

Till månen med solenergi

SMART-1

Om ESA

Den europeiska rymdorganisationen, ESA, bildades 31 maj 1975. Idag ingår 15 medlemsstater: Belgien, Danmark, Finland, Frankrike, Irland, Italien, Nederländerna, Norge, Portugal, Schweiz, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tyskland och Österrike. Kanada är också en partner i en del av ESA:s program.

ESA:s vetenskapliga program har genomfört ett flertal innovativa och framgångsrika rymdprojekt. Här är ett urval:



Cluster, är ett projekt där fyra rymdfarkoster utforskar växelverkan mellan Solen och jordens magnetfält i hittills oöverträffad detalj.



Giotto, tog de första närbilderna av en komets kärna (Halley) och passerade också förbi kometerna Halley och Grigg-Skjellerup.



Hipparcos, fixerade stjärnornas positioner mer exakt än någonsin tidigare och förändrade astronomernas uppfattning om universums storleksskala.



Rymdteleskopet Hubble, ett samarbete med NASA som skapade världens mest betydelsefulla och mest framgångsrika observatorium i omloppsbana.



Huygens, en sond som under 2004 skall landa på den gåtfulla Titan, Saturnus största måne, är en del av Cassini projektet.



ISO, har studerat kalla gasmoln och planeters atmosfärer. Överallt under sina observationer, fann den vatten i överraskande mängder.



IUE, det första europeiska rymdobservatorium som någonsin sänts upp och markerade den verkliga starten för UV-astronomi.



SOHO, ger nya insikter om Solens atmosfär och dess inre. Den har avslöjat solstormar och den troliga orsaken till överljudssolvinden.



Ulysses, den första rymdfarkost som flög över Solens poler.



XMM-Newton, med sina kraftfulla speglar, hjälper till att lösa många kosmiska mysterier i ett universum med våldsamt röntgenstrålning, från gåtfulla svarta hål till galaxernas uppkomst.

För mer information om ESA:s vetenskapliga program, kontakta Science Programme Communication Service (tel) +31 71 565 3223; (fax) +31 71 565 4101.

Mer information finns också på ESA:s vetenskapswebbsida: <http://sci.esa.int>

Bearbetning: Science Programme Communication Service

Text: Nigel Calder

Publiserad av: ESA Publications Division

ESTEC, PO BOX 299

2200 AG Noordwijk

The Netherlands

Redaktör: Eva Ekstrand

Grafisk Form och layout:

AOES Medialab, Carel Haakman & Eva Ekstrand

Copyright: (c) 2002 European Space Agency

ISSN Nr.: 92-9092-750-X

ISBN Nr.: 0250-1589

Pris: 7 Euro

Tryckt i Nederländerna

SMART-1

Så ska solenergi driva en rymdfarkost till Månen

Innehåll

- 4 Till månen med hjälp av solenergi
- 6 Välkommen till den dubbla planeten
- 8 Jonmotorernas magi
- 10 Ett SMART sätt att färdas
- 11 En spiralformad bana till månen
- 12 Mästerverk i miniatyr
 - 14 Vad kommer alla instrument att göra?
 - Test av nya tekniker
 - EPDP och SPEDE
 - KaTE och RSIS
 - Laser link
 - OBAN
- 15 Observation av månen och Solen
 - AMIE, SIR och D-CIXS
 - XSM
 - SPEDE
 - RSIS
- 16 Vetenskapen om Månen – mycket kvar att göra!
- 17 Sökandet efter is i de mörkaste kratrarna
- 18 Varifrån kom månen?
- 19 Månforskning är idag en global satsning

Till månen med hjälp av solenergi

I juli-augusti 2003 kommer ett team av ingenjörer och forskare att vara på Europas uppsändningsplats i Kourou i Franska Guyana för att se till att ESA:s SMART-1 får lift med nästa Ariane-5 raket.

Den är inte stor, bara en meterstor låda med solpanelerna hopvikta. Sex starka män kunde lyfta den. Den väger mindre än 370 kilogram, till skillnad mot de vanliga satelliterna på Ariane som väger tusentals kilon. Så den kommer knappast att vara något problem som extra passagerare.

”Som första rymdfarkost att primärt använda elektrisk framdrivning tillsammans med gravitationsmanövrer, och som Europas första färd till månen, öppnar SMART-1 nya horisonter inom rymdteknik och vetenskaplig forskning. Vi lovar att publicera nyheter och bilder ofta, så att alla kan ta del av vårt månäventyr.”

Giuseppe Racca
ESA:s SMART-1 Projektansvarig

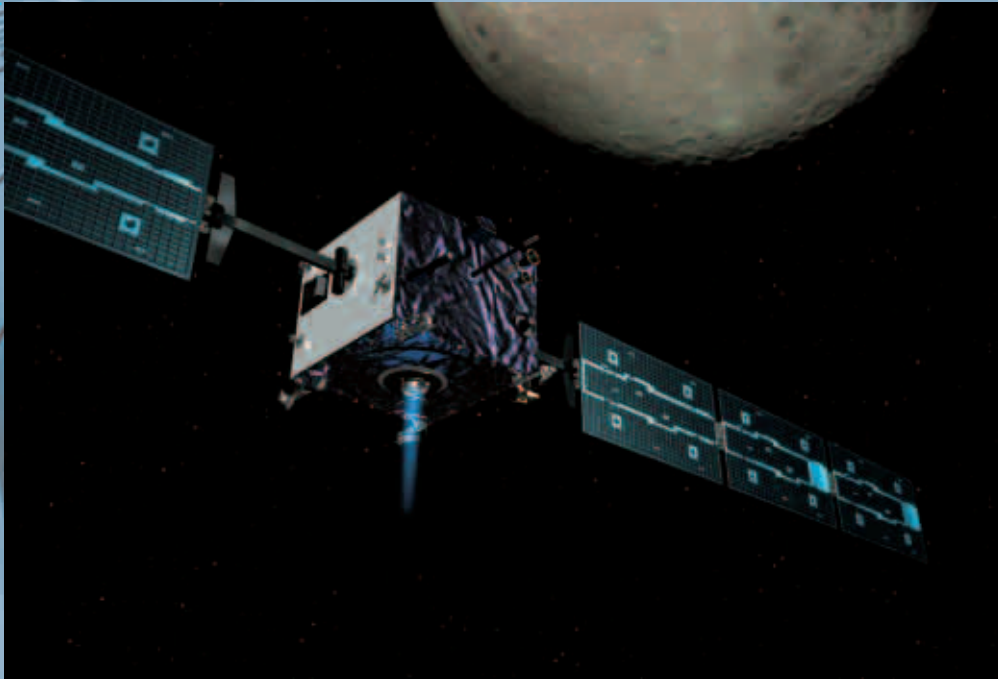
SMART står för Small Missions for Advanced Research and Technology. De små rymdprojekten öppnar vägen för nydanande och ambitiösa forskningsprojekt i framtiden genom att testa de nya teknologier som kommer att behövas. Men ett SMART-projekt måste också vara billigt – ca en femtedel av kostnaden för ett av ESA:s större vetenskapliga rymdprojekt – vilket är anledningen till att SMART inte skjuts upp med en egen raket.

Huvudsyftet är att ingenjörerna ska kunna utvärdera ett nytt system för framdrivning av rymdfarkoster på långväga färder. Energi från SMART-1:s solpaneler kommer att mata ett elektriskt framdrivningssystem som kallas för ”jonmotor”. Uppgiften blir att demonstrera hur farkosten kan övervinna jordens gravitation och placera sig i en bana runt Månen.

Trots 40 år av sovjetisk och amerikansk rymdutforskning, är kunskaperna om månens yta ännu förvånansvärt ofullständiga. Alltid redo att ta chansen att göra nya rön, har europeiska rymdforskare utrustat SMART-1 med mycket moderna och kompakta sensorer.

SMART-1 liftar upp i rymden på Europas Ariane-5 raket och placeras i bana runt jorden, varifrån den påbörjar sin långa, långsamma resa till månen.





Jonmotorn SNECMA PPS-1350 ger SMART-1 sin huvudsakliga framdrivning. Skenet kommer från accelererade xenongasatomer.

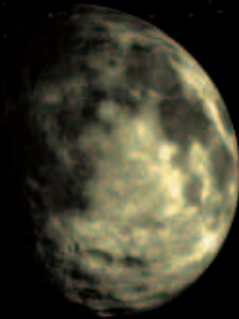
"Vi kommer att kartlägga mineraler på månen i större detalj än någonsin förut genom att använda infraröd strålning. Med röntgenstrålning kommer vi att utföra den första heltäckande inventeringen av nyckelgrundämnen på månens yta. Lägg till detta en mängd bilder från vår avancerade flerfärgskamera, och SMART-1 kommer att förnya vår syn på månen."

Bernard Foing
ESA:s SMART-1 Projektforskare



Solpaneler av gallium-arsenid, samma typ som ska driva SMART-1, gjorde det möjligt för den nederländska soldrivna bilen 'Nuna' att vinna loppet World Solar Challenge tvärs över Australien 2001.

Välkommen till den dubbla planeten



SMART-1 är Europas första rymdfärd till månen. Forskarna som deltar har 2000-talets perspektiv på vår medresenär i rymden, vilket gör vår samhörighet med den mer intim än någonsin. Månen anses inte längre vara bara en satellit utan Jordens dotter, en dubbelplanet.

När människor först for till havs för många tusen år sedan, höll de reda på månens faser och rörelser för att veta tidvattnets tillstånd i olika hamnar. Subtilare skiftningar, upp och ner på himlen, fascinerade förhistoriska experter som ville förutsäga förmörkelser. Beräkandet av första fullmånen efter vårdagjämningen definierade Påsken i den kristna kalendern. Och innan modern belysning fanns, valde personer som ordnade möten datum då man kunde förvänta sig månljus för att deltagare lättare skulle hitta vägen.

Det urgamla praktiska intresset för månen har aldrig kommit i konflikt med beundran inför dess skönhet, från hedniska dyrkare av jaktgudinnan Diana till moderna poplåtskrivare. Det finns inte heller skäl för det nu ty det faktum att människor har gått på månen borde inte minska utan förhöja vår känsla av förundran. Efter etablering av forskningsstationer på Antarktisk kan månen bli en ny plattform för forskning och teknikutveckling.

Skönhet och vetenskap går hand i hand. Konstnären Leonardo da Vinci var för 500 år sedan kanske den förste som insåg att det subtila skenet på den mörka delen bredvid månskärnan beror på ljus från Jorden. Nu mäter astronomer och rymdforskare jordskenet för att bedöma variationer i planetens molnighet och vilken roll molnen spelar i klimatförändringar.

Månen har nästan samma diameter som planeten Merkurius, och 27 procent av jordens. I relation till sin planet är den mycket större än någon annan måne i solsystemet. Vår granne Mars har två små månar och Venus har ingen. De två planeternas geologi är helt annorlunda mot vår. Så det är inte långsökt att ställa frågan om månens existens ger jorden egenskaper som är särskilt gynnsamma för liv.

En chockerande födelse för Månen?
SMART-1:s forskare kommer att testa teorin att vår följeslagare i rymden kom till av spillrorna efter en enorm kollision för flera miljarder år sedan – mellan den nyfödda jorden och en mindre planet.

Illustration av AOES Medialab, © ESA 2002

Enligt en ledande teori, formades månen av en kollision mellan jorden, när den var ung, och ett mycket stort föremål. SMART-1 kommer att utforska denna idé. Rymdfarkosten kommer också att undersöka månens kratrar som kan berätta historien om långa tiders bombardemang av kometer och asteroider. Nära månens sydpol finns en särskilt stor "bassäng" som SMART-1 kommer att granska noggrant. Vår egen planet drabbades ännu värre av sådana nedslag.

Jorden och månen har haft en gemensam historia under 4,5 miljarder år. Större kunskap om månen kommer att hjälpa forskare att förstå vårt hem i rymden. Kanske kan vi då också bättre skydda vår Jord.



Jord-månsystemet är uppenbarligen en dubbelplanet när man ser det utifrån rymden.

Vid mitten av detta sekel är Månen troligen en bemannad bas, inte bara för forskningen utan också för gruvdrift och annan teknisk verksamhet – och dessutom en mellan-station för längre rymdfärder.

Bilder: Pat Rawlings/SAIC/NASA JSC –Mark Dowman och Mike Stovall/Eagle Engineering, Inc. / NASA JSC –Clementine/BMDO/NSSDC – LunaCorp/Robotics Institute ©

Jonmotorernas magi

Jonmotorer, som används i rymden, en miljö nära vakuum, stöter ut en framdrivande gas mycket fortare än jetstrålen hos en kemisk raket. De levererar ca tio gånger så mycket impuls per kilo bränsle. Jonerna, som ger motorn sitt namn, är laddade atomer accelererade av någon typ av elektriskt system. Om energin kommer från rymdfarkostens solpaneler, kallas tekniken för 'sol-elektrisk framdrivning'.

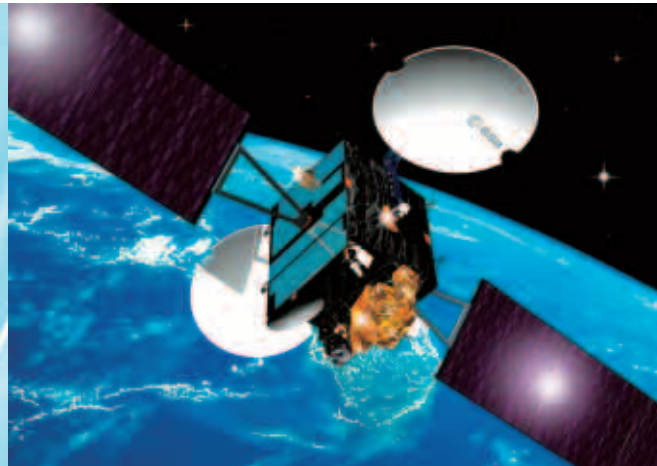
Jonmotorer åstadkommer sin magi i långsam takt. Eftersom solpaneler av normal storlek endast kan producera några få kilowatt energi, kan inte en soldriven jonmotor konkurrera med den snabba råstyrkan hos en kemisk raket. Men en typisk kemisk raket brinner bara i några minuter. En jonmotor kan lugnt arbeta på i månader eller till och med år – så länge Solen skiner och det medhavda bränslet räcker.



Så fungerar en jonmotor. Elektroner som dras in i utflödeskammaren kolliderar med xenonatomer från den framdrivande gasen ombord, vilket skapar laddade atomer (joner). Induktionsspolar både inne i och utanför den ringformiga kammaren upprätthåller ett magnetiskt fält som är orienterat som ekrar i ett hjul. På grund av Halleffekten skapar joner och elektroner som viker av i motsatta riktningar i det magnetiska fältet ett elektriskt fält. Detta får xenonjonerna att strömma ut i en framdrivande jetstråle. Andra utströmmande elektroner neutraliserar xenonatomerna och därmed skapas den blåfärgade jonstrålen.

Illustration av AOES Medialab, © ESA 2002

ESA:s Artemis räddades av sina jonmotorer. Vid uppsändningen 2001 hamnade denna experimentella telekommunikationssatellit i en för låg bana. Jonmotorerna, som var tänkta att utföra enbart manövrering, har gradvis höjt banan. © ESA/J.Huart



1998 sände NASA upp en demonstrationsfarkost kallad Deep Space 1 som flög förbi en asteroid nära Jorden och sedan mötte en komet. ESA:s SMART-1, flyger inte längre än till månen, men den kommer att demonstrera subtilare operationer av den typ som behövs för resor till avlägsna mål. Dessa kommer att kombinera sol-elektrisk framdrivning med manövrar som utnyttjar planeters och månars gravitation.

Till solen med hjälp av solenergi

SMART-1 kommer att säkerställa Europas kompetens inom området elektrisk framdrivning, samt dess oberoende inom denna tjugoförsta seklets rymdteknik.

BepiColombo, ESA:s planerade färd till planeten Merkurius, (planeten närmast solen), kommer att använda jonmotorer för att accelerera farkosten dit.

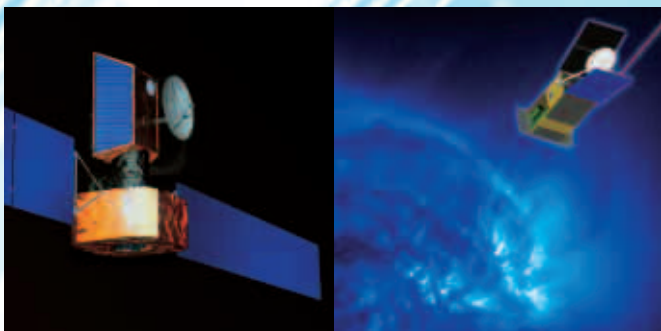
Solar Orbiter, som ska svepa ännu närmare solen för att skaffa närbilder, kommer att använda samma typ av jonframdrivning som BepiColombo.

Andra vetenskapliga rymdfärder förväntas använda jonmotorer för komplexa manövrar i närheten av Jordens omloppsbanan, exempelvis LISA, ett projekt med syfte att upptäcka gravitationsvågor som kommer långt bortifrån i Universum.

"En jonmotor kan minska tiden det tar BepiColombo att nå Merkurius med nästan fyra år. Men vi behöver handfast erfarenhet från SMART-1 för att känna oss säkra på att använda den här nya tekniken."

Gordon Whitcomb

ESA:s chef för framtida rymdprojekt



BepiColombo (vänster) och Solar Orbiter är ESA:s första långväga vetenskapliga rymdprojekt där man planerar att använda jonmotorer. © ESA

SMART-1 jonmotorn testas. © ESA



Ett SMART sätt att färdas

Den typ av jonmotor som valdes till SMART-1 utnyttjar listigt den effekt som upptäcktes 1879 av den amerikanske fysikern E H Hall, genom vilken en elektrisk ström som korsar ett magnetfält skapar ett elektriskt fält i riktning åt sidan från strömmen. Effekten används för att accelerera xenonjoner (laddade xenonatomer). Kemiskt är xenon en ädelgas, ungefär 131 gånger tyngre än väte.

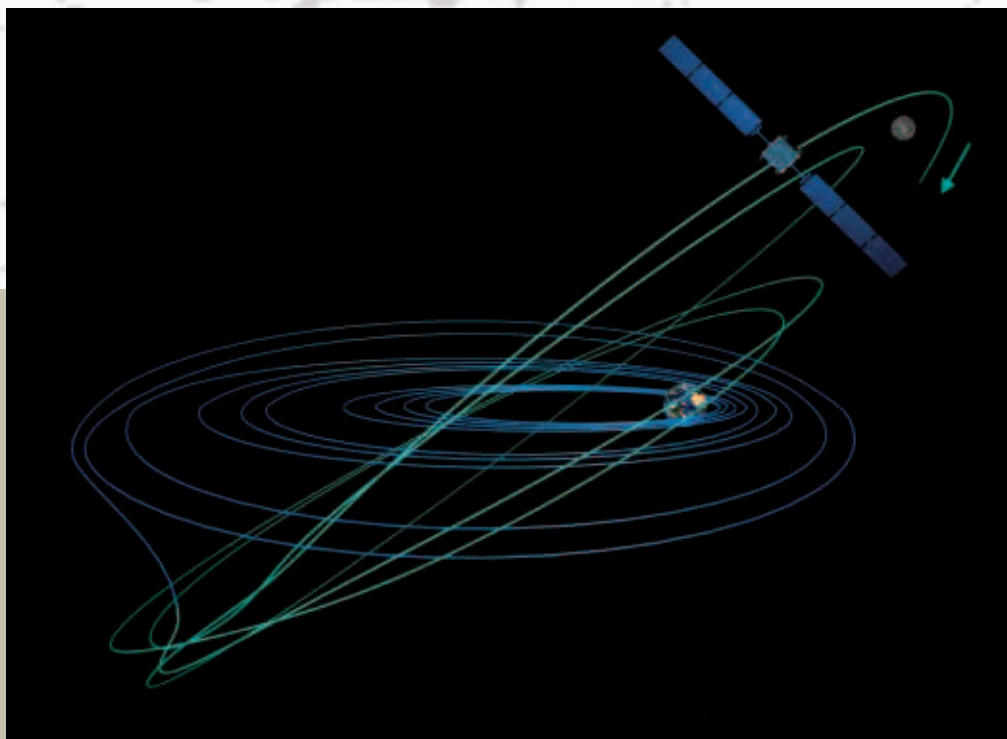
Jonmotorn drar 1350 watt elektrisk kraft från SMART-1:s solpaneler och skapar drivkraft på 0,07 newton. Det motsvarar tyngden av ett vykort.

Genom att accelerera SMART-1 0,2 millimeter per sekund per sekund, skulle teoretiskt sett den otroligt svaga drivkraften kunna skicka iväg farkosten ut ur solsystemet om den fortsatte tillräckligt länge. I praktiken kommer SMART-1 att använda sin jonmotor då och då under 16 månader för att kämpa emot Jordens dragkraft och placera sig i en bana runt Månen.

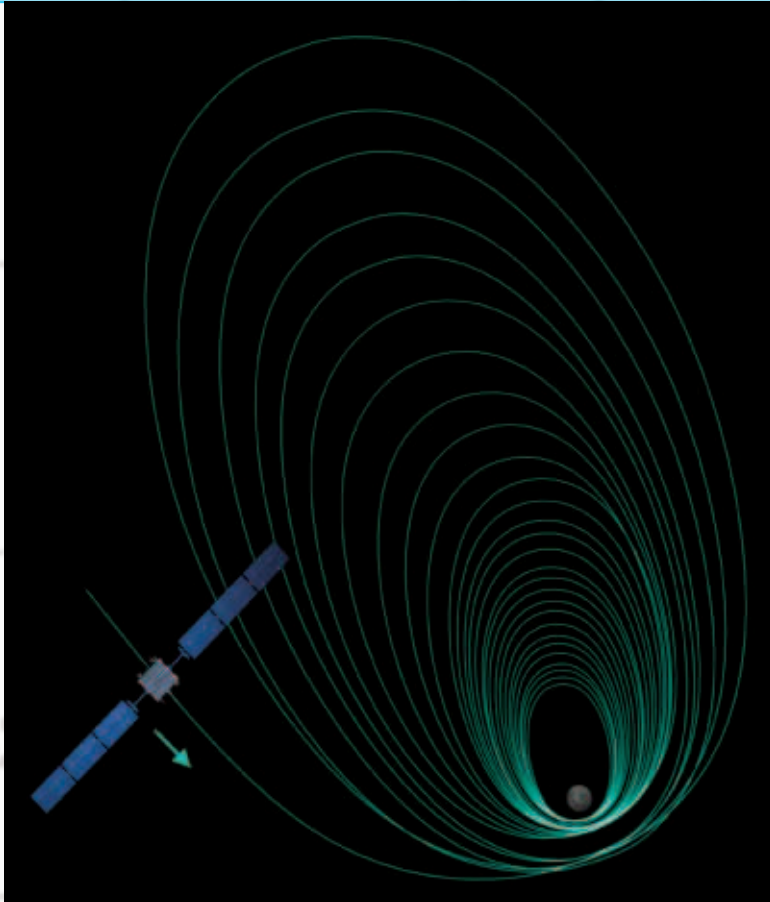
Under de första 2 till 3 månaderna kan den lugna resan innebära problem på grund av SMART-1:s utsatthet för subatomiska partiklar med hög energi i de strålningsbälten som omger Jorden. Elektroniken och instrumenten har förstärkts för att kunna motstå sådana skador.

SMART-1 kretsar först runt jorden i större och större ellipser. När den når månen ändras omloppsbanan av månens gravitationsfält. Den använder ett antal sådana 'gravitationsassistanser' för att positionera sig för att komma in i en bana runt månen.

Illustration av AOES Medialab, © ESA 2002



En spiralformad bana till månen



När SMART-1 har fångats av månens gravitation, börjar den arbeta sig närmare Månens yta.
Illustration av AOES Medialab, © ESA 2002

Ariane-5 raketerna kommer att placera SMART-1 i en elliptisk bana runt jorden. Under kontroll från European Space Operations Centre (ESOC) i Darmstadt, Tyskland, kommer jonmotorn att tändas i omgångar två dagar i veckan för att ändra ellipsen till en cirkel och så småningom expandera den till en spiral.

Varje månad kretsar månen i sin egen bana 350 000 till 400 000 kilometer från jorden. Ju längre SMART-1 kommer ifrån jorden, desto mer minskar farten. När farkosten kommit 200 000 kilometer bort, kommer den att få väsentliga hastighetstillskott av månens gravitation när den passerar.

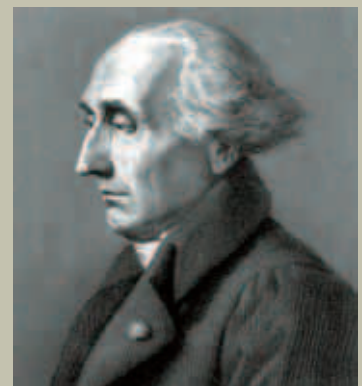
Kontrollstationen måste då inviga en ny era i rymdnavigation. För första gången använder man en kombination av kontinuerlig drivkraft från den elektriska framdrivningen och manövrar under gravitation. Isaac Newton visste ingenting om sådana konster, och därför har ESA:s experter fått uppfinna ny matematik för att räkna ut de bästa banorna.

Månens dragkraft kommer först att bidra till att spiralbanan vidgas genom regelbundna möten som kallas 'lunar resonances'. När SMART-1 passerar månen på ca 60 000 kilometers avstånd, kommer gravitationseffekten att vara mycket mer märkbar, med möten som kallas 'lunar swingbys'.

Vid ett kritiskt skede i resan som kallas 'lunar capture' passerar SMART-1 genom en osynlig dörr i rymden känd som Lagrange-punkt 1, eller L1. Som först noterat år 1772 av matematikern Joseph-Louis Lagrange, är gravitationseffekterna av månen och jorden i balans vid L1, 50 000 till 60 000 kilometer från månen i riktning mot jorden.

Bortom L1 kommer SMART-1 att flyga över månens nordpol medan den siktar på punkten över sydpolen där den kommer närmast månen, och därmed uppnår den en vid polär bana runt månen. Under veckorna efter att den har fångats av månen, kommer SMART-1:s jonmotor att gradvis reducera storleken och omloppstiden för denna bana för att bättre kunna iakttaga månens yta.

Joseph-Louis Lagrange upptäckte genom matematik de underliga områden, numera kallade Lagrange-punkter, där gravitationsmässig jämvikt råder, och genom en av vilka SMART-1 måste färdas. Lagrange föddes i Turin 1736, och arbetade i Berlin och Paris, där han dog 1813.



Mästerverk i miniatyr

"Att bygga en rymdfarkost åt ESA innebär att passa ihop många delar som kommer från olika länder. Lyckligtvis är lagarbetet över gränserna magnifikt."

Peter Rathsman
Rymdbolaget,
huvudleverantör för
SMART-1

SMART-1 farkosten mäter 14 meter med solpanelerna utfällda, men annars ryms allt för framdrivning, kommunikation, skötsel och instrumentering i en kub med 1 meters sida.

Framdrivningen med en jonmotor är inte den enda innovativa tekniken ombord på SMART-1. Solpanelerna använder en avancerad typ av gallium-arsenid solcell i stället för traditionella kiselceller. Farkosten kommer också att testa nya tekniker inom kommunikation och navigation.

Av den totala vikten vid uppskjutning på 370 kilogram, är 19 kilo nyttolast i form av ett dussintal tekniska och vetenskapliga experiment. Liksom andra komponenter hos farkosten, använder de vetenskapliga instrumenten den allra modernaste tekniken och metoder för miniatyrisering för att spara plats och vikt. Till exempel utgör röntgenteleskopet D-CIXS en kub med bara 15 centimeter sida och med en vikt på mindre än 5 kilo.



SMART-1 packas ihop till sin hopfällda konfiguration, såsom den kommer att sändas upp.

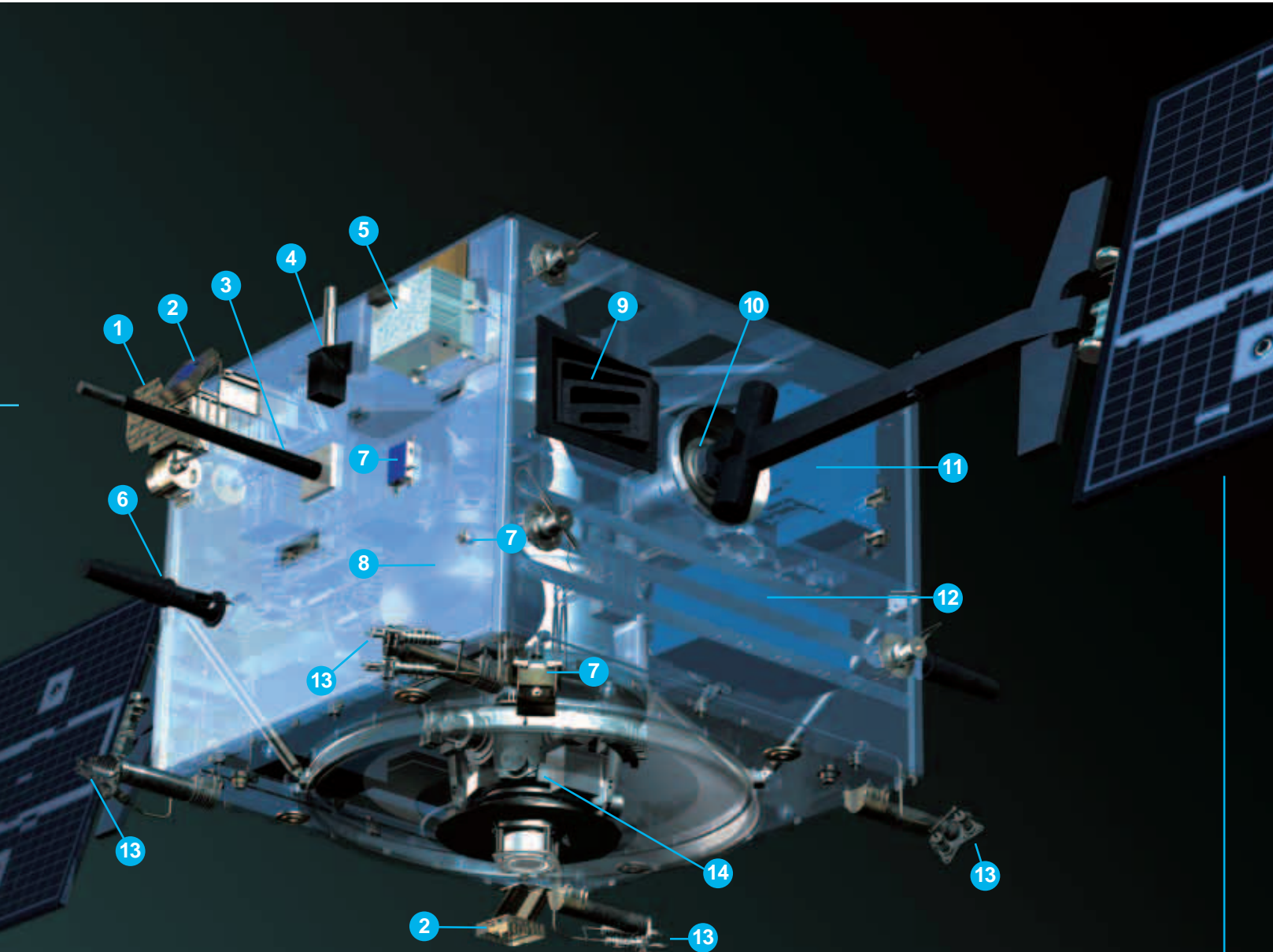


En uppsättning solpaneler vecklas ut för test. Panelerna stagas upp för att simulera noll gravitation.

Närmare trettio industrileverantörer från elva europeiska länder och USA har engagerats i byggandet av SMART-1.

Illustration av AOES Medialab, © ESA 2002





- | | | |
|-----------------|-----------------------------------|--|
| 1 SIR | 6 Kommunikationsantenn | 11 Kommunikationstranspondrar |
| 2 Solsensorer | 7 EPDP- sensorer | 12 Kontrollelektronik för jonmotor |
| 3 SPEDE bom | 8 Bränsletank för attitydkontroll | 13 Thrusters för attitydkontroll |
| 4 AMIE- kameran | 9 Stjärnsensor | 14 Jonmotor med orienteringsmekanism (håller thruster riktad medan bränsletankar töms) |
| 5 D-CIXS | 10 Motor som vrider solpanelerna | |

12 13

Illustration av AOES Medialab, © ESA 2002

| | |
|-------------------------------|--|
| Syfte | Testa elektrisk framdrivning och annan teknik för långa rymdfärder och samtidigt utföra vetenskapliga observationer av månen. |
| Farkost | En kubikmeter, 370 kg. Solpaneler mäter 14 meter i utfällt skick och producerar 1,9 kW effekt. |
| Vetenskaplig nyttolast | 19 kg. |
| Uppsändning | Augusti 2003 från Kourou, Franska Guyana med Ariane-5 till geostationary transfer orbit (GTO). |
| Bana | 16-månaders "transfer orbit" från GTO till "lunar orbit insertion", sedan "polar elliptical operational orbit", på en höjd ovanför månen mellan 300 och 10 000 km. |
| Markstationer | ESA:s markstationer runt om i världen, 8 timmar två gånger per vecka. |
| Livstid | 2 - 2,5 år. |
| Huvudleverantör | Rymdbolaget, Solna. |

Vad kommer alla instrument att göra?

Multinationella arbetslag med vetenskapsmän och ingenjörer kommer att utföra tio olika undersökningar koordinerade av ett 'Science and Technology Operations Centre'. De olika instrumentlagen leds av forskare från Finland, Tyskland, Italien, Schweiz och Storbritannien. Alla medlemsländer i ESA deltar genom att bidra med forskare till olika experiment.

Test av ny teknik

EPDP och SPEDE. De som utformar framtida sol-elektriska rymdfarkoster vill veta vad SMART-1:s jonmotor presterar, vilka sidoeffekter den har och om farkosten påverkas av naturliga elektriska och magnetiska fenomen i rymden omkring den. Möjliga problem inkluderar felriktning av jonmotorns drivkraft, erosion av ytor, kortslutningar pga gnistor, störningar i radiosignaler, och ackumulerat damm. De huvudsakliga instrumenten ombord som mäter dessa effekter är EPDP och SPEDE.

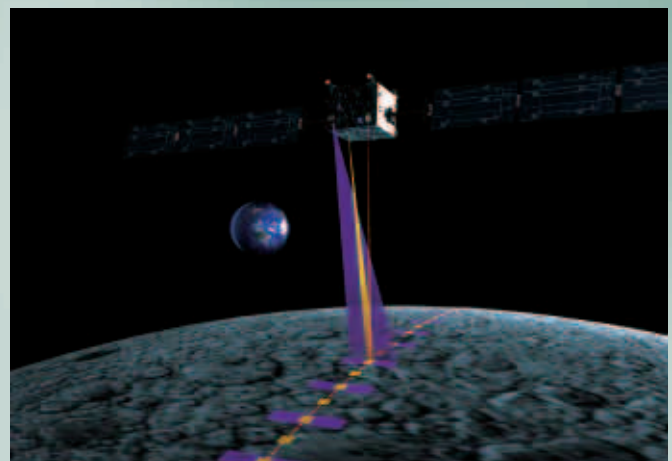
KaTE och RSIS. Små ändringar i SMART-1:s rörelser kommer att avslöja precis vilken drivkraft jonmotorn producerar. Som en polisradar som fångar upp fortkörare, utnyttjar RSIS dopplereffekten genom att uppfatta hur farten ändrar våglängden på radiosignaler. Den använder KaTE:s mycket korta radiovågor. KaTE:s primära syfte är att demonstrera nästa generations radiolänkar mellan Jorden och avlägsna rymdfarkoster. Mikrovågorna i Ka-bandet, med en våglängd på ca 9 millimeter, kan fokuseras till relativt smala strålar av de små hornantennerna ombord på farkosten.

Laser Link är ännu ett kommunikationsexperiment. ESA har redan laserlänkar till telekomsatelliter från en optisk markstation på ön Teneriffa. Att rikta strålen är mycket svårare om farkosten, som tex SMART-1, är långt borta och rör sig snabbt. Förhoppningen är att kameran ombord, AMIE, ser laserljuset från Teneriffa.

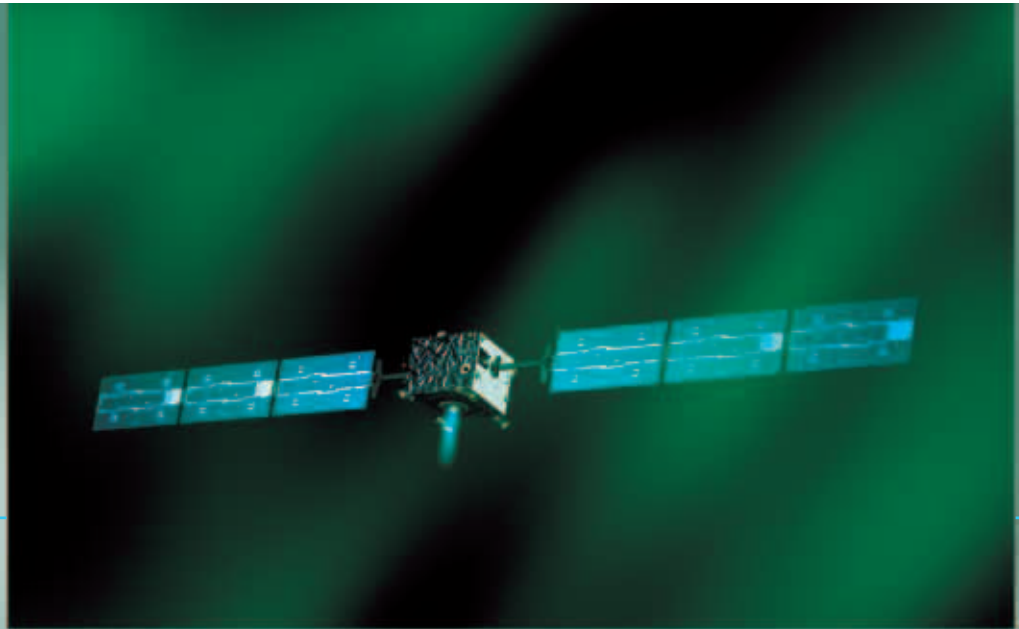
OBAN. Rymdfarkoster i framtiden kommer att vara mer självständiga när det gäller att lotsa sig längs förutbestämda banor mot avlägsna mål. OBAN ska utvärdera datorteknik för autonom ombordnavigation. Den kommer att använda sig av stjärnornas positioner sedda av SMART-1:s stjärnsensorer, samt jorden, månen och möjligen asteroider sedda av AMIE-kameran.



Trots att den inte väger mer än en amatorkamera, kommer AMIE att sända hem elektroniska bilder av jorden och månen, samt spana efter lasersignaler från jorden.



Tre fjärranalys instrument avsöker månens yta under en passage.



Hur påverkar det elektriska havet i rymden runt Jorden en elektrisk motor? Kan det skada farkosten? EPDP och SPEDE kommer att finna svar.

Observation av månen och jorden

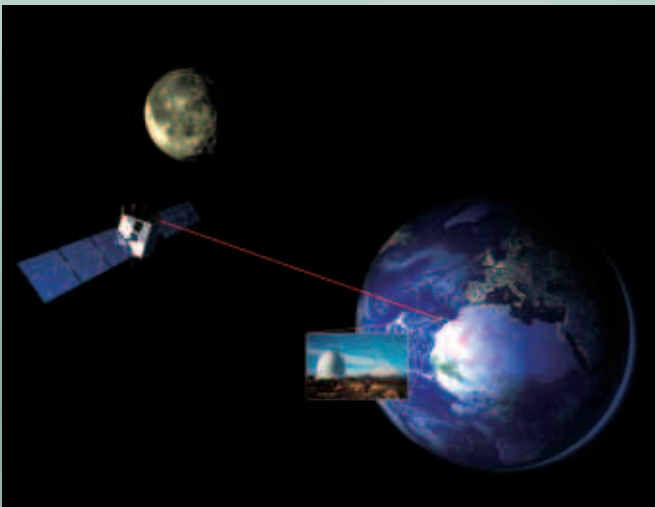
AMIE, SIR och D-CIXS. Olika typer av synligt och osynligt ljus från månens yta ger kunskap om dess kemiska sammansättning och geologiska historia. Den ultra-kompakta AMIE-kameran kommer att undersöka terrängen med synligt och nära-infrarött ljus. En infraröd spektrometer, SIR, kommer att kartlägga månens mineraler. Ett röntgenteleskop, D-CIXS, ska identifiera viktiga kemiska ämnen i månens yta. De viktigaste vetenskapliga målen beskrivs på följande sidor.

XSM. Mätningarna gjorda av D-CIXS kan bli påverkade av variationer i solens röntgenstrålning, vilka beror på hur mycket det stormar på Solen för tillfället. Därför kommer SMART-1:s instrument XSM att bevaka solens röntgenstrålning. XSM kommer också att göra en oberoende studie av solens variationer.

SPEDE. Som ett skepp i havet, lämnar månen efter sig svallvågor i solvinden – den ständiga strömmen av laddade partiklar och relaterade magnetiska fält som kommer från solen. Det elektriska experimentet SPEDE ska observera den effekten på nära håll.

RSIS. Med hjälp av mikrovägssystemet KaTE och AMIE-kameran, kommer radioexperimentet RSIS att demonstrera ett nytt sätt att mäta rotationen hos planeter och deras månar. Det bör kunna observera en nickande rörelse hos månen där först dess nordpol och sedan dess sydpol tippas lätt i riktning mot jorden.

Instrument och teknik som testas genom att observera månen från SMART-1 kommer att hjälpa ESA:s rymdfarkost BepiColombo att undersöka planeten Mercurius.



Möjligheten att använda en laserstråle för att kommunicera med en avlägsen rymdfarkost kommer att testas av Laser Link från Teneriffa till SMART-1.

Illustration av AOES Medialab, © ESA 2002

Vetenskapen om månen – mycket kvar att göra!

Månens koppärriga ansikte ger ett intryck av hur Jorden såg ut för ungefär 4 miljarder år sedan, när kometer och asteroider bombarderade de nyformade planeterna i solsystemet och skapade kratrar i alla storlekar. De flesta av jordens sår har läkt, men månen har knappt förändrats sedan för 3,5 miljarder år, när lava formade de mörka områden som kallas 'maria' ("hav" på svenska).

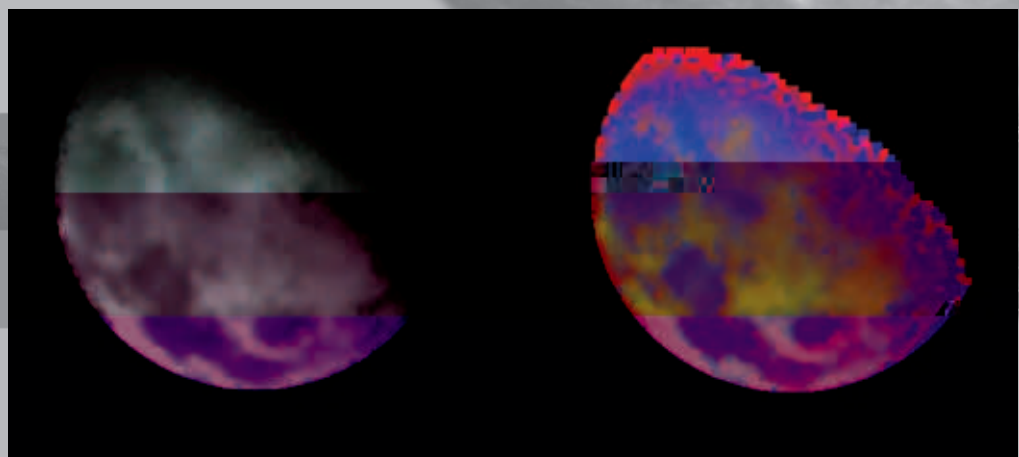
Från sina sex landningar på månen under NASA:s Apollo program (1969-1972) tog astronauter hem stenmaterial för analys i laboratorier över hela världen. Tre obemannade sovjetiska farkoster hämtade också månstenar. Forskare värderade materialet som exemplar av de ursprungliga mineralerna som byggde upp månen och jorden, och som nedslagets krönikörer. Men stenarna kom mestadels från områden nära ekvatorn. Månens baksida och regionerna kring polerna, som har en helt annan geologisk historia, kom inte med.

Två små amerikanska rymdfarkoster, Clementine och Lunar Prospector, gick in i banor runt månen 1994 och 1998 med en mängd olika fjärranalysinstrument för att utforska hela dess yta. Lunar Prospector kartlade dessutom månens gravitation och upptäckte magnetiska regioner. Men många obesvarade frågor förbryllar fortfarande mån forskarna.

SMART-1:s kamera AMIE kommer att ge forskare en ny möjlighet att studera månens topografi och ytstruktur. Den mäter synligt ljus på en miljon punkter i ett 5 grader brett synfält, och filter kan välja gult ljus, rött ljus eller mycket kort infraröd strålning. Genom att betrakta utvalda områden från olika vinklar, och under olika ljusförhållanden, kommer AMIE att ge nya ledtrådar om hur månens yta har utvecklats.

Med längre infraröd strålning, kommer infrarödspektrometern SIR att kartlägga förekomsten av mineraler, som tex pyroxener, oliviner och fältspat, långt mer detaljerat än Clementine gjorde när den avsåkte månens yta med sina sex infraröda band. SIR kan urskilja 256 våglängdsband från 0,9 till 2,4 mikrometer. Mineralogin kommer att avslöja effekterna av formationen av kratrar och hav, samt karaktärsdrag hos underliggande lager som exponerats i sprickor i månens skorpa.

Så kommer SIR ombord SMART-1 att kartlägga månens mineraler. Material som ofta ser gråa ut i synligt ljus blir desto mer färggranna i infrarött. När olika infraröda våglängder som representerar relativa intensiteter visas som ett spektrum, får varje mineral en tydlig signatur beroende på vilka våglängder den absorberar mest.

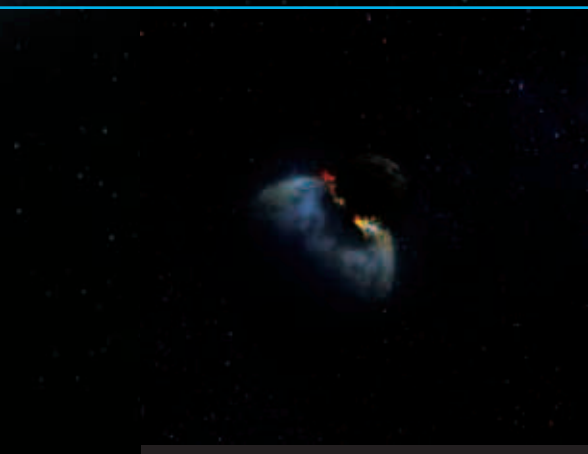


Vari från kom månen?

"Månen är huvudvittnet till de tidiga förhållanden när livet uppstod på vår planet. Som jordens dotter håller hon nycklarna till förståelsen av vårt ursprung och till förberedelserna för framtidens utforskningar av solsystemet."

Bernard Foing

ESA:s SMART-1 Projektforskare



Om detta scenario ger en korrekt bild av månens ursprung, bör järn vara relativt ovanligt på ytan jämfört med, till exempel, magnesium. D-CIXS kommer att kunna bedöma fördelningen.

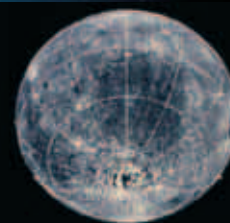
Illustration av AOES Medialab, © ESA 2002

Den mest populära teorin säger att månen är ett resultat av en kollision vid tiden för solsystemets födelse för 4500 miljoner år sedan. När jorden var nästan färdigbildad ska en gigantisk vandrande asteroid, stor som Mars, ha kolliderat med vår planet och slungat förgasad sten och damm från båda himlakropparna ut i rymden. En del av materialet kom in i en bana runt Jorden, stelnade och formade Månen.

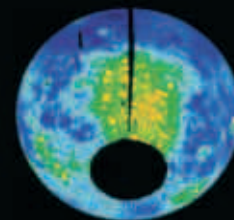
Smällen bör också ha medfört omfattande förändringar av jordens yttre lager. En bättre förståelse av både jorden och månen beror på om den här teorin kan antingen bekräftas eller vederläggas.

Månforskning är idag en global satsning

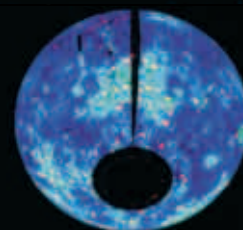
Arbetsgruppen International Lunar Exploration Working Group förenar ESA, ISAS och NASDA (Japan), NASA och flera andra rymdorganisationer runt om i världen. Den siktar på att sammanställa resultaten från alla de senaste såväl som framtida rymdfarkoster. Tolkningen av månens geologi och historia kommer att få hjälp av Japans Lunar-A farkost (2003). Den ska lämna instrument på månens yta, på både den närmaste och den bortre sidan, för att mäta värmeflöden och söka kärnan genom att studera vågorna från månbävningar. Japan förbereder också Selene (2004) för att fortsätta utforskandet av månens yta med fjärranalysteknik, påbörjat av USA:s Clementine och Lunar Prospector, och vidare av Europas SMART-1. Att slå samman resultaten ökar det vetenskapliga värdet hos alla projekt, inklusive SMART-1.



Synligt ljus (albedo)



Gammastrålning från järn



Gammastrålning från titan

Grundämnen karterades på Månens yta av NASA:s rymdfarkost Clementine. D-CIXS ombord på SMART-1 kommer att använda röntgenstrålning för att göra liknande dock mer detaljerade och heltäckande kartor.
Bildbearbetning av AOES Medialab, © ESA 2002. Original illustration: NASA

Om berättelsen stämmer ska månen innehålla förhållandevis mindre järn än lättare ämnen som magnesium och aluminium jämfört med jorden. Genom att göra en heltäckande mätning av de olika kemiska ämnens relativa mängder för första gången kan SMART-1 lämna ett väsentligt bidrag i denna betydelsefulla fråga.

D-CIXS (uttalas dee-kicks) är det rätta instrumentet för jobbet. Röntgenstrålning från Solen får atomer på månens yta att fluorescera och då själva avge röntgenstrålning. Den precisa energimängden i varje röntgenstråle är signaturen för ämnet som avger den.

"Förvånansvärt nog har ännu ingen gjort de observationer vi tänker göra. Därför får vårt lilla instrument på lilla farkosten SMART-1 chansen att lämna ett stort bidrag till förståelsen av Månen och dess relation till jorden."

Manuel Grande

Rutherford Appleton Laboratory, UK, D-CIXS Teamledare

-
- ESA Huvudkontor
8-10 rue Mario-Nikis
75738 Paris Cedex 15
Tel. (33) 1.53.69.71.55
Fax (33) 1.53.69.76.90

 - ESTEC Noordwijk
Nederländerna
Tel. (31) 71.565.3006
Fax (31) 71.565.5728

 - ESOC Darmstadt
Tyskland
Tel. (49) 6151.90.2696
Fax (49) 6151.90.2961

 - EAC Köln
Tyskland
Tel. (49) 2203.60.010
Fax (49) 2201.60.0166

 - ESRIN Frascati
Italien
Tel. (39) 6.94.18.02.60
Fax (39) 6.94.18.02.57

ESA Science Programme Communication Service
Tel. (31) 71.565.3223
Fax (31) 71.565.4101
<http://sci.esa.int>

European Space Agency
Agence spatiale européenne

Kontakta: ESA Publications Division
c/o ESTEC, P O Box 299, 2200 AG Noordwijk, Nederländerna
Tel. (31) 71 565 3400 - Fax (31) 71 565 5433