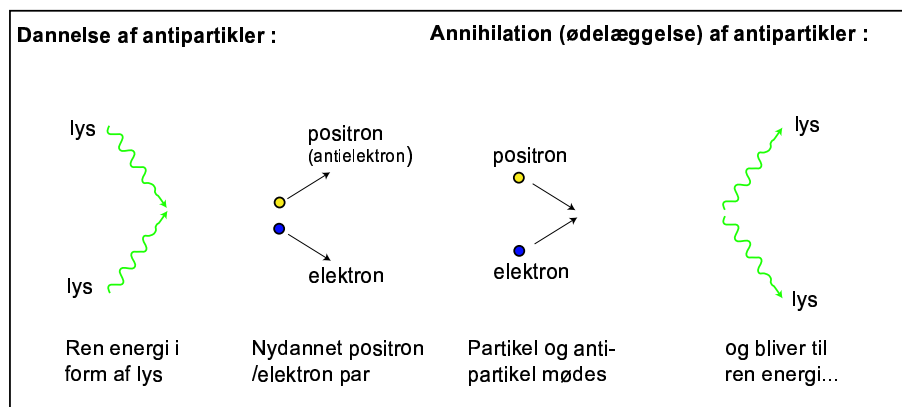


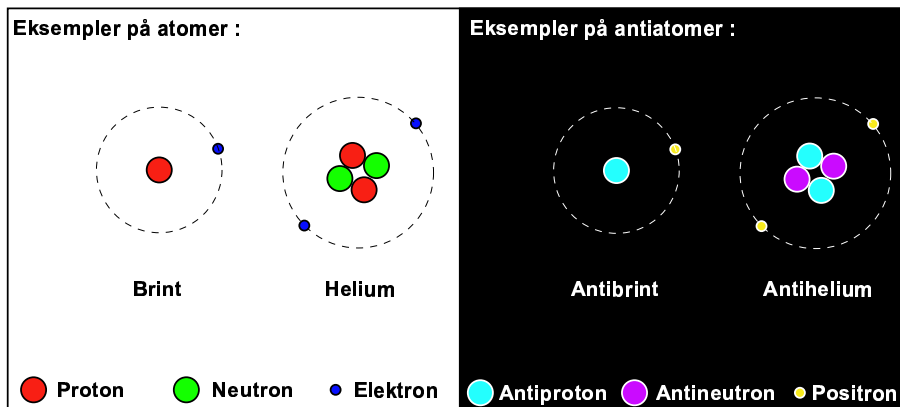
Antistof - et spejlbillede af vores univers.

Antistof har afsporet mange science fiktion forfatteres fantasi, og ikke uden grund. Bringes antistof i kontakt med almindeligt stof udløses enorme energimængder, 10 kg er nok til at holde Danmark kørende i et år. Antistof skal være et perfekt spejlbillede af almindeligt stof. Vi kan nu undersøge med uhørt præcision om dette er tilfældet. Selv en lille forskel vil have uoverskuelige konsekvenser for vores forståelse af universet.

Alt, både levende og dødt, vi er omgivet af i dagligdagen består af almindeligt stof. Atomerne, naturens byggesten, er almindeligt stof. Almindeligt stof består i hovedsagen af tre partikler som fysikken har kendt det meste af det 20. århundrede. Protoner og neutroner befinder sig i atomkernerne, elektroner bevæger sig omkring disse. At alt omkring os er stof og ikke antistof eller en blanding af stof og antistof er dog stadig et mysterium for fysikken. Alt tyder på at universet startede med en kæmpe eksplosion (det såkaldte Big Bang), det vil sige at universet startede som ren energi. Lige såvel som stof kan blive omformet til energi kan energi blive til stof. Sagt med andre ord er stof en meget koncentreret form for energi. Videnskabens forståelse i dag er, at hver gang noget energi bliver omformet til stof dannes der lige dele stof og antistof. Hvis antistoffet og stoffet mødes igen bliver den bundne energi igen frigivet. Hvis universet derfor startede som ren energi skulle halvdelen altså være lavet af antistof! Der er dog ikke noget der tyder på at antistof forekommer i nogen større mængde i universet i dag. Lidt populært kan man altså sige at vi mangler halvdelen af universet på den konto. Det er jo ikke så lidt! Det er



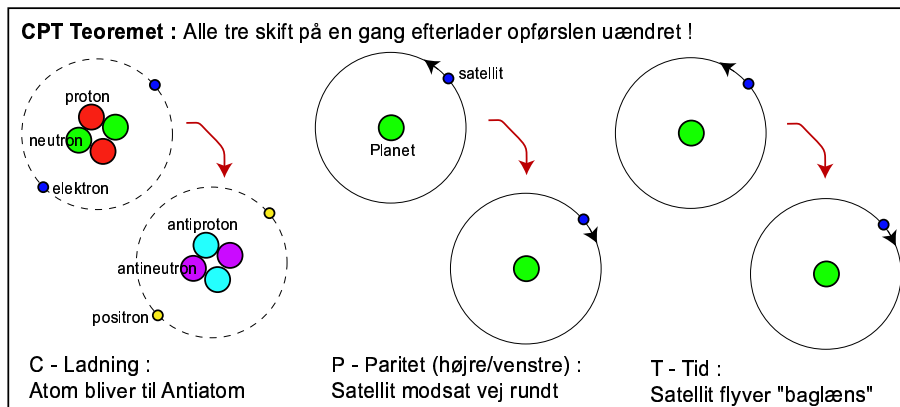
muligt at forklaringen på dette er at der findes et anti-univers et sted som man endnu ikke har set, men det kan jo også være at antistof ikke er et helt perfekt spejlbillede af stof. Hvis antistof og stof ikke udligner hinanden helt præcist kan det medføre at universet som helhed vil få en svag overvægt af den ene type. I det 15 milliarder år gamle univers vi kigger på i dag kunne denne asymmetri så have udviklet sig således at der kun er stof (og energi) tilbage, idet alt antistoffet er blevet til energi i mødet med stof. Således er alt hvad vi ser omkring os (f.eks. stjerner, planeter, mennesker, dyr) stof.



Vores mål er at undersøge egenskaberne ved dette antistof for at opnå en dybere forståelse af naturlovene. Kvantemekanikken udviklet i 1920'erne, førte til transistoren i 1960'erne og deraf computerrevolutionen. Populært sagt kan man sige, at det at undersøge antistof er at undersøge fundamentet for kvantemekanikken. Antistofstudier vil således kunne give en dybere forståelse af universet omkring os og lede til uforudsigelige teknologiske fremskridt.

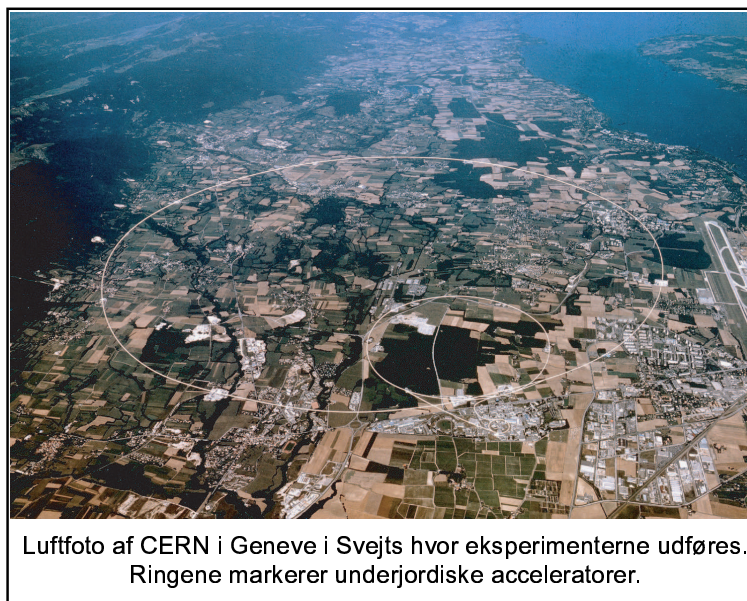
Konkret kan undersøgelse af antistof give os dybere indsigt i den symmetri i naturen, der er beskrevet i det følgende, og som er fundamentet for bl.a. kvantemekanikken. Tænk et øjeblik på en satellit der bevæger sig rundt om Jorden. Dens bane kan beskrives ved Newtons love om tyngdekraften mellem satellitten og Jorden. Den kan have den samme bane og flyve den modsatte vej omkring Jorden. Det er en symmetri. Det betyder at tyngdekraften ikke skelner mellem højre og venstre ! Der er andre sådanne symmetrier i naturlovene. F.eks. kunne man bytte fortegn på alle ladninger i et atom (husk på at atomet består af positive protoner og neutrale neutroner i kernen og negative elektroner i en sky omkring disse) og beskrivelsen af atomet (banerne i en forstand) skulle være den samme. En sidste symmetri man taler om er tid. Hvis vi f.eks. optager banen af satellitten omkring Jorden på film og lader filmen gå baglæns ser det jo blot ud som om satellitten bevæger sig den anden vej rundt om Jorden. Således er tyngdekraften heller ikke følsom for om tiden går forlæns eller baglæns ! Disse tre symmetrier, ladning, højre-venstre (kaldet Paritet) og tid forekommer ganske banale og selvfølgelige. Naturen er dog lunefuld så det forholder sig faktisk således at der er visse naturkræfter der ikke overholder hver af disse - men kun overholder dem i kombination. Fundamentet for det syn man har på universet i dag, dvs. for de fire fundamentale naturkræfter man kan eftervise, er at de overholder kombinationen af de tre symmetrier. Dette kaldes for CPT teoremet (C for charge, engelsk for ladning, P for paritet og T for tid). En konsekvens af denne symmetri er at hvis hele universet blev spejlet og lavet til antistof i et svup, ville man ikke kunne måle forskel. Antistof skulle altså være et perfekt spejlbillede af stof. Men hov, hvis det er det, har vi måske stadig problemet med det manglende halve univers ! Netop ! Det er derfor meget meget interessant at finde ud af om stof og antistof er hinandens præcise spejlbillede.

Brint består af en proton og en elektron. Antibrint består derfor af en antiproton og en antielektron (kaldet en positron). I vores samarbejde, kaldet ATHENA, har vi konstrueret et apparat der kan lave antibrint i store mængder og ved lav temperatur. Produktion heraf lykkedes første gang i september 2002. I det indeværende og i de kommende år vil vi benytte dette appa-



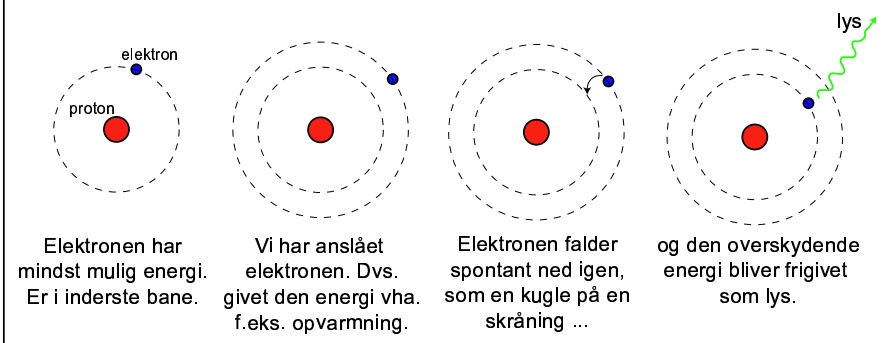
ratur til at undersøge egenskaberne ved det frembragte antistof.

Som nævnt tidligere siger videnskabens nuværende forståelse af universet at stof og antistof skal være det samme. En konkret konsekvens er at deres atomare spektrum skal være ens. Det atomare spektrum er det lys atomerne udsender når de varmes op. Det er f.eks. således at et neonrør virker. Neons atomare spektrum har mange spektrallinier i det røde område og et neonrør udsender derfor rødt lys. Lyset bliver udsendt fordi varmen giver elektronerne i atomerne energi så de ikke længere ligger i deres laveste energiniveau. Elektronerne kan tabe denne energi igen ved falde ned i igen, dvs. hoppe til en mindre omløbsbane. Den tabte energi vil blive udsendt



i form af lys. Vi kan dog ikke putte antistof, eller i vort tilfælde antibrint, ind i et neonrør. For det første kan vi ikke lave nok, for det andet vil det ødelægges når det kommer i kontakt med væggene der er lavet af almindeligt stof. Vi gør i stedet det at vi belyser vores antibrint atomer med laser lys og undersøger om vi kan bringe antielektronerne op til et højere energiniveau. Vi kan med denne metode lave de mest præcise undersøgelser af CPT teoremet nogensinde.

Atomare spektre (brint atomet) :



De omtalte studier vil næppe have en konkret indflydelse på almindelige menneskers dagligdag i nær fremtid. Ligesom computerrevolutionen var svær at forudsige er det også svært at forudsige hvad vi finder på vores vej gennem antistofstudierne. De store energimængder der udløses når stof og antistof mødes vil måske en dag kunne udnyttes til at drive rumskibe eller for den sags skyld biler. Et gram antistof kan f.eks. holde en personbil kørende i 37 år. I øjeblikket er fremstillingen af antistof dog så utroligt ineffektiv at det de næste mange årtier ikke forekommer relevant som bilbrændstof. Det er dog svært at spå om fremtiden. Bedre forståelse af naturlovene, som kvantemekanikken er et eksempel på, har gang på gang vist sig at føre til uforudsigelige landvindinger og dermed potentiale for at forbedre vores tilværelse. Antistofstudierne har potentiale til at kunne medføre store omvæltninger i fysikken, og dermed i fundamentet for mange af de teknologiske fremskridt vi har set i det 20 århundrede.