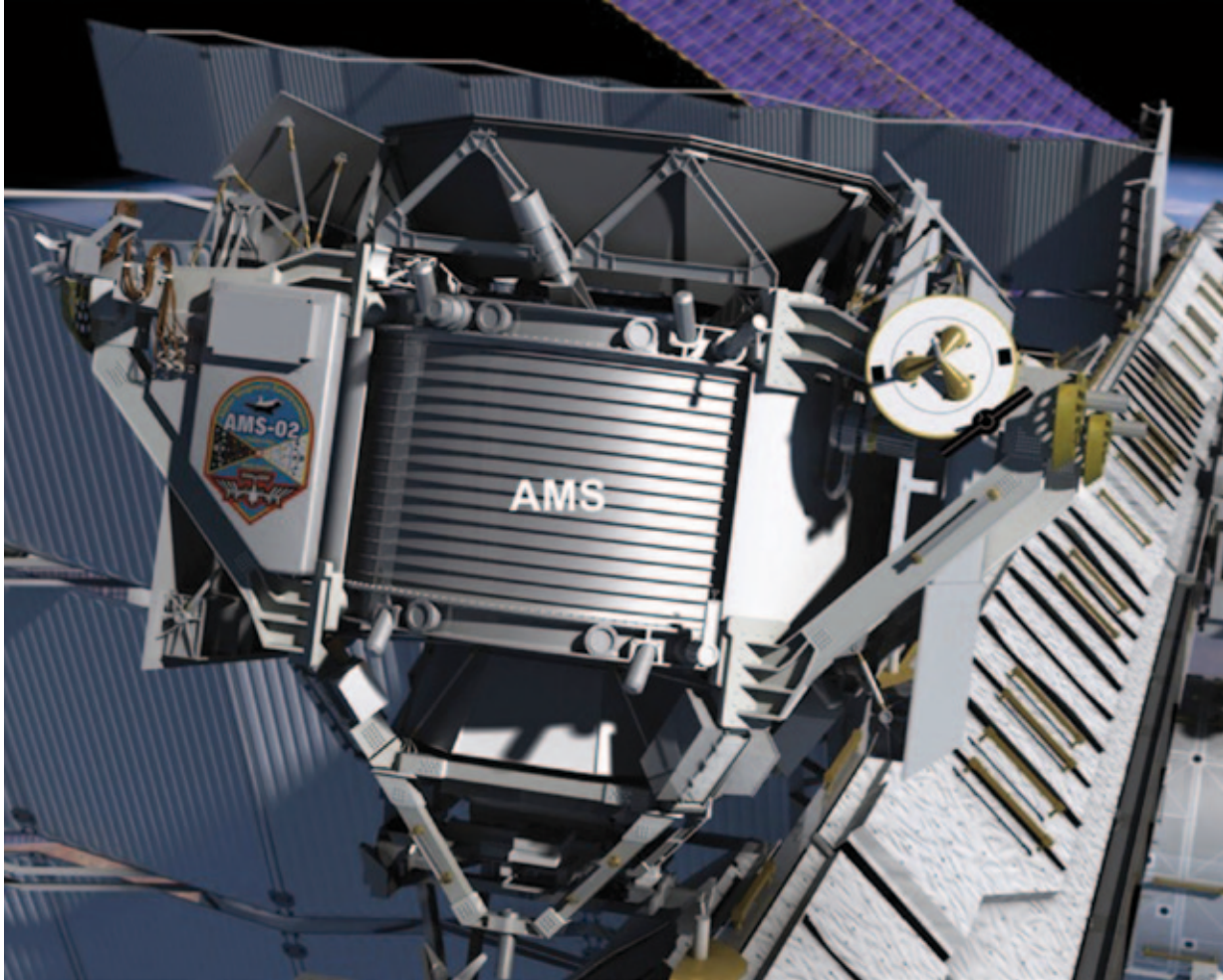


*Nasıl istersen öyle dinle, bakın,  
Dalların zirvesindeyiz ancak,  
Yarı yoldan ziyade yerden uzak.  
Yarı yoldan ziyade maha yakın.  
Ahmet Haşim*

# Bir Gök Feneri ve Parçacıkların Hikâyesi

Bir yıldız gibi parlar fakat kırpmaz gözünü. Bazıları uçak, bazıları UFO, dilek sahipleri ise kayan bir yıldız zanneder. Çoğumuzun farkında bile olmadığı, gecenin ikinci en parlak gök cismi, üstelik etrafımızda günde 15,7 kere dönüyor. Üstümüzden geçişindeki altı dakikalık selamında ufka yakinken biraz sönük, tam tepemizde parlak ve hızlı... yine ufka yaklaşırken sönük ama ortalama 400 km yukarımızda. O son dokuz yıldan beri üç, son yılda ise altı kişiyi misafir eden dünyamızın uzaydaki feneridir.



**U**luslararası Uzay İstasyonu sekiz ülkenin 20 yıllık çabasıyla milyarlarca dolarlık bütçeyle kurulmuş, çağımızın modern uzay laboratuvarıdır. Avrupa Uzay Ajansı 30 yıllık bütçesinin 100 milyar doları aşacağını tahmin ediyor. Yirmi dört saat içinde sekiz kez gün doğumunu ve gün batımını görmek nasıl bir şey acaba? Ve biz oradan bütün kavgalarımız ve gürültülerimizle, ne kadar ufak ve ne kadar sessiz görünüyoruz kim bilir. Ma-vi bir gezegenden parça parça uzaya fırlatıp bunları teker teker birleştirerek oluşturduğumuz bu istasyon, 10 otobüslük genişliğiyle, evrende ne kadar da küçük...

AMS yani Alpha Manyetik Spektrometresi (Alpha Magnetic Spectrometer), kod adı Alpha olan Uluslararası Uzay İstasyonu'nun CERN'de yapım aşamasında olan son parçası. NASA yeni kuşak uzay mekiğini geliştirmek için, 2010 yılının sonlarında şu anda kullanılan uzay mekiği uçuşlarına son verecek. Sondan ikinci uzay mekiği (STS-134) uçuşunda Endeavour Mekiği ile 29 Temmuz 2010'da uzaya gidecek olan bu değerli parçanın son hazırlıkları tamamlanmak üzere. Her gün ve saat sayılıyor, teknisyenler ve mühendisler gece gündüz demeden spektrometreyi Mart ayının sonuna Kennedy Uzay Merkezi'nde uçuşa hazır etmek için çalışıyorlar.

Peki CERN'ün küçük sayılabilecek bir laboratuvarında, dünyanın 16 ülkesinin toplam 56 üniversitesinden 500 bilim insanını çeken projenin amacı ne? Amacı uzaydaki kozmik ışınları şimdiye kadar ölçülmemiş çözünürlükte ölçmek ve çağımızın iki büyük fizik sorusunu aydınlatmak. Bu sorulara ve verebileceği cevaplara geçmeden önce dünyamıza gelen kozmik ışınları tanıyalım.

Victor Hess, 1912'de 5 km'lik yüksekliğe kadar çıkardığı gözlem balonlarıyla yaptığı deneylerinde, yükseldikçe radyasyon seviyesinin arttığını keşfetti. Bu buluş 1936 Fizik Nobel Ödülü'ne layık görüldüğü halde, radyasyon seviyesinin neden arttığı uzun yıllar tartışma konusu oldu. Bruno Rossi'nin 1934'ten 1954'e kadar yaptığı deneylerle, dünyamızın uzaydan gelen yüksek enerjili parçacıklar tarafından adeta bombardımana uğradığı kesinlik kazandı. Bu yüksek enerjili parçacıklara kozmik ışınlar adı verildi. Yaklaşık yüzde % 90'ını protonların, yüzde % 9'unu helyum atomlarının oluşturduğu kozmik ışınların çok azını elektronlar ve diğer ağır elementler oluşturuyor. Kozmik ışınların çoğu güneşten gelse de, ileri derecedeki yüksek enerjili parçacıkların güneş tarafından üretilemeyeceği biliniyor ve evrendeki büyük kara deliklerin etrafından geldiği tahmin ediliyor.



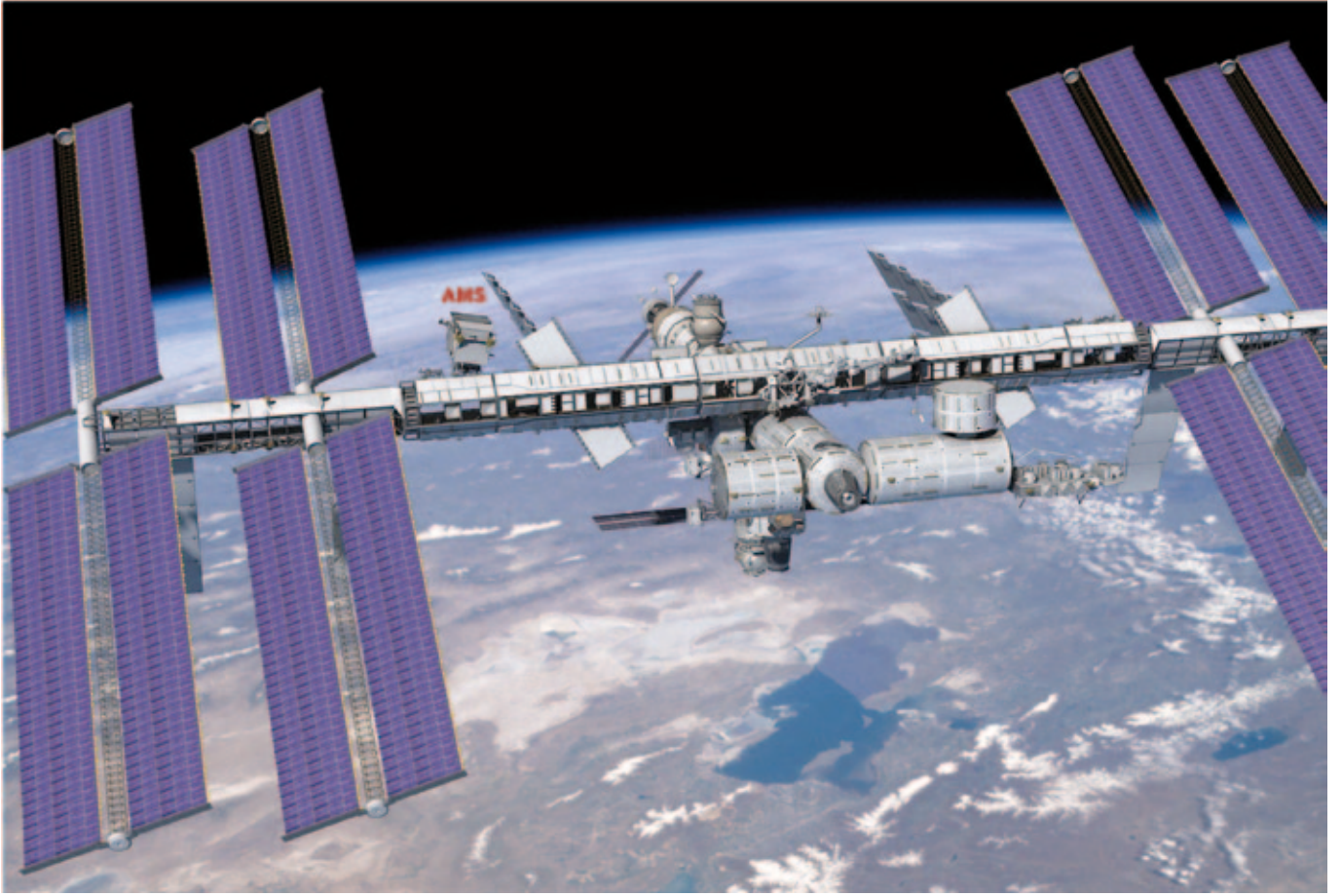
CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda oluşturulmak istenen çarpışmalardan çok daha yüksek enerjiye sahip olan çarpışmalar, işte bu kozmik ışınlarla atmosferimizdeki atomlar arasında sürekli yaşanıyor. Atmosfere çarparak giren bir kozmik ışın, çarpışmanın etkisiyle birçok farklı parçacığa bozunuyor ve yağmur gibi yeryüzüne iniyor. Bu yağmurdaki çoğu parçacığın atmosferde enerji kaybedip yoluna devam edememesi, bizi uzaydan gelen bu radyasyondan koruyor. Fakat uçağa binip yaklaşık 10 km'lik yüksekliğe ulaştığımızda bu yağmurun tam ortasından geçip, normalden fazla radyasyon alıyoruz. Nasıl atmosferimiz bizi koruyorsa, dünyanın manyetik alanı da kozmik ışınların çoğunu kutuplara yönlendirerek yeryüzü nüfusunun en yoğun olduğu orta kuşağı koruyor. Hayat için ne kadar elverişli evrensel bir düzen!

Kozmik ışınlar evrenin her köşesinden geldiğine göre, kainat hakkında bilmediklerimizi öğrenebilmek için bize ipuçları verebilir. Fakat sağlıklı ve doğru bir ölçüm yapabilmek için onları atmosfere girmeden ölçmek şart! Bunun için en uygun mekân insanoğlunun uzaydaki büyük laboratuvarı: Uluslararası Uzay İstasyonu.

Şimdi AMS projesinin cevaplamaya çalıştığı iki soruya dönebiliriz:

Karanlık madde nedir? Var olduğunu evrenin üstündeki etkisinden anladığımız karanlık madde, en son ölçümlere göre evrenin % 22'sini oluştursa da, hâlâ ne olduğunu bilmiyoruz. Yeryüzün-

AMS Uluslararası Uzay İstasyonu'nun son eklenecek parçalarından biri. Temmuz 2010'da 108,5 metrelik ana destek kirişi üzerine yerini alacak.



deki canlı cansız bütün varlıkların içinden hızla geçen bu madde, en ileri teknik cihazlarımızda bile hiç iz bırakmıyor. Bu madde bazı varsayımlara göre kendinin karşımaddesi (antimadde) olabilir. Bu varsayım doğruysa, yüksek yoğunlukta bulunduğu mekânlarda (örneğin Samanyolu'nun merkezinde) kendisiyle çarpıştığı zaman, bildiğimiz bir madde ve karşımadde çiftine bozunabilir. Eğer kozmik ışınlar da çok nadir rastlanan ve elektronun karşımaddesi olan pozitronları iyi ölçebilirsek, karanlık madde nin ne olduğu hakkında bazı ipuçlarına ulaşabiliriz.

Evrende var olmasını düşündüğümüz karşımaddeye (antimaddeye) ne oldu? Büyük Patlama hakkında yazılan çoğu fizik kuramı, evrenin madde ve karşımadde çiftlerinden başladığını öne sürüyor. 1967'de Saharov evrendeki karşımaddenin oranının maddeden az olması için Büyük Patlama zamanında geçerli olması gereken fizik varsayımlarını ortaya koydu. Fakat son yıllarda bu varsayımların doğruluğu kanıtlanamadığı için, evrendeki karşımaddeye ne olduğu sorusu hâlâ gündemde. Gökadamızda ve yakınıımızdaki gökadalarda karşımaddenin var olmadığını biliyoruz. Eğer var olsaydı, civarda bulunan maddeyle bozunduğunda karakteristik

bir ışın ortaya çıkacaktı ve biz bunu dünyamızdan gözlemlemiş olacaktık. Fakat belki evrenin zorlukla seçebildiğimiz çok uzak bir köşesindeki gökadalara karşımaddeden oluşuyorsa? İşte AMS kozmik ışınlarda karşımaddeden yapılmış atom çekirdeklerini bulmaya çalışacak. Eğer bulursa, bu evren hakkında düşündüklerimizi yeniden gözden geçirmemize yol açacak. Bulamazsa da, kuramları kısıtlayıcı çok ciddi sınırlar koyacak.

AMS projesinin lideri MIT'nin (Massachusetts Institute of Technology) 1976 Fizik Nobel Ödülü sahibi meşhur hocası Prof. Dr. Samuel C. C. Ting. Bu projenin doğuşu 1993 yılına dayanıyor. O yıl, şu anda CERN'de çalışmakta olan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC) projesinin yerinde LHC'den daha da yüksek enerjili çarpışmalar gerçekleştirebilecek 87,1 km'lik Süperiletken Süper Çarpıştırıcı (SSC) projesi vardı. Tünel ve baca kazma işleminin yarısına gelinmişti. Texas'ta, Dallas'ın güneyinde bulunan bu büyük hızlandırıcı, NASA'nın Uluslararası Uzay İstasyonu'nun da beklenenden fazla maliyette çıkması üzerine, 1993 yılında ABD kongresi tarafından iptal edildi. Bu SSC projesi üzerinde çalışan fizikçileri yeni yollar aramaya teşvik etti. İşte

CERN'ün LHC projesi SSC'nin külleri üzerine kuruldu. Prof. Samuel Ting ve ekibi, ABD'de teşvik edilen diğer büyük projede, yani Uluslararası Uzay İstasyonu'nda bir fizik deney düzeneği kurmayı düşündü. MIT'deki 44. binanın ikinci katında bulunan yuvarlak masa etrafında, grubun yeni fikirler üretmek için toplandığı gün AMS'nin ilk planı yapıldı. Grupta MIT'den Prof. Ulrich Becker, Dr. Joseph Burger, Dr. Mike Capell, Zürih Federal Teknoloji Enstitüsü'nden (Eidgenössische Technische Hochschule - ETH) Prof. Hans Hofer ve Dr. Gert Viertel vardı. Plan, aynen toplantıyı yürüttükleri çapı yaklaşık iki buçuk metre olan masanın çapında bir parçacık dedektörünü uzay mekiğine sığdırabileceklerini öngörüyor ve kozmik parçacık fiziği kitaplarını yeniden yazmayı hedefliyordu.

AMS projesi iki aşamalı olarak tasarlandı. İlk aşamada proje küçük bir ölçekte yapıldı. Uzay projeleri için çok kısa sayılabilecek dört yıl kadar bir zamanda AMS-01 dedektörü uçuşa hazırlandı ve Discovery uzay mekiği (STS-91) ile, MİR Uzay İstasyonu'na yapılan son uçuşta 2 Haziran 1998'de uzaya çıktı. İkinci aşamaya kıyasla küçük sayılabilecek boyutlara ve  $Nd_2Fe_{14}B$  alaşımından yapılmış 0,15 T'lik alanı olan sabit bir mıknatısa sahipti. Toplam 10 gün uzayda kalan dedektör sayesinde, o güne kadar kozmik ışınlar hakkında bilmediğimiz birçok şey öğrendik. Uzaydan gelen parçacıkların dünyanın manyetik alanından nasıl etkilendiğini ve adeta dünyanın etrafında bir yörüngeye oturduklarını saptadı. Bugün aradığımız karanlık madde ve karşımadenin uzaydaki miktarına bazı sınırlar koydu.

AMS-01 aşamasının başarıyla tamamlanması Prof. Ting ve ekibine ikinci aşama için büyük ümit verdi. AMS-02 dedektörü için hazırlıklar hemen başladı. Daha büyük boyutlarda, daha fazla bilgi kanalı olan bu dedektör, uzay şartlarında üç yıl çalışabilmeliydi. Ayrıca zor olan, daha yüksek enerjideki parçacıkların yükünü tespit etmek için gereken manyetik alanın ancak süperiletken bir mıknatısla sağlanacağıydı. Ekip teknik zorluklarla uğraşırken, 2002'nin 1 Şubat'ında hiç beklenmeyen ve bütün uzay bilimlileri dünyasını yasa boğan bir haber geldi. AMS ekibinin de Kennedy Uzay Merkezi'ndeki toplantıları sırasında uzaya gidişini heyecanla izlediği Columbia mekiği (STS-107), 16 gün sonra yer yüzüne inişi sırasında Texas semalarında parçalanmış ve yedi kişilik ekip kaybedilmişti. Bilmediklerini keşfetmenin yolunda, uzaya ve sanki yıldızlara erişirken, sonu bilinmez bir yolcuğa gönüllü olan bu ekibin acı kaybı, ondan sonrakiler için hiçbir zaman ümit kırıcı olmadı, uzaya gitmek için

tereddüt etmediler ve amaçlarından vazgeçmediler. NASA'nın yer ekibi bu kazanın tekrarlanmaması için yeni önlemler aldı ve uçuşlar ancak iki buçuk yıllık bir gecikmeyle başlayabildi. Geriye kalan Endeavour, Discovery ve Atlantis mekikleri Uluslararası Uzay İstasyonu'nun inşasına kalınan yerden devam ettiler.

Şimdi AMS deney düzeneği Hollanda'da Noordwijk'te bulunan Avrupa Uzay Merkezi'nin ESTEC Merkezi'ne doğru yolda. Orada uzay cihazları için standart olan elektromanyetik karışma ve termal vakum testlerinden geçirildikten sonra, Nisan 2010'da Amerikan Hava Kuvvetleri'nin C5 uçağıyla Kennedy Uzay Merkezi'ne teslim edilecek.

Ken Bollweg, 1994 yılında NASA'nın birlikte çalıştığı Lockheed Martin şirketinin AMS proje yöneticisi olarak atanmış. Columbia faciasından sonra Aralık 2003'ten Aralık 2006'ya kadar bütün uzay mekiği uçuşlarında kargo integrasyonunun şefi olarak görev yapmış. Her uzay mekiği uçuşunda 300-400 ayrı ekipman bulunduğu düşünülürse, bu gerçekten zor ve sorumluluk isteyen bir görev. Fakat Ken Bollweg diyor ki: "Bu görevden o kadar sıkıldım ki, neredeyse sıkıntıdan ağlayacaktım. Onun için AMS'ye geri döndüm. AMS uzay mekiğinin taşıdığı bütün kargonun toplamından çok daha zor, ilginç, heyecan verici ve komplike bir proje..."

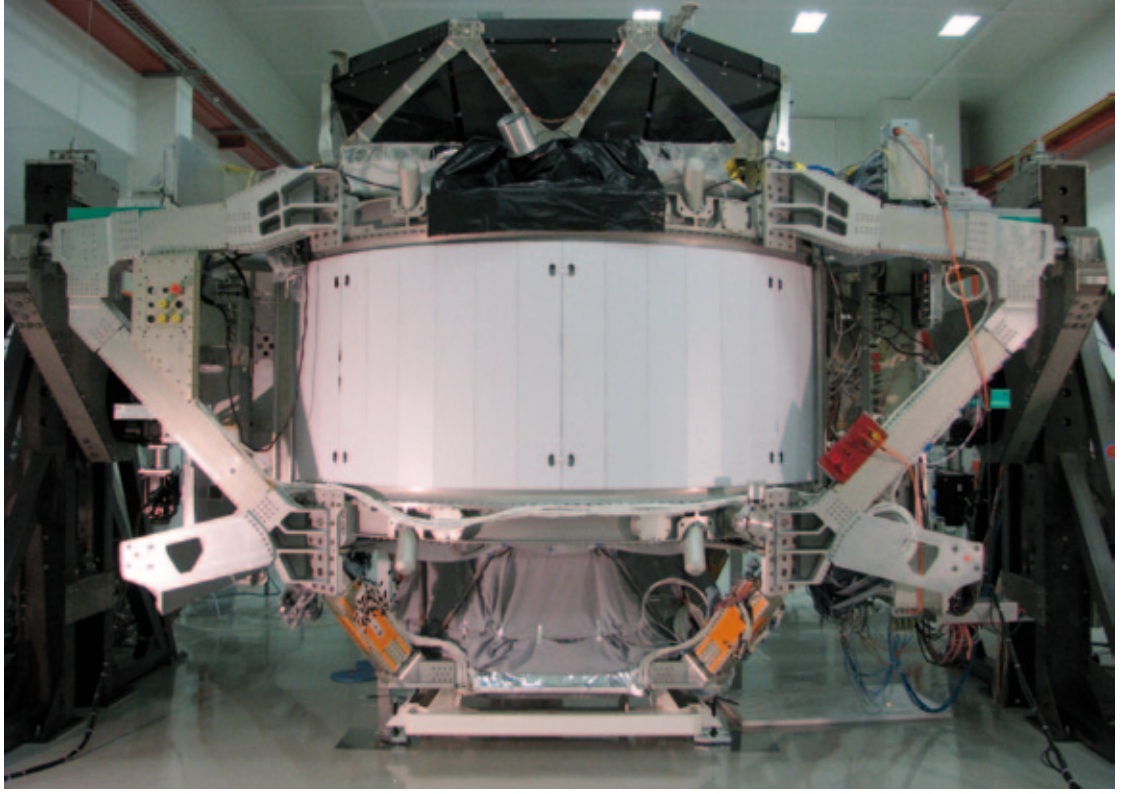
Peki bu projeyi bir mühendis için bu kadar ilginç kılan ne? Daha önce uzayda yapılmamışları başarmak isteğinden kaynaklanıyor olsa gerek. Örnek vermek gerekirse, daha önce uzaya AMS-02'ninki kadar kuvvetli (0,86 T'lik) büyük bir süperiletken mıknatıs gitmedi. Ancak uzaya yollanacak bu mıknatısın o kadar çok teknik sorunu vardı ki... Dün-



Dr. Melahat Bilge Demirköz, İstanbul Amerikan Robert Lisesi'ni bitirdikten sonra, burslu olarak gittiği MIT'de fizik bölümünü müzik ve matematik bölümlerinden sertifika olarak 2001 yılında bitirdi. MIT'de yaptığı lisans ve yüksek lisans araştırmalarında AMS projesinde görev olarak NASA ile AMS projesinde toplam dört yıl çalıştı. Doktorasını Dorothy Hodgkin bursunu olarak Oxford Üniversitesi'nde ATLAS projesinde üç yılda tamamladı. 2006 yılında Research Fellow ünvanıyla CERN'ün elemanı olarak kabul edildi. CERN'deki görevine Cambridge Üniversitesi'nden sonra Barcelona Üniversitesi adına devam etmektedir.



CERN'ün başkanı Prof. Dr. Rolf Heuer AMS'yi ziyareti sırasında Prof. Dr. Samuel Ting ve diğer AMS çalışanlarından bilgi alıyor.



CERN'ün Preveşsin Laboratuvarları'nda bir temiz odada birleştirilen AMS, artık uçuş öncesi son testleri geçiriyor.

yanın manyetik alanından etkilenecek olan çift kutuplu bir mıknatıs, onunla etkileşmeye geçip Uluslararası Uzay İstasyonu'nun denge çarklarıyla yönetilen konumunun kontrol edilemez hale gelmesine ve yörüngesindeki yönünü tümüyle kaybetmesine yol açabilirdi. Onun için AMS mıknatısı özel olarak manyetik momenti en aza indirecek şekilde tasarlandı. Astronotların uzay yürüyüşü yaptıkları sırada nefes alıp vermelerini sağlayan sistem manyetik vanalarla kontrol edildiği için, manyetik alanın dedektörün içinde kuvvetli fakat astronotların yaklaşacağı mesafede yok denecek kadar az olması şarttı. Bu şart da yerine getirildi. Uzayda, 2,5 m<sup>3</sup>lük sıvı helyum içinde süperiletken hale getirilecek bu mıknatıs, AMS'nin mühendislerini en fazla yoran konu oldu. Bu sıvı helyum rezervinin ve diğer soğutma sistemlerinin, AMS'nin gerekli fizik ölçümlerini yapabileceği süre olan üç yıl boyunca mıknatısı soğuk tutmaya yeteceği tahmin ediliyor.

AMS'nin içinden geçen parçacıkları ölçen deney düzenekleri ise beş çeşit. Her düzenek, geçen parçacık hakkında farklı ve önemli bir bilgiyi kaydediyor. Sintilatörler, parçacığın hızını doğrudan ölçerken, silikon dedektörleri parçacığın manyetik alanda düz yoldan ne kadar saptığını ölçerek, parçacığın momentumu ve yükü hakkında bilgi veriyor. Mesela artı yüklü pozitronlar manyetik alanda bir yöne doğru eğilirken, eksi yüklü olan elektronlar aynı alan-

da ters yöne eğiliyor. Bu dedektörlerin hepsi uzay ortamı için özel olarak yapılmış, hafif ve uzay radyasyonuna dayanıklı mühendislik harikaları! Onları uzay ortamından korumak da gerekli. Uzayda eski uzay cihazlarından dağılmış birçok uzay çöplü ve asteroitlerden ve diğer gök cisimlerinden oluşan birçok küçük çakıl taşı büyüklüğünde kırıntı var. Yüksek hızda çarpabilecek bu cisimlerden özellikle mıknatıs sisteminin korunması çok önemli. AMS bazen güneş gören bir konumda, bazen de dünyanın gölgesinde kalacak. Uzaydaki bir cismin sıcaklığı, o cismin gördüğü ışımayla hızla değişebileceğinden, AMS'nin deney düzeneklerini en iyi çalıştırdıkları sıcaklık aralığında tutması için hem ısıtıcı hem de soğutucu sistemlere ihtiyacı var.

Bunun ötesinde, AMS uzay mekiğinde uçacağı için, ağırlık sınırı var. Karmaşık deney düzeneklerinin, elektronik kontrol ve okuma sistemlerinin, onlara gerekli akımları verebilecek güç dönüştürücülerinin, ısıtıcı ve soğutucuların, sıvı helyum rezervinin, mıknatısı soğutma sistemlerinin ve en önemlisi AMS'nin uzay mekiğinin kalkış ve inişindeki ivmeye ve titremeye dayanabilmesi için gerekli olan destekleyici parçaların hepsinin toplam kütesinin 6940 kilogramı geçmemesi gerekiyor. NASA ile AMS toplantılarında tartışılan ve pazarlık masasından hiç eksik olmayan konu ağırlık. Uzay mekiğine fazladan konan her gram, başka yerden eksiltmek zorunda çünkü....

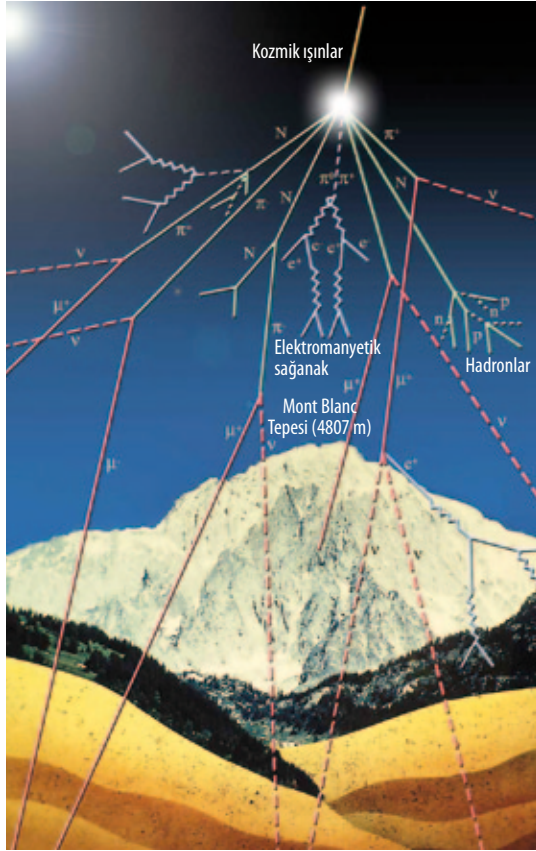
Uzayda gerçekleşecek üç yıllık bir deneyin veri analizi nasıl yapılacak peki? Bu zor sorunun yanıtını Dr. Joseph Burger'dan alıyoruz: "Verinin büyük kısmı uzayda analiz edilip yeryüzüne AMS'ye ayrılmış 2Mbit/saniyelik özel bir veri linki ile yollanacak. Yeryüzüne aktarılamayan veri olursa, uzay merkezine gidip gelen mekiklerle yeryüzüne getirilen veri kasetleriyle onları da alabileceğiz." Deney düzeneğinin kalibrasyonu, kontrolü de aynı şekilde NASA'nın onayından geçmiş kontrol komutlarının AMS'ye yollanmasıyla sağlanacak.

Deneyin lideri olan Prof. Samuel Ting ile konuşuyoruz... İlk önce Türkiye'de yakın dostları olduğunu belirtiyor ve ekliyor: "AMS-02, ultra-çözünürlükte, büyük geniş gözlem hacmine sahip bir deney düzeneği. Görebildiğimiz uzayın en derin köşesine kadar karşımadde olup olmadığını araştırabileceğimiz bir alet. Karanlık maddenin kökenini LHC'den de daha iyi araştırabileceğiz, çünkü en yüksek enerjili parçacıklar uzayda. Milisaniyeden mikrosaniyeye ve GeV enerjiden TeV enerjiye kadar ölçüm yapabilen AMS, pulsarlar (dönen nötron yıldızları) gibi kozmik varlıkları daha iyi anlamamı-

za da olanak sağlayacak. Ayrıca hızlandırıcılardaki araştırmalardan altı çeşit kuark olduğunu biliyoruz. Fakat dünyadaki her maddenin sadece iki kuarktan yapılmış olması ilginç değil mi? Öyleyse diğer kuark çeşitlerinden yapılmış madde nerede? Evrende olmalı fakat neredeler? Bu soruya da cevap vermeye çalışacağız." 1974'te dördüncü kuark çeşidi olan charm (tılsım) kuarkını bulan ekibin liderinin bunu söylemesi manidar değil mi?



2 Haziran 1998'de Endeavour mekiğiyle AMS-01'in uzaya çıkışı



Atmosfere çarpan yüksek enerjili kozmik ışınlar çarpışmanın etkisiyle birçok farklı parçacığa bozunuyor ve yağmur gibi yeryüzüne iniyor. Bu yağmurdaki çöğü parçacığın atmosferde enerji kaybedip yoluna devam edememesi, bizi uzaydan gelen bu radyasyondan koruyor.

Peki AMS'nin insanlığa faydası ne olacak? "İlk kez büyük bir süperiletken mıknatıs uzaya yollanıyor. Bu geliştirdiğimiz teknoloji, radyasyondan korunmada, uzay araçlarını uzayda itmede, enerji depolamada ve gelecekte uzak gezegenlere yapılacak olan insanlı yolculuklarda kullanılacak."

Bir Nobel Ödülü sahibi AMS'nin ne bulacağını tahmin ediyor o zaman? "Fizikçilerin geleceği tahmin etmesi çok güç. Tahmin, elinizdeki bilgiye göre yapılır. Bilim alanlarındaki ilerlemeler ise elimizdeki bilginin geçersiz kılınmasıyla olur. Bu yüzden geleceği tahmin etmek, iyi bir fikir değil."

Son olarak bu fizik üstadı şunları söylüyor: "İki çeşit deneysel bilim insanı vardır. İlki diğerlerinin kuramlarını test etmekle uğraşır. Diğeri ise kendi konusunu belirleyip yolunu çizer. Fizik politikadan farklıdır. Politikada çoğunluğun görüşü önemlidir. Fizikte ise azınlıkta kalanların görüşü önemlidir. Çoğunluğun görüşünü, azınlıkta olanlar çürütür..."