**BÖLÜM 1**

**DALGALAR VE SES**

Bu bölüm de dalga hareketinin tanımı, dalga çeşitleri, dalgalarda yayılma hızı, elektromanyetik dalgalar ve ses dalgaları gibi kavramlar üzerinde durulacaktır. Ses dalgaları, sarmal bir yaydaki dalgalara benzeyen mekanik dalgalar, yer sarsıntısı ya da deprem dalgaları, ses hızını geçen uçakların oluşturduğu şok dalgaları, televizyon ve telsiz sinyalleri, X ışınları gibi dalgaları içeren elektromanyetik dalgalar ile yayılır. Görülüyor ki dalga hareketi, doğa olaylarının pek çoğunda ortaya çıktığı gibi, televizyon, bilgisayar ve cep telefonu gibi teknoloji harikalarının üretilmesine neden olmuştur. Bu bakımdan dalga hareketi hakkında bilgi sahibi olmakta fayda vardır.

Radyo ve televizyonun nasıl çalıştığını anlamak için, elektromanyetik dalgaların doğası ve kaynağı ile onların boşlukta nasıl yayıldıklarını bilmek gerekir.

Konuşma dilindeki dalga kelimesi su ve suyun hareketini çağrıştırır. Dalga hareketi kavramının fizikte önem kazanması ise 17. yüzyılda, ışığın bir dalga olduğu varsayımıyla başlamıştır. Uzun çalışmalar sonucunda, dalga kavramının evrende temel bir rolü olduğu anlaşılmıştır.

# Dalga Hareketinin Tanımı

Durgun su yüzeyine bir taş atıldığında, merkezi taşın düştüğü yer olan ve giderek açılan iç içe halkalar oluştuğu gözlenir. Suya atılan taş, durgun su yüzeyinde bir çöküntü, bir şekil bozulması yaratır. Bu şekil bozulması, taşın değdiği yerden itibaren molekülden moleküle aktarılır. Böylece, olduğu yerde kalmayıp çevreye yayılan bir sarsıntı elde edilir. Oluşturulan bu sarsıntılara dalga hareketi, sarsıntılardan bir tanesine de atma denir. Eğer atmalar eşit zaman aralıkları ile oluşturulursa, oluşan dalga hareketine periyotlu dalga denir. Atmaların oluşturulduğu noktaya da dalga kaynağı denilmektedir.

**Dalga hareketinde madde sürüklenmediğine göre yayılan nedir?** Bu durumu aşağıdaki örnekle açıklayabiliriz; Futbol karşılaşması yapılan bir stadyumda seyirciler bazen tezahürat için sırayla oturup kalkarlar. Böylece bir uçtan bir uca yayılan hoş bir hareket gözlenir. İnsan kütlesi sanki dalgalanıyor gibi olur. Bu olaya Meksika dalgası adının verildiğini hatırlıyoruzdur. Burada bir uçtan öbür uca yayılan şey insanlar değil, onların yaptığı oturup kalkma hareketidir. Her bir seyirci kendine sonra geldikçe kalkar oturur, ama tribündeki yeri değişmez. Gergin bir yayın ucu sarsılırsa, yay boyunca ilerleyen bir sarsıntı (şekil değişikliği) elde edilir.

**Acaba dalga hareketi her ortamda oluşur mu?** Bir kap içindeki ekmek hamurunun ortasında elimiz ile bir çöküntü oluşturduğumuzu düşünelim. Bu çöküntü olduğu yerde kalır, çevreye yayılmaz. Demek ki, dalga hareketi her ortamda oluşmamaktadır.

**Dalga hareketinin oluşabileceği ortamların özelliğinedir?** Durgun su yüzeyi, su moleküllerinden oluşmuş gergin bir zar gibidir. Su yüzeyindeki dalgalar bu zarda oluşan şekil değişikliğinin yayılmasından başka bir şey değildir. Gergin bir yayda oluşturulan şekil değişikliğinin yayılmasıyla, su yüzeyinde oluşturulan şekil değişikliğinin yayılması benzer olaylardır. Gergin yaylarda oluşturulan bir şekil değişikliği, yayın esnekliği nedeniyle düzelmeye çalışır. Fakat düzelirken, önceki şekil değişikliği yayın diğer sarımlarına geçer. Böylece sarsıntı ilerletilmiş olur. O halde, dalga hareketinin oluşabildiği ortamlar esnek ortamlardır. Bütün bu açıklamalardan yola çıkarak, dalga hareketinin tanımını şöyle yapabiliriz; Esnek bir ortamda oluşturulan şekil değişikliğinin bu ortamda noktadan noktaya yayılmasına dalga hareketi denir. Dalgalar esnek olmayan bir ortamda yayılırken genliği gittikçe küçülerek söner. Yani, belli bir süre sonra dalga kaybolur. Top suya düştüğü zaman su moleküllerini içeri doğru itecektir. Ancak bir süre sonra dışarı çıkmak zorunda kalacaktır. Bu eylemi devam edecek ve olduğu yerde aşağı yukarı oynayacaktır. Bu hareket yanındaki su moleküllerini de etkileyecek ve onlar da oynamaya başlayacaktır. Suda oluşan dalgaları dairesel ya da doğrusal olmak üzere ikiye ayrılır. Genel anlamda dalgalar mekanik dalgalar ve elektromanyetik dalgalar olarak iki kısımda incelenebilir.

**Mekanik dalgalar,** sadece bir ortamda yayılabilen ses, su ve örgü titreşimleri gibi basınç dalgalarıdır. **Elektromanyetik dalgalar** ise, elektrik alan ve manyetik alan bileşenlerine sahip, boşlukta da yayılabilen, kozmik ışınlar, gamma ışınları, X-ışınları, morötesi dalgalar, görünür ışık, kızılötesi dalgalar, mikrodalgalar, TV ve radyo dalgalarıdır. Dalgalar oluşum ve yayılma doğrultulanına göre, enine dalgalar ve boyuna dalgalar olmak üzere iki bölümde incelenir. Dalganın yayıldığı ortamın taneciklerinin titreşim hareketinin doğrultusu, atmaların doğrultusuna dik ise bu tür dalgalara enine dalgalar ortamın taneciklerinin titreşim hareket doğrultusu ile atmaların yayılma doğrultusu aynı ise bu tür dalgalara boyuna dalgalar denir. Su, ışık ve radyo dalgalan enine dalgalar, ses ise boyuna dalgaya örnektirler.

## Dalgalarda Yayılma Hızı

## Gergin bir yayın ucu eşit zaman aralıkları ile yukarı çekilip, tekrar yerine getirilirse oluşan atmalar eşit aralıklarla birbirini takip ederler. Yayın ucunda birim zamanda oluşan atma sayısına ‘’frekans ‘’denir. Yani frekans birim zamandaki titreşim sayısıdır, f ile sembolize edilir. SI sisteminde frekansın birimi s-1 veya Hertz (Hz) dir.

Ardı ardına iki atma arasında geçen zamana “peryot’’ denir. T ile gösterilir ve birimi SI birim sisteminde saniye (s) dir. Bir periyotluk zaman içinde alınan yola “dalgaboyu” denir. Diğer bir deyişle, iki tepe ya da iki çukur arasındaki uzaklıktır λ (lamda) ile gösterilir ve birimi SI birim sisteminde m dir. Atmanın tepe yüksekliğine ‘’ genlik ‘’ denir. Periyot ve frekans arasındaki ilişki, T=1/f şeklinde ifade edilir ve bütün periyodik hareketlere uygulanır. Hareket sabit hızlı olduğundan, dalgaboyu Yol=hız x zaman ifadesinden

λ= v . T

eşitliği elde edilir. Bu son iki eşitlikten hız ifadesi,

v = *λ* . f

elde edilir.

Oluşturulan dalgaların yayılma hızı sabittir. Hız değerinin genelde kaynak frekansına ve atmalarının genliğine bağlı olmadığını söyleyebiliriz. Hız, ortamın özelliklerine bağlıdır. O halde kaynağın frekansı değiştirilirse, oluşturulan dalganın dalga boyu değişecektir.

## Örnek: Sarmal bir yayda saniyede 10 atma oluşturuluyor. Ardı ardına gelen iki atma arası 8cm bulunuyorsa, atmaların yayılma hızını bulunuz.

## Çözüm: Ardı ardına gelen iki atma arası uzaklık dalga boyuna eşit olduğundan, λ = 8 cm dir.

Sarmal yayda saniyede oluşturulan atma ise frekansa eşittir. Yani, f = 10 s-¹ dir.

O halde, v = λ f = (8cm ) (10 s-¹ ) = 80 cm/s olarak atmaların yayılma hızı bulunur.

# Elektromanyetik Dalgalar: Elektromanyetik dalganın oluşması için değişken elektrik alanlar ve manyetik alanlar elde edilmelidir. Yani, alan şiddetindeki artış ve azalış birbirini takip etmeli ve bu olay periyodik olarak sürdürülmelidir. O halde, elektromanyetik dalgayı üretecek yük, sabit hızla değil, değişken hızla hareket etmelidir. Bu hareket bir yükün basit harmonik hareket yapmasıdır. Yani, yük salınarak ivmeli hareket yapmalıdır. Bu durumda şiddeti artıp azalan, değişken elektrik ve manyetik alanlar oluşacaktır. Böylece oluşan elektrik ve manyetik alanlar sinüzoidal (sinüs dalgası gibi) olarak ortamda yayılacaktır. Elektromanyetik dalgaların özellikleri;

**1)**Elektromanyetik dalgalar ivmelendirilmiş yükler yoluyla yayılır.

**2)**Elektromanyetik dalgalar sabit hızla yayılır. Boşlukta c ışık hızı ile yayılmaktadırlar.Kırılma indisi n olan ortama girdiğinde ise bu dalgaların hızı, V=c/n olur.

**3)**Elektromanyetik dalgalarda, elektrik ve manyetik alanlar birbirine diktir.

**4)**Elektromanyetik dalgaların yayılması için ortam gerekmez.

**5)**Elektromanyetik dalgalar, elektrik ve manyetik alanlardan etkilenmez.

şeklinde özetlenebilir. Şimdi de elektromanyetik spektrumda ki elektromanyetik bölgeleri inceleyelim.

**Gama (ɤ) Işınları:** Işık hızında yayılan Gama ışıması bir çeşit elektromanyetik dalgadır. Atom çekirdeğinden gelen radyoaktif radyasyonlardır ve genelde çekirdekteki anlık değişimlerden sonra yayılırlar. Gama ışınımının dalgaboyu yaklaşık 1A° ile 10-4 A° arasındadır. Bu büyüklükleratom ve çekirdek boyutunda olduğundan, atom çekirdeği hakkında bilgilerin bir kısmı gama ışınları sayesinde elde edilir.

**X -Işınları (Röntgen Işınlan):** Bu ışınlar fotoğraf filmine etkir, flüoresan parıldamaya neden olur. X-ışınlarının dalgaboyu, atom boyutlarında olup yaklaşık, 10³A° ile 10-3 A° arasında değişir. Bu ışınları üretmek için, yüksek potansiyel farkı ile hızlandırılan elektronlar metal levhaya çarptırılır. Metal levhaya çok hızlı çarpan elektronlar, ani bir yavaşlama ile ivmeli hareket yapmış olur ve etrafa yayılan elektromanyetik dalgalar X-ışınlandır. Bu ışınlarla atomun elektron yapısı ve kristal oluşumları hakkında bilgi edinilmektedir. X-ışınlan yumuşak maddelerin içine girebilirler. Bu nedenle tıpta oldukça geniş ve faydalı bir uygulama alanı vardır.

**Görünen Dalgalar (Görünür Işık):** Işık diye tanımlanan elektromanyetik spektrumun bu küçük bölümünü insan görebilir. Bu bölümde mor ile başlayan ve kırmızıyla biten renkler vardır. Görünür ışığın dalga boyu yaklaşık olarak 4000A° ile 7000A° arasında değişir.

**Morötesi Dalgalar (Ultraviyole Işınlar):** Morötesi ışınlar, yüksek voltajda hızlandırılan elektronların atom içerisinde büyük enerji değişimlerine sebep olduğu sırada yayılır. Yaklaşık olarak 6A° ile 4000A° arasında değişen Dalga boylarına sahiptirler. Güneş önemli bir morötesi ışık kaynağıdır. Kısa dalga boylu morötesi ışınlar zararlı olabilirler.

**Kızılötesi Dalgalar (İnfrared):** Bütün sıcak ve soğuk maddeler tarafından oluşturulurlar. Atomlar tarafından emildiklerinde maddeyi ısıtırlar, onun için de ısı radyasyonu ya da ısı dalgası adını da alırlar. Spektrumda görünür ışığın kırmızı renginin bittiği yerden başladığı için kızıl ötesi adını almıştır. Dalga boyları yaklaşık 1mm ’ den, kırmızı rengin dalgaboyu olan 7000A° a kadar değişebilir. Günlük hayatta, kızılötesi fotoğrafçılık, fizik tedavi, ev ve hastanelerin ısıtılması, kızılötesi ışınların uygulama alanlarıdır.

## SES DALGALARI

## Su, katı, hava gibi ortamlarda insan kulağının algılayabileceği basınç değişimleri ses olarak tanımlanır. Bir ses çatalı (diyapozon) kollarına vurulduğunda belirli frekansta titreşir. Böylece çevresindeki hava moleküllerinin sıklaşıp seyrelmesiyle ses dalgaları oluşur. Ses dalgaları, en önemli boyuna dalga örnekleridir. Bu dalgalar, herhangi bir ortamda (yani gazlar, katılar ve sıvılar), ortamın özelliklerine bağlı olan bir hızla yayılırlar. Ses dalgası, bir ortamda yayılırken; ortamın parçacıkları, dalganın hareket doğrultusu boyunca yoğunluk ve hacim değişiklikleri üreterek titreşir. Ses boşlukta yayılmaz. Yani, ses dalgalarının iletilebilmesi için mutlaka bir ortama gerek vardır. Ses her ortamda farklı bir hızla yayılır. Aşağıdaki çizelgede çeşitli ortamlarda sesin yayılma hızı m/s cinsinden verilmiştir.

|  |  |
| --- | --- |
| **Sesin Çeşitli ortamlardaki hızı (m/s)** | |
| 00 C havada | 331 |
| 200C havada | 343 |
| 00C helyum gazı içinde | 972 |
| 00C hidrojen gazı içinde | 1286 |
| 250C suda | 1493 |
| Deniz suyunda | 153 |
| Aliminyumda | 5100 |
| Bakırda | 3560 |

Frekanslarına göre, ses dalgalarını üç grupta incelemek mümkündür. Bunlar, işitilebilir dalgalar, infrasonik (sesaltı) dalgalar ve ultrasonik (ses üstü) dalgalar şeklindedir.

**İşitilebilir dalgalar:** İnsan kulağının duyarlılık sınırları içinde olan ses dalgalandır. Bu dalgalar 20 Hz ile 20.000 Hz frekansları arasındadır. Bu sesler, müzik aletleriyle, boğazdaki ses telleriyle, hoparlör vb. ile elde edilebilir.

**İnfrasonik (Sesaltı) dalgalar:** İşitilebilir boyutun altındaki frekansta olan boyuna dalgalardır. Deprem dalgaları bu dalgalara örnektir. Bu sesler 20Hz’den düşüktür.

**Ultrasonik (Ses üstü) dalgalar:** İşitilebilir mertebenin üstünde frekansları olan boyuna dalgalardır. Örneğin, bu dalgalar, bir kuartz kristaline, alternatif elektrik alanın uygulanmasıyla elde edilebilir. Gücü, bir halden diğerine dönüştüren herhangi bir aygıt, transduser (dönüştürücü)olarak adlandırılır. Mikrofon ve kuartz kristal gibi, seramik ve manyetik fonograf pikaplar da ses dönüştürücülerine ait genel örneklerdir. Bazı dönüştürücüler, ultrasonik dalgalar yaratabilirler. Böyle aygıtlar, ultrasonik temizleyicilerde ve sualtı denizciliğinde kullanılır. Bu seslerin frekansı 200.000 Hz’den yüksektir.

## SES DALGALARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Fizyolojik özellikler ölçü aletinin değil, insan kulağının yaptığı değerlendirmedir. Şimdi ses dalgaları ile ilgili bazı fiziksel tanımları yapalım.

**Ses Şiddeti:** Ses dalgasının ses yayılma doğrultusuna dik bir düzlem içindeki 1 m² yüzeye 1 saniyede verdiği ses enerjisidir. Başka bir deyişle, ses dalgasının 1 m²’lik kesitindeki ses gücüdür. Birimi watt’tır.

**Ses Şiddeti Seviyesi:** İki büyüklük arasındaki farktır. Birimi desibel’dir.

**Ses Basıncı:** Her ses dalgası bir P basınç değeriyle nitelendirilmektedir. Birimi ‘Bar’ dır. Bu basınç, atmosferik basınçtan farklı olarak, uzayda ses dalgası tarafından oluşturulmaktadır. Ses basıncı ile ses şiddeti arasında karesel bir bağ vardır. Ses basıncı iki, üç, dört misli arttırılırsa, ses şiddeti sırayla dört, dokuz, on altı misli artacaktır.

**Ses Şiddeti:** Ses dalgalarının bir santimetrekarelik yüzeydeki güçlerine denir. Birimi watt/m²dir. Ses şiddeti, dalganın frekansına ve dalga genliğinin karesine bağlıdır. Şiddet sebebiyle ses kuvvetli veya zayıf olarak duyulur.

**Sesin Yüksekliği:** Sesin frekansıdır. İnsan kulağı frekansı yaklaşık 20 ile 20.000 Hz. olan sesleri işitebilir. Sesin frekansına bağlı olarak yüksekliği tarif edilir. İnce seslerin frekansları büyük, kalın seslerin ise frekansları küçük değerlerdedir. Frekansları, 20Hz’den küçük olan seslere “İnfrasonik”, 20.000Hz’den büyük olanlara ise “Ultrasonik” denir.

**Sesin Kalitesi (Timbre of Sound) – Tını ve Harmonikler :** Ses kaynakları, genellikle ana ses denilen (en kalın) sesle birlikte, frekansları ana sesin frekansının tam katları olan tâli sesler çıkarırlar. Bu tâli seslere ana sesin harmonikleri denir. Bu sesler etrafa ana sesle birleşmiş olarak yayılırlar. Tını, bir sesin kulağa tesiridir. Farklı kaynaklardan çıkan sesler aynı yükseklik ve şiddette olsalar da tınıları farklıdır. Ses dalgaları da kırılma, yansıma ve girişimözelliklerini gösterirler. Kırılma olayı ortam değişikliğiyle olur. Havanın sıcaklık, yoğunluk durumuna göre sesin yayılma hızı değişir. Soğuk havada ses hızı azalır. Ses sıcak havadan soğuk havaya geçerken yayılma doğrultusunu değiştirir. Yayılan ses dalgaları duvar, kayalık gibi sert düz yüzeylere çarpınca doğrultularını değiştirirler. Bu olay yansımadır. Yansıma olayında sesin özellikleri değişmez. Yansımış dalgalar tekrar geriye dönerse ikinci bir ses meydana gelir. Bu sese yankı denir. Yankı ilk sesten yaklaşık 0,1 s’den daha az bir zamanda gelirse kulak bu sesi, ikinci sesin devamı gibi işitir, buna ise çınlama denilmektedir. İlk ses ile yankı arasındaki zaman farkından yansıtıcı engelin uzaklığı hesap edilebilir. Gemicilikte deniz derinlikleri bu yolla ölçülmektedir. Yarasalar da etraflarındaki engelleri ses dalgaları ile fark ederler. Ses dalgaları girişimle birbirini kuvvetlendirip, zayıflatabilirler. Girişim yapan dalgalar arasındaki yol farkının, dalga boyunun yarısına eşit olması şartını sağlayan yerlerde yok edici girişim olur, böyle yerlerde ses işitilmez.

## Soru 1: Saniyede 6 kez oluşturulan su dalgalarında ardı ardına gelen 3 dalga tepesi arası uzaklık 12cm olarak ölçülmüş olup, bu dalganın periyodunu, dalga boyunu ve yayılma hızını bulunuz.

## Soru 2: Saniyede 10 kez oluşturulan su dalgalarında ardı ardına gelen bir tepe ile bir çukur arası uzaklık 2cm ise, dalganın periyodunu, dalga boyunu ve yayılma hızını bulunuz.

**Soru 3:** Periyodu 0,5s olan sesin yüksekliği nedir?

## Soru 4: Birbirinden 10000 km uzaklıktaki iki kişi telefon ile konuşmaktadır. Birinin söylediği bir kelime diğerine ne kadar sürede ulaşacaktır?

## CEP TELEFONU SİSTEMLERİ

Birçok insan için iletişimin kesintisiz olması gerekir. Cep telefonları ve araç telefonları bu ihtiyaçtan doğmuştur. Bu amaçla ülke küçük hücrelere (bölgelere) ayrılır. Her bir hücre içinde düşük güçlü hem alıcı hem de verici olarak çalışan bir radyo istasyonu bulunur. Hücrelerin büyüklükleri şehir içinde 2 km ve şehir dışında ise 30 km ye kadar çıkabilir. Bu radyo istasyonlarının frekansları 900 MHz civarında seçilmiştir. Bir cep telefonu cihazı, küçük bir alıcı-verici radyodan başka bir şey değildir. Bir telefon numarası yazıp “evet” ya da “gön der” tuşuna basıldığında, özel bir sinyal üretilir. Bu sinyal en yakın hücresel radyo istasyonu tarafından yakalanır. Bu hücresel radyo istasyonlarının birçok sayıda cep telefonu cihazıyla iletişim kurabilecek kanalları vardır. Cep telefonundan alınan özel sinyalden hemen sonra hücresel radyo istasyonu otomatik olarak boş olan kanalın frekansını cep telefonu cihazına bildirir. Böylece bu frekansta iki yönlü bir iletişim başlamış olur. Bu hücresel radyo istasyonları elektronik çevirici merkezine bağlıdır. Elektronik çevirici merkezinde taşıyıcı dalga kaldırılarak konuşmanın normal telefon hattına bağlanması sağlanır. Bu noktadan itibaren bağlantı aynen sabit bir telefon bağlantısında olduğu gibidir. Gelen konuşma da aynı taşıyıcı frekansı kullanır. Fakat bu defa, hücresel radyo istasyonundan cep telefonuna gönderilir. Telefon cihazının içerisinde yayılan ses hızı, elektronik devrelerin yapısına bağlı ve karmaşıktır. Ancak ses, telefonların antenleri arasında "ses hızı" ile değil, "ışık hızı" ile yol alır. Ahize denilen mikrofona konuşulduğunda, ses burada elektromanyetik dalgaya çevrilir. Karşı tarafın telefonunda sese çevrilene kadar yolculuğunu elektromanyetik dalga olarak yapar. Elektromanyetik dalganın hızı ışık hızına eşittir. Cep telefonunda da normal telefon hattına bağlanıldığından, elektromanyetik dalga üzerine bindirilmiş ses, telefonlar arasında ışık hızı ile hareket eder.