Elementarpartikelfysik

John Renner Hansen, Niels Bohr Institutet

Elementarpartikelfysik er den gren af naturvidenskaben, som beskæftiger sig med de mindste byggesten i naturen og med de kræfter, som virker imellem dem. Kemien repræsenterede i slutningen af forrige århundrede datidens "elementarpartikelfysik", indtil atomfysikken — og efter den kernefysikken — i dette århundrede overtog studiet af de mindste objekter. Det område, som senere skilte sig ud fra kernefysikken for at blive til nutidens elementarpartikelfysik, blev allerede etableret i halvtredserne. Nye målemetoder gjorde det muligt at observere en række egenskaber ved naturens mikrostruktur, som ikke var beskrevet af den ellers velfungerende kvanteelektrodynamik (QED) og Fermi-teorien for de svage kernekræfter. Sammen med et stadig stigende — og uoverskueligt antal identificerede elementarpartikler, skabte de uforklarede egenskaber grundlaget for udviklingen af den teori vi i dag betegner elementarpartikelfysikkens Standardmodel. Denne model beskriver med stor succes opbygningen af stof og de kræfter, som virker mellem stoffets bestanddele. Desværre har det indtil nu kun været muligt at beskrive tre kræfter inden for rammerne af denne model, nemlig den stærke og den svage kernekraft samt den elektromagnetiske kraft. Gravitationskraften, naturens fjerde og svageste kraft, står stadig for sig selv uden en egentlig kvantemekanisk beskrivelse.

Det eksperimentelle program for moderne elementarpartikelfysik er så kostbart, at det kun kan gennemføres i internationalt regi. I Europa findes to centre for elementarpartikelfysik, CERN i Geneve og DESY i Hamburg. Disse centre har gennem tiden delt forskningsfeltet mellem sig, så de eksperimentelle programmer i videst mulig udstrækning har suppleret hinanden. Indtil for tre år siden var hovedaktiviteten på CERN eksperimenter med hadroner som primære projektiler, mens man på laboratoriet i Hamburg var beskæftiget med elektron-positron sammenstød. For tiden er rollerne delvist byttet om. På CERN studerer man ved LEP elektron-positron sammenstød, mens man ved DESY er ved at lægge sidste hånd på en ny maskine, HERA, hvor sammenstød mellem protoner og elektroner ved meget høje energier kan frembringes. Begge aktiviteter har til formål at afprøve Standardmodellen og specielt at finde de svagheder, som på længere sigt kan skabe basis for en mere endelig teori. For på trods af dens succes har Standardmodellen også mange mindre gode sider. F.eks. er den metode, med hvilken man indfører partiklernes masse, ikke helt tilfredsstillende. Desuden har modellen et stort antal frie parametre.

Planlægningen af den næste accelerator ved CERN er allerede langt fremme. Navnet LHC, for Large Hadron Collider, antyder, at CERNs forskningsaktivitet efter år 2000 atter bliver eksperimenter med hadroniske projektiler. I LHC skal protoner støde mod protoner med så stor energi, at selv elementarpartikler, som er fire gange tungere end Uranatomet (1000 GeV/c^2), kan blive produceret i tilstrækkeligt stort antal. Målet er at finde Higgs partiklen og top-kvarken. Higgs-partiklen, som sandsynligvis er den tungeste af de to, kan have en masse på helt op til 1000 GeV/c^2.

Indenfor teoretisk højenergifysik findes der mange forskellige retninger, som alle prøver at bringe os videre end Standardmodellen. Et af de senere års mere omtalte teoretiske tiltag, strengteorier, har endog vist en mulig vej til at forene gravitationskraften med de øvrige tre kræfter. Disse teoretiske konstruktioner er født med kvantegravitation. Men desværre er de endnu ikke tilstrækkeligt gennemarbejdet til at give egentlige forudsigelser og således ikke istand til at overtage Standardmodellens plads som den bedste beskrivelse af mikro-kosmos. Andre teoretikere arbejder på først at kvantisere gravitationskraften for derefter om muligt at forene den med de andre kræfter. Super Symmetri og Technicolor er navne på andre næsten udødelige ideer, som er udsprunget af Standardmodellens mangelfuldhed, og som en god del af det eksperimentelle program går ud på at undersøge.

Danmark har en lang tradition for deltagelse i højenergifysik, både blandt teoretikere og eksperimentatorer. Den eksperimentelle aktivitet har været koncentreret på Niels Bohr Institutet, hvor to grupper deltager i LEP eksperimenterne ALEPH og DELPHI. Begge grupper har deres rod i tressernes og halvfjerdsernes hadron eksperimenter på CERN. Grundlæggende bidrag, som f.eks. de første observationer af hadron jetter i proton-proton og proton-antiproton sammenstød og opdagelsen af W og Z partiklerne, blev gjort af eksperimenter, som de to grupper har ydet en væsentlig indsats ved. Når de nuværende eksperimenter er tilendebragt i slutningen af dette årti, er det planen at deltage i ét LHC eksperiment. Forarbejdet til dette begyndte allerede for flere år siden.

Arbejdet indenfor teoretisk højenergifysik har også sit tyngdepunkt på Niels Bohr Institutet. Af områder, man beskæftiger sig med, kan nævnes kosmologi, kvantegravitation og superstrenge. Alle er interessante teoridannelser, hvoraf nogle måske senere vil kunne undersøges eksperimentelt.

Med dette nummer af KVANT prøver vi at give et øjebliksbillede af højenergifysikken, som den ser ud anno 1992. Det er oplagt ikke muligt at give et fuldstændigt billede, men ved at samle fire artikler om Standardmodellen, Strengteori, Kosmologi og Neutrinofysik, håber vi at give et dækkende indtryk af dette forskningsområde*.

Referencer:

1) *LHC, Fremtidens elementarpartikelfysik-laboratorium.* KVANT **2**, nr. 1, 13 (1991).

* I et af de næste numre vil der yderligere blive bragt en artikel om tungionsfysik (*red.*).