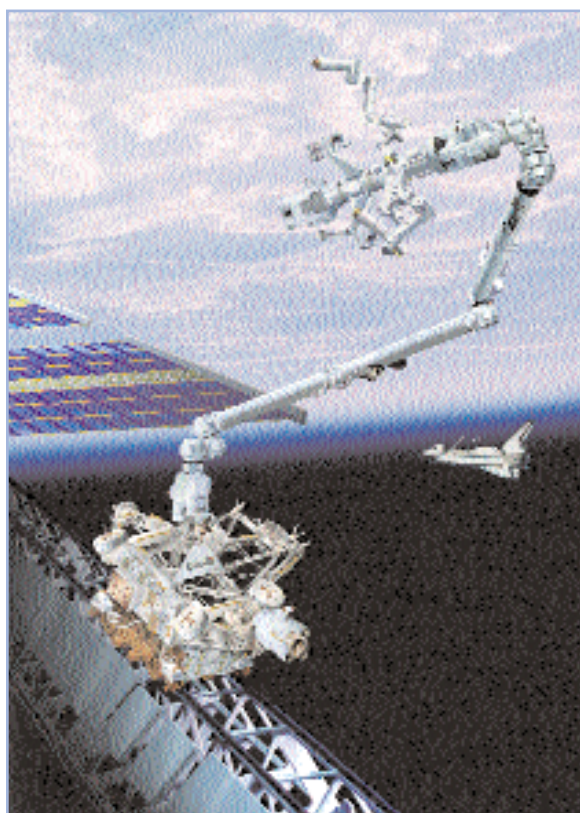




Astronauter på rymdpromenad.

Just nu är ISS världens högst belägna byggarbetsplats. Men hur bär man sig åt för att bygga något som befinner sig omkring 400 km ovanför jorden och rör sig i en omlopps bana med en hastighet av cirka 28 000 km/h? Svaret är att man gör det "mycket försiktigt" – och en sak i taget.



"Canadarm2".

När rymdstationen är färdigställd kommer den och all utrustning att väga omkring 455 ton. Den amerikanska Space Shuttle som gör de flesta transporter mellan jorden och rymden, kan bara bära med sig cirka 16 ton till rymdstationens omlopps bana åt gången. Inte ens den ryska bärraketerna Proton som sköt upp den första ISS-lasten 1998 kan klara att lyfta mer än 20 ton. Så rymdstationen byggs genom att delar eller moduler monteras och sätts ihop som ett **pussel**.

Det kommer att krävas ungefär 50 uppskjutningar för att få alla moduler till rymdstationen upp till omloppsbanan – i exakt rätt ordning förstås. Varje ny sektion måste passa i de som redan finns där. Varje modul har någon sorts **dockningsadapter** så att den exakt ska passa in i en annan adapter eller i en **nod**. I början utfördes det mesta av arbetet med robotarmen som kopplats till rymdfärjan. Nu har rymdstationen en egen **robotarm**, Canadarm2. Det är en större och mer sofistikerad robotarm som är till mycket stor hjälp.

2 – Att bygga Internationella rymdstationen



Men jobbet kan inte enbart göras med robotar – det behövs också mänskliga **händer**. Astronauterna måste se till att kopplingen blir permanent, genom att dra åt skruvar och låsa fast alla delar.

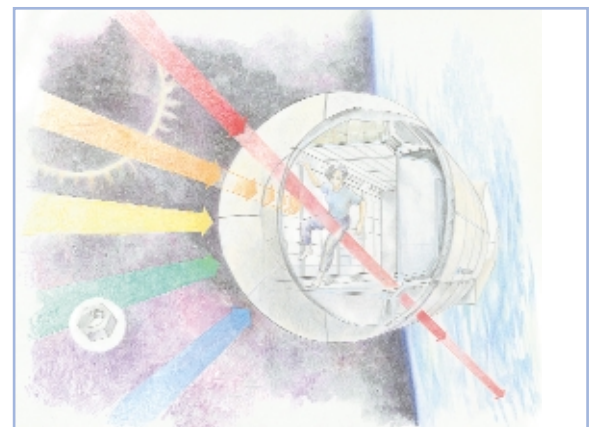
ISS är sammansatt av följande delar:

- **Servicemoduler** (som är utrustade med kontrollrum och kommunikationer och som kan användas till inkvartering för astronauterna)
- **Laboratoriemoduler** (där det mesta av rymdstationens forskningsarbete utförs)
- **Noder** ("korridorlänkar" som gör att astronauterna kan ta sig mellan rymdstationens moduler eller "rum" och som gör att modulerna kan länkas ihop med varandra. En del av dessa har dockningsportar för besökande rymdfarkoster)
- **Solpaneler** (enormt stora vingliknande paneler som fångar in solens strålar och förvandlar dem till elenergi)

Ingenjörer och forskare i ett dussintal länder har arbetat i många år med att utforma och bygga alla dessa delar, och planera det mest effektiva sättet att sätta ihop dem.

Det finns enorma mängder internationell teknik bakom de män och kvinnor som arbetar med ISS för att sätta samman det **tekniska underverket** i omloppsbanan runt jorden. Men i slutet av ett skift har ändå det 21:a århundradets astronauter två saker gemensamt med otaliga jordnära byggnadsarbetare, sedan pyramidernas dagar och ännu längre tillbaka: svett och värkande muskler.

Webbsidan för byggandet av ISS:
www.esa.int/buildiss



2.1 – Hur man tar sig till och från Internationella rymdstationen



Den europeiska raketen "Ariane 5".

De olika delarna av ISS skickas upp i rymden med hjälp av bärraketer eller **raketer**, som de ofta kallas. Två olika raketer används för att föra astronauter till ISS – den ryska raketerna Sojuz och den amerikanska Space Shuttle. Space Shuttle, Sojuz och, i framtiden, bemannade transportfarkoster transporterar astronauterna tillbaka till jorden.

En europeisk raket, ESA:s "**Ariane 5**", ska användas för att skjuta upp den **obemannade transportfarkosten** (ATV, Automated Transfer Vehicle) till ISS. Det kommer att byggas flera transportfarkoster och var och en av dem kommer att kunna frakta nio ton till rymdstationen. I lasten ska det finnas drivmedel, forskningsprojekt och utrustning, liksom mat, vatten och syre.

Raketmotorer är så kallade reaktionsmotorer. De utnyttjar Isaac Newtons tredje rörelselag som säger att "två kroppar påverkar alltid varandra med lika stora men motriktade krafter".

Den principen är en av de tre principer som den brittiska vetenskapsmannen **Isaac Newton** definierade i vad som kallas de "**tre rörelselagarna**". Newton undersökte och försökte förklara vad det var som får föremål att röra sig.

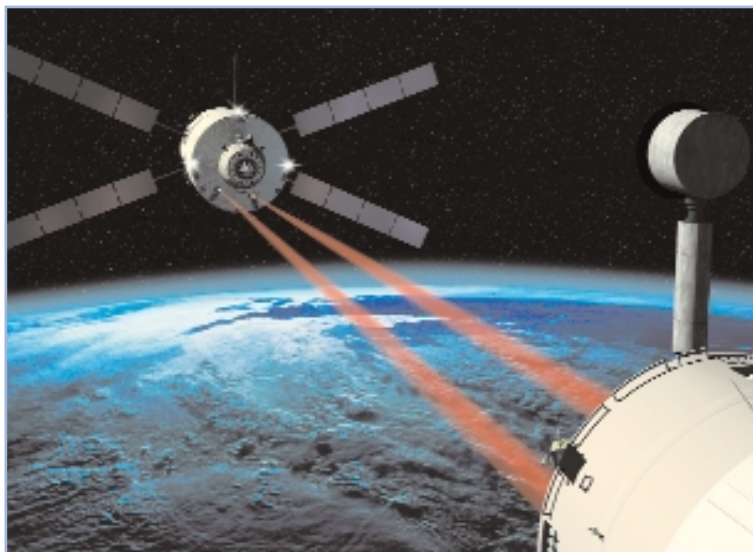


Sir Isaac Newton,
1642-1727

När drivmedlet i en raketmotor brinner gör den hetta som alstras att drivmedlet omvandlas till gaser. De heta gaserna skjuts iväg genom munstyckena i raketens nedre del – aktionen. Reaktionen får raketerna att skjutas uppåt i motsatt riktning.

Samma princip kan illustreras med en ballong. Du fyller ballongen med luft och när du släpper ut luften rör den sig. Luften skjuts iväg i en riktning (aktionen), och får ballongen att skjutas iväg i motsatt riktning (reaktionen).

ATV är obemannad men utrustad med två ögonliknande sensorer och ett navigeringssystem som gör det möjligt för ATV att automatiskt docka med ISS. Efter att ha varit hopkopplad med rymdstationen under sex månader ska den lastas med upp till sex och ett halvt ton avfall. Transportfarkosten brinner upp efter att ha separerats från stationen när den återvänder in i jordens atmosfär.



Transportfarkosten navigerar mot ISS.

2.1 – Hur man tar sig till och från Internationella rymdstationen

Gör en ballongraket

Du behöver:

- en ballong (hellre en avlång än en rund)
- ett gem
- ett sugrör
- tråd (9 m sytråd eller nylontråd)
- tejp
- en sax.

Steg 1

Läs igenom instruktionerna nedan och föreställ dig vad som kommer att hända. Beskriv det innan du genomför det verkliga experimentet.

Steg 2

Genomför experimentet, iaktta och beskriv vad som händer.

1. Blås upp ballongen och stäng den med ett gem så att luften stannar kvar.
2. Klipp sugröret i två delar och tejp fast dem på ballongen (som på bilden).
3. Dra tråden genom sugrören och håll tråden rak (låt två personer hålla i tråden – en i vardera ändan).
4. Förflytta ballongraketen till ena ändan av tråden och släpp ut luften ur ballongen.
5. Iaktta ballongraketen rörelse mot den andra ändan av tråden.



Steg 3

Förklara och analysera vad som händer.

- Jämför vad du trodde skulle hända och vad som verkligen inträffade – är det någon skillnad?
- Vad orsakar ballongens rörelse?
- Varför stannar ballongen?
- Hur kan du få ballongen att förflytta sig längre?
- Hur skulle en ballong i en annan form uppföra sig?
- Vad händer om du lägger extra last på ballongraketen?

Newtons andra rörelselag säger att hastighetsförändringen beror på föremålets **massa** och den verkande kraften. Det är den lagen som gäller för att kunna beräkna den kraft som måste användas för att raketerna ska kunna skjutas upp och nå omloppsbanan.

Försök!

Rulla iväg en lätt boll och en tyngre boll i samma riktning och använd samma kraft. Vilken boll rullar längst? Om du vill att båda bollarna ska komma lika långt, vad måste du då göra?

För att övervinna jordens gravitation måste en raket nå vad som kallas **flykthastighet**. Den hastigheten motsvarar en fart på 11,2 km/s. Ju större massa, desto mer drivmedel krävs för att nå flykthastigheten. Mer drivmedel innebär större tankar och ännu större **vikt**. Den rätta balansen mellan vikt och drivmedel är det viktigaste för att kunna nå omloppsbanan.

Det är därför så kallade **två- och trestegsraketer** har utvecklats. I dag är de flesta raketer trestegsraketer. Principen bakom dessa raketer är att varje gång en del av raketerna har tjänat sitt syfte, faller den av. Raketens totala vikt minskar, vilket innebär att det

behövs mindre drivmedel för resten av färden. Det skulle krävas mer drivmedel för en enstegsraket eftersom den måste bära hela rymdfarkosten under hela flygtiden. En två- eller trestegsraket är därför effektivare och billigare.

För att få ännu effektivare raketer används extremt lätta **material** som minskar den totala vikten. De måste inte bara vara mycket lätta, utan också extremt starka och motståndskraftiga. Vid starten måste raketerna kunna motstå mycket starka vibrationer och därför behöver de vara både flexibla och hållbara. När de väl är ute i rymden måste materialen på utsidan av raketerna skyddas mot högenergi-strålar och små partiklar, liksom mot extrem värme och kyla. Temperaturen i rymden kan nå upp till 200°C på solsidan och ner till -180°C i skuggan.

Atmosfären är sammansatt av gaser och skyddar jorden mot högenergi-strålar från solen och andra strålningskällor i universum. När ett föremål träffar atmosfären vid återinträdet uppstår **friktion** på grund av att det gnids mot

Friktion uppstår när ytan på ett föremål gnids mot ett annat – och gör att föremålet hettas upp vid kontaktpunkten.

luftmolekylerna. När friktion uppstår ökar temperaturen. Om föremålet går in i atmosfären med en stor lutning (t.ex. 90°) kommer temperaturen att bli så hög att föremålet brinner upp. Om lutningen är mindre (spetsig vinkel) uppstår mindre friktion och därför blir temperaturen lägre.



Då rymdfärjan färdas tillbaka till jorden är temperaturen runt färjan fortfarande extremt hög när den når jordens atmosfär, trots att den går in i atmosfären i en spetsig vinkel. För att hindra rymdfarkosten

Försök!

Gnugga händerna mot låren och känn hur temperaturen ökar på grund av friktionen.



Ariane-5 startar.

från att brinna upp och för att **skydda** människorna och utrustningen inuti, måste utsidan vara gjord av ett material som inte smälter vid dessa temperaturer. Kol är idealiskt för detta ändamål eftersom **smältpunkten** för kol ligger på 3 500 °C.

Hitta smältpunkten

De ting som omger oss är gjorda av materia. Under olika förhållanden ändrar materia sitt tillstånd. De tre vanliga tillstånden för materia är **fast – flytande – gasformigt**.

Diskutera

- Vad kallas fast H₂O, flytande H₂O och gasformigt H₂O i dagligt tal?
- Vid vilken temperatur smälter fast H₂O?
- Vid vilken temperatur övergår flytande H₂O till gasform?

Hitta smältpunkten för choklad

Du behöver:

- en värmekälla
- ett värmebeständigt kärl
- en bit choklad
- ett par värmebeständiga handskar
- en tång
- en termometer (för att mäta höga temperaturer).

1. Lägg chokladbiten i det värmebeständiga kärlet och värm det över värmekällan.
2. Ta på dig handskarna och håll termometern med tången: ta reda på vid vilken temperatur chokladen smälter.

Extrauppgift

- Ta reda på smält- eller kokpunkten för andra ämnen (t.ex. saltat vatten, juice, mjölk, glass, smör, ost).
- Ta reda på om det finns andra förhållanden än temperaturen som kan ändra smält- eller kokpunkten.
- Ta reda på vad som händer med volymen när ämnet ändrar sitt tillstånd.



Sammanfattning av Newtons tre rörelselagar:

1. Varje kropp förblir i sitt tillstånd av vila, såvida inte krafter tvingar den att ändra sitt tillstånd. När krafter tvingar den att ändra sitt tillstånd kommer kroppen att röra sig tills andra krafter tvingar den att sakta ner eller stanna.
2. Accelerationen beror på den verkande kraften och kroppens massa, $F=ma$. Accelerationen är proportionell mot den verkande kraften.
3. Två kroppar påverkar alltid varandra med lika stora men motriktade krafter.

Ta reda på mer om två- och trestegsraketer och bärraketen Ariane-5 på ESA:s interaktiva webbplats: Den interaktiva raketberättelsen.

<http://www.esa.int/export/esaLA/>

2.2 – Rymdpromenader

När en ny del till ISS anländer med en raket måste den kopplas ihop med rymdstationen. Några delar ansluts automatiskt, andra manövreras in på plats med hjälp av en **robotarm**. Men ibland måste kopplingen göras för hand – det är ett jobb för astronauter.

Det krävs ofta att dessa hopkopplingar görs utanför ISS. I sådana fall måste astronauterna genomföra en så kallad rymdpromenad (**Extra Vehicular Activity** eller EVA på engelska).

Rymden är en mycket **ogästvänlig miljö**. Människor kan inte andas i rymdens vakuum och temperaturerna är extrema. Högenergistrålar från solen och små partiklar kan skada astronauterna. Därför behöver astronauterna en mycket speciell utrustning för att skydda sig.



En konstnärs intryck av hur det är att arbeta utanför ISS.



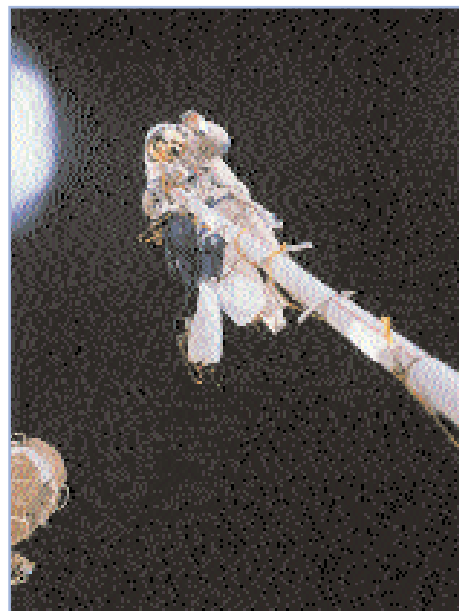
Träning inför rymdpromenader i en simbassäng.

är mycket annorlunda jämfört med att röra sig på jorden. För att vara säker på att allt ska gå bra, får astronauter mycket träning på jorden innan den verkliga **rymdpromenaden** genomförs. I regel övar man rymdpromenader i stora undervattenstankar – det är den bästa platsen för att simulera och uppleva känslan av viktlöshet på jorden.

I rymden måste astronauterna vara nogga med att sätta fast sig vid ISS så att de inte svävar iväg från rymdstationen. För att undvika detta hakar astronauterna fast sig i ledstänger på utsidan av ISS. Naturligtvis måste de verktyg som astronauterna använder också alltid sättas fast ordentligt. Verktygen liknar de motordrivna skruvmejslar och skiftnycklar som man kan köpa på byggvaruhus och i järnaffärer på jorden, och används för att dra åt skruvar och låsa fast delar till ISS.

Rymddräkterna är utformade för att skydda astronauterna mot sådana faror. Dräkterna är lufttäta och täcker hela kroppen i flera lager. De inre lagren är till för att kontrollera temperaturen och de yttre lagren för att skydda astronauterna från högenergistrålar. Behållare som sitter fast på ryggen på rymddräkterna innehåller tillräckligt med syre för flera timmar.

En rymddräkt är stor och klumpig, och gör det svårt att röra sig. Dessutom gör tyngdlösheten att det är svårt att kontrollera sina rörelser. Att röra sig i rymden



Den tyska ESA-astronauten Thomas Reiter under en rymdpromenad.

Arbeta i rymden – ett spel

”Att arbeta under tyngdlösa förhållanden är som att byta en liten säkring till bilbatteriet med skidhandskar på, stående på rullskridskor ...”, sa en gång, halvt på skämt, en astronaut som varit på ett uppdrag för att reparera en rymdfarkost.

Avsikten med spelet:

Den direkta avsikten med spelet är att – på ett lekfullt sätt – ge en känsla av de svårigheter som man stöter på när man arbetar i en annan miljö än den man är van vid och naturligt rustad för. För att understryka detta genomförs spelet med två lag: ett lag arbetar i ”tyngdlöshet” (mask, tjocka handskar och rullskridskor) och det andra under normala jordliknande förhållanden.

Målsättningen är att spelet ska leda till en diskussion om hur viktigt det är med lagarbete, hur svårt det är att kommunicera (i rymden, men också i det dagliga livet), ”astronautlagets” uppfattningar före, under och efter att ha arbetat i rymden, och principen om hur, till exempel, människokroppen anpassar sig till livet på jorden. Ni kan skriva en uppsats om hur människokroppen skulle kunna ha utvecklats om det inte funnits någon gravitation på jorden.

Spelregler:

Två lag med fyra spelare i varje lag tävlar mot varandra. Det vinnande laget är det som först har skruvat i fyra skruvar på en yta som placerats högt ovanför spelarna, men ändå inom räckhåll. Båda lagen måste avsluta uppgiften – skruva i skruvarna – även om det andra laget redan är färdigt.

Det finns fyra spelare i varje lag:

Spelare 1 representerar ett ”kontrollcenter” och ger spelare 3 och 4 instruktioner om vad de ska göra (Exempel: Spelare 4 – Ge en skruv till spelare 3! Spelare 3 – Placera skruven ...). Diskutera vilket språk ni vill använda. Astronauterna kommer troligen inte från samma land!

Spelare 2 registrerar hur lång tid det tar att genomföra uppgiften.

Spelare 3 utför uppgiften (skruvar i skruvarna).

Spelare 4 ger stöd och hjälp till spelare 3 (astronauter går aldrig på rymdpromenad ensamma). I början av spelet måste spelare 4 hålla i all arbetsutrustning och sedan lämna över den till spelare 3 enligt spelare 1:s instruktioner.

En **spelledare** (t.ex. läraren) informerar spelare 1 och 2 om deras uppgifter. Det är meningen att spelare 3 och 4 inte ska veta exakt vad de ska göra – det är spelare 1:s uppgift att tala om det för dem. När alla spelare är klara startar spelledaren spelet.

Ni behöver:

Lag A och B

- 1 stoppur
- 4 små skruvar
- 1 liten skruvmejsel
- 1 yta, t.ex. en plank, i vilken skruvar kan skruvas fast. Märk ut var skruvarna ska sättas fast. Ytan ska placeras så att spelarna måste sträcka sig för att nå upp.

Lag A

Rymdräksutrustning för spelare 3 och 4:

- 1 par rullskridskor/inlines eller en skateboard
- 1 mask med snorkel (och/eller en hjälm)
- 1 par stora skidhandskar.



Annan utrustning kan användas för att göra det ännu svårare; till exempel ett verktygsbälte där verktygen ska sättas fast eller en ”lina” mellan spelare 3 och 4 m.m.

2.3 – Robotteknik



ISS har flera robotarmar. Det huvudsakliga syftet med dessa armar är att **minska antalet rymdpromenader**. Även om rymddräkterna som används vid [rymdpromenader](#) skyddar mot de flesta faror i rymden, är riskerna fortfarande stora vid rymdpromenader, till exempel för högenergistrålar. Dessutom är rymdpromenader tidskrävande, dyra och kräver mycket träning.

Den europeiska robotarmen (ERA) är en av robotarmarna ombord på ISS. Den kommer att användas för att installera och byta ut solpaneler, inspektera och montera moduler samt ge stöd åt och förflytta astronauter under rymdpromenader.

Även om den är mindre än Kanadas "**Canadarm2**", är ERA en stor robot efter vilken måttstock som helst – den är cirka 11,3 m lång och väger 630 kg. Den har kapacitet att hantera upp till 8 000 kg. Armen är nästan som en

människoarm med leder och förmåga att gripa, hålla och vrida – men den fungerar med kablar och motorer och är symmetrisk. På båda sidor om sin "armbåge" har den



- två "armar",
- två "vrister" och
- två robotverktyg, där ändarna fungerar som antingen en "hand" för roboten eller en bas från vilken armen kan arbeta.



Robotarmen **kontrolleras** antingen från rymdstationens insida via två datorer, eller från utsidan via en kontrollpanel och en dator. Det finns kameror monterade på robotarmen för att astronauterna ska kunna övervaka och kontrollera armens rörelser.

Rymdstationen kommer att ha ett särskilt kontrollrum för robotaktiviteter. Den kupolliknande strukturen kallas **Cupola**, och de sju fönstren gör det lätt för astronauterna att övervaka robotarmarnas alla rörelser. Cupola är ett av de europeiska bidragen till stationen och kommer, utöver kontrollfunktionen, att fungera som ett observatorium där astronauter kan njuta av panoramautsikten.



Cupola med sitt runda mittfönster och sex trapetsfönster.

Konstruera en egen robotarm

En robot är en maskin eller anordning som fungerar automatiskt eller med fjärrkontroll. Den kan användas för att utföra mänskliga arbetsuppgifter eller imitera en del av det en människa kan göra. Särskilt i industrin används robotar för att utföra enformiga och tråkiga arbetsuppgifter. Men de används också för arbetsuppgifter som är svåra eller för farliga för människor. I populärlitteratur och science fiction-filmer har robotar ofta beskrivits som maskiner med människoliknande drag. Den första moderna roboten uppfanns på 1940-talet.

Ordet "robot" kommer från tjeckiska och betyder "arbetare".

Du behöver:

- glasspinnar
- en liten handborr
- pappersklämmor
- gummisnoddar.

Använd materialet ovan för att konstruera och bygga en robotarm som kan användas som en liten lyftanordning.

Extrauppgift:

Förbättra din robotarm – till exempel genom att sätta på material på ändarna för att få bättre grepp (t.ex. gummitutor som används för att räkna sedlar).

Ge exempel på olika typer av robotar och hur de används – fundera också på robotar som används i det dagliga livet.

