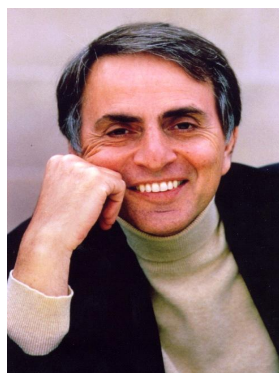
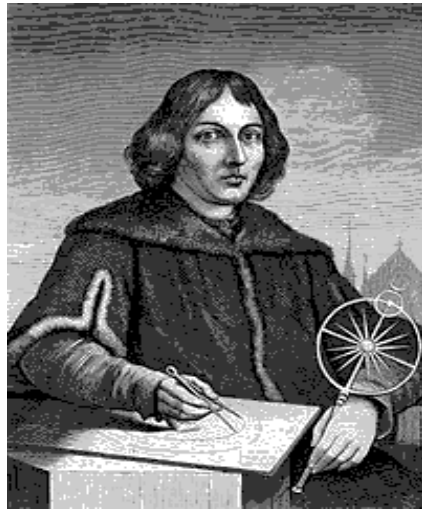


Marijan Prosen - Majo

Svetovno slavni astronomi

Od davnine do sredine 20. stoletja



Reformator, odkritelja planeta in popularizatorji astronomije

Marijan Prosen – Majo

Svetovno slavni astronomi

Od davnine do sredine 20. stoletja

Janezu v spomin

Ob 125. obletnici rojstva vizionarja vesoljskih poletov Hermana Potočnika –
Noordunga

Kranj – Zlato Polje, poletje 2017

•

Najboljše je dober konec

•

Povzetek

Knjiga predstavlja del mojih raziskav astronomskih dosežkov preteklosti. Prikazano je življenje in delo več kot 50 svetovno znanih astronomov, ki so tkali zgodovino velike knjige astronomije.

Abstract

This book is part of my research of astronomical achievements of the past. The life and work of more than 50 world-renowned astronomers, who wrote the history of the great book of astronomy, are shown.



Vsebina

Predgovor

I. del

Enheduanna (okoli 2285–2250 pr. n. št.)

Asirci

Evdoks (410 pr. n. št. otok Knida, danes v Turčiji–347 pr. n. št. Knida)

Aleksandrijci

Aristarh (310 pr. n. št. otok Samos–230 pr. n. št. Aleksandrija)

Arhimed (287 pr. n. št. Sirakuze–212 pr. n. št. Sirakuze)

Hiparh (190 pr. n. št. Nikeja, Mala Azija– ok. 125 pr. n. št. Rodos)

Čang Heng (Nanjang 78 –139 Luojang)

Klavdij Ptolemaj (okoli 90–168 Aleksandrija)

Al'-Biruni (973 Hiva, Horezm, zdaj Uzbekistan–1048 Ghazna, zdaj Afganistan),

Mirzo Ulugbek (1394 Sultanija, Iran–1449 Samarkand)

Georg Purbach (1423 Purbach–1461 Dunaj)

Georg Tannstetter (1482 Rain na reki Lech, Bavarska–1535 Innsbruck)

Zvezdarne (do leta 1641)

II. del

Roger Bacon (1214 Ilchester, Anglija–1294 (verjetno) Oxford)

Sacrobosco (ok. 1195 Holywood, Yorkshire, Anglija–1236 Pariz)

Peter Apian (1495 Leisnig, Saška–1552 Ingolstadt, Bavarska)

Tycho Brahe (1546 Knudstrup, Danska, zdaj Švedska–1601 Praga)

Brahejevi fantje

Johann(es) Bayer (1572 Rain na Lechu, Bavarska– 1625 Augsburg, Bavarska)

Leto 1543

Giordano Bruno (1548 Nola pri Neaplju–1600 Rim)

Galileo Galilei (1564 Pisa, Italija–1642 Arcetri pri Firencah)

Giulio Cesare Vanini (Taurisano, provinca Lecce 1585–1619 Toulouse)

Johannes Kepler (1571 Wiel der Stadt, Würtemberg–1630 Regensburg)

Pierre Gassendi (1592 Champtercier blizu Digne, Provansa–1655 Pariz)

Johann (Jean)-Baptist Cysat (Cysatus; 1586 Lucern–1657 Lucern)

Jeremiah Horrox (Horrocks; 1618 Toxteth pri Liverpoolu–1641 Toxteth)

Christiaan Huygens (1629 Haag–1695 Haag)

Jan Hevelij (1611 Gdansk (nemško Danzig)–1687 Gdansk)

Ferdinand Avguštin Haller pl. Hallerstein (1703 Ljubljana-1774 Peking)

Jurij Vega (1754 Zagorica pri Dolskem–1802 Nussdorf pri Dunaju)

III. del

Edmond Halley (1656 Haggerston pri Londonu–1742 Greenwich)

Johann Georg Palitzsch (1723 Prohlis, Dresden, Saška–1788 Leubnitz, Dresden)

Carl Friedrich Gauss (1777 Braunschweig–1855 Goettingen)

Leonhard Euler (1707 Basel–1783 Sankt Peterburg)

Alexis Claude Clairaut (1713 Pariz–1765 Pariz)

Friedrich Wilhelm Bessel (1784 Minden–1846 Kaliningrad)

William Herschel (1738 Hanover, Nemčija–1822 Slough, Anglija)

Urbain Leverrier (Le Verrier; 1811 Saint-Lo, Manche–1877 Pariz)

Alvan Clark (1804 Ashfield–1887 Cambridge, Massachusetts)

Fjodor Aleksandrovič Bredihin (1831 Nikolajevo–1904 Sankt Peterburg)

Camille Flammarion (1842 Montigny-le-Roi en Haute-Marne–1925, Juvisy-sur-Orge)

Henry Norris Russell (1877 Oyster Bay, Long Island, New York–1957 Princeton, New Jersey)

Edwin Powell Hubble (1889 Marshfield, Missouri (ZDA)–1953 San Marino, Kalifornija)

Herman Potočnik – Noordung (1892 Pulj–1929 Dunaj)

Odkritje pulzarjev (1968)

Bleda modra pika - *Drobni utrinek za konec*

Predgovor

Vse od leta 1964 na najrazličnejše načine populariziram, to je široki javnosti predstavjam oziroma posredujem izsledke oz. uspehe astronomije. En način je tudi s posredovanjem ustvarjalnega življenja astronomov, ki so v preteklosti opravili pomembna dela, tj. odkritja, gradnje teleskopov, dognanja, misli, napovedi in dr. O nekaterih svetovno znanih astronomih sem pisal že v knjigi *Utrinki iz astronomije*, o naših astronomih tudi tam in še v *Enciklopediji Slovenije*, *Astronomiji na Slovenskem in slovenski astronomi na tujem (12.-21.stoletje)*, v revijah *Proteus*, *Presek*, *Pionir*, *Spika*, *Gea* in prav posebno na spletni strani Knjižnice A. T. Linharta Radovljica. Več kot 50 sem jih zbral in o njih pišem v tej knjigi. Gre za subjektivni izbor. Vsega tako in tako ni mogoče nikoli zajeti in obdelati. Še svojega življenja in dela včasih človek ne zna v popolnosti opisati.

Knjiga predstavlja del mojih zgodovinskih raziskav astronomskih dosežkov preteklosti.

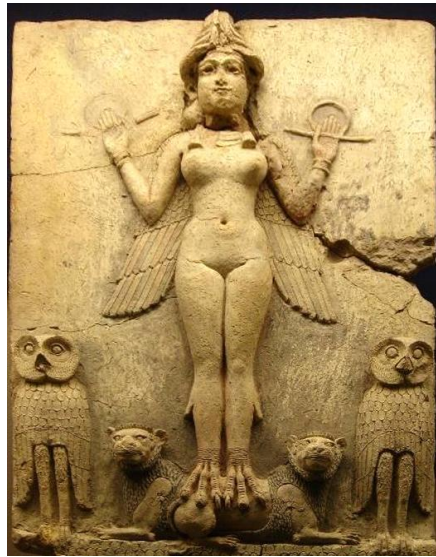
Kranj – Zlato Polje, 15. 7. 2017

Marijan Prosen – Majo

I. del

Enheduanna (okoli 2285–2250 pr. n. št.)

Kateri je bil in kdaj je živel prvi oziroma najstarejši znan astronom v zgodovini znanosti ali človeške civilizacije sploh?



Enheduanna

Izkaže se, da je med astronomi daleč najstarejša znana pravzaprav astronomka, ki je absolutna rekorderka, starejše znane astronomke ali astronoma v zgodovini človeštva ni mogoče odkriti. Bila je mezopotamska, natančneje akadska astronomka Enheduanna

Bila je princesa, hči akadskega kralja Sargona, ki je kot prvi vladar uspel združiti Akadijce in Sumerce, tj. severno in južno Mezopotamijo. Služila je kot visoka svečenica luninega božanstva Nanna. Kot kraljeva hči in visoka svečenica je imela veliko politično in posvetno moč v državi. Bila je izredno nadarjena, izobražena in ustvarjalna ženska ter v veliko pomoč očetu pri vladanju. Je tudi prva po imenu znana avtorica duhovnih pesmi in prva skladateljica hvalnic njihovim božanstvom in svetiščem.

Svečeniki so bili vedno povezani z nebom, tako dnevnim kot nočnim. Opazovali so Sonce, Luno, zvezde in druga nebesna telesa in pojave. Bili so prvi astronomi, daljni predhodniki današnjim. Zato Enheduanno kot visoko svečenico lahko mirne duše predstavimo oziroma proglasimo za najstarejšo znano

astronomko v zgodovini človeštva. Tako jo navajajo številni avtorji zgodnje zgodovinskih zapisov, enciklopedij in tudi internet.

Včasih smo bili prepričani, da je bila najstarejša astronomka slavna Grkinja helenistične dobe Hipatija. Vendar pa sta bili vsaj dve pred njo.

Drugi astronomki, ki je živel v 2. stoletju pred našim štetjem, je bilo ime Aglaonika ali Aganika iz Tesalije v Grčiji. Zabeležena je kot prva astronomka antične Grčije. Pripovedujejo, da je znala predvideti, kdaj Luna izgine z neba oziroma napovedati, kje in kdaj bo nastopil Lunin mrk. Imeli so jo za čarovnico. Aglaonika je živel sedem stoletij pred Hipatijo, ki je torej šele tretja po vrsti med najstarejšimi astronomkami.



Najpogosteje prikazana slika na spletu ob geslu Aglaonika.

Hipatija (370 Aleksandrija–415 Aleksandrija) je na aleksandrijski univerzi oziroma knjižnici predavala astronomijo, matematiko in filozofijo, ukvarjala se je še z medicino. V Aleksandriji je imela tudi politični vpliv. Bila je odlična govornica. Bila pa je tudi očarljivo lepa ženska, krepostna in pametna. Njena predavanja so bila izbrušena, zanimiva, lepo oblikovana in zelo priljubljena. Poslušali so jih tako kristjani kot nekristjani. Kot poganko, verno tradicijam svojih prednikov, pa so jo na njenih predavanjih stalno šikanirali. Posebno kristjani so bili grobi do nje, jo dražili in ji grdo nagajali tudi, ko je bila izven knjižnice. Njeno življenje se je končalo zelo žalostno. Bila je žrtev verskega nasilja. Umrla je v velikih mukah na ulici. Nekega dne leta 415 so jo naščuvani kristjani najprej kamenjali do smrti, potem pa razmesarili in zažgali na grmadi (podrobnosti nasilja izpustimo).



Hipatija – domišljjski portret iz leta 1908

Pozneje so se z astronomijo na primer veliko ukvarjale še sestra Tycho Braheja, Sophia (1556–1643), Šlezijka Maria Cunitz (1610–1664), Poljakinja Elisabetha Hevelius (1647–1693), nemško-angleška Carolina Herschel (1750–1848), Američanka Henrietta Leavitt (1868–1921) in dr. Pri nas so se ali se še ukvarjajo z astronomijo Serafina Dežman (2. polovica 19. stoletja), Pavla Ranzinger, Mirjam Galičič, Andreja Gomboc, Maruša Bradač, Marija Strojnik in druge.

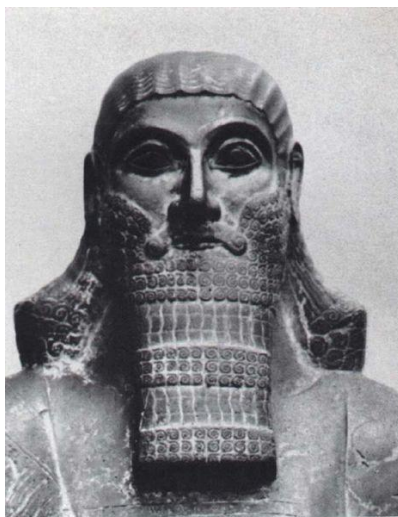
Asirci

Ob reki Tigris je pred okoli 3000 leti stalo veliko in bogato mesto Ninive. Še v 8. stoletju pr.n.š. je bilo glavno mesto mogočnega asirskega kraljestva. Leta 612 pr.n.š. so Medijci in Babilonci zasedli Asirijo. Ninive so razrušili in požgali. Porušeno mesto je gorelo več dni, prebivalci so se razbežali. Razvaline je polagoma prekrila zemlja. Po dveh stoletjih ni nihče več vedel, kje je stalo to mogočno mesto.

Sredi 19. stoletja je angleški raziskovalec davne preteklosti A. H. Layard začel razkopavati hribčke blizu vasi Kujundžik na levem bregu reke Tigris (Irak). Pod zemeljsko plastjo je naletel na razvaline. Odkril je dvorec asirskega kralja Asurbanipala. Našel je lego starodavnega mesta Ninive.

Odkopali so okoli 30.000 glinastih ploščic (tablic) v velikosti okoli 17cm×22 cm. Na njih so bili napisani drobni klinopisni znaki. Takšno klinopisno pisavo ali klinopis so uporabljali že davni narodi Mezopotamije, npr. Sumeri in Babilonci. Vsak znak je bil sestavljen iz majhnih različnih klinov in je v raznih kombinacijah označeval zlog ali pa besedo. Da bi se glinaste ploščice ohranile, so jih ožgali ali posušili na soncu.

Sprva so menili, da glinaste tablice ne predstavljajo večje znanstvene vrednosti. Bolj so jih zanimali razni lepi odkopani predmeti in reliefi na stenah dvorca. Vseeno so ploščice poslali v Britanski muzej v London. Dvajset let so tam ležale nepregledane, saj so se ta čas znanstveniki-zgodovinarji šele učili dešifriranja mezopotamskega klinopisa. Ko so se naučili pisavo brati, so ugotovili, da gre za dragoceno odkritje. Prebrali so tablice iz Asurbanipalovega dvorca in odkrili celo knjižnico, ki je bila skrbno in spretno organizirana.



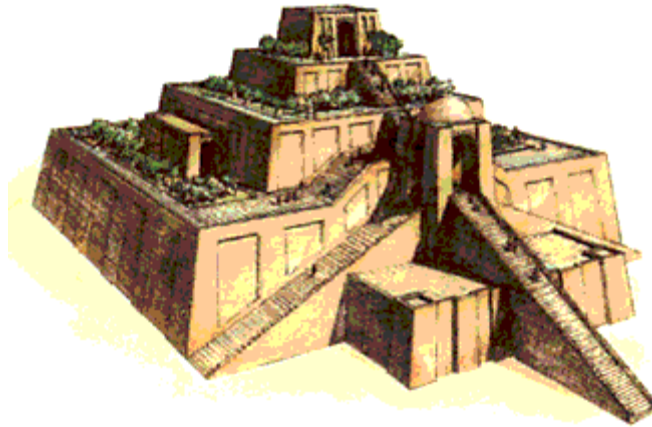
Asurbanipal (668–628 pr. n. š.), zadnji asirski kralj – znal je pisati in brati.

Asurbanipal je poznal pisavo in znanost svojega časa. Ukazal je, da so naredili kopije vseh »glinastih knjig«, ki so se hranile v različnih knjižnicah in arhivih svetišč Babilona in drugih pomembnih mest davne kulturne Mezopotamije. Te knjižnice so hranile različne podatke za več stoletij. Na Asurbanipalovem dvorcu je bilo tako zbranih nekaj tisoč »glinastih knjig«, sestavljenih iz številnih »glinastih listov« - tablic. Na vsaki je bilo napisano ime knjige in število lista.

V knjižnici so bile knjige razvrščene po določenem vrstnem redu glede na posamezna področja znanosti. Da bi našli iskano knjigo, so bili na razpolago sezname, kjer je bilo navedeno ime knjige, število tablic in število vrst v vsaki tablici. Vsebina glinatih knjig je bila različna: slovnica, kronika pomembnejših zgodovinskih dogodkov Babilonije in Asirije, pogodbe med državami, zakoni, dogovori o gradnji kraljevih dvorcev, sezname narodov, ki so bili pod asirsko oblastjo, postopek o dajatvah (davkih), spisi o medicini, živalih, rastlinah in rudninah, knjigovodske knjige kraljevih gospodarstev, različne pogodbe ob nakupu hiše ali sužnjev itn. Glinaste tablice so učenjakom veliko povedale o zgodovini, kulturi, znanosti, gospodarstvu in religiji narodov davne Mezopotamije.

V Asurbanipalovi knjižnici, največji v svojem času, so bile zbrane knjige, ki so vsebovale rezultate znanstvenih dosežkov Sumercev, Babiloncev in Asircev. Babilonski in asirski svečeniki so dobro obvladali matematiko. Že v začetku drugega tisočletja pr.n.š. so reševali dokaj zahtevne geometrijske naloge v zvezi z merjenjem ploščin, znali so sestavljati načrte mest, dvorcev in svetišč.

V knjižnici so hranili tudi dela iz astronomije. Večinoma gre za kopije starejših knjig, sestavljenih pred več kot tisoč let pred Asurbanipalom. Iz teh knjig je možno slediti začetek in razvoj njihove astronomije. V Mezopotamiji so pri svetiščih gradili večnadstropne stolpe (zigurate). Z vrha stolpov, kjer je bila zvezdarna, so svečeniki opazovali vesoljska telesa in pojave.



Mezopotamski zigurat kot svetišče, masivna zgradba v obliki terasaste stopničaste piramide, od koder so z vrha svečeniki opazovali Sonce, Luno in zvezdno nebo.

Babilonci in Asirci so znali izračunati čas nastopa Luninih in Sončevih mrkov, poznali so gibanja vesoljskih teles, vidnih s prostim očesom. Tako so že razlikovali planete od zvezd. Za Venero (Ištar) so že vedeli, da se prikazuje ali zjutraj kot Danica ali zvečer kot Večernica. To so stari Grki ugotovili šele tisoč let za njimi. Na osnovi opazovanj gibanja Sonca, Lune in zvezd so svečeniki sestavljali koledar. Ta je v glavnem napovedoval čas nastopa poplav ali upadanje voda, kdaj je treba začeti s poljedelskimi deli itn. Tudi o nastanku in zgradbi Zemlje so imeli zelo domišljajske predstave. Seveda je bila asirsko-babilonska astronomija neposredno povezana z astrologijo, ki je skušala napovedovati prihodnost po zvezdah.

Evdoks (410 pr. n. š., otok Knida, danes v Turčiji–347 pr. n. š. Knida)

Nekaj časa je bil Platonov učenec, pozneje pa njegov kolega in je tudi predaval na Platonovi Akademiji. Veliko je potoval. Na potovanjih se je seznanil z astronomijo vzhodnih narodov. Ugotovil je, da je nebesna telesa treba veliko in natančno opazovati, če želimo ugotoviti njihovo gibanje in dognati svetovni sistem.

Iz rodnega otoka Knida je najprej odšel v Tarent, od tod pa se je odpravil na šolanje v Atene. Nastanil se je v atenskem pristanišču Pirej. Do šole v Atenah in nazaj je vsak dan prepešal 20 km. Po končanem šolanju v Atenah je nadaljeval študij astronomije v Egiptu. V Heliopolisu, Sončnem mestu ob Nilu, je napisal svojo prvo astronomsko razpravo: *Oktaeteris*, morda diplomsko ali doktorsko delo ob zaključku študija.

Oktaeteris pomeni periodo, ki traja osem tropskih let, ko se ponovi enaka Lunina mena na isti dan leta (± 1 do 2 dneva). Trajanje te periode se zelo dobro ujema s trajanjem petih sinodskih obhodnih časov Venere in trinajstih zvezdnih obhodnih časov Venere, to je Venerinih obhodnih časov okrog Sonca (glej preglednico). To pomeni, če je nek dan Venera vidna tesno ob Luni, bosta čez osem tropskih let Luna in Venera spet vidni tesno druga ob drugi blizu tega datuma po koledarju. Oktaeteris je pred Evdoksom že poznal starogrški astronom Kleostrat (6. stol. pr.n.št.), in sicer kot periodo 2923,5 leta.



Starogrški astronom, matematik in geometer, pa še filozof, pravnik in zdravnik povrhu, kar mu je malce zavidal sam Platon, Evdoks iz otoka Knida

<i>Primerjava različnih vrednosti za oktaeteris</i>		
Perioda	Število period	Trajanje v dnevih
Tropsko leto	8	2921,93754
Sinodski mesec	99	2923,528230
Zvezdni mesec	107	2923,417787
Venerin sinodski obhodni čas	5	2919,6
Venerin zvezdni obhodni čas	13	2921,07595

Iz Egipta je odšel na otok oziroma mesto Kizik ob Marmornem morju. Tu je ustanovil lastno šolo in na njej poučeval. Pozneje je že kot priznani filozof predaval različne predmete skupaj s Platonom na Akademiji v Atenah.

Največ ja naredil za astronomijo. Poleg astronomije se je ogromno ukvarjal z matematiko, na primer s števili in funkcijskimi odvisnostmi. Dokazal je, da je prostornina piramide enaka tretjini prostornine prizme in prostornina stožca enaka tretjini prostornine valja, če imata telesi enako osnovno ploskev in enako višino. Od njega je veliko reči povzel Evklid in jih objavil v svojih *Elementih*. Sicer pa zveo o njegovih dosežkih le iz Evklidovih in Arhimedovih razlag.

Napisal je deli *Pojavi (Phainomena, Fenomeni)* in *Zrcalo narave (Enoptron)*, od katerih so se ohranili le odlomki. Prvo delo je pozneje povzel makedonsko-

starogrški astronom, matematik, botanik in predvsem pesnik Arat (315–240 pr. n. š.) v svojem znamenitem didaktično-astronomskem epu *Pojavi*, napisanim okoli leta 280 pr. n. š. v 1154 heksametrih (šestomerih). V pesnitvi se naslanja na Evdoksovo astronomsko delo. Ep vsebuje znanstveno gradivo o opazovanju zvezdnega neba, poživiljeno z zanimivimi miti iz grške mitologije in najbolj znanimi bajkami o zvezdah in ozvezdijih tudi drugih dežel.

Arat je opisal Evdoksovo kamnito ali kovinsko kroglo (globus), na kateri so bila označena ozvezdja in svetlejše zvezde. Gre za najstarejši prikaz ozvezdij, kot jih poznamo danes. Iz epa je razvidno, da so ozvezdja v glavnem uporabljali mornarji pri plovbi na odprtem morju. Večina podrobnih navedb v epu ni veljala niti za Aratov čas niti Evdoksov, ampak za čas okoli leta 2500 pr. n. š. za območje Grčije.

Evdoks je prvi poskušal matematično pojasniti zamotana planetna gibanja oziroma podati razlago zgradbe Osončja (okoli 370 pr. n. š.). Podatke o gibanju planetov, ki jih je tudi sam opazoval, je zbral v Egiptu. Tu se bomo dotaknili le nekaj osnovnih potez Evdoksove teorije o gibanju planetov, podrobnosti bomo izpustili.

Evdoksova teorija zagovarja geocentrični svetovni sistem. Zemlja je v središču vesolja. Okrog nje se gibljejo nebesna telesa, kot bi bila pritrjena na nebesne krogle (sfere). Vse krogle imajo središče v središču okrogle Zemlje. Na najbližjo kroglo je pritrjena Luna, nato sledi krogla za Sonce, potem krogle za vsak planet, in sicer po vrsti za Merkur, Venero, Mars, Jupiter in Saturn in nazadnje še krogla za zvezde, vsega skupaj osem krogel.

Evdoks je ugotovil, da z osmimi istosrediščnimi krogli ni mogoče pojasniti nepravilnega gibanja planetov. Da bi zapleteno gibanje planetov geometrično pojasnil, je povečal število krogel tako, da je vsakemu nebesnemu telesu, razen zvezdam, dodelil namesto ene več takih krogel, ki so imele skupno središče v središču Zemlje. Po Evdoksu se samo zvezde gibljejo po eni krogli, Sonce in Luna imata vsak skupino treh krogel, planeti pa vsak svojo skupino po štiri krogle. Vsakemu planetu, Soncu in Luni je torej priredil več krogel, ki so se širile navzven z novimi krogli, tako da je Evdoksov sistem vseboval 27 istosrediščnih krogel. Kako izbrati smeri osi, njihova pritrdišča in gibanje krogel, da posnemajo opazovana gibanja planetov, Sonca in Lune, je bila težka matematična naloga. Evdoks jo je rešil na zamotan način, po katerem je lahko prikazal smeri planetnih gibanj, ugotovil, da planeti večinoma ležijo izven ravnine, v kateri kroži Sonce okrog Zemlje in se tako približal razlagi naklona planetnih

tirov proti ravnini ekliptike. Ta teorija je najstarejši grški prispevek k teoretični astronomiji.

Evdoksov sistem 27 krogel je bil nekaj časa na dobrem glaslu. Ko pa sta ga njegov učenec Kalip, ki se je ukvarjal s podobnimi problemi, in vsestranski Aristotel pozneje izpopolnila z novimi kroglami, nazadnje jih je bilo 55, je postal sistem izumetničen in neuporaben.

Evdoks nikdar ni mislil, da njegove krogle obstajajo fizično, bile so le matematično sredstvo-miselno pomagalo za ponazarjanje planetnega gibanja. Aristotel je Evdoksovo teorijo privzel med svoje spise. Za Aristotlom pa so jo opustili. Sicer je dobro pojasnjevala menjavanje planetnih smeri na nebu, ni pa razlagala spreminjanja njihovega sija, na primer, zakaj je Mars včasih svetel, drugič pa medel. Po Evdoksovi teoriji je namreč Mars vedno v isti razdalji (na isti sferi) od Zemlje in ne bi smel spreminjati sija. Vendar pa mora v resnici Mars biti bližje Zemlji, ko ga vidimo zelo svetlega. Poskusi, da bi to pojasnili, so starogrške astronome pripeljali do epicikličnega pojasnjevanja planetnih gibanj.

Iz Egipta je v Grčijo zagotovo prinesel zamisel o 4 letnem ciklu z $365 + 365 + 365 + 366$ dnevi za koledar. Verjetno je med Grki prvi vedel, da je sončevo (tropsko) leto približno 6 ur daljše od navadnega leta, kar je najbrž tudi prinesel iz Egipta.

Aleksandrijska astronoma Aristil in Timoharis sta izdelala prvi zvezdni katalog okoli 270 pr.n.št. Evdoks pa je že kako stoletje prej sestavil najstarejšo karto zvezdnega neba (pravzaprav nebesni globus), na kateri so bila predstavljena ozvezdja z risbami različnih živali in junaki iz starogrških mitov. Med prvimi je navedel imena zodiških ozvezdij in tudi ozvezdij zunaj zodiaka.

Nekateri Rimljani (npr. Cicero) so imeli Evdoksa za največjega antičnega astronoma. To mesto pravzaprav pritiče Hiparhu. So pa Evdoksova dela nesporno pomagala Hiparhu, da je odkril precesijo enakonočij. Okoli leta 260 pr.n.št. je opisal razsuto kopico Jasli (M 44) kot *Majhno meglico*. Narisal je tudi nov zemljevid sveta, ki je bil boljši od prejšnjega.

Domneval je, da je Zemlja okroglo telo in ocenil obseg poldnevnikar na okoli 70 000 km. Eni tudi menijo, da je izumil sončno uro.

Aleksandrijci

Aleksandrija je bila glavno mesto pozno faraonskega ali ptolemajskega Egipta. Pred dobrima dvema tisočletjema je štela nekaj sto tisoč prebivalcev. Osnoval jo je

eden od vojskovodij Aleksandra Velikega – Ptolemaj I Soter, ki je zavzel Egipt, sosednjo Kireno, del Sirije, otok Ciper in vrsto dežel v Mali Aziji. Grki - Heleni so prinesli v zasedene dežele bogato kulturo in številna znanja. Tako se je tu razvila helenistična kultura, njeno znamenito središče pa je postala prav Aleksandrija.

Faraon Ptolemaj I in njegovi nasledniki so zelo podpirali razvoj znanosti in umetnosti. V Aleksandriji so zgradili Muzej, tj. znanstveno ustanovo, posvečeno muzam, danes bi rekli univerzo. V sklopu Muzeja so postavili prvo javno knjižnico v zgodovini človeštva. Obiskovali so jo lahko tako meščani Aleksandrije kot tudi tujci, ki so prišli iz bližnjih in daljnih dežel. Muzej je imel še botanični in zoološki vrt, kemijski laboratorij in tudi astronomski observatorij.



Aleksandrijska knjižnica

Do 3. stoletja pr.n.š. je bilo v grškem jeziku napisano ogromno del. Med njimi so bili spisi iz različnih področij znanosti, tehnike, kmetijstva in posebno veliko umetniške literature. Vsa dela (spisi) so bila le v rokopisih. Običajno so jih imeli zasebniki. Posameznih izvodov je bilo malo. Zato so bili dragoceni in dragi.

Takrat so pisali ali na dolge liste, ki so jih zlepili iz razrezanih stebel trsta, tj. na papirus, ali pa na poseben način obdelano kožo, tj. pergament. Vsak večji kos spisa, to je poglavje, so spravili v posamezen zvitek. Dolgi zvitki so vsebovali knjigo.

Ptolemajci so pošiljali svoje pooblaščenca v številne dežele tedanjega kulturnega sveta, da so tam nabirali in kupovali dela v grškem jeziku. Vse rokopise je pregledal upravnik knjižnice, za katero so sezidali mogočno stavbo, ki je imela obliko pravokotnika. Z vseh štirih strani so jo krasili lepo izdelani stebri, med katerimi so stali kipi najpomembnejših pisateljev in učenjakov. Vhod je vodil v veliko marmorno dvorano, kjer so bile postavljene mize za branje in pisanje, poleg

njih pa udobna ležišča, kajti aristokratski Grki so pri branju radi poležavali na mehkih posteljah.

V aleksandrijski knjižnici je v začetku prvega stoletja pred našim štetjem skupno število zvitkov štelo skoraj 700 000, kar je približno 200 000 današnjih knjig. Tu so bila v celoti zbrana dela velikih grških dramatikov – tragedije Ajshila, Sofokla in Evripida, komedije Aristofana in Menandra ter pesmi drugih znamenitih pesnikov preteklosti. V biblioteki je bilo na tisoče zgodovinskih del, ki so opisovala življenje in razmere v velikih državah in tudi v posameznih mestnih državah in mestih starega veka. Ohranila so se dela starogrških zgodovinarjev Herodota, Tukidida in Polibija.

Delovanje knjižnice je bilo pomembno za razvoj znanosti in kulture. Pedagogi, pesniki, pisatelji, umetniki, vojaške osebe in drugi učenjaki so tam dobili možnost, da proti plačilu lahko proučujejo svojo specialnost, se seznanijo z življenjem in kulturo sodobnih ljudstev in ljudstev preteklosti.

V svojem prvotnem videzu je Aleksandrijska knjižnica obstajala približno dvesto let. Leta 47 pr. n. š. je vojska rimskega vojskovodje Julija Cezarja vdrla v Aleksandrijo. V knjižnici je nastal velik požar. Večji del knjig je zgorel. Še vedno številne preostale zvitke je kot vojni plen zaplenil Cezar in jih odposlal v Rim, toda ladja je z zvitki vred potonila. Ob koncu četrtega stoletja našega štetja, v času srditih bojev kristjanov s privrženci starih verovanj, so se sesuli še zadnji ostanki knjižnice. Tolpe fanatičnih kristjanov so njene zaklade skoraj v celoti uničile. Ostanke znamenite zbirke stare literature so dokončno uničile v 7. stoletju vojaške horde arabskega kalifata, ko so leta 641 zasedle Aleksandrijo.

V Muzeju oziroma knjižnici so se ukvarjali z znanstvenim delom znameniti učenjaki tega časa, kot npr. anatom in zdravnik Hierofil, fizik in matematik Heron, matematika Evklid in Arhimed itn. Zelo vestno so nabirali dela eksaktnih znanosti (matematika, fizika, astronomija), naravoslovja (botanika, geografija), tehnike, arhitekture, zgodovine, filozofije, filologije, zgodovine, literature ter vojaške in medicinske spise. Med številnimi učenjaki nadalje v preglednici omenjamo le astronome.

Pomembnejši astronomi, ki so delovali v Aleksandriji

Aristil in Timoharis sta izdelala prvi (v literaturi navedeni) katalog zvezd (okoli – 270). Aristarh iz Samosa je bil prvi heliocentrik (okoli –280). Hiparh iz Nikeje ali Rodosa (– 190 do –125) je bil največji antični opazovalec neba. Konon je sestavil prvo ozvezdje (Berenikini kodri). Arhimed iz Sirakuz (–287 do –212) je deloval kot matematični fizik in tudi kot astronom. Eratosten iz Kirene (–276 do –194),

upravnik aleksandrijske knjižnice, vsestranski učenjak, je za izboljšanje koledarja predlagal prestopno leto na vsake štiri leta, podal prvi opis in karto vsega tedaj znanega sveta in izmeril polmer Zemlje. Arat je podal najstarejši opis ozvezdij (–270), kot jih poznamo danes. Klavdij Ptolemaj (90–160), hkrati astronom, matematik, geograf in optik, je v Aleksandriji delal od 127 do 151 in oblikoval znameniti geocentrični sistem sveta z Zemljo v središču vesolja. Hipatija pa je bila astronomka, matematičarka in filozofinja, ki je umrla leta 415 kot žrtev naščuvane krščanske množice.



Opazovalni utrinek iz aleksandrijske astronomske šole

Že med astronomi starih časov lahko opazimo dva tipa znanstvenikov, to je praktike - opazovalce in teoretike - mislece, računarje. Prvi so opravili številna in za tisti čas natančna astronomska opazovanja, odkrivali so nove nebesne pojave, drugi pa so želeli teoretično obrazložiti nova odkritja in izdelali čim zanesljivejše teorije, ki bi znanstveno pojasnjevale opazovane pojave.

Tipični primer dveh takšnih znanstvenikov sta Hiparh in Klavdij Ptolemaj. Prvega imamo za največjega antičnega opazovalca nebesnih pojavov, drugega pa največjega teoretika, ki je izdelal splošno geocentrično teorijo o gibanju planetov, kar je znanost uporabljala skoraj petnajst stoletij.

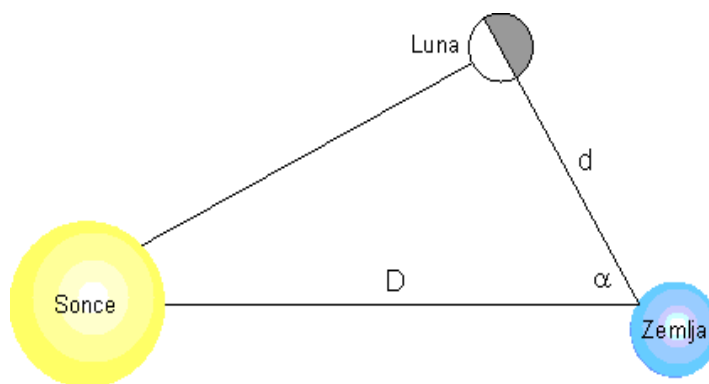
Od vseh aleksandrijskih astronomov bomo na kratko opisali le dela Aristarha, Hiparha, Ptolemaja in Arhimeda.

Aristarh (310 pr.n.š. otok Samos–230 pr.n.š. Aleksandrija)

Že pred Aristarhom so opazovali Lunine mene. Toda nihče ni pomislil, da bi iz takšnih opazovanj kaj posebno pomembnega izmeril. To je naredil Aristarh. Izmeril je oddaljenost Sonca od Zemlje.

Takole je razmišljal. Luna je temno telo in odbija svetlobo, ki prihaja s Sonca. Zemlja je v primerjavi z razdaljo Lune od Zemlje zelo majhna. Kadar vidimo polovico Lune osvetljene, to je ob prvem ali zadnjem krajcu, gre ravnina, ki deli osvetljeni in neosvetljeni del Lune skozi opazovalčevo oko na Zemlji.

Aristarh je opazoval Luno s prostim očesom. Natanko ob prvem krajcu je meril kot α med smerema Zemlja–Luna in Zemlja–Sonce in izmeril 87° . V opazovanem trenutku je kot med smerema Luna–Sonce in Luna–Zemlja pravi kot, torej enak 90° . Ker je trikotnik SLZ (Sonce-Luna-Zemlja) pravokoten, sledi, da je kot med smerema Sonce–Luna in Sonce–Zemlja, enak $90^\circ - 87^\circ = 3^\circ$. V primeru, da bi izmeril kot α enak 90° , bi to pomenilo, da je Sonce neskončno daleč. Ker pa je kot α manjši od 90° , mora biti Sonce v končni razdalji od nas. Tako je Aristarh ocenil, da je Sonce 19 krat ali okroglo 20 krat bolj oddaljeno od



Princip Aristarhove meritve oddaljenosti D Sonca od Zemlje. Ugotovil je: $D = 19 d$. Slika ni v pravilnem merilu. Je le za razmišljanje.

Oddaljenost Sonca od Zemlje je bila prva razdalja med dvema vesoljskima telesoma, ki jo je iz opazovanj izmeril kak astronom. Rezultat je nenatančen, kar 20 krat premajhen, a temelji na pravilnem načinu razmišljanja in sklepanja ter jasni geometrični predstavi. Vzrok za slab rezultat je v izvedbi, v nenatančnosti meritev, ker je opazoval s prostim očesom in naredil napako. Še celo z današnjimi

daljnogledi zelo težko ugotovijo trenutek, ko vidimo Luno ravno na pol osvetljeno. Kot LSZ ob prvem kraju namreč ne meri 3° , ampak veliko manj, komaj 9' (kotnih minut). To pomeni, če preračunamo, da je Sonce kar 400 krat bolj oddaljeno od Zemlje, kot je Luna.



Aristarh – pri razmišljanju

Aristarhovo vrednost za oddaljenost Sonca od Zemlje so astronomi splošno privzeli in je niso spreminjali 1800 let, dokler se niso uveljavili natančnejši merski načini določanja te oddaljenosti. Danes je ta oddaljenost, ki ji rečemo astronomska enota, znana z veliko natančnostjo. Meri $149,6 \times 10^6$ km ali okroglo 150 milijonov km.

Če oddaljenost Sonca od Zemlje delimo s 400, to je $150\,000\,000\text{ km} : 400$, dobimo 380 000 km. Toliko pa meri oddaljenost Lune od Zemlje.

Aristarh je iz meritev tudi dognal, da je Sonce dosti večje od Zemlje. Zato se mu je zdelo malo verjetno, da bi večje Sonce krožilo okrog manjše Zemlje, kot so tedaj menili, ampak da je ravno obratno, da Zemlja kroži okrog Sonca. Tako imamo Aristarha za prvega heliocentrika, za prvega astronoma, ki je predlagal, da Zemlja kroži okrog Sonca in da je Sonce v središču vesolja.

Arhimed (287 pr.n.š. Sirakuze–212 pr.n.š. Sirakuze)

Arhimedova slava je večna, čeprav vemo o življenju tega velikega znanstvenika razmeroma malo. Ohranilo se je le nekaj nametanih podatkov, da se je rodil v Sirakuzah na otoku Siciliji, da je bil njegov oče astronom, da se je odpravil na šolanje v Aleksandrijo, kjer se je srečal z astronomom in matematikom Kononom, matematikom in geografom Eratostenom, da se je vrnil v rodno mesto kot zrel matematik in tam deloval tudi kot gradbeni inženir, izumitelj in konstruktor

vojaških naprav (katapultov) vse do svoje smrti, ko je bil na koncu Druge punske vojne ubit, da se je zadnja leta svojega življenja ukvarjal tudi z astronomijo in da so se njegova astronomska dela izgubila in so ohranjena le po pripovedih.

Rimski pisatelj Tit Livij (59 pr.n.š.–17 n.š.) piše, da je bil Arhimed eden od pomembnih vodij obrambnega sistema (v dolžini okoli 20 km) rodnega mesta in da je sodeloval pri obrambi mesta. Verjetno je bilo nekaj dni obleganja Sirakuz, zadnji napad in vdor Rimljanov v mesto ter njegov padec, najbolj napet in pretresljiv del Arhimedovega življenja. Zaradi pomembne vloge pri obrambi mesta se zdi malo verjetno, da bi ga rimljanski vojak ubil ob zatopljenem študiju v pesku zarisanih krogov, ampak kar v neposrednem boju mož na moža.

V astronomiji se nam veliki um predstavi kot iznajdljiv in izvrsten opazovalec, ki je na primer določil zorni kot Sonca. Izračunal je tudi nekaj medplanetnih razdalj in že uporabil način zapisa zelo velikih števil. Kot izumitelj pa je izdelal nebesni globus. Bil je učenjak, v katerem sta se prepletali teorija in praksa, ljubezen do opazovanja naravnih pojavov in njihovih posnemanj, saj je njegov nebesni globus prikazoval gibanja nebesnih teles.

Ogledali si bomo astronomsko delo Arhimeda, kot se je ohranilo po pripovedih. Najbrž pa je naredil dosti več.



Vsestranski genij Arhimed

Arhimed je približno takole izmeril zorni kot Sonca. Na en konec ravnila s podstavkom je postavil pokončen valj. Takoj po vzidu Sonca je usmeril ravnilo proti Soncu. (Le ko je Sonce blizu obzorja, ga je mogoče neposredno gledati, pa še takrat moramo biti zelo previdni, saj sončna svetloba lahko poškoduje mrežnico našega očesa.) Opazoval ga je z drugega konca ravnila. Najprej je valj namestil tako, da je pri gledanju popolnoma pokrtil Sonce. Potem je valj odmikal od očesa toliko časa, da je pri določeni razdalji ravno zaznal Sončevo svetlobo z leve in desne strani valja. Če si predstavljamo oko kot točko, lahko v tem primeru iz očesa

narišemo tangenti na valj. Zorni kot Sonca je cenil za nekoliko večji od kota med tako dobljenima tangentama. Izmeril je dve vrednosti kota: $1/164$ in $1/200$ pravega kota (preračunano $36'$ in $27'$), med katerima naj bi ležala iskana vrednost za zorni kot Sonca. Rezultat Arhimedovih meritev je fantastičen, če samo pomislimo, da je dejanska vrednost zornega kota Sonca $32'$ in torej leži med obema mejnima vrednostma. Arhimed še ugotavlja, da popolnoma natančno tega kota ni mogoče izmeriti. Upošteva celo, da je opazoval Sonce s površja Zemlje in ne njenega središča.

Način merjenja zornega kota Sonca in razpravljanje o rezultatu (natančnosti) meritev nam pripovedujeta o Arhimedu kot opazovalcu in o napravah, ki so jih uporabljali astronomi tega časa. Vidimo, da je bil Arhimedov kotomer primitiven inštrument, način merjenja pa je bil neoporečen. V primeru, da bi povečal razsežnosti valja in ravnila, bi bilo mogoče precej zblížati mejni vrednosti izmerjenega zornega kota Sonca. Poučno je, da je za masko, ki zasloni Sonce, Arhimed uporabil valj in ne pravokotniško deščico. Očitno je veliki učenjak hotel na ta način odpraviti napake, ki bi lahko nastale pri ne pravokotni legi deščice glede na zorno smer. Pokončni valj pa zagotavlja stalnost navidezne oblike maske neodvisno od smeri gledanja.

Zanimiv je Arhimedov svetovni sistem. V središče je postavil Zemljo. Okrog nje krožita Luna in Sonce, okrog Sonca pa krožijo najbližji planeti Merkur, Venera in Mars. Polmeri teh planetnih tirov so si med seboj v razmerju $1 : 2 : 4$. Zanimivo je, da je to razmerje zelo blizu resničnosti. Arhimedovi računi za polmere tirov drugih dveh planetov, ki se gibljeta okrog Zemlje, pa so bili napačni.

Arhimed naj bi izdelal tudi nebesni globus, ki so ga nekateri imeli za veliko mojstrovino. Na njem so lahko prikazovali gibanje Sonca, Lune, zvezd in planetov. Osnova mehničnega dela globusa je bil običajni zvezdni globus, na površino katerega je nanesel zvezde, obrise ozvezdij, nebesni ekvator in ekliptiko, vzdolž ekliptike pa razporedil dvanajst zodiaških ozvezdij, čez katere poteka letno gibanje Sonca. Globus je pričvrstil na os, ki je bila usmerjena proti severnemu nebesnemu polu (Severnici) in se je do polovice pogreznil v obroč, ki je predstavljal obzorje. Nebesni globus so uporabljali kot vrtljivo karto zvezdnega neba.

Arhimed je s pomočjo posebnega mehanizma lahko premeščal makete svetil in tako sestavil svojevrsten planetarij, ki je najbrž prikazoval navidezna gibanja planetov in celo Lunine mene. Menijo, da v antični dobi ni bilo mehanizma, ki bi bil po natančnosti boljši od Arhimedovega globusa. S tem lahko pojasnujemo navdušenje pisateljev in pesnikov o Arhimedovem izdelku, vendar pa so najbrž nekoliko pretiravali tako glede zamotanosti in tudi njegove uporabnosti.

Arhimed je neprimerno več naredil v fiziki (mehaniki trdih teles in tekočin, optiki) in matematiki (število π , kvadratura parabole, izračun prostornine valja in krogle, itn.), kar si lahko preberete v knjigah ali na spletu. Tu smo ga skromno predstavili le kot astronoma. A še v astronomiji je po pripovedovanju naredil take stvari, ki mu jih lahko zavidamo in samo občudujemo.

Hiparh (190 pr.n.š. Nikeja, Mala Azija– ok. 125 pr.n.š. Rodos)

Hiparh je najverjetneje večino svojega življenja preživel na otoku Rodosu, kjer si je zgradil zvezdarno. Najbrž je nekaj časa deloval tudi v Aleksandriji, tedaj največjem kulturnem in znanstvenem središču. Le eno in še to ne prvorazredno njegovo delo se je ohranilo, čeprav naj bi jih napisal okoli petnajst. O pomembnih Hiparhových delih zremo iz spisov drugih avtorjev, predvsem Ptolemaja.

Hiparha imajo za največjega astronomskega opazovalca antike. Bil je odličen računar, o čemer pričajo njegove tablice o gibanju Sonca in Lune. Najpomembnejša so njegova dela na področju opazovalne astronomije. Pri opazovanjih je uporabljal kotomerne inštrumente, kot so npr. križna palica, kvadrant, astrolab, gnomon, armilarna sfera. Tehniko opazovanj je izdelal do take popolnosti, da je pri določanju lege nebesnih teles dosegel natančnost precej pod kotno stopinjo.



Hiparh, velikokrat imenovan kot oče astronomije, brez dvoma pa eden največjih astronomov starega veka. Objavil je le tisto, kar je bilo mogoče izmeriti.

Zemljo je imel za središče vesolja. Ugotovil je neenakomernost v gibanju Sonca po ekliptiki, kar je posledica neenakomernega kroženja Zemlje okrog Sonca.

To neenakomernost je pojasnil tako, da je središče krožnice, po kateri se giblje Sonce okrog Zemlje, postavil nekoliko izven središča Zemlje. Tako se opazovalcu, ki opazuje z Zemlje, zdi, da se v bolj oddaljenih delih krožnice Sonce giblje počasneje kot v bližnjih, čeprav se v grobem giblje skoraj enakomerno. Na ta način je sestavil Sončeve tablice, po katerih je bilo možno ugotoviti lego Sonca na nebu za poljuben čas med letom.

Hiparh je podobno poskušal pojasniti tudi neenakomernost v gibanju Lune. To mu ni uspelo. Lunino gibanje je dosti bolj zamotano od Sončevega. Zaradi motenj s strani Sonca, Zemlje in planetov Lunin tir neprestano spreminja svojo obliko in lego v prostoru. Kljub temu pa je s prostim očesom v Luninem gibanju zasledil glavne nepravilnosti, kar so astronomi ugotavljali šele 1500 let pozneje.

Izmeril je oddaljenost Lune od Zemlje in polmer Lune. Ugotovil je, da je oddaljenost Lune od Zemlje enaka 59 polmerom Zemlje (današnja vrednost je 60 polmerov Zemlje), polmer Lune pa enak $\frac{3}{11}$ polmera Zemlje (današnja vrednost je 0,27 polmera Zemlje). Obe vrednosti, ki sta skoraj enaki današnjima, je pozneje navedel Ptolemaj v svojem delu Almagest. Prav tako je navedel tudi Hiparhovo vrednost za oddaljenost Sonca od Zemlje, to je 1.120 polmerov Zemlje, kar je v bistvu Aristarhova vrednost ($19 \text{ razdalj Zemlja-Luna} = 19 \times 59 \text{ polmerov Zemlje} = 1.120 \text{ polmerov Zemlje}$). Ta vrednost za oddaljenost Sonca od Zemlje pa je okoli 20-krat premajhna vrednost, kar smo povedali že pri Aristarhu.

Meseca julija 134 pr.n.š. je Hiparh opazil svetlo zvezdo v ozvezdju Škorpiona, ki je prej ni zasledil. Kmalu je mrknila in izginila z zvezdnega neba. To je bila prva nova (zvezda), odkrita v Evropi. Hiparh, ki je bil presenečen nad neobičajnim nebesnim pojavom, se je odločil, da podrobno pregleda in popiše vse svetlejšje zvezde. Izmeril je njihove nebesne koordinate in ocenil njihov sij.

Tako je nastal znameniti Hiparhov zvezdni katalog, najstarejši seznam zvezd, ki se je ohranil. Vsebuje podatke o 1022 zvezdah, razdeljenih na 48 ozvezdij. Prvič v zgodovini astronomije so zvezde po (navideznem) sijju razdeljene na 6 kategorij, na 6 zvezdnih velikosti oziroma magnitud. Najsvetlejšje zvezde je imenoval zvezde prve magnitude (velikosti), manj svetle druge magnitude, še manj tretje magnitude itn., s prostim očesom komaj vidne pa zvezde šeste magnitude. Pozneje so uvedli še vmesne ocene sija in v tej skali so z rahlimi popravki vrednosti sija nebesnih teles v uporabi še danes. Njegov zvezdni katalog vsebuje 15 najsvetlejših zvezd prve magnitude, 45 druge, 208 tretje, 474 četrte, 217 pete in 49 šeste magnitude. V katalogu je navedenih še devet “medlih” zvezd in pet “meglic”.

Ko je Hiparh primerjal koordinate svetlih zvezd iz svojega kataloga s koordinatami istih zvezd, ki sta jih izmerila njegova predhodnika, astronoma Aristil in Timoharis (3. stoletje pr.n.š.), je opazil razhajanje. Lege zvezd so se nekoliko spremenile. Zakaj je prišlo do te razlike? Hiparh je pojasnil, da zato, ker se je izhodišča nebesnega koordinatnega sistema, to je pomladišče, v tem času nekoliko navidezno premaknilo po ekliptiki proti zahodu, poln obhod po ekliptiki pa zaključi približno v 26 000 letih. Zato se polagoma spreminja videz zvezdnega neba v kakem kraju na Zemlji in skozi dolga stoletja človeštvo opazuje različne severnice (podrobnosti izpustimo). Premikanje pomladišča po ekliptiki je posledica Zemljine precesije, to je opletanja Zemljine vrtilne osi po plašču stožca zaradi privlačne sile Lune in Sonca. Torej je Hiparh posredno odkril precesijo Zemljine vrtilne osi, kar so lahko pojasnili šele po odkritju Newtonovega gravitacijskega zakona (leta 1687).

Hiparh je proučeval tudi gibanje planetov. Vendar se mu je zdelo njihovo gibanje tako zamotano, da se je vzdržal vsakršnih koli teoretičnih razlag. Ta težka naloga je čakala Klavdija Ptolemaja, ki jo je za tisti čas razmeroma uspešno rešil.

Čang Heng (Nanjang 78 –139 Luojang)

Najstarejši kitajski ohranjeni zapiski o Sončevih in Luninih mrkih, kometih, novih zvezdah itn. so iz dobe okoli 2.500 let pr.n.št. Od nekako 4. stoletja pr.n.št. dalje so stalno opazovali in beležili nebesne pojave. Kitajska državna religija je ostro zagovarjala popolno skladje med nebesnimi pojavi in zemeljskimi dogodki. Nebu s središčem v Severnici nasproti leži Zemlja s središčem v kitajskem cesarstvu. Vladajočemu nebesnemu bogu je na Zemlji enakovreden cesar. Verjeli so, da cesar od zgoraj dobi navodila za vladanje spodaj. Če se na nebu zgodi kaj nepredvidljivega, recimo Sončev mrk, se to lahko zgodi le zaradi slabega cesarjevega vladanja. Zato se mora cesar pokoriti, nato pa vzpostaviti nov red v cesarstvu. Za opazovanje neba so nastavili posebne uslužbence – astronome. To je bil na cesarskem dvoru zelo pomemben, a tvegan poklic. Napake so astronomi navadno plačali z glavo. Naloga astronomov ni bila le beleženje izrednih nebesnih dogodkov, ampak jih tudi napovedovati, da bi lahko cesar pravočasno državniško ukrepal. Med take cesarske uslužbence s posebnimi nalogami se je zapisal tudi astronom, vseved svojega časa, o katerem tukaj zapišemo nekaj vrstic.

Bil je vsestranski in prvovrstni kitajski učenjak, ki je deloval na številnih področjih: kot astronom, matematik, geograf, kartograf, izumitelj, državnik, filozof, umetnik in pesnik. V glavnem si bomo ogledali njegov astronomski prispevek, ker je najbolj obsežen, dosežke na drugih področjih znanosti pa bomo tudi omenili.

Čang Heng je živel in ustvarjal v obdobju vladanja vzhodne dinastije Han (25–220). V tem času je bil vodilni znanstvenik cesarstva. Že pri dvanajstih letih je znal zelo dobro pisati. Šestnajstletni se je odpravil po cesarstvu, da se v večjih mestih dobro izobrazí. Izobraževal se je v moralni in politični filozofiji konfucianizma. Učil se je o zgodovini in kulturi Kitajske, o pomembnih vojaških in političnih dogodkih, študiral je kitajsko literaturo in filozofijo ter se načrtno uril v pisanju. Po nekaj letih se je odlično izuril v pisanju kitajskih klasičnih tekstov. Literarno delovanje, ko je pesnil in pisal, je trajalo okoli deset let. V pesništvu je dosegel lepe uspehe in precejšnjo slavo.



Vsestranski učenjak Čang Heng

Pri tridesetih je od literature presedlal k znanosti. Največje zanimanje je usmeril v astronomijo. Pod mentorstvom je študiral načine, kako in kaj opazovati na nebu, teorije koledarjev, možno zgradbo vesolja, vremenske napovedi itn. Kmalu je svoja astronomska razmišljanja in opazovanja začel tudi objavljati.

Pri osemintridesetih letih je postal vladni uslužbenec, najprej nižji in nato višji. Končno je zasedel mesto ministra in vodilnega astronoma cesarstva. Postal je načelnik vladnega urada za astronomijo in koledarsko znanost. To je bil njegov najvišji položaj v življenju. Večkrat je tudi zavrnil napredovanje in živel osamljeno, daleč od prestolnice v razmišljanjih o vesolju, o svojih opazovanjih in izumih itn. Imel je redek talent, da je znal probleme obravnavati interdisciplinarno. Zaradi

političnih razmer se je pozneje za nekaj časa umaknil iz vladarskega dvora in odšel domov. Leto dni potem, ko je bil ponovno izbran za vodilnega astronoma cesarstva, pa je umrl v takratnem glavnem mestu Luojang.

Čang Heng je veliko pisal, opazoval in izumljal. V knjigi *Ling ksiàn* (*Zgradba vesolja*), ki je izšla leta 120, opisuje njihov tedanji pogled na svet. Pravi, da Luna nima svoje svetlobe in da je Zemlja okrogla. Za merjenje leg zvezd je izdelal vrtečo se armilo (armilarno sfero) in pojasnil vrsto svojih astronomskih meritev, na podlagi katerih so začasno izboljšali koledar.

Zanj je vesolje kot kurje jajce. Zvezde ležijo na njegovi lupini, Zemlja pa je kot majčken rumenjaki v sredini. Nebo je veliko, Zemlja majhna. Ta hipoteza o vesolju se približno ujema z geocentričnim modelom vesolja, ki ga je podal Ptolemaj okoli leta 150. Čang je katalogiziral 2.500 zvezd, ki jih je obravnaval kot svetlečo kategorijo zvezd (sicer pa so Kitajci ocenili vsega 14.000 zvezd), 320 jih je imenoval poimensko in ugotovil 124 skupin, tj. ozvezdij. Ta katalog je vseboval dosti več zvezd kot Hiparhov (850 zvezd) in Ptolemajev (1022 zvezd). Pri pojasnjevanju Luninega in Sončevega mrka piše takole:

Sonce je kot ogenj, Luna kot voda. Ogenj da svetlobo, voda jo odbija. Lunina svetloba nastane zaradi svetjenja Sonca. Lunin mrk nastopi zaradi tega, ker ni Sončeve svetlobe. Planeti imajo, kakor Luna, lastnosti vode in odbijajo svetlobo. Svetloba s Sonca vedno ne doseže Lune zaradi preprečevanja same Zemlje; to imenujemo Lunin mrk. Ko gre Luna čez Sončevo pot (= prečka Sonce), nastopi Sončev mrk. Sonce je okroglo, Luna (žoga) ima lastnost zrcala. Tisti deli Lune, ki jih osvetljuje Sonce, izgledajo svetli, tisti, ki jih ne osvetljuje, so temni.

V starem kitajskem cesarstvu so verjeli, da mora vladar dobiti svojo posebno pravico za vladanje z neba. Po zamenjavi vladarja, posebno pa po spremembi dinastije, si poskuša novi vladar priskrbeti nov uradni koledar za opredelitev novih pravil vladanja z novim nebesnim vplivom. Koledar je povezan z nebom. Podatke za ureditev koledarja namreč dobimo z opazovanjem zvezd, Lune, Sonca.

V tem času je tam koledar šepal. Čang Heng je bil kot šef urada za astronomijo in kot odličen izvedenec za koledarska vprašanja najbolj poklican za to, da izpelje koledarsko reformo. Izpeljal jo je leta 123. Koledar je popravil tako, da je bil v soglasju z letnimi časi in tudi s podatki, ki jih je dobil od svojih natančnih astronomskih meritev leg Sonca in Lune. Meritve je opravljal z armilo,

posebno astronomsko napravo za merjenje leg vesoljskih teles. Armila je bila sestavljena iz sistema obročev, ki so ustrezali velikim krogom na nebesni krogli, in središčne cevi, skozi katero so opazovali zvezde, planete ..., meritve pa so potem uporabili za izdelavo zvezdnih kart, koledarske izračune itn.

Klepsidro za merjenje in ohranjanje časa so Kitajci uporabljali že približno od leta 1.600 pr.n.št. Čang Heng jo je izboljšal. Bil je prvi, ki je hkrati uporabil gonilno moč vode (vodno kolo) in klepsidro za vrtenje armile. Tako je Čang Heng izumil vrtečo ekvatorsko armilo. Prvo armilo je sicer izumil Eratosten okoli leta 250 pr.n.št., podobno kitajsko armilo pa so razvili leta 52 pr.n.št. Čangova vrteča armila je bila pomemben izum, ki je imel velik vpliv na vso poznejšo kitajsko opazovalno astronomijo. S to napravo je Čang Heng natančneje meril lege nebesnih teles in tako izdelal natančnejšo zvezdno karto kot prejšnji kitajski astronomi. Njegov izum so na Kitajskem izboljšali šele v 8. stoletju.

Kitajska je dežela potresov. Prav v njegovem času je bilo nekaj zelo močnih potresov. Morda se je zaradi tega odločil, da izdelava prvi potresomer za beleženje močnejših potresov. Izdelal ga je leta 132. Bil je sicer malo neroden, vendar uporaben.

Čang Henga pogosto navajajo, da je izumil odometer, napravo za merjenje prevožene razdalje gibajočega se vozila (kolesa, avta, lokomotive). Ta dosežek pripisujejo tudi Arhimedu in/ali Heronu Aleksandrijskemu. Zanimivo je, da so skoraj v istem času podobno napravo uporabljali Rimljani in kitajski vladarji dinastije Han.

Za Čanga Henga bi lahko rekli, da je bil skoraj popolni genij. Deloval je na številnih področjih znanosti. Bil je odličen opazovalec nebesnih teles, katalogiziral je zvezde severno in južno od nebesnega ekvatorja, navedel je njihovo število in nekatere celo imenoval po imenu, uredil je koledar, predlagal je koncept Luninih in Sončevih mrkov, razmišljal o zgradbi vesolja, razvil dolžinsko in širinsko mrežo za zvezdne karte, bil pomemben inovator, izumil je vrtečo armilo za beleženje gibanja planetov in zvezd, potresomer in odometer itn.; končno pa je bil še priznan pesnik in odličen pisec drugih književnih del, s katerimi je požel slavo, skratka, bil je človek, ki je pomembno zaznamoval in vplival na kitajsko znanost in kulturo. Čang Heng zavzema častno mesto med svetovnimi znanstveniki, posebno med astronomi.



Armila, izdelana na Pekinškem observatoriju v15. stoletju

Klavdij Ptolemaj (okoli 90–168 Aleksandrija)

O Ptolemajevem življenju malo vemo. Ne vemo niti, kje in kdaj se je rodil. Nekateri menijo, da je bil v sorodu z dinastijo Ptolemajev, to je faraonov, ki so vladali Egiptu. A to je malo verjetno. Večino svojega življenja je preživel v Aleksandriji. Tu se je v glavnem ukvarjal s teoretičnim posploševanjem del svojih predhodnikov. Za razliko od Hiparha je bil Ptolemaj tipičen teoretični astronom. V prakso astronomskih opazovanj ni vnesel ničesar novega.

Okoli leta 150 je objavil svoje glavno delo *Veliki zbornik astronomije*, kjer je v enciklopedični obliki predstavil vse tedanje astronomsko znanje. Arabci so to knjigo imenovali *Almagest*, to je splošni pregled astronomije in pod tem naslovom se Ptolemajevo delo na splošno omenja v zgodovini astronomije.

Almagest sestoji iz 13 knjig - zvezkov. V njih razlaga ravninsko in sferno trigonometrijo, opisuje obstoječe astronomske inštrumente, navaja Hiparhov zvezdni katalog in različne matematične tablice, poda teoretične sheme, kjer pojasnjuje gibanje Sonca in Lune. V tem Ptolemaj ni bil originalen. Ponovil je skoraj vse, kar je bilo znanega že Hiparhu.

Glavna Ptolemajeva ideja je vsebovana v zadnjih petih zvezkih *Almagesta*. Tu je pojasnil znameniti *geocentrični sistem (sestav)*, imenovan tudi *Ptolemajev*

sistem - največji teoretični dosežek stare astronomije. Poglejmo njegove osnovne poteze.



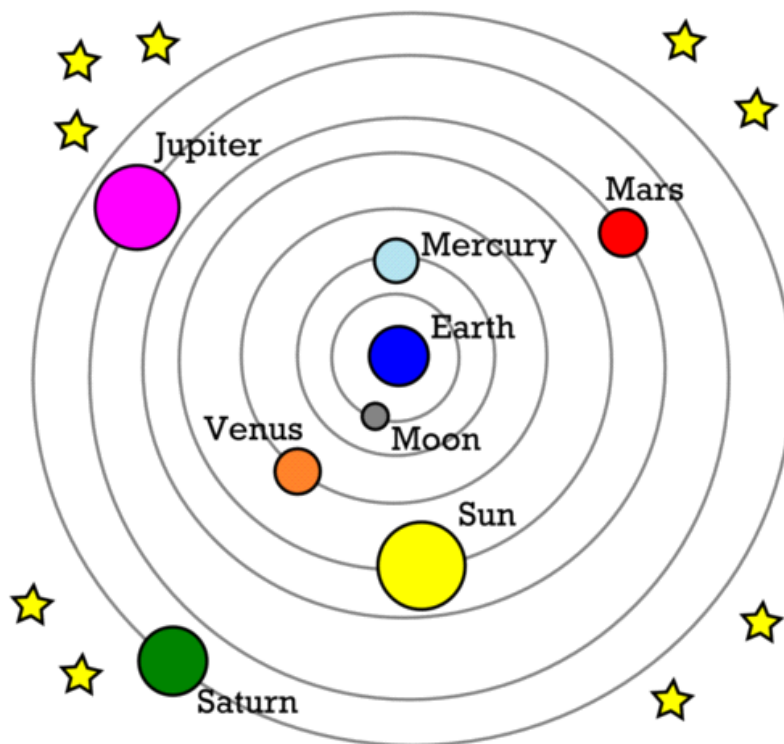
Klavdij Ptolemaj - s križno palico

V središču vesolja je okrogla in nepremična Zemlja, okrog nje pa po istosrediščnih krožnicah, katerih skupno središče je središče Zemlje, po vrsti krožijo Luna, Merkur, Venera, Sonce, Mars, Jupiter in Saturn. Za Ptolemaja kot za vse njegove predhodnike in sodobnike je bil najvišja avtoriteta na področju naravne filozofije filozof Aristotel (4. stol. pr. n. š.). Po njem se vesolje deli na dva izrazito različna dela. Prvi je Zemlja in vse zemeljsko. Tu gospodarijo nepopolnost, smrt (minljivost) in razdejanje. Drugi del je nebo in vse nebesno. Tu vladajo popolnost, večnost (stalnost) in red. Idealno čista in popolna so vsa nebesna telesa. Prav tako popolna so tudi njihova gibanja. So idealna in nespremenljiva. Nebesna telesa se gibljejo enakomerno in po idealni krivulji, to je krožnici.

Ta velika zmota je stoletja zavirala razvoj astronomije in tudi drugih naravoslovnih ved. Trdno je bila zasidrana v glavah vseh astronomov od Ptolemaja do Kopernika. Šele Johann Kepler (17. stol.) si je upal poseči v to neomajno Aristotlovo avtoriteto. Za nebesna telesa je namreč vpeljal neenakomerna in nekrožna gibanja, in to, gibanja po elipsah.

Ptolemaj je pojasnil zapletena navidezna gibanja planetov. Predlagal je, da planeti krožijo enakomerno po majhnih krožnicah (epiciklih), središča katerih se enakomerno gibljejo okrog Zemlje po večjih krožnicah (deferentih). Če to

upoštevamo, se zemeljskemu opazovalcu zdi, da planeti na ozadju daljnih zvezd opisujejo zamotane pentlje (zanke) in se gibljejo neenakomerno.



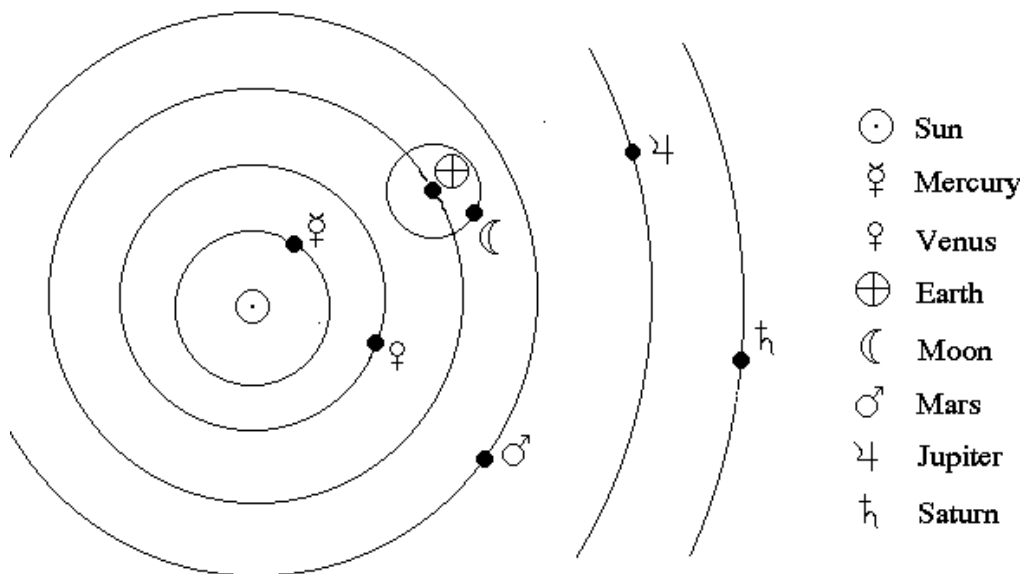
Ptolemajev geocentrični sistem (okoli leta 150)

To je bila za tisti čas genialna rešitev problema. Neenakomerna in nekrožna gibanja je obravnaval kot rezultanto sestavljenih krožnih in enakomernih gibanj. Edino, kar bi mogli očitati sodobniki Ptolemaju, je to, da so se po njegovi teoriji planeti gibal okrog geometrijskih točk, središč epiciklov, ne pa okrog resničnih, fizičnih teles. Ta, že v začetku okorni sistem, so pozneje dopolnjevali in ga še bolj zamotali.

V stoletjih za Ptolemejem se je pokazalo, da so navidezna gibanja nekaterih planetov zelo zapletena in da en sam epicikel ne zadostuje za njihovo pojasnjevanje. V 13. stol. so npr. za planet Mars predlagali že kar 200 epiciklov. Sam Mars naj bi se gibal po dvestotem epiciklu, središče katerega naj bi krožilo po 199. epiciklu, središče katerega naj bi krožilo po 198. epiciklu, središče katerega ... Geocentrični Ptolemajev sistem je postal vse bolj zapleten, matematično težavno rešljiv in fizikalno nerazumljiv. Ko so se v 13. stol. v Toledu sestali pomembnejši

astronomi tistega časa, je kastiljski kralj Alfonz X ob poslušanju astronomskih razprav izjavil, da če bi on prisostvoval pri nastanku sveta, bi svetoval bogu, da naj bi ga zgradil preprostejšega. Ta neprevidni bogokletni dovtip ga je stal krone.

Heliocentric Solar System Model



Kopernikov heliocentrični sistem (leta 1543)

Ptolemajev geocentrični sistem se je zaradi močne podpore Cerkve obdržal vse do sredine 16. stoletja, to je do Kopernika, ki je zagovarjal heliocentrični sistem. Po njem se Zemlja in planeti gibljejo okrog nepremičnega Sonca enakomerno po krožnicah, Sonce pa leži v skupnem središču teh krožnic. Okrog Sonca krožijo najprej Merkur in Venera, nato Zemlja z Luno, potem pa še Mars, Jupiter in Saturn. To je bistvo heliocentričnega svetovnega sistema. Še Kopernik se ni mogel otresti idealnih gibanj. Zato je v začetku pravilno zasnovan heliocentrični sistem celo slabše pojasnjeval navidezna gibanja planetov kakor nepravilno zamišljen geocentrični. Te pomanjkljivosti je odpravil Kepler. Iz Brahejevih meritev je ugotovil, da se planeti gibljejo po elipsah okrog Sonca, v skupnem gorišču teh elips pa leži Sonce. Planeti se torej ne gibljejo okrog Sonca enakomerno, ampak neenakomerno. Ko so Soncu bližje, se gibljejo hitreje, ko so dlje, pa počasneje. Začetni udarec Ptolemajevemu sistemu je dal Kopernik sredi 16. stoletja, dokončno pa ga je porušil Kepler s svojimi tremi zakoni o gibanju planetov v začetku 17. stoletja.

Al'-Biruni (973 Hiva, Horezm, zdaj Uzbekistan–1048 Ghazna, zdaj Afganistan),

Na arabskem polotoku se je v začetku 7. stoletja zgodil pomemben in zanimiv družbeno zgodovinski pojav. Pod skupnim simbolom nove vere - islama - so se tamkajšnja nomadska in druga plemena zedinila v arabsko državo. V kratkem času je postala silno močna vojaška sila, ki je kmalu zasedla Iran, dežele srednjega Vzhoda, Egipt, severni del Afrike, prebila Gibraltar in prišla na Pirinejski polotok v Evropo.

V zgodovini znanosti in kulture so Arabci odigrali pomembno vlogo. Bili se vezni člen med vzhodno in zahodno znanostjo, med antično in srednjeveško kulturo. V času zgodnjega srednjega veka (7.–9. stoletje) je imel Vzhod vodilno vlogo v razvoju znanosti. Šele pozneje, ko se začenjajo križarske vojne, se oživlja evropska znanost, rastejo univerze, pojavljajo se veliki učenjaki, izrečejo pomembne ideje itn.

Srednjeveški Vzhod je bil bogatejši in bolj kulturn od Evrope. Široko trgovanje je dajalo solidne možnosti za sestavljanje in reševanje številnih in raznovrstnih matematičnih nalog, daljna potovanja so spodbujala k razvoju astronomskega in geografskega znanja, razvoj obrti in rokodelstva pa je prispeval k razvoju eksperimentalnega izkustva – poskusa.

Že davno pred pojavom Arabcev so bili dosežki antične znanosti znani v deželah Zakavkazja. Armenija in Gruzija sta že v 4. stoletju imeli tesne ekonomske in kulturne stike z Bizancem. Tudi krščanstvo je prišlo v ti deželi precej pred pokristjanjenjem Rusije. Že okoli leta 300 je bilo krščanstvo v Armeniji državna vera. Od 5. do 7. stoletja so v armenščino prevedli dela Aristotla, Platona in krščanskih bogoslovcev.

V 7. stoletju je deloval znameniti armenski učenjak *Ananija Širakaci* (Shirak(atsi); ok. 610–685). V Bizancu se je učil matematike in filozofije. Ko se je vrnil v domovino, je osnoval šolo, kjer je predaval matematiko, astronomijo in geografijo. Poznal je aritmetično in geometrijsko zaporedje. Sestavil je armenski učbenik aritmetike z dodanim traktatom o kozmografiji. Traktat priča o velikem Širakacijevem znanju grškega filozofa Aristotla. Njegovo najslavnejše delo je geografska publikacija o Kavkazu.

V svojem astronomskem prispevku razpravlja, kako oceniti oddaljenost Sonca in Lune, o zgradbi koledarja, o gibanju Sonca in Lune. Zemljo je imel za

okroglo. Za Rimsko cesto je menil, da gre za številno množico gosto razporejenih in šibko svetlečih se zvezd. Luna zanj sveti z odbito Sončevo svetlobo. Plimo in oseko je povezoval z vplivom Lune na Zemljo. Zanj v vesolju vladajo stroge – vesoljske zakonitosti. Bil je vsestranski in napreden učenjak-prosvetljujelec, ki je povezal mlado armensko znanost z antično zapuščino. Širakacijevo delovanje priča, da je Zakavkazje spoznalo antično znanost neposredno iz izvira, tj. od Grkov samih.

Arabci so delovali na številnih področjih znanosti. V astronomiji so naredili zares ogromno. Razmeroma kmalu so se začeli ukvarjati tudi z eksperimentom. Muhammed ibn Ahmed al'-Biruni ali na kratko kar *Biruni* ali Albiruni (Alberuni) je na primer natančno izmeril gostote kovin in drugih snovi s posebno stožčasto napravo, ki si jo sam izdelal. Za gostoto zlata je izmeril $19,5 \text{ kg/dm}^3$, za živo srebro pa $13,5 \text{ kg/dm}^3$, kar je blizu današnjima vrednostma. Njegovi rezultati so postali znani Evropi šele v drugi polovici 19. stoletja.



Kip armenskega filozofa, matematika, astronoma, geografa, kartografa, alkimista, zgodovinarja in učitelja Ananije Širakacija v Erevanu (Armenija) – spomin na njihovega pomembnega začetnega prosvetljujelega

Biruni je opravil tudi natančne astronomske in geografske meritve. Tako je določil naklonski kot ekliptike k nebesnemu ekvatorju in ugotovil celo

njegovo stoletno spremembo. Za leto 1020 je izmeril naklonski kot $23^{\circ} 24' 0''$. Današnji preračuni na to leto dajo vrednost $23^{\circ} 24' 45''$. Torej gre za zelo majhno napako. V času svojega potovanja po Indiji je izdelal metodo za določitev radija Zemlje. Izmeril je 1081,66 farsaha, kar znaša približno 6.400 km.

Biruni je opazoval in opisal spreminjanje barve Lune pri Luninih mrkih, pojav Sončeve korone pri popolnih Sončevih mrkih. Izrekel je misel o gibanju Zemlje okrog Sonca in imel geocentrično teorijo za zelo dvomljivo.

Napisal je obširno delo *Indija* in v sanskrt prevedel Evklidova *Načela* in Ptolemajev *Almagest*. Že kot mladenič je bil povezan z znanstvenimi krogi starega Horezma. Ko je bil star 21 ali 22 let, je opravljal astronomske meritve s krogom (verjetno s stenskim kvadrantom), ki je imel premer okoli 7,5 m. V tem času je v Horezmu prišlo do državnega prevrata, ki se je slabo končal za



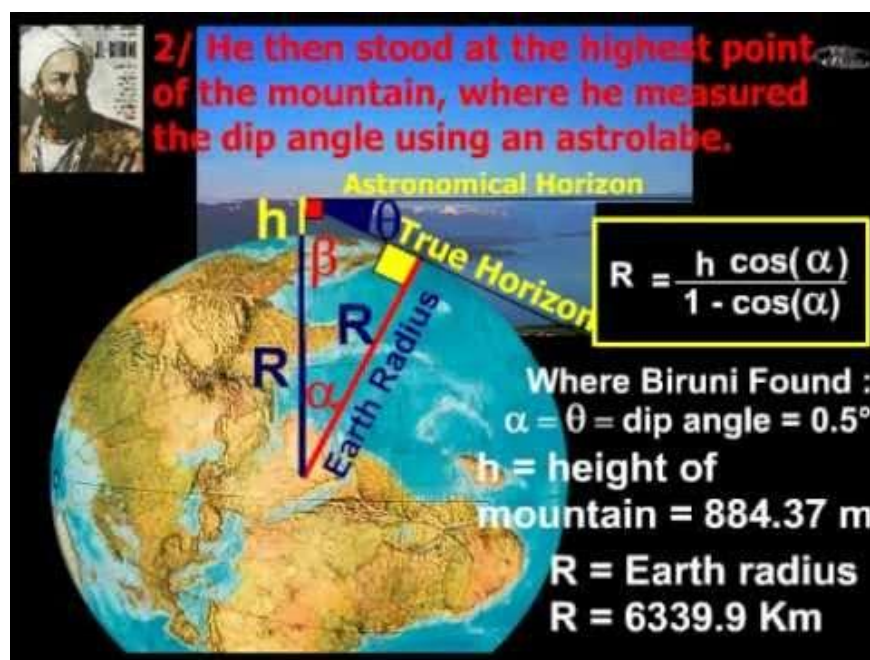
Al'-Biruni, perzijski matematik, astronom, fizik, učenjak-enciklopedist in prosvetljeni učitelj

Birunijevo usodo. Moral je zbežati v tujino. Vrnil se je po desetih letih in postal pomemben državni, tj. javni delavec Horezma. Leta 1017 je Mahmud, vladar Horasana in Afganistana, zasedel Horezm. Birunija so zajeli in ga skupaj z drugimi ujetniki poslali v ujetništvo, kjer je preživel 13 let. Ne glede na težavne razmere je nadaljeval z znanstvenim delom, napisal vrsto del iz geografije in astronomije, med njimi dragoceno knjigo *Indija*.

Ko je pisal zadnja poglavja te knjige, pa se je položaj za Birunija že spremenil. Na prestol je prišel Mahmudov sin, Masud, ki je bil zelo naklonjen Biruniju in bil celo pokrovitelj njegovega dela. Učenjak je tako posvetil Masudu veliko delo iz astronomije in sferne trigonometrije, ki je znano pod imenom *Kanon Masuda*. Biruni je napisal tudi knjigo o mineralogiji, o astrolabu in zdravilnih

zeliščih (opisal je nad 700 zdravil). Bil je velik nasprotnik vmešavanja vere v znanstveno delo, kar mu je večkrat škodilo.

Birunijev sodobnik je bil veliki arabski fizik, Egipčan Ibn Abu Ali al'-Hai(j)sam, v Evropi bolj znan pod latiniziranim imenom *Alhazen*. Njegova glavna raziskovanja se nanašajo na optiko. V znanstvenem pogledu je nadaljeval delo svojih predhodnikov, opravljal pa je tudi lastne poskuse in za njih sestavljal naprave. Izdelal je teorijo vida, opisal anatomsko zgradbo očesa in izrekel mnenje, da je očesna leča sprejemnik slike. Alhaznovo mnenje so upoštevali vse do 17. stoletja, ko so pojasnili, da slika pravzaprav nastane na očesni mrežnici.



Birunijeva metoda določitve radija R Zemlje; gornjo enačbo za R izpeljemo iz preproste zveze $R = (R + h) \cos \alpha$.

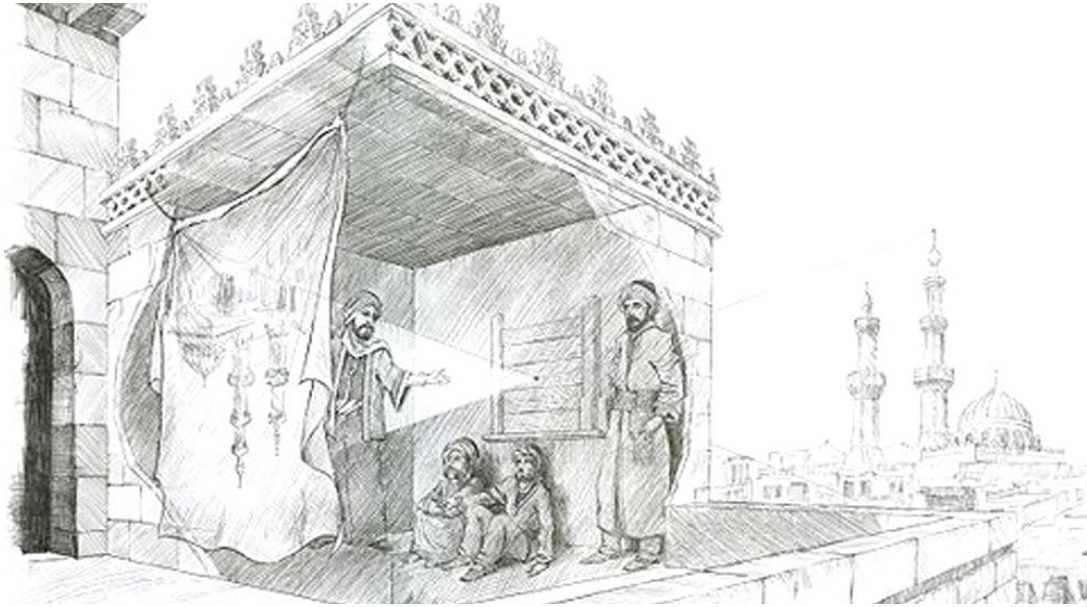
Alhazen naj bi bil prvi učenjak, ki je poznal delovanje *camere obscurae*. Uporabljal jo je kot astronomsko napravo, s katero je dobil sliko Sonca in Lune na zaslonu. Raziskoval je delovanje ravnih, sfernih, cilindričnih in stožčastih zrcal. Več kot samo raziskoval je tudi spreminjanje lomnih kotov in eksperimentalno pokazal, da lomni kot ni sorazmeren vpadnemu. Čeprav ni našel natančne formulacije lomnega zakona, pa je vendarle bistveno dopolnil Ptolemajeve ugotovitve, v katerih je ta dokazal, da vpadni in lomni žarek ležita v isti ravnini z vpadno pravokotnico (premico, postavljeno v točki vpadnega in lomnega žarka). Poznal je tudi povečavo plankonveksne leče, pojem zornega kota in njegovo

odvisnost od oddaljenosti predmeta. Iz časa trajanja mraka je določil debelino Zemljinega ozračja, za katerega je menil, da je iz iste snovi in enakomerno gosto (homogeno). Za debelino ozračja je ugotovil, da meri 52.000 korakov, kar je precej podcenjena vrednost, vendar pa je sam princip oziroma metoda merjenja dosti večji dosežek kot rezultat. V bistvu je to zelo pomemben dosežek srednjeveške optike.



**Veliki fizik, matematik, medicinec, filozof in učenjak - mojster optike -
Alhazen (965 Basra, Irak–1040 Kairo, Egipt)**

Njegovo delo *Knjiga optike* so prevedli v latinščino v 12. stoletju. Dolgo časa so mislili, da gre za kopijo Ptolemajevega dela. Šele potem, ko so našli in objavili Ptolemajevo delo, je postalo jasno, da je Alhaznova optika originalno delo. To, da je Alhazen pravzaprav arabski učenjak Ibn al'-Hajsam, so v znanstvenem svetu razjasnili šele v 19. stoletju.



Alhazen in njegov poskus s camera obscura

Prav na podlagi Birunijevih in Alhaznovih del lahko jasno vidimo, kdaj se je začelo in kako se je razvijalo eksperimentalno naravoslovje na Vzhodu.

Astronomska raziskovanja srednjeveških Arabcev skupaj z drugimi uspehi arabske znanosti in tehnike so polagoma postali dobro znani v Evropi. Njihovi dosežki so tudi spodbudili razvoj in napredek evropske znanosti.

Mirzo Ulugbek (1394 Sultaniya, Iran–1449 Samarkand)

V srednjem veku so vzhodne dežele prehitevale Evropo v razvoju znanosti. Tako je na primer v Indiji in v arabskem kalifatu astronomija žela velike uspehe in je po natančnosti opazovanj prekosila nivo, ki so ga dosegli starogrški astronomi.

Indijska astronoma iz šestega stoletja, Aryabhata in Varahamihira, sta že menila, da je Zemlja okrogla in da se vrti okrog svoje osi, Brahmagupta (7. stol.) pa je izrekel mnenje, da Zemlja privlači druga vesoljska telesa. Tako se je približal misli o splošni medsebojni privlačnosti teles v vesolju, kar je pojasnil Newton šele 1000 let za njim.

Arabski astronomi Al-Battani (858–928), Abul-Vefa (940–998), Ibn - Yunus (950–1009) in drugi so neutrudno opazovali nebo. V navideznem gibanju Sonca,

Lune in planetov so ugotovili značilnosti, ki se niso skladale s Ptolemajevim geocentričnim sistemom. Čeprav so prišli v protislovje s Ptolemajevim naukom, ga niso ovrgli. Dopolnili so ga in naredili natančnejšega. Pri opazovanju vesoljskih teles so dosegli veliko natančnost. Ukvarjali so se tudi z določitvijo polmera oziroma obsega Zemlje na podoben način, kot je to storil Eratosten v Aleksandriji.

Srednjeazijski učenjaki Al-Biruni, Hajam, Tusi so bili veliki astronomi srednjega veka. Več stoletij je v nižinah reke Amur-Darje cvetela kultura Horezmske države. V prvi polovici 9. stol. je v Horezmu deloval znameniti učenjak Al-Horezmi, veliki matematik svoje dobe, eden začetnikov algebre, bil pa je tudi pomemben astronom. Zelo je izboljšal tabele o gibanju planetov (po Ptolemaju) in kotomerno napravo astrolab, ki so jo Ptolemaj in za njim vsi astronomi uporabljal za določevanje zemljepisne širine in dolžine iz opazovanj zvezd.

Najvidnejši horezmski učenjak Biruni je menil, da je Zemlja okrogla, da se vrti in da se vse, kar v naravi obstaja, spreminja po naravnih zakonih in ne po božjih zapovedih. Če Zemlja ne bi bila okrogla, ne bi mogli pojasniti trajanja dneva in noči in njuno spreminjanje med letom. Ko je izhajal iz pravilne predstave o obliki Zemlje, je določil njen obseg natančneje kot Eratosten in drugi arabski astronomi. Za obseg Zemlje je ugotovil 41 500 km (današnja vrednost je 40 000 km). Kritično je govoril o Ptolemaju. Dopuščal je tudi možnost, da se Zemlja giblje okrog Sonca. Tako si je že 500 let pred Kopernikom pravilno zamišljal zgradbo Osončja. Boril se je proti vmešavanju vere v znanstveno delo. Zaradi naprednih pogledov so ga muslimanski fanatiki preganjali in kar trikrat je moral zapustiti svojo domovino.

V 11. in 12. stoletju je deloval veliki tadžikistanski poet, učenjak, filozof in astronom Omar Hajam. Kakor Biruni je tudi Hajam učil, da je vesolje večno in le znanost ga lahko pomaga razumeti. Deloval je v reformi koledarja, a ni uspel. V Azerbajdžanu se je v 13. stol. proslavil s svojim astronomskim delom Al-Tusi (1201–1274), ki je v Maragu postavil veličasten observatorij. Skupaj z drugimi astronomi je sestavil tablice leg planetov in zvezd natančneje od Hiparha in Ptolemaja. Bil je tisti, ki je vzhodne učenjake seznanil z dosežki starogrške astronomije.

Veliki učenjaki srednje Azije so bili razen mislecev o zgradbi vesolja tudi znameniti opazovalci. Posebno so se izkazali s svojimi opazovanji samarkandski astronomi v 15. stoletju. Z njimi je tesno sodeloval tudi vladar Samarkanda Ulugbek (Ulugh Beg, Ulugbeg), ki je bil tudi astronom.



Ulughbekov astronomski observatorij v Samarkandu, zgrajen v letih 1428-1429.

Ulughbek je bil vnuk znamenitega osvajalca Timurja, ki je v drugi polovici 14. stoletja podjarmil srednjeazijske narode in vladal ogromnemu imperiju od Kitajske do Male Azije. Prestolnica te države je bil Samarkand. Sem so prihajali najboljši učenjaki, umetniki, gradbeniki, tu se je stekalo bogastvo in znanost. Samarkand je postal eden največjih, najlepših in tudi najbolj bogatih mest na svetu.

Po Timurjevi smrti je njegov ogromni imperij razpadel. Ulughbek je pozneje pod svojo oblastjo zedinil velik del srednje Azije. Bil je prosvetljeni vladar, ki ni pozabil na razvoj znanosti in umetnosti v svoji državi. V Samarkand je pripeljal učenjake in jim nudil najboljše pogoje za delo. Astronomom je zgradil veličasten observatorij. Tako velikega in dobro opremljenega observatorija še ni bilo do Ulughbeka in še dolgo časa za njim.



Matematik, astronom in sultan Mirzo Ulugbek in del njegovega astronomskega observatorija v Samarkandu

Poslopje tega observatorija na enem od gričev v okolici Samarkanda je presenečalo sodobnike s svojo velikostjo in sijajnostjo. Daljnogledov tedaj še niso imeli. Astronomi so opravljali svoja opazovanja s kotomernimi inštrumenti, s katerimi so merili lege nebesnih teles in navidezne razdalje med njimi.

Astronomi na samarkandskem observatoriju so dosegli tako dobro natančnost pri svojih opazovanjih, da je drugi še poldrugo stoletje niso presegli. Šele Tycho Brahe (druga polovica 16. stoletja) je meril natančneje.



Ulugbekov kip v Samarkandu

Znamenito delo samarkandskih astronomov je bil zvezdni katalog, ki je obsegal natančne lege 1018 zvezd. Dolgo časa je bil to najpopolnejši in najnatančnejši. Evropski astronomi so ga prevedli šele pred dobrima dvema stoletjema. Prav tako so bile zelo natančne tudi samarkandske tabele o gibanju planetov.

Ulugbek je bil prosvetljeni vladar. V državi je ustanavljal šole, kjer so predavali svetovne znanosti. Bil je velik nasprotnik vere. Verski fanatiki so postrani gledali vladarja Ulugbeka - svobodomisleca in nevernika. V zaroti so ga ubili. Po njegovi smrti so preganjali znanost in učenjake, ki so morali zapustiti deželo. Muslimanski skrajneži so do tal porušili observatorij. Šele v začetku 20. stoletja so našli njegove ostanke in si tako mogli predstavljati to zares ogromno zgradbo v tistem času.

Georg Purbach (Purbach 1423–1461 Dunaj)

Pri razmišljanju o naših zgodnjih astronomih (Bernardu Pergerju, Andreju Perlahu in Jakobu Straussu) ne moremo prezreti imen dveh učenjakov, ki sta v 15. stoletju močno zaznamovala astronomsko dejavnost Dunajske univerze in tako vplivala

tudi na ustvarjalno delovanje naših astronomov. Gre za pridobivanje in objavljanje astronomskih podatkov v tiskani obliki, kot so na primer astronomske efemeride, almanahi, koledarji. Take publikacije so namreč izdajali tudi naši astronomi, ki so zaključili artistično (filozofsko) fakulteto na Dunaju.

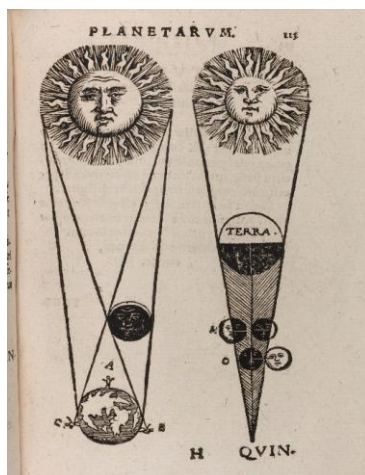
Prvi učitelj vseh teh in tudi drugih astronomov je bil G. Purbach (Purbachius, tudi Peurbach, Peuerbach ali kar Georg iz Purbacha), ki se je rodil v mestu Purbach ob jezeru Neusidler blizu Linza (Zgornja Avstrija). Purbacha pogosto imenujejo očeta zahodne opazovalne in matematične astronomije. Temeljito se je naučil grščine in je tako v izvorniku bral in natančno preštudiral Klavdija Ptolemaja. Veliko je potoval po Nemčiji in Italiji. Leta 1446 je diplomiral iz filozofije in svobodnih umetnosti na univerzi na Dunaju. Nato je predaval matematiko v Ferrari, Bologni, Padovi. Leta 1450 je zasedel položaj profesorja matematike in astronomije na Dunajski univerzi. Leta 1452 je v njegovo življenje vstopil njegov učenec in pozneje prijatelj Johann Müller – Regiomontan(us), ki je potem postal njegov najtesnejši in tudi najbolj slaven sodelavec.

V času od leta 1456 do leta 1461 sta skupno s kotomernimi napravami opravila ogromno opazovanj mrkov, kometov (leta 1456 celo Halleyjevega) in leg Sonca in Lune, iz katerih sta ugotovila, da imajo stare Alfonzove astronomske tablice iz 13. stoletja napako nekaj stopinj. Purbach je Zahodni Evropi prvi pojasnil Ptolemajevo teorijo epiciklov, in sicer v knjigi *Nova teorija planetov* (*Theoricae novae planetarum*, 1. izdaja, Nürnberg 1472, oskrbel pa jo je Regiomontan), ki so jo privzeli kot tedanje temeljno delo o astronomiji.



Astronom in matematik Georg Purbach

Skupaj z Regiomontanom je v latinščino natančno prevajal Ptolemajeva dela. Rezultat skupnega prevajanja je bila leta 1473 (rojstno leto N. Kopernika) objavljena *Kratka razlaga velikega Ptolemajevga dela (Sex primi libri epitomatis Almagesti, dopolnil Regiomontan 1496)*.



Skici za Sončev in Lunin mrk iz *Theoricae novae planetarum*

Purbach je izumil tudi merilni inštrument, tim. geometrični meridijanski kvadrant, s čimer je v bistvu nadomestil pomanjkanje tabel tangensov v tistem času.

Njegov neposredni učenec je bil *Johannes Müller* ali Königsberger - Hans, bolj znan po svojem latiniziranem psevdonimu *Regiomontanus*, za nekatere najpomembnejši nemški matematik, astronom in astrolog 15. stoletja. Rojen je bil v frankonski vasi blizu Königsberga na Bavarskem, ne pa v dosti slavnejšem Königsbergu v Vzhodni Prusiji. Njegovo polno latinsko ime Johannes de Regio monte ali skrajšano Regiomontanus zveni, iz katerega kraja izhaja.



Halleyjev komet leta 1456

Regiomontanus je imel zelo razgibano oziroma bogato študijsko življenje. Že z enajstimi leti je vstopil na univerzo. V letih od 1447 do 1450 je študiral na univerzi v Leipzigu, nato pa na Dunaju, kjer je bil Purbachov učenec. Leta 1457 je postal magister artium. Predaval je optiko in antično literaturo. Izdelal je astrolab in prenosljivo sončno uro. V letih od 1552 do 1461 je učinkovito sodeloval z G. Purbachom na Dunaju. Pozneje je v Italiji proučeval dela starogrških astronomov. Od 1468 do 1471 je bil profesor na dunajski univerzi in bi se pravzaprav zagotovo moral poznati z našim Bernardom Pergerjem (ok. 1440–1502), ki je bil takrat tam tudi profesor na artistski fakulteti.

Leta 1471 je delal v svobodnem mestu Nürnberg, kjer je osnoval astronomski observatorij, ki je bil prvi v Nemčiji in eden prvih v Evropi. Leta 1475, samo eno leto pred smrtjo, ga je papež Sikst IV povabil v Rim, da začne s pripravami na koledarsko reformo. Prišel je tja, tam pa je na hitrico umrl v zelo skrivnostnih okoliščinah. Pravijo, da so ga najbrž zastрупili.



Astronom in matematik Johannes Müller iz Königsberga - Regiomontanus (Unfinden pri Königsbergu 1436–1476 Rim), zvesti in najpomembnejši Purbachov učenec. Oba, učitelj in učenec, imata svoj krater na Luni.

Regiomontan ima velike zasluge za prepород astronomije na pragu novega veka. Na Dunaju je skupno s Purbachom, potem pa je še sam v Nürnbergu opravil ogromno opazovanj planetov, Lune in Sonca, ki so bila pozneje osnova za sestavljanje astronomskih tabel, prvič imenovane efemeride. Leta 1474 so izšle kot prve tiskane astronomske tabele, ki so v tistem času zamenjale zastarele in nezanesljive Alfonzove tablice iz 13. stoletja. V teh efemeridah so bile izračunane lege Sonca, Lune in planetov za obdobje 1475–1506. V zgodovini astronomije so to zadnje tabele, preračunane na osnovi Ptolemajeve teorije.

Regiomontan je obdelal tudi metodo, kako je iz Luninih opazovanj mogoče izračunati zemljepisno širino in dolžino ladje na morju. Nadalje je zaključil prevod Ptolemajevega *Almagesta* v latinščino, kar je začel že Purbach, in ob prevodu napisal še komentar (*Epytoma in Almagesti Ptolemei*, 1496; epitome – izvleček, skrajšano besedilo).



Ptolemajev *Almagest* v latinščini - prevod

Zelo dragocen je Regiomontanov prispevek matematiki. Preračunal in izdal je tablice sinusov (od 0° do 90° s korakom ene kotne minute) in tangensov. Bil pa je tudi eden prvih, ki je odlično ocenil velik pomen za razvoj znanosti pravkar izumljenega tiska. V Nürnbergu je ob denarni podpori bogatega sponzorja, humanista in trgovca Bernharda Waltherja, postavil tiskarno, kjer je izdal Purbachovo *Novo teorijo planetov*, nekaj del starogrških učenjakov in redno izdajal astronomske koledarje, tj. efemeride.

Georg Tannstetter (1482 Rain na reki Lech (Bavarska). – 1535 Innsbruck)

Na artistski fakulteti Univerze v Ingolstadtju je študiral proste umetnosti, matematiko in astronomijo in leta 1501 postal magister. Leta 1502 je na artistski fakulteti dunajske univerze zasedel mesto profesorja za matematiko in astronomijo. V letih 1503–1512 je predaval planetno teorijo, uporabno in višjo matematiko, osnove astronomije in astrologije in do leta 1518 tudi izbrana poglavja Naravne zgodovine po Pliniju st.



Georg Tannstetter, pomemben matematik, astronom, astrolog, kartograf in zdravnik, vrhunsko in vsestransko izobražen znanstvenik in med vodilnimi dunajskimi humanisti začetka 16. stoletja, prodoren pisec številnih matematično-naravoslovnih spisov in knjig ter odličen učitelj številnim znanim osebnostim, med njimi tudi našemu astronomu, matematiku in zdravniku Andreju Perlahu (1490–1551), ki mu je bil ne samo učitelj, ampak tudi vzornik.

V letnem semestru leta 1512 je bil dekan artistične fakultete, v zimskem 1512/1513 pa rektor dunajske univerze. Leta 1508 začel študirati medicino, jo leta 1513 zaključil in postal dr. medicine. Nato je dolga leta učil še na medicinski fakulteti in bil kar štirikrat njen dekan. Od leta 1510 je bil tudi osebni zdravnik cesarjev Maksimilijana I. in Ferdinanda I. Leta 1530 se je preselil na cesarski dvor v Innsbruck, kjer je umrl.

Bil je vsestranski učenjak, izjemno dejaven na različnih področjih znanosti, plodovit pisec razprav in knjig. Pod njegovim vodstvom je študiral Perlah, ki se je nekoliko tudi zgledoval po njem. V svojem življenju je namreč dosegel podobno izobrazbo, opravljal podobno delo, imel podobne funkcije in še celo požel podobno slavo kot njegov učitelj.

Že leta 1514 je sodeloval pri pripravah koledarske reforme, ki jo je razglasil papež Gregor XIII šele leta 1582. Pri tem delu je omenjen tudi naš Perlah, ki je takrat študiral pri Tannstetterju. Leta 1514 je izdal knjigo *Viri mathematici*, v kateri je opisal življenje in delo približno 30 astronomov in matematikov 14. in 15. stoletja z dunajske univerze, ustanovljene 1365. S tem delom se je zapisal kot eden

prvih piscev zgodovine matematike in naravoslovja oziroma zgodovine znanosti. Leta 1515 je objavil učbenik matematike za pouk na univerzi. V tem času tudi publiciral Purbachove astronomske tabele *Tabulae eclipsium* skupaj z Regiomontanusovim delom *Tabula primi mobilis*, oboje za študente artistske fakultete, kar kaže, da je teoretično astronomijo poučeval po Purbachu.

Po svojih kartografskih meritvah je leta 1527 pripravil zemljevid Madžarske, ki je izšel pod naslovom *Tabula Hungariae* (1528). Imel je imel merilo in bil zelo natančno narisana. Obsegal je okoli 1300 naselij s točnimi razdaljami med njimi. To je bil eden prvih krajevnih zemljevidov Madžarske in je celo v svetovnem merilu med prvimi takimi publikacijami. Empirično astrologijo je obravnaval v delu *Libellus consolatorius* (1523), svoja medicinsko-astrološka predavanja (verjetno leta 1526) pa je objavil leta 1531 v knjigi z naslovom *Artificium De Applicatione Astrologiae ad Medicinam ...*

To je kratek pregled življenja in dela slavnega Perlahovega učitelja, ki so ga poleg omenjenih z naravo povezanih področij znanosti zanimale še fizična geografija, optika v fiziki, perspektiva v optiki, filozofija preteklih mislecev, posebno poglobljena razmišljanja o naravoslovju morda največjega učenjaka srednjega veka, Albertusa Magnusa (ok. 1200–1280). Sredi narave pa ga je zanimal predvsem človek, ki mu je posvetil vse svoje zdravniško znanje in sposobnosti, da ga zdravi in pozdravi. Kljub temu je razmeroma mlad umrl.

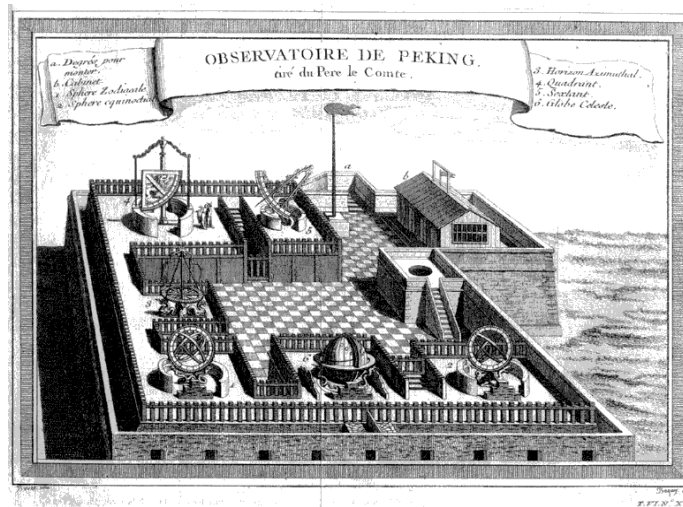
Zvezdarne (do leta 1641)

Da ugotovimo prvo pojavljanje zvezde Sirij v svetlobi jutranje zarje, potrebujemo širok razgled, odprto obzorje, jasno nebo in dobre oči. Pred kakšnimi 25.-timi leti sem sredi avgusta v jutranji svetlobi z Jošta s prostimi očmi zasledil Sirij na svetlem nebu. To se mi je zdel posebni opazovalni podvig. Nikoli več se mi ni posrečil, čeprav sem večkrat poskušal. Tako so lahko tudi starodavni egipčanski svečeniki, ki so bili hkrati tudi prvi astronomi, opravljali astronomska opazovanja s podnožja ali vrha piramid ali s podstavkov, na katerih so bile nameščene orjaške kamnite sfinge, in ob jasnem jutranjem nebu izsledili Sirij in ga čistili.

Podam kratek pregled zvezdarn do leta 1641. To je leto, ko je Jan Hevelij na vrhu svoje hiše v Gdanku zgradil svojo znamenito zvezdarno, opremljeno s kotomernimi inštrumenti lastne izdelave. Naj omenim, da so do leta 1610 astronomi opravljali opazovanja s prostim očesom. Pregled je nepopoln, bolj orientacijski.

Novembra leta 2005 sem na prvem interaktivnem multimedijem portalu MMC RTV Slovenija zasledil notico, da so "arheologi na severu Kitajske odkrili ostanke astronomskega observatorija, ki bi utegnil biti najstarejši na svetu. Ostanke naj bi bili stari okoli 4000 let. Observatorij je sestavljala polkrožna podlaga, ki jo je obdajalo 13 stebrov, s katerimi naj bi označevali gibanje Sonca med letom. Observatorij naj bi uporabljali tudi za žrtvene daritve."

Kaj več o tem odkritju do danes nisem slišal.



Primer starega kitajskega astronomskega observatorija v Pekingu. Na obširni z zidom ograjeni opazovalni ploščadi so zbrani skoraj vsi tipi starih astronomskih kotomernih opazovalnih naprav: armila, kvadrant, gnomon, sekstant, nebesni globus, različne klepsidre. Ta observatorij je ohranjen in zdaj deluje kot muzej v Pekingu.

Moji zapiski pa pravijo, da so prvo zvezdarno oziroma velik astronomski observatoriji zgradili na Kitajskem v 12. stol. pr.n.št., od katerega se je do pred kratkim ohranil le razdejan starinski gnomon in majhen stolp z vrhno ploščadjo, namenjeno za namestitev prenosnih kotomernih inštrumentov. Stari kitajski astronomi so se zelo ukvarjali s Sončevim in Luninim koledarjem. Sestavljali so zvezdne kataloge, zvezdne globuse, uvedli številna ozvezdja, med njimi kar 28 zodiaških. Natančno so zapisovali izbruhe novih zvezd in pojavljanje svetlih kometov, kar so dragoceni podatki za današnjo astronomijo. Prvi zvezdni katalog s podatki o okoli 800 zvezdah so sestavili že v 4. stoletju pr.n.š. Najbrž je bil to prvi zvezdni katalog na svetu.

Kitajski astronomi so veliko pozornost posvetili predvsem napovedim Sončevih in Luninih mrkov. Menili so, da ta dva nebesna pojava grozita z

nesrečami tako vladarjem kot navadnim ljudem. Napovedovanje mrkov so zato imeli za najpomembnejšo državno službo. Astronomi stare Kitajske so prvi na svetu odkrili pege na Soncu. Redno so opazovali nebesna telesa in pojave že najmanj od okoli leta 2500 pr.n.š. dalje.

Stari Kitajci so za astronomska opazovanja večinoma izdelovali in kar naprej izpopolnjevali kotomerne opazovalne naprave. Merilne kroge (krožne obroče) z opazovalnimi cevmi so uporabljali že v 4. stol. pr.n.št. Pozneje so sestavili več takih krogov, dokler niso v 2. stol. izdelali armilo. V 5. stol. so zgradili observatorij v Nankingu, v 12. stol. pa so položili temelje pekinškega astronomskega observatorija (sedaj muzej). V srednjem veku so izboljšali opazovalne naprave, v glavnem armile, sekstante, kvadrante in nebesne globuse.

Mezopotamski svečeniki-astronomi so v sklopu obširnejših templjev podnevi in ponoči opazovali nebo z vrhnjih ploščadi ziguratov, to je zelo masivnih zgradb, ki so bile zgrajene v obliki terasaste stopničaste piramide in služile kot svetišče, in sicer od okoli leta 4000 pr.n.š. do okoli leta 500 pr.n.š. Nekako podobno so se odvijala astronomska opazovanja pri starih Indijcih.

Tudi pri starih Egipčanih so bila svetišča prve astronomske opazovalnice, svečeniki pa astronomi. Opazovali so od okoli leta 1500 pr.n.š. naprej. Pozneje pa se je zelo spremenilo.

V času helenizma in nekaj stoletij potem so na zvezdarni v Aleksandriji že delovali grški strokovnjaki, znanstveniki, polni znanja in izurjeni v astronomiji, danes bi rekli poklicni astronomi. Zvezdarna je bila sestavni del knjižnice. Verjetno je delovala približno od leta 300 pr.n.š., (tam sta na primer okoli 280 pr.n.š. opazovala Aristil in Timoharis, pozneje Aristarh, Hiparh, Eratosten, živel in delal Ptolemaj itn.) do okoli leta 350. Opremljena je bila z gnomoni, sončnimi in vodnimi urami, armilami, itn.

V srednjem veku so Arabci in drugi vzhodnjaki tudi delali na zvezdarnah (Bagdad, Isfahan, Maraga, Samarkand itn.), opremljenih z odličnimi kotomernimi napravami, med njimi že s sekstanti in različnimi kvadranti in astrolabi, vendar natančnih podatkov o inštrumentalni opremitvi zvezdarn, razen za Samarkand, nisem našel. Na teh zvezdarnah so delali strokovno usposobljeni astronomi in matematiki, znani po svoji natančnosti. Nadaljevali so delo starogrških astronomov. V teoriji planetov sicer niso posebno napredovali. Še vedno so bili priklenjeni na Ptolemajev geocentrični sistem, ki pa so ga nekateri gledali že malo postrani in dvomili vanj, glede natančnosti opazovanj pa so stare Grke prekosili.

Od starih Grkov in srednjeveških Arabcev pogledjmo še v Zahodno Evropo, ki je sprva, v zgodnjem srednjem veku v ekonomskem, znanstvenem in kulturnem razvoju zaostajala za državami Vzhoda. Arabci so bili vezni člen med antično in srednjeveško kulturo, med Vzhodom in Zahodom. Razvoj obrti, rokodelstva in trgovine je prispeval k oživljanju evropskega gospodarstva, kulture in znanosti. Duhovno življenje srednjega veka, izobraževanje, umetnost, znanost pa je bilo podrejeno Cerkvi. Po križarskih vojnah je evropska znanost oživela, ustanavljajo se prve univerze, pojavljajo se pomembni učenjaki, izrekajo se velike misli itn. Cerkev zagovarja Aristotlov nauk in Ptolemajev geocentrični sistem. Na napredek znanosti pozitivno vpliva razvoj tehnike in prav tako tudi oživljanje čaščenje antične znanstvene dediščine.



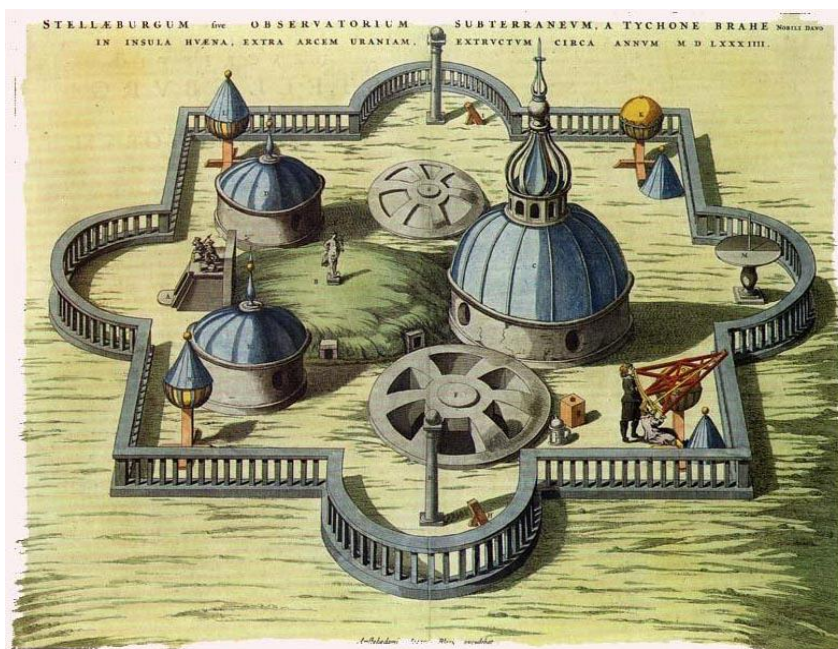
Astronomsko opazovanje s križno palico na observatoriju v Aleksandriji (gl. še C. Flammarion)

Na univerzah je prevladovala sholastična znanost. Poskus, neposredno opazovanje teles in pojavov na zvezdnem nebu ter njihovo sprotno in lastno komentiranje (tolmačenje) je bilo zanemarjeno, nezaželeno ali celo prepovedano. Skoraj do začetka novega veka menda na evropskem Zahodu ni nihče zgradil nobene zvezdarne, celo univerza ne.

Prva evropska zvezdarna je nürnberška zvezdarna. Najbrž jo je pod vplivom Regiomontana zgradil Bernhard Walther (1430–1504), nürnberški trgovec, aristokrat in amaterski astronom. Regiomontan (Johann Müller, 1436–1476), profesor matematike in astronomije na Dunajski univerzi, je 1471 prišel v Nürnberg, kjer sta skupaj z Walterjem zgradila observatorij in tudi skupaj opazovala. Observatorij je bil opremljen z najboljšimi inštrumenti tistega časa. Regiomontan je kritično študiral različne tekste Ptolemajevega Almagesta in po njem sestavil astronomske tabele, prvič imenovane astronomske efemeride, ki so izšle leta 1472 kot prvo tiskano astronomsko delo. Natančnost svojih opazovanj sta poskušala izpopolniti z uporabo mehaničnih ur. A se ni izteklo, ker je Regiomontan na hitro umrl.

Zgodnjo zvezdarno je imel tudi deželni grof Nemškega cesarstva Wilhelm IV von Hessen - Kassel (1532–1592), sodobnik Tycha Braheja. Zgradil jo je leta 1561 v kraju Kassel in od tam opazoval zvezde. Na njej je sprva opazoval sam, potem pa sta se mu pridružila še matematik in astronom Christoph Rothmann iz Bernburga in matematik, urar in izdelovalec astronomskih naprav Jost Bürgi. Drugih podatkov o teh dveh zvezdarnah nisem našel.

Zvezdarna Tycha Braheja na otoku Hveen je delovala dobrih 20 let v drugi polovici 16. stoletja, Hevelijeva zvezdarna v Gdanku pa okoli 40 let v sredini 17. stoletja. Vse te zvezdarne so bile privatne, v glavnem opremljene s kotomernimi inštrumenti, dobro vzdrževane in odlično opisane.



Tycho Brahejev podzemni astronomski observatorij Stjerneborg (zvezdni grad)

Državne zvezdarne so se osnovale pozneje: Danska - Kopenhagen (1656), Francija - Pariz (1667), Anglija – Greenwich (1676). Na njih je bilo že vedno več daljnogledov in vse manj tipičnih kotomernih instrumentov.

To je zelo kratek in približni zgodovinski pregled zvezdarn po svetu do Hevelijevega časa. Takšnih 'zvezdarn', ko kak astronom opazuje v domačem kraju iz privatne (lastne) opazovalnice brez opisa instrumentov na njej, nima smisla navajati, ker sploh niso opredeljene.

II. del

Roger Bacon (1214 Ilchester, Anglija–1294 (verjetno) Oxford)

Poglejmo zdaj samo nekaj najpomembnejših del učenjakov od konca aleksandrijske dobe (leta 642), ko so mohamedanci zavzeli Aleksandrijo in popolnoma razdejali veliko knjižnico, do sredine 15. stoletja, ko je s svojimi deli zaznamoval čas, znanost in umetnost Leonardo da Vinci.

V zgodnjem srednjem veku (7.–9. stoletje) so države Vzhoda prekašale Evropo v ekonomskem, znanstvenem in kulturnem razvoju. Ko je Biruni na primer prevedel Ptolemaja, izmeril obseg Zemlje, razmišljal o heliocentričnem svetovnem sistemu, je v Evropi gospodovalo naivno predstavljanje o Zemlji kot ravni plošči, nad katero se boči kristalna kupola. V 10. stoletju se začenjajo razvijati ekonomske in kulturne povezave med Evropo in Vzhodom. Od druge polovice 11. stoletja dalje so pri tem odigrale veliko vlogo križarske vojne, ki so Evropejcem prinesle nove informacije na gospodarskem, tehničnem, znanstvenem in kulturnem področju Vzhoda. Tudi razvoj obrti, rokodelstva in trgovine v Evropi je močno prispeval k oživljanju gospodarstva, kulture in znanosti. Začnejo »rasti« prve univerze, sprva v Španiji, kjer so že Arabci organizirali univerzo v Kordobi, potem pa v Italiji, Franciji, Angliji itn. Okoli 1200 se ustanovi pariška univerza, 1214 v Oxfordu, 1224 v Neaplju, 1229 v Palermu in Padovi, 1231 v Cambridgu itn. (op.: navajajo različne letnice ustanovitev univerz).

Univerze srednjeveške Evrope so se razlikovale od današnjih. Osnovna oblika sporočanja znanja je bilo branje lekcij oz. branje teksta »ex cathedra« (iz katedra, frontalni pouk – učitelj govori, učenci poslušajo). Knjig, ki so bile večinoma inkunabule samice, je bilo malo in so bile seveda drage. Branje in komentiranje bogoslovnih in znanstvenih del je bilo zato pomembno pri pridobivanju informacij. Predavanja so bila v latinskem jeziku. Do 18. stoletja je bila latinščina sploh mednarodni znanstveni jezik. V njem so pisali na primer Kopernik, Kepler, Newton in drugi, tudi naša Hallerstein in Vega.

Razvoj tehnike je vplival na napredek znanosti. Izdelovanje mehanskih ur, optičnih leč, zrcal, papirja, knjig itn. je odigralo veliko vlogo v razvoju naravoslovja. Prav tako tudi odkritje in praktična uporaba kompasa, ki se je začela davno v Stari Kitajski. V 11. stoletju so Kitajci že poznali magnetno deklinacijo (odklon). Arabski mornarji so pri plovbi uporabljali kompas od začetka 12. stoletja dalje, Evropa pa se je z njim spoznala v 12.–13. stoletju.

Na razvoj znanosti je pozitivno vplivalo tudi oživljanje antične znanstvene dediščine. V 12. stoletju se v Evropi pojavijo latinski prevodi Evklidovih Elementov, Ptolemajevega Almagesta, Arhimedovih del in del drugih grških učenjakov, pa tudi spisov arabskih avtorjev, kot npr. Al-Horezmija, Alhazna in drugih.

Ko je začela pešati znanost na Vzhodu, se je začela oživljati znanost na Zahodu. V zahodni Evropi so se začeli zanimati za arabsko znanost in umetnost. Tako so sredi 12. stoletja iz arabščine v latinščino prevajali dela Aristotla, Evklida, Arhimeda in tudi Al-Batanija, Al-Horezmija, Al-Farabija, Al-Kindija in drugih. Almagest je bil preveden iz grščine v latinščino leta 1160, iz arabščine pa leta 1175. Pri prevajanju je pomembno sodeloval tudi naš rojak Herman Koroški.

V tem času je nastalo tudi nekaj izvirnih astronomskih spisov. Astronom Arzachel (Al-Zarqali; 1028–1087) iz Toleda je bil nekak predhodnik Keplerja, saj je domneval, da se planeti gibljejo okrog Sonca po elipsah. Prezrli so ga, ker je nasprotoval Ptolemaju. Pozneje je Alpetragius (Al-Bitruigi; + 1204) iz Sevilije predlagal, da zapleteni Ptolemajev sistem krogov in epiciklov nadomestijo s sestavom istosrediščnih krožnic. Ko je škotski astronom in matematik Michael Scot (1175–1235) okoli leta 1200 prevedel Alpetragijevo knjigo v latinski jezik, je bila to prva knjiga v Evropi, ki je pobijala Ptolemajev sistem.

Na univerzah je prevladovala sholastična znanost, osnovana na neznanstvenem principu, namreč da je resnica že odkrita v verskih spisih in delih bogoslovnih avtoritet (kamor so prištevali tudi Aristotla), dolžnost učenjakov pa je proučevati in komentirati to resnico. V takšnih pogojih se je znanost s težavo razvijala. Svobodno, samostojno misel so brezobzirno zatirali. Vendar pa so tudi v tem času živeli in delali ljudje, ki so iskali nove poti do znanja.

Takšen je bil angleški menih Roger Bacon. Študiral je na univerzah v Oxfordu in Parizu. Leta 1250 je vstopil med frančiškane in postal eden najpomembnejših znanstvenikov v svojem redu. Zaradi svobodomiselnega mišljenja so ga obsodili kot heretika in zaprli v ječo. Papež Kliment IV ga je osvobodil, odšel je v Francijo, kjer so ga spet preganjali in zaprli. Iz zapora je prišel šele v visoki starosti (leta 1288) in nato kmalu umrl.



Angleški učenjak, teolog, filozof in šolnik, Roger Bacon

Bacon je zastopal misel, da mora znanost temeljiti na strogih dokazih in natančnemu poskusu, ki potrjuje teoretična razmišljanja, ne pa, da komentira mnenje avtoritet. Nastopal je proti Aristotlu. V tem smislu je bil nekakšen predhodnik Galileja. Neutrudno je eksperimentiral. Sam je opravljal kemične, optične in fizikalne poskuse pa tudi astronomska opazovanja. Poznal je delovanje camere obscurae, povečavo konveksnih leč, lastnosti vboklih zrcal (npr. gorišče). Predvidel je tudi možnost izdelave optičnih naprav. Pri pojasnjevanju mavrice je naredil velik korak naprej, ko je pojav primerjal z mavričnimi barvami pri lomu svetlobe v kristalu, rosnih kapljicah, drobnih vodnih kapljicah pri škropljenju.

Nasprotoval je misli, da je krožno gibanje edino naravno gibanje. Govoril je o plovbi okrog Zemlje. Ovrigel je Ptolemajev geocentrični sistem kot neznanstven in ga označil za napačnega. Po njem bi matematika morala biti temelj izobrazbe: »Samo matematika more usposobiti študenta za dojetje znanosti«, znanje pa si moramo pridobivati postopoma in s poskusi in opazovanji, na katere se lahko zanesemo, vse drugo je ugibanje.

Je začetnik empirizma, to je, da verjamemo to, kar iz poskusa dojamemo z razumom. Odkrito je kritiziral metode sholastike in hkrati dajal največji pomen izkustvu in samostojnemu znanstvenem raziskovanju. »Nič ni nevarnejšega od neznanja.« Zahteva, da naj se znanost osvobodi avtoritet, loči od vere in da se ji omogoči večjo možnost razvoja.

Tu se lahko spomnimo delovanja dominikanskega filozofa iz Saške, Alberta Velikega, ki je dosegel stopnjo »doctor universalis« in pozneje celo postal svetnik. Bil je sicer sholastik in teolog, a tudi velik naravoslovec. Naslanjal se je še na komentatorje Aristotlovih spisov, samostojno pa se je bavil z matematiko, fiziko, botaniko, geologijo, astronomijo, Menil je, da je v naravoslovju treba raziskovati na osnovi poskusa.



Albert Veliki (Albertus Magnus, 1206–1280)

Angleški menih, astronom in matematik John de Hollywood, bolj znan kot Sacrobosco, je okoli leta 1230 izdal knjigo o astronomiji z naslovom *Sfera* (De Sphaera). V glavnem je vsebovala prevode in priredbe arabskih piscev, a je bila dalj časa glavna učna knjiga astronomije za študente. Pri obravnavanju astronomskih pojavov se je naslanjala na geocentrično Ptolemajevo sliko vesolja. Splošno gledano je posredovala kar dobre definicije za osnovne glavne kroge in točke na nebesni sferi: ekvator, pol, zodiak, ekliptika, meridijan, obzorje, zenit itn. *Sfera* je doživela čez 60 izdaj. Na holandskih in nemških šolah so jo uporabljali do 16. stoletja.

Od 13. do 15. stoletja je Almagest v dveh glavnih različicah krožil med matematiki. Poenostavljene verzije njegove vsebine so dobro služile široko učečemu občinstvu, posebno na univerzah. Prva verzija je bila Sacroboscova knjiga *Sfera*, druga knjiga pa je bila *Theorica planetarum*, ki jo je okoli leta 1260 napisal Italijan Campanus Novara (1220–1296). V *Teoriji planetov* je opisal gibanje planetov na stari način, saj je podatke vzel iz Almagesta, Toledskih tablic in del Arzachla.

V 14. stoletju se začne borba Cerkve s heretiki. Uvedejo mučenje ob zasliševanju. Obsodijo učenje mnogih in sežigajo njihova dela. Številni se morajo odreči svojim idejam. Vendar prodor znanstvene misli je neustavljiv. Svoj vrh glede astronomije doseže v nesmrtnem Kopernikovem delu *O kroženju nebesnih teles* leta 1543, kar pa pade že v začetek novega veka.

V 15. stoletju je bil pomemben znanilec nove dobe škof Nicole Oresme (ok. 1323–1382), ki se zavzema za moderno znanost in nasprotuje astrologiji, kardinal in veliki humanist Nikolaj Kuzanski (1401–1464), ki se je ukvarjal z matematiko in astronomijo, pa je nekakšen idejni predhodnik Kopernika, saj je učil, da se Zemlja

giblje. Govoril je tudi o relativnosti resnice, češ, da človeški razum nikoli ne more odkriti popolne resnice.

Razvoj tehnike se je nadaljeval. V Evropi se pojavljajo prve mehanske astronomske ure (na zobato kolesje): v Padovi 1344, nato v Strasbourgu, v Pragi itn. Okoli leta 1440 pa se zgodilo eno največji odkritij v zgodovini človeštva. Johann Gutenberg (ok. 1400–1468) je izumil tisk s premičnimi kovinskimi črkami. Knjiga kot nosilka informacij je človeku postajala vse bolj dostopna.

Sacrobosco (ok. 1195 Holywood, Yorkshire, Anglija–1236 Pariz)

Razvoj tiska je pospešil dostop do pisnih astronomskih tekstov. Zelo znan astronomski pisec, ki je okoli leta 1470 natisnil knjigo v Nürnbergu, je bil Regiomontanus (1436–1476). Ena njegovih prvih tiskanih knjig vsebuje zloženko z vrtljivima ploščama iz lepenke za določevanje gibanja Lune. Šele po letu 1530 so na univerzi v Wittenbergu začeli izdajati astronomske knjige manjšega formata, dovolj poceni za študente, da so si lahko kupili svoj izvod.

Temeljni astronomski učbenik srednjega veka je že v 13. stoletju napisal angleški matematik in astronom John iz Holywooda. O njem vemo malo. Šolal se je v Oxfordu. Po študijih je vstopil v red svetega Avgušтина. Pozneje je preživel večino svojega življenja v Parizu, kjer je bil profesor matematike na tamkajšnji univerzi. Tam je bil bolj znan po svojem latiniziranem imenu Johannes de Sacrobosco (Janez Svetogozdniški) ali na kratko Sacrobosco. *Sfera* je bil naslov tega učbenika. To je bila zelo slavna knjiga. Vendar pa je po 17. stoletju ne omenjajo več. Pozabljen je tudi njen pisec.

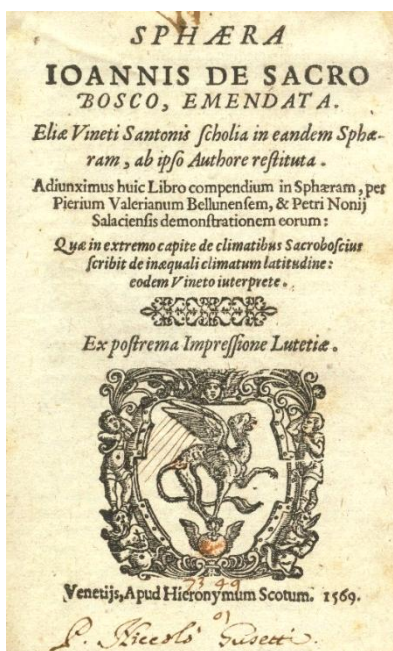
Sfera je bila majhna knjiga, objavljena okoli leta 1230. Osnovana je bila na Ptolemajevem geocentričnem sistemu in njegovih komentarjih arabskih astronomov. Sprejeli so jo kot temeljni in zelo uporaben astronomski knjižni tekst, ki je snov podajal jasno in kratko. Z malo razlage je bil zelo učinkovit. Knjige so bile v tistem času drage. Prepisovali so jih ročno. Kakšna šola je imela le en učbenik. Po njem je učitelj učil izbrano vsebino.



Sacrobosco, nekaj stoletij najbolj bran in študiran pisec astronomskih vsebin.

V srednjem veku je *Sfera* uživala velik ugled. Od sredine 13. stoletja so se iz nje učili na vseh evropskih visokih šolah. Prvič so jo uporabili na pariški univerzi že kmalu po letu 1230. Artistična (filozofska) fakulteta na Dunaju je leta 1309 zahtevala znanje iz *Sfere* za prvo in drugo stopnjo študija, prav tako Oxfordska univerza leta 1409. Do 17. stoletja so jo uporabljali kot osnovni astronomski učbenik, toda po letu 1700 se o njej ne sliši več.

Sfera je bila med prvini tiskanimi astronomskimi knjigami (Ferrara, 1472). Samo od 1500 do 1547 je doživela več kot 40 izdaj. Nekateri pravijo, da je v njej le opis osnovnih idej Ptolemaja in arabskih astronomov, vendar je po vsebini bogatejša. Sacrobosco je nekaj izpustil in nekaj poenostavil, tako da je bilo delo bolj razumljivo in zato privlačnejše. Vsebuje tudi nekaj vrtljivih kart, s katerimi pojasnjuje določene astronomske pojave.

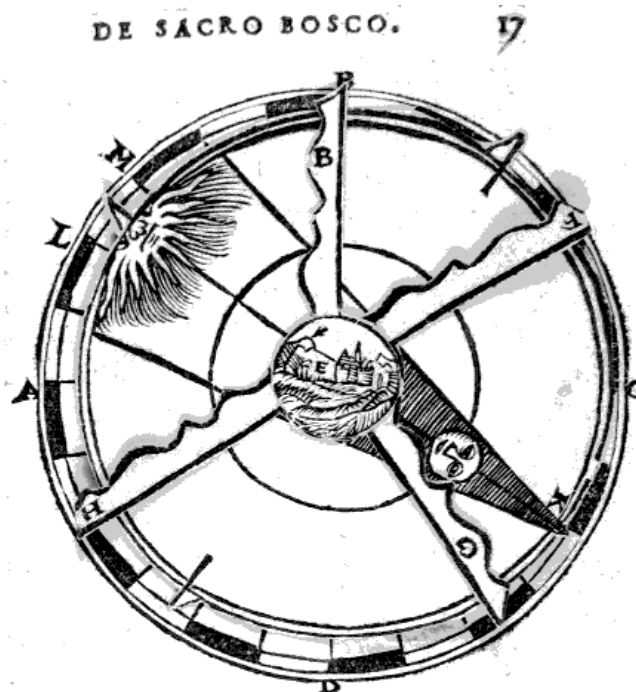


Sfera – naslovnica (1569)

Sfera je obravnavala nebesno kroglo, njeno razdelitev in gibanje. Vrtenje neba je od vzhoda proti zahodu. **Zemlja je okrogla**, leži v središču nebesnega oboka in je nepremična. Knjiga opredeli različne kroge in točke Zemlje in neba, kot so nebesni ekvator, ekliptiko, meridijan, obzorje, točke enakonočja, severni in južni zemeljski pol, zodiak, arktični in antarktični krog. Navedeno je pet podnebnih pasov. Pojasnjuje vzide in zaide zodiaskih znakov (ozvezdij) in trajanje dni za različne Zemljine podnebne pasove od ekvatorja proti poloma. Razlaga gibanje Sonca in planetov ter vzroke za Lunine in Sončeve mrke. Gre za razlago Ptolemejeve planetarne teorije in mrkov. Razlaga pa je bila preskopa, tako da so študentje 16. stoletja, ki so hoteli izpopolniti svoje znanje astronomije, običajno raje posegli po naprednejšem tekstu avstrijskega astronoma Georga Purbacha *Theoricae novae planetarum* (*Nova teorija planetov*). V *Sferi* je z vrtljivimi kartami pojasnjeval, da zvezde ne vzhajajo in ne zahajajo hkrati za vse ljudi na svetu, ampak prej za tiste na vzhodu kot tiste na zahodu.

Poleg rednih izdaj Sacroboscove *Sfere* so v 16. stoletju natisnili še številne komentarje z isto skupino vrtljivih kart. Te so bile priložene tudi v drugih astronomskih delih, kot na primer v Apianovi *Kozmografiji* (1524). Proti koncu 16. stoletja pa so že bili na razpolago drugi učbeniki. Najopaznejši je bil *Kratek pregled astronomije* (1582) Mihaela Maestlina, Keplerjevega učitelja na univerzi v Tübingenu. Keplerjev *Kratek pregled Kopernikove astronomije*, ki je izšel v začetku 17. stoletja, pa ne vsebuje več vrtljivih kart. Najbrž so za založnike postale

predrage ali pa so prišle iz mode. Zdi se, da se niso več uporabljale kot učni pripomoček.



Prikaz Luninega mrka v Sferi

Leonardo da Vinci (1452 vasica blizu mesta Vinci pri Firencah, Italija–1519 Cloux, Francija)

Leonardo da Vinci je imel nemirno življenje. Slikarstva in kiparstva se je učil pri umetniku Andreu Verrocchiju v Firencah. Tam je nato samostojno delal od leta 1472 do leta 1482. Potem je odšel v Milano. Ko so leta 1499 Francozi zavzeli Milano, se je vrnil v Firence, kjer pa ni našel primernih pogojev za ostvaritev svojih zamisli, zato se je leta 1506 vrnil v Milano. Leta 1512 je odšel v Rim in delal nekaj let na papeškem dvoru. Nato je na povabilo francoskega kralja odšel v Francijo, kjer je umrl.

Leonardo da Vinci je bil vsestranski genij. Zapustil je ogromno zapiskov z genialnimi zamislami, projekti, načrti itn. Zapisal jih je zrcalno simetrično – pisal je od desne v levo (bil je levičar), kar je pozneje zelo oteževalo razšifrirati njegove

rokopise. Analizo njegovih fizikalno-matematičnih spisov so opravili konec 18. stoletja na francoski akademiji znanosti v Parizu, ostale zagonetne spise pa so razšifrirali in jih začeli objavljati šele proti koncu 19. stoletja.

Iz spisov je razvidno, da je Leonardo ostro nastopal proti sholastičnemu načinu poučevanja in brezplodnim bogoslovnim razpravam. Njim nasproti je postavljajal znanje, osnovano na poskusu. Zanj je čutna izkušnja edina možnost spoznavanja stvari. Vse vede, ki jih ni ustvarila izkušnja, so prazne, nič vredne. Natančno je podal osnovne metode novega naravoslovja: poskus, opazovanje in njihova matematična analiza.



Leonardo da Vinci, avtoportret okoli leta 1513; bil je arhitekt, izumitelj, kipar, slikar in velik naravoslovec. Posredno se je nekoliko ukvarjal tudi z astronomijo, čeprav ga ne prištevamo k astronomom.

»Modrost je hčer poskusa«, pravi. Leonardo da Vinci je nekakšen predhodnik Galileja, Keplerja, Newtona in drugih utemeljiteljev današnjega naravoslovja. Med prvimi je začel bitko z lažno sholastiko, razglasil nove načine razmišljanja in raziskovanja in to uporabil pri raziskovanju gibanja teles. Ko razmišlja o teži, delovanju bomb, samostreljih, vodnih in zračnih tokovih itn., se v njem porajajo ideje, ki v svojem bistvu vodijo k osnovam mehanike. Mehanika Leonarda da Vincija, Galileja in Newtona je dala zagon artilercem, konstruktorjem orožij, graditeljem rečnih in morskih ladij ter zračnih plovil itn. Vseh področij znanosti in umetnosti, v katere je posegel njegov nemirni in ustvarjalni duh, tu skoro ne moremo zaobjeti.

Ta vsestranski genij se je ukvarjal tudi z optičnimi problemi in s tem posredno z astronomijo. Ohranilo se je nekaj njegovih rokopisov in skic, kjer obravnava zgradbo človeškega očesa in potek svetlobnih žarkov v njem, potek svetlobnih žarkov v raznih lečah, *camera obscura*, izdelavo leč in zrcal.

V rokopisu iz leta 1492 piše, kako z zbiralno lečo, ki ima goriščno razdaljo dosti večjo od bližišča (to je najkrajša oddaljenost predmeta od očesa, s katere z očesom še jasno vidimo predmet; za normalno človeško oko meri 25 cm), dobi velike povečave. Celo narisal je tak «enolečni daljnogled» in razpravljajal o njegovem zornem polju. Verjetno pa je izumil tudi dvolečni daljnogled. Našli so njegovo skico iz leta 1509. Na njej je prikazana opazovalna cev (tubus) z dvema zbiralnima lečama v notranjosti. Torej je skiciral nekakšen keplerjevski ali astronomski tip daljnogleda. Koliko let je bilo to pred Keplerjem?



Leonardova Mona Lisa

Nekateri bi želeli Leonarda da Vincija na vsak način prikazati kot zgodnjega heliocentrika, vendar ni bil. Zemlje ni imel za planet. Verjel je, da Sonce in Luna krožita okrog Zemlje in da Luna odbija Sončevo svetlobo, ker je prekrita z vodo.

Peter Apian (1495 Leisnig, Saška–1552 Ingolstadt, Bavarska)

Saksonec P. Apian je na univerzi v Leipzigu je doštudiral matematiko, astronomijo in kozmografijo.

Kozmografija je bila tedaj obširna znanost, ki je temeljila na matematiki, predvsem v povezavi z določanjem leg vesoljskih teles. Od človeka je zahtevala vrhunsko teoretično in praktično znanje astronomije, geografije, kartografije, navigacije, zemljemerstva, arhitekture, inštrumentalne tehnike itn. V Apianovem času so se vse to učili pri uporabni matematiki in Apiana imamo lahko za vodilnega na področju uporabne matematike v 16. stoletju. Po študiju v Leipzigu se je preselil na Dunaj, kjer je nadaljeval enak široko in vrhunsko zastavljen program uporabne matematike.

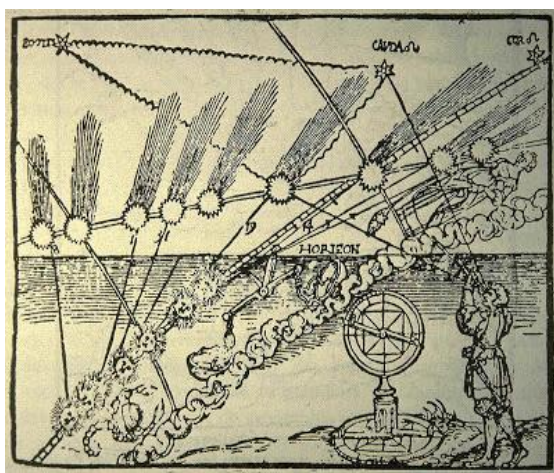
Zgodnje 16. stoletje je bil čas kartiranja Zemlje. Krištof Kolumb je pristal v Ameriki (1492), Vasco da Gama je jadral iz Portugalske okrog Afrike v Indijo (1498), Magellanova odprava se je po vožnji okrog sveta vrnila v Španijo (1522). Približno v tem času je Apian začel objavljati.

Njegovo prvo delo je bil zemljevid sveta *Typus orbis universalis*. Leta 1524 je izdal svojo prvo pomembnejšo knjigo *Kozmografija (Cosmographia seu descriptio totius orbis)*, ki je večinoma temeljila na Ptolemaju. Knjiga je vsebovala uvod v astronomijo, geografijo, kartografijo, navigacijo, vreme in podnebje, obliko Zemlje, projekcije kart in matematične instrumente. Bogato ilustrirana knjiga ni bila samo atlas, ampak je posredovala tudi komentarje in celo nekatere najzgodnejše zemljevide Amerike. Zaradi njegove pronicljive in uspešne publicistične dejavnosti so ga leta 1527 imenovali za profesorja matematike na Univerzi v Ingolstadt. Precej se je ukvarjal tudi z aritmetiko, tako npr. kot prvi v Evropi s Pascalovim trikotnikom.



Peter Apian, matematik, astronom in kartograf, humanist

Apianova knjiga *Instrumentum sinuum sive primi*, ki je izšla leta 1534, pa je bila najpomembnejši doprinos matematiki in njeni uporabni vrednosti. Vsebuje namreč prve tablice sinusov, izračunanih za vsako kotno minuto. Knjiga vključuje vrsto primerov uporabe matematike, sinusne tablice pa so posvečene problemom v astronomiji, navigaciji in arhitekturi.



Navidezna pot Halleyjevega kometa leta 1531, prikazana po Apianovem opazovanju s križno palico.

V tem času je sveto-rimski vladar, cesar Karl V., vladal velikemu delu Evrope, od Španije in Nizozemske vse do Avstrije in Italije. Okoli 1530 naj bi pri Apianu študiral kozmografijo, zelo koristen predmet za vladarja tako ogromnega imperija. Dokazov za to ni. Dokazano pa je, da je imel Apian po tem letu po Karlovi zaslugi posebne privilegije. Zato mu je leta 1540 posvetil svoje naslednje

pomembno delo *Astronomicum Caesareum*. To delo je bilo razkošnejše kot *Kozmografija*. V njem je obravnaval sicer podobno snov kot prej, a na veliko bolj eleganten in prefinjen način. Vsebuje nekaj važnih novih znanstvenih razmišljanj. Tako zagovarja uporabo Sončevih mrkov za določitev zemljepisne dolžine in opiše pet kometov, med njimi posebno Halleyjevega, ki ga je opazoval leta 1531. Apian je prvi opazil, da je kometov rep vedno obrnjen v nasprotno smer, kot je Sonce. To delo je Karla V. zelo razveselilo. Zaradi odlične in tehtne vsebine je Apiana imenoval za dvornega matematika in celo viteza.

Po letu 1540 je Apian postal slaven in bogat. Od Karla V. je dobival dodatne privilegije, med drugim tudi tega, da podeljuje višje znanstvene naslove. Apian je bil pionir astronomskih in matematičnih inštrumentov in zagotovo eden najuspešnejših popularizatorjev astronomije v 16. stoletju.

Tycho Brahe (1546 Knudstrup, Danska, zdaj Švedska–1601 Praga)

Je eden najbolj znamenitih astronomov v zgodovini astronomije. Kot opazovalec zvezdnega neba je bil prežet z natančnostjo, ki je ni presegel noben astronom do današnjega časa, seveda pri opazovanju s prostim očesom. Opazoval je z natančnostjo $\pm 1'$, to je ene kotne minute.

Rodil se je v družini danskega dvorjana. Njegovo vzgojo je prevzel stric. S trinajstimi leti se je vpisal na kopenhagensko univerzo, kjer se je uspešno učil retoriko in filozofijo, prepričan, da si gradi politično kariero. Toda nepričakovan nebesni pojav mu je prekrizal namere.

Leta 1560 je bil delni Sončev mrk in Tycho se je lahko prepričal, da so vse njegove faze nastopile skoraj natančno tako, kot je napovedal koledar. Mladenič je bil tako presenečen nad tem znanstvenim predvidevanjem, da se je odločil, da posveti svoje življenje proučevanju tistih zakonov, ki upravljajo gibanje nebesnih teles. Tako je s študija humanističnih ved presedlal k matematiki in astronomiji.

Ves denar, ki ga je dobival od strica za preživljanje, je porabil za nabavo knjig in kotomernih astronomskih inštrumentov. Sedemnajst let star je začel s samostojnimi astronomskimi opazovanji. Po treh letih se je odpravil na potovanje po Nemčiji. Obiskal je Wittenberg, Basel in druga znanstvena središča. Tu se je spoznal z znanimi astronomi. Nabavil oz. izdelal je ogromen kvadrant s polmerom 6 m in tudi začel z gradnjo velikega nebesnega globusa s premerom 3 m.



Tycho Brahe, nenadkriljivi opazovalec zvezd

Na gostiji v Rostoku se je Tycho Brahe sprl z nekim tipom zaradi dokaza nekega matematičnega izreka. Ognjevitno razpravljanje se je zaključilo z dvobojem, v katerem mu je nasprotnik z mečem odsekal večji del nosu. Od tega časa je bodoči veliki astronom nosil srebrno nosno protezo. Pravijo, da se mu je ta umetni nos pogosto odlepljal in Tycho je moral stalno nositi s sabo škatlico s cementom, da si ga ponovno prilima oz. pritrdi. Verjetno je to Tycha zelo dražilo, čeprav tudi do Rostoka ni bil ravno mirne narave.

Po vrnitvi na Dansko se je nekaj časa ukvarjal z alkimijo in astrologijo. Že se je zdelo, da bo pozabil na astronomijo. Toda spet ga je zmotil nepričakovani nebesni pojav, ki ga je tako preusmeril, da je svoje življenje za vedno posvetil zvezdam. Novembra 1572 je namreč v ozvezdju Kasiopeja izbruhnila nova zvezda, ki je dosegla sij planeta Jupitra in celo Venere. Tycho je izmeril njeno kotno razdaljo od drugih navadnih zvezd. Ugotovil je, da vrtenje Zemlje na lego zagonetne zvezde ne vpliva. Iz tega je zaključil, da je nova dosti dalj od Lune. Nato je napisal spis o Novi 1572 in leta 1574 so ga sprejeli na kopenhagensko univerzo za predavatelja astronomije.

Leta 1576 je danski kralj Friederich II Tychu Braheju podaril otok Hveen blizu švedske obale in dal ogromna sredstva za izgradnjo velikega astronomskega observatorija na tem otoku, za spodbudo pa še veliko penzijo in imetje na

Norveškem. Vesel nad nepričakovano podporo je Tycho kar kmalu začel na otoku obsežno gradnjo. Leta 1584 sta stala tam dva observatorija. Bolj malo sta bila podobna sodobnim observatorijem. Spominjala sta na razkošne gradove. En je dobil ime Uraniborg (Uranijin grad; Uranija - boginja astronomije), drug pa Sternborg (zvezdni grad).

Uraniborg je stal na griču sredi otoka. Z vseh strani ga je obkrožal živopisni vrt. V gradu so bili razmeščeni opazovalni inštrumenti, laboratorij, tipografija, stanovanjski prostori in celo ječa. Znotraj so obiskovalci lahko občudovali gobeline, umetniške slike in kipe velikih mož. V Sternborgu pa so bili inštrumenti pod zemljo, da so bili zaščiteni od nezaželenih zunanjih vplivov (megla, vlaga, veter). Na otoku so bile tudi delavnice, kjer so pod Tychovim vodstvom izgotavljali astronomske kotomerne naprave. Vse so bile kovinske, graduirane, zaradi česar so Tychu omogočile doseči za tisti čas največjo možno natančnost opazovanj. Napaka v določitvi leg zvezd je bila okoli ene kotne minute.

Znanstvena dejavnost Tycha Braheja na otoku Hveen je trajala 21 let. Odkril je nove nepravilnosti v gibanju Lune. Sestavil je nove Sončeve in Lunine tabele, natančnejše od vseh dotedanjih. Opazen je zvezdni katalog, ki ga je sestavljal sedem let. Po številu zvezd je zaostajal za katalogoma Ulugbeka in Hiparha. V njem najdemo popis le 777 zvezd. Zato pa so koordinate teh zvezd izmerjene z neprimerno večjo natančnostjo kot njegovih predhodnikov. V začetku 17. stoletja je J. Bayer uporabil njegov zvezdni katalog za sestavo prvega podrobnega zvezdnega atlasa *Uranometrija* (gl. dalje).



Na znani gravuri iz 16. stoletja je Tycho Brahe prikazan pri opazovanju na 6-metrskem stenskem kvadrantu. Eden od pomočnikov (desno od T.B.) fiksira vizir na loku kvadranta, drugi zapisuje podatke opazovanj, tretji gleda na uro. Merjenje časa je bilo vse do 18. stol. za astronome velik problem. Ur nihalk v Tychovem času še niso poznali, klepsidre pa so bile nenanatančne. Ob Tychovih nogah leži njegov najljubši pes - darilo angleškega kralja Jakoba, ko je obiskal Uraniborg.

Slava Tycha in njegovih observatorijev je privabljala številne učenjake in visoke državne osebnosti na obisk na otok Hveen. Toda Tycho je enako ravnal s kralji kot s kmeti. Vsako suženjsko ponižnost in klečeplazenje je bilo tuje njegovi svobodomiselni naravi. Na žalost ga je ta lastnost povsem pokopala.

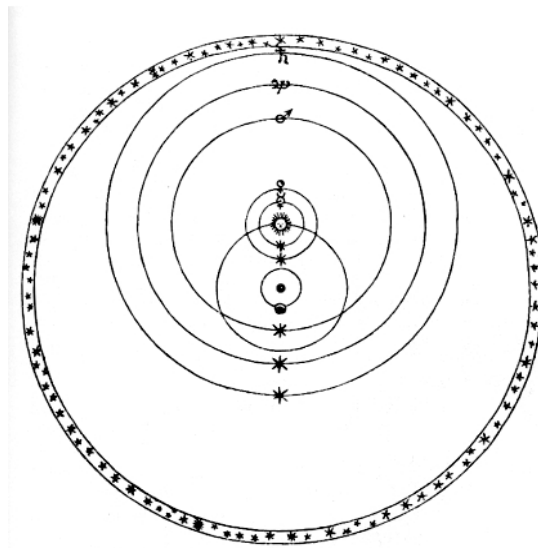
Nekoč je danski kancler Waltendorf na obisku v Uraniborgu premlatil najljubšega Tychovega psa. Veliki astronom tega ni mirno prenesel. Poglavarju danske vlade je v ostrih besedah zabrusil vse, kar si o njem misli. Od tega časa so se začele težave, spletke in preganjanja. Leta 1597 je Tycho moral za vedno zapustiti Dansko. To ga je zelo potrlo in napolnilo z veliko žalostjo.



Znameniti veliki komet iz leta 1577, ki ga je opazoval tudi Tycho Brahe in zanj pravilno ugotovil, da leži dosti dalj, kot je Luna oddaljena od Zemlje.

Nastanil se je v Pragi, kjer si je našel pokrovitelja v voskovodju Rudolfu II. Toda praška zvezdarna, kamor je Tycho prepeljal del svojih inštrumentov, se v nobenem primeru ni mogla primerjati z Uraniborgom. Res pa je, da se je tu pri Tychu Braheju pojavil mlad pomočnik, po imenu Johann Kepler, ki je pozneje postal en od osnovateljev nove astronomije. V Pragi Tycho ni naredil nobenih novih odkritij. Njegov ustvarjalni duh je bil popolnoma zlomljen. Umrli je po mučni bolezni.

Tycho Brahe je bil eden največjih opazovalcev neba v času pred izumom daljnogleda. Dosegel je največ, kar je možno iztisniti pri opazovanju s kotomernimi inštrumenti s prostim očesom. Brez dvoma pa je za znanost najpomembnejše to, da je na osnovi Tychovih opazovanj planeta Marsa Kepler odkril svoje znamenite zakone o gibanju planetov.



Tycho Brahe ni sprejel Kopernikovega heliocentričnega sistema iz “političnih razlogov”. Izdelal je svoj planetni sistem. Po njegovem modelu je Zemlja v središču vesolja. Okrog nje krožita Luna in Sonce z ostalimi planeti od Merkurja do Saturna, ki krožijo okrog Sonca. Okrog vsega je sfera nepremičnih zvezd.

Nekaj let po njegovi smrti so izumili daljnogled in ga uporabili v astronomski praksi. Pred očmi človeštva so se odprle nove in neizčrpne možnosti raziskovanja vesolja.

Vendar pa moramo na koncu le povedati, da vseh opazovanj ni opravil sam. Tycho Brahe je imel številne asistente, med njimi Davida Fabriciusa, ki je odkril spremenljivo zvezdo Miro v ozvezdju Kit, Longomontanusa, ki mu je bil najboljša pomoč, Mariusa, ki je 1609 odkril prve štiri Jupitrove lune, Keplerja itn. Astronomskih veščin pa je naučil kar okoli 40. Brez dvoma je bil izvrsten organizator, saj tako obsežnega opazovalnega dela, o katerem piše zgodovina, sam brez sodelavcev ne bi mogel opraviti v svojem kratkem življenju, če samo pomislimo, da je zelo rad razkošno živel in užival v veseljačenju.

Od obeh Brahejevih zvezdarn je še za življenja Tycha Braheja ostalo kup ruševin, kar so kmetje z otoka Hveen uporabljali za kamnolom. Tycho Brahe je v izgnanstvu kmalu umrl. Prihranjeno mu je bilo, da gleda, kako vse, kar je ustvaril, propada samo zaradi enega samega in edinega odkritja - izuma daljnogleda. In vendar lahko še danes vidimo lepo ohranjene inštrumente, ki so bili izdelani po vzoru Tychovih inštrumentov. Ti stojijo še danes v Pekingu, kot smo že povedali.

Kako je prišlo do tega nasledstva velikega danskega astronoma prav na Kitajskem, je pustolovska zgodba. Mlad jezuitski red je poslal svoje misionarje.

med njimi tudi Slovenca Avgustina Hallersteina iz Mengša, po vsem svetu, vse tja do daljnega Vzhoda. Na Kitajsko so jezuiti prišli v zelo ugodnem političnem trenutku. Takratna dinastija cesarjev (Mandžu) se je krčevito borila proti mandarinom, da bi se zadržala na oblasti. Pri tem so ji pomagali poslanci iz Rima s svojim perfektnim znanjem. Na Kitajskem je zavela duhovna pomlad, ki bi jo lahko primerjali z evropsko renesanso in humanizmom. Jezuiti so raziskali in proučili kitajsko zgodovino in filozofijo, izmerili njihovo zemljo, izdelali izvrsten atlas, blesteli kot zdravniki in organizatorji državne uprave itn. Bili so politični svetovalci. Skoraj bi za krščanstvo pridobili vso Kitajsko. Po naključju so od nekega jezuita dobili mnenje o reformi koledarja. Ker je bil uspešen, so mu zaupali in dopustili, da je takoj preuredil zvezdarno po evropskem vzoru. Opremil oziroma oskrbel jo je z ‘Brahejevimi instrumenti’, ki so jih tam uporabljali okoli 100 let in so iz obzirnosti in spoštovanja do tistega časa ohranjeni vse do danes.

Brahejevi fantje

Ne gre za Brahejeve otroke, ki jih je imel kar nekaj v precej divjem zakonu s hčerko luteranskega pastorja. Gre za njegove najrazličnejše sodelavce, za tiste pridne “fante”, ki so opazovali in garali na njegovi znameniti zvezdarni in mu pomagali, in tudi za tiste, ki so bili v kakršnem koli stiku z Brahejem, tako z razgovori, z obiski, z dopisovanjem ali pa so se pri njem učili astronomije. Govorijo o devetih takih “fantih”, sam sem jih odkril šest in o njih velja nekaj spregovorili.

Prvi fant je *David Fabricius*. Bil je sin kovača. Z dvajsetimi leti je postal evangeličanski pastor, ki se je vse do konca svojega življenja zelo živahno ukvarjal z astronomijo, nekoliko pa tudi z meteorologijo in kartografijo. Opazoval je Sonce, Luno, zvezde, planete (med njimi posebno Mars) in komete ter bil v stiku s pomembnimi učenjaki tistega časa, kot npr. s Tychom Brahejem, Simonom Mariusom in J. Keplerjem. Samo s Keplerjem naj bi v letih od 1601 do 1609 izmenjal okoli 40 pisem, večinoma v zvezi s problematiko opazovanja planeta Marsa. Ko se je Tycho Brahe v letih 1597–1599 zdravil v Wandsbeku, ga je David pogosto obiskoval in se pogovarjal z njim. Zato ga štejejo med tesnejše Brahejeve sodelavce, čeprav ni delal na zvezdarni na Hvenu.

D. Fabriciusu lahko pripišemo vsaj dve astronomski odkritji, tj. odkritje zvezde Mire, prve znane dolgoperiodične spremenljivke, in peg na Soncu. V začetku avgusta 1596 je namreč kot prvi opazoval povečanje sija zvezde Omikrom Kita, pozneje imenovane Mira - Čudovita oz. Čudna. Ta zvezda spremenljivka

spreminja svoj sij s periodo 331 dni, v maksimumu sija doseže 3. magnitudo in je dobro vidna s prostim očesom, v minimumu pa doseže sij 9. magnitude in je torej prostemu očesu povsem nevidna. Sprva je menil, da opazuje kako novo, ko pa jo je videl na istem mestu zvezdnega neba ponovno močno sijati leta 1609, je postalo povsem jasno, da je odkril nov tip vesoljskih objektov. Decembra leta 1610 je s svojim sinom Johannesom kot prvi opazoval tudi Sončeve pege. S sinom sta torej odkrila prve pege na Soncu, pozneje pa po njihovem premikanju po Sončevem disku ugotovila tudi vrtilni čas Sonca.

Drugi dobri Brahejev fant je *Simon Marius*, ki je bil sprva glasbenik. Leta 1601 ga najdemo v Pragi, kjer se pri Braheju in Keplerju intenzivno uči astronomije – inštrumente in opazovalno tehniko. V Pragi se je srečal tudi s D. Fabriciusom. Po Tychovi smrti je na univerzi v Padovi študiral medicino, a je ni dokončal. Leta 1605 se je vrnil v Ansbach in, čeprav brez diplome, zasedel pomenljivo mesto matematika, fizika in astronoma na dvoru grofa Brandenburškega. Ta zares zavidljivo prijeten položaj je obdržal do konca svojega življenja.



David Fabricius (David Faber; 1564 Esen, Vzhodna Frizija–1617 Osteel).

Z astronomijo se je začel ukvarjati leta 1594. Njegova prva resnejša astronomska dejavnost vključuje opazovanje kometa v letu 1596 in Keplerjeve supernove leta 1604. Leta 1608 se je precej naučil o sestavljanju daljnogledov in jih začel spretno uporabljati. Tako je, podobno kot Galileo Galilei, med prvimi začel z daljnogledom opazovati zvezdno nebo. Neodvisno od drugih je decembra leta 1609 odkril štiri največje Jupitrove satelite in jim dal imena, ki so se ohranila do danes

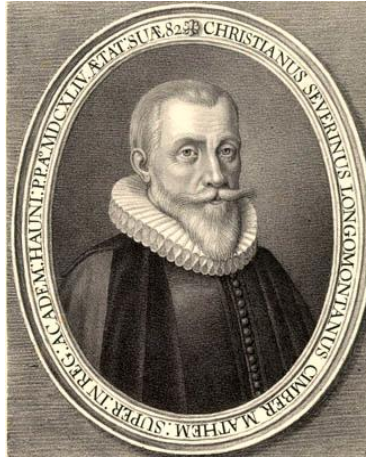
(Jo, Evropa, Ganimed, Kalisto; razpravam, zakaj je znanost odkritje satelitov pripisala Galileiju, se tu izognemo). Prvi je ugotovil in opozoril, da te lune spreminjajo sij.



Simon Marius (Mayr oz. Mayer; 1573 Gunzenhausen, Bavarska–1624 Ansbach)

Mariusu pripada tudi prvi znani opis Andromedine galaksije M 31, tedaj obravnavane še kot meglice. Opazoval jo je z modernim teleskopom decembra 1612 in jo opisoval kot »plamenček, ki ga je gledal skozi rog«. Seveda ni vedel, da jo je že prej, v 10. stoletju, s prostim očesom opazoval srednjeveški perzijski astronom Al Sufi in podal njen opis.

Marius je bil goreč, bojevit luteranec. Dopisoval si je tudi z luterancema D. Fabriciusom in Mihaelom Maestlinom, Keplerjevim učiteljem, ter do skrajnosti branil »luteranski« Tycho Brahejev svetovni sistem, tako na svetopisemski kakor tudi na astronomsko-fizikalni osnovi.



Christian Longomontanus (Christen Sorensen Langberg oz. Lomberg oz. Longberg oz. Severin; 1562 Longberg, Jutland–1647 Kopenhagen)

Tretji Tycho ne samo dobri, ampak kar najboljši fant je bil *Christian Longomontanus*. Bil je dejansko najboljši Brahejev pomočnik, predvsem kot garaški opazovalec. Longomontanus je latinizirana oblika imena vasi Longberg, kjer se je rodil. Leta 1588 je odšel z ugledom sposobnega učenca na študij v Kopenhagen. Že naslednje leto ga je sprejel Tycho Brahe za svojega asistenta na astronomskem observatoriju Uraniborg. Tu je ostal osem let in Braheju opravljal neprecenljive usluge. Ko je zapustil otok Hven in njegovega slavnega gospodarja, je dobil v Kopenhagnu dovoljenje, da lahko študira na nemških univerzah. V začetku leta 1600 se je ponovno pridružil tedaj že prebeglemu Tychu Braheju v Pragi, obdelal njegovo lunarno teorijo, potem pa se je za vedno poslovil od svojega učitelja. Nato je obiskal Frauenburg, kjer je svoj čas opazoval Kopernik, diplomiral v Rostocku in bil leta 1605 izvoljen za profesorja pedagogike na Univerzi v Kopenhagnu. Svoj stolček na matematični katedri si je zagotovil leta 1607, pozneje pa je zasedel še astronomskega. Ta položaj je obdržal do svoje smrti.

Longomontanus ni bil napreden mislec. Kar preveč je slepo soglašal z nekaterimi zmotnimi mnenji Tycha Braheja. Tako je npr. verjel, da so kometi nosilci zla. Postavil pa je temeljni kamen za mestni observatorij v Kopenhagnu, vendar njegove končne dozidave ni dočakal. Napisal je zelo dober učbenik *Astronomia Danica* (1522), iz katerega se je menda učil Olaf Roemer.

Četiri dobri Tychovi fanti na observatoriju na otoku Hveen je bil *Adriaan Metius* (1571–1635), nizozemski matematik in astronom, geometer, kartograf, navigator, vojaški inženir in še kaj zraven.



Adriaan Metius (Adriaanszoon, 1571 Alkmaar, Nizozemska–1635 Franeker, Nizozemska).

A. Metius je v rojstnem kraju obiskoval latinsko šolo, filozofijo pa je začel študirati leta 1589 na novi univerzi v Franeker. Študije je zaključil na univerzi v Leidnu, in sicer pri Ludolphu van Ceulenu in Snelliusu. Pri Tychu je delal le kratek čas, in sicer v letih 1594/95. Nato je učil matematiko in astronomijo v Rostocku in Jeni. Leta 1598 je bil na univerzi Franeker imenovan za izrednega profesorja, kot redni pa je služil kruh od leta 1600 do svoje smrti leta 1635.

Zaradi zanimivosti omenimo še njegovega brata Jacoba (umrl med 1624 in 1631), ki se je ukvarjal z optiko oziroma z izdelovanjem optičnih inštrumentov. Oktobra leta 1608 je patentiral »napravo za gledanje oddaljenih stvari od blizu«, sestavljeno iz konveksne in konkavne leče v cevi (tubusu) s tri do štirikratno povečavo, kar ustreza opisu nekakšnega teleskopa. Uporabo svojega patenta je prijavil le nekaj tednov za Hansom Lippersheyjem.

Peti (res da bolj rezervni in izven konkurence) dobri Brahejev fant naj bi bil **Johann Bayer** (1572–1625). Vsekakor se je ta gospod moral sestati in pogovarjati s Tychom, saj je uporabil podatke o legah zvezd iz njegovega zvezdnega kataloga in, po Tychovi smrti, te podatke uporabil pri izdelavi svojega znamenitega atlasa zvezdnega neba – *Uranometriji* (leta 1603), o kateri pišemo v naslednjem poglavju.

Šesti Brahejev fant pa je bil **Johann Kepler**. Po prebegu v Prago je Tycho Brahe želel nadaljevati svoja opazovanja. Od številnih pomočnikov za astronomska preračunavanja se je priglasil J. Kepler, zadnji asistent, ki je ostal pri Braheju. Skupno delo dveh velikih učenjakov, od katerih je eden trdno zagovarjal Kopernikov nauk, drugi pa ga je povsem zavračal, ni trajalo dolgo. Tycho Brahe je kmalu (leta 1601) umrl. Ves bogat opazovalni material je prešel v Keplerjevo last,

med njimi posebno pomembna in dolgoletna opazovanja Marsa z otoka Hven. Po proučevanju tega opazovalnega materiala je pozneje Kepler odkril, da se Mars giblje okrog Sonca po obodu elipse in ne po krožnici, kakor so dotlej vsesplošno menili. Potem je še pokazal, da se okrog Sonca tako gibljejo tudi vsi planeti Osončja. V nadaljnjih natančnih raziskavah je Kepler ugotovil tri znamenite zakone o gibanju vesoljskih teles v Sončevem sistemu.

Kot zanimivost naj povemo tole. Na oni strani velike luže je pred leti kroži knjiga v stilu Da Vincijske šifre, kjer se pripoveduje, da naj bi Kepler zastrupil Tycha Braheja, da bi prišel do potrebnih podatkov, po katerih je potem ugotovil svoje znamenite zakone. Ni torej važno, kaj je res, glavno je, da se knjiga dobro prodaja, da si avtor z denarjem mane roke, pa čeprav na račun pastorke astronomije in zlaganih dejstev.

Omenili smo šest pridnih Brahejevih fantov, ki so vsi postali pomembni astronomi. Seveda radovednim še vedno kaj ostane. Menda se je pri Braheju učil astronomije tudi flamski kartograf in geograf Gerard Mercator (1512–1594). Poskusite na spletu ali kakor koli poiskati še kakega Brahejevega »fanta«, ne prijatelja, ker prijatelja menda sploh ni imel.

Johann(es) Bayer (1572 Rain na Lechu, Bavarska– 1625 Augsburg, Bavarska).

Zvezde so že zgodaj zbrali v skupine, imenovane ozvezdja. Večina danes ohranjenih in še veljavnih imen ozvezdij je babilonskega, egipčanskega ali grškega izvora. Najdemo jih npr. v Homerjevih pesnitvah in v Aratovem delu *Faenomena – Nebesni pojavi* (okoli 270 pr. n. š.), ki pa je spet v verzih podano istoimensko prozno delo Evdoksa iz Knida (410–356 pr.n.š.). Določena ozvezdja so dobila ime po zemeljskih rečeh, tako npr. ozvezdje Tehtnice, Lire, Krone. Zaradi ponavljajočih se letnih dogodkov, povezanih z naravnimi pojavi, je nastalo 12 ozvezdij živalskega kroga. Pogosto so na nebu prikazovali postave bogov in polbogov - junakov in tudi osebe in živali iz raznih mitov, kot npr. Perzej, Herkul, Orion, Lev, Rak, Vodna kača.

Poleg imen ozvezdij so se do današnjih dni ohranila tudi številna imena zvezd (približno 300). Preprosto označevanje zvezd v ozvezdijih pa je predlagal bavarski pravnik Johann Bayer v svojem zvezdnem atlasu *Uranometrija*

(dobesedno: Nebesno merjenje), ki je izšel 1603 v Augsburgu. To je bil v astronomski praksi prvi zares uporaben atlas zvezdnega neba z 51 zvezdnimi kartami. Za označevanje svetlejših zvezd v ozvezdijih je Bayer uporabil male črke grškega alfabeta in latinska imena ozvezdja.



Pravnik in ljubiteljski astronom, Johann(es) Bayer

Na zvezdni karti, kjer je bila narisana podoba ozvezdja, je označil zvezde s črkami grške abecede. Zaporedje črk v abecedi je ustrezalo jakosti sija zvezde v izbranem ozvezdju. Po jakosti sija najsvetlejšo, glavno ali vodilno zvezdo v ozvezdju, je označil s črko α (alfa) in ob njej pripisal drugi sklon latinskega imena ozvezdja (npr. α Ursae Majoris – α Velikega medveda), manj svetlo z β (beta) (npr. β Ursae Majoris – β Velikega medveda), še manj svetlo z γ (gama), nato z δ (delta) itn. To je bil kratek, a zelo uporaben, učinkovit in vsebinsko dober način označevanja zvezd. Astronomi so ga takoj privzeli in ga uporabljajo še danes. Tako je Bayer v svoji *Uranometriji* glede označevanja zvezd prvi naredil red.

Opomba: Na slikah posameznih ozvezdij so bile zvezde označene po vrstnem redu glede jakosti sija z α , β , γ , δ , ϵ , ζ , ... Kjer je zmanjkalo črk grškega alfabeta, je zvezde označil s črkami latinske abecede a, b, c, d, e, Pogosto tudi to ni zadostovalo. Zato so kasneje zvezde še oštevilčili. Vendar pa oštevilčenje ni enotno. Lego zvezde lahko zanesljivo določimo in jo tako tudi najdemo na nebu šele, če povemo natančni vrednosti njenih nebesnih koordinat, tj. rektascenzijo in deklinacijo.

V *Uranometriji* so narisane lege vseh 777 zvezd iz Tycho Brahejevega zvezdnega kataloga (1602) in še okoli 500 dodatnih s prostim očesom vidnih zvezd

iz drugih (prejšnjih) zvezdnih katalogov. Glede svoje natančnosti in namena je bil to prvi moderen in popolni zvezdni atlas. Kot že rečeno vsebuje 51 zvezdnih kart, od tega eno za vsakega od 48 starih ozvezdij, ki jih je opisal že Ptolemaj, dve planisferi in eno zvezdno karto južnega neba, ki je bilo Ptolemaju neznan. To je bil torej prvi zvezdni atlas, ki je pokrilo vso nebesno kroglo.

Zvezdna karta južnega neba vsebuje 12 novih južnih ozvezdij (Apus, Chameleon, Dorado, Grus, Hydrus, Indus, Musca (Bayer jo je imenoval Apis), Pavo, Phoenix, Triangulum Australe, Tucana, Volens), ki so jih pred kratkim, tj. v letih 1595 do 1597 opazovali in mapirali v svojih katalogih nizozemski navigatorji (P. Keyser in De Houtmann). Bayer je bil tako prvi, ki je v svojem zvezdnem atlasu predstavil zvezde novih ozvezdij.

Zvezdni atlas *Uranometrija*, ki natančno navaja lege in sije za več kot 1200 zvezd in z lepimi ilustracijami ozvezdij vse tja do južnega nebesnega pola, je imel velik pomen za astronomijo. Obravnaval je celotno nebo (vsi zvezdni atlas do tedaj so obravnavali le severno nebesno polkroglo in del južne), zapolnil je nekaj nebesnih praznin, sprejel številna ozvezdja, ki so jih uvedli v svoje knjige že drugi (npr. Nizozemci) in vpeljal ducat novih ozvezdij. Vseboval je natančne podatke o svetlejših zvezdah, kar je bila od slej najboljša osnova zvezdnih podatkov, skratka bil je prvi najbolj zanesljiv zvezdni atlas v zgodovini astronomije.



Ozvezdje Orion, prikazano v Bayerjevi *Uranometriji*.

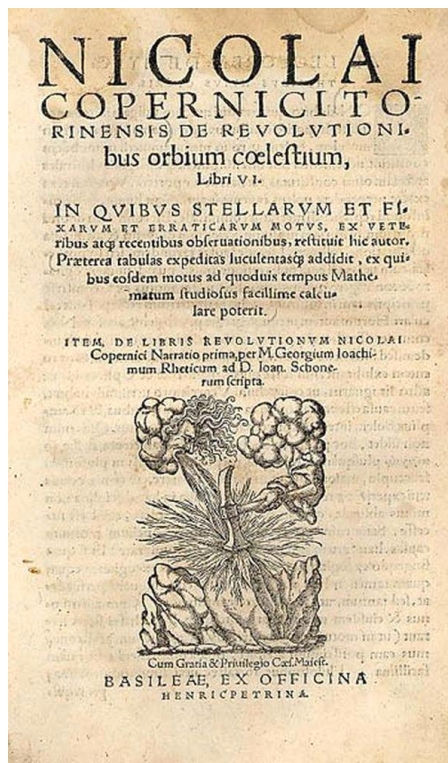
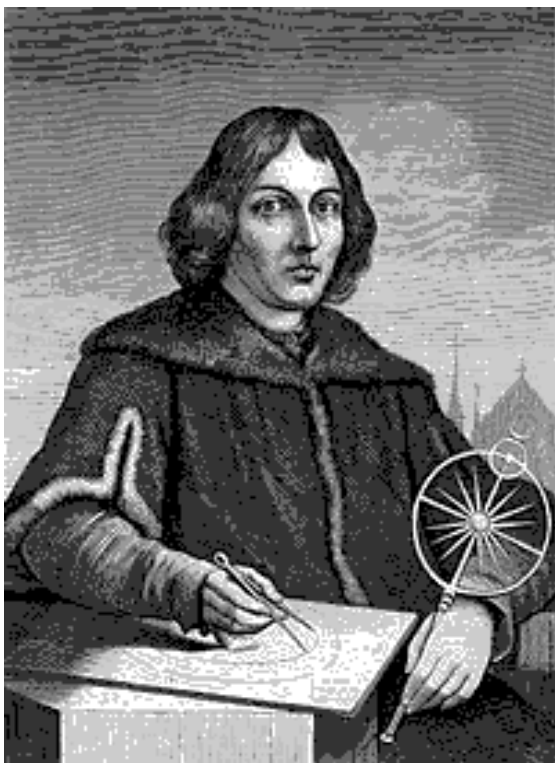
J. Bayer je najprej študiral filozofijo na univerzi v Ingolstadt, pozneje se je preselil v Augsburg, kjer je doštudiral pravo. Nato je delal kot pravnik. Kmalu se je rodilo veliko zanimanje za astronomijo in Bayer je postal njen velik ljubitelj. Tako

deluje kot pravnik in kot amater astronom. Leta 1603 je objavil *Uranometrijo* kot popularno delo, vendar kot prvo astronomsko delo, ki je upoštevalo Tycho Brahejeve natančne meritve leg in sijev zvezd in je bilo tako dosti boljše od prejšnjega pomanjkljivega Ptolemejevega seznama zvezd in drugih atlasov.

Leta 1612 je bil Bayer imenovan za pravnega svetovalca v mestni svet Augsburga z letno plačo 500 guldnov, za *Uranometrijo* pa je prejel 150 guldnov honorarja (3/10 letne plače). Ali je to veliko denarja ali malo za monumentalno delo v svetovnem merilu? Ne vem. Koliko evrov je to, ne vem.

Leto 1543

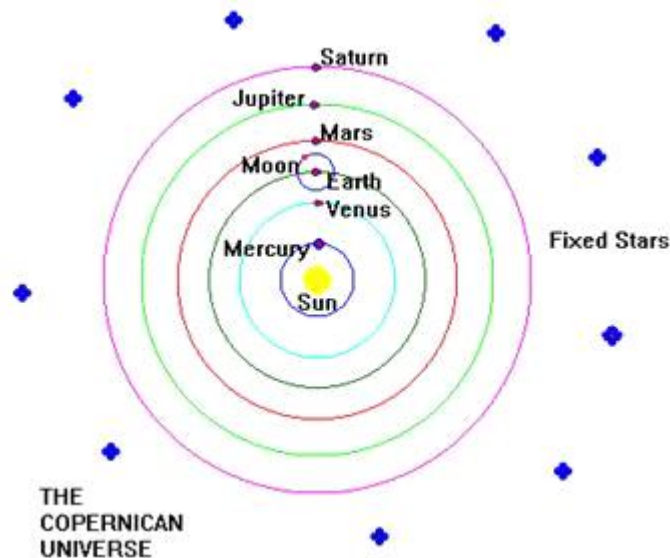
Morda je to najpomembnejše leto v zgodovini znanstvene misli. Tega leta je zagledala luč sveta morda najpomembnejša knjiga knjig v zgodovini človeštva. To je bila revolucionarna knjiga *De revolutionibus orbium coelestium* (*O kroženju nebesnih sfer*), nesmrtno delo velikega poljskega astronoma Nikolaja Kopernika. V popolnosti je spremenila človekov pogled na naravo, vesolje. Odločno in korenito je preusmerila človekovo pozornost od tedaj arhajičnega geocentričnega ali tudi egocentričnega k modernemu heliocentričnemu pogledu na zgradbo vesolja. V njej je namreč Kopernik kot prvi v zgodovini znanosti razvil kozmično teorijo - svoj heliocentrični sistem, po katerem planeti, med njimi tudi naša Zemlja, krožijo okrog Sonca, ki leži v središču njihovih krožnih poti.



Veliki ali največji, Nikolaj Kopernik (1473 Torunj–1543 Frombork) – reformator astronomije in naslovnica njegove revolucionarne knjige

O Koperniku, o njegovi nesmrtni knjigi in njegovemu slovitem in večnem heliocentričnem sistemu je bilo toliko napisanega, da tega tu ne bomo ponavljali. Zapisali bomo samo to:

Šele naslednje stoletje so se zaviralci napredka zavedli, kako močan in globok spodbuden raziskovalni naboj je prinesla v znanost ta knjiga, saj je odprla vrsto novih pomembnih problemov, ki jih je bilo treba razrešiti. To je znanost pozneje tudi uspešno naredila. Velika težava za znanstveno potrditev in utrditev Kopernikovega nauka pa je bila v tem, da je njegova ideja nekako prehitro, skoraj v trenutku vdrla v takratni nemirni in za take spremembe še nekoliko nepripravljen reformistični evropski čas in prostor, predvsem pa, da je bila strašansko revolucionarna. Boj za uveljavitev kopernikanskega sistema je bil dolg in se je vlekel dolga desetletja (v cerkvenih krogih kar stoletja), bil pa je celo krvav.



Kopernikov heliocentrični sistem (1543)

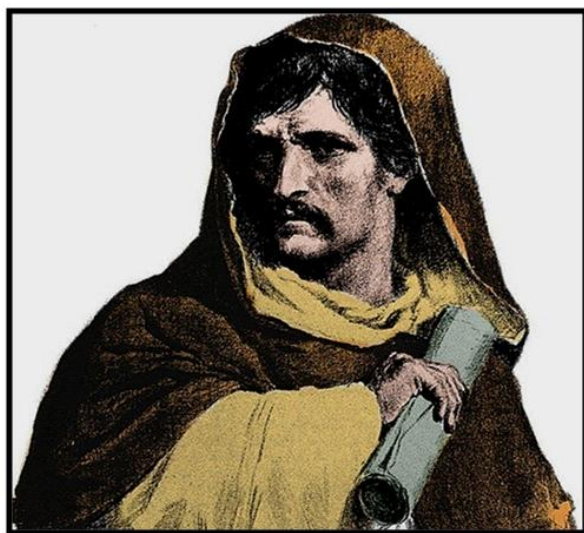
Giordano Bruno (1548 Nola pri Neaplju–1600 Rim)

V središču vsega dogajanja v zvezi s heliocentričnim svetovnim sistemom se je za vedno v zgodovino zapisalo ime mučenika znanosti, Giordana Bruna. Ta znameniti človek, pisatelj, pesnik, znanstvenik, talentiran govornik, živahen razpravljalec, strasten predavatelj, univerzitetni profesor in končno izjemni filozof, je bil tudi eden izmed velikanov duha, ki ga je rodil ta viharni čas.

Rodil se je pet let po izidu nesmrtnne Kopernikove knjige v majhnem italijanskem mestu Nola blizu Neaplja. Krščen je bil za Filipa. Elementarno izobrazbo je dobil v Neaplju v šolskem zavodu, ki ga je vodil njegov stric. S 16-timi leti je postal menih z imenom Giordano, pod katerim je tudi prišel v zgodovino.

Mladi menih se je vneto predajal znanstvenim in literarnim študijem. Poglobljal se je v grško znanost in filozofijo, dela arabskih učenjakov, študiral spise sholastikov in seveda tudi razprave o vesolju in prostoru kardinala Nikolaja Kuzanskega. Kmalu je napisal satirično komedijo *Svetilnik* in satirični dialog *Noetova barka* (v obliki dialoga so napisani vsi pomembnejši Brunovi spisi). Ti deli nikakor nista izpričevali globoke duhovne meniške naravnosti mladega Bruna.

S 24-timi leti je Bruno že duhovnik. V tem času se seznanja s spisi humanistov in Kopernikovo knjigo, ki odločilno vpliva na ves njegov poznejši odnos do sveta, narave, vesolja. Napreden in svobodomiseln način razmišljanja pa je bil trn v peti za krajevne vodilne člane dominikanskega meniškega reda, v katerega je vstopil. Osvadili so ga. Bruno je moral odpotovati v Vatikan, da se osebno obrani obtožb. V Rimu pa je zvedel, da so po njegovem odhodu iz samostana brskali po njegovih stvareh in v njegovih spisih našli še nadaljnje zelo obremenilne dokaze, da ga razkrinkajo in zaprejo. Bruno si je reševal glavo. Ni mu preostalo drugega, kot da zbeži.



Veliki filozof, svobodomislec in borec za Kopernikov heliocentrični sistem, Giordano Bruno; vse njegovo življenje je bilo en sam velik boj za znanstveno resnico, boj proti nasilju vere in cerkve, boj proti praznoverju in mračnjaštvu. Na žalost, njegovih genialnih domnev tedaj ni bilo mogoče potrditi z opazovanji, saj še ni bilo daljnogledov. Vendar pa je znanost njegova predvidevanja pozneje potrdila. Tako so odkrili planete Uran, Neptun in dokazali, da je Sonce zvezda v naši Galaksiji, ki je spet ena od nešteti galaksij v vesolju. Da se Sonce vrtilo, so odkrili kmalu po njegovi smrti, vrtenje zvezd pa pozneje. Zdaj na primer z vesoljskim teleskopom Hubble že odkrivajo planetom podobna telesa daleč v globini vesolja itn.

Tako se začne dolgo obdobje klatenja po svetu. Bruno najprej zbeži v Genovo. Kmalu se preseli v Benetke, nato v Milano, Torino in na koncu zapusti Italijo, odide v Ženevo. Tam zaradi prevročega razpravljanja doživi zapor in nato izpustitev. Po dolgem potovanju pride v Toulouse, kjer postane profesor tamkajšnje

univerze. Predava dve leti. V predavanjih ostro kritizira Aristotlovo znanost, kar povzroči veliko nezadovoljstvo profesorjev tamkajšnje univerze. Bruno mora zapustiti Tououluse in gre v Pariz.

V Parizu si pridobi slavo znanstvenika z ogromnim znanjem in izredno pametjo. Sam kralj pokaže zanimanje zanj. Bruna naproša, naj ga vpelje v skrivnosti "velike umetnosti" Lullovega stroja. To je bil nekakšen (logičen) stroj, ki ga je izumil v 13. stoletju sholastični filozof in alkimist Ramon Lull. Stroj je bil sestavljen iz nekaj okrog istega središča krožečih krogov, na katerih so bile nanešene črke, ki so označevale posamezne logične pojme. Zaradi gibanja krogov z različnimi hitrostmi je prišlo do različnih kombinacij (zvez) pojmov. Bruno se je navdušil za Lullovo idejo, kar so imeli tedaj za neresno stvar. Danes pa bi lahko rekli, da je bila nekaka predhodnica današnjih računalnikov. Bruno napiše več razprav o tej mojstrski napravi. Eno od njih posveti kralju Henriku III in ta ga v zahvalo potrdi za izrednega profesorja na pariški univerzi.

Učenjakovega klatenja po svetu pa ni bilo konca. Iz Pariza gre v Oxford, od tam v London, nato ponovno v Pariz, od tod pa v Nemčijo. Ko prepotuje skoraj vso Nemčijo in nekaj Češke, se za kratek čas ustavi še v Zurichu. Tam (1591) dobi povabilo beneškega patricija Moceniga, naj obiše Benetke. Bruno res pride v Benetke, zanj mesto nesrečnega imena, saj ne ve, da je prišel naravnost v naročje svojemu mučeniškemu koncu.

Leta romanja po svetu so bila zanj čas nabite, živahne dejavnosti. Predava, piše knjige, sodeluje v razpravah z znamenitimi predstavniki sholastične znanosti v Oxfordu, Parizu in drugih univerzah. Vzporedno s tem pa razvija svoj veličasten nauk o množstvu svetov. Vseskozi navdušeno proslavlja Kopernika, ga kuje v nebo in (ob hudi kritiki zastarelega Ptolemajevega -geocentričnega sistema) jasno in glasno javno izjavlja, da je neogibno treba iti dalje v razvijanju nove teorije.

Leta 1584 napiše dialog *O neskončnosti, vesolju in svetovih*, v katerem pojasnjuje svoje poglede o neskončnem "vsemirju", sestavljenem iz množice svetov, podobnih našemu Osončju. Visoko oceni Kopernika, saj meni, da stoji v znanosti mnogo više od Ptolemaja, Hiparha in vseh drugih starih astronomov.

Kopernik pomeni za Bruna zarjo, ki naznanja svetel vzid, prihod prave antične filozofije in z njo novo dobo za znanost. Iz Brunovih spisov-dialogov je razvidno, da je njegova filozofija povezana z mišljenjem Demokrita in Epikurja, jo pa razvija še dalje kot protiutež aristotlovski koncepciji o končnem vesolju, o nasprotju zemeljskega in nebesnega in obstoju absolutno mirujočega središča v vesolju. Da ni mirovanja, da je v naravi večno gibanje, Bruno izpove v verzih:

*Mirovanja ni, vse se giblje, kroži,
tako na nebu in pod njim se vse spreminja,
v vsaki snovi je svoje gibanje,
naj bo blizu ali daleč, težka ali lahka.*

Bistvo Brunove kozmične teorije izpove v strnjeni obliki ena izmed oseb v njegovem delu-dialogu *O neskončnosti, vesolju in svetovih* takole: “Znamenita splošno privzeta delitev elementov in vesoljskih teles so sanje, najbolj prazna domišljija, ki je ne potrjuje niti narava niti razum. Dovolj je vedeti, da obstaja neskončno območje in zvezno prostranstvo, v katerem so nešteta telesa, podobna našemu, od katerih se niti eno ne nahaja v večji meri v središču vesolja kot drugo, kajti vesolje je neskončno in zato nima niti središča niti robu. Obstajajo pa nekatera določena središča, kot so Sonce in drugi ognji, okrog katerih krožijo planeti, zemlje, vode, podobno temu, kakor okrog tega našega sonca kroži teh šest planetov.

Brunovo razmišljanje o enotnosti snovi v vesolju je podiralo Aristotlov nauk o sestavi vesoljskih teles, po katerem so zvezde grajene iz finejše in lahne nebesne snovi (eter, kvintasenca – peti element poleg zemlje, vode, zraka in ognja), Zemlja pa iz težke, povsem običajne preproste snovi. Odločno je prekinil s staro razliko med nebesnim – vzvišenim in zemeljskim – običajnim.

Tako je za spremembo ozkemu in reakcionarnemu srednjeveškemu gledanju na svet prišel nov veličasten pogled na svet, pred katerim se je zdel cerkveni nauk o zemlji in nebu ničelni in vreden vsega pomilovanja. Težko si predstavljamo reakcijo in ves bes, ki je zagrabil cerkvene kroge pri branju smelih Brunovih Dialogov.

In tako se je Bruno, doktor filozofskih znanosti, naivno vrnil v Italijo in prišel v Benetke. Mocenigo je Bruna pravzaprav povabil zato, ker je bral neke njegove spise in je mislil, da obvlada skrivnosti alkimijskih veščin. Povabil ga je torej zato, da bi v zameno za nudeno mu streho nad glavo in oskrbo kaj zvedel o alkimiji. Toda Bruno se ni ukvarjal z alkimijo, kar je plemiča razočaralo. Ukvarjal pa se je z veliko bolj resnimi, revolucionarno globokimi miselnimi stvarmi. Plemič se je prestrašil svobodoljubnih in širokim množicam nevarnih misli.

Bruno je hitro odkril svojo napako, se poskušal izmazati iz nastalega položaja in se vrniti v Nemčijo. Toda bil je prepozen. Mocenigo ga je že ovadil inkviziciji. Pridržal ga je še do tistega usodnega dne, 13. maja 1592, ko je inkvizicija Bruna aretirala in ga nato zaprla.

Več kot sedem let je Bruno trohnel v ječah, najprej v benečanskih, nato pa v rimskih temnicah, izpostavljen stalnemu mučenju in trpinčenju. 17. februarja 1600 je bil kot heretik, katerega mišljenje se je razhajalo z uradnim cerkvenim naukom, v Rimu na Campo del Fiori sežgan na grmadi. Zdaj na tem mestu stoji njegov spomenik.

Bruno je nekje zapisal, da se je junaško boril in do zadnjega mislil, da je zmaga dosegljiva. Vse v njem se je borilo, da ne bi odpovedal. Toda zaradi storjene sile je odpovedalo telo, prizadet je bil duh in zla usoda je pokopala njegove upe. Potomcem je dal vedeti, da ga v boju za resnico ni bilo strah smrti. Z močjo nezlomljivega značaja ji je gledal naravnost v oči z mislijo na jutrišnji, svobodnejši in pravičnejši dan, da si pridobi priznanje prihodnosti. In Bruno ga je v največji meri do danes tudi dobil.

Učenjak je tragično preminil. Toda grmada ni mogla uničiti njegovih nesmrtnih idej.

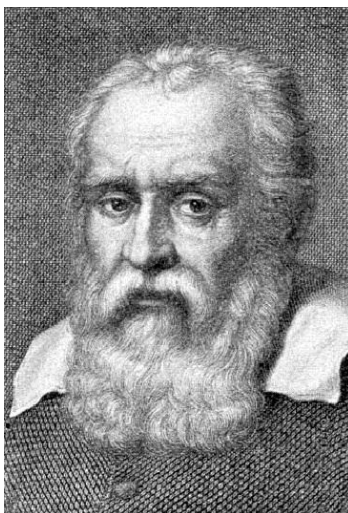
Galileo Galilei (1564 Pisa, Italija–1642 Arcetri pri Firencah)

*“... Uspel sem se prepričati,
da predstavlja Luna telo,
podobno Zemlji. ...”*
Galileo Galilei, 1610

Težko je reči, kdo je prvi izumil teleskop ali daljnogled. Znano je, da so že davno uporabljali povečevalno steklo ali lupo. Poznana je celo legenda, ki pripoveduje, da naj bi Julij Cezar ob napadu na Veliko Britanijo z obale Galije z daljnogledsko cevjo, nekakšnim daljnogledom opazoval v oblake zavito britansko zemljo. Roger Bacon je v enem od svojih traktatov trdil, da je izumil takšno kombinacijo leč, s pomočjo katere se mu opazovani oddaljeni predmeti zdijo bliže. Tudi Leonardo da Vinci navaja nekaj podobnega, vendar samo za opazovanje starejšega človeka skozi eno lečo (lupa in oko petdesetletnika).

Nesporno je, da so v začetku 17. stoletja na Nizozemskem skoraj hkrati izumili daljnogled trije optiki Lippershey, Metius in Jansen. Pripovedujejo, da naj bi se otroci enega od optikov igrali z lečami in dve izmed njih slučajno postavili tako, da so oddaljeni cerkveni zvon videli blizu. Naj bi bilo kakorkoli, ob koncu leta 1608 so prve daljnoglede zares izgotovili in glas o novih optičnih inštrumentih se je hitro kot blisk razširil po Evropi.

V Padovi je v tem času deloval popularni Galileo Galilei, profesor matematike in astronomije na mestni univerzi, zgovorni razpravljalec in velik pristaš Kopernikovega nauka. Ko je slišal o novem optičnem inštrumentu, se je odločil, da ga izdelava tudi sam. O tem takole piše v svojem dnevniku: “... *Pred desetimi meseci sem slišal, da je neki Flamec zgradil perspektivnik (napravo za gledanje v daljavo), s pomočjo katerega opazovani predmeti, razprostranjeni daleč od očesa, postanejo jasno razločni, kot da bi bili blizu. To je bil tudi vzrok, zaradi katerega sem se odločil proučevati temelje in sredstva za izgotovitev podobnega inštrumenta. Kmalu nato, opirajoč se na nauk o lomu svetlobe, sem spoznal bistvo zadeve in v začetku sem izdelal svinčeno cev, na koncih katere sem postavil dve optični stekli, obe ravni (ploskvi) z ene strani, z druge strani pa eno steklo izbočeno - sferno, drugo pa vbočeno*”.

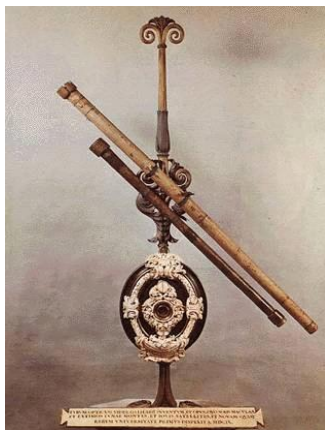


Veliki, slavni in enkratni, Galileo Galilei

Ta teleskopski prvenec je imel le okoli 3-kratno povečavo. Pozneje je Galilei sestavil izpopolnejši daljnogled z okoli 30-kratno povečavo in takrat je nastopil trenutek, ko je pogledal tudi na zvezdnato nebo. Za zgodovino znanosti tako 7. januar 1610 ostaja za vedno nepozabni dan. Zvečer tega dne je namreč Galilei prvič uperil svoj daljnogled proti zvezdam. Videl je to, kar prej ni bilo mogoče videti.

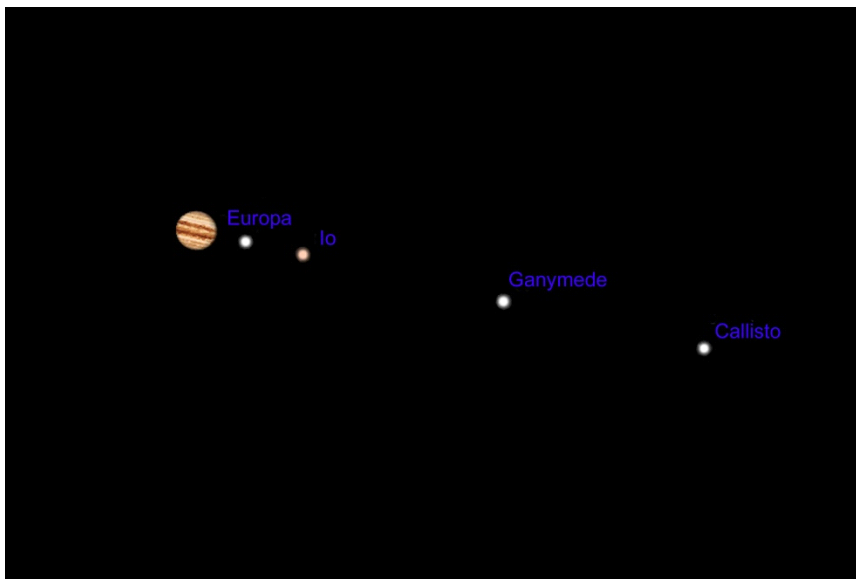
Videl je, da je Luna posuta z gorami in dolinami. Po reliefu se mu je zdela podobna Zemlji. Planet Jupiter se je pred Galilejevimi očmi prikazoval kot majčkena okrogla ploskvica (krožec), okrog katerega krožijo štiri ‘nenavadne zvezdice’ - njegove lune. Ta slika ga je v malem spominjala na Sončev sistem po Kopernikovi razlagi. Venera se mu je zdela podoben majhni Luni. Spreminjala je svoje mene, kar je neposredno pričalo o njenem kroženju okrog Sonca. Na Soncu je Galilei videl temne pege, s čimer je spodbijal tedaj še vedno splošno privzeto

Aristotlovo trditev iz antičnih časov, da je nebo popolno in čisto. Opazil je, da so se pege premaknile glede na Sončev rob. Iz tega je pravilno sklepal, da se Sonce vrti. Pri opazovanju Sonca si je nezaščiten uničil vid, tako da je bil na koncu svojega življenja skoraj slep.



Daljnogled, ki ga je izdelal Galilei.

V temnih jasnih nočeh pa je bila v zornem polju Galileijevega teleskopa vidna množica zvezd, ki je prej ni bilo mogoče videti s prostim očesom. Nekatere megličaste pege na nočnem nebu so se v daljnogledu pokazale kot skupine šibko svetlečih zvezd. Kot velikanska množica nakopičenih in brez posebnega reda razporejenih zvezdic se mu je v daljnogledu pokazala tudi Rimska cesta - tista belkasta, šibko svetleča proga, ki opaše vse nebo.

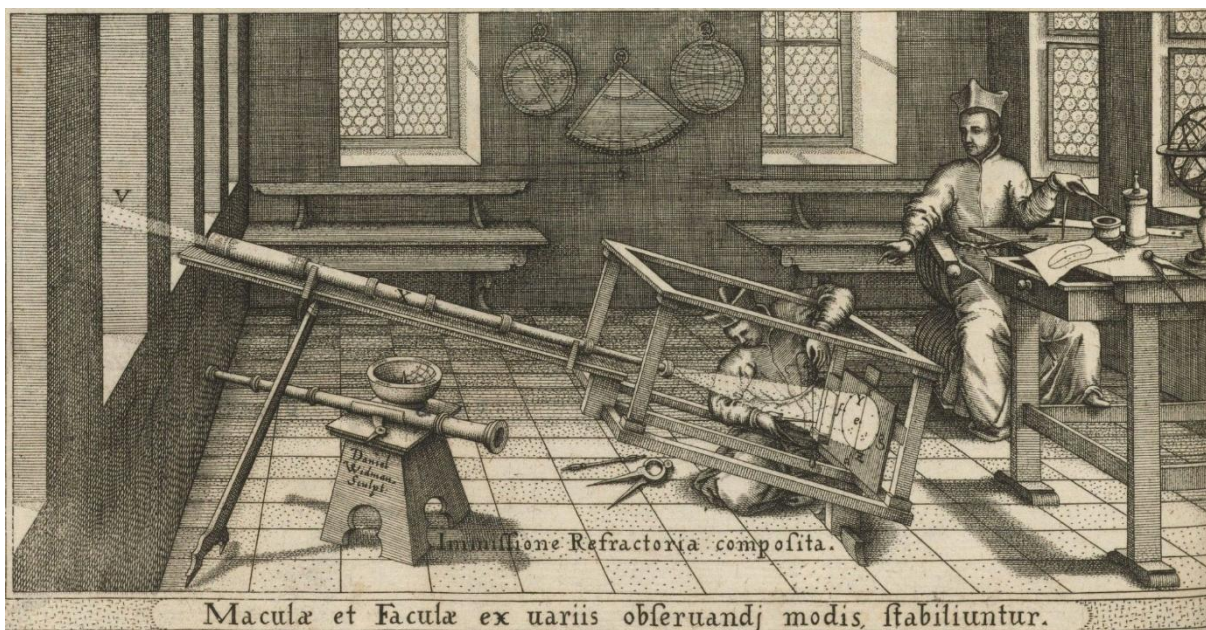


Jupitrovi sateliti, imenovani tudi Galileijeve lune

Zaradi slabe optike teleskopa Galilei ni mogel razločiti Saturnovega kolobarja. Namesto kolobarja je videl na obeh straneh Saturna nekaka dva čudna dodatka (izrastka). V svoj dnevnik opazovanj je napisal v obliki precej zamotanega anagrama, da je ‘najvišji planet’ (to je Saturn) opazoval kot trojnega (Altissimum planetam tergeminum observavi).

Galilejeva “nebesna” odkritja so bila začetek teleskopske astronomije. Seveda so bili njegovi daljnogledi še zelo skromni in nepopolni. Še v času Galilejevega življenja so se pojavili teleskopi nekoliko drugačnega tipa. Izumitelj novega instrumenta je bil Johann Kepler (1571–1630). Leta 1611 je v svoji knjigi *Dioptrika* opisal teleskop, sestavljen iz dveh bikonveksnih leč. Sam Kepler kot tipični astronom-teoretik, ki je skrajno malo opazoval, menda z daljnogledom ni nikoli pogledal zvezd, se je omejil le s shematičnim opisom poteka svetlobnih žarkov v novem teleskopu.

Prvi tak teleskop, ki so ga začeli imenovati refraktor, je že po dveh letih izdelal in ga takoj uporabil v astronomski praksi jezuit Christoph Scheiner (1575–1650) s Švabskega, pomembni in stalni Galilejev nasprotnik glede narave Sončevih peg. Scheiner je opazoval iz Ingolstadta. Opravi je okoli 2000 opazovanj Sonca. Leta 1611 je odkril Sončeve pege in bakle. Ogromno je opazoval tudi Luno. Po njegovi smrti so celo izdali njegovo Lunino karto.



Scheinerjevo opazovanje Sonca na zaslonu daljnogleda

Glavna pomanjkljivost Galileijevega teleskopa je bilo majhno zorno polje. Zato je bilo s takim teleskopom zelo težko najti nebesno telo in ga opazovati. Zaradi te pomanjkljivosti Galileijevega teleskopa po smrti njegovega izumitelja niso dosti uporabljali v astronomski praksi. Spomin nanj pa so današnja operna kukala. V 30 letih je keplerjevski tip daljnogleda povsem izpodrinil galilejevskega.

Takšen je bil skromen začetek pozneje bujno razvijajočega se tekmovanja v izgradnji najrazličnejših teleskopov. Po Galilejevih opazovanjih in odkritjih je gradnja in uporaba teleskopov pridobila masovni značaj. Skoraj istočasno (1616) so predlagali sheme zrcalnih teleskopov - reflektorjev. Toda šele I. Newtonu je leta 1668 uspelo izdelati reflektor, primeren za opazovanja. Premer sfernega zrcala tega teleskopa je bil le 2,5 cm, njegova goriščna razdalja pa 16,5 cm.

Giulio Cesare Vanini (Taurisano, provinca Lecce 1585–1619 Toulouse)

G. C. Vanini je bil nezakonski sin krajevnega uradnika in španske plemkinje. Imel je urejen dom. Stopil je v meniški red, da bi si pridobil popolno univerzitetno izobrazbo.

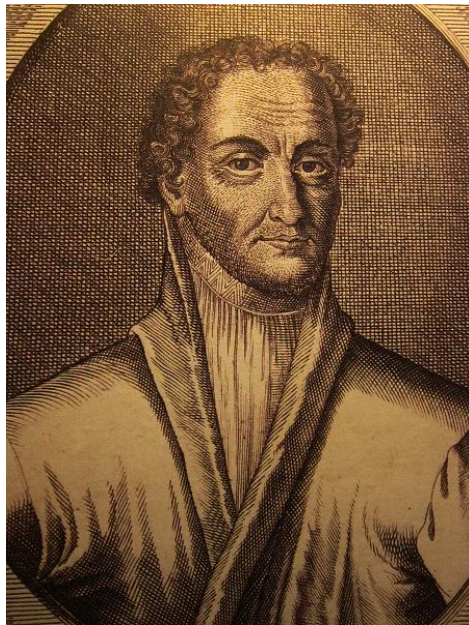
Univerzo v Neaplju je zaključil leta 1603 in tam leta 1606 dosegel doktorat iz kanonskega in civilnega prava. Nato je od 1608 do 1612 nadaljeval študije na teološki fakulteti v Padovi, a ni znano, če je dosegel kakšno stopnjo izobrazbe.

Vanini je bil menih - karmeličan od leta 1603. Leta 1612 je na skrivaj zbežal v Anglijo, kjer se je odpovedal katolicizmu. Potem, ko tam ni bil zadovoljen, je prosil papeža, da ga sprejmejo nazaj, a ne kot navadnega meniha, pač pa kot duhovnika. Prošnji so ugodili, vendar ko je canterburyjski škof to zvedel, so ga zaprli. Uspel je pobegniti najprej v Genovo, potem pa v Francijo, kjer je v letih 1615-16 izdal dve prevratniški knjigi: *Teater večne božje-čarovniške previdnosti* (Lyon, 1615) in *O čudovitih skrivnostih narave – kraljice in boginje minljivosti* (Pariz, 1616). Francosko plemstvo ju je dobro sprejelo, ker je občudovalo kulturne in znanstvene novosti iz Italije, ne pa katoliška oblast, ki je napadla Vaninijevo delo in ga prepovedala.

Zaradi obeh knjig, posebno zadnje, je bil obtožen ateizma in heterodoksnosti, torej krivoverstva, in obsojen. Pregarjala ga je inkvizicija. Zbežal je iz Pariza. Skrival se je pod tujim imenom po raznih samostanih. Mimogrede je tudi poučeval filozofijo. Končno so ga izsledili v Toulousu in ga kaznovali. Kot krivoverca

oziroma brezbožca so ga kruto usmrtili. Potem ko so mu krvniki odrezali jezik, so živega sežgali na grmadi, starega komaj 34 let.

Vaninija prištevajo k filozofom-materialistom in kopernikancem. Že pred prebegom v Pariz se je spogledoval z radikalnimi idejami, ki jih je izrazil v knjigah. V delu (1616) je zatrjeval, da je svet edinstven in večni, da se v vesolju vse nahaja v stalnem gibanju in se pokorava mogočnim zakonom, človekova duša pa da je podobna živalskim in je umrljiva. Bil je med prvimi, ki so naravo obravnavali kot stroj, ki ga ureja naravni zakon.



Giulio Cesare Vanini (1585–7. ali 9.2.1619), italijanski filozof, označen kot krivoverec, ki si je z objavo svojih knjig, posebno z delom *O čudovitih skrivnostih* (1616), nakopal inkvizicijo in prezgodnjo smrt.

Vanini je bil karizmatična osebnost, morda malo manj izobražen, nekoliko manj prodoren in slaven kot njegov vzornik, Bruno, vendar še vedno dovolj znan po svojih radikalnih in svodomiselnih izjavah, ki jih je trosil z velikim zanosom, čarom in tudi brezobzirnostjo. Kamor je prišel, je znal okolico očarati, si je našel zaveznike in podporo, toda roki inkvizicije ni mogel ulti.

Vaninijevo življenje v marsičem spominja na življenje njegovega sodobnika Giordana Bruna (umrl 1600). Oba sta prišla z juga Italije in bila meniha. Vanini je bil duhovnik kot Bruno, bavil se je z okultno filozofijo in bil proti peripatetiki kot Bruno, ni imel pravega doma in ga je preganjala inkvizicija kot Bruna, bežal je iz Pariza v Toulouse (kjer je Bruno dosegel doktorat), prav tako kot Bruno se je

veliko let potikal po evropskih mestih, kjer je poučeval in nastopal s predavanji, v katerih je propagiral Kopernikov heliocentrični nauk in še navdušeno branil Brunove zamisli o vesolju. V boju s sholastiko in religijo ter z razširjanjem ateističnih in panteističnih pogledov na svet je na koncu podobno kot Bruno celo končal svoje življenje.

Vaninija večinoma obravnavajo kot filozofa. Tu se ga spominjamo in omenjamo predvsem kot velikega pristaša Kopernikovega nauka in zagovornika Brunovih idej.

Johannes Kepler (1571 Weil der Stadt, Württemberg–1630 Regensburg)

Galilei in Kepler sta si dolga leta dopisovala. Zanimivo je, da Galilei Keplerju ni nič sporočil o svojih odkritjih. Galilei tudi ni priznaval prvega Keplerjevega zakona, da se planeti gibljejo po elipsah okrog Sonca, da se enkrat gibljejo hitreje, ko so Soncu bližje, drugič počasneje, ko so dlje od njega.



Johannes Kepler – odkril je, da se planeti gibljejo po elipsah okrog Sonca, ki leži v enem od gorišč elipse. Ko je iskal obliko tira Marsa okoli Sonca, je izbiral med različnimi ovali. Na koncu se je izkazalo, da je najprikladnejša oblika tira elipsa s Soncem v gorišču.

Mlajši Kepler je bil Galileiju eden najbližjih takratnih učenjakov po duhu razmišljanja. Predvsem je bilo pomembno, da je Kepler takoj, brez zadržka sprejel

Kopernikov heliocentrični sistem. Leta 1597 Galilei takole piše Keplerju: "... jaz jih doslej nisem upal objaviti (namreč argumente v prid heliocentričnemu sistemu) iz bojazni, da ne doživim podobne usode, kot je doletela našega Bruna, ki si sicer zasluži nesmrtno slavo ... Jaz bi že nastopil s svojimi razmišljanji, če bi bilo več takšnih ljudi, kot ste Vi; ker pa ni tako, si ne upam dotakniti navedene teme".

Kepler približno takole odgovarja: "Ne omahuj, Galilei, kar začni. Jaz se že ne motim in med vidnimi evropskimi matematiki jih je veliko takih, ki si želijo opredeliti za naju". Knjigo o tem bi bilo bolje natisniti v Nemčiji kakor v Italiji. V oddaljeni Pragi se je problem videl seveda v drugačni luči kot v inkvizicijski Italiji, kjer je že nekaj let v temnici ždel filozof Giordano Bruno.

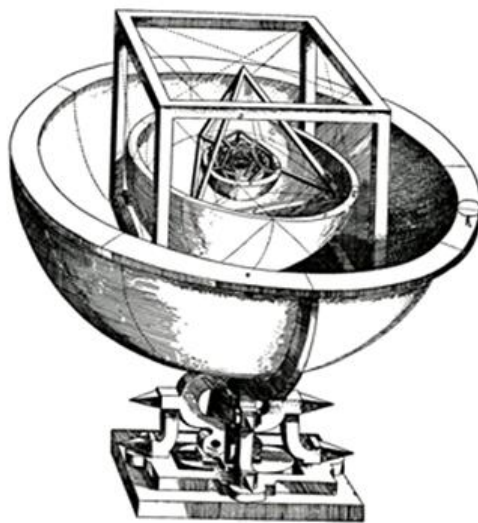
Znanstvena pot, po kateri se je k svojemu odkritju dokopal Kepler, je zelo poučna. Kepler je bil v določeni meri fantast. Poskušal je spoznati oz. odkriti najveličastnejše skrivnosti vesolja. Prepričan je bil, da je največja vesoljska tajna, ki se mu skriva pred nosom, naslednja: Je šest planetov. Zato obstaja pet pravih poliedrov. Nad tem "odkritjem" je bil vzhičen. Kepler je razporedil šest sfer, ki jih je izmenoma razmestil med različne poliedre tako, da je v vsako sfero eden včrtan, drug pa očrtan. Sferam je pripisal skladno zaporedne planete. V razporeditvi poliedrov naj bi se skrivala posebna skrivnost (kocka ustreza Saturnu, tetraeder Jupitru itn.). Polmere sfer Kepler povezuje s tedaj znanimi relativnimi obsegi tirov gibanja planetov in na nek skrivnostni način dobi razmeroma majhno razhajanje med njimi, razen pri Merkurju (podrobnosti sem izpustil; gl. splet). Ta razmišljanja je objavil v knjigi *Skrivnosti vesolja (Mysterium cosmographicum, Tübingen, 1596)*. Številnim je bilo to všeč. Galilei ni ugovarjal. Astronomski feniks Tycho Brahe pa je Keplerja menda na podlagi tega njegovega dela celo povabil, da sodeluje z njim.

S tem povabilom je povezana druga plat Keplerjevega življenja, namreč znanstvenega, ki prav nič ni podobna prejšnjemu, do neke mere misterioznemu. Zdaj je do najmanjše potankosti in v garaškem matematičnem stilu obdelal vsa množična opazovanja Tycha Braheja, ki so bila opravljena z neverjetno natančnostjo brez daljnogleda, torej s prostim očesom. Danes ocenjujejo natančnost teh opazovanj celo na okoli 30" in ne na okoli 1', kakor običajno navajamo za natančnost Tychovih opazovanj. Kepler je moral pregledati ogromno množico opazovanj navideznih tirov planetov, kot je to zabeležil Tycho Brahe oz. njegovi številni sodelavci - pomočniki. Zdi se, da je s temi opazovanji Tycho Brahe poskušal oceniti pravilnost oz. potrditev svojega kompromisnega svetovnega sistema, po katerem se Sonce giblje okrog Zemlje, ostali planeti pa okrog Sonca.

Kepler je torej opravil številne račune, vendar pa ne v okviru Tycho Brahejevega sistema, ampak Kopernikovega heliocentričnega sistema.

Podobno kot svoj čas Ptolemaj je tudi Kopernik za tire planetov izbral krožnice. Zato so se v Kopernikovem svetovnem sistemu ohranili epicikli. Kepler je želel poenostaviti sistem. Na veliko začudenje se tir Zemlje skoraj ne razlikuje od krožnice, le Sonce je nekoliko pomaknjeno iz njenega središča. Vse to je že sicer vedel Kopernik, toda Kepler je velikost odmika izračunal precej natančneje. Pozorno je tudi proučil neenakomernost gibanja Zemlje po njenem tiru. Dolgo je iskal zakonitost v tem gibanju, dokler ni ugotovil zakona o ploščinski hitrosti, ki je postal pozneje znan kot drugi Keplerjev zakon (zveznica Sonce-planet opiše v enakih časih enake ploščine, iz česar sledi, da se planet giblje najhitreje, ko je najbližje Soncu, v priončju, in najpočasneje, ko je najdlje, v odsončju).

In potem je Kepler po velikanskem računskem garanju iz opazovanj navideznega tira (leg) planeta izračunal dejanski tir Marsa. Obliko tira je primerjal z različnimi zaključenimi krivuljami. Kepler zdaj deluje zelo strogo, skrajno trezno, predvsem pa povsem zaupa rezultatom opazovanj Tycha in njegovih pomočnikov in rezultatu svojih raziskovanj – elipsam planetov. Galilei je opominjal Keplerja in mu pisal, da ga je vedno cenil, ga imel za svobodnega in ostrega uma, toda v načinu razmišljanja se pač malo razlikujeta, kar se kaže tudi v njunih delih. Glede gibanja nebesnih teles sta se sicer večkrat zblížala, v nekaterih pogledih celo skladala, čeprav sta se razlikovala v številnih pogledih glede splošne ocene posameznega pojava. Tako je npr. Galilej menil, da je v vesolju samo enakomerno krožno gibanje. Ni zaupal niti v eliptične tire niti v neenakomerno gibanje planetov na njihovih tirih. V tem pogledu je bil Kepler naprednejši.



Mysterium cosmographicum

Kepler je bil tudi prvi, ki je obravnaval medsebojno privlačnost vesoljskih teles in jo povezoval z gibanjem. Izrekel je celo domnevo, da ta privlačnost pojema z razdaljo (da je obratno sorazmerna z razdaljo, kar je napačno; dejansko pojema s kvadratom razdalje). Plimovanje na Zemlji je pojasnjeval z Lunino privlačnostjo. Vse to je bilo nesprejemljivo za Galileija, ki je imel odklonilno mnenje glede delovanja sile na daljavo. To se je posebno nanašalo na plimo in oseko, ki ju je Galilei imel (napačno) za zelo pomemben dokaz gibanja Zemlje.

Pierre Gassendi (1592 Champtercier blizu Digne, Provansa–1655 Pariz)

P. Gassendi je bil francoski teolog, filozof-materijalist, astronom, matematik in mehanik. Izobrazbo si je pridobil v Dignu in že v starosti 16 let postal učitelj retorike. Nato je študiral teologijo in postal duhovnik, pravzaprav dr. teologije. Leta 1612 je stopil na čelo katedre filozofije v Aixu, leta 1645 pa nastopil službo profesorja matematike na Collège Royal v Parizu.

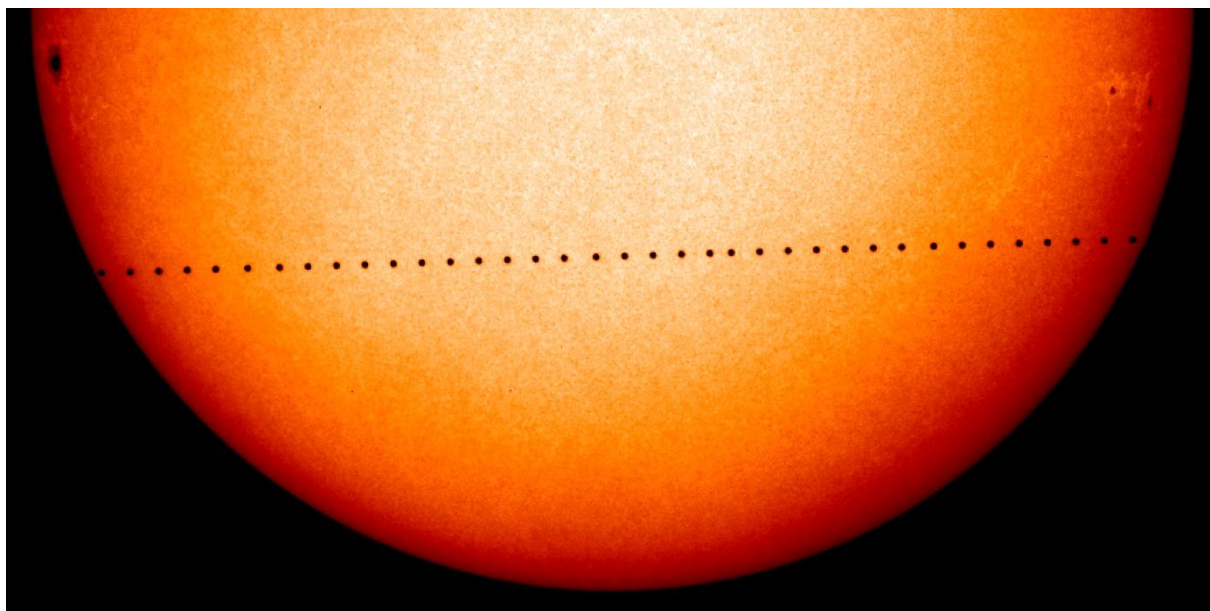


Pierre Gassendi

Gassendi je bil naravoslovec najširšega profila, nekaj časa je deloval tudi literarno. Dolgo vrsto let je bil na seznamu, da je kot prvi in edini opazoval prvi, za leto 1631, napovedani Merkurjev prehod čez Sonce. Zdaj sta se mu pridružila najmanj še dva. Decembra istega leta je čakal tudi na Venerin prehod. Toda za ta dogodek se je obrisal pod nosom. Zgodil se je namreč takrat, ko je bila v Parizu noč.

Gassendi zavzema častno mesto v zgodovini znanosti, posebno še fizike in astronomije. Tudi on se je zavzemal, kakor pred njim svoj čas Robert Bacon, za eksperimentalni pristop in matematično obravnavo raziskovanj v znanosti, kar se je pozneje začelo vse bolj uveljavljati in končno tudi utrdilo.

V astronomiji je znan kot opazovalec (eksperimentator) in pisec zgodovine astronomije. Pogosto navajajo, a ni čisto res, da je 7.11.1631 prvi opazoval Merkurjev navidezni prehod čez Sončev disk (njegov traktat *Mercurius in Sole Visus et Venus invisus*, Pariz 1632), kar je napovedal J. Kepler, a dogodka ni dočakal, ker je eno leto prej umrl. Leta 1647 je izdal knjigo, v kateri je obravnaval tri v tistem času znane »svetovne sisteme«, in sicer Ptolemajevoga, Kopernikovega in Tycho Brahejevega. Ovrigel je Aristotlov in Ptolemajev nauk in bil privrženec heliocentričnega Kopernikovega sistema. Napisal je življenjepise Tycha Braheja, N. Kopernika, G. Purbacha in J. Müllerja-Regiomontana ter traktat o zgodovini koledarja. Dopisoval se je z Galijejem, Cassinijem, Keplerjem, Hevelijem, Scheinerjem, Descartesom in celo s kraljico Kristino Švedsko.



Merkurjev navidezni prehod čez Sonce dne 9.5.2016

Napisal je tudi imenitno knjigo o Epikurju in bil sam velik zagovornik Epikurjevega atomističnega materijalizma. Menil je, da svet sestoji iz praznine – vakuumu in atomov, ki obstajajo v objektivnih času in prostoru in stremijo k nenehnemu gibanju, bili pa naj bi božanskega oz. božjega izvora.

V astronomiji ga res neprestano omenjajo kot prvega opazovalca Merkurjevega prehoda čez Sonce. Odkrili pa so, da sta ga razen njega opazovala najmanj še dva, in sicer Jean-Baptist Cysat in Johannes Remus Quietanus iz Rouffacha, Alzacija (pojavlja pa se še en anonimni jezuit iz Ingolstadta).

Poleg Galilejevih opazovanj Venerinih men je opazovanje Merkurjevega prehoda zagotovo pomenilo prvi najodločnejši korak k poznejšim številnim neposrednim dokazom v korist oz. potrditev Kopernikovega sistema, hkrati pa poguben poraz ptolemajskega geocentričnega koncepta. Dobljena bitka pa je bila še daleč od dobljene vojne. To je bil šele začetek dolgotrajne borbe s Cerkvijo za splošno priznanje Kopernikovega nauka, ki se je izbojevalo šele sredi 19. stoletja.

Johann (Jean)-Baptist Cysat (Cysatus; 1586 Lucern–1657 Lucern).

Dolgo časa sem mislil, da je prvi napovedani Merkurjev prehod prek Sonca (7. 11. 1631) kot prvi in edini opazoval francoski astronom Pierre Gassendi. Našel pa sem, da je omenjeni prehod opazoval tudi švicarski jezuitski astronom Johann Baptist Cysat, za katerega prej nisem nikoli slišal.

Bil je osmi rojeni otrok od štirinajstih v družini. Rodil se je in umrl v Lucernu, vmes pa je preživel zanimivo, delovno in živahno življenje v različnih evropskih mestih ter dosegel lepo kariero.

Leta 1603 je vstopil v jezuitski red, leta 1618 postal profesor matematike in astronomije na univerzi v Ingolstadtu, od 1623–27 rektor jezuitskega kolegija v Lucernu, bil nato na dopolnilnem študiju v Španiji, po vrnitvi leta 1630 deloval kot arhitekt jezuitske cerkve, zgrajene v Innsbrucku, potem bil od 1637–1641 rektor jezuitskega kolegija v Innsbrucku, v letih 1646–50 pa še rektor jezuitskega kolegija v Eichstadtu. Ob koncu življenja se je vrnil v rodni Lucern.

Cysat je bil študent in asistent astronoma Christopha Scheinerja na univerzi v Ingolstadtu, pozneje (1618) kot profesor matematike in astronomije pa tudi njegov naslednik. Leta 1611 sta oba, Scheiner in Cysat, začela z daljnogledom opazovati Sončeve pege, ki sta jih odkrila neodvisno od drugih (tu mislimo predvsem na Galileija). Istega leta je Cysat neodvisno odkril tudi Orionovo meglico M 42. Z daljnogledom je nato opazoval še komet v letu 1616 in videl pri njem dosti podrobnosti. Med njegova pomembna opazovanja vključujejo še Merkurjev prehod

čez Sončev disk dne 7. 11. 1631, ki ga je napovedal J. Kepler, a ga ni učakal, ker je prej umrl. Kepler je obiskal Cysata v Ingolstadt.

Morda je bil Cysat prvi Švicar, ki je sestavil teleskop. Posebno za opazovanje kometov je izdelal 6 in 10 čevljev dolga daljnogleda. Zgodovinarji znanosti v glavnem navajajo, da je njegovo najpomembnejše delo, ki ga je zapustil na področju astronomije, opazovanje kometov. Bil je res prvi, ki je opazoval kometovo jedro in opisal podrobnosti v njem. Opazoval in opisal je tudi en popolni Lunin mrk v letu 1620.



Johann (Jean)-Baptist Cysat

Meni pa se vendarle zdi, da je najpomembnejše njegovo astronomsko delo prav opazovanje Merkurjevega prehoda čez Sonce, ki ga je opazoval iz Innsbrucka. Takšno opazovanje za tisti čas mrkega razsajanja Tridesetletne vojne je bil vendarle velik opazovalni podvig.

Jeremiah Horrox (Horrocks; 1618 Toxteth pri Liverpoolu– 1641 Toxteth)

Jeremiah Horrox je bil angleški ljubiteljski astronom, sicer pa župnik-kalvinistični pridigar. Od 1632 do 1635 se je učil v kolidžu Emmanuela v Cambridgu, matrikuliral na univerzi v Cambridgu, a jo kmalu zapustil in ostal brez formalne izobrazbe. Potem pa je živel in delal kot domači učitelj v vaseh blizu Liverpoola.

Kar sam se je spoznal z osnovnimi astronomskimi deli preteklosti in tudi svojega časa.

Spremljala ga je revščina. Njegovo življenje je bilo zelo kratko, saj je umrl že pri 23 letih. Strastno se je zanimal za številne astronomske probleme. Bil je neutrujen in zelo prizadeven opazovalec, ki je stremel k največji natančnosti opazovalnih in tudi računskih rezultatov. Glede na Keplerjeve hipoteze o silah, ki »poganjajo planete okrog Sonca«, je razvil lastni dinamični model Sončevega sistema, po katerem planete vedno privlači Sonce in nikoli se od njega ne odbijajo. Menil je tudi, da se planeti medsebojno privlačujejo, da privlačujejo tudi Sonce in da Sonce ostaja nepremično zaradi svoje ogromne mase.

Horrox je natančno pregledal preglednice planetnih gibanj, med njimi tudi Keplerjeve Rudolfske tablice in tablice belgijskega astronoma Landsberga. Našel je napake in jih popravil. Tako je povečal natančnost tabel. Ponovno je izračunal elemente planetnih tirov. Izračunal je in tako napovedal čas navideznega prehoda Venere čez Sončevo ploskvico v decembru leta 1639 in bil prvi astronom, ki je tudi opazoval ta pojav dne 4.12.1639. Pri tem je dovolj natančno določil zorni kot Venere ($1' 16''$), elemente tira gibanja tega planeta in vrednost Sončeve paralakse ($14''$, iz česar je sledila za astronomsko enoto 63% današnje vrednosti, saj meri paralaksa Sonca $8,8''$), ki pa je vendarle dolgo časa ostala najboljša ocena.

Med najpomembnejšimi Horroxovimi dosežki pa so popravki pri teoriji Luninega gibanja. Tako kot Kepler je tudi Horrox izhajal iz predpostavke, da se Luna giblje po eliptičnem tiru in da jo moti Sonce, ki v njenem gibanju povzroča nepravilnosti. Po natančnih opazovanjih različnih Luninih men je mogel poboljšati konstante nekaj Luninih neenakosti in celo pojasniti Lunino evekcijo (ena od motenj) iz ugotovljenega premikanja apsidne linije (daljice prizemlje-odzemlje) Luninega tira in spremenljivost ekcentričnosti (sploščenosti) njenega tira.

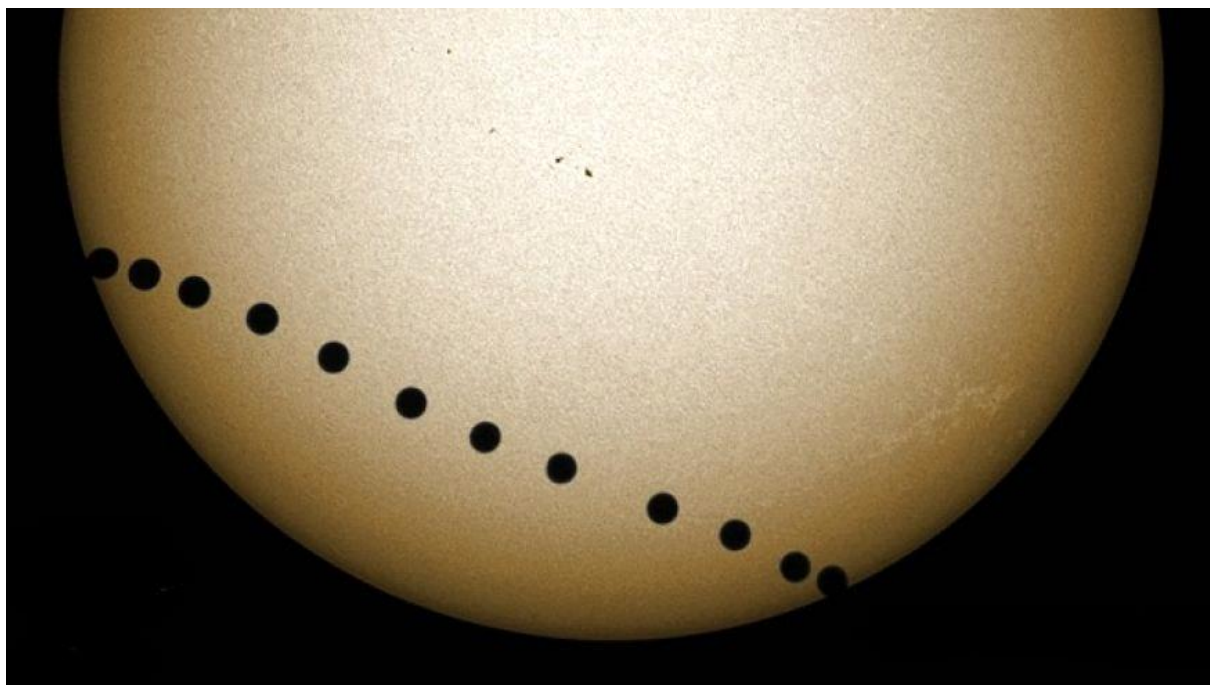


Jeremiah Horrox - opazuje prehod Venere čez Sonce leta 1639.

Horrox je prvi opazoval navidezni prehod Venere čez Sonce. Sliko Sonca je fokusiral skozi preprost daljnogled na kos lepenke, kjer je opazoval sliko Sonca. Izračunal je, da se bo prehod začel 4. decembra okoli 15. ure. Prvič je opazil drobno temno »Venerino pego« približno ob 15. uri 15 min in opazoval prečkanje še približno uro in pol vse do Sončevega zatona (odhoda). Da se bo omenjenega dne zgodil ta prehod, je obvestil še svojega prijatelja in dopisovalca Williama Crabtreeja, ki je potem opazoval pojav iz svojega doma v Salfordu. Tako sta ta dva prvič v zgodovini astronomije opazovala Venerin prehod čez Sonce in ne le eden (Horrox), kot smo dolgo časa mislili. Nekaj podobnega velja tudi za prvo opazovanje Merkurjevega prehoda čez Sončevo ploskvico.

Kepler je vzbudil veliko pozornost z napovedjo Venerinega prehoda čez Sonce dne 6.12.1631, ki pa je bil žal za Evropo neviden. Na žalost pa je spregledal naslednji Venerin prehod 4.12.1639, ki pa ga je izračunal in opazoval Horrox. To je zares velik Horroxov dosežek. Kepler je bil že 9 let pod rušo.

Horroxova raziskovanja niso bila publicirana za njegovega življenja. Šele 1672/73 je londonska Royal Society izdala njegovo delo. Leta 1662 pa je Jan Hevelij objavil njegov traktat o Venerinem prehodu (*Venus in sub sole visa – Venera v prehodu čez Sonce*).



Navidezni prehod Venere preko Sonca 8.6.2004

Horroxoovo Lunino teorijo je uporabil prvi greenwiški astronom John Flamsteed za sestavljanje Luninih tabel. Poznejša izboljšanja v njej je vnesel Isaac Newton, uporabljali pa so jo za sestavljanje Luninih tablic skoraj do sredine 18. stoletja.

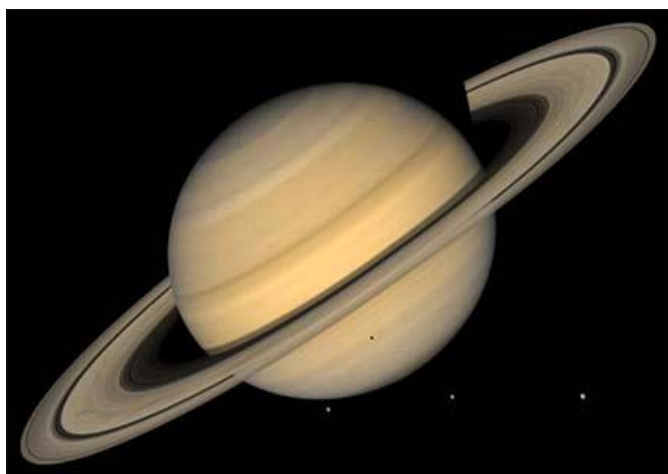
Christiaan Huygens (Haag 1629–1695 Haag)

Saturn je po oddaljenosti od Sonca šesti planet. Sonce obkroži približno v 30-tih letih. Spada med planete velikane in je po Jupitru drugi največji planet Osončja. Je skoraj desetkrat večji od Zemlje, maso pa ima okoli stokrat večjo od Zemlje. Ima več kot 60 naravnih satelitov. Saturn ima gosto atmosfero. Zato njegovega površja ne vidimo. Opazujemo le zunanje plasti njegovega gostega pokrivala. Saturn se opazno razlikuje od drugih planetov po svojem širokem in tankem kolobarju (obroču), ki je sestavljen iz drobnih kamnitih grud, prekritih z ivjem in ledom ter drugih ledenih telesc. Kolobar s prostim očesom seveda ni opazen, prav lepo pa je viden z močnejšim daljnogledom.

Saturnov kolobar pa ni en sam. Sestavljen je iz številnih eden v drugega vloženi istosrediščni kolobarjev, ki jih ločijo razpoke - ločnice. Najbolj znana in z zelo močnim daljnogledom opazna je Cassinijeva ločnica, ki loči svetlobno šibkejše zunanje dele kolobarja od svetlejših srednjih. Notranji deli kolobarja so spet manj svetli. Telesca v notranjem delu kolobarja krožijo s hitrostjo okoli 20 km/s okrog Saturna. Debelina kolobarja je nekaj kilometrov, velikost telesc v njem pa od nekaj milimetrov do več metrov. Zunanji premer kolobarja je približno 300 000 km, notranji pa 150 000 km. (Primerjaj s Saturnom, katerega premer je okoli 120 000 km.)

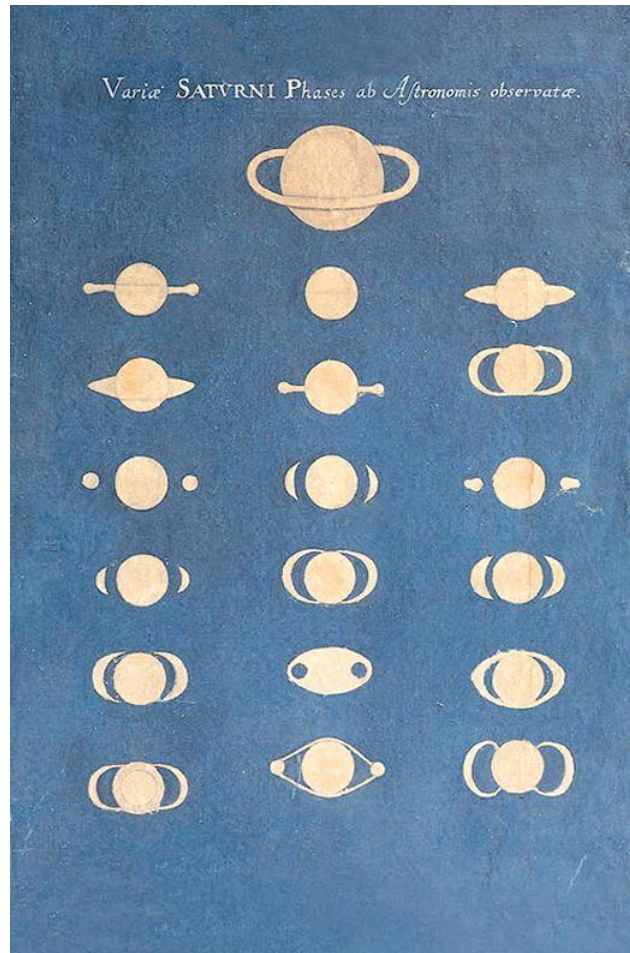
Poglejmo, kdo je kolobar odkril, kako so ga raziskovali in o njem pridobivali vse več podrobnosti.

Nenavaden izgled Saturna je prvi opazil italijanski učenjak Galileo Galilei (1564–1642). Ko je leta 1610 usmeril svoj po optični zmogljivosti skromen, v znanstvenem pogledu pa "revolucionaren" daljnogled na planet Saturn, se je začudil. Videl je, da Saturn ni sam. Tik ob njem je razpoznal še dve "zvezdici", ki sta Saturna stalno spremljali. Prijateljem je pisal, da je opazoval najbolj oddaljeni planet (takrat je Saturn to res bil, saj so poznali le šest planetov) in ga videl trojnega. "Zvezdici" ob Saturnovem boku je do sredine 17. stoletja opazovalo še veliko znanih opazovalcev neba.



Planet Saturn s svojim okraskom - kolobarjem oziroma kolobarji (obroči). V sredini kolobarja je lepo vidna široka temna razpoka – Cassinijeva ločnica.

Čeprav so skice planeta, ki so jih narisali posamezni opazovalci, že nakazovale kolobarjast videz, pa vseeno dolgo časa niso mogli dognati skrivnosti tega nenavadnega Saturnovega dodatka oz. "okraska". Prvi je to pravilno pojasnil nizozemski astronom Christiaan Huygens. Z lastnimi daljnogledi, ki jim je nenehno izboljševal optiko, je več let zelo skrbno opazoval planet Saturn. Leta 1659 je zapisal oz. objavil, da jasno vidi, kako je *Saturn opasan s tankim ravnim kolobarjem*, ki pa se planeta ne dotika. Tega leta je torej Huygens odkril Saturnov kolobar.



Takole različno so opazovalci 17. stoletja videli planet Saturn in njegov kolobar.

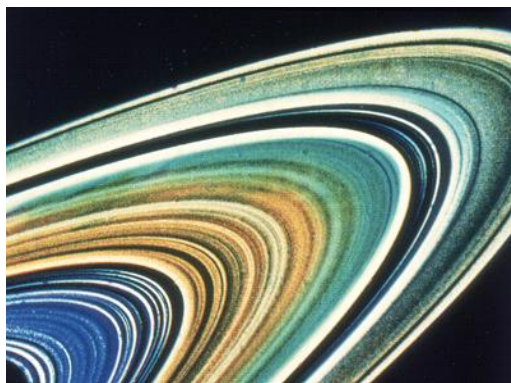
Po tem odkritju si je veliko astronomov prizadevalo, da bi z vse boljšimi daljnogledi odkrili čim več podrobnosti v kolobarju. Kmalu so zasledili, da je kolobar sestavljen iz dveh delov, iz temnejšega zunanjšega in svetlejšega notranjšega. Huygens in francoski astronom J. D. Cassini (1625–1712) sta med obema deloma kolobarja odkrila še temno progo (razpoko), pozneje imenovano Cassinijeva ločnica.

Pojavile so se tudi prve domneve o zgradbi kolobarja. Že v začetku 18. stoletja so astronomi pravilno menili, da je kolobar sestavljen iz številne množice satelitkov, ki ležijo v eni ravnini in krožijo okrog planeta. Satelitki so tako majhni, da jih z Zemlje ni mogoče razločiti, in so tako zelo blizu drug drugemu, da tudi ni mogoče ugotoviti razdalje med njimi. Z Zemlje jih zato



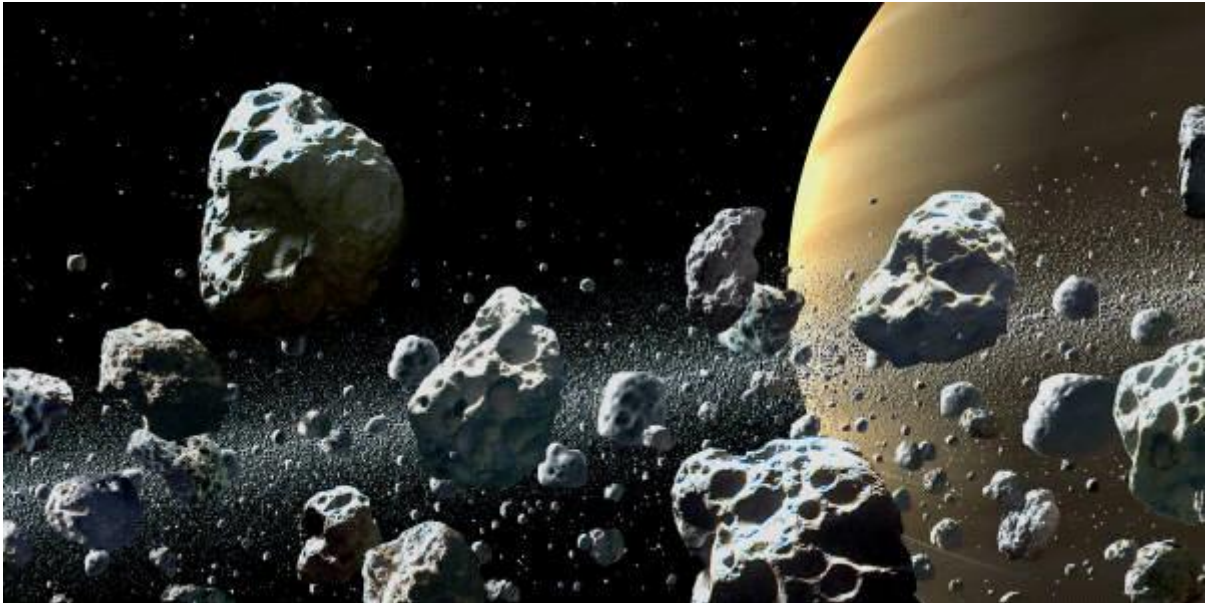
Nizozemski astronom, matematik in fizik Christiaan Huygens, odkritelj Saturnovega kolobarja in tudi največjega Saturnovega satelita – Titana.

vidimo zlite v skoraj enakomerno zapolnjeno telo kolobarjastega videza. To mnenje se v bistvu ni spremenilo do danes. Proti koncu 18. stoletja so iz daljnogledskih opazovanj že ugotovili, da je kolobar sestavljen iz več kolobarjev.



Del Saturnovih kolobarjev, posnetih z bližine iz vesoljske sonde. Sami si lahko ustvarite mnenje o tej fotografiji.

Pozneje so z raziskovanjem podrobnosti v zgradbi Saturnovega kolobarja skoraj prenehali. Odkrivanje podrobnosti je za astronome postalo nekako nezanimivo. Na novo pa so jih obudila sporočila iz obeh vesoljskih sond Voyager, ki sta se leta 1981 zelo približali Saturnu in iz neposredne bližine snemali kolobar. Voyagerjeve in poznejše raziskave so pokazale, da Saturnov kolobar ni sestavljen samo iz nekaj deset kolobarjev, ampak iz več sto. Tudi Cassinijeva ločnica ni prazna razpoka - luknja, kot so včasih domnevali, temveč polna številnih temnih, šibkih in drobnih teles, ki se oblikujejo v temne kolobarje.



Med Saturnovimi ...

Napisali smo le drobec zgodbe o tej zanimivi vesoljski tvorbi Osončja. V bistvu smo želeli prikazati nekaj raziskovalne vneme v času 17. stoletja, ko so si astronomi zelo prizadevali, da bi odkrili, kaj se skriva ob Saturnu, hkrati pa obelodaniti, kdo je v teh opazovalnih prizadevanjih zmagal in tako za vse večne čase postal slavni odkritelj Saturnovega kolobarja.

Jan Hevelij (1611 Gdansk (nemško Danzig)–1687 Gdansk)

Ozvezdja so nastajala postopoma. Najstarejša so nastala v Mezopotamiji, nekatera pa v Grčiji. Različni narodi so vsak po svoje razdelili nebo na ozvezdja. Starogrški astronom Klavdij Ptolemaj (2.stol.) je v svojem zvezdnem katalogu predstavil 48 ozvezdij. To število ozvezdij se je obdržalo do 16. stoletja in jim rečemo "stara" ozvezdja. Vpeljana "stara" ozvezdja niso zajela vsega neba, dostopnega opazovalcu severne Zemljine polute. Okoli 40 ozvezdij se je pojavilo od 16. do 18. stoletja v različnih zvezdnih atlasih in jih imenujemo "nova" ozvezdja. Razvoj trgovine in morske plovbe, velika geografska odkritja na prehodu iz srednjega v novi vek so narekovali potrebo po natančni orientaciji tudi med zvezdami na južni nebesni polobli. Tako so izdelali nova južna ozvezdja, ki jih astronomi prej niso poznali. Najslavnejše ozvezdje južnega neba je vsekakor Južni križ. Poimenovali so ga tako zaradi njegove izrazite oblike križa (ok. 1520 - v času krožne Magellanove morske

plovbe). V 17. stoletju je nezasedena nebesna področja severnega neba močno z ozvezdji "naselil" poljski astronom Jan Hevelij. Pozneje so tudi drugi astronomi sestavljali nova ozvezdja, vendar je Hevelijev prispevek enkratni. Šele leta 1922 je Mednarodna astronomska zveza utrdila 88 ozvezdij, ki so danes privzeta v astronomsko prakso. Tako se je končala razdelitev neba na ozvezdja, ki se je začela že v sivi preteklosti.

Na Hevelija oziroma na njegov atlas zvezdnega neba sem postal prvič pozoren okoli leta 1970, ko smo na Astronomsko-geofizikalnem observatoriju prejeli tri naročene izvode tega atlasa. Nisem se mogel nagledati lepih slik ozvezdij v njem. Potem sem na to pozabil. Ko pa sem začel pisati zvezdne mite za astronomsko revijo Spika, je v meni vse ponovno oživel. Pri pisanju mitov o ozvezdijih se do danes nisem ločil od Hevelijevih slik ozvezdij. Tako čarobno dalekosežno delujejo name.

Jan Hevelij je bil rojen in umrl v Gdanku, v mestu, s katerim je bil povezan vse življenje. Odlično izobrazbo je dopolnjeval z obiski pri številnih evropskih znanstvenikih in opazovalcih zvezdnega neba. Leta 1641 je v rodnem mestu zgradil prvovrsten astronomski privatni observatorij (tedaj največji v Evropi), opremljen z lastnimi opazovalnimi inštrumenti največje možne natančnosti.

Bil je neumoren opazovalec zvezd in Lune pa tudi kometov in peg na Soncu. Imel je tako ostre oči, da so se njegove meritve brez daljnogleda samo malo razlikovale od tistih, ki so jih v tistem času opravili z daljnogledom. Je utemeljitelj selenografije ali lunepisja, saj je izdelal prve natančne, podrobno in umetniško izdelane karte Lune. Uvedel je imenovanje različnih tvorb na Luni (kraterje, morja, gore), ki so se ohranile do danes. Odkril je optično libracijo (nihanje Lune sem in tja ter gor in dol), Merkurjeve mene, štiri komete, izpopolnil prvo natančno merjenje periode vrtenja Sonca in sestavil katalog 1564 zvezd (1687), ki je bil natančnejši od kataloga znamenitega Danca Tycha Braheja. Uvedel je nekaj novih imen za ozvezdja.

Leta 1671 je dobil povabilo, da bi postal direktor pariškega, prvega evropskega državnega observatorija, a je povabilo odklonil. Raje je do konca svojih dni ostal na Poljskem. Najpomembnejše mesto v njegovem življenju pa je zavzemala njegova druga žena Elizabetha (1647–1693), ki mu je poleg vseh svojih družinskih dolžnosti vsestransko pomagala pri njegovem astronomskem delu. Še celo po njegovi smrti.



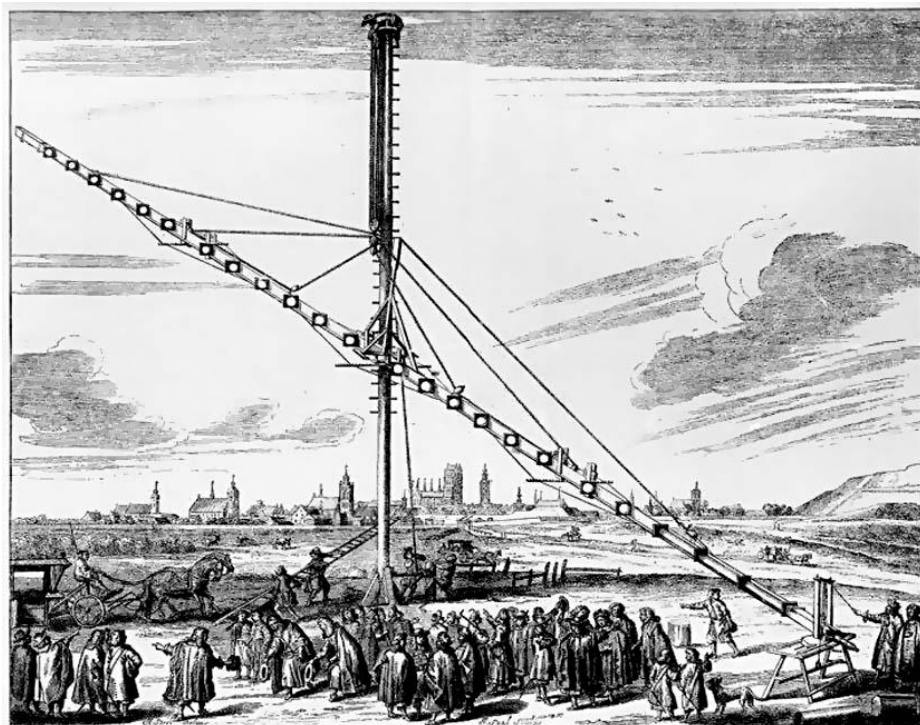
Jan Hevelij, ki ga je astronomija pritegnila že v mladosti. Ukvarjal se je še z različnimi vejami tehnike in znanosti. Bil je odličen risar, graver, mehanik, optiko, pivovar, vsestransko dejaven bogataš, na koncu pa še častljivo spoštovan meščan – veliko let župan v svojem rojstnem kraju. Izdeloval je sekstante in kvadrante za natančna kotomerna merjenja (vendar brez optike) in refraktorje – zračne cevi oziroma daljnogleda z goriščno razdaljo do 90 metrov.

Hevelij je natančno opisal zvezde severnega neba. Oblikoval je nova ozvezdja za tedaj še neoznačene predele neba. Njegov atlas zvezdnega neba, imenovan *Uranografija* (1690), je prinesel veliko novih ozvezdij. Sedem od njih se jih je ohranilo do danes: **Mali lev** (poleg ozvezdja Lev), **Lovska psa** (pod ozvezdjem Veliki medved), **Ris** (težko opazno ozvezdje), **Lisička** (ob ozvezdju Orel), **Kuščarica** (majhno ozvezdje), **Ščit** (ozvezdje posvečeno poljskemu kralju Janu Sobieskemu, znamenitemu vojskovodji, ki je s svojo vojsko porazil Turke in pred njimi rešil Dunaj) in **Sekstant** (s katerim je ovekovečil svojo najljubšo astronomsko opazovalno napravo, ki je zgorela skupaj z njegovim observatorijem).

Hevelij je poimenoval ozvezdja po znanih živalih pa tudi po predmetih. Njegova velika zasluga je, da je sistematično opisal in narisal ozvezdja severne nebesne polkrogle.

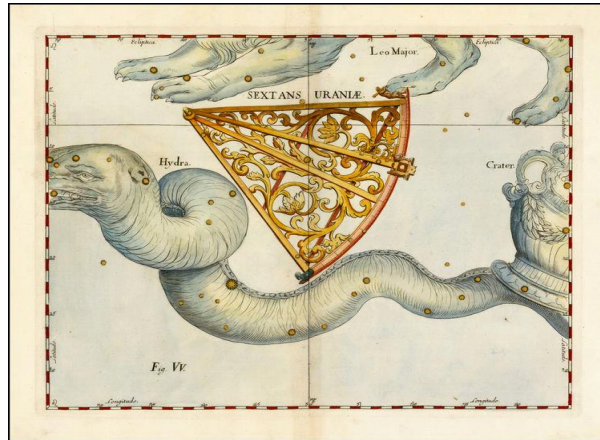
Bil je eden največjih astronomov 17. stoletja. Ko je njegov observatorij pogorel (1670), so v ognjenih zubljih izginile številne naprave in dragocen znanstveni material. Kljub velikanski škodi in osebnemu šoku pa je zbral dovolj moči, da je observatorij obnovil in zbral svoje delo.

Njegovo glavno delo *Prodromus Astronomiae* (Astronomski vestnik oz. napovednik, dejansko pa gre za zvezdni katalog z letnico 1687) je v Gdansku izdala tri leta po njegovi smrti njegova vdova Elizabetha, sama tudi dobro izurjena v astronomiji. Natiskanih je bilo le nekaj izvodov in je danes velika redkost.



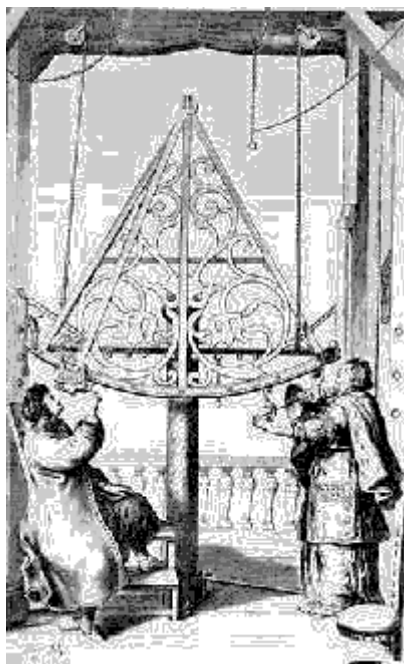
Hevelijev 45 metrov dolg zračni refraktor

Hevelijev atlas zvezdnega neba z naslovom *Firmamentum Subiescianum, sive Uranografia* ali za nas krajše kar *Uranografija* pa je dodatek k njegovi glavni knjigi in obsega 56 strani. Ozvezdja severne in južne poloble so prikazana na dveh straneh, na ostalih 54 straneh pa posamezna ozvezdja, na vsaki strani po eno.



Svoj najljubši opazovalni instrument - sekstant je Hevelij ovekovečil v ozvezdju Sekstant (Sextans Uraniae; urania v grščini pomeni nebesni, v grški mitologiji pa predstavlja Urania muza astronomije). Ozvezdje Sekstant je težko razpoznavno. Stisnjeno leži med ozvezdjema Lev in Vodna kača.

Poleg zgodovinske in znanstvene pomembnosti imajo Hevelijeve zvezdne karte veliko umetniško vrednost. Zdi se, da je veliko risb in gravur naredil sam Hevelij, ki je bil izreden risarski umetnik in spreten graver. Toda kljub perfektnosti pa Hevelijevih kart niso najbolj cenili. Nekateri menijo, da je eden glavnih razlogov ta, da so ozvezdja narisana tako, kot jih vidi opazovalec zunaj nebesne krogle, torej kot so ozvezdja, vidna na nebesnem globusu. (Opomba: V bistvu so vse slike narisane zrcalno simetrično, kot jih vidimo s prostim očesom.). Za opazovalca je to res neprikladno. Prav tako je Hevelij uporabljal še stare opise zvezd in ozvezdij. V atlasu zvezdam ni dal imen v obliki grških črk, npr. α , β , γ , δ , ϵ , ...in roditelja ozvezdja, kot je to že prej odlično naredil v svoji *Uranometriji* (1603) nemški astronom Johann Bayer (1572–1660).



Jan in Elizabetha vedno skupaj – tudi ob doma narejenem odličnem sekstantu.

Meni pa se zdijo, kljub omenjenim pomankljivostim, Hevelijeve slike ozvezdij fantastične, prekrasne, neprekosljive, enkratne. So tako slikovno bogate, da že ob samem pogledu nanje človek čuti, kako pripovedujejo zgodbo. Izredne umetnine. S svojimi slikovitimi podrobnostmi so naravnost idealna spremljava pripovedim čudovitih nebesnih mitov. Nisem videl lepših slik zvezdnega neba. Čutim jih v podzavesti. Tudi na svetovnem spletu učinkujejo fantastično, originalne črno bele, posebno pa še naknadno obarvane.

Ferdinand Avguštin Haller pl. Hallerstein (1703 Ljubljana-1774 Peking)

F. A. Hallerstein je za Slovence, še posebno pa za Gorenjce, prvorazredni eksotik. Človek posebne vrste. Daleč od svoje rodne grude je dosegel svetovno slavo. Bil je hkrati jezuit in misijonar, politik in mandarin, naravoslovec in etnolog, astronom in matematik.

Ta slavni Gorenjec se je sicer rodil v Ljubljani, a je večji del svoje mladosti preživel na Ravbarjevem gradu v Mengšu, kjer je bil njegov oče graščak. Zato štejemo F. A. Hallersteina za Mengšana.



Ravbarjev grad v Mengšu, v katerem je večino svoje mladosti preživel F. A. Hallerstein.

Šolal se je pri jezuitih v Ljubljani. Po končani gimnaziji je stopil v jezuitski red. Študij je nadaljeval v Gradcu in na Dunaju, kjer se je med drugimi predmeti odlično izobrazil tudi v matematiki in astronomiji. Po končanem visokoškolskem študiju se mu je ponudila prilika, da uresniči svoj že v mladosti načrtovani sen, da postane misijonar.

Tako je kot misijonar leta 1736 odpotoval na Kitajsko, kjer je ostal do konca svojega življenja. V prestolnico Kitajske, Peking, je prišel leta 1739 in na cesarskem dvoru poleg drugih zadolžitev kmalu prevzel delo astronoma v matematičnem in astronomskem uradu (tribunalu), katerega predsednik je postal leta 1746. Tega leta je postal tudi direktor tamkajšnje jezuitske zvezdarne.

V naslednjih letih je veliko potoval po deželah prostranega Daljnega vzhoda. Tako je prepotoval Mandžurijo in jo kartiral. Opravil je tudi ogromno različnih astronomskih opazovanj. Toda leta 1774 so mu pošle moči. Zadel ga je kap in kmalu nato je umrl. Pokopan je na jezuitskem pokopališču v Pekingu, kjer je na njegovem nagrobniku izpisano njegovo ime v latinskem in tudi v kitajskem jeziku (Liu Songling).

Hallerstein je prišel na Kitajsko kot zagret misijonar. Tam pa so se bolj zanimali za njegovo matematično in astronomsko znanje kot pa njegove cerkvene dolžnosti. Oboje je res dobro uporabil, na primer pri kartiranju (risanju zemljevidov). Številna Hallersteinova pisma sorodnikom na Kranjsko ter cerkvenim in znanstvenim organizacijam doma in v tujini pričajo o neverjetno bogatem opravljenem delu, posebno na področju kraljevske znanosti – astronomije.



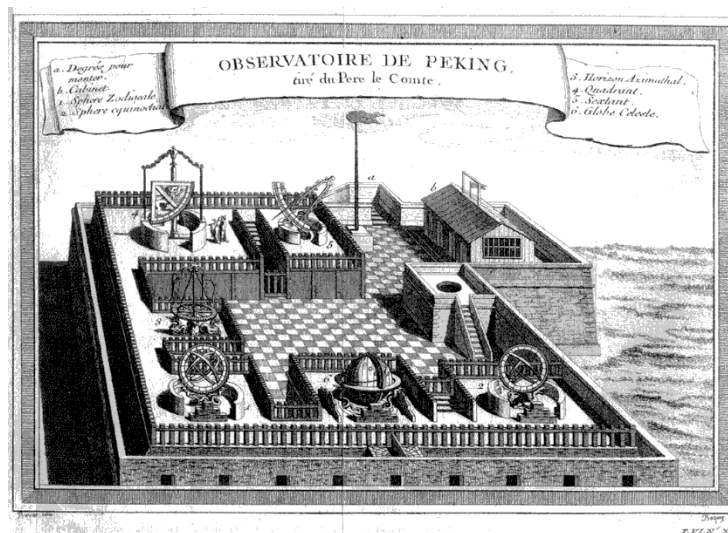
Ravbarjev grad v Mengšu - danes. Stavbo si lahko ogledate. Leta 2003, ob 300-letnici Hallersteinovega rojstva, so na pročelju stavbe vgradili in avgusta istega leta odkrili spominsko ploščo, ki jo je blagoslovil sam nadškof, metropolit ljubljanski, dr. Franc Rode, kitajska veleposlanica v Sloveniji pa pomagala odkriti. Novi lastnik je ploščo odstranil. Foto: Stana Prosen.

Hallerstein je opazoval zvezde, komete, planete in satelite, Sončeve in Lunine mrke, organiziral astronomske meritve v različnih krajih obsežnega cesarstva, izdeloval zemljevide delov Kitajskega cesarstva, sodeloval pri izdelavi obširne zvezdne karte okoli 3000 zvezd itn.

Zapustil je še številne naravoslovne in etnološke spise o takratni Kitajski, tako o potresih, verah, nošah, živalih, posebni pokrajini (opisoval je neke vrste krasa) in tudi družbeno-političnih razmerah.

Na kratko predstavljeno Hallersteinovo astronomsko delo:

- od 1740 do 1770 je opravljal astronomske meritve na jezuitskem observatoriju (zvezdarni) v Pekingu.
 - 1743 postal član astronomsko-matematičnega tribunala.
 - 1746 postal predsednik tega tribunala in direktor zvezdarne.
 - 1749 prepotoval Tatarsko in jo kartiral.
- 1768 na Dunaju izdal zajetno delo o opazovanju jezuitov v Pekingu *Astronomska opazovanja*.
 - 1757 odločilno udeležen pri izdaji kataloga 3083 zvezd.
 - 1769 odločilno udeležen pri izdaji obsežnega atlasa Kitajske.



Jezuitska zvezdarna okoli leta 1750 v Pekingu, ko je na njej delal in jo vodil F. A. Hallerstein. Na ploščadi vidimo značilne starinske astronomske opazovalne naprave za merjenje kotov na nebu, kot npr. armilarne sfere (armile), kvadrant, sekstant, gnomon (navpična palica), nebesni globus itn. Uporabljali pa so že tudi poldrugi meter dolge teleskope z vgrajenimi merilnimi napravami. Zdaj zvezdarna deluje kot muzej.

To, da je postal predstojnik astronomsko-matematičnega urada in prevzel vodstvo nad zvezdarno, se je posebno odrazilo v številnih novih opazovanjih in njihovih objavah npr. v Komentarjih peterburške Akademije nauk, londonske Philosophical Transactions of Royal Society in publikacijah dunajskega Cesarskega astronomskega observatorija ter v plodni in živahni korespondenci z drugimi evropskimi znanstvenimi ustanovami in posameznimi znanstveniki.

Kot vodja observatorija, torej kot organizator in ocenjevalec dela in tudi kot odličen opazovalec s sistematičnim in raziskovalnim pristopom do meritev, je Hallerstein v enakem stilu deloval teoretično in tudi praktično. Njegov stik s prakso se kaže npr. pri izdelavi in izboljšanju nekaterih inštrumentov in opazovalnih metod.

Slovenci pravzaprav šele v zadnjem času odkrivamo, kaj vse in kako veliko je vsega naredil ta do konca svojega življenja izredno delavni Gorenjec. Hallerstein ni samo najpomembnejši kranjski astronom, je na sploh eden najpomembnejših slovenskih izobražencev preteklosti. Svetovno znan direktor zvezdarne na daljnem Vzhodu. Predvsem je bil zelo pismen. Pisal je na več znanstvenih področjih, ne samo o astronomskih vprašanjih. In prav v tem je njegova veličina.

Slovenski astronomi pa so po njem imenovali tudi mali planet št. 15.071 Hallerstein, ki so ga leta 1999 odkrili na Observatoriju Črni Vrh

Jurij Vega (1754 Zagorica pri Dolskem–1802 Nussdorf pri Dunaju)

Slovenci imamo številne odlične matematike, ki so zasloveli v mednarodnem matematičnem prostoru. Med njimi ostaja še vedno najbolj slaven in na prvem mestu Jurij Vega.

Izšel je iz kmečkega okolja. Z odličnim uspehom je zaključil študije na ljubljanskem liceju. Zaradi temeljitega matematičnega znanja je bil sprejet v državno službo kot navigacijski inženir (regulacije reke Mure) v tedanji Notranji Avstriji. Kmalu je zamenjal poklic. Odšel je v vojaško službo kot navaden vojak pri topničarskem polku. Po enem letu je že postal podporočnik (1781) in zasedel mesto profesorja matematike na topniški šoli na Dunaju.

Ker je na šoli primanjkovalo ustreznih učbenikov, jih je začel pisati sam. Leta 1782 je izdal prvi del svojih učbenikov z naslovom *Matematična predavanja*, ki so jim sledili še trije deli, zadnji leta 1800.

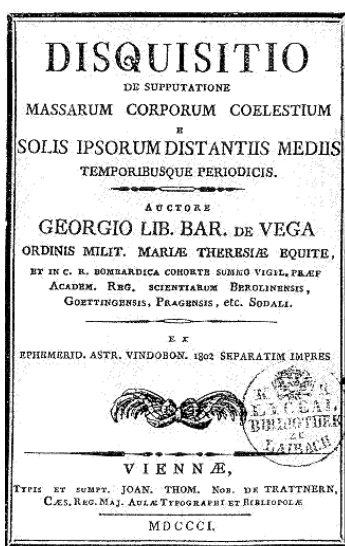
Vega si je pridobil svetovno slavo s sestavljanjem svojih številnih logaritmovnikov, ki so bili zelo natančni in so jih uporabljali v različne namene, tudi in predvsem v vojski. Velik ugled in baronstvo pa si je pridobil zaradi pedagoških uspehov na topničarski šoli in pomembnih vojaških zmag na evropskih bojiščih v letih od 1789 do 1797. V vojski je hitro napredoval: 1784 nadporočnik, 1787 stotnik, 1792 major in končno 1802 podpolkovnik. Za svojo iznajdljivost, izumiteljstvo (izumil je učinkovite nove topove) in hrabrost na bojiščih je prejel tudi najvišje vojaško odlikovanje - Viteški red Marije Terezije.



Baron Jurij Vega, daleč najbolj znan kot matematik. Ukvarjal pa se je tudi s fiziko, astronomijo, geodezijo, uvedbo metrskega merskega sistema itn. Bil pa

je predvsem prvovrsten vojak - topničarski častnik, specialist za najtežje možnarje in je s tem tudi eden od utemeljiteljev balistike kot znanstvene panoge.

Manj znano pa je, da se je Vega ukvarjal tudi z astronomijo. Opazoval je Sončev mrk, obravnaval gibanje planetov okrog Sonca - tretji izpopolnjeni Keplerjev zakon, Keplerjevo enačbo itn. Tu se bomo zadržali le ob njegovem spisu *Razprava o izračunu mas nebesnih teles ter posebej srednjih razdaljah od Sonca in obhodnih časov (DISQUISITIO ...)*, kar je napisal leto dni pred svojo smrtjo (gl. sliko spodaj).



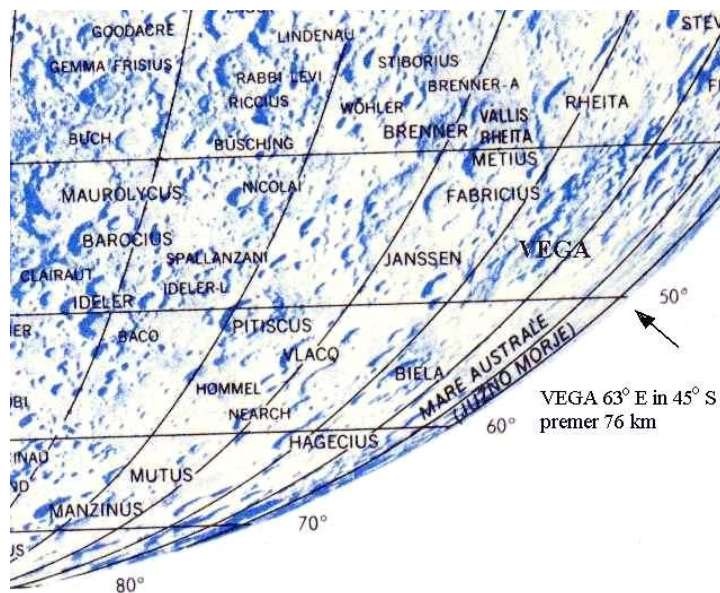
Naslovnica Vegove daljše razprave o izračunu mas, srednjih razdaljah od Sonca in obhodnih časov planetov

V tej razpravi Vega pokaže, da odlično obvlada probleme astronomije. S Keplerjevimi zakoni, Newtonovim gravitacijskim zakonom, gravitacijskim pospeškom na zemeljskem površju in obrazci, ki veljajo za središčno gibanje, je izračunal maso Sonca ter mase planetov in njihove povprečne oddaljenosti od Sonca. Maso Sonca je izračunal na dva načina, prvič 339.680 mas Zemlje in drugič 338.625 mas Zemlje. (*Opomba: V šoli se zadovoljimo z vrednostjo 333.000 mas Zemlje, kar se hitro zapomnimo; opazimo, da se je zelo malo zmotil*). Vse račune je združil v preglednici, ki jo prikazujemo spodaj.

Vegovi izračuni mas planetov, njih obhodnih časov in srednjih oddaljenosti od Sonca

Ime planeta	Ohodni čas	Srednja oddaljenost	Masa planeta	Opomba masa danes
Merkur	87,969255 dneva	0,3871 a.e.	3,5 mase Zemlje	0,05 mase Zemlje
Venera	224,70082	0,723332	0,5	0,8
Zemlja	365,25638	1	1	1
Mars	686,97958	1,523693	1,3	0,1
Jupiter	4332,602	5,202778	316,2	318
Saturn	10759,077	9,538785	98,1	95
Uran*	30689 dneva	19,183475a.e.	10,3 mase Z.	14 mas Z.

* Uran je bil odkrit leta 1781, tj. v času Vegovega življenja; a. e. je okrajšava za astronomsko enoto, tj. razdalja Zemlja-Sonca.



Lega kraterja Vega na Luni

J. Vega ima veliko spomenikov doma in tudi v tujini. Na predlog nemškega astronoma J. H. Maedleja so po Vegi za njegove znanstvene zasluge leta 1837 poimenovali krater na Luni. Slovenski astronomi pa so po Vegi imenovali tudi mali planet št. 14.966 Jurijvega, ki so ga leta 1997 odkrili med Marsovim in Jupitrovim tirom.

III. del

Edmond Halley (1656 Haggerston pri Londonu–1742 Greenwich)

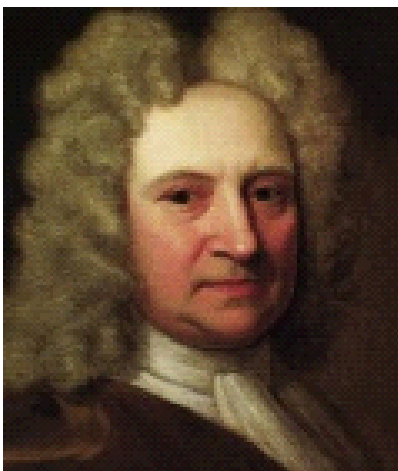
Angleški astronom E. Halley je bil velik prijatelj velikega fizika Isaaca Newtona (1642–1727). Z njim je ogromno razpravljal o gibanju planetov okrog Sonca, pa tudi, kako se gibljejo kometi. Newton ga je dobro podučil o teh vprašanjih in še o splošnem privlaku vesoljskih teles v prostoru. Halley je bil izvrsten učenec. Vse, kar mu je povedal Newton, si je dobro zapomnil. Neke vrste krona njunega medsebojnega plodnega razpravljanja in sodelovanja na fizikalnem in astronomskem področju je zagotovo, da je Halley leta 1682 odkril komet, pozneje imenovan po njem.

Tega leta se je namreč na zvezdnem evropskem nebu nenadoma pojavil svetel, velik in košat komet, ki je zaradi svojega nevsakdanjega bleščečega videza očaral in pritegnil Halleyja. Odločil se je, da ga bo dalj časa opazoval in poskušal o njem ugotoviti čim več podrobnosti.

Začel je garati, neumorno raziskovati njegovo gibanje v prostoru, njegovo tirnico gibanja in pojavljanje na nebu, če se morda periodično vrača k Soncu oziroma Zemlji, če je bil že kdaj prej opazovan na Zemljinem nebu itn. Vse to se mu je čudovito posrečilo ugotoviti. Še celo več, napovedal je, kdaj se bo komet ponovno vrnil na naše nebo. Newton ima precejšnje zasluge za ta pomembni znanstveni podvig.

Opazovanja tega kometa iz leta 1531 (gl. Apian in priloženo preglednico) so bila najstarejša, ki jih je Halley uporabil za določitev velikosti in sploščenosti tira (elipse) ter obhodnega časa 76. letnega potovanja kometa okrog Sonca. Pozneje se mu je posrečilo, da je odkril še starejša pojavljanja kometa.

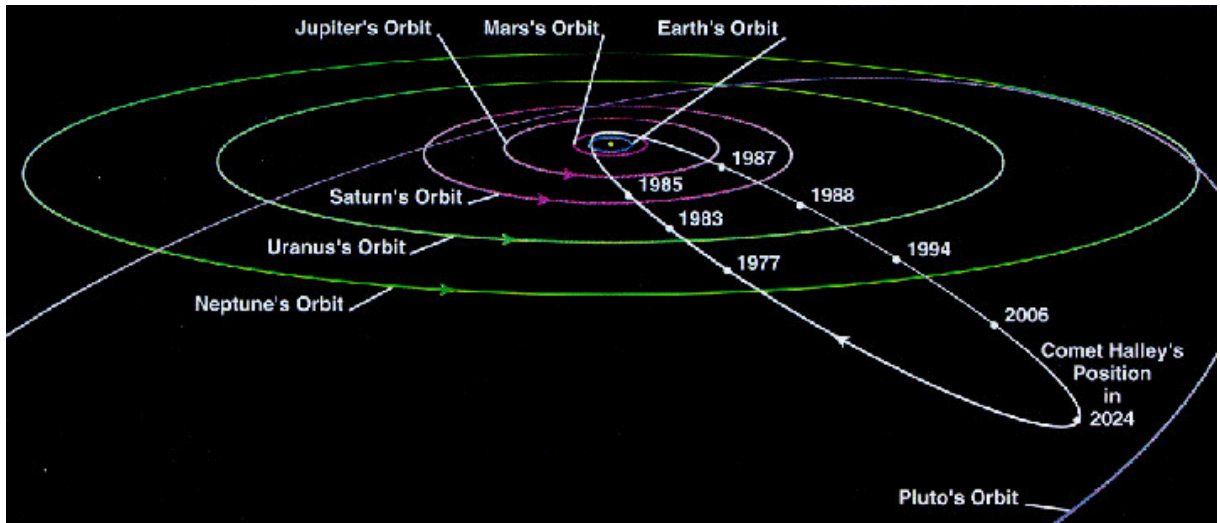
Praznovorni strah so prestajali naši predniki zaradi pojavov kometov, ki so jih imeli za dežurne znanilce vojn, epidemij ter drugih nesreč in zla. Ta vcepljeni strah je napravil astronomom veliko uslugo. Podatki o pojavljanjih kometov so ostali zapisani v letopisih, kronikah, na skalah itn. In te je Halley uporabil pri svojem raziskovanju kometa.



Edmond Halley, kraljevi astronom in še geofizik, matematik, meteorolog, častnik, pesnik, inženir, fizik, filozof, kartograf, demograf in univerzitetni profesor. Opravił je veliko astronomskih raziskovanj oz. odkritij. Tu se omejimo le na njegovo odkritje kometa v letu 1682 in njegovo smelo napoved, da se bo komet ponovno vrnil na nebo leta $1682 + 76$, torej leta 1758, kar se je res zgodilo z nekaj mesečno zamudo zaradi gravitacijskih motenj s strani planetov, posebno Jupitra in Saturna. Ja, napovedal ga je, a ga ni dočakal in videl.

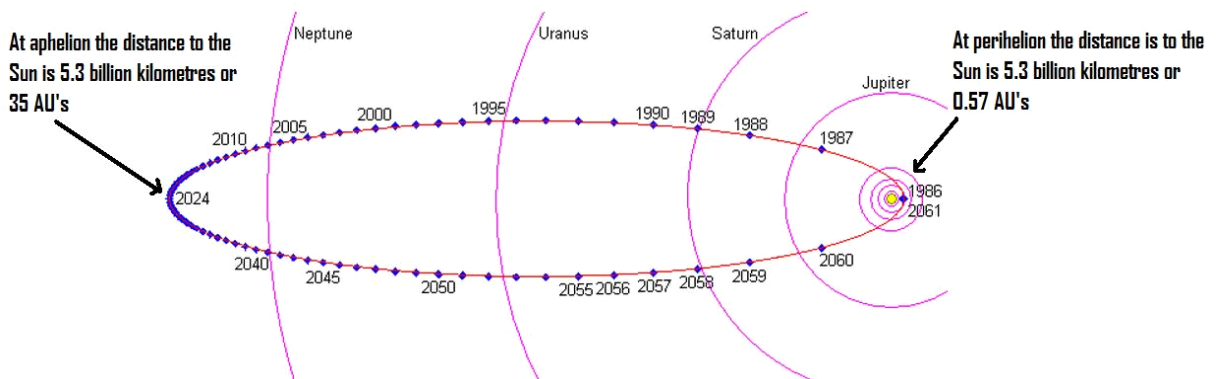
Pri vsakem približanju kometa Soncu kometna snov zaradi Sončevega sevanja hlapi in zapušča komet. Tako kometi »ugasnejo« v razmeroma kratkem času, seveda v vesoljski časovni lestvici. Končno postanejo nevidni. V najboljšem primeru so podobni manjšim malim planetom (planetoidom).

Aktivno obdobje kratko periodičnih kometov (kamor prištevamo Halleyjev komet), ki se Soncu najbolj približajo znotraj Zemljinega tira, traja okoli sto obhodov kometa okrog Sonca. Tudi Halleyjev komet se zelo približa Soncu (gl. sliki). To kaže na njegovo kratko aktivno obdobje. Po podatkih opazovanj videza Halleyjevega kometa v zadnjih 2000 letih so ocenili izgubo snovi jedra kometa. Izračunali so, da mu je za aktivno življenje ostalo še kakih 50 obhodov okrog Sonca. Čez naslednjih 3000 do 4000 let bo komet že tako šibek, tako oslabel, tako neznaten, da ga pri njegovem približanju Soncu ne bo mogoče več z Zemlje opaziti niti z najbolj zmogljivimi daljnogledi, s kakršnimi razpolagamo danes. Lahko pa bo človeštvo izumilo boljše daljnoglede, saj instrumentalna tehnika izdelave daljnogledov zelo hitro napreduje. Nič ne morem zagotovo napovedati. Le to, da bo nekoč v prihodnosti zagotovo izdihnil.



Tir Halleyjevega kometa in njegove lege na tiru v začetku označenih let

Halleyjev komet je zapisan kot eden najbolj zloveščih kometov. Ob koncu 18. stol. so ugotovili, da so komet večkrat videli v Evropi in na Kitajskem in sicer vse od časa njegovega pojavljanja na nebu leta 989. Po pojavu kometa leta 1835 pa so našli pričevanja še treh njegovih starejših pojavljanj in sicer v letih 451, 760 in 1378. Pozneje so po proučevanju kitajskih letopisov raziskali poročila 15 pojavljanj kometa vse tja do leta 240 pr. n. š.



Halleyjev komet je bil odkrit leta 1682 (eni pravijo, da leta 1758; pojasnite, zakaj ?). Je kratko periodični povratni komet s periodo 76 let. V prionščju je oddaljen od Sonca 0,57 astronomske enote, v odsončju pa 35 astronomskih enot.

V tistih starih časih daljnogledov ni bilo. Opisovali so le svetle, to je velike komete, vidne s prostim očesom. Ti pa se pojavljajo zelo redko. Včasih se je celo zgodilo, da se je skoraj v istem času in približno na istem mestu neba hkrati

pojavi več kometov, kakor je bilo to leta 1910, ko je bil poleg Halleyjevega kometa viden še en drug velik komet.



Halleyjev komet leta 1986

Od 30 v preteklosti zabeleženih pojavov Halleyjevega kometa je ostala manj natančna le potrditev pojava iz leta 164 pr. n. š. (gl. preglednico). Približno v tem času so nek večji komet opazovali na Japonskem, vendar manjkajo podatki, po katerih bi lahko sodili o njegovi legi na nebu. Nekateri menijo, da bi Halleyjev komet lahko bil tudi pojavljanje enega od dveh velikih kometov, opazovanih pozimi 467/466 pr. n. š. in pozimi 1058/1057 pr. n. š., opisanih v starih kitajskih letopisih. Zadnji pojav velikega kometa je s Halleyjevim kometom poistovetil nek kitajski astronom. S pomočjo računalniške simulacije je izračunal gibanja Halleyjevega kometa v preteklosti vse do 3000 pr. n. š., pri čemer je upošteval vpliv vseh tako imenovanih gravitacijskih motenj s strani velikih planetov. Po tej simulaciji naj bi bil Halleyjev komet od vseh približevanj Soncu najbliže 7. 3. 1057 pr. n. š.



Halleyjev komet leta 1910

Spomladi leta 1066 je pojav kometa zelo vznemiril angleškega kralja Harolda II, ki je nedavno prišel na prestol. Znano je bilo, da je v Normandiji Viljem Osvajalec pripravljaj napad na njihovo ladjevje. Angležem se je zdelo, da pojavljanje kometa na nebu za njih kaže slabo znamenje. Kmalu nato je Harold II padel v bitki pri Hastingsu in tako se je zapečatila usoda Anglije. Normandijci so jo zasedli, kakor je »napovedal« prav Halleyjev komet. Tako temu kometu pripisujejo, da naj bi imel usodno vlogo v zgodovini Anglije. Zanimivo je, da je ostal zabeležen na znameniti stenski preprogi (tapiseriji), ki je bila pozneje velika dragocenost angleških kraljev.

Pojav kometa leta 1066 pa je opisan tudi v starem ruskem letopisu: »V tem času je bilo znamenje na zahodu – zvezda prevzvišena. Imela je krvave žarke, vzpenjala (to je vzhajala) se je zvečer po zatonu Sonca in takšna je bila videti sedem dni. To je napovedovalo slabo znamenje, saj je bilo po tem letu veliko razdorov in neslog ter sovražnih vpadov poganov na rusko ozemlje; sicer je bila to res krvava zvezda, ki je napovedovala prelivanje krvi.«



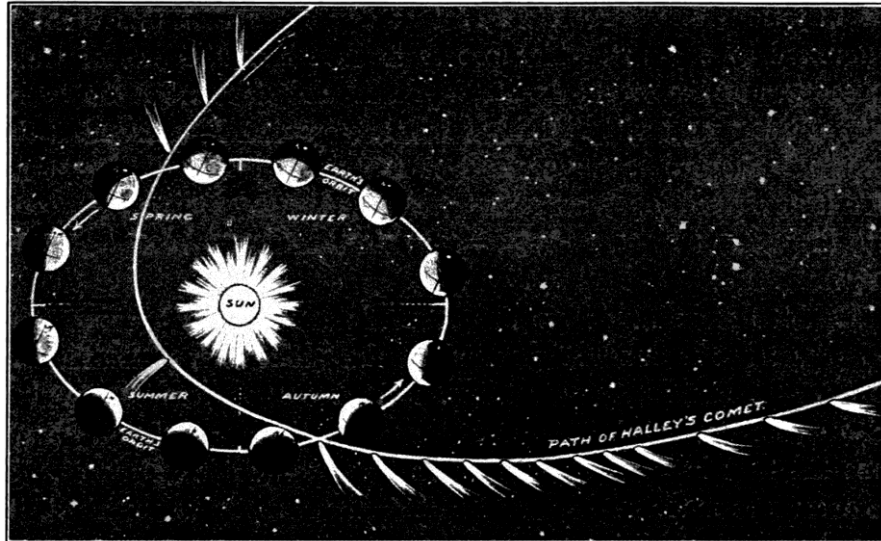
Pojav kometa leta 1066, kot je zabeležen na tapiseriji

Ob pojavu Halleyjevega kometa leta 1456 na nebu je papež Kalikst III. vpeljal posebno molitev, v kateri so ljudje preklinjali komet. S to molitvijo so vsak dan opoldne ob zvonjenju cerkva prosili boga z nebes, da pošlje grožnje pogubljenja grešnim in brezbožnim Turkom.

Prikazovanje Halleyjevega kometa na nebu v letih 1758, 1835, 1910 in 1986 je bilo za opazovalce severne geografske polute dosti manj slikovito kakor v času številnih prejšnjih pojavljanjih. Vendar še leta 1910 so v številnih deželah molili in v molitvi preklinjali ta komet. Nekateri pa so celo zaradi tega, ker so slišali, da se je takrat Zemlja nahajala v povsem nenevarnem »strupenem kometovem repu«, začeli iz obupa piti, neznansko zapravlјati in celo prodajati svoje imetje z mislijo, saj bo konec sveta.

Zadnjih trideset vrnitev Halleyjevega kometa k Soncu

<i>Zaporedna številka</i>	<i>Prehod čez priončje</i>	<i>Zaporedna številka</i>	<i>Prehod čez priončje</i>	<i>Zaporedna številka</i>	<i>Prehod čez priončje</i>
1	– 25.5.240	11	27.9.530	21	26.10.1301
2	– 13.10.164	12	15.3.607	22	11.11.1378
3	– 6.8.87	13	3.10.684	23	10.6.1456
4	– 11.10.12	14	21.5.760	24	26.8.1531
5	26.1.66	15	28.2.837	25	27.10.1607
6	22.3.141	16	9.7.912	26	15.9.1682
7	18.5.218	17	6.9.989	27	13.3.1759
8	20.4.295	18	21.3.1066	28	16.11.1835
9	16.2.374	19	19.4.1145	29	20.4.1910
10	28.6.451	20	29.9.1222	30	9.2.1986



Prisončni del tira Haleyjevega kometa

Dovolj primerov govori, da je bilo veliko žalostnih in tudi veselih dogodkov v preteklosti, ki bi jih z dovolj bogato domišljijo in ob praznovrnem strahu pred neznanimi naravnimi silami lahko povezali s pojavom Halleyjevega kometa na nebu. Pa tudi, ko ga ni bilo na nebu. Za Halleyjev komet, kakor tudi za vse druge komete, res ne moremo trditi, da bi bili krivi za kakršen koli dogodek na tem drobnem planetu, ki mu rečemo Zemlja. Kometi so namreč še dosti manjši od Zemlje. Nekateri jih primerjajo z bolho na biku. No, le repi so lahko zelo dolgi, v opisanem primeru recimo nekaj metrov ali še več. Nevarni pa so dosti manj kot mavrica (slikovita, približna primerjava).



Glava Halleyjevega kometa z začetkom njegovega dolgega repa, slikan 8.5.1910



Nekje sem že zapisal: *In potem je ta divji komet prišel k nam spet leta 1531 (Andrej Perlah piše o njem), leta 1682 (Halley ga odkrije, Valvasor pa ga nima med svojimi knjigami), leta 1759 (Hallerstein ga menda opazuje), leta 1910 (moja mama ga vidi) in leta 1986 (kljub prizadevanju ga zaradi slabega vremena ne vidim, slika pa ga Herman Mikuž), leta 2061 (ga zagotovo vidim, saj sem že dolgo med zvezdami).*



Po letu 1759, ko je E. Halley uspešno napovedal periodičnost tega kometa in so ga zares izsledili, so imeli komete že za bolj domače nebesne pojave. V letopisih jih manj omenjajo kot prinašalce tegob, predvsem pa jih od slej nimajo za dežurne krivce vseh zemeljskih težav in nesreč.

Pa še ponovimo:

Halleyjev komet človeštvo opazuje že celi dve tisočletji. K nam se bo znova vrnil 2061. To bo že njegov 31. opazovani povratek. V tem stoletju bo še živahno na našem planetu, vsaj glede iskanja in opazovanja tega znamenitega kometa.

Johann Georg Palitzsch (1723 Prohlis pri Dresdnu, Saška–1788 Leubnitz pri Dresdnu)

J. G. Palitzsch (izg. Palič) je bil doma iz Saške. Ni bil iz nekdanjega našega juga. Bil je kmet, poljedelec in astronom amater, ki je živel v vasici blizu Dresdna. Odraščal je ob strogi vzgoji očima. Sam se je iz sodobnih knjig strastno izobraževal v astronomiji, fiziki in drugih področjih naravoslovja. Potem je šel študirat v »Matematični salon« v Dresdnu in leta 1756 na univerzi v Leipzigu opravil izpit iz osnov astronomije s "pohvalo temeljitega znanja".

Pripovedujejo, da je neodvisno raziskal in leta 1744 odkril spremenljivost sija zvezde Algol (β Perzeja). Za božič leta 1758, to je v noči 25./26. 12., ko so šli vsi k maši, on pa pod zvezdno nebo, je prvi opazil Halleyjev komet ob njegovem prvem predvidenem povratku, ki ga je napovedal E. Halley leta 1705, in sicer za leti 1758/59. Eni menijo, da ga je ponovno odkril s prostim očesom, drugi pa pravijo, da je uporabil reflektor z 2,4 metra goriščne dolžine. Naj bo kakorkoli. Številni astronomi, amaterski in profesionalni, so si zelo prizadevali za ta dosežek, obrisali pa so se pod nosom. Uspelo je le Johannu.

Poleg astronomije se je Palitzsch intenzivno ukvarjal tudi s poljedelsko botaniko. Veliko je mikroskopiral in celo pomagal vpeljati krompir kot splošno hrano na Saškem. Po njegovi smrti je zapustil knjižnico z okoli 3500 knjigami in

delno »na roke« napisanih kopij, izpisanih iz znanstvenih del, predragih, da bi jih kupil.

Palitzsch je že vedel o povratnosti kometov. Halleyjevega kometa ni odkril slučajno. Iskal ga je. Čakal ga je. Bil je pač s pravo mislijo v pravem času na pravem mestu. Vsi so praznovali božič, on pa je šel ven v mrzlo zimsko noč in naredil nepozabno opazovanje. Občutil je slast in hvalo nekega odkritja ter se tako pomembno vpisal v zgodovino astronomije.



Veliki astronomski srečnej, Johann Georg Palitzsch

Kadarkoli kdo piše o tem kometu, je Palitzsch vedno omenjen. Tako kot se spodobi, tudi tukaj, čeprav ni kak posebno pomemben in za obravnavanje zanimiv astronom. Nekaj mu je pač uspelo, kar ni nobenemu.



Halleyjev komet v Londonu leta 1759; naslikal Samuel Scott.

Carl Friedrich Gauss (1777 Braunschweig–1855 Goettingen)

Že od prve polovice 17. stoletja, vse od Keplerjevega časa dalje, so astronomi opozarjali, da je med Marsovim in Jupitrovim tirom razmeroma razsežen medplanetni prostor, a brez planeta. Glede na razporeditev tedaj znanih šest planetov (Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter in Saturn) so predvidevali, da bi se moral v tej "prazni luknji Osončja" vendarle gibati nek planet.

Ta misel je posebno močno oživila proti koncu 18. stoletja. Takrat so se celo pojavili astronomi, ki so izpeljali razna matematična pravila o razporeditvi planetov in po formuli (obrazcu) napovedovali planet. Med njimi je bilo najbolj znano Titius-Bodejevo pravilo (okoli leta 1770). Po tem pravilu, zanimivem še danes, so oddaljenost planeta od Sonca r_n (v astronomskih enotah) izračunali iz naslednjega zaporedja: $r_n = (4 + 3 \cdot 2^n)/10$, če za število n zaporedoma vzamemo števila $-1, 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ (gl. preglednico)

<i>Planet</i>	<i>n</i>	<i>r_n</i>	<i>Dejanska razdalja</i>	<i>Opomba</i>
Merkur	-1	0,5 a.e.	0,4 a.e.*	
Venera	0	0,7	0,7	Ujemanje
Zemlja	1	1	1	med
Mars	2	1,6	1,5	pravilom
(Ceres)	(3)	(2,8)	(2,8)	in
Jupiter	4	5,2	5,2	dejansko
Saturn	5	10,0	9,5	razdaljo.
Uran	6	19,6	19,2	
Neptun	7	38,8	30,1	Ni ujemanja.

.....

* a.e. – astronomska enota

Za takrat je pravilo za vseh šest tedaj znanih planetov kar natančno opredeljevalo njihovo oddaljenost od Sonca. Kmalu po objavi pravila je leta 1781 angleški astronom William Herschel naključno odkril nov, sedmi planet – **Uran**. Odkritje je bilo izredno pomembno. Nakazovalo je, da se meje našega Osončja ne končajo s Saturnovim tirom, kot so do tedaj mislili. Meritve so pokazale, da se planet Uran giblje okrog Sonca v 19-krat večji oddaljenosti od Sonca, kot je oddaljena Zemlja, kar se je lepo ujemalo s Titius-Bodejevim pravilom.

Vse je kazalo, da pravilo predstavlja naravni zakon, veljaven za vse planete od Merkurja do Urana, razen za prazen prostor med Marsovim in Jupitrovim tirom. Ko so vstavili v gornjo formulo za število n vrednost 3, je tam namreč manjkal planet (gl. preglednico).



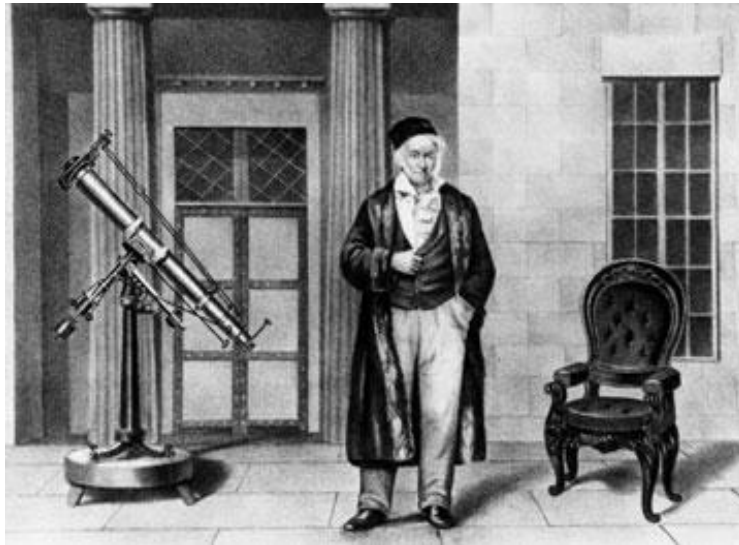
**Astronom, matematik, duhovnik in menih Giuseppe Piazzi (1746–1826)
– odkritelj Ceresa**

Tako so ob koncu 18. stoletja astronomi začeli mrzlično iskati "manjkajoči planet", ki naj bi krožil okrog Sonca v povprečni razdalji okoli 2,8 astronomske enote. Tekmovanje med njimi pa se še ni dobro razmahnilo, ko je na novega leta dan, 1. 1. 1801, pravzaprav v novoletni noči, na zvezdarni v Palermu na Siciliji astronom Giuseppe Piazzi temu tekmovanju naredil konec. Opazil je namreč šibko "zvezdico", ki je zelo hitro spreminjala lego glede na ostale okolne zvezde. "Zvezdico" je z daljnogledom "spremljal" vse do sredine februarja, ko jo je nenadoma izgubil. Ni in ni je mogel več najti. Že je mislil, da jo je med množico zvezd izgubil za vedno.

Takrat pa ga je iz velike astronomske zagate rešil nemški matematični genij K. F. Gauss, ki se je precej ukvarjal z astronomijo, saj je bil med drugim pozneje tudi direktor zvezdarne v Goettingenu. Iz nekajkratnih Piazzijevih opazovanj, to je iz dela navideznega tira opazovanega vesoljskega telesa, je izračunal resnični tir gibanja tega telesa v prostoru okrog Sonca. Tako je ta genij, o katerem se pripoveduje, da je bil čudežen otrok, rešil enega najzahtevnejših problemov nebesne mehanike (gl. dalje), za katerega se je do tedaj mislilo, da je nerešljiv. On pa je izdelal metodo, po kateri moremo določiti elemente (podatke) planetnega tira iz treh njegovih opazovanj na nebu. Za opazovano telo je izračunal velikost, naklon in sploščenost njegovega tira ter povprečno oddaljenost od Sonca 2,77 astronomske enote.

Po velikosti tira, ki ga je izračunal, se je dalo jasno sklepati, da novo telo pripada prostoru med tiroma Marsa in Jupitra. Z računi je pokazal, da se novo vesoljsko telo, ki so mu kmalu nadeli ime Ceres (Cerera – rimska boginja žita, žetve in materine ljubezni; gr. Demetra, boginja poljedeljstva, posebno čaščena na

Siciliji), ne bo izgubilo med zvezdami, kot so prvotno mislili. Tako so po njegovih izračunih Ceres iskali in ga tudi našli na nebu. Eno leto po odkritju ga



Matematik, astronom, fizik in geodet Carl Friedrich Gauss – en največjih matematičnih umov vseh časov

je pri iskanju po Gaussovih računih zasledil nemški astronom Heinrich Wilhelm Mathias Olbers in sicer prav blizu mesta na nebu, kot ga je napovedal oz. označil Gauss.

Več kot leto dni je bil Ceres edino odkrito telo v tej praznini. Prazna luknja v vrsti velikih planetov je bila zapolnjena in pravilu je bilo zadoščeno. Toda, ojoj, ojoj, 28. marca 1802 je Olbers blizu Ceresa zasledil novo takšno drobno, zvezdi podobno telo. Tudi to se je premikalo glede na okolne zvezde. In spet je vrli matematik Gauss računal in izračunal, da gre za podobno vesoljsko telo, kot je bil prej Ceres. Tako so odkrili Pallas (Pallado), kar je astronome zelo zbegalo. Kmalu potem (1804 in 1807) so odkrili še dve takšni telesi. Do danes so jih odkrili že več 10 000, ocenjujejo pa, da jih je na milijone ali še več, in to najrazličnejših velikosti (od nekaj sto do enega km in še manj v premeru) in obliki. Vsi so po velikosti dosti manjši od planetov in tudi Ceresa, ki v premeru meri okoli 950 km. Precej čez 100 so jih odkrili tudi slovenski astronomi.

Gauss se je začel posebno zanimati za astronomijo v Goettingenu. Nekaj astronomskih opazovanj pa je opravil že v svojem rojstnem kraju Braunschweigu. Pri tem je del denarne podpore, ki jo je dobival od svojega deželnega kneza, porabil za nakup sekstanta, s katerim je meril kote na zemljišču in na nebu. Iskal je primerno računsko nalogo, ki bi sprva reševala manj zahteven problem. Tako je

objavil preprost način izračuna časa Velike noči in drugih cikličnih verskih praznikov.

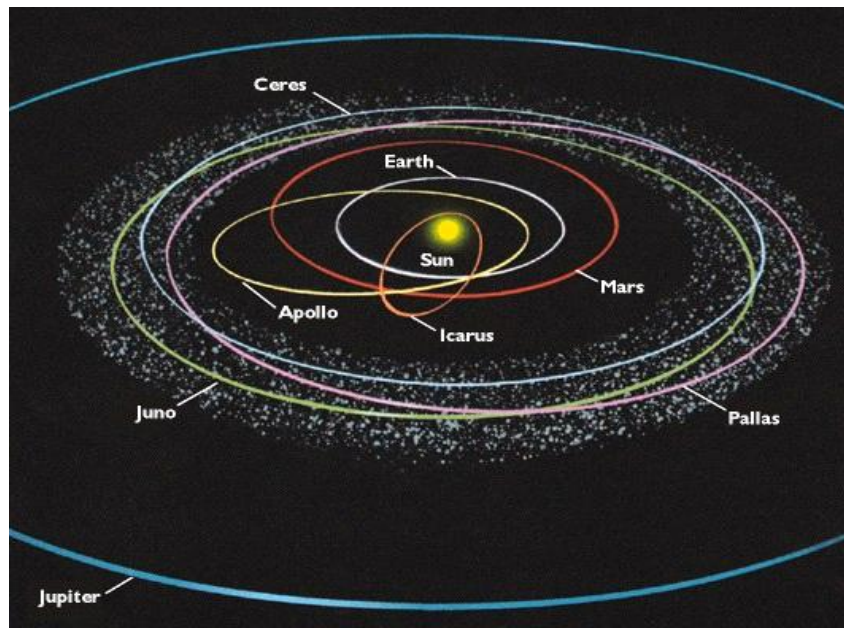
Misel o naslednji težavnejši nalogi pa se je pojavila leta 1801, ko je 1. 1. 1801 astronom Piazzzi pri sestavljanju zvezdnega kataloga odkril neznano zvezdo 8. magnitude. Po 40-dnevnem opazovanju jo je izgubil. Piazzzi se je obrnil k najpomembnejšim evropskim astronomom s prošnjo, da mu pomagajo poiskati izgubljeno zvezdo. V juniju so te vesti prišle do astronoma grofa Franza Xaverja Zacha, ki je v tem času izdajal edino astronomsko revijo. Zach je menil, da gre za davno domnevo o izgubljenem planetu med Marsom in Jupitrom. Tega pa je bilo treba nujno poiskati.



Astronom, fizik in zdravnik Heinrich Wilhelm Mathias Olbers (1758 Bremen–1840 Bremen)

Da bi ga našli, bi bilo treba izračunati tir njegovega gibanja v prostoru. Določiti eliptični tir v dani kotni dolžini 9° , ki jo je iz opazovanj poznal Piazzzi, je bilo daleč za mejami računskih sposobnosti tedanjih astronomov. Končno je prošnja za izračun tira prišla tudi do Gaussa.

V septembru 1801 je Gauss pustil v nemar vsa svoja obvezna dela. Začel je z računanjem tira. V novembru so bili računi zaključeni, v decembrski številki Zachove revije pa že objavljeni. V noči od 31.12.1801 na 1.1.1802, ravno eno leto po prvem Piazzzijevem opazovanju izgubljene zvezdice, je astronom Olbers, glede na tir, ki ga je izračunal Gauss, našel 'planet', ki so ga poimenovali Ceres. To je bila prvovrstna senzacija.



Tira gibanja Ceresa (pritlikavi planet) in Pallasa (asteroid) okrog Sonca; z belimi pikicami je označen asteroidni pas med Marsovim in Jupitrovim tirom.

Marca 1802 pa je, kot že rečeno, Olbers odkril še en tak ‘planet’, imenovan Palas. Spet je Gauss hitro izračunal njegov tir in hitro dokazal, da tudi ta leži med Marsovim in Jupitrovim tirom.

To smo tukaj ponovili zato, da glasno in jasno povemo in posebno poudarimo, da je Gaussova računska metoda določevanja tira za astronome postala nesporno najbolj učinkovita oz. natančna.

Gauss je končno dobil priznanje. Eden od znakov tega priznanja je bilo, da so ga izbrali za dopisnega člana Peterburške Akademije nauk (Akademije znanosti). Pripravljali so mu mesto direktorja Peterburškega observatorija. Gaussu se je zdelo prijetno, da so ga Rusi poklicali v kraj, kjer je delal znameniti švicarski matematik Leonhard Euler. Že je mislil na preselitev. Vendar, ker je tam večinoma slabo vreme, ne bo mogel dosti opazovati. Sicer je ponujenih 1000 rubljev, ki bi jih tam dobival, več od 400 tolarjev, ki jih dobiva sedaj, toda življenje v Petrogradu je dražje.



Veliki komet leta 1769, ki ga je opazoval tudi naš astronom Karel Tirnberger.

V tem času si je Olbers zelo prizadeval, da bi zadržal sposobnega Gaussa v Nemčiji. Že leta 1802 je predlagal vodstvu Goettingenske univerze, da povabi Gaussa na službeno mesto pravkar zgrajenega tamkajšnjega observatorija. Tja je Gauss potem tudi odšel. Sprejel je mesto direktorja astronomskega observatorija in profesorja matematike in astronomije na univerzi v Goettingenu, kjer je ostal do konca življenja.



Veliki komet 1812

Leta 1809 je izšlo v izpiljeni obliki njegovo slavno v latinščini napisano delo *Teorija gibanja nebesnih teles, ki krožijo po stožnicah okrog Sonca*. V njem Gauss pojasnjuje svoje metode izračunavanja tirov nebesnih teles. Da bi bralce prepričal o učinkovitosti oziroma o matematični moči svoje metode, ponovi izračun tira kometa leta 1769, ki ga je svoj čas v treh dneh neprestanega nabitega računanja določil L. Euler, ko je nato izgubil vid na enem očesu. Gauss je za izračun tira istega kometa potreboval le eno uro.

Leta 1810 je Gauss za svoje delo prejel premijo Pariške akademije znanosti, Zlato medaljo Londonskega kraljevega društva in bil izbran v nekoliko akademij znanosti po Evropi. Doživel je veliko časti. Tir znamenitega kometa iz leta 1812, ki so ga množično opazovali in naj bi napovedal požar Moskve, so izračunali po Gaussovi metodi.

Leonhard Euler (1707 Basel–1783 Sankt Peterburg)

Bil je znanstvenik enciklopedičnega znanja. S svojo obširno dejavnostjo je odigral izredno pomembno vlogo v razvoju naravoslovja. Številne njegove znanstvene ideje in ugotovitve so dale temelj večjemu številu samostojnih področij naravoslovja in do danes niso zgubili svežine. To velja predvsem za klasično astronomijo, ki je po zaslugi Eulerjevih del in del njegovih kolegov na Peterburški in Berlinski akademiji znanosti dosegla izjemen uspeh v 18. stoletju. Euler je bil brez dvoma zvezda prve magnitude na znanstvenem svodu 18. stoletja. Tako svetla zvezda ostaja še danes, po več ko 200 letih.

L. Euler se je rodil v družini pastorja. S sedemnajstimi leti in pol je končal bazelsko univerzo, kjer je poslušal matematiko pri znamenitem profesorju Johannu Bernoulliju, očetu znanih znanstvenikov Nikolaja in Daniela Bernoulli. Spomladi leta 1727 je dvajsetletni Euler z že opravljenim doktoratom na povabilo bratov Bernoulli prišel v Sankt Peterburg, kjer je postal redni član Peterburške akademije znanosti. Prvo peterburško obdobje Eulerjevega življenja zajemajo leta od 1727 do 1741, drugo pa od 1766 do 1783, to je do smrti. Vmes je živel v Berlinu, kjer je delal na Berlinski akademiji znanosti.



Leonhard Euler, eden največjih genijev v naravoslovju, predvsem pa v eksaktnih vedah. Eni ga častijo kot največjega matematika vseh časov. Zdi se mi, da je ta izjemni učenjak na splošno premalo znan, premalo populariziran. Prvič sem slišal za Eulerja pri Mehaniki I v prvem letniku na univerzi, ko nam je akademik prof. dr. Anton Kuhelj predaval o Eulerjevih kotih.

Kar okoli 60 let se je Euler ukvarjal z znanstveno dejavnostjo. Bil je matematik, mehanik, astronom, fizik, in to prvovrsten na vsakem področju. Bil je genialni učenjak, pravi in resnični prvak. Imamo ga za enega najplodovitejših učenjakov vseh časov. Napisal je okoli 850 del in nekaj tisoč pisem znanstvene vsebine. Njegovo zbrano delo obsega 72 knjig. Med to ogromno količino del je približno sedmina (okoli 120) astronomskih prispevkov. Vsi so temeljnega pomena. Vsi so odpirali nove poti v klasični astronomiji, predvsem v teoriji motenj.

Ob koncu 17. stoletja je bila po zaslugi Keplerja, Galileija in Newtona zaključena matematična teorija nemotenega (čistega) gibanja planetov in njihovih satelitov. Utrdili so se trije (Keplerjevi) zakoni planetnih gibanj kot posledica v vesolju splošno veljavnega (Newtonovega) gravitacijskega zakona. Pokazalo se je: če Sonce in planet vzajemno drug drugega privlačujeta po gravitacijskem zakonu, je gibanje planeta okrog Sonca (točneje okrog težišča sistema Sonce + planet, ki pa praktično sovпада s središčem Sonca) določeno s Keplerjevimi zakoni. Tak model, oziroma iz njega izhajajoč takoimenovani *problem dveh teles*, predpostavi, da na planet deluje samo privlačna sila Sonca in nobena druga sila (da sta torej v vsem prostoru le dve telesi, Sonce in planet). Resnica je drugačna. Planeti drug drugega medsebojno privlačujejo. Nadalje je treba upoštevati pritisk Sončevega sevanja, plimske sile, upor medplanetnega prostora (ki ni čisto prazen), kar vse spremeni

eliptične poti (orbite) planetov in satelitov. Resnične tirnice (tiri) vesoljskih teles so zamotane. Niso vaze zaprte prostorske krivulje. Imamo jih lahko le približno (recimo v prvem približku) za elipse. Določiti parametre takih prostorskih krivulj je težavno. In matematično področje nebesne mehanike, ki se ukvarja z izračunavanjem motenj tirov vesoljskih teles, se imenuje *teorija motenj*.

Newton je dal izhodišče, osnovne ideje teorije motenj. Vendar pa za utemeljitelja te teorije velja Euler. Podal je več splošnih metod teorije motenj in rešitev določenih astronomskih problemov. Ustavimo se le pri teoriji gibanja Lune, ki jo je obdelal Euler (*Theoria motuum lunae*, St. Peterburg 1753). Morska plovba, natančnejše merjenje časa, izdelava različnih tipov koledarja itn. - vse to je zahtevalo natančnejšo informacijo o obdajajočem svetu, natančnejše poznavanje gibanja nebesnih teles.

Po odkritju gravitacijskega zakona so znanstveniki izdelali več teorij o Luninem gibanju. Od teh dve pripadata Eulerju. Da je nastalo toliko teorij, je več vzrokov. Najpomembnejši je ta, da je Luna skrajno zamotano nebesno telo, odlični matematiki pa so kar tekmovali med seboj, kdo bo to gibanje najbolj obdelal. Niti ena od Luninih teorij ni povsem zadovoljila praktičnim potrebam. Naloga o gibanju Lune pač spada med edinstvene in najtežje v nebesni mehaniki. Sonce namreč tako močno privlači Luno, da se že po dveh ali treh obhodih Lune okrog težišča mas sistema Zemlja + Luna, njena elipsna pot v prostoru povsem spremeni.

Prva Eulerjeva Lunina teorija je predvsem uporabna vzporedno (ali skupaj) z obširnim opazovalnim materialom. Na osnovi te teorije oziroma Eulerjevih idej je nemški astronom Tobias Mayer v 18. stoletju izračunal superprecizne Lunine tablice - efemeride (ta astronom je izdal za njegov čas tudi odlično Lunino karto), v drugi polovici 19. stoletja pa J. Hill blesteče razvil osnove najpopolnejše teorije Luninega gibanja.

V svoji drugi Lunini teoriji pa je Euler kot prvi pojasnil osnovno rešitev glavne naloge v teoriji gibanja Lune, to je gibanje Lune pod vplivom hkratnega skupnega privlačnostnega vpliva Zemlje in Sonca pri pogoju, da obravnavamo vsa tri telesa kot materialne točke, težišče sistema Zemlja + Luna pa se giblje okrog Sonca po eliptični poti.

Obe njegovi teoriji gibanja Lune sta zelo pomembni za astronomijo. Jasno povesta: brez stalnih opazovanj, brez praktične dejavnosti - ni nič. Gre torej za tesno povezavo med teorijo in prakso.

Veliko del je Euler posvetil tudi eni najbolj zahtevnih nalog v astronomiji, pri nebesni mehaniki, to je *problemu treh teles*. Formulacija tega problema je v bistvu preprosta: treba je najti zakon gibanja vsake od treh materialnih točk, ki druga drugo vzajemno privlačujejo po gravitacijskem zakonu. Ta problem menda do danes še ni rešen v celoti. Prvi korak k rešitvi pa je vsekakor napravil prav

Euler. Našel je delne rešitve tega problema. Pokaže se, da v odvisnosti od mase in začetne hitrosti teles, ki se vzajemno privlačujejo, obstaja taka premočrtna razporeditev (stroga kolinearna konfiguracija), pri kateri vsa tri telesa ležijo na eni in isti premici itn. Pa pustimo podrobnosti. Je res zapleteno.

Nekaj let nato je francoski matematik in astronom Joseph Louis Lagrange našel drugo delno rešitev problema treh teles, pri kateri te tri vzajemno privlačujoče se materialne točke sestavljajo (večni) enakostranični trikotnik, ki ali miruje ali pa se njegovo težišče premika premočrtno in enakomerno, sam trikotnik pa še kroži s konstantno hitrostjo itn. Ti delni rešitvi sta dobili ime "libracijski točki" in sta odigrali v razvoju številnih področij matematike in mehanike pomembno vlogo, posebno v teoriji stabilnosti. /Opomba: V posebnem primeru Lagrangove rešitve ustrezajo opisu gibanja v sistemu Sonce + Jupiter + Trojanci (ena skupina planetoidov.)/

Eulerjevo astronomsko delo pa se ne konča le pri nebesni mehaniki. Objavil je več deset spisov o praktični astronomiji, astrometriji, geodeziji, geografiji in kartografiji. Podal je osnove dinamične teorije plimovanja (plime in oseke), pisal o astroklimi (*Določitev stopnje toplote in hlada v različnih krajih Zemlje in v različnem času*), sodeloval pri izdelavi *Geografskega atlasa ruskega imperija* itn.

Eulerjeva dela so še danes neizčrpen vir, prava zakladnica za nove tvorne ideje, saj je njihovo proučevanje danes prav tako aktualno in koristno kot za časa življenja velikega znanstvenika.

Pomembno za astronomijo je še njegovo teoretično delo v optiki. Pokazal je, da s kombinacijo dveh steklenih leč (konveksne in konkavne) z različnima lomnima količnikoma lahko izdelamo akromatični objektiv (1747). Prvi objektiv tega tipa je izdelal angleški optik John Dollond (1758).

Alexis Claude Clairaut (1713 Pariz–1765 Pariz)

Edmond Halley je pri raziskovanju pozneje po njem imenovanem kometu postal pozoren na obhodni čas kometa, ki ni bil stalen. Med prehodoma kometa čez perihel leta 1531 in leta 1607 je preteklo 460 dni več kot med prehodoma v letih 1607 in 1682. Vzroka ni poznal. Zato ni mogel natančno napovedati datuma naslednjega prihoda kometa. Medtem je že nastopilo leto 1758, komet pa se še ni ni pojavil.

Neobhodna so bila torej natančna raziskovanja motenj, s katerimi na komet delujejo planeti. Metode obravnavanja vpliva teh motenj pa še niso bile izdelane. Te zares skrajno zahtevne matematične naloge se je lotil znameniti francoski

matematik A. C. Clairaut (izg. Kleró) ob pomoči astronoma Jeroma Lalande ter astronomke in matematičarke Nicole-Reine Lepaute (izg. Lepot).

Dela matematika Clairauta so imela velik pomen za astronomijo. Njegove matematične sposobnosti so se pojavile zelo zgodaj. Že v 12. letu je napisal razpravo o raziskovanju algebrskih krivulj 4. reda. Z 18. leti je postal adjunkt Pariške akademije znanosti, s 25. leti pa njen član. Leta 1736 se je udeležil znanstvene ekspedicije na Laponsko, katere cilj je bil meritev obsega Zemljinega poldnevnik. Rezultat teh meritev je bila bleščeča potrditev Newtonove teorije o obliki Zemlje. Pogoje ravnovesja vrtečih se tekočin in vprašanja o ustreznih oblikah planetov je natančno obdelal v knjigi *Teorija figure Zemlje*, osnovana na načelih hidrostatičnosti (1743). Tu je prvi rešil nalogo o gibanju Luninega prizemlja zaradi Sončeve motnje. Svetovno slavo pa so mu prinesla njegova dela v zvezi z raziskovanjem Halleyjevega kometa, kjer je prvič uporabil numerične metode integriranja za izračune motenj s strani Jupitra in Saturna ter tako napovedal pojav kometa leta 1759 z napako 31 dni.

Elementi tira kometov, ki so se pojavili v letih 1531, 1607 in 1682, ko še ni bil odkrit Halleyjev komet

<i>Prehod čez perihel</i>	<i>Naklonski kot</i>	<i>Dolžina dvižnega vozla</i>	<i>Argument perihela</i>	<i>Perihelna razdalja</i>
26. 8. 1531	162,3° *	50,8°	301,6°	0,58 a.e.
27. 10. 1607	163,0°	50,4°	302,2°	0,58 a.e.
15. 9. 1682	162,4°	49,4°	301,7°	0,57 a.e.

* Naklonski kot je večji od 90°, kar pomeni, da se komet giblje po svojem tiru obratno kot planeti. Planeti se gibljejo napredno (v levo), Halleyjev komet obratno (v desno, če gledamo proti jugu).

Šest mesecev so torej vsi trije člani astronomsko-matematične delovne skupine računali kot nori od zore do mraka. Izračunavali so razdalje kometa od obeh planetov-velikanov, Jupitra in Saturna, in sicer za vsako kotno stopinjo na nebesni krogli za obdobje 150 let. Določali so privlačno silo na komet s strani obeh planetov, ki se je časovno hitro spreminjala, in ocenjevali njen vpliv na tir kometa. Komet naj bi se vsak hip vrnil k Soncu, z računi pa še niso zaključili. Hočeš nočeš so pri računanju morali poseči po poenostavitvah, kar pa je seveda nekoliko poslabšalo natančnost.

Dne 15. 11. 1758 je rezultate preračunavanj Clairaut predstavil Pariški akademiji znanosti. Napovedal je datum prehoda kometa čez priončje za dan 13. 4. 1759 z možno napako blizu 30 dni zaradi računskih poenostavitev. Računi so

pokazali, da bo komet zakasnil za 618 dni, 518 dni zaradi Jupitra, 100 dni pa »po krivdi« Saturna.

Komet so mrzlično iskali na nebu številni astronomi. Znani francoski »lovec na komete« Ch. Messier je za to porabil eno celo leto. Toda sreča se je nasmehnila ljubitelju astronomije iz okolice Dresdna, sicer kmetovalcu J. G. Palitzschu, ki ga je odkril na božično noč 25. 12. 1758, ko so vsi drugi veselo praznovali. To je bil, recimo mu tako, prvi rojstni dan slavnega kometa.

Komet so nato opazovali do sredine februarja 1759, potem se je skrila v večernem mraku, toda aprila je bil ponovno viden na predjutrskem nebu. Dosegel je sij približno ničelne magnitude in imel 25° dolg rep. V začetku junija je bil še viden s prostim očesom, proti koncu tega meseca pa je izginil. Čez perihel je šel 13. 3. 1759, vsega 32 dni prezgodaj od časa, ki ga je s svojo 'računalniško' ekipo napovedal Clairaut.

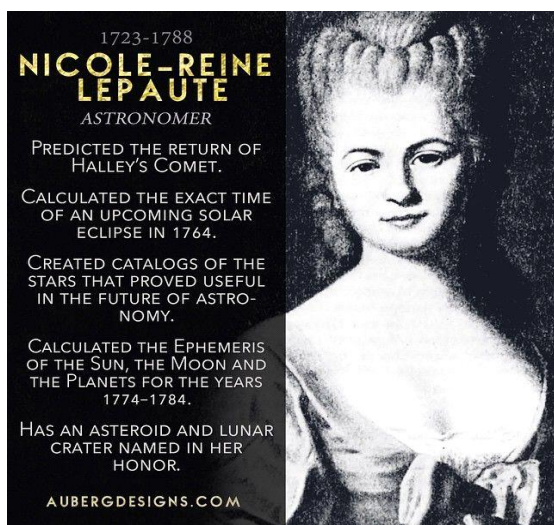


Matematik, astronom in geofizik, A. C. Clairaut; prvič sem slišal zanj na univerzi, in sicer na predavanjih Diferencialne enačbe pri akademiku prof. dr. Josipu Plemlju, ko smo obravnavali Clairautovo diferencialno enačbo. Niti v sanjah si nisem mogel misliti, da bom v svoji astronomski praksi na to ime tolikokrat naletel; samo pri pisanju tekstov o Halleyjevem kometu okoli 50-krat.

Ponovni pojav Halleyjevega kometa za leto 1759 so napovedali po računanju in upoštevanju vpliva šestih tedaj znanih planetov na komet, predvsem pa Jupitra in Saturna. Toda leta 1781 je W. Herschel odkril nov planet, Uran, sedmi po vrsti glede oddaljenosti od Sonca. Od zdaj dalje je bilo treba upoštevati tudi motnje na komet oz. na njegov tir tudi s strani tega velikana Osončja.

Pariški astronom Marie Charles Theodor Damoiseau (izg. Damuzao; 1768–1846) je z računanjem motenj vseh planetov, razen Merkurja, vendar pa že z

upoštevanjem Urana, napovedal novi prehod kometa čez priončje za 4. 11. 1835. Za ta izračun je dobil posebno nagrado. Drugo premijo pa je dobil Philippe Pontecoulant (izg. Pontekulan; 1795–1874), ki je napovedal datum 7. 11. 1835. Čez nekaj časa je ponovil račun, ko je vzel za maso Jupitra $1/1054$ mase Sonca namesto prejšnje vrednosti $1/1070$, in izračunal nov datum 15. 11. 1835. Prvič v zgodovini kometne astronomije je bil izračunan ne le trenutek prehoda kometa čez priončje, ampak preračunana tudi vsa njegova pot na nebu glede na zvezde. Številnim se je to zdelo preprosto nekaj nemogočega, neverjetnega.



N. Lepaute (1723–1788) in J. Lalande (1732–1807)

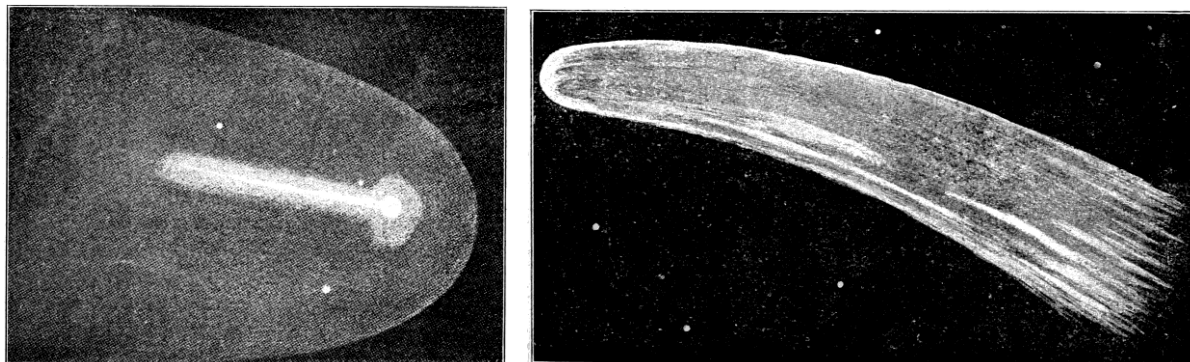
Že decembra 1834 so teleskope naravnavali proti predelu neba, kjer so pričakovali pojav kometa. Toda nič, takrat je bil še prešibak, da bi ga bilo mogoče zaznati. Dne 6. 8. 1835 pa je direktor manjše zvezdarne v Rimu (Collegio Romano), jezuitski pater Etienne Dumouchel (izg. Djumušel; 1773–1840), usmeril teleskop v napovedano točko neba, kjer naj bi bil po računih Halleyjev komet, in ga kot komaj zaznavno svetlečo točko mahoma zagledal v zornem polju svojega daljnogleda ter tako skromno naznanil drugi rojstni dan kometa.

Novih opazovanj ni bilo do 20. 8., ko je komet postal dostopen opazovanjem v bolj severnih zemljepisnih širinah. Tega dne ga je ponovno odkril v Dorpadu Friedrich Georg Wilhelm Struve, astronom, ki je pozneje zgradil in postal direktor Pulkovskega astronomskega observatorija pri Sankt Peterburgu. Čez dva dni ga že opazoval s prostim očesom, 24. 8. pa se je kometu začel razraščati rep. Oktobra je

postal dovolj dovtizen za vtise in za vsesplošno pozornost. Komet je dosegel sij prve magnitude in imel okoli 20° dolg rep.

Struve z velikim refraktorjem in John Herschel, sin slavnega astronoma Williama Herschla, pa z velikim reflektorjem na Rtu Dobre Nade, sta naredila veliko lepih risb kometa, ki je stalno spreminjal velikost in obliko. V osrednjem delu kometove glave sta jasno videla jedro, obkroženo s svetlim megličastim sojem. Včasih se je komet videl v nejasno zaviti kopreni, ki se je razširjala in izginevala daleč v repu.

Dne 17. 9. je Struve opazoval redek pojav, ko je komet zakril zvezdo. Šibka zvezdica za kometom se je počasi navidezno približevala središčnemu, najgostejšemu in svetlemu delu glave. Pričakoval je, da bo sij zvezde oslabel in da bo zvezda čez čas izginila zaradi zakritja s kometovim jedrom. Toda nič od tega se ni zgodilo. Sij zvezde se ni prav nič spremenil. V času dveh ur je Struve opravil natančne mikrometrške meritve leg zvezde, no, in tudi nobenega odklona svetlobe, ki je šla z zvezde, ni opazil. Tudi to, da kometna snov ni povzročila loma svetlobe, se mu je zdelo nenavadno. Struve je zato menil, da je snov v kometovi glavi skrajno razredčena in da komet ali nima povsem trdega jedra ali pa je skrajno majhno. Zadnje se je izkazalo, da je res.



Skica Halleyjevega kometa, ki sta jo po opazovanju z daljnogledom jeseni leta 1835 narisala John Herschel (levo) in Friedrich Georg Wilhelm Struve.

Komet je prešel priončje 16. 11. 1835. To je malenkostna zamuda (samo en dan) glede na Pontecoulantovo napoved, kar pa je Pontecoulantu pozneje omogočilo natančnejše določiti maso Jupitra, in sicer $1/1049$ mase Sonca (dejansko je njena vrednost $1/1047,6$ mase Sonca).

Po prehodu čez perihel je začel komet vidno hirati. J. Herschel ga je s svojim teleskopom, ki je bil takrat en od največjih in tudi najzmogljivejših na svetu, opazoval vse do 19. 5. 1836. V zornem polju daljnogleda se mu je izgubil, ko je potoval na svoji ustaljeni poti nekje med Marsovim in Jupitrovim tirom. Proslavljanje drugega rojstnega dne je bilo konec.

Vtis je, kakor da se ne moremo ločiti od Halleyjevega kometa. Menda vidite tudi sami, kako veliko astronomov in matematikov po celi Evropi je tudi zaposljeval. Poročilo, kdaj se bo vrnil, so morali poslušati celo akademiki na francoski akademiji znanosti in, kaj vemo, kje še. Nekaj tega vzdušja se je pretihotapilo tudi sem, v naše pisanje. Mar ni to prijetno. Tako se mi zdi.

Friedrich Wilhelm Bessel (1784 Minden–1846 Kaliningrad)

Nemški astronom F. W. Bessel je žrtvoval vse svoje moči, nadarjenost in znanje za izboljšanje načinov astronomskih opazovanj. Svojo življenjsko pot je začel kot trgovski pomočnik. Ta poklic ga ni zanimal. Goreče se je samoizobraževal. Hitro in uspešno je obvladal znanje matematike in astronomije, ki si jo je zbral za svoj življenjski cilj. Komaj dvajsetleten je na osnovi starih opazovanj izračunal tir Halleyjevega kometa v prostoru. To delo je med astronomi vzbudilo veliko pozornost. Opazili so Besslovo nadarjenost in pronicljivost. Kmalu se je zanj začela strma znanstvena pot navzgor, polna uspehov in odkritij. Postal je profesor matematike in astronomije na königsberški univerzi. Tam je zgradil astronomski observatorij, katerega direktor je ostal do konca svojega življenja.

Opisali bomo eno njegovih velikih odkritij, kako je v brezmejni množici zvezd našel zvezdo, ki ji je z natančnim opazovanjem izmeril paralakso in ji nato izračunal oddaljenost od Zemlje.



Pomembni nemški astronom in matematik F. W. Bessel

Že pred Besslom so številni astronomi sestavljali zvezdne kataloge. V njih so bili nenatančni podatki o opazovanih zvezdah. Zato katalogov niso mogli uporabljati za natančno delo v astronomski praksi. Bessel pa se je odločil, da sestavi uporaben katalog. V njem naj bi zbral čim natančnejše podatke o zvezdah. V ta namen je pregledal in natančno obdelal opazovanja okoli 60 000 zvezd, ki jih

je stoletje pred njim opravil kraljevi astronom James Bradley na greenwiškem astronomskem observatoriju. Pri tem si je Bessel zadal nalogo, da odpravi čim več napak, ki jih vsebujejo Bradleyeva opazovanja.

Pri vseh meritvah, tudi astronomskih, so napake neizbežne. Do njih lahko pride zaradi nepopolnosti merilnih naprav, motenj v zemeljskem ozračju in tudi zaradi posebnega načina opazovanja (gledanja) ter živčne stabilnosti posameznega opazovalca. Vse napake se seštevajo in skupno vplivajo na rezultat opazovanj. Če jih odkrijemo in skrbno proučimo, dobljene rezultate opazovanj pa popravimo, lahko dosežemo veliko boljšo natančnost.

Astronomi so se že pred Besselom trudili, da bi odpravili napake, do katerih pride pri opazovanju. Toda Bessel je bil prvi, ki je uporabil matematične načine popravljanja napak. Tako je popravil Bradleyeva opazovanja in jih objavil v obliki kataloga 3 200 zvezd. Ta katalog je bil v tistem času najnatančnejši.

Pri pregledovanju Bradleyevih opazovanj zvezd je Bessel postal posebno pozoren na šibko zvezdo 61 v ozvezdju Labod. Ta zvezda se je glede na druge zvezde zelo hitro navidezno premikala (okoli pet kotnih sekund na leto). Zato je domneval, da je najbrž mnogo bližje Zemlji kot njene sosede na nebu, pri katerih takega navideznega premika ni zasledil. Odločil se je, da zvezdo 61 Laboda vzame v precep in natančneje razišče, da ji morda izmeri *paralakso*, kar so astronomi pred njim pri zvezdah iskali že več stoletij.



Paralaksa bližnje zvezde

Slika ni narisana v pravilnem merilu. Tam, kjer piše bližnja zvezda, si mislimi zvezdo 61 Laboda. Paralaksa p zvezde je kot, v katerem bi z zvezde videli astronomsko enoto, ki je pravokotna na zorno smer. Z d je označena oddaljenost zvezde. Ker je kot p zelo zelo majhen, lahko za astronomsko enoto $1 \text{ AE} = a = 150\,000\,000 \text{ km} = 15 \times 10^{10} \text{ m}$ vzamemo kar lok na krožnici s

polmerom d , ki mu pripada središčni kot p . Tako lahko sestavimo enačbo (sorazmerje) $a/2\pi d = p/360^\circ$. Pri znanem a in izmerjenem p iz enačbe izračunamo oddaljenost d zvezde.

Bessel je dejansko izmeril kot med smerema, v katerih je opazoval (videl) zvezdo 61 Laboda glede na ozadje zvezdnega neba v časovnem presledku pol leta. Kot med obema smerema je namreč enak dvojni paralaksi $2p$ zvezde.

Paralaksa zvezde je izredno majhen kot. Da bi ga izmeril, je moral Bessel uporabiti posebno natančen daljnogled - heliometer. Izdelal ga je bavarski optik Fraunhofer. Meseca decembra leta 1838, po enem letu neprestanih opazovanj, je za paralakso zvezde 61 Laboda izmeril 0,3" (tri desetinke kotne sekunde; vrednost, ki se bistveno ne razlikuje od novejših meritev). Drugače povedano, Bessel je ugotovil, da je ta zvezda od Zemlje oddaljena:

$d = (360^\circ/2\pi p) a = (360 \times 60 \times 60 / 2 \times 3,14 \times 0,3) \times 15 \times 10^{10} \text{ m} = 10^{17} \text{ m}$
ali (ker eno svetlobno leto meri približno 10^{16} m) okoli deset svetlobnih let.

Tako je bil Bessel med prvimi astronomi, ki je ugotovil *oddaljenost* kake zvezde. Skoraj istočasno so namreč določili oddaljenost tudi za zvezdi Vego v ozvezdju Lira in Alfo v ozvezdju Kentavra (α Kentavra, tudi Rigilkent, Toliman). Pozneje se je izkazalo, da so vse tri zvezde med najbližjimi našemu Osončju, Alfa Kentavra pa celo najbližja, saj je oddaljena le dobra štiri svetlobna leta.

Alfa Kentavra pa ni le enojna zvezda, ampak je celo sestav treh zvezd - trizvezdije. Dejansko nam je najbližje najmanjša od teh treh zvezd, imenovana Proksima (Najbližja). Zadnje raziskave (2016) so celo pokazale, da se morda okoli nje giblje naši Zemlji podoben planet. Ta trenutek raziskave še niso končane. Tako se znanost razvija dalje. To je prav.

William Herschel (1738 Hannover, Nemčija–1822 Slough, Anglija)

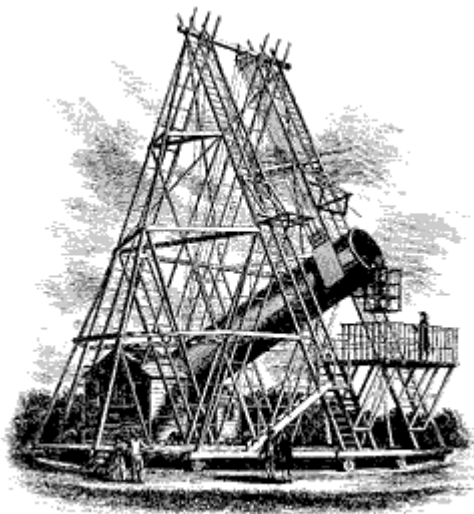
Planet Uran je prvič opazoval že leta 1690 greenwiški astronom John Flamsteed. V svoj zvezdni katalog ga je vnesel kot šibko zvezdo. Ni ga ločil od zvezde. Nato so ga opazovali še drugi astronomi, ki so ga tudi imeli za zvezdo. Šele ko se je v astronomskem svetu pojavil neumorni raziskovalec zvezdnega neba, William Herschel, je odkril, da to ni zvezda.

Herschel je opravil štiri svoje znamenite preglede ali sprehode zvezdnega neba oziroma, kot je sam rekel, "pometanja neba". Vsakega se je lotil z določenim namenom in v vsakem je odkril nekaj novega v astronomiji.



William Herschel, neumorni opazovalec zvezdnega neba, odkritelj sedmega planeta - Urana in častni kraljevi astronom

Največjo slavo mu je prinesel drugi sprehod po nebu, ki ga je začel leta 1779, med katerim je odkril novi planet - *Uran*. V tem pregledu je med številnimi opazovanji dne 13.3.1781 v svoj dnevnik opazovanj zapisal, da je v bližini zvezde Zeta Bika opazil nenavadno meglico ali pa komet. Ta dan velja za datum odkritja Urana. Že 17.3. je spoznal, da je nevsakdanje vesoljsko telo spremenilo lego na nebu in da je najbrž komet. Po dveh dneh je že trdil, da gre za komet, katerega tir gibanja je nekoliko naklonjen proti ravnini Zemljinega gibanja.



Herschlov mamut – velikanski reflektor z odprtino 125 cm in goriščno dolžino okoli 12 m. Herschel je vsa zrcala za svoje zrcalne daljnoglede (reflektorje) zbrusil sam oziroma v domači optični delavnici.

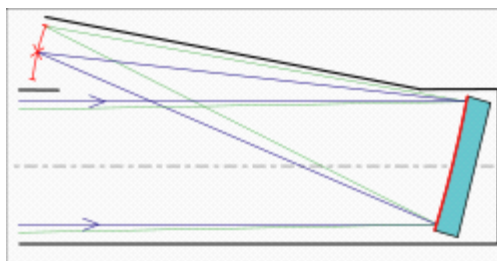
Skrbna opazovanja je Herschel najprej sporočil greenwiški in oxfordski zvezdarni, pozneje pa tudi evropskim astronomom. Nevil Maskelyne, tedanji direktor greenwiškega observatorija, je že v začetku aprila sodil, da opazovano telo ni podobno kometu. Tudi drugi astronomi, ki so iz novih opazovalnih podatkov izračunali tir domnevnega kometa, so vse bolj poudarjali, da telo najbrž ni komet.

Tako je 23.4. Maskelyne pisal Herschlu, da je telo najverjetneje planet, ki se giblje po skoraj krožnem tiru okrog Sonca. To bistroumno Maskelynov domnevo je končno z računom potrdil še peterburški matematik A. J. Lexell (1740–1784). Po nekajmesečnih raziskavah je dokazal, da gre za zunanji planet, ki kroži v dvakrat večji oddaljenosti od Sonca kot planet Saturn.

Ko so nato pregledali stara opazovanja, se je izkazalo, da so v letih od 1690 do 1781 številni znani astronomi kar dvajsetkrat opazovali novi planet, ki pa so ga vsi imeli za zvezdo.

Odkritje Urana je bilo senzacionalno. Planeti Merkur, Venera, Mars, Jupiter in Saturn so bili namreč znani že iz antike. Zemljo je dodal k planetom Kopernik (1543). Herschlovo odkritje pa je spet dodalo planet in nenadoma podvojilo razsežnost do tedaj znanega Osončja. Odkritje je tudi pokazalo, kako zelo so v astronomiji pomembna temeljita in načrtna opazovanja, ki so jim od tega časa posvečali vse večjo pozornost in skrbnost.

W. Herschel, po poklicu glasbenik, je bil do tedaj skoraj neznan ljubitelj astronomije. Z Uranovim odkritjem pa je na mah zaslovel. Londonsko kraljevo društvo mu je novembra leta 1781 podelilo priznanje, decembra pa ga je izvolilo za svojega člana. Najpomembneje je to, da se je Herschel dokopal do velikega odkritja popolnoma sam z lastno metodo in daljnogledom lastne izdelave. Uran je odkril z zrcalnim teleskopom - reflektorjem, ki je imel premer objektiva 16 cm, goriščno razdaljo pa 215 cm. V tem času je bil to edini daljnogled na svetu, s katerim je bilo sploh mogoče odkriti Uran.



Pot svetlobnih žarkov v herschlovskem tipu reflektorja, kjer je zrcalo nekoliko nagnjeno. S tako poenostavljeno gradnjo je zmanjšal svetlobne izgube in povečal zmogljivost reflektorjev. Oko opazovalca je tam, kjer je križec.

V priznanje za veliki dosežek je kralj Georg III. priznal Herschlu letno vzdrževalnino 200 funtov in ga imenoval za častnega kraljevega astronoma. Iz hvaležnosti je Herschel hotel imenovati novi planet Georgium Sidus (Georgeova zvezda). Toda astronomi se s tem niso strinjali in so raje sprejeli ime Uran.

Dejstvo, da so Uran pred Herschlovim odkritjem opazovali številni izkušeni astronomi, kaže, da je bil Herschlov daljnogled izredno dober. Pa tudi sam Herschel je bil človek izrednih vrlin: prenikav duh, vzdržljiv, marljiv in skrajno zagnan opazovalec, izredno spreten in iznajdljiv. Odlikovala ga je še načrtnost in vodila velika ljubezen do zvezd.

Odkritje Urana je samo eno od njegovih velikih astronomskih dejanj. Ogromno je opazoval tudi dvojne zvezde in se ukvarjal z raziskavami oblike in razsežnosti naše Galaksije.

Urbain Leverrier (Le Verrier; 1811 Saint-Lo, Manche–1877 Pariz)

Do leta 1543 so poznali le pet planetov: Merkur, Venero, Mars, Jupiter in Saturn. Takrat je N. Kopernik v svoj heliocentrični sistem tem planetom priključil še Zemljo, ki se giblje okrog Sonca kot tretji planet med tiroma Venere in Marsa. Tako je veljalo vse do leta 1781, ko je W. Herschel pri svojem načrtnem daljnogledskem pregledovanju zvezdnega neba odkril nov, po oddaljenosti od Sonca sedmi planet - *Uran*. To odkritje je povedalo, da je naš planetni sistem mnogo večji, kot so do tedaj mislili, obenem pa je nakazovalo domnevo, da najbrž tudi Uran ni zadnji planet Osončja.

Uran kroži okrog Sonca v 20-krat večji oddaljenosti kot Zemlja. Zato je tudi od Zemlje zelo oddaljen. Prikazuje se nam kot vesoljsko telo na meji vidnosti človeškega očesa in zelo počasi spreminja svojo lego med zvezdami. Prav zato so ga nekateri astronomi, ki so ga opazovali že pred W. Herschlom, imeli za zvezdo.

Zgodovina opazovanj planeta Urana je zelo bogata, zanimiva in poučna hkrati. Tu omenimo na kratko le tisti del te zanimive zgodovine, ki govori o domnevi, da se za Uranovim tirom najbrž giblje še neraziskano, neznano telo, ki zaradi svoje privlačne sile vpliva na (moti) gibanje Urana. To domnevo so po zaslugi človeške raziskovalne misli tudi potrdili.

Kmalu po odkritju Urana so iz opazovanj določili tir gibanja novega planeta. Ugotovili so, da se ne giblje tako, kot kažejo teoretični računi. Prišlo je do razhajanja med teorijo in prakso. Astronomi so se zaman trudili, da bi pojasnili neskladje. Pregledali so vse dotedanje izračune, pri katerih so upoštevali celo vpliv planetov Jupitra in Saturna na Uran. Odkrili so nekaj računskih napak. Kljub

popravkom pa je neskladje še vedno ostalo. Nepravilno gibanje Urana je ostalo še naprej velika uganka. O vzrokih nenavadnega gibanja Urana so izrekli več domnev.

Pravilna je dopuščala možnost, da neskladja med opazovanji in teoretičnimi izračuni pridejo zaradi še neznanega planeta, ki se mora gibati daleč za Uranovim tirom in moti Uranovo gibanje. Izredno zahtevnega problema, da iz nepravilnosti v gibanju Urana ugotovi morebitni neznan planet, se je v letih 1844/45 lotil matematik in astronom pariškega observatorija U. Leverrier.



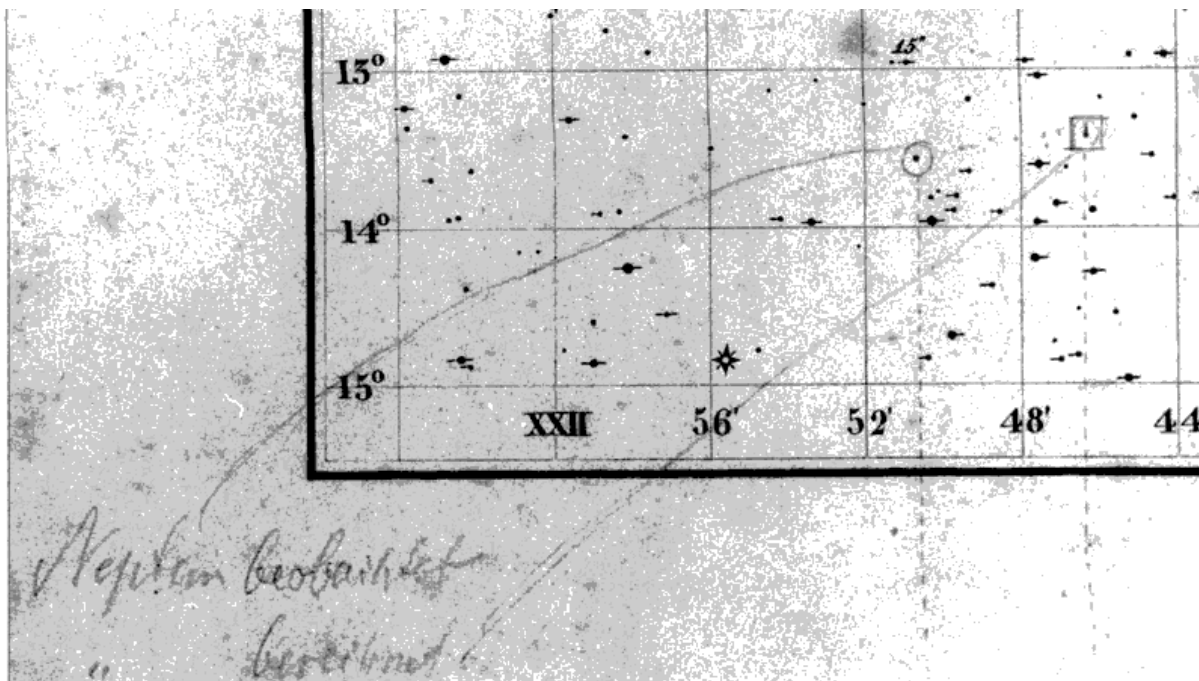
Francoski matematik, astronom, fizik, prostozidar Urbain Leverrier – človek, ki je odkril planet na konici svojega peresa, je zapisal Fr. Aragó, takratni direktor Pariškega astronomskega observatorija.

Leverrier je zelo natančno proučil nepravilnosti v gibanju Urana. Avgusta 1846 je zaključil svoje raziskave. Izračunal je povprečno razdaljo neznanega planeta od Sonca in njegov obhodni čas, skratka tir gibanja tega planeta. Rešil je tudi najzahtevnejšo nalogo: izračunal je lego neznanega planeta na nebu. Nastal pa je velik problem, kako izslediti neznano telo med brezštevno množico zvezd. Na pariškem observatoriju namreč niso imeli tako dobrih zvezdnih kart, da bi v njih mogli označiti izračunano mesto in z daljnogledom nato ugotoviti, ali je na izračunanem mestu neba res planet ali ne. Imeli pa so jih na berlinski zvezdarni. Zato je Leverrier pisal astronomu J. G. Galleju v Berlin. V pismu je navedel, da je izračunal trenutno lego neznanega planeta v ozvezdju Vodnar. Še isti dan, ko je Galle prejel pismo, to je 23.9.1846, je zvečer z natančno zvezdno karto in z zelo zmogljivim 23-cm daljnogledom izsledil novi planet komaj eno kotno stopinjo stran od točke na nebu, kot jo je predvidel Leverrier.

Računska napoved in nato odkritje novega planeta, ki so mu dali ime *Neptun*, je bil izreden uspeh teoretične astronomije – nebesne mehanike. V znanosti in tudi

v umetnosti je vzbudil močan val navdušenja. Celo opevali so ga. Odkritje Neptuna štejejo še danes za enega največjih dosežkov človeškega uma.

"Astronomi so včasih v zornih poljih svojih daljnogledov po naključju zasledili premikajočo se svetlo točko - planet, Leverrier pa je zaznal novo telo, ne da bi sploh pogledal na nebo. *Videl ga je na konici svojega peresa*. Z močjo računa je določil lego in velikost telesa, ki leži daleč za mejami do sedaj nam znanega Osončja več tisoč milijonov km stran od Sonca, videl je telo, ki ga je težko opaziti z najmočnejšimi daljnogledi", je pisal ob Neptunovem odkritju tedanji direktor pariškega observatorija Fr. Aragó, ki je Leverrierja ves čas vzpodbujal in bodril pri njegovih raziskavah domnevnega planeta.



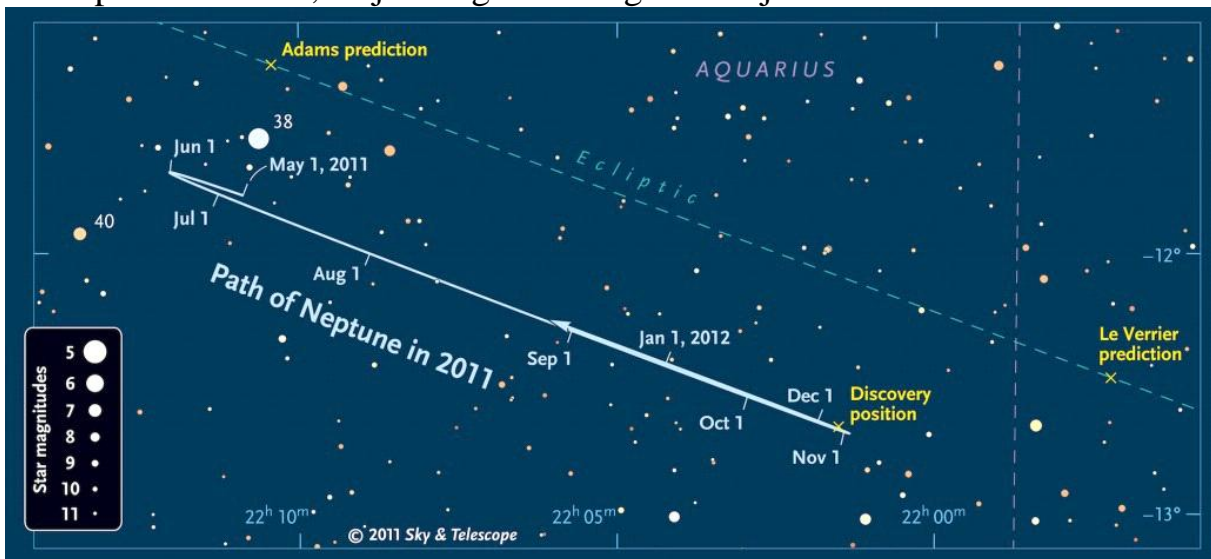
Zgodovinska slika dela zvezdne karte, na kateri je s kvadratom označena izračunana, s krožcem pa opazovana lega planeta, ko je Galle odkril planet Neptun.

Odkritje Neptuna je naposled še neposredni in najboljši dokaz za veljavnost Keplerjevih zakonov o gibanju planetov in Newtonovega gravitacijskega zakona, o katerem so nekateri tudi znani astronomi tedaj še vedno dvomili.

Dodati pa moramo še tole. Skoraj istočasno in neodvisno od Leverrierja je enake izračune opravil tudi angleški matematik in astronom J. C. Adams. Vodili so do enakega rezultata. Na nesrečo je bil Adams tedaj še zelo mlad in njegovi računi, ki jih je pokazal direktorju greenwiške zvezdarne, niso naleteli na zanimanje. Kljub temu so poleti leta 1846 na cambriškem astronomskem observatoriju začeli z

dalnogledom iskati neznan planet. Z opazovanji pa so komaj začeli, ko so zvedeli, da je Leverrier že objavil svoje rezultate, Galle pa opravil ustrezno opazovanje, skratka, da je iskani planet že odkrit.

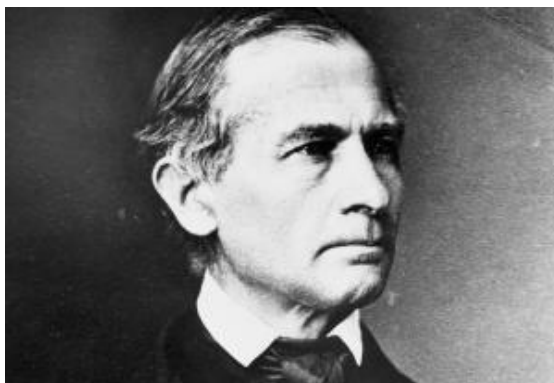
Z večjim zaupanjem do Adamsovih računov bi lahko Angleži poželi priznanje in vso slavo za odkritje Neptuna. Tako pa se jim je vse to izmuznilo. Zdaj nekako priznavajo prvenstvo v odkritju Neptuna obema, Francozu in Angležu, vendar pa se mi le zdi, da je zmagovalec tega dvoboja slavni Leverrier.



Skica prikazuje ozvezdje Vodnar, kjer je Galle odkril planet Neptun. Označene so: lega, kjer naj bi bil Neptun po Leverrierjevih računih (desno), lega po Adamsovi napovedi (zgoraj) in resnična lega ob odkritju.

Johann Gottfried Galle (1812 Radis–1910 Potsdam)

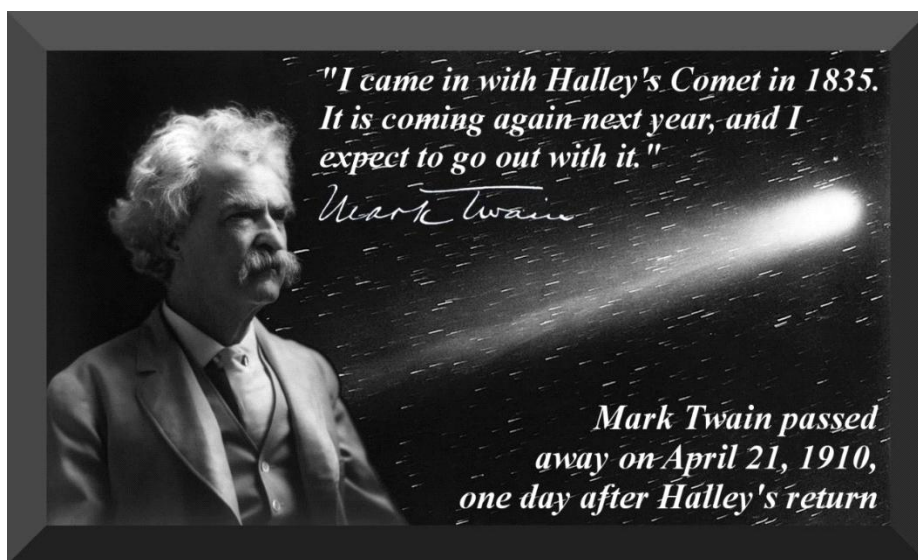
Septembra leta 1846 je francoski astronom Urbain J. Leverrier zaključil z dolgotrajnimi raziskavami neznanega planeta, ki naj bi se gibal okrog Sonca dlje kot Uran in naj bi gravitacijsko motil gibanje tega planeta. Rezultat svojih dolgovernih računov je poslal na berlinski astronomski observatorij. Tam so namreč takrat v Evropi imeli najnatančnejše zvezdne karte, v katerih so lahko označili lego domnevnega planeta med zvezdami. Ko so to naredili, so potem še pogledali na zvezdno nebo. Še isti dan zvečer (23.9.), ko je iz Francije dobil podatke o legi morebitnega planeta, je astronom Johann Galle z daljnogledom, odprtine 23 cm, zares izsledil oziroma odkril drobno vesoljsko telo, pozneje nov planet, in sicer zelo blizu, komaj 52 kotnih minut od mesta, kot ga je izračunal Leverrier. Planetu so dali ime Neptun.



Nemški astronom Johann Gottfried Galle– odkritelj osmega planeta z imenom Neptun. Je edini astronom, ki je doživel dva zaporedna povratka Halleyjevega kometa na naše nebo.

J. Galle je naredil še veliko drugih pomembnih del v astronomiji, vendar pa je ostal najbolj slaven zaradi odkritja planeta Neptuna.

Med poklicnimi astronomi naj bi Galle dočakal največjo starost. Živel je kar 98 let. Tako je edini astronom, ki je doživel dva zaporedna povratka Halleyjevega kometa k Soncu in tako tudi k Zemlji, na naše nebo, tj. leta 1835 in leta 1910. Samo vprašanje je, če je oba opazoval. Leta 1835 ga je zagotovo opazoval iz Berlina, leta 1910 pa je vprašanje, saj je julija tega leta umrl. Ampak dva povratka je le dočakal.



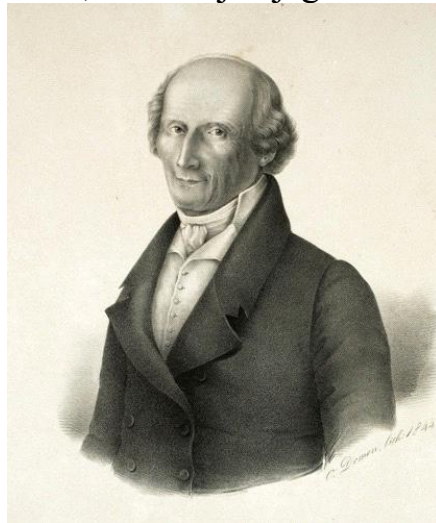
V zvezi z zaporednima povratkoma Halleyjevega kometa v letih 1835 in 1910 navajamo zanimivost o življenju ameriškega satirika in pisatelja Marka Twaina (1835–1910). Rodil se je v letu dobre vidnosti Halleyjevega kometa, umrl pa en dan potem, ko je bil komet ponovno v prisončju (20.4.1910), kar je sebi leta 1909 celo zelo humorno napovedal. Tako je torej tudi Twain dočakal dva zaporedna povratka tega znamenitega kometa, čeprav ga ni nikoli opazoval.

Alvan Clark (1804 Ashfield–1887 Cambridge, Massachusetts)

Za vrhunsko izdelan refraktor, to je daljnogled, ki ima lečo za objektiv in lečo za okular, sta za uspeh v glavnem pomembni dve stvari: odlična kakovost optičnega stekla in natančnost, pravzaprav že prava umetnost njegovega brušenja.

Po Galilejevem zgledu (okoli 1610 je izbrusil leče za svoj prvi refraktor in z njim prvi pogledal v zvezdno nebo) so številni astronomi 17. stoletja sami brusili, izdelovali leče in seveda tudi daljnoglede. V eni osebi so se tako morali združiti nadarjenost optika, natančnost mehanika in opazovalna veščina astronoma. Takih ljudi je malo. Zato so že v naslednjem stoletju opravila razdelili. Z izdelovanjem leč so se izključno ukvarjali optiki, z mehanskim delom (justiranjem in postavitvijo teleskopa) mehaniki, z opazovanjem pa tisti, ki najbolj poznajo vesolje in nebo, to je astronomi.

Od optikov 18. stoletja omenimo predvsem Švicarja Pierra L. Guinanda, ki je začel svojo kariero optika z izdelovanjem očal in preprostih refraktorjev s kartonastimi cevmi. Šele po sedmih letih poskušanja mu je uspelo viliti optično steklo. Prav neuspehi so ga spodbujali k novim poskusom. Bil pa je zelo vztrajen. Zgradil je veliko talilno peč, v kateri je bilo možno taliti do 80 kg stekla. Za to je porabil skoraj vsa svoja sredstva, tako da je njegova družina več let stradala.



Optik in odličen brusilec stekla, Pierre-Louis Guinand (1748–1824)

Velika vztrajnost je bila na koncu poplačana. Okoli leta 1800 mu je uspelo viliti nekaj odličnih steklenih diskov s premerom 10 do 15 cm, kar je bil tedaj izreden optični uspeh. Pozneje je izumil še način, kako se odpravijo razne

nepravilnosti v steklenih odlitkih. S tem je odprl pot do izdelave velikih lečnih objektivov.

Končno je vtil odličen disk s premerom 45 cm, ki so ga (1823) zbrusili za glavni daljnogled Dublinskega observatorija. To je bil zadnji uspeh P. Guinanda. Po njegovi smrti (1824) so skrivnosti izdelovanja steklenih izdelkov prešle na njegovega sina, ki pa jih je prodal neki francoski firmi, ki se je združila z drugo firmo steklenih izdelkov v Angliji. Prav od teh francoskih in angleških podjetij, ki so izkoriščale Guinandove izume in izkušnje, je sprva dobival steklene diske za izdelavo leč največjim refraktorjem na svetu slavni ameriški optik in astronom Alvan Clark.

A. Clark je bil po poklicu slikar – portretist. V mladosti je bil dninar, vendar pa se je ukvarjal še z različnimi drugimi mehanskimi opravili, med njimi je zelo rad brusil stare leče. Že precej v letih se je odločil, da bo izdeloval teleskope. Tako je osnoval eno največjih optičnih podjetij na Zahodu z imenom Alvan Clark in sinovi. Lečne objektivne so izdelovali v ameriškem Cambridgu. Preskuse njihovih optičnih lastnosti so opravljali z umetno zvezdo v 70 metrskem predoru.

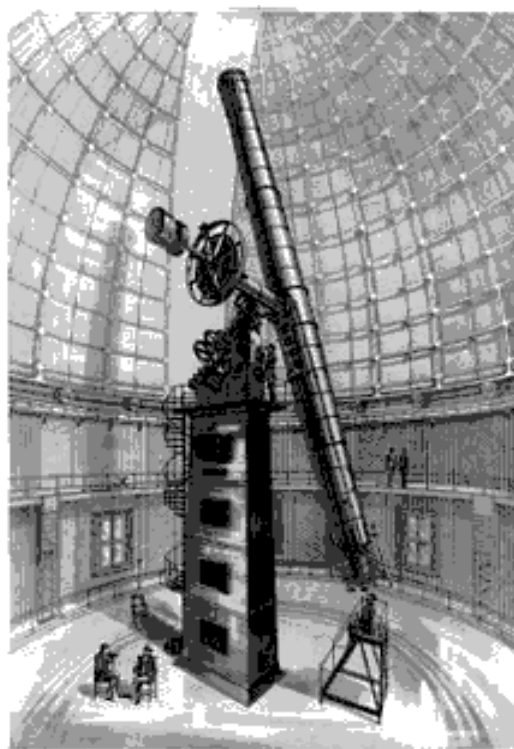


Alvan Clark s svojima sinovoma; znameniti astronom in optik – brusilec leč je skupaj s svojima sinovoma osnoval podjetje, ki se je specializiralo za izdelovanje objektivov velikih refraktorjev.

Že leta 1853 je A. Clark dosegel pomembne uspehe. Z refraktorjem, ki ga je izdelal, je bilo mogoče opazovati vrsto neznanih oziroma še od prej neraziskanih dvojnih zvezd. Leta 1862 so v državi Mississippi postavili 46 centimetrski Clarkov refraktor. Že prvo noč so se v polni meri pokazale njegove odlične optične sposobnosti. Clarkov sin George je namreč ob Siriju odkril drobno zvezdico – šibko spremljevalko, za katero se je pozneje izkazalo, da je bila to prva odkrita bela pritlikavka. Obstoj te spremljevalke je iz nepravilnosti v gibanju zvezde Sirij napovedal (1844) že Bessel, toda znameniti nemški astronom ni mogel predvideti, da se bo z odkritjem Sirijeve spremljevalke odprlo novo, tako zelo široko področje v astrofiziki.

Po enajstih letih je v Washingtonu na Morskem observatoriju začel delovati še večji inštrument – 66 centimetrski refraktor firme A. Clark in sinovi. S tem refraktorjem so leta 1877 odkrili oba Marsova satelita, Fobosa in Deimosa. Istega leta je svet obletela vest astronoma Schiaparellija o zagonetnem odkritju kanalov na Marsovem površju. Mnoge so pritegnile tudi razprave o marsovski civilizaciji in leta 1894 je Percival Lowell, bivši diplomat, v Arizoni (ZDA) z lastnimi sredstvi zgradil velik observatorij. Njegova glavna naloga je bila reševanje različnih problemov v zvezi z Marsom. Leta 1896 je na tem mestu že stal ponovno odličen Clarkov refraktor s premerom objektiva 60 cm.

A. Clark je nihal rekord za rekordom. Že prej, leta 1878, se je Pulkovski observatorij obrnil na firmo Clark in sinovi z naročilom za izdelavo 76 centimetrskega, tedaj največjega refraktorja na svetu. Naročilo je bilo izpolnjeno, pri čemer je objektiv izdelal sam Alvan iz stekla neke pariške firme, mehanski del teleskopa pa je izdelala nemška firma Repsold. Novi pulkovski refraktor, ki je začel delovati 1885, je bil odličen inštrument, eden najboljših na svetu. Toda že leta 1888 je na gori Hamilton v Kaliforniji začel svoje delo Observatorij Lick, oskrbljen z 91 centimetrskim refraktorjem A. Clarka. Odlični atmosferski pogoji so se tu srečali s vrhunskimi lastnostmi inštrumenta.



THE LICK TELESCOPE

Clarki so izdelovali objektivne za največje refraktorje, ki so jih tudi montirali. Največji med njimi so na observatorijih: Lowell (premer objektiva 60 cm), Washington (66 cm), Pulkovo (76 cm), Lick (91 cm) in Yerkes (102 cm; na sliki). Yerksov objektiv je do danes ostal največji na svetu; goriščna razdalja največjega refraktorja je skoraj 20 m.

Ob koncu 19. stoletja so se v tekmovanje orjaških teleskopov vključili ameriški milijonarji. Začetnik te dobrodelnosti je bil James Lick, ki je daroval tri četrt milijona za izgradnjo novega observatorija pri pogoju, da bo nosil njegovo ime in da bo glavni teleskop observatorija največji na svetu. Primer Licka je našel posnemovalce. Čikaški mogotec Charles Yerkes pa je podaril čikaški univerzi več kot milijon dolarjev, da zgradijo teleskop, ki bo po velikosti in optičnih lastnostih še večji in boljši od refraktorja na observatoriju Lick. To izredno zahtevno nalogo je izpolnilo isto podjetje – A. Clark in sinovi, toda že brez sodelovanja svojega začetnika, saj je znameniti optik umrl leta 1887.

Orjaški objektiv s premerom 102 cm (navadno rečemo kar enega metra) je bil izdelan že leta 1893. Zvezdarna Yerkes blizu Chicaga pa je začela delovati leta 1897 in je torej imela največji refraktor na svetu. Opravljeno je bilo ogromno delo (pet let brušenja). To je rekord, ki ga menda do danes še ni nihče presegel. Refraktorji so s tem dosegli svoj višek. Boljših in večjih ni bilo več.

Drobna pripomba. Lečni objektiv s premerom več kot 100 cm morajo biti tudi razmeroma debeli. Zato absorbirajo veliko svetlobe. Razen tega se zaradi teže upogibajo, zvijajo in zato popačijo slike vesoljskih teles, pri fotografiji pa nastanejo razmazane slike.

V zgodovini astronomije so refraktorji A. Clarka in obeh njegovih sinov med vsemi astronomskimi inštrumenti odigrali izredno veliko, celo najpomembnejšo vlogo. Z njimi so obogatili planetno in zvezdno astronomijo s prvorazrednimi odkritji. Uspešno delo na teh refraktorjih se nadaljuje še danes.

Fjodor Aleksandrovič Bredihin (1831 Nikolajevo–1904 Sankt Peterburg)

F. A. Bredihin se je rodil v aristokratski mornarski družini. V mladosti se je tudi sam že pripravljaj, da vstopi v službo k mornarici, toda na Moskovski univerzi ga je pritegnila astronomija. Ko je leta 1855 zaključil študij, se ji je povsem posvetil. Najprej je postal predavatelj, pozneje pa profesor astronomije na Fizikalno-matematični fakulteti Moskovske univerze. Predavanja iz astronomije je postavil na zelo visoko znanstveno raven. Ni pa bil le vrhunski znanstvenik, ampak je deloval tudi splošno izobraževalno kot velik popularizator astronomije. O dosežkih astronomije je pisal poljudne članke, mladini pa v predavanjih pojasnjeval stvari iz vesolja.

V letih 1873–1890 je bil direktor Moskovskega univerzitetnega observatorija, od leta 1890 do leta 1895 pa direktor Pulkovskega observatorija pri Sankt Peterburgu, kamor je privabil številne mlade nadarjene ruske znanstvenike. Čeprav je zaradi slabega zdravja leta 1895 zapustil Pulkovski observatorij, je z znanstvenimi raziskavami nadaljeval vse do konca svojega življenja.

Bredihinove raziskave obsegajo skoraj vsa osnovna področja astronomije tistega časa. Pod njegovim vodstvom so začeli sistematično opazovati Sonce – fotografirati pege in bakle. Organiziral je in s sodelavci izvedel spektralna opazovanja Sončeve kromosfere in protuberanc. Dolgo vrsto let je opazoval Lunino površje ter planeta Jupiter in Saturn, posebno zagonetno Jupitrovo rdečo pego. Toda glavna teža njegovih raziskovanj so bili kometi, kar se je začelo z letom 1858 in nadaljevalo vse do zadnjih dni njegovega življenja.



Akademik Fjodor Aleksandrovič Bredihin, specialist za kometne repe – izdelal je celó osnovno klasifikacijo kometnih repov.

Že davno je bilo znano, da so repi kometov navadno obrnjeni stran od Sonca. Zato so nekateri astronomi menili, da se snov, ki je v repu, odbija od Sonca zaradi neke sile, ki deluje v nasprotni smeri kakor gravitacijska sila Sonca.

Bredihin pa je z natančnimi računi dokazal, da ima pri oblikovanju kometnih repov odločujoč vpliv prav ta Sončeva odbojna sila. Po njegovi domnevi oziroma teoriji se rep kometa oblikuje zaradi tega, ker se komet približuje Soncu. Pod vplivom Sončeve svetlobe se središčni del kometa - jedro segreva. Iz njega iztekajo delčki snovi, ki so podvrženi delovanju omenjene odbojne sile. Gravitacijska sila jih vleče k Soncu, pritisk Sončeve svetlobe, ki pada na te delce, pa od Sonca odbija. Pri zelo majhnih delčkih odbojna sila preraste gravitacijsko. Posledica tega je, da delčki iztekajo v nasprotno stran Sonca in tako sestavljajo kometov rep, ki se pogosto vije milijone, včasih pa tudi deset in več sto milijonov kilometrov daleč (opomba: ena astronomska enota meri 150 milijonov km).

Bredihin je dokazal, da imajo zaradi vpliva odbojne Sončeve sile kometi repe različnih oblik. Pri enih je rep skoraj raven, pri drugih zelo ukrivljen. Iz opazovanj je spoznal, da se v glavnem oblikujejo trije tipi repov. Prvi tipi se oblikujejo pod vplivom odbojne Sončeve sile, ki močno prekaša gravitacijsko silo. To so skoraj ravni repi. Ukrivljeni repi se oblikujejo pri odbojni sili, ki je približno enaka gravitacijski ali pa je največ 2- do 3-krat večja od gravitacijske. To so repi drugega tipa. Repi tretjega tipa pa se oblikujejo pri odbojni sili, ki je dosti manjša od gravitacijske. Ti repi ne štrlijo stran od Sonca, ampak so celo bolj ali manj upognjeni in usmerjeni proti njemu.



Razvejan rep velikega kometa leta 1744, ki se je raztezal daleč nad obzorje pred vzidom Sonca 8.3.1744 (levo) in rep septembrskega Donatijevega kometa iz leta 1858, ki ga je Bredihin tudi raziskal.

Različne oblike kometnih repov je povezoval tudi z različno kemično sestavo jeder. Čim lažji naj bi bili delčki snovi v repu, tem večji vpliv nanje naj bi imela odbojna sila. Repi prvega tipa naj bi bili po Bredihinu sestavljeni iz samih lahkih plinov, repi drugega tipa iz ogljikovodikov ter hlapov lahkih snovi in prahu, repi tretjega tipa pa iz delcev težkih kovin in tudi prahu. Bredihin je bil tudi eden prvih, ki je raziskoval spektre kometnih glav.

Čeprav se danes v zvezi z nastankom in oblikovanjem kometnih repov pojasnjuje nekoliko drugače (pomislite na vpliv Sončevega vetra), pa so njegove razlage izvirne in še vedno zelo zanimive. (V začetku 20. stoletja je ruski fizik P. N. Lebedev v laboratoriju s poskusi dokazal, da v vesolju poleg gravitacijske sile Sonca deluje še pritisk zaradi Sončeve svetlobe, ki igra pomembno vlogo pri oblikovanju kometnih repov.)



Pulkovski astronomski observatorij – od zunaj

Pomembni so Bredihinovi dosežki tudi na področju meteorjev. Glede oblikovanja meteornih potokov (rojev) je menil, da so posledica razpada kometov, kar je v bistvu sprejemljiva razlaga še celo za današnji čas.

Bredihin je bil izredno pozitivna osebnost. Spoštoval je in bil ljubezniv do mladih. Veroval je v njihovo neustavljivo ustvarjalno moč. Z veseljem je delal z mladimi raziskovalci, jih strokovno vodil, bodril, jim priporočal obdelavo določenih znanstvenih tem in jim tako odprl široke možnosti, da se podajo na samostojno raziskovalno pot.

Camille Flammarion (1842 Montigny-le-Roi en Haute-Marne–1925, Juvisy-sur-Orge)

Vsak strokovno napisani članek po moje še ni nujno poljudnoznanstven. V poljudnoznanstven spis je treba poleg strokovnosti vtakati dosti več, predvsem pa čustveni odnos oz. pristop do podajanja snovi. Če je premalo čustvenega naboja, zraven pa še ni dovolj ljubezni, prijaznosti, pozornosti, odgovornosti in sploh neke nevidne pozitivnosti do obravnavanja snovi in pozornosti do bralca, se pripoved lahko slabo napiše, včasih celo izjalovi. Tudi ni dobro, da je preveč naštevanja. Tako lahko v podatkovnem morju informacija preprosto izpuhti. Lahko se celo zgodi, da članek ne prinese vsebine. To pa je najhuje, kar se more zgoditi prispevku. In takšnih člankov najdemo veliko. Prispevek mora zadovoljiti tako specialiste različnih strok kot tudi bralce različnih izobrazbenih struktur od osnovne

šole navzgor. Navsezadnje naj bo zanimiv tudi za navadnega delavca v tovarni oz. podjetju in vedoželjnega kmeta. Članek naj pritegne. Napisan mora biti strokovno neoporečno in splošno razumljivo. Preprosto. Za to pa je treba včasih kar močno zavihati rokave.

V svetovnem merilu je pravkar opisane zahteve (in še dosti več) zagotovo upošteval in povsem izpolnil francoski astronom, ki je bil sam tudi strastni popularizator astronomije in sploh naravoslovja. To je bil slavni Camille Flammarion. O tem velikem in, rekel bi, skoraj neprekosljivem pisnem posredovalcu številnih in najrazličnejših astronomskih vsebin je na Slovenskem malo napisanega. Zato pa tu nekaj več o njem.

C. Flammarion si je astronomsko izobrazbo v glavnem pridobil kot samouk. Vrsto let je delal na Pariškem observatoriju. Leta 1883 pa je osnoval Observatorij v Juvisyju s 24-cm ekvatorialom kot osnovnim teleskopom in bil njegov direktor do smrti.

Leta 1861 je izšla prva Flammarionova knjiga *Množičnost naseljenih svetov*. Napovedovala je začetek večje serije izredno uspešnih in pronicljivih poljudnih astronomskih del, ki so Flammariona pozneje ustoličila kot najbolj znanega avtorja popularizacije znanosti tistega časa. Njegovi knjigi *Poljudna astronomija* (1880) ter *Zvezde in zanimivosti neba* (1882) sta bili široko razširjeni po Evropi, zelo brani, sploh pa občudovani. Bili sta najboljši knjigi te vrste v 19. stoletju na svetu. Še danes sta občudovanja vredni, tako bralno kot slikovno. Prinašata številne in bogate podatke o zvezdah in drugih nebesnih telesih in pojavih na nebu. Tudi o zvezdnih mitih.



Camille Flammarion, ne samo vrhunski, ampak po mojem mnenju kar največji popularizator astronomije do danes

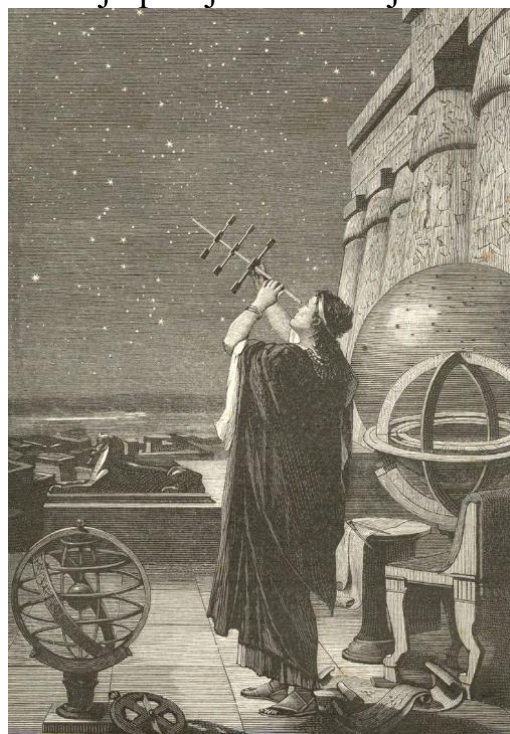
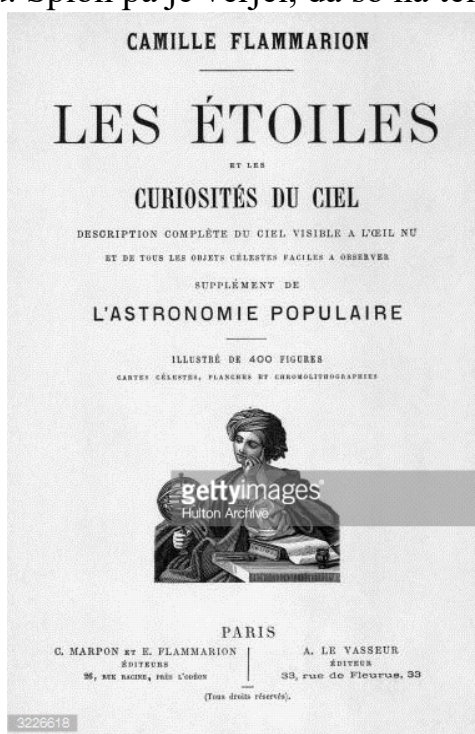
Znana pa so še Flammarionova znanstvena dela o dvojnih in večkratnih zvezdah. Tako je npr. odkril splošno lastno gibanje številnih zvezdnih parov. Proučeval je barve zvezd in celo barve posameznih tvorbo na Luninem površju (npr. barvne spremembe v kraterju Platon). Leta 1876 je zasledil sezonske



Flammarionov observatorij v Juvisyju

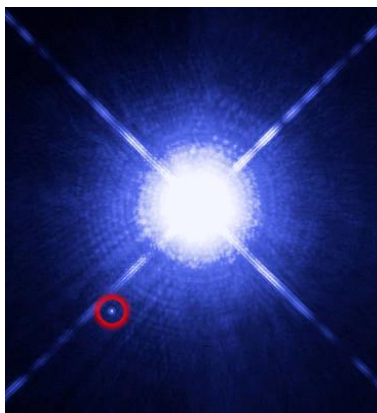
spremembe temnih območij na Marsu. Številna opazovanja tega planeta, ki jih je Flammarion opravil na svojem observatoriju v Juvisyju, je objavil v knjigi *Planet*

Mars in pogoji bivanja na njem (1909). V tem delu je zbral vsa opazovanja Marsa od leta 1636 dalje. Trdno je zagovarjal obstoj kanalov in razumskega življenja na Marsu. Sploh pa je verjel, da so na telesih v vesolju posejana živa bitja.



Notranja naslovnica ene od Flammarionovih knjig, v kateri popularizira astronomijo (levo); Astronomski observatorij v Aleksandriji (zelo znana slika iz njegove *Popularne astronomije*, 1880)

C. Flammarion se je živahno zanimal za številna področja naravoslovja, poleg astronomije za vulkanologijo, za probleme v Zemljinem ozračju (posebno atmosfersko elektriko) in klimatologijo. Leta 1882 je osnoval znamenito poljudno revijo *L'astronomie*, ki izhaja še danes, in vanjo pridno pisal popularne članke; leta 1887 pa je osnoval Francosko astronomsko društvo.



Zvezda Sirij in njegova spremljevalka (obkrožena s krožcem)

Težko bi našli človeka, ki je na področju popularizacije astronomije v svetovnem merilu naredil več kot Camille Flammarion. Jaz ga ne najdem. Po moje je brez konkurence. Doma imam italijanski prevod njegove popularne knjige *Zvezde in zanimivosti neba* (iz leta 1927). Kaj naj zapišem o njej? Samo en stavek, v katerem je vse: Občudujem jo. Marsikak podatek iz te knjige sem že uporabil pri svojem poljudnem pisanju.

Ob koncu pa še kratek odlomek prav iz te knjige, in sicer s tiste strani, kjer Flammarion živo pripoveduje zgodbo o zvezdi Sirij, pravzaprav o odkritju Sirijeve spremljevalke.

»... Da bi pojasnil to nepravilnost, je leta 1844 astronom Bessel oblikoval domnevo o moteči zvezdi, torej o nevidni Sirijeви spremljevalki, za katero je leta 1851 Peters izračunal teoretični tir, ki je boljje ustrežal opazovalnim podatkom. Enajst let pozneje je optik Alvan Clarck izdelal tedaj največji objektiv (s premerom 47 cm) in ga preskusil. Ko ga je nekega večera njegov sin obrnil v smer proti Siriju, je kaj kmalu zavpil: "Oče, oče, Sirij ima spremljevalko." Torej je bila lega te spremljevalke tako natančno izračunana, kakor svoj čas lega planeta Neptuna, ki je bil prej odkrit na konici peresa (tj. z računom) kot pa z daljnogledom. Toda prerok Bessel je bil že od leta 1846 pod rušo.

Po zaslugi računov, ostrega očesa Clarckovega sina in tako zmogljivega inštrumenta, so kasneje opazovali drobno zvezdico 9. magnitude, jo merili, ... in tako potrdili teoretično napoved....»

Prevedla Stana Prosen

Henry Norris Russell (1877 Oyster Bay, Long Island, New York–1957 Princeton, New Jersey)

Ta pomembni ameriški astronom in astrofizik je znan po obsežnih in raznovrstnih raziskavah zvezd. Njegovo ime je za astronomijo neizbrisno, pozna ga vsak, ki se vsaj malo zanima za zvezde, saj se z njim srečamo v poljudnih spisih in učbenikih skoro na vseh zahtevnostnih stopnjah, od osnovne šole do univerze. Njegova znanstvena pot se je pričela v Princetону, na severovzhodu ZDA. Tam je doktoriral, postal profesor astronomije, nato rektor univerze in tudi direktor observatorija Princetonske univerze. To je bil slavni Henry Norris Russell.

Leta 1897 je zaključil Princetonsko univerzo in nadaljeval izobraževanje na univerzah v Princetону in Cambridgu (Anglija). Vse od leta 1905 do 1947 je delal na Princetonski univerzi. Leta 1911 je postal profesor, naslednje leto pa direktor univerzitetnega astronomskega observatorija. Od 1922 do 1942 je bil še sodelavec observatorija Mt. Wilson, od 1947 do 1952 pa še Harvardskega observatorija.



Henry Norris Russell – plodovito je deloval v številnih področjih astronomije in astrofizike.

Russell je po dolgotrajnih raziskavah zvezd ugotovil zvezo med spektrom (natančneje spektralnim tipom) zvezd in njihovimi izsevi. Pri tem je ugotovil velike razlike pri izsevih zvezd. Pokazalo se je, da se modrikaste in bele, tj. najbolj vroče zvezde tudi razlikujejo po ogromnem izsevu; rumene in rdeče zvezde pa se ostro ločijo na dve skupini: zvezde z velikim izsevom, 100 in tudi 1000-krat večjim od izseva Sonca, in zvezde z razmeroma majhnim izsevom, tj. nekako tolikšnim, kot je

izsev Sonca ali pa še manjšim. Tako je bilo ugotovljeno, da po izsevu lahko zvezde razdelimo na orjakinje (velikanke) in pritlikavke. Pozneje so še ugotovili, da so orjakinje in pritlikavke glede izseva orjakinje in pritlikavke tudi glede polmera (velikosti) in glede mase, čeprav razlike v masah niso tako velike kot razlike v izsevih in polmerih zvezd. Naše Sonce s svojim ogromnim izsevom nekaj 10^{26} W pa je komaj borna rumena pritlikavka, nič kaj posebnega, povsem vsakdanja zvezda naše Galaksije.

Iz natančnega proučevanja zvezd je ugotovil, da je v vesolju večina zvezd orjakinj in pritlikavk, pri čemer pa je pritlikavk neprimerno več kot orjakinj. Kmalu so tudi spoznali, da so v vesolju poleg orjakinj in pritlikavk tudi druge vrste zvezd, nadorjakinje (nadvelikanke), tj. vroče belo-modrikaste in hladne rdeče zvezde, podorjakinje oziroma podpritlikavke, tj. zvezde, ki se glede izseva približujejo orjakinjam oziroma pritlikavkam, in končno bele pritlikavke, v zadnjem času pa so dodali še rjave pritlikavke itn.



Danski astronom in kemik Ejnar Hertzsprung (1873 København–1967 Roskilde, Danska)

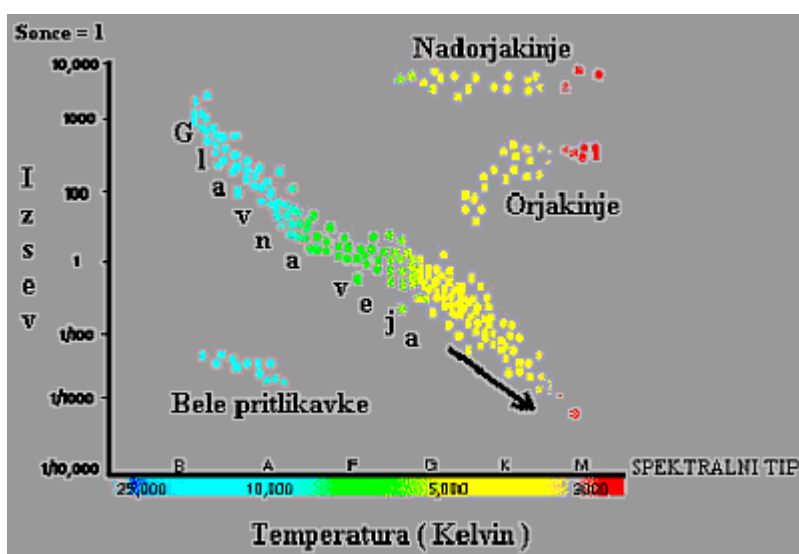
Podobne raziskave zvezd je opravil tudi danski astronom E. Hertzsprung. Russell in Hertzsprung sta okoli leta 1913 skupaj izdelala poseben diagram, ki kaže odvisnost izseva od površinske temperature zvezd (oziroma od spektralnega tipa

zvezd). Ta znameniti diagram, ki ga nekateri včasih radi imenujejo »diagram izsev-spekter«, večinoma pa je znan kot *H-R diagram* (Hertzsprung-Russellov diagram), je odigral in igra še danes pomembno vlogo pri raziskovanju razvojne poti zvezd. Ves čas ga še dopolnjujejo in popravljajo glede na nove podatke.

Russell imamo za enega od utemeljiteljev modernega obravnavanja zvezd in njihove razvojne poti. Čeprav se mu ni posrečilo izrisati povsem pravilne sheme razvojne poti (evolucije) zvezd, je bila vendarle ta njegova ideja resna in zanesljiva smer za nadaljnje tovrstne raziskave.

Russell je ogromno naredil tudi v drugih področjih astronomije, posebno v kozmogoniji Osončja. Med prvimi je v astrofiziki široko uporabljal M. Sahovo teorijo ionizacije atomov v zvezdnih atmosferah. Podal je prve ocene vsebnosti kemičnih elementov v Sončevi atmosferi (da je v njej neprimerno več vodika kot ostalih elementov) in v vesolju. Izdelal je splošno teorijo prekrivalnih (eklipsnih) spremenljivk, po kateri je možno izračunati elemente tira teh dvojnih zvezdnih sestavov.

Russell je zelo znan tudi po svoji pedagoški (učbeniški) in popularizatorski dejavnosti. Bil je član več znanstvenih akademij in znanstvenih društev, prejel je številna priznanja.



H-R diagram – shematski prikaz. Na abscisno os nanašamo površinsko temperaturo zvezde (ali spektralni tip zvezde), na ordinatno os pa izsev (ali absolutni sij zvezde); diagram prikazuje odvisnost izseva od temperature. Odvisnost (zveza) ni enolična. Točke, ki ustrezajo zvezdam v tem diagram, niso razporejene neureno (kaotično), ampak so razporejene (potekajo) v posameznih skupinah - 'vejah'. Največ jih je na glavni veji, ki gre od levo zgoraj do desno spodaj. V tej veji se s padajočo temperaturo zmanjšujeta izsev

in radij zvezde. Vzporedno z abscisno osjo je zgoraj veja nadorjakinj, najsvetlejših zvezd, ki imajo skoraj vse enak izsev, čeprav imajo različno površinsko temperaturo. Prikazani sta še veji orjakinj in belih pritlikavk. So pa še druge veje. Tu je podano le bistvo tega diagrama. Lego Sonca v diagramu dobimo tako, da skozi točko 1 na ordinatni osi narišemo premico, ki je vzporedna z abscisno osjo. Tam, kjer ta premica preseka glavno vejo, 'leži' Sonce s svojimi fizikalnimi podatki (parametri), določenim izsevom, površinsko temperaturo (spektralnim tipom), radijem in maso.

Karl Schwarzschild (Frankfurt na Majni 1873–1916 Potsdam)

V začetku prejšnjega stoletja so številni astronomi opravili pomembne raziskave v svetu zvezd. Med množico omenjamo dejavnost dveh velikanov astrofizikalnih razmišljanj in raziskovanj. Prvi je bil Nmec, drugi Anglež. Postavila sta temelje našemu današnjemu znanju o zgradbi in drugih lastnostih zvezd.

Nmec K. Schwarzschild je bil najstarejši od šestih otrok, ki so se rodili v židovski družini. V gimnaziji v Frankfurtu si je izdelal svoj teleskop in že s 16.-timi leti objavil dva članka iz nebesne mehanike o tirih dvojnih zvezd. Študiral je najprej na univerzi v Strasbourgu, kjer se je naučil precej praktične astronomije, pozneje pa na münchenski univerzi, kjer je dosegel doktorat leta 1898. Tu je bil njegov učitelj astronom Hugo Seeliger (1849–1924), ki se je preko opazovanj zvezd v Rimski cesti ogromno ukvarjal s proučevanjem zgradbe našega zvezdnega sestava - Galaksije. Seeligerjev vpliv na študenta je bil tako močan, da je celo opredelil poznejšo smer Schwarzschildovega znanstvenega raziskovanja.



Fizik in astronom Karl Schwarzschild - začetnik teoretične in praktične astrofizike, teorije zvezdnih atmosfer in notranje zgradbe zvezd, zvezdne dinamike in relativnostne teorije; ima krater na Luni in asteroid 837, po njem se imenuje tudi astronomski observatorij blizu Jene.

Schwarzschild je bil od leta 1901 do leta 1909 profesor in direktor observatorija göttingenske univerze, od 1909 do 1912 je vodil potsdamski astrofizikalni observatorij, nato pa je bil profesor na berlinski univerzi. Leta 1913 je postal član Berlinske akademije znanosti. Njegovo življenje in delovanje pa sta se kmalu in na hitro spremenila. Leta 1914 je odšel kot prostovoljec v vojsko, boril se je na vzhodni in zahodni fronti. Čez dve leti so ga poslali domov kot invalida, nakar je čez nekaj mesecev umrl, še ne 43 let star.

K. Schwarzschild je najprej veliko naredil na področju proučevanja sija zvezd. Uporabil je fotografske metode raziskovanja. Sestavil je katalog natančnih določitev fotografskega sija okoli 3 500 zvezd, kar je bila zelo dragocena pridobitev za znanost (*Göttingen Aktinometrie - Göttinška aktinometrija*, 1910). Gre torej za zelo natančno fotografsko fotometrijo. Katalog fotografskih zvezdnih magnitud je skupaj s katalogi vizualnih magnitud služil za osnovo številnih statističnih raziskav v zvezdni astronomiji, tako glede ocen površinskih temperatur zvezd, njihovih oddaljenosti itn. Ugotovil je, da se sij kefeid spreminja vzporedno s temperaturo. Dosti je naredil tudi na področju gibanja zvezd v naši Galaksiji. Vsa ta njegova raziskovanja so ogromno pripomogla k boljšemu vedenju o zgradbi Galaksije in pojasnjevanju zakonitosti gibanja zvezd v njej.

Schwarzschild je bil eden prvih, ki se je spoprijel s problemi zgradbe zvezdnih atmosfer in notranje zgradbe zvezd tako, kot se zares spodobi za vrhunskega znanstvenika. Znano je, da je zgradba Sončeve atmosfere zamotana. Vendar Sonce je povsem vsakdanja zvezda. To seveda ne pomeni, da so atmosfere

drugih zvezd bolj zamotane, so pa na primer pri zvezdah orjakinjah dosti obširnejše kot pri navadnih zvezdah. Tako je med prvimi ali celo prvi obdelal teorijo zgradbe zvezdnih atmosfer. Šele v drugi polovici 20. stoletja, ko je bilo o fizikalnih lastnostih zvezd nakopičeno dosti več podatkov, kot jih je imel na razpolago Schwarzschild, so astrofiziki nadalje razvijali njegove ideje in se poglobljali in pojasnjevali nova spoznanja o zvezdah in njihovih atmosferah. To traja še danes.



Karl-Schwarzschild Observatorij v Tautenburgu blizu Jene, osnovan leta 1960 (levo). Ima največjo Schmidt kamero na svetu, z odprtino premera 1,34 metra in zrcalom premera okoli 2 metra (desno). Na njem so opazovali in odkrili številne eksoplanete (planete zunaj Osončja) in rjave pritlikavke.

Kot poseben spomin na Karla Schwarzschilda je morda najbolj splošno znan ali opevan ali slaven Schwarzschildov (kritični) radij, ki poda mejo (sfero) idealne mirujoče črne luknje – brez naboja in vrtilne količine ($r = 2Gm/c^2$, kjer je G gravitacijska konstanta, m masa telesa (č. luknje), c^2 kvadrat svetlobne hitrosti). Schwarzschild ga je izračunal leta 1916, malo pred smrtjo.

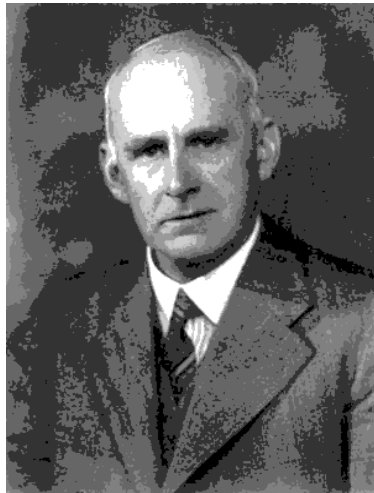
Raziskal in pojasnil je tudi razporeditev svetlih delov v repu Halleyjevega kometa leta 1910.

Tukaj omenimo še Karlovega sina Martina Schwarzschilda (Potsdam 1912–1997 Princeton, New Jersey). Šel je po očetovih stopinjah. Bil je viden ameriški astrofizik, ki je raziskoval zgradbo in razvojno pot zvezd. Podal je npr. teoretično razlago H-R diagrama za kroglaste zvezdne kopice.



Anglež A. S. Eddington je bil sin kvekerskih staršev, odličen matematik in perfekten poznavalec angleške literature. Zaključil je univerzo v Cambridgeu v Angliji. Doktoriral leta 1905. Od leta 1906 do leta 1913 je bil glavni asistent greenwiškega observatorija, od leta 1913 do smrti pa profesor in direktor observatorija cambriške univerze. Bil je član Kraljevega astronomskega društva in

akademije znanosti - Kraljevega društva. Od leta 1953 podeljujejo tudi Eddingtonovo medaljo za izjemne raziskovalne dosežke v astrofiziki.



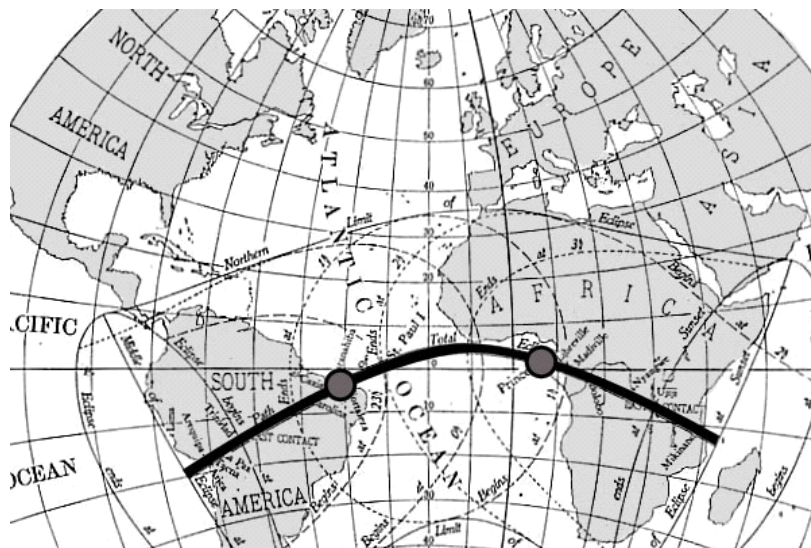
Fizik, astronom, astrofizik, matematik, filozof in velik popularizator znanosti, Sir Arthur Stanley Eddington (Kendal 1882–1944 Cambridge) – prvovrstni raziskovalec gibanja, razvoja in drugih lastnosti zvezd ter relativnosti v astrofiziki; ima krater na Luni in planetoid 2761.

Najprej je na Greenwichu opravil natančno analizo določitve paralakse oziroma oddaljenosti planetoida 433 – Erosa. Potem pa je ogromno raziskoval gibanje zvezd. Njegova glavna zasluga je, da je prvi obdelal teorijo (model) notranje zgradbe zvezd. Ker je bilo tedaj fizikalno znanje precej pod današnjo ravni, so njegove domneve in računi le približni glede na današnje predstavljanje o zgradbi zvezd ter izvoru in fizikalnih procesih, ki potekajo v njih.

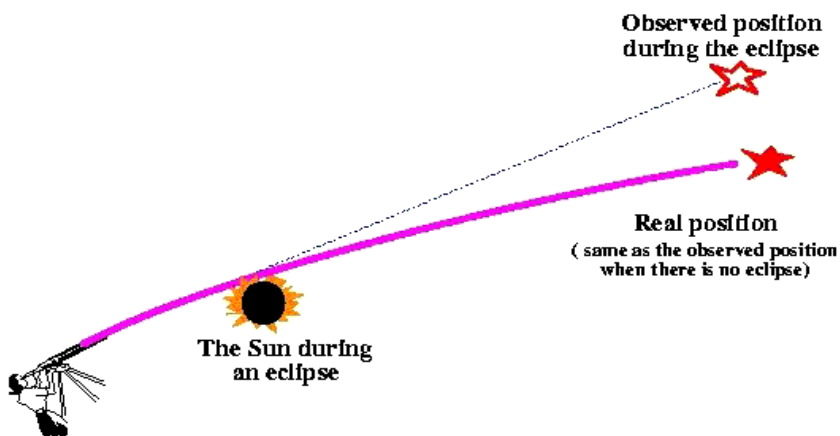
S poglobljenim pogledom na fizikalno bistvo pojavov in z izredno močjo matematičnega pristopa raziskovanja je izpeljal vrsto temeljnih zaključkov ne samo pri notranji zgradbi zvezd in njihovih atmosfer, ampak tudi pri pulziranju zvezd, sestavi medzvezdne snovi ter gibanja in razporeditve zvezd v Galaksiji. Podal je teoretično razlago za relacijo (odvisnost) *masa zvezde-izsev zvezde* in izpeljal izraz, ki povezuje maso zvezde z njeno površinsko temperaturo, izsevom in notranjim tlakom pri njenem sevanju. Glede raziskav zvezdnih atmosfer je nadaljeval začeto delo K. Schwarzschilda. Bil je tudi med prvimi, ki so dali namige o jedrskih reakcijah v notranjosti zvezd.

Raziskal je polmere in druge značilne karakteristike številnih rdečih orjakinj z namenom, da potrdi interferometrična merjenja zvezdnih polmerov, ki so jih izvedli okoli leta 1920 na observatoriju Mt. Wilson. Za pritlikavko – Sirijevo spremljevalko (Sirij B) je izračunal njeno gostoto 50.000 kg/dm^3 in tako nakazal

razvoj fizike skrajno gostih plinov. Torej se je ukvarjal tudi z degeneriranimi zvezdami, v črne luknje pa ni povsem verjel.



Pas oziroma pot Lunine sence na Zemlji, od koder se je videl popolni Sončev mrk leta 1919. Eddington ga je fotografsko opazoval iz otoka Princip (desni krožec) in pri tem zaznal napovedani odklon (odmik) svetlobe zvezd, ki so bile navidezno zelo blizu Sonca.



Svetloba zvezde, navidezno zelo blizu Sonca, se zaradi vpliva Sončevega gravitacijskega polja navidezno odkloni ('ukrivi') k Soncu, in mi vidimo zvezdo v drugi smeri, kot dejansko leži na nebu. Zgoraj - opazovana (navidezna) lega zvezde med mrkom, spodaj – dejanska (resnična) lega zvezde, ko ni mrka.

Teoretično je obravnaval tudi probleme v zvezi s pulzacijo kefeid, to je nekakšnim 'dihanjem' (napihovanjem in krčenjem) orjakinj in nadorjakinj. Pri tem

zvezde periodično spreminjajo radij, vzporedno z njim površinsko temperaturo in izsev, kar se na Zemlji kaže v sprejetem nihanju sija zvezd.

Zelo slaven, če ne celo najbolj slaven pa je postal zaradi del na področju relativnostne teorije. Med popolnim Sončevim mrkom, ki ga je opazoval dne 29. 5. 1919 na otoku Príncipe blizu zahodne obale Afrike, je fotografiral zvezde (v ozvezdju Bik), ki so bile navidezno zelo blizu Sonca. Iz fotografskih posnetkov zvezd je ugotovil njihov rahli odklon od resničnih leg, ker se zvezdna svetloba zaradi vpliva Sončevega gravitacijskega polja nekoliko ukrivi, ali drugače, bolj moderno povedano: masa Sonca ukrivi prostor v svoji bližnji okolici, kar ima za posledico, da spremeni smer svetlobi, ko potuje blizu mimo Sonca. Ta pojav je opazen le med popolnim mrkom Sonca, saj drugače Sončeva svetloba preprosto presvetli zvezde. V času popolnega mrka pa so zvezde vidne na nebu in jih lahko opazujemo z očmi, fotografiramo in registriramo tudi z drugimi merilniki svetlobe (fotometri, termočleni, bolometri, CCD kamerami, celo s pametnimi telefoni itn.). Gre za zelo pomembno eksperimentalno potrditev splošne Einsteinove relativnostne teorije, kar je bilo napovedano.*

.....
* Podrobnosti gl. svetovni splet, npr. Sašo Dolenc, *Prostor-čas in gravitacija*.

Edwin Powell Hubble (1889 Marshfield, Missouri (ZDA)– 1953 San Marino, Kalifornija)

V zadnjem času smo lahko priča velikim fotografskim dosežkom znamenitega Hubblovega vesoljskega teleskopa, ki v oddaljenosti okoli 570 km kroži nad Zemljo in že od aprila leta 1990 dalje snema nebesne objekte globoko v vesolju. Lahko bi kaj več izvedeli tudi o življenju in delu človeka, po katerem je vesoljski teleskop dobil ime. Ta človek je bil eden najvidnejših in nadarjenih astronomov 20. stoletja, pionir v raziskovanju oddaljenih zvezdnih sistemov - galaksij. »Njegovo delo se lahko primerja z delom, ki sta ga za astronomijo naredila W. Herschel in G. Galilei«, piše Wikipedija. Ta pomembni astronom je bil E. P. Hubble.

Študiral je na Univerzi v Chicagu. Po študiju prava je končal študij astronomije. Svoje astronomsko izobraževanje je nadaljeval na Oxfordu v Angliji. Leta 1914 se je vrnil v Chicago in bil asistent na Observatoriju Yerkes blizu Chicaga, kjer so postavili največji refraktor na svetu s premerom objektiva 102 cm. V času prve svetovne vojne je bil v vojski. Po vrnitvi iz armade je nastopil službo astronoma na Observatoriju Mt. Wilson, kjer je ostal do konca svojega življenja. Po drugi svetovni vojni je prevzel določene obveznosti pri projektiranju novega

observatorija na Mt. Palomar, kjer so postavili orjaški in takrat največji reflektor na svetu s premerom zrcala 508 cm.



Ameriški astronom, pravnik in častnik Edwin Powell Hubble - s fotografijo je 'razbil' galaksijo M31 in tudi druge galaksije na posamezne zvezde, ugotovil, da se bolj oddaljene galaksije hitreje oddaljujejo od nas in tako nakazal zamisel o širjenju vesolja.

Že v 18. stoletju so nekateri astronomi in filozofi menili, da so Sonce in vse zvezde, ki jih vidimo na nebu, sestavni del velikanske skupine zvezd, podobne orjaškemu mlinskemu kamnu ali disku. Še več. Domnevali so celo, da ta orjaška zvezdna skupina, danes imenovana Galaksija, najbrž ni edina v vesolju, ampak le ena od številnih zvezdnih sistemov, ki jih astronomi opazujejo z daljnogledi na nočnem nebu kot bolj ali manj šibke megličaste pege (tvorbe, puhaste oblačke).

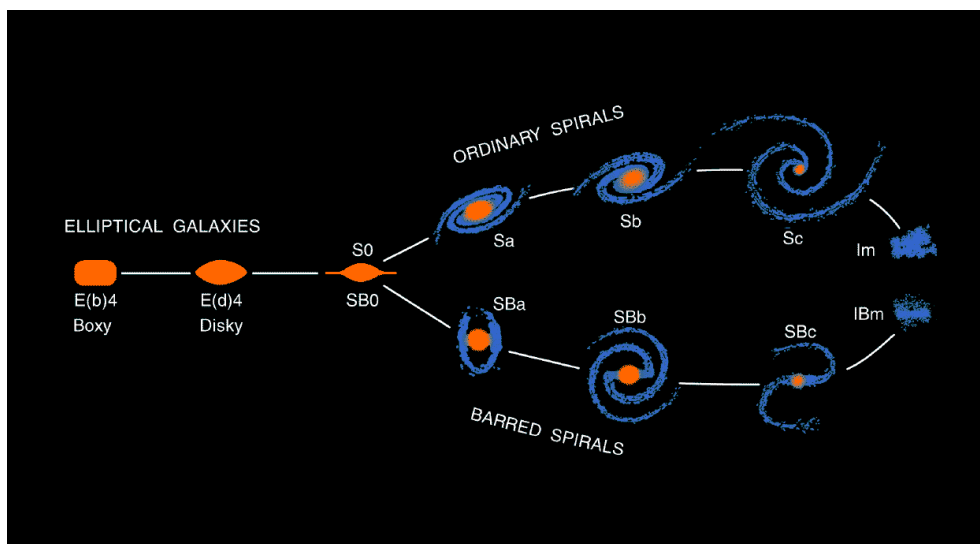
Za tisti čas so bile to drzne misli, ki jih ni bilo mogoče potrditi. Astronomi so imeli prešibke daljnoglede. Počakati je bilo treba dobri dve stoletji.

Pri proučevanju svetlobe z različnih vesoljskih teles so že pred 150-timi leti ugotovili, da se spekter (razklonjena vidna svetloba - mavrica) mnogih megličastih vesoljskih tvorb ne razlikuje od spektra navadnih zvezd. To je nakazovalo, da utegnejo biti ti vesoljski objekti oddaljene skupine zvezd. Skoraj istočasno so še ugotovili, da ima veliko vesoljskih "peg" spiralno strukturo, če so jih opazovali z zelo močnimi daljnogledi. Vendar pa v "pegah" niso razločili zvezd.

V začetku prejšnjega stoletja so take megličaste vesoljske tvorbe začeli natančneje in množično raziskovati. Uspeh ni izostal. Leta 1924 je svet obletela famozna vest, da je ameriški astronom Edwin Hubble v megličastem objektu M 31 v ozvezdju Andromede razpoznal množico zvezd. To se mu je posrečilo z 250-cm

reflektorjem, tedaj najmočnejšim daljnogledom na svetu na observatoriju Mt. Wilson. Z njim je fotografiral obrobne predele objekta M 31 in na fotografijah jasno razložil številne zvezde. Hubble je s tem dokazal, da naša Galaksija ni edina orjaška skupina zvezd v vesolju.

Raziskave so še pokazale, da je med odkritimi zvezdami v M 31 veliko različnih spremenljivih zvezd, med njimi tako imenovanih *kefeid* - zvezd, ki pulzirajo, to je, se širijo in krčijo in tako spreminjajo radij. Pri takšnem "dihanju" se zvezdam spreminja površinska temperatura in s tem tudi v sekundi oddana svetlobna moč ali izsev zvezde. Svetloba, ki jo s takih zvezd sprejmemo na Zemlji, torej ni stalna, ampak se s časom periodično spreminja - niha.



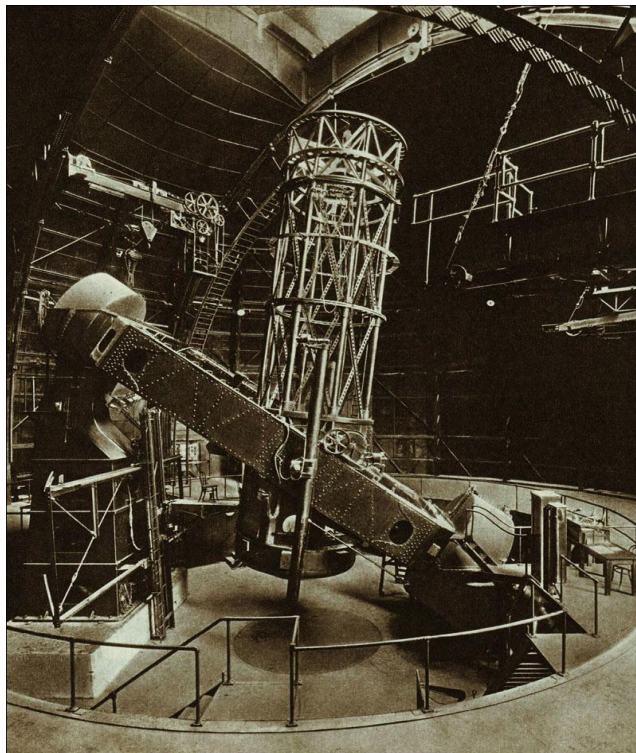
Galaksije imajo različno obliko. Večina je spiralnih. Veliko jih je okroglih ali eliptičnih, nekatere imajo tudi nepravilno obliko. Hubble jih je podrobno raziskal in razvrstil po obliki in drugih lastnostih. Slika prikazuje Hubblovo razvrstitev (klasifikacijo) galaksij; levo eliptične, zgoraj spiralne, spodaj prečkaste (s prečko) in desno nepravilne galaksije.

Značilno za kefeide je, da imajo pri daljši periodi nihanja svetlobe oz. sija večji povprečni izsev. Če opazujemo kefeido in izmerimo periodo nihanja njenega sija, torej sprejete svetlobe, ki prihaja od nje, lahko ocenimo njen povprečni izsev. Ker vemo, da je svetloba, ki jo z zvezde sprejmemo in izmerimo na Zemlji, sorazmerna znanemu izsevu in obratno sorazmerna kvadratu neznane oddaljenosti, lahko iz te fizikalne odvisnosti preprosto izračunamo oddaljenost kefeide od nas.

Kefeide so orjaške zvezde. Vse so več desetkrat ali tudi več stokrat večje od Sonca, so orjakinje ali nadorjakinje. Glede na to imajo prav tako ogromne izseve. V prostor torej oddajajo ogromno svetlobno moč. Zato jih lahko opazimo v velikih razdaljah, npr. v zelo oddaljenih zvezdnih skupinah, kjer daleč zunaj naše Galaksije

spreminjajo svojo svetlobo. Delujejo kot nekakšni svetilniki v vesolju, ki jih astronomi zlahka odkrijejo in nato iz opazovanja njihovega sija določijo oddaljenost daljnjih zvezdnih sestavov, v katerih svetijo kefeide.

Hubble je s pomočjo kefeid, ki jih je odkril na fotografijah M 31, določil oddaljenost tega nebesnega objekta. Njegova ocena je bila milijon svetlobnih let. (Današnje meritve kažejo, da je oddaljenost približno dvakrat večja.) Z meritvami in računom je dokazal, da "megličasta pega" M 31 v Andromedi res leži daleč zunaj naše Galaksije. Od tega časa dalje so vse podobne vesoljske objekte začeli imenovati *galaksije* (pisano z malo začetnico za razliko od naše *Galaksije*, ki jo pišemo z veliko začetnico).



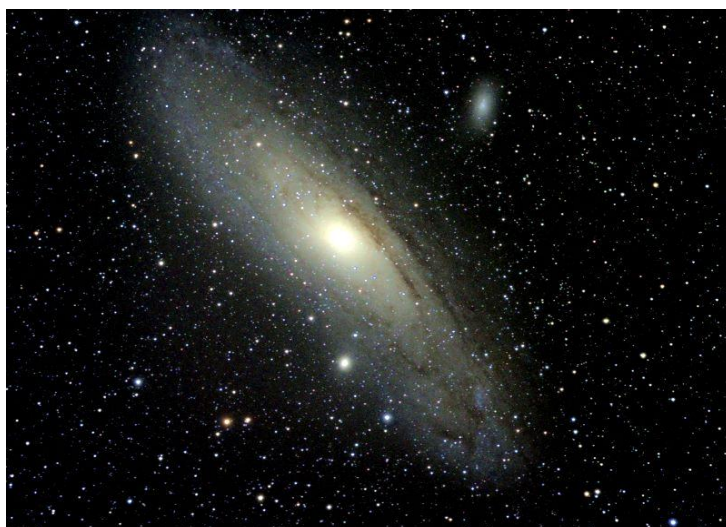
2,5- metrski reflektor na Observatoriju Mt. Wilson, s katerim je Hubble »razbil« galaksije v zvezde, izmeril oddaljenost in hitrost oddaljevanja številnih galaksij in tako prišel do pomembnega spoznanja, da se vesolje širi.

Po zaslugi Hubbla in tudi drugih astronomov so se hitro razširile meje proučevanega dela vesolja. S fotografijo so odkrili na milijone galaksij, ki se nahajajo na vse večjih oddaljenostih od nas in odkrili številne jate in nadjate galaksij.

Hubble je izdelal podrobno klasifikacijo (razvrstitev) galaksij po njihovi obliki. Našel je tudi zvezo med oddaljenostjo galaksij in hitrostjo, s katero se

odmikajo od nas. Hitrost je sorazmerna z oddaljenostjo. Njegovo odkritje, da se vse bolj oddaljene galaksije vse hitreje oddaljujejo od nas, tj., da se vesolje širi, je gromnega pomena za astronomijo in kozmologijo.

Hubbleva raziskovanja galaksij so močno razširila naše znanje o vesolju. On sam, še posebno pa njegovi nasledniki, so do danes fotografirali na milijarde galaksij, ki se združujejo v manjše ali večje jate, oddaljene od nas na milijone in milijarde svetlobnih let. Lahko rečemo, da je bil Hubble eden najvidnejših in najnadarjenejših astronomov 20. stoletja, pionir v raziskovanju galaksij in ideje o širjenju vesolja. Morda je bil celo najbolj znan in upoštevan astronom preteklega stoletja. Bil je član vrste znanstvenih društev in akademij. Prejel je številna priznanja in medalje.



Megličasta nebesna pega z oznako M 31 v ozvezdju Andromeda, to je galaksija M31 v Andromedi – prva galaksija, v kateri je Hubble s fotografijo razločil zvezde in ji s pomočjo opazovanih kefeid določil oddaljenost od nas.

Hubble ima precej spomenikov. Po njem se imenuje asteroid 2069, krater na Luni, klasifikacija galaksij, konstanta H v Hubblovem zakonu $v = H r$ (kjer r pomeni oddaljenost galaksije, v hitrost njenega oddaljevanja, med njima pa velja sorazmernost), in seveda 2,4-metrski Hubblov vesoljski teleskop, ki še vedno potuje na tiru okrog Zemlje in snema in snema daljnje kraje v globinah vesolja in nam pošilja prvovrstne in presenetljive posnetke in podatke o vesoljskih telesih in pojavih tam zelo daleč, o čemer se čudimo, strmimo in se presenečeno sprašujemo: kaj vse neki leži in se skriva v teh globinah in kaj vse zna ta teleskop odkriti in nam na svojih fascinantnih fotografijah prikazovati in pripovedovati.

Herman Potočnik – Noordung (1892 Pulj–1929 Dunaj)

Slovenci smo lahko ponosni na človeka, ki je na področju aeronavtik v svetovnem merilu naredil izjemen podvig. Silna notranja sila ga je gnala, da je kljub težki bolezni dokončal delo, ki si ga je zamislil. Napisal je knjigo tako vrhunske kakovosti, da se vsepovsod omenja že več kot 80 let in se ji priznava, da je bila dolga desetletja velika učna knjiga ali kar biblija vodilnih aeronavtov, ki so načrtovali oziroma usmerjali razvoj aeronavtik. Ta človek je bil po izidu svoje knjige nekaj časa nepoznan, saj jo je izdal psevdonimno in ga je bilo treba še najti oziroma odkriti. Slavo si je ovenčal še po smrti.

H. Potočnik – Noordung je bil pomemben načrtovalec človekovega prodora v vesolje in eden od začetnikov raketne in vesoljske tehnike – aeronavtik (kozmonavtik). Zdi se mi, da bi morali njegovo ustvarjalno delo čim bolj popularizirati, posebno v šoli. To pomeni, da bi ga morali zaradi njegovega pomembnega prispevka na aeronavtskem področju obravnavati pri pouku v šoli, torej ga vnesti v redni učni program (načrt).



Pionir in vizionar vesoljskih poletov, Herman Potočnik – Noordung; iz njegove knjige *Problem vožnje po vesolju – raketni motor* so se učili kasnejši vodilni možje aeronavtik in izjavljali, da jim je služila kot učbenik, hkrati pa tudi kot velika vzpodbuda za nadaljnje ustvarjalno raziskovanje vesolja.

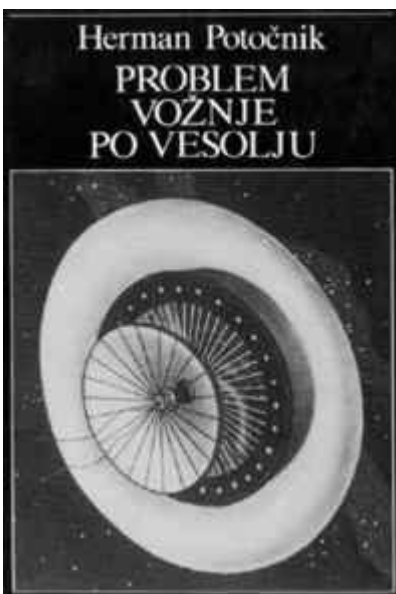
Rojen je bil v Pulju, kjer je bil njegov oče general avstrijske mornarice in je služboval kot zdravnik. Potočnikov oče je bil doma iz okolice Slovenj Gradca, mati pa iz Maribora. Mati je zgodaj ovdovela in se vrnila v domači kraj. Tako je Herman

preživel otroštvo v Mariboru, kjer je končal osnovno šolo. Nato je obiskoval avstrijske vojaške šole. Leta 1913 je zaključil šolanje na vojaški tehniški akademiji. Kot inženirski poročnik, strokovnjak za železniške in mostovne gradnje, je prvo svetovno vojno preživel na različnih bojiščih, med njimi tudi na soški fronti. Zbolel je za jetiko. Leta 1919 so ga upokojili kot stotnika. Nato je na Dunaju študiral strojništvo. Leta 1925 je postal inženir strojništva – specialist za raketno tehniko. Po diplomi se ni zaposlil. Zadnja štiri leta svojega življenja je preživel pri bratu Adolfu na Dunaju in vse svoje umske sposobnosti usmeril v načrtovanje človekovega prodora v vesolje. O teh problemih je mrzlično pisal knjigo. Zavedal se je, da mu je preostalo le malo dni življenja, ki jih mora plodno izkoristiti. Knjiga *Problem vožnje po vesolju – raketni motor*, napisana v nemščini, je izšla leta 1929 v Berlinu tik pred njegovo smrtjo. Izdal jo je pod psevdonimom Hermann Noordung, zato je njeno avtorstvo dolga leta povzročalo težave. Kaj pomeni Noordung, še niso odkrili.

Šele leta 1986 je Slovenska matica izdala slovenski prevod te znamenite knjige.

V tej knjigi je Potočnik obdelal načrt človekovega osvajanja vesolja, raketno tehniko, načine človekovega preživetja, gibanja in delovanja v vesoljski postaji. Na koncu knjige daljnovidno, vendar le načelno, nakazuje možnosti za resnični polet na druga vesoljska telesa, na planete in k najbližjim zvezdam.

Obdelal je različne možnosti raketnih poletov v breztežnem vesoljskem prostoru in uporabo reakcijske sile pri zemeljskih poletih na velike razdalje, kot na primer medcelinskega letalskega prometa. Obravnaval je umetne zemeljske satelite. Te so obravnavali v svojih delih tudi že drugi avtorji. Vendar Potočnik dodaja novo zamisel za satelit, ki naj bi krožil z enako kotno hitrostjo kot se vrti Zemlja in bi bil tako stalno nad istim krajem Zemljine površine. Izračunal je, da naj bi tak satelit krožil na višini 36 000 km nad Zemljinim površjem in da bi se moral gibati s hitrostjo 3 080 m/s. Na tej nadmorski višini naj bi vtirili vesoljsko postajo, ki bi služila za vzpostavljjanje komunikacij. (To so res uresničili leta 1963 z izstrelitvijo ameriškega geostacionarnega telekomunikacijskega satelita Syncom, ki je zavzel lego, kakor jo je izračunal Herman Potočnik.)



Naslovnica Potočnikove knjige – slovenski prevod (1986).

Predvidel je celo težave, ki naj bi jih imel človek, vaje zemeljskih razmer glede težnosti, ozračja, gibanja itn. v breztežnem in brezračnem vesoljskem prostoru. Nakazal je nekatere možne rešitve. Menil je, da krajše bivanje v vesoljski kabini za človeka ne bo težavno, pri daljšem pa utegne priti do sprememb v človekovem organizmu. To je danes potrdila vesoljska medicina.

Izdelal je tudi projekt vesoljske ladje za daljše bivanje in delo človeka v vesolju. V takšni ladji naj bi imela vesoljska posadka svoje zatočišče in zagotovljene osnovne pogoje, podobne zemeljskim. Pravi, da je namen njegovih razmišljanj le prepričati, da se takšna vožnja k drugim vesoljskim telesom človeku ne bi smela zdeti nekaj nemogočega, neuresničljivega, in da je to najbrž tudi tehnično povsem rešljiv problem, kar se je pozneje izkazalo za resnično.

Potočnikova knjiga je izšla v času, ko se je človek od teoretičnih razmišljanj že povzpел do prvih praktičnih uresničitvev. Leta 1935 so z raketo na tekoče gorivo dosegli višino 2,3 km, leta 1957 so izstrelili prvi umetni zemeljski satelit, leta 1961 je Jurij Gagarin prvič obkrožil Zemljo, leta 1963 so izstrelili prvi geostacionarni satelit, leta 1969 je iz Apolla 11 stopil prvi človek na drugo vesoljsko telo – Luno, 1975 so prvič spojili vesoljski postaji Apollo in Sojuz na krožnici okrog Zemlje, proti drugim planetom so že poletele vesoljske sonde, nekaj jih je celo zapustilo naše Osončje. Skoraj vse te možnosti je napovedal H. Potočnik v svoji knjigi.



Dragan Živadinov, gledališki režiser in velik propagator Potočnikovih zamisli v gledališki areni (pod geslom kulturalizacija vesolja in popularizacija astronautike), v prostorih galerije Kibla v Mariboru je predstavil novo komentirano knjigo Hermana Potočnika - Noordunga *Problem vožnje po vesolju - raketni motor* (druga izdaja, 2010).

Knjiga, v izvirniku naslovljena *Das Problem der Befahrung des Weltraums – der Raketen-Motor*, je bila po izidu še isto leto po delih prevedena v angleščino, leta 1935 pa so delni prevod dobili tudi v Sovjetski zvezi. Strokovnjaki so si edini: Potočnikova knjiga je vplivala na ameriški, ruski in evropski vesoljski program.

V Vitanju, od koder je bil doma Hermanov stari ata, je odprta spominska soba, posvečena H. Potočniku, prav tako tudi v prostorih slovenskega veleposlaništva v Moskvi. Po njem se imenuje asteroid 19 623 Noordung, ki so ga odkrili 17.7.1999 na Observatoriju Črni Vrh.

Odkritje pulzarjev (1968)

Pred skoraj petdesetimi leti so astronomi odkrili nenavadna vesoljska telesa. Niso jih iskali, saj sploh niso vedeli, da obstajajo. Niso jih zagledali ali videli, ampak so jih "zaslišali". Kako, kje in kdaj se je to dogodilo?

Na observatoriju v Cambridgeu v Angliji so preskušali nov tip radioteleskopa. To je naprava, ki zazna našemu očesu nevidne izvire radijskega sevanja v vesolju. Ko so pregledovali nebo, so na izbrani valovni dolžini zabeležili šibek radijski signal, ki je prihajal z določenega dela neba in se ponavljal vsake 1,3 sekunde, trajal pa je nekaj stotink sekunde. Potem so radioteleskop usmerili še proti

drugim predelom neba in odkrili še več takih izvirov ponavljajočega oziroma pulzirajočega radijskega valovanja. Tem radijskim izvirov so dali ime *pulzarji*.

Do danes so odkrili že ogromno pulzarjev, različnih tipov, postavili pa so tudi nekaj domnev, s katerimi poskušajo pojasniti nenavadno lastnost novo odkritih vesoljskih izvirov radijskega sevanja. S pulzarjev namreč prihajajo sunki radijskega valovanja v enakomernih časovnih presledkih. Periode sunkov so različne, od nekaj stotink sekunde do nekaj sekund. En pulzar leži sredi znamenite *Rakove meglice - Rakovice*, ki se razprostira v ozvezdju Bika. Ta pulzar je posebno zanimiv. Ima zelo kratko periodo, to je 0,03 sekunde.

Izmerili so, da so pulzarji od nas oddaljeni več sto in tudi več tisoč svetlobnih let. Ta razdalja v vesoljskih razmerah ni velika, pomeni pa, da so pulzarji člani našega zvezdnega sistema, da torej ležijo v naši Galaksiji. Ko so določili natančno lego odkritih pulzarjev na nebu, so želeli še ugotoviti, če je na tem delu neba kako vesoljsko telo, ki ga lahko vidimo. Pregledali so fotografije neba, ki so jih posneli z najmočnejšimi daljnogledi, toda ugotovili niso ničesar. Iz točk neba, od koder so zabeležili sunke radijskega valovanja, niso zasledili nobenega optično vidnega vesoljskega telesa.

Nekoliko čudno se je zdelo vse skupaj. Prisluškovali so "glasovom" pulzarjev, ugotovili so, kje na nebu ležijo, izmerili so njihove oddaljenosti, samih pulzarjev pa ni videl nihče. Tako so bili pulzarji nekaj časa skrivnostni vesoljski nevidci. Nekateri so celo mislili, da smo Zemljani zabeležili sporočila zunaj zemeljske civilizacije. Zato je bilo treba o tem odkritju nekaj časa previdno molčati.

Spremenilo pa se je leta 1970. Tega leta so opazili, da pulzar, ki leži v Rakovi meglici, ne oddaja le običajnih, za pulzarje značilnih radijskih valov, ampak seva tudi vidno in celo rentgensko svetlobo. Rakova meglica je od nas oddaljena okoli 6000 svetlobnih let. To je razpihnjena plinska lupina. Razširja se v prostor s hitrostjo več kot tisoč kilometrov na sekundo in sicer po eksploziji zvezde - supernove, ki so jo na Zemlji zaznali pred dobrimi 900 leti. Oddaja približno stokrat več rentgenske kot vidne svetlobe, te pa oddaja spet stokrat več kot radijskega valovanja.

Pulzar v Rakovici so poistovetili s šibko zvezdico, ki jo je mogoče videti le z najmočnejšimi daljnogledi. Še pred nekaj desetletji so menili, da predstavlja ta zvezdica ostanek razletele supernove. V resnici pa tam leži pulzar.

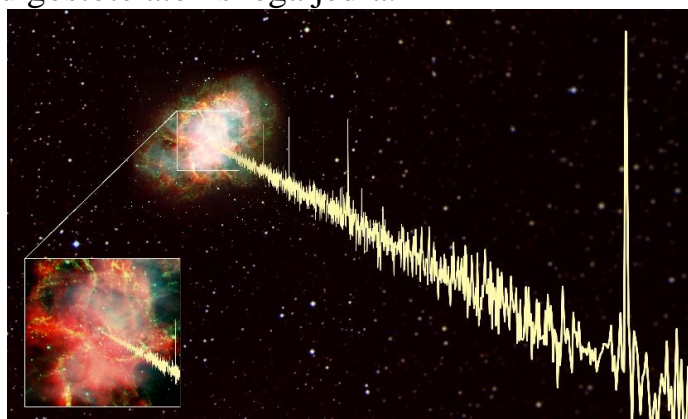
Pulzarji so zelo majhne in zelo namagnetene zvezde, ki se hitro vrtijo okrog svoje osi in oddajajo radijske valove v zelo ozek stožec, ki se vrtil hkrati s pulzarjem. Pulzarji "svetijo" podobno kot morski svetilnik. Na Zemlji zaznamo radijski sunek s pulzarja vsakič, ko nas oplazi snop radijskih valov. Ker se zvezda vrtil, se vse to ponavlja s periodo vrtenja zvezde v enakomernih časovnih

presledkih. Tako je perioda radijskih sunkov pulzarja enaka vrtilnemu času vrteče se zvezde, ki deluje kot nekak radijski nebesni svetilnik.



S. Jocelyn Bell Burnell, ki je skupaj z astronomom Antonyjem Hewishem leta 1968 odkrila pulzarje povsem po naključju.

Računi pokažejo, da pulzar ne more biti običajna zvezda, saj se ta ne more tako hitro vrteti. Hitrost na ekvatorju take zvezde bi bila namreč tako velika, da bi zvezdo razneslo. Če pa naj bi bila zaradi vrtenja hitrost na ekvatorju zvezde dosti manjša od svetlobne, tedaj je neogibno, da mora biti taka zvezda zelo majhna in sicer s polmerom okoli 10 kilometrov. Ker se mase teh majhnih, tako imenovanih *nevtronskih zvezd*, zelo malo razlikujejo od mase Sonca, je gostota teh zvezd silno velika in sicer blizu gostote atomskega jedra.



Radijsko sevanje s pulzarja v Rakovici, ostanka (ogorka) pred približno 900 leti razletele supernove. Pulzar je takšna nevtronska zvezda, s katere sevajoče radijsko valovanje oplazi Zemljo. Sunke sevanja pošilja približno vsako tretjo stotinko sekunde, kar je okoli trideset sunkov na sekundo.

Obstoj nevtronskih zvezd, to je zvezd s tako pošastno gostoto (v notranjosti nevtronske zvezde je gostota skoraj milijarda kg na mm³), so astronomi napovedali že pred več kot tričetrstoletja. Te zvezde so neprestano iskali, a jih niso mogli

najti. Na koncu pa so se predstavile na način, ki ga nihče ni niti predvideval niti pričakoval: v obliki pulzarjev*. Čeprav je do tega prišlo po ovinkih, je odkritje nevtronskih zvezd eden največjih uspehov astronomije. Pulzar je torej vrteča se in zelo namagnetena nevtronska zvezda, ki seva žarke elektromagnetnega spektra*.

.....*

V strogo teorijo pulzarjev se tu ne spuščamo, saj zadevo obravnavamo povsem elementarno in poljudno.

Bleda modra pika

Drobni utrinek za konec

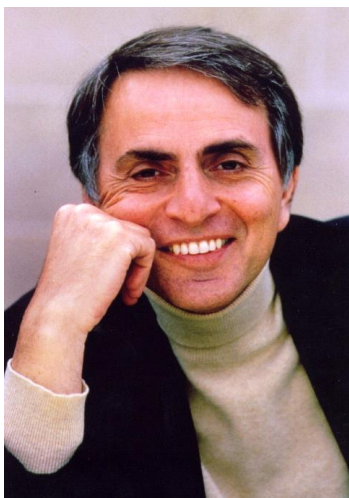
Ameriška vesoljska sonda brez posadke Voyager 1 je bila izstreljena v vesolje 5. 9. 1977 z namenom, da bi raziskala Osončje. Ameriški astronom Carl Sagan je prepričal znanstvenike NASE naj sonda naredi fotografijo Zemlje, ko bo dosegla mejo Osončja. Dne 14. 2. 1990, ko je sonda že opravila primarno misijo, so iz NASE poslali sondi ukaz, naj se obrne in fotografira planete Sončevega sistema. Med februarjem in junijem tega leta je tako Voyager 1 res poslal tudi fotografijo, ki prikazuje Zemljo kot *bledo modro piko*, komaj opazno v velikanski daljavi. Fotografija je bila posneta iz razdalje približno 6 milijard kilometrov.



Bleda modra pika v orjaški oddaljenosti od sonde

Carl Sagan je takole opisal oziroma komentiral to fotografijo:

"Poglejte še enkrat na piko. To je tukaj. To je dom. To smo mi. Na njej vsi, ki jih ljubite, vsi, ki jih poznate, vsi, za katere ste kdaj koli slišali, vsi ljudje, ki so kdaj bili in živeli njihova življenja. Skupek našega veselja in trpljenja, tisoče verskih prepričanj, ideologij in ekonomskih doktrin, vsak lovec in iskalec hrane, vsak junak in strahopetec, vsak ustvarjalec in uničevalec civilizacij, vsak kralj in kmet, vsak zaljubljen parček, vsaka mati in oče, upajoč otrok, vsak izumitelj in raziskovalec, vsak učitelj morale, vsak podkupljiv politik, vsaka filmska zvezda, vsak vrhovni voditelj, vsak svetnik in grešnik v zgodovini naše vrste je živel tam na pikici v sončnem žarku. Zemlja je zelo majhna pika v veliki kozmični areni. Pomislite na reke krvi, prelite zaradi generalov in cesarjev, zaradi slave in zmage, da bi postali trenutni lastniki delčka majhne pikice. Pomislite na neskončne krutosti, ki so jih pretrpeli prebivalci enega dela pikice, ker so se razlikovali od prebivalcev na drugem koncu, kako pogosti so njihovi nesporazumi, kako se zavzemajo, da bi ubili drug drugega, kako goreče je njihovo sovraštvo. Naša samopodoba, naš egoizem, blodnje, da smo v privilegiranem položaju v vesolju, so izzvana z velikostjo te majhne pikice. Naš planet je osamljen drobec v veliki kozmični temi. In v tej naši mračnosti in v vsej



Profesor dr. Carl Sagan (1934-1996), veliki razumnik znanosti in še večji popularizator astronomije, iskalec nezemeljske inteligence.

Ne morem si kaj, ampak kadar naletim na Sagana in/ali njegove misli, mi spomin vedno zaide k našemu znanemu univerzitetnemu profesorju dr.

Janezu Strnadu (1934-2015), ki je bil podoben razumnik in zelo plodovit popularizator znanosti pri nas. Ogromno je naredil za naše naravoslovje in s tem v zvezi tudi na področju astronomije. Njegovi obzorniški članki v Spiki ostajajo zakon, perfektni, izpiljeni in nepozabni.



prostranosti vesolja ni namiga, da bi prišla pomoč in nas rešila pred nami samimi. Zemlja je edini planet, za katerega do sedaj vemo, da omogoča življenje. Trenutno nikjer drugje ni kraja, kamor bi se naša vrsta lahko preselila. Obiskala, da. Naselila, ne še. Če nam je všeč ali ne, v tem trenutku je Zemlja edino, kar nam preostane. Bilo je rečeno, da astronomija uči ponižnosti in vpliva na značaj človeka. Verjetno ni boljše predstavitev norosti človeške domišljavosti, kot podoba našega malega sveta iz daljave. Zame to poudarja našo odgovornost, da smo bolj prijazni drug do drugega, in da ohranimo in bolj cenimo našo blede modro piko, edini dom, ki smo ga kdaj poznali."

To globoko in izredno občuteno Saganovo misel o našem planetu in o nas - Zemljanih je vredno večkrat prebrati. Mene spremlja že dolgo vrsto let. Vsak dan se me dotakne. Predlagam, da jo večkrat preberete tudi vi in se zamislite.



Lahko bi knjigo zaključil že pri največjih Gaussovih astronomskih dosežkih (1810) ali pri odkritju planeta Neptun (1846) ali pri Hubblovem odkritju, da je galaksija M31 v Andromedi sestavljena iz nepreštvene množice zvezd (1924), pa bi vsakič kar nekaj povedal o zanimivem delu astronomov. Naše kratko srečanje z nekaterimi znanimi slavnimi astronomi preteklosti zaključujemo s – C. Saganom. Eni več, drugi manj, vendar vsak je s svojim ustvarjalnim delom nekaj doprinesel k mozaiku celote - velike zgradbe astronomije. Večinoma sem astronome prikazoval z navajanjem del in njihovega pomena. Enim sem namenili več pozornosti, drugim manj, pač glede na obseg in težo njihovega dela. Vsega pač nikoli ni mogoče povedati. Celó o enem samem človeku ne.



Dragi Janez, to knjigo pravzaprav posvečam Tebi. Zaslužil bi, da bi napisal veliko knjigo samo o Tebi in Tvojem ogromnem prispevku našemu naravoslovju, posebno astronomiji. A tega zdaj preprosto ne zmorem. Moral bi biti mlajši.

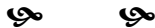


Življenjepisnih podatkov o astronomih se nisem preveč posluževal, ker jih lahko preberemo v knjigah, enciklopedijah in na spletu. Bolj sem poudarjal njihovo delo. Pri opisovanju dela in ocene kakega posameznika sem poskušal biti realen, kar ni preprosto. Človek ima med znanstveniki vedno kakega svojega ljubljenca in o njem pripoveduje lepše, boljše, prizadetejše, prijaznejše in z večjim navdušenjem in veseljem kot o tistem, ki mu ni všeč. Seveda je vse odvisno še od obravnavane tematike. Izbor astronomov pa je takšen, kot je.

Opisali smo številna in nepozabna odkritja in pomembne ugotovitve vrlih astronomov, katerih nova spoznanja so vplivala na razvoj astronomije, jo bogatila in hkrati usmerjala k še globljim spoznanjem in večjim uspehom.

Tu se naš sprehod po astronomih *od Enheduanne do Sagana* konča. Še veliko bi bilo mogoče povedati o astronomih, ki se na primer ukvarjajo s črnimi luknjami, pulzarji, kvazarji, izbruhi sevanja gama, vrtenji zvezd in galaksij, v posebnem primeru z vrtenjem naše Galaksije, temno energijo, temno snovjo in z drugimi vrhunskimi problemi astronomije in astrofizike današnjega časa. A to je že nova knjiga, ki jo bo pisal drug. Jaz sem že precej blizu zvezd.

Najnovejša astronomska odkritja in dognanja lahko preberemo v Spiki, na svetovnem spletu in v ustreznih domačih in tujih revijah, ki prinašajo to zanimivo tematiko iz Vesolja ali vesolj, kakor pač dojemamo prostor in čas.



Knjiga je napisana poljudno, nosi vzgojno izobraževalno vsebino in ima popularizatorski namen.

