T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÖRDÜNCÜ AİLE AĞIR KUARKLARIN ANORMAL DİPOL MOMENTLERİNİN YÜKSEK ENERJİLİ LİNEER HIZLANDIRICILARDA İNCELENMESİ

Çiğdem ÇİÇEK

Danışman	**Prof. Dr. Ahmet Tolga TAŞÇI**
II. Danışman	**Prof. Dr. Abdulkadir ŞENOL**
Jüri Üyesi	**Prof. Dr. Özgür ÖZTÜRK**
Jüri Üyesi	**Doç. Dr. Mustafa AKDOĞAN**
Jüri Üyesi	**Dr. Öğr. Üyesi Elif AŞIKUZUN**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANA BİLİM DALI

KASTAMONU – 2019

TEZ ONAYI

Çiğdem ÇİÇEK tarafından hazırlanan "**Dördüncü Aile Ağır Kuarkların Anormal Dipol Momentlerinin Yüksek Enerji Lineer Hızlandırıcılarda İncelenmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik Ana Bilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. Ahmet Tolga TAŞÇI Kastamonu Üniversitesi	.....
II. Danışman	Prof. Dr. Abdulkadir ŞENOL Abant İzzet Baysal Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Özgür ÖZTÜRK Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Mustafa AKDOĞAN Abant İzzet Baysal Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Elif AŞIKUZUN Kastamonu Üniversitesi	.....

19/04/2019

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Hasbi YAPRAK .....

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 yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.



Çiğdem ÇİÇEK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DÖRDÜNCÜ AİLE AĞIR KUARKLARIN ANORMAL DİPOL MOMENTLERİNİN YÜKSEK ENERJİ LİNEER HIZLANDIRICILARDA İNCELENMESİ

Çiğdem ÇİÇEK
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Tolga TAŞÇI

II. Danışman: Prof. Dr. Abdulkadir ŞENOL

Bu tez çalışmasında; temel parçacıklar arasındaki etkileşmeler ve Standart Model hakkında detaylı bilgi verilmiş ve dördüncü aile t' kuarklar üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada, ağır kuarkın tekli üretiminin baskın standart model bozunma modları ile hem anormal manyetik hem de dipol moment tipi bağlanma sabitlerini, doğrusal hızlandırıcı parametrelerini kullanarak araştırdık. Sinyal ve fon tesir kesitleri ağır kuarkın 600 GeV ve 700 GeV kütleleri için hesaplandı. Bu çalışmadaki amacımız anormal manyetik ve dipol moment tipi bağlaşım sabitlerini belirlemek ve 3σ gözlene bilirlik limiti için ışınlık değerini bulmaktır.

Anahtar Kelimeler: Ağır kuarklar, anormal, CLIC, standart ötesi modeller, elektron-pozitron etkileşiminde üretim

2019, 29 sayfa
Bilim Kodu: 202

ABSTRACT

MSc. Thesis

ANALZING THE ANOMALOUS DIPOLE MOMENT TYPE COUPLINGS OF HEAVY QUARKS WITH FCNC INTERACTIONS AT THE CLIC

Çiğdem ÇİÇEK
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet Tolga TAŞÇI

Co-Supervisor: Prof. Dr. Abdulkadir ŞENOL

Abstract: In this study we examine both anomalous magnetic and dipole moment type couplings of a heavy quark via its single production with subsequent dominant Standard Model decay modes at the Compact Linear Collider (CLIC). The signal and background cross sections are analyzed for heavy quark masses 600 and 700 GeV. We make the analysis to delimitate these couplings as well as to find the attainable integrated luminosities for 3σ observation limit.

Key Words: Heavy quarks, anomalous, CLIC, models beyond the standard models, production in electron-positron interactions

2019, 29 pages
Science Code: 202

TEŞEKKÜR

Bu çalışma sürecinde bana destek olan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan danışman hocam sayın Prof. Dr. A. Tolga TAŞÇI' ya, yardımcı danışman hocam sayın Prof. Dr. Abdulkadir ŞENOL' a ve yüksek lisans öğrenciliğim döneminde desteklerini esirgemeyen kıymetli hocam Prof. Dr. Özgür ÖZTÜRK' e teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında yaşadığım zorluklar da bilgi ve tecrübeleri ile bana her konuda destek olan arkadaşım ve hocam Dr. Öğr. Üyesi Elif AŞIKUZUN' a ve yine değerli arkadaşım Öğr. Gör. Şeydanur KAYA' ya teşekkür ederim.

Hayatımın her safhasında olduğu gibi yine bu dönemde de yanımda olan, maddi ve manevi her koşulda beni destekleyen değerli aileme, eşime ve oğlum Sarp Aslan ÇİÇEK' e teşekkür ediyorum.

Çiğdem ÇİÇEK
Kastamonu, Nisan, 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET	i
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
TABLOLAR DİZİNİ	ix
GRAFİKLER DİZİNİ	x
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Temel Parçacıklar ve Standart Model	2
1.2. Standart Model Ötesi	6
1.3. Uluslararası Lineer Çarpıştırıcı ve Kompakt Lineer Çarpıştırıcı	7
2. DÖRDÜNCÜ AİLE t' KUARKLARIN ETKİLEŞMELERİ	9
2.1. t' Kuarkın Tekli Üretimi ve Bozunumu	10
3. SİNYAL VE FON ANALİZLERİ	15
4. SONUÇ	20
KAYNAKLAR	21
EKLER	24
EK 1- Feynman Kuralları	25
EK 2- Pauli ve Gama Matrisleri	27
ÖZGEÇMİŞ	29

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

α	İnce Yapı Sabiti
$\sqrt{s}$	Kütle Merkezi Enerjisi
L	Işınlık, Lagranjiyan
g_e	Elektro-Zayıf Bağlanma Sabiti
g_s	Güçlü Bağlanma Sabiti
Γ	Bozunma Genişliği
M	Etkileşme Genliği
K_γ	Foton ile Anormal Bağlanma Değeri
K_z	Z Bozon ile Anormal Bağlanma Değeri
K_g	Gluon ile Anormal Bağlanma Değeri
σ	Tesir Kesiti
SM	Standart Model
ILC	Uluslararası Lineer Çarpıştırıcı
CLIC	Kompakt Lineer Çarpıştırıcı
CERN	Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi
CP	Yük-Parite
CKM	Cabibbo-Kobayashi-Maskawa
FCNC	Çeşni Değişimli Yüksüz Akım
ISR	İlk Durum Işıması
BS	Frenleme Işıması
TeV	Parçacık Demet Enerjisi-Tera Elektron Volt

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1.1. Temel kuvvetler ve kuvvet taşıyıcı parçacıkların temel özellikleri ... 3
Tablo 1.2. Kuarklar ve Leptonlar ... 4
Tablo 1.3. Genişletilmiş kuark sektörü ... 5
Tablo 2.1. t' kuarkın, toplam bozunma genişliği (GeV) ve tüm bozunum durumları için bozunma oranları (%) ... 12
Tablo 2.2. ILC ve CLIC temel parametreleri: N demetteki parçacık sayısı, σ_x ve σ_y etkileşmedeki ışın uzunluğu, σ_z demet uzunluğu ... 14
Tablo 3.1. Kütle merkezi enerjisi 3 TeV olan CLIC için sinyal ve fon tesir kesitleri (bp), olay sayıları ve sinyal istatistiksel önem değerleri (SS) ($\tilde{\kappa}/\Lambda = 0{,}1\ \mathrm{TeV}^{-1}$ve $\tilde{\kappa}/\Lambda = 0{,}01\ \mathrm{TeV}^{-1}$). ... 17

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 2.1. $m_{t'} = 700\ GeV$ için $\tilde{\kappa}/\Lambda$ bağlı olarak tüm t' kuark bozunma kanallarının (%) dallanma oranları..... 12

Grafik 2.2. $\tilde{\kappa}/\Lambda$ fonksiyonu olarak t' kuark toplam bozunma genişliği..... 13

Grafik 2.3. $e^- e^+$ çarpıştırıcısında t' kuarkın tek üretimi için Feynman diyagramı..... 13

Grafik 2.4. 3 TeV kütle merkezi enerjili ILC' de $e^+e^- \to t'\bar{q}(\bar{q} = \bar{u}, \bar{c})$ süreci ile anormal t' kuark üretimi için tesir kesitinin kütleye karşı grafiği 14

Grafik 3.1. 3 TeV kütle merkezi enerjili ILC' de, t' kuarkın bozunmasıyla meydana gelen gelen $e^+e^- \to W^+ b\bar{q}(\bar{q} = u, c)$ sürecinde, son durumdaki b kuark için, enine momentumun diferansiyel tesir kesiti üzerine dağılımı 15

Grafik 3.2. 3 TeV kütle merkezi enerjili ILC' de, t' kuarkın bozunmasıyla meydana gelen $e^+e^- \to W^+ b\bar{q}(\bar{q} = u, c)$ süreci için, son durumdaki b kuarkın sözde hızlılık dağılımı 16

Grafik 3.3. 3 TeV kütle merkezi enerjili ILC' de, t' kuarkın bozunmasıyla meydana gelen $e^+e^- \to W^+ b\bar{q}(\bar{q} = u, c)$ süreci için son durumdaki W^+b sistemi için değişmez kütle dağılımı..... 16

Grafik 3.4. $L_{int}=5{,}9\times10^5$ pb^{-1}, 3 TeV kütle merkezi enerjisi ile ILC' de ulaşılabilecek anormal bağlanma değerleri için 3σ eş düzey grafiği 18

Grafik 3.5. $L_{int}=5.9\times10^5$ pb^{-1}, 3 TeV kütle merkezi enerjisi ile CLIC' de ulaşılabilecek anormal bağlanma değerleri için 3σ eş düzey grafiği 18

Grafik 3.6. 3 TeV kütle merkezi enerjili CLIC' de 3σ gözlene bilirlik limiti için anormal bağlanma değerlerine bağlı, ulaşılabilir L_{int} değerleri 19

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Sayfa

Fotoğraf 1.1. Atom ve atom altı parçacıklar…….. 2

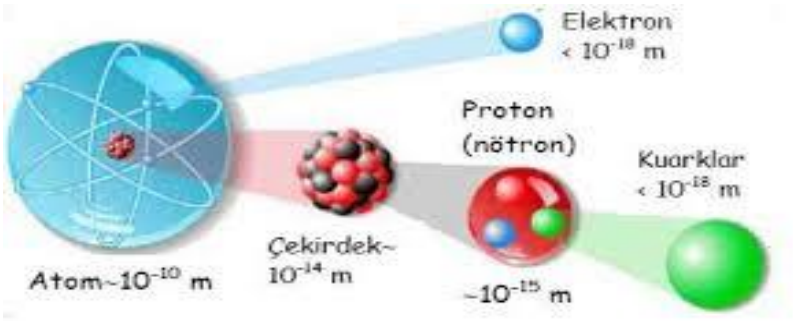
1. GİRİŞ

Yıllar boyunca merak edilen en önemli konulardan biri maddeyi oluşturan en temel parçacığın ne olduğu sorusudur. Günümüzde bu sorunun cevabı hala aranmakta olup, fizik alanında önemli bir yer kaplamaktadır. Çok uzun bir dönem maddeyi oluşturan en temel parçacık atom zannedilip, bölünemez olarak düşünülmüştür. Atom fikri ilk kez Democritus tarafından M.Ö 460 - M.Ö 370 tarihlerinde ortaya atıldı. Temel yapı taşlarına, bölünemeyen anlamında "atom" adı verildi. Benzer kimyasal özellik gösteren atomlar, gruplar halinde sınıflandırıldı, aslında bu durum da atomun farklı temel yapı taşlarından oluştuğunun göstergesiydi. J. J. Thomson (1897) 'nın elektronu keşfi sayesinde atomun içinde daha hafif bir şeylerin olduğu anlaşıldı. E. Rutherford ve öğrencileri (1911) tarafından atom çekirdeği keşfedildi ve atomun merkezinde daha küçük ve daha ağır bir şeyin olduğu sonucuna varıldı. Yapılan bu çalışmalar ve deneyler sonucunda atomun temel bir parçacık olmadığı kanıtlandı. Bütün atomlar, elektronların ve çekirdeğin bir kombinasyonu olarak açıklandı. Daha sonrasında 1919-1920 yılları arasında Rutherford tarafından proton, 1932 yılında J. Chadwick tarafından nötron keşfedildi. Bu keşifler neticesinde de bütün çekirdekler nötronların ve protonların bir kombinasyonu olarak açıklandı.

Yeni araştırmalar yapıldıkça, elektron, proton ve nötrondan hariç farklı parçacıkların olabileceği ortaya çıktı. C.D. Anderson 1932 de elektronun karşıt parçacığı olan pozitronu keşfetti. Bu parçacığın elektronla aynı kütle ve spine sahip, ancak yükünün pozitif olduğu görüldü. Maddenin yapısında pozitron yoktur fakat reaksiyonlarda ortaya çıktığı için pozitron da temel parçacık olarak kabul edilmelidir.

Çekirdeği oluşturan parçacıklardan nötronun kütlesinin değeri protonun kütlesinin değerinden daha büyük olduğu için ve bu kütle farkının durgun bir elektron oluşmasına yeterli olduğu için beta bozunması ile nötrino dediğimiz diğer bir temel parçacık oluşur. Bu parçacığın var olabileceğini Pauli 1930 yıllarında ortaya atmıştır. Bir diğer temel parçacık 1930 yıllarında bulunan fotondur. Elektromanyetik etkileşmeyi taşıyan taşıyıcı fotonlardır, fotonlarda maddenin yapısında bulunmazlar (Kibar, 2008).

Yapılan çalışmalarda proton ve nötronları oluşturan küçük parçacıkların kuarklar olduğu tespit edildi. Günümüz bilim dünyasında kuarkın tanımı, bir maddenin temel bileşeni olduğu kabul edilen temel parçacıklardır. Kuarklar, maddenin hadronlarını oluşturan en küçük yapı taşlarıdır. Atom altı seviyede bulunan kuarklar, tek olarak gözlemlenemezler. Bunun nedeni ise, renk hapsi adı verilen bir fizik olgusudur. Kuarklar, birden fazla kuarkın bir araya gelmesiyle oluşan hadron denilen parçacıklar halinde bulunurlar. Bu nedenle, bilim adamları kuarklar hakkında edindikleri tüm bilgileri hadronlar sayesinde elde etmişlerdir. Hadronlar mezonlar ve baryonlar olarak iki gruba ayrılırlar. Mezonlar bir kuark ve bir karşıt kuarkın bir araya gelmesi ile, baryonlar ise üç kuarkın veya üç karşıt kuarkın bir araya gelmesiyle oluşan yapılardır (Halzen et al. 1984).



Fotoğraf 1.1. Atom ve atom altı parçacıklar

1.1. Temel Parçacıklar ve Standart Model

Kuramsal çalışmalardan ve parçacık hızlandırıcı laboratuvarlarından son 40-50 yıl içinde alınan veriler günümüzde "Standart Model" diye adlandırdığımız bir modelle şekillenmiştir. Maddenin temel yapı taşları, özellikleri, bunlar arasındaki ilişki ve etkileşmeler bu modeli oluşturmaktadır. Standart Model'e göre evrende varlığı kabul edilen parçacıklar; kuarklar, leptonlar, foton, sekiz çeşit gluon ve üç çeşit vektör bozondan oluşan kuvvet taşıyıcı parçacıklardır. Bunlara ek olarak 2012 yılında LHC de keşfedilen Higgs parçacığı eklenmiştir.

Parçacıklar arasında dört temel etkileşim bulunur. Bunlar; güçlü kuvvet, elektromanyetik etkileşim, zayıf kuvvet ve kütle-çekim etkileşimidir. Bu temel

etkileşimlerin şiddetleri ise sırasıyla; 10, 10^{-2}, 10^{-5}, 10^{-39} mertebesindedir. (Griffiths 1987). Parçacıkların güçlü, elektromanyetik ve zayıf kuvvetle etkileşmesi Standart Model kapsamında açıklanabilmekteyken, kütle-çekim kuvveti ile etkileşmesi, Standart Model kapsamında henüz açıklanamamaktadır. Fakat Standart Model kütle çekim kuvveti ile etkileşmeyi de açıklayacak şekilde geliştirilmeye çalışılmaktadır. Dört temel kuvvet ve kuvvet taşıyıcı parçacıkların temel özellikleri Tablo 1.1.' de gösterilmiştir (Griffiths, 1987).

Tablo 1.1. *Temel kuvvetler ve kuvvet taşıyıcı parçacıkların temel özellikleri*

Kuvvet Türü	Etki Alanı	Bağıl Şiddeti	Menzili	Parçacığı	Kütlesi
Kütle Çekim Kuvveti	Kütle	10^{-38}	-	Graviton	0 Me V
Zayıf Kuvvetler	Lepton, Mezon, Baryon	$10^{-4} - 10^{-12}$	$< 10^{-17}$ m	W- parçacığı Z- parçacığı	81 000 Me V 93 000 Me V
Elektromanyetik Kuvvetler	Yüklü Parçacıklar	10^{-2}	-	Foton	0 Me V
Güçlü Kuvvetler	Baryon, Mezon (Hadronlar)	1	10^{-15} m	Mezon	140 Me V

Standart Model' in içinde yer alan bu kuvvet taşıyıcı parçacıkların spinleri 1' dir. Zayıf kuvvetlere ait parçacıklar W-Z vektör bozonları olup, W vektör bozonu ± 1 elektrik yükü taşır, Z vektör bozonu ise yüksüzdür. Elektromanyetik kuvvetlere ait ara parçacık fotondur, elektrik yükü taşımaz ve kütlesizdir. Güçlü kuvvetlere ait ara parçacıklar ise gluonlardır, sekiz tane olup elektrik yükü taşımazlar ve kütleleri yoktur.

Standart model farklı temel parçacıkların nasıl düzenlendiğini ve farklı kuvvetler aracılığında parçacıkların birbirleri ile nasıl etkileştiğini açıklayan bir teoridir. Standart Model'e göre evrende, temel parçacık olarak sadece; 6 çeşit kuark, 6 çeşit lepton, bunların 'karşıt' parçacıkları ile foton, 8 çeşit gluon ve 3 çeşit 'vektör bozon'dan oluşan 'kuvvet taşıyıcı' parçacıklar vardır. Bu modele göre, bütün maddesel evren, birbirleriyle 4 temel kuvvet aracılığıyla etkileşen; kuark ve letonlardan oluşur. Örneğin gündelik hayatta gördüğümüz bütün maddeler yukarı ve

aşağı (up ve down) adı verilen kuarklardan ve bir lepton olan elektrondan meydana gelir.

Bu temel parçacıklardan olan leptonlar; elektron, müon, tau ve bunların nötrinolarıdır. Ayrıca bunların anti parçacıklarıda vardır. Müonun yükü elektronun yüküne eşit, kütlesi 105,7 MeV' dir. Taunun kütlesi ise 1784 MeV' dir. Bu parçacıkların nötrinoları yüksüzdür. Tau ve müonun da anti parçacıkları vardır. Saydığımız altı tane leptondan sadece elektron normal madde yapısında yer alır. Çünkü elektron en küçük kütleli parçacıktır. Bozunarak dönüşebileceği başka madde olmadığı içinde kararlıdır ve temel parçacıktır. Bunun yanı sıra müon, tau ve nötrinolar kararsız oldukları için normal bir maddenin parçası olarak düşünülemezler.

Tablo 1.2. *Kuarklar ve Leptonlar*

Nesiller	**1**	**2**	**3**
Leptonlar	e ν_e	μ ν_μ	$\boldsymbol{\tau}$ ν_τ
Kuarklar	u d	c s	t b

Kuarklar elektrik yükü, renk yükü ve kütle gibi çeşitli özelliklere sahiptir. Her kuark çeşnisi için ona karşılık gelen bir tane de karşıt parçacık bulunur. Karşıt kuark denilen bu parçacık kuarktan, sadece bazı özelliklerinin aynı büyüklükte fakat ters işaretli olması ile ayrılır. Kuarklar aşırı derecede yüksek enerji gerektiren olaylar sonucunda meydana gelmektedir. Cern'deki deneylerin temel yapılışı nedeni de aslında bu enerjinin keşfedilmek istenmesidir. Kuarkların genel özellikleri Tablo 1.2.' de gösterilmiştir.

Tablo 1.3. *Genişletilmiş kuark sektörü*

Sembol	Çeşni	Kütle (GeV/c^2)	Elektrik Yükü
u	Üst (up)	0,003	+ 2/3
d	Alt (down)	0,006	- 1/3
c	Tılsımlı (charm)	1,3	+ 2/3
s	Acayip (strange)	0,1	- 1/3
t	Tepe (top)	173	+ 2/3
b	Taban (bottom)	4,5	- 1/3

İsim olarak yukarı, aşağı, tılsım, acayip, alt ve üst gibi isimler verilen bu kuarkların farklı kütlesel özellikleri bulunur. Aşağı ve yukarı ismi verilen kuarklar, en düşük kütleli kuarklar olma özelliği taşır. Parçacık bozulması denilen fizik olayı sonucunda ağır kuarklar, en hafif parçacıklar olan yukarı ve aşağı kuarklara dönüşür. Bu durum, evrende en fazla aşağı ve yukarı ismi verilen parçacıkların bulunmasına yol açar.

Kuarklar, elektrona benzeyen kuantum parçacıklarıdır. Esas parçacıklar kuarklardır. Kuarklar, spin ½ ve elektrik yükleri 2/3 veya -1/3 olan parçacıklardır. Şimdilik bilinen 6 kuark vardır. Her kuarka yükü ters işaretli olan bir karşıt kuark eşlik eder. Bilinen en ağır kuark üst kuraktır (Griffiths 1987, Halzen et al. 1984).

Hadronlar; mezonlar ve baryonlar olarak iki gruba ayrılırlar, kuarkların bir araya gelmesi ile oluşan parçacıklardır. Bu nedenle temel parçacık değillerdir. Mezonlar bir kuark ve bir karşıt kuarktan, baryonlar ise üç kuark veya üç karşıt kuarktan meydana gelirler. Hadronlar olarak tanımladığımız bu parçacıklar, güçlü kuvvet ile etkileşime girerler. Kütle ve spinleri ayırt edici özellikleridir (Halzen et al. 1984).

Mezonlar; kütleleri, elektronun kütlesi ve protonun kütlesi arasında veya protonun kütlesinden daha ağır olan parçacıklardır. Spinleri sıfır ya da tamsayıdır. Bu parçacıkların en son e^-, e^+, ν ve fotonlara bozunduğu biliniyor (Serway vd. 2005).

Baryonlar; kütleleri protonun kütlesine eşit veya daha büyüktür. En çok tanınan baryonlar proton ve nötrondur. Tüm baryonlar son durumda protona eş değer olacak şekilde bozunurlar. Spinleri buçuklu değer alır (Serway vd. 2005).

Parçacıkların temel kuvvetler ile etkileşimleri Feynman diyagramı kullanılarak gösterilir. Feynman kuralları ile bu etkileşmelerin genlikleri, bu genliklere bağlı bozunma genişliği ve tesir kesiti hesaplanır. İlgili Feynman Kuralları Ek:1' de verilmiştir.

1.2. Standart Model Ötesi

Standart model, parçacık fiziğinde laboratuvarlarda yapılan çalışmalarda ortaya çıkan verileri açıklamada başarılıdır. Fakat günümüzde standart modelin (SM) cevaplayamadığı bazı sorular vardır; W ve Z bozonları ağır parçacıklar olduğu halde fotonun niçin kütlesiz olduğu önemli bir problemdir. Kütle farkından dolayı elektromanyetik ve zayıf etkileşmeler düşük enerjilerde tamamen farklı, fakat çok yüksek enerjilerde benzerdir. Teoride, fermiyon aile sayıları, çeşni karıştırma, kuark ve leptonların kütle hiyerarşileri gibi cevaplanmamış sorular vardır (Çakır et al. 2009).

Standart Model' de parçacıkların kütleyi nasıl kazandıkları önemli bir problemdir. Bunu çözmek için Higgs bozonu denilen kuramsal bir parçacık ileri sürülmüştür. Bu elektrozayıf simetriyi bozan bir mekanizma sağlamaktadır. Higgs mekanizmasını içeren Standart Model, W ve Z bozonlarının kütlelerinin mantıksal olarak tutarlı bir açıklamasını sağlar. Parçacıklar Higgs alanı ile etkileşince kütle kazanırlar ne kadar çok etkileşirler ise o kadar fazla kütle kazanırlar. Higgs bozonu, parçacıkların Higgs alanı ile etkileşmesini sağlayan parçacıktır. Daha önce teorik olarak öngörülen Higgs parçacığı 2012 yılında CERN'de yapılan CMS ve ATLAS deneyleri ile doğrulandı.

Fizikte temel parçacıklarla ilgilenen alan yüksek enerji fiziğidir. Yüksek enerji fiziği olarak da adlandırılan parçacık fiziği, maddenin temel yapıtaşları ile bunların etkileşmelerini inceleyen bilim dalıdır. Kuramsal parçacık fiziğinin laboratuvarları parçacık hızlandırıcılarıdır. Parçacık hızlandırıcılarının amacı; yüklü parçacık demetlerini ihtiyaç duyulan veya teknolojinin izin verdiği enerjilere kadar

hızlandırarak ya sabit hedeflerle, ya da birbirleri ile çarpıştırmaktır. Bu çarpışmalar sonucunda ortaya çıkan parçacıkların kimliğini, enerjisini, ömrünü ve yönünü kaydetmek için kullanılan saptama ve analiz aygıtları olan detektör sistemleri her hızlandırıcı kompleksinin vazgeçilmez parçasıdır.

Standart Model' deki bazı parametrelerin belirsizliğini ortadan kaldırmak ve ölçümlerin daha hassas yapılması için günümüzde yüksek enerji fiziğinin önemi çok büyüktür. Bunun sonucunda yüksek enerji fiziğinde büyük projeler yürütülmektedir. Bunlardan en kapsamlı olanı da CERN' deki LHC projesidir. (Çiftçi, 2006).

1.3. Uluslararası Lineer Çarpıştırıcı ve Kompakt Lineer Çarpıştırıcı

Kompakt Lineer Çarpıştırıcı (CLIC) 0.5 TeV kütle merkezi enerjisinde, elektron ve pozitron ışınlarının çarpıştırılmasını öneren önemli bir projedir. Bu hızlandırıcı 3 TeV kütle merkezi enerjisine kadar ulaşmak için de tasarlanmıştır. CLIC için diğer bir özellik ise iki ışın hızlandırma (TBA) teknolojisinin konsepti olmasıdır. Hızlandırıcı için öngörülen iki etkileşme noktasından biri, $e\text{-}e^{+}$, bir diğeri de $\gamma\text{–}\gamma$ dır. Uzunluğu yaklaşık olarak 50 km olması tasarlanan CLIC' nin ışınlığı 6×10^{34} cm^{-2} s^{-1} (6×10^{5} pb^{-1})' dir.

CLIC, elektron – pozitron çarpışmaları ile Multi-TeV çarpışma enerjilerinin avantajlarını birleştiren, hem hassasiyet hem de enerji sınırlarında benzersiz bir pozisyon almaktadır. CLIC projesi, 380 GeV 'den 3 TeV 'e, 30 yıl süren farklı bir fizik programı ile üç aşamada inşa edilmiş ve işletilen bir çarpıştırıcı için gerekli olan tasarım ve parametreleri kapsar. CLIC 30 ' dan fazla ülkede 70 ' den fazla araştırmacının küresel bir projesidir.

Bir maddeyi incelemek için en iyi yollardan biri, maddeyi çok küçük parçacıklara ayırmaktır. Bu çok küçük parçacıkların elde edilmesi için madde başka bir madde ile yüksek enerjide çarpıştırılır. Günümüzde bu tür çalışmalarda kullanılan en önemli parçacık çarpıştırıcısı Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC)' dır.

CERN; 1951' de Paris' te 11 ülke Avrupa Nükleer Araştırma Konseyi tarafından kuruldu. Türkiye CERN' e 2014 yılında, yarı üyelik diyebileceğimiz, üyelik

haklarından katkı oranında faydalanabildiği ‘assosiye üye’ olmuştur. İsviçre-Fransa sınırında bulunan CERN’ in ana yerleşkesine bu iki ülke ev sahipliği yapmaktadır.

CERN’ de yapılan deneylerde maddenin çok küçük boyutlardaki yapısını incelemek için de maddeler çok yüksek enerjilerde çarpıştırılıyor. Çarpışma enerjisi ne kadar büyük olursa o kadar küçük boyutlarda inceleme olanağı veriyor, bunun için de parçacık hızlandırıcıları kullanılıyor. Günümüze kadar inşa edilmiş en büyük ve en güçlü hızlandırıcı CERN’ de bulunan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı’ dır.

Bu tez çalışmasında, Standart Model Ötesi’ndeki anormal etkileşmeler ile dördüncü aile t' kuarkların üretimi lineer hızlandırıcılarda incelenmiştir. Üretilen bu dördüncü aile t' kuarkın tesir kesiti, olay sayısı ve bunlara bağlı olarak istatistiksel önem değerleri hesaplandı. Bu hesaplamalar sonucunda olası gözlenebilir kütle değerleri tartışıldı. Hesaplamalarda elektron pozitron lineer çarpıştırıcısı olarak tasarlanan Uluslararası Lineer Çarpıştırıcı (ILC) ve Kompakt Lineer Çarpıştırıcı (CLIC) parametreleri kullanıldı. (Brau vd. 2007, Braun vd. 2008). Bu hesaplamalar Linux işletim sisteminde CompHEP paket programı kullanılarak yapılmıştır.

2. DÖRDÜNCÜ AİLE t' KUARKLARIN ETKİLEŞMELERİ

Yeni parçacıkların keşfi standart model (SM) ötesi fizikte hayati bir rol oynamaktadır. Ayrıca bu parçacıkların etkileşmeleri elektro-zayıf simetri kırınımı (Holdom, 1986; Hill et al., 1991;Elliott et al., 1992; Hung et al., 2011a), kuark/lepton sektörlerinde karışım açı ve fermiyon kütle spektrum hiyerarşileri (Holdom, 2006; Hung et al., 2008; Hung et al., 2011b; Hung et al., 2011c; Çakır et al., 2009) , standart teorinin çeşni yapısı ve CP bozulumu (Hou et al., 2010; Bar-Shalom et al., 2009; Buras et al., 2010; Soni et al., 2010; Eberhardt et al., 2010; Soni et al., 2010; Alok et al., 2011) gibi bazı yeni açık soruların keşfedilmesinde de önemli rol alabilir. Ağır kuark özelliklerinin net olarak belirlenmesi yeni fiziğin varlığını da ortaya koyabilir. 645 GeV' den düşük kütleli alt tür kuarklar (b′) ve 585 GeV üstünde kütleri olan üst tür kuarklar (t′) CERN Büyük Hadron Çarpıştırıcısındaki $\sqrt{s} = 8$ TeV ATLAS detektöründeki proton-proton çarpışmalarından %95 güven seviyesinde dışlanmışlardır.

SM ötesinde yeni CP bozon kaynakların arayışı parçacık fiziğinde ilgi çeken bir araştırma konusudur, nitekim bu bozunum madde ve anti-madde arasındaki asimetriyi açıklamaktadır. CP bozunumu anormal çeşni değiştirici yüksüz akım (FCNC) *tcZ/tcγ* bağlaşımları hadron (Han et al., 1997) ve e^-e^+ çarpıştırıcılarından (Han et al., 1999; Alan et al., 2003) daha önce literatürde ele alınmıştı. Bu tür FCNC etkileşimleri yeni fizik için ideal bir araştırma sahası oluşturmaktadır. Büyük kütle değerleri sayesinde ağır kuarklar üst kuark fiziğinde olduğu gibi yüksek ölçeklerde ortaya çıkan yeni etkileşimler açısından ciddi avantaja sahiptirler. Son dönemde *tqV (q = uc, V = γ, Z, g)* gibi anormal FCNC t kuark bağlaşımları bazı çalışmalarda deneysel olarak sınırlandırılmış. Örneğin, ATLAS deneyinden elde edilen sonuçlardan sadece bir bağlaşımı sıfırdan farklı tutarak tqg köşesi için gözlenen üst limitler $\kappa_{ugt}/\Lambda < 6{,}9 \times 10^{-3}$ TeV^{-1} ve $\kappa_{cgt}/\Lambda < 1{,}6 \times 10^{-2}$ TeV^{-1} olarak verilmiştir. D0 deney grubu bu limitleri $\kappa_{tgu}/\Lambda < 0{,}013$ TeV^{-1} ve $\kappa_{tgc}/\Lambda < 0{,}057$ TeV^{-1} ve CDF çalışma grubu da $\kappa_{tug}/\Lambda < 0{,}018$ TeV^{-1} ve $\kappa_{tcg}/\Lambda < 0{,}069$ TeV^{-1} şeklinde bulmuşlardır.(Aad et al., 2012; Abazov et al., 2010; Aaltonen et al.,

2009) Eş zamanlı olarak *gqt* ve *Zqt* köşeleri için üst limitler CMS tarafından yapılan çalışmasında son dönemde gözlenen bağlaşım üst limitleri $\kappa_{gut}/\Lambda < 0{,}10\ TeV^{-1}$, $\kappa_{gct}/\Lambda < 0{,}35\ TeV^{-1}$, $\kappa_{Zut}/\Lambda < 0{,}45\ TeV^{-1}$ ve $\kappa_{Zct}/\Lambda < 2{,}27\ TeV^{-1}$'dir (Yazgan, 2013).

Anormal manyetik tür etkileşimler nedeniyle ağır fermiyon üretiminden önemli katkı sağlanması beklenebilir. Hadron çarpıştırıcılarında (Arik et al., 2003a; Arik et al., 2003b; Çakır et al., 2009; Çiftçi et al. 2008; Şahin et al., 2010; Çakır et al., 2012), $e^- p$ çarpıştırıcılarda (Alan et al., 2004; Çiftçi et al., 2009) ve lineer çarpıştırıcılarda (Şenol et al., 2011) bu kuarkların ilgili anormal etkileri üzerine fenomenolojik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Mevcut çalışmada hem anormal manyetik hem de dipol moment türü etkileşimler aracılığı ile Kompakt Lineer Çarpıştırıcıda (CLIC)'te (Linssen et al., 2012) ağır t′ kuarkının tekli üretimini inceledik. TeV skalasında en yaygın şekilde önerilen lineer çarpıştırıcı olan CLIC, ağır kuarkların bazı parametrelerine ilişkin gerekli bilgileri sunmak adına hassas ölçümler gerçekleştirerek LHC sonuçlarını tamamlanması beklenmektedir.

Mevcut çalışmanın amacı e^+e^- çarpışmalarında başlangıç durum radyasyonu (ISR) ve beamstrahlung (BS) etkileriyle Monte Carlo simülasyonunu da içeren detaylı sinyal ve arka plan analiziyle anormal manyetik ve dipol moment türü t′ kuark bağlanma sınırlarını belirlemektir.

2.1. t' Kuarkın Tekli Üretimi ve Bozunumu

Standart modeldeki t' kuark için Lagrangian etkileşimi bu ifade ile verilir;

$$L_s = - g_e Q_{t'} \bar{t}' \gamma^\mu t' A_\mu$$
$$- g_s \bar{t}' T^a \gamma^\mu t' G_\mu^a$$
$$- \frac{g_e}{2 s_w c_w} \bar{t}' \gamma^\mu (g_v - g_A \gamma^5) t' Z_\mu^0$$
$$- \frac{g_e}{2\sqrt{2} s_w} V_{t' q_i} \bar{t}' \gamma^\mu (1-\gamma^5) q_i W_\mu^+ + h.c.$$

Burada A_μ, G_μ^0, Z_μ ve W_μ^+ sırasıyla foton, gluon, Z bozonu ve W bozonu için vektör alanlarıdır. $g_e$elektrozayıf bağlanma sabiti g_s ise güçlü bağlanma sabitini ifade eder. T^a ise Gell-Mann matrisleridir; $Q_{t'}$ t' kuarkın elektrik yüküdür. g_v ve g_A t' kuarkın nötr zayıf akımının vektör ve aksiyel vektör bağlanma sabitleridir. θ_w ise zayıf

karışım açı, s_w =sin θ_w ve c_w =cos θ_w . $V_{t'q}$ ise parçacık fiziği ile sınırlı olan genişletilmiş 4×4 CKM karışım matrislerinin bileşenlerini ifade etmektedir.

Ağır kuark t′, SM kuarklar q ve yüksüz ayar bozonları V = γ, Z, g arasındaki anormal manyetik ve dipol moment türü etkileşimler etkin Lagranian ile açıklanabilmektedir ki, bu da aşağıdaki şekilde ifade edilen anormal manyetik ve dipol moment türü bağlanma sabitlerini içerir;

$$L'_a = \sum_{q_i=u,c,t} Q_{q_i} \frac{g_e}{\Lambda} \bar{t}' \sigma_{\mu\nu} \left(\kappa_\gamma^{q_i} - i\tilde{\kappa}_\gamma^{q_i}\gamma_5\right) q_i F^{\mu\nu}$$

$$+ \sum_{q_i=u,c,t} \frac{g_e}{2\Lambda s_w c_w} \bar{t}' \sigma_{\mu\nu} \left(\kappa_Z^{q_i} - i\tilde{\kappa}_Z^{q_i}\gamma_5\right) q_i Z^{\mu\nu}$$

$$+ \sum_{q_i=u,c,t} \frac{g_s}{2\Lambda} \bar{t}' \sigma_{\mu\nu} \left(\kappa_g^{q_i} - i\tilde{\kappa}_g^{q_i}\gamma_5\right) T^a q_i G_a^{\mu\nu} + h.c.$$

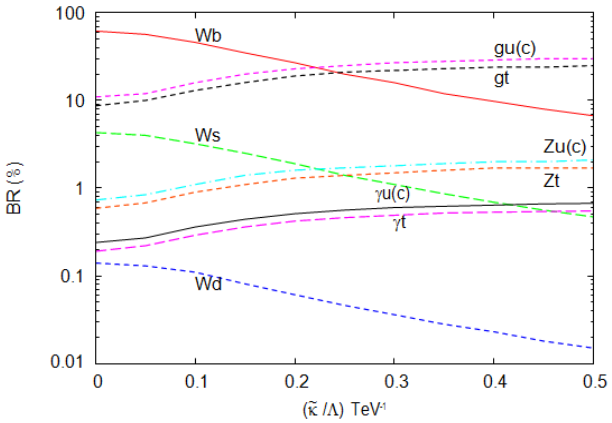
Burada $F^{\mu\nu}$, $Z^{\mu\nu}$ ve $G^{\mu\nu}$ gauge bozonlarının alan güç tensörleri, $\sigma_{\mu\nu} = i(\gamma_\mu\gamma_\nu - \gamma_\nu\gamma_\mu)/2; Q_{q_i}$ ise q kuarkının elektrik yüküdür. $\kappa_\gamma(\tilde{\kappa}_\gamma), \kappa_Z(\tilde{\kappa}_Z)$ ve $\kappa_g(\tilde{\kappa}_g)$ sırasıyla foton, Z bozonu ve gluonun anormal manyetik dipol moment tipi bağlanmalarıdır. Bu çalışma için, $\tilde{\kappa}$' lar CP bozucu, Λ ise yeni etkileşimlerin sınırlama ölçeğidir ve $\kappa_\gamma = \kappa_Z = \kappa_g = \kappa$ ve $\tilde{\kappa}_\gamma = \tilde{\kappa}_Z = \tilde{\kappa}_g = \tilde{\kappa}$ varsayılır.

b′ ve t′ kuarklı SM' de CP-bozucu FCNC süreçleri $m_{t'}$ =600 ve 700 GeV' de ayrı ayrı birimsel 4x4 CKM kütle karışım matrisinin global eşsiz uyumunu oluşturmak ve kullanmak suretiyle analiz edilmektedir (Eilam et al., 2009). 4x4 CKM matris bileşenlerinin değerleri için bizim hesaplarımızda bu parametrizasyon kullanılmıştır ve $m_{t'} - m_{b'} \approx$ 50 GeV kütle aralığı ile $m_{t'} > m_{b'}$ varsayılmaktadır. Lagrangian' da verilen ilgili etkileşim köşelerini sayısal hesaplamalar için ağaç düzeyi olay üreteci CompHEP paketine uyguladık (Pukhov et al., 1999). Şekil 1'de dallanma oranları (BR) $m_{t'}$= 700 GeV ve κ/Λ = 0,1 TeV^{-1} için Lagrangian 1 ve 2 kullanılarak hesaplanan t′ kuarkı anormal bozunma kanalları (V u(c, t)) ve SM bozunma kanalları (Wd (s, b)) için $\tilde{\kappa}/\Lambda$ 'e bağlıdır. Şekilde de görüldüğü üzere SM t′ bozunma kanalı

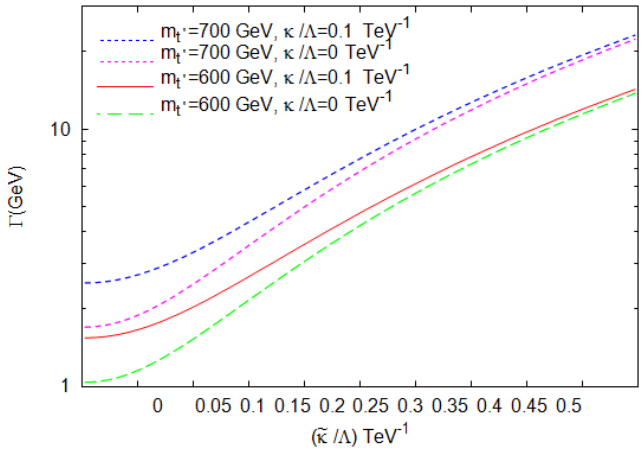
(t′ → Wb) 27%-63% BR arasında 0,2'den küçük $\tilde{\kappa}/\Lambda$ için baskındır. κ/Λ = 0 ve 0,1 TeV^{-1} ile $m_{t'}$ = 600 ve 700 GeV için $\tilde{\kappa}/\Lambda$ 'e dayanan t′ kuarkı toplam bozunma genişlikleri Tablo 2.1.' de görülmektedir.

Tablo 2.1. *t' kuarkın, toplam bozunma genişliği (GeV) ve tüm bozunum durumları için bozunma oranları (%)*

$m_{t'}$	Wd	Wb	Ws	Zu(c)	Zt	gu(c)	Gt	γu(c)	γt	Γtot(GeV)
300	0.026	66	18	0.40	0.08	6.5	1.9	0.15	0.042	0.65
400	0.026	65	17	0.41	0.20	6.4	3.4	0.14	0.075	1.57
500	0.026	64	17	0.42	0.28	6.3	4.3	0.14	0.095	3.10
600	0.026	64	17	0.42	0.32	6.3	4.8	0.14	0.110	5.40
700	0.025	64	17	0.43	0.35	6.2	5.1	0.14	0.110	8.61
800	0.025	64	17	0.43	0.37	6.2	5.4	0.14	0.120	12.90

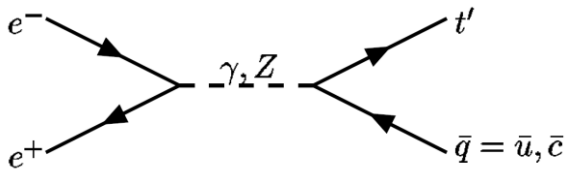


Grafik 2.1. $m_{t'} = 700\ GeV$ için $\tilde{\kappa}/\Lambda$ bağlı olarak tüm t' kuark bozunma kanallarının (%) dallanma oranları



Grafik 2.2. $\tilde{\kappa}/\Lambda$ fonksiyonu olarak t' kuark toplam bozunma genişliği

e^+e^- çarpışmasında t' kuarkının anormal tekli üretimi için gerekli üç seviyeli Feynman diyagramı grafik 2.3.' te verilmiştir.



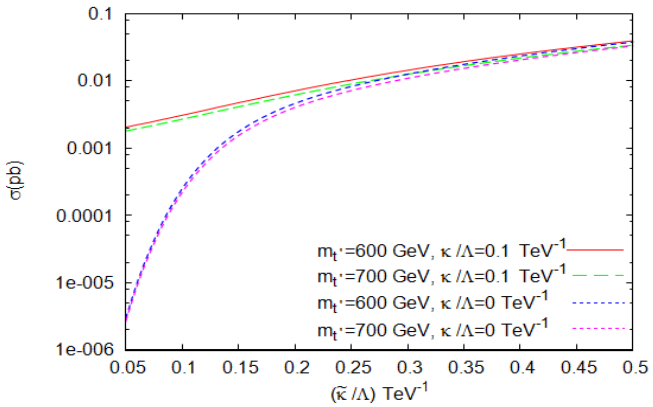
Grafik 2.3. e^- e^+ çarpıştırıcısında t′ kuarkın tek üretimi için Feynman diyagramı

Grafik 2.4' te ise κ/Λ=0 ve 0.1 TeV^{-1} ile m$_{t'}$=600 GeV ve 700 GeV için κ̃/Λ' e göre 3TeV kütle enerji çarpışma merkezinde t′ kuarkının tekli üretimi için toplam kesişimler sunulmaktadır. Başlangıç hal radyasyonu (ISR) ve beamstrahlung (BS) lineer çarpıştırıcıların spesifik bir özelliğidir. Tablo 2.2' de sunulan CLIC için ışın parametrelerini kullanarak ISR ve BS etkilerini hesapladık. Bu noktadan itibaren tüm sayısal hesaplamalarımızda ISR+BS etkilerini hesaba katacağız.

Tablo 2.2. *ILC ve CLIC temel parametreleri: N demetteki parçacık sayısı,* σ_x *ve* σ_y *etkileşmedeki ışın uzunluğu,* σ_z *demet uzunluğu*

Parametreler	**CLIC**
$\mathbf{E(\sqrt{s})TeV}$	3
$\mathbf{L(10^{34}cm^{-2}s^{-1})}$	5,9
$E(\sqrt{s})TeV)$	0,372
$\mathbf{\sigma_x(nm)}$	45
$\mathbf{\sigma_y(nm)}$	0,9
$\mathbf{\sigma_z(nm)}$	44

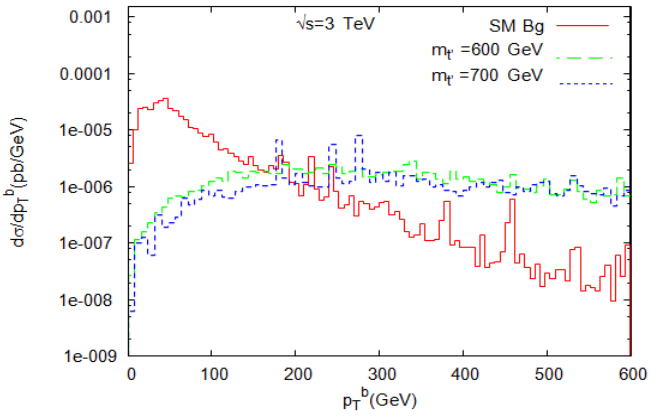
Bundan sonraki sayısal hesaplamalarımızın tümünde ISR ve BS dizilişi hesaplamaların içine dahil edilmiştir.



Grafik 2.4. 3 TeV kütle merkezi enerjili $e^+e^- \to t'\bar{q}(\bar{q} = \bar{u}, \bar{c})$ süreci ile anormal t' kuark üretimi için tesir kesitinin kütleye karşı grafiği

3. SİNYAL VE FON ANALİZLERİ

t′ kuarkının anormal bozulma üzerinde baskın SM bozunma modunu içeren (t′) kuarkı tekli üretiminin sinyal süreci $e^+e^- \rightarrow t'\bar{q}_i \rightarrow W^+b\,\bar{q}_i$ ki burada $\bar{q}_i = \bar{u}, \bar{c}$. SM fon $e^+e^- \rightarrow W^+b\,\bar{q}$ $(\bar{q} = \bar{u}, \bar{c})$ sürecinin baskın kaynağı ilgili sinyal süreçleri için $e^+e^- \rightarrow W^+b\,\bar{q}_i$' dir. Grafik 3.1.' de sinyal ve fon süreçleri için son durum b kuarkın transfer momentum (p_T) dağılımları CLIC $\sqrt{s} = 3\,TeV$ kütle merkezi enerjisi için gösterilmektedir. İlgili fon ile birlikte b kuarkının sinyal p_T dağılımına kıyasla fonu azaltmak için $p_T > 50$ GeV kesitini kullanıyoruz. $e^+e^- \rightarrow W^+b\,\bar{q}$ $(\bar{q} = \bar{u}, \bar{c})$ sürecinde fondan gelen katkıyı azaltmak ve sinyali daha iyi algılamak için son durumdaki b kuark üzerine konulacak kinematik sınırlandırmaları tespit etmek amacıyla, sinyal ve fon enine momentum dağılımları (ILC) ve (CLIC) için gösterilmiştir.

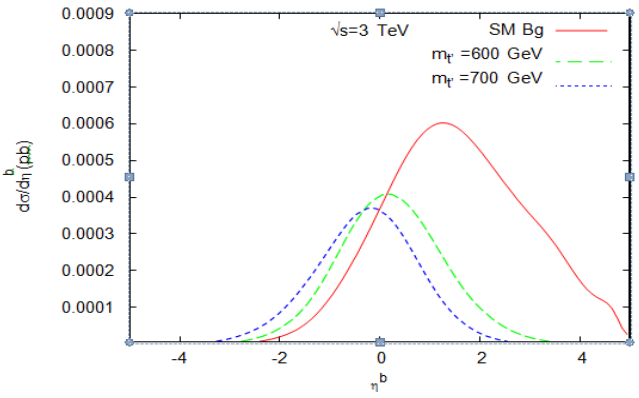


Grafik 3.1. 3 TeV kütle merkezi enerjili t′ kuarkın bozunmasıyla meydana gelen $e^+e^- \rightarrow W^+b\bar{q}(\bar{q} = u, c)$ sürecinde, son durumdaki b kuark için, enine momentumun diferansiyel tesir kesiti üzerine dağılımı

Enine momentum hızlı ve değişmez kütle analizinde $\tilde{\kappa}/\Lambda = \kappa/\Lambda = 0{,}1\ TeV^{-1}$ kabul edilir. Grafik 3.1.' de sinyal ve fon için son durum b kuarkın enine momentum dağılımı CLIC $\sqrt{s} = 3\,TeV$ kütle merkezi enerjisinde gösterilmiştir. Fonu azaltmak için $p_T > 50\,GeV$ sınırı uygulanmıştır. Bu sınırlama sinyal katkılarının, aynı son durumu veren fon olaylarından ayrılmasına yardımcı olmaktadır.

t′ kuarkın gözlenebilirliğini tartışmak için, sinyal ve fon olaylarının kullanıldığı istatistiksel anlamlılık değerleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır;

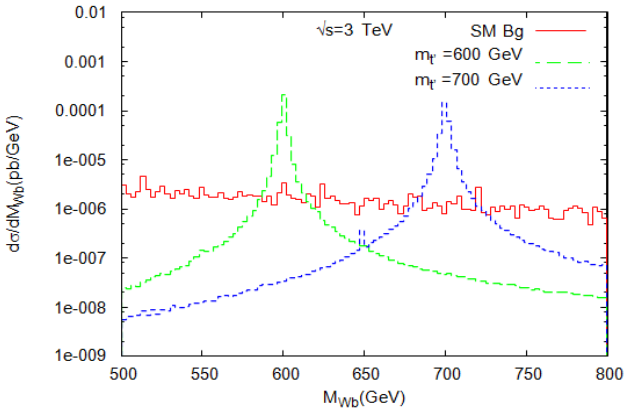
$$SS = (\sigma_S/\sqrt{\sigma_S + \sigma_B})\sqrt{BR(W \to l\nu_l).L_{int}}.$$



Grafik 3.2. 3 TeV kütle merkezi enerjili t′ kuarkın bozunmasıyla meydana gelen $e^+e^- \to W^+b\bar{q}(\bar{q} = u, c)$ süreci için, son durumdaki b kuarkın sözde hızlılık dağılımı

Grafik 3.2.' de sinyal ve fon süreçlerindeki son durum b kuarkın son durumunun hızlılık dağılımı verilmiştir. Bu şekillere göre, $|\eta^b| < 2{,}5$ sınırı sinyal katkılarını değişmez bırakmak ve fon katkılarını azaltmak için kullanılır.

Grafik 3.3.' de son durumda W^+b sistemi için değişmez kütle dağılımı çizildi. Bu kütle dağılımlarından, t′ kuarkın kütle değerleri civarında, fon dağılımının üzerinde sinyal dağılımının pikleri olduğu görülür.



Grafik 3.3. 3 TeV kütle merkezi enerjili, t′ kuarkın bozunmasıyla meydana gelen $e^+e^- \rightarrow W^+b\bar{q}(\bar{q} = u, c)$ süreci için son durumdaki W^+b sistemi için değişmez kütle dağılımı

Tablo 3.1.' de t' kütle değerleri 600 ve 700 GeV alınıp, bağlaşım sabitlerinin ise $\tilde{\kappa}/\Lambda$=0.1 ve 0.01 TeV^{-1}, $\kappa/\Lambda = 0$ alınarak CLIC ($\sqrt{s} = 3\,TeV$) için hesaplanan SS değerleri verilmiştir.

Burada $e^+e^- \rightarrow t'\bar{q}_i \rightarrow W^+b\bar{q}_i$ süreci için σ_S sinyal σ_B fon kesit alanı ve $l = e, \mu$ eşittir. Gerçekçi analiz için detektörlerin sınırlı enerji çözünürlüğünü göz önüne aldık. Sayısal hesaplamalarımızda kütle çözünürlüğünün sinyal ve fon olaylarını hesaplamak için kütle genişliğini $\Delta m = max(2\Gamma, \delta m)$ aldık. İlgili p_T ve η kesitleri Tablo 2.2' deki ışınlık varsayılarak uygulanmıştır.

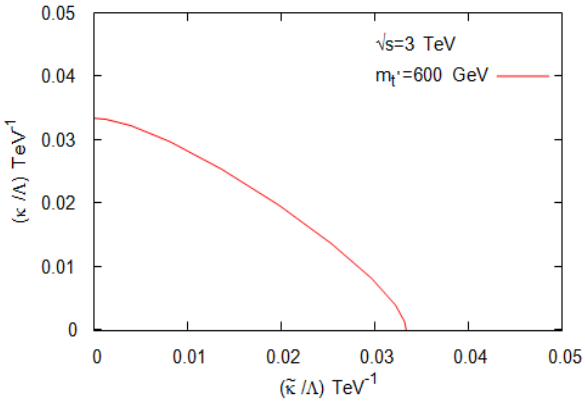
Bu noktadan sonra anormal manyetik dipol moment tipi bağlanmaları sınırlandırmaya odaklanacağız. İlk olarak Şekil 3.4' de $m_{t'}$ =600 GeV ve $\sqrt{s} = 3\,TeV$' de $\tilde{\kappa}/\Lambda$ - κ/Λ düzlemi için 3σ gözlenebilirlik limitler kontur grafiğini görmekteyiz. Bu şekillere göre CLIC enerjisinde κ/Λ ve $\tilde{\kappa}/\Lambda$ alt limitleri yaklaşık 0.033 TeV^{-1} düzeyindedir.

Tablo 3.1. *Kütle merkezi enerjisi* $3\ TeV$ *olan CLIC'de* $L_{int}=5.9\times10^5\ pb^{-1}$ *ve* $\kappa/\Lambda = 0\ TeV^{-1}$ *için sinyal ve fon tesir kesitleri (bp) ve sinyal istatistiksel önem değerleri (SS)* ($\tilde{\kappa}/\Lambda = 0{,}1\ TeV^{-1}$ *ve* $\tilde{\kappa}/\Lambda = 0{,}01\ TeV^{-1}$)

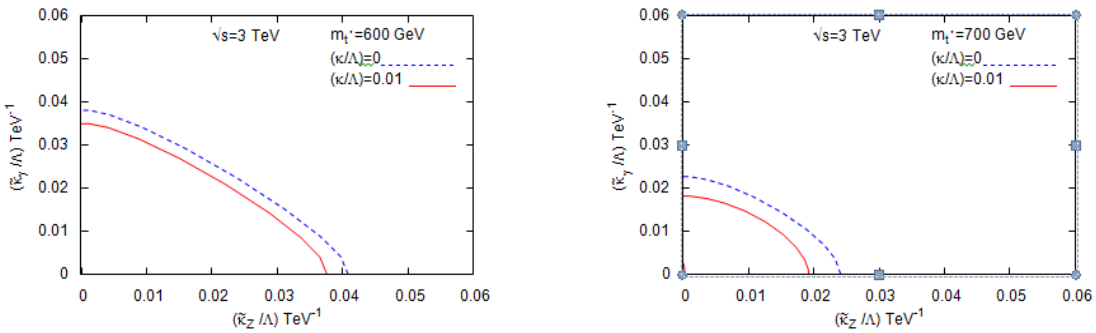
	$\tilde{\kappa}/\Lambda = 0{,}1\ TeV^{-1}$			$\tilde{\kappa}/\Lambda = 0{,}01\ TeV^{-1}$		
$m_{t'}$ (GeV)	σ_S(fb)	σ_B(fb)	SS	σ_S(fb)	σ_B(fb)	SS
600	3,01	$8{,}92 \times 10^{-3}$	19,72	$1{,}50 \times 10^{-2}$	$8{,}92 \times 10^{-3}$	1,10
700	2,63	$1{,}14 \times 10^{-2}$	18,43	$1{,}31 \times 10^{-2}$	$1{,}14 \times 10^{-2}$	0,95

$\tilde{\kappa}_\gamma/\Lambda \neq \tilde{\kappa}_Z/\Lambda$ İfadesini analiz etmek için, $\tilde{\kappa}_Z/\Lambda - \tilde{\kappa}_\gamma/\Lambda$ düzleminde anormal bağlanmaların 3σ kontör grafikleri farklı κ /Λ değerleri dikkate alınarak a) $m_{t'}$ =600 GeV ve b) $m_{t'}$ =700 GeV için √s=3 TeV düzeyinde grafik 3.5.' te görülmektedir. Bu şekillere göre $\tilde{\kappa}_\gamma/\Lambda$ ve $\tilde{\kappa}_Z/\Lambda$ alt limitleri κ/Λ=0.01 ve $m_{t'}$ =600 GeV için 0.038 TeV^{-1} ve $m_{t'}$ =700 GeV için yaklaşık 0.019 TeV^{-1}'dir. Grafik 3.4 ve 3.5' te t′ kuarkının izin verilen parametre uzay alanı bu çizgilerin üzerindedir.

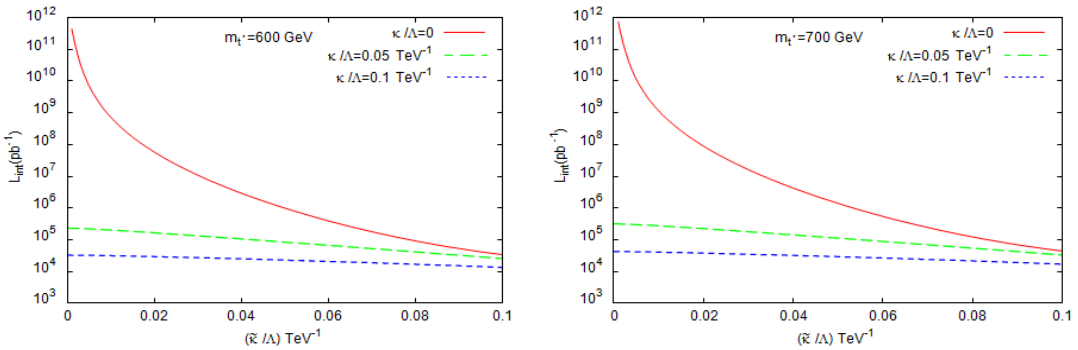
Grafik 3.6' daki anormal bağlanmalara bağlı olarak $\sqrt{s} = 3\ TeV$ de (a) $m_{t'} = 600\ GeV$ ve (b) $m_{t'} = 700\ GeV$ deki değerler için 3σ gözlem limiti en düşük gerekli ışınlık grafiğini elde edildi. $\kappa/\Lambda = \tilde{\kappa}/\Lambda = 0.1\ TeV^{-1}$ durumunda bu grafiklerden de göründüğü gibi 600 GeV ve 700 GeV kütleli t' kuarklar için CLIC' te ile 3σ gözlem limitinde 10^4 pb^{-1}, de en düşük ışıma gözlenebilmektedir.



Grafik 3.4. L_{int}=5,9×10^5 pb^{-1} ve $m_{t'}$ = 600 Gev için 3 TeV kütle merkezi enerjisi ile ulaşılabilecek anormal bağlanma değerleri için 3σ eş düzey grafiği



Grafik 3.5. $m_{t'}$ = 600 Gev ve $m_{t'}$ = 700 Gev için ulaşılabilecek anormal dipol moment bağlanma değerleri için 3σ eş düzey grafiği



Grafik 3.6. 3 TeV kütle merkezi enerjili $m_{t'}$ = 600 GeV ve $m_{t'}$ = 700 GeV için 3σ gözlene bilirlik limiti için anormal bağlanma değerlerine bağlı ulaşılabilir L_{int} değerleri

4. SONUÇ

Bu çalışma içeriğinde dördüncü aile t' kuarkların anormal etkileşmeleri bununla beraber yine t' kuarkların ILC ve CLIC' de tek üretimi araştırılmıştır. t' kuarkların gerçekleşen bütün bozunum durumları için bozunma oranları ve toplam bozunma genişliği CompHEP paket programında hesaplanmıştır.

Lineer hızlandırıcılarda anormal bağlanma değerlerine göre t' kuarkların gözlenebilmesi için izinli alanlar belirlenmiştir. Ağır kuarkların anormal FCNC etkileşimleri, beklenen büyük kütlelerden dolayı bazı parametre alanları için önemli olabilmektedir. Anormal bağlanmalar $(\kappa, \tilde{\kappa})$ ve $(\tilde{\kappa}_\gamma, \tilde{\kappa}_Z)$ duyarlılık $\kappa = 0.01$ değerinde $m_{t'} = 600\ GeV$ için yaklaşık (0,033; 0,033) ve (0,035; 0,038), $m_{t'} = 700\ GeV$ için ise ($\tilde{\kappa}_\gamma, \tilde{\kappa}_Z$) değerleri $\kappa = 0.01$ ve $\Lambda = 1$ TeV' de yaklaşık (0,019; 0,0195) olarak belirlenmiştir. Ayrıca en düşük gerekli ışıma limit değerlerini CLIC için 10^4 pb^{-1} düzeyinde belirledik.

KAYNAKLAR

Holdom, B. (1987). Heavy Quarks and Elektroweak Symmetry Breaking. Phys. Rev. (pp. 58, 177) Erratum.

Hill, C. T., Luty, M. A., Paschos, E. A. (1991). Elektroweak symmetry breaking by fourth generation condensated and the neutrino spectrum. Phys. Rev. D 43 (pp. 13011-3025).

Elliott, T., King, S. F. (1992). Heavy quark condensates from dynamically broken flavor symmetry. Phys. Lett. B (pp. 283-371).

Hung, P. Q., Xiong, C. (2011a) Dynamical elektroweak symmetry breaking with heavy fourth generation. Nucl. Rev. B 848, (pp. 288-302).

Holdom, B. (2006). The discovery of fourth family at the LHC: What if?. JHEP 0608, 076.

Hung, P. Q., Xiong, C. (2011b) Implication of a quasi fixed point with a heavy fourth generation: The emergence of a TeV-scale physical cutoff. Phys. Lett. B 694 (pp. 430-434).

Hung, P. Q., Xiong, C. (2011c) Renormalizasyon group fixed poind with a fourth generation: Higgs-induced bound states and condensates. Nucl. Phys. B 847 (pp. 160-178).

Çakır, O., Şenol, A., Taşçı, A. T. (2009). Single production of fourth-family t' quarks at the CERN Large Hadron Electron Collider. Europhys. Lett. 88,11002.

Hou, W. S., Ma, C. Y. (2010). Flavor and CP violation with fourth generations revisited. Phys. Rev. D 82, 036002.

Bar-Shalom, S., Oaknin, D., Soni, A. (2009). Extended Friedberg Lee hidden symmetries, quark masses and CP-violation with four generations. Phys. Rev. D 80, 015011.

Buras, A. J., Duling, B., Feldmann, T., Heidsieck, T., Promberger, C., Reckiegel, S. (2010). Patterns of flavour violation in the presence of a fourth generation of quarks and leptons. JHEP 1009, 106.

Soni, A., Alok, A. K., Giri, A., Mohanta, R., Nandi, S. (2010). The fourth family: A simple explanation fort he observed pattern of anomalies in B-CP asymmetries. Phys. Lett. B 683, (pp. 302-305).

Eberhardt, O., Lenz, A., Rohrwild, J. (2010). Less space for a new family of fermions. Phys. Rev. D 82, 095006.

Soni, A., Alok, A. K., Giri, A., Mohanta, R., Nandi, S. (2010). SM with four generations: Selected implications for rare B and K decays. Phys. Rev. D 82, 033009.

Alok, A. K., Dighe, A., London, D. (2011). Constraints on the four-generation quark mixing matrix from a fit to flavor-physics data. Phys. Rev. D 83, 073008.

Han, T., Whisnant, B. L., Young, Zhang, X. (1997). Top-quark decay via the anomalous coupling $\bar{t}c\gamma$ at hadron colliders. Phys. Rev. D 55, 7241.

Han, T., Hewett, J. L. (1999). Top-charm associated production in high energy e^+e^- collisions. Phys. Rev. D 60, 074015.

Alan, A. T., Şenol, A., Taşçı A. T. (2003). CP violating asymmetries in the flavour changing single top quark production. Phys. G 29, 279.

Aad, G. et al. (2012). Measurement of the WW cross section in $\sqrt{s} = 7TeV$ pp collisions with the ATLAS detector and limits on anomalous gauge coupling. *ATLAS Collaboration*, Phys. Lett. B 712, 351.

Abazov, V. M. et al. (2010). Dependence of the $t\bar{t}$ production cross section on the transverse momentum of the top quark. *D0 Collaboration*, Phys. Lett. B693,81.

Aaltonen, T. et al. (2009). Search for Top-Quark Production via Flavor-Changing Neutral Currents in W+1 Jet Events at CDF. *CDF Collaboration*, Phys. Rev. Lett. 102, 151801.

Yazgan, E. (2013). Flavor changing neutral current in top quark production and decay. *For the ATLAS and CDF and CMS and D0 Collaboration*, arXiv:1312.5435.

Arık, E., Çakır, O., Sultansoy, S. (2003a). Anomalous single production of the fourth-SM-family quarks decaying into a light scalar boson at the Tevatron. Europhys. Lett. 62. (pp. 332-335).

Arık, E., Çakır, O., Sultansoy, S. (2003b). Anomalous single production of the fourth-SM-family quarks decaying into a light scalar boson at the Tevatron. Phys. Rev. D 67, 035002.

Çakır, I. T., Duran Yıldız, H., Çakır, O. (2009). Anomalous resonant production of the fourth family up type quarks at the LHC. Phys. Rev. D 80, 095009.

Çiftçi, R. (2008). Anomalous single production of the fourth generation quarks at the CERN LHC. Phys. Rev. D 78, 075018.

Şahin, M., Sultansoy, S., Turkoz, S. (2010). Searching for the fourth family quarks through anomalous decays. Phys. Rev. D 82, 051503.

Çakır, O., Çakır, I. T., Şenol, A., Taşçı, A. T. (2012). Anomalous single top production at the large hadron electron col J. Phys. G 39, 055005.

Alan, A. T., Şenol, A., Çakır, O. (2004). Anomalous production of fourth-family up-quarks at future lepton hadron colliders. Europhys. Lett. 66. (pp. 657-660).

Çiftçi, R., Çiftçi, A. K. (2009). A comperative study of the anomalous single production of the fourth generation quarks at ep and γp colliders. arXiv:0904.4489.

Şenol, A., Taşçı, A. T., Ustabaş, F. (2011). Anomalous single production of fourth generation t' quarks at ILC and CLIC, Nuclear Physics B 851. (pp. 289-297).

Linssen, L., Miyamoto, A., Stanitzki M., Weerts, H. (2012). Physics and Detectors at CLIC: CLIC Conceptual Desing Report, arXiv:1202.5940.

Eliam, G., Melic, B., Trampetic, J. (2009). CP violation and the fourth generation. Phys. Rev. D 80, 116003.

Pukov, A., Boss, E., Dubinin, M., Edneral, V., Ilyin, V., Kovalenko, D., Kryukov, A., Sarvin, V., Shichanin, S. (1999). Comphep: A Package for evalation of Feynman diagrams and integration over multiparticle phase space.

Kibar, G. (2008). Dördüncü standart model ailesi fermiyonlarının üretimi ve modelleme çalışmaları. Yükek lisans tezi, *Dumlupınar Üniversitesi.*

Halzen, F., Martin, A. D. (1984). Quarks and leptons: An introductory course in modern particle physics. John Wiley & Sons, Inc., Canada, 396.

Griffiths, D. (1987). Introduction to Elementry Particles, John Wiley & sons,Inc., Canada, 392.

Serway, R. A., Beicher, R. J. (2005). Fen ve mühendislik için fizik. Palme yayıncılık.

EKLER

EK 1 **Feynman Kuralları**
EK 2 **Pauli ve Gama Matrisleri**

EK 1 Feynman Kuralları

Feynman diyagramında parçacıkların etkileşimleri temsil edilir. Feynman diyagramından elde edilen Feynman kuralları ile, parçacıklar arasındaki etkileşmelerin genlik değeri hesaplanır.
Bu ek Griffiths 1987, Barger et al. 1991 çalışmaları dikkate alınarak oluşturulmuştur.

- Gelen ve çıkan parçacıkların isimlendirilmesi;

Spin 0	Spin $\frac{1}{2}$	Spin 1
–	Gelen parçacık : u Gelen karşıt parçacık : $\bar{v}$ Çıkan parçacık : $\bar{u}$ Çıkan karşıt parçacık : v	Gelen ise : $\in^{\mu}$ Çıkan ise : $\in^{\pi^*}$

- Etkileşme faktörü: etkileşen iki kuvvet taşıyıcı parçacığın spin değerlerine göre değişir.

Spin 0	Spin $\frac{1}{2}$	Spin 1
$\boldsymbol{\frac{i}{q^2-(mc)^2}}$	$\boldsymbol{\frac{i(q+mc)}{q^2-(mc)^2}}$	Kütlesiz ise: $\boldsymbol{\frac{-ig_{\mu v}}{q^2}}$ Kütleli ise: $\boldsymbol{\frac{-i[g_{\mu v}-q_{\mu}q_{v}/(mc)^2]}{q^2-(mc)^2}}$

- Köşe faktörü:

  Fermiyonlar foton ile etkileşir ise: $ig_e\gamma^{\mu}$

  Fermiyonlar Z^0 bozon ile etkileşir ise: $\frac{-ig_z}{2}\gamma^{\mu}(g_v - g_A\gamma^5)$

  Leptonlar $W^{\pm}$ bozonu ile etkileşir ise: $\frac{-ig_w}{2\sqrt{2}}\gamma^{\mu}(1-\gamma^5)$

EK 1 ‘ in devamı

μ bozonu ile etkileşir ise: $\frac{-ig_w}{2\sqrt{2}}\gamma^{\mu}(1-\gamma^5)(V_{ij})$

$g_e = \sqrt{4\pi a}, \quad g_z = \frac{g_e}{sin^2\theta_W cos^2\theta_W}, \quad g_W = \frac{g_e}{sin^2\theta_W}$

g_v ve g_A değerleri SM yüksüz ve eksensel vektör bağlanmalarıdır. Fermiyonlar için vektör bağlanmalar tablodaki gibidir;

Fermiyonlar	g_v	g_A
v_e, v_μ, v_τ	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
e^-, μ^+, τ^-	$-\frac{1}{2}+2sin^2\theta_W$	$-\frac{1}{2}$
u, c, t	$\frac{1}{2}-\frac{4}{3}sin^2\theta_W$	$\frac{1}{2}$
d, s, b	$-\frac{1}{2}+\frac{2}{3}sin^2\theta_W$	$-\frac{1}{2}$

EK 2 Pauli ve Gama Matrisleri

Pauli Matrisleri

Pauli matrisleri hermityen ve birim matrislerden oluşup, sayısal değerlerini karmaşık sayılardan alır. İzi sıfır olan 2×2 matrislerdir. Aşağıdaki gösterildiği gibi tanımlanır;

$$\sigma_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \ \sigma_2 = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \ \sigma_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Özellikleri;

$\sigma_i \sigma_j = \delta_{ij} + \epsilon_{ijk} \sigma_k$

$[\sigma_i \sigma_j] = 2\epsilon_{ijk} \sigma_k$ komütatör

$\{\sigma_i \sigma_j\} = 2\delta_{ij}$ antikomütatör

$(a.\sigma)(b.\sigma) = a.b + i\sigma.(a \times b)$;

$e^{i\theta - \sigma} = \cos\theta + i\theta.\sigma \sin\theta$

Şeklinde tanımlanır (Griffiths 1987, Barger and Phillips 1997).

Gama Matrisleri

Gama matrisleri dirac matrisler olup izi sıfırdır ve 4×4 matrislerdir.

$$\gamma^0 = \begin{pmatrix} I & 0 \\ 0 & -I \end{pmatrix} \ \gamma^i = \begin{pmatrix} 0 & \sigma^i \\ -\sigma^i & 0 \end{pmatrix} \ i = 1,2,3.$$

Yukarıdaki matriste I değeri 2×2 birim matrisini, 0 ise 2×2 sıfır matrisini ifade eder. σ^i ise Pauli matrislerini ifade eder. Bu matrislerin antikomütatör ilişkisi;

$\{\gamma^\mu \gamma^\nu\} = \gamma^\mu \gamma^\nu + \gamma^\nu \gamma^\mu = 2g^{\mu\nu}$

Şeklinde tanımlanır. $(\gamma^0)^2 = I$ ve $\left(\gamma^i\right)^2 = -I$ olup, $g^{\mu\nu}$ metrik tensörü ifade eder.

Metrik tensör; $g^{\mu\nu} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$ şeklinde tanımlanır.

EK 2 ‘ nin devamı

Burada ki $g^{\mu v} g_{\mu v} = 4$’dür.

Gama matrislerine ait bazı özellikler;

$\gamma_\mu \gamma^\mu = 4$

$\gamma_\mu \gamma^v \gamma^\mu = -2\gamma^v$

$\gamma_\mu \gamma^v \gamma^\lambda \gamma^\mu = 4g^{v\lambda}$

$\gamma_\mu \gamma^v \gamma^\lambda \gamma^\sigma \gamma^\mu = -2\gamma^\sigma \gamma^\lambda \gamma^v$

$\sigma_{\mu v} = (i/2)[\gamma^\mu, \gamma^v]$

$\sigma_{\mu v} = -\sigma_{v\mu}$

Ve γ^5 matrisi; $\gamma^5 \equiv \gamma_5 \equiv i\gamma^0\gamma^1\gamma^2\gamma^3 = -i\gamma_0\gamma_1\gamma_2\gamma_3$ şeklinde tanımlanır.

$(\gamma^5)^2 = I$ ve $\{\gamma^\mu, \gamma^5\} = 0$ ‘dır.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Çiğdem ÇİÇEK

Doğum Yeri ve Yılı : Kastamonu 11.06.1987

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : cigdem_verep@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Kastamonu Göl Anadolu Öğretmen Lisesi

Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi- Fizik Öğretmenliği

Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi - Fizik

Kastamonu Üniversitesi - Elektrik-Elektronik Mühendisliği (Özel Öğrenci)

Mesleki Deneyim

İş Yeri : BSH Ev Aletleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. (3 yıl)

Yayınları

- T. Tasci, A. Senol, C. Verep, "Analyzing the Anomalous Dipole Moment Type Couplings of Heavy Quarks with FCNC Interactions at the CLIC", Advances in High Energy Physics Volume 2014, Article ID 717848, http://dx.doi.org/10.1155/2014/717848.