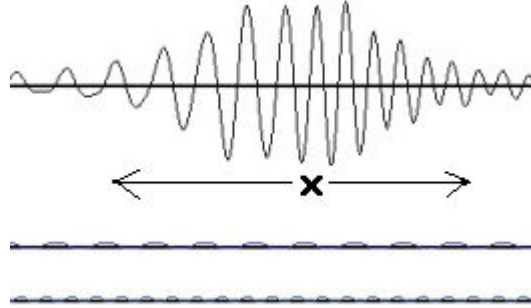


Konu: **Bilim**
Yazı: **12**

Belirsizlik ilkesi

Doç. Dr. Haluk Berkmen

Dalga paketi kavramı üzerinde bir miktar durmak istiyorum. Zira bu kavram hem ışığı hem de parçacıkları anlamamıza yardımcı oluyor. Resimdeki görülen dalga paketi tek başına gibi görünse de aslında arka-zemin boşluğunu oluşturan bir enerji ortamının içinde bulunmaktadır ve de ondan farklı değil. Dalga paketi ortamla aynı malzemedeki oluşmuş. Burada görüntü basit olsun diye 2-boyutlu çizilmiş.



Dalga paketinin altında görülen kesikli iki çizgi aslında iki farklı titreşime (frekansa) sahip iki ayrı dalgayı betimliyor. Bu iki dalganın saniyedeki titreşim sayıları oldukça yakın, fakat farklı. Üst-üste bindiklerinde bazı titreşimler toplanıp artarken bazı titreşimler birbirini zıt yönde etkileyerek toplamı küçültüyor. Ne kadar fazla dalga üst üste binerse dalga paketi o kadar belirgin oluyor. Fakat dalga hiçbir zaman tek bir noktada yoğunlaşmıyor. Dalga paketinin daima bir yaygınlığı var. İki ucu arasındaki uzaklık dalga paketinin dalga boyu oluyor. Bu mesafeye **x** diyelim.

Görüldüğü gibi dalga paketinin iki ucunda bir belirsizlik var. Dalga tam olarak nerde başlıyor ve tam olarak nerde bitiyor belli değil. Dalga paketinin yerini belirtmek istersek ortalama bir değer alıp yaklaşık bir olasılık değeri vermemiz gerekir. Çünkü dalga yaygın bir yapı olup parçacık gibi yeri kesinlikle bilinemez. Ayrıca uçlardaki dalgalar gittikçe küçülseler de asla tümüyle sıfır olamazlar. Yani, arkazemin tümüyle düz bir göl yüzeyine benzemez. Daima denizdeki küçük dalgacıklar gibi birtakım titreşimler olacaktır. Boşluğun enerjisi bu yüzden sıfır olamaz. Fizikte bu duruma "**vakum titreşimi**" denmektedir. Bu küçük dalgacıklar büyük dalga paketinin diğer dalga paketleri ile iletişimini de sağlar.

Daha önceki **10-Büyük Patlama** yazısında sözünü ettiğim “**uzamın bükülmesi**” olayı bu uçtaki dalgacıkların rezonansa girmeleri sayesinde olur. “**Rezonans**” (uyumlu titreşim) olayını birbirine uyumlu olma, aynı titreşimlere ulaşma, karşılıklı etkileşim içinde olma şeklinde açıklamak mümkündür. Bu durum insanlar için de geçerlidir. Karşılıklı anlaşılanlar aynı dalga boyunda olduklarını, aynı titreşimleri hissettiklerini söylerler. Bunun da nedeni bizim (öznemizin) nesne olmayıp bir enerji paketi yapısında oluşumuzdan dolayıdır.

Şimdi size basit ve yaklaşık bir şekilde Heisenberg’in **Belirsizlik ilkesi** hakkında bilgi vermek istiyorum. Louis De Broglie (1892-1987) maddesel parçacıkların dalga gibi davrandıklarını açıklayan eşitliği ileri sürdü. Bu ifade $p = h / x$ şeklinde olup soldaki **p** parçacığın momentumu (hızı çarpı kütlesi), **h** Planck sabiti ve **x** dalga boyudur.

Eşitliğin sol tarafı parçacık, sağ tarafı dalga özelliği gösterir. Her dalganın hem momentumu hem de dalga boyu farklı olduğundan. Bir dalga paketini oluşturan dalgalar için $p = n \cdot \Delta p$ ve $x = m \cdot \Delta x$ yazabiliriz. Burada momentum ve yerin, her birinin belirsizliklerinin belirli bir katı olduğunu var sayıyoruz. m ve n birer tam sayı olup en azından 1 veya daha büyük birer tam sayı olmaları gerekir.

Bu durumda $p = h / x$ eşitliği $n \cdot \Delta p = h / m \cdot \Delta x$ veya $(n \cdot m) \Delta p \cdot \Delta x = h$

olur. (n.m) çarpanı en az 1 veya daha büyük olması gerektiğinden denklem:

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq h \text{ olur.}$$

(Daha ayrıntılı ifadesi $\Delta p \cdot \Delta x \geq h / 4\pi$ şeklindedir)

Bu eşitsizliği Heisenberg (1901-1976) 1927 yılında ifade etmiş ve o günden beri Heisenberg’in belirsizlik ilkesi olarak kalmıştır. Parçacığın (dalganın) hızındaki belirsizlik ve yerindeki belirsizlik birlikte sıfır olamayacağını gösterir. Çünkü Planck sabiti her ne kadar küçük olsa da sıfırdan farklıdır. Bu denklemde parçacığın kütlesi m belirmemekte sadece momentum denen bir büyüklük görülmektedir.

Anlamı ise dalganın bir kütlesi olmasa da momentumu daima olduğudur. **Momentum** kavramını klasik anlamda gündelik **hız** ve **yön** kavramları olarak düşünebiliriz. Eğer parçacığın (dalganın) hızındaki belirsizliği azaltmak istersek yeri hakkındaki bilgimiz azalmakta yani belirsizlik artmaktadır. Eğer yerini kesinlikle belirlemek istersek yeri ile ilgili belirsizliği azaltmalı dolayısıyla hızı ve hareket doğrultusu hakkındaki belirsizlik artmalıdır.