

DÜNYA NEDEN DAHA YAVAŞ DÖNÜYOR?

Jean - Louis LAVALLARD

- Atmosferinin, okyanuslarının ve hatta çekirdeğinin hareketleri, Dünya'nın dönüş düzenini bozmaktadır. Gezegenimizi en çok yavaşlatan ise Ay'dır. Ay'ın etkisiyle, 500 milyon yıl içinde gün uzunluğu üç saat artmıştır.

1988 yılı, 1987'nin hemen arkasından gelmemiştir; Uluslararası Saat Bürosu (Bureau International de l'Heure)'nin kararına göre, 31 Aralık 1987 saat 24.00 ile 1 Ocak 1988 saat 00.00 arasında, tarihlerden ne birine ne de öbürüne girmeyen bir saniyelik bir süre yitirilmiştir. Bu nedenle, 1972'den beri, ya 1 Ocak'a ya da 1 Temmuz'a bir saniye eklenmesi bu kuruluşun geleneği olmuştur.

Peki neden? Dünyamızın dönüş düzeni bozulduğu için zaman zaman yıl uzatmak mı gerekiyor? Aslında değişen, yıl uzunluğu değildir; Dünya'nın Güneş çevresinde dönmek için harcadığı zaman özellikle sabittir. Değişen, gün uzunluğudur. Ayarlama, 365 günlük yıllardaki gün sayısının tamsayı olması- nı sağlayacak biçimde yapılmıştır.

Bir günde 86.400 saniye vardır (3600 saniyelik 24 saat). Ancak, zamanın duyarlı olarak ölçülmesi gerçekleştirildiğinden beri bunun yaklaşık bir değer olduğunu benimsemek gerekmiştir. Bütün günler aynı uzunlukta değildir ve günler yaklaşık 2 milisaniye öçeğinde uzamaktadır. İşte bu nedenle, biriken milisaniyelik gecikmeleri yakalamak için, birer saniyelik birikimlerin tamamlanmasından sonra gelen yıllara bu birer saniyeyi düzenli olarak eklemek gerekmektedir.

DÜNYA'NIN KENDİ EKSENİ ÇEVRESİNDEKİ HAREKETİ

Dünya, öbür gök cisimlerinden uzakta, kendi eksenini çevresinde dönen sert bir küre olsaydı, hareketi tam düzgün olurdu. Oysa Dünya sert olmadığı gibi uzayda tek başına da değildir. Sonuç olarak, kendi çevresindeki hareketi ve dönme eksenini sürekli olarak değiştirir.

Bu ifadeyi anlamak için, gerçekte Dünya'nın birleşik (composite) bir cisim olduğunu hatırlamak gerekir. Sıvı bir çekirdekle çevrelenmiş katı bir göbeği



vardır; bu da dıştan, akışkan olmayan, dış yüzeyi yer kabuğunu oluşturan ve manto denen bir katmanla örtülüdür. En dışta ise, okyanuslar ve atmosfer bulunur. Bu farklı bölümler üstüste sıralanmışlardır; ama birbirlerini hafifçe kımıldatabilirler. Hava, bizim de üzerinde bulunduğumuz yer yüzeyine göre yer değiştirir. Dolayısıyla, Dünya'nın dönme hızı dedikimiz, Dünya yüzeyinin (yer kabuğu ve manto) dönme hızıdır; atmosferin dönme hızı değildir.

Yalıtılmış sistemler fiziğinin temel yasalarından biri, açısal momentumun korunumudur. Bunu herkes kolayca görebilir: Kollarımız önde gerilmiş olarak dönen bir tabureye oturalım, sonra sağ kolumuzu birdenbire sağa döndürelim; tepki olarak vücudumuzun kalan bölümü hafifçe sola döner. Dünya için de böyledir. Rüzgâr kuvvetli olarak doğudan esiyorsa, dengelemek için, yeryüzünün batıya doğru dönmesi gerekir. Öyleyse, yer yüzeyi biraz daha yavaş dönecektir. Tersine olarak, rüzgâr batıdan esiyorsa, Dünya biraz daha hızla dönecektir.

Görüldüğü gibi, atmosferin hareketleri, Dünya'nın dönme hızındaki düzensizliklerden bir ölçüde sorumludur. Meteoroloji uzmanlarıncı, gezegenimizde belirlenmiş olan tüm rüzgârları gözönünde tutan kesin hesaplar yapılmış ve beklendiği gibi, atmosferin hareketlerine, Dünya yüzeyinin ters yöndeki hareketlerinin karşı geldiği bulunmuştur.

Mevsimlerin birbirlerini düzenli biçimde izlemesi gibi, rüzgârların düzeni de her yıl aynı biçimde yenilenir. Böylece, Dünya'nın hareketindeki yıllık bir düzensizlik, gün uzunluğuna yine yıllık bir düzensizlik olarak yansır. Bu yıllık olma özelliği, kutup hareketinde de görülür.

Gerçekten, Dünya'nın dönme eksenini yer yüzeyine göre tam sabit değildir. Eksenin çok fazla oynamadığı kesindir. Yine de, eksenin konumunun duyarlı ölçümleri, onun her yıl, düzenli denebilecek bir dönemsel harekete uygun olarak yer değiştirdiğini gösterir. Bu hareketin, biri atmosferin, öbürü okyanusların yıllık hareketlerine doğrudan bağlı iki bileşeni vardır.

Büyük meteorolojik hareketlerin tümü, yıllık bir düzen izlemezler. Gezegenimiz için önemli olan biri, tropikal bölge rüzgârlarını düzensiz biçimde etkiler. Bu, Büyük Okyanus'taki El Nino akıntısının yön değiştirmesine bağlıdır. Henüz iyi bilinmeyen nedenlerle ortalama olarak her üç ya da dört yılda bir yön değiştiren bu akıntı, okyanusun sıcaklığının aşırı yükselmesine yol açar. Sonuç olarak, Dünya'nın dönme hızının gelişim grafiği üzerinde, varlığı kolayca görülen anormal bir rüzgârlar düzeni oluşur.

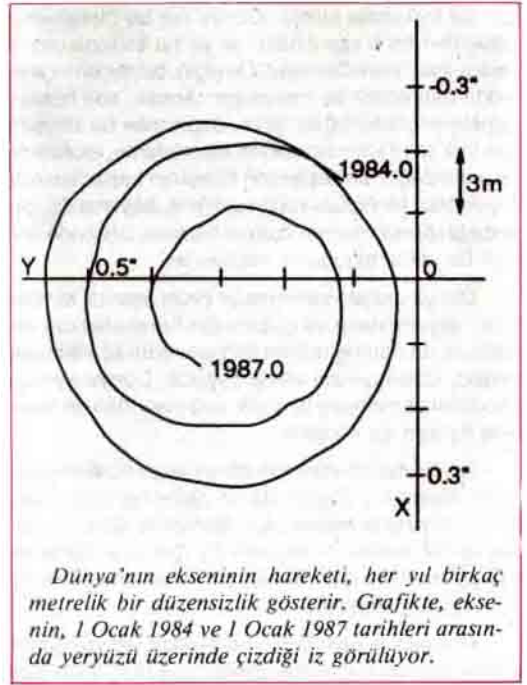
Ancak, gün uzunluğunun değişimlerinden sorumlu olan yalnızca atmosferin hareketleri değildir. Sıvı çekirdeğin iç hareketleri de Dünya'nın dönme hızını değiştirir.

HAREKETİN, HENÜZ ÇOK İYİ BİLİNMEYEN ÖZELLİKLERİ

Atmosferin hareketleri kolayca ölçülebiliyorsa da, Dünya çekirdeğinin çok iyi bilinmeyen hareketleri için aynı şey söylenemez. Bu iç hareketler ya da onların değişimleri, zaman zaman gün uzunluğunun değişimlerine etkili olabilmektedir.

Meteorolojik olayların, Dünya'nın dönme hızındaki haftalık, aylık ya da yıllık değişimlere tesir ettiğini görmüştük (Örneğin, El Nino akıntısının, Dünya ekseninin hareketi üzerinde oluşturduğu birkaç yıllık değişimler). Dünya'nın sıvı çekirdeğinin hareketlerinin ise, onar yıllık dalgalanmalara neden olduğu sanılıyor. "Sanılıyor" dememizin nedeni, çekirdekteki hareketlerin tam olarak bilinmemesi yüzünden, kurama getirilen kanıtların kesinlik kazanamamasıdır. Ancak, jeofizikçiler bunu varsayım olarak benimsemekte birleşiyorlar. Onları bu düşünceye yönelten temel düşüncelerden biri, Dünya'nın manyetik alanının oluşabilmesi için, çekirdek içindeki maddenin hareketli olması gerektiği; öbürü ise henüz başka açıklama bulunamamış olmasıdır.

Böylece, Dünya'nın dönme hızının araştırılması, çekirdeğin hareketlerinin araştırılmasına da dolaylı olarak katkıda bulunabilecektir. Çekirdeğin hareketlerinin etkisini bulabilmek için, gün uzunluğundaki, dış etkenlerden (okyanuslar ve atmosferden) gelen dalgalanmaları bir yana bırakırsak, geriye çekirdekten kaynaklananlar kalacaktır. Böylece, çekirdeğin toplu (global) davranışını ölçmek için dolaylı bir yol bulunmuş olur.



Dünya'nın ekseninin hareketi, her yıl birkaç metrelik bir düzensizlik gösterir. Grafikte, eksenin, 1 Ocak 1984 ve 1 Ocak 1987 tarihleri arasında yeryüzü üzerinde çizdiği iz görülmüyor.

Bu alanda bir fizikçiler grubu da çalışmakta, gün uzunluğunun değişimleri ve Dünya'nın manyetik alanının değişimleri olmak üzere iki yoldan algılanan çekirdek hareketlerini karşılaştırmaktadır.

Çekirdeğin hareketleri, hâlâ Dünya'nın davranışındaki başlıca sırlardan biridir. Kimi kuramlar, konuyu biraz aydınlatılabilmekte, manyetik alanın ve gün uzunluğunun değişimleri arasında bağlantılar kurulmaktadır. Yine de bu konudaki problemler bir hayli karmaşıktır.

Örneğin, Dünya'nın manyetik alanının hızlı değişimleri (manto katmanının hemen altındaki) çekirdeğin üst bölümünün hareketlerinden kaynaklanmakta, oysa gün uzunluğunun değişimleri tüm çekirdeğin hareketlerine bağlı olarak oluşmaktadır. Öyleyse, Dünya'nın manyetik alanı ile dönme hızı arasındaki bağıntıyı anlamak için, çekirdeğin yüzey hareketleri ile iç hareketleri arasındaki bağıntılar üzerinde varsayımlar yapmak gerekmektedir. Bunları birbirine bağlayan ve hareketlerde eksensel bir simetri bulunduğunu varsayan modeller geliştirilmiş ve oldukça doyurucu sonuçlar sağlanmıştır. Ancak bu sonuçlar herkes tarafından benimsenmeleri için henüz çok yenidirler.

Çekirdeğin hareketleri dolaylı olarak, kutbun hareketinden de sorumludur. Yıllık bir frekans düzeni ile oluşan meteoroloji olaylarına bağlı olarak, kutbun, Dünya yüzeyi üzerinde her yıl birkaç metre yer değiştirdiği belirlenmiştir. Bu hareketin periyodu 1,2 yıldır. Buna karşı gelen frekans, Dünya'nın öz titreşim frekansıdır. Dünya çok büyük olduğundan, çok kü-

çok bir frekansla titreşir. Dünya'nın bu titreşiminin nedenleri de araştırılmaktadır ve bu konuda çeşitli varsayımlar yayınlanmıştır. Örneğin, bu nedenler arasında depremler de sayılmıştır. Ancak, son hesaplamaların gösterdiğine göre, depremler bu titreşim için çok zayıf kalmaktadırlar. Bu nedenle, jeofizikçiler, çekirdeğin hareketlerinin titreşimin başlamasında hiç değilse bir ölçüde rol oynadığına, böylece de, çekirdeğin hareketlerinin kutbun hareketi üzerinde dolaylı bir etkisi olduğuna inanıyorlar.

Dünya uzayda yalıtılmış bir cisim olsaydı, atmosferin, okyanusların ve çekirdeğin hareketlerinin etkileri, onun dönme hızının değişimlerini açıklamaya yeterdi. Oysa durum böyle değildir; Dünya ayrıca, kendisini çevreleyen tüm gök cisimlerinden ve özellikle Ay'dan da etkilenir.

Ay, Dünya çevresinde döner ve denizlerde gelgitler oluşturur. Suyun deniz diplerine çarpması, enerji yitmesine neden olur. Bunun iki sonucu, yavaş ve önlenemez bir biçimde Ay'dan uzaklaşma ve Dünya'nın dönmesinde yeni bir yavaşlama nedeninin ortaya çıkmasıdır.

Havanın ve çekirdeğin hareketleri yer yüzeyinin dönme hızında değişimler yapar; ama Dünya'nın toplu hareketi etkilenmez: Bir yöndeki hareketler, öbür yöndekileri dengeler. Oysa Ay'ın uzaklaşması gün uzunluğunda genel ve belirli bir artış oluşturur. Jeolojik zamanlar ölçeğinde, bu artışın çok büyük önemi vardır. Gün uzunluğu, yüzyıl başına ortalama 2 milisaniye artar. Mercan fosillerinin büyüme halkaları üzerinde yapılan incelemeler, 500 milyon yıl önce Dünya'nın daha hızlı döndüğünü göstermiştir. O dönemde gün, 21 saat sürüyordu.

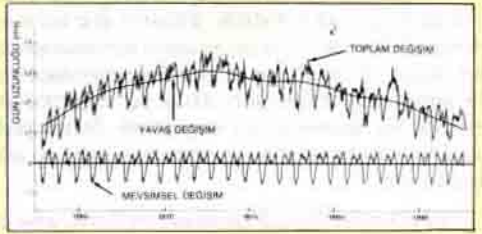
Ay'dan kaynaklanan bu yavaşlamanın ritmi ve düzeni iyi bilinmemektedir. Bunun basit nedeni de, on ya da yüz binyıldır, belki de bir milyon yıldır gün uzunluğunun kesin olarak bilinmemesidir.

DÜNYA'NIN DÖNME HIZININ ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Yer yüzeyinin dönme hızının duyarlı ölçümünde en çağdaş yöntemler kullanılmaktadır. Bu ölçüm, zamanın ve gözlem istasyonunun uzaydaki konumunun, olabildiğince duyarlı olarak bilinmesini gerektirir.

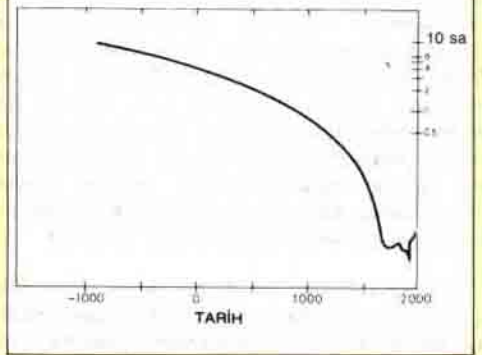
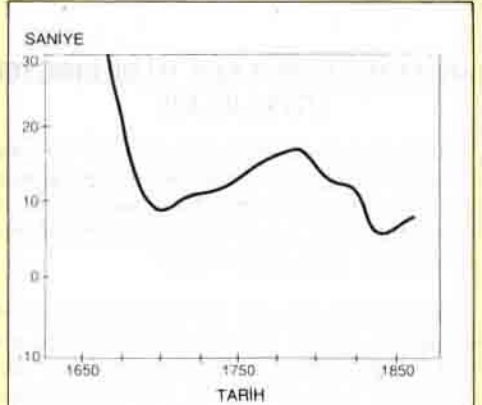
Zaman, atomsal saatlerle ölçülür. 35 ülkeye dağılmış 60 kadar laboratuvarında, yaklaşık 100 atomsal saat çalışır durumda tutulmaktadır ve sonuçlar Uluslararası Atomal Zaman adlı ortalama zaman ölçeğini belirleyen Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu'na bildirilmektedir. Burada saniye, 10^{-13} saniye duyarlılığı ile belirlenmektedir ve bir tarihin kesinliği ise mikrosaniye (10^{-6}) basamağındadır.

Gözlem istasyonlarının uzaydaki konumları uzaysal jeoloji yöntemleriyle ölçülür ve kullanılan bir-



Üstteki grafiğe göre, gün uzunluğu, 1965-1985 yılları arasında, resmi 24 saati 1-3 mil saniye kadar geçmiştir. Bu dalgalanmadaki en önemli neden, atmosferin mevsimsel değişimlere neden olan meteorolojik hareketleridir.

Biriken gecikmeler önemli değerlere ulaşmaktadır. Ortadaki çizim, XVII. yüzyıldan beri zamanda oluşan toplam gecikmenin yaklaşık 10 saniye olduğunu gösteriyor. Daha eski zamanlara gidersek, alttaki çizimde görüldüğü gibi, M.Ö. 1000 yılından beri biriken toplam kayma 10 saati bulur.



çok yöntem vardır. 1970'den beri Ay yüzeyine, 1976'dan beri de Lageos uydusuna yerleştirilen yansıtıcılar yardımıyla laserli teleölçüm yöntemi kullanılmaktadır. Bu ölçümler, 1971'den beri, geniş alanlı

DÜŞÜNME KUTUSU

Geçen sayımızdaki soruların cevapları:

GARİP SAAT: Yelkovan 1. saniyede açı olarak 6 dakikalık bir dönüş yapar. Burada "6 dakika" zamanı değil, açığı belirtiyor, bildiği gibi 1°'lik açı 60 dakikadır. Yelkovan 1 saatte 360° döner, 1 saatte 3600 saniye olduğuna göre yelkovan 3600 saniyede 360°, 1 saniyede ise $360/3600 = 0,1^\circ$ döner, $0,1^\circ = 6$ dakikalık (veya 6').

ALTIN ZİNCİR: Müsteri 4. ve 10. halkayı keser. Böylece iki kesik halka, bir 3'lük, bir 5'lik ve bir de 11'lik zincir oluşur. Bunlarla 1'den 21'e kadar olan bütün sayılar oluşturulabilir.

1,2,3,3+1,5,5+1,5+2,8,8+1,8+2,11,11+1,11+2,11+3,11+3+1,11+3+2,11+5+1,11+5+2,11+5+3,11+5+3+1,11+5+3+2.

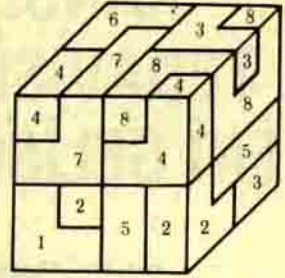
ÜNLÜ BİR EĞRİ: Bu Alman matematikçi Gauss'un bulduğu ünlü çan eğrisidir. Bu eğri hayatta pek çok şeye uygulanabilmektedir. Eğrinin ortası kabank, yanları ise basıktır. Bunun anlamı ortalama değerlerin en sık bulunduğu, minimum (en az) ve maksimum (en çok) değerler ise nadir olduğudur. Örneğin orta boylular en sık, kısa ve uzun boylular çok daha azdır. Aynı şey kilo, zeka, güzellik vb. için söylenebilir. Yenidoğanların ağırlıkları ve sehzelerin iriliğinden partikül hızlarına kadar pekçok fiziki ve biyolojik olay bu ünlü eğriye uyar. Ortalamadan ayrılmanın ölçüsü "standart sapma" dir. Bilimsel bir buluşun yapıp yapılmadığını belirtmede kullanılan olasılık ve istatistik hesaplarında Gauss eğrisi büyük rol oynar. Eğrinin formülü şudur:

$$y = e^{-x^2/2} / \sqrt{2\pi}$$

BAGDAT FACIASI: Burada matematikte "tekrara bağlı çözüm" denen olay vardır. Aldatılan tek bir koca olsaydı, bu koca etrafında ihanet eden kadın görmediğinden kendi karısının hain olduğunu anlayacak ve 1. gece onu öldürecek. Aldatılan iki koca olsaydı, her biri tek bir aldatan kadın tanıdığından, diğer kocanın 1. gece kinsını öldürmesini bekleyecekti, 1. gece hiçbir şey olmayacağı, o zaman bu koca şunu anlayacaktı: Diğer koca bir başka aldatılan koca görmekteydi ki, bu da kendisidir. Diğer koca da aynı şekilde düşüneceğinden 2. gece iki koca da karılarını öldürecek. Aynı mantıkla 3. gece 3 koca, 4. gece 4 koca... ve 40. gece 40 kocanın karılarını boğazlamaları beklenirdi. Demek ki Bağdat'ta 40 koca aldatılmaktaydı.

KÜPLERİ

BİRLEŞTİRİN:



HEMPEL PARADOKSU: "Bütün kargalar siyahınır" ifadesi 2 şekilde doğrulanabilir: 1) Mümkün olduğu kadar çok sayıda karga görerek bunların siyah olduklarını ispatlamak, 2) İfadeyi tersine çevirmek "Siyah olmayan şeylerin hiçbirini karga olamaz". Bu ifade aslında 1. ifadenin tersine çevrilmiş şeklidir. O halde 2. ifadeyi doğrulayan her şey, 1. ifadeyi de doğruluyor demektir. Böylece siyah dışındaki değişik renklerdeki cisimlerin karga olmadığı her an kanıtlanamaz, karganın siyahlığını kanıtlanamaz demektir. Buna benzer bir örnek de şudur: Bir dairede kırmızı saçlı sekreterlerin evli olduğu 2 şekilde kanıtlanabilir: 1) Kırmızı saçlı sekreterlere evlilik durumlarını sorarak, 2) Bekar olduğunu bildiğimiz sekreterlerin, kırmızı saçlı olmadığını kanıtlayarak (bu kırmızı saçlı bekar yok demektir, o halde kırmızı saçlıların hepsi evlidir). Bu söylediğimiz mantık bilimi yakından ilgilendirir. Çünkü doğada siyah kargaların sayısı da, siyah olmayan karga olmayan şeylerin sayısı da sonsuz gibidir. Bu nedenle bazı mantıkçılar Hempel paradoksunun biliminde ancak sınırlı sayıda cisimler için geçerli olduğu kanısındadır. Siyah olmayan cisimler arasında kargaya rastlanmaması, karganın siyah olduğunu ancak bir şartla kanıtlayabilir. Siyah dışındaki bütün renklerdeki cisimler incelenmelidir, örneğin siyah olmayan cisimlerin karga olup olmadığı araştırılırken beyaz cisimlerin karga olup olmadığı araştırılmamışsa "bütün kargalar siyahınır" denilebileceği kadar "bütün kargalar beyazdır" da demeye hakkımız olur. Bilimde sık sık kullanılan tümevarım mantığının (inductive logic) ne kadar karanlık yönlerinin olduğu Hempel paradoksu ile ortaya konmaktadır. (Hempel paradoksu, ABD Princeton Üniversitesinde felsefe Profesörü Carl G. Hempel tarafından 1937'de İsveç'te Theoria dergisinde yayımlanmıştır.)

galaksi dışı radyo-kaynaklı girişim ölçüm yöntemi ile de desteklenmektedir. Bir gözlem istasyonunun herhangi bir andaki konumunun ölçüm duyarlılığı 5-10 cm'dir.



Atmosferin hareketleri, gün uzunluğundaki mevsimsel dalgalanmalardan sorumludur.

Böylece, Dünya'nın dönme hızı 1970'den beri çok büyük bir duyarlılıkla ölçülebilmektedir. Zamanın yine atomsal saatlerle ölçüldüğü 60'lı yıllarda ise, astronomi yöntemlerinden yararlanılıyordu. Daha önce-leri ise, dönme hızı ölçümleri yapılamıyordu. Yine de gün uzunlukları, 1600-1960 yılları arasında Ay'ın yıldızlar üzerinde oluşturduğu tutulma gözlemlerinden yararlanarak bulunabilir.

500-1600 yılları arasındaki Orta Çağ için, yalnızca tam Güneş tutulması gözlemlerinden yararlanılabilir.

Yöntem, duyarlılığı yitirilerek, İlk Çağ'a da genişletilebilir; artık veriler çok azalmış ve yalnızca Babil yazıtlarında bulunabilir.

M.Ö. 600 yıllarından bu yana, Dünya'nın dönmesindeki biriken toplam gecikmenin yaklaşık 5 saat olduğu bulunmuştur.

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