

Látható hangok

Szerzők: Bodoni Eszter
Albert Karola

Irányító tanár: Szász Ágota Judit

Tartalomjegyzék

1	A hangok	2
1.1	Hangokról általánosan.....	2
1.2	Hangforrások.....	2
1.3	A hangok jellemzői.....	2
2	Ultrahangok	3
2.1	Az ultrahangok előállítása	3
2.2	Az ultrahangok vizsgálata	4
2.3	Az ultrahangok hatásai és alkalmazásai	4
3	A labormunkánk eredményei	4
3.1	Ultrahangok kimutatása petróleum segítségével.....	5
3.2	Kristály rezonancia frekvenciájának a meghatározása	6
4	Bibliográfia	8

Bevezető

Mint természettudományok iránt érdeklődő tanulók, felfigyeltünk arra, hogy egyes állatok ultrahangokat képesek kibocsátani (kutyák, delfinek, egerek), és a denevérek azon különleges képességére, hogy ultrahangok keltésével tájékozódnak.

Mivel az ultrahangok magas frekvenciájú, emberi fül által nem hallható hangok, megpróbáltuk ezeket **láthatóvá tenni folyadék segítségével**: egy triódás rezgéskeltő segítségével előállított ultrahangokat teszünk láthatóvá, majd egy oszcilloszkóp segítségével meghatározzuk az előállított ultrahang frekvenciáját.

1 A hangok

1.1 Hangokról általánosan

A hang szó többféle értelemben, ill. több fogalom gyűjtőneveként használatos: mint fizikai fogalom az észlelő tudatától függetlenül meglevő hangjelenséget, mint élettani (fiziológiai) és lélektani (pszichológiai) fogalom pedig hangérzetet, ill. hangélményt fejezi ki.

A levegő rugalmas deformációit hanghullámoknak nevezzük. Ha ezeknek a hullámoknak a frekvenciája 16 és 16000 Hz közé esik, az emberi fül számára hallható (hallható hang). 16 Hz alatt infrahangokról, 16 kHz fölött ultrahangokról és 100 MHz fölött hiperhangról beszélünk. Az anyagokban a rugalmas deformációk transzverzális vagy longitudinális hullámok lehetnek. A levegőben terjedő hang longitudinális.

1.2 Hangforrások

Minden, közegben rezgő test hanghullámokat bocsát ki.

Hangforrásoknak tekinthetők: a *húrok*, *pálcikák*, *membránok*, *lemezek*, *harangok*, *szirénák*, *hangszórók (elektromágneses és dinamikus hangszórók)*, **a piezoelektromos hangforrások** (rezgő kristályfelületek, az ultrahangok előállítására szolgálnak)

1.3 A hangok jellemzői

Terjedési sebesség (c): A rezgési állapot terjedési sebességét a hullám terjedési sebességének nevezzük. Mértékegysége m/s. A hang sebessége a levegőben 0°C-on és normál nyomáson $c=331,4$ m/s. Légüres térben nem terjed a hang. A hang sebessége különböző értéket mutat más-más közvetítő közegre (vas, víz, szerves oldószer).

Periódusidő (T): A hullámforrás és a közeg minden részecskéje ugyanannyi idő alatt végez egy teljes rezgést, ez a periódusidő. mértékegysége: s.

Frekvencia (ν): Egységnyi idő alatt megtett rezgések száma. A periódusidő reciproka, amelyet a hullám frekvenciájának nevezünk. Mértékegysége: 1/s vagy Hz (herz).

Hullámhossz (λ): Két szomszédos, azonos fázisban lévő pont távolsága. Felületi és térbeli hullámoknál két szomszédos, azonos fázisban levő hullámfront távolsága. Mértékegysége: m.

A hangot jellemző mennyiségek között a következő összefüggést írhatjuk fel:

$$\lambda = c/\nu$$

ahol λ : hullámhossz

c : hangsebesség

ν : a hang frekvenciája

Amplitúdó (A): A részecskék maximális kitérése az egyensúlyi helyzetből. Mértékegysége: m.

2 Ultrahangok

2.1 Az ultrahangok előállítása

Az ultrahangok előállítására alkalmas: a *Galton-síp*, *speciális szirénák* és az ún. *magnetosztrikciós adók*, de a legelterjedtebbek, és jóval nagyobb frekvenciát is szolgáltathatnak (500 MHz frekvenciát is), a **piezoelektromos ultrahang-adók**.

Ezek az adók a piezoelektromos hatáson (a reciprok piezoelektromos hatáson) alapszanak. Az előbbi hatás lényegében abban áll, hogy bizonyos kristályok, pl. a kvarc és a turmalin megfelelően kimetszett darabjai deformálás esetén felületükön elektromos töltést mutatnak, s a fordított hatás pedig abban, hogy a kristályok elektromos térben deformálódnak. Így, ha a kvarckristályból kivágott lemeznek az x "poláris tengelyre" merőleges két, fémbevonattal ellátott véglapjára gyorsan változó elektromos feszültséget adunk egy elektroncsöves rezgéskeltőből, akkor a lemez d vastagsága - és l hosszúsága is- megfelelő ütemben változik. E mechanikai rezgések amplitúdója rezonancia folytán akkor a legnagyobb, ha az elektromos rezgések frekvenciája megegyezik a kvarclemesz (piezokvarc) valamelyik sajátfrekvenciájával. A sajátfrekvenciák az x irányú "vastagsági rezgéseknél"

$$\nu_n = \frac{n}{2d} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (n = 1, 2, 3, \dots),$$

és innen a kvarc ρ sűrűségéből s az x irányhoz tartozó E nyújtási modulusból adódik, hogy pl. 1 mm vastag lemez alaprezgésénél $\nu_1 = 3$ MHz. A kvarcelemek egyik szokásos elhelyezkedési módja az, amelynél a rezgések csak az egyik oldalra: felfelé, sugárzódnak ki.

2.2 Az ultrahangok vizsgálata

Az ultrahangok vizsgálatánál egyrészt a kicsiny hullámhossz miatt ($v = 500\text{MHz}$ $\lambda=6\cdot 10^{-5}\text{ cm}$, azaz majdnem megegyezik a vörös fény hullámhosszával), másrészt az elérhető nagy intenzitás folytán részben más módszerek és lehetőségek is vannak, mint a hallható hangok tartományában.

Egy fontos módszernél ultrahanghullámokat keltenek valamilyen folyadékban, úgy hogy ebben szabályosan egymásra következő sűrűségingadozások jönnek létre, ily módon a folyadékon, mint optikai rácson fényelhajlás jelenségek állíthatók elő, amelyekből megfelelő mérésekkel az ultrahang hullámhossza meghatározható. Itt említjük meg, hogy az ultrahanghullámok a bennük fellépő sűrűségingadozásokkal kapcsolatos törésmutatóingadozások alapján az optikai árnyékképeléssel le is fényképezhető.

A hullámhossz mérésére a v frekvencia ismeretében egyúttal a hangsebesség mérését is jelenti.

2.3 Az ultrahangok hatásai és alkalmazásai

Rengeteg alkalmazása van mind az iparban, mind a tudományban és mindennapi életben.

A hangversenytermek akusztikai kimérése modellek és ultrahang segítségével történik.

Az olyan anyagvizsgálat, amelynek során a különböző határfelületekről történő visszaverődéseket figyelik meg, ugyancsak ultrahangokkal történik.

Pontról pontra történő leképezés nagyon keskeny hangnyalábok alkalmazásával és a visszhang futási idejének mérésével történik. Ezzel a nagyon fontos módszerrel az emberi test belsejéről rétegfelvételek készíthetők anélkül, hogy az ultrahang sugárkárosodást okozna, mint például a röntgenvizsgálat során.

Össze lehet keverni egymással különben nem keveredő anyagokat, mélyen fekvő testrészeket lehet melegíteni, folyadékokat gáztalanítani.

Az ultrahangok a gázokban lebegő apró részecskékre pl. köd-, füst-, korom- és porszemekre egy olyan hatást gyakorolnak, hogy a részecskék a fellépő hidrodinamikai vonzóerők folytán nagyobb halmazokká állnak össze (koaguláció), majd kicsapódnak. Ennek a hatásnak az alkalmazásaira példa a gázok tisztítása és a repülőtereknek nagyteljesítményű ultrahangszirénákkal való ködmentesítése.

Ultrahang hatására a vízben H_2O_2 képződés játszódik le a hosszú láncú molekulák szétszakadnak, egyes festékoldatok elszíntelenednek és más oxidáló jelenségek játszódnak le.

Biológiai hatásokat is vált ki, például kis állatokat (halakat, békákat), valamint mikroorganizmusokat elpusztíthat.

Az ultrahangot terápiás célokra is alkalmazzák bizonyos ideg-, izom-, csontrendszeri és más megbetegedéseknél.

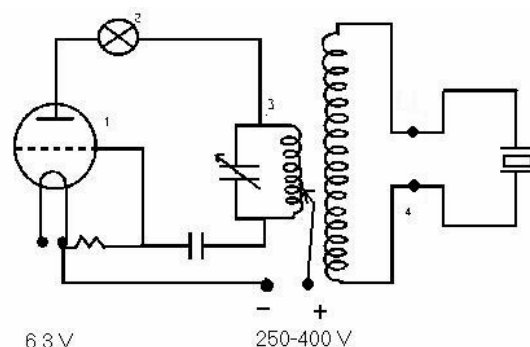
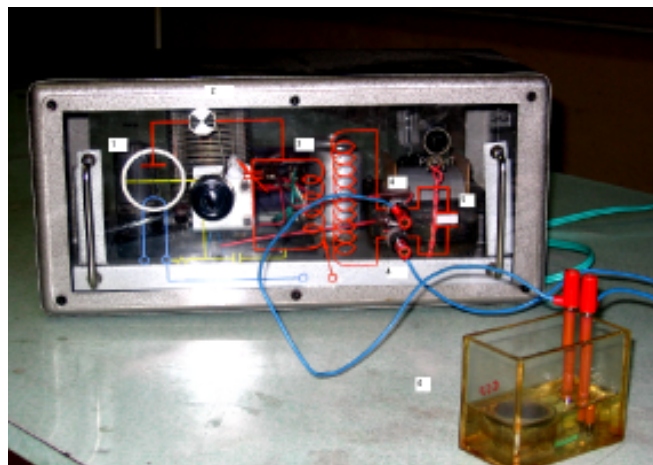
Az intenzív ultrahang-nyaláboknak fontos alkalmazásuk van a visszhangos mélységmérésnél és a víz alatti híradás technikájában: a nyalábokat rövid impulzusokban kibocsátó, majd az akadályokról visszavert "jeleket" felfogó sonar-készülékkel. Hasonlóan működő készülékeket kíséreltek megszerkeszteni vakok számára, akik így miként a denevér is, ultrahangok segítségével tájékozódhatnak.

3 A labormunkánk eredményei

3.1 Ultrahangok kimutatása petróleum segítségével

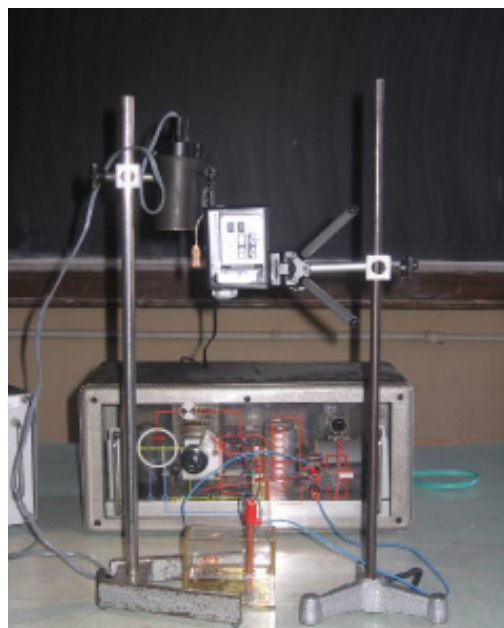
Eszköz: Piezo-kristályos ultrahanggenerátor, ami egy változtatható frekvenciájú, anódköri rezgőkörrel ellátott triódás oszcillátor.

A kísérleti berendezés áramköre:



- 1: trióda
- 2: égő
- 3: változtatható kondenzátoros rezgőkör
- 4: magasfrekvenciás kimenet
- 5: traduktor: piezo-elektromos kristály

A kísérleti eszköz leírása:



A generátor elülső lemezén található a kapcsoló, a változtatható kondenzátor csavarja és az összekötő hűszalok, melyek segítségével tápláljuk árammal (feszültséggel) a traduktort (kvarckristályt). A generátor áramköre a műszer elülső lemezére van felvázolva. A hátsó lemezen egy kis ablakot alakítottak ki melyen keresztül kicserélhető az olvadó biztosíték valamint beállítható a hálózati feszültség értéke. A traduktor, jelátalakító (azaz elektromos jelet alakít át mechanikai hullámmá) egy mindkét oldalán ezüstözött, 2 MHz-es alap frekvenciájú kvarckristályból áll.

A

A munka menete és ennek eredménye: az ultrahanghullámok kimutatása

A kvarckristályt egy átlátszó edénybe helyezzük, melynek falai golyóálló üvegből készültek és finomított petróleumot töltünk bele. A petróleum a kőolaj lepárlásának egyik terméke, főleg 10-11 szénatomszámú szénhidrogének keveréke. Sárgás színű folyadék. Traktorok üzemanyagaként és fűtőolajként használják.

Elindítjuk a generátort és a kvarckristályt különböző frekvenciákra hangoljuk a változtatható kondenzátor segítségével. Abban a pillanatban, amikor a gerjesztő frekvencia megközelíti a kristály rezonancia frekvenciájával, a petróleum felszínén megjelennek



hullámok. Még tovább hangolva a kristályt, még erősebb rezgéseket figyelünk meg, vagy azt vesszük észre, hogy teljesen megszűnnek a petróleum felszínén a hullámok.

A jellemző hullámozás a folyadék felszínének abban a pontjában jelenik meg, ahol az ultrahangsugarak kilépnek a folyadékból a levegőbe.

Ezáltal sikerült nekünk ultrahangokat előállítani, és habár nem hallottuk ezeket, mégis meggyőződünk létezésükről, mivel láttuk őket. Kísérletünket le is videóztuk, a kamera a kísérleti eszközzel az előző oldalon látható. Ennek során a fenti fényképet is készítettük, amelyen nagyon jól látszik a petróleum hullámozása.

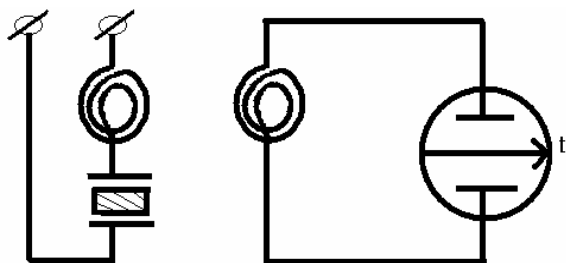
3.2 Kristály rezonancia frekvenciájának a meghatározása

Megpróbáltuk az általunk keltett **ultrahangok frekvenciáját is meghatározni** kétféleképpen: a kristály átmérőjének az ismeretében, és oszcillószkóp segítségével.

I. Oszcilloszkópos mérés

Eszközök: Piezo-kristályos ultrahanggenerátor, 2 induktív tekercs és egy oszcilloszkóp

A kísérlet leírása:



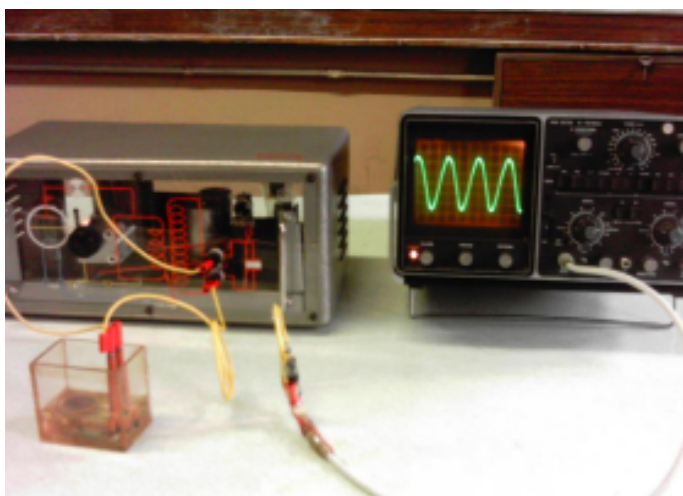
A kristályt a generátorhoz kapcsoló egyik kábelből 3 menetes tekercset hozunk létre. Az oszcillószkóp kábeljének a végére is kapcsolunk egy ugyanennyi menetszámú, ugyanolyan drótszámú tekercset. Az így készített és egymáshoz közelített tekercsek induktív

csatolást hoznak létre a traduktor és az oszcillószkóp között. A traduktor tekercse, mint

indukáló tekercs, ugyanolyan frekvenciájú feszültséget indukál az oszcilloszkóphoz kapcsolt tekercen. Ez a videofilmen is látszik.

Az indukált feszültség (aminek nagysága 0,12 V) frekvenciáját mértük meg.

A beállítás és a hullámhossz értékét az oszcilloszkóp képernyőjéről olvastuk le.



Számítások:

Mérések száma	beállítás [μs/cm]	λ [cm]	ν [MHz]	ν átlag [MHz]	$\Delta\nu$ [MHz]
1	0,5	1	2	1,96	- 0,04
2	0,5	1,12	1,79		0,17
3	0,2	2,65	1,9		0,06
4	0,2	2,55	1,96		0
5	1	0,45	2,22		- 0,26
6	1	0,53	1,89		0,07

II. A kristály frekvenciájának kiszámítása a méretei alapján

Eszköz: egy csavarmikrométer, melynek segítségével mértük meg a kristály vastagságát.

Mérések száma	d [mm]	ν [MHz]	ν átlag [MHz]	$\Delta\nu = \nu$ átlag - ν_1
1	1,40	2,02	1,9833	-0,0367
2	1,43	1,98		0,0033
3	1,45	1,95		0,0333

A táblázatban található végeredményeinket a : $\nu = v/2d$ képlet alapján számoltuk ki, a d-t a csavarmikrométerről olvastuk le, a v sebesség értékét pedig a piezo-kristályos ultrahanggenerátor használati utasításait tartalmazó könyvecskéjéből vettük ki, ami 5650 m/s.

Következtetés:

A 2 mérés alapján sikerült nagy pontossággal meghatározni az előállított ultrahang frekvenciáját, a 2 mérés között az eltérés kisebb, mint 1,15 %, ami iskolai körülmények között nagyon jónak mondható.

4 Bibliográfia

1. Budó Ágoston: Kísérleti fizika I.
2. SH Atlasz Fizika
3. Ernst Jenő: Biofizika
4. Vincze János: A biofizika nagy fejezetei