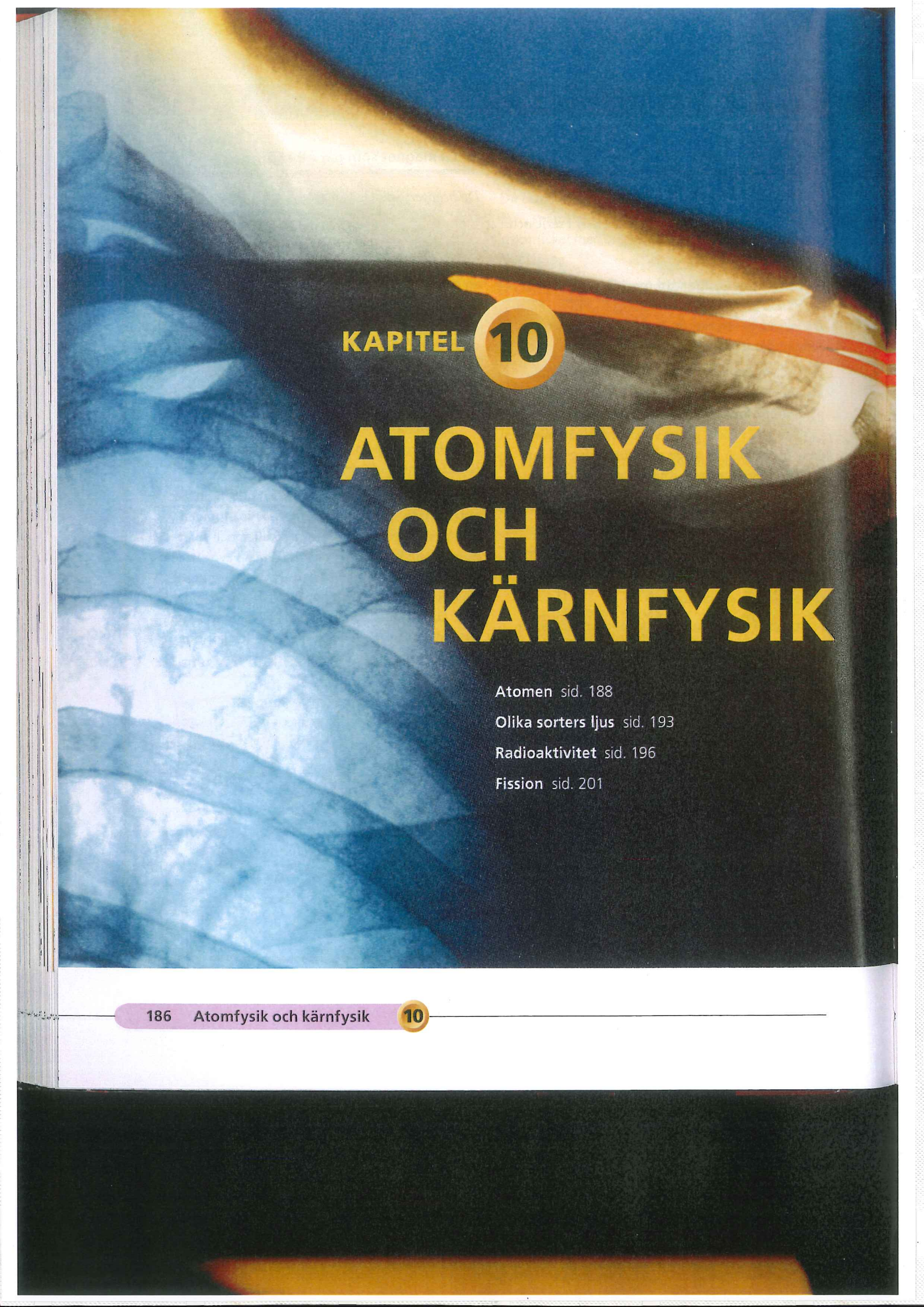




KAPITEL

10

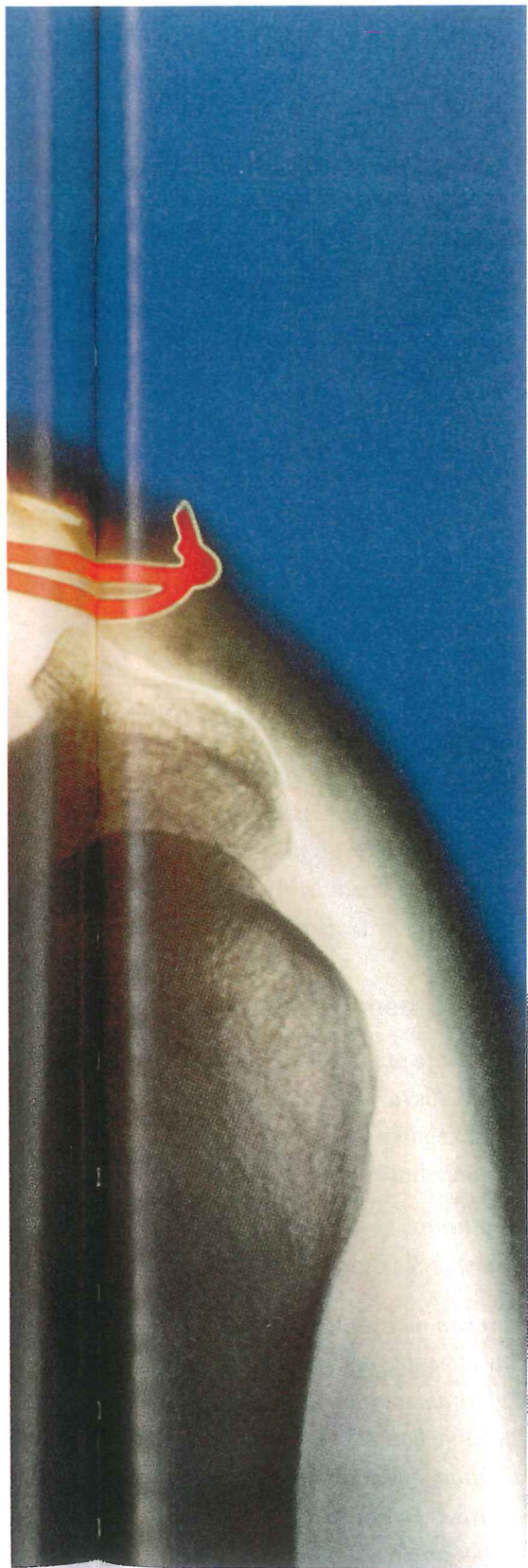
ATOMFYSIK OCH KÄRNFYSIK

Atomen sid. 188

Olika sorters ljus sid. 193

Radioaktivitet sid. 196

Fission sid. 201



VAD TROR DU?

Socker består av sockeratomer.



Vad består socker av?



Socker är motsatsen till salt.



Socker består partiklar som smakar sött.



Socker består av sockermolekyler



FOKUS PÅ

- ✓ Atom
- ✓ Grundämne, jon, masstal och isotop
- ✓ Olika sorters ljus
- ✓ Radioaktivitet
- ✓ Joniserande strålning
- ✓ Fission och kärnkraft

Atomen

NÄR DU HAR LÄST AVSNITTET ATOMEN SKA DU

- kunna beskriva hur en atom är uppbyggd
- veta vad som menas med atomnummer
- veta vad som menas med masstal
- veta vad som menas med isotop

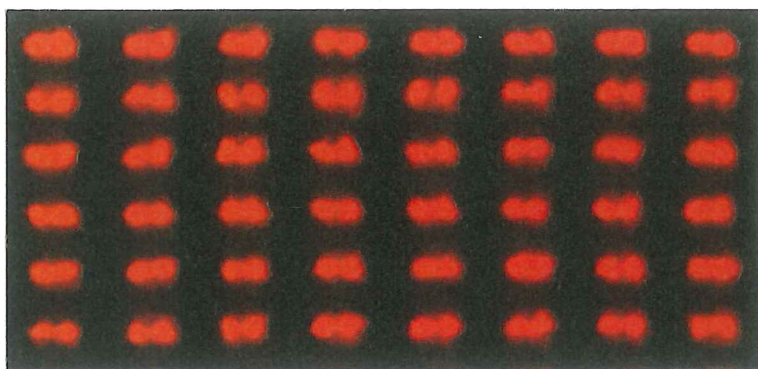
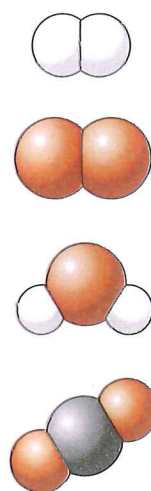
Atommodellen

I dag vet vi att allt är uppbyggt av atomer och molekyler, och att atomen består av en kärna som omges av elektroner. Vi vet också att det finns ännu mindre delar i atomens kärna. Det är så vår *atommodell* ser ut. Men hur kan vi veta det, man kan ju inte se atomerna?

Med hjälp av atommodellen kan vi förklara kemiska fenomen, till exempel varför vissa ämnen reagerar med varandra och varför andra inte gör det. Atommodellen kan också förklara fysikaliska fenomen som densitet, massa, elektricitet och radioaktivitet.

Så fungerar ofta vetenskapen. Forskarna konstruerar modeller för att förklara resultaten från sina experiment. Sedan försöker de bevisa att modellerna stämmer genom nya experiment.

Stämmer modellerna testar man dem med ytterligare experiment. Men om det visar sig att modellerna inte stämmer? Då får man ändra på modellerna och testa igen.



Numera kan man se atomer med hjälp av ett sveptunnelmikroskop. Fotot visar atomerna i kisel. Avståndet mellan två atomer är 4 tiomiljondels millimeter. Ett hårstrå är ungefär 200 000 gånger tjockare!

Världen är byggd av atomer

Redan på 400-talet f.Kr. konstruerade den grekiske filosofen Leukippos och hans elev Demokritos en förklaring till vad materia är för något. Den sa att allt var uppbyggt av små odelbara byggstenar som de kallade *atomos*. Det grekiska ordet *atomos* betyder odelbar. Atomen var alltså den allra minsta bit som kunde finnas av någonting.

Av olika anledningar glömdes deras atomlära nästan bort i över 2 000 år. Den som åter satte fart på atomläran var den engelske kemisten och fysikern John Dalton. Kring år 1800 och konstaterade han genom sina kemiska experiment att allt var uppbyggt av atomer. Och att atomer kan kopplas ihop till större delar, som vi idag kallar molekyler.

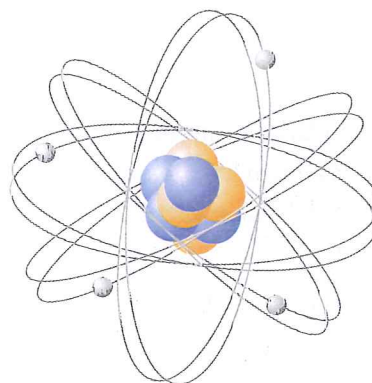
Daltons atommodell hade stor framgång och i slutet av 1800-talet var man överens om att hans atommodell kunde förklara både fysikaliska och kemiska iakttagelser och experiment.

Samtidigt började man ana att atomen kanske inte var så odelbar som namnet påstod. Det var då som den engelske fysikern J. J. Thomson upptäckte elektronen. Några år senare kunde Ernest Rutherford med experiment visa att atomen består av en kompakt kärna och elektroner som kretsar runt kärnan.

Atomkärna med elektroner runt

Forskarna försökte sedan bestämma exakt hur atomen var uppbyggt och provade därför flera olika modeller. År 1913 presenterade den unge danske fysikern Niels Bohr den modell som liknar den vi använder än i dag.

Enligt en modern atommodell är en atom uppbyggd av tre olika byggstenar som kallas *elementarpartiklar*. I mitten finns atomkärnan som består av *protoner* och *neutroner*. Protonerna är positivt laddade och neutronerna oladdade, eller neutrala. Runt kärnan kretsar *elektroner* som är negativt laddade.



proton



neutron



elektron

Grundämne

Det finns något fler än 100 olika slags atomer. Men atomerna svävar inte omkring för sig själva, utan slår sig alltid samman och bildar då olika ämnen. Om ämnet består av en sorts atomer kallas det ett *grundämne*. Väte, syre, kol, järn och guld är några exempel på olika grundämnena.

Väte H 1	Syre O 8	Järn Fe 26	Guld Au 79
----------------	----------------	------------------	------------------

Det är antalet protoner i kärnan som bestämmer vilket grundämne atomen är. Väteatomen har en proton, syreatomen har åtta, järn har 26 och guldatomen har 79 protoner.

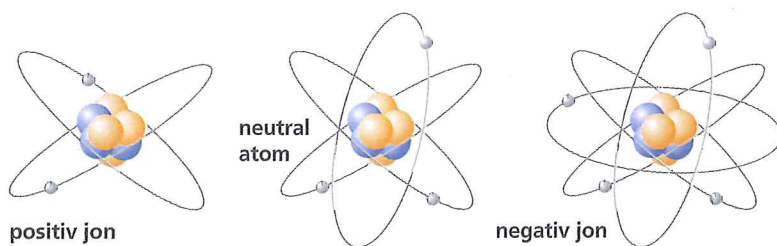
Antalet protoner ger också grundämnets *atomnummer*. Väte har alltså atomnummer 1, syre har atomnummer 8, järn har atomnummer 26 och guld har atomnummer 79.

Joner

Alla atomer har alltid lika många elektroner runt kärnan, som protoner i kärnan. Det finns alltså lika många positiva laddningar som negativa laddningar i en atom. De positiva laddningarna och de negativa laddningarna tar ut varandra och atomer är som helhet oladdad.

Men oladdade atomer är egentligen mycket ovanliga i naturen. I de flesta ämnen har atomerna förändrats. De har antingen tagit till sig extra elektroner eller släppt ifrån sig elektroner. Sådana atomer kallas *joner*.

Joner är alltså elektriskt laddade atomer och de kan vara antingen positivt eller negativt laddade.



Masstal och isotop

Väteatomen är den minsta atomen som finns i universum. Den har bara en enda proton i kärnan och oftast inga neutroner. Men det finns väteatomer som har en eller två neutroner i kärnan. Atomnumret är fortfarande 1 eftersom atomen bara har en proton, men atomen är tyngre.

En proton och en neutron väger ungefär lika mycket. Därför är en väteatom med en neutron dubbelt så tung som en vanlig väteatom. Elektronen väger så lite att man inte behöver räkna med den.

Den vanliga väteatomen med en proton har *masstalet* 1. Väteatomer med en proton och en neutron har masstalet 2 och väteatomer med en proton och två neutroner har masstalet 3. Masstalet får man genom att lägga ihop antalet protoner och neutroner.

De tre olika väteatomerna är olika *isotoper* av grundämnet väte. Med isotoper menar man just atomer som är samma grundämne men har olika antal neutroner.

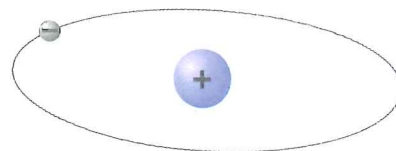
För att tala om vilken isotop man menar skriver man namnet eller det kemiska tecknet tillsammans med masstalet: väte-1, väte-2 och väte-3 eller ^1H , ^2H och ^3H .

Det mesta i atomen är tomrum

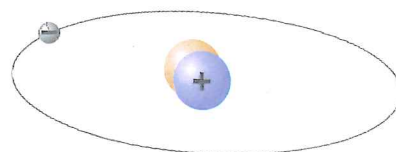
En atom är ungefär en tiomiljondels millimeter i diameter. Det betyder att man måste lägga 10 miljoner atomer efter varandra för att få en rad som är 1 mm lång.

Om en atom är liten, måste delarna vara ännu mycket mindre. Kärnan är 30 000 gånger mindre än atomen! Elektronerna i sin tur är ännu mycket mindre.

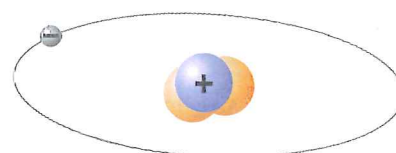
Den allra största delen av atomen, mellan kärnan och elektronerna, är alldeles tom. Där finns ingen luft som man kanske skulle kunna tro. Luften själv består ju av atomer. Där finns ingenting!



^1H – vanligt väte



^2H – tungt väte eller deuterium



^3H – tritium

Teckningen visar tre olika isotoper av väte.

Periodiska systemet

Det mesta går att sortera efter egenskaper. Atomer är inget undantag. I det *periodiska systemet* är grundämnena ordnade efter atomnumret. Det ger en överblick över grundämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper.

Grupp		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Period	Väte													Helium 2 He							
1	H 1																				
2	Litium 3 Li	Beryllium 4 Be													Bor 5 B	Kol 6 C	Kväve 7 N	Syre 8 O	Fluor 9 F	Neon 10 Ne	
3	Natrium 11 Na	Magnesium 12 Mg													Aluminium 13 Al	Kisel 14 Si	Fosfor 15 P	Svavel 16 S	Klor 17 Cl	Argon 18 Ar	
4	Kalium 19 K	Kalcium 20 Ca	Skandium 21 Sc	Titan 22 Ti	Vanadin 23 V	Krom 24 Cr	Mangan 25 Mn	Järn 26 Fe	Kobolt 27 Co	Nickel 28 Ni	Koppar 29 Cu	Zink 30 Zn	Gallium 31 Ga	Germanium 32 Ge	Arsenik 33 As	Selen 34 Se	Brom 35 Br	Krypton 36 Kr			
5	Rubidium 37 Rb	Strontium 38 Sr	Yttrium 39 Y	Zirkonium 40 Zr	Niob 41 Nb	Molybden 42 Mo	Teknetium 43 Tc	Rutenium 44 Ru	Rodium 45 Rh	Palladium 46 Pd	Silver 47 Ag	Kadmium 48 Cd	Indium 49 In	Tenn 50 Sn	Antimon 51 Sb	Tellur 52 Te	Jod 53 I	Xenon 54 Xe			
6	Cesium 55 Cs	Barium 56 Ba	Lantan 57 La	Hafnium 72 Hf	Tantal 73 Ta	Volfram 74 W	Rhenium 75 Re	Osmium 76 Os	Iridium 77 Ir	Platina 78 Pt	Guld 79 Au	Kviksilver 80 Hg	Tallium 81 Tl	Bly 82 Pb	Vismut 83 Bi	Polonium 84 Po	Astat 85 At	Radon 86 Rn			
7	Francium 87 Fr	Radium 88 Ra	Aktinium 89 Ac	Rutherfordium 104 Rf	Dubnium 105 Db	Seaborgium 106 Sg	Bohrium 107 Bh	Hassium 108 Hs	Meitnerium 109 Mt	Darmstadtium 110 Ds	Röntgenium 111 Rg										

Periodiska systemet är en tabell med alla grundämnen ordnade efter deras kemiska och fysikaliska egenskaper.

Kan du?

1. Vilka tre partiklar är atomen uppbyggd av i Bohrs atommodell?
2. Vad är det som avgör vilket grundämne en atom tillhör?
3. Vad menas med en atoms atomnummer?
4. Vad menas med en atoms masstal?
5. Vad är en isotop?

Vilket begrepp stämmer med beskrivningen?

1. Partikel med fler elektroner än protoner a) positiv jon
2. Partikel med lika många elektroner som protoner b) negativ jon
3. Atomer med olika antal neutroner c) jon
4. Partikel med fler protoner än elektroner d) atom
5. Partikel med olika antal protoner och elektroner e) isotop

Olika sorters ljus

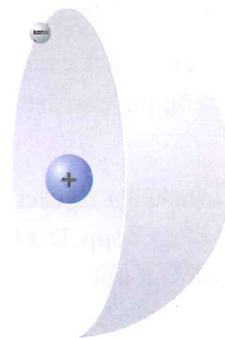
NÄR DU HAR LÄST AVSNITTET OLIKA SORTERS LJUS SKA DU

- känna till hur atomernas elektronskal är ordnade
- förstå hur ljusets olika färger uppkommer
- känna till olika sorters strålning
- veta vad röntgenstrålning är

Elektroner och ljus

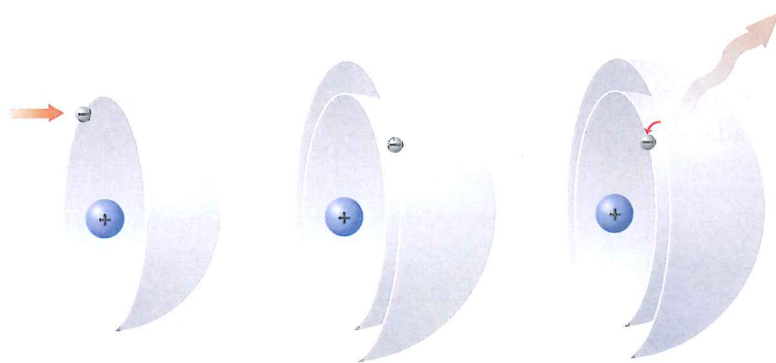
Elektronerna rör sig runt atomkärnan på olika avstånd från kärnan. Banorna kallas för *elektronskal*. I det innersta skalet får det plats två elektroner, i nästa skal åtta och sedan blir det plats för fler och fler.

Nu ska vi titta lite närmare på elektronerna och hur de kan röra sig inuti atomen. Det är nämligen elektronernas hopp mellan olika elektronskal som gör att ett ämne kan skicka ut eller ta upp ljus.



Väteatomen

Vi tittar på väteatomen igen. Väteatomen har en enda elektron som normalt befinner sig i det innersta skalet. De andra skalen är tomma, men man kan ändå tänka sig att de finns där med lediga platser. Om det på något sätt tillförs energi till atomen kan elektronen ta upp energin och hoppa ut till ett yttre skal. Då har elektronen fått extra energi. Ju längre ut det nya skalet ligger, desto mer energi har elektronen. Elektronen strävar att komma tillbaka till det innersta skalet. Så snart som möjligt faller den tillbaka. Eftersom den då måste göra sig av med energin, sänder den ut den i form av ljusenergi.



När det tillförs energi till väteatomen, hoppar elektronen ut till ett yttre skal. När den sedan faller tillbaka, skickas extraenergin ut i form av ljus.

Olika hopp ger olika färger

Vi kan beskriva ljus som en svärm av partiklar. De kallas *fotoner* och de kan sägas vara små energipaket. Varje gång en elektron faller tillbaka till sitt vanliga skal gör den sig av med energin genom att skicka ut en foton. Ju längre hopp elektronen tar, desto mer energi får fotonen som skickas ut.

Fotoner med olika mycket energi motsvarar ljus med olika färg. Om elektronen faller en kort bit, blir det en foton som vi uppfattar som rött ljus. Om den faller längre, så att fotonen får mer energi, blir det någon annan färg, kanske blått eller violett.

Olika typer av ljus

Hittills har vi talat om det *synliga ljuset*, alltså en strålning som vi kan se med våra ögon. Men det finns andra sorters ljus som vi inte kan se.

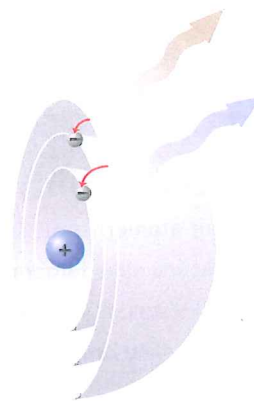
En foton som innehåller mycket energi, kan skickas ut när en elektron tar ett långt hopp. Det ljus som då bildas är mer energirikt än vad våra ögon kan uppfatta. Det kallas *ultraviolett ljus* eller *UV-ljus*.

UV-ljus kan orsaka hudcancer och du vet säkert att du skall sola med försiktighet. Det är inte så svårt att förstå när du nu vet att det innehåller mycket energi.

Röntgenstrålning och *gammastrålning* innehåller ännu mer energi än UV-ljus, och är därför ännu farligare än UV-ljus. Röntgenstrålning används med försiktighet inom sjuk- och tandvården. Gammastrålning är en form av radioaktiv strålning och är mycket farlig.

Det finns också strålning som innehåller mindre energi än det synliga ljuset. *Infrarött ljus*, *mikrovågor* och *radiovågor* är några exempel på strålning med lågt energiinnehåll.

Infrarött ljus används bland annat i infravärmare på altaner och uteserveringar. Mikrovågor används till radar och i mikrovågsugnar. Radiovågor används vid radiokommunikation.



Ju längre hopp elektronen tar när den faller tillbaka, desto högre energi får fotonen som skickas ut. Fotoner med olika energi ger olika färg.

Röntgen

Röntgenstrålning har mycket hög energi. Därför kan den gå rakt genom många material som inte släpper igenom vanligt ljus, som till exempel hud och muskler. När materialet innehåller stora atomer får röntgenstrålningen svårare att ta sig fram.

I skelettet finns det mycket kalciumatomer som är stora, och därför stoppas röntgenstrålningen där.

När man tar en röntgenbild får strålningen gå rakt igenom patienten och träffa en fotografisk film. Där strålningen har tagit sig fram blir filmen svart, men där det har funnits skelettdelar förblir den ljus och genomskinlig.

Det är inte bra att bli utsatt för mycket röntgenstrålning. Den som sköter utrustningen på sjukhuset eller hos tandläkaren går in bakom en skärm när röntgenbilderna tas. Det beror främst på att han eller hon tar flera röntgenbilder varje dag och blir utsatt för en större mängd röntgenstrålning än vanliga människor.



Det allra första röntgenfotografiet av en människa. Bilden togs av den tyske fysikern Wilhelm Röntgen, som upptäckte röntgenstrålningen 1895. Handen tillhörde hans hustru.

Kan du?

1. Vad är ett elektronskal?
2. Varför kan vi inte se UV-ljus?
3. Ge exempel på strålning som vi inte kan se.
4. Vad kan man använda röntgenstrålning till?

Välj ord från listan som passar i meningarna.

- | | |
|--|---------------------|
| 1. Infrarött ljus kan vi känna som ... | a) röntgenstrålning |
| 2. Infrarött ljus och ... har mindre energi än ... | b) mikrovågor |
| 3. UV-ljus och ... har mer energi än ... | c) värme |
| | d) synligt ljus |

Radioaktivitet

NÄR DU HAR LÄST AVSNITTET RADIOAKTIVITET SKA DU

- känna till olika former av radioaktiv strålning
- veta vad som menas med ett ämnes halveringstid
- känna till att man kan åldersbestämma föremål med kol-14 metoden
- känna till hur radioaktiviteten upptäcktes

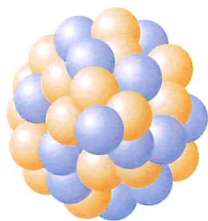
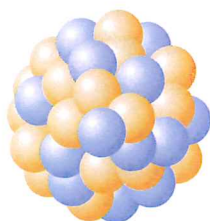
Vad är radioaktivitet?

För att en atomkärna ska vara *stabil* och hålla ihop, behövs det lagom många neutroner i kärnan. Men det finns atomkärnor som är *instabila*. De kan hålla ihop ett tag, men rätt som det är går de sönder eller förändras på något sätt. Man säger att de *sönderfaller*.

Vi har lärt oss att en atom skickar ut ljus när elektronerna byter skal. En atomkärna skickar också ut strålning om den förändras. Stråle heter *radius* på latin. Därför kallas ämnen med instabila atomkärnorna som skickar iväg strålning, *radioaktiva ämnen*.

Alfastrålning

När vissa atomkärnor sönderfaller skickar de iväg två protoner och två neutroner som sitter ihop. Två protoner och två neutroner är samma sak som en atomkärna av grundämnet helium. En heliumkärna som uppkommer genom sönderfall kallas en *alfapartikel* och strålningen kallas *alfastrålning*. I figuren är det uran-238 som sönderfaller till grundämnet torium och samtidigt skickar ut en alfapartikel.



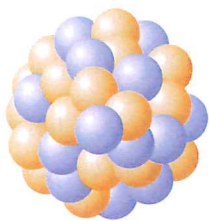
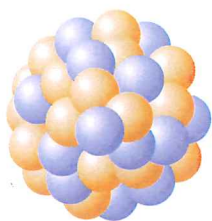
alfapartikel

Vid alfasönderfall skickar atomkärnan ut en heliumkärna.

Betastrålning

Toriumkärnan som bildas när uran skickar ut en alfapartikel är inte heller stabil. Den sönderfaller också och då skickar toriumkärnan ut en elektron. En elektron som uppkommer genom sönderfall kallas för en *betapartikel*. Men var kom den ifrån? Det finns ju inga elektroner inne i kärnan.

Nej, man får tänka sig att en av neutronerna förvandlas till en proton och en elektron. Elektronen skickas iväg som betastrålning, men protonen stannar kvar inne i atomkärnan. Då ökar antalet protoner med ett och då har det blivit ett nytt grundämne, protaktinium.

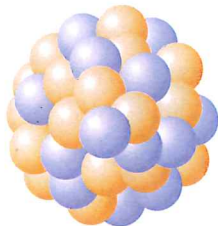
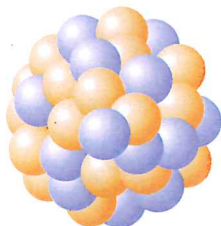



betapartikel

Vid betasönderfall skickar atomkärnan ut en elektron.

Gammastrålning

Efter vissa alfa- och betasönderfall blir det ett överskott av energi. Energin skickas nästan genast ut från kärnan som en energirik foton som kallas *gammastrålning*.




foton

Vid gammasönderfall skickar atomkärnan ut en foton.

Sönderfall	Symbol	Skickar iväg	Atomnumret
alfa	α	en heliumkärna	minskar med 2
beta	β	en elektron	ökar med 1
gamma	γ	en foton	oförändrat

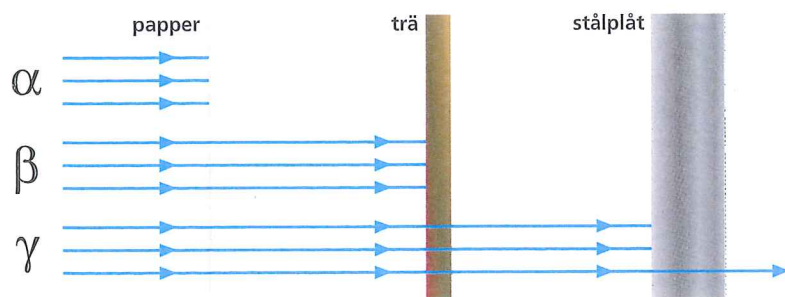
Skydd mot strålning

Alfa-, beta- och gammastrålning är farliga om man utsätts för dem.

Alfastrålning är lätt att skydda sig mot. Den stoppas av ett papper, huden eller av några centimeter luft. Fast den kan ändå vara farlig om den kommer in i kroppen, exempelvis till lungorna genom andningen.

Betastrålning är farligare än alfastrålning. Betastrålkärlarna är mycket mindre och har högre fart. Därför kan de gå ett tiotal meter genom luft och några centimeter in i kroppen. Betastrålning används ibland inom cancervården. Man kan skydda sig mot strålningen med en plåt- eller en glasskiva.

Gammastrålning kan gå rakt igenom kroppen eller genom kraftiga metallplåtar. Det bästa skyddet mot gammastrålning är en tjock blyplåt.



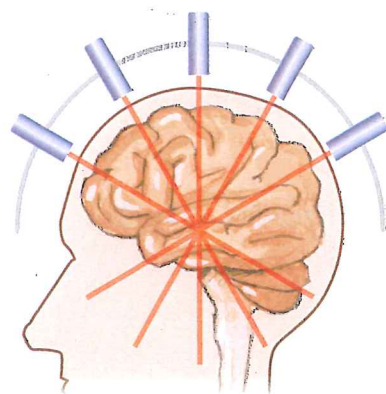
Olika typer av strålning är olika svår att skydda sig mot. Alfastrålning stoppas av ett papper, medan gammastrålning kan gå genom tjocka stålplåtar.

Joniserande strålning

Du har nog hört att radioaktivitet kan vara skadlig. Det beror på att strålningen är energirik och kan slå bort elektroner från atomerna och molekylerna inne i våra celler. Då förvandlas de till joner, som kan leda till celledöd och cancer. Man säger att strålningen är *joniserande*. Alfa-, beta- och gammastrålning är exempel på joniserande strålning.

Jonerna i cellen kan fungera annorlunda än de vanliga atomerna och molekylerna. Särskilt allvarligt är det om det är generna, alltså cellens DNA, som förändras. En sådan skada kan leda till cancer och andra sjukdomar.

Joniserande strålning är skadlig för cellerna i kroppen. Men ibland vill man medvetet skada vissa celler. Detta gäller till exempel cancerceller. Joniserande strålning används ofta för att behandla människor med cancer. Vid en sådan behandling finns det alltid en risk att man skadar de friska cellerna. Men fördelarna överväger oftast riskerna.



Cancercellerna i hjärntumören träffas av alla strålar och dör.

Halveringstid

I ett gram uran finns det 253 000 triljoner uranatomer. Alla är instabila och kan sönderfalla. Men de sönderfaller inte alla på en gång. Om man tittar på en enda atomkärna är det omöjligt att säga hur länge det dröjer innan den sönderfaller. Det är bara slumpen som avgör. Men om man har många atomer kan man bestämma hur lång tid det tar tills hälften av dem har sönderfallit. Den tiden kallas *halveringstid*.

Kol-14-metoden

Kol-14-metoden gör det möjligt bestämma hur gamla fornlämningar och fossil av växter och djur är. Metoden bygger på att det finns olika isotoper av grundämnet kol i naturen. Den vanligaste kolatomen är kol-12, men det finns också en mycket liten del av kol-14.

Kol-14 är radioaktivt och sönderfaller medan kol-12 är stabilt. Så länge djur och växter lever tar deras celler upp kolatomer, både kol-12 och kol-14. Förhållandet mellan kol-12 och kol-14 i cellerna är alltså ungefär samma medan de lever. Men när växten eller djuret dör tar cellerna inte längre upp några kolatomer. Eftersom kol-14 är radioaktivt, sönderfaller kol-14-atomerna och det blir färre och färre kvar. Halveringstiden för kol-14 är 5 730 år.

När det är hälften av den ursprungliga mängden kol-14 kvar i fossilet, har det alltså gått ungefär 5 700 år sedan djuret eller växten dog.

Om det är en fjärdedel kvar har det gått lika lång tid till, alltså ungefär 11 500 år.

Om arkeologerna hittar ett skelett, en ylleklänning eller en skrift på en djurhud, kan de alltså undersöka hur stor del av kol-14-atomerna som finns kvar och sedan räkna ut hur gamla sakerna är. Metoden fungerar bara på något som varit levande och på fynd som är upp till 50 000 år gamla.

Benets ålder kan bestämmas genom att mäta hur mycket kol-14 det innehåller.



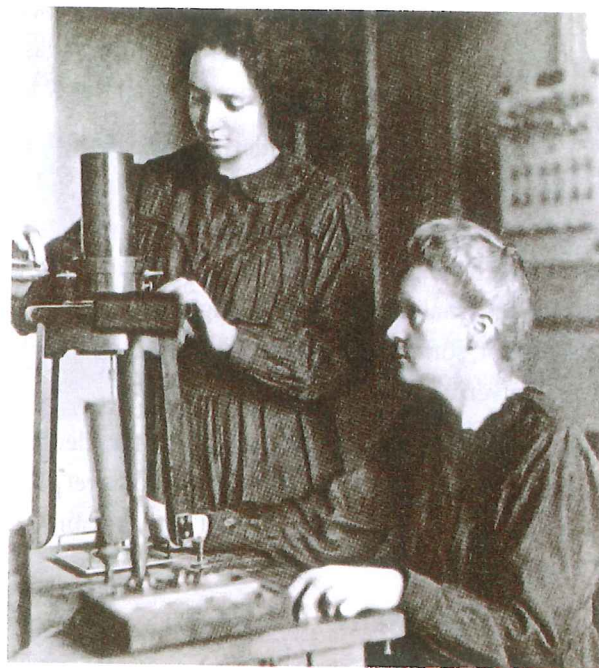
Så upptäcktes radioaktiviteten

År 1896 upptäckte den franske fysikern Henri Becquerel att ett uranhaltigt ämne sände ut en sorts strålning. Strålningen gick igenom tjock kartong och skapade ett avtryck på en fotografisk film.

Den unga polsk-franska fysikern Marie Curie visade att även torium och de nyupptäckta grundämnena polonium och radium skickade ut liknande strålning. Hon döpte fenomenet till radioaktivitet och fick hjälp av sin make Pierre Curie att utforska det vidare. Paret Curie och Henri Becquerel delade 1903 års Nobelpris i fysik för sina upptäckter.

År 1911 fick Marie Curie ännu ett Nobelpris. Hon fick då priset i kemi för att hon hade lyckats framställa rent radium.

Under första världskriget arbetade hon tillsammans med dottern Irène och tog fram metoder för att använda röntgenstrålning inom medicinen. Under de sista åren av sitt liv ledde Marie Curie verksamheten vid radiuminstitutet i Paris och stöttade och inspirerade unga forskarkollegor, bland andra dottern Irène och svärsonen Frédéric Joliot-Curie.



Marie Curie arbetar i laboratoriet tillsammans med sin dotter Irène.

Kan du?

1. Vad menas med att ett ämne är radioaktivt?
2. Vilka tre olika typer av radioaktiv strålning finns det?
3. Vad är en alfapartikel?
4. Vad är en betapartikel?
5. Vad menas med halveringstid?

Kombinera orden med rätt beskrivning.

- | | |
|--|-------------------------|
| 1. Används ofta vid behandling av cancer. | a) radon |
| 2. Atomkärna som skickar ut en elektron. | b) alfastrålning |
| 3. En radioaktiv gas som sprids i luften. | c) kol-14 metoden |
| 4. Atomkärna som skickar ut en heliumkärna. | d) halveringstid |
| 5. Den tid det tar tills hälften av atomerna har sönderfallit. | e) radioaktiv strålning |
| 6. Används för att bestämma när en växt eller ett djur levde. | f) betastrålning |

Fission

NÄR DU HAR LÄST AVSNITTET FISSION SKA DU

- veta vad som menas med fission
- känna till hur ett kärnkraftverk fungerar

Kärnklyvning

Neutronen upptäcktes år 1932. När man hade förstått att neutronernas antal påverkade stabiliteten i atomkärnan började man försöka tillverka tyngre atomkärnor. Det gjorde man genom att skicka en stråle av neutroner mot exempelvis uran. Resultatet blev väldigt konstigt. Det verkade som atomkärnorna istället blev lättare av neutronstrålningen.

De som löste gåtan var två judiska fysiker som hade flytt undan nazismen till Norden. Lise Meitner hamnade i Stockholm och hennes systerson Otto Frisch i Köpenhamn. Julen 1938 tillbringade de tillsammans i Kungälv och då lyckades de förklara de märkliga resultaten.

När urankärnorna träffades av neutronerna bildades inte tyngre atomkärnor. Urankärnorna fick istället så mycket energi att varje kärna delades i två mindre kärnor. Processen kallade de *fission*, som betyder klyvning på latin. Samtidigt som urankärnan delas, frigörs den energi som finns lagrad i kärnan. Energin som frigörs kallas *kärnenergi*.

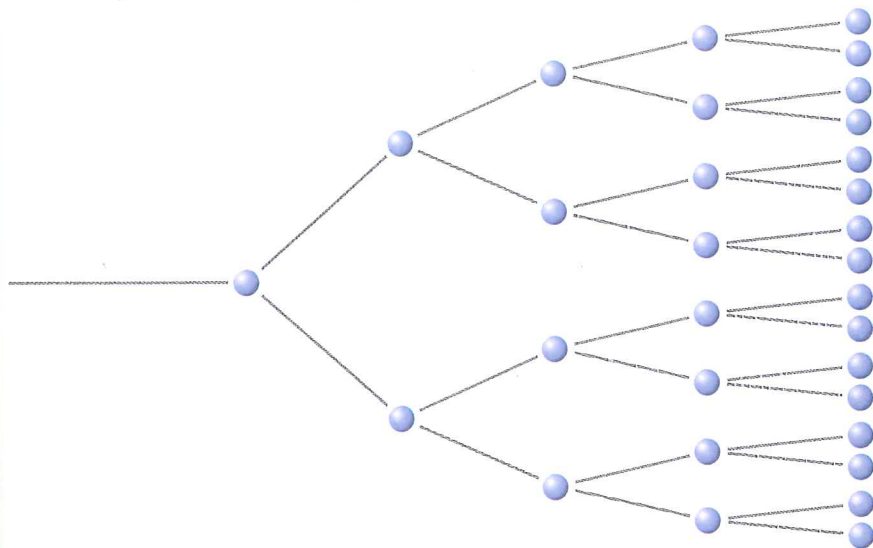


Lise Meitner (1878–1968) i samtal med en kollega.

Kedjereaktioner

När en urankärna klyvs bildas alltså två mindre atomkärnor. Dessa kastar ut två nya neutroner. De två neutronerna kan i sin tur träffa två andra urankärnor så att de också klyvs. Då blir det fyra fria neutroner och när de i sin tur klyver nya atomer blir det åtta, sedan sexton neutroner och så vidare. Man har fått en *kedjereaktion*.

Vid varje kärnklyvning frigörs det energi. Och vid en kedjereaktion bildas det mycket stora mängder energi som värme, ljus och joniserande strålning.



Varje kärnklyvning ger upphov till två nya klyvningar, och så vidare. Det bildas en kedjereaktion.

Atombomben

Redan år 1939 förstod forskare runt om i världen att kedjereaktionen skulle kunna användas i oerhört kraftfulla vapen, atombomber. Utvecklingsarbetet av atombomben tog fart framför allt i USA och 1945, i slutet av andra världskriget, släpptes två amerikanska atombomber över de japanska städerna Hiroshima och Nagasaki.

Förödelsen blev fruktansvärd. Över 100 000 människor dödades. Men ännu värre var kanske den joniserande strålningen. Den gjorde att människor många år efteråt drabbades av cancer eller fick missbildade barn.

Efter det att atombomberna hade fallit över Hiroshima och Nagasaki 1945 drabbades många människor av strålskador.



Kärnkraft

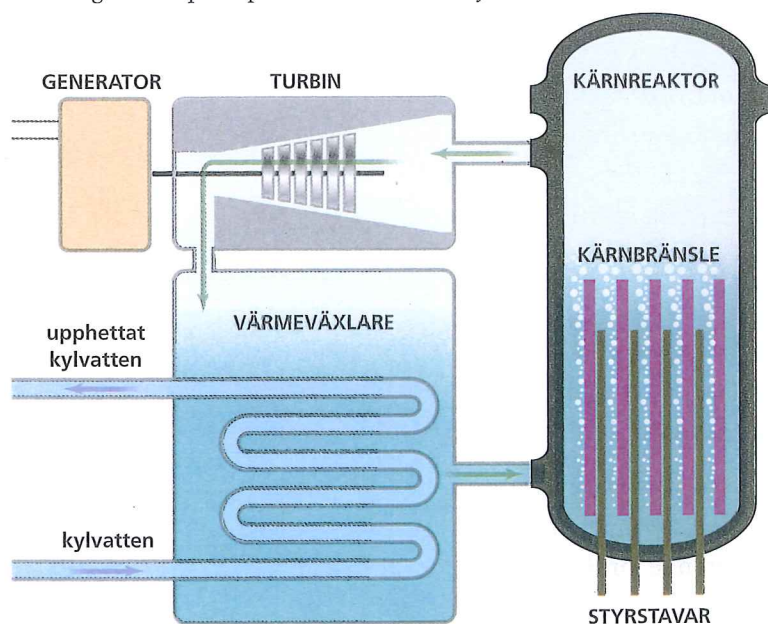
Efter andra världskriget kom man på ett fredligare sätt att utnyttja kärnenergin. I en atombomb frigörs all kärnenergi på en gång. Men om man fångar upp en del av de neutronerna som bildas vid kärnklyvningarna får man ingen förstärkning av kedjereaktionen. Kärnklyvningen kan gå med jämn och kontrollerad hastighet.

I ett *kärnkraftverk* omvandlas kärnenergi till elektrisk energi. Inne i *kärnreaktorn* är *kärnbränslet* omgivet av vatten. Energin från kärnklyvningen värmer upp vattnet till ånga. Den strömmande ångan sätter fart på en turbin, som driver en generator som ger elektricitet.

Sedan ska ångan kylas av. Då passerar ångan genom en *värmeväxlare* med kylrör. Genom rören pumpas kylvatten. Ångan kondenserar då till vatten och går sedan tillbaka till kärnreaktorn för att på nytt värmas upp av kärnenergin. Om kedjereaktionen går för fort, skjuter man in *styrstavar* som fångar upp neutronerna.

Bränslet i reaktorn är oftast uran. Men det är inte allt uran som duger som bränsle. Det är isotopen Uran-235 som används, eftersom den är lätt att klyva och kan ge en kedjereaktion.

Teckningen visar principen bakom ett kärnkraftverk.





Kärnkraftverket i Tjernobyl i dag.

Risker med kärnkraft

Kärnkraften ger oss stora mängder elektrisk energi. Samtidigt finns det nackdelar med kärnkraft. Om inte reaktorerna regleras perfekt kan det leda till svåra olyckor. Det hände den 26 april 1986 i kärnkraftverket Tjernobyl i Ukraina. Det blev alldeles för varmt i reaktorblock 4. Bränslet förångades och taket blåstes bort av en rad explosioner. Radioaktiva ämnen spreds över stora delar av Europa. I Sverige drabbades framförallt trakterna kring Gävle.

Sovjetunionen försökte först hemlighålla olyckan. Men att någonting hade hänt upptäcktes morgonen den 28 april vid det svenska kärnkraftverket Forsmark. Vid sina rutinkontroller upptäcktes höga värden av joniserande strålning. Man trodde först att någon av Forsmarks egna reaktorer läckte, men efter ytterligare mätningar och satellitbilder förstod man att strålningen kom från Tjernobyl, 110 mil från Forsmark.

Inom några veckor hade minst 30 personer kring Tjernobyl dött av strålskador och flera hundra tusen människor hade fått stråldoser långt över det normala. Människorna som bodde i området evakuerades och stora områden med jordbruksmark blev obrukbara.

Efter olyckan kapslades det havererade reaktorblocket in i betong, men resten av kraftverket användes ända fram till slutet av år 2000. Och långt in på 1990-talet uppmättes fortfarande förhöjda värden av joniserande strålning i norra Sverige.

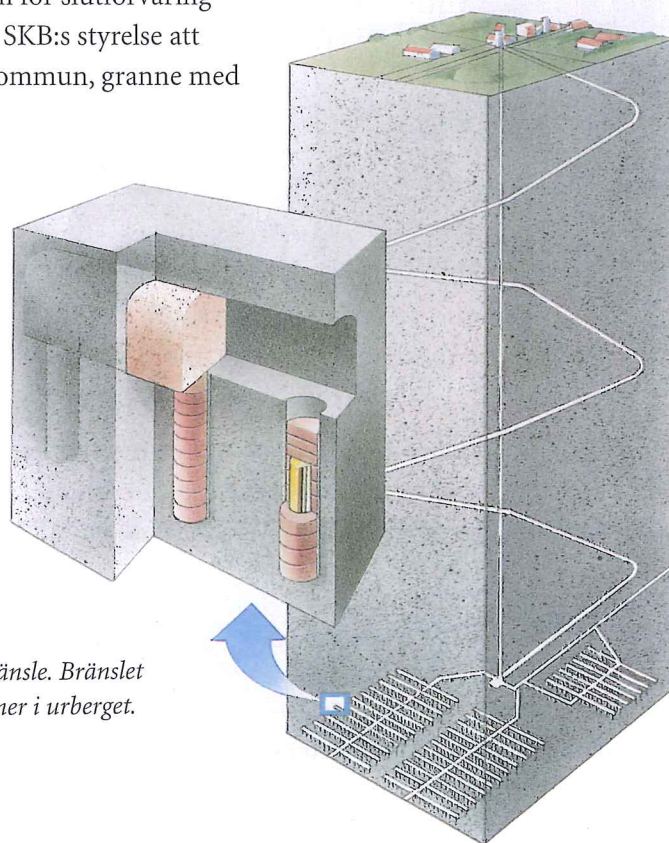
Förvaring av använt kärnbränsle

De ämnen som blir kvar efter kärnklyvningen i kärnreaktorn är också radioaktiva och farliga om de inte hanteras på rätt sätt. Därför måste man hitta ett säkert sätt att förvara avfallet, eller göra om det till mindre farliga ämnen.

Det använda kärnbränslet från svenska kärnkraftverk läggs i kraftiga behållare som skyddar omgivningen mot strålning. Behållarna har tjocka väggar av stål och klarar ett högt fall, ett högt tryck och brand.

Det använda bränslet transporteras till CLAB (Centrala Lagret för Använt Bränsle), som är en underjordisk anläggning utanför Oskarshamn. Efter lagringen i CLAB är det tänkt att det använda kärnbränslet ska föras till en inkapslingsstation, för inneslutning i kopparkapslar.

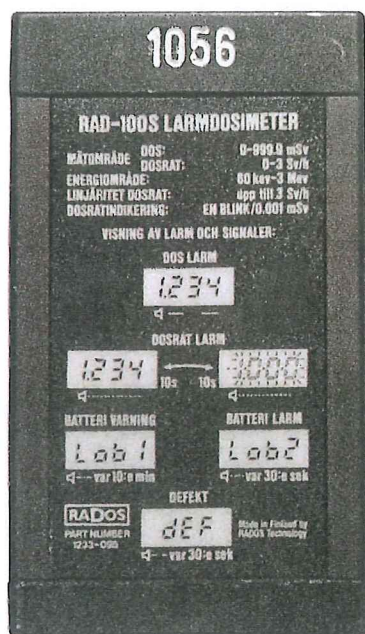
I Sverige har vi bestämt att själva ta hand om och *slutförvara* det använda kärnbränslet. Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har ansvar för att utveckla och bygga ett system för slutförvaring av det använda kärnbränslet. År 2009 föreslog SKB:s styrelse att kärnbränsleförvaret ska ligga i Östhammars kommun, granne med kärnkraftverket i Forsmark.



Ritning av det tänkta slutförvaret för använt kärnbränsle. Bränslet ska gutas in i koppar och sedan förvaras 500 meter ner i urberget.

Dosimeter

Personer på sjukhus, kärnkraftverk och andra som arbetar där de riskerar att utsättas för joniserande strålning, har ofta en liten mätare som kallas *dosimeter*, fastsatt på kläderna. I dosimetern finns en film som påverkas av strålningen. En gång i månaden byter man film och ser efter hur mycket strålning personen har utsatts för. Detta är en säkerhetsåtgärd för att se till att personalen inte utsätts för så mycket strålning att det finns risk för skador.



En dosimeter kläms fast i bröstfickan och registrerar hur mycket strålning personen utsätts för.



Kan du?

1. Vad betyder fission?
2. När användes atombomber senast i krig?
3. Vilket grundämne används som kärnbränsle i svenska reaktorer?
4. Hur har vi i Sverige tänkt slutförvara använt kärnbränsle?

Vilket är rätt?

- A. Vid en kedjereaktion bildas det stora mängder energi.
- B. Styrstavarna ökar kedjereaktionen.
- C. Fission betyder energi på latin.
- D. Bränslet i en kärnreaktor är uran.

Sammanfattning 10

- ✓ Redan på 400-talet f.Kr. tänkte sig grekiska vetenskapsmän att världen var uppbyggd av atomer. John Dalton återupplivade atomläran kring år 1800 och Niels Bohr presenterade dagens atommodell år 1913.
- ✓ Atomkärnan består av positiva protoner och oladdade neutroner. Runt kärnan finns negativa elektroner. Atomnumret anger antalet protoner. Antalet protoner bestämmer vilket grundämne det är. Neutronerna behövs för att hålla ihop protonerna i kärnan. Isotoper är atomer med samma atomnummer men med olika många neutroner.
- ✓ Elektroner finns i skal runt atomkärnan. En elektron som får extra energi kan hoppa ut till ett yttre skal, med högre energi. Den faller genast tillbaka och då blir energin en foton. Olika långa hopp ger fotoner med olika energi. Det är detsamma som ljus med olika färg.
- ✓ Synligt ljus är bara en liten del av olika typer av ljus. Där finns också bland annat radiovågor och röntgenvågor. Röntgenvågor går igenom hud och muskler men stoppas av skelett.
- ✓ Radioaktiva atomer är instabila och kan plötsligt sönderfalla, då skickar de ut joniserande strålning. Strålningen kan bestå av antingen alfapartiklar, betapartiklar eller gammastrålning. Atomerna omvandlas vid sönderfall till ett annat grundämne. Strålningen kan vara skadlig, men kan även vara till nytta för att till exempel döda cancerceller.
- ✓ Ett ämnes halveringstid anger hur lång tid som behövs för att hälften av atomerna ska sönderfalla. Det använder man sig av i kol-14 metoden, för att bestämma åldern på växter och djur som dött för länge sedan.
- ✓ Vissa stora atomkärnor kan klyvas till två kärnor om de träffas av en neutron, det kallas fission. Då frigörs energi, som kan användas till en atombomb eller i ett kärnkraftverk.

De fyra krafterna

Alla protoner i atomkärnan har positiv laddning och borde egentligen stöta bort varandra med elektrisk kraft. Men de hålls ihop av den starka kärnkraften som verkar på mycket korta avstånd. Den är cirka 100 gånger starkare än den elektriska kraften.

Den starka kärnkraften som håller ihop atomkärnan är en av de fyra krafter som gör att världen ser ut som den gör. De andra tre är tyngdkraften, den elektromagnetiska kraften, som är en sammanslagning av elektrisk kraft och magnetisk kraft, och den svaga kärnkraften. Den svaga kärnkraften förklarar vissa omvandlingar i atomkärnorna och uppkomsten av radioaktiv strålning.

Neutroner

Alla grundämnen utom väte måste ha neutroner i kärnan för att den ska kunna hålla ihop. Grundämnen med låga atomnummer har oftast ungefär lika många neutroner som protoner. Till exempel har den vanligaste kolatomen 6 protoner och 6 neutroner. Atomer med många protoner måste ha ännu fler neutroner. Silver som har 47 protoner behöver ungefär 60 neutroner, och uranatomen måste ha över 140 neutroner till sina 92 protoner.

En modernare atommodell

Atommodellen har förändrats genom forskning under 1900-talet, liksom det mesta inom naturvetenskapen. Atommodellen med tre elementarpartiklar – protoner, neutroner och elektroner – är en fullt användbar modell, men verkligheten är mer komplicerad än så. Antalet kända elementarpartiklar har ökat från tre till flera hundra. Protoner och neutroner består av ännu mindre partiklar som kallas kvarkar. Däremot är elektronen fortfarande inget annat än en elektron.

Man kan kanske tro att atomer och elementarpartiklar bara är teorier. Men fysiker har genom experiment med en partikelaccelerator, bevisat att de verkligen finns.



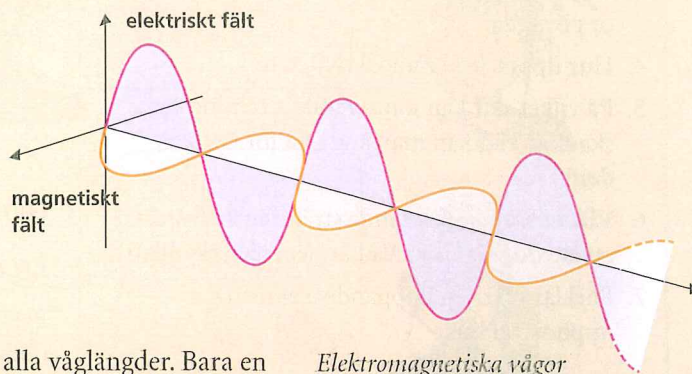
Naturens fantastiska variation styrs av bara fyra grundläggande krafter.

Vad får man om man lägger en neutron till en väteatom? Är det fortfarande väte?

Elektromagnetisk strålning

Hittills har vi talat om det synliga ljuset, alltså det som vi kan uppfatta med våra ögon. Men det finns en sorts ljus som vi inte kan se. En foton som innehåller mycket energi, kan skickas ut när en elektron tar ett långt hopp. Sådant ljus är mer energirikt än vad våra ögon kan uppfatta. Det kallas ultraviolett ljus eller uv-ljus, och kan inte uppfattas av våra ögon.

Det finns många andra sorters osynligt ljus, som precis som det vanliga synliga ljuset kan beskrivas både med fotoner och med vågor. Allt ljus är elektromagnetiska vågor. De består av växlande elektriska och magnetiska fält som rör sig framåt med ljusets hastighet.



Elektromagnetiska vågor

Det elektromagnetiska spektrumet omfattar alla våglängder. Bara en liten del av det består av det vanliga regnbågsfärgade spektrumet av synligt ljus. Olika våglängder motsvarar olika energier. Ljus med kort våglängd har hög energi och ljus med lång våglängd har låg energi.

Som du ser är det synliga ljuset bara ett litet område mellan våglängderna 400 nanometer och 770 nanometer. En nanometer är en miljarddels meter. Till höger om det synliga ljuset finns infrarött ljus som också kallas värmestrålning. Ännu längre våglängder har mikrovågor som används till radar, mikrovågsugnar, och radiovågor. Våglängder som är kortare än synligt ljus är ultraviolett ljus, röntgenstrålning och till slut så kallad gammastrålning.

Vad skiljer ljusvågor från ljudvågor? Ta reda på mer om elektromagnetisk strålning.

Det elektromagnetiska spektrumet. Röntgenstrålning, synligt ljus och radiovågor är alla exempel på elektromagnetiska vågor.

Elektromagnetiska spektrumets olika våglängder

