

MR. TOMPKINS'İN SERÜVENLERİ

George GAMOV

Bayanlar, Baylar,

Birinci konuşmamda anlattığım, yörünge üzerinde hareket eden cisim gözlemeye çalışan deneyci üzerindeki düşüncelerimiz, korkarım ki sizde fazla teknik bir izlenim bırakmış olabilir. Kullandığı aletlerle yörüngeyi tayin edemese bile deneycimizin, daha karmaşık cihazlar yardımı ile istenen sonuca ulaşabileceğini düşünürsünüz. Bununla beraber, size burada bir fizik laboratuvarında yapılan belli bir deneyi değil, en genel fiziksel ölçümler sorununun idealleştirilmesini tartıştığımızı hatırlatmalıyım. Dünyamızda var olan herhangi bir etki, ya ışınım alanı sebebine atfedilebildiği ya da tamamen mekaniksel olarak sınıflandırıldığı için, çok ayrıntılı bile olsa, her ölçme şekli ister istemez bu iki yöntemle anlatılan kısımlara indirgenecek ve yine aynı sonuca ulaşılacaktır. Bizim ideal "ölçme aletimiz" tüm fiziksel dünya ile ilgili olduğu için, en sonunda şu yargıya ulaşmalıyız: Kuantum kanunlarının uygulandığı dünyada, kesin bir yer ve kesin şekilli yörünge bahsedilemez. Çünkü böyle bir şey yoktur.

Şimdi deneycimize dönelim ve kuantum şartları ile ortaya konulan sınırlamalar için matematiksel bir ifade bulmaya çalışalım. Kullanılan her iki yöntemde de hareketli cismin tahmini yeri ile, süratinin etkilenmesi arasında devamlı bir uyumsuzluk olduğunu gördük. Optik yöntemde, momentumun korunumu kanunundan dolayı, ışık kuantumu ile çarpışmada, parçacığın momentumunda kullanılan ışık kuantumunun momentumu ile karşılaştırılabilecek bir belirsizlik ortaya çıkar. Böylece, daha önce gördüğümüz $p = h/\lambda$ formülünü kullanarak, parçacığın momentumundaki belirsizlik için;

$$\Delta p \text{ parçacık} \cong \frac{h}{\lambda} \quad (1)$$

eşitliğini yazabiliriz. Parçacığın yerindeki belir-

PROFESÖRÜN, KUANTUM TEORİSİ HAKKINDA İKİNCİ KONFERANSI

sizliğin dalga boyu ile verildiğini ($\Delta q \cong \lambda$) hatırlayarak;

$$\Delta p \text{ parçacık} \times \Delta q \text{ parçacık} \cong h \quad (2)$$

sonucuna ulaşırız.

Mekanik yöntemde hareketli parçacığın momentumu, "çanlar" tarafından alınan momentum miktarı kadar belirsiz olacaktır. Yine $p = h/\lambda$ eşitliğini kullanarak ve yerdeki belirsizliğin çanın boyutu ile verildiğini ($\Delta q \cong l$) hatırlayarak, daha önce elde ettiğimiz aynı sonuç formülü elde ederiz. (2) eşitliği ilk defa Alman fizikçi WERNER HEISENBERG tarafından formülleştirilmiştir. Bu eşitlik, kuantum teorisinin temel belirsizlik bağıntısını verir: **Yer ne kadar iyi tanımlanırsa, momentum o derece belirsiz hale gelir. Bunun tersi de geçerlidir.**

Momentumun, hareketli cismin kütlesi ile süratinin çarpımına eşit olduğunu düşünerek;

$$\Delta v \text{ parçacık} \times \Delta q \text{ parçacık} \cong \frac{h}{m \text{ parçacık}} \quad (3)$$

yazabiliriz. Günlük hayatımızda uğraştığımız cisimler için, bu anlamsız derecede küçüktür. 0.000.0001 gm. kütleli hafif bir toz parçacığı için, yer ve süratin her ikisi de % 0.000.000.01 hassasiyetle ölçülebilir. Ama elektron için (kütlesi 10^{-27} gm) $\Delta v \Delta q$ çarpımı 100 mertebindedir. Atom içindeki bir elektronun hızı en az $\pm 10^{10}$ cm/sn içinde tanımlanmalıdır. Aksi halde elektron atomdan dışarıya kaçacaktır. Bu, elektronun yerinde 10^{-8} cm'lik bir belirsizliğe karşı gelir; yani atomun toplam boyutudur. Böylece elektronun atom içindeki "yörüngesi" o derece yayılmıştır ki, kalınlığı atomun "yarıçapı" na eşit olur. **Bu yüzden elektron, aynı anda çekirdeğin her tarafında bulunabilir.**

Bir süreden beri sizlere, hareket hakkındaki klasik fikirlerin eleştirilmesi sonucu ortaya çıkan yıkıcı sonuçların bir resmini vermeğe çalışıyorum. Şık ve kesin olarak tanımlanmış klasik kavramlar parçalanmış ve yerlerini, şekilsiz bir çorba diyebileceğimiz yenilere bırakmışlardır. Doğal olarak bana, fizikçilerin herhangi bir olayı nasıl olup da bu belirsizlik okyanusunda tanımlıyabildiklerini sorabilirsiniz. Buna verilecek cevap, şimdiye kadar klasik kavramları yaktığı-

mız, ancak yeni kavramların tam bir formülüne henüz ulaşmadığımız şeklinde olacaktır.

Artık şimdi daha ileri gidebiliriz. Açık ki, her şey dağıldığı için eğer maddesel bir cismin yerini genel olarak matematiksel bir nokta ile ve hareketinin yörüngesini matematiksel bir çizgi ile tanımlıyormiyorsak, uzayın farklı noktalarında, örneğin "bu çorbanın yoğunluğunu" vererek, değişik tanımlama yöntemleri kullanırız. Matematiksel olarak bu, sürekli fonksiyonların (hidrodinamikte olduğu gibi) kullanılması anlamına gelir. Bu durum fiziksel olarak "şu cisim çoğunlukla burada, ama kısmen orada ve hatta uzakta, ya da bu para % 75 benim, % 25 de senin cebinde" gibi ifadeler kullanmasını gerektirir. Böyle cümlelerin sizi dehşete düşüreceğini biliyoruz. Ama kuantum sabitinin değerinin küçük oluşu nedeni ile, bu ifadeler günlük hayatta hiçbir zaman ihtiyacınız olmayacaktır. Bununla beraber, atom fiziği üzerinde çalışıyorsanız, bu tür ifadelerle bir an önce alışmanızı tavsiye ederim.

"Bulunma yoğunluğunu" veren fonksiyonun, bildiğimiz üç-boyutlu uzayda fiziksel bir gerçek olduğu şeklinde yanlış bir kanaat varmanızı istemiyorum. Gerçekten eğer, örneğin iki parçacığın hareketlerini inceliyorsak, birinci parçacığın bir yerde, ikinci parçacığın aynı anda başka bir yerde olup olmadığı sorusunu cevaplandırmamız gerekir. Bunu yapmak için, altı değişkenli (iki parçacığın koordinatları) ve üç-boyutlu uzayda belli bir yerde temsil edilemeyen bir fonksiyon kullanmalıyız. Daha karmaşık sistemler için daha çok sayıda değişkene sahip fonksiyonlar kullanılmalıdır. Bu yönden "kuantum mekaniksel bir fonksiyon" klasik mekanikteki parçacıklar sisteminin "potansiyel fonksiyonuna" ya da istatistik mekanikteki sistemlerin "entropi" sine benzer. Sadece hareketi tanımlar ve verilen şartlarda, belli bir hareketin sonuçlarını çıkarabilmemize yardımcı olur. Fiziksel gerçek ise, hareketlerini tanımlamaya çalıştığımız parçacıklarla beraberdir.

Bir parçacığın, ya da parçacıklar sisteminin farklı yerlerde ne dereceye kadar bulunduğunu gösteren fonksiyonu anlamak için matematik bilgisine gerek vardır. Bu fonksiyonun davranışını veren eşitliği, ilk defa Avusturyalı fizikçi ERWIN SCHRÖDINGER " ψ " sembolü ile yazmıştır.

Burada, O'nun bu temel eşitliğinin matematiksel ispatına girmeyeceğim; ama bu eşitliğin çıkışına neder olan sebeplere dikkatinizi çekeceğim. Bu sebeplerin en önemlisi, size oldukça

olağanüstü gelecektir. Eşitlik öyle yazılmalıdır ki, maddesel cismin hareketinin tanımlayan fonksiyon, bir dalganın bütün özelliklerini taşımaktadır.

Maddesel parçacıkların hareketine dalga özellikleri atfetmenin gereğine ilk defa, atom yapısı üzerinde teorik çalışmalar yaparken, Fransız fizikçisi LOUIS DE BROGLIE işaret etmiştir. Bunu takip eden yıllarda, maddesel parçacıkların hareketinin dalga özelliği çeşitli deneylerle doğrulanmıştır. Küçük bir delikten geçen elektron demeti ile, kırınım olayı ve hatta oldukça büyük ve karmaşık yapıda olan moleküllerle, girişim olayı gözlenmiştir.

Maddesel parçacıkların gözlenen dalga özellikleri, klasik hareket kavramı görüşü ile hiçbir zaman kabul edilemez. L. de Broglie'nin kendisi de oldukça tabiiikten uzak bir ifade kullanmak gereği duymuştur. Parçacıklara bir dalga "refakat" ediyor ve deyim uygunsuz hareketlerini "yöneltiliyor" demiştir.

Bununla beraber, klasik kavramlar yıkılır yıkılmaz, hareketi sürekli fonksiyonlarla ifade etmeye başlıyoruz. Bu sebeple, dalga hareketinin gerekliliği daha kolay anlaşılıyor. " ψ " fonksiyonunun yayılması, diyelim ki bir taraftan ısıtılan duvardan ısının geçişine değil, aynı duvardan mekanik bir şekil değişikliğinin (ses) geçişine benzer. Matematiksel olarak aradığımız, oldukça sınırlı şartları olan belli bir eşitliktir. Kuantum etkisinin ihmal edilebilir olduğu, büyük kütleli parçacıklara uygulandığı zaman, klasik mekaniğin verdiği sonuçları vermesi şartı ile beraber, yukarıdaki temel şart, pratikte eşitliği bulma işlemini tamamen matematiksel bir işlem haline getirmektedir.

Bu eşitliğin en son şeklini görmek istiyorsanız, şöyle yazabilirim:

$$\Delta^2 \psi + \frac{4\pi m i}{h} \psi - \frac{8\pi^2 m}{h} U \psi = 0 \quad (4)$$

Bu eşitlikte U fonksiyonu, parçacıklara (kütlesi m olan) etki eden kuvvetlerin yarattığı potansiyeldir ve verilen herhangi bir kuvvet dağılımı için hareket probleminin belli bir çözümünü verir. Bu "Schrödinger dalga denklemi" nin uygulanması ile fizikçiler son yarım asırdan beri, atomlar dünyasında yer alan bütün olayların, en eksiksiz ve mantıksal olarak en uyumlu bir resmini geliştirdiler.

Çoğu zaman kuantum teorisi ile ilgili olarak sözü geçen "matris" kelimesini, şimdiye kadar neden kullanmadığımı belki merak etmişsinizdir. İtiraf etmeliyim ki, ben şahsen "matris"lerden

hiç hoşlanmıyorum ve kullanmamayı tercih ediyorum. Fakat, kuantum teorisinin bu matematiksel yöntemi hakkında sizi biraz aydınlatmak için, birkaç cümle söyleyeceğim. Bir parçacığın ya da karmaşık bir mekanik sistemin hareketi, gördüğünüz gibi, belli sürekli fonksiyonlarla tanımlanıyordu. Bu fonksiyonlar çoğu zaman oldukça karmaşık yapıya sahiptiler. "Uygun fonksiyonlar" diye adlandırılan, çok sayıda daha basit fonksiyonlar cinsinden yazılabilirler. Bu, karmaşık bir sesin, birkaç basit harmonik notadan meydana gelmesine benzetilebilir. Bütün karmaşık hareketi, onun farklı bileşenlerinin, genlikleri ile tanımlayabiliriz. Bileşenlerin sayısı (overtone) sonsuz olduğu için, aşağıdaki şekilde sonsuz genlik tablosu yazmamız gerekir.

q_{11}	q_{12}	q_{13}
q_{21}	q_{22}	q_{23}
q_{31}	q_{32}	q_{33}

Oldukça basit matematiksel işlem kuralları olan böyle tablolara, "matris" denir. Matris, belli bir hareketi tanımlar ve teorik fizikçilerin bazıları, dalga fonksiyonları ile uğraşmaktan çok matrislerle işlem yapmayı tercih ederler. Böylece, bazen söylendiği adı ile "matris mekaniği", bilinen "dalga mekaniği" nin sadece matematiksel bir değişiminden ibarettir. Bu konferanslarımızda sadece ana sorunlara değindi-

ğimiz için, bu problemin ayrıntılarına girmeye gerek görmüyoruz.

Zaman elvermediğinden size kuantum teorisinin, relativite teorisi ile ilişkili gelişmelerinden bahsedemediğim için üzgünüm. Bu ilerlemeleri İngiliz fizikçisi PAUL ADRIEN MAURICE DIRAC'ın çalışmalarına borçluyuz. DIRAC'ın katkıları ile, çok sayıda deneysel keşifler yapıldı. İleride bu problemlere yeniden değinmek istiyorum; ama şimdi artık bu konuyu noktalamalıyım. Umarım ki, bu konferans dizisi, fiziksel dünyanın ana kavramlarının net bir resmini görmeye yardımcı olmuştur ve daha ileri çalışmalara ilgi duymanız için, size ilham vermiştir.

Çev. : Doç. Dr. Tuncay İNCESU

SİZ OLSAYDINIZ ?

DİYAGRAM : I

- 1.. Ah4! 2. Af3 Vg2! 3. Şxh4 Kxf4!
4. gxf4 Vg4 mat (Neumann-Fuchs 1931)

DİYAGRAM : II

- 1.. Kh5! 2. Şxh5 Fe2 3. Şh4 g5 4. Şh3 Ffi mat

DİYAGRAM : III

- 1.. Fh6 2. Ag5! Fxg5 3. Şd3 Vxe4 4. Şxe4 d5 5. Şd3 Ff5 mat

(Minekowitz - Schmidt 1965)

