



Bir kimya kitabından atom çekirdeğinin yoğunluğunun 200 milyon ton/cm<sup>3</sup> olduğunu öğrendim. Atomda elektronların ağırlıklarının yok sayılacak kadar küçük olduğunu düşünürsek insan vücudundaki atom çekirdekleri bir nokta kadar bile hacme sahip değil. Dünya dediğimiz şey de sadece bir kaç cm<sup>3</sup> atom çekirdeğinden ibaret. Geriye kalansa sadece boşluk. Boşluğun bu kadar büyük bir hacme sahip olmasına rağmen biz cisimlerin diğer taraflarını göremiyoruz. Işık nesnelerin diğer taraflarına geçemiyor. Bunun sebebi nedir?

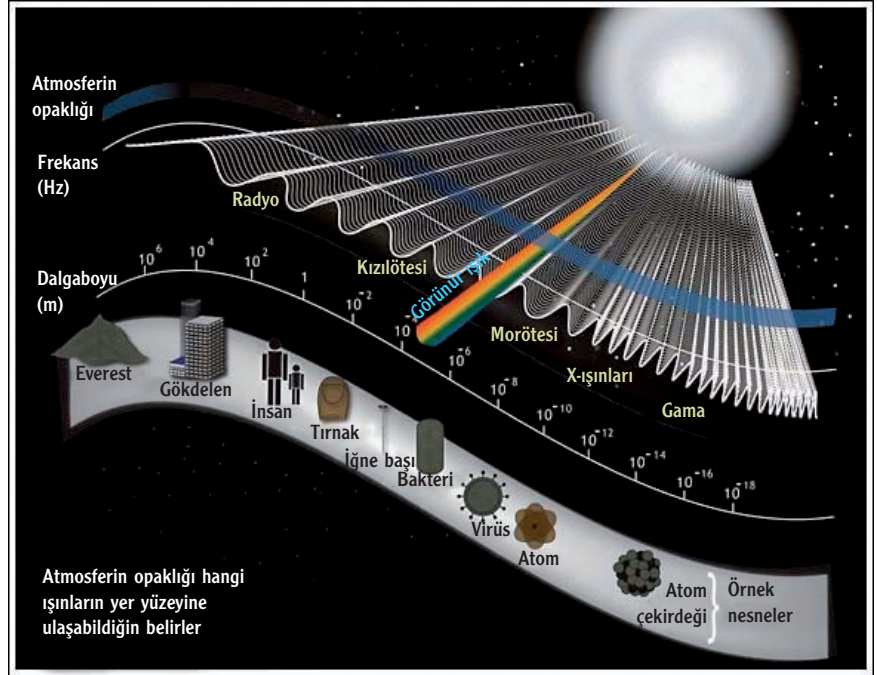
Yener Çelik

Önce küçük bir düzeltme: Eğer Dünya'nın tüm atomlarındaki boşluklar yok olsaydı, o zaman Dünya, yarıçapı 184 metre olan bir küreye çökerdi. Gerçekten de atomun çekirdeğinin çapı, atomun çapının kabaca yüz binde biri kadar; dolayısıyla maddenin hacimce sadece katrilyonda biri asıl kütleli içeriyor. Bunlar sadece hayali hesaplamalar değil. Çok büyük kütleli yıldızların yakıtı bittiğinde, atomları yıldızın çekim gücünün etkisine dayanamayıp çökerek bu boşluklar doldurulur. Sonuçta yıldız, çapı kilometreler mertebesinde olan bir nötron yıldızına (atarcaya) dönüşür. Nötron yıldızlarını sadece nötronlardan oluşan koca bir çekirdek olarak da düşünmek mümkün.

Asıl soruya gelelim: Neden ışık bu boşluklardan geçemiyor? Bunun nedeni ışığın kapladığı "hacmin" atomlardan büyük olması. Işığın yapısı için birbirinden farklı görünen iki resmimiz olduğu için, açıklamayı her iki resim için de yapacağım.

Birincisi, klasik kurama göre ışık elektromanyetik bir dalgadır. Yüklerin ve mıknatısların boşlukta elektrik ve manyetik alanlar oluşturduğunu biliyoruz. Bu alanlarda çeşitli nedenlerle meydana gelen değişimler, alanların dalgalanarak uzaklara yayılmasını ve bu sayede uzaklara enerji taşıyabilmesini sağlar. Bu dalgalardan dalgaboyu 4000 ila 7000 Angström arasında olanlara görünür ışık diyoruz. Bunun dışında, dalgaboyu çok daha küçük X-ışınları ve gama ışınları ile dalgaboyu daha yüksek kızılötesi ışınlar, mikrodalga ve radyo dalgaları da elektromanyetik dalgalardır. Ben bunların hepsine istisnasız "ışık" diyorum; görebildiğimiz ışığı diğerlerinden ayırt etmek için de "görünür ışık" terimini kullanmayı yeğliyorum.

Bu elektromanyetik dalgaların kapladığı bir hacim var (tek bir noktada toplanmış bir dalga diye bir şey olmaz) ve bu hacim hakkında bir şeyler söyleyebilmek için dalgaboyunu göz önüne almak gerek. Dalgaboyu az çok belli bir dalganın da en azından bir kaç tane dalga tepesi içermesi gerekir (tek bir tepeye sahip bir dalganın dalgaboyundan bahsedemeyiz). Bu durumda dalganın



kapladığı hacmin boyutlarının en azından bir kaç dalgaboyu kadar olması gerekir (çoğu durumda bu boyutlar yüzlerce dalgaboyu kadardır). Dolayısıyla görünür ışık en azından bir kaç mikron boyutlarında bir hacim kaplamalı (bir mikron milimetrenin binde biri, ve 10000 Angström'dür). Bir atomun boyutunun Angström mertebesinde olduğu düşünülürse, bu ışığın kapladığı hacim içinde en azından trilyonlarca atom olduğu anlamına geliyor. Yani atomların boşluklarıyla beraber, elektronları da bu hacmin içinde yer alıyor.

Işığın taşıdığı elektrik alan bu elektronlara bir kuvvet uyguluyor (ışığın dalga doğası nedeniyle bu kuvvet periyodik olarak sürekli yön değiştiriyor). Bu da ışık ile elektronların temel etkileşme mekanizmasını oluşturuyor. Eğer uygulanan kuvvetin frekansı (yani ışığın frekansı), elektronun temel titreşim frekanslarından birisine denk gelirse, bu etkileşme elektronun ışıktan enerji soğurmasına yol açıyor (yani ışığın soğurulması). Eğer bu şart sağlanmazsa, ışık maddeden soğurulmadan, sadece saçılarak geçiyor (saydam maddelerde gördüğümüz olay). Dolayısıyla, ışığın soğurulma mekanizmasında, atomların içindeki muazzam boşluğun hiç bir etkisi yok.

Fakat eğer ışığın dalgaboyu atomun çapından çok küçükse (ki bu durumda aslında gama ışınlarından bahsediyoruz), yukarıda yürütülen tartışma geçerliliğini kaybeder. Bu durumda, ışığın kapladığı hacmin boyutları atomun boyutlarından küçük olabilir ve dolayısıyla atomlardaki boşlukların da varlığı yardımıyla ışık soğurulmadan maddeyi geçebilir. Gama ışınlarında (ve kısmen de X-ışınlarında) gerçekten de bu davranış görülür. Bütün maddeler gama ışınlarına saydamdır. Gelen ışınların sadece bir kısmı çekirdeklerle olan çarpışmalar nedeniyle soğurulur. (Buna karşın, bunların Dünya'nın içinden geçmesi örneğindeki gibi, eğer maddenin kalınlığı çok büyükse, bu olan çarpışmalar nedeniyle gelen ışınlar tamamen soğurulabilir.)

İkinci resimde kuantum fiziği var: Işık foton adını verdiğimiz parçacıklardan oluşmuştur. Sorumuz da şuna dönüşüyor: "Fotonlar noktasal parçacıklar olarak düşünüldüğüne göre, herhangi bir fotonun maddenin içindeki boşluklardan doğrudan geçmesi, dolayısıyla da elektronlarla çarpışmaması (yani soğurulmaması) gerekir. Peki neden soğuruluyor?"

Burada da kuantum fiziğinin tüm kurallarını göz önünde bulundurmak gerekiyor, özellikle de belirsizlik ilkesini. Bu ilkeye göre, bir parçacığın momentumundaki belirsizlik düşükse, konumundaki belirsizlik yüksek olmalı. Fotonların momentumu, ait oldukları ışığın dalgaboyuna bağlı. Bu bilgiden hareketle fotonların konumundaki minimum belirsizlik hesaplandığında yine bir kaç dalgaboyu kadar bir değer bulunuyor. Yani bu durumda, foton sadece tek bir yerde değil, bir çok farklı yerde aynı anda bulunuyor. Ve fotonun yer aldığı bölgenin boyutları görünür ışık için en az bir kaç mikron kadar. Dolayısıyla da foton, bu bölgenin içinde yer alan bütün elektronlarla etkileşebilir. Sonucumuz yukarıdakiyle aynı: Işık maddeden geçerken soğurulur.

Dikkat edilirse, aynı olayın nedeninin iki farklı şekilde, farklı kavramlar kullanarak açıkladık. Fotonlu kuantum açıklaması ve elektromanyetik dalgalı klasik açıklama birbirlerinden çok farklı görünseler de, kaplanan hacmin minimum değeri için aynı cevabı vermelerinden de anlaşılacağı gibi, aslında her iki açıklama da aynı. Bunun nedeni, klasik elektromanyetik kuramın, daha doğru olan kuantum kuramının bir yaklaşımı olması. Dolayısıyla, klasik kavramlarla açıklayabildiğiniz her şeyi, kuantum fiziğine özgü kavramlarla yeniden dile getirmek mümkün. Ama, yukarıda da görülebileceği gibi, farklı kavramlar kullanmaları nedeniyle bu açıklamalar ilk bakışta çok farklı görülebilir; ama özde aynı olmak zorundalar.