

Seminar OF3(1)

Osnovni pojmovi slikovito su obrađeni u

Young and Freedman:
University Physics; (11. ili 12. izdanje, Pearson/ Addison-Wesley)

Intermedijarni (ovdje znači napredniji od Younga i Freedmana a slabiji od Berkeleya) i intuitivni matematički aspekti titranja i valova s posebno slikovitim prikazom veze između jednostavnog harmonijskog titranja, kruženja vektora te kompleksnog prikaza amplitude nalazi se u udžbeniku iz serije MIT udžbenika:

A.P. French:
Vibrations and waves (W.W. Norton)

Najrigorozniji tretman jest u udžbeniku iz serije Berkeley Physics Course:
F.C. Crawford :
Waves,

Na hrvatskom jeziku dijelovi gradiva su u udžbenicima:

M. Paić:
Osnove Fizike 1. i 4.

Studenti koji vladaju engleskim jezikom tako da mogu pratiti na tom jeziku predavanja mogu posjetiti predavanja Profesora Levina s MIT-a kroz on-line program tog sveučilišta . Web-site jest ocw.mit.edu. Među mnogobrojnim predmetima ta predavanja imaju šifru 8.03. a održana su 2004. godine. Iako predavanja nemaju isti slijed kao mi u Zagrebu, gradivo se bitno ne razlikuje. Na seminarima će se povremeno prikazati isječci Levinovih predavanja; hardware njihove zbirke demonstracijskih pokusa ponekad ima komponente koje mi nemamo (radi se o jednom od najbogatijih sveučilišta u svijetu). S druge strane, matematička obrada fenomena unutar naših predavanja će biti za nijansu strožija.

U odnosu na težinske faktore konačnog pismenog ispita i pismenih ispita tijekom semestra, udio ispita tijekom semestra će se povećati u odnosu na dosadašnju praksu u OF3.

Studenti mogu odabirati i teme za vlastite prikaze od desetak minuta ; na primjer on-line sažetak prvog predavanja daje neke prijedloge. Nastavnik je spreman prihvatiti i originalne studentske prijedloge za njihove nastupe.

Seminar OF3(2)

Demonstrirano je eksperimentalno da je zrak medij kojim do nas dolazi zvuk.

Pod prozirnú staklenu posudu (u vakuumskoj terminologiji posuda se naziva recipijentom) postavljeno je električno zvono na baterijski pogon. Zvono je potom aktivirano. Nakon toga je upaljena vakuumska pumpa koja je bitno reducirala pritisak zraka u posudi. Pumpa je potom utrnuta kako njen rad ne bi ometao opažanje. Iako je zvono u posudi zvonilo, zvuk praktički nije dopirao do studenata. Kada je ventilom dopušten ulaz zraka u posudu, zvuk zvona unutar posude studenti su mogli čuti.

Demonstracija da je zvuk u suštini titranje akustičkog nadtlaka
($P - P_0$, gdje je P trenutni tlak a P_0 atmosferski tlak)

Slikoviti uređaj je Kundtova cijev. To je staklena cijev čiji jedan kraj je zatvoren. Duž osi cijevi umetnuta je šipka koja će titrati i koja završava s pločicom radi povećanja površine koja uzbuđuje zrak. Šipka se uzbuđuje u mod u kojem titraju njeni krajevi, dok učvršćena sredina miruje. Na dnu cijevi su strugotine, koje se raspoređuju prirodno pod utjecajem zvučnog vala. Na mjestima maksimalnog titranja ih nema, a čestice se nakupljaju u području u kojem su nultočke titranja zvuka. Studenti su vidjeli jasne minimume i maksimume nakupina strugotina na dnu staklene cijevi preko projiciranja sadržaja prozirne cijevi na bijeli zid.

Principi rada zvučnika i generiranja ljudskog glasa

Shematski je prikazan rad zvučnika koji operira na temelju činjenice da elektromagnet uvlači i/ili izbacuje magnetič povezan s membranom. Membrana svojom velikom površinom osigurava proizvodnju relativno snažnog titranja zraka, znači zvuka. U ljudskom grlu se pak zvuk generira titranjem glasnica uzbuđenih strujanjem zraka oko njih. Čovjek kontrolira frekvenciju glasa mišićima koji daju određenu napetost glasnicama.

Principi rada mikrofona i ljudskog uha

Mikrofon se lako razumije na primjer u jednoj varijanti koja je obrat rada zvučnika. U opisanom primjeru zvučnika samo se zamjenjuje uloga uzroka i posljedice. Naime ulazno titranje tlaka zraka, micanjem magnetiča koji je s membranom čvrsto povezan, inducira u zavojnici elektromotornu silu i tako je titranje zraka prevedeno u titranje električkog napona. U ljudskom uhu titranje nadtlaka se prenosi s opne bubnjića koščicama: čekić, nakovanj i stremen na tekućinu (spiralne) pužnice. U pužnici koja titra stojnim valovima, dlačice koje su povezane s krajevima živčanih vlakana signaliziraju mozgu raspored titranja iz kojeg se u mozgu dešifriraju zvučni sadržaj.

Demonstrirani su također zvučni valovi proizvedeni drvenom sviralom jednostavne konstrukcije. Zrak svirač upuhuje u cijev koja vodi na klin. Klin ima ulogu izazivača titranja

zvuka širokog spektra frekvencija. Međutim u svirali se (zavisno o njenoj geometriji) formira stojni val uglavnom jedne frekvencije. Ukoliko taj akustični rezonator ima jedan kraj zatvoren a drugi otvoren, osnovni ton ima četvrtinu valne duljine u sebi. Ako su obadva kraj otvorena, tada je osnovni ton onaj koji ima pola valne duljine između svojih krajeva. Naime, zatvoreni kraj ne dozvoljava titranje molekula zraka. Na otvorenom kraju je pak to titranje najlakše, pa se tu formira maksimum titranja. (U terminologiji titranja govorimo da je na slobodnom otvoru trbuh pomaka molekula, a na zatvorenom kraju je čvor).

Demonstriran je i monokord

Metalna žica zategnuta je između oštih bridova metalnog trokutastog profila. Bridovi onemogućuju transverzalno titranje žice na kontaktu žice i profila. Za stalnu napetost u žici, frekvencija titranja, a to znači i frekvencija zvuka, mijenja se s promjenama razmaka među točkama u kojima je onemogućeno titranje žice (čvorovima vala).

Seminar OF3(3)

Vizualizacija titranja valova zvuka na ekranu osciloskopa.

Ponovljeno je objašnjenje mikrofonskog principa u ulozi transducera akustički nadtlak → električki napon. Membrana mikrofona titra sukladno titranjima zraka koja su prouzročena zvukom. Za membranu je pričvršćen magnetič, koji Faradayevom indukcijom i svojim gibanjem uzrokuje elektromotornu silu u zavojnici. Krajevi zavojnice su priključeni na Y elektrode osciloskopa. Na X elektrodama osciloskopa je pilasti napon koji osigurava da se snop elektrona na ekranu osciloskopa kreće u horizontalnom smjeru stalnom brzinom određenom frekvencijom vremenske baze osciloskopa. Tako lik na ekranu odražava ponašanje zvučnog (nadtlaka) u vremenu.

Vizualizacija čistog sinusoidalnog titranja svirale na klin (koja svira u četvrtvalnom modu).
Vizualizacija svirale na jezičac koja radi specifičnog oblika uzbudnog titranja ima mnogo više frekvencija uključenih unutar istog perioda.

Vizualizacija bitnih razlika u spektru samoglasnika a, e, i, o, u. Student je pjevajući pokazao da jedan od samoglasnika ima gotovo sinusoidalan oblik titranja. Postoje i samoglasnici koji imaju vrlo kompleksnu strukturu unutar perioda titranja! Različitost strukture samoglasnika nam omogućuje da dešifriramo koji se samoglasnici pojavljuju dok nam se govori.

Studenti Pelc i Popović su potom demonstrirali metodu determinanti pri određivanju vlastitih frekvencija i modova na primjeru oscilacija dva njihala povezanih elastičnom oprugom u aproksimaciji malih kuteva.