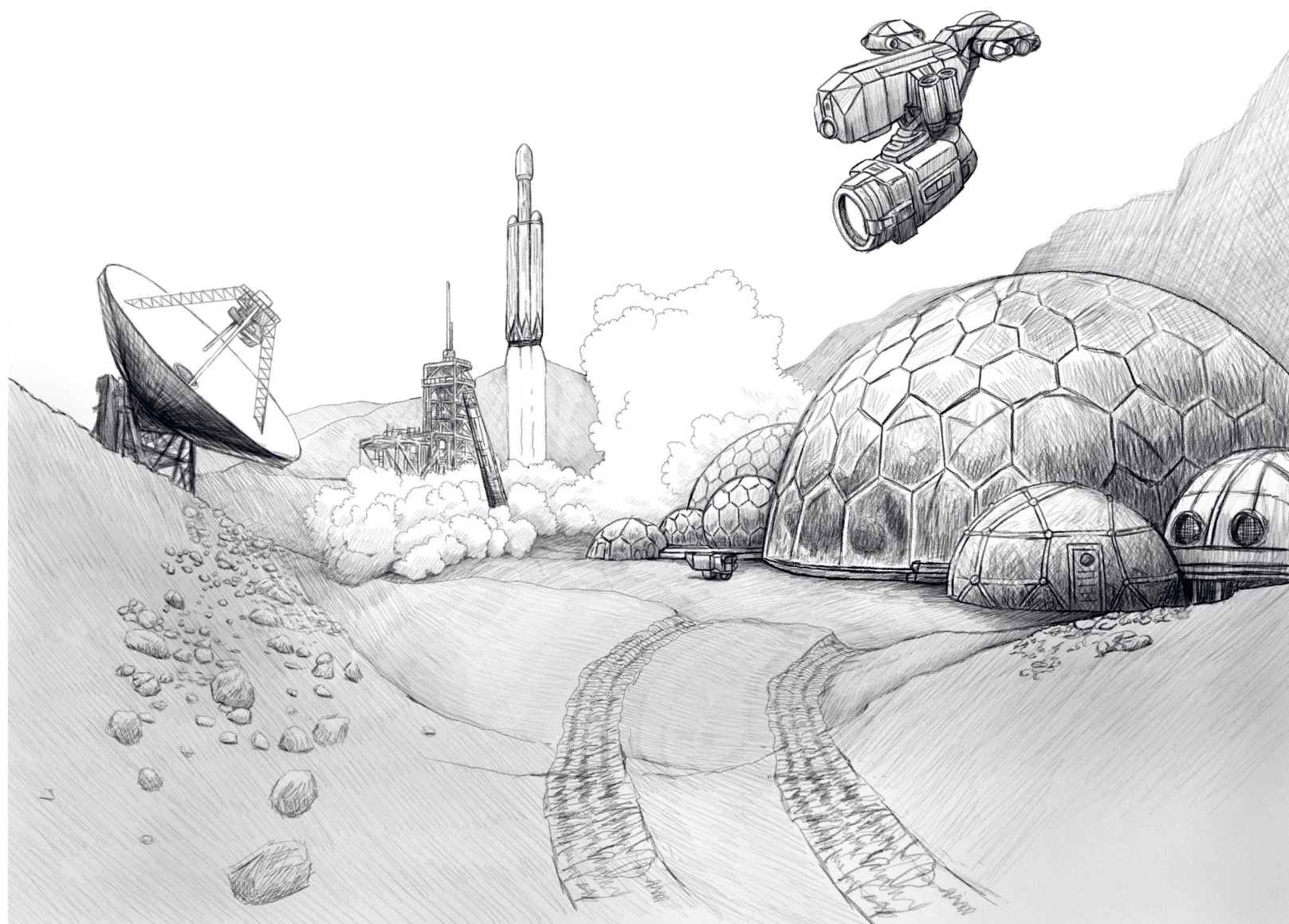


HAR VI ÅKT TILL MARS ÄN?

**Susanna Lewenhaupt
& Marcus Pettersson**

fri tanke



INNEHÅLL

Förord	13	Hur får vi kraft i en raketmotor?	108
Mars jämfört med jorden	14	Raketuppskjutning	110
Att åka till Mars – avstånd i solsystemet	16	Tre astronauter	112
Mars månar	18	Rymdfarkost vs ubåt	114
Månen	20	G-krafter: Falcon vs Gripen	116
Resor till månen	22	Rymdresor från Sverige	118
Solen	24	Mellanlanda på månen	120
Hur fungerar fusion?	26	Gateway	122
Hur bildas planeter?	28	Gravity assist	124
Jupiter	30	Dvärgplaneter	126
Venus	32	Generationsskepp	128
Solsystemets planeter	34	Hibernering	130
Resten av solsystemet	36	Kryonik	132
De coolaste månarna	38	Digitala astronauter	134
Satelliter	40	Hur påverkas kroppen i rymden?	136
Vad blir det för väder?	42	Ben och muskler	138
Att titta på jorden	44	Kroppen och strålning	140
Hur många satelliter finns det?	46	Kan vi anpassa kroppen?	142
Hur hotfull är rymden?	48	Hur påverkas psyket?	144
Rymdskrot	50	Vad består Mars av?	146
Kesslersyndromet	52	Vatten på Mars	148
Historiska astronomer	54	Hur renar vi vatten i rymden?	150
Vad kan vi se med teleskop?	56	Terraformering	152
Square Kilometre Array	58	Kan vi skapa en atmosfär på Mars?	154
Hubbleteleskopet	60	Magnetfält	156
James Webbteleskopet	62	Konstgjort magnetfält	158
Jämviktspunkter i rymden	64	Marsbasen	160
Exoplanetjakten	66	Vad blir det för mat?	162
Spektroskopi	68	Odling i rymden	164
Olika exoplaneter	70	Odlat kött	166
Galaxer	72	Kan vi äta insekter?	168
Hur stort är universum?	74	Lagar i rymden	170
Big bang	76	Vad bråkar vi om på Mars?	172
Vad består universum av?	78	Asat	174
Mörk materia och mörk energi	80	Blir Mars en demokrati?	176
Partiklar	82	Är Marsresan etisk?	178
Partikelacceleration	84	Finns det liv i rymden?	180
Neutrinodektion	86	Life on Mars	182
Ljusets hastighet	88	Vad är ett ufo?	184
Att resa i nära ljusets hastighet	90	Om det landar ett ufo?	186
Gravitation	92	Prover från Mars	188
Relativitetsteorin	94	Prover från andra himlakroppar	190
Att resa i tiden	96	Gruvor på asteroider	192
Maskhål	98	Kan vi bygga rymdskepp i rymden?	194
Vad händer i ett svart hål?	100	Additiv tillverkning	196
Konstgjord gravitation	102	Regolit	198
Konstant acceleration	104	Rymdhissen	200
Hur reser vi till Mars?	106	Vad är en Dysonsfer?	202
		Rymdrobotar	204
		Robotar på Mars	206
		Att flyga på Mars	208
		Hemresan	210
		Har vi åkt till Mars än?	212
		Bildregister	214

SOLSYSTEMET

MARS JÄMFÖRT MED JORDEN En samling kunskap om hur vår röda granne skiljer sig från den blå – i storlek, temperatur, gravitation och atmosfär – och vad det innebär för framtida Marsresenärer.

..... 10

ATT ÅKA TILL MARS – AVSTÅND I SOLSYSTEMET Där vår hjälte, alltså du som läser denna bok, tar sitt första steg, och får veta hur vi faktiskt tar oss till Mars – ett äventyr på 56 miljoner kilometer, om vi har tur med avstånden, och med ett tidsschema som styrs av solsystemets kosmiska dans.

..... 12

MARS MÅNAR Där vi lär känna Phobos och Deimos – två små följeslagare som kanske en gång var asteroider, men som nu kretsar runt Mars som uråldriga väktare med fascinerande egenskaper.

..... 14

MÅNEN En hyllning till vår egen måne, där vi får lära oss om hur den stabiliserar jorden, styr tidvattnet och kanske är en nödvändig mellanlandningsplats på vägen till Mars.

..... 16

RESOR TILL MÅNEN Människan tar sitt första steg på en annan himlakropp – och varför nästa resa till månen kan bli starten på ett nytt kapitel, med Artemis, Gateway och drömmar om mer.

..... 18

SOLEN En glödande inblick i stjärnors innersta – där väte blir helium, atomer bildar plasma och solen visar oss hur man håller igång i miljard år utan att bränna ut sig!

..... 20

HUR FUNGERAR FUSION? Där vi får veta hur stjärnornas motor faktiskt fungerar – och vad som krävs för att tämja denna kraft på jorden, eller kanske i framtidens rymdskepp.

..... 22

HUR BILDAS PLANETER? En episk berättelse om hur stoft blir till stenar, stenar till klot och klot till världar – där temperaturen, gravitationen och tiden avgör vem som får atmosfär, vatten och kanske liv.

..... 24

JUPITER Där vi möter solsystemets jätte – en skyddande väktare, stormarnas mästare, med ett eget system av månar som kanske gömmer hav, vulkaner och liv.

..... 26

VENUS En resa till vår närmaste granne – lik oss men ändå så olik, en elak tvilling med frätande regn, baklängesdagar och en växthuseffekt som gjort planeten till ett varnande exempel.

..... 28

SOLSYSTEMETS PLANETER En översiktlig färd från Merkurius till Neptunus – där vi möter himlakroppar som brinner, stormar, lutar ... och kanske bär på liv.

..... 30

RESTEN AV SOLSYSTEMET Där vi får veta vad som finns mellan och bortom planeterna – från asteroider och kometer till kentaurer och interstellära gäster.

..... 32

DE COOLASTE MÅNARNA Kapitlet där vi lär känna solsystemets mest spektakulära satelliter – vulkaniska infernon, isiga oceaner, rymdravioli och metandrypande atmosfärer.

..... 34

TITTA INÅT

SATELLITER Från Sputnik till Starlink – där vi fyller himlen med verktyg för väder, navigation, övervakning och kommunikation.

..... 36

VAD BLIR DET FÖR VÄDER? Där vi lär oss mer om hur rymden hjälper oss att förstå jorden – via satelliter som spanar på iskristaller, moln och klimatförändringar från ovan.

..... 38

ATT TITTA PÅ JORDEN Där satelliter skänker insikter om allt från fartyg i smyg till smältande isar – och gör det möjligt att kommunicera tvärs över planeten (och längre).

..... 40

HUR MÅNGA SATELLITER FINNS DET? En svindlande siffersafari bland tiotusentals objekt i omloppsbana – och vad som händer när rymden börjar bli trång.

..... 42

HUR HOTFULL ÄR RYMDEN? Där vi möter solvindar, meteoritregn och kosmiska risker – och får veta hur man knuffar undan en asteroid på kollisionskurs med jorden.

..... 44

RYMDSKROT En påminnelse om att även rymden behöver städas – och hur tappade skiftnycklar och trasiga satelliter är ett växande problem.

..... 46

KESSLERSYNDROMET När vår tekniska framgång blir vår egen fälla – en skrämmande vision av en framtid där rymden kring jorden förvandlas till ett kaotiskt virrvarr av satellitdelar och rymdskrot.

..... 48

BLICKA UTÅT

HISTORISKA ASTRONOMER Där vi möter dåtidens hjältar som Copernicus, Galileo, Newton och Hubble – och ser hur mänsklighetens bild av universum långsamt, men revolutionerande, förändras.

..... 50

VAD KAN VI SE MED TELESKOP? Där vi lär oss hur kikare blev superkameror – och hur dagens teleskop låter oss blicka tillbaka mot universums födelse, galax för galax, ljusår för ljusår.

..... 52

SQUARE KILOMETRE ARRAY Ett jätteteleskop sprider ut sig över öknar och savanner – byggt för att fånga de svagaste signalerna från universums barndom och kanske, kanske fånga in tecken på liv.

..... 58

HUBBLETELESKOPET Där vi lär känna rymdens veteran bland teleskop – en trogen följeslagare i omloppsbana som har gett oss ikoniska bilder och ovärderlig kunskap om kosmos.

..... 60

JAMES WEBBTELESKOPET Där vi ser i infrarött och skickar bilder från 1,5 miljoner kilometers håll – ett guldklätt öga som avslöjar universums allra första ljus. 62

JÄMVIKTSPUNKTER I RYMDEN En samling märkliga punkter i rymdens gravitationsfält – där saker kan ligga stabilt och blicka ut över universum eller in mot vår värld. 64

EXOPLANETJAKTEN Där vi lär oss hur man hittar planeter i andra solsystem – och hur de avslöjar sig genom att dra i sin stjärna eller blockera dess ljus. 66

SPEKTROSKOPI Där vi får veta hur regnbågar i rymden kan avslöja vad avlägsna världar är gjorda av – och kanske, en dag, om de bär på liv. 68

OLIKA EXOPLANETER Ett kosmiskt bestiariuM där vi möter superjor- dar, lavavärldar och gasjättar som kokar – och inser hur ofattbart varierade planeter kan vara. 70

GALAXER Där vår egen Vintergata visar sig vara en av biljoner – och vi får se hur stjärnor, stoft och svarta hål bildas i kosmiska formationer. 72

UNIVERSUM, TID & RUM

HUR STORT ÄR UNIVERSUM? Där vi försöker greppa ett universum utan mitt och utan gräns, där ljuset från de fjärran galaxerna startade sin resa för 14 miljarder år sedan – och ännu är långt ifrån framme. 74

BIG BANG En berättelse om hur allting började – med ett ljus som först inte kunde synas, men som nu ger oss ledtrådar om galaxer, mörk energi och det ständigt växande kosmos. 76

VAD BESTÅR UNIVERSUM AV? En samling fakta som får oss att tappa hakan – där allt vi ser bara utgör 5 procent av helheten, och resten är något som vi ännu inte förstår. 78

MÖRK MATERIA OCH MÖRK ENERGI Där vi letar efter det vi inte kan se – det som håller ihop galaxerna och driver universums expansion, och som ännu inte låtit sig förklaras. 80

PARTIKLAR En upptäcktsfärd bland universums minsta byggstenar – från kvarkar och leptoner till bosoner och hypotetiska gravitoner. 82

PARTIKELACCELERATION Där vi kraschar materiens minsta delar i jakten på de största svaren – om Higgs, mörk materia och kanske nya dimensioner. 84

NEUTRINODETEKTION Där vi följer forskares jakt på partiklar som färdas obehindrat genom vad som helst, och besöker enorma detektorer i vatten, is och mörker. 86

LJUSETS HASTIGHET Där vår snabbaste budbärare visar sig vara själva gränsen för vad som är möjligt – och vi lär oss varför vi aldrig kan komma ifatt ljuset, oavsett hur fort vi rör oss. 88

ATT RESA I NÄRA LJUSETS HASTIGHET Där vi följer med på en hisnande färd till Alfa Centauri, tiden kröks, avstånd krymper och resan tar år för oss men bara dagar för astronauten. 90

GRAVITATION En samling märkliga insikter om varför vi inte svävar bort – och hur en fjäder och ett bowlingklot faktiskt faller precis lika snabbt, om man bara tar bort luftmotståndet. 92

RELATIVITETSTEORIN Där vi får möta Einsteins rumtid – ett universum där tid och rum böjs, klockor går olika fort och tyngdkraft blir till krusningar i själva verkligheten. 94

ATT RESA I TIDEN Där vi tar en tur till framtiden och funderar kring varför ingen dök upp på Stephen Hawkings fest för tidsresenärer. 96

MASKHÅL Där vi utforskar om universum gömmer genvägar, där två platser (eller tider!) kan hänga ihop, och vad det i så fall innebär. 98

VAD HÄNDER I ETT SVART HÅL? Där gravitationen blir så stark att själva verkligheten viker sig – och vi sug- s mot ett okänt centrum där våra teorier tappar fotfästet. 100

SÅ TAR VI OSS TILL MARS

KONSTGJORD GRAVITATION Där snurrande hjul och smart acceleration kan få oss att stå stadigt i rymdens tyngdlöshet. 102

KONSTANT ACCELERATION Där vi med hjälp av klassisk fysik och en dröm om 1 G reser till Mars på drygt två dygn. 104

HUR RESER VI TILL MARS? En berättelse om Hohmannbanor, planetrörelser och rymdfarkoster som glider genom tomheten med hjälp av noggrant planerade avfyrningar. 106

HUR FÅR VI KRAFT I EN RAKETMOTOR? Där vi lär oss varför bränslet måste in med tryck, gaserna ut med kraft – och hur dragkraften byggs upp i en trattformad våg mot stjärnorna. 108

RAKETUPPSKJUTNING En steg-för-steg-resa genom raketens kraftprov – från nedräkning och gravitationens grepp till omloppsbanor och flykthastigheter. 110

TRE ASTRONAUTER Där vi möter en svensk rymdtrio som med testpilotens kyla, forskarens nyfikenhet och astronautens mod tagit steget ut till omloppsbanan – och skrivit historia. 112

RYMDFARKOST VS UBÅT Där vi jämför två extrema färdmedel – och upptäcker hur lika och olika de faktiskt är.	114
G-KRAFTER: FALCON VS GRIPEN Där vår hjälte i rymdraketen pressas mot stolen med 4,5 G – och vi får veta varför det ändå är en barnlek jämfört med ett flygpass i JAS Gripen.	116
RYMDRESOR FRÅN SVERIGE Där platser, visioner och raketer visar att framtidens rymdfärder kanske inte bara startar i Florida – utan även i Kiruna.	118
MELLANLANDA PÅ MÅNEN Där vi får veta hur månen kan bli testplats, tankstation och träningsläger inför resan till Mars.	120
GATEWAY Där vi besöker en rymdbas i omloppsbana kring månen – en verkstad, forskningsstation och språngbräda vidare ut i rymden.	122
GRAVITY ASSIST Där vi får lära oss att använda planeter som slungor – och hur rymdsonder kan ta fart utan att bränna en enda droppe extra raketbränsle.	124
DVÄRGPLANETERNA En fundering om Pluto, Ceres och deras iskalla kusiner – där det kanske väntar både vatten, mineraler och nya möjligheter.	126

SÅ ÖVERLEVER VI I RYMDEN

GENERATIONSSKEPP Där vi besöker en flygande stad, där generationer föds, lever och dör på färden mot en avlägsen planet som ingen ombord någonsin kommer att se.	128
HIBERNERING Där vi hämtar inspiration från björnar och igelkottar – och funderar på om rymdresenärer kan sova sig genom månader av tomrum.	130
KRYONIK Där vi fryser våra kroppar i hopp om framtida upptining – en idé som låter som science fiction men som redan är verklighet för en del förhoppningsfulla.	132
DIGITALA ASTRONAUTER Där vi skickar vårt medvetande genom rymden som kod, och funderar på om vi en dag kan leva vidare i robotar, minneskort och maskinrum.	134
HUR PÅVERKAS KROPPEN I RYMDEN? Där våra kroppar möter rymdens hårda verklighet – med strålning, tyngdlöshet och isolering som utmanar både celler och psyke.	136
BEN OCH MUSKLER Där vi lär oss vad som händer med kroppen när tyngdkraften försvinner – och varför du kanske ska tänka efter innan du springer på Mars i en rymddräkt.	138

KROPPEN OCH STRÅLNING Där vi får veta varför vi bör undvika gammastrålning – och varför livet på Mars kräver både smarta byggmaterial och nya sätt att tänka kring strålskydd.	140
KAN VI ANPASSA KROPPEN? En berättelse om gensaxar, DNA-redigering och framtidens rymdmänniskor – där vi kanske blir tåligare, men riskerar att förlora något på vägen.	142
HUR PÅVERKAS PSYKET? Där våra hjältar stänger in sig i ett halvår eller mer – och försöker undvika ångest, misstag och hallucinatoriska pratstunder med växterna.	144

LIVET PÅ MARS

VAD BESTÅR MARS AV? En inblick i den röda planetens olika lager – från kärna till skorpa – och en titt på ytan där järnet rostat, vinden blåst och vatten kanske fortfarande finns.	146
VATTEN PÅ MARS Där vi ser spåren av floder, sjöar och hav – och hittar is nog att täcka hela planeten med vatten, om den bara ville smälta.	148
HUR RENAR VI VATTEN I RYMDEN? Där varje droppe räknas och går i cirklar – från kaffe till kiss till kaffe igen.	150
TERRAFORMERING Där vi gör Mars beboelig – genom att värma upp planeten, släppa ut växthusgaser och få det att regna över ett nytt, rödgrönt hem.	152
KAN VI SKAPA EN ATMOSFÄR PÅ MARS? Där vi smälter isar, riktar speglar mot polerna och släpper ut koldioxid – i hopp om att bygga upp en tätare, varmare atmosfär som en dag kan bära flytande vatten.	154
MAGNETFÄLT Där vi får veta hur planeternas rörliga inre skapar osynliga sköldar som skyddar oss från rymdens anstormningar.	156
KONSTGJORT MAGNETFÄLT Där vi bygger rymdsköldar, plasma-ringar och gigantiska kablar, i försök att skydda Mars framtida atmosfär.	158
MARSBASEN Där vi bygger vårt nya hem i kupoler, under jord och med Marsregolit som tegel – och långsamt formar en självförsörjande koloni.	160
VAD BLIR DET FÖR MAT? En måltidsfilosofi för framtiden, där rymdkök, insektsfarmer och återvinningssystem tillsammans skapar ett hållbart kretslopp för livet på andra världar.	162
ODLING I RYMDEN Där vi lär oss att odla utan jord och upptäcker hur rymdforskning hjälper även jordens mest ogästvänliga platser att grönska.	164

ODLAT KÖTT Där vi byter slakteri mot cellkulturer – och ser hur
framtidens protein växer fram i rymdens laboratorier, skivat, smakfullt
och syntetiskt.166

KAN VI ÄTA INSEKTER? Där syrsor, larver och mjölmaskar blir en
viktig del av Marsmenyn, och hjälper till med att ta hand om avfall.
.....168

LAGAR, ANSVAR & ETIK

LAGAR I RYMDEN Där vi reder ut vem som bestämmer bortom
jorden – och får veta varför Mars ännu inte tillhör någon, men snart kan
kräva helt nya lagar.170

VAD BRÅKAR VI OM PÅ MARS? Där vi blickar fram mot konflikter
om resurser, ledarskap och kulturkrockar – och frågar oss vad som
händer när gamla bråk följer med till nya världar.172

ASAT Där vi lär oss om vapen som kan slå ut satelliter – och vad
som händer när teknikdemonstrationer förvandlas till rymdskrot i
omloppsbana.174

BLIR MARS EN DEMOKRATI? Om rymdfördrag, nationella
ambitioner och frågan om vem som får vara med och bestämma när nya
samhällen växer fram på andra planeter.176

ÄR MARSRESAN ETISK? Där det uppstår nya dilemman: om att ta
ansvar för både planetens öde och individens värdighet.178

LIV I RYMDEN

FINNS DET LIV I RYMDEN? En resa genom astrobiologins grunder,
där vi söker spår av liv i Guldlockszoner, exotisk kemi och oändliga
möjligheter.180

LIFE ON MARS Där vi gör en djupdykning i Mars geologiska historia
och mikrobiologiska potential – vi följer spåren av vatten, metan och
möjliga organismer.182

VAD ÄR ETT UFO? Där vi tittar på himlafenomen som vi inte kan
förklara – och får insikter om hur det vi ser kanske säger mer om oss än
om de presumtiva besökarna.184

OM DET LANDAR ETT UFO? Där vi får veta vilka instanser som
kopplas in, vad lagen säger – och varför Lajka från 1957 fortfarande är
aktuell.186

FRAMTIDSUTSIKTER

PROVER FRÅN MARS Där vi bygger robotar, raketer och
omloppsstationer för att – kanske – lyckas ta hem några gram damm
från vår röda granne.188

PROVER FRÅN ANDRA HIMLAKROPPAR Där vi hämtar material
från månar, kometer och asteroider – och lär oss om vad dessa korn kan
säga om solsystemets historia.190

GRUVOR PÅ ASTEROIDER Där järn, nickel och platina väntar
i svävande stenblock mellan Mars och Jupiter, redo att brytas och
förädlas.192

KAN VI BYGGA RYMDSKEPP I RYMDEN? Där vi bygger vårt
skepp direkt i omloppsbana – med robotarmar, asteroidmetall och
3D-skrivare i tyngdlöshet.194

ADDITIV TILLVERKNING Där vi printar bostäder, verktyg och
reservdelar – och låter robotar förvandla Mars sand till skydd mot kyla,
strålning och meteoritregn.196

REGOLIT En berättelse om Mars och månens dammiga ytskikt – där
varje korn bär på information, skydd mot strålning och byggmaterial till
framtidens baser.198

RYMDHISSEN Där vi tänjer nanokablar ut i rymden – och funderar på
om Mars är en bättre plats att bygga framtidens transportmedel mellan
planet och omloppsbana.200

VAD ÄR EN DYSONSFÄR? Där vi omger solen med solfångare – och
låter hela vår civilisation drivas av stjärnkraft i en framtid där energibrist
är historia.202

RYMDROBOTAR Där maskinerna blir våra ögon, händer och
förtrupper i jakten på kunskap och framtida hem.204

ROBOTAR PÅ MARS En samling av maskinella pionjärer – från
Sojourner till Perseverance – som utforskar, analyserar och bygger vår
framtid på den röda planeten.206

ATT FLYGA PÅ MARS Där vi lär oss bemästra den tunna atmosfären
– med drönare som banar väg för en ny era av luftburen utforskning.
.....208

HEMRESAN Där vi får insikter om hur hemresan innebär en teknisk,
logistisk och psykologisk utmaning i flera steg.210

HAR VI ÅKT TILL MARS ÄN? Där vår hjälte vänder blicken från
Mars dammiga horisont – och reflekterar över vad resan inneburit.
.....212

”Varför ska vi satsa på en resa till Mars, när vår egen planet är i desperat behov av omvårdnad?” Den frågan har vi fått många gånger sedan vi 2019 släppte det första avsnittet av den podcast som ligger till grund för boken du nu håller i handen.

För oss började resan när vi av en slump befann oss på ett föredrag av Nasa om odling av mat i rymden. Vi fascinerades av hur nära rymden faktiskt är, rent geografiskt naturligtvis, men även det vardagliga livet. Var vi än befinner oss måste vi ju äta.

Vår nyfikenhet var tänd, och samtalet oss emellan fortsatte – vilka fler utmaningar ställs vi inför när vi lämnar jorden egentligen? Vi blev de otåliga barnen i baksätet, som ständigt frågar: ”När är vi framme?” Frågvisheten ledde oss till samtal med forskare, astronauter och företag över hela världen, och blev till en kartläggning över alla de trösklar vi måste ta oss över för att kunna landa en människa på vår röda grannplanet – Mars.

Vi insåg snart att alla de framsteg som görs på vägen dit även har praktiska tillämpningsområden för oss, här hemma. Genom att lösa problem kopplade till den extrema miljö vi utsätts för i rymden hittar vi lösningar för dilemman vi ställs inför dagligen på jorden. Klimatförändringar, konflikter och utarmade resurser är exempel på områden där resan till Mars kan vara en del av lösningen!

Så varför ska vi satsa på en resa till Mars? Svaret är ganska enkelt: För att vi kan! Och för att det är när vi testar gränser för vad som är möjligt som de stora lösningarna kommer till oss.

Nu åker vi!
Susanna & Marcus

FÖRORD



Min resa mot rymden började när jag sökte till Esa:s astronautprogram. Det var ett instinktivt beslut. Men mitt i uttagningsprocessen stannade jag upp och ställde mig själv den stora frågan: **VARFÖR SKA VI TILL RYMDEN?**

För mig blev svaret tydligt. Rymden är inte bara en plats vi reser till – den är en drivkraft för utveckling här på jorden. Utan rymden hade vi inte haft dagens kommunikationssystem, väderprognoser eller den kunskap vi har om klimatförändringar. Jordobservation, satellitnavigering och global uppkoppling är bara början. Men ännu viktigare är hur rymden fungerar som en accelerator – den tvingar oss att lösa de stora tekniska och samhällseliga utmaningarna som vi annars lätt skjuter upp. Samtidigt ger rymden oss möjlighet

till grundforskning: att förstå hur planeter, stjärnor och galaxer fungerar är inte bara en vetenskaplig nyfikenhet – det ger oss kunskap som ofta får oväntad betydelse här på jorden.

Att satsa på rymden är ett ansvar. Ett generationsansvar. För våra barn, för kommande generationer – och för vår förmåga att blicka framåt. Vi hade inte varit där vi är i dag om inte tidigare generationer vågat tänka längre än till nästa dag. Jag vill vara en del av det perspektivet, och jag vill att Sverige ska vara det också.

Vi har så mycket att bidra med: spetskompetens inom autonomi, AI, systemteknik, farkostutveckling. Men vi bidrar inte så mycket som vi skulle kunna. Rymdprogrammet är ett sätt att sätta våra värderingar och vår kompetens på världskartan. Det handlar inte bara om teknik – det handlar om vilka vi vill vara som nation. Ingen bygger ett rymdprogram ensam. Det kräver att myndigheter, industri och akademi drar åt samma håll. Det var precis så vi byggde Gripen – ett projekt där myndigheter, Saab och akademien samarbetade. Det är på samma sätt vi i Sverige kan ta oss till rymden. För att sedan vidare bidra till att mänskligheten tar sig till Mars – och längre.

När jag blev uttagen i astronautreserven blev jag tillfrågad om att medverka i en intervju i podcasten *Har vi åkt till Mars än?* och under året då jag tränade till astronaut blev jag kontinuerligt intervjuad om mina framsteg. Jag borde kanske ha lyssnat på serien redan före uttagningsprocessen, men det gick ju bra ändå. Men jag har jag lyssnat i efterhand – och jag har lärt mig massor, och jag hoppas att serien – och nu denna bok – ska inspirera fler att vilja vara med och arbeta med rymden.

För den som vill förstå varför rymden spelar roll, är det här en fantastisk start.

Marcus Wandt
Astronaut, Esa

MARS JÄMFÖRT MED JORDEN

Bara tolv människor har någonsin satt sin fot på en annan himlakropp. Alla var amerikanska astronauter som landade på månen under Nasas Apolloprogram mellan 1969 och 1972. Nu siktar vi åter mot månen, och därefter är nästa stora mål Mars. Så hur står sig vår röda granne i jämförelse med vår egen planet?

STORLEK

Omkrets: 40 075 kilometer

Yta: 510 072 000 kvadratkilometer

varav drygt 70 % täckt av vatten

TEMPERATUR

Max 57 °C

Min -89 °C

Medel 15 °C

TID

24 timmar/dygn

365 dygn/år

ATMOSFÄR

78,1 % kväve

20,95 % syre

0,93 % argon

plus lite andra gaser

LUFTTRYCK

Medeltryck vid havsnivå: cirka 1 013 hPa
(hektopascal), vilket motsvarar 1 atmosfär.

TOPOGRAFI

Högsta topp: Mount Everest 8 849 meter

Djupaste dal: Challengerdjupet 11 034 meter

MAGNETFÄLT

Ja

GRAVITATION

9,807 m/s²



Jordens totala landyta är ungefär
149 miljoner km² – nästan exakt
samma yta som hela Mars.

STORLEK

Omkrets: 21 344 kilometer

Yta: 144 400 000 kvadratkilometer

Torrt ökenlandskap

TEMPERATUR

Max 20 °C

Min -153 °C

Medel -63 °C

TID

24 timmar och 39 minuter/dygn

687 dygn/år

ATMOSFÄR

95,1 % koldioxid

2,59 % kväve

1,94 % argon

plus spår av syre, kolmonoxid och vattenånga

LUFTTRYCK

Medeltryck vid ytan: cirka 6–7 hPa (eller 600–700 Pa).

Det är mindre än 1 % av jordens tryck vid havsnivå.

TOPOGRAFI

Högsta topp: Olympus Mons ca 25 000 meter

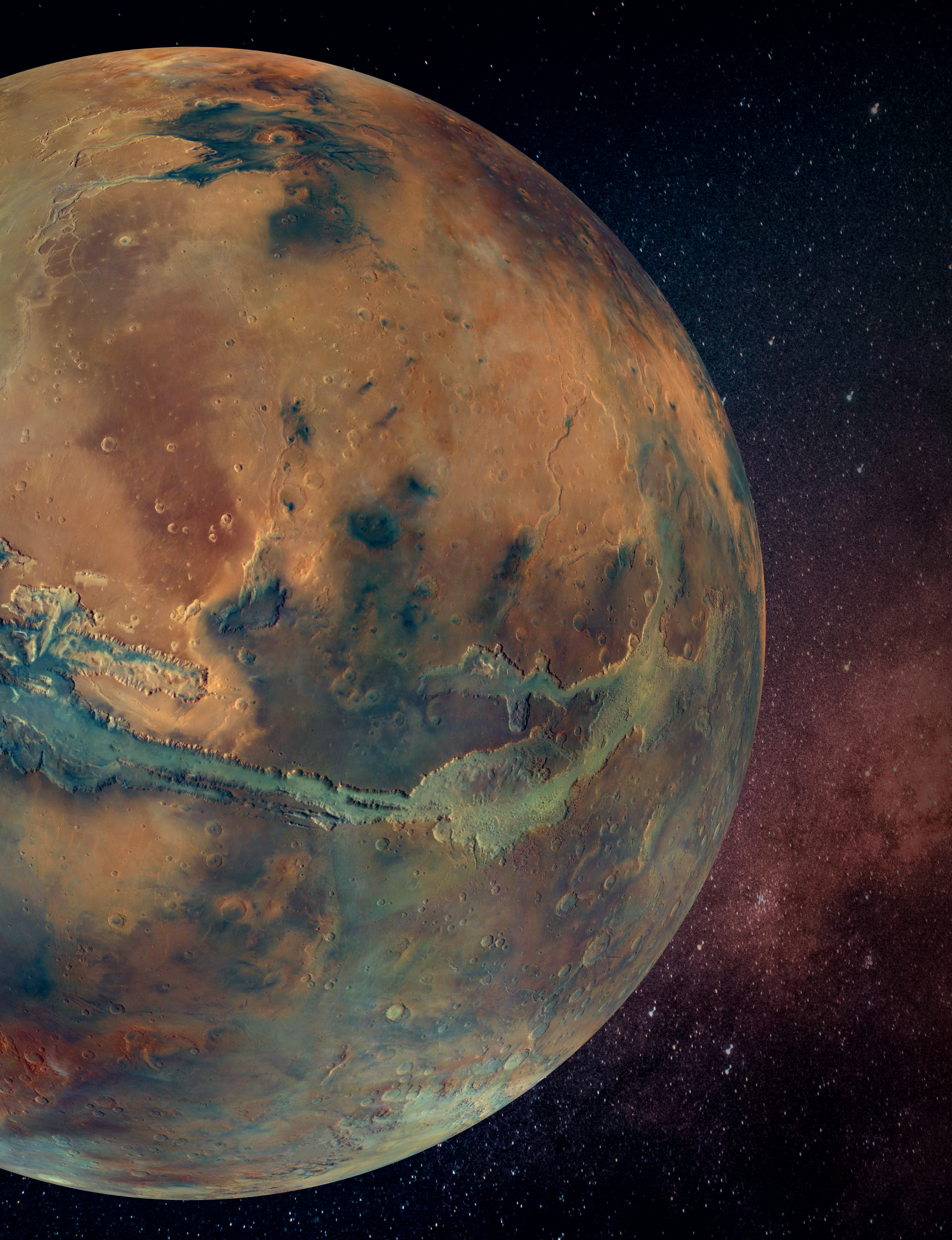
Djupaste dal: Hellas Planitia 7 152 meter

MAGNETFÄLT

Nej

GRAVITATION

3,73 m/s²



ATT ÅKA TILL MARS – AVSTÅND I SOLSYSTEMET

Vår resa börjar! Vi ska ta oss till Mars och förhoppningsvis lära oss massor om rymden och, på vägen, om hur vi tar hand om jorden.

En resa till Mars tar ungefär sex till nio månader om man startar vid rätt tidpunkt. Eftersom jorden och Mars har olika omloppstider runt solen – 365 respektive 687 dagar – förändras deras inbördes positioner hela tiden. Det gör att avståndet mellan planeterna varierar kraftigt, och det går bara att resa dit och hem under vissa startfönster som inträffar ungefär vartannat år. Det betyder också att ett besök på Mars inte kan göras hur kort som helst. Antingen planerar man för en kort vistelse på cirka en till tre månader, men då blir hemresan mycket längre, nästan 400 dagar. Eller så väljer man en lång vistelse på omkring 16 månader, vilket gör returresan mer energieffektiv. Oavsett vilket alternativ man tar handlar det alltså om uppdrag som varar minst mellan ett och ett halvt och tre år!

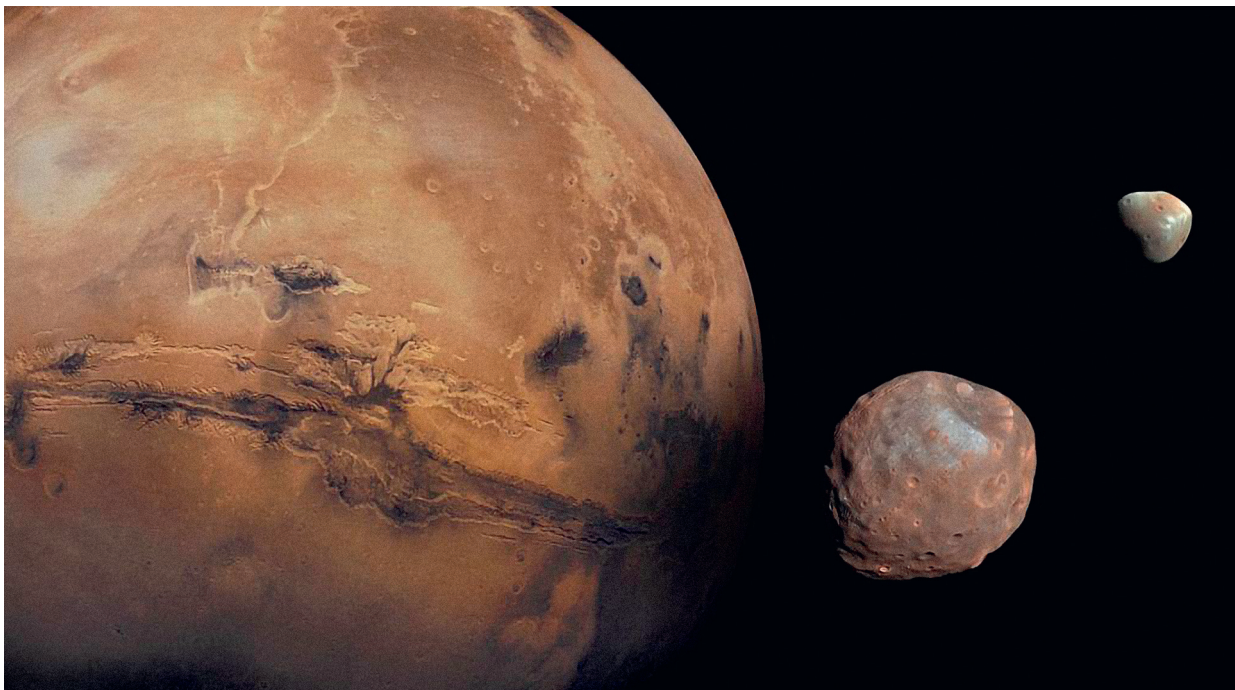
OPPOSITION SKER UNGEFÄR VARTANNAT ÅR

När jorden och Mars ligger som närmast varandra är avståndet ungefär 56 miljoner kilometer, vilket motsvarar 1 400 varv runt ekvatorn. Som längst är det 400 miljoner kilometer.



MARS MÅNAR

Vår måne stabiliserar jordens lutning, vilket ger oss tydliga årstidsväxlingar och ett stabilt klimat. På Mars gäller inte samma förhållanden. Mars två månar, Phobos och Deimos, är relativt små. Skulle Mars bli av med dem, skulle det inte innebära någon dramatisk förändring för planeten, eftersom deras massa är för liten för att påverka Mars stabilitet nämnvärt.



PHOBOS är den större av de två och ligger i låg omloppsbana runt Mars – bara 6000 kilometer ovanför planetens yta. Jämför det med vår månens 385 000 kilometer i genomsnitt. Phobos dras dessutom successivt närmare Mars, med nästan 2 centimeter varje år, och kommer så småningom antagligen att brytas upp till en ring av småsten. Under varje Marsdygn tar sig Phobos tre varv runt planeten.

Den stora kratern Stickney på Phobos kom till vid en kollision, som måste ha varit så kraftig att den var nära att slå sönder månen.

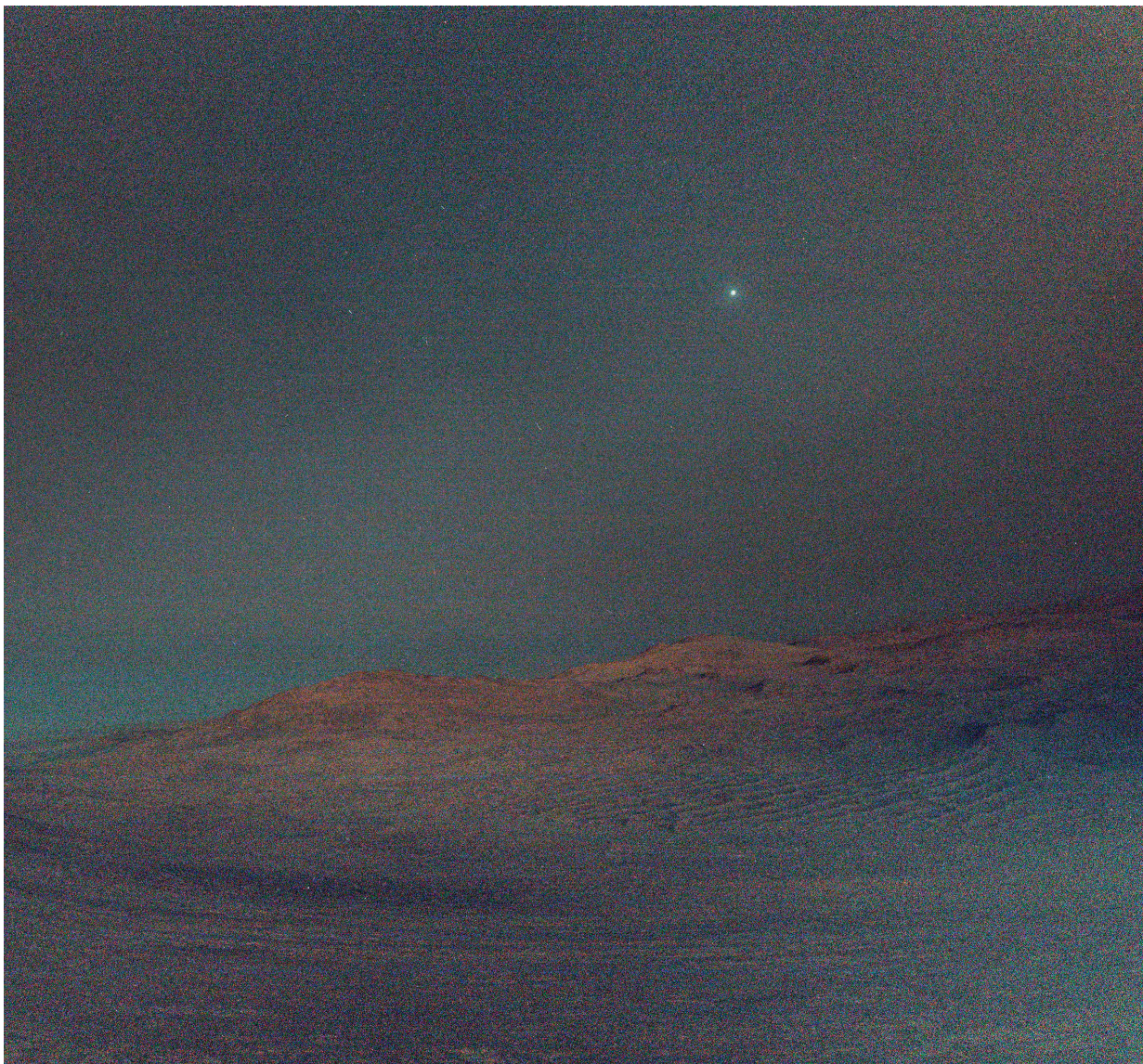
HUR MÅNGA DYGN ÄR DET PÅ ETT MARSÅR?

Ett Marsdygn kallas *sol* och är ungefär 24 timmar och 39 minuter långt.

Ett Marsår $\approx$ 687 jorddygn långt

Ett Marsår $\approx$ 669 sol långt

Eftersom ett Marsdygn är lite längre än ett jorddygn blir det färre Marsdygn på ett Marsår.



Deimos lyser över kratern Jezero strax före soluppgång. Bilden togs av Nasas ströware Perseverance på Mars den 1 mars 2025 (sol 1433), kl. 04:27 lokal tid. Sol 1433 betyder att det är den 1433:e Marsdagen sedan Perseverance landade på Mars.

DEIMOS är en av solsystemets minsta månar med en diameter på ynka 15 kilometer. Det tar trettio timmar för Deimos att ta sig ett varv runt Mars.

Att Phobos och Deimos går i banor nära ekvatorn skulle kunna tala för att de skapades från överblivet material runt den unga Mars. Men då månarnas sammansättning skiljer sig från Mars, tyder mycket på att de snarare är asteroider som fångats in av planetens dragningskraft.

Precis som vår måne har Phobos och Deimos alltid samma sida vänd mot sin planet.

Byggde vi en bas på Phobos, skulle vi kunna dra nytta av att ha månen som skydd mot strålning en stor del av tiden. Därifrån skulle vi kunna göra forskningsexpeditioner till Mars, som skulle vara helt dominerande på himlavalvet ovanför oss. Gravitationen på Phobos är dock extremt låg, så en person på sjuttio kilo skulle uppleva sig väga lika mycket som en liten tändsticksask. Hoppa inte för högt, vem vet var det skulle sluta!

MÅNEN

Javisst, målet med vår resa är Mars. Frågan är bara om vi ska färdas dit direkt eller om vi bör åka via månen. Den är trots allt vår närmaste himlakropp och jordens naturliga satellit. Som det dominerande objektet på natthimlen har den fascinerat människan så länge hon tittat upp mot himlen.

Månen går i en bana runt jorden, alltid med samma sida vänd mot oss. Den bildades troligen efter en kollision mellan jorden och en annan, mycket mindre planet någon gång i början av solsystemets historia. De båda planeterna blev till en, medan stoft och grus från kollisionen klumpade ihop sig och blev kvar i omloppsbana som vår måne.

Månens dragningskraft håller jordens lutning stabil, vilket leder till stabilt klimat och orsakar ebb och flod – tidvatten. Tidjorden, alltså månens inverkan på torra land, höjer och sänker dig en kvarts meter varje dygn utan att du märker något.

Friktionen mellan haven och havsbotten vid tidvatten bromsar långsamt jordens rotation. Samtidigt ökar månens avstånd till jorden med 3,8 centimeter per år, vilket håller jorden-månensystemet stabilt.

Om månen försvann skulle jorden bli en mer oberäknelig plats. Jordaxelns lutning skulle kunna svaja mer, vilket över långa tidsperioder kunde förändra årstidernas rytm och klimatets balans. Det skulle inte ske över en natt, men på sikt kunde det göra vår värld både kallare och varmare, eller bara mer kaotisk.

Så tack, månen, för att du finns!

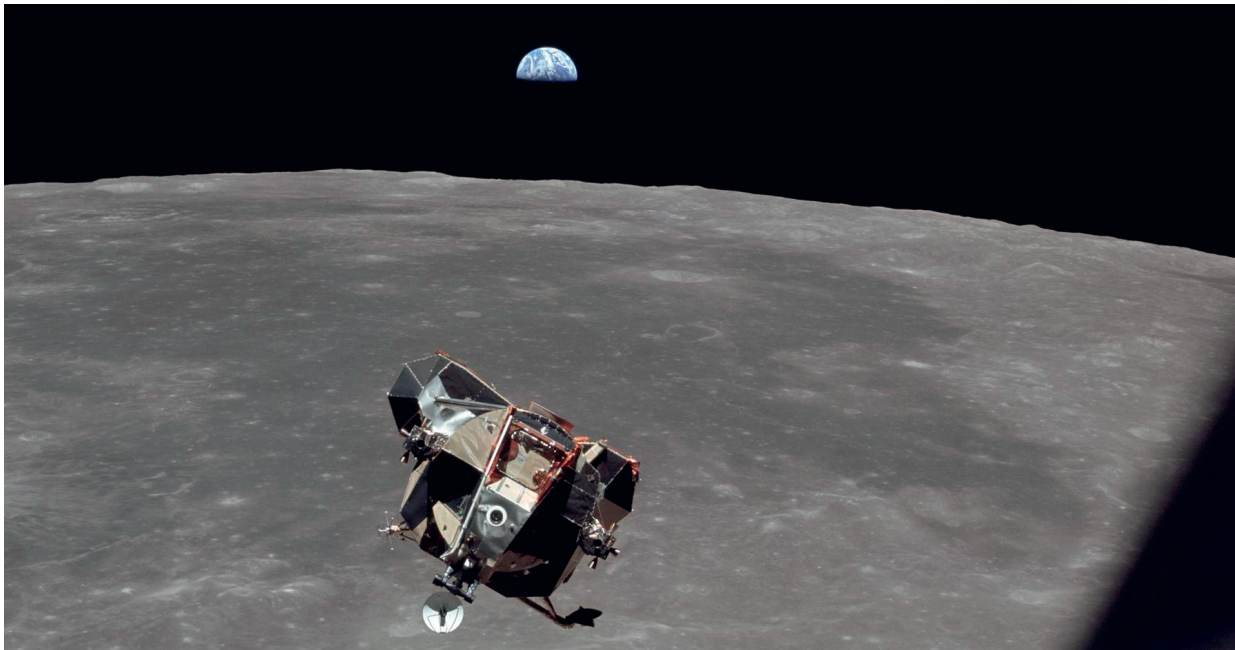
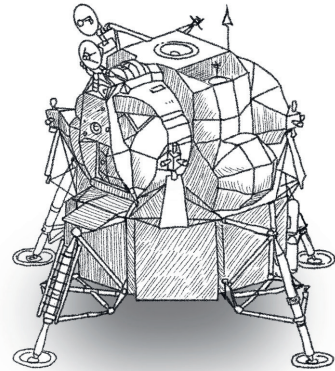




Esas Sentinel-2C fångar vår
granne med knivskarp precision.

RESOR TILL MÅNEN

*”Ett litet steg för [en] människa – men ett enormt kliv för mänskligheten.”
Så uttryckte sig Neil Armstrong när han placerade det första fotsteget på
månens yta. Men vad har egentligen hänt sedan dess?*



Eagle stiger upp från månens yta efter den första bemannade landningen. Bilden togs av astronaut Michael Collins under Apollo 11, juli 1969.



Astronauten Eugene Cernan kör mån bilen under Apollo 17-expeditionen, den sista bemannade resan till månen.

KOMMANDE MÅNMISSIONER

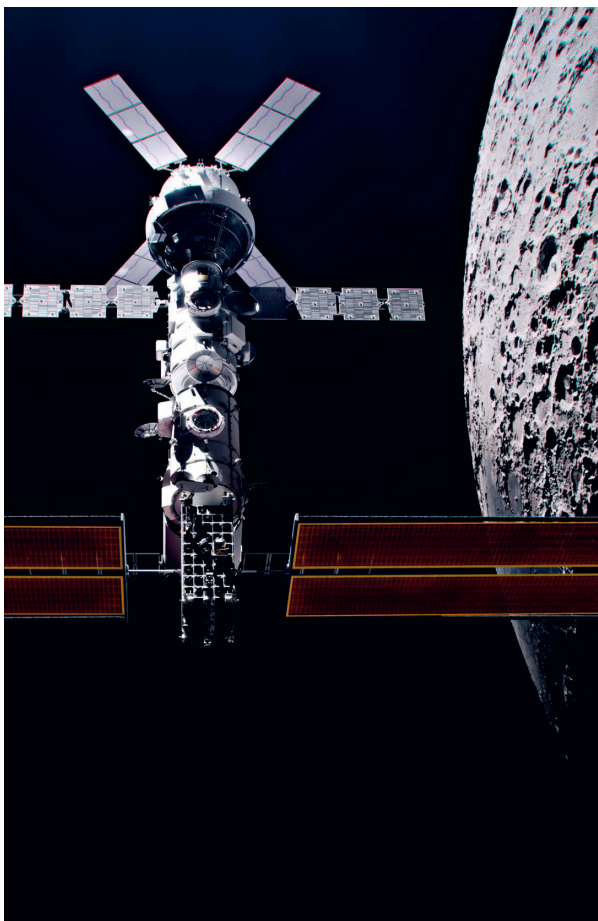
Förutom Artemisprogrammet avser fler länder att landa människor på månen de kommande åren.

KINA: Siktat på att landa människor på månen före 2030.

RYSSLAND OCH KINA: Vill bygga en gemensam bas som ska bemannas i mitten av 2030-talet.

INDIEN: Fortsätter med det lyckade (obemannade) projektet Chandrayaan för att landa bemannat runt 2040.

Apolloprogrammet pågick mellan 1961 och 1972, och totalt sex landningar gjordes på månens yta. Sedan dess har ingen människa varit där, men på senare år har intresset för bemannade resor vaknat igen, och det planeras för fullt för olika projekt på och runt vår naturliga satellit. På resan mot Mars är månen ett logiskt stopp på vägen, och med sin närhet till jorden är den en perfekt plats att öva på inför den mycket längre och svårare Marsresan.



Gateway, en framtida rymdstation i omloppsbana runt månen.

Flera nationer har pågående program för månfärder och har skickat obemannade farkoster dit. Indiens *Chandrayaan*, Kinas *Chang'e*, Rysslands *Luna* och Japans *SLIM* är några exempel.

Artemis är det nuvarande internationella månprogrammet som drivs av Nasa med syfte att skapa en långsiktig närvaro på och omkring månen, och flera



LCRT (Lunar Crater Radio Telescope). Möjligt framtida radioteleskop!?

olika projekt för kortare och längre vistelser på månens yta planeras.

Ett exempel på forskningsverksamhet som kan komma att ske på månen i framtiden är ett radioteleskop på månens baksida. Därifrån kan man undersöka hur universum såg ut innan några stjärnor bildades, vilket inte kan göras från jorden eftersom atmosfären stör signalerna.

Apollo tog människan till månen, och med Artemis ska vi etablera oss där mer permanent. I framtiden planeras för både månbaser och semesterresor dit. Ju mer rutin vi får på att åka till månen, desto mer naturligt blir det att se det som ett första steg på resan mot Mars.

Det återstår att se vilken nation som blir först med att sätta en person på månen i den nya rymdkapplöpningen.

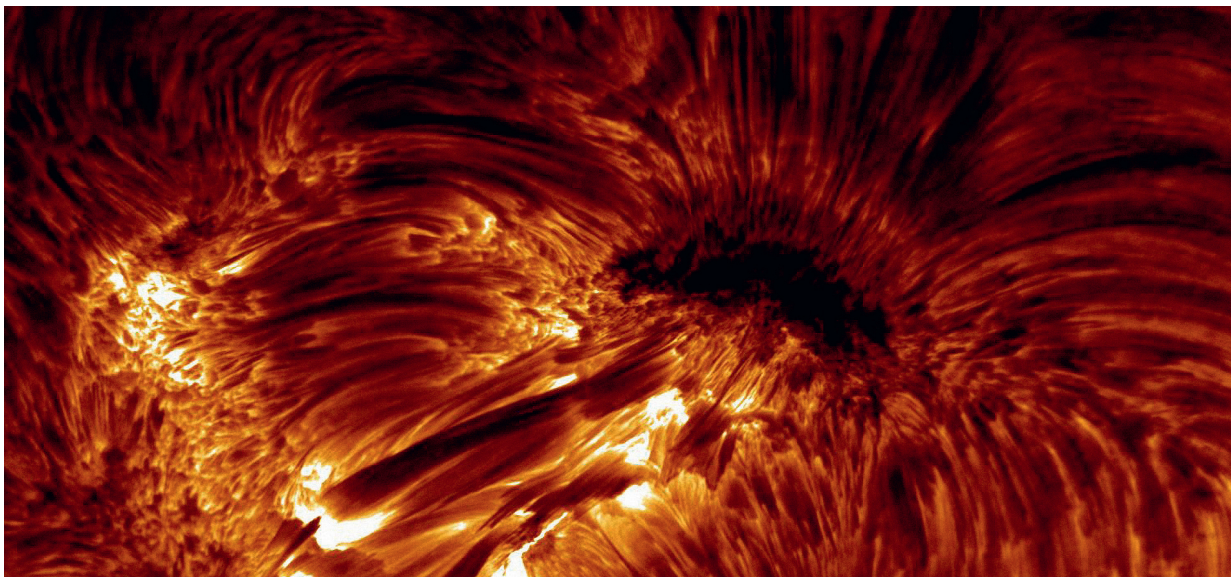
ARTEMIS

Förutom Nasa består Artemisprogrammet av ett samarbete mellan flera länder och rymdorganisationer.

Esa (Europeiska rymdorganisationen)	ASI (Italien)
Jaxa (Japan)	ISA (Israel)
DLR (Tyskland)	MBRSC (Förenade Arabemiraten)
UKSA (Storbritannien)	CSA (Kanada)

SOLEN

Det är lätt att tro att solen är ett enormt brinnande klot, men så är det inte. Vad är det då som händer där uppe, 150 miljoner kilometer bort, som ger oss värme och energi på jorden? Vad är solen egentligen gjord av?



Närbild av en solfläck, tagen med det svenska solteleskopet på La Palma.

I universum är väte det absolut vanligaste ämnet. Det utgör ungefär tre fjärdedelar av all massa, är det lättaste grundämnet och ligger först i det periodiska systemet.

För stjärnor gäller detsamma. De består till cirka 75 procent av väte, och precis som i universum är helium det ämne som det finns näst mest av i stjärnor. I solen ser det ut så här:

75 % väte

24 % helium

1 % andra grundämnen, som syre

På jorden är vi vana vid att ämnen kan visa sig i tre olika tillstånd: gas, flytande och i fast form. Men solen består av en fjärde kategori, *plasma*.

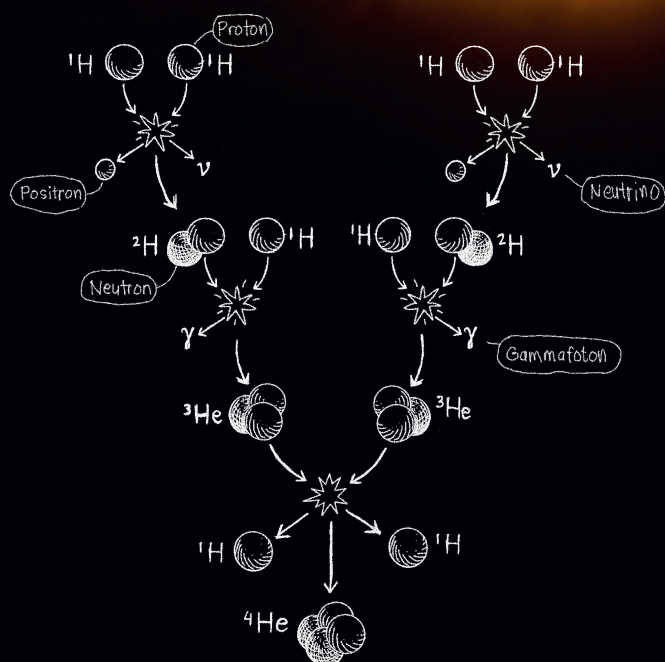
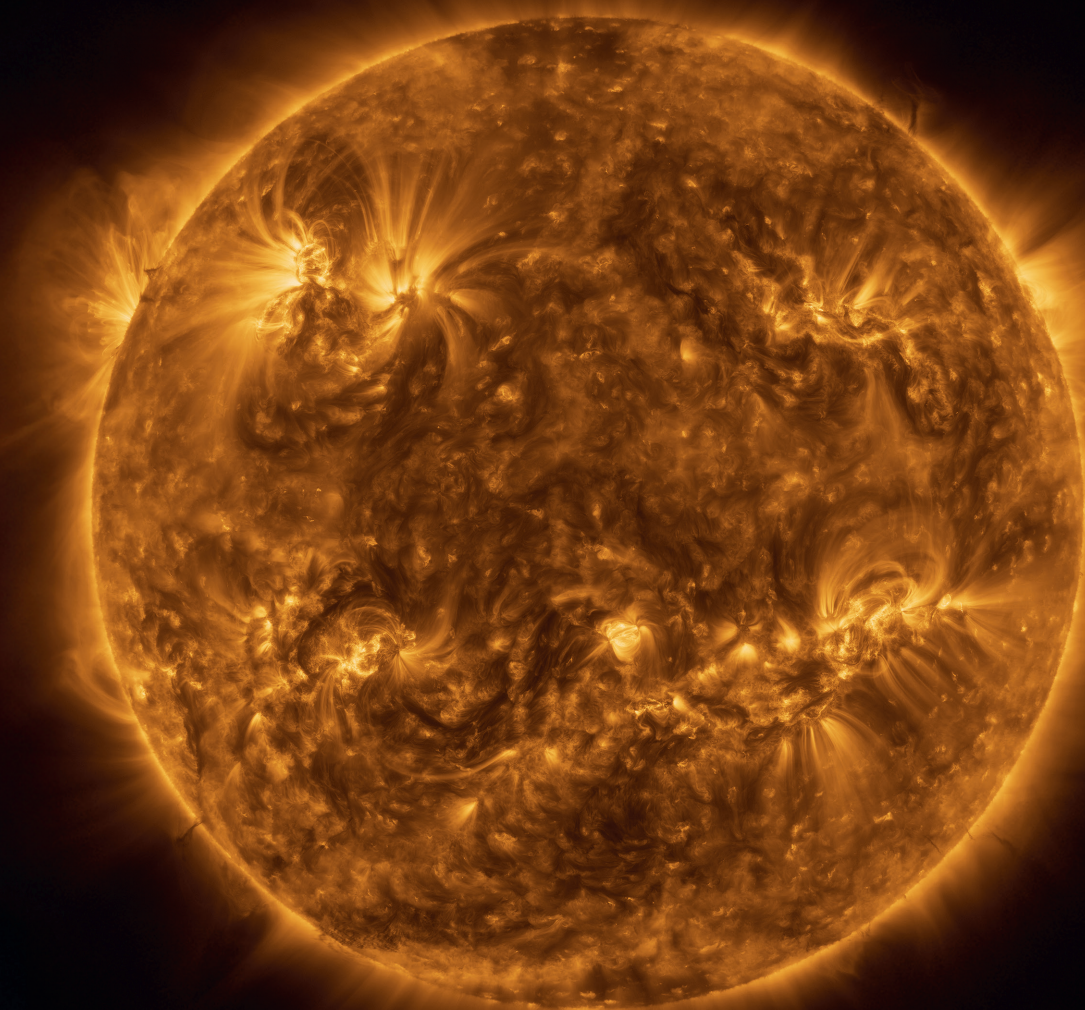
Så här! När något blir extremt varmt, som i en stjärna, slits elektronerna loss från atomkärnorna. Kvar blir

negativt laddade elektroner och positivt laddade atomkärnor – *joner*. De fria elektronerna och jonerna bildar en "smet" av laddningar i just ett plasma. Solen består alltså av ett plasma av framför allt väte- och heliumjoner.

När ett stoftmoln i rymden, en nebulosa, dras ihop av gravitationen bildas en sfärisk himlakropp. Temperaturen och trycket därinne blir till slut så höga att en process kallad *fusion* startar, och en stjärna föds!

Det som sker vid fusion är att atomkärnor inne i stjärnan smälter samman och bildar tyngre grundämnen. Fascinerande nog är det tyngre ämnets massa lägre än summan av de två atomer som slogs ihop. Skillnaden blir energi som transporteras ut genom solens olika lager och så småningom når oss som värme och ljus.

Tänk om vi kunde härma detta på jorden!

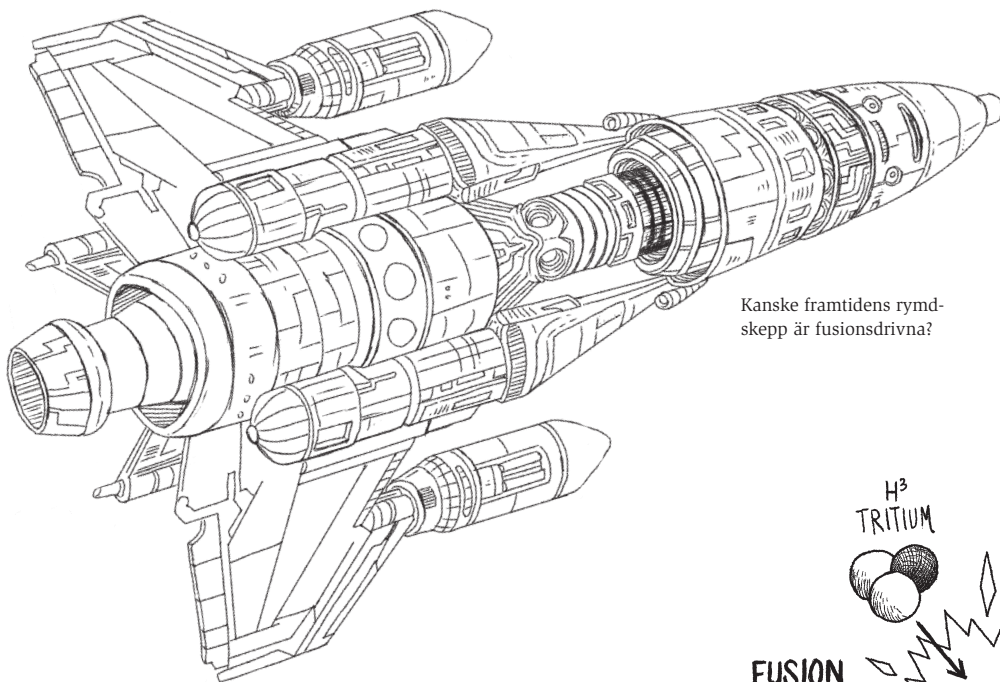


I solens glödande inre pressas vätekärnor (${}^1\text{H}$) ihop i en kedja av reaktioner som kallas proton-proton-kedjan. Två protoner bildar deuterium (${}^2\text{H}$), som sedan smälter samman med fler vätekärnor och bildar helium (${}^4\text{He}$). På vägen frigörs energi i form av ljus (gammafotoner), partiklar (neutriner och positroner) – och den värme som når oss här på jorden.

HUR FUNGERAR FUSION?

Det som sker i stjärnor kallas fusion. Det betyder sammanslagning, och inom fysiken handlar det om atomkärnor som smälter samman och bildar tyngre grundämnen, samtidigt som energi frigörs. Stjärnor består av plasma – en het, elektriskt laddad soppa av partiklar där varken atomer eller molekyler håller ihop. Det är i plasmat som fusionen sker. Rymden är full av den här typen av kraftverk. Dag ut och dag in genererar stjärnorna energi, oupphörligt i miljoner, ja miljarder år.

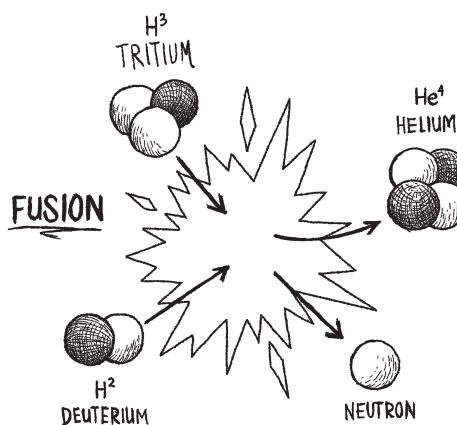
Skulle fusion möjligen kunna vara lösningen på energikrisen här på jorden?



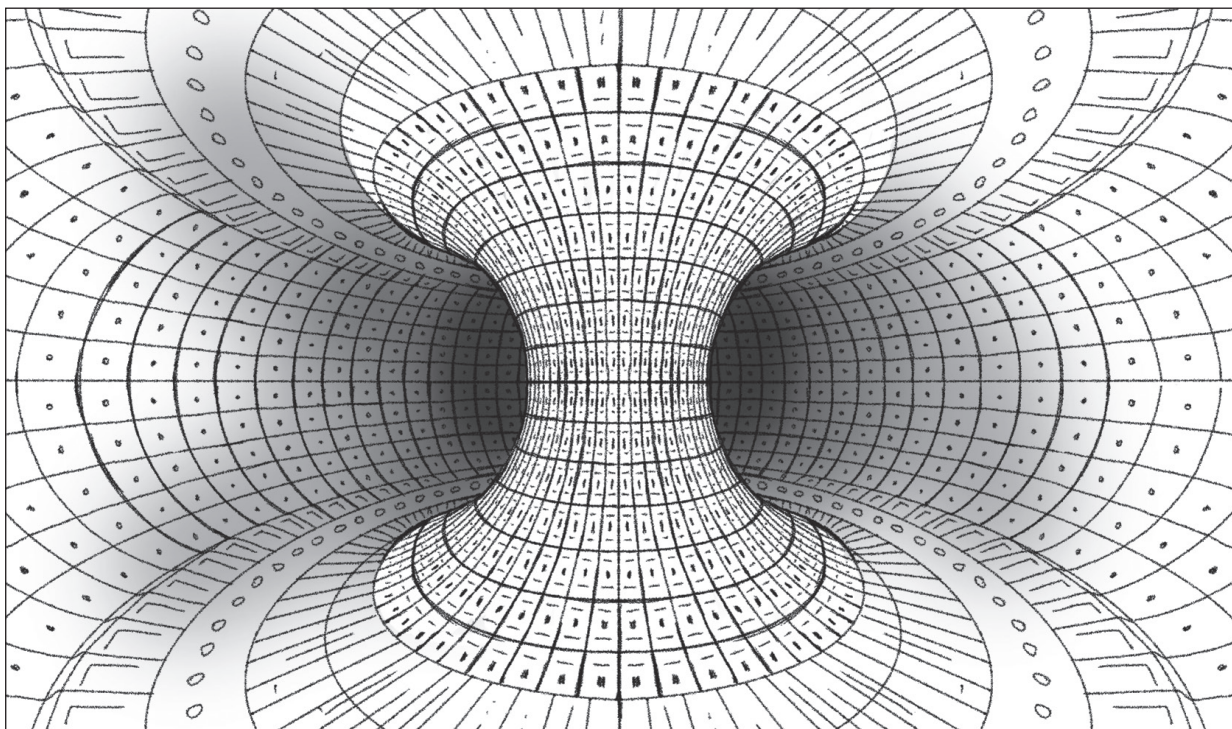
Kanske framtidens rymdskepp är fusionsdrivna?

FÖRDELAR MED FUSION JÄMFÖRT MED VANLIG KÄRNKRAFT

- Väte finns det gott om, så bränslet kommer inte att ta slut.
- Ingen risk för explosioner eller läckage av skadliga ämnen.
- Inga farliga långlivade radioaktiva restprodukter eller annat skadligt för miljön.
- Obegränsad tillgång till ren energi skulle kunna ta udden av internationella konflikter om energi och öppna upp för en rättvisare värld.



I ett fusionskraftverk är det framför allt neutronerna som bär med sig den frigjorda energin. När väteisotoper slås ihop till helium frigörs en neutron med hög hastighet. Neutronen fångas upp i reaktorns väggar, där dess rörelseenergi omvandlas till värme.



Tokamakens runda form håller plasmat virvlande i en sluten bana med hjälp av starka magnetfält, en elegant men komplex bur för stjärnkraft på jorden.

För att uppnå fusion är det tre faktorer som måste uppfyllas, de så kallade Lawsonkriterierna. Tillräckligt hög temperatur, tillräckligt högt tryck och tillräckligt lång inneslutningstid, alltså att plasmat hålls stabilt tillräckligt länge för att en reaktion ska hinna påbörjas.

Att här på jorden komma upp i ett tryck motsvarande det som råder inne i en stjärnas mitt är omöjligt, så man får arbeta med de andra två kriterierna för att väga upp. Därför måste temperaturen i ett fusionskraftverk vara över 150 miljoner grader för att fusionen ska sätta igång, men detta är faktiskt inte fullt så svårt som det kan låta.

Svårigheten ligger i inneslutningstiden och i att hålla plasmat på plats, och de projekt som finns i dag för att få till fusion arbetar på olika sätt med magnetfält och laser.

Det vanligaste sättet att åstadkomma fusion baseras på ett koncept som kallas tokamak, där ett extremt hett plasma hålls instängt i en ringformad kammare med hjälp av kraftiga magnetfält. Plasmata cirkulerar och måste hållas stabilt i flera sekunder för att fusion ska kunna ske.

I Sverige tittar man på en annan lösning, där Novatron Fusion Group utvecklar en teknik baserad på magnetiska speglar. Det innebär att man i stället för ett ringformat plasma har ett oscillerande plasma mellan två magnetiska speglar, samtidigt som det finns andra magnetfält som håller plasmat stabilt och på plats. Det är en enklare konstruktion som kan göra fusion mer tillgänglig – om den fungerar.

Plasmat i ett fusionskraftverk består som regel av olika former av väte som slås ihop och bildar helium. I sammanslagningen frigörs neutroner, och eftersom de är elektriskt neutrala kan de ta sig rakt igenom magnetfältet och krocka med reaktorns vägg, där energin fångas upp och omvandlas till värme som sedan konverteras till elektricitet via ångturbiner.

Vid fusion får man ut mycket energi ur mycket små mängder bränsle, vilket gör fusionsmotorn till ett lockande alternativ för framdrivning när det är dags att ge sig ut på riktigt långa resor i rymden. Och tar bränslet slut kan man hämta nytt på vägen. Väte är ju universums vanligaste ämne!