

Nötrinoların Kütlesi Bulundu

Nötrinoların kütlesi var mı? Küt-
leçekim hariç, tüm temel parçacıkları
ve onların etkileşimlerini tanımlayan
"standart model"e göre, nötri-
noların kütlesi sıfırdır. Fakat bir otuz
yıldır fizikçilerin kafasına takılan bir
sorun var: Güneş'ten atmosferimize
erişen nötrinoların sayısı, Güneş'te
oluşan nötrino sayısından bir hayli
daha azdır. Nereye gitmiştir bu nö-
trinolar? Bu ikilemin çözümünü ku-
antum fiziğinde 1950'lerden beri bi-
linen bir olay sağladı: Salınım (ossi-
lasyon). Üç tür nötrino vardır: elekt-
ron nötrinolar, muon nötrinolar ve
tau nötrinolar. Güneş'ten Dünya'ya
gelirken nötrinolar birbirlerine dö-
nüşürler; işte salınım denen olay da
budur. Araştırmacılar daha önce de
böyle bir olayı deneysel olarak kanı-
tlanmışlardı. 100 kadar fizikçiyi bir
araya getiren Super Kamiokande
projesi, salınım olayını atmosferdeki
muon nötrinolarla kesin olarak kanı-
tladı (uzayda büyük bir hızla iler-
leyen elektrik yüklü parçacıklara
"kozmetik ışınlar" diyoruz; muon nö-
trinolar, kozmik ışınların Dünya at-
mosferine çarpması sırasında oluş-
maktadır). Araştırmacılar bu bulgu-

larını 5 Haziran 1998'deki Nötrino
1998 adlı uluslararası kongrede sun-
dular ve Physical Review Letters
adlı dergide yayımladılar. Nötrinola-
rı yakalayan sistem, Japon Alpleri-
'nin 1 km altında 50 000 ton su içe-
ren ve 11 146 foton detektörüyle
(fotomultiplikator) donatılmış dev
bir sarnıçtı. Nötrinolar maddeyle
çok az etkileşim yaptıklarından, ge-
nellikle geride hiçbir iz bırakmadan
Dünya'mızın içinden geçip giderler.
Fakat yaklaşık her 90 dakikada bir,
bir nötrino sarnıçtaki su moleküllerin-
den birinin oksijen atomuna çar-
par. Bu çarpma derhal elektrik yük-
lü bir parçacık oluşturur. Bu elektrik
yüklü parçacık, su içinde büyük bir
hızla ilerlerken "Çerenkov ışınması"
denilen kendine özgü bir ışınma oluş-
turur. Bu ışınmanın özelliklerine ba-
kılarak çarpan nötrinonun doğası ve
enerjisi bulunabilir.

Araştırmacılar 537 günde bu tür-
den 4700 nötrino çarpışması kayde-
derek şu sonuca vardılar: Muon nö-
trinoların akışı geliş açılara ve ener-
jilerine bağımlıdır ve düşük enerjili
ya da madde içinde uzun bir yol al-
mış (örneğin yer yuvarlağının bir bö-

lümünün içinden geçmiş) muon nö-
trinoların bir bölümü kaybolmakta-
dır. Bu sonuç salınım olayıyla çok
güzel açıklanabilir: Bir nötrinonun
gittiği yol ne kadar uzunsa, o nötri-
nonun bir başka tip nötrino haline
geçmesi olasılığı o kadar artar; çün-
kü bu koşullarda nötrinonun değiş-
me yapmak için daha fazla zamanı
vardır. Öte yandan nötrinonun ener-
jisi ne kadar azsa, değişim o kadar
hızlı gerçekleşir. Fizikçiler muon
nötrinonun salınım (bir başka tip
nötrinoya dönüşme) yaptığından
eminsele de hangi tip nötrino hali-
ne dönüştüğünü bilmiyorlar. Fakat
salınım olayının deneysel olarak kanı-
tlanmasıyla bir husus kesinleşmiş-
tir: En az bir nötrino tipinin kütlesi
sıfırdan farklıdır; bir başka deyişle
en az bir nötrino tipinin kütlesi var-
dır; salınımların ölçülmesi nötrino
kütlesinin en az 0.07 ± 0.04 eV olma-
sı gerektiğini göstermiştir. Evren'de
elektronlardan çok daha fazla nötri-
no bulunduğundan, kütleleri küçük
olsa da nötrinolar bundan böyle Ev-
ren'in yoğunluğunun hesabında dik-
kate alınmak zorundadır.

Recherche, Temmuz 1998

Jüpiter'in Uydusunda Okyanus

Jüpiter'in ikinci en büyük uydusu
Callisto, Güneş Sistemi'nin can sıkı-
cı dünyalarından biri gibi gözükü-
yordu. Yüzeyi öylesine çopurdu ki
UCLA uzay fizikçisi Margaret
Kivelson şöyle diyordu: "Sanki
milyarlarca yıldır her şey aynı
kalmış; donmuş bir buz ve kaya
yığını gibi". Fakat bu görüşü
değiştirdi. Kivelson, Callisto'nun
kızkardeşi Europa gibi buzlu
yüzeyinin altında bir okyanus
saklıyor olabileceğini buldu.
Kivelson, Caltech uzay bilimci-
lerinden David Stevenson'dan
aldığı bir haber üzerine Callis-
to'da bir okyanus olabileceğini
düşünmeye başladı. Steven-
son'un anlattığına göre Galile
uzay sondası, Europa etrafında
Jüpiter'in oluşturduğu bir man-
yetik alan keşfetmişti. Araştırmacı-
lara göre Jüpiter'in Europa etrafında
manyetik bir alan oluşturması, Jüpi-

ter'in dev manyetik alanının Europa
yüzeyinin 100 km altında bulunan
tuzlu okyanusta elektrik akımları yar-
atmasına bağlıdır. Bu elektrik akım-



ları Galileo'nun bulduğu manyetik
alanı yaratmıştır. Kivelson, Galileo
Kasım 1996 ile Haziran 1997 arasın-

da Callisto yakınında yol alırken
bulguları incelemeye başladı. Callis-
to da Europa gibi bir manyetik alana
sahipti; demek ki onun da derinlik-
lerinde elektrik akımı ileten bir
tabaka, belki tuzlu bir okyanus
vardı.

Çünkü Callisto atmosferinde
manyetik alan yaratacak kadar
elektrik yüklü parçacıklar yok-
tur. Fakat dünya okyanusları ka-
dar tuzlu 10 km derinlikte (veya
10 katı daha az tuzlu 100 km de-
rinlikte) bir okyanus elektrik
akımını iletilebilirdi. Callisto yü-
zeyinin 150 km altında, kayalar-
dan gelen radyoaktif enerji ve
müthiş basınç suyun erime nok-
tasına yakın sıcaklıklar oluştura-
bilirdi. Jüpiter'in üçüncü uydu-
su Ganimed'in buzları altında
bir okyanus bulunması da büyük
olasılıktır.

Discover, Eylül 1998