

BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir

[Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi,
Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı

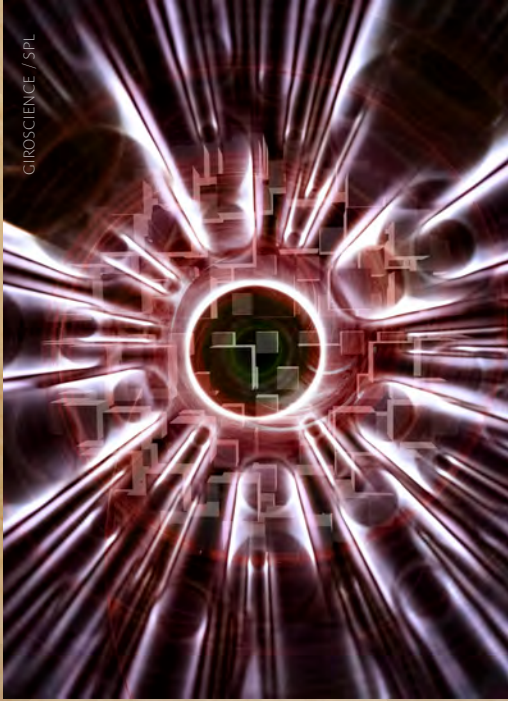


Kuantum Elektrodinamiği II

Kuramın Mahiyeti Üzerine

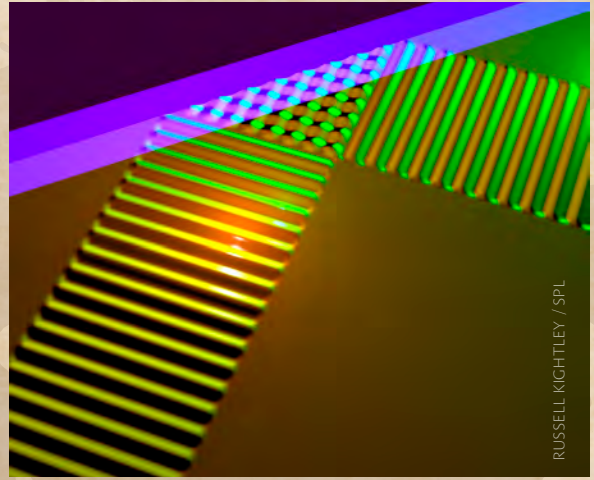
Bilim tarihi çalışmaları, bilim insanlarının yeni bir kurama genellikle şüpheyle yaklaştığını ya da en azından "bekleyip görelim" şeklinde temkinli bir tutum sergilediklerini uzun zamandır göstermektedir. Dolayısıyla benzer bir durumun kuantum elektrodinamiğinde de yaşanmış olması şaşırtıcı olmamalıdır. Bununla birlikte kuramı geliştiren ve savunanlar, onu "harika bir açıklama modeli ve temel parçacıklar arasındaki etkileşimlerin gösterilmesinde son derece başarılı" bulurken, önemli katkıları olan bazı bilim insanlarının kuramı yeterince başarılı bulmaması, sıradan bir durumu ciddi bir hâle getirdi. Bu kuşkulu durumu o günkü bilim anlayışıyla gidermek, beklenenden fazla uzamış olsa da günümüzde kuramın lehine veya aleyhine geliştirilmiş yargıların mahiyetini, bilim felsefesinin ve bilim tarihinin sınırlandırma ayraçlarını dikkate alan bir yaklaşımla aydınlatmak ve kurama ilişkin sağlıklı bir değerlendirmeye gitmek zor değildir. Bunun için bilim tarihinde ve felsefesinde kuram seçiminin gerçekleştiği düşünsel süreçte söz konusu olan ölçütleri dikkate alan bir değerlendirmeye gitmek, yol gösterici olacaktır. Bu bağlamda hareket edildiğinde, mevcut kuramın açmaza düşmesiyle başlayan ve yerine yeni bir kuramı yeğleme sürecinde gözetilen ilk husus, yeni kuramın, öncekini açmaza düşüren olgu veya olguların başarılı ve kabul edilebilir bir açıklamasını yapıp yapmadığına bakmaktır.

Daha önce ele aldığımız üzere, parçacık kuramının yerine onunla bütünüyle farklı ilkelere ve kurallara dayandırılan dalga kuramı tercih edildiğinde ondan beklenen ilk başarı, parçacık kuramının açıklayabildiği bütün olguları (doğrusal yayılım, yansıma, kırılma vb.) olduğu kadar, açıklayamadığı olguları da (kırınım ve girişim gibi) başarılı şekilde açıklayabilmesi ve nicel ifadelerini oluşturabilmesiydi. Bunları başardığında dalga kuramı alması bir kuram hâline geldi ve bilim insanları bu kuramı kısa sürede benimsedi. Şimdi benzer bir sorgulamayı kuantum elektrodinamiği için de yapabiliriz.



Kuantum elektrodinamiğinden önce ışığın doğru çizgiler boyunca yayılması, farklı yoğunluklu ortamlara girdiğinde yön değiştirmesi, parlak

yüzeylerden yansıması, yansıma durumunda geliş ve yansıma açılarının eşit olması, renklere ayrışması, girişim, kara cisim ışıması, madde ve ışık etkileşimi, radyoaktiflik gibi çok sayıda olgu, kısmen veya tamamen açıklanabiliyordu. Öyleyse şimdi kuantum elektrodinamiğinin bu hususları ve ilave olarak parçacıkların enerji seviyeleri, madde ve ışık etkileşimi gibi yeni keşfedilen olguları kendi temel ilkeleri bağlamında bütünüyle açıklayıp açıklayamadığına bakmak yeterli olacaktır.



Kuramın Başarıları

Işığın kırınım ve girişim özellikleri gösterdiğinin ve bu iki olgunun meydana gelebilmesinin ancak ışığın dalga nitelikli olursa söz konusu olabileceğinin deneyler sonucunda anlaşılmasıyla ışık incelemeleri tarihinde yeni bir dönem başladı. Özellikle bilim tarihine “çift yarık deneyi” olarak geçen deney ile gözlemlenen saçaklanmalar sonucunda ışığın dalga modeli kesinleşti. Fakat kısa süre sonra ışığın “fotoelektrik” adı verilen

başka bir özelliğinin gözlemlenmesiyle dalga kabulü şüpheli bir hâl aldı. Bunun üzerine, bu denli hızlı değişimi olağan görmeyen bilim insanları, haklı olarak nerede yanlışlıklarını merak etmeye başladı. Einstein'ın, fotoelektrik etkinin nedenini, ışığın enerji paketleri (fotonlar) şeklinde yayılmasıyla oluştuğunu göstermesi, ışığın dalga niteliği olduğu kabulünü ciddi biçimde sarstı. Fotonların parçacıklar gibi davrandıkları anlaşıldıkça ışığın dalga değil, parçacık niteliğine sahip olduğu kesinleşti. Bu sonuç, sağduyu ve mantık ilkelerine aykırı olduğundan olağanüstü şaşırtıcıydı. Çünkü eğer ışık fotonlardan oluşuyorsa ve çift yarıktan geçtiğinde saçaklanma gerçekleşiyorsa o zaman tek bir parçacık kendisiyle girişim yapabiliyor demektir. Bu aykırılık ileri araştırmalarla doğrulanınca girişimin ışığın parçacık özelliğine rağmen oluştuğu düşüncesi, kesin bilgiye dönüştü ancak bu sonucun sağduyu açısından anlamlandırılması gerekiyordu. Bunun için gösterilen kuramsal ve felsefi çabalar sonuçsuz kalınca ışığın doğasının bir tür "belirsizlik" taşıyabileceğine, yani hem parçacık hem de dalga özelliği sergileyecek nitelikte olabileceğine karar verildi.

Dalga-parçacık ikiliğinin bir sonucu olan ve klasik fiziğin açıklayamayacağı bu şaşırtıcı durum, deneylerin gösterdiği bir sonuçtur ve kuantum elektrodinamiği bunu matematiksel olarak ortaya koymaktadır.

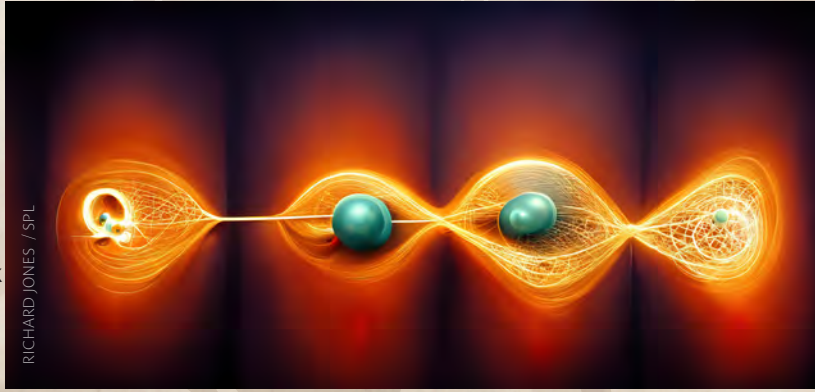
Kuantum elektrodinamiğinin başka başarıları da var elbette. Örneğin ışık, cam üzerine düşürüldüğünde kısmen nüfuz etmekte kısmen de yansımaktadır. Gözlemler belgelenen bu olgusal durum, ancak ışık dalga nitelikli olursa anlamlı olacaktır. Mademki ışık fotonlardan (parçacık)

oluşmaktadır, o zaman bazı fotonlar nüfuz ederken bazıları yansıyor demektir. Peki, hangi parçacığın yansiyacağını veya nüfuz edeceğini belirleyen nedir? Aslında olması gereken, fotonların ya yansması ya da nüfuz etmesidir. Oysa fotonların büyük kısmı nüfuz etmekte, çok azı da yansımaktadır. Peki, bunun anlamı nedir?

Kuramın Değeri

Yukarıda kuram seçimine ilişkin belirtilen kuralların bir gereği olarak, bu tuhaf olgusal sonucun kuram tarafından açıklanmasını beklemek hakkımızdır. Kuantum elektrodinamiğine göre hiçbir kuram fotonun davranışını kestiremez. Nasıl yani? Soruyu tam olarak cevaplayabilmek için öncelikle birkaç belirlemede bulunalım: Işık kaynağı tek olduğuna göre fotonlar özdeş demektir. Özdeş fotonlar aynı yönde yayılmakta ve aynı cam parçası üzerine düşmektedir. Öyleyse tuhaflığın kaynağının özdeş

fotonlar olduğu açıktır. Çünkü özdeş olmalarına rağmen fotonların davranışları benzer değildir. Kuantum elektrodinamiğinin "hiçbir kuram, fotonun davranışını kestiremez" kuralı

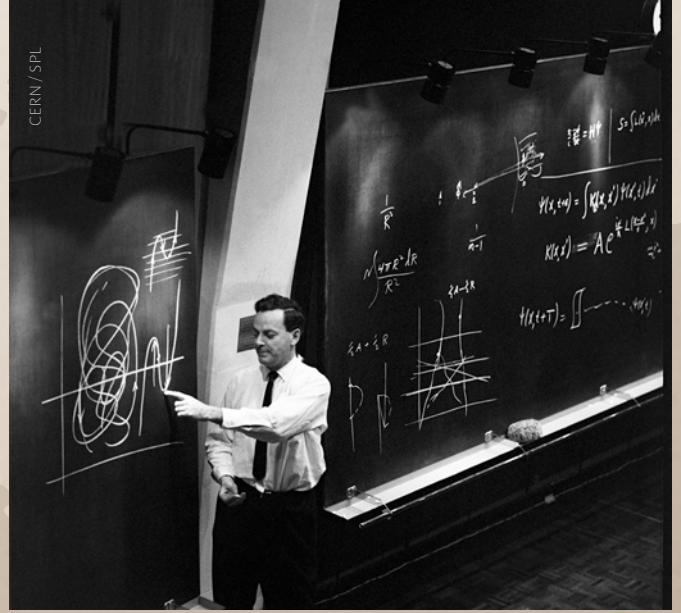


gereği demek ki fotonların sadece ne kadarının yansiyacağı ve ne kadarının nüfuz edeceği belirlenebilir, ancak hangilerinin yansiyacağı veya nüfuz edeceği kestirilemez, yani doğada sadece olasılık söz konusudur. Başka bir deyişle, klasik fiziğin aksine kuantum sistemleri kesin kestirimde bulunmaya değil, "bilinebildiği kadar çok bilmek" şeklinde ifade edilecek bir olasılıklı anlatıma dayalıdır. Yukarıdaki örnek açısından konuyu tekrar dile getirmek gerekirse, bilim insanının tek yapabildiği, belirli kalınlıktaki bir camdan ışığın yansıma olasılığını hesaplamaktır.



Kuramın Nobel ödüllü temsilcilerinden biri olan Feynman şunları belirtmektedir: “*Kuantum fiziğinin vahşi ve harikulâde dünyasında olasılıklar bir okun boyunun karesi olarak hesaplanır. Olağan koşullarda olasılıkları toplamamız beklenirken burada kendimizi okları ‘toplarken’ buluyoruz, normalde olasılıkları çarpacakken şimdi okları ‘çarptırıyoruz’.* Olasılıkları bu şekilde hesaplayarak bulduğumuz, kendine özgü cevaplar deney sonuçlarıyla tıpatıp uyuşmaktadır. Doğayı anlayabilmek için böylesine ilginç kurallara ve tuhaf düşünme biçimlerine sığınmak zorunda kalmamızdan büyük zevk aldığım gibi bunu herkese anlatmaktan da çok hoşlanıyorum. Doğanın bu çözülmesinin altında hiçbir ‘çark ya da zemberek’ yoktur. Doğayı anlamak istiyorsanız bunu kabullenmeniz gerekir.”

Alıntılanan pasajın şaşırtıcı yanı “doğayı anlamak için bu tuhaf durumu kabullenmek gerektiğinin” çok açık bir şekilde ifade edilmiş olmasıdır. Demek ki bilim insanlarının doğa karşısında bu türden bir vaziyet almaları kendi doğalarından değil, aksine bizzat doğanın



ABD’li Teorik Fizikçi Richard Feynman (1918-1988) 1940’ların sonlarında, elektromanyetik kuvvete maruz kalan parçacıkların etkileşiminin kuantum mekaniksel görünümü olan kuantum elektrodinamiği teorisini geliştiren çalışması nedeniyle 1965 Nobel Fizik Ödülü’ne layık görüldü. Nobel ödülünü aldıktan kısa bir süre sonra 17 Aralık 1965’te, Avrupa parçacık fiziği laboratuvarı CERN’de “kuantum elektrodinamiğinin uzay-zaman görüşünün geliştirilmesi” başlıklı bir konferans verdi.

kendisinden kaynaklanmaktadır. Işığın tüm temel özelliklerini açıklayabilmesi, lazer ve mazer gibi modern teknolojilerin geliştirilmesine olanak sağlaması dikkate alındığında, kuantum elektrodinamiğinin önemi ve değeri konusunda tartışmaya yer olmadığını söylemek doğru olacaktır.

Gelecek sayımızda yıldız astronomisi konusunu ele almaya başlayacağız.■

Kaynaklar

Feynman, R. P., *Kuantum Elektrodinamiği (KEDİ) Işığın ve Maddenin Tuhaf Kuramı*, Çeviren: R. Ö. Akyüz, İstanbul: Nar Yayınları, 1997.

Parker, B., *Kuantumu Anlamak*, Çeviren: E. Alkın, İstanbul: Güncel Yayıncılık, 2005.

Rae, A. I. M., *Kuantum Fiziği: Yanılsama mı, Gerçek mi?*, Çeviren: Y. Güler, İstanbul: Evrim Yayınevi, 2000.

Susskind, L. & Friedman, A., *Kuantum Mekaniği, Kuantum Fiziğine Kuramsal Başlangıç*, Çeviren: Z. Aydın, İstanbul: Alfa Basım Yayın Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti., 2017.

Topdemir, H. G., *Işığın Öyküsü: Mitolojiden Kuantum Elektrodinamiğine Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi*, (4. Baskı), Ankara: TÜBİTAK, 2019.