

Förord

Temat för årets Kosmos är *standardmodellen*. En *modell* kan sägas vara en avbildning av något som ofta är svårt (eller omöjligt) att observera direkt. Även om en modell bygger på experimentella tester, är den bara korrekt inom vissa gränser. En *teori* bukar inom fysiken avser ungefär en given uppsättning begrepp och regler, vanligtvis formulerade matematiskt, som beskriver hur något fysiskt system eller en klass av fysiska system beter sig. Med de synsätten kan man nog betrakta *standardmodellen* såväl som en teori som en modell.

En teoribildning som beskriver naturen bör ha en struktur sådan att den medför metoder att göra förutsägelser. Det är önskvärt att en teori, eller för den delen en modell, är så enkel och samtidigt så allmängiltig som möjligt. Vi har i Kosmos haft temanummer om kvantmekanik och relativitetsteori. Det är teorier som utvecklats då den ”klassiska fysiken” kommit till korta. På många sätt är *standardmodellen* förankrad i såväl kvantmekanik som i relativitetsteori.

Förenklat sett handlar *standardmodellen* om materiens minsta beståndsdelar. Med nödvändighet går den dock längre än så. Det håller inte att bara återge de minsta *partiklarna* om man inte också beskriver hur de växelverkar med varandra och hur de påverkas av krafter. På så sätt blir denna teoribildning till en generell teori om materia, krafter och fält och det är det som har föranlett epitetet ”standard”.

Tanken att materien vid sin yttersta mikroskopiska gräns består av någon slags fundamentala partiklar är förstås mycket gammal. Det var också gott och väl ett sekel sedan det stod klart att inte just de *atomer*, med vilka våra grundämnen klassificeras, är de minsta partiklar som finns, och att de, namnet till trots, inte är odelbara.

När vår nuvarande standardmodell tog form, med dess kvarkar, leptoner och annat, var det en frukt av att avancerad experimentell fysik och teoribildning korspollinerade varandra. Gradvis fick modellen utökas och resulterade i en systematik. I denna finns ett begränsat antal *elementarpartiklar* och krafterna mellan dessa beskrivs i sin tur som ett slags *utbytespartiklar*.

Den domän inom experimentalfysiken som oftast (dock inte uteslutande) undersöker fenomen relevanta för standardmodellen är elementarpartikelfysik. Typiskt för dessa experiment är att de är stora och resurskrävande. Experimentanläggningarna finns ofta på stora forskningsinfrastrukturer, och en som måste nämnas — speciellt med svenskt eller europeiskt perspektiv — är CERN i utkanten av Genève.

Kosmos 2023 inleds med en artikel av Rikard Enberg som ger oss en grundlig pedagogisk genomgång av vad *standardmodellen* är och hur den fungerar teoretiskt. Flera av de grundläggande begreppen går igenom, såsom kvantfältteori, Feynmandiagram och mycket annat. För en läsare som ännu inte är insatt i *standardmodellen* är detta tänkt som en inledning till resten av volymen.

Detta följs av tre artiklar som huvudsakligen beskriver experimententella insatser, men som också placerar dessa i sitt riktiga teoretiska sammanhang. De tre inläggen följer ungefärligen en kronologisk följd. Klas Hultqvist beskriver de första decennierna av forskningen inom *standardmodellen*. Han går igenom olika experiment som gjordes, i Europa och USA, från 1970-talet och framåt och berättar hur de ledde till att *standardmodellen* successivt närmade sig sin nuvarande form, ”partikel för partikel”. I nästa avsnitt tar Sten Hellman oss vidare. Här förklaras bland annat hur de stora acceleratorerna och detektorerna är uppbyggda, och varför de är utformade som de är. Han svarar bland annat på frågan varför de måste vara så stora. Artikeln är också en blick mot framtiden. Med utgångspunkt från vad vi har idag, vilka begränsningar som finns och vad man kan hoppas kunna upptäcka framöver målas en bild av hur kommande acceleratorer kan tänkas komma att se ut. Den tredje delen av denna trilogi handlar om Higgspartikel. Denna upptäcktes 2012, men vad har hänt sedan dess? Jonas Strandberg förklarar vad Higgspartikel är, hur man kan ”se” den experimentellt, och han redogör för hur forskningsfronten ser ut just nu, då kartläggningen av Higgspartikel och dess egenskaper i högsta grad är ett aktivt forskningsfält.

Ett exempel på vetenskap relevant för standardmodellen, men

som kanske inte riktigt är traditionell partikelfysik, är undersökningar av protonen och dess egenskaper. Protonen — i sin tur en sammansatt partikel — är en av atomkärnors två komponenter. Noggranna experimentella studier av protonen har på senare tid givit spektakulära och motsägelsefulla resultat. Om detta berättar Karin Schönning, i en artikel där hon visar hur detta i allra högsta grad är relevant också för den grundläggande förståelsen av *standardmodellen*.

Vi avslutar årets Kosmos med tre artiklar som handlar om *fysik bortom standardmodellen*. Johan Rathsmann skriver om teori-bildningar som går utöver de som dominerat första delen av boken. En del svagheter, eller luckor, i *standardmodellen* framställs, tillsammans med ansträngningar att täppa till dessa. Bland dessa beskrivs så kallad *supersymmetri*. Else Lytken berättar i sin artikel om vilka experimentella framsteg som görs på denna front. Det vill säga experiment där man hoppas se något som inte passar in i *standardmodellen*. Intressant i det sammanhanget är hur säker man kan vara att ett resultat avviker från den gängse modellen. När kan man klassa en sådan avvikelse som en "observation" och när är det en "upptäckt"? Slutligen har vi en blixtkallad artikel om myonens elektriska dipolmoment. Så sent som i augusti i år hölls en presskonferens om nya resultat om detta. Nils Hermansson-Truedsson ställde med mycket kort varsel upp på att skriva en text som förklarar vad ståhejet handlar om och om hur experimenten ifråga fungerar.

Materiens uppbyggnad, och dess mest fundamentala byggstenar, har alltid fascinerat människan. Elementarpartikelfysikens standardmodell har grundligt reformerat kunskapen om detta. I Kosmos 2012 skrev Sven-Olof Holmgren om "Novemberrevolutionen i elementarpartikelfysiken". Han beskriver där en febril aktivitet i början av 1970-talet och den artikeln kan med fördel läsas tillsammans med texterna i den här upplagan. Kosmos har också haft många andra artiklar genom åren som har att göra med *standardmodellen* och dess konsekvenser. Bland dessa kan nämnas de i Kosmos 2019 av Riccardo Catena, Olga Botner, Martin Sahlén och Joel Johansson. Säkert kommer ämnesområdet att bli aktuellt för Kosmos många gånger till.

Trevlig läsning!

Anders Kastberg, november 2023