

MR. TOMPKINS'İN SERÜVENLERİ

George GAMOV

Bayanlar, Baylar :

Bugün sizlere, eğimli uzay ve bunun kütle çekimi olayı ile olan bağlantısını anlatacağım. Hiç kuşum yok ki, her biriniz, eğri bir çizgi ya da yüzeyi kolayca düşünebilirsiniz; ancak üç-boyutlu ve eğimli bir uzaydan konu açılırsa, yüzünüz asılır ve hemen bunun çok olağanüstü, adeta tabiat dışı bir şey olduğunu sanmaya niyetlenirsiniz. Eğimli uzaydan bahsedince ortaya çıkan bu ürküntünün sebebi nedir? Bu kavram gerçekten, eğimli yüzey kavramından daha mı zor? Biraz düşünürseniz, bir çoğunuz, bir kürenin eğimli yüzeyine baktığımız gibi, uzaya dışardan bakamadığınız için, belki onu gözünüzde canlandırmayı başaramıyacağınızı söyleyebilirsiniz. (Başka bir örnek de, oldukça özel bir eğimli yüzey olan eğer yüzeyidir.) Ancak böyle söyleyenler, eğimin kesin matematiksel anlamını bilmediklerine kendilerini inandırmış olurlar. Esasen eğimin matematiksel anlamı, günlük kullanımdaki anlamından oldukça farklıdır. Biz matematikçiler, üzerine çizilen geometrik şekillerin özellikleri, düzlemdaki şekillerin özelliklerinden farklı ise, o yüzeye eğilimlidir diyoruz. Eğimi de, Euclid'in klasik kurallarından ayrılma ile ölçüyoruz. Geometri derslerinde öğrendiğiniz gibi, düz bir kağıt üzerine çizilen bir üçgenin açıları toplamı, iki dik açığa eşittir. Bu kağıdı, ona silindirik, konik ve hatta daha karmaşık bir şekil verecek şekilde bükebilirsiniz. Fakat üzerindeki üçgenin açıları toplamı, her zaman iki dik açığa eşit olarak kalır.

Bu şekil değiştirmeler sonunda, yüzeyin geometrisi değişmez ve elde edilen bu yüzeyler "iç" eğim görüşüne göre (günlük tanımlarımıza göre eğimli oldukları halde) düzlem kadar düzdürler. Ama bir kağıt parçasını, katlamaksızın veya yırtmaksızın, bir kürenin ya da bir eğerin üzerine yapıştırmak mümkün değildir. Küre üzerine bir üçgen (küresel üçgen) çizerseniz, Euclid Geometrisinin basit teoremleri artık uygulanamaz.

Profesörün, Eğimli Uzay Hakkındaki Konferansı

Gerçekte, örneğin iki meridyenin kuzey küredeki yarıları ile aralarındaki ekvator parçasının meydana getirdiği üçgenin tabanındaki iki açı, dik açılarıdır ve tepe açısı ise herhangi bir açı olabilir.

Aksine, eğer yüzeyinde bir üçgenin açıları toplamının, her zaman iki dik açıdan küçük olduğunu öğrenmek, size şaşırtıcı gelebilir.

Böylece, bir yüzeyin eğimini saptamak için, **bu yüzeydeki geometri üzerinde inceleme yapmak gereklidir.** Dışardan bakarak karar vermek çoğu zaman yanıltıcı olur. Sadece bakarak karar verirsiniz, silindiri yüzeyi ile yüzük (halka) yüzeyini aynı sınıfa sokabilirsiniz. Oysa, birincisi gerçekte düz, ikincisi ise eğimlidir. Eğim hakkındaki bu kesin kavramı öğrenince, artık fizikçilerin, içinde yaşadığımız uzayın eğimli olup olmadığı konusundaki tartışmalardan neyi kastettiklerini güçlük çekmeden anlarsınız. Problem sadece, fiziksel uzayda meydana getirilen şekillerin, bilinen Euclid Geometrisi kanunlarına uyup uymadıklarını bulmaktan ibarettir.

Bununla beraber, gerçek fiziksel uzaydan bahsettiğimiz için, öncelikle **geometride kullanılan terimlerin** fiziksel tanımlarını, kullandığımız doğru çizgilerin kavram olarak ne olduklarını açıkça belirtmeliyiz.

Zannederim, bir doğrunun genel olarak iki nokta arasındaki en kısa mesafe olarak tanımlandığını hepiniz bilirsiniz. Bu çizgi ya iki nokta arasına bir ip germeyle ya da eşdeğer; fakat dolambaçlı bir yolla, şöyle ki, iki nokta arasında en az sayıda ölçü çubuğunu sığdıran çizgiyi deneme ile bularak saptanabilir.

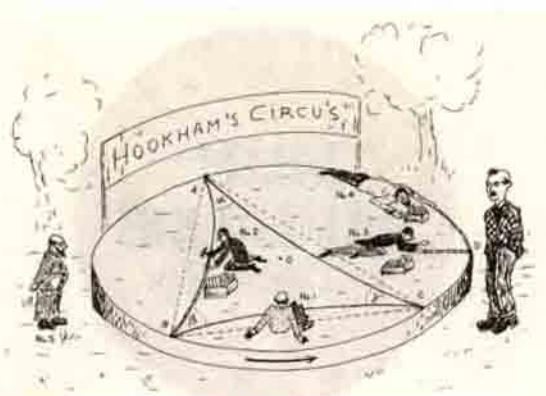
Böyle bir yöntemle bir doğruyu bulmada sonuçların fiziksel şartlara bağlı olduğunu göstermek için, eksenin etrafında düzgün olarak dönen geniş, yuvarlak bir platform ve bunun çevresinde bulunan iki nokta arasındaki en kısa mesafeyi bulmaya çalışan bir deneyci düşünelim. Deneycinin, içinde çok sayıda her biri 10 cm. boyunda çubuklar bulunan bir kutusu var. Bu çubukları, iki nokta arasında en az sayıda çubuk kullanacak şekilde, uç uca dizmeye çalışıyor. Platform dönmeydi, çubukları, resimde nokta nokta gösterilen çizgi boyunca yerleştirilecekti. Fakat platformun dönmelerinden dolayı, ölçü çubuklarının boyu relativistik bir kısal-

maya uğrayacaktır. Bu konuyu önceki dersimizde anlatmıştım. Çevreye daha yakın olan çubuklar (daha büyük çizgisel hıza sahip oldukları için), merkeze yakın olanlardan daha çok kısalacaklardır. Böylece açıkca görülüyor ki, bir çubuğun en uzun mesafeyi kaplayabilmesi için onları, mümkün olduğu kadar merkeze yakın yerleştirmek gerekir. Ancak, çizginin iki ucu üzerinde bulunduğundan, çizginin ortasındaki çubukları merkeze çok yaklaştırmak da yarar sağlamaz. Böylece, sonuca iki şart arasında uzlaşmayı temin ederek varılır. **En kısa mesafe, merkeze doğru hafifçe dışbükey olan bir eğri ile temsil edilir.**

Deneycimiz ayrı ayrı çubuklar yerine, o iki nokta arasında bir ip gerse idi, açıktır ki, sonuç aynı olurdu. Çünkü ipin her bir parçası, çubukların ayrı ayrı uğradığı relativistik kısalmaya aynen maruz kalacaktır. Burada, platform döndüğü zaman, gerilen ip te ortaya çıkan bu şekil değişiminin, merkezkaç kuvvetle hiçbir ilgisinin bulunmadığını vurgulamak isterim. İp ne kadar kuvvetle gerilirse gerilsin, bu şekil değiştirme aynı kalacaktır. Merkezkaç kuvvetin ise, esasen aksi yönde etki etmesi gerektiğini söylemeye gerek görmüyorum.

Şimdi, platformdaki gözlemci böylece elde ettiği "düz çizgi"yi ışık ışını ile karşılaştırarak, sonuçlarını kontrol etmeye karar verirse, ışığın, gerçekten kendisinin yukarıda anlatılan yöntemle oluşturduğu çizgi boyunca ilerlediğini görecektir. Kuskusuz, ışık ışını platformun yakınında duran gözlemcilere hiç de eğimli görünmeyecektir; çünkü onlar hareketli gözlemcinin sonuçlarını, platformun dönmesi ile, ışığın doğru boyunca yayılmasını bir araya getirerek, yorumlayacaklar ve size, "eğer dönen bir gramfon plağı üzerinde, elinizi düz bir çizgi boyunca hareket ettirerek bir çizik yaparsanız, kuskusuz plak üzerindeki çizik de eğri olur" diyeceklerdir.

Bununla beraber, sadece dönen platform üzerindeki gözlemciyi düşündüğümüz zaman, onun elde ettiği çizgiye verilen "düz çizgi" adı tamamen geçerlidir: Çünkü, kendi referans sistemindeki en kısa mesafedir ve ışık ışını ile çakışmaktadır. Şimdi bu gözlemcinin, platformun kenarı üzerinde üç nokta seçtiğini ve bunları düz çizgilerle birleştirerek bir üçgen meydana getirdiğini düşünelim. **Bu durumda, açıların top-**



Bilim adamları dönen platformda ölçme yapıyorlar

İlamı iki dik açıdan küçüktür. Gözlemci haklı olarak, çevresindeki uzayın eğimli olduğu sonucuna ulaşacaktır.

Şimdi bir başka örnek alalım. Varsayalım ki, platformda bulunan iki gözlemci (2 ve 3), platformun çevresini ve çapını ölçerek π sayısını bulmaya çalışıyorlar. 2'nin kullandığı ölçü çubuğu, platformun dönmesinden etkilenmez; çünkü hareketi her zaman boyuna dik yöndedir. Diğer taraftan, 3'ün ölçü çubuğu sürekli olarak kısalacaktır ve bu gözlemci çevreyi, duran platformdakinden daha büyük olarak ölçecektir. Bu nedenle, 3 numaralı gözlemcinin sonucunu, 2 numaralı gözlemcinin sonucuna bölünce, π 'nin kitaplarda verilen değerinden daha büyük bir değer elde edilecektir. Bu da yine uzayın eğiminin bir sonucudur.

Dönme sonucu, sadece uzunluk ölçmeleri etkilenmekle kalmayacaktır. Çevrede yer alan bir saatin hızı büyük olacak ve önceki konferansta anlattığım gibi, platformun merkezinde duran saatten daha yavaş işleyecektir.

İki deneyci (4 ve 5), saatlerini platformun merkezinde kontrol ederler ve bundan sonra 5 numaralı deneyci, saatini bir süre için çevrede bulundurup tekrar merkeze dönerse kendi saatinin, hep merkezde kalmış olana göre geri kaldığını görecektir. Böylece platformun farklı yerlerinde, tüm fiziksel işlemlerin, farklı hızlarla işlediği sonucuna varacaktır.

Çev: Yrd. Doç. Dr. Tuncay İNCESU

Tecrübe okulunda öğrenim ücreti yüksektir; ama akılsızlara birşeyler öğretebilen başka okul da yoktur.

J. SWIFT