

The Project Gutenberg eBook of Jorden och solsystemet, by Karl Brohlin

This ebook is for the use of anyone anywhere in the United States and most other parts of the world at no cost and with almost no restrictions whatsoever. You may copy it, give it away or re-use it under the terms of the Project Gutenberg License included with this ebook or online at www.gutenberg.org. If you are not located in the United States, you'll have to check the laws of the country where you are located before using this eBook.

Title: Jorden och solsystemet

Author: Karl Brohlin

Release date: September 25, 2016 [EBook #53146]

Language: Swedish

Credits: Produced by Tor Martin Kristiansen and the Online
Distributed Proofreading Team at <http://www.pgdp.net>

*** START OF THE PROJECT GUTENBERG EBOOK JORDEN OCH SOLSYSTEMET ***

STUDENTFÖRENINGEN VERDANDIS SMÅSKRIFTER. 16.

[1]

JORDEN OCH SOLSYSTEMET.

NÅGRA BLAD UR
HISTORIEN OM VETENSKAPENS STRIDER

AF
KARL BOHLIN,
docent.

Med 10 figurer i texten.

(Första tusendet.)



STOCKHOLM.
ALBERT BONNIERS FÖRLAG.

Innehåll.

[2]

Inledning	3.
1. Den äldre riktningen inom den grekiska astronomien, det pytagoräiska världssystemet samt Kopernikus' förelöpare	5.
2. Den senare riktningen inom den grekiska astronomien, <i>Kopernikus</i> och det kopernikanska världssystemet	18.
3. <i>Galileo Galilei</i> , hans lif, hans upptäckter på himmelen med kikarens tillhjälp	28.
4. Galileis stora arbete om världssystemen, hans försvar för läran om jordens rörelse	33.
5. Kätteriförföljelsen mot Galilei	37.
6. <i>Kepler</i> och <i>Newton</i> , himlakropparnas verkliga rörelser och den allmänna tyngden såsom deras orsak	43.

STOCKHOLM.
ALB. BONNIERS BOKTRYCKERI 1889.

Inledning.

[3]

Hvar och en, som blifvit delaktig af undervisningens första grunder i vår tid, känner till och tror mot sina sinnens omedelbara vitnesbörd, att den jord, han lefver på, är ett stort, fast klot, som dagligen svänger rundt, eller som man säger *roterar*, kring en axel, som tänkes gå genom det sammans medelpunkt. Han vet, att detta klot dessutom rör sig omkring solen, ett hvarf för hvarje år, uti en nära cirkelformig bana, hvars *radie* — afståndet från solen — har den för honom nästan ofattbara längden af 14 millioner mil. Han vet, att jorden icke är ensam om denna dans kring solen, att flere andra dylika jordar som hans egen på större eller mindre afstånd från solen kretsas kring henne i cirkelformiga banor, allt under det de rotera omkring sina axlar.

Vi veta äfven, att man icke alltid hyst samma åsikter, att folkens religiösa urkunder påbjuda en annan uppfattning och att, för icke allt för många mansåldrar sedan, läran om att jorden befann sig i evig hvila i världens medelpunkt till den grad genomträngde folkmedvetandet från ofvan allt ned igenom, att den, som då förkunnade våra dagars åsikt i frågan, ansågs för löjlig, när han icke drabbades af förföljelse.

Åsikten om jordens rörelse och därmed sammanhängande förhållanden uppträder i vår tid nästan såsom själfklar och med samma stora auktoritet, som af medeltidens folk tillskrefs det Tridentinska mötets beslut om, att den befann sig i hvila. Är denna åsikt sålunda i och för sig tämligen alldaglig och allbekant, så är detta dock måhända icke fallet med de skäl, som stödjade den samma. Dessa skäl ligga i själfva verket, om saken närmare skärskådas, icke så nära till hands. Om därför en framställning af dessa skäl redan på denna grund kan göra anspråk på uppmärksamhet, så äger detta rum i ännu högre grad, om man ser saken an i en historisk dager.

[4]

Astronomiens historia är i flere afseenden af allmänt intresse. I första hand gäller detta därför, att astronomiens utveckling bland alla vetenskapers är måhända den enklaste och på samma gång den mest typiska. Härtill kommer, att man är i tillfälle att följa den samma långt tillbaka i forntiden, under hvilken vetenskapen redan ägde en jämförelsevis hög fulländning. Vi skola sålunda framdeles se, att vår egen åsikt om planetsystemets sammansättning på det närmaste sammanhänger med den senare uppfattningen hos grekerna. Efter den gamla tidens slut upptogs och fortfördes resultatet af grekernas vetenskapliga arbete af araberna, under det att medeltidens germaner blott småningom och på ett osjälfständigt sätt lärde känna dessa resultat och tillegnade sig dem med samma slafviska tillförsikt för det sanna som för det falska däruti. När vid medeltidens slut tanken började frigöras, medveten om sin egenskap att vara den enda tillförlitlige skiljedomaren i alla frågor och af sin högre rätt gent emot den obetänkta tron på auktoriteter, då var det måhända på det astronomiska området, som denna brytning med det förra var af häftigaste art och af den ödesdigraste betydelse för de förut gängse tänkesätten och världsåsikterna. Särdeles från denna tid innehåller astronomiens historia åtskilliga ämnen för själsstudium, mången maning till fördragsamhet i åsikter. Slutligen har denna vetenskap städse stått i växelvärfkan med de religiösa föreställningarna. Flere äldre folks religioner bestodo ju t. ex. just i stjärndyrkan. Många religiösa dogmer och tänkesätt hafva äfven sedan astronomiens pånyttfödelse vid medeltidens slut fått göra sig eller omforma sig i modernare stil ej minst till följd af ett omildt inflytande af denna vetenskaps omutliga fakta. Måhända hafva vi rätt att tillägga, att vetenskapen ännu icke spelat denna roll till slut, att undervisningen ännu har åtskilligt att göra med att på tänkandets olika områden tillämpa den världsåsikt, genom hvilken jorden, människans hemvist och världens f. d. medelpunkt får sig anvisad plats såsom en obetydlig medlem af ett bland otaliga solsystem.

I den framställning af åsikterna om solsystemets sammansättning och rörelserna inom det samma, som vi i det följande gå att lämna, skola vi först söka visa huru åskådningen från äldsta tider följdriktigt utvecklats till vår egen ståndpunkt i frågan, i sina hufvuddrag fastställd af *Kopernikus* i början af nyare tiden. Härefter skola vi anföra några drag från kampen för utbredandet af *Kopernikus*' åsikt hufvudsakligen genom *Galilei*, sedermera följa astronomiens ytterligare utveckling genom *Kepler* och *Newton*, samt slutligen sammanställa några af de skäl, genom hvilka den moderna vetenskapen sagt sitt afgörande ord i frågan.

[5]

1. Den äldre riktningen inom den grekiska astronomien, det pytagoräiska världssystemet, samt *Kopernikus*' förelöpare.

Astronomiens äldsta historia förlorar sig i mörker. De första teorier om stjärnorna, som man anträffar hos grekerna äro redan tämligen långt framskridna från den ståndpunkt, som

naturmänniskan eller barnet intager vid betraktande af himmelen. Detta är orsaken hvarför man antager, att grekerna erhållit sin första astronomiska lärdom från andra folk, hos hvilka man velat förlägga vetenskapens vagga, såsom egypter, inder, babylonier. Man anträffar äfven hos dessa folk urgamla spår till astronomiska kunskaper. Sålunda hade *egypterna* en klar föreställning om väderstrecken, såsom man kan se af deras ända till 6,000 år gamla pyramider, hvilka äro bygda noga i norr och söder. De hade veterligen bestämt årets längd till $365\frac{1}{4}$ dagar och hade åt sig utbildat en vetenskaplig tideräkning, hvilken, såsom en trons tjänarinna, hade till förnämsta uppgift att bestämma tidpunkterna för deras religiösa fester. Äfven *babylonierna* kände årets längd. Att de under långliga tider sysselsatt sig med astronomiska iakttagelser framgår dessutom däraf, att de hade upptäckt en viss lagbundenhet hos månförmörkelserna, nämligen så att efter en tidrymd (den s. k. *Saros*) af 223 månader förmörkelserna följa på hvarandra med samma mellantider som under den gångna perioden. Deras lärde prester (kaldeerna) voro härigenom i stånd att förutsäga månförmörkelserna, äfven om de ej kunde förklara deras tillkomst. Att äfven i *Kina* konsten att förutsäga förmörkelser från fordom var känd, framgår af en berättelse om huru år 2159 före Kristus tvänne astronomer Hi och Ho, hvilka hade dylika förutsägelser till sin ämbetsplikt, skola hafva blifvit afrättade för försummelse härutinnan. Enligt en annan kinesisk berättelse skall en kejsare omkring 2357 f. K. hafva bestämt läget af solens årliga bana på himmelen. De älsta kinesiska uppteckningar innehålla äfven mångahanda observationer af kometer och stjärnfall. Kometerna observerades äfven af babylonierna. Egendomligt nog synas dessa, i olikhet med andra folk, icke hafva betraktat kometerna såsom underbara uttryck för gudomlig vrede, utan såsom vanliga naturföreteelser, för hvilka de icke hyste fruktan. Man jämföre härmed följande ord ur en af judarnas heliga böcker: "Hör hvad Herren säger Dig, Israels hus: hämta icke lärdom af främmande folks villfarelser; frukta icke himmelens tecken, såsom de främmande folken göra."

[6]

Sålunda finnas visserligen hos många gamla folk spår af astronomiska insikter. Men säkert är att inga åsikter om världen såsom ett helt, om dess byggnad och natur (*kosmologi*) i högre grad utbildades förr än hos grekerna. Den afstängdhet, som förordas i Jehovas här ofvan anförda ord till judarna, må väl förklara detta folks egendomliga uppfattning, enligt hvilken man synes hafva antagit formen af en kub för den jord, om hvars underbara framtröllande med alla dess tillbehör den bekanta berättelsen i Moses' första bok förtäljer. Eljes synes hos de flesta folk den ursprungliga uppfattningen helt naturligt hafva varit, att jorden utgjordes af en platt skifva, omgifven t. ex. i den nordiska sagan af en ofantlig orm, i den grekiska af en flod. En dylik uppfattning tillskrifver man äfven de första representanterna af den s. k. *Joniska skolan* i Grekland. Grundläggaren af denna skola var *Thales* (639-548 f. K.) från staden Milet i Mindre Asien. Enligt dennes åsikt var jorden en platt skifva, simmande på vattnet, öfver hvilket himlahvalfvet var stjälpd såsom en klocka. Man synes ej hafva tillskrifvit detta hvalf större utsträckning, än att det bekvämligen skulle räcka öfver de högsta bergen. När solen och stjärnorna gingo ner vid synkretsen, släcktes de i vattnet och simmade sedan rundt omkring jorden för att därefter ånyo tändas och gå upp på sina gifna ställen. Från denna barnsliga ansats till förklaring stammar en fortgående utveckling hos *Thales'* lärjungar och efterföljare. Sålunda ersatte *Anaximander* detta hvalf med ett klotformigt skal, som från alla håll omslöt den i alla händelser såsom platt uppfattade jorden. Detta skal förestälde han sig bestå af genomskinlig kristall och utanför det samma lågo sol och måne. Såsom ett stort framsteg kan betecknas, att han tänkte sig jorden *utan underlag*, fritt sväfvande i hvila, emedan den, såsom belägen i *sferens* (= klotets) medelpunkt, "icke hade skäl att mera falla åt det ena hållet än åt det andra". En annan af *Thales'* efterföljare, *Anaxagoras*, var den förste, som påvisligen tänkte sig himmelssferen vrida sig såsom ett helt kring sin axel (*rotera*), hvarigenom alla stjärnorna under dygnets lopp kommo att beskrifva cirklar än öfver jorden och än, sedan de gått ned, under jorden. Af ett meteorstensfall skall han hafva blifvit brakt på tanken, att solen, månen och stjärnorna voro danade af samma ämnen som jorden och följaktligen tunga. Att de, det oaktat, icke nedföllu på jorden ansåg han bero däraf, att de befunno sig uti en kringsvängande rörelse kring denna. Från Mindre Asien, där A. tillbrakte sin första tid, flyttade han sedermera till Greklands hufvudstad Aten. Här blef han åtalad för att hafva förnekat gudarnas inflytande vid stjärnornas rörelser, fängslades och dömdes till döden, men räddade sig genom att fly.

[7]

Innan vi öfvergå till det närmast följande utvecklingsskedet, som representeras af den s. k. *Pytagoräiska skolan*, skola vi korteligen anföra hufvuddragen af stjärnornas skenbara rörelser på himmelen, sådana som de omedelbart te sig för oss och som man redan under forntiden hade iakttagit dem. Först och främst ser man, att det stora flertalet stjärnor från dag till dag och från år till år befinna sig i samma ömsesidiga lägen; de äro, hvad vi kalla *fixstjärnor*, och man grupperade dem för öfversiktighetens skull redan i gamla tider i s. k. stjärnbilder såsom de allom bekanta Stora björnen, Orion o. s. v. Alla dessa stjärnor hvälfva sig för hvarje dag rundt med himmelen i vidare eller smärre cirklar. Men ibland dem finnes *en* stjärna som icke (för ögat märkbart) rör sig, utan ständigt bibehåller samma läge på himmelen ett godt stycke öfver *horisonten* eller synkretsen, gränsen mellan jordytan och himlahvalfvet. Detta är den s. k. *polstjärnan*; i grannskapet af den samma är den punkt af himmelen belägen som benämnes *norra himmelspolen*, i närstående figur betecknad med *N*. Genom denna punkt och den motsatta punkten på himmelen (*södra polen*, *S*, i fig.) kan man tänka sig en axel dragen (*världsaxeln*), omkring hvilken himlahvalfvet med stjärnorna utför sin dagliga vridning eller *rotation*. En cirkel, som halfverar himmelen emellan de båda polerna benämnes *ekvator*; alla rörelser äro parallella med denna. En stjärna som ligger på ekvatorn går upp öfver horisonten rakt i öster (i punkten *o* i fig.), rör sig därefter i ekvatorns båge öfver horisonten; efter ett halft dygn går den ned i västpunkten *v*, är sedan osynlig under 12 timmar, för att därefter å nyo gå upp i *o*. Å figuren finnes äfven utmärkt en annan godtycklig stjärnas dagliga bana. Den går upp i *u* och ned i *n*; den är synlig öfver horisonten desto längre tid, ju närmare den ligger till nordpolen. Man inser äfven

[8]

af figuren, att somliga stjärnor, nämligen de, som ligga i grannskapet af nordpolen, icke gå upp och ned; deras hela bana faller ofvan horisonten. Andra, hvilka ligga i grannskapet af sydpolen, kunna, som man ser, aldrig nå öfver vår horisont.

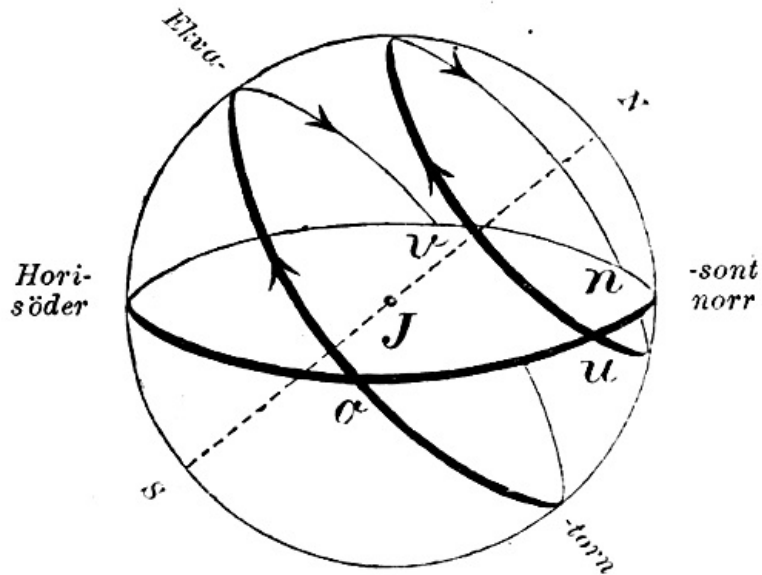


Fig. 1.

Ett öga i *J*, jordytan med horisonten, däromkring himmelssferen med ekvatorn.

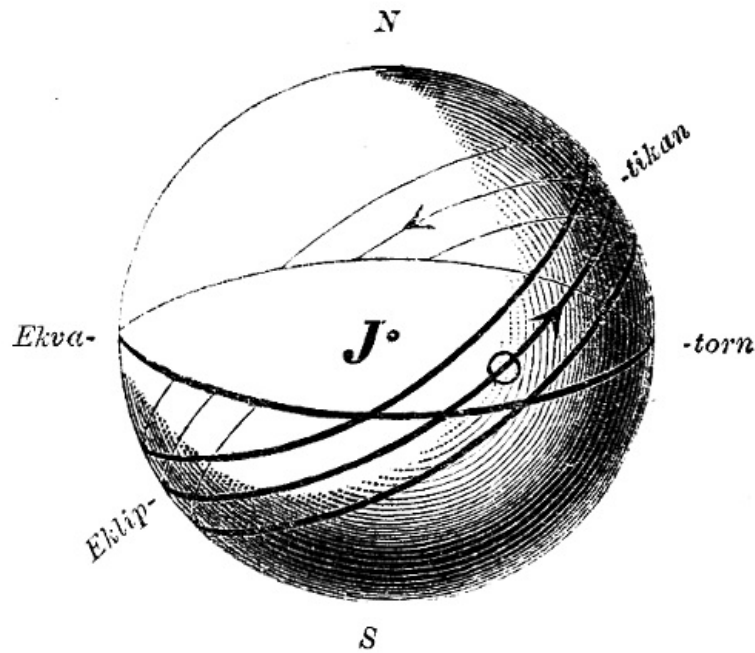


Fig. 2.

Kring ögat *J*, såsom medelpunkt, himmelssferen med ekvatorn och ekliptikan med solen (☉), samt zodiakbältet, inom hvilket utom solbanan alla planetbanorna ligga.

Likasom fixstjärnorna, så synas äfven solen och månen deltaga i himmelns dagliga rotation. Men man finner snart, att månen icke är "fix" utan ändrar läge bland stjärnorna; sammalunda flyttar sig solen, ehuru långsammare än månen, hvarförutom solens rörelse är svårare att upptäcka, emedan inga stjärnor synas, när solen är på himmelen. Äfven om fixstjärnorna ständigt stode stilla öfver jorden, skulle alltså solen och månen röra sig på himmelen och detta, såsom iakttagelsen ger vid handen, i motsatt led mot himmelns och deras egen dagliga rotation. Om man från dag till dag prickar in månens läge bland stjärnorna på en himmelsglob, så finner man, att den på *en månad* rör sig rundt om himmelen i en cirkel. Samma förhållande äger rum med solen, under *ett år*. Denna solens bana benämnes *ekliptikan*. Detta ord, som kan öfversättas med "förmörkelselinien", har blifvit valdt därför, att förmörkelser inträffa just då, när månen i sin bana korsar ekliptikan; är t. ex. solen händelsevis i samma punkt af ekliptikan, så uppstår en solförmörkelse. Denna solens bana sammanfaller ej med *ekvatorn*, utan bildar emot den senare en vinkel, som kallas *ekliptikans oblikvit* (snedhet). — Såsom solen och månen sålunda skilja sig från fixstjärnorna genom en *egen rörelse*, så finner man snart andra dylika rörliga himmelskroppar: *planeterna* (irr-stjärnorna). Redan under den Joniska skolans tid var det bekant, att morgon- och aftonstjärnorna voro en och samma planet (*Venus*), som vandrade fram och tillbaka omkring solen och, i det den gick förbi henne, öfvergick från morgon- till aftonstjärna eller omvänt. Senare kände man äfven planeterna *Mars*, *Jupiter* och *Saturnus*, hvilka på ungefär

2, 12 och 30 år hvardera skrida himmelen rundt. Alla dessa banor på himmelen löpa mycket nära solens bana, ekliptikan, och ligga öfverhufvud inom ett smalt bälte utefter ekliptikan, som kallas *zodiaken* (djurkretsen) och som indelas i 12 lika afdelningar med hvar sin stjärnbild. Det är samma stjärnbilder, Väduren, Oxen, o. s. v., som i vår almanacka angifvas med de fantastiska tecknen i kolumnen Mån. Tilläggom observationerna på sol- och månförmörkelser samt månens *faser*, eller de olika skeden månen genomgår från ny- till fullmåne och från fullmåne till ny, så hafva vi sammanställt de hufvudsakligaste af de astronomiska företeelser, som omedelbart tränga sig på oss och med hvilka man äfven var förtrogen på den aflägsna tid, som sysselsätter oss. Det gälde att förklara dem.

Vi hafva sett, huru de äldsta astronomerna icke förmådde höja sig öfver den åsikt, enligt hvilken jorden är en platt skifva, men huru de dock i så måtto intogo en framskriden ställning, att de ansågo himmelen för ett *helt* klot af kristall, omgifvande jordens hela landområde. På detta klot voro stjärnorna fästade och beständigt där till finnandes, äfven då de, framskridande under människornas fötter, voro skymda för deras blickar, eller när solen om dagen förtoget deras glans. Och dessa stjärnor, som blifvit afhända den gudomliga natur, man förut tillskrifvit dem, de ansågos som föremål, danade af samma material som jorden själf. Solen och månen voro såsom jorden platta skifvor. Här stå vi framför ett världssystem i smått format, om hvilket vi nu för tiden hafva svårt att föreställa oss, att det på fullt allvar varit antaget icke blott af den stora massan af folket, utan äfven af de djupast tänkande. Men ju mera man lyckas sätta sig in på den ståndpunkt, de intogo, innevånarna inuti den väldiga kristallsferen, desto mera skall man förstå att värdera de framsteg, som inneburos i de åsikter, hvilka den Pythagoräiska skolans män utvecklade och framställde.

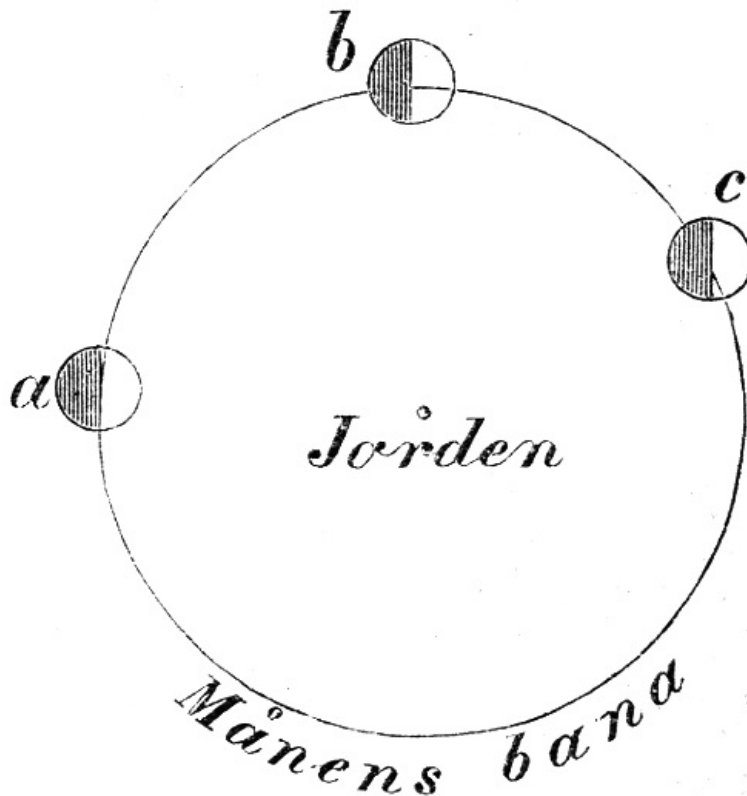


Fig. 3.

Från jorden ser man i *a* fullmåne ○, i *b* halfmåne ◐ o. s. v.

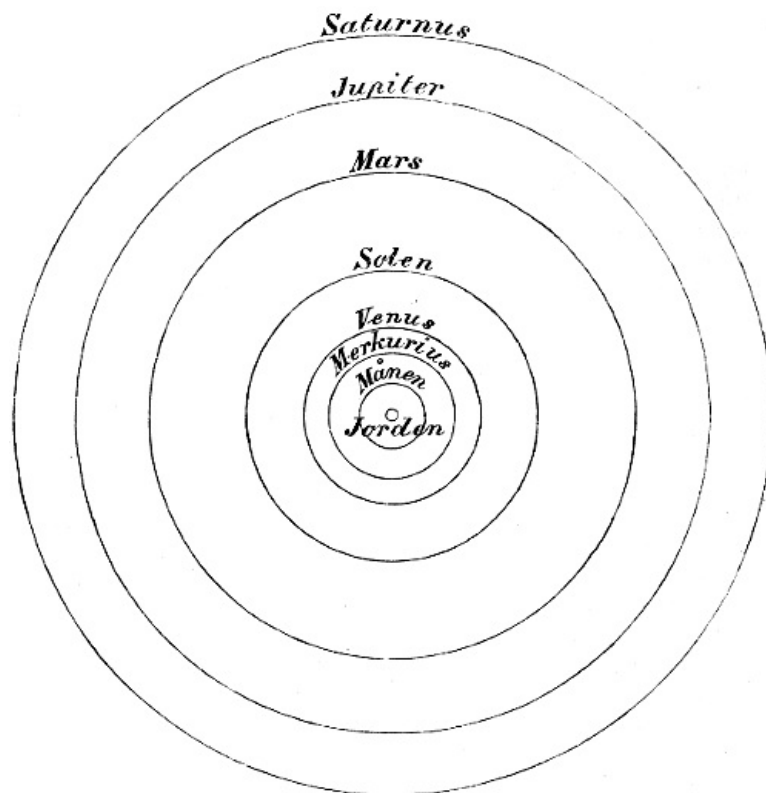


Fig. 4.

Pythagoras antages hafva lefvat mellan 570 och 470 f. K. Efter att länge hafva vistats på utländska resor, exempelvis i Egypten, bosatte han sig i Kroton, en grekisk koloni i södra Italien, och grundlade där en skola, som länge fortlefde i form af ett slags frimurareförbund af lärde män, hvilka sins emellan stodo i liflig samfärdsel, men af ett eller annat skäl afhöllo sig från att till en större allmänhet utbreda sina åsikter. — I olikhet med sina föregångare antog Pythagoras, att jorden var ett stort, *fritt sväfvande klot*, hvilket för öfrigt på alla håll var bebott af människor. Detta klot befann sig i medelpunkten af hela världen, som själf antogs vara klotformig eller, som man säger, *sferisk*. Till dessa åsikter synes han hafva kommit, sedan han af månens faser slutit sig till att månen var en klotrund kropp. Det är nämligen lätt att se, att månen skall förete just sådana växlingar som dess faser, om den är klotformig. Ty af den halfva af månklotet, som är vänd mot oss, kunna vi blott se det parti, som är belyst af solen. Allt efter månens olika ställning till jorden och till solen, hvilken senare vi föreställa oss lysa från höger i närstående figur, skall månen sålunda presentera oss en belyst yta (eller fas) af olika storlek och form; och endast under antagande af att månen är klotformig kan man på detta sätt göra sig reda för dess bekanta växlingar ända från den fullt belysta månskifvan (i fig. vid *a*) till den smala skäran (läget *c* i fig.). Såsom månens yta, betraktad äfven med blotta ögat, gaf anledning att antaga, så förestälde sig Pythagoras den samma försedd med bärg och dalar samt land och haf; för öfrigt antogs den befolkad af ett jättesläkte. På samma sätt som månen var det, så antog nu Pythagoras äfven, att solen var klotformig, och likaså ansåg han planeterna såsom sferiska världar, liknande vår jord; blott till följd af deras stora afstånd från jorden syntes de så små och obetydliga. — Men fans det sålunda för öfrigt likhet mellan jorden och himmelskropparna, särskilt den bärgiga månen, hvarför skulle då icke äfven jorden vara klotformig så som de andra? Ett ytterligare stöd för åsikten om jordens sferiska form framgick af Pythagoras' mening om förmörkelsen. — Redan före hans tid antog man, att förmörkelsen uppkomma därigenom, att mörka kroppar komma framför solen och skymma dessa. Det antogs äfven allmänt, att månen var den mörka kropp, som vid solförmörkelsen trädde emellan åskådaren och solen. Om månens bana på himmelen precis sammanfölla med ekliptikan, så skulle vi i själfva verket hafva en solförmörkelse i hvarje månad, i det att månen i sådant fall en gång för hvarje dess omlopp skulle passera icke blott förbi, utan rätt öfver solskifvan. Med afseende på solförmörkelsen var man sålunda på det klara. Men hvilken den mörka kropp var, som vid månförmörkelsen gled fram öfver månens skifva, det var en fråga, hvars lösning man förgäfvades hade sökt. Det djärfva svar, Pythagoras lämnade därpå, förklarade, att det var *jorden själf*, som vid dessa tillfällen trädde mellan sol och måne och beskuggade den senare. Och i den synbarligen runda skugga, som jorden vid dessa tillfällen kastade på månen, kunde man, enligt hvad Pythagoras framhöll, med sina ögon läsa ett omedelbart bevis på jordens runda form.

[11]

[12]

[13]

Kring jorden tänkte sig Pythagoras nu de "sju planeternas" banor anordnade, innerst månens, därefter i ordning Venus', Solens, Mars', Jupiters och Saturnus'. Det hela omslöts af fixstjärnornas roterande kristallsfer. I världens, d. v. s. jordens, medelpunkt brann en helig eld, *Hestia*, sinnebild af en kraft, som satte allt i gång och styrde himlakropparnas rörelser.

Likasom Pythagoras tänkte sig himmelskropparna till sin storlek jämförbara med jorden, så erhöi äfven hela hans system dimensioner, som, i förhållande till de förut antagna, voro jättelika. Och dock antogs afståndet från jorden till den yttersta eller fixstjärnsferen icke större än $\frac{1}{6}$ af det verkliga afståndet till månen. De olika himlakropparnas afstånd från jorden förestälde han sig bestämda enligt samma lag, som anger afståndet af tonerna i en tonskala till grundtonen. Vid

himlakropparnas rörelse alstrades härigenom en musik, "sferernas harmoni", hvilken emellertid förklingade ohörd af de ofullkomliga väsen, hvilka dvaldes innanför månens sfer ("under månen").

Bland Pytagoras' efterföljare träffa vi flere, hvilka tillskrefvo jorden rörelse och yttrade sig om dess plats i världssystemet på ett sätt, som gör oss förvånade, att icke hela sanningen med ens framtog och att det skulle förlöpa ett tjugutal århundraden, innan dessa lärur åter upptogs, för att sedan blott småningom arbeta sig fram mot ett envist motstånd. En af Pytagoras' efterföljare tänkte sig världens medelpunkt med dess ureld Hestia förlagd utom jorden och antog, att den senare för hvarje dag beskref en cirkelformig bana kring Hestia. På detta sätt kunde han enkelt förklara, hvad vi uppfatta såsom himmelens dagliga rörelse, och huru *alla* himlakroppar, äfven planeterna, deltaga i denna rörelse. Såsom ett exempel på något liknande kan anmärkas, huru en person, som åker i en slängkälke, ser alla kringliggande föremål med svindlande fart vrida sig rundt omkring honom, på alldeles samma sätt, som om han själf befunnit sig stilla och någon verkligt kunnat vrida hela omgifningen omkring honom med samma hastighet men åt motsatt håll mot kälken. — Denna något konstlade åsikt omändrades och förenklades snart, så att den helt och hållet öfverensstämde med vår nuvarande. Den bekante tänkaren *Plato* (429-348 f. K.) hyllade på sina äldre dagar den mening, att jorden roterar kring en genom dess medelpunkt gående axel.

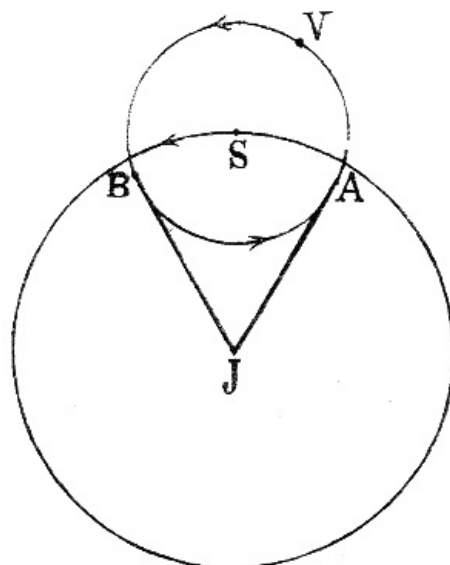
[14]

Men icke nog därmed; ett århundrade därefter var man i Grekland betänkt på rättsligt åtal mot en man, som ville göra gällande, att solens *årliga* rörelse på himmelen, likasom himmelens dagliga rörelse kring jorden, blott var ett sken, framkallat af en årlig rörelse af jorden själf kring solen. Denne mans skrifter hafva icke kommit till eftervärlden, men vi hafva fått kännedom om förhållandet bland annat genom en berättelse af historieskrifvaren *Plutarkus*, där det på ett ställe heter:

"Må vi blott, min vän, icke få oss en kättareprocess på halsen, såsom en gång *Kleantes* yrkade, att hela Grekland borde ställa *Aristarkos* från *Samos* inför rätta, honom som ville förflytta världens heliga härd, i det nämligen den mannen, för att riktigt kunna förklara himmelföreteelserna, lät himmelen stå stilla och jorden däremot fortskrida i en sned bana (ekliptikan), och tillika lät henne vrida sig omkring sin egen axel."

Hvem har icke märkt, när tvänne mötande bantåg stå på en station och det ena tåget sätter sig i rörelse, huru man ett ögonblick tvekar, hvilketdera tåget det egentligen är som går, tills man kastat en blick på den omgifvande nejden för att öfvertyga sig? Det sakförhållande, som denna allmänna iakttagelse innebär, nämligen att man icke, genom att iakttaga blotta rörelsen, kan afgöra, huruvida det är det betraktade föremålet eller åskådaren som rör sig, detta har varit bekant sedan äldsta tider. Det erkändes af *Kopernikus*' och *Galileis* vedersakare; *Aristarkos* och hans meningsfränder liksom hans motståndare voro ense därom. Också kunde *Aristarkos* endast påvisa att den ena sortens förklaring var lika duglig som den andra. Man kunde antingen antaga himmelen stillastående och jorden roterande eller jorden stillastående och himmelen roterande, och å andra sidan kunde man, för förklaring af solens årliga rörelse på himmelen, med lika rätt förutsätta solen stillastående och jorden beskrivande en årlig bana kring solen som det motsatta. Åberopade nu *Aristarkos* för sannolikheten af sin åsikt den större enkelhet, som antagandet af jordens rörelse kring solen och dess rotation kring sin axel, medförde, så stötte han, såsom den anförda berättelsen låter oss förstå, på motstånd från den gängse uppfattningen, den enda rätta, till religiös öfvertygelse vordna tron. Men han mötte säkerligen äfven rent vetenskapligt motstånd. Liksom vi göra vår reskamrat uppmärksam på träden och husen, då han säger, att han ej kan afgöra, om det är hans egen kupé som rör sig eller det andra tåget, så pekade *Aristarkos*' motståndare på fixstjärnorna och menade, att dessa borde likaväl som solen synas röra sig med en skenbar årlig rörelse, om det var sant, att jorden själf och icke solen rörde sig. *Aristarkos* svarade på denna anmärkning genom att utvidga världssystemets dimensioner och säga, att fixstjärnorna voro så långt aflägsna, att hela jordens bana kring solen i förhållande till deras afstånd var försvinnande liten och att på detta sätt ingen skenbar årlig rörelse hos stjärnorna kunde blifva märkbar.

[15]



Till dessa exempel på åsikter, hvilka under forntiden utgjort föregångare till vår moderna uppfattning, kan ytterligare läggas följande. Vi hafva nämt, huru planeten Venus rör sig fram och tillbaka åt båda sidor om solen och aldrig mycket långt aflägsnar sig från solens grannskap, hvarför den ock går upp strax före eller ned strax efter solen såsom morgonstjärna eller aftonstjärna. Detta tyder på ett nära samband mellan solen och planeten. Också fann sig astronomen *Heraklides* häraf föranledd, att för förklaringen af planetens rörelse antaga *Venus röra sig i en cirkel omkring solen*, under det att solen själf, likasom äfven alla öfriga planeter, antogs beskrifva en cirkelformig bana kring den fasta jorden. Om saken förhåller sig så, är det ju påtagligt (se fig. 5, i hvilken *J* betyder jorden, *S* solen och *V* Venus) att Venus' skenbara rörelse på himmelen skall te sig sådan som vi iakttaga den, framåt- och tillbakaskridande, i det vi se den verkliga rörelsen aftecknad på himlahalvvet. Hade *Heraklides* företagit samma anordning äfven af de öfriga planeterna, så skulle han hafva erhållit det system, som en tid efter Kopernikus uppställdes af den danske astronomen *Tyko Brahe*, enligt hvilket *samtliga planeter röra sig kring solen och solen med hela sitt följande af planeter kring jorden*.

[16]

Såsom man ser funnos hos de gamle på flere områden frön till de åsikter, till hvilka vi själfva bekänna oss. Det är äfven bekant, att Pytagoräerna förestälde sig, att solen, månen och planeterna, likasom jorden, rotera kring sina axlar, samtidigt med att de framskrida i sina banor. Går man längre fram i tiden, så träffar man allt fortfarande, om äfven sparsamt, spår af gamla kosmologiska åsikter. Af en viss Kleomedes ungefär ett sekel efter Kristus hafva vi i behåll ett värk innehållande flere yttranden i den vägen. Så säger han bland annat: "Fixstjärnornas antal är oräkneligt — de äro sannolikt lika stora som solen, somliga kanske större och vore solen längre bort, skulle den taga sig ut som en fixstjärna. — Hvad planeterna beträffar, känna vi blott sju, men det finnes sannolikt ett större antal."^[1] Om jorden yttrar han: "Om vi befunne oss på solen, så skulle jorden vara osynlig till följd af sin litenhet eller den skulle synas som en mycket liten stjärna". "Månen" — säger han — "är en mörk kropp, som lånar sitt ljus från solen — den har inflytande på flera saker här på jorden: den är säkerligen orsaken till hafvets ebb och flod" o. s. v. En annan författare synes i enlighet med det verkliga förhållandet, tänka sig fixstjärnorna utströdda öfver allt i rymden och icke, såsom så länge förblef vanligt, såsom fastnaglade på en sfer, i det han säger: "Man får icke föreställa sig, att alla stjärnor ligga på samma yta, utan att somliga äro högre, andra lägre; ty vår syn förmår ej fatta någon skilnad i höjd."

[1] I slutet af 1700-talet upptäcktes en ny större planet Uranus utanför Saturnus och på 1840-talet likaledes en större planet Neptunus utanför Uranus. Dessutom hafva under loppet af vårt århundrade icke mindre än 287 smärre planeter blifvit upptäckta, alla liggande mellan Mars och Jupiter.

Alla dessa tankar, af hvilka många bära nutidens egen prägel, hafva blifvit tänkta mer än tusen år före inkvisitionsprocessen mot Galilei (se nedan). Men man må icke föreställa sig att de på sin tid voro allmänt gängse bland folket eller ens bland vetenskapsmännen. Tvärtom, de voro endast enstaka meningsyttringar gent emot en förhärskande föreställning af helt annan art. Den pytagoräiska åsikten om jordens klotform upptogs och behölls väl af astronomerna, emedan man hade påtagliga bevis för den saken. Angående jordens rörelse, såväl kring sin axel, som omkring solen, hafva vi redan nämnt, att säkra bevis på den tiden icke kunde företes, och att man på vetenskapens dåvarande ståndpunkt på sin höjd kunde påstå, att de båda stridiga antagandena voro lika möjliga. De gamle astronomerna voro därför i sin fulla rätt, då de återgingo till åsikten om jordens orörlighet och dess fixa läge i världens medelpunkt, så mycket mera som framdeles vissa skäl utvecklades för denna åsikt, hvilka för den tiden kunde göra anspråk på bevisande kraft. Vi återkomma därtill vid framställningen af Galileis uppträdande. Såsom hufvudsumman af den grekiska astronomien var och förblef sålunda allt framgent den pytagoräiska läran: en orörlig, klotformig jord i världens medelpunkt och kring denna medelpunkt en rad af kristallsferer, hvar och en bärare af en himmelskropp.

[17]

Denna för oss så motbjudande åsikt om de kring jorden roterande kristallsfererna, kunde nu visserligen, åtminstone lika litet som åsikten om jordens rörelse, bevisas. Antingen man ansåg sig behöfva dem för att förklara, att himmelskropparna ej föllo ned, eller om det var blott genom exemplets makt, denna lära utan stöd i verkligheten bibehöll sig emellertid segt bland astronomernas föreställningar. Ju mera iakttagelserna på planeterna skärptes, desto mera visade sig emellertid detta maskineri otillräckligt för rörelsernas förklaring. I stället för att då öfvergifva det samma, gjorde man det emellertid i stället mer och mer invecklat genom tillfogande af nya kristallsferer. Så måste man för att noga återgifva solens rörelse, antaga henne fastnaglad på en första sfer, hvilken roterade kring en axel, löpande i en andra sfer, som i sin ordning roterade kring jorden. Sammalunda för månen och för planeterna. Småningom tillfogades ytterligare nya sferer, tills systemet slutligen nådde höjdpunkten af förveckling genom den berömda *Aristoteles* (384-322 f. K.), som fann användning för icke mindre än 56 stycken.

[18]

Då systemet icke förty förblef otillfredsställande, skall han hafva sammankallat en astronomisk kongress till Aten för att utreda saken, men som det synes utan resultat. Härefter började det småningom öfvergifvas hos grekerna, för att sedan å nyo upptagas af medeltidens folk, hvilka hämtade största delen af sin naturvetenskapliga vishet ur *Aristoteles*' skrifter. Denne var äfven en ytterst lärd person och hade i sina arbeten sammanställt det mesta af sin tids vetande. Sedan han en längre tid varit Alexander den stores lärare och sedermera hans kamrat under flera af hans fälttåg i främmande länder, flyttade han till Aten och utbildade där en skola. Härifrån måste han emellertid fly, förföljd som han blef dels för sina läror, dels af politiska skäl. Efter detta bosatte han sig på ön Euböa, hvarest han skall hafva tagit sig af daga med gift, af fruktan att blifva utlämnad åt atenarna.

2. Den senare grekiska astronomien, *Kopernikus* och det kopernikanska världssystemet.

Efter Egyptens eröfring 332 f. K. genom Alexander den store, grundlade denne därstädes en stad, Alexandria, ämnad till en medelpunkt för världshandeln. I denna stad uppstod snart ett vetenskapligt lif af genomgripande betydelse, representerat af en rad af framstående vetenskapsmän, hvilka man plägar sammanfatta under benämningen den *Alexandrinska skolan*. Största delen af dessa män voro astronomer. De astronomiska arbeten, som här utfördes, utgöra i flera afseenden en förebild af tillvägagångendet i den moderna vetenskapen. Och en mängd af de astronomiska spörsmål, som upptaga nutidens astronomer, de väcktes redan och behandlades af dessa män. Försök gjordes till bestämning af jordens dimensioner äfvensom af himlakropparnas afstånd, stjärnorna bestämdes till sina lägen och infördes i kataloger, nya instrument för iakttagande af himlakropparna uppfunnos o. s. v. Akademien i Alexandria ägde ett ofantligt bibliotek, som mot slutet af akademiens tillvaro till största delen genom brand förstördes, dels vid ett anfall af de kristna under en ärkebiskop Theodosius, dels vid ett senare tillfälle, då Alexandria eröfrades af muhamedanerna. Här är icke platsen att utförligare redogöra för den mängd intressanta resultat af en hög bildning, som oaktat denna förstörelse nått till eftervärldens kunskap. Vi skola blott antyda några af dem, som omedelbart beröra vårt ämne.

[19]

Låt oss, för att bättre inse halten af de nya astronomiska åsikterna, anmärka, att de Alexandrinska vetenskapsmännen insågo fruktlösheten af den föregående världsförklaringen med alla dess kristallsferer, att de själfva kände sig vanmäktiga inför försöket att förklara himmelskropparnas rörelser såsom en mekanism, att de också afstodo från detta försök och i tålig bidan togo itu med saken praktiskt, observerande och undersökande, huru rörelserna i deras minsta detaljer voro beskaffade i verkligheten. De voro hvad vi kalla naturvetenskapsmän, och vädjade förutsättningslöst blott till erfarenheten — dock med ett undantag. Där uppstod nämligen aldrig en tanke på, att icke allt hvad rörelser hette hos himlakropparna, voro *cirkelformiga* och *likformiga*. Detta var det antagande, från hvilket de utgingo vid sina försök att åtminstone genom geometriska figurer eller genom beräkning återgifva det verkliga förloppet af rörelserna med deras oregelbundenheter.

Hvilka voro då dessa oregelbundenheter? Där förekommo tvänne slag. Först och främst fans det två himlakroppar, nämligen *solen* och *månen*, hvilka verkligt rörde sig i cirkelformiga banor på himmelen, men *icke likformigt*, utan så, att rörelsen förändrade hastighet från punkt till punkt. Det är så det kommer sig, att årstiderna, som bero af solens årliga rörelse, icke äro lika långa, utan t. ex. vintern kortare än sommaren. Detta sökte man förklara på följande sätt. Solen rör sig visserligen i en cirkel och med jämn hastighet, men jorden ligger ej i cirkelns medelpunkt *M* (fig. 6), utan ett stycke därifrån i *J* (*excentriskt*). Oaktat nu solen på lika stora tider beskriver de lika stora bågarna *AB*, *BC*, *CD* och *DE* o. s. v., så blifva som man ser af figuren, de motsvarande vinklarna vid jorden *ab*, *bc*, *cd* och *de* olika. Sålunda kommer det sig, att dess rörelse, från jorden sett, synes vara ojämn. Detta är innehållet af den s. k. *excenterteorien*.

[20]

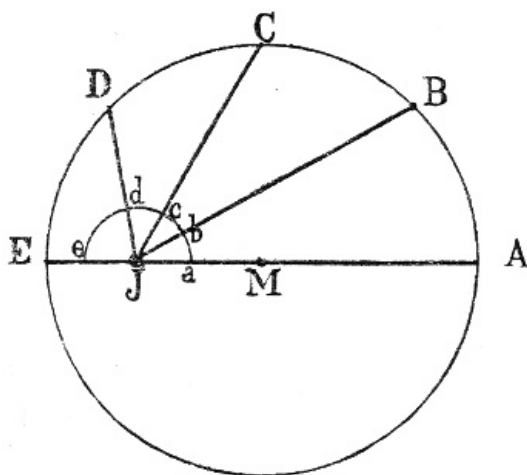


Fig. 6.



Fig. 7.

De öfriga himmelskropparna, planeterna, företedde dessutom en annan oregelbundenhet. Vi hafva omnämnt huru planeten Venus äfvensom Merkurius synas skrida fram och tillbaka omkring solen och sålunda vända i sin rörelse i tvänne punkter (*stationspunkter*). Något liknande gäller äfven de öfriga planeterna. De skrida visserligen största delen af himmelen rundt i cirkelformiga banor, men då de komma till den trakt af himmelen, som ligger midt emot solens plats (*i opposition mot solen*), så beskrifva de en slinga med två vänd- eller stationspunkter A och B (fig.

7). Huru förklarades nu dessa afvikelser från den rena cirkelrörelsen? Låt oss t. ex. taga planeten Venus. Man tänkte sig då först en punkt S (se fig. 4) med likformig rörelse beskrifvande en cirkel omkring den fasta jorden J (*deferentcirkel*). Denna punkt S tänkte man sig såsom medelpunkt för en ny cirkel (*epicykel* = "cirkel på cirkel"), i hvilken planeten V tänktes röra sig likformigt. Det är nu tydligt, att om S låge stilla, så skulle planeten V från jorden synas svänga fram och tillbaka mellan två vändpunkter, som i fig. motsvaras af A och B. Men det är klart, att detta fortfarande blir fallet, äfven om punkten S med sin epicykel rör sig långsamt framåt i sin deferentcirkel. För att till fullo förklara den skenbara rörelsen, behöfde man ytterligare blott antaga att punkten S rörde sig så, att den ständigt låg åt samma håll som solen från jorden räknat. (Jämf. härmed Heraklides' system.) På detta sätt kunde man förklara Venus' och Merkurius' rörelser. Genom en ringa ändring af ofvanstående figur kunde man äfven göra sig reda för de öfriga planeternas rörelser och deras stationspunkter. Detta var den s. k. *epicykelteorien*.

[21]

Visade det sig nu att rörelserna dock icke kunde fullständigt förklaras, så sökte man afhjälpa detta genom att till den andra cirkeln foga en ny epicykel, i hvilken planeten då fick röra sig o. s. v.

Dessa åsikter med alla deras enskildheter, likasom öfverhufvud de mesta resultaten af den Alexandrinska skolans astronomiska forskningar äro sammanställda i ett arbete, kallat *Almagest* af astronomen *Ptolemäus*. Denne betraktas äfven därför såsom denna skolas hufvudsakliga representant.

Ingenting hade hindrat Ptolemäus att såsom Heraklides *antaga solens egen bana såsom deferent* för Venus och Merkurius och likaså för de andra planeterna. Han skulle då hafva erhållit det system, hvilket, som vi nämt, förfäktades af *Tyko Brahe*. Och sedan detta väl var skett, hade häller *icke något hinder mött*, hvad rörelsens förklaring beträffade, att, såsom Aristarkos, *antaga solen orörlig och i stället låta jorden röra sig*. P. hade då varit framme vid det af oss antagna Kopernikanska systemet. Men han vidtog icke dessa ändringar därför, att enligt hans åsikt jorden af vissa skäl, till hvilka vi återkomma, måste vara i hvilat.

Så förblef hans system oförändrat ej blott under hans tid utan framgent genom hela medeltiden, under hvilken det Ptolemäiska systemet jämsides med Aristoteles' härskade inom astronomien. Ända till 1500-talet trampade astronomien sålunda i de gamla fotspåren från grekernas tid. Men mycket annat hade från den tiden ändrat sig. De religiösa föreställningar, hvilkas sakförare en gång satte i fråga rättsligt åtal mot Aristarkos, de voro vid den tid, till hvilken vi nu öfvergå, längesedan utdöda. Och händelserna hade länkat sig så att de, som nu i religionens namn sökte vederlägga åsikten om jordens rörelse, anförde såsom skäl emot den samma uttalanden ur judafolkets urkunder.

[22]

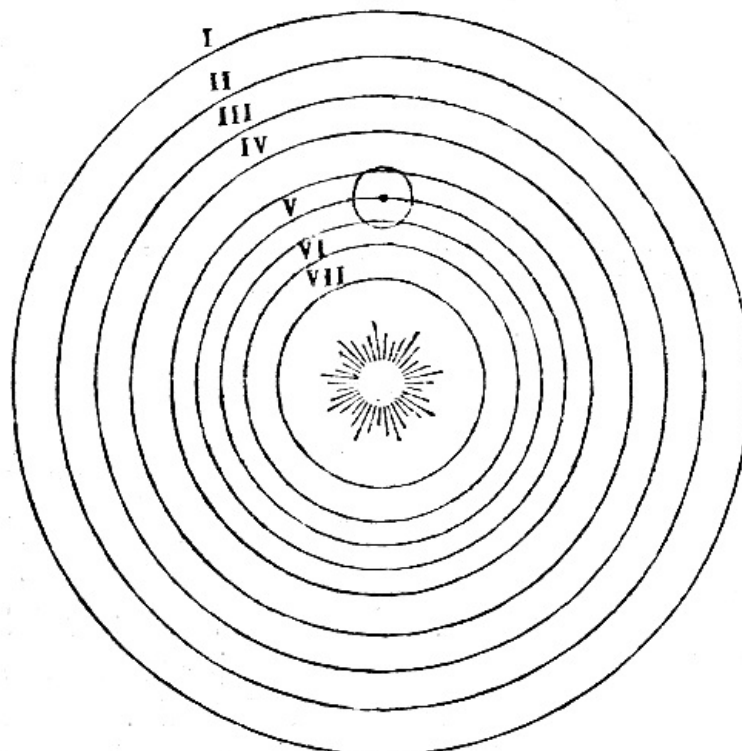


Fig. 8.

(Kopernikus' egen figur.)

Efter hvad som blifvit framställt, är det lätt att förstå den vetenskapliga innebörden af det steg som togs af *Kopernikus* (1473-1543 e. Kr., domprost i Frauenburg). Han kände till fullo det Ptolemäiska systemet och var förtrogen med Pytagoräernas åsikter, äfven om det är tvifvel underkastat, huruvida han känt till Aristarkos. Kopernikus företog nu — hvad hufvudsaken beträffar — just de ändringar på det Ptolemäiska systemet, som vi nyss föreslogo och så var hans system i sina grunddrag färdigt. Själf yttrar han sig härom i sitt arbete på följande sätt: "Jag ställer mig på *Martianus Capellas* och andra romerska skriftställares ståndpunkt^[2], hvilka anse, att Venus och Merkurius röra sig rundt omkring solen; därför blifva deras rörelser på båda sidor

om solen begränsade och bestämda af radierna i deras banor. Dessa planeter röra sig ej kring jorden. Likaså omsluter Venus' bana Merkurius' bana. Hvarför kunna vi då icke, om vi utgå härifrån, hänföra Saturn, Jupiter och Mars till samma medelpunkt. Det behöfves blott att antaga passande radier för deras banor, hvilka böra ligga utom jordbanan. — Mellan Venus' bana och Mars' bana är ett tomt rum: det är där vi skola förlägga jordens bana och kring jordens bana månens, som icke kan skilja sig från jorden. Vi behöfva icke blygas för att jorden med månen årligen rör sig i en stor bana kring solen, i sällskap med de andra planeterna. Antages solen orörlig, så kunna alla företeelser på himmelen förklaras genom jordens rörelse. Huru stora planetbanorna än äro, så äro de dock försvinnande i jämförelse med det tomrum, som skiljer dem från fixstjärnssferen. Allt detta kan synas svårt och hardt när otroligt; men med Guds hjälp skola vi göra det klarare än solen, åtminstone för alla, som begripa matematik. Utgå vi nu från den grundsatsen, som ingen lär bestrida, att ju större en bana är desto större är omloppstiden, så kunna vi förlägga banorna i följande ordning, i det vi börja med den yttersta.

[23]

[2] = Heraklides' ståndpunkt.

Den första (I) är fixstjärnssferen. Den är orörlig och till den hänföras alla stjärnors rörelser och lägen i vår värld. Astronomerna antaga den samma rörlig; men vi skola visa, att detta är en synvilla, beroende af jordens rörelse. Under stjärnssferen är Saturnus' (II) bana, hvars omloppstid är 30 år; sedan komma i ordning banorna för Jupiter (III) med 12 års omloppstid, Mars (IV) med 2 års omloppstid, Jorden (V) med månen med ett års omloppstid, Venus (VI) med 9 månaders och Merkurius (VII) med 82 dagars omloppstid. I medelpunkten för alla dessa banor tronar solen. Kunde man hafva gifvit en lämpligare plats åt denna klara stjärna, som upplyser detta härliga tempel?"

Såsom Kopernikus själf framhäfver, så var öfvergången från Ptolemäus' system till hans eget den naturligaste sak i världen. Det var icke håller denna rent geometriska öfvergång, som utgjorde stötestenen för hans samtida. De mera tänkande bland hans motståndare erkände, likasom en gång Ptolemäus, att läran om jordens rörelse gärna kunde få passera, nämligen såsom en *hypotes* (antagande) för *enkelhetens skull*. Först när han ville häfda sin åsikt som en *värklighet*, stötte han på motstånd från de djupt rotade öfvertygelser af motsatt art, som genomträngde hela hans tidevarf, från den gamla nedärfda uppfattningen, understödd af tidens vetenskapliga och religiösa tänkesätt.

Det är bekant, huru medeltidens människor, med blicken lyft mot en, efter hvad det ansågs, bättre värld, hvilken för deras fantasi aftecknade sig mera lefvande än för vår, ringaktade eller försummade sina efter denna världen afpassade förståndsförmögenheter. För dem blef det den förnämsta uppgiften att klargöra och ordna de religiösa förhållandena; särskilt gälde detta med afseende på fastställandet af kyrkans tro. Många religiösa samfund stödjade sig äfven ännu i dag vid de viktigare resultat, som sålunda stadfästades af kyrkans främste män och på kyrkomötena. Men utom dessa större frågor egnade man sig med ifver och allvar åt mera detaljerade undersökningar, hvilka numera icke hafva allmänt intresse. Så handla flere skrifter från den tiden om änglarnas egenskaper t. ex. om deras ålder och klädedräkt, om hvilken ängel, som brakte den heliga jungfrun det himmelska budskapet, om huruvida änglarna tala grekiska eller hebreiska, eller huru många tusen änglar få rum på en nålspets, om deras näring, matsmältning och sömn o. s. v. Det är tydligt att under sådana förhållanden naturvetenskaperna kommo att intaga en tillbakaskjutet ställning. Och när vetenskapliga frågor förekommo till behandling, så skedde detta på samma sätt och enligt samma metoder, med hvilka forskningar uti de himmelska tingen bedrefvos. Då man med trons visshet kunde bilda sig en föreställning om förloppet i himmelen eller i jordens d. v. s. världens medelpunkt, hvarest helvetet hade efterträdt Pytagoräernas sinnebildliga eld^[3], hvarför skulle man då lägga vikt på sinnenas otillförlitliga vitnesbörd, då det gälde de obetydligare saker, som tilldrogo sig i ens omgifning? Också är bristen på iakttagelseförmåga under denna tid förvånande. Sålunda påstår t. ex. en författare, att om man kastar en sten, så rör den sig först ett stycke bortåt i en krökt bana och faller sedan rätlinigt ned på jorden. Det bör äfven icke förundra oss, att samma personer, som i apostlarnas berättelser och kyrkomötesprotokollen ansågo sig äga ett osvikligt rättesnöre i teologiska saker, med trygghet litade till Aristoteles' skrifter, när det kom an på naturvetenskapliga spørsmål. Så kom det sig att Aristoteles' läror angående jordens orörlighet, alla de kristallsferer, som omgäfvade henne o. s. v., långt fram i tiden förblefvo rotfasta ej blott hos allmänheten, utan äfven hos dem, som egnade sig åt vetenskapliga forskningar. Det var denna tidsanda, som utgjorde det svåraste hindret för Kopernikus' nymodiga åsikter. Ptolemäus' blott af de lärda kända bevis mot jordens rörelse spelade en obetydlig roll vid sidan af den omständigheten, att den gängse uppfattningen af alla förhållanden och särskilt själfva religionsformen hade utbildats och likasom växt sig omkring åsikten om jordens fasta läge i världens medelpunkt. Det var ju för tanken helt naturligt, att den gudomliga nåden på ett särskilt sätt samlat sig på ett sådant enastående ställe, som världens medelpunkt, människans hemvist. Men hvad skulle man tänka, om jorden ej var annat än en irrande planet bland många liknande, och huru skulle man föreställa sig dessa andra planeter lottade i samma afseende?

[24]

[25]

[3] I en 1836 med myndigheternas bifall utgifven formulering af den katolska tron heter det: »Helvetet är den djupaste ort i världen, nämligen jordens medelpunkt, och därför motsätts i den Heliga skrift på många ställen himmelen och helvetet, såsom den högsta och lägsta orten.»

Såsom det blifvit antydt, hafva under olika skeden af medeltiden vetenskapliga sträfvanden af olika värde varit värksamma. Kyrkofadern Lactantius från början af fjärde århundradet egnade redan en tanke åt frågan om jordens rörelse, i det han i sitt arbete "Om den falska okunnigheten" förklarar alla dem för "mindre vetande", som antogo, att jorden roterar, att den är rund, att det

finnes antipoder och att man kan gå omkring henne utan att falla. I allmänhet stälde sig de skickligaste på Ptolemäus' ståndpunkt och utbildade särdeles mot slutet af medeltiden hans system, såväl genom tillfogande af nya epicykler som genom att bearbeta nyare iakttagelser. Ett århundrade före Kopernikus (1444) yttrar sig den som kardinal och ståthållare i Rom bekante *Nikolaus Cusa* om jordens rörelse på följande sätt i ett arbete "Om den lärda okunnigheten": "Det är tydligt, att jorden rör sig, om det också icke omedelbart synes våra sinnen så, emedan vi icke kunna döma om rörelsen annat än i jämförelse med det som är fixt; på samma sätt som den, som sitter i en båt, som lugnt drifver med strömmen i en flod, icke kan märka sin egen rörelse annat än genom att iakttaga strandens. På detta sätt äro solens och stjärnornas rörelser det enda vitnesbördet om vår egen." Af denna Nikolaus Cusa skall astronomen *Purbach* från Wien hafva fått del af dessa åsikter. Utan att själf vidare befatta sig därmed, meddelade denne i sin ordning åsikten om jordens rörelse och planeternas jordlika natur åt sin lärjunge *Regiomontanus*. Men icke håller denne framstälde saken offentligt. Båda dessa män voro framstående astronomer, som gjort sig förtjänta om vetenskapen. *Regiomontanus* hade en lärjunge *Brudzewski*; icke håller denne offentliggjorde något om saken. Det är svårt att afgöra om det varit vetenskapliga skäl eller opinionens våld, som sålunda åstadkom, att frågan uppskötts ifrån man till man. Kopernikus själf, som väl må antagas hafva erhållit de första ideerna till sitt system af *Brudzewski*, hvilken var hans förste lärare, uppsköt i 36 år offentliggörandet af sin åsikt. Han säger väl på ett ställe, att han gjorde detta af samma skäl, hvarför Pytagoräerna blott sins emellan meddelade sig om sina åsikter, "emedan hopen dock ej förstod hans lära". I ett annat af hans yttranden framlyser dock en annan orsak. Han omtalar, huru han af sina vänner blifvit nästan tvungen till offentliggörande af sitt arbete och fortsätter: "Bland dem var framför alla den i hvarje vetenskap berömde kardinalen Nikolaus Schönberg, ärkebiskop i Capua och efter honom en mig tillgifven vän, biskop Tiedeman Giese från Culm. — Denne senare har nämligen ofta manat mig och stundom med förebråelser uppfordrat mig att låta mitt verk komma i dagen, som jag hållit tillbaka och undandragit offentligheten icke i 9 utan i 4 gånger 9 år. Äfven några andra lärda män hafva föreställt mig, att jag icke längre af *fruktan* skulle vägra att göra mina arbeten bekanta till gagn för alla matematiker." Han lät äfven slutligen öfvertala sig och lämnade i Gieses händer handskriften till sitt verk "*Om omloppen*", till hvilket han hade den lyckliga idén att bifoga en tillegnan till påfven. Här heter det: "Jag tillegnar Eders Helighet mitt verk, för att hvar och en, både lärda och olärde skola se, att jag icke söker undvika bedömande och granskning. Eder auktoritet och Eder kärlek till vetenskaperna i allmänhet och matematiken i synnerhet skola blifva mig en sköld mot onda och nedriga belackare, äfven om ordspråket säger, att mot smådarens bett finnes intet läkemedel. — Om lättsinniga eller okunniga människor vilja missbruka några utdrag ur den Heliga skrift (för att vederlägga hans åsikt), så skall jag ej låta detta invärka på mig; jag föraktar deras fåvitska angrepp. Har icke Lactantius, den berömde skriftställaren, men svage matematikern, förlöjligat de personer, som trodde på jordens klotform? Vore det då att förvåna sig öfver, om detta äfven skulle blifva min lott? Matematiska sanningar böra bedömas endast af matematiker. Om jag icke bedrager mig, skola för öfrigt mina arbeten vara till nytta för kyrkan, hvars högsta ledning Ers Helighet för närvarande har i sina händer." Giese öfverlämnade handskriften åt *Rheticus*, Kopernikus' lärjunge. Denne i sin ordning öfverlämnade bestyret om tryckningen åt den lutherske predikanten *Osiander*, hvilken slutligen ombesörjde den samma efter att dock hafva uteslutit Kopernikus' tillegnan till påfven och i stället bifogat ett af honom själf skrivet företal "Om detta värks hypoteser", i hvilket, tvärt emot Kopernikus' afsikt, åsikten om jordens rörelse framhölls såsom ett blott antagande utan värlighet. — Kopernikus öfverlefde ej tryckningen af sitt arbete. På dödsbädden skall han hafva erhållit de första arken däraf.

[26]

I det föregående har blifvit visat, hvaruti det nya af Kopernikus' system bestod, huru det uppkommit genom *en i geometriskt afseende obetydlig ändring af det Ptolemäiska systemet* och vi hafva antydtt de för vetenskapen främmande omständigheter, som utgjorde det svåraste hindret för det sammans utbredning. Hårtill kom nu äfven, att de af Kopernikus framställda skälen ej voro af den natur, att de kunde blifva särdeles värksamma på dem, som voro genomträngda af det gamla föreställningssättet. Hufvudsumman af Kopernikus' skäl kan i korthet sammanfattas på följande sätt. Hvad först den dagliga rörelsen beträffar, anmärker han det orimliga däruti, att alla de olika planeterna och fixstjärnssferen skulle, ehuru åtskilda den ena från den andra följas åt i sin rotation kring jorden. Han påvisar äfven, hvilken oerhörd hastighet det skulle krävas, särdeles för den längst aflägsna fixstjärnsferen, för att den skulle hinna med denna rotation på en dag. Och huru mycket enklare gestaltar sig icke saken, om man låter stjärnsferen och planeterna vara orörliga och gifver åt jorden en roterande rörelse, hvilken i alla händelser ej behöfver medföra en så ofattlig hastighet! Beträffande jordens årliga rörelse lade han till stöd för sin åsikt den omiskänneligen större enkelhet detta antagande medförde. Huru olika i de båda systemen; i hans eget solen helt enkelt omgifven af ett antal cirkelformiga planetbanor, den ena utanför den andra; och i det gamla systemet för hvarje planet en invecklad apparat af deferent och epicykel. "I sanning, de som konstruerat detta system, de hade, så att säga, haft till sitt förfogande alla delarna af en välskapad kropp, men de hade däraf sammansatt ett vidunder, genom att sätta lemmarna på oriktiga ställen!"

[27]

[28]

3. Galileo Galilei, hans lif, hans upptäckter på himmelen med kikarens tillhjälp.

Såsom blifvit nämt, afled Kopernikus strax innan hans verk kom ut i tryck, och när striderna om

det samma uppstodo, var han icke längre själf till hands för att föra försvarstalan. I lifstiden äflades han icke håller att med sin egen person uppträda för sin åsikt. Han utarbetade i lugn sina teorier och anförtrodde dem på sin höjd åt några få vänner. Likasom hans åsikter sålunda saknade stöd af hans egen personlighet, så var äfven, efter hvad som anförts, hans bevisföring åtminstone icke för hans samtida nödvändigt öfvertygande; särskilt var hans vederläggning af Aristoteles' och Ptolemäus' motbevis ej kraftig nog. I båda dessa afseenden fullständigades Kopernikus' uppträdande ett århundrade efter honom själf af *Galileo Galilei*.

Denne märkvärdige man, son af en musiker i Florens, föddes i Pisa 1564. Af sin fader bestämdes han ursprungligen för läkareyrket, och han idkade äfven en tid medicinska studier. Men hans håg drog honom snart öfver från läkarebanan till naturvetenskapernas studium. Han gjorde häruti så stora framsteg, att han redan vid tjugu års ålder författat flere afhandlingar. År 1589 utnämndes han till professor i Pisa. Tre år därefter flyttade han som professor till Padua i den på denna tid i kultur och vetenskaper framstående republiken Venedig. Det var här han gjorde de berömdaste af sina upptäckter. Här utöfvade han en storartad och fruktbringande lärarevärksamhet. Antalet af hans åhörare skall stundom hafva öfverstigit 2,000 personer. Furstar och ädlingar besökte honom och åtnjöto hans enskilda undervisning. Bland dem omnämnes särskilt en prins Gustaf från Sverige. — För att emellertid i ro få hängifva sig åt sina naturvetenskapliga undersökningar, hvilka inkräktades af denna betydande lärarevärksamhet, öfvergaf han sin plats i Padua, där han varit omgifven af idel vänner och beundrare och anställdes i Florens af storhertigen af Toskana såsom hofmatematiker utan undervisningsskyldighet. Här kom han emellertid i en omgifning, som hvarken var honom själf så tillgifven icke heller i allmänhet så frissinnad, som fallet varit i Venedig. Hans vänner från Padua beklagade sig öfver hans oförsiktighet att välja Florens till vistelseort. Det dröjde heller icke länge, innan Galilei, mycket till följd af sitt öfverlägsna och hårdnackade sätt att uppträda, förvärfvade sig en skara af fiender bland munkarna och anhängarna af de gamla Aristoteliska åsikterna, hvilka för hvarje ny upptäckt, som han gjorde, kände marken glida under deras fötter. Stormen mot honom nådde sin höjdpunkt, efter det han utgifvit en skrift, i hvilken han sökte uppvisa att läran om jordens rörelse ej stod i strid med den Heliga skrift^[4]. Så följde hans resa till Rom och den ryktbara processen, genom hvilken han dömdes att afsvåra sina åsikter. Efter denna tid blef hans kraft bruten. Dömd till enslighet och tystnad, hade han ingen möjlighet att med samma eftertryck som förr fortsätta sina vetenskapliga undersökningar. Han afled i sin villa Arcetri nära Florens 1642.

[4] Bland alla Galileis arbeten var detta det, som sedermera strängast blef förbjudet.

Galileis värksamhet var af betydelse ej blott för astronomen, utan äfven för öfriga naturvetenskaper. Såsom egendomligt för hans arbeten, gent emot den föregående riktningen inom vetenskapen, kan betecknas, att han i hvarje fråga vädjade till erfarenheten, lämnande åsido hvarje förutfattad mening och hvarje auktoritet. I detta afseende är han den moderna vetenskapens grundare. Under det hans samtida t. ex. på god tro antogo Aristoteles' lagar för kroppars fall, enligt hvilka kroppar falla fortare, ju tyngre de äro, så företog sig Galilei att från det lutande tornet i Pisa samtidigt nedsläppa föremål af högst olika tyngd. Han fann på detta sätt sina *fallagar*: att alla kroppar, tyngre och lättare falla *lika fort* och med en hastighet i hvarje ögonblick, som växer i samma mån som den tid kroppen hållit på att falla, hvarförutom den tillryggalagda vägen växer såsom den förlutna tiden multiplicerad med sig själf. Att verkliga somliga kroppar synas falla långsammare än andra, t. ex. en fjäder långsammare än en sten, förklarade Galilei bero på en biomständighet, nämligen luftens motstånd mot rörelsen. Den *empiriska* (= försöks-) metod, han använde, var på hans tid så illa aktad, att hans kolleger, för att uttrycka sitt misshag, mången gång störde hans försök med ovärdiga uppträden, hvisslingar och oväsen. De anade ej att dessa fallförsök skulle blifva grundstenen för en ny viktig vetenskap, *dynamiken* eller rörelseläran. — Aristoteles höll före, att det beror på kroppars form, om de sjunka eller flyta i vatten (eller andra vätskor). Sålunda antog han, att is är tyngre än vatten, men flyter på vattnet, emedan den är platt. Ingen hade före Galilei fallit på den tanken att undersöka saken genom att af samma ämne förfärdiga kroppar af olika form, för att öfvertyga sig, att de sjunka eller flyta oberoende af deras form och beroende blott af ämnets tyngd. — Aristoteles indelade kropparna på jorden i två slag: tunga, som hafva en benägenhet att falla, nämligen jord och vatten, samt lätta, hvilka hafva en benägenhet att stiga, såsom luft och eld. Galilei visade däremot, att *alla* kroppar äro tunga och dragas mot jorden, och att, om en kropp synes lätt, t. ex. flyter på vatten, så beror detta icke på en hos kroppen inneboende drift att stiga uppåt, utan därpå, att den är mindre tung än den kropp, som omger honom. I många andra punkter höll han sålunda räfst med det gängse föreställningssättet och ersatte fördomarna med erfarenhetsrön.

Galilei gjorde äfven en mängd för det praktiska lifvet och för vetenskapen nyttiga uppfinningar. Sålunda fann han redan som ung studerande, då han af en händelse iakttog svängningarna hos en taklampa i en kyrka, att dessa svängningar voro, hvad man kallar *isokrona*, d. v. s. att till hvarje svängning, stor eller liten, åtgår lika lång tid. Han förstod ock den betydelse för tidmätningen, som låg i denna omständighet, i det att en dylik apparat, bestående af t. ex. en kula upphängd med en tråd eller en stång (*pendel*) kunde tjäna till uppmätning af olika tidsrymder i förhållande till hvarandra. Svängningstiden för pendeln är blott beroende af dess längd. Vill man hafva en pendel, som utför hvarje svängning på precis *en* sekund, får man göra den *en* meter lång. Galilei synes hafva tillämpat denna metod för tidmätning blott för medicinskt bruk, för räknande af pulsens slag. Det blef holländaren *Huygens* förbehållet, att med pendelapparaten förena ett maskineri af kughjul och en drifkraft (lod eller fjäder), hvarigenom våra vanliga pendelur voro uppfunna. Pendeln spelar vid uret just den rollen, att genom sin egenskap att utföra hvarje svängning på en noga bestämd tid, *reglera* den rörelse hos hjulen och visaren, som drifkraften *åstadkommer*. Innan dylika ur kommit i bruk, var man för tidmätning hänvisad antingen till solens rörelse (solvisare) eller till s. k. sandur och vattenur. Ett sandur var

[29]

[30]

[31]

ingenting annat än hvad vi känna under benämningen timglas. Vattenuret var en dylik inrättning, blott med den skilnad, att sanden var ersatt af vatten. Galilei använde själf vattenur vid bestämning af tiderna för kroppars fall. — Galilei är äfven en bland dem, hvilka man tillskrifver uppfinningen af *termometern*. Af Galileis öfriga uppfinningar skola vi inskränka oss att beröra kikarens upptäckt, hvilken står i närmaste samband med vårt ämne.

År 1609 kom till Italien ett rykte om, huru en holländsk instrumentmakare förfärdigat ett instrument, med hvilket man var i stånd att närma aflägsna föremål till ögat. Det berättas, att Galilei, sedan han erhållit denna underrättelse, efter en natts arbete utgissat hemligheten. Faktiskt är, att han i början af samma år konstruerade det instrument, som benämnes den *Galileiska kikaren*, för öfrigt samma apparat, som våra vanliga teaterkikare. Efter åtskilliga försök lyckades han uppbringa kikarens förstoring ända till 100 gånger. Denna upptäckt väckte den största beundran och uppståndelse. Beställningar på kikare ingingo från alla håll hos Galilei. Venetianarna, för hvilka kikarens användning till sjös framstod såsom det väsentliga och som skattade sig lyckliga att vara i besittning af ett medel att i god tid upptäcka möjligen annalkande fientliga fartyg, belönade Galilei genom att erbjuda honom en väl aflönad plats på listid i Padua. Blott Galilei föll på tanken att rikta kikaren mot himmelen. På detta sätt gjorde han nu en rad af för den tiden högst märkvärdiga upptäckter.

Hans första mönstring gälde månen. Han fann, hvad flere af forntidens astronomer anat, att månens yta företedde anblicken af ett landskap med bärgkedjor, bärgtoppar, dalar och stora, släta partier af mörkare färg, hvilka han ansåg vara haf; han kunde se, hur bergen kastade skuggor i solskenet och var i stånd att genom uppmätning af skuggornas längd bestämma bärgens höjd. Enligt de allmänna föreställningarna åter var hvarje himmelskropp ett väsen af helt annan art än jorden; allt som syntes på himmelen var oförgängligt och fullkomligt. Himlakropparnas form var sferisk, emedan klotet var den mest fullkomliga geometriska figur; och dessa sferers yta måste vara slät, emedan deras fullkomlighet uteslöt hvarje ojämnhet.

[32]

Den nästa himlakropp, på hvilken Galilei riktade sin kikare, var planeten Jupiter. I stället för den välbekanta glänsande stjärnan såg han nu en liten rund, belyst skifva, en måne i smält format; och i närheten af den samma upptäckte han fyra små stjärnor, som från dag till dag ändrade läge. Det visade sig snart, att alla fyra hörde till Jupiter; dessa stjärnor voro fyra månar, som kretsade kring Jupiter i cirkelformiga banor, så som vår egen måne omkring jorden. Han kallade dem för de Mediceiska stjärnorna till det toskanska furstehuset Medicis ära. Berättelsen om dessa sina upptäckter offentliggjorde Galilei i ett arbete med titeln "Stjärnebudet". Genom dessa upptäckter steg än ytterligare hans rykte. Hertigen af Toskana belönade honom med skänker, konungen af Frankrike bestälde nya stjärnor, hvilka skulle bära hans namn, och kardinal Barberini, hvilken såsom påfve senare anordnade processen mot Galilei, författade ett ode till hans ära. Under tiden vägrade andra att tro på upptäckterna, ja kunde icke förmås att genom en blick i kikaren öfvertyga sig om förhållandet emedan, som de föreburo, hvad man där såg allenast var en sinnesvilla, framkallad af djäfvulen.

Galilei öfvergick nu till studiet af planeten Saturnus, hvilken i kikaren erbjöd en märkvärdig anblick. Han uppfattade saken så, som om planetens skifva varit försedd med tvänne öron eller handtag. Först Huygens lyckades förklara denna företeelse, hvilken från tid till tid växlade utseende efter Saturnus' läge i förhållande till solen och jorden och visade sig bero på en platt ring, som fritt sväfvande omgaf planeten. Hos planeten Venus fann Galilei, såsom Kopernikus redan förutspått, olika faser, allt efter planetens ställning till solen, så att planeten, liksom månen, än syntes rund, än formad som en skära. Härmed var påtagligen visat, att planeten hade klotform samt rörde sig rundt omkring solen. — Galilei fann vidare med sin kikare otaliga för blotta ögat osynliga fixstjärnor. Vintergatan och andra smärre molnaktiga bildningar på stjärnhimmelen (*nebulosor*) upplöste sig i hans kikare uti tätt hoppackade stjärnor. — Slutligen riktade han kikaren på solen och fann så på henne de s. k. *solfläckarna*, mörka fläckar, som tid efter annan uppstå och småningom röra sig öfver solskifvan. Galilei antog, likasom man nu för tiden håller före, att dessa fläckar voro bildningar på solens yta. Af deras rörelse slöt han till, att solen måste rotera omkring sin axel och bestämde nära riktigt rotationstiden till en månad. Från annat håll, där man icke ville höra talas om, att solen skulle vara behäftad med dylika ofullkomligheter, sökte man göra troligt, att dessa fläckar härrörde af mörka kroppar, som passerade förbi solskifvan. De franska och österrikiska konungahusen täflade om äran att fästa sina namn vid dessa inbillade stjärnor, hvilka ock på den tiden gingo under benämningen de Bourboniska eller de Österrikiska stjärnorna.

[33]

4. Galileis stora arbete om världssystemen, hans försvar för läran om jordens rörelse.

Alla dessa undersökningar och upptäckter voro egnade att rucka på det bestående åskådningssättet, och äfven om de icke alla omedelbart spelade en roll för undanträngandet af de gängse astronomiska föreställningarna, så hafva de dock i så måtto bidragit därtill, som de försatte de ofelbara Aristoteliska lärorna i misskredit. — Längre hade Galilei, som han själf berättar, varit betänkt på, att i ett enda arbete sammanfatta allt hvad skäl och bevis hette för att vederlägga de gamla världssystemen och försvara det Kopernikanska. Omsider kom äfven denna afsikt till fullbordan i hans mest berömda arbete: "Samtal om de två världssystemen, det Ptolemäiska och det Kopernikanska." Detta verk är indelat i fyra afdelningar. Den första

[34]

afdelningen behandlar Aristoteles' indelning af världen i jordiska och himmelska ting, af hvilka de förra äro förgängliga och, när de röra sig, röra sig rätlinigt mot världens medelpunkt, d. v. s. falla mot jorden, de senare däremot äro fullkomliga och oförgängliga och hafva den egenskapen att röra sig i cirkelformiga banor. Galilei söker visa, att de jordiska och himmelska tingen äro af samma art — ex. månen — och att himmelen äfven är underkastad förändringar — ex. 1) de ofta uppträdande och åter försvinnande kometerna, 2) uppflammandet af tvänne nya stjärnor åren 1572 och 1601, 3) solfläckarna, hvilka uppstå och åter försvinna på solen.

I den andra afdelningen följer frågan om jordens rotation. Utom Ptolemäus' bevis mot jordens rotation, som redan blifvit omnämt, anfördes i hufvudsak häremot följande. Hvarje föremål, som kastas rätt upp i luften, nedfaller på samma ställe, hvarifrån det uppkastades. Detta vore omöjligt, om jorden rörde sig, ty medan stenen är i luften, skulle jorden likasom glida undan under honom och han skulle då nedfalla bakom det ställe där han blifvit uppkastad. Fåglarna skulle icke våga lämna sina bon af fruktan att aldrig finna vägen tillbaka. Skott, som afskötos i en viss riktning, skulle afvika från den samma. Dessutom skulle genom denna rörelse uppstå en beständig stormvind, hvilken skulle blåsa omkull alla på jorden befintliga föremål, i det föremålen, som åtfölja jorden i dess rörelse, skulle genomskära den omgifvande luften.

Hvar och en som företagit sig, att från däckat af en framilande båt kasta ett föremål rätt upp i luften, inser grundlösheten af dessa anmärkningar. Föremålet nedfaller på samma plats af däckat, där det kastades upp, oaktat båten är i rörelse, och faller ej i sjön akterut. Detta beror därpå, att föremålet i det ögonblick, det uppkastades, innehade samma framåtskridande rörelse som fartyget och fortfarande behåller denna rörelse, sedan det lämnat handen. Detta var ock Galileis motbevis: alla kroppar på jorden, de må hvila på den samma eller befinna sig i luften, ja luften själf, deltaga i jordens rörelse; och *den rörelse, de en gång hafva, den kunna de icke af intet förlora*. Det sista är hvad man kallar kropparnas *tröghet*, en för rörelseläran ytterst viktig egenskap, som var okänd för de gamle, hvilka ansågo, att för hvarje rörelse erfordrades en oupphörligt pådrifvande kraft. Om luften medföljer i jordens rörelse, så kan ju icke håller någon vind af oss förnimmas.

[35]

Efter detta anför Galilei sina egna skäl för jordens rotation, hvilka i sina hufvuddrag kunna sammanfattas på följande sätt. Är det först och främst sannolikt, att den ofantliga fixstjärnsferen roterar kring den obetydliga jorden? Ytterligare, om fixstjärnsferen, som själf roterar under loppet af 24 timmar, har makt att i denna rörelse draga med sig de från den samma åtskilda planeterna, huru skulle jorden ensam kunna undandraga sig detta inflytande och förblifva i hvila? Om man granskar himmelskropparnas rörelser, så finner man vidare, att deras omlopp är desto långsammare, ju längre bort de äro belägna. Jupiters månar äro de himmelskroppar, som ligga närmast sitt centrum (Jupiter). Den närmaste månen behöfver till sitt omlopp kring Jupiter blott 42 timmar, den andra 2½ dag, den tredje 7 dagar, den fjärde 16 dagar; vår egen måne behöfver till sitt omlopp en månad, Jupiter, som ligger betydligt längre bort, 12 år och Saturnus, den aflägsnaste planeten, 30 år. Är det icke orimligt, att sedan omloppstiderna sålunda vuxit med afstånden, den yttersta fixstjärnsferen skulle hafva en omloppstid af 24 timmar? Pekar icke analogien på, att denna sfer bör hafva en ytterst långsam rörelse eller rent af vara orörlig? Och detta kan man antaga, om man tillskrifver jorden en rotation på 24 timmar. Sålunda får banan af ett föremål på jorden, såsom sig bör, den minsta omloppstiden, emedan denna bana är den minsta af alla, som förekomma.

En för Galileis tid betecknande invändning var den, att om jorden såsom Kopernikus antager, hade två rörelser, den dagliga och den årliga, så borde den vara försedd med någon lem eller led, ty t. ex. djuren hafva ju olika lemmar för att utföra olika rörelser. En enda blick på rörelsen hos ett vagnshjul, som vrider sig kring sin axel, medan det samtidigt rör sig framåt, borde hafva öfvertygat om, att en och samma kropp kan samtidigt hafva två olika rörelser. Galilei tillgriper emellertid icke detta försvar, utan säger blott, att djuren hafva sina lemmar icke för att röra sig själfva utan för att röra olika delar af sin kropp. Mot den anmärkningen, att jorden, såsom en förgänglig skapelse, omöjligt skulle kunna röra sig beständigt, utan att, såsom djuren, då och då genom hvila hämta nya krafter, svarar Galilei, att djuren aldrig hvila från sina "naturliga" rörelser, utan blott från de oväsentliga. Så länge djuret lefver, andas det och hjärtat upphör först med döden att slå.

[36]

I den tredje afdelningen af boken kommer ordningen till jordens årliga rörelse kring solen. Stjärnsferen omsluter alla planetbanorna. Att jorden icke kan befinna sig i medelpunkten för dem, det framgår däraf, att planeternas afstånd från jorden undergå högst betydliga förändringar. Att åter planeternas afstånd från jorden äro högst olika vid olika tider, det följer af "de nya iakttagelserna" (med kikaren). Då planeterna synas ljus-svaga, ligga de långt borta från jorden, och, i samma mån de närma sig till henne, tilltager deras glans. Att Venus och Merkurius röra sig kring solen, det kan man lätt sluta till af de fasväxlingar, som "nyligen" blifvit upptäckta hos Venus. Endast månen rör sig omkring jorden. Skulle någon haka sig fast vid denna omständighet, så hänvisas på Jupiter, som omkretsas af 4 månar. I Jupiterssystemet har man för öfrigt en bild i smått af hvad solsystemet är i stort. — Men antag, att man ej på annat sätt visste, antingen det är solen eller jorden som rör sig; man skulle då kunna skaffa sig en öfvertygelse härutinnan sålunda. Alla planeterna röra sig. De äro alla mörka kroppar, som låna sitt ljus af solen, och så är äfven jorden. Det ligger då närmare att antaga en rörelse hos jorden, likasom hos planeterna, än hos solen, hvilken, likasom fixstjärnorna, tillhör en annan grupp af himmelskroppar, nämligen de själflysande. Det är därför påtagligt, att solen och fixstjärnorna äro orörliga. — Vidare föredragas Kopernikus' skäl, hvarjämte Galilei visar, huru från Kopernikus' ståndpunkt vändpunkterna i planeternas rörelser enkelt förklaras. — Egentligen borde jordens rörelse omkring solen åstadkomma en skenbar rörelse hos fixstjärnorna, men himmelskferen är

för långt aflägsen för att någon sådan rörelse skulle blifva märkbar.

Den sista afdelningen af Galileis arbete är egnad åt betraktelser öfver *ebb och flod* eller det fenomen, att hafvets vatten under dagens lopp tvänne gånger stiger (flod) och tvänne gånger faller (ebb). Vi veta nu för tiden, att detta beror därpå, att månen likasom en magnet drager till sig oceanernas vatten, så att hafvets yta buktas uppåt på de ställen, öfver hvilka månen ligger. Äfven på den rakt motsatta sidan af jorden uppstår en likadan höjning, beroende däraf, att jorden drages starkare till månen, än det på detta ställe liggande vattnet, som attraheras svagare, emedan det är något längre aflägsset från månen. Då månen nu för hvarje dag beskriver ett hvarf kring jorden, så måste, för ett och samma ställe på jorden, en höjning af vattnet tvänne gånger inträffa, dels då månen befinner sig öfver den ifrågavarande delen af hafvet, dels då månen befinner sig öfver den motsatta sidan af jorden. *Kepler*, Galileis berömda samtida, framställde denna förklaring af ebb och flod; och Galilei uttrycker sin förvåning öfver, att en så skarpsinnig man som denne, i detta afseende kunde så förirra sig. Själaf var han nämligen af annan åsikt. Han ansåg hafvets ebb och flod såsom en omedelbar följd af jordens rörelse. Hur därvid tillgår kan man enligt Galilei åskådliggöra genom en skål med vatten: står skålen stilla är äfven vattnet i hvila; men rör man skålen något åt sidan börjar vattnet genast skvalpa. Här är ej platsen att närmare ingå på Galileis tankegång, som — man måste erkänna det — är bra förledande. Galilei fäste stor vikt vid denna sin förklaring och ansåg sig i och med den samma hafva gifvit ett af de viktigaste bevisen för jordens rörelse.

[37]

5. Kätteriförföljelsen mot Galilei.

Härmed hafva vi anfört några hufvudsakliga punkter af hvad Galilei hade att andraga mot sin samtids åsikter. Det stora antal anhängare, han genom sin lärarevärksamhet förvärfvade, visar också, att hans motståndares skäl, hvilka synas *oss* inskränkta, äfven på den tiden kommo till korta, när det kom till allvarlig undersökning. Men, såsom vi anmärkt, det gälde här icke blott skäl och motskäl. Det gälde att dana om en hel världsuppfattning, som under sekler slagit djupa rötter i människonaturen och omhvarft alla föreställningar. Det gälde att tala till en massa personer, hvilka, för öfrigt måhända högst framstående, önskade blunda för den yttre erfarenheten, genomträngda som de voro af en instinkt att icke se och dock tro. Om vi betänka, huru medeltidens folk från släkte till släkte uppfostrats i undergifvenhet för de åsikter, de ärfat af högre stående folk, så var det äfven helt naturligt, att man med största allvar kunde söka vederlägga alla förståndsskäl med ett enkelt veto, hämtat ur gamla nedärfda läror. Och man kan ej håller förundra sig, om myndigheterna i sin välmening gingo för långt, då det gälde att försvara öfvertygelser, som för dem själfva och för folket voro heliga, emot den fara, som hotade från vetenskapens sida. Så blef förföljelsen emot de nya idéerna en naturlig följd af den föregående utvecklingen.

[38]

Redan Kopernikus var på sin tid utsatt för angrepp. Men dels hade han icke offentligt uttalat sig, dels voro dessa åsikter ännu så sällsynta, att allvarligare åtgärder icke voro af nöden. Man nöjde sig med att göra honom löjlig. Så framställdes han bland annat såsom pajas uti komedier. Martin Luther — hvilken kännetecknade *astrologien*, eller det då för tiden ytterst vanliga bruket att af stjärnornas lägen förutsäga människors öden, såsom en "fin, om äfven något osäker konst" — skall om Kopernikus hafva fält det yttrandet att: "Den narren vill vända upp och ned på hela konsten Astronomia; men den Heliga skrift säger oss att Josuah befalde solen stå still och icke jorden." På samma sätt framdrogos en mängd andra bibelställen såsom bevis emot Kopernikus, såsom psalm 93: "Nu är jorden väl grundad och skall icke kunna flyttas", och berättelsen om solförmörkelsen vid Jesu död, som varade i tre timmar, hvilket skulle varit omöjligt, om jorden rört sig, o. s. v. I det stora hela brydde man sig emellertid på den tiden icke mycket om nyheterna och till och med påfven hade ingenting att invända mot Kopernikus' till honom egnade företal.

Annorlunda gestaltade sig saken i Italien på Galileis tid. Genom Galileis föreläsningar och genom hans stora auktoritet hade de Kopernikanska åsikterna vunnit en så stor spridning, att från kyrkans synpunkt verklig fara ansågs vara förhanden. Åtgärder måste vidtagas och lämpliga medel funnos. År 1542 grundlades af påfven Paul III en undersökningsdomstol, kallad General-Inkvisitions-Kongregationen, hvilken erhöi till uppgift att vaka öfver och bestraffa alla sådana handlingar, som kunde betraktas såsom brott mot religionen och kyrkan. Den skulle söka återföra till sanningen alla, som förirrat sig och bestraffa dem som framhärdade i förryckthet eller fördömda åsikter. De kardinaler, som voro denna domstols tjänstemän eller s. k. *Inkvisitorer*, voro bemyndigade att i hela kristenheten inskrida på hvarje ort och mot hvar och en, som gjorde sig skyldig till afvikelse från den katolska tron eller var misstänkt för katteri. De ägde rätt att fångla och (äfven till döden) döma sådana personer. Det var denna institution, som tog saken om hand.

[39]

Galilei hade, som nämt, i Florens förvärfvat sig många ovänner. En ordnad rörelse uppstod där mot honom och slutade med en formlig angivelse hos påfven Paul III mot Galilei såsom kättare och mot de kopernikanska läroarna såsom irrläror. Påfven tillsatte en komité för undersökning af förhållandet, och denna komité utlät sig om de kopernikanska åsikterna om jordens rörelse, "denna falska Pytagoräiska lära", såsom varande "vetenskapligt oriktiga och stridande mot den Heliga skrift." Därefter utfärdade Index-kongregationen för förhindrande af åsikternas spridning ett dekret, genom hvilket Kopernikus' verk "Om omloppen" samt ett arbete af munken Asturica, kallat "Job" och handlande om samma åsikter, belades med kvarstad "tills de blifvit rättade". Ett tredje arbete af karmelitermunken Foscarini blef "helt och hållet förbjudet och fördömt", emedan

det sökte visa, att de ifrågavarande åsikterna ej stodo i strid med den Heliga skrift. Kopernikus' bok underkastades äfven ett par år därefter en granskning och utsläpptes sedan ånyo, rättad i den anda, att den framställda världsåsikten skulle framträda såsom ett blott antagande utan verklighet. Så ändrad ansågs boken böra tålas, emedan den innehöll "mycket i hög grad nyttigt för det allmänna". De ändringar, som vidtogos, inskränkte sig för det mesta till strykningsar af enskilda ord och uttryck. Så ströks alla ställen, där jorden omtalades såsom en "stjärna". Dessutom insköttes uttrycket "hypotesen om" på alla ställen, där det talades om jordens rörelse.

Galilei hade, då frågan i Rom kom före, genast skyndat dit, för att söka invärka på de maktägande. Men han lyckades icke härutinnan. Han mottogs visserligen på grund af sitt stora anseende synnerligen vänligt af kardinalerna och påfven, hvilken, efter hvad han själf berättar, sade honom, att Galilei, "såväl hos honom själf som hos hela Kongregationen stod så högt i aktning, att de icke lätteligen skulle lyssna till förtälet om honom, och att, så länge *han* lefde, Galilei säkert kunde därpå lita." Icke förty erhöi kardinal *Bellarmin* i uppdrag, att för sig inkalla Galilei och förkunna honom Kongregationens åsikt i frågan. Denna Galileis audiens var sannolikt af rent enskild natur, och ett aktstycke, som vid den senare tillkomna rättegången mot Galilei framdrogs såsom ett bevis, att *Bellarmins* förfarande mot Galilei varit af officiell art, anses vara förfalskat. I själfva verket erhöi Galilei en tid efter sitt besök af kardinalen ett egenhändigt underskriftvet intyg af innehåll, att Galilei icke, såsom kringgående rykten visste förtälja, inför honom eller eljes, så vidt han hade sig bekant, afsvurit sina åsikter, utan att *Bellarmin* endast meddelat honom Kongregationens förklaring, att Kopernikus' lära "stode i strid mot den Heliga skrift och därför icke kunde hållas för sann eller försvaras". Ett ytterligare försök af Galilei, att, efter det *Urban VIII* bestigit den påfliga stolen, utvärka återtagandet af förbudet mot Kopernikus' böcker, ledde icke heller till något resultat.

[40]

Huru mäktigt detta Kongregationens förbud värkade, kan man inse af den ytterliga försiktighet, med hvilken man efter dess utfärdande måste bemantla hvarje däremot stridande åsikt. Så beledsagade Galilei en afskrift af sin afhandling om ebb och flod, som han öfversände till ärkehärtig *Leopold* af Österrike, med ett bref, där det heter: "Jag vet, att man måste tro och lyda myndigheterna, emedan deras uttalanden härflyta från en djupare insikt, till hvilken min obetydliga ande icke af sig själf kan nå; jag betraktar därför denna skrift, som grundar sig på antagandet af jordens rörelse, såsom en dikt eller dröm. Men äfven diktare sätta stundom värde på en eller annan af sina fantasier. Så lägger jag värde på min ——— och sänder den, på det att det ej skall gå denna, såsom andra af mina upptäckter, hvilka man velat taga ifrån mig, utan att andra personer skola kunna intyga, att jag varit den förste, som drömde om ett dylikt hjärnspeke." Med samma af samhällsförhållandena betingade slughet gick han tillväga vid författandet af boken "Om de båda världssystemen". Den är skriven i form af ett samtal mellan tvänne anhängare af Kopernikus, *Sagredo* och *Sarpi* samt en företrädare af de gamla åsikterna, benämnd *Simplicius*. De båda förre anføra ständigt de starkaste och mest bevisande skälen, men icke förty får den i ordväxlingen svagare *Simplicius* alltjämt det sista ordet. Hvad Galilei afsåg med detta lilla bedrägeri, vann han äfven, i det hans bok af censorerna blef anbefald till tryckning. Först när det var för sent, kom man underfund med misstaget. Agitationer sattes i gång, man sökte inbilla påfven, att Galilei i *Simplicius*' person velat förlöjligen honom — och det ryktbara åtalet af 1633 följde.

[41]

Galilei måste å nyo begifva sig till Rom, där en lång ransakning påbörjades, under hvilken han tidtals befann sig i lindrigt fängelse i Inkvisitionspalatset, men för det mesta tilläts att bo i det toskanska sändebudets palats. Förhören skedde för slutna dörrar och Galilei förbjöds vid påföljd af de strängaste straff att yppa, hvad som förekommit. Det lades honom till last att hafva brutit emot kardinal *Bellarmins* befallning att "på intet sätt hylla eller utbreda" de skriftvidriga åsikterna och att hafva fört censorerna bakom ljuset. Förgäfves förklarade han sig icke kunna ihågkomma, att detta förbud blifvit honom meddelat. Man stälde mot denna förklaring de tydliga ordalagen i ett bland Inkvisitionens handlingar funnet aktstycke, utan underskrift, och som, efter hvad den senare forskningen synes hafva ådagalagt, sannolikt var förfalskat. Förgäfves företedde han kardinal *Bellarmins* intyg. Saken antog en hotande natur. Man hade ännu i minne, huru *Giordano Bruno* med döden på bålet fått plikta för sina åsikter, bland annat om jordens rörelse och världarnas flertal.^[5] Galileis vänner uppmanade honom också enständigt att begagna det tillfälle, som erbjöds honom, att afsvärja sina åsikter. Han beslöt sig också slutligen därför efter en strid med sig själf, som enligt samtidas vitnesbörd fullständigt nedgjorde den då 70-årige gubben.

[5] Se n:r 18 af *Verdandis Småskrifter, Giordano Bruno*.

Så fördes Galilei den 23 juni 1633 till Minervakyrkan i Rom, där den af anseende till personen mildrade domen upplästes. Det heter i den samma: "Med anropande af vår Herres Jesu Kristi heliga namn och den ärorika modern och obefläckade jungfrun Maria, påstå, förkunna, döma och förklara vi genom detta slutliga utslag, som vi i sittande domstol efter tillkallande af de ärevärdiga teologie doktorerna och juris doktorerna såsom våra rättsfullmäktige och enligt deras betänkande, här fälla: ——— att du, ofvannämde Galilei, efter hvad under processen förekommit och du själf som ofvan tillstått, inför denna heliga domstol gjort dig särdeles misstänkt för kätteri, d. v. s. att du trott och fasthållit en lära, hvilken är falsk och stridande mot den Heliga skrift, nämligen: att solen är jordbanans medelpunkt och att den samma icke går från öster till väster, att jorden rör sig och icke är världens medelpunkt och att denna åsikt kan hållas för sann och försvaras, sedan den dock blifvit befunnen och förklarad stridande mot den Heliga skrift; att du till följd häraf är hemfallen åt alla domar och straff, som genom de heliga lagarna och andra allmänna och särskilda stadgar mot dylika felande blifvit bestämda och stadfästade. Härifrån vilja vi förklara dig fri, om du med upprigtigt hjärta och ohychlad tro afsvär, fördömer och förbannar

[42]

ofvannämnda irrläror och kätterier och hvarje annan villfarelse, som strider mot den katolska och apostoliska kyrkan, enligt det formulär, som dig af oss förelägges. På det att denna din svåra och fördärflika villfarelse och olydnad ej skall blifva helt och hållet ostraffad, så bestämna vi, att din bok "Samtal af Galileo Galilei" genom en offentlig förordning skall förbjudas; dig själf döma vi inför denna heliga rätt till fängelse för en tid, hvilken af oss närmare bestämmes och ålägga dig såsom en tjänlig botöfning, att under trenne år en gång i veckan uppläsa de sju botpsalmerna, förbehållande oss att mildra, ändra, helt och hållet eller delvis upphäfva nämnda straff och botplikter." Af de sju kardinaler, som suttit till doms, hade blott fyra underskrifvit denna dom. Efter domens uppläsande uttalade Galilei knäböjande ett edsformulär, hvori han högtidligen afsvor sina ofvan anförda åsikter. Härefter hölls Galilei för formens skull tvänne dagar i fängelse. Sedan han därpå en tid stått under uppsikt af erkebiskop Piccolomini i Siena, tilläts han att flytta tillbaka till sin villa Arcetri utanför Florens, dock under uttryckligt förbud att där umgås med någon.

Det är en omtvistad fråga, om Galilei under förhören undergått tortyr. Några anse det sannolikt på grund af ett yttrande i ett af protokollen, där det heter, "att man, emedan han icke syntes hafva sagt hela sanningen, skulle skrida till sträng undersökning." På slutet skall han dessutom hafva lidit af ett bräck, den vanliga följderna af ett visst slags tortyr.

[43]

En legend berättar, att Galilei, sedan han aflagt eden, stampat i golfvet och utbrustit: "e pur si muove" ("och dock rör hon sig"). Det är emellertid högst otroligt, att han i sin ställning vågat något dylikt. Men — såsom en författare anmärkt — det var ej håller af nöden, ty snart skulle dock från "världens fyra hörn" samma rop med växande styrka framtränga till hans domare, mångstämmigt och förbittrat: e pur si muove.

Genom kyrkans eget föranstaltande anslogos i alla landsändar kungörelser om den fällda domen. Den ryktbarhet, som frågan på detta sätt erhö, torde icke minst hafva bidragit till den hastiga spridning, Galileis åsikter efter denna tid fingo, medan han själf bunden till tystnad aftynade på sin villa.

6. Kepler och Newton, himmelskropparnas verkliga rörelser och den allmänna tyngden såsom deras orsak.

I och med Galileis uppträdande erhö den gamla åsikten om jordens läge och roll i världssystemet sin dödsstöt. Kopernikus' lära om solsystemet, för så vidt den gälde planeternas anordning kring solen som medelpunkt, gick efter detta segrande ur striden. Den ene efter den andre af vetenskapsmännen började bekänna sig därtill. Men Kopernikus' teorier hade en annan sida och de därmed sammanhängande åsikterna skulle icke erhålla den varaktighet, som sanningen förlämnar. Under det Galilei fastställde Kopernikus' teorier i det första afseendet, arbetade samtidigt *Johannes Kepler* (1571-1630) på deras reformerande i det andra.

Kepler, "astronomiens reformator", utgick från en fattig släkt i Schwaben. Hans fader tjänade hos flere fältherrar, och familjen förde till följd därpå ett kringirrande lif, under hvilket sonens uppfostran försumrades. Oaktat han dessutom från födseln var svag och sjuklig — han föddes två månader tidigare, än man enligt naturens ordning hade rätt att vänta — utvecklades hos honom de mest framstående andliga egenskaper. Men med den klara blick och det genomträngande förstånd, hvarom flere af hans arbeten senare buro vittne, parade sig en rakt motsatt benägenhet för det underbara och mystiska, ett arf af hans moder, som för sitt öfverspända lynnes skull var nära att blifva bränd såsom häxa. Om nu äfven denna hans själsriktning orsakat, att många af hans arbeten blefvo blotta fantasifoster, så har dock hans benägenhet för det ovanliga i så måtto varit af värde, som den i mycket betingat hans mod och förmåga att bryta med de åsikter, som inom astronomen på hans tid voro de enda saliggörande. — Keplers första afsikt var att egna sig åt det presterliga yrket, och han bedref för detta ändamål under flere år teologiska studier. Men han hade redan gjort sig känd som en ifrig anhängare af Kopernikus. Af detta skäl och, som det uppgifvits, emedan han hade svårighet att förlika sig med den s. k. Konkordieformeln med dess lutherska nattvardsdogm och dogmen om Kristi kropps allestädes närvaro, blef han af sina lärare förklarad olämplig till kyrkans tjänst. Utestängd från den presterliga banan och därmed förenade inkomster, egnade han sig nu uteslutande åt astronomen. Så började han en lefnadsbana, full af motigheter och ekonomiska bekymmer, under hvilken han ogästvänligt kastades från den ena uppehållsorten till den andra och ofta var nödsakad att för sitt uppehälle tillgripa ovärdiga hjälpmedel, såsom astrologiska förutsägelser af personers öden och politiska tilldragelser. Under sådana förhållanden utarbetade Kepler med aldrig svikande flit sina astronomiska verk. Af dem skola vi här blott kort anföra det, som gjort epok i astronomiens historia.

[44]

Vi erinra oss, huru förklaringen af planeternas rörelser genom *en* deferent och *en* epicykel icke blef tillfyllestgörande och att Ptolemäus tvangs att ytterligare tillägga cirkel efter cirkel, hvar och en med sin medelpunkt på den näst föregående. Likaså blef förklaringen med den excentriska cirkeln icke tillfredsställande, utan att den ytterligare på detta sätt påbättrades. Det samma hände Kopernikus. Blott i det stora hela gälde det, att planeterna likformigt rörde sig i cirklar kring solen. Undersöktes saken närmare, så voro dessa rörelser omkring solen behäftade med mångahanda ojämnheter. För att ernå större likformighet omordnade Kopernikus genom en enkel förändring det Ptolemäiska systemet till sitt eget. Härigenom försvunno de gamla kring jorden beskrifna deferentcirkelarna, i det jorden själf beskref en cirkel kring solen. Men för

[45]

förklaringen af de återstående ojämnheterna i rörelserna, måste han låta hela virrvarret af de efter hand tillkomna småcirkelarna stå kvar. Detta gäller dock blott såsom ett allmänt drag; ty i själfva verket vidtog han häri åtskilliga förändringar, hvilka emellertid såsom oväsentliga ej här kunna beröras. Hufvudsaken är, att Kopernikus kvarstod på den ståndpunkt, från hvilken man sökte förklara himmelskropparnas banor genom cirkelformiga och likformiga rörelser, enkla eller sammansatta.

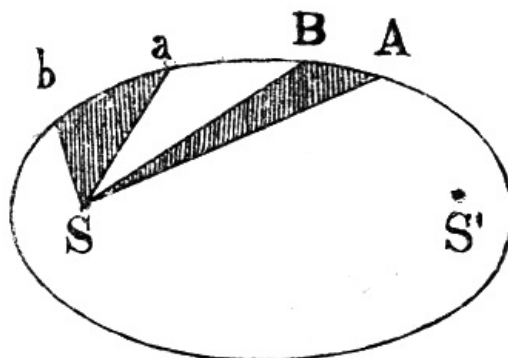


Fig. 9.

Det var Keplers förtjänst att, efter otaliga misslyckade försök i samma väg, uppgifva denna ståndpunkt. Han uttänkte en metod att ur observationerna på planeterna leta sig till deras afstånd från jorden vid hvarje tillfälle. Med ett oerhördt besvär behandlade han sålunda en mängd observationer, anställda af den skicklige danske astronomen *Tyko Brahe*. Han beräknade därefter planeternas afstånd och läge i förhållande till solen, och kunde sedan så att säga efter naturen afteckna deras banor kring solen på sitt papper. Så fann han, att dessa banor voro ett slags långsträckta, ovala figurer. I början såg det ut, som om de hade formen af genomskärningen af ett ägg, men fortsatta undersökningar visade, att de voro s. k. *ellipser*. En ellips är en figur af i fig. 9 angifna utseende. Man kan upprita en sådan genom att med nålar fästa båda ändarna af en tråd i tvänne punkter S och S' af ett papper, hvarefter man för en blyertspänna öfver papperet, på sådant sätt, att tråden ständigt är spänd af blyertspennan. Hvardera af punkterna S och S' säges vara en *brännpunkt* (fokus) till ellipsen. Måttet på ellipsens långsträckthet kallas för *excentricitet*. Så uppfann Kepler sin *första lag*: att hvarje planet rör sig i en ellips, i hvilken ena brännpunkt S solen ligger. (Jmfr. den excentriska cirkeln!) Detta var den verkliga rörelsen, efter hvilken man så länge famlat, och till hvilken man sökt ansluta sig genom att sammansätta cirkelrörelser den ena med den andra.

[46]

Likasom Kepler frigjorde sig från antagandet af en cirkelformig rörelse, så afstod han äfven från antagandet, att rörelsen var likformig. Lika fördomsfritt som han undersökte planetbanornas rundning, företog han sig att studera den hastighet, med hvilken planeterna löpte i sina banor ifrån punkt till punkt. Han upptäckte sålunda, att planetens hastighet ändrar sig från punkt till punkt af dess bana, ifrån det läge, där den är närmast solen, då hastigheten är störst, tills den är längst aflägsen från solen, då hastigheten är minst. Denna ändring fann han dessutom försiggå på sådant sätt, att planetens s. k. *radius vektor* (afståndet från solen till planeten) på lika stora tider öfverfar lika stora ytor. Om planeten på två lika långa tider beskriver de båda olika styckena AB och ab af sin bana (se fig. 9), så äger alltid ett sådant samband rum emellan dessa båda sträckor, att de i figuren skuggade ytorna äro lika stora, och detta hvar än dessa bågar AB och ab befinna sig på planetbanan. Detta var Keplers *andra lag*, för hvilken han af en samtida astronom fick uppbära den tillvitelsen, att hafva omändrat det kopernikanska systemet, "för att gifva ett slag åt kristendomen, på hvilken han öfverflyttat sitt hat mot de andlige". — Slutligen upptäckte Kepler, att planeternas afstånd från solen äro på ett visst sätt ordnade, i det att planeternas omloppstider och afstånd stå i samband med hvarandra. Detta samband är sådant, att om man väljer en planet, multiplicerar dess omloppstid med sig själf och dividerar resultatet med hvad man erhåller, om man två gånger multiplicerar planetens afstånd från solen med sig själf, så erhåller man samma resultat, hvilken planet man än valt; eller annorlunda uttryckt: kvadraterna på omloppstiderna förhålla sig som kuberna på medelafstånden. Detta var Keplers *tredje lag*. Enligt den samma kan man utan vidare beräkna en planets afstånd ifrån solen, om man iakttagit, huru stor hans omloppstid är.

Genom dessa Keplers upptäckter hade man ernått så stor enkelhet i solsystemets konstruktion, som kunde önskas; och denna enkelhet var äfven en borgen för åsikternas sanning. En fråga återstod emellertid att besvara. *Hvad var orsaken till alla dessa egendomliga rörelser hos planeterna?*

[47]

I älsta tider hyllades den uppfattningen, att gudarna själfva använde sin tid till att köra solens spann öfver himmelen och försätta stjärnorna i rörelse. Långt framskridna från denna omedelbara ståndpunkt skrefvo Pytagoräerna alla himlakroppars rörelser på Hestias räkning, på en kraft utgående från urelden i världens medelpunkt. Huru denna kraft värkade, synes icke hafva varit föremål för deras eftertanke. På den tid, som sysselsätter oss, kvarlefde antingen något minne af Pytagoräernas åsikt eller ansåg man himlakropparna drifvas framåt af ett slags hvirfvel, såsom löf för vinden. Kepler synes hafva tänkt på en magnetisk kraft. Först den engelske astronomen *Isaak Newton*, professor i Cambridge (1643-1727), löste gåtan rätt, i det han förklarade att himmelskropparnas rörelser äro betingade uteslutande af deras *tyngd*.

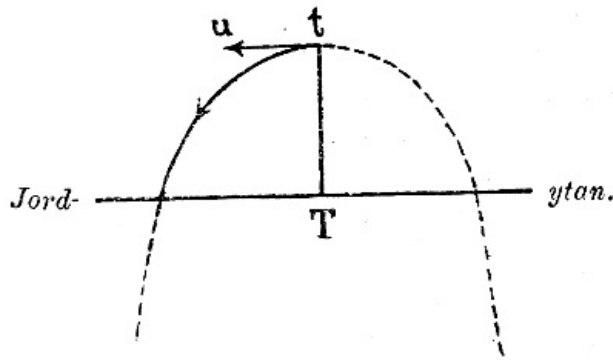


Fig. 10.

En kropp kännes tung, emedan den drages emot jorden, ungefär så som vore jorden en magnet. Samma orsak, eller kropparnas tyngd, åstadkommer att de falla mot jorden. Redan på Galileis tid var det fråga om, huru det skulle gå, om månen vore en tung kropp. Det var Newtons förtjänst att tänka ut denna tanke. Månen är — säger han — såsom hvarje föremål här på jorden en tung kropp. Den måste därför, såsom hvarje annan tung kropp, dragas emot jorden. Denna jordens dragningskraft på månen är tillräcklig att förklara månens omlopp kring jorden, i det att månens kringgående rörelse kring jorden är af samma art som rörelsen hos hvarje sten, som, sedan den blifvit kastad, i en krökt bana faller mot jorden. Men — frågar man med Galileis samtida — huru är det då möjligt att månen icke faller ned på jorden? Låtom oss föreställa oss, att vi från ett högt torn (*Tt* i ofvanstående figur) utkasta en sten i vågrät riktning (*t u*). Enligt den ofvan omtalade lagen för kroppars *tröghet*, behåller stenen den framåtskridande vågräta rörelsen, han erhö, då han utkastades, allt under det den samtidigt drages och faller i den lodräta riktningen mot jordytan. Det är lätt att förstå, att på detta sätt en böjd bana uppkommer. Den kroklinie stenen beskriver kallas för en *parabel* och har det utseende, som angifves af den bugtade linien i figuren. Ju större den hastighet är, med hvilken stenen utslungas från *t*, dess längre ifrån tornets fot *T* nedfaller den, dess mera vidgar sig kastparabeln. I allmänhet taget kan man väl antaga jordytan platt, så långt man med en sten kan kasta. Men antag, att man kunde afskjuta en kula med huru stor hastighet, man önskade. Man skulle då kunna meddela den så stor begynnelsehastighet, att den icke skulle nedfalla på jorden förr än bortom synkretsen på ett ställe, som vi till följd af jordens rundning ej kunde se; ja, hastigheten skulle kunna ökas därhän, att kulan visserligen fortfarande skulle löpa framåt i en böjd bana, men i en *bana af så svag krökning, att allt efter det kulan faller, själfva jordytan genom jordens rundning kröker sig undan under henne*, så att kulan aldrig når till marken. Den skulle då komma att löpa rundt kring jorden såsom en ny måne, en kamrat till den ordinarie, hvilken, ehuru på betydligt längre afstånd ifrån marken, i själfva verket på alldeles samma sätt faller mot jorden, utan att falla ned ("faller rundt").

[48]

Så som månen förhåller sig till jorden så förhålla sig jorden och planeterna till solen. Det är genom solens dragningskraft på dem, eller genom deras tyngd mot solen, som de kretsar rundt kring henne uti sina banor. I detta enkla förhållande, att himmelskropparna äro tunga, den ena i förhållande till den andra, ligger alltså hela hemligheten af deras rörelser.

Men Newton gick ett steg vidare. Man känner månens afstånd från jorden och dess banas krökning. Denna krökning är, såsom framgår af det sagda, ett uttryck för huru mycket månen faller i sin rörelse kring jorden. Skulle den falla fortare än händelsen är, så skulle äfven banans krökning vara större. Af denna krökning kan man därför uträkna, huru mycket månen faller t. ex. på 1 sekund. Resultatet är ungefär $1\frac{1}{2}$ millimeter. Ett föremål nära jordytan faller däremot på första sekunden 4900 millimeter. Det är således tydligt, att jordens dragningskraft på ett föremål vid jordytan är större än dess dragningskraft på månen, som är 60 gånger så långt aflägsen från jordens medelpunkt. De anförda siffrorna bekräfta sålunda, hvad man redan förut hade anat, nämligen att dragningskraften (*attraktionen*) minskas, när det attraherade föremålets afstånd till den attraherande kroppen ökas. Dessa siffror bekräfta äfven den lag, Newton antog för denna minskning, nämligen: att när afståndet ökas från 1 till 2, 3, 4 o. s. v., så minskas dragningskraften från 1 till $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$ o. s. v. eller såsom man äfven kan skriva från 1 till $\frac{1}{2^2}$, $\frac{1}{3^2}$, $\frac{1}{4^2}$ o. s. v. Ett tal multiplicerat med sig själf kallat för talets *kvadrat*. Med användning af detta uttryckssätt, kan lagen utsägas så: att *attraktionen är omvänt som afståndets kvadrat*. För att erhålla en föreställning om, huru dragningskraften enligt denna lag förändras med afståndet kan man betänka, att det ljusintyck, som man erhåller af ett lysande föremål, till exempel en fyr, från hvilken man aflägsnar sig på hafvet, aftager med föremålets afstånd från ögat enligt precis samma lag. Till det nämnda kommer nu ytterligare, att attraktionen är större, ju större massinnehåll den attraherande kroppen har eller: *attraktionen förhåller sig som massan*. Sålunda drager t. ex. solen 324,000 gånger starkare än jorden på samma afstånd.

[49]

Detta samband emellan dragningskraftens storlek å ena sidan och afståndet och massan å den andra utgör hvad man kallar *Newtons gravitations-(tyngd-)lag*. Denna lag är af största vikt för astronomin. Ty utgående från den lagen och lagen för kroppars *tröghet*, kan man härleda alla himmelskroppars rörelser. På ett enkelt sätt, hvilket vi dock här ej skola vidröra, kan man t. ex. ur dessa båda enkla lagar bevisa sanningen af de tre Keplerska lagarna, i första rummet att planeternas banor äro ellipser. Men Newtons lag lär oss därutöver mycket mera. Så visar det sig t. ex., att himmelskropparnas banor äfven kunna erhålla formen af en *parabel* eller *hyperbel* (en kroklinie, som liknar parabeln, men är mera öppen än den senare). Alla planeter och månar röra

sig i ellipser; de flesta kometer däremot i parabler. De komma från världsrymden, såsom det synes, händelsevis i solens grannskap; genom hennes dragningskraft tvingas de att kring henne göra en bukt och aflägsna sig därefter åter i ett omätbart fjärran.

Insikten om denna kometernas rörelse har varit af vikt för att undanröja en sista fördom inom astronomien. Det var nämligen först för denna insikt som föreställningen om en yttersta kristallsfer, fixstjärnssfären, fick gifva vika. Huru skulle eljes kometerna hafva kommit fram? Ännu Kopernikus, Galilei och Kepler synas hafva hängt fast vid antagandet af denna kristallsfer, en åsikt, som en gång fordomtima af intet uppstod i en Anaximanders hjärna.

[50]

Icke blott jorden och solen hafva den märkvärdiga förmågan att draga till sig andra kroppar. Hvarje kropp i världen utöfvar ett dylikt inflytande på hvarje annan kropp. Här af följer det, att icke ens solen, såsom Kopernikus antog, kan vara i hvila. Äfven solen rubbas och röres genom planeternas, om än så obetydliga dragningskraft på henne. Slutligen invärka planeterna på hvarandra. Därför lida äfven deras elliptiska banor vissa små ändringar, af astronomerna kallade *störingar* eller *perturbationer*. Dessa spela inom astronomien en viktig roll. Ett vackert exempel på, huru långt man kommit, med afseende på beräkningen och studiet af sådana störingar, är följande.

Utom de från gammalt kända planeterna upptäcktes år 1781 af den engelske astronomen *Herschel* ännu en ny planet, som kretsade utom de öfriga. Det var planeten *Uranus*. Man beräknade snart den nya planetens elliptiska bana kring solen och härledde efter detta alla de störingar, som hans bana på himmelen kunde lida från alla de kända planeterna. Sedan gammalt var man van att, efter en så omsorgsfull behandling af en planets bana, blifva belönad med den noggrannaste öfverensstämmelse mellan beräkningen och planetens verkliga rörelse på himmelen. Men i detta fall hände det sig, att rätt stora afvikelser framträdde mellan räkning å ena och observation å andra sidan. Den tanken låg då nära, att härvid någon okänd planet dref sitt spel. Den franske astronomen *Leverrier* stälde sig också den uppgiften att ur dessa afvikelser beräkna den okända planetens bana — och han lyckades med försöket. Den 22 sept. 1846 upptäcktes planeten *Neptunus* på himmelen helt nära till det ställe, som *Leverrier* på grund af sin räkning på förhand utpekade.

7. Några nutida bevis för jordens rörelse.

[51]

Om man svänger en sten på ett snöre, så känner man med handen huru snöret spänner sig, och är snöret icke tillräckligt starkt kan det springa af, om rörelsen är hastig. Denna spänning i snöret är en värkan af stenens tröghet, hvilken i hvarje ögonblick sträfvar att åt stenen bibehålla dess rörelse fortsatt *i rät linie* i stället för den cirkelformiga rörelse, som snöret binder honom uti. Denna värkan kallas *centrifugalkraft*. Det är den, som sträfvar att kasta oss ur vagnen, om vi köra fort uti en skarp krök af vägen; det är den, som spränger sönder smärgelskifvorna i fabrikerna. Tillvaron af denna centrifugalkraft vid hvarje roterande rörelse hade ej undgått *Ptolemäus*. Det är ytterst löjligt — sade han — att tro att jorden rör sig kring sin axel; ty om jorden rörde sig så, skulle allt, som fans på jorden, ryckas loss eller brista sönder (genom centrifugalkraften). Han hade rätt så till vida, som en centrifugalkraft måste uppstå. Men hans föreställning om dess storlek var öfverdrifven. Snöret, med hvilket stenen svänges, brister icke, förr än hastigheten blir mycket stor. Och jordens kringsvängande rörelse är i själfva verket mycket långsam. Timvisaren på våra klockor går urtaflan omkring två gånger på dygnet; den vrider sig således dubbelt så fort som jorden. Därför är centrifugalkraften icke ens vid ekvatorn, där den är störst, tillräckligt stark för att t. ex. rycka upp ett träd med roten; men den existerar dock och yttrar sig på sådant sätt, att kropparnas verkliga tyngd förminskas. En kropp, som vid polen väger 1 kilo, blir lättare och lättare, ju närmare man för den till ekvatorn. Vid själfva ekvatorn har han förlorat 3 gram i vikt. Detta kan man direkt iakttaga genom att på olika ställen af jorden väga samma föremål med en fjädervåg.

En noggrannare metod att uppvisa samma sak erbjuda de s. k. pendelobservationerna, hvilkas idé är följande. Om man upphänger t. ex. en järnkula vid en tråd, så har man en apparat, som benämnes pendel. Får kulan vara i fred så ställer sig tråden lodrätt. Om man för kulan åt sidan från dess jämviktsläge och sedan släpper den, så börjar pendeln svänga fram och tillbaka. Orsaken härtill är jordens attraktion, som söker draga kulan ned från dess sidoläge till dess lägsta möjliga läge. Väl kommen dit, fortsätter den åt andra sidan genom sin tröghet, hvarefter samma rörelse å nyo upprepas. Efter som rörelsen sålunda beror af pendelns tyngd, så följer äfven, att om man upphängde samma pendel på en mindre himmelskropp, t. ex. månen, så skulle den svänga långsammare, emedan den då vore lättare. Likaså, emedan kulan till följd af jordens rotation och centrifugalkraften är lättare vid ekvatorn än vid jordens poler, så svänger samma pendel långsammare vid ekvatorn än åt polerna till. Försök i denna väg kräfva mycken noggrannhet och många försiktighetsmått, för hvilka här ej kan redogöras. Låt oss helt enkelt antaga, att vi hafva ett pendelur, som går riktigt t. ex. i Stockholm. Om vi sätta upp samma pendelur vid ekvatorn, så måste pendelsvängningarna bli långsammare och klockan måste dragas sig efter — förutsatt att jorden roterar. Detta är äfven hvad alla dylika pendelförsök hafva bekräftat. De visa dessutom, att tyngden vid ekvatorn är minskad med $\frac{1}{289}$ till följd af jordens rotation. Enligt detta skulle det blott behövas en 17 gånger hastigare rotation hos jorden, för att kropparna vid ekvatorn skulle förlora *hela* sin tyngd. De skulle då ej mera falla, om man släppte dem i luften, och alla sådana förrättningar, vid hvilka kroppars tyngd och fall tagas i anspråk, skulle naturligtvis blifva en omöjlighet.

[52]

Vi hafva i det föregående sett, huru Galileis motståndare i kroppars egenskap att falla lodrätt emot jorden sökte framdraga ett bevis mot jordens rotation. Om man emellertid på ett riktigt sätt utför deras tankegång, så vänder den sig emot dem själfva. Låt oss föreställa oss, att vi från balustraden af ett högt torn vid ekvatorn nedsläppa en sten. Huru faller den? Erfarenheten säger: synbarligen lodrätt. Men detta är ej fullt riktigt. Dylika försök, som med stor noggrannhet utförts t. ex. vid grufvorna i Freiberg, visa, att föremål hafva en benägenhet att falla åt öster d. v. s. — enär jorden rör sig från väster till öster — *framåt* i rotationens led och ej, såsom man förut ansåg händelsen skola blifva, bakåt. Detta bör ock så vara. Ty genom jordens rotation erhåller tornets spets en större hastighet än tornets fot, emedan tornets spets är längre aflägsen från rotationsaxeln än tornets fot. Detta är alldeles samma förhållande, som att en slängkälke rör sig snabbare än den, som går och drifver den samma. När stenen släppes, har den samma hastighet, som tornets spets, i vågrät led; och denna hastighet kan den (på grund af sin tröghet) icke förlora, under det den samtidigt faller nedåt. Den bör därför hinna ned till marken framom den punkt, dit tornets fot har fortskridit.

[53]

I enlighet med denna tankegång förklaras äfven de s. k. *passadvindarna*, som i sned, och alltid samma, riktning blåsa öfver jordklotet. Hvar och en har t. ex. hört talas om den s. k. *nordostpassaden*, hvilken är till så stor nytta för alla segelfartyg, som skola öfver till Amerika. För att förstå, huru dessa vindar äro beroende af jordens rotation, skola vi först föreställa oss att jorden vore orörlig. Omkring jorden tänka vi oss vidare lufthafvet (*atmosfären*) likaledes utan rotation. Såsom i verkligheten är händelsen, så skulle naturligtvis äfven under dessa antaganden trakterna kring ekvatorn uppvärmas starkare af solen än polerna. Den varma luften vid ekvatorn skulle höja sig från jordytan, emedan den genom uppvärmningen blir lättare och samtidigt skulle den börja röra sig åt jordens båda poler till. Från polerna skulle i stället en kall luftström rusa mot ekvatorn för att fylla det där uppkomna tomrummet. Förloppet är ungefär det samma, som när man öppnar dörren till ett varmt rum. En varm luftström rusar då ut vid dörröppningens öfre del och i stället drages kall luft in i rummet närmare golvet. Genom att hålla ett påtändt ljus på olika ställen i öppningen, kan man lätt på lågan se, att så är fallet. Vore jorden orörlig, så skulle således t. ex. på norra halfklotet uppstå tvänne "passadvindar", alltid blåsande i samma led, en sydlig vind i de högre luftlagren och en kall nordlig vind i de lägre. Genom jordens rotation inträffar det nu, att dessa vindar afvika från riktningen norr och söder till en sned riktning. — Det är lätt att förstå, huru härvid tillgår. Hela lufthafvet deltagar i jordens rotation. Men alla delar af jordytan röra sig ej lika hastigt till följd af rotationen. Hastigast är rörelsen vid ekvatorn. Och sådana punkter på jorden, som ligga aflägsna från ekvatorn, fortskrida med desto mindre hastighet, ju närmare de befinna sig till jordaxeln. Mycket nära polerna är ju hastigheten så godt som ingen och vid själfva polerna lika med noll. — Låt oss nu föreställa oss en luftmassa, som är i begrepp att från ekvatorn rusa upp åt nordpolen till. Denna luftmassa har vid ekvatorn en hastighet i rotationens riktning, som den icke kan förlora under det den rusar uppåt. Denna hastighet är äfven större än hastigheten hos alla de punkter på jordytan, åt hvilka den genom sin rörelse från ekvatorn sträfvar. Luftmassan måste således så att säga fara om dessa ställen i deras roterande rörelse. Den måste sålunda, emedan rotationen försiggår åt öster afvika från sin riktning mot norr åt öster: den måste åstadkomma en sydvästvind. Detta för den öfre, varma luftströmmen. Den vid jordytan blåsande kalla luftströmmen åter, som, om jorden ej roterade, skulle vara en nordpassad, den blir på samma grunder en nordostpassad.

[54]

Åtskilligt kunde ännu vara att tillägga med afseende på jordens rotation, men vi skola ej längre uppehålla oss därvid, utan i stället anföra några bevis för jordens årliga rörelse omkring solen.

Om jorden rör sig och stjärnorna stå stilla, så måste jordens rörelse framkalla en skenbar rörelse hos stjärnorna, en s. k. *parallaktisk rörelse* eller *parallax*. Finnes ingen sådan parallax hos dem, då kan ej häller jorden röra sig: detta var det skäl mot jordens rörelse, som på skilda tider framdrogs mot Aristarkos, Kopernikus och Galilei — ett skäl, som hvar och en af dem bemötte med den förklaringen, att stjärnorna äro för långt aflägsna, för att någon sådan rörelse skulle kunna blifva märkbar. Otaliga voro de försök, som från tid till annan gjordes för upptäckandet af stjärnparallaxer. Först sedan den astronomiska mätningkonsten blifvit drifven till en utomordentlig höjd, lyckades det första gången år 1838 den tyske astronomen *Bessel* att upptäcka en årlig parallax hos en liten stjärna i Svanens stjärnbild, om hvilken man hade anledning att antaga att den var solsystemet jämförelsevis nära. Bessel följde denna stjärna under 14 månader med sin kikare och fann genom de noggrannaste mätningar, att den samma ej var fullt orörlig, utan under årets lopp syntes beskrifva en liten ellips — en spegelbild på himmelen af jordens bana omkring solen. Härmed var det starkaste beviset mot jordens rörelse vändt till förmån för den samma. Sedan Bessels tid hafva ett stort antal stjärnparallaxer blifvit upptäckta. Den största rörelsen tillkommer den mest lysande stjärnan på södra halfklotet, i stjärnbilden Centauren. Denna stjärna är sålunda den oss närmaste af alla fixstjärnor. Och dock är dess afstånd så stort att ljuset, som tillryggalägger 300,000 kilometer på sekunden, behöfver $3\frac{1}{2}$ år för att hinna från denna stjärna till oss. Den lilla fläck af himmelen som stjärnan i sin parallaktiska rörelse årligen kringvandrar är i motsvarande grad liten: månens skifva är i genomskrifning 2,000 gånger så stor.

[55]

Genom dylika små parallaktiska rörelser hos fixstjärnorna har man äfven lyckats visa, att hela solsystemet rör sig uti rymden. Man har bestämt riktningen af denna rörelse. Vårt solsystem närmar sig i själfva verket oafbrutet till stjärnorna i stjärnbilden Herkules. Vi kunna tydliggöra den engelske astronomen *Herschels* upptäckt häraf genom ett exempel. Låt oss föreställa oss, att vi från hafvet närma oss en strand, på hvilken vi redan från långt håll kunna skönja en grupp af träd. Denna grupp synes måhända i början rätt tät. Men ju närmare vi komma stranden desto mera se vi träden glesna. Och denna omständighet skulle vara tillräcklig att öfvertyga oss, att vi verkligen komma stranden närmare och närmare, äfven om vi ej på annat sätt kunde afgöra, att

vår båt rörde sig framåt. — Genom en dylik betraktelse upptäckte Herschel solsystemets rörelse. Granskar man fixstjärnornas lägen, sådana de från tid till tid blifvit uppmätta, så finner man att de ingalunda äro fixa utan hafva rörelser, om än små och långsamma. Det behöfves blott att undersöka dessa rörelser för att man skall finna, att det finnes en trakt af himmelen, där stjärnorna synas aflägsna sig från hvarandra, och där hvarje stjärngrupp synes glesna. Det är trakten vid stjärnbilden Herkules. På motsatta delen af himmelen finner man, hur de där befintliga stjärnorna från tid till annan tränga sig tillhopa.

Innan stjärnparallaxerna ännu blifvit funna, hade en annan årlig rörelse hos stjärnorna blifvit upptäckt, som äfven den utgör ett bevis för jordens rörelse omkring solen. Denna rörelse, som upptäcktes af den engelske astronomen *Bradley* 1728, försiggår såsom den parallaktiska rörelsen i små ellipser, hvilka dock äro ojämförligt mycket större än de parallaktiska. Att denna rörelse ej är af parallaktisk natur framgår däraf, att den för det första iakttages hos *alla* stjärnor oberoende af deras större eller mindre glans och därmed sammanhängande afstånd från oss, för det andra, emedan rörelsen synes försiggå i samma led som jordens rörelse och ej i motsatt led, såsom fallet skulle blifva med en parallaktisk rörelse.

Den rörelse, om hvilken vi tala, beror därpå, att vårt öga icke är stillastående. Vore vårt öga stillastående, skulle vi se stjärnorna i deras rätta riktning. Men tillföljd däraf att ögat deltagar i jordens rörelse och hastighet, se vi stjärnorna icke i deras rätta riktning, utan något framflyttade i samma riktning, i hvilken vi själfva röra oss. Denna framflyttning af en stjärna från dess rätta läge, hvilken dessutom är större ju större vårt ögas hastighet är, benämnes *aberration*. Vi skola strax söka förklara den med ett exempel, men anmärka först att denna *aberration* är orsaken till den omtalade rörelsen hos stjärnorna. Ty jorden rör sig nära i en cirkel omkring solen och i hvarje punkt af dess bana se vi stjärnan — som i verkligheten befinner sig exempelvis rakt ofvanför jordbanan — framflyttad i samma riktning, som jorden rör sig. Det måste således taga sig ut så, som om jorden under sin rörelse kring solen sköte stjärnan framför sig i en rund bana.

[56]

Huru aberrationen uppkommer, kan man inse genom att betrakta följande likartade fall. Antag att någon från sidan afskjuter en kula rätt emot (vinkelrätt emot) en i full gång varande järnvägsvagn. Kulan genomtränger den första väggen och skulle, om vagnen vore stilla, träffa den andra väggen midt emot hålet i den första. Men under det att kulan genomlöper afståndet från den första väggen till den andra, har vagnen rört sig något framåt. Kulan träffar sålunda den andra väggen ett litet stycke bakåt. Om nu någon i vagnen tager sig för att undersöka hvarifrån skottet kom, så skall han troligen säga, att det blifvit afskjutet mot vagnen något snedt framifrån, i det han icke tager i betraktande hvad man skulle kunna kalla kulans aberration. Ty sammalunda förhåller det sig med ljusets aberration. Vårt öga förhåller sig såsom den framilande järnvägsvagnen, och ljuset förhåller sig som den afskjutna kulan, i det det ilar fram från stjärnan för att först genomtränga den främre delen af vårt öga och sedan träffa den bakre delen i en punkt, som ligger något bakom den, där strålen skulle träffat, om ögat varit stilla. Vi få sålunda en falsk föreställning om ljusstrålens riktning och om stjärnans läge, vi komma att se den framom dess verkliga läge åt det håll vi själfva röra oss med jorden.

*** END OF THE PROJECT GUTENBERG EBOOK JORDEN OCH SOLSYSTEMET ***

Updated editions will replace the previous one—the old editions will be renamed.

Creating the works from print editions not protected by U.S. copyright law means that no one owns a United States copyright in these works, so the Foundation (and you!) can copy and distribute it in the United States without permission and without paying copyright royalties. Special rules, set forth in the General Terms of Use part of this license, apply to copying and distributing Project Gutenberg™ electronic works to protect the PROJECT GUTENBERG™ concept and trademark. Project Gutenberg is a registered trademark, and may not be used if you charge for an eBook, except by following the terms of the trademark license, including paying royalties for use of the Project Gutenberg trademark. If you do not charge anything for copies of this eBook, complying with the trademark license is very easy. You may use this eBook for nearly any purpose such as creation of derivative works, reports, performances and research. Project Gutenberg eBooks may be modified and printed and given away—you may do practically ANYTHING in the United States with eBooks not protected by U.S. copyright law. Redistribution is subject to the trademark license, especially commercial redistribution.

START: FULL LICENSE
THE FULL PROJECT GUTENBERG LICENSE
PLEASE READ THIS BEFORE YOU DISTRIBUTE OR USE THIS WORK

To protect the Project Gutenberg™ mission of promoting the free distribution of electronic works, by using or distributing this work (or any other work associated in any way with the phrase “Project Gutenberg”), you agree to comply with all the terms of the Full Project Gutenberg™ License available with this file or online at www.gutenberg.org/license.

Section 1. General Terms of Use and Redistributing Project Gutenberg™ electronic works

1.A. By reading or using any part of this Project Gutenberg™ electronic work, you indicate

that you have read, understand, agree to and accept all the terms of this license and intellectual property (trademark/copyright) agreement. If you do not agree to abide by all the terms of this agreement, you must cease using and return or destroy all copies of Project Gutenberg™ electronic works in your possession. If you paid a fee for obtaining a copy of or access to a Project Gutenberg™ electronic work and you do not agree to be bound by the terms of this agreement, you may obtain a refund from the person or entity to whom you paid the fee as set forth in paragraph 1.E.8.

1.B. “Project Gutenberg” is a registered trademark. It may only be used on or associated in any way with an electronic work by people who agree to be bound by the terms of this agreement. There are a few things that you can do with most Project Gutenberg™ electronic works even without complying with the full terms of this agreement. See paragraph 1.C below. There are a lot of things you can do with Project Gutenberg™ electronic works if you follow the terms of this agreement and help preserve free future access to Project Gutenberg™ electronic works. See paragraph 1.E below.

1.C. The Project Gutenberg Literary Archive Foundation (“the Foundation” or PGLAF), owns a compilation copyright in the collection of Project Gutenberg™ electronic works. Nearly all the individual works in the collection are in the public domain in the United States. If an individual work is unprotected by copyright law in the United States and you are located in the United States, we do not claim a right to prevent you from copying, distributing, performing, displaying or creating derivative works based on the work as long as all references to Project Gutenberg are removed. Of course, we hope that you will support the Project Gutenberg™ mission of promoting free access to electronic works by freely sharing Project Gutenberg™ works in compliance with the terms of this agreement for keeping the Project Gutenberg™ name associated with the work. You can easily comply with the terms of this agreement by keeping this work in the same format with its attached full Project Gutenberg™ License when you share it without charge with others.

1.D. The copyright laws of the place where you are located also govern what you can do with this work. Copyright laws in most countries are in a constant state of change. If you are outside the United States, check the laws of your country in addition to the terms of this agreement before downloading, copying, displaying, performing, distributing or creating derivative works based on this work or any other Project Gutenberg™ work. The Foundation makes no representations concerning the copyright status of any work in any country other than the United States.

1.E. Unless you have removed all references to Project Gutenberg:

1.E.1. The following sentence, with active links to, or other immediate access to, the full Project Gutenberg™ License must appear prominently whenever any copy of a Project Gutenberg™ work (any work on which the phrase “Project Gutenberg” appears, or with which the phrase “Project Gutenberg” is associated) is accessed, displayed, performed, viewed, copied or distributed:

This eBook is for the use of anyone anywhere in the United States and most other parts of the world at no cost and with almost no restrictions whatsoever. You may copy it, give it away or re-use it under the terms of the Project Gutenberg License included with this eBook or online at www.gutenberg.org. If you are not located in the United States, you will have to check the laws of the country where you are located before using this eBook.

1.E.2. If an individual Project Gutenberg™ electronic work is derived from texts not protected by U.S. copyright law (does not contain a notice indicating that it is posted with permission of the copyright holder), the work can be copied and distributed to anyone in the United States without paying any fees or charges. If you are redistributing or providing access to a work with the phrase “Project Gutenberg” associated with or appearing on the work, you must comply either with the requirements of paragraphs 1.E.1 through 1.E.7 or obtain permission for the use of the work and the Project Gutenberg™ trademark as set forth in paragraphs 1.E.8 or 1.E.9.

1.E.3. If an individual Project Gutenberg™ electronic work is posted with the permission of the copyright holder, your use and distribution must comply with both paragraphs 1.E.1 through 1.E.7 and any additional terms imposed by the copyright holder. Additional terms will be linked to the Project Gutenberg™ License for all works posted with the permission of the copyright holder found at the beginning of this work.

1.E.4. Do not unlink or detach or remove the full Project Gutenberg™ License terms from this work, or any files containing a part of this work or any other work associated with Project Gutenberg™.

1.E.5. Do not copy, display, perform, distribute or redistribute this electronic work, or any part of this electronic work, without prominently displaying the sentence set forth in paragraph 1.E.1 with active links or immediate access to the full terms of the Project Gutenberg™ License.

1.E.6. You may convert to and distribute this work in any binary, compressed, marked up, nonproprietary or proprietary form, including any word processing or hypertext form. However, if you provide access to or distribute copies of a Project Gutenberg™ work in a format other than “Plain Vanilla ASCII” or other format used in the official version posted on the official Project Gutenberg™ website (www.gutenberg.org), you must, at no additional cost, fee or expense to the user, provide a copy, a means of exporting a copy, or a means of obtaining a copy upon request, of the work in its original “Plain Vanilla ASCII” or other form. Any alternate format must include the full Project Gutenberg™ License as specified in paragraph 1.E.1.

1.E.7. Do not charge a fee for access to, viewing, displaying, performing, copying or distributing any Project Gutenberg™ works unless you comply with paragraph 1.E.8 or 1.E.9.

1.E.8. You may charge a reasonable fee for copies of or providing access to or distributing Project Gutenberg™ electronic works provided that:

- You pay a royalty fee of 20% of the gross profits you derive from the use of Project Gutenberg™ works calculated using the method you already use to calculate your applicable taxes. The fee is owed to the owner of the Project Gutenberg™ trademark, but he has agreed to donate royalties under this paragraph to the Project Gutenberg Literary Archive Foundation. Royalty payments must be paid within 60 days following each date on which you prepare (or are legally required to prepare) your periodic tax returns. Royalty payments should be clearly marked as such and sent to the Project Gutenberg Literary Archive Foundation at the address specified in Section 4, “Information about donations to the Project Gutenberg Literary Archive Foundation.”
- You provide a full refund of any money paid by a user who notifies you in writing (or by e-mail) within 30 days of receipt that s/he does not agree to the terms of the full Project Gutenberg™ License. You must require such a user to return or destroy all copies of the works possessed in a physical medium and discontinue all use of and all access to other copies of Project Gutenberg™ works.
- You provide, in accordance with paragraph 1.F.3, a full refund of any money paid for a work or a replacement copy, if a defect in the electronic work is discovered and reported to you within 90 days of receipt of the work.
- You comply with all other terms of this agreement for free distribution of Project Gutenberg™ works.

1.E.9. If you wish to charge a fee or distribute a Project Gutenberg™ electronic work or group of works on different terms than are set forth in this agreement, you must obtain permission in writing from the Project Gutenberg Literary Archive Foundation, the manager of the Project Gutenberg™ trademark. Contact the Foundation as set forth in Section 3 below.

1.F.

1.F.1. Project Gutenberg volunteers and employees expend considerable effort to identify, do copyright research on, transcribe and proofread works not protected by U.S. copyright law in creating the Project Gutenberg™ collection. Despite these efforts, Project Gutenberg™ electronic works, and the medium on which they may be stored, may contain “Defects,” such as, but not limited to, incomplete, inaccurate or corrupt data, transcription errors, a copyright or other intellectual property infringement, a defective or damaged disk or other medium, a computer virus, or computer codes that damage or cannot be read by your equipment.

1.F.2. LIMITED WARRANTY, DISCLAIMER OF DAMAGES - Except for the “Right of Replacement or Refund” described in paragraph 1.F.3, the Project Gutenberg Literary Archive Foundation, the owner of the Project Gutenberg™ trademark, and any other party distributing a Project Gutenberg™ electronic work under this agreement, disclaim all liability to you for damages, costs and expenses, including legal fees. YOU AGREE THAT YOU HAVE NO REMEDIES FOR NEGLIGENCE, STRICT LIABILITY, BREACH OF WARRANTY OR BREACH OF CONTRACT EXCEPT THOSE PROVIDED IN PARAGRAPH 1.F.3. YOU AGREE THAT THE FOUNDATION, THE TRADEMARK OWNER, AND ANY DISTRIBUTOR UNDER THIS AGREEMENT WILL NOT BE LIABLE TO YOU FOR ACTUAL, DIRECT, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE OR INCIDENTAL DAMAGES EVEN IF YOU GIVE NOTICE OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

1.F.3. LIMITED RIGHT OF REPLACEMENT OR REFUND - If you discover a defect in this electronic work within 90 days of receiving it, you can receive a refund of the money (if any) you paid for it by sending a written explanation to the person you received the work from. If you received the work on a physical medium, you must return the medium with your written explanation. The person or entity that provided you with the defective work may elect to provide a replacement copy in lieu of a refund. If you received the work electronically, the person or entity providing it to you may choose to give you a second opportunity to receive the work electronically in lieu of a refund. If the second copy is also defective, you may

demand a refund in writing without further opportunities to fix the problem.

1.F.4. Except for the limited right of replacement or refund set forth in paragraph 1.F.3, this work is provided to you 'AS-IS', WITH NO OTHER WARRANTIES OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE.

1.F.5. Some states do not allow disclaimers of certain implied warranties or the exclusion or limitation of certain types of damages. If any disclaimer or limitation set forth in this agreement violates the law of the state applicable to this agreement, the agreement shall be interpreted to make the maximum disclaimer or limitation permitted by the applicable state law. The invalidity or unenforceability of any provision of this agreement shall not void the remaining provisions.

1.F.6. INDEMNITY - You agree to indemnify and hold the Foundation, the trademark owner, any agent or employee of the Foundation, anyone providing copies of Project Gutenberg™ electronic works in accordance with this agreement, and any volunteers associated with the production, promotion and distribution of Project Gutenberg™ electronic works, harmless from all liability, costs and expenses, including legal fees, that arise directly or indirectly from any of the following which you do or cause to occur: (a) distribution of this or any Project Gutenberg™ work, (b) alteration, modification, or additions or deletions to any Project Gutenberg™ work, and (c) any Defect you cause.

Section 2. Information about the Mission of Project Gutenberg™

Project Gutenberg™ is synonymous with the free distribution of electronic works in formats readable by the widest variety of computers including obsolete, old, middle-aged and new computers. It exists because of the efforts of hundreds of volunteers and donations from people in all walks of life.

Volunteers and financial support to provide volunteers with the assistance they need are critical to reaching Project Gutenberg™'s goals and ensuring that the Project Gutenberg™ collection will remain freely available for generations to come. In 2001, the Project Gutenberg Literary Archive Foundation was created to provide a secure and permanent future for Project Gutenberg™ and future generations. To learn more about the Project Gutenberg Literary Archive Foundation and how your efforts and donations can help, see Sections 3 and 4 and the Foundation information page at www.gutenberg.org.

Section 3. Information about the Project Gutenberg Literary Archive Foundation

The Project Gutenberg Literary Archive Foundation is a non-profit 501(c)(3) educational corporation organized under the laws of the state of Mississippi and granted tax exempt status by the Internal Revenue Service. The Foundation's EIN or federal tax identification number is 64-6221541. Contributions to the Project Gutenberg Literary Archive Foundation are tax deductible to the full extent permitted by U.S. federal laws and your state's laws.

The Foundation's business office is located at 809 North 1500 West, Salt Lake City, UT 84116, (801) 596-1887. Email contact links and up to date contact information can be found at the Foundation's website and official page at www.gutenberg.org/contact

Section 4. Information about Donations to the Project Gutenberg Literary Archive Foundation

Project Gutenberg™ depends upon and cannot survive without widespread public support and donations to carry out its mission of increasing the number of public domain and licensed works that can be freely distributed in machine-readable form accessible by the widest array of equipment including outdated equipment. Many small donations (\$1 to \$5,000) are particularly important to maintaining tax exempt status with the IRS.

The Foundation is committed to complying with the laws regulating charities and charitable donations in all 50 states of the United States. Compliance requirements are not uniform and it takes a considerable effort, much paperwork and many fees to meet and keep up with these requirements. We do not solicit donations in locations where we have not received written confirmation of compliance. To SEND DONATIONS or determine the status of compliance for any particular state visit www.gutenberg.org/donate.

While we cannot and do not solicit contributions from states where we have not met the solicitation requirements, we know of no prohibition against accepting unsolicited donations from donors in such states who approach us with offers to donate.

International donations are gratefully accepted, but we cannot make any statements concerning tax treatment of donations received from outside the United States. U.S. laws alone swamp our small staff.

Please check the Project Gutenberg web pages for current donation methods and addresses.

Donations are accepted in a number of other ways including checks, online payments and credit card donations. To donate, please visit: www.gutenberg.org/donate

Section 5. General Information About Project Gutenberg™ electronic works

Professor Michael S. Hart was the originator of the Project Gutenberg™ concept of a library of electronic works that could be freely shared with anyone. For forty years, he produced and distributed Project Gutenberg™ eBooks with only a loose network of volunteer support.

Project Gutenberg™ eBooks are often created from several printed editions, all of which are confirmed as not protected by copyright in the U.S. unless a copyright notice is included. Thus, we do not necessarily keep eBooks in compliance with any particular paper edition.

Most people start at our website which has the main PG search facility: www.gutenberg.org.

This website includes information about Project Gutenberg™, including how to make donations to the Project Gutenberg Literary Archive Foundation, how to help produce our new eBooks, and how to subscribe to our email newsletter to hear about new eBooks.