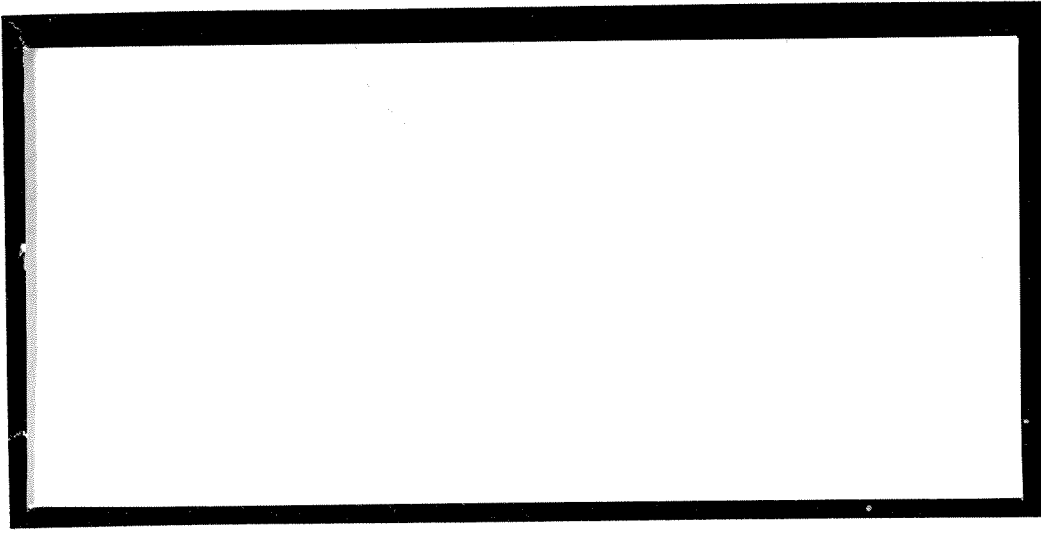


FAZLA



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA
KURUMU KÜTÜPHANESİ

Temel Bilimler Araştırma Grubu

Basic Sciences Research Grant Committee

YÜKSEK ENERJİ FİZİĞİNDE
BİLGİSAYAR KONTROLLÜ
YENİ BİR MİKROSKOP ANALİZ SİSTEMİ
VE
BİLGİSAYAR PROGRAMLARININ
GELİŞTİRİLMESİ

1997/479

PROJE NO: DPT-TBAG-44

Doç. Dr. Mehmet T Zeyrek
Prof. Dr. Perihan Tolun
Prof. Dr. Ramazan Sever
Doç. Dr. Meltem Serin
Erhan Pesen

MAYIS 1996
ANKARA

TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNOLOJİK ARAŞTIRMALAR
KURUMU KÜTÜPHANESİ

Bağış, Temmuz 1996

20261

ÖNSÖZ

Bu çalışma yüksek enerji fiziğinde parçacık hızlandırıcılarında yapılan deneylerde emulsion detektörler içinde oluşan parçacık izlerinin ve etkileşme noktalarının hassas ve hızlı bir şekilde incelenmesinde kullanılan otomatik emulsion analiz mikroskobunun donanım, yazılım geliştirme ve kurulma çalışmalarını içeren bir araştırmadır. TÜBİTAK tarafından DPT-TBAG 44 nolu proje olarak desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Önsöz	ii
Şekiller listesi	iv
Tablolar listesi	v
Öz	vi
Abstract	vii
I. GİRİŞ	1
II. GELİŞME	3
2.1 CERN CHORUS Nötrino deneyi	3
2.2 Emulsion detektörü	5
2.3 Emulsion analiz metodu	6
2.4 Otomatik analiz mikroskobu ve ekleri	10
2.5 Donanım	14
2.6 Yazılım	18
2.7 Performans	22
2.8 Kalibrasyon	24
2.9 Ölçüm örnekleri	29
2.9.1 Saçılma (“Scattering”) olayı	33
2.9.2 Plakaların hepsini geçen (“punch though”) bir iz	33
2.9.3 Öngörülen bir nötrino etkileşimi	34
2.9.5. “Background” etkileşim	35
2.10 Durum	40
III. SONUÇ	42
IV. Kaynaklar	45

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. CHORUS deneyi hedef bölgesi	4
Şekil 2. Örnek bir mini-plate modülü ve plakaların dizilişi	8
Şekil 3. Mini-plate tekniği	9
Şekil 4. Bilgisayar kontrollü otomatik analiz mikroskobu	12
Şekil 5. Heidenhain lineer kodlayıcı çalışma şekli şeması	13
Şekil 6. a. PC ve Video Blaster kullanılan otomatik analiz sistemi	16
Şekil 6. b. NIKON mikroskop ve interface sistem şeması.....	17
Şekil 7. Bulk emulsion kesit şeması	21
Şekil 8. “Stage” hareketinin hassasiyeti	23
Şekil 9. Plakalararası kalibrasyon	28
Şekil 10. Analiz yazılımı	31
Şekil 11. “Muon background” ölçümü	32
Şekil 12. Saçılma (“Scattering”) olayı	36
Şekil 13. Plakaların hepsini geçen (“punch through”) bir izin açığı dağılımı	37
Şekil 14. Öngörülen bir nötrino etkileşimi	38
Şekil 15. “Background” etkileşim	39

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1. 4438 plakası fiducial işaretlelerinin koordinatları	27
Tablo 2. 4438 plakası fiducial işaretlelerinin birbirlerine göre kaymaları	28

ÖZ

Parçacık hızlandırıcılarında yapılan ve parçacık izlerinin ve etkileşimlerinin incelendiği deneylerde hassas koordinat ölçümlerinin yapılmasını olanaklı kılan bir detektör de emulsion detektörlerdir. Bu izlerin kaydedilmesinden sonraki aşama bu iz ve etkileşimlerin mikroskoplar altında incelenmesidir. CERN (Avrupa Parçacık Fiziği Laboratuvarı)'de uluslararası bir kollaborasyon çerçevesinde katıldığımız ve DPT-TBAG-5 projesi ile desteklenen nötrino salınımlarının ve tau nötrinonun gözlenmesini amaçlayan deneyde de emulsion plakalarından oluşan bir hedef kullanılmaktadır. Nötrino etkileşimleri bu hedef bölgesinde oluşmaktadır. Bu olayların hassas analizi için ODTÜ Fizik bölümünde bilgisayar kontrollü "otomatik" bir mikroskop analiz sistemi DPT-TBAG-44 projesi çerçevesinde kurulmuştur. Bu proje çerçevesinde NIKON mikroskop ve "stage" alınmıştır. Bilgisayar bağlantılı çalışması için diğer ek sistemlerin tamamlanması ile sistem donanım ve yazılım olarak geliştirilmiş ve analiz yapar hale getirmiştir. Sistemin eklerinin tamamlanmasında ODTÜ'deki başka proje imkanlarında da yararlanılmıştır. CERN'deki deneyin veri alımı halen sürmekte ve ilk aşamalarında olan emulsion analizi kollaborasyona bağlı diğer üniversite ve enstitüler ile birlikte ODTÜ'de de sürmektedir. Dünyada sayılı enstitüde bulunan bu analiz olanağı sayesinde parçacık hızlandırıcılarında halen sürdürülen ve planlanan hibrid (emulsion ve elektronik) detektörlerin kullanıldığı deneylere katılıp analiz yapmamız mümkündür. ODTÜ'ki bu olanak sayesinde deneysel yüksek enerji fiziğinde yeni bir çalışma ve araştırma ortamı yaratılmıştır.

Anahtar kelimeler: CERN, nötrino salınımları, emulsion detektörler, otomatik emulsion analizi

ABSTRACT

Emulsion detectors, in particle physics experiments at accelerators, can be used for precise coordinate measurements of particle tracks and interactions. These tracks and interactions on the emulsion plates are investigated under microscopes. At CERN (European Laboratory for Particle Physics) there is a new experiment to search for neutrino oscillations and tau neutrinos, where an emulsion target is used in which neutrino interactions with matter can occur. Our group at METU collaborates in this experiment and we are supported financially through project DPT-TBAG-5. We have set up a computer controlled semi-automatic microscope system at METU Physics department for the scanning of emulsions in this continuing neutrino experiment. The setting up of this analysis system was supported by project DPT-TBAG-44. The NIKON microscope stage was bought with financial support from this project and both hardware and software aspects of interface system were developed, computer connections were completed and the system is now ready for analysis. The data taking is still continuing in the experiment at CERN and the emulsion analysis, still in a preliminary stage, is continuing at METU as well as the other institutions and universities in the collaboration. With this METU emulsion scanning facility, it is also possible for us to join ongoing and future hybrid (emulsion and electronic) experiments in the particle accelerators. Similar systems exist in very few institutions in the world. We have started a new research opportunity in experimental high energy physics at METU, with this system.

Key words: CERN, neutrino oscillations, emulsion detectors, automatic emulsion scanning

I. GİRİŞ

CERN’de bir kollaborasyon çerçevesinde katıldığımız **CHORUS** (Cern Hybrid Oscillation Research Apparatus) (WA95) (M. de Jong et al., 1993) nötrino deneyinde hedef bölgesi ince emulsion plakalarından oluşan 800kg lık bir detektördür. Muon nötrinoları hüzmeye tutulan bu detektörde çeşitli nötrino etkileşimleri olmaktadır. Deneyin amacı salınım sonucu oluşacak tau nötrinoların etkileşimlerin emulsion hedefte göstermektir. Bu amaçla emulsion hedefin mikroskoplar altında hassas bir şekilde incelenip iz ve etkileşimlerin üzerinde hassas koordinat ölçümleri yapabilmek deneyin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Emulsion hedefin büyüklüğü de bu işin hızlı ve güvenilir yapılmasını gerektirmektedir.

Emulsion analizi konusunda son yıllarda özellikle Japonya’da (Nagoya Üniversitesinde) çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. (S. Aoki et al., 1986, 1990). Bu çalışmalar sonucunda NIKON firması bu analize yönelik bir mikroskop üretmiştir. ODTÜ’de emulsion analiz laboratuvarının kurulmasına yönelik girişimlerimiz sonucunda, bu özel tip mikroskobu TÜBİTAK desteğiyle (DPT-TBAG-44) 1994 ilk yarısında satın aldık. Bu mikroskop üç yönde (x,y,z) hareket edebilen ve koordinatların Heidenhain lineer kodlayıcılar ile hassas olarak (1 mikrometre civarında) okunduğu bir tabla “stage” ve optik bir düzenekten oluşmaktadır. Bu sistemin otomatize edilmesi çalışmalarında projenin alet alımından sonraki ikinci aşamasını oluşturmuştur. Bu çalışmalarda 1995 yılının ikinci yarısında bitirilip sistem çalışır hale getirilmiş ve ilk analiz çalışmaları başlamıştır. Mikroskoptan alınan görüntü bir CCD kamera aracılığı ile monitöre yansıtılmaktadır. Bir elektronik “interface” aracılığı ile mikroskop “stage” ve görüntü bilgisayar (PC) ile kontrol edilmekte, mikroskop “stage” üzerinde istenen koordinata hassas bir şekilde yönlendirilip monitörde parçacık izleri üzerinde “mouse” ile ölçüm yapıp diske kaydedilebilmektedir. CERN’de nötrino hüzmelerine tutulan emulsion plakaları grubumuzun da katkısıyla CERN ve Japonya’da yapılan işlemler sonucunda mikroskop altında bakılacak hale getirilip analizin yapılacağı üniversitelere dağıtılmaktadır. CHORUS deneyinde 1994 yılında başlayan veri alma çalışmalarından sonra emulsion analiz çalışmaları henüz ilk aşamalarda. ODTÜ’de de analiz

Çalışmalarımız sistemimizin hazır hale gelmesinden sonra başlamıştır ve bu aşamanın iki yıl kadar sũreceęi tahmin edilmektedir.

Proje kesin raporunun ana metin planı şu şekildedir. Giriş kısmından sonraki gelişme kısmında deneyin kısa bir tanıtımı yapılmakta ve emulsion hedef bũlgesi anlatılmaktadır, emulsion plakalarının geometrisi ve analiz yapılmasına olanak sağlayan şekli verilmekte ve analiz metodu açıklanmaktadır, otomatik emulsion mikroskopu ve ekleri anlatılmakta ve sistemin donanım ve yazılım olarak ayrıntılarına girilmektedir. Analiz için kalibrasyon ve lçũmlerden rnemler verilmekte ve şu andaki durum açıklanmaktadır. Rapor sonuç kısmı ile bitmektedir.

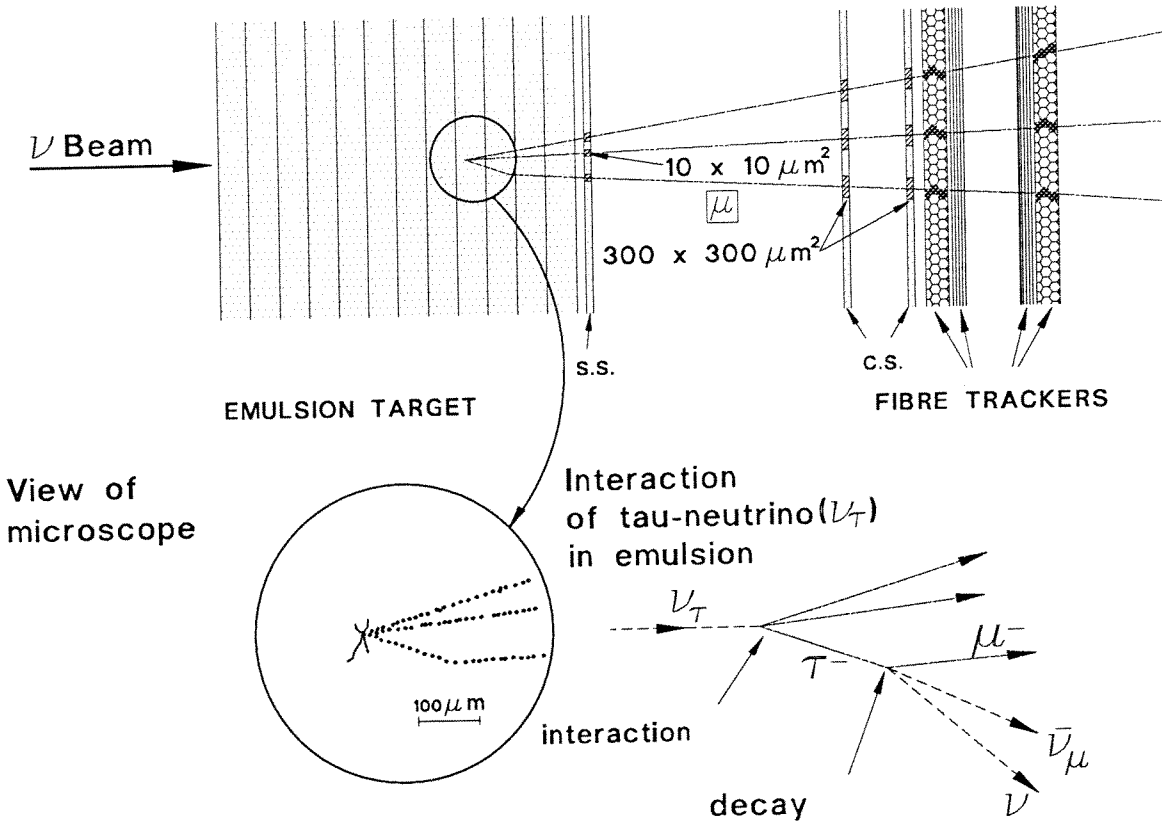
II. GELİŞME

2.1 CERN CHORUS NÖTRİNO DENEYİ

Son yıllarda hem teorik hem de deneysel bazı ipuçları muon nötrinoların tau nötrinolarına salındıkları yolunda önemli ipuçları vermektedir. Özellikle bu salınımın varsayılan olasılıkta gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkacak tau kütle limitinin evrendeki görünmeyen madde yoğunluğuna denk geleceği hesaplanmaktadır. Bu amaçla, hesaplanan bu nötrino kütle limitlerini araştırabilecek çeşitli deneyler yürütülmekte ve tasarlanmaktadır. CERN’de yürütülen bu deneylerden birisi CERN CHORUS deneyidir. Bu deneyde hızlandırıcılarda çoğunlukla elde edilen muon nötrinoların tau nötrinolarına salındığı ve sonuçta tau nötrinoların bir hedef ile yaptığı etkileşimler incelenmektedir. Bu sonuç nötrinoların salındığı yolunda ipuçları vermekle kalmayıp tau nötrinoların doğrudan gözlenmelerini gösterecektir. Nötrinolar zayıf etkileşen parçacıklar olduğu için nötrino etkileşimlerinin oluşacağı hedeflerin çok ağır, yoğun hedefler olması gerekmektedir. Nötrino salınımlarında en önemli parametreler gelen nötrino hızının enerjisi ve etkileşim bölgesine kadar olan uzaklıktır. Bu parametrelerin, hedef bölgesinin ağırlığı, gelen nötrinoların enerjileri ve salınım uzaklığı CHORUS deneyinde şu ana kadar gözlem yapılmayan ve salınımı gerçekleştirecek kütle limitlerine göre ayarlanmıştır. Salınım sonucunda oluştuğu varsayılan tau nötrinolar atom çekirdekleri ile etkileşip tau leptonlar oluşturabilirler, tau leptonlar ise çok kısa sürelerde bozularak başka leptonlara (elektron yada muon) yada başka hadronlara gidebilirler. Bu bozunum uzaklıkları laboratuarda bir kaç yüz mikrometreden en fazla birkaç milimetreye kadar uzanır. Bu bozunumlarda özellikle tau leptonun muon yada elektrona gittiği kanallarda bozunumu gözleyebilmek ancak “space resolution” u çok küçük olan parçacık detektörleri ile mümkündür. Bunun için sözünü ettiğimiz deneyde “emulsion” detektör kullanılmıştır. Başka bir deyişle hedef bölgesi emulsion plakalardan inşa edilmiştir. Hedefin toplam ağırlığı 800 kg. dır. Bu tip hibrid deneylerde gözlenmesi istenen parçacık aynı zamanda elektronik yöntemlerle de gözlenir. Bu deneyde, emulsion hedefi 500 mikrometre çapındaki

fiberlerin oluşturduğu bir izleme detektörü, momentum ölçümlerinin yapılabilmesine olanak sağlayan bir magnet, enerji ölçümü için bir kalorimetre ve daha uzun mesafelere gidebilen parçacıkları gözleyebilen spektrometreler, izlemektedir. Emulsion hedefteki nötrino etkileşmesinden oluşan ve tüm detektörü geçen parçacıkların önce elektronik detektörlerdeki yerleri belirlenmektedir. Sonra bu izler geriye takip edilerek emulsion hedefte bu etkileşimin olası yeri saptanmaktadır, daha sonra emulsion plakalarında çok hassas iz takibi ile etkileşimin ve bozunumun yeri belirlenmektedir. (Şekil 1.)

CHORUS deneyi 1994 Nisan ayından başlayarak veri almıştır (1994-1995). Şu ana kadar emulsion hedef bölgesinin 1/4 lük kısmı analize hazır hale getirilmiştir, ve emulsion analiz çalışmaları kollaborasyona dahil emulsion laboratuvarlarında (Japonya, Kore, İtalya, Moskova ve Ankara) sürmektedir. (M. T. Zeyrek ve G. Wilquet (CHORUS colaboration), 1995). CHORUS 1996 ve 1997 yıllarında da yeni inşa edilecek emulsion hedef ile veri alımını sürdürecektir.



Şekil 1. CHORUS deneyi hedef bölgesi

2.2 EMULSION DETEKTÖR

Emulsion detektörler plakalar halinde hazırlanır ve kompozisyonu jelatin içine tutunmuş küçük gümüş bromid ya da gümüş klorid kristallerinden oluşur. Yüklü bir parçacığın geçişi ile bu kristaller yapılarını değiştirir ve plakaların developer dediğimiz sıvılarda işlenmesi sonucu bu kristaller metalik gümüş “grain” lere dönüştürülür. Bu küçük siyah metalic gümüş izleri parçacığın geçip ionizasyon yaptığı yolda oluşur. Bu şekilde parçacıkların emulsion plakalar içinde geçişleri ve etkileşimleri ve etkileşim sonrası oluşan başka parçacıkların kolaylıkla izlenebilir.

CHORUS deneyinde kullanılan emulsion plakalar üç çeşittir; fiber izleyicilerin hemen arkasına yerleştirilen ince (100 mikron) kalınlığındaki “Changeable Sheet” (CS) ve “Special Sheet” (SS) diye adlandırılan “interface” emulsion plakaları ile bulk emulsion dediğimiz (350 mikron) kalınlığında ve 35 plakadan oluşan 4 ayrı parçadır, bu 4 parça ve 35 plakanın her biri 8 sektör halinde hazırlanmış ve deneye yerleştirilmiştir. Emulsion hem “interface” tipte hem de “bulk” da plastik üzerine ve altına dökülmüştür. Nötrino etkileşimlerinin oluşacağı “bulk” emulsion plakalarından her biri $1.44 \times 1.44 \text{ cm}^2$ yüzey alanına ve 2.75 cm kalınlığa sahiptir. Bir önceki kısımda anlatıldığı gibi nötrino etkileşimleri sonucunda oluşacak yüksek enerjili parçacıkların (muon ya da pionlar) geçtiği yerler elektronik detektörlerle belirlenerek geriye extrapolasyon ile ince emulsion (CS ve SS) plakalarında aranarak “bulk” emulsionun girişindeki yeri belirlenir. Etkileşimler ya da geçen diğer parçacıklar (background) “bulk” içinde mikroskoplar ile aranarak bulunur. Elektronik detektörler ile “bulk” emulsion arasına konan geçiş plakaları ile parçacık izlerinin “bulk” girişindeki yerinin belirlenmesindeki hassasiyet artırılmaktadır. “Bulk” girişinde parçacık izlerinin yerinin hassasiyeti 50 mikrometre içindedir. Hedef bölgesinin hemen önündeki ince emulsion plakasında yapılan koordinat ve açı ölçümleri otomatik emulsion sistemimizdeki veriyi oluşturmakta, arama bu noktadan başlamaktadır. (Şekil 1.)

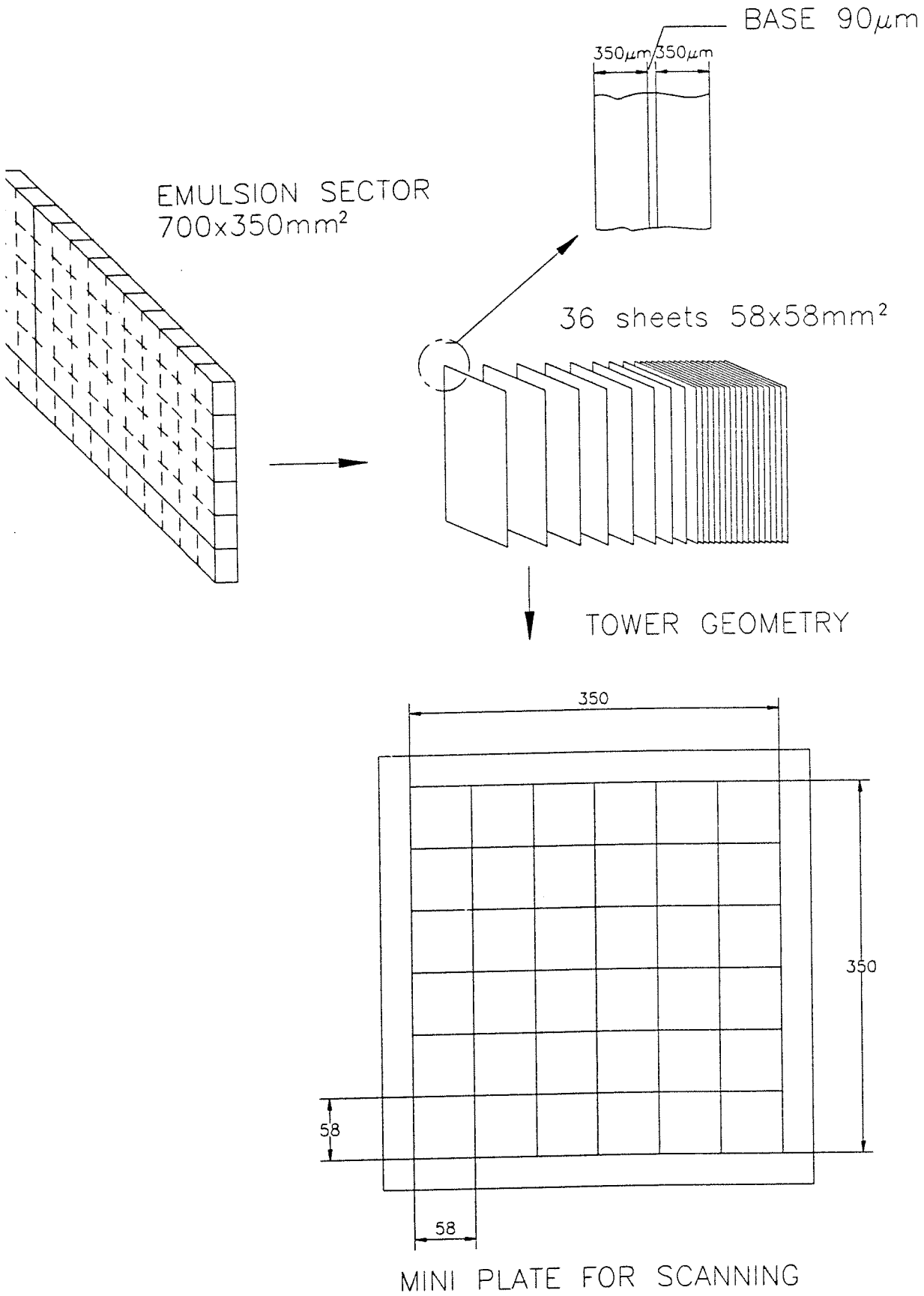
2.3 EMULSION ANALİZ METODU

Emulsion analiz sisteminin temelini geriye izleme oluşturmaktadır. Bu nedenle emulsion hedef in 8 sektöründen bazıları şekil 2 de bir örneğinin (38. minitower) gösterildiği gibi bir kenarı 5.8 cm olan küçük karelere kesilmiştir. Bir emulsion sektörü ($72 \times 36 \text{ cm}^2$) bu şekilde 72 küçük kareye kesilir. Kesme işlemi emulsion plakalarının nötrino hüzmelerine tutulduktan sonra hedef bölgesinden çıkarılıp mikroskop altında bakılacak hale getirilmesi işlemleri sonucunda yapılmıştır. Bu şekilde arka arkaya dizilmiş $5.8 \times 5.8 \text{ cm}^2$ (mini-plate) lik 35 plaka bir “mini-tower” oluşturur. (Şekil 3.) Bu küçük emulsion karelerinin bir plastik üstüne dizilerek yapıştırılması “stage” i tam olarak ($35 \times 35 \text{ cm}^2$) kaplayacak bir “mini tower” plakasının ortaya çıkmasını sağlar. Mikroskop altında incelenek örnek bu $35 \times 35 \text{ cm}^2$ lik “mini-tower” dir. Ölçümler için referans olması açısından kesme işleminden önce emulsionda her bir karenin dört köşesinden geçen X-ray markalar basılmaktadır. Bu markalar “fiducial mark “ diye bilinir. Örnek bir “mini tower” ın hedef bölgesindeki yeri ve arka arkaya dizilmiş $5.8 \times 5.8 \text{ cm}^2$ lik plakaların 1 den 35'e kadar diziliş düzeni ve fiducial markaların yerleri şekil 3. de gösterilmiştir.

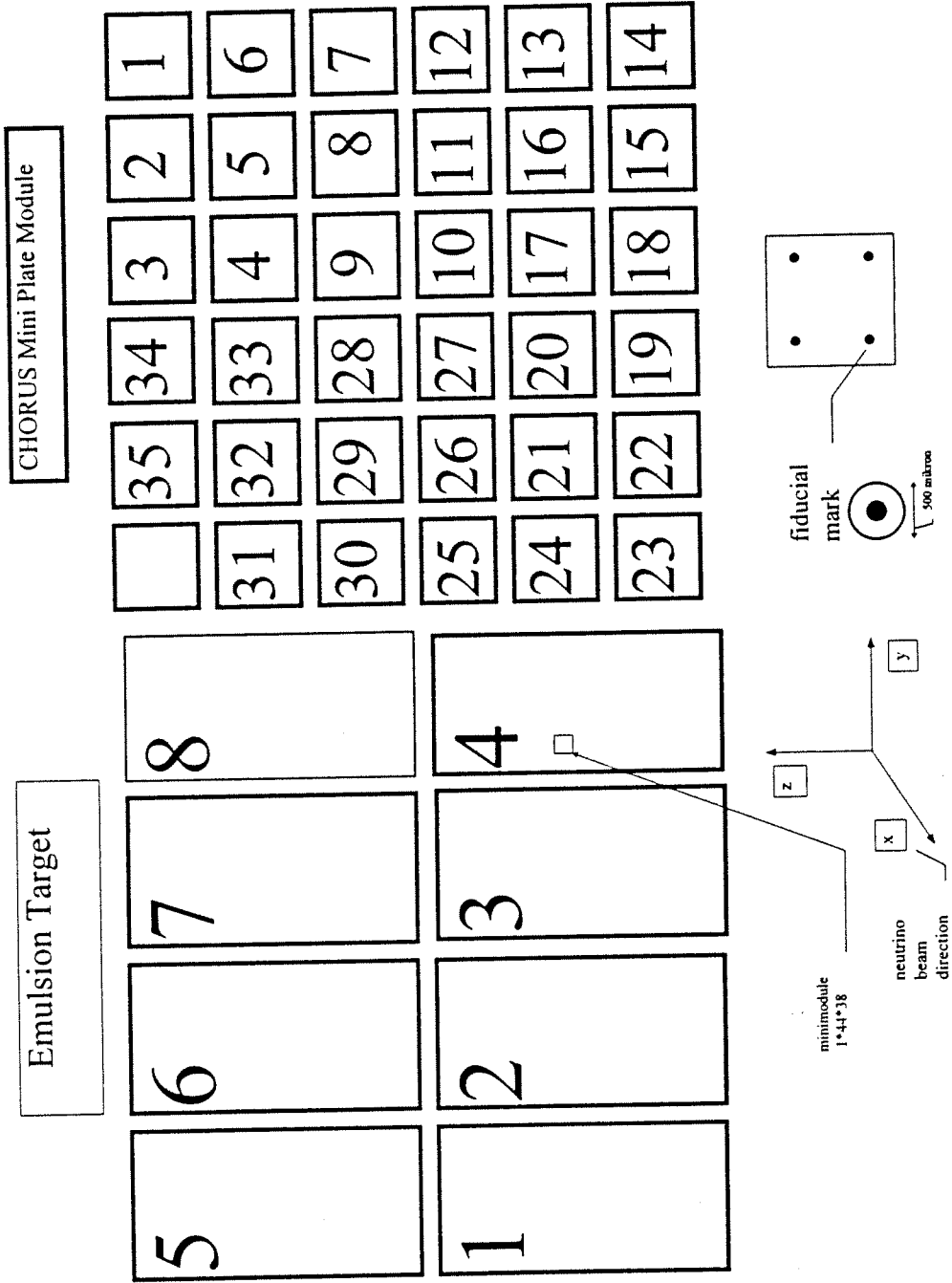
Yukarıda sözünü ettiğimiz aranacak parçacık izlerinin hedef emulsion bölgesindeki koordinat ve açıları işte bu küçük kareler üzerinde ve Special Sheet (SS) dediğimiz ince emulsion plakasına değen yüzde birinci karede verilmektedir. Bu başlangıç koordinat ve açılarından başlayarak izi ikinci, üçüncü ve giderek sonuncu (35. kareye) taşımak ya da etkileşimin olduğu kareye kadar taşıma işlemi otomatik mikroskobun yazılım algoritmasına konulmuş ve izlerin aynı kare içinde derinliğine izlenmesi bir operatör tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu açıdan kurduğumuz analiz sistemi semi-otomatik diye adlandırılmaktadır. CHORUS emulsion plakalarının kolaborasi içinde incelenmesinde kullanılan metodlardan biri bu iken bir diğer metod ise tam otomatik dediğimiz $35 \times 35 \text{ cm}^2$ lik yüzeyde tüm aday izlerin hep birlikte arandığı ve emulsion da derinlemesine giderek parçacık izlerinin tanımlanmasının elektronik bir işlemci ile yapıldığı

sistemdir. Bu sistem Şu anda sadece Japonya'da uygulanmakta, Kore, İtalya ve ODTÜ'de semi-otomatik yöntem denenmektedir. Analiz hızı açısında bir parçacık izi semi-otomatik yöntem ile 1 saatte 1. kareden 35. kareye geriye izlenirken aynı işlem tam otomatik sistemler ile bu sürenin 1/10 undan daha az sürelerde yapılabilmektedir.

CHORUS nötrino deneyine özgü olmak üzere tau nötrininonun yaptığı etkileşim, etkileşimde oluşan tau parçacığının bozunmasından çıkan yüklü parçacıklardan birinin geriye izlenip etkileşim noktası belirlendikten sonra, ters yönde izleme yapılarak tau parçacığının bir "kink" topolojisi içinde bozunup bozunmadığının anlaşılması esasına dayanmaktadır.



Şekil 2. Mini plate tekniği



Şekil 3. Örnek bir mini plate modülü ve plakaların dizilişi

2.4 OTOMATİK ANALİZ MİKROSKOBU VE EK PARÇALARI

NIKON L-MIC mikroskop bir optik sistem (objektif ve ışıklandırma sistemi) ve koordinat ölçebilen Heidenhain lineer kodlayıcılar (encoder) ve 3 yönde hareketi sağlayan DC motorlardan oluşmaktadır. Şekil 4. deki fotoğraf NIKON L-MIC mikroskopunu ODTÜ Fizik bölümündeki laboratuvarımızda göstermektedir.

“Stage” 35 x 35 cm² bir cam plakadan oluşmaktadır, emulsion plakaların koyulduğu kısımdır. Bu cam plaka çerçevesi üzerine konulan emulsion plakası hava emme pompası sayesinde sıkıca yapışmış durumda kalabilmektedir. Cam plakanın çevresi ince bir hava yolu ile hava emme pompasına bağlanmaktadır. “Stage” iki yönde (x,y) hareket etmektedir. Optik sistem ise z yönünde hareket etmektedir. DC motorların (Escap markalı) üç yöndeki hareketi 12V luk doğru akımla sağlanmaktadır.

Optik kısım stereo mikroskopdan oluşmaktadır. Mikroskoptan göz ile bakılabilmesi yanında, bir CCD (Charged Coupled Device) kameranın monte edilmesi ile görüntü bir ekran üzerinde izlenebilmektedir. Aynı zamanda CCD kamera aracılığı ile görüntüden video kayıt yapabilme olanağı vardır. CCD kamera 12V luk bir kaynak ile beslenmektedir. Emulsion plaka alttan bir halojen ışık kaynağıyla aydınlatılmaktadır. Işığın şiddetini uygulanan voltaj ile (12 volta kadar) ayarlamak mümkündür.

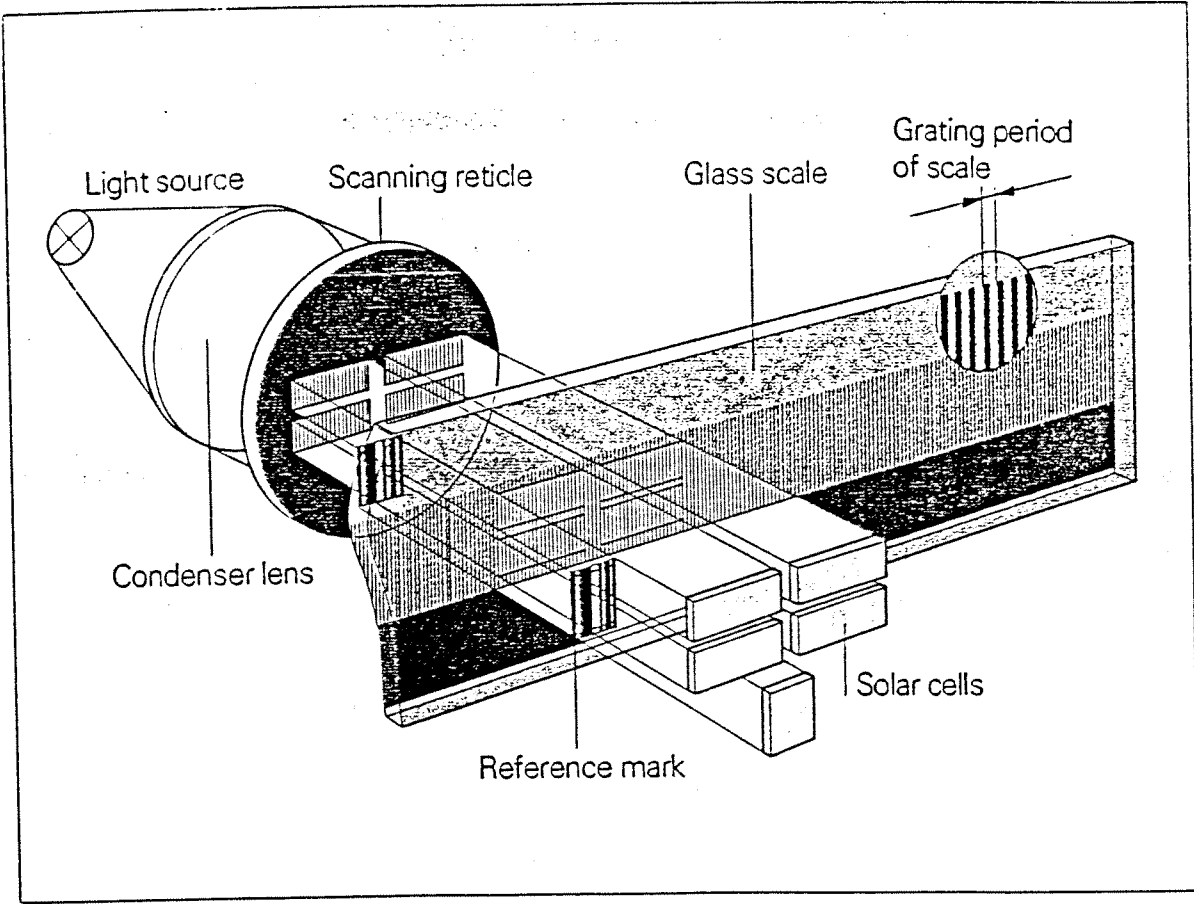
Lineer kodlayıcılar (Heidenhain markalı) koordinat ölçümü yapmak için kullanılmaktadır. Bu aletler “stage” e takılıdır, üç yöndeki hareket bu şekilde kodlayıcılara aktarılmaktadır. Kodlayıcılar çok hassas aralıkların (x ve y yönünde 10 mikron, z yönünde 20 mikron) ışık ile taranması esasına dayanmaktadır. Bu tarama ünitesinde bir ışık kaynağı (5V ile çalışır), mercekler, ve silicon solar cells vardır. (Şekil 5.) Kodlayıcı bu tarama ünitesine göre hareket ettiğinde, aralıkları ve aralık olmayan kısımları görür. Işığın bu aralıklardan periyodik geçişleri

solar cells aracılığı ile elektrik sinyallerine çevrilir. Bu sinyaller 90 derece faz farkına sahip iki sinüs dalgasıdır, faz farkları hareket miktarını ve hareketin yönünü belirler. Bu sinyaller daha sonra başka bir ünite sayesinde sayısallaştırılarak hassas bir şekilde sayılırlar.

“Stage” gövdesi çok sağlam ve ağır yapılmıştır, ve gövde yere dört ayağa monte edilmiş lastik kısımlarla dayanmaktadır, ve sabittir. Bu sayede ölçümler sırasındaki salınımlar çarpma ve değmelerin etkisi en aza indirgenmekte, daha hassas ölçüm yapılması sağlanmaktadır.



Şekil 4. Bilgisayar kontrollü otomatik analiz mikroskobu



Şekil 5. Heidenhain lineer kodlayıcı çalışma şekli şeması

2.5 DONANIM

Yukarıda anlatılan mikroskobun otomatik dediğimiz bilgisayar kontrollü hale getirilmesi için aşağıda özetliyeceğimiz ek kısımların tamamlanması gerekmiştir. IBM PC ve Video Blaster kullanan otomatik sistemin şeması şekil 6. a. da gösterilmiştir.

1. IBM uyumlu PC (486DX2, 66Mhz., 16Mb RAM, 420Mb HD) ve Super VGA ekran
2. PAL (SONY XC 77CE) siyah-beyaz CCD kamera
3. Video Capture board (Creative Video Blaster card)
4. Interface sistem
5. Güç kaynakları
6. Hava emme pompası

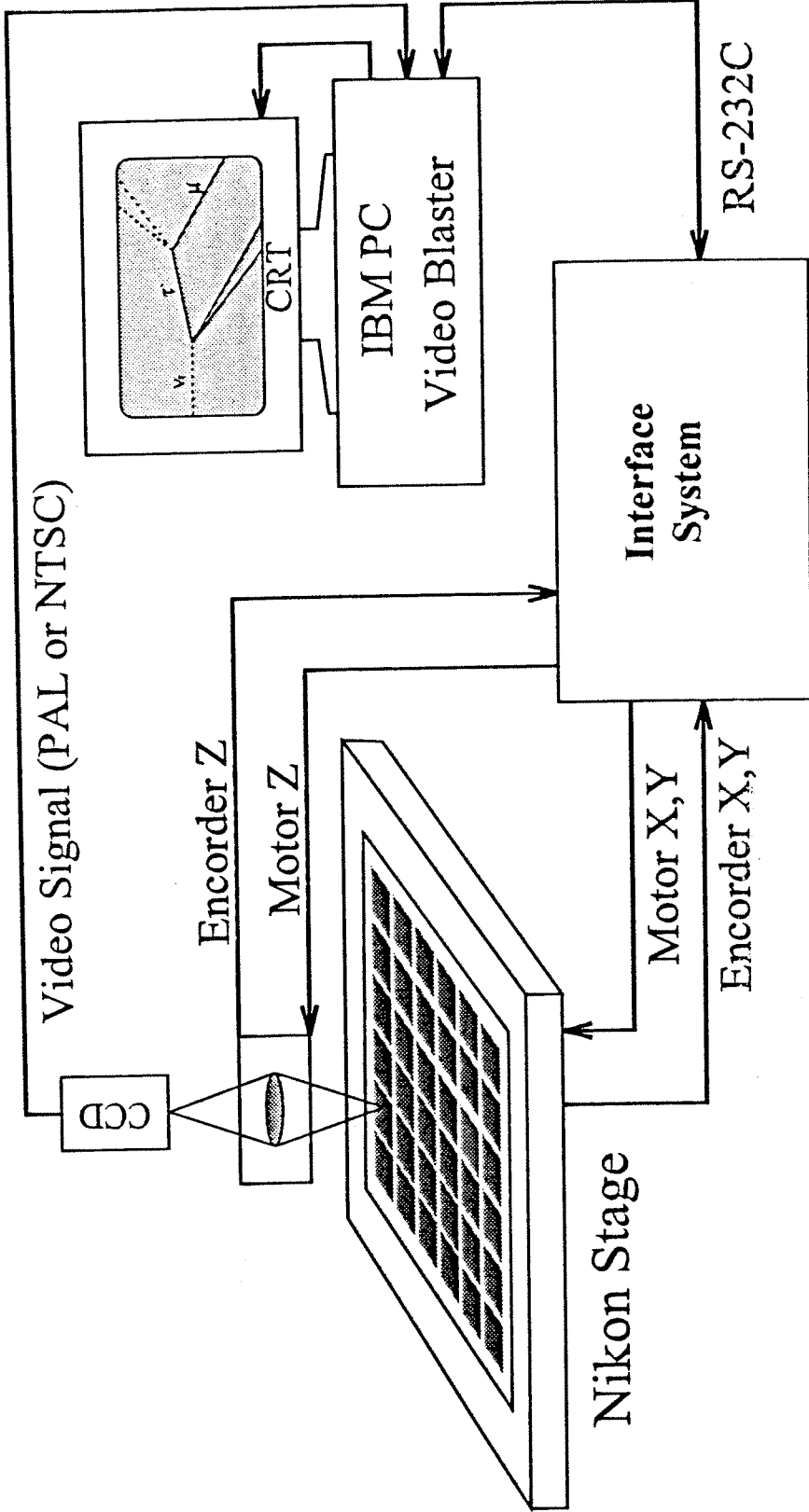
Bu parçalardan PC, hava emme pompası, güç kaynakları ODTÜ kaynaklarından küçük projelerle sağlanmıştır. CCD kamera, video capture board ve interface dediğimiz elektronik kısmın “printed board” ları CERN de dahil olduğumuz kollaborasyondan (özellikle Japon kollaboratörlerimizden) sağlanmıştır. Sistemin bütünü ile bitirilip çalışır hale getirilmesi tamamen proje çalışanları, öğrenciler ve teknisyen imkanlarımız ile ODTÜ Fizik bölümünde gerçekleşmiştir.

Sistem tüm bu ek parçalar ile şu şekilde çalışmaktadır:

NİKON L-MIC mikroskobu üç yönde (x,y,z) DC motorlar ile hareket edebilen ve koordinat ölçümlerinin yapılabilmesi için lineer kodlayıcılar ile donatılmış bir “stage” ve optik bir düzenden oluşmaktadır. Emulsion plakalarındaki görüntüler CCD kamera ve buna bağlı olarak PC üzerinde çalışan video overlay-capture board ile PC monitörüne yansıtılmaktadır. Kamera görüntüsü VGA monitöre (640 x 480 pixel) süperimpoze edilmektedir. Bu şekilde on-line analiz mümkün olmaktadır. Görüntüler PC hard diskinde korunabileceği gibi video kaydı da

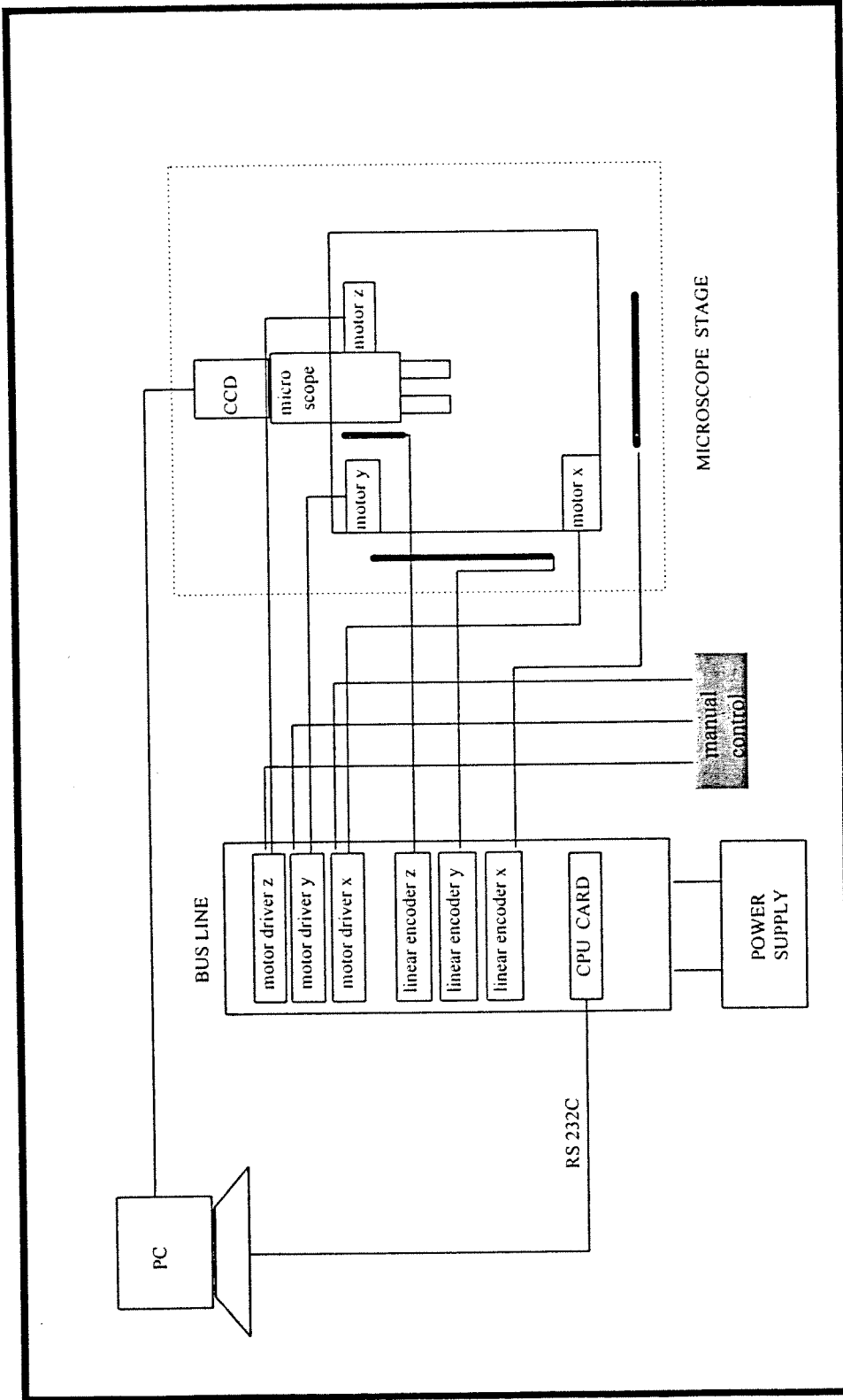
yapılabilmektedir. CCD kameradan alınıp monitöre yansıtılan görüntü x50 oranındaki objektif için 100 x 60 mikron, x25 oranındaki objektif için 280 x 180 mikrondur. Monitördeki görüntünün büyüklüğü objektif merceğe bağlı olarak değişmektedir. x50 objektif emulsion plakalarında iz takibinde tipik olarak kullanılan objektiftir, görüntünün büyüklüğünde mikroskopta gözlenen en küçük alanı göstermektedir.

Interface sistem bir “bus-line” ve bu bus-line dan beslene 7 karttan oluşmaktadır. Üç kart x, y ve z yönlerindeki motorları kontrol eder, diğer üç kart x, y ve z yönlerini okuyan lineer kodlayıcılardan gelen sinyalleri işlemektedir. Bir diğer kart ise bu altı kart ve PC ile bağlantıyı sağlayan ve 8085 mikroprosesör taşıyan bir karttır. Bu kart RS232C seri hattı ile PC ye bağlanmıştır. Motor kontrolleri PC üzerinden yapılabildiği gibi el ile de yapılabilmekte ve “stage” tuşlu bir kontrol kutusu sayesinde hareket ettirilip hızlandırılıp yavaşlatılabilmektedir. Interface sisteme gereken voltaj dışardan bus line a verilmektedir. Bunlar interface sistem üzerinde çeşitli yongaları besleyen 5V Vcc, lineer kodlayıcılara giren 5V ve motorları besleyen 15V ve toprak hatlarıdır. Çeşitli kablo ve bağlantılar ile interface sistem üzerindeki kartlar “stage” üzerindeki motor ve lineer kodlayıcılara bağlanmıştır. Bu bağlantılarda gürültüyü en aza indirmek için özel bir çaba sarfedilmiştir. NIKON mikroskop ve interface sistem Şekil 6.b. de şematik olarak gösterilmiştir.



System for IBM PC & Video Blaster

Şekil 6. a. PC ve Video Blaster kullanılan otomatik analiz sistemi



NIKON MICROSCOPE STAGE and INTERFACE SYSTEM to PC

Şekil 6. b. NIKON mikroskop ve interface sistem şeması

2.6 YAZILIM

Otomatik analiz mikroskobu için geliştirilen yazılımları iki kısımda toplamak mümkündür.

1. Interface sistemin PC ile ilişkili çalışmasını sağlayan yazılımlar:

Interface sistemde CPU kart diye isimlendirdiğimiz entegre devrede 8085 yongası seri bir I/O çıkışı ile (RS232C) PC ye bağlıdır. Paralel I/O çıkışı da ROM ile bilgi alış verişi içindedir. EPROM üzerinde makine diliyle (Assembler) yazılmış motor hareketini, hızlarını ve koordinat ölçümlerini kontrol eden bir yazılım yüküdür. Bu yongalar Japonya (Nagoya Üniversitesinden) getirilmiştir. PC üzerinde (486 yongası) üzerinde CPU kart ile uyumlu çalışan yazılımda C diliyle yazılmıştır, ve mikroskoba bağlı IBM uyumlu PC de çalışmaktadır. Bu yazılımda “stage” hareketini ve koordinat ölçümlerini yapan komutlar 8 bit lik komutlar halinde verilmekte ve yerine getirilmektedir. Örneğin PC’den 2. seri çıkış üzerinden “!sm 100 100” komutu “stage” in pozitif x ve y yönünde o andaki konumuna göre 100 mikron ilerlemesini sağlar. “!sr” komutu ise “stage” in o andaki koordinatlarını (x,y,z) mikron olarak gönderir. “Stage” üzerindeki tüm koordinat ölçümleri görecelidir, mutlak ölçüm değildir. Bu nedenle emulsion üzerindeki ölçümlerde referans noktalarına (fiducial marks) göre ölçüm yapmak gerekmektedir.

2. Analiz yazılımı:

Analiz yazılımının temel yapısı “stage” koordinatlarını okuyan 1. kısımda anlatılan yazılım ve CCD kameradan alınan ve monitöre yansıtılan görüntü üzerinde on-line ölçümü yapan yazılıma dayanmaktadır. On-line ölçüm monitör üzerinde ölçülmesi istenen noktanın “mouse” ile ölçülmesidir. Ekrandaki görüntünün büyüklüğüne ve monitörün pixel sayısına göre ayarlanmış

ölçüm (x,y) “stage” den okunan ölçümle yön gözeterek toplanır. Analiz yazılımı kalibrasyon ve iz üzerindeki ölçümler olmak üzere iki kısımda geliştirilmiştir.

Kalibrasyon yazılımı emulsion plakalar üzerindeki referans noktalarının (fiducial marks) ölçümlerini yapar ve onları diskte bir dosyaya yazar. Bu sonuç dosyası referans noktalarının “stage” üzerindeki x ve y koordinatları ve adresleridir.

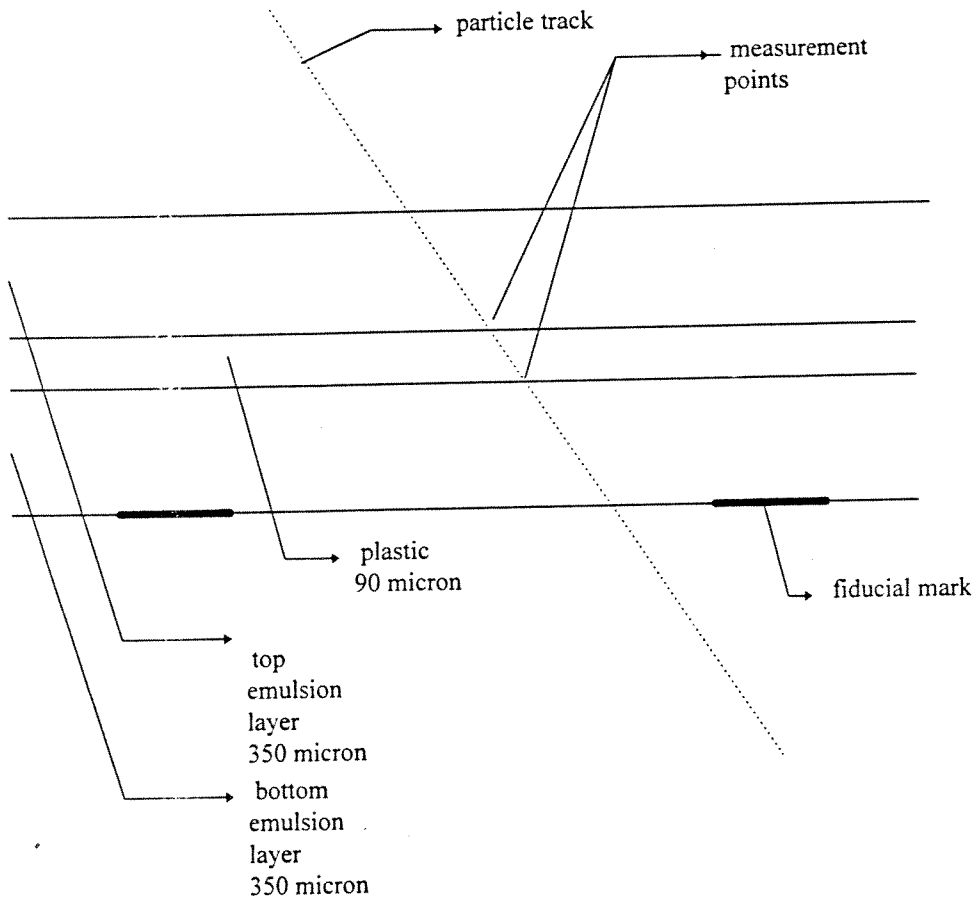
Analiz yazılımı ise öncelikle “stage” in CHORUS deneyi referans sistemine göre verilmiş emulsion hedef bölgesinin girişinde beklenen parçacık izi noktasına, “stage” üzerindeki emulsion plakanın birinci karesinde hassas olarak gitmesidir. Yazılım daha sonra birinci karedeki koordinatlara göre hesaplanan ikinci kareye bir komutla otomatik olarak gitmesini sağlar, bu iş emulsionda çıkış olan 35. kareye kadar sürdürülür. Her karede operatör el kontrolü ile emulsion ın yüzeyinden alt kısmına kadar inerek izi üç yönde de ölçer. Bu iş her karede yapılır. Yazılımda monitördeki görüntünün merkezi etrafında spiral hareket yaparak izleri takip etmek de mümkündür. Tüm ölçümler yine “mouse” kontrolü ile yapılır ve diske yazılır. Bu ölçümler bize parçacık izlerinin her karedeki (x,y) koordinatlarını ve emulsion da derinlemesine (z yönü) yapılan ölçümlerden de açılarını verir. Koordinat ölçümleri emulsion plakalarının üzerinde bulunduğu plastik kısmın giriş ve çıkışında yapılır. Şekil 7. de bulk emulsion kesit şemasında ölçüm yapılan noktalar gösterilmektedir. Bunun nedeni emulsion plakalarının plastik üzerinde kaymalarından doğacak yanlış ölçümleri engellemektir.

Analiz programı emulsion üzerindeki referans noktalarının ölçümlerine göre çalışmaktadır. Program içinde deneydeki referans sistemi ile “stage” referans sistemi arasındaki ilişki iki yönlü olarak bir açı ve koordinat dönüşümü ile yapılır. Bu dönüşüm parametreleri ve ardı ardına sıralanmış emulsion plakalarının birbirine göre konumları iz takibinde çok hassaslaştırılması gereken parametrelerdir. Plakaların birbirlerine göre konumları plakalar üzerindeki X-ray referans noktalarının ölçümleri yanında tüm plakaları keserek geçen dik izlere göre de hesaplanmaktadır.

Elektronik detektörlerden (özellikle fiber izleyiciler) ve hedef bölgesinin hemen arkasında bulunan ince emulsion plakalarındaki ölçümlere dayanarak öngörülen izlerden geriye takip edilip bir etkileşim noktasında bitenler aday nötrino etkileşimleri olarak ayrılmakta ve daha sonra etkileşimden çıkan ve bozulan parçacık izleri daha detaylı analiz edilmektedir. Bu detaylı analizde emulsion ve elektronik detektör parçalarından gelen bilgiler sürekli çapraz kontrol edilmektedir. Öngörülen parçacıklardan bazılarında tüm plakaları geçen yüklü parçacıklar olmaktadır (çoğunlukla muonlar). Öngörülenlerden bir kısmında emulsion köşelerine geldiği için ya da yanlış öngörüler olduğu için izlenememektedir.

Analiz yazılımı PC üzerinde FORTRAN programlama dili ile yazılmıştır. F2C programı ile C diline çevrilen programlar Microsoft C600 ile compile edilip diğer C dilinde yazılmış programlara (stage hareketlerini kontrol eden interface sistemi çalıştıran programlar) bağlanarak çalıştırılır.

BULK Emulsion



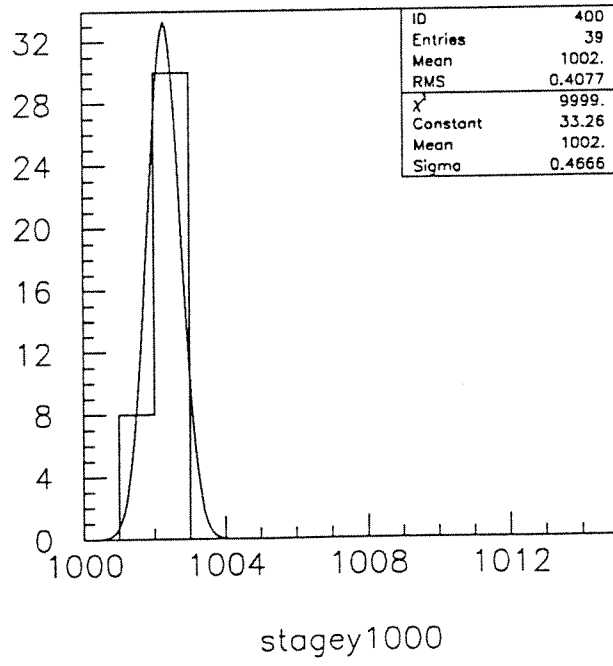
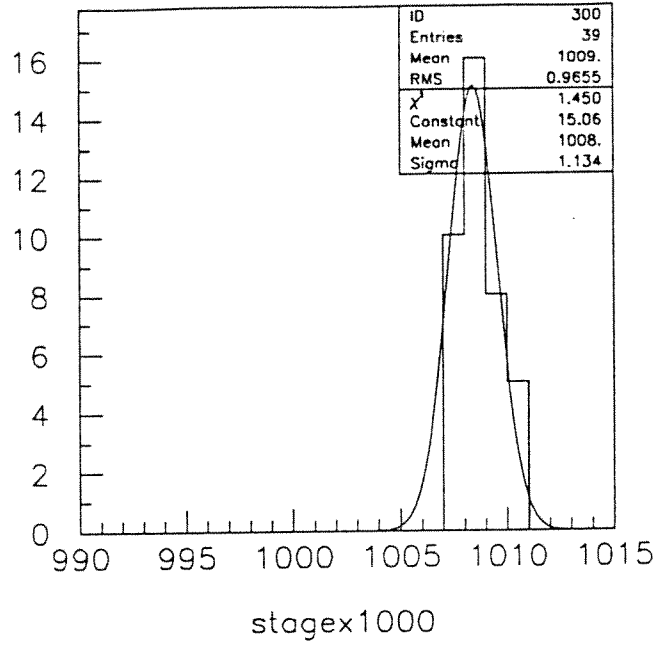
TÜRKİYE PATENT VE
TİCARİ MARKA BÜYÜKLERİ
KURUMU

Şekil 7. Bulk emulsion kesit şeması

2.7 PERFORMANS

Emulsion in “space resolution” u 1 mikrometreye kadar inmektedir. Bu da kabaca emulsion in üzerindeki iyonizasyon sonucu oluşmuş izlerdeki gümüş taneciklerinin çapıdır. Bu hassasiyet sistemimizin Heidenhain lineer koordinat kodlayıcısı ve bu kodları sayısallaştıran elektronik kısımlarında ulaşılmış bir hassasiyettir. “Stage” üzerinde sabit uzunluklar ölçtüğümüzde üç doğrultuda da bir kaç mikron hata düzeyinde ölçümler yapmak mümkün olmuştur.

Yaptığımız performans belirleyici diğer ölçümlerde “stage” üzerinde istenen çeşitli noktalara 10 mikronun içinde bir hassasiyet ile gidip gelmek mümkün olmuştur. Bu da baktığımız görüntü büyüklüğünün onda biri kadar bir hassasiyettir. Şekil 8. de “stage” üzerinde iki yönde (x,y) yapılan bu ölçümlerin dağılımı ve bu dağılımlara yapılan Gaussian fit gösterilmiştir. Şekil 8. deki ölçümlerde “stage” istenen koordinatlara yönlendirilmiştir; bu örnekte (0,0) noktasına göreli olarak (1000,1000) noktası ölçüm noktası olarak seçilmiştir. Bu ölçümler 35x35 cm² lik alan içinde çeşitli bölgelerde tekrar edilmiş ve aynı sonuçlar alınmıştır. Bu ölçümlerde görülen x yönünde 8 mikron ve y yönünde 2 mikron luk kaymalar tamamen “stage” in hassasiyetini göstermektedir, Benzer NIKON stage lerde yapılan ölçümler benzer hassasiyet ve kaymalar göstermiştir. 10 mikronun altındaki kaymalar ve 1 mikron düzeyindeki hassasiyet koordinat ölçümlerinde kabul edilmiştir. Kaymaların nedeni iki yöndeki hareket sırasında oluşan sürtünmeler ve bunların lineer kodlayıcılardan okunan ölçümlere etkileri olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. "Stage" hareketinin hassasiyeti

2.8 KALİBRASYON

Ölçüm için kalibrasyon daha önce yazılım kısmında kısaca değindiğimiz gibi, emulsion plakalarının alt yüzeylerine basılmış markaların hassas ölçümü ile yapılmıştır. Bir “mini tower” da 35 karenin 4 adet markası “stage” üzerinde ölçülür. Analizi yapılacak plakanın “stage” üzerine her koyuluşunda ise 3 ya da 4 ayrı fiducial mark ölçülür. Bu ikinci ölçüm mini-plate modülünün “stage” üzerindeki konumunu belirler. Arka arkaya dizilmiş emulsion plakalarının birbirlerine göre konumunda hassas iz takibinde ve ölçümlerde önemlidir. Bu hassas düzeltmeleri yapmak için her bir plakanın bir değerine göre koordinatlarında ve açısal olarak kaymalarının hesaplanması gerekir. Ardışık iki plakayı geçen en az iki izin koordinatları iki plakada da ölçülmüş ve iki plakanın birbirine göre koordinat ve açısal dönüşümleri hesaplanmıştır. Plakalar arasında her iki yönde de az olmayan kaymalar bulunmuştur, plakaların birbirlerine göre dönmesi ise oldukça küçüktür. Plakalar arasındaki bu parametreler fiducial işaretlerinin yerlerinin CHORUS koordinatlarına göre hesaplanması sırasında dikkate alınmıştır. Fiducial işaretlerinin CHORUS koordinatlarındaki yerleri “stage” üzerindeki ölçümlerin CHORUS koordinat sistemine transformasyonu ve yukarıdaki düzeltmelerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Tablo 1. de bir “mini-plate” için bu sonuçlar verilmiştir. Tablo 2. de ise her bir karenin fiducial işaretlerinin birinci karedeki işaretlere göre olan kayma miktarları listelenmiştir. Bu işaretlerden birincisinin kayma miktarlarını 9. Şekil göstermektedir. Ortalama olarak y yönünde 580 ve z yönünde 310 mikronluk kaymalar mevcuttur. Bu kaymalar emulsion plakalarının deneye konulması sırasında meydana gelmiş yerleştirme hatalarıdır. Kayma miktarları aynı emulsiona (Şekil 3. de gösterilen 4. sektör) bakan gruplarda da benzer miktarlardadır. Bu da beklenen bir sonuçtur, zira her bir sektör deneyden sonra 72 eşit parçaya “mini-tower” lara bölünmektedir, sonuçta her bir “mini-tower” daki kayma bütün emulsion sektörünün kaymasına eşit olacaktır. Bu hataların düzeltilmesinden sonra izlerin bir plakadan diğerine takibi kolaylaşmaktadır. Emulsion da gördüğümüz “distortion” hataları bunların yanında küçük kalmaktadır. Distortion emulsion üzerinde yer yer değişmekle birlikte, izler üzerinde yapılmış ölçümlerden bu hatanın 25-50

mikron arasında değiştiği görülmüştür. Distortion ın büyük olduğu durumlarda izler plakanın içinde açık bir şekilde dönmektedir. Aı ölçümlerinde şekil 7. de gösterildiği gibi plastik giriş ve çıkış noktalarında yapılan ölçümler ile distortion hataları giderilmektedir.

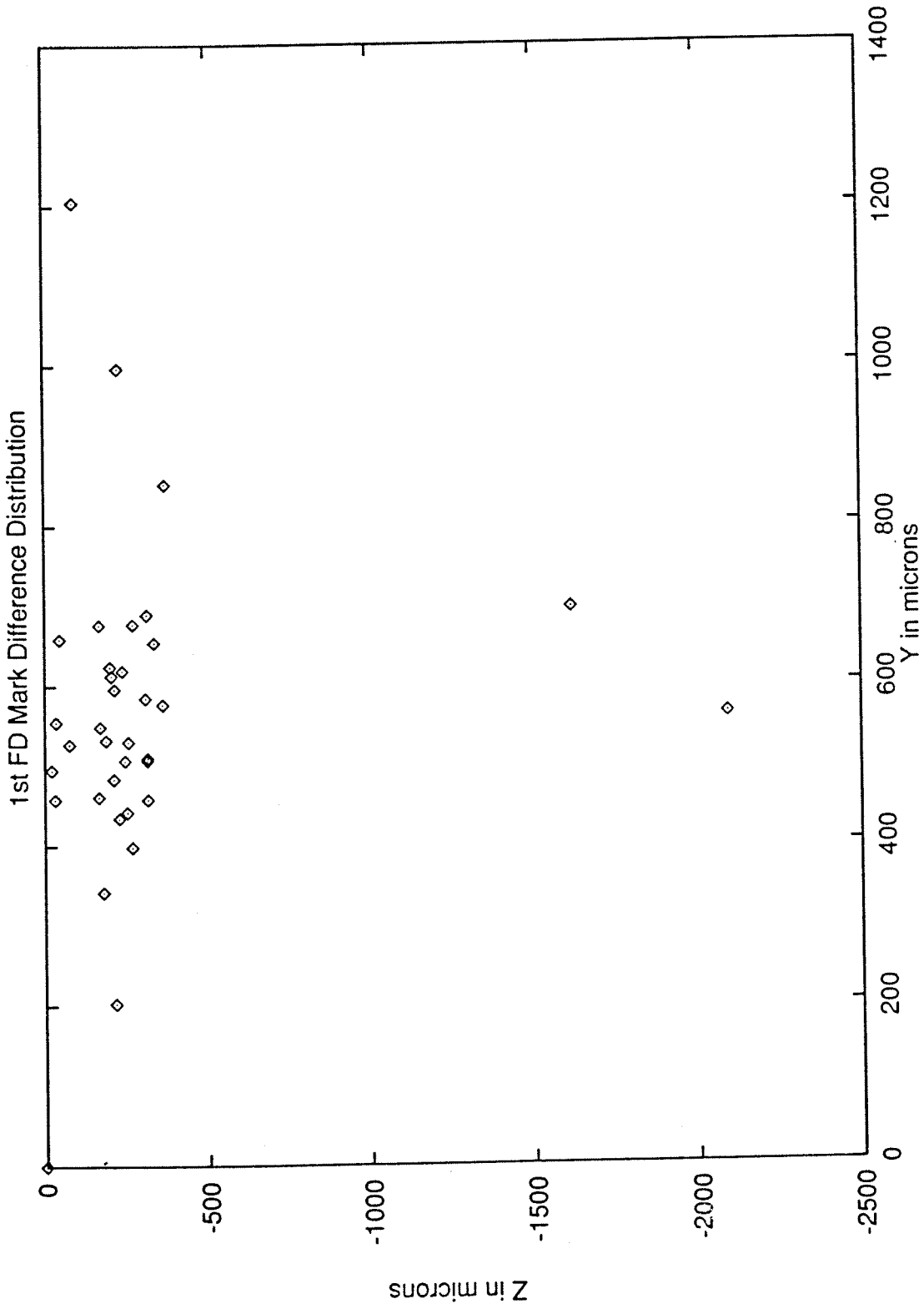
şekil 9. daki kaymalar yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda şekil 8. deki “stage” in performans belirleyici ölçümler ile ilgili değildir ve aralarında ortak bir ilişki yoktur.

Y ₁	Z ₁	Y ₂	Z ₂	Y ₃	Z ₃	Y ₄	Z ₄
446899.	-350036.	485485.	-349831.	446920.	-311331.	485477.	-311394.
447453.	-350071.	486066.	-349858.	447478.	-311348.	486064.	-311398.
447240.	-350214.	485841.	-349938.	447265.	-311496.	485835.	-311478.
447405.	-350282.	485998.	-350011.	447467.	-311551.	486019.	-311552.
447459.	-352129.	486039.	-351817.	447444.	-313429.	485974.	-313371.
447517.	-350274.	486128.	-349988.	447544.	-311577.	486108.	-311565.
447297.	-350302.	485849.	-350029.	447320.	-311624.	485857.	-311611.
447592.	-351650.	486128.	-351364.	447575.	-313016.	486076.	-312997.
447447.	-350207.	485954.	-349968.	447486.	-311587.	485944.	-311606.
447360.	-350201.	485862.	-349925.	447342.	-311590.	485813.	-311572.
447483.	-350345.	485995.	-350069.	447483.	-311735.	485966.	-311720.
447426.	-350112.	485940.	-349842.	447449.	-311515.	485948.	-311510.
447587.	-350349.	486103.	-350032.	447580.	-311749.	486061.	-311704.
447408.	-350352.	485921.	-350062.	447443.	-311769.	485921.	-311748.
447357.	-350351.	485870.	-350064.	447404.	-311770.	485880.	-311748.
447340.	-350288.	485831.	-349984.	447378.	-311716.	485846.	-311674.
447101.	-350249.	485602.	-349918.	447136.	-311684.	485618.	-311623.
447333.	-350263.	485867.	-349951.	447380.	-311685.	485877.	-311633.
447475.	-350398.	486014.	-350077.	447514.	-311810.	486010.	-311754.
447357.	-350067.	485898.	-349763.	447419.	-311500.	485931.	-311454.
447575.	-350307.	486134.	-349957.	447608.	-311739.	486138.	-311672.
447511.	-350241.	486074.	-349905.	447552.	-311702.	486087.	-311629.
447382.	-350247.	485949.	-349905.	447432.	-311678.	485970.	-311608.
448103.	-350129.	486648.	-349803.	448171.	-311551.	486692.	-311478.
447394.	-350057.	485942.	-349717.	447445.	-311489.	485958.	-311413.
447494.	-350250.	486032.	-349910.	447556.	-311721.	486066.	-311635.
447429.	-350292.	485953.	-349934.	447481.	-311764.	485975.	-311678.
447431.	-350225.	485953.	-349889.	447492.	-311706.	485966.	-311600.
447557.	-350082.	486089.	-349718.	447620.	-311540.	486118.	-311440.
447575.	-350204.	486090.	-349854.	447644.	-311677.	486125.	-311578.
447750.	-350407.	486253.	-350058.	447865.	-311868.	486339.	-311796.
447406.	-350350.	485909.	-350018.	447521.	-311825.	485999.	-311750.
447552.	-350372.	486071.	-350038.	447691.	-311839.	486152.	-311781.
447522.	-350236.	486014.	-349863.	447617.	-311685.	486091.	-311581.
447895.	-350264.	486409.	-349888.	447989.	-311716.	486469.	-311605.

Tablo 1. 4438 plakası fiducial işaretlerinin koordinatları

x (μm)	y (μm)	x (μm)	y (μm)	x (μm)	y(μm)	x (μm)	y (μm)
554	-34	581	-25	557	-15	586	-3
342	-177	355	-105	345	-163	357	-83
507	-244	512	-178	547	-218	542	-158
565	-2091	558	-1984	529	-2095	501	-1976
619	-236	642	-155	625	-243	631	-170
398	-265	364	-197	400	-291	379	-216
697	-1612	645	-1530	659	-1682	602	-1601
549	-169	468	-135	566	-254	466	-211
461	-164	376	-92	423	-257	335	-177
584	-308	510	-236	563	-402	489	-325
527	-74	454	-9	529	-182	470	-115
688	-311	617	-199	661	-416	583	-309
510	-314	436	-229	524	-435	444	-353
458	-314	385	-231	485	-436	402	-353
442	-250	345	-152	459	-383	368	-279
203	-213	116	-86	217	-351	141	-228
434	-226	382	-119	461	-352	399	-237
576	-360	529	-243	595	-476	533	-359
458	-30	412	69	499	-166	453	-59
677	-269	648	-124	689	-406	660	-276
612	-203	588	-72	632	-369	610	-233
484	-210	463	-72	512	-345	492	-213
1204	-90	1162	31	1251	-216	1214	-81
495	-19	455	115	525	-156	480	-18
596	-212	546	-77	636	-387	588	-239
530	-255	467	-101	561	-430	498	-283
532	-187	467	-56	573	-372	488	-205
658	-44	603	115	700	-206	640	-44
676	-166	604	-20	724	-343	647	-182
852	-368	768	-224	946	-533	862	-400
507	-313	424	-185	602	-491	522	-354
653	-334	585	-205	772	-506	675	-385
623	-198	528	-30	697	-351	613	-185
996	-225	923	-54	1070	-382	992	-209

Tablo 2. 4438 plakası fiducial şartelerinin birbirlerine göre kaymaları



Şekil 9. Plakalararası kalibrasyon

2.9 ÖLÇÜM ÖRNEKLERİ

Yazılım çalışmaları ve kalibrasyon çalışmalarının tamamlanması ile emulsion üzerindeki izler üzerinde koordinat ve açı ölçümleri yapmak mümkün hale gelmiştir. Analiz yazılımı Şekil 10. daki şemaya göre çalışmaktadır. Bu yazılımda kalibrasyon dosyaları ve birinci emulsion plakası üzerindeki koordinat ve açıları verilen izleri içeren dosyalar inputlardır. “Stage” otomatik olarak istenen noktalara bilgisayardan verilen komutlar ile gönderilir ve monitörde oluşan CCD kamera görüntüsündeki olası izler aranmaya başlanır. Yazılım bu arama sırasında gidilen ilk görüntü çevresinde “stage” in otomatik olarak bilgisayardan verilen komutlarla “spiral” hareket yapmasına da imkan verecek şekildedir. Bu şekilde “stage” diğer emulsion karelerine atlatılarak arama sürdürülür ve her karede ölçüm yapılır. Bu şekilde bir etkileşim noktasına varmaya çalışılır, ya da iz tüm plakalarda hiç bir etkileşim yapmıyorsa son kareye kadar takip edilir ve ölçülerek, ölçümler bilgisayar diskine yazılır. Şekil 7. de “bulk emulsion” in kesit şeması verilmiştir. İzin emulsion içinde (CHORUS koordinat sistemine göre x-yönü) takibi el kontrolü ile operatör tarafından bilgisayar monitöründe yapılır. İz ölçülecekse ölçüm plastik giriş ve çıkış noktalarında monitör üzerindeki görüntüde “mouse” kontrolü ile yapılır. Emulsion yüzeyinde yapılacak ölçümler emulsion işlemleri (processing) sırasında oluşan “distortion” yüzünden hatalı olabilmektedir. Plastik giriş çıkış noktaları “distortion” dan etkilenmez Kaydedilenler bu koordinat bilgileridir (y,z ve x). İzin açısı (dy/dx , dz/dx) bu bilgilerden elde edilir.

Ölçüm denemelerine CHORUS veri alımı sırasında önemli bir “background” kaynağı olan ve deney bölgesinde başka deneylerce kullanılan bir muon hüzmesinin emulsion plakalarında ölçülmesi çalışmaları ile başlanmıştır. Bu muon izleri emulsion detektöre belli bir açıda gelmektedir. Örnek bir mini-module de ilk plakayı kesen bu tip izler ölçülüp açıları hesaplanmıştır. Şekil 11. birinci plakadaki bu izlerin açısal (dy/dx , dz/dx) dağılımı çıkarılmıştır. Bu dağılım X7 adı verilen bu muon hüzmesinin CHORUS hedefi üzerindeki açısal dağılımını

doğrulmaktadır. Bu dağılımda yoğunluk olan b6lge X7 muon hüzmesinden gelmektedir. Çevredeki dağılım ölçüm hataları ve başka tip izleri göstermektedir.

Bu ilk ölçüm denemelerinden sonra başladığımız sistematik iz takibi ise sürmektedir. Emulsion detektörün ilk plakasında verilen iz koordinat ve açılarında başlayarak izler takip edilmektedir.

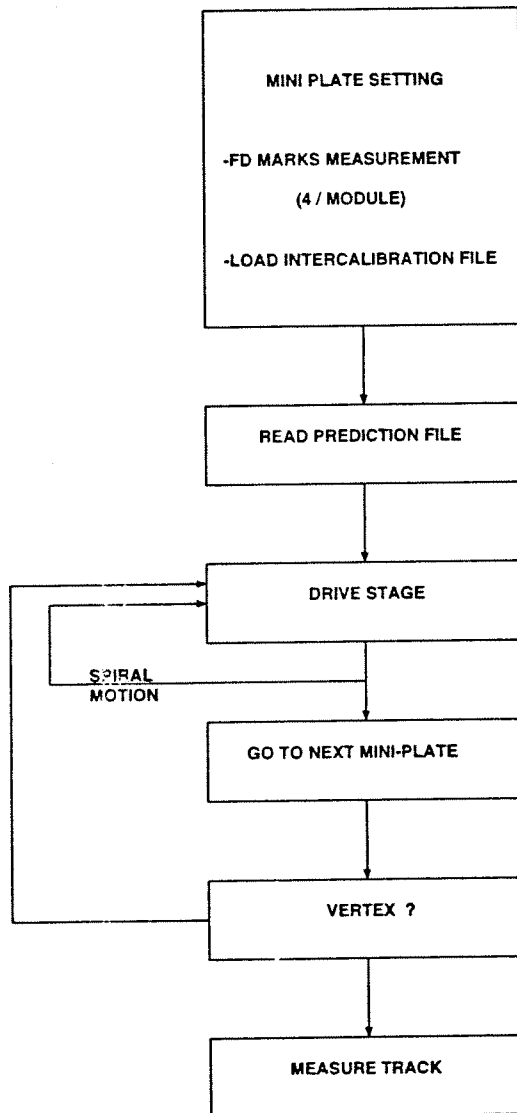
BULK SCANNING

CALIBRATION

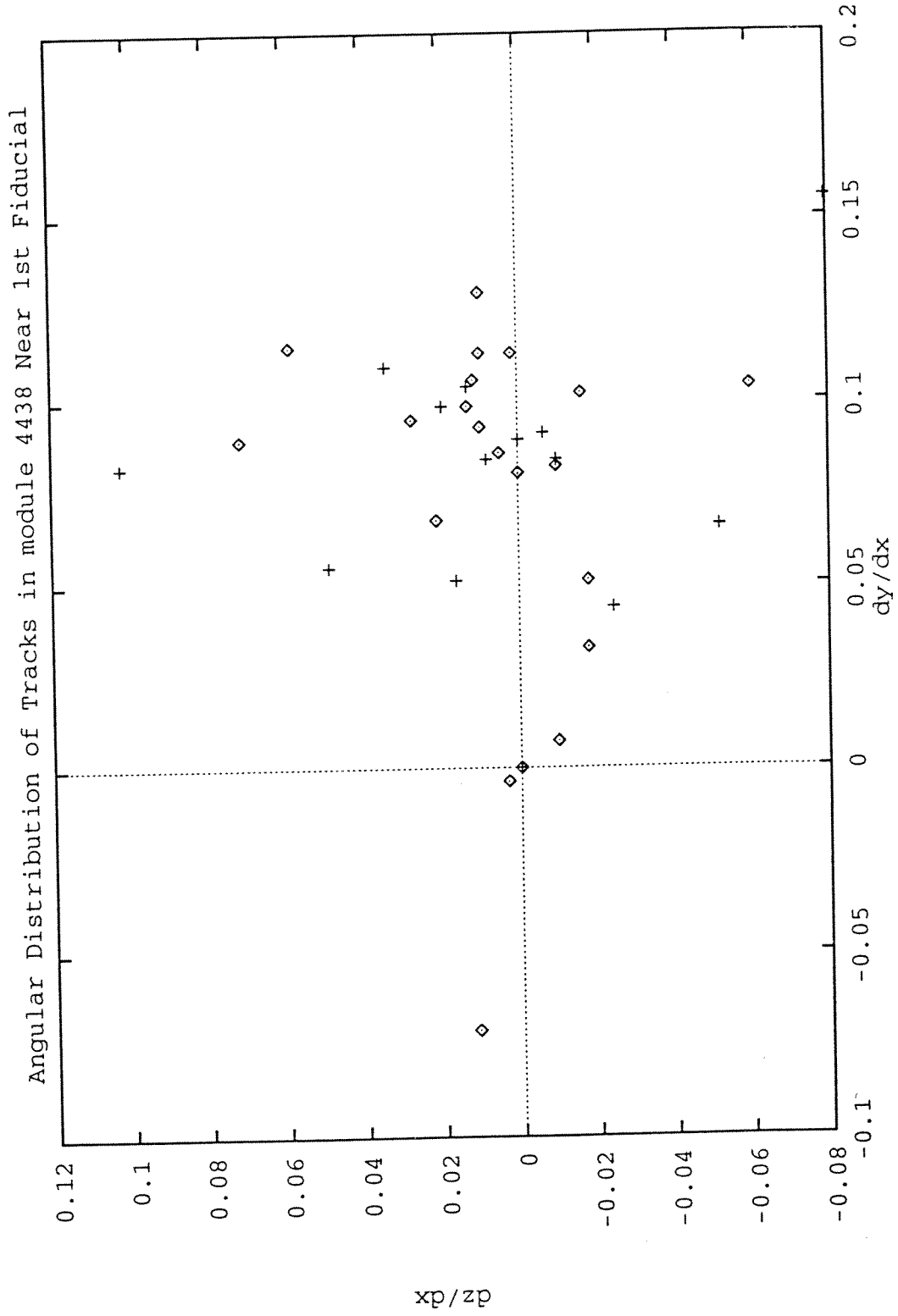
1. STICKING CALIBRATION (MEASURE FD MARKS 4 X 35=140/MODULE)

2. INTERNAL CALIBRATION (PLATE BY PLATE)

SCAN BACK



Şekil 10. Analiz yazılımı



Şekil 11. "Muon background" ölçümü

2.9.1 Bir saçılma (“Scattering”) olayı

Emulsion içinde iz takibi sırasında gördüğümüz olaylardan birisi de saçılma olaylarıdır, Şekil 12 de yüksek enerjili bir muon emulsion içinde bir elektrondan saçılarak, enerjisinin bir kısmını elektrona aktardıktan sonra hareketine devam etmiştir. Saçılmadan sonra muon un yönünde küçük bir sapma gözlenmiştir. Bu etkileşimdeki izlerin hepsi ince izlerdir (minimum ionizing), kalın hiçbir izin görülmemesi muon un elektrondan saçıldığı ve çekirdeği parçalamadığı varsayımını kuvvetlendirmektedir. Şekildeki 1. izin açıları; $dy/dx=0.004$ ve $dz/dx=0.017$ olarak ölçülmüştür. 2. ve 3. izlerin açıları ise; $dy/dx=0.002$, $dz/dx=0.023$ ve $dy/dx=0.023$, $dz/dx=-0.081$ olarak ölçülmüştür.

2.9.2 Plakaların hepsini geçen (“punch through”) bir iz

Buna bir örnek oluşturması açısından birinci plakadan başlayıp son plakaya (35) kadar takip edilen bir izin üzerinde her plakada plastik kısım üzerinde yapılan koordinat ölçümleri (y,z) kullanılarak açısal dağılım ($dy/dx, dz/dx$) çıkarılmıştır (Şekil 13). Dağılımdaki yoğunluk bölgesi her plakadan geçen izin açısal dağılımındaki benzerliği göstermektedir. Çevredeki dağılım bazı yanlış izler üzerindeki ölçümleri ve ölçüm hatalarını içermektedir. Bu iz büyük olasılıkla plakaların hepsini geçip giden “punch through” tipinde bir izdir. Bu açı ölçümündeki saçılma 10 mrad civarındadır ve iz takibini tolere edebilecek düzeydedir. Diğer emulsion gruplarında bu tolerans 10-20 mrad arasında verilmektedir.

2.9.3 Öngörülen bir nötrino etkileşimi

CHORUS deneyinde emulsion içindeki olası nötrino olaylarının koordinat ve açıları “bulk” emulsion girişine yerleştirilmiş Şekil 1 de SS (Special Sheet) gösterilen ince emulsion plakalarındaki ölçümler olarak verilir. CHORUS koordinat sisteminde, x nötrino yönü olarak alındığından bu koordinatlar y, z ve dy/dx , dz/dx dir. Emulsion içindeki iz takibimiz “stage” in ilk plakadaki bu koordinatlara gönderilmesi ile başlar. SS deki koordinat ölçümleri yani öngörülen koordinatlar (y ve z) “bulk” emulsion in ilk plakasının koordinatları olarak kabul edilir. Her bir olay verilen izler için çoğunlukla tek izdir. İstenilen bu noktaya 2.7. kısımda sözünü ettiğimiz hassasiyet içinde, yani 10 mikron içinde, gidilir. Görüntüdeki izler öngörülen izin açılara göre seçilir. Daha sonra ekrandaki görüntünün çevresinde bir ya da 2 kere “spiral” hareket ile dolaşarak seçilen iz birinci plakadan başlayarak etkileşimin olduğu yere kadar takip edilir.

Bu olaylardan bir örnek Şekil 14 de y-z düzleminde, yani monitörde gördüğümüz görüntü, gösterilmiştir. Bu olayda 5 kalın ve 5 ince iz görülmektedir. Öngörülen olayda elektronik detektörler ile yapılan rekonstrüksiyonda bu olayda 4 ince iz öngörülmüş, ve etkileşimin olduğu plaka 8. kare olarak hesaplanmıştır (bu hesapta 2-3 plakalık bir hata mevcuttur). Emulsion içinde bu olay 6. plakada bulunmuştur. Öngörülen lepton (muon) izinin açısı emulsion da gördüğümüz şekilde gösterilen 1. ize benzemektedir. 1. iz için açı ölçümleri aşağıdaki gibidir;

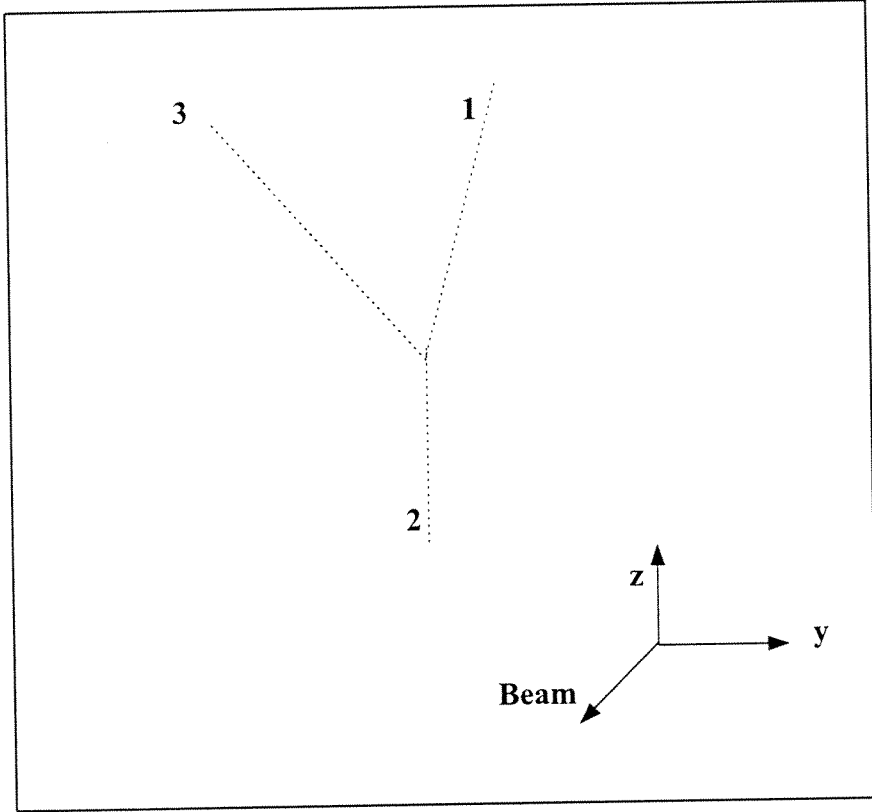
	dy/dx	dz/dx
5. plaka	0.076	-0.124
4. plaka	0.072	-0.103
3. plaka	0.065	-0.112
2. plaka	0.073	-0.114
1. plaka	0.069	-0.118
Special Sheet	0.080	-0.106

Bu olaydaki etkileşim 6. plakada ve yüzeyde olmuştur bu nedenle 6. plakada emulsion içindeki plastik yüzeylerinde koordinat ve açı ölçümü yapılamamış ölçümlere 5. plakada başlanmıştır. Bulunan bu iz Special Sheet (SS) emulsion plakasında öngörülen izin açısına benzerliğinden, bu benzerlik bulunan açı-öngörülen açı = 20 mrad dan küçük açı farklarıdır. Bazı olaylarda bu sınırı 30 mrad a kadar genişletmek gerekmektedir. Aynı zamanda bu olaydaki izin 1. plakadaki koordinatları (y,z) ve Special Sheet (SS) öngörüsünde verilmiş koordinatlar arasındaki fark y da 97 mikron, z de ise -67 mikrondur. “stage” in gönderildiği ilk kordinatlar çevresinde en fazla 1 “spiral” dönüş yaparak bu izi bulmak mümkün olmuştur. Olayda bulunan ince iz sayısı ve bulunduğu plaka öngörülere tamamen uymaktadır. Emulsion içinde elektronik rekonstrüksiyona göre öngörülen 4 ince iz yerine 5 ince iz bulunması, bu izin elektronik gözlemden kaçmış olasılığını vurgulamaktadır. Etkileşimin bulunduğu kare öngörülen plakadan 2 plaka farklıdır. Bu fark kabul edilebilir bir farktır.

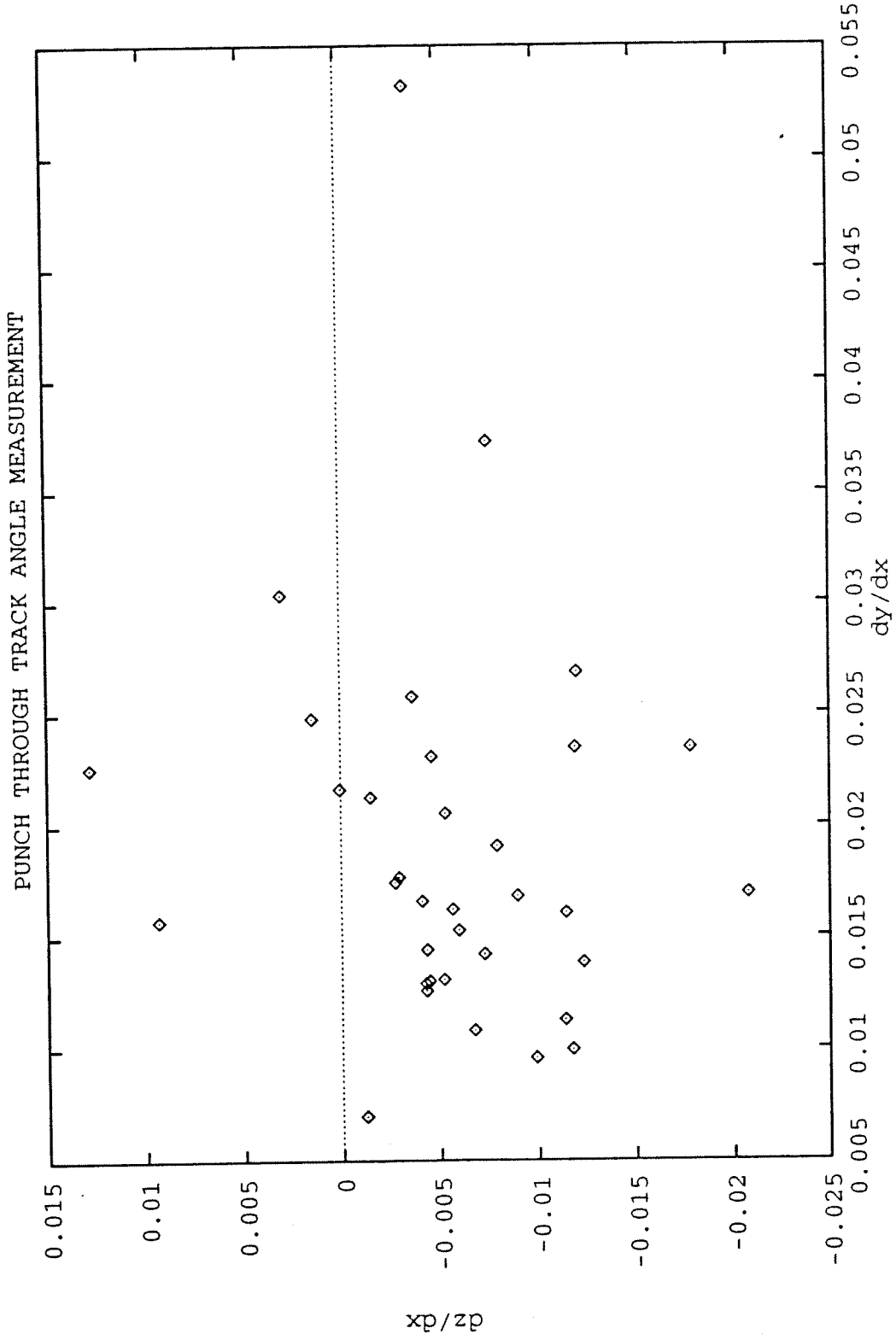
Bu olay emulsion içinde öngörülere göre bulunmuş örnek bir $v_{\mu} N \rightarrow \mu X$ etkileşimidir.

2.9.4 “Background” etkileşim

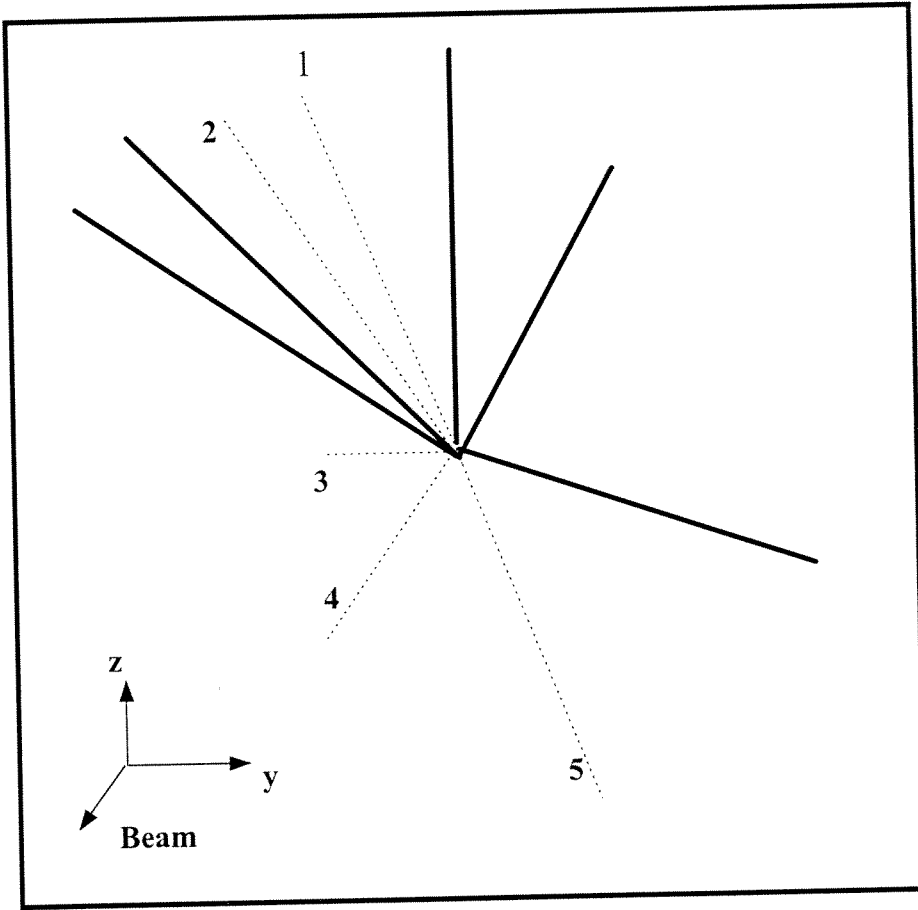
İz takibi sırasında rastlanan “background” etkileşim Şekil 15 de monitördeki video görüntüsünün “print out” kopyasını göstermektedir. Bu resimdeki izler bir emulsion plakası içindeki kalın ve yatay izlerdir. Bu tip izler bir kaç plaka geçip duran izlerdir, monitördeki görüntüde bir nokta gibi görünen izler ise dik izlerdir ve birçok plakayı arka arkaya geçebilirler.



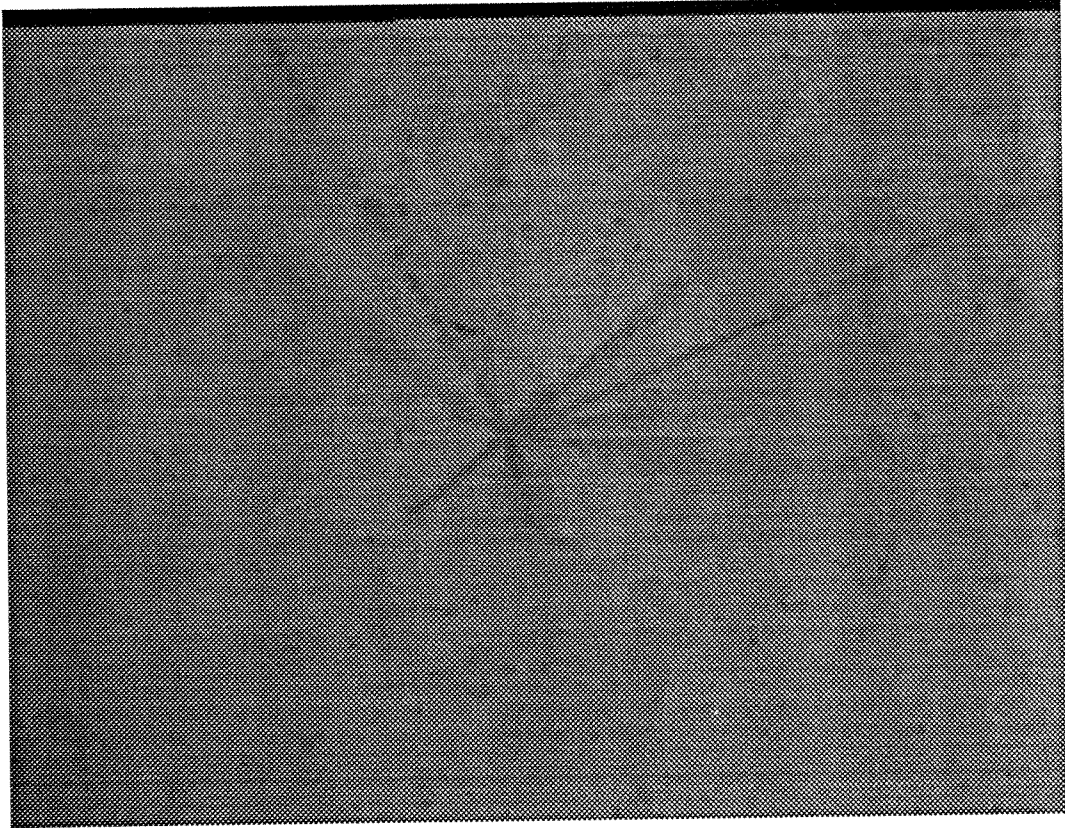
Şekil 12. Saçılma "Scattering" olayı



Şekil 13. Plakaların hepsini geçen “punch through” bir izin açısı dağılımı



Şekil 14. Öngörülen bir nötrino etkileşimi



Şekil 15. “Background” etkileşim

2.10 DURUM

CHORUS nötrino deneyinin hedef bölgesindeki emulsion plakalarının analizinde kullanılan otomatik analiz mikroskobunun kurulma çalışmaları bitmiş ve analiz çalışmaları başlamıştır. Halen daha hasas kalibrasyon çalışmaları ve bununla birlikte yürüyen iz takibi ve nötrino etkileşimlerinin aranması çalışmaları sürmektedir. CHORUS deneyinde analize hazır olan ilk emulsion plakaları kollaborasyondaki diğer emulsion grupları ile birlikte ODTÜ'deki laboratuvarımıza da gelmiştir. Ankara'da bulunan kısım deneyin 1994 veri alımından hazırlanan emulsion plakalarından Şekil 3. de gösterilen 4. sektörün alt yarısındadır. Bir sektör 72 küçük parçaya (mini-tower) bölünmüştür, bunlardan altı mini tower grubumuza verilmiştir. Bu plakaların ve gönderilecek diğer plakaların analizi daha uzun bir süre devam edecektir. Analiz süreci CHORUS deneyinde diğer laboratuvarlarla birlikte ODTÜ'de de daha ilk aşamalarında.

Öngörülen nötrino olaylarının aranmasına elimizdeki plakalardan 4438 no lu plaka ile başlamış bulunuyoruz. Her bir mini-tower için ortalama 20 olay öngörülmektedir. Öngörülen olaylardaki takip edilecek izler plakaların ortalarındaki olaylardan seçilmiştir, kenarlara rastlayan olaylar aranmamıştır. Bu plakadaki olaylardan arasından ayrıntılı incelediğimiz 10 olay için aşağıdaki istatistiki ilk bilgiyi verebiliriz.

Etkileşim noktasında (vertex) biten olaylar:	6	(60%)
Bütün plakaları geçen "punch through" izler:	3	(30%)
Bulunamayan fakat öngörülmüş izler:	1	(10%)
Etkileşimlerden çıkan ortalama iz sayıları:		
ince izler:	3	
kalın izler:	4	

Bu istatistikte nötrininonun leptonik ve hadronik kanallarda yaptığı etkileşimler toplanmıştır. Öngörülen olayların yaklaşık 60% ı leptonik 40% ise hadronik kanallardaki etkileşimlerdir. Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda SS emulsion tabakasında bulunmuş lepton ve hadronların bulk emulsion tabakalarında bulunma olasılığı 90% ın üstündedir. Bir önceki kısımda bulduğumuz bu olaylardan leptonik kanaldaki etkileşmeye bir örnek verilmiştir. Elimizdeki bu küçük olay istatistiği CHORUS grubundaki diğer emulsion gruplarının ilk verilerine istatistik hata sınırları içinde uymaktadır. Elimizdeki yaklaşık 100-120 öngörülen olayın analizi devam etmektedir.

Bu proje çerçevesinde kurduğumuz analiz sistemi rapor içinde anlatıldığı gibi yarı otomatik yöntemlerle bir operatör tarafından yapılmaktadır. CHORUS deneyi ve onun gibi büyük ölçektedeki emulsion detektörler kullanılan deneylerde analiz yapılması gereken çok sayıda emulsion plakası olacaktır. Bu nedenle arama hızının artırılmasında önemli bir konudur. Bir örnek olarak yukarıdaki kısımda anlatılan “punch through” izin deneme takibi operatör tarafından yaklaşık 60 dakikada yapılmıştır. Tam otomatik yöntemle operatörsüz arama yönteminin geliştirilmesi halinde bu sürenin 5-6 dakika düzeyine gelmesi mümkündür. Bu nedenle ODTÜ’deki laboratuvarımızda yine aynı mikroskop “stage” sistemini kullanarak iz takibinin elektronik bir işlemci ile yapılabilmesi için fizibilite çalışmaları yapmakta ve bu çalışmaları yeni bir proje önerisi haline getirmekteyiz.

III. SONUÇ

ODTÜ’de DPT-TBAG-44 projesi ile desteklenen ve Yüksek Enerji Fiziğinde günümüzde hibrid dediğimiz emulsion ve elektronik detektörlerin birlikte kullanıldığı deneylerde emulsion plakalarındaki parçacık izlerinin ve etkileşimlerin incelendiği bilgisayar kontrollü mikroskop sisteminin kuruluşunu amaçlayan proje sonuçlandırılmıştır. Bu projenin desteğiyle kurulan analiz sistemi CERN’de uluslararası bir kollaborasyon çerçevesinde katıldığımız CHORUS nötrino deneyindeki emulsion detektörlerde elde edilen verilerin analizinde kullanılacaktır. Bu analiz başlamıştır ve veri alımının sürmesine paralel olarak ODTÜ Fizik bölümündeki labotratuarımızda ve kollaborasyondaki diğer enstitülerde (özellikle Japonya’da ve Kore’de, İtalya’da ,Rusya’da) daha uzun süre devam edecektir.

Analiz sisteminin kurulma çalışmalarına NIKON markalı bir mikroskop sistemi ve “stage” in alınması ile başlanmıştır. Bu haliyle sistem otomatik değildir. Otomatize edilmesi için bir bilgisayar, ve mikroskop “stage” in hareketini ve koordinat ölçümlerinin yapıldığı lineer kodlayıcıları üç yönde kontrol edecek ve bunların bilgisayardan komutlarla çalıştırılıp ölçümlerin otomatik olarak yapılması için bir elektronik “interface” sistemine gerek vardır. Bunun dışında görüntünün bilgisayar mönitörüne yansıtılması için bir kamera (CCD) ve bilgisayar ile uyumlu bir video kartı (video overlay ve capture board) gerekir. Gelişme raporlarında belirtildiği gibi NIKON mikroskobunun alınmasından sonra bu ek sistemlerin konfigürasyon belirleme çalışmaları yapılmış, ve uygunlukları ve temin edilebilirliklerindeki kolaylıklar açısından kararlar verilmiştir. Donanım geliştirme açısından en önemli kısım interface sistem ve kamera görüntüsünün işlenmesidir. Interface sistemin elektronik planları ve kartları (printed boards) Japonya (Nagoya üniversitesinden) temin edilmiş ve proje yöneticisinin gerek Nagoya üniversitesinde gerekse ODTÜ de yaptığı çalışmalar sonucunda sistem tamamlanmıştır.

çalışan tipi seçilmiştir. Bu tip otomatik mikroskop sistemlerinde geniş deneyimleri olan Japon kollaboratörlerimiz Japonya'da NEC PC (bus sistemi IBM PC'den farklıdır) ve NTSC sistem video kullanmaktadırlar. Interface sistemin donanım ve yazılım olarak IBM PC ye uygunluğu sağlanmıştır. Kamera sistemi ise IBM PC üzerinde PAL sinyaline göre çalışabilen bir video kartı ile uyumlandırılmıştır. Yan sistemlerin temininde CHORUS kollaborasyonu ve ODTÜ imkanları çok önemli rol oynamıştır. Yazılım geliştirme çalışmaları da benzer şekilde gelişmiş, bazı mevcut standart yazılımların yanında özellikle interface sistemini yöneten yazılım IBM PC de çalışır hale getirilmiş ve geliştirilmiştir. Kalibrasyon ve analiz yazılımları yazılmış ve CHORUS emulsion plakalarının (mini-plate) tekniğine göre arka arkaya dizilmiş plakalarda başlangıçta verilmiş koordinat ve açılara göre iz takibini olanaklı kılan bir şekilde geliştirilmiştir.

Sistem donanım ve yazılım geliştirme çalışmalarından sonra analize hazır hale gelmiş ve aletin performansının (istenilen noktaya hassas bir şekilde gidişi ve koordinat ölçümlerinin hassasiyeti) istenilen düzeylerde olduğu görülmüştür. "Stage" istenilen bir noktaya 35 cm² lik bir alanda çeşitli noktalarda 10 mikrondan daha az bir sapmayla gitmekte, ve koordinat ölçümleri 1 mikron düzeyindeki bir hassasiyet ile yapılabilmektedir.

CHORUS kollaborasyonu tarafından gönderilen ilk emulsion plakaların kalibrasyon ve analiz çalışmaları başlamıştır. Bu çalışmalarda "mini-plate" modüllerde referans noktalarının (fiducial marks) ölçümleri ve deney sırasında emulsion plakalarının birbirlerine göre olan gerçek pozisyonlarını anlamak için tüm plakaları geçen izler referans alınarak ölçümler yapılmış ve bu ölçümlerden plakaların kaymaları çıkarılmıştır. CHORUS detektöründeki elektronik detektörlerden gelen bilgilere görede nötrino etkileşimlerinden geldiği öngörülen bazı izler takip edilmeye başlanmıştır. Bu çalışmalar daha ilk aşamalarda, ve devam etmektedir.

DPT-TBAG-44 projesi ile kurulan emulsion analiz sistemi bugünkü durumu ile yarı otomatik yani bir operatör aracılığıyla çalışmaktadır. Analiz hızını artırmak için yeni bir geliştirme programının planlarını yapmaktayız, bu yeni sistemde aletin tam otomatik, operatör yardımı

olmadan bir elektronik işlemci aracılığı ile iz tanımı ve ölçümlerinin yapılması ve aynı anda birden çok iz takibi öngörülmektedir.

Bu proje süresince ODTÜ Fizik bölümünde iki son sınıf öğrencisi proje dersi kapsamında projede çalışmış ve aletin özellikle donanım ve ilk testlerine katılmışlardır. Bir Fizik bölümü yüksek lisans öğrencisi de yüksek lisans çalışmasının bir bölümünü, özellikle projenin yazılım kısmında çalışarak yapmıştır ve çalışmasını tamamlamak üzeredir. Daha önce de belirttiğimiz gibi Tübitak projesi ile kurduğumuz bu analiz sistemi şu anda dahil olduğumuz nötrino deneyinin tamamlanmasından sonra daha uzun yıllar emulsion detektör ile yapılan yüksek enerji fiziği deneylerinde kullanılabilir ve bir çok yeni öğrencinin bu analiz çalışmalarına katılması ve deneysel yüksek enerji fiziğinde deneyim kazanması sağlanacaktır.

Bu projenin geliştirilmesi ve sonuçlandırılmasında emeği geçen tüm proje elemanları ve öğrenciler adına ve proje yöneticisi olarak Tübitak Temel Bilimler Grubuna değerli destekleri için teşekkürlerimizi sunarız.

IV. KAYNAKLAR

1. M. de Jong et al., "A new search for $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ oscillations", CERN-PPE/93-131 (1993). CHORUS experiment proposal.
2. S. Aoki et al., "Computer aided emulsion analysis system to study events with production cross section of nano barn", Nuclear Tracks, Vol. 12, Nos 1-6, 249-252 (1986).
3. S. Aoki et al., "Fully Automated Emulsion Analysis System", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B51, 466-472 (1990).
4. M. T. Zeyrek (for CHORUS collaboration), "Performance of the CHORUS detector for $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ oscillations", and G. Wilquet (for CHORUS collaboration), "The CHORUS neutrino oscillation experiment at CERN", Proceedings of International European Conference on High Energy Physics, Brussels 95, July 27-August 2, 1995.

BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU

1- Proje No: DPT-TBAG 44

2- Rapor Tarihi: 20.12.1995 ve 17.05.1996

3- Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 23.8.1993 - 23.8.1995

4- Projenin Adı:

Yüksek Enerji Fiziğinde Bilgisayar Kontrollü Yeni Bir Mikroskop Analiz Sistemi ve Bilgisayar Programlarının Geliştirilmesi

5- Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Doç.Dr. Mehmet T. Zeyrek
Prof.Dr. Perihan Tolun, Prof.Dr. Ramazan Sever,
Doç.Dr. Meltem Serin, Erhan Pesen6- Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:
ODTÜ Fizik Bölümü 06531 ANKARA

7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:

TÜBİTAK, ODTÜ, CERN, Nagoya Üniversitesi

8- Öz (Abstract):

Parçacık hızlandırıcılarında yapılan ve parçacık izlerinin ve etkileşimlerinin incelendiği deneylerde hassas koordinat ölçümlerinin yapılmasını olanaklı yapan bir detektörde emulsion detektörlerdir. Bu izlerin kaydedilmesinden sonraki aşama bu iz ve etkileşimlerin mikroskoplar altında incelenmesidir. CERN (Avrupa Parçacık Fiziği Laboratuvarı)'de uluslararası bir kollaborasyon çerçevesinde katıldığımız ve DPT-TBAG-5 projesi ile desteklenen nötrino salınımlarının ve tau nötrininin gözlenmesini amaçlayan deneyde de emulsion plakalarından oluşan bir hedef kullanılmaktadır. Nötrino etkileşimleri bu hedef bölgesinde oluşmaktadır. Bu olayların hassas analizi için ODTÜ Fizik Bölümünde bilgisayar kontrollü "otomatik" bir mikroskop analiz sistemi DPT-TBAG-44 projesi çerçevesinde kurulmuştur. Bu proje çerçevesinde NIKON mikroskop ve "stage" alınmıştır. Bilgisayar bağlantılı çalışması için diğer ek sistemlerin tamamlanması ile sistem donanım ve yazılım olarak geliştirilmiş ve analiz yapar hale gelmiştir. Sistemin eklerinin tamamlanmasında ODTÜ'deki başka proje imkanlarında da yararlanılmıştır. CERN'deki deneyin veri alımı halen sürmekte ve ilk aşamalarında olan emulsion analizi kollaborasyona bağlı diğer üniversite ve enstitüler ile birlikte ODTÜ'de de sürmektedir. Dünyada sayılı enstitüde bulunan bu analiz olanağı sayesinde parçacık hızlandırıcılarında halen sürdürülen ve planlanan hibrid (emulsion ve elektronik) detektörlerin kullanıldığı deneylere katılıp analiz yapmamız mümkündür. Ayrıca ODTÜ'deki bu olanak sayesinde deneysel yüksek enerji fiziğinde yeni bir çalışma ve araştırma ortamı yaratılmıştır.

Anahtar Kelimeler: CERN, nötrino salınımları, emulsion detektörler, otomatik emulsion analizi

9- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler

10- Bilim Dalı: Yüksek Enerji Fiziği

Doçentlik B. Dalı Kodu: 404.02.01

ISIC Kodu:

Uzmanlık Alanı Kodu:

11- Dağıtım (*): Sınırlı Sınırsız

12- Raporun Gizlilik Durumu :

 Gizli Gizli Değil

(*) Projenizin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz

LİYOĞRAFİK BİLGİ FORMU	
Proje No: DPT-TBAG 44	2- Rapor Tarihi: 20.12.1995 and 17.05.1996
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 23.8.1993 - 23.8.1995	
Projenin Adı: A new Computer-Controlled Microscope System in High Energy Physics and Development of Related Computer Programmes.	
Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Doç.Dr. Mehmet T. Zeyrek Prof.Dr. Perihan Tolun, Prof.Dr. Ramazan Sever Doç.Dr. Meltem Serin, Erhan Pesen	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: METU, Department Physics, 06531 ANKARA	
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: TÜBİTAK, METU, CERN, Nagoya University	
Öz (Abstract): Emulsion detectors, in particle physics experiments at accelerators, can be used for precise coordinate measurements of particle tracks and interactions. These tracks and interactions on the emulsion plates are investigated under microscopes. At CERN (European Laboratory for Particle Physics) there is a new experiment to search for neutrino oscillations with matter can occur. Our group at METU collaborates in this experiment and we are supported financially through project DPT-TBAG-5. We have set up a computer controlled semi-automatic microscope system at METU Physics department for the scanning of emulsions in this continuing neutrino experiment. The setting up of this analysis system was supported by project DPT-TBAG-44. The NIKON microscope stage was bought with financial support from this project and both hardware and software aspects of interface system were developed, computer connections were completed and the system is now ready for analysis. The data taking is still continuing in the experiment at CERN and the emulsion analysis, still in a preliminary stage, is continuing at METU as well as the other institutions and universities in the collaboration. We have already located several neutrino interactions in emulsion and measured the outgoing particle tracks from the interaction vertex. With this METU emulsion scanning facility, it is also possible for us to join ongoing and future hybrid (emulsion and electronic) experiments in the particle accelerators. Similar system exist in very few institutions in the world. We have started a new research opportunity in experimental high energy physics at METU, with this system.	
Anahtar Kelimeler: CERN, neutrino oscillations, emulsion detectors, automatic emulsion scanning.	
Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler	
- Bilim Dalı: High Energy Physics Doçentlik B. Dalı Kodu: 404.02.01 Uzmanlık Alanı Kodu:	
ISIC Kodu:	
- Dağıtım (*): <input type="checkbox"/> Sınırlı <input checked="" type="checkbox"/> Sınırsız	
- Raporun Gizlilik Durumu: <input type="checkbox"/> Gizli <input checked="" type="checkbox"/> Gizli Değil	

Projenizin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz