

# Sensorët dhe Interfejsët

## Kapitulli 7 : Sensorët dhe Aktuatorët Akustikë

# Hyrje

- Akustika - “Zëri” dhe efektet e tij
- Frekuencat - 0 deri mbi 1 GHz
- Audio: 20Hz - 20 kHz
- Ultrazëri: 20 kHz e mbi
- Infrazëri: 0 - 20 Hz.
- Zëri: Valë longitudionale të presionit

# Hyrje

- Si mjet detektimi dhe veprimi, valët e zërit janë zhvilluar në disa drejtime.
- Përdorimi i valëve të zërit në brezin e dëgjueshëm për detektim të zërit (mikrofonët, hidrofonët, sensorët e presionit)
- Veprimi përmes altoparlantëve, motorëve ultrasonikë.
- Sonar – gjenerimi dhe detektimi i akustikës (përfshirë infra dhe ultra zërin) në oqeane
- Testimi i materialeve, procesimi i materialeve dhe në mjekësi.

## Valët akustike

- Valët e zërit janë valë longitudionale elastike.
- Vala e presionit gjatë përhapjes, ndryshon presionin përgjatë drejtimit të përhapjes.
- Shembull: valët akustike, me ndikim goditës në veshin tonë do të shtyjnë apo tërheqin timpanim për të ndikuar në dëgjim.
- Çdo valë, përfshirë valët akustike ka tri veçori themelore:
  - Frekuencën,
  - Gjatësinë valore dhe
  - Shpejtësinë e përhapjes

## Valët akustike

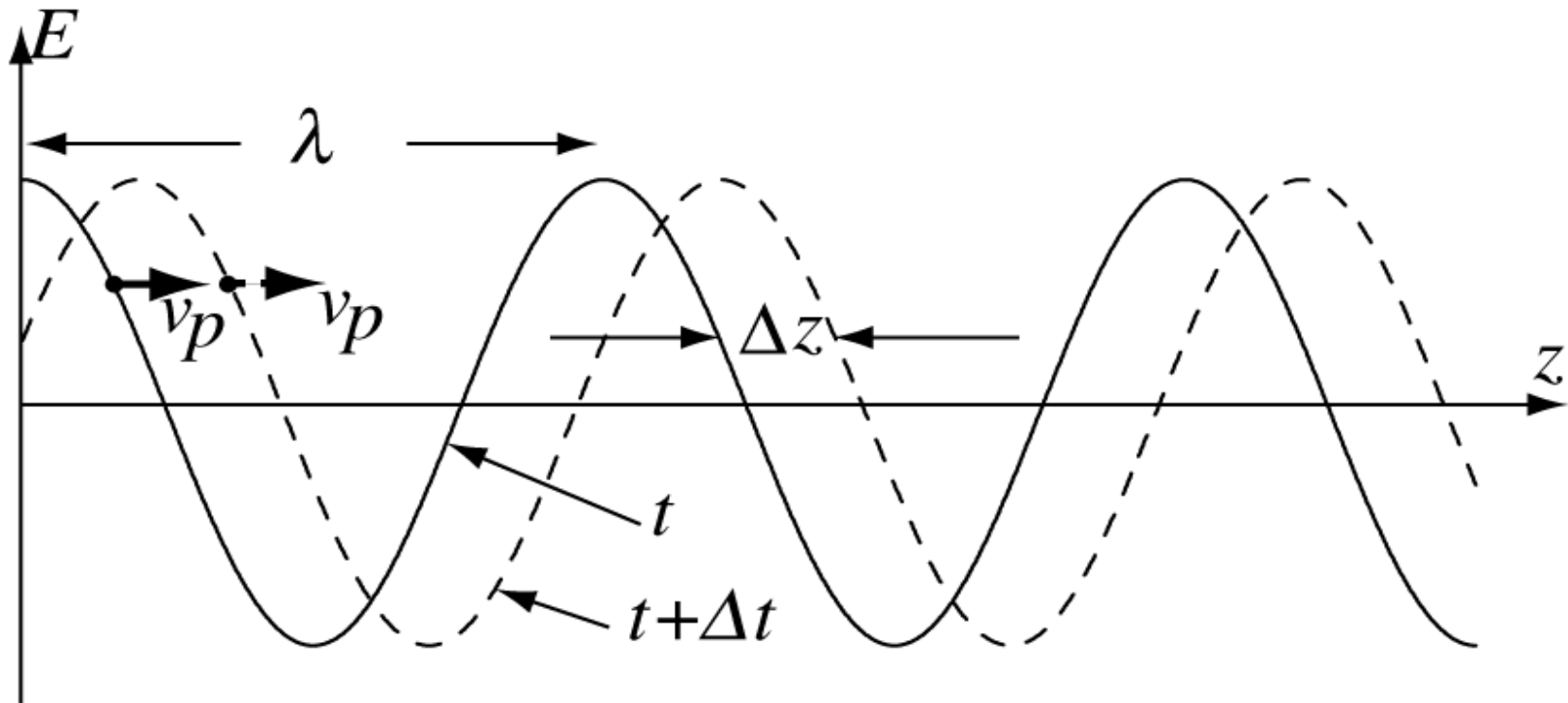
- Frekuenca,  $f$ , e një vale është numri i variacioneve të valës për sekondë.
- Zakonisht definohet për valë harmonike dhe nënkuptohet si numër i cikleve/sekondë i valës harmonike (p.sh., sinusoida).
- P.sh., nëse do të numëronim numrin e kreshtave në një valë oqeani të cilat kalojnë nëpër një pikë fikse brenda një sekonde, rezultati do të ishte frekuenca e valës.

## Valët akustike

- Gjatësia valore,  $\lambda$ , është distanca të cilën vala e përshkon brenda një cikli.
- Në shembullin e valës së oqeanit gjatësia valore është distanca mes dy crests (apo luginave)
- Shpejtësia,  $c$ , e valës është shpejtësia me të cilën ballina e valës përhapet dhe e cila varet nga frekuenca.
- Këto tri madhësi janë të ndërlidhura si:

$$\lambda = c/f$$

# Koncepti i gjatësisë valore



## Valët akustike

- Valët mund të jenë valët transversale, longitudinale apo kombinim i të dyjave.
- Valët transversale janë ato valë të cilat shkaktojnë ndryshim në amplitudë në drejtime transversale me drejtimin e përhapjes së valës.
- Shembull: një litar i shtrënguar vibron në drejtim pingul me gjatësinë e litarit. Vetë vala përhapet përgjatë litarit.
- Vala përhapet në të gjitha drejtimet prej burimit.



# Shpejtësia e zërit

**Table 6.1. Speed of sound in some materials at given temperatures.**

Material	Speed [m/s]	Temperature [°C]
Air	331	20
Fresh water	1,486	20
Sea water	1,520	20
Granite	6,000	
Steel	5,200	20
Copper	3,600	20
Aluminum	6,320	
Beryllium	12,900	

# Valët akustike - teori

- Valët bartin energji.
  - Një valë goditëse (tërmet) mund të shkaktojë dëmtim
  - Në zë i lartë mund të dëmtojë veshin.
- Një valë thuhet të jetë valë përhapëse nëse bart energji prej njërës pikë në tjetrën.
- Një valë mund të përhapet në një medium të lirë me ose pa dobësim (humbje).
  - Dobësimi i valës varet nga mediumi
  - Dobësimi zvogëlon amplitudën e valës.
- Dobësimi i valës është eksponencial

## Valët akustike - teori

- Kur vala përhapëse has në diskontinuitet të hapësirës së lirë (një objekt si muri, ndryshim presioni, etj.) një pjesë e valës reflektohet dhe një pjesë tjetër transmetohet në këtë diskontinuitet.
- Reflektimi dhe transmetimi ndodhin në çdo diskontinuitet
- Këto valë të reflektuara dhe të transmetuara mund të përhapen në drejtime tjera ndaj valës origjinale.
- Transmetimi shkakton refraktim të valës.

## Valët akustike - teori

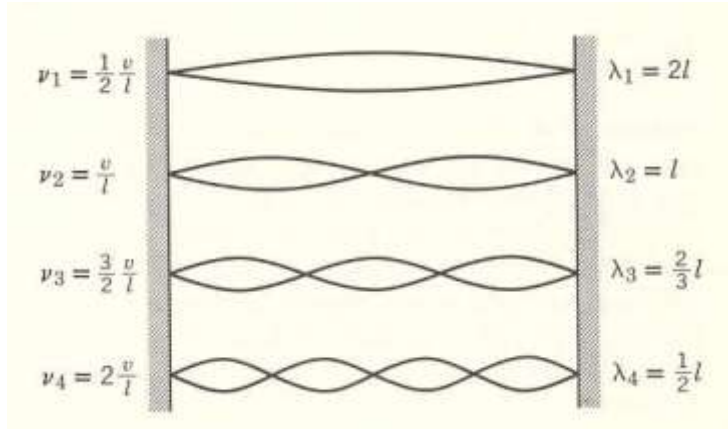
- Valët e reflektuara përhapen në të njëjtin medium me valën përhapëse
- Interferojnë me valën përhapëse.
- Amplituda e tyre mund ti shtohet (interferenca konstruktive) apo zbritet (interferenca destruktive).
- Efekti përfundimtar është që vala mund të ketë amplituda më të vogla apo më të mëdha ndaj valës origjinale.
- Ky fenomen na drejton drejt valës së qëndrueshme.

## Valët akustike - teori

- Interferenca do të shkaktojë që disa lokacione në hapësirë të kenë amplituda më të vogla (apo zero) kurse të tjerat të kenë amplituda më të mëdha se vala incidente (incident).
- Kjo quhet valë e qëndrueshme për shkak se lokacionet e amplitudave zero (të quajtura nyje) janë fikse në hapësirë njëjtë sikur edhe lokacionet e maskimave.
- Figura në vijim tregon faktin që nyjet e valës së qëndrueshme janë në distanca të  $\lambda/2$  derisa maskimat ndodhin në  $\lambda/4$  në cilëndo anë të nyjes.

# Valët e qëndrueshme

- Shembull: litarët e shtrënguar shumë
  - Reflektimet ndodhin në lokacionet e shtrëngimit të litarit.
- Ky vibrim në gjatësi të ndryshme valore, dhe interkasioni me ajrin përreth është muzika të cilën e perceptojmë kur një violinist luan.



## Valët akustike - teori

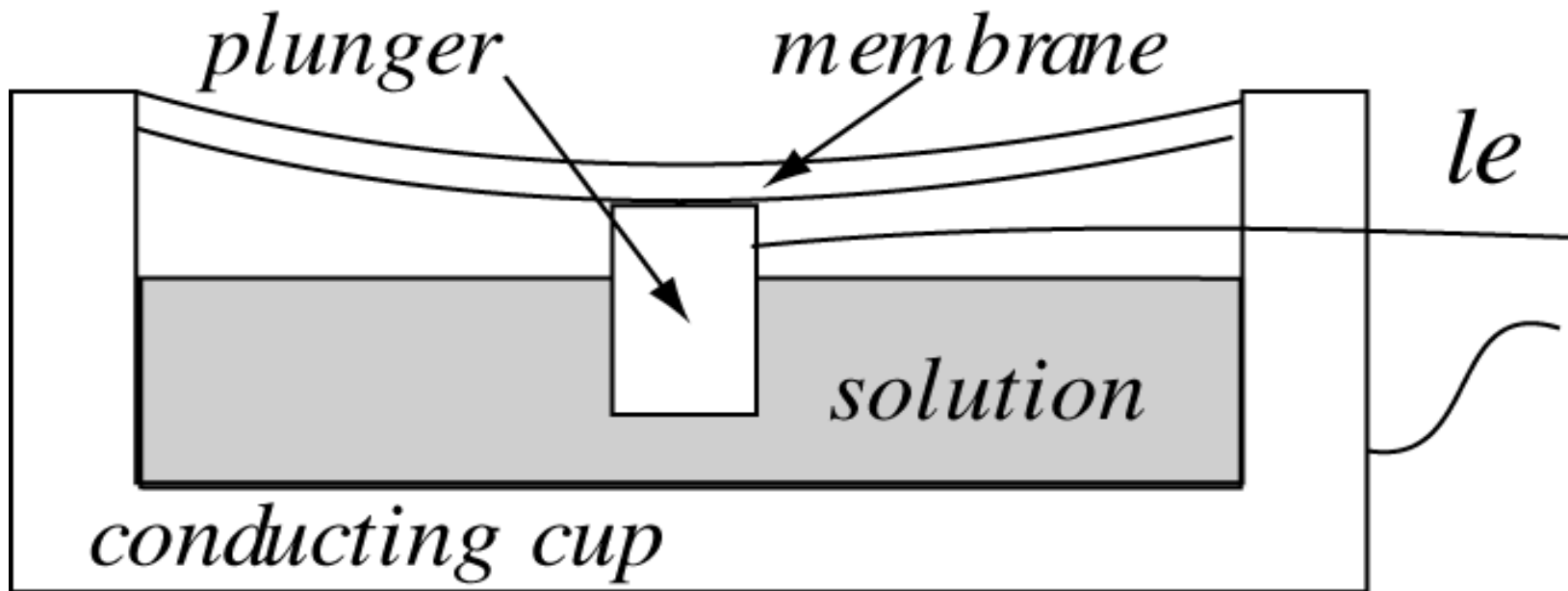
- **Shpërndarja** është reflektimi i valëve në të gjitha drejtimet si pasojë e çdo gjëje në drejtim të valëve.
- **Dispersioni** është përhapja e komponenteve të ndryshme frekuencore në shpejtësi të ndryshme duke shkaktuar kështu shtrembërim në valën e zërit të pranuar.
- **Impedanca e zërit apo akustike** është produkti i densitetit dhe i shpejtësisë:

$$Z = \rho_0 c$$

# Mikrofonët

- Mikrofonët janë sensorë të zërit
  - (në të vërtetë – sensorë tranzientë të presionit)
- Altoparlantët janë aktuatorë zëri
- Mikrofonët dhe altoparlantët e parë (apo dëgjuesit) ishin projektuar dhe patentuar për përdorim në telefona.
- Alexander Graham Bell patentoi më 1876 mikrofonin e parë me rezistencë variable

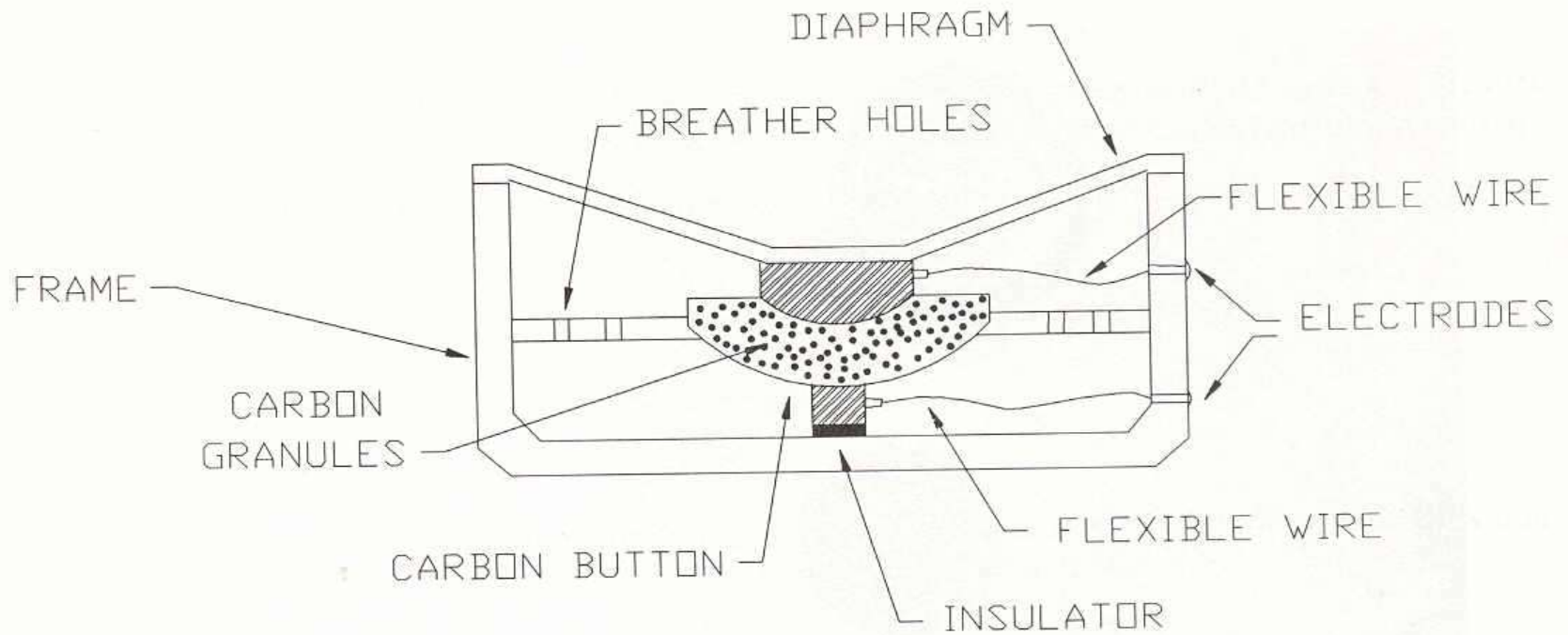




# Mikrofoni i karbonit

- Mikrofoloni i parë praktik u zbulua nga Edison
- Solucioni u zëvendësua me grimca karboni apo grafiti – mikrofoloni i karbonit.
- Në përdorim të vazhdueshëm në telefona
- Performancë të dobët (zhurma, reagimi i kufizuar frekuencor, varësi nga pozita dhe shtrembërime)
- Pajisje “amplifikuese” (mund të modulojë rryma të mëdha) dhe për këtë arsye përdorimi i tij në telefona.
- Ende në përdorim, për të vënë në funksion dëgjuesën e veshit, pa nevojë për amplifikim.

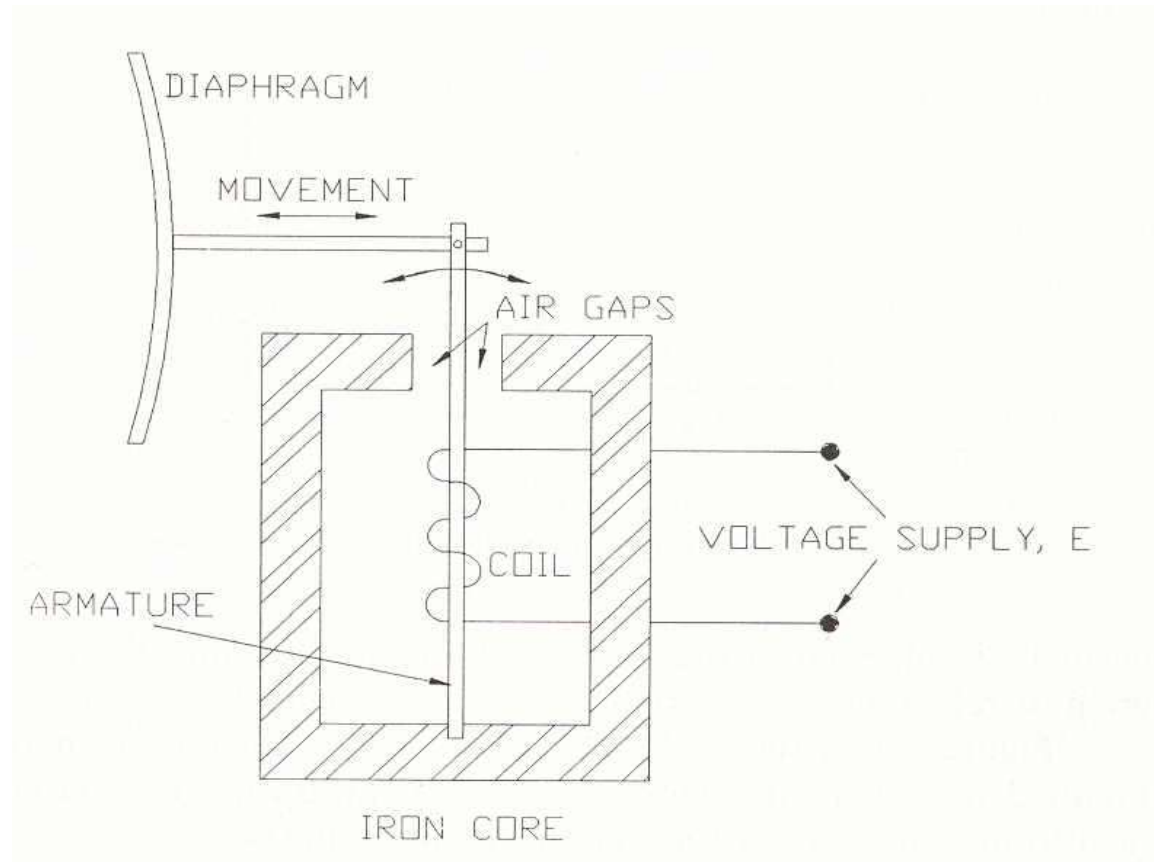
# Mikrofoni i karbonit





- I mirënjohur me metal lëvizës.
- Struktura e tij është e zakonshme në sensorë (të presionit).
- Struktura bazë – fig.

# Mikrofoni magnetik



# Mikrofoni magnetik

- Funksionimi: armatura (një copë metali që lëviz si pasojë e veprimit të ajrit apo gjilpërës në rastin e *pickup*) zvogëlon hapësirën drejt njërit prej poleve të dredhës (coil) së metalit.
- Kjo ndryshon reluktancën (rezistencën) në qarkun magnetik.
- Nëse shufra furnizohet me tension konstant, rryma në të varet nga reluktanca e qarkut.
- Si rrjedhojë e kësaj, rryma në shufër varet nga niveli i zërit

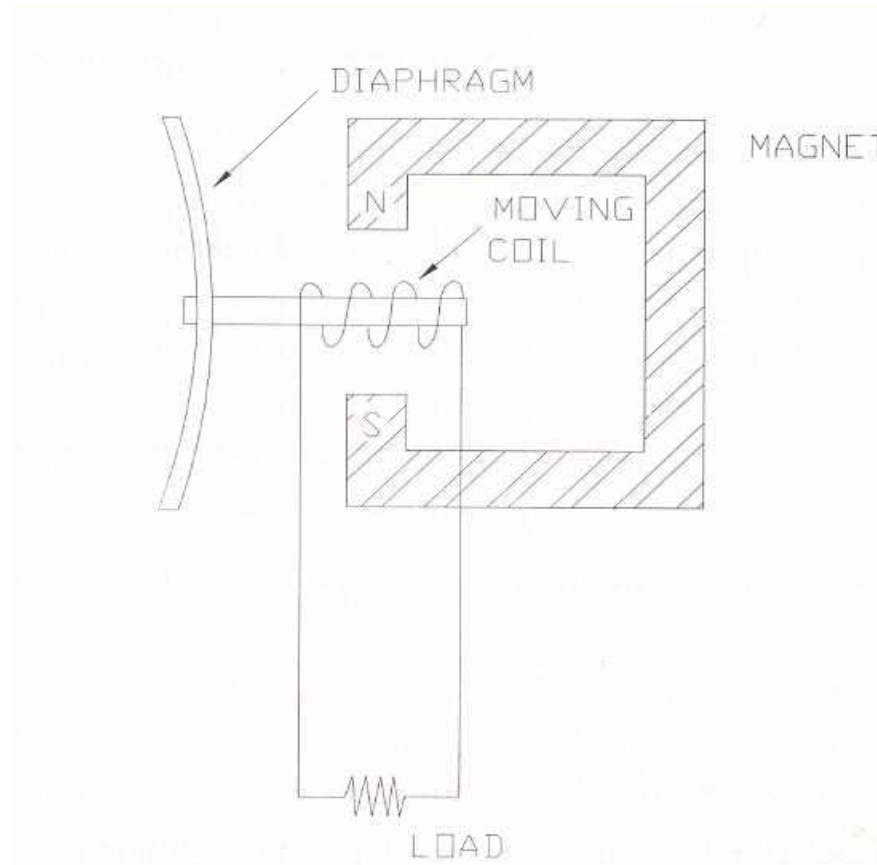
# Mikrofoni me shufër (coil) lëvizëse

- I njohur si mikrofoni dinamik.
- Mikroni i parë që mund të riprodhonte komplet brezin e zërit të njeriut
- Ka mbijetuar deri sot, edhe pse pajisje më të reja dhe më të thjeshta janë zhvilluar.
- Funksonimi bazohet në ligjin e Faradeit:  
*Për një shufër lëvizëse në një fushë magnetike, FEM e prodhuar do të jetë:*

$$V = - N \frac{d\Phi}{dt}$$

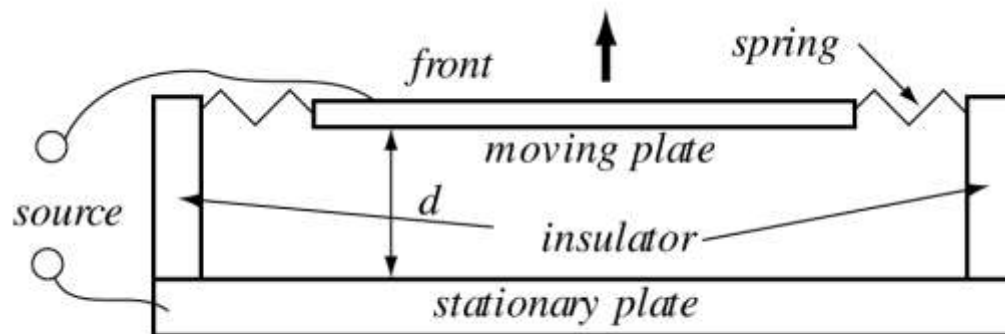


# Mikrofoni dinamik



# Mikrofonët kapacitivë

- Ideja është shumë e thjeshtë:
- Lejo zërin të zhvendosë një pllakë në një kondensator
- Detekto ndryshimin e kapacitetit



## Mikrofoni elektret

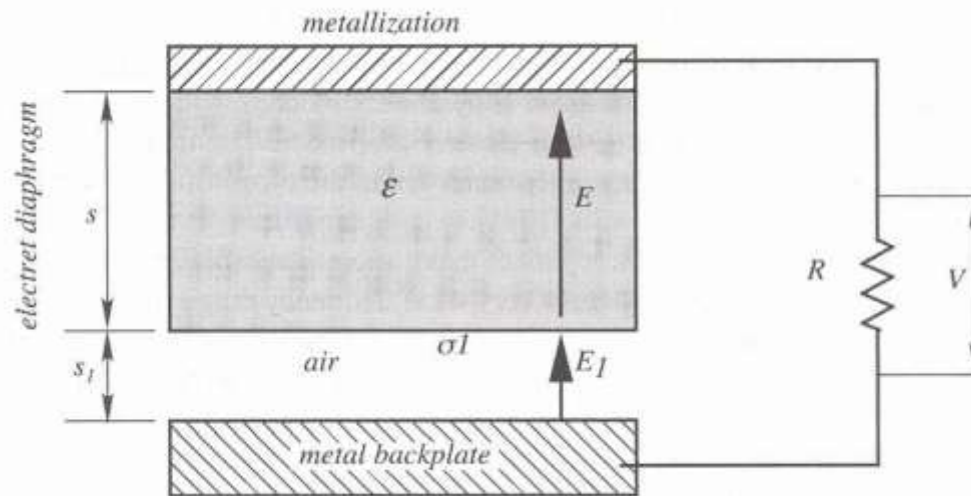
- Solucioni: mikrofoni kapacitiv elektret
- Elektreti: një fushë e përhershme elektrike njëjtë si magenti i përhershëm por për fushën elektrike
- Nëse një material i posaçëm i ekspozohet fushës së jashtme elektrike, ndodh polarizimi i atomeve brenda materialit.
- Pas largimit të fushës së jashtme elektrike, vektori i polarizimit të brendshëm mbetet dhe ky vektor polarizimi shkakton një fushë të jashtme elektrike të përhershme.

## Mikrofoni elektret

- Elektretet krijohen duke aplikuar fushën elektrike derisa materiali ngrohet për të rritur energjinë atomike dhe për të lejuar polarizim më të lehtë.
- Me ftohjen e materialit ngarkesat e polarizuara mbesin në këtë gjendje.
- Materialet e përdorura për këtë qëllim janë Teflon FEP (Fluorinated Ethylene Propylene), Barium Titaniti (BaTi) Calcium-Titanite-Oxide ( $\text{CaTiO}_3$ ) dhe shumë tjerë.
- Disa materiale mund të shndërrohen në elektrete duke i bombarduar ato me elektrone.

# Mikrofoni elektret

- Mikrofoni elektret është mikrofon kapacitiv
- Ndërtohet prej dy pllakave me një shtresë elektreti nën pllakën e sipërme



# Mikrofoni elektret

- Mikrofonët elektretë janë shumë të popullarizuar
  - Të thjeshtë dhe të lirë
  - Nuk kërkojnë furnizim (pajisje pasive).
- Por: impedanca e tyre është shumë e lartë
  - Qarqe të posaçme për lidhje me instrumente.
  - Zakonisht i nevojshëm një FET para-amplifikator për të përshtatur impedancën e lartë të mikrofonit me impedancën më të ultë hyrëse të amplifikatorit.
- Membrana ndërtohet prej një shtrese të hollë elektreti në të cilin shtresa metalike depozitohet për të formuar pllakën lëvizëse.

## Mikrofoni elektret

- Në shumë mënyra, ky mikrofon është gati ideal.
- Reagimi frekuencor mund të jetë prej zero deri në disa MHz (për detektim ultrasonik).
- Shtrembërime shumë të vogla dhe ndjeshmëri të shkëlqyeshme (disa  $\text{mV}/\mu\text{bar}$ ).
- Zakonisht shumë të vegjël (jo më të shumë se 3 mm në diametër)
- Aplikohen shumë, prej pajisjeve regjistruese deri te telefonat mobilë.

# Mikrofonët elektretë





## Efekti piezoelektrik

- Efekti piezoelektrik është gjenerimi i ngarkesa elektrike në materiale kristale si pasojë e palikimit të stresit mekanik.
- Efekti i kundërt është poashtu i dobishëm: aplikimi i ngarkesave nëpër kristal shkakton deformim mekanik të materialit.
- Efekti piezoelektrik ndodh natyrshëm në materiale si kaurci (  $\text{SiO}_2$  – oksid silici)
- Me përdorim të gjatë në të ashtuquajtur oscilatorë kristali.

## Efekti piezoelektrik

- Është edhe veçori e disa keramikave dhe polimereve
- Efekti piezoelektrik i njohur që prej 1880
- Me përdorim të parë më 1917 për të detektuar dhe gjeneruar valë të zërit në ujë për qëllime detektimi të nëndetëseve (hidrolokator).
- Efekti piezoelektrik mund të sqarohet me një model të thjeshtë përmes deformimit të kristaleve:

## Efekti piezoelektrik

- Ngarkesat mund të grumbullohen në elektroda të depozituara në kristal
- Matja e ngarkesës më pas është masë për zhvendosje apo deformim.
- Modeli përdor kristal kuarci ( $\text{SiO}_2$ ) por edhe materialet tjera kanë veçori të ngjashme.
- Poashtu, sjellja e kristalit varet nga ajo se si kristali është i prerë dhe prerje të ndryshme përdoren për aplikime të ndryshme.

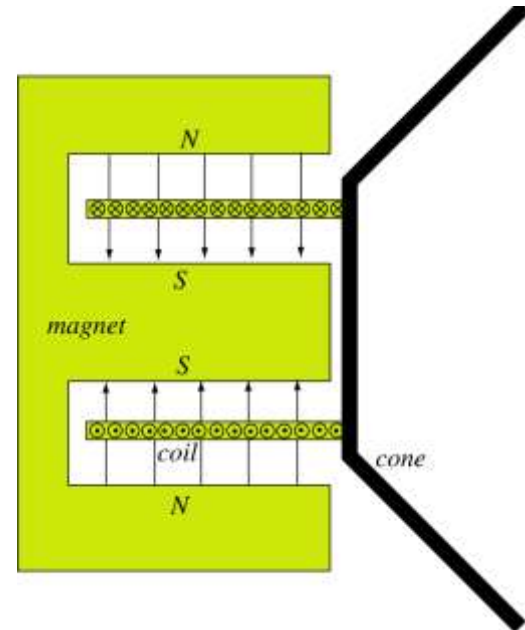
# Aktuatorët akustikë

Do të diskutohen dy:

- Altoparlanti klasik i përdorur në audio punë.
- Aktuatorët piezoelektrikë për qëllim të gjenerimit të zërit.
  - Pajisjet audio të njohur zile
  - Veprimi mekanik.

# Aktuatorët akustikë

- Struktura bazë e altoparlantit
- Forca e dhënë përmes Lorencit, NBIL.
- Fusha magnetike e krijuar nga magnetët e përhershëm



# Altoparlant difragmë titiumi



## Altoparlantët

---

- Magnetët e fuqishëm përdoren
- Hapësira sa më ngushtë për të siguruar forcë maksimale për një rrymë të dhënë.
- Dredhat janë të bakrit të izoluara me llak
- Të mbështjellura ngushtë në spirale vertikale
- Të forcuara me letër apo qelq

# Altoparlantët

- Dy veçori janë me rëndësi:
  - Reagimi frekuencor i altoparlantit,
  - Reagimi direksional (struktura e rrezatimit apo mbulimit).
- Reagimi frekuencor tregon për reagimin e altoparlantit mbi brezin e dobishëm të pajisjes.
- Zakonisht mes 20Hz dhe 20kHz

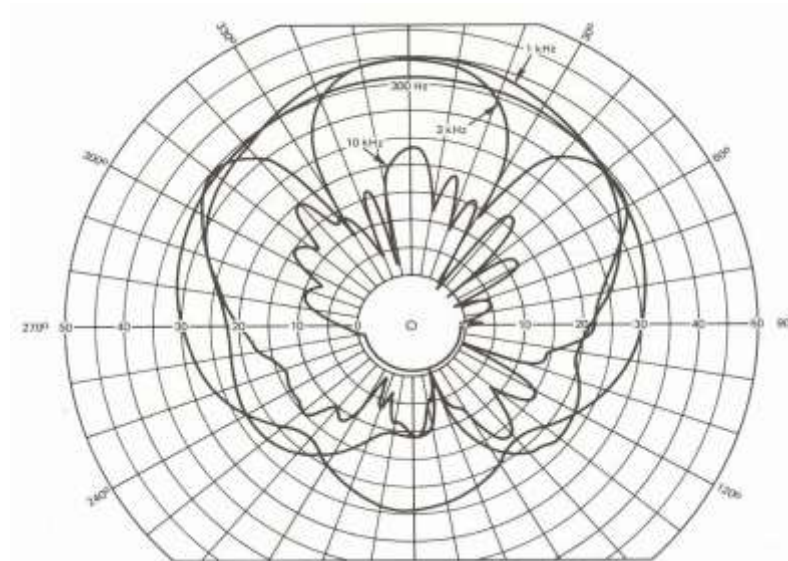


## Altoparlantët

- Reagimi: 20Hz - 20kHz,
- Brezi: 35Hz deri 12 kHz.
- Rezonancat në 1.5 kHz, më të voglat në 3, 4 dhe 13 kHz.
- Të lidhura me strukturën mekanike të altoparlantit.
- Këto shënime janë për altoparlantë të përgjithshëm
- Tjerat kanë reagime në frekuenca më të ulëta (woofers) apo më të larta (tweeters),
- Të varura nga madhësitë fizike të altoparlantëve.

# Altoparlantët

- Reagimi direksional tregon për densitetin relativ të fuqisë.
- Figura më poshtë tregon frekuenca të caktuara.
- Tregon se ku pritet densitet më i lartë po më i ultë i fuqisë dhe mbulueshmërinë e përgjithshme.
- Densiteti i fuqisë prapa altoparlantit është më i ultë se përpara.



# Altoparlantët e vegjël



# Altoparlantët e frekeuncës së ultë



# Altoparlantët e frekeuncës së ultë



# Dëgjuesit e veshit dhe zilet piezoelektrike

## Dëgjuesja peizoelektrike e veshit:

- Një disk piezoelektrik është i lidhur fizikisht me një diafragmë
- Lidhja me një burim tensioni do të shkaktojë lëvizje mekanike të diskut.
- Kur një burim alternativ aplikohet, lëvizja e diskut riprodhon zërit.



## Zilet piezoelektrike

- Dëgjuesja e veshit mund të përdoret si zile duke e aktivizuar përmes burimit alternativ.
- Për ndërlidhje me qark elektronik, këto pajisje shpesh vijnë ose si pajisje me lidhje të tretë e cila, kur në të aplikohet një burim përkatës shkaktin oscilim të diafragmës ose ka qark të domosdoshëm të përfshirë në pajisje.



# Zilet piezoelektrike

- Elementi piezoelektrik i ka dy pjesë:
  - Pjesën e madhe rrethore dhe
  - Pjesën e vogël në formë gishti
- Pjesa më e vogël, kur të nxitet, shkakton shtrembërim lokal në diafragmë dhe bashkëveprimi i këtyre shtrembërimeve me ato të elementit kryesor shkaktojnë oscilimin e pajisjes në një frekuencë të caktuar e cila varet nga madhësitë dhe format e dy elementeve piezoelektrike.
- Këto zile janë shumë të popullarizuara, pasi që shfrytëzojnë shumë pak energji dhe mund të operojnë edhe me 1.5 V,
- Të dobishme si pjesje të aktivizuara direkt në mikroprocesorë.
- Mund të përdoren për audio sinjalizim, pajisje paralajmëruese (te automjetet e rënda gjatë lëvizjes si tyre).





## Sensorët dhe aktuatorët ultrasonikë

- Në princip, identik me sensorët dhe aktuatorët akustikë
- Me ndërtim pak më mdryshe
- Shumë të ndryshëm sa i përket materialeve të përdorura dhe brezit frekuencor.
- Brezi ultrasonik fillon aty ku brezi audio përfundon,
- Prandaj sensori ultrasonik (p.sh., mikrofoli) apo mikrofoli ultrasonik për brezin afër ultrazërit duhet të jetë i ngjashëm me sensorin apo aktuatorin akustik.

# Transmetuesi dhe marrësi UT, 24 kHz



## Sensorët ultrasonikë

- Brezi detektues shumë i gjerë.
- Ultrazëri është shumë i përshtatshëm për përdorim në lëngje dhe materiale të ngurta (shpejtësi më të mëdha, dobësim më i vogël)
- Përkrah valë edhe përtej longitudinale e që mundëson fleksibilitet më të lartë në ultrazë
  - Valët gërshërë,
  - Valët sipërfaqësore
- Sensorët ultrasonikë ekzistojnë në gati cilëndo frekuencë përtej 1 GHz (posaçërisht pajisjet SAW-*Surface Acoustic Wave*).
- Shumica e sensorëve operojnë përfundi 50 MHz.

## Sensorët ultrasonikë

- Shumica e sensorëve dhe aktuatorëve ultrasonikë bazohen në materiale piezoelektrike
- Disa bazohen në materiale magnetostriktive
- Një veçori me rëndësi e materialeve piezoelektrike është aftësia e tyre për të osciluar në frekuenca fikse të definuara qartë të quajtura frekuenca rezonante.
- Frekuenca rezonante e një kristali piezoelektrik (apo keramik) varet nga materiali, masa, tendosja dhe dimensionet fizike dhe ndikohet edhe nga temperatura, presionia, etj.

# Sensorët ultrasonikë - shembuj



## Sensorët magentostriktivë

- Në ajër dhe në lëngje, sensorët piezoelektrikë janë më të mirët.
- Në materiale të ngurta ekziston një alternativë - magentostriksioni.
- Këta sensorë së bashku quhen sensorë ultrasonikë magentostriktivë
- Përdoren në frekuenca më të ulëta (rreth 100 kHz) për të gjeneruar valë të intensitetit më të lartë.
- Krejt çka nevojitet është ngjitja e një bobine në material dhe aktivizimi i tij në frekuencë të caktuar.
- Fusha e gjeneruar në material gjeneron stres i cili gjeneron valë ultrasonike

## Aktuatorët piezoelektrikë

- Një nga aktuatorët e parë të përdorur në orë analoge për dekada me radhë.
- Në esencë, një krah ekuilibri i ndërtuar nga kristali piezoelektrik që aktivizon një rrotë të dhëmbëzuar.
- Kur një puls lidhet nëpër krahun ai lakohet dhe e zhvendos rrotën për një dhëmb.
- Kjo lëvizje kërkon lëvizje të vogël.
- Rëndësia kryesore - saktësia



## Aktuatorët piezoelektrikë

- Aktuatorë tjerë janë dizajnuar e që mund të zhvendosin në distanca më të mëdha me forca të rëndësishme.
- Një pajisje e tillë është në fig.
- Me madhësi 70x90mm dhe kur në të aplikohet tensioni prej 600V njëri skaj në raport me tejtrin lëvizin për 8mm.
- Forca e matur për këtë pajisje është 17kg për tension të matur.



## Aktuatorët e renditur njëri pas tjetrit

- Elementet individuale, secili me elektrodën e vetë mund të renditen për të prodhuar renditje të ndryshme.
- Një nga përparësitë e këtij rregullimi është që forcat janë edhe më të mëdha në krahasim me ato të fituara nga rregullimet e zakonshme
- Një aktuator i vogël, i aftë për zhvendosje prej 0.05mm dhe të një force prej 40N.

