

Bagosi Róbert: Hangsebesség mérése - újragondolva

Szeretnék bemutatni olyan módszereket, melyek segítségével megmérhető a hangsebesség levegőben, akár különböző hőmérsékleteken. Ezeknek egy részét a CERN-es HTTP keretén belül dolgoztam ki 2015-ben.

I. Pozitív visszacsatolás

Egy mikrofonból, erősítóből és hangszóróból álló rendszer kellő erősítés esetén összegezjed, a pozitív visszacsatolás következtében. A gerjedés frekvenciája az alkotóelemek különböző paramétereitől függ (karakterisztika, frekvenciamenet, stb.). A mikrofont egy egyik végén zárt rezonátor csőbe helyezve, nagymértékben befolyásolható a gerjedés frekvenciája. Ekkor olyan frekvencián következik be a gerjedés, melynek negyed hullámhossza a cső hosszának páratlan számú többszöröse (ekkor alakulnak ki állóhullámok a csőben). A gerjedés létrehozható egy notebook és a hozzá csatlakoztatott mikrofon segítségével is. A mikrofont egy egyik végén zárt csőbe kell helyezni (pl. pezsgőtablettás doboz). Amennyiben a számítógépre telepítve van egy spektrum analízátor program (én a Soundcard Scope szoftvert használom, amely letölthető a www.zeitnitz.de honlapról), a gerjedési frekvencia megmérhető. A rezonátor hosszának ismeretében a hangsebesség kiszámítható a $v = \lambda \cdot f$ képletből.

A mérés során szükség lehet hangszínszabályozásra is, ugyanis a használt mikrofon és notebook függvényében előfordulhat, hogy nem az alaphangon, hanem az első felharmonikuson jönnek létre az állóhullámok. Ekkor a magasabb hangokat ki kell szűrni.

Változtatva a csőben a levegő hőmérsékletét, a hangsebesség hőmérsékletfüggése is bemutatható. Ehhez két egyforma fémcsövet használnék, az egyik hőmérsékletét jelentősebben megemelve (a pontos módszer még kidolgozás alatt) összehasonlítható a hangsebesség szoba- és annál magasabb hőmérsékleten.

II. Zaj erősítése

Az elrendezés az előzőhöz hasonló, de a notebook erősítőjét és hangszóróját kihagyva. Ebben az esetben egy okos telefon és a rá telepített megfelelő alkalmazás (iPhone esetében pl. a Function Generator applikáció) szükséges, amely képes fehér zaj előállítására (alkalmazás hiányában egy fehér zaj hangfájl lejátszása is megfelelő lehet). A közel minden hallható frekvenciát tartalmazó fehér zaj csak bizonyos összetevőit erősíti fel a rezonátor, csak bizonyos frekvenciákra alakulnak ki állóhullámok a csőben (a telefont a rezonátorhoz kellően közel kell helyezni). Ezek frekvenciája a már említett programmal megmérhető. Ennek ismeretében az előzőekben említett módon kiszámítható a hangsebesség.

III. Fáziseltolódás mérése

A fentebb említett szoftver kétcsatornás oszcilloszkópként is működik. A notebook mikrofonbemenetére két mikrofont csatlakoztatva (csatornánként egyet-egyet), egyszerre két jel jeleníthető meg. A méréshez egy (okos)telefonnal egy ismert frekvenciájú hangot kell kibocsátatni (a fentebb említett applikáció tudja ezt). A két mikrofont közel egymás mellé helyezve beállítható az, hogy az oszcilloszkóp programban a két érzékelt szinusz jel fázisban legyen. Távolítva az egyik mikrofont a rögzített másiktól, előidézhető az, hogy a két oszcillogram ismét fedésbe kerüljön. Ekkor a mikrofonok közötti távolság épp hullámhossznyi. A frekvencia és a hullámhossz ismeretében a hangsebesség kiszámítható.

Műhely

A műhelyfoglalkozás során a hangsebesség mérését szeretném bemutatni különböző gázokban/gázkeverékekben. Ehhez a fentebb bemutatott első módszert fogom felhasználni.

A foglalkozáson először bemutatnám magát a módszert, majd elvégezném a mérést levegő esetén (a képernyőképet kivetítve).

Ezt követően a rezonátort széndioxiddal tölteném fel (szóda patron felhasználásával) és így végezném el a mérést (ha a rezonátor a nyitott végével felfelé van elhelyezve, a széndioxid a csőben marad). Ennek eredményeként kisebb hangsebesség érték adódik, mint levegő esetén.

A harmadik mérés során a rezonátort hidrogén vagy hélium gázzal tölteném fel (ha a rezonátor a nyitott végével lefelé van elhelyezve, a hidrogén/hélium a csőben marad). A mérés eredményeként nagyobb hangsebesség érték adódik, mint levegő esetén.

Amennyiben lehetséges, a foglalkozás végén a résztvevőket is be kívánnám vonni a mérésbe. Két-három fős csoportokban elvégeznék a mérést levegőben. Ennek az lesz a feltétele, hogy a résztvevők egy része hozzon magával notebookot, melyre telepítve van a Soundcard Scope szoftver. Nem túl nagy létszám esetén (legfeljebb 24 fő, 3 fős csoportokban) tudom biztosítani a rezonátort és mikrofont a méréshez.

Megjegyzem, hogy a mérések ebben a formában nem alkalmasak a hangsebesség pontos megmérésére széndioxidban és hidrogén/hélium gázban, ugyanis a rezonátorban minden esetben egy gázkeverék lesz (széndioxid+levegő, hidrogén/hélium+levegő). A mérések viszont alkalmasak annak bemutatására, hogy a hang terjedési sebessége függ a közeg anyagi minőségétől.