

# MR. TOMPKINS'İN SERÜVENLERİ

George GAMOV

PROFESÖRÜN, BAY TOMPKINS'İN RÜYA  
GÖRMESİNE SEBEP OLAN, RELATİVİTE  
HAKKINDAKİ DERSİNİN  
BİRİNCİ KISMI

**B**ayanlar, Baylar :

İnsan aklı gelişiminin ilk zamanlarında, içinde farklı olayların yer aldığı bir çerçeve olarak bilinen uzay ve zaman kavramlarını oluşturdu. Bu kavramlar, önemli değişikliklere uğramadan nesilden nesile taşındı.

Müsbet ilimlerin gelişmesinden beri de evrenin matematiksel tanımının temellerini oluşturdu. Büyük NEWTON, *Principia* isimli kitabında şunları yazarken, belki de klasik uzay ve zaman kavramlarının ilk defa tam ve kesin bir tanımını veriyordu :

"Mutlak uzay, tabiatı icabı, dış hiçbir şeyle ilgili olmaksızın her zaman aynı ve hareketsiz kalır " ve "Mutlak, doğru ve matematiksel zaman, kendisi ve tabiatı icabı, dış hiçbir şeyle ilgili olmaksızın eşit şekilde ilerler."

Uzay ve zaman hakkındaki bu klasik fikirlerin mutlak doğruluğuna inanç o derece kuvvetliydi ki, çok zaman filozoflarca verilmiş ifadeler olarak ele alınırdı. Bilim adamları da onlardan şüphelenme ihtimalini bile düşünmezlerdi.

Bununla beraber, içinde bulunduğumuz çağın başlarında deneysel fiziğin çok ince ve duyarlı yöntemleri ile elde edilen bazı sonuçlar klasik uzay ve zaman çerçevesine göre yorumlandığında birtakım uyumsuzlukların ortaya çıktığı görüldü. Bu gerçek, çağımızın en büyük fizikçilerinden biri olan ALBERT EINSTEIN'a devrimci bir fikir verdi. Klasik uzay ve zaman kavramlarını mutlak olarak doğru zannetmek için geleneksel sebeplerden başka hiçbir sebep yoktur. Öyleyse bu kavramlar yeni ve çok incelikli deneylere uyacak şekilde değiştirilebilir ve değiştirilmelidir. Gerçekten klasik uzay ve zaman kavramları, insanın günlük hayattaki

*Geçen Bölümün Özeti :*

*Bilimsel konularda meraklı bir banka memuru olan Bay Tompkins, gittiği bilimsel bir konferansta uyuyakalır. Rüyasında, ziyaret ettiği kentte hareket eden varlıkların boylarının kısaltıldığını, kendisi hareket edince duran cisimlerin incelendiğini fark eder. Ayrıca hareket eden yolcuların bekleyenlerden daha az yaşlandığına şahit olur. Bunun sebebini araştırmaya çalışır. Söylenenleri anlamakta güçlük çeker. Sonra uyandırılır ve evine gider.*

deneylerini esas alarak ifade edilmiştir. Bu günün geliştirilmiş deney tekniklerine dayanarak çok hassas gözlem yöntemleri, bu eski kavramların çok kaba ve kesinlikten uzak olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu kavramlar ancak günlük hayatta ve fiziğin gelişiminin ilk zamanlarında, doğru kavramlardan çok az farklılıklar gösterdikleri için kullanılabilmiştir. Oysa modern bilimin inceleme alanının genişlemesi bizi, bu farklılıkların artık klasik kavramların kullanılmayacağı kadar büyük olduğu bölgelere götürmüştür.

Eski klasik kavramlarımızın esaslı eleştirilmesine yol açan en önemli deneysel bulgu ışığın boşluktaki yayılma hızının mümkün olan tüm fiziksel hızların üst sınırını temsil ettiği gerçeğinin keşfidir. Bu önemli beklenmeyen sonuç özellikle Amerikan fizikçisi MICHELSON'un deneylerinden çıkmıştı. Michelson, geçen asrın sonlarında dünyanın hareketinin ışığın yayılma hızı üzerindeki etkisini gözlemeye çalıştı. Fakat gördü ki böyle bir etki mevcut değildir. Bu sonuca tüm bilim dünyası hayret etmişti. Işığın boşluktaki hızı, ölçmenin yapıldığı sistemin ya da ışığı yayınlayan kaynağın hareketinden tamamen bağımsız olarak her zaman aynı değerde çıkıyordu. Böyle bir sonucun çok olağanüstü olduğunu ve hareketle ilgili en temel kavramlarımıza aykırı görüldüğünü açıklamaya gerek yoktur. Gerçekten, bir cisim uzayda hızla hareket ediyorsa ve siz de ona doğru gidiyorsanız, hareketli cisim size daha büyük bir relatif hızla çarpacaktır. Bu hız, cismin hızı ile gözlemcinin hızının toplamına eşittir. Diğer taraftan, eğer siz cisimden kaçırıyorsanız, arkanızdan size daha küçük bir hızla çarpacaktır. Bu hız da cismin hızı ile gözlemcinin hızının farkıdır.

Aynı şekilde, eğer bir arabada havada yayılan bir sese doğru hareket ediyorsanız, sesin arabada ölçülen hızı arabasının hızı kadar artmış olacaktır ya da aksi yönde gidiyorsanız aynı miktarda azalmış olacaktır. Biz buna **hızların eklenmesi teoremi** diyoruz. Bu teorem, her zaman doğru imiş gibi ortaya konmuştu.

Bununla beraber, ışık ele alındığında, çok dikkatle yapılmış deneyler göstermiştir ki, tecrem artık doğru değildir ve ışığın boşluktaki hızı her zaman aynıdır, saniyede 300.000 km. (genellikle c sembolü ile ifade ederiz) ye eşittir. Gözlemcinin hareketinin hızından bağımsızdır.

"Evet, ama", diyeceksiniz "acaba fiziksel olarak erişilebilen birçok hızı birbirine ekleyerek ışık hızının ötesinde bir hız elde etmek mümkün değil midir?"

Örneğin, çok hızlı hareket eden, diyelim ki ışık hızının dörtte üçü bir hızla giden bir tren ve bu trenin vagonlarının üstünde, yine ışık hızının dörtte üçü hızla koşan bir kaçak yolcu düşünelim.

Hızların eklenmesi teoremine göre, toplam hız, ışık hızının bir buçuk misli olmalıdır. Trenin üstünde koşan kaçak yolcu bir işaret fenerinden çıkan ışık demetini geçebilmelidir. Oysa gerçek şudur: Işık hızının sabit oluşu deneysel bir olgudur ve bu yüzden hikâyemizdeki durumda sonuç hız-umduğumuzdan daha küçük olmalıdır - kritik değer olan c'yi geçemez. Böylece daha küçük hızlar için bile klasik hızların eklenmesi teoreminin yanlış olması gerektiği sonucuna varıyoruz.

Bu problemin matematiksel incelenmesi - burada bu konuya girmek istemiyorum - birbirinin üstüne binen iki hareketin sonuç hızının hesaplanması için kolay yeni bir formül verir.

Eğer  $v_1$  ve  $v_2$  birbirine eklenecek iki hız ise sonuç hız aşağıdaki gibi bulunur.

$$V = \frac{v_1 \pm v_2}{1 \pm \frac{v_1 v_2}{c^2}} \quad (1)$$

Görürsünüz ki bu formüldeki iki hız da küçük ise - ışığın hızı ile karşılaştırıldığında küçük demek istiyorum - paydaki ikinci terim, bir ile mukayese edilerek yok sayılabilir. Sonuçta elinizde klasik hızların eklenmesi teoremi kalır. Bununla beraber eğer  $v_1$  ve  $v_2$  küçük değilse sonuç her halde aritmetik toplamdan her zaman daha küçük olacaktır. Trenin üstünde koşan kaçak yolcu örneğin:

$$v_1 = \frac{3}{4}c \quad \text{ve} \quad v_2 = \frac{3}{4}c \text{ dir. Formülümüz}$$

$$\text{sonuç hızı } V = \frac{24}{25}c \text{ olarak vermektedir. Bu}$$

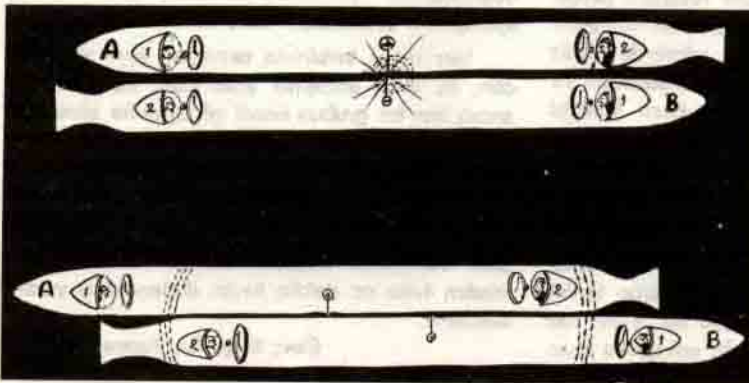
da ışık hızından yine de daha küçüktür.

Başlangıç hızlardan birisinin c olduğu özel bir durumda (1) formülü ikinci hızın değerine bağlı olmaksızın sonuç hızı c olarak verir.

Bu formülün deneysel olarak ispatlandığını ve iki hızın bileşkesinin herhalde bu hızların aritmetik toplamından gerçekten küçük bulunduğunu öğrenmek size ilginç gelebilir.

Üst-sınır hızın varlığını tanıyarak, klasik uzay ve zaman fikirlerinin eleştirisine başlayabiliriz. İlk tepkimizi bu fikirlerle dayanan **aynı anda oluş** kavramına yönelteceğiz.

"Ankara'da evimde kahvaltıda tam yumurta kırarken Zonguldak yakınında kömür ocak-



**Zıt yönlerde hareket eden iki uzun platform.**

larında bir infilak oldu" dediğiniz zaman, ne anlatmak istediğinizi bildiğinizi sanırsınız? Size göstereceğim ki bilmiyorsunuz. Hatta kesin konuşursak bu ifadenin belirli bir anlamı yoktur. Aynı iki yerdeki iki olayın aynı anda meydana gelip gelmediğini kontrol etmek için hangi yöntemi kullandınız? Diyebilirsiniz ki: "Her iki yerde de saat aynı zamanı gösteriyordu". Fakat ortaya bir sorun çıkıyor. Uzaktaki saatleri nasıl ayar edelim ki aynı anda aynı zamanı gösterebilirler. İşte ilk soruya geri dönmüş oluyoruz.

Aşağıdaki yöntemin farklı yerlerde uzaklıkları ölçmek ve saatleri belli bir zamana ayarlamak için en akıllıca yol (ve biraz bu konuda düşündükten sonra bize hak vereceğiniz gibi en uygun yöntem) olduğunun kabul edilmesi gerekir. Çünkü boşlukta ışığın yayılma hızının ışık kaynağının ve bu hızın içinde ölçüldüğü sistemin hareketinden bağımsız olduğu en kesin olarak yerleşmiş deneysel gerçeklerden birisidir.

Bir ışık ışareti A istasyonundan gönderilmektedir. Bu işaret B tarafından alınır alınmaz, A'ya geri dönmektedir. A istasyonunda okunan ve ışığın gönderilmesi ile geri dönmesi arasında geçen zamanın yarısı, ışığın sabit hızı ile çarpılıncaya bulunan şey A ile B arasındaki uzaklık olarak tanımlanacaktır.

Eğer işaretin B'ye ulaştığı anda oradaki saat A'da işaretin gönderildiği ve geri geldiği anda kaydedilen iki zamanın ortalaması ise, A'da ve B'deki saatler doğru ayarlanmıştır denilebilir. Katı - üzerinde bulunan noktaların birbirlerine olan uzaklığı zamanla değişmeyen - bir cisim üzerinde bulunan farklı gözlem istasyonlarında bu yöntemi uygularsak sonuçta istenen referans çerçevesine kavuşuruz. O zaman aynı-andalık ve farklı yerlerdeki iki olay arasındaki zaman aralığı ile ilgili sorulara da cevap verebiliriz.

Fakat acaba bu sonuç diğer sistemlerdeki gözlemciler tarafından kabul edilecek mi? Bu soruya cevap vermek için, böyle referans çerçevelerinin farklı iki katı cisim üzerinde bulunduğunu var sayalım. Örneğin, zıt yönlerde sabit hızla giden iki uzun uzay roketi düşünelim ve bu çerçevelerden birinin diğerini nasıl kontrol edeceğini görelim. Her bir roketin önünde ve arkasında olmak üzere dört gözlemci olduğunu ve bunların her şeyden önce kendi saatlerini doğru olarak ayar ettiklerini var sayalım.

Her bir rokette bulunan iki gözlemci, roketin ortasından (metre çubuğu ile ölçülüp tesbit edilmiş) bir ışık ışareti gönderip bu işaret her bir uca ulaştığında saatlerini sıfır noktasına ayar-

lıyarak yukarıda anlatılan yöntemin biraz değiştirilmiş bir türünü kullanabilirler. Böylece her bir çift gözlemci önceki tanımlamaya göre kendi sistemlerinde aynı-andalık kriterini tesis etmiş ve şüphesiz kendi fikirlerince "doğru" olarak saatlerini ayarlamış olurlar.

Şimdi, bu gözlemciler kendi roketlerindeki zaman okumalarını diğerindeki okumalarla kontrol etmeye karar versinler. Örneğin, roketier birbirinin yanından geçerken farklı roketlerdeki iki gözlemcinin saatleri aynı zamanı mı gösteriyor? Bu aşağıdaki yöntemle anlaşılabilir: Her bir roketin geometrik ortasına elektrik yüklü iletkenler yerleştirilmiş olsun. Öyle ki roketler birbirinin yanından geçerken iletkenler arasında bir kıvılcım atlasın ve böylece aynı anda her bir platformun merkezinden ön ve arka uçlarına bir ışık ışareti verilsin. Sınırlı bir hızla yol alan ışık ışareti gözlemcilere yaklaştığında roketlerin birbirine göre olan durumları değişmiştir. 2A gözlemcisi ile 2B gözlemcisi ışık kaynağına 1A ve 1B gözlemcilerinden daha yakın bulunurlar.

Açıktır ki ışık ışareti 2A gözlemcisine ulaştığı zaman, 1B gözlemcisi çok geride kalmış olacaktır. O halde işaretin ona ulaşması için daha fazla zaman gerekecektir. Böylece, **eğer 1B'nin saati, ışık ışareti ona ulaştığında sıfırı gösterecek şekilde ayarlanmışsa, 2A gözlemcisi zamanın doğru zamanın gerisinde olduğunda ısrar edecektir.**

Aynı şekilde diğer bir gözlemci, 1A, işaretle kendisinden önce karşılaşan 2B gözlemcisinin saatinin, zamanın ilerisinde olduğu sonucuna varacaktır. Kendi aynı-anda olma tariflerine göre, kendi saatleri doğru ayarlandığı için, A roketindeki gözlemciler, B roketindeki iki gözlemcinin saatleri arasında bir farklılık olduğu konusunda birleşeceklerdir. Bununla beraber unutmamalıyız ki, yine aynı sebepten, B roketindeki gözlemciler de kendi saatlerinin doğru ayarlı olduğunu düşünecekler ve fakat A'daki saatlerin farklı ayarlanmış olduklarını iddia edeceklerdir.

Her roket birbirinin tamamen aynı olduğundan, iki grup gözlemci arasındaki bu tartışma ancak her bir grubun kendi görüşlerine göre haklı olduklarını fakat "mutlak olarak" kimin doğru olduğu sorununun hiçbir fiziki anlamı olmadığını söyleyerek tatlıya bağlanabilir.

Korkarım ki sizi bu uzun düşüncelerle yordum. Saniyorum konuşmanın ikinci kısmına geçmeden önce on dakika kadar dinlenmeniz yararlı olacaktır.

**Çev: Doç. Dr. Tuncay İNCESU**