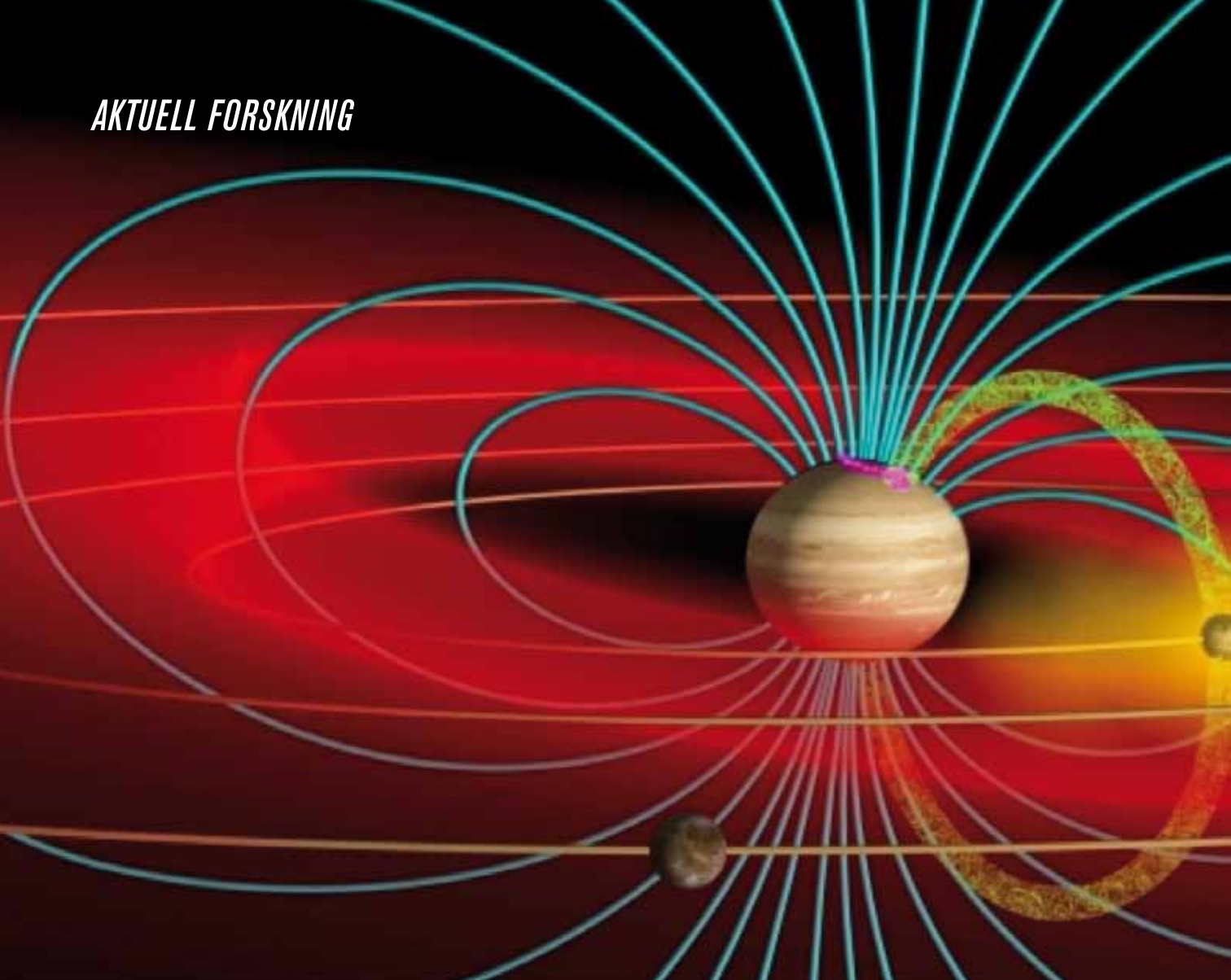


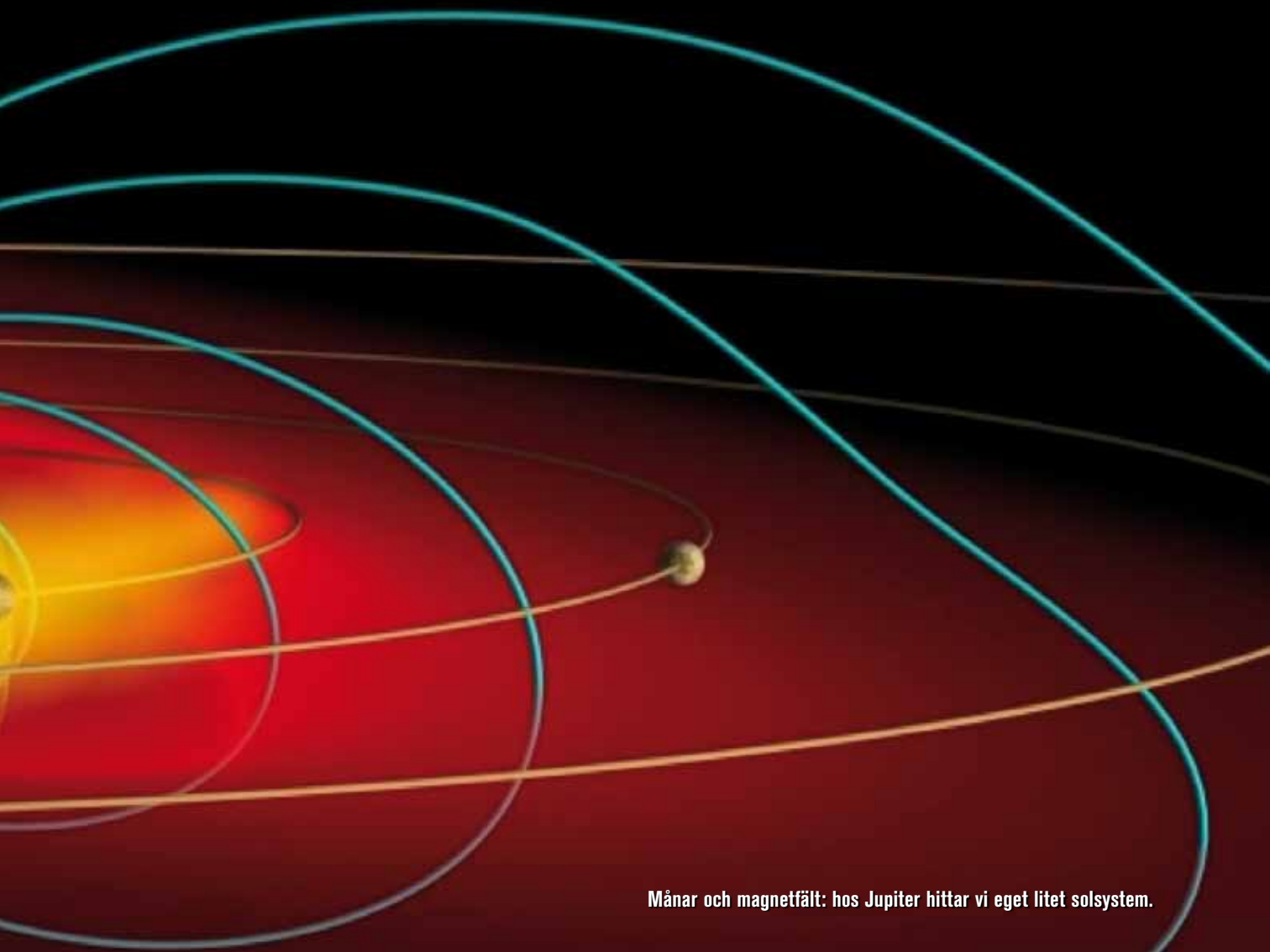
AKTUELL FORSKNING



*Därför ska vi tillbaka till **Jupiter***

av Gabriella Stenberg, Martin Wieser och Stas Barabash

Äntligen är det dags att inte bara beundra Jupiter på avstånd. Nu ligger vi i startgroparna för att i detalj utforska det fascinerade och komplexa system som Jupiter och alla dess månar utgör.



Månar och magnetfält: hos Jupiter hittar vi eget litet solsystem.

Vad vet vi om Jupiter?

Jupiter är stor. Dess volym är lika stor som 1300 jordklot och planeten väger 2,5 gånger så mycket som alla de övriga planeterna tillsammans.

Denna gigant bland planeterna svävar fram fem gånger längre ut från solen jämfört med jordens bana.

Precis som solen består Jupiter huvudsakligen av väte och helium och måste därför ha bildats innan den lätta gas som omgav den nybildade solen blåste bort ur solsystemet. Jupiter är en gasplanet och utgörs egentligen bara av en enorm atmosfär. Kanske finns det en fast kärna längst in, men det är inte riktigt klarlagt. I Jupiters tjocka atmosfär skapas våldsamma stormar. Ett exempel är den berömda röda fläcken som på senare tid fått sällskap av ännu en röd fläck. I motsats till vad som brukar hävdas är det inte säkert att den röda fläck vi ser idag verkligen är densamma som Cassini observerade 1665. Det har visat sig att fläckens utseende varierar kraftigt i storlek och form, och varför den är röd vet vi inte heller med säkerhet.

Månar som överraskar

När Galileo Galilei i början av 1600-talet riktade sitt teleskop mot den femte planeten från solen avslöjade han något viktigt. Jupiter är inte bara en majestätisk planet, utan ett helt

solsystem i miniatyr. De fyra stora månarna, som uppträdde som små ljusprickor runt planeten i teleskopets bildfält, var bara början på upptäckterna. Sedan dess har fler än 60 månar hittas med hjälp av teleskop och satelliter. De flesta av dem går i väldigt elliptiska banor med hög inklinering. Dessa månar har förmodligen ursprungligen gått i banor kring solen och fångats in av Jupiters starka gravitationsfält. Den jättelika gasplaneten är solsystemets bästa dammsugare. Många minns kanske fortfarande hur kometen Shoemaker-Levy först slets i bitar av tidvattenkrafterna från Jupiter och hur fragmenten sedan störtade ner i atmosfären 1995.

Jätteplanet – jättemagnet

Vi får redan nu en bild av Jupiter som den enväldige härskaren över ett helt eget system av objekt på behörigt avstånd från solen. Men det blir ännu mer intressant om man lägger till Jupiters eget magnetfält. Jupiter är en kraftig radiokälla som sänder på frekvenser från kilohertz till tiotals megahertz. Radiovågorna i megahertzområdet kallas DAM (dekametrisk radiostrålning) och har en våglängd på omkring tio meter. De observerades på jorden redan 1955. Eftersom radiovågorna varierade med en period på tio timmar, detsamma som Jupiters rotationsperiod, kunde man identifiera Jupiter som källan till strålningen.

BILD: JOHN SPENCER/SWRI

Liknade radiovågor produceras också i jordens magnetosfär, och därför var observationerna från Jupiter ett tydligt tecken på att det fanns ett magnetfält runt planeten. Från frekvensen eller våglängden på radiovågorna kunde man till och med uppskatta styrkan på det magnetiska fältet långt innan någon satellit kunde mäta det direkt.

Till formen påminner magnetfältet kring Jupiter om jordens magnetfält (ett så kallat dipolfält), men det är mycket starkare. Magnetfältstyrkan nära Jupiter är 13 gånger starkare än magnetfältet vid jordytan. Den magnetfältsbubbla – magnetosfär – som bildas genom solvindens växelverkan med magnetfältet är enorm. Om vi skulle kunna se Jupiters magnetosfär på himlen skulle den vara flera gånger större än månen trots att avståndet till Jupiter är mycket längre. Magnetosfären är hoptryckt på den sida som vetter mot solen och utdragen till en lång svans på nattsidan. Magnetosvansen sträcker sig ända ut till Saturnus' bana.

I magnetosfären kan partiklar som joner och elektroner fångas in och accelereras. Liksom på jorden bildas strålningsbälten: områden fyllda av väldigt energirika partiklar. Jupiters strålningsbälten dominerar den inre delen av dess magnetosfär, medan strålningsbältena på jorden har en mer begränsad utsträckning. Strålningsbältena runt Jupiter innehåller också många fler partiklar med riktigt höga energier och är en tämligen ogästvänlig plats.

Inne i Jupiters magnetosfär finns alla månarna. De fyra så kallade galileiska månarna (de som Galileo såg), Io, Europa, Ganymedes och Callisto, är samtliga jämförbara i storlek med vår egen måne eller med en liten planet som Merkurius. I övrigt är de helt olika, och till skillnad från jordens måne växelverkar de starkt med Jupiters magnetosfär. Io och Europa befinner sig djupt inne i strålningsbältena, medan strålningen är väsentligt lägre kring Ganymedes och Callisto.

Solsystemets mest vulkaniska ställe

Io är solsystemets geologiskt mest aktiva himlakropp med över 400 vulkaner som spy ut svavel och svaveldioxid. De stora vulkanerna som Tvashtar och Pele kastar ut sitt material mer än 300 kilometer upp i rymden.

Ios vulkaner producerar mycket av det material som fyller Jupiters magnetosfär. Utflödet av materia från Ios atmosfär är ungefär ett ton per sekund. Molekylerna i Ios atmosfär joniseras och fångas upp av Jupiters starka magnetfält som tvingar jonerna att rotera kring Jupiter med samma vinkelhastighet som Jupiter själv. Vid Ios bana motsvarar det 74 kilometer i sekunden medan Ios egen hastighet är 17 km/s. Jonerna sprider ut sig längs Ios bana och formar ett badringsformat plasmamoln – Ios torus. Jonerna i torusen rör sig snabbare än månen och jagar därför ständigt ifatt den bakifrån.

Europa: säkert under isen?

Europa är den minsta av de galileiska månarna. På månens yta är strålningsmiljön förmodligen för ogästvänlig att det ska kunna finnas något liv. Men under den tjocka isen som täcker månen kan situationen vara en helt annan. Den ocean som förmodligen göms därunder är ett av de mest lovande ställena att leta efter utomjordiskt liv och ett hett forskningsområde för framtida satellitexpeditioner till Jupitersystemet. Med stor sannolikhet finns oceaner inbäddade mellan islagren också på andra månar, men på Europa tros vattnet komma i kontakt med stenar och mineraler på botten. Det kan vara en väsentlig komponent för att liv ska kunna uppstå.

Månen med eget magnetfält

Ganymedes är solsystemets största måne och den enda måne som har en egen magnetosfär. Den är dock helt innesluten i Jupiters mycket större magnetosfär. Magnetfältet på Ganymedes är riktat åt andra hållet jämfört med Jupiters magnetfält. De två magnetfälten skulle därför kunna koppla ihop sig med varandra (*magnetic reconnection*) och skapa nya magnetiska strukturer. Det skulle vara ett sätt för partiklar och energi att överföras mellan de två magnetosfärerna. Ganymedes är större än planeten Merkurius, men väger bara hälften så mycket. Ytan erbjuder en blandning av mörka områden med kratrar och ljusare räfflade områden. Isen på ytan bombarderas av tunga joner som tros göra den mörkare. Ganymedes har liksom Europa antagligen en ocean gömd långt under ytan.

Den yttersta av de galileiska månarna, Callisto, påminner om vår egen måne. Callistos yta är full av kratrar och extremt gammal. Den omges av en tunn atmosfär av koldioxid och möjligen också syre. Vissa observationer tyder på att övre delen av atmosfären kan vara joniserad, men det är ännu oklart om denna jonosfär verkligen existerar och hur stabil den i så fall är. Också Callisto misstänks gömma en ocean under sin ärrade yta.

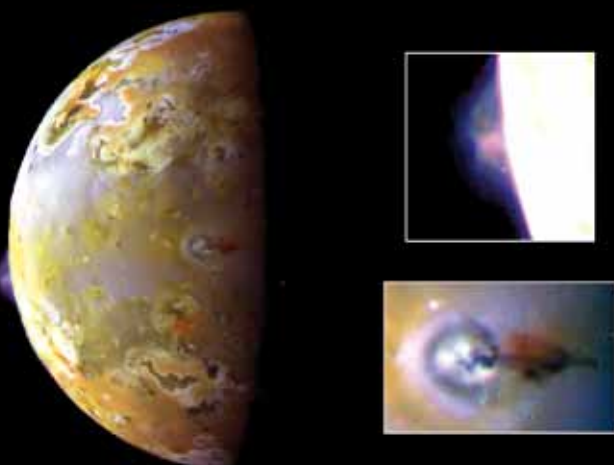
Norrskan – men inte som vi känner det

Jupiter roterar runt sin egen axel på bara tio timmar. Den snabba rotationen ger upphov till en annan dynamik än kring vår egen planet. På jorden är det solvinden som är energikällan till processerna i magnetosfären. På Jupiter är det istället planetens egen rotation som pumpar in energin som behövs.

Norrskan är ett synligt exempel på att det händer saker i magnetosfären – både på jorden och på Jupiter. Elektroner som accelererats till höga hastigheter rör sig längs magnetfältslinjerna ner mot atmosfären, där de överför energi till atomer och molekyler i atmosfären. Överskottsenergin gör sig atomerna och molekylerna av med genom att sända ut elektromagnetisk strålning på olika våglängder. En del av denna strålning är det synliga ljus som vi kallar norrskan.

Vilka våglängder det blir beror bland annat på energin hos de inkommande partiklarna och på vilka ämnen som finns i atmosfären. Därför ser norrskenen inte likadana ut på Jupiter som på jorden. Precis som på jorden bildas en oval med norrskan kring de magnetiska polerna, men till skillnad från jorden finns det norrskensstrukturer också närmare polerna (jämför bilden till vänster).

De stora månarna påverkar också norrskenet. Om man startar vid någon av månarna och följer Jupiters magnetfältslinjer ner mot atmosfären ser man att det finns en liten ”prick” med norrskan där. Månarna sätter sina fotavtryck i norrskenet (jämför bilden). Det här är ett exempel på hur månarna växelverkar med Jupiters magnetosfär. Det finns också norrskan på vissa av månarna, åtminstone på Io och Ganymedes.



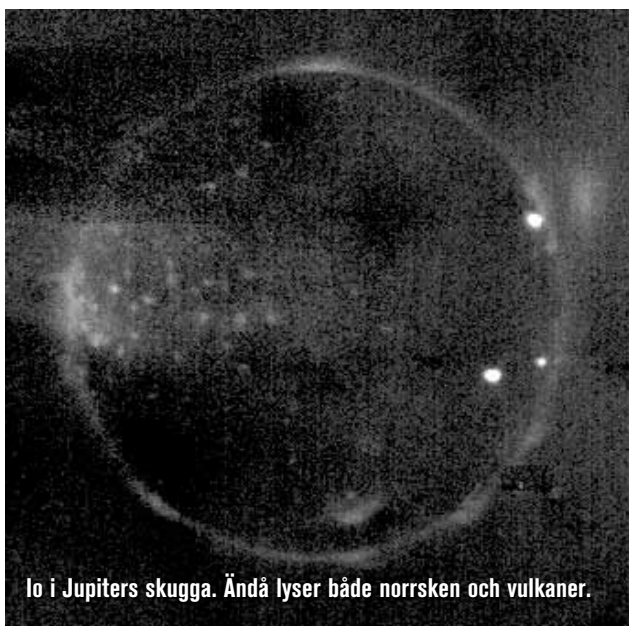
Bildmontage: Ovan, vulkanutbrott på Io. Här syns plymen från Tvashtar. Motsatt sida, Ganymedes skymts bakom Jupiter.

BILD: NASA OCH HUBBLE HERITAGE TEAM (STSC/AURA)



Norrskan på Jupiter. Till vänster syns fotavtrycket av månen Io som en prick med svans.

BILD: NASA/JOHNS HOPKINS UNIVERSITY APPLIED PHYSICS LABORATORY/SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE



Io i Jupiters skugga. Ändå lyser både norrskan och vulkaner.

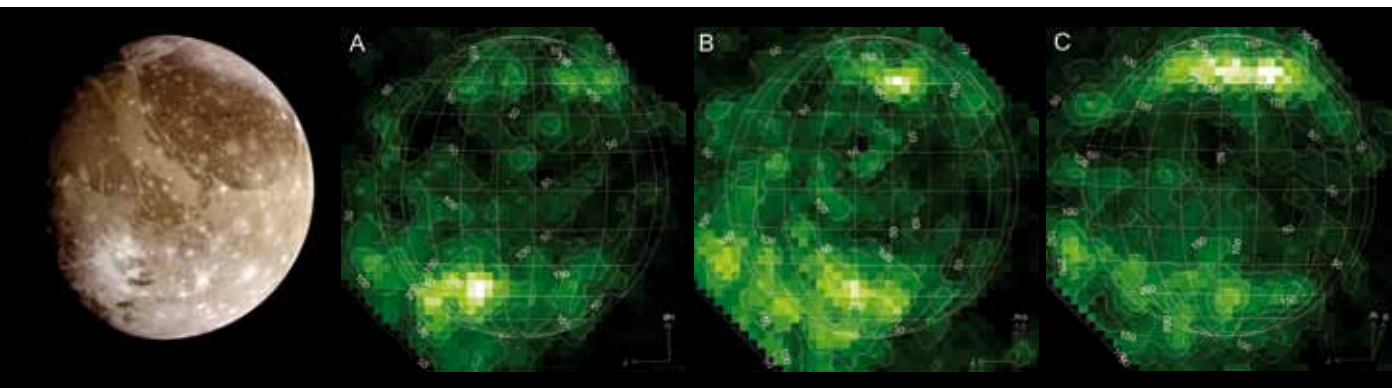


BILD: NASA (MÅNE); NASA/ESA/P. FEDMAN, M. FL. 2000; APL, 535, 1085 (AURORA)

Under loppet av fem timmar lyser Ganymedes föränderliga norrsken i ultraviolett ljus. Bilderna togs 1998 med Hubbleteleskopet. Längst till vänster: sonden Galileos bild på Ganymedes.

Farligt för astronauter

Strålningsmiljön kring Jupiter är brutal och en av de största utmaningarna för den som tänker sig att utforska de inre delarna av Jupiters magnetosfär och så småningom kanske landa på någon av de stora månarna. Strålningen är så stark att kolonistörer på de inre månarna inte skulle överleva länge på ytan utan omfattande strålskyddsutrustning; på Io skulle till exempel en oskyddad astronaut utsättas för en strålningsdos på 36 000 millisievert (mSv) per dag. En dos på mer än 5 000 mSv under ett fåtal dagar anses dödlig. Den högsta tillåtna dos för personer som arbetar med strålning i Sverige är 50 mSv per år.

Situationen är inte mycket bättre på Europas yta, där strålningsdosen skulle uppgå till 5 400 mSv/dag. Strålningen minskar när avståndet till Jupiter ökar. På Ganymedes uppskattar man en dos på 80 mSv/dag och på Callisto endast 0,1 mSv/dag. Callisto framstår därför som ett tänkbart alternativ som framtida landningsplats och för en framtida bas i Jupitersystemet.

Strålningen är ett stort problem inte bara för framtida kolonistörer, utan också för de obemannade rymdfarkoster som redan har utforskat eller kommer att utforska Jupitersystemet i framtiden. Känslig elektronik och instrument som exempelvis kameror måste strålningskärmas för att de ska fungera i den här miljön. Trots det kommer strålningen att

begränsa livstiden för både instrumenten och rymdfarkosten.

Sju rymdfarkoster har gjort kortare besök vid Jupiter: Pioneer 10 och 11, Voyager 1 och 2, Ulysses, Cassini och senast New Horizons 2007. Pioneer 10 tog de första närbilderna på jätteplaneten och dess månar när den passerade 1973. En åttonde rymdfarkost – Galileo – gick i omloppsbana runt planeten under åtta år. Tyvärr kunde Galileo inte alls leverera så mycket vetenskapliga data som det var tänkt. Den stora antennen som skulle användas för att överföra mängder av data vecklade inte ut sig som den skulle. Överföringshastigheten sjönk drastiskt från planerade 134 kilobit per sekund till endast 160 bit per sekund.

Snart dags för JUICE

Den amerikanska rymdorganisationen NASA har en ny farkost på väg till Jupiter: Juno sköts upp 2011 och kommer fram 2016.

Nu är också den europeiska rymdorganisationen ESA helt inställd på en expedition till Jupiter och dess månar. Den har arbetsnamnet JUICE (Jupiter Icy Moon Explorer) och under sommaren och i början på hösten sitter forskargrupper runt om i Europa och funderar på vilka instrument som de helst skulle vilja flyga till Jupiter.

I mitten på oktober ska förslagen lämnas in till ESA som i februari 2013 bestämmer vilka instrument som får följa med. På Institutet för rymdfysik kämpar vi hårt för att just våra instrument ska bli utvalda att följa med.

Det är många spännande frågor som vi hoppas kunna besvara med hjälp av de nya expeditionerna till Jupiter. En är förstås om det verkligen finns förutsättningar för liv på någon av månarna. Sedan undrar vi verkligen varför månarna blev så olika och vi är nyfikna på att ta reda på mer i detalj hur de växelverkar med Jupiter och Jupiters magnetfält.

Jupiter påminner också om de stora planeter som vi har hittat kring andra stjärnor. Förhoppningsvis kan den hjälpa oss att förstå hur andra solsystem fungerar. ★

GABRIELLA STENBERG, MARTIN WIESER och STAS BARABASH är alla rymdfysiker vid Institutet för rymdfysik i Kiruna.



JUICE, Europas nya stora Jupitersond.