

Özel Göreliliğin Doğuşu

Bayram Tekin

Öncelikle şu soru ile başlayalım: özel göreliliğin diğer fizik teorilerine etkisi nedir ? Özel görelilik teorisinde ışık hızı (veya sonlu bir maksimum hızın varlığı) en temel unsurdur. Işık hızının çok yüksek olmasından dolayı, doğal olarak özel göreliliğin etkilerinin diğer fizik teorilerinde oldukça az olmasını bekleriz. Örneğin hidrojen çekirdeği etrafında dönen bir elektronun hızının ışık hızına oranı yaklaşık 1/60 tır, dolayısıyla hidrojen atomunu açıklayan kuvantum fiziğinin görelilikten çok az etkilenmesi gerektiğini düşünebiliriz. Sayısal sonuçlar açısından bu çıkarım (en azından çekirdek yükü az olan hidrojen atomu için) doğru gibi görünse de, özel görelilik prensibi bütün temel fizik teorilerini oldukça sınırlamaktadır. Özellikle standart model dediğimiz Kuvvetli etkileşimleri açıklayan KuvantumRenk dinamiği, elektromanyetik etkileşimleri izah eden KuvantumElektrodinamiği ve zayıf etkileşimleri izah eden Kuvantum Zayıf teorisi özel göreliliğin çok kısıtlayıcı prensipleri altında yazılmışlar teorilerdir. Kuvantum prensipleri ile göreliliği beraberce kullanan bu modeller deneylerle oldukça uyumludurlar. Dördüncü kuvvet olan Genel Çekim (gravitasyon) yine özel göreliliğin prensipleri kullanılarak ortaya atılmıştır ve yerel olarak uzayın her noktasında gravitasyonel çekimin oluşturduğu ivme, özel görelilikteki ivmeye denktir: yani, yerel olarak genel görelilik özel göreliliğe indirgenmektedir. Standart modelden öte oluşturulmuş ama henüz deneylerle test edilememiş modern fizik teorilerinden Süpersicim veya M-teorisi de yine özel göreliliğin prensiplerini (ve kuvantum fiziğinin prensiplerini) kullanılmaktadır. Bugün çok yüksek enerjilere kadar özel göreliliğin geçerli olduğunu artık biliyoruz. (Tabi ki özel göreliliğin test edilemediği, yeryüzündeki parçacık hızlandırıcılarında ulaşamadığımız enerjilerde ne tür yeni özellikler ortaya çıkar henüz bilmiyoruz. Nitekim son zamanlarda aşırı hızlı kozmik ışınları inceleyen bir kısım araştırmacılar, özel görelilik prensiplerinin, kütleli cisimler için çok yüksek hızlarda belli ölçüde değişmesi gerektiğini söylüyorlar. Ama, henüz tutarlı bir kuramsal çerçeveye oturmamış bu fikirlere kuşku ile yaklaşmak gerek.)

Bilimsel teorilerin, fikirlerin, buluşların tarihlerinin doğru tesbit edilmesinin tek amacı- bu amaç çok değerli olsa da- taşın altına elini sokmuş bilim adamlarına, hak ettikleri değeri adil bir şekilde dağıtmak değildir. Kanaatimce, tarihin doğru kaydedilmesindeki asıl önemli gaye bilimin yapılış tarzını, düşüncelerin ortaya çıkışını, fikir üretmedeki zorlukları, yapılan yanlışları, yeni teoriler üreterek evren anlayışımızı derinleştirecek genç insanlara doğru bir şekilde aktarma gayesidir. Çok büyük fikirselle devrimlerin, sadece, bilim toplumundan izole olmuş bir kısım dehalar tarafından ortaya atıldığını düşünen genç insanlar yeni teoriler üretmede kendilerini yetersiz görebilirler. Özel görelilik dahil pek çok büyük “buluşun” ardında oldukça uzun bir tarih vardır ve bu buluşların aktörleri çoğunlukla tarihin farkındadırlar. Bilim tarihinin en üst basamaklarında oturan Isaac Newton ‘ın “*Eğer başkalarından daha uzağı görebildiysem, devlerin omuzuna çıkıp bakmış olmam dandır*” sözü zannediyorum meramımızı anlatmaktadır.

Albert Einstein 1902 yılında Bern’de patent ofisinde üçüncü derecede teknik uzman olarak çalışmaya başlar. 1905 yılında *Annalen der Physik* adlı bilimsel dergiye 4 önemli makale gönderir. Bu makalelerden ikisi “özel görelilik”, bir tanesi “kuvantum teorisi” diğeri de sıvılar içinde hareket eden büyük parçacıkların (Brownian) hareketleri ile ilgilidir. Yine aynı yıl, Zürih Üniversitesi’ne moleküllerin boyutları üzerine yazdığı doktora tezini gönderir. Einstein için çok verimli bir yıl olmuştur (*annus mirabilis*) ama henüz akademide sabit bir konum bulacak kadar tanınmamıştır. 1906 yılında, patent ofisinde ikinci derecede teknik uzmanlığa yükseltilir. Akademideki ilk konumuna 1909 yılında kavuşur ve Zürih Üniversitesi’nde Doçent olarak çalışmaya başlar, ardından 1911 yılında Prag Alman Üniversitesi’ne Profesör olarak atanır. (Einstein’in hayatı ile ilgili detaylı bilgiler kendisi de iyi bir fizikçi olan, Einstein’ın Princeton’dan arkadaşı Abraham Pais’in “Subtle is the Lord... “ The Science and the Life of Albert adlı oldukça güzel bir biyografisinde bulunabilir.)

Özel görelilik teorisinin tamamı Albert Einstein’ın yukarıda bahsettiğim makalelerinde ortaya çıkmamıştır. Makaleleri yazdığı zaman henüz 25 yaşında olan Einstein’ın, kendisinden önceki çalışmalara hiç bir referans vermemesi belki de daha sonraki yıllarda teorisinin tarihsel gelişiminin eksik anlatılmasına neden olmuştur. Einstein 1905’deki konu ile ilgili ilk makalesinde oldukça net bir şekilde özel görelilik teorisinin temellerini kurmaktadır ve bu teorisinin kredisinin önemli bir kısmını hak etmektedir. Ancak, özel göreliliğin çıkışını anlamak için 19. yüzyıldaki araştırmalara da bakmak gerekir.

19. yüzyılın büyük fizikçilerinden James Clerk Maxwell, ışık hızının elektromanyetik dalga hızına çok yakın olduğunu farkedince, ışığın elektromanyetik dalga olduğunu öne sürer. Böylece, elektromagnetik dalgaların o yıllarda denklemleri anlaşıldığı için, ışığın denklemleri bulunmuş olur. Maxwell denklemlerinde ışık veya elektromanyetik dalga için uzayın elektrik ve manyetik özellikleri tarafından belirlenenen *sabit bir hız* öngörülmektedir. Oysa Galileo Galilei ’nin (1564-1642) görelilik prensibine göre *hız mutlak bir büyüklük değildir*, görelidir ve sadece iki referans sistemi arasında tanımlanmalıdır. (Örneğin Galileo’ya göre “ Arabaların 120 Km/saat veya daha üstü hızlarda seyretmeleri ceza-i müeyyide gerektirir.” şeklinde yazılan bir kanun cümlesi anlamsızdır. Galileo bu kanunu muhtemelen şöyle yazardı “ Arabaların buldukları *yola göre* 120 Km/saat ve daha üstü hızlarda ...”) Öyleyse doğal olarak şu soru ortaya çıkmaktadır : ışık için sabit bir hız öngören Maxwell denklemleri *hangi referans sistemine* göre yazılmıştır ? 19. yüzyılda bu sorunun cevabı: bütün uzayı dolduran Eter referans sistemidir. O yüzyılının fiziçileri ve matematikçileri Eter’in sahip olması gereken özelliklerini düşünmeye başlarlar. Oldukça karmaşık pek çok Eter modeli ortaya çıkar. O yıllarda Eter’in var olduğunu düşünmek son derece makul görünmektedir: bir dalga olan ışığı, aynen ses dalgalarında olduğu gibi, bir ortam taşımaktadır. Bu ortam bütün uzayı dolduran Eter’dir.

Maxwell, Britannica Ansiklopedesi’nin 1878’deki baskısına Eter ile ilgili bir makale yazar ve dünyanın Eter’e göre olan hızını ölçmeye çalıştığını ama başarısız olduğunu kaydeder. Ayrıca Jüpiter’in uydularını kullanarak ışığın hızının ölçülebileceğini iddia eder. Maxwell’in düşüncelerinden etkilenen Albert Abraham Michelson 1881’de (henüz Einstein 2 yaşında iken) yaptığı deneyin sonucu olarak, “*durgun eter hipotezinin yanlış*” olduğunu öne sürer. Fiziğin ve (göreliliğin) oldukça etkin isimlerinden Hendrik Antoon Lorentz, 1886’da , Michelson’ın sonuçlarını ve deneydeki hassasiyet düzeyini sorgulayan bir makale yazar. Bunun üzerine Michelson, Edward Morley ile birlikte 1887’de deneyi tekrarlar ve

“ışık hızının gözlemcinin ve kaynağın hızından bağımsız” olduğunu gösterir. Bu oldukça çarpıcı bir sonuçtur ve Galileo ve Newton’ın görelilik kuramları ile çelişmektedir. Michelson ve Morley daha hassas aletlerle deneylerini 1929 yılına kadar tekrarladılar. (Michelson 1907’de ABD’ye ilk Nobeli kazandırır, Prusya (şimdi Polonya) doğumludur.)

Diğer yandan teorik çalışmalara baktığımızda, ismi malesef görelilik literatüründe çok az geçen Woldemar Voigt, 1887 yılında oldukça önemli bir makale yazar. Işığın Doppler kaymasını ele aldığı makalesinde , birbirlerine göre sabit bir hızla hareket eden iki referans sistemindeki gözlemcilerin, bir denklemi aynı şekilde yorumlayabilmeleri için saatlerinin farklı akması gerektiğini gösterir. Hızları farklı eylemsiz referans sistemlerinin saatlerinin farklı akması özel göreliliğin en temel özelliklerinden birisidir. Bu ilke ile aynı-andalık (eş zamanlılık) ortadan kalkar, *hareket eden sistemlerde zaman daha yavaş akmatadır*. İçgüdülerimize ters olan bu olay hassas deneylerle binlerce defa ispat edilmiştir. Voigt, farklı referans sistemlerinin kaydettiği zaman ve koordinatlar arasında nasıl bir dönüşüm olması gerektiğini göstermiştir. (Burada önemli bir nokta şudur: her ne kadar referans sistemleri farklı zamanlar kaydediyor olsa da bu kayıt tamamen rastgele değildir. Fizik kuralları referans sistemlerinin birbirleri ile haberleşip zamanlarını kıyaslayabilmeleri gerektiğini söyler. Bir başka deyişle, bütün referans sistemlerinin kaydettiği bir kısım değişmez-ortak sayılar vardır.) Voigt’ın değişik referans sistemlerini birbirlerine bağlayan dönüşümleri, aslında bugün Lorentz dönüşümü dediğimiz dönüşümlerin düşük hızlardaki halidir. (Lorentz (1889) ve Poincare’ (1905) ve Einstein (1905) ‘dan önce, ama Voigt’tan sonra, bu dönüşümleri bir de Joseph Larmor 1889’da ortaya atmıştır. Bu dönüşümlere “Lorentz dönüşümü” ismini veren Poincare’ olmuştur.)

1887 sonrasında Michelson-Morley deneyinin sonuçları artık oldukça ciddiye alınmaktadır. Yukarıda ifade ettiğimiz üzere, bu deney gözlemcinin ve kaynağın hızından bağımsız olarak ışığın sabit hıza sahip olduğunu söylemektedir. Bu “garip” davranışın izah edilebileceğini 1889’da George FitzGerald Science dergisine sadece bir paragraf tutan bir “makalesinde” belirtir ve bunun için gerekli olan varsayımı yazar: “ Eter içinden geçen nesnelere boyları hızlarının ışık hızına oranlarının karesi ile azalır...” Daha sonra Lorentz (1892) ve Einstein (1905), FitzGerald gibi, hızlı giden cisimlerin küçülmeleri gerektiği teorik öngörüsünde bulunurlar. Günümüzde bu küçülme-büzülme “Lorentz-FitzGerald büzülmesi” olarak adlandırılmaktadır. Bu arada, Lorentz ile FitzGerald arasında oldukça ilginç bir yazışma geçmiştir. Lorentz makalesini yazdığı zaman, meslektaşları aynı sonucun 3 yıl önce FitzGerald tarafından elde edildiği konusunda uyarılmışlardır. Lorentz de bunun üstüne FitzGerald’a mektup yazmış ve aynı sonucu kendisinin de bulduğunu ifade etmiştir. FitzGerald ise cevabında “ Science’a yazıyı yolladığını ama yayınlanıp yayınlanmadığını bilmediğini, Lorentz’in aynı sonucu elde etmiş olmasından çok memnun olduğunu, çünkü arkadaşlarının bu “nesnelere büzülmesi” fikrine çok güldüklerini söylemiştir.

Görelilik literatürüne etki etmiş bir diğer önemli isim de büyük matematikçi Jules Henri Poincare’ olmuştur. 1898’de yazdığı “Zamanın Ölçümü” başlıklı makalede özel görelilik teorisinin (yukarıda bahsettiğim en önemli özelliği olan) farklı referans sistemlerinin farklı zaman aralıkları kaydetmesi öngörüsünü açıkça ifade eder. Poincare’ 5 Haziran 1905’de yazdığı “ Elektronun dinamiği üzerine” başlıklı makalesinde “ *mutlak hareketin gösterilmesinin imkansız olması doğanın bir kanunu* “ diye yazmıştır. (Poincare’ bu makalesinde Lorentz dönüşümleri ile –yani uzay ve zaman arasındaki hıza bağlı dönüşümler- normal 3 boyuttaki açısal dönmelerin beraber analizini yapmış ve bugün Poincare’ grubu dediğimiz grubu bulmuştur. Poincare’ grubu oldukça önemlidir:

modern kuvantum alan teorilerinde temel parçacıklar bu grubun temsilcileri olarak ortaya çıkmaktadır. Parçacıkların uzay zaman özelliklerini belirleyebilmek için kütle ve spinlerine göre sınıflandırılması bu grubun iyi anlaşılmasından sonra ortaya çıkmıştır.)

Yine aynı ay içinde (30 Haziran) Einstein “ Hareket eden cisimlerin elektrodinamiği” başlıklı meşhur makalesini yazmış ve özel görelilik teorisini çok net bir şekilde kurmuştur. Einstein bu makalesinde iki temel postula ortaya atar :

- 1) Bütün eylemsiz (ivmelenmeyen) referans sistemlerinde fizik kanunları aynı şekli alır.
- 2) Herhangi bir eylemsiz referans sisteminde ışığın hızı kaynaktan bağımsızdır.

Bu iki varsayımdan özel göreliliğin bütün sonuçları çıkmaktadır ($E = mc^2$ Einstein'ın bu makalesinde değil, aynı yıl yazdığı ikinci görelilik makalesinde ortaya atılmıştır.) Artık ışık dalgalarının taşınması için Eter'e gerek kalmamıştır ve Einstein bunu makalesinde açıkça söyler. (Lorentz bildiğimiz kadarı ile ömrünün sonuna kadar (1928) Eter'in varlığına inanmıştır. Özel göreliliğin kurucularından olmasına rağmen özellikle ışık hızının üstünde hızların gözlemlenemeyeceği düşüncesi onu rahatsız etmiştir. Poincare' ise özel görelilik teorisini kabul etmiş ama konu ile ilgili yaptığı konuşmalarda ve yazdıklarında Einstein'dan hiç söz etmemiştir. Einstein da Poincare'ye sadece bir defa atıfta bulunmuştur.)

Özel görelilik teorisi 1908'e kadar fazla ilgi görmemiştir (Nitekim, Einstein patent ofisinde çalışmaya devam etmiştir.) 1908'de zamanın büyük fizikçisi Max Karl Planck ve büyük matematikçisi Hermann Minkowski görelilik üzerine yazmaya başlamışlar ve göreliliğin kabulüne katkıda bulunmuşlardır. Özellikle Minkowski uzay ve zamanın beraber düşünüldüğü, göreliliğin en doğal bir şekilde ifade edilebildiği dört boyutlu (Minkowski) uzay-zamanı keşfetmiş ve bu formülasyonu ile genel görelilik teorisine giden yolu açmıştır.

1910 yılında Einstein özel görelilikten dolayı Nobel ödülüne aday gösterilir . (Yine aynı yıl Poincare' de gösterilir ama ödül Van der Waals alır.) Einstein ödülü 11. aday gösterilişinde alır. Ama, ödül özel görelilikten veya genel görelilikten değil , kuvantum fiziğinden verilir (Einstein 1905de yazdığı makalesinde ışığın kuvantum karakteri olduğunu öne sürmüş ve fotoelektrik olayını açıklamıştır.)