

Újabb kísérlet a relativitáselmélet igazolására

A Föld két ellentétes oldalán dolgozó kísérleti kutatók egyesítették erőiket, hogy Einstein relativitáselméletét egy újabb tesztnek vessék alá. A kaliforniai Stanford Egyetemen *Holger Müller* és kollégái a Lorentz-invariancia sérülését vizsgálták a Berlinben, valamint az ausztráliai Perth-ben végzett kísérletek eredményeinek kombinálásával. Az egyik esetben két kvarc üregrezonátor fényének frekvenciáját, a másokban két zafír

kristályban a mikrohullámok frekvenciáját hasonlították össze. A kísérletek a fotonok és az elektronok viselkedését vizsgálták, és kísérlet közben a berendezést forgatták, hogy megváltoztassák a vonatkoztatási rendszert. A több mint egy évig gyűjtött adatok szerint a Lorentz-invariancia esetleges sérülésére adott felső korlát a korábbi értéknél 3–50-szer kisebb.

Phys. Rev. Lett. 99, 050401 (2007)

MINDENTUDÁS AZ ISKOLÁBAN

HALLHATATLAN HANGOK

A hanghullámok – energiahordozásuk révén – alkalmassak jelek, információk továbbítására, amelyeket a hullámforrástól távol is fel tudunk fogni. Ritkán gondolunk arra, hogy amit a fülünkkel érzékelünk, az csak egy része a hangoknak. Ma, amikor a fejlett technikai eszközökkel észlelésünk szinte határtalan, akár kérdőjelet is tehetnénk a cím végére. Mindenesetre érdekes áttekinteni azt, hogy mi van a hallható tartományon kívül.

Hanggal kapcsolatos alapfogalmak

Fizikai értelemben hangnak nevezik a rugalmas közegben fellépő mechanikai rezgéseket és hullámokat. A hang terjedési sebessége levegőben 330–340 m/s, folyadékokban és szilárd anyagokban sokkal nagyobb, vízben körülbelül 1400, acélban nagyjából 5000 m/s. A sebesség – egyes esetektől eltekintve – a frekvenciától és hullámhossztól független, de minden anyagban nagy mértékben függ a közvetítő közeg sűrűségétől, hőmérsékletétől. (Szilárd anyagokban többféle rugalmas hullám is terjedhet, hangsebességen általában a longitudinális hullámok sebességét értjük.) Légüres térben ezek a

mechanikai hullámok nem terjednek. (Közismert kísérlet szerint egy búra alá helyezett csengő hangját nem halljuk, ha kiszivattyúzzák a levegőt.)

A hang két legfontosabb jellemzője a hangerősség és a hangmagasság. A hang magasságát a rezgésszáma határozza meg, azonos frekvencia esetén a nagyobb amplitúdójú hangrezgés hangerőssége a nagyobb.

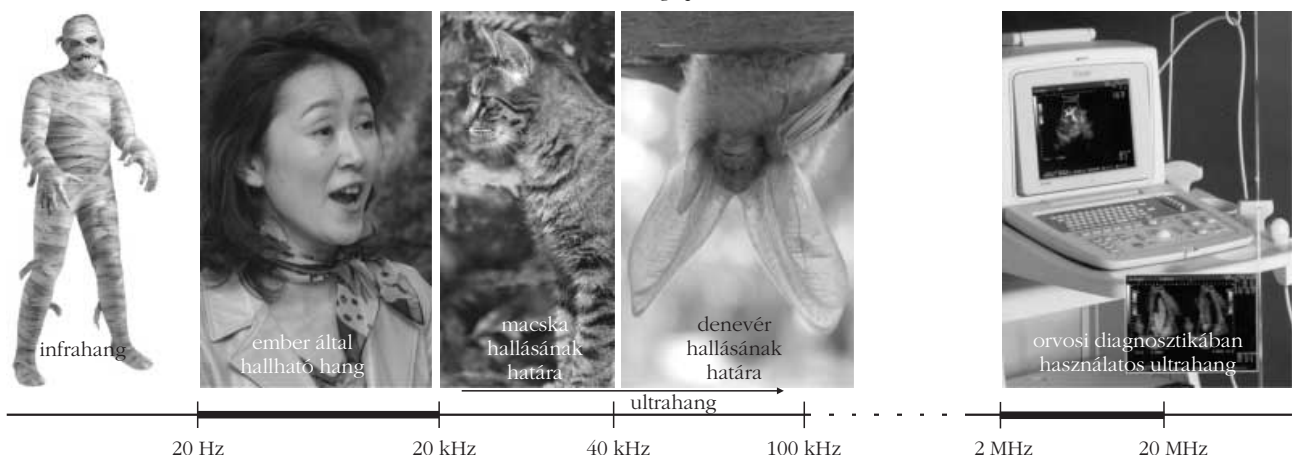
A frekvencia szerinti felosztás szerint *a hallható hang* olyan hang, amelynek (vagy legalább egy szinuszos összetevőjének) frekvenciája 20 Hz és 20 kHz közé, az átlagos hallástartományba esik. A 20 Hz-nél kisebb frekvenciájú hang neve *infrabang*, a 20 kHz-nél nagyobb frekvenciájú *ultrabang*, a 10^8 Hz-nél nagyobb frekvenciájú hangot hiperhangnak is szokták hívni (1. ábra).

Hangok az ember által hallható tartományon kívül

Infrahangok keletkezése, terjedése

Az infrahangok fontos tulajdonságai: Egyrészt, hogy közegben (légkör, víz, talaj) kevésbé csillapodnak, ezáltal nagy távolságra (akár több száz kilométerre is)

1. ábra. A hang spektruma





2. ábra. Nem szellem, infrahang hatása!

terjednek. Másrészt, az alacsony frekvenciának köszönhetően terjedését nagyon bonyolult meggátolni, könnyen át tud hatolni akár szilárd építmények falain is. A természetben meglehetősen gyakran keletkeznek infrahangok, például gyenge földrengések és szellőkések miatt. Néhány állat is használja az infrahangokat: például az elefánt távolsági kommunikációra és az ellenfél elriasztására.

Infrahangok hatásai

Az infrahangnak, bár hangként nem észlelhető, van fiziológiai hatása az emberi szervezetre. Kellő erősségekben rosszullétet, emésztési zavarokat, pánikhangulatot okozhat. (Haláleset is előfordult már. Egyes állítások szerint különösen veszélyes a nagy teljesítményű, 7 Hz-es infrahang.)

Az infrahangokat szinte mindennel összefüggésbe hozták. Korábban is sok tudós feltételezte a mára igazoltnak látszó tényt, hogy a „szellemjárta” helyeken ezek a hangok okoznak olyan érzést, amelyet az emberek a kísérteteknek tulajdonítanak: rejtélyes körülmények között elalvó gyertyák, furcsa érzések és borzongás. Ezeket a jelenségeket aligha a kísértetjárta házak szellemei okozzák, sokkal inkább egy rendkívül alacsony frekvenciájú hang, ami az emberi fül számára nem hallható (2. ábra).

Az infrahangokat nem halálos fegyverként is fel kívánják használni. A hallható tartományon kívül egyre több kutatást végeznek az infrahangos akusztikus fegyverek előállítására érdekében. A kételkedések ellenére az amerikai hadsereg katonai rendszerei nagy lehetőséget látnak az infrahangfegyverben, főleg tömegzavargások esetén. Véleményük szerint hatása sokkal jobban kontrollálható, mint például a könnygázé.

Ultrahang az állatvilágban

Az állatok az ember által keltett és hallott hang frekvenciájánál sokkal szélesebb tartományban képesek hangkeltésre és érzékelésre. Leginkább az ultrahangok felé terjed ki ez a képességük. A delfinek képe-



3. ábra. A Robert Adler konstruálta első, ultrahangos TV-távírányító sek zsákmányuk felderítésére 170 000 Hz-ig terjedő ultrahangokat is kibocsátani.

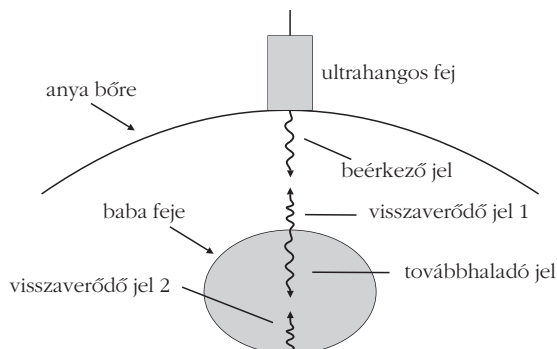
Az élőlények által keltett és hallott hang frekvenciatartománya nem feltétlenül egyezik meg. A fajtársaikkal való kommunikáláshoz használt frekvenciánál általában magasabbat is képesek érzékelni zsákmányszerzéskor, illetve veszély elhárításakor. Például a macska nem képes ultrahangot kibocsátani, de meghallja az egér 30 000–40 000 Hz körüli cincogását, a lepkék is érzékelik a denevérek ultrahangjeleit. Az, hogy a denevér a fülével lát, korántsem tévedés, a repülés közben manőverező és rovarokra vadászó emlős ultrahangradarja segítségével kellő precizitással érzékeli a környező világot.

Egyszerű ultrahangos eszközök

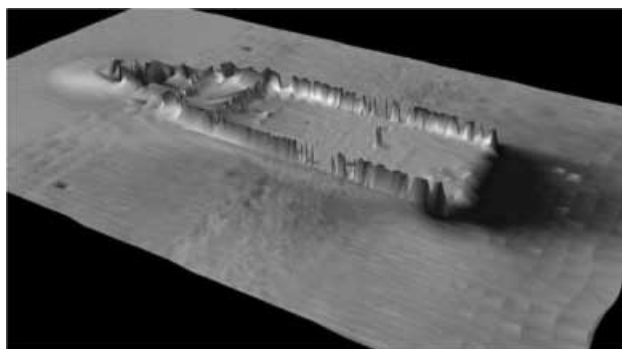
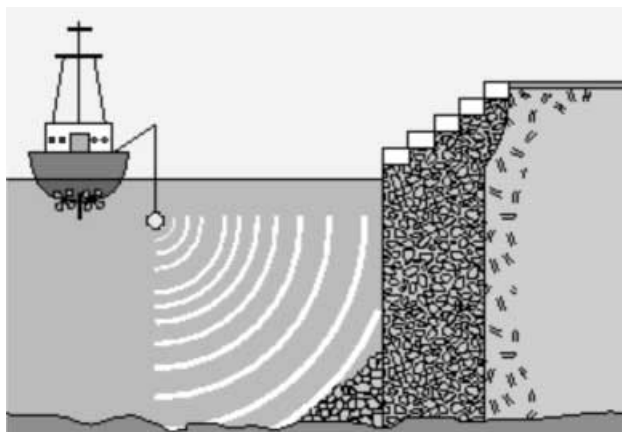
A 20 kHz-nél nagyobb frekvenciájú mechanikai rezgések és hullámok keltésére alkalmasak egyebek között a Galton-síp (kicsiny, zárt ajkásíp), speciális szirénák, a magnetosztrikciós (egyes ferromágneses anyagok erős mágneses térben történő méretváltozását használó) adók. A MHz-es frekvenciák előállítására kiválóan alkalmasak a piezoelektromos (egyes anyagokban mechanikus deformáció hatására elektromos feszültség keletkezik, illetve feszültség hatására mechanikusan deformálódnak) ultrahangadók.

A mindennapi életben is gyakran használjuk az ultrahangokat. Ma már kevesen tudják, hogy az első igazán jól használható televíziós távírányítók ultrahanggal működtek. Robert Adler konstruálta azt az ultrahangos távírányítót (3. ábra), amely 1956 júniusában került Amerikában kereskedelmi forgalomba. Úgy működött, hogy az adórészbe négy különböző hosszúságú alumínium pálcát építettek és egy mechanikus szerkezet valamelyik pálcá végére ütött, amitől a pálcá rezgésbe jött és ultrahangot bocsátott ki. Az ultrahangot érzékelő vevőrész pedig beépítettek a TV-be.

Az ultrahanggal működő leváltó infravörös távírányítók az 1980-as évek elején jelentek meg. (Egyes állítások szerint az ultrahangos eszközök zavarták a lakásban lévő háziállatokat.)



4. ábra. Magzatról készült 4D ultrahangkép és a képkalkítás elve



5. ábra. A szonár és a segítségével egy hajóroncsról készült kép

Ultrahang az egészségügyben

A modern technika révén a hang segítségével nemcsak a denevérek, mi is „láthatunk”. Sok család fényképgyűjteményében megtaláljuk a születés előtt készült magzati felvételeket, amely a születendő gyermek jó minőségű képét mutatja. A felvételek titka itt is az ultrahang (4. ábra).

Az orvosi diagnosztikában használatos ultrahang frekvenciája lényegesen nagyobb, mint a természetben előforduló ultrahangoké. A képkalkotó készülékekben 2–20 MHz frekvenciájú ultrahangot használnak. Átlagosan 1540 m/s terjedési sebességet feltételezve az ultrahang hullámhossza szövetekben 0,77–0,154 mm, ami már jó felbontó-képességet biztosít. A transzducerekhez – az ultrahangos jel adására és vételére is alkalmas eszközökhöz – piezoelektromos elven működő anyagokat használnak.

Az egészségügyben használt ultrahangos eszközökhöz az ötletet az I. világháborúban a tengeralattjárók felderítésére használt, a hang visszaverődésén alapuló navigációs készülék (szonár) adta (5. ábra). Kis tömegű, elemmel működő szonár-eszközök ma már mindenki számára elérhetőek, amelyek segítségével az aktuális vízmélységen kívül az is meghatározható, hogy hol és milyen mélységben vannak halak.

Az ultrahang-terápiánál az ultrahang izomlazító, fájdalomcsillapító és értágító hatását használják ki.

Az orvoslásban ultrahangokat nemcsak diagnosztikai, hanem terápiás célokra, többek között vesekő-, epekőzúzásra is használnak. A kőre fókuszált lökeshullámok segítségével zúzzák olyan apróra (néhány milliméteresre) a köveket, hogy azok el tudjanak távozni a szervezetből.

Mester András

Diósgyőri Gimnázium, Miskolc

Irodalom

- Öveges J.: *Az élő fizika*. Gondolat Kiadó, Budapest, 1972.
 Budó Á.: *Kísérleti fizika*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1970.
 Kedves F.: *Fizika az élővilágban*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998.
 Damjanovich S., Mátyus L.: *Orvosi Biofizika*. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, 2000.
 Hope, J.: *Medical Physics: Imaging*. Heinemann, 1998.
<http://www.hobbielektronika.hu/lexikon/infrahang.html>
<http://index.hu/tech/tudomany/infrahang/?print#more>
 Kolláth Z.: Kozmikus infrahang-diagnosztika. *Fizikai Szemle* 56/11 (2006) 392. és <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0611/kollath0611.html>
 Kovács F., Nadas Gy., Regöly Mérei J., Szebeni Á.: Az ultrahang terápiás alkalmazásai. *Fizikai Szemle* 56/8 (2006) 256. és <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0608/ultrahang0608.html>
 Bartha T.: Személyek elleni akusztikus fegyverek, mint nem halálos eszközök. <http://www.zmne.hu/kulso/mhht/hadtudomany/2004/2/2004-2-10.html>

Fizikai Szemle
MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

megjelenését anyagilag támogatják:

