



Bir maddenin ışığı soğurması için gelen fotonun enerjisinin elektronun enerji seviyeleri farkına eşit veya çok yakın olması gerekir. Eşit olmadığı takdirde ışığı soğurmaz ve geçirir. Fakat bazen örneğin hidrojen atomunda elektrona ultra violet dalga gönderildiğinde hidrojen flüoresans yapıyor ve elektron geriye dönerken tekrar UV yayıyor. Peki görülebilir ışığın cisimden yansımaları bu şekilde mi oluyor? Beyaz ışık alan kırmızı bir cisim nasıl oluyor da bana kırmızı gözüküyor (ki soğurmadığı renk kırmızı olmalı). Kısacası yansımanın kuantum açıklaması nedir? Cevabınızın sonunda, bir saydam madde olan cam ve ışığın tümünü soğuran siyahtan oluşan aynayı da açıklarsanız sevinirim.

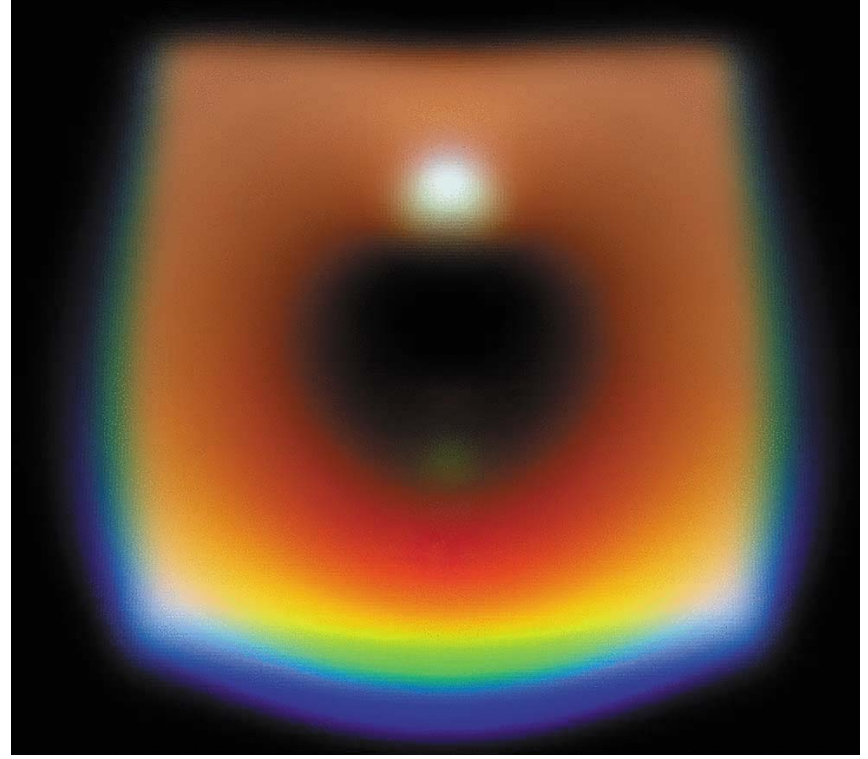
Erbil Abacı

Floresans kastettiğinden çok farklı bir olay. Floresansda bir madde gelen ışığı soğurur ve farklı bir dalga boyunda ışık yayınlar. Örneğin, floresan lambalarda camın iç yüzüne kaplanmış fosfor morötesi ışığı soğurur ve görülebilir ışık olarak yayınlar. Bir atomun bir fotonu soğurup bir üst enerji düzeyine geçtikten sonra, tekrar eski düzeyine dönerken aynı dalgaboyunda bir başka foton yayınlaması olayına floresans denmiyor. Buna belki soğurma ve yeniden yayınlama denebilir.

Yansımayla floresans arasında da herhangi bir ilişki yok (aksi halde aynalardaki görüntülerimiz farklı renklerde olurdu). Diğer olayla, yani soğurma ve yeniden yayınlamayla dolaylı bir ilişkisi var. Öncelikle bir maddenin yansımanın olabilmesi için, maddenin o ışığı soğurabiliyor olması gerekiyor. Örneğin cam (veya herhangi bir saydam madde) her zaman bir miktar ışığı yansıtır. Yansıma, geçtiğimiz aylarda bu köşede bahsi geçen “saçılma” dediğimiz olay sonucu oluşuyor. Işığın, maddeyle etkileşmesi sonucu yayılma doğrultusunun değişmesine saçılma diyoruz. Bu olayda ışığın dalgaboyunda veya taşıdığı enerjide herhangi bir değişiklik olmaz.

Saçılmayı hem klasik hem de kuantum kavramlarıyla açıklamak mümkün. Klasik açıklamada ışığı bir elektromanyetik dalga olarak düşünüyoruz. Yani ışık, yüklü parçacıklara kuvvet uygulayan bir elektrik alanını beraberinde taşıyor. Bu elektrik alan elektronları bir o yana bir bu yana iterek yerlerinde titreştiriyor. Titreşen elektronlar da aynı frekansta bir başka elektromanyetik dalga yayınlıyor.

Saçılmanın kuantum açıklaması da aslında aynı şeyi söylüyor, ama farklı kavramlar kullanıldığından ilk bakışta değişik bir açıklama gibi görünüyor. Bir atoma bağlı bir elektron ve bunun sahip olabileceği değişik enerji düzeylerini düşünün. Elektron en düşük enerji düzeyinde bulunur. Bir üstteki enerji düzeyine geçebilmek için, düzeyler arasındaki farka eşit miktarda enerji taşıyan bir fotonun elektron tarafından soğurulması gerekir. Şimdi atoma, bundan çok daha az enerjiye sahip bir foton gönderdiğimizizi düşünelim. Elektronun bu fotonu soğurarak bir üst dü-



zeye geçmesi, enerjinin korunumu yasasına aykırı (sistemin son durumdaki enerjisi, ilk başta var olanlardan daha fazla). Buna karşın, elektronun bu fotona karşı tamamen kayıtsız kalacağını söylemek de doğru olamaz.

Bu tip durumlarda elektron-foton etkileşmesini “sanal geçiş” kavramıyla açıklıyoruz. Elektron fotonu soğurur ve bir üst düzeye geçer! Bu durumda enerjinin korunumu yasası ihlal edilir ama kuantum kuramı böyle ihlallere kısa bir süre için izin veriyor. Bu aykırı durumun ne kadar süreceğini kabaca hesaplamak için “enerji-zaman belirsizlik ilkesini” kullanmak gerekiyor. Bu ilkeye göre, ihlal ne kadar büyükse, ihlalin gerçekleştiği süre de o kadar kısa olmalı. Bu olayda söz konusu olan süre ışığın periyodunun en fazla bir kaç katı kadar. Dolayısıyla elektronumuz çok kısa bir süre içinde tekrar eski düzeyine dönmek zorunda ve bu süreçte de aynı enerjiye sahip bir başka foton yayınlıyor.

Sanal geçiş kuantum fiziğine özgü bir kavram. Parçacık fiziğinde buna benzer örnekleri bu derginin sayfalarında daha önce okumuşsunuzdur. Örneğin, bir parçacığın yakınlarında, boş uzayda bir elektron-pozitron çifti bir anda belirebilir, ama kısa bir süre sonra birleşerek yeniden yok olurlar, vs. Bu tip olaylar (klasik mantığımıza aykırı geldiği için, bunların kuantum kavramları olduğunu dolayısıyla klasik karşılıklarının olmadığını düşünebilirsiniz. Ama bu tam olarak doğru değil. Yukarıda belirttiğimiz gibi, bir elektronun yaptığı sanal geçişler onun fotonla etkileştiği anlamına geliyor (klasik anlamda ışığın elektronu titreştirdiği).

Örneğimize geri dönelim. Eğer fotonun enerjisi geçiş enerjisine yakınsa, bu durumda enerjinin korunumundaki ihlal küçük olduğu için,

elektron üst enerji düzeyinde daha uzun süre kalabilir. Bu durumda, daha yavaş işleyen başka süreçler etkisini gösterebilir. Örneğin, elektron alt düzeye geri dönerken, sahip olduğu enerjiyi atomların titreşme hareketine aktarabilir. Burada gerçek anlamda bir soğurulma söz konusu: Foton yok oldu ve sahip olduğu enerji maddenin ısınmasına neden oldu. Kısacası saçılma ile soğurulma aynı mekanizmayla açıklanıyor, ama iki olayın çok farklı sonuçları var: Her madde bütün fotonları saçar, ama sadece belli enerjiye sahip fotonları soğurabilir. Bir fotonun saçılma ve soğurulma olasılıklarının maddeye ve fotonun enerjisine bağlı olduğunu da ekleyelim. En iyi bilinen örnek, atmosferdeki gazların Güneş’ten gelen ışığı saçması. Mavi ışık kırmızıdan daha fazla saçıldığı için gökyüzü mavi görünür. Bu durumda ışığın saçılma olasılığı çok düşük olmasına karşın, atmosferdeki toplam gaz miktarının fazlalığı nedeniyle saçılan ışığı görebiliyoruz.

Yansıyan ışık da saçılan fotonlardan oluşuyor. Saçılan fotonlar mümkün olan her yöne dağıldığı halde, ayna veya cam gibi düzgün yüzeylerden yansıyan ışığın tek bir yönde ilerlemesini girişim olayına bağlamış ve bunu Nisan sayısında bu köşede açıklamaya çalışmıştık.

Son sorunu da kısaca cevaplayalım. Camın yüzeyinden her zaman bir miktar yansıma olur. Normalde bunu fark edememizin nedeni geri plandan gelen ışığın yansıyana göre çok daha parlak olması. Gözümüz ve beynimiz ışığın parlaklığına göre kendini ayarladığı için (çoğumuzun farkında olmadığı bir olay) parlak ışığın algısını gerçekleştiriyor ve zayıf olanı tamamen ihmal ediyor. Eğer camın arkasına siyah bir nesne yerleştirirsek, geri plandan gelen ışık engellendiği için, yansıyan ışığı rahatlıkla görebiliyoruz.