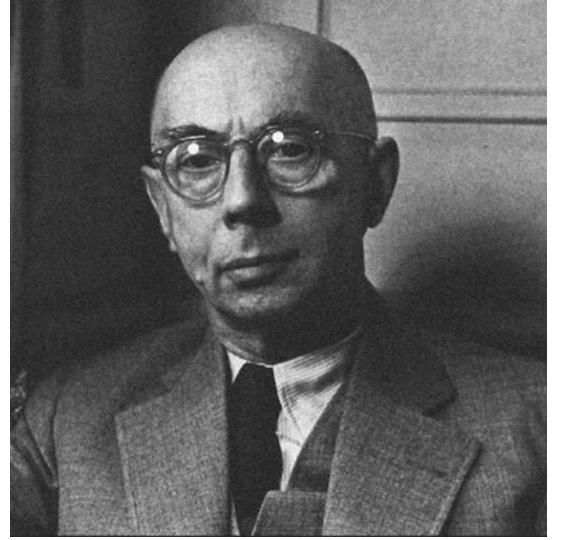


100. Yılında Franck-Hertz Deneyi

Alman fizikçiler James Franck (1882-1964) ve Gustav Ludwig Hertz'in (1887-1975) 1914 yılında yayımladığı makale, kuantum kuramı ve atom fiziğinde önemli yer tutar. Yazarları 1925'te Nobel Fizik Ödülü'nü almıştır. Hemen belirtelim saniyedeki titreşim sayısı olarak anılan ve frekans birimi olan hertz (Hz) radyo dalgalarını keşfeden Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) adına atfen kullanılıyor. G. L. Hertz, H. R. Hertz'in yeğenidir, amcasının radyo dalgalarını ilk kez oluşturup algıladığı ve ışıyla aynı özellikte olduğunu gösterdiği 1887 yılında doğmuştur.



James Franck



Gustav Ludwig Hertz

Kuantum kuramı, salınıcıların (yaya bağlı bir kütle gibi) enerjilerinin kesikli olduğunu ifade eden Planck varsayımı ile 1900 yılında başlayıp otuz yılda tamamlanır. Bu varsayım: $E=nh\nu$ (ν :salınım frekansı, h : Planck sabiti, $n=0, 1, 2, 3, \dots$ değerlerini alan kuantum sayısı) şeklinde ifade edilir. Max Planck (1858-1947) bu varsayım ile sistemlerin enerjisinin önceden bilindiği gibi sürekli değerler değil, ara değerleri olmayan h ile belirlenen kesikli değerler ($0h\nu, 2h\nu, 3h\nu \dots$) alacağını söyler; ısıtılan cisimlerin yaydığı ışımayı da açıklayarak $h=6,63 \times 10^{-34}$ J.s değerini elde eder. Planck sabiti h dönme hareketindeki momentumu, yani açısal momentumu ifade eder ve öylesine önemlidir ki kuantum fiziği “ h içeren fizik” olarak adlandırılabilir.

20. yüzyılın başında, atomun özelliklerini açıklayan bir model yoktu ve atomun yapısı bilinmiyordu. İlk on yılda R. A. Millikan elektron yükünü, dolayısıyla elektronun kütlesini (önceden yük/kütle oranı J. J. Thomson tarafından saptanmıştı) belirlemiş, E. Rutherford α parçacıklarının (Helyum atomu çekirdeği) ince altın yapraklardan saçılma deneyleri sonucunda, atomu merkezinde pozitif yük bulunan bir yapı olarak tanımlamıştı. Böylece, anlamı “bölünmez” olan atomun ismi ile cisim arasında bir çelişki doğdu, ancak yine de yerleşmiş “atom” sözcüğünün kullanılmasına devam edildi.

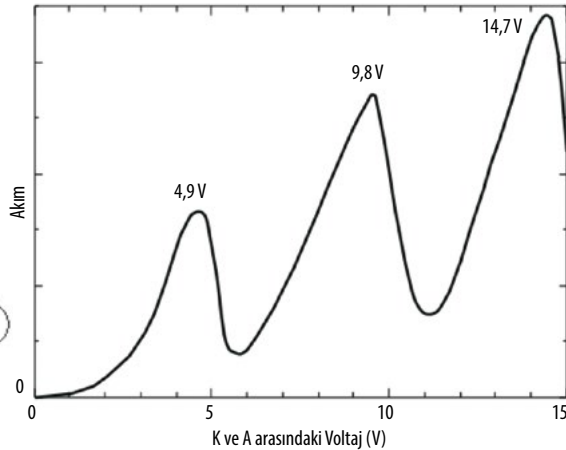
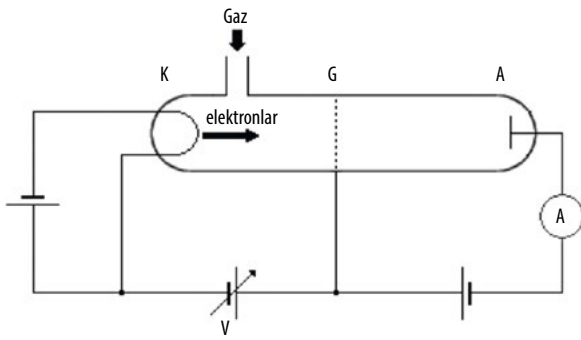
1913 yılında Niels Bohr, bu bilgilerin ışığında hidrojen atomu için bir model önerdi. Bu modelde, elektronun merkezdeki pozitif yük çevresinde döndüğü kabul edilir, elektronun dönerken sahip olduğu açısal momentumu, Planck sabiti h ile ilişkilendirilir. Bu kabullerin ışığında Bohr, hidrojen atomundaki elektronun enerji değerlerinin elektronun kütlesine, yüküne ve Planck sabitine bağlı olarak kesikli değerler alacağını göstermiştir. Bu değerlerden hareketle hidrojen atomunun saldıgı veya soğurduğu ışımının özelliklerini açıklamıştır. Ayrıca atomun büyüklüğünü hesaplamış, dış etki olmadığı sürece kararlılığını koruyacağını belirtmiştir.

Bohr modelinin başarısının hemen sonrasında, 1914 yılında yayımlanan makaledeki çalışma Franck-Hertz deneyi olarak bilinir ve cıva atomundaki enerji düzeylerinin kesikli olduğunu gösterir. Bu deney, günümüzde neredeyse tüm ders kitaplarında bütün ayrıntılarıyla anlatılır, fizik bölümlerinde öğrencilere yaptırılır.

dıkları kinetik enerjiyi cıva atomlarına aktardıkları için anota varan elektronların sayısının azalması demektir. Bu durumda, elektronların kaybettiğı enerji (4,89 eV) cıva atomlarına aktarılmış, taban durumdaki atomlar üst düzeye geçmiştir. Sözün özü, cıva atomundaki taban durum ve uyarılmış düzey arasındaki enerji farkı 4,89 eV demektir. Zaten akımdaki düşmenin hemen ardından gözlenen morötesi ışımada atomun yeniden taban enerjiye dönmesiyle açıklanır. Gözlenen morötesi ışımının dalga boyu 2537 Å'dır, bu dalga boyuna karşı gelen enerji 4,89 eV'tur. Sonuç olarak, deneyde gözlemlenen akımdaki düşme, taban enerji ve uyarılmış enerji düzeyi kavramlarıyla açıklanabilir ve atomlarda enerji düzeylerinin varlığını ortaya koyar. Enerji düzeylerinin varlığı ise atomun soğurduğu ya da saldıgı enerjinin sadece belirli miktarlarda, yani kuantumlu olduğunu gösterir.

Yalınlık, denklemlere ($E=mc^2$ ve $F=ma$ gibi) ayrı bir güzellik katar. "Atomda enerji değerleri kesiklidir" düşüncesini yalın ölçülerle doğrulayan Franck-Hertz Deneyi, kuantum kuramında ve atom fiziğinde bir kilometre taşı olarak anılır.

Franck-Hertz deneyi şeması



Akımın voltaj ile değişimi

Franck-Hertz Deneyi, çok yalın ölçümlerle (akım ve gerilim ölçümü) atomda enerjinin kesikli olduğunu göstermiştir. İlke olarak, içinde cıva buharı bulunan bir cam tüpte, hızlandırma gerilimleri aracılığıyla katodun ısıtılmasıyla katottan salınan elektronların hızları, dolayısıyla kinetik enerjileri değiştirilerek gaz halindeki cıva atomlarıyla çarpışmaları sağlanır. Tüpün bir ucundaki katottan çıkıp, diğer ucundaki anota varabilen elektronların oluşturduğu akım ölçülür. Değiştirilen voltaja karşı akımın değişmesi ilginçtir. Voltajın artırılması ile hızlanan elektronların oluşturduğu akım artar, ancak belli bir voltajda (4,89 V) akım aniden düşer (sağ üstteki şekil). Akımdaki düşüş, elektronlar bu voltaj farkı altında kazan-



Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü'ndeki Franck-Hertz deneyi düzeneği

Kaynaklar

- Franck, J. ve Hertz, G. "Über Zusammenstöße zwischen Elektronen und Molekülen des Quecksilberdampfes und die Ionisierungsspannung desselben" [On the collisions between electrons and molecules of mercury vapor and the ionization potential of the same], *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*, Sayı 16, s. 457-467, 1914.
- Blatt, F. J., *Modern Physics*, McGraw-Hill International, United States, 1992.