

3 Lys og atomer



I fyrværkeri udnytter man, at forskellige grundstoffer udsender lys med forskellige farver, når de opvarmes.

Nogle grundstoffers lysudsendelse

I dette kapitel skal vi beskæftige os med atomers lysudsendelse. Vi vil derfor begynde med at se på, hvordan vi kan få nogle grundstoffer til at udsende farvet lys, hvis vi opvarmer dem tilstrækkeligt.

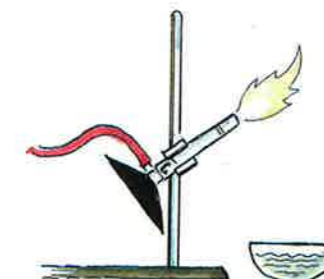
Når fyrværkeriraketter frembringer lys i forskellige farver, skyldes det netop, at bestemte grundstoffer er blandet i krudtet. I et forsøg kan vi vise nogle af de farver, der kan fremkomme på den måde.



SELLESFORSØG

Vi viser flammefarver

Vi opspænder en gasbrænder på skrå, så den øverste del af flammen befinder sig lige over en porcelænskål med lidt vand i. Skålen skal opfange, hvad vi eventuelt spilder. Gasbrænderens luftspjæld skal være åbent, så flammen næsten ikke lyser.



Ved hjælp af en digeltang holder vi nu et lille stykke kobberfolie eller kobbertråd ind i den øverste del af flammen. Glimtvis ser vi da, at flammen farves grøn.



Derefter bukker vi et lille øje på en ca. 10 cm lang og 0,5 mm tyk kanthaltråd. Det ombukkede øje gennemgløder vi grundigt i flammen, indtil kanthaltråden ikke længere farver flammen.



Så dypper vi hurtigt trådøjet i kobberchlorid CuCl_2 så der hænger lidt ved – og holder atter tråden ind i flammen. Vi ser den samme grønne farve som før. Den skyldes grundstoffet kobber, der indgår i den kemiske forbindelse CuCl_2 som en kobberion. Grundstoffet clor, der indgår i CuCl_2 som en clor-ion, frembringer derimod ikke nogen flammefarve.

På samme måde viser vi flammefarverne for følgende stoffer (idet vi hver gang anvender en ny kanthaltråd):

Natriumchlorid NaCl frembringer en kraftig gul farve, som skyldes grundstoffet natrium.

Calciumchlorid CaCl_2 giver (måske kun glimtvis) en orange farve, som skyldes grundstoffet calcium.

Kaliumchlorid KCl giver en lys violet farve, som skyldes grundstoffet kalium.

Lithiumchlorid LiCl giver en flot højrød farve, som skyldes grundstoffet lithium.

Bariumchlorid BaCl_2 giver en lys grøn farve, som skyldes grundstoffet barium. Farven kan forveksles med kobbers flammefarve, men er lidt anderledes.



Som vi så i forsøget, er især visse metalatomer lette at få til at frembringe en karakteristisk flammefarve – også selv om de pågældende atomer indgår i en kemisk forbindelse.

Derfor kan vi bruge flammefarven til at afsløre, om bestemte grundstoffer er til stede. Skemaet her viser en oversigt over de metaller, hvis flammefarver vi undersøgte. Denne oversigt får du brug for i den følgende laboratorieopgave.

Grundstof	Flammefarve
kobber	grøn
natrium	stærk gul
calcium	orange
kalium	lys violet
lithium	mørkerød
barium	lys grøn

Laboratorieopgave 3

På jagt efter grundstoffer

I denne laboratorieopgave skal I bruge flammeprobe-metoden til at afgøre, om nogle af de grundstoffer, hvis flammefarve I kender, findes i forskellige ukendte pulvere.

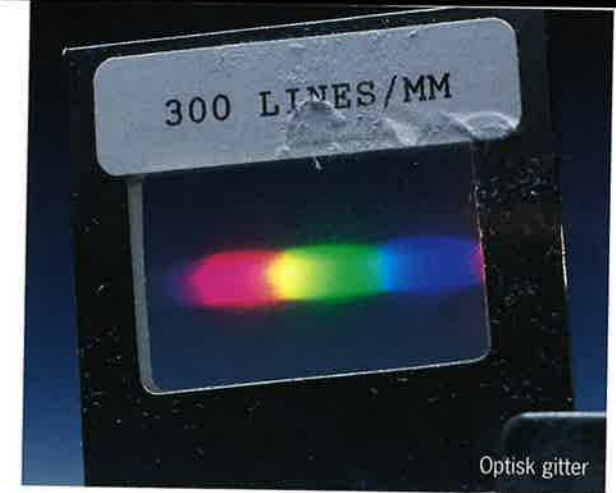


Undersøgelse af lys med et optisk gitter

Det har vist sig, at man kan få mange grundstoffer til at udsende lys – og lyset fra hvert enkelt grundstof er forskelligt fra alle andre grundstoffers lys. Derfor kan dette lys afsløre et grundstof lige så sikkert, som fingeraftryk kan afsløre et menneske.

Men skal metoden være 100% sikker, kan man ikke nøjes med at iagttage lysets farve med det blotte øje. Man må studere lysets sammensætning nøje, for eksempel ved hjælp af et optisk gitter.

Til skolebrug har man fremstillet nogle billige optiske gitre. De består af en lille transparent, hvorpå der ad fotografisk vej er frembragt mange tætliggende fine streger. Vi vil nu undersøge, hvordan et sådant optisk gitter virker.



Det hvide lys' spektrum

I forsøget så vi, at et optisk gitter kan dele det hvide lys op i forskellige farver – et såkaldt *spektrum*. Da farverne danner et sammenhængende bælte, kalder vi det et *kontinuerligt spektrum*. Vi så, at spektret indeholder de samme farver som en regnbue: violet, blå, grøn, gul, orange og rød.

Det, som vi kalder hvidt lys, er i virkeligheden en blanding af lys af alle spektrets farver. En regnbue er et spektrum, der dannes, når vanddråber i luften deler det hvide sollys op i de forskellige farver, det består af.

En regnbue er naturens måde at danne et spektrum på. Det hvide sollys brydes i regndråberne og deles op i de forskellige farver, det er sammensat af.



FELLESFORSØG

Vi undersøger hvidt lys med et optisk gitter

Vi mørklægger lokalet og anbringer en tændt 100 watts pære på katederet. Vi ser, at lampen udsender hvidt lys.

Der uddeles optiske gitre, så alle får lejlighed til at iagttage lampens lys gennem et gitter.

Vi ser da, at det hvide lys af gitteret afbøjes ud til siderne og samtidig spaltes op i alle regnbuens farver.



Lys udbreder sig som bølger

Lys er en form for stråling, der udbreder sig som bølger. Lys af forskellige farver udbreder sig med forskellige bølgelængder.

Hvad vi mener hermed, kan vi forstå, hvis vi sammenligner med ringbølger på en vandoverflade.



FÆLLESFORSØG

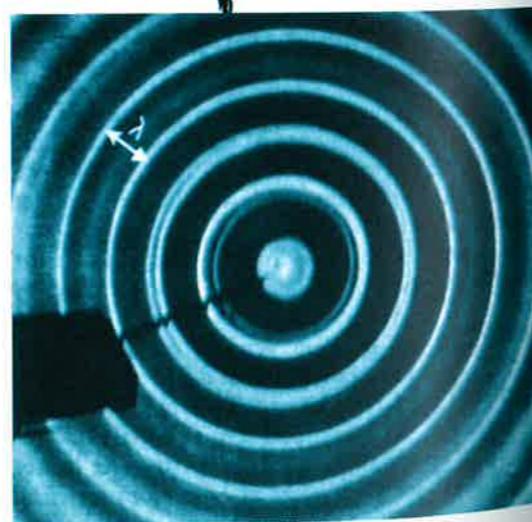
Vandbølger

Vi fylder en rund glasskål halvt med vand og anbringer den på overheadprojektoren. (Se lærervejledningen.)

Vi fylder dernæst en lille plasticsprøjte med vand og presser en dråbe ud, så den falder ned på vandoverfladen. Vi ser, hvordan en ringbølge breder sig ud fra nedfaldsstedet.

Dernæst presser vi flere dråber ud, så de regelmæssigt og hurtigt efter hinanden falder ned på vandoverfladen. Vi ser, hvordan der fremkommer en serie af ringbølger efter hinanden. Vi lægger mærke til, at bølgerne under udbredelsen holder samme indbyrdes afstand. Afstanden fra bølgetop til bølgetop kalder vi *bølgelængden* (angivet med λ på billedet).

Hvis vi lader dråberne komme hurtigere, så bølgerne dannes hurtigere efter hinanden, ser vi, at bølgelængden bliver kortere.



Vandbølgers frekvens og bølgelængde

Det er forholdsvis let at frembringe vandbølger og nogenlunde bedømme eller måle deres bølgelængde. I et kar med vand kan vi frembringe bølger med bølgelængder fra nogle få millimeter til flere centimeter. Ude på havet kan vi se bølger med flere meters bølgelængde.

Jo hurtigere bølgerne dannes efter hinanden, jo større siger vi, at deres *frekvens* er. Frekvensen angiver, hvor mange bølger der dannes pr. sekund. Hvis der for eksempel dannes 10 bølger pr. sekund, er frekvensen 10 hertz (Hz). I forsøget så vi, at jo større frekvensen er, jo mindre bliver bølgelængden.



Jo hurtigere bølgerne dannes, jo tættere følger de efter hinanden, og jo kortere bliver bølgelængden.

Lysets bølgelængde

Lysbølger udbreder sig med meget stor fart (ca. 300 000 km pr. sekund). Da lysbølgeres frekvens samtidig er meget stor (mange milliarder Hz), bliver bølgelængden uhyre lille – lidt under 1/1000 millimeter.

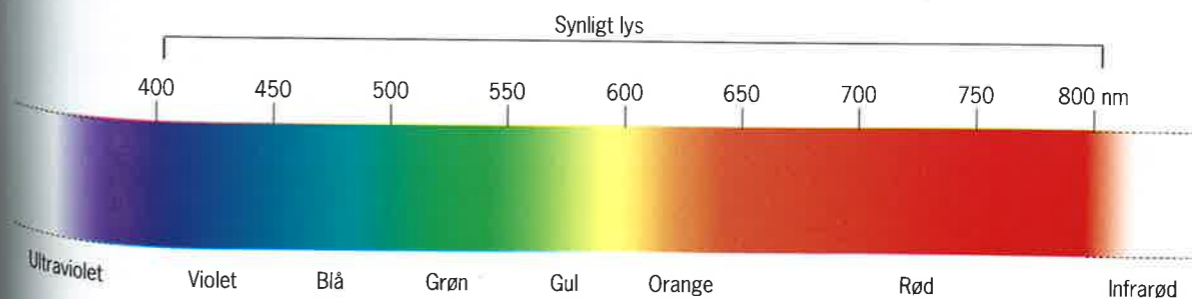
Da lysets bølgelængde er så lille, er det ikke særlig praktisk at måle den i millimeter. I stedet bruger man enheden *nanometer*, som forkortes nm. En nanometer er lig med en milliontedel millimeter.

$$1 \text{ nm} = \frac{1}{1000000} \text{ mm}$$

Det grønne lys, som vi kan se i en regnbue, har en bølgelængde på ca. 525 nm, dvs. på ca. 0,0005 mm.

Når et optisk gitter kan brede lyset ud til et spektrum, skyldes det, at lyset afbøjes, når det passerer gitteret. Jo større lysets bølgelængde er, jo mere afbøjes det. De røde farver, som har størst bølgelængde, afbøjes mest. De violette farver, som har kortest bølgelængde, afbøjes mindst.

Når man kender afstanden mellem stregerne i det optiske gitter, kan man beregne bølgelængden for det lys, der passerer gitteret, blot ved at måle, hvor meget lyset afbøjes. På nedenstående tegning kan du se de omtrentlige bølgelængder, som man har beregnet for spektrets forskellige farver.





Der findes usynligt lys

Vort øje er indrettet, så det kun kan opfatte lys med bølglængder mellem ca. 400 nm og ca. 800 nm. Det kalder vi det synlige lys' område. Der findes dog også lys med både kortere og længere bølglængde. Det er bare usynligt for os.

Som du kan se på side 27, kalder vi det lys, som ligger uden for det violette område, og som har kortere bølglængder end 400 nm, for *ultraviolet* lys. Det lys, som ligger på den anden side af det røde område med længere bølglængder end 800 nm, kalder vi *infrarødt* lys.

Sollyset indeholder foruden det synlige lys også en hel del både ultraviolet og infrarødt lys.

Ultraviolet lys

Når vi tager solbad, er det Solens ultraviolette stråler, der gør os solbrændte. Derfor bliver man ikke særlig brun, hvis man tager solbad bag en glasrude. For ruden tillader godt nok det synlige lys at slippe igennem. Men den bremser de fleste af de ultraviolette stråler.

På mange diskoteker har man lamper, som udsender usynligt ultraviolet lys. Hvidt tøj, som rammes af de ultraviolette stråler, vil ofte lyse kraftigt op.

Mange insekters øjne er indrettet, så de kan se ultraviolet lys. Derfor ser de blomsterne tydeligere og i helt andre farver, end vi gør. Det hjælper dem til bedre at finde frem til bestemte blomster.



Når vi kan blive brune i et solarium, skyldes det, at solariet indeholder en lampe, som udsender meget ultraviolet lys. Det glas, som er anbragt foran lampen, er af en speciel type, som tillader de ultraviolette stråler at passere.

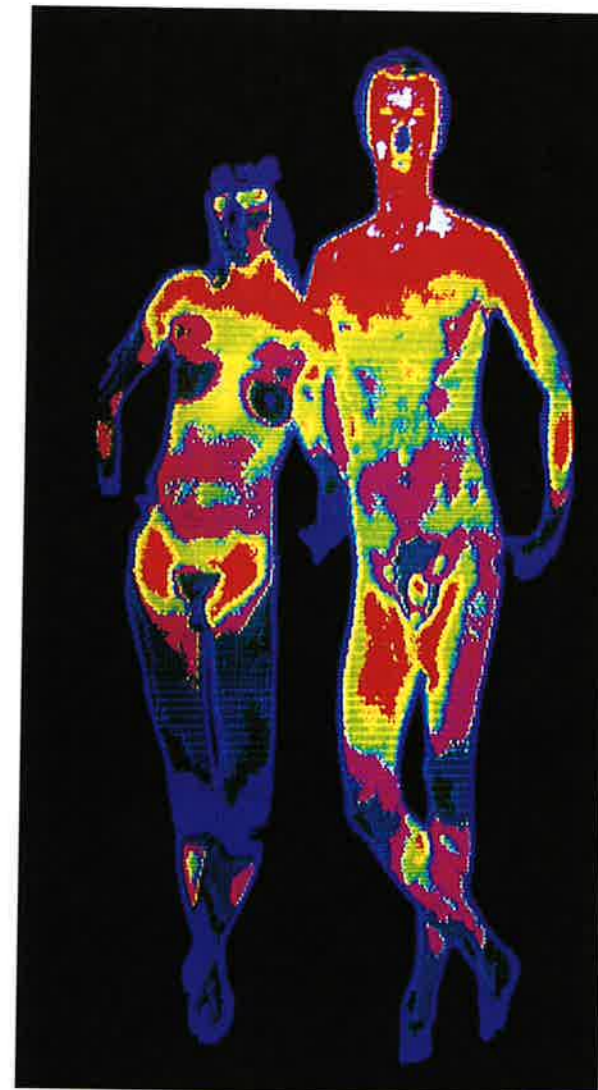
Infrarødt lys

De infrarøde stråler, som findes i sollys, trænger lettere gennem tæt tåge, end det synlige lys gør. Med et kamera, der er følsomt for infrarødt lys kan man for eksempel fotografere tværs igennem røg eller tåge.

På tilsvarende måde kan man filme vilde dyr om natten, uden at de opdager det. Man bruger da projektører, som udsender infrarødt lys.

Billedet til højre viser et nøgent par fotograferet med et kamera, som er følsomt for den infrarøde varmestråling, der udsendes fra huden. Jo højere hudens overfladetemperatur er, jo mere infrarød stråling udsender den – og jo lysere bliver farven på billedet. Et sådant billede kan blandt andet fortælle læger noget om blodtilførslen til de forskellige dele af legemet.

Billederne foruden viser, hvordan brandmænd ved hjælp af et infrarødt-følsomt kamera kan se tværs igennem et røgfyldt eller mørkt lokale. Derved kan de for eksempel hurtigt finde frem til bevidstløse personer i rummet.



Vi undersøger grundstoffers lys med et optisk gitter

Kigger vi gennem et optisk gitter på hvidt lys fra et vindue eller fra en lampe, ser vi, at det hvide lys indeholder lys af alle bølgelængder (et kontinuert spektrum).

Kigger vi derimod på det lys, som udsendes af lysende luftarter, ser spektret helt anderledes ud. Det vil vi nu prøve.



FÆLLESFORSØG

Linjespektre

Der uddeles et optisk gitter til hver elev, og lokalet mørklægges.

Forsøg 1

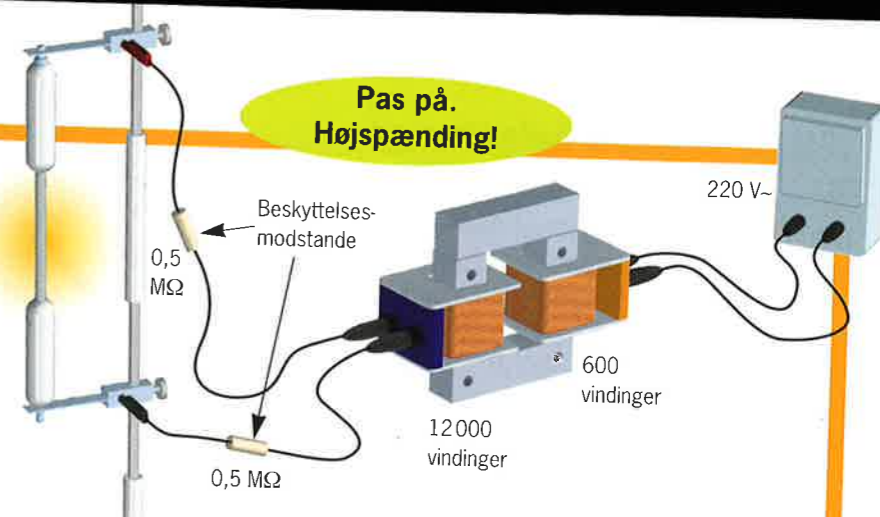
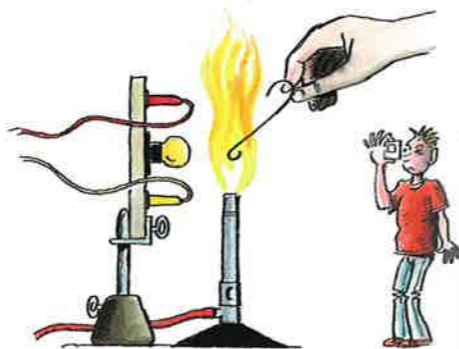
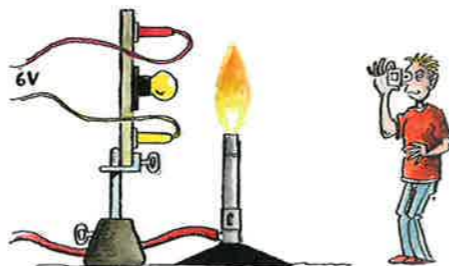
Vi tænder en gasbrænder og åbner luftspjældet, så flammen næsten ikke lyser. En tændt pære (6V-1A) anbringes, så den lysende pære befinder sig umiddelbart bag flammen.

Når vi nu kigger på flammen og pæren gennem det optiske gitter, ser vi kun det kontinuerte spektrum fra pæren.

Enden af et stykke 0,5 mm tyk kanthaltråd ombukkes, gennemglødes grundigt i flammen og dyppes hurtigt i natriumchlorid NaCl, hvorefter den atter holdes ind i flammen. Vi ser, at flammen farves kraftigt gul på grundstoffet natrium.

Gennem det optiske gitter ser vi en kraftig gul linje netop på den plads, hvor også det kontinuerte spektrum har sin gule farve. Slukkes pæren, ser vi kun den gule linje.

Grundstoffet natrium udsender altså kraftigt gult lys af denne bølgelængde. Som tidligere nævnt frembringer clor ikke nogen synlig flammefarve.



Forsøg 2

Et udladningsrør, der er fyldt med luftarten neon Ne, tilsluttes højspænding fra en højspændingskub eller fra en transformer, som tegningen viser (se lærervejledningen). Røret udsender et kraftigt orange lys. Gennem det optiske gitter kan vi se, at grundstoffet neons spektrum består af en række gule og orange linjer.

Vi udskifter derefter neonrøret med et rør fyldt med luftarten helium He. Vi ser, at grundstoffet helium udsender et hvidligt lys. Gennem det optiske gitter kan vi se, at heliumspektret består af 6 farvede linjer (se tegningen). På tegningen er angivet, hvilken bølgelængde der svarer til hver linje.



Heliums linjespektrum.

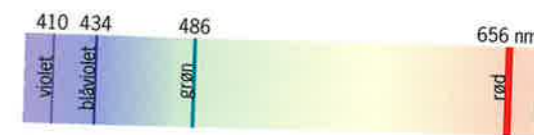
Når vi anbringer en tændt 6 volt pære lige bag heliumrøret, kan vi se, at heliumspektrrets linjer falder i samme område som de tilsvarende farver i det kontinuerte spektrum. Når 6 volt pæren er slukket, ser vi kun linjerne på en sort baggrund. Det viser, at helium kun udsender lys af disse bestemte bølgelængder.

Hvis vi betragter heliumrøret uden optisk gitter, ser vi kun et hvidligt lys. Det er en blanding af de 6 forskellige farver, som helium-atomerne udsender.

Til sidst slukker vi 6 volt pæren og udskifter heliumrøret med et udladningsrør fyldt med luftarten hydrogen (brint). Set med det blotte øje udsender røret et svagt rødt eller violet lys.

Gennem gitteret kan vi se et svagt kontinuert spektrum, hvor 3 farvede linjer træder tydeligt frem: en rød, en grøn og en blåviolet linje. Hvis udladningsrøret lyser meget stærkt, kan vi måske også skimte en fjerde linje, en violet linje, som ligger lidt længere ude end den blåviolette linje.

Disse fire farvede linjer udgør det synlige linjespektrum, som udsendes fra hydrogenatomerne i røret. (Det svage kontinuerte spektrum, som vi også kan se, fremkommer af andre årsager.)



Hydrogens linjespektrum.

Man har målt, at de 4 spektrallinjer har de bølgelængder, som er anført på tegningen.

Måling af lysets bølgelængde

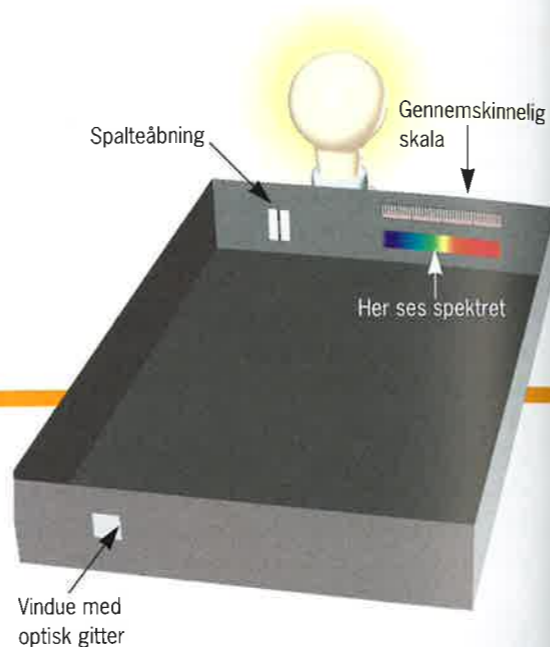
Til skolebrug har man fremstillet et billigt *håndspektrometer*, hvormed man nogenlunde nøjagtigt kan måle de forskellige lysfarvers bølgelængde. Det består af en kasse, som i den ene ende er forsynet med en lille spalteåbning og i den anden ende et optisk gitter. Når man sætter øjet mod det optiske gitter, ser man et spektrum af det lys, som kommer ind gennem spalten.

Ved anvendelse af spektrometeret skal lokalet ikke mørklægges, da man ser spektret inde i den mørke kasse. På det sted i kassen, hvor man ser spektret, er der placeret en lille gennemskinnelig skala, som oplyses af lyset uden for kassen. Her kan man aflæse bølgelængden af de forskellige farver i spektret.

Ved hjælp af et sådant håndspektrometer kan I selv prøve at måle bølgelængder både i et kontinuert spektrum og i et linjespektrum.



Simpelt håndspektrometer til måling af lysets bølgelængde. På tegningen nedenfor kan du se, hvordan det fungerer.



FÆLLESFORSØG

Vi måler bølgelængder

Der uddeles et par håndspektrometre, så alle får lejlighed til efter tur at kigge gennem et af dem. (Lokalet skal ikke mørklægges.)

Vi ser først mod et vindue eller mod en almindelig glødelampe. (NB! Du må aldrig kigge direkte mod solen gennem et optisk gitter! Du kan blive blind.)

Vi ser, at det hvide lys fra vinduet eller fra en glødelampe frembringer et kontinuert spektrum. Prøv at sammenligne de bølgelængder, I kan aflæse for de enkelte farver, med de bølgelængder, som er angivet på tegningen af spektret side 27.



Vi prøver derefter at kigge mod en sparepære eller et lysstofrør. (NB. Det er vigtigt, at håndspektrometeret drejes, så den lille spalte har samme retning som lysstofrøret.)

Flyt lidt på håndspektrometeret, indtil du får øje på lysstofrøret gennem den lille spalte. Du vil da se en række farvede linjer ovre ved skalaen. Grunden til, at vi ser et linjespektrum, er, at lysstofrør indeholder lysende luftarter.



Endelig kigger vi med håndspektrometeret på et udladningsrør med helium (se side 31). Flyt håndspektrometeret lidt fra side til side, indtil du får øje på udladningsrøret gennem den lille spalte. Du vil da se heliums linjespektrum ovre ved skalaen.

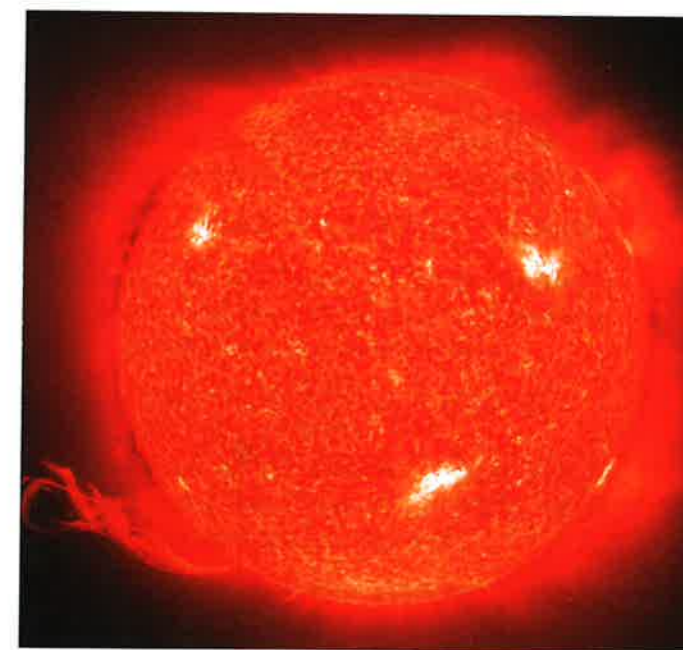
Prøv at aflæse bølgelængden for nogle af linjerne og sammenlign med de angivne bølgelængder på tegningen side 31.

Spektralanalyse

Før 1913 kunne man ikke give nogen forklaring på, hvorfor hvert grundstof udsender sit eget linjespektrum. Man vidste blot, at man ved at iagttage linjespektrene kunne identificere de forskellige grundstoffer. Metoden kaldes *spektralanalyse*.

Man kunne endda bruge metoden til at finde ud af, hvilke grundstoffer der findes på stjernerne og på Solen, idet man kunne undersøge lyset fra disse fjerne himmellegemer. Det viste sig for eksempel, at Solen og mange stjerner indeholder hydrogen, idet man kunne se hydrogens spektrallinjer i lyset.

Det kan også nævnes, at man på denne måde fandt grundstoffet heliums spektrallinjer i Solens lys, før man kendte til stoffet på Jorden. Netop derfor kaldte man stoffet helium, idet det græske ord "helios" betyder sol.



Fra Solens overflade slynges glødende gasarter mange tusinde kilometer ud i rummet. Ved at lave spektralanalyse på det lys, som udsendes fra disse gasarter, kan vi meget præcist få at vide, hvilke grundstoffer der findes på Solen.



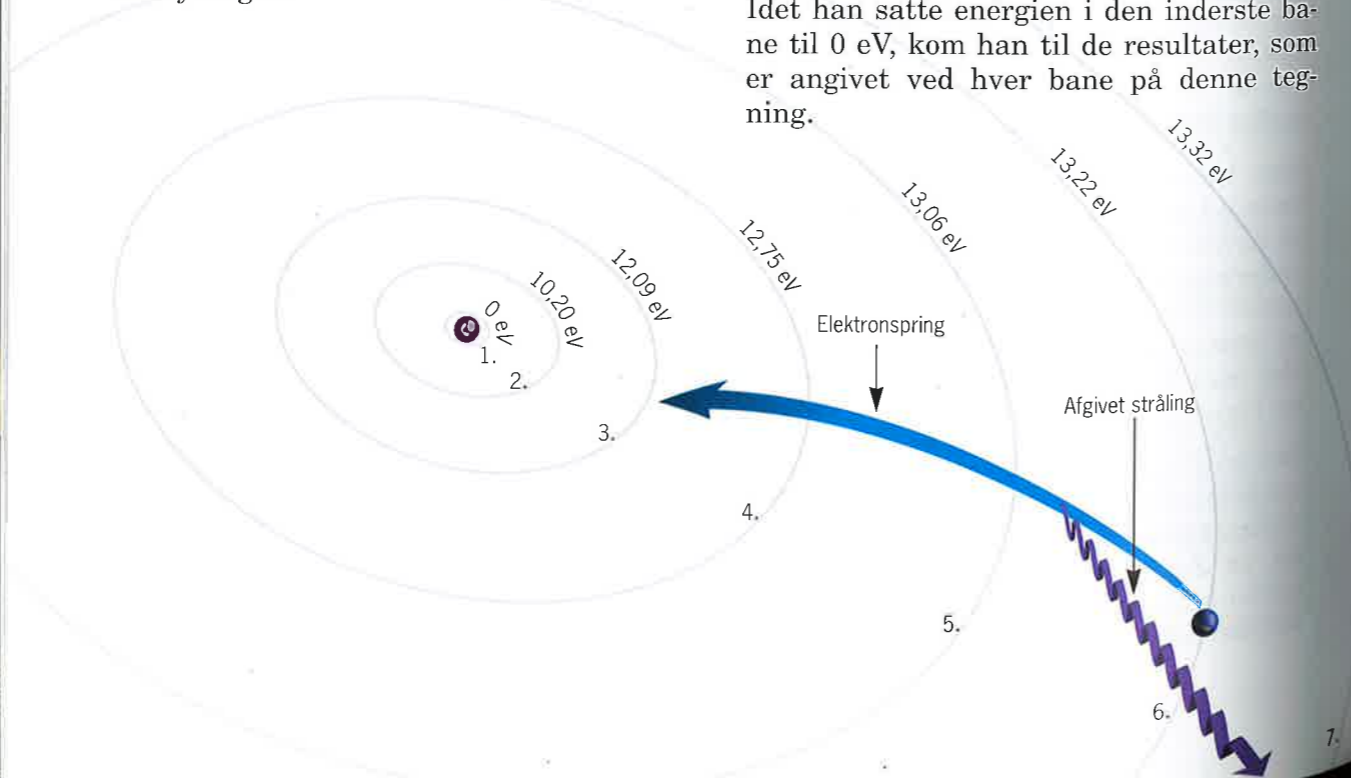
Niels Bohr (1885-1962) satte sig for at forbedre Rutherford's model for hydrogenatomet. I stedet for at forestille sig, at elektronen kunne kredse i alle mulige afstande fra kernen, erklærede Niels Bohr, at der kun var nogle ganske bestemte baner omkring kernen, hvor elektronen kunne befinde sig.

Niels Bohrs atom-model

Det blev den unge danske fysiker Niels Bohr, der i 1913 fandt en forklaring på, hvorfor der dannes linjespektr.

Han koncentrerede sig i første omgang om det simpleste atom, hydrogen-atomet, hvis kerne jo kun omkredsnes af 1 elektron.

Hans mål var at udbygge den model for hydrogenatomets opbygning, som Rutherford havde opstillet to år tidligere, så man ved hjælp af den kunne gøre rede for, hvorfor et udladningsrør med hydrogen danner det linjespektrum, der er karakteristisk for hydrogen.



Ved nøjagtig udmåling havde man fundet ud af, at de fire farvede linjer i hydrogenspektret havde følgende bølgelængder:

Den røde linje:	656 nm
Den grønne linje:	486 nm
Den blåviolette linje:	434 nm
Den violette linje:	410 nm

Niels Bohr erklærede, at fremkomsten af disse spektrallinjer viste, at der måtte gælde særlige love for elektronens bevægelser omkring atomkernen, hvilket betød, at den ikke kunne kredse i alle mulige afstande fra kernen.

Han forestillede sig derfor, at hydrogenatomets elektron kun havde mulighed for at bevæge sig i nogle ganske bestemte cirkelbaner omkring atomkernen.

Niels Bohr beregnede, hvor meget energi der måtte være oplagret, når elektronen befandt sig i de forskellige baner. Ligesom der i dagligdagen oplagres mere energi, jo højere en byrde hæves i vejret, er den oplagrede energi i atomet større, jo længere væk fra kernen elektronen befinder sig. Den negative elektron trækkes jo ind mod den positive kerne af den elektriske tiltrækning.

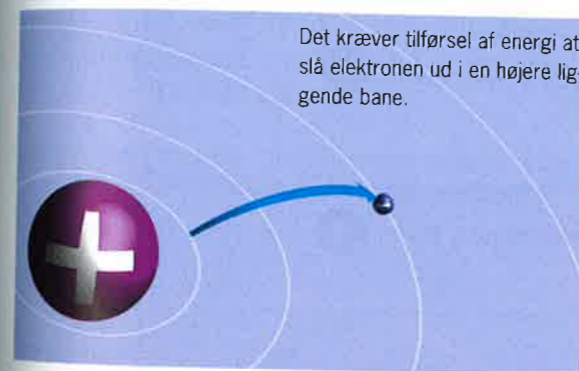
Idet han satte energien i den inderste bane til 0 eV, kom han til de resultater, som er angivet ved hver bane på denne tegning.

Enheden eV (elektronvolt) er en uhyre lille enhed for energi, som bruges i atomfysikken. Den er så lille, at den energi, der kræves for at få en lommelampepære (1,5 V – 0,2 A) til at lyse i blot 1 minut, er på 112 500 000 000 000 000 000 eV.

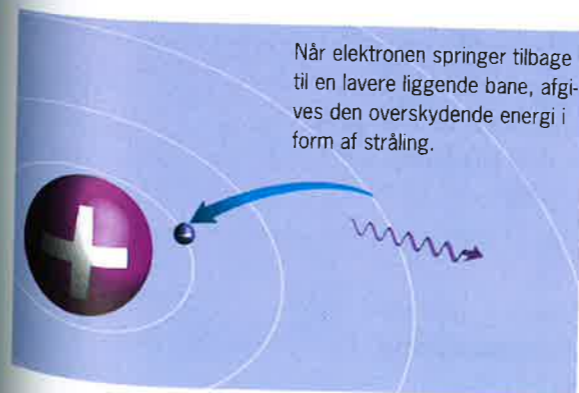
Når elektronen springer

Når elektronen befinder sig i bane 1, siger man, at atomet befinder sig i grundtilstanden.

Det var klart for Niels Bohr, at hydrogenatomets elektron ikke af sig selv kan springe til baner, der ligger længere ude. Det kræver tilførsel af energi, for eksempel i form af kraftig opvarmning eller ved hjælp af elektrisk højspænding. Man siger da, at atomet bliver *anslået*.



Derimod vil elektronen altid af sig selv kunne springe til en bane, der ligger længere inde, idet den overskydende energi da afgives i form af stråling.



Når et atom er blevet anslået, vil elektronen normalt hurtigt søge tilbage til en lavere liggende bane. På tegningen af Bohrs model side 34 er der vist, hvordan elektronen for eksempel kan være slået ud til bane 6, hvorefter den springer tilbage til bane 3, idet overskudsenergien afgives som stråling. Bølgelængden af den afgivne stråling afhænger af, hvor stor en portion energi der omsættes til stråling.

Vi beregner strålingens bølgelængde

Allerede 12 år før Niels Bohr fremsatte sin teori, havde den tyske fysiker Max Planck fundet ud af, hvordan man kan beregne bølgelængden, når en vis mængde energi omsættes til stråling. Hvis energien E angives i eV og bølgelængden i nm, kan man skrive Plancks formel således:

$$\text{Bølgelængden} = \frac{1240}{E} \text{ nm}$$

Denne formel kunne Niels Bohr nu bruge i sine beregninger. Hvis elektronen for eksempel foretager det spring, som er vist på tegningen side 34, kan vi beregne bølgelængden for den afgivne stråling på følgende måde:

Når elektronen springer fra bane 6 til bane 3, afgives der følgende energimængde:

$$E_6 - E_3 = 13,22 \text{ eV} - 12,09 \text{ eV} = 1,13 \text{ eV.}$$

Når dette tal indsættes i Plancks formel i stedet for E, giver det følgende bølgelængde (afrundet til nærmeste hele tal):

$$\text{Bølgelængden} = \frac{1240}{1,13} \text{ nm} = 1097 \text{ nm}$$

Som du kan se på side 27, ligger denne bølgelængde i det infrarøde område, altså uden for det synlige lys' område.

Ved at løse de følgende opgaver kommer du selv til at foretage sådanne beregninger. Du vil også se, hvordan Niels Bohrs atommodel kan gøre rede for, at der netop er 4 synlige spektrallinjer i hydrogenspektret.

Opgaver. Stråling fra forskellige elektronspring

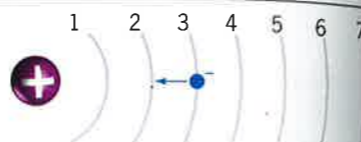
Prøv på samme måde som i eksemplet på side 35 at løse de følgende opgaver. Du skal i hvert enkelt tilfælde beregne bølgelængden for den afgivne stråling og afgøre, om den ligger inden for eller uden for det synlige lys' område.

I arbejdshæftet er der afsat plads til at skrive resultaterne, og samtidig får du lidt hjælp til at udføre beregningerne og analysere resultaterne.



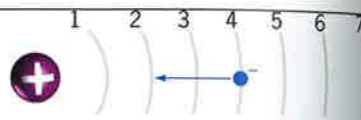
Opgave 1. Bane 3 → 2

Forestil dig, at hydrogenatomets elektron er blevet slået ud i bane 3 og nu falder tilbage til bane 2. Beregn bølgelængden for den herved afgivne stråling.



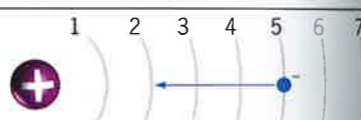
Opgave 2. Bane 4 → 2

Beregn bølgelængden for den stråling, der fremkommer, hvis elektronen springer fra bane 4 til bane 2.



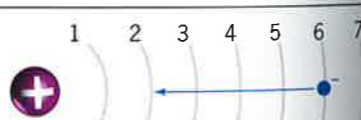
Opgave 3. Bane 5 → 2

Beregn bølgelængden for den stråling, der fremkommer, hvis elektronen springer fra bane 5 til bane 2.



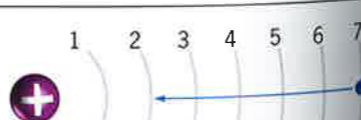
Opgave 4. Bane 6 → 2

Beregn bølgelængden for den stråling, der fremkommer, hvis elektronen springer fra bane 6 til bane 2.



Opgave 5. Bane 7 → 2

Beregn bølgelængden for den stråling, der fremkommer, hvis elektronen springer fra bane 7 til bane 2.



Opgave 6. Bane 2 → 1

Forestil dig nu, at elektronen springer det sidste stykke fra bane 2 ind til bane 1. Beregn bølgelængden for den stråling, der herved fremkommer.



Ekstraopgave

Prøv, om du kan vise, at der kun er 4 elektronspring, der giver bølgelængder i det *synlige* område ved elektronspring mellem de 7 baner, der er vist på tegningen side 34.

Niels Bohrs atommodel accepteres

Som du så, da du løste opgaverne, kunne Niels Bohrs atommodel på overbevisende måde forklare, at hydrogenspektrets 4 synlige linjer fremkommer som et resultat af de 4 elektronspring, der er vist på nedenstående tegning.

Men det, der især overbeviste skeptikerne, var, at Niels Bohrs beregninger viste, at der på grund af de mange andre mulige elektronspring i hydrogenatomet også måtte være mange *usynlige* spektrallinjer i det infrarøde og ultraviolette område.

Da man gav sig til at undersøge hydrogenspektret nærmere ved hjælp af fotografiske film, som var følsomme for infrarød og ultraviolet stråling, viste det sig, at de spektrallinjer, man fandt, havde præcis de bølgelængder, som Bohr havde forudsagt. De grundlæggende træk i hans atommodel blev derfor hurtigt accepteret.

Ifølge Niels Bohrs atommodel frembringes de 4 synlige linjer i hydrogens linjespektrum af disse 4 elektronspring i hydrogenatomet.

Lys og fotoner

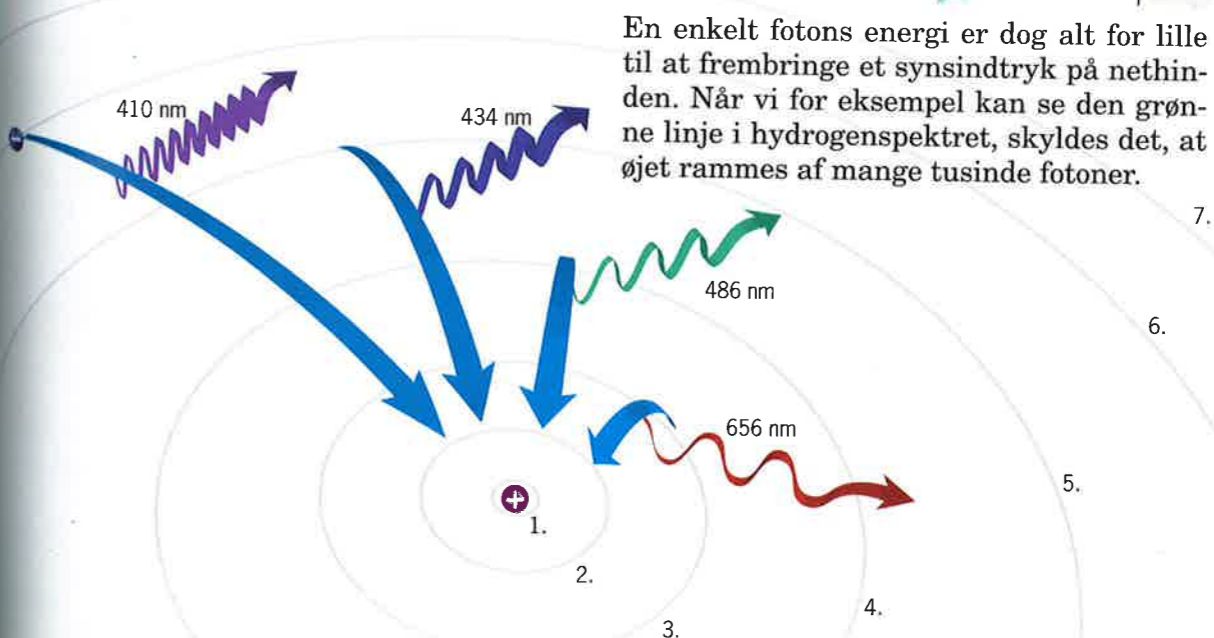
Vi har set, hvordan lysudsendelsen fra et atom kan forklares ud fra Niels Bohrs atommodel ved, at en elektron springer fra en højere liggende bane til en lavere liggende bane.

Ved et sådant elektronspring afgives der en bestemt mængde energi, der giver sig til kende som et lysglimt. Et sådant lysglimt kaldes en *foton*.

I fotonen oplagres den energi, der blev afgivet ved elektronspringet. Når en foton rammer nethinden i et øje, afgiver den hele sin energi til sansecellerne i nethinden.



Der skal mange tusinde fotoner til for at fremkalde et synsindtryk i øjet.



En enkelt fotonens energi er dog alt for lille til at frembringe et synsindtryk på nethinden. Når vi for eksempel kan se den grønne linje i hydrogenspektret, skyldes det, at øjet rammes af mange tusinde fotoner.

Vi har set, at det kortbølgede violette lys skyldes større energispring end det grønne og røde lys. Derfor er fotonerne i det violette og blå lys mere energirige end fotonerne i det grønne og røde lys. Jo kortere bølglængde lyset har, jo mere energi indeholder fotonerne.



De enkelte fotoner i blå lys indeholder mere energi end fotonerne i rødt lys.

Ved stranden udsættes vi for en hel del ultraviolet stråling.



Fotonerne i ultraviolet lys, som lampen i et solarium udsender, indeholder så meget energi, at de kan ændre hudens opbygning, så man bliver solbrændt.

Lys kan være farligt

At de enkelte fotoner i rødt lys indeholder mindre energi end fotonerne i blå lys, er årsagen til, at man i et mørkekammer godt kan have en rød pære tændt uden at påvirke sort/hvid film og fotonpapir. Men tænder man blot en svag blå pære, har de enkelte fotoner energi nok til at ødelægge de molekyler i den fotografiske emulsion, som de rammer.

Fotonerne i ultraviolet lys indeholder endnu mere energi end fotonerne i violet lys. Når man bliver forbrændt og skoldet af at ligge for længe i solen, skyldes det de ultraviolette stråler i sollyset. De enkelte ultraviolette fotoner indeholder så meget energi, at de kan slå de molekyler, som huden er opbygget af, i stykker.

Røntgenstråler

Røntgenstråler er endnu farligere end ultraviolette stråler.

Røntgenstrålerne blev opdaget allerede i 1895, da den tyske professor Wilhelm Conrad Røntgen eksperimenterede med elektriske udladningsrør, som han forbandt til en meget høj spænding. Han opdagede, at der fra disse udladningsrør udgik nogle usynlige stråler, som kunne få nogle krystaller til at lyse op. Endvidere kunne de trænge igennem sort lystæt papir og påvirke fotografiske film.

Røntgen vidste ikke selv, hvad strålerne bestod af. Han blev dog klar over, at de kunne trænge gennem lette stoffer som træ, tøj og kød, mens de blev bremset af tunge stoffer som metal eller knogler. Derfor kunne de for eksempel bruges til at optage fotografiske billeder af et menneskes knogler.

De mystiske stråler vakte berettiget opsigt verden over. Røntgen selv kaldte dem X-stråler, hvad de stadig hedder i de engelsktalende lande (X-rays).

Hvad består røntgenstråler af?

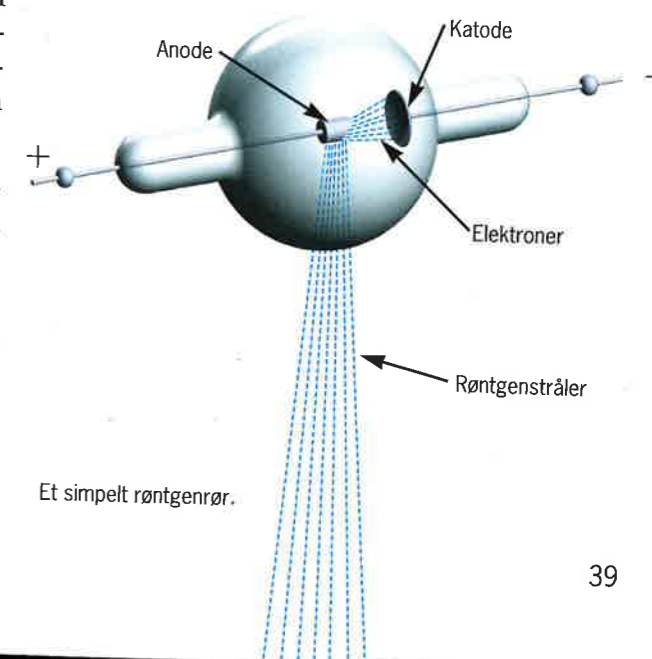
I dag ved vi, at røntgenstråler er usynlige stråler af samme slags som ultraviolette stråler, blot med endnu kortere bølglængde. De frembringes i et stærkt udpumpet udladningsrør, hvor man ved hjælp af en meget høj spænding – ofte på flere hundrede tusinde volt – får de elektroner, som udsendes fra katoden, til at ramme anoden med enorm fart.

Hvis røret for eksempel drives af en spænding på 100 000 volt, vil hver elektron være i besiddelse af en energimængde på 100 000 eV, som overføres til anodens atomer, når elektronerne rammer denne. Hele denne energimængde eller en del af den afgives fra anoden i form af røntgenstråling.

Wilhelm Conrad Røntgen (1845-1923) opdagede røntgenstrålerne i 1895. Han modtog Nobelprisen i fysik i 1901.



Dette billede, som er det første røntgenbillede, der overhovedet er optaget, er optaget af W. C. Røntgen selv og viser hans kones gigtplagede hænder.





I dag anvendes røntgenstråler ved mange undersøgelser på sygehuse. Her får en patient undersøgt sit fordøjelsessystem, idet man på en røntgenskærm følger en væske med bariumsulfat ned gennem spiserøret, mavesækken og videre.

Røntgenstrålernes bølgelængde og energi

Vi kan let beregne bølgelængden for den fremkomne røntgenstråling, hvis hele en elektrons energi på 100 000 eV omsættes til røntgenstråling:

Ved at indsætte denne energimængde i stedet for E i Plancks formel (se side 35) kan vi beregne bølgelængden:

$$\text{Bølgelængden} = \frac{1240}{E} \text{ nm}$$

$$\text{Bølgelængden} = \frac{1240}{100\,000} \text{ nm} = 0,0124 \text{ nm}$$

Også hvis kun halvdelen af de 100 000 eV omsættes til røntgenstråling, bliver bølgelængden meget lille:

$$\text{Bølgelængden} = \frac{1240}{50\,000} \text{ nm} = 0,0248 \text{ nm}$$

Hvis du sammenligner disse bølgelængder med bølgelængderne for det synlige lys (se side 27), kan du se, at røntgenstrålers bølgelængde er mere end 10 000 gange så lille som bølgelængden for synligt lys. Da bølgelængden er så lille, vil fotonerne i rønt-

genstrålingen være i besiddelse af en meget stor energimængde. Derfor er strålerne så gennemtrængende.

Elektromagnetisk stråling

Når vi i dag er sikre på, at røntgenstråling er stråling af samme slags som lys, skyldes det blandt andet, at man har påvist, at røntgenstråling udbreder sig som bølger og med samme fart som lyset (ca. 300 000 km pr. sekund).

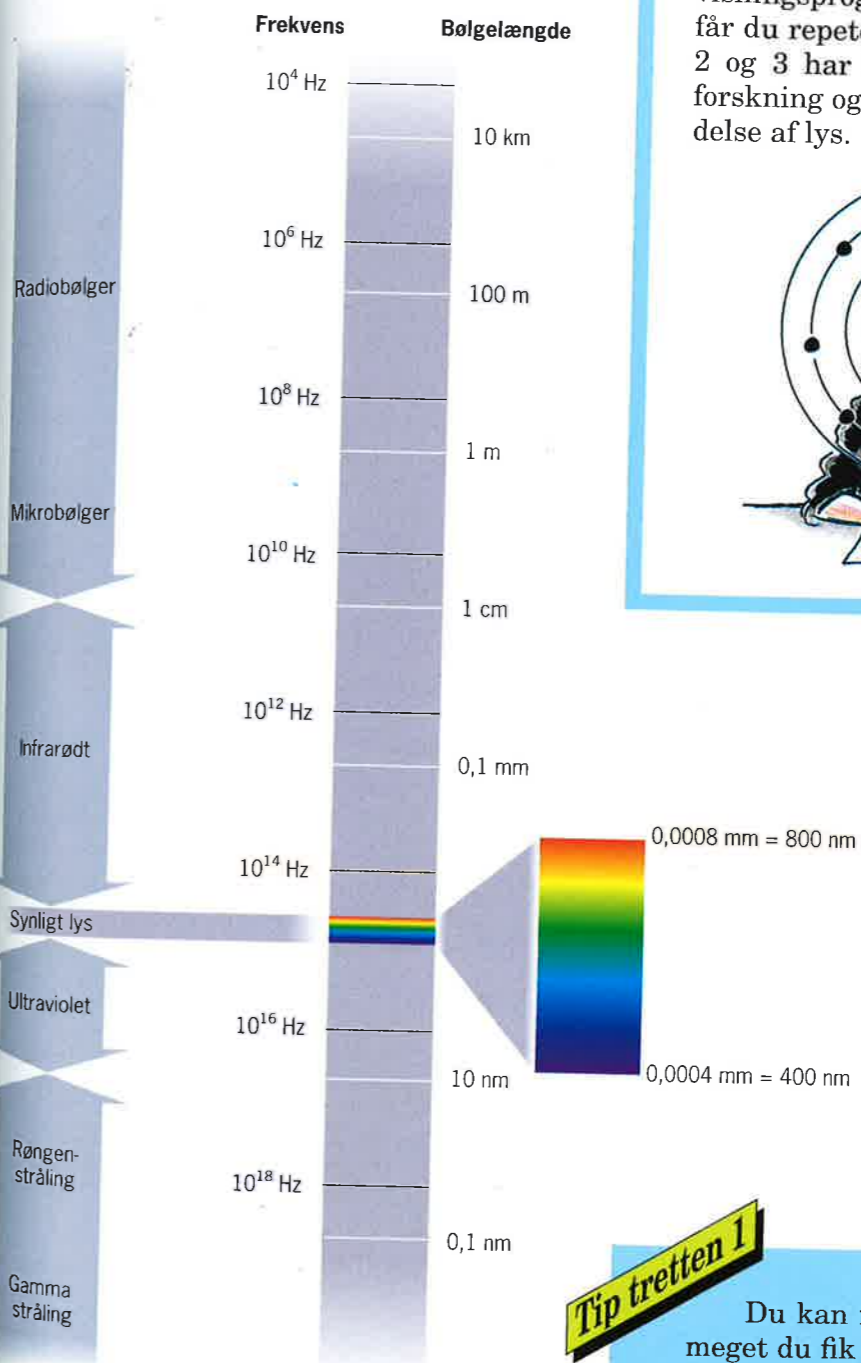
I dag ved vi, at også radiobølger udbreder sig som bølger med samme fart som lyset. Det samme gælder gammastråling, som udgår fra radioaktive stoffer, og som du senere skal høre mere om. De bevæger sig alle med samme fart. Der er blot den forskel, at radiobølger udbreder sig med meget større bølgelængder end lys, mens gammastråler udbreder sig med endnu kortere bølgelængder end røntgenstråler.

Alle disse former for stråling kalder vi med en fællesbetegnelse for *elektromagnetisk stråling*, fordi de alle består af elektriske og magnetiske felter, der udbreder sig som bølger i rummet. Det, der adskiller de forskellige former for stråling fra hinanden, er udelukkende deres frekvens og bølgelængde.



Når du hører radio eller ser TV, ankommer signalerne til din antenne i form af elektromagnetisk stråling, dvs. stråling af samme slags som lys og røntgenstråling.

På denne tegning kan du se, hvilken frekvens og bølgelængde de forskellige former for elektromagnetisk stråling har. Jo kortere bølgelængden er, jo mere energi indeholder strålingen.



Undervisningsprogram 1

Atomets udforskning

Ved at løse teoriopgaverne i undervisningsprogram 1 i arbejdshæftet får du repeteret, hvad du i kapitel 2 og 3 har lært om atomets udforskning og om atomernes udsendelse af lys.



Tip tretten 1

Du kan få et indtryk af, hvor meget du fik lært i kapitel 2-3 ved at udfylde tipskupen nr. 1 i arbejdshæftet. De tilhørende opgaver kan din lærer give dig.