

At lede lyset på nanovejen

Side 46 - 49 i hæftet

SMÅ FORSØG OG OPGAVER

Lys og lyd

I en lysleder sendes signaler i form af lysimpulser. Derfor kan det være en overraskelse, at man kan sende lyd igennem en lysleder. Hemmeligheden er, at man digitaliserer lyden og sender den i form af tal. Ved digital telefoni måler man spændingen i ledningen 8000 gange pr. sekund. Man kalder det også for at sample med frekvensen 8000 Hz. Hver af de 8000 gange man måler pr. sekund kommer spændingen ud i form af et tal. Et tal skrevet med 8 bit.

Hvor mange bit pr. sekund sendes gennem en lysleder, når der skal transmittes en enkelt telefonsamtale?

TV gennem lysleder

Et traditionelt TV-signal består af 25 billeder pr. sekund, og hvert billede kræver 2.560.000 bit. Hvor mange bit skal der sendes gennem en lysleder pr. sekund for at transmittes et TV-signal? Hvor mange digitale telefonsamtaler kan man sende i stedet for et TV-signal?

Lysleder af vandstråle

En lysleder består af et gennemsigtigt materiale med højt brydningsindeks (dvs. lav lyshastighed) omsluttet af et materiale med lavt brydningsindeks (dvs. stor lyshastighed). I vand er lyshastigheden ca. $2 \cdot 10^8$ m/s. I luft er lyshastigheden ca. $3 \cdot 10^8$ m/s.

Forklar hvordan en vandstråle i luft kan fungere som en lysleder. Forklar i detalje hvad der sker med lyset inden i vandstrålen, når det møder overfladen ud mod luften, når vandstrålen fx bøjes. Forklar hvorfor lyset bliver inden i vandstrålen.

Lav et forsøg med en glasflaske med en slangestuds på tværs ud til siden nederst på flasken. Fyld flasken med vand, og placer flasken, så vandstrålen, som kommer ud af studsens for ende på flasken, bliver lang. Send lyset fra en laser ind gennem vandstrålen ved at lyse på tværs gennem flasken.

Forsøget kan også laves med en mælkekarton (eller evt. en gennemsigtig plastflaske), hvor man prikker to huller overfor hinanden nederst på siderne og hvor det ene hul tapes over med klar tape. Lys ind i vandstrålen ved at lade laserstrålen lyse gennem tapen på tværs af kartonen.

Lysleder af glas

En massiv glasstang opvarmes over en gasflamme og trækkes lang, så den til sidst er en tynd tråd.

Lys ind gennem glasstangen fra den brede ende og se hvordan glasstangen virker som lysleder. Hvor stangen er tynd, kan man forsigtigt bøje glasset. Iagttag at lyset stadig følger glasset, og først slipper ud i den anden ende.

STØRRE FORSØG

MP3 gennem luften

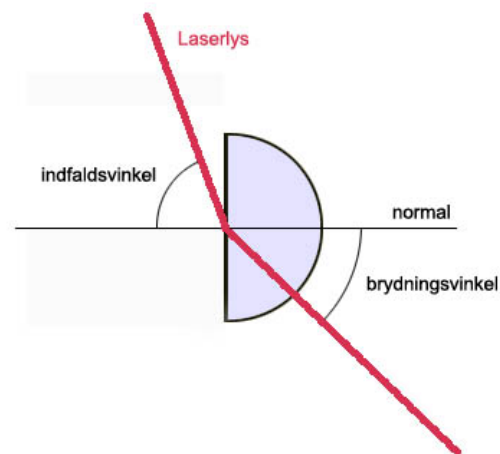
En almindelig MP3-afspiller har en udgang, som normalt forbindes med hovedtelefoner. Med et mini-jack-stik kan signalet kobles gennem en lysdiode via en modstand på fx 220 ohm. Derved laves lydsignalet om til et lyssignal, der svinger i takt til musikken. Vær opmærksom på, at det kun er den ene stereokanal, der skal bruges med en enkelt lysdiode. Stikket til hovedtelefonerne indeholder 3 ben. En fælles jord og en til hver af de to stereokanaler. Se billedet.



Lyset fra lysdioden kan detekteres med en fototransistor og forstærkes derefter elektronisk inden det igen kobles til en højttaler. De fleste skoler har en forstærker, der kan bruges. Ellers kan man selv bygge en forstærker efter opskrifter på internettet.

Brydningsloven

Med en laser og et halvmåneformet prisme af glas kan man undersøge brydningsloven, der gælder for lys, der bevæger sig gennem en overflade fra luft til glas



Tilrettelæg en måleserie, der efterprøver, om brydningsloven passer.

Brydningsloven er

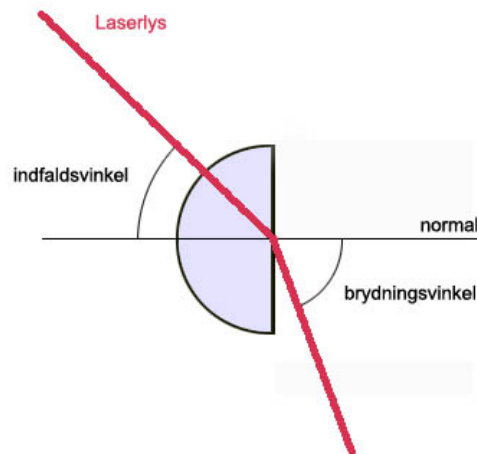
$$\frac{\sin(i)}{\sin(b)} = n$$

i er indfaldsvinklen (lysets vinkel i luften fra laserstrålen til normalen til overfladen).

b er brydningsvinklen (lysets vinkel i glasset fra laserstrålen til normalen til overfladen).

n er brydningsindekset for glas, og det afhænger af den konkrete glassort og bølgelængden af lyset. Normalt ligger brydningsindekset for glas omkring 1,5 (ingen enhed, da det er et forhold).

Afprøv påstanden om, at brydningsloven også gælder, hvis lyset kommer fra glas til luft. Hvor n i brydningsloven skal skiftes ud med $1/n$.



Når lyset brydes fra glas til luft skal du dreje på prismet og iagttage, hvad der sker med den brudte stråle, efterhånden som indfaldsvinklen nærmer sig grænsevinklen for totalrefleksion. Det vil sige, at lyset ikke længere kan slippe gennem overfladen fra glas til luft.

Totalreflektion

Med en laser og et halvmåneformet prisme af glas kan man selv måle grænsevinklen, hvor totalrefleksionen opstår.

Undersøg påstanden om at der kun optræder totalrefleksion fra glas til luft og ikke omvendt.

Find ud af, hvad der sker med den brudte stråle i luften efterhånden som indfaldsvinklen i glasset nærmer sig grænsevinklen for totalrefleksion.

Afprøv påstanden om, at tangens til grænsevinklen fra glas til luft er det samme som brydningsindekset for glas.

PERSPEKTIVERING OG DISKUSSION

Hvem ejer lyslederne Undersøg på internettet hvem der ejer lyslederne mellem kontinenterne. Giv en forklaring på fordelingen.

Glas eller kobber Hastigheden af elektriske signaler i en kobberledning er ca. $1 \cdot 10^8$ m/s og i en lysleder er den $2 \cdot 10^8$ m/s . Udregn hvor meget lyd bliver forsinket på grund af afstanden fra Gedser til Skagen dels ved brug af kobber og dels ved brug af lysledere.

Kan denne forsinkelse forklare, at der kun bruges lysledere ved transmission mellem centralerne?

Er der andre forklaringer?

Hvad kan grunden være til, at teleselskaberne sender signaler mellem centralerne i lysledere, når de næsten udelukkende bruger kobber fra centralerne til abonnenterne?

Sattelittelefon

Før lyslederne transmitteredes telefoni mellem kontinenterne via satellit. Disse satellitter var af praktiske grunde geostationære.

Find på internettet ud af hvad det vil sige, at en satellit er geostationær, hvor lang tid de er om at kredse rundt om Jorden og hvor højt de kredse over Jordens overflade.

Udregn forsinkelsen af en telefonsamtale på grund af signalernes bevægelse mellem Jordens overflade og satellitten.

Lys i computerchip

Fremtidens computer-CPU forventes at indeholde lysledere mellem de aktive logiske kredse i stedet for som nu af kobber. Find på internettet grunde til, at man overvejer at gå over til at bruge lys i stedet for elektrisk strøm i en CPU.

Prisen

Find på internettet prisen for en lysleder og prisen for det udstyr, der skal kobles i enderne af en lysleder. Forklar hvorfor størrelsen af de optiske komponenter er afgørende for prisen.

Hvilke fordele vil der være for forbrugerne, hvis internetopkoblingerne bliver transmitteret med lysledere også mellem central og abonnent?

Bredbånd

Find på internettet ud af hvad et bredbånd er.

Hvordan gik det med bredbåndet historisk?

VIDERE LÆSNING

1. *Kommunikationsfysik*, Würtz & Bødtker, Fysikforlaget 1993
2. "At kontrollere udsendelse af lys", *Aktuel Naturvidenskab* 2004 nr 4, <http://193.89.230.12/Naturvidenskab/dokumenter/doc/8071.pdf>
3. "Nobelprisen i fysik 2000", *Aktuel naturvidenskab* 2000 nr 5, <http://193.89.230.12/Naturvidenskab/dokumenter/doc/8325.pdf>