Prosjektoppgave i FYS2130 4. - 11. mai 2015

Tema: Lydmåling

Oppgaven beskrevet meget kortfattet

Lag et ***audiometer*** og en ***lydmåler*** (se vedlegg 1 og 2 side 7 og 8) basert på en datamaskin, mikrofon og en høyttaler (eller høretelefon), og drøft ulike utfordringer som finnes når slike instrumenter skal konstrueres og anvendes i praksis. Ved hjelp av *audiometeret* skal vi kunne teste hørselen på personer og få et audiogram for høyre og venstre øre hver for seg. *Lydmåleren* skal kunne brukes for å måle lydintensitet på lyd/støy i omgivelsene (f.eks. i rom innendørs, utendørs nær traffikert vei, under en konsert el.l.). ***Audiometeret*** og ***lydmåleren*** skal testes i praksis, og vi ønsker at du reflekterer over utfordringer både i konstruksjon og anvendelse, både for dine instrument, og ved lydmåling generelt. Det skal skrives en rapporten som

- gir en generell innledning til temaene hørseltesting og lydintensitetsmålinger.
- viser hvordan instrumentene er bygget opp (programvaren),
- forteller hvordan programmene/systemet er testet,
- angir hvilket utstyr du har brukt i praktiske målinger,
- gir eksempler på resultater,
- gir kommentarer til resultatene,
- gir en vurdering av styrker og svakheter med egen (total)løsning,
- gir noen kommentarer til styrker og svakheter med disse typer målinger generelt.

Instrumentene du lager kan til en viss grad kalibreres i et lyddempet rom i Fysikkbyggets underkjeller, men det er frivillig om man ønsker å kalibrere eller ikke. Selve kalibreringen vil likevel gi noen ekstrapoeng i forhold til det øvrige arbeidet, og kalibrering kan øke verdien av instrumentet for den enkelte (for evt senere bruk).

Når det gjelder ”hardware” (høretelefon/høreplugg eller høyttaler, mikrofon og lydkort/forsterker) vil vi måtte bruke det som er tilgjengelig. Vi har noen kombinert høretelefon/mikrofon-sett tilgjengelig på dataklasserommene der vi gir veiledning (rom FV329 og FØ434). Det kan fort bli for få sett, så vi håper at de fleste av dere studenter i det minste har en høretelefon eller høreprop tilgjengelig, og at dersom dere ikke har en tilgjengelig ekstern mikrofon, at dere tross alt har en innebygget mikrofon på laptopen dersom du har. Vi vil følge situasjonen. Ved problemer må dere kontakte kursledelsen.

Ved hjelp av audiometeret skal det utarbeides et audiogram separat for høyre og venstre øre på (minst) to forsøkspersoner. Flere detaljer er gitt på neste side og i vedlegg 1 side 7.

Ved hjelp av lydmåleren skal lydstyrken måles i minst tre ulike sammenhenger, og både uvektet (med tanke på ulike frekvenser) og vektet lydintensitet i dB(A)-mål skal angis sammen med en best mulig beskrivelse av lyden (evt støyen) som måles. Sammenligning mellom egne målte verdier og målinger gjort med et kalibrert lydmålingsinstrument vil styrke rapporten. (Vi har lånt et kalibrert instrument som vil være tilgjengelig i det lyddempede rommet i Fysikkbygget til tider som annonseres på kurswebsidene våre.) Se forøvrig flere detaljer i de kommende sidene og vedlegg 2 side 8.

Utviklingen av audiometer og lydintensitets-instrumentet er tilnærmet uavhengige av hverandre. Det samme gjelder målinger og rapportering.

Det er fullt mulig å løse oppgaven ut fra den korte beskrivelsen ovenfor alene, men nedenfor følger en del tips som kan være til hjelp. Det er altså ikke nødvendig å følge tipsene på de følgende sidene, for ved vurderingen av rapporten er det kvaliteten på totalproduktet som blir vurdert. Det kreves imidler-

tid at programvaren skal være egenutviklet og skrevet enten i Matlab eller Python og at programmene skal inkluderes som vedlegg i rapporten som leveres. Rapporten skal være selvskrevet og sendes inn som EN pdf-fil via Fronter etter nærmere anvisninger.

Oppgaven beskrevet ved flere detaljer

MERK: Praktiske råd i hvordan vi kan komme i gang med arbeidet finnes på side 5.

Audiometeret
Her ønsker vi å måle hvor god hørsel en forsøksperson har ved om lag åtte frekvenser. Det er naturlig å teste relativ lydstyrke som må til for at øret til forsøkspersonen skal oppfange lyden. For å få gode målinger/resultater kan det ikke være mye forstyrrende lyd i rommet/omgivelsene mens audiogrammet skal bestemmes.

Egnede frekvenser kan f.eks. være: 60, 120, 250, 500, 1000, 2000, 4000 og 8000 Hz.

Lydene som presenteres for forsøkspersonen bør ha en varighet på ca 1 s, og for å unngå "klikk" ved inn- og utkobling, bør amplituden på lyden øke og avta med en sigmoid omhyllingskurve innenfor en tid på i størrelsesorden 0.1 s.

Her følger en kodesnutt som indikerer hvordan du kan lage en lyd som datamaskinen kan spille. Koden må kompletteres for å fungere (noe er utelatt med vilje).

```
Fs = 44100;
oscillasjon = zeros(N,1);
oscillasjon = sin(2*pi*freq.*t);
signal = ampl * oscillasjon .* omhyll;
plot(t,signal);
stereosignal = zeros(N,2);
stereosignal(:,1) = signal(1:N);  % For lyd på venstre kanal
%sound(stereosignal,Fs,24);       % En kode som iblant fungerer, men
                                  % bruk heller de neste tre linjene.
nBits = 24;
player = audioplayer(stereosignal,Fs,nBits);
playblocking(player);
```

Programvaren må lage lydfiler der amplituden endres inntil forsøkspersonen bare såvidt hører lyden. Dersom signalet er en sinus med amplitude 1.0, gir lydkortet på datamaskinen det kraftigste signalet det klarer. Bruk derfor en amplitude som er ***mye mindre*** enn 1.0. Det kan være gunstig å endre lyden i step på +/- 1 dB for fininnstilling og +/- 5 dB for grovinnstilling (må justere amplituden slik at endringene skjer i dB-step).

Når audiometeret anvendes for å lage et audiogram, bør vi starte med så svakt signal at vi ikke hører det, og dernest øke intensiteten inntil vi såvidt hører lyden.

Ved måling av den minste lydintensiteten som må til for å høre lyden ved hver av de valgte frekvensene, er det tilstrekkelig å angi ***relative*** verdier (i antall dB). Nullpunktet er da tilfeldig, men kan jo velges ut fra det faktum at vi forsøker å angi lydstyrker som akkurat er tilstrekkelige til å høres.

I et audiogram er det normalt å trekke fra forløpet som svarer til "normal hørsel". I så fall ville en person som hadde "normal hørsel" få et audiogram som viste 0 dB ved alle de aktuelle frekvensene.

Dersom lyden vi genererer spilles av fra en høyttaler i et lyddempet rom, kan vi bruke 0 phon-kurven

i figur 6.18 i læreboka som ”normal hørsel” kurve. Men dersom lyden spilles av gjennom høretelefoner, må en annen kurve (”minste hørbarhetskurve”, engelsk: ”Minimum audibility curve”) brukes som et mål for ”normal hørsel”. Vi har ikke klart å finne en slik kurve angitt i de målene som ville passe for vårt opplegg. Av den grunn er det kanskje best å gi måleresultatene i et ”kvasi-audiogram” hvor vi lar være å trekke fra ”normal hørsel” fra dB-verdiene vi måler dersom vi bruker høretelefoner eller høreproppper. I vedlegg 1 er det gitt noen flere detaljer om denne detaljen.

Er du i tvil om hvordan oppgaven og detaljer knyttet til denne skal forstås, får du spør en av lærerne i FYS2130. Vi er tilgjengelige store deler av dagene mandag 4. til og med fredag 8. mai.

Lydmåler

Her er tanken at vi digitaliserer lyd fanget opp via en mikrofon, beregner frekvensspekteret ved hjelp av en ”fast fourier transform” (fft) og beregner en relativ intensitet for hele lyden ved å summere opp kvadratet av alle amplituder (absoluttverdier) i frekvensspekteret og normere resultatet ut fra hvor lang lydstreng som ble brukt. Det kan være passe å bruke ca 1 - 3 s langt lydopptak. På kommersielle instrumenter kan vi ofte velge integrasjonstid, f.eks. for å registrere raske og langsomme endringer i lydnivå. Her er en Matlab-snutt som antyder hvordan vi kan gå fram:

Opptak av lyd og fourieromvending:

```
Fs = 44100;
recObj = audiorecorder(Fs, 16, 2);
get(recObj);
devinfo = audiodevinfo;
T = 3.0;   % Lengde på lydopptaket i s
recordblocking(recObj, T);
minLyd = getaudiodata(recObj);
y = minLyd(:,2);  % Plukker bare ut én av kanalene (H eller V)
N = 2^17; % Bruker 131072 av de 132300 punktene som ble samplet (v 3 s)
g = fft(y)/N;
```

Bruker i første omgang samme vekting for alle frekvenser i frekvensspekteret, men bare nedre halvpart (pga folding) og dropper første punkt (gjennomsnittsverdien, frekvensen 0). Relativ intensitet blir da:

```
absF = abs(F);
absF2 = absF.*absF;   % Intensitetstetthet langs frekvensaksen
totI_iv = sum(absF2(2:N/2))/N;
```

Ikke vektet (iv) intensitet i dB blir:

```
rel_dB_iv = 10*log10(totI_iv) - referanse_dB
```

Her er det satt inn en referanse som i prinsippet burde vært basert på lyd med frekvens 1000 Hz, lydtrykk 10^{-12} Pa og lyden skulle vært digitalisert med samme utstyr, forsøksbetingelser og programvare som den forgående. Vi har ikke slikt utstyr tilgjengelig, og må derfor velge `referanse_dB` selv. Fortell hvordan du resonnerte da du valgte `referanse_dB`.

Ved beregning av relativ intensitet benyttet vi oss av at fourierkoeffisientene er proporsjonale med amplituden for signalet i tidsbildet for frekvenskomponentene vi betrakter. Intensiteten blir da proporsjonal med kvadratet av frekvenskomponentene. Det er bare meningsfylt i første omgang å bruke *relative* amplituder siden det kommer an på hvilken type mikrofon og hvilket lydkort som benyttes osv for hvor stor amplitude vi får for en viss lydintensitet.

Ved å kalibrere vårt system mot en profesjonell, kalibrert lydmåler, kan vi oppnå tilnærmet korrekte verdier også ved vårt "instrument".

Ved lydmålinger i omgivelsene, f.eks. støymålinger fra spesielle kilder, er det vanlig å ta hensyn til at øret vårt er mye mer følsom for frekvenser f.eks. i 1-2 kHz-området enn f.eks. i området 50 - 100 Hz. Vi bør derfor også kunne beregne *en vektet intensitet*. Internasjonalt benyttes vekting gitt i den såkalte dB(A)-normen (også kalt dBA).

Prosedyren blir da som følger: Vi sampler som tidligere lyd f.eks. i 3 s, foretar en FFT og beregner absoluttverdiene av frekvensspekteret. ***Hver enkelt fourierkomponent (hvert punkt i frekvensspekteret) multipliseres med en vektfunksjon gitt i dB(A)-normen (se nedenfor)***. Deretter beregnes en relativ intensitet for hvert punkt i frekvensspekteret (rett og slett ved å foreta en punktvis kvadrering). Den relative intensiteten for lyden vi samplet er da lik summen av alle kvadrerte verdier i frekvensspekteret (opp til halve samplingsfrekvensen) dividert med N, tilsvarende det som ble skissert på forrige side. Intensiteten i dB-enheter er da gitt som

```
rel_dB_A = 10*log10(totI_A) + 2.0 - referanse_dB
```

hvor tillegget på 2.0 dB kommer av at vektfunksjonen (se nedenfor) gir en demping også ved 1000 Hz, noe den ikke skal gjøre. Denne detaljen korrigeres når 2.0 dB legges til slik som gitt i uttrykket over. Leddet `referanse_dB` må ha samme verdi som når `rel_dB_iv` beregnes (omtalt øverst på denne siden).

Dersom du ikke får kalibrert systemet ditt, får du velge en `referanse_dB`-verdi som gir dB(A)-verdier som kan passe noenlunde med det vi skal forvente ut fra omgivelsene lydene ble tatt opp (sammenlign med tabell i kapittel 6 i læreboka eller med fyldigere tabeller på internett).

Vektfunksjonen som svarer til dB(A) er en ISO-norm som kan kjøpes fra ISO-organisasjonen (men skriv som angir normer er ofte dyre!). Det er laget en matematisk etterligning som er mer enn god nok for oss. Den er mye enklere å bruke i numeriske beregninger enn en tabellert norm, og den er som følger (tatt fra Wikipedia under oppslagsordet "A-Weigthing"):

$$Ra(f) = \frac{1200^2 \cdot f^4}{(f^2 + 20.6^2)\sqrt{(f^2 + 107.7^2)(f^2 + 737.9^2)}(f^2 + 12200^2)}$$

Uttesting

Det anbefales (og det gir ekstra poeng) at du tester at din programmering av vektfunksjonen *Ra*(*f*) blir korrekt. Det skal ikke så mye til for å sammenligne dine beregninger mot dB(A)-vektfunksjonen i figur 6.19.

Lyd som er praktisk talt en ren 1000 Hz lyd kan brukes som en grov test på om det er samsvar mellom beregnet dB uvektet og dB(A)-verdi. En slik test bør begrunnes, gjennomføres, resultatet gis, og det bør trekkes en konklusjon av testen.

Praktiske råd i hvordan vi kan starte arbeidet med prosjektoppgaven

Kapittel 6 i læreboka omhandler lyd. Spesielt delkapitlene som omhandler lydmåling (6.6) og decibel-skalaene (6.7) bør leses grundig før det praktiske programmeringsarbeidet starter.

I første del av oppgaven skal vi presentere for forsøkspersonen lydkutt som varer om lag ett sekund, og som har en frekvens som du selv bestemmer. Det vil være naturlig å starte med å lage en funksjon som f.eks. har som inputparametre frekvens, amplitude og kanal (høyre eller venstre høyttaler eller hodetelefon-halvdel).

Funksjonen (i Matlab) kan f.eks. se slik ut (i tråd med kodesnutten på side 2):

```
function testlyd(freq,ampl,kanal)
Fs = 44100;  %Samplingsfrekvensen
N = 44100;
T = 1.00;
t = linspace(0,T,N);
omhyll = zeros(N,1);
omhyll = ...   % Se kommentar i teksten!
oscillasjon = zeros(N,1);
oscillasjon = sin(2*pi*freq.*t);
signal = ampl * oscillasjon .* omhyll;
stereosignal = zeros(N,2);
if (kanal == 1)
       stereosignal(:,1) = signal(1:N);
       ...  % Se kommentar i teksten!
end;
nBits = 24;
player = audioplayer(stereosignal,Fs,nBits);
playblocking(player);
```

Et enkelt skript for å kjøre denne funksjonen kunne f.eks. se omtrent slik ut:

```
% Skript for å teste programmet "testlyd":
freq = 1000;
ampl = 0.005;
kanal = 1;
testlyd(freq,ampl,kanal);
```

Det er naturlig i denne prosjektoppgaven å bruke en rekke ulike funksjoner for å utføre de ulike delene av beregninger som skal gjøres. Vi anbefaler STERKT at du bruker separate filer (mest naturlig i Matlab) eller andre effektive tiltak (Python, se nedenfor) for å unngå at programkoden blir sauset inn i en eneste mørje som det er vanskelig å holde orden på. For eksempel kan de som programmerer i Python legge funksjonene etter hverandre etter "main" på en slik måte at funksjonene kommer som separate kuler på en snor etter at "main" er fullstendig avsluttet. IKKE legg nye funskjoner inni andre funksjoner (inklusiv "main").

Vi anbefaler også STERKT at du bygger ut funksjonene i små trinn og ikke forsøker å få alle detaljer på plass med én gang. For eksempel: Vi ønsker i den endelige versjonen av programmet at testlyden (se ovenfor) ikke starter og slutter brått (siden vi da lett kan høre "knepp" som forsvinner med en annen lydintensitet enn selve tonen vi egentlig skal teste). Dette er likevel en detalj som kan vente til du har sjekket at du er i stand til å lage lyd overhodet. Det betyr at "omhyll" i koden ovenfor i starten kan settes lik 1.0 for alle verdier i omhyllingskurven for å teste at resten av funksjonen fungerer. Først når vi hører

lyd og alt ellers ser ok ut, kan vi ta fatt på å lage en sigmoid start og slutt på lydamplituden og teste denne detaljen.

På tilsvarende måte må du få på plass kode som gjør det mulig å velge enkelt om lyden skal komme på høyre eller venstre øre (evt. på begge). Dette er også en detalj som IKKE behøver å legges inn helt fra starten. Lag først en versjon av ”testlyd”-funksjonen som f.eks. bare gir lyd til venstre øre. Sjekk at alt funker som det skal FØR du begynner å legge inn funksjonalitet for å velge hvilket øre lyden skal gå til.

Et annet tips er å plotte ut eller skrive ut de størrelsene vi beregner for å se om de er slik vi tror de skal være. Når alt er som vi ønsker, kan disse utskriftene/plottene fjernes ved å ”kommentere dem ut” (slik at de lett kan tas i bruk i en ny test dersom vi ønsker det).

Ang: ”Styrker og svakheter med disse typer målinger generelt”

Det er langt flere utfordringer ved lydmålinger enn det vi ofte får inntrykk av. Et universitetsstudium skal være ”forskningsnært”. I vår prosjektoppgave kommer vi litt i kontakt med forskning, spesielt når vi skal lage et såkalt audiogram som kan gi opplysninger om hørselen til en person.

Vi ønsker at du som en del av prosjektoppgaven leter fram litt stoff om de utfordringene som kommer inn ved denne type målinger, både tekniske og metodemessige utfordringer. Noen ledetråder finnes i vedlegg 1 og 2. Pass på å angi referanser for de opplysningene/vurderingene du tar med, og forsøk gjerne å kommentere om opplysninger du kommer fram til er mer eller mindre identiske i mange kilder eller om opplysningene spriker eller er uklare.

Vi er i FYS2130 ikke allergiske mot alt som ligger på internett (slik de er i enkelte andre fag), siden det er lenge siden bøker nødvendigvis var mye mer å stole på enn det som finnes på internett. Likevel er det viktig å huske at spekteret av seriøsitet er enormt på internett, og det er derfor viktig at du først og fremst velger kilder som du har mest tiltro til. For at også andre skal kunne vurdere seriøsiteten, er referanser nødvendige.

Husk at for såkalte ”flyktige medier” må også dato for nedlastning oppgis, ikke bare tittel og url. Bruker du url-er (eller andre kilder) som vi lærere mener beskriver stoffet på en klart kritikkverdig måte, vil det kunne gis trekk.

Skriftlig utforming av rapporten etter prosjektoppgaven

Husk at det er en rekke elementer vi vurderer når vi leser rapportene dere leverer etter prosjektoppgaven. Vi vurderer løsningen dere har fått til mhp programmeringen, - hvor funksjonelt programmene dine er, hvor strukturert og klar kodingen er, og hvor godt du har beskrevet hvordan programmet er bygget opp og så videre. Det er ikke slik at ”mye er best”. Den som får med seg alt det vesentlige på en klar måte på relativt få antall sider, skårer som oftest høyest.

Du skal dokumentere uttesting av programvaren, praktisk gjennomføring av målinger (inklusiv beskrivelse av utstyr og eksperimentelle betingelser), angi resultater av målingene og kommentering/vurdering av disse. Dette gjelder både for opptak av ”audiogrammer” for (minst) to personer, og ved lydstyrkemålinger i minst tre ulike lyd-omgivelser. Det er viktig at du velger ut figurer / forhold som er av betydning for resultatet, og at du trekker inn disse figurene/forholdene også i teksten slik at de blir en integrert del rapporten. Krav til figurer nevnt tidligere i kurset (og i FYS2150) gjelder selvfølgelig også i vår prosjektoppgave.

Videre vil din evne til å presentere fagstoff og din evne til å argumentere (innen fysikk) bli vektlagt. Igjen viser vi til tips gitt tidligere i kurset.

Hvor mye kreves?

I hjemmeeksamener og i prosjektoppgaver er det en tendens at de fleste studentene ønsker å klare å gjennomføre "alt sammen". Det er bra. Samtidig må hver enkelt huske på at praktisk talt ingen leverer en perfekt besvarelse. Også i vår sammeheng gjelder den kjente regelen om at det er (relativt sett) 20 % arbeid som skal til for å få 80 % av maks oppnåelig poeng, mens det skal (relativt sett) 80 % *ekstra* arbeid til for å oppnå de siste 20 % av et "perfekt" resultat.

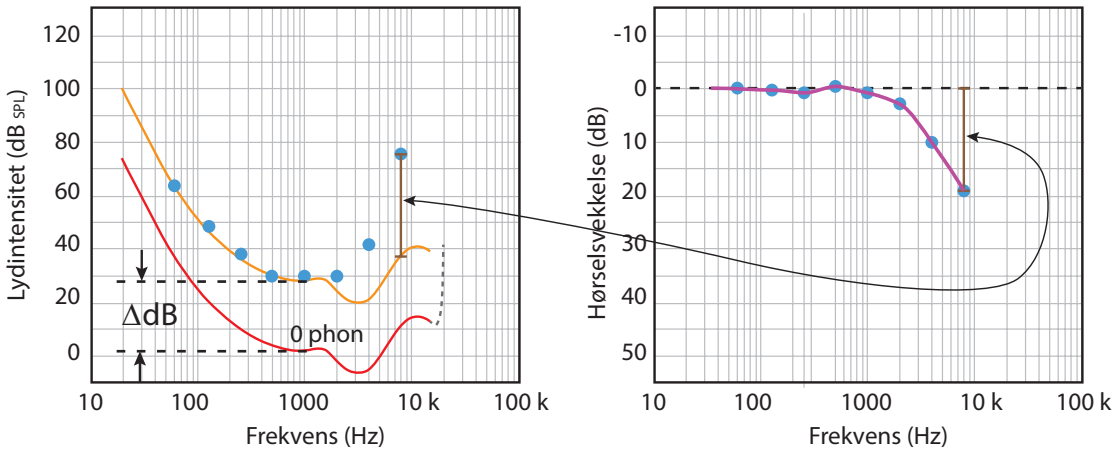
Prosjektoppgaven inngår som en del av karaktersettingen i FYS2130. Det betyr at dersom prosjektoppgaven står til stryk (f.eks. at alt for lite er gjort), vil det automatisk føre til stryk i kurset. Vi vil senest to uker etter innleveringsfristen for prosjektoppgaven gi beskjed til de studentene som har fått vurdert prosjektoppgaven som stryk. Forhåpentligvis blir det ingen, men ifølge tidligere års erfaringer kan det bli 1 - 2 stk.

Det er ikke fare for stryk dersom minst ca halvparten av programmene vi ber dere lage er i orden og rapporten for øvrig er rimelig grei. Unntaket er dersom vi oppdager juks ved at det brukes programmer man ikke selv har utviklet eller at man uten nødvendige referanser bruker tekst/figurer som andre har skrevet/laget eller dersom man ikke har skrevet rapporten selv.

Merk: Vi tilbyr masse hjelp i prosjektoppgaven, men vi gjør ikke deler av oppgaven for deg. Du må gjøre arbeidet selv! Du får ingen trekk i vurderingen om du har fått mye hjelp av oss lærerne ved kurset. Det kan være mye å hente på å diskutere også med medstudenter. Se merknad om samarbeid i infoskriv.

Vedlegg 1: Audiometer

At audiometer er et instrument som brukes for å undersøke hørsel til folk; hvor godt de hører lyder med ulike frekvenser. Normalt registreres svakeste lyd (ved ulike frekvenser) som personen kan oppfatte. Når vi plotter forskjeller i minste lydnivå som må til for å høre lyden, sammenlignet med en "normalperson", får vi et audiogram. Frekvenser angis ofte i en logaritmisk skala langs x-aksen, og forskjeller i lydintensitet i dB angis langs y-aksen. Dette kan illustreres som i figur 1.



Figur 1: Figuren skisserer prosedyren som brukes for å gå fra en minimum lydtrykk (målt i uvektet dB) til et audiogram (hvor bare forskjeller fra "normal hørsel" plottes. Vi opererer med "relative dB-verdier" for lyden vi sender mot øret. Minste lydintensitet ved de åtte valgte frekvensene tegnes (blå markeringer) inn i et diagram som gir 0-phon-kurven. Vi forskyver 0-phon-kurven ΔDb vertikalt til noen markeringer ligger på den forskjøvne kurven (omtrent ingen over). Forskjeller mellom de blå markeringene og den forskjøvne kurven avsettes i audiogrammet (til høyre). Prosedyren vil bare være gyldig for personer som har liten ingen hørselsvekkelse på flere av de frekvensene vi tester.

I denne figuren er det tatt utgangspunkt i laveste (0 phone) ”lik-opplevd-lydstyrke-kontur” (”equal loudness contours”) av samme type som er gitt i figur 6.18 i læreboka. Det er korrekt såfremt vi bruker lyd med bare én frekvens om gangen, når lyden kommer fra høyttalere et stykke unna forsøkspersonen, i et lyddempet rom.

Ved audiometri presenteres imidlertid ofte lyden ved hjelp av høretelefoner (oftest høretelefoner som omslutter hele øret og som stenger ute en del av lyden fra omgivelsene). Da kan vi i prinsippet ikke lenger bruke ”lik-opplevd-lydstyrke-konturene” som ”normal hørsel”. Grunnen er at lyd med ulike frekvenser når inn til trommehinnen på en annen måte når vi bruker høretelefoner i stedet for høyttaler et stykke unna. Vi vil forsøke å gi den viktigste grunnen til dette:

Når det kommer lyd fra høyttalere et stykke unna oss, fanges lyden opp av det ytre øret vårt og den videreføres til ørekanal og trommehinne. De lave frekvensene trenger da ikke inn i ørekanalen like effektivt som høyere frekvenser. Det blir en betydelig demping av de lave frekvensene, mens frekvenser på 1-2 kHz slipper inn til trommehinnen med langt mindre tap. En god del av den bratte kurven ved lave frekvenser i ”lik-opplevd-lydstyrke-konturene” (fig 6.18) skyldes denne effekten.

Når vi bruker høretelefoner overføres bassen mye mer effektiv inn til trommehinnen sammenlignet med når vi lytter til lyd fra høyttalere.

Forholdene blir enda mer mangfoldig dersom det brukes øreproppper i stedet for høretelefoner som dekker hele øret. For kuriositetens skyld kan det nevnes at f.eks. Sony aldri gir frekvensresponsen for deres høreproppper (slike som folk bruker når de lytter til musikk fra mobiltelefoner osv), fordi frekvensresponsen i stor grad bestemmes av akustikken i hulrommet mellom høreproppene og trommehinna.

Videre vil resultatet også avhenge av frekvensresponsen til høretelefonene (i den grad den er kjent/veldefinert).

Dersom vi lytter til lyden via høretelefoner, må vi derfor (som nevnt tidligere) nøye oss med å angi minste hørbare effekt for ulike frekvenser i et diagram som kan ligne noe på ”lik-opplevd-lydstyrke-konturene”, uten å trekke fra ”normal hørsel”. Langs y-aksen må vi angi relativ lydstyrke i antall dB. Kurvene vi kommer fram til er da nyttige for å sammenligne hørselen til en person med en annen, eller ved å følge utvikling over tid for hørselen til en og samme person.

Det bør forresten nevnes at det er flere ulike ”minste hørbarhetskurver” (”Minimum audibility curves”) i bruk. Det betyr at resultatene fra målinger med ett kommersielt instrument ofte ikke vil gi samme resultat som målinger med et kommersielt instrument fra en annen frabrikant. Med andre ord er det en del vilkårlighet som ligger bak hørselstester, også når vi går til spesialister. Små variasjoner i audiogrammer opp til +/- 5 til 10 dB er lite å legge vekt på, men større forskjeller f.eks. fra en person til en annen er absolutt interessante.

Brukes audiometeret vi lager sammen med høyttaler i et lyddempet rom, og dersom vi også har tilgjengelig en kalibrert lydmåler, kan vi trekke fra ”normal hørsel” på en mye mer kontrollert måte. Audiogrammet vil da lettere komme mye nærmere et meningsfullt resultat som viser avvikt sammenlignet med ”normal hørsel”.

Vedlegg 2: Lydmåler

En lydmåler er et instrument som brukes for å måle lydnivået/lydstyrken i den omgivelsen vi ønsker å undersøke. Det kan være av interesse f.eks. å bestemme støynivået i hus nær jernbane når godstog ruller forbi nattestid, eller lydnivået på en konsert i Oslo Spektrum, - eller på en øy på Sørlandskysten en vindstille flott sommernatt etter at feriegjestene har dradd hjem etter ferien.

Figur 2: En smart liten kommersiell lydmåler. Vi har fått låne den fra Statbygg. Merk "LA"-betegnelsen som viser at lydnivået er gitt i dB(A). Instrumentet er satt i "Fast"-funksjon hvor målingene følger temmelig raskt med endringer i lydstyrke. Instrumentet er kalibrert.

Målinger kan angi gjennomsnittsnivå over en gitt tid (f.eks. noen sekunder), eller så kan vi registrere hvordan lydnivået endrer seg over tid.

I nesten alle land brukes det vekting av lyd med ulike frekvenser, og lydnivået gis i dB(A). Vektingen ved dB(A) er egentlig ikke særlig god når vi måler lyd med høy intensitet, men det er nærmest umulig å få til noe endring på dette området. Det er nemlig ganske nyttig at vi f.eks. enkelt kan sammenligne lydintensitet 10 m fra et jetfly (på bakken) i 2015 med tilsvarende målinger foretatt for 30 år siden.

I vår prosjektoppgave ønsker vi et instrument som kan gi lydnivået i en dB(A)-skala (beregner føst en ikke-vektet intensitet i en relativ dB-skala, men skal deretter legge inn dB(A)-vektingen for ulike frekvenser). Vi ønsker å ta opp lyd i f.eks. 3 sek og gi ut et gjennomsnittlig lydnivå i en relativ ikke vektet dB-skala såvel som i en relativ dB(A)-skala.

Ved å sammenligne målingen med eget instrument med målinger fra et kalibrert instrument under standardiserte betingelser i et lyddempet rom, kan eget instrument gi dB(A)-verdier som ligger i nærheten av korrekt verdi (i en absolutt skala).

Vedlegg 3: Apper

Det er massevis av apper tilgjengelig som kan brukes både for å lage audiogrammer og for å gjøre lydmålinger med både intensitet i uvektet dB og i dB(A). Tor Halmrast, som er akustiker i Statsbygg, har testet ut SPL-meter i en pakke programmer fra Audio Tools (fra Studio Six Digital, Andrew Smith) og Sound Meter fra Faber Acoustical. Den første av disse appene gir lydnivåmålinger typisk 10 dB feil i forhold til kalibrert dedikert instrument (se fig 2), mens den sistnevnte appen ligger en god del nærmere korrekt verdi.

Det er mange apper for lydmåling tilgjengelig og helt sikkert en stor variasjon i kvalitet, så det er nærmest umulig å gi noe råd til dem som ønsker å skaffe seg en. Men det finnes vel tester på slikt tilgjengelig på web?

Det finnes som sagt også apper for audiometri, men disse holder på ingen måter mål med hva vi kunne ønske å finne. Kanskje du skjønner hvorfor etter å ha jobbet med vår prosjektoppgave?