

STELLA



Medlemstidning för Stockholms Amatörastronomer. Nr. 1 - 2010



REDAKTÖR och ansvarig utgivare är Hasse Hellberg, Lofotengatan 16, 164 33 Kista.

ALLA BIDRAG ÄR VÄLKOMNA. Redaktören förbehåller sig rätten att, i samråd med författaren, redigera artiklar och bilder så att de passar det aktuella numret. Är du tveksam om materialet passar, ring och hör med redaktören. Tala om hur du vill ha din artikel.

Medlem i STAR blir man genom att betala in årsavgiften till STARs **Plusgirokonto 70 87 05 - 9**. För 2009 gäller följande avgifter: 100 kr för dem som är under 26 år, 150 kr för övriga. För ytterligare 190 kr kan man även bli medlem av Svenska Astronomiska Sällskapet och få tidskriften Populär Astronomi. Detta förmånliga erbjudande (rabatt 50 kr) gäller endast för STAR-medlemmar, som betalar avgiften till STARs Plusgirokonto. Glöm ej att ange namn, adress och födelseår på inbetalningen. Gärna även telefonnummer och mailadress.

Föreningen förfogar över två observatorier i Stockholmstrakten: ett i Saltsjöbaden och ett i vår klubblokal Magnethuset på Observatoriekullen. STAR anordnar föredrag, bild- och filmvisningar, astronomiska observationer, astrofoto, teleskopbygge, vanlig mötesverksamhet m.m. På måndagar kl 1900, utom under helg och skollov, håller STAR öppet i Magnethuset för varande och blivande medlemmar.

Föreningen är en underavdelning till Svenska Astronomiska Sällskapet och är också ansluten till Förbundet Unga Forskare, som särskilt vänder sig till ungdomar under 26 år.

Har du frågor? Kom till oss, skriv eller ring:

STAR, Stockholms Amatörastronomer, Drottninggatan 120, 113 60 STOCKHOLM

www.starastro.org

Telefon 08 - 32 10 96 (måndagar kl 19 - 20 svarar troligen någon)

STAR:s styrelse och övriga funktionärer 2009

Ordförande

Nils-Erik "Nippe" Olsson
Fregattvägen 3
132 46 Saltsjö-Boo
Tel hem 08-715 62 52
Mobil 070-517 62 52
nilserik.olsson@telia.com

Styrelseledamot

Rickard Billeryd
Strandliden 57
165 61 Hässelby
Tel hem 08-38 33 77
Mobil 070-728 05 35
rickard.star@telia.com

Styrelseledamot

Ulf Larsson
Essingeringen 22B, 7 tr
112 64 Stockholm
Tel hem 08-545 603 60
ulf.larsson.essingen@telia.com

Redaktör

Hans Hellberg
Lofotengatan 16
164 33 Kista
Tel hem 08-751 37 89
Mobil 070-338 10 25

Vice ordförande

Peter Mattsson
Tegelbruksvägen 10A
126 32 Hägersten
Tel hem 08-726 97 90
peter_stargazer@hotmail.com

Styrelseledamot

Göte Flodqvist
Cigarrvägen 19, 1 tr
123 57 Farsta
Tel hem 08-604 16 02
Tel arb 08-585 862 73
gotflo@ebox.tninet.se

Obs-chef Magnethuset

Curt Olsson
Nimrodsgratan 17, 1 tr
115 42 Stockholm
Tel hem 08-664 21 90
Tel arb 08-764 19 85
curt.olsson@telia.com

Revisor

Leif Lundgren
Ringvägen 82, 5 tr
118 60 Stockholm
Tel hem 08-714 80 80
Tel arb 08-555 037 96
leif.lundgren@hotmail.com

Kassör, nyckelansvarig,

Obs-chef Saltis

Gunnar Lövsund
Kolartorpsvägen 26
136 48 Handen
Tel hem 08-777 40 40
Mobil 070-657 15 66
gunnar.lovsund@telia.com

Styrelseledamot

Johnny Rönnberg
Ytterbyvägen 4B, 1 tr
192 76 Sollentuna
Mobil 0707-99 42 92
johnny@johnnyronnberg.com

Obs-chef Gamla

observatoriet, valberedning

Bo Zachrisson
Birkagatan 2
113 36 Stockholm
Tel hem 08-31 02 33
Mobil 070-31 00 289
bo@zac.se

Revisor

Christer Friberg
Mobil 070-723 04 90
christerfriberg@bredband.net

Sekreterare

Mats Mattsson
Lodjurets gata 225
136 64 Haninge
Tel hem 08-777 78 48
matmat@telia.com

Styrelseledamot

Björn Gimle
Per Lindeströms väg 72
121 46 Johanneshov
Tel hem 08-39 51 25
Mobil 0704-38 54 86
b.gimle@comhem.se

Valberedning

Johan Olzén
Torggatan 20B, 3 tr
745 35 Enköping
johanolzen@telia.com

Webmaster

Jonas Nordin
Snapphanevägen 208, 2 tr
175 55 Järfälla
Tel hem 08-580 377 49
jonas@starastro.org



Ledare



När jag gick till bilen för att åka till Stars årsmöte den 22 februari såg jag något ovanligt för denna vinter. Det var stjärnklart, av ren häpnad stannade jag till för att få en skymt av Orion som nästan stod i söder. Den såg ut precis som den brukar göra med den lite diffusa Orionnebulosan i svärdet. Jag lät blicken svepa över himlen för att se vad som fanns där. Månen stod till höger ovanför Orion och Mars mer österut på ungefär samma höjd som Månen. Venus hade redan gömt sig bakom bergen men Capella syntes fint i zenit. Och Capella var den som avbröt min korta observation. Ni har säkerligen egna erfarenheter av hur ryggen känns efter en stunds tittade upp i zenit.

Den här vintern är lite väl besvärlig tycker jag. Inte nog med den stränga kylan och all snö som ska skottas bort var och varannan dag. Allt snöande gör ju att det är mulet nästan varenda kväll och natt. Varför ska det alltid snöa under dygnets mörka timmar? Är det molnfritt någon kväll så går det inte ens att ta sig ut på gräsmattan för där är det meterdjup snö. Tidvis denna vinter har jag förståelse för alla som åker till varmare breddgrader där det är mer stjärnklart än hemma i Sverige. Inte för att jag längtar till värmen, men jag saknar den fina stjärnhimlen. Många som kommer hem från exempelvis Thailand eller Kanarieöarna tycker alla att jag ska åka dit för nätterna är helt underbara med alla stjärnor. När jag var på Teneriffa i april 2002 var det allt annat än stjärnklart. Uppe på Teide snöade och blåste det så vi var tvungna att åka tillbaka till hotellet. Vi höll dessutom på att frysa ihjäl när vi gjorde våra nattliga turer för det var massor av minusgrader. Jo jo! Jag undrar hur det egentligen är med de stjärnklara nätterna och värmen?

Men det finns ju mycket annat att göra inom astronomi när det är mulet. Datorn med sitt internet och alla spännande hemsidor är ovärderlig. Böcker och tidskrifter finns i massor det är bara att ta för sig. Just nu längtar jag till måndag den 12 april då det blir ett föredrag med titeln "Mörka nätter i Afrika". Då kanske jag får reda på om de mörka nätterna i värmen är så stjärnrika som det sägs. Vårens program som jag nu tittar på har många bra programpunkter kvar. Den tredje maj får vi reda på vad som döljer sig bakom ett megaexperiment som undersöker, det lilla. Vad det nu kan ha att göra med det stora kosmos som vi amatörastronomer gärna ägnar oss åt? En ny aktivitet har inkommit.

Lördagen den 24 april är det "Kulturnatt i Stockholm". Då kommer staden att vara full av kulturella aktiviteter. Star kommer att ha Öppet Hus tillsammans med Observatoriemuseet mellan klockan 2000-2400. Även Kafé Himlavalvet har då öppet.

En mycket viktig sak för STAR är den visningsverksamhet vi har tillsammans med Observatoriemuseet. Visningarna består av att Star varje tisdag oktober till mars visar stjärnhimlen med vårt teleskop i Magnethuset. Vi är idag 12 stycken som delar på 27 tisdagar enligt ett schema som görs inför varje termin. Uppgiften är inte betungande på något vis utan snarare väldigt rolig och stimulerande. Jag är övertygad om att många av Stars medlemmar gärna vill delta i den verksamheten. Kom ihåg, att de som kommer för att titta inte har några kunskaper i astronomi, så ni behöver inte vara oroliga för de frågor som kommer. Fördelarna med att bli förevisare är många och jag samt resten av förevisarna eller styrelsen berättar gärna bara ni kommer och frågor. Vi vill helt enkelt bli fler som deltar i denna trevliga verksamhet för det är både utvecklande och stimulerande att få berätta om sin hobby.

Årsmötet som jag i inledningen var på väg till bjöd inte på några överraskningar. Verksamhetsberättelsen talade om att vi i genomsnitt varit nästan 17 Starmedlemmar i Magnethuset varje måndag. En bra siffra tycker jag som förhoppningsvis beror på att vi har ett bra program. Medlemsavgiften bestämdes att vara samma som tidigare, det vill säga 100 kr under 26 år och 150 kronor för de däröver. Några om eller nyval till styrelsen blev det inte så ni får dras med samma människor ett år till. Även om styrelsen vid det här laget varit med länge och tror sig veta vad medlemmarna vill ha ut av sitt medlemskap så vet vi inte allt. Många har säkerligen egna förväntningar på vad vi ska göra. Kom till styrelsen eller skicka mail med förslag så lovar jag att vi ska göra allt vi kan för att tillgodose era önskemål. E-postadresser och telefon nummer finns i STELLA eller så kan ni skicka e-post via vår hemsida under styrelsen. Bästa alternativet är givetvis att komma till Magnethuset på måndagarna och då tala direkt med en förevisare eller en styrelsemedlem.

Nils-Erik Olsson
Ordförande i STAR

Omslagsbild: Bilden är tagen inifrån den östra kupolen vid vårt observatorium uti Saltsjöbaden, hösten 2009. Stjärnhimlen, som syns genom spalten är urklippt och kraftigt kontrastförstärkt och sedan återklustrad.



* Astrofotokväll 2009-11-30

Kvällen bjöd på ett varierat innehåll. Andreas Frisk hade besökt Påskön och tagit sina första astrofoton med en kompaktkamera, Canon Ixus 110. Vi kunde gemensamt konstatera att visst går det att fota himlen med en sådan kamera, men att den har stora begränsningar jämfört med en systemkamera. Bengt Ruterstens bilder från Namibiaresan i september 2009 skämdes verkligen inte för sig. Men så var det ju fina förhållanden i mörkaste Afrika. Gunnar Lövsund var också med i Namibia och visade bilder på i stort sett samma objekt som Bengt, men med annan bildbehandling. Göte Flodqvist och Björn Gimle resonerade runt en bild från Härjedalen med 3 parallella satellitspår. Hans-Erik Andersson avslutade kvällen med att visa att fortfarande går att ta astrofoton med en analog kamera laddad med positiv färgfilm. Fast han hade förstås digitaliserat pappersbilderna via en scanner.

* Luciafest 2009-12-14

Årets Luciafest blev inte särskilt välbesökt trots att det införskaffats både glitter och julklor för att pryda lokalen. Endast 9 medlemmar hade in-funnit sig. Att det inte blev flera kan ha



berott på den plötsliga snön och kylan som lägrat sig över Stockholm. Hur som helst smakade glöggen, lussebullarna och det övriga gott och alla verkade trivas.

* Polinställning i teori och praktik 2010-01-18

För att en motordriven teleskopmontering ska kunna följa ett himmelsobjekt är det viktigt att den är korrekt uppställd. Speciellt viktigt är det om man ska fotografera. Ulf Larsson och Gunnar Lövsund visade olika sätt att ställa in en ekvatoriell montering så att dess polaxel pekar mot himmelspolen (nära Polstjärnan). De hade ritat upp ett mycket snyggt och pedagogiskt bildspel i Powerpoint till stöd för sin beskrivning.

Foto: Staffan Bergström

* Årsmöte 2010-02-22

Årets viktigaste möte drog inte så många deltagare, kanske beroende på ett besvärligt väderläge med inställda kommunikationer. Den gamla styrelsen omvaldes i sin helhet, liksom revisorer och valberedning. Efter förhandlingarna bjöds på kaffe och fikabröd.



Nytt på STARs hemsida.

Styrelsens webbgrupp har nu börjat förbättra hemsidan (<http://www.starastro.org>). Första nyheten är en ny länk på startsidans menyrad, 'Medlemmarnas sidor'.

Ändamålet är att tillhandahålla ett forum där alla medlemmar själva kan bidra med aktuella notiser och annan mer eller mindre tidskritisk information, utan att vänta på att en webbredaktör tar sig tid att utföra uppdateringar.

På första sidan finns en tabell där man kan lägga in korta notiser och/eller länkar till nyheter eller egna dokument och hemsidor. Den är sorterad på datum (som man själv skall sätta till den dag händelsen skall inträffa, eller när länken uppdaterades. Det går också att sortera på övriga – den ena bör inledas med ditt namn. En annan sida kan innehålla länkar och filer, placerade i en undermapp för de dokument just du bidragit med, och där kan du också länka till din hemsida, och presentera dina specialintressen och ev. din epostadress..

Webbgruppen kan endast i mindre utsträckning påverka layouten. Tillsvidare är sidan byggd med Google, som tillhandahåller ett antal standardformat.

För att kunna lägga in information behöver du meddela en användbar epostadress (och ditt namn) till webbgruppen, som lägger upp din behörighet. Ange också om du har ett Google-konto – i annat fall får du en inbjudan att skapa ett.

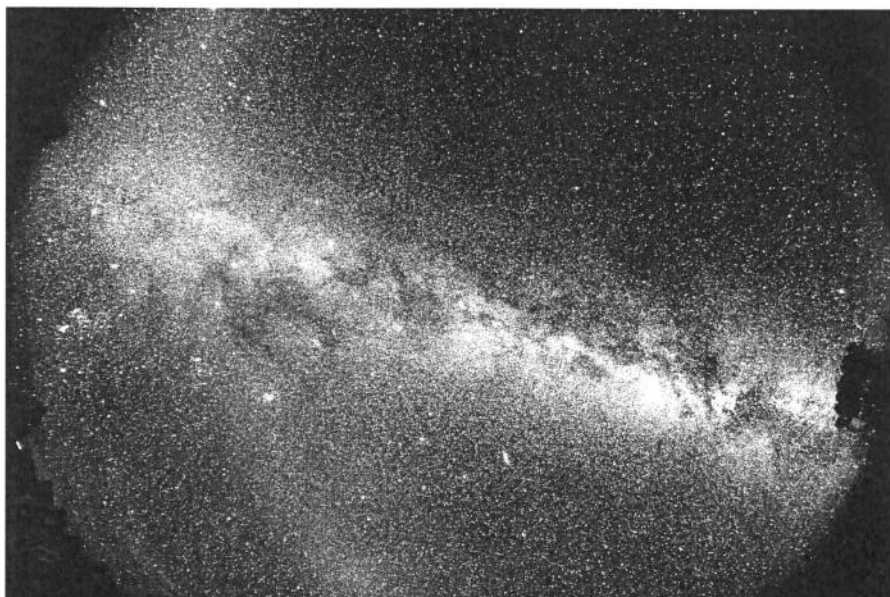
Björn Gimle

GEGENSCHEINOBSEKATION

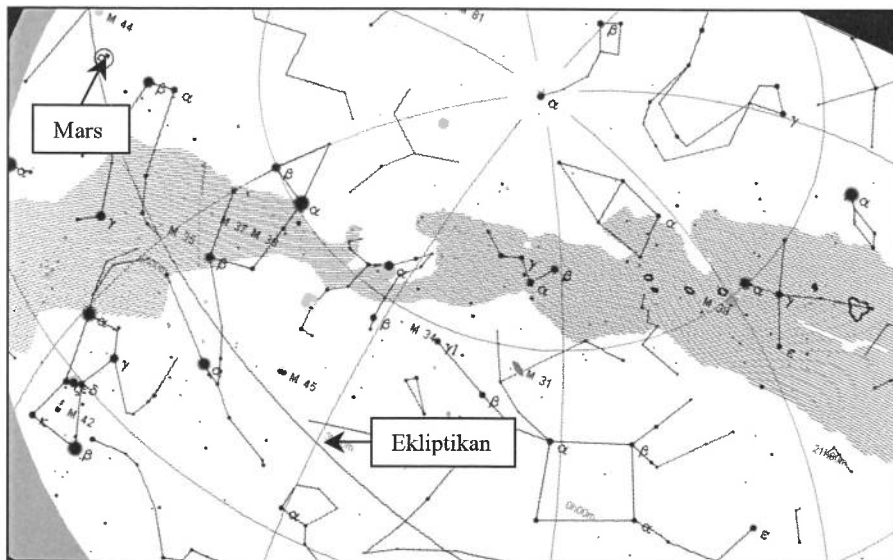
Text och foto Göte Flodqvist, STAR

I förra numret av STELLA (nr 3, 2009) beskrev jag hur ett tydligt Gegenschein (i Namibia) är ett tecken på mycket hög kvalitet på stjärnhimlen. Jag hade före den observationen, endast med möda, sett det i Libyska öknen 2006. Vad är då ett Gegenschein? Det är det ljus som kastas tillbaka från det solbelysta stoft och grus som finns kvar i ekliptikan efter att planeterna har bildats. Stoftet har förmodligen omsatts med tillskott från kollisioner mellan kometer och asteroider och utarming via planeter med tillhörande månar. Mer specifikt menas det område som står mitt emot solen på natten. Står alltså som högst vid lokal midnatt. Detta ljus är mycket svagt och är helt uteslutet att observera visuellt från Stockholms horisont. I Sverige i övrigt har jag aldrig lyckats heller. Som stockholmare är det frustrerande att inte ha en observationsplats inom rimligt bilåkaravstånd och som har en anständigt mörk horisont runt om. I Stockholm får jag välja i vilket väderstreck att observera i (se

STELLA nr 3, 2004, sid 16 - 17). De andra kompassriktningarna är då oanvändbara eller mycket dåliga pga stadens ljus. Våren 2009 började jag forska på vilka områden i Sverige som kan erbjuda en riktigt bra natthimmel med rena horisonter, med hjälp av en italiensk forskargrups kartor över ljusföroreningar. Småningom utkristalliserades ett område längs väg E45, mellan Orsa och Sveg som potentiellt användbart. Via Google Earth kunde jag notera att det finns gott om kalhyggen med tillhörande skogsbilvägar här. Jag försåg mig med kartor/bilder på ett antal lovande hyggen och åkte iväg en helg i oktober, 2009. Småningom hittade jag en observationsplats längs en grusväg med en generös uppställningsyta invid en liten sjö, ca 30 km söder om Sveg. Bilden nedan visar att denna obsplats är mycket bra, om inte med helt perfekta horisonter runt om. Avståndet från Stockholm är ca 45 mil på utmärkta vägar.



Bilden, till vänster, visar Vintergatans utsträckning från trädningen till höger och vidare till vänster, kl. 01:30, 2009-10-18. Väl hemkommen börjar (den långa) analysen av bilderna. Efter att ha experimenterat kraftigt med kontrast och ljushet dök ett mystiskt ljusband upp. Först trodde jag att det var moln, eftersom det hade funnits lite cirrus tidigare på kvällen. Vid jämförelse med stjärnkartan nedan, finns en uppenbar överensstämmelse mellan detta ljusstråk med ekliptikans vinkel och utsträckning. Slutsatsen blir att det är ett Gegenschein i bildens underkant.



Stjärnkartan, till vänster, visar aktuell natthimmel. Den viktiga linjen är ekliptikans, som sträcker sig från underkanten av kartan till övre vänstra delen av kartbilden. Det är här, i nederkanten, som Gegenschein kan identifieras. Småningom övergår detta ljus i Zodiakalljus, då före soluppgången eller efter solnedgången. Det övergångsljuset syns också i den fotografiska bilden mellan Hyaderna och Plejaderna och upp mot planeten Mars.

I stjärnströmmen

av Bertil Forslund

Följande en ingivelse härförleden tog jag mig för att sammanställa tabellvärden på relativa hastigheter och rörelseriktningar för ett urval av solens grannstjärnor. Jag tror att det kan vara nyttigt att då och då jobba på sin inre bild av *Vintergatan*. Arbete med kikaren och den vanliga stjärnkartan tenderar annars att på sikt prägla en två-dimensionell uppfattning av Universum, trots vetenskapen om de enorma avstånd som skiljer stjärnorna.

En sån här uppgift kan förstas lätt bli en övermäktig, och dessutom finns troligen redan avancerade, kommersiellt tillgängliga program för datoranimation av Vintergatans stjärnrörelser. Men jag satte ändå igång med att på konventionellt sätt extrahera, bearbeta och sammanställa tabelldata. För en person som haft ett 50-årigt uppehåll i sina amatörastronomiska aktiviteter var det i alla fall uppmuntrande i detta rutinarbete att finna hur mycket information som nu finns lättillgänglig via *Internet*. Det skall jämföras med forna dagars tidskrävande lusläsning och letande i tjocka, många gånger svåråtkomliga böcker.

Stjärnornas egenrörelser

Ganska snart träffade jag på nätsajten *www.alcyone.de*. Den innehåller en "Bright star catalogue" där stjärnor ljusare än magnitud $\sim 6,5$ listas, konstellation för konstellation. Förutom apparent ljusstyrka och spektralklass finns uppgifter för varje stjärna om position, avstånd och årlig nettoförflyttning, i rektascension och deklination, relativt bakgrundens fixstjärnor, den s.k. *egenrörelsen* ("proper motion"). Vidare står för var och en ID-kod och -nummer i stora stjärnkataloger som *Harvard Revised* (HR), *Henry Draper* (HD) och *Hipparcos* (HIP).

Stjärnorna i tabellerna är således alla de som syns för blotta ögat på natthimlen jorden runt (teoretiskt, vid bästa sikt), d.v.s. ungefär 6000 stycken. Det är klart att ett urval måste göras för att mitt handräkningsprojekt inte skulle kvävas under sin egen tyngd. Av alla 88 stjärnbilder utvaldes 15 att representera stjärnhimlen, varav nio i Galaktiska planet: *Svanen*, *Kassiopeia*, *Perseus*, *Kusken*, *Enhörningen*, *Seglen*, *Södra korset*, *Kentauren* och *Skorpionen*. På positiva galaktiska latituder utvaldes tre: *Stora Björn*, *Kräftan* och *Jungfrun*. Så även på negativa latituder: *Vattumannen*, *Väduren* och *Fenixfågeln*. Genom att utesluta stjärnor med årlig egenrörelse $< 0,1$ bågsekund (c:a 90% av materialet) fick jag ytterligare datareduktion. Majoriteten bland dessa är förmodligen avlägsna, men där finns också närbelägna med en årlig förflyttning som matchar solens, så att de nästan tycks stillastående mot bakgrunden. Tydligt är inga

stjärnor i "Bright star catalogue" avlägsnare än några tusen ljusår, d.v.s. de ligger alla i Vintergatans "Orionarm", liksom Solen. En kontrollräkning av det material som slutligen utvaldes för projektet visar att det bara omfattar några få % av tabellerade data. Nu var jag nyfiken på om man ändå ur detta kunde påvisa någon konsistent trend eller eventuellt intressanta rörelsemönster.

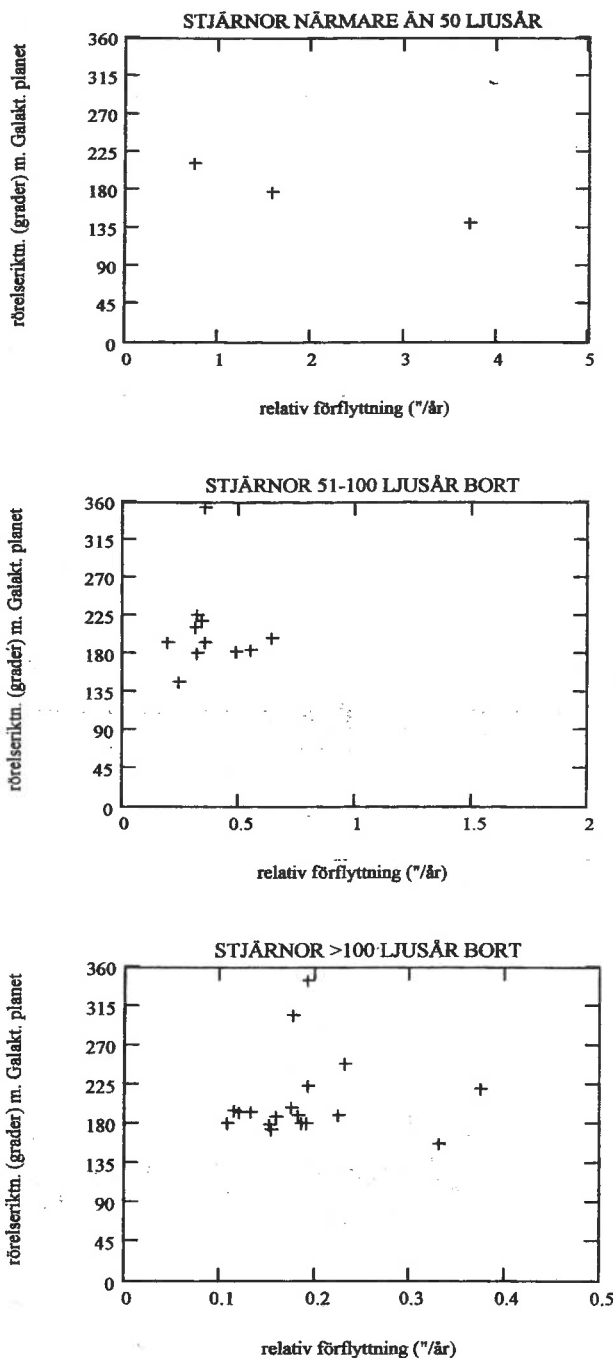
Ur värdena på den årliga förflyttningen efter RA- och deklinationsaxlarna beräknades den resulterande egenrörelsen i bågsekunder/år för varje stjärna, liksom riktningsvinkeln mot himmelsekvatorn. Det är vidare praktiskt att relatera varje stjärnas förflyttning till någon viss riktning i Vintergatan, t.ex. galaktiska planets skärning med himmelssfären ("galaktiska ekvatorn"). Diagrammet **fig. 1** visar, för stjärnbilden *Kentauren* som exempel, riktningsvinkeln mot galaktiska ekvatorn plottad mot årliga egenrörelsen för varje stjärna ljusare än magnitud 6,5 och snabbare än $0,1''/\text{år}$. Här handlar det totalt om 32 stycken, indelade i tre avståndsklasser; 1) närmare än 50 ljusår, 2) mellan 50 och 100 ljusår och 3) avlägsnare än 100 ljusår. Då bestämde jag också att riktningen $0^\circ/360^\circ$ är parallell med galaktiska planet och pekande mot ökande galaktisk longitud, 180° vänder sig åt rakt motsatt håll. 90° motsvarar rörelse vinkelrätt mot galaktiska planet, "uppåt" mot "galaktiska nordpolen", och 270° är riktningen "nedåt" mot "galaktiska sydpolen". Handräkning i all ära, men för att jämföra vinklar och konstruera diagram som i **fig. 1** har jag ändå tagit hjälp av ett datorprogram (*Mathcad* från MathSoft Inc., U.S.A.).

Varför ryggar Kentauren?

I **fig. 1** är det tydligt att, åtminstone sett från vår jordiska utkik, majoriteten av de "lättrörliga" stjärnorna i *Kentauren* förflyttar sig längs Vintergatans plan. Bara två stycken avviker, med riktningsvinklar mellan 225° och 315° , d.v.s. drar sig mot galaktiska sydpolen.

Den dominerande huvudriktningen tycks vara 180° . Kentauren är ju inte en stjärnbild som förekommer på vår nordliga himmel, men på stjärnkartan finner vi den stående på galaktiska ekvatorn. En fiktiv observatör på södra halvklotet med övernaturlig synskärpa och uthållighet skulle alltså finna att med åren den himmelska människohästen (åtminstone 28 av dess ljusare stjärnor) *backar* längs galaktiska ekvatorn.

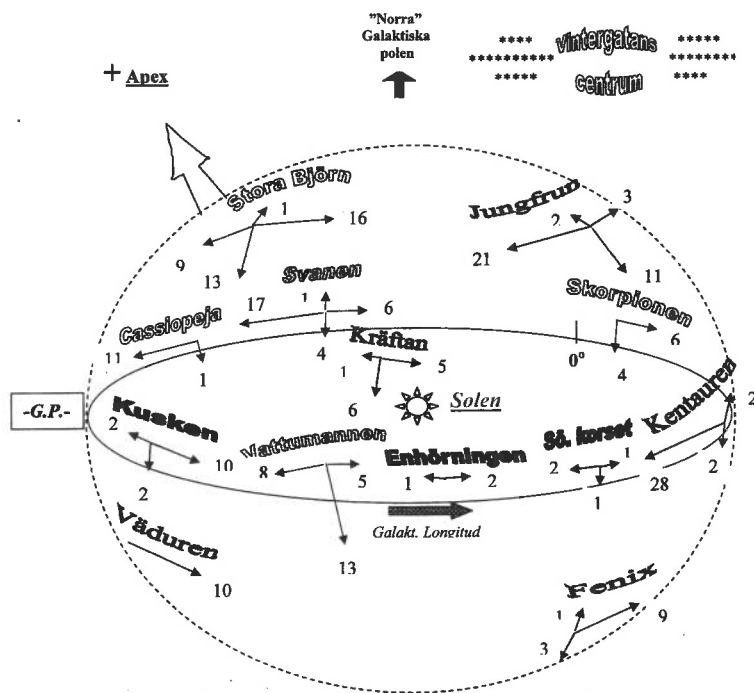
Fig. 2 sammanfattar egenrörelser hos stjärnorna i 13 konstellationer över hela himlen. Siffrorna vid pilpetsarna anger *antalet* stjärnor drivande åt ett visst håll, och fortfarande begränsar vi oss till fyra



Stjärnor med relativ förflyttning $> 0,10''/\text{år}$ i Centaurus (magnitud $< 6,5$)

Figur 1 Riktningens vinklar plottade mot årlig egenrörelse för stjärnor i tre avståndsklasser i Kentaurus. Riktning 0° och 360° är parallell med galaktiska ekvatorn och pekar mot ökande galaktisk longitud, 180° åt rakt motsatt håll. 90° är riktning "rakt upp" mot galaktiska "nordpolen", 270° är "rakt nedåt". Data från "Bright Star Catalogue".

huvudriktningar relativt galaktiska planet. Rörelser parallellt med G.P. dominerar tämligen allmänt, utom i konstellationer nära galaktiska polerna där spridningen blir större (se Jungfrun, Vattumannen och Stora Björn). Det är väntat att stjärnor över och under oss i vintergatsplanet kan fara litet kors och tvärs, och dessutom blir precisionen i vinkelberäkningarna sämre på större vinkelavstånd från G.P. Det är också



Figur 2 Himmelsfären skissad med 13 utvalda stjärnkonstellationer, sedda från jorden (tänkt i mitten). Pilarna anger fyra huvudriktningar för stjärnor med egenrörelse $> 0,1''/\text{år}$ och ljusare än magnitud 6,5 (antalet = numret vid pilspetsen). Den horisontella storcirkeln är galaktiska ekvatorn i Vintergatsans plan (G.P.).

väntat att de flesta stjärnor i planet skall röra sig parallellt med detta. Vintergatsans medlemmar har ju faktiskt bestämt sig för att bilda en skiva.

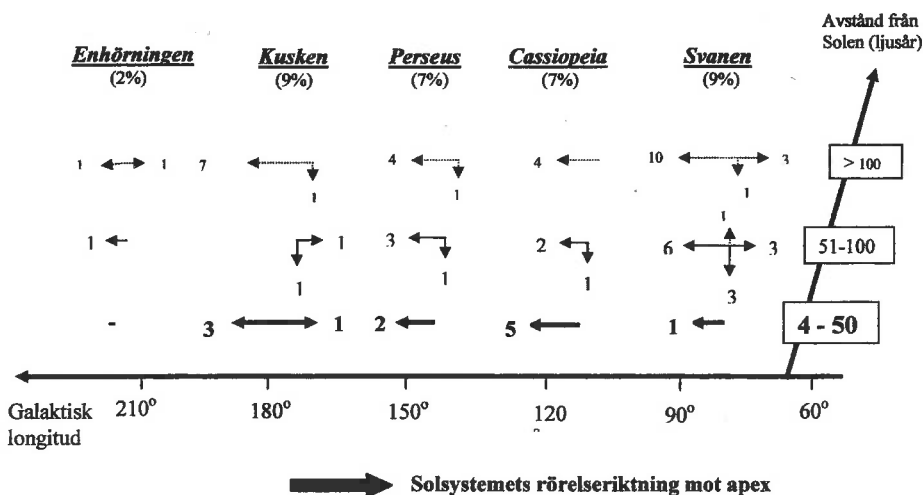
Är då framåt- och bakåtrörelser, alltså riktningens vinkel 0° resp. 180° , lika sannolika för stjärnorna i galaktiska planet? **Fig. 3** sammanfattar egenrörelserna inom nio utvalda konstellationer längs G.P., plottade mot galaktisk longitud. Om vi tänker oss solsystemet som en farkost med kurs mot apex kan vi utse en "styrbords"- och en "babords"-sida. Riktningen mot Vintergatsans centrum motsvarar galaktisk longitud 0° , 90° är rakt babord, 180° är akterut och 270° rakt styrbord. Man ser en klar trend i data i **fig. 3**. I konstellationerna på babordssidan rör de flesta stjärnor akterut, d.v.s. mot ökande galaktisk longitud. På styrbordssidan rör de sig också akterut, d.v.s. mot minskande longitud. Avstånden inom 1000 ljusårsgränsen verkar inte ha någon betydelse.

När man ser resultatet blir man förstörd tveksam. Varför skulle Kentaurus och de andra konstellationerna på styrbordssidan backa mot mindre longitud, medan babordsstjärnorna samfällt avancerar? Det ursprungliga urvalet blev kanske för snävt ändå och siffrorna därför osignifikanta? Risken för logiska kullerbyttor och felräkning av vinklar m.m. är också överhängande.

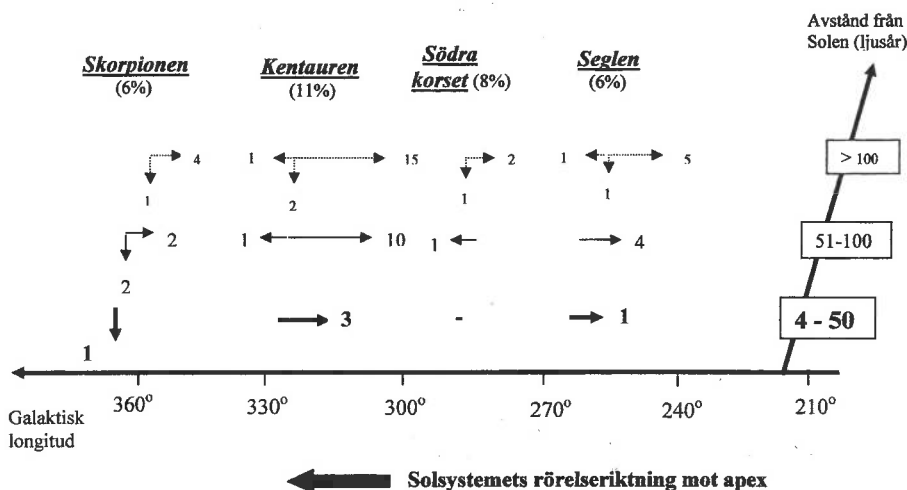
LSR och stjärnornas rymdhastighet

För många stjärnor i vår del av Vintergatan har man lyckats bestämma deras verkliga hastighet och rörelseriktning i rymden. En betydande del av

Konstellationer i galaktiska planet, på "babordssidan"
(antal ljusstarka stjärnor med relativ rörelse $> 0,1''/\text{år}$ och huvudriktning)



Konstellationer i galaktiska planet, på "styrbordssidan"
(antal ljusstarka stjärnor med relativ rörelse $> 0,1''/\text{år}$ och huvudriktning)



Figur 3 Egenrörelser i fyra huvudriktningar för stjärnor i tre avståndsklasser i nio utvalda konstellationer längs galaktiska ekvatorn. Data från "Bright Star Catalogue" för objekt ljusare än magnitud 6,5 och årlig egenrörelse $> 0,1''$. Siffrorna vid pilarna är antal stjärnor med markerad riktning. Procenttalen i parentes anger andel utvalda stjärnor av det totala i BSC.

datainsamlingen för ändamålet svarade ESA-satelliten *Hipparcos* för. Uppskjuten 1989 hann den under drygt tre års tid mäta position, parallax, ljusstyrka och färg för cirka två miljoner stjärnor med sitt 29 cm Schmidt-teleskop. Ett förtjänstfullt gnetande i skuggan av NASA-kollegans *Hubble* spektakulära fotografieringsuppdrag.

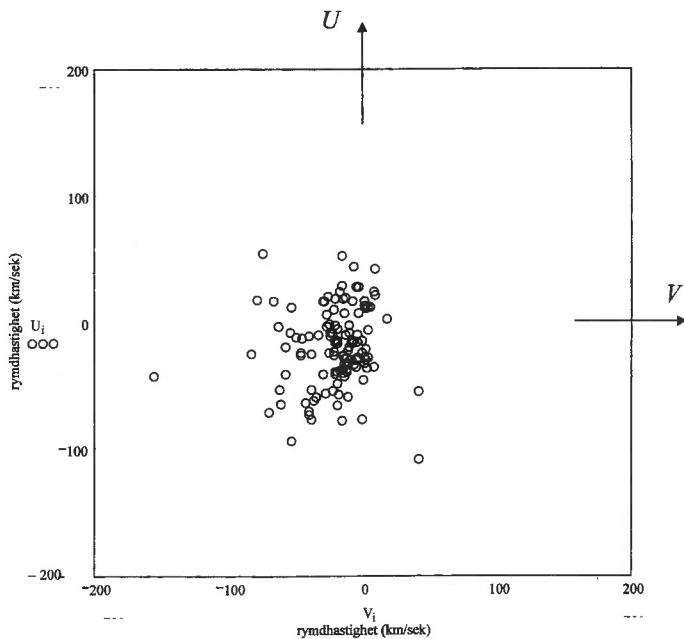
En stjärnas rymdhastighet brukar anges med tre parametrar; U , V och W , som är hastighetskomponenterna i tre riktningar, vinkelräta mot varandra. Hastigheterna måste förstas relateras till någonting. För Vintergatans stjärnor har man valt en referenspunkt som går i cirkel runt galaktiska centret, ungefär på solens avstånd från detta och med konstant hastighet 220 km/sek, vilket är det uppskattade medelvärdet

för de unga stjärnornas rörelse i vår del av galaxen. Referenspunkten kallas *LSR* (Local Standard of Rest) och ett positivt värde på U anger hastigheten (km/sek) relativt denna *inåt* mot Vintergatans centrum. Ett positivt V är den tangentiella hastighetskomponenten "framåt" i galaxens rotationsriktning (medurs, sett från galaktiska nordpolen) medan ett positivt W anger relativ förflyttning rakt "uppåt" mot galaktiska nordpolen. Vår sol följer ganska snällt *LSR*¹, men rör sig litet fortare framåt med $V = +5$ km/sek. $U = +10$ km/sek, vilket tyder på att banan runt galaktiska centret är elliptisk, och $W = +7$ km/sek att vi för närvarande driver uppåt genom Vintergatans plan.

Varje stjärnas egenrörelse (bågsekunder per år) är naturligtvis relaterad till dess rymdhastighet (den senare är i allmänhet härledd ur den första). Från U , V och W borde det alltså gå att bedöma riktning och relativ förflyttning och på så sätt genom jämförelse få en uppfattning om rimligheten i mina beräkningar ovan. I sin lättlästa "Database for Nearby Stars" (*ARICNS*)² tillhandahåller *Astronomisches Recheninstitut* i Heidelberg bl.a. U , V och W -värden för stjärnor i solens "närhet". **Tabell 1** är en sam-

manställning av U , V och W från denna med riktningensvinklar och årlig förflyttning för de "snabbrörlika" och ljusstarka stjärnorna i *Kentauren*. Objekten kunde snabbt identifieras i *ARICNS* med hjälp av deras koder i "Bright Star Catalogue".

Det som i **tabell 1** utmärker stjärnorna med tydlig reträtt efter galaktiska ekvatorn mot mindre longitud, d.v.s. de med riktningensvinklar nära 180° (*HR4523*, *HR4557*, *HR5168*, *HR5189*), är ett stort negativt värde på U , alltså stor hastighet *ut* från galaktiska centret. Det är precis vad vi skall vänta av ett objekt som rör sig mot mindre galaktisk longitud i *Kentaurens* position på "styrbordssidan" av vårt solsystem (se **fig. 3**). Även ett negativt V , d.v.s. om stjär-



Figur 4 Rymdhastighetskomponenterna U och V (km/sek) för 122 stjärnor närmare än 100 ljusår från Solen, ljusare än magn. 6,5 och med årlig egenrörelse $> 0,1''$. (data från ARICNS)

nan flyger långsammare än vårt solsystem, bör medföra rörelse mot mindre longitud, som framgår av tabell och figur.

Det enda objektet i tabell 1 som tydligt rör sig mot större longitud ($0^\circ/360^\circ$) är HR4600, och det är dess stora positiva U som avgör. Betydelsen av W är också uppenbar. Ett positivt värde innebär rörelse uppåt, d.v.s. riktningsvinkeln drar sig mer eller mindre mot 90° . Ett negativt W vill styra stjärnan närmare 270° . Bara HR4903 med litet negativt U påverkas ordentligt av W , så att egenrörelsen ligger mitt emellan bakåt och nedåt (225°). Storleken på stjärnornas egenrörelse påverkas av U , V och W , men avståndet betyder naturligtvis mycket. Den närmaste stjärnan, α Centauri (Rigel), har följaktligen en stor årlig förflyttning.

Mittemot Kentauren på himlen ligger Kassiopeja (fig. 2). Data i tabell 2 för lättrorliga och ljusstarka stjärnor i Kassiopeja från "Bright Star Catalogue" och ARICNS får bli underlag för en analys av stjärnrörelser på "babordsidan". Här förflyttar sig en majoritet, 11 stycken, mot större longitud (fig. 2) och ligger tätt på riktning $0^\circ/360^\circ$. Sju av dessa redovisas i tabell 2 tillsammans med det enda undantaget, HR8853, som drar sig rakt nedåt. Orsaken är dess stora negativa W , i kombination med ett obetydligt U . Alla övriga har duktigt negativa U och flera också stora negativa V . Med andra ord: även på babordsidan möter vårt solsystem en svärm av stjärnor som är på väg ut från galaktiska centret och/eller är långsamma framåt i rotationsriktningen.

Också för stjärnorna i de övriga utvalda konstellationerna får man en skaplig överensstämmelse mellan konstaterade egenrörelser och rymdhastighetskomponenterna U , V och W . Något svårare att se är

det förstås för objekten nära galaktiska polerna och också i konstellationer "akterut", d.v.s. nära *antiapex* och 180° från riktningen mot Vintergatans centrum, t.ex. *Enhörningen* och *Södra Korset*. Typiskt för majoriteten av lättrorliga stjärnor från "Bright Star Catalogue" är deras *negativa* U -och V -värden. Här tycks vi alltså ha förklaringen till den generella dragningen mot större galaktisk longitud för styrbordsstjärnor och tvärtom för babordsstjärnor. Fig 4 är en plot av U -och V -värden för 122 lättrorliga stjärnor ($> 0,1''/\text{år}$), ljusare än magnitud 6 och närmare än 100 ljusår, från de 15 konstellationer som ingår i min lilla mönstring. Eftersom diagrammet baseras på stjärnor med stor relativ egenrörelse saknas förstas talpar med U och V i närheten av Solens värden; $+10$, $+5$. För att bekräfta, eller ej, den snedfördelning som man anar i fig. 4 vore det därför önskvärt att kunna plotta (U, V) för alla stjärnor, oberoende av deras egenrörelser på vår stjärnhimmel.

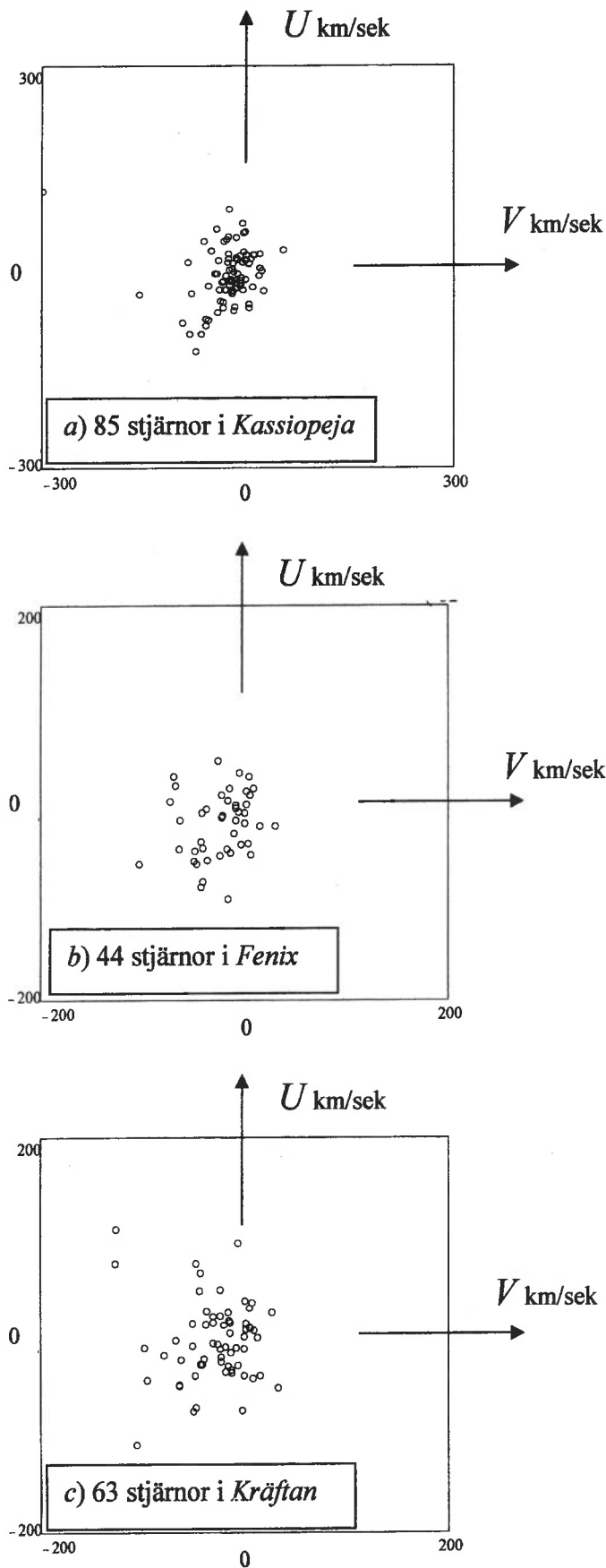
ARICNS-databasen ger tillräckligt underlag för en sådan kontroll. Diagrammet i fig. 5 är en sammanställning av tillgängliga U, V -data för alla stjärnor i tre konstellationer, representerande tre riktningar i rymden (se fig. 2): *Kassiopeja*, *Fenix* och *Kräftan*. Återigen är ett urval gjort, av nödvändighet: 192 stjärnor av miljarder, men i den här vändan finns inga begränsningar beträffande egenrörelse eller ljusstyrka. Fortfarande handlar det dock om "närbelägna" objekt, ingen stjärna i materialet är avlägsnare än 2000 ljusår. Snedfördelningen i data åt främst negativa V -hållet är tydlig i fig. 5, med uppenbara konsekvenser för stjärnornas förflyttning på vår himmel. Eftersom den är oberoende av egenrörelse, avstånd och ljusstyrka behöver man inte oro sig över eventuell bristande precision i vinkelbestämning m.m., som jag gjorde inledningsvis.

Det som förvånade mig i fig. 5 var att vår trygga sol framstår som en större avvikare än jag trott. Medelvärde för rotationshastigheterna runt galaktiska centret för unga stjärnor på Solens avstånd är 220 km/sek och spridningen kring medelvärdet är liten³. Av den orsaken har 220 km/sek valts som nollvärde på V i LSR. Äldre stjärnor (spektralklasserna F,G,K,M) roterar långsammare som grupp, och det är antagligen därför tyngdpunkten i U, V -data från hela stjärnkollektivet i fig. 5 hamnar till vänster om origo, LSR. Spridningen kring medelvärdet är större bland gammalarna och några, som Solen, överskrider 220 km/sek.

Någon tänkbar förklaring till den övervikt på negativa U -värden som man också tycker sig se i diagrammen har jag inte.

Stjärnströmmen

Vintergatans stjärnrörelser kan liknas vid biltrafiken på ringledderna runt någon jordisk metropol i rusningstid. Tempot är högt men trafiken något så när likriktad. Yngre förare kör som regel fortare (strax



Figur 5 Rymdhastighetskomponenterna U och V (km/sek) för 192 stjärnor, närmare än 2000 ljusår från Solen, i constellationerna Kassiopeja, Fenix och Kräftan. Data från ARICNS.

över hastighetsgränsen kan man tänka) än de äldre, som emellertid har en ojämnare körstil. Bland de äldre hör Solen, med sina planeter och oss i släptåg, till fortkörarna. Där finns också några fordon som rör sig farligt sakta så att risken för påkörning är överhängande. Andra kastar sig djävt på tvärs mellan filerna. En del trafikanter har väldigt dåligt lyse. En sådan är den röda dvärgstjärnan *HIP 87937*, kallad *Barnards stjärna* (BS)⁴ efter sin upptäckare. Den ligger på bara sex ljusårs avstånd, men är av 10:e magnituden och uppmärksammades först 1916 tack vare sin rekordstora egenrörelse, över $10''/\text{år}$. Den ligger i stjärnbilden *Ormbäraren* nära galaktiska ekvatorn. Man observerar BS, f.n. med *rektascension* = $17^{\text{h}}57^{\text{m}}$ och *deklination* = $+4^{\circ}42'$, mitt emellan riktningen mot galaktiska centret ($RA = 17^{\text{h}}45^{\text{m}}$, $dek = -28^{\circ}56'$) och solbanans apex ($RA = 18^{\text{h}}01^{\text{m}}$, $dek = 26^{\circ}$). BS ligger framför Solen och går i samma takt runt Vintergatans centrum; $V = 5$ km/sek för bägge. Det läskiga är emellertid att den också går på tvären framför Solen med hög fart; $U = -141$ km/sek mot Solens $+10$ km/sek. Egenrörelsen på $10''/\text{år}$ sker nästan helt i deklinationsled, så de $26 - 4 = 22^{\circ}$ från nuvarande position upp till apex borde avverkas på $22 \times 60 \times 60 / 10 = \text{c:a } 8000$ år. F.n. krymper avståndet till oss med 110 km/sek. Noggrannare kalkyler har visat att Solen och Barnards stjärna ändå inte kommer varandra närmare än 3,8 ljusår (puh!) och det sker år 11800^5 , då de blir närmaste grannar. Ett visst bidrag till säkerhetsavståndet ger skillnaden i W : $+18$ km/sek för BS mot Solens $+7$, som tydligen genererar en årlig förskjutning på $-0,8$ bågsekunder i RA -led för BS. Nu får vi bara hoppas att det inte dyker upp andra ljussvaga objekt framför oss i körriktningen, som hittills okända röda eller bruna dvärgstjärnor!

Litteraturreferenser

- ¹ Dehnen, W. och Binney, J.J.; i *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (UK)* 298 (1998) s. 387 ff. Se också t.ex.: Alessandro Spagna på <http://www.to.astro.it/astrometry/educational/GalacticComponents.ppt>
- ² <http://www.ari.uniheidelberg.de/datenbanken/aricns/>
- ³ Se t.ex.: Christopher Flynn på <http://www.astro.utu.fi/~cflynn/galdyn/lecture7.html>
- ⁴ <http://www.solstation.com/stars/barnards.htm>
- ⁵ http://sv.wikipedia.org/wiki/Barnards_stj%C3%A4rna

Egenrörelser och rymdhastigheter i Kentauren

<i>HR#</i>	<i>Avst/Mgn</i>	<i>Eg.rör ("/år)</i>	<i>Riktn (°)</i>	<i>U, V, W (km/sek)</i>	<i>Namn/beteckn</i>
5459	4,3 /0,0	3,71	142	-29, 1, 14	<i>Rigil C,</i>
4462	96 /5,5	0,24	147	-29, -6, 14	
4523	33 /4,9	1,58	177	-69, -41, 3	
4557	63 /6,5	0,32	181	-58, -12, -7	
5168	64 /4,2	0,49	183	-42, -15, -14	1
5189	84 /6,5	0,55	184	-52, -63, -5	
5028	53 /2,8	0,35	194	-25, -23, -4	ι (iota)
4734	80 /6,3	0,64	199	-40, -59, -7	
4989	62 /4,9	0,31	210	-54, 40, -13	
5288	50 /2,1	0,73	211	-25, -47, -24	<i>Menkent</i>
4413	80 /5,2	0,34	218	-33, -8, -19	
4903	74 /5,9	0,32	225	-7, -55, -24	
4600	84 /5,2	0,35	353	53, -17, 6	

Tabell 1 Egenrörelser och rymdhastigheter för ljusstarka (magn.<6,5) och "lättörliga" (>0,1"/år) stjärnor i Kentauren. Data från "Bright Star Catalogue" och ARICNS.

Egenrörelser och rymdhastigheter i Kassiopeja

<i>HR#</i>	<i>Avst/Mgn</i>	<i>Eg.rör ("/år)</i>	<i>Riktn (°)</i>	<i>U, V, W (km/sek)</i>	<i>Namn/beteckn</i>
8853	91 /5,5	0,26	280	7, -28, -28	
219	18,5 /3,4	1,22	334	-29, -10, -15	<i>Achird</i>
321	24,0 /5,2	3,78	335	-42, -157, -34	<i>Marfak, μ</i>
21	45 /2,3	0,56	341	-34, -6, -18	<i>Caph</i>
427	84 /5,8	0,16	348	-16, -9, -9	38
403	88 /2,7	0,30	350	-40, -22, -1	<i>Ruchbah</i>
8832	21,5 /5,6	2,10	351	-52, -39, -14	
511	30,5 /5,6	0,64	354	-25, -16, -5	

Tabell 2 Egenrörelser och rymdhastigheter för ljusstarka (magn.<6,5) och "lättörliga" (>0,1"/år) stjärnor i Kassiopeja. Data från "Bright Star Catalogue" och ARICNS.

SOLFÖRMÖRKELSEN I BHUTAN 2009

Text och foto Inger Nennesmo, STAR

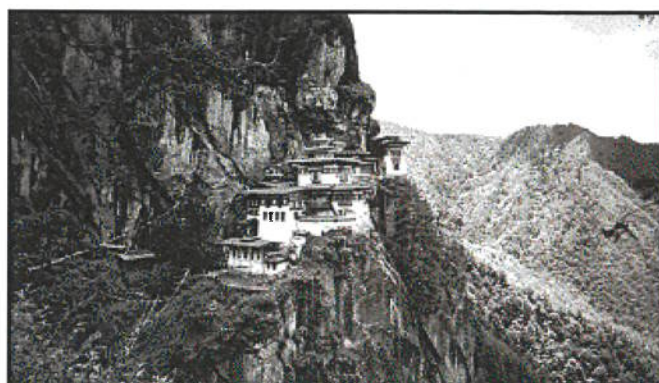
Arets solförmörkelseresa gick till Bhutan, det lilla buddistiska kungariket i Himalaya. En specialresa hade ordnats av en engelsk resebyrå "Travel and Trek", som har specialiserat sig på vandringsresor till Himalaya. Dess chef, Terry Cosby är f.d. "mountain leader" i brittiska armén. Väderutsikterna för solförmörkelsen var naturligtvis inte den bästa då juli månad är monsunperiod men då landet i sig verkade intressant blev detta ändå mitt val.



Bhutan är ett litet land, till ytan ungefär lika stort som Schweiz och med en befolkning på cirka 700 000. Det ligger i östra delen av Himalaya mellan Indien och Tibet, det är som ett Shangri-la med fantastisk natur och spännande kultur. Traditionerna är i högsta grad levande. Konceptet GNH (Gross National Happiness) som den bhutanesiske kungen introducerade på 70-talet är ett försök att definiera livskvalité i ett mer helhetsperspektiv än med bara ekonomiska framsteg. Religion och tradition samt regeringens engagemang i den socioekonomiska utvecklingen och miljövärderna bildar grunden för GNH.

Bhutan är inte lättillgängligt. Ett begränsat antal turister får besöka landet varje år och det är endast det nationella flygbolaget Druk Air som flyger dit.

Bolaget har bara två plan så det är inte dagliga flygningar. Det finns också bara en flygplats i landet, i Paro. I en nyligen gjord sammanställning kommer denna bland de farligaste flygplatserna i världen och man uppskattar att endast åtta piloter är tillräckligt skickliga för att kunna landa där. Naturförhållandena är besvärliga med omgivande berg och det krävs god visuell sikt för start och landning. Därför ställs flygningar in ibland och man bör därför ha några "buffertdagar", för vår del i Kathmandu, Nepal för att inte missa den fortsatta resan till Europa etc. Det blev också en mycket spännande inflygning runt kullar och berg men allt gick som tur var bra. På flygningen mellan Kathmandu och Paro radade det ena höga berget efter det andra upp sig och vi passerade även Mount Everest på ganska nära håll under perfekta väderförhållanden.

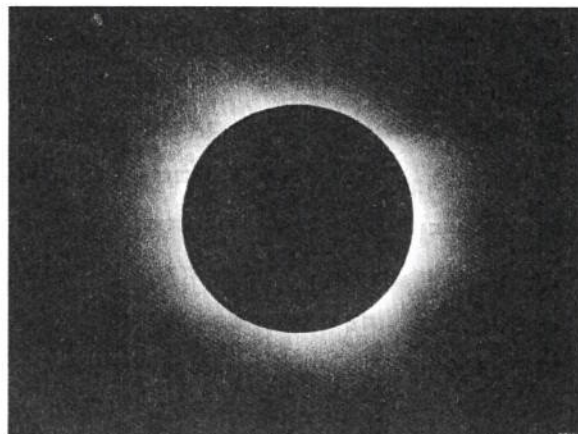


Vi hade ett intensivt program under veckan i Bhutan. Redan första dagen vandrade vi upp till Taktshang "Tiger's nest", (bilden ovan) ett kloster på drygt 3000 m höjd, nu i efterhand obegripligt att jag klarade av! Det var enormt varmt, solen stod rakt över oss och det var både stigar och trappor som skulle passeras, inte alltid helt enkelt. Klostret är ett av de mest vördade pilgrimsmålerna i Himalaya. Den andra dagen besökte vi olika historiska militära befästningar och tempel och på eftermiddagen började färden österut för att finna en så bra plats för solförmörkelsen som möjligt. På grund av de geografiska förhållandena tar det mycket lång tid att förflytta sig även korta sträckor.

Vårt val blev Dochula Passet, markeringen på kartan, på 3050 meters höjd. Totaliteten började strax före kl. 07:00 på morgonen. Vi fick stiga upp mycket tidigt och ge oss av medan det fortfarande var mörkt. Det var ganska dramatiskt att färdas på vägarna eftersom det ofta låg kor på dem som man naturligtvis skulle undvika att köra på. Den tidiga morgonen var ganska kylig med en del regn men precis innan totaliteten klarnade det upp och det blev mycket bra observationsförhållanden. Totaliteten varade i cirka tre minuter, det blev mycket mörkt och påfallande kyligt.

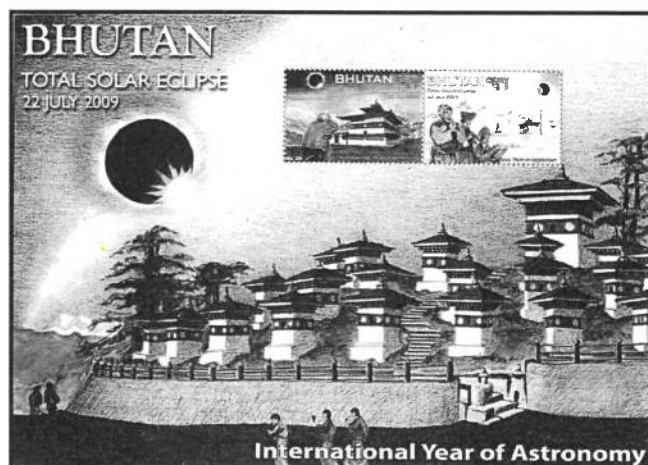


Bilden ovan visar min grupp tillsammans med vår fantastiske guide, Sonam (sittande) och vår chaufför Sangay, någon timme efter förmörkelsen. Jag reste tillsammans med fem personer från Houston Texas, fyra av dem kände jag från solförmörkelseresan till Kina förra året (se STELLA nr 1, 2009). Våra bhutanesiska vänner är klädda i den nationella dräkten, gho (den kvinnliga varianten kallas kira) som bärs även till vardags, likaså av skolbarnen. Bilden nedan visar utsikten från vår observationsplats.



ལོ་ངོ་ ༣༧༠ བོ་ཤུལ་ལས་འཛམ་གླིང་ནང་ ལྷ་བའི་གྲིབ་མ་
 ཉི་མ་མོར་ཕྱག་ཉི་མེད་མས།

Det var ganska mycket rapportering om solförmörkelsen i den inhemska pressen. I bildtexten ovan blir översättningen så här: "Efter 370 år skall världen få uppleva den totala solförmörkelsen."



Det gavs även ut speciella frimärken för att fira förmörkelsen.

Efter att ha bevittnat förmörkelsen till-bringade vi tre dagar i Thimphu, huvud-staden i Bhutan. Vi gjorde utflykter till olika hantverkare, kloster, marknader mm och vi besökte även arenan för bågskytte, som är nationalsporten i landet. En liten kuriositet; det finns inga trafikljus i Thimphu. Ett försök gjordes för några år sedan med att introducera sådana men irritationen blev så stor så de fick tas bort. Innan återresan till Sverige tillbringade jag ett par dagar i Kathmandu, kontrasten till Thimphu kunde knappast vara större. Där fick jag också uppleva ett regn vars like jag aldrig sett. Hemfärden gick via Doha i Qatar. Solförmörkelsen 2010 kommer jag att beskåda från Patagonien, Argentina.

En smula rymdfärdsmatematik (Del 1)

av Hans Riesel

Innehåll:

1. Himmelsmekanik. Kepler och Newton.
2. Gravitationslagen förklarar Keplers lagar.
3. SI-systemet.
4. Satelliter i cirkulär bana.
5. Elliptiska satellitbanor.
6. Läges- och rörelseenergi.
7. Flykthastigheten.
8. Att modifiera en satellitbana. Hohmanns manöver.
9. Hur långt når Jordens dragningskraft?
10. Hur reser man till månen?
11. Hur når man de yttre planeterna?
12. Flykthastigheten från solen.
13. Hur når man de inre planeterna?
14. Draghjälp ut ur solsystemet.
15. En resa förbi alla de yttre planeterna.
16. Litteratur.
17. Formelblad.

(Nr. 11 - 17 kommer i nästa Nr. av STELLA)

1. Himmelsmekanik. Keplers och Newtons lagar.

Himmelsmekaniken handlar om de lagar, som styr himlakropparnas rörelser. Tidigast bland dessa är Keplers lagar, som publicerades 1609, och som handlar om hur planeterna rör sig runt solen. Året därpå riktade Galilei sin kikare mot Jupiter och kunde då se Jupiter som en skiva samt de fyra största Jupitermånarna och studera deras rörelser runt planeten. Han kunde då konstatera att Jupiter och dess månar liknade ett solsystem i miniatyr. — Drygt 50 år senare formulerade Newton sina rörelselagar och sin gravitationsteori, som gav en matematisk förklaring av Keplers lagar, allt publicerat i Newtons "Principia" år 1687. Den Newtonska mekaniken, som även styr rymdraketernas och satelliternas rörelser, grundar sig på tre rörelselagar samt gravitationslagen. Dessa lyder:

1. Lagen om verkan och motverkan: Mot varje kraft svarar en lika stor och rakt motriktad kraft.
2. Ett föremål i rörelse, som inte påverkas av någon kraft, rör sig i rät linje med konstant hastighet.
3. Ett föremål med massan m , som påverkas av en kraft k , får en acceleration a i kraftens riktning enligt formeln $k = C \cdot m \cdot a$, där konstanten C kan fås att anta värdet 1, om man räknar med s k avstämde enheter, som t ex i SI-systemet.

Newtons gravitationslag säger, att två punkt-

formiga massor m_1 och m_2 på avståndet r från varandra attraherar varandra med en kraft k enligt $k = \gamma \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$, där γ kallas den allmänna gravitationskonstanten, som har värdet $\gamma = 6,67259 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg/s}^2$, om man räknar i SI-enheter.

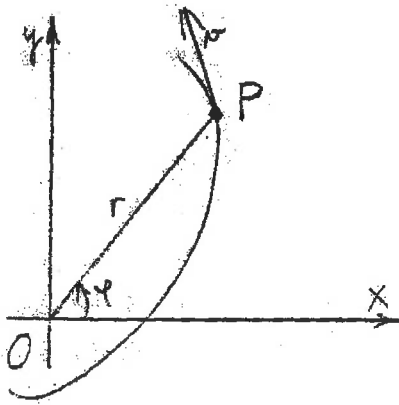
Planeternas rörelser runt solen beskrivs av Keplers lagar. De är:

1. Planeterna rör sig i elliptiska banor med solen i ellipsens ena brännpunkt.
2. Sammanbindningslinjen mellan solen och en planet sveper över lika stora ytor på lika långa tider. En planet rör sig alltså snabbare i sin bana, när den befinner sig närmare solen.
3. Kvadraten på omloppstiden i banan är proportionell mot kuben på planetens medelavstånd från solen. Medelavståndet definieras här som banellipsens halva storaxel.

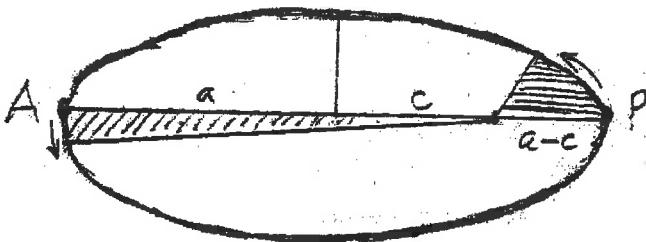
2. Gravitationslagen förklarar Keplers lagar.

Varje planet rör sig, som vi just sett, i ett plan, planetens *banplan*. Plan rörelse beskrivs enklast i ett tvådimensionellt koordinatsystem, inlagt i rörelsens plan. I ett rätvinkligt system får radius vector r från origo till den rörliga punkten P de två komponenterna (x, y) i koordinataxlarnas riktningar. x och y är här funktioner av tiden t . Hastighetsvektorn $v = dr/dt = \dot{r}$ blir (\dot{x}, \dot{y}) och accelerationsvektorn $a = \ddot{r}$ blir $a = (d^2x/dt^2, d^2y/dt^2) = (\ddot{x}, \ddot{y})$. — I polära koordinater brukar man räkna hastighetens och accelerationens komponenter i radius vectors riktning r och i den däremot vinkelräta riktningen r_ϕ . Det visar sig att hastigheten härvid blir uppdelad i komponenterna $v_r = \dot{r}$ och $v_\phi = r\dot{\phi}$, medan accelerationens komponenter blir $a_r = \ddot{r} - r\dot{\phi}^2$ resp $a_\phi = 2\dot{r}\dot{\phi} + r\ddot{\phi}$. (Dessa senare resultat når man enklast genom att representera vektorn (x, y) som det komplexa talet $z = x + iy = re^{i\phi}$. Derivering med anseende på tiden t ger $\dot{x} + i\dot{y} = \dot{r}e^{i\phi} + r\dot{\phi} \cdot i \cdot e^{i\phi}$, och ytterligare en derivering ger $\ddot{x} + i\ddot{y} = (\ddot{r} - r\dot{\phi}^2)e^{i\phi} + (2\dot{r}\dot{\phi} + r\ddot{\phi}) \cdot ie^{i\phi}$. Eftersom $e^{i\phi}$ är enhetsvektorn i radiens riktning och $ie^{i\phi}$ är enhetsvektorn i den däremot vinkelräta riktningen kan i ovanstående formler komponenterna för v och a i dessa båda riktningar omedelbart avläsas.)

Formlerna för a_r och a_ϕ leder till de differentialekvationer, vilkas lösningar är planet- och satellitbanor vid rörelse runt en tung central-kropp (t ex solen), s k centralrörelse. Vid det enklaste fallet med cirkulär omloppsbana är $\dot{r} = \ddot{r} = 0$ och a_r blir då $= -r\dot{\phi}^2 = -M\gamma/r^2$ (enligt gravitationslagen), om M är centralkroppens massa.



Formlerna för a_r och a_ϕ leder till de differentialekvationer, vilkas lösningar är planet- och satellitbanor vid rörelse runt en tung central-kropp (t ex solen), s k centralrörelse. Vid det enklaste fallet med cirkulär omloppsbanan är $\dot{r} = \ddot{r} = 0$ och a_r blir då $= -r\dot{\phi}^2 = -M\gamma/r^2$ (enligt gravitationslagen), om M är centralkroppens massa. (I fallet när man snurrar en sten med massan m runt i ett snöre, brukar uttrycket $mr\dot{\phi}^2 = mv^2/r$ också kallas centrifugalkraften, som är den kraft med vilken man måste hålla emot i snöret för att inte stenen skall slungas iväg.) Intressant att konstatera är att ekvationen $a_\phi = 2r\dot{\phi} + r\ddot{\phi} = 0$ gäller vid varje form av centralrörelse, oavsett uttrycket för attraktionskraften. Detta uttryck kan alltid integreras till $r^2\dot{\phi} = L$, som är en konstant.



Detta är det matematiska uttrycket för Keplers lag, att radius vector sveper över lika ytor på lika tider. — Med användande av detta resultat låter sig även den andra differentialekvationen, som blir $a_r = \ddot{r} - r\dot{\phi}^2 = -M\gamma/r^2$, om Newtons gravitationslag förutsätts, efter en smula besvär integreras till

$$r = \frac{L^2/M\gamma}{1 + e \cos(\phi - \phi_0)},$$

som för $0 < e < 1$ är ekvationen för en ellips med ena brännpunkten i origo. Här kan konstanten ϕ_0 fås att anta värdet 0 genom att man lägger polaraxeln längs ellipsens storaxel.

3. SI-systemet. SI-systemet (Système International d'Unités) introducerades i början av 1970-talet. Syftet var att utgående från de s k grund-enheterna meter för längd, kilogram för massa, sekund för tid och ampere för elektrisk ström, definiera härledda enheter på så sätt att omräkningsfaktorer i görligaste mån fick värdet 1, d v s undveks. Till priset av att några av de införda enheterna till en början kändes något ovana, har man lyckats över hövan väl. — I Newtons rörelselag $k = C \cdot m \cdot a$ t ex tvingade man fram C -värdet 1 genom att införa en ny kraftenhet N (newton),

1 genom att införa en ny kraftenhet N (newton), som är den kraft som förmår ge massan 1 kg accelerationen 1 m/s^2 . Den tidigare enheten för kraft, kp (kilopond) definierades som den tyngd ett kilo har vid havsytan på 45 graders bredd. Eftersom tyngdkraftens acceleration där är $9,81 \text{ m/s}^2$, är $1 \text{ N} = 1/9,81 = 0,102 \text{ kp}$. — En anmärkningsvärd triumf för SI-systemet är, att man med kraftenheten newton får samma enhet både för mekanisk och elektrisk energi. Den mekaniska energienheten Nm (newtonmeter) är nämligen exakt lika stor som enheten för elektrisk energi VAs (voltamperesekund) = Ws (wattsekund) och som kallas joule (J). En ytterligare triumf för SI-systemet är, att Einsteins berömda formel för ekvivalensen mellan materia och energi, $E = mC^2$, inte heller behöver belastas med någon sifferfaktor om man använder SI-enheter. 1 kg materia innehåller nämligen precis $C^2 = 9 \cdot 10^{16} \text{ J}$ energi. — En annan detalj, som känns ovan i början är, att ett ämnes specifika vikt mäts i kg/m^3 . Vattnets specifika vikt blir således 1000 i SI-enheter.

4. Satelliter i cirkulär bana. En satellit med massan m i cirkulär bana med radien a runt en planet med massan M rör sig med konstant hastighet v . Centrifugalkraften $mv^2/a = m\omega^2 a$, där vinkelhastigheten ω , mätt i radianer/s, balanseras av planetens dragningskraft $mM\gamma/a^2$, och alltså är $\omega^2 a = M\gamma/a^2$. Om omloppstiden i banan betecknas $T = 2\pi/\omega$, blir $T^2 = 4\pi^2/\omega^2 = 4\pi^2 a^3/(M\gamma)$. Vi känner här igen Keplers lag om sambandet mellan omloppstiden och bandiametern. Längden hos ett varv i banan är $2\pi a$, alltså är banhastigheten $v = 2\pi a/T$ och sambandet ovan kan även skrivas $v = \sqrt{M\gamma/a}$. Men hur mycket är $M\gamma$, om M är Jordens massa och γ är gravitationskonstanten? Enligt Newtons lag påverkas 1 kg vid jordytan av gravitationskraften $M \cdot \gamma/R^2$, där R är jordradien. Vid ekvatorn blir detta $M\gamma/R_e^2$, där ekvatorialradien $R_e = 6371,2 \text{ km}$. Jordaccelerationen $g = 9,7805 \text{ m/s}^2$ vid ekvatorn. För att få reda på gravitationskraften på 1 kg vid ekvatorn måste man i kalkylen inkludera den acceleration $R_e\omega^2 = 0,034 \text{ m/s}^2$ med vilken centrifugalaccelerationen från Jordens rotation motverkar gravitationen. Detta ger enligt lagen "kraften = massan gånger accelerationen" att Jordens dragningskraft på 1 kg vid ekvatorn är $1 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ newton} = M\gamma/R_e^2 = g$. — Lägg märke till, att man inte behöver känna till de separata värdena på gravitationskonstanten γ och Jordens massa M för att kunna beräkna kombinationen $M\gamma/R^2$! (Vi skriver i fortsättningen R för Jordens ekvatorialradie R_e .)

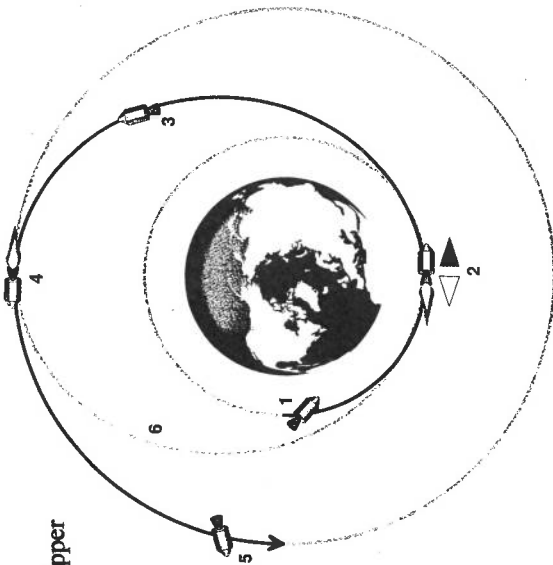
Sätter man in värdet på $M\gamma = gR^2$ i formeln ovan, får man $T = 2\pi a^{3/2}/R\sqrt{g} = 3,15 \cdot 10^{-7} a^{3/2}$. För $a = R = 6371 \text{ km}$ blir $T = 5064 \text{ s} = 84 \text{ min}$ 24 s, vilket är den hypotetiska omloppstiden för en satellit i låg ("strykande") bana runt ett jordklot utan bromsande atmosfär. — Vilken blir omloppstiden för rymdstationen ISS, som cirkulerar 400 km över jordytan? Här är $a = 6378 + 400 =$

fig 25 Moving Between Orbits Using a Hohmann Transfer

Characteristics: Provides the most energy-efficient method to transfer a satellite between two circular orbits with the same inclination. Requires two burns to complete. Satellite moves through 180° of true anomaly while on the transfer orbit.

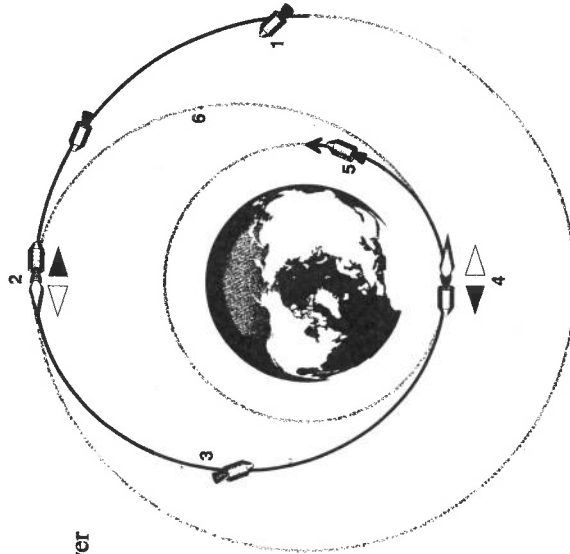
- ▲ Solid arrow indicates position of the burn and points in the direction of the velocity change
- △ Hollow arrow indicates position of the burn and points in the direction that the rocket engines fire to perform the burn

Lower to Upper Scenario



- 1 Satellite begins on lower orbit.
- 2 Prograde burn (velocity increase) occurs here. Burn point becomes perigee of the transfer orbit.
- 3 Satellite coasts upward to the apogee of the transfer orbit, slowing down in the process.
- 4 Another prograde burn occurs here at the apogee of the transfer orbit. This velocity increase circularizes the transfer orbit at the altitude of the upper orbit.
- 5 Satellite now orbits on the upper circular orbit.
- 6 Without the second burn, the satellite will remain on the transfer orbit and coast back down to the perigee.

Upper to Lower Scenario



- 1 Satellite begins on upper orbit
- 2 Retrograde burn (velocity decrease) occurs here. Burn point becomes apogee of the transfer orbit.
- 3 Satellite coasts downward to the perigee of the transfer orbit, gaining velocity in the process.
- 4 Another retrograde burn occurs here at the perigee of the transfer orbit. This velocity decrease circularizes the transfer orbit at the altitude of the lower orbit
- 5 Satellite now orbits on the lower circular orbit.
- 6 Without the second burn, the satellite will remain on the transfer orbit and coast back up to apogee.

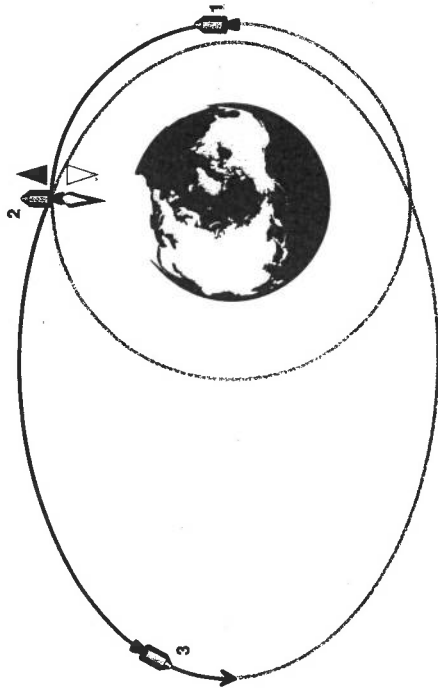
fig 23 How Radial Burns Affect Orbits

What Happens: A radial burn occurs when a satellite fires its thrusters directly toward or away from the center of the Earth. The burn turns a circular orbit into an ellipse and increases its size. The results in this figure have been exaggerated for clarity.

- ▲ Solid arrow indicates position of the burn and points in the direction of the velocity change
- △ Hollow arrow indicates position of the burn and points in the direction that the rocket engines fire to perform the burn

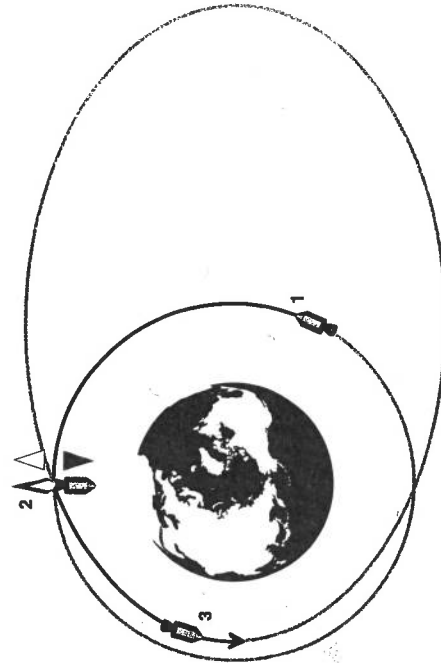
Outward Burn Scenario

- 1 Satellite starts on the circular orbit.
- 2 Here, the satellite fires its thrusters directly toward the center of the Earth to increase its velocity in the direction directly away from the center of the Earth. The burn point becomes the 90° true anomaly point on the resulting elliptical orbit.
- 3 The satellite coasts up toward apogee of the new orbit after the burn. Notice that the perigee of the new orbit is lower than the original circular orbit altitude.



Inward Burn Scenario

- 1 Satellite starts on the circular orbit.
- 2 Here, the satellite fires its thrusters directly away from the center of the Earth to increase its velocity in the direction directly toward the center of the Earth. The burn point turns into the 270° true anomaly point on the resulting elliptical orbit.
- 3 The satellite coasts downward to the perigee of the new orbit after the burn. Notice that the perigee of the resulting orbit is lower than the original circular orbit altitude.



6778 km och $3,15 \cdot 10^{-7} a^{3/2} = 5556 \text{ s} = 92 \text{ min}$ 36 s. — För en s k geostationär satellit, som "hänger" över en och samma punkt på ekvatorn hela tiden, och har en omloppstid runt en tänkt stillastående jord på ett stjärndygn, som är 86164 s, kan avståndet r till Jordens medelpunkt beräknas, om man inverterar sambandet mellan T och a . Man finner $a = (R\sqrt{g}/2\pi)^{2/3} \cdot T^{2/3} = 21606T^{2/3}$, vilket för $T = 86164 \text{ s}$ blir 42150 km = 6,616R. Satelliten befinner sig alltså 5,616 jordradier eller 35780 km över jordytan.

För att utföra beräkningar av satellitbanor runt olika himlakroppar är det bekvämt att ha värden på \sqrt{gR} uträknade en gång för alla. För jorden är $\sqrt{gR} = \sqrt{M\gamma/R} = 7910 \text{ m/s}$, för solen blir värdet 437000 m/s och för månen 1680 m/s. Omloppstiderna för satelliter i hypotetiska (mycket) låga banor strax över centralkroppens yta och utan luftmotstånd skulle bli 84,4 min för Jorden, 167 min för solen och 109 min för månen. — Anm. Omloppstiden för en satellit i "strykande" låg omloppsbanan är endast beroende av centralkroppens medeltäthet, och inte av dess storlek. Ty om tätheten är ρ är massan $M = 4\pi R^3 \rho / 3$ och G vid ytan blir $G = M\gamma/R^2 = 4\pi R \rho \gamma / 3$ och $T^2 = 4\pi^2 R / G = 3\pi / \gamma \rho$, oberoende av R ! Man ser att T blir omvänt proportionell mot kvadratroten ur tätheten, vilket också syns på värdena ovan. För jorden med $\rho = 5,52 \text{ g/cm}^3$ är $T = 84,4 \text{ min}$ och för månen med $\rho = 3,34 \text{ g/cm}^3$ är $T = 109 = 84,4\sqrt{5,52/3,34} \text{ min}$.

5. Elliptiska satellitbanor. Som vi såg ovan, kan den allmänna omloppsbanan runt en centralkropp beskrivas med ekvationen i polära koordinater

$$r = \frac{L^2/M\gamma}{1 + e \cos \phi} = \frac{p}{1 + e \cos \phi},$$

där $L = r^2 \dot{\phi}$ är Keplerkonstanten för ifrågavarande rörelse. Om ellipsen har halvaxlarna a och b , med $a > b$, blir $p = b^2/a$ och $e = c/a$, där $c^2 = a^2 - b^2$. För $e = 0$ blir bankurvan en cirkel. Det visar sig, att omloppstiden T i banan blir densamma som den hos en cirkelbana med radien a , alltså att $T = 2\pi a^{3/2}/(\gamma M)^{1/2}$. Omloppstiden är alltså oberoende av ellipsens excentricitet, utan beror endast på längden av dess storaxel! Hastigheten v däremot varierar i olika delar av banan. Den är störst i perigeum, som motsvaras av $\phi = 0$ och minst i apogeum ($\phi = \pi$), ty att lyfta satelliten från P till A kräver energi, vilket får satelliten att tappa fart. På andra hälften av omloppet, från A till P, får satelliten tillbaka denna energi och får då åter upp farten. I P är $v_P = L/r_P = L/(a - c)$ och i A är $v_A = L/r_A = L/(a + c)$, där L är rörelsens Keplerkonstant $r^2 \dot{\phi} = b\sqrt{\gamma M/a}$.

En elliptisk bana är fastlagd genom 5 villkor, t ex 5 punkter i ett plan, eller 5 tangenter till ellipsen, eller en brännpunkt (vilket räknas som 2 villkor) samt en tangent med tangeringspunkt (2 villkor) och ytterligare en punkt på banan. Är hastigheten i en punkt given, räknas detta som ett villkor. Ett viktigt fall är när man känner till

en punkt på omloppsbanan (1 villkor), satellitens riktning och hastighet i denna punkt (2 villkor) samt rörelsens centrum, som är banellipsens ena brännpunkt (2 villkor). Sammantaget ger detta 5 villkor, och banellipsens läge är därav bestämt. Man kan då anpassa värdena på konstanterna p , e och ϕ_0 i $r = p/(1 + e \cos(\phi - \phi_0))$ och på det sättet få bankurvans ekvation. (Att endast 3 konstanter förekommer i ekvationen och inte 5, är en följd av att ekvationens form förutsätter att banellipsen har sin ena brännpunkt i origo, vilket "förbrukar" 2 av de 5 villkoren för ellipsens bestämning.)

6. Läges- och rörelseenergi. Om massan m rör sig med hastigheten v , har den rörelseenergin $mv^2/2$. Om man lyfter upp massan m ett litet stycke d från jordytan, tillför man massan lägesenergin $m \cdot d \cdot g$, där $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ är den acceleration som tyngdkraften ger vid jordytan. De båda energislagen kan lätt utan förluster omvandlas i varandra. Kastar man upp en boll, så tappar den fart allt efter som den kommer högre upp, men får tillbaka farten på nedvägen. På liknande sätt är det med en satellit i omloppsbanan. Så länge drivmotorerna är avslagna rör den sig fortast när den är närmast Jorden och långsammast längst bort från Jorden. Summan av satellitens rörelseenergi, som också kallas kinetisk energi, och dess lägesenergi eller potentiella energi, är konstant i hela omloppsbanan. Om en massa m befinner sig på avståndet r från Jordens medelpunkt och jordradien är R , påverkas den av dragningskraften mgR^2/r^2 , eftersom dragningskraften minskar med kvadraten på avståndet från Jordens medelpunkt. Arbetet att "lyfta" massan från R till r måste därför uttryckas med integralen

$$\int_R^r \frac{mgR^2 dx}{x^2} = mgR^2 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right).$$

Satellitens totala energi blir därför

$$mgR^2 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) + \frac{mv^2}{2}.$$

Eftersom hastighetens komponenter i två mot varandra vinkelräta riktningar är $v_r = \dot{r}$ och $v_\phi = r\dot{\phi}$ kan v^2 också skrivas $v^2 = \dot{r}^2 + r^2\dot{\phi}^2$. Vid perigeum och apogeum är $\dot{r} = 0$ och v^2 blir där $= r^2\dot{\phi}^2$.

Ett rörligt föremåls energi består som vi har sett av två delar, ren rörelseenergi $mv^2/2$ och potentiell energi, beroende på hur högt det befinner sig över Jordens yta. Den potentiella energin har vi tilldelat värdet noll vid jordytan. Ur kosmiskt perspektiv är valet av Jordens yta som nollnivå dock en smula godtyckligt, och därför har man infört konventionen att sätta den potentiella energin till noll på oändligt avstånd. Då beräknas den potentiella energin på avståndet r från massan M med integralen

$$\int_\infty^r \frac{mM\gamma dx}{x^2} = -\frac{mM\gamma}{r},$$

fig 36 Apollo Mission Schematic Diagram (Leaving Earth)

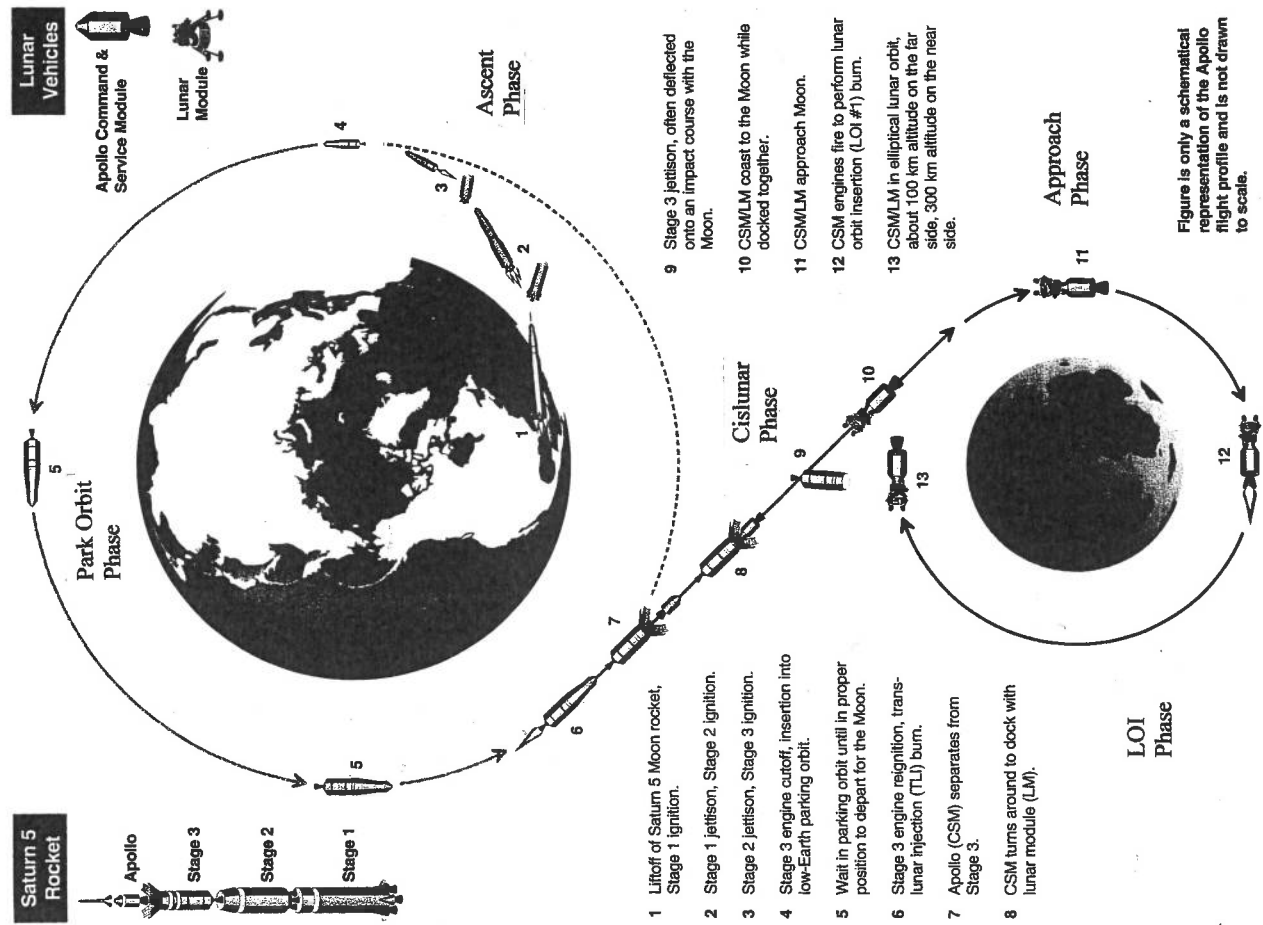


Figure is only a schematic representation of the Apollo flight profile and is not drawn to scale.

ett enklare uttryck än det vi hade tidigare. — Att denna förenkling är tillåten beror på att man alltid önskar beräkna endast *skillnaden* i potential mellan två punkter, varvid valet av nollnivå inte spelar någon roll, eftersom energin på nollnivån kommer med i två termer, som subtraheras, och därför kommer att försvinna i slutresultatet. Med denna konvention finner man att den totala energin hos en kropp med massan m , som rör sig i en cirkel med radien r runt massan M , får energin $E = mv^2/2 - mM\gamma/r$. Samma uttryck för E fås i det allmänna fallet för en massa m som med hastigheten v rör sig på avståndet r från massan M . Det känns kanske en smula ovant att den totala energin E med denna konvention blir negativ för små värden på v , men kalkylerna fungerar faktiskt korrekt! — Man kan visa att energikonstanten $E = mv^2/2 - \gamma mM/r$ antar värdet $-mM\gamma/2a$ för en kropp som rör sig i en ellips runt en massa M , där $2a$ är ellipsens storaxel. Konstanten E får alltså samma värde för alla ellipsbanor med samma storaxel, även cirkelbanan. Formeln ger därmed möjlighet att beräkna a samt därigenom även omloppstiden T i banan, om blott kroppens hastighet och dess avstånd till massan M är kända i en enda punkt i dess bana!

7. **Flykthastigheten.** E blir = 0 när $v^2 = 2M\gamma/r$, alltså när $v = \sqrt{2M\gamma/r}$. Det är denna hastighet v , flykthastigheten, som krävs för att från en punkt på avståndet r från massan M slunga ut ett föremål, så att det slutligen hamnar oändligt

långt bort med sluthastigheten 0. Flykthastigheten från en himlakropp är alltså den hastighet som krävs av en masspartikel för att den skall kunna frigöra sig från himlakroppens gravitation. För Jorden blir $v^2 = 2M\gamma/r = 2gR$, och v blir 11,2 km/s. Observera att hastigheten i en låg omloppsbanan runt Jorden bestäms av $v^2 = gR$. En sådan kräver alltså exakt hälften så stor rörelseenergi än vad som krävs för att lämna himlakroppen för gott. Lägg också märke till, att om ett föremål rör sig i en cirkelbana runt jorden med hastigheten v , så behöver föremålet från denna bana hastigheten $v\sqrt{2}$ för att kunna lämna Jorden. Ty i en cirkelbana med radien a är $v^2 = M\gamma/a$ och flykthastigheten från denna bana bestäms av $v^2 = 2M\gamma/a$. Flykthastigheten blir alltså i detta fall $\sqrt{2}$ gånger hastigheten i cirkelbanan i fråga.

Anm. Enligt den kinetiska gasteorin är molekylerna i en gas i ständig rörelse och kolliderar hela tiden. Vissa molekyler kan därvid tillfälligt uppnå höga hastigheter. Vid yttre gränsen för en planets atmosfär kan hastigheten ibland komma att överstiga flykthastigheten, varvid gasmolekylen kan lämna planeten. Denna mekanism har lett till att gamla planeter med svagt gravitationsfält, t ex Mars, nästan helt har förlorat sin atmosfär. Även Jorden har påverkats och i synnerhet de lättare gasernas molekyler, väte och helium, som rör sig fortare än de tyngre, lämnar sakta men säkert Jordens atmosfär.

8. Att modifiera en satellitbana. Hohmanns manöver. Att påverka en rymdfarkosts bana går till på följande sätt: Man vänder drivraketerna (och därmed mestadels hela farkosten) i önskad riktning och startar raketmotorerna. Sedan stängs de av efter lämplig tid. För att underlätta de teoretiska resonemangen om hur rörelsen därvid påverkas, tänker vi oss att motorerna är igång endast en kort stund och att deras verkan därför kan beskrivas som att rymdfarkosten ges en knuff eller impuls i önskad riktning. Se t ex fig 23, översta skissen, där den cirkelrunda banan genom att farkosten får en knuff vinkelrätt mot rörelseriktningen blir elliptisk. — Eftersom satellitbanorna är slutna kurvor (om inte drivraketerna är igång) kommer rymdfarkosten även efter ett varv i sin nya bana att komma tillbaka till den punkt, där banförändringen ägde rum. Detta är viktigt att ha klart för sig vid planeringen av "banbyte" för rymdfarkoster.

Eftersom en starkt begränsad resurs vid rymdfärder är mängden raketbränsle som kan medföras, gäller det att utföra banförändringar så bränsleekonomiskt som möjligt. Att ändra storleken på en bana med bibehållande av banans plan sker sålunda med den s k Hohmann-manövern, uttänkt av tysken Walter Hohmann så tidigt som 1925, alltså mer än 30 år före den första sputniken, se fig 25. Vill man höja en satellit, som rör sig i en cirkelrund bana, avfyra man drivraketerna i färdriktningen. Då övergår banan till att bli en ellips med "impulspunkten" som perigeum. Enligt den nyss nämnda principen kommer nämligen denna punkt att passeras av satelliten även i den nya, högre banan, och blir därför den punkt där satelliten befinner sig närmast Jorden även i sin nya bana. Det är därför som denna punkt blir även den nya banans perigeum. För att göra den nya banan cirkulär d v s högre överallt, ger man satelliten en ny drivimpuls i färdriktningen, men denna gång i banans apogeum, såsom visas i den övre skissen i samma figur. Impulsens storlek och därmed drivraketens brinntid måste naturligtvis noggrant avpassas, så att den nya banan verkligen blir en cirkel. — Allt detta sammantaget utgör Hohmanns manöver.

Vill man i stället sänka en satellits cirkulära bana, utför man det nyss beskrivna förloppet i omvänd ordning. Man måste då bromsa satellitens fart genom att avfyra drivraketerna rakt mot färdriktningen, vilket visas i den nedre skissen i figuren.

9. Hur långt når Jordens dragningskraft? Ställer man frågan till en fysiker svarar han antagligen: Ha, frågan är fel ställd, Jordens dragningskraft tar aldrig slut! — Eftersom formeln för attraktionen är $\gamma Mm/r^2$ är svaret teoretiskt korrekt, men ju längre bort man kommer från Jorden, desto mer kommer attraktionen från andra himlakropp-

par att göra sig gällande. NASAs rymdtekniker sätter sålunda en gräns där dragningskraften från Jorden anses upphöra vid den punkt där dragningskraften från någon annan himlakropp kraftigt överväger. I solens riktning ligger gränsen ca 144 jordradier ut från Jorden. Här är solens dragningskraft 12 gånger Jordens. — Det måste betonas att sagda "gräns" inte existerar rent fysiskt, utan fungerar som ett passande kalkylvärde vid planering av rymdfärder. Härvid måste man alltid tänka sig ett brett "ingen mans land" på omse sidor om den valda gränsen.

10. Hur reser man till månen? Se fig 36. Med hjälp av de begrepp som ovan har förklarats kan man beskriva resan till månen schematiskt på följande sätt:

1. Skicka upp månfarkosten i en cirkulär bana runt Jorden.
2. Utför en Hohmann-manöver för att göra banan avlångt elliptisk, med sin andra brännpunkt där månen befinner sig (eller rättare där månen kommer att vara, när månfarkosten hunnit dit om ca 3 dygn). Detta kräver en med stor noggrannhet beräknad och utförd tändning av drivraketerna, för att man skall hamna rätt.
3. När månens dragningskraft överträffat Jordens och farkosten infångats av månens gravitation och gått in i en ny bana med månens medelpunkt som sin ena brännpunkt, utför man en ny Hohmann-manöver för att få banan cirkelformad.
4. Slutligen bromsar man farten och låter farkosten falla ner mot månytan. Med bromsraketer förhindrar man en kraschlandning.

Fortsättning i nästa Nr av STELLA



Vädersolar i Klövsjö 12/11-2009

Vänstra delen av stora cirkeln runt solen med en antydning till cirkel tangerande åt vänster, samt vänstra solhunden "sundog". foto Claes Schibler



Att manipulera sina digitala bilder med kraftiga kontrast- och ljusstyrkeförstärkningar kan lyfta fram överaskande fenomen i dem. Bilden t.v. är exponerad från Skälåkers parkeringsplats den 15/10 @ kl 18:00 med ett 8 mm objektiv på en DSLR Canon 350D. Till vänster i bildens underkant syns ett grönt ljusstråk. Det är ett reellt fenomen som kallas "air glow" (luftglöd) på ca 100 km höjd. Orsakas av solstrålningen som exiterar luftens atomer/molekyler på dagen. Under natten gör dessa sig av med överskottsenergin i form av bl. a. grönt ljus.
text och foto G. Flodqvist



Cirrusnebulosan, NGC 6992 + 6960. Objekt: NGC 6992 + NGC6960 mfl. Datum: 20090831. Filter som använts: H-alfa och O-III. Exponering: Sammanlagt 42 minuter. Teleskop: William Optics, Megrez 90 mm APO, field flattener. Kamera: STL11000M. Plats: St Timrarön, Österåker
Kommentar: Resterna av en supernovaexplosion. Bilden har mycket hög upplösning i original, 11 megapixel. Nebulosorna är återgivna med i stort sett korrekta färger i rött och blå-grönt. De lyser mest vid H-alfa (rött) och O-III (blågrönt).
text och foto Ivar Hamberg