

ODTÜ Fizik Bölümü'nde, CERN'de Çalışacak LHC'deki CMS Deneyine Hazırlık

Deneyle İlgili Olarak ODTÜ Fizik Bölümü'nde Parçacık Fiziğinin Güncel Konularında Modelleme Çalışmaları Yapılıyor

Prof. Dr. Mehmet Zeyrek
ODTÜ Fizik Bölümü

İsviçre-Fransa sınırı üstünde, Cenevre'de CERN (Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi) 12 Avrupa ülkesinin 1954 yılında kurduğu bir merkezdir. Şu anda 20 Avrupa ülkesi CERN'ün üyesidir. Türkiye CERN'de gözlemci ülke statüsündedir. CERN'ün temel amacı bin yıllar önce başlayan maddenin yapısını anlama serüvenini günümüzde en uç noktada sürdürmek, yani bu konudaki temel araştırmaları planlamak ve uygulamaktır. Bu çalışmalar parçacık hızlandırıcıları dediğimiz makinalarda kurulan algılayıcılarda (dedektörlerde) yapılmaktadır. CERN'ün şu anda gündemindeki en önemli proje içinde bulunduğumuz yılın sonlarında tamamlanacak ve çalışmaya başlayacak yaklaşık 4 milyar dolar bütçeli LHC (Large Hadron Collider) projesidir. CERN'de günümüzde yapılan deneyler büyük bütçeli ve çok fazla sayıda ülke, bilim adamı, öğrenci, mühendis ve teknisyenin katıldığı mega bilim projeleridir.

CERN'deki parçacık fiziği araştırmaları, bilim ve teknolojiye, dolayısı ile insanlığın hizmetine çok değerli buluş ve kolaylıkları da sunmakta ve 50 yıldan fazla bir süredir Nobel Ödülleri ile değerlendirilmektedir. Bu teknolojik katkılar arasında; World Wide Web'in keşfi, elektronik ve telekomünikasyon teknolojileri,

bilgi teknolojileri, yeni malzemeler, süperiletken mıknatıslar, nükleer tıp uygulamaları ve yeni enerji kaynaklarını sayabiliriz.

LHC çalıştığı zaman 7 TeV'lik (TeV=Tera elektron Volt) yüksek enerjili proton hüzmeleri, her saniyede 40 milyon kez çarpışacaktır. Bu çarpışmalar; yerin yaklaşık 100 m derinliğinde, çevresi 27 km olan bir halkada gerçekleşecektir. LHC'de, protonlar; halkanın etrafına yerleştirilmiş yaklaşık 10,000 süperiletken mıknatıs tarafından yönlendirilecek ve zıt yönlerde dönen protonlar kütle referans sisteminde 14 TeV'de çarpışacaklardır. Çarpışma noktalarındaki dev algılayıcılar (detektör sistemleri) bu çarpışmaları izleyecek ve kaydedecektir. Parçacık fiziği deneylerinde küçük kütleli oluşları ve yüksek enerjileri nedeniyle çok uzun mesafelere gidebilen parçacıklar gözlenmeye çalışılmaktadır. Bu parçacıklardan bazıları, kalınlığı metrelerce olan çok yoğun malzemelerden, örneğin kurşundan, boşlukta gidercesine geçebilmektedir. Dolayısı ile dedektörler, yoğun malzemelerden, çok büyük hacimlerde inşa edilmektedir. Bu yolla bu parçacıklar durdurulabilir ve incelenebilirler. LHC deneyinde inşaatı tamamlanmakta olan deneylerden biri olan CMS (Compact Muon Solenoid) dedektörü; 21 metre uzunluğunda, 16 metre çapı olan bir silindir ve ağırlığı yaklaşık 12,500 ton-

dur. Dedektör karmaşık ve hassas sistemlerin bir araya gelmesiyle oluşmuştur, ve ağırlıkları 200 ile 2000 ton arasında değişen parçalar, yerin 100 metre altına indirilerek birleştirilmektedir. Bu dev cihaz; 37 ülkenin 155 kurumundan, yaklaşık 2000 bilim insanından oluşan büyük bir bilimsel ve teknolojik ortaklık sonucunda ortaya çıkmak üzeredir.

Her çarpışma sonrası algılayıcılardan yılda yaklaşık 10 petabyte kadar veri toplanacaktır. Dünyada bir yılda basılan tüm kitapların içerdiği veri bu miktarın 10 binde biri düzeyinde hesaplanmaktadır. Bu büyük miktardaki verinin işleme ve depolanma sorunu bu projenin üzerinde çok düşünülen bir konudur. Bunun çözümü Grid sistemlerinin kullanılmasından geçmektedir. Grid sistemi dünyanın çeşitli yerlerinde bulunan bilgi işlem birimlerinin bir araya getirilmesi ile bilgi işleyen ve depolayan bir üst sistemdir. Grid kaynakları, yüksek enerji parçacık fiziği dışında; tıp, biyoenformatik, nanoteknoloji ve meteorolojide de kullanılmaktadır.

Protonların çok yüksek enerjilerde çarpıştırılması ile amaçlanan; evrenin oluşumunun başlangıcı olarak kabul edilen Büyük Patlama'dan sonra saniyenin milyarda biri gibi çok kısa zaman aralığındaki şartların benzerlerini laboratuvar ortamında yaratmak ve bu şekilde evrenin şu andaki durumunu ve



işleyiş mekanizmalarını anlamaya çalışmaktır. Bu şartlar altında yeni parçacıkların ve oluşumların ortaya çıkması da beklenmektedir. Bunlar arasında Higgs parçacığı, süpersimetrik parçacıklar, minyatür kara delikler, gravitonlar sayılabilir. Bu parçacıkların gözlenmesi ile evrenin işleyiş mekanizmalarını anlamak ve bir çok kuramsal çalışmanın geçerliliğini görmek ya da reddetmek mümkün olacaktır. Hızlandırıcılarda çok yüksek enerji ve çok yüksek yoğunluktaki parçacık demetlerinin sıklıkla çarpışmalarının sonucunda sürprizlerin de beklenmesi doğaldır. LHC makinesinin en önemli ve bilim dünyasını heyecanlandıran tarafı da budur.

Parçacık fiziğinde, maddenin temel yapısını anlama yolunda geliştirilen kuramsal ve gözlemlere dayanan bir çok çalışma; Standart Model adını verdiğimiz bir modelde birleştirilmiştir. Tüm başarılarına karşın yine de bu modelin bazı temel sorulara yanıt veremediğini biliyoruz. Bunlardan en önemlisi; maddenin temel yapıtaşlarının, kütlelerinin nereden geldiği sorusudur. LHC'nin bu soruyu Standart Model'in öngördüğü şekilde yanıtlayacağı tüm camianın ortak görüşü. Bu yanıt Higgs adı verilmiş parçacığın gözlemiyle gerçekleşecek. Higgs parçacığı 1964 yılında Edinburgh Üniversitesi'nden Peter Higgs'in önerdiği temel parçacıktır

ve Standart Model'de maddeye kütle kazandıran unsurdur. Evrendeki karanlık maddenin neden oluştuğu ve madde-antimadde asimetrisinin nedenleri ile ilgili sorularımıza da LHC'nin yanıtlar bulacağını bekliyoruz.

LHC'de; proton çarpışmalarında ulaşılacak enerji ve parçacık demetlerinin yoğunluğu ve çarpışma sıklığı bugüne kadar ulaşılmış en yüksek değerler olacaktır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde Chicago'daki Fermi laboratuvarında (Fermilab) Tevatron isimli hızlandırıcıdaki proton çarpışmaları LHC'dekinden yaklaşık 7 kat daha az enerjilerde gerçekleşmektedir. Türkiye'deki deneysel yüksek enerji fiziği çalışmalarının geçmişi 1960'ların sonlarına gitmektedir. Bu girişimler ODTÜ'de başlamış, daha sonra; Boğaziçi, Çukurova üniversitelerinde oluşturulan araştırma gruplarının katılımı ile günümüze kadar taşınmıştır. Son yıllarda diğer üniversitelerimizde de benzer gruplar oluşmuştur. Bu yıllar süresince Türk grupları CERN deneylerine katılmışlardır. Son olarak araştırma gruplarımız LHC deneylerinde de yer almaktadırlar. ODTÜ deneysel yüksek enerji fiziği grubu, LHC'deki CMS deneyinin bir üyesidir.

Grubumuzda son yıllarda LHC-CMS

deneyi için simülasyon/modelleme çalışmaları yapılmaktadır. Bu tür simülasyonlar, hızlandırılmış parçacıkların çarpışması sonucu incelenen fizik modeli doğrultusunda ortaya çıkacak olan parçacıkların detektör ile olan etkileşimini simüle eder ve tıpkı deney gerçekten yapılmıyormuş gibi dedektörün aktif birimlerinden gelecek dijital elektrik sinyallerini üretir. Simülasyon bu anlamda dedektörün yerini alır. Yazılımın en üst katmanı dedektörden gelen verileri yeniden yapılandırarak, çarpışmada ortaya çıkan parçacıkları belirler. Bu katman, gerçek deney verisi ile de simülasyon verisiyle aynı şekilde çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu çalışmalarda CMS dedektörü için geliştirilmiş olay-yaratım ve dedektör simülasyonları kullanılmaktadır.

Söz konusu yazılımların çalıştırabilmesi için yüksek hızlı işlemcileri ve terabyte mertebesinde depolama kapasitesi olan Batch Cluster'lar kullanılır. Bu Cluster'ların ayrıca GRID üzerindeki muazzam miktarda veriye erişebilmesi için güvenilir ve yüksek bant genişliğine sahip bir internet bağlantısı gerekmektedir. Teknolojinin sınırlarında yapılan bir deneyin sonuçlarının analizi için de teknolojinin sınırlarını zorlayan bilgi işlem sistemlerinin gerektiği ortaya çıkmıştır. ODTÜ Fizik Bölümü'nde bu amaçla kurduğumuz bir hesaplama laboratuvarı bulunmaktadır. Laboratuvarımızda biri WEB server olmak üzere toplam 5 bilgisayar bulunuyor. Makinelardan biri Batch Cluster'ın merkezi bilgisayardır. Cluster'a bu bilgisayar üzerinden erişilir. Kalan üç makine "data cruncher" bilgisayarlardır, her birinin üzerinde iki işlemci olup bu işlemciler "hyperthreading" özelliği sayesinde iki sanal işlemci olarak davranıyorlar. Hepsi merkezi bilgisayara dahili ağ üzerinden bağlıdır. Bilgi işlem hizmeti olarak laboratuvarında CONDOR Batch Cluster yazılımı kuruludur. Cluster sisteminin veri depolama kapasitesi ~600 GB'dir.

Cluster sistemi üzerinde AFS network dosya sistemi kuruludur. Bu sistem sayesinde Cluster'daki tüm makineler birbirine ve CERN'e doğrudan bağlıdır. Ayrıca sistemde ROOT, CMSSW ve GRIDFTP yazılımları kuruludur. GRIDFTP yazılımı ile sertifikanız varsa GRID'e doğrudan bağlanıp oradan/oraya veri transferi yapmak mümkündür. Tüm sistem için WEB tabanlı bir monitör sayfası mevcuttur.

Grubumuzda son yıllarda CERN grupları ile bağlantılı olarak gerçekleştirdiğimiz bir modelleme çalışması da; LHC'de gerçekleşmesi öngörülen kara delik oluşumları ile ilgili çalışmalardır.

Standart Model'de çözülmemiş en önemli sorunlardan biri elektro-zayıf etkileşim skalası ile Planck skalası arasındaki muazzam farklılıktır. Bu farklılık; hiyerarşi problemi olarak adlandırılır. Söz konusu problem, kütleçekim kuvvetinin diğer temel etkileşimlere kıyasla oldukça zayıf olmasından ortaya çıkar. Bu nedenle kütleçekim kuvvetinin oldukça kısa mesafelerde artabileceği fikrine dayanan ekstra boyut modelleri oluşturulmuştur. Söz konusu modeller hiyerarşi problemini anlama olanağı sağlamakla birlikte; Standart Model ötesi yeni fizik olaylarının ortaya çıkacağını da öngörmektedirler.

Öngörülen yeni fizik olaylarından biri; ekstra boyutlu minyatür kara deliklerin LHC'deki dedektörlerde gözlenebilecek olmasıdır. Kuramsal hesaplar kara deliklerin oluşum tesir kesitinin oldukça yüksek olduğunu ve kara deliklerin LHC'de yüksek miktarlarda üretileceği öngörülmektedir.

Kara deliklerin keşfi, yukarıda bahsedildiği üzere hiyerarşi sorununa bir açıklama getirecektir. Ayrıca kara deliklerin bozunumu Hawking ışınımı mekanizması ile gerçekleşeceği için, varlığı ve özellikleri henüz deneysel olarak incelenmemiş olan Hawking ışınımının varlığı kanıtlanacak ve bu mekanizma incelenebilecektir.

Proteomik: Post-Genomik Dönemin En Güçlü Teknolojisi

*Prof. Dr. Gülay Özcengiz
Biyolojik Bilimler / Moleküler Biyoloji
ve Genetik Bölümü*

Genom araştırması, diğer deyişle bir organizmanın sahip olduğu genomun en detaylı biçimde aydınlatılması, organizmanın gerçek potansiyeli hakkında ancak sınırlı ölçüde bilgi sağlar. DNA dizi analizi yapılmış genlerin veri tabanları kullanılarak tanımlanması, organizmanın bu genleri hangi oranda kullandığı ve karşılaşacağı durumlara hangilerini kullanarak yanıt vereceğini göstermez. Gen ifade profillerinin, yani hangi genlerin ifade edilerek proteomikara dönüştürüldüğünün belirlenmesi, gen ürünlerinin modifikasyonları, yani sentez sonrası ne tür bir değişime uğradıkları, hücrede buldukları yerler ve göreceli miktarlarının anlaşılması için post-genomik araçların kullanılması gerekir. Bu yönde günümüzde en etkin araç, proteomik teknolojisidir. Proteomik, belirli bir zaman ve mekanda bir organizmanın sahip olduğu ve ifade ettiği tüm farklı proteinlerin bir toplamıdır. "Farklı proteinler," sadece genler tarafından kodlanan polipeptid yapıları değil, aynı zamanda sentez sonrası modifikasyonları da içermektedir. "Mekan" terimi, farklı proteinlerin farklı hücre kompartmanlarında ve farklı hücre tiplerinde ifadesini belirtir. "Zaman" ise farklı gelişim evreleri, çevresel koşullar, çeşitli hastalıklar, yaşlılık gibi süreçlere işaret eder. Genomun aksine proteomik, sabit değildir ve bir hücre tipinden diğer hücre tipine, ayrıca mevcut koşullara bağlı olarak nitel ve nicel değişiklikler göstermektedir. Proteomik, ilk aşamada proteinlerin ağırlık ve elektrik yüklerine göre yüksek çözünürlükle ayrıştırıldıkları iki boyutlu elektroforez jellerinin (2-DE) elde edilmesi ve gerekli yazılımlar kullanılarak incelenecek proteinlerin

belirlenmesini, ikinci aşamada özel bir kütle spektrometri yöntemi olan MALDI-TOF MS ile bu proteinlerin peptid kütle parmak izlerinin elde edilmesini ve son aşamada elde edilen bulguların genomik veri tabanı ve bioinformatik yazılımlar kullanılarak analizi sonucu proteinlerin tek tek tanımlanmasını içerir. Proteomik, inceleme alanına protein-protein ve protein-küçük molekül etkileşimleri de girmektedir. Proteomik, tanı ve ilaç geliştirmede kullanılabilecek hastalığa özgün proteinlerin (örneğin bitki hastalık markörleri, kanser çeşitlerinde tümöre özgün antijenler, vb) belirlenmesi, hastalıkların seyrinin ve/veya terapötik uygulamaların etkilerinin izlenmesi, endüstriyel öneme sahip doğal ya da genetik olarak değiştirilmiş organizmalarda metabolik etkilerin global biçimde takip edilmesiyle biyoproseslerin geliştirilmesi ve patojenik mikroorganizmalara karşı etkin ilaçlar ve aşuların geliştirilebilmesi için hastalık etkeninin (patojenin) hedef proteinlerinin tanımlanması gibi çok önemli uygulamalara sahiptir.

Moleküler Mikrobiyoloji ve Genetik Grubumuzda "Proteomik" alt grubu, 2000 yılından bu yana bu alanda araştırmalar yürütmektedir. Bu kapsamdaki çalışmalarımızın ilk ürünü, halen ortak araştırmamız olan Erciyes Üniv., Biyoloji Bölümü öğretim üyesi Y. Doç. Dr. Servet Özcan tarafından 2003 yılında tamamlanmış doktora tezi olmuştur. Bunu, tamamlanmış iki yüksek lisans tezi ve halen devam etmekte olan üç ÖYP doktora tezi izlemiştir. Proteomik alanında en önde gelen bilimcilerden Prof. Dr. Michael Hecker ve ekibi (Ernst-Moritz-Arndt Üniversitesi, Mikrobiyoloji Enstitüsü, Greifswald, Almanya) ile ortak araştırmamız 2004 yılında başlamıştır. Ortak çalışmalarımız



Prof. Dr. Gülay Özcengiz, Ar. Gör. Burcu Tefon, Elvin İşcan, Ar. Gör. Aslıhan Kurt, Ar. Gör. Volkan Yıldırım ve Emrah Altındış.

kapsamında, Dr. Özcan'ın araştırmaları Ar. Gör. Volkan Yıldırım tarafından sürdürülmüş ve elde ettiğimiz sonuçların bir bölümü geçtiğimiz ay (Nisan 2007) alanın en saygın dergilerinden biri olan Proteomics'de, dergi kapağında da yer alarak yayınlanmış ve proteomik alanında ülkemiz adresli ilk uluslararası yayını oluşturmuştur.

Adı geçen araştırmamıza konu olan mikroorganizma, odunlu bitkilerin yapısındaki lignini tamamen mineralize edebilen, ayrıca fenolik kirleticileri parçalamakta çok etkin bir biçimde kullanılan, biyoteknolojik önemi yüksek Phanerochaete chrysosporium isimli bir beyaz-çürükçül mantardır. Çevre Müh. Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Ulkü Yetiş ve Prof. Dr. Filiz B. Dilek ile 1994-1998 yılları arasında yürüttüğümüz araştırmalarımız, P. chrysosporium hücrelerinin ağır metallerin yüksek konsantrasyonlarına dirençli olduğunu ve bu metalleri hücre duvarına bağlama (biyosorpsiyon) kapasitelerinin çok yüksek olduğunu göstermiş, P. chrysosporium biyokütlesi kullanılarak ağır metal içeren endüstriyel atık suların arıtılmasına yönelik ilk biyomühendislik uygulamalarını oluşturmuştu. Bu araştırmanın sonuçları, bizleri bu organizmanın ağır metallerine verdiği

yanıtta yer alan protein elemanlarının ve protein modifikasyonlarının tanımlanarak global gen ifade profilinin elde edilmesiyle organizmanın metal stresi ile başa çıkabilmesini sağlayan yanıtın moleküler seviyede tarif edilmesine yöneltmiştir. Yüzlerce proteini içerecek şekilde, organizmanın literatürdeki ilk referans proteom ve fosfoproteom haritaları çıkarılmış, her bir proteinin hücre içi seviyesi, hücrenin hangi kompartman(lar)ında yer aldığı ve sentez sonrası modifiye edilip edilmediği belirlenmiştir.

Organizmanın ağır metallerle maruz kaldığında değişen proteomları referans proteom haritasıyla karşılaştırılmış, ifadelerinde değişim görülen en az 200 adet protein tanımlanmış, bu sonuçlar daha önce varlığı bilinmeyen yeni fizyolojik mekanizmalar da dahil, P. chrysosporium'un stres yanıtında kullandığı mekanizmaları aydınlatmamızı sağlamıştır. Elde edilen bilgiler ışığında yapılacak genetik değişikliklerle organizmanın çok daha etkin bir ağır metal bağlayıcısı haline dönüştürülmesi mümkün olabilecektir.

Proteom ekibimiz içerisinde bir diğer grup araştırmacı, boğmaca hastalığının etkeni olan ve dünyada her yıl 250-300 bin çocuğun ölümüne neden olan Bordetella pertussis isimli bakterinin toplam çözünür proteomu, hücre yüzeyi proteomu ve salgılandığı proteinleri içeren alt proteomun immünolojik analizi ile bakterinin bağışıklık sistemimizi aktive edici (immünojenik) proteinlerinin ve diğer hastalık yapıcı faktörlerinin belirlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Immünoproteom adını alan bu alan oldukça yeni olmasına karşın, yeni kuşak ilaç ve aşıların geliştirilmesinde çok etkindir. Dünya genelinde, boğmaca hastalığını engellemek için; canlı olmayan B. pertussis hücrelerinden oluşan "tam hücre aşıları" yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. 1981'den bu yana Japonya'da, 1996'dan bu yana da A.B.D. ve İskandinav ülkeleri gibi gelişmiş bazı

ülkelerde kullanılan hücresiz boğmaca aşısı, pahalı olması nedeniyle henüz yaygın bir kullanım bulamamıştır. Boğmacaya karşı bağışıklama stratejisi tüm dünyada değişmektedir. Boğmaca hastalığı yüksek oranda aşılı toplumlarda da zaman zaman epidemiler şeklinde görüldüğünden, artık ergen ve erişkin bireyler de bağışıklama uygulamalarına dahil edilmektedir. Geleneksel aşıların kullanımı ergen ve erişkinlerde yasaklanmış olduğundan, bu ancak yeni kuşak hücresiz boğmaca aşıları ile mümkün olabilecektir. Ülkemizde yeni boğmaca aşılarına geçmek ve dünya stratejisine uyum sağlamak istenirse, yılda en az 30-40 milyon US\$ ithalat harcaması yapılması gerekecektir, bu da ülkemizde yeni kuşak aşı araştırmalarını zorunlu kılmaktadır. Immünoproteom ön analizlerimiz, toplam 15 immünojenik protein tanımlamıştır. Bunların sadece 4'ü B. pertussis'in bilinen immünojenik proteinlerine karşılık gelmekte olup diğer 11 proteinin immünojenik özeliği ilk kez grubumuzca gösterilmiştir. Yapay network tabanlı analizlerle, tanımlanmış olduğumuz proteinlerin antikor yapımını uyaran amino asit dizileri saptanmış olup elde edilen bilgilerin peptid bazlı yeni aşıların yapımında kullanılması beklenmektedir.

haberodtü

Bu Hafta'nın ekidir.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Adına Sahibi
Rektör Prof. Dr. Ural Akbulut

Yayın Kurulu

Prof. Dr. Bilgehan Ögel (Sorumlu Müdür)
Serpil Savaş
Aylin Turgut
Emre Çalıřkan

GrafikTasarım / Uygulama

İdil Ayçe Aba

Web Sayfası

<http://www.basin.metu.edu.tr/haberodtu.php>
Fisun Güven

İletişim:

Tel: 210 35 34 / 210 38 01

e-mail: savass@metu.edu.tr