

Galaxhopar i förgrunden

Galaxhopar tillhör de största strukturer i universum. De kan väga upp till flera miljoner miljarder solmassor ($10^{15} M_{\text{sol}}$). En galaxhop innehåller hundratal galaxer, men galaxerna bidrar faktiskt bara till en liten del av hopens massa: het gas mellan galaxer väger upp till 20 % av den totala massan, och resten är mörk materia. Antalet galaxhopar i universum beror på de kosmologiska parametrarna. Ett sätt att upptäcka galaxhopar är genom deras effekt på bakgrundsstrålningen – radioljuset som emitterades strax efter Big Bang ...

av Cathy Horellou

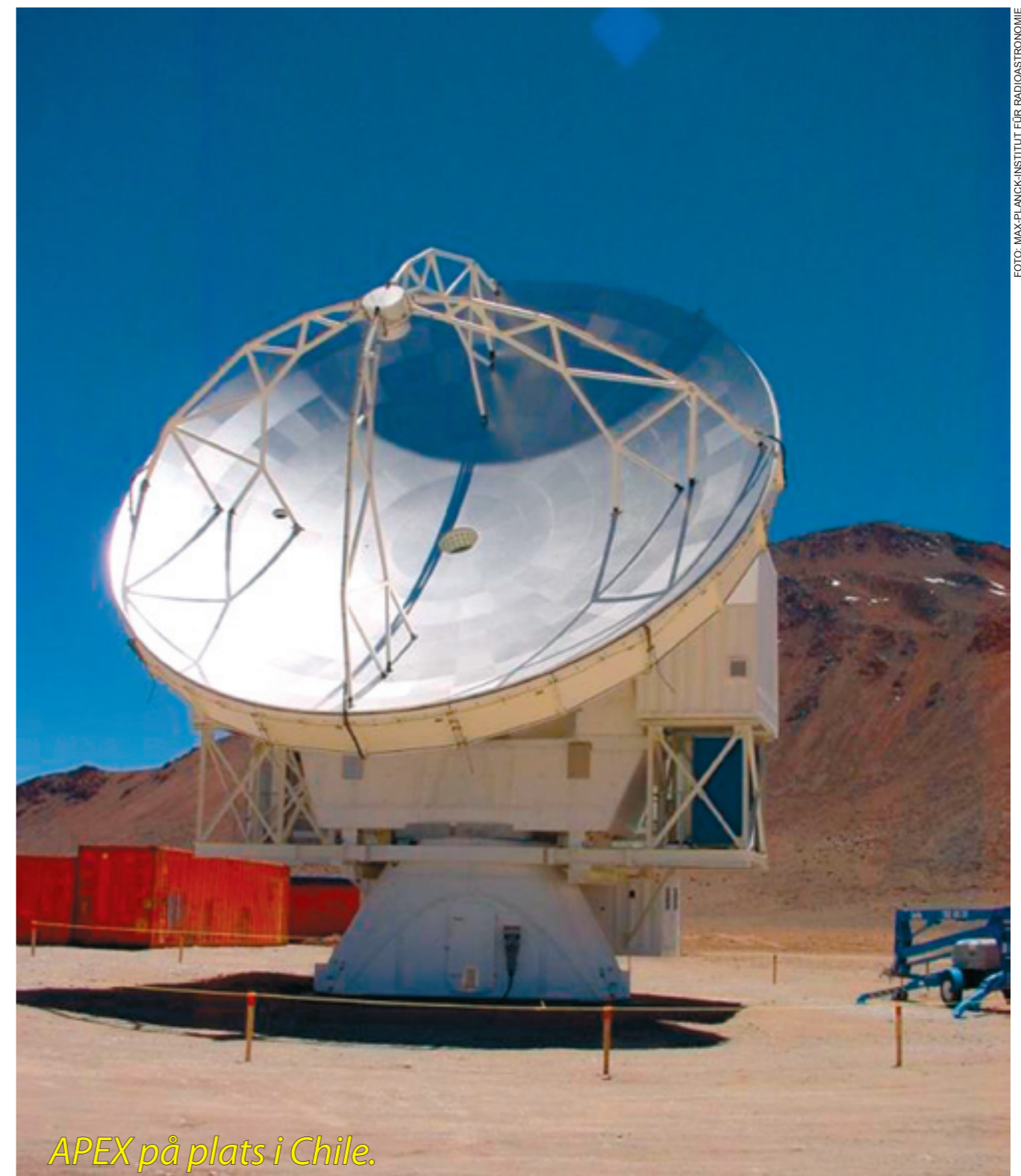
Den kosmiska bakgrundsstrålningen

Som litet barn var Albert Einstein mycket tystlåten, och det dröjde faktiskt tills han blev fyra år gammal innan han började prata. Universum behövde, liksom den stora fysikern, sin tid innan det kunde uttrycka sig på ett koherent sätt: det tog inte mindre än 380 000 år tills universums första ”ord” uttalades, i form av strålning som vi tar emot med våra radioteleskop idag. Men vad var det egentligen som Einstein sade när han till slut började prata? Enligt legenden sade pojken, högt och tydligt, på perfekt tyska: ”Die Suppe ist kalt!” Vilket sammanträffande att universums alla första meddelande, som detekterades för första gången 1965 av Penzias och Wilson (nobelpris 1978), hade en mycket liknande betydelse: soppan är kall! Den kosmiska ”soppans” temperatur mätes med hög precision 1992 av instrumenten ombord den amerikanska satelliten COBE: universum är faktiskt 270 grader kallt – knappt tre grader över den absoluta nollpunkten. Denna mätning är en stark bekräftelse på Big Bang-teorin, som innebär att vi idag skulle bada i en sådan bakgrundsstrålning som sändes ut i begynnelsen, när universum var ungt, hett och tätt. Sedan dess har universum utvidgat sig, och temperaturen har minskat. COBE upptäckte dessutom små oregelbundenheter i bakgrundsstrålningen, som tolkas som frön till de strukturer som vi känner till idag: galaxer och galaxhopar.

När fotonerna får en liten kick:

Sunjajev-Zeldovitj-effekten

Detta ”ljus” från för länge sedan (13,7 miljarder år sedan) har genomgått en lång resa tills det nådde våra radioteleskop. Tänk nu, som Einstein gjorde, att vi kunde rida på en foton från den kosmiska bakgrundsstrålningen. På vägen hit har vi en liten chans att träffas av partiklar, speciellt elektroner, som finns i stor mängd inom galaxhopar. Galaxhopar består av hundratal galaxer av olika typer, som rör sig i sin galaxhop som en hop bin. Galaxhopar innehåller också mycket het gas, med en temperatur på flera hundra miljoner grader, som kan detekteras genom sin röntgenstrålning. Vad händer då, när en foton från den kosmiska mikrovågsbakgrunden ”krockar” med en sådan högenergetisk elektron? Fotonen får en liten kick, lite extra energi. Observerar man radiostrålningen visar det sig att fotonerna med låg energi saknas: det är ”hållet på himlen”, bristen på energi, som de ryska fysikerna Rasjid Sunjajev och Jakob Zeldovitj förutsade i sina teoretiska beräkningar redan 1969. Eftersom fotonerna förskjuts till högre energi blir spektret deformerat: minskningen vid låga frekvenser motsvarar en ökning vid höga frekvenser. Det tog tio år tills effekten kunde detekteras. Idag har ett femtiotal galaxhopar visat upp den förväntade effekten, och förhoppningen är att det ska vara möjligt att upptäcka nya



APEX på plats i Chile.



FOTO: ESA/NASA

En optisk bild av galaxhopen Abell 2218 tagen med rymdteleskopet Hubble. Galaxhopen innehåller het gas som har detekterats genom sin röntgenstrålning. Sunjajev-Zeldovitj-effekten har också detekterats mot denna galaxhop.

galaxhopar genom deras Sunjajev-Zeldovitj-signatur. Den europeiska satelliten *Planck*, som skall skjutas upp 2007, förväntas upptäcka ungefär 10 000 galaxhopar på detta sätt.

Fördelen med observationer från rymden är att man undviker den utsuddande effekten från jordens atmosfär, som gör det omöjligt att observera i vissa frekvensområden. Nackdelen är att instrumentet måste vara ganska litet, och i *Planck*'s fall har antennen en diameter på 1,5 m. Radioteleskopen på marken kan vara betydligt större (och billigare), vilket innebär att de kan vara känsligare och ha en högre upplösning. *Planck*'s upplösning är cirka 5 bågminuter (en sjättedel av månens diameter).

APEX

Det nya, delvis svenska radioteleskopet i Chile, APEX (*Atacama Pathfinder EXperiment*), kommer att upptäcka hundratals galaxhopar på stora avstånd. APEX är en antenn 12 meter i diameter som befinner sig på 5 000 meter höjd i den chilenska öknen. Det är ett internationellt samarbete mellan Sverige (cirka 20%), Max-Planck-institutet för radioastronomi i Bonn, andra forskningsinstitutioner i Tyskland (50%), och ESO. APEX' upplösning på 0,8 bågminut är precis den riktiga för att observera galaxhopar. APEX kommer att leta efter galaxhopar under en till två månader per år. Antalet galaxhopar i universum är extremt känsligt för de kosmologiska para-

Sunjajev-Zeldovitj-effekten: Den diffusa gasen i en galaxhop har en temperatur på flera hundra miljoner grader. De heta elektronerna från galaxhopen växelverkar med fotoner från den kosmiska bakgrundsstrålningen.

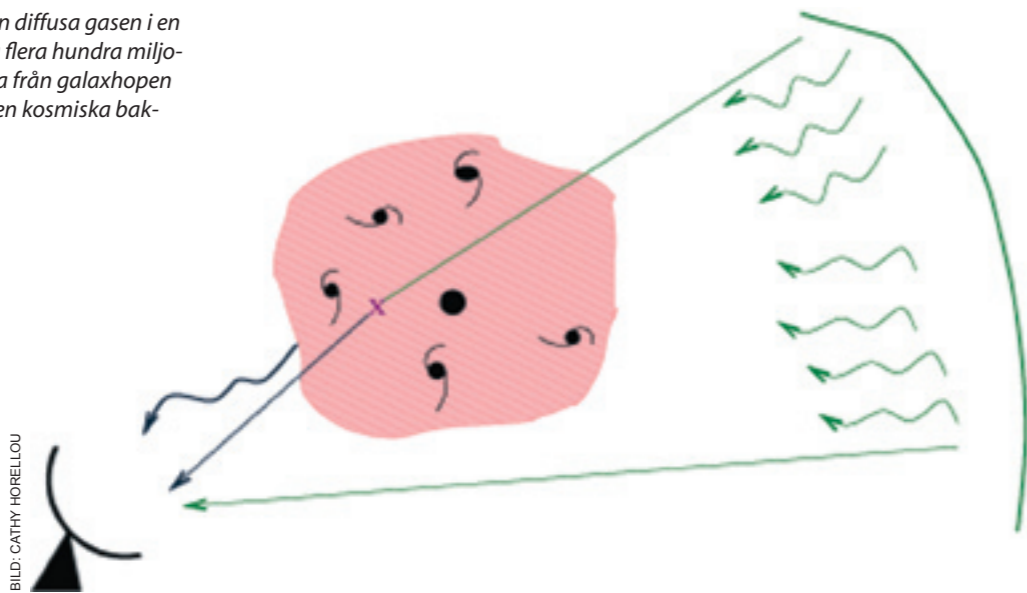


BILD: CATHY HORELLOU

metrarna. Att kunna mäta hur många galaxhopar det finns med olika massor och på olika avstånd kommer att hjälpa till att svara på de stora frågorna: hur mycket mörk materia och mörk energi finns det i universum, har den mörka energins egenskaper förändrats i universums historia, och i så fall hur?

APEX kommer att börja leta efter galaxhopar i början av 2006. APEX ska leta efter den negativa radiosignalen (jämfört med signalen som kommer direkt från bakgrundsstrålningen, utan att ha deformerats av en galaxhop på synlinjen). Sunjajev-Zeldovitj-signalen är svag, ändå mätbar med APEX' känsliga mottagare, bolometrar, som byggs i Berkeley. APEX kommer att kartlägga 250 kvadratgrader på den södra himlen vid två frekvenser och förväntas upptäcka omkring tusen galaxhopar. Den nya katalogen kommer att göra det möjligt att testa teorier för bildningen och utvecklingen av galaxhopar i universum. APEX är en prototyp för

ALMA (*Atacama Large Millimeter Array*), en interferometer med mer än 50 antenner som ska byggas på samma plats i Chile. Medan APEX kommer att finna galaxhoparna skall ALMA observera dem i stor detalj. Sunjajev-Zeldovitj-effekten är känslig för gasens tryck inom galaxhopen. Man kan redan drömma om framtiden kring 2010 och gissa att Sunjajev-Zeldovitj-observationer med ALMA kommer att ge oss oerhört spännande bilder av gasens fördelning i avlägsna galaxhopar – fortsättning följer!

Länkar:

<http://www.oso.chalmers.se/oso/apex>

<http://www.mpifr-bonn.mpg.de/div/mm/apex>

CATHY HORELLOU är radioastronom vid Onsala rymdobservatorium och intervjuas på sidorna 26–29 i detta nummer.

Från Evanders rimsmedja

Teckning: SOL

Solfläckar

Vår sol kan liknas vid en väldig gryta. I kärnan äger reaktioner rum, så glödhet gas kan bubbla upp och flyta som jättegryn i moln av helium.

I teleskopet ser vi solens yta, där magnetismen ger ett fläckigt skum. Det mörka mönstret ses den ständigt byta. Av rymdens under blir betraktar'n stum.

En solfläck är som ett magnetiskt berg. Kring fläcken samlas ofta ljusa dalar, där ytans gaser strålar ut sin hetta.

Så växlar oupphörligt ytans färg, som hos en apelsin man sakta skalar. Allt bättre inser vetenskapen detta.

EVANDER

