

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

**ELEKTRON-DÖTERON SAÇILMASINDA KAYIP
KÜTLENİN ELDESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ASIYE DEMİRAĞ

Enstitü Anabilim Dalı : FİZİK
Tez Danışmanı : Doç. Dr.
BARIŞ TAMER TONGUÇ

Haziran 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

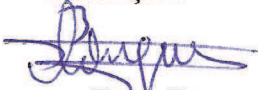
ELEKTRON-DÖTERON SAÇILMASINDA KAYIP
KÜTLENİN ELDESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ASIYE DEMİRAĞ

Enstitü Anabilim Dalı : FİZİK

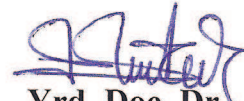
Bu tez 09/06/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



Doç. Dr.
Barış Tamer TONGUÇ
Jüri Başkanı



Doç. Dr.
Mehmet BEKTAŞOĞLU
Üye



Yrd. Doç. Dr.
Hüseyin KOCAMAN
Üye

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasının her aşamasında bana büyük destek veren ve bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Barış Tamer TONGUÇ'a sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek Lisans süresi boyunca yardımına ihtiyaç duyduğum anda hiç tereddüt etmeden destek ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Mehmet BEKTAŞOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Fizik Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Recep AKKAYA Hocama öğrenimim süresince çok değerli bilgilerinden yararlanma fırsatı verdiği için çok teşekkür ederim.

Yüksek Lisans süresi boyunca çalışma arkadaşım olan Neslihan İR ve Şule ÇİTÇİ'ye teşekkür ederim.

Ayrıca bana her konuda destek veren ve vermeye devam eden, hayatım boyunca hiç koşulsuz yanımda olan canım aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
BATES HIZLANDIRICISI VE BLAST SPEKTROMETRESİ	3
2.1. Bates Hızlandırıcısı.....	4
2.2. BLAST Spektrometresi.....	5
2.2.1. Sürüklenme odacıkları.....	6
2.2.2. Çerenkov sayaçları.....	7
2.2.3. TOF Sintilatörü.....	8
2.2.4. Nötron Sayaçları.....	9
2.2.5. Bobin.....	9
BÖLÜM 3.	
KİNEMATİK NİCELİKLER.....	10
3.1. Elektron Döteron Saçılması.....	10
3.1.1. Döteron temel özellikleri.....	10
3.2. Elektron Döteron Saçılmasında Kinematik Nicelikler.....	10
3.2.2. Kayıp momentum	11

3.2.3. Kayıp enerjisi	13
3.2.4. Kayıp kütle	14
BÖLÜM 4.	
ANALİZ.....	16
4.1. Veri Yapısı.....	17
4.2. Parçacık Tespiti.....	17
4.3. Katı Açısı.....	19
4.4. Saçılmalardaki Momentum Transfer Dağılımları.....	20
4.5. Saçılma Türleri.....	21
4.5.1. Esnek elektron-döteron saçılması.....	22
4.5.6. Esnek olmayan elektron-döteron saçılması.....	22
4.6. Elektron ve Pion Tespiti.....	22
4.7. Reaksiyon Kanalı Analizi.....	26
4.8. Olayların Üretimi.....	26
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	29
KAYNAKLAR.....	31
EKLER.....	32
ÖZGEÇMİŞ.....	41

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

MIT	: Massachusets Institute of Tecnology
BLAST	: Bates Large Acceptance Spectrometer Toroid
LNS	: Nükleer Bilim Laboratuvarları
TOF	:Time of Flight sintilatörleri
e^-	:electron
c	:Işık hızı
P	:Momentum
E	:Enerji
γ	:Foton
λ_{\min}	:Minimum dalga boyu
θ	:Saçılan elektron demetinin z eksenine yaptığı açı
Φ	:Saçılan electron demetinin iz düşümünün x eksenine yaptığı açı
Z	:Hedef uzunluğu
p'	:Saçılan elektronun momentumu
q^2	:Aktarılan üç vektör momentum transfer karesi
Q^2	:Aktarılan dört vektör momentum transfer karesi
M_x	:Kayıp kütle

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Massachusetts Middleton' da kurulu olan MIT Bates Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi.....	2
Şekil 2.2.	BLAST (= Bates Large Acceptance Spectrometer Toroid) Doğrusal Hızlandırıcı Merkezinin kroki görünüşü.....	4
Şekil 2.3.	BLAST Spektrometresini oluşturan yapılar.....	6
Şekil 2.4.	Sürüklenme odacıklarının izometrik görüntüsü.....	7
Şekil 3.1.	Elektron-döteron saçılmasının genel bir tasviri.....	10
Şekil 4.1.	Saçılmanın genel bir tasviri.....	16
Şekil 4.2.	BLAST Dedektöründe sol sektörde θ açısı.....	17
Şekil 4.3.	BLAST Dedektörünün kesit görünümünden \emptyset açısı	17
Şekil 4.4.	(a) Dedektörün sağ sektörüne gelen parçacık kodları (b) Dedektörün sol sektörüne gelen parçacık kodları.....	18
Şekil 4.5	(a) Dedektörün sağ sektörüne gelen parçacıkların hedeften gelme koşulu (b) Dedektörün sol sektörüne gelen parçacıkların hedeften gelme koşulu.....	19
Şekil 4.6	Katı aç gösterimi.....	20
Şekil 4.7	Sağ ve sol sektör için q^2 dağılımı.....	21
Şekil 4.8.	Sağ ve sol sektör için Q^2 dağılımı	21
Şekil 4.9.	(a) Sol sektöre gelen elektron parçacık kodu (b) sağ sektöre gelen pion parçacık kodu.....	23
Şekil 4.10.	Sağ ve sol sektör için (a) elektron (b) pion için φ aç dağılımları.....	24
Şekil 4.11.	Sağ ve sol sektörde (a) elektron (b) pion için z dağılımı.....	24
Şekil 4.12.	Sağ ve sol sektörde (a) elektron (b) pion için momentum dağılımı.....	25
Şekil 4.13	Değişmez kütle dağılımı.....	27

Şekil 5.1.	Kayıp enerji dağılımı.....	29
Şekil 5.2.	Kayıp momentum dağılımı.....	29
Şekil 5.3.	Kayıp kütle dağılımı.....	30

ÖZET

Anahtar kelimeler: MIT Bates Laboratuvarı, BLAST, Elektron – Döteron saçılması, Kayıp kütle, Yüklü parçacık, Dört vektörler, Aktarılan momentum transferi

MIT Bates Laboratuvarında 2003 ve 2005 yılları arasında BLAST spektrometresinden yararlanılarak 850 MeV enerjili polarize elektron demetinin polarize hidrojen ve döteron hedefe gönderilerek bir dizi çarpıştırma deneyi yapılmıştır. Saçılan ve reaksiyon esnasında meydana gelen parçacıkların yükü, momentumu, konumu gibi bilgiler BLAST Spektrometresi ile ölçülerek kaydedilmiştir. Saçılma verisine bakılarak $d(e^-, e'\pi^+)X$ reaksiyonunda p'ların Δ^+ 'ya uyarılmasından 10^{-23} sn. sonra n ve π^+ 'ya bozunmalarından nasıl kayıp kütle dağılımı verdiğine bakılmıştır.

EXTRACTION OF MISSING MASS IN THE ELECTRON-DEUTERON SCATTERING

SUMMARY

Key Words: Missing mass, BLAST, MIT Bates Laboratory, Electron-Deuteron scattering, Charged particle, Four vectors

Data consisting of the Polarized electron beam with 850 MeV energy incident upon the polarized hydrogen and deuterium target have been collected at MIT Bates Laboratory using the BLAST Spectrometer between 2003 and 2005. In this work, the missing mass distribution for $d(e^-, e'\pi^-)$ reaction channel has been extracted by detecting the scattered electron and positively charged pion simultaneously using the deuterium data.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Parçacık Fiziği atom altı parçacıkları ve bunların birbirleriyle etkileşimlerini inceleyen bir bilim dalıdır. Atom altı parçacıkların yarı ömürleri çok kısa olduğundan normal şartlar altında etkileşimleri gözlemlenemez. Bu sebeple atom altı ölçekteki parçacıklar arasındaki etkileşmelerinin incelenmesi ancak kuramsal hesaplamalar ve deneysel analizlerin sonuçlarının birbirleriyle kıyaslanmasıyla mümkündür. Bu deneysel analiz yöntemlerinin başında saçılma olayları gelmektedir.

Saçılma olayı demet parçacıkların hızlandırılarak hedef üzerine gönderilmesi sonucu gerçekleşir. Parçacıkların hızlandırılması işleminde hızlandırıcılardan yararlanılırken saçılan parçacıkların tespit edilmesi saçılan parçacıklara ait bilgilerin elde edildiği bir veya daha fazla dedektörden oluşan spektrometreler aracılığıyla olur. Parçacığın yükü, momentumu ve saçılma açısı bu bilgilerden birkaçıdır.

Bu tez çalışmasında MIT Bates Laboratuvarı'nda elde edilen elektron-döteron saçılma verisinin analizi yapılmıştır. Bu saçılma olayı için kayıp kütle niceliğinin ifadesi elde edilmiştir. MIT Bates Hızlandırıcısı'nda 850 MeV'lik enerjiye kadar hızlandırılan polarize elektronların polarize döterondaki proton ile etkileşimleri sonucunda üretilen parçacıkların özellikleri incelenerek kayıp kütleli parçacığın kimliği belirlenmiştir. Analizler büyük ölçekte veri analizine olanak sağlayan nesne tabanlı ROOT analiz programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 2. BATES HIZLANDIRICISI VE BLAST SPEKTROMETRESİ



Şekil 2.1. Massachusetts Middleton' da kurulu olan MIT Bates Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi

MIT Bates Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi Massachusetts Middleton'da kurulmuştur. Hızlandırıcı yer altında olup mühendislik, araştırma ve yönetim binaları, araç park yerleri vs. yer yüzeyindedir.

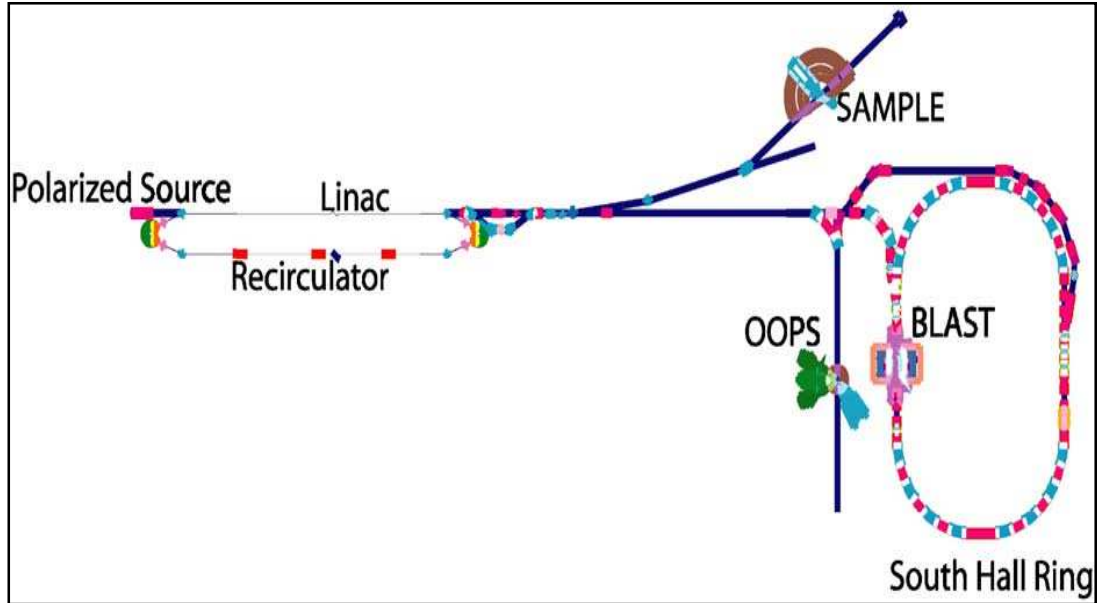
Bates, Nükleer fizik için ulusal kullanıcı tesisi olarak, 30 yıldır büyüyen çoklu-çarpışma görevine sahiptir. Deneysel Nükleer Fizik programı, BLAST deneyinin tamamlanması ile 2005'te sona ermiştir.

Başka bir deyişle, Araştırma ve Uygulama Merkezi olan Bates tarafından, LNS öğretim üyelerinin deneysel programları için destek sağlanan Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığının Nükleer Fizik bölümünden bir fon temin edilmiştir. Büyük dedektörün ve spektrometre sistemlerinin dizaynına ve gelişimine katkıda bulunma gibi bir dizi uygulama için Bates' teki personel ve malzeme çok uygundur. AR-GE Merkezi projeleri;

- Jefferson Lab.' da QWeak deneyi için toroidin dizaynı ve yapısını,
 - Brookhaven Ulusal Lab.' da STAR deneyi için GEM prototip odacıkları ve elektronik çıktının dizaynı ve yapısını,
 - STAR' ın bir silisyum izleme dedektörü yükseltgenmesi için destek yapısının dizaynını,
 - Başlıca Kavramsal Dizayn Raporu olan elektron-iyon parçacık hızlandırıcısı eRHIC için elektron hızlandırıcısı ve bellek halkası dizaynını,
 - eRHIC için polarize eden kaynak geliştirilmesini,
 - SNO ve KATRIN' de nötrino fiziği için dedektör geliştirilmesini,
- içerir.

Bates Merkezinin başka bir fonksiyonu, diğer laboratuvarlar için Bates' deki benzer sistemlerde de bilirkişi tarafından sözleşmeli olarak uygulanan, projeler ve yapım çalışmalarında araştırma ve geliştirmedir. Ayrıca, MIT öğretim görevlileri ve dışarıdaki gruplar ile işbirliği içinde yapılan küçük hızlandırıcıların yeni uygulamaları için yer ve teknik destek sağlanılmaktadır [2].

2.1. Bates Hızlandırıcısı



Şekil 2.2. BLAST (= Bates Large Acceptance Spectrometer Toroid) Doğrusal Hızlandırıcı Merkezinin kroki görünüşü [1]

Bates doğrusal hızlandırıcı spektrometre toroid (BLAST) deneyi, 2003'den 2005'e kadar MIT Bates doğrusal hızlandırıcı merkezinde veri alımında kullanılmıştır. Dedektör ve deneysel program, bir veya birkaç nükleon içeren sistemlerde spine bağlı elektromanyetik etkileşimi sistematik olarak çalışmak amacıyla tasarlanmıştır. Tesis bir elektron demetini kutuplaştırmayı gerçekleştiren 850 MeV elektron hızlandırıcısı ve devirdaim sistemi içermektedir.

Şekil 2.2'de BLAST Spektrometresi şematik olarak gösterilmektedir. Elektron demeti "Polarized Source" bölümünde polarize edildikten sonra radyo frekans dalgalarıyla doğrusal olarak hızlandırılır. Hızlandırılmış elektronlar kuzey veya güney hol halkasına yönlendirilirler. Güney Hol Halkası (SHR) BLAST Deneyi süresince depolama modunda çalıştırılır. Güney Hol Halkası'nda elektronlar boyuna polarize edilir. Hızlandırılmış elektronların yol boyunca kazandıkları enerji yaklaşık 850 MeV civarındadır. Bu enerjiye sahip elektronlar, BLAST spektrometresinde

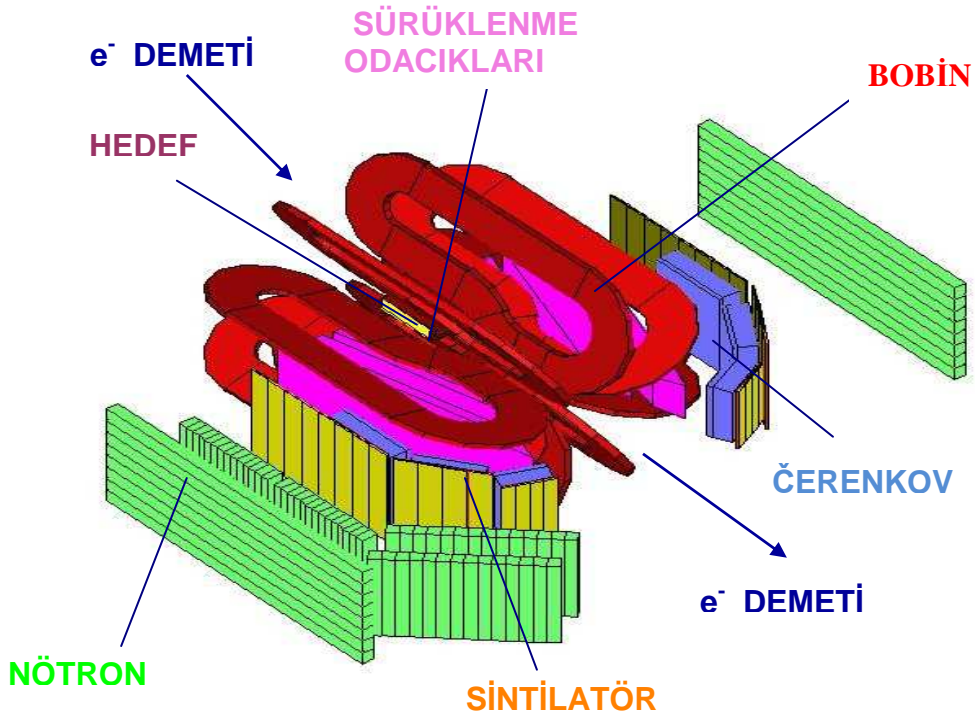
yeterli sayıya ulaşınca, hedef parçacıklara çarpmaları sağlanır ve böylece elektron saçılması olayı gerçekleştirilir. Sonuç olarak deney iki aşamalı olarak gerçekleştirilir:

-Elektron demeti hızlandırılarak boyuna polarizasyon ile Güney Hol Halkası içine yönlendirilir.

-Blast düzeneğinin tam üzerinde kurulmuş olan Compton Polarimetresi halkadaki kutuplanmış elektronun polarizasyonunu sürekli gözetler [1].

2.2. BLAST Spektrometresi

BLAST Dedektörü güney hol halkasında içeri akış noktasının aşağısında konumlanmıştır. Dedektör sekiz kısımdan oluşur (Şekil 2.3). İki yatay kısım dedektör elemanlarına yardım ederken, iki dikey kısım ışının pompalanması için iç hedefler tarafından kullanılır. Sağ kısımda bulunan nötron dedektörlerinin dışında dedektör sağ sol simetrisine sahiptir. Spektrometre iz belirleyen sürüklenme odacıklarını, elektron pion ayrımını yapan Çerenkov dedektörünü, reaksiyon oluşumunun görelî zamanlamasını belirlemek, tetikleme zamanlamasını sağlamak için TOF sintilatörünü ve de nötronları saptamak için kalın plastik sintilatör duvarlarını içerir. BLAST Spektrometresini oluşturan sağ sol simetrisine sahip sektörler Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Bu sektörlerin özellikleri alt bölümlerde detaylı bir şekilde açıklanmıştır [1].



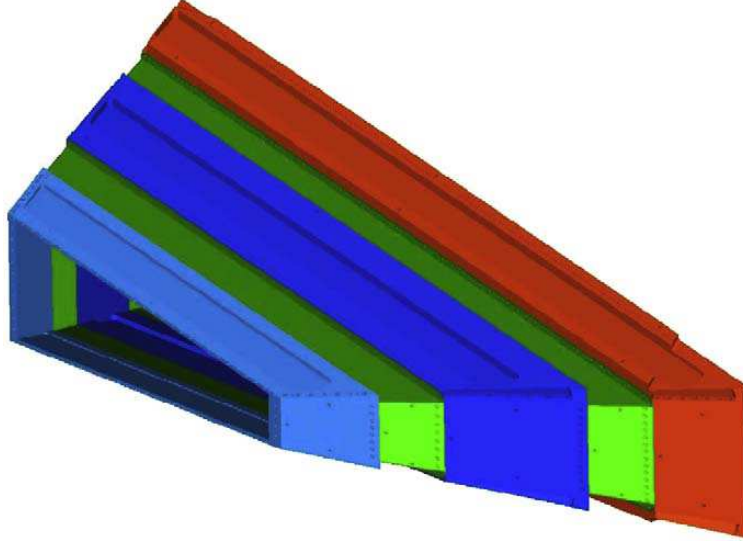
Şekil 2.3. Blast Spektrometresini oluşturan sektörler [2].

2.2.1. Sürüklenme odacıkları

Sürüklenme odacıkları ile saçılan parçacıkların ortamdaki gazı iyonize ederek bıraktıkları izlerden, parçacıkların momentum, yük ve dedektör içerisindeki 3-boyutlu pozisyonları ölçülür. Bu ölçümler, 3- boyutludan toroidal manyetik alana doğru ve yeniden yapılandırılan yörüngelerde izlenen yüklü parçacıklar ile yapılır. İzlerin eğrilik ölçüsü, parçacıkların momentumunu verir ve eğriliğin doğrultusundan yükleri belirlenir. İzlenen parçacıkların yörüngelerinden, hedef bölgesinden gelen belirli bir manyetik alana doğru belirlenmiş olan polar θ ve azimutsal φ saçılma açılarına izin verir. Bir demet eksenine en yakın pozisyon, olay için etkileşim pozisyonu olarak alınır. Parçacığın sürüklenme odacığında bıraktığı izden yola çıkarak saçılmanın nerede meydana geldiğini kullanılan modele bağlı olarak belirli bir yaklaşıklıkla belirlemek mümkündür ki buna “etkileşim pozisyonu” da denir.

Sürüklenme odacıkları büyük kabul bölgesine sahiptir ve yatay düzleme göre θ açısı (polar açılmal bölge) 20^0 - 80^0 ve φ (azimutsal açıl bölgesi) $\pm 15^0$ de yerleştirilmiş ve

yönlendirilmiştir. Böylelikle demete göre 73.54° ile saçılan maximum enerjide bir parçacık odacıkların yüzeyine dik girecektir. Bütün bu seçimlerden dolayı odacıklar ikizkenar yamuk şeklindedir [1]. (Şekil 2.4' da görülmektedir.)



Şekil 2.4 Bir tek gaz ortamı hücrenin içine toplanan 3 sürüklenme odacığının izometrik görüntüsü.

BLAST' ta her sektör, tek gaz ortamı hücrede iki tane birbirine bağlı bölüm ile birbirine bağlanmış 3 sürüklenme odacığı (iç, orta ve dış) bulundurur. Böylece, sadece tek giriş ve çıkış penceresi, birleştirilmiş sürüklenme odacıklarına, bundan dolayı da enerji kaybının minimize olmasına ve böylece çoklu saçılmaya gerek duyularak yapılmıştır.

2.2.2. Çerenkov dedektörleri

Her sektöründe sürüklenme odacıklarının hemen arkasında bulunan Aerojel Çerenkov dedektörleri 89% verimle 700 MeV/c' ye kadar elektronları tespit etmek için Arizona State Üniversitesi' nde tasarlanmış ve üretilmiştir [2]. Bu dedektörler, Blast' ta tam olarak ayırımı yapılamayan elektronlar ve pionlar arasında ayırım yapmak için kullanılır. Aerojel Çerenkov dedektörü kompakt dedektör üretmek ve enerji kaybını azaltmak için seçilmiştir.

2.2.3.TOF sintilatörü

Her bir sektörde 16 dikey panel TOF detektörünü oluşturur. TOF detektörü çarpan sintilatör panelinden bağımsız olarak hedefte her bir olayın zamanıyla ilişkili ve kararlı hızlı zamanlama sağlamak amacıyla New Hampshire Üniversitesi'nde tasarlanmış ve üretilmiştir. Tüm diğer bileşenler için veri elde etme sistemi, sayacı tetiklemek için kullanılmakta ve özellikle sürüklenme odacıkları için ortak dur sinyali sağlamaktadır. Bu ölçülen tüm bileşenler arasında görelî zamanlamaya olanak sağlar. TOF dedektörü aynı zamanda parçacığın kimliğinin belirlenmesi için aktarılan enerjinin bir ölçümünü sağlamaktadır. İsbet noktasının konum bilgisi üst ve alt foto çoğaltıcı tüpler arasındaki zamanlama farkından elde edilebilir.

TOF detektörü sürüklenme odacıkları ve Çerenkov detektörlerinin arkasında yerleşir. Kabaca hem kutupsal hem de azimut açıları bakımından iz detektörünün açısal kapsamına karşılık gelir. İlerdeki dört TOF paneli $\theta < 40^\circ$, 119,4 cm yüksekliğinde, 15,2 cm genişliğinde ve 2.54 cm kalınlığındadır. $\theta > 40^\circ$ olan iki panel ise 180 cm yüksekliğinde, 26,2 cm genişliğinde ve 2.54 cm kalınlığındadır.

Bicon plastik sintilatörlü malzeme hızlı tepkili ve uzun azaltma uzunluğu mesafesinden dolayı seçilmiştir. Her bir sintilatör çubuğunun ucundan değerler okunur. Her sintilatör panelinin iki ucundan üç in çapında foto çoğaltıcı tüplere (PMT) monte edilmiş yansıtıcı lucide ışık kılavuzları yardımıyla okunur. Işık kılavuzları etkileşme bölgesinden uzaklaşacak yöne doğru bükülmüşlerdir. Böylelikle PMT kabaca halkasal magnetik alana dik olur.

Duylar aktif bir şekilde voltaj bölücülerini kararlı hale getirmektedir. Böylelikle zamanlama kazanımdan bağımsız hale gelir. Okumak suretiyle elde edilecek zamanlama farkı konum yer bilgisi sağlar.

TOF boyunca yerden bağımsız zamanlama sinyali sağlamak için her bir PMT den elde edilen sinyaller bölünür, her bir tüp çiftinden bir kısım ortalama zamanlayıcıya gider [1].

Her bir TOF hedef merkezinden farklı mesafelerde olduğu için, uzunluk farkını kat edecek rölativistik parçacıklar için karşılık gelen zaman farkı kadar bir gecikme yakın dedektörlere ilave edilmiştir. Bu zaman farkları hedef odacığına yakın; ince bir sintilatör parçacığının hedefe yakın yerleştirilmesiyle ve bu parçadan gelecek ortak başlatmaya göre; TOF dedektör zamanlamasının ölçülmesi yoluyla her bir sektör için elde edilir. Böylelikle hedefteki olayın zamanı ile ilişkilendirilmektedir. Her bir foto tüpten gelen sinyaller TDC ve ADC lere dağıtılmaktadır.

2.2.4. Nötron sayaçları

Bu sayaçlar kalın duvarlı olup, nötron tespiti için kullanılır. Nötron sayaçlarında sağ-sol simetrisine gerek görülmemiştir.

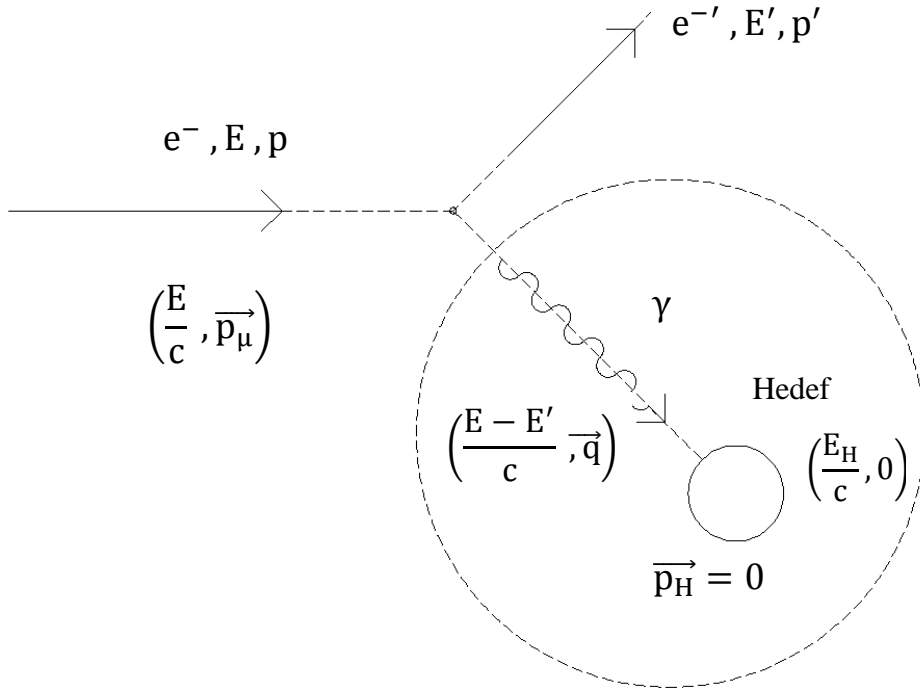
2.2.5. Bobin

Saçılan parçacığın hareket ettiği yollar üzerindeki manyetik alan bobinlerle oluşturulur. Parçacık eğer yüklüyse manyetik alandan dolayı eğri bir yörünge izler. Manyetik alana bağlı olarak izledikleri yörünge sürüklenme odacıklarında kayıt edilerek parçacıkların momentumları ölçülür. Ayrıca, sintilatörde bıraktıkları izlerin iç ve dış bükey olma durumuna göre yükün cinsi hakkında doğrudan bilgi edinilir [2].

BÖLÜM 3. KİNEMATİK NİCELİKLER

3.1. Elektron-Döteron Saçılması

Elektron-döteron saçılmasında hedefe gönderilen elektronlar ile saçılan elektronlar arasında aktarılan momentum transferleri ve kayıp kütle niceliğinin kinematik çıkarımları yapılırken aşağıdaki şekilden yararlanılabilir.



Şekil 3.1. Elektron-döteron saçılmasının genel bir tasviri

Elektron - döteron saçılma sürecinde hesaplanan ve kullanılan kinematik nicelikler verilmeden önce saçılmadaki hedef parçacık olan döteronun özelliklerini hatırlayalım.

3.1.1. Döteronun temel özellikleri

Bir döteron ^2H çekirdeği bir nötron ve bir protondan oluşmaktadır. Bir nötr ^2H atomuna döteryum denir. Döteron nükleonların en basit bağlı halidir ve bu yüzden nükleon-nükleon etkileşmesini incelemek için ideal bir örnektir. Bu nedenle döteron çekirdek fiziği için çok önemlidir.

Hidrojenin uyarılmış durumları arasındaki elektromanyetik geçişlerin ölçülen Balmer serilerinin hidrojenin yapısını anlamayı sağladığı gibi, döteronun uyarılmış durumları arasındaki elektro manyetik geçişlerde onun yapısını anlamayı sağlamalıdır. Ancak döteronun hiçbir uyarılmış durumu yoktur. Döteron öyle zayıf bağlı bir sistemdir ki, yalnız uyarılmış durumlar serbest bir proton ve serbest bir nötrondan ibaret olan bağlı olmayan bir sistemdir. Bağlanma enerjisi $E_b \sim 2.3 \text{ MeV}$ 'dir. Deneysel olarak minimum 2.23 MeV enerjili gama ışını ile bir döteryumun bir serbest nötron ve protona ayrılacağı gösterilebilir [6].

3.2. Elektron – Döteron Saçılmasında Kinematik Nicelikler

Elektron döteron saçılması deneylerinden biri olan MIT Blast Deneyi'nden elde edilen verinin analizinde aşağıdaki kinematik nicelikler hesaplanarak kullanıldı.

1. Saçılma esnasında aktarılan üç momentum karesi

$$q^2 = p^2 + p'^2 - 2pp'\cos\theta \quad (3.1)$$

2. Sanal fotonun dört momentum karesi

$$Q^2 = -4 p_e p'_e \sin^2 \theta / 2 \quad (3.2)$$

3. Hadronik sistemlerin değişmez kütlesi olan W (c ışık hızının bir olduğu birim sisteminde)

$$W = (2pp'(\cos\theta - 1) + m_p^2 + 2m_p(p - p'))^{\frac{1}{2}} \quad (3.3)$$

3.2.1. Kayıp momentum

Elastik olmayan saçılmada öncelikle kayıp momentum hesaplandı. Bundaki amaç kayıp momentum eşitliğini kullanarak inelastik saçılma sürecindeki kayıp enerji ve sonrasında kayıp kütleinin kinematik formüllerinin belirlenmesidir.

Elektronun döteronun nükleonuyla etkileşmesi sürecinde

$$\begin{aligned} \vec{q} &= q_x \hat{i} + q_y \hat{j} + q_z \hat{k} && \text{(saçılma sırasında aktarılan üç momentum)} \\ E_\pi &= \sqrt{P_\pi^2 c^2 + m_\pi^2 c^4} && (\Delta^+ \text{ bozunumundan oluşan pionun enerjisi}) \\ \vec{P}_\pi &= P_{\pi x} \hat{i} + P_{\pi y} \hat{j} + P_{\pi z} \hat{k} && \text{(pionun üç momentumu)} \end{aligned} \quad (3.4)$$

olmak üzere,

Esnek olmayan elektron-döteron saçılmasındaki kayıp momentumu dört vektörler cinsinden

$$P_X = Q + P_p + P_\pi$$

$$\left(\frac{E_x}{c}, \vec{P}_x \right) = \left(\frac{E-E'}{c}, \vec{q} \right) + \left(\frac{m_p c^2}{c}, 0 \right) - \left(\frac{E_\pi}{c}, \vec{P}_\pi \right) \quad (3.5)$$

$$\left(\frac{E_x}{c}, \vec{P}_x\right) = \left(\frac{E-E'}{c} + \frac{m_p c^2}{c} - \frac{E_\pi}{c}, \vec{q} - P_\pi\right) \quad (3.6)$$

şeklinde ifade edebiliriz. Eşitlik 3.4 deki parantez içleri taraf tarafa eşitlenirse

$$\vec{P}_x = \vec{q} - \vec{P}_\pi$$

$$\vec{P}_x = (q_x - p_{\pi x})\hat{i} + (q_y - p_{\pi y})\hat{j} + (q_z - p_{\pi z})\hat{k} \quad (3.7)$$

şeklinde açılabilir. Aktarılan üç momentum transfer karesi (q^2) ve pionun momentumu üç boyutlu uzayda kartezyen koordinatlar kullanılarak

$$\begin{aligned} q_x &\rightarrow = (-p_e' \sin\theta_e \cos\varphi_e)\hat{i} \\ q_y &\rightarrow = (-p_e' \sin\theta_e \sin\varphi_e)\hat{j} \\ q_z &\rightarrow = (0,85 - p_e' \cos\theta_e)\hat{k} \end{aligned}$$

ve

$$\begin{aligned} \vec{P}_{\pi x} &= (p_\pi \sin\theta_\pi \cos\varphi_\pi)\hat{i} \\ \vec{P}_{\pi y} &= (p_\pi \sin\theta_\pi \sin\varphi_\pi)\hat{j} \\ \vec{P}_{\pi z} &= (p_\pi \cos\theta_\pi)\hat{k} \end{aligned}$$

şeklinde bileşenlerine ayrılabilir. Bu ifadeler eşitlik 3.5 da yazılırsa

$$\begin{aligned} \vec{P}_{x_x} &= (q_x - p_{\pi x})\hat{i} = (-p_e' \sin\theta_e \cos\varphi_e - p_\pi \sin\theta_\pi \cos\varphi_\pi)\hat{i} \\ \vec{P}_{x_y} &= (q_y - p_{\pi y})\hat{j} = (-p_e' \sin\theta_e \sin\varphi_e - p_\pi \sin\theta_\pi \sin\varphi_\pi)\hat{j} \\ \vec{P}_{x_z} &= (q_z - p_{\pi z})\hat{k} = ((p - p_e' \cos\theta_e) - p_\pi \cos\theta_\pi)\hat{k} \end{aligned} \quad (3.8)$$

Kayıp momentum bileşenleri elde edilir. Bu ifadelerin kareleri toplamı yardımıyla kayıp momentumun üç boyutlu uzaydaki en genel hali elde edilmiş olur.

Kayıp momentumun bu bileşenlerinin her birinin kareleri alınıp

$$P_{X_x}^2 = (P_e'^2 \sin^2 \theta_e \cos^2 \varphi_e + P_\pi^2 \sin^2 \theta_\pi \cos^2 \varphi_\pi + 2P_e' \sin \theta_e \cos \varphi_e P_\pi \sin \theta_\pi \cos \varphi_\pi)$$

$$P_{X_y}^2 = (P_e'^2 \sin^2 \theta_e \sin^2 \varphi_e + P_\pi^2 \sin^2 \theta_\pi \sin^2 \varphi_\pi + 2P_e' \sin \theta_e \sin \varphi_e P_\pi \sin \theta_\pi \sin \varphi_\pi)$$

$$P_{X_z}^2 = P_e^2 + P_e'^2 \cos^2 \theta_e - P_e P_e' 2 \cos \theta_e + P_\pi^2 \cos^2 \theta_\pi \\ - P_e P_\pi 2 \cos \theta_\pi + 2P_\pi \cos \theta_\pi P_e' \cos \theta_e$$

denklemleri elde edilir. Bu ifadeler toplanıp karekökü alınırsa kayıp momentum elde edilmiş olur.

$$P_{X_x}^2 + P_{X_y}^2 + P_{X_z}^2 = P_e'^2 \sin^2 \theta_e (\cos^2 \varphi_e + \sin^2 \varphi_e) \\ + P_\pi^2 \sin^2 \theta_\pi (\cos^2 \varphi_\pi + \sin^2 \varphi_\pi) \\ + 2P_e' P_\pi \sin \theta_e \sin \theta_\pi (\cos \varphi_e \cos \varphi_\pi + \sin \varphi_e \sin \varphi_\pi) \\ + P_e^2 + P_e'^2 \cos^2 \theta_e - 2P_e P_e' \cos \theta_e + 2P_\pi \cos \theta_\pi P_e' \cos \theta_e$$

$$P_X^2 = P_e'^2 (\sin^2 \theta_e + \cos^2 \theta_e) + P_\pi^2 (\sin^2 \theta_\pi + \cos^2 \theta_\pi) \\ + 2P_e' P_\pi \sin \theta_e \sin \theta_\pi (\cos \varphi_e \cos \varphi_\pi + \sin \varphi_e \sin \varphi_\pi) \\ + P_e^2 - 2.0.85 (P_e' \cos \theta_e + P_\pi \cos \theta_\pi) + 2P_\pi P_e \cos \theta_e \cos \theta_\pi$$

$$P_X^2 = P_e'^2 + P_\pi^2 + P_e^2 + 2P_e' P_\pi \sin \theta_e \sin \theta_\pi (\cos \varphi_e \cos \varphi_\pi + \sin \varphi_e \sin \varphi_\pi) \\ - 2P_e (P_e' \cos \theta_e + P_\pi \cos \theta_\pi) + 2P_\pi P_e' \cos \theta_e \cos \theta_\pi \quad (3.9)$$

3.2.2. Kayıp enerji

Eşitlik 3.5 deki 4 momentum niceliklerinin 0'ncı bileşenlerinin birbirine eşitlenmesiyle kayıp enerji bulunabilir. Gelen ve saçılan elektronun toplam enerjilerinde durgun kütle enerjisi $\left(0.511 \frac{\text{MeV}}{c^2}\right)$ ihmal edilebilecek kadar küçüktür. O zaman

$$E \sim pc = 0.850 \text{ GeV} \quad (\text{Başlangıç elektron enerjisi})$$

$$E' = p'c \quad (\text{Saçılan elektron enerjisi})$$

olmak üzere

3.5 deki E_π yerine 3.4 eşitliği yazılırsa ifademiz

$$\begin{aligned} \frac{E_x}{c} &= \frac{E-E'}{c} + \frac{m_p c^2}{c} - \frac{E_\pi}{c} \\ \frac{E_x}{c} &= \frac{pc-p'c}{c} + \frac{m_p c^2}{c} - \frac{E_\pi}{c} \end{aligned} \quad (3.10)$$

$$E_x = pc - p'c + m_p - \sqrt{P_\pi^2 c^2 + m_\pi^2 c^4}$$

şeklinde yazılır. Böylece son durum parçacığının kayıp enerjisi elde edilmiş olur.

3.2.3. Kayıp kütle

Kayıp momentum (3.9) ve kayıp enerji (3.10) hesaplandıktan sonra rölativistik enerji denklemi yardımıyla kayıp parçacığın kütlesi (M_x) elde edilebilir.

$$E_x^2 = \left(pc - p'c + m_p - \sqrt{P_\pi^2 c^2 + m_\pi^2 c^4} \right)^2$$

ve

$$\begin{aligned} P_x^2 &= P_e'^2 + P_\pi^2 + P_e^2 \\ &\quad + 2P_e' P_\pi \sin\theta_e \sin\theta_\pi (\cos\varphi_e \cos\varphi_\pi + \sin\varphi_e \sin\varphi_\pi) \\ &\quad - 2P_e (P_e' \cos\theta_e + P_\pi \cos\theta_\pi) + 2P_\pi P_e' \cos\theta_e \cos\theta_\pi \end{aligned}$$

olmak üzere

$$E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$$

rölativistik enerji denkleminde faydalanılarak kayıp kütle ifadesinin çıkarımı yapılabilir. 3.8 ve 3.9 denklemlerinin farklarının karekökü alınırsa

$$M_X = \sqrt{E_X^2 - P_X^2} \quad (3.11)$$

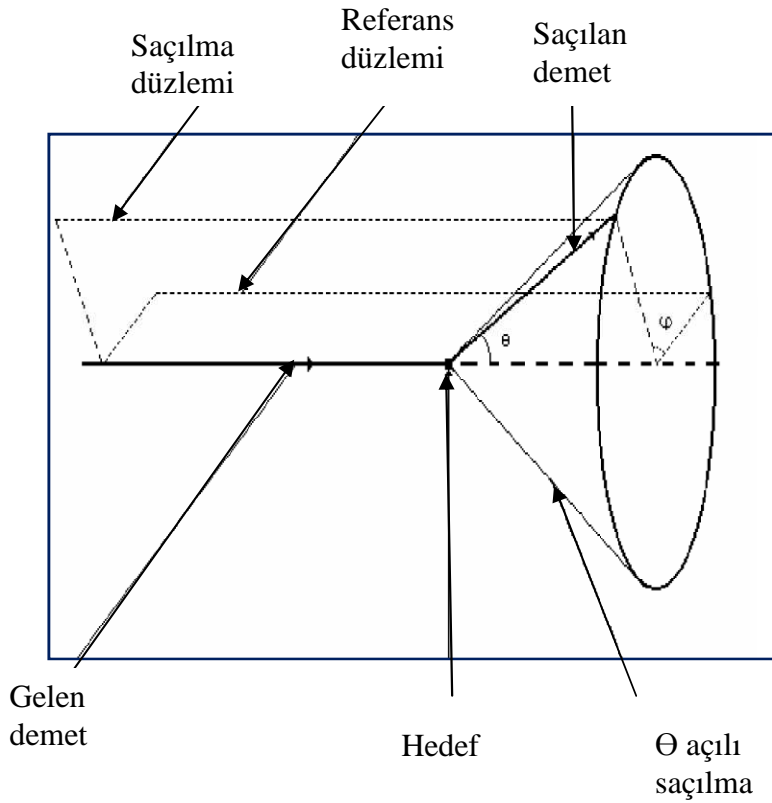
kayıp kütle ifadesi elde edilmiş olur.

$$M_X = \left(\begin{aligned} & \left(pc - p'c + m_p - \sqrt{P_\pi^2c^2 + m_p^2c^4} \right) - P_e'^2 + P_\pi^2 + P_e^2 \\ & + 2P_e'P_\pi \sin\theta_e \sin\theta_\pi (\cos\varphi_e \cos\varphi_\pi + \sin\varphi_e \sin\varphi_\pi) \\ & - 2P_e(P_e' \cos\theta_e + P_\pi \cos\theta_\pi) + 2P_\pi P_e' \cos\theta_e \cos\theta_\pi \end{aligned} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.12)$$

BÖLÜM 4. ANALİZ

Atom altı dünya hakkında bilgi edinmenin yolu bir parçacığın hızlandırılarak diğerine gönderilerek, saçılma sonucunda çıkan ürünlerin dedektörlerce tespitinin yapılmasından geçmektedir. Dedektörlerde parçacık bilgisine ulaşmanın temel koşulu ise hızlandırılmış parçacıkların saçılma olayı ile dedektörlerde iz bırakması ile mümkündür. Hızlandırılarak 850 MeV'lik enerji kazandırılan elektronlar 1.5 cm. çapındaki 60 cm. uzunluğundaki z ekseni boyunca konumlanmış durgun döteron hedefe gönderilerek saçılma olayı için ortam sağlanmıştır. Saçılan yüklü parçacıklar BLAST spektrometresinde tespit edilmektedir.

Genel olarak bir saçılma olayını analiz ederken saçılma olayını tasvir eden aşağıdaki şekilden yararlanılabilir [4].



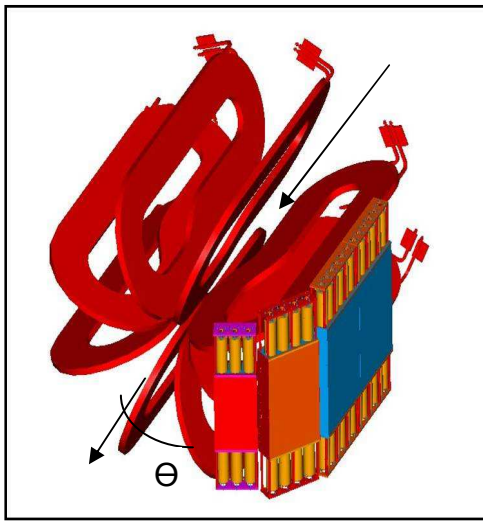
Şekil 4.1. Saçılmanın genel tasviri

4.1. Veri Yapısı

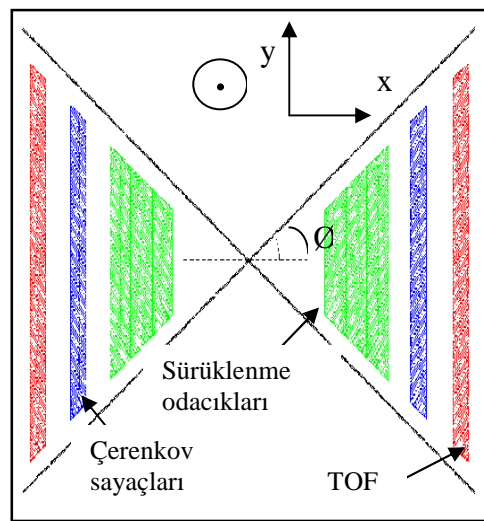
Deney esnasında yaklaşık bir saat boyunca kaydedilen bilgiler yani veri 30 MB lik minik veri setlerinden oluşmaktadır. Elde edilen veri saçılan parçacıkların momentumlarını, kütlelerini, yüklerini ve parçacık kimliklerini veren birçok parametreyi içermektedir. Parçacıkların birbirinden saçılması bu bilginin başlıca kaynağını oluşturmaktadır.

4.2. Parçacık Tespiti

Blast Dedektörü büyük kabul bölgesine sahiptir. Bu kabul bölgesinde elektron demetinin hedefle etkileşme alanında halkasal manyetik alan vardır. Bu manyetik alan yardımıyla sürüklenme odacıkları bölgesinde deney boyunca üretilen yüklü parçacıkların kimliklerinin belirlenmesinin yanı sıra yük, θ ve φ saçılma açıları gibi parçacığa ait bilgilerde ölçülür (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3).



Şekil 4.2 Blast Dedektörü 'nde sol sektörde θ açısı

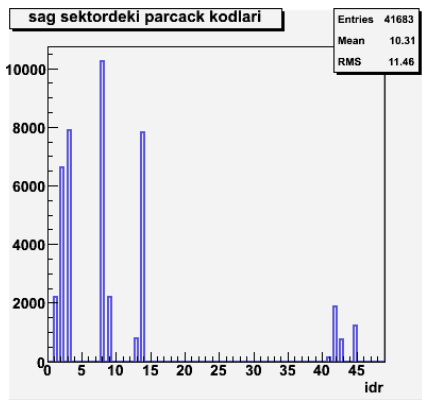


Şekil 4.3 Blast Dedektörü'nün kesit görünümünden φ açısı

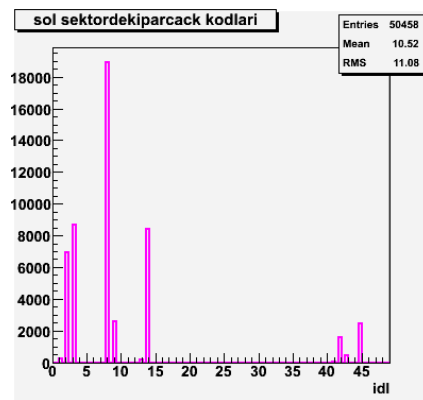
Şekil 4.3. de görüldüğü gibi BLAST spektrometresi dikey doğrultuya sağ sol simetrisine sahiptir. Bu sebeple kabul bölgesinin θ ve φ açılarının değer aralıkları sağ ve sol sektör için root programı yardımıyla ayrı ayrı belirlendi. Ayrıca BLAST spektrometresinin simetrik yapısı sebebiyle saçılma sonrası oluşan parçacıkların yük,

momentum gibi kimliğini belirlemeye yardımcı diğer kriterler belirlenirken de bu durum dikkate alındı.

Dedektöre gelen her bir parçacık türü için veri içerisinde numaralandırma yapılmıştır. Yapılan bu parçacık numaralandırılması sürüklenme odacıklarından gelen kütle ve yük bilgisine dayanmaktadır. "idr" olarak adlandırılan bu kesme her iki sektör için parçacığın kimliğini belirleyen bir koddur. Örneğin kütlesi $0.511 \text{ MeV}/c^2$ ve yükü -1 olan elektronun bu bilgileri ile parçacık numarasının 3 olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda aynı kütleli fakat yükü +1 olan pozitron için parçacık numarasının 2 olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgilere dayanarak parçacıklara ait parçacık kodlarının dağılımları Şekil 4.3 (a,b) de gösterilmektedir.

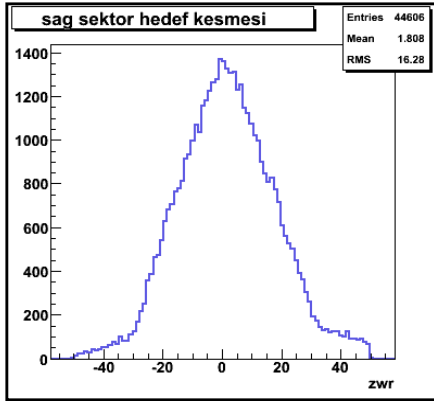


Şekil 4.4.a. Dedektörün sol sektörüne gelen parçacık kodlarının dağılımı

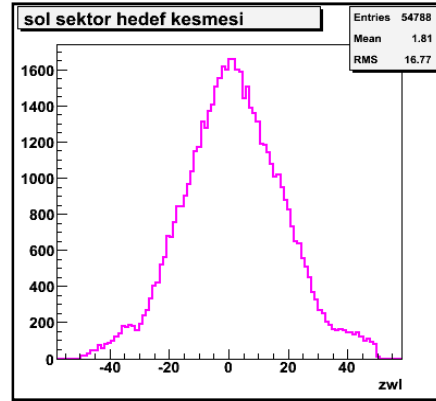


Şekil 4.4.b. Dedektörün sağ sektörüne gelen parçacık kodlarının dağılımı

Deney sonrası mevcut veri analizi gerçekleştirilirken saçılma düzlemindeki parçacıkların z eksenindeki konumlarını belirlemek amacıyla hedeften gelme şartı olan değer aralıkları "zw" kesmesi ile sınırlandırıldı. Sol sektör için "zwl", sağ sektör için "zwr" olarak ifade edilen bu kesmeler yardımıyla hedef dışındaki parçacıklar ayıklanarak analiz gerçekleştirilmiştir. Sağ ve sol sektör için parçacıkların hedeften gelme koşullarının dağılım grafikleri Şekil 4.5 (a,b) de verilmiştir.



Şekil 4.5.a Dedektörün sağ sektörüne gelen parçacıkların hedeften gelme koşulu



Şekil 4.5.b. Dedektörün sol sektörüne gelen parçacıkların hedeften gelme koşulu

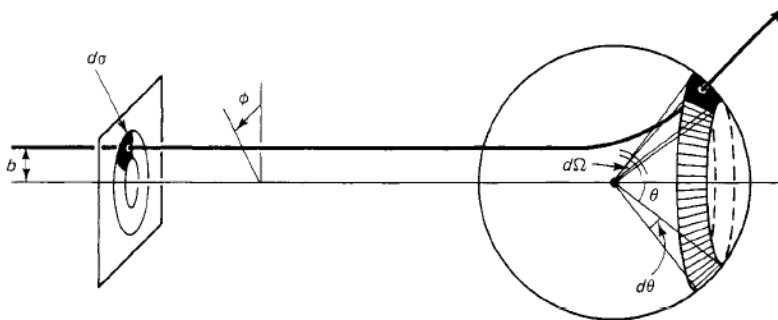
4.3. Katı Açı

Saçılma olayını dedekte etmek amacıyla kullanılan Blast Dedektörü orjini merkez seçilmiş elektron ve döteronun etkileştiği bölgeden nominal uzaklıkta belirli bir katı açıya saçılacak parçacıkları tespit üzere konumlandırılmıştır.

Blast Dedektörü'nün sahip olduğu katı açı kabul bölgesi etkin kesit alanı vardır. Dedektörün etkin olduğu bu kesit alanına dS dersek, bunun gördüğü katı açı

$$d\Omega = \frac{dS}{r^2} = \sin\theta d\theta d\varphi \quad (4.1)$$

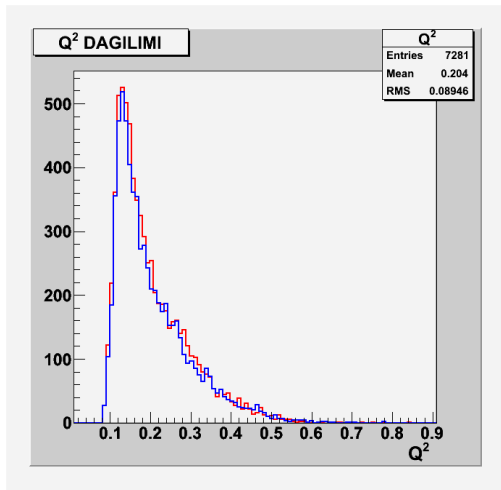
ifadesinde θ ve φ açıları üzerinden integre edilirse bir sektör için 0.157 steradyan, toplamda ise 0.314 olduğu görülür (Şekil 4.5. Katı açı).



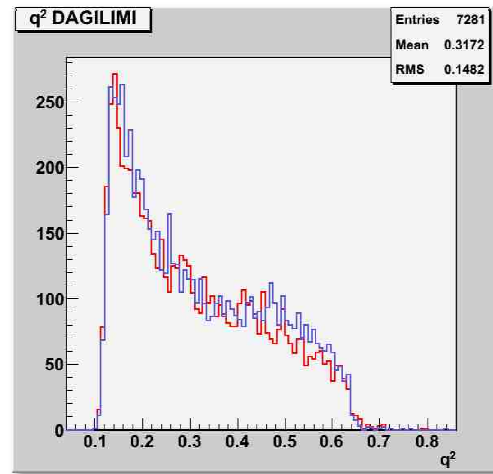
Şekil 4.6. Tipik bir saçılmada katı açının gösterimi [3]

4.4. Saçılmalarındaki Momentum Transfer Dağılımları

Elektromanyetik etkileşme ile meydana gelen bir saçılma olayında son durum parçacıklarının belirlenmesi için gerekli genel kriterler belirlendikten sonra veri analizini gerçekleştirirken, etkileşmenin aracı parçacığı olan sanal fotonun üç-momentum (q^2) ve dört-momentum transfer karesinin (Q^2) çıkarılışı verildi. Q^2 ve q^2 nicelikleri (çıkartılışı için bkz.[5]) gelen ve saçılan parçacığa ait kinematik bilgilerden yararlanarak 3.1 ve 3.2 ifadelerince belirlenir. Saçılan elektronların tespiti ile BLAST 'ın q^2 ve Q^2 dağılımları aşağıda yer almaktadır. (Şekil 4.7 ve 4.8).



Şekil 4.7. Sağ ve sol sektör için Q^2 dağılımı



Şekil 4.8. Sağ ve sol sektör için q^2 dağılımı

Bu dağılım grafikleri ile bir sektöre gelen saçılmış elektronun momentum açısı bilgilerinden yararlanılarak, Blast Spektrometresi 'nin momentum transfer aralıkları deneysel olarak elde edilmiştir [5].

Belirli açı değerlerinde Q^2 ve q^2 nin momentuma bağlılığı ve belirli momentum değerlerinde Q^2 ve q^2 nin açığa bağlılıkları teorik ve deneysel olarak verinin sınırlarının oluşturulduğu ilgili çalışmada gösterildi [5].

4.5. Saçılma Türleri

Hedef bölgesine gelen elektronların her birinin momentumu (p) ve demetin doğrultusu z eksenini kabul edildi. Bates Hızlandırıcısı'ndan gelen bu elektronlar esnek ve esnek olmayan türden saçılmalara uğramışlardır.

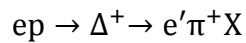
4.5.1. Esnek elektron-döteron saçılması

850 MeV mertebesinde enerjiye sahip elektronların temel enerji kaybetme mekanizmalarından biri esnek ya da elastik saçılma olarak tanımlanabilir. Etkileşmeye girilen döteron nükleonunun yapısında değişiklik olmaz. Başlangıç ve son durum parçacıkları aynıdır.

4.5.2. Esnek olmayan elektron-döteron saçılması

Esnek olmayan elektron-döteron saçılması nükleonların elektromanyetik etkileşimlerinin anlaşılması açısından önemli bilgiler sağlamaktadır. Esnek olmayan elektron-döteron saçılmasında saçılma ile bozunma düzlemleri aynı olmayabilir. Elastik olmayan saçılmada kinetik enerji korunmaz. Saçılma sonrasında aktarılan enerji fazlalığı sebebiyle etkileşmeye girilen döteronun nükleonu uyarılır dolayısıyla delta, pion gibi hadronlar oluşur.

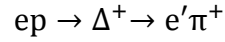
Esnek olmayan saçılmada yayımlanan foton döteronun nükleonlarından ya protonu ya da nötronu uyarır. Bu sebeple birden fazla reaksiyon oluşur. Bu tez çalışmasında protonla etkileşme göz önüne alınmaktadır. Protonun uyarılması sonucu oluşan tespit edilemeyen



reaksiyonunda X parçacığının kütlesi olan kayıp kütle (M_X) dağılımı elde edilmiştir.

4.6. Elektron ve Pion Tespiti

Elektronların solda ve pionların sağda eş zamanlı olarak tespit edildiği bu çalışmada etkileşme olayını değerlendirebilmemiz için elektron ve protona ait kinematik niceliklerin bilinmesi gereklidir. Bu sebeple



bozunum kanalının analizi gerçekleştirilirken, saçılmadaki elektron ve pionun kodları, saçılma açıları ile momentumları ve z eksenine boyunca dedektör konumuna bağlı olarak değişen alt ve üst sınırları vb. gibi kriterler belirlendi.

e ve π^+ belirlemede uygulanan kesmelerin değer aralıkları:

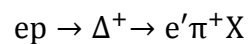
-Sağ sektör için

$$\begin{aligned} 20^\circ < \theta_\pi < 70^\circ \\ 165^\circ < \varphi_\pi < 195^\circ \\ -30 \text{ cm} < z < 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

-Sol sektör için

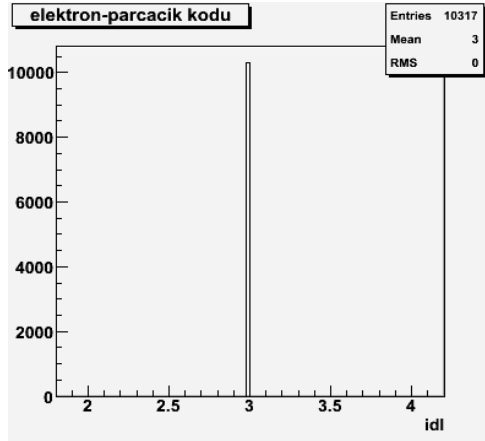
$$\begin{aligned} 20^\circ < \theta < 70^\circ \\ -15^\circ < \varphi < 15^\circ \\ -30 \text{ cm} < z < 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

BLAST Dedektörü'nde aynı anda en fazla iki parçacık belirlenebilmektedir. Bundan ötürü

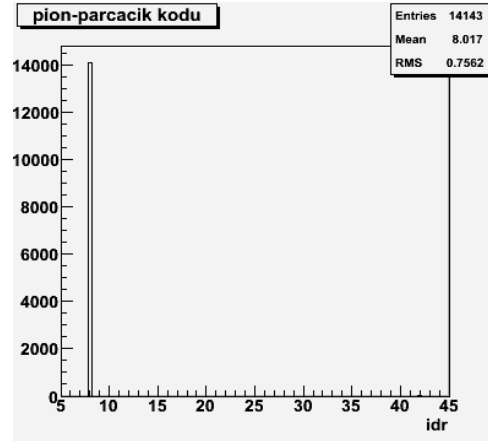


reaksiyonunda saçılma ürünleri olan e ve π^+ aynı anda tespit edilebilir. Bunun için önce gelen parçacığın verilen numara bilgisinden yararlanılarak elektron ve pionun

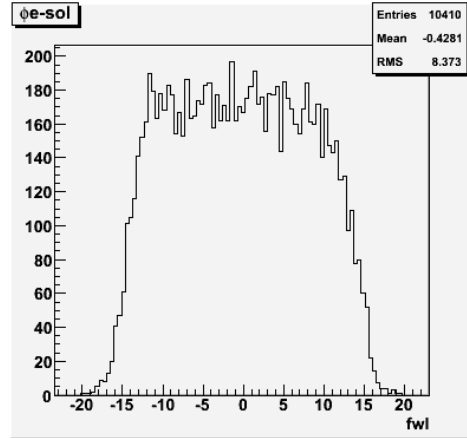
tespit edilmesi gerekir. Buna bağı olarak aşağıda elektron ve protona ait parçacık kodları, açı değer aralıkları ve hedeften gelme şartı olan z eksenindeki değer aralıklarına ait grafikler verilmiştir.



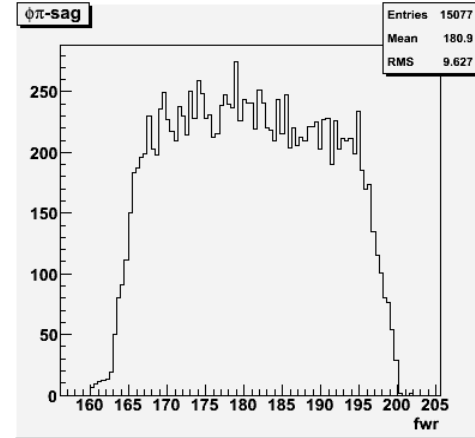
4.9.a. Sol sektöre gelen elektron parçacık kodu



4.9.b. Sağ sektöre gelen pion (π^+) parçacık kodu

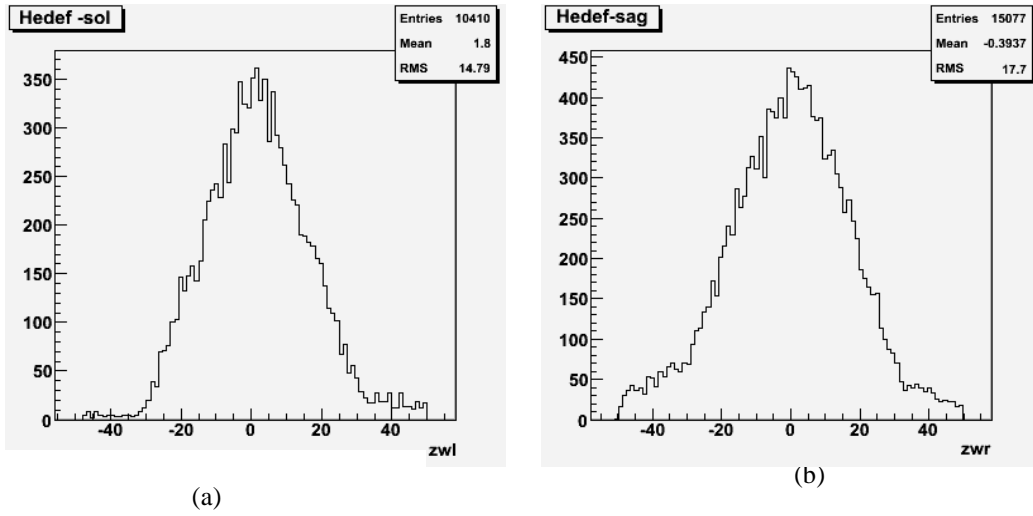


(a)



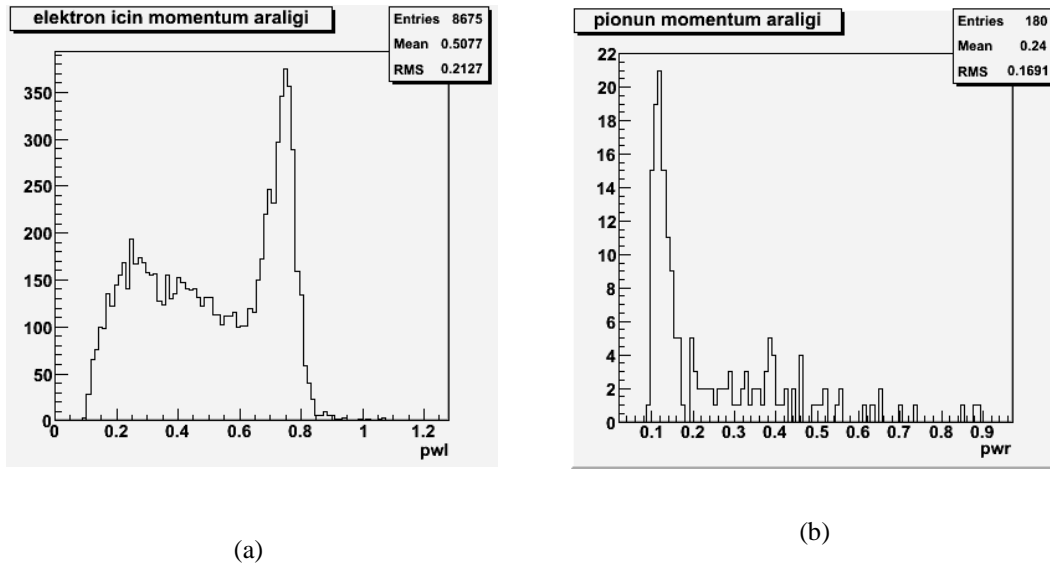
(b)

Şekil 4.10. Sağ ve sol sektör için (a) elektron (b) pion için φ açı dağılımları



Şekil 4.11. Sağ ve sol sektörde (a) elektron (b) pion için z dağılımı

Solda elektron ve sağda pion tespit edebilmek için gerekli olan kriterler elde edildikten sonra saçılan elektron ve Δ^+ bozunumuyla oluşan pion için momentum dağılım grafikleri elde edildi.(Şekil 4.12 (a.b))



Şekil 4.12. Sağ ve sol sektörde (a) elektron (b) pion için momentum dağılımı

4.7. Reaksiyon Kanalı Analizi

$ep \rightarrow e'\pi^+X$ reaksiyon kanalı analiz edilirken Δ^+ geçişine bakıldı. Öncelikle Δ^+ parçacığının ortalama ömrü hesaplandı (Bkz. Ek C). τ parçacığının ortalama ömrü olmak üzere $\tau_{\Delta^+} = 0.6 \cdot 10^{-23}$ saniyedir.

Δ^+ parçacığı hadron olup, güçlü etkileşmeyle bozunduğu için menzili çekirdek yarıçapı ($\sim 10^{-15}m.$) mertebesindedir. Eşitlik 4.3 de görüldüğü gibi Δ^+ nın ortalama ömrü yaklaşık 10^{-23} saniye mertebesinde olup çok küçüktür. Bu sebeple kısa sürede π^+ 'a bozunur. Bundan ötürü son durumda sol sektörde elastik olmayan saçılma yapan elektron tespiti için sağ sektörde eş zamanlı olarak π^+ tespit edilmelidir.

Daha önce belirtildiği gibi harici analizde tüm son durum parçacıkları eş zamanlı olarak sağ ve sol sektörde tespit edilmelidir. Ancak pion ve elektronun başlangıç noktalarına baktığımızda uyarılma sonrası önce Δ^+ tetiklendiğinden elektron ve pionun z ekseninde çıkışı birbirine çok yakın olur. Bu sebeple son durum parçacıkları analiz edilirken saçılan elektron ile bozunum sonrası çıkan pionun (π^+) birbirine yakın olması açısından sağ ve sol sektörün farkını sınırlayan

$$|zwl - zwr| < 5 \text{ cm.}$$

kesmesi diğer parametrelere ilave edilmesi gerekir.

4.8. Olayların Üretimi

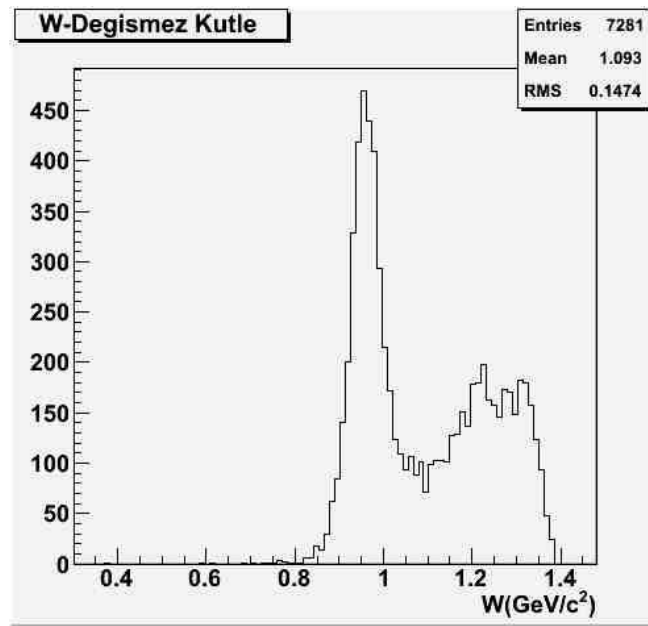
Bu çalışmada elektron- döteron saçılması veri analizi için kullanılan

$$ep \rightarrow e'\pi^+X$$

bozunum kanalı elastik olmayan saçılmanın bir sonucudur. Daha önce belirtildiği gibi yüksek enerjili elektronların saçılması sonucu pion ve başka parçacıklar oluşabilmesi için döterona aktarılan enerjide fazlalık tespit edilmelidir. Ancak bu koşulla elektrondan yayımlanan sanal fotonla etkileşmeye giren proton rezonansa geçer ve uyarılır. Fakat son durum parçacıkları hakkında bilgi edinebilmek için

parçacıkların rezonansa geçtiği değer bölgesi tespit edilmelidir. Bu sebeple öncelikle elastik ve elastik olmayan saçılma değer aralıkları belirlenmelidir.

Elastik ve elastik olmayan saçılmanın ayırt edilmesinde Q^2 , W , θ ve P_e' belirleyici olan niceliklerdir. Bu nedenle bu niceliklerin değerleri root programına aktarılarak W dağılımı çizdirilmiştir. (Şekil 4.13)



Şekil 4.13. Değişmez kütle dağılımı

Mevcut veriler kullanılarak deneysel olarak elde edilen bu dağılım grafiğinde iki tane değer aralığı gözlenmiştir:

- $W \sim 939 \text{ MeV}/c^2$
- $W \sim 1232 \text{ MeV}/c^2$

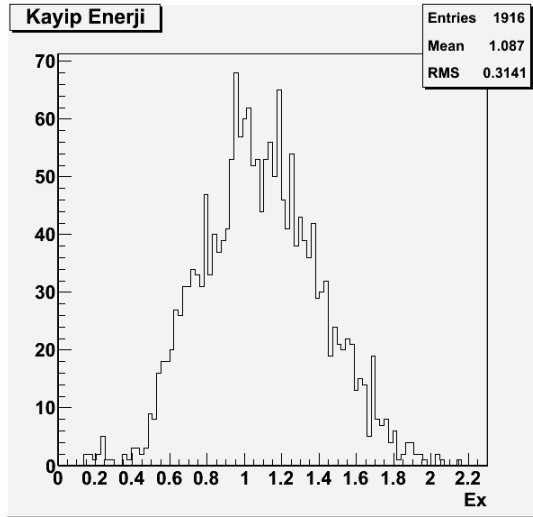
W dağılım grafiğinin analizi ile elde edilen bulgular:

1. $W < 1.1$ olan temel durum bölgesinde elastik saçılma piki görülmektedir. Değişmez kütlelerin çıkarımı yapılan 3.3 denklemine göre W 'nin Q^2 'ye bağlılığı gözlenmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulursa W 'nin düşük olduğu bu bölgede Q^2 maksimum değerine ulaşmaktadır. Yani başlangıçtaki $E = 0.85 \text{ MeV}$ 'lik enerjili elektron enerjisinin tamamına yakınına fotona aktarmıştır.

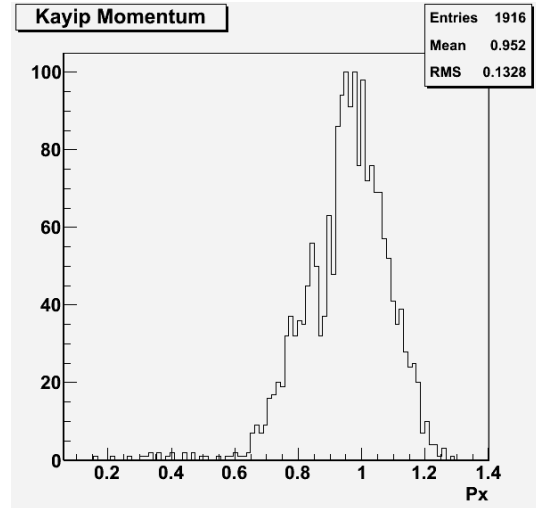
2. $W > 1.1$ olan ikinci bölgede $W = 1232 \text{ MeV}/c^2$ değerinde proton Δ^+ 'ya uyarılır ve çok kısa bir süre sonra pion ve nükleona bozunur. Yani esnek olmayan saçılma meydana gelir. Böylece esnek olmayan saçılmanın alt bir W değeri olduğu anlaşıldı.

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bölüm 3’de çıkarımı yapılan kayıp enerji (3.9) ve kayıp momentum (3.8) ifadeleri kullanılarak veriden bu nicelikler için dağılımlar elde edilmiştir. (Şekil 4.13, Şekil 4.14) . Fakat esnek olmayan saçılmanın değişmez kütle ile ilişkili olduğu belirlendiği için üretilen parçacıklarının kayıp enerji ve momentum dağılımları çizdirilirken, $W > 1.1 \frac{GeV}{c^2}$ değerinden büyük olma koşulu diğer kesmelere eklendi.

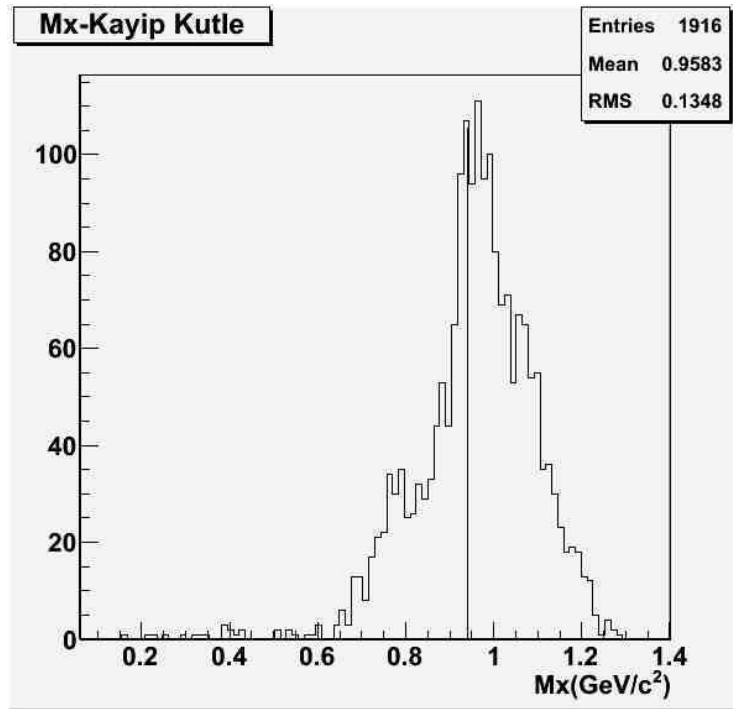


Şekil 5.1. Kayıp enerji



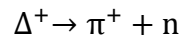
Şekil 5.2. Kayıp momentum

Kayıp enerji ve momentum belirlendikten sonra rölativistik enerji denkleminde yararlanılarak son durum parçacığının kütle ifadesinden yararlanılarak elde edilen dağılım grafiği Şekil 5.3’de görülmektedir.

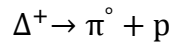


Şekil 5.3. Kayıp Kütleye dağılımı

Kayıp kütle dağılımında nükleon bölgesinde bir dağılım gözlenmektedir. Δ^+ bozunum kanalları olan



ve



kanallarını göz önüne aldığımızda analizimizde hedeften saçılan pozitif yüklü pionlar tespit edildiğinden dolayı elde edilen kayıp kütle dağılımının nötrona ait olduğu açıkça görülebilir.

Yapılan bu çalışmanın protonun uyarılmış seviyesi olan Δ^+ rezonansı hakkında bilgi edinmeye yönelik çalışmalar için önemli bir basamak oluşturacağı şüphesizdir

KAYNAKLAR

- [1] TONGUÇ, B., et al., The Blast Experiment, Nucl. Instr. And Methods in Physics Research A 603, 2009; 247-262.
- [2] ÇİTÇİ,Ş., MIT Bates Labaratuarındaki Cerenkov Dedektörünün Esnek e-p Saçılması Deneyinden Elde Edilen ADC Spektrumunun Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008,
- [3] GRIFFITS, D., Introduction to Elementary Particles, 1987.
- [4] MATHEWS,P.M. and VENKATESAN, K.,Kuantum Mekaniği Kitabı,Bölüm 6.
- [5] İR,N., Elektron- Döteron Saçılmasında Değişmez Kütleinin Eldesi,Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ,2010, 12-16
- [6] <http://erciyesnfg.googlepages.com/Kuvvet-Force.pdf>, Nisan 2010.
- [7] <http://mitbates.lns.mit.edu/bates/control/main>, Nisan 2010.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Adapazarı'nda doğdu. İlköğrenimini Şehit Abdullah Ömür İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Ortaokul ve lise öğrenimini ise Adapazarı İmam Hatip Lisesi'nde bitirdi.. 2004- 2005 öğretim yılında Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'ne girmeye hak kazandı. 2006-2007 öğretim yılında yatay geçiş yaptığı Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nü 2008 yılında bitirdi. 2008 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Bölümünde yüksek lisansa başladı. Halen aynı üniversitede eğitimine devam etmektedir.