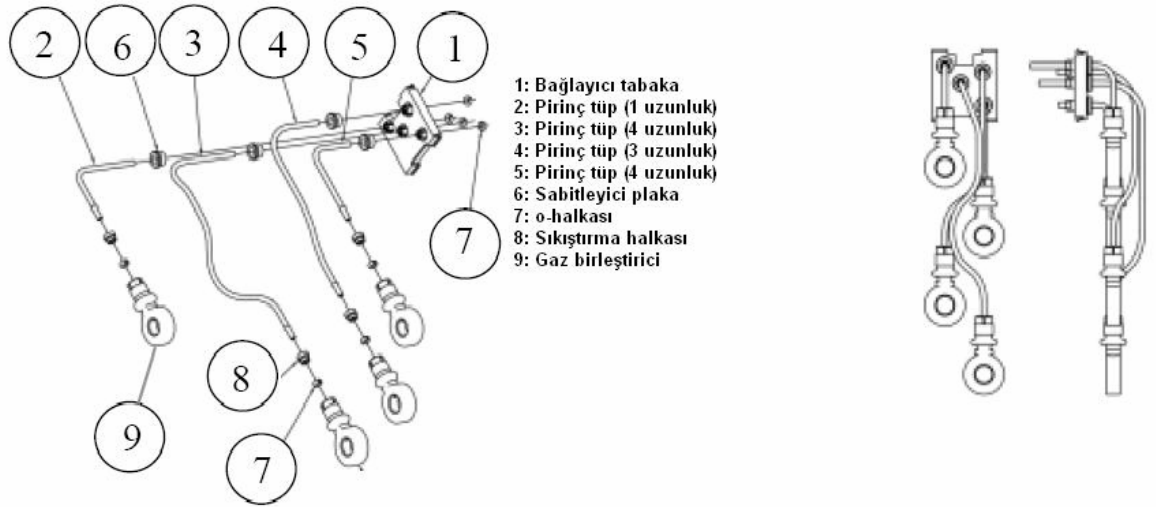
BIS odacığı iki çoklu tabakadan oluşmaktadır (Artemis ve Beatrice). Her bir çoklu tabaka sürüklenme tüplü 4 tabakadan oluşmaktadır. Her bir tabaka 30 alüminyum sürüklenme tüpünden oluşmaktadır ve tüpün ortasında 1700 mm uzunluğunda 30.035 mm kalınlığında bir tel bulunmaktadır. Çoklu tabakalar birbirlerinden 7 mm kalınlığında yedi tane alüminyum şeritle ayrılmıştır. BIS odacığı tamamen gaz sistemi ve elektroniklerle donatılmıştır. Çoklu tabakadaki her bir tüp için paralel gaz temini vardır ve gaz akışı 12 l/h dır. Gaz bileşimi Ar/CO₂ (93/7) dir ve gaz bileşiminin basıncı 3 bar dır. Uygulanan yüksek voltaj (HV) 3080 V dur ve bu 2×10^4 gaz kazancına karşılık gelir. Diskriminatörün eşiğı ise 60 mV dur ve bu 25 ilk elektronun bir pulsuna karşılık gelir (Petridou, 2002).

4.3 BIS Odacığının Gaz Katkı Sistemi

MDT odacıkları mutlak 3 bar basınç altında Ar/CO_2 (93/7) gaz karışımıyla çalışır. Her tüp ve bağlantıları için gaz sızma oranı saniyede 10^{-8} bar 'dan daha az olmalıdır. Odacık montaj edilmeden önce sürüklenme tüpleri gaz sızıntısı için kontrol edildi ve gaz sızıntısı 10^{-8} bar l/s 'den daha büyük olan tüpler kullanılmadı. Odacıklar gaz dağıtım hattıyla birleştirilmiştir ki bunun anlamı 4 gaz dağıtıcısının her biri çoklu tabakanın bir girişine ve bir çıkışına bağlıdır (Şekil4.3). Sürüklenme tüpleri gaz çubuğa küçük tüp girişleri ile bağlıdır. Gaz çubuk montajı, gaz katkı sistemi montajının ilk aşamasıdır. Şekil 4.4'de bu bağlantılar gösterilmektedir (Aleksa ve arkadaşları, 1999).

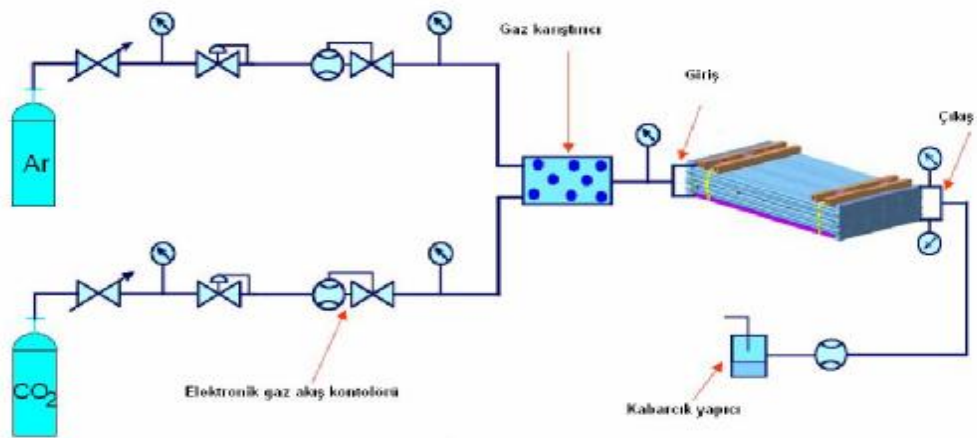


Şekil 4.3 Odacıklardaki Tüplerin Gaz Girişleri



Şekil 4.4 Gaz Sistemi

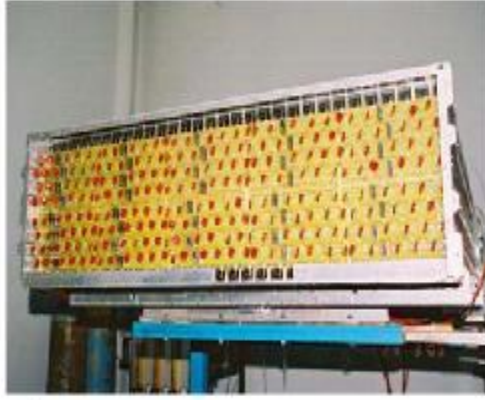
Gaz çubukların montajından sonra, gaz çubuğu gaz sızıntısı için test edilir ve odacığa sabitlenir. Yeni gaz sızıntısı testi, farklı manometreler ile basınç farkının tam olarak 10^{-2} mbar ölçülmesiyle tamamlanır. Gaz sisteminin bütününün gaz sızıntı testi yapıldıktan sonra, gaz dağıtım sistemi odacığa birleştirilir (Şekil 4.5). Elektronik gaz akış kontrolörü kullanılarak gaz karışımındaki gaz bileşenlerinin oranının tam olarak %5 olmasını sağlanır. Gaz basıncı odacığın bir girişine ve iki çıkışına yerleştirilen basit manometreler ile ölçülür.



Şekil 4.5 Gaz Dağıtım Sisteminin Şeması

4.4 BIS Odacığının Elektronik Sistemi

Gaz dağıtım sisteminin yerleştirilmesinden sonraki adım HV board ve ön-uç elektroniğinin monte edilmesidir. Ön-uç elektroniğinden kasıt Hedgehog ve Mezzanine kartlarıdır (Şekil 4.6). Bu odacığın elektronik prototipidir ve son versiyonu değildir. Bu elektronik ve okuma sistemleri ile odacığın TDC'den veriler alınmaktadır (Petridou, 2002).



a)



b)

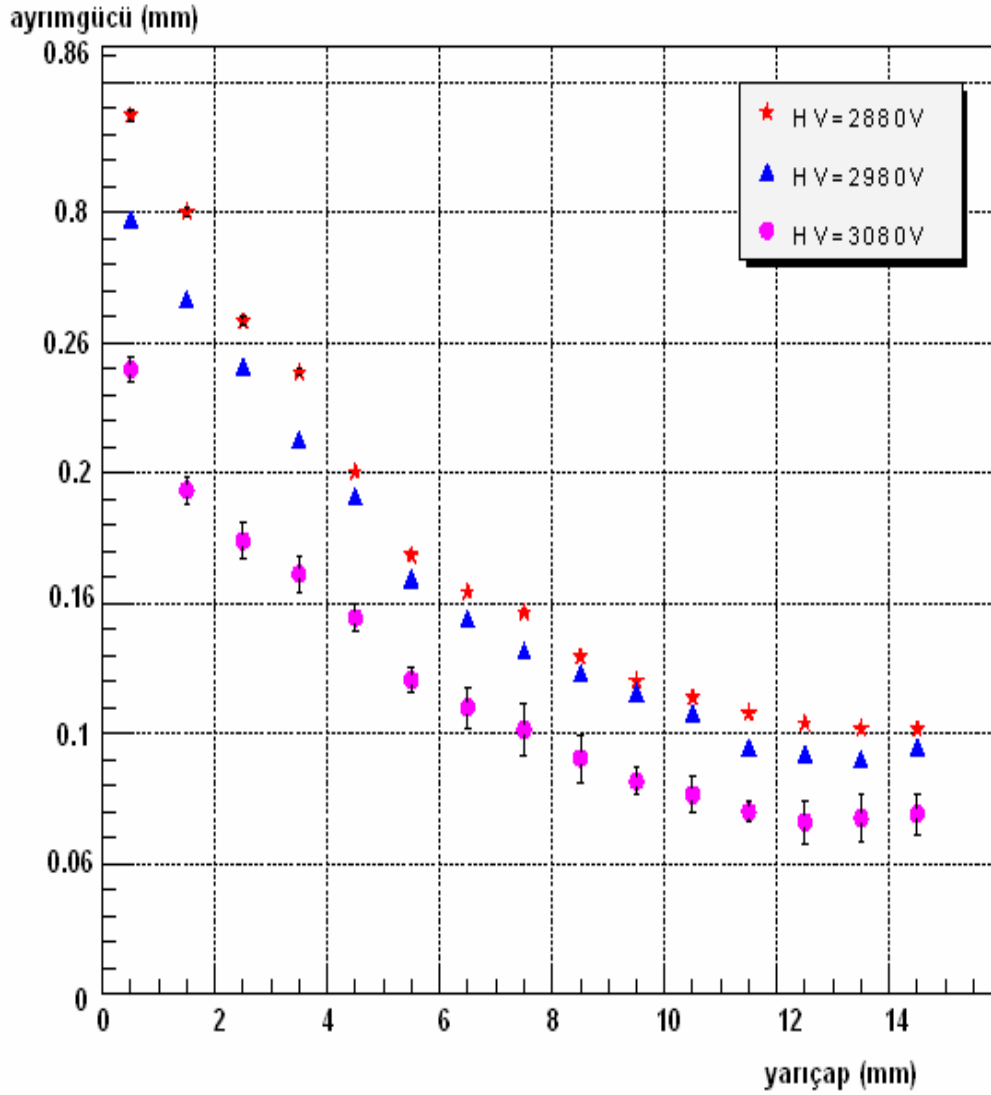
Şekil 4.6 a) Hedgehog Kartları

b) Mezzanine Kartları

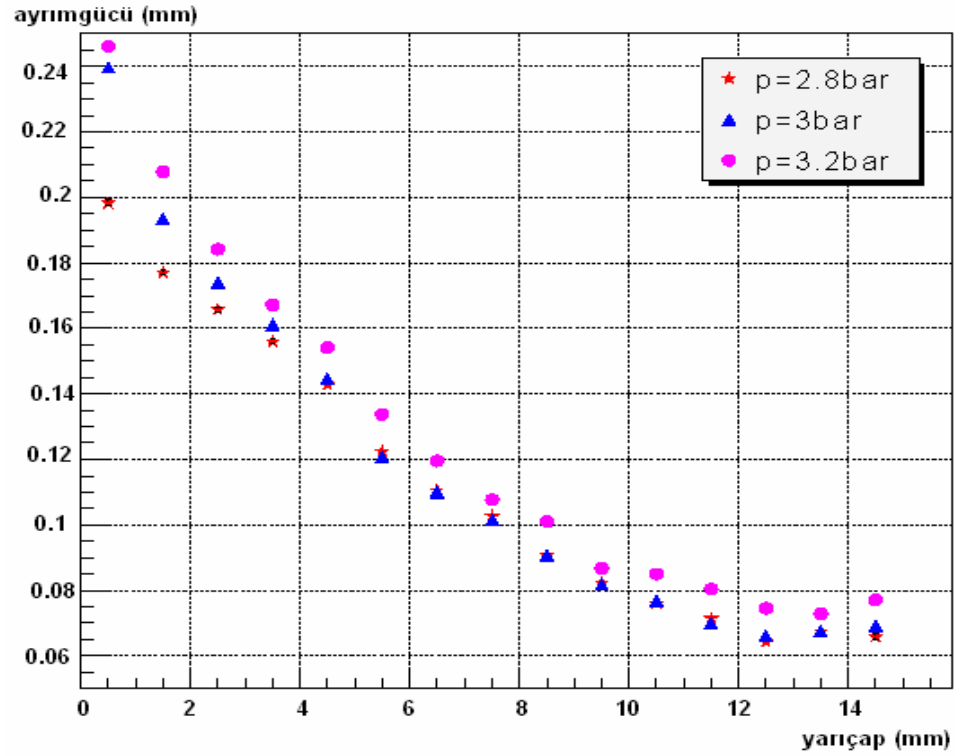
4.5 Ayırım Gücü

Deney düzeneğinin montajından sonra, düzenek farklı işletim durumlarında çalıştırıldı ve uzaysal ayırım gücünün davranışları incelendi. İlk önce tüplere 2880 V , 2980 V , 3080 V uygulandı ve tüplerin uzaysal ayırım gücü test edildi. Şekil 4.7'de görüldüğü gibi uzaysal ayırım gücünün tüpün yarıçapının bir fonksiyonu olarak yukarıdaki HV değerleri altında davranışı gösterilmektedir. Bu şekilde anlaşılabileceği üzere HV uzaysal ayırım gücünü büyük ölçüde etkilemektedir ki uygulanan üç HV değerinden en iyi ayırım gücü 3080 V 'ta elde edilmektedir. Tüpün tellerine yakın noktalardaki uzaysal ayırım gücü diğer noktalara göre daha kötüdür.

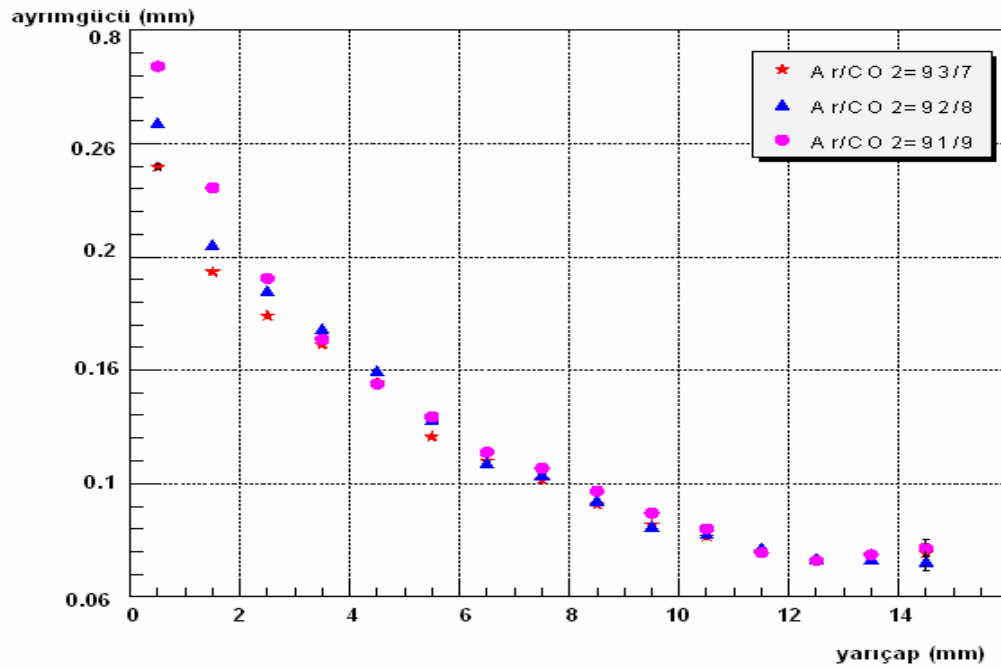
Daha sonra tüp 2.8 atm, 3 atm ve 3.2 atm altında çalıştırılarak uzaysal ayırım gücünün davranışı incelendi. Şekil 4.8’de yukarıdaki bahsedilen basınçlar altında uzaysal ayırım gücü gösterilmektedir. Burada açıkça görülmektedir ki en iyi ayırım gücü 3 atm altında elde edilmektedir. Ayrıca Şekil 4.9’da Ar/CO₂ (93/7), Ar/CO₂ (92/8), Ar/CO₂ (91/9) gaz karışımı altında tüpün yarıçapının bir fonksiyonu olarak uzaysal ayırım gücü gösterilmektedir. Şekil 4.9’dan anlaşılabacağı üzere en iyi ve en uygun ayırım gücü Ar/CO₂ (93/7) gaz karışımı altında elde edilmektedir.



Şekil 4.7 Uzaysal ayırım gücünün farklı HV değerleri altında davranışı



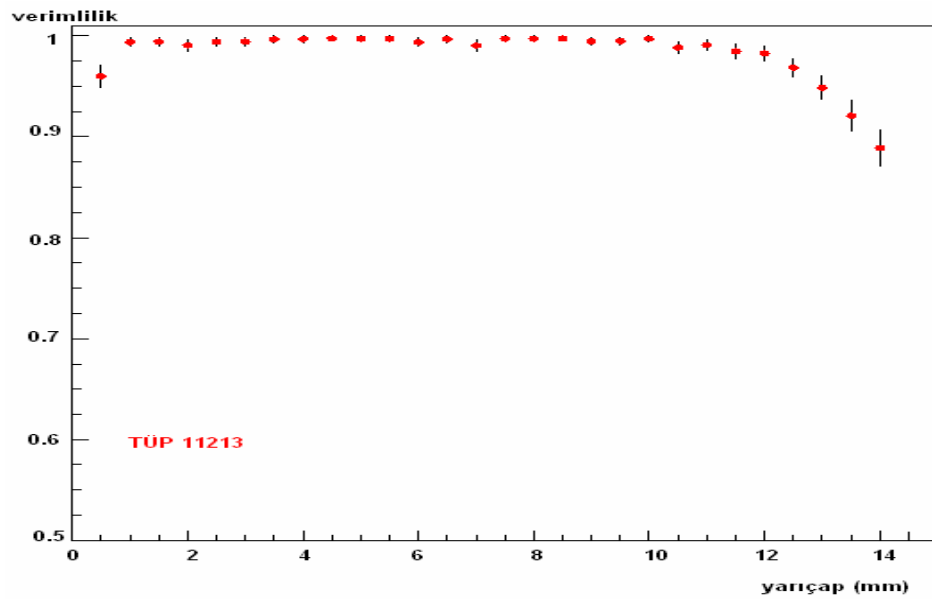
Şekil 4.8 Uzaysal ayırım gücünün farklı basınç değerleri altında davranışı



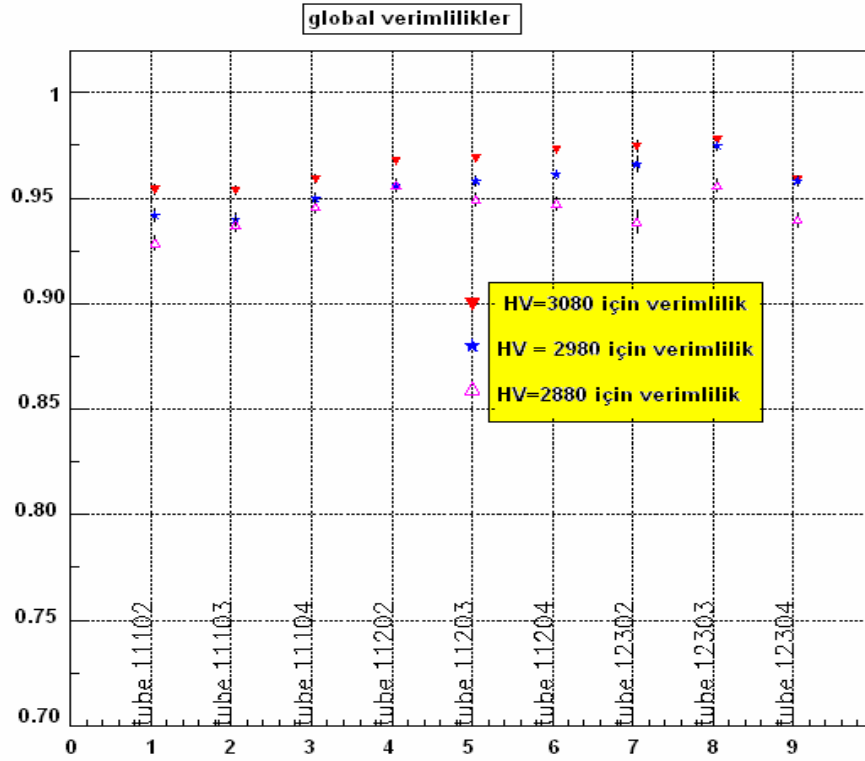
Şekil 4.9 Uzaysal ayırım gücünün farklı gaz karışımları altında davranışı

4.6 Tek Tüpün Verimliliği

ATLAS müon spektrometresinde izleme verimliliği nitelendirildiği zaman, MDT verimliliği en önemli parametrelerden bir tanesidir. Verimlilik çalışılırken, ön-uç elektronikte veya okuma zincirinde hit kaybetmeden bu izleri çoğaltmak önemlidir. Her tüp için verimlilik saptanması sadece bir kayıp hiti olan izlerin ya da tüm izlerin araştırılmasıyla yapılır. İnceleme altındaki bir tüpte hitin olmaması durumunda veya hit ve iz arasındaki uzaklığın, bu uzaklıkta ayırım gücünden üç kat daha büyük olduğu zaman tüpün verimsizliği hesaba katılmalıdır. Şekil 4.11’de örnek 9 tüpün verimliliği gösterilmektedir. Bu tüplerin verimlilikleri 2880 V, 2980 V, 3080 V altında incelendi ve verimliliğin artan HV ile arttığı gözlemlendi. Şekil 4.10’de ise BIS MDT’nin 11213 nolu tüp için yarıçapın fonksiyonu olarak verimlilik gösterilmektedir. Tele yakın noktalarda ve tüpün duvarlarına yakın bölgelerde verimlilik düşmektedir ki tüpün duvarlarına yakın bölgelerde verimsizlikten bahsedilebilmektedir. Normal işletim sistemlerinde bir tüpün verimliliğinin %99 olması beklenmektedir ki burada bir tüpün verimliliği beklenen değerler ile uyumaktadır.



Şekil 4.10 Tek bir tüpün verimliliği

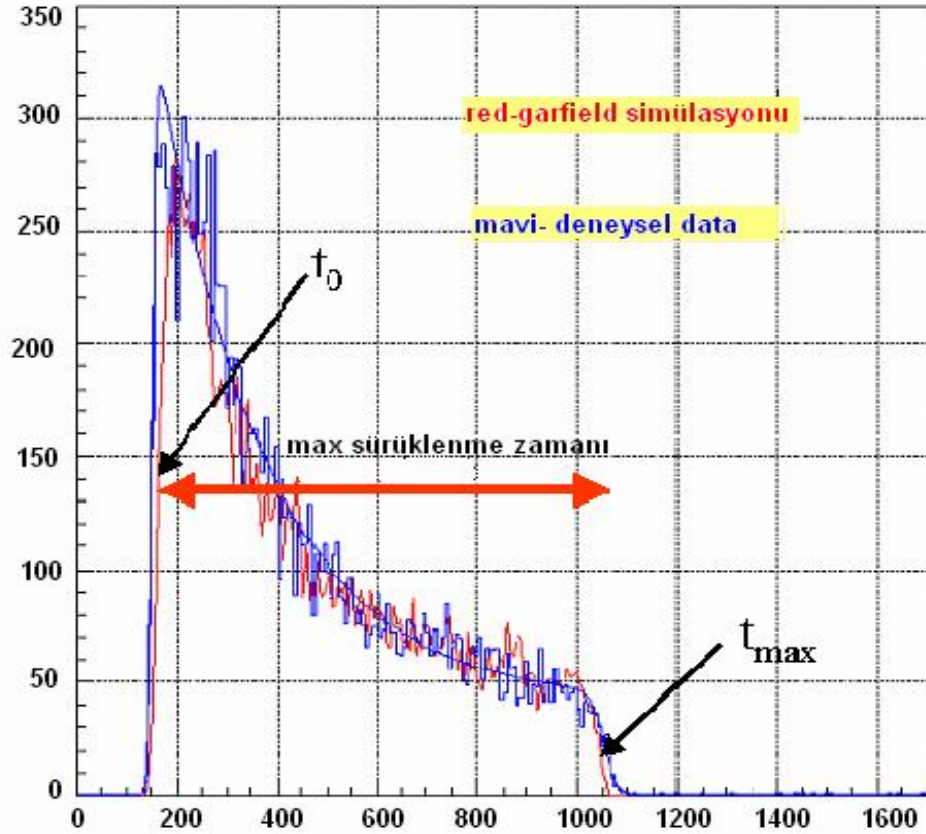


Şekil 4.11 Örnek 9 tüpün farklı HV değerleri altındaki verimlilikleri

4.7 Kozmik Data Analizi

Tüm deney sistemi kurulduktan sonra tüplerin uzaysal ayırım gücü ve verimlilikleri kozmik müonlar kullanılarak test edildi. Yüksek hassasiyet ile odacıkların performansını izleyebilmek için, her tüpte en az 1500 olayın olmasına dikkat edilir. Data analizi için kalibrasyon paket programı kullanıldı. Normal ATLAS koşulları için bir tüpün tipik zaman spektrumu Şekil 4.12’de gösterilmektedir. Kırmızı histogram Garfield simulasyonundan beklenen ve mavi ise deneysel verilerden gelenlerdir. Her tüpün kendi zaman offseti t_0 ve t_{maks} ’u ham zaman spektrumundan çıkarılmaktadır. t_0 tüpteki sürüklenme karakteristiğine bağlı değildir fakat elektronik kanallardan gelen yanıtta gecikmeyle ilişkilendirilebilir. $t_{maks} - t_0$ (maksimum sürüklenme zamanı) tüpün sürüklenme özelliklerine bağlıdır. Burada Garfield simülasyonundan elde edilen maksimum sürüklenme zamanı

yaklaşık 700 ns 'dir ve deneysel verilerden elde edilen sürüklenme zamanı ile uyum içinde olduğu gözlemlendi. Aşağıda TDC spektrumunun farklı durumlar altında davranışı incelenmiştir.



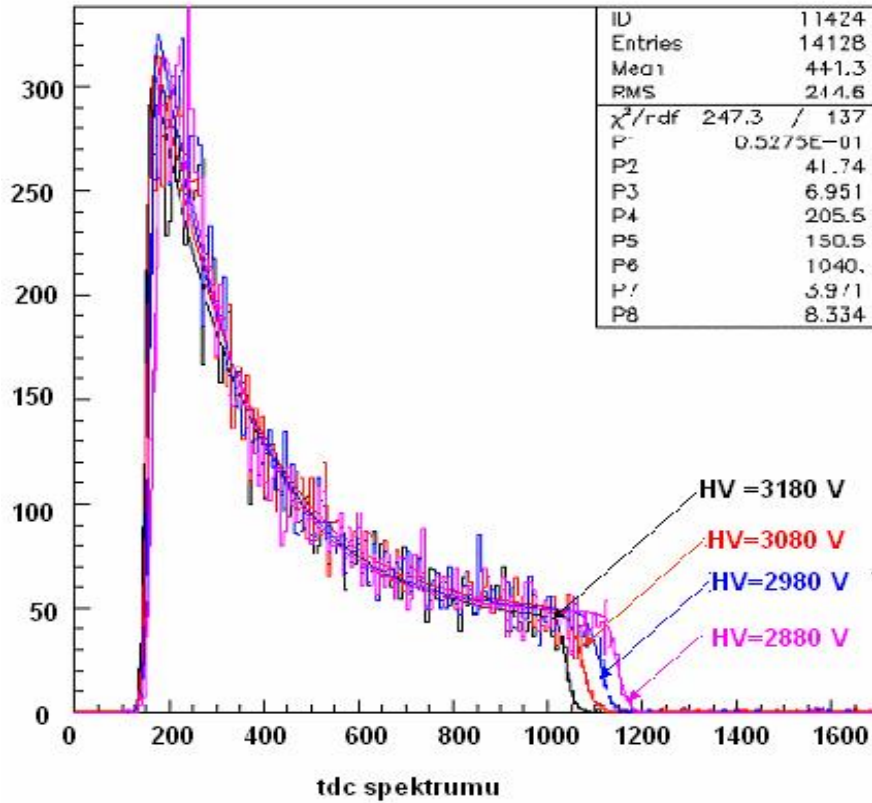
Şekil 4.12 TDC spektrumu

4.7.1 HV

Odacığın sürüklenme özellikleri elektrik alandan etkilenmektedir. Bu varyasyonu daha iyi anlamak için deneysel düzenek 2280 V, 2980 V, 3080 V, 3180 V HV değerleri altında çalıştırıldı. Her HV değeri için ölçümler alındı. Bu ölçümlerin işlenmesiyle elde edilen grafik Şekil 4.13'de gösterilmektedir. Şekil 4.13'den ve bağıntı 4.1'den anlaşıldığı gibi sürüklenme zamanı yüksek voltajla değişmektedir.

$$t_{\text{sürüklenme}} \propto (V_{\text{sürüklenme}})^{-1} \propto (p/E) \quad (4.1)$$

bağıntı 4.1’de p basınç ve E elektrik alan ifadesidir. Bu ifadeden görüldüğü gibi sürüklenme zamanı elektrik alan ile ters orantılı ve dolayısıyla HV ile de ters orantılıdır. Şekil 4.13’den elde edilen maksimum sürüklenme zamanı 2880 V için yaklaşık 760 ns , 2980 V için yaklaşık 740 ns , 3080 V için yaklaşık 700 ns ve 3180 V için yaklaşık 680 ns dir. Burada elde edilen ölçümlerde HV’nin sürüklenme zamanıyla ters orantılı olduğu açıkça görülmektedir. Ayrıca ATLAS normal işletim koşullarında istenilen sürüklenme zamanını yani 700 ns yi elde etmek için tüplere 3080 V uygulanmalıdır.



Şekil 4.13 Farklı HV Altında TDC Spektrumu

4.7.2 Basınç

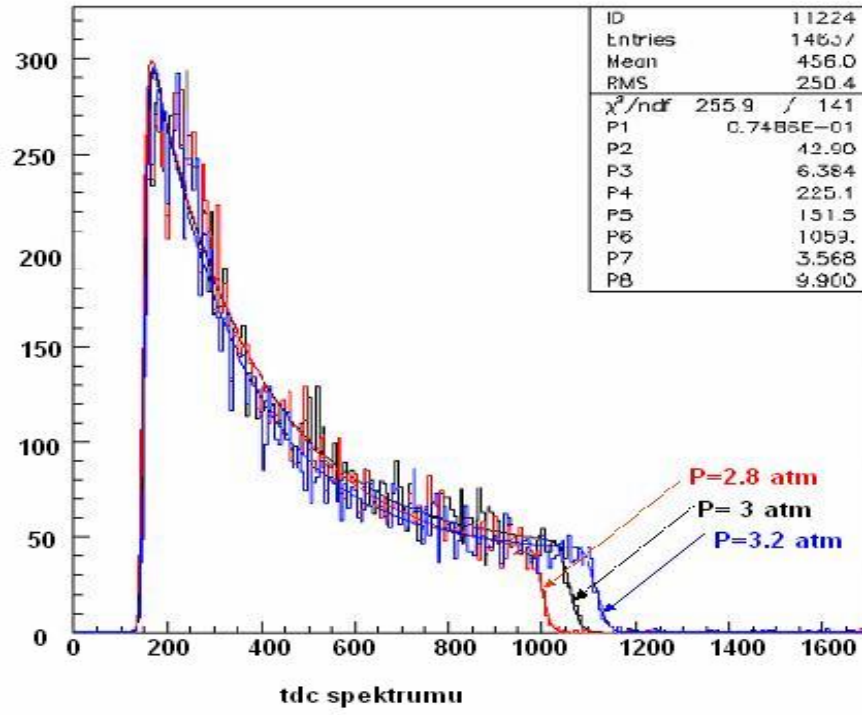
Odacığın sürüklenme özelliklerini basınç etkiler. Bağıntı 4.1'den anlaşıldığı gibi sürüklenme zamanı ile basınç doğru orantılıdır yani artan basınçla birlikte sürüklenme zamanı da artacaktır. Bu nedenle farklı basınç değerleri için ölçümler yapıldı. Şekil 4.14'de 2.8 atm, 3 atm ve 3.2 atm altında bir TDC spektrumu görülmektedir. Burada ölçülen maksimum sürüklenme zamanı 2.8 atm için yaklaşık 650 ns, 3 atm için yaklaşık 700 ns ve 3.2 atm için yaklaşık 750 ns dir. Buradan basıncın 0.1 atm artmasıyla maksimum sürüklenme zamanının 0.25 ns arttığı gözlenmektedir. Sonuç olarak istenilen sürüklenme zamanını elde etmek için gaz karışımı 3 atm basınçta çalıştırılmalıdır.

4.7.3 Eşik Değeri

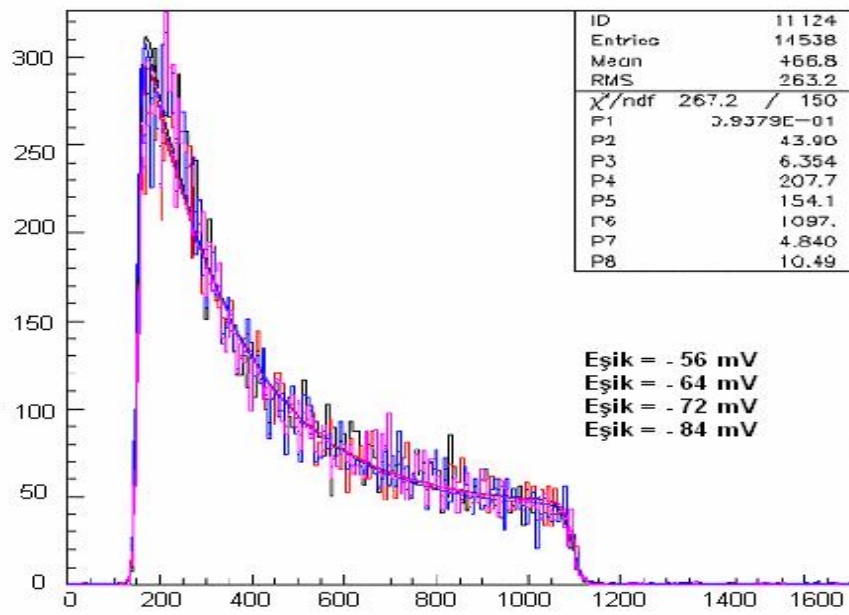
Diskriminatör eşik artışı t_0 zamanı ile değişir çünkü çok sayıdaki birincil elektronların eşik geçişini gerektirir. 4 farklı eşik değeri için sürüklenme tüpünün spektrumu şekil 4.15'te gösterilmektedir. Bu eşik değerleri için ölçülen maksimum sürüklenme zamanı tüm eşik değerleri için aynıdır ve yaklaşık 730 ns 'dir. Buradan çıkarılan sonuç maksimum sürüklenme zamanı eşik değerinden etkilenmez.

4.7.4 Gaz Bileşimi

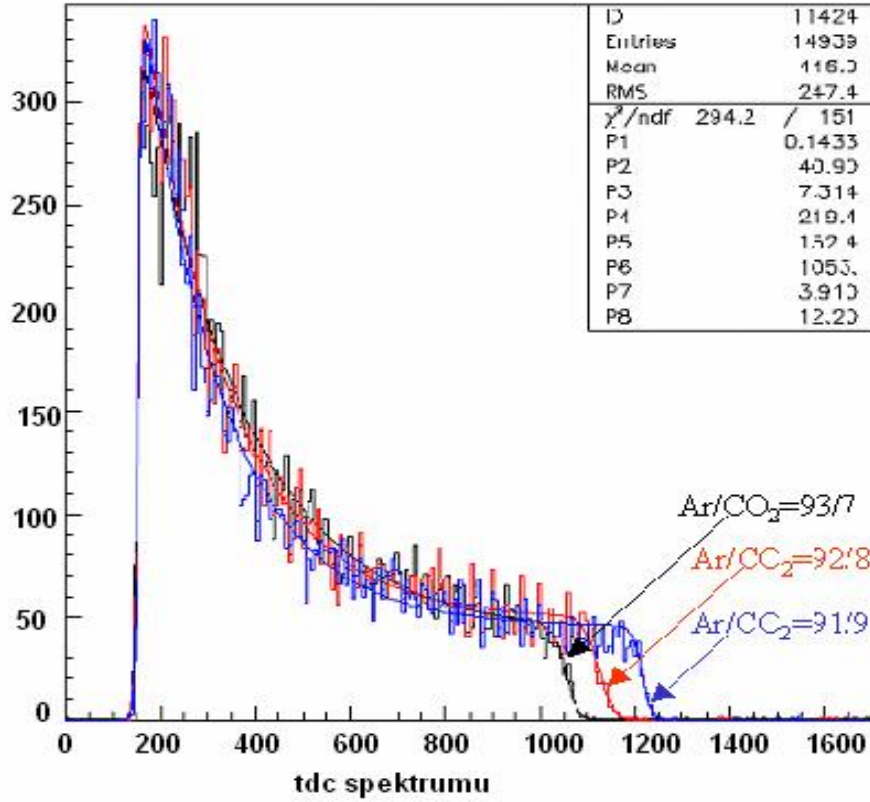
Odacığın sürüklenme özellikleri gaz bileşimine bağlıdır. Gaz bileşimi Ar/CO₂ (93/7), Ar/CO₂ (92/8), Ar/CO₂ (91/9) şeklinde değiştirildikten sonra farklı ölçümler elde edildi. Şekil 4.16'da yukarıdaki gaz değerleri için bir tüpün zaman spektrumu gösterilmektedir. Burada ölçülen maksimum sürüklenme zamanı Ar/CO₂ (93/7) için yaklaşık 700 ns, Ar/CO₂ (92/8) için yaklaşık 800 ns ve Ar/CO₂ (91/9) için yaklaşık 880 ns dir. Bu ölçümlerden anlaşılabacağı gibi farklı gaz karışımları için farklı sürüklenme zamanları elde edilmektedir. Burada aslında sürüklenme zamanı CO₂ miktarına bağlıdır ve artan CO₂ miktarı ile artmaktadır.



Şekil 4.14 Farklı Basınç Altında TDC Spektrumu



Şekil 4.15 Farklı Eşik Değerleri İçin TDC Spektrumu

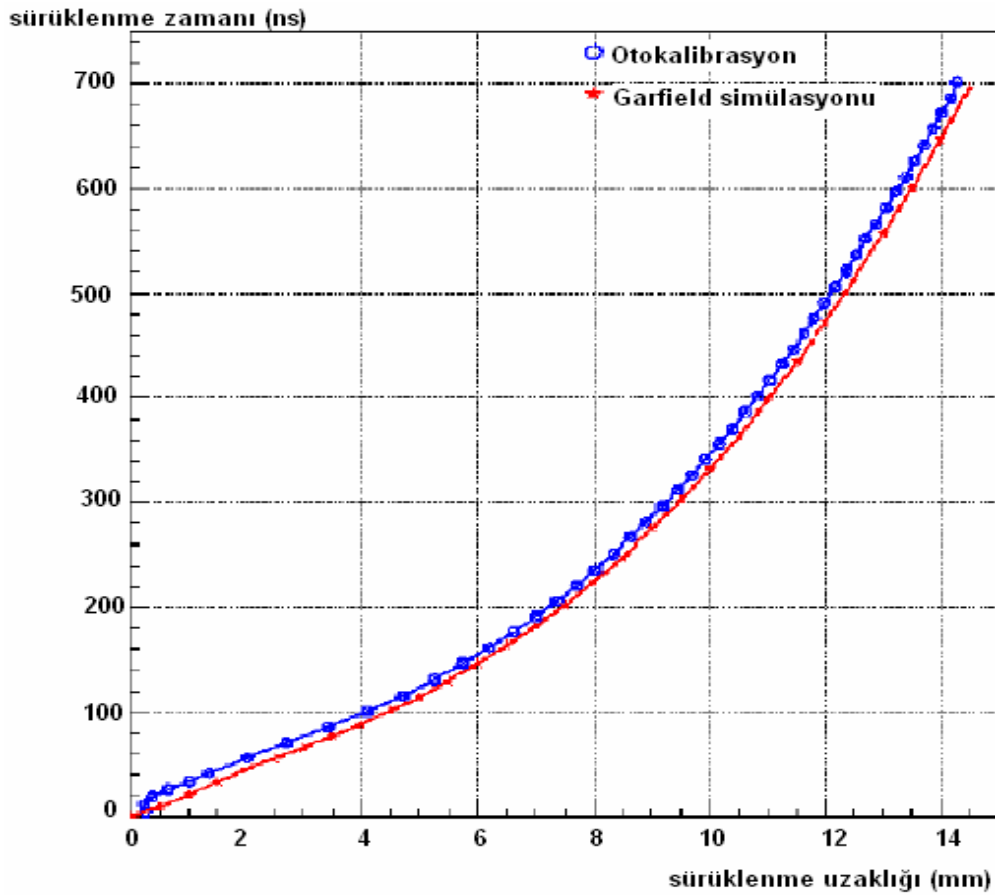


Şekil 4.16 Farklı Gaz Bileşimi İçin TDC Spektrumu

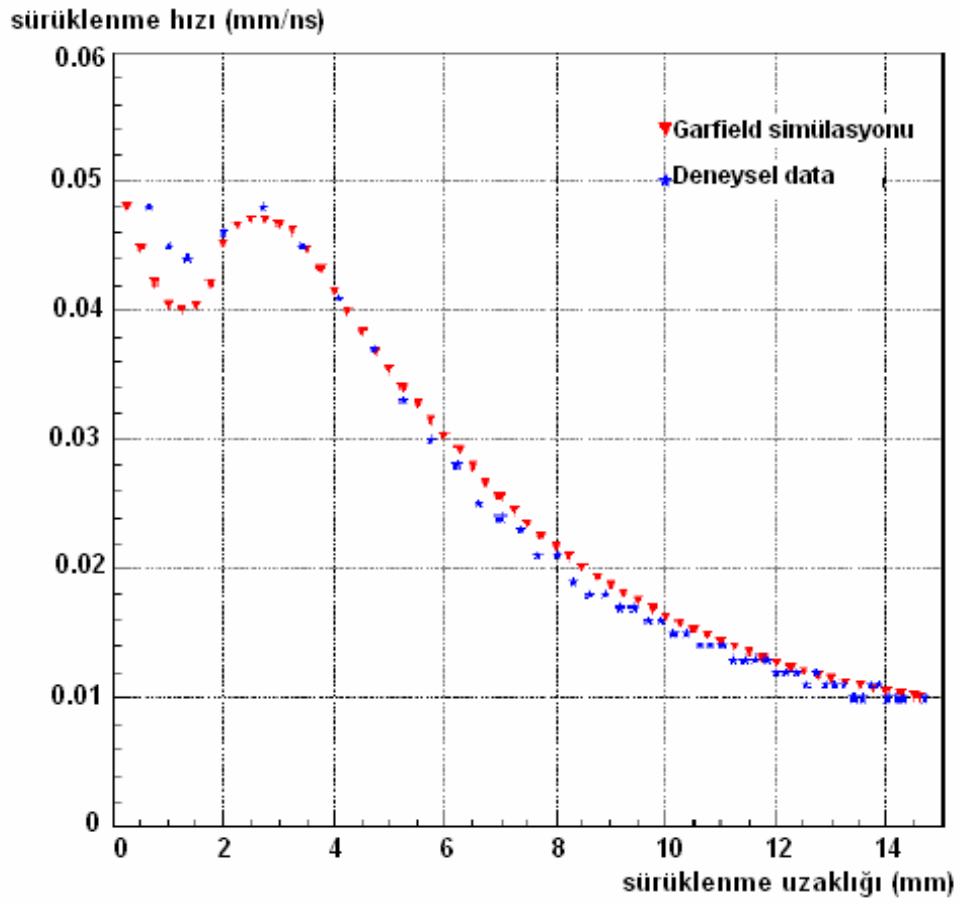
4.8 Uzay-Zaman Bağintısı

Sürüklenme zamanını sürüklenme uzaklığına dönüştürmek için her tüpün uzay-zaman bağıntısına ihtiyaç duyulur. Sürüklenme uzaklığı müon izi ile anot teli arasındaki en kısa mesafedir. Konum-zaman ilişkisi gazın yoğunluğuna ve gaz karışımına bağlıdır. Uzay- zaman ilişkisi sürüklenme tüplerinin şartlarına bağlı olarak bir otokalıbrasyon ile tanımlanmaktadır. Bu otokalıbrasyon ile uzay-zaman bağıntısı tüm tüpler için geçerli ve ilk yaklaşımdan bağımsız olarak elde edilmektedir. Şekil 4.17’de otokalıbrasyon ile hesaplanan uzay-zaman bağıntısı ile Garfield simülasyonundan elde edilen uzay zaman bağıntısının karşılaştırılması gösterilmiştir. Şekil 4.18’de ise Şekil 4.17’den gelen katkı ile sürüklenme hızının

sürüklenme uzaklığının fonksiyonu olarak eğrisi verilmektedir. Garfield simülasyonundan elde edilen bir tüpün maksimum sürüklenme zamanı yaklaşık 700 ns olarak ölçülmüştü. Bu uzay-zaman bağıntısı kullanılarak maksimum sürüklenme zamanı sürüklenme uzaklığına dönüştürüldü ve uzaysal ayırım gücünün yaklaşık 80 μm olduğu gözlemlendi. Selanik'te yapılan kozmik müon testlerinde bir tüpün maksimum sürüklenme zamanı Garfield simülasyonu ile uyum içindedir. Dolayısıyla bir tüp için uzaysal ayırım gücü Garfield simülasyonundan elde edilen değere çok yakındır. Burada uzaysal ayırım gücünü kötüleştiren tellere yakınlık, beklendiği gibi yüksek lineer olmayan elektrik alan ve ayırım gücünü tanımlanan değere uzaklaştıran yaklaşımlardır.



Şekil 4.17 Sürüklenme zamanı ve sürüklenme uzaklığı arasındaki ilişki



Şekil 4.18 Sürüklenme hızı ve sürüklenme uzaklığı arasındaki ilişki

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

ATLAS detektörü, 1TeV civarındaki en büyük olasılıklı Higgs bozonları kadar süper simetrik parçacıkların ürünleri, ağır vektör bozonları ve ekstra boyutlar gibi sınırsız çeşitlilikteki diğer olası fizik olaylarının üstesinden gelebilecek şekilde tasarlandı. ATLAS detektörünün yukarıdaki olayların üstesinden gelebilmesi için alt detektörlerinin her birinin üstüne düşen görevi en iyi şekilde yapması ve birbirleri ile uyum içinde çalışması gerekir. Müon spektrometresi ATLAS deneyinin alt detektörlerinden bir tanesidir ve daha önce bahsettiğimiz gibi müonların izlerini bükerek onların yörüngelerini ve momentumlarını ölçer. Bu tezde müon spektrometresinin alt birimlerinden olan BIS MDT odacıkları üzerine bir çalışma yapıldı.

Bu çalışmada BIS MDT odacıklarının ATLAS standartları altında ve çeşitli çalışma koşullarında kozmik ışın test deney seti kullanılarak performansına bakıldı. İlk önce bu odacığın farklı HV, gaz basıncı ve gaz karışımı altında ayırım gücü test edildi. Buradan bulduğumuz sonuçlar beklenen değerler ile uyum içerisindeydi. İkinci olarak BIS MDT’de bulunan sürüklenme tüplerinin verimliliği incelendi. Üçüncü olarak BIS MDT odacığının maksimum sürüklenme zamanı ölçüldü. Daha sonra bu sürüklenme zamanının farklı HV, gaz basıncı, gaz karışımı ve diskriminatör eşiği altında davranışı incelendi. Burada bu düzenek için en uygun HV, gaz basıncı, gaz karışımı ve diskriminatör eşiği saptandı ve bulunan sonuçlar Garfield Simülasyondan elde edilen değerler ile uyum içinde bulundu.

Bu çalışmada maksimum sürüklenme zamanı yaklaşık 700 ns olarak ölçüldü. BIS MDT odacığından geçen bir müonun yörüngesini saptamak için maksimum sürüklenme zamanının sürüklenme uzaklığına dönüştürülmesi gereklidir. Dolayısıyla bunun için uzay-zaman ($r-t$) bağıntısı kullanılarak hem sürüklenme hızı hem de uzaysal ayırım gücü ölçüldü. Uzaysal ayırım gücü yaklaşık 80 μm olarak ölçüldü ve bu değer beklenen değerle uyumu iyi bulundu.

KAYNAKLAR

- ALEKSA, M.,1999. Performance of the ATLAS Muon spectrometer, Viyana Teknik Üniversitesi, Viyana.
- ALEKSA, M.ve arkadaşları,1998. Non-Linear MDT Drift Gases like Ar/CO₂, ATLAS Internel Notes.
- ALEXAPOULOS, T.ve arkadaşları, 2003. Extensive Performance Studies for the ATLAS BIS- MDT Precision Muon Chambers with Cosmic Rays, ATLAS Collabroration.
- ATLAS Collaboration,1999. ATLAS Technical Design Report.ATLAS TDR 14, CERN/LHCC 99-14.
- ATLAS Muon Collaboration, 1997. ATLAS Muon Technical Design Report, CERN/LHCC 97-22.
- AVRAMİDOU, R., 2002. Hodoscope Performance for the Cosmic Ray Set Up of the MDT-BIS Chamber 'BEATRICE', Athens, NTU.
- BEİSER, A.,1997. Modern Fiziğin Kavramları,
- COADOU, Y., 2003.Searches for the Charged Higgs at Hadron Colliders Based on the Tau Lepton Signature, Acta universitesi, Uppsala.
- EFTHMİOPOULOS, I., 1999. Overview of the ATLAS Detector at LHC, Cenevre Üniversitesi, Cenevre.
- HORVAT, S., 2005. Study of the Higgs Discovery Potential in the Process $pp \rightarrow H \rightarrow 4\mu$. Zagrep Üniversitesi, Zagrep.
- http://atlas.web.cern.ch/Atlas/GROUPS/INNER_DETECTOR/inner_detector.html
- http://atlasexperiment.org/atlas_photos/selectedphotos/liquid_argon_calorimeter/general/9308048_09_general.jpg
- http://atlasexperiment.org/atlas_photos/selectedphotos/liquid_argon_calorimeter/barrel/B_wtext.jpg
- http://atlasexperiment.org/atlas_photos/selectedphotos/inner_detector/general/innner_detector3d.jpg
- http://atlasexperiment.org/atlas_photos/selectedphotos/toroid_magnets/barrel/tor_bar_1006_004.jpg

<http://atlas.le.infn.it/atlaslecce/figures/Muon1.jpg>

<http://na48.web.cern.ch/NA48/Welcome/papers/WccSchinzel/img58.gif>

<http://www.physik.uni-mainz.de/Forschungsbericht/etap/satlasimg18.gif>

<http://www.physik.uni-mainz.de/Forschungsbericht/etap/satlasimg17.gif>

[http://public.web.cern.ch/Public/Objects/Chapters/Educations/OnlineResources/Gam
erules/ Accelerators.jpg](http://public.web.cern.ch/Public/Objects/Chapters/Educations/OnlineResources/Gam
erules/ Accelerators.jpg)

http://quenchanalysis.web.cern.ch/quench-analysis/phd-fs-html/img_123_.gif

<http://www20.uludag.edu.tr/~epilicer/parcacik.html>

<http://www20.uludag.edu.tr/~epilicer/kuvvet.html>

<http://visits.web.cern.ch/visits/guides/tools/manual/images/atlasoverview.JPG>

PETRİDOU. C., 2002. BIS Chamber tests with cosmic muons at the university of Thessaloniki, Aristotle Üniversitesi, Selanik.

PETRİDOU, C. ve arkadaşları, 1998. Assembly and measurements of a mechanical prototype of the BIS MDT chamber. ATLAS Internal Note.

POLICICCHIO, A., 2006. Study of Rare With ATLAS Detector at LHC and Chamber Performances.

SAMPSONİDİS, D. ve arkadaşları, 2002. X-Ray Tomograph results from two BIS Modul 0 Chambers and improvements of the constructions prodecure on the basis of the results. ATLAS Muon note. Aristotle Üniversitesi, Selanik.

SCHLAGER, G.,2006. The Energy Response of the ATLAS Calorimeter System, Viyana Teknoloji Üniversitesi, Viyana.

SCHRİCKER, A., 2002. The Aligment System of the ATLAS Muon End-Cap Spectrometer, Viyana Teknik Üniversitesi, Viyana.

THESSALONİKİ MDT GROUP, 1999. BIS MDT Assembly Manual, Aristotle Üniveristesi, Selanik.

WOUDSTRA, M.J., 2002. Precision of the ATLAS Muon Spectrometer. Amsterdam Üniversitesi, Amsterdam.

ZİMMERMAN, S., 2004. High Rate and Ageing Studies for the Drift Tubes of the ATLAS Muon Spectrometer, Albert-Ludwing Üniversitesi, Freiburg.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Adana’da doğdum. İlk,orta ve lise öğrenimini Adana’da tamamladım. 2000 yılında Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünde lisans eğitime başladım ve 2004 yılında lisans eğitimimi tamamladım. Yine aynı yıl Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladım.

2006 yılında ICTP’deki yaz okuluna katılımcı olarak katıldım ve 2006-2007 eğitim döneminde ERASMUS değişim programı ile 5 ay Yunanistan’da bulundum.Yine aynı yıl 3 ay süreyle ile CERN’de bulundum.