

Naturforskningens Stormænd
indtil det Attende Aarhundrede

Almenfatteligt fremstillet af
Professor Poul Heegaard

København 1947

Forord

Grundtvig har kendt den betydning, som en historisk fremstilling har for tilegnelsen af kundskab. Højskolelærerne Poul la Cour og Jacob Appel har fulgt den anviste vej til almenfattelig fremstilling af matematisk-naturvidenskabeligt stof. Jeg har forsøgt også at følge denne vej og give et populærtforståeligt billede af naturvidenskabens vækst fra de ældste tider til slutningen af det attende århundrede ved at fortælle om en del af de største naturforskere og deres indsats.

At gå videre frem i tiden på denne måde møder vanskeligheder. Dels virker det store antal betydelige specialforskere forvirrende på almenindtrykket, dels er vurderingen af de enkelte forskeres betydning endnu ikke tilstrækkelig afklaret. Trods den store betydning, som den såkaldte relativitetsteori har haft, er meningerne om grundlaget for denne endnu delte. Og skønt der allerede er gået lang tid siden Darwin fremsatte sine idéer, hersker der dog stadig strid om disse.

Den læser, som er interesseret i en fagligt set fyldigere fremstilling, som går nærmere op til vor tid, kan jeg henvise til la Cour og Appel: "Historisk Fysik".

Indhold

1	Den joniske naturfilosofi	1
2	Pytagoras og Pytagoræerne	1
3	Hellensk og hellenistisk naturforskning	4
4	Arkimedes fra Syrakus	5
5	Hippark	8
6	Andre naturforskere i den hellenistiske periode	10
7	Ptolemæos fra Aleksandria	11
8	Naturvidenskabernes forfaldstid	13
9	Albertus Magnus (1207–1280)	16
10	Roger Bacon (1214–1294)	17
11	Leonardo da Vinci (1452–1519)	18
12	Kopernikus (1473–1543)	20
13	Tyge Brahe (1546–1603)	21
14	Johannes Kepler (1571–1630)	24
15	Galileo Galilei (1546–1642)	26
16	Christian Huygens (1629–1695)	29
17	Ole Rømer (1644–1710)	31
18	Nikolaus Steno (1638–1686)	32
19	Isaac Newton (1642–1727)	33
20	Gottfried Wilhelm Leibnitz (1646–1716)	36
21	Leonhard Euler (1707–1783)	38
22	Carl Linné (1707–1778)	40
23	William Herschel (1738–1822)	43
24	Charles Augustin Coulomb (1736–1806)	44
25	Luigi Galvani (1737–89)	45

26 Alessandro Volta (1748–1827)	45
27 Joseph Black (1728–1799), Wilhelm Scheele (1742–1786), Joseph Priestley (1733–1804), Henry Cavendish (1731–1810)	46
28 Antoine Laurent Lavoisier	48

1 Den joniske naturfilosofi

Al åndshistories begyndelse taber sig i fortidens mørke. Der er ingen tvivl om, at de første kulturfolk ved *Nilens* bredder og *Mesopotanien*, *Indien* og *Kina* har haft kundskaber om naturen. Præsterne har ved templerne samlet og opbevaret iagttagelser og efterhånden søgt at finde frem til overblik over naturens brogede spil. Men vi kender kun lidt til enkeltheder i denne udvikling og især næsten intet til de personer, som har båret denne. Naturkundskabens historie træder derfor først frem i et klarere lys, da *grækerne* ved midten af det første århundrede f.Kr. havde tilegnet sig den viden, som ægyptiske og babylonske præster havde, og var begyndt at arbejde selvstændigt videre på dette grundlag. Dette skete i begyndelsen i de græske kolonier — dels i de joniske kolonier på Lilleasiens vestkyst, dels i kolonierne i Syditalien.

Det første sted indledtes den såkaldte *joniske naturfilosofi* af *Thales* (f.o. 640 f.Kr.). Han var en købmand i den blomstrende handelsby Milet. På sine handelsrejser havde han lært de gamle kulturlandes matematiske og naturvidenskabelige kundskaber at kende. Han blev i Oldtiden regnet for at være en af de “syv vise”. Han mente, at alt stof var opstået af vand. Det er vel den omstændighed, at vand kan fryse til fast is og fordampe til luftagtig vanddamp, som har ledt ham til den tro, at vandet er det grundstof, som alt er omdannelse af. Måske har også vandets betydning for alt liv spillet en rolle. Mest berømt er han for sin forudsigelse af den solformørkelse, som efter vor tids kalenderbetegnelse indtraf 22. maj 585. Denne forudsigelse foretog han dog ikke ved vor tids fuldstændige beregninger, men kun ved at benytte sig af, at babylonierne havde opdaget at indenfor en periode på 223 måneder, kaldet “Saros”, gennemløber Månen næsten nøjagtig den samme række stillinger til Solen set fra Jorden, så at formørkelserne i hovedsagen vender tilbage i samme rækkefølge i hver ny periode. Hvor en solformørkelse bliver total, får man dog ikke på den måde oplysning om. Jorden, troede Thales med mange i sin tid, var en cirkelrund skive, omflydt af en vandstrøm “Okeanos”. I dette gik stjernerne ned og bevægede sig over nord til opgangsstedet i øst.

Figur 1: Opfattelse af “jordskiven” på Thales’ tid

Anaksimander (610–546 f.Kr.) var Thales’ betydeligste elev. Han mente også at alt stof var omdannelse af et grundstof, uden dog at nævne noget bestemt stof. Han mente at himmelkuglen, som synes at hvælve sig over os, fortsætter under Jorden til en hul kugleskal, i hvis midte den lille jord svæver. Han antog at stjernerne sad fast på indersiden af denne kugleskal, “som gyldne søm”. Denne kugleskal mente han drejer sig om to tapper, den ene anbragt ved himlens synlige nordpol, den anden ved den usynlige sydpol under Jorden, så vandrede stjernerne da henunder himlen, således som man virkelig iagttager det. Denne forestilling om en roterende himmelkugleskal har holdt sig helt til renæssancetiden.

I de syditalienske kolonier fremstod

2 Pytagoras og Pytagoræerne

Pytagoras var født på den græske ø Samos omkring 550 f.Kr. Hans fader hed Mnesarchos, men ellers ved vi meget lidt om hans ungdom. Han levede i det sjette århundrede f.Kr. Han skal være faldet i unåde hos Samos’ tyrann, Polykrates, og skal derfor være flygtet til Kroton i bugten ved Tarent i Syditalien. Her stiftede han et religiøst broderskab. Beretningerne

fra Oldtiden om dette er meget fantasifulde, men så meget synes dog sikkert, at dets medlemmer forpligtede sig til at stræbe efter et etisk godt liv og til at søge at forstå naturens love. Desværre forbandt de hermed politisk virksomhed, og broderskabet blev derfor til sidst sprængt. I Aristofanes' komedie "Skyerne" hører man en efterklang af forfølgelserne, hvorved deres foreningsbygninger blev brændt. Adskillige af broderskabets medlemmer flygtede til Grækenland, hvor de gav undervisning i matematik og naturvidenskab. Således spredtes de kundskaber, pytagoræerne havde samlet. Eksempelvis var en af Platons lærere en pytagoræer, Teætet. Man dyrkede imidlertid mindet om broderskabets stifter så stærkt og tilskrev ham gerne alle tanker som senere pytagoræerne havde fremsat, så det er ikke let at skelne mellem det traditionen tilskriver Pytagoras, og det som skyldes hans elever. Han selv synes at være død i landflygtighed.

Mens Thales og hans efterfølgere søgte en enhed i naturen ved at tænke sig, at alt var omformninger af et eneste *grundstof*, søgte Pytagoras især at trænge ind i *grundlovene* for alt som skete i naturen. Han var hermed kommet til den mærkelige tro, at hele tal er den inderste kerne i alt. Den som kender den rolle, de hele tal spiller i den moderne tids opfattelse af de kemiske processer på grund af stoffernes opbygning af atomer, vil her kunne finde en tilsyneladende bekræftelse af de pytagoræiske tanker. Men en nærmere undersøgelse vil vise, at mens den moderne kemis opfattelse hviler på nøgterne, rationelle iagttagelser, var pytagoræernes spekulationer bygget på en tro på, at tilværelsen er gennemtrukket af et mystisk bånd af tal og formdannelse. Tallet 7 skulle således have betydning for sundhed og tallet 8 for venskab. Denne tal- og formmystik har i virkeligheden været skæbnesvanger for naturvidenskabens vækst gennem et par årtusinder. Senere forbandt den sig med stjernetydningens overtro, astrologien.

Platon bragte pytagoræernes tanker om den jævne cirkelbevægelse som grundlæggende for himmellegemernes bevægelse ind i astronomens spekulationer over planetbevægelserne. Først i det syttende århundrede frigjorde Kepler astronomerne fra denne hæmmende, pytagoræiserende indflydelse ved, ud fra Tyge Brahes iagttagelser af planetbevægelser, at udlede de love, efter hvilke planeterne virkelig bevæger sig. Herved åbnede Kepler vejen til at finde det virkelige verdensbillede.

En fabel fra Oldtiden fortæller, at Pytagoras engang hørte nogle smede hamre på et stykke glødende jern. Tonerne fra de lette hamre var harmoniske i oktav, kvint og kvart til tonen fra den tungeste. Vægtene af de lettere fandtes at være halvdelen, totrediedelen og trefjerdedelen af den tungestes vægt. Nu er dette sikkert en røverhistorie, men den rummer den sandhed, at Pytagoras havde opdaget, at når en svingende strengs længde uden ændring af spændingen halveres, giver den en tone, som er oktaven til den oprindelige streng, og på lignende måde for kvartens og kvintens vedkommende. Pytagoras var således grundlæggeren af den videnskabelige *harmonilære*. Det er antagelig denne opdagelse, som har givet ham idéen til at gøre det hele tal til grundprincippet for alt eksisterende.

Pytagoræerne har også givet sig meget af med spekulationer over *verdensbygningen*. De mente, at jordkloden var *kugleformet*. Den vej, ad hvilken de var kommet til dette resultat, afgiver et morsomt eksempel på noget, man ikke sjældent træffer i naturvidenskabens historie, nemlig at man ved en mere eller mindre fejlagtig betragtning kan finde et rigtigt resultat. Betragtningen giver nemlig energien til videre undersøgelse, og i tidens løb vil kritikken fjerne fejlen, men lade det rigtige resultat blive stående. I dette tilfælde mente pytagoræerne at Jordens form måtte være den mest fuldkomne, og dette mente de var kugleformen.

Endvidere mente de at i verdens midte fandtes en mægtig centralild, som så at sige var universets kraftkilde. Omkring denne antog de så at den kugleformede jordklode kredsede en

gang rundt på et døgn, så at den stadig vendte den af menneskene beboede side bort fra centralilden. Derfor kan menneskene aldrig se denne. Hvor fantastisk og fritsvævende hele denne forestilling var, foregreb den dog senere tiders mening om, at stjernernes bevægelse henover himlen fra øst til vest kun er et sansebedrag, og at den i virkeligheden skyldes Jordens omdrejning. Thi den bevægelse, menneskeverdenen efter pytagoræernes mening havde omkring centralilden, altid bortvendt fra denne, ville netop forklare himmellegemernes bevægelse i døgnnet.

Efter pytagoræernes mening bevæger Solen, Månen og de fem planeter sig udenfor Jorden i større kredse omkring centralilden. Disse syv kloder udgør sammen med jordkloden og fiksstjærnekugleskallen ni kosmiske grundelementer. Karakteristisk for den pytagoræiske talmystik er det, at man nu mente, antallet skulle være ti — mennesket har jo ti fingre! Og for at få dette tal frem, påstod Pytagoras, at der omkring centralilden, symmetrisk modsat Jorden, kredsedes en “modjord”. Denne var selvfølgelig på grund af Jordens måde at kredse om centralilden lige så usynlig for menneskene som centralilden selv. En mærkelig blanding af hypotesedannelser, som på den ene side forklarer faktiske iagttagelser og på den anden side består af løs fantasien — af sund naturiagttagelse og usund fantasi.

Oldtidens folk havde ingen måler til at bestemme de afstande, hvori himmellegemerne kredser. Vi finder hos den græske filosof *Platon* (429–347 f.Kr.) slutresultatet af pytagoræernes talmystiske spekulationer herover. De mente, at de syv himmellegemer, Solen, Månen og de fem planeter, kredser om verdens midte i afstande som for Solens, Merkurs og Mars’ vedkommende forholder sig til hinanden som tallene 2, 4 og 8 og for Venus’, Jupiters og Saturns som tallene 3, 9 og 27. Pytagoræerne mente, at disse syv himmellegemer blev båret af syv hule, gennemsigtige kugleskaller, den ene uden om den anden og med fælles centrum i universets midte. I nærheden af denne antog man, at Jorden kredser om centralilden.

Forestillingen om disse himle, de “*syv krystalhimle*”, har holdt sig op gennem tiderne indtil for få århundreder siden, Vi finder dem for eksempel omtalt hos Ludvig Holberg som en landsens overtro, og de lever endnu i sproget i udtrykket “at være i den syvende himmel”, det vil sige at være langt borte fra denne sørgelige Jordens jammerdal.

Pytagoras mente at disse himle ved deres omdrejning frembragte harmoniske toner. Man kaldte dette “sfærenes harmoni”. Man forklarede at årsagen til, at vi ikke hører denne himmelske musik, var at vort øre er vænnet til at høre den, så vi ikke opfatter den. Troen på denne sfærenes harmoni findes endnu i det syttende århundrede, f.eks. hos Shakespeare. Denne lader i “Købmanden i Venedig” Lorenzo en stjerneklar nat synge (5. akt):

Sid Jessica! Se dog hvor himlens lofte
er indlagt tæt med klare, gyldne tavl,
og selv den mindste klode, du kan skue,
den synger i sin kredsgang lig en engel
i korsang med ung-øjede keruber,
dødløse sjæle har den harmoni,
mens denne grove dragt af smuldrende ler
tynger om sjælen, hører vi den ikke.

Pytagoræerne har haft betydelig indflydelse på græsk matematiks udvikling til en eksakt videnskab. At komme ind herpå vil føre os bort fra planen for denne fremstilling. To ting vil vi dog nævne: Behandlingen af de fem regulære legemer og den såkaldte pytagoræiske læresætning.

Af de fem regulære legemer er terningen begrænset af seks kvadrater det bedst kendte. Vi finder hos *Platon* slutresultatet af pytagoræernes spekulationer over den rolle, som de mente de regulære legemer spiller ved verdens opbygning.

Figur 2: De fem platoniske legemer

Empedokles fra Agrigent (492–432 f.Kr.) havde fremsat den mening, at alt er dannet af fire grundstoffer eller “elementer”, nemlig jord, vand, luft og ild.

Demokrit fra Abdera (460–370 f.Kr.) mente, at alt var opbygget af utallige, små, udelelige partikler, “atomer”, en lære som jo i moderne tid har fået stor betydning.

Nu mente *Platon* i tilslutning til pytagoræernes overvejelser, at elementet jords atomer har form af terninger. På lignende måde mente han, at de tre andre elementers atomer havde form af henholdsvis tetraedre, oktaedre og ikosaedre. Om det femte regulære legeme, dodekaedret, siger *Platon* på en temmelig tåget måde, at Skaberen har nedlagt dette legemes idé i selve universets opbygning — muligvis fordi legemet har tolv sideflader og “dyrekredsen”, som Solen gennemløber på et år, indeholder tolv stjernebilleder! Først det forrige århundredes kemi fik helt bugt med disse fantastier.

Det område, på hvilket Pytagoras har givet sin solideste indsats, er sikkert matematikken. Hans navn er knyttet til en berømt og vigtig *sætning om kvadraterne* tegnet på de tre sider i en trekant, i hvilken en af vinklerne er ret: summen af arealerne af de to kvadrater på de to mindste sider (“kateterne”) er lige så stor som arealet af kvadratet på den største side (“hypotenusen”). Hvor meget Pytagoras har bidraget til beviset for denne sætning, ved man ikke.

Figur 3: Den pytagoræiske læresætning

Figur 4: Elevtegning af Pytagoras før og efter opdagelsen

Det nu i skolerne almindeligt benyttede bevis synes at skrive sig fra *Euklid* (o. 300 f.Kr.). På den anden side har man langt tilbage i tiden vidst, både i Babylonien og Kina, at en trekant med siderne 3, 4 og 5 havde en ret vinkel, og at $3 \times 3 + 4 \times 4 = 5 \times 5$. Det fortælles at Pytagoras blev så glad over at lære sin sætning at kende, at han ofrede 100 okser til guderne. Vittige hoveder har derfor ment at mennesker med “okseforstand” derfor brøler, når de til eksamen får spørgsmålet “den pytagoræiske sætning”!

I pytagoræernes naturfilosofi forbandt nøgtern naturiagttagelse sig med orientalsk mystik. Den har både virket hæmmende og fremmende på udviklingen.

3 Hellensk og hellenistisk naturforskning

Den naturvidenskabelige tænkning, som den joniske og pytagoræiske filosofen havde sat i bevægelse, fortsattes i *Athen*, efter at denne by var blevet den hellenske (græske) verdens

åndscentrum. Tre efter hinanden følgende store filosoffer: *Sokrates* (470–399), *Platon* (429–348) og *Aristoteles* (384–322), gav denne tænkning sit præg. Men samtidig med at al naturvidenskabelig forskning derved samledes i et enhedssystem, blev den på grund af den voksende stofmængde spaltet i fagvidenskaber, som fik sine selvstændige dyrkere.

Særlig *Platon* havde stor indflydelse på denne fagspecialisering. Han hævdede matematikkens grundlæggende betydning. Over indgangen til Alademos' Lund, hvor han samledes med sine elever og venner, stod at læse at kun den, som kunne matematik, kunne få adgang til stedet. Også andre fagvidenskaber som astronomi, mekanik, geografi, zoologi, botanik og lægevidenskab begyndte nu at få selvstændige dyrkere.

Aleksander den Stores lærer, *Aristoteles*, samlede alle disse resultater i sit store filosofiske system. Som vi skal se, virkede den store autoritet, som han helt til renæssancetiden havde som filosof sammen med senere tiders mangel på evne til selvstændige iagttagelser og tænkning, meget hæmmende på udviklingen.

Efter hans død afløste efterhånden *Aleksandria* Athen som brændepunkt for naturforskningen. De ægyptiske herskere, ptolemæerne, udstyrede højskolen i Aleksandria med talrige institutioner til hjælp for det videnskabelige arbejde, samt med fællesbolig for de berømte videnskabsmænd, som var knyttet til institutionerne.

I denne periode, som kaldes den *hellenistiske*, nåede Oldtidens naturforskning sit højdepunkt, men gled så langsomt nedad, indtil den i Europa ved Oldtidens slutning var sunket til et forbavsende lavmål, på hvilket det blev stående til Middelalderens seneste århundreder.

Euklid (o. 300 f.Kr.) tilfredsstillede i Aleksandria ved sine forelæsninger det krav, som *Platon* havde stillet til matematikerne: at fremstille en logisk opbygget lærebog i matematikkens grundlæggende sætninger, som man så kunne bygge videre på. Hans såkaldte "Elementer" danner endnu den dag i dag i hovedsagen grundkernen i en stor del af den højere skoles geometriske pensum.

Alle specialfag blev i Aleksandria støttet af talrige forskningsinstitutioner: biblioteker, Astronomisk Observatorium, Botanisk og Zoologisk Have o.l. Ejendommeligt nok var de to største forskere, som fremstod i denne periode, *Arkimedes* og *Hippark*, kun løseligt knyttet til højskolen i Aleksandria.

4 Arkimedes fra Syrakus

Arkimedes, Oldtidens største matematiske geni, var født i Syrakus på Sicilien 287 f.Kr. Hans fader hed *Fidias* og var kendt for sine astronomiske kundskaber. *Arkimedes* var en ven og slægtning af kong *Hieron*, som regerede i Syrakus i mange år med visdom og mildhed. *Arkimedes* foretog studierejser til Aleksandria og rimeligvis også til Babylon, men ellers levede han sit stille forskerliv i Syrakus. Der fortælles mange anekdoter om hans liv. Hans pårørende måtte passe på at han mødte til måltiderne. De måtte også passe på at han til rette tid gik i bad og at han da ikke bare satte sig hen og tegnede geometriske figurer i sandet.

I badet opdagede han forøvrigt en gang en epokegørende lov, som endnu den dag i dag læres i fysikken under hans navn, nemlig *Arkimedes' lov* om svømmende legemers opdrift.

Den romerske forfatter *Vitruerius* fortæller herom, at kong *Hieron* i Syrakus havde fået mistanke om, at en guldkrone, han ville skænke et tempel, ikke indeholdt alt det guld, han havde ladet afveje til guldsmeden, men at denne havde iblandet noget sølv, således at kronen trods denne forfalskning havde den rigtige vægt. *Hieron* bad *Arkimedes* om at undersøge sagen, men denne vidste en tid lang ikke, hvad han skulle gøre. Pludselig fik han i badet

en idé. Han havde lagt mærke til, at vægten af den vandmængde han fortrængte, når han var helt under vand, kunne bestemmes ved at veje den mængde vand som flød over, dersom badekarret havde været helt fuldt til randen. Nu forstod han, at han på denne måde kunne finde vægten af den mængde vand guldkronen fortrængte, når den nedsænkedes i et til randen fyldt kar. Hvis man så nedsænkede en ægte guldklump af samme vægt som kronen, måtte den fortrængte vandmængde være den samme. Således kunne forfalskningen påvises. Arkimedes blev så begejstret over denne idé, at han løb splitterløben ud på gaden og råbte “Heureka”, det vil sige: “Jeg har fundet det”.

Figur 5: Arkimedes

Ved at gennemtænke sagen videre, blev han klar over, hvorledes *svømmende legemers ligevægt* opstår. Hans lov udsiger, at et i en tung væske nedsænket fast legeme mister så meget i vægt, som den fortrængte væskemasse vejer. Det er væskemassens tryk på de forskellige dele af det faste legemes overflade, som giver et overskud opad af denne størrelse. Man kalder den *opdriften*. Om alt dette har han skrevet en endnu bevaret afhandling. Ved denne er han blevet grundlægger af den såkaldte *hydrostatik* eller læren om svømmende legemers ligevægt, som jo blandt andet er en grundlæggende hjælpevidenskab for skibsbygning.

Også på mange andre områder af mekanikken virkede Arkimedes banebrydende. Han fandt, hvorledes kræfter, som virker på en *vægtstang*, kan holde hinanden i ligevægt. Jo mindre kraften er, desto større må dens afstand fra drejningsaksen være. Hvis f.eks. et lille barn skal kunne opveje en voksen mand på et vippebræt, må det sidde meget længere inde¹ på brættet end den voksne.

Også beliggenheden af *tyngdepunkterne* i mange matematisk bestemte legemer bestemte han. Kræfternes virkning ved *maskiner* studerede han ivrigt. Han skal have opfundet taljen og “skruen uden ende”. Han forstod, hvorledes man med små kræfter kunne overvinde store modstande ved at lade maskinen bevirke, at den lille krafts angrebepunkt bevægede sig en meget lang vej.

I Syrakus var der lavet et stort skib, som til beskyttelse mod pæleorm var belagt med blyplader. Det var så tungt, at man ikke kunne få det til at løbe af stabelen. Men Arkimedes kunne ganske alene trække det ud i vandet ved hjælp af en maskine.

Endvidere lod Arkimedes også et stort skib bemandede og bevæbne, hvorpå han siddende alene på stranden trak skibet på land ved hjælp af en maskine og tov og ruller.

Så begejstret var Arkimedes over sine maskiners kraft, at han tilråbte kong Hieron: “Giv mig et fast sted, hvor jeg kan stå, og jeg skal bevæge jordkloden”.

Til overrissling af de ægyptiske marker opfandt han i Aleksandria det instrument, som kaldes *Arkimedes’ vandsnegl*. Det består af en vindelflade, som tætsluttende drejes rundt i et skrånstillet rør, hvis nederste ende står ned i vand. Derved tvinges vandet efterhånden opover og løber ud for oven.

Figur 6: Arkimedes’ vandsnegl

¹Heegaards tekst har klart “inde” selv om man skulle forvente “ude”. (HJM)

Da romerne under feltherren *Marcellus* belejrede Syrakus, konstruerede Arkimedes *forsvarsinstrumenter*. Kastemaskinerne havde tidligere været således konstruerede, at stenene faldt ned i en bestemt afstand. Det gælder altså bare for angriberne at forcere det truede bælte i stormløb. Men nu opfandt Arkimedes en stoppemekanisme, så man kunne ændre den afstand, i hvilken stenene faldt ned. Stor var da angribernes forbavelse og forfærdelse, da de nedfaldende sten blev ved at følge dem under fremstormningen. Plutark siger i sin levnedbeskrivelse af Marcellus, at soldaterne blev så forfærdede, at de flygtede bare de så en tovende hænge over muren. Arkimedes kan således siges at være opfinder af den artilleristiske skydemetode, som kaldes *bælteskudning*.

Lige så stor Arkimedes var som mekaniker, lige så stor var han som *matematiker*. Jeg kan ikke her komme videre indgående ind på dette, men skal dog nævne et par ting.

Fra gammel tid havde Orientens folk beskæftiget sig med det spørgsmål, hvor stort det tal er, som angiver hvor mange gange en cirkels omkreds er længere end dens tværmål. I vore dage betegnes dette tal med det græske bogstav π (pi). De semitiske folk mente, at det var nøjagtig 3. Vi ser det f.eks. i Første Kongebog 7, 23 i Bibelen ved beskrivelsen af et rundt kar i Salamons tempel. Det var 10 alen i tværmål og en snor på 30 alen kunne netop nå omkring det. De gamle ægyptere kendte allerede for henved fire tusinde år siden en bedre tilnærmelsesværdi for π . I en ægyptisk papyrus omtrent fra den tid, da Abraham levede, stilles den opgave at finde et kvadrat, som er lige så stort i flademål som en given cirkel, altså den berygtede opgave “at kvadrere en cirkel”. Denne opgave løses med tilnærmelse i den omtalte papyrus ved at dele cirkelns diameter i ni lige lange dele og tage otte af disse dele til side i det søgte kvadrat. Dette er en ganske god tilnærmelsesløsning. Den svarer til at regne π for 3,16 i stedet for 3,1415926 Når man tænker på, at det er henved fire tusinde år siden ægypterne fandt på denne tilnærmede løsning af “cirkelns kvadratur”, må man sige at det er ganske godt gjort.

Arkimedes fandt imidlertid en metode til at beregne π med lige så stor nøjagtighed, som man ønsker. Han fandt f.eks. at π ligger mellem $3\frac{1}{7}$ og $3\frac{10}{71}$. Tallet kan ikke angives nøjagtigt ved en decimalbrøk med et endeligt antal decimaler. Eksistensen af den slags tal, som kaldes *irrationale*, havde allerede pytagoræerne påvist. For det praktiske liv vil imidlertid de første fire, fem decimaler give tilstrækkelig nøjagtighed; i mange tilfælde er $\frac{22}{7}$, ja selv 3, tilstrækkelig som tilnærmelsesværdi. Man vil altså forstå at det nærmest har kuriositetsinteresse, når en engelsk regnemester, *Shanks*, i 1873 angav π med 707 decimaler!

Vor *talskrivning* i titalssystemet var ikke kendt på Arkimedes' tid. Grækerne havde ikke noget ciffer for nul. Men Arkimedes dannede sig et betegnelsesystem, hvorved han kunne skrive meget store tal. For at vise, hvad denne metode kunne præstere, udregnede han i sin “*Sandregning*”, hvor mange sandskorn der skulle til for at udfylde “himmelkuglen” efter de størrelsesforhold, som dengang var antaget af astronomerne. Han slutter sig herunder til *Aristark* som mente at det var Solen og ikke Jorden, som stod ubevægelig i himmelkuglens midtpunkt. Den bane, som Jorden i et år beskriver omkring Solen, var efter Aristarks mening ganske overordentlig lille i forhold til himmelkuglens tværmål. Man savnede på Arkimedes' tid midler til blot tilnærmelsesvis at finde disse tal. Men Arkimedes havde dog i sine gætterier en rigtig følelse af verdensbygningens uhyre størrelse — en følelse, som langt oversteg samtidens forestillinger. Det antal sandskorn, som han finder ville kunne udfylde himmelkuglen efter de forestillinger han havde dannet sig, ville i vort titalssystem skrives med 64 cifre. Det måtte angives i, hvad man kunne kalde decemmillioner (et ettal efterfulgt af $10 \times 6 = 60$ nuller).

Professor *J.L. Heiberg* har i 1905 i Konstantinopel fundet et skrift af Arkimedes, som man troede var gået tabt. Manuskriptet var i Middelalderen blevet benyttet til at skrive salmer i.

Men man kunne dog læse det oprindelige skrift. Jeg kan ikke her gå nærmere ind på indholdet. Jeg indskrænker mig til at nævne, at Arkimedes her har anvendt den metode, som den nyere tids matematik har kaldt "*integralregning*", og ved hjælp af den har han udregnet rumfanget af matematiske legemer og beliggenheden af deres tyngdepunkter.

Da Syrakus til sidst blev erobret af romerne 212 f.Kr., fandt en fremstormende soldat Arkimedes siddende og gruble over en figur, han havde ridset i sandet. Arkimedes råbte "Forstyr ikke mine cirkler". Men soldaten dræbte ham, til stor beklagelse for sejrherren, Marcellus.

Da den store romerske taller *Cicero* år 75 e.Kr. besøgte Syrakus, fandt han Arkimedes' grav forglemt og overgroet med tidsler. Vor tid har samlet alt som minde om Arkimedes, alle tiders største matematiker.

Den anden af den helleniske periodes største naturforskere var som nævnt:

5 Hippark

Medens Arkimedes var Oldtidens største matematiker, var Hippark den største astronom. Han var født i Nikæa, en by i Bitynien i det nordlige Lilleasien, en by, som forøvrigt senere blev verdenskendt på grund af det store kirkemøde, som holdtes dér år 325 e.Kr. Hippark levede fra omkring 190 til 125 f.Kr.

Hvis man vil få et indtryk af Hipparks betydning for astronomien, er det ikke nok at nævne, hvad han har opdaget. Man må også se dette i sammenhæng med den astronomiske viden, som fortiden allerede havde skabt.

Orientens klare luft og mørke nætter havde tidligt vakt interessen for Solen, Månen, planeterne og fiksstjernerne, "talrige som havets sand". Solens vekslende op- og nedgangssteder i løbet af året måtte vække opmærksomhed, og Månens vekslende faser måtte fremkalde undren og mange spørgsmål hos mennesker, som levede mere i naturen end moderne bymennesker. I løbet af det tredje og andet årtusinde blev præsterne i Ægypten og Mesopotanien mere og mere klar over Solens, Månens og planeternes stadige vandring gennem den kreds af tolv stjernebilleder, som kaldes "dyrekredsen". Deres navne er Vædderen, Tyren, Tvillingerne, Krebsen, Løven, Jomfruen, Vægten, Skorpionen, Skytten, Stenbukken, Vandmanden og Fiskene. Det forholdsvis primitive verdensbillede, "verdenssalen", som fandtes hos babylonierne og ægypterne, blev, som vi har nævnt ved omtalen af Anaksimander, erstattet med billedet af en roterende "himmelkugle", i hvis midte den lille jord svæver.

Skulle man nu kunne komme videre, måtte man udføre et stort arbejde med vanskelige målinger efter metoder og med instrumenter, som først måtte skabes. Men dette arbejde synes ikke at have ligget for Sems og Kams efterkommere. De lod ofte deres fantasi danne storslåede billeder, men en positiv indsigt fik man ikke. Fremskridtet synes at være kommet fra den indoeuropæiske race, som både i Italien og i den græske verden kom i berøring med de gamle kulturlandes åndsliv. Både hos Thales og Pytagoras ser vi de to åndsretninger brydes med hinanden. Vi ser fantasti og rationel tænkning i broget blanding. Men mere og mere vinder den sidste herredømmet i den hellenske og hellenistiske periode. Hos Platon møder vi endnu meget af det orientalskfarvede drømmeri, men hos Aristoteles har den knastørre forstand så temmelig sejret. Det samme gælder også om Arkimedes.

Det, som giver Hippark hans store betydning, er hans systematiske anvendelse af astronomiske iagttagelser, målinger og beregninger. Mens babylonierne og ægypterne i stjernebillederne så fantastiske væsener, om hvilke de digtede de mærkværdigste myter, så Hippark blot

en samling lysende punkter, hvis stilling man måtte måle så nøjagtigt, at eftertiden ville kunne konstatere, om der var foregået små forandringer med dem. Ligesom geograferne laver lister over byernes geografiske længde og bredde, lavede Hippark et *stjernerokatalog*, hvori han angav fiksstjernernes stilling på himmelkuglen ved to lignende tal. Dette, Hipparks stjernerokatalog, dannede i lang tid fremover grundlaget for det videnskabelige astronomiske studium.

Når de gamle astronomer fulgte et stjernebilledes vandring henover himmelhvælvingen fra opgangsstedet til nedgangsstedet, fik de det indtryk, at hele himmelkuglen på et døgn drejede sig om en akse, som man har kaldt verdensaksen. Dens endepunkter i himmelkuglen kaldtes himmelpolerne. Omkring år 1000 f.Kr. stod den klareste stjerne i stjernebilledet, Dragen, nær ved den i Mesopotanien synlige himmelpol, men i tidens løb ændrer himmelpolernes beliggenhed sig yderst langsomt, så at den ene i vore dage ligger i nærheden af den klareste stjerne i stjernebilledet, Lille Bjørn. Det er altså denne stjerne, som i vore dage er "polarstjerne". Denne ejendommelige forskydning af fiksstjernehimlen i forhold til verdensaksen blev Hippark klar over. Den kaldes *Præcessionen*. Vi ved jo nu, at Jordens omdrejningsakse gennem de geografiske poler peger mod de punkter på himmelkuglen som kaldes himmelpolerne, og at Præcessionen skyldes, at jordaksen ikke bevarer sin retning i rummet uforandret, men i løbet af omtrent 23.000 år beskriver en kegleflade.

Figur 7: Præcessionen og den nordlige himmelpols vandring mellem stjernerne

Fra ældgammel tid havde man i Babylon fulgt den bevægelse, som Solen, Månen og de fem planeter har i forhold til fiksstjernerne. De bevægede sig alle i et bælte, som løb hele himmelkuglen rundt, halvt over og halvt under horisonten. Dette bælte indeholdt de tolv stjernebilleder, som udgør "dyrekredsen".

Solens bevægelse mellem dyrekredsens stjerner var ikke så lige til at se, da stjernernes lys forsvinder i himlens spredte dagslys. Men ved sammenligning med de stjernebilleder, man så når det blev mørkt, dels om aftenen nær Solens nedgangssted, dels om morgenen nær dens opgangssted, blev man klar over, at Solen i et år synes at vandre hele dyrekredsen ryndt i retning fra vest til øst. Men Hippark fandt ved sine målinger, at denne bevægelse ikke foregår med helt jævn fart. De fire tidspunkter, som vi kalder forårs- og efterårsjævndøgn samt sommer- og vintersolhverv, deler ikke året i fire lige store dele. Efter Keplers tid ved vi fra de love, han fandt for planetbevægelserne, at dette skyldes Jordens bevægelse om Solen i en ikke helt kredsrund "ellipseformet" bane. Men Hippark kunne selvfølgelig ikke nå frem til denne indsigt. Han kom til en teori, som efter datidens måleteknik stemmede med iagttagelserne ved at antage, at Solen bevægede sig med jævn fart om Jorden i en cirkel, hvis centrum ligger noget udenfor jordkloden, en "ekscentrisk" cirkel, som man plejer at sige.

Figur 8: Hipparks solbane

Efter Hipparks matematiske udregning har solbanens centrum i en afstand fra jordcentret som var $1/24$ år solbanens radius. Han bestemte også de steder, hvor Solen var nærmest ved og fjernest fra Jorden.

Ved hele Hipparks solteori fik *kalendervæsenet* en fastere grundvold derved at han bestemte

årets længde til 365 dage, 5 timer og 35 minutter. Ægypterne havde nøjedes med at angive den til $365\frac{1}{4}$ døgn.

Også forholdet mellem *Månens og Solens afstande* fra Jorden forsøgte han at bestemme, dels ved iagttagelser af formørkelsernes forløb, dels ved bestemmelsen af det øjeblik, da Månen ses som en nøjagtig halvcirkel. Når han her fandt, at Solen var 20 gange så langt borte fra os som Månen, i stedet for omtrent 400, så skyldtes dette dels hans primitive måleinstrumenter, dels vanskeligheder ved selve metoden. Men i hvert fald var dette en systematisk fremgangsmåde, som var langt at foretrække for pytagoræernes drømmerier om sfæreharmonier.

Månens og planeternes bevægelse i dyrekredsens bælte undersøgte han også. Men her var vanskelighederne for store for en enkelt mand. Han fandt den første uregelmæssighed ved Månens bevægelse.

Hippark står som en lysende repræsentant for den græske oldtids naturforskning. I hans astronomiske beregninger finder man de første spor af den del af matematikken, som man kalder trigonometri.

6 Andre naturforskere i den hellenistiske periode

I de følgende århundreder fremstod mange dygtige videnskabsmænd. Dog kan man undertiden spore en begyndende tilbagegang, som mod Oldtidens slutning antog drastiske former.

Filo fra Byzans viser sig i sin afhandling om militære kastemaskiner som en god kender af Oldtidens mekanik, således som Arkimedes havde skabt den.

Den stoiske filosof *Posidonios* fra Akamen i Syrien virkede på øen Rhodos. Han genoptog den aleksandrinske bibliotekar *Eratostenes'* forsøg på at måle jordklodens størrelse. Eratostenes (276–195 f.Kr.) havde ved opmålinger i Ægypten kombineret med iagttagelser af retningen til Solen i Nord- og Sydægypten bestemt Jordens overflade til 250.000 stadier.

Nu mente *Posidonios* ved iagttagelser af stjernen Kanopurs forskellige stillinger iagttaget dels fra Rhodos, dels fra Aleksandria, at Jordens omkreds bare var 180.000 stadier, et tal som senere Ptolemæus fra Aleksandria valgte.

Romeren *Sucretius* gik i et stort læredigt ind for en helt materialistisk opfattelse af, hvad der skete i naturen, idet han byggede på Demokrits atomteori.

Ægypteren *Sosigenes* reviderede på Julius Cæsars anordning det romerske kalendervæsen. Denne "*julianske kalender*" holdt sig helt til Pave Gregor XIII indførte den hos os nugældende "*gregorianske kalender*".

Den romerske militæringenør *Vitruvius* på Cæsars og Augustus' tid giver i sin bog om arkitekturen mange oplysninger om fortidens græske fysikere. Den er et vidnesbyrd om romernes voksende interesse for græsk åndskultur. Han ved, at lyd skyldes en bølgebevægelse i luften, og delvis at vindene skyldes det forskellige lufttryk.

Den lidt senere forfatter *Kleomedes* er klar over lysets brydning ved overgang fra vand til luft. Forøvrigt omtaler allerede skuespilforfatteren *Aristofanes* (452–388 f.Kr.) "brændglas".

Plinius den ældre (23–79), som omkom ved Vesuvs udbrud, da Pompei blev begravet af lava, har samlet sin tids naturvidenskabelige viden i et stort værk. Den kritikløshed, hvormed han samler alt, hvad han møder på sin vej, med særlig forkærlighed for det fabelagtige, er et vidnesbyrd om den begyndende tilbagegang.

De institutioner, som i den hellenistiske periode var oprettet i Aleksandria, holdt dog temmelig længe det videnskabelige niveau oppe, selv dér hvor man hos forskerne kan mærke

sporene af tilbagegang. Dette gælder f.eks. om

7 Ptolemæos fra Aleksandria

Klaudius Ptolemæos var født i Ptolemais Hermeia i Ægypten omkring året 70. Han levede indtil 147. Man kender ivotrigt intet til hans liv ud over, hvad der fremgår af hans værker. Disse behandler både matematik, geografi, harmonilære og astronomi, men det er særlig hans store, astronomiske værk, som har gjort hans navn berømt. Dets græske titel er “Megalæ Syntaksis”, dvs. “Den store sammenstilling”. Senere blev titlen af araberne fordrejet til “Almagest”, og dette navn har holdt sig helt til vore dage. I dette værk udvisker han i tilslutning til Aristoteles’ filosofi og på grundlag af Hipparks undersøgelser et *verdenssystem*, som efter hans navn kaldes “*det ptolemæiske*”, og som blev det eneherkende lige til det syttende århundrede.

I midten af universet svæver ifølge Ptolemæos ubevægeligt den kugleformede jordklode. Universets ydergrænse dannes af fiksstjernernes himmelkugle. Indenfor denne er Solens, Månens og de fem planeters krystalhimle, den ene uden om den anden. I forhold til disse er Jorden kun som et punkt.

Ptolemæos polemiserer stærkt mod de af hans forgængere, som havde ment at stjernernes bevægelse fra øst til vest i løbet af døgnet er en illusion som skyldes, at jorden drejer sig rundt den modsatte vej om sin akse gennem de geografiske poler. På grund af sit ukendskab til en af mekanikkens grundlove mente han, at skyerne ikke ville kunne følge med Jorden, og at fuglene ikke ville kunne nå tilbage til sine reder, som jo i flyvetiden var ført langt bort mod øst. Han vidste altså ikke, at alt på jorden på grund af sin inertibevarer den fælles hastighed.

Efter Platons pytagoræiserende opfattelse måtte alle himmellegemernes bevægelser i sin inderste grundnatur være jævne cirkelbevægelser. Hippark havde forklaret Solens lidt ujævne bevægelse gennem dyrekredsens stjernebilleder ved at antage, at den cirkel, i hvilken den efter datidens mening i et år kredser rundt om Jorden med jævn fart, ligger “ekscentrisk”, dvs. med centrum noget udenfor jordkuglen. Den solteori, Hipparks havde opstillet, forbedrede Ptolemæos ved nyere observationer.

Efter Hipparks tid havde flere, blandt andre den aleksandrinske matematiker *Apollonius*, søgt at overføre disse undersøgelser til studiet af Månens og planeternes bevægelser. Her var Hipparks ekscentriske cirkler ikke tilstrækkelige. For at forklare, hvorledes de aleksandrinske astronomer havde grebet sagen an, må vi først forklare, hvad de forstod ved en *Epicycelbevægelse*.

Lad os tænke os et horisontalt hjul, som drejer sig rundt med jævn fart og i randen har en lodretstående tap. Denne vil da fra hjulets centrum ses bevæge sig rundt med jævn fart. Hvis vi nu på denne tap anbringer et nyt, mindre hjul, som også drejer sig rundt med jævn fart og som i randen bærer et lodretstående lys, vil dettes bevægelse, som er resultatet af de to jævne cirkelbevægelser når vi ser den fra den første cirkels centrum, blive ret indviklet. Man kalder den en *epicykelbevægelse*. Den cirkel, som tappen på det første hjul beskriver, kaldes *deferenten* og det andet hjul kaldes *epicyklen*. Resultatet er afhængigt af omløbstiderne af de to hjul. Men set fra centrum vil lyset snart være ilet frem foran tappen, snart være sakket agterud for den.

Ptolemæos søgte nu at forbedre Hipparks måneteori ved at opfatte den som en epicykelbevægelse. Men for at få nogenlunde overensstemmelse med iagttagelserne måtte han tænke sig, at deferentens centrum lå “ekscentrisk”, altså udenfor Jorden. Og her mærker man da den tilbagegang i tankekraften, som jeg har talt om. Ved denne antagelse måtte nemlig Månens

afstand fra Jorden variere så stærkt, at det med datidens målemidler måtte kunne påvises ved tilsvarende ændringer i måneskivens tilsyneladende størrelse. Men man mærker ingen tegn på, at Ptolemæos har været opmærksom på denne prøve på rigtigheden af hans måneteori.

Også *planeternes bevægelse* beregnede Ptolemæos som epicykelbevægelser. Lad os til en begyndelse betragte planeten *Venus*' bevægelse. Alle kender denne pragtfuldt lysende planet, som snart ses at funkke som aftenstjerne på vesthimlen efter solnedgang, snart en morgenstjerne på østhimlen før solopgang. Den fjerner sig aldrig mere end omtrent 45° fra Solen, det vil sige en buelængde, som er $\frac{1}{8}$ af hele horisontens omkreds. Dens bevægelse kan, i hvert fald tilnærmelsesvis, fremstilles som en epicykelbevægelse, hvis epicykel har sit centrum i retning af Solen. En pytagoræiserende elev af Platon og Aristoteles ved navn *Heraldides* fra Pontos, havde allerede gjort den rimelige antagelse, at epicyklens centrum simpelthen var i Solen selv, det vil sige at Venus kredser rundt om Solen, så at den årlige solbane om Jorden er venusbanens deferent.

Figur 9: Herakleides' planetsystem

Lignende betragtninger havde man også gjort gældende overfor planeten *Merkur*, som da måtte antages at kredse rundt om Solen i en bane indenfor venusbanen. Derfor ser vi den aldrig synderligt langt borte fra Solen, og den er i virkeligheden et vanskeligt objekt at få øje på for lægfolk. Kopernikus skal på sit dødsleje have beklaget, at han aldrig havde haft held til at få øje på den i Königsbergs disede luft.

For de tre planeter Mars, Jupiter og Saturn synes til en begyndelse epicykelteorien ikke at give et så simpelt forhold til Solens bevægelse, som for planeterne Venus og Merkur. Imidlertid havde en aleksandrinsk matematiker, *Apollonios* fra Perga, i det tredje århundrede f.Kr. eftervist, at en epicykelbevægelse også kan frembringes ved en ekscentrisk stillet cirkel, hvis centrum kredser jævnt rundt i en cirkel om Jorden. Dette kan også opfattes som en epicykelbevægelse, hvor blot epicyklens radius er større end deferentens. Benytter man nu denne fremstilling viser det sig, at også for de sidstnævnte planeter vil epicyklens centrum ligge i retning af Solen. Det ligger da snublende nær at tænke sig, at også disse tre planeter har deres epicykelcentre i Solen. Og vi er da nået til det verdenssystem, som *Tyge Brahe* opstillede i det 17. århundrede: Omkring Jorden i verdens midte kredser Solen en gang rundt hvert år, og den har på denne fart de fem planeter kredsende rundt om sig i baner, hvis radier for Merkur og Venus er mindre end afstanden fra Jorden til Solen, og for de tre andre større.

Figur 10: Tyge Brahes verdenssystem

Kombinerer man nu dette med den antagelse, som *Aristark* fra Samos (o. 280 f.Kr.) havde gjort: at det i virkeligheden er Solen, som står i verdens midte, og at Jorden i et år kredser om Solen, får vi det verdensbillede som *Kopernikus* efter et livs studier offentliggjorde i 1543: om Solen i verdens midte kredser de seks planeter Merkur, Venus, Jorden, Mars, Jupiter og Saturn.

Som vi ser, havde den aleksandrinske astronomi før Klaudius Ptolemæos alle elementerne til at finde frem til det kopernikanske system. Men han havde ikke åndskraft nok til at hæve

skatten. Den autoritet, som *Almagest* fik, hæmmede udviklingen i opfattelsen af verdenssystemet i halvandet årtusinde. Helt til Renæssancetiden beholdt *det ptolemæiske system* sin herskerstilling. I himmelkuglens centrum står ubevægelig Jorden, opbygget af de fire elementer jord, vand, ild og luft. Uden om Jorden bevæger sig de syv selvstændigt vandrende himmellegemer Månen, Solen og de fem planeter, alle styrede i epicykelbevægelser af gennemsigtige krystalhimle. Det hele omslutes af den roterende fiksstjernehimmelkugle.

Figur 11: Middelalderlig fremstilling af det ptolemæiske system

Det *stjerner katalog* over 1022 fiksstjerner, som Ptolemæos giver i *Almagest*, er i hovedsagen Hipparks, dog forsynet med en del nye iagttagelser og korrigeret for præcessionens virkning i de mellemliggende 300 år.

Ptolemæos gør forsøg på at finde forholdet mellem Solens og Månens afstande fra Jorden. Han kommer her ikke ud over, hvad forgængerne har fundet med deres mangelfulde instrumenter. Men man kan ikke bebrejde Ptolemæos dette. Thi selv på hans tid var de astronomiske instrumenter ikke i stand til at løse denne kæmpeopgave.

I sin *optik* samler Ptolemæos sin tids viden om plane og sfæriske spejle og om lysets brydning ved overgang fra et gennemsigtigt stof til et andet. Brydningsloven kender han dog ikke, og han har den mærkelige tro, at lysstrålerne løber fra øjet til genstanden!

Ptolemæos gav sig også af med *geografi*. Her når han dog ikke op på siden af *Strabon*, som levede halvandet hundrede år tidligere. Ptolemæos' værk har dog ved den autoritet, som i eftertiden knyttedes til hans navn, været det grundlæggende for geografien lige til det 16. århundrede. Hertil bidrog også fremstillingens matematiske karakter. Den indeholder en fortegnelse over 8.000 byers geografiske beliggenhed.

Det værk, hvor Ptolemæos synes at have været mest selvstændig, er hans *harmonilære*. Ved dette har han haft indflydelse på Middelalderens skalateori. Men når han ender med en sammenligning med planeternes stillinger i dyrekredsens tegn, er han under indflydelse af den kaldæiske stjernetydning, som nu begyndte at brede sig mere og mere i Romerriget.

Om den *astrologiske* overtro, angående betydningen af planeternes stilling i dyrekredsens tolv "himmeltegn", har han iøvrigt skrevet et selvstændigt værk. Det er på sin vis også et karakteristisk tegn på tilbagegangen.

For moderne øjne er der altså meget man kan kritisere hos Ptolemæos. Dog må adskilligt af dette tilskrives den almindelige strømning nedover, som han ikke har haft kraft til at modstå. Alligevel kan det ikke overses, at han har haft stor betydning ved den grundighed, med hvilken han i systematisk form samlede de talrige resultater fra Oldtidens naturvidenskab i dens glanstid. Derved reddede han dem gennem de næste halvandet årtusinde frem til de mænd, som havde åndskraft nok til at føre udviklingen videre.

8 Naturvidenskabernes forfaldstid

I løbet af de første kristne århundreder sygnede evnen til naturvidenskabelig forskning langsomt hen. Som nævnt kan allerede hos Ptolemæos trods hans store lærdom mærkes tegn herpå. Langt stærkere ses disse hos *Heron* fra Aleksandria. Hvornår han levede har længe været et stridsspørgsmål. Men diskussionen har gjort det mere og mere sandsynligt, at hans tid har været så sent som omkring 200 e.Kr. Overordentlig mange tegn i hans skrifter tyder

på, at han er en flittig samler af fortidens skrifter uden dog altid at forstå disses indhold. Han har dog haft betydning ved at bevare disse kundskaber for eftertiden. Renæssancetiden lærte gennem ham meget af Oldtidens fysiske viden at kende. Til en begyndelse regnedes derfor Heron som en af de store støtter i Oldtiden. Men tidens kritik har nedstyrtet ham fra denne piedestal.

I sin "*Pneumatik*" nævner han en stor mængde anvendelser af trykket af luft, f.eks. hæverten, pumpen, vindkedlen til brandsprøjten og orgeler, samt mange af den slags instrumenter, som endnu udgør en bestanddel af en tryllekunstners rekvisitter. Netop denne stærkt fremtrædende interesse for underholdende anvendelser af fysikken er et udpræget dekadencetegn. Der er adskillige instrumenter til tempeltrolddom, f.eks. tempeldøre, som under stor trompetlarm springer op når der tændes et bål på et alter. Et automatisk virkende udskænkingsapparat af vievand er efter samme princip som øludskænkingsapparater på vore automatrestauranter. En badeovn må udstyres med drosselkvidder og trompetstød for at tilfredsstille tidens smag. Han kender trykket af damp fra ophedet vand. Men han benytter det kun til at konstruere en turbine som et kuriøst legetøj. Mindre end dette gav *James Watt* idéen til dampmaskinen.

Figur 12: Herons turbine

Selv om fremstillingen af alt dette ikke højner agtelsen for Heron som videnskabsmand, giver den dog indtryk af en højt udviklet instrumentmagerkunst. Det samme indtryk får man ved læsningen af Herons endnu bevarede skrift "*Automatteatret*". Det er en bearbejdelse af et ældre skrift af *Philon*. Drivkraften i apparatet er tyngden af et meget tungt lod. Instrumentet, som er en slags dukketeater på hjul, ruller frem for tilskuerne og dukkerne udfører et mytologisk skuespil med skibsbygning under stor larm. Teatret går til sidst under, idet voldsom teatertorden høres. Dette skrift fik i Renæssancetiden betydning for konstruktionen af store kirkeure som f.eks. i Strassbourg.

Hans *Mekanik* indeholder, ved siden af værdifulde uddrag af Arkimedes' skrifter, de største tåbeligheder. Eksempelvis erklærer han, at tunge ting falder hurtigere til jorden end lette. Hans forklaring på denne forkerte angivelse er, at kraften ved det tunge legeme er større end ved det lette. At legemets masse også spiller en rolle er ham ukendt. Sådanne mekaniske grundspørgsmål sov sin Tornerosesøvn lige til Renæssancetiden.

I sit skrift om *optik* viser han den samme interesse for det underholdende og kuriøse. Han forklarer, hvorledes man ved en spejlanordning på en teaterscene kan fremstille en åndemaning.

Man tillægger Heron opdagelsen af en sætning om beregningen af en trekants areal, når man kender de tre sider. Den findes rigtig nok i et af hans skrifter, men er sikkert fundet i den tidligere, strålende periode.

Hvor stort faldet var i de følgende tider, viser et skrift af en aleksandrinsk købmand *Kosmos Indiefarer* fra det sjette århundrede. Dets titel er "*Kristelig Topografi*".

Figur 13: Kosmos' latterliggørelse af antagelsen om Jordens kugleform

I modsætning til Eratostenes, som havde målt jordklodens størrelse temmelig nøjagtigt, latterliggør Kosmos overhovedet tanken om, at Jorden er kugleformet, ved en tegning som

Figur 12. Han slutter sig til den herskende anskuelse, at Bibelens beskrivelse af alterbordet i Salomons tempel (2.Mos.25) er en symbolsk fremstilling af Jordens overflade. Dennes grundflade antager han derfor rektangulær. Den er gulvet i en verdensstue, som svæver i et uendeligt rum fyldt med vand. Figur 7 viser forskellige udgaver af manuskripterne tegninger. Solen bevæger sig efter hans mening om natten fra vest til øst, skjult af et mægtigt bjerg i nord.

Figur 14: Kosmos' verdensbillede

Et betydeligt højere niveau indtog naturvidenskaben, da *Muhammedanerne* dannede deres verdensrige og udvidede sine besiddelser langs Middelhavets kyster helt til Spanien. De ikke alene bevarede Oldtidens naturvidenskabelige kundskaber fra fuldstændig forglemmelse, men bearbejdede dem ofte til større formel klarhed. Men araberne var stejle. De havde ikke evnen til at bryde igennem på de afgørende, grundlæggende punkter, hvor Oldtidens videnskab var kommet ind på et forkert spor. En ting, som også hæmmede både astronomien og lægevidenskaben, var den voldsomme rolle, astrologien kom til at spille. Dog bevirkede den, at de astronomiske kundskaber, som Ptolemæos' store værk indeholdt, blev bevaret. Det var i denne tid, dens græske titel blev forvansket til "Almagest". Ved siden af stjernetydning spillede også magi og alkemi en stor rolle. Guldmageriet var den form under hvilken Oldtidens begyndende kemiske sludder fortsattes.

Både *Harun al Raschid* (786–809) og *Karl den Store* (747–814) var herskere, som forstod betydningen af at hæve det videnskabelige niveau. Den sidste grundlagde ved den engelske munk *Alkun* (736–804) et lærd selskab, som skulle beskæftige sig med matematik, astronomi og sprogforbedring. Han oprettede skoler rundt omkring i sit rige.

Hvor lavt de almindelige kundskaber stod sammenlignet med den aleksandrinske periode, får man et indtryk af, når man betragter et af de såkaldte *hjul kort* af Jordoverfladen, som fremkom i den senere Middelalder. Figur 14 viser et sådant, hentet fra den middelalderlige danske populærvideenskabelige bog, "Lucidarius". Centrum i den af Okeanos omkredsede Jordskive var Jerusalem. Geografien dengang var let at lære: "Et T i et O". Ved vandveje var Jordskiven delt i Europa, Afrika og Asien,

Figur 15: Hjul kort

Det blev af stor betydning for videnskabernes genopvågning i Europa, at araberne i Spanien i 756 dannede et uafhængigt kalifat med Cordova som hovedstad. Trods de bitre stridigheder mellem kristne og muhammedanere følte dog de første, hvad de kunne lære af de sidste. Således udstrålede fra højskolerne i Cordova, Granada, Toledo, Sevilla og Valencia en kraft til fornyet videnskabelig virksomhed. Ved denne overføring af oldtidsskrifterne gennem oversættelse af arabiske bearbejdelser til latin spillede de sprogkyndige jøder i Spanien en stor rolle.

En af de mest fremtrædende personer i denne overføring var *Gerbert*, den senere pave *Sylvester II* (999–1003). Han skal blandt andet i Cordova have lært at kende det arabiske talskrivningssystem, som vi nu kalder *titalsystemet*. Dette havde araberne lært af inderne.

Forfaldstider er næppe noget sjældent fænomen i åndshistorien. Bølgedal og bølgetop veksler med hinanden. Men aldrig har denne bølgen ellers antaget så forfærdende dimensioner som her i Europa ved Oldtidens slutning og i den første del af Middelalderen. De sidste århundreder, som vor egen tid hører til, hører i naturforskningens historie til en lignende, strålende periode som den hellenistiske. Når man undertiden i de senere år fra bevillingsmyndighedernes side har mærket nogen afslappelse i interessen, nogen tale om ønskeligheden af en “kulturpause”, har nogle videnskabsmænd følt dette som et varsel om en kommende forfaldsperiode af lignende art som den her beskrevne. Faren er dog næppe reel. Mens videnskaben i Oldtiden så at sige var “aristokratisk”, indskrænket til et fåtal af dyrkere, er den nu med en lignende betegnelse “demokratisk”. Dens dyrkere er i en ganske anden grad end i Oldtiden spredt over Jorden i stor mængde og i alle samfundslag. Om en lignende udryddelse som i Europa ved Oldtidens slutning vil der næppe kunne være tale, selv om der nok vil kunne indtræde bølgesvingninger.

Ligesom nedgangen ikke foregik pludselig, indtraf opgangen heller ikke på én gang. Jeg vil som eksempel fra denne tid nævne en abbedisse *Hildegard fra Bingen*, som i 1150 skrev et værk “Physica”. Det indeholder en på selviagttagelser grundet beskrivelse af plante- og dyreverdenen i klostrets omegn. Iøvrigt indskrænker jeg mig til at omtale to personer, som er særlig fremtrædende i dette tidsrum: *Albertus Magnus* og *Roger Bacon*.

9 Albertus Magnus (1207–1280)

Den arv fra Oldtiden, som i begyndelsen fik den største betydning for den vågnende, naturvidenskabelige tænkning, var Aristoteles’ filosofiske skrifter. Kirken var i begyndelsen ængstelig for disse, som jo blandt andet fremkom i mangelfulde, med alskens tilføjelser forsynede udgaver. Men efterhånden fik man skrifterne rensat, så at de kom til at danne et grundlag for den tankeretning, som kaldes *skolastiken*. I 1254 blev der ved universitetet i Paris forordnet et vist antal ugentlige timer til foredrag over Aristoteles’ naturvidenskabelige afhandlinger. Før havde videnskabelige studier i Middelalderen været henvist til klostrene. Nu blev der oprettet højskoler efter det mønster, man kendte fra araberne. Først oprettedes sådanne i Neapel, Salerno, Padova og Bologna. Senere kom andre til, f.eks. i Paris, Oxford og Cambridge.

Albertus Magnus, hvis egentlige navn var grev Albert fra Bollstätt, blev født i 1207 i Schwaben. Han blev allerede i 1223 optaget i Dominikanerordenen, studerede først i Padova, så i Paris og Bologna. Selv holdt han fra 1229 forelæsninger i Köln og Paris og opnåede høje stillinger i kirken. Hans store sprogkundskaber satte ham i stand til at lære de aristoteliske skrifter at kende og læse dem på originalsproget, græsk. Dette var ellers på den tid ret ukendt blandt Europas lærde.

I sine værker, som i en ganske vist ufuldstændig udgave fra 1651 fylder 21 foliobind, lærer han sin samtid de naturvidenskabelige kundskaber at kende, som findes hos Aristoteles. Ofte har han, især på zoologiens og botanikkens områder, suppleret dem med selvstændige iagttagelser. Han udbreder også i Europa kendskabet til to ældre opdagelser, nemlig *kompasset* og *krudtet*. Kompasnålen har været kendt i Kina helt tilbage til Oldtiden. Krudtet som en eksplosiv blanding af svovl, kul og salpeter, var allerede kendt i Europa i det ottende århundrede, ja, måske allerede langt tidligere af kineserne. Men endnu havde man ikke forstået at benytte det til udskydning af projektiler. Også kemi beskæftigede han sig med, men rigtignok i tidens ånd i form af forsøg på at omdanne uædle metaller til ædle. Albertus Magnus’ betydning for botanik og zoologi ses bedst ved at sammenligne hans fremstillinger med et værk, som helt

siden Oldtidens forfaldstid havde været meget benyttet. Dette hedder “Physiologus”. Det indeholder de utroligste fabler om dyrene. Panteren siges der f.eks. sover tre dage, når den er mæt; når den så vågner med et brøl, udbreder den en så behagelig lugt, at alle dyr, undtagen dragerne, strømmer til. Albertus Magnus erstattede altså dette skrift med Aristoteles’ naturhistoriske værker fra Oldtidens blomstringstid og forsynede det med selviagttagelser.

10 Roger Bacon (1214–1294)

Selv om således Albertus Magnus har haft stor betydning for naturvidenskabernes genopvågning i Europa, var han dog endnu meget bundet af autoritetstro. Den mand, som særlig er et tegn på den fremvoksende trang til fri forskning, til sandhedserkendelse uden at være bundet til nedarvede fordomme, var *Roger Bacon*. Han var født i 1214 i Ilchester i England. Efter at have fuldført sine universitetsstudier i Oxford og Paris trådte han i 1250 ind i Franciskanerordenen. Han ville nu bringe den europæiske naturvidenskab ud af den barndomstilstand, hvori den befandt sig. Ved selvstændige eksperimenter ville han studere naturlovene i stedet for kun at søge kendskab til dem ved studium af Aristoteles. Han ivrede mod den fra de gamle jødiske rabbinere nedarvede tro på bibelens absolutte bogstavinspiration. Bibelen er ingen lærebog i naturvidenskab, og dens sproglige udtryk er til enhver tid præget af den naturopfattelse, som da var almindelig. Man må derfor sammenholde dens beretninger med de kundskaber, som efterhånden er erhvervet.

Figur 16: Roger Bacon

Dette anvender han f.eks. på beretningen om Joshua, som i Gideons Dal befalede Solen at stå stille. Intet under, at en sådan indstilling bragte ham i strid med sine overordnede indenfor Franciskanerordenen. Han blev anklaget for kætteri og trolddom, afsat fra sin lærerstilling i Oxford og kastet i fængsel. Ganske vist blev han på foranledning af sin beskytter, Pave Clemens II, befriet fra sit fængsel. Men da paven døde, udvirkede hans fjender at Bacon, som imidlertid var draget til Frankrig, påny blev kastet i fængsel. Hans skrifter blev forbudt. Ti lange år varede dette fangenskab. Da han endelig i 1288 fik sin frihed, var han 74 år gammel og ikke i stand til at producere nye videnskabelige arbejder. Alle hans naturvidenskabelige skrifter er derfor i tiden fra før hans andet fangenskab.

Roger Bacon blev en forløber for de kommende tiders *eksperimentalfysik*. I modsætning til skolastikerne fremhævede han, hvor vigtig den matematiske behandling af eksperimenternes resultater er. “Matematikken er nøglen til døren til naturvidenskaben”, skriver han i en af sine afhandlinger. Som matematiker beherskede han sin tids viden og har skrevet en perspektivlære. Men forøvrigt har han ikke bidraget noget til dens videre vækst. I naturvidenskaberne gav han sig især af med mekaniske konstruktioner, optiske undersøgelser og kemiske forsøg. Han undersøgte lysets tilbagekastning i *hulspejle*. Han er klar over, at parallelle lysstråler, som rammer et kugleformet hulspejl, ikke samles nøjagtig i et bestemt brændpunkt, men at dette vil kunne opnås ved paraboliske spejle. Også lysets brydning i slebne *glaslinser* kender han. Han anbefaler nærsynede at anvende en plankonveks linse. Han aner endog muligheden af at konstruere en kikkert.

På det astronomiske område følger han Ptolemæos fra Aleksandria. I kapitlet om *geografi* undersøger han, hvor stor en overflade der dækkes af havet. På den tid havde man fejlagtige

forestillinger om længden af de “stadier”, som Ptolemæos benyttede til angivelse af Jordens omkreds. Derfor har Bacon den opfattelse, at Jorden er meget mindre, end den i virkeligheden er. Følgen heraf var, at han mente, at afstanden fra Europas vestkyst til Asiens østkyst ikke var særlig stor. Da denne bemærkning nåede Columbus to hundrede år senere, gav den ham modet til sin dristige fart mod vest over Atlanterhavet. Han troede selv, at det land han havde opdaget var en ø udenfor Asiens østkyst.

Hans beskæftigelse med astronomi lod ham erkende den uorden, som var kommet i *kalendarvæsenet*. Efter det julianske system var nøjagtig hvert fjerde år skudår. På kirkemødet i Nikæa år 325 var forårsjævndøgn fastlagt til at være den 21. marts og påskeberegningen blev indrettet i forhold hertil. Dette julianske år på $365\frac{1}{4}$ døgn er imidlertid lidt for langt, og i løbet af 128 år kommer forårsjævndøgn til at indtræde én dag tidligere. På Bacons tid var det allerede forårsjævndøgn den 4. marts. Den gammeldags påskeberegning kunne derfor få påsken til at falde langt fra sin rette tid. Bacon fremkom med et reformforslag. Her, som på så mange andre områder, var han dog kun en røst i ørkenen. Først i 1581 fremsatte Pave Gregor XIII sin kalenderreform. I Danmark og Norge blev denne indført år 1700. Da Rusland, Grækenland og Balkanstaterne i 1923 gik over til den gregorianske kalender, var denne indført i alle kristne lande.

At Roger Bacon allerede i det trettende århundrede gjorde *eksperimentet* til grundvold for naturvidenskaberne, er overraskende. Han var dog endnu på mange punkter et barn af sin tid. Han gav sig af både med astrologi og alkymi. Han søgte “hemmelighedernes hemmelighed”, “de vises sten”, med hvilken man skulle kunne lave guld. Når han alligevel står som det trettende århundredes mest strålende naturvidenskabelige personlighed, er det på grund af hans kamp for naturstudiets rette principper mere end på grund af selvstændige, nye opdagelser. De ydre forhold i hans liv var ikke gunstige for hans studier eller for udbredelsen af hans idéer. Hans værker lå gemt i manuskript mange hundrede år før de blev trykt.

11 Leonardo da Vinci (1452–1519)

Det trettende århundrede viser en begyndende genopvågning af det naturvidenskabelige liv. Det fjortende er noget mere stillestående. Men i det femtende århundrede begynder åndsvirksomheden at blive mere selvstændig. En omstændighed som bidrog hertil, var tyrkernes erobring af Konstantinopel i 1453. Adskillige græske lærere flygtede til Italien, hvorved de italienske videnskabsfolk fik bedre anledning til at læse de græske oldtidsskrifter på originalsproget. Det derved vakte åndelige liv, som man kalder *Renæssancen*, fik stærke eftervirkninger bl.a. i Firenze under Medicæerne.

Figur 17: Leonardo da Vinci

I Tyskland fornyede kardinal *Nicolaus da Cusa* (1401–1464) pytagoræernes påstand om Jordens rotation. Han beregnede Jordens aksedrejning og desuden dens årlige bevægelse om Solen. To tyske astronomer, *Georg Teurbach* (1423–1461) og *Johann Müller* (1436–1476), kaldet *Regiomontanus* efter sin fødeby Königsberg, fremmede det astronomiske studium. Men den, som i dette århundrede er den mest fremtrædende naturforsker, er *Leonardo da Vinci*.

Han var født i 1452 ved Firenze, hvor hans fader var notar og ejede et gods ved Vinci i Arnodalen. Fjorten år gammel blev han sat i lære hos en kunstner i Firenze, Andrea Verrochio.

Denne var både billedhugger, maler, bronzestøber og guldsmed. Hos ham fik Leonardo den uddannelse, som senere gjorde ham så forbavsende alsidig. For almenheden er Leonardo mest kendt som den store kunstner, som f.eks. har malet nadverbilledet i San Maria della Grazie i Milano og billedet af Mona Lisa. Men ved siden heraf var han en dygtig arkitekt, ingeniør, musiker, kunstforfatter, fysiker og matematiker. Han var et udpræget renæssancemenneske, høj og stærk, "Italiens skønneste mand", dristig svømmer, modig rytter, elegang fægter og lidenskabelig danser. Ynde og kraft var forenet hos ham. Den samme hånd, som kunne fralukke luttens strenge indsmigrende toner og kunne tegne blide kvindeprofiler, kunne også bøje tykke jernstænger og tæmme de vildeste heste. Leonardo havde således alle betingelser for at blive centrum i Firenzes festfyldte liv. Men han havde viljekraft nok til ikke at lade sig rive helt med i festhvirvlen, så han ved siden af kunne drive sine matematiske og fysiske studier.

I 1483 tog han imod en stilling hos hertug Ludovico Moro af Milano som ingeniør. Han skulle især udføre krigstekniske arbejder. Her grundlagde han et akademi for kunst og videnskab, som blev et forbillede for senere tiders kunstindustriskoler. En del af de notesbøger, hvori han nedskrev manuskripterne til sine undervisningsforedrag, er bevaret og giver et imponerende billede af Leonardos alsidige ånd. Her finder man f.eks. side om side med en skitse af et skønt kvindehoved og en sonnet, udkastet til en kirkebygning og en algebraisk udregning. Eller også ved siden af tegningen til en maskine, beregninger angående stjernernes gang og jordlagenes geologi. Flere af disse notater samler sig til større afhandlinger, f.eks. om malerkunst, om linie- og luftperspektiver, om vandbygningskunst, om bevægelse, stød og gnidning, om maskinvæsen, om flyvning, om sammenlignende anatomi osv.

I Milano virkede Leonardo indtil 1499. Så opholdt han sig et par år i Firenze. Her malede han bl.a. det kendte billede af Mona Lisa. Sommeren 1502 blev han generalingeniør over fæstningsbyggeriet i Romagna. Så var han atter en tid i Firenze. Her traf han sammen med Rafael og Michel Angelo. Med den sidste konkurrerede han om den indre udsmykning af Palazzo Vecchio. I 1506 kom han tilbage til Milano og var derpå en tid i Rom. Men så drog han til Frankrig, hvor han arbejdede for den franske kong Frantz I og hans efterfølger Ludvig XII. Han fik slottet Cloux som opholdssted. Her døde han 67 år gammel.

I *optikken* beskriver han det såkaldte kamera obscura. I et mørkt værelse lader han lyset fra en stærkt belyst tegning udenfor værelset trænge gennem et lille, rundt hul, og opfanger lyset på en hvid skærm, hvor der da ses et omvendt billede af tegningen. Han opfatter øjet som et sådant camera obscura, men er ikke klar over lysbrydningen i øjet.

Som kunstner var han klar over den betydning, som det har for gengivelsen af det menneskelige legeme at kende dets bygning. Derved førtes han ind på *anatomiske* studier. I Oldtiden var sådanne indført i Aleksandria. Men hos araberne gik de erhvervede kendskaber til grunde på grund af Islams fordom mod dissektion. I Middelalderen herskede i Europa en utrolig uvidenhed om menneskelegemet og dets funktioner. Det forbedrede ikke situationen, at lægekunsten blev nøje knyttet til stjernetydning. Åreladning blev foretaget efter regler bygget på Solens stilling i dyrekredsens tegn. Det er et tegn på menneskenes hårdførhed, at menneskeslægten har overlevet de orgier af åreladning, som lægerne i Middelalderen opførte.

I samarbejde med lægen Marc Antonio delle Torre gik Leonardo i gang med omfattende anatomiske studier. De resulterede i en række pragtfulde anatomiske tegninger. Han studerede også det menneskelige legemes mekaniske forhold, holdningen under gang og arbejde, ansigtsmuskulernes bevægelser under vekslende sindsstemninger o.l. For at kunne udføre en rytterstatue studerede han *hestens anatomi*. I forbindelse med sine studier over fuglenes flugt undersøgte han fuglenes bygning. Herunder opfandt han *faldskærmen*, som dog først blev prøvet i praksis langt senere. Han synes at have haft idéen til en ballon fyldt med varm luft.

Når han ikke står som grundlægger af den fysiologiske optik, af den sammenlignende anatomi og af flyveteknikken, er det vel nærmest fordi han var nogle århundreder forud for sin tid. Det planmæssige samarbejde mellem videnskabsmændene var endnu ikke organiseret.

Samtidens alkymistiske studier frastødte hans klare ånd. Han kendte til krudtfremstilling og til tilberedning af malerfarver. Han havde en klar forståelse af luftens betydning for en brændende flamme og konstruerede det lampeglas, som anvendes i petroleumslamper.

Han har haft idéen til et utal *instrumenter*. Tegninger til sådanne findes i hans efterladte papirer. Om han selv har opfundet dem kan ikke afgøres. Man finder tegninger af en fugtighedsmåler og af et loggeapparat. Magellan brugte i Leonardos dødsår et sådant. Andre tegninger er af en trillebør, som senere tilskrevedes Pascal, en kæde til overføring af tandhjuls bevægelser, således som vi kender den fra cyklen, et stegespid, som drejes af den varme luft osv. Den vekslende afstand mellem årringene i træstammer forklarer han som virkningen af den forskellige fugtighedstilstand i de forskellige år.

Ved sine kanalanlæg fik han anledning til at studere *jordlagene* og deres indhold af *forsteninger*. De bemærkninger han gør om disse, ville berettige ham til at kaldes "geologiens fader", hvis de ikke indtil moderne tider havde været begravet i hans notesbøger.

I *mekanikken* er Leonardo en forløber for Galilei. Man finder i hans notesbøger inertiens lov udtalt. Han synes også at have sluttet sig til Aristarks påstand om Solens ubevægelighed.

I hvilken udstrækning Leonardos tanker har haft betydning for udviklingen, er vanskelig at sige. På den ene side var betingelserne for videnskabsmændenes samarbejde endnu ikke til stede. På den anden side stod Leonardo i levende forbindelse med mange af tidens ledende ånder og med sine elever. Dette kan have modvirket at så mange af hans idéer har været begravet i hans forelæsningshæfter til moderne tid.

12 Kopernikus (1473–1543)

Renæssancetidens åndelige vækst støttedes af bogtrykkerkunstens fremkomst og af virkningen af de store opdagelsesrejser. Men også det fri syn på verdensbygningen, som det kopernikanske billede gav, havde sin store betydning. Større og større vanskeligheder havde astronomerne med at forlige tabellerne over Solen, Månen og planeternes bevægelser blandt stjernerne med den iagttagne virkelighed. På grund af den betydning, man tillagde stjernetydningen, var denne uoverensstemmelse meget følelig. For at forbedre epicykelteorien havde man tilføjet et utal af epicykelcirkler, som gjorde hele det ptolemæiske verdensbillede uhyre kunstigt og unaturligt. Da Alfons af Kastilien midt i det trettende århundrede fik forklaret Ptolemæos' epicykelteori, blev han så overvældet af kompliceretheden, at han udbrød at verden skulle være blevet simplere, hvis Gud havde taget ham med på råd ved skabelsen.

Figur 18: Nicolaus Kopernikus (efter den polske maler Johan Mateikos maleri)

Flere gange havde lærde i den græske oldtids skrifter fundet frem til de tanker, hvorved man i den aleksandrinske tid havde forsøgt at gøre verdensbilledet simplere. Den, som endelig formåede at sammentømre det nye system, som gjorde Solen til systemets styrende midtpunkt, var *Nicolaus Kopernikus*. Han var født i 1473 i Thorn. Ved faderens død kom han i huset hos sin morbroder, som var biskop i Ermeland. Han studerede matematik og medicin i Krakow, derpå astronomi hos Peurbad og Regiomontanus i Wien og senere i Bologna. Derpå holdt han

selv astronomiske forelæsninger i Rom. Imidlertid havde han fået en stilling ved domkapitlet i Frauenburg i Østpreussen. Denne satte ham i stand til at føre et stille forskerliv, under hvilket han udarbejdede sin matematiske fremstilling af, hvorledes man kunne få overensstemmelse med vandrestjernerne bevægelse ved at antage, at Jorden og planeterne kredser om Solen. Under sin årlige fart har Jorden kredsende om sig Månen. Selv drejer den sig i et døgn rundtaksen gennem Jordens to poler. Det hele er omgivet af den ubevægelige stjernehimmel.

Figur 19: Det kopernikanske verdenssystem

Kopernikus kunne ikke anføre andet bevis for sit verdenssystem, end at forklaringen var langt simplere end Ptolemæos'. Selv om han slap for at måtte antage et uhyre stort antal epicykler, måtte han dog have et vist antal med, da han endnu holdt fast ved den gamle platoniske tro på, at himmellegemernes bevægelse måtte være sammensat af jævne cirkelbevægelser. På den anden side var Kopernikus klar over, hvilken forargelse den påstand at Jorden ikke hvilede ubevægelig i Verdens midte, måtte vække. Han beholdt derfor gennem mange år sit manuskript for sig selv. Hans venner fik ham dog til sidst overtalt til at offentliggøre det, og i 1543 udkom det i Nürnberg. Han modtog det første trykte eksemplar på sin dødsseng i 1543. Han havde blot fremstillet sin teori som en hypotese. Selv om han vel har forudset den modstand, hans system ville møde, har han dog måske næppe forestillet sig den af de dimensioner og virkninger, som det senere frembragte.

13 Tyge Brahe (1546–1603)

Den modstand, som samlede sig mod det kopernikanske system, havde mange våben i hænde. For menigmand var den tanke, at Jorden skulle hvirvles rundt om sig selv i et døgn og rundt om Solen i et år, nærmest sindssvag. En række betydelige, katolske gejstlige havde ganske vist udtalt, at den nye astronomiske lære ikke stred mod Bibelen. Men fra Lutherdommens hovedborg Wittenberg udgik en skarp kritik, som støttede sig til en snæver bogstavudlægning af forskellige udtryk i Bibelen. Professor *Rhätikus* blev fordrevet fra Wittenbergs Universitet, fordi han havde støttet udgivelsen af bogen hvori Kopernikus havde fremsat sit system. En medvirkende årsag til modstanden var sikkert også, at Frauenburg var en stærk skanse mod Lutherdommens fremtrængen i Preussen.

I den lærde verden kunne imidlertid vægtigere grund anføres for modstanden. Man kunne bl.a. med rette anføre, at iagttagelsesmaterialet var svagt. Den mand som her greb ind og derved lagde grunden til den nyere tids astronomiske iagttagelseskunst, var danskeren *Tyge* eller *Tycho Brahe*.

Han var født i 1546 på Knudstrup i Skåne, som dengang var en del af Danmark. Han tilhørte på faderens og moderens side to kendte, gamle adelsslægter, Braherne og Billerne. Han fik en omhyggelig opdragelse, først ved Københavns Universitet og så i Leipzig. Allerede i København var hans interesse for astronomien vakt i 1560 ved den solformørkelse, som da indtrådte. Han kom i høj grad til at beundre den videnskab, som satte mennesker i stand til at forudberegne en sådan begivenhed.

Figur 20: Tyge Brahe

Han kastede sig over studiet af Ptolemæos' *Almagest*. I Leipzig fortsatte han disse studier til trods for at hans hovmester, den senere berømte danske historieskriver Anders Sørensen Vedel, havde pålæg om at våge over at Tyge Brahe holdt sig til sine juridiske studier. I stjerneklare nætter bestemte han i al hemmelighed planeternes stillinger til fiksstjernerne ved hjælp af meget primitive, selvlavede småinstrumenter. Disse iagttagelser var tilstrækkelige til at godtgøre de benyttede planettabellers fejlagtighed. Herunder modnedes hos Tyge Brahe den beslutning at vie sit liv til, ved systematisk iagttagelse af planeterne, at få nøjagtig rede på deres bevægelser.

Han var til en begyndelse som barn af sin tid interesseret i stjernetydningens overtro. Denne var efter det ptolemæiske system ikke så urimelig som den senere blev efter det kopernikanske system. Han stillede horoskoper for sine venner. Derved mildnede han noget af den foragt, som hans adelige bekendte ellers følte for hans astronomiske studier. Han rejste i flere år rundt fra universitet til universitet. At han tog del i det almindelige studentliv tør man vel slutte deraf, at han i Rostock i en duel mistede en del af næsen. Senere måtte han gå med en sølvnæse.

I 1571 kaldtes han hjem til Danmark, fordi hans fader lå for døden. Efter faderens død boede han hos sin morbroder Steen Bille. Han fik indrettet et alkymistisk laboratorium på Herridsvad Kloster i Skåne. Da han en novemberaften 1572 gik ud af laboratoriet, opdagede han i stjernebilledet Kassiopeja en ny og funklende stjerne, en såkaldt Nova. Sådanne dukker en sjælden gang pludselig op, og forsvinder, i hvert fald for det blotte øje, efter nogen tids forløb. Tyge Brahe udmålte så nøjagtigt han kunne dens plads mellem stjernerne og forandringerne af dens lysstyrke og farve. I marts 1574 blev den helt usynlig.

Han udgav en bog om sine iagttagelser af stjernen. Han kritiserer en del tåbeligheder, som var fremsat om den. Det var almindeligt blevet antaget, at den var et atmosfærisk fænomen. Denne antagelse afviste han med sine målinger af dens faste plads mellem fiksstjernerne. I slutningen af bogen skriver han et latinsk digt, hvori han lover at bestemme fiksstjernerne steder nøjagtigt og at udforske Solens, Månens og planeternes løb mellem fiksstjernerne.

Bogen vakte stor opsigt. Tyge Brahe måtte komme til København i 1574 og holde en række forelæsninger på universitetet. Disse gengav datidens meninger om planeternes indflydelse på det menneskelige legeme. Mennesket er en mikrokosme, det vil sige, den er en lille verden, som er skabt i billedet af den store verden omkring det, makrokosmen. Hjertet svarer til Solen, hjernen til Månen, leveren til Jupiter osv. På grund af det mystiske bånd, som man dengang troede, at der var mellem mikrokosmens og makrokosmens dele, mente man at kunne slutte sig til en sygdoms forløb af stjernernes indbyrdes stillinger. Derfor var astrologien dengang en hjælpevidenskab for lægekunsten.

Hele Tyge Brahes livssyn gjorde ham fremmed for sine standsfæller. I 1575 drog han igen til udlandet for at søge sig et fremtidigt opholdssted. Kongen, Frederik II, delte imidlertid sin tids interesse for stjernetydningen. Den gav håb om, at man skulle kunne forudsige rigernes skæbne. På foranledning af kansleren *Niels Kaas* og rigsråd *Jørgen Rosenkrantz*, besluttede kongen sig til at tilbyde Tyge Brahe øen Hven og betydelige pengemidler, hvis han ville lade sig knytte til Danmark. Tyge Brahe tog imod tilbuddet.

I de følgende år indrettede han på Hven et astronomisk forskningsinstitut, hvis arbejder gennem 20 år skulle blive grundlæggende for den kommende tids astronomi. Han opførte

slottet Uranienborg. Der var talrige arbejdsrum for de studenter, som samlede sig om ham. Der var en stor samling astronomiske måleinstrumenter, et righoldigt bibliotek, papirmølle, trykkeri, bogbinderi, i kælderens alkymistisk laboratorium — kort sagt, alt som kunne tjene som mønster for et forskningsinstitut.

Grundprincippet i hans astronomiske måleinstrumenter var stadig det fra Oldtiden kendte. Kikkerten var endnu ikke opfundet, så man benyttede en sigtelinie efter lignende princip som sigtekornet på et gevær. Men alle detaljer var udført med en hidtil ukendt omtanke.

Det, som især gjorde ham til den observerende astronomis grundlægger, var den måde på hvilken han systematisk fyldte sine observationsprotokoller med målinger af planeternes foranderlige pladser.

Da der til sidst ikke var flere standpladser for observatorer på balkonerne, anlagde han ved siden af Uranienborg et delvis underjordisk laboratorium, *Stjerneborg*. Hvert instrument var her opstillet i sit eget lille rum, beskyttet ved skærmende tagklapper, som kunne fjernes under observation.

Figur 21: Tyge Brahes murkvadrant på Uranienborg

Hans nøjagtigste instrument var den store "*murkvadrant*". Inde i Uranienborg løb en mur nøjagtig i retningen nord-syd. På denne mur var anbragt en stor metalcirkelbue, som var en fjerdedel af en fuld cirkel, en "kvadrant". Dens centrum lå i en åbning i muren mod syd. Når Solen ved middagstid passerede kvadrantens plan — som man siger "kulminerede" — kunne man på cirkelbuens inddeling aflæse, hvor stor Solens "kulminationshøjde" over horisonten var.

Ved sådanne målinger opdagede han et fænomen, som forøvrigt også havde været bemærket tidligere, nemlig *refractionen*: på grund af lysbrydningen i atmosfæren ser man himmellegemerne lidt højere over horisonten, end de i virkeligheden står. For denne refraction korrigerede han sine målinger.

Urene var på Tyge Brahes tid endnu meget upålidelige. Han udregnede derfor tidspunktet for iagttagelsesøjeblikket ved at lade en medhjælper samtidig måle en bekendt stjernes højde over horisonten.

Tyge Brahe beundrede i høj grad Kopernikus. Men han kunne ikke give slip på troen på jordklodens ubevægelighed. Selv ved de nøjagtigste målinger kunne han ikke mærke nogen forandring i den vinkel man i årets løb kunne måle mellem synsretningerne til stjernerne. Og han mente, at det ikke var muligt at disse stod så langt borte, at en sådan virkning ikke skulle mærkes i årets løb. Han udviklede derfor et verdenssystem, efter hvilket Jorden, omkredset af Månen, står i himmelkuglens midte (figur 9, side 12), mens Solen omkredset af planeterne på et år kredser om Jorden. Rent geometrisk set forklarer det tychoniske system iagttagelserne lige så godt som det kopernikanske.

Tyge Brahes observationer på Hven fik en sørgelig afslutning. Ved sine frisindede anskuelser og sin stejle optræden havde han fået mange fjender ved hoffet, ved universitetet og blandt sine bønder. Muligvis spillede det også en rolle, at han blev mere og mere skeptisk overfor stjernetydningens rigtighed. Han kalder den en vante, som man lige så godt kan tage på højre som på venstre hånd. Til sidst kom det til et brud med Regeringen. Tyge Brahe forlod Danmark og blev i 1599 ansat i Prag som kejser Rudolfs hofastronom. Men allerede i 1601 blev han bortrevet af døden. Han ligger begravet i Teynkirken i Prag.

Dette, Tyge Brahes kortvarige Pragophold, fik den største betydning for astronomiens — ja, for hele naturforskningens udvikling. I Prag fik han nemlig den unge *Kepler* til assistent.

14 Johannes Kepler (1571–1630)

Kepler var født i 1571 i Weil der Stadt i Würtemberg. Begge forældrene var lutheranere, mens de fleste i byen var katolikker. Kepler blev i det væsentlige opdraget af sine bedsteforældre, da faderen var soldat.

Figur 22: Johannes Kepler

Allerede i niårsalderen blev han stærkt interesseret i astronomi ved at se en måneformørkelse. Han kom i en protestantisk klosteskole og fik i 1588 en friplads til teologisk studium ved Tübingens Universitet. Hans lærer i astronomi, *Mästlin*, foretog som lydige tilhænger af universitetet i Würtemberg offentligt det ptolemæiske verdenssystem. Men i sit hjerte hyldede han det kopernikanske, hvilket snart smittede hans vågne elev. Som teolog gjorde Kepler gode fremskridt, både ved sin lærdom og ved sit fromme sind. Allerede i 1592 kunne han begynde sin teologiske løbebane. Dog blev denne snart standset ved den frimodighed, med hvilken han forfægtede frisindede meninger. Hans overordnede var derfor glade, da de kunne få ham forflyttet til den protestantiske stiftskole i Graz som professor i matematik. I Graz hørte det med til hans bestilling, at han skulle forfatte den årlige kalender med astrologiske forudsigelser. Disse handlede ikke alene om vind og vejr, men også om personlige og politiske begivenheder. I den første kalender, han forfattede for året 1595, fremsætter han i et forord sine tvivl om disse forudsigelsers pålidelighed. Han fremhæver, at Bibelen fraråder sådanne spådomme. Men nu ville tilfældet, at spådommene passede. Han fik ry for at være en stor astrolog. Vinterkulden blev som forudsagt stor, og faren for tyrkerne og for bondeuroligheder blev til virkelighed.

Næste år udgav Kepler et skrift, "*Mysterium cosmographicum*", hvor han udfolder sin pytagoræiserende mysticisme. Han havde i stor udstrækning spekuleret på at finde geometriske konstruktioner, som kunne svare til de mellemrum, som der efter det kopernikanske system er mellem de på hinanden følgende planetbaner om Solen. Han fandt til sidst på at benytte sig af de fem såkaldte "platoniske legemer" (s. 4). Ved hjælp af dem lavede han nu en indviklet konstruktion i rummet.

Figur 23: Keplers første planetbanekonstruktioner

Med jordbanen som diametralplan tænker han sig lagt en kugleflade. Om denne omskriver han et dodekaeder. Gennem dets hjørner lægger han en ny kugleflade, på hvilken da efter hans mening Marsbanen ligger. Og således fortsætter han med kugleflader og platoniske legemer til hele solsystemet er bestemt. "Se derfor grunden til, at der er seks planeter og ikke flere", skriver han. Dette ville han ikke have skrevet, hvis han havde kendt de senere opdagede planeter Uranus, Neptun og Pluto, samt planetoidernes store skare.

Hans skrift vakte stor opsigt. På mange virkede det som en bekræftelse af det kopernikanske system. Selv til Tyge Brahes fjerne ø i Øresund nåede bogen, og Kepler blev erkendt som den rette mand til at bearbejde det vældige iagttagelsesmateriale.

Nu var Kepler en tid optaget af andre interesser. Striden om indførelsen af Pave Gregor XIII's nye kalenderordning var nået til de protestantiske fyrster og lærde. Disse satte sig kraftigt til modværge mod noget, som kom fra Rom. Keplers lærer, *Mästlin* i Tübingen skrev: "Målet med kalenderreformen er åbenbart at befordre det popistiske afguderi. Paven er en gruelig, altsønderrivende ulv. Skal vi forsones os med antikrist?" Til vidnesbyrd om Keplers upartiskhed og sandhedskærlighed tjener, at han trods sin beundring for sin gamle lærer, udgav et strengt sagligt forsvar for den gregorianske kalenderordning. Dette førte dog ikke til noget. Først i år 1700 begyndte protestantiske lande, derimellem Danmark, at indføre den "katolske" kalenderordning.

Kepler følte sig med sit frisind og sin fredselskende tolerance ilde til pas under de stærkt spændte forhold i Graz. Han tog derfor i år 1600 imod et tilbud fra Tyge Brahe om at komme til Prag som hans assistent. Tyge Brahe havde håbet, at han ville lægge det tychoniske system til grund for sin bearbejdelse af observationerne. Men Kepler holdt fast på det kopernikanske system. Der opstod derfor et ret spændt forhold imellem dem. Alligevel udtrykker Kepler på en rørende måde sin kærlighed til den beundrede mester, da han i observationsprotokollen ved Tyge Brahes død i 1601 skrev et stykke herom.

Efter en del forsinkelser og vanskeligheder kom Kepler i gang med bearbejdelsen. I stedet for, sådan som alle astronomer siden Platon havde gjort, at gå ud fra, at planetbevægelserne er sammensat af cirkler, undersøgte han direkte ved hjælp af observationerne, hvilke baner planeterne bevæger sig i. Herved fulgte han en ny almindelig undersøgelsesmetode i naturvidenskaben. Han fandt, at planeterne bevæger sig i ovale baner, som den græske oldtidsvidenskab har kaldt *ellipser* (figur 24).

Figur 24: Ellipse. B og B_1 er brændpunkterne, BP og B_1P har overalt samme sum

Solen står i et af ellipsens såkaldte "brændpunkter". Han fandt også en lov for den vekslende fart, med hvilken en planet gennemløber sin bane. Og for det tredje fandt han en simpel sammenhæng mellem planeternes omløbstider og banernes størrelse. Som vi skal se, danner disse tre såkaldte "*Keplerske love*" en vigtig station fremover til forståelse af verdensbygningen.

Disse så vigtige opdagelser viser, hvor forsigtig man skal være med at bortkaste en videnskabelig sandhed, selv om den i øjeblikket ikke synes at have nogen praktisk anvendelse. Den romerske taler *Cicero* erklærede, at romerne interesserede sig for det, som har praktiske anvendelser, men ikke — som grækerne — for sådanne abstrakte ting som ellipser og andre keglesnit. Og dog var det netop grækernes kegleteori, som satte Kepler i stand til at finde sine love og derved bane vej for det syn på verdensbygningen, som bærer hele den moderne kultur.

Kepler beskæftigede sig en stund med *optik*. Han fandt ganske vist ikke frem til en simpel lov for lysbrydningen ved overgang fra et gennemsigtigt stof til et andet. Den fandt hollænderen *Snellius* i 1620. Men han kunne dog give en matematisk fremstilling af billeddannelsen gennem glaslinser. Han opfandt den sammensætning af to samlelinser, som senere blev den almindelige ved *astronomiske kikkerters*.

En sammenstilling af planeterne Saturn og Jupiter vakte en lignende opsigt som hos os i vinteren 1940–41. Kepler fandt, at en sådan konstellation havde fundet sted i stjernebilledet Fiskene i året 7 før vor tidsregnings begyndelse. Af historiske grunde — Betlehemsordet, Herodes' død år 4 f.Kr. — slutter han, at Kristus må være født nogle år før det tidspunkt, som den romerske munk *Dionysius den Lille* antog, da han omkring år 550 grundlagde vor tidsregnings årsbetegnelse. Han mener derfor, at Betlehemsstjernen var denne samstilling af Jupiter og Saturn. Den omstændighed, at Fiskenes stjernebillede efter datidens astrologiske teorier var knyttet til Palæstina, ville forklare hvorfor de tre vismænd fra Østen rejste til Jerusalem.

Kepler var ofte plaget af pekuniære bekymringer og af tidens uro. Trediveårskrigen udbrød på hans tid. Han levede i en brydningstid mellem to tidsaldre med forskelligt livssyn, hvor konkurrenter og fanatikere ophidser en uselvstændig mængde til had og ondskab. En *hekseproces* mod hans gamle moder gjorde ham i flere år store bekymringer. Naboer havde påstået, at moderen ved "den sorte kunst" havde kastet sine øjne på et pigebarn, så nogle af hendes fingre var blevet lammet. Da retten ikke engang ved trussel om tortur kunne få hende til at bekende, blev hun frikendt.

Keplers egen dybe religiøsitet bragte ham også i vanskeligheder. Han nægtede således i 1612 at underskrive den såkaldte Konkordieformel, som protestanterne havde rettet mod calvinister og katolikker. Han var nemlig en varm tilhænger af kirkens enhed.

Sine sidste år tilbragte Kepler hos den store feltherre Wallenstein, hvem han sikkert har ærgret ved sin skepsis overfor de astrologiske horoskoper. Wallenstein tvang ham til at stille sit horoskop.

Kepler døde i 1630 i Regensburg på en rejse. Dermed sluttede et liv, som vel var fyldt med sorger og bekymringer, men også rigt på ædle og rene glæder.

15 Galileo Galilei (1546–1642)

En sund vækst af naturvidenskaben er betinget af næring fra tre sider: fra iagttagelser, fra matematisk bearbejdelse af dem og fra filosofiske overvejelser, som afføder arbejdshypoteser, som bringer udviklingen ud over døde punkter. Hvis tilførslen fra en af disse sider bliver for svag, stagnerer udviklingen. Indtil slutningen af det sekstende århundrede havde man ofte i utilstrækkelig grad lagt vægt på iagttagelsernes mængde. For astronomiens vedkommende havde Tyge Brahe rådet bod herpå, og Kepler havde vist, hvilke frugter man kunne høste. Men fysikerne kan ikke altid nøjes med blot at iagttage, hvad naturen byder. De må selv fremtvinge fænomener, som de kan iagttage, foretage *eksperimenter* efter en bestemt metodisk plan.

Det geni, som grundlagde den nyere tids fysik efter sådanne idéer, var italieneren *Galileo Galilei*. Han formåede på en mønstergyldig måde at forene de tre faktorer til en harmonisk helhed.

Figur 25: Galileo Galilei

Galilei var født i 1564 i Pisa. Hans fader var en højt kultiveret musiker, som trods økonomiske vanskeligheder gav sin begavede søn en god skoleopdragelse i Firenze, hvortil familien var flyttet.

Som nittenårig, medicinsk student sad han engang i domkirken i Pisa. En kirkebetjent, som tændte lysekronerne, var kommet til at sætte en af dem i svingninger ved at støde til den. Galilei fik da lyst til at bestemme den tid, som en svingning tog, og da man på den tid ikke havde lommeure, fandt han på at tælle sine pulsslæg under en svingning. Han fandt da, at svingetiden blev ved at være den samme, selv om udsvingene stadig blev mindre og mindre. Han havde herved fundet en meget vigtig mekanisk lov om *pendulsvingningers ligetidighed*.

Han kastede sig nu over studiet af matematik. Snart kunne han give en udvidet fremstilling af Arkimedes' teori om faste legemers tyngdepunkter. Den anerkendelse han fik for dette arbejde, beroligede for det første hans fader. Han var kommet til Pisa fordi man havde fortalt ham, at sønnen forsømte sine medicinske studier. Men for det andet forskaffede den ham en mægtig beskytter, nemlig marquis Guidobaldi del Monte, som var en stor beundrer af Arkimedes' mekanik.

I *bevægelseslæren* tog Galilei afstand fra Aristoteles' fremstilling, hvilket bragte ham i voldsomme stridigheder med datidens tilhængere af den aristoteliske filosofi. I 1589 blev han professor i matematik ved universitetet i Pisa for en årsløn af et par hundrede kroner. Her holdt han nu offentlige foredrag imod Aristoteles' naturfilosofi. Han hævdede, at alle legemer falder lige hurtigt, bortset fra den virkning som luftmodstanden bevirker. Aristoteles havde derimod påstået, at faldhastigheden vokser med vægten. For at overbevise sine rasende modstandere foretog han faldforsøg fra det skæve tårn i Pisa. Det viste sig, at en meget tung bombe praktisk talt brugte samme tid til faldet, som en mindre kanonkugle. Men hans forsøg blev modtaget med en pibeconcert. Han forstod at han var blevet så upopulær, at han hellere selv måtte søge bort end afvente en afsked.

Marquis del Monte hjalp Galilei til et professorat i Padova. Han kom derved i en stilling med ordnede forhold, hvor han i ro kunne beskæftige sig med sit videnskabelige arbejde. Han koncentrerede sig om grundlæggelsen af en ny fremstilling af mekanikken.

Denne gren af fysikken bestod siden Oldtiden af to grene. Den ene var den rent matematiske behandlede ligevægtslære eller *statikken*. Den anden var den rent filosofisk behandlede bevægelseslære eller *dynamikken*. Den første omfattede Arkimedes' undersøgelser vedrørende vægtstangen, maskiner, tyngdepunkter og svømmende legemers ligevægt. Middelalderens arabiske og kristne forskere havde ikke tilføjet noget grundlæggende nyt på dette område. Hvad bevægelseslæren angik, så hævdede man stadig med stor styrke den aristoteliske filosofis ganske forkerte opfattelser.

Galilei var allerede ved pendulsvingningerne af lysekronen i Pisa og ved faldforsøgene fra det skæve tårn sammesteds kommet i opposition til hele denne aristoteliske fremstilling. Nu fortsatte han med disse undersøgelser, supplerede dem med forsøg over det lodrette fald og over runde legemers nedrulning af skrå planer. Han efterviste, hvor fejlagtig aristotelikernes mening om kastebevægelsen er. Man havde ment, at en sten som kastes skråt fremad, først bevæger sig i en ret linie så langt som kastets kraft tillader, og derpå falder lodret ned til jorden. Han viste nu, at bevægelsen hele tiden er sammensat af en jævnt fremadskridende bevægelse på grund af den meddelte fart og af et fald mod jorden med voksende fart. Banen bliver en krum linie.

Det lykkedes ham ved at forene de tre nævnte kilder til fysisk naturerkendelse, i stor udstrækning at lægge grunden til den kommende tids mekanik.

Galilei gav sig også af med tonernes *harmonilære*. Han mente, at dissonanser skyldes en fysiologisk ejendommelighed ved ørets bygning. Endvidere undersøgte han *magneter og jordmagnetismen*.

Hans mest betydningsfulde opdagelser fandt dog sted indenfor *optikken og astronomien*.

Roger Bacon havde allerede anet muligheden af konstruktionen af en *kikkert*. Omkring året 1600 lå tanken i den grad i luften, at den fremkom samtidig på forskellige steder. Et sagn fortæller, at en fremmed mand kom ind til en hollandsk brillemager og bad om at få slebet to glaslinser efter opgivne mål. Da han senere hentede dem, holdt han dem op for sit ansigt, den ene bag den anden, så ud af vinduet, og gik så tilfreds bort. Brillemageren gentog eksperimentet og så til sin forbavselse et kirketårn flere gange større end med det blotte øje. I 1608 søgte den hollandske brillemager Hans Lipperskey om patentret på en kikkert af samme konstruktion som vore teaterkikkerter, altså med en konkav og en konveks glaslinse i røret. Han fik vel betaling for den indleverede kikkert, men ingen patentret, da andre også kendte til opfindelsen.

Rygtet om alt dette nåede i juni 1609 til Galilei. Venetianerne var store mestre i glasfabrikation, så det var ikke vanskeligt for Galilei at få lavet en kikkert. Mens den hollandske kikkert kun havde forstørret fem gange, forstørrede Galileis tredive gange.

Allerede ti måneder efter at denne kikkert var blevet færdig, udsendte Galilei et skrift med titlen "Stjerneherolden". Dette indeholder en fylde af astronomiske opdagelser. Måneoverfladen er bedækket af talrige, høje bjerge, dels ringbjerge med dybe kratere, dels lange bjergkæder. Hele himlen er besat med et utal af stjerner, som er for svage til at man kan se dem uden kikkert. Mælkevejen består af en sammenhobning af ufattelige mængder yderst svage stjerner. Tæt ved planeten Jupiter så man fire ganske små stjerner, som langsomt kredsede rundt om planeten. Der var altså fire Jupitermåner.

Skriftet vakte voldsom opsigt over hele Europa. Galileis årsløn i Venedig forøgedes til tusinde guldgylde. Alligevel tog Galilei mod en ansættelse hos Hertug Cosimo II af Medici i Firenze. Her mødte han dog stor modstand fra aristotelikernes side. Han arbejdede roligt videre med sine astronomiske opdagelser. Ved Saturn opdagede han to fremspring ligesom hanke. Kikkerten var ikke god nok til at vise, at det var en ring om planeten. Venus viste sig at have faser ligesom Månen. Den var altså en mørk klode, som lyste med tilbagekastet sollys. På soloverfladen så han fra tid til anden små, mørke pletter. Den sidste opdagelse bragte ham i en prioritetsstrid med den katolske Pater *Scheiner*, som også havde set sådanne pletter.

Figur 26: Galileis iagttagelser af solpletter 6. og 7. juni 1612

Flere af disse opdagelser irriterede i høj grad aristotelikerne. Særlig de om Jupiter kredsende måner omstyrkede forestillinger fra den aristoteliske mekanik. Man nægtede ligefrem at se på Jupiter i "Djævlerøret".

Adskillige af disse astronomiske opdagelser var *til gunst for den kopernikanske hypotese*. Modstanden mod denne kom oprindeligt fra protestanterne, og mange højtstående katolske gejstlige havde været interesseret før dem. Men Galileis polemiske natur bragte efterhånden hans fjender og misundere i en sådan tilstand af raseri, at de med de teologiske våben, som lutheranerne i Würtemberg havde smedet, fik ophidset flere højtstående katolikker imod ham. Kopernikus' hovedværk kom på listen over forbudte bøger, så længe den ikke var rensset for de steder, som erklærede Jordens bevægelse om Solen for en bevist realitet. Galilei blev underrettet om, at det var forbudt at foredrage denne lære.

Han rettede sig nu i mange år herefter. Men i 1632 gik naturen over optugtelsen. Han udgav et værk om verdenssystemet, hvori han forsvarede det kopernikanske system. Kirkens retsapparat kom nu i gang. Katolicismens modstandere har ofte angrebet kirken med fremstil-

linger, som ikke tager hensyn til de tidsbestemte forhold, som både i protestantiske og katolske egne var lige intolerante, og som indeholder overdrevne eller ligefrem opdigtede beretninger om rædselsfulde fangehuller, tortur, udstikninger af øjnene osv. Men for en natur som Galilei var processens resultat i sig selv hård nok. Han måtte love ikke mere at drive propaganda for det kopernikanske system og fik en slags kontrolleret husarrest. Sine sidste år, indtil 1642, tilbragte Galilei med udarbejdelsen af en lærebog i mekanik.

Galileis undersøgelser var af så omfattende art og udført efter så mønstergyldige metoder, at han ikke alene må regnes som grundlægger af den nyere tids mekanik, men overhovedet af den nyere tids fysik.

16 Christian Huygens (1629–1695)

Allerede i det syttende århundrede havde naturforskningen fået så mange fremragende dyrkere, at vi må indskrænke os til at omtale enkelte af de mest fremtrædende mere udførligt. Vi har allerede gjort dette for *Keplers* og *Galileis* vedkommende. Inden vi går over til omtale af *Christian Huygens*, vil vi kort nævne en række andre betydelige mænd fra dette århundrede.

Evangelista Torricelli (1608–1647), elev af Galilei, undersøgte væskers strømning, forklarede den atmosfæriske lufts tryk og opfandt barometeret.

Franskmanden *Blaise Pascal* (1623–1662) indlagde sig ved siden af sine fremragende matematiske og religiøse skrifter, fortjeneste af fysikken, bl.a. ved at undersøge væsketryk.

Hollænderen *Willebrood Snellius* (1591–1626) opfandt en senere meget benyttet metode til jordopmåling i stor stil (“triangulation”) og fandt loven for lysbrydning ved overgang fra ét gennemsigtigt stof til et andet.

Franskmanden *René Descartes* eller *Cartesino* (1590–1650) var banebrydende både som matematiker og filosof. Han gav en teori for regnbuen. Hans forsøg på at forklare planeternes kredsen om Solen var mindre vellykkede.

Tyskeren *Otto Guericke* (1602–1686) opfandt luftpumpen.

Franskmanden *Edme Mariotti* (1620–82) og englænderen *Robert Boyle* (1627–1691), som vi senere skal omtale nærmere, undersøgte indelukkede luftarters tryk.

Danskerne *Ole Rømer* (1644–1730) og *Nicolaus Steno* (1638–1686) skal jeg omtale efter Huygens.

Christian Huygens var født i 1629 i Haag. Hans bedstefader var en formuende og kundskabsrig mand, som var sekretær hos statholderen i Nederlandene. Christian Huygens efterfulgte sin fader som diplomat. Hans skolegang var streng. Allerede ti år gammel måtte han skrive latinske vers. Hans første digt lyder i oversættelse: “Endelig føjer jeg her mit første digt tilsammen. Undskyld mig, senere bedre det nok skal blive”.

Figur 27: Christian Huygens

Stor glæde voldte det ham, da der til latin, græsk, fransk, italiensk, regning og musik blev føjet begyndelsesgrundene i mekanik. Snart fik han lavet sig en drejebænk, på hvilken han forfærdigede forskellige mekaniske instrumenter. Denne færdighed blev ham senere til stor nytte.

Seksten år gammel kom Huygens til Leydens Universitet. Her studerede han naturvidenskab. Senere fortsatte han i Breda. I 22-års alderen udgav han en afhandling om cirkelns,

ellipsens og hyperblens kvadratur. Blandt de matematiske afhandlinger, som nu fulgte, er der særlig grund til at fremhæve hans sandsynlighedsregning. Ved denne blev han grundlægger for en gren af matematikken, som har fået stor betydning dels for iagttagelseslæren, dels for forsikringsvæsenets matematiske grundlag. Han var, som flere af den tids store forskere, ugift og ofrede hele sin tid og formue på videnskabens fremme.

I 1660 var der blevet oprettet et videnskabselskab i London, Royal Society, og i 1663 blev Huygens medlem af det. I Paris interesserede finansminister *Colbert* sig for at få dannet et lignende akademi for naturvidenskaberne. Han fik dannet Academie des Sciences i 1666. Det franske akademis medlemmer havde en fast årsindtægt og støtte til sine undersøgelser. Huygens fik den største indflydelse på akademiets dannelse og arbejder de første år. Meget karakteristisk for tiden er den lange række af problemer, som Huygens foreslog for Colbert at Akademiet skulle beskæftige sig med. Eksempelvis skulle man forsøge at bestemme luftens tyngde ved hjælp af den nyligt opfundne luftpumpe, at danne en kraftmaskine ved at lade krudt eksplodere i et rum lukket med et bevægeligt stempel eller ved hjælp af trykket fra vanddamp, udnyttelse af vindens kraft til søfart og i maskiner, undersøgelse af stødet, af varme og kulde, af magnetisme, af lyset og farverne, af dyrenes åndedrag, af meetallers og stenes egenskaber, kort sagt af alle de naturvidenskabelige problemer, som dengang stod i midtpunktet af interessen.

Akademiet var delt i to afdelinger, en matematisk og en eksperimentel. Den første blev ledet af Huygens med stor energi og alvor. Den anden blev foreløbig ledet af nogle læger, som stod på det niveau man kender fra Molières komedier. Alt, hvad man kunne få fat på, blev sublimeret og destilleret. En gang en hval, en anden gang en melon, senere fyrretyve levende tudser.

Huygens konstruerede en kraftmaskine, i hvilken stemplet bevægedes ved eksplosion af krudt. Ved dette arbejde havde han *Papin* som medhjælper. Herfra går en lige linie frem til dampmaskinens opfinder, *James Watt*, og til lokomotivets konstruktør, *George Stephenson*. Vi er kommet til en periode, hvor problemerne er så vanskelige, at de ikke helt kan løses af en enkelt mand, men først ved samarbejde mellem flere på hinanden følgende generationer.

To vigtige afhandlinger af Huygens fra denne tid handler om *urets teori* og om *lysets natur*. Før han kom til Paris, havde han forbedret *kikkertens* konstruktion. Allerede som barn havde han moret sig med glasslibning. I 1655 fuldførte han konstruktionen af en kikkert på omtrent 3 meters længde. I denne opdagede han en *Saturnmåne* og bestemte dens omløbstid. Med en ny, endnu større kikkert, opdagede han, at de mærkelige udvækster, som Galilei havde set ved Saturn, var en *ring*, som svævede omkring planeten.

Figur 28: Huygens' tegning af Saturnringen

Ligesom kikkerten er blevet et uvurderligt instrument for den astronomiske forskning, er *uret* også. Helt siden Oldtiden har man arbejdet på at få givet urværker en jævn gang. Da *Galilei* havde opdaget pendulets ligetidighed, tænkte han på at benytte det til regulering af lodure. Han havde stået i forbindelse med den nederlandske regering om en metode til bestemmelse af længdeforskellen mellem to steder på Jorden ved iagttagelse af Jupitermånerne, som jo er en slags himmelur, som kan ses samtidig fra vidt forskellige steder på Jorden. Men forhandlingerne var løbet ud i sandet. Huygens tog nu sagen op igen og i 1659 havde han konstrueret et urværk, som blev drevet frem af et tungt lod og reguleret af et pendul — et

sådan, som man nu kalder et “bornholmerur”.

Sådanne ure kræver en fast, lodret opstilling. Huygens fandt imidlertid på at erstatte pendulet med en såkaldt *uro*, et lille hjul, som holdes i en bestemt ligevægtsstilling af en elastisk spiralfjeder, så det kan svinge frem og tilbage som et pendul. Denne idé havde forøvrigt *Hooke* i England allerede haft. Dette princip ligger til grund for vore lommeure og i kronometre, som medtages på lange sørejser for at vide hvad klokken er i Greenwich i et bestemt øjeblik. Hvis man da ved astronomiske iagttagelser på stedet, f.eks. af solhøjden med en sekstant, har fundet lokaltiden, giver klokkesletsforskellen den geografiske længde fra Greenwich.

Huygens lod sig ikke nøje med en praktisk udførelse af uret. Han gav også en matematisk teori for pendulet. Derved kom han også ind på spørgsmålet om, hvor stor den kraft er, med hvilken en materiel partikel skal drages mod et punkt, for at den skal tvinges til at gå rundt i en cirkel med centrum i punktet. Denne undersøgelse om *cirkelbevægelsen* blev af stor betydning for *Newton*. Da en englænder spurgte Newton til råds om hvilke bøger han skulle læse for at forstå hans berømte værk “Principia”, svarede han at spørgeren frem for alt måtte læse Huygens’ bog om pendulet. Huygens kendte forøvrigt den noget yngre Newton. I 1689 gik de i London sammen til den engelske konge for at udvirke, at Newton skulle få en vakant stilling på et kollegium i Cambridge.

Det blev ovenfor nævnt, at Huygens også havde skrevet en bog om *lysets natur*. I 1678 havde han forelagt for Pariserakademiet en bog, hvori han forfægtede, at lyset skyldtes en bølgebevægelse i et altgennemtrængende, ufatteligt tyndt stof. Da han forlod Paris i 1681, forsinkedes trykningen helt til 1690. Leonardo da Vinci havde allerede givet en teori for bølgebevægelse i vand og påvist, at lyden skyldes en bølgebevægelse i luft, ved hvilken luftfortætninger og fortyndinger udbreder sig i stadig voksende kugleskaller om udgangsstedet for lyden. Huygens påviste, at hvis lyset var en lignende bølgebevægelse, ville dets tilbagekastning fra spejle og brydning ved overgang fra ét gennemsigtigt stof til et andet, netop foregå sådan som man kunne iagttage.

Den danske professor Erasmus Bartolin havde opdaget, at hvis man gennem en *kalkspatkrystal* ser på en prik, så ser man den dobbelt. Denne dobbeltbrydning søgte Huygens at forklare ved sin teori.

Denne bølge teori for lyset fandt dog foreløbig ingen tilslutning blandt fysikerne. Først *Thomas Young* og *Fresnel* lykkedes det at finde gehør for disse tanker i begyndelsen af det nittende århundrede.

Huygens var i 1681, kort før ophævelsen af det Nantiske Edikt, draget fra Paris tilbage til sit gods Zelhem ved Haag. Her døde han i 1695.

17 Ole Rømer (1644–1710)

Ole Rømer blev født i Århus i 1644. Hans interesse for bøger blev tidligt vakt i det velstående hjemms bibliotek, særlig for matematik og navigation. Som student blev han amanuensis hos professor *Rasmus Bartholin*. Derved fik han at gøre med planer om at udgive Tyge Brahes observationer og kom i forbindelse med franskmændene *Picard*, som af det franske akademi var sendt til Hven for at bestemme Uranienborgs geografiske beliggenhed. Rømer fulgte nu med *Picard* til Paris, hvor han i en halv snes år, indtil 1681, stod i forbindelse med den kreds af lærde, som var forsamlet dér. Han undersøgte tidspunkterne for den første Jupitermånes formørkelse, da man på den tid brugte tidspunkterne for disses indtræden som tidssignal ved længdebestemmelser (s. 30). Han blev da opmærksom på uregelmæssigheder ved disse

tidspunkter, som måtte forklares ved at lyset bruger tid til at bevæge sig gennem rummet. Rømer bestemte derved *lysets hastighed*.

Figur 29: Ole Rømer

I 1681 vendte han tilbage til København som professor i astronomi. Desværre lagde regeringen så meget beslag på hans ualmindelige evner for administration, at han kun fik ringe anledning til videnskabelig produktion. Han var konsulent for møntvæsen, havne- og skibsbygning, brolægning, gadebelysning, vægter- og brandvæsen og udarbejdelse af en ny matrikel. Med stærk hånd fik han indført justérnormaler for mål og vægt. Landevejene opmålte og forsynedes med milepæle. Kalendervæsenet blev på hans initiativ ændret i år 1700 fra juliansk til gregoriansk. I 1699 blev han højesteretsassessor, i 1705 politi- og borgermester i København.

Denne store administrative virksomhed tog ham bort fra videnskabeligt arbejde. Han har haft betydning ved i astronomiske instrumenter at erstatte den gammeldags sigtelineal med en *kikkert* forsynet med et trådkors i kikkertfeltet. Han havde opstillet et *meridianinstrument* i sin bolig i Store Kannikestræde.

Figur 30: Rømers meridiankikkert (efter Horrebows Basis Astronomiae)

Det meste af hans manuskripter brændte ved den store brand i 1728. P. Horrebow har udgivet nogle observationer, som Ole Rømer havde anstillet i 1706 på et lille observatorium, han havde anlagt ude i Vridsløsemagle.

Ved sin korrespondance med udlandets naturforskere udøvede han også indflydelse. Kirstine Meyer har gjort det sandsynligt, at *Fahrenheits* fastsættelse af kogepunkt og frysepunkt på termometre skyldes påvirkning fra Rømer.

18 Nikolaus Steno (1638–1686)

Niels Steensen eller, som hans latiniserede navn er, *Nicolaus Steno*, blev født i 1638 i København. Hans fader var guldsmed og vintapper. Han studerede medicin og deltog i Københavns forsvar mod svenskerne i 1660. Derpå studerede han anatomi i Holland og opdagede en udførselsgang for den store spytkirtel foran øret. Foruden anatomi studerede han også kemi og matematik, og hans religiøse liv blev vækket. Han offentliggjorde undersøgelser over spytkirtlen, tåreapparatet og hjertets muskulatur. Skønt disse vakte opsigt, blev han ved en universitetsintrige i København forbigået til et professorat. Han rejste til udlandet. I Paris modtog han doktorgraden fra Leyden og fik senere ansættelse i Firenze. Her skrev han en større afhandling om *musklernerne*.

Figur 31: Nikolaus Steno

På sine rejser gjorde han meget vigtige iagttagelser på *geologiens* område, et dengang meget lidet kendt naturfag (s. 19 og s. 20). Ved omgangen med mange katolikker, især med

en fortræffelig, gammel nonne, kom han i en åndelig krise, som i 1667 førte til hans overgang til katolicismen. I 1669 udgav han på latin sit geniale værk “Om faste legemer, der findes naturligt indlejrede i andre faste legemer”. Han forklarer heri *forsteningernes* natur og viser, hvorledes man af disse kan gøre slutninger med hensyn til aflejringernes oprindelse og dannelsesmåde. Et afsnit handler om krystallerne. Ved dette arbejde står Steno som en af grundlæggerne af den moderne *geologi*. Det var dog først i det nittende århundrede, at skriftets værd blev gennemgående påagtet, så meget havde det været fremme for sin tid.

I 1672 vendte han tilbage til Danmark som professor i anatomi. Men dels længtes han tilbage til Firenze og sine katolske venner, dels blev der rettet hårde angreb på ham for hans katolske tro. Derfor vendte han i 1674 tilbage til Firenze, hvor han blev opdrager for hertug Cosimos søn. I 1675 blev han præsteviet. Han blev biskop og apostolisk vikar for Nordvesttyskland og Norden. Arbejdet her udførte han med stor nidkærhed. Det var forbi med hans beskæftigelse med naturvidenskab, men han skrev forskellige teologiske skrifter.

Han døde i Schwerin i 1686. Hertug Cosimo lod hans lig føre til Firenze, hvor det blev begravet i medicinerens kirke, San Lorenzo.

19 Isaac Newton (1642–1727)

Allerede hos Huygens finder vi mange af de byggestene, med hvilke *Newton* opførte sit system for mekanikken og derved bragte disse undersøgelser til en foreløbig afslutning.

Figur 32: Isaac Newton

Isaac Newton var født i 1642 (1643 efter gregoriansk regnemåde) i landsbyen Woolsthorpe i nærheden af Nottingham. Hans fader ejede dér en lille landejendom. I nærheden lå en lille by, Grantham. Faderen døde nogle måneder efter brylluppet og Isaac Newton kom som et meget svageligt barn for tidligt til verden. Han var i begyndelsen så lille, at han måtte lægges i bomuld i en lille kasse. Til trods herfor opnåede han en alder af 85 år og havde det meste af sit liv et udmærket helbred. Hans moder giftede sig få år efter med en præst, og i begyndelsen var han overladt til en bedstemoders omsorg. Undervisningen i landsbyskolen var tarvelig, og da han i sit tolvte år kom ind på fortsættelsesskolen i Grantham, var han først meget doven. En dag kom han i slagsmål med en kammerat, som han ved sin åndsnærværelse og dygtighed gav en ordentlig dragt prygl. Skolemesterens søn roste ham herfor, men pludselig slog det ham, at skolemesteren selv ville have dømt anderledes. Han tog sig efter dette sådan sammen, at han snart var den bedste i klassen.

Allerede tidligt havde han haft interesse for mekaniske frembringelser. Han havde lavet en lille vindmølle og en slags trædemølle, som blev drevet af en mus. Han lavede også et vandur samt forskellige solure. Til en ung pige, som han sværmede for, lavede han bord og stole. Blandt kammeraterne blev han meget populær på grund af de pragtfulde drager, han lavede. En aften havde han til forfærdelse for de overtroiske bønder forsynet dragen med en papirlygte, hvori der var et tændt lys.

Da Newton var 14 år gammel, døde hans stedfader. Planen var egentlig, at han skulle være landmand. Men hans interesser gik så stærkt i retning af at studere, at han på en onkels stærke anbefalinger kom på skolen i Grantham. Derpå blev han i 1661 indskrevet som student ved Trinity College i Cambridge. Han studerede nu matematik og astronomi. I 1665 tog han

første del af embedseksamen og fulden dte den i 1668. Allerede året efter blev han professor i matematik i Cambridge. Denne stilling havde han i 26 år, indtil han i 1695 blev kaldt til London for at have overopsyn med møntvæsenet.

Jeg skal ikke her komme ind på Newtons overordentlig store betydning for matematikkens udvikling. Jeg skal kun nævne, at han samtidig med den tyske filosof *Leibnitz* lagde grunden til den del af den højere matematik, som kaldes *differentialregning*. Hans omfattende arbejder på fysikkens område grupperer sig især om undersøgelser af *sollysets spektrum* og af *de Keplerske love*.

Figur 33: Newtons spaltning af sollyset

I 1672 meddelte Newton det engelske videnskabselskab, at han havde gjort en mærkelig opdagelse af sollysets spaltning i regnbuens farver, når det passerer gennem et lysbrydende glasprisme. Han kom under den videre udarbejdelse af dette i en heftig strid med den noget ældre, engelske fysiker *Hooke*, og dette tog Newton sig så nær, at han ikke ville offentliggøre noget om dette, så længe Hooke levede. Efter Hookes død i 1703 kom så Newtons *optik*, som snart blev et af fysikkens klassiske værker. Han beskriver heri sit første grundlæggende forsøg. Han indrettede efter Roger Bacons mønster et kamera obscura. I et mørkt værelse lavede han i en vinduesskodde mod solen et lille rundt hul. Solbilledet dannedes på en lodret, hvid skærm på det sted hvor solstrålerne gennem hullet ramte skærmen. Så lod han sollyset gå gennem et glasprisme med trekantet gennemsnit og horisontal kant. Derved blev solstrålerne bøjet bort fra deres oprindelige retning. Men i stedet for at få et hvidt solbillede længere nede på skærmen, fik han en lang stribe med regnbuens farver fra rødt til violet. Man kalder dette et *spektrum*. Mindst brudt var det røde, mest det violette.

Nu lod han en enkelt af disse farvestråler, f.eks. en grøn, slippe gennem et hul i skærmen. Lod han den derpå passere gennem et nyt prisme, blev den nok afbøjet fra sin retning, men ikke mere spaltet i andre farvestråler. Det hvide sollys var altså sammensat af en uendelighed af farvestråler, de såkaldte spektralfarver, ligesom en akkord eller en støj er sammensat af simple, rene toner.

Resultatet af dette grundforsøg anvendte Newton til forklaring på *regnbuen* og på de farver, som kan ses i *tynde hinder*, f.eks. sæbebobler og oliepletter på stillestående vand.

En fuldt tilfredsstillende forklaring af disse fænomener kunne Newton dog ikke give med sin opfattelse af lysets natur. Newton mente nemlig at en lysstråle ligesom en vandstråle er sammensat af småpartikler, som farer af sted. For lysstrålens vedkommende måtte man tænke sig disse partikler overordentlig små og deres fart enormt stor. Denne såkaldte *emanationsteori* sejrede foreløbig over Huygens bølgeteori. I det nittende århundrede sejrede så bølgeteorien på grund af *Youngs* og *Fresnels* undersøgelser. Men i den allerseneste tid synes det, som om der er noget rigtigt i begge teorier.

Newtons undersøgelser angående de keplerske love grupperer sig om hans opdagelse af den såkaldte "*gravitation*". Det fortælles, at Newton allerede i 1666 ved at se et æble falde til jorden, havde fået den idé, at Jordens tyngdekraft nåede helt ud til Månen og var den centrakraft, som holdt Månen i sin bane om Jorden.

Figur 34: Newtons forklaring af Månens bevægelse som resultat af farten, MN , og faldet mod Jorden, NP (+ jordradien)

Legenden vil vide, at han ikke kunne få sine beregninger til at stemme. Men senere gentog han dem, da han havde fået en ny og bedre værdi for Jordklodens radius. Det siges, at han var så spændt på resultatet, at han måtte overlade til en tilfældig besøgende at fuldføre beregningen. Den viste sig at stemme med antagelsen om at jordtyngden styrer Månens kredsen om Jorden (figur 34).

Denne legende er vistnok opfundet af en af Newtons beundrere. Forøvrigt var tanken ikke ny. Den var allerede fremsat af en enlig røst i Oldtiden.

Borelli, *Hooke* og *Bullialdus* havde forklaret planeternes kredsen om Solen som resultatet af dennes tiltrækningskraft, og *Newton* forlanger også kun anerkendelse af, at han klart og bestemt har godtgjort rigtigheden af sine påstande ved matematik.

Newton blev ikke stående ved undersøgelsen af Månens bevægelse. Han udvidede den til undersøgelse af Jordens og planeternes bevægelse om Solen. Han efterviste matematisk, at hvis Keplers love skulle kunne gælde, måtte planeterne styres af en kraft som udgår fra Solen på lignende måde som tyngdekraften fra Jorden. Han gik ud fra, at der gælder den almindelige lov i naturen, at to massepartikler altid vil tiltrække hinanden med en vis lille kraft. Af det latinske ord *gravis* = tung dannes betegnelsen gravitationskraften for denne. Tyngdekraften er resultanten af alle Jordens smådele på det tunge legemes smådele. Englænderen *Cavendish* påviste i 1797 eksistensen af en sådan gravitationskraft mellem to legemer på jordens overflade.

I 1686 forelagde Newton Royal Society resultatet af sine beregninger i sit epokegørende værk "Principia". I mere end to årtusinder, fra Pythagoras til Newton, havde mennesketanken kæmpet med planetbevægelsernes gåde. I halvandet hundrede år havde en række genier bragt en foreløbig løsning: Kopernikus havde rent hypotetisk opstillet sit verdenssystem, Tyge Brahe havde samlet sine planetiagttagelser, Galilei havde ryddet op i den aristoteliske filosofis fejlagtige, mekaniske forestillinger, Kepler havde af Tyge Brahes observationer udtaget sine love for planeternes kredsen om Solen. Newton satte endelig kronen på værket, idet han af Keplers love udledte læren om gravitationskraften. Men hvad der er årsagen til denne, er trods de skarpeste hoveders spekulationer endnu et uløst problem. Men ved Newtons fastslåen af dens eksistens blev der lagt et grundlag, som astronomien kunne bygge på. Jo længere ud i verdensrummet astronomerne trængte, desto større sikkerhed vandt man for gravitationens universelle gyldighed. Relativitetsteorien har gjort det sandsynligt, at det matematiske udtryk for gravitationskraftens størrelse, som Newton angav, kun er en første tilnærmelse. Men denne er alligevel nøjagtig nok til for alle tider at kunne bruges ved talrige beregninger.

Newton's "Principia" blev ikke alene grundlæggende for himmelmeknikken. Den blev det også for den matematiske fysik i sin almindelighed. Hans optiske undersøgelser af solspektret blev ved *Fraunhofers*, *Kirchhoffs* og *Bunsens* undersøgelser af solspektret til grundlaget for *spektralanalysen*, som i astrofysikken har givet så fantastiske oplysninger om verdensbygningens fjerne kloder og deres fysiske natur. Den spejlkikkert, Newton konstruerede, blev stamfader til nutidens kæmpespejlkikkerter.

20 Gottfried Wilhelm Leibnitz (1646–1716)

Siden Descartes havde grundlagt en ny filosofisk tænkemåde, blev middelalderens uheldige aristotelisme efterhånden fortrængt. Heldigst er det, når alle tre synsmåder, den iagttagende, den matematiske og den filosofiske, kan forenes hos den samme forsker, således som f.eks. tilfældet var med Galilei. Men heldigt er det i hvert fald, når filosofen giver sig aktivt af med naturforskningen. Filosof var *Gottfried Wilhelm Leibnitz*.

Figur 35: G.W. Leibnitz

Han var født i 1646 i Leipzig, hvor hans fader var notar og professor i moral. Trangen til at trænge dybt ind i forståelsen af alt, han mødte, var tidligt vågen hos ham. Allerede som barn lærte han sig selv adskilligt, f.eks. latin. I faderens bibliotek fandt han udgaver af Oldtidens forfattere. Særligt fordybede han sig i studiet af Aristoteles' skrifter. Til en begyndelse førte dette ham til at læse Middelalderens skolastiske litteratur. Men læsningen af Descartes' skrifter bragte ham bort fra disse forældede synsmåder. Mere og mere indså han, hvor nødvendigt det er at lægge en mekanisk grundvold for naturopfattelsen. For at kunne gøre dette kastede Leibnitz sig over studiet af matematik.

Kun femten år gammel kom Leibnitz til Universitetet i Leipzig. Han studerede retsvidenskab. Desuden fulgte han forelæsninger over matematik ved Universitetet i Jena. Han var så ung, da han var færdig til at disputere for doktorgraden, at Universitetet i Leipzig ikke ville give tilladelse hertil. Grunden var dog vistnok intriger fra ældre konkurrenters side. Leibnitz drog imidlertid til et lille sydtysk universitet i Altdorf. Her disputerede han så strålende for doktorgraden, at universitetet tilbød ham et professorat. Han var dengang tyve år gammel. Han foretrak dog at drage til Nürnberg, hvor han kom i forbindelse med en kreds af rosenkreuzere. Disse havde stor interesse for naturforskning, men dog især for alkymistisk guldmageri. Dette tiltalte ikke Leibnitz. Han udtalte, at hvis det skulle lykkes at lave guld, måtte staterne undertrykke opfindelsen for at forhindre den forvirring i samfundslivet, som en sådan opfindelse ville bevirke. Men han så i ånden, hvorledes det overtroiske guldmageri skulle kunne forvandles til virkelig, kemisk videnskab.

Fra Nürnberg kom Leibnitz til Mainz. Her fik han ansættelse hos kurfyrsten. Denne havde efter *Guerickes* opfindelse af luftpumpen fået levende interesse for fysik. I 1672 blev Leibnitz sendt i en diplomatisk mission til Ludvig den fjortende i Paris. Selve missionen mislykkedes. Men Leibnitz havde stort udbytte af samværet dér. Han lærte blandt andre Huygens at kende. Dennes skrift om pendulet fik stor betydning for ham.

Allerede i Nürnberg havde han fundet på en forbedret form for Pascals *regnemaskine*. Senere opfandt han omtrent samtidig med *Newton* den vigtige gren af den højere matematik, som kaldes *differentialregning*. Den gav anledning til en prioritetsstrid, som dog væsentligst førtes af begges beundrere.

I 1676 vendte Leibnitz over London tilbage til Tyskland. Her blev han bibliotekar i Hannover. I denne stilling forblev han resten af sit liv. Her fik han lejlighed til at indordne sin omfattende viden i et samlet filosofisk system.

Frederik den Stores bedstemoder, Sophie Charlotte, var så imponeret over hans kundskaber, at hun sammenlignede ham med et helt videnskabsakademi. På hendes foranledning blev der i år 1700 oprettet et *akademi i Berlin* med Leibnitz som præsident. Han virkede

også for oprettelsen af akademier i Dresden, Wien og Petersborg. Med sin stærke følelse for universalitet, tolerance og forståelse af videnskabens almene betydning for menneskeheden, ønskede han alle europæiske akademier forenet i et fællesakademi.

Det ligger udenfor denne bogs rammer at gå ind på Leibnitz' betydning som filosof, historiker, sprogmand, religionsforsker, politiker og statsmand. Her skal kun nævnes noget om hans indsats i naturforskningen.

Helt siden Oldtiden har man søgt at komme til klarhed over *materiens* indre natur. Snart havde de græske naturfilosoffer som Thales og Anarksimander ment at materien var opbygget af et enkelt grundstof, snart som Empedokles, at der var fire elementer. Demokrit havde ment, at alt var opbygget af atomer, hvis indbyrdes stillinger bestemte materiens egenskaber. Descartes havde set årsagen til stoffernes egenskaber i stofdelenes rumudfyldende evne. Denne opfattelse kritiserede Leibnitz. Han antog, at stofdelene dels besad en "passiv kraft", som bevirkede trægheden eller inertien, dels en "aktiv kraft", som bevirkede dets drift til fortsat bevægelse. De kraftfyldte elementer, hvoraf materien er opbygget, kaldte han "monader". Jeg skal ikke komme ind på, hvorledes han også tænkte sig bevidsthedslivet knyttet til monader. Leibnitz' monadelære har sikkert ligget for højt til, at den kunne få betydning for samtidens fysikere. Men der går i virkeligheden en linie fra den til nutidens atomteori.

I mekanikken har Leibnitz indført et meget vigtigt begreb. *Huygens* havde vist, at ved elastiske kuglers sammenstød bliver summen af produkterne af kuglernes masser og kvadratet på deres hastigheder den samme før og efter stødet. Heraf, og af erfaringer fra Galileis faldforsøg, udleder Leibnitz nu en almen lov. Den omtalte størrelse er det dobbelte af det, som moderne fysikere kalder "*bevægelsesenergien*". Og Leibnitz' påstand var altså, *at ved naturens processer bliver bevægelsesenergien konstant*. På Leibnitz' tid var denne påstand naturligtvis en alt for kraftig generalisation. Først i midten af det nittende århundrede var tiden blevet moden til udtalelse om energiens konstans. Men denne lov har Leibnitz altså profetisk forudset.

Til astronomien gav Leibnitz et bidrag ved at fremsætte den hypotese, at *solsystemet* er blevet dannet ved at planeterne er blevet udslynget fra den roterende, glødende sol. Herved blev han en forløber for *Kant* og *Laplace*.

Ved nu at forestille sig, hvorledes den smeltede masse, som dannede Jorden, efterhånden størkner, kom han ind på undersøgelse af Jordklodens geologiske lag. På hans tid var der begyndt at opstå en videnskabelig *geologi* (s. 20). Især havde (som nævnt s. 32) *Nikolaus Steno* givet en fastere grundvold. Leibnitz havde ved at beskæftige sig med bjergværksdriften i Harzen fået kendskab til bjergenes opbygning. Han skrev en afhandling om de forsteninger af fisk, som man havde fundet i Mansfelderskiferen. Man havde villet betragte dem som resultat enten af Skaberens foreløbige forsøg eller som hans spøgefulde efterligninger! Leibnitz opfattede dem som opstået ved at døde fisk i en fjern fortid var sunket ned i mudder, som senere størknede til sten. Opløste metalforbindelser trængte ind i hulrummene efter de døde fisk.

Leibnitz' indblanding i politik skaffede ham mange fjender, både i Tyskland og England. Dette har muligvis været en medvirkende årsag til den bitterhed, hvormed prioritetsstriden med Newton førtes. Også jalousien mellem Berlin og Hannover bevirkede, at Leibnitz fik tilføjet adskillige krænkelser. Newtons kiste fulgtes af Lord-overkansleren og en række hertuger. Men ved Leibnitz' begravelse viste ingen gejstlige eller hoffolk sig. Som en historiker siger: "Han begravedes mere som en stratenrøver end som et menneske, som var en pryd for sit land". Kun Pariserakademiet mindedes hans store betydning for videnskaben i et af sine møder. Senere har Berlinerakademiet indført en årlig Leibnitzfest.

21 Leonhard Euler (1707–1783)

Naturvidenskaberne i det syttende århundredes sidste del havde efter den aristoteliske periodes overdrevne filosofen og foragt for eksperimenter lagt hovedvægten på de sidstnævnte. Efter at *Leibnitz* og *Newton* havde givet matematikerne det kraftige middel, som den højere matematiks regnen med uendelig små størrelser er, og efter at en række fremragende matematikere havde videreført undersøgelserne, kom en periode, hvor *matematisk fysik* fejrede store triumfer. Den største matematiker i denne periodes første del var *Leonhard Euler*. Hans produktion er såvel kvantitativt som kvalitativt overvældende. Jeg skal ikke her komme ind på hans matematiske produktion, men kun omtale hans bidrag til fysikken.

Figur 36: Leonhard Euler

Euler var født i 1707 i Basel. Hans fader, som var præst dér, blev kort efter forflyttet til en landsby i nærheden. Opdragelsen på landet gav barnet en sindets enkelhed og renhed, som holdt sig gennem hele hans lange liv. Fire år gammel havde han set en høne ruge. Kort efter forsvandt han. Han blev fundet i en krog, hvor han lå på nogle æg. Han ville have kyllinger at lege med. Efter at faderen havde lært ham matematikkens begyndelsesgrunde, kom han på en højere skole i Basel. Fjorten år gammel kom han ind på universitetet samme sted. Han studerede teologi, klassiske sprog og matematik. Hans lærer i det sidste fag var *Johann Bernoulli*. Denne tilhørte en berømt matematikerfamilie. En broder, *Jakob Bernoulli*, havde allerede undervist Eulers fader i matematik.

Sytten år gammel blev Euler magister. Et par år efter besvarede han en prisopgave vedrørende skibsbygningskunst, som det franske akademi havde stillet. Da han forgæves havde søgt en stilling ved universitetet i Basel, drog han til Petersborg, hvor to sønner af Johann Bernoulli netop havde fået ansættelse ved det nyoprettede Videnskabsakademi.

Den dag den tyveårige Euler satte foden på russisk jord, døde imidlertid kejserinde Katarina den Første, som havde været levende interesseret i akademiets oprettelse. Nu kom nogle år, hvor de styrende mente, at denne institution var unødvendig og kostbar. Euler tog da tjeneste som marineløjtnant. En admiral havde nemlig fået interesse for hans Pariserafhandling om skibsbygning og lovede ham hurtig forfremmelse.

Et par år efter, da Kejserinde Anna I overtog magten, ændrede forholdene ved Petersburgerakademiet sig i gunstig retning. Euler fik ansættelse dér og blev snart professor i matematik. Dette blev indledningen til en periode af voldsom videnskabelig produktivitet. Ved denne overanstrengte han sig så meget, at han blev syg. Han blev blind på det ene øje. Senere mistede han synet på det andet, så han sine sidste år var totalt blind.

I 1741 blev han af Frederik den Store kaldet til Videnskabsakademiet i Berlin. Gennem 25 år udfoldede han hér en overvældende produktivitet. Han kom dog ikke videre godt ud af det med Frederik den Store, som ikke var nogen ynder af matematik. Den enkle og lærde Euler passede dårligt ind i Frederik den Stores noget letsindige og spottende tone. Denne var stærkt påvirket af Voltaires ånd. Da Euler i sin alsidighed havde forfattet en musikkens æstetik, latterliggjorde kongen ham i et fransk digt. I et brev skriver han: “En vis matematiker, som har mistet et øje ved at regne, fandt på at komponere en menuet ved a plus b . Hvis han havde ladet Apollo se den, ville han være blevet flået af guden ligesom Marsyas”. Til sidst blev Euler så krænket i en strid med kongen om Akademiets almanakprivilegium og

dermed i forbindelse stående økonomiske forhold, at han i 1766 tog imod en kaldelse tilbage til Petersborgakademiet.

Eulers bidrag til en matematisk behandling af mekanikken kan jeg ikke hér komme nærmere ind på. Han lagde grunden til en teori for *faste legemers bevægelse* og for *elastiske legemers svingninger*. Herved kom han ind på svingende strenges *lydlære*.

Han gav mange bidrag til *baneberegning* for planeter og kometer, hvorved han fortsatte Newtons undersøgelser af Månens bevægelse om Jorden. Derved kom han ind på teorien for *flod og ebbe*. Newtons teori havde været for summarisk og ikke tilstrækkelig nøjagtig til praktisk brug. Derfor udskrev Pariserakademiet en prisafhandling, som blandt andre Euler besvarede.

Siden de store opdagelsesrejser havde den *geografiske stedbestemmelse* været et aktuelt problem. For at bestemme forskellen i geografisk længde, f.eks. mellem stedet for et skib og Greenwich, må man foruden klokkeslettet på skibet, som kan bestemmes ved astronomiske observationer, også kende det samtidige klokkeslet i Greenwich. *Galilei* og *Huygens* havde søgt at løse problemet ved konstruktion af ure, som vedblev at vise Greenwichtiden (s. 31). Man havde søgt at kontrollere urene ved observation af Jupitermånerne og ved iagttagelse af Månens variable afstand fra visse stjerner. Denne afstand forandrer sig fra minut til minut. Derfor måtte man have nøjagtige tabeller over Månens bevægelse. Denne er imidlertid underkastet mange små uregelmæssigheder. Ved *Newtons* og *Halleys* månetabeller kunne fejlen i klokkesletbestemmelsen løbe op til syv, otte minutter. Ved nye tabeller, som astronomen *Tobias Meyer* beregnede i 1753 på grundlag af *Eulers nye måneteori*, blev fejlgrænsen sat ned til to minutter. I London havde man i 1713 udsat en pris på 20.000£ for en løsning af længdebestemmelsens problem. Tobias Meyer var død i 1762. Det engelske parlament stemte for, at hans enke fik 5.000£ og Euler en belønning på 300£. I vore dage løses problemet ved trådløse signaler.

Euler bestemte ved sine undersøgelser af lyden grænserne for de svingningstal ved luftbølger, som det menneskelige øre kan opfatte som lyd. Han fandt, at det var 20 og 7.000 svingninger i sekundet. Den sidste grænse sættes nu til 20.000.

Disse undersøgelser af lydbølger førte ham ind på analoge betragtninger angående *lysets natur*. Her sluttede han sig til Huygens' teori mod Newtons herskende emanationsteori (s. 34). Han påpeger, hvorledes bølge-teorien kan give forklaring på farvernes opståen. Men tiden var endnu ikke moden for disse tanker.

Euler tog også stilling til spørgsmålet om "*kraftvirkning på afstand*". Spiller det mellem-liggende rum en rolle? Euler mener ja. I nyere tid har *C.A. Bjerknæs* givet sig af med dette spørgsmål.

I *varmeteorien* nærmer Euler sig til en opfattelse af temperaturen, som man hylder den i moderne dage. Han tager afstand fra samtidens tro på et særligt varmestof.

Euler var i det hele taget gennemtrængt af overbevisning om, at lys, varme, elektricitet og gravitation kan forklares ud fra en enkelt, fælles årsag, som han tror er det hypotetiske, altgennemtrængende stof, som man kalder *æteren*. Men tiden var endnu ikke moden til gennemførelse af sådanne tanker.

I 1787 var der trykt 530 af hans afhandlinger, over halvdelen matematiske. Men da man stadig trykte efterladte manuskripter, var tallet i 1826 steget til 771. Efter flere strandede forsøg på udgivelse af hans samlede afhandlinger besluttede det schweiziske naturvidenskabelige selskab i 1909 at udgive dem. Samlingen er planlagt til at bestå af 69 bind i kvart, hvert på omtrent 600 sider.

Euler bevarede sin fænomenale arbejdskraft til det sidste. Blindheden svækkede den ikke.

På sin dødsdag i 1783 gav han sig af med beregning af den netop opfundne luftballon. Efter at have underholdt sig med en besøgende om Herschels nyligt opdagede planet Uranus, legede han med et barnebarn. Så faldt pludselig tobakspiben ud af hans hånd. Han havde — som en af hans biografier siger — “ophørt at regne og leve”. Men hos eftertidens matematikere og naturvidenskabsmænd lever hans tanker stadig videre.

22 Carl Linné (1707–1778)

Den “svenske blomsterkonge” *Carl Linné* blev født i 1707 i Råshult i Sydsverige. Hans fader var præst. I hjemmet herskede gammeldags guds frygt og kærlighed. Faderen var en stor blomsterelsker og strejfede hyppigt rundt med sønnen i den naturskønne egn. Derved lærte Carl allerede som ganske lille talrige blomsternavne at kende. Hans hukommelse og iagttagelsesevne blev således tidligt opøvet til det senere, store livsværk.

Figur 37: Carl Linné

Det blev en drøj overgang for drengen, da han syv år gammel blev sat i skole i Växjö, som lå fem mil fra hjemmet. På den tid var det enhver moders ærgerrighed, at hendes søn skulle blive præst. Forældrene så med bekymring på drengens interesse for “urtekundskab”. Et held var det dog, at skolen fik banket latin ind i hovedet på ham. Thi dette sprog blev senere det middel, ved hvilket han efter tidens skik kunne komme i forbindelse med udlandets lærde verden.

Hos provinsmedikus *Rothmann* i Växjö lærte han mange sjældne lægeurter at kende. Linné slugte i hans bibliotek de botaniske bøger om systematik. Men skolen anså ham for middelmådigt begavet og uegnet til at studere teologi. Rothmann trøstede faderen med, at sønnen skulle blive en flink læge. Stor trøst var det dog ikke. Thi lægestanden var på den tid ikke meget anset.

I 1727 blev Linné indskrevet som student ved Lunds Universitet. Han kom i huset hos den lærde doktor *Stobæur*. Denne opdagede snart den unge mands interesser og evner for det botaniske studium. I ferierne var moderen fortvivlet over, at sønnen ikke tænkte på andet end at lime visne planter ind i et herbarium. Hun anede ikke, at den plantesamling, som sønnen hér havde påbegyndt, engang skulle blive Europas største og skulle blive opbevaret af “Linnéselskabet” i London.

Linné ville uddanne sig videre ved Uppsala Universitet. Efter Karl XII’s krige var det fattige tider i Sverige. Faderen kunne derfor kun medgive ham hundrede daler sølv mønt. Disse var snart opbrugt og Linné kom i gæld til spiseværtten. Imidlertid opdagede domprovst Dr. *Oluf Celsius*, hvilken begavelse som gik rundt i nød blandt studenterne. Han hjalp Linné på forskellig måde. Ved nytårstid var det skik blandt studenterne at opvarte sine velyndere med vers. Da Linné ikke havde digteriske evner, skrev han i stedet en lille afhandling til Dr. Celsius. Dens titel var: “Om planternes brudefærd”. Denne gjorde så stor lykke, at professor *Rudbeck* ansatte Linné til at holde forelæsninger for studenterne i den meget forsømte Botaniske Have. Senere blev Linné også huslærer hos professor Rudbeck. Der var stor tilstrømning til Linnés omvisninger i haven. Indtægten var måske ikke så stor, da mange betalte med hatte, strømper og lignende. Men Linné fik i hvert fald betalt sin gæld til spiseværtten og fik hele strømper og sko.

Linné udvikler i det nævnte skrift, hvorledes forplantningen i planteriget sker ved blomsternes støvdragere og støvveje. Dette véd i vore dage hver ældre skoleelev. Men på Linnés tid herskede stor uvidenhed herom. Mange betragtede Linnés udtalelser som den rene galskab. Da man ikke havde sådanne mikroskoper som i vore dage, kunne Linné ganske vist ikke fastslå sine påstandes rigtighed videnskabeligt. Men han anede altså den rette sammenhæng.

Fra nu af fæstede Linné sin opmærksomhed på bygningen af planternes blomster og især på støvdragerne og støvvejene. Derved førtes han ind på de kendemærker, ved hvilke han skulle komme til at ordne planteriget efter sit senere så berømte system.

Nu gik alting en tid godt for Linné. Men så dukkede en lidt ældre botaniker op. Han hed *Nils Rosén von Rosenstein*. Han havde været udenlands og taget doktorgraden i Holland. Nu hørte Linnés omvisninger i Botanisk Have op. Linné var jo kun student, og Rosén overtog de botaniske forelæsninger.

I 1735 besluttede Linné at foretage en forskningsrejse til *Lapland*. Det var noget som på den tid svarede f.eks. til Sven Hedins rejser til Asien i vore dage. Linné fik en bevilling på 400 daler og drog af sted. Det var en anstrengende rejse, men lønnes med, at en helt ny naturverden blev åbnet for ham. Aligevel var han glad da han til slut over farlige, snebedækkede fjeldvidder kom ned på norsk side. I dalbunden mødte han kløverduft og spiste modne skovjordbær. Trods al den udståede møje, stod denne rejse dog for ham helt til hans gamle dage i et strålende skær.

Nu kom en meget hård tid for Linné. Hans pengeforhold blev knappe, og Dr. Rosén anstiftede en forfølgelse af ham. Linné havde anmeldt forelæsninger over botanik ved universitetet. Rosén påtalte så, at en student uden eksamen holdt forelæsninger. Han fik udvirket, at Linné fik en advarsel af universitetet. Linné måtte derfor trods armod væbne sig med tålmodighed.

Han var ved at tabe livsmodet, da han fik en uventet opfordring af landshøvding *Reuterholm* i Falun til at foretage en forskningsrejse gennem *Dalarna*. Reuterholm havde nemlig hørt om Linnés vellykkede rejse gennem Lapland. Da planen om ekspeditionen til Dalarna rygtedes, meldte flere unge mænd sin deltagelse på egen bekostning. Med stort organisationstalant ordnede Linné rejsen. Hver fik sine specielle undersøgelsesopgaver. Rejsen blev en oplevelse for alle deltagerne. Linné var den fødte ekskursionsleder.

Efter rejsens afslutning traf han i landshøvdingens hjem den attenårige *Sara Lisa Moræus*, datter af assessor *John Moræus*. De to unge fik snart hinanden kær, men assessoren ville ikke give sit samtykke til ægteskab, før Linné havde forsvaret en doktorafhandling.

Så besluttede Linné at rejse til *Holland*, hvor svenskerne dengang plejede at tage doktorgraden. Den vordende svigerfader og andre venner bekostede rejsen. Sara Lisa tømte sin pengepung i Linnés hænder. I Hamburg påviste Linné, at en af byens seværdigheder, en udstoppet, syvhovedet drage, var sammensat af væselhoveder og væselpoter anbragt på en kunstig krop, som var overtrukket med slangeham. En panthaver i dragen blev så forbitret over dette angreb på en indtægtskilde, at Linné fandt det rådeligst at forsvinde fra Hamburg. Kort efter sin ankomst til Holland forsvarede han en medicinsk doktorafhandling.

Rejsepengene var nu ved at slippe op. Men før han drog hjem, ville han besøge den berømte professor *Boerhave* i Leyden for at bese hans meget omtalte botaniske have. Linné imponerede Boerhave så stærkt ved sine botaniske kundskaber, at Boerhave ville beholde ham i Holland. Planen var dog, at Linné først skulle samle planter i Sydafrika og Amerika med Boerhaves understøttelse. Længslen efter Sara Lisa var dog for stærk, og han drog videre til Amsterdam.

Her gik det nu på lignende måde. Professor *Burman*, som han besøgte dér, ønskede at Linné skulle hjælpe ham med udarbejdelsen af et værk om planterne på Ceylon. Linné gik ind på dette for en kortere tid. Men så kom han i forbindelse med den hovedrige godsejer

Mynheer Georg Clifford. Denne blev så begejstret over Linné, at han ville, at han skulle blive hans livlæge og museumsdirektør og ordne hans samlinger. Tilbuddet var så strålende økonomisk, at han trods sin hjemvé mente at måtte tage imod det for en tid. Denne benyttede han til rig, videnskabelig produktion.

Det var på Linnés tid blevet almindeligt anerkendt, at naturvidenskab må bygges på erfaringer og ikke på spekulationer. Men derved meldte sig nødvendigheden af at få almindeligt anerkendte og veldefinerede *navne* på alting. Målet måtte være at nå til at videnskabsmænd overalt på jorden med sikkerhed skulle kunne meddele hinanden sine erfaringer og resultater. Med den rivende udvikling voksede mængden af navne på stoffer, stene, planter og dyr til mange hundrede tusinde. Både for kemi, geologi, botanik og zoologi blev det nødvendigt at få systematisk orden i navnevirvarret. Mange havde forsøgt sig. Men systemerne knyttede navnene til uvæsentlige kendetegn. Linné siger: “Der går en gysen gennem de lærdes rækker hver gang et nyt system bliver foreslået”. Man betragtede hvalerne som æglæggende fisk. Til amfibierne, som både kan leve på land og i vand, regnede man sæler, havfruer og tudser! De systemer, som Linné i en række verdensberømte skrifter udviklede, synes for vor tid at være ganske naturlige og ligetil. Men for at forstå Linnés indsats må man altså se den på den hér antydede historiske baggrund.

Tanken på Sara Lisa drog ham nu hjem. Han begyndte en lægepraksis, som tilsidst gav ham en rigelig indtægt. Skønt han havde opnået et stort navn ude i Europa på grund af sine skrifter, blev Dr. Rosén foretrukket som professor Rudbecks efterfølger. Trods Roséns intriger blev Linné dog noget senere professor Robergs efterfølger.

Som *professor* udviklede Linné sine rige evner som universitetslærer og videnskabsmand. Studerende, også fra udlandet, strømmede til. Hans ekskursioner, de berømte “Herbationes Upsalienaes”, blev besøgt af flere hundrede deltagere. Hjem marcherede de med valdhorn, pauker og faner gennem byen til det “Botaniske Hus”, hvor turen afsluttedes med et rungende “Vivat Linnaeus”.

Linnés navngivning af blomsterplanter er nu i sine grundprincipper indført helt internationalt. Han benytter den såkaldte “*binære nomenklatur*”. Som et menneske har et familienavn og et fornavn, får hver plante et slægtsnavn og et artsnavn. F.eks. får arterne blå og hvid anemone indenfor anemonernes slægt betegnelsen *anemona hepatica* og *anemone nemorosa*. Ved denne lige så simple som geniale navngivning gjorde Linné det muligt at kunne kende en plante igen.

Linnés oprindelige ortodokse standpunkt, efter hvilket *arternes antal* er uforandret og fastslået ved skabelsesprocessen, voldte ham senere tankevanskeligheder. Også indenfor geologien stødte han på iagttagelser, som pegede hen på de kommende tiders diskussioner om arternes oprindelse. Men Linné kunne endnu på den tid ikke vinde klarhed.

Ikke alene på botanikkens område virkede Linné som en reformator, men også på undervisningens område. At han, særlig på sine gamle dage, mødte adskillig misforstået kritik, kan ikke undre. Den norske botaniker *N. Wille*, skriver i en biografi: “Men selv de mest hadske overfald tog han med stor ro og indlod sig aldrig i polemik. Han mente, at sandheden dog til sidst ville sejre. Et smukt vidnesbyrd er også den forsoning, som indtrådte mellem Linné og hans tidligere bitre modstander Nils Rosén, idet de endte som de mest fortrolige venner.”

23 William Herschel (1738–1822)

I løbet af det attende århundrede var de vigtigste spørgsmål angående planeternes bevægelse blevet løst. Man havde nu en klar forestilling om solsystemet, Solen, planeterne og deres måner, samt kometerne. Den astronom, som rettede opmærksomheden mod de fjerne fiksstjerner, var *William Herschel*.

Figur 38: William Herschel

Han var født i 1738 i Hannover. Faderen var en uformuende musiker med mange børn. Han var interesseret i astronomi og tog ofte i stjerneklare nætter sine børn ud på gaden for at lære dem stjernebillederne at kende. Sønnen blev også musiker. Femten år gammel kom han med et militært musikkorps til England. Han blev senere organist i Bath. Skønt hans virksomhed som musiker tog megen tid, fik han dog lejlighed til at dyrke sin interesse for stjernerne. Det lykkedes Herschel at forfærdige en spejlkikkert. Stor var hans glæde, da han i denne kunne se ringene om Saturn. Han lavede nu større og større spejlkikkerter. Når det var stjerneklart, forsvandt han ved koncerterne i pauserne fra klaveret ud til sin kære kikkert og frydede sig ved at fordybe sig i stjernehimlens vidunderverden.

I 1781 opdagede han planeten *Uranus*, som kredser om Solen i en bane, som omslutter Saturns bane. Denne opdagelse gjorde ham berømt. Den engelske konge, Georg III, udnævnte ham til “kongelig astronom”. Han fik pengemidler til at bygge en kæmpemæssig spejlkikkert for. Med denne observerede han nu flittigt indtil sin død i 1822.

Talrige opdagelser gjorde han i denne lange tid. Han opdagede to måner ved Saturn foruden den af Huygens fundne. Han påviste, at de hvide pletter omkring Marspolerne vekslede i størrelse med årstiderne på Mars. Ligesom *Cassini* havde bestemt Jupiters omløbstid om sin akse ved iagttagelse af pletter på overfladen, bestemte Herschel Saturns omløbstid.

Men størst betydning fik dog Herschels undersøgelser af *fiksstjernehimlen*. Siden Galileis tid havde man opgivet at tænke sig fiksstjernerne fastsiddende på en kugleskal, som skulle omgive hele universet. Man forstod, at stjernerne svævede frit i det uendelige, ubegrænsede verdensrum, nogle nærmere ved, de svagere langt fjernere. Gennem århundreder havde man forgæves søgt at vise, at synsretningen til en stjerne ændrede sig i løbet af året ved Jordens kredsen om Solen. Stjernerne måtte derfor være overordentlig langt borte fra os i sammenligning med jordbanens størrelse. Hele solsystemet måtte være som et punkt i stjernevrmlen.

Figur 39: Et stykke af Mælkevejen i stjernebilledet Svanen

Herschel mente nu, at han med sin store kikkert var trængt ud til stjernevrmlens grænser. Mælkevejen opløste sig i sværme af millioner svagt lysende stjerner, som stod rundt omkring i yderranden af stjernesystemet. Hvis stjernerne nu var nogenlunde ensartet fordelt både i rum og i lysstyrke, og hvis man i en retning kunne tælle f.eks. otte gange så mange stjerner i kikkertfeltet som i en anden retning, ville dette betyde, at stjernesystemet i det første tilfælde strakte sig dobbelt så langt som i andet tilfælde. Efter dette princip foretog han tællinger i 3.400 kikkertfelter. Han fandt, at stjernesystemet har form som en temmelig flad, rund linse,

i hvis indre, noget fra midten, vort solsystem befinder sig. Stjernerne i randen ses fra Jorden som Mælkevejens svagt lysende bælte.

Herschel selv blev klar over, at disse "lodskud i verdensrummet" kun kunne give omtrentlige resultater, da forudsætningen om den ligelige fordeling af stjernerne i rummet og i lysstyrke ikke holder stik. Han begyndte selv at forbedre sin metode, og eftertiden har fortsat undersøgelserne med de meget forbedrede hjælpemidler, som den moderne astronomi råder over. Ved disse er Herschels resultat i de store hovedtræk blevet stående. Han står som grundlæggeren af fiksstjerneverdenens astronomi.

24 Charles Augustin Coulomb (1736–1806)

Elektriske og magnetiske kraftvirkninger har været kendt allerede i Oldtiden. Det viser allerede navnene. Ordet *elektricitet* kommer af det græske ord "elektron" for rav; man vidste nemlig, at rav ved at gnides med en ulden klud bliver i stand til at tiltrække små, lette ting som hår eller lignende. Og ordet *magnetisme* kommer af, at man ved byen Magnesia i det lilleasiatiske Lydien fandt en jernsten, som tiltrak små jernstykker.

Gennem lange tider var disse erfaringer dog kun kuriositeter uden videnskabelig betydning. Men naturforskningens vækst i det syttende århundrede medførte, at man efterhånden samlede flere og flere kendsgerninger. Det er dog først franskmændene *Charles Augustin Coulomb*, som grundlagde en virkelig elektricitetslære, fordi det først var ham, som viste, hvorledes man skulle anstille forsøgene, så man fik virkelige mål at operere med.

Coulomb var født i 1736 i Sydfrankrig. Han tilhørte en fornem familie. Efter at have studeret matematik og fysik i Paris blev han ingeniørofficer og ledede opførelsen af fæstningsværkerne på Martinique i ni år. Da han i 1776 vendte tilbage til Frankrig, helligede han sig i flere år naturvidenskabelige studier, især af elektriske og magnetiske tiltræknings- og frastødningskræfter. Imidlertid avancerede han gennem militærgraderne, blev medlem af Akademiet og kom ind i undervisningsvæsenets styre. Men så faldt han i unåde på grund af en hensynsløst saglig kritik af noget, han i embeds medfør skulle udtale sig om. Da han derpå først havde oplevet den franske konges vankelmodighed og svage styre og derpå pøbelherredømmet i revolutionens værste tid, nedlagde han sine embeder og trak sig tilbage til en lille gård ved Blois. Her helligede han sig helt sine videnskabelige arbejder og sit familieliv. Da Napoleon atter havde bragt orden til veje, blev Coulomb i år 1800 kaldt tilbage og genindsat i sine tidligere stillinger, i hvilke han forblev til sin død i 1806.

Otto Guericke havde konstrueret en elektrisk maskine, hvor elektriciteten fremkom ved gnidning mod en stor, roterende svovlkugle. Mange efterlignede og forbedrede hans forsøg. *Leibnitz* frembragte elektriske gnister, hvorved vejen var banet for *Franklins* forsøg med lynet. *Euler* konstruerede i Petersborg en forbedret elektrisk maskine. Man opdagede, at der er to slags elektricitet, kaldet positiv og negativ. Ensartede elektricitetsmængder frastøder hinanden og uensartede tiltrækker hinanden. Man fandt, at nogle legemer, f.eks. metallerne, er gode ledere for elektriciteten, mens andre som glas, porcelæn og svovl er dårlige ledere eller "isolatorer". Omkring 1745 opdagede man, først i Pommern, siden i Leyden, hvorledes man skulle koncentrere store mængder elektricitet i en isoleret metalbeholder. Det stød, man fik fra en sådan "Leydenflaske", vakte stor opsigt og interesse. Men ved alt dette havde man holdt sig helt til det kvalitative. Det er Coulombs fortjeneste at have bragt målsbestemmelser ind i undersøgelserne.

Coulomb konstruerede en overordentlig fintmækkende kraftmåler, en såkaldt "snøvægt".

Med denne målte han de *kræfter*, med hvilke to ensartede elektricitetsmængder frastøder hinanden. Med matematikernes sprog siger han, at kræfterne er “ligefrem proportionale med elektricitetsmængderne og omvendt proportionale med afstandens kvadrat”. For tiltrækningen mellem uensartede elektricitetsmængder fandt han lignende love, ligeledes for frastødning og tiltrækning mellem magnetpoler.

Coulombs navn mindes ved navnet på enheden for elektricitetsmængden, 1 Coulomb.

25 Luigi Galvani (1737–89)

Indtil Coulombs tid havde man kun undersøgt stillestående elektricitet. Når man udladete en Leydnerflaske, kom der ganske vist en strøm, men den var for kortvarig til at man undersøgte den. Det var en tilfældig iagttagelse, som ledte *Luigi Galvani* på sporet efter frembringelsen af en konstant *elektrisk strøm*.

Figur 40: Luigi Galvani

Luigi Galvani var født i 1737 i Bologna. Han var uddannet læge og var professor i medicin ved universitetet i sin fødeby. Han foretog eksperimenter med de muskelbevægelser, som præparerede frølår udfører når man sender elektricitet fra en Leydnerflaske gennem frølårets nerve. Noget sådant havde allerede *Guericke* og *Leibnitz* kendt til. Men Galvani opdagede, at frølårets muskel mærkeligt nok også reagerede selv om elektriciteten ikke blev ledt gennem nerven, når der blot et sted i nærheden var elektriske gnister og nerven stod i forbindelse med jorden ved metalliske ledere. Det lykkedes ikke Galvani at komme til fuld klarhed over dette fænomen. Først langt senere, efter at Volta og Faraday havde fremsat deres teorier, var tiden moden hertil. Men under sine mange forsøg opdagede Galvani tilfældigvis noget helt andet. Under visse betingelser kunne frølåret reagere, selv om der ikke var nogen elektriske gnister. Betingelsen var blot, at der i nerven sad to metaltråde af forskelligt metal, og at disse kom til at røre hinanden. Galvani troede disse virkninger skyldtes noget han kaldte “dyrisk elektricitet”. Efter længere tids omhyggelige iagttagelser offentliggjorde Galvani sine resultater. Disse vakte stor opsigt og bragte blandt andre italieneren *Volta* til at fortsætte Galvanis forsøg.

Galvani fik en tragisk skæbne. Napoleon var i 1796 trængt sejrrig ind i Norditalien og havde oprettet den “Cisalpinske Republik”, til hvilken Bologna kom til at høre. Galvani nægtede at aflægge ed til den nye forfatning og mistede sit embede. Ganske vist blev han senere genindsat, men døde i 1798 inden han havde overtaget embedet.

26 Alessandro Volta (1748–1827)

Alessandro Volta var født i 1748 i Como i Norditalien. Han tilhørte en anset familie. Først var han gymnasielærer, men senere blev han professor i fysik ved universitetet i Pavia. På sine rejser kom han i forbindelse med adskillige af tidens ledende fysikere. Særlig vigtig for ham var bekendtskabet med *Voltaire*, *Laplace* og *Priestling*.

Figur 41: Alessandro Volta

Efter at han havde lært Galvanis forsøg at kende, fortsatte han disse undersøgelser. Han opfandt blandt andet et meget fintmærkende instrument til at påvise elektriske spændinger, et såkaldt "*kondensatorelektroskop*". I otte år fortsatte han med sine forsøg. Han gik helt bort fra at bruge organiske stoffer og at tale om "dyrisk elektricitet". Resultatet af hans undersøgelser var den såkaldte "*Voltasøjle*".

Han havde bemærket, at når forskellige metaller berører hinanden, opstår en elektrisk spændingsforskel mellem dem. Han opstillede en spændingsrække, i hvis ene ende stod zink, og i hvis anden ende stod kul, mens kobber stod omtrent i midten. Danner man nu en lukket kæde af metalstænger af forskelligt metal, vil hvert metalstykke få en lille elektricitetsladning, således at der mellem to hinanden berørende stykker bliver en bestemt spændingsforskel. Men alt dette afpasser sig således at der er ligevægt i hele kredsløbet. Voltas store opdagelse var nu, at der eksisterer ledere med en sådan natur, at de ikke indordner sig i spændingsrækken. En sådan leder er f.eks. fortyndet svovlsyre. Lægger man mellem en lille kobber- og zinkskeive en papskeive vædet med fortyndet svovlsyre og forbinder kobber- og zinkskeiven med en metaltråd, vil der ikke længere være elektrisk ligevægt. Der er opstået en såkaldt *elektromotorisk kraft*, som stadig driver positiv elektricitet den ene vej rundt i kredsløbet og negativ den modsatte vej.

Volta forøgede styrken af strømmen ved at konstruere en såkaldt "*søjle*", hvor en række sådanne trillingepar af en kobberskeive, en i fortyndet svovlsyre vædet papskeive og en zinkskeive er lagt ovenpå hinanden. Forbinder man da den første zinkskeive og den sidste kobberskeive med en metaltråd, får man en *elektrisk strøm*.

Hermed var døren åbnet for elektricitetens eventyrverden.

I våren 1800 sendte Volta præsidenten i Royal Society i London en meddelelse om "søjle" konstruktion. Skønt Voltas søjle ikke er opfundet af Galvani, har han dog haft så stor betydning for dens opdagelse, at man knytter hans navn til instrumenter, som frembringer elektrisk strøm. Man taler om "galvaniske batterier" og om "galvanoplastik". Voltas navn er forevigt i enheden for elektrisk spænding, som kaldes "en Volt".

Opdagelsen af den elektriske strøm bragte Volta store æresbevisninger. Han blev indbudt til Paris for at holde foredrag i Akademiet. Senere fortsatte han dog ikke med fysiske undersøgelser. Han døde i Como i 1827.

27 Joseph Black (1728–1799), Wilhelm Scheele (1742–1786), Joseph Priestley (1733–1804), Henry Cavendish (1731–1810)

Dette firkløver er grundlæggere af *den videnskabelige kemi*. Undersøgelsen af stoffernes kemiske egenskaber har været foretaget siden kulturens ældste tider, men på en uvidenskabelig og famlende måde. Allerede i Oldtiden interesserede man sig for "metalforvandling", især for guldmageri. Også i teknik og håndværk samlede man en del kundskab om stoffernes egenskaber og fremstilling. Hos araberne ordnedes kundskaberne til det, man har kaldt alkemi. Guldmageriet blev omspundet med et net af fantastisk mystik og humbug.

Da alkemien kom til Europa med den arabiske kultur, fik guldmageriet længe stor indflydelse. Men interessen førtes efterhånden over på fremstilling af lægemidler. Man kaldte dette

jatrokemi efter det græske ord for læge, jatro. Grundlæggeren af jatrokemien var *Teofrastus Paracelcus van Hohenheim*, en samtidig af Luther. Man har ofte betragtet ham som en ren charlatan på grund af hans markskrigerske optræden; men i virkeligheden er han grundlægger af *farmakologien*, apotekervidenskaben.

En senere repræsentant for jatrokemien var *Johan Baptist van Helmont* (f. 1577 i Bruxelles).

I 1669 fremstillede *Brand* fosfor ved at destillere urin. *Johan Rudolph Glauber* fremstillede ved svovlsyre salpetersyre af salpeter og saltsyre af kogesalt. Det ved den sidste proces dannede svovlsure natron kaldes endnu *glaubersalt*.

Den, som bevirkede det største fremskridt i metodisk henseende, var *Robert Boyle* (s. 29). Han var med til at grunde Royal Society sammen med Newton og Hooke. Ved "kemisk element" forstod han ethvert stof, som ikke kunne spaltes i andre. Derved bandlyste han både aristotelismens "fire elementer", jord, vand, luft og ild, og alkymisternes "tre elementer", salt, svovl og kviksølv. Kemien skylder ham den systematiske brug af *vægtstangen*. Ved den viste han, at når metaller under ophedning oxyderes i luften — som man sagde "forkalkedes" — så vinder de i vægt. Men denne vægtforøgelse forklarede han ved at antage, at der fra den varmende flamme trænger et stof ind i metallet. Man kaldte dette hypotetiske stof "flogiston". Det bragte helt frem til *Lavoisier* megen forvirring i de kemiske betragtninger.

Boyle grundlagde den *kemiske analyses* metode ved at undersøge det bundfald, som opstår i en opløsning, når man tilsætter visse reagenser. Han påviste tilstedeværelsen af syren ved forandringen af blå plantefarver til røde.

Mens videnskabsmændene tidligere ofte skinsygt havde vogtet over deres egne undersøgelser, udvekslede de tre sidste forskere, hvis navne står over dette afsnit, stadig sine idéer med hinanden, mens tankerne modnedes. Det er derfor ofte vanskeligt at adskille ydelserne.

Figur 42: Joseph Black

Joseph Blacks familie var skotsk, men han var selv født i 1728 i Sydfrankrig. Han blev opdraget i Irland og studerede medicin i Glasgow og Edinburgh. Han blev professor i kemi ved universitetet i Glasgow, hvor han døde i 1799. Han offentliggjorde kun lidt, men ved sine forelæsninger øvede han betydelig indflydelse. Ved siden af vigtige bidrag til varmelæren har han givet bidrag til kemiens udvikling. Man troede dengang, at kalksten, som gløder, optager "flogiston" fra flammen, hvorved den bliver til "brændt kalk". Black viste nu, at kalkstenen ved glødningen så langt fra at optage noget, tværtimod afgav en luftart, som viste sig at være den samme, som opstår under gæring, altså hvad vi nu kalder kulsyre. Han viste, at kalkstenen herved tabte i vægt. "Flogiston"-teorien begyndte at vakle.

Joseph Priestley var født ved Leeds på Englands østkyst i 1733. Han var teolog, afvekslende præst og lærer, men beskæftigede sig også ved siden af med naturvidenskab. Hans frisindede kristendom bragte ham i konflikt med tidens snævre og intolerante ortodoksi. I 1791 havde han udtalt sympati med afskaffelsen af sociale misbrug, som den franske revolution på den tid kæmpede imod. Hans hus og laboratorium ved Birmingham blev stukket i brand og plyndret af en ophidset pøbel. Han selv flygtede med sin familie til Amerika, hvor han døde i 1804. I tilslutning til Black studerede han kulsyrens egenskaber på et bryggeri. Også mange luftarter, f.eks. de som vi nu kalder brint, ammoniak, ilt og svovlbrinte, opsamlede han i glasklokker over kviksølv og han påviste deres forskellige egenskaber. Han viste, at planterne under sollysets

indvirkning indånder kulsyre og udånder ilt, altså gennemgår den modsatte proces af den, som finder sted ved menneskers og dyrs åndedræt.

Henry Cavendish fødtes i England i 1731. Han var søn af en velhavende mand og levede som privatmand i London, hvor han døde i 1804. Han opdagede før Priestley og Scheele, at brint er en helt fra atmosfærisk luft forskellig luftart. Han kendte brintens lethed og brændbarhed. Han anede, at man ville kunne fylde luftballoner med brint. Han påviste, at når ilt og brint brændende forenes, dannes vand. Man måtte altså opgive den gamle forestilling om, at vand er et element. Til slut kan nævnes, at han påviste gravitationstiltrækningen mellem legemer på jordens overflade (s. 34).

28 Antoine Laurent Lavoisier

Indholdsfortegnelsen i Heegaards manuskript angiver som sidste afsnit en omtale af Lavoisier, men denne findes ikke i det manuskript, der foreligger. Afsnittet har øjensynligt skullet indeholde Figur 43 (jfr. listen over klichéer).

Klichéer

Figur: Side:

1	1	Heegaard: Stjerneverdenen (Gad) Fig.22, s.51
2	4	Heegaard: Stjerneverdenen (Gad) Fig.32, s.77
3	4	Efter tegning
4	4	Efter tegning
5	6	La Cour & Appel, Hist.Fysik III, Fig.7, s.9
6	6	La Cour & Appel, Hist.Fysik III, Fig.9, s.11
7	9	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.40, s.94
8	9	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.39, s.91
9	12	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.51, s.131
10	12	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.52, s.132
11	13	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.29, s.73
12	14	La Cour & Appel, Hist.Fysik V, Fig.56, s.53
13	14	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.54, s.138
14	15	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.55, s.130
15	15	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.57, s.141
16	17	La Cour & Appel, Hist.Fysik II, Fig.5, s.8
17	18	La Cour & Appel, Hist.Fysik II, Fig.45, s.37
18	20	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.59, s.146
19	21	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.53, s.133
20	21	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.62, s.153
21	23	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.70, s.159
22	24	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.74, s.165
23	24	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.75, s.166
24	25	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.77, s.169
25	26	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.79, s.173
26	28	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.83, s.132

27	29	La Cour & Appel, Hist.Fysik III, Fig.55, s.54
28	30	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.186, s.331
29	32	La Cour & Appel, Hist.Fysik I, Fig.74, s.96
30	32	Heegaard, Populær Astronomi (Frem), Fig.168, s.236
31	32	La Cour & Appel, Hist.Fysik V, Fig.15, s.22
32	33	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.80, s.178
33	34	Heegaard, Populær Astronomi (Frem), Fig.66, s.99
34	35	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.81, s.179
35	36	Lenard: Grosse Naturforscher., Bild 19, s.102
36	38	Fr. Dannemann: Die Naturwissensch. II, Abb.119, s.411
37	40	Folkelæsning Nr.309 <i>eller</i> Tidsskr.for Kemi, Farmacia og Terapi IV, s.145
38	43	Heegaard: Stjerneverdenen, Fig.204, s.363
39	43	Heegaard: Stjerneverdenen, Tavle XII 3, s.416/17
40	45	La Cour & Appel, Hist.Fysik IV, Fig.58, s.76
41	46	La Cour & Appel, Hist.Fysik IV, Fig.124, s.70
42	47	La Cour & Appel, Hist.Fysik V, Fig.49, s.44
43	48	La Cour & Appel, Hist.Fysik IV, Fig.79, s.113