

The background of the cover is a photograph of a sunset over a body of water. The sun is a bright yellow-orange orb, partially obscured by dark, silhouetted trees in the foreground. The water's surface is covered in ripples, reflecting the light from the sun and the sky. The overall color palette is dominated by reds, oranges, and yellows, with dark silhouettes providing contrast.

Arnt Inge Vistnes

Svingninger og bølger

Læringsmålene

for 2016

1.7 Læringsmål

Bokas tittel er “Svingninger og bølger”, men omtrent all grunnleggende teori om *svingninger* er presentert allerede i kapittel 1 og 2. Likevel vil grunnleggende tanker fra disse to kapitlene dukke opp på ny mange ganger når vi omtaler bølger. Vi tror derfor at det vil lønne seg å bruke en god del tid på kapittel 1 og 2 for at arbeidet med de påfølgende kapitlene skal gå så glatt som mulig.

Etter å ha jobbet deg gjennom kapittel 1 bør du

- - kjenne til at en harmonisk svingebevegelse kan angis matematisk på en rekke måter, både med sinus- og/eller cosinusledd, eller på kompleks form (vha Eulers formel). Det er et mål å gjenkjenne de ulike formene og å kunne gå matematisk fra en hvilken som helst av disse representasjonene til en annen.
- - kjenne til at svingninger kan forekomme når et system påvirkes av en “kraft” som forsøker å føre systemet tilbake til likevekt. Matematisk kan dette i enkle tilfeller skrives:

$$\ddot{x} = -qx$$

hvor x er utslaget og q er et reelt, positivt tall.

- vite at enhver svingeligning må inneholde de to leddene gitt i ligningen i forrige punkt, men at også andre ledd kan inngå.
- kjenne til hvordan fysiske lover/relasjoner kombineres ved utledning av svingeligningen både for et mekanisk og elektrisk system.
- kjenne til at for å løse en svingeligning entydig, må to uavhengige initialbetingelser være kjent, og foreslå minst et par ulike valg av initialbetingelser.
- kunne utlede og løse svingeligningen både for fri og dempet svingning med lineært dempeledd. Det innebærer at du må kunne skille mellom overkritisk, kritisk og underkritisk demping, og kunne skissere grafisk typiske trekk for ulike initialbetingelser.
- kunne utlede svingeligningen også for ikke-lineært dempeledd, og finne løsningen numerisk (etter å ha vært gjennom kapittel 3).
- kunne forklare hvorfor superposisjonsprinsippet ikke gjelder når ikke-lineære ledd tas med i svingeligningen.

Læringsmålene er bare direkte klipp fra enkeltkapitlene for 2016. Noen sider inneholder annen tekst enn selve læringsmålene.

2.7 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom kapittel 2 bør du ...

- kunne sette opp differensialligningen for et system som utsettes for tvungne harmoniske svingninger, og finne en analytisk løsning for denne når friksjonsleddet er lineært.
- kunne finne en numerisk løsning av den nevnte differensialligningen også for ikke-lineært friksjonsledd og for ikke-harmonisk kraft (etter å ha vært gjennom kapittel 3).
- kunne utlede et matematisk uttrykk for resonansfrekvens, faseskift og kvalitetsfaktor for et enkelt mekanisk svingesystem eller en elektrisk svingekrets.
- kunne sette opp et fasordiagram for å forklare typiske trekk for en RCL-krets for ulike frekvenser til en påtrykt spenning.
- kjenne til tidsforløpet for svingningene i en svingekrets idet en påtvunget kraft begynner og når den slutter og hvordan tidsforløpet påvirkes av Q -faktoren.
- kjenne til hvordan responsen til et svingesystem endres når kraften bare varer ved en begrenset tidsperiode. (Bare orienteringsstoff i FYS2130.)
- kjenne til grove trekk i ørets anatomi for å kunne forklare hvordan vi kan høre flere tonehøyder samtidig.
- kjenne til at i et mekanisk system kan vi ikke få både høy frekvensselektivitet og høy tidsoppløsning samtidig.

[♠ ⇒ Både for det mekaniske og elektriske svingesystemet vi har sett på til nå, ender vi opp med en svingeligning der en annen-derivert av en størrelse sammen med størrelsen i seg selv inngår. Det kan lede til en oppfatning at alle svingninger må beskrives ved en annengrads differensialligning.

Det finnes imidlertid også svingninger som kan beskrives ved en første ordens differensialligning. Forutsetningen er at det er en markant tidsforsinkelse mellom “kraften” og “responsen”. I biologien er slike sammenhenger ikke uvanlige. ⇐ ♠]

3.12 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapittelet bør du ...

- kjenne til at en annen ordens differensialligning kan anses som ekvivalent med to koblede første ordens differensialligning.
- kunne løse en annen ordens differensialligning numerisk ved hjelp av fjerde ordens Runge-Kuttas metode.
- kunne forklare hvorfor numeriske mye oftere enn analytiske løsningsmetoder kan behandle kompliserte fysiske lovmessigheter, f.eks. ikke-lineær friksjon.
- kunne peke på noen faktorer som kan føre til at numeriske beregninger fungerer dårlig.
- kunne forklare i grove trekk hvorfor fjerde ordens Runge-Kutta vanligvis fungerer bedre enn Eulers metode.
- kunne foreta en rimelig god test på at et dataprogram som bruker numeriske løsningsmetoder fungerer som det skal.
- kjenne til hvordan vi kan gå fram for å sikre dokumentasjon av program og parametre som hører sammen med beregnede verdier.
- kjenne til hvorfor det er lurt å lagre et dataprogram under nye navn rett som det er mens man driver programutviklingen.
- kjenne til noen prinsipper som bør anvendes for å unngå omfattende feilsøking “til slutt”, og kjenne noen triks som kan brukes ved feilsøking av programmer.

4.10 Fouriertransformasjon, eksempel på et data-program

```
% Enkelt eksempelprogram for å vise hvordan fouriertransformasjon
% kan gjennomføres i praksis i Matlab. Eksemplet er en modifikasjon
% av et eksempelprogram på hjelpesidene i Matlab.

Fs = 1000;           % Samplingsfrekvens
delta_t = 1/Fs;     % Tid mellom hver sampling
N = 1024;           % Antall samplinger
t = (0:N-1)*delta_t; % Tidsvektor

% Lager her et kunstig signal som en sum av et 50 Hz sinussignal
% og en 120 Hz cosinus, pluss legger til et random signal:
x = 0.7*sin(2*pi*50*t) + cos(2*pi*120*t);
x = x + 1.2*randn(size(t));

plot(Fs*t,x)        % Plotting av signalet i tidsbilet
title('Opprinnelig signal (tidsbildet)')
xlabel('tid (millisekunder)')

X = fft(x,N)/N;     % Fouriertransformasjon

frekv = (Fs/2)*linspace(0,1,N/2); % Frekvensvektor (for plot)

% Plotter bare lengden på frekvenskomponentene i frekvensspekteret.
% Velger å bare ta med frekvenser opp til halve samplingsfrekvensen.
figure;             % Hindrer overskriving av forrige figur
plot(frekv,2*abs(X(1:N/2))) % Plotter halvparten av fourierspekteret
title('Absolutt-verdier av frekvensspekteret')
xlabel('Frekvens (Hz)')
ylabel('|X(frekv)|')
```

4.11 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapitlet bør du vite at:

- En integrerbar tidsavhengig kontinuerlig funksjon kan transformeres ved kontinuerlig fouriertransformasjon til et “frekvensbilde”, som siden entydig kan transformeres med en invers fouriertransformasjon tilbake til utgangspunktet.
- En diskret funksjon kan transformeres ved en diskret fouriertransformasjon til et “frekvensbilde”, som siden entydig kan transformeres med en diskret invers fouriertransformasjon tilbake til utgangspunktet.

- Det er bare rene tall (uten benevninger) som inngår i en matematisk/numerisk gjennomføring av en fouriertransformasjon. Vi må selv manuelt holde rede på tider for samplingene og hvilke frekvenser elementene i fourierspekteret tilsvarer. Normering av tallverdiene (f.eks. hvorvidt vi skal dividere/multiplisere tallene etter en transformasjon med N eller ikke) må vi også selv passe på blir korrekt, siden ulike systemer håndterer dette på ulikt vis.
- Frekvensbildet i en diskret fouriertransformasjon består av komplekse tall hvor realdelen representerer cosinus-bidrag ved de ulike frekvensene, mens imaginærdelen representerer sinus-bidragene. Absoluttverdien til de komplekse tallene gir amplituden på bidraget ved den aktuelle frekvensen. Arkustangens av forholdet mellom imaginær og realdel angir fasen til den aktuelle frekvenskomponenten (relativt til en $\cos(\omega t + \phi)$ -beskrivelse).
- For et reelt signal er siste halvpart av fourierkoeffisientene kompleks konjugerte av den første halvparten, og “speiling” forekommer. Vi tar derfor oftest bare vare på den første halvparten av frekvensspekteret.
- I en diskret fouriertransformasjon svarer første element i tallrekken \mathcal{X}_k til et konstantledd (null frekvens), andre element til frekvensen $1/T$, tredje til frekvensen $2/T$ osv. Her er T total tid funksjonen/signalet vi starter ut med er beskrevet over (total samplingstid). Det er nødvendig å sample over lang tid dersom vi skal få høy oppløsning i frekvensbildet.
- Dersom et signal “samples” med en samplingsfrekvens f_s , vil vi bare kunne behandle signaler med frekvenser under halve samplingsfrekvensen på en entydig måte.
- For å unngå problemer med “folding”, må derfor et lavpassfilter benyttes for å fjerne signalkomponenter som kan ha høyere frekvens enn halve samplingsfrekvensen. Ved numeriske beregninger må vi selv passe på at “samplingsfrekvensen” er høy nok for signalet vi behandler.
- Fouriertransformasjon er et ypperlig hjelpemiddel ved studier av stasjonære tidsvariable fenomener i store deler av fysikken. Eksempelvis er fouriertransformasjon i utstrakt bruk ved analyse og syntese av lyd.
- Fouriertransformasjonen er mulig å gjennomføre (nesten) alltid, men det betyr ikke at fouriertransformasjoner er nyttige i enhver sammenheng!
- Fouriertransformasjon egner seg (nesten) bare for å analysere signaler som har mer eller mindre samme karakter i hele samplingstiden. For transiente signaler som endrer karakter kraftig i løpet av samplingstiden, kan iblant et fourierspekter være mer villedende enn til hjelp.
- Normalt når fouriertransformasjon foretas numerisk bruker vi ferdige funksjoner innenfor det programmeringsspråket vi bruker. Lager vi koden selv, tar beregningene ulidelig lang tid (med mindre vi faktisk koder selve fast fourier transform"algoritmen). Beregningene er mest effektive dersom antall punkter i beskrivelsen er 2^n .

5.5 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapitlet bør du kunne:

- Skrive opp en standard bølgeligning (for en plan bølge).
- Gjøre rede for amplitude, bølgetall, bølgelengde, periodetid, frekvens, fase, bølgens hastighet og formelen $f\lambda = v$.
- Gi et matematisk uttrykk for en harmonisk plan bølge såvel som en vilkårlig formet plan bølge, som beveger seg i en angitt retning. For en harmonisk plan bølge bør vi også kunne gi en matematisk beskrivelse basert på Eulers formel.
- Gjøre rede for hvordan en bølge kan anskueliggjøres enten som funksjon av tid eller som funksjon av posisjon.
- Gjøre rede for forskjellen mellom longitudinal og transversal bølge, og gi minst ett eksempel på hver.
- Utlede bølgeligningen for en transversal svingning på en streng.
- Kjenne hovedtrekkene i utledningen av bølgeligningen for en trykkbølge gjennom f.eks. luft (lydbølge).
- Kunne beregne omtrentlig lydhastigheten i vann ved å bruke material-/mekaniske egenskaper til vann.

6.5 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapitlet bør du kunne:

- Gjøre rede for generelle trekk ved refleksjon og transmissjon av bølger ved en grenseflate mellom to medier med ulik impedans.
- Gjøre rede for betingelser for å få stående bølger, og hva som karakteriserer slike bølger.
- Gjøre rede for hva som bestemmer tonehøyden for noen ulike musikkinstrumenter og hvordan vi kan oppnå ulike tonehøyder med ett og samme instrument.
- Kunne beregne frekvensen (omtrentlig) for en svingende streng og for et blåseinstrument.
- Gjøre rede for hva vi mener med et frekvensspekter, grunnfrekvens og harmoniske, når lyd analyseres ved hjelp av f.eks. fouriertransformasjon.
- Gjøre rede for en temperert skala og kunne beregne frekvensen til en hvilken som helst tone på et piano.
- Forklare hva som menes med en svevelyd, og kunne utlede et matematisk uttrykk som viser at sveving har noe med lydintensiteten å gjøre.
- Kunne beregne (når formler er oppgitt) amplitude for bevegelse av luftmolekyler og amplitude for trykkbølgen ved harmonisk lydbølge med angitt dB-verdi.
- Gjøre rede for dB, dB(SPL), dB(A) og dBm-skalaen.
- Gjøre rede for årsaken til Dopplerskift i ulike sammenhenger, kunne utlede formler som gjelder for Dopplerskift i luft, og kunne gjennomføre beregninger basert på disse formlene.
- Gjøre rede for sjokkbølger, spesielt “lydmuren” ved supersoniske fly o.l.

bølgen beveger seg mot høyre (positiv v) og at bølgens form beholdes uforandret.

I en oppgave sist i kapitlet blir du bedt om å undersøke hvordan bølgen utvikler seg dersom vi bruker en \dot{u} som enten er for liten eller for stor i forhold til hva den burde vært ifølge ligning (7.15). Vi ber også i enda en oppgave om at du modifiserer koden slik at du kan håndtere et tilfelle der bølgen treffer på et grensesjikt mellom to medier med ulik impedans (ulik fasehastighet). Det anbefales sterkt at du gjennomfører disse oppgavene, siden det kan gi en betydelig bedre forståelse av bølger.

7.6 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapitlet bør du kunne:

- Gjøre rede for forskjeller i overflatedrevne bølger på vann og lydbølger gjennom vann.
- Gjøre rede for de to forskjellige “gjenopprettende krefter” ved overflatebølger på vann.
- Angi et omtrentlig kriterium for hvorvidt det er overflatespenningen eller gravitasjonen som dominerer i et gitt tilfelle.
- Gi eksempler på overflatespenningsdrevne bølger og gravitasjonsdrevne bølger.
- Gjøre rede for en modell hvor vi forklarer/beskriver bølger ved at vannmolekyler følger en sirkulær bevegelse.
- Finne tilnærmede uttrykk for fasehastigheten og gruppehastighet til bølger både på grunt og dypt vann ved å ta utgangspunkt i formelen

$$v_f^2(k) = \left[\frac{g}{k} + \frac{Tk}{\rho} \right] \tanh(kh)$$

- Gjengi hovedtrekkene i figur 7.11.
- Gjøre rede for forskjellen på fase- og gruppehastighet generelt, og sette opp / utlede et matematisk uttrykk for å demonstrere forskjellen (f.eks. slik det er gjort i ligning (7.1)).
- Gi eksempler på dispersive fysiske systemer, både system med normal dispersjon og anomal dispersjon.
- Gjennomføre numeriske beregninger av tidsforløpet for en en-dimensjonal bølge.
- Gjøre rede for algorimens innhold ved slike beregninger.

8.11 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapitlet bør du kunne:

- Omdanne Maxwells ligninger fra integral- til differensiell form (forutsatt at Stokes teorem og divergensteoremet er oppgitt).
- Utlede bølgeligningen for elektromagnetiske felt i vakum forutsatt at ligning (8.16) er oppgitt.
- Gjøre rede for hvilke forenklinger som brukes i utledningen av bølgeligningen for elektromagnetiske felt i vakuum.
- Gjøre rede for hvilke ledd i Maxwells ligninger som er ansvarlig for at en elektromagnetisk bølge kan vandre gjennom det tomme rom.
- Gjøre nøye rede for forskjellen mellom “plan bølge” og polarisasjon.
- Angi hvor stor energitransport det er i en plan elektromagnetisk bølge.
- Anvende Poynting vektor og kjenne begrensinger i betraktninger som ligger bak denne størrelsen.
- Angi og anvende uttrykk for strålingstrykk i et elektromagnetisk felt i en plan bølge.
- Forklare hva vi mener med nærfelt og fjernfelt og hvorfor disse iblant er svært forskjellige.
- Gjøre rede for hvilke egenskaper til elektromagnetiske felt som er forskjellige i de to sonene.
- Gjøre rede for flere problemer med å anvende fotonbegrepet for alle elektromagnetiske felt/bølger.

Bruk av bildet på forrige side: Hold boka (eller skjermen) helt opp mot nasen og skyv boka (skjermen) langsomt, langsomt bort fra ansiktet. Ikke forsøk å fokusere på prikkene i bildet, men la selve det stereoskopiske totalbildet etter hvert komme i fokus (kan gjerne fokusere på “uendelig” i starten). Dette stereoskopiske bildet vil, når du endelig får øye på det, synes å ligge nesten like bak papiret som øynene dine er foran papiret. Illustrasjonen er visstnok laget av Lars Olof Björn og ble visstnok publisert i det svenske tidsskriftet *Forskning og framsteg*, nr 4, 1992.

9.7 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapitlet bør du kunne:

- Bruke Maxwells ligninger for å på egen hånd utlede relasjonene mellom innfallende, reflektert og transmittert bølge når en plan elektromagnetisk bølge kommer normalt inn mot et plant grensesjikt mellom to ulike dielektriske materialer.
- Gjøre rede for “Fermats prinsipp” (også kalt prinsippet om at optisk veilengde må være stasjonær). Kunne anvende dette prinsippet for å utlede Snells brytningslov og loven om at “innfallsvinkel er lik utfallsvinkel” ved refleksjon av lys mot en plan flate.
- Gjøre rede for fenomenet “totalrefleksjon” og kunne gi et eksempel på bruk av totalrefleksjon i moderne teknologi.
- Gjøre rede for utregningen av refleksjon og transmisjon når en plan elektromagnetisk bølge kommer på skrå inn mot et plant grensesjikt (spesielt holde orden på de to komponentene av det elektriske feltet som inngår i beregningene).
- Gjøre rede for fenomenet knyttet til Brewstervinkelen, og sette opp et matematisk uttrykk for denne vinkelen.
- Angi definisjonene for refleksjonskoeffisient og transmisjonskoeffisient.
- Forklare forskjellen mellom en lineært og en sirkulært polarisert plan elektromagnetisk bølge, og sette opp matematiske uttrykk for de to eksemplene.
- Forklare hva som karakteriserer et dobbeltbrytende materiale, og forklare hvordan vi kan benytte et slikt materiale for å omdanne en lineærpolarisert bølge til en sirkulært polarisert bølge.
- Forklare hva som skjer når lys sendes gjennom flere etterfølgende polarisasjonsfiltre, herunder å kunne angi Malus’ lov.

Deres hjemmeside er <http://www.cie.co.at/> . Spesielt gis det detaljer angående overgang mellom fysikk og persepsjon i rapporten Photometry - The CIE System of Physical Photometry ISO 23539:2005(E)/CIE S 010/E:2004.

- Gretag Macbeth fargeplate for å lette fargekorrigering kan kjøpes bl.a. hos Edmund Optics:

www.edmundoptics.com/test-targets7color-grey-level-test-targets/x-rite-colorchecker/1815 (per. 7. april 2016).

- En bok om emnet er: Richard J.D. Tilley: Colour and optical properties of materials. John Wiley, 2000.
- Om øyets absolutte sensitivitetsgrense:
Se G.D.Field, A.P.Sampath, F.Rieke. Annu.Rev.Physiol. 67 (2005) 491-514.

10.7 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapitlet bør du kunne:

- Forklare behov for ulike størrelser som eksempelvis strålingseffekt, strålingsintensitet, radians, irradians, lysstyrke, lysutbytte m.fl. innen radiometri og fotometri, og kunne gjøre beregninger der du går fra én slik størrelse til en annen.
- Gjøre rede for sammenhengen mellom fargeoppfatning (kulør) og fysisk spektralfordeling (som vi kan få ut fra et spektroskop f.eks. ved å sende lys mot et optisk gitter eller sende lys gjennom et prisme). Eksempelvis skal du kunne forklare at “gult lys” faktisk ikke behøver ha noe spektralt gult i seg overhodet, og likevel bli oppfattet som “gult”.
- Gjøre rede for CIE fargehesteskoen og teori for additiv fargeblanding, og forklare hvilke farger vi kan og ikke kan gjengi fullt ut ved hjelp av f.eks. digitale bilder på en TV- eller dataskjerm.
- Gjøre rede for begrepet fargetemperatur og hva den har å si for menneskets fargeopplevelse og for fotografering.
- Gi relativt detaljerte kvalitative forklaringer på hvordan vi kan oppnå et “Newton”-spekter, randfarger og omvendt spekter, og peke på randbetingelsenes betydning.
- Reflektere litt over at en detektor, f.eks. øyets synsreseptor (tappe-celler i netthinnen) bare har et begrenset følsomhetsområde, og gjerne knytte dette opp mot såkalte tvungne svingninger tidligere i boka.

kan effektivt plassere objektet mye nærmere øyet og likevel se skarpt, sammenlignet med å se på objektet nærmest mulig (skarpt) uten hjelpemiddel.

Linser kan settes sammen til optiske instrumenter så som teleskop og mikroskop. For teleskopet brukes et objektiv for å lage et lokalt bilde av objektet som vi så kan betrakte med en lupe. Resultatet kan være en betydelig forstørrelse. For mikroskopet plasseres objektet utenfor, men meget nært objektivets brennpunkt. Det reelle bildet som objektivet da lager, er betydelig større enn objektet. Igjen brukes en lupe for å betrakte det reelle bildet som objektivet lager.

Alternativt settes en CMOS-brikke i bildeplanet og okularet (lupen) fjernes. Slik er det ofte for mange av dagens “digitale mikroskop”. I slike tilfeller er “forstørrelse” et meget dårlig definert begrep siden den i praksis vil avhenge av hvilken dataskjermstørrelse bildet til slutt blir vist på.

Altr liten krumning, er linsestyrken for stor eller for liten. Da vil vi ikke kunne se skarpt i hele området 25 cm til uendelig, og vi trenger briller for å kompensere for mangler i øyets linsestyrke.

11.8 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapitlet bør du kunne:

- Forklare hvorfor lys fra objekter kan betraktes som “lysstråler” når lyset treffer f.eks. en linse.
- Beregne hvor bildepunktet til en punktformig lyskilde er etter at lyset har møtt overflaten til en glasskule.
- Gjøre rede for størrelsene objekt, bilde, brennpunkt, objektavstand, bildeavstand, brennvidde, krumningsradius, konkav, konveks, reelt og imaginært bilde.
- Utlede (evt. med en del hjelp) linsemakerformelen for en meniskformet konveks linse, og angi hvilke forenklinger som vanligvis blir gjort.
- Utlede linseformelen (evt. med en del hjelp) under samme betingelser som i forrige punkt.
- Angi de tre hovedreglene som benyttes ved konstruksjon av strålegangen gjennom linser og speil (ray optics), og anvende disse reglene i praksis.
- Gjøre rede for at vi iblant må skifte fortegn på enkelte størrelser når linseformelen benyttes.

- Gjøre rede for to ulike måter å angi forstørrelsen for optiske instrumenter.
- Forklare hvordan en lupe vanligvis brukes og hvilken forstørrelse den har.
- Angi hvordan et teleskop og et mikroskop er bygget opp, og forstørrelse de har.
- Angi hvordan et speilteleskop fungerer og hvordan vi unngår å stå for mye i veien for innkommende lys.
- Beregne hvor stort bilde av et gitt motiv (i en gitt avstand) vi kan oppnå i bildeplanet for ulike kameraobjektiver.
- Beregne omtrentlig synlig bildevinkel gjennom et kamera eller en kikkert når nødvendige geometriske mål er oppgitt.
- Gjøre kort rede for hvordan nanovitenskap har ført til bedre fotografiske linser.
- Gjøre rede for lysstyrke til en linse / objektiv og kjenne til hva blendertallene sier oss.
- Gjøre rede for ulik “dybdeskarphet” og hvordan denne endres med blendertallet.
- Gjøre rede for øyets optikk, og forklare hva uttrykkene nærpunkt, fjernpunkt og akkomodasjon betyr.
- Kjenne til øyets linsestyrke og hvor linsestyrken oppnås.
- Beregne omtrentlig hvilken brillestyrke en person eventuelt trenger ut fra enkle målinger av nærpunkt og fjernpunkt.

12.13 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapitlet bør du kunne:

- Gjøre rede for Huygens'/Fresnels prinsipp.
- Utlede betingelsen for konstruktiv interferens fra en dobbeltspalt (når spalten antas å være meget smal).
- Beskrive interferensmønsteret fra en dobbeltspalt, og angi hvorfor forsøket til Thomas Young fikk stor historisk betydning.
- Gi hovedideen for en vanlig antirefleksbehandling av optikk.
- Angi kvalitativt hvordan interferensbildet endrer seg når flere enn to parallelle, identiske spalter benyttes.
- Forklare kvalitativt intensitetsfordelingen i et diffraksjonsbilde fra en smal enkeltspalt når vi betrakter bildet langt fra spalten.
- Beregne ved hjelp av numeriske metoder interferensbilder også for Fresnel-diffraksjon.
- Angi hvordan diffraksjonsbildet ser ut for lys som går gjennom et sirkulært hull.
- Gjøre rede for hvordan diffraksjon setter begrensinger for hvor nær to stjerner kan være på himmelen før vi ikke lenger klarer å skille dem når vi betrakter dem gjennom et teleskop.
- Beregne maksimal oppnåelig vinkelopløsning for linser i mange ulike sammenhenger (øyet, kameralinser, teleskop m.m.).
- Kjenne til Babinets prinsipp.
- Kjenne til såkalt Aragos flekk (også kalt Poissons flekk), og hvorfor dette fenomenet fikk en historisk betydning.

13.9 Wavelet-ressurser på nett

1. A-H Najmi og J Sadowsky: “The continous wavelet transform and variable resolution time-frequency analyses.” Johns Hopkins APL technical digest, vol 18 (1997) 134-140. Tilgjengelig på <http://www.jhuapl.edu/techdigest/TD/td1801/najmi.pdf> den 20. april 2016.
2. <http://www.polyvalens.com>, “A really friendly guide to wavelets”, med mere (C. Valens). Tilgjengelig 20. april 2016.
3. <http://tftb.nongnu.org/> , “Time-frequency toolbox”. Tilgjengelig 20. april 2016.
4. <http://dsp.rice.edu/software/rice-wavelet-toolbox> , “Rice Wavelet Toolbox.” Tilgjengelig 20. april 2016.
5. <http://www.cosy.sbg.ac.at/~uhl/wav.html> , Mengde wavelet-lenker. Tilgjengelig 20. april 2016.
6. Et 72 siders hefte av Liu Chaun-Lin: “A tutorial of the wavelet transform” (datert 23. februar 2010) er tilgjengelig på <http://disp.ee.ntu.edu.tw/tutorial/WaveletTutorial.pdf> tilgjengelig 20. april 2016. Heftet tar også for seg wavelets brukt i bildebehandling.

13.10 Læringsmål

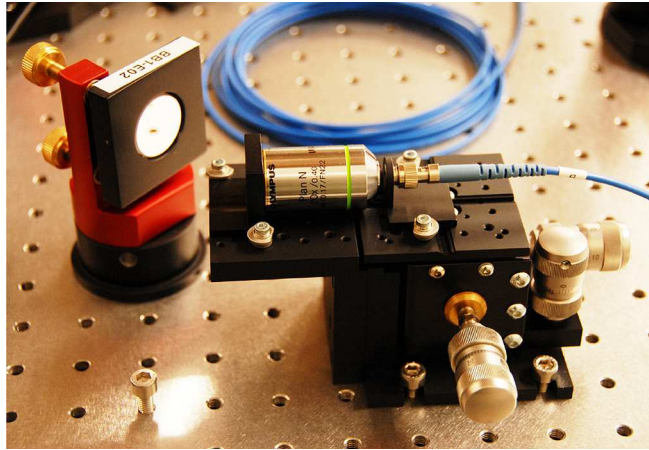
Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapitlet bør du kunne:

- Gjøre rede for likheter og forskjeller mellom fouriertransformasjon og wavelettransformasjon.
- Gjøre rede for hvilke signaler fouriertransformasjon er å foretrekke og hvilke signaler der wavelettransformasjon foretrekkes. Begrunn hvorfor.
- Forklare hva vi kan lese ut av et gitt waveletdiagram.
- Forklare hvordan vi kan justere en wavelettransformasjon for å fremheve detaljer i tid, eller detaljer i frekvens.
- Forklare kvalitativt analogier mellom wavelettransformasjon og Heisenbergs uskarphetsrelasjon.
- Bruke et waveletanalyseprogram og optimalisere analysen.

14.7 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapitlet bør du kunne:

- Gjøre rede for hva som skiller en reell bølge fra en idealisert enkel matematisk beskrivelse av en bølge.
- Gjøre rede for hva som menes med tidmessig (temporær) koherenstid og koherenslengde, og hvordan de kan bestemmes.
- Gjøre rede for hva som menes med romlig koherens.
- Kunne forklare hvorfor koherens spiller en rolle når vi skal gjøre interferens-eksperimenter.
- Forklare kvalitativt at linjebredde i et frekvensspekter har sammenheng med koherenslengder.
- Forklare hvordan vi kan måle koherenslengder med et Michelson interferometer.
- Forklare kvalitativt at en ladning i oscillerende bevegelse fører til at det sendes ut elektromagnetiske bølger.
- Angi en kvalitativ sammenheng mellom en sammensatt radiofrekvens-antenne og diffraksjon av lys fra to eller flere spalter i en skjerm.
- Forklare hvorfor en laser i utgangspunktet får en (temporær og longitudinal) koherenslengde som er langt større enn termisk lys fra f.eks. en glødelampe.
- Forklare kvalitativt hvorfor populasjonsinversjon er viktig for å få en laser til å fungere.



Figur 15.7: For å koble laserlys fra en laboratorielaser inn i en én-modus optisk fiber, brukes mikroskopobjektiv og presisjonsskruer i tre dimensjoner.

15.5 Læringsmål

Etter å ha jobbet deg gjennom dette kapitlet bør du kunne:

- Gjøre rede for begrepet skinndybde når en vekselstrøm går gjennom en metalledning.
- Gjøre rede for begrepet skinndybde når elektromagnetiske bølger møter et metallflate.
- Kjenne til hvilke parametre som innvirker på størrelsen til skinndybden, og kjenne omtrent til skinndybder for noen få frekvenser og metaller.
- Gjøre rede for at en enkel analyse av skinndybde kan ha betydelige svakheter.
- Gjøre rede for fordelingen av elektriske og magnetiske felt og elektriske strømmer i veggene inne i en TE₁₀ rektangulær bølgeleder dersom man får utdelt en figur liknende figur 15.5.
- Forklare hvorfor Snels brytningslov ikke er relevant for å forklare hvordan en single mode optisk fiber fungerer.
- Antyde hvorfor single mode fibre er attraktive i forskning og teknologi.
- Gjøre rede for hvorfor det er en utfordring å koble lys fra en åpen laboratorielaser inn i en én-modus optisk fiber, såvel som kobling fra en slik fiber tilbake til en fri laserstråle i luft.