

Istoria Astronomiei

Jay Pasachoff, Magda Stavinschi, Mary Kay Hemenway

Uniunea Astronomică Internațională, Colegiul "Williams" (Massachusetts, SUA),
Institutul Astronomic al Academiei Române (București, România), Universitatea din
Texas (Austin, SUA)

Rezumat

Această scurtă trecere în revistă a istoriei astronomiei cuprinde o privire asupra naturii omniprezente a astronomiei la începuturile sale, urmată de un rezumat al evenimentelor cheie ale dezvoltării astronomiei în Europa de Vest până la epoca lui Isaac Newton.

Obiective

- Să ofere o scurtă trecere în revistă a istoriei astronomiei în diferite regiuni ale lumii cu scopul de a demonstra că astronomia s-a aflat tot timpul în central interesului popoarelor.
- Să prezinte principalele figuri din istoria astronomiei (până la Newton) care au adus modificări majore în abordarea acestei discipline: Tycho Brahe, Copernic, Kepler și Galileo.
- Constrângerile de timp ne-au împiedicat să prezentăm istoria astronomiei în prezent dar, în alte capitole ale acestei cărți, se pot găsi astfel de informații.

Preistoria

Beneficiind de cerul întunecat, popoarele antice puteau vedea stelele apărând în partea estică a cerului, mișcându-se în sus și apunând spre vest. Într-o direcție, stelele se mișcau pe mici cercuri. În prezent, atunci când privim spre nord, vedem în acea poziție o stea – Steaua Polară sau Polaris. Aceasta nu este o stea foarte strălucitoare: pe cer există 48 de stele care sunt mai strălucitoare decât ea dar, întâmplător, Steaua Polară se află într-un loc interesant. În antichitate alte stele erau aliniat cu polul nord al Pământului sau, uneori, nu existau stele în vecinătatea polului nord.

Deoarece oamenii puteau privi cerul foarte des, ei au observat că există câteva corpuri mai strălucitoare, reduse ca număr și care nu răsar și nici nu apun exact la fel ca stelele. Bineînțeles, Luna a fost de departe cel mai strălucitor obiect de pe cerul nopții. Luna răsărea cu întârziere de aproape o oră în fiecare noapte și, în timp, apărea având în spate alte stele, diferite. De asemenea, în timp forma sa se schimba, de asemenea, fiind vizibile, ceea ce numim în prezent, fazele Lunii.

Dar unele dintre aceste "lumini" de pe cer se mișcau în mod diferit față de altele. Acestea au fost

numite de grecii antici *rătăcitoare* sau *planete*. Practic, fiecare civilizație de pe planeta Pământ a observat și a dat nume acestor obiecte.

Unele popoare antice au construit monumente, cum ar fi cercurile de piatră (megaliti), de exemplu la Stonehenge în Anglia, sau morminte, cum ar fi cele din Menorca în Spania, monumente care erau aliniate cu Crucea Sudului (în anul 1000 î. Hr.). Babilonienii au fost foarte pricepuți în înregistrarea fenomenelor astronomice, dar cei care au construit pe baza acestor cunoștințe au fost grecii antici pentru a încerca să "explice" cerul.

Grecii antici

Majoritatea grecilor antici, inclusiv Aristotel (384 î. Hr. – 322 î. Hr.), credeau că Pământul se află în centrul universului și că acesta, la rândul său, este alcătuit din patru elemente: Pământ, Aer, Foc și Apă. În jurul Pământului s-ar afla cel de-al cincilea element, eterul (sau chintesenta) datorită căruia lumina se propaga în cer.

Cum se deplasau acești *rătăcitori* printre stele? Cea mai mare parte a timpului, aceștia se deplasau în aceeași direcție cu direcția de deplasare a stelelor: răsărind de la est și mișcându-se spre vest. Dar, uneori, aceștia par să se oprească și să se deplaseze înapoi față de stele. Această mișcare înapoi este denumită mișcare "retrogradă", pentru a o diferenția de mișcarea înainte, denumită mișcare "progradă."

Astronomul grec Claudius Ptolemeu (c. 90 î. Hr. – c. 168 î. Hr.) și-a desfășurat activitatea în Alexandria, în nordul Africii, pe durata celui de-al doilea secol î. Hr. Ptolemeu dorea să poată prezice pozițiile planetelor și, pentru a realiza acest lucru, a venit cu o soluție matematică. Continuându-l pe Aristotel, el a plasat Pământul în centrul universului. Luna și planetele se mișcau în jurul acestuia în cercuri concentrice, al căror diametru creștea cu mărirea distanței planetei față de Pământ. Ce se întâmplă dacă planetele se mișcă într-adevăr pe mici cercuri ale căror centre se află pe cercurile mari? Atunci, pentru unele mișcări pe cercurile mici, planetele s-ar mișca mai repede pe direcția înapoi decât centrele acestor cercuri care se mișcă înainte. Noi, aflați pe Pământ, am vedea planetele mișcându-se înapoi.

Acele mici cercuri sunt numite "epicicluri", iar cercurile mari sunt numite "deferenți." Ideea lui Ptolemeu, a cercurilor mici mișcându-se pe alte cercuri, a dominat știința și cunoașterea apuseană timp de peste o mie de ani. Trecerea de la observații la teorie, utilizând matematica, a constituit un pas unic și important în dezvoltarea științei apusene.

Deși nu a avut aceleași nume date obiectelor pe care le-a observat, aproape fiecare cultură de pe Pământ a urmărit ce se întâmplă pe cer. Popoarele antice au utilizat informațiile pentru a elabora calendare și pentru a prezice succesiunea anotimpurilor pentru a planta, recolta sau vâna, precum și pentru ceremoniile religioase. Ca și grecii, unele dintre aceste popoare au dezvoltat calcule matematice foarte sofisticate pentru a prezice mișcările planetelor sau eclipsele, dar acest lucru nu înseamnă că ei ar fi elaborat ceea ce numim o teorie științifică. Iată câteva exemple:

Africa

Megaliții de la Nabta în deșertul Nubian datează cu 1000 de ani dinaintea de Stonehenge. Egiptenii au folosit astronomia pentru a alinia piramidele, precum și pentru a-și extinde credințele religioase prin includerea cunoștințelor despre stele. Petroglifele de la Namoratunga (Kenia) seamănă cu rasele actuale de vite. Cunoștințele despre stele provin din toate regiunile Africii din regiunea Dogon în Mali, până în Africa de Vest, în Etiopia și Africa de Sud.

Astronomia islamică

Numeroase cunoștințe astronomice au fost dobândite în lumea islamică, în mod particular pe durata epocii de aur islamice (secolele VIII - XV), cunoștințe reunite în cărți scrise preponderent în limba arabă. Această dezvoltare a avut loc în principal în Orientul Mijlociu, Asia Centrală, Andaluzia, Africa de Nord și ulterior în Orientul Îndepărtat și India. Un număr semnificativ de stele de pe cer, cum ar fi Aldebaran și Altair, precum și unii termeni astronomici, cum ar fi alidade, azimut, almucantarat, sunt încă utilizate și în prezent folosindu-se aceleași cuvinte arabe. Arabii au inventat cifrele (numite de aceea și arabe), inclusiv utilizarea lui zero. Arabii au fost interesați de găsirea pozițiilor și a momentului zilei (deoarece această informație era utilă pentru serviciul religios). De asemenea, arabii au realizat numeroase descoperiri în domeniul opticii. Multe cunoștințe utilizate de grecii antici au fost păstrate pentru posteritate datorită traducerii lor în limba arabă.



Fig. 1: Astrolab arab

Primele observații sistematice din lumea islamică au fost înregistrate ca având loc sub patronajul lui Al-Maâmun (786-833 d. Hr.). În observatorul acestuia, precum și în multe alte observatoare particulare aflate de la Damasc la Bagdad, au fost măsurate gradele meridianului, au fost stabiliți parametri solari și au fost realizate observații detaliate ale Soarelui, Lunii și planetelor.

Instrumentele utilizate în astronomia islamică au fost: globurile celeste și sferele armilare, astrolaburile, ceasurile solare și cuadrantele.

America

America de Nord

Populațiile native ale Americii de Nord și-au denumit, de asemenea, constelațiile și au compus povești despre cer, povești transmise prin tradiția orală din generație în generație. Unele artefacte, cum ar fi roți de piatră sau modul de aliniere a clădirilor, rămân ca dovadă a utilizării de către aceste populații a astronomiei în viața cotidiană.

Astronomia maya

Maya a fost o civilizație a Americii Centrale, menționată pentru singurul limbaj scris complet dezvoltat din America precolumbiană, precum și pentru arta sa, arhitectura și sistemul matematic și astronomic. Înființate inițial pe durata perioadei preclasice (aprox. 2000 î. Hr. - 250 d. Hr.), orașele mayașe au cunoscut cel mai înalt stadiu de dezvoltare pe durata perioadei clasice (aprox. 250 d. Hr. - 900 d. Hr.) și au continuat să se dezvolte de-a lungul perioadei postclasice până la sosirea spaniolilor. Populația maya nu ar fi dispărut complet niciodată și nici declinul perioadei clasice nu ar fi avut loc dacă nu ar fi sosit conchistadorii spanioli și n-ar fi avut loc colonizarea de către spanioli a Americii.

Astronomia maya este una dintre cele mai cunoscute astronomii vechi din lume, datorită, în special, calendarului său atât de faimos care a fost interpretat în mod greșit în prezent ca prezicând sfârșitul lumii. Maya pare să fie singura civilizație pre-telesopică, care a demonstrat cunoașterea nebuloasei Orion ca fiind extinsă și nu un singur punct stelar precis.

Mayașii au fost foarte interesați de tranziturile la zenit - intersecția verticalei locului cu sfera cerească, situat deasupra capului. Deoarece latitudinea majorității orașelor lor se află sub Tropicul Racului, aceste tranzituri la zenit au loc de două ori pe an, la intervale egale față de solstițiu. Pentru a reprezenta această poziție a Soarelui deasupra capului, mayașii au avut un zeu numit Zeul Scufundător.



Fig. 2: Chichén Itzá (Mexic) reprezintă un important vestigiu arheologic al astronomiei Maya.

Venus a fost, pentru mayași, cel mai important obiect astronomic, mai important pentru ei chiar decât Soarele. Calendarul mayaș este un sistem de calendare și almanahuri utilizate atât de civilizația maya din America Centrală precolumbiană cât și în unele comunități maya moderne din înălțimile din Guatemala și Oaxaca, Mexic.

Deși calendarul Americii centrale nu își are originea în cultura maya, dezvoltările sale ulterioare și rafinarea sa au fost cele mai sofisticate. Împreună cu cele ale aztecilor, calendarele Maya sunt cele mai bine documentate și cele mai complet înțelese.

Astronomia aztecă

Au existat anumite grupuri etnice din partea centrală a Mexicului, în particular acele grupuri care vorbeau limba Nahuatl și care au dominat părți semnificative din America Centrală în secolele al XIV-lea, al XV-lea și al XVI-lea, perioadă cunoscută, în cronologia Americii centrale, sub numele de perioada postclasică târzie și care sunt la originea cunoștințelor astronomice.

Cultura și istoria aztecă au fost cunoscute în primul rând datorită dovezilor arheologice găsite în excavații cum ar fi cele efectuate cu ocazia renovării Templului Mayor din Mexico City și multe altele, pornind de la codicele indigene pe scoarță de hârtie, de la mărturisirile și memoriile martorilor conchistadori spanioli din secolele al XVI-lea și al XVII-lea, dovezi în care se află descrieri ale culturii și istoriei aztece și care au fost scrise de către preoții spanioli și de către învățații azteci în limba spaniolă sau Nahuatl.

Calendarul aztec sau Piatra Soarelui este cel mai vechi monolit care a rămas din perioada culturii prehispanice în America Centrală și de Sud. Se crede că acesta a fost sculptat în jurul anului 1479. Este un monolit circular cu patru cercuri concentrice. În centru apare fața lui Tonatiuh (Zeul Soare), decorată cu jad și ținând un cuțit în gură. Cei patru sori sau "lumile" anterioare sunt reprezentate prin figuri în formă de pătrat care flanchează cel de-al Cincilea Soare, aflat în centru.

Cercul exterior constă din 20 de suprafețe care reprezintă zilele fiecăreia din cele 18 luni care compun calendarul aztec. Pentru a completa cele 365 de zile ale anului solar, aztecii au introdus 5 zile destinate sacrificiilor, numite zile Nemontemi.

Ca aproape toate popoarele antice, aztecii au grupat în asocieri stelele care, aparent, erau mai strălucitoare (constelații): Mamalhuaztli (Centura lui Orion), Tianquiztli (Pleiadele), Citlaltlactli (Gemeni), Citlalcolotl (Scorpion) și Xonecuilli (Ursa Mică sau, pentru alții, Crucea Sudului etc.). Cometele erau numite "stele care fumează".

Perioadele mari de timp din cosmologia aztecă sunt definite prin erele diferiților sori, al cărui fiecare sfârșit a fost determinat de dezastre majore, cum ar fi distrugerea de către jaguari, uragane, foc, inundații sau cutremure.

Astronomia Inca

Civilizația Inca este o civilizație care face parte din grupul precolumbian din Anzi. Aceasta a început în primii ani ai secolului al XIII-lea în bazinul Cuzco din Peru și s-a dezvoltat de-a lungul coastei Oceanului Pacific și Anzilor, acoperind partea vestică a Americii de Sud. În momentul său de maximă dezvoltare, civilizația Inca s-a extins din Columbia până în Argentina și Chile, cuprinzând Ecuador, Peru și Bolivia.

Incașii considerau că regele lor, Sapa Inca, ar fi "copilul Soarelui". Incașii au identificat diferitele regiuni întunecate de pe cer sau nebuloase întunecate din Calea Lactee cu animale și au asociat apariția acestora cu ploile sezoniere.

Incașii au utilizat un calendar solar pentru agricultură și un calendar lunar pentru sărbătorile religioase. Conform cronicilor conchistadorilor spanioli la periferia Cuzco, în prezent pe teritoriul Peru a existat un mare monument public care consta din 12 coloane fiecare de 5 metri înălțime și care puteau fi văzute de la o distanță foarte mare. Cu ajutorul acestuia, oamenii puteau stabili data calendaristică. Ei celebrau două mari sărbători, Inti Raymi și Capac Raymi, solstițiul de vară și, respectiv, solstițiul de iarnă.

Aveau propriile lor constelații: Yutu (Potârniche) era zona întunecată din Calea Lactee, numită și nebuloasa *Sacul de cărbune*. Incașii numeau roiul Pleiadelor, Qollqa. Cu ajutorul stelelor din constelația Lira incașii au desenat unul dintre cele mai cunoscute animale pentru ei și l-au numit Mica Lama de Argint sau Lama colorată, a cărei cea mai strălucitoare stea (Vega) au numit-o Urkuchillay, deși alți autori susțin că acesta era numele pentru întreaga constelație. Mai mult, ei aveau Machacuay (Șarpele), Hamp'atu (Broasca râioasă), Atoq (Vulpea), Kuntur etc.

Orașele mai importante aveau planuri trasate urmând alinierea cerești și folosind punctele cardinale.

La periferia Cuzco exista un templu important dedicat Soarelui (Inti), de la acest templu porneau

linii în formă de raze, linii care împărțeau valea în 328 de temple. Acest număr reprezintă încă un mister, dar o explicație posibilă este legată de astronomie: acest număr coincide cu numărul total de zile care se regăsește în cele douăsprezece luni lunare, iar cele 37 de zile care lipsesc până la 365 de zile ale anului solar coincid cu numărul de zile în care roiul Pleiadelor nu poate fi observat de la Cuzco.

India

Cea mai veche mențiune scrisă care apare în literatura religioasă a Indiei (al II-lea mileniu î. Hr.) reprezintă o tradiție unanim acceptată în primul mileniu î. Hr., moment în care diferitele ramuri străvechi ale cunoașterii încep să prindă formă.

Pe durata următoarelor secole astronomii indieni au studiat diferite aspecte ale științelor astronomice, ei participând la schimburile globale cu alte culturi. Instrumentele obișnuite la acea vreme erau gnomonul și sferile armilare.

Calendarul hindus utilizat în perioada antică a suferit numeroase schimbări în procesul de regionalizare, iar în prezent există și sunt folosite câteva calendare regionale indiene, precum și un calendar indian național. În calendarul hindus ziua începe odată cu răsăritul local al soarelui. Zilei îi sunt atribuite cinci "proprietăți", numite angas.

Ecliptica este divizată în 27 de nakshatras, care erau numite case lunare sau asterisme. Acestea reflectă ciclul Lunii raportat la stelele fixe de 27 de zile și 72 ore, partea fracționară fiind compensată de o a 28-a nakshatra intercalată. Calculul nakshatra apare ca fiind bine cunoscut la momentul compunerii Rig Veda (între mileniul 2 și 1 î. Hr.).

China

Chinezii au fost considerați ca fiind cei mai perseverenți și corecți observatori ai fenomenelor cerești din lume, înaintea arabilor. Înregistrările detaliate ale observațiilor lor astronomice încep pe vremea perioadei Regatelor Luptătoare (secolul al IV-lea î. Hr.) și au cunoscut o și mai mare dezvoltare începând cu perioada Han.

Unele elemente ale astronomiei indiene au ajuns în China odată cu expansiunea budismului pe durata dinastiei Han târzii (25 - 220 d. Hr.) dar cea mai cuprinzătoare și detaliată încorporare a astronomiei indiene a avut loc pe durata dinastiei Tang (618-907).

Astronomia a fost revitalizată ca urmare a stimulilor din partea cosmologiei vestice și a tehnologiei, odată cu stabilirea primelor misiuni ale iezuiților. Telescopul a fost introdus în secolul al XVII-lea. Echipamentul și inovațiile utilizate în astronomia chineză au fost: sfera armilară, globul ceresc, sfera armilară cu apă și turnul globului ceresc.

Astronomia chineză s-a focalizat mai mult asupra observațiilor decât asupra aspectelor teoretice.

Conform scrierilor iezuiților care au vizitat Beijing-ul în secolul al XVII-lea, chinezii aveau date începând cu anul 4000 î. Hr., inclusiv explozia unor supernove, eclipse și apariția cometelor.

În anul 2300 î. Hr., ei au dezvoltat primul calendar solar cunoscut, iar în anul 2100 î. Hr. au înregistrat o eclipsă solară. În anul 1200 î. Hr. au descris petele solare, numindu-le "ochelari întunecați" pe Soare. În 532 î. Hr. au păstrat dovezi ale producerii unei supernove în constelația Vulturul, iar în anii 240 și 164 î. Hr. au înregistrat trecerile cometei Halley. În 100 î. Hr. chinezii au inventat busola cu ajutorul căreia au marcat direcția nord.

În perioade mai recente, ei au determinat precesia echinocțiilor cu un grad la fiecare 50 de ani, înregistrând mai multe supernove și descoperind că întotdeauna coada unei comete este orientată în direcție opusă față de poziția Soarelui.

În anul 1006 d. Hr. chinezii au notat apariția unei supernove atât de strălucitoare încât putea fi observată ziua cu ochiul liber. Este cea mai strălucitoare supernovă care a fost menționată până în prezent. În anul 1054, chinezii au observat o supernovă ale cărei rămășițe au fost numite ulterior nebuloasa Crab.

Sfera cerească a chinezilor este diferită față de cea specifică vestului. Ecuatorul ceresc a fost divizat în 28 de părți, numite "case", existând în total 284 constelații, având nume cum ar fi Ursa, Trei Pași, Palatul Suprem, Tripodul, Sulița sau Harponul. Anul nou chinezesc începe în ziua în care are loc prima Lună Nouă după ce Soarele intră în constelația Vărsătorul.

Omul de știință chinez Shen Kuo (1031-1095 d. Hr.) nu a fost numai primul din istorie care a descris busola cu ac magnetic ci și cel care a efectuat cea mai corectă măsurătoare a distanței dintre Steaua Polară și Nordul real, valoare care poate fi utilizată practic în navigație. Shen Kuo și Wei Pu au stabilit, de asemenea, un proiect de observare astronomică nocturnă pe o perioadă de cinci ani succesivi, o activitate intensă care poate rivaliza cu activitatea ulterioară a lui Tycho Brahe în Europa. Cei doi au stabilit pentru acest proiect coordonatele exacte ale planetelor pe o hartă a stelelor și au creat teorii al mișcării planetare, incluzând mișcarea retrogradă.

Europa de Vest

După căderea Romei, cunoștințele deținute de greci au fost transmise în mică măsură prin activitatea și scrierile călugărilor, care deseori copiau manuscrise care nu aveau vreo semnificație pentru ei. Ulterior, odată cu apariția școlilor de pe lângă catedre și a primelor universități, profesorii au început să rezolve enigmele pe care le punea știința. Ca urmare a schimburilor comerciale și a cruciadelor, noi manuscrise originare din Est au ajuns în vestul Europei, iar contactul cu oamenii de știință islamici (în special în Spania) a facilitat traducerea unor cărți științifice ale vremii în limba latină. Unii oameni de știință au încercat să "forțeze informațiile" astfel încât acestea să se potrivească cu punctul de vedere oficial al bisericii.

Un geniu al matematicii: Nicolae Copernic din Polonia

La începutul anilor 1500, Nicolae Copernic sau Nicolaus Copernicus (1473 – 1543) a ajuns la concluzia că Universul ar putea fi mai simplu dacă, în locul Pământului, ar avea Soarele în centru. În această situație, mișcarea retrogradă a planetelor ar avea loc chiar dacă toate planetele ar orbita în jurul Soarelui pe orbite circulare. Mișcarea retrogradă ar fi o iluzie optică rezultată atunci când se depășește o altă planetă. Este ceea ce percepem dacă, așteptând la stop privim la o mașină situată în dreapta, în momentul în care se schimbă culoarea semaforului, dacă începem să ne mișcăm primii, avem impresia că mașina învecinată se mișcă înapoi.

Copernic și-a împărtășit ideile cu matematicienii vremii dar nu și-a publicat teoria decât în momentul în care un tânăr om de știință, Georg Rheticus, l-a convins și l-a sprijinit să publice într-o altă localitate. Un exemplar tipărit al cărții *De Revolutionibus Orbium Coelestium* a apărut exact în anul în care Copernic a murit, în anul 1543. Probabil că el nu a văzut niciodată prefața nesemnată, redactată de editor și în care se spunea că în cartea respectivă se prezintă o modalitate matematică de a calcula pozițiile, nu realitatea adevărată. Urmând lucrările lui Aristotel, Copernic a folosit cercurile și a adăugat unele epicicluri. Cartea sa păstrează structura cărții lui Ptolemeu, dar înclinarea sa față de simplitatea matematică a fost influențată de Pitagora.

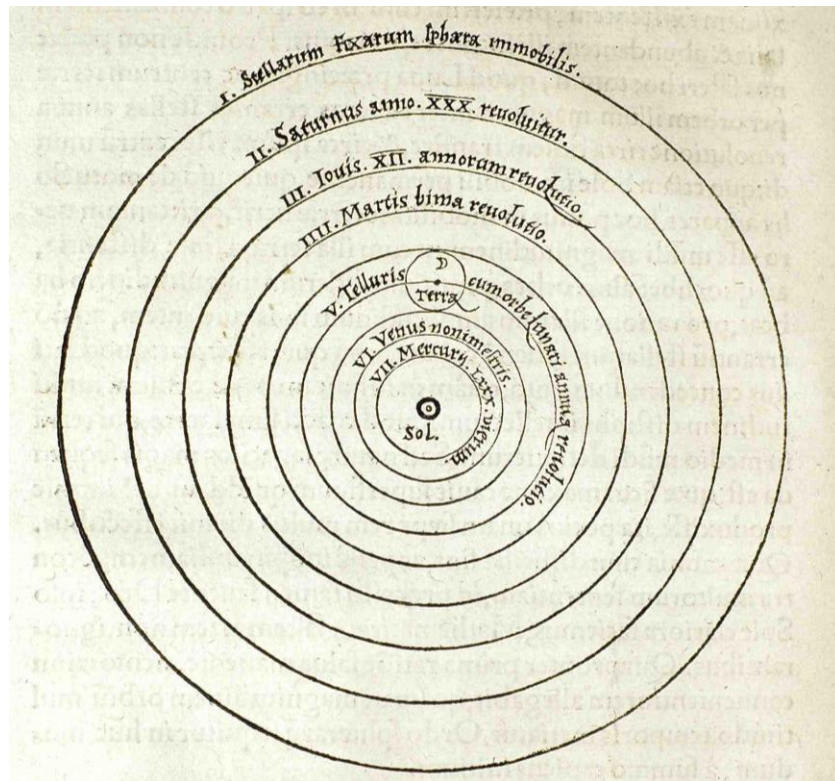


Fig. 3: Diagrama lui Copernic care arată pentru prima dată Soarele în centrul a ceea ce se va numi sistemul solar. Această diagramă este din prima ediție a cărții *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Despre Revoluțiile Orbitelor Cerești), publicată în 1543.

Cartea lui Copernic conține (figura 3) poate cea mai faimoasă diagramă din istoria științei. Aceasta prezintă Soarele în centrul unei serii de cercuri. Cunoscând care este cea mai rapidă planetă pe cer, Copernic a calculat vitezele cu care se rotesc planetele în jurul Soarelui. În acest fel el a aranjat planetele în ordinea corectă: Mercur, Venus, Pământ, Marte, Jupiter, Saturn și a obținut, de asemenea, valorile corecte pentru distanțele relative ale planetelor. Dar calculele sale nu dădeau mai precis pozițiile planetelor decât a obținut Ptolemeu cu metoda sa.

În aproximativ aceeași perioadă, în Anglia, Leonard Digges a scris o carte (în limba engleză) având ca subiect Pământul și Universul. În anul 1576, fiul său Thomas a adăugat un apendice în care a descris noile idei ale lui Copernic. În acest apendice, a apărut pentru prima dată o versiune în limba engleză a diagramei lui Copernic (figura 4). Digges a arătat, de asemenea, că stelele se află la distanțe mult diferite față de sistemul solar și nu sunt situate numai pe o sferă cerească.



Fig. 4. Prima diagramă copernicană în limba engleză, din apendicele realizat de Thomas Digges la cartea *O previziune care durează pentru totdeauna*, publicată de tatăl său în 1556. Inițial cartea conținea doar diagrama lui Ptolemeu. Apendicele lui Thomas Digges a apărut în 1576; această diagramă este din ediția tipărită în anul 1596.

Un geniu al observațiilor: Tycho Brahe din Danemarca

Aristocratul danez Tycho Brahe (1546 – 1601) deținea o insulă în vecinătatea țărmului orașului Copenhaga și primea din partea locuitorilor de acolo o rentă. El și-a folosit averea pentru a construi pe această insulă, Hven, un mare observator care avea instrumente mai bune și mai mari decât în epoca lui. Deși acestea erau instrumente pretelescopice, ele erau de bună calitate și i-au permis să efectueze măsurători mai precise ale pozițiilor stelelor și planetelor decât cele realizate

de predecesorii săi.

Tycho își folosea casa ca în stilul universităților actuale, primind în vizită oameni de știință care veneau pentru a lucra împreună cu el. Tycho a realizat dispozitive tot mai bune, cu care a reușit să efectueze măsurători tot mai precise ale pozițiilor stelelor și planetelor și a înregistrat și păstrat determinări foarte corecte ale acestora.

Dar în zelul său științific, el a neglijat unele din îndatoririle pe care le avea față de rege și, atunci când la tron a venit un nou rege, el a fost forțat să plece. A ales să se mute la Praga și a luat cu el chiar și presa cu care tipărea și paginile care au fost deja tipărite, toate înregistrările și toate instrumentele, adică tot ce a putut fi deplasat.

Tycho a reușit să îmbunătățească corectitudinea observațiilor științifice. Observațiile sale corecte ale unei comete la diferite distanțe i-au arătat că sferile nu trebuie să fie concentrice în jurul Pământului aflat în centru. Astfel el și-a creat propriul model al universului - un hibrid între cel al lui Ptolemeu și cel al lui Copernic: Soarele și Luna au o mișcare de revoluție în jurul Pământului, iar celelalte planete au o mișcare de revoluție în jurul Soarelui. Tycho păstra încă cercurile dar, spre deosebire de Aristotel, el a permis cercurilor să se intersecteze.

Tycho este apreciat în prezent în principal pentru înregistrările observațiilor sale de calitate deosebit de înaltă a pozițiilor față de stele a planetei Marte. Tycho a invitat împreună cu el la Praga pe un tânăr matematician, Johannes Kepler. Tocmai datorită lui Kepler faima lui Tycho a rămas neștirbită până în prezent.

Folosind matematica: Johannes Kepler din Germania

Ca profesor la Graz, Austria, tânărul Johannes Kepler (1571 – 1630) își amintea de interesul din copilărie pentru astronomie, influențat de o cometă și de o eclipsă de Lună pe care le-a văzut. Kepler a realizat că există cinci forme solide constituite din fețe cu forme identice, iar dacă aceste solide se află pe sfere concentrice, separate una față de cealaltă, ele ar putea corespunde celor șase planete cunoscute. Cartea sa care abordează acest subiect, *Mysterium Cosmographicum* (Misterul cosmosului), publicată în anul 1596, conține una dintre cele mai frumoase diagrame din istoria științei (figura 5). În această diagramă, el a reprezentat concentric un octaedru, un icosaedru, un dodecaedru, un tetraedru și un cub având opt, doisprezece, douăzeci, patru și respectiv șase fețe pentru a arăta distanțele dintre planetele cunoscute în acea vreme. Diagrama, deși este foarte frumoasă este complet greșită.

Dar abilitățile matematice ale lui Kepler au venit de la întâlnirea cu Tycho. În anul 1600 el a devenit unul dintre asistenții lui Tycho, fiind cel care a efectuat calculele folosind datele pe care le înregistrase Tycho prin observațiile sale. La un moment dat Tycho a participat la un dineu unde a băut mult. Se pare că eticheta nu-i permitea să se ridice de la masă, astfel că a ajuns să-i plesnească vezica. Moartea sa rapidă și dureroasă a fost descrisă atent într-un jurnal și este bine documentată.

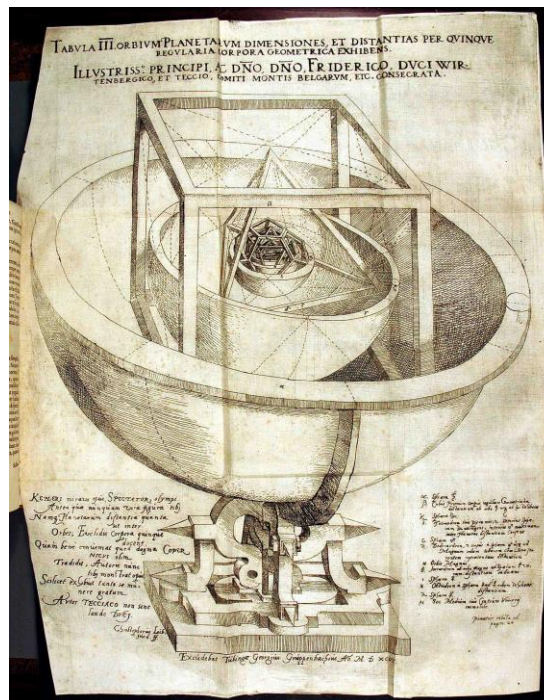


Fig. 5: Diagrama lui Kepler din cartea sa *Mysterium Cosmographicum* (Misterul cosmosului), publicată în 1596. Gândirea sa asupra aranjamentului geometric al sistemului solar a fost înlocuită în decada următoare prin aranjamentele planetelor conform primelor două legi ale mișcării planetare, un sistem care este valid și în prezent.

Dar Kepler nu a primit datele imediat. Motivul este faptul că datele erau unul dintre puținele lucruri valoroase pe care copiii lui Tycho le-ar fi putu moșteni, deoarece Tycho fusese căsătorit cu o persoană de rând care nu-i putea moșteni bunurile imobiliare. Dar Kepler a avut până la urmă acces la datele pentru planeta Marte deținute de Tycho și s-a străduit să le compare cu calculele sale. Pentru a realiza aceste calcule precise Kepler și-a elaborat propriile tabele cu logaritmi.

Datele pe care le-a avut Kepler de la Tycho au fost poziția lui Marte pe cer față de stelele de pe firmament. Kepler a încercat să calculeze care ar trebui să fie mișcarea sa reală în jurul Soarelui. Pentru o lungă perioadă de timp el a încercat să potrivească datele cu o orbită circulară sau cu o orbită în formă de ou dar nu a reușit nicicum să ajungă la o corespondență suficient de corectă a observațiilor cu teoria. În cele din urmă a încercat să facă acest lucru cu o figură geometrică numită elipsă, un fel de cerc turtit. Aceasta s-a potrivit! Descoperirea este una dintre cele mai mari din istoria astronomiei și dacă la acel moment Kepler a aplicat-o pentru prima dată pentru Marte și celelalte planete din sistemul nostru solar, în prezent noi aplicăm aceeași lege pentru sutele de planete pe care le-am descoperit în jurul altor stele.

Cartea lui Kepler din anul 1609, *Astronomia Nova* (Noua Astronomie), conține primele două din cele trei legi ale mișcării care îi poartă numele:

Prima lege a lui Kepler: Planetele orbitează în jurul Soarelui pe elipse, Soarele fiind în unul dintre focare.

A doua lege a lui Kepler: Dreapta care unește o planetă de Soare parcurge arii egale în intervale de timp egale.

O elipsă este o curbă închisă care are două puncte cheie; acestea sunt cunoscute sub numele de focare. Pentru a trasa singuri o elipsă, se notează pe o foaie de hârtie două puncte; fiecare punct este un focar. Se ia apoi o bucată de sfoară suficient de lungă încât să depășească distanța dintre focare. Se prind capetele sforii în focare. Apoi, se folosește un creion așezat pe firul de sfoară, se trage și se rotește dintr-o parte în alta. Curba generată va fi o parte dintr-o elipsă; este evident cum trebuie să deplasăm creionul pentru a trasa și cealaltă parte a elipsei. Acest experiment cu firul de sfoară ilustrează unul din punctele cheie care definesc elipsa: suma distanțelor dintr-un punct de pe elipsă la cele două focare rămâne constantă. Putem considera cercul ca fiind un caz special de elipsă, în care cele două puncte sunt suprapuse.

Kepler a continuat să caute armonia în mișcările planetelor. El a asociat vitezele planetelor cu notele muzicale, notele mai înalte corespunzând planetelor mai rapide și anume cu Mercur și Venus. În anul 1619, el a publicat principala sa lucrare *Harmonices Mundi* (Armonia lumilor). În aceasta (figura 6), el a inclus atât ideile sale legate de notele muzicale cât și ceea ce numim în prezent cea de-a treia lege a mișcării planetelor:

Legea a treia a lui Kepler: Pătratul perioadei de rotație a unei planete pe orbită în jurul Soarelui este proporțională cu cubul razei orbitei sale.



Fig.6: Din cartea lui Kepler *Harmonices Mundi* (Armonia lumilor), publicată în 1619.

Astronomii folosesc pentru a exprima distanțele dintre planete unitatea astronomică (*ua*), aceasta corespunde distanței medii între Pământ și Soare, adică este de 150 milioane de kilometri.

Mercur	0,387 <i>ua</i>	0,240 ani
Venus	0,723 <i>ua</i>	0,615 ani
Pământ	1 <i>ua</i>	1 an
Marte	1,523 <i>ua</i>	1,881 ani
Jupiter	5,203 <i>ua</i>	11,857 ani
Saturn	9,537 <i>ua</i>	29,424 ani

Tabelul 1: Distanțele de la Soare și perioadele planetelor – valori calculate în epoca lui Kepler.

Să încercăm să ridicăm la pătrat valorile din prima coloană din tabelul de mai sus și să ridicăm la cub pe cele din cea de-a doua coloană. Veți vedea că acestea sunt aproape egale. Orice diferență provine din aproximațiile făcute, nu din lumea reală, deși pentru mai multe zecimale ar putea fi detectate influențele celorlalte planete.

Descoperiri efectuate cu telescopul: Galileo Galilei din Italia

Anul 2009, numit Anul Internațional al Astronomiei, a fost declarat astfel mai întâi de Uniunea Astronomică Internațională, apoi de UNESCO și în final de Adunarea Generală a Națiunilor Unite. De ce? Acest an a aniversat utilizarea pentru prima dată a telescopului, de către Galileo, pentru a privi cerul cu 400 de ani mai înainte, în anul 1609.

Galileo (1564 - 1642) a fost profesor la Padova, parte componentă a Republicii Veneția. El a auzit de o invenție olandeză care ar putea face ca obiectele aflate la distanță mare să pară mai apropiate. Deși nu a văzut vreodată un astfel de dispozitiv, Galileo și-a dat seama ce fel de lentile ar trebui folosite și a combinat singur diferite tipuri de lentile. El a arătat dispozitivul său unor nobili din Veneția ca o oportunitate pentru domeniul militar și comercial, deoarece acesta permitea utilizatorului să vadă navele la distanță mult mai mare decât se puteau vedea cu ochiul liber. Invenția sa a avut un mare succes.

Apoi Galileo a avut ideea de a îndrepta telescopul în sus, spre cer. Deși telescopul era greu de folosit, avea un câmp de vedere foarte îngust și era dificil de orientat, Galileo a reușit să vadă o parte din Lună și a realizat că pe suprafața acesteia există un fel de relief. Datorită educației sale în arta desenului, specifică Renașterii în Italia, Galileo a realizat că relieful reprezintă lumini și umbre și că de fapt vedea munți și cratere. Din lungimea umbrelor și din modul în care acestea se schimbau în funcție de schimbarea iluminării de la Soare, Galileo și-a putut da seama cât de înalți sunt acești munți. Cu câteva luni înainte, englezul Thomas Harriot a îndreptat un telescop similar spre Lună dar a reușit să realizeze doar câteva schițe. Harriot nu a fost interesat de publicitate sau glorie și activitatea sa nu a fost cunoscută decât după moartea sa.

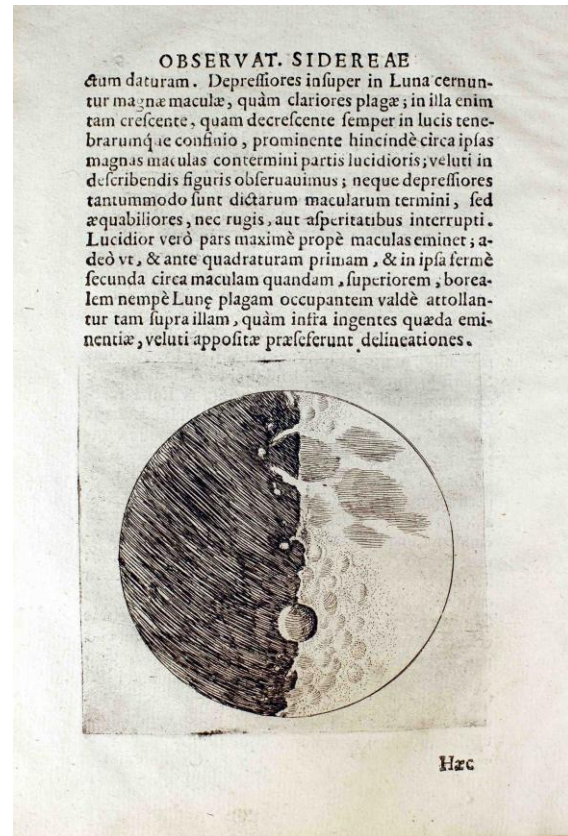


Fig. 7a: Unul dintre telescoapele lui Galileo care au supraviețuit în timp a ajuns la Franklin Institute în Philadelphia în 2009, cu ocazia primei vizite în Statele Unite. De reținut că partea exterioară a lentilei este acoperită cu un inel de carton. Ascunzându-se partea exterioară a lentilei, care era partea cea mai puțin corectă, Galileo a îmbunătățit calitatea imaginilor sale. (Foto: Jay M. Pasachoff). Fig. 7b: O pagină din cartea lui Galileo *Sidereus Nuncius* (Mesagerul stelelor), publicată în anul 1610, prezintă o gravură a Lunii. Cartea a fost scrisă în limba latină, limba profesorilor din Europa. Cartea include o abordare extensivă a mișcării relative a celor patru luni principale ale lui Jupiter.

Una din lentilele pe care Galileo le-a folosit când a făcut aceste descoperiri, acum fisurată, a rămas în Muzeul de istorie a științei din Florența, Italia; în același muzeu mai pot fi văzute două telescoape complete construite de el (figura 7a).

Galileo a început să scrie despre descoperirile sale la sfârșitul anului 1609. El nu numai că a găsit munți și cratere pe Lună, dar a observat Calea Lactee și a constatat că este formată din mai multe stele formând un fel de grupuri. Apoi, în ianuarie 1610, a descoperit patru "stele" în apropierea lui Jupiter, "stele" care se mișcau odată cu planeta și care își schimbau poziția de la o noapte la alta. Acest moment a marcat descoperirea celor patru luni principale ale lui Jupiter, luni pe care le numim acum sateliți galileeni. Galileo și-a adunat descoperirile într-o cărticică cu titlul *Sidereus Nuncius* (Mesagerul stelar) care a fost publicată în anul 1610 (figura 7b). De la Aristotel și

Ptolemeu s-a crezut că Pământul era singurul centru al mișcărilor de revoluție. Iar Aristotel a fost considerat ca fiind infailibil. Astfel, descoperirea sateliților lui Jupiter care arăta că Aristotel s-ar fi putut înșela a fost o lovitură puternică pentru abordarea geocentrică și totodată un punct important în favoarea teoriei heliocentrice a lui Copernic.

Pentru a obține favoruri, Galileo a încercat să denumească lunile după familia lui Cosmo de Medici, patronul său. Dar acele nume nu au rezistat în timp. După câțiva ani, Simon Marius a propus numele pe care le folosim și în prezent. (Este posibil ca Marius să fi văzut lunile cu puțin înaintea lui Galileo dar și-a publicat lucrarea mult mai târziu.) De la stânga la dreapta, sateliții sunt Io, Europa, Ganimede și Calisto (figura 9). Chiar și cu un telescop mic, de amator, acești sateliți pot fi văzuți într-o noapte senină și se poate remarca faptul că într-un interval de timp de câteva ore aceștia își schimbă pozițiile. Ei orbitează în jurul lui Jupiter cu perioade cu durata de până la câteva zile.

Chiar și în cele mai mari și cele mai bune telescoape terestre, astronomii nu pot obține o imagine clară a structurii de pe suprafața sateliților galileeni. Numai când sateliții NASA Pioneer 10 și 11, respectiv Voyager 1 și 2, au zburat aproape de sistemul lui Jupiter am putut vedea detalii suficiente ale sateliților și am putut să-i caracterizăm pe ei și suprafața lor. Din observațiile efectuate cu ajutorul telescoapelor terestre și spațiale astronomii descoperă încă sateliți ai lui Jupiter deși cei mai nou descoperiți sunt mult mai mici și mai ușori decât sateliții galileeni.

Galileo a folosit descoperirile sale pentru a obține o slujbă mai bună și un salariu mai mare în Florența. Din nefericire, Florența era prea aproape de autoritatea papală de la Roma, aici erau bancherii papei și era o cetate mai puțin liberală decât republica venețiană. Galileo a continuat să scrie despre o mare varietate de subiecte științifice, cum ar fi petele solare, cometele, corpurile care plutesc. Fiecare dintre aceste scrieri părea să țintească contra unui anumit al studiilor lui Aristotel. Galileo a descoperit că Venus are faze – fapt care arăta că Venus orbitează în jurul Soarelui. Aceasta nu dovedește că Pământul orbitează în jurul Soarelui, deoarece cosmologia hibridă a lui Tycho ar putea explica aceste faze. Dar Galileo le vedea ca argument pentru teoria lui Copernic.

În anul 1616, Galileo a fost atenționat de oficialitățile de la Roma să nu mai susțină și să nu mai promoveze teoria copernicană și anume faptul că Soarele și nu Pământul se află în centrul Universului. Galileo a reușit să păstreze tăcerea mult timp, dar în anul 1632 a publicat cartea sa *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (Dialog despre cele două sisteme ale lumii) care are trei personaje care discută sistemul heliocentric și geocentric. Galileo avea permisiunea oficială pentru a-și publica opera dar era evidentă pledoaria cărții pentru sistemul copernican heliocentric. A fost judecat pentru nesubordonarea sa și a fost condamnat la arest la domiciliu, unde a rămas pentru restul vieții sale.



Fig. 8: În anul 2009, pentru aniversarea a 400 de ani de la utilizarea de către Galileo a telescopului pentru a observa cerul, a fost instalată o placă pe o coloană în vârful clopotniței, un turn din secolul XV din Veneția (reconstruit la începutul secolului XX după prăbușirea din 1902). Aici este celebrat Galileo care a realizat demonstrații cu telescopul său nobililor din Veneția prin observarea corăbiilor aflate la distanță mare; acestea au avut loc cu mult timp înainte ca Galileo să-și îndrepte telescopul spre cer. Inscricția de pe placă poate fi tradusă aproximativ: "Galileo Galilei, cu ochii săi a lărgit orizontul omului acum 400 de ani., în data de 21 august 2009" (Foto: Jay M. Pasachoff)

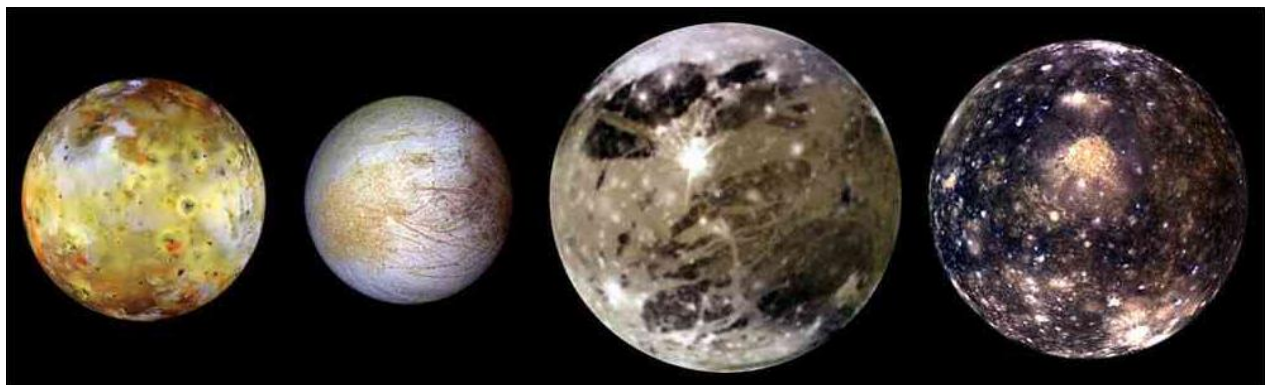


Fig. 9: Galileo însuși ar fi uimit să vadă ceea ce au înregistrat navele spațiale de pe așa-numiții "sateliți Mediciani" pe care i-a descoperit în 1609. În aceste imagini dimensiunile sateliților sunt la scara lor relativă. De la stânga la dreapta, se pot vedea Io, recent refăcut după câteva zeci de erupții vulcanice; al doilea este Europa, o primă destinație pentru a găsi viața extraterestră datorită oceanului care se găsește sub stratul neted de gheață; al treilea este Ganymede, cea mai mare lună din sistemul solar prezentând în mod special o parte fascinantă crestată a suprafeței sale; la dreapta este Callisto, satelitul cel mai îndepărtat și acoperit cu gheață care păstrează urmele meteoriților căzuți de-a lungul timpului pe suprafața sa. (Foto: NASA, Misiunea Galileo, PIA01400)

Noua fizică: Isaac Newton din Anglia

Multă lume crede că cei mai importanți fizicieni din lume sunt: Isaac Newton, James Clerk Maxwell și Albert Einstein. Un scurt rezumat: Newton a descoperit legea gravitației universale, Clerk Maxwell a unificat electricitatea și magnetismul, iar Einstein a descoperit teoria specială și generală a relativității.

Într-o poveste aproximativ adevărată, tânărul Isaac Newton (1642 – 1727) a fost trimis acasă la Woolsthorpe, aproape de Lincoln, în Anglia, de la Universitatea Cambridge, atunci când universitățile au fost închise din cauza unei epidemii. În timp ce stătea acasă, el a văzut un măr căzând dintr-un pom și a realizat că forța care controlează căderea mărului este, fără îndoială, aceeași forță care controlează mișcarea Lunii.

Ulterior, Newton a revenit la facultate, la Trinity College, Cambridge. În același timp, un grup de oameni de știință din Londra a participat la o reuniune pentru a constitui o societate științifică (numită acum Royal Society), iar tânărul Edmond Halley a fost trimis la Cambridge pentru a confirma o știre referitoare la un strălucit matematician, Isaac Newton, care i-ar putea ajuta în căutarea răspunsului la o importantă întrebare științifică. Călătoria de la Londra la Cambridge cu diligența a fost cu mult mai lungă și mai dificilă decât călătoria de azi cu trenul de numai o oră.

Halley l-a întrebat pe Newton dacă ar exista o forță care depinde de pătratul distanței, ce formă ar avea orbita? Iar Newton i-a răspuns că ar avea forma unei elipse. Entuziasmat, Halley l-a întrebat dacă a demonstrat acest lucru, iar Newton a spus că are unele hârtii pe care a calculat. I-a spus că nu le poate găsi, deși probabil că se gândea că are nevoie de timp pentru a vedea dacă dorește într-adevăr să revină asupra analizei. Oricum, Newton a fost impulsionat să scrie unele din concluziile sale matematice. Acestea l-au condus, în câțiva ani, la cea mai celebră carte a sa, *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (Principiile matematice ale filosofiei naturale), iar ceea ce era numit atunci filosofie înseamnă ceea ce numim în prezent știință.

Principiile lui Newton au fost publicate în anul 1687 în limba latină. Newton era încă profesor la colegiu; evenimentul a avut loc cu mult timp înainte de a fi înnobilit. Halley a trebuit să plătească pentru tipărirea cărții lui Newton și, mai mult de atât, a scris chiar și prefața cărții. *Principia* a inclus și legea celebră a lui Newton care arăta modul în care gravitația se reduce cu pătratul distanței și dovada validității legii lui Kepler referitoare la orbitele planetare. Cartea include de asemenea legile mișcării stabilite de Newton, prezentate chiar ca „legi” în limba latină, în timp ce legile lui Kepler sunt ascunse în textul său:

Prima lege a lui Newton: Un corp în mișcare tinde să rămână în mișcare, iar un corp în repaus tinde să rămână în repaus.

Legea a doua a lui Newton: forța = masa înmulțită cu accelerația.

Legea a treia a lui Newton: Pentru fiecare acțiune există o reacțiune egală și de sens opus.

Newton a stabilit fundamentele fizicii matematice care au determinat evoluția științei până în zilele noastre.

Cercetarea astronomică continuă

La fel cum popoarele antice au fost curioase să cunoască cerul și au vrut să afle care este locul omenirii în univers, din aceleași rațiuni și astronomii din zilele noastre s-au bazat pe descoperirile din trecut. Descoperirile teoretice și observaționale au împins înțelegerea noastră a universului de la concepția geocentrică a lui Ptolemeu la ipoteza heliocentrică a lui Copernic, apoi la descoperirea că sistemul solar nu este în centrul galaxiei noastre, la înțelegerea galaxiilor distribuite în univers.

Astronomia contemporană operează cu programe de căutare a naturii materiei întunecate și a energiei întunecate. Teoria relativității a lui Einstein indică nu numai că galaxia noastră nu este în centrul universului ci, mai mult, însăși ideea de "centru" pare a fi lipsită de sens. Descoperirea recentă a câtorva sute de exoplanete orbitând alte stele a arătat cât de neobișnuit poate fi sistemul nostru solar. Noile teorii ale formării planetelor se dezvoltă paralel cu noile observații ale unor sisteme planetare nebănuite. Calea spre noi descoperiri este înaintea astronomilor contemporani ai epocii moderne, la fel cum era acum mii sau sute de ani înainte.

Bibliografie

- Hoskin, M. (editor), *Cambridge Illustrated History of Astronomy*, Cambridge University Press, 1997.
- Pasachoff, J and Filippenko A, *The Cosmos: Astronomy in the New Millennium, 4th ed.*, Cambridge University Press 2012.

Surse Internet

- www.solarcorona.com
- <http://www.astrosociety.org/education/resources/multiprint.html>
- <http://www2.astronomicalheritage.net>