

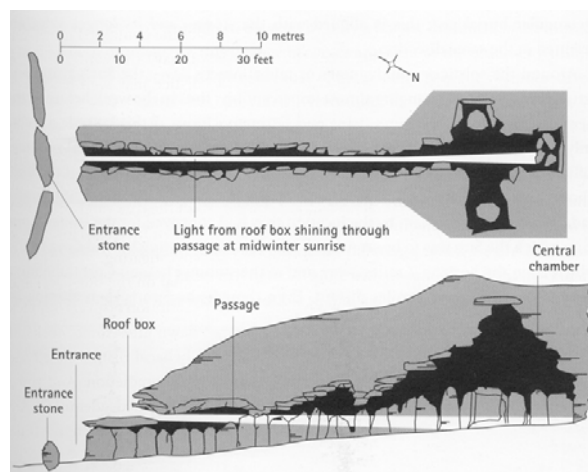
ASTRONOMINS UTVECKLING

En sammanfattning av Nils Järlsäter, 2003.



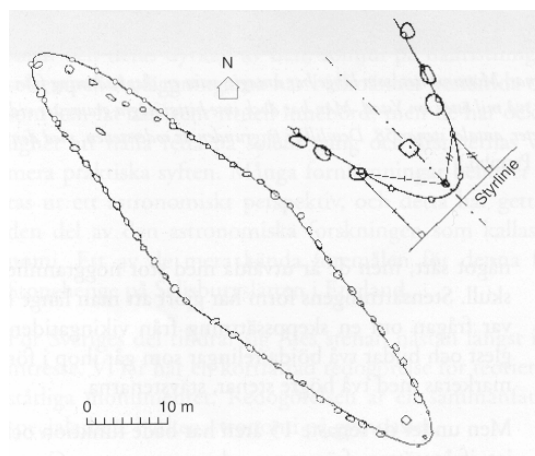
Triffid-nebulosan

Nämnas må även en gånggrift från ca 3200 f.Kr. i Newgrange, 40 km norr Dublin. En 22 m lång gång leder in till en 6 m hög gravkammare. Gången och kammaren är täckta med hållristningar. En ljuslucka, som löper ovanför gången, är byggd för att gravkammarens inre skulle ta emot vintersolståndets första strålar varje år den 21 december. Mellan kl 9.45 och 10.15 denna dag upplystes gravkammaren helt för att under resten av året vila i mörker.



Även här i Sverige har vi enligt arkeoastronomen Curt Roslund ett stenmonument, som kan förknippas med soldyrkan och astronomiska observationer. Ale¹ stensättning från omkring 500 f.Kr. har formen av en skeppssättning, men det är obestridligt faktum, att för och akter pekar mot de platser, där solen går upp vid vintersolståndet respektive ned vid sommarsolståndet.

Relingarna utgörs inte av två cirkelbågar, vilket är det vanliga när det gäller liknande stensättningar, utan stenarna bildar två motställda parablar. Stenarna befinner sig lika långt från brännpunkten som från en tänkt styrlinje, vilket är just det som karakteriserar denna kurvtyp. Brännpunkten visar sig även sammanfalla med roderstenens plats. För att kunna sätta ut stenarna, som sedan skulle komma att fungera som en almanacka, var man tvungen att observera solens uppgång varje dag under en viss tidsperiod kring solstånden. För varje dag markerade man med en sten den plats, där man måste stå för att se solen gå upp över ett visst märke vid horisonten.



Maya-folket använde sig inte av vårt decimala talsystem utan av det *vigesimala* systemet med 20 som enhet. En 'månad' – *uinal* – kom därför att omfatta 20 dygn och ett år av 18 uinal plus fem extra dygn.

För religiöst bruk användes ett 'år' – *tonalamatl* – som 260 dygn eller 13 uinal. Planeten Venus hade nämligen en mycket stor betydelse inom mayansk astronomisk tideräkning. Venus har en omloppstid av 584 dygn, varför 65 omlopp motsvarar 146 tonalamatl men även 104 år ($65 * 584 = 146 * 260 = 104 * 365$).

Egyptierna använde sig 3000 f.Kr. av en religiös kalender med tre årstider. Den första inleddes med att stjärnan Sirius visade sig samtidigt som Nilen översvämmades. När vattnet dragit sig tillbaka så att man kunde så, började den andra. Under den tredje årstiden skördade man.

Varje årstid omfattade 118 dygn uppdelade på tre månader om 29 eller 30 dygn. För att få ihop till 365 dygn var man tvungen att lägga till en period om 11 dygn.

¹ Gotiska ordet *ahls* = helgedom

Administrativt användes 12 månader om 30 dygn plus fem extra dygn. Varje månad omfattade tre veckor om 10 dygn.

Sumererna hade redan flera tusen år f.Kr. utvecklat grunderna för vårt positionssystem. I det sumeriska *sexagesimalsystemet* - med basen 60 - betyder talet 5,6,3 sålunda $5 \cdot 60^2 + 6 \cdot 60 + 3 = 18363$. Sexagesimalsystemet finns för övrigt bevarat i vår tid av indelningen av cirkeln i 360° , av timmen i 60 minuter och av minuten i 60 sekunder. Babylonierna övertog det aritmetiska arvet från sumererna och förde utvecklingen vidare.

Den babyloniska astronomin² växte fram ur den tidigare astrologin³, som användes för att förutsäga framtiden för kungar och folket. De äldsta bevarade astronomiska observationerna härstammar från andra årtusendet f.Kr. Stjärnorna var uppdelade i stjärnbilder och förtecknade med observationsdata i stjärnlistor. Speciellt intresserade man sig för periodiska förlopp, och från ca 700 f.Kr. kunde man med viss säkerhet beräkna månförmörkelser. Efter ca 500 f.Kr. utvecklades den astronomiska räknekonsten genom samarbete mellan babyloniska och grekiska astronomer. Därvid bidrog babylonierna med långa observationsserier medan grekerna tillförde systematiskt tänkande och allmänna teorier.

Babylonierna indelade året i 12 månader, varvid en månad sträckte sig från en nymåne till nästa, dvs 29.5 dygn. Vid behov utökades året med en skottmånad. Man fann att 19 år omfattade tämligen exakt 235 månader, varför 7 extra månader infördes under en 19-årsperiod.

Antikens astronomi

Det helt naturliga valet av tidsenhet är givetvis dygnet. Alla människor upplever direkt variationerna mellan dag och natt även om våra individuella upplevelser av dygnets längd varierar inom vissa gränser. Ända in i modern tid var solskivans passage över himlavalvet vad visarnas gång över urtavlan är för oss.

På denna celesta urtavla finns fler visare. Där finns månskivans rörelse över himlavalvet och med dess regelbundna fasväxlingar. Där finns planeter⁴, som vandrar i komplicerade men dock regelbundna banor. Till sist har vi stjärnorna, som inte rör sig i förhållande till varandra, utan tycks fixerade på själva himlavalvet, ungefär som siffrorna på våra klockors urtavlor.

Med blotta ögat kam fem vandrande stjärnor eller planeter urskiljas. Tillsammans med solen och månen ger detta sju rörliga objekt, sju visare på himlavalvets urtavla: vishetens sju pelare, det heliga sjutalet.

svenska		latin	franska	engelska	tyska
måndag	Månens dag	dies Lunæ	lundi	Monday	Montag
tisdag	Mars' dag	dies Martis	mardi	Tuesday	Dienstag
onsdag	Merkurius' dag	dies Mercurii	mercredi	Wednesday	Mittwoche
torsdag	Jupiters dag	dies Jovis	jeudi	Thursday	Donnerstag
fredag	Venus' dag	dies Veneris	vendredi	Friday	Freitag
lördag	Saturnus' dag	dies Saturni	samedi	Saturday	Samstag
söndag	Solens dag	dies Solis	dimanche	Sunday	Sonntag

² *Astronomos = läran om stjärnornas lagar.*

³ *Astrologos = läran om stjärnornas ord.*

⁴ *Grek. planetes = vandrare.*

Liksom solskivans passager uppenbarligen motsvaras av växlingarna mellan dag och natt här nere på jorden, svarar fixstjärnehimlens långsamma välvning över jorden mot årstidernas växlingar. På ungefär samma sätt tycks månens regelbundna fasväxlingar mellan ny och nedan här på jorden motsvaras av ebb- och flodfenomenen. Vad kunde vara naturligare än att förlägga de yttersta orsakerna dit upp till det omutliga och över människornas värld upphöjda himlavalvet? Sol, måne och planeterna personifierades och dyrkades som gudomliga väsen.

Att det dessutom finns en hemlig förbindelse mellan de celesta fenomenen och människornas mest intima liv tyckte man sig kunna konstatera redan i kvinnokroppens månatliga⁵ växlingar mellan ebb och flod. Det verkade rimligt att tänka sig att människorna genom att uppmärksamt studera de celesta konstellationerna borde kunna lära känna gudarnas vilja och inrätta sitt liv i enlighet med deras önskningar. Ur sådana tankar växte astrologin fram och den betraktades allmänt som en högst respektabel och förnuftig vetenskap ända fram till 1700-talet.

Babylonierna frågade inte efter *varför* de celesta objekten beter sig som de gör. Förmodligen menade de, att det inte ankommer på oss jordvarelser att fråga efter de odödliga gudarnas motiv. Frågan var således inte *varför* utan *hur*. Med grekerna var det till en början tvärtom. De var mer intresserade av att få reda på *varför* himlakropparna beter sig som de gör än att få veta exakt hur rörelserna äger rum. Grekerna spekulerade vidlyftigt över stjärnhimlens mekanik, men de gjorde sällan några observationer.

Thales av Miletos (c 625 – 547 f.Kr.) Vatten var alltings ursprung och urgrund. Andra företeelser uppfattades som olika manifestationer av vatten.

Anaximander (c 611 – 546 f.Kr.) Vår värld har uppstått ur en enhetlig urgrund, som dock ej var identisk med något ämne i vår värld. Den var något obestämt och gränslöst – *apeiron*.

Jorden är cylindrisk till formen och dess höjd är en tredjedel av dess bredd. Den svävar fritt utan att vara fästad i någonting. Den stannar kvar på sin plats beroende på att den nu befinner sig på samma avstånd från alla andra ting. Vi lever på en av de flata ytorna och den andra flata ytan utgör cylinderns motsatta ända.

Anaximenes (500-talet f.Kr.) Vår värld har haft en uppkomst i en urgrund, tänkt som ett gränslöst utsträckt lufthav – *pneuma*. Andra ämnen tänktes uppkomma genom förtätning och förtunning av denna luft.

Pythagoras (c 570 – 497 f.Kr.) var från Samos med flyttade till Kroton på Sicilien, där han bildade en egen skola. Han fann ett matematiskt samband mellan tonens höjd och motsvarande strängs längd, vilket ledde honom att beskriva all verklighet med talförhållanden. Sålunda kan planetsfärernas storleksförhållanden tänkas som musikaliska intervall – *sfärernas musik*. Jorden var klotformig, universum sfärisk och himlakropparnas banor cirklar.

Empedokles (c 492 – 432 f.Kr.) var också bosatt på Sicilien. Det finns ingen absolut uppkomst eller undergång. Det som ter sig som en sådan är bara sammansättning respektive upp-

⁵ *Menstruation kommer från grekiskans men = måne.*

lösning av komplex, som består av *jord, vatten, luft och eld* i olika proportioner. De fyra elementen kan inte förenas sinsemellan utan bara blandas.

Anaxagoras (c 500 – 428 f.Kr.) anklagades för gudlöshet och fördrevs från sin hemstad Aten. Han sade nämligen, att solen är en glödhet massa av metall, stor som Peloponnesos. I varje stycke materia ingår de fyra elementen.

Demokritos (c 460 – 370 f.Kr.) Verkligheten består av en oändlig mängd odelbara kroppar – *atomer* – som alltid har funnits och är oförstörbara och oföränderliga men har olika form och storlek.

Sokrates (470 – 399 f.Kr.) intresserade sig inte för naturvetenskapliga frågor. Hans elev

Platon (427 – 347 f.Kr) däremot skisserar i sitt verk *Timaios* en grandios version av universum och dess skapelse. Världen skapades av ett till hälften gudomligt väsen – *Demiurgen* – som på gudarnas befallning och till människornas väl tvang form ur kaos.

Det för astronomins vidare utveckling avgörande i Platons astronomiska program var hans insisterande på att endast den cirkulära rörelsen var tillåten. För de celesta objektens verklighet kunde endast de mest fulländade av geometrins figurer komma i fråga, dvs. cirkeln och sfären. Platons diktat blev en tvångströja, som verkade hämmande på astronomins utveckling i över 2000 år.

Platons primitiva modell av universum utgörs av åtta koncentriska sfärer med jorden i centrum. Sfärerna, som bar upp himlakropparna, var på lämpligt sätt lagrade och orsakade genom sin rotation himlakropparnas rörelse. Denna astronomiska modell var dock alltför primitiv för att kunna tillfredsställa ens grekernas anspråkslösa krav på överensstämmelse.



Atlas uppbärande världen enligt träsnitt 1559.

I centrum ses de fyra elementen och därefter månen, Mercurius, Venus, solen, Mars, Jupiter, Saturnus och fixstjärnorna. Där utanför tillades under medeltiden två sfärer av teologiska skäl.

Dessutom är inlagda zodiaken, himmelskvatorn, de två vändkretsarna och polcirkeln.

Platons elev **Eudoxos** (408 – 355 f.Kr.) utarbetade en teori med 27 sfärer sinsemellan sammankopplade så att deras rörelser samordnades.

Aristoteles (384 – 322 f.Kr.) håller fast vid de fyra elementen och tar avstånd från atomistiska teorier. De jordiska ämnenas natur är att röra sig uppåt som elden och nedåt som jorden. Varje annan rörelse och förändring är påtvingad, dvs. orsakad av en drivkraft, som verkar i föremålets omedelbara närhet. Han gjorde inga experiment och saknade förståelse för matematikens stora betydelse för naturvetenskaplig forskning.

Som exempel må anföras Aristoteles' förklaring av kaströrelsen. För en pil är det naturligt att falla rakt ned till marken. Men bågskytten sätter krafter i rörelse, som tvingar pilen att avvika från sin naturliga bana. Först när dessa *påtvingade* krafter ebbat ut, tar de *naturliga* krafterna ut sin rätt och pilen faller till marken. Han gjorde gällande, att det bildades virvelrörelser i luften, som så att säga sköt pilen framåt i dess bana.

Det stora felet med Aristoteles' dynamik är att den är alltför jordnära och naturtrogen. Han visste, att det kostar möda att förflytta tunga föremål, och han visste även, att ju mer man anstränger sig desto snabbare sker transporten. Vad var då naturligare än att anta att det fordras en ständigt verkande kraft för att hålla en kropp i rörelse? Detta är ju också sant, om vi tar friktionsmotståndet med i beräkningen. Vad var då naturligare än att anta, att hastigheten är proportionell mot den verkande kraftens styrka?

Men vad händer, om kroppen rör sig genom den tomma rymden? Eftersom det absolut tomma rummet inte erbjuder något motstånd mot rörelsen, måste hastigheten bli oändligt stor. Ett resultat, som även Aristoteles förkastade, men han drog slutsatsen, att något tomrum ej kan existera. Om nu rummet är alldeles fullt – *plenum*⁶ – hur är då rörelser möjliga? Aristoteles löste problemet genom att införa virvelströmmar.

Platons syntes

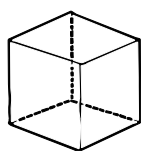
I Timaios gör Platon ett försök att åstadkomma en syntes av de försokratiska filosofernas olika idéer om materien. Han tar pytagoréernas upptäckt av de fem platonska kropparna till utgångspunkt för sitt resonemang. Med hjälp av dessa anser han sig kunna förena plenum med existensen av atomer. Om vi nämligen antar, att atomerna är formade som dessa platonska kroppar, kan de packas så tätt att de helt fyller rummet utan att någonstades något vakuum uppstår. Empedokles' fyra element kan därför mycket väl tänkas vara uppbyggda av Demokritos' atomer. På skäligen lösa grunder associerar nu Platon vart och ett av de fyra elementen med en av de platonska kropparna och han tillfogar dessutom ett femte element:

jord	vars atomer har	kubens	form
vatten	vars atomer har	ikosaederns	form
luft	vars atomer har	oktaederns	form
eld	vars atomer har	tetraederns	form
eter	vars atomer har	dodekaederns	form

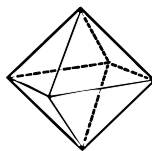
Att det femte, utomjordiska, kosmiska elementets atomer får den 12-sidiga dodekaederns form passar förträffligt med tanke på zodiakens tolv tecken.



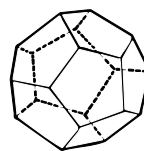
tetraeder



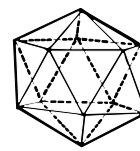
kub



oktaeder



dodekaeder



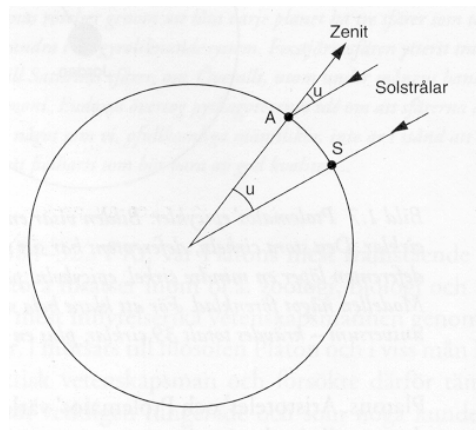
ikosaeder

Aristarchos (c 310 – 230 f.Kr.) från Samos hävdade, att solen och fixstjärnorna är stillastående och att jorden kretsar runt solen i en cirkulär bana. Men denna heliocentriska världsbild

⁶ Motsatsen till *vacuum*

vann föga gehör. Aristarchos gjorde en rad antaganden, observationer och beräkningar för att bestämma storleks- och avståndsförhållanden för jorden, månen och solen.

Eratosthenes (c 285 – 200 f. Kr.) var verksam i Alexandria. Han räknas som den matematiska geografins grundläggare. Han indelade jorden i fem zoner, avgränsade av polcirkarna och vändkretsarna. En speciell bedrift var hans metodiskt korrekta och förvånansvärt exakta beräkning av jordens omkrets.

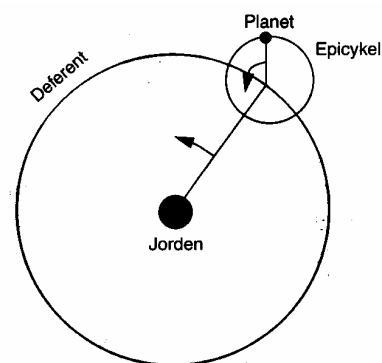


Hipparchos (född på 100-talet f.Kr.) var en av de främsta grekiska astronomer under antiken. Han sammanställde den första stjärnkatalogen med positioner och ljusstyrkor för 850 stjärnor. Där införde han termen *magnitud* – mått på en stjärnas ljusstyrka – som ännu i huvudsak brukas enligt hans intentioner.

Han indelade de för blotta ögat synliga stjärnorna i sex storleksklasser eller magnituder. De ljusaste stjärnorna sades vara av första magnituden och de svagaste av sjätte magnituden.

En av Hipparchos' viktigaste insatser var upptäckten av jordens precession.

Ptolemaios (död c 165 e.Kr.) var verksam i Alexandria. Under åren 125 – 141 gjorde han astronomiska observationer. I verket *Almagest*⁷ sammanfattade han sin tids astronomiska vetande. Här beskrev han det geocentriska världssystem, som kom att kallas det ptolemaiska systemet. Kring den orörliga jorden tänktes månen, Merkurius, Venus, solen, Mars, Jupiter och Saturnus kretsa samt fixstjärnsfären, som omslötts av *primum mobile*. Varje planet antogs vara placerad på en liten cirkel, *epicykeln*, som bars runt av en större cirkel, *deferenten*, vars centrum låg strax intill jordens medelpunkt.



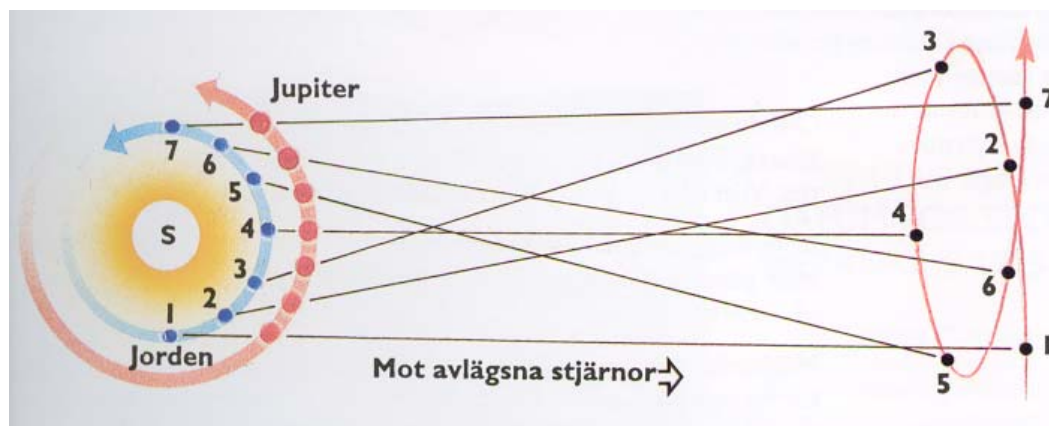
Almagest gavs ut i 13 band och är utformad som en handbok med möjligheter för läsaren att själv beräkna planeternas rörelse. Samlingen innehåller bl. a. en stjärnkatalog för 1022 stjärnor, baserad på Hipparchos katalog. *Almagest* blev mycket använd av astronomerna ända fram till 1600-talet. År 827 översattes den till arabiska, och när den vid slutet av 1100-talet åter översattes till latin, fick den sitt nuvarande arabiskinfluerade namn.

Från geocentrisk till heliocentrisk världsbild

Toledo var det centrum från vilket Gerard av Cremona spred sina översättningar av den arabiska vetenskapens klassiker. Det var här som en ny serie planettabeller fullbordades år 1252 med utnyttjande av Ptolemaios' metoder. Tabellerna beräknades med stöd av kung Alfons X av Kastilien. Dessa *alfonsinska tabeller* begagnades överallt i Europa i 300 år.

⁷ Arabiska *al-majisti* = den största (avhandlingen).

Ptolemaios' teori om himlakropparnas omlopp hade dock stora brister, vilket flera astronomer under 1400-talet påpekade. Inspirerad av bl.a. Aristarchos' idéer föreslog den polske kanikern **Nicolaus Copernicus** (1473 – 1543) en radikal lösning på astronomernas problem: Det är solen som är universums medelpunkt. Jorden rör sig kring solen på ett år och roterar kring sin axel på ett dygn. Med detta kunde han bl.a. ge en elegant förklaring till att planeter ibland tycks röra sig i slingor på himlen.



Teorin torde inte helt ha motsvarat hans förväntningar. Mot slutet av sitt liv har han möjligen tvivlat på utsikterna att fullända den. Han var starkt beroende av auktoriteter från antiken och överskattade värdet av deras observationer. Efter påtryckningar av den unge astronomen Rheticus lät han 1543 trycka sitt stora verk *De revolutionibus orbium coelestium libri VI* – Sex böcker om de himmelska kretsloppen. Det första tryckta exemplaret mottog han på sin dödsbädd.

I ett anonymt förord hävdade teologen Andreas Osiander, att det nya världssystemet enbart var en hypotes, som framställdes av räknemässiga skäl. Det handlar egentligen bara om vilka cirklar man behagar använda för att förklara stjärnornas fenomen. Härigenom fann katolska kyrkans påvar och kardinaler ingenting anstötligt i Copernicus' arbete. När *De revolutionibus* först 73 år senare uppfördes på den katolska kyrkans lista över förbjudna böcker, var det mindre på grund av vad som verkligen stod i boken än för vad renässansens fördomsfria naturfilosofer tolkade in i den.

På grundval av Copernicus' nya beräkningsteknik framställde 1551 Erasmus Reinhold de *pruteniska tabellerna* åt hertigen av Preussen. Dessa var emellertid knappast pålitligare än de gamla, men de var mer aktuella.

Italienaren **Giordano Bruno** (1548 – 1600) inspirerades av de hermetiska skrifterna och hävdade, att dessa skrifter vittnade om en ursprunglig egyptisk religion, som var äldre än både judendomen och kristendomen. I dessa hermetiska texter påstods det att solen befinner sig i universums mitt, varför Bruno anammade Copernicus' heliocentriska teori. År 1593 greps han av inkvisitionen i Rom, där han satt fängslad i olika omgångar. Då Bruno stod fast för sina åsikter, blev han till sist som kättare levande bränd på bål. De avgörande skälen härtill går ej att fastställa, när domen med domskälen gått förlorade.

Tycho Brahe (1546 – 1601) föddes på Knutstorp i Skåne, som då tillhörde Danmark. Det var meningen, att han skulle bli ämbetsman på hög nivå, men i stället för att studera juridik ägnade han sig i hemlighet på egen hand åt astronomiska studier i bl.a. Augsburg.

Det astronomiska intresset föddes, då han vid 13 års ålder bevittnade en partiell solförmörkelse. Det förhållande att förmörkelsen inträffade i exakt det ögonblick, som astronomerna förutsagt, gjorde ett djupt intryck. Men några år senare kunde han själv övertyga sig om att människans kunskap om celesta fenomenen ännu lämnade åtskilligt att önska. Han konstaterade på natten till den 17 augusti 1563, att planeterna Saturnus och Jupiter stod varandra så nära att de knappt kunde särskiljas. De alfonsinska tabellerna förutsade denna händelse, men placerade den en dryg månad fel. De prutensiska tabellerna var inte mycket bättre, då de feldaterade händelsen med flera dagar.

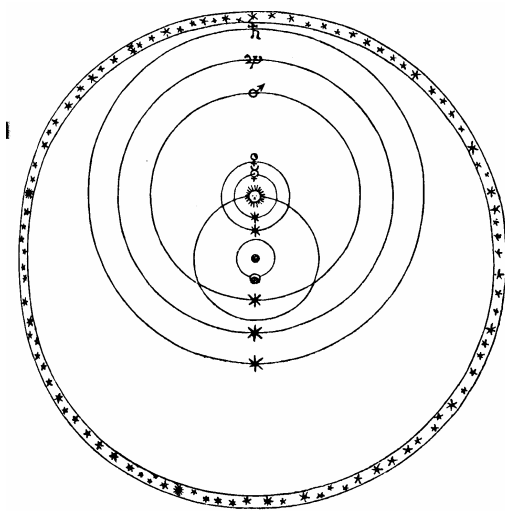
Tycho insåg vikten av att förbättra astronomins ställning som vetenskap genom att utföra noggranna och systematiska observationer. Med stor skicklighet konstruerade han astronomiska precisionsinstrument med för den tidens förhållande helt överlägsna prestanda. (Observera att ännu hade inte kikaren upfunnits.)

På kvällen den 11 november 1572 upptäckte han till sin stora häpnad en helt ny, starkt lysande stjärna i stjärnbilden Cassiopeja. Denna *supernova* väckte ett enormt uppseende över hela Europa. Dess uppträdande stred mot alla astronomiska föreställningar. Man antog ju allmänt, att stjärnhimlen var orörlig, oföränderlig och evigt densamma. Det gällde nu att avgöra, om den nya stjärnan verkligen hörde hemma bland fixstjärnorna, eller om den var ett meteorologiskt fenomen, dvs. belägen under månen. Resultatet av Tychos systematiska och utomordentligt noggranna observationer gav ett helt övertygande bevis för att den nya stjärnan verkligen var en fixstjärna.

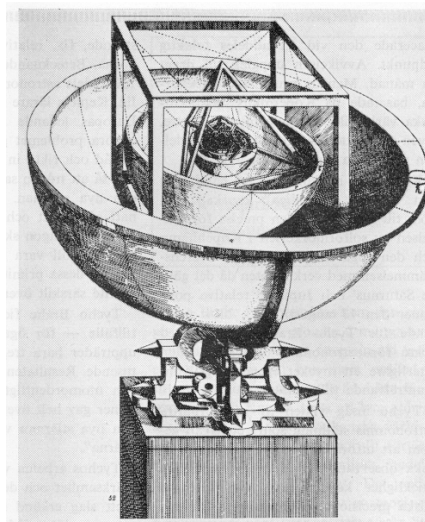
Likaså avslöjade hans observationer av 1577 års komet, att den var ett astronomiskt objekt, som ej rörde sig i jordens atmosfär.

Tycho blev genom sina insatser erkänd som sin tids ledande astronom. Kung Fredrik II förlänade honom ön Ven, där Tycho lät uppföra dels slottet Uraniborg, dels observatorieanläggningen Stjärneborg. Men han försummade sina skyldigheter som länsherre och han förde ett hårt regemente över sina bönder, vilket ledde till konflikt med den nye kungen Kristian IV. På våren 1597 lämnade han därför Ven. I Prag fick han tjänst som matematiker hos kejsaren Rudolf II. Som medhjälpare anställdes Johannes Kepler, med vilken han samarbetade med till sin plötsliga död 1601.

Tycho Brahe kan betraktas som den empiriska astronomins pionjär. I många avseenden var han långt före sin tid, trots att han aldrig anslöt sig till den kopernikanska världsbilden.



Tycho Brahes världsbild med jorden i centrum.



Keplers modell visande relationerna mellan planeterna.

Johannes Kepler (1571 – 1630) anammade tidigt Copernicus' heliocentriska världsbild. Influerad av pytagoréernas teori om sfärernas musik sökte han få planetsystemet format kring de platonska kropparna.

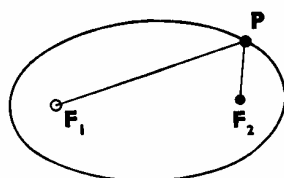
Kepler övertog Brahes observationsjournaler. Arbetet med dem ledde till hans två första lagar, utgivna 1609:

Planeterna rör sig i elliptiska banor med solen i ellipsens ena brännpunkt.

Radien till solen överfar på lika stora tider lika stora ytor

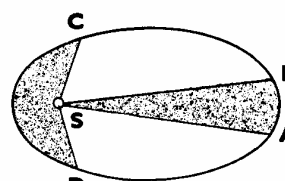
Tio år senare formulerade han sin tredje lag:

Kvadraterna på omloppstiderna är proportionella mot kuberna på storaxlarna.



$F_1 = \text{Solen}$ $P = \text{Planet}$ $F_1P + F_2P = \text{Konstant}$

Keplers första lag.



$\text{Arean } ABS = \text{Arean } CDS$

Keplers andra lag.

Kring år 1590 lärde **Galileo Galilei** (1564 – 1642) känna Copernicus' teori om planetsystemets byggnad. Han trodde sig inse, att tidvattnet uppstår på grund av jordens rotation och kretsloppet kring solen. Denna teori betraktade han själv som ett starkt argument för den kopernikanska världsbilden.

Av en tillfällighet fick Galilei 1609 höra tals om att en glasslipare i Flandern uppfunnit ett "spionglas" med vars hjälp fientliga arméers förehavande på stort avstånd kunde iakttas alldeles som om man befunnit sig i fiendens omedelbara närhet. Snabbt rekonstruerade han denna kikare och året därpå kunde han i *Sidereus nuncius* – Budbäraren från stjärnorna – avslöja nya upptäckter: En mängd stjärnor, som var osynliga för blotta ögat, ringberg och kratrar på månen, solfläckarna och Venus' faser samt fyra stor månar kretsande kring Jupiter. Månarna fick namnen Callisto, Europa, Ganymedes och Io.

Allt vad Galilei såg övertygade honom om den kopernikanska lärans sanning. Han utgav flera böcker, som snabbt spreds över Europa. Trots att texterna korrigerats och godkänts av kyrkans ämbetsmän, utbröt en kampanj mot honom. 1633 ställdes han inför inkquisitionens domstol. Med tanke på hur det gick för Bruno avsvor och förbannade Galilei sina falska läror. Trots det blev han satt i husarrest till sin död 1642.

Isaac Newton (1642 – 1727) sammanfattade och preciserade med sina rörelselagar de rön, som Kepler, Galilei, m.fl. gjort. Hans år 1687 utkomna verk *Principia* är av fundamental betydelse för den moderna naturvetenskapen. Bl.a. härleder han här den universella gravitationslagen, som säger att alla kroppar påverkar varandra med en attraktionskraft, som är omvänt proportionell mot kvadraten på avståndet mellan kropparna. Denna lag förklarar planeternas och kometernas rörelse men även hur tidvattnet uppkommer.

I sitt andra stora verk *Opticks*, 1704, redogör han för sina experiment rörande färgerna, bl.a. uppdelningen av vitt ljus i färger och ljusets brytning i linser och prismor.

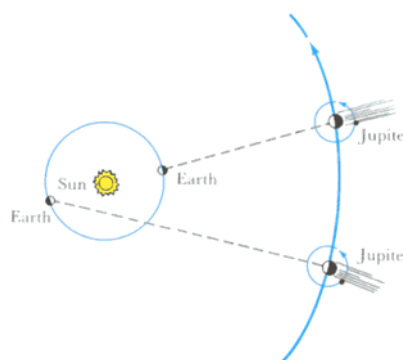
Några andra betydande astronomer under 1600-talet

Fransmannen René Descartes (1596 – 1650) bär även det latiniserade namnet Cartesius. Han är mest känd för införandet av det rätvinkliga cartesiska koordinatsystemet. Han kallades 1649 till Stockholm av drottning Kristina, men ådrog sig lunginflammation och avled.

Han hade en teori om att varje stjärna var omgiven av ett virvlande medium i vilket planeter kunde röra sig. En stjärnas medium kunde krympa, varvid stjärnan övergick till en komet.

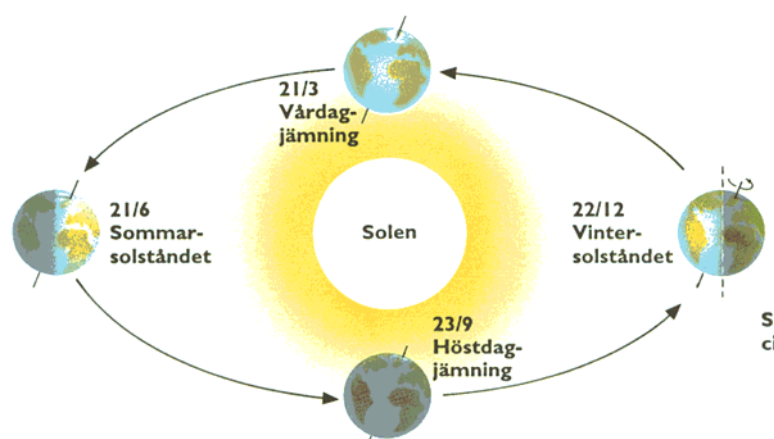
Den polske astronomen Johannes Hevelius (1611 – 1687) var sin tids främste observatör. 1647 utgav han en månatlas. Han arbetade med en stjärnkatalog och en stjärnatlas, som utkom strax efter hans död.

Dansken Ole Rømers (1644 – 1710) främsta insats är studier av Jupiters månar. Han upprättade tidtabell för månarnas försvinnande bakom Jupiter och fann att en viss tid försenades månen och en annan tid var den för tidig. Maximalt uppgick tidsskillnaden till 16.5 min. Anledningen var helt enkelt, att det tog denna tid för ljuset att tillryggelägga jordbanans diameter. Han var en av de första att bestämma ljushastigheten, som numera är fastslagen till 299 792 458 m/s.



Årstidernas uppkomst

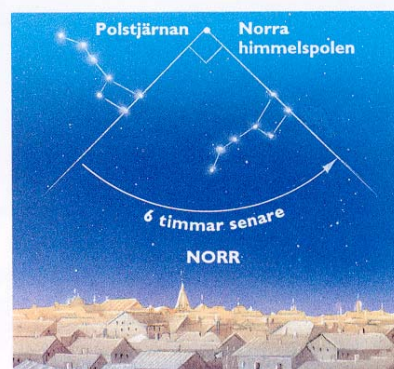
Om jordens rotationsaxel hade blivit vinkelrät mot det plan jorden rör sig kring solen, hade vi inte fått några årstider. Vid jordens bildande kom nu jordaxeln att bilda 66.5° vinkel med nämnda plan. Man säger att dess *inklination* är 23.5° . Jordaxeln pekar hela tiden mot norra himmelspolen, som i våra dagar ligger mycket nära Polstjärnan i Lilla Björn. Härigenom kommer den under sommaren att peka in mot solen och på vintern ut från solen.



Stjärnornas dagliga rörelse

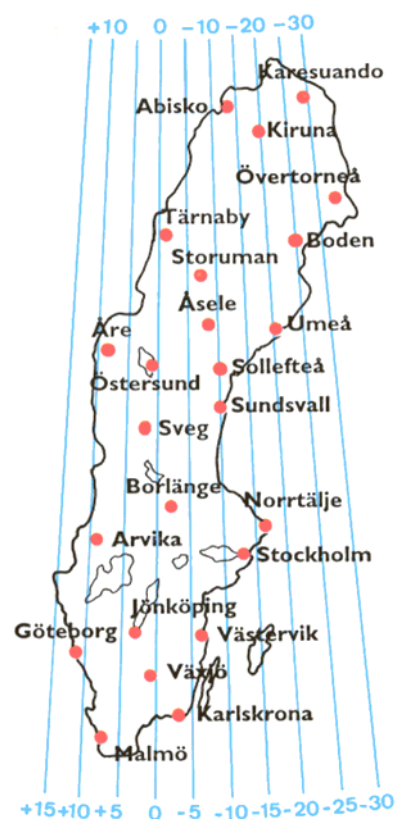
En klar och mörk natt känns det som om vi befann oss på golvet i en enorm kyrksal med en stjärnbeströdd sfär välvande sig över oss. Även om det finns flera hundra miljarder stjärnor, är det endast möjligt att med blotta ögat se cirka 2 000 vid ett

Om du vänder dig mot norr och beskådar stjärnhimlen med några timmars intervall, upptäcker du, att stjärnbilderna ser ut att rotera moturs kring en tänkt punkt, *norra himmelspolen*. Man kan också se det som att jorden roterar åt motsatt håll medan stjärnhimlen är stillastående. Rakt över ekvatorn kommer vi då på denna himmelsfär att få en linje, *himmelsekvatorn*.

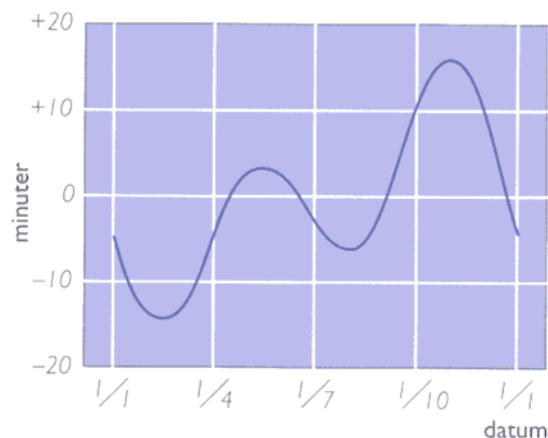


Sundsvall ligger på latituden 62° , dvs. jordradien genom Sundsvall bildar med jordradien genom en punkt på ekvatorn rakt söderut denna vinkel. Förlängs den förstnämnda radien upp mot himmelsfären, kommer alla punkter eller stjärnor på denna radie att ha *deklinationen* 62° . Roterar jorden, kommer radien att träffa på ytterligare stjärnor med samma deklination.

Alla orter på jorden har även en viss longitud. Härvid utgår man från meridianen – cirkeln som förenar polerna och går vinkelrät mot ekvatorn – genom Greenwich utanför London. Man talar om en ords östliga eller västliga longitud mätt i grader, men man skulle även kunna ange den i timmar och minuter. Sålunda ligger Sverige i stort sett på 15° östlig longitud eller 1^h före Greenwich tid. Som vi alla vet, betyder det att i Sverige står solen rakt i söder 1^h tidigare än i England. Finfördelar vi longitudbegreppet, visar vidstående figur, att i Haparanda står solen i söder tidigare än 11^{30} medan den i Strömstad står i söder först 12^{15} .



Denna *sanna soltid* varierar dock under året, beroende dels på jordbanans excentricitet, dels på ekliptikans lutning. Avvikelsen från *medelsoltiden* uppgår som mest till 16 minuter och varierar under året enligt figuren. Ett solur visar den sanna soltiden.



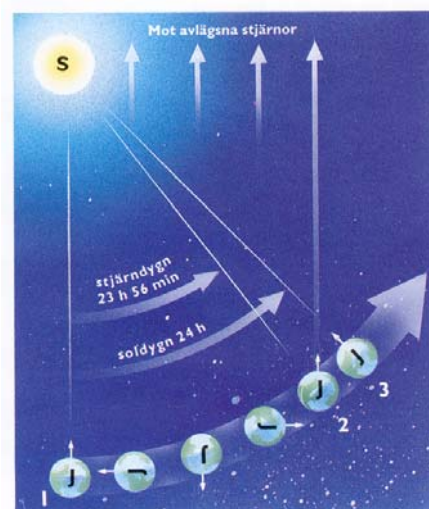
I och med att jorden under ett dygn förflyttar sig något i sin bana, kommer ett varvs rotation gentemot stjärnorna att gå fortare. Ett *stjärndygn* kommer därför att bli 4 minuter kortare än ett *soldygn*.

Än mer markant blir detta, då man betraktar månen. Dess omloppstid i förhållande till stjärnorna, *siderisk månad*, är 27.3 dygn, medan dess omloppstid i förhållande till solen, *synodisk månad*, är 29.5 dygn. Som ett resultat av detta syns månen gå upp ungefär en timme senare för varje dygn. Dessutom syns månen röra sig åt öster bland stjärnorna i zodiaken.

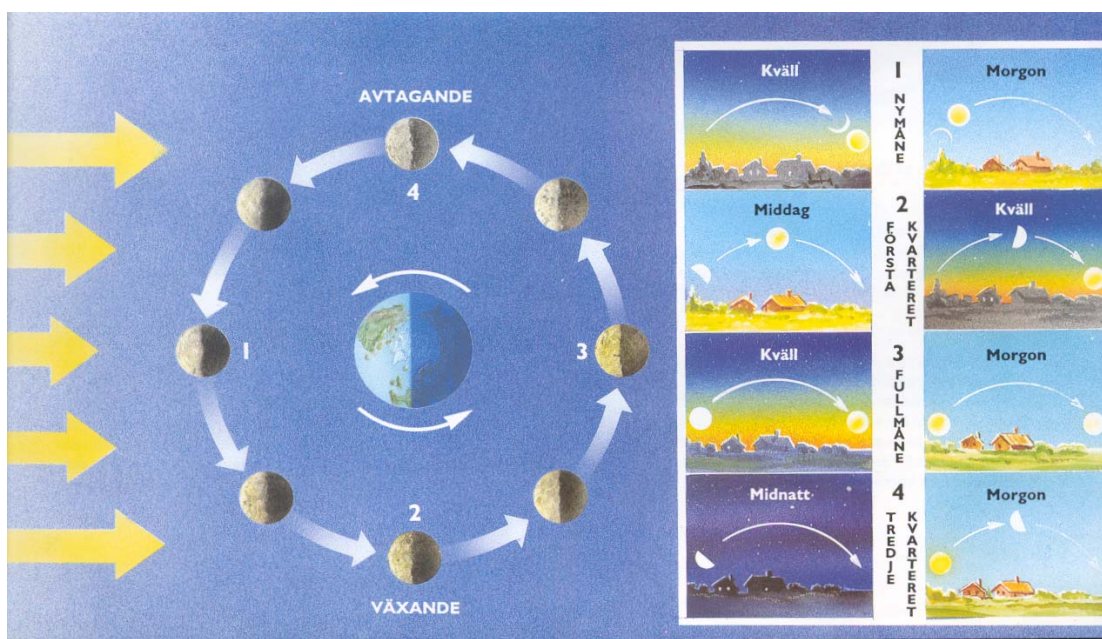
Redan Hipparchos hade vetskap om att norra himmelspolen förflyttar sig sakta med åren. Detta beror på jordaxelns *precession*. Under 26 000 år beskriver nämligen jordaxeln en konformad rörelse i rymden, vilket medför att himmelsobjektens koordinater efter en tid måste korrigeras.

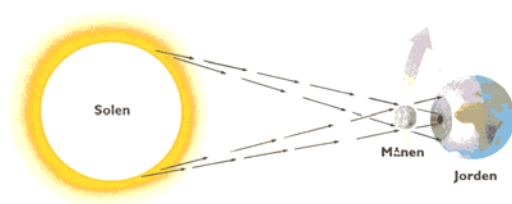
Eftersom solens och månens omloppstider ej har med varandra att göra och dessutom ej kan uttryckas med ett helt antal dygn, har årets indelning i månader vållat stora problem. Iulius Caesar gjorde därför år 46 f.Kr. en kalenderreform, vilket resulterade i de månader vi nu har, samt att han i februari månad lade till en extra dag vart fjärde år. Han hedrades för detta genom att månaden Quintilis ändrades till Iulius, dvs. juli. (Kejsar Augustus, som efterträdde Caesar, ville inte vara sämre utan döpte om efterföljande månad till augusti.)

Ur religiös synpunkt har påsken alltid infallit första fullmånen efter vårdagjämningen. Eftersom varje kalenderår i den julianska kalendern blev 11 minuter för långt, kom vårdagjämningen att efter 400 år ha förskjutits tre dygn, vilket vissa år medförde tvister om datumet för påsken. Problemet löstes först 1582 av påven Gregorius XIII, som lät införa, att sekelskiftesår som ej är jämnt delbara med 400 ej skall vara skottår. För att korrigera vårdagjämningen till 21 mars, kom den 4 oktober 1582 att direkt följas av den 15 oktober. Det gick dock trögt att införa den gregorianska kalendern i de protestantiska länderna. Sålunda infördes den nya kalendern i Sverige först 1753, då den 17 februari följdes av den 1 mars. Ryssland var sist med att övergå till den gregorianska kalendern 1918.

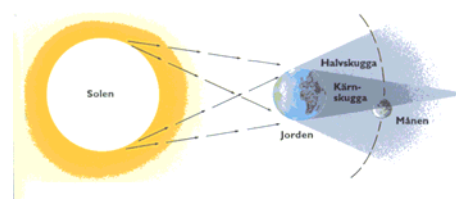


Månens faser

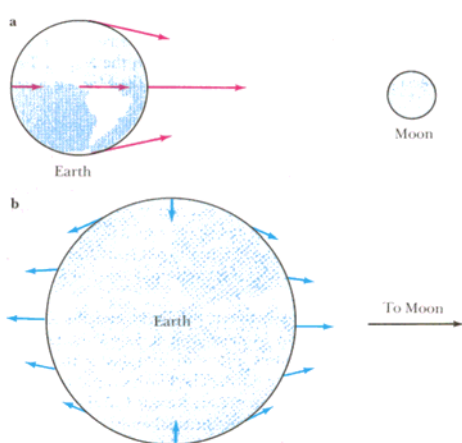




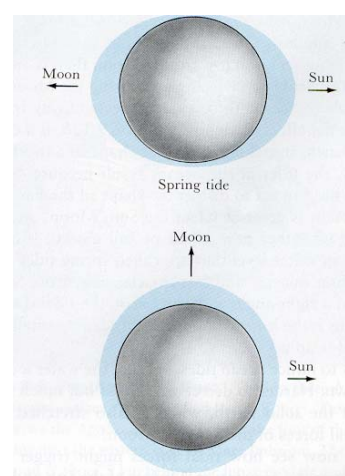
Solförmörkelse



Månförmörkelse



Tidvattnets uppkomst



Springflod och nipflod.

Fransmannen Edouard Roche (1820 – 1883) var en teoretisk astronom, som 1849 kom fram till att en satellit med ett avstånd från planeten som är mindre än 2.5 gånger planetradien, kommer att brytas sönder beroende på tidvattenkrafterna. Därför har 'gruset' utanför Saturnus inte bakats ihop till en måne utan bildat planetens ringar. 'Gruset' ligger innanför Saturnus' Roche-gräns.

De yttersta planeterna

Uranus upptäcktes år 1781 av den tysk-brittiske astronomen William Herschel (1738 – 1822). Planeten hade tidigare observerats många gånger, men tagits för en stjärna. Den är nätt och jämnt iakttagbar för blotta ögat.

Man konstaterade dock att Uranus inte exakt följde den uträknade banan. Det verkade som om planeten stördes av en okänd planet i en bana utanför Uranus. Engelsmannen J.C. Adams och fransmannen Urbain Le Verrier kom oberoende av varandra fram till den nya planetens bana. Då tysken J.G. Galle år 1846 riktade sitt teleskop mot den beräknade punkten, upptäckte han planeten Neptunus.

Det dröjde ända till år 1930, innan Pluto upptäcktes av amerikanen C. Tombaugh. Föregångsman var den mer kände amerikanen Percival Lowell (1855 – 1916), som utan framgång sökt efter denna yttersta planet. Under åren 1979 – 1999 befann sig Pluto innanför Neptunus bana.

Asteroiderna¹⁰

Redan Kepler stördes av det stora gapet mellan Mars och Jupiter och lekte med tanken, att det där fanns en oupptäckt planet. Med åren spekulerade flera astronomer huruvida det funnits en planet, som på något sätt försvunnit eller förstörts.

Engelsmannen David Gregory (1659 – 1708) noterade 1702, att planeternas radier förhöll sig som 4:7:10:15:52:95. Tysken Johann Titius (1729 – 1796) ändrade 1766 talet 15 till 16 och 95 till 100 samt konstaterade, att talen bildade serien 4, 4+3, 4+6, 4+12, 4+48, 4+96 och att tomrummet motsvarade 4+24. År 1772 tillkännagav tyske astronomen Johann Elert Bode (1747 – 1826), att han var övertygad om att det fanns en oupptäckt planet mellan Mars och Jupiter.

Astronomerna blev än mer övertygade 1781, då Uranus upptäcktes på ett avstånd motsvarande talet 4+192, och ett sökande efter planeten startades. Av en händelse upptäckte sicilianaren Giuseppe Piazzi (1746 – 1826) nyårsdagen 1801, att en 'stjärna' hade förflyttat sig. Han kontrollerade att objektet förflyttade sig för varje efterföljande natt. Efter ett sicilianskt skyddshelgon fick den första asteroiden namnet Ceres. Dess avstånd till solen motsvarade talet 4+24.

Vid beräkningen av Ceres bana gjorde den svenske astronomen Erik Posperin (1739 – 1803) en betydande insats. Han kom under sin levnad att beräkna banorna för 84 kometer, vilket gav honom ett gediget rykte utomlands. Två Uppsalaastronomer har under 1990-talet hedrat Posperin med att ge hans namn till en asteroid.

År 1802 upptäcktes asteroiden Juno och år 1807 Vesta. Sedan dröjde det närmare 40 år innan ytterligare asteroider upptäcktes. När man i slutet av 1800-talet kunde använda fotografisk metod, ökade antalet asteroider markant. Nu är banorna för c:a 50 000 asteroider bestämda.

Numera inser man, att asteroiderna liksom kometerna är rester från solsystemets skapelseprocess. De större asteroiderna torde vara resultatet av upprepade kollisioner och sammanslagningar av många små asteroider.

¹⁰ Grek. *asteroeidēs* = stjärnliknande.

Sedan Erik Prosperins tid har antalet kända småplaneter ständigt ökat och antalet har formligen exploderat på senare år. Uppemot 50 000 småplaneter, de allra flesta i det s.k. asteroidbältet mellan Mars och Jupiter, har nu välbestämda banor, men även åtskilliga hundra i det transneptunska bältet som ligger i solsystemets utkanter. I denna bild visas läget av ca 4 000 asteroider tillsammans med solen, jorden och Jupiter. De med blå färg är egentliga asteroider och utgör asteroidbältet. De med röd färg är s.k. trojaner och är småplaneter i resonans med Jupiter, vilket gör att de alltid ligger ca 60 grader före eller efter Jupiter och på ungefär samma avstånd från solen som Jupiter. Runt dessa lägen svänger de fram och tillbaka för att upprätthålla resonansen. En av de blå prickarna är alltså småplaneten Prosperin.

