

A használt szennyezőanyagok esetén a meghatározások alapján megállapítható, hogy ezek a kataláz enzim aktivitását csökkentik, ezzel magyarázható, hogy a nagyobb ionkoncentrációk esetén nagyobb mennyiségű hidrogén-peroxid volt a próbákban, ennek megfelelően nagyobb volt a permanganát-mérőoldat fogyása.

Felhasznált irodalom:

- 1] Drăgan-Bularda, M.: Microbiologie generală – lucr. practice, Univ. Babeş-Bolyai, Cluj-N. 2000
- 2] Dukay Igor (szerk.): Kézikönyv a kisvízfolyások komplex vizsgálatához, Vác, Göncöl Alap. 2000
- 3] Fischer Ernő: A funkcionális sejttan alapjai, Dialóg Campus Kiadó, Bp.-Pécs, 2004
- 4] Nánási Irén (szerkesztő): Humánökológia, Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1999
- 5] Növényi kataláz vizsgálata: <http://www.agr.unideb.hu/~kremper/katalaz2.pdf>
- 6] Tuba Zoltán (szerk.): Vízínövények, Móra Ferenc Ifjúsági Kiadó, Budapest, 1995

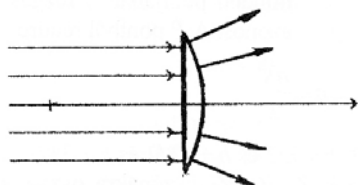
Puskás Ágnes, tanár
Ady Endre Líceum, Nagyvárad

Ultrahang

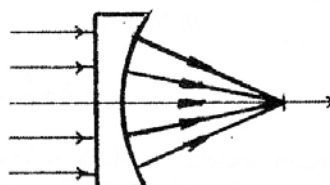
II. rész

Hanglencsék

A hangtörés jelensége alkalmas akusztikai lencsék előállítására, akár csak a fénytánban. Az analógia csak részben alkalmazható. Ez egyrészt annak tulajdonítható, hogy fény esetében a hullámhossz jóval kisebb, mint a lencse geometriai mérete, tehát a diffrakció nem játszik lényeges szerepet. Hallható hangok esetében a két méret közel azonos nagyságrendű, lényeges hangelhajlás jön létre, nem érvényes tökéletesen a sugárirányú terjedés. Ultrahangoknál (a magas frekvencia következtében) a sugár irányú terjedés válik lényegessé. Az ultrahangok gyakorlati alkalmazásainál a hanglencséket széles körben alkalmazzák a sugárzási energia kis térfogatban való koncentrálására. Optikai lencsék esetében a hullámközeg általában levegő, míg a lencse üvegből készül (levegőben a fázissebesség nagyobb, mint szilárd halmazállapotú anyagban). Ultrahangok esetében a leggyakrabban alkalmazott szállítóközeg víz, vagy olaj, a lencsék pedig nagyobb fázissebességgel jellemzett szilárd halmazállapotú anyagból készülnek. A fénytani gyűjtőlencse akusztikai szempontból szóró, és fordítva (2.a., 2.b.ábra).



2.a. ábra



2.b. ábra

A fentiek alapján az anyag csak akkor alkalmas hanglencsének, ha a két közegnek a fázissebessége különböző. Viszont a jó csatolás megköveteli, hogy akusztikai impedanciájuk azonos legyen. Ez a két feltétel, egyidejűleg nehezen valósítható meg. A legjobb kompromisszumot az alumínium biztosítja.

A hanglencsékkel kapcsolatosan más problémák is felmerülnek. Ha az ultrahang a lencse felületére nem merőlegesen esik, a hosszanti rezgések mellet harántrezgések is keletkezhetnek. Mivel az említett két esetben a fázissebességek értékei különbözőek, a lencse két fókuszponttal rendelkezik, tehát két képet alkot. Ez a magyarázata annak, hogy a hanglencsék beeső felülete sík (2.a., 2b.ábra), és merőleges beesést valósítanak meg. A fenti hiányosságok kiküszöbölhetők zónaosztással, vagy akusztikai készletetű vonalakkal.

Hullámok diszperziója

*Diszperzió*nak nevezzük azt a fizikai jelenséget, amikor a hullámok fázissebessége függ a hullámhossztól. Hallható hangok esetében ez a jelenség nem jelentkezik, de a magas frekvencia következtében észlelhető ultrahangoknál igen. Fluidumoknál a fázissebességet a (6) összefüggés értelmezi. Az összefüggés értelmében ez a mennyiség függ a γ adiabatikus kitevőtől, ennek értéke

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v},$$

ahol $C_p = \frac{i+2}{2}kT$ az izobár molhő, míg $C_v = \frac{i}{2}kT$ az izochor molhő. Tehát

$$\gamma = \frac{i+2}{i}, \quad (10)$$

ha i jelöli a molekulák szabadsági fokainak a számát, k pedig a Boltzmann-állandó. Ennek a mennyiségnek az értékét a mozgási lehetőségeknek megfelelő független koordináták száma határozza meg. Egyatomos molekulák esetében csak haladó mozgás létezik. Többatomosok esetében jelentkezik a molakulának mint egésznek haladó, forgó mozgása, és a molekulán belül a rezgő mozgás is. A haladó és a forgó mozgás a molekulára mint egészre jellemző, a rezgő mozgás ennek belső sajátossága. Ennek az érvelésnek megfelelően külső (i_k), és belső (i_b) szabadsági fokokról lehet beszélni. Tehát többatomos molekulák esetében $i = i_k + i_b$. A (10)-nek megfelelően

$$\gamma = \frac{i_k + i_b + 2}{i_k + i_b}. \quad (11)$$

Komplex szerkezetű molekulák haladó és forgó mozgásából származó energiáját külső energiának, míg a rezgő mozgását belsőnek nevezzük. A hullámtér elsődlegesen a haladó és a forgó mozgást gerjeszti. Az összenyomási félperiódusban felvett külső energia időkéssel gerjeszti a rezgő mozgást. Ez az időkézés jellemezhető a t_r relaxációs, vagy beállási idővel. A tágulási félperiódusban a rezgő rendszer energiája csökken, a belső energia, az említett időkéssel, visszaadódik a molekulának mint egésznek. Alacsony frekvencián, a T periódus nagy értékű ($T \gg t_r$) tehát az összenyomási félperiódusban van

idő a rezgőmozgás gerjesztésére, míg a tágulásiban az energia visszaszolgáltatására. Ez azt jelenti, hogy aktiválódnak, mind a külső, mind a belső szabadsági fokok, tehát érvényes a (11) összefüggés. Magas frekvencián $T \ll t$, ezért nem gerjesztődnek a belső szabadsági fokok. A (11) értelmében

$$\gamma_x = \frac{i_k + 2}{i_k}.$$

Ennek megfelelően, $\gamma_x \gg 1$. A (6) összefüggés értelmében a mechanikai hullámok fázissebessége magasabb frekvencián nagyobb mint alacsonyabban, ez diszperziót jelent.

A tárgyalt jelenség hallható hangoknál nem, de ultrahangoknál észlelhető. Ultrahangterben mérve a fázissebességet a frekvencia függvényében, a mért mennyiség változásából meghatározható a belső szabadsági fokok száma, és ennek ismeretében tanulmányozható a komplex molekularendszerek belső szerkezete, és dinamikája. Az előbbi érvelésnek megfelelően, az ultrahang a molekulafizikában fontos kutatási lehetőséget biztosít.

6. Hangforrások

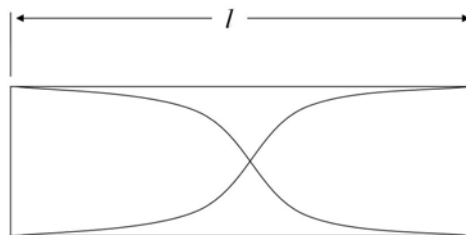
Hangforrásnak tekinthető minden rugalmas test, amely energia közléssel rezgésbe hozható, és a rezgési energiát képes átadni a hullámközegnek. A hangforrások két csoportba sorolhatók: elsődleges (valódi), illetve másodlagos (rezgés-átalakító). Az elsődleges hangforrások mechanikai energia felhasználásával rezgési energiát keltenek (húr, lemez, rúd, levegőoszlop). A másodlagosak elektromos, mágneses energiát alakítanak át rezgési energiává (hangszóró, piezoelektromos, magnetosztatikus ultrahang-generátor). Ultrahangok keltésénél a legfontosabbak a másodlagosak, de az elsődlegesek közül alkalmazzák a levegőoszlopokat, és a rudakat is.

A rúd. A közepén rögzített rudat hossz tengely mentén megütve, vagy hosszmenti dörzsöléssel gerjesztve, rezgési állapotba jut és benne állóhullámok alakulnak ki. A két szabad végén orsó, míg közepén csomó felületek keletkeznek. Jelölje l a rúd hosszát (3.ábra), az ábrának megfelelően a rúdban kialakuló állóhullámok hullámhossza $\lambda = 2l$, ennek az értéknek megfelelő állóhullámok frekvenciája

$$\nu = \frac{c}{2l}, \quad (12)$$

amit alapfrekvenciának nevezünk. Az alapfrekvenciával egyidejűleg, ennek egészszámú többszörösei (felhangok) is gerjesztődnek, de jóval kisebb intenzitással.

Levegőoszlop. Akárcsak a rudak, a levegőoszlopok is gerjesztéssel rezgési állapotba hozhatók, tehát bennük is állóhullámok keletkeznek.



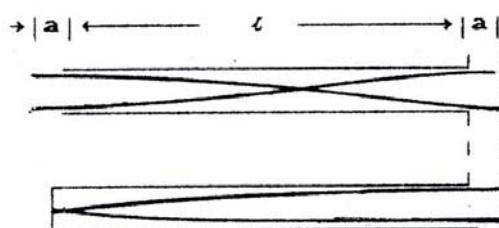
3. ábra

Hullámforrásként viselkednek. A mindkét végén szabad levegőoszlop hasonlóan viselkedik, mint a közepén rögzített rúd.

Az egyik végén nyitott, másik végén zárt levegőoszlopban kialakuló állóhullámnak a nyitott végén orsó, míg a zártnál csomó felülete van (4. ábra). A kialakuló állóhullámra érvényes, hogy

$\lambda = 4l$, tehát az oszlop által keltett hang alaphfrekvenciája

$$v = \frac{c}{4l}. \quad (13)$$



4. ábra

Piezoelektromos ultrahanggenerátor. Ultrahangok keltésére ez a leggyakrabban használt hangforrás. A piezoelektromos hatás abban áll, hogy a kvarc, turmalin, báriumtitanát egykristályok megfelelően kimetszett darabjait összenyomva, az összenyomás irányára merőleges felületeken ellentétes előjelű töltések jelennek meg, nyújtáskor a felületek elektromos töltéseinek az előjele megváltozik. A jelenség fordítva is lejátszódik, ez a *fordított piezoelektromos hatás*, potenciálkülönbség hatására az egykristály tér irányú méretváltozást szenved. Periodikusan változó potenciálkülönbség esetén a méretváltozás is periodikus. Ultrahangok keltésénél a fordított piezoelektromos hatást alkalmazzák.

Tekintsük az 5. ábra szerinti kvarckristályt, melynek OX tengely irányú mérete l . Az OX tengelyre merőleges felületekre elektródákat helyeznek, és ezeket váltakozó elektromos feszültséggel táplálják. A rúdnál tárgyalt esetben akkor alakul ki állóhullám, amikor $\lambda = 2l$. Szilárd halmazállapotú anyagban a longitudinális hullámok fázissebessége

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho(3-6\mu)}}. \quad (14)$$

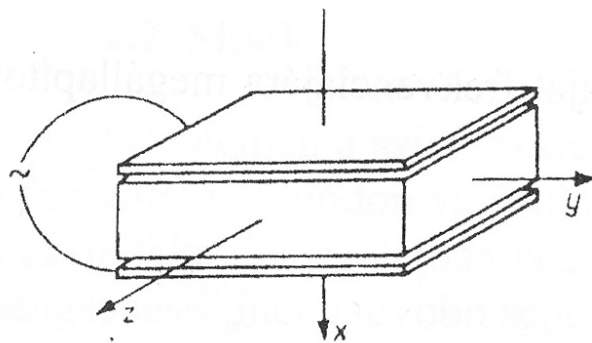
ahol E és μ az anyag rugalmas tulajdonságaira jellemző állandók. A (12) értelmében az egykristály által gerjesztett ultrahang frekvenciája

$$v = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho(2-6\mu)}}. \quad (15)$$

Kvarc esetén $\rho = 2,65 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, $E = 85,46 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$, $\mu = 0,45$, tehát az $l = 1 \text{ cm}$ vastagságú lemez alaphfrekvenciája 285 kHz .

A kvarckristály nem csak az alaphfrekvencián képes rezegni, hanem ennek felharmonikusain is. Amint említettük, a felharmonikusok intenzitása jóval kisebb, mint az alaphangé, ezért gyakorlati alkalmazásuk korlátozott.

Kvarckristály esetében ultrahangok csak az úgynevezett piezoelektromos Curie-hőmérsékletig gerjeszthetők, mivel e felett a piezoelektromos jelenség nem észlelhető.



5. ábra

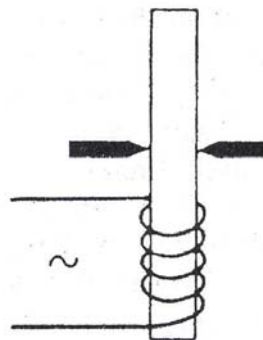
Magnetosztrikciós ultrahang-generátorok. Ferromágneses rudat vagy csövet szimmetria tengelyével párhuzamos irányú mágneses térbe helyezve hossz méretük megváltozik, ez a *magnetosztrikció* jelensége. A hosszváltozás mértéke független a mágneses tér irányításától. A ν frekvenciájú mágneses tér 2ν frekvenciájú hosszváltozást eredményez.

A 6. ábra szerinti l hosszúságú ferromágneses rudat váltóárammal táplált tekercsbe helyezük. A rúdban keltett rezgések frekvenciája

$$\nu = 2 \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho(3-6\mu)}}, \quad (16)$$

ahol 2-es szorzó azért jelenik meg, mert a rúd hosszváltozása nem függ a mágneses tér irányításától.

A 30 cm és a 3 cm hosszúságú nikkelt rúd alaphangjának frekvenciája 8, illetve 80 kHz. Rövidebb rudak is gerjeszthetők, de ebben az esetben már komoly műszaki problémák jelentkeznek. A magnetosztrikciós generátorok nagy előnye a piezoelektromos generátorokkal szemben az, hogy olcsók, felépítésük egyszerű és nagy ultrahang teljesítményt biztosítanak. Hátrányuk, hogy kisebb frekvenciasávot fednek le. Ez a generátor típus csak a ferromágneses Curie-hőmérsékletig működőképes, mivel ezen a hőmérsékleten megszűnik az anyag ferromágneses állapota.



6. ábra

Néda Árpád