

SES DALGALARI

SES DALGALARI

Ses, madde moleküllerinin titreşimiyle oluşan bir dalga hareketidir. Titreşen cisimler, ortamdaki moleküllerle çarpışarak ses oluşturur.

Ses meydana getiren her maddeye **ses kaynağı** denir.

Ses Dalgalarının Genel Özellikleri

❖ Ses dalgaları, titreşim doğrultusu ile yayılma doğrultusu aynı olan boyuna dalgalardır.

❖ Ses dalgaları mekanik dalgalardır. Mekanik dalgaların yayılabilmesi için maddesel bir ortama ihtiyaç vardır. Bu nedenle, ses dalgaları boşlukta yayılamazlar.

❖ Ses her yöne yayılır.

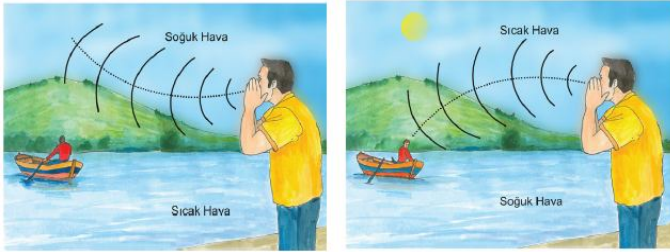
❖ Ses dalgalarının yayılma hızı yayıldıkları ortamın cinsine bağlıdır. Ses en hızlı katılarda, sonra sıvılarda, en yavaş da gaz ortamlarda yayılır.

$$u_{\text{hava}} = 331 \text{ m/s}, u_{\text{su}} = 1500 \text{ m/s}, u_{\text{çelik}} = 6000 \text{ m/s}$$

❖ Ses dalgalarının yayılma hızı ortamın sıcaklığına bağlıdır. Sıcaklık arttıkça sesin yayılma hızı artar. Sesin havadaki yayılma hızı 0°C de 331 m/s , 20°C de 344 m/s , 25°C de 345 m/s dir.

❖ Ses dalgaları diğer dalgalar gibi kırılmaya uğrar. Ses dalgasının kırılması hareket yönündeki değişimlerdir. Ses dalgası ortamda ilerlerken farklı tabakalardaki sıcaklık farklarından dolayı hızı değişerek aşağı ya da yukarı doğru eğilir. Bu şekilde ses dalgalarının yayılma doğrultusunun değişmesine **ses dalgalarının kırılması** denir.

Ses dalgaları sıcak ortamda daha hızlı ilerler. Herhangi bir alanda rüzgârın arkadan esmesi durumunda ses, zemine; önden emesi durumunda ise yukarı yönelir. Gündüz, zemin ısındığı için ses dalgaları ısı etkisi nedeniyle yukarı yönelir. Gece, zemin soğuduğu için ses dalgaları daha uzağa gider ve aşağıya yönelir.



Denizaltıları ses dalgalarının kırılma ilkesinden faydalanarak sonardan saklanabilir. Ayrıca ses dalgalarından faydalanarak deniz tabanının öğrenmeye yönelik çalışmalar yapılabilmektedir. Bu çalışmalarda ses dalgalarının kırılması, sağlıklı sonuçların elde edilmesinde problem oluşturabilmektedir.

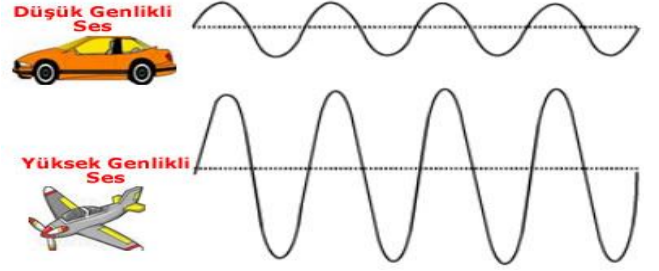
❖ Ses dalgaları kaynaktan uzaklaştıkça, genliği küçülür, dalganın etkisi gittikçe azalır ve bir süre sonunda sönümlenir. Bu özellik tek boyutlu olan ya da yay ortamlarda oluşturulan dalgalarda yoktur. O nedenle bu dalgaların genliği, eğer ortam soğurmuyorsa sabit kalır.

SESİN ÖZELLİKLERİ

Çeşitli ses kaynaklarının çıkardığı seslerden birini diğerinden ayıran özellikler: Sesin şiddeti, sesin frekansı, sesin tınısıdır.

1. Sesin Şiddeti (Gürlüğü)

Sesin zayıf ya da kuvvetli olmasına şiddet (gürlük) denir. Sesin şiddeti, ses dalgalarının enerjisine ve genliğine bağlıdır. Genlik büyükse ses şiddetli, küçükse ses zayıf duyulur.



❖ Aynı genlikteki ses dalgalarının şiddetleri eşittir.

❖ Ses kaynağından uzaklaştıkça sesin şiddeti daha az, yaklaştıkça daha fazla algılanır.

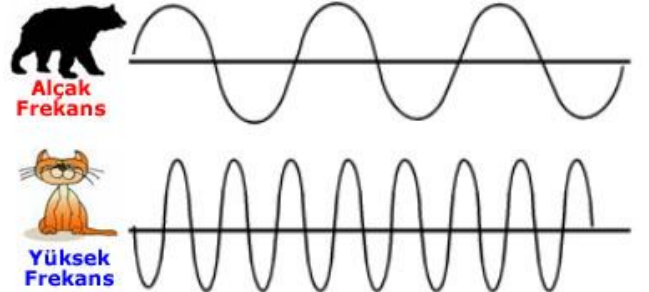
❖ Sesin şiddetinin birimi desibel (dB) dir. İşitilebilen en hafif ses 0 dB dir ve buna işitme eşiği denir. İnsan $0 - 120 \text{ dB}$ aralığındaki sesleri duyabilir. 30 ile 60 dB arası sesler normal şiddetteki seslerdir. 60 dB den fazla olan sesler şiddetlidir ve rahatsız eder.

❖ Şiddetli sesler;

- Uyumayı ve düşünmeyi zorlaştırır.
- Stres ve sinir yapar.
- İşitme kaybına neden olabilir.

2. Sesin Frekansı (Yüksekliği)

Sesi oluşturan kaynağın bir saniyedeki titreşim sayısına frekans denir. Sesin yüksekliği frekans ile doğru orantılıdır.



❖ Frekans sesin yüksekliğinin ölçüsüdür.

❖ Frekansın birimi Hertz (Hz) dir.

❖ Frekans yalnızca kaynağa bağlıdır. Kaynaktan üretilen sesin frekansı ortam değişirse de değişmez.

Frekansı büyük olan ses, ince (tiz)

Frekansı küçük olan ses kalın (bas) dır.

❖ Genellikle bayanların sesi ince (frekansı büyük), erkeklerin sesi kalın (frekansı küçük) dir.

❖ İnce sesleri kalın seslerden ayıran özellik sesin yüksekliği yani frekanstır.

❖ Kulağın sese duyarlılığı sesin şiddetine bağlı olduğu gibi frekansına da bağlıdır. Genel olarak ses dalgaları frekanslarına göre üç gruba ayrılır.

1. İşitilebilir Ses Dalgaları: İnsan kulağının duyarlı olduğu frekans aralığının içindeki ses dalgalarıdır. Sesin şiddeti yeterli ise bu sınırlar 20 Hz ile 20.000 Hz arasındadır.

2. Ses Altı (infrasonik) Dalgaları: 20 Hz frekansından küçük frekanslı ses dalgalarıdır. Deprem dalgaları bunlara örnektir. Filler birbirinden kilometrelerce uzaktan bile bu ses altı dalgaları ile iletişim kurabilmektedir.

3. Ses Üstü (ultrasonik) Dalgaları: 20.000 Hz frekansından büyük frekanslı ses dalgalarıdır. Bazı hayvanlar bu sesleri duyabilir. Ses üstü dalgalar çıkaran özel köpek düdüklelerinin sesleri insanlar tarafından duyulamaz iken köpekler tarafından kolayca duyulabilir.

Ultrasonik sestem teknolojide yararlanır.

• İnsan ve hayvanlarda hastalıklı bölgenin yeri ve büyüklüğü belirlenir.

• Cisimler dezenfekte edilir.

• Boruların kalınlığı veya çatlak olup olmadığı tespit edilir.

• Yarasalar çıkardıkları ve duyabildikleri ultrasonik ses sayesinde, sesin yansıması özelliğini kullanarak yönlerini bulabilir ve avlanırlar.

❖ Titreşen telin frekansı;

1. Telin cinsine bağlıdır.

2. Telin boyu ile ters orantılıdır. Telin boyu arttıkça frekans küçülür, ses kalınlaşır.

3. Telin kalınlığı ile ters orantılıdır. Tel kalınlaştıkça frekans küçülür, ses kalınlaşır.

4. Telin gerginliği ile doğru orantılıdır. Telin gerginliği arttıkça frekans büyür, ses inceler.

5. Sıcaklık tellerin boylarını ve gerginliklerini etkileyeceğinden sesin yüksekliğini de etkiler.

3. Sesin Tınısı

Sesler aynı şiddette ve frekansta bile olsalar birbirinden ayırt edilebilirler. Her ses kaynağı kendine özgü ses çıkarır. Bir sesin hangi kaynaktan çıktığını tanıtan özelliğe **sesin tınısı** denir.

❖ Ses çıkaran müzik aletinin saz mı, gitar mı yoksa piyano mu olduğunu seslerinden ayırt edilebilir. Aynı şiddet ve yükseklikte çıkan seslerde bile, saz, gitar ve piyanodan çıkan sesler birbirinden farklıdır. Bu farklılığı belirten özellik sesin tınısıdır.

❖ Farklı ses kaynaklarının tınları farklıdır.

❖ Sivrisinek kanatları saniyede 600 kez titreşir. Bu nedenle saniyede havada 600 ses dalgası yani titreşim oluşur ve bu ses dalgaları havada yayılarak kulağa gelir ve ince yani yüksek ses olarak duyulur.

❖ Traktör çalışınca, traktördeki ağır metal parçalar yavaş titreşir ve ses dalgası yani titreşim sayısı az olur ve kalın ses oluşur.

❖ Bazı hayvanlar insanların duyabileceğinden çok yüksek yani büyük frekanslı sesler üretebilir ve duyabilir.

❖ Şişelere konan farklı miktardaki sular farklı yükseklikte sesler çıkarır.

❖ Şişelere vurulduğunda en yüksek yani ince ses boş şişeden çıkar. Şişedeki su miktarı arttıkça sesin yüksekliği azalır, kalınlığı artar.

Bunun nedeni şişelere vurulduğunda hem şişe hem de su titreşir. Boş şişede sadece şişe titreşeceği için şişenin titreşim sayısı yani frekansı ve sesin yüksekliği artar, ses daha ince çıkar. Su miktarı arttığında kütle artar ve şişe ve su birlikte titreşeceği için şişenin titreşim sayısı yani frekansı ve sesin yüksekliği azalır, ses daha kalın çıkar.

❖ Şişelere üflendiğinde en az yüksek yani kalın ses boş şişeden çıkar. Şişedeki su miktarı arttıkça sesin yüksekliği ve inceliği artar.

Bunun nedeni şişelere üflendiğinde sadece hava titreşir. Boş şişede hava daha fazla olduğu (uzunluk arttığı) için frekans ve sesin yüksekliği azalır, ses daha kalın çıkar. Su miktarı arttığında hava miktarı azaldığı (uzunluk azaldığı) için frekans ve sesin yüksekliği artar, ses daha ince çıkar.

❖ Farklı uzunluktaki levhalardan yapılan ksilefonlarda kısa levhalar ince, uzun levhalar kalın ses çıkarır. Çünkü uzunluk arttıkça frekans yani titreşim sayısı azalır ve ses daha kalın çıkar.

❖ Bir şişeye musluktan su doldurulurken su miktarı arttıkça sesin kalınlığı artar. Çünkü şişeye su dolarken su şişeye çarptığı anda şişenin ve içindeki suyun titreşmesini sağlar. Su miktarı arttıkça titreşim sayısı yani frekans azalacağı için ses daha kalın çıkar.

❖ Flütte çıkarılan kalın –do sesinin yüksekliği –si sesinin yüksekliğine göre daha azdır.

❖ Kaplanın çıkardığı ses dalgası, kedininkine göre düşük frekanslıdır ve bu nedenle daha kalındır.

❖ Farklı diyapazonlara lastik tokmaklarla vurulduğunda farklı yükseklik yani incelik ve kalınlıkta sesler duyulur. Diyapazonun frekansı büyükse daha yüksek yani ince ses, frekansı büyükse daha az yüksek yani kalın ses çıkarır.

Sesin Yansıması ve Yankı

Ses dalgalarının sert ve pürüzsüz bir yüzeye çarpıp tekrar kaynağa geri ulaşmasına **yankı** denir.



Yankı yüksek binaların ya da dağların bulunduğu yerlerde olur. Gidip gelen ses arasında 0,1 saniyeden fazla süre geçtiğinde kulağımız iki ses arasındaki farkı anlayabilir. Hava sıcaklığının 20°C olduğu bir günde, sesin yayılma hızı yaklaşık 340 m/s olacağından, yankı olayının gerçekleştiğinin anlaşılabilmesi için ses kaynağı ile sesin çarptığı engel arasındaki uzaklık hava ortamında en az 17 metre olmalıdır. Engelle aramızdaki uzaklık 17 metreden küçük ise, yansıyıp geri dönen ses dalgalarını ayırt edemeyiz.

Yankı olayı sesin net duyulmasını engeller. Bu nedenle sinema, tiyatro v.b. yerler yankı yapması engellenecek şekilde düzenlenir. Buna **akustik** denir.

ÖRNEK :

Bir öğrenci bir dağın karşısında bağırdıktan 10 saniye sonra sesini duyuyor.

Sesin havadaki hızı 340 m/s olduğuna göre öğrencinin dağa uzaklığı kaç km dir?

(1,7 km)

Sesin Soğrulması

Havada yayılan ses enerjisi (ses titreşimleri) bir yüzeye geldiğinde, genellikle üç olay birlikte olur: Bu enerjinin bir bölümü yansır, bir bölümü soğrulur yani başka tür bir enerjiye dönüşür, bir bölümü de bu yüzeyi geçerek yayılmasını sürdürür.

Ses enerjisinin soğrulması, başka tür bir enerjiye dönüşmesi anlamına gelir. Bu enerji türü genellikle ısı enerjisidir. Bu enerji türü değişimi, ses enerjisinin havada yayılması ile olur. Ses dalgaları havada yayılırken



hava moleküllerine çarparak enerjilerini onlara aktarır. Hava molekülleri hız kazanarak bu enerjiyi alır. Zamanla ses dalgalarının enerjisi biter ve sönüme gider. Ses dalgalarının hareket ettiği ortam ya da çarptıkların yüzeyin cinsine bağlı olarak bu soğrulma çok hızlı olabildiği gibi çok yavaş da olabilir. Sesin çarptığı yüzey ne kadar pürüzlü ise soğrulma o kadar çok olur. Bu da iç mekan akustiğinde çok önemlidir.

Rezonans (Çınlanım)

Bir ses kaynağından yayılan ses dalgaları, başka maddeleri de titreştirebilir. Aynı frekansta ses üretebilecek kaynaklardan biri, titreştirildiğinde diğeri de bundan etkilenerek titreşir. Bu olaya **rezonans** denir.

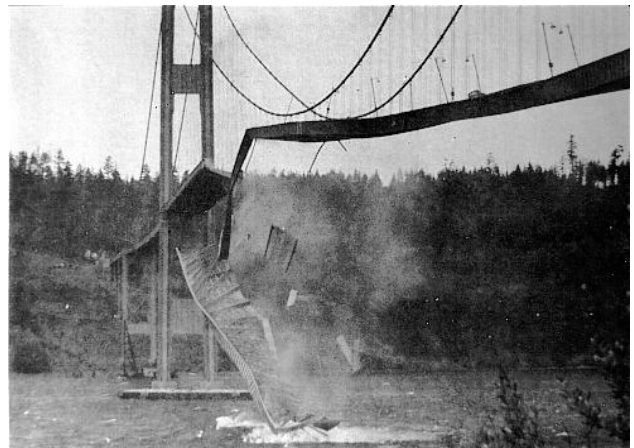
Evlerin yakınından ağır tonajlı araçlar veya uçaklar geçerken camların titreşmesi buna örnektir.

İki özdeş diyapazondan birine tokmakla vurulup bu diyapazon diğerine yaklaştırılırsa onun da titreştiği ve ses çıkardığı görülür. Bu etkileşme olayı rezonans olayıdır.

Bir cismin esnekliğine ve kütlesine bağlı frekansa **doğal frekans** denir. Cisim bu frekansta uyarılırsa yüksek genlikle oluşan titreşimler zamanla söner. Bunun nedeni sürtünme nedeniyle enerjinin ve genliğin gittikçe azalmasıdır.

Titreşim yapan cisimlerin titreşimlerini sürdürbilmeleri için kaybedilen enerjiyi tekrar kazandırmak gerekir. Bir dış kuvvet uygulayarak bu enerji verilebilir. Dış kuvvet cisme hareketi yönünde uygulanmalıdır. Bu duruma **zorla titreşim** denir. Dış kuvvetin frekansı titreşim frekansına eşit olursa maksimum genlikli titreşim olur. Bu durum da rezonans durumudur.

Rezonansın bazı olumsuz etkileri de vardır. Kesintili rüzgar etkisi altındaki bir köprüyü ele alacak olursak, rüzgarın ani ve değişken esmesinin neden olduğu titreşim ve salınımlar sonucunda köprünün doğal frekansı ile köprünün maruz kaldığı periyodik rüzgar frekansı birbirine eşitlenebilir. Bunun neticesinde salınım genliği sonuza gitmeye başlayacağından köprü rezonansa uğrayarak bir süre sonra yıkılacaktır. Bunun gerçek bir örneği 1940 yılında Washington'da yapılmış olan Tacoma köprüsünde yaşanmıştır. Bu köprü rüzgar etkisiyle rezonansa girerek yıkılmıştır.



DOPPLER OLAYI

Sabit frekanslı ses üreten bir kaynaktan yayılan sesin, yayılması sırasında frekans değerinde bir değişiklik olmaz. Ancak ses kaynağı ya da ses algılayıcısı hareketli ise bu durum değişir. Ses kaynağının hareketli olması durumunda ya da sesi duyan kişinin hareketli olması durumunda sesin frekansı, kaynaktan çıkan frekanstan farklı olarak algılanır. Bu duruma **doppler olayı** denir.

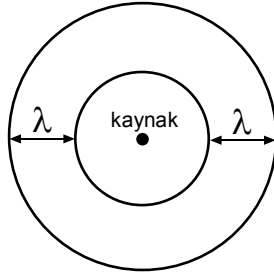
Doppler olayında değişen dalga boyudur. Ancak dalga boyu ile frekans ters orantılı olduğundan, gözlemci dalga kaynağının frekansını da değişmiş gibi algılar.

Doppler olayı hareketli kaynağın hızının ses hızından yavaş olduğu durumlarda gözlenir.

Kaynak hareket etmiyorsa dalgalar kaynak etrafında simetriktr.

Frekansı f_k olan bir kaynak, özellikleri değişmeyen bir ortamda λ dalga boyu u hızıyla hareket eden dalgalar yayıyorsa;

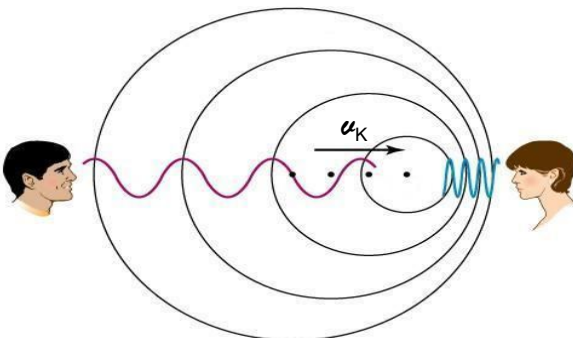
$$\lambda = \frac{u}{f_k} \text{ dır.}$$



Kaynak ortama göre u_k hızıyla hareket ederse, hareket yönündeki dalgalar sıkışırken zıt yöndeki dalgalar seyrekleşir.



Bu durumda hareket yönünde bulunan bir gözlemcinin işittiği ses yüksek frekanslı, harekete zıt yönde bulunan gözlemcinin işittiği ses ise düşük frekanslı olacaktır.



İşitilen sesin frekansı;

$$f_g = f_k \left(\frac{u}{u \pm u_k} \right) \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

f_g : Algılanan frekans

f_k : Kaynağın frekansı

u : Dalga yayılma hızı

u_k : Kaynağın hızı

Kaynak, gözlemciye doğru hareket ederse aradaki işaret (-), gözlemciden uzaklaşırsa aradaki işaret (+) alınır.

ÖRNEK-1 :

40 m/s sabit hızla hareket eden ambulansın sireni 150 Hz lik ses dalgaları yaymaktadır.

Ambulans kaza yapılan yere yaklaşırken buradaki kişilerin işittiği sesin frekansı kaç Hz dir? ($u_{\text{ses}} = 340 \text{ m/s}$)

(170 Hz)

ÖRNEK-2 :

Bir ambulans 36 m/s lik hızla düz bir yolda gitmektedir. Ambulansın çaldığı sirenin frekansı 300 s^{-1} dir. Durakta bekleyen bir yolcu kendisine doğru gelmekte olan bu ambulansın sireninin frekansını kaç s^{-1} duyar?

($u_{\text{ses}} = 336 \text{ m/s}$)

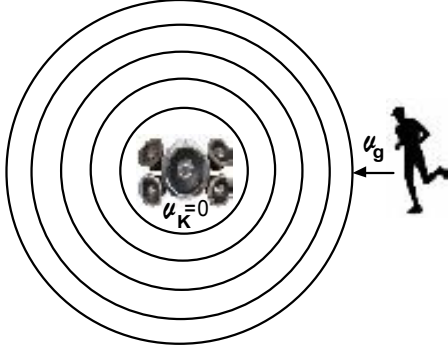
(336 s^{-1})

ÖRNEK-3 :

Bir yeraltı treni 60 m/s lik hızla bir istasyona uğramadan 400 Hz frekanslı düdük çalarak uzaklaşmaktadır. İstasyondaki yolcu uzaklaşan trenin düdüğünün frekansı kaç Hz olarak duyar? ($u_{\text{ses}} = 340 \text{ m/s}$)

(340 Hz)

❖Kaynak hareketsiz, gözlemci hareketli ve gözlemcinin hızı dalganın hızından küçük ise;

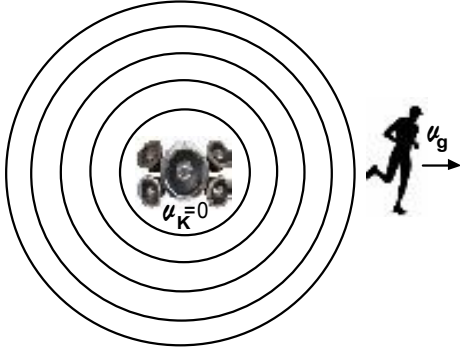


Özellikleri değişmeyen bir ortamda, f_K frekanslı, u hızıyla yayılan dalgalar üreten ve durmakta olan bir ses kaynağına doğru u_g hızıyla hareket eden bir gözlemci de sesi farklı frekansta algılar. Algılanan bu frekans;

$$f_g = f_K \left(1 + \frac{u_g}{u} \right) \quad \text{formülü ile hesaplanır.}$$

f_g : Algılanan frekans f_K : Kaynağın frekansı
 u : Dalganın yayılma hızı u_g : Gözlemcinin hızı

❖Kaynak hareketsiz, gözlemci hareketli ve kaynaktan uzaklaşıyor ise;



Özellikleri değişmeyen bir ortamda durmakta olan ses kaynağından u_g hızıyla uzaklaşan bir gözlemci sesin frekansını aşağıdaki formülle verildiği frekansla algılar.

$$f_g = f_K \left(1 - \frac{u_g}{u} \right)$$

ÖRNEK :

Park halinde ve kornası takılan bir otomobilin korna sesinin frekansı 400 Hz dir.
 5 m/s sabit hızla hareket eden bir bisikletli bu otomobile doğru yaklaşmaktadır. Bisikletlinin otomobile yaklaşırken ve otomobilden uzaklaşırken işittiği sesin frekansı kaç Hz dir? (Sesin havada yayılma hızı $u = 340$ m/s dir.)

(405,8 Hz, 394,1 Hz)

❖Hem kaynak hem de gözlemci hareketli ise;

Özellikleri değişmeyen bir ortamda hem ses kaynağı hem de gözlemci hareketli ise algılanan frekans aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$f_g = f_K \left(\frac{u \mp u_g}{u \mp u_K} \right)$$

- ❖Kaynak ve gözlemci arasındaki uzaklık azalıyorsa $(+u_g)$, $(-u_K)$ kullanılır.
- ❖Kaynak ve gözlemci arasındaki uzaklık artıyorsa $(-u_g)$, $(+u_K)$ kullanılır.

ÖRNEK-1 :

Bir ambulans ve bir otomobil, aynı yolda sabit hızlarla birbirine doğru yaklaşmaktadır. Otomobilin hızı 72 km/h tir. Ambulansın hızı 90 km/h, sirenin ses frekansı ise 450 Hz dir. Otomobilin şoförünün ambulansa yaklaşırken ve ambulandan uzaklaşırken işittiği siren sesinin frekansı kaç Hz dir? ($u_{ses} = 340$ m/s)

(514,3 Hz, 394,5 Hz)

ÖRNEK-2 :

Hızları 60 m/s ve 20 m/s olan iki tren zıt yönlerde gelerek birbirlerini geçtikten sonra hızı büyük olanın çaldığı sirenin çıkardığı sesin frekansı 400 Hz dir. Bu frekansı diğer trendeki bir yolcu tarafından kaç Hz lik ses olarak algılanır? ($u_{ses} = 340$ m/s)

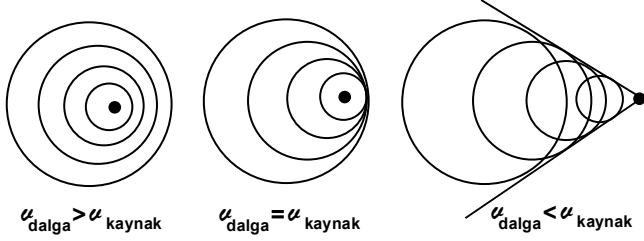
(320 Hz)

ŞOK DALGALARI

Ses kaynağının hızı, ses hızına yaklaştığı ya da ona eşit olduğu anda ilginç bir durum ortaya çıkar.

$$f_g = f_k \left(\frac{u}{u - u_k} \right)$$

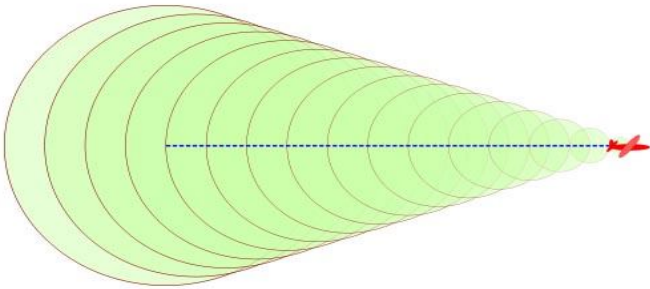
bağıntısına göre kaynağın hızı olan u_k , ses hızı olan u değerine eşit olursa f frekansı sonsuza gider. Yani dinleyiciye sonsuz sayıda dalga tepesi ulaşır. Kaynağın hızı ses hızından büyük olursa dalgalar kaynağın gerisinde kalır. İlerleyen bir dalga kaynağının hızı, dalgaların hızını aşarsa **şok dalgaları** oluşur.



Hareket halindeki süpersonik (sesten hızlı) uçaklar, sürekli olarak yarıçapları uçağın bulunduğu konumdan dışarıya doğru büyüyen dairesel ses dalgaları oluşturur.



Üst üste binen ses dalgaları moleküller üzerinde titreşim meydana getirir. Bunun sonucunda basınç oluşur. Jet uçağı ses hızına ulaştığı anda yüksek basınçlı bir hava duvarı meydana gelir. Uçaklar bu hava duvarını aştıkları anda çok şiddetli bir ses çıkarırlar. Bu olaya **sonik patlama** denir. Bu olaydan sonra tepesi uçağın burnunda bulunan, koni yüzeyi şeklinde büyük bir dalga oluşur. Uçak uzaklaştıktan bir süre sonra koni yüzeyi yere ulaşır ve patlama sesini andıran güçlü bir ses duyulur.



BÖBREK TAŞLARINDA ESWL TEDAVİSİ

Böbrek taşlarında ESWL tedavisi kullanılarak 2.5-3 cm kadar büyüklüğe ulaşan taşlar tedavi edilmektedir. ESWL tedavisi ses dalgası (şok dalgası) kullanılarak taşların ufak parçalara ayrılmasıdır. Ufak parçalara ayrılan böbrek taşları bu şekilde kanalda (üreterde) takılmadan idrar kesesine inmekte ve işeme ile vücut dışına atılmaktadır.

