

MİMARİ AKUSTİK

2017-2018 Güz yy

Prof. Dr. Zerhan YÜKSEL CAN

Prof. Dr. Neşe Yüğrük Akdağ

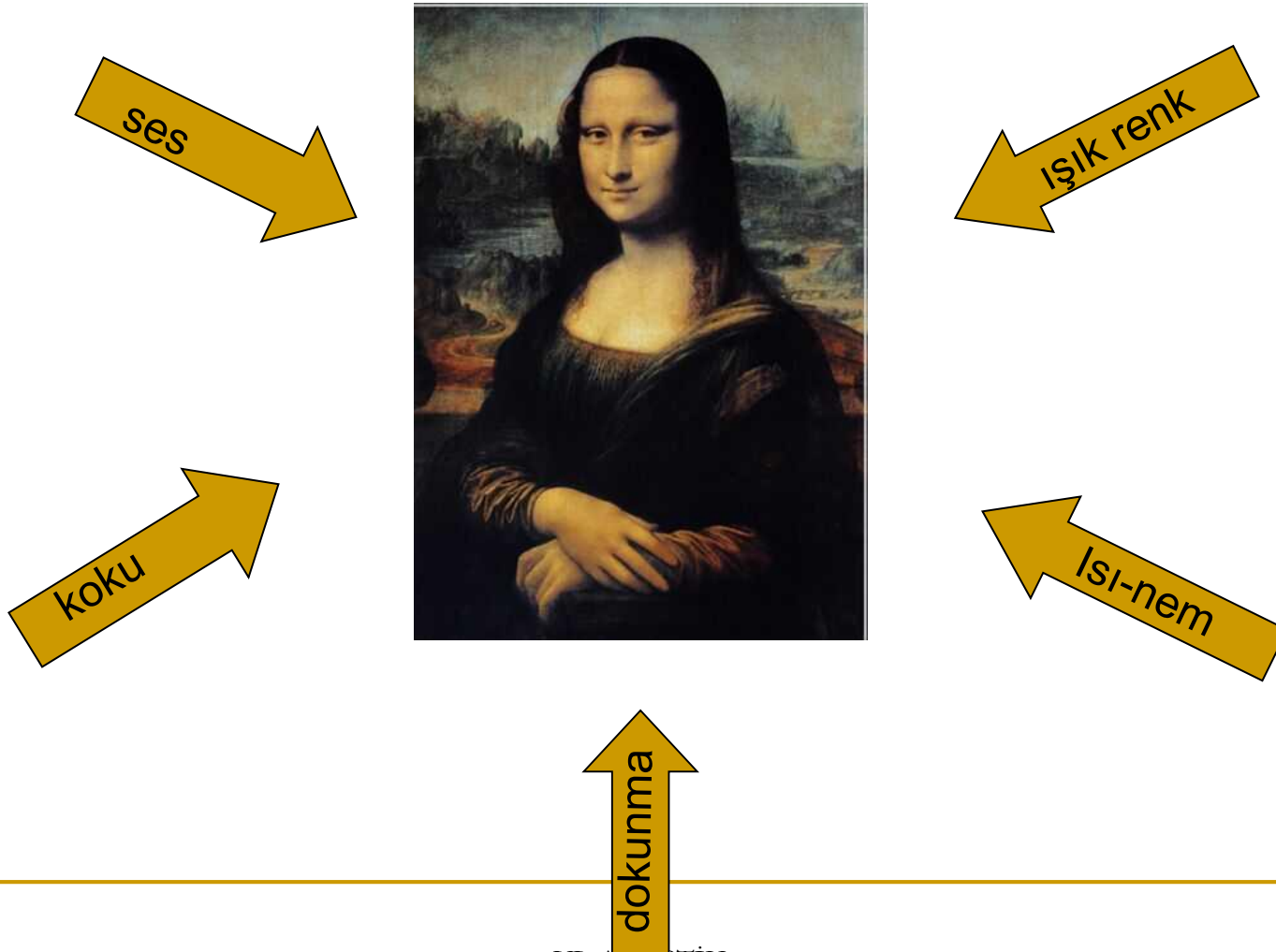
Doç. Dr. Nuri İlgürel

Yapı Fiziği bilim alanının amacı

- Fizik ortamlar mimarisini oluşturmak yani
- Belli bir durum ve eylem biçimi için gerekli fizik ortam koşullarını kuramsal olarak belirlemek ve bu koşulları uygulama alanında sağlayacak en uygun çözümlere ulaşmaktır.

İnsanları sürekli olarak yakından saran ve çevreleyen ve; Işık-renk, Ses, Isı-nem, Koku, Hava devinimleri gibi öğelerden oluşan ortama

fizik ortam denir.



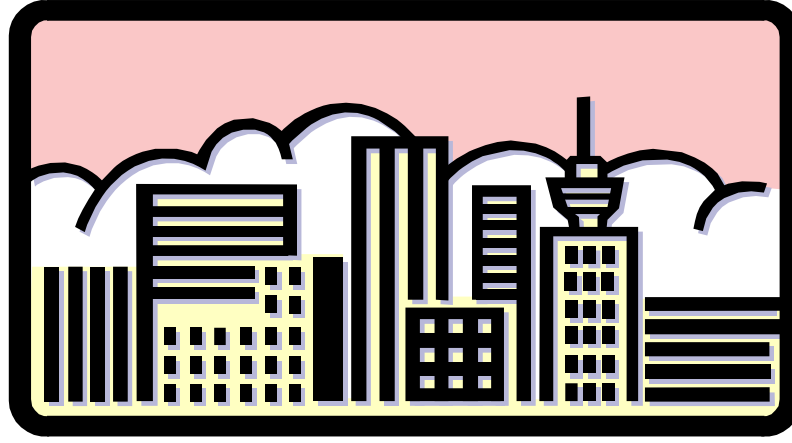
FİZİKSEL ETKİ (UYARTI) ► FİZYOLOJİK TEPKİ (DUYULANMA)

Fiziksel uyartı	Duyu organı	Duyulanma	Çevre	Gereksinim
Ses	Kulak	İşitme	İşitsel çevre	İşitsel konfor
Işık-renk	Göz	Görme	Görsel çevre	Görsel konfor
Isı-nem	Vucüt-deri	sıcak soğuk algılaması	Isısal çevre	Isısal konfor
Dokunma	Deri	Basınç	Dokunsal çevre	Dokunsal konfor
Koku	Burun	Koku alma	Kokusal çevre	Kokusal konfor

AKUSTİK SES BİLİMİDİR



MİMARİ AKUSTİK



AKUSTİK BİLİMİNİN MİMARLARI İLGİLENDİREN BÖLÜMÜDÜR.

YAPI AKUSTİĞİ (GÜRÜLTÜ DENETİMİ)

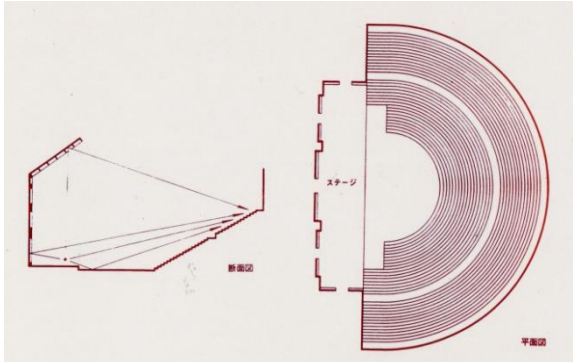
VE

HACİM AKUSTİĞİ

OLMAK ÜZERE İKİ BÖLÜMDEN OLUŞUR.

HACİM AKUSTİĞİ

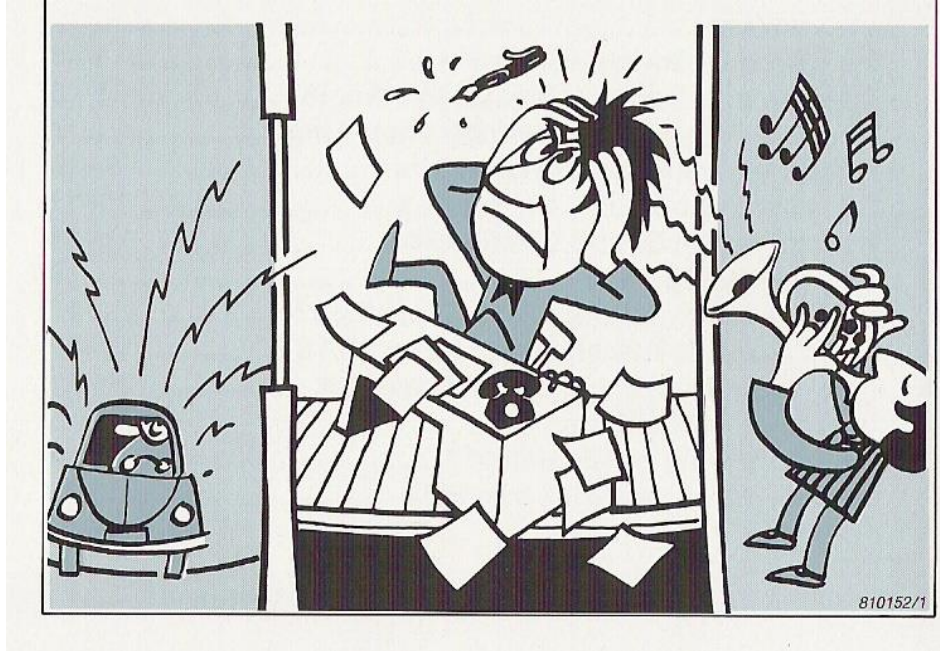
- Hacim akustiğı, hacim içindeki ses kaynağından çıkan seslerin, tüm dinleyicilerin kulaklarına en iyi koşullarda ulaşmasını amaçlayan akustik dalıdır.



Orange antik tiyatrosu,
1.yy, 6000 kişi, 104 m çap



YAPI AKUSTİĞİ / GÜRÜLTÜ DENETİMİ

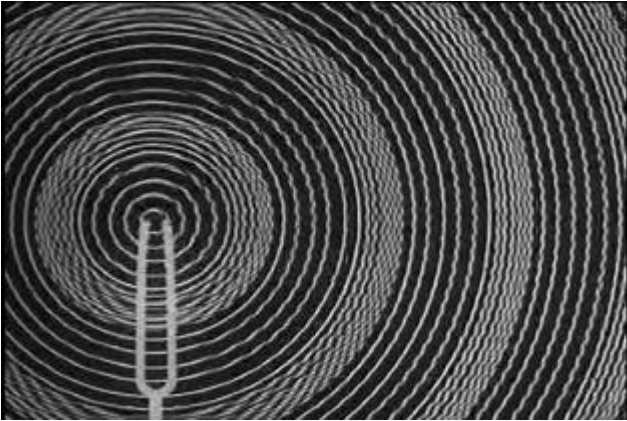


- Yapı içinde ya da dışında doğan seslerin yapının bölümlerine geçme biçimlerini inceleyen, geçmemesi için alınması gereken önlemleri veren akustik dalıdır.

SES



**İnsan kulağında işitsel
duyulanma yaratan
maddesel ortam
titreşimlerine ses denir.**



**Ses bir titreşimdir ve dalga
hareketi ile yayılır.**

**Ancak maddesel ortam
titreşimleri ses olarak
algılanır. Boşlukta ses
yayılmaz.**

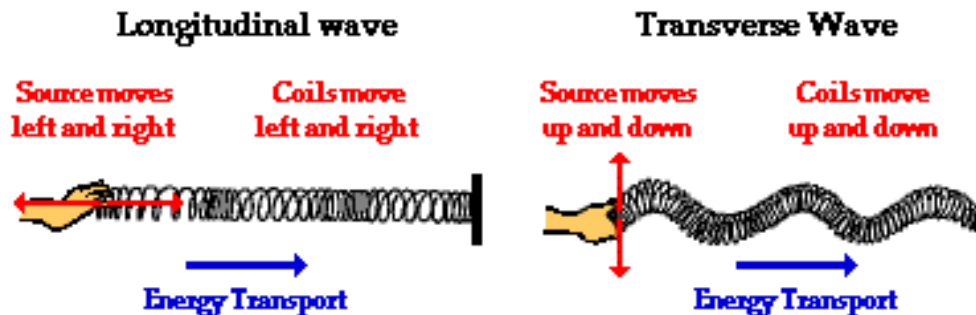
Dalga hareketi



- Dalga hareketi bir ortamda enerjinin, bir bölgeden diğer bir bölgeye, maddenin kalıcı olarak taşınmadan iletilmesidir. Bir dalgada ortam tanecikleri geçici olarak yer değiştirir ve özgün konumlarına geri döner.
- Dalga hareketinde enerji taşınır, madde taşınmaz.
- Ses dalgası, mekanik bir dalgadır, yani ancak maddesel ortamda yayılabilir.

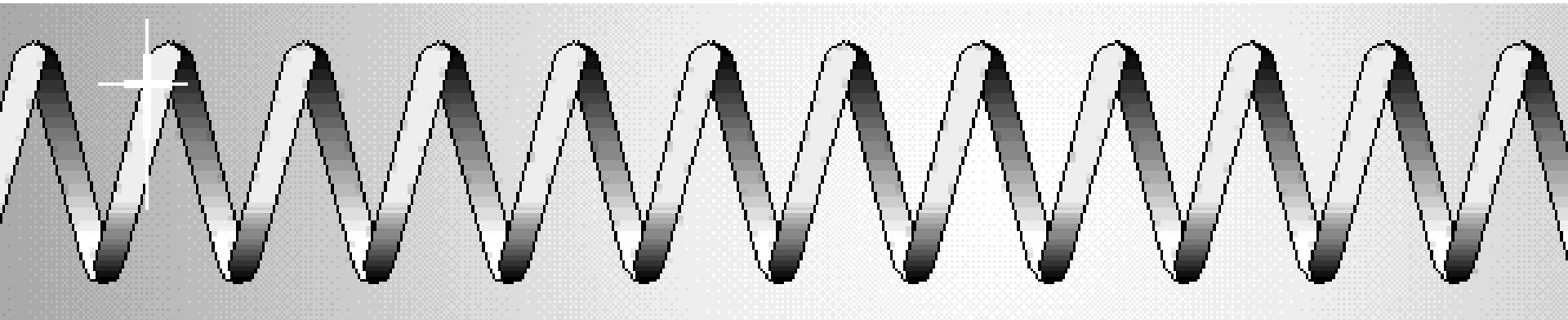
Dalga hareketi

- Ses dalgaları yayılma doğrultusuna bağlı olarak enine ve boyuna dalgalar olarak sınıflandırılabilir;
- **Boyuna dalgalar** titreşimin yayılma doğrultusuna paralel olan dalgalardır.
- **Enine dalgalar** titreşimin yayılma doğrultusuna dik olan dalgalardır.



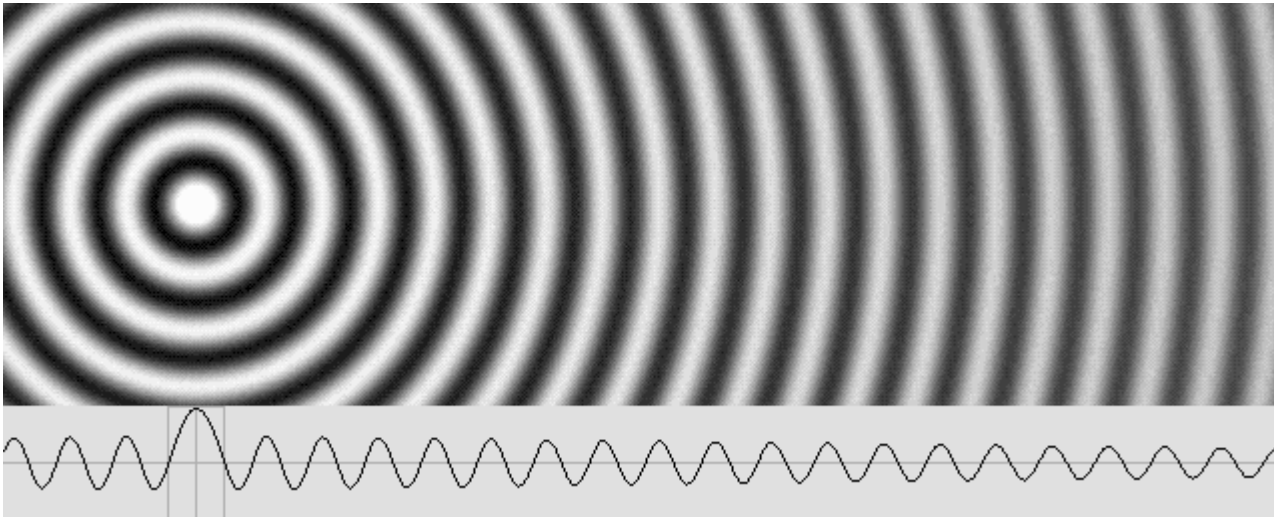
- Ses havada (sıvı ve gazlarda) boyuna dalgalarla yayılır; katılarda ise enine ya da boyuna dalgalarla yayılabilir.

- Titreşen bir nesne önündeki havayı iter ve sıkıştırır.
- Aynı anda, titreşen nesnenin arkasında ani bir basınç azlığı oluşur ve arkadaki bu boşluğu hava hızla doldurur.
- Bu yolla, havadaki basınç değişimleri uzak noktalara iletilir yani ses dalgaları oluşur.

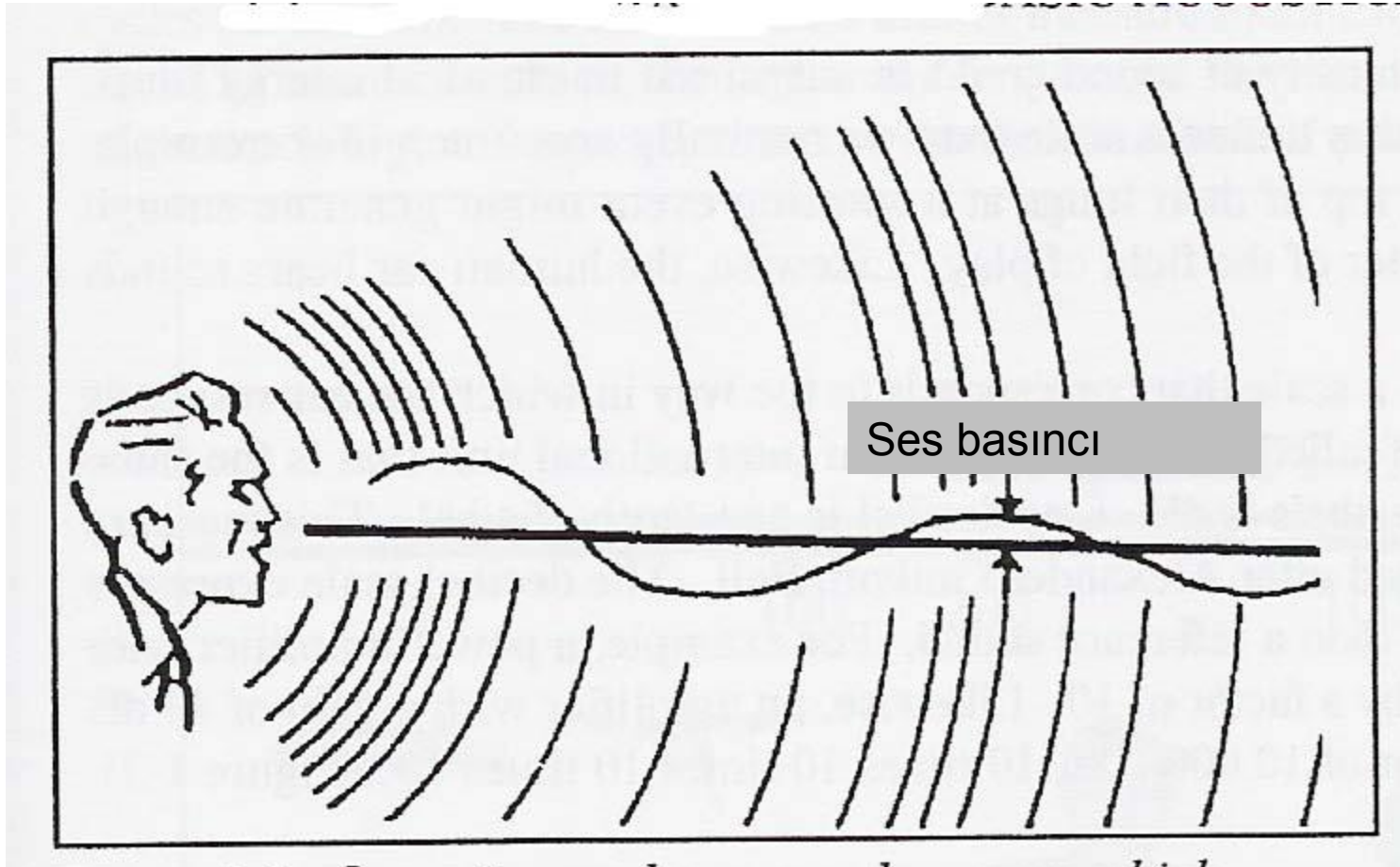


Dalga hareketi

- Ses dalgaları dalga biçimine bağlı olarak küresel ve düzlem dalgalar olarak sınıflandırılabilir;
- **Küresel dalgalar** merkezi ses kaynağı olan eş merkezli kürelerden oluşan dalgalardır. Bir ses kaynağının yayımladığı ses enerjisi her doğrultuda aynı olduğunda ses küresel dalgalarla yayılır.

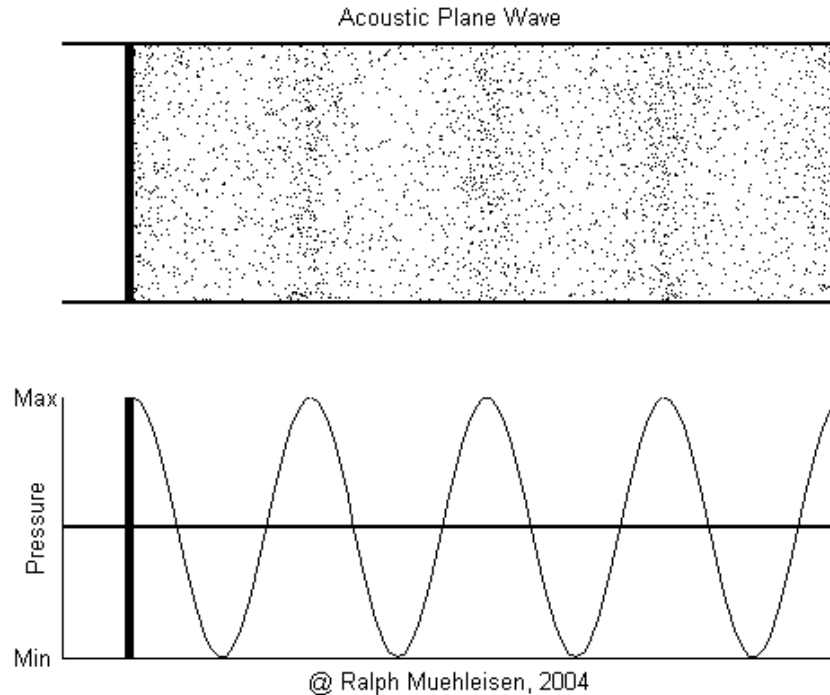


Ses, havada –genelde- küresel ses dalgaları ile yayılır.



Dalga hareketi

- **Düzlem dalgalar** dalga alınları yayılma doğrultusuna dik olan paralel düzlemlerden oluşan dalgalardır. Düzlem dalgaların yayılma doğrultusu her noktada aynıdır.

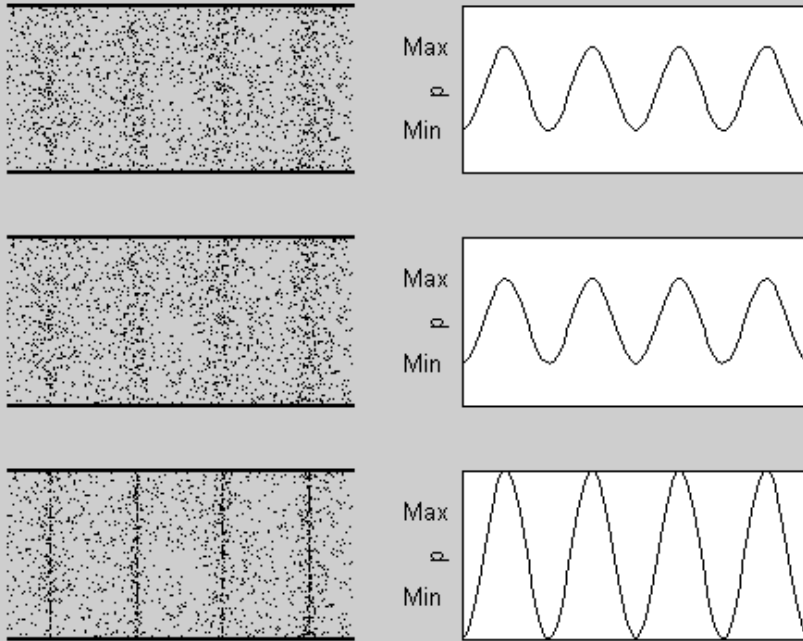


Dalga hareketi

- **İlerleyen dalga:** Yayılma doğrultusunda enerji iletimi olan ses dalgalarına ilerleyen dalga adı verilir.

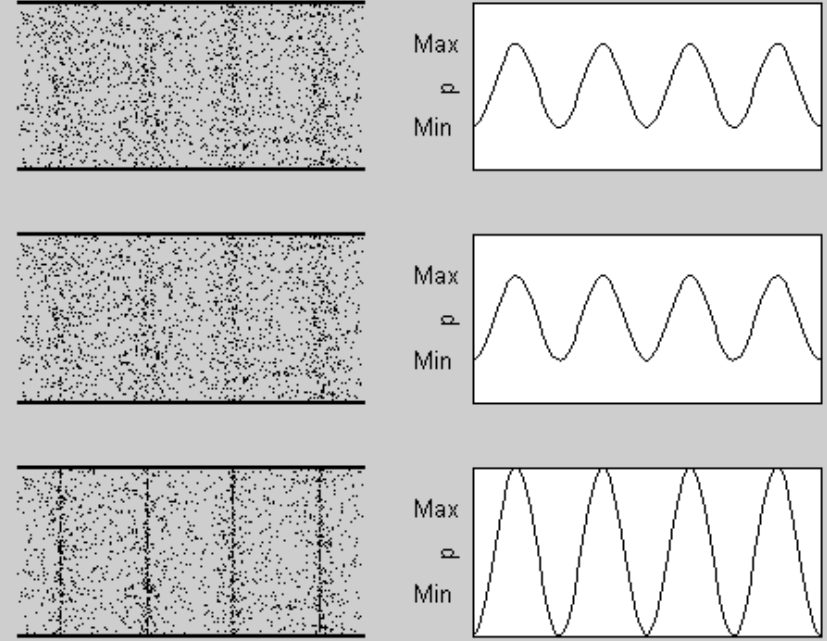
- **Duran dalga:** Uzamda genlik dağılımı sabit olan ve aynı biçimde ve frekanstaki zıt fazlı ilerleyen dalgaların girişiminden oluşan periyodik dalgalara duran dalga denir. Duran dalgaların tipik özelliği, maksimum ve minimum basınç noktalarının sabit olmasıdır. Bu tür dalgalar borular, müzik aletleri ve hacimlerde oluşabilir.

Superposition of plane waves in same direction with $\beta=0.00$ and $p_1/p_2=1.0$



@ Ralph Muehleisen, 2005

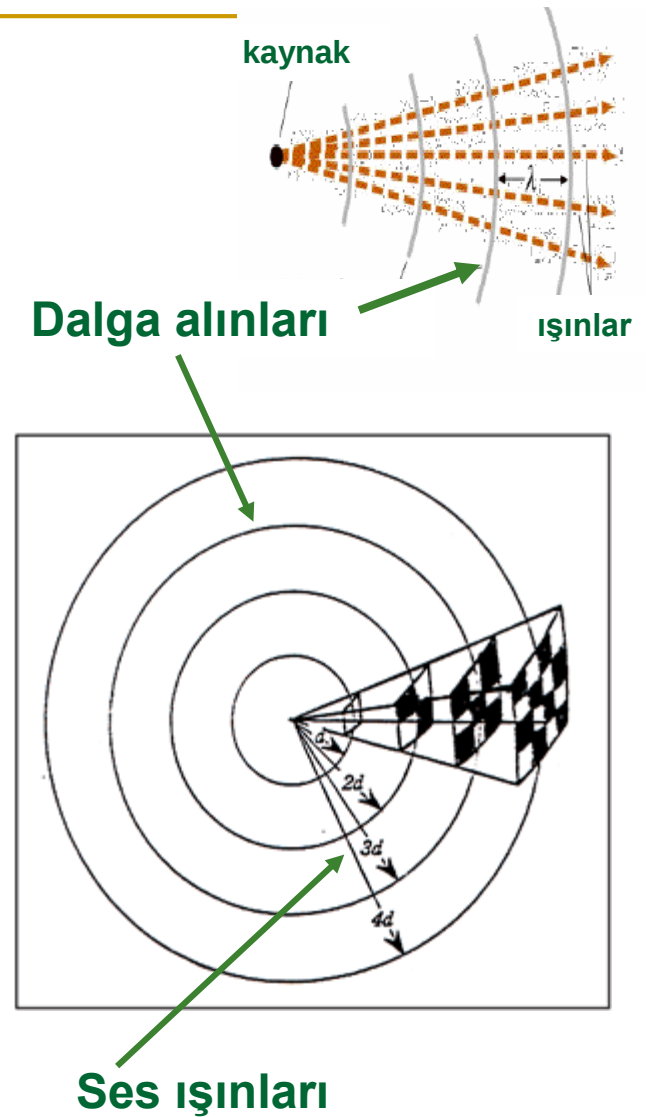
Superposition of plane waves in opposite direction with $\beta=0.00$ and $p_1/p_2=1.0$



@ Ralph Muehleisen, 2005

Dalga hareketi

- **Dalga alını:** İlerleyen bir dalganın, herhangi bir andaki eş fazlı noktalarının oluşturduğu sürekli yüzeye dalga alını denir.
- **Ses ışınları:** Ses kaynağından çıkan ve ses dalgalarının yayılma doğrultusunu gösteren sanal çizgilere ses ışınları denir. Ses ışınları her zaman dalga alınlarına dik doğrultudadır.



Sesin yayılma hızı $\rightarrow c$ (m/sn)

- Ses hızı ses dalgalarının yayılma hızıdır.
- Sesin yayılma hızı içinde yayıldığı ortamın özelliklerine bağlı olarak değişir.
- Sesin yayılma hızı ortamın yoğunluğuna ve esnekliğine (elastisitesine) bağlıdır.
- Esnekliği fazla ortamlarda ses daha hızlı yayılır.

Sesin havada yayılma hızı

$$c = 20,05 \sqrt{T_c + 273.2}$$

c ; sesin yayılma hızı (m/sn)

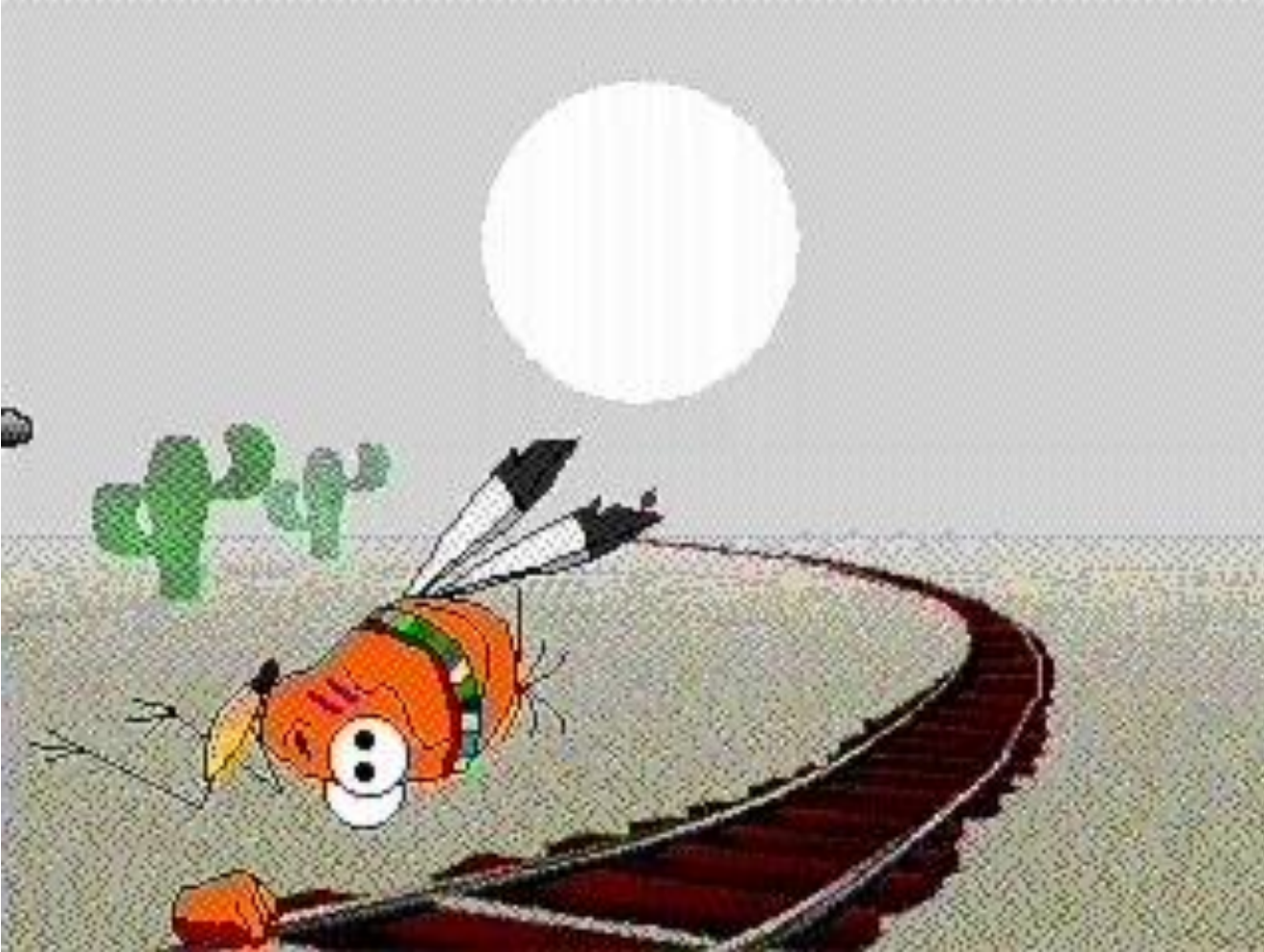
T_c ; Santigrad cinsinden havanın sıcaklığı

- Sesin havada yayılma hızı, havanın sıcaklığı ile doğru orantılıdır.
- Yüksek hava sıcaklıklarında yayılma hızı, daha fazladır.
- Mimari akustikte -genelde- sesin 20⁰C'daki havada yayılma hızı olan 344 m/sn kullanılır.

Sesin değişik gereç ve ortamlarda yayılma hızı

Gereç/ortam	Sesin ~yayılma hızı c (m/sn)
Lastik	35-230
Mantar	480
Hava (0 ⁰ ;20 ⁰ ;50 ⁰ C)	330/340/350
Su, Kurşun	1400
Ahşap	1000-4000
Mermer	3800
Beton	3500-5000
Cam	4000-5000
Çelik	5000

Ses genelde katı ortamlarda daha hızlı yayılır.

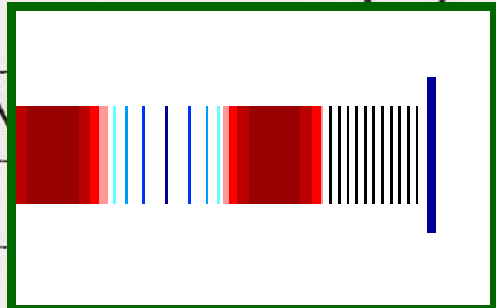
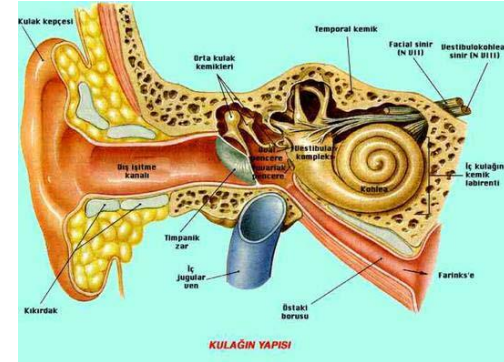


İşitsel Algılama Olayı

İşitsel algılama, bir ses kaynağı tarafından üretilen sesin, içinde iletildiği ortamın özelliklerine bağlı olarak değişime uğraması ve kulağı, işitsel duyarlılığı oranında uyarması olaylarını kapsayan bir süreçtir.

İşitsel algılamanın ana öğeleri

- Ses kaynağı
- Sesin iletildiği ortam
- İşitme sistemi



Gestalt etkisi ve akustik

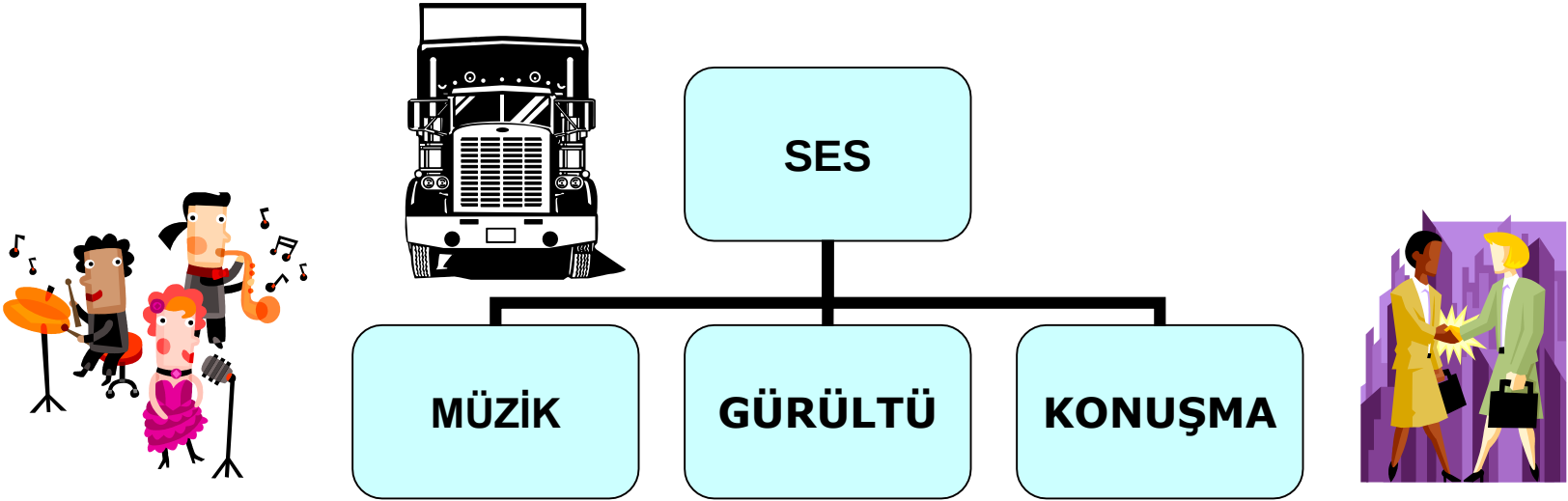
Gestalt etkisi aynı uyaran tarafından yaratılan farklı algıları tanımlamada kullanılan bir terimdir.

Ses fiziksel bir olay olan akustik sinyalin yol açtığı fizyolojik bir etkidir. Bir akustik sinyalin psikoakustik algısı yani ses; Gürültü, konuşma , müzik biçimlerinde olabilir.

Fiziksel olay → Akustik sinyal

Fizyolojik etki → Ses

Psikoakustik algılama → Müzik, Konuşma, Gürültü



Müzik düzenli seslerden oluşur; düzeyi ve frekansı zaman içinde değişir ancak bu değişimler arasında bir uyum söz konusudur. Müzik kulağı olan birisi sesin tınısını, hangi enstrümandan ya da enstrümanlardan oluştuğunu algılar.

Gürültü fiziksel olarak düzensiz seslerden oluşur. Fizyolojik olarak ise istenmeyen hoş gitmeyen her türlü ses gürültüdür. Gürültünün tınısı yoktur ancak baskın frekans içeriği olabilir.

Konuşma düzenli ve düzensiz seslerden oluşur. Konuşmada sesli harfler düzenli, sessiz harfler düzensiz seslerdir. Konuşmada sesli ve sessiz harfler birbirini kısa zaman aralıkları ile izler..

SES İLE İLGİLİ BÜYÜKLÜKLER VE TANIMLAR

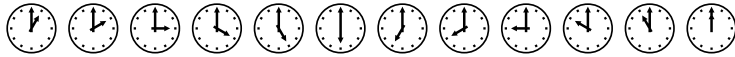
Ses karmaşık bir fiziksel olaydır.

Sesin üç bileşeni vardır;

- ❑ İncelik-kalınlık
- ❑ Azlık- çokluk
- ❑ Tını

ve ses

ZAMAN



içinde değişir.



İNCELİK-KALINLIK

 İNCE SES (tiz ses) sivrisinek vızıltısı gibi,

 KALIN SES (pes ses) davul sesi gibi

AZLIK-ÇOKLUK

Yeğinlik, sesin düzeyi yani azlık çokluğudur.

Fısıltı ile konuşma
ya da
Yüksek sesle konuşma gibi

TINI (NE SESİ OLDUĞU)

- Bir sesin ne sesi olduğunu anlamamıza yarayan ses bileşenidir.
- Piyano sesi, keman sesi, Ahmet'in sesi, Mehmet'in sesi gibi



Bir topluluğa seslenen konuşmacının salondaki gürültüden ötürü sesini yükseltmesi durumunda, konuşmacının ses bileşenlerinin değişimi konusunda ne söyleyebilirsiniz?

Konuşmacının sesini yükseltmesi durumunda

Sesin frekansı değişmez

Sesin tınısı değişmez

Sesin düzeyi değişir (artar)



Aynı notayı bir keman ve bir piyanonun çıkarması durumunda, ses bileşenlerinin değişimi konusunda ne söyleyebilirsiniz?

**Aynı notayı bir keman ve bir piyano ile
çalma durumunda**

Sesin frekansı değişmez

Sesin düzeyi değişmez

Sesin tınısı değişir



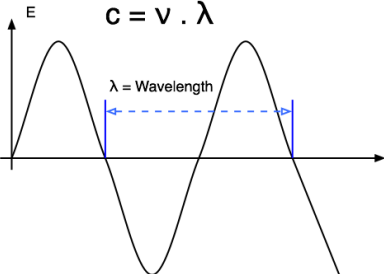
Bir viyolonselın önce “re” sonra da “fa” sesi çıkarması durumunda, ses bileşenlerinin değişimi konusunda ne söyleyebilirsiniz?

Aynı çalgının iki farklı notayı eş güçte çalması durumunda

Sesin tınısı değişmez
Sesin düzeyi değişmez
Sesin frekansı değişir

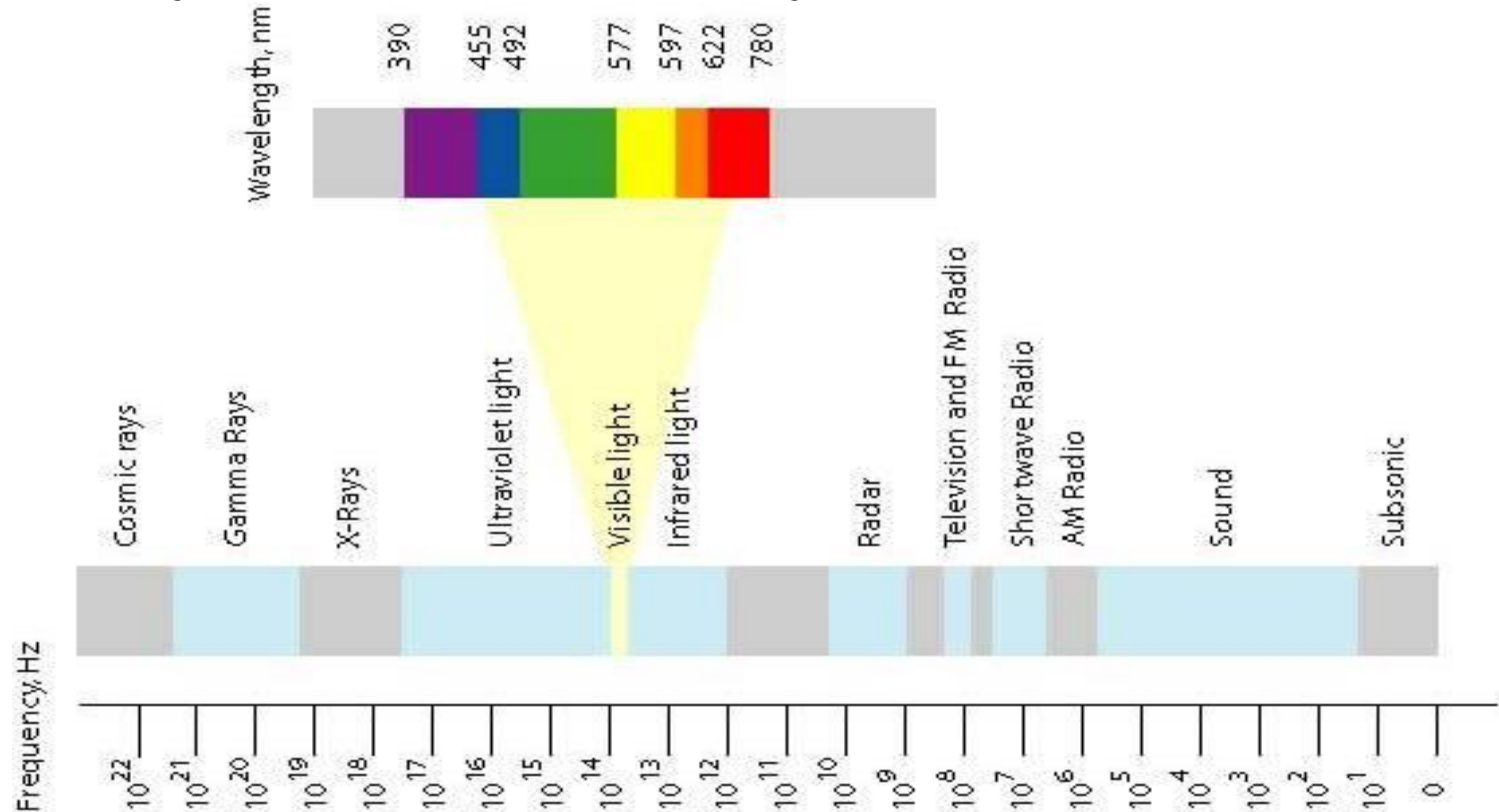
Sesin İnceliği-Kalınlığı ile İlgili Büyüklükler

İncelik Kalınlık Bileşeni ile ilgili Başlıca Büyüklükler

BÜYÜKLÜK	SİMGE (BİRİM)	TANIMLAMA	
		İnce ses /Tiz ses	Kalın ses/Bas ses
Frekans  $f = 1/T$	f(Hz)	Yüksek frekanslı ses (16 000 / 20 000 Hz)	Alçak frekanslı ses (16 / 20 Hz)
Devir Süresi 🎧 Periyot $T = 1/f$	T(sn)	Çabuk titreşimli ses (1/16 000 sn)	Yavaş titreşimli ses (1/16 sn)
Dalga Boyu $\lambda = c/f$ 	λ (m)	Dalga boyu kısa ses (0,02 m)	Dalga boyu uzun ses (20 m)

FREKANS $f(\text{Hz})$

Saniyedeki titreşim sayısına frekans denir.



Duyulabilen titreşimler yani sesler 16 Hz ile 16000 Hz arasındadır.

FREKANS $f(\text{Hz})$

Saniyedeki titreşim sayısına frekans denilir.

*

Duyulabilen titreşimler,
16 (20)Hz ile 16000 (20 000)Hz arasındadır.

*

Frekans yükseldikçe ses incelir.

*

16 (20)Hz kulağımızın duyabileceği en kalın
sesin frekansıdır.

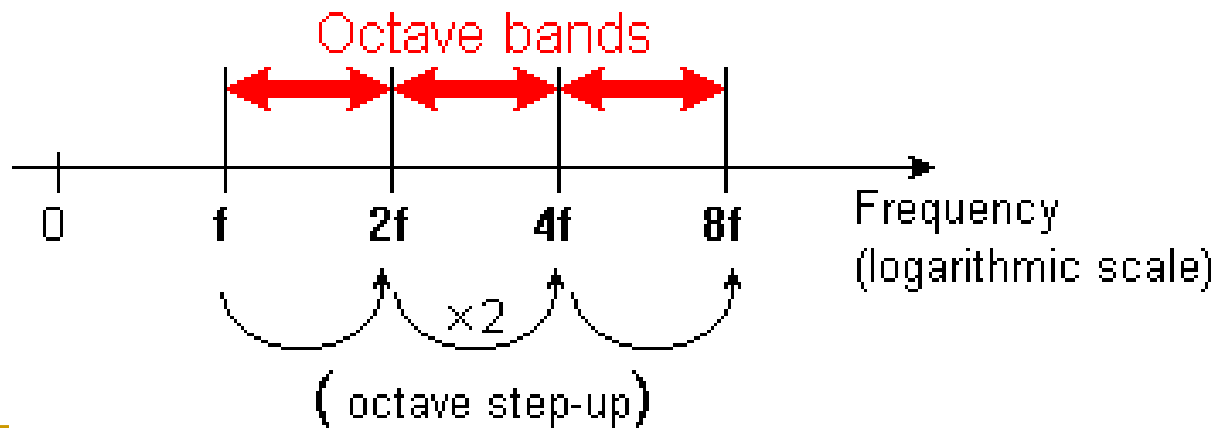
*

16 000 (20 000)Hz kulağımızın duyabileceği en
ince sesin frekansıdır.

Ses 10 oktav banttan oluşur.

16 – 32 – 64
125 / 250 / 500 / 1000 / 2000 / 4000
8000-16000 Hz

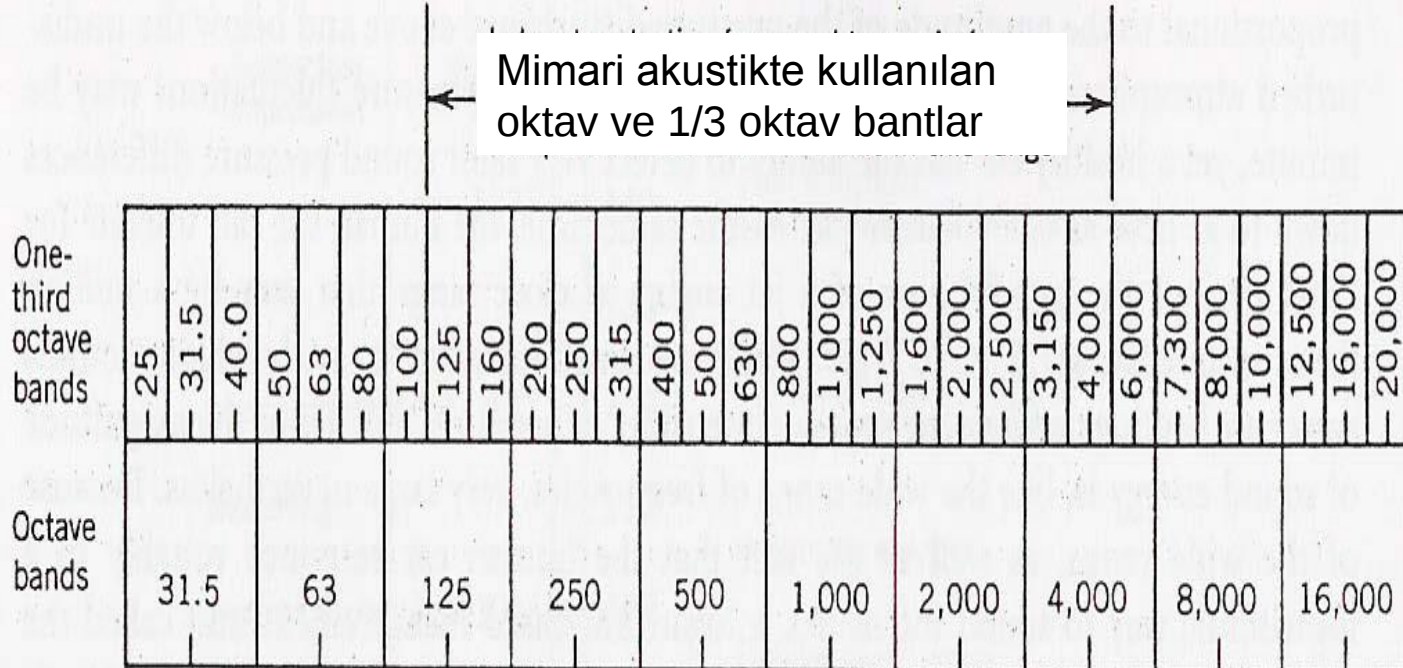
MİMARİ AKUSTİKTE EN AZ 6 OKTAV BANT KULLANILIR.



OKTAV, 1/2 VE 1/3 OKTAV BANTLAR

Bant	$f_c/\Delta f$	f_2/f_1
1 oktav	1,41	2
1/2 oktav	2,87	$\sqrt{2}$
1/3 oktav	4,37	$\sqrt[3]{2}$

f_c bandın orta frekansı (banda adını veren frekans),
 $\Delta f = f_2 - f_1$ bant genişliği,
 f_2 bandın üst frekansı,
 f_1 bandın alt frekansı.



1/1 ve 1/3 Oktav bantlar ve sınırları

Band	Frequency - Hz					
	1/1 Octave Bands			1/3 Octave Bands		
	Lower Band Limit	Band Center Freq.	Upper Band Limit	Lower Band Limit	Band Center Freq.	Upper Band Limit
12	11	16	22	14.1	16	17.8
13				17.8	20	22.4
14				22.4	25	28.2
15	22	31.5	44	28.2	31.5	35.5
16				35.5	40	44.7
17				44.7	50	56.2
18	44	63	88	56.2	63	70.8
19				70.8	80	89.1
20				89.1	100	112
21	88	125	177	112	125	141
22				141	160	178
23				178	200	224
24	177	250	355	224	250	282
25				282	315	355
26				355	400	447
27	355	500	710	447	500	562
28				562	630	708
29				708	800	891
30	710	1,000	1420	891	1,000	1,122
31				1,122	1,250	1,413
32				1,413	1,600	1,778
33	1,420	2,000	2,840	1,778	2,000	2,239
34				2,239	2,500	2,818
35				2,818	3,150	3,548
36	2,840	4,000	5,680	3,548	4,000	4,467
37				4,467	5,000	5,623
38				5,623	6,300	7,079
39	5,680	8,000	11,360	7,079	8,000	8,913
40				8,913	10,000	11,220
41				11,220	12,500	14,130
42	11,360	16,000	22,720	14,130	16,000	17,780
43				17,780	20,000	22,390

Octav band; üst frekans alt frekansın iki katıdır.

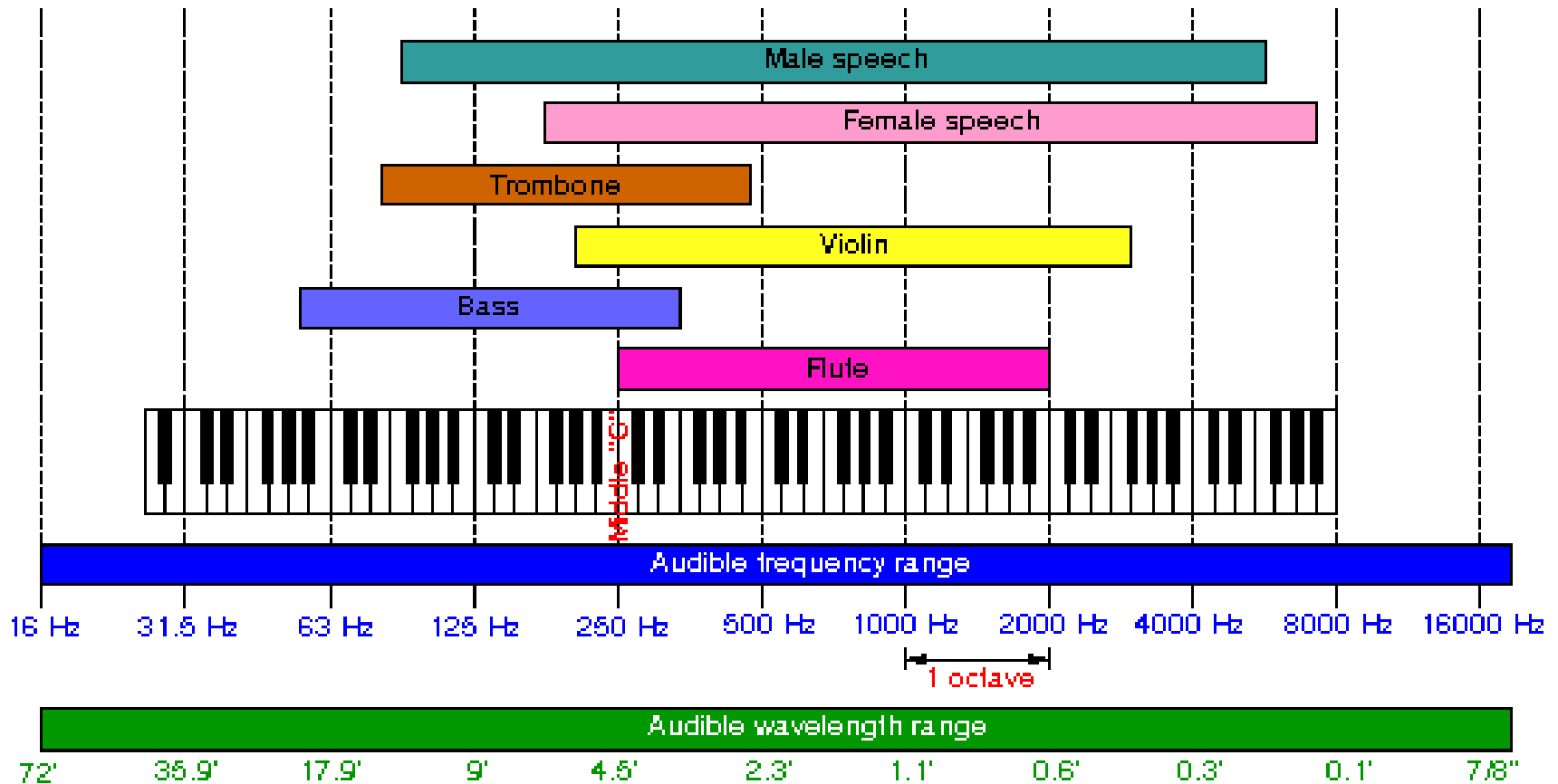
Band no	Nominal mid frequency (Hz)	Octave filtre (Hz)
21	125	89-178
24	250	178-355
27	500	355-708
30	1000	708-1410
33	2000	1410-2820
36	4000	2820-5620

Frekanslar ve notalar

- Bütün müzikal notaların frekansları vardır.
- Her oktav bir “Do” notası ile başlar..

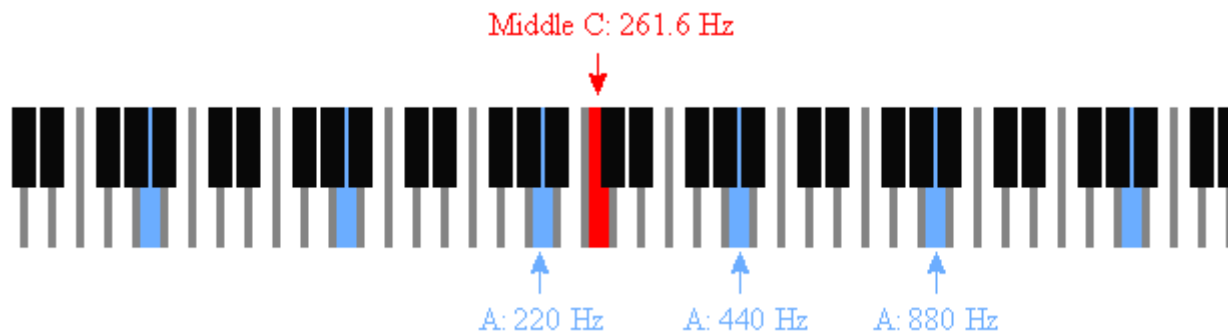
Do2	Re2	Mi2	Fa2	Sol2	La2	Si 2
128	144	162	171	192	217	244

Farklı kaynaklardan çıkan seslerin frekans bölgeleri



Kalın, orta kalın ve ince sesler

- 125 Hz, 250 Hz Kalın sesler
- 500 Hz Orta kalın ses
- 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz İnce sesler
- Bir telden çıkabilecek en kalın sesin frekansı sesin boyu ile doğru orantılıdır.



Notaların frekansları

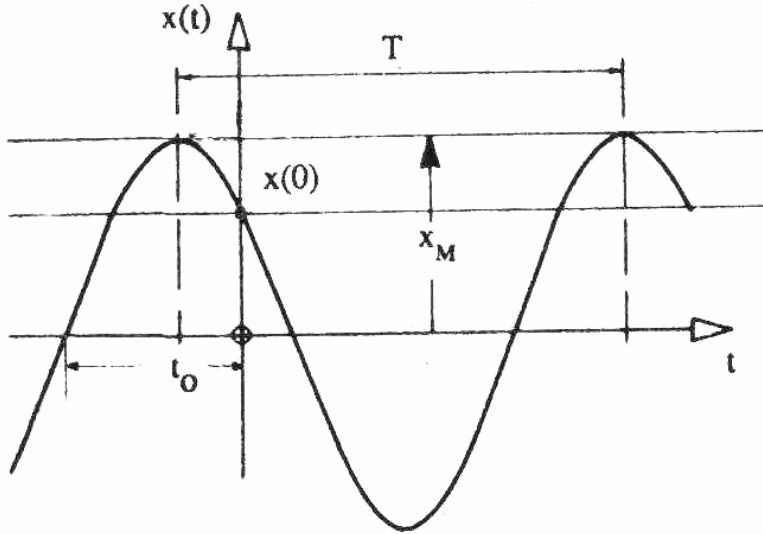
	OCTAVE NUMBER									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Do	C	16.35	32.70	65.41	130.81	261.63	523.25	1046.50	2093.00	4186.01
	C#	17.32	34.65	69.30	138.59	277.18	554.37	1108.73	2217.46	4434.92
Re	D	18.35	36.71	73.42	146.83	293.66	587.33	1174.66	2349.32	4698.64
	D#	19.45	38.89	77.78	155.56	311.13	622.25	1244.51	2489.02	4978.03
Mi	E	20.60	41.20	82.41	164.81	329.63	659.26	1318.51	2637.02	5274.04
Fa	F	21.83	43.65	87.31	174.61	349.23	698.46	1396.91	2793.83	5587.65
	F#	23.12	46.25	92.50	185.00	369.99	739.99	1479.98	2959.96	5919.91
Sol	G	24.50	49.00	98.00	196.00	392.00	783.99	1567.98	3135.96	6271.93
	G#	25.96	51.91	103.83	207.65	415.30	830.61	1661.22	3322.44	6644.88
La	A	27.50	55.00	110.00	220.00	440.00	880.00	1760.00	3520.00	7040.00
	A#	29.14	58.27	116.54	233.08	466.16	932.33	1864.66	3729.31	7458.62
Si	B	30.87	61.74	123.47	246.94	493.88	987.77	1975.53	3951.07	7902.13

SES BİÇİMLERİ

- Sesler düzenli (yani, frekansı-notası- belirlenebilen), ya da düzensiz (devirselliği olmayan) titreşimlerden oluşabilir.
- Düzenli sesler **yalın** ve **karmaşık** olmak üzere iki grupta ele alınabilir.
- **YALIN** sesler, tek frekanstan oluşmuş seslerdir ve genelde yapay olarak elde edilebilirler.
- **KARMAŞIK** sesler birden fazla frekansa sahip olan seslerdir. Doğal sesler ve işittiğimiz pek çok ses karmaşık sestir. Karmaşık sesi oluşturan frekanslar arasında bir uyum varsa, müzikal sesler oluşur. Notası belirlenebilen, aralarında belli uyum kuralları bulunan frekans topluluğundan oluşan sesler ise **MÜZİKAL** seslerdir.

Yalın ses

Yalın ses tek frekanslı sestir ve sinüs eğrisi ile tanımlanır. Yapay olarak üretilir.

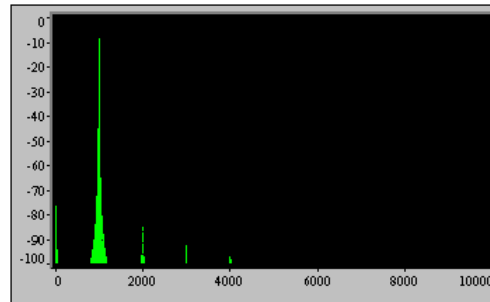
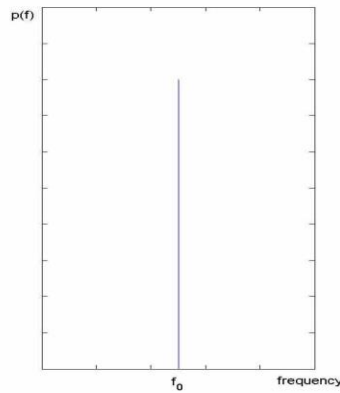
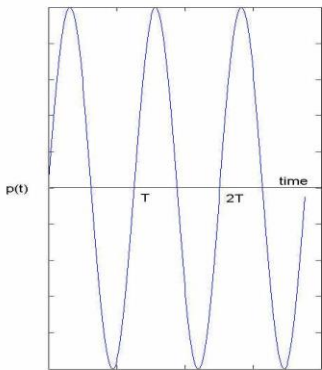


x_m = maximum değer, ya da genlik

$f = 1/T$ = frekans;

$\omega = 2\pi f$ = açısal frekans;

ϕ = faz (sin fonksiyonunun $t=0$ 'daki değeri)
belli bir andaki değeri tanımlar

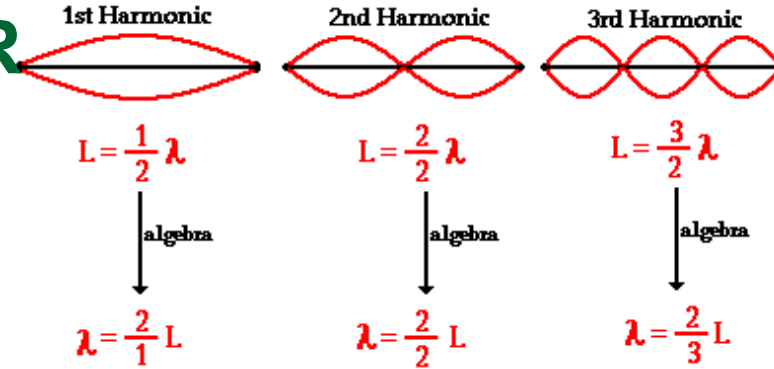


Karmaşık Sesler

- Karmaşık sesler pek çok frekanstan oluşur.
- Karmaşık sesi oluşturan frekanslar arasında bir uyum varsa, düzenli/uyumlu (müzikal) sesler oluşur.
- Karmaşık sesi oluşturan frekanslar arasında uyum yoksa, düzensiz ses (gürültü!) oluşur.

DÜZENLİ KARMAŞIK SESLER

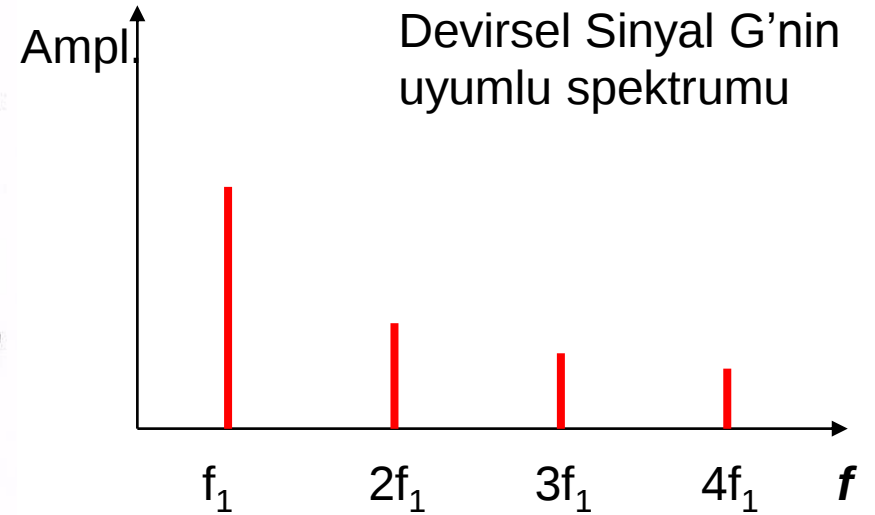
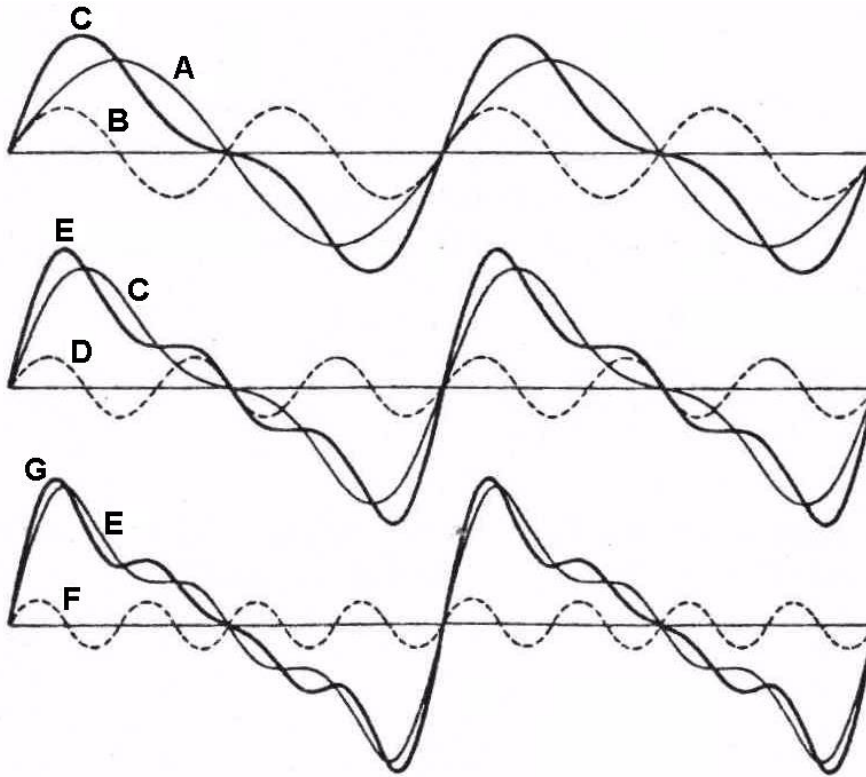
UYUMLULAR, DALGA BOYU, FREKANS SPEKTRUM (TAYF) İLİŞKİSİ



- İki ucundan gerili bir tel çekilip bırakıldığında yukarıdaki hareketlerin tümünü birden yapar.
- Bir telden çıkabilecek en kalın sesin frekansı telin boyu ile doğru orantılıdır. Bu durumda sesin dalga boyu telin uzunluğunun iki katıdır. Frekansı da “ $f = c / \lambda$ ” dır. Tel eş zamanlı olarak tam ortasından bağıymış gibi de bir hareket yapar. Bu durumda oluşan dalga boyu telin boyu kadar, frekans ise ilkinin iki katı kadardır. Tel aynı zamanda üçte birlerinden de bağıymış gibi salınır. Bu durumda dalga boyu telin boyunun 3/2’si kadar, frekans ise ilkinin 3 katı kadardır; ve bu böylece devam eder.
- Bu sesler arasında en kalın yani frekansı en alçak olan sese **TEMEL SES** ya da **BİRİNCİ UYUMLU** (harmonik) denir. İkinciye **İKİNCİ UYUMLU**, üçüncüye **ÜÇÜNCÜ UYUMLU** vb. adları verilir.
- Çıkan sesin spektrumu (tayfı) her bir spektrumun toplamıdır.

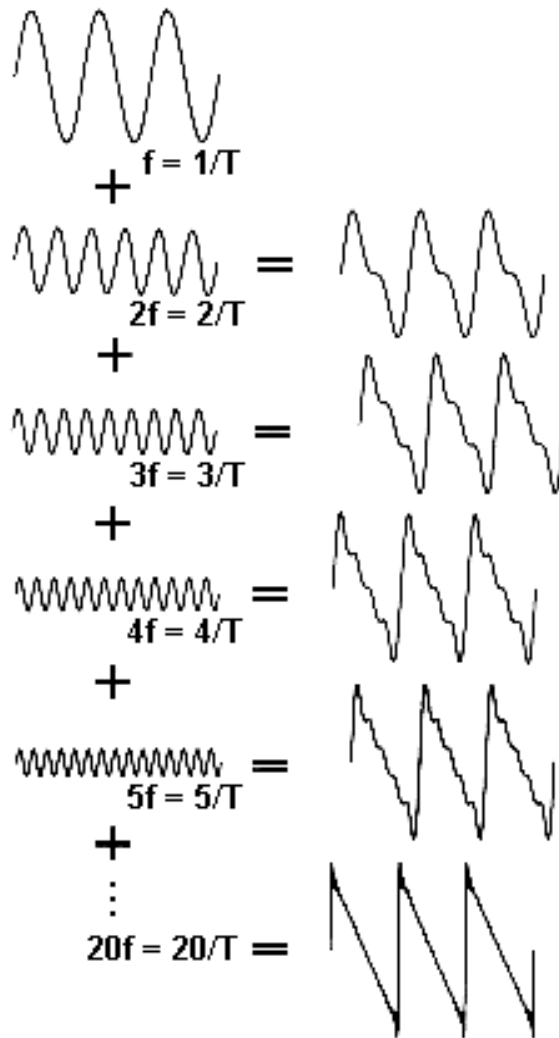
Düzenli Karmaşık Sesler (complex harmonic)

Fourier analizine göre genliği ve fazı bilinen değişik sinüs eğrileri toplanarak periyodik (devirsel) bir sinyal (ya da ses) elde edilebilir. Bunun için birinci sinyal $f_1 = 1/T$ ile diğerleri arasında, $f_2 = 2f_1 = 2/T$, $f_3 = 3f_1 = 3/T$ vb. İlişkilerinin bulunması yeterlidir. Bu ilişki kullanılarak sonsuz sayıda sinüs eğrisi toplanılabilir.



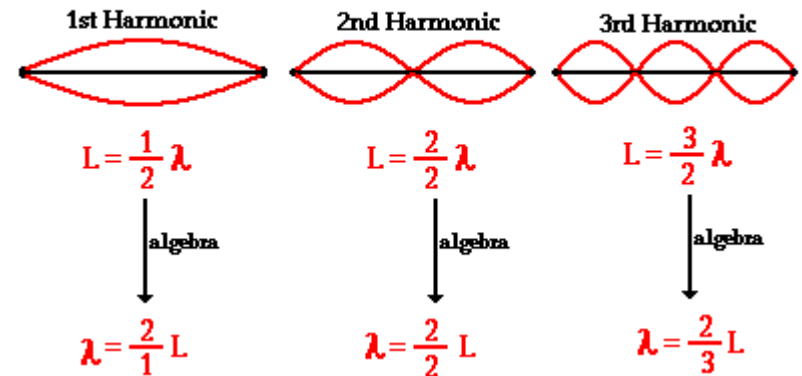
T of signal G = T of the fundamental
Amplitude of G = at max sums of single amplitudes

Düzenli Karmaşık Sesler (complex harmonic sounds)



Düzenli karmaşık sesler, bir başka deyişle müzikal sesler her zaman en kalın sesin yani TEMEL SESİN frekansında işitilir.

Lowest Three Natural Frequencies of a Guitar String



Düzensiz Karmaşık sesler

Karmaşık sesi oluşturan frekanslar arasında uyum yoksa, düzensiz ses (gürültü!) oluşur

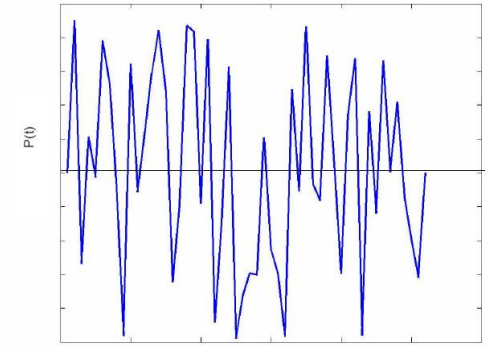
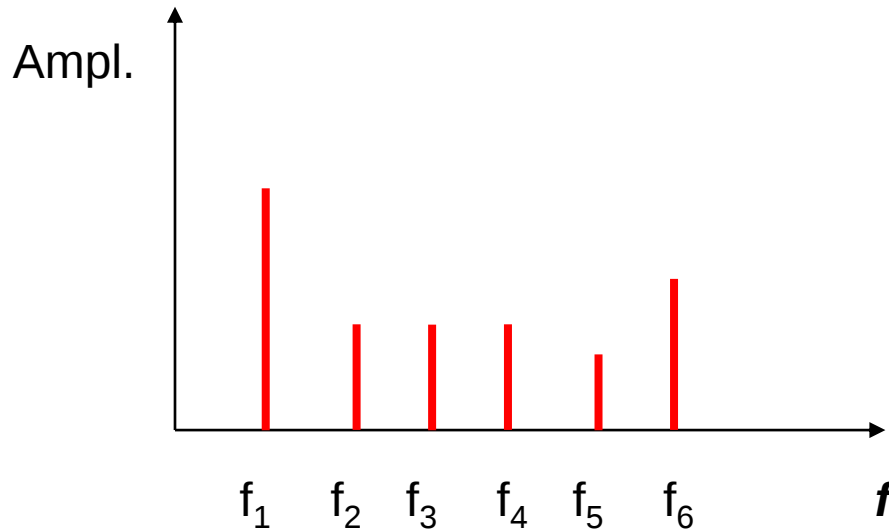
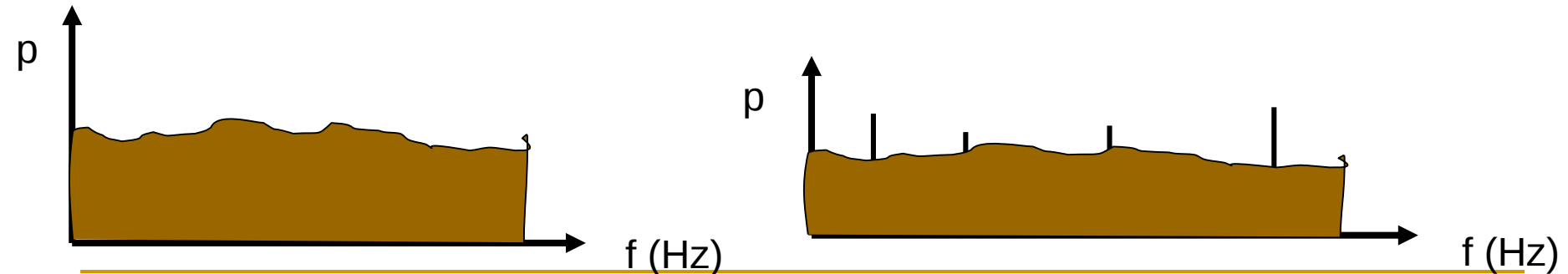


Figure 5. Variation in the sound pressure from a random source.



DEVİR SÜRESİ T (sn)

Bir titreşimin süresine devir süresi (periyot) denir.
Simgesi T , birimi sn'dir.

$$T = 1/f$$

T = Devir süresi (sn)
 f = Frekans (Hz)

Devir süresi yaklaşık $1/16$ ile $1/16000$ saniye arasında olan titreşimler insan kulağı tarafından ses olarak duyulur.

DEVİR SÜRESİ T (sn)

*

Yüksek frekanslı sesler hızlı titreşimlidir ve kısa periyotludur.

*

Alçak frekanslı sesler yavaş titreşimlidir ve kısa periyotludur.

DALGA BOYU λ (m)

Titreşim hareketinin yayılışı sırasında, bir devir süresi içinde gittiği uzaklığın adıdır. Simgesi λ

- Birimi m'dir.

$$\lambda = c / f$$

λ = Dalga boyu (m)

C = Sesin yayılma hızı (m/sn) (340 m/sn)

f = Frekans (Hz)

DALGA BOYU λ (m) $\lambda = c / f$

Yüksek frekanslı sesler kısa dalga boyludur.

(4000 Hz'lik sesin dalga boyu 0.085 m)

$$(\lambda = 340 / 4000 = 0.085)$$

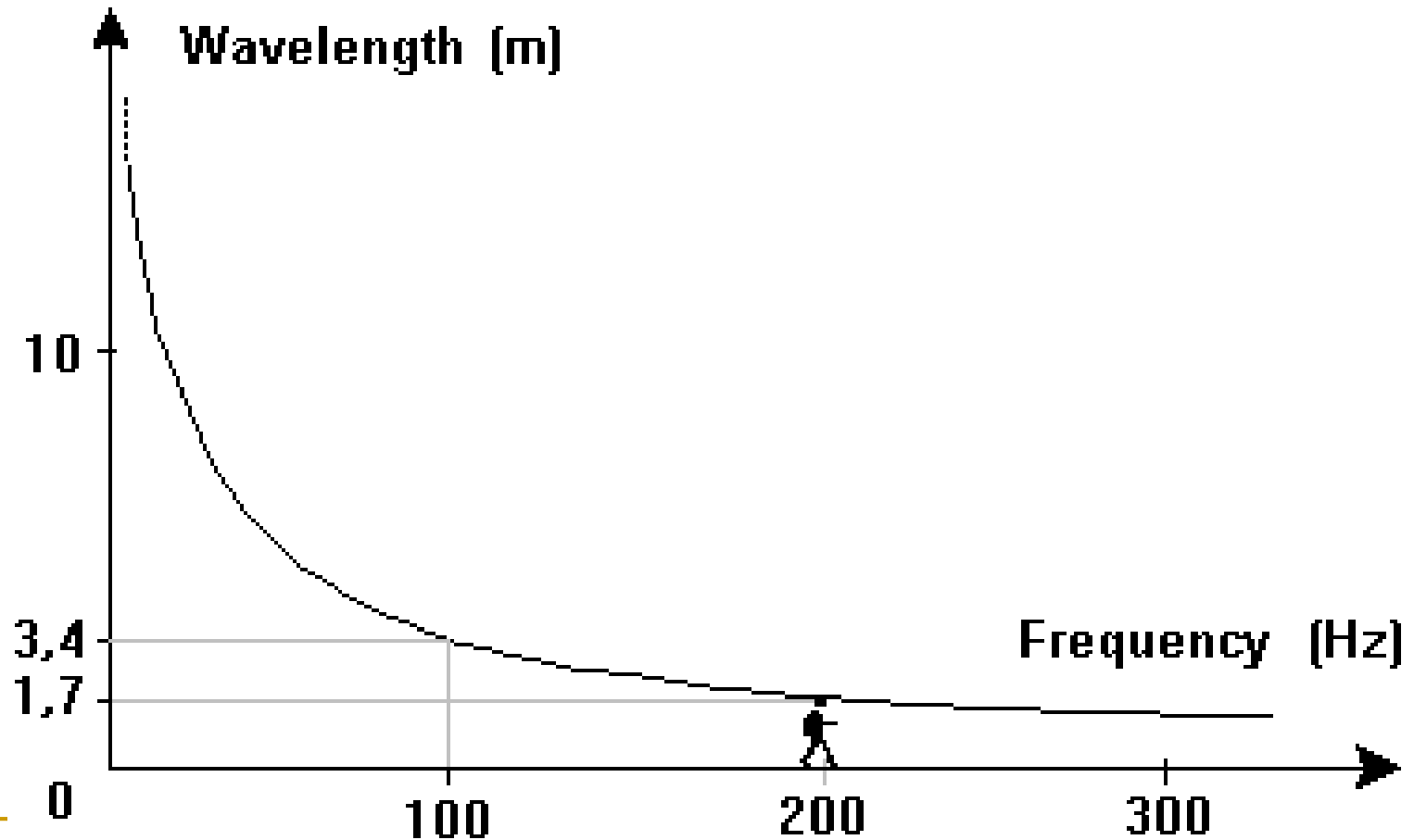
*

Alçak frekanslı sesler uzun dalga boyludur.

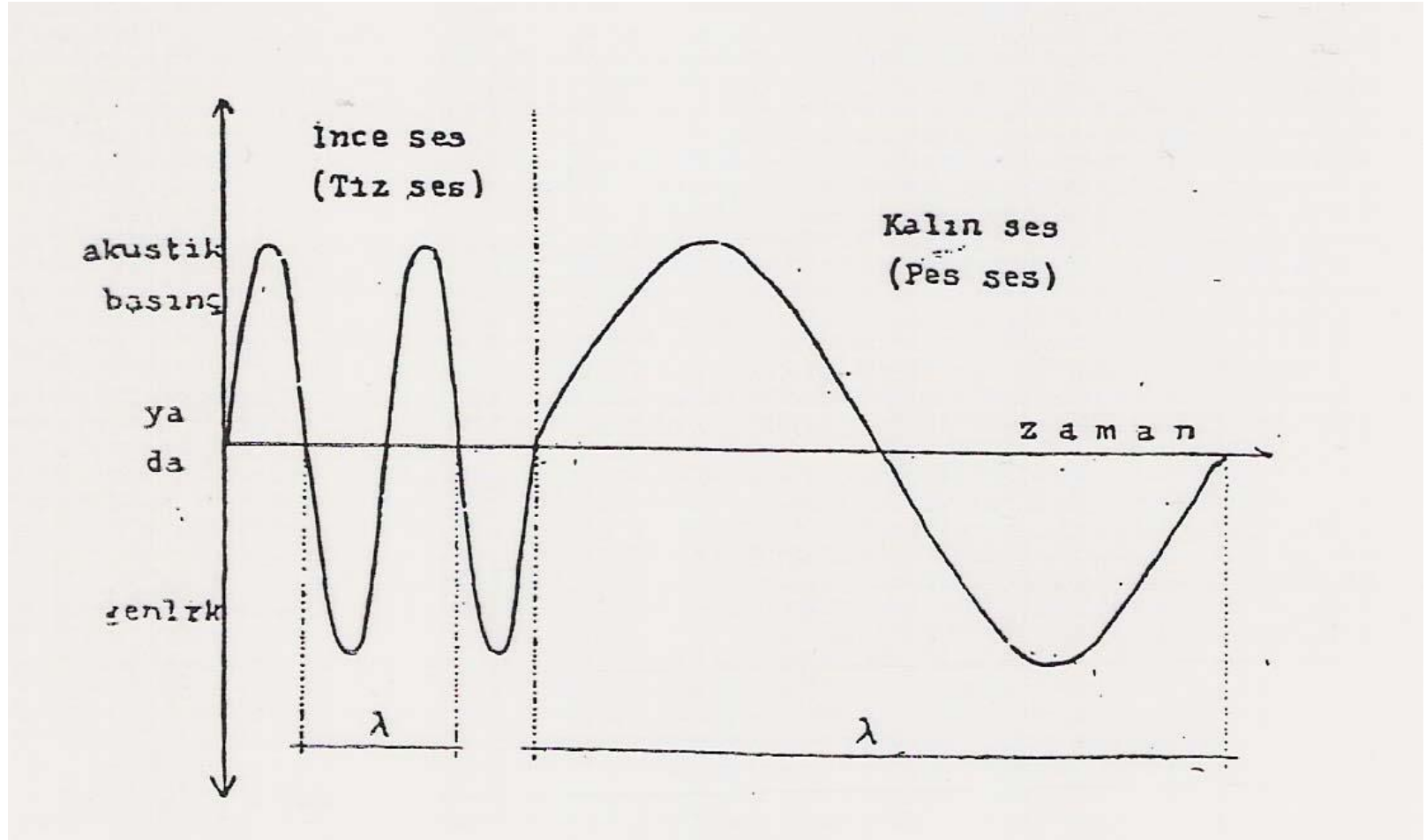
(125 Hz'lik sesin dalga boyu 2.7 m)

$$(\lambda = 340 / 125 = 2.7)$$

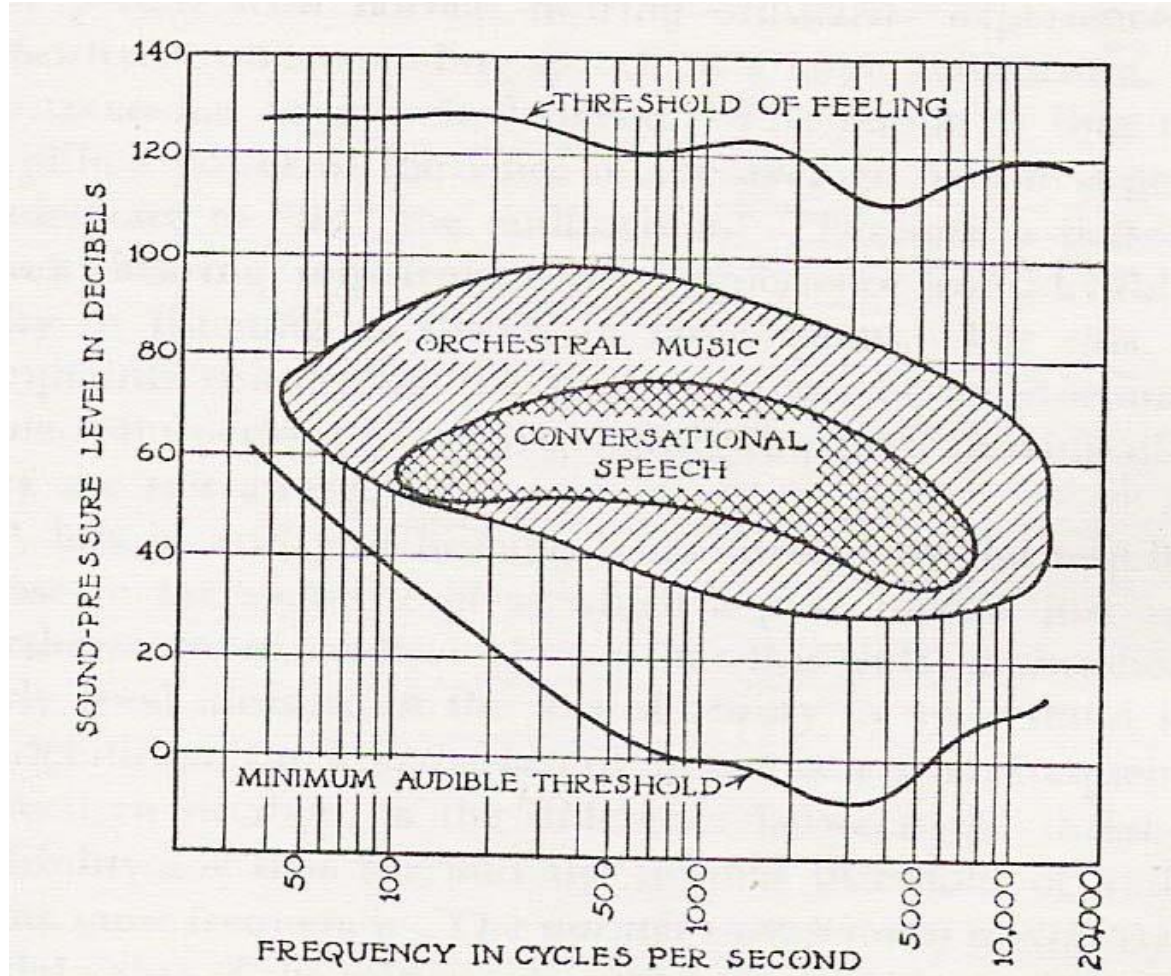
Frekans dalga boyu ilişkisi



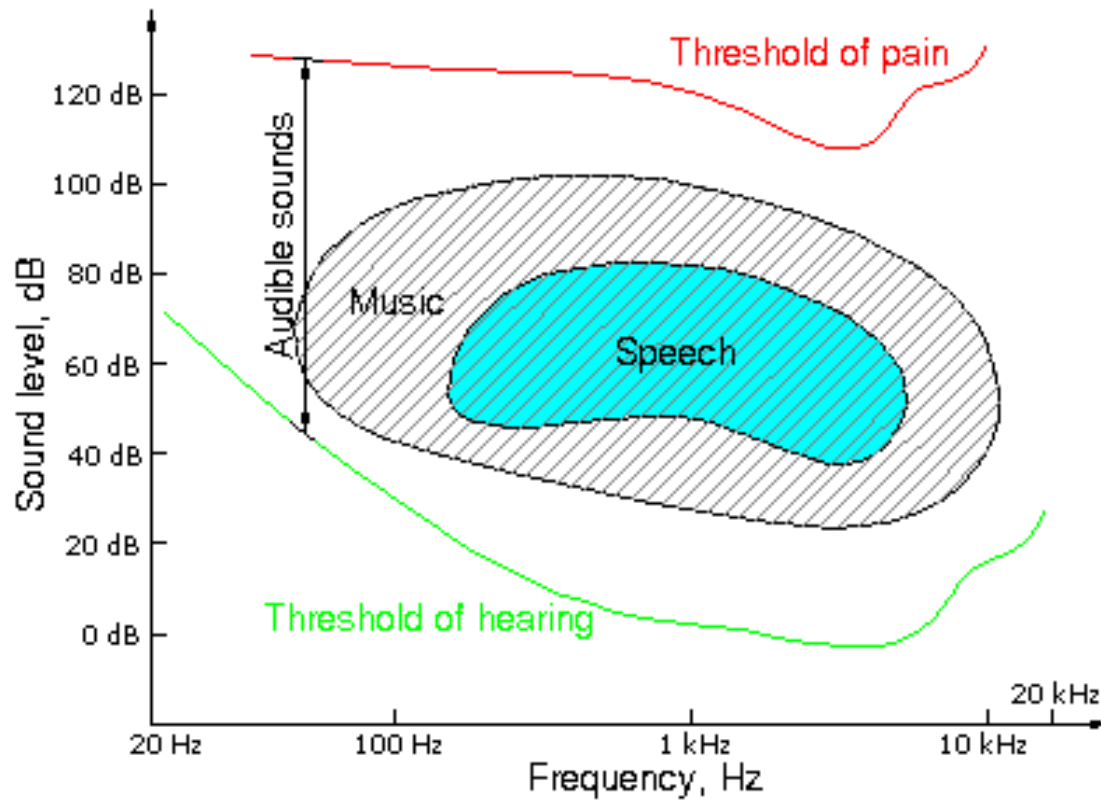
DALGA BOYU UZUN VE KISA İKİ SESİN GRAFİK GÖSTERİMİ



KONUŞMA VE MÜZİĞİN KAPLADIĞI SES DÜZEYLERİ VE FREKANS ALANLARI

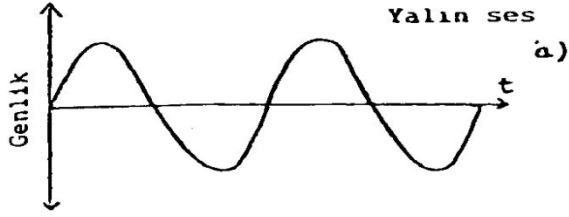


İşitme alanı

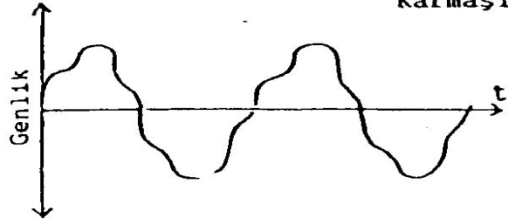


Ses Biçimlerinin Grafik Gösterimi

Dalga eğrileri



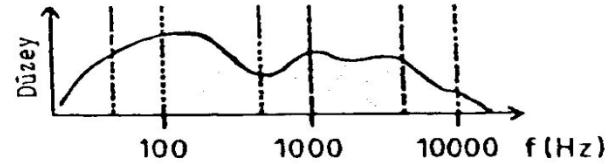
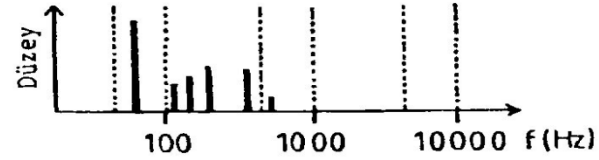
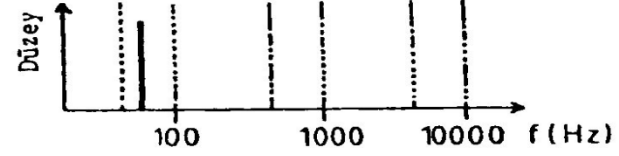
Karmaşık ses b)



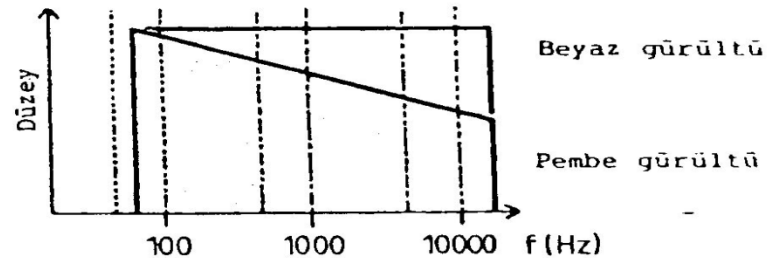
Gürültü c)



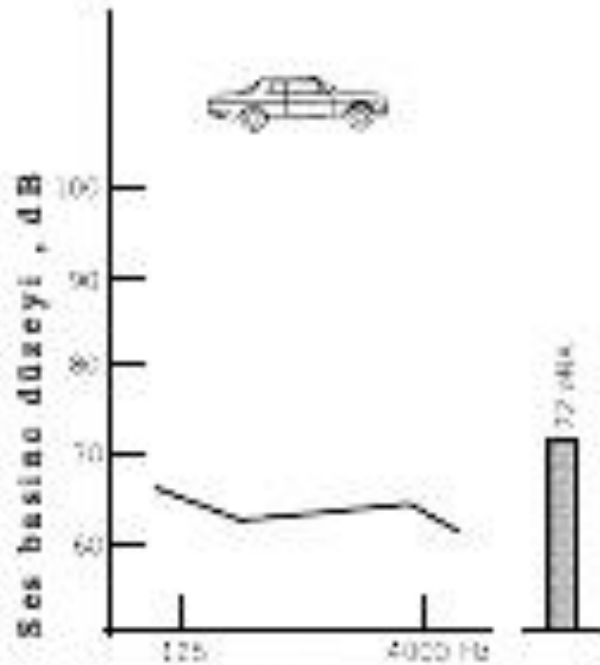
Frekans tayfları



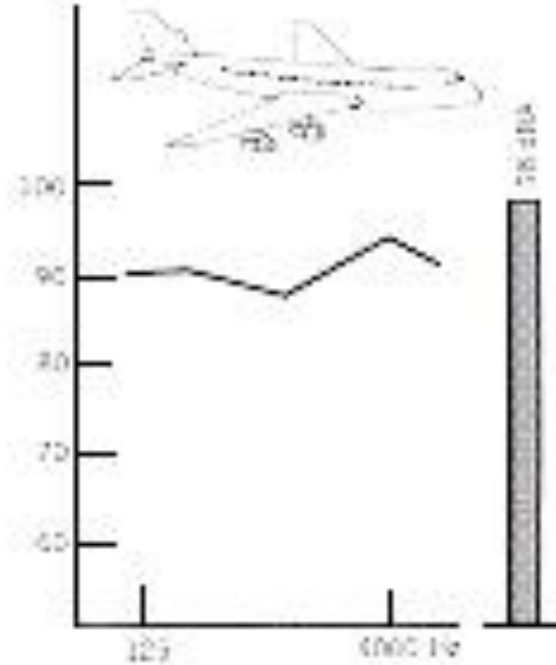
d)



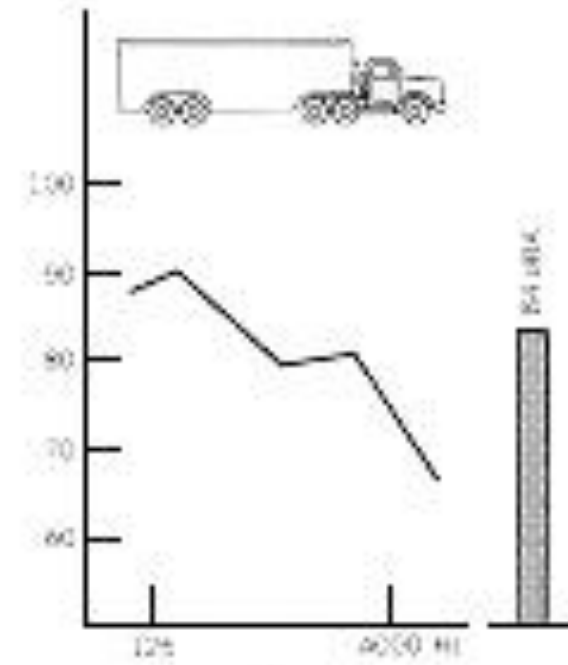
Gürültü kaynakları spektrum (frekans dağılımı) örnekleri



Araba



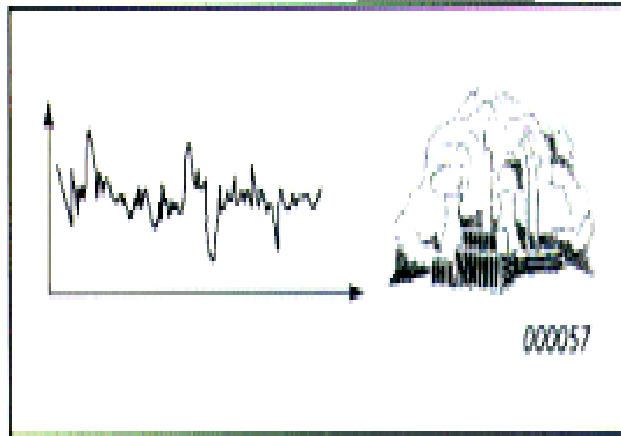
Jet uçağı kalkışı



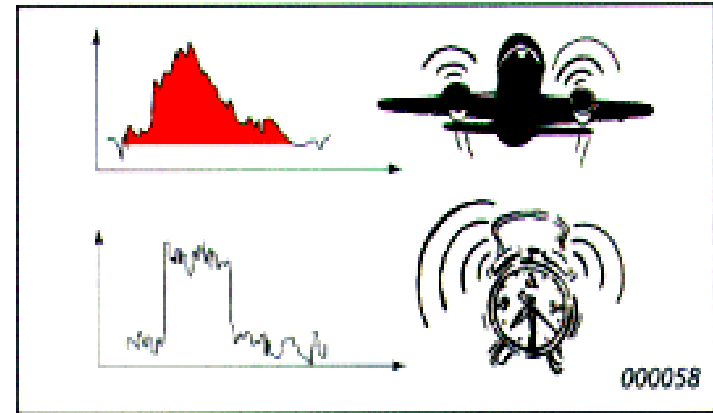
Kamyon

Zamansal değişimler

- Ses/gürültü zaman içinde algılanabilir değişimler gösterdiğinden bu açıdan da sınıflandırılır.

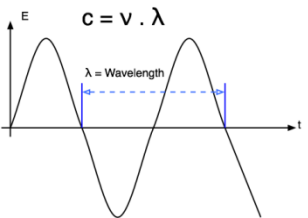


Sürekli gürültü



Aralıklı gürültü

İncelik Kalınlık Bileşeni ile ilgili Başlıca Büyüklükler

BÜYÜKLÜK	SİMGE (BİRİM)	TANIMLAMA	
		İnce ses /Tiz ses	Kalın ses/Bas ses
Frekans 	f(Hz)	Yüksek frekanslı ses (16 000 / 20 000 Hz)	Alçak frekanslı ses (16 / 20 Hz)
Devir Süresi  Periyot $T=1/f$	T(sn)	Çabuk titreşimli ses (1/16 000 sn)	Yavaş titreşimli ses (1/16 sn)
Dalga Boyu $\lambda = c / f$ 	λ (m)	Dalga boyu kısa ses (0,02 m)	Dalga boyu uzun ses (20 m)

SESİN AZLIK ÇOKLUK BİLEŞENİ İLE İLGİLİ BÜYÜKLÜKLER

BÜYÜKLÜK	SİMGE (Birim)	TANIMLAMA Alçak Ses Az Ses -	TANIMLAMA Yüksek ses Çok Ses ✈	DÜZEY KARŞILIĞI Birimi dB	DÜZEY FORMÜLÜ
GENLİK	A (μm)	küçük genlik (0.1 μm)	büyük genlik (100 μm)	-	-
AKUSTİK BASINÇ	P (μbar , μPa)	düşük akustik basınç (0.0002 $\mu\text{bar} \triangleright p_0$)	yüksek akustik basınç (200 μbar)	SES BASINÇ DÜZEYİ SPL	$=10\log(p/p_0)^2$ $=20\log p/p_0$
SES GÜCÜ	W (w, μw)	düşük güç (10^{-12} w $\triangleright w_0$)	yüksek güç (10^8 w) ⚡	SES GÜCÜ DÜZEYİ SWL	$=10\log w/w_0$
YEĞİNLİK	I (w/m ² , $\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	yeğİnlİğİ az (10^{-12} w/m ² $\triangleright I_0$)	yeğİnlİğİ fazla	YEĞİNLİK DÜZEYİ IL	$=10\log I/I_0$

GENLİK A (μm)

Titreşen bir taneciğin maksimum ayrılımına ya da titreşim hareketi ile gidip geldiği uzaklığa genlik denir.

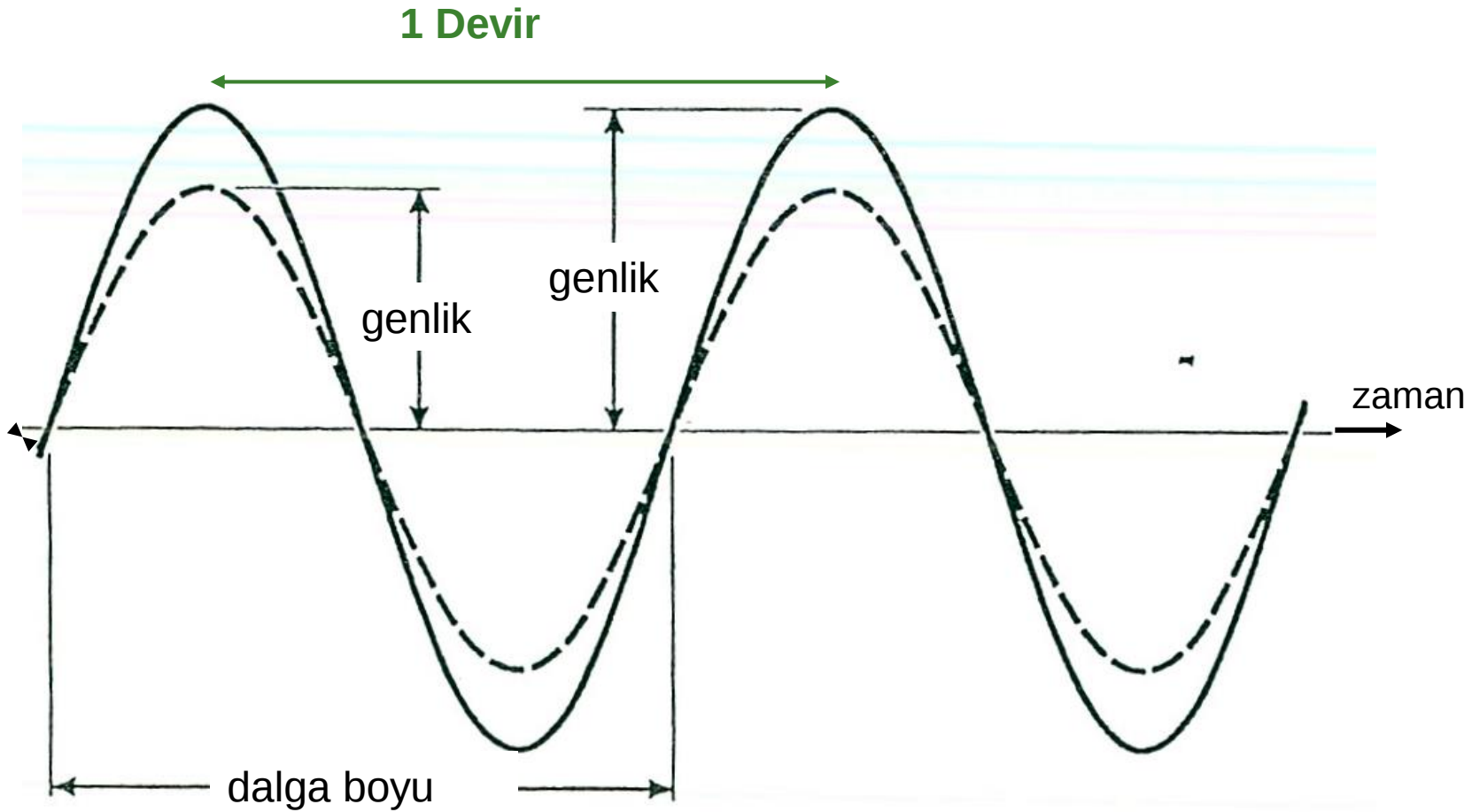
*

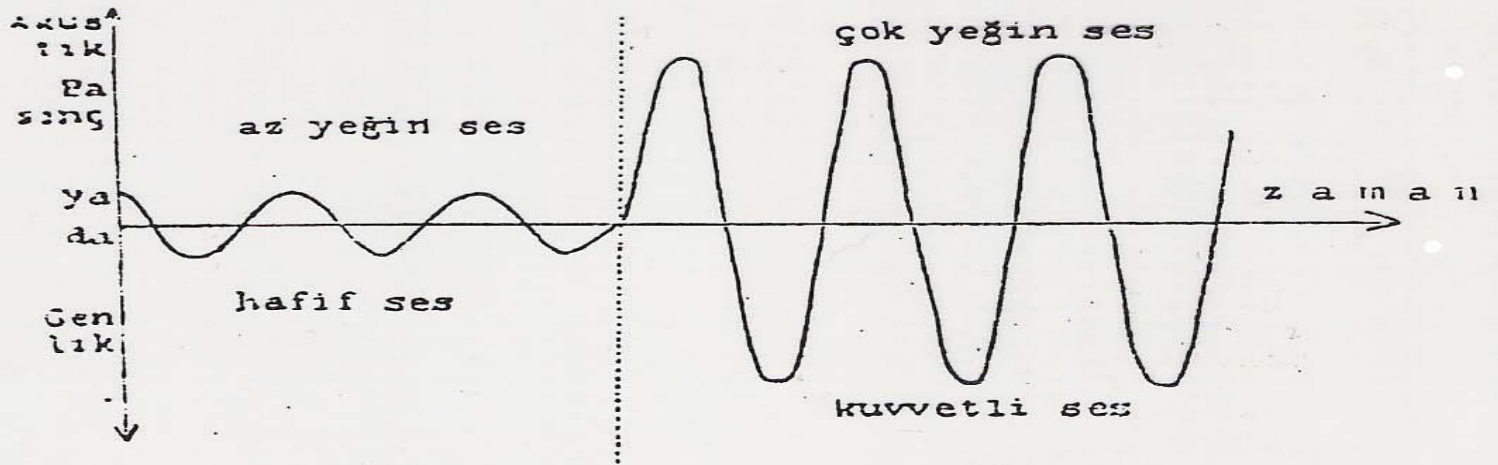
Simgesi A , birimi mikrometre (mikron) (μm)'dir.
Havada doğan ses dalgalarının genlikleri çok küçüktür.

*

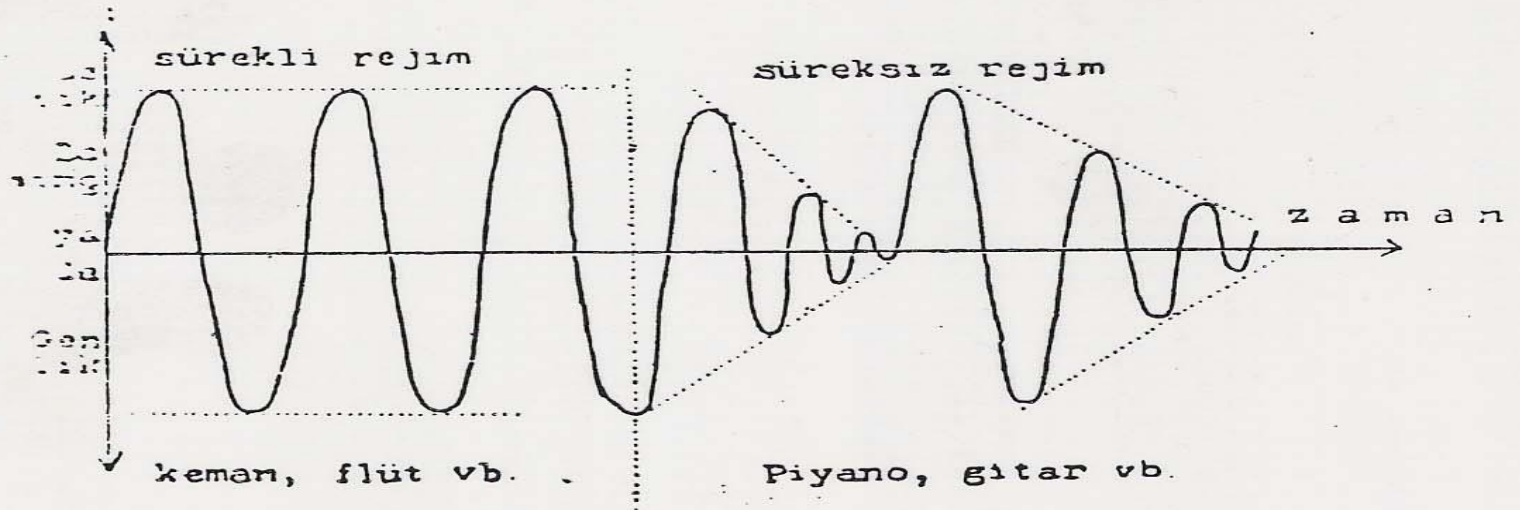
İnsan kulağının algılayabildiği sesin genliği $0.1 \mu\text{m}$ ile $100 \mu\text{m}$ arasında'dır.

GENLİK A (μm)





Genliği ya da akustik basıncı, az ya da çok olan bir sesin, zaman-genlik grafiği



Genliği-akustik basıncı, zaman içinde azalan bir sesin, zaman-genlik grafiği

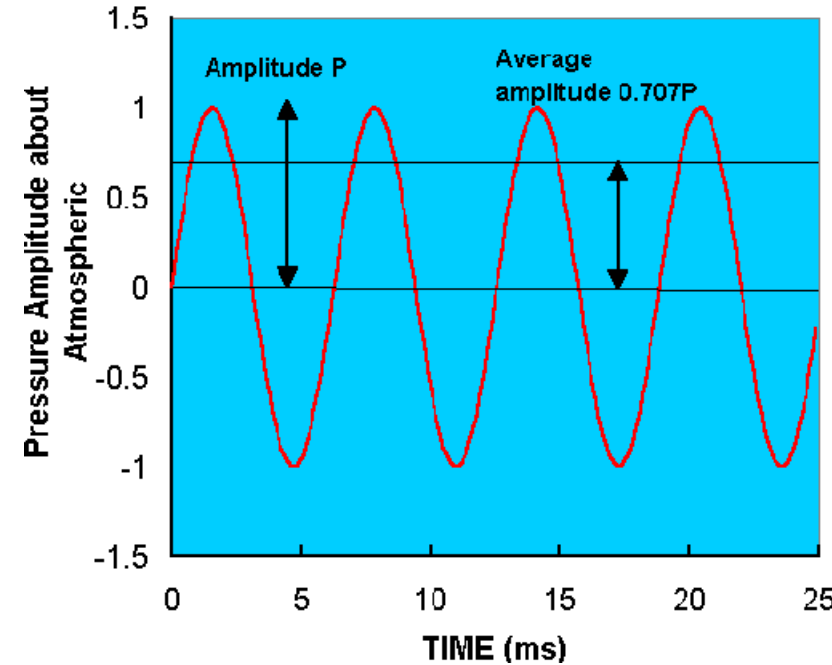
AKUSTİK BASINÇ P (μbar , Pa)

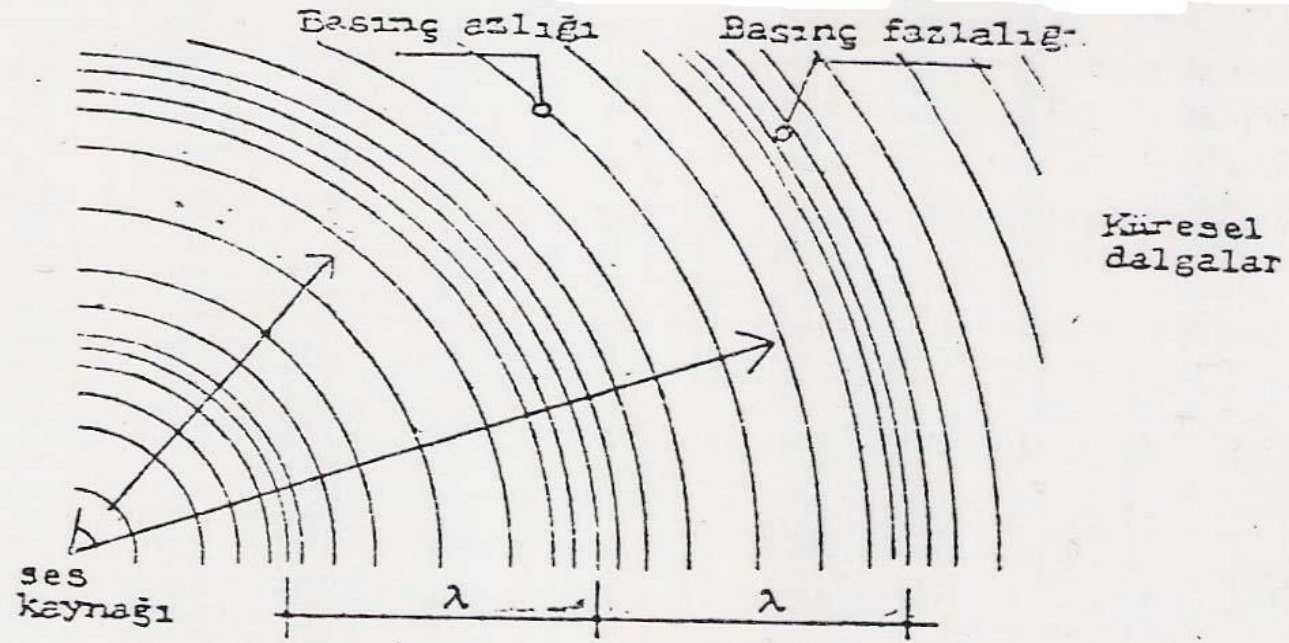
Ses titreşimlerinin hava basıncında yol açtığı değişimlere akustik basınç denir.

Genliğin artmasıyla, basınç fazlalığı ve basınç azlığı arasındaki farkların da artacağı açıktır.

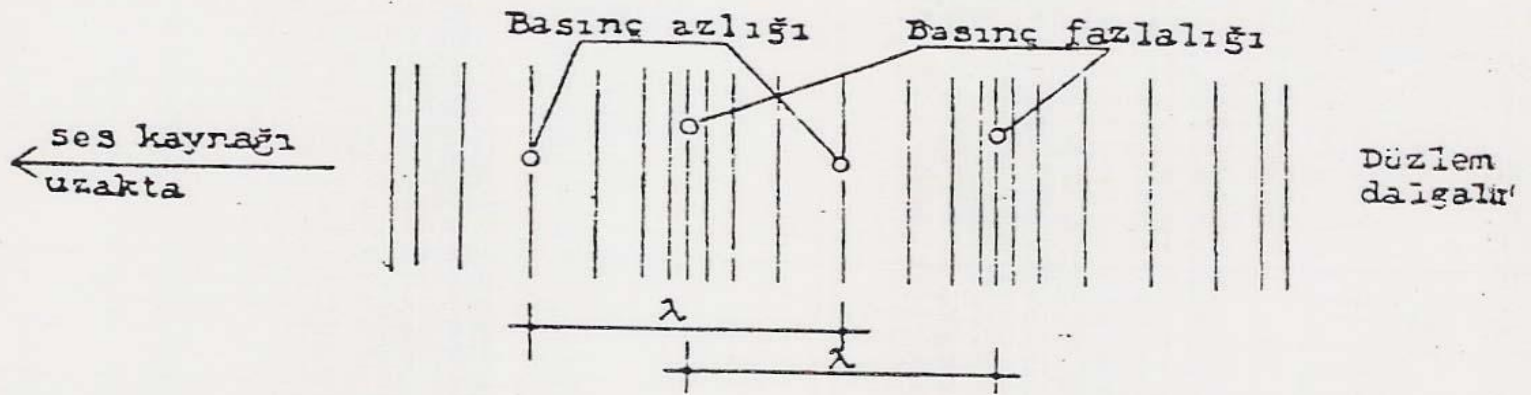
Simgesi P , birimi mikrobar (μbar) ya da paskal (Pa)'dır.

Duyulabilen en hafif ve en güçlü sesin akustik basıncı 0.0002 μbar ile 200 μbar 'dır.





Küresel dalgaların yayılışında basınç azlığı ve fazlalığı bölgeleri



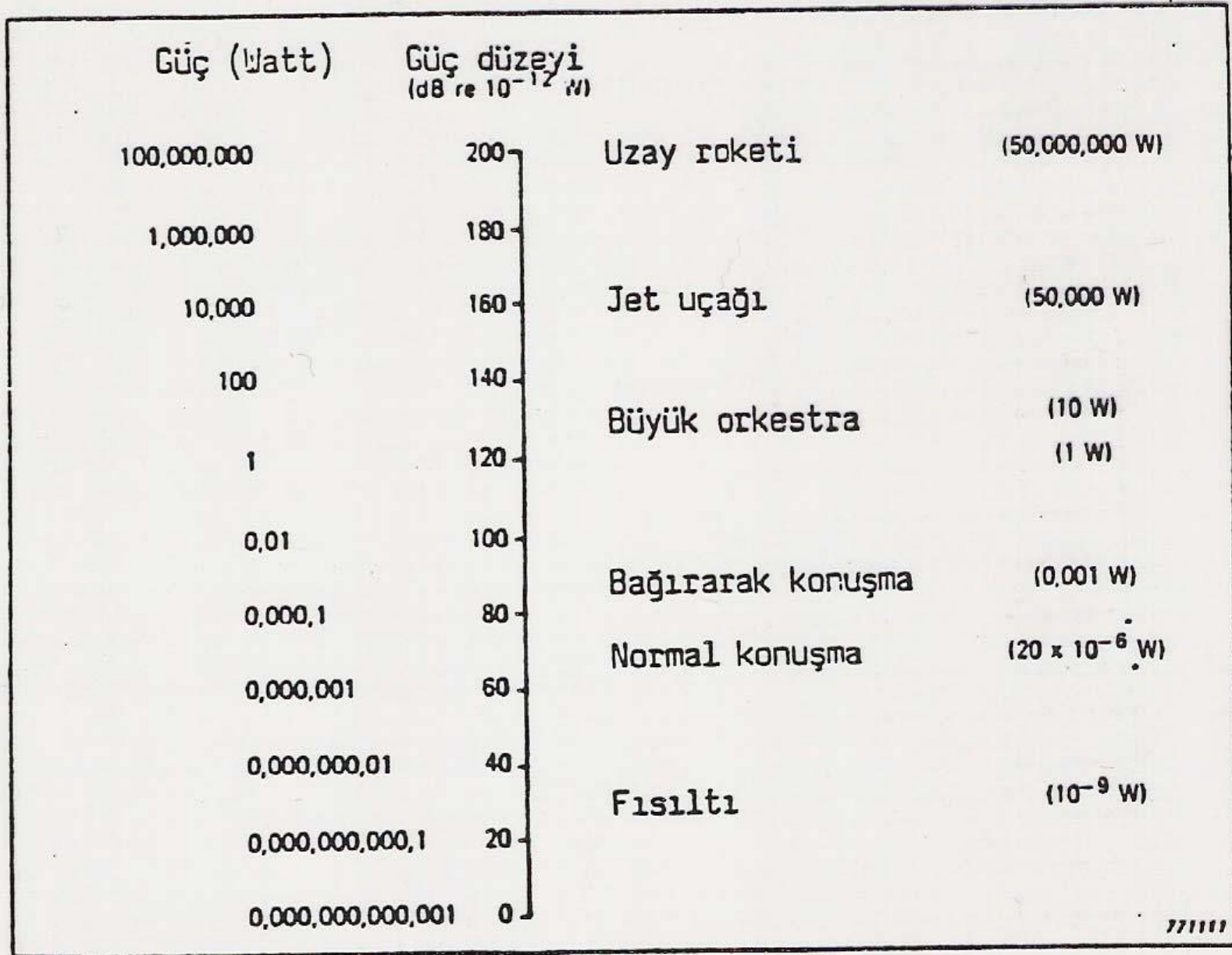
Düzlemsel dalgaların yayılışında basınç azlığı ve fazlalığı bölgeleri

SES GÜCÜ W (w , μw)

Ses gücü, akustik enerjinin yayılım hızıdır.

*

Ses kaynaklarının birim zamanda yayımladıkları ses enerjisinin, ses gücü ile watt ya da μw cinsinden belirlenir.



SES YEĞİNLİĞİ

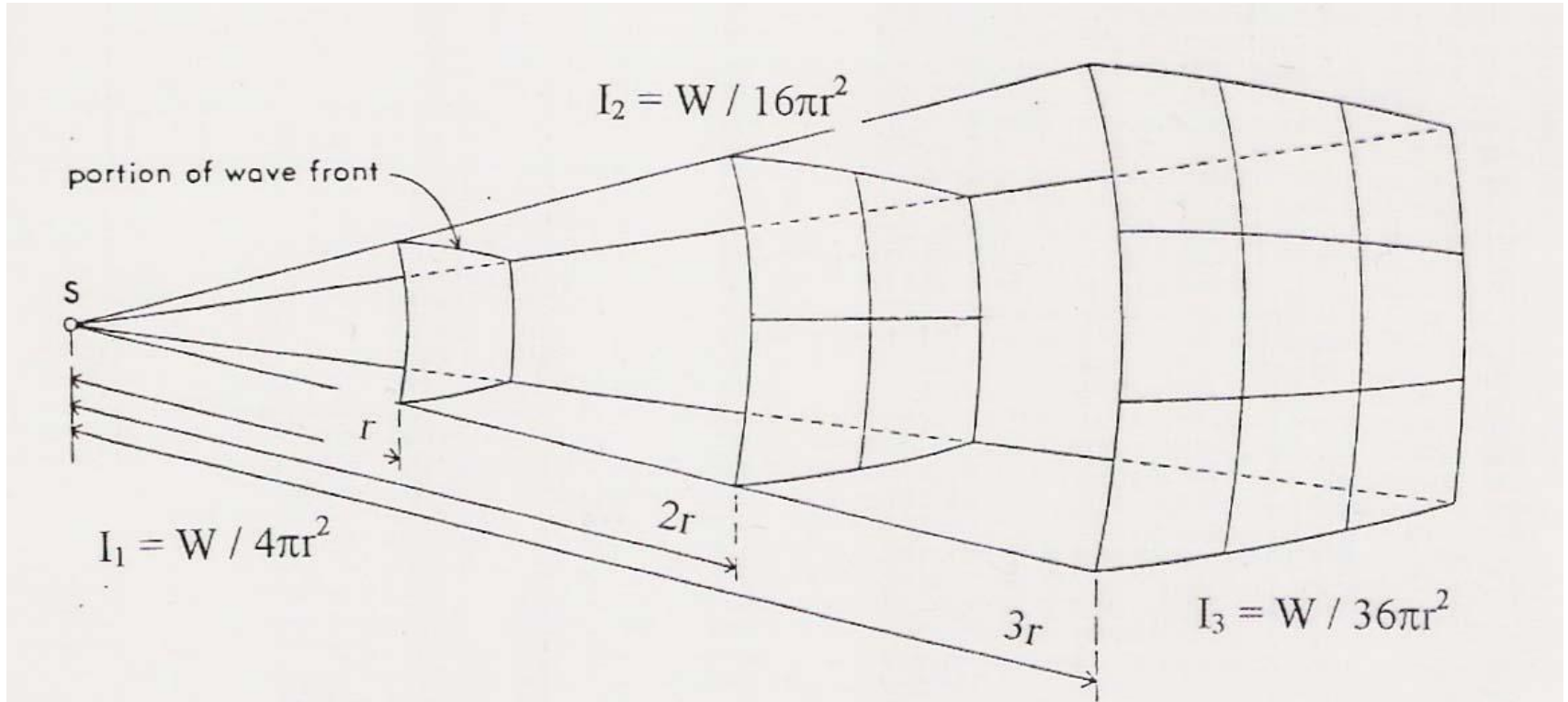
I (W/m^2 , $\mu\text{W/cm}^2$)

Sessel yeğinlik, birim zamanda, yayılma doğrultusuna dik birim alandan (1 m^2) geçen ses enerjisinin ortalama değeri olarak tanımlanır.

*

Simgesi I , birimi W/m^2 ya da $\mu\text{W/cm}^2$ 'dir.

Yeğinlik de akustik basınç gibi uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak değişir.



Enerji yayımlayan bir ses kaynağının belli uzaklıklardaki yeğinliği "I"

SES DÜZEYİ (dB)

- Akustik olayların, kuramsal olarak incelenmesinde akustik basınç, ses yoğunluğu ve ses gücünden yararlanılır.
- Ancak uygulamada, özellikle de ölçmelerde bu büyüklüklerin düzey cinsinden kullanılması daha uygun olur.
- **“Düzy”, verilen bir büyüklüğün aynı cinsten bir referans büyüklüğüne oranının logaritmasının 10 katıdır.**
- Düzeyin birimi “desibel” (dB)’dir.
- Akustik basınç, ses gücü ve ses yoğunluğu düzey cinsinden ifade edildiğinde sırasıyla; ses basınç düzeyi, ses gücü düzeyi, yoğunluk düzeyi olarak anılır. Mimari akustikle ilgili konularda büyük bir sıklıkla “ses basınç düzeyi” belirlemelerinden yararlanılır.

DÜZEY

$$\text{dB} = 10 \log X / X_{\text{ref}}$$

*

Desibel (dB) güçle orantılı iki büyüklüğün oranını anlatan düzey birimidir.

*

Düzy (dB) logaritmik bir büyüklüktür.

*

dB ile aritmetik işlemler yapılamaz

SES GÜCÜ DÜZEYİ SWL, dB

Bir kaynağın ses gücü düzeyi;

$$SWL = 10 \log(w/w_{ref})$$

SWL = Ses gücü düzeyi (dB)

W = Ses kaynağının ses gücü (watt)

W_{ref} = Referans ses gücü (10^{-12} watt)

SES YEĞİNLİK DÜZEYİ IL, dB

Belli bir I yeğİnliğindeki bir sesin yeğİnlik düzeyi

$$IL = 10\log (I/I_{\text{ref}})$$

IL = Yeğİnlik düzeyi (dB)

I = Yeğİnlik (w/m^2)

I_{ref} = Referans ses yeğİnliği (10^{-12}w/m^2)

SES BASINÇ DÜZEYİ SPL, dB

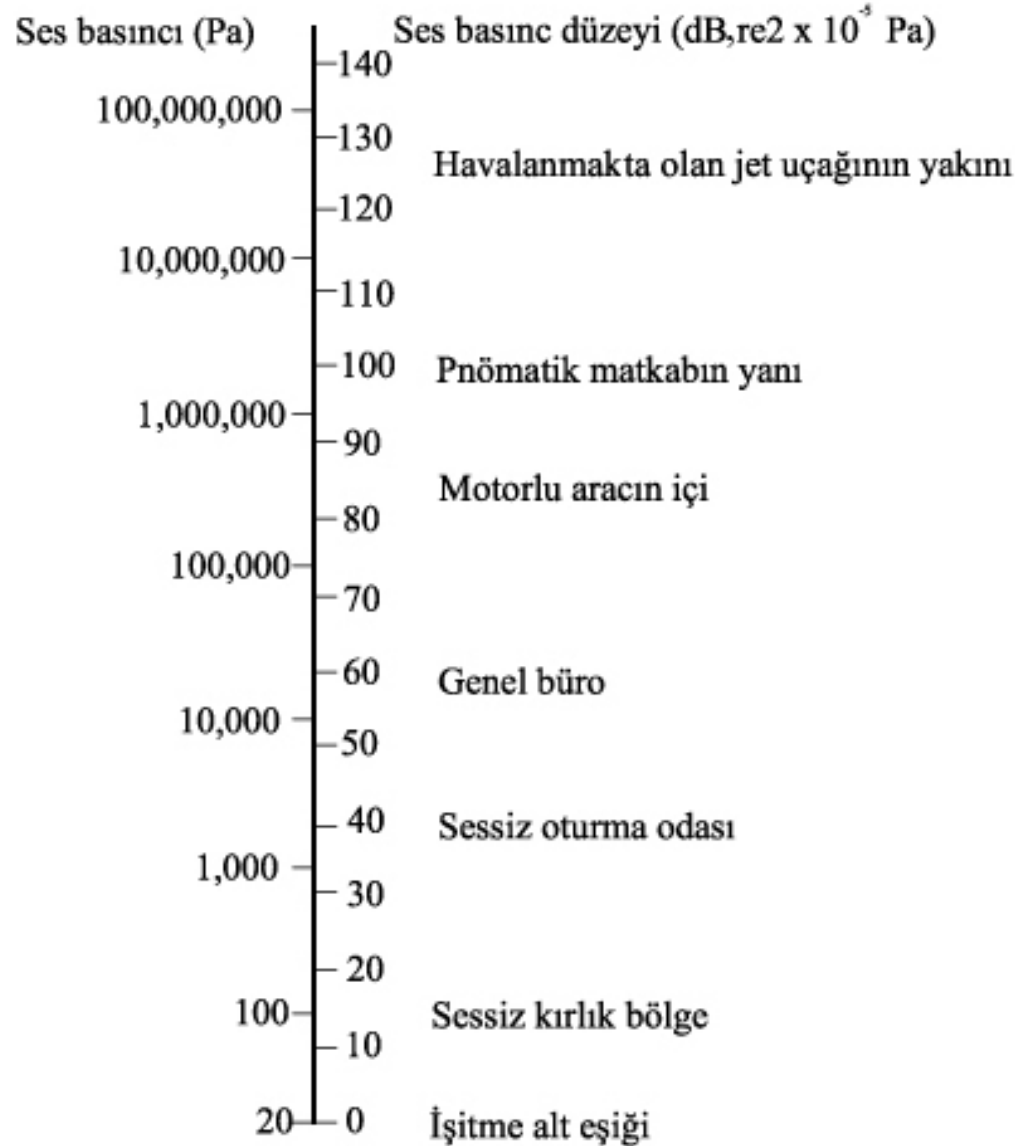
$$\text{SPL} = 10 \log (p / p_{\text{ref}})^2$$

SPL = Ses Basınç Düzeyi (dB)

p = Akustik Basınç (μbar)

p_{ref} = Referans akustik basınç
(0.0002 μbar)

Değişik ses kaynaklarının ses (akustik) basınçları ve ses basınç düzeyleri



Örnek Ses Düzeyleri

- Akustik laboratuvarı 5 dBA
- Sessiz bahçe 15 dBA
- Konuşma 60-70 dBA
- Kuvvetli müzik 90 dBA
- Elektronik müzik 105-110 dBA
- Uçak 110-120 dBA
- Klakson 70-75 dBA

Düzey Hesapları

Tablo 1: Ses düzeyleri **eşit** olan ses kaynaklarının toplam ses düzeylerinin hesaplanması

<u>Ses kaynaklarının sayısı (n)</u>	<u>toplam düzey (dB)</u>
1	N (bir kaynağın ses düzeyi)
2	N+3
3	N+5
4	N+6
5	N+7
6	N+8
7	N+8,5
8	N+9
9	N+9,5
10	N+10
n	N+ 10 log n

Bazı sayıların logaritmaları

- $\text{Log } 1 = 0$
- $\text{Log } 10 = 1$
- $\text{Log } 100 = 2$
- $\text{Log } 1000 = 3$
- $\text{Log } 2 = 0,3$
- $\text{Log } 3 = 0,5$
- $\text{Log } 4 = 0,6$
- $\text{Log } 5 = 0,6$
- $\text{Log } 6 = 0,8$
- $\text{Log } 7 = 0,85$
- $\text{Log } 8 = 0,9$
- $\text{Log } 9 = 0,95$

Örnek 1

- Bir jeneratörün ses basınç düzeyi (SPL) 90 dB'dir. İki jeneratörün toplam SPL'sini hesaplayın.

Örnek 1

- Bir jeneratörün ses basınç düzeyi (SPL) 90 dB'dir. İki jeneratörün toplam SPL'sini hesaplayın.

Basit formülü kullanarak

- **Toplam SPL = $N + 10 \log n$**
- **N = bir ses kaynağının ses basınç düzeyi (dB)**
- **n = ses kaynaklarının sayısı**
- **Toplam SPL = $90 + 10 \log 2 = 93$ dB**

Ya da doğrudan **Tablo 1'den**

- **Total SPL = $90 + 3 = 93$ dB**

Örnek 2

- Bir keman 67 dB SPL (ses basınç düzeyinde) müzik çalmaktadır. 100 keman aynı düzeyde ses üretirse toplam ses düzeyi ne olur?

Örnek 2

- Bir keman 67 dB SPL (ses basınç düzeyinde) müzik çalmaktadır. 100 keman aynı düzeyde ses üretirse toplam ses düzeyi ne olur?

Basit formülü kullanarak

$$\text{Toplam SPL} = N + 10 \log n$$

- N = bir ses kaynağının ses basınç düzeyi (dB)
- n = ses kaynaklarının sayısı
- $\text{Toplam SPL} = 67 + 10 \log 100 = 20 \text{ dB}$
- $\text{Toplam SPL} = 67 + 20 = 87 \text{ dB}$

Tablo 2: Ses düzeyleri **farklı** olan ses kaynaklarının toplam ses düzeylerinin hesaplanması

<u>SPL'lerin farkı (dB)</u>	<u>Büyük olana eklenecek değer (dB)</u>
0 - 1	3
2 - 4	2
5 - 8	1
9 - 10	0,5

Örnek 3

- Ses basınç düzeyleri 65 dB ve 68 dB olan iki kaynağın toplam SPL değerini hesaplayınız.

Örnek 3

- Ses basınç düzeyleri 65 dB ve 68 dB olan iki kaynağın toplam SPL değerini hesaplayınız.
- SPL'lerin farkı = $68 - 65 = 3$ dB
- **Tablo 2'den** büyük olana eklenmesi gereken değer **"2 dB"** olduğunu görülmektedir.
- Total SPL = $68 + 2 = 70$ dB

Örnek 4

- Düzeyleri 65 dB ve 78 dB olan iki ses kaynağının toplam ses düzeyini hesaplayınız.

Örnek 4

- Düzeyleri 65 dB ve 78 dB olan iki ses kaynağının toplam ses düzeyini hesaplayınız.
- Düzey farkı = $78 - 65 = 13$ dB
- **Table 2** 'de her hangi bir değer görmüyoruz.
! Kaynakların ses düzeyleri arasındaki fark 10 dB'den fazlaysa MASKELEME olayı nedeniyle doğrudan büyük olan değeri alırız. Gerçekte de düşük düzeyli sesi işitmeyiz. Toplam SPL = 78 dB

Örnek 5

- Düzeyleri 65 dB, 68 dB ve 71 dB olan üç ses kaynağının toplam ses düzeyini hesaplayın.

Örnek 5

- Düzeyleri 65 dB, 68 dB ve 71 dB olan üç ses kaynağının toplam ses düzeyini hesaplayın.
 - *İkiden fazla ses kaynağının toplam ses düzeyinin hesaplanması, kaynakları ikişer ikişer toplayarak gerçekleştirilir.*
 - *Toplama işlemine birbirine yakın ve düşük değerli olanlardan başlayın.*
 - İlk iki kaynağın SPL'leri arasındaki fark = $68 - 65 = 3$ dB
 - **Tablo 2'den büyük SPL değeri olana 2 dB eklenmesi gerektiğini görüyoruz.**
 - İlk iki kaynağın toplam SPL'si = $68 + 2 = 70$ dB
 - Düzey farkı = $71 - 70 = 1$ dB
 - **Tablo 3'den büyük SPL değeri olana 3 dB eklenmesi gerektiğini görüyoruz.**
- Üç kaynağın toplam ses düzeyi = $71 + 3 = 75$ dB

Spektral toplam

- Şu ana değin farklı kaynakların ses düzeylerinin toplanmasından söz ettik.
- Ancak biliyoruz ki, ses kaynaklarının farklı frekanslarda farklı ses düzeyleri vardır.
- Bir ses kaynağının oktav bant ses düzeylerini bildiğimizde spektral ses düzeyini Tablo 2'den hesaplayabiliriz.

Örnek 6

- Spektral toplam düzey, oktav bant ses düzeyleri toplanarak hesaplanır.

<u>SPL'lerin farkı (dB)</u>	<u>Büyük olana eklenecek değer (dB)</u>
0 - 1	3
2 - 4	2
5 - 8	1
9 - 10	0,5

Ses kaynağı	125 Hz	250 Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	Spektral toplam dB
Trafik gürültüsü	77	74	74	73	71	65	
Dizel lokomotif 25m.	96	86	87	84	83	80	
Tipik jet uçağı	85	86	84	82	83	80	

Örnek 6

- Spektral toplam düzey, oktav bant ses düzeyleri toplanarak hesaplanır.

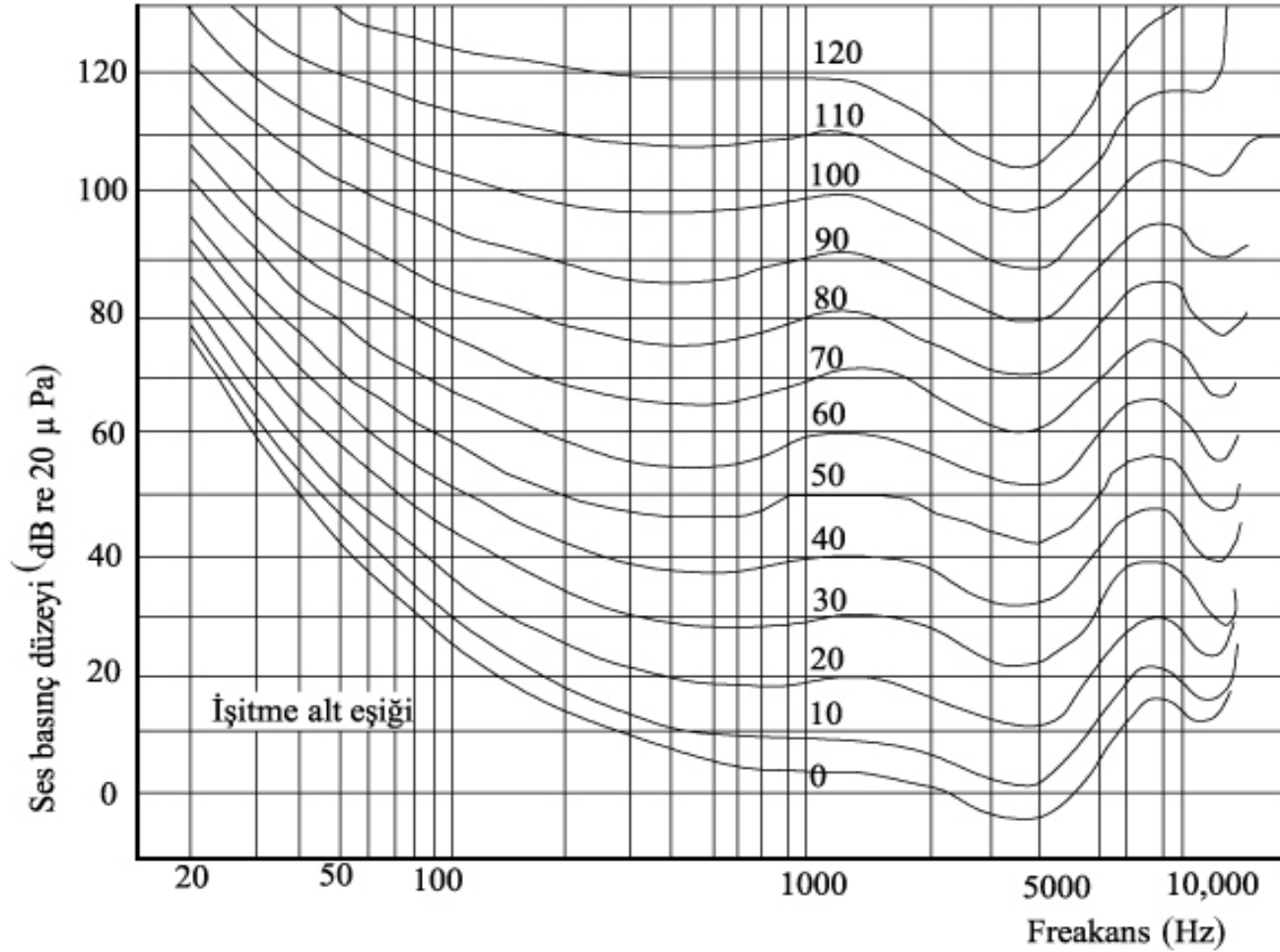
Ses kaynağı	125 Hz	250 Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	Spektral toplam dB
Trafik gürültüsü	77	74	74	73	71	65	82
Dizel lokomotif 25m.	96	86	87	84	83	80	98
Tipik jet uçağı	85	86	84	82	83	80	92

SES VE KULAĞIN DUYARLILIĞI

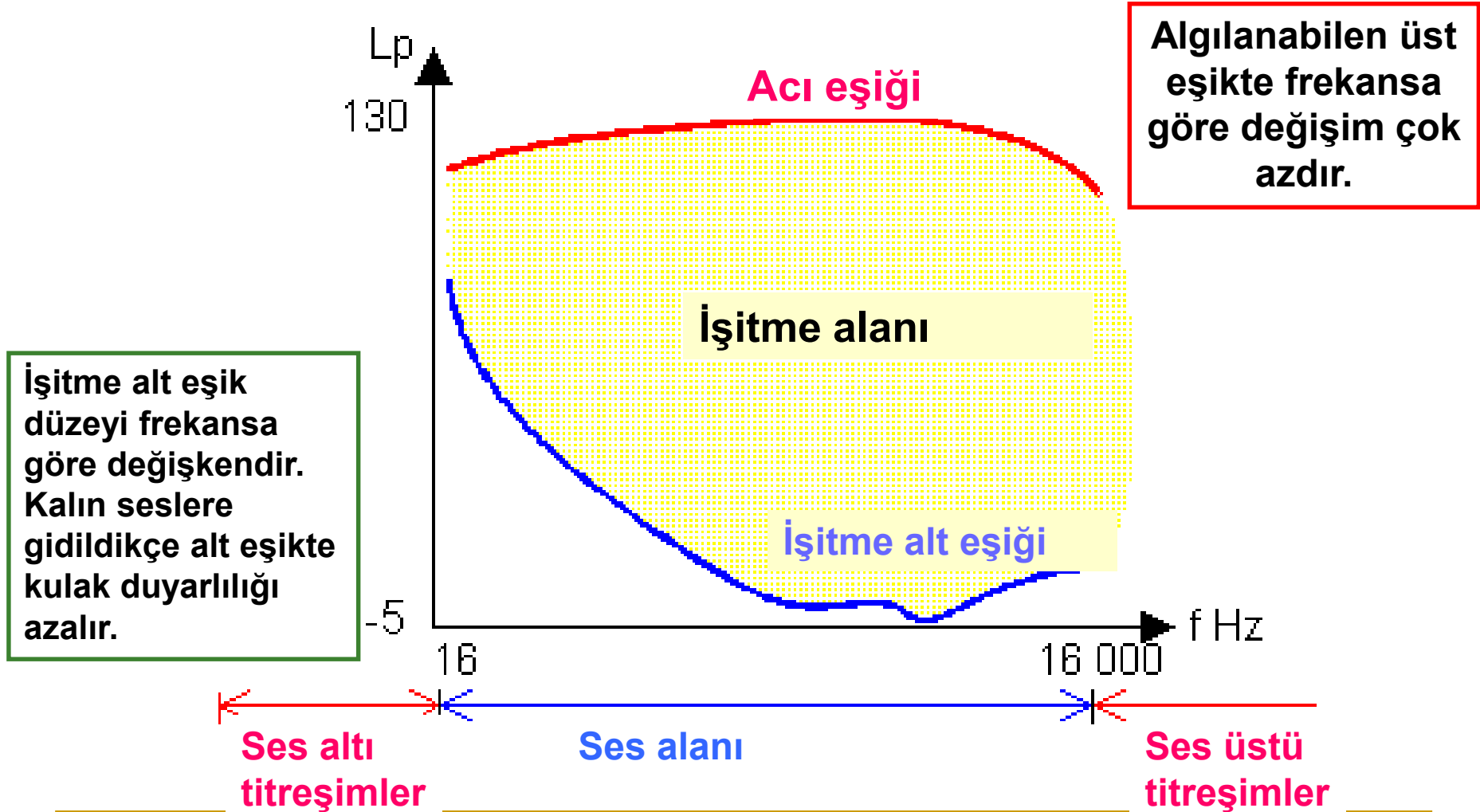
İnsan kulağının (işitme sisteminin)
duyarlılığı sesin düzeyine ve

FON (EŞ DUYULANMA) EĞRİLERİ

insan kulağının düzey ve frekansa bağlı duyarlılık değişimlerini gösterir



SES DÜZEYİ VE KULAĞIN DUYARLILIĞI



İnsan kulağının düzeye karşı duyarlılığı

Genelde 2-3 dB ile 120 dB arasında değişir

Algılanabilen alt eşik düzeyi frekansa göre değişkendir. Kalın seslere gidildikçe alt eşikte kulak duyarlılığı azalır.

Algılanabilen üst eşikte frekansa göre hemen hiç değişim göstermez

İnsan kulağının frekansa karşı duyarlılığı

İnsan kulağı bütün frekanslara aynı derecede duyarlı değildir.

İnce seslere (yüksek frekanslara duyarlılığımız daha fazladır.)

İnsan kulağının en duyarlı olduğu sesler, frekansı 3500 ile 4000 Hz arasındaki ince seslerdir.

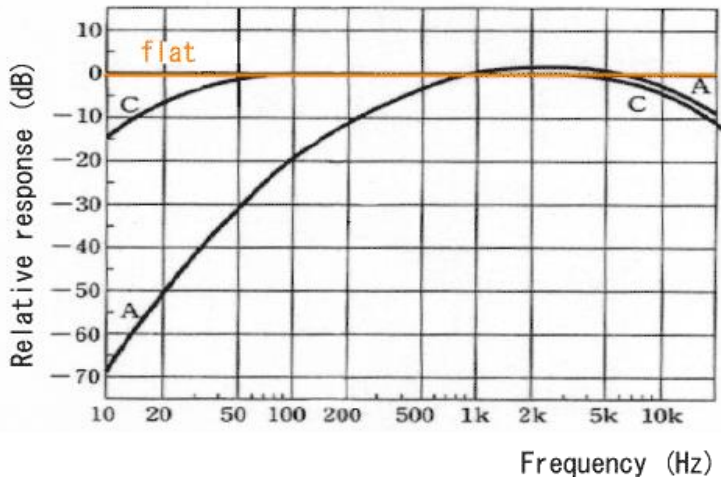
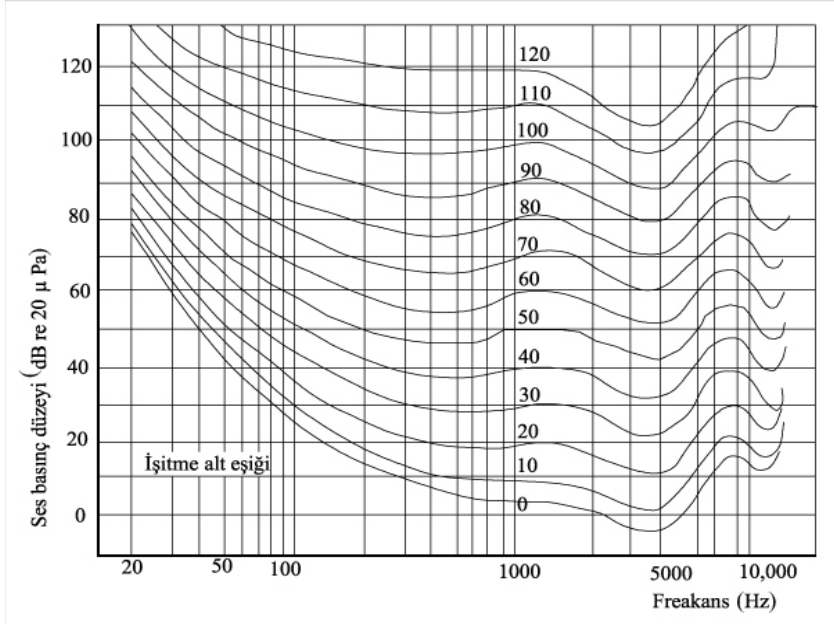
LINEER ÖLÇÜM DEĞERLERİ

**İnsan kulağının frekansa göre
duyarlılığı dikkate alınmadan
ölçülen ya da hesaplanan
ses düzeyleri
(Birimi dB)**

AĞIRLIKLIL ÖLÇÜM DEĞERLERİ

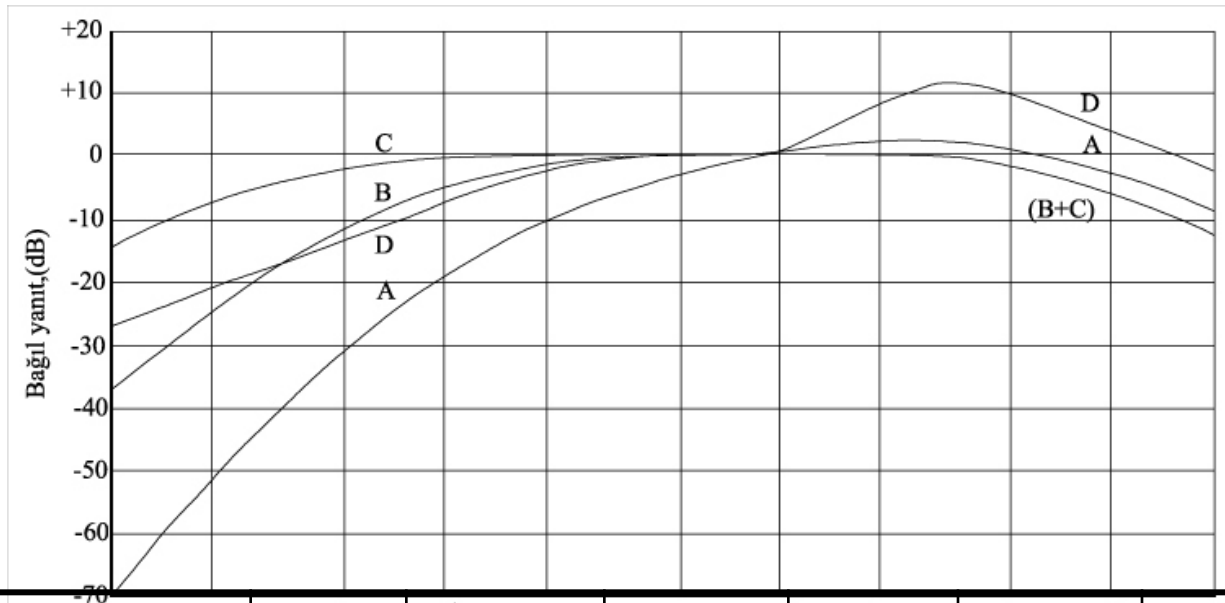
**İnsan kulağının frekansa göre
duyarlılığı **dikkate alınarak**
ölçülen ya da hesaplanan
ses düzeyleri
(Birimi dBA)**

Ağırlıklı Ses Düzeyleri



- Fon eğrileri üç temel bölgeye ayrılarak, dBA (40 Fon), dBB (70 Fon) ve dBC (100 Fon) ağırlıklı düzeyler geliştirilmiştir.
- Ağırlıklı düzeylerin frekans karakteristikleri eşit duyulanma eğrilerinin hemen hemen tersidir.
- Bunlar başlangıçta değişik ses basınç düzeyi bölgelerinde kullanılmak üzere tasarlanmış olmakla birlikte **günümüzde**, A ağırlıklı ölçme sonuçlarının öznel değerlendirmelere B ve C'den daha iyi uyum sağladığı gözlemlendiğinden, **A ağırlığı düzeyden bağımsız olarak hemen her tür ses için kullanılmaktadır.**
- Günümüzde artık en basit ses düzeyi ölçerde bile A ağırlığı fonksiyonu, yani dBA ölçme olanağı vardır.

Ağırlıklı ses düzeyi belirlemelerde kullanılan standartlaştırılmış ağırlık eğrileri ve dBA düzeltme değerleri

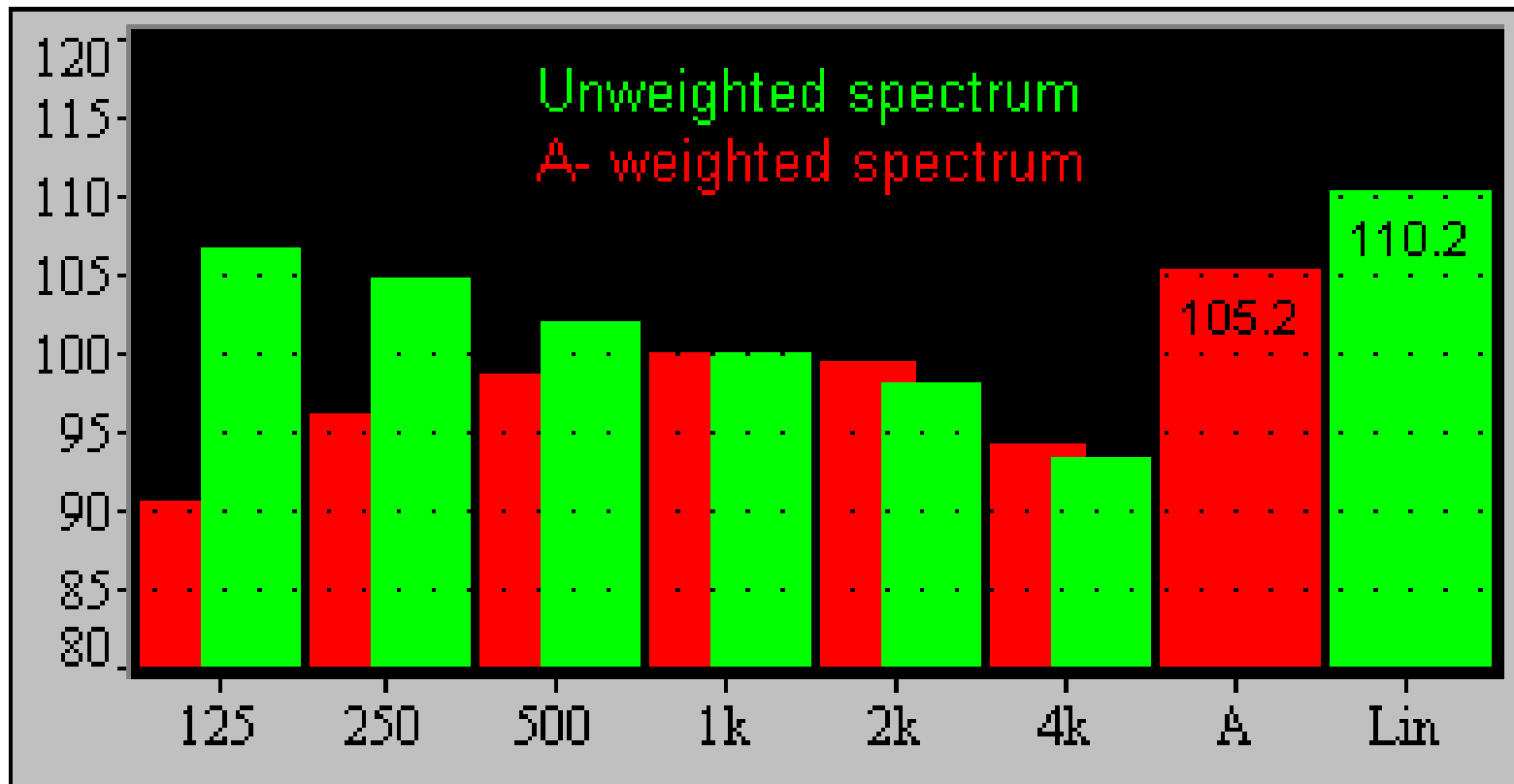


Frekans Hz	125	250	500	1000	2000	4000
dBA düzeltmesi	-16	-8,5	-3	0	+1	+1

A ağırlıklı değerlere örnekler



Belli bir gürültünün Ağırlıksız ve A ağırlıklı tayfsal dağılım değerleri



Örnek 7

Lineer ve dBA toplamları

SPL'lerin farkı (dB) **Büyük olana eklenecek değer (dB)**

0 - 1	3
2 - 4	2
5 - 8	1
9 - 10	0,5

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	toplam
dBA düzeltme değeri	-16	-9	-3	0	+1	+1	-
Gürültü spektrumu lineer toplam	90	90	80	80	80	80	
Gürültü spektrumu dBA toplam	74	81	77	80	81	81	

Örnek 7

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	toplam
dBA düzeltme değeri	-16	-9	-3	0	+1	+1	-
Gürültü spektrumu lineer toplam	90	90	80	80	80	80	94 dB
Gürültü spektrumu dBA toplam	74	81	77	80	81	81	88 dBA

Eşdeğer Sürekli Ses Düzeyi, Leq (dBA)

Eşdeğer sürekli ses düzeyi, ölçme ya da gözlem süresinde, zaman içinde düzeyi değişen sesle aynı akustik enerjiye sahip olan durağan sesin A ağırlıklı düzeyi olarak tanımlanır.

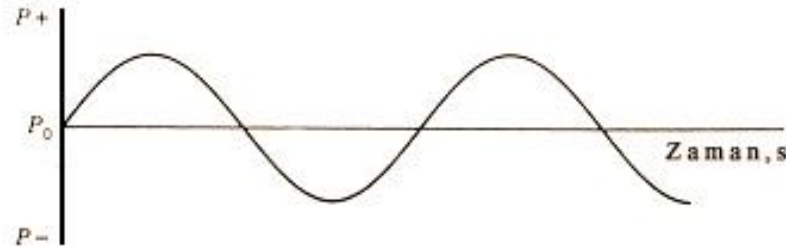
Leq (dBA), ülkemizde yürürlükte olan *Çevresel Gürültünün Denetimi ve Yönetimi Yönetmeliği* de dahil, pek çok ulusal ve uluslararası yönetmelik ve standartta kullanılan önemli bir birimdir.

Tını

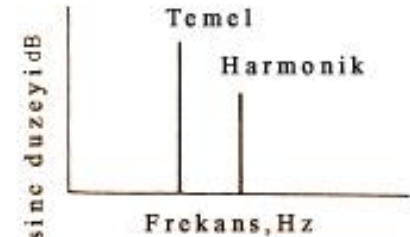
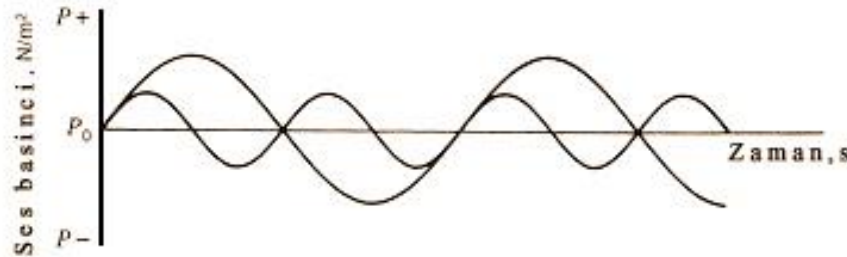
- Genellikle ses kaynaklarının çıkardığı sesler tek frekanslı (yalın ses) değildir. Örneğin piyanonun bir tuşuna basıldığı zaman çıkan ses, bir temel sesle birlikte, onun bazı uyumluları, yani doğal olarak temel sesle birlikte çıkan ve onunla aralarında, belli uyum kuralları bulunan sesler topluluğudur. Bu topluluğa karmaşık ses denir. Karmaşık sesler; konuşma, gürültü gibi düzensiz, ya da müzik sesleri gibi düzenli seslerden oluşabilir.

Yalın ses ile düzenli ve düzensiz karmaşık seslerin grafik gösterimleri.

Yalın Ses



Müzikal ses



Müzik, konuşma gürültü

