Strålning

Av Erik Lundblad och Stellan E Löfdahl

Du strålar så skön på himmelens ljusberg du levande sol, som först blev till.
Du lyser fram på österns horisont och uppfyller alla länder med din fägring.
Skön är du och väldig, strålande högt över land och rike.
Dina strålar omfamnar länderna intill din skapelses yttersta ände.
Farao Echnaton

Strålning i olika former är en oundgänglig del av vår tillvaro. Den finns överallt, inte bara i solen utan i hela universum. Den har funnits sedan skapelsen och kommer att finnas så länge vår värld existerar.

Strålning är en integrerad del av den fysiska verkligheten, och idag kan vi med teknikens hjälp iakttaga, mäta och registrera olika strålningsformer. Inom de flest områdena kan vi också reproducera naturen och utnyttja de olika strålformerna till både gott och ont.

Strålning är naturens sätt att förflytta energi och nästan all strålning emanerar från förlopp inom atomer och molekyler. Det finns därför ett klart fysikaliskt samband mellan de olika strålformerna. Mest energetisk är den strålning som uppkommer vid atomens eget sönderfall – den radioaktiva strålningen – som förmedlas dels som små partiklar dels som elektromagnetiska vågor. Svängningar och omfördelningar i atomernas och i molekylernas struktur ger hela registret av den elektromagnetiska strålning vi känner som röntgen, infrarött, ultraviolett, radiovågor och inte minst det synliga ljuset. De är alla av samma natur, och det enda som skiljer dem åt är deras våglängd, frekvens eller energiinnehåll.

Vi har vid Sveriges Tekniska Museum under sommaren och hösten 1987 i en stor utställning förklarat sammanhanget mellan alla dessa strålformer och belyst några karaktäristiska effekter inom de olika områdena. Vi människor kan ju själva bara uppfatta det lilla strålområde som utgör det synliga ljuset samt en liten bråkdel av den infraröda värmestrålningen. All annan strålning bara finns där.

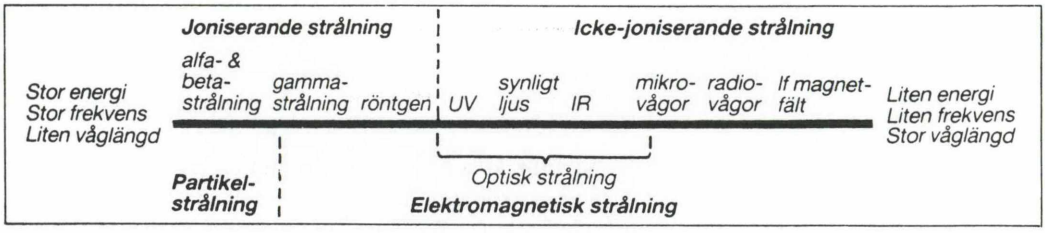
Strålning och energi

Strålning finns överallt. Den kommer från världsrymden, från luften, från marken och från väggarna i husen. Även människokroppen själv avger strålning.
Strålning är förflyttning av energi.
Energi är allt som kan omvandlas till arbete.
Energin kan vara stor eller liten och kan alltså mätas.

Enheten för energi är 1 joule (1J).
Detta är en relativt stor enhet och passar inte i atomernas värld där strålningen uppkommer. Där används i stället enheten 1 elektronvolt (1eV), som är ca 10^{-18} gånger mindre.

Strålning kan mätas genom sitt energiinnehåll. Den kan också mätas genom sin frekvens eller sin våglängd. De tre storheterna är matematiskt hopkopplade:
- ju större energi, desto större frekvens;
- ju större energi, desto mindre våglängd.

Figur 1 Allt detta kan sammanfattas i en skala, ett spektrum.



Vi finner här några centrala begrepp:
- Partikelstrålning, som är atomära partiklar i rörelse.
- Elektromagnetisk strålning, som inte har massa, men som består av energipaket, s k fotoner.
- Joniserande strålning, som har så hög energi att den kan slå loss elektroner ur atomer och därmed göra dessa elektriskt laddade – joniserade.

All elektromagnetisk strålning förflyttar sig i universum med ljusets fart, 300 000 kilometer per sekund.

Vår strålmiljö

Den joniserande strålning, som finns i och omkring oss påverkar också våra celler och kan därmed störa och skada cellernas kemi. Till en viss gräns kan cellerna reparera dessa skador. Över den gränsen dör cellen eller delar sig okontrollerat – den har blivit en cancercell. Det finns ingen skarp gräns mellan farlig och ofarlig mängd strålning. Vi vet hur mycket joniserande strålning som finns i vår naturliga omgivning – och den tycks inte skada oss.

De viktigaste typerna av joniserande strålning är:
- alfa- och betastrålning, som är partikelstrålning;
- gamma- och röntgenstrålning, som är elektromagnetisk strålning.

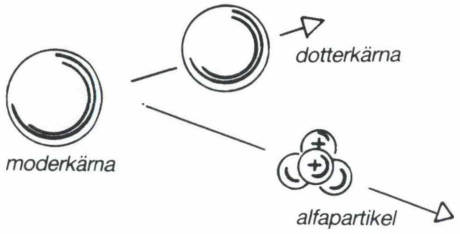
I faktaruta 1 beskriver vi strålningstyperna. Vidare behöver du veta i vilka enheter man mäter strålning som sänds ut och strålning som tas emot. Dessa beskriver vi faktaruta 2.

Faktaruta 1

Vissa atomkärnor har för mycket energi för att kunna vara stabila. De gör sig av med överskottsenergin genom att sända ut strålning. Strålningen kan vara alfa-, beta- eller gammastrålning.

***Alfapartikeln** består av två protoner och två neutroner tillsammans, dvs en heliumkärna. Alfapartiklarna är stora och klumpiga, mätt med atomär måttstock. De når bara någon cm i luft och någon mm i kroppen. I vanliga fall är de ofarliga för oss, eftersom de inte når längre än hudens yttersta lager. Om det alfastrålande ämnet däremot följer med inandningsluften kan alfapartiklarna skada lungvävnaden.*

Alfapartiklarnas energi är några MeV.

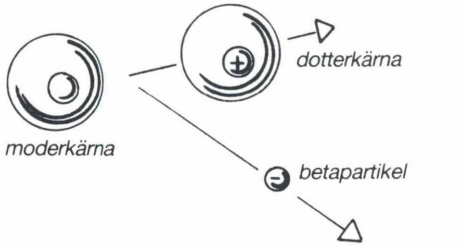


---

*I en del kärnor förvandlas en neutron till en proton och en elektron. (Dessutom skapas en neutrino, men eftersom den kan passera genom hela jordklotet utan att låta sig störas, så struntar vi i den.) Elektronen sänds ut. Den har blivit en **betapartikel.** Den når upp till 10 – 20 meter i luft och kan tränga in någon cm i kroppen.*

I en annan typ av betasönderfall omvandlas en proton till en neutron och en plusladdad antielektron, en positron. Positronen träffar snart en elektron och förintas under utsändande av elektromagnetisk strålning. Denna form av betastrålning har ej så lång räckvidd.

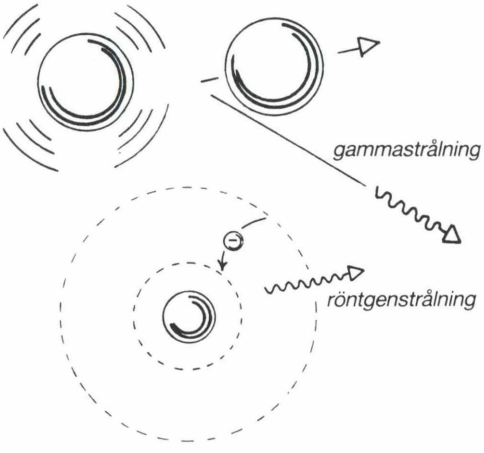
Betapartiklarna har energier upp till några MeV.



---

*En kärna, som har för mycket energi, kan också sända ut den som elektromagnetisk strålning, **gammastrålning.** Gammastrålning når långt i luft. Eftersom den kan gå rakt genom kroppen, kan den också ge skador överallt.*

Gammastrålning har energier från några tiotal keV till någon MeV.

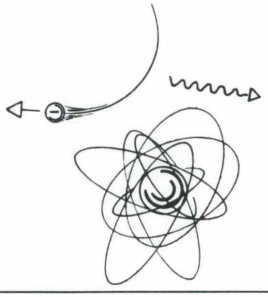


***Röntgenstrålning** uppkommer inte i kärnan utan bland elektronerna. Det finns två mekanismer bakom röntgenstrålningen.*

En av atomens elektroner faller in i en tom plats i en bana nära kärnan. Då får elektronen lägre energi. Energin som blir över avges i form av röntgenstrålning.

En snabb elektron, som tränger in i ett ämne, bromsas av ämnets atomer. Då förlorar elektronen energi i form av röntgenstrålning.

Röntgenstrålningen går igenom en del av kroppens vävnader och absorberas av andra. Vi berättar mera om röntgenstrålning i kapitel 6.



Faktaruta 2

Energispektrum för röntgenstrålning är ca 100 ev – 200 keV

Ju fler atomer som sönderfaller per sekund, desto mer strålning ***sänds ut.*** *Antalet sönderfall per sekund kallas för strålnings källans* ***aktivitet.***

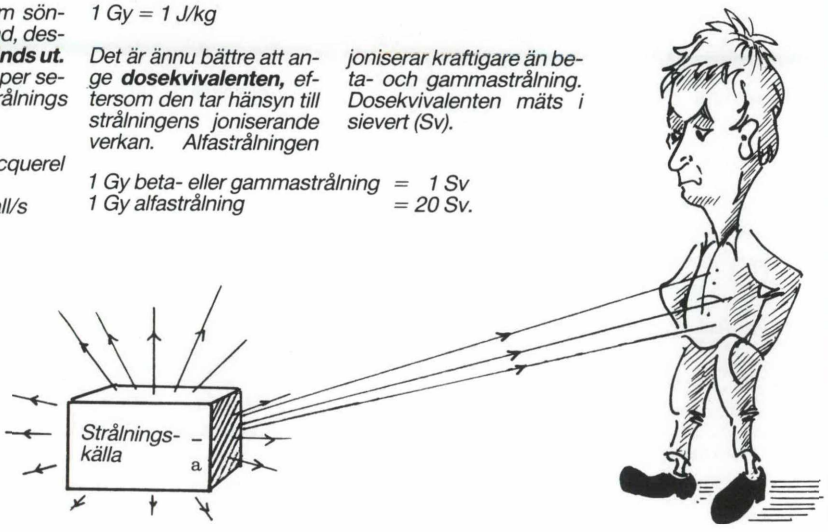
Den mäts i becquerel (Bq).
1 Bq = 1 sönderfall/s

Strålningen som ***absorberas*** *kallas för* ***dos.*** *Den mäts i gray (Gy).*

1 Gy = 1 J/kg

Det är ännu bättre att ange ***dosekvivalenten,*** *eftersom den tar hänsyn till strålningens joniserande verkan. Alfastrålningen joniserar kraftigare än beta- och gammastrålning. Dosekvivalenten mäts i sievert (Sv).*

1 Gy beta- eller gammastrålning = 1 Sv
1 Gy alfastrålning = 20 Sv.



Den naturliga bakgrundsstrålningen kommer från tre bidrag:

Från världsrymden och solen

Jorden bombaderas kontinuerligt av joniserande strålning från rymden, den s k kosmiska strålningen. Det mesta absorberas av atmosfären. Stråldosen vid havsytan ger ca 0,3 mSv/år.

Från marken

Marken innehåller radioaktiva ämnen – t ex uran, torium, radium och radon. Stråldoserna varierar från plats till plats men ger i snitt ca 0,5 mSv/år.

Från kroppen

Människokroppen och alla andra levande varelser innehåller radioaktiva ämnen, bl a kalium – 40 och kol – 14. Aktiviteten är ca 100 Bq/kg eller ca 7 000 Bq i hela kroppen. Stråldosen blir ca 0,2 mSv/år.

Den naturliga bakgrundsstrålningen synes inte vara skadlig och ger varje människa en genomsnittsdos om ca 1 mSv/år. På högre höjder kan dosen bli 10 till 20 gånger större.

Utöver den naturliga bakgrundsstrålningen har människan själv skapat egna strålkällor. Det viktigaste är:

Radon i hus

Radon, som är en gas, kan från marken tränga in i hus och tillsam-

mans med radonhaltiga byggmaterial ge höga aktiviteter i boendemiljön. Stråldosen kan variera starkt men beräknas i snitt vara 3,0 mSv/år.

Sjukvården

Röntgenundersökningar och annan medicinsk terapi ger en årlig dos om ca 0,6 mSv/år.

Kärnkraftverken

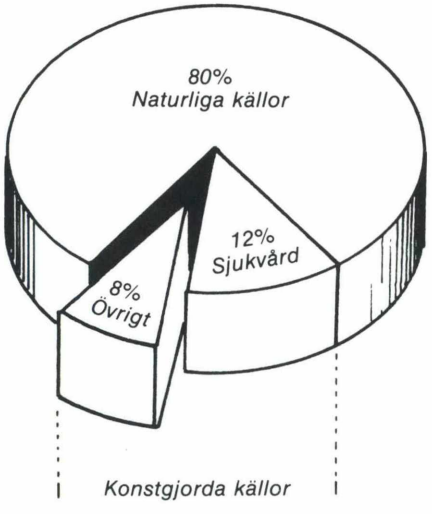
Vid normal drift ger utsläpp från kärnkraftverk alla människor en genomsnittlig dos om högst ca 0,003 mSv/år. Jämförd med den andra källorna är denna dos försumbar.

Tjernobyl

Olyckan i Tjernobyl och de nedfall av radioaktiva produkter som skett över Sverige har gett varje svensk en medeldos om 0,3 mSv under det gångna året. Nedfallsprodukterna har kort såväl fysikalisk som biologisk livslängd, och den angivna dosen kommer att minska varje år.

Kärnvapenprov, laboratorier, industriella produkter mm bidrar med ca 0,03 mSv/år. Totalt mottager en person i Sverige ca 5 mSv/år.

Faktaruta 3 I faktaruta 3 beskriver vi vår strålmiljö efter Tjernobyl.



Naturliga källor 80%

- *Världsrymden och solen vid marknivån 6%*
- *Från marken, varierar från plats till plats 10%*
- *Din egen kropp, Kalium -40 och kol -14 4%*
- *Radon i boendemiljön varierar starkt från plats till plats 60%*

Sjukvården 12%

- *Mest från olika röntgenundersökningar*

Övrigt 8%

- *Kärnvapennedfall 0,6%*
- *TV, flyg 0,6%*
- *Industri, laboratorier 0,6%*
- *Kärnkraftverk 0,2%*
- *Tjernobyl 1986 6%*

Joniserande (stråldoser) strålning

Joniserande strålning från radioaktiva ämnen eller från konstgjorda strålkällor, som absorberas i vår kropp, kan skada eller förändra kroppens celler med antingen vävnadsdöd eller cancer som följd. Sannolikheten för skador är proportionell mot antalet bildade joner och därmed mot stråldosen.

Höga stråldoser (större än 1 000 mSv) förekommer normalt vid medicinsk cancerbehandling. Effekten är mycket lokal och omsorgsfullt beräknad så att endast cancercellerna slås ut. Vid vissa behandlingar kan dock strålskador uppkomma. I övrigt förekommer höga stråldoser endast i krig och olyckor i samband med hantering av radioaktiva produkter.

Huruvida låga stråldoser, dvs av den storleksordning som vår miljö ger eller som uppkomst genom kärnvapenprov i atmosfären eller från t ex olyckan vid Tjernobyl, också ger cancer är en fråga som ännu ej är fullt utredd. Många anser att cancerrisken är proportionell mot stråldosen även här, medan andra hävdar att kroppens förmåga att läka cellskador är så stor, att inga långsiktiga effekter uppstår. Alla är däremot överens om att rökning samt kost- och miljöfaktorer är helt dominerande som påverkan av cancerrisken.

Vetenskaplig och industriell användning av joniserande strålning

Den joniserande strålningen har ett brett register av användningsområden inom vetenskap och teknik. Gamma- och röntgenstrålning är ett oöverträffat hjälpmedel för bestämning av molekylers och kristallers struktur. Den moderna materialläran med skräddarsydda legeringar och substanser, halvledarteknik, och inte minst den nya biologin har helt utvecklats ur kunskapen om de ingående komponenternas struktur. Inom industrin används joniserande strålning för sterilisering av medicinska produkter, för röt- och mögelbehandling, för konservering, för ytbehandling, för härdning av plaster mm. Ett viktigt område är sprickindikering av mekaniska konstruktioner. Även i vår närmiljö finns joniserande strålning i t ex vissa självlysande klockor och i brandvarnare.

Optisk strålning

Gränsen för den joniserande strålningen går vid energin ca 12 eV eller våglängden 100 nm. Därefter kommer den s k optiska strålningen som omfattar de ultravioletta, synliga och infraröda områdena i det elektromagnetiska spektrat. Största strålkällan är solen.

Ultraviolett strålning (UV)

Ultraviolett strålning har högre energi men kortare våglängd än det synliga ljuset och brukar delas in i tre områden UVA, UVB och UVC. Den energirikaste och därmed farligast är UVC-strålningen. Solljusets UVC når inte jordytan utan absorberas i atmosfären. Däremot kan äldre typer av sollampor – kvartslampor – ge stora doser UVC.

En liten del av solens UVB-strålning når jordytan. Strålningen aktiverar pigmentceller, ger hudrodnad och kan irritera ögats hornhinna.

UVA är den strålning som ligger närmast solljuset. Strålningen ger den karaktäristiska solbrunheten. Stora doser UV-strålning kan vara

skadlig. Epitelceller i huden förändras och huden blir skrynklig. Pigmentcellerna kan utveckla elakartade cancerformer och är den cancerform som ökar mest. UV-strålningen kan också vara nyttig – så exempelvis påverkar den bildningen av D-vitamin i huden. UV-strålning används även medicinskt för behandling av vissa hudsjukdomar. Det är viktigt, att atmosfärens UV-absorberade egenskaper ej förändras. Allra viktigaste mekanismen därför är ozonskiktet.

Ozon är en syremolekyl med tre atomer, O_3, i motsats till det vanliga syrets molekyl med två atomer, O_2. Ozon är mycket reaktivt och på jordytan enbart skadligt. I atmosfären på ca 20 kilometers höjd är ozonskiktet det viktigaste filtret för UV-strålning.

En minskning av mängden ozon kan allvarligt påverka balansen av skadlig och oskadlig UV-strålning vid jordytan med obehagliga konsekvenser för livet på jorden. Vissa tecken tyder på att industriella utsläpp redan nu påverkar den balansen bl a kan freon vara skadligt. Även det ökade utsläppet av kväveoxider verkar nerbrytande på ozonskiktet.

Det synliga ljuset

Den strålningsform vi är mest medveten om är det synliga ljuset. Ljuset utgör till sitt omfång en mycket liten del av det elektromagnetiska spektrat, 400–700 nm, men är av helt avgörande betydelse för allt liv på jordytan. Det är dessutom det enda våglängdsområde vi själva kan detektera genom ett eget organ – ögat. Vi kan också känna en liten del av värmestrålningen, men för all annan strålning behöver vi speciella apparater för att bli medvetna om dess existens.

Ljuset är centralt i vår världsbild och den strålform som är mest utforskad. Vi skall här endast beröra en egenskap hos ljuset – dess fart. Ljusets fart är nämligen grundläggande i fysiken. All elektromagnetisk strålning – inte bara synligt ljus – går med farten ca 300 000 000 m/s. Det motsvarar 7,5 varv runt jorden på 1 sekund. Enligt Einsteins relativitetsteori är detta den högsta fart som finns. Ingenting kan gå fortare. Många har försökt mäta ljusets fart. Med modern mätteknik har det lyckats med stor noggrannhet. I dag har en standardiseringskommission fastslagit att naturkonstanten ljusets fart i vacuum skall vara $c_o = 299\ 792\ 458$ m/s.

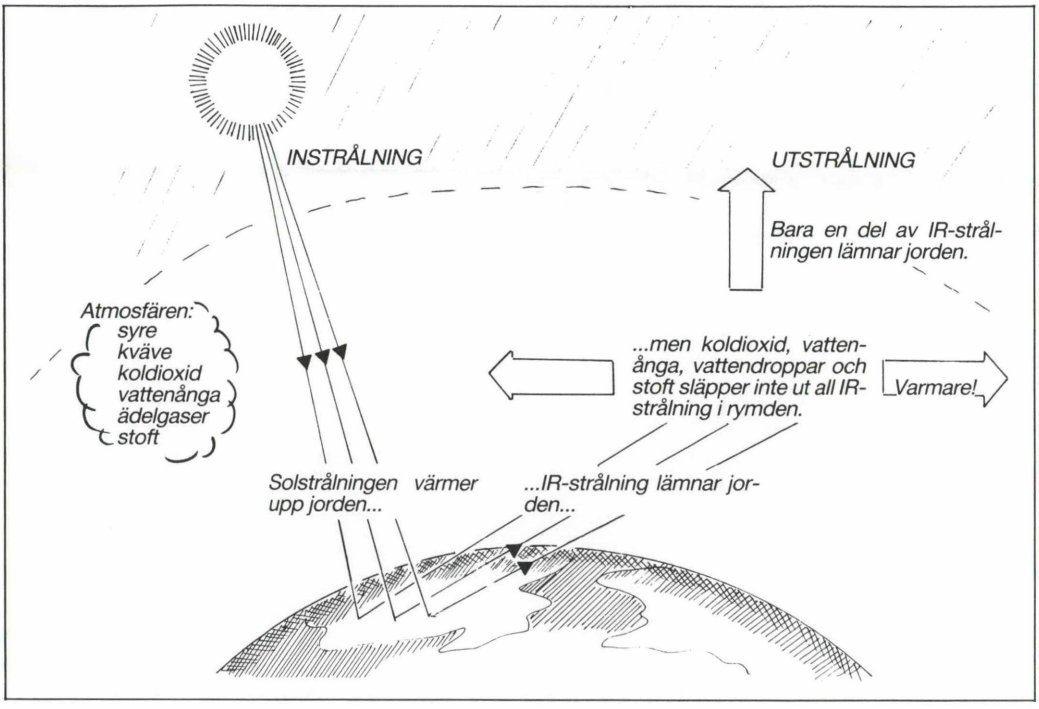
Infraröd strålning (IR)

Näst efter ljuset i spektrat kommer den infraröda strålningen eller värmestrålningen. Denna strålning har också en central betydelse för livet på jorden. Det måste finnas en klar balans mellan den strålning jorden mottar och den strålning den avger. Den balansen regleras av jordens atmosfär.

I dag kan jordens 5 000 000 000 människor påverka den balansen. Mest påtaglig inverkan har de stora utsläppen av koldioxid från förbränning av fossila bränslen som kol, olja och gas. Varje år tillförs atmosfären ca 20 milliarder ton koldioxid, en kvantitet som dessutom ökar i framtiden. Atmosfärens koldioxidhalt ökar alltså kontinuerligt och därmed också temperaturen vid jordens yta.

Koldioxid är relativt genomskinlig för solljus men absorberar mer av den långvågiga värmestrålningen. Solljuset värmer upp jordytan

Faktaruta 4



och den resulterade värmestrålningen får med ökad koldioxidhalt allt svårare att tränga ut igen. Jorden blir varmare. Processen kallas växthuseffekten. En varmare jord kan låta behagligt, men konsekvenserna kan bli förödande för jordens ekologi. Människorna kan själva påverka utvecklingen genom att begränsa utsläppen.

Mikrovågor

Elektromagnetisk strålning med frekvenser mellan 3–300 GHz kallas mikrovågor. Våglängderna är av storleken mm, cm och dm.

Mikrovågsteknik används i radioastronomin, i radarsystem och för studium av materiens struktur. Mikrovågor tränger in i vävnader och förorsakar friktionsvärme genom att vattenmolekylerna där sätts i rotation. En vardagsanvändning är mikrovågsugnar för matlagning.

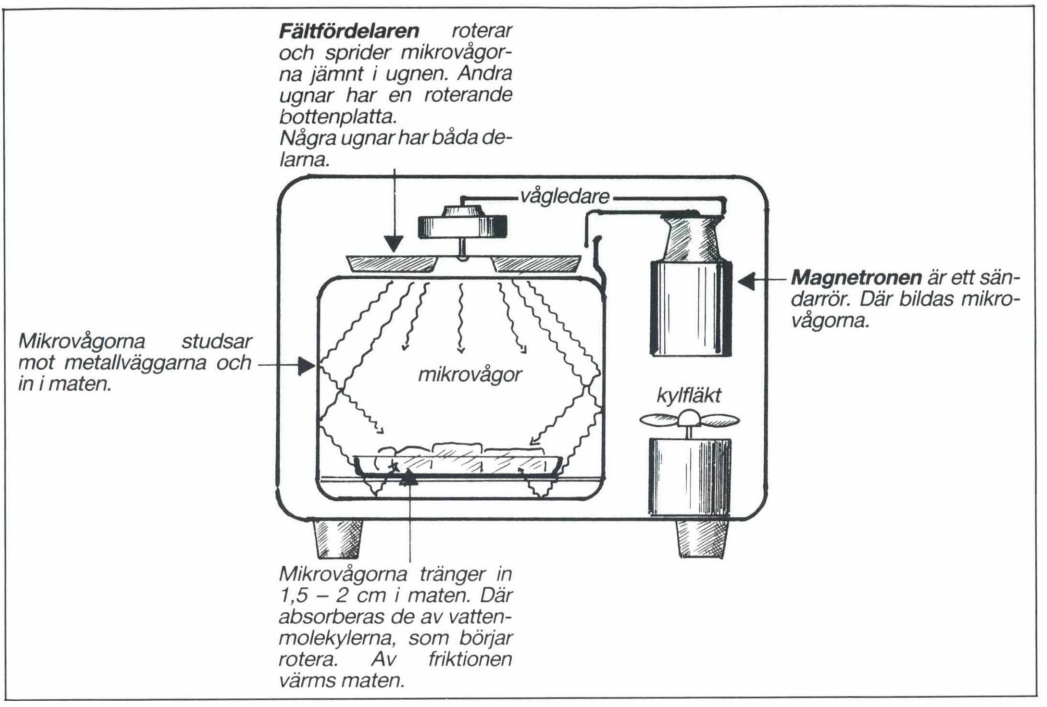
Radiovågor

De lägsta energierna, och därmed de största våglängderna, i spektrat har radiovågorna. Radiovåglängderna utnyttjas främst för kommunikation, såväl globalt som lokalt.

Förutom synligt ljus släpper atmosfären igenom även radiovågor utan nämnvärd dämpning. Detta möjliggör kommunikation via satelliter.

Radiovågor från olika delar av universum kan också mottagas på jorden. Därmed har astronomin fått ytterligare en möjlighet att studera rymden och dess sammansättning. Stjärnors och galaxers temperatur, rörelser och kemiska uppbyggnad kan studeras. I dag kan dessa studier samordnas och kompletteras med motsvarande studier från satelliter.

Faktaruta 5

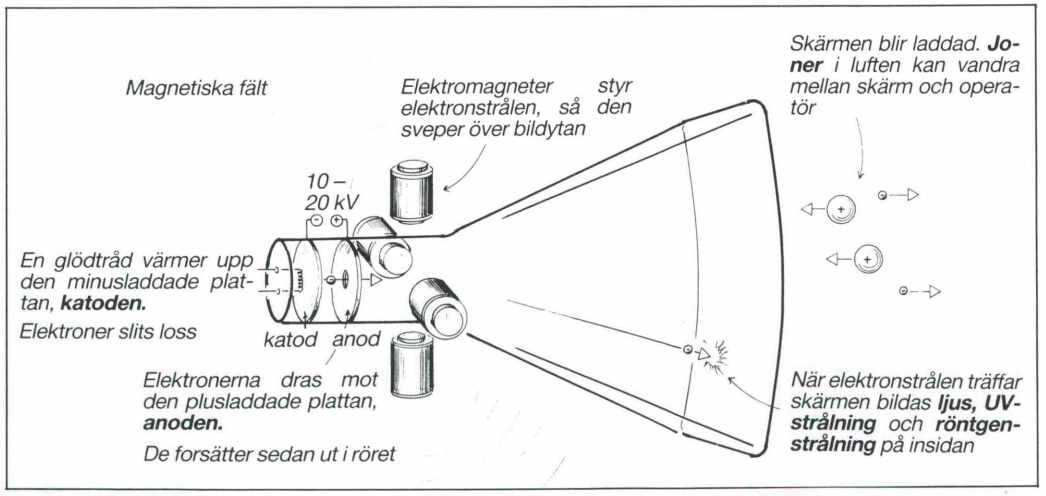


Lågfrekventa magnetiska och elektriska fält

Allra längst ner i vårt strålningsspektrum finns de lågfrekventa elektromagnetiska fälten. Speciell uppmärksamhet har de senaste åren de variabla magnetiska fälten fått. Man har funnit, att dessa kan påverka människor och djur på ett ogynnsamt sätt.

Vi vet från elektricitetsläran att om ett varierande magnetfält passerar en elektrisk ledare, så induceras en elektrisk ström i denna. Män-

Faktaruta 6



niskans kropp innehåller elektriskt ledande system som, om de utsätts för svagt pulserande magnetfält, kan ge elektriska strömmar. I vissa fall kan dessa vara skadliga. Speciellt känsliga är barn och foster.

Sådana strömmar kan induceras vid vistelse under kraftledningar eller vid arbete nära starka magneter, vilka finns t ex i hushållsmaskiner, samt i TV- och bildskärmar.

I dag rekommenderas havande kvinnor att inte arbeta längre tider vid bildskärmar.

Summary

The article shows that radiation in its various forms has a physical connection which can be summed up in the electromagnetic spectrum. Even particle radiation can be related to this spectrum. This provides a continuity which can be worthwhile keeping in mind when the radiation concept is under discussion. The different forms of radiation are described and their properties are illustrated with certain selected applications.