

GÖKYÜZÜ DERİNLİKLERİNDEKİ SAATLER



En iyi atomik saatlerimizden daha kararlı olan gök cisimleri olarak, aşırı hızlı pulsar (atarca)ların, zamanı, asla geçilmemiş bir kesinlikle ölçmemizi sağlamaları gerekir. Böylece, Dünya'nın yörüngesi ile Jüpiter ve Satürn'ün kütlelerini de daha iyi saptayabiliriz.

Pierre DE LATIL

Güneş'in Dünya'ya göre görünür dönmesi, çağlarboyu, zaman ölçeği oluşturmuşsa da, astronominin gelişmeleri, bu hareketin düzenli olmadığını, önemsiz fakat hemen hemen öngörülemeyen değişimler gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Sonuç olarak, 1968'de 13. Ölçüler ve Ağırlıklar Genel Konferansı, saniyeye, "atomik" bir tanım verilmesini ka-

rarlaştırmıştır. Böylece saniye, "Cesium 133 atomunun taban durumunun iki inceyapı düzeyi arasındaki geçişe karşılık gelen ışınımın, 9,192,631,770 periyoduna eşit olan süre" olarak tanımlanmıştır. Demek ki, atomik saatlerin zaman ölçeği, Cesium'un 133 kütle numaralı izotopu olmuştur.

Ancak, bu aletlerdeki Cesium atomları hareket-siz değildir ve aletin duyduğu ısıyı frekansı Doppler etkisi ile değiştirir. Bu durum nasıl düzeltililebilecektir? Belki de çözüm, bir ufuk feneri gibi Hertzen parlıklar yayınlayan gök cisimleri sayesinde gökyüzü derinliklerinden gelecektir. Olağanüstü kısa aralıklı ve şaşırtıcı düzgünlükteki ritimleri ile, yeryüzünde kullanmakta olduğumuz en iyi saatlerden daha kararlı olan bu gök cisimleri pulsarlardır.

İlk pulsarların bulunuşu tümüyle raslantıdır. İngiltere'deki Newton Gözlemevi'nin radyoteleskobunun çalışmaya başladığı Haziran 1967'ye dek gider. Daha önce hiçbir radyokaynağı bulunduğu bilinmeyen Küçük Tilkî (Vulpecula) takımyıldızı bölgesinden gelen Hertzien işaretlerin yakalanması, gökbilimcileri şaşkınlığa sürüklemişti. 1,333730113 saniye aralıklı bu işaretler, yalnızca son derece düzenli olmayıp, atmalar da çok kısaydı ve 50 milisaniye kadar sürüyordu. Bu ise, küçük boyutlu bir gök cisminin varlığını kanıtlıyor gibiydi.

Kuşkusuz, bu buluş, tüm dünyanın gökbilimcilerini harekete geçirdi ve çabucak yirmi otuz kadar pulsar bulundu; bunlardan en ilginç de, hiç kuşku yok ki, Yengeç Bulutsusu'nun pulsarıydı.

PULSARLARI TANIYALIM

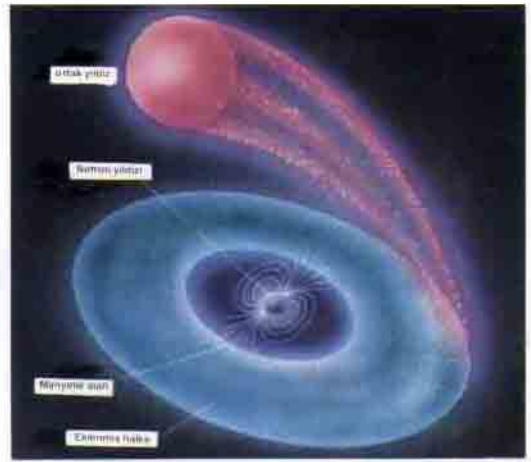
Çinlilerin astronomi yıllıkları, 1054 yılında, gündüz gözöyle görülebilecek kadar parlak yeni bir yıldızın varlığını ileri sürmüştü. Çinli gökbilimcilerin belirledikleri yerde, bugün ise, çevre kolları yengeç bacaklarını çağrıştıran bulutsu bir kütle görülmektedir.

"Süpernova" olayı kuramı, bu yıldızın birdenbire patlamasıyla, maddesinin bir bölümünün dışarı atıldığını, kalan bölümünün ise, çok yüksek yoğunlukla, çok küçük boyutlu bir hacim içinde "nötron yıldızı" olarak yoğunlaştığını öngörür. Oysa bugün, bu yıldızın bulutsusunun, dev boyutlu bir hacmi dolduran ve ışık hızına yakın bir hızla genişleyen bir gazdan oluştuğu anlaşılmaktadır; merkezinde ise, teleskopla saptanan ve pulsar olduğu görülen küçük bir cisim vardır.

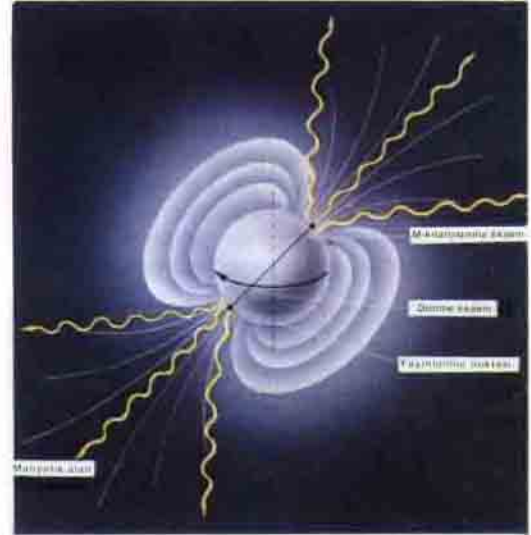
Pulsarların, neden, hava ulaşımına kılavuzluk eden Hertzien fenerler gibi davrandığını anlamaya gelirsek, bu apayrı bir konudur. Her dönüşte yayınlandıkları için, yıldızın toplam yüzeyinden yapılan yayınları öbürlerinden ayırmak gerekir. Kendi çevresinde dönen bir küre için, ayrıcalıklı tek doğrultunun, kendi dönme eksenine olduğu açıktır. Ama cisim mıknatıslı ise, o zaman bir de, geometrik eksenle çakışmayabilen bir manyetik eksen bulunur (Dünya için böyledir). Hertzien yayınların bu eksenle ilgili olduğu kuşkusuzdur.

Hertzien yayınlar, nötron yıldızının yüzeyinde ki, manyetik eksenin çıktığı noktalardan, yani manyetik kutuplardan kaynaklanırlar. Öyleyse bu yayınlar çift halindedirler; ancak, pulsarın bize göre yönelişine bağlı olarak, çoğu zaman yalnızca biri alınır ya da ikincisi çok zayıf olarak alınır.

Şimdi, Yengeç Bulutsusu'nun pulsarına dönelim: Bunun kütlesi, yaklaşık olarak Güneş'inki kadardır; çapı, 20-30 km'dir, yoğunluğu ise, düşünülmesi zor da olsa, cm^3 'de bin ton kadardır. Ayrıca, bu cismin kendi eksenine çevresinde saniyede 30 kez döndüğünü (periyodu, 0,033 saniye) düşünmek de pek kolay değildir.



Aşırı-hızlı pulsarların çoğu, biri öbürünün çevresinde dönen iki yıldızdan oluşan sistemler oldukları halde, 1982'de Arecibo'da bulunmuş olan $1937 + 214$ pulsarı yalnızca bir cisimdir. Gökbilimciler, bu durumu, bir nötron yıldızının, kendi ortasını yutması olayı ile açıklıyorlar. Ortağın maddesinin nötron yıldızına katılması, yalnızca ışınım yayınlanmasına değil, nötron yıldızının hızlanmasına da neden olur ve onun pulsara dönüşmesini sağlar.



Bir pulsar, genel çizgileriyle, kendi çevresinde çok hızlı dönen ve iyice mıknatıslanmış bir nötron yıldızı olarak ortaya çıkar; mıknatıslanma eksenine dönme eksenine genel olarak çakışmazlar. Manyetik alanın kuvvetli çizgileri (siyah), yıldızın kutuplarına doğru ilerleyen parçacıkları çeker; bu parçacıklar da, bir yayınlanma noktasından çıkan ve özellikle ışık dalgaları (sarı)'dan oluşan dalgalar yayınlar.

Bu pulsar, bulunduğunda, en hızlı olandı; çünkü en gençleriydi. Gerçekten, kuramın öngördüğü-

ne göre, topaç çeviren çocukların da bildiği gibi, dönme hızı zamanla yavaşlar. Öyleyse, bir dönüşü birkaç saniyede yapan en yavaş pulsarlar en yaşlı olanlardır.

Ancak, Arecibo (Berkeley Üniversitesi'nin izgara antenlerle donattığı, doğal geniş çukur)'daki, dünyanın en büyük radyoteleskobu, Donald Baker'a, 1982 sonbaharında Küçük Tilki'deki ilk pulsarı bularak, hız rekorunu geçme imkânı sağlamıştır. 1937 + 214 olarak sınıflandırılmış olan bu pulsar, 1,558 milisaniyede bir dönme yapıyordu; böylece, saniyede 640 dönme yapmış oluyordu.

Böyle bir hız, radyo-gökbilimcilerini bile şaşırttı. Pulsarın, yalnızca iki kat hızla dönmesi durumunda, merkezkaç kuvvetin etkisi ile parçalanacağını hesapladılar.

Küçük Tilki'nin pulsarı, yarım milisaniyeden fazla yavaşlamış olamazdı. Oysa bu gökyüzü topaçlarından, dönme hızı daha büyük olanların, yani gençlik dönemlerinde bulunanların daha fazla yavaşladığı gösterilmişti. Öyleyse, bilmecemi bir durumla karşı karşıya bulunuyoruz: Pulsarın periyodu, neden saniyelerle değil de, milisaniyelerle ölçülüyor?.. Böyle özel bir durum, nasıl açıklanabilir?

Aslında, fazla gariplik yoktur; "aşırı-hızlı (ultra-rapide)" diye nitelenen başka pulsarlar da bulunmuştur. Arecibo'da çalışan İtalyanlar, 1983'de, periyodu 6,13 milisaniye ve 1986'da da, periyodu 5,36 milisaniye olan birer pulsar bulmuşlardır. Şimdi, normal denilebilecek ve sayıları yaklaşık 300 olan pulsarlar sınıfında, periyotları en küçükten en büyüğe 1-15 saniye aralığında değişenler yanında, periyotları birkaç milisaniye olan pulsarların da var olduğu bilinmektedir. Bir pulsarın hızı çok azalırsa, pulsar "söner": Manyetik alanı çok zayıflar. Yüzeyinde yaklaşık 1000 milyar gauss'luk bir alan bulunan bir nötron yıldızının dönüş zamanı saniyeyi geçince, yayın-



Çinli tarihçi Toktaga'nın 1054 yılına yerleştirdiği, bir süpernova patlamasının kalıntısı olan Yengeç Bulutsusu'nda, kendi eksenî çevresinde saniyede 30 kez dönen bir pulsar vardır.

larının durması gerektiği hesaplanmıştır. Öyleyse, pulsar olmayan nötron yıldızları da vardır.

İlk anda akla uymayan bu "aşırı-hızlı" pulsarların açıklaması, bilinen dokuz cisimden yedisinin "ikili sistemler" oluşturması ile yapılabilecektir; ikili sistemlerde, biri öbürünün çevresinde dönen ve bazen de birbirlerine çok yakın olan iki yıldız bulunur. Bir nötron yıldızının, olağanüstü yoğunluğu nedeniyle, çevresinde çok büyük bir kütleçekim kuvveti bulunduğundan, "ortak"ından enerji yakalayabilir, hatta madde koparabilir. Böylece, belki yeniden hızlanabilir.

GÖKYÜZÜ SAATLERİ

Daha da ileri gidilerek, pulsarın, ortağını tümüyle soğurduğu düşünülebilir. Böyle olması, pulsarların en hızlısı (Arecibo'da, 1982'de bulunmuş olan)nın, yalıtılmış bir cisim olması ile de tam olarak uyuşur: Bu pulsar, ortağını tümüyle yutmuş, böylece de çok büyük bir ivme kazanmış olmalıdır.

Bu ikili sistemlerin ilki, 1974'de, Kartal takım-yıldızında J. Taylor ve R. Hulse tarafından bulunmuştur: Bir yayınlıyıcı cisimle bir sakın cisim bir ikili oluşturmuşlardır. Bu, Einstein'ın genel görelilik kuramının sonuçlarından birini doğrulamak için beklenmedik bir imkân sağlamıştır; ayrıca da bu, gözlenebilir bir etkisi bulunacağı hiç umulmayan bir sonuçtur: İvmelenen bir kütle, "ortak"ının yörüngesini değiştirecek kütleçekim dalgaları ışımalıdır. Ancak, her birinin kütlesi Güneş'inkine eşit iki cisim, birbirlerine, yalnızca 700.000 km kadar yaklaşabilirler. Ortaklardan biri son derece duyarlı bir saat olduğu için, Dünya üzerinde bu Hertzien panitilarn alınması, şiddetli kütleçekim kuvvetlerinin etkisiyle yörüngede oluşan en küçük değişimlerin bile ortaya çıkarılmasını sağlamalıdır.

Şimdiye dek, Merkür'ün pek küçük kütlelerinin bile Güneş'ten çok uzakta bulunduğu Güneş sistemi-



Pulsar arayıcıları için, gökyüzünün ayrıcalıklı bir bölgesini oluşturan Küçük Tilki (Vulpecula) takımıydı. Gerçekten, ilk pulsar, yirmi yıldan fazla bir süre önce burada bulunmuştu; on beş yıl sonra da, ilk aşırı-hızlı pulsar yine burada bulundu.

mizden başka "kütçekim laboratuvarı"nın olma-
dığını düşünürsek, gökbilimcilerin ve kuramsal fizik-
çilerin "ikili pulsarlar"la neden ilgilendikleri de an-
laşılabilir. Kartal takımyıldızındaki pulsarın bulucu-
larından biri olan J.Taylor ile J.Wessberg ve L.Fow-
ler, şimdiden, Genel Görelilik'i doğrulayacak yönde
sonuçlar elde etmişlerdir.

İstatistiksel olarak, küçük bir ayırık cisimler sı-
nırı oluşturan bu "milisaniye pulsarları"nın, hızlılık-
larından başka, bir özellikleri daha vardır: Atmaları,
normal pulsarlarından daha dardır. Böylece, yük-
sek frekanslı topaç dönüşleriyle ve ince duyarlıklı işa-
retleriyle, bu pulsarlar kusursuz birer "zaman-
bekçisi" saat niteliğindedirler.

Acaba bu saatlerin kararlılıkları ya da belirsiz-
likleri nasıldır? En hızlı pulsarların sapması duyarlı-
lıkla bilinmektedir: Saniyede 10^{-19} saniye. Cesium-
lu saatlerin belirsizliği ise, saniyede 10^{-14} saniye-
dir. Böylece, astronomi ve fizik için, yeni ve geniş
bir ufuk açılmış oluyor: Gökyüzü derinliklerinde çok
uzaklarda bulunan ve uzun bir dönem içinde, Cesi-
umlu en iyi saatlerimizden de daha kararlı olan sa-
atler elde etmiş oluyoruz.

İki yıldan beri, Nançay radyoteleskobu, Paris
Gözlemevi'nin Uzunluklar Bürosu ile ortaklaşa ola-
rak, "milisaniye pulsarları"nın kronometrik ölçümle-
rini yapmak için kullanılmaktadır. Bu radyoteleskop,
böyle bir çalışma için çok iyi uyarlanmıştır. Ayrıca
geçen ilkbahardan beri, uzaysal tabii fon görüntüsü
işaretlerini, kusursuz bir temizlik sağlamak üzere çı-
karacak olan bir düzenek de eklenmiştir. Ancak, yıl-
dızlararası iyonlaşmış maddenin işaretleri geciktir-
mesi yüzünden, işaretin dalgaboyu büyür; ayrıca,
Genel Görelilik kuramına göre, elektromanyetik dal-
galar Güneş Sistemi'nin kütçekim alanı ile de te-
dirgenir. Öyleyse, pulsardan gelen Hertzien işa-
retlerin frekanslarını, uygun düzeneklerle dağılmadan
toplamak da önemlidir.

Altı aydan uzun süreler içinde yapılan ölçüm-
lerle, milisaniye pulsarlarının en iyi atomik saatleri-
mizle eş kararlılıkta olduğu görülmüştür. Öyleyse, bir
gün, gökyüzü derinliklerindeki yıldızların, yeryüzünde
kullandığımız saatlerin yerine geçeceğini düşün-
ebiliriz.

DÜNYANIN HAREKETİNİ İNCELEME ÇALIŞMALARI

Şimdiden başlayarak, astronomide de, uçsuz
bucaksız yeni bir çalışma alanı doğmuş oluyor: Bu
gizemli pulsarlarla, gökyüzü derinliklerinde kusursuz
"zaman ölçükleri" elde ettiğimize göre, bundan, ge-
zegekimizin hareketleri üzerindeki bilgimizi derinleş-
tirmek için de yararlanabilmeliyiz.

Çok keskin ve hızlı işaretlerin son derece uzak
bir noktadan bize ulaştıkları bilindiğine göre, işa-
retlerin zaman içinde alınmalarındaki ilerleme ya da ge-

İÇME SUYU ÜRETEN MODEL BİR FABRİKA

Son zamanlarda, Fransa'nın Paris bölgesinde,
Choisy-le-Rou'da, dünyanın en önemli su işleme fab-
rikalarından biri kuruldu. Aktif kömürle çalışan on iki
yeni reaktör ile, yakında, bir dünya rekoru oluştura-
rak, günde 800.000 m³ suyun arıtılmasını ve yeni-
den kullanılabilir duruma getirilmesini sağlayacak.

Fabrika, tüm kuruluşun beyni olan bir sanayi bil-
gisayarına bağlanmış programlanabilir otomatlarla yö-
netilecektir. Yardımcı bir uzman karar sistemi, vardiya
şefine yardım edecektir. Arıtma zinciri boyunca da-
ğıtılmış su toplama havuzlarından ve fizikokimyasal
çözümleyicilerden (analizörlerden) gelen bilgilerin kalıcı
olarak kaydedilmesi ile, program, suyun en uygun iş-
leme biçimini tanımlayıp, önercektir. İlk olarak, böyle
bir uzman sistem, bir içme suyu fabrikasına yerleşti-
rilmiş olmaktadır.

Başka bir yenilik de, Genel Su Şirketi'nce işleti-
len Choisy biriminin, bir de tatma otomati ile donatıl-
mış olmasıdır. Bu makine, suyun farklı niteliklerini
karşılaştıracak ve arıtımın etkilerini bir başvuru su-
yuna (maden suyuna) göre sinayacaktır. Otomat, su-
yun arıtımını, insan tadıcıların cevaplarına göre
gerçekleştirecek, sonuçları hesaplayacak, biriktirecek
ve kaydedecektir. Böylece, dağıtılan suyun nitelikle-
ri, her an denetlenilebilecektir.

Sciencet et Avenir'den çev.: Dr.Hanaslı GÜR

cikmeyi ölçerek, önceki atmanın gecikmeli ya da iler-
lemeli alındığı ana göre, Dünya'nın ne kadar hare-
ket ettiği anlaşılabilir. İleri astrofiziğin başdöndür-
cü gelişmeleri de, ölçümleri inceltmemize sağlar.

Böylece Dünya'nın yörüngesi daha iyi belirle-
nebilecektir. Birbirlerine göre yaklaşık dik açı ile yer-
leşmiş iki pulsar bulunduğu için ve pulsarın kendi
öz hareketleri önceden olabildiğince kesin olarak öl-
çülebildiği için, Dünya'nın üzerinde döndüğü yörün-
ge düzleminin uzaydaki yerleşimi de, daha iyi sap-
tanabilecektir.

Daha da iyisi, öbür gezegenlerden özellikle iri
olanlarının etkisi ile Dünya'nın yörüngesel hareke-
tindeki küçük tedirgenmelerin belirlenmesi ile, ge-
zegekinin kütçekim alanları ölçülebilecektir. Böy-
lece, astrofiziğin en güncel buluşları, geçmişte gök-
bilimcileri çok uğraştıran astrometri (gökölçüm)'ye
indirgenmektedir. Ayrıca, Küçük Tili'nin PSR 1937
+ 214 pulsarı, kendisi ile birlikte bir ikili sistem oluş-
turan ortağını yuttuğu için, Jüpiter ve Satürn'ün küt-
leleri de daha iyi belirlenebilecektir!...

Sciences et Avenir'den çev.: Dr.Hanaslı GÜR