

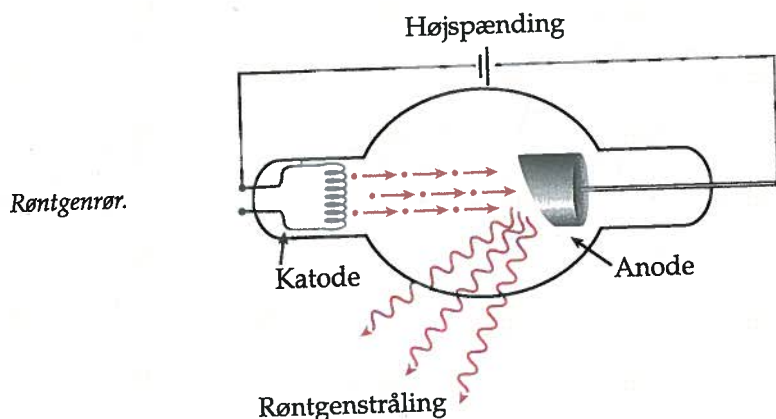
Ultraviolet stråling kan endvidere medføre alvorlige øjenskader, idet der kan opstå akut "sneblindhed" eller varig nedsættelse af synet.

Til slut kan nævnes, at ultraviolet stråling er i stand til at dræbe bakterier. Denne virkning af strålingen udnyttes især til desinfektion af væsker og luft.

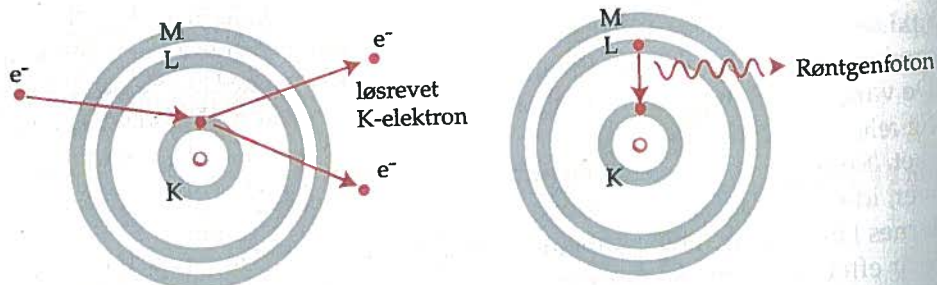
## Røntgenstråling

I større atomer vil elektronovergange som hovedregel kun finde sted for elektroner i de yderste skaller. Overgange mellem f.eks. L-skallen og K-skallen kan dog finde sted, hvis en elektron fra K-skallen løsriver fra atomet. Herved skabes en ledig plads i K-skallen, og elektron fra f.eks. L-skallen kan derved skifte til K-skallen. Den udsendte foton vil have en meget stor energi, og dens bølgelængde vil derfor være meget lille, langt mindre end bølgelængden af synligt lys. Den stråling, der udsendes på denne måde, kalder vi *røntgenstråling*.

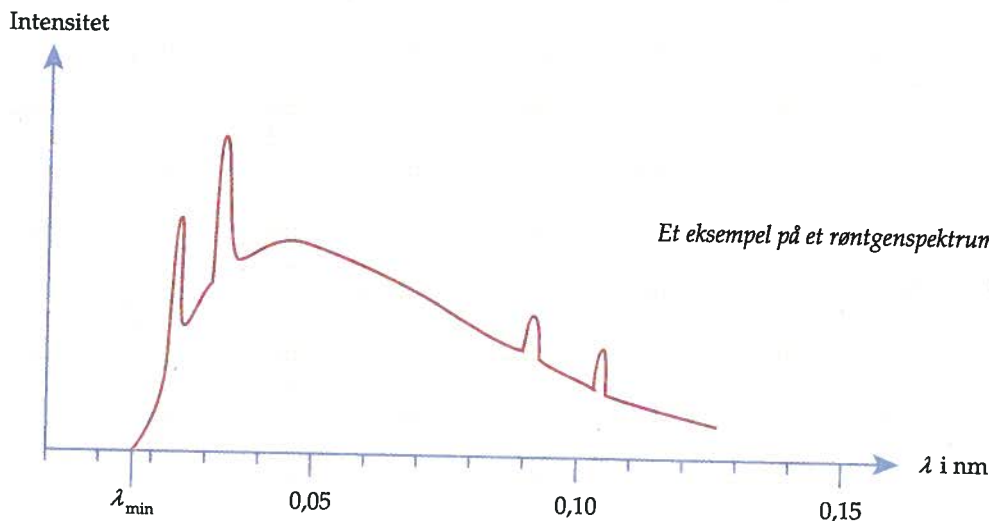
Røntgenstråling kan frembringes i et *røntgenrør*, som vist på tegningen nedenfor. I røret, som er af glas, er der vakuum. Hvis katoden opvarmes, vil nogle af dens elektroner derved få så stor energi, at de løsriver fra metallet. En stor spændingsforskel  $U$  mellem katode og anode vil da accelerere elektronerne op i fart, så de med stor energi rammer anoden.



Elektronernes energi er stor nok til, at de kan løsrive elektroner fra K-skallen i anodens atomer. Når atomerne derefter henfalder, udsendes fotoner af røntgenstråling.



Røntgenspektret indeholder derfor en række linier, der svarer til elektronovergange i anodemetallet, men det viser sig, at spektret foruden disse linier indeholder et kontinuert spektrum af alle bølgelængder fra en vis mindsteværdi. Den stråling, der danner det kontinuerte spektrum, kaldes bremsestråling og opstår, når elektronerne fra katoden opbremses i anoden. Ifølge den videregående elektricitetslære vil elektroner, der opbremses, nemlig udsende den mistede energi som elektromagnetisk stråling. Det er denne stråling, vi kalder bremsestråling.



Lad os se på det eksempel, hvor der er en spændingsforskel på 100.000 V mellem rørets katode og anode. Lige inden de rammer anoden, vil elektronerne da have en energi på 100.000 eV =  $1,60 \cdot 10^{-14}$  J. Hvis hele denne energi ved opbremsning omdannes til én foton, har vi for denne foton:

$$h \cdot f = 1,60 \cdot 10^{-14} \text{ J.}$$

Heraf kan vi beregne fotonens frekvens. Benytter vi samtidig  $c = f \cdot \lambda$ , får vi:

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = 1,60 \cdot 10^{-14} \text{ J.}$$

Udregning af bølgelængden  $\lambda$  giver  $= 1,24 \cdot 10^{-11} \text{ m} = 0,0124 \text{ nm}$ .

Denne udregning bygger på, at hele elektronens energi omdannes til en enkelt foton ved opbremsningen. Det vil meget sjældent finde sted. I de fleste tilfælde vil en elektron under opbremsning afgive sin energi lidt efter lidt, så der dannes flere fotoner med mindre energi. Størsteparten af de fotoner, der udgør bremsestrålingen, vil derfor have større bølgelængde (dvs. mindre energi) end den beregnede. Vi har derfor fundet, at  $\lambda = 0,0124 \text{ nm}$  er den mindste bølgelængde i røntgenspektret, når spændingsforskellen er 100.000 V.

Vi vil nu finde en generel sammenhæng mellem den mindste bølgelængde  $\lambda_{\min}$  og

spændingsforskellen  $U$  over røntgenrøret. En foton med bølglængden  $\lambda_{\min}$  dannes, når en elektron ved opbremsning omdanner hele sin energi til én foton.

En elektron, der accelereres gennem en spændingsforskel  $U$ , opnår en energi  $E$  givet ved:

$$E = U \cdot e$$

hvor  $e$  er elektronens ladning. Som i ovenstående taleksempel har vi da:

$$h \cdot \frac{c}{\lambda_{\min}} = U \cdot e$$

dvs.

$$\lambda_{\min} = \frac{h \cdot c}{U \cdot e}$$

**20e** Hvis spændingsforskellen over røntgenrøret er 30 kV, har vi

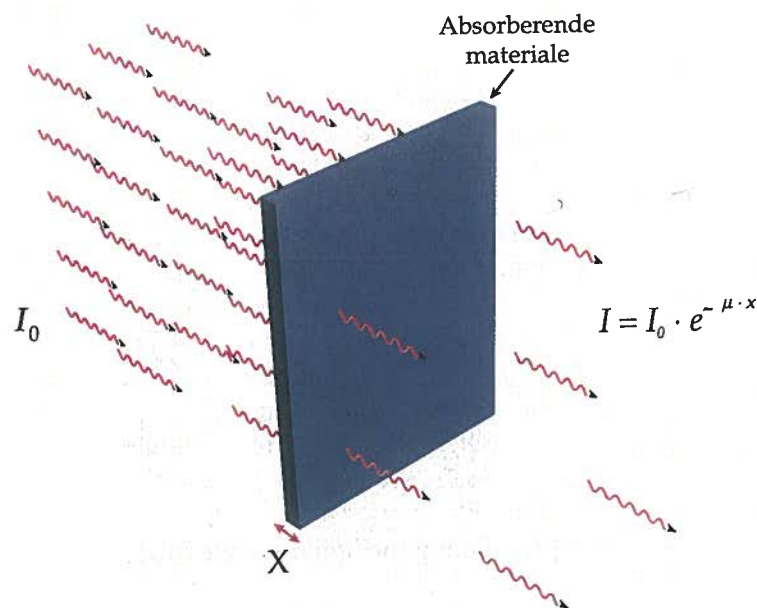
$$\lambda_{\min} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{30000 \text{ V} \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 0,041 \text{ nm}$$

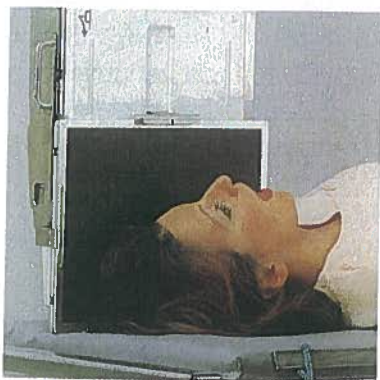
Beregn den spændingsforskel, der skal være over røntgenrøret, når den mindste bølglængde i spektret skal være 8,3 pm.

**Ø2**

## Absorption af røntgenstråling

Røntgenstråling adskiller sig fra synligt lys blandt andet ved, at den er i stand til at trænge igennem alle materialer. Hvad gennemtrængelighed angår, minder den snarere om gammastråling. Den svækkelse røntgenstråling udsættes for ved at trænge gennem et materiale, følger samme regler som svækkelse af gammastråling (se kapitel 1).

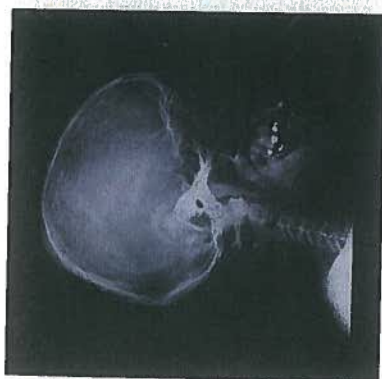




Hvis røntgenstråling med intensiteten  $I_0$  rammer et materiale, vil strålingens intensitet  $I$ , efter at den er trængt gennem en materialetykkelse  $x$ , være givet ved:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$$

hvor  $\mu$  kaldes *absorptionskoefficienten*. Denne afhænger både af det absorberende materiale og bølgelængden.



Røntgenfoto af kranium.

Anvendelse af røntgenstråling til medicinske undersøgelser beror netop på, at strålingen absorberes forskelligt i forskellige væv. Ved røntgenfotografering anbringes patienten mellem røntgenapparatet og en fotografisk film, som derfor bliver "belyst" mindst bag det væv, hvor absorptionen er størst. Det skyldes, at de fotoner, som ikke absorberes, gennemtrænger organet og svarer filmen.



Røntgenbilleder af lårbensknogle. På billedet til venstre ser vi en brækket lårbensknogle hos en 25-årig mand, der er faldet 4-5 meter ned fra et tag. Billedet til højre viser knoglen, efter at der er foretaget operation med indsættelse af metalsøm for at holde knoglerne på plads.