

Original title: Fronteras

Title of translated show: Gränslös nyfikenhet

Translated by: Tim Olsson and Anna S. Arnadottir / The Lund University Planetarium

Contact for Swedish translation: Anna S. Arnadottir (anna@astro.lu.se)

Gränslös nyfikenhet (v.3.0)

*Här ligger gränsen mot något som saknar gränser
Oändligt stort till sin form och utan slut
Dess beståndsdelar är mer än vanlig materia
Dess innersta väsen är överallt och ingenstans
Ändå utgör det hela vår värld
Vårt all-omfattande Universum; det enda som finns.*

så skrev Giordano Bruno år 1584

[Night in forest]

Människans nyfikenhet när det gäller vårt Universum är närmast oändlig. I tusentals år har vi tittat uppåt och undrat om himlen helt enkelt är gudarnas domän eller om det kan finns varelser där ute i oändligheten som liknar oss.

Vi människor är nyfikna varelser. Vi sträcker oss ut i världen och utvidgar våra territorier. Vi var rest runt vår egen planet och upptäckt nya länder och kontinenter. Från kust till bergstopp, från ekvatorn till polarområden har vi utforskat Jorden. Nu lockas vi av natthimlen, den sista återstående gränsen.

Under en mörk natt kan vi med blotta ögat se omkring 6000 stjärnor, som alla tillhör vår galax: Vintergatan. Dessa stjärnor har inspirerat oss att skapa konst, religioner, vetenskap och den teknik vi behöver för att flyga.

[GIS flygning]

När vi lyckades bygga flygplan och flyga över vår planet insåg vi att gränser mellan länder och människor är något vi själva har hittat på. Här uppifrån flödar landskapet från bergstopp till kust.

Från en höjd av ca 30 000 meter ser landskapet ut att vara gränslöst. Ändå ser vi bara en liten del av hela kontinenten här.

Högre upp kan vi se hur Jorden långsamt har ändrats med tiden. Vatten och is formar dalgångar medan kontinentalplattornas rörelser bildar nya berg. På vissa ställen kan vi även se nedslagskratrar efter asteroider eller lavafält runt aktiva vulkaner.

Här uppe är det uppenbart att Jorden är klotformig. Detta är vår planet. En av många som kretsar runt Solen. Det som är speciellt med just denna planet är att här bor vi. Och inte bara vi människor, utan allt det liv som har frodas här.

[Gemini South och VLT]

Ända sedan Galileo Galilei för första gången riktade sitt teleskop mot natthimlen har vi försökt placera Jorden i sammanhang med resten av vårt Universum. Med större och större teleskop sträcker vi oss ut och lär oss om vilka vi är och vilken värld vi lever i.

Framför våra ögon uppenbaras exoplaneter kretsande runt Vintergatans andra stjärnor, tusentals ljusår bort från vårt eget Solsystem. Vi ser stjärnor som föds och dör, och vi ser galaxer som bildas och förändras.

Vi brukade prata om *“himlavalvet”*, som om vår Jord satt inuti en gigantisk sfär varpå stjärnor och planeter var fästa. Men nu vet vi att rymden är oändligt djup och att avstånden mellan planeter, stjärnor och galaxer är mer än vad våra hjärnor kan föreställa sig.

[ALMA]

Högt uppe i Atacama öknen i Sydamerika har vi nu byggt 64 antenner som tillsammans tar emot radiovågor från rymden. Detta är observatoriet ALMA. Det kan visa oss natthimlen i våglängder våra ögon inte kan registrera.

[Night sky at different wavelenghts]

Medan våra ögon ser varma objekt som stjärnor, så kan ALMA se svalare fenomen så som nebulosor, gas och stoft. Från dessa gasmoln kan nya stjärnor och planeter bildas.

Om vi däremot vill observera högenergetisk gammastrålning, som denna, behöver vi ta oss ut till rymden. Gammastrålning tränger sig nämligen inte genom vår atmosfär ner till våra teleskop.

[Launch and flight]

Låt oss nu lämna vår trygga planet och ta oss ut i rymden. Med planetariets hjälp kan vi övervinna alla praktiska begränsningar och själva besöka planeter, stjärnor och galaxer. Universum väntar där ute...

På bara några sekunder har vi rest över 300 kilometer. Vi tittar tillbaka och ser vår blå-gröna planet. Trots att vi har bott där i tusentals år kan vi härifrån inte känna igen några mänskliga skapelser.

Byggnader, vägar, hamnar och även storstäder är små jämfört med hela jordklotet.

Alla konflikter över territorier blir meningslösa när vi inser att Jorden är nästan som ett rymdskepp, och att vi alla reser tillsammans runt omkring i Solsystemet.

Titta, där ser vi Månen kretsande runt Jorden!

Månen är täckt av kratrar, spår efter våldsamma asteroidnedslag.

Det tog astronauterna över tre dygn att resa med Apollo rymdskeppen till Månen medan vi har rest dessa 400 000 kilometer på bara ett fåtal sekunder. Ljuset reser denna sträcka på bara lite mer än en sekund.

Ingen människa har någonsin rest längre bort från Jorden än vad Apollo astronauterna gjorde. Men med planetariets hjälp kan vi nu ta en snabb promenad i solsystemet.

[Solar system overview]

De fyra planeter som ligger närmast Solen kallar vi de inre planeterna. Dessa stenplaneter ligger närmare solen än vad asteroidbältet gör och här skulle vi kunna landa med våra rymdsonder om man så önskade. Längre bort från Solen ligger yttre planeterna. Stora gas- och isjättar med flera tiotals månar var kretsande runt omkring sig.

Låt oss titta lite närmare på Solsystemets planeter.

Merkurius ligger närmast Solen. Den är uppkallad efter den romerska mytologins budbärare och den liknar Månen lite grann. Dess yta är täckt av nedslagskratrar. En av kratrarna är 1550 km i diameter. Det är lika långt som hela Sverige från norr till söder.

Lite längre från Solen hittar vi Venus. Eftersom den ligger närmare Solen än vad vi gör så ser vi den ofta direkt efter solnedgången eller strax innan soluppgången, beroende på var Venus är i sin bana runt Solen. Detta är en värld av extrema förhållanden. På grund av växthuseffekten är temperaturen på Venusytan alltid 400 grader, vilket gör att detta är den varmaste planeten i solsystemet.

Författare, poeter och forskare har länge undrat om det finns liv på Mars. Dussintals böcker och filmer berättar om dess djupa kanaler. Mars är täckt av rostig sand och dess röda färg på vår natthimmel gjorde att vi upkallade den efter den romerska krigsguden. Vi har skickat flera robotar till Mars för att undersöka planeten. Om vi, i framtiden, vill resa till och bosätta oss på någon planet, så är Mars det uppenbara målet.

Asteroidbältet markerar gränsen mellan det inre och det yttre solsystemet. Asteroiderna är stenar vars storlek varierar mellan några tiotals till hundratals kilometer. Här har de legat och kretsat runt Solen sen Solsystemet skapades. Detta är det byggmaterial som planeter är gjorda av. Mitt bland dessa hundratusentals små asteroider hittar vi även dvärgplaneten Ceres.

Solsystemets koloss är en stormig värld. Jupiter är en planet som består huvudsakligen av gas. Därför kan den snurra snabbare vid ekvatorn än vad den gör vid polerna. Detta orsakar de karaktäristiska banden i atmosfären. Bland stormmolnen kan vi se Jupiters stora röda fläck, en storm som har härjat i över 300 år. Den är så stor att två Jordklot skulle få plats bredvid varandra i den.

Planeten Saturnus är Solsystemets juvel. Dess magnifika ringar upptäcktes av Galileo år 1610. Ringarna består av oräkneligt många is- och grusbitar som kretsar kring planeten. Isen reflekterar solljuset tillbaka mot oss här på Jorden, och därför ser vi ringarna så bra som vi gör.

I den kalla utkanten av solsystemet hittar vi Uranus. Denna blåa isjätte ligger så långt från Solen att det tar solljuset två och en halv timme att resa hit. Den är så ljussvag att vi inte kan se den med blotta ögat. Uranus upptäcktes med hjälp av teleskop, för drygt 200 år sedan. Planetens blå färg kommer från metan i atmosfären.

Metangasen innehåller kol, så i det enorma trycket och temperaturen djupt nere i atmosfären kan det bildas diamanter som regnar ner på planetens kärna.

Neptunus är den yttersta av Solsystemets planeter. Här är det så kallt att planetens egen interna värme värme är dubbel så stor som den värme som Solen strålar hit. I den turbulenta atmosfären bildas stora stormar, som liknar de vi kan se på Jupiter. En av de mest kända stormarna här är en stor svart fläck som rymdsonden Voyager 2 upptäckte.

[Sun]

Mitt i solsystemet sitter vår stjärna, den som vi kallar Solen. Även om vi samlade alla planeter, asteroider, dvärgplaneter och kometer ihop till en klump skulle Solen ändå vara 100 gånger tyngre. Solen är så stor att även om vi hade ett hundra Jordklot bredvid varandra skulle dem inte nå från ena sidan av Solen till den andra.

Solen är en stjärna, vilket betyder att djupt inuti dess kärna är trycket och temperaturen så hög att väteatomer förvandlas till heliumatomer. Dessa fusionsreaktioner alstrar både ljus och värme som så småningom tar sig till Solens yta och sprider sig därifrån ut i rymden.

Vår stjärna är fyra och en halv tusen miljoner år gammal, och har tillräckligt mycket bränsle kvar för att fortsätta lysa i ca 5 tusen miljoner år till. Mot slutet förvandlas Solen till en röd jättestjärna. Då och förvandla heliumatomer till tyngre grundämnen.

På Solens yta kan vi ibland se små mörka fläckar. Dessa solfläckar uppstår på grund av förändringar i magnetfältet.

[Outer Solar system]

Det finns mer i vårt solsystem än bara Solen i mitten och åtta planeter kretsande runt omkring den. Förutom de hundratusentals asteroider som vi redan har nämnt har våra teleskop nu börjat upptäcka kalla, mörka, isiga världar i det yttre solsystemet.

Dessa tusentals små världar bortom Neptunus kallar vi transneptuniska objekt. Ofta ser de bara ut som små prickar i våra teleskop, så i många fall vet vi inte ens hur stora de är. Några är dock tillräckligt stora för att ha fått namn, så som till exempel asteroiden Sedna och dvärgplaneterna Eris, Haumea, Pluto och Makemake.

Här ute ligger Kuiperbältet och det är här, från det yttre solsystemet, som vissa spektakulära kometer har sitt ursprung. Ett exempel är kometen Halley, som alltid besöker det inre solsystemet med 76 års mellanrum.

Det ser nu ut som att vi har lämnat solsystemet. Men det finns mer. Även här ute finns det himlakroppar som kretsar runt Solen och som följer Solen i sin resa runt om i Vintergatan.

Detta är Oortmolnet, ett hypotetiskt sfäriskt område som kan innehålla mellan en miljon och hundra tusen miljarder objekt. Himlakropparna härute är för små, kalla och ljussvaga för att se med våra teleskop. Vad vi däremot har sett är långperiodiska kometer, som kommer härifrån och faller inn mot solen med mer än 200 års mellanrum.

[Constellations]

Låt oss nu resa vidare mot stjärnorna.

Fyra ljusår från Jorden ligger Solens närmaste granne Proxima Kentauri. En röd och ljussvag dvärgstjärna kretsande runt om den mer ljusstarka Alfa Kentauri. Det skulle ta oss hundra-tusentals år med dagens teknologi att resa dit. Och de andra stjärnorna ligger ännu längre bort.

Stjärnbilderna föreställer mytologiska figurer på natthimlen men nu ser vi att varje stjärnbild innehåller stjärnor på olika avstånd från oss här i Solsystemet. Här har vi människor grupperat stjärnor som råkar ligga i samma riktning sett härifrån. Mönstret av stjärnor ändras när vi flyger ut mot rymdens oändlighet.

[Exoplanets]

Är det inte sannolikt att minst en av alla dessa stjärnor har en planet kretsande runt omkring sig som liknar Jorden? Kan det finnas liv på en sån Jordliknande planet?

Under de senaste 20 åren har vi upptäckt tusentals exoplaneter utanför vårt solsystem. Dessa exoplaneter är ofta mycket underliga, och samma kan gälla eventuellt liv där ute. Kommer vi ens att kunna kommunicera med de varelser som kan finnas på någon fjärran exoplanet? Tror du de skulle kunna våra signaler?

År 1910 blev våra radiosignaler tillräckligt starka för att börja läcka ut i rymden. I över 100 år har vi skickat signaler åt alla möjliga håll. Först radiosignaler och sen även TV signaler. Dessa reser ut med ljusets hastighet och har redan nått tusentals stjärnsystem. Är det någon därute som lyssnar?

Samtidigt spanar våra teleskop efter exoplaneter kring de närliggande stjärnorna. Inte alla stjärnor har exoplaneter kretsande runt omkring sig, men många har. Vem vet. Kanske lyssnar de redan på oss där ute, eller kanske vår signal har nått en

värld full av dinosaurieliknande varelser utan rätt teknologi för att märka att vi är här. Vem vet.

Undan för undan inser vi att Solen bara är ett sandkorn på en enorm strand. En vanlig stjärna bland hundra tusen miljontals andra i vår galax.

[Vintergatan]

Framför oss öppnar sig vad som fram till för några hundra år sedan bara var ett suddigt band över himlen: Vintergatan.

Ljuset från stjärnorna som omger oss skickades iväg mot Jorden medan Cromagnon-människorna levde, för 40 000 år sedan.

All mänsklighetens historia, dess drömmar och dess liv, har utspelad sig här, i Vintergatans blygsamma Orionarm. Det är svårt för våra hjärnor att begripa hur enorm vår galax verkligen är.

Vintergatan är en gigantisk spiralgalax, bestående av 200 miljarder stjärnor.

Det tar ljuset ca 100 000 år att resa från ena änden av galaxen till den andra.

Men trots att Vintergatan ter sig så enorm, så vet vi sedan 1920-talet att den inte är den enda galaxen i Universum.

I den lokala gruppen av galaxer har vi Vintergatans systergalax Andromeda, Triangelgalaxen och flera tiotals dvärggalaxer kretsande runt omkring de större galaxerna. Alla känner tyngdkraften från varandra och rör sig därefter.

[Tully galaxies]

Längre bort visar planetariet oss färgglada prickar. Röda, gula och gröna. En prick för varje avlägsen galax vi har sett med våra teleskop. Om vi räknade en galax varje minut skulle det ta över 500 000 år att komma upp i antalet som finns i Universum.

Galaxerna är inte jämnt fördelade i universum utan klumpas ihop till större galaxhopar. Mellan galaxhoparna bildas stora bubblor med nästintill inga galaxer alls. Vår Vintergata rör sig mot ett område som kallar Virgogruppen, där tusentals andra galaxer redan befinner sig.

Men det finns mer. Galaxer är gjorda av stjärnor och nebulosor som i sin tur är gjorda av vanliga atomer, precis som vi är. Men om vi tittar närmare så finns det en

dold massa i vårt universum. Gjord av något helt annat. Vi kallar detta mörk materia och i varje galax finns det ungefär 5 gånger mer mörk materia än vanlig materia, så som stjärnor, planeter och nebulosor.

Mörk materia är Universums skelett. Den vanliga materian; varje sten, varje träd och varje djur på Jorden, måste följa fördelningen av denna mystiska ingrediens i den kosmiska tårtan.

Varje galax där ute sitter i en halo av mörk materia som håller ihop den.

[SDSS galaxies and quasars]

Detta är den karta över vårt Universum som astronomer har skapat, baserat på noggranna observationer av Universums miljontals galaxer.

På den kosmiska skalan tycks naturen imitera det lilla. Vi ser strukturer som påminner om nätverk av neuroner i hjärnan. Fraktala mönster så som stammar och grenar på ett träd.

Dessa strukturer av galaxer kallas för filament. Mellan filamenten finns tomrum, som knappt innehåller några galaxer alls.

[CMB]

Då det tar tid för ljuset att komma fram till våra teleskop tittar vi alltid på Universum som det var. Inte som det är nu. Vi tittar bakåt i tiden och ju längre bort vi tittar, desto yngre galaxer ser vi. Den verkliga gränsen för vad våra teleskop kan se ligger i mikrovågorna. Detta är den kosmiska bakgrundsstrålningen. Den är som en viskning, ett svagt eko av Universums födelse.

Europeiska rymdorganisationens Planck-satellit har kartlagt den kosmiska bakgrundsstrålningen som visas här. Detta är den tidpunkt då Universum blev genomskinlig ca 400 000 år efter den Stora Smällen. Hit kan vi se, men inte vidare.

Universum uppstod i en våldsam början av värme och ljus. Till en början var trycket och temperaturen så hög att hela Universum var som en stjärnkärna. Det tog ca 400 000 år för Universum att svalna tillräckligt för att ljus skulle kunna färdas fritt mellan atomerna. När det hände rusade ljuset fram, och på grund av att universum expanderade fick ljuset allt längre våglängd. I dag kan vi se universums första ljus som mikrovågor som strålar mot oss från alla håll.

[Back at Earth]

Det är den kosmiska bakgrundsstrålningen som berättar för oss att vårt universum hade en början för ca 13.8 miljarder år sedan. Vi ser att Universum är begränsat, eftersom tiden och rymden skapades då. Hur det kommer att sluta är mer osäkert.

Giordano Bruno talade om oändliga världar medan Emmanuel Kant tänkte sig världar som är isolerade från varandra. Vissa moderna fysiker utforskar idéer om parallella universum eller multiversum. Just nu vet vi bara en sak med säkerhet: Vår kunskap är begränsad, men vår nyfikenhet är oändlig!

