

FİZİKTE POPÜLER KONULAR

Prof.Dr. Erol AYGÜN

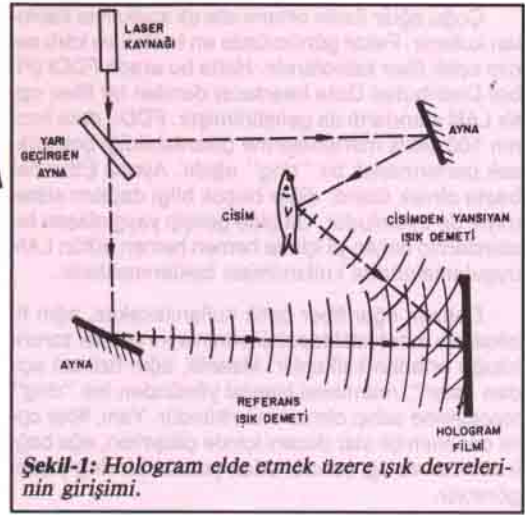
ÜÇ BOYUTLU GÖRÜNTÜ HOLOGRAFI

İnsanoğlunun mükemmel erişme yolundaki araştırma azim ve gayretinin önüne geçilemez. Fotoğraf, sinema ve televizyon görüntüleri siyah-beyaz ya da renkli olarak insanoğlunun yaşamına da renk katmakla birlikte, bütün bu görüntüler iki boyutludur. Fotoğraf, sinema ve TV görüntülerinde üçüncü boyut, yani sahnede seyredilen bir tiyatro oyunundaki **derinlik** yoktur. Bilim adamları bu üçüncü boyutu **fotoğrafa, perdeye ve ekrana** da kazandırma yolunda gayret içerisindeyler. Bu yazıda **holografi** (üç boyutlu görüntü) konusu ele alınmıştır. X-ışını, elektron demeti ve ultrason ile de holografik görüntü elde edilebilirse de, burada laserle elde edilen yansımali holografi tanıtılacaktır.

Holografi, 1947 yılında İngiliz Fizikçi Dennis Gabor (1900-1979) tarafından keşfedilmiştir. Konu 1960'larda laserin keşfi ile büyük gelişme göstermiştir. D.Gabor, bu keşfinden dolayı 1971 yılında Nobel Fizik Ödülü almıştır. İlk holografi deneyi, 1947'den önce D.Gabor tarafından İngiliz Thomson-Houston Company'nin Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmış olmasına rağmen, keşfin anlamı daha sonra laser konusundaki gelişmeler sonunda anlaşılmiş ve D.Gabor, olayın keşfinden yaklaşık 25 sene sonra Nobel Ödülü ile ödüllendirilmiştir.

Olayın bilimsel yönü tamamen optik ile ilgilidir. Her türlü fotoğraf, sinema perdesi görüntüsü ve TV-ekran görüntüsü ışık şiddeti ile orantılı olarak oluşur. Görüntü oluşumunda dedektör sistemine dalgaboyunu da farkedecek duyarlık kazandırılırsa, renkli görüntü elde edilir. Renkli fotoğraf, sinema ve TV görüntüleri de iki boyutlu olup bunlarda, film ya da ekran hem şiddete hem de dalga boyuna duyarlıdır. Görüntüye üçüncü boyutu kazandıran fiziksel olay, ışık dalgasının **fazıdır**. O halde faz nedir? Bir ışık dalgası elektrik ve manyetik alanlardan oluşur. X-yönünde ilerleyen bir ışık dalgasının elektrik veya manyetik alan bileşenleri,

$$A(y,z) = A_0(y,z) \cos \left[\frac{2\pi c}{\lambda} t + \phi_0(y,z) \right]$$



Şekil-1: Hologram elde etmek üzere ışık devrelerinin girişimi.

ile temsil edilir. A_0 = genlik, λ = dalgaboyu, ϕ_0 = başlangıç fazı, köşeli parantezin içi de

$$\left[\frac{2\pi c}{\lambda} t + \phi_0(y,z) \right] = \text{FAZ}$$

adını alır. İki boyutlu siyah-beyaz görüntüler sadece ışık şiddeti ile ilgili olup, o da genişliğin karesi yani A_0^2 ile orantılıdır. Bir cismin fotoğrafı çekildiğinde ışığı iyi yansıtan yerleri beyaza yakın, açık renk; az yansıtan yerleri siyaha yakın, koyu renk çıkar. Yani bildiğimiz ve her gün izlediğimiz fotoğraf, sinema ve TV görüntülerinde genlik A_0^2 'nin etkisi vardır. Renkli görüntülerde ise, fazın içindeki dalgaboyu λ 'nın etkisi de görüntüye yansır. Demek ki, A_0^2 ışık şiddeti, λ da renk olarak görüntüde etkili olurlar. Görüntüde derinlik, başlangıç faz açısı ve faz açısı olan köşeli parantez içinin tümünün etkisi ile ilgilidir. Çevremizdeki cisimleri gözle algılamamızda bu etki kendiliğinden oluşur ve bir cismin bize yakın ve uzak iki noktasından gelen (aynı ya da farklı şiddetteki) ışınlar arasındaki faz farkını insan gözü doğal olarak yakalar ve bu fark görüntüde derinliği belirler. Bir cisimden yansıyıp gelen ışınlar arasındaki faz farkını görüntüye geçirmek, ilk defa İngiliz fizikçisi **Dennis Gabor** tarafından ele alınmış ve Grek dilinde **holos** (tümü) anlamına geldiğinden, bu tür görüntüleri **hologram** denmiştir. Optiğin bu konu ile ilgili dalına da **holografi** denir. Ancak holografide hologram üzerinde giriştirilen ışık demetlerinin **monokromatik** (tek dalgaboylu) ve kaynaktan çıktıkları anda **koherent** (aynı fazda) olması gerekir.

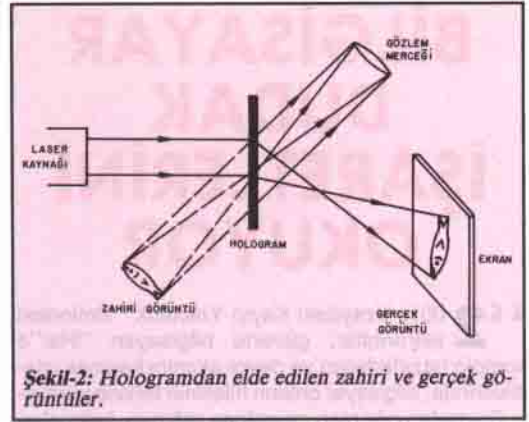
Holografi konusu 1960'lı yıllarda **laser optiğinin** gelişmesi ile güncellik ve popülerlik kazanmıştır. Çünkü laser ışınları, monokromatik ve koherent ışınlardır. Bir cismin (balığın) holografik görüntüsünü (üç boyutlu görüntüsünü) elde etmek için gerekli optik şema Şekil-1'de gösterilmiştir.

Şekilde gösterildiği gibi hologram plâkası üzerinde laser kaynağından gelen referans dalgaları ile,

cisim (balık) den yansıyıp gelen dalgalar şiddet ve faz olarak girişmektedirler. Bu girişimde aynı fazda olan yerlerde bileşke dalga daha şiddetli olmakta ve zit fazda olan noktalarda ise, dalgalar birbirini yok ederek zayıflamaktadır. Böylece cisimden yansıyıp gelen dalganın faz durumu cisim üzerindeki noktaların geometrik konumuna da bağlı olduğundan, hologram plâkası üzerindeki her noktaya, cisim üzerinde görülebilen tüm noktalardan yansıyıp gelen ışınların faz kaydı yapılmış olmaktadır. Bu kayıta cisimden yansıyıp gelen ışınların dalga cephesi film üzerinde adeta dondurulmuş gibi olmaktadır. Hologram kayıtları aynı zamanda cisimden yansıyıp gelen ışık şiddetini de içermektedir. Böylece kayıt plâkasına (holograma) cisimden yansıyıp gelen ışınların hem şiddeti hem de fazı kaydedilmiş olmaktadır. Hologram filmi ışığa tutularak arka tarafından bakıldığında, film üzerindeki karlı ve parmak izine benzeyen kayıtların orijinal şekille, geometrik olarak hiçbir ilişkisi tespit edilemez. Yani film üzerinde cismin geometrik şekilsel bir izi yoktur. Film sanki bir kum serpintisinin görüntüsü gibidir. Işık dalga cephesinin girişim deseninin oluşturduğu bu karmaşık görüntü, aslında orijinal cismin üç boyutta bilgilerinin kodlandığı bir optik oluşumdur. Cismin renk ve geometrisinden kaynaklanan şiddet ve faz durumlarının üzerine kaydedildiği bu plâka (hologram), sonradan monokromatik bir ışıkla aydınlatıldığında, dondurulan dalga cephesi harekete geçiyormuş gibi olmakta, sanki ışık holograma kayıt aşamasında kaldığı yerden yola tekrar koyulmuş gibi olmaktadır. Bunun sonucu olarak, hologramdan bakış doğrultusuna bağlı olarak cismin bir hakiki bir de zahiri görüntüsü elde edilir. Hologramdan görüntü elde etmek için gerekli şema Şekil-2'de gösterilmiştir.

Her iki görüntü de üç boyutludur. Bilindiği gibi optikte zahiri görüntüler ekran üzerine düşürülemez. Ancak hakiki görüntü ekran üzerine düşürülebilir. Böylece karlı bir ekran görüntüsüne benzeyen yansımali hologram filmi, doğal ışıkla aydınlatıldığında ve ışık kaynağı tarafından bakıldığında, o hologramın ait olduğu cisim karşınızda üç boyutlu olarak oluşur. Bu tür holografik fotoğrafı seyreden meraklı seyircinin filmde derinlik aramak için görüntünün bulunduğu holograma dokundukları ve filmde geometrik olarak hiçbir derinlik olmadığını hissetmelerini kendilerinin hayretini daha da arttırmaktadır.

Burada enterasan olan diğer bir husus, **hologramın her noktasının, cisim üzerinde gördüğü her nokta hakkında enformasyon (şiddet, dalgaboyu ve fas bilgisi) taşımasıdır.** Bu bakımdan hologram filminin yarısı kesilip atılsa, diğer yarısı görüntünün tamamını oluşturur. Hatta hologram küçültülerek (kesilerek) tek noktaya dahi indirilse, yine de elde kalan o küçüçük parça görüntünün tamamını oluşturur. Bunun sebebi ve cevabı yukarıda altı çizilerek yazılan cümle ile belirtilmiştir. Ancak hologram plâkasının boyutları küçüldükçe görüntünün netliğinin de azalacağı açıktır. Çünkü hologram üzerindeki nok-



Şekil-2: Hologramdan elde edilen zahiri ve gerçek görüntüler.

taların hepsi aynı görüntünün oluşumuna katkıda bulunmektedir. Hologram plâkası ya da filminin boyutları küçüldükçe görüntü oluşumuna şiddet, renk ve faz katkısı azalacağından, görüntüde rezolüsyon (netlik) azalır. Bununla birlikte holografik filmlerin diğer bir ilginç yanı da, birbirinin arkasına gizlenmiş cisimlerin, bakış açısını arka tarafı görecektir şekilde değiştirilerek görülebilmesidir. Örneğin, hologram filmi bir köpeği resmetsin. Hologramın kaydedildiği anda köpeğin arka tarafında bir kedi bulunsun. Nasıl ki, gerçekte kediyi görebilmek için köpeğe göre sağa, sola, yukarı ya da aşağı hareket etmeniz gerekiyorsa, hologram filminin kenar kısımlarına kedinin de görülen kısımlarının görüntüsü kaydedildiğinden, holograma kediyi görecektir şekilde (tıpkı gerçekte olduğu gibi) bakarak üç boyutlu resimde köpeğin arkasındaki kediyi görebilirsiniz. Bu ilginç durum, holograma bakış açısına bağlı olarak kedinin de görüntüsünün kaydedilmiş olmasından ibarettir. Yani kişinin holograma bakışı ile gerçekte cisme bakış geometrik olarak özdeş görüntüler verir; çünkü görüntü kayıtları öyledir.

Holografi konusu insanoğlunun yaşamına yenilik getirmektedir. Holografik görüntüler özel bir teknikle kâğıda basılabilmektedir. Ancak derinlikten kayıplar olmakta, bu da holografinin maksadına ters düşmektedir. Buna rağmen holografi eğitim amaçlı kullanıma yolundadır. Kitaplardaki şekiller, hologramlar olarak yerleştirilirse, normal ışıkla dahi yansımali holograma bakıldığında üç boyutlu görüntü görülebilmektedir. Bu da çocukları masal kitabı, gençleri de kitap okumaya daha çok yönlendirecektir. Eğitim amacının ötesinde holografi mikroskopide, interferometride, tahribatsız yapı tayininde, bilgi depolama ve karakter tanımlama gibi alanlarda uygulama bulmuştur. Holografi güzel sanatlarda da sanat eserinin gerçeğinin hologramını çıkartıp, şüphelileri (sah-teleri) ile hologram karşılaştırması yaparak, sahte olup olmadığını belirlemede kullanılabilir. Sonuç olarak, fotoğraf, sinema ve televizyonda üçboyutlu görüntü, insanoğlunun gündeminde olup, bu konuda belirli aşamalar kaydedildiği de bilinen bir gerçektir. □