



JACOB D. BEKENSTEIN

KÜTLEÇEKİM, KARA DELİKLER VE BİLGİ ÜZERİNE

TÜRKÇESİ: CEM ORAN



GINKO BİLİM

İÇİNDEKİLER

1. BÖLÜM / BİR FİZİKÇİ OLMAK	7
2. BÖLÜM / KARA DELİKLER VE ENTROPİ ÜZERİNE	45
3. BÖLÜM / EVREN BİLGİDİR	81
4. BÖLÜM / KÜTLEÇEKİMİLE İLGİLİ MESELELER	107
5. BÖLÜM / ÖNERİLER VE DERİN DÜŞÜNCELER	135

1. BÖLÜM

BİR FİZİKÇİ OLMAK

Bu, bir fizikçi olarak hayatımın hikâyesidir. Okuyacağınız bölüm hayatımın erken dönemlerindeki bilimsel gelişimime yoğunlaşmakla beraber, beni yıllar içinde etkilemiş olan zamanları, olayları, yerleri ve kişileri de anlatıyor. Bu, kaçınılmaz olarak beni deneyimlerimden çıkardığım ve çaylak fizikçilerin kullanabileceği dersleri de yazmaya itiyor.

En başından başlıyorum. 1947’de Mexico City’de doğdum. Ebeveynlerim, ikisi de Polonya göçmeni Yahudiler olan, Joseph ve Esther, II. Dünya Savaşı sırasında Meksika’da tanışmışlar. Küçük kardeşim Bella ile birlikte beni orada yetiştirdiler. O zamandan beri, yaygın bilinen “gezgin Yahudi” deyimini doğrularcasına birçok farklı yerde yaşadım. Birleşik Devletler’de 10 yılı aşkın süre misafirlikten sonra 1974 yılında İsrail’e taşındım. Bugünlerde Kudüs’teki İbrani Üniversitesi’nde hem öğretiyor hem de araştırma yapıyorum.

Daha henüz Meksika’da bir çocukken bilime ilgi duyuyordum. Evde, bazen tehlikeli olan, fizik ve kimya deneyleri yaparak oynadığım zamanları hâlâ hatırlıyorum. 60’lı yılların başlarında lisedeyken arkadaşlarım Noah Feldman ve Mendl Goldfein de bu ilgiyi benimle paylaşıyorlardı; beraber roket yapma girişiminde bulunuyorduk (sonuçta Sputnik sonrası dönemdi). Cebimizdeki parayla şehir merkezindeki tıbbi ve kimyasal ürünler satan dükânlardan aldığımız çeşitli kimyasallardan roket yakıtı ve oksitleyiciler yapmıştık. Hepsi küçük olan bu roketlerin bir kısmı üzücü bir şekilde başarısız olsa da, az bir kısmı gerçekten uçuyordu; öyle ki birkaç defa asla kurtaramayacağımız derecede uzağa

uanlar olmuştu. Daima büyük bir gürültünün ve genellikle patlamamın eşlik ettiği bu fırlatmaların bazıları okul bahçesinde gerçekleşti; bu da okul müdürünün sevgisini kazanmamızı sağlamadı tabii. Ailem Meksika’dan ayrıldıktan yıllar sonra bu iki arkadaşımın izini kaybettim. Ama daha sonra 1997’de, kendisi řu an California’da yaşayan Noah, e-postamı internetten bulmuş ve Kudüs’e araçla 20 dk uzaklıktaki kkk bir kasabada yaşamaya başlayan Mendl’ı bulmama yardım etmişti!

Ben 15 yaşındayken ailem Birleşik Devletler’e taşındı. Bu, tam da Küba ile füze krizinin yaşandığı 1964’te oldu. Okulda peş peşe yapılan bomba tatbikatlarıyla ilgili anılar Amerika dönemindeki neredeyse ilk anılarımdır. Liseye ilk olarak Texas, Houston’da gittim ve Brooklyn, New York’ta bitirdim. O yıllarda amatör astronomiye karşı içimde büyük bir ilgi başlamıştı ve bu ilgi tüm hayatım boyunca da devam etti. Üniversitede bu alanda eğitim almak benim için mantıklı olabilirdi. Ancak daha zorlu bir bilim dalını seçmeye karar verdim, nk astronomiyi gökyüzündeki cisimlerle niteliksel olarak ilgilenen ve onların görünüş ve davranışlarının arkasındaki en derin nedenlerin üzerinde durmayan, yumuşak bir bilim dalı olarak görmüştüm. Bu izlenimim astronomların metotlarıyla ilgili yetersiz bilgimden ileri gelse de, çoğunlukla astronomların yaptıkları şeylerden daha derinlere inilebileceği yönündeki hislerimin zaman içerisinde haklı çıktığını düşünüyorum. Ne olursa olsun, ynm fiziğe doğru sapmıştı.

Roketlerle ilgili hikyemden apaçık belli olduğu gibi, kimya-ya karşı uzun soluklu bir ilgim vardı. Böylece 1965’te Brooklyn Politeknik Enstitüsü’ne (bugünün New York Politeknik niversitesi) kabul edildiğimde, oraya kimya bölümü ğrencisi olarak girdim. Ailem zengin olmaktan çok uzaktı, ama eğitimim New York’taki tüm lise son sınıf ğrencilerinin girdiği bitirme sınavlarında iyi bir performans göstererek kazandığım New York Eyaleti bursuyla desteklendi. Üniversite hayatımın ilk ayları oldukça zorlu geçti. Uygun kaynakları nereden bulacağı ve ne kadar okuyacağı özellikle belirtilmeden öğrencilerin okuma yapmasının beklendiği bir ortamla karşılaşan çoğu kişinin keşfettiği gibi, lisede hayat niversitedekinden çok daha kolaydı. Açıkçası bunun için hazırlıklı değildim. Bir kimya sınavından çok düşük bir not aldığımı özellikle hatırlıyorum. Tüm ğrenciler aynı gemi-

deydi ama lise notları dört dürtlük olan ben, bu başarısızlığın etkisini kalbimde ağır bir şekilde hissetmiştim. Hemen o zaman dan sonra nasıl çalışmam gerektiğiyle ilgili sonuçlar çıkardım. Bu küçük kriz, bir meseleyi yanlış anlamadan doğan başarısızlığın insanın kendisini daha iyiye götürebilmesi için bir araç işlevi görebileceğinin güzel bir örneğiydi. Hayatımda bu kutsal felaketleri defalarca kez deneyimledim.

Kimyayı tanımaya başladıkça, bana en ilgi çekici gelen kısımların aslında fizik olduğunu fark ettim; termodinamik, kinetik, atomik yapı, vb. Böylece ilk senemin sonunda fiziğe geçtim. Poli'deki (Politeknik bu kısaltmayla biliniyordu ve hâlâ da öyle) anılarımdan özellikle aklımda kalan, İngilizce Bölümü'nden –en olmayacak yerden ve üstelik göçmen İngilizcemle– kazandığım en iyi deneme için verilen bir ödül, Mermaid Ödülü'ydü. Bu denememde zaman kavramının gerçekte varlıklardaki değişim ve hareketten meydana geldiğini, kendi başına var olan temel bir şey olmadığını savunmuşum. Hareketi ifade eden tüm denklemlerin içerisinde sanki açıklanma zorunluluğu bulunmayan bir zaman kavramının yer aldığı fizikte, kabul edilen yaklaşım bu şekilde değildi. Ama ben tam aksine ikna olmuşum, büyük ölçüde felsefi düzlemde. Onu günlük konuşma dilinin ifadelerine dökmek için yürüttüğüm akıl, bu şekildeydi. Bir kimsenin tekdüze bir dersi dinlemek zorunda olduğunu farz edin. Zaman yavaş akıyormuş gibi görünür. Daha açık bir ifadeyle, duvardaki saatin söylediği zaman kişinin öznel veya zihinsel zamanına göre daha yavaş akar. Mekanik bir saatin hassas olduğunu düşünme eğilimindeyiz, öyleyse belki de katlanılan bıkkınlık veya can sıkıntısının yarattığı fazladan zihinsel aktivite yüzünden gerçekte hızlı akanın zihinsel “saat” olduğu sonucuna varabiliriz. Ancak bu zihinsel saat bizim için oldukça gerçek. Tüm bunlardan çıkarabileceğimiz ders, olaylar meydana gelmeden önce zamanın bir anlamı olmadığıdır. Saat mekanizması veya beynin işleyişi gibi her tipten olgu, aynı hızda geçeceği garanti olmayan özel bir tür zaman ortaya çıkartır.

Bununla alakalı bir görüşü yıllar sonra kuantum kütleçekim kuramını öğrenirken keşfettim; zaman sıradan kuantum kuramında düşünüldüğü gibi temel bir kavram değildir. Çeşitli kuantum sistemlerinin kütleçekim altında nasıl davrandıklarına bakılarak

zamanın ayarlanması gerekir. Zaman türetilmiş veya ikincil bir fiziksel kavramdır.

Ben Poli'de iyi öğrencilerin yüksek lisans (ikinci derece)  alışmasını lisans (birinci derece) eēitiminin son senesinde tamamlamasına olanak tanıyan Birleştirilmiş Onur Programındaydım. Bu, tabii ki normal programdan hızlı gitmeyi gerektiriyordu. Dersleri normal fizik öğrencilerinden daha erken almak zorundaydım, ki bazen aldıēım derslerin sırasının mantıklı olanın tam tersi yönde olduēu da oldu. Bu şekilde tařıdıēım tüm ders yükü yüzünden bir yıl süresince verilen elektromanyetizma kuramı dersinin ikinci s mestrde kalan bölümünü önce, birinci s mestrdekini ise ondan sonra almak zorunda kalmıştım. Dersin ilk yarısını ıřıēın kuantum kuramındaki sıkışmış durum¹ kavramının k şiflerinden olan David Stoler veriyordu. Kendisi düzenli bir hocaydı ama dersinin ilk bölümünü kařırdıēımdan dersinde daima problem yaşamıştım. Özellikle, fiziēin hemen tüm branşlarında kullanılan matematiksel bir araç olan Green fonksiyonunu anlamakta zorlanmıştım. Eēitilmemiř gözlerime mantıksız ve kafa karıştırıcı görünmüştü. Kavramı kafamda doēru oturtmak oldukça uzun bir zamanımı aldı ve umutsuzluēın kıyısına kadar geldiēim zamanlar oldu. Bundan sonra anladım ki fizik, kolay gelecek bir şey deēildir. Kavramlar günlük hayatın ötesinde ve hayal gücünü zorlar niteliktedir. Sadece sıkı çalışma ve azim engelleri yıkabilir. Bazı insanlar hızlı öğrenir, ama hiç kimse fiziēi zahmete girmeden öğrenemez. Ayrıca; kavramlar zamanla yerine oturduēu için, sizden bir şeyleri mantıksal sırayı takip ederek öğrenmeniz beklenmez. Sıklıkla bir tekniēin neden işe yaradıēını gerçekten anlamadan kabul etmeniz ve kavrayışın zamanla geleceēine inanmanız gerekir. Bu durum hatırlayabileceēimden daha fazla kez başıma geldi.

Bir yüksek lisans derecesini tamamlamak için genellikle  zg n bir proje üzerine bir tez yazmanız gerekir. Ben benimkini atom fiziēindeki Stark etkisi üzerine yaptım. Stark etkisi, bir atomun yaptıēı ışımanın dışarıdan elektrik alana maruz bırakıldıēında deēiřmesidir. Çalışmamı, bir katı hal fizikçisi olan ve bilime ilişkin alışkanlık ve y ntemlerimin gelişimine ciddi katkıları olan

1 Squeezed state – .n.

Joseph Krieger'in danışmanlığında yaptım. Genelde izole bir şekilde sürdürülen diğer yüksek lisans projelerinden farklı olarak benim projem, fakültedeki bir diğer öğretim üyesi olan Larry Mendelson'un da ilgisini çekmişti. Krieger ile aralarında Stark etkisini ifade eden formülün yüksek mertebedeki düzeltmelerini hesaplamak konusunda dostça ama azılı bir yarış vardı. Stark etkisini yüksek hassasiyette tahmin edebilmek ve bu sayede kesin deneylerle karşılaştırma yapabilmek istiyorsanız, bu yüksek mertebeli terimler gerekliydi.

Formüldeki ilk terim ilk kez Alman bir Yahudi astronom ve fizikçi olan ve I. Dünya Savaşı öncesinde eski kuantum kuramı üzerinde çalışan Karl Schwarzschild tarafından bulunmuştu. Lisans sonrası eğitimimin ileriki zamanlarında Schwarzschild'ın buluşuyla ilgili bilgimi yenilemem gerekecekti. Krieger'in tavsiyesi üzerine kuantum kuramında iyi bilinen WKB yönteminden yararlanarak, Stark etkisinin formülünü dördüncü terimine kadar çıkartabiliyordum. Bu açıkça Mendelson'un kendi kullandığı yöntemle ulaşabileceğinin çok ötesindeydi ve böylece yarış Krieger'in lehine sonuçlanmıştı. Ben de bu gayretten hem matematiksel hüner hem de fiziksel önsezi anlamında çok şey kazanmıştım. Çok sıkı çalışmış olduğumu düşünüyorum ama o zamanlara ilişkin olarak anımsadığım, tam bir tatmin olma duygusu. Zihnim daima sonuçları yeni koşullar için nasıl genişletebileceğimle ilgili fikirlerle doluydu. Yeni bir fikri kavradığınızda duyulan mutluluğu ifade etmek zordur; özellikle bu fikir birçok insanın karşılaşmasını beklemeyeceğiniz kadar karmaşıklsa. Bunu ancak deneyimlemeniz gerekir.

Krieger eğitimime doktora düzeyinde devam etmek konusunda ikna olmamda oldukça etkili oldu. Aslında böyle bir olasılık aklımda hiç yoktu. Ailem zengin değildi ve her zaman düşündüğüm, okulumu bitirip iş bulmak ve aileme yardımcı olmaktı. Gerçekte, kimyadan fiziğe geçerek bu amacımı kendim sabote etmişim; o yıllarda kimin bir fizikçiyi işe almak isteyeceği belirsizdi, oysa Poli'nin işe alma merkezinde kimyacılar için çok sayıda iş ilanı oluyordu. Krieger benim için yeni bir yaşam biçimine açılan bir pencere araladı, akademik kariyer. Bu ilgimi çekmişti, kimin çekmezdi ki. Diğer yolları seçenlerin çoğu açıkça tercihlerini daha kolay ve muhtemelen ekonomik anlamda daha