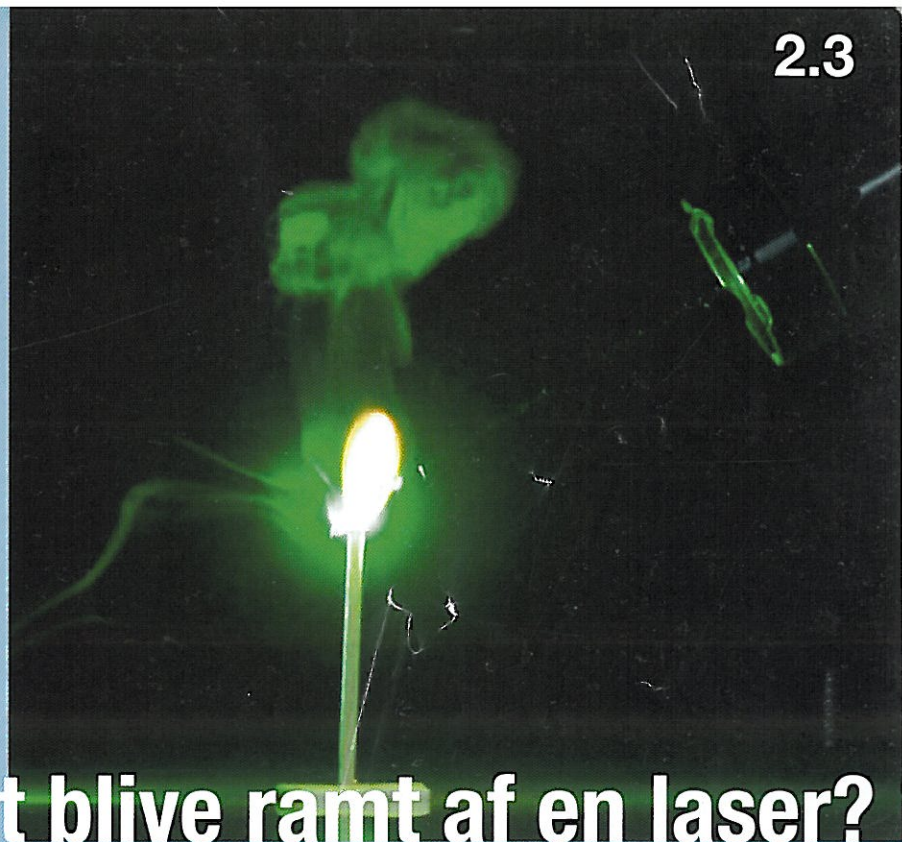


Nogle lasere er så kraftige, at lyset fra dem kan antænde en tændstik. Andre lasere kan anvendes til at scanne strekkoder på varer i supermarkedet, og atter andre lasere anvendes på hospitaler til operationer. I det amerikanske stjernekrigsprojekt var det tanken, at meget energirige lasere skulle benyttes til at nedskyde fjendtlige missiler. Hvor går grænsen mellem fiktion og virkelighed – og er det farligt at blive ramt af en laser?



Er det farligt at blive ramt af en laser?

Mange muligheder

Princippet bag laseren bygger på Einsteins tanker fra 1916 om stimuleret emission, som bliver forklaret nedenfor, men først langt senere, i 1958, blev laseren første gang beskrevet i en artikel. Da den første laser blev konstrueret to år senere, havde man ikke mange ideer om, hvad den kunne bruges

til. Theodore Maiman, der konstruerede den første laser, udtalte, at *a laser is a solution seeking a problem*. Ingen havde dengang fantasi til at forestille sig de mange anvendelser, vi kender i dag.

Bølger
Bohrs atommodel



Figur 2.17 Theodore Maiman med sin rubinlaser fra 1960.

AKTIVITET LASERENS ANVENDELSER

Her er eksempler på nogle af laserens mange anvendelser:

- Øjenoperationer, sårheling og andre medicinske anvendelser
- Svejsning i tynde metalplader
- Aflæsning af cd- og dvd-afspillere
- Stregkodescannere
- Afstandsmåling
- Fartkontrol
- Telekommunikation
- Antænding og komprimering af brændstof til fusionsenergi

I skal nu udvælge én af anvendelserne, som I gerne vil vide mere om. Benyt internettet til at finde information om, hvordan laseren anvendes til netop dette formål, og skriv en kort artikel til et videnskabeligt tidsskrift om laserens anvendelse. Tidsskriftets målgruppe er personer med interesse i og viden om naturvidenskab.

Dødsstråler fra laseren

En løsning uden et problem giver grobund for mange tanker. Offentligheden hæftede sig da også straks ved, at laseren muligvis kunne bruges som et dødbringende våben. De mere fredelige anvendelser skabte ikke avisoverskrifter!



I filmen *Goldfinger* fra 1964 ligger James Bond bundet på et metalbord under en stor industrilaser, der begynder at skære bordet i to stykker. James Bond undgår – naturligvis – at lide samme skæbne som bordet. I filmen ser man senere en laser skære igennem de tykke ståldøre på Fort Knox.

Theodore Maiman kunne lide at fortælle, at den berømte amerikanske skuespiller Bette Davis ved et selskab spurgte ham: *How does it feel to be responsible for all that death and destruction?* Først efter lang tids tøven

Figur 2.18. Skurken Goldfinger truer James Bond med en laserstråle.

kunne den forbløffede Maiman høfligt svare: *I don't know anyone who's been killed by a laser, even by accident, but I do know several people who have been healed by lasers.*

Vigtige egenskaber

Men hvad er det, der er så specielt ved laseren? Hvilke egenskaber har laserlys, som lys fra for eksempel en glødelampe ikke har? Faktisk er der hele tre egenskaber, som gør laserlys specielt, nemlig laserstrålens lille spredning, det monokromatiske lys og lysets kohærens.

Laserstrålens lille spredning

De fleste lyskilder spreder hurtigt deres lys, så energien i lyset bliver fordelt over et stort areal. Lyset fra en laser vil derimod forblive samlet i en smal stråle uden nogen væsentlig spredning. Det betyder, at selv på relativt store afstande vil lyspletten fra en laser være lille.

AKTIVITET LASERLYSETS SPREDNING

Design og udfør et eksperiment, hvor I undersøger, hvor meget lysstrålen fra en laser spredes over store afstande. Lyspletten diameter kan med fordel måles, når den rammer et stykke papir i forskellige afstande.

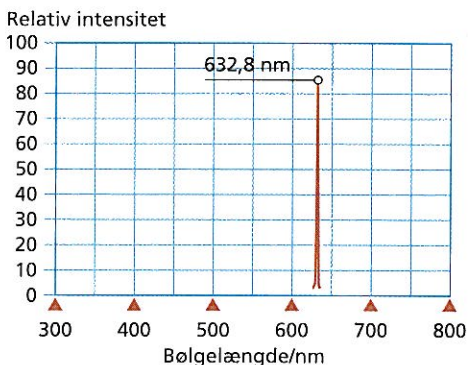
- Overvej, hvordan I vil præsentere resultatet af jeres målinger for resten af klassen.
- Beregn diameteren af den prik, som laserens lys ville danne, hvis man rettede jeres laser mod Månen.
- Diskutér, om resultatet betyder, at man fra Jorden kan se laserens prik?

AKTIVITET LASERENS ANVENDELSER

- Benyt et spektrometer koblet til en computer til at optage spektret af lys fra både en glødepære og en laser.
- Beskriv med ord de to spektre.
- Hvilken bølgelængde har laserlyset?
- Ved hvilken bølgelængde udsender glødepæren mest lys?

Monokromatisk lys

Lyset fra laseren er monokromatisk, hvilket betyder, at det kun har én bølglængde. En rød He-Ne laser, der findes i de fleste fysikla-



Figur 2.19 Spektrogram af lys fra en He-Ne laser.

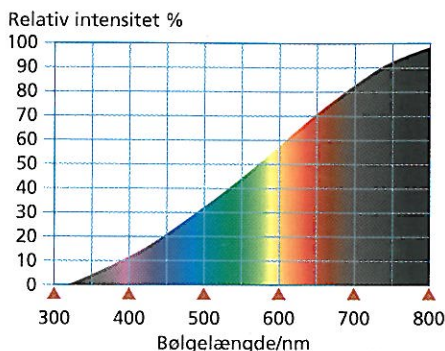
Kohærens

Laserlys er kohærent, hvilket betyder, at de forskellige dele af laserstrålen svinger i samme takt som illustreret på figur 2.21 - 2.23.

At laserlys er kohærent gør det muligt at fokusere lyset mere end ved almindeligt lys. Det skyldes, at interferensen mellem lysets enkelte bølger er anderledes, når de i udgangspunktet svinger i takt. Lyset bliver derfor mindre udtværet, når det for eksempel sendes gennem en samlelinse. For kohærent lys afhænger fokuserbarheden af bølglængden. Under de bedste betingelser kan en lasers energi samles i et punkt med en diameter $d = \frac{1}{3} \lambda$. I tilfældet med en He-Ne laser, $\lambda = 632,8 \text{ nm}$, vil det i princippet være muligt at fokusere lyset til et område med en diameter på blot 211 nm!

Dette kan udnyttes utallige steder både inden for industri, forskning og teknik. Eksempelvis udnyttes det i en cd-afspiller. Også i hospitalsverdenen har det fundet en række anvendelser. En nethinde, der har løsnet sig, eksempelvis som en følgevirkning af sukkersyge, kan med en fokuseret laserstråle punktsvejses til øjets bagside. Selv lys fra en laser spredes dog en lille smule.

boratorier, har en bølglængde på 632,8 nm. Lyset fra en glødepære består derimod af alle bølglængder fra blått til rødt lys.



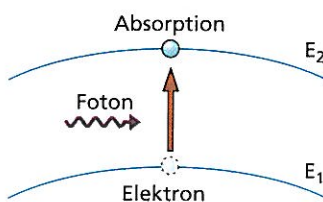
Figur 2.20 Spektrogram af lys fra en glødepære.

Hvordan frembringes laserlys?

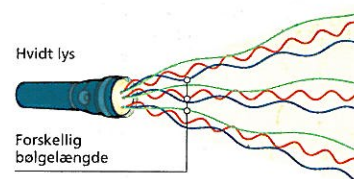
LASER er en forkortelse for **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation, hvilket betyder forstærkning af lys ved stimuleret emission af stråling. Laseren fungerer ved stimuleret emission. Ved den stimulerede emission vil vi efter en enkelt indsendt foton få to fotoner med samme bølglængde og som ydermere svinger i takt. Hver af disse fotoner kan i nye atomer frembringe stimuleret emission, og man opnår en kaskade af fotoner.

Absorption

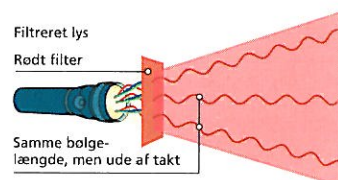
En elektron befinder sig i atomet i en tilstand med energien E_1 . Hvis der kommer en foton ind med en energi, der er lig $E_2 - E_1$, vil elektronen kunne flyttes op i en exciteret tilstand med energien E_2 , hvorved fotonen bliver absorberet.



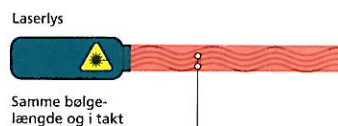
Figur 2.24 Absorption.



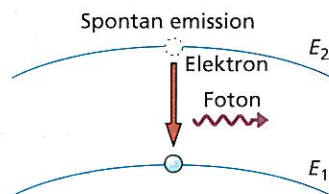
Figur 2.21 Det hvide lys fra en almindelig lommelygte består af forskellige bølglængder, og bølgerne svinger ikke i takt. Lyset er dermed ikke kohærent.



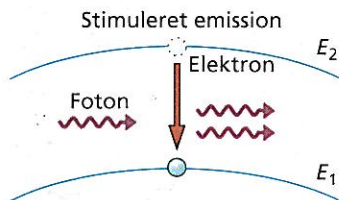
Figur 2.22 Hvis vi anbringer et rødt filter i lysstrålen, får vi filtreret alle andre farver end det røde lys fra. Men det røde lys vil udbrede sig i alle retninger, og det vil være ude af takt.



Figur 2.23 Laserlys er retningsbestemt, monokromatisk, og de enkelte dele af strålen svinger i samme takt. Laserlys er kohærent.



Figur 2.25 Spontan emission.



Figur 2.26 Stimuleret emission.

Spontan emission

En elektron befinder sig i en exciteret tilstand med energien E_2 . Den vil af sig selv søge ned mod en lavere energitilstand med energien E_1 . Herved udsendes en foton med energien $E_2 - E_1$.

Stimuleret emission

En elektron befinder sig i en exciteret tilstand med energien E_2 . Denne elektron kan stimuleres til at søge mod en lavere energitilstand med energien E_1 , hvis der kommer en foton ind med en energi, der er lig $E_2 - E_1$. Når elektronen falder til den lavere energitilstand, vil der som ved spontan emission udsendes en foton med energien $E_2 - E_1$. Resultatet er, at vi nu har to ens fotoner med samme bølgelængde, og som svinger i takt.

En laser, som den Maiman byggede, består af en kort rubinstang, der er fuldstændig forsølvet i den ene ende, mens den i den anden ende er delvis forsølvet, så noget af lyset her kan trænge ud. Det lys, der trænger ud, er den lysstråle, vi ser fra laseren.

Ved hjælp af en blitzlampe tilføres atomer i rubinstangen så meget energi, at de exciteres. De exciterede atomer vil udsende fotoner ved spontan emission og starte den kaskade af fotoner, der sendes ud af rubinstangens ene ende som et intenst, ensrettet laserlys med en bestemt bølgelængde.

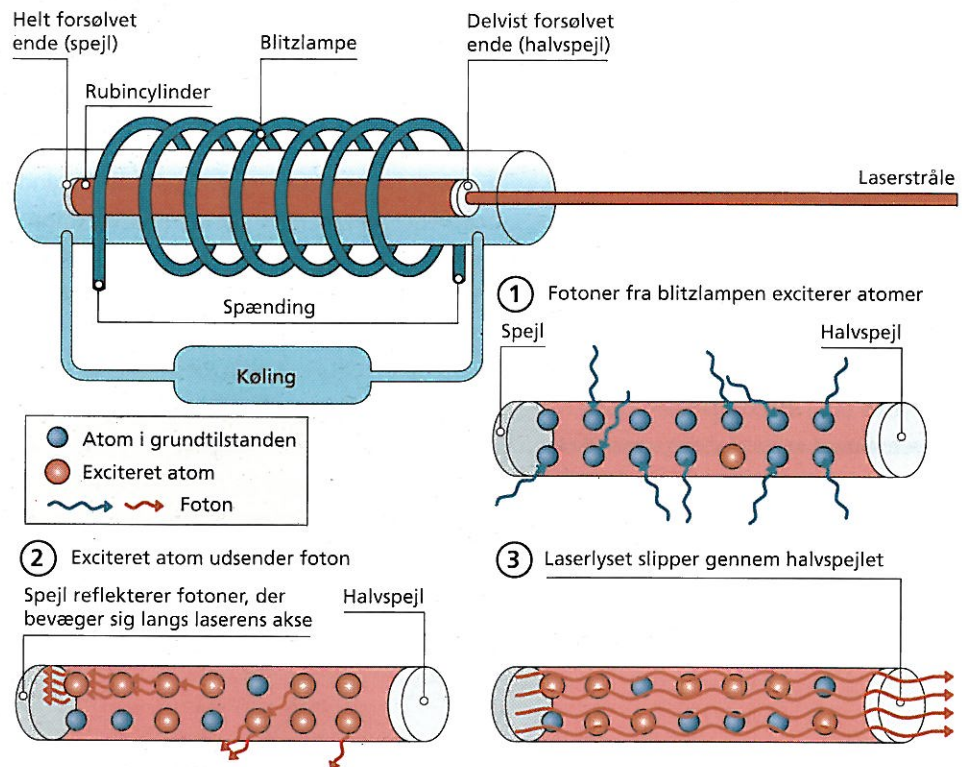
I andre lasere er det ikke rubinatomer, der exciteres, men andre stoffer. I de røde He-Ne lasere i fysiklaboratorierne er det Ne-atomer, der exciteres og efterfølgende giver det røde laserlys ved stimuleret emission.

Måling af afstanden til Månen

Da astronauterne i Apolloprojektet i perioden 1969 - 1972 ankom til Månen, medbragte de tre specielle spejle, som de anbragte på Månens overflade. Spejlene har den egenskab, at de reflekterer lyset i samme retning, som de modtager det.

Ved at sigte med et stort teleskop fra Jorden kan forskere sende en laserstråle op mod Månen. Strålen rammer et af spejlene og bliver reflekteret tilbage til Jorden, hvor man modtager signalet efter cirka 2,5 sekunder.

Figur 2.27 Princippet i en rubinlaser.



Ved nøjagtigt at måle den tid laserstrålen bruger på at bevæge sig til Månen og tilbage igen, er man i stand til at beregne afstanden til Månen. Afstanden kunne oprindeligt bestemmes med 3 cm's nøjagtighed, men takket være forbedrede detektorer er nøjagtigheden i dag nogle få mm.

Ved at måle afstanden til Månen gennem flere år har man fundet ud af, at Månen flytter sig væk fra Jorden med en fart på 3,8 cm om året.

Laserstråler kan være farlige

Lasere er forsynet med et advarselssymbol og er klassificerede efter deres styrke. Dermed kan man også på laseren aflæse, hvor farlig den er for mennesker.

Klasse I lasere

Er normalt ikke farlige, men pas alligevel på!

Klasse II lasere, effekt < 1 mW

Hvis man ser ind i laserstrålen i mere end 15 minutter, kan øjet blive beskadiget.

Klasse IIIa lasere, effekt 1 mW - 5 mW

Hvis man ser ind i laserstrålen, kan øjet blive beskadiget.

Hvis laseren bruges som tavle-pegepind, må den maksimalt være på 5 mW.

Klasse IIIb lasere, effekt 5 mW - 500 mW

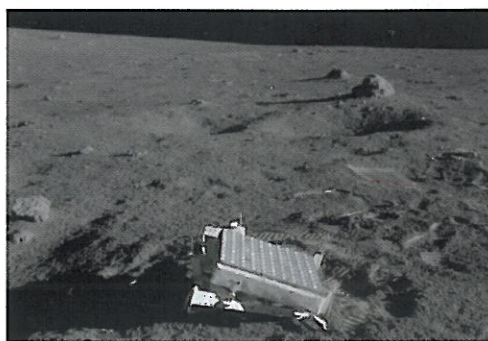
Et øje kan blive beskadiget, hvis det ser ind i laserstrålen bare kortvarigt!

Pas på, hvis der er refleksioner fra spejle.

En laser af denne klasse kan antænde forskellige genstande tæt på.

Klasse IV lasere, effekt > 500 mW

Øjet bliver beskadiget, hvis det ser ind i laserstrålen bare kortvarigt! Brug ALTID beskyttelsesbriller! Pas på brandfare! Strålen kan også give forbrændinger på huden!



REGN

Med en laserpen på Månen

Forestil jer, at I som astronauter er blevet glemt på Månen! I har udstyr, så I kan overleve, men radioen er død. Jeres eneste hjælpemiddel er en laserpen, som I måske kan bruge til at kommunikere med. Spørgsmålet er, om I vil kunne morse, så det kan ses på Jorden.

Laseren er en grøn laserpen med en bølglængde på 532 nm.

- Beregn energien for en enkelt foton med bølglængden 532 nm.

Laseren har en effekt på 1 mW.

- Hvad er energien af lyset, som laseren udsender på ét sekund?
- Beregn antallet af fotoner som udsendes pr. sekund.

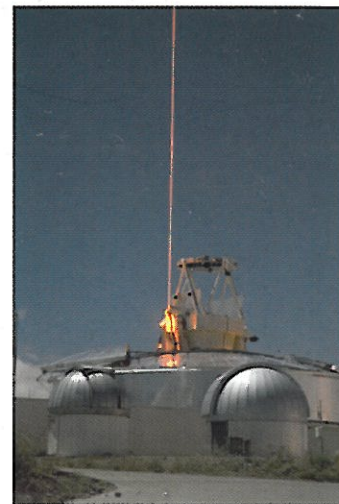
Laseren udsender lys i en stråle, som divergerer. Det vil sige, at strålens diameter vokser, her med 8 m pr. km, strålen tilbagelægges. Middelfastheden til Månen er 384.399 km.

- Beregn tværsnitsarealet af lysstrålen, når den rammer Jorden.

En person, som kigger mod nattehimmelen, vil have en øjepupil på 40 mm².

- Hvor mange fotoner rammer et øjes pupil på ét sekund?
- Vurdér jeres chancer for at blive set af mennesker på Jorden!

Figur 2.28 Nedenfor ses en laserstråle rettet mod Månen. Til venstre ses det reflekterende spejl anbragt på Månen af astronauter fra Apollo 14.



TÆNK:

En laser kan have en effekt på 5 mW. Hvordan kan den så være mere farlig end en glødepære på 60 W?



Figur 2.29 Advarselssymbol for lasere.