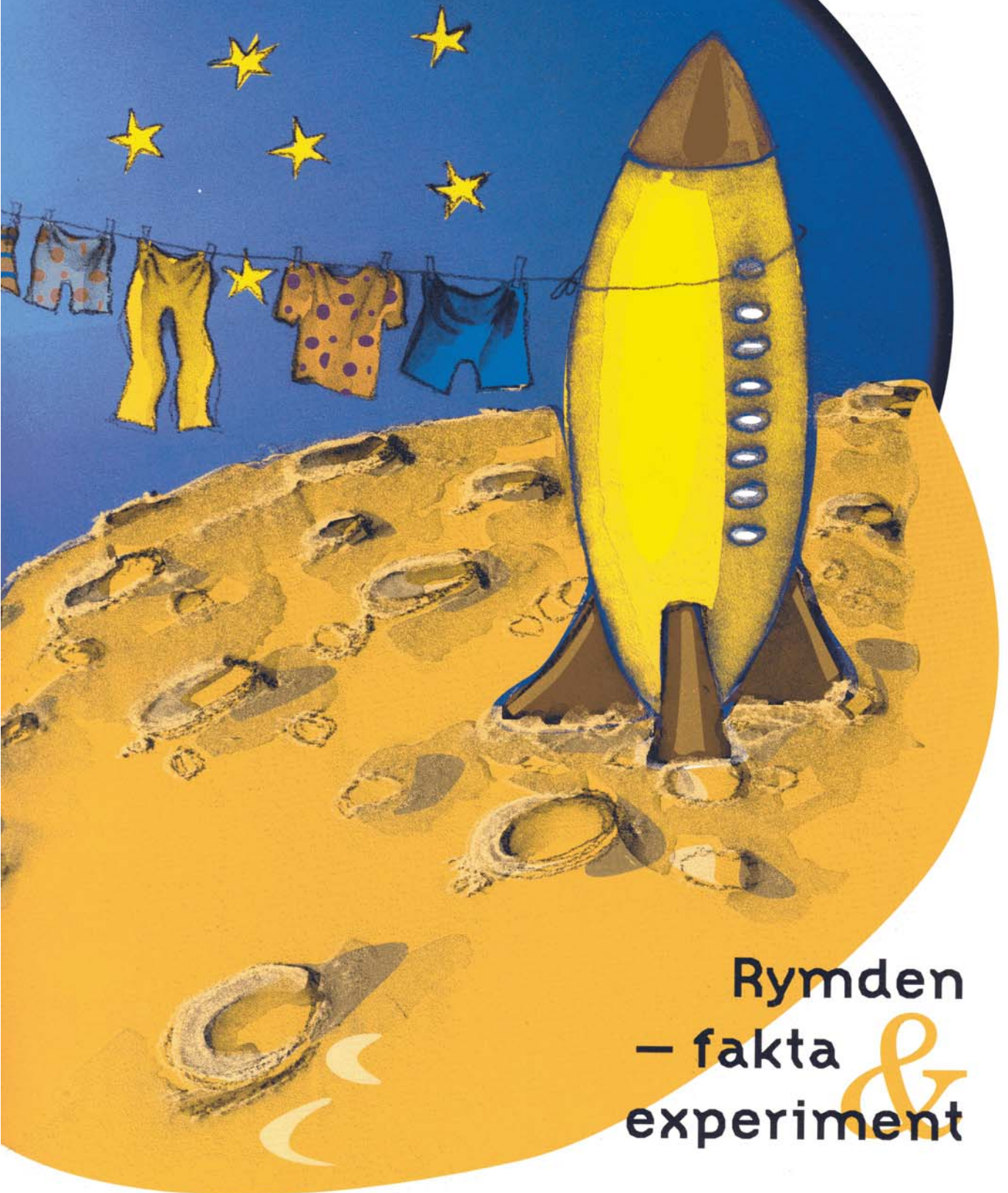


# Kan man torka tvätt i rymden?



Rymden  
– fakta &  
experiment

**Utgivare:** Forskningsrådsnämnden (FRN), Stockholm, Rymdbolaget, Solna och Rymdstyrelsen  
Internetadress: [www.frn.se](http://www.frn.se)

**Planeringsgrupp:** Ann Margret Lindberg och Lena Lindell (FRN), Per Magnusson (Rymdstyrelsen), Bengt Larsson och Anne Ytterskog (Rymdbolaget)

**Författare:** Hans-Uno Bengtsson, Per Magnusson, Anne Ytterskog

**Tecknare:** Ingela Schönbeck, Ebba Strid Udikas

**Fotografer:** Gunnesboskolan, Ingemar D. Kristiansen/Sydsvenskan

**Redaktör:** Margareta Elg

**Omslagsbild:** Ebba Strid Udikas

**Grafisk formgivning:** Titti Apler, ORD&FORM AB, Uppsala

**Copyright:** FRN och upphovsmän. Fri kopiering för undervisningsändamål.

**Tryck:** ADEBE Miljötryck AB

ISBN 91-86174-91-6

# Kan man torka tvätt i rymden?

Rymden – fakta och experiment



# Förord



2

Att det blir plats över i en av Rymdbolagets forskningsraketer händer inte var dag. Att dessutom elever får chansen att fylla detta utrymme med ett rymdexperiment hör nog också till ovanligheterna. Det var emellertid vad som hände våren 1997. I ett möte mellan Rymdbolaget och Forskningsrådsnämnden utformades en tävling kring bästa rymdexperiment som mellanstadieskolorna inbjöds att delta i.

Tävlingsinbjudan skickades ut sent på terminen och landade i skolorna mitt i aktiviteterna inför terminsavslutningen. Ändå fick vi in en bra bit över hundra fantasifulla förslag och funderingar. Vad händer till exempel med fyllda vattenglas, maskar, tomater, läskflaskor, ballonger, blomfrön, änglaspel och blöt tvätt i tyngdlöshet? I många fall finns redan kunskap och svar. Vi bestämde oss för att välja ut några tävlingsbidrag och ta dessa som utgångspunkt för en liten bok om rymden och rymdexperiment.

Avgörande för denna boks tillkomst har varit Rymdstyrelsens intresse för och stöd till produktionen. Rymdstyrelsens Per Magnusson har skrivit det mesta av faktatexterna och i övrigt generöst delat med sig av sina kunskaper. Texterna är skrivna direkt för de unga läsarna, som får svar på skilda slag av rymdfrågor. Hur går det till att minut för minut räkna ner inför en raketuppskjutning? Vad tar en astronaut med sig i packningen? Experimenten, som finns längst bak i boken, bör lärare och elever ta itu med tillsammans.

Tack alla ni som skickade in bidrag. Er skola får härmed, liksom alla andra mellanstadieskolor, ett exemplar av boken.

Stockholm i oktober 1998

*Bengt Larsson*  
Rymdbolaget

*Ann Margret Lindberg*  
Forskningsrådsnämnden

*Anne S Ytterskog*  
Rymdbolaget

# Innehåll



|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Rymdtävlingen                    | 4  |
| Raketen Mermaid                  | 5  |
| Tyngdlösheten vann               | 8  |
| Tomt på luft                     | 10 |
| Torka tvätt i rymden             | 12 |
| Änglaspel i rymden               | 14 |
| Fritt fall EXPERIMENT            | 16 |
| Fallande vatten EXPERIMENT       | 18 |
| Ytspänning EXPERIMENT            | 20 |
| Ljuslåga i fritt fall EXPERIMENT | 22 |
| Esrage – raketbasen              | 23 |
| Vill du veta mera?               | 24 |

# Rymdtävlingen

4

Alla mellanstadieklasser i Sverige fick vara med i Rymdtävlingen. Det var Rymdbolaget och Forskningsrådsnämnden (FRN) som bjöd in alla klasser som ville vara med. Varje deltagande klass skickade in förslag på experiment som kunde följa med en raket upp i tyngdlöshet. Den klass som vann skulle få resa till Esrange, som är Rymdbolagets raketbas utanför Kiruna i Lappland. Där skulle de få se raketen skjutas upp.

Tävlingsjuryn tittade på olika saker vid bedömningen av bidragen. Det var viktigt att experimentet skulle vara originellt, roligt, ganska enkelt att bygga och att klassen själv skulle kunna göra mycket av förberedelserna. Klass 5C vid Gunnesboskolan i Lund vann tävlingen.



Klassen från Gunnesboskolan fick resa från Lund till Esrange, nästan hela Sveriges längd. Rymdbolagets folk kom "bara" från Solna.



I augusti 1997 fick klassen veta att den hade vunnit tävlingen. Det firades med en tårta i form av en raket. Barnen fick sedan i januari 1998 åka till raketuppskjutningen och dessutom måla vad de ville på raketen.





# Raketen Mermaid



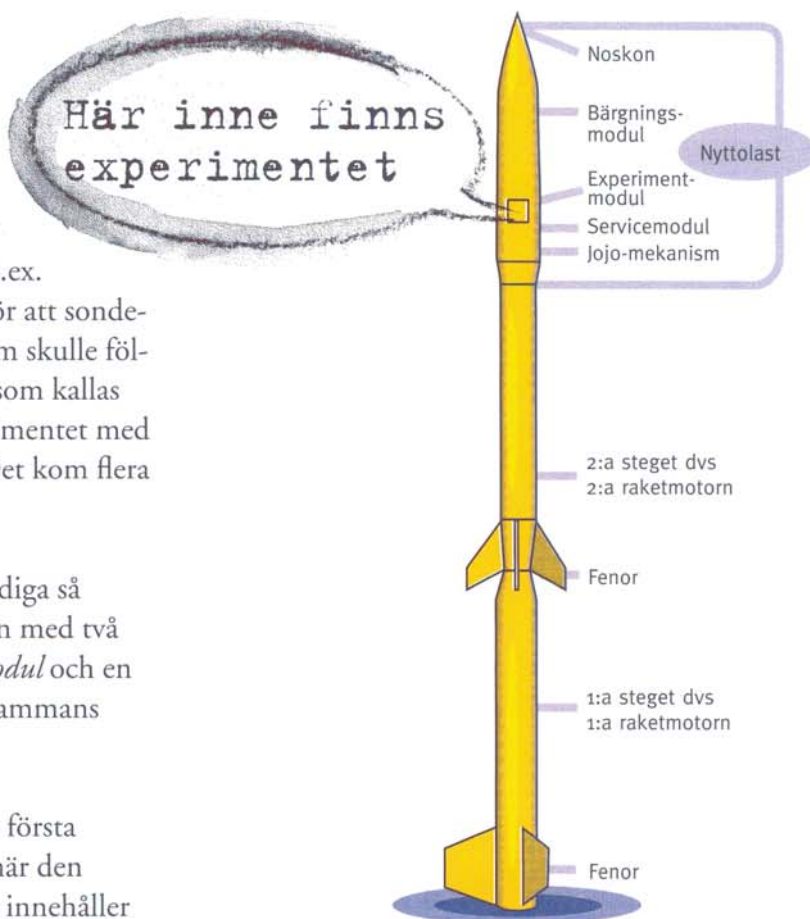
5

**E**leverna i 5C gjorde modeller i papper så att Rymdbolagets tekniker kunde se hur klassen hade tänkt sig experimentet och bygga det på riktigt. På Rymdbolaget använde de en hel del nya ord på olika saker. Raketen kallas t.ex. *sondraket* (eftersom den används för att sondera – undersöka). Experimentet, som skulle följa med, byggdes in i ett runt skal, som kallas *struktur*. Tillsammans kallas experimentet med strukturen för *experimentmodul*. Det kom flera nya ord!

När alla experimentmoduler är färdiga så testas de (prövas) och sätts samman med två andra slags moduler – en *servicemodul* och en *bärningsmodul*. Alla moduler tillsammans kallas *nyttolasten*.

Servicemodulen sköter om att den första raketmotorn lossnar från raketen när den har brunnit klart. Servicemodulen innehåller också en s.k. jojo-mekanism. Eftersom raketen roterar (snurrar) när den far upp så måste rotationen bromsas. Det gör jojo-mekanismen genom att släppa ut linor med tyngder i (jämför med en isprinsessa som stoppar en piruett genom att sträcka ut armarna). Dessutom har denna modul en sändare för att skicka data och videobilder *till* markstationen samt en mottagare för att ta emot data och kommandon *från* stationen.

Bärningsmodulen innehåller två fallskärmar. Den ena är en skärm som vänder nyttolasten rätt och bromsar farten när den faller mot marken. Den andra skärmen behövs för att nyttolasten skall landa mjukt och inte gå sönder.



*Raketen består av olika delar. Efter uppskjutningen släpper först den första raketmotorn, sedan den andra. Till slut når nyttolasten sin höjdpunkt och vänder åter till marken, där den hämtas.*

Nyttolasten och raketen måste också testas så att teknikerna vet att den tål påfrestningarna under uppskjutningen och nedfallet. För att vara säker på att raketen är stabil och inte kommer att fara iväg i fel riktning så görs ett *balanseringstest*. Nyttolasten skruvas fast på ett bord, som kan snurra i olika hastigheter. En mätare talar om hur nyttolasten måste ändras om den inte är stabil. Balansen kan rättas till genom att blytyngder skruvas fast på insidan av nyttolasten.

Sedan görs ett *vibrationstest* (vibrera = skaka) så att man kan vara säker på att nyttolasten kommer att klara skakningarna. Vid detta test sätts nyttolasten fast på ett annat bord, som kan skakas i olika hastigheter.

När nyttolasten är godkänd ska den transporteras från Solna utanför Stockholm till Esrange utanför Kiruna. Ungefär en vecka före uppskjutningen åker Rymdbolagets tekniker och forskarna upp och då börjar *raketkampanjen*. Det kallas tiden från det att förberedelserna startar på Esrange till dess att raketerna är uppskjutna och alla tekniker och forskare åker hem.

I raketkampanjen deltar också fyra grupper från Esrange. Det är *Operationsteamet* som är "spindeln i nätet", dvs. de ser till att allt fungerar under den s.k. *nedräkningen* och uppskjutningen. *Uppskjutningsteamet* tar ansvar för raketmotorerna och själva uppskjutningsområdet samt trycker på knappen när det är dags att fyra av raketerna. *TM-teamet* (TM = telemetri) sköter om att mottagningen av data och video via radio från raketerna fungerar. *Radarteamet* följer raketens färd på radar för att man lättare ska hitta platsen där den slår ned.

På Esrange ska nu nyttolasten ställas i ordning efter transporten. Sedan görs en *flygsimulering*, dvs. man låtsas att raketerna skjuts upp. Då kan teknikerna kontrollera om förbindelserna med raketerna fungerar och om saker görs i rätt ordning och på rätt tidpunkt. Under tiden förbereder uppskjutningsteamet raketmotorerna. Bland annat ska raketens fenor ställas in så att raketerna styr i rätt riktning. Efter detta tas nyttolasten till *uppskjutningsrampen* där den monteras ihop med raketmotorerna. Nu sker också de sista testerna, och när allt är klart så träffas man för att bestämma om raketerna är redo för uppskjutningen. Dagen före uppskjutningen görs en testnedräkning och då följs programmet för den riktiga nedräkningen till punkt



För att ta reda på om raketerna skulle tåla uppskjutningen så testades den bland annat på ett skakbord.

och pricka – utom själva uppskjutningen förstås!

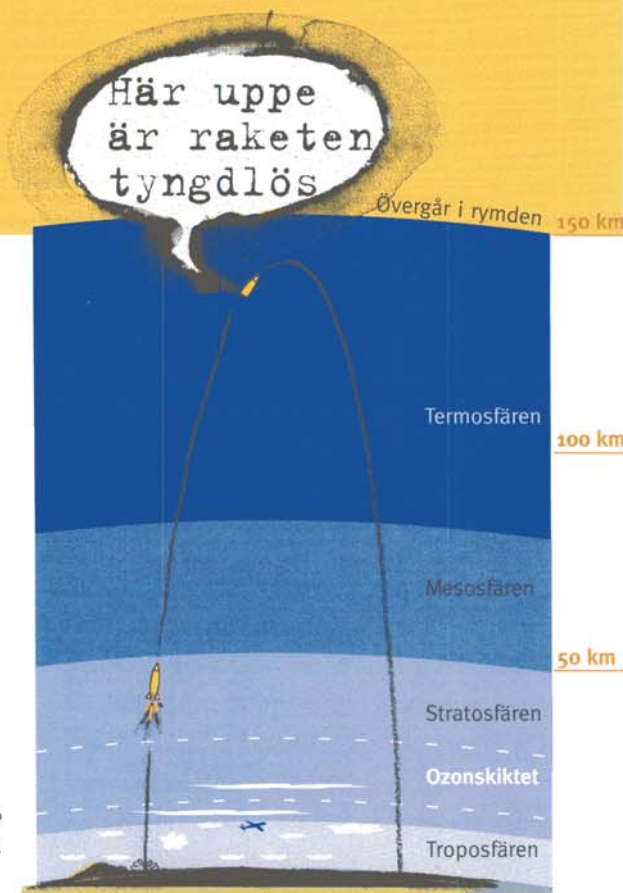
Dagen för uppskjutningen är inne! Väderleksutsikterna måste kontrolleras. Det får inte blåsa för mycket, för då kan raketerna få fel riktning. Då skulle den kunna slå ner på fel ställe, kanske till och med där det bor folk. Det får inte heller vara dimma eller snöa för mycket. Då kan inte helikopterförarna hitta var nyttolasten har slagit ner. Om vädret är olämpligt flyttas tidpunkten för uppskjutningen. Ibland blir det kanske några timmar, men det kan också bli en dag eller mera.



## Så här kan en nedräkningslista se ut:

(- = tid före uppskjutningen, + = tid efter uppskjutningen, h = timmar, m = minuter, s = sekunder)

- 3h Nedräkning börjar
- 2h45m Uppskjutningsrampen måste vara tömd på folk. Första testet av raketmodulerna.
- 1h Raketen reses från liggande till stående
- 40m Helikopter lämnar Esrange mot målområdet
- 20m Raketmotorerna osäkras, raketen upprest och uppskjutningsplattan tömd på folk. Sista kontroll av raketmodulerna. Icke behörig personal måste lämna uppskjutningsområdet.
- 15m Varningssiren börjar ljuda på Esrange. Ingen får vistas utomhus inom Esrangeområdet. Kontroll görs av att endast behörig personal finns inom uppskjutningsområdet och att alla andra lämnat sina besöksbrickor till Operationsteamet. Skulle någon bricka saknas stoppas nedräkningen.
- 10m Nedräkning i högtalarna varje minut
- 8m Raketen ställs in i rätt uppskjutningsvinkel
- 10s Nedräkning i högtalarna varje sekund
- 0 Lift off, första raketmotorn tänds och raketen går iväg.
- +5s Första raketmotorn släpps på ca 2 km höjd
- +9s Andra raketmotorn tänds på ca 3,8 km höjd
- +33s Andra raketmotorn har brunnit klart, raketens hastighet är ca 1 310 m/s
- +1m Raketens rotation bromsas från 3,5 varv/s till mindre än 0,25 varv/s genom jojo-mekanismen
- +1m1s Bromsning klar, jojo-vikterna släpps
- +1m2s Noskonen frigörs från nyttolasten på ca 69 km höjd
- +1m4s Andra raketmotorn släpps på ca 70 km höjd
- +1m20s Nyttolasten är tyngdlös på ca 89,2 km höjd, hastighet 610 m/s
- +3m Nyttolasten når topphöjden på ca 140 km höjd, hastighet 140 m/s, vänder och börjar nedfärden
- +4m57s Nyttolasten återinträder i atmosfären och upphör att vara tyngdlös på ca 89,2 km, hastighet 610 m/s
- +6m30s Bromsfallskärmen löses ut på ca 3 km höjd
- +6m45s Huvudfallskärmen löses ut på ca 2,2 km höjd
- +10m Nyttolasten landar
- +15m Helikopterns besättning hittar nyttolasten
- +25m Helikoptern lyfter med nyttolasten
- +60m Helikoptern och nyttolasten är tillbaka på Esrange



När nyttolasten är tillbaka på jorden hämtas den, och på Esrange skruvas den isär så att forskarna kan få tillbaka sina experiment och undersöka vad som hände i tyngdlöshet.

Raketkampanjen närmar sig sitt slut och alla packar ihop sina saker. Men innan alla, som har varit med i raketkampanjen, skiljs har de en fest som kallas "post flight party".

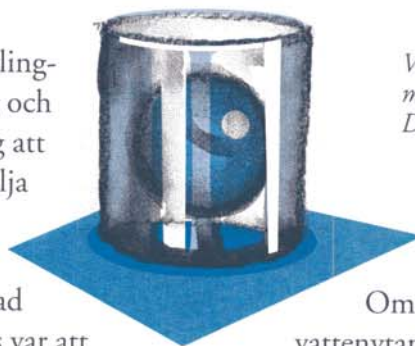
*Luften gör motstånd när raketen far ut från jorden. Men motståndet blir allt mindre och mindre ju högre upp raketen kommer eftersom luften blir tunnare och tunnare. När raketen har nått tyngdlösheten utförs experimenten och sedan återvänder nyttolasten till jorden.*



# Tyngdlösheten vann

8

**D**et experiment som vann tävlingen föreslogs av Maja Hurtig och Karolina Kohlström. De föreslog att ett glas fyllt med vatten skulle följa med raketten upp i rymden. Maja och Karolina hade en *hypotes*, dvs de hade en idé om vad som skulle hända. Deras hypotes var att vattnet skulle behålla glasets form när man håller ut det i tyngdlöshet. Det låter ju troligt eftersom det är *tyngdkraften* (gravitationen) som får vatten att rinna neråt på jorden. Men med experiment går det inte alltid som man har tänkt sig. Maja och Karolina och de andra i klassen fick lära sig något nytt istället!



*Vattnet i glasets såg ut som en boll, men det var inte vattnet som var bollen. Det var luft!*

*spänningen.* Glasets yta på insidan drar till sig vattnet.

Om du tittar mycket noga på vattenytans kanter i ett halvfyllt glas vatten så kan du se att vattenytan närmast glasets böjer sig uppåt lite grann. Högre än så orkar inte glasytan lyfta vattnet på jorden eftersom tyngdkraften drar ned det med större kraft. Men i rymden finns inte tyngdkraften. Det som gör att vattnet blir runt är ytspänningen, den kraft som drar i vattenytan. Det är samma kraft som gör att t.ex. en svävande såpbubbla blir rund.

## Alla hade fel

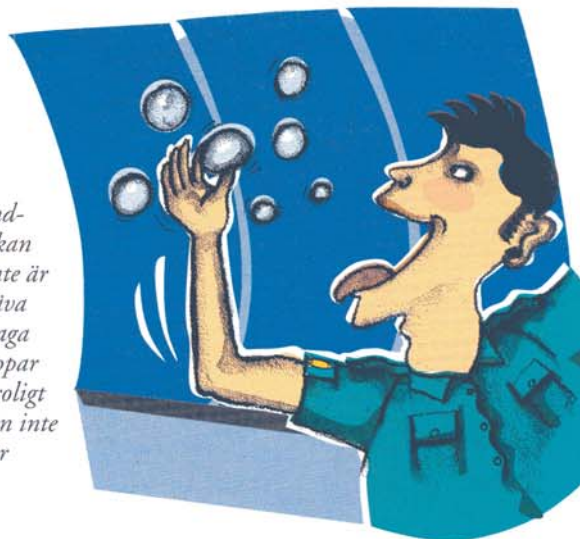
På en TV-skärm på stationen i Esrange kunde de se det som en videokamera filmade i raketten. När raketten hade skjutits upp så högt att det blev tyngdlöst i raketten bildades det snabbt en rund boll mitt i glasets. Först trodde alla att det var en jättestor droppe som svävade mitt i glasets. I tyngdlöshet finns det ju inget uppåt eller neråt så vattnet hade ingen anledning att rinna åt något speciellt håll. Astronauter i rymdfarkoster brukar roa sig med att leka med fritt svävande droppar innan de blir törstiga och "dricker" upp dem. Men det var ingen droppe! Alla hade fel.

## Spännande spänningar

När de tittade närmare på filmen så såg de att det var en boll av *luft* mitt i glasets. Vattnet var istället samlat runt luftbollen. Vad hade hänt? Det fanns ju ingen tyngdkraft, men det fanns andra krafter, som på jorden är så små att de knappast märks. Dels har glasets en liten tilldragande kraft, dels finns den s.k. *yt-*

För forskare är det spännande att göra experiment i tyngdlöshet. Om man t.ex. vill blanda lätta och tunga vätskor är det mycket svårt på jorden. Men i tyngdlöshet är det inga problem och forskarna kan tillverka något ovanligt, t.ex. *kompositer* (blandning av komponenter med mycket olika egenskaper) eller alldeles perfekta kristaller.

*Inne i rymdstationen kan allt som inte är fastsatt sväva fritt. Att jaga vattendroppar kan vara roligt på lek, men inte om man är törstig.*



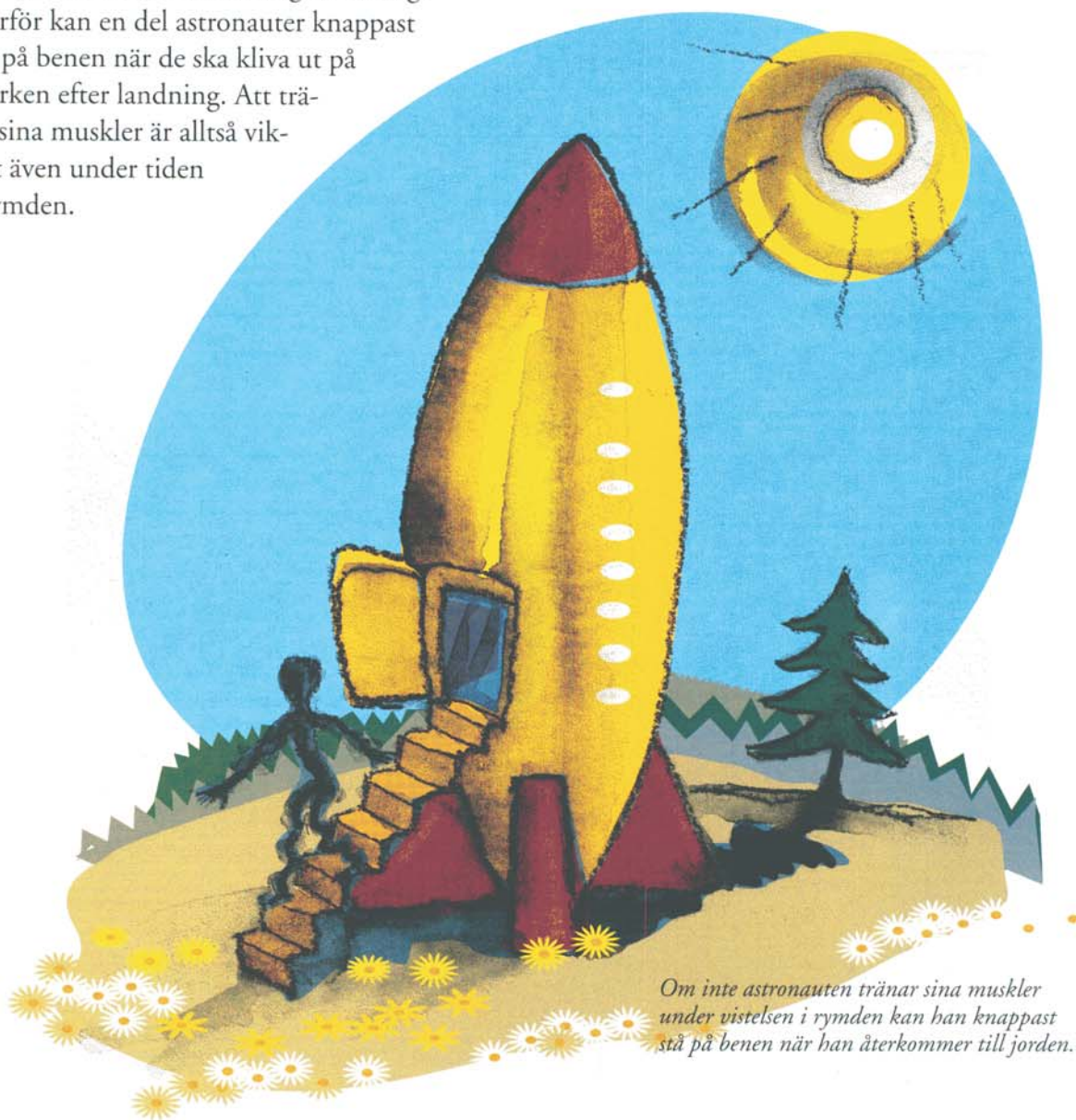


## Vad händer med människokroppen i tyngdlöshet?

Tyngdlöshet kan vara ett problem för människor i rymden. Astronauternas kroppar är, precis som din kropp, anpassade till tyngdkraften på jorden. På jorden pumpas blodet till huvudet med lite extra kraft för att orka ända upp i hjärnan när du står upp, men i rymden finns ingen tyngdkraft som måste överkommas och som hjälper blodet ner igen. Eftersom hjärtats verksamhet är anpassad till förhållandena på jorden så kan astronauterna få problem med t.ex. för mycket blod till huvudet. Ett annat problem är vad som händer med musklerna. Astronauterna svävar omkring i rymdstationen med fjäderlätta rörelser. Det känns nog skönt, men musklerna får ingen träning. Därför kan en del astronauter knappast stå på benen när de ska kliva ut på marken efter landning. Att träna sina muskler är alltså viktigt även under tiden i rymden.

## Hur känns det att vara i tyngdlöshet?

Om du vill prova på hur det känns att vara tyngdlös kan du åka till Gröna Lund i Stockholm. Där finns Fritt Fall, ett torn där du kan få falla fritt nerför. Under fallet är du tyngdlös på samma sätt som i en rymdkapsel. Men vid uppbromsningen får du uppleva desto större *G-krafter* ( $G$ =gravitation). Av någon anledning tycks det inte pirra lika mycket i magen på astronauter i tyngdlöshet som den som faller på Gröna Lund. Tur är väl det, eftersom astronauterna är tyngdlösa i många dagar istället för bara ett par sekunder som i Fritt Fall.



*Om inte astronauten tränar sina muskler under vistelsen i rymden kan han knappast stå på benen när han återkommer till jorden.*



# Tomt på luft



10

**O**m du säger att godispåsen är tom så menar du att det bara finns luft i den. Men *luft* är också *något*. Det är först när vi tar bort luften också som det blir riktigt tomt. Då har vi skapat ett *vakuum* – lufttomhet. Luften innehåller det som gör att vi kan andas. Framför allt måste vi ha syret i luften. I vakuum kan vi alltså inte andas för det finns inget att andas in.

## Att skjuta upp en raket

Satelliter är bra underliga. Vid uppskjutningen går det åt många ton med bränsle i stora raketer för att lyfta upp en liten satellit i rymden och ge den tillräcklig fart. Det tar ungefär en kvart innan den är uppe i rymden. Sedan far den runt jorden i många år med en svindlande fart av 28 000 km/tim utan att behöva en droppe bränsle. Hur kan det komma sig?



*Att skjuta upp en raket kräver mycket bränsle. Väl ute i rymden behövs inget bränsle alls.*

## Luften gör motstånd

På jorden och i atmosfären bromsas bilen, båten, flygplanet och andra fordon bland annat av *friktion* (motstånd) mot luften. För att hålla farten måste vi ge gas hela tiden. I rymden är det enklare för där finns ingen luft som kan göra motstånd. Har satelliten väl fått upp farten när den kommer ut i rymden så kan den fortsätta framåt utan motstånd från något. Det är också tack vare rymdens vakuum (ingen luft) som planeten jorden kan fara fram i sin bana kring solen utan att bromsas upp.



*Luften i det lager runt jorden som vi kallar atmosfären innehåller en otroligt massa molekyler. Tyngdkraften drar dem mot jorden. I rymden finns det inga molekyler och alltså ingen luft. Det är det vi kallar vakuum.*

## Det klara vakuumet

Rymdens vakuum gör också att det är möjligt för oss på jorden att se stjärnor och planeter på natthimlen. De är så oerhört långt borta att ljuset inte skulle ta sig fram till oss om ljuset var tvunget att gå genom luft hela vägen. Astronomer, som studerar himlakroppar långt borta med hjälp av *teleskop* (stora kikare), får faktiskt problem med att se skarpt på grund av det tunna luftlagret runt jorden. Därför byggs *observatorier* ofta på höga berg där det inte är lika mycket luft ovanför. Allra bäst är det förstås att placera teleskopet i rymden ovanför atmosfären, s.k. *rymdteleskop*. Då går det också att studera annat än det synliga ljuset från stjärnhimlen, t.ex. *infrarött ljus* och *röntgenstrålar*. Vi skall vara glada för att luften inte släpper igenom all strålning, för en del är farlig för både människor, djur och växter.

## Hur låter det i rymden?

Klass 4B på Brattåsskolan funderade på vad som händer med ljud i rymden. Så den föreslog att två bandspelare skulle sändas upp i rymden. En skulle spela av en musikkassett och den andra skulle spela in ljudet – allt medan raketerna steg uppåt och luften blev tun-



*Den som vill studera stjärnor och planeter bör göra det så högt upp som möjligt. Där är luften tunnare och sikten blir bättre.*

nare. I flygplan och luftballong är det ju inga problem att tala och lyssna, så förmodligen skulle vi inte märka mycket de första kilometrarna. Men till sist blir luften så tunn att ljudvågorna inte orkar röra *membranen* i mikrofonen, och i vakuum kan inget ljud höras.



*I vakuum sprids inte ljud. Hur hårt astronauten än skulle slå på gonggongen så skulle ingen höra det.*



# Torka tvätt i rymden



12

**D**et sägs att det kan lukta illa på rymdstationer när astronauterna har varit där en längre tid. De kan ju inte öppna ett fönster och vädra! En god hygien ombord är viktig för att det inte skall bli så. Att tvätta kläder är enkelt, men man skall helst inte spillta ut vatten för då far det omkring i rymdstationen som svävande vattendroppar av alla storlekar.

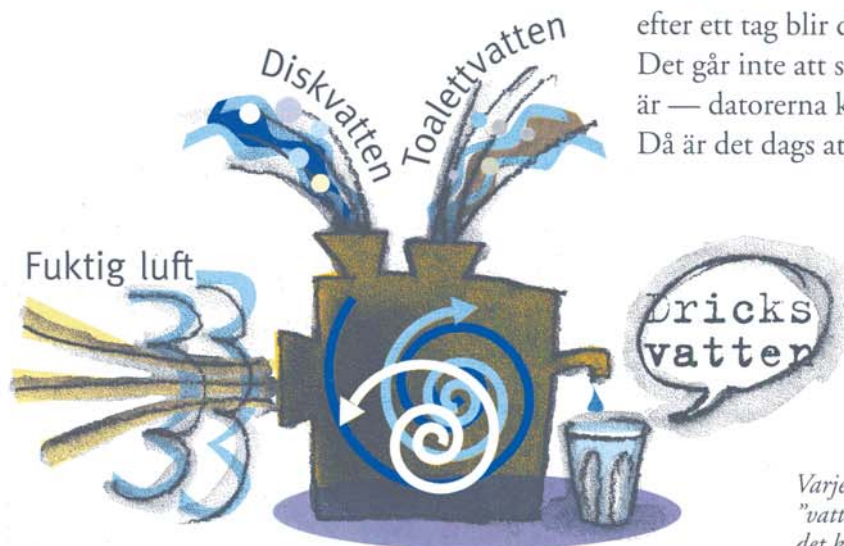
Att droppstorka en yllekofta går inte – vattnet har ju inget ”nedåt” att droppa mot, så vattnet blir kvar i koftan tills det långsamt avdunstar. Inne i rymdkapseln finns det luft, annars skulle inte astronauterna kunna andas. Precis som hemma kan tvätten torka om den får hänga uppe och fukten avdunsta. Men det bästa i rymdkapseln är nog att centrifugera tvätten. Centrifugen snurrar fort och då pressas kläderna utåt och vattnet ut ur kläderna. Det är som om där finnes en stark kraft – en kraft som vi kallar *centrifugalkraft* och som trycker på utåt i alla riktningar. Om vi människor inte vill ha tyngdlöshet i rymden skulle vi faktiskt

kunna bo i en centrifug! Fast den måste vara mycket stor för annars blir man yr. Med rätt fart på en snurrande rymdstation skulle de som vandrar omkring innanför rymdstationens väggar känna centrifugalkraften ungefär som de känner tyngdkraften på jorden.

## Slösa inte med vattnet

Riktigt snustorra kläder skulle det bli om astronauten bredde ut dem i solen utanför rymdkapseln. Men då försvinner vattnet ut i universum och vattnet behövs till nästa tvätt, annars måste man hämta nytt vatten från jorden till den. Det är inte att bara vrida på någon kran i rymdstationen! Ska vi leva i rymden måste vi lära oss hur vi kan skapa *kretslopp*. Allt som används i en rymdstation måste återanvändas många gånger. Det vore inte så dumt om vi lärde oss det på jorden också!

Att gå utanför rymdstationen var alltså ingen bra idé, så låt astronauten torka kläderna inne i rymdstationen, även om det tar längre tid. Kläderna blir torra så småningom, men ... efter ett tag blir det immigt i rymdstationen. Det går inte att se sig i spegeln och vad värre är — datorerna kan börja strejka av all fukt. Då är det dags att slå på en maskin som suger in luften och kyler ner den. Vad som då händer är att luften ger ifrån sig



Varje bemannad rymdstation har ett eget "vattenverk", som renar alla vätskor så att det kan användas på nytt som färskvatten.

vattnet. Det vattnet kan användas till nästa tvätt. I rymdstationen måste det också skapas andra kretslopp så att svett, urin och andningsluften kan ge nytt dricksvatten och nytt syre att andas.

### Vad tar astronauten med sig för kläder?

Inne i rymdstationen använder man det som man trivs med, precis som hemma. Fast skor har man inte så stor nytta av! Däremot krävs det mycket speciella kläder för promenader i rymden utanför kapseln. Där behövs en

*rymddräkt* som är så tät att luften i dräkten inte läcker ut i rymden. Precis som en dykare har astronauten en syrgastub på ryggen. Rymddräkten måste också kunna hålla rätt temperatur, för i rymden är det stekhet på den sida som är vänd mot solen och iskallt på den andra. Sedan gäller det förstås att hålla i sig i rymdstationen så att man inte glider bort i rymden, om man inte har en livlina eller en liten raketmotor med sig och själv kan flyga dit man vill. Forskarna och astronauterna provar alla möjligheter.



*För arbetet ombord på en rymdstation krävs inga speciella kläder. Astronauten kan ta med sig det han vill ha för att trivas.*



# Änglaspel i rymden



14

**K**lass 5G, Bergaenheten, på Teknik och uppfinnarskolan, undrade om varmluft stiger i tyngdlöshet och om ett änglaspel i så fall skulle spela. Bilden visar ett änglaspel. Det består av en propeller som vilar på en metallpinne. Propellern drivs av varma luftströmmar från fyra stearinljus. På propellern sitter kläppar som slår emot klockor som klingar och skapar julstämning när propellern snurrar. På jorden är varm luft lättare än kall luft.

Det som får de varma luftströmmarna från de tända ljusen att stiga är faktiskt tyngdkraften. Högre temperatur betyder att *molekylerna* rör sig fortare och därmed behöver mer "armbågsutrymme". Luft som värms upp utvidgar sig, och det blir glesare mellan molekylerna. En "burk" (en given volym) varmluft innehåller därför inte så många molekyler som en lika stor burk kallluft. En burk varmluft väger alltså mindre än en lika stor burk kallluft. Om det finns tyngdkraft är en burk varmluft också



*I tyngdlöshet kan det vara svårt att få igång änglaspelet med hjälp av ljusen. Men det går ju bra att hjälpa till själv!*

lättare än en lika stor burk kalluft. En burk varmluft påverkas mindre av tyngdkraften än en lika stor burk kalluft. Därför stiger varmluften.

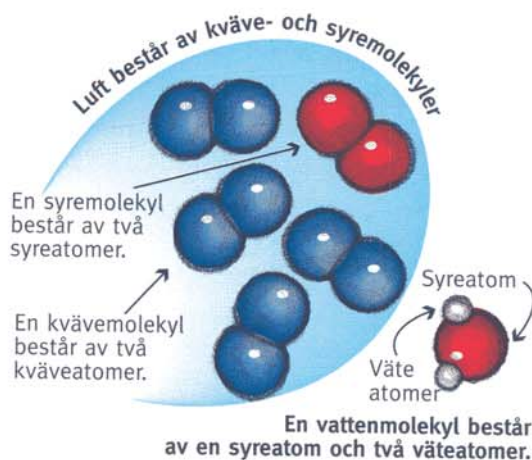
## I rymden är varm luft lika tung som kall luft

Om det inte finns någon tyngdkraft är en burk varmluft lika tung som en lika stor burk kalluft. Bägge burkarna är tyngdlösa, ingen av dem påverkas av någon tyngdkraft. Varmluften kommer därför inte att stiga i tyngdlöshet. Om det inte finns någon tyngdkraft, finns det för övrigt inte något "upp" eller "ned". Fortfarande behöver dock molekylerna i varmluft större "armbågsutrymme" än molekylerna i kalluft, eftersom molekylerna i varmluften rör sig fortare. Luft som värms upp utvidgar sig även i tyngdlöshet. Luftmolekyler kommer alltså att i tyngdlöshet röra sig utåt *åt alla håll* från värmekällan, och de molekyler som rör sig ut från ljuslågan i riktning mot propellern kan därför ändå tänkas ge en viss rörelse åt denna. Det är alltså möjligt att även astronauter kan få uppleva viss, om än något dämpad, julstämning.

## Kan ett stearinljus brinna i tyngdlöshet?

Frågan är då, om ett stearinljus över huvud taget kan brinna i frånvaro av tyngdkraft. Man har nyligen gjort försök med tända ljus i tyngdlöshet ombord på rymdstationen Mir. Det visar sig, att ljuslågan blir helt klotformig (eftersom den varma gasen utvidgar sig lika mycket åt alla håll) och att ljuset faktiskt fortsätter att brinna med klotformig låga, men efter hand allt svagare. Eftersom värme inte transporteras bort av uppåtgående luftströmmar (vilket sker när man har tyngdkraft, som här på jorden), kommer en större del av värmes att ledas genom själva ljuset och att därmed smälta stearinet. Ljuset fortsätter att brinna, men mycket långsammare än på jorden, eftersom syretillförseln är mindre (återigen på grund av frånvaro av luftströmmar).

Ett ljus som på jorden skulle brinna 10 minuter brann på Mir i tre kvart. Efter 10 minuter var lågan dock så sval att den inte längre sände ut *synligt* ljus.



## Vad är en molekyl?

Materien består av så kallade *grundämnen*, till exempel väte, syre, järn. Den minsta byggstenen i ett grundämne kallas *atom*. Två eller flera atomer (av samma eller olika slag) sätts samman till det vi kallar en *molekyl*. Exempelvis består en syremolekyl (en av molekylerna i luft) av två syreatomer, medan en vattenmolekyl består av en syreatom och två väteatomer.



*Ett ljus som brinner i tyngdlöshet har en rund låga. Nästan all värme stannar kvar i ljuset och stearinet smälter.*



# Fritt fall



16

EXPERIMENT

## ● Bakgrund

Jorden drar till sig alla föremål till jordytan. Vi kallar detta att föremål påverkas av *tyngdkraft* (gravitation). Jordens stora massa (jorden är ju inte ihålig) gör att föremål dras till jorden. Men på grund av att jorden snurrar så finns det också en motsatt kraft, en kraft som stöter bort föremålet från jordytan. Denna kraft kallas *centrifugalkraft* och om jorden skulle börja snurra fortare så kanske vi skulle få svårt att stå kvar på jorden. Tyngdkraften är tack och lov större än centrifugalkraften.

Men vad kan vi göra för att ta reda på vad som händer om det inte finns någon tyngdkraft? Det finns ett sätt att skapa tyngdlöshet. Vid *fritt fall* blir det nästan som i tyngdlöshet. Ett fritt fall är när ett föremål eller en person faller genom luften utan att något tar emot eller hindrar fallet mer än själva luften.

Om du åker vissa typer av attraktioner på ett tivoli kan du ibland uppleva känslan av tyngdlöshet under 1–2 sekunder. Simhopparen gör det den korta stund från det han lämnar trampolinen till dess han når vattenytan. Mest av allt märker man tyngdlösheten i rymden, men det är ju inte många människor som får uppleva hur det är i en rymdstation.

## ? Hur går experimentet till?

Det går att i klassrummet med det här experimentet visa vad som händer om tyngdkraften är låg. I en ram hängs en tyngd med hjälp av gummisnoddar. I tyngden finns en uppåtriktad nål. När ramen är stilla hänger tyngden med nålen nära ramens nedersta del och gummisnoddarna sträcks ut av tyngden. Högst uppe i ramen fästs en hårt uppblåst ballong. Om ramen släpps faller *allt* fritt så att tyngdens vikt (tyngdkraften) blir nästan noll. Inget tynger längre ner gummisnoddarna, så tyngden med nålen dras upp mot ballongen och nålen sticker hål på den. Skulle vi använda ett snöre istället för gummisnoddar kommer inte nålen

att sticka hål på ballongen. Snöret täns ju inte ut som gummisnoddarna gör.



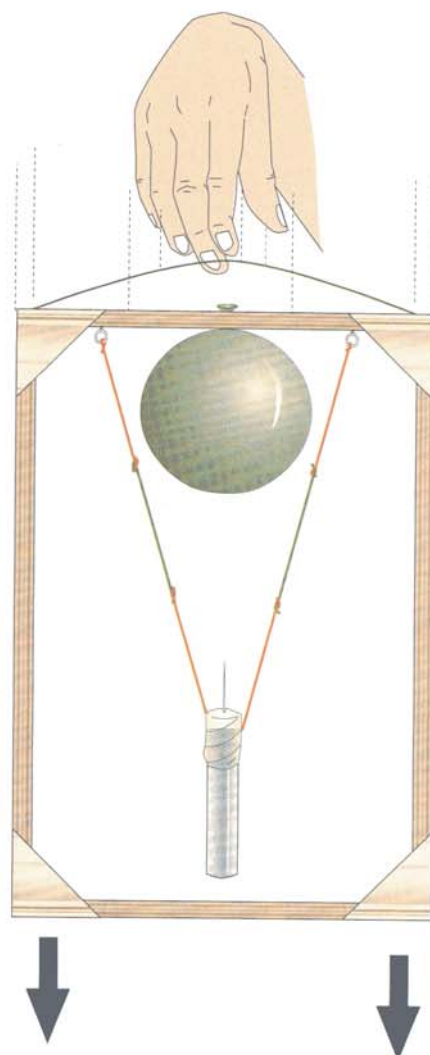
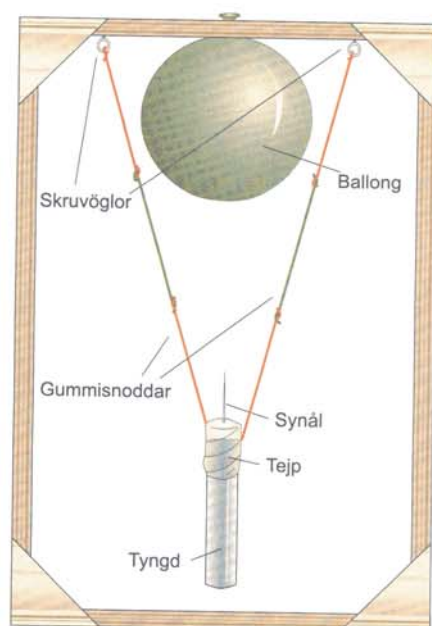
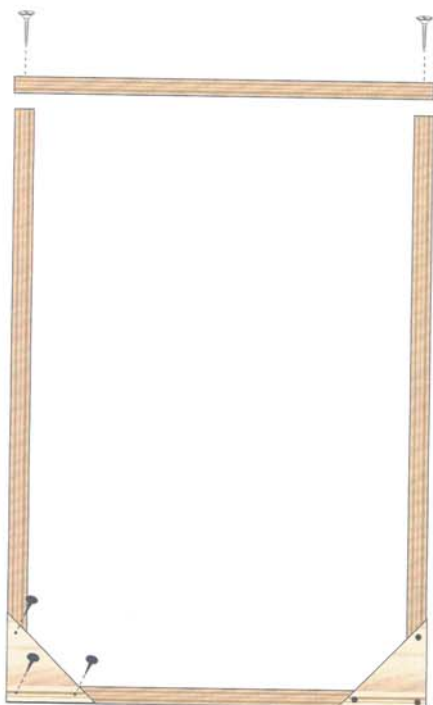
## Det här behövs

- 2 träbitar  $37 \times 5 \times 2,5$  cm
- 2 träbitar  $25 \times 5 \times 2,5$  cm
- borr, skruvmejsel
- 4 träskruvar
- 8 hörntrianglar av plywood
- maskeringstejp och lim
- 2 skruvöglor
- 4–6 lika långa och ej alltför starka gummisnoddar
- 1 tyngd à 170 g, t.ex. ett eller flera fiskesänken
- 1 lång nål
- runda ballonger
- snöre
- kudde eller liknande



## Gör så här

1. *Montera ihop ramen enligt teckningen.* Borra hål för skruvarna och limma ihop delarna innan de skruvas ihop. Förstärk fram- och baksidan av hörnen med trianglarna av plywood. Limma och nita fast dem.
2. *Borra ett 1,25 cm stort hål i mitten av ramens översida.* Se till att hålet är fritt från sågspån.
3. *Skruva i skruvöglorna på insidan av ramens överdel.* Kontrollera först att öglorna är tillräckligt stora för att dra en gummisnodd igenom.
4. *Fäst ihop gummisnoddar i rad.* Fäst en ände i tyngden.
5. *Gör samma sak med andra gummisnoddar.* Tyngden skall hänga som en gunga nära ramens botten.
6. *Sätt fast nålen i tyngden med spetsen uppåt.* Om det finns en ögla i tyngden sätt fast nålen med en bit tejp. För att få den att fästa ordentligt kan det vara nödvändigt att sticka den igenom gummisnoddarna. Ett annat sätt är att borra ett lite hål i tyngden för nålen.



7. Blås upp ballongen och bind fast änden med en snörstump. Trä snöret igenom hålet i ramens överdel och dra upp ballongändan. Fäst snöret med en bit tejp.

8. Lägg en kudde eller liknande på golvet.

9. Vad tror du kommer att hända?

10. Släpp ramen på kudden. Håll ramen minst 2 meter ovanför kudden och se till att tyngden är stilla innan du släpper ramen. Ballongen kommer att punkteras nästan omedelbart efter det att du släppt ramen.

11. Om möjligt, filma experimentet med videokamera. Spela upp filmen i slow motion så att ni kan bestämma exakt när ballongen sprack.

12. Gör om försöket med snöre istället för gummisnoddar.

13. Diskutera vad som hände och vad som menas med tyngdlöshet.



# Fallande vatten



18

EXPERIMENT

## ● Bakgrund

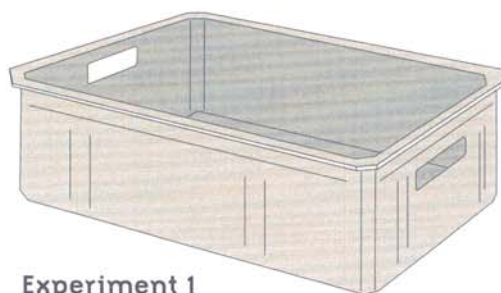
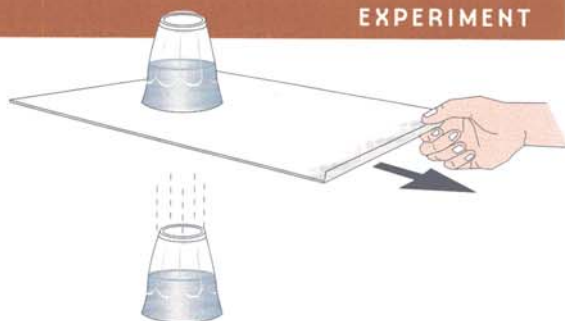
Vikt (eller tyngd) upplever vi på grund av tyngdkraften (gravitationen). Om du har t.ex. en cykel som väger 6 kg på Jorden så skulle den på Månen bara väga 1 kg på grund av att Månen har en lägre gravitation. Men om du tog cykeln till jätteplaneten Jupiter så skulle den väga 18 kg (tre gånger så mycket) på grund av planetens större gravitation.

Du kan ändra den faktiska vikten av ett föremål även på Jorden genom att ändra föremålets *acceleration* (fartökning). Om du ställer ett föremål i en hiss som snabbt ökar farten uppåt, dvs snabbt accelererar, så ökar föremålets vikt. Har du stått i en hiss som har ökat farten uppåt snabbt? Då har du kanske upplevt att du liksom trycks mot hissgolvet – att du känns tyngre. När hissen går ner blir det tvärtom. Om hissens acceleration nedåt är i samma takt som ett fritt fallande föremål så minskar föremålets vikt till nästan noll. Fritt fall (se experimentet med samma rubrik) är en metod som forskarna kan använda om de vill skapa en situation med nästan ingen gravitation. För att skapa sådana situationer kan forskaren använda t.ex. falltorn, parabelflygningar, raketer och rymdfarkoster som cirklar runt jorden.

En *parabelflygning* gör man med ett specialflygplan som med full gas får åka rakt upp i luften. När planet har nått en viss höjd så slås motorerna av och planet får falla fritt tillbaka mot jordytan.

## ? Hur går det första experimentet till?

Ett vattenfyllt glas, som har vänts upp och ner, ska släppas i fritt fall. För att inte vattnet ska rinna ut så står glaset på en plåt. När plåten dras undan är det, bortsett från luften, endast gravitationen som påverkar vattnet och glaset. Vetenskapsmannen Galileo kom redan i början på 1600-talet underfund med att alla föremål på Jorden accelererar lika. I det här fallet så rör



Experiment 1

sig alltså vattnet och glaset lika fort vilket innebär att vattnet kommer att stanna kvar i glaset under hela fallet.

Varför sipprar inte vattnet ut på plåten? Det beror på två vetenskapliga principer – de om lufttrycket och ytspänningen. Först fyller du glaset med vatten och lägger plåten ovanpå. Sedan vänder du allt samtidigt. Lufttrycket (utanför glaset) och ytspänningen (på vattnet i glaset) hindrar vattnet från att sippra ut. Därefter dras plåten undan med en knyck och så snabbt som möjligt. För ett mycket kort ögonblick svävar glas och vatten i luften innan de börjar falla. Sedan faller de tillsammans med samma acceleration och vattnet stannar i glaset under hela fallet.

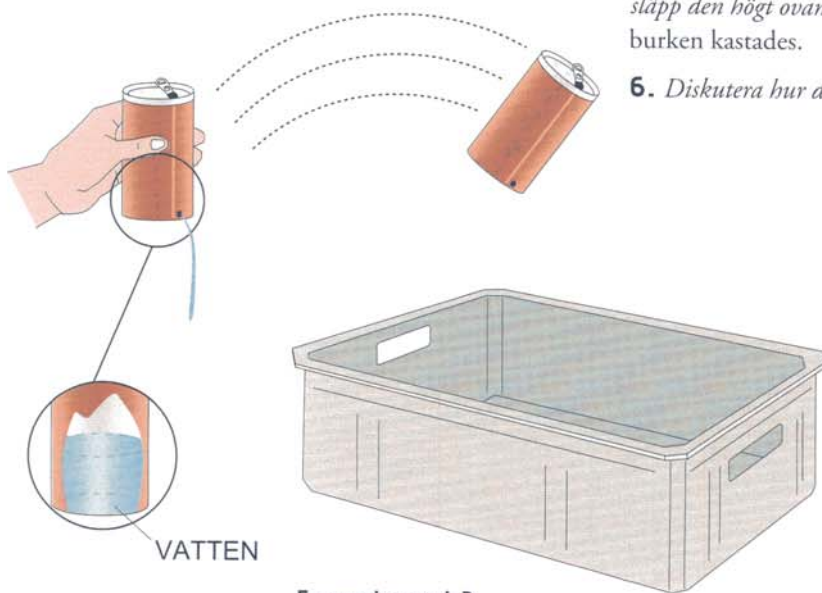


## Det här behövs

Genomskinligt plastglas med jämn överkant  
Plåt, t.ex. bakplåt, med minst en sida utan kant  
Hink, balja eller papperskorg av plast  
Vatten  
Stol eller trappstege  
Handdukar

## ✖ Gör så här

1. Placera en balja på golvet i mitten av en öppen yta.
2. Fyll glaset med vatten.
3. Lägg en plåt över glaset.
4. Vänd glas och plåt upp och ner. Du måste hålla glaset tätt mot plåten.
5. Stig upp på en stol eller trappstege. Håll plåten med glaset högt ovanför baljan.
6. Dra glaset *långsamt* till plåtens kant. Vad händer?
7. Fyll glaset med vatten igen. Vänd upp och ner på plåten såsom i punkt 4.
8. Dra plåten *snabbt* rakt ut från glaset. Vad händer?
9. Om möjligt så videofilma experimentet. Spela upp filmen i slow motion. Då är det lättare att se vad som händer under fallet.



## ? Hur går det andra experimentet till?

### ☺ Det här behövs

Tom läskedrycksburk  
Nål  
Två hinkar, baljor eller papperskorgar av plast  
Vatten  
Stol eller trappstege  
Handdukar

## ✖ Gör så här

1. Ta en tom läskedrycksburk och gör ett hål med en nål på sidan nära botten.
2. Fyll burken med vatten. Håll för det nygjorda hålet med ett finger.
3. Håll burken ovanför en balja och ta bort fingret. Vilken väg tar strålen?
4. Håll för hålet igen och kasta burken till en annan balja. Burken får inte skaka eller snurra under kastet. Vad händer med strålen?
5. Gör om experimentet, men kasta inte burken, utan släpp den högt ovanifrån. Jämför med vad du såg när burken kastades.
6. Diskutera hur det ser ut.



## ● Bakgrund

Att en droppe av en vätska är rund beror på *ytspänningen*. De molekyler (för förklaring av molekyl se under Änglaspel i rummet) som finns på droppens yta attraheras av (dras till) sina molekylgrannar. Det gör att ytan uppför sig som en elastisk hinna – ett töjbart, mycket tunt skinn. Titta till exempel på regndroppar, oljedroppar, daggdroppar eller vattenpärlor på en nyvaxad bil. I vätskan dras molekylerna inte åt något speciellt håll – där finns det ju grannmolekyler på alla sidor. Men en molekyl *på* en vätskeyta dras bara till sina grannar på sidan och inåt. Denna kraft gör att ytan anpassar sig till minsta möjliga utrymme, och det är en sfär – en rund kula.

## Flyter ovanpå

Det är ytspänningen som gör det möjligt för lätta föremål att flyta på ytan, t.ex. nålar, löv, insekter (skräddare), teblad och pepparkorn. Om du tillsätter litet tvål (t.ex. diskmedel) så minskar ytspänningen. Det beror på att vattenmolekyler inte dras lika lätt till tvålmolekyler som till vattenmolekyler. Därför blir den elastiska hinnan svagare. Det är därför vi tycker det är lättare att diska med diskmedel än med bara vatten.

## Ytspänning i tyngdlöshet

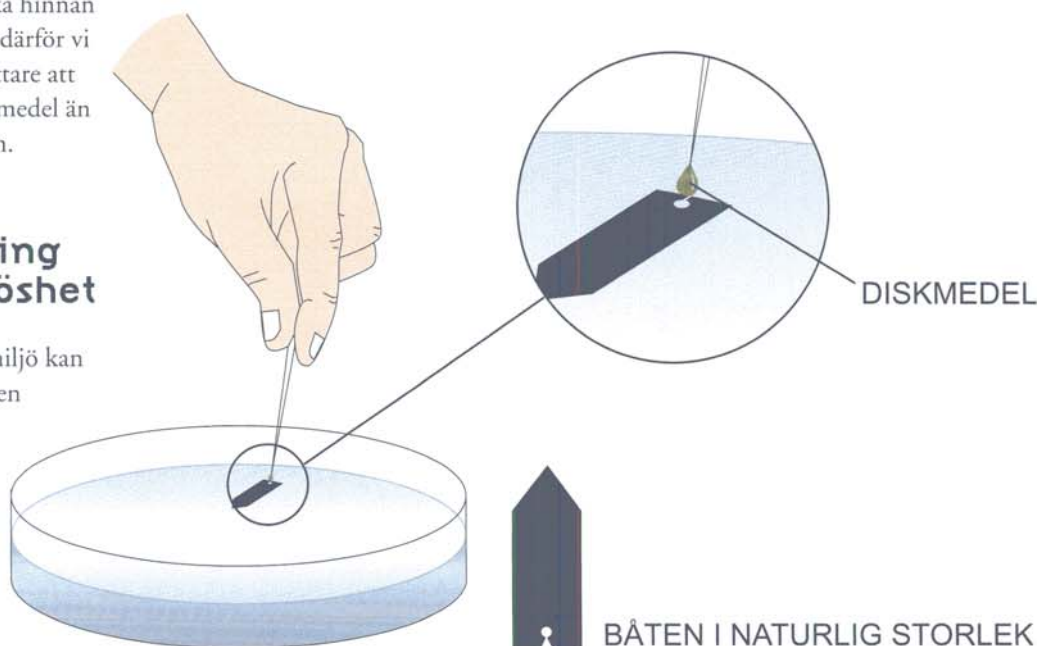
I en tyngdlös miljö kan ytspänning bli en mer märkbar kraft. Andra krafter, som t.ex. tyngdkraften, är för små för att märkas. Där-

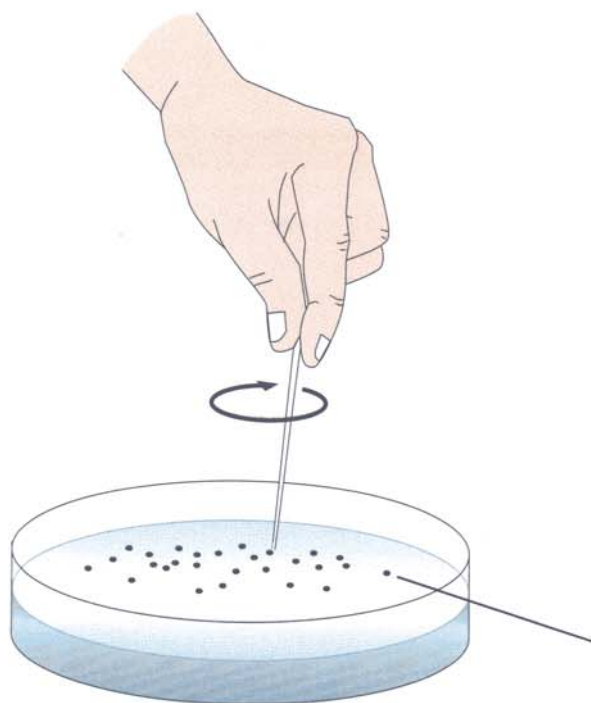
för är det också lättare i en tyngdlös miljö att studera *hur* ytspänningen påverkar vätskor och skum.

## ? Hur går det första experimentet till?

## 👤 Det här behövs

Kanna, burk eller dricksglas  
Glastallrik  
Slev  
Vatten  
Fina teblad eller svartpeppar  
Ofärgat diskmedel  
Tandpetare





PEPPARKORN ELLER TEBLAD

## ✗ Gör så här

1. Fyll kärlet med vatten.
2. Strö litet teblad på vattenytan. Vad händer? Varför flöt tebladen på vattnet?
3. Rör om vattnet kraftigt. Vad händer med tebladen? Varför?
4. Häll nytt vatten i kärlet och blanda försiktigt ner några droppar diskmedel. Undvik att få bubblor.
5. Strö litet teblad på vattenytan. Vad händer? Hur påverkar diskmedlet vad som händer?
6. Fyll tallriken med vatten.
7. Strö litet teblad på ytan. Rör sig tebladen?
8. Ta en tandpetare och fånga litet diskmedel på den.
9. Peta försiktigt i mitten av tallriken med tandpetaren. Var noga med att inte sätta igång en rörelse av vattnet. Rör sig tebladen?
10. Steg 6–9 kan visas för en hel grupp genom att ställa glastallriken på en OH-projektor.
11. Varför använder vi diskmedel när vi diskar?

## ? Hur går de andra experimenten till?

### 🔧 Det här behövs

Djup tallrik  
Vatten  
Papper  
Sax  
Ofärgat diskmedel  
Tandpetare  
Nålar

1. Gör en pappersbåt, som skall drivas av ytspänningen. Klipp en bit papper i samma form och storlek som på teckningen. Observera att det måste finnas en liten öppning mellan hålet och jacket.
2. Låt den flyta i rent vatten.
3. Droppa lite diskmedel i hålet på bakkdelen av båten. Vad händer?

1. Gör experiment med vatten med olika temperatur. Har temperaturen någon inverkan på ytspänningen?

1. Låt nålar flyta på vattenytan.
2. Tillsätt diskmedel. Vad händer?



# Ljuslåga i fritt fall



EXPERIMENT

22

## Bakgrund

Genom att experimentera i s.k. falltorn och ombord på *Rymdskytteln* (Space Shuttle) har forskarna lärt sig mer om vad som händer vid förbränning av något brännbart. Med hjälp av en upphettad tråd tändes ett brännbart material och sedan spelades förbränningen in på film. Ett liknande experiment gjordes av NASA i deras 150 m höga falltorn. Experimentet varade i endast 5 sekunder. Den heta tråden tände ett ljus och när ljuset hade fallit i en sekund drogs tråden ifrån ljuset. Mycket snabbt kom lågan att få ett utseende som den behöll resten av fallet.

Ombord på *Rymdskytteln* testade de vilken förmåga en ljuslåga har att överleva i tyngdlöshet – att inte slockna. För att ljuset skall brinna måste det finnas syre. Om syret inte når ytterkanten på ljuslågan tillräckligt snabbt så kommer lågans temperatur att sjunka. Då strålar ljuset ut mindre värme. När lågans temperatur blir alltför låg slocknar ljuset.



## Det här behövs

Genomskinlig plastbehållare (ca 2 liter) med skruvbart lock

Häftmassa

Tårtljus

Tändstickor

## Gör så här

1. Sätt fast häftmassa inuti locket.
2. Gör ett hål för ljuset mitt i häftmassan.
3. Ställ locket på ett bord och sätt ett ljus i hålet.
4. Mörklägg rummet.
5. Tänd ljuset och skruva snabbt på burken.

6. Hur ser lågan ut? Vilken form och färg har den? Lyser lågan skarpt? Om syret tar slut innan ni har tittat klart så ta bort burken, vädra ur den, tänd ljuset och skruva på burken igen.

7. Hög burken mot taket och släpp den. Låt någon fänga burken nära golvet. Om fallet är högt kan man fänga den i en låda med något mjukt material i.

8. Hur ser lågan ut medan den faller? Eftersom experimentet går fort måste det göras om flera gånger om man skall hinna se vad som händer.

9. Filma om möjligt fallet med en videokamera. Spela upp filmen i slow motion och använd pausfunktionen för att studera lågan i olika delar av fallet.

# Esrange – raketbasen



23

**S**verige är ett av få länder som har en egen *raketbas*. Den heter Esrange och ligger i nordligaste Sverige. Raketerna skickas oftast upp några tiotal mil upp i rymden och faller sedan ner igen, precis vad som hände med raketerna med Gunnesboskolans experiment. Eftersom det runt Kiruna finns stora obebbyggda områden kan raketdelarna ramla ner utan att skada folk. Däremot skickas det från Esrange inte upp några satelliter som blir kvar i rymden i en bana kring jorden.

## Ballonger går till väders

En annan spännande verksamhet vid Esrange är att sända upp ballonger. Fast det är inte fråga om att skicka upp folk. Nej, här gäller det att få ballongen så högt upp som möjligt, helst några mil högre än vad vanliga flygplan klarar. Ballongen tar med sig massor med lätta instrument upp och dessa kan göra mätningar på hur luften beter sig och hur den ser ut högt upp i atmosfären. Vi vet att en del av alla kemikalier vi släpper ut i luften tar sig upp till den översta delen av atmosfären där de kan ställa till problem. En del ämnen gör t.ex. "hål" i det lager av ozon, som skyddar oss levande varelser mot farlig strålning från rymden.

## När himlen flammar

I Kiruna studerar forskarna också hur *norrskén* bildas. För att förstå detta måste vi börja på solen. Vi tror lätt att solytan är jämnt lysande eftersom solen lyser så starkt att ögonen inte kan se några detaljer på solskivan. Men med speciella instrument har vi sett att där finns "solfläckar" med starka magnetfält, som skickar ut strömmar av elektriska partiklar i rymden. Även jorden har ju ett magnetfält. När de elektriska strömmarna närmar sig jorden känner



*Norrskén är som en TV-bild på himlen. Det är jordens magnetfält som ritar bilden genom att kors och tvärs styra elektriska partiklar från solen. Norrsken kallas Aurora borealis. Ta reda på varför.*

de av jordens magnetfält, precis som en kompass gör. Om du har en kompass så vet du att "visarna" pekar åt norr och söder (den som pekar mot norr brukar vara rödmålad). De elektriska partiklarna från solen sticker också iväg åt norr eller söder, men inte raka vägen utan i mycket invecklade danser hit och dit. När partiklarna dyker ner i atmosfären ser vi denna dans som färgsprakande norrsken (eller sydsken på södra halvklotet). Himlen flammar!

Solen ändrar sig – ibland händer det mycket och ibland är det lugnare. Någon gång kommer det alldeles speciellt starka strömmar mot jorden, det blir "rymdoväder". Då kan satelliter bli förstörda och det kan bli strömbavbrott på jorden. Även om du bor i södra Sverige kan du då ha chansen att se norrsken. Håll ögonen öppna efter nästa norrsken!



# Vill du veta mera?



24

*Gustafsson, Bengt: Kosmisk resa. Nya Doxa 1998. ISBN 91-578-0034-0*

*Rådbo, Marie: Rymdens gåtor. Bokförlaget Opal 1996. ISBN 91-7270-788-7*

*Rådbo, Marie: Från Solgudar till Svarta hål. Rabén & Sjögren 1996. ISBN 91-2963-062-2*

*Rådbo, Marie: Runt i Rymden. Bokförlaget Opal 1998. ISBN 91-7270-869-7*

*Sandahl, Ingrid: Norrsken Budbärare från rymden. Atlantis 1998. ISBN 91-7486-542-0*

## Pröva på Internet:

Rymdbolaget [www.ssc.se/ssd/](http://www.ssc.se/ssd/)

Rymdstyrelsen [www.snsb.se](http://www.snsb.se)

ESA [www.esa.int](http://www.esa.int)

[www.estec.esa.nl/spaceflight/](http://www.estec.esa.nl/spaceflight/)

[www.esrin.esa.it/htdocs/mgdb/](http://www.esrin.esa.it/htdocs/mgdb/)

NASA [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)

[microgravity.msfc.nasa.gov/](http://microgravity.msfc.nasa.gov/)

[www.hq.nasa.gov/office/olmsa/](http://www.hq.nasa.gov/office/olmsa/)

Marsstationen [marsweb.jpl.nasa.gov/](http://marsweb.jpl.nasa.gov/)

NASDA [yyy.tksc.nasda.go.jp/Home/](http://yyy.tksc.nasda.go.jp/Home/This/This-e/riyoindex_e.html)

[This/This-e/riyoindex\\_e.html](http://This/This-e/riyoindex_e.html)

Marie Rådbo [fy.chalmers.se/~radbo/](http://fy.chalmers.se/~radbo/)





**FRN**

FORSKNINGSRÅDSNÄMNDEN



SWEDISH SPACE CORPORATION

**Rymdbolaget**



**RYMDSTYRELSEN**  
Swedish National Space Board

ISBN 91-86174-91-6