

BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir

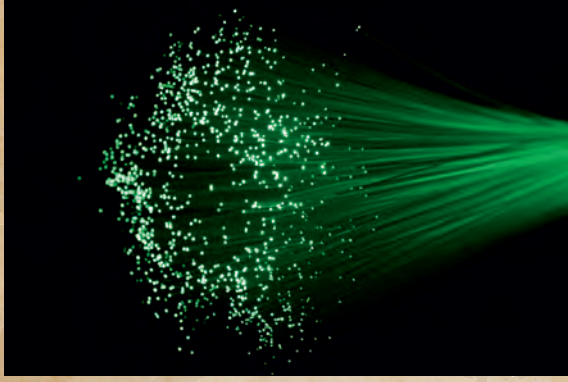
[Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi,
Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı



Fotoelektrik Olay ve Foton Kuramı

Önceki yazılarımızda üzerinde durduğumuz ısı ışımaya deneyleri, modern dönem fiziğinde son derece verimli bir deneysel araştırma alanı oluşturdu. Bilim insanları madde ve ışık etkileşimi konusunda her geçen gün yeni bilgiler edindiler. Bilgi dağarcıkları zenginleştikçe artan meraklarını giderecek yeni deneyler yapma arzuları da artıyordu. En sonunda merak ettikleri konu şu oldu: Acaba ışık metaller üzerinde de belirli türden değişimlerin oluşmasına yol açar mı? Yaptıkları deneylerden elde ettikleri sonuçlar beklentilerini doğrular nitelikteydi yani bir süre üzerine ışık düşürülen metal

levhadan ışık parçacıkları fırlıyordu. Fakat uzun süren gözlemler sonucunda beklentilerle uygunluk göstermeyen bir husus olduğu fark edildi. Fırlayan ışık taneciklerinin izlediği yol o sıralarda yerleşik ışık kuramı olan dalga kuramının temel ilkeleri ile bütünüyle uygunluk göstermiyordu. Sorun tam olarak şuydu: Aslında bilim insanları ışık gönderilen metal bir levhadan elektron kopacağını öngörüyorlardı ve zaten deneyler de öyle olduğunu doğruluyordu. Ancak bununla birlikte elektronların metal levhadan koparak fırladıkları sürenin ve elektron miktarının deneyde kullanılan ışığın şiddetine bağlı olmadığı da kesin şekilde açığa çıkmıştı. Bu durum dalga kuramına bütünüyle aykırı bir sonuçtu. Çünkü daha kuvvetli ışığa maruz kalan levhadan daha çok ve hızlı bir şekilde elektron kopması gerekiyordu. Oysa deneylerde gözlemlenen sonuçlar bu öngörüyle kurallı bir durum olarak değil de sanki istisnaysa gibi gösteriyordu.



Turtle Rock Scientific LLC / SPL

Bu beklenmeyen durum, Einstein'ın (1879-1955) çok geçmeden konuya müdahil olması ve bir çözüm önerisinde bulunması nedeniyle ortadan kalksa da ister istemez, kısa süreli de olsa bir krize yol açtı. Geçen sayımızda detaylı olarak açıkladığımız üzere Einstein, enerji paketlerine foton adını verdi ve elektronun metal levhadan kopma süresinin çarpan fotonun enerji yüküyle bağlantılı olduğunu açıkladı. Açıklama, problemin anlaşılması için doyurucuydu ancak dalga kuramının ilkeleriyle uygunluk göstermemesi nedeniyle bilim insanlarının "Acaba şimdi yeniden parçacık kuramına mı dönüyoruz yoksa ışığın dalga kuramı geçerliliğini korumaya devam edecek mi?" diye düşünmelerine de engel olamadı.

Foton Kuramı

Peki, metal levhadan kopan elektronların kopuş hızlarının ışığın yoğunluğundan bağımsız olması ne demektir? Bu durum şüphesiz sadece ışığın dalga kuramının önüne çıkan sıradan bir güçlükten ibaret

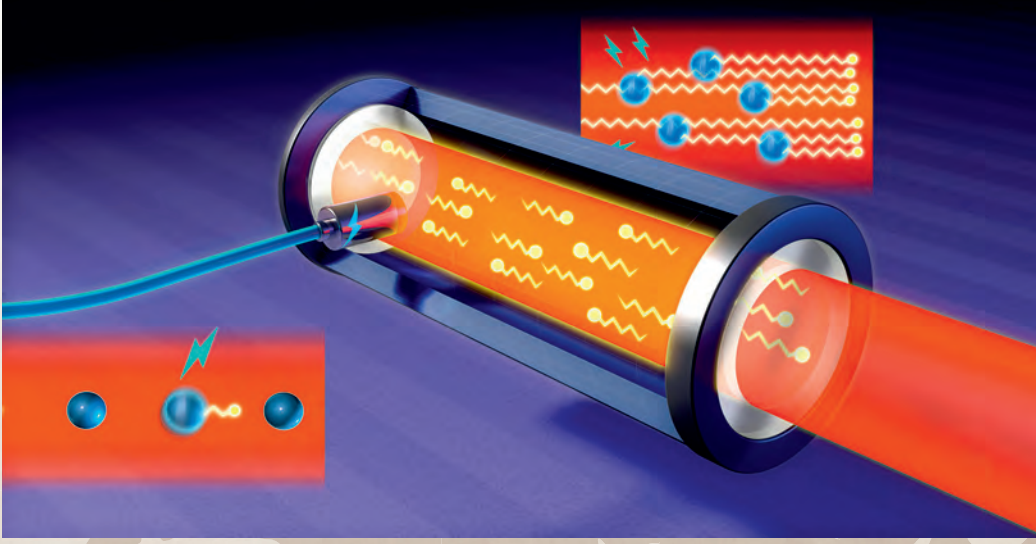
değildi. Aynı zamanda ışığın ikili bir doğaya sahip olduğunun iyiden iyiye anlaşıldığı anlamına da geliyordu. Diğer taraftan bu deney sonuçlarının tam da bilim insanlarının atom üzerinde yoğun bir şekilde çalışmaya başladığı bir zaman dilimine denk gelmesi ise konunun yeni bir bakış açısıyla ele alınmasını gerektiriyordu. Çünkü bu çalışmaları yapanlardan biri olan Philipp Lenard (1862-1947), elektron salımı sürecinde ışığın sadece maddenin atomlarının içinde hâlihazırda mevcut olan hareketi tetikleme veya serbest bırakma rolünden daha fazlasını oynamadığını düşünüyordu. Bu düşüncesi sadece dalga modelinin önüne güçlü bir zorluk çıkarmakla kalmıyor, aynı zamanda ışık enerjisinin madde üzerinde oluşturduğu etkiye de farklı bir yaklaşım getiriyordu. Lenard, "Işık sadece bir atomdan hangi elektronların fırlatılacağını seçer." demek istiyordu.



Philipp Lenard (1862-1947)

victoria89 / iStock

nobelprize.org

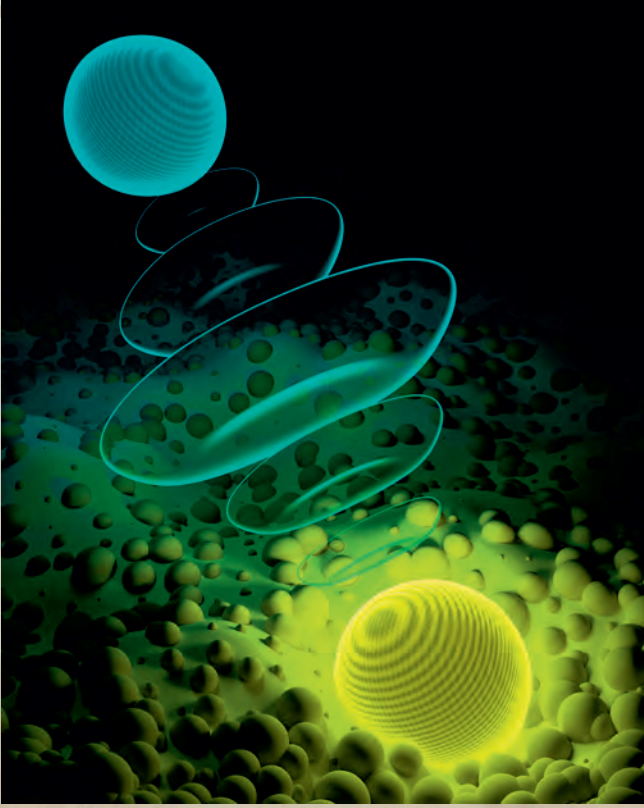


elektronun kopuşuna yol açan belirleyici etken ışığın frekansı değil yoğunluğudur. Oysa bu iki husus deneylerde hiçbir şekilde doğrulanmamıştı. Işık bir kez daha farklı davranmaya başlamıştı. Kuram mı yetersizdi yoksa ışığın doğasında barındırdığı karmaşıklık mı

çözülemediği? Modern bilimin ışığın doğasını tam olarak çözmemiş olması kolay kabul edilecek bir durum değildi. Bilimin ilerlemesiyle birlikte bilime büyük güven duyuluyordu. Güvenin sarsılması kabul edilir bir durum değildi. Bu yüzden problemin nedeni her neyse kısa sürede aydınlatılmalıydı. Bu sorular gittikçe ciddi tartışmalara yol açtı. Einstein bir kez daha haklı olabilir miydi?

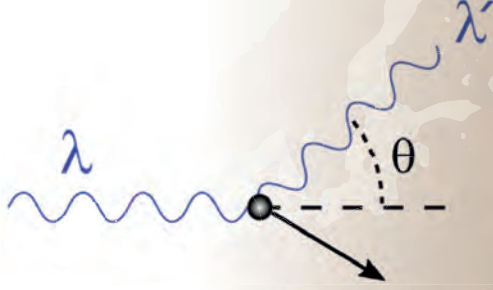
Dalga-Foton İkilemi

Einstein'ın foton düşüncesi konuya yeni bir yaklaşım getirdi. Temel ilkesi, elektronların yaydığı kinetik enerjinin frekansa bağlı olduğu düşüncesiydi. Başka bir deyişle düşük frekans düşük kinetik enerji, yüksek frekans yüksek kinetik enerji demektir. Buna göre ışımaya maruz kalan elektronlar, düşük veya yüksek, uygun bir frekansı soğurduktan sonra buldukları maddeden kopar. Einstein'ın düşüncesiyle birlikte günümüzde dalga kuramının karşısına yeni bir kuram çıkmıştı: foton kuramı. Bu kuram klasik parçacık kuramından farklıydı. Enerji yükleri farklı enerji paketleri olarak ifade edilseler bile sonuçta kuantalar birer bağımsız tanecikti. Tekrar parçacık yaklaşımına döndüğü açıktı. Işık



Tüm bu gözlem sonuçları, dalga modelinin olgu dünyasıyla ciddi sorunlarının olduğunu göstermeye yetti. Dalga modeline göre fotoelektrikte şu iki husus belirleyicidir: Birincisi, ışığın şiddeti artırıldığında elektronun kopmasını sağlayacak enerji de artar. İkincisi,

ikili doğası tek bir kuramın sınırlarına sığmıyor gibi görünüyordu. Şimdi artık bilim camiasının gündeminde dalga-foton ikilemi söz konusuydu. Dahası Einstein'ın 20. yüzyılın başlarında ileri sürdüğü bu görüşler, Arthur Holly Compton'un (1892-1962), Compton Olayı ile iyice pekişti. Compton Olayı olarak adlandırılan deneysel gözlemlerde, X ışınları karbon bir hedef üzerine gönderildi, sonrasında geliş doğrultusu ile değişik açılar yapan konumlarda saçılan ışınların şiddeti dalga boyunun fonksiyonu olarak ölçüldü. Bu gözlemler ışığın parçacık özelliği taşıdığı görüşü tekrar ağırlık kazanmaya başladı.



wikimedia.org

Ortaya çıkan bu deneysel bilgiler ışığında sorunun yeniden araştırılmasının gerektiği anlaşılmış, başka bir deyişle, ışığın artık gizlenemez şekilde açığa çıkmış olan ikili doğasıyla ilgilenmek kaçınılmaz olmuştu. Bu amaçla harekete geçen Louis de Broglie (1892-1987), "Eğer elektronlar, önceki parçacık kuramında olduğu gibi, tekil tanecikler olarak değil de dalga sistemi oluşturan yapılar şeklinde düşünülürse, madde ve ışık etkileşimine ilişkin pek çok olay kolayca anlaşılabilir." fikrini öne sürdü. Schrödinger (1887-1961) ise onun

bu fikrini matematiksel olarak ifade etti; protonlara ve elektronlara belirli dalga nitelikleri vererek konuya açıklık getirdi. Bilim tarihine "dalga mekaniği" olarak geçen bu çalışmalar, Clinton Joseph Davison (1881-1958) ve Lester Halbert Germer (1896-1971) tarafından elektronların dalga özelliği gösterdiğinin deneyle kanıtlanmasıyla tamamlandı. Böylece klasik fiziğin elektron dediği, elektrik enerjisi farklı olan dalgalara; atom ise dalgalar dizisine dönüşmüş oldu. Başka bir deyişle parçacıkların dalga özelliği, dalgaların da tanecik özelliği gösterdiği kanıtlanmış oldu. Werner Heisenberg'in (1901-1976) ve Max Born'un (1882-1970) konunun detaylandırılmasını sağlayan yeni matematik yöntemleri geliştirmesiyle birlikte, "Işık parçacık mı yoksa dalga mı?" tartışmasının giderilmesinde önemli bir mesafe alınmış oldu. Elbette her sonun yeni bir başlangıç olduğunu bilim insanları çok iyi biliyorlardı. Çünkü ünlü belirsizlik ilkesi de böylece gün ışığına çıktı.



wikimedia.org

Gelecek sayıda belirsizlik ilkesini ele alacağız. ■

Arthur Holly Compton (1892-1962)

Kaynaklar

- Topdemir, H. G., *Işığın Öyküsü Mitolojiden Kuantum Elektrodinamiğine Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi*, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 2019.
Wheaton, B. R., "Philipp Lenard and the Photoelectric Effect, 1889-1911", *Historical Studies in the Physical Sciences*, University of California Press, Cilt 9, s 299-322, 1978.
Yalçın, C. & Büğet, N., *Modern Fizik ve Atom Fiziği*, Milli Eğitim Basımevi, 1981.