

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GELECEK DAİRESEL ÇARPIŞTIRICI' DA ANORMAL ALT TİP
b' KUARK ÜRETİMİ**

Rokia Omar Ali ALAMIN

**Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi**

**Doç. Dr. Ahmet Tolga TAŞCI
Doç. Dr. Abdulkadir ŞENOL
Doç. Dr. Özgür ÖZTÜRK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANA BİLİM DALI**

KASTAMONU –2016

TEZ ONAYI

Rokia Omar Ali ALAMIN tarafından hazırlanan "**Gelecek Dairesel Çarpıştırıcı' da Anormal Alt Tip b' Kuark Üretimi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Ahmet Tolga TAŞÇI Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Abdulkadir ŞENOL Abant İzzet Baysal Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Özgür ÖZTÜRK Kastamonu Üniversitesi	

29/12/2016

Enstitü Müdürü V. Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ 

TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildirir ve taahhüt ederim.

Rokia Omar Ali ALAMIN



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GELECEK DAİRESEL ÇARPIŞTIRICI'DA ANORMAL ALT TİP b' KUARK ÜRETİMİ

Rokia Omar Ali ALAMIN
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet Tolga TAŞÇI

ÖZET: Bu çalışmada, ağır b' parçacığının olası anormal tek üretim potansiyeli $pp \rightarrow bV + X$ ($V = \gamma, g, Z$) sürecinde gelecek dairesel çarpıştırıcı'da analiz edilmiştir.

b' parçacığının tesir kesitleri ve bozunma genlikleri 100 TeV'lik kütle merkezi enerjisinde hesaplanmıştır. b' parçacığının gözlenme limitleri, $m_b = 500-1000$ GeV kütle aralığında $\kappa/\Lambda = 0.1$ TeV⁻¹ için araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır b' parçacığı, anormal etkileşim, FCC-hh.

2016, 32 sayfa

Bilim Kodu: 202

ABSTRACT

MSc. Thesis

ANOMALOUS HEAVY DOWN TYPE b' QUARK PRODUCTION AT THE FUTURE CIRCULAR COLLIDER

Rokia Omar Ali ALAMIN
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet Tolga TAŞÇI

ABSTRACT: In this study, the possible discovery potential for single production of heavy b' quark via anomalous production process $pp \rightarrow bV + X$ (where, $V = \gamma, g, Z$) at the future circular collider is analyzed.

We calculate the production cross sections and decay widths of b' quark at center of mass energy of 100 TeV. Discovery limits of b' quark are investigated in the range of $m_{b'} = 500-1000$ GeV for $\kappa/\Lambda = 0.1 \text{ TeV}^{-1}$.

Key Words: Heavy b' quark, anomalous interactions, FCC-hh.

2016, 32 pages

Science Code: 202

TEŞEKKÜR

İlk olarak, bize bilgiyi, sağlığı ve sabrı veren Allah'a içten şükran, minnet ve teşekkürlerimi sunmak isterim.

Bu tezin başarıyla tamamlanmasına katkı sağlayan aşağıda adı geçen kişilere teşekkürlerimi sunmak isterim. En sıcak minnettarlığımı, danışmanım Doç. Dr. Ahmet Tolga TAŞÇI'ya sunuyorum. Mükemmel danışmanlığı, bilgisini paylaşma yetisi için de teşekkür etmek isterim. Kastamonu Üniversitesi personeline özellikle Fizik bölümü personeline de teşekkür etmek isterim. Zaman, çaba ve tavsiyeleri için jüri üyelerine de minnettarım. Bana çalışma fırsatı sunan ülkeme (Libya) çok minnettarım ve özellikle çalışmam sırasında beni desteklemede sundukları bağlılıkları için özellikle anne-babama, eşime ve oğluma tüm aileme teşekkür ederim.

Son olarak, destekleri için tüm arkadaşlarıma ve sınıf arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Rokia Omar Ali ALAMIN

Kastamonu, Aralık, 2016

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
GRAFİK DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Parçacıklar ve Atomlar.....	1
1.2. Standart Model (SM).....	2
1.3. Karşıt parçacıklar	5
1.4. Doğadaki Temel Kuvvetler	6
1.5. Hızlandırıcılar	8
1.6. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC).....	9
1.7. Standart Model Ötesi Fizik ve CERN' de Yapılması Planlanan Gelecek Dairesel Çarpıştırıcısı FCC	13
2. HESAPLAMALAR	15
2.1. Giriş.....	15
2.2. Ağır Kuarkların Anormal Etkileşimleri	16
2.3. Bozunma Genişlikleri ve Dallanmalar	17
2.4. Tesir Kesitleri	19
2.4.1. $pp \rightarrow bV + X$ ($V = g, Z, \gamma$) sürecinde b' sinyali analizi.....	20
3. SONUÇ	28
KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	32

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

LHC	Büyük Hadron Çarpıştırıcısı
FCC	Gelecek Dairesel Çarpıştırıcı
FCC-hh	Gelecek Dairesel Çarpıştırıcı-hadron hadron
$\eta_{j,\gamma}$	Sözde Hızlılık
P_T	Enine Momentum
\sqrt{s}	Kütle Merkezi Enerjisi



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Üst ve alt kuarklar için sembolik gösterim	2
Şekil 1.2. Atomun iç yapısı	7
Şekil 1.3. Doğadaki 4 temel kuvvet	8
Şekil 1.4. ATLAS detektörü	11
Şekil 1.5. CMS detektörü	12
Şekil 1.6. LHC' de yapılan deneyler için örnek bir şema	12
Şekil 1.7. Geleceğin dairesel çarpıştırıcısı (FCC) hakkında örnek şematik bir bakış	14
Şekil 2.1. pp çarpışmasında ağır b' kuarkın anormal tekli üretimi için Feynman şeması	17



GRAFİK DİZİNİ

	Sayfa
Grafik 2.1. Kütlesine bağlı olarak b' in toplam bozunma genliği	20
Grafik 2.2. $pp \rightarrow bV_X (V= g, \gamma, Z)$ süreci için $\sqrt{s} = 100$ TeV, ve $ \eta_{j,\gamma} < -2,5$ ve $P_T > 50$ GeV içinkütleyle kütleyle bağlı tesir kesiti eğrileri	25
Grafik 2.3. $pp \rightarrow bV_X (V= g, \gamma, Z)$ süreci için $\sqrt{s} = 100$ TeV, ve $ \eta_{j,\gamma} < -2,5$ ve $P_T > 100$ GeV içinkütleyle kütleyle bağlı tesir kesiti eğrileri	25



TABLOLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Kuarklar (Spin 1/2)	4
Tablo 1.2. Leptonlar (Spin 1/2).....	4
Tablo 1.3. Aracı Parçacıklar (Spin 1)	5
Tablo 1.4. Doğadaki Temel Kuvvetler.....	6
Tablo 2.1. Dallama oranları (%) ve ağır b' kuarkın bozunma genişlikleri.....	18
Tablo 2.2. 100 TeV'lik kütle enerjinin merkezinde ağır b' kuark üretiminin toplam tesir kesiti	19
Tablo 2.3. $\sqrt{s} = 100$ TeV'de $ \eta_{j,\gamma} < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 50$ GeV için $pp \rightarrow b\gamma$ sürecinde b' sinyali için tesir kesitleri.....	21
Tablo 2.4. $\sqrt{s} = 100$ TeV'de $ \eta_{j,\gamma} < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 100$ GeV için $pp \rightarrow b\gamma$ sürecinde b' sinyali için tesir kesitleri.....	21
Tablo 2.5. $\sqrt{s} = 100$ TeV'de $ \eta_{j,\gamma} < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 50$ GeV için $pp \rightarrow b\gamma$ sürecinde b' sinyali için tesir kesitleri.....	22
Tablo 2.6. $\sqrt{s} = 100$ TeV'de $ \eta_{j,\gamma} < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 100$ GeV için $pp \rightarrow b\gamma$ sürecinde b' sinyali için tesir kesitleri.....	22
Tablo 2.7. $\sqrt{s} = 100$ TeV'de $ \eta_{j,\gamma} < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 50$ GeV için $pp \rightarrow bZ$ sürecinde b' sinyali için tesir kesitleri.....	23
Tablo 2.8. $\sqrt{s} = 100$ TeV'de $ \eta_{j,\gamma} < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 100$ GeV için $pp \rightarrow bZ$ sürecinde b' sinyali için tesir kesitleri.....	23
Tablo 2.9. Sözde hızlık sınırlandırması $ \eta_{j,\gamma} < -2,5$ ve enine momentum sınırlandırması $P_T > 50$ ile 100 GeV için toplam arka plan tesir kesitleri	26
Tablo 2.10. $pp \rightarrow b\gamma$, $pp \rightarrow b\gamma$ ve $pp \rightarrow bZ$ sinyal süreçleri için istatistiksel önem değerleri.....	27

1. GİRİŞ

Fizikte gerçekleştirilen birçok ilerleme, yirmi birinci yüzyıla dayandırılabilir. İlk olarak Einstein'ın izafiyet teorisi, yer çekimi ilkeleri ve kuantum mekaniğinin gelişmesi ile devam etti. Bu ilerlemeler parçacık fiziğinin gelişimi ile devam etti [1].

Parçacık fiziğinin ardındaki fikir, maddenin kökenini ve tümüyle başladığı yeri tanımlamaktır. Bu analiz, parçacık fiziğinin ardındaki düşünce üzerine çalışma yapmak için bizim devasa hızlandırıcıları oluşturmamızı sağlamıştır.

100 sene öncesi için atomun yapısını öğrenmek oldukça basitti, atomlar maddenin tüm çevresinde yayılmıştır ve gizemlerini açığa kavuşturmak, bir masanın üstündeki cihazlarla tamamlanabilir, maddenin oluşumdan nasıl meydana geldiği değerlendirmek kesinlikle bir diğer sorundur.

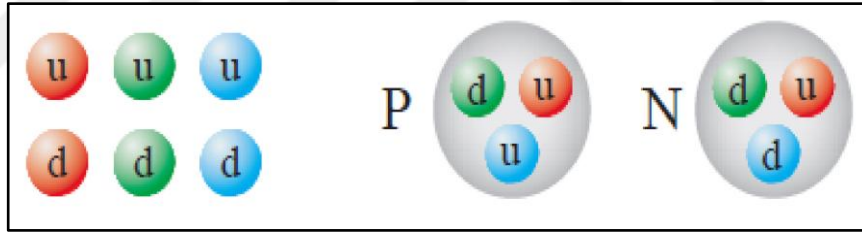
Parçacıkların demetlerini oluşturacak, ışık hızıyla seyahat ettirecek ve sonuçları gözlemlemek için onları çarpıştıracak ve sonucu analiz edecek deney, bilim adamlarından oluşan bir takım tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunların tümü, bilim alanında birçok keşfin ve teknolojik gelişmelerin sonucunda mümkün olmaktadır. Bu süreç, karmaşıktır ve ciddi miktarda zaman ve para gerektirir ancak maddenin parçacıklarını ve daha fazlasını öğrenmek ve keşfetmek için en iyi yoldur [2].

1.1. Parçacıklar ve Atomlar

Madde, parçacıklardan oluşur ve parçacıklar, zerrelere durumları ile sınırlıdır. Örneğin, su, bir oksijen molekülü ve iki hidrojen molekülünden oluşan su parçacıklarından oluşur. Bu durum, karışım eşitliği H_2O ile gösterilir. Doğal olarak bulunan 92 ayrı parçacık vardır. Atomlar, bir çekirdek ve çekirdeğin etrafında yörünge çizen elektronları içerir. Elektronun ilk turu, yaklaşık olarak 6.35 km uzunluktadır. Rutherford, 1911 yılında atomun içinin genelde boş olduğunu bulmuştur. Gerçekte, Rutherford detaylara inmeden çekirdeğin boyutunu tahmin etmede başarılı olmuştur.

Genel olarak çekirdek, proton ve nötron olarak adlandırılan çekirdek parçacıklarından oluşur. Nötron, elektriksel olarak nötrdür ve proton elektrik yükü (+1) iken, elektron yükü (-1)'dir. Yine de, bir atomdaki elektronların sayısı, çekirdek parçacığındaki protonsayısına eş değerdir, bu yüzden atomlar elektriksel olarak nötrdür. Bazı elektronlar, bir atomdan dışarı çıkabilir; atom, elektriksel olarak artık nötr değildir ancak pozitif yüklüdür çünkü fazla miktarda proton vardır. Böyle bir cisim, iyon olarak adlandırılır ve bu süreç iyonlaşma olarak bilinir.

Proton üç adet kuarktan oluşur. Birçok türden kuark vardır, "üst kuark" ve "alt kuark"; her biri, üç türden oluşur, bunlar yeşil, kırmızı ve mavi renkleriyle kodludur (aslında, bunlar gerçek renkler değildir, sadece kuarkların arasındaki farka yöneliktir). Bir proton, farklı renklerde iki üst ve bir alt kuark içerir, bir nötron ise, farklı renklerden iki alt kuark ve bir üst kuark içerir. Şekil (1.1), üst ve alt kuarkların sembolik olarak gösterimini ve nötron ile protonların içerdiği kuarkları göstermektedir.



Şekil1.1. Üst ve alt kuarklar için sembolik gösterim

Kuarklar (elektronlar ve diğerleri gibi) nokta benzeri parçacıklardır. Elektronlar ve kuarklar maddeyi oluşturan temel parçacıklardır [1].

1.2. Standart Model (SM)

Bilinen parçacıklar ve onların arasında etki eden kuvvetler Standart Model (SM) diye adlandırdığımız bir modelle açıklanır. Deneylere uygun olduğu kadar belirgin hesapsal terimlerle uyumlu bir teoridir. Buna rağmen, yetersiz kaldığı birçok nokta vardır. SM 400 yıllık fiziğin bir sonucu gibi gösterilebilecek yapı bilgisinin büyük bir bölümü olarak görünür.

Kabaca, madde atomlardan oluşur ve bu atomlar, çekirdeklerden ve onların etrafını çevreleyen elektronlardan meydana gelmiştir. Çekirdekler nötron ve protonlardan oluşur ve kuarkları içerir. Çekirdeğin etrafında dolaşan birçok diğer parçacık vardır. Hidrojen elementi, en basit atomdur ve tek bir protonun etrafında dolaşan sadece bir elektrondan oluşur. Maddeyi oluşturan yapı taşlarını anlamak içingerekli kavram, parçacıklara, çekirdeklere, nötronlara, protonlar, elektron ve atomlara eşittir.

Evrende bulunan her şey, temel parçacıklar olarak adlandırılan bazı yapı bloklarından oluşmuştur. Tüm madde özellikleri, esas kuark özelliklerinden kaynaklanmıştır. Buradan hareketle, baskın bir şekilde gelişmiş güzel bahsedilen birkaç özellik büyük anlamlılık olarak belirir. Örneğin, iki tür parçacığın kütlesi arasındaki fark üst ve alt kuark olarak adlandırılır. Bu iki kuark, nötron ve protonun bileşenidir, nötron bir üst ve iki alt kuark içerir, proton iki üst bir alt kuark içerir. Her kuark, mavi, yeşil ve kırmızı olmak üzere üç türde görülür. Bir nötron içinde bir alt kuark, üst kuarka dönüşürse, protona dönüşür. Alt kuark, üst kuarktan daha ağırdır, öyle ki bu alt parçacığın üst parçacığa doğru bozunmasına neden olur (ek olarak, bir anti nötrinove bir elektrona).

Aslında, proton ve elektron arasındaki kütlelerde büyük fark vardır. Proton, elektrondan yaklaşık olarak 1800 kat daha ağırdır. Anti elektron, pozitrondur. Pozitif yüklüdür ancak kütlesi eşittir. 1932 yılında Anderson tarafından gözlemlenen ilk anti parçacıktır.

Standart Model'in ilkeleri, aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Kuvvet hareketliliği için matematiksel çerçeve, kapsam teorileridir.
2. Maddenin temel parçacıkları, kuarklar ve leptonlardır.
3. Vakum süper iletken faz türüdür [3].

Mevcut durumda, madde, kuark, lepton ve aracı parçacıklar olarak adlandırılan üç tür temel parçacık grubundan meydana gelir. Yüklerine göre sınıflandırılan altı tip kuark vardır, üst (u), alt (d), sihirli (c), acayip (s), tepe (t) ve dip (b) [4]. Kuarklar, aşağıdaki tablodan göreceğimiz üzere, üç grupta(aile) dizilirler (1.1) [5]:

Tablo 1.1. *Kuarklar (spin 1/2)*

Aile	Çeşit	Yük	Kütle
Birinci	d (alt)	-1/3	4,8 MeV
	u (üst)	2/3	2,3 MeV
İkinci	s (acayip)	-1/3	95 MeV
	c (çekici)	2/3	1,275 GeV
Üçüncü	b (taban)	-1/3	4,18 GeV
	t (tepe)	2/3	178,21 GeV

Tersine çevrilen tüm işaretler ile altı adet anti kuark vardır. Bu arada, her kuark ve anti kuark, üç renge dönüşür ve dolayısı ile toplamda 36 kuark bulunur.

Tablo 1.2. *Leptonlar (spin 1/2)*

Aile	Çeşit	Yük	Kütle (MeV/c ²)	Ömrü (saniye)	Bozunmaları
Birinci	e (elektron)	-1	0,510999	∞	—
	ν_e (nötrino)	0	0	∞	—
İkinci	μ (muon)	-1	105,658	$2,19698 \times 10^{-6}$	$e^- \nu_\mu \bar{\nu}_e$
	ν_μ (μ nötrino)	0	0	∞	—
Üçüncü	τ (tau)	-1	1776,82	$2,90 \times 10^{-13}$	$e \nu_\tau \bar{\nu}_e, \mu \nu_\tau \bar{\nu}_\mu, \pi^- \nu_\tau$
	ν_τ (τ nötrino)	0	0	∞	—

Benzer şekilde, yüklerine göre sınıflandırılan, elektron (e), elektron nötrinosu (ν_e), müon (μ), müon nötrinosu (ν_μ), tau (τ) ve tau nötrinosu (ν_τ) olarak adlandırılan altı

adet lepton vardır [4]. Tabloda gösterildiği gibi üç ailede meydana gelirler Tablo (1.2) [5].

Leptonlar ve anti leptonlar olmak üzere toplamda 12 tane lepton vardır.

Son olarak, her etkileşimin kendi aracı parçacığı vardır: foton, elektromanyetik kuvvet içindir, W ve Z bozonlar zayıf kuvvet içindir, gluon, güçlü kuvvet içindir ve graviton da yer çekimi kuvveti içindir [4].

Tablo 1.3. Aracı Parçacıklar (spin 1) [5]

Kuvvet	Aracı	Yük	Kütle	Asıl Bozunma
Güçlü	g (8 glüon)	0	0	–
Elektromanyetik	γ (foton)	$< 1 \times 10^{-35} e$	$< 1 \times 10^{-18} eV$	–
Zayıf	W^{\pm} (yükü)	$\pm 1e$	80,385 GeV	$e^+ \nu_e, \mu^+ \nu_{\mu}, \tau^+ \nu_{\tau}, c\bar{X}$ → hadronlar
	Z^0 (nötr)	0	91,1876 GeV	$e^+ e^-, \mu^+ \mu^-, \tau^+ \tau^-, q\bar{q}$ → hadronlar

1.3. Karşıt parçacıklar

Herbir parçacığa karşılık gelen, o parçacıkla aynı kütleye sahip zıt yüklü bir karşıt parçacık vardır. Yani, bir parçacık ve karşıt parçacığı tam olarak aynı kütleye sahiptir. Elektronun karşıt parçacığı, pozitif olarak yüklü pozitrondur ancak elektron ile aynı kütledir. Parçacık ve karşıt parçacık çiftleri çift yok olması ile iki tane fotona dönüşürler. Karşıt parçacıklar beta bozunumu sayesinde doğal olarak üretilirler.

Karşıt parçacık kavramının önemi, her parçacıkla uyumlu olan ancak tamamıyla aynı kütleye sahip ve bu parçacıkların ele alınmasıyla tam olarak diğer özelliklerin

tanımlandığı karşıt parçacığa sahiptir. Örneğin, elektrik yükü eksi işaretlidir. Ancak, bir parçacığın karşıt parçacığı kendisi ise, bu özel durumda, parçacığın yükü sıfır olmak durumundadır [1].

1.4. Doğadaki Temel Kuvvetler

Parçacıklar ve elektronlar sadece harflerse, sonuç olarak harfleri kelimelere, ifadelere ve maddelere bağlayan kuralların olduğu gramer benzeri bir durum, parçacıklar için de vardır. Doğada, bu tür bağlayıcıları temel kuvvetler olarak adlandırırız. En iyi bilinenin kütle çekim kuvveti olarak adlandırıldığı ve büyüklük durumlarına göre ayrılan dört adet kuvvet vardır.

Madde, elektromanyetik kuvvetle birlikte tutulur: bu, atom içinde elektronları tutar ve parçacık ve molekül oluşturmak için atomları bir diğerine bağlar. Güçlü ve zayıf olarak adlandırılan diğer iki kuvvet çekirdek içinde ve etrafında bulunur. Güçlü kuvvet, proton ya da nötron olarak adlandırılan küçük alanın içine kuarkları bağlar; sonrasında, yakın bir şekilde atomik çekirdek içinde kapalı tutulur. Zayıf kuvvet, radyo aktifin belirli formlarında olduğu gibi bir tür parçacığı diğerine dönüştürür. Örneğin, bir protonu nötrona dönüştürebilir [2].

Aşağıdaki tabloda (1.4) [4] dört temel kuvvet sırasıyla verilmiştir.

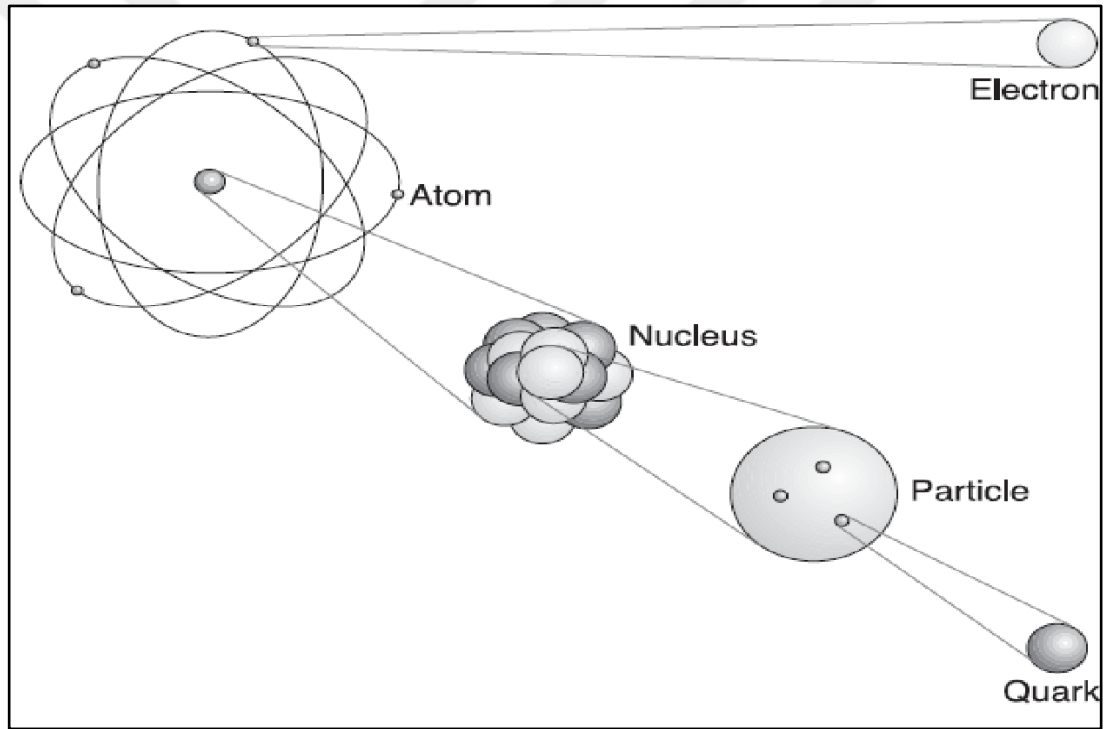
Tablo 1.4. Doğadaki Temel Kuvvetler

Kuvvet	Dayanım	Aracı Parçacık	Teori
Güçlü	10	Gluon	Renk dinamiği
Elektromanyetik	10^{-2}	Foton	Elektrodinamik
Zayıf	10^{-13}	W ve Z	Çeşni Dinamiği
Kütle Çekim	10^{-42}	Yer Çekimi	Geometrodinamik

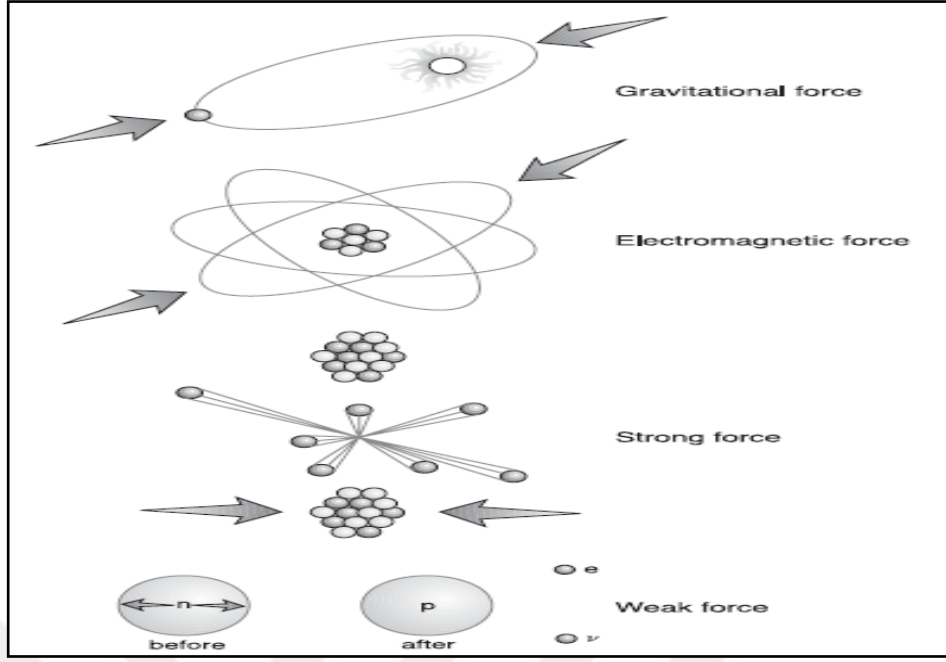
Bu kuvvetler, fizik teorilerine aittir. Yer çekimi klasik teorisi, evrensel çekim hakkında Newton'un ilk kuralıdır. Rölativistik yaklaşımı, Einstein'ın genel izafiyet

teorisidir. Etkisi olmayacak kadar çok zayıf olması nedeniyle kütle çekim kuvveti parçacık fiziğinde yer almaz. Elektrodinamik, elektromanyetik kuvvetleri tanımlayan fizik teorisidir. Bir yüzyıl öncesinden daha fazlasına dayanan klasik formülasyonu, Maxwell tarafından sunulmuştur ve 1940'larda Tomonaga, Schwinger ve Feynman tarafından tamamlanmıştır. Zayıf kuvvetler teorisi, çeşni dinamiği olarak adlandırılır. Görelî kuantum formülasyonunun teorik tanımı Weinberg, Salam ve Glashow tarafından 1960'larda son halini almıştır. Güçlü kuvvetler, aslında 1970'lerde renk dinamiklerin oluşumuna kadar teori değildi [4].

Şekil (1.2) ve (1.3), bir atom iç yapısını ve doğa kuvvetlerini gösterir [1]



Şekil 1.2. Atomların iç yapısı, atomlar dış kısmın çevresinde yörüngeyi izleyen elektronlarla merkezi çekirdekten oluşur. Bir çekirdek, proton ve nötronları içerir. Kuark olarak adlandırılan oldukça küçük parçacıklardan oluşur. Burada, nötronlar, yüksüz, protonlar pozitif yüklüdür.



Şekil 1.3. Doğadaki 4 temel kuvvet

1.5. Hızlandırıcılar

Onlarca ya da hatta yüzlerde GeV'lik enerji ile hızlandırılan parçacıklar ile parçacık fiziği, birçok alana ihtiyaç duyar. 20. Yüzyılın ortalarından sonuna kadar, teknoloji, her bir metrede onlarca MeV enerji kazanan bir elektron demetinin olduğu ortamda elektronu hızlandırdı.

Kaliforniya'daki, Stanford Ulusal Hızlandırıcı Merkezi (SLAC) olarak adlandırılan ulusal hızlandırıcı laboratuvarında, 50 GeV üzerinde enerjili elektron demeti üreten üç km uzunlukta bir hızlandırıcı bulunuyordu. Cenevre'de bulunan Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi'nde (CERN), elektronlar 27 km çapında bir daire içinde hızlandırılarak, hemen hemen 100 GeV'lik bir enerji kazanıldı. Daha büyük olan protonlar daha büyük güç taşır, ancak, hedeflerine ulaşmak için büyük hızlandırıcıları gerektirir.

Deneylemin öncelikli amacı, yüksek enerjili parçacıkların olduğu demetler ile vurarak atom çekirdeğinin merkezini araştırmaktır. Demette, parçacıkların enerjisi genişletir (çekirdekleri birlikte tutan tek bir çekirdek içinde bulunan enerjinin boyutunda) ve

sonuç olarak, demet, atoma çarpar ve parçacıkları yeni parçacık sürecinde ilerleyerek parçalara ayrılır [2].

1.6. Büyük Hadron Çarpıştırıcı (LHC)

Büyük Hadron Çarpıştırıcı (LHC),dünyadaki en büyük ve güçlü parçacık hızlandırıcısıdır. Deneylere ilk kez, 2008 yılında Eylül ayında başladı [6]. Cenevre yakınlarında Fransa İsviçre sınırında yerin hemen hemen 175 metre altında ve 27 km çapında olan bir tünele yerleştirilmiştir. İlk araştırma çalışması, 2012 yılında 8 TeV 'e yükselen, 30 Mart 2010 tarihinde 7 TeV'lik bir kütle merkezi enerjisi ile [7] başlamış ve 13 Şubat 2013 yılına kadar sürmüştür [8, 9]. LHC'nin ilk çalışması, 13 Şubat 2013 de formal olarak bitmiştir. 5 Nisan 2015 gününde tekrar başlayandeny, 20 Mayıs 2015 gününde 13 TeV' e yükseltilmiştir [10, 11]. İkinci araştırma çalışması, 3 Haziran 2015 de başlamıştır [12].

LHC'nin amacı, parçacık fiziğinin çeşitli teorileri üzerine yapılan tahminleri sınamayı bilim adamlarına sağlamaktır [13].

Çarpışmadan önce parçacıkların iki adet yüksek enerjili demeti (hızlandırıcı içinde), zıt yönde yüksek vakum ortamında, yaklaşık olarak ışık hızında seyahat eder [6].

LHC, çarpışmalar sırasında oluşan birçok parçacığı test etmek için yedi adet deney içerir. Bu deneyler, tüm dünyadan kurumlardan gelen fizikçilerin ve bilim adamlarının bilimsel iş birliği ile yürütülür. Bu deneylerin her biri, detektörler tarafından özelleştirilir ve kategorize edilir.

LHC'nin en büyük deneyleri, CMS ve ATLAS'tır, en büyük aralıkta olası fiziği gerçekleştirmek için genel amaçlı detektörleri kullanır. Aynı olarak tasarlanan iki adet dedektöre sahip olmak, yapılan yeni keşiflerin çapraz doğrulaması için gereklidir. LHCb ve ALICE, dedektörleri özel bir olgu üzerine durur. Bu dört dedektörün her biri, LHC halkasında devasa mağaralarda yerleştirilmiştir.

LHC deneylerinin en küçüğü, proton ve ağır iyonlar üzerinde duran LHCf ve TOTEM'dir. LHCf, ATLAS çarpışma noktasının her bir yanında 140 metrede LHC

ışık hüzmesi yoluna yayılan iki detektörden oluşurken, TOTEM ise CMS etkileşim noktasının her iki yanında konumlandırılmış dedektörleri kullanır. Son olarak, MOEDAL deneyi manyetik tek kutup olarak adlandırılan parçacık üzerine araştırma yapmak için LHCb yakındaki genişletilmiş dedektörleri kullanır [14].

ATLAS, LHC'de iki genel dedektörden birisidir, Higgsbozonu için yapılan araştırmadan karanlık maddeyi oluşturabilecek ekstra boyutlara ve parçacıklara kadar değişen geniş bir fizik alanını açığa çıkarır [15].

CMS dedektörü (kompakt Müon Solenoit), LHC'de genel amaçlı birdedektördür. Standart Model üzerine çalışmaktan, karanlık maddeyi oluşturabilecek parçacıklara ve ekstra boyutlara kadar geniş çapta fizik programını içerir.

ATLAS ve CMS dedektörleri, yeni parçacıkları ya da Standart Model ötesinde etkilerini araştırmak gibi aynı bilimsel amaçlara sahiptir [16], benzersiz teknik çözümleri ve çeşitli mıknatıs sistem tasarısını kullanırlar [17].

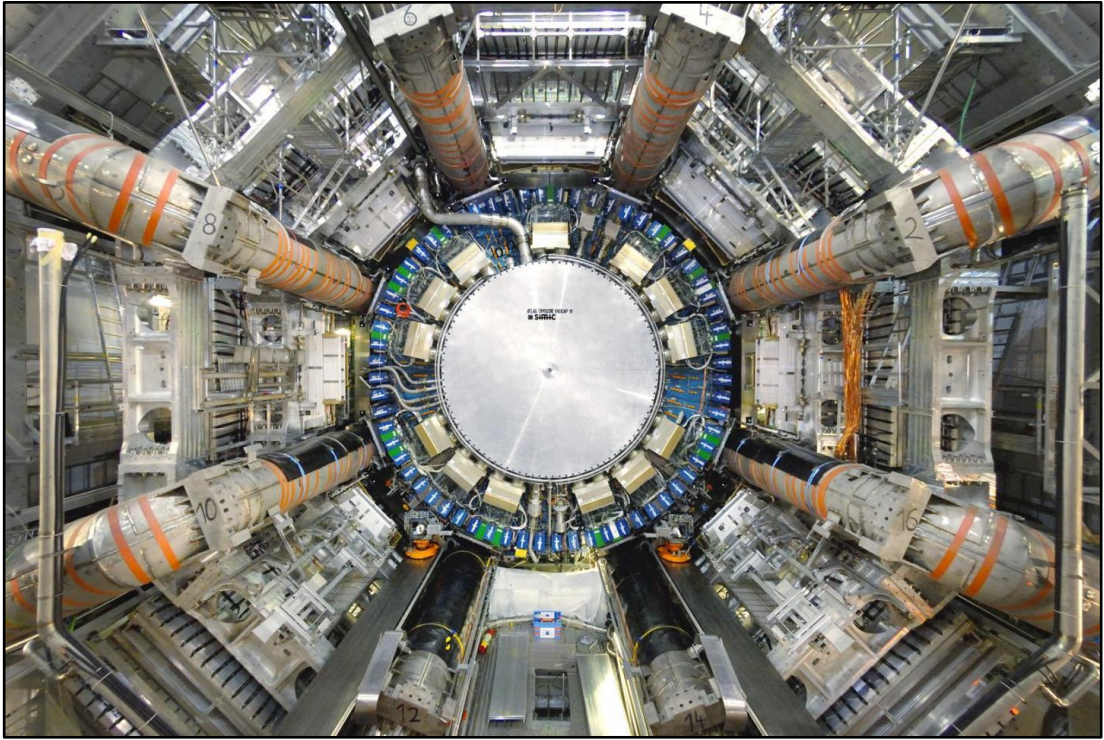
LHCb deneyinin amacı, CP bozunumu gibi güvenli B-hadron nitelikleri ölçmek iken, kurşun çekirdeklerin çarpışması ile parçacık-glüon plazma oluşturmak (~2.76 TeV), ALICE deneyinin amacıdır [16].

Protonlar, LHC' de kafa kafaya çarpıştığı, çarpışmalar, protonları içerecek olgunun sayısını test etmek için bir mikro laboratuvarı sağlar. TOTEM deneyi, çarpışmadan küçük açılarda görüldüğü gibi protonların tam ölçümlerini alarak patlatmak için tasarlanır [18].

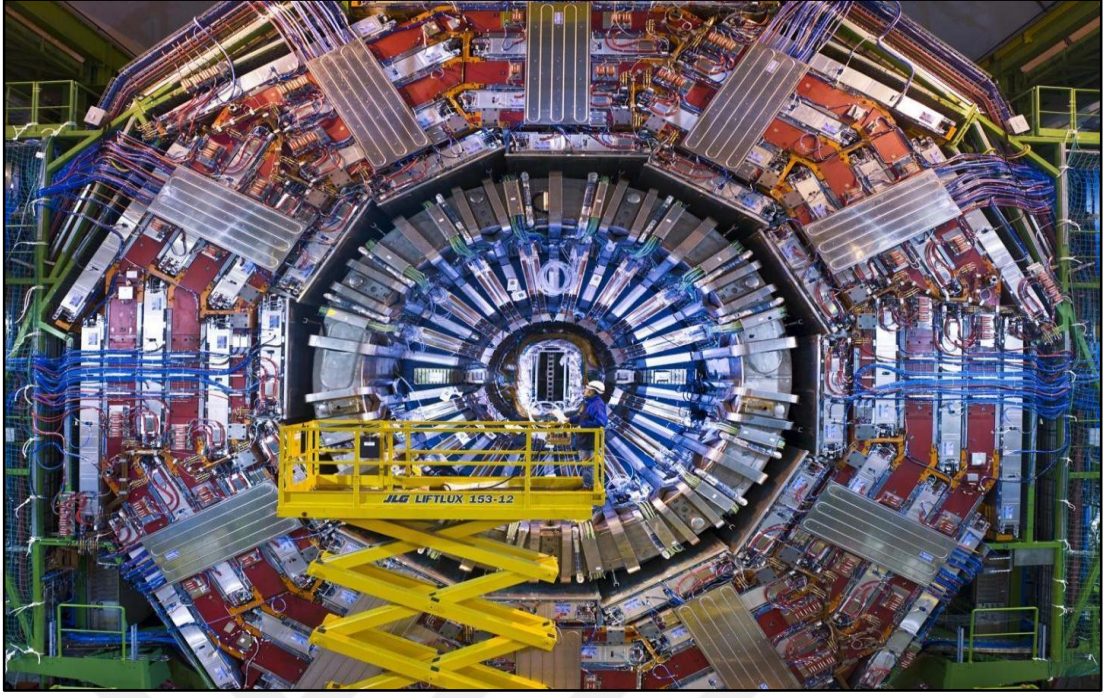
İleri Büyük Hadron Çarpıştırıcı olarak adlandırılan LHCf, laboratuvar koşullarında kozmik ışınları uyarlamak için olduğu gibi LHC içindeki çarpışmalar ile ileriye doğru atılan parçacıkları kullanır. Doğada, kozmik ışınlar sürekli olarak dünyanın atmosferini bombalayan dış alandan gelen yüklü parçacıklar haline gelir. Yer seviyesine ulaşan parçacıkların aşamalı dizinini tetikleyerek yukarı atmosferde çekirdek ile çarpıştırır. LHC içindeki çarpışmaların nasıl parçacıkların benzer aşamalı dizilerine neden olduğu üzerine çalışmak, binlerce kilometreyi kaplayabilecek büyük

ölçekli kozmik ışın deneylerini açığa kavuşturmak ve ayarlamak için bilim adamlarına yardımcı olacaktır [19].

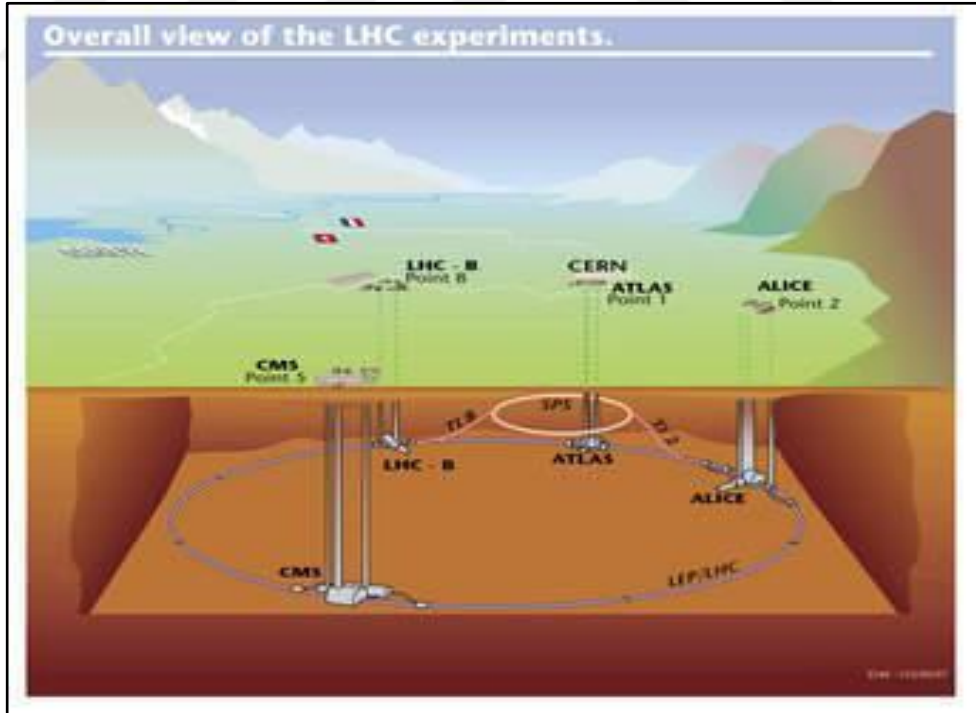
4 Temmuz 2012 günü, Cern'de Büyük Hadron Çarpıştırıcı'da (LHC) CMS ve ATLAS deneyleri, yaklaşık olarak 126 GeV kütle civarında yeni bir parçacığı gözlemlediklerini tanıttılar. Bu parçacık, Standart Model tarafından tahmin edilen Higgs bozonuna uygundur. Standart Model'in önerdiği gibi Higgs bozonu, Brout-Englert-Higgs mekanizmasının en basit olgusudur. Higgs bozonların diğer biçimleri, Standart Model ötesi diğer teoriler tarafından önerilir [20].



Şekil 1.4. ATLAS detektörü [15]



Şekil 1.5. CMS detektörü [17]



Şekil 1.6. LHC' de yapılan deneyler için örnek bir şema

1.7. Standart Model Ötesi Fizik ve CERN' de Yapılması Planlanan Gelecek Dairesel Çarpıştırıcı (FCC)

Higgs bozonunu 2012 yılında keşfeden iki adet LHC deneyi ile deneysel olarak geçerliği ispatlanan standart model yaklaşık olarak 80 yıllık deneysel ve teorik çalışmaları ile test edilmektedir. Yine de, birçok önemli sorunun kalması, karanlık madde sorunu, evrenin ivmelenmiş genişlemesinin nedeni, gözlemlenen madde-anti madde asimetri ilkesi, nötrino kütlelerinin ilkesi, parçacıkların ve leptonların üç alanda kategorize edilme durumu için neden, yer çekimi kuvvetinin zayıflığı gibi nedenler ile Standart Model bitmiş bir teori değildir. Bu sorular, SM yapısı içinde açıklanamamaktadır.

2011 -2013 yıllarında 7 ve 8 TeV'lik kütle enerjisinin merkezinde çalışarak LHC, standart model ötesindeki fizik için henüz herhangi bir kanıt bulamamıştır. Belki de, birçok yeni bilgi, daha yüksek kütle enerji merkezinde (13 ve 14 TeV) LHC' de proton -proton çarpışmaları ile 2015-2018 yıllarında bulunabilecektir [21].

Geleceğin Dairesel Çarpıştırıcı Çalışması (FCC), sonrakinin ömrü bittiğinde daha yüksek performansta parçacık hızlandırıcısı yapılması araştırmasını sağlamak için LHC'de tasarlanmıştır.

FCC'nin amacı, yeni fizik araştırmalarında 100 TeV'lik çarpışma enerjilerine ulaşmak amacıyla parçacık çarpıştırıcılarının enerji ve yoğunluk sınırlarını büyük oranda genişletmektir.

CERN tarafından sunulan FCC çalışması, dünya üzerinden 70' den fazla kurumun uluslararası bir iş birliğidir.

Bu çalışma, dairesel çarpıştırıcılar için yeni olasılıklara, yeni dedektör özelliklerine, birleştirilmiş alt yapılara, maliyet tahminlerine, olası uluslararası işbirliklerine imkan tanıyacaktır [22].

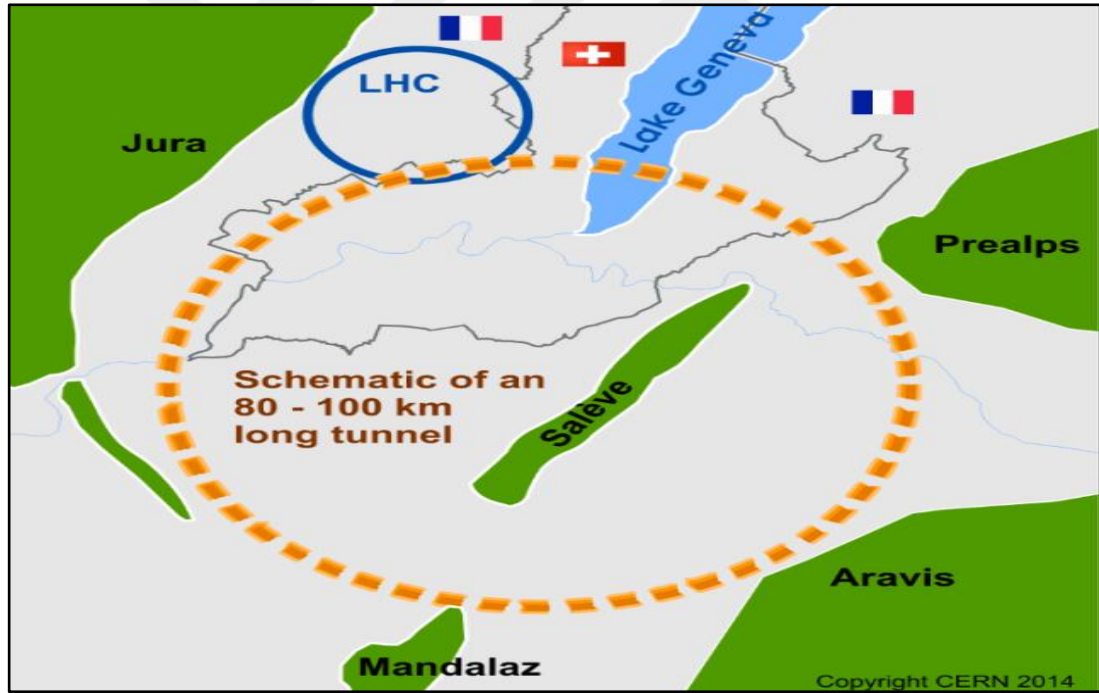
FCC, parçacık çarpışmaları için üç farklı senaryo öngörmektedir, bunlar; yaklaşık olarak 100 TeV'lik kütle merkezi enerjisinde 80-100 km'lik bir tünelde hadron

çarpışmaları FCC-hh (proton-proton ve ağır iyonlar); yüksek ışınluluk ile aynı tünelde elektron-pozitron çarpışmaları FCC-ee; ve proton-elektron çarpışmaları FCC-he [22, 23].

Bilim adamları, son zamanlarda, her bir seçenek için fizik ve dedektör çalışmaları yürütmektedir. Buna paralel olarak, alt yapı, operasyonel ve teknolojik çalışmalar gerekmektedir.

Bu FCC hızlandırıcı tesisi, gelecekte LHC' den sonra en büyük araştırma ve yüksek ışınluluk geliştirme (HL-LHC) merkezi olacaktır.

FCC çalışması için sonraki adım, 2018 itibariyle teorik tasarım raporunu parçacık fiziği için Avrupa Stratejisinin bir sonraki adımı olarak ortaya çıkartmaktır [22].



Şekil 1.7. Geleceğin Dairesel Çarpıştırıcısı (FCC) hakkında örnek şematik bir bakış

2. HESAPLAMALAR

2.1. Giriş

Büyük Hadron Çarpıştırıcı (LHC) ve Geleceğin Dairesel Çarpıştırıcısı (FCC) gibi büyük deneyleri gerçekleştirmenin ardındaki teorik gerçekliğin büyük oranda Standart Model (SM) olarak adlandırılan matematiksel sembolik bir modele dayandığını söylemek yararlı olur, Standart Model evrenin inanılmaz teknolojik istilasının ardından en az atmış yılda insanlığın oluşturduğu ve geliştirdiği en iyi teori olarak yaygın şekilde ele alınır [24]. Sözü edilen standart model, etkin bir teoridir. SM ile açıklanamayan bir kaç soruyu cevaplamak için, SM' e, yeni fermiyonlardahil edilebilir [25]. Rölativistik kuantum alan teorisi, genelde Lagranjiyen (L) yoğunluğu ile Lagrangian formülasyonunu sağlamak için oluşturulan temel bir teoridir. Genelde, fermion alanları, SM'de maddeyi ve aracı bozonlar sayesinde parçacıklar arasındaki etkileşimleri tanımlarlar [26].

Tüm fermionlar, nötr leptonlara, yüklü leptonlara ve parçacıklara ayrılır. Zayıf etkileşim altında farklı kütleler ve kuantum sayıları ile üç adet oluşuma ayrılır, bunlar nötr bir lepton (yük 0), yüklü bir lepton (yük-1), alt tür kuark (yük $-\frac{1}{3}$) ve üst tip kuark (yük $+\frac{2}{3}$). Kuarklar, güçlü, elektromanyetik ve zayıf etkileşimlerin tümüne sahipken, üst (u), alt (d), sihirli (c), acayip (s), tepe (t) ve dip (b) ile simgelenen altı çeşit kuark vardır [27].

FCC çalışması, CERN tarafından 2014 Şubat ayında tasarlanmıştır. Bu çalışmanın önemli olan amacı, LHC enerjilerinden yedi kat daha büyük olan, Cenevre yakınlarında 80-100 km'lik yeni bir tünelde proton-proton çarpışmaları için $\sqrt{s} = 100$ TeV kütle merkezi enerjisi ile bir hadron çarpıştırıcısının fizibilite ve fizik potansiyelini incelemektir [28].

Bu tezde, FCC'deki yeni ağır kuark b'nin bozunmalarına ve anormal üretimlerine yönelik analizlerini sunuyoruz. Arka plan ve sinyal için hızlı bir simülasyon uygulamaktayız. Değişmez kütlelerin herhangi bir gözlemi, 500-1000 GeV arasında

duruğa ulaşır ve b'V kaynaklı son durumlarla olan olaylardaki fazlalık anormal etkileşimler ile yeni ağır kuark b' için bir işaret olarak yorumlanabilir.

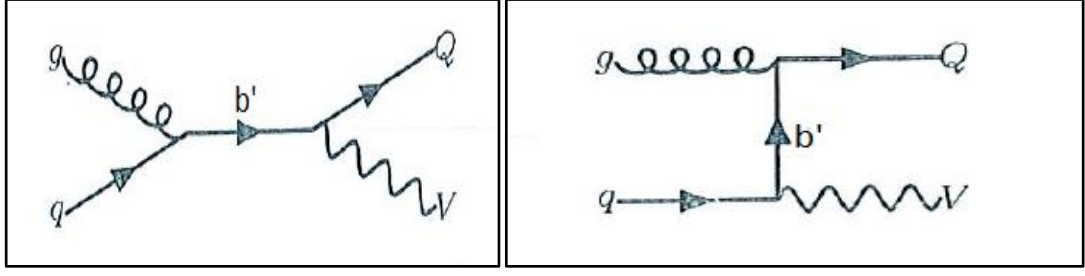
ATLAS [29] ve CMS [30] deneyleri, parçacıkların dördüncüjenerasyon oluşumu için araştırma yapmış ve $\sqrt{s} = 7$ TeV [31, 32] ile $m_{t'} > 570$ GeV ve $m_{b'} > 470$ GeV kütlelerinde sınır koymuştur. Yeni ağır parçacıkların çift üretimine de vektör benzeri parçacıklar ATLAS deneyi tarafından araştırmıştır ve $\sqrt{s} = 7$ TeV'de [33, 34] yüksüz akım kanalı için 760 GeV ve yüklü akım kanalı için 900 GeV olarak sınır koymuştur.

2.2. Ağır Kuarkların Anormal Etkileşimleri

SM' de düşük enerji limitinde genel bir teorikereklili simetrikler ile uyumlu olarak Λ^{-1} serisinde operatörler ile yazılabilir. Ağır kuark ($Q' = b'$), doğal kuark q ve ayarbozonları $V = \gamma, Z, g$ için anormal etkileşimlere yönelik etkinLagrangian, aşağıdaki gibi yazılır.

$$L = \sum_{q_i=d,s,b} \frac{\kappa_\gamma^{q_i}}{\Lambda} Q_{q_i} g_e \bar{b}' \sigma_{\mu\nu} q_i F^{\mu\nu} + \sum_{q_i=d,s,b} \frac{\kappa_Z^{q_i}}{2\Lambda} g_Z \bar{b}' \sigma_{\mu\nu} q_i Z^{\mu\nu} + \sum_{q_i=d,s,b} \frac{\kappa_g^{q_i}}{2\Lambda} g_s \bar{b}' \sigma_{\mu\nu} \lambda_a q_i G_a^{\mu\nu} + h.c \quad (2.1)$$

$F^{\mu\nu}$, $Z^{\mu\nu}$ ve $G^{\mu\nu}$ ayar bozonlarının alan dayanım tensörleridir, $\sigma_{\mu\nu} = i(\gamma_\mu \gamma_\nu - \gamma_\nu \gamma_\mu)/2$; λ_a Gell-Mann matrisleri, Q_q kuarkın elektrik yükü (q); g_s, g_Z ve g_e sırasıyla güçlü, yüksüz zayıf ve elektromanyetik bağlaşım sabitleridir. Elektromanyetik bağlaşım sabitine bağlı olarak yüksüz zayıf bağlaşım sabiti $g_Z = g_e / \cos \theta_\omega \sin \theta_\omega$ ifadesi ile verilir, burada $\theta_\omega = 28,7^\circ$ 'dir. κ_γ, κ_Z ve κ_g sırasıyla foton, Z bozon ve glüon ile anormal bağlaşım sabitleridir. Son olarak, Λ yeni etkileşimler için kesme ölçeğidir [25]. Şekil (2.1), yeni ağır kuarkın (b') anormal bağlaşım ile alışılabilen kuarklar ve nötr vektör bozonlar tarafından üretilebileceğini göstermektedir.



Şekil 2.1. pp çarpışmasında ağır b' kuarkın anormal tekli üretimi için Feynman şeması

2.3. Bozunma Genişlikleri ve Dallanmalar

$Q' \rightarrow Vq$, $V \equiv \gamma, Z, g$ bozunmakanalında, anormal bozunma genliklerini hesaplamak için etkin Lagrenjiyeni kullandık. $Q' \rightarrow gq, \gamma q, Zq$ bozunmaları için bozunma genişlikleri aşağıda verilmektedir.

$$\Gamma(Q' \rightarrow gq) = \frac{2}{3} \left(\frac{\kappa_g^q}{\Lambda} \right)^2 \alpha_s m_{Q'}^3 \times \left[1 - 3m_q^2/m_{Q'}^2 + 3m_q^4/m_{Q'}^4 - m_q^6/m_{Q'}^6 \right] \quad (2.2)$$

$$\Gamma(Q' \rightarrow \gamma q) = \frac{1}{2} \left(\frac{\kappa_\gamma^q}{\Lambda} \right)^2 \alpha_e Q_q^2 m_{Q'}^3 \times \left[1 - 3m_q^2/m_{Q'}^2 + 3m_q^4/m_{Q'}^4 - m_q^6/m_{Q'}^6 \right] \quad (2.3)$$

$$\Gamma(Q' \rightarrow Zq) = \frac{1}{16} \left(\frac{\kappa_Z^q}{\Lambda} \right)^2 \frac{\alpha_e m_{Q'}^3}{\sin^2 \theta_W \cos^2 \theta_W} \times \left[2 - \frac{m_Z^2}{m_{Q'}^2} - \frac{4m_q^2}{m_{Q'}^2} + \frac{2m_q^4}{m_{Q'}^4} - \frac{6m_q m_Z^2}{m_{Q'}^3} - \frac{m_Z^2 m_t^2}{m_{Q'}^4} - \frac{m_Z^4}{m_{Q'}^4} \right] \times \left[1 + \frac{m_W^4}{m_{Q'}^4} + \frac{m_q^4}{m_{Q'}^4} - \frac{2m_W^2}{m_{Q'}^2} - \frac{2m_q^2}{m_{Q'}^2} - \frac{2m_W^2 m_q^2}{m_{Q'}^4} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.4)$$

Çeşitli bozunumlarda anormal bozunma genişlikleri Λ^{-2} ile orantılıdır ve yüklü var olan kanallar için $\kappa/\Lambda > 0,1 \text{ TeV}^{-1}$ değeri için hesaplamalar yapılmıştır. Bu tür bir

durum için, tüm düzensiz çiftleri aynı almamız halinde dallanma oranları kesin bir şekilde κ/Λ danbağımsız olabilir.

Yeni ağır b' kuark için bozunma genişliği ve dallanma oranları, tablo (2.1)'de anormal bağlanma sabitini $\kappa/\Lambda > 0,1 \text{ TeV}^{-1}$ olarak verilmiştir. $m_{b'} = 500 \text{ GeV}, 700 \text{ GeV}, 850 \text{ GeV}$ ve 1000 GeV kütleleri için b' bozunma genişliklerini sırasıyla $\Gamma = 0,314 \text{ GeV}, 0,863 \text{ GeV}, 1,54 \text{ GeV}$ ve $2,51 \text{ GeV}$ olarak hesapladık. Dallanma oranı, $b' \rightarrow q\gamma$ (0,17%) için en küçük ve $b' \rightarrow qg$ için (31%) en büyüktür. Bunun yanı sıra, kütle artışı ile bozunma genlik değerlerinin arttığını ve dallanma oranlarının ise sabit kaldığını görebiliriz.

Grafik 2.1'de verilen grafik, $V = (\gamma, g, Z)$ ve $q = (d, s, b)$ iken $b' \rightarrow Vq$ bozunumu için kütle ve bozunma genişliği arasındaki ilişkiyi gösterir.

Tablo 2.1. *Dallanma oranları (%) ve ağır b' kuarkın bozunma genişlikleri*

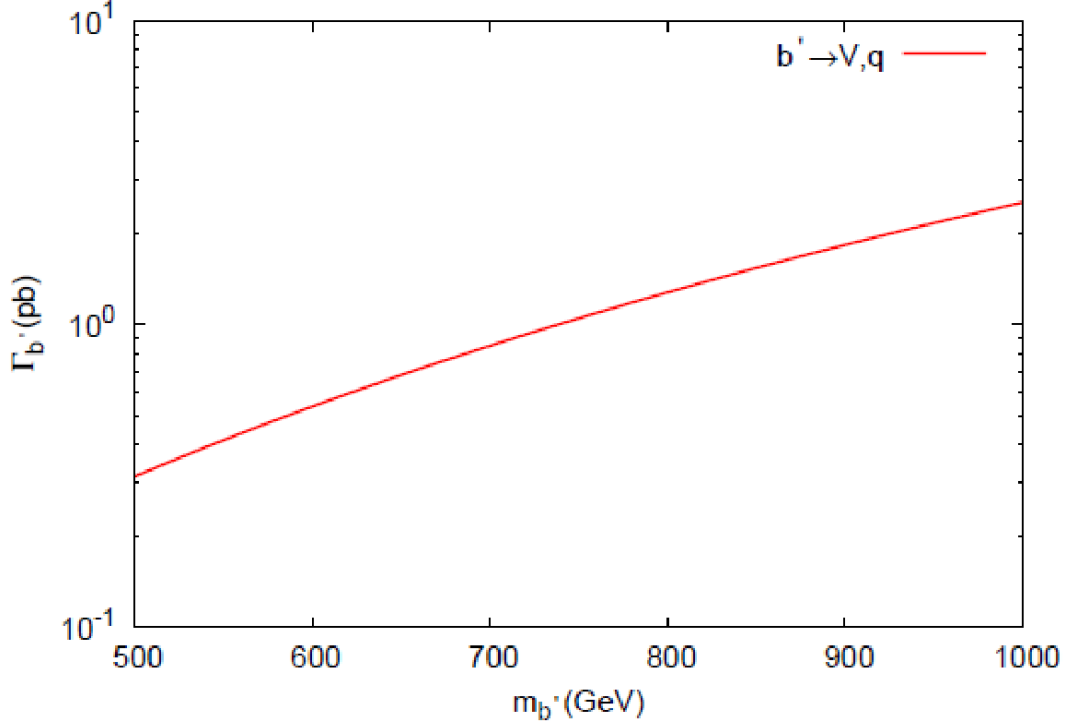
Kütle (GeV)	Gd(s,b)%	Zd(s,b)%	$\gamma d(s,b)$ %	$\Gamma(\text{GeV})$
500	31	2,10	0,17	0,314
550	31	2,10	0,17	0,418
600	31	2,10	0,17	0,543
650	31	2,10	0,17	0,691
700	31	2,10	0,17	0,864
750	31	2,10	0,17	1,06
800	31	2,10	0,17	1,29
850	31	2,10	0,17	1,55
900	31	2,10	0,17	1,84
950	31	2,10	0,17	2,16
1000	31	2,10	0,17	2,52

2.4. Tesir Kesitleri

Etkin anormal etkileşim köşelerini kullanarak FCC'deki yeni ağır parçacıkların bozunması ve üretimi üzerine çalışma yapmak için CompHEP paket programı [35, 36] kullanmıştır. Yeni ağır b' kuarküretimleri için toplam kesitleri, 100 TeV'lik kütle merkezi enerjisi ile Tablo 2.2.'de verilmiştir. Örneğin, yeni ağır b' quark kütlelerini 700 GeV alarak, b' üretimi için tesir kesitini $\sqrt{s} = 100$ TeV kütle merkezi enerjisinde 211 pb olarak bulduk. Tablo 2.2.'de, tesir kesitleri ve yeni ağır parçacık kütlelerinin birbirleri ile arttığı görülüyor.

Tablo 2.2. 100 TeV'lik kütle enerjinin merkezinde ağır b' kuark üretiminin toplam tesir kesiti

$m_{b'}$ (GeV)	$dg \rightarrow \gamma b$ $gd \rightarrow \gamma b$	$dg \rightarrow zb$ $gd \rightarrow zb$	$dg \rightarrow gb$ $gd \rightarrow gb$	$sg \rightarrow \gamma b$ $gs \rightarrow \gamma b$	$sg \rightarrow zb$ $gs \rightarrow zb$	$sg \rightarrow gb$ $gs \rightarrow gb$	σ_T (pb)
500	0,199	2,40	39,7	0,0776	0,935	15,5	118
600	0,273	3,34	54,3	0,103	1,25	19,9	158
700	0,356	4,41	71,2	0,128	1,59	25,6	206
800	0,438	5,44	89,3	0,156	1,94	31,1	257
900	0,546	6,81	1,8	0,183	2,21	36,7	309
1000	0,642	8,12	1,9	0,213	2,66	41,7	364



Grafik 2.1. Kütlesine bağlı olarak b'in toplam bozunma genliği

2.4.1. $pp \rightarrow b V+X$ ($V = g, Z, \gamma$) sürecinde b' sinyali analizi

$pp \rightarrow bV + X$ ($V = g, Z, \gamma$) sinyal süreci, s ve t kanallarında yeni ağır parçacık b' değişimini içerir. s kanalı sinyal sürecinde, bV değişmez kütlesinde b' kütle değeri etrafında rezonans verirken t kanalı tersi davranır.

Tesir kesiti değerlerini, jet ve fotonlar için sözde hızlilik değerine $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$ sınırlandırması ve enine momentum için $P_T^{j,\gamma} > 50-100$ GeV sınırlandırması olarak elde ettik. Sözde hızlilik sınırlandırmasını $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$, enine momentum sınırlandırmasını da $P_T^{j,\gamma} > 50$ ve 100 GeV olarak $pp \rightarrow b\gamma$ sürecindeki her bir kanal için sinyal tesir kesitleri b' kütlesine bağlı olarak $\sqrt{s} = 100$ TeV'lik kütle merkezi enerjisinde tablo 2.3 ve 2.4'de verilmiştir.

Tablo 2.3. $\sqrt{s} = 100 \text{ TeV}$ 'de $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 50 \text{ GeV}$ için $pp \rightarrow b\gamma$ sürecinde b' sinyali için tesir kesitleri

$m_b(\text{GeV})$	$dg \rightarrow \gamma, b$	$sg \rightarrow \gamma, b$	$gd \rightarrow \gamma, b$	$gs \rightarrow \gamma, b$	$\sigma_T(\text{pb})$
500	0,243	0,144	0,244	0,139	0,769
600	0,204	0,114	0,204	0,111	0,633
700	0,174	0,0973	0,173	0,0985	0,543
800	0,153	0,0802	0,153	0,0824	0,469
900	0,133	0,0701	0,136	0,0635	0,402
1000	0,122	0,0605	0,122	0,0554	0,361

Tablo 2.4. $\sqrt{s} = 100 \text{ TeV}$ 'de $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 100 \text{ GeV}$ için $pp \rightarrow b\gamma$ sürecinde b' sinyali için tesir kesitleri

$m_b(\text{GeV})$	$dg \rightarrow \gamma, b$	$sg \rightarrow \gamma, b$	$gd \rightarrow \gamma, b$	$gs \rightarrow \gamma, b$	$\sigma_T(\text{pb})$
500	0,234	0,138	0,234	0,147	0,754
600	0,196	0,107	0,201	0,092	0,596
700	0,174	0,0976	0,173	0,098	0,542
800	0,152	0,0819	0,153	0,0822	0,469
900	0,136	0,0699	0,135	0,0688	0,41
1000	0,122	0,0604	0,122	0,0547	0,36

Sözde hızlılık sınırlandırmasını $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$, enine momentum sınırlandırmasını da $P_T^{j,\gamma} > 50$ ve 100 GeV olarak $pp \rightarrow b\gamma$ sürecindeki her bir kanal için sinyal tesir kesitleri b' kütlelerine bağlı olarak $\sqrt{s} = 100 \text{ TeV}$ 'lik kütle merkezi enerjisinde tablo 2.5 ve 2.6' da verilmiştir.

Tablo 2.5. $\sqrt{s} = 100 \text{ TeV}$ 'de $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 50 \text{ GeV}$ için $pp \rightarrow bg$ sürecinde b' sinyali için tesir kesitleri

$m_b(\text{GeV})$	$dg \rightarrow gb$	$sg \rightarrow gb$	$gd \rightarrow gb$	$gs \rightarrow gb$	$\sigma_T(\text{pb})$
500	48,1	28,6	48,5	28,3	153
600	40,5	23,1	40,4	23,8	128
700	34,7	19,5	34,8	18,6	108
800	30,5	16,4	30,5	16,4	93,9
900	27,1	13,9	27,0	13,8	81,8
1000	24,4	12,0	24,3	12,0	72,7

Tablo 2.6. $\sqrt{s} = 100 \text{ TeV}$ 'de $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 100 \text{ GeV}$ için $pp \rightarrow bg$ sürecinde b' sinyali için tesir kesitleri

$m_b(\text{GeV})$	$dg \rightarrow gb$	$sg \rightarrow gb$	$gd \rightarrow gb$	$gs \rightarrow gb$	$\sigma_T(\text{pb})$
500	47,5	26,4	47,0	28,9	150
600	40,2	22,5	39,0	21,7	123
700	33,5	19,4	34,7	19,5	107
800	30,5	16,2	30,5	16,4	93,5
900	26,9	13,2	27,1	13,8	81,0
1000	24,4	12,0	24,3	12,0	72,7

Sözde hızlılık sınırlandırmasını $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$, enine momentum sınırlamasını da $P_T^{j,\gamma} > 50$ ve 100 GeV olarak $pp \rightarrow bZ$ sürecindeki her bir kanal için sinyal tesir kesitleri b' kütlelerine bağlı olarak $\sqrt{s}=100 \text{ TeV}$ 'lik kütle merkezi enerjisinde tablo 2.7 ve 2.8' de verilmiştir.

Tablo 2.7. $\sqrt{s} = 100 \text{ TeV}$ 'de $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 50 \text{ GeV}$ için $pp \rightarrow bZ$ sürecinde b' sinyali için tesir kesitleri

$m_{b'}$ (GeV)	$dg \rightarrow Zb$	$sg \rightarrow Zb$	$gd \rightarrow Zb$	$gs \rightarrow Zb$	σ_T (pb)
500	2,88	1,68	2,89	1,67	9,12
600	2,46	1,42	2,46	1,45	7,79
700	2,14	1,21	2,15	1,15	6,64
800	1,89	1,02	1,88	1,02	5,81
900	1,69	0,868	1,68	0,872	5,10
1000	1,53	0,750	1,52	0,754	4,55

Tablo 2.8. $\sqrt{s} = 100 \text{ TeV}$ 'de $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 100 \text{ GeV}$ için $pp \rightarrow bZ$ sürecinde b' sinyali için tesir kesitleri

$m_{b'}$ (GeV)	$dg \rightarrow Zb$	$sg \rightarrow Zb$	$gd \rightarrow Zb$	$gs \rightarrow Zb$	σ_T (pb)
500	2,83	1,44	2,82	1,44	8,53
600	2,44	1,38	2,44	1,40	7,66
700	2,13	1,16	2,13	1,20	6,62
800	1,88	1,02	1,89	0,987	5,77
900	1,69	0,864	1,68	0,856	5,09
1000	1,50	0,741	1,52	0,754	4,52

50 ve 100 GeV'ine momentum sınırlamaları için oluşturulan bütün tablolardan görüldüğü üzere, $\sqrt{s} = 100 \text{ TeV}$ 'lik kütle merkezi enerjisinde ($pp \rightarrow b\gamma$), ($pp \rightarrow bZ$) ve ($pp \rightarrow bZ$) süreçlerine yönelik her bir kanal için tesir kesitleri ve toplam tesir kesitleri kütle değeri artarken azalmaktadır.

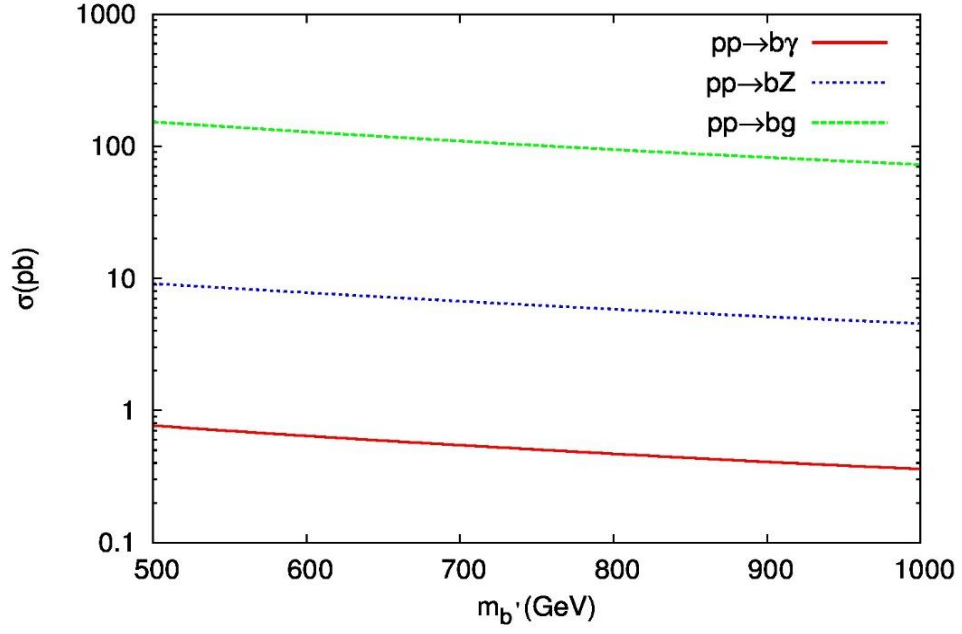
Ağır kuarkların kütlesine bağlı olan üretim tesir kesitlerinin bu genel hareketi, farklı sınırlandırmalar için Grafik 2.2 ve 2.3'de gösterilmektedir.

$b(\bar{b})V$, $c(\bar{c})$ ve gV sondurumu için arka plan tesir kesitleri Tablo 2.9' da gösterilmektedir. Son durum foton ve jetlere $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$ ve $P_T^{j,\gamma} > 50-100$ GeVsınırlandırmalarını uyguladık. Görülmektedir ki, arka plan tesir kesiti, P_T enine momentum sınırlandırmasının artmasıyla azalmaktadır.

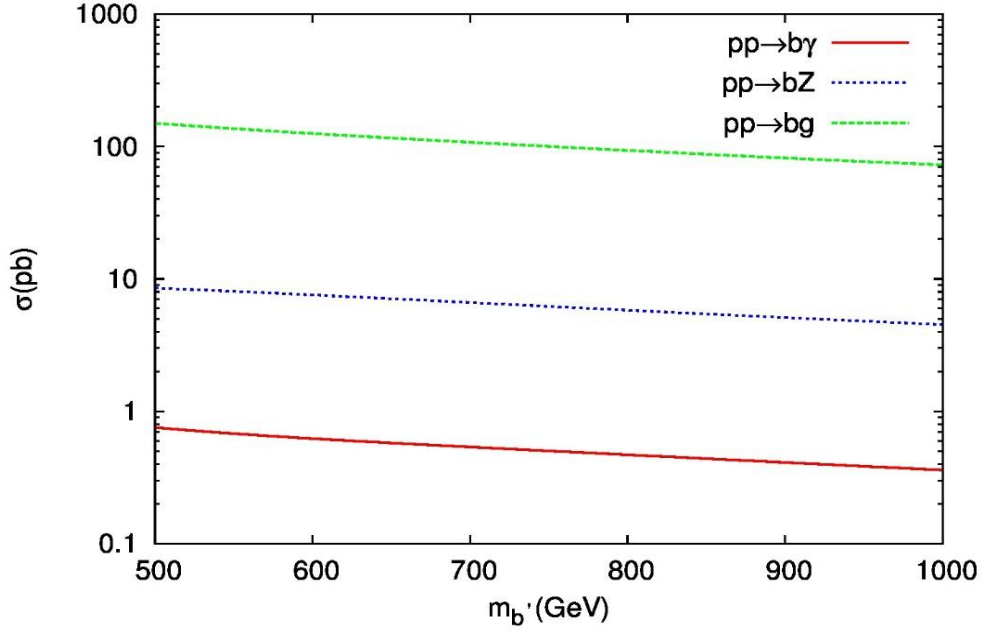
Keşif limitlerini öğrenmeye yönelik bir görüş ile, aşağıdaki istatistiksel anlamlılığı kullandık,

$$SS = \sqrt{2 \left[(S + B) \ln \left(1 + \frac{S}{B} \right) - S \right]} \quad (2.5)$$

Sırasıyla S ve B, sinyal ve arka plan olay sayılarıdır. Tablo 2.10, enine momentum sınırlandırması $P_T < 50- 100$ GeVve sözde hızlılık sınırlandırması $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$ ile $pp \rightarrow b\gamma$, $pp \rightarrow bg$, $pp \rightarrow bZ$ süreçlerindeki sinyal tesir kesitleri için istatistiksel anlamlılığı verilir.



Grafik 2.2. $pp \rightarrow bV_X (V = g, \gamma, Z)$ süreci için $\sqrt{s} = 100$ TeV, $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$ ve $P_T > 50$ GeV için kütleyle kütleyle bağlı tesir kesiti eğrileri



Grafik 2.3. $pp \rightarrow bV_X (V = g, \gamma, Z)$ süreci için $\sqrt{s} = 100$ TeV, $|\eta_{j,\gamma}| < -2,5$ ve $P_T > 100$ GeV için kütleyle kütleyle bağlı tesir kesiti eğrileri

Tablo 2.9. Söзде hızlılık sınırlandırması $|\eta_{j,\gamma}| < 2,5$ ve enine momentum sınırlandırması $P_T > 50$ ile 100 GeV için toplam arka plan kesitleri

Alt Yapı Süreci	Toplam Kesit (pb)	
	$P_T > 50, \eta_{j,\gamma} < -2,5 $	$P_T > 100, \eta_{j,\gamma} < -2,5 $
$pp \rightarrow b, \gamma$	$6,96 \times 10^{+02}$	$1,25 \times 10^{+02}$
$pp \rightarrow \bar{b}, \gamma$	$6,97 \times 10^{+02}$	$1,31 \times 10^{+02}$
$pp \rightarrow c, \gamma$	$6,66 \times 10^{+03}$	$7,60 \times 10^{+02}$
$pp \rightarrow \bar{c}, \gamma$	$3,82 \times 10^{+03}$	$6,09 \times 10^{+02}$
$pp \rightarrow g, \gamma$	$1,97 \times 10^{+03}$	$3,23 \times 10^{+02}$
$pp \rightarrow b, g$	$2,30 \times 10^{+06}$	$8,07 \times 10^{+04}$
$pp \rightarrow \bar{b}, g$	$2,32 \times 10^{+06}$	$8,12 \times 10^{+04}$
$pp \rightarrow c, g$	$3,17 \times 10^{+06}$	$3,20 \times 10^{+05}$
$pp \rightarrow \bar{c}, g$	$3,18 \times 10^{+06}$	$2,93 \times 10^{+05}$
$pp \rightarrow g, g$	$5,15 \times 10^{+06}$	$1,52 \times 10^{+06}$
$pp \rightarrow b, Z$	$1,14 \times 10^{+03}$	$3,34 \times 10^{+02}$
$pp \rightarrow \bar{b}, Z$	$1,15 \times 10^{+03}$	$3,34 \times 10^{+02}$
$pp \rightarrow c, Z$	$1,25 \times 10^{+03}$	$3,73 \times 10^{+02}$
$pp \rightarrow \bar{c}, Z$	$1,26 \times 10^{+03}$	$3,73 \times 10^{+02}$
$pp \rightarrow g, Z$	$2,00 \times 10^{+03}$	$4,66 \times 10^{+02}$

Tablo 2.10. $pp \rightarrow b\gamma$, $pp \rightarrow bg$ ve $pp \rightarrow bZ$ sinyal süreçleri için istatistiksel önem değerleri

Sinyal Süreçleri	İstatistiksel Önem	
	$P_T > 50, \eta_{j,\gamma} < -2,5 $	$P_T > 100, \eta_{j,\gamma} < -2,5 $
$pp \rightarrow b\gamma$ ($m_b = 500$ GeV)	389,38	425,48
$pp \rightarrow b\gamma$ ($m_b = 600$ GeV)	397,67	577,47
$pp \rightarrow b\gamma$ ($m_b = 700$ GeV)	698,82	368,21
$pp \rightarrow b\gamma$ ($m_b = 800$ GeV)	342,46	342,69
$pp \rightarrow b\gamma$ ($m_b = 900$ GeV)	316,31	319,89
$pp \rightarrow b\gamma$ ($m_b = 1000$ GeV)	300,41	300,43
$pp \rightarrow bg$ ($m_b = 500$ GeV)	618,08	612,94
$pp \rightarrow bg$ ($m_b = 600$ GeV)	565,7	554,49
$pp \rightarrow bg$ ($m_b = 700$ GeV)	519,62	523,92
$pp \rightarrow bg$ ($m_b = 800$ GeV)	483,74	482,97
$pp \rightarrow bg$ ($m_b = 900$ GeV)	451,67	449,66
$pp \rightarrow bg$ ($m_b = 1000$ GeV)	426,26	425,63
$pp \rightarrow bZ$ ($m_b = 500$ GeV)	278,04	271,1
$pp \rightarrow bZ$ ($m_b = 600$ GeV)	256,8	256,6
$pp \rightarrow bZ$ ($m_b = 700$ GeV)	236,9	238,3
$pp \rightarrow bZ$ ($m_b = 800$ GeV)	221,4	222,1
$pp \rightarrow bZ$ ($m_b = 900$ GeV)	207,5	208,4
$pp \rightarrow bZ$ ($m_b = 1000$ GeV)	195,8	196,2

3. SONUÇ

Bu tez, geleceğin dairesel çarpıştırıcısının'da (FCC-hh) 100 TeV' lik kütle merkezi enerjisi ile yeni ağır kuark b'nin olası anormal bozunma ve oluşumunu analiz edilmektedir. İlk olarak, b' için bozunma genlikleri ve dallanma oranları hesaplandı. Baskın dallanma oranı, %31'lik oran ile gqkanalıdır. Bozunma genlikleri, sırasıyla 500 ve 1000 GeV'lik b' kütleleri için 0,314 ve 2,526 GeV olarak bulundu. İkinci olarak, keşif limitlerini bulmak içinsinyal ve arka plan tesir kesitleri $pp \rightarrow bV+ X$ süreci için $\kappa/\Lambda = 0,1\text{TeV}^{-1}$ olarak hesaplandı.

İstatistiksel anlam hesaplamalarından hareketle, FCC-hh' de yeni ağır b' kuarkın anormal köşelerde önemli düzeyde görülebileceği sonucuna varabiliriz.

KAYNAKLAR

1. Veltman, M., & Veltman, M. (2003). *Facts and mysteries in elementary particle physics*. World Scientific Pub.
2. Close, F. (2004). *Particle physics: A very short introduction*. OUP Oxford.
3. Nagashima, Y. (2011). *Elementary Particle Physics: Quantum field theory and particles* (Vol. 1). John Wiley & Sons.
4. Griffiths, D. (2008). *Introduction to Elementary Particles*. WILEYVCH.
5. Olive, K. A., & Particle Data Group. (2014). Review of particle physics. *Chinese Physics C*, 38(9), 090001.
6. URL-1 <http://home.cern/topics/large-hadron-collider>. It has taken on 23.10.2016.
7. URL-2 "CERN LHC sees high-energy success" (Press release). *BBC News*. 30 March 2010. Retrieved 2010-03-30. It has taken on 28.10.2016.
8. URL-3 CERN Press Office (13 February 2012). "LHC to run at 4 TeV per beam in 2012". CERN. It has taken on 28.10.2016.
9. URL-4 "LHC smashes energy record with test collisions". *BBC News*. Retrieved 28 August 2015. It has taken on 30.10.2016.
10. URL-5 Jonathan Webb (5 April 2015). "Large Hadron collider restarts after pause". *BBC*. Retrieved 5 April 2015. It has taken on 30.10.2016.
11. URL-6 O'Luanaigh, Cian. "Proton beams are back in the LHC". *CERN: Accelerating science*. CERN. Retrieved 24 April 2015. It has taken on 01.11.2016.
12. URL-7 "Large Hadron Collider turns on 'data tap'". *BBC News*. Retrieved 28 August 2015. It has taken on 01.11.2016.
13. URL-8 "Missing Higgs". CERN. 2008. Retrieved 2008-10-10. It has taken on 01.11.2016.
14. URL-9 <https://home.cern/about/experiments>. It has taken on 02.11.2016.

15. URL-10 <https://home.cern/about/experiments/atlas>. It has taken on 04.11.2016.
16. URL-11 https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Large_Hadron_Collider_experiments. It has taken on 10.11.2016.
17. URL-12 <https://home.cern/about/experiments/cms>. It has taken on 13.11.2016.
18. URL-13 <https://home.cern/about/experiments/totem>. It has taken on 13.11.2016.
19. URL-14 <https://home.cern/about/experiments/lhcf>. It has taken on 16.11.2016.
20. URL-15 <https://home.cern/topics/higgs-boson>. It has taken on 20.11.2016.
21. URL-16 <https://home.cern/about/accelerators/future-circular-collider>. It has taken on 21.11.2016.
22. URL-17 <https://www.aps.org/units/fip/newsletters/201502/collider.cfm>. It has taken on 25.11.2016.
23. Benedikt, M., & Zimmermann, F. (2016). *Status and Challenges of the Future Circular Collider Study* (No. CERN-ACC-2016-0005). FCC-DRAFT-ACC-2016-002.
24. Cottingham, W. N., & Greenwood, D. A. (2007). *An introduction to the standard model of particle physics*. Cambridge university press.
25. Çakır, İ. T., Kудay, S., & Çakır, O. (2015). Production and decay of up-type and down-type new heavy quarks through anomalous interactions at the LHC. *Advances in High Energy Physics, 2015*.
26. Mandrysch, R. (2013). *Search for fourth Generation down-type quarks in the same-sign dilepton channel with ATLAS at a centre-of-mass-energy, $\sqrt{s} = 7$ TeV* (Doctoral dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I).
27. Hu, D. (2015). Search for Heavy Down-Type Vector-Like Quarks in the Lepton-Plus-Jets Final State in 8 TeV proton-proton Collisions Using the ATLAS Detector at the LHC.
28. Dainese, A., Wiedemann, U. A., Armesto, N., d'Enterria, D., Jowett, J. M., Lansberg, J. P., ... & Albacete, J. L. (2016). Heavy ions at the Future Circular Collider. *arXiv preprint arXiv:1605.01389*.

29. Aad, G., Abbott, B., Abdallah, J., Abdelalim, A. A., Abdesselam, A., Abidinov, O., ... & Abreu, H. (2012). Search for down-type fourth generation quarks with the ATLAS detector in events with one lepton and hadronically decaying W bosons. *Physical Review Letters*, 109(3), 032001.
30. Adare, A., Aidala, C., Ajitanand, N. N., Akiba, Y., Al-Bataineh, H., Alexander, J., ... & Atomssa, E. T. (2013). Quadrupole anisotropy in dihadron azimuthal correlations in central d+ Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV. *Physical review letters*, 111(21), 212301.
31. Aad, G., Abbott, B., Abdallah, J., Khalek, S. A., Abidinov, O., Aben, R., ... & Abreu, H. (2014). Search for pair and single production of new heavy quarks that decay to a Z boson and a third-generation quark in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector. *Journal of high energy physics*, 2014(11), 1-54.
32. Aad, G., Abajyan, T., Abbott, B., Abdallah, J., Khalek, S. A., Abdelalim, A. A., ... & AbouZeid, O. S. (2013). Search for pair production of heavy top-like quarks decaying to a high-p_TW boson and a b quark in the lepton plus jets final state at with the ATLAS detector. *Physics Letters B*, 718(4), 1284-1302.
33. Collaboration, A. T. L. A. S. (2012). Search for heavy vector-like quarks coupling to light quarks in proton–proton collisions at. *Physics Letters B*, 712, 22-39.
34. Aad, G., Abajyan, T., Abbott, B., Abdallah, J., Khalek, S. A., Abdelalim, A. A., ... & AbouZeid, O. S. (2012). Search for a heavy top-quark partner in final states with two leptons with the ATLAS detector at the LHC. *Journal of High Energy Physics*, 2012(11), 1-35.
35. E.Boos et al, [CompHEP Collaboration], CompHEP 4.4: Automatic computations from Lagrangians to events, Nucl. Instrum. Meth. A534 (2004) 250 ([arXiv:hep-ph/0403113](https://arxiv.org/abs/hep-ph/0403113)).
36. A.Pukhov et al, CompHEP - a package for evaluation of Feynman diagrams and integration over multi-particle phase space. User's manual for version 3.3, INP MSU report 98-41/542 ([arXiv:hep-ph/9908288](https://arxiv.org/abs/hep-ph/9908288)).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Rokia Omar Ali ALAMIN
Doğum Yeri ve Yılı : Libya- Zliten- 1989
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : Rokyaelamin@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Temel Bilimler
Lisans : Fizik, Elmergib Üniversitesi
Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi, Fizik Bölümü

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Elmergib Üniversitesi, Alkoms- Libya (2012-2013)