



Gezegenler ne zaman doğdu? Bu soru klasik bir havuz problemine benzemekle birlikte her zaman kozmolojinin esaslı problemlerinden biri olmuştur. İki Fransız araştırmacı bu sorunun cevabını aynen Arşimed gibi banyoda aramışlar.

Gezegenlerin Fırtınalı Doğuşu

Güneş Sistemi, ne zaman oluştu? Gökbilimciler bu soruya, "yaklaşık 4,5 milyar yıl önce" diye cevap veriyorlar. Bu ilksel zamanda, çok büyük kütleli gaz ve kozmik toz bulutu, bir başka deyişle disk biçimindeki bir bulutsu, kütleçekim kuvvetinin etkisiyle kendi içinde yoğunlaşmaya başlar. Merkezinde giderek artan gaz sıkışması atomların çarpışmasına yol açmış ve sonuçta bir nükleer füzyon (atom çekirdeği kaynaşması) tepkimesiyle Güneş oluşmuştur. Bu oluşum modeli, tam 202 yıl önce 1796'da, Fransız gökbilimci Pierre Simon de Laplace tarafından ortaya atılmış ve bugüne kadar da doğruluğu üzerinde hiç tartışma açılmamıştır. Bu model, doğrudur doğru olmasına da, ciddi bir eksiği vardır: Bu model içinde Dünya ve öteki gezegenler nasıl oluşmuştur? Bu soruya, henüz hiç kimse, açık ve doğruluğu tartışmasız bir bilimsel yanıt veremiyor.

Genel olarak, gezegenler iki farklı şekilde oluşur: Uzay fizikinde "türbülans" olarak adlandırılan bir genel çalkantı ve bunun arkasından başlayan bir birleşme, kaynaşma süreci. Daha

iyi kavrayabilmek için, şöyle de anlatmak mümkün: çalkantı gaz ve tozun oluşturduğu bulutu çalkalar. Bu çalkalanma sonucunda, bazı bölgelerde sıcaklık büyük ölçüde düşer ve silisyum, karbon, demir gibi ağır elementler (gökbilimciler için ağır elementler, hidrojenen daha ağır olan elementlerdir), çok büyük çekirdekler oluşturacak şekilde yoğunlaşır. Bu çekirdeklerse, birbirleriyle kaynaş-

rak, çekim gücüne sahip kütleler (küçük gezegenler) haline gelinceye kadar büyürler. Bu küçük gezegenlerin kütleçekim kuvvetiyle birbirlerine yapışmaları ve kaynaşmaları sonucu da yeni bir gezegen (protoplanet) oluşur. İşte bu oluşum, bulutsunun atıklarını yutarak, bir güneş sistemi oluşturacak güç, boyut ve yoğunluğa ulaşır.

Bu oluşum modelinde de, pek yerine oturmayan bir şeyler vardır.



Bir gezegenin doğuşunun başlangıcı, doğduğu yerde güneş sisteminin oluşumu; Bir gaz bulutunun çöküşü ve tozların bir yıldızın oluşumuna yol açması.



Bulutsuyu sallayan dönerek savrulmanın içindeki dev çalkantılar yüzeyde sıcaklığın düşmesine yol açar. Bu düşüş taneciklerin bir araya gelişini olası kılar.



Araştırmacıların görüşüne göre, siklon etkisi altında gezegenlerin ilk halı. Evren'in oluşum süresine oranla çok kısa bir süre sayılabilecek olan birkaç milyar yılda oluşur.

Bunlardan biri, "Kütleçekim gücünün her yerde eşit olduğu için etkisiz olduğu ortamda, küçük gezegenleri oluşturacak yoğunlaşmayı ne başlatır?" sorusudur. Marsilya Gökbilim laboratuvarı araştırmacılarından Pierre Barge, bu soruyu biraz daha açıyor: "Fizik ve kimya yasaları, çok küçük toz parçacıklarından, yığılma yöntemiyle bir santimetre kadar çapında toplanma (bir araya gelme) oluşumunun mümkün olduğunu kabul ediyor. Ama, gelin görün ki, iki çakıl taşının kendiliğinden birbirine yapışması, kaynaşması, tek bir kütle oluşturması hiçbir şekilde mümkün değil! Fizik ve kimya yasaları, bilinen yöntemlerle, çapı 10 santimetreden fazla bir kütle için asla oluşturulamayacağını söylüyor. Böylece küçük bir kütle için yeterli kuvvetin bunun için yeterli olması mümkün değil!"

Bu içinden çıkılmaz soruna Rus Safronov ile Amerikalı Goldreich ve Ward bir çözüm önerdiler. Bu öneriye göre, tanecikler bulutsunun içinde askıda kalmazlar; yoğun bir tabaka oluşturmak için sürekli olarak bulutsunun ekvatoruna doğru çökülürler. Bu kabuk da kendi ağırlığının etkisiyle parçalara bölünerek küçük gezegenleri oluşturur. Bu senaryonun da her zaman işlemeyeceğini anlamak biraz zaman aldı. Toulouse Astrofizik Laboratuvarı'ndan Bérengère Dubrulle ise, Safronov ve Goldreich'in bu varsayımına türbülans hesaba katılmadığı için itiraz ediyor. Türbülans gazın sürekli olarak sallanmasını sağlar ve bu nedenle parçacıkların çökmesi engellenir. Siz hiç rüzgâr estiğinde tozun bir yolun üstünde biriktiğini gördünüz mü?

Pierre Barge akışkanlar mekaniğiyle ilgilenirken, Bérengère Dub-

relle de bulutsunun içindeki türbülansın özellikleriyle ilgileniyor ve ilk baştaki büyük disk içinde oluşan dönerek savrulmanın, yüzeyde dev çalkantılara yol açtığını ortaya çıkarıyorlar. Peki, bu dönme sonucu meydana gelen kozmik siklonlar gezegenlerin doğuşunu anlatmak için yeterli mi? Gerçekten de yoğunlaştırılmış maddenin parçacıklarının tekrar bir araya gelme eğilimleriyle karşı karşıya olmalarını düşünmek ilgi çekici. Bérengère bunu tıpkı lavaboda biriken su delikten gittiğinde, kalan sabun parçalarının deliğin çevresinde toplanmasına benzetiyor. Yaptıkları hesaplar, gezegenlerin birkaç milyar yıl gibi, Evren'in oluşumuna oranla çok kısa sayılabilecek bir sürede oluştuklarını gösteriyor. "Siklon" kuramının kanıtına ek olarak söyledikleri şey; gelecekte Jüpiter ve Satürn gibi gezegenleri oluşturacak yeterli miktardaki gazların, çekirdeklerinin etrafında bulunmasının da ani olarak gerçekleştiğidir.

Pierre Barge "Gezegenlerin doğuşu daha önce söylendiği gibi on milyarlarca yıl sürseydi, gaz dağılırdı ve bildiğimiz olağanüstü "devler" doğarken biraz güçlük çekerlerdi." diyor.

Aniden oluşan türbülansın etkisiyle sonunda gezegenin oluşumu için ilk adım atılıyor mu? P. Barge, "Bu konuda üzerinde bilimsel bir ortaklığın kurulacağı henüz tek bir varsayımdan söz ediliyor" diyerek alçak gönüllülükte ısrar ediyor. Anlaşılan bu konunun çözüme kavuşması birkaç yıl alacak.



Jüpiter ya da Satürn gibi gezegenlerin iyi gözlemlenebilmesini sağlayan gazın etraflarında yoğunlaşması bu işlemin kısa sürmesi sayesinde gerçekleşir.

Çeviri: Elif Yılmaz

Hipparcos ve Evrenin Yaşı

Bugünlerde, yeni keşiflerin getirdiği veriler, birtakım soru işaretlerini kaldırıyor. Eldeki pek çok veri, Evren'in Büyük Patlama'yla oluştuğu düşüncesini destekliyor. Büyük Patlama kuramına göre Evren, sıcak ve yoğun bir başlangıçtan itibaren genişlemektedir. Ancak ortadaki sorunun Evren'in yaşının, yani onun ne zaman genişlemeye başladığının tam olarak belirlenmemesidir. Aslında, düşen bir taşın konumunun ve hızının, onun ne zaman bırakıldığını size söylemesi gibi, Evren'in yaşı da onun günümüzdeki genişleme hızına bakılarak hesaplanabilir. Genişleme hızı, *Hubble parametresi* (H_0) olarak bilinen bir sabite bağlıdır. Her ne kadar, kulağa garip gelen bir birimle söyleniyor olsa da (megaparsek başına saniyede kilometre), H_0 basitçe, herhangi iki gökadanın aralarındaki uzaklığın iki katına çıkması için, şu andaki genişleme hızıyla ne kadar zaman geçeceğini bize verir.

H_0 'ın geleneksel ölçümleri, Edwin Hubble'ın yaklaşımına kadar gidiyor. Hubble'ın yaklaşımı, Dünya'dan uzaklaşmakta olan gökadalardan hızlarından onların uzaklıklarının ölçümüne dayanıyor. Uzaklaşma hızları, gökadalardan gelen ışığın kırmızıya kayma miktarından kolayca hesaplanabiliyor. Buna karşın, gökadalardan

uzaklıklarını hesaplamak ne yazık ki bu denli doğrudan doğruya yapılamıyor. Bunun için, gökbilimciler, kozmik *uzaklık merdiveni*nden yararlanıyorlar. Bu merdivenin her bir basamağı, uzaklıkların ölçümünde gitgide hassasiyetini kaybeden metodları simgeliyor.

Uzaklık merdiveninin birinci basamağı, genellikle paralaks yöntemidir. Bu yöntem, basit trigonometriden yararlanır; ancak, yakın yıldızlara uygulanabilir. Paralaks yöntemini bazı yıldızların parlaklıklarıyla da birleştiren gökbilimciler, bu yıldızların, parlaklıklarıyla uzaklıkları arasındaki, ilişkiden de yararlanırlar.

Sefeid (Cepheid) değişken yıldızları, parlaklıklarını dönemsel olarak değiştiren dev yıldızlardır. Sefeidler, on yıllardır, uzaklık belirlenmesinde kullanılıyor. Hubble Uzay Teleskopu, günümüze değin, özellikle Başak (Virgo) gökada kümesindeki sefeidlerin gözlelenebilmesini sağladı. Özellikle 50'li yılların ortalarından 70'li yılların başlarına değin Hubble sabitinin ölçülen değeri öylesine değişmek zorunda kaldı ki, bu süre içerisinde, Evren'in yaşı 8 milyar yıldan 12 milyar yıla çıktı.

Evren'in genişlemekte olduğu, 1920'lerde keşfedildiğinde, daha yıldızların nükleer füzyon (çekirdek kaynaşması) sayesinde parladıklarını

bile kimse bilmiyordu. Buna karşın, kısa süre içerisinde, modern fiziğin hemen hemen tüm dallarının gelişmesiyle birlikte, bu bilgiler yıldızlara uygulandı. Bu sayede, yıldızların evrimi ve özellikleri kısa sürede anlaşıldı.

Yıldızları, kendi kendilerine olmuş birer nükleer reaktöre benzetebiliriz. Bir yıldız, "erişkin" hale geldiğinde, hemen hemen kararlı bir özellik kazanır ve ömrünün büyük bir bölümünü bu biçimde geçirir. Erişkin yıldızlar, genellikle, parlaklık-renk grafikleri (Hertzsprung-Russell diagramı) üzerinde, *ana kol* adı verilen dar bir bant üzerinde yoğunlaşırlar. Uzaklık bulma yöntemlerinden birisi de yıldızların bu özelliğinden yararlanmaktadır.

Bu yöntemde, açık yıldız kümelerindeki yıldızların uzaklıkları bulunurken, onların renk-parlaklık ilişkileri kullanılır. Bu kümelerin renk-parlaklık grafikleri birbirine benzer. Yakınımızdaki, uzaklığı bilinen bir açık yıldız kümesinin renk-parlaklık grafiğini oluşturarak, onu çok uzaklardaki kümelerinkine karşılaştırabiliriz. Rengini ölçebildiğimiz bir yıldızın parlaklığını, bu grafikten kolaylıkla bulabiliriz. Parlaklığı bilinen bir yıldızın uzaklığının hesaplanması da oldukça kolaydır. Bu yöntem yardımıyla, yaklaşık 10 bin parsek (bir parsek yaklaşık 3 milyon trilyon kilometre ya da 3,26 ışık yılıdır) uzaklığa kadar öl-

çümler yapılabilir. Renk-parlaklık grafikleri, aynı anda oluşmuş yıldız gruplarının içerisindeki en parlak ve sıcak yıldızların nükleer yakıt rezervlerini en çabuk tükettiğini gösteriyor. Çabuk tüketilen yakıt, onların ana koldan ayrılmasına yol açıyor. Bu nedenle, bir yıldız kümesinin yaşı ölçülürken, bu yıldızların parlaklıklarından yararlanılmıyor.

Bu yıla kadar, geleneksel yöntemler, Samanyolu'ndaki küresel kümelerin, 15-18 milyar yaşlarında olduğunu söylüyordu. Herhangi bir ölçüme göre, bu yaşlar Evren'in yaşını aşıyordu. Bu da büyük bir çelişki olarak bilim adamlarının karşısına çıkıyordu.

Hipparcos ve Sonrası

Bir yıldızın uzaklığının ölçülmesinde kullanılan en etkili yöntem *trigonometrik paralaks* yöntemidir. Bu yöntem, aynı zamanda, gökbilimsel ölçümlerin en basitlerinden birisidir. Trigonometrik paralaks yöntemi, bir çeşit stereoskopidir. Yöntem, uzaklığı ölçülecek yıldız, aralarındaki uzaklığı bilinen iki farklı noktadan bakarak, onu bir bakıma üç boyutlu görmeye dayanır. Yeryüzünden gözlem yapan bir gözlemci için, elde edilebilecek en fazla uzaklık, 300 milyon kilometredir. Bu uzaklık, Dünya'nın Güneş'in çevresindeki yörüngesinin çapıdır. Paralaksı ölçülecek yıldızın, birbirinden 300 milyon kilometre uzaklıktaki bu iki noktadan görüntülerini



Bir yıldızın uzaklığının paralaks yöntemiyle hesaplanması. Dünya, Güneş'in etrafındaki yörüngesi boyunca, her altı ayda bir, birbirinden iki astronomi birimi (2 ab) yaklaşık 300 milyon kilometre uzaklıktaki iki ayrı noktada bulunur. Bu uzaklık, yakındaki bir yıldızın iki ayrı açıdan görüntülenmesi için yeterlidir. Uzaklığı ölçülecek yıldızın, arka planda sabit gibi görünen çok uzak yıldızlara göre ne kadar yer değiştirdiğine bakılarak paralaks açısı bulunur. Daha sonra, basit trigonometriden yararlanılarak, yıldızın uzaklığı kolayca hesaplanabilir.

elde edebilmek için 6 ay beklemek gerekir.

Günümüze kadar, paralaks ölçümleri, her seferinde bir yıldızın ölçülmesini gerektirdiğinden çok can sıkıcıydı. Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) 1989 yılında fırlattığı *Hipparcos* (High Precision Parallax Collecting Satellite) uydusunun asıl amacı, parlaklıkları 12,5 kadire kadar inen 118 000 yıldızın paralaksını çok hassas bir biçimde ölçmektir. Nitekim, uydü üç yıl içerisinde, yüz binin üzerinde yıldızın paralaksını ölçtü.

Hipparcos'a kadar, atmosferin etkilerinden dolayı ancak 40 parsek uzaklıktaki yıldızların uzaklıkları ölçülebiliyordu. Hipparcos'tan sonra,

uzaklıkları yaklaşık 100 parsek'e kadar olan yıldızların paralaksı ölçülebiliyor. Hipparcos'un ayırma gücü 2 miliarksanıyedir. Bu, bir insanın başındaki saçın, 1 metre uzaklıktan, bir saniyede ne kadar uzadığını ölçebileceği anlamına geliyor.

Birkaç ay önce, bilim adamları, Hipparcos'un gönderdiği "altın madeni" değerindeki veriyi incelemek üzere işe giriştiler. Ancak, bu verileri Evren'in yaşı krizi için kullanmakta biraz geciktiler.

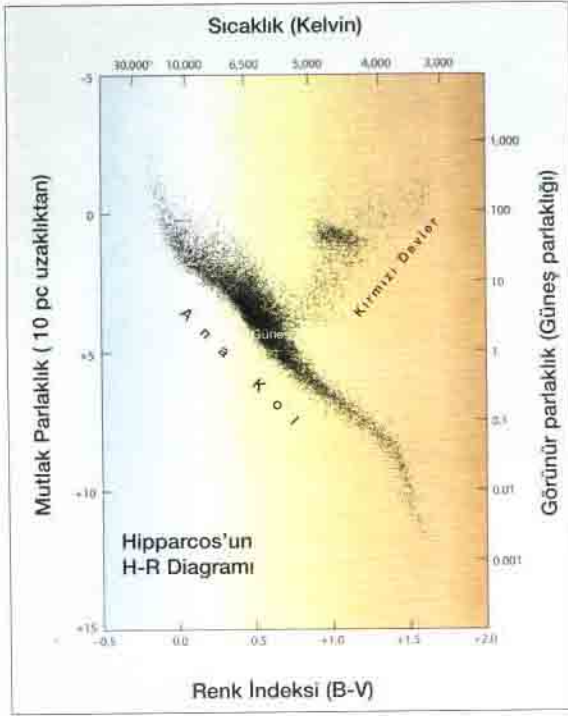
Hipparcos, çok yüksek çözünürlükte görüntü alabilen algılayıcıları sayesinde, gökadamızdaki pek çok Sefeid türü değişken yıldızın paralaksını ölçtü. Bu yıldızların paralaksları, yeryüzünden ölçülebilmek için, çok küçüktür. Bu ölçümlerin sonucunda, bilim adamlarını şaşırtan bir gerçek ortaya çıktı. Bu, paralaksı ölçülen yıldızların uzaklığının daha önce belirlenenen yaklaşık %10 uzak olduklarıydı. Bu yeni hesap, Hubble sabitini önemli sayılabilecek ölçüde azalttı. Yıldızların uzaklıklarındaki bu azalma, Evren'in yaşının aynı oranda artması anlamına geliyordu.

Daha da önemlisi, bu yeni kozmolojik yaş, küresel kümelerin yaşından 2-3 milyar yıl kadar az görünüyordu. Bu yeni ölçümler esas alınarak, Büyük Magellan Bulutu'nun uzaklığı 180 000 olarak yeniden belirlendi. Bu da sanki buradaki standart ışık kaynaklarının "Watt'ını" yükseltti.

Bu ışık kaynaklarının arasında, RR Çalgı yıldızları da yer alıyor. Bu



Samanyolu'nun uydu gökadalardan birisi olan Büyük Magellan Bulutu, içerisinde uzaklık ölçümlerinde kullanılan standart ışık kaynaklarını barındırır.



Hipparcos'un Hertzsprung-Russell Diagramı. Hipparcos'un 20 853 yıldızın üzerinde yaptığı çok hassas parlaklık ölçümleri sonucu elde edilen verilerle çizilen bu Renk-Parlaklık Grafiği, bugüne kadar çizilenlerin en iyisidir.

yıldızlar, sefeidler gibi değişkendir. Ancak, sefeidlere oranla daha yaşlı olmaları, onların küresel kümelerde yer almaları gerektiğini gösteriyor. Eğer, RR Çalgı yıldızları, bize %10 daha uzaklarsa, bu onların aynı zamanda, gerçekte %20 daha parlak olmaları gerektiğini gösteriyor. Bu da RR Çalgı yıldızlarını, içinde buldukları küresel kümelerin ana kolundaki en parlak yıldızlar yapıyor. Buradan yola çıkılarak yapılan hesaplar, küresel kümelerin 15 milyar değil, 11 milyar yaşında olduklarını göstererek yaş krizini biraz yatıştırıyor.

RR Çalgı yıldızlarını inceleyen araştırmacılar, bir yandan da yine küresel kümelerdeki cücemsi yıldızları incelemeye koyuldular. Bu yıldızlar, ağır kimyasal elementleri içeriyor ve küresel kümelerin renk-parlaklık grafiğindeki ana kolun sıcak (mavi) bölümünde yer alıyorlar. Cücemsi yıldızlar, kimyasal içerik bakımından benzerlik gösteren öteki küresel kümelerin renk-parlaklık grafiklerinin hassas ayarlarını yapmakta kullanılacaklar. Bu yıldızlarla ilgili gözlemlerse, Evren'in yaklaşık 14 milyar yaşında olduğunu söylüyor.

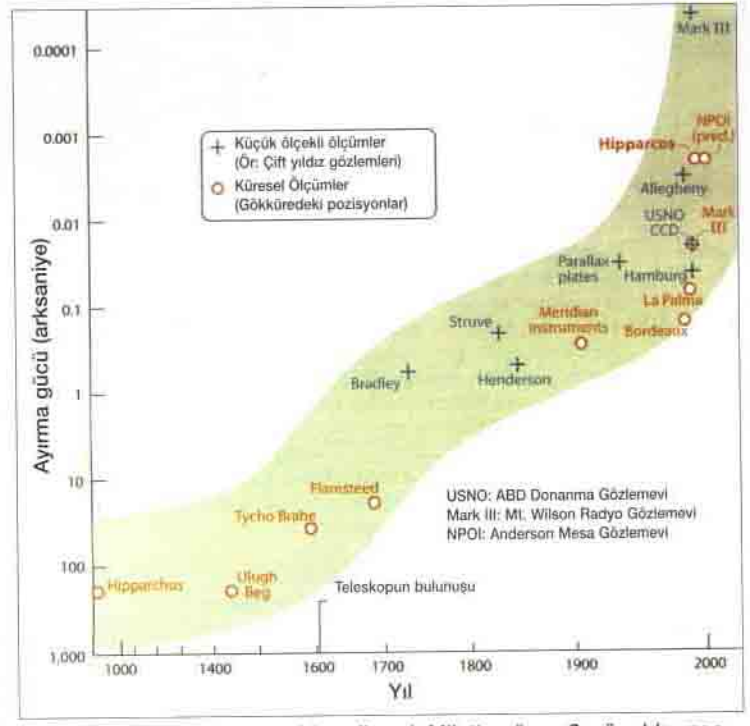
Hipparcos'un ölçümleri, yakınımdaki yıldızlarla ilgili. Bu uzaklıklar, Evren'in boyutlarıyla karşılaştırı-

lamayacak kadar azdır. Ancak, incelenen verilerin de gösterdiği gibi, Hipparcos, sefeidler gibi uzaklık ölçümlerinde kullanılan yıldızlar üzerinde daha hassas ayarlamalar yapılabildiğini sağladı. Elde edilen veriler, genişleyen Evren'imize yani bakış açılarını getirdi.

Hipparcos'tan bir sonraki adım, yine ESA'nın göndereceği GAIA (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics) uydusuyla atılacak. Bu uydunun 50 milyonun üzerinde gök cisminin paralaksını ölçecek. Bu uydunun ayırma gücü, Hipparcos'unkinden biraz daha düşük, yaklaşık 10 miliark saniye olacak.



47 Tucanae olarak adlandırılan bir küresel yıldız kümesi. Küresel yıldız kümeleri, içlerindeki sıcak, mavi yıldızlar sayesinde yaş belirlemelerinde kullanılırlar.



Gökbilimsel ölçümlerin kısa bir tarihçesi. Milattan önce 2. yüzyılda yaşamış olan Hipparchus, aynı zamanda bir matematikçi, bir gökbilimci ve de bir filozoftu. İlk gökbilimsel ölçümler onunla başladı. Hipparchus'tan, Hipparcos'a gökbilimsel ölçümler yaklaşık 100 000 kez hassaslaştı.

Evren'in tarihlendirilmesi konusunda, Hubble Uzay Teleskopu'nun da rolü büyük. Carnegie Gözlemevi'nden, Hubble Uzay Teleskopu projesinde çalışan Wendy L. Freedman, uzaklık merdiveninde pek çok gelişme kaydedildiğini belirtiyor. 1980'li yıllarda, kendi gözlemleriyle sefeid gözlemleri arasında önemli farklılıklar bulunduğunu, şimdiyse, bu farkların %10'lara kadar düştüğünü ve bu farkın, devam ettirilecek gözlemlerle azaltılabileceğini söylüyor. Ayrıca, Evren'i görmemizde, Hubble uzay Teleskopu'nun önemini vurguluyor. Hubble sayesinde, görebildiğimiz uzaklık, önekinde göre yüz kattan fazla arttı. Bununla birlikte, Hubble'in yeni kızılötesi kamerası sayesinde, önceki ölçümlerde oluşan hata payları önemli ölçüde azaltılabilecek. Hata payları azaldıkça, Hubble parametresinin ölçülen değeriyle gerçek değeri arasındaki fark da azalacaktır. Böylece, bu konudaki farklı ölçümlerin değerleri birbirine yaklaşacaktır.

Alp Akoğlu

Kaynaklar
Binou, C., *From Hipparchus to Hipparcos*, Sky & Telescope, Temmuz 1997
Roth, J., *Dating the Cosmos*, Sky & Telescope, Ekim 1997
Avrupa Uzay Ajansı (ESA) Hipparcos İnternet Sayfası
(<http://astro.estec.esa.nl/SA-general/Projects/Hipparcos/>)

Pillerin Pabucunu Dama Atacak Düğme Türbinler

Bir dizüstü bilgisayarın içine baktığımızda en büyük ve en ağır parçasının -muhtemelen- pilleri olduğunu görürsünüz. Bilim adamları ve mühendisler bir bilgisayarın içindeki gerek elektronik gerekse mekanik elemanları küçültmede dikkate değer bir başarı göstermişlerdir. Öte yandan pil teknolojisi minyatürleşmeye inatla direnmektedir.

Bugünlerde Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'ndeki (MIT) Gaz Türbini Laboratuvarı'ndan bir araştırma ekibi büyük bir projeye girişti. Ekibin amacı, gömlek düğmesi büyüklüğünde bir türbin geliştirmek. Kendisi gibi çok küçük bir jeneratöre bağlı çalışacak türbin, en iyi kimyasal pillerin ürettiği gücün 10-20 katını üretebilecek. Mikroelektronik ve mekanik sistemler laboratuvarında gösterilen ilgiden destek alan laboratuvar yöneticisi Alan Epstein ve arkadaşları yaklaşık dört yıl önce minyatür türbinleri incelemeye başlamış.

MIT'nin, Massachusetts'de, Lexington'daki Lincoln Laboratuvarı konuyla ilgili araştırmaları başlatacak ilk parayı sağlamış. Sonra proje, ABD Ordu Araştırma Bürosu'nun dikkatini çekmiş. Geliştirilecek mikrotürbinlerin, askerler için taşınabilir güç kaynağı olabileceği umuduyla Büro, 1994'te araştırma ekibine beş yıllık çalışma için 5-6 milyon dolar vermeyi kabul etmiş.

Konvansiyonel bir jet motoru gibi minyatür türbin de 3 ana bölümden oluşacak: yanma odası, türbin ve kompresör.

Yanma odasında yanan yakıtın çıkardığı gazlar türbinin kanatları arasından geçerek onu döndürür. Dönen türbin de ortak shaft aracılığıyla kompresör rotorunu döndürür. Kompresör rotoru, kanatçıkları sayesinde dışarıdaki havayı emerek yanma odasına verir. Böylece daha çok yakıtın yanması sağlanır. Ekibin araştırması gereken ilk konulardan biri türbin teknolojisinin bu denli küçük boyutlarda yeterli gücü üretilip üretilmeyeceği. "Dönen makinelerde yüksek güç yoğunluğunu elde

edebilmenin anahtarı, yüksek çevre hızlarıdır" diye açıklıyor Epstein. Türbinin kanatçıklı rotorunun dış kenarının hızına çevre hızı deniyor. Bu minik tekerleğin, dakikada 2,5 milyon devir yaparak, saniyede 300-600 m'lik (konvansiyonel türbin rotorlarının hemen hemen iki katı) bir çevre hızına ulaşması gerekiyor.

Yüksek çevre hızlarında ise rotor çevresi yüksek gerilmelerin etkisi altında kalıyor. Eğer rotorun yapılacağı malzeme bu gerilmelere dayanacak denli sağlam değilse rotor parçalanabiliyor.



MIT'nin Gaz Türbini Laboratuvarı'nda, geliştirilen 4 mm'lik bir mikrotürbin rotoru.

Ekibin üyeleri, minyatürleşme üzerine iki yıllık bir inceleme çalışması yürütmüş. Bu incelemeler sırasında, minyatürleştirmede karşılaşmayı bekledikleri bazı engellerin ortaya çıkmayışını şaşkınlıkla gözlemişler. Hatta minyatürleştirmenin birtakım avantajları bile olduğunu farketmişler. "Önce boyutların küçülmesinin, havanın viskozitesine ilişkin sorunlara yol açacağını sandık" diyor Epstein. Havanın akmasına karşı koyan kuvvetler mikroölçeklerde daha büyüktür; çünkü hava molekülleri oransal olarak daha büyüktür. Örneğin bir kelebek havanın sürtünmesini yenebilmek için bir Boeing 747'nin harcadığına göre daha fazla enerji harcamalıdır. Ama yapılan incelemeler, mikroölçekte bu etkilerin, tasarımda çok önemli değişiklikler yapmayı gerektirecek denli büyük olmadığını göstermiş.

Ayrıca ekip üyeleri, mikroölçekte kullanılan malzemelerde normal bü-

yüklüktekilere göre daha az kusur çıktığı için daha da sağlam olduklarının farkına varmış. Sonuç olarak, daha düşük kırılma riski taşıyan bu çok küçük rotorlar, konvansiyonel türbin rotorlarından daha hızlı döndürülebiliyor.

Ekip, bu bilginin ışığında türbin parçalarını geliştirmeye ve denemeye başlamış. Geçtiğimiz yılın ilkbahar aylarında araştırmacılar 2 milimetre boyunda bir yanma odasının uygulanabilirliğini göstermiş ve silisyumdan 4 milimetre çaplı bir türbin rotoru yapmışlar. Bu parçaları yaparken de bilgisayar yongalarının seri üretimlerinde kullanılan mikroüretim tekniklerine benzer teknikler kullanmışlar. Bugünlerde türbinin tam hızda dönebilmesini sağlayan düşük sürtünmeli, havalı mil yataklarını deniyorlar. Epstein'a göre makinenin üçüncü temel parçası olan kompresör rotorunun tasarımı türbin rotorunun tasarımında yapılacak küçük değişikliklerle elde edilecek. Birkaç

ay sonra da ekip, kompresör kanatlarının üzerindeki kısma yerleştirilecek ince-film elektrik starter jeneratörün çalışıp çalışmayacağını denemeyi planlıyor. Bu denemeden sonra da projenin yeni aşamasına geçilecek: Bir silisyum yonga üzerinde temel parçaları birleştirme. Silisyumun yüksek sıcaklıklardaki performansı sınırlı olduğu için, ekip bir yandan da mikrotürbinleri silisyum karbitten imal etme yöntemlerini araştırıyor. Silisyum karbit daha sağlam ve sıcaklığa daha dayanıklı bir madde.

Çalışmaların sonunda araştırma ekibi bir gramdan hafif ve 10-20 W elektrik üreten bir ilkörnek yapmayı umuyor. "Eğer bu çabalar başarıyla sonuçlanır ve pahalı olmayan minyatür türbin-jeneratörler bilgisayar yongaları gibi büyük miktarlarda üretilirse piller gibi günlük yaşamın her alanında kullanılacaklardır" diyor Epstein. ABD Enerji Bakanlığı'nın Sandia Ulusal Laboratuvarı'nın mikromakina teknolojisi ekibi lideri James H. Smith'e göre "Teknoloji gelişiminin çok zor problemlerinden biri; ama MIT ekibi bu konuda herkesten daha bilgili ve büyük ilerlemeler gösteriyor. Eğer problemleri çözebilirlerse ortaya çıkacak ürünün etkisi çok büyük olacak".