Innehållsförteckning:

I den löpande texten anges referenser inom klammer och hittas i slutet under rubriken *Källförteckning*.

Alexis Brandeker, T3
1992, Brännkyrka gymnasium

En annan sols stjärnhimmel

Inledning

När vi blickar upp mot himlavalvet ser vi det som om det var en kupol med stjärnor fastnitade på insidan. Det är för att vi inte kan uppfatta stjärnornas tredimensionella avstånd - stjärnor som befinner sig skenbart nära varandra kan i själva verket vara ljusår ifrån varandra. Eftersom ögat inte kan uppfatta parallaxen på stora avstånd ser vi det hela tvådimensionellt (i själva verket skulle våra ögon behöva vara separerade med ett avstånd på 80 Terameter för att hjärnan skulle uppfatta avståndet till den närmaste stjärnan (solen borträknad) proxima centauri som är den svagaste stjärnan i trippelstjärnsystemet alfa centauri [B:s549, R:s223, H:s90, Q:s431]).
Eftersom vi ser den tredimensionella himlen tvådimensionellt så måste himlens skenbara utseende ändra sig om vi förflyttar oss. Man kommer inte märka någon skillnad om man reser från t.ex. Stockholm till Sundsvall eller inte ens om vi skulle flytta till den för tillfället yttersta planeten i solsystemet Neptunus. Nej, vi skulle behöva förflytta oss till en annan stjärna, ett par ljusår bort åtminstone, för att märka någon betydande skillnad. Mitt specialarbete går ut på att undersöka stjärnhimlens utseende från en främmande stjärna.

Magnitudskalan

Stjärnor är olika ljusa och det beror på två faktorer; dels på att de verkligen är olika ljusa, och dels på att de befinner sig på olika avstånd från Jorden och alltså blir skenbart ljussvagare ju längre bort de är (på samma sätt som en lykta lyser skenbart svagare om man förflyttar sig bort ifrån den). För att skilja på begreppen har man infört något som kallas absolutmagnitud. Magnitud är enheten för en logaritmisk ljusskala som används för att bestämma ljusstyrkan hos en stjärna. Med magnitud menar man oftast den apparenta (eller skenbara) ljusstyrkan. Absolutmagnituden är den magnitud stjärnan skulle ha om den lyste på 10 parsecs avstånd (en parsec är 3,26 ljusår) och kan alltså skilja sig för två skenbart lika starka stjärnor. Om den ena stjärnan som ligger på 1234 ljusårs avstånd är skenbart lika stark som en som ligger på 4 ljusår... ja, då säger det sig självt att stjärnan längst bort är den absolut starkaste.
Magnitudskalan är inte linjär utan logaritmisk med basen 2,512. Dessutom är skalan inverterad vilket betyder att stjärnornas ljusstyrka avtar med magnituden, d.v.s. en stjärna av den 5:e magnituden är ljussvagare än en av den 4:e. Skyldig till denna underliga bestämning av stjärnors ljusstyrka är den grekiske astronomen Hipparchos (c:a 150 år f.K.) som delade in alla stjärnor i en sexgradig skala där 1 var den ljusaste stjärnans magnitud och 6 den svagaste. Att skalan är logaritmisk beror på att man för 100 år sedan trodde att ögats känslighet var logaritmisk, basen 2,512 är det ingen som vet hur den kom till. Antagligen var det för att den passade något så när ihop med Hipparchos sexgradiga magnitudskala. Numera har man inte heller "den ljusaste

stjärnan" som riktmärke, stjärnan Sirius t.ex. är så ljusstark att den fått en negativ magnitud tilldelad sig, -1,46.
[G:s494, P:s5, R:s136, I:s63]

Det himmelska koordinatsystemet

Man har tilldelat den tvådimensionella himmelskupolen, sådan den syns från Jorden, ett koordinatsystem motsvarande det vi har över vår planet i latituder och longituder. På himlen kallas latitud deklination och longitud rektascension. Deklinationen utgår ifrån himmelsekvatorn och räknas i grader, bågminuter och bågsekunder men har till skillnad ifrån latituden negativa värden för södra sfären. Rektanscensionens "greenwichmeridian" finns där ekliptikan (den bana solen skenbart har på himlen under årets gång) skär himmelsekvatorn på våren, vårdagsjämningspunkten (det finns en motsvarande höstdagjämningspunkt). Då solen befinner sig där är natt och dag lika långa på Jorden. Rektascension kallas även för timvinkel, den är nämligen inte indelad i grader som longituden utan i timmar, minuter och sekunder där en minut är 60 sekunder osv. Timvinkeln räknas sedan från vårdagjämningspunkten mot öster tills ett helt varv och 24 timmar fullbordats. Det finns alltså inte "västlig" eller "östlig" rektascension. På det sättet är det himmelska koordinatsystemet rationellare än det jordliga.

Val av stjärna

Med blotta ögat kan man en mörk natt se stjärnor ned till magnitud 6 d.v.s. ungefär 3000 stjärnor samtidigt. Med en vanlig fältkikare kan man se det femtiodubbla antalet och med ett medelstort teleskop (100mm öppningsdiameter) kan man se hela 2,2 miljoner stjärnor. Men det är långt ifrån alla stjärnor i vår galax Vintergatan som beräknas innehålla omkring 200 MILJARDER stjärnor. Vilken av dessa stjärnor ska jag då välja för att sätta upp en stjärnkatalog till? Till att börja med måste stjärnan vara relativt nära (inte över 30 parsec) för att beräkningarna ska bli något så när tillförlitliga. Sedan skulle det ju alltid vara intressant om stjärnan i fråga hade planeter som i sin tur hade invånare som skådade stjärnhimlen och undrade om det fanns liv på den där svaga G-stjärnan som vi kallar vår sol... [C:s135, O:s50]
Om vi vill finna planeter skall vi inte leta bland dubbel/multipelstjärnorna; enligt G. P. Kuipers teori så utvecklas nämligen stjärnsystem antingen till dubbel/ multipelstjärnor eller till singelstjärnor med planetsystem [R:s235, O:s144,s168, L:s29]. Och det enda stjärnsystem vi med säkerhet kan säga har planeter är faktiskt vårt eget som bekant endast har en sol.
Om jag nu vill leta efter en stjärna som är en potentiell livsalstrare, vid vilken typ av stjärna är det då mest sannolikt att det kan existera liv? Det vet vi inte. Det enda vi vet (eller har teorier om, rättare sagt) är att liv av former som grundar sig på vår kemi endast kan existera i omkring 10% av stjärnsystemen. Men, återigen, det enda system som vi med SÄKERHET kan säga är livsframkallande är vårt eget, med en stjärna som enligt Harvardklassifikationen tillhör spektralklass G2V d.v.s. har kraftiga väte

och kaliumlinjer samt ett stort antal metallinjer i sitt spektrum. Karakteristiskt för sådana stjärnor är en yttemperatur på omkring 6000K samt deras gula färg.
Eftersom det finns så fruktansvärt många stjärnor varav ungefär hälften är dubbel/multipelstjärnor och 14% av de resterande är G-stjärnor så väljer jag att vara riktigt kräsen: Det ska vara den närmaste singelstjärnan av spektralklassen G2V. [O:s342, E:s167]
Sökandes igenom "Sky Catalogue 2000.0" finner jag många stjärnor som uppfyller kraven delvis, exempelvis den redan omtalade alfa centauri; en av de tre komponenterna i multipelstjärnsystemet är en G2V stjärna. Men den närmaste stjärnan som är av spektralklass G2V OCH enkelstjärna hittar jag inte förrän på 11 parsecs (36 ljusår) avstånd ifrån solen. Enligt *Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalogue* är dess katalognummer 37434, enligt *Henry Draper Catalogue* 10307. Stjärnan ligger i konstellationen Andromeda, närmare bestämt på himmelskoordinaterna (1h41m47.1s; +42°36'49"). Dess skenbara magnitud är 4,95, dess absoluta 4,7 och dess färgindex 0,62. Färgindex indikerar, som namnet antyder, stjärnans färg, där positiva värden står för förskjutning mot rött, 0 för vitt ljus, och negativt för blåaktig färg. I allmänhet gäller det att yttemperaturen för en stjärna är omvänt proportionellt mot dess färgindex. Eftersom stjärnan inte har något egenamn döper jag den till Phaëton, efter Helios' son. [H:s34, Q:s61]

Källförteckning:

A: Allen, Richard H.: "STAR NAMES Their Lore and Meaning", 1963 (1899) Dover Publications Inc.

B: Burnham, Robert Jr.: "Burnham's Celestial Handbook" volym 1-3, 1966 Dover Publications, Inc.

D: Duffet-Smith, Peter: "Practical astronomy with your calculator", 1979 Cambridge University Press.

E: Ehrensvärd, Gösta; Stenflo Jan Olof: "Vi och De", 1971 Aidus/Bonniers.

C: Gamov, George: "A Star Called the Sun", 1964 Macmillan and Company.

F: Green, Robin M.: "Spherical astronomy", 1985 Cambridge University Press.

G: Hearnshaw, John B.: "Origins of the stellar magnitude scale", Sky and Telescope November 1992.

H: Hirshfeld, Alan; Sinott, Roger W.: "Sky Catalogue 2000.0" volym 1-2, 1982 Sky Publishing Corporation.

I: Lena, Pierre: "Observational Astrophysics", 1986 Springer-Verlag.

J: Moore, Patrick: "The Sun", 1968 Frederick Muller.

K: Mustelin, Nils: "Liv bland miljarder stjärnor", 1980 Natur och Kultur.

L: Rood, Robert T.; Trefil, James S.: "Are we alone?", 1981 Charles Scribner's Sons.

M: Sagan, Carl: "The Cosmic Connection", 1973 Anchor Press.

N: Schalén, Carl: "Sfärisk Astronomi", 1956 Svenska bokförlaget/Norstedts.

O: Shklovskii, I.S.; Sagan, Carl: "Intelligent life in Universe", 1966 Holden-Day, Inc.

P: Struve, Otto: "Stellar evolution", 1950 Princeton University Press.

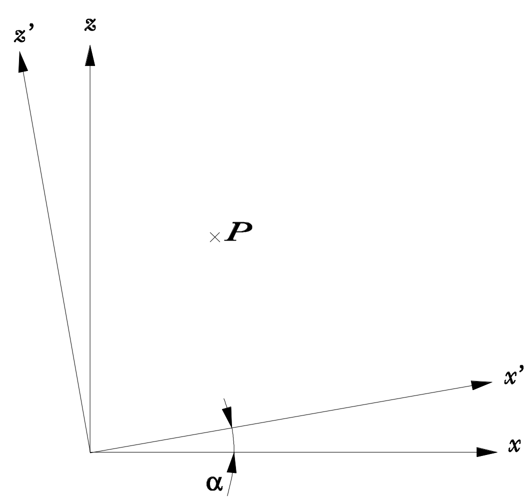
Q: Tirion, Wil; Rappaport, Barry; Lovi, George: "Uranometria 2000.0" volym 1-2, 1987 Willmann-Bell, Inc.

R: Wallenquist, Åke: "Astrofysikens grunder", 1968 Läromedelsförlagen.

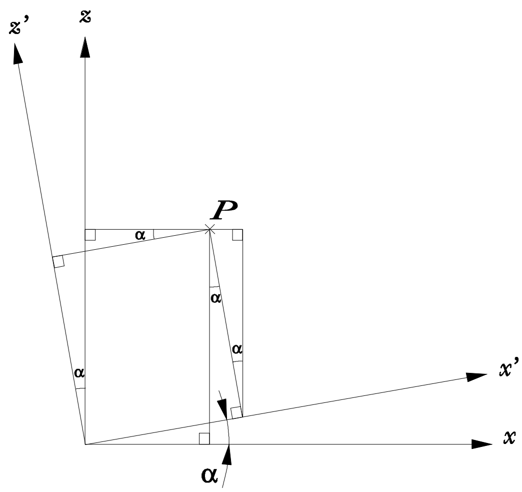
Sfärisk trigonometri

Härledning av formlerna

Två rätvinkliga trianglar med koordinatsystemen xz och x'z' i samma plan med samma origo är givna.



Koordinatsystemet x'z' är vridet i xz-planet så att vinkeln α bildas mellan den positiva x-axeln och den positiva x'-axeln. Punkten *P* har koordinaterna (x;z) och (x';z') i de båda koordinatsystemen.

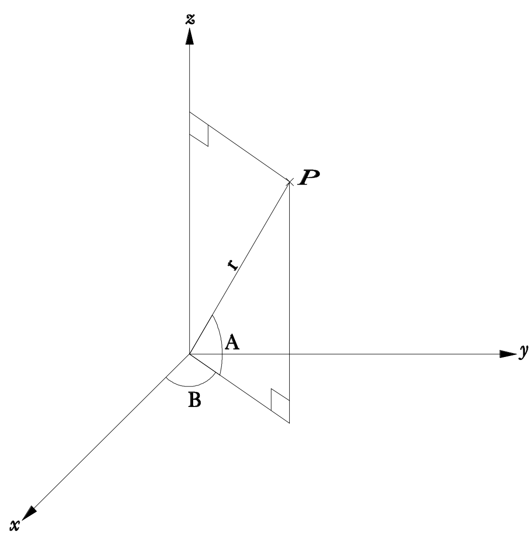


Förhållandet mellan de båda systemens koordinater blir:

$$x = x'\cos\alpha - z'\sin\alpha$$
$$z = x'\sin\alpha + z'\cos\alpha$$

(givetvis kan man också uttrycka x' och z' i x och z)

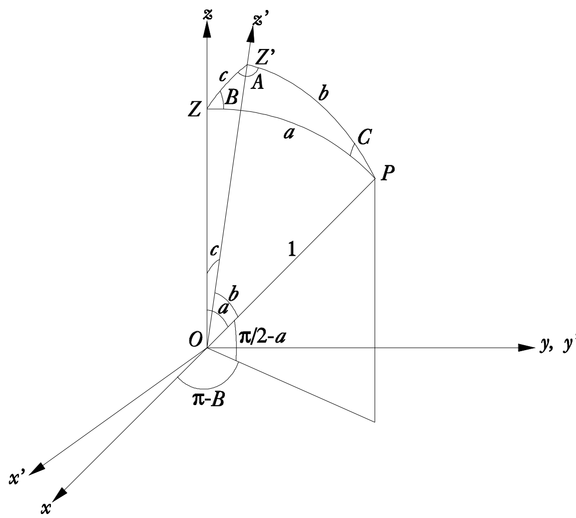
För ett xyz-koordinatsystem i rymden där man känner till azimuten, altituden samt punktens avstånd till origo blir koordinaterna



$$x = r\cos A\cos B$$
$$y = r\cos A\sin B$$
$$z = r\sin A$$

Om man sammanför två koordinatsystem enligt figuren nedan och sätter r = 1 får man följande koordinater:

$$x = \sin a \cos(\pi - B) = -\sin a \cos B \qquad x' = \sin b \cos A$$
$$y = \sin a \sin B \qquad \text{och} \qquad y' = \sin b \sin A$$
$$z = \cos a \qquad z' = \cos b$$



Vinkeln mellan projektionen av OP på xy-planet och x är π - B.

y sammanfaller med y'
a är vinkeln mellan OP och OZ
b är vinkeln mellan OP och OZ'
c är vinkeln mellan OZ och OZ' (och OX och OX')
A är vinkeln mellan b och c
B är vinkeln mellan a och c
C är vinkeln mellan a och b

Nu har vi de intressanta sambanden:

$$x = x'\cos c - z'\sin c$$
$$z = x'\sin c + z'\cos c$$

(α är ju lika med c här)

$$x = -\sin a \cos B \qquad x' = \sin b \cos A$$
$$y = \sin a \sin B \qquad y' = \sin b \sin A$$
$$z = \cos a \qquad z' = \cos b$$

Ger:

$$-\sin a \sin B = \sin b \cos A \cos c - \cos b \sin c$$
$$\sin a \sin B = \sin b \sin A$$
$$\cos a = \sin b \cos A \sin C + \cos b \cos c$$

Detta brukar man skriva om till:

1) $\cos a = \cos b \cos C + \sin b \sin c \cos A$

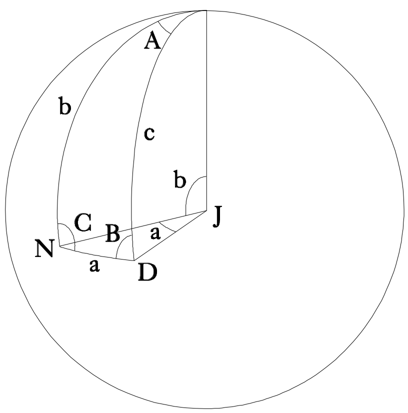
2) $\sin a \sin B = \sin b \sin A$

3) $\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$

Detta är grundformlerna 1,2 och 3 i den sfäriska trigonometrin ur vilka alla andra kan härledas. Givetvis kan man byta ut tecknen på vinklarna.

Tillämpning av formlerna

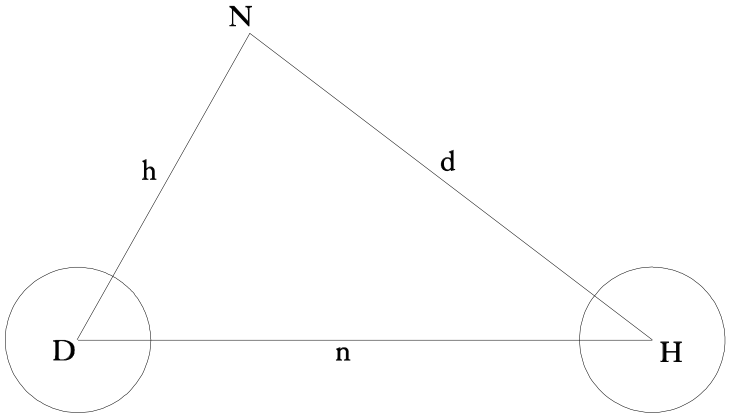
Hädanefter kommer jag att kalla den lokala stjärnan för "sol" och vår sol vid dess grekiska namn "Helios".
Så här räknar jag om rektascension och deklination för en annan stjärna än Helios: Kalla stjärnan jag vill undersöka stjärnhimlen för D och stjärnan jag vill placera på dess himmel N.



Det tredje hörnet placerar jag på den norra polen så att det bildas en sfärisk triangel av tre storcirklar. Vinkel A är skillnaden i rektascension (timvinkel) och sidorna b och c helt enkelt
90° - (N's deklination) i grader respektive 90° - (D's deklination). Sidan a (vinkelavståndet mellan N och D) är enligt formel 1:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

Om jag sätter vår utkiksplats Helios (egentligen Jorden, men skillnaden är obetydlig) till polstjärna i den nya himmelssfären får vi att deklinationen blir enligt figuren nedan:



Helios vid H, den nya solen vid D och stjärnan vid N.

Jag tittar nu endast på ett plan, cirklarna får representera de skenbara himmelssfärerna där vinkel H är bågvinkeln mellan D och N (a i förra figuren), n är avståndet till stjärna D och d är avståndet till stjärna N ifrån H. Vinkel D är 90°-deklinationen för stjärna N på D's stjärnhimmel (H är ju nordpolsstjärna och ligger vid deklinationen +90°).

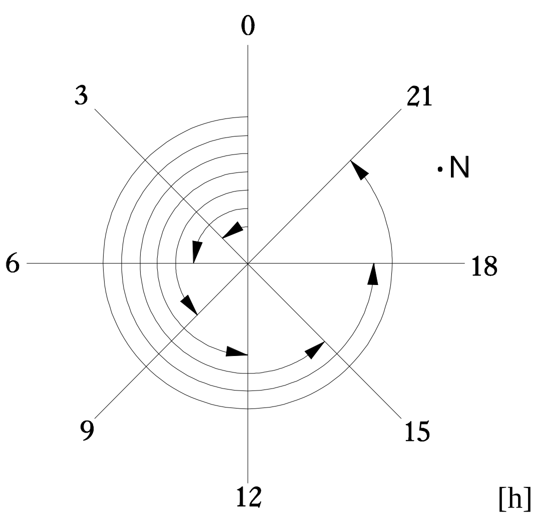
Enligt cosinussatsen $h = \sqrt{d^2 + n^2 - 2dn \cdot \cos H}$

och $\cos D = \dfrac{h^2 + n^2 - d^2}{2hn}$

Deklinationen blir alltså 90°-D.

(Att sätta Helios som polstjärna har flera fördelar som jag återkommer till senare.)

Nu behöver vi timvinkeln (rektascensionen) och den får man lätt genom att räkna ut vinkeln Nordpol-D-N (vinkel B). Från Helios sett blir timvinklarna för D's stjärnhimmel:



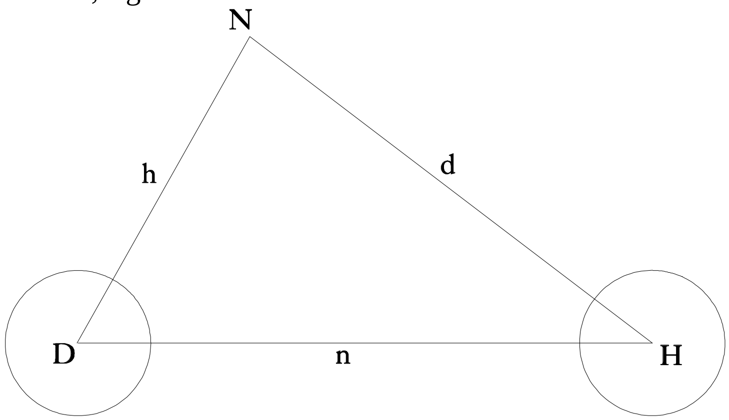
Nu får man åter ta till den första grundformeln i den sfäriska trigonometrin (cosinusteoremet för sfäriska trianglar):

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B \quad \Rightarrow \quad \cos B = \frac{\cos b - \cos a \cos c}{\sin a \sin c}$$

Om B överstiger 12h räknas istället den negativa timvinkeln ut, som t.ex. i fallet med N ovan. Man får då helt enkelt lägga till 24h till den negativa timvinkeln.

Det som nu fattas är en omräknad magnitud för den nya stjärnhimlen. Hur starkt lyser t.ex. Sirius ifrån denna andra stjärna?

Om en stjärna luminositet är l dess magnitud
$m = -2{,}5 \lg l$



Då ljuset avtar med kvadraten på avståndet blir formeln för den absoluta luminositeten (ljusstyrkan hos en stjärna om den vore på avståndet 10 parsec från Jorden):
$L = l(D/10)^2$ (D är avståndet i parsec)
Den absoluta magnituden blir alltså:

$$M = -2{,}5 \lg l - 5 \lg D + 5$$

$$M = m + 5 - 5 \lg D$$

Om stjärnan N nu syns med magnitud m_H från Helios så blir dess absolutmagnitud:

$$M = m_H + 5 - 5 \lg d$$

Men dess absolutmagnitud blir också:

$$M = m_D + 5 - 5 \lg h$$

där m_D är den apparenta magnituden sett ifrån D.

$$\begin{aligned} M &= m_H + 5 - 5 \lg d \\ M &= m_D + 5 - 5 \lg h \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} m_H - 5 \lg d &= m_D - 5 \lg h \\ m_D &= m_H - 5 \lg\left(\frac{d}{h}\right) \end{aligned}$$

Om nu stjärna N skulle sakna avståndsdata kan man ändå enkelt beräkna dess maximalt möjliga magnitud på den nya stjärnhimlen, $m_{D_{\max}}$.

$$\begin{aligned} m_D &= m_H - 5 \lg\left(\frac{d}{h}\right) \\ \frac{d}{h} &= \frac{\sin D}{\sin H} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad m_D = m_H - 5 \lg\left(\frac{\sin D}{\sin H}\right)$$

Vinkel H är vinkelavståndet mellan stjärnorna D och N sett ifrån jorden, alltså konstant och oberoende av avståndet d. Enligt formeln blir ljusstyrkan större med argumentet till lg, alltså söks största värde till sin D vilket per definition är 1 vid vinkeln $\frac{\pi}{2} + n2\pi$.

Alltså; $m_{D_{\max}} = m_H - 5\lg\left(\frac{1}{\sin H}\right)$

För att beräkna en stjärnas rektascension behöver man inte avståndet till den (se det tidigare avsnittet som behandlar rektascensionsbestämmningen).

Tack till...

...Carl Granath's 486DX2 50MHz, för omfattande och snabba beräkningar.
...min 68000 för lika omfattande men dock inte lika snabba beräkningar.
...Björn Reinius laserskrivare för denna vackra utskrift.
...Ulla Lindgren, min handledare, för synpunkter på arbetet.
...Paul Schlyter för guidening i den sfäriska trigonometrins formeldjungel.
...Tommy Green för hjälp med C-programmeringens fallgropar.