

tim james

par a cık sal



**Kuantum ve
Parçacık Fizięiyle
(yer çekimi hariç)
Her Şeyi Nasıl
Aıklarsınız?**

Çeviri: Yasin Konyalı



İÇİNDEKİLER

GİRİŞ

Son / 11

BÖLÜM BİR

Işık Saçıyoruz / 15

BÖLÜM İKİ

Ivır Zıvırlar / 29

BÖLÜM ÜÇ

Aristokratlar, Bombalar ve Polenler / 43

BÖLÜM DÖRT

Canavarı Terbiye Etmek / 57

BEŞİNCİ BÖLÜM

İşler Daha Tuhaf Hale Geliyor / 73

BÖLÜM ALTI

Kutu ve Kedi / 83

BÖLÜM YEDİ

Dünya Bir Yanılsamadır / 93

BÖLÜM SEKİZ

Kuantum Ölmeli / 103

BÖLÜM DOKUZ

Işınlanma, Zaman Makineleri ve Döndürme / 119

BÖLÜM ON

Kuantum Mekaniğine Göre Ben Batman'im / 133

BÖLÜM ON BİR

Konudan Uzak / 149

BÖLÜM ON İKİ

Hatlar ve Kıvrımlar / 161

BÖLÜM ON ÜÇ

Parçacık Fiziği Güçleniyor / 179

BÖLÜM ON DÖRT
Hayatım, Higgs'lerim Nerede? / 195

BÖLÜM ON BEŞ
G Sorunu / 217

Kuantum ve Parçacık Fiziğinin Tarih Cetveli / 228

EK I
Spin'e Yakından Bir Bakış / 233

EK II
Schrödinger'i Çözmek / 236

EK III
Einstein'ın Bisikleti / 239

EK IV
Sonsuzluğu Dize Getirmek / 241

EK V
Kuarkların Rengârenk Dünyası / 244

Teşekkür / 246

Notlar / 249

Dizin / 258

Northgate High School öğrencilerine

‘Bilim insanları kendilerinden ne kadar emin olurlarsa olsunlar, doğa onları bir şekilde şaşırtmayı başarır.’

Nemesis, Isaac Asimov

GİRİŞ

Son

Doğa gerçekten akıl almaz bir şeydir. Temel fizik yasalarına yakından bir göz attığınızda kendinizi çılgınlığın ve kaosun hüküm sürdüğü bir âlemde bulursunuz. Bu mecrada bilgi ve hayal gücü arasındaki fark ortadan kaybolur.

Elbette bu duruma şaşdırmamak lazım –denizyıldızı gibi bir canlının bile varlığını sürdürdüğü bir evrende gördüğümüz her şeyi sorgulamamız gerekir. Doğayı sorgularken kendimizi karşılaşılabileceğimiz tüm tuhaflıklara karşı hazırlayabiliriz ancak hiçbir şey bizi kuantum fiziğine hazırlayamaz.

On dokuzuncu yüzyılın sonuna yaklaştığımızda hepimiz tabiri caizse ‘burnumuz havada’ geziyorduk. Yıldızların haritasını çıkarmış, DNA’yı keşfetmiştik ve hatta atomu parçalamak üzereydik. Bilginin sınırlarını zorluyorduk ve sanki insanlık olarak elde edebileceğimiz en büyük başarıya tanıklık etmek üzereydik: bilimin sonu.

Açıkçası kimsenin çözmeyi başaramadığı birkaç bilimsel sorun hâlâ mevcuttu ancak bu sorunlar henüz tamamlanmış bir dokuma bezin kenarından sarkan birkaç iplik parçası misali bir kenarda unutulmuş bazı ufak tefek tuhaflıklardı. Bu tuhaflıklara bir çözüm arayışına girdiğimizde ise yüzyıllardırilmekilmek dokuduğumuz bez yavaş yavaş çözülmeye başladı ve yeni bir gerçeklikle karşı karşıya kaldık. Kuantum gerçekliğiyle.

Nobel ödüllü fizikçi Richard Feynman bir zamanlar kuantum fiziği üzerine verdiği derslere şu şekilde başlıyordu: ‘Kendi öğrencilerim bile bu konuyu anlamıyor. Ben de anlamıyorum. Hatta kimse anlamıyor.’¹ Muhtemelen tarihteki en büyük kuantum fizikçisinden bu sözleri duymak insanı hayretler içinde bırakıyor. Sonuçta Feynman gibi bir dehanın bile aklının er-

mediği bir kavramı anlama konusunda biz sıradan insanların ne kadar şanslı olabilir?

Lakin bu noktada şunu gözden kaçırmamak gerekir ki Feynman'a göre kuantum fiziği anlaşılamayacak kadar karmaşık değildir; sadece fazlaca tuhaftır.

Birinin sizden 4 kenarlı bir üçgen hayal etmenizi veya 10'dan küçük ancak 1 milyardan büyük bir sayı düşünmenizi istediğini farz edin. Bu istekler karmaşık değildir ancak onları yerine getirmekte zorlanırsınız çünkü hepsi de mantıksızdır. Kuantum fiziğinin derinliklerine yapacağımız yolculukta da tam olarak bunu hissedeceğiz.

Burası 4 kenarlı üçgenlerin ve genel geçer kurallara riayet etmeyen sayıların bulunduğu bir dünyadır; kaldırdığımız her taşın altından paralel evrenler ve paradokslar çıkacak ve uzay-zaman kurallarına aldırış etmeyen nesnelerle karşılaşacağız.

Beynimiz ne yazık ki böylesine bir çılgınlığı kavrayabilecek yeterlilikte değil ve bu çılgın doğayı olduğu gibi tanımlayabilecek sözcüklere de maalesef sahip değiliz. İşte bu yüzden fizikçi Niels Bohr der ki söz konusu kuantum fiziği olduğunda 'dil sadece bir sanat aracıdır'.²

Dolayısıyla, birçok insanın yaptığı hata kuantum fiziğini son derece akıl almaz bulmak ve onu kavrayacak zekâyâ sahip olmadığını düşünmektir. Bunu asla dert etmeyin. Doğrusunu söylemek gerekirse, bu konuyu fazla tuhaf ve sıkıntılı buluyorsanız merak etmeyin, tarihin gördüğü en büyük dehalarla aynı saftasınız.

Asıl çekinmeniz gereken kişiler kuantum fiziğini 'bütünüyle anladığını' iddia edenlerdir. Bu insanların kafasında birkaç tahta eksik olabilir.

KISA BİR TARİH DERSİ

Kuantum fiziğinin doğuşu, ışığı anlama çabamızla mümkün olmuştur ki neredeyse bin yılı aşkın süredir bu konu üzerinde kafa patlatıyoruz. Bu bağlamda Yunan filozof Empedokles M.Ö. beşinci yüzyıl dolaylarında ışığın ne olduğuna dair bir teori geliştiren ilk insan olmuştur.

Empedokles'in teorisine göre insan gözünün içinde etrafa ışınlar saçan büyümlü bir ateş taşı bulunuyordu ve bu sayede baktığımız her şeyi aydınlatabiliyorduk.¹ Evet, son derece şairane bir fikir ancak bariz bir şekilde hatalı: Gözlerimiz ışık saçsaydı karanlıkta daima görebilmemiz gerekirdi çünkü gözlerimiz birer meşale gibi çalışırdı.

Empedokles aynı zamanda günümüzde çürütülerek bir kenara atılmış olan dört element fikrinin de (ateş, su, hava ve toprak) sahibidir. Buna ek olarak, biyolojik çeşitliliği açıklarken gövdesiz uzuvların dünyanın farklı bölgelerinden sürünerek bir noktada rastgele birleştiğini ve hayvanları oluşturduğunu iddia etmiştir.

Dolayısıyla dönüp baktığımızda Empedokles'in bilim tarihindeki rolü herkesin öyle ya da böyle çürüttüğü saçma sapan fikirler ortaya atmak olmuştur. Fakat ışın saçan gözler meselesinde yaptığımız hatayı görmemiz için bu fikrin üzerinden on üç yüzyıl geçmesi gerekmiştir.

İbn-i Heysem'in tarih sahnesine çıkmasıyla birlikte Empedokles'in ortaya attığı ışık fikri de terk edilmiştir. İbn-i Heysem gerçekleştirdiği bir deneyde bir domuzun göz bebe-

ğini gözden ayırmış ve ışığın karanlık bir odada olduğu gibi boşluğun içinde oradan oraya sektiğini göstermiştir. Yani ışık aslında etrafımızdaki nesnelerden saçılır ve gözlerimizle bu ışığın hareket doğrultusu kesişir.²

Gözlerimizin büyüğü lazer ışınları saçmadığımızı fark edebilmemiz için aradan bin yılı aşkın bir sürenin geçmesi kulağa biraz saçma gelebilir ancak bahsettiğimiz zamanların şartlarını da düşünmek gerekir. O zamanlar herkes nesnelere varoluş amaçlarını insanların verdiğini, dolayısıyla kendilerine bakılmadığı sürece nesnelerin aslında bir görünüşe sahip olmadığını düşünüyordu.

Neyse ki İbn-i Heysem sayesinde yavaş yavaş da olsa insan egosu bilimsel deneylere yenik düştü ve ne olduğunu tam olarak bilmesek de ışığın nesnelerden doğarak düz bir hat doğrultusunda gözümüze girdiğine karar verdik. Artık Rönesans'a geçebiliriz.

Tartışmaya açık olsa da, Rönesans döneminin en etkili bilim insanı/filozofu, bizlere ışığın fiziğine dair bir sonraki büyük fikri veren René Descartes'tır.

Descartes, bir mum yakıldığında ortaya çıkan aydınlığın bir odanın her noktasına aynı anda ulaştığını fark etmiştir; içine bir cisim atılan su birikintisinde meydana gelen bir dalgacığın her bir kenara aynı anda ulaşması gibi. Bu yüzden ışığın da benzer bir fenomen olduğunu düşünmüştür. Descartes'a göre her yönümüzü çevreleyen 'plenum' adında gözle görülemeyen bir madde vardır ve ışık dediğimiz şey de bu maddenin içinde hareket eden dalgacıkların ve dalgaların bir sonucudur.³

Descartes'ın bu plenum-dalga fikrine karşı gelen tek kişi Isaac Newton olmuştur ki Newton, kendisinden daha az zeki gördüğü kişilerin –ki bu herkes oluyor– fikirlerine karşı gelmeyi kendine meslek edinmiştir.

Newton der ki, eğer ışık bir ortamda ilerleyen bir dalgaysa, o halde üzerinden geçtiği nesnelerin etrafında bükülmelidir; bir su dalgasının bir kayanın etrafından geçerken hafifçe eğilmesi

gibi. O halde gölgelerin kenarları da hafif bulanık olmalıdır, ancak gölgelerin kenarları oldukça keskindir; bu yüzden Newton ışığın dalgalarından ziyade ‘tanecik’ adını verdiği parçacıklardan oluştuğunu düşünmüştür.⁴

Tanecik-ışık teorisi kaçınılmaz şekilde Descartes’ın plenum-dalga fikrinin yerini almıştır. Newton’ın o dönemde sahip olduğu şöhret ve kendi fikirlerine karşı çıkanlara sergilediği zorbaca tutum bu değişimin yaşanmasında şüphesiz büyük pay sahibi olmuştur.

Dolayısıyla Newton, ölümünden 70 sene sonra Thomas Young adında genç bir adam tarafından gerçekleştirilen ve kendi fikirlerinin tam tersini kanıtlayan bir deneyin sonuçları karşısında muhtemelen dehşete düşerdi. Bu arada, burada bahsi geçen deney *Newton*’ın ölümünden 70 sene sonra gerçekleştirilmiştir. Thomas Young’ın kendi ölümünden sonra yaptığı deney sayısı pek azdır.

YETENEKLİ BAY DALGACIK

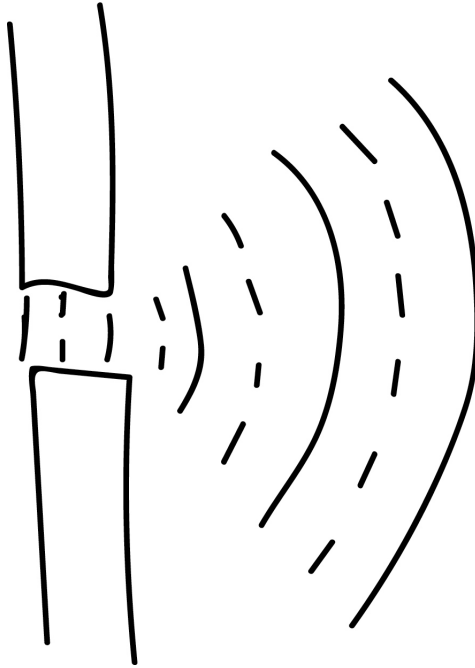
Thomas Young on sekizinci yüzyılın en parlak beyinlerinden birine sahipti. Sizler de onu muhtemelen Rosetta Taşı’nı tercüme etmesi ve böylece tarihte Mısır hiyerogliflerini deşifre eden ilk çağdaş insan olması sebebiyle tanınıyorsunuzdur. Kendisi aynı zamanda gözlerimizdeki renk alıcılarını fark eden ilk kişidir. Tıp üzerine birçok kitap yazmış, on dört dil konuşmuş, bir düzine enstrüman çalmış ve bugün sahip olduğumuz modern esneklik teorisini geliştirmiştir.⁵

Dalgalı ışık teorisinin temellerini gerçekten atan deneyi ise 1803 yılında gerçekleştirdiği ve çift yarık deneyi olarak bilinen deneydir.

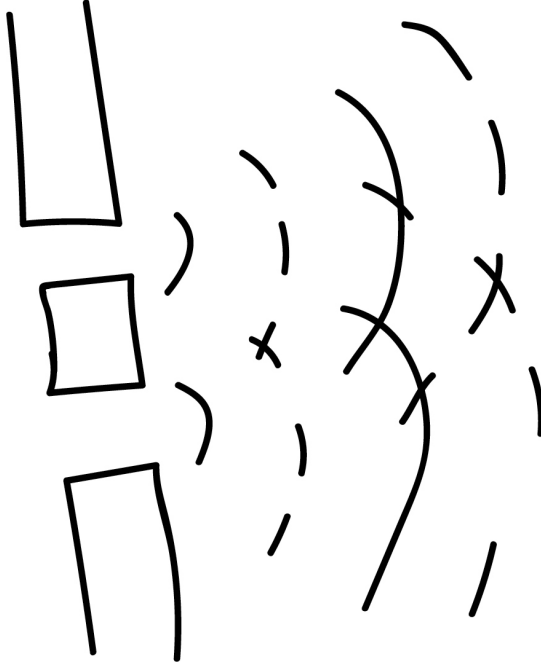
Şimdi bir su birikintisi üzerinde hareket eden dalgacık fikrine dönelim. Durgun bir sıvı yüzey üzerinde hareket eden ve içinde boşluk olan bir bariyerin içinden geçen bir dizi düzensiz dalgacık hayal edin. Bu dalgalar boşluğun öte tarafına

geçerken hafifçe yayılmaya başlar –bu sürece difraksiyon (kırılma) diyoruz.

Bu dalgacıkların yayılmasının sebebiyse bir dalganın uç kısmının sahip olduğu enerjiyi kendini çevreleyen suya dağıtmak istemesidir. Yukarıdan bakıldığında aşağıdaki gibi bir görüntü elde ederiz. Dalganın tepe noktaları düz çizgiyle, çukur noktaları da kesik çizgiyle gösterilmiştir:

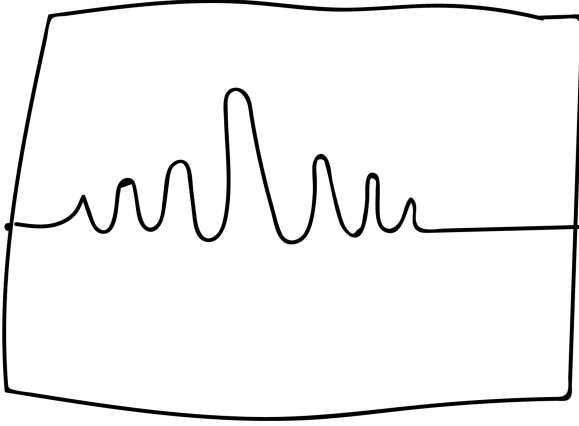


Şimdi de az önce kullandığımız bariyerde iki tane yarık olduğunu düşünelim. Yine aynı durum meydana gelecektir ancak bu sefer iki dalganın yarıklardan aynı anda geçerek kırıldığını ve sonunda kesişerek birbirlerine karıştığını göreceğiz. Yukarıdan baktığımızda şöyle bir görüntü elde edeceğiz:



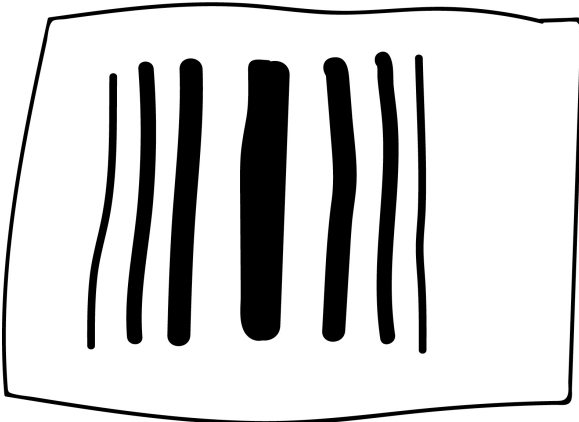
Bazı yerlerde bir dalga'nın uç noktasının diğer dalga'nın uç noktasıyla kesişerek su yüzeyinde bir dev-uç oluşturduğunu ve kusursuz bir şekilde üst üste bindiğini görebilirsiniz. Bu dev-uçlar arasında ise tam tersi bir etki oluşuyor: Dalgalar eşgüdümünden çıkıyor ve bir uç nokta bir çukur noktayla karşılaşır. İşte tam olarak bu noktada dalgalar yok oluyor ve geride neredeyse hiçbir dalga bırakmıyor.

Bu su birikintisinin ucuna bir ekran yerleştirirsek birbiriyle kesişen dalgalar bu ekrana dev-uç ve yok olmuş boşluk şeklinde birbirini izleyen parçalar halinde çarpar. Bu ekrana (yukardan aşağı değil de) tam karşıdan baktığımızda dalgaların bıraktığı örüntü şu şekilde görünür:



Burada bir çift yarığın içinden geçtikleri sırada kırılan ve birbirleriyle kesişerek bir tarafta yüksek bir tarafta yüksek, diğer tarafta düşük yoğunluk yaratan dalgaların meydana getirdiği etkiyi görüyoruz. Bu fenomene ‘süperpozisyon’ (üstüştüm) diyoruz.

Thomas Young’ın kendi döneminde yaptığı şey ise bu dalga süperpozisyon örüntüsünü su yerine ışık kullanarak oluşturmaktı. Young yaktığı bir mumu üzerinde iki yarık bulunan bir duvarın önüne koymuş ve elindeki dedektör ekranında zebra çizgileri gibi birbirini izleyen ışık ve gölge şeritleri görmüştü –birbirleriyle kesişen su dalgalarının oluşturduğu örüntü gibi:



Eğer Newton'ın söylediği gibi ışık parçacıklardan oluşuyorsa o halde mum ışığının duvardaki yarıklardan girip duvarın öte tarafına iki büyük parça şeklinde yansıması gerekirdi. Fakat elde ettiğimiz zebra örüntüsünü açıklamanın tek yolu ışığın bir tür dalga şeklinde olmasıdır.

Newton'ın keskin kenarlı gölge itirazı hâlâ bir kesim tarafından kabul görüyordu ancak artık öldüğü için birkaç yürekli insan onun öğretilerini sorgulamaya cüret ediyordu. Bir gölgenin kenarlarına gerçekten çok yakından bakarsanız kenarların *aslında* bulanık olduğunu görebilirsiniz. Fakat bu bulanıklıklar son derece küçük ve gözden kaçmaya müsaittir. Bu durumu bir parçacık teorisiyle açıklayamayız, ancak ışık dalgasının nesnenin etrafında bükülmesiyle açıklayabiliriz.

Bu dalgaları taşıyan ve Descartes'in plenum adını verdiği maddeye ise artık daha karizmatik bir isim verilmişti –ışık saçan eter. Böylece ışığın doğasına da son noktayı koymuş olduk.

Descartes'in fikri kendi zamanının ötesinde bir fikirdi ancak deneysel bir kanıt ortaya konana kadar kabul görmemişti. Sonuçta unutmamak gerekir ki Descartes bile olsanız her şeyin bir sırası var.

YÜZYILIN FELAKETİ

1900'lü yıllar gelip çatığında kimse ışığın nasıl meydana geldiğini sorgulamaz olmuştu. Young bu meseleye noktayı koymuştu artık. Lakin hâlâ tam olarak cevaplanamamış bazı sorular vardı ki en fazla cevap aranan sorulardan biri de ışığın sıcak bir nesneyle temasında neler olup bittiğiydi. Bu gizemi çözebilmek adına biraz hortumlardan konuşacağız.

Bir hortum hayal edin ve bu hortumun ucu bir kutunun içine yerleştirilmiş olsun. Musluğu açtığımızda kutu yavaş yavaş suyla dolmaya başlayacak ve taşana kadar dolmaya devam edecektir. Şimdi bu kutunun kapağına bir küçük, bir orta ve bir büyük boy olmak üzere üç delik açalım.

Delikleri açtıktan sonra musluğu tekrar açtığımızda kutu her zamanki gibi dolmaya devam edecektir, ancak iyice dolduktan sonra artan su bu deliklerden çıkmaya başlayacaktır. Şüphesiz en fazla su çıkışı en büyük delikten olurken en küçük delikten çıkan su son derece az olacaktır. Böylesi bir mekanizma kurmanın biraz beyhude bir çaba olduğunun farkındayım, ancak yine de son derece basit. Suyu alttan veriyoruz ve yukarıdan taşıyor.

Bir nesnenin ısındıkça neden parlamaya başladığını anlama konusunda bu örnek oldukça faydalı olabilir. Nesne ısınırken yeterli düzeye gelene kadar ısı enerjisini emer, bu noktadan sonra emilen tüm enerji ışık formunda dışarı taşar.

Az önce verdiğimiz mekanizma örneğindeki hortum, nesneye uygulanan ısı enerjisini temsil ederken açtığımız delikler de dışarı taşan farklı ışık türlerini temsil ediyor. En küçük delik kızılötesini (görülmesi mümkün olmayan düşük enerjili), orta büyüklükteki delik görülebilir ışığı (kırmızı ile mor renk arası) ve en büyük delik de morötesini (görülmesi mümkün olmayan yüksek enerji) temsil eder.

Koyu renkli nesneler bu ısı-ışık dönüşümünü en verimli şekilde yapar çünkü kendilerine gönderilen tüm enerjiyi emmeyi başarırlar. Dolayısıyla teorik açıdan kusursuz ısı emici bir nesneye fizik dilinde ‘siyah cisim’ denir (rengi gerçekten siyah olmasa bile).

Rayleigh-Jeans yasası adı verilen basit bir denklem tüm bu süreci açıklamak için yeterli olacaktır. Özellikle soğuk ila orta sıcaklıklarda bu denklem iyi bir tahmin yapmamızı sağlar. Fakat ortam sıcaklığı çok yüksek seviyelere çıktığında gerçekten tuhaf bir şey yaşanır.

Mantiken, sıcak bir nesneden salınan ışığın büyük kısmının morötesi formunda çıkması gerekir çünkü en yüksek enerjiye sahip ışık türü morötesi ışıktır (kutu örneğimizdeki en büyük delik). Fakat sıcak bir nesneden çıkan tüm ışıklar ortalama değerlere sahiptir.

Biraz kızılötesi ve biraz da morötesi ışık ortaya çıkar ancak sıcak bir nesneden salınan ışığın büyük kısmı sarı/turuncudur ki bu durum kulağa hiç mantıklı gelmiyor. Kutu örneğini düşünecek olursak bu durum, kutuyu doldurduğumuzda taşan suyun en büyük delikten değil de orta büyüklükteki delikten çıkmasına benzer.

Aslına bakılırsa, gerçekte yaşanan şey yaşanan şey üç delikli kutu örneğimizden çok daha karmaşıktır çünkü gerçek ışık sadece üç çeşitle sınırlandırılmaz; dilediği enerjiyi kullanabilir. Aklınızda daha tutarlı bir resim oluşması adına kutumuzun üzerine delik açmak yerine bir yarık açtığımızı ve kutunun altından verdiğimiz suyun yarığın tümünden değil de sadece orta kısmından fışkırdığını hayal edin.

Fizikçi Paul Ehrenfest bu çıkmaza ‘morötesinin felaketi’⁶ demiş ve o günden bugüne bu durum fizik kitaplarında ‘morötesi felaketi’ olarak anılmıştır.

Bu noktada bahsi geçen şey teori ve deney arasında yaşanan uyumsuzluktur ve bilimde değişmesi gereken daima teoridir. Bir deneyi alıp ona nasıl bir sonuç vermesi gerektiğini söyleyemezsiniz ve eğer teoriniz elde ettiğiniz verilerle uyuşmuyorsa ona veda etmenin vakti gelmiştir.

Böyle bir felaketin ortaya çıkışı ışık enerjisine dair fikirlerimizin kısmen yanlış olduğunu göstermiştir. Bu yanlış fikirler üzerine biraz daha kafa yorarak kuantum devrimini başlatcağımız kimsenin aklına gelmemiştir herhalde. Aradığımız cevabı bulan kişi de öyle ses getirecek bir şeyin peşinde değildi zaten. Tek istediği ucuz bir ampuldü.

BİZ GİDERKEN PLANCK GELİYORDU

Max Planck altı çocuğun en küçüğüydü ve liseyi 1875 yılında, yani sınıf arkadaşlarından bir sene daha erken bitirmişti. Fizik okumak için Münih Üniversitesi’ne başvurmuştu ancak başvurusunu değerlendiren Profesör P. von Jolly (gerçek adı-

dır) fiziğin artık nihai sınırına eriştiğini ve bu genç adamın zekâsının daha faydalı bir alanda kullanılabileceğini düşünerek onu bu kararından vazgeçirmeye çalışmıştı.⁷

Jolly her ne kadar onu vazgeçirmeye çalışsa da Planck geri adım atmamış ve istediği alanda çalışma konusunda ısrarcı olmuştu. Amacı yeni bir şey keşfetmek değildi çünkü öldükten sonra ardında bir miras bırakmak gibi bir arzusu yoktu. Tek arzuladığı dünyanın nasıl işlediğini öğrenmekti ve reddedilmeyi kabul etmiyordu. Bir adım bile geri atmaya niyeti yoktu.

Jolly, Planck'ın bu inatçı tutumundan o kadar etkilenmişti ki sonunda onu fizik bölümüne kabul etmişti. Genç Planck'ın Avrupa fizik camiasının en önde gelen isimlerinden biri olması uzun sürmedi. İddialara göre dersleri o kadar popülerdi ki onu dinlemeye gelen insanlar sıkış tepiş otururdu. Hatta ortamın sıcaklığından dolayı bazı dinleyicilerin bayıldığı ve Planck dersini tamamlayana kadar kimsenin bu bayılan kişilerin yardımına koşmadığı söylenmektedir.

Planck işte bu ün sayesinde Alman Standartlar Enstitüsü'nün dikkatini çekmiş ve Almanya'da sokak lambalarının yaygınlaştırılması için yardımı istenmiştir. Elektrik o dönemde diğer ülkelerde oldukça popülerdi ancak pahalıydı ve bu yüzden söz konusu lambaların en hesaplı şekilde yerleştirilmesi gerekiyordu. Planck bu daveti memnuniyetle kabul etti ve bir ampulün içindeki sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkiyi analiz etmeye başladı.⁸

Bir ampulün içinde bulunan ince tel aslında bir 'siyah cisimdir'. İçeriden ısındıkça dış yüzeyi tüm enerjiyi emer ve ışık olarak yansıtır ki bu ışığın büyük bir kısmını görebiliriz. Fakat sıcaklık arttıkça, Rayleigh-Jeans yasasının öngördüğü ışık türleri ortaya çıkmaz. Bu yüzden Planck yeni bir yasa icat etmeye karar vermiş ve bu yasada ışık enerjisini bir tür gaz olarak ele almıştır.

Bir gaz kümesi rastgele uçuşan parçacıklardan oluşur ve bu parçacıklar birbirleriyle çarpıştıklarında sahip oldukları ısıyı

paylaşırlar. Tesadüf eseri, bazı parçacıkların enerjisi düşükken bazılarının enerjisi yüksektir. Ancak bu parçacıkların büyük kısmı ortalama bir değer üzerinde buluşur –işte buna ‘sıcaklık’ diyoruz.

Planck bu enerji dağılımının daha önce gerçekleştirdiği ampul deneylerinde gözlemledikleriyle örtüştüğünü gördü. Bir nesneyi ısıttığımızda ortaya çıkan ışık, yüksek ve alçak uçlardan çıkan birkaç ışık demeti dışında ortalama bir enerji değerinin etrafında gidip gelir. Dolayısıyla Planck, ısının bir gaz kümesini oluşturan parçacıklar arasında paylaşılması gibi, enerjinin de ışık demetleri arasında paylaşıldığını öne sürmüştür.

Burada dikkat çekici bir detay var –gaz-ısı olayını mümkün kılan gaz dediğimiz şeyin parçacıklardan oluşmasıdır. Eğer Planck’ın fikri doğruysa o halde ışığın da parçacıklardan oluşması gerekir.

Planck Latince miktar (İng. *quantity*) anlamına gelen *quantitas* sözcüğünden yola çıkarak bu ufak ışık parçacıklarına ‘*quanta*’ (nicem) adını vermiş ve çalışmalarına ara vermeden devam etmiştir.

Bir şeyi netleştirelim; Planck ışığın parçacıklardan oluştuğunu iddia etmemiştir –sonuçta bu saçma olurdu. Sadece elde ettiği sonuçların mantıklı olması için –daha doğrusu başka çaresi kalmadığı için– ufak bir matematik oyunu oynamıştır. Young’ın yaptığı deney sayesinde herkes ışığın, ışık saçan eter üzerinde hareket eden bir dalga olduğunu biliyordu; sonuçta Newton’ın tanecik fikri terk edileli çok uzun zaman olmuştu.

Planck’e kalsa bu ‘ışık nicemi’ ciddiye alınmaması gereken yarım yamalak bir yanıtı. Doğal olarak, bu ışık parçacıklarının gerçek olduğunu iddia eden bir araştırma makalesi okuduğunda donup kalmıştı.