



**Lise 3 fizik dersinde elektromanyetik dalgaların ivmeli yük hareketleri sonucu oluştuğunu öğrendik. Bunun anlamı tam olarak nedir? Elektromanyetik dalgaları fotonlar oluşturduğuna göre ışık saçan cisimler ivmeli yük hareketi mi yapıyorlar? Açıklarsanız sevinirim. Şimdiden teşekkürler. Çağlar Cura**

Yüklü parçacıklar ivmeli hareket yaparlarsa çevreye elektromanyetik dalgalar yayılır ve ışık dahil bütün elektromanyetik dalgalar da bu şekilde oluşur. Burada "ivme", standart tanımındaki anlamda kullanılıyor. Yani sadece hızlanan veya yavaşlayan parçacıklar değil, hızının yönü zamanla değişen parçacıklar da ivmeli hareket yaparlar. Kısacası bir yüklü parçacık yerinde sabit durmuyor veya aynı yöne doğru sabit hızla hareket etmiyorsa, elektromanyetik dalgayı yayımlar.

Bilimsel araştırmalar için güçlü X-ışınları elde edilen sinkrotron laboratuvarlarında da bu yöntem kullanılıyor. Burada hızlandırılmış elektronlar büyük mıknatıslar yardımıyla yollarından sapıtılarak büyük bir daire etrafında dönmeye zorlanıyor. Elektronların daire çevresindeki hareketi ivmeli olduğu için (hızın yönü değişiyor) bu süreçte elektromanyetik dalgalar üretiliyor ve bilim insanlarının kullanımına sunuluyor.

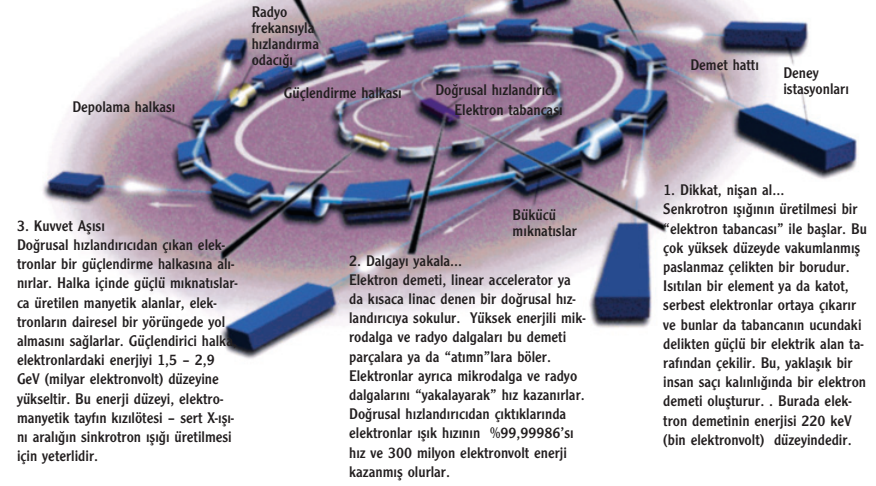
İlk bakışta aynı mantığı atomlara da uygulamak mümkün gözüküyor: Atomlarda da elektronlar çekirdeğin etrafında dairesel bir yörünge çiziyor ve dolayısıyla ivmeli bir hareket yapıyor. 20. yüzyıl başlarında bazı bilim insanları, bu hareket sonucunda elektronların sürekli elektromanyetik dalgayı yayımlayacağını ve dolayısıyla sürekli enerji kaybederek sonunda çekirdeğe çarpacağını düşünmüşler, bu nedenle de elektronların dairesel hareket ettiği atom modellerine itiraz etmişlerdi. İşte, kuantum kuramının geliştirilmesine yol açan problemlerden bir tanesi buydu.

Kuram geliştirildikten sonra, klasik fizikte kullanılan konum, hız gibi kavramların doğrudan atomlara uygulanamayacağı anlaşıldı. Fazla derine dalmadan kısaca özetlersek: Atomun kararlı olduğu her bir enerji düzeyinde, yük dağılımı zamanla değişmiyor (yani, hareket etmeyen yük dağılımı, dolayısıyla ışıma yok). Fakat eğer elektron bir enerji düzeyinden başka bir düzeye geçiş yapıyorsa, bu yük dağılımı zamanla periyodik olarak değişiyor. Yani, hareket eden, dahası periyodiklikten dolayı ivmelenen yük dağılımı, dolayısıyla bir ışıma var. Sonuç olarak, ivmeli yükler elektromanyetik ışığı yapar kuralı atomlar için de geçerli, ama bir takım kuantum kavramlarını doğru kullanmak gerekiyor.

İvmeli hareketin neden ışımaya yol açtığını kabaca açıklamaya çalışalım. Öncelikle basit

#### 4. Depolama Halkası

Güçlendirme halkasından çıkan elektronlar çok kenarlı, çörek biçimli bir boru olan depolama halkasına sokulur. Güçlü bir vakum ortamı, hava molekülleri ya da elektron demetini sapıtılabilecek başka atomların depolama halkasına girmesini önler ve bilgisayarlarca denetlenen mıknatıslar elektron demetinin enerjisini sabit tutar. Sinkrotron ışığı, bükücü mıknatısların düz bir hatta seyreden elektron demetini yolundan sapıtırca, yani ivmelendirince oluşur. Her bükücü mıknatıs takımı bir deney istasyonuna bağlıdır. Bunlarda bulunan aygıtlar, sinkrotron ışığını filtreler, güçlendirir ya da başka şekillerde kontrol ederek deney için gerekli özellikleri oluşturur. Elektromanyetik tayfın değişik enerji düzeyleri ya da dalgalı boyaları deneyler için çok önemlidir. Bir materyalin sinkrotron teknikleri kullanılarak incelenmesi için ışığın dalga boyu, incelenen malzemenin boyuna eşit ya da daha küçük olmalıdır. Bazı özel dalga boyları, bazı materyallerin "içini görebilen" özel X-ışınları gibidir.



#### 3. Kuvvet Aşısı

Doğrusal hızlandırıcıdan çıkan elektronlar bir güçlendirme halkasına alınırlar. Halka içinde güçlü mıknatıslarla üretilen manyetik alanlar, elektronların dairesel bir yörüngede yol almasını sağlarlar. Güçlendirici halka elektronlardaki enerjisi 1,5 - 2,9 GeV (milyar elektronvolt) düzeyine yükseltir. Bu enerji düzeyi, elektromanyetik tayfın kızılötesi - sert X-ışını aralığın sinkrotron ışığı üretimi için yeterlidir.

#### 2. Dalgayı yakala...

Elektron demeti, linear accelerator ya da kısaca linac denen bir doğrusal hızlandırıcıya sokulur. Yüksek enerjili mikrodalga ve radyo dalgaları bu demeti parçalara ya da "atım"lara böler. Elektronlar ayrıca mikrodalga ve radyo dalgalarını "yakalayarak" hız kazanırlar. Doğrusal hızlandırıcıdan çıktıklarında elektronlar ışık hızının %99,99986'sı hız ve 300 milyon elektronvolt enerji kazanmış olurlar.

#### Sinkrotron Nasıl Çalışır?

#### 5. Sinkrotron Işığı

Sinkrotron ışığı ile incelenecek materyal (örneğin bir molekül içindeki atomların konumu) metrenin milyarda biri (nanometre) ölçeklerinde olduğu için elektron demetini sabit tutmak son derece önemlidir. Bu duyarlı kontrol bilgisayarlarca kontrol edilen dört ya da altı kutuplu mıknatıslarla sağlanır. Bu mıknatıslar üzerinde yapılan küçük ayarlarla elektron demeti incelenecek materyal üzerine odaklanır.

#### 1. Dikkat, nişan al...

Sinkrotron ışığının üretilmesi bir "elektron tabancası" ile başlar. Bu çok yüksek düzeyde vakumlanmış paslanmaz çelikten bir borudur. Isıtılan bir element ya da katot, serbest elektronlar ortaya çıkarır ve bunlar da tabancanın ucundaki delikten güçlü bir elektrik alan tarafından çekilir. Bu, yaklaşık bir insan saç kalınlığında bir elektron demeti oluşturur. Burada elektron demetinin enerjisi 220 keV (bin elektronvolt) düzeyindedir.

birkaç kuralı hatırlayalım: Herhangi bir yüklü parçacık çevresinde bir elektrik alan oluşur. Hareket eden bir yük ise çevresinde bir manyetik alan oluşturur. (Elektromıknatıslardaki manyetik alanın, bobinlerdeki akımdan, yani hareket eden yüklerden kaynaklandığını hatırlayın. Mıknatıslarda da bu alan, atomlardaki elektron hareketinden kaynaklanır). Dolayısıyla ivmeli bir yük, mecburen hareket ediyor olacağından, çevresinde hem bir elektrik, hem de bir manyetik alan oluşturur.

Parçacık ivmeli olduğu için, herhangi bir noktada her iki alanın büyüklüğü ve yönü zamanla değişecektir. İşte bu değişim, yeni alanların doğmasına yol açıyor. Zamanla değişen bir elektrik alan bir manyetik alan yaratıyor (Maxwell yasası), ve zamanla değişen bir manyetik alan bir elektrik alan yaratıyor (Faraday yasası). Bu sonucunun, elektrik santrallerinde veya bisiklet dinamolarında hareketten elektrik elde etmek için kullanıldığını biliyorsunuzdur. Dolayısıyla alanların değişiyor olması yeni alanlar yaratıyor. Bu yeni alanlar da zamanla sürekli değiştiğinden, başka yeni alanlar yaratılıyor, vs. Alanların sürekli değişimi ve sonuçta yeniden yaratımı sonucu, alanlar yok olmadan yüklü parçacıktan çok daha uzaklara yol alabiliyor. Bu şekilde yol alan alanlara da biz elektromanyetik dalgayı diyoruz. Dalga başka bir yüklü parçacık civarından geçerken, alanlar aracılığıyla yüke kuvvet uygulandığı ve dolayısıyla enerji aktarılabildiği için, bu dalgaların enerji taşıdığını söyleyebiliyoruz. Bu enerji de, dalgayı oluşturan ivmeli yükün enerjisinden karşılanır.

Peki aynı mantık yürütmeyi neden sabit yönde sabit hızla hareket eden yüklü parçacıklara uygulayamıyoruz? Burada da zamanla değişen elektrik ve manyetik alanlar var, ama alanların bazı özelliklerinden dolayı uzaklara yayılabilen bir elektromanyetik dalgayı oluşmuyor. Bunun nasıl gerçekleştiğini anlayamamak bile, bu durumda ışımanın olmayacağını görmek için görelilik ilkesini kullanabiliriz. Bunun için, parçacıkla aynı hızla aynı yönde hareket eden bir gözlem çerçevesi düşünün. Görelilik ilkesine göre, böyle bir gözlem çerçevesinden yapılan bütün gözlemler aynı doğa yasalarına uyarlar.

Bu gözlem çerçevesine göre yüklü parçacığımız yerinde sabit durmaktadır. Bu nedenle de çevresinde sadece bir elektrik alan oluşur ve bu alan da zamanla değişmez. Dolayısıyla zamanla değişen bir elektromanyetik dalganın yayılması da söz konusu değil. Üstelik, enerji açısından da bu mümkün değil, çünkü elektromanyetik ışıma sonucu yükten bir miktar enerjinin çıkması gerekir. Fakat yük, yerinde sabit durduğu için mümkün olan en düşük enerjiye sahip.

Özetlersek, çekirdekte çıkan gama ışınlarından, antenlerden yayılan radyo dalgalarına kadar bütün elektromanyetik dalgalar ivmelenen yüklerin hareketi sonucu oluşur. (Kuantum kuramının inceliklerini dikkate alırsak, "ivmeli yük" yerine "zamanla değişen yük dağılımı" ifadesini kullanmak daha yerinde olur.) Bunun da nedeni, zamanla değişen ve bu nedenle birbirlerini sürekli besleyerek uzaklara yol alan elektrik ve manyetik alanların yaratılması.