

JOHANNES KEPLERI ELU JA TÖÖ

Tõnu Viik

1. Sissejuhatus

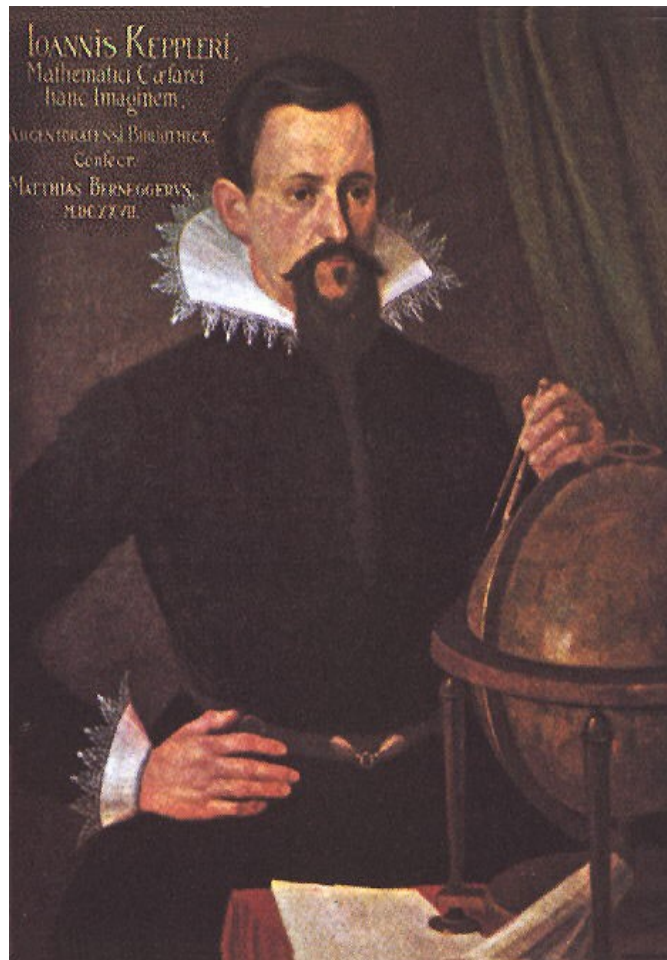
Johannes Kepler oli mees, kes erakordse visadusega rühkis oma eesmärgi poole, milleks oli planeetide liikumise seaduspärasuste kindlakstegemine. Selleks kulus kaheksateist pikka aastat, mille jooksul ta pidi võitlema suurte raskustega: kannatades sageli oma nõrga tervise tõttu, taludes usulist tagakiusamist ja otsides pidevalt teenistust oma pere ülevalpidamiseks.

Ent tema töö pani aluse teoreetilisele astronoomiale ja rajas tee gravitatsiooniseaduse avastamisele. Aga ta andis panuse ka integraalarvutusse, kui ta leidis meetodi pöörkehade ruumala leidmiseks. Kepleri uurimused optika alal, nagu valguse murdumiseaduste uurimused, teleskoopide optiliste süsteemide teooria loomine, sh refraktori optilise skeemi kirjeldamine, olid oluliseks sammuks optika muutumisel tõeliseks teaduseks. Üksiti arvutas ta logaritmide tabelleid ja arendas logaritmide teooriat. Sellest pole palju aega tagasi, kui avastati Kepleri panus esimeste mehaaniliste arvutusvahendite loomisesse.

Lisaka kõigele võime peaaegu kindlalt väita, et Kepler oli esimene, kes taipas looduseaduste tegelikku sisu. Kuni tema ajani oli seaduspärasusi otsitud mitte looduses, vaid oma mõttelistes skeemides ja pärast seda püüti loodust nendesse väljamõeldud raamidesse suruda.

Siinkohal võivad need väited tunduda kaunis õõnsatena, kuid kui me inimkonna arenguprotsessi süüvime, siis alles selgub, milline määratu tähtsus oli niisuguste ettekujutuste süsteemi murdmisel.

Vaatame nüüd lähemalt, milline oli selle geniaalse inimese elu ja millise panuse andis ta teadusesse üldse..



2. Lapsepõlv ja noorusaeg

Baden-Württembergi liidumaal Stuttgardi lähedal asub väike linnake nimega Weil der Stadt. Selles linnas, 27. detsembril 1571. aastal kell 14:30 sündis linnapeast vanaisa majas Johannes Kepler. Perekond Keplerid olid linna elama asunud alles umbes 50 aastat tagasi, kui Nürnbergist kolis Weili linnakesse (siis oli linnal lühem nimi) köösner Sebald Kepler. Nii et tulevane kuulus astronoom pärineb käsitöölise perest. Ometi on ta ise kirjutanud, et Püha Rooma riigi keiser Sigismund lõi 1430. aastal rüütliks kaks Kepleri hõimlast - Heinrichi ja tema venna Friedrichi Tiberi sillal Roomas. Seega ei puudu Kepleri suguvõsas ka siniveri.

Sebaldil oli suur pere ning üks tema poegadest, ka Sebald, kes muide oli ajavahemikul 1569 kuni 1578 Weili linnapea, abiellus lähedasest Marbachi linnakesest pärit Katherina Mülleriga. Ka neil oli palju lapsi. Vanuselt neljas poeg, seiklusteotsija Heinrich, abiellus 16. mail 1571 naaberküla Eltingeni kõrtsmiku tütre Katherina Guldenmanniga. Mõlemad olid abiellumise ajal 24-aastased ning juba seitsme ja poole kuu pärast sündis neil väga väeti poeg, kes ristiti Johanneseks ja kellest saigi maailmakuulus teadlane. Kuna Heinrich koos naisega jäid pärast abiellumist elama isa majja, siis seda maja kutsutakse siiani Kepleri

majaks. Praegu on selles Kepleri muuseum.

(<http://www.kepler-museum.de/?language=deutsch>).

Kepleri isa oli tõepoolest seikleja, sest juba 1574. aastal poolenisti põgeneb ta kodunt Belgiasse katoliku kuninga Philipp II palgasõduriks, kuid järgmisel aastal käis Kepleri ema, kes äiaga sugugi läbi ei saanud, tal seal järel ja tõi koju tagasi. Nad asusid elama naaberlinnakesse Leonbergi. Aasta pärast kadus isa kodunt jälle Belgiasse, ent tuli peatselt tagasi, sest seal taheti teda mingi kuriteo pärast üles puua. Ta müüs maja, kolis perega Elmendingenisse ja avas kõrtsi nimega "Zur Sonne", kuid 1583. aastal kolisid nad jälle, seekord tagasi Leonbergi ning 1589. aastal kadus isa uuesti, seekord lõplikult.

Kepleri ema Katherina oli väikest kasvu, tõmmu, lobisemishimuline ja riikas, mistõttu sattus sagedasti tülidesse sugulaste ja naabritega. Aga ta tundis hästi ravimtaimi, korjas ning kuivatas neid ja aitas tihti oma lähedasi tervisehädade puhul..

Niisuguses raskes keskkonnas möödus Kepleri lapsepõlv. Aga asi oli tegelikult veel hullem, sest noor Kepler oli põdura tervisega ja oli sageli haige. Kui ema läks isa otsima Belgiasse, haigestus Kepler rüugetesse ja ainult õnnekombel pääses surmast. Peaaegu kogu elu kiusasid teda nahahaigused, paised, igasugused lööbed ja ohatised, aga samuti ka maksa- ja maohaigused, mille pärast pidi ta ranget dieeti pidama. Ka oli tal sageli palavik ning rängad peavaluhood.

Nõrk tervis ei võimaldanud tal tõsiselt tegelda astronoomiliste vaatlustega, kuid veel suuremaks takistuseks olid kaasasündinud silmahäädad - tugev lühinägelikkus ja monokulaarne polüoopia ehk ta nägi mitmekordseid kujutisi.

Siiski on tal lapsepõlvest kaks väga eredat mälestust: ta nägi kuueaastaselt esimest korda komeeti ja üheksa-aastaselt kuuvarjutust. (Komeet muide on erakordselt tähtis astronoomia ajaloos, sest just selle komeedi vaatlustega tegi Tycho Brahe kindlaks, et see on Maast vähemalt sama kaugel kui Veenus. Tycho järeldas siit, et komeetid ei liigu mööda tahkeid sfääre, nagu siiani arvati ja on väljaspool Maa atmosfääri.)

Kuuest õest-vennast olid tal head suhted vaid õe Margaritaga.

Seitsmeeaastaselt pandi Kepler algkooli, kus õpetati lugemist ja kirjutamist saksa keeles ning elementaarset rehkendamist. Nähes Kepleri andekust soovitas õpetaja tungivalt Kepleri vanematel viia poiss otsekohe edasi õppima ladina kooli, kust pidid tulema kirikuteenrid ja riigiametnikud. Õpilasi kohustati rangelt vaid ladina keeles omavahel suhtlema.

Kui kool viie aasta pärast läbi sai, otsustasid vanemad poisi vaimuliku karjääri kasuks, sest rasket põllutööd tegema ei olnud ta suuteline. Selleks aga oli vaja enne lõpetada madalam

ja kõrgem seminar. Veel enne ladina kooli lõpetamist tegi Kepler edukalt konkursieksami Stuttgardis grammatikakooli ehk madalamasse seminari astumiseks Adelsbergis. Kahe aasta pärast jätkas ta õpinguid kõrgemas seminaris Maulbronnis. Õppeprogrammis olid jumalasõna, kreeka ja rooma klassikud, retoorika ja dialektika, matemaatika ja muusika. Kord oli range. Õppetöö algas talvel kell viis hommikul ja suvel kell neli. Kepler oli eeskujulik õpilane ning 25. septembril 1588 sooritas Kepler Tübingenis bakalaureuse astmeeksami. Pärast seda õppis ta veel aasta Maulbronnis ning alles 17. septembril 1589 alustas ta õpinguid Tübingeni ülikoolis ja tal õnnestus saada elukoht Tübingeni "stiftis", mis oli tasuta ühiselamu vaestele tudengitele. Ainult see, lisaks veel vähene abi kodunt ja hiljem ka Weili linna stipendium kindlustasid talle kehvavõitu äraelamise.

Tol ajal alustasid kõik tudengid kunstide teaduskonnas, kus õpiti matemaatikat ja astronoomiat, kreeka ja vanaheebrea keeli, retoorikat, poeesiat, eetikat ja Aristotelese filosoofiat. Kaheaastase studiumi järel tuli teha magistriksam. Seejärel algas jumalasõna õppijatel veel kolmeaastane õping teoloogia teaduskonnas.

Ka ülikoolis on Kepler usin õppija, ta kuulab professorite loenguid ja uurib iseseisvalt kirjandust, näiteks Julius Caesar Scaligeri raamatut "Eksoteerilised harjutused 15 raamatus". See raamat pani teda mõtlema taevast, hingedest, stiihiatest, tule olemusest jne. Tolleaegsetest õppejõududest avaldasid Keplerile kõige rohkem mõju klassikalise filoloogia professor Martin Krusius, usuteaduste professor Matthias Hafenreffer, kellest hiljem sain ülikooli rektor ja kes tegeles ka ringi kvadratuuri ning n väärtuse määramisega, ja eriti matemaatikaprofessor Michael Maestlin.

Maestlin taipas ruttu, millise andeka mehega tal Kepleri näol tegemist on ja ta viis Kepleri oma nn siseringi, kus propageeriti Koperniku õpetust.

Veel tudengina kirjutas Kepler loo taevastest nähtustest, nii nagu need paistaksid Kuul paiknevale vaatlejale. Hiljem pöördus ta korduvalt selle temaatika juurde tagasi ja see jutuke, mida ta oli täiendanud mitmete kommentaaridega, oli viimane raamat üldse, mida Kepler trükiks ette valmistas.

Kepler lõpetas 11. augustil 1591 esimese astme õpingud ülikoolis, sooritades magistri eksami. Enne järgmisse astmesse õppima asumisel palus ta Weili linnalt taastada talle stipendiumi maksmine, seda palvet toetas agaralt ülikooli senat.

1594. aasta teises pooles oleks pidanud Kepleri õpingud Tübingeni ülikoolis lõppema. Kuid selle aasta alguses toimusid sündmused, mis muutsid Kepleri elu täielikult.

3. Grazi periood

Nimelt suri Austrias, Stüüria provintsi tähtsaimas linnas Grazis protestantliku keskkooli matemaatikaõpetaja. Tübingeni ülikooli kasvandik Georg Stadius. Linn pöördus taas Tübingeni ülikooli poole palvega saata neile uus õpetaja. Maestlini ettepanekul valis senat selleks Kepleri. Võib ka olla, et ülikool ruttas vabanema ohtlikust vabamõtlejast.

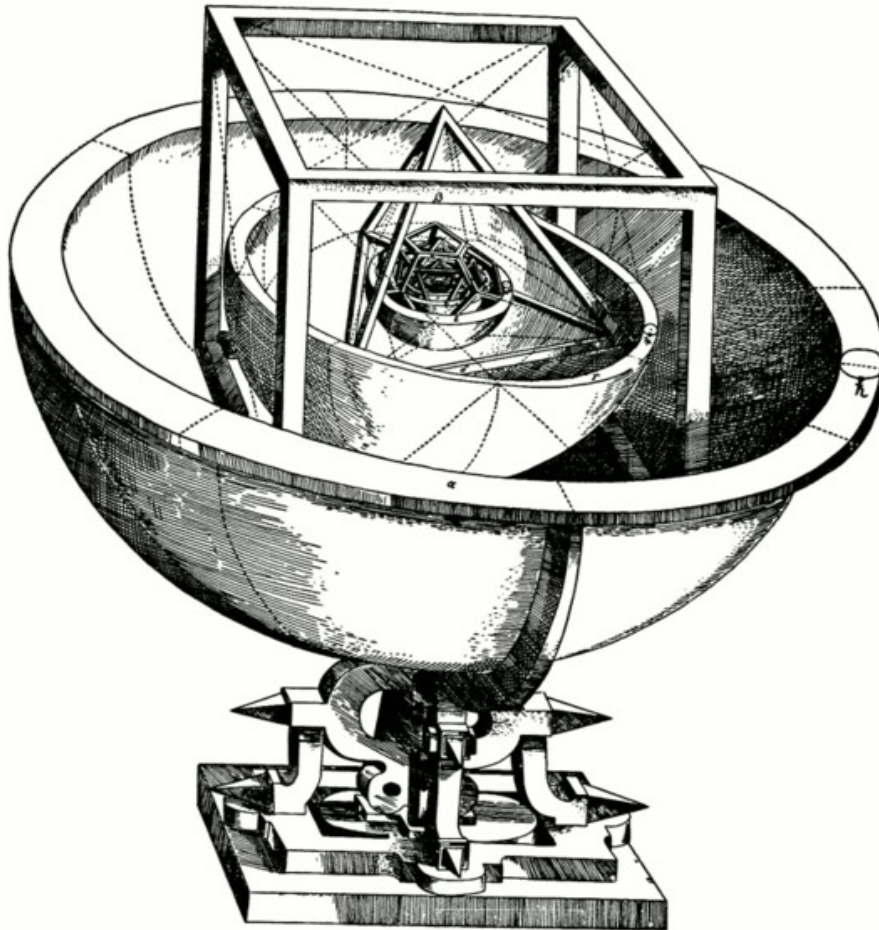
Kepler ise kirjutab, et ta võttis pakutava ameti vastu teatava vastumeelsusega, kuid olles Württembergi hertsogi arvel ülikoolis käinud, ei saanud ta keelduda. Ainuke, mis tal õnnestus senatilt välja kaubelda, oli lubadus teda ülikooli tagasi võtta teoloogiakursuse lõpetamiseks. Nii lahkus ta 14. märtsil 1594. a. Tübingenist ja asus teele 650 km kaugusele Grazi, kus kohalik hertsog ja ülikkond propageerisid protestantismi, samal ajal kui riigivalitsejad olid ägedad katoliiklased. Tegelikult valitses siis maad ertshertsoginna Maria, kuigi nominaalselt oli võimul tema alaealine poeg Ferdinand. Grazis avati 1586. aastal katoliiklik ülikool, millele seisis vastu 1576.a. avatud protestantlik keskkool, nn "Stiftschule". Kaua sel koolil tegutseda ei lastud, sest juba 1602.a. suleti see vastureformatsiooni käigus. Kool ise koosnes kahest osakonnast, nooremast ja vanemast, kus kummaski oli kolm klassi. Uus õpetaja sai kuni kahekuulise katseaja, palgaks lubati 150 kuldnat aastas (kuigi Stadius oli saanud 200). Anti samuti 60 kuldnat kolimisraha. Lisaks õpetaja ametikohale sai ta ka "Landschaftsmathematikus'e", ehk siis maakonnamatemaatiku nimetuse. Põhiliselt tähendas see iga-aastase kalendri koostamist. Üllatav on, et kuigi jõukam seltskond Grazis oli üpriski teadusvaenulik, ometi peeti seal maakonnamatemaatikut ametis. Ilmselt oli kalendri koostamine siiski nii tähtis, et tuli taluda sellist nende arvates kahtlast tegelast. Tegelikult osutus matemaatika lastele liiga keeruliseks, nii et Kepler oli sunnitud neile õpetama aritmeetikat, klassikalist kirjandust, retoorikat ja teisi aineid,

Kokku koostas Kepler Grazis olles kuus kalendrit, millest ainult pooled on säilinud meie ajani. Kalendrites oli lisaks tavalisele sisule veel Kuu faasid, planeetide asendid jm. Traditsiooni kohaselt oli kalendris ka ennustuste rubriik - saagi, ilma, poliitiliste sündmuste ja muu kohta. Ühes oma kirjas ütleb Kepler nii: "Astroloogia on astronoomia tütar, kuigi abieluväline, ja kas pole loomulik, et tütar toidab oma ema, kes muidu nälga sureks."

Kepler oli horoskoopide koostamist õppinud juba ülikoolis ja ta isegi uskus neid, sest tema arvates oli maailm tervik ja väga täpselt kokku pandud, nii et kõik sõltus kõigest. Tema usku horoskoopi kinnitas asjaolu, et ta koostas enda ja Maestlini pojale horoskoobi, mis ennustas neile mõlemale varajast surma. Tõepoolest surid lapsed varakult, kuigi mitte

ennustatud ajal.

Oma esimeses kalendris räägib ta Gregoriuse kalendri kasulikkusest juulise kalendri ees, kuid kuna uus kalender tuli paavsti bullaga, siis Kepleri kaasusklikud-protestandid ei tahtnud sellest kuulda. Ometi võeti ta kalender vastu heatahtlikult, seda enam, et vähemalt kolm tema ennustatud sündmust: karm talv, türklaste pealetung ja talupoegade rahutused läksid kõik täppi.



Kepleri Päikesesüsteemi mudel

Grazis hakkasid Keplerit huvitama Päikesesüsteemi ehituse seaduspärasused. Ta oli täiesti kindlalt veendunud, et Koperniku süsteemis peavad planeedid paiknema mingi lihtsa seaduse kohaselt. Alguses arvas ta, et kui me võtame Saturni orbiidi (kaugemaid planeete siis ei tuntud) ja joonistame selle sisse kolmnurga, kui lihtsaima hulknurga ja selle sisse ringi, siis see peaks olema Jupiteri orbiit. Selle sisse ehitame ruudu, kui järgmise hulknurga ja selle sisse uuesti ringjoone, mis peaks olema Marsi orbiit. Selle sisse omakorda joonistame viisnurga, mille seesmine puutujaringjoon oleks Maa orbiit jne. Kuid orbiitide raadiuste suhted ei klappinud nii hästi, nagu Kepler oleks tahtnud! Ent Kepler

jonni ei jätnud. Milleks vaadelda tasapinnalisi kujundeid, kui planeedid ometi tiirlevad kolmemõõtmelises ruumis? Mängu tulid korrapäraseid hulktahukad, mida kolmemõõtmelises ruumis on viit tüüpi: 1) tetraeeder nelja võrdkülgse kolmnurgaga tahkudeks; 2) kuup ehk heksaeeder kuue ruuduga tahkudeks; 3) oktaeeder kaheksa võrdkülgse kolmnurgaga tahkudeks; 4) dodekaeeder kaheteistkümne korrapärase viisnurgaga tahkudeks ja 5) ikosaeeder kahekümne võrdkülgse kolmnurgaga tahkudeks. Rohkem korrapäraseid hulktahukaid pole. Nimetatud hulktahukatel on tähtsaks omaduseks see, et nende ümber saab joonistada sfääri, mis läbib kõiki tippe ja hulktahuka sisse saab joonistada samuti sfääri, nii et see puudutab tahkude keskpunkte. Kõikide sfääride keskpunktid langevad kokku hulktahukate keskpunktidega. Niisiis võttis Kepleri hüpotees sellise kuju, et Saturni orbiidi ümber joonistatud sfääri sisse ehitatakse kuup, mille sees on jälle sfäär - Jupiteri orbiiti hõlmav, edasi vastavalt tetraeeder, mille sees Marsi orbiit, siis dodekaeeder, mille sees Maa orbiit, siis ikosaeeder, mille sees Venuse orbiit ja lõpuks oktaeeder, mille sees Merkuuri orbiit ja keskel oli muidugi Päike.

Kuigi niiviisi rehkendatud kaugused ei klappinud hästi Koperniku rehkendatud kaugustega, ei suutnud Kepler oma süsteemi jätta ja publitseeris selle raamatus "Prodromos dissertationem cosmographicum continens *Mysterium cosmographicum*" - ehk siis "Kosmograafiliste uuringute ettekuulutaja, mis sisaldab kosmograafilise saladuse". Raamat ilmus trükist 1596. aastal Tübingenis ja mis oli eriti tähtis, propageeris Kopperniku süsteemi ning sisaldas lisana Georg Joachim Rheticuse raamatut "Esimene jutustus Nikolai Koperniku tiirlemisraamatutest". Asi oli selles, et see Koperniku süsteemi esimene kirjeldus oli niivõrd haruldane, et Tübingeni ülikooli raamatukogus puudus see täiesti.

Kepler saatis oma vastse raamatu mitmele väljapaistvale inimesele, sealhulgas Tycho Brahele ja Galileo Galileile. Galilei kirjutas vastuse juba raamatu kättesaamise päeval, tervitades Kopernikuse teooria uut pooldajat. Tycho vastus tuli tükk aega hiljem, ilmselt siis sellepärast, et kuulus taanlane oli juba Hveni saarelt lahkunud. Tycho teatas võrdlemisi mõõdukalt sõnu valides, et temale see Kepleri teooria ei meeldi. Kuid ikkagi kutsus ta Keplerit Wandbecki külla endaga kohtuma. Kohtumine toimuski, kuid mitu aastat hiljem ja mitte Wandbeckis.

Grazi protestantlik kogudus soovis noort andekat õpetajat kindlamini enda külge siduda ja mis oleks veel parem sidumisviis kui abielu. Nii hakataksegi Kepleri tähelepanu suunama kohaliku jõuka möldri Jost Mülleri tütre Barbarale. Kahekümnekahe aastane Barbara oli selleks ajaks juba kaks korda mehel olnud ja tütre Regina saanud. Keplerile noor naine meeldis, kuid Müller lükkas kosjad tagasi. Ilmselt ei pidanud ta noort teadlast kuigi heaks

partiiks.

Vahepeal käib Kepler Weilis ja Tübingenis, et korraldada vanavanemate elu ja põikab ka Stuttgarti, et veenda Württembergi hertsog Friedrichit oma maailmamudeli - hõbedast karika valmistamise vajalikkuses. Hertsog juba peaaegu nõtkus, kuid ... karikas jäi siiski tegemata.



Samal ajal töötlevad heatahtlikud koguduseliikmed Müllerit, et see nõustuks kosjadega ning lõpuks see nõusolek ka saadakse. Sellest antakse kohe teada Keplerile, kes aga on oma karikaga ametis ja jõuab Grazi alles kolme kuu pärast. Selline lugupidamatus tulevase äia suhtes ei saanudki lõppeda muidu kui abielu sõlmimise äraütlemisega, kuid Kepleri heasoovijad jätkasid pressingut ning 27. aprillil 1597.a. peeti pulmad. Nooriku korterisse jäädigi ka elama ja kuna kooli üüripind anti vabaks, tõusis Kepleri palk 200 kuldnani aastas.

Kepleri kirjades sõpradele võib järeldada, et abielu Barbaraga ei olnud õnnelik. Kirjades sisalduvate vihjete kaudu saab anda Barbarale ka diagnoosi - krooniline neurasteenia. Oma kasutütär Reginasse suhtus Kepler suure soojusega ja Regina vastas talle suure austuse ja lugupidamisega, mis kestis kogu Kepleri elu.

Peaaegu kohe pärast pulmi halvenes Stüüria protestantide olukord tunduvalt. Ertshertsog

Ferdinand jõudis tagasi Rooma reisilt, kus ta kohtus paavstiga ja kuuldavasti oli andnud talle lubaduse protestantism Stüürias välja juurida. Algasid arestid ja keelud ning 23. septembril 1597 kästi kõikidel protestantidel surma ähvardusel kuue päeva jooksul Grazist ja provintsist lahkuda. Pärtliöö kartuses põgenesid kõik kes kuhu sai, ka Kepler. Tõsi, ta sai kuu aja pärast personaalse loa linna tagasi pöörduda. Arvatakse, et selle loa sai ta sellepärast, et tal oli nii kooliõpetaja kui maakonna matemaatiku amet ja tal oli katoliiklaste hulgas häid sõpru, kes teadsid seda, et Kepler kahtleb ka luterluses. Suurt rolli mängis siin ka Kepleri isiklik tutvus Baieri kantsleri Hans Georg Herwart von Hohenburgiga.

Kui ta oli Grazi tagasi pöördunud, siis sai ta tegelda ainult teadusega, sest kool ei toiminud, kuna kõik õpetajad olid pakku läinud. Töö käib tal mitmel suunal, kuid ennekõike tahab ta "sfääride harmooniat" leida, aga planeetide liikumise seaduspärasused alla ei andnud. Ka ei edenenud tõestus, et Maa liigub ümber Päikese. Selleks oli vaja mõõta tähtede parallaksi, kuid seda ei suudetud avastada. Kas seisis Maa paigal või oli kinnistähtede sfäär palju kaugemal kui senini arvati.

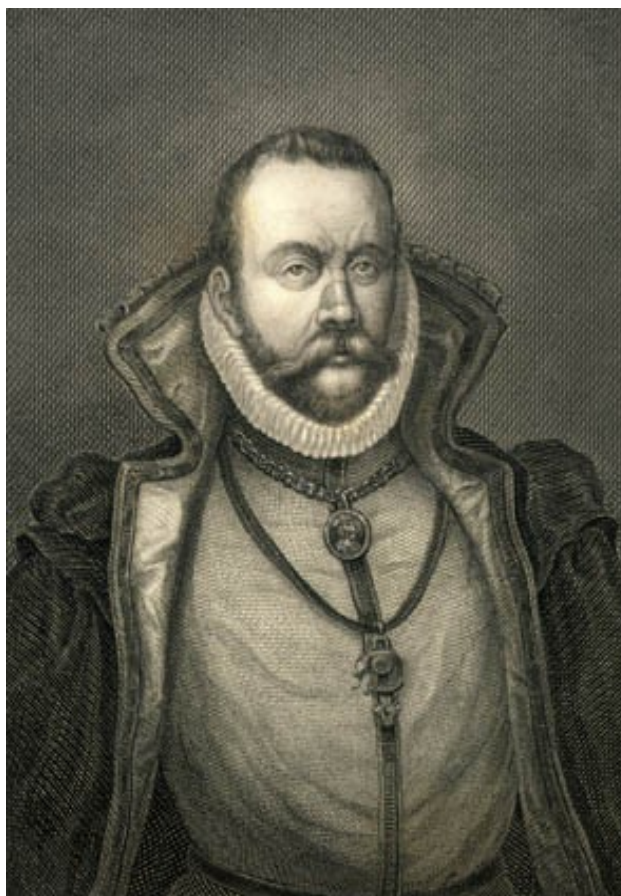
Keplerile oli selge, et planeetide liikumise seaduspärasuste leidmiseks on tarvis pikki täpseid planeetide vaatlusi. Selliste vaatluste omanikke oli maailmas vaid üks - Tycho Brahe, kes aga oma vaatlusi publitseerima ei kippunud.

Samal ajal muutus protestantide olukord Grazis aina hullemaks ja Kepler otsustas linnast lahkuda. Kõigele lisaks suri tema esmasündinud poeg meningiiti Sama saatus tabas Kepleri tütar, kes suri 1599. Kus häda kõige suurem, seal abi kõige lähemal. Tycho Brahe, kes oli Taanist välja aetud ja kes oli Keplerit enda juurde tööle kutsunud, sai õukonna matemaatiku ametikoha Püha Rooma riigi keiser Rudolf II juures Prahast. Ja nii asuski Kepler teele Prahasse 1. jaanuaril 1600.

4. Tycho assistent

Kepleri ja Brahe kohtumine toimus 4. veebruaril 1600.a. Need olid kaks täiesti erinevat inimest - üks aristokraat, teine plebei, üks rikas, teine vaene, üks suur vaatleja, teine tugev teoreetik. Brahe tahtis anda esimese tööna Keplerile rehkendada Marsi kui ühe keerulisema orbiidiga planeedi liikumist, kuid sellega tegeles juba Longomontanus. Arvestades siiski noore Kepleri sügavat huvi selle planeedi vastu, võttis Brahe Marsi Longomontanuse käest ja andis selle Keplerile. Nagu me edaspidi näeme, oli see suur õnn. Kepler lootis ülesande lahendada kaheksa päevaga, aga ta eksis, ülesande lahendamiseks kulus kaheksa aastat. Alguses pilvituna tundunud suhted Brahega

muutusid järk-järgult halvemaks. Kepler, kes armastas üksindust ja rahu, oli sunnitud



Tycho Brahe

elama koos Brahe suure ja kärarikka perekonnaga. Kõige halvem oli aga see, et Brahe ei andnud Keplerile oma vaatluspäevikuid, mida Kepler väga lootis. Ka sellised piinavad küsimused, nagu see, kas tuua perekond Stüüriast Prahasse, sest Grazis oli protestantide elu tehtud talumatuks. Mida aga teha naise kinnisvaraga? Saatuse hooleks seda jätta Kepler aga ei tahtnud. Ka ei teadnud Kepler, kus ta pere elama hakkab, kui see lõpuks Prahasse tuleb. Kõik see viis Kepleri äärmisse stressi, mille tulemusena Kepleri tegi ebameeldivaid stseene Brahele. Ja juba 5. aprillil kulmineerusid nende kahe mehe suhted suure tüliga, mille initsiaatoriks oli Kepler, kes oli palunud Benateki küllastaval professoril Joann Jesseniusel kosta Kepleri eest vestluses Brahega. Selleks oli Kepler ette valmistanud pika kirja, kus oma seisukohti avameelselt kirjeldas. Ent Jessenius andis temale endale mõeldud kirja otse Brahele. Kirjas aga olid muu hulgas üles loetletud Kepleri nõudmised: omaette korter; nõue maksta Keplerile 50 taalrit, kuni keiser leiab

võimaluse maksta regulaarset toetust; Kepleri perele muretseda küte, liha, kala, leib, õlu ja vein; võimalus ise otsustada, millega ta tegeleb ja millal ta seda teeb jne. Üllataval kombel suhtus Brahe nendesse nõudmistesse rahulikult, mis aga veelgi Keplerit ärritas. Ta ütles väga jämedas vormis oma arvamuse Brahele ja sõitis Prahasse, kust kirjutas Brahele solvava kirja. See viis Brahe endast välja ja ta kirjutas Jesseniusele kirja, kus teatas, et ta ei taha enam kunagi Keplerit näha.

Kui aga Kepler oli rahunenud, siis sai ta aru, millise rumaluse ta oli teinud ja kirjutas Brahele andekspaluva kirja. Selle kirja peale sõitis Brahe isiklikult Prahasse Kepleriga kohtuma ja suurmees andiski andeks. Brahe nõustus keisri käest paluma, et see tooks Kepleri kaheks aastaks Prahasse Brahele appi vaatlustulemusi töötlemaks. Lisaks pidi Kepler saama 100 kuldnat aastas. Kepleri töötulemused pidid esiteks laulma kiidulaulu jumalale, teiseks vastama Brahe nõudmistele ja Kepleri enda huvid jäeti viimasele kohale. Kepleri pere elukoht jäi esialgu lahtiseks.

Nüüd kiirustas Kepler koju Stüüriasse, kus teda valdasid kahtlused selles, mida ikka edasi teha. Kõige rohkem oleks ta tahtnud olla õppejõuks oma armastatud Tübingeni ülikoolis. See aga polnud võimalik. Soovides olla heas valguses ertshertsog Ferdinandi juures, saadab ta ertshertsogile oma traktaadi päikesevarjutusest, mida ta Grazi turuplatsil oli camera obscuras vaadelnud. Selles töös avaldas ta idee, et Maast lähtub mingi jõud, mis Kuu liikumist mõjutab. Kasu sellest traktaadist Ferdinandi juures ei tõusnud, kuid uurides kujutist oma vaatlusriistas, sai Kepler innustust oma järgnevatele optika-alastele töödele.

Siis aga otsustas maakonnaavalitsus, et ta peaks jätma valitsuse arvates mõttetu astronoomia-alase töö ja minema õppima arstiteadust Itaaliasse. Asi läks veel hullemaks, sest Ferdinand kiirustas katoliku usku tagasipöördumisega ja otsustas kõik protestandid katoliiklasteks teha või nad pidid ertshertsogi valdustest kiires korras lahkuma, kusjuures nende varanduse realiseerimiseks anti lühike aeg. Kepler jäi oma usule kindlaks ja valis lahkumise maalt. Mõne päeva pärast lõpetati talle palga maksmine. Kepler teatas oma raskustest Brahele, kes vastuseks soovitas kiiresti Prahasse tulla ja jääda endale kindlaks. Aga Kepler oli juba lahkunud Grazist koos oma perega, algul Linzi ja siis Prahasse. Sellel teekonnal jäi Kepler palavikku, mis piinas teda järgmised üheksa kuud. Prahast lisandus palavikule veel köha, nii et arstid kahtlustasid juba tuberkuloosi. Brahe oli selleks ajaks kolinud Prahasse ja seadis vaatlusriistu üles Belvedere lossi. Lõpuks sai Brahe elukohaks hiljuti surnud asekantsler Kurtzi maja, samas majas sai elukoha ka Kepler. Ta pidi veel samal aastal sõitma Linzi, sest seal suri tema äi ja tal tuli ajada korda päranduseasjad.



Püha Rooma keisririigi imperaator Rudolf II

Prahasse tagasi jõudnult, tutvustab Brahe teda keiser Rudolfile, kes soovib astronoomidele edu uute planeeditabelite koostamisel, mille Brahe otsekohe nimetas Rudolfi tabeliteks. Töö sai vaevalt alata, kui Brahe suri, olles Keplerile teinud surivoodil ülesandeks tõestada tema maailmasüsteemi õigsust - et Maa on ikka süsteemi keskmes, Maa ümber tiirleb Päike, mille ümber tiirlevad kõik teised planeedid. Nagu me hästi teame, ei saanud Kepler seda palvet kuidagi täita.

Keiser otsustas nimetada Kepleri oma matemaatikuks ja määras talle palgaks 500 kuldnat aastas. Ja vähemalt ühel korral sai matemaatik selle palga ka kätte. Algas vast kõige õnnelikum aeg Kepleri elus, sest ta sai tegelda oma lemmiktegevusega, peres kasvasid lõpuks kolm last, kellest kaks said ka täiskasvanuks.

5. “Uus astronoomia”

Kepler elas Prahas väikeste vaheaegadega aastatel 1600 kuni 1612. See oli tema kõige loomingulisem periood, kus ta pani teostega “Täiendused Vitelliusele” ja “Dioptrika” aluse instrumentaalsele optikale ja teosega “Uus astronoomia” aluse teoreetilisele

astronoomiale. Need polnud muidugi ainsad tööd, mis ta sel ajajärgul avaldas ja siin tuleks nimetada veel raamatut “Uuest tähest”, “Vestlus täheteatajaga” ja “Lumehelveste kuusnurksest kujust”.

Vaatleme lähemalt teost “Uus astronoomia”. Tol ajal polnud veel Koperniku õpetus geotsentrilisest maailmasüsteemist sugugi võitnud, sest Ptolemaiiose pooldajad, keda toetas ka kirik, olid ikka veel tugevad. Üks põhjus oli ka Brahe vaatluste täpsus, nii veider kui see ka ei tundu. Asi oli selles, et Koperniku teooria järgi olid planeetide orbiidid ringjooned, kuid see ei klappinud Brahe vaatlustega. Eriti halb oli lugu Marsiga, sest selle planeedi orbiidi ekstsentrisus on suur. Seetõttu Brahe oligi esitanud oma kummalise maailmasüsteemi, kuigi ta muidu kaldus Koperniku teooriat toetama.

“Uue astronoomia” kallal töötas Kepler üle kuue aasta ja tulemuseks olid kaks planeetide liikumise seadust, mis tänapäevaseks kõlavad nii:

- I. Kõik planeedid liiguvad mööda ellipseid, mille ühes, kõikide planeetide jaoks samas, fookuses asub Päike.
- II. Planeetide raadiusvektorite poolt kaetud pindala on võrdeline ajaga.

Kolmanda planeetide liikumise seaduse publitseeris Kepler alles 1619. aastal raamatus “Maailma harmoonia”.

Kepleri teos erineb oluliselt teiste samal ajal töötanud õpetlaste raamatutest, kes tavaliselt tulid välja vaid lõpptulemusega. Kepler aga kirjeldab oma arutlusi ja lõpptulemuseni jõudmise teed detailides, kaasa arvatud ka eksimused. Muu hulgas kirjutab ta oma raamatus:”Arvan, et see oli jumaliku ettenägelikkuse akt, et ma tulin Prahasse just siis, kui Longomontanus tegeles Marsiga. Ainult Mars annab meile võimaluse süüvida astronoomia saladustesse, mis muidu oleksid jäänud igaveseks meie eest varjatuks”. Oma raamatus tõstab Kepler esile Brahe tööd, kes kahekümne aasta jooksul visalt iga ööl jälgis seda salakavalat vaenlast, siis planeet Marssi.

Üheks kõige olulisemaks uueks ideeks, mis Kepleri võidule viis, oli see, et tema oletuse kohaselt Päike on mingi jõu allikas - Kepleri arvates oli see jõud magnetismi moodi, mis planeete oma orbiitidel hoiab. Seetõttu ei kasutanud ka Marsi keskmist kaugust Päikesest, vaid tegelikku kaugust. Teine oluline Kepleri uuendus seisnes selles, et ta oletas Päikese tsentri asumist kõikide planeetide orbiitide tasandites. Seda polnud keegi varem taibanud teha. Ja kolmas uuendus oli see, et Kepler ei oletanud planeetide ühtlase kiirusega liikumist orbiidil.

Meile nii hästi tuttava Kepleri esimese seaduse tuletamine oli seotud väga suure arvutustööga. Meieni on säilinud 900 lehte peenikese käekirjaga tehtud arvutusi! On selge, et sellise arvutusmahu juures on vead vältimatud. Nii oligi, sest kõik Kepleri arvutused läbi teinud Jean Baptiste Joseph Delambre leidis vea üsna arvutuste alguses. Ometi see viga tulemusi peaaegu ei mõjutanud, sest arvutuste lõpus tegi Kepler veel ühe vea, mis eelmise vea mõju kaotas! Nii veider kui see ei tundu, sama lugu juhtus Kepleril ka teise seadusega.

Esiialgu püüdis Kepler Marsi orbiidi arvutamiseks tagasi tuua ekvandi mõiste - ekvant on planeedi orbiidi sees asuv punkt, millest vaadates tundub planeet liikuvat oma orbiidil ühtlase kiirusega (selle punkti oli Kopernik Ptolemaiose teooriast välja visanud ja asendanud selle täiendavate epitsükliitega). Seda mõistet kasutades jõudis Kepler esialgu suurepärase tulemusteni - arvutatud Marsi orbiit erines Brahe vaatlustest vähem kui kaks kaareminutit, kuid ainult mõnes positsioonis. Teistes positsioonides ulatus viga 8 kaareminutini. Kepler ei saanud mitte mõeldagi, et Brahe oleks oma vaatlustes sellise vea teinud. Järelikult pidi hüpotees Marsi ühtlasest liikumisest orbiidil olema vale. Järjekordsete hiiglaslike arvutuste hinnaga ja mitmesuguste püstitatud ning samas põrmupaisatud hüpoteeside hinnaga saavutati hiilgav tulemus - planeedid pidid liikuma nii, et nende raadiusvektorite poolt kaetud pindalad oleksid võrdelised ajaga. Nii et tegelikult avastas Kepler teise seaduse enne esimest. Ja alles siis jõudis ta arusaamisele, et planeedid peavad liikuma mööda ellipseid.

Siinkohal on paslik märkida, et pindalade seaduse tuletamisel jõudis Kepler lähedale integraalarvutusele, kui ta summeeris väga pisikesi suursi.

Selle suure töö sai Kepler valmis 1605. aastaks, kuid publikatsiooniks oli vaja klaarida suhted Brahe pärijatega. Keiser oli lubanud Brahe instrumentide ja vaatluspäevikute eest perekonnale 20 000 taalrit. Seda raha oodates ei lubanud pärijad Keplerit vaatluspäevikute ligi. Kuid Rudolf II oli ennegi võimatuid asju lubanud ja perekond seda raha muidugi ei näinud. Vahepeal otsustas Brahe assistent ja väimees Tengnagel ise Marsiga tegelema hakata ja Kepler pidi osa vaatluspäevikuid Tengnagelile tagastama. Asja tegi raskemaks ka see, et Tengnagel teadis Kepleri kavatsusest kasutada Brahe tulemusi Brahe maailmasüsteemi hüpoteesi vastu. Lõpuks siiski Kepler suutis saada Tengnageli loa raamatu avaldamiseks. Sellega polnud mured sugugi murtud, sest keisri poolt just selleks otstarbeks antud neljasajast kuldnast oli Kepler sunnitud ära kulutama suure osa endal ja perel elu sees hoidmiseks (palka ta ju ei saanud). Siiski ka see avaldamisraha leiti ning

raamat trükiti Heidelbergis 1609. aasta kevadel. Alguses tahtis keiser ise raamatuid laiali jagada, sest pidas tiraaži enda omaks, kuid hilisemad sündmused, mis viisid keisri troonist loobumisele, muutsid ta meelt.

1604. aastal süttis Maokandja tähtkujus erakordselt hele uus täht. Kepler kui keisri matemaatik pidi sellele reageerima ja oma mõtted sellega seoses avaldas ta raamatus "Uuest tähest". Muidugi ei saanud ta oma selgitusega ligilähedale sellele, mida me tänapäeval supernoovade - ja ilmselt selline plahvatav täht see oli - kohta teame (ja me ei tea kaugeltki kõike). Astrooloogilises mõttes aga ütles Kepler kavalalt, et kui keegi küsib, mida selline nähtus tähendab, siis ta vastab, et suurt hulka traktaate, mida selle tähe kohta kirjutatakse.

Umbes samal ajal avaldas Kepler veel vähemalt neli tööd, millest kõige olulisemaks tuleb hinnata tööd lumehelveste kuusnurksest kujust. Selles avaldatud ideed sümmeetriast ja kerade tihedaimast pakkimisviisist mängisid hiljem suurt rolli struktuurses kristallograafias.

6. Kepleri panus optikasse

Eelnevas oleme kirjeldanud, kui palju vaeva nõudis Kepleri astronoomia-alane töö. Oleks siis selle eest ka korralikult makstud, aga ei, keisri kassas polnud peaaegu kunagi raha ja Kepler pidi peret üleval pidama juhutöödega, milleks põhiliselt oli kalendrite koostamine.

Siiski oli Kepleri andekus nii suur ja ja huvide ring nii lai, et sel Praha perioodil tegeles ta lisaks pingsale astronoomia-alasele tööle ka optikaga. Me juba mainisime seda, et 1600. aasta päikesevarjutuse vaatlemiseks valmistas ta camera obscura. Kepler hakkas mõtisklema selle üle, miks kujutis camera obscuras sõltub mitte avause kujust, vaid eseme kujust. Ta annab sellele nähtusele geomeetrilise seletuse.

Paljud optika küsimused tekkisid Kepleril seoses refraktsiooniga. Brahe oli koostanud refraktsiooni arvestamiseks tabelid, kuid kuna need olid lähtunud valedest eeldustest, siis polnud nad kuigi täpsed.

Kuid eriti hinnalised tulemused sai Kepler nägemise teoorias. Selle ajani oli valitsevateks kaks nägemise teooriat. Ühe kohaselt, mis sai alguse Empedokleselt ja Epikurosel, laseb silm välja sirgjooneliselt leviva kiirtekimbu, mis kompab ettejuhtuvaid esemeid ja sealt peegeldudes jõuab silma koos informatsiooniga esemest. Nõu tegu oli lokaatori töö

printsibiiga. Teine teooria pärineb`Demokritoselt ja Aristoteleselt ja selle kohaselt kiirgab iga ese nagu kelmeid, mida silm tõlgendab esemete kujutistena. Täiuslikumate teooria otsinguid polnud kuigi palju, võib märkida araabia õpetlast Abu Ali al-Hassan ibn al-Hassan ibn al-Haythami ja tema kommenteerijat poolakat Vitelliust ning messiinlast Francesco Maurolikot.

Kepler kirjutas oma astronoomia-alaste tööde kõrval kaks optika raamatut - "Täiendused Vitelliusele" ja Dioptrika". Neist esimene oli mõeldud täienduseks Vitelliuse töödele, kuid tegelikult kujutas endast väga tõsist uurimust. Kepleri arusaama kohaselt kujutab valgus endast aine pidevat väljavoolu kiirgavast kehast, kusjuures see levib silmapilkselt ja lõpmatuseni. Tihedamaid kehi läbib valgus raskemini ja soojus on valguse omadus, aga mitte mingi eriline aine. Värvus on Kepleri arvates valguse teatud omadus, sõltudes aine tihedusest, läbipaistvuse ja läbipaistmatuse suhtest, aga samuti ka eseme kiirgusvõimest. Kepleri veale, et tihedam keskkond on valgusele raskemini läbitav ja murdub seega rohkem, juhtis peatselt tähelepanu Inglise Thomas Harriott, kes väitis, et vesi on küll tihedam, kuid murdab valgust vähem.

Kepler püstitab hüpoteesi, et pinna valgustatus on pöördvõrdeline valgusallika kauguse ruuduga. Samuti väidab ta, et valgus liigub igast punktallikast kõikides suundades. Selle väite tõestas ta katseliselt.

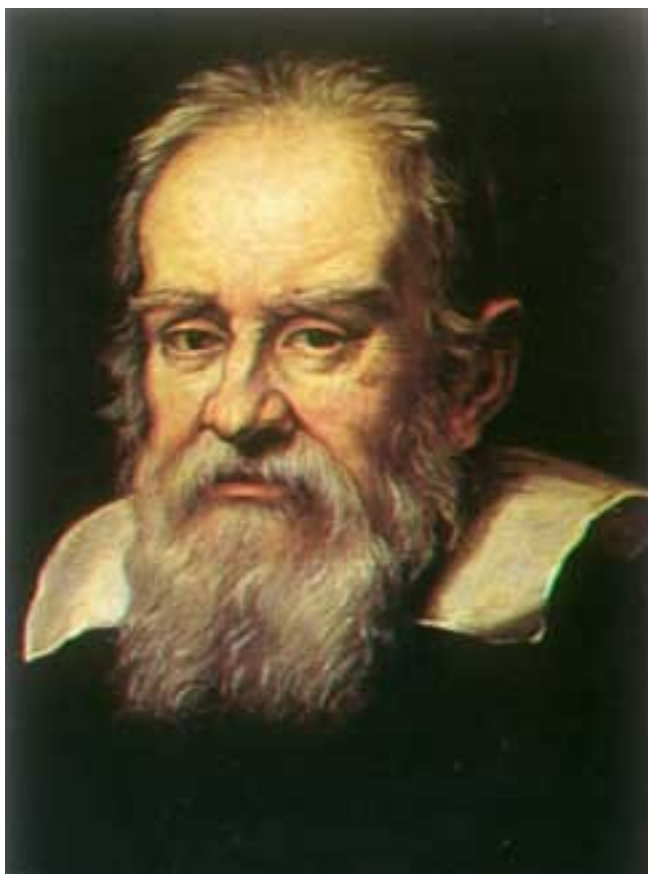
Kepler puudutas ka katoptrikat, so optika osa, mis käsitleb valguse peegeldumist ja selle nähtuse kasutamist optilistes instrumentides. Ta tõestas, et kujutis, mis tekib eseme peegeldumisest sfääriliselt peeglilt, ei asu alati esemelt peeglile tõmmatud normaalil, nagu varem arvati.

Kepleri arusaama kohaselt mõõdab inimene kaugusi sel teel, et teostab triangulatsiooni kahe silma ja vaadeldava eseme vahel. Tunnistades, et ka ühe silmaga eset vaadates saab öelda, et see asub silma ees teatud kaugusel, väitis Kepler, et sel juhul toimiva triangulatsiooni baasjooneks on silmaava äärmiste punktide vaheline kaugus.

Kepler käsitles samuti refraktsiooni ning nägemise füüsikalise-füsioloogilise-psühholoogilise teooria matemaatilist aspekti. Ta pakkus välja valemi murdumisnurka määramiseks, kuid see osutus ebatäpseks ja hiljem tuli kasutusele täpne Snelliuse valem.

Päikesevarjutuse ajal vaadeldava Päikese krooni kohta arvas Kepler, et see on põhjustatud kas Kuu või Päikese atmosfäärist.

Kepler avastas ka täieliku sisepeegeldumise, kui uuris refraktsiooni.



Galileo Galilei

Kui me vaatleme lähemalt Kepleri arendatud nägemise teooriat, siis langeb see peaaegu täielikult kokku tänapäevaste seisukohtadega. Kõigepealt lükkas Kepler ümber senini valitsenud arvamuse, et silmas tekib ümberpööratu kujutis. Kepler väitis, et kujutis tekib silma võrkkestal ümberpööratuna, kust see transporditakse aju nägemiskeskusesse. Silma omadust näha teravalt nii lähedasi kui kaugaid objekte, seletas Kepler sellega, et silmaläätse kuju muudetakse kord ümaramaks, kord lamedamaks, või siis võrkkesta lähendamisega silmaläätsele. Kaug- ja lühinägelikkust seletas Kepler (nagu ka Mauroliko) silmaläätse pindade vale kõverusega ja ühtlasi vaatles ta ka kumer- ja nõgusläätsede omadusi. Ta tõi sisse mõisted “koonduvus” ja “hajuvus” ning näitas, et läätsed parandavad nägemisdefekte sel teel, et muuduvad kiirtekimbu koonduvust enne kui see silma jõuab. Ka terminid “optiline telg” ja “menisk” on Kepleri loodud.

Mitu aastat enne hollandi või Galilei teleskoopi andis Kepler sellise teleskoobi teoreetilise selgituse. Kepler avastas ka sfäärilise aberratsiooni ja kirjeldas seda oma raamatus “Dioptrika”. Selle segava nähtuse kõrvaldamiseks soovitas Kepler asendada läätsede sfäärilised pinnad hüperboloidsetega.

Teleskoopide ehitamiseks pakkus Kepler oma tuntud kombinatsiooni kahest kaksikkumerast läätest, mis annab ümberpööratud kujutise. Selle vältimiseks soovitas Kepler lisada süsteemi ka kolmas lääts. Sellise Kepleri süsteemi telekoobi heaks omaduseks on hästi suur vaateväli. Juba 1613. aastal valmistas Christoph Scheiner Kepleri süsteemi teleskoobi ja kasutas seda päikeseplekkide ja Päikese pöörlemise uurimiseks.

Seega võib vabalt väita itaalia optiku Vasco Ronchi sõnadega, et Keplerit saab pidada tänapäevase optika rajajaks.

7. Suhted Galileiga

Kepleri tutvus Galileiga algas siis, kui Kepler saatis Galileile oma raamatu "Kosmograafiline saladus" 1597. aastal. Galilei kirjutas Keplerile samal päeval vastuse, milles ei hoidnud kokku kiidusõnu. Ühtlasi kirjutas ta, et on juba ammu Koperniku ideede veendunud pooldaja, kuid ei julge sellest avalikult rääkida. Kui aga oleks rohkem Kepleri sarnaseid inimesi, siis riskiks ta oma mõtete väljendamisega küll.

Keplerit innustas Galilei kiri väga, millest ta kohe ka oma sõbrale Maestlinile teatas. Oma vastukirjas Galileile soovitas ta Galileil olla endas kindel ja jätkata oma tööd. Ja et kui Itaalias tal raskeks läheb, siis võib-olla annab Saksamaa talle uue võimaluse. "Püha lihtsameelsus," ütleb selle kohta Kepleri-uurija Juri Belõi.

Järgmised Kepleri kokkupuuted Galilei tegemistega toimuvad pärast seda, kui Galilei on avastanud Jupiteri kaaslased oma valmistanud teleskoobiga. Galileid ei saa lugeda teleskoobi leiutajaks, sest teleskoobid kumerläätest objektiiviga ja nõgusläätest okulaariga ilmusid Hollandis välja juba 1608. aastal. Leiutajate au saamiseks pürgisid mitu inimest, kui kõige rohkem põhjust selleks oli vast saksa päritolu hollandi optikul Hans Lipperheyl.

Kepler kuulis Galilei avastusest üsna kiiresti oma sõbralt, keisri nõunikult Johann von Wakenfelsilt. Selle peale kirjutab Kepler Galileile sooja kirja, kus väljendab mõtet, et ka teistel planeetidel võib olla kaaslasi. Varsti õnnestus Kepleril tutvuda ka Galilei raamatuga, mis sellest avastusest räägib (ta sai raamatu keisrilt, kes lootis selle abil tõhustada oma teadmisi astroloogias). Peatselt läks Galilei poole teele Kepleri kuulus "Dissertatio cum Nuntio Sidereo", kus Kepler väljendas erinevalt paljudest teistest tuntud toleaegsetest

nimekatest teadlastest, et see, mida nägi Galilei, oli tõeliselt olemas. Ka kordas ta oma arvamust, et Marsil võiks olla kaks kuud, ja kuus kuni kaheksa kuud Saturnil, millele lisanduks üks-kaks kuud Merkuuril ja Veenusel.

Kepler pakkus ka Galileile oma abi kõige uue vastu virisevate kriitikutega võitlemiseks. Põhjalikult käsitles Kepler selles raamatukeses teleskoobi ehituse küsimusi. Paljut Kepleri väljaöeldust Galilei ei osanud hinnata, minnes koguni niikaugemale, et naeruvääristas Kepleri hüpoteesi selle kohta, et loodeid tekitab Kuu mõju.

Sellest hoolimata tänas Galilei Keplerit kui peaaegu ainsat, kes temasse täielikult uskus. Kepler aga, innustatuna Galilei avastustest, pöördub taas kord optika poole, valmistab uut tüüpi teleskoobi ja kirjutab "Dioptrika", millest Galileile jääb enamuse arusaamatuks. Kui Giovanni Tarde pöördus Galilei poole palvega talle selgitada teleskoobi ehitust ja ühtlasi neid arvutusi, millele teleskoobi ehitus põhineb, siis vastas Galilei, et optika teadusena on veel väga vähe arenenud ja et sellega õieti keegi ei tegele, kui mitte arvestada Keplerit, kes optikast raamatugi kirjutas, kuid nii segase, et sellest mitte keegi aru pole saanud.

Kepler tundis suurt huvi teleskoobi vastu ja kuna tal endal vahendeid selle valmistamiseks polnud, siis pöördus ta abi saamiseks Galilei poole. Ent see suurmees vastas, et tema parim instrument on imepäraseid asju kolleksioneeriva Toscana suurhertsogi galeriis igaveseks hoidmiseks. Mõned ööd Kepler siiski teleskoobiga vaadelda sai, kui Kölni kuurvürst oma teleskoobiga (Galilei kingitus, muide) mõneks päevaks Prahasse sõitis. Kepler veendus, et Galilei avastatud taevakehad on tõesti Jupiteri kaaslased.

Varsti aga kirj vahetus kahe suurmehe vahel katkes, tõsi, mitte Kepleri süül. Viga oli selles, et Galilei kas ei tahtnud või ei suutnud aru saada Kepleri töödest.

8. Elu Linzis ja mujal

1611. aasta oli Kepleri elus üks hullemaid, sest keiser Rudolf II halvenev tervis andis tema vennale Matthiasele põhjust trooni taotlema. See aga viis verevalamisteni Praha tänavatel, kus mõlemal vennal olid palgasõdurite väesalgad. Kepleri abikaasa Barbara jäi raskesti haigeks, teda vaevasid epilepsia ja vaimuhaiguse nähud. Sellele kõigele lisaks haigestusid kõik kolm Kepleri last, kaheksa-aastane Susanna, kuueaastane Friedrich ja kolmeaastane Ludwig. Teised paranesid, kuid Friedrich suri.

Rudolf II kirjutas alla troonist loobumisele 23. mail 1611 ja keisriks sai ta vend Matthias. Rudolf II oli toetanud teadust, kuid noorem vend ei tundnud selle vastu mingit huvi. Kepleri positsioon muutus väga ebakindlaks. Ta võttis ette katse saada Stuttgardi ülikooli professoriks, kuid see kukkus läbi, sest vanas toimikus oli kirjas, et Kepler oli nooruses toetanud kalviniste. Ent otsustajad olid luterlased. Siis tekkis võimalus leida tööd Ülem-Austrias Linzis kooliõpetajana ja maakonna matemaatikuna, kellena ta oli ju nooruses töötanud. Samal ajal sai ta pakkumise Wittenbergi ülikooli matemaatikaprofessori kohale, kuid Kepler teadis, et kuratoorium eelistab teist ja ta läinud proovimagi. Kepler pöördus tagasi Prahasse, et oma perekond Linzi kolida, kuid leidis naise raskesti haigena, sest palgasõdurid olid ränga infektsiooni endaga kaasa toonud. Barbara suri mõne päeva pärast. Ta ei jätnud maha testamenti, mis tegi Keplerile varanduse jagamise väga raskeks. Kui ta oli sellega valmis saanud, ei saanud ta ometi Linzi sõita, sest troonist loobunud monarh palus Keplerit enda juurde jääda. Tõsi, see Prahasse jäämine ei kestnud kaua, sest Rudolf II suri peatselt ja Kepler lahkus Linzi, jättes lapsed ühe lese juurde.

Tema tööülesannete hulka Linzis kuulus Rudolfi tabelite koostamine, seega siis sama töö, millega ta oli ka Prahast tegelnud. Ta pidi ka Ülem-Austria maakaardi koostama. Palgaks määrati talle 300 kuldnat aastas. Sama oli pakkunud talle ka uus keiser, lisades sellele rahale veel 60 kuldnat korteri ja kütte eest. Kuid seda raha polnud uue keisri käest sugugi kergem kätte saada kui vanalt. Matthias ei tee Keplerile takistusi Linzi kolimiseks.

Linzis aga kerkis Kepleri ette uus takistus kohaliku protestantliku vanempreestri näol, kes teades Kepleri vabamõtlevat loomust, nõudis temalt allkirja selle kohta, et Kepler nõustub luterliku armulaua tõlgendusega - vein ja leib muutuvad Kristuse vereks ja ihuks ka olemuslikult, mitte üksi väljanägemise poolest. Seda aga Kepler teha ei tahtnud ja ta heideti kogudusest välja.

Kepler oli hakanud mõtlema uue perenaise toomisele koju, Nagu kõikidesse asjadesse, nii ka sellesse suhtus Kepler suure tõsidusega - ühes oma kirjas sõbrale kirjeldab ta ühtteist kandidaati perenaise kohale, vaagides nende häid ja halbu omadusi. Lõpuks jääb ta valik peatuma Susanna Reittingerile, kes oli vaenelaps ja teenija paruness Starembergi juures. 30. oktoobril 1613. aastal abiellus Kepler Susannaga ja nende abielu oli õnnelik, kuigi nende seitsmest lapsest surid kolm noores eas.

Nii sai ta elu Linzis enam-vähem korda. Kepler töötas usinalt korraga mitmes suunas, rehkendades planeetide tabelleid, koostades astronoomia õpikut, mis põhines Koperniku teoorial, jätkas oma maailma harmoonia otsimist, pidas aktiivset kirjavahetust teiste

tolleaegsete õpetlastega. - teadusajakirju ju siis veel polnud. Kuid häda tabas teda täiesti ootamatult. Õde Margarita saatis talle kirja, kus teatas, et nende ema Katherinat süüdistatakse avalikult nõidumises ning et kohalikud võimud suhtuvad emasse solvavalt. Kuigi võimud kaevati kohtusse, polnud sugugi selge, kuidas asi edasi areneb. Halb oli see, et just sel ajal tabas Saksamaad mingi nõidade otsimise ja karistamise hullus. Isegi Weilis, Kepleri sünnilinnas, hukati neljateistkümne aasta jooksul (1615 - 1629) kolmkümmend kaheksa naist süüdistatuna nõiduses. Ja sellises tagakiusamises polnud protestandid põrmugi paremad kui katoliiklased. Kuna see protsess näitab selgesti, milline oli tolleaegne ühiskond, siis peatume sellel pikemalt.

Mis siis Kepleri emaga oli tegelikult juhtunud?

Katherina suureks õnnetuseks oli tema naabrinaine, kohaliku klaasija abikaasa Ursula Reinhold, kes oli psüühiliselt ebastabiilne ja üsna kerge käitumisega. Ta oli tellinud Katherina nooremalt pojalt kardsepp Christophilt kaksteist taldrikut, kuid ei jäänud rahule hinnaga ning korraldas skandaali. Katherina võttis vaidluses poja loomulikult kaitse alla. Sellest ajast hakkas Ursula oma naabrinaist lausa vihkama ja soodsal juhusel süüdistas Katherinat avalikult oma haiguse tekitamises. Tõepoolest oli Katherina talle mõni aeg tagasi mingit omavalmistatud tinktuuri andnud, kuid see ei saanudki Ursula haigust ravida.

Nii hakkasid levima jutud ja asi läks aina halvemaks. Katherina ebasümpaatne iseloom aitas kõigele sellele tugevasti kaasa. Naaberlinnakese hauakaevaja laskis lahti jutu, et Katherina palus teda oma isa haud lahti kaevata, et sealt kolpa kätte saada, et siis see hõbedases raamistikus oma pojale kinkida. Katherina oli nimelt kusagilt kuulnud, et vanadel rahvastel oli olnud selline õnnetoov komme.

Katherina süüdistuses figureeris 49 sellist punkti ja kõige hullem neist oli see, et Katherina olevat oma naabrile teatanud, et pole ei paradiisi ega põrgut ja et meist jääb pärast surma alles täpselt seesama, mis loomadestki.

Siiani oli asi siiski vaid juttude tasemel, kuid asi halvenes järsult, kui asjasse sekkus Ursula vend, kes oli Würtembergi hertsogi venna ihuhabemeajaja ja kirurg Urban. Kui sellised kõrged isikud olid 1615. aasta suve lõpul Leonbergi lähedal jahil, siis pärast jahti lõbusal olengul läks jutt nõidadele. Kohale kutsuti Ursula koos oma mehega ja nooremfoogt käskis vahimeestel kohale tuua ka Katherina. Urban nõudis Katherinalt oma õe tervekestegemist. Kui Katherina keeldus, suunas Urban oma mõõga otsa 70-aastase naise rinnale ja ähvardas naise tappa. Foogt taipas siiski, et asi on liiga kaugele läinud ja lõpetas selle

inetu stseeni.

Vapustatuna juhtumist, andsid Christoph ja ta õde Margarita asja kohtusse, hoolimata sellest, et tegu oli kõrgete aukandjatega ja asi oleks võinud pöörduda kaebajate endi vastu. Kuid neil polnud muud väljapääsu. Margarita kirja peale vihastas Kepler tõsiselt ja saatis omakorda võrdlemisi järskudes toonides kirja Leonbergi võimudele, kus nõudis selgitust, mis alustel tema, keisri matemaatiku ema - ja muide ka Keplerit ennast - nõidumises süüdistatakse. Kepleri süüdistuse aluseks oli kuus aastat tagasi avaldatud jutustus sellest, kuidas paistaksid astronoomilised nähtused Kuul asuvale vaatlejale (muide, seda võib pidada üheks esimeseks teaduslik-fantastiliseks teoseks üldse). Selles jutustuses kasutab huvitava nimega peategelane Duracotus Kuule jõudmiseks deemonitega suhtleva ema abi. Jutustus ise oli väga populaarne, levides nii Prahast kui ka Tübingenis. Nii et Urban võis seda vabalt lugeda ja oma järeldused teha.

Kepleri kirjast polnud kasu. Nn tunnistajaid hakati üle kuulama alles aasta pärast ja peatunnistajaks oli foogt ise. Lisaks kõigele said süüdistajad uut materjali, sest Katherina olevat ühe tüdrukukese kätt vigastanud. Foogt vaatas ise kannatanu käe üle ja "nägi" seal selget nõia märki. Kohutavas hirmus Katherina pakkus foogtile hõbekarikat, et see ei saadaks kohtuasja Stuttgarti. See tegi asja vaid halvemaks, sest foogt lisas kohe süüdistusele ametiisiku äraostmise katse. Katherina põgenes paanikas, alguses tütre juurde ja sealt Linzi Johannese juurde. Kuid kaua ta kodunt ära olla ei tahtnud ja ta pöördus Leonbergi tagasi. Sinna läks ka Kepler, et ema aidata, kuid nähes, et ta palju midagi ära teha ei saa, pöördus tagasi Linzi.

Alles kolm aastat pärast kaebuse esitamist saatis foogt Katherina süüdistuse hertsogi kantseleisse, kusjuures paljud dokumendid olid jõudnud juba kaduma minna. Kepler kirjutas hertsogile, et neli vana ja ausat linnanõunikut on Katherina süüdistuse ümber lükanud ja nõudis kohut.

Kuid süüdistajad tulid välja nõudega kohtuprotsess tsiviilhagi alt viia kriminaalhagi alla seoses süüdistusega nõidumises. Ja see oli juba väga tõsine. Uus uurimine kestis kaks aastat ja kirjutati täis sadu lehekülgi protokolle. Hakati rääkima ülekuulamisest piinamisega. Seda kuuldes pöördus Kepler Württembergi hertsogi poole palvega, et enne kui piinamist alustatakse, lubataks tal tutvuda tunnistajate seletustega. Palve jäi vastuseta, Hertsog käskis kohtuasja koguni kiirendada ja 7. augustil 1620. aastal Katherina areteeritakse. Kepler sai sellest õe kaudu teada, kuid just sel ajal sai Linz 30-aastase sõja tallermaaks. Kepler oli suures segaduses, sest protestantide jalgealne läks

väga tuliseks. Uus Tšehhimaa valitsus kutsus Keplerit tagasi Prahasse, Inglismaa kuningas James I kutsus teda Londonisse. Kepler ei saanud aga lahkuda, sest ema ähvardas piinamine. Ta kirjutas hertsogile, et võtab ise kohtuprotsessist osa ema advokaadina. Olles viinud pere maapakku Regensburgi, sõitis ta ise Würtembergi, mille lähedal Zoglingenis algas kohus, mis kestis rohkem kui aasta. Kepler oma kokkuvõttes ei püüdnud väita, et nõidu pole ega ümber lükata tunnistajate ütlust, vaid selgitades iga juhtumit eraldi, näidates ära selle tegelikud põhjused, niiviisi püüdes ema nõiduse süüdistusest vabastada. Lõpuks oli hertsog sunnitud kohtuasja üle andma lahendamiseks Tübingeni ülikooli juristidele. Nende otsus oli, et tõendeid Katherina süüdimõistmiseks nõiduses on ebapiisavalt, kuid päris õigeks mõista teda ka ei saa. Seejärel otsustas kohus saada ülestunnistus Katherinalt niiviisi, et pannakse ta timuka ja piinariistade ette. Piinaähvarduste kiuste jäi Katherina kindlaks, ega võtnud midagi omaks. Selle peale otsustas hertsog Katherina vabaks lasta. Nii lõppes pea kuus aastat kestnud kohtuasi ja 14 kuud vanglas ahelates vaevelnud naine sai vabadusse, et poole aasta pärast nende vintsutuste tõttu surra.

Nende kuue aasta jooksul, mis olid täis muret ema pärast, vaidlusi Würtembergi konsistoriumi ja Tübingeni ülikooliga püha sakramendi küsimustes, ja mis lõpuks tõid pika ning laastava sõja, ei jätnud Kepler ühelgi vabal minutil oma tööd ei planeeditabelite ega Koperniku astronoomia õpiku kallal. Lisaks sellele täitis ta juba kakskümmend aastat tagasi alustatud unistuse - kirjutas raamatu "Harmonices Mundi Libri V" - raamatu maailma harmooniast. Seda oli alustatud juba 1599. aastal ning kirjutas oma sõbrale tõi Kepler ära ka raamatu plaani, mis hiljem muidugi mitmeid kordi muutus.

Selle raamatu viiendas osas esitas Kepler oma kuulsa kolmanda seaduse planeetide liikumise kohta. Kirjeldanud pikalt oma mõtteid planeetide orbiitide kauguste üle, jõudis ta järeldusele, et kahe mistahes planeedi perioodide suhe võrdub täpselt nende planeetide kaskmiste kauguste pooleteise astmega. Tänapäeval me formuleerime selle seaduse natuke teistmoodi - planeetide sideeriliste perioodide ruudud suhtuvad nagu nende keskmiste kauguste kuubid (mõeldud on muidugi planeetide keskmisi kaugusi Päikesest).

Nagu öeldud, käis Kepleril töö ka Koperniku astronoomia õpiku kallal, mis sai nimeks "Epitomae Astronomiae Copernicanae", siis vabas tõlkes "Koperniku astronoomia lühendatult". See kujunes väga mahukaks - umbes 1000 lehekülge teksti - ja ühtlasi tol ajal väga populaarseks. Kui Kepleri "Uues astronoomias" oli vaid Marsi orbiidi teooria, siis selles õpikus rehendas Kepler välja ka teiste tollal tuntud planeetide orbiidid, Kõik nad

osutused olevat elliptilised ja enam-vähem samas tasapinnas olevateks.

Kui 1617. aastal see raamat ilmus, alustas katoliku kirik teravat rünnakut Koperniku õpetuse vastu, kandes Koperniku raamatu keelatud raamatute nimekirja ja kiusates taga Galileid. Muide, ka Kepleri õpik sattus samasse nimekirja.

Parem polnud lugu ka protestantlikes maades, sest veel 1624. aastal andis Kepleri sõber ja nõuandja Maestlin välja raamatu astronoomiast, mille ta kirjutas puhtalt Ptolemaiose vaimus ja kus Koperniku nimegi ei mainita.

Seega võib vabalt väita, et Kepleril läks tarvis suurt vaprust ja meelekindlust, et niisugusel ajal revolutsiooniliste seisukohtadega välja tulla, seda enam, et raamatu kirjutamine ja väljaandmine toimus ta ema nõiaprotsessi ajal ning trükikotta veergude lugemiseks pidi ta sageli endale teed tegema röövivate ja laamendavate Baieri väe sõdurite vahel, kus ka laibad polnud haruldased.

Ilmunud raamat kujutas endast esimest tõelist uue astronoomia õpikut, mis oli kirjutatud heliotsentrilise maailmasüsteemi vaimus ja Kepleri seaduste alusel.

9. Kepler matemaatikuna

Alates 1594. aastast on Kepleri ametinimetuseks matemaatik: 1594 kuni 1600 - Stüüria provintsimatemaatik, 1601 kuni elu lõpuni keisri matemaatik ning lisaks sellele Ülem-Austria provintsi matemaatik ajavahemikul 1613 kuni 1628. Muidugi oli tollal matemaatika mõiste kaugelt mahukam kui praegu, sisaldades näiteks mehaanikat ja hüdrostaatikat, arhitektuuri ja fortifikatsiooni, geograafiat ja navigatsiooni, astronoomiat ja optikat ning lisaks kõigele ka muusikat. Kui matemaatikat vaadelda tänapäeva seisukohalt, siis Kepleri suurimad saavutused olid muutlike suuruste matemaatikas ja korrapärase hulknurkade ja hulktahukate teoorias. Lisaks neile tuleb kindlasti ära märkida Kepleri panust koonuslõigete teooriasse, arvutamise teooriasse ja praktikasse, logaritmidte teooria väljatöötamise ja vastavate tabelite koostamise, aga samuti ka tema osa esimese arvutusmasina leiutamise. Ka vormis Kepler matemaatilist terminoloogiat nii ladina kui saksa keeles.

Kui Kepler püüdis visalt Marsi orbiidi loogilise kirjelduse poole, siis tuli tal mõtte planeedi liikumise vaatlemisel kasutada mitte läbitud teed, vaid planeedi raadiusvektori poolt mingis ajavahemikus kaetud pindalat. Nagu me nüüd hästi teame, osutus idee viljakaks, kuid

nõudis realiseerimiseks lõpmata väikeste suuruste summeerimist. Selleks jagas Kepler kogu ringjoonelise orbiidi (kus Päike ei olnud ringjoone keskpunktis, vaid ekvandis) 360ks osaks ja oletas, et igas väikeses osas planeedi kaugus Päikesest oluliselt ei muutu. Sellisel viisil raadiusvektori poolt kaetud pindala avaldub elliptilise integraaliga, aga niisugust asja Kepleri ajal veel ei tuntud. Kuid tema idee osutus õigeks ja alles Gottfried Leibniz andis meetodi selliste summade leidmiseks. Ja ikkagi lubas selline lähenemine Kepleril tuletada planeetide liikumise esimese seaduse (mille Kepler formuleeris teisenä!).

Sama ülesandega on seotud ka kuuluis Kepleri võrrand, mis seob planeedi polaarkoordinaadid ajaga, mis kulub planeedil teatud orbiidiosa läbimiseks

$$M = E - e \sin E,$$

kus e on orbiidi ekstsentrilisus, E on ekstsentriline anomaalia ja M on keskmine anomaalia.

Kepler ise lahendas selle võrrandi ligikaudselt, kuid ta taipas võrrandi transtsendentsset loomust. Kepleri võrrandi lahendamiseks on hiljem tegelnud I. Newton, J. Lagrange, F. W. Bessel, P. Laplace, C.F. Gauss, A. Cauchy jpt.

Järgmiseks huvitavaks sammuks Kepleril muutlike suuruste matemaatikas oli kirjutada raamat "Nova stereometria doliorum vinariorum" ehk siis "Veinivaatide uus stereomeetria", mis ilmus Linzis 1615. aastal. Asi algas sellest, et 1613. aasta sügisel oli väga hea viinamarjasaak ja Kepler hoolitseva pereisana otsustas oma pere jaoks veini osta. Teda rabas kaupmehe viis ainsa mõõtmise alusel hinnata vaadi mahtu. Nimelt pistis kaupmees jaotistega varda tünni küljel asuvast avausest sisse kuni vaadipõhja uurdeni ja luges varda jaotistelt vaadi ruumala. Reini orus näiteks mõõdeti veini hulka lihtsalt kas kindlamahulise väiksema nõuga või mõõdeti vaati mitmest kohast ja siis tehti hulk keerulisi arvutusi. Kepler otsustas seda mõõtmisviisi kontrollida matemaatiliselt, kuigi kohalik võim soovitas tal lõpule viia palju tõsisemad talle usaldatud tööd nagu Rudolphi tabelid ja Linzi ümbruse maakaardi. Ent Kepler ei kuulanud neid ja asus tööle. Tulemuseks oli raamat, mille Kepler peatselt ümber töötas ja saksa keelde tõlkis, millega pandi tugev alus saksakeelsele matemaatika-alasele terminoloogiale.

Raamatu esimese osas tõi Kepler ära 16 teoreemi, mida teadis juba Archimedes, kuid mis Kepler tõestas oma meetodiga. Näiteks ringi pindala puhul jagab ta ringjoone väga väikesteks osadeks ja ehitab neile kolmnurgad tipuga ringi keskpunktis. Kuna kolmnurga pindala avaldub valemiga: alus korda pool kõrgust, aga kõrgus on sama kõikidel väikestel kolmnurkadel ja kuna kolmnurkade aluste summa võrdub ringjoone pikkusega, siis

kolmnurkade arvu lõpmatul suurendamisel ning järgneval summeerimisel saamegi üldtuntud ringi pindala valemi.

Kepler kasutab sama meetodit ka toori ruumala leidmiseks ning laiendab meetodi kasutamist selliste kehade ruumala leidmiseks, mida ta ise nimetab õunaks (keha saadakse pöörlemisel ümber poolringist suurema segmendi aluse), sidruniks (segment on väiksem poolringist), aivaks, ploomiks, oliiviks, maasikaks, pirniks jne.

Loomulikult uuris Kepler ka veinivaatide ruumalat, püüdes leida seost vaatide erinevate mõõtude ja ruumala vahel. Kuigi ta sai palju huvitavaid tulemusi, andes palju juhtnööre vaatide ruumala leidmiseks, jäi ülesanne üldisel kujul lahendamata. Kuid selle ülesande lahendamise käigus käsitles Kepler probleemi pöördkehade suurima mahu saamisest vähima materjali kuluga. Nii rajas Kepler tee diferentsiaalarvutuse olulise osani, milleks on maksimumide leidmine ja isoperimeetriline ülesanne.

Teine matemaatika osa, mis Kepleri tähelepanu köitis, oli korrapäraste hulknurkade ja hulktahukate teooria. Siin olid uurimused otseselt seotud Kepleri huviga maailma harmoonia leidmiseks. Planeetide kauguste selgitamiseks tehtud pingutusi oleme me käesolevas artiklis juba kirjeldanud, kuid Kepler oli ka selles, nagu kõikides teistes tema poolt käsitletud probleemides väga põhjalik ja vaatles tema teooria jaoks vajalikke kujundeid sügavuti.

Korrapäraste hulknurkade käsitlemisel tõi ta sisse nurkade lugemise külgede joonistamise järjekorras, mis osutus viljakaks ideeks. Lumehelveste kirjeldamisel käsitles Kepler ka tasapinna ja ruumi täitmist korrapäraste kujundite ja kehadega. Ta kirjeldas kõiki viit Platoni kumerat korrapärast hulktahukat (hulktahukas on kumer, kui mistahes kaks selle punkti saab ühendada joonega, mis asub täielikult hulktahuka sees) ja lisas loetelusse veel kaks nõgusat korrapärast hulktahukat: väikese ja suure tähtdodekahedroni. Hiljem lisas prantsuse matemaatik Louis Poinot neile veel kaks nõgusat keha: suure dodekahedroni ja suure ikosakahedroni. Siinkohal tuleb öelda, et tegelikult olid need kehad ka varem tuntud, kuid nii Kepler kui Poinot andsid neile korraliku kirjelduse. Suur prantsuse matemaatik Augustin-Louis Cauchy tõestas 1810. aastal, et rohkem korrapäraseid hulktahukaid kolmemõõtmelises ruumis ei olegi.

Veider on see, et hoolimata oma kõige uue poole pürgivast loomusest ei tahtnud Kepler kuidagi matemaatikas algebralisi meetodeid kasutada. Ja ikkagi ei saanud ta alati algebralist lähenemist vältida, mõningatel juhtudel aga seda teadust oluliselt arendades.

Veel tuleb Kepleri matemaatika-alast loomingut vaadeldes peatuda üldise pidevuse printsiibi sissetoomisel. See on euristiline võte, mis seisneb ühe objekti omaduste leidmisel teise objekti omaduste kaudu, kui see teine objekt on saadav esimesest pideva ülemineku kaudu. Seda võtet kasutab Kepler oma optikaraamatus “Täiendused Vitelliussele ...” selles osas, mis käsitleb koonuslõikeid. Ta näitab, et koonuse lõikamisel tasandiga saame kas sirge, ringjoone, parabooli, ellipsi või hüperbooli, kusjuures kõik need on üksteiseks pidevalt teisenduvad.

Selles raamatus ilmub esimest korda sõna “fookus”, ilmselt araablasest õpetlase Abu Ali al-Hassan ibn al-Hassan ibn al-Haythami raamatu “Optika” mõjul, kus fookust defineeritakse kui süütamise kohta.

Ka toob Kepler selles raamatus sisse mõiste “lõpmata kaugel punkt”, millega tehakse otsustav samm projektiivse geomeetria suunas.

Sellega Kepleri saavutused matemaatika alal ei piirdunud. Ta andis tõhusa panuse ka arvutusmatemaatika arenguks. Pole ka imelik, sest tehes niisuguseid kohutavalt suuri ja pikki rehkendusi pidi ta kogu aeg unistama selle töö kergendamisest.

Juba 14. sajandil oli tähele pandud geomeetrilise progressiooni liikmete ja nende astmenäitajatest koostatud aritmeetilise progressiooni vastavust. See andis lootust, et äkki on võimalik korrutamist ja jagamist viia tabelite abil lihtsamatele tehetele – liitmisele ja lahutamisele. Selliste tabelite koostamine algaski 16. sajandi lõpus (John Napier) ja 17. sajandi alguses (Jost Bürgi). Napier publitseeris oma tabelid aastal 1614 nime all “Mirifici logarithmorum canonis descriptio”, kusjuures ta oli eeldanud, et $\log_{10} 10\,000\,000 = 7$, sest kümnendmurrud polnud veel laialt levinud. Ka on pärast tema surma avaldatud raamatus toodud logaritmime reeglid väga keerulised.

Veel enne seda oli šveitsi päritolu Jost Bürgi koostanud analoogilised tabelid, mis siiski olid pigem antilogaritmid tabelid alusel 1.0001. Ta publitseeris oma tulemused alles 1620. aastal, kuid need ei leidnudki erilist kasutamist, sest olid kohmakad ja hiljaks jäänud.

1619. aasta juunis sattusid Napieri tabelid Kepleri kätte. Ta taipas kohe nende tähtsust ja asus aega viitmata välja töötama logaritmid arutamise teooriat ning kasutama seda Rudolphi tabelite arutamiseks. Peatselt annab ta välja ka oma tabelid, mis on koostatud teistsugusel alusel kui Napieri omad.

Kui nüüd vaadata nende esimeste logaritmitabelite saatust, siis Napieri omad vananesid kiiresti ja asendusid Briggsi omadega, Bürgi tabelleid ei kasutanud vist mitte keegi ja kõige

paremini vedas Kepleri omadel, sest need läksid natuke ümbertöötatud kujul Rudolfi tabelite koosseisu ja neid kasutati üle saja aasta.

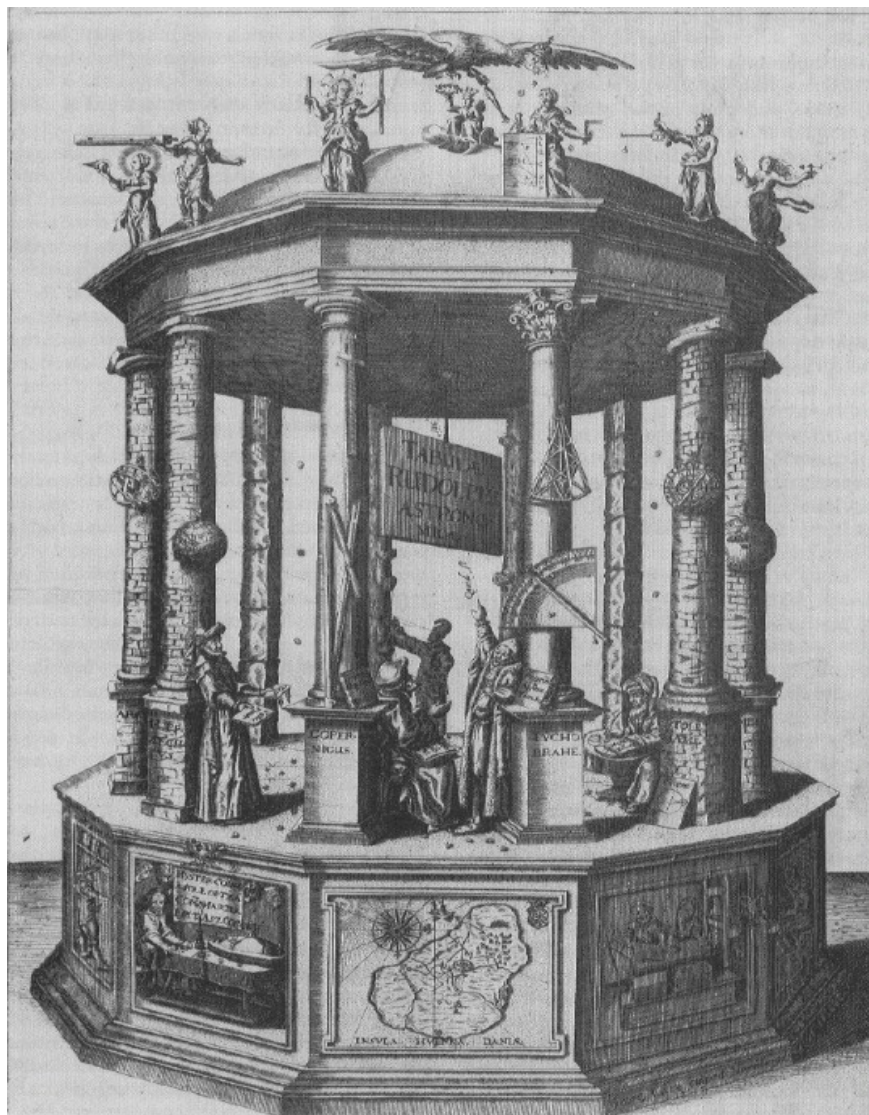
Huvitava faktina tuleb märkida Kepleri osa esimese arvutusmasina ehituses. Üldiselt arvati, et esimese mehaanilise arvutusmasina leiutas Blaise Pascal 19-aastaselt, millega sai vaid liita ja lahutada. Suhteliselt hiljuti avastati aga Tübingeni Ülikooli professori Wilhelm Schikardi kiri Keplerile 25. veebruarist 1624. kus professor teatas, et ta on leiutanud arvutusmasina – seega siis 20 aastat enne Pascali. Masina põhiosadeks olid 11 hammasratast, igaüks 10 hambaga ja kuus ühehambalist hammasratast järkude üleviimiseks. Korrutamiseks ja jagamiseks kasutati masinas tegelikult Napieri logaritme. Masin ehitati aastatel 1623 – 1624, kusjuures üks eksemplar oli ette nähtud ka Keplerile, kuid seda Kepler ei näinudki, sest masinad põlesid ära 30-aastase sõja käigus.

10. Rudolfi tabelid

Keiser Rudolf II oli teinud 1601. aasta augustis Tycho Brahele ja Keplerile ülesandeks koostada astronoomilised tabelid, mida ammu ootasid nii astronoomid kui meremehed, kalendritegijad ja astroloogid, neid oli tellitud isegi Ameerika läänerannikult, Indiast ja katoliku misjonäridelt Hiinas.

Aga rutiinne ja tüütu rehendamine ei tahtnud edeneda. Seda enam, et Kepleril polnud ainsatki abilist, ta pidi kõik üksi tegema, ainult ajavahemikul 1617 kuni 1620 töötas temaga Linzis koos keegi šveitslane Janus Gringaletus. Alles pärast seda, kui Kepler tutvus Napieri tabelitega ja töötas välja enda logaritmade tabeli, hakkas töö kiiremini sujuma. Suveks 1624 oli tabelid põhiliselt valmis, kuid raha nende trükkimiseks polnud. Kepler veetis neli kuud Viinis, kuhu oli kolinud keiser koos õukonnaga, et raha saada. Kuna kassa oli nagu tavaliselt tühi, siis saadi Keplerist lahti vana trikiga - raha pidid andma Baieri linnad Kempten, Nürnberg ja Memmingen. Peaaegu terve aasta sõidab Kepler ratsa ja kõnnib jala nende linnade vahet paludes, selgitades ja ähvardades, et kas või osa rahast kätte saada. Ainult paberi jaoks ta raha saigi ja Kepler langetas raske otsuse anda raamat välja oma vahenditega. Nüüd jäi asi trükipressi taha kinni, sest Linzi press oli vilets, aga keiser nõudis tabelite väljaandmist Austrias. Lisaks kõigele algas ka Linzis vastureformatsioon ja kõik protestandid pidid kas usku vahetama või Linzist lahkuma. Tõsi, Keplerile koos trükikoja töölistega tehti erand kuni raamatu valmimiseni. Linz oli Baieri vägede poolt okupeeritud, mis kutsus esile rahva sügava viha, sest sõdurid pidasid end

üleval kui vöõramaised vallutajad. Puhkes ülestõus, mille käigus põles maha trükikoda,



Rudolfi tabelite frontispiis

kuid raamatu käsikiri jäi õnneks alles.

Kepler leidis uue trükikoja Ulmis ja nii kolis ta koos perega laeval mööda Doonaud Ulmi. Ta ei saanud kaugemale kui Regensburgi, sest kanged külmad jäätasid jõe. Pere jäigi sinna ja Kepler sõitis edasi hobustega.

568. leheküljelise raamatu trükkimine kestis üheksa kuud, mille kestel Kepler väljaandjaga korduvalt tülli sattus. Sellest hoolimata luges ta korrektuuri vähemalt neli trükipoognat päevas. Ja septembris 1627 said valmis esimesed tuhat köidet. Kuna oli kasutatud Brahe vaatlusmaterjale, siis pärijad lootsid raamatute müügist vägevat noosi. Keiser pani raamatu hinnaks kolm kuldnat tavalisel paberil trükitud eksemplarile, paremal paberil

raamatu tahtja pidi 40 kreutserit juurde panema. Nii et kokku pidi 1000 raamatu eest tulema umbes 3300 kuldnat. Aga ainuüksi paber oli maksnud 2000 ja trükkimine veel 1000 kuldnat. Nii et suurest kasumist rääkida ei saa. Brahe poeg Georg, nähes, et tema eessõna on lühem kui Kepleri oma, nõudis raamatu alguse uuesti trükkimist. Seda tuligi teha ja juba valmis raamatusse sisse kleepida.

Tabelid ise võtavad raamatust umbes poole, teine pool on selgitav tekst. Raamatus on tabelid Päikese ja Kuu positsioonide, päikese- ja kuuvarjutuste ning planeetide positsioonide arvutustabelid aastast 5509 e.m.a. (siis oli ju Piibli järgi maailma algus!) kuni mõnisada aastat printserimisaastast ettepoole. On ka kataloog 1005 tähe kohta, millest 777 tähe positsioonid olid Brahe mõõdetud. Ja veel refraktsiooni tabelid ning suuremate linnade geograafilised koordinaadid. Kui praegusel ajal kontrolliti Rudolphi tabelite täpsust, siis leiti küll mõningaid trükivigu, kuid muidu oli täpsus tolle aja kohta väga kõrge.

11. Viimased aastad

Rõõm ilmunud raamatu üle asendus peagi masendusega, sest 57-aastane astronoom ei olnud kindel oma tulevikus - liiga palju sõltus see selle maailma vägevatest. Kuigi Kepleri ametikoht Linzis oli veel alles, ei kavatsenud ta protestantide tagakiusamise pärast sinna tagasi minna. Tööotsimised mujal vilja ei kandnud ja Kepler oli juba valmis kodumaalt lahkuma kui 1627.aasta oktoobris kohtas ta Frankfurdi laadal Hesseni krahvi Philippi, kes oli suur astronoomiahuviline ja kes pakkus Keplerile tööd Marburgis. Kuid sinna sõiduks pidi ta keisrilt luba küsima. Nii siirdubki Kepler Regensburgi kaudu - et peret näha üle aastase vaheaja - Prahasse, kuhu oli saabunud keiser Ferdinand oma poja Tšehhimaa kuningaks kroonimise puhul. Selleks ajaks oli lõppenud 30-aastase sõja teine, nn taani periood, sest 1625. aastal oli katoliiklaste vastu astunud Taani kuningas Christian IV, kes vallutas suure osa Põhja-Saksamaast. Taani vägede rünnaku tõrjumiseks oli Ferdinandil tarvis armeed, kes ei vajaks raha oma ülevalpidamiseks. Sellise armee, kes elatus vallutatud maade röövimisest, pani kokku Ferdinandi sõjaväe ülemjuhataja, avantürist ja kasuahne tšehhi magnaat Albrecht Wallenstein. Ta oli löönud puruks protestantide väe Dessau all ja siirdus siis Põhja-Saksamaale, kus lõi taanlased välja Brandenburgist, Mecklenburgist, Pommerist, Holsteinist ja Schleswigist ning isegi Jyllandi poolsaarelt, nii et taanlastele jäid ainult saared ja ümberpiiratud Stralsundi linn. Rahulolev keiser puistas Wallensteini kingitustega üle, muu hulgas sai ta generalissimuse tiitli ja ka Sagani nimelise

hertsogkonna Sileesias.



Albrecht Wenzel Eusebius von Wallenstein

Vaat sellel ajal saabuski Prahasse Kepler, keda tema üllatuseks võeti hästi vastu. Keiser sai ühe eksemplari Rudolfi tabeleid ja käskis Nürnbergi ja Ulmi (tühjadel) linnakassadel maksta Keplerile 4000 taalrit. Ta teatas ka oma matemaatikule, et teda ootab hiilgav ja hästikindlustatud tulevik ... kui ta ainult astub katoliku usku. Kepler ei suutnud ka seekord oma usku reeta, ning nüüd sekkus asjalosse Wallenstein, kellele Kepler oli kaks korda teene osutanud. Ta oli vahendaja kaudu Wallensteinile 1608. aastal horoskoobi koostanud, kus ta oli väga täpselt mehe loomust kirjeldanud, Ühtlasi oli ta selles horoskoobis öelnud, et Wallensteini horoskoop langeb hästi kokku endise Poola kantsleri Zamoiski ja Inglise kuninganna Elisabethi omaga. See asjaolu ei jätnud Wallensteinile mõju avaldamata. Neliteist aastat hiljem palus Wallenstein horoskoopi uuendada. Kepler teebki seda ja soovib Wallensteinil iga hinna eest sõjast eemale hoida. Horoskoop koostati kuni märtsini 1634, kus Kepler ennustas kohutavaid sündmusi, kui tema soovitusel kinni ei peeta. Ning 25. veebruaril 1634 tapsid Wallensteini keisrile truud ohvitserid, sest Ferdinand kartis, et Wallenstein peab salaläbirääkimisi vaenlasega. Enne seda aga Wallenstein Kepleri soovitusel ei järginud ning sõjakäigud tõid talle kuulsust ja raha.

Wallenstein kutsus Keplerit enda juurde Sagani matemaatikuks, lubades abi trükikoja

ülespanemisel ja palka 1000 kuldnat aastas. Lisaks sellele oli Wallenstein usu suhtes jahe ega teinud suurt vahet katoliiklastel ja protestantidel.

Mais 1628. sõitis Wallenstein Stralsundi vallutama (mis ei õnnestunud) ning Kepler Regensburgi oma pere järele ja siis Linzi, kus pidi oma ameti maha panema. Vastupidiselt sageli kinnitatule polnud Kepler Wallensteini isiklik astroloog, sest pärast teineteisest lahkumist Prahast nad enam ei kohtunudki. Wallensteinil oli hoopis teine astroloog, genuaalane Ceno ja talle oli vaja täpseid planeetide positsioone horoskoopide koostamiseks. Neid positsioone oskas aga ainult Kepler täpselt välja rehkendada.

Saganis kulus Kepleri energia esialgu trükikoja käimapanemisele. Selles linnakeses polnud trükikoda iialgi olnud ja Kepler kuulab maad kaugemal. Frankfurdis oligi trükipress saadaval, kuid siis jõudis seesama Keplerit jälitanud õnnetus taas kord kohale - Wallenstein otsustas keisrile meeldimiseks Sagani katoliiklikuks teha, selleks kõik protestandid kas katoliiklasteks teha või hertsogkonnast minema ajada. Kuigi Keplerit asi ei puudutanud, sest ta positsioon oli selleks liiga kõrge, kuid protestantlastest trükitehnikud Sagani tulla ei tahtnud. Alles aasta pärast sai Kepler eriloa nende värbamiseks.

Kui trükikoda sai töövalmis, tahtis Kepler, kes tundis võlga Brahe ees, tema vaatlused publikustada, kuid see hiiglaslik ja Keplerile üle jõu käiv töö sai Taanis tehtud alles aastatel 1912 - 1930. Selle asemel plaanis Kepler "Efemeriidide" väljaandmist. See saigi teoks, ka meteoroloogilised vaatlused ajavahemikul 1621 kuni 1629 anti välja "Efemeriidide" teises osas.

Samal ajal alustas Kepler oma raamatu "Uni" ladumist, mis, nagu juba öeldud, kujunes üheks esimeseks teaduslik-fantastiliseks raamatuks maailmas.

Lõpuks, 1628. aasta sügisel sai Kepler ka abilise - Jakob Bartschi, kes hakkas tööle "Efemeriidide" koostamisel. Mees oli väga tubli ja varsti sai ta ka Kepleri hõimlaseks, sest abiellus Kepleri tütre Susannaga. Nende pulma hommikul oli Bartsch saanud meditsiinidoktoriks. Kepler ise pulmas osaleda ei saanud, sest need toimusid Strasbourgis ja lisaks ootas ta naine last, kes sündis 18. aprillil 1630.

Vahepeal oli poliitiline olukord riigis läinud veelgi keerulisemaks. Märtsis 1629 anti välja nn Restitutsiooni edikt, millega juba 1552. aastal sekulariseeritud varandus anti tagasi katoliku kirikutele ja kloostritele. Katoliiklased läksid võimu nimel väga ülbeks ja tahtsid allutada ka protestantliku Skandinaavia. See kutsus esile Rootsi kuninga Gustav II Adolphi sõjakäigu Saksamaale, et koos tugevamate luteri usku Brandenburgi ja Saksoonia



Monument Tycho Brahele ja Johannes Keplerile Prahás

kuurvürstidega astuda Habsburgide katoliikliku keisrivõimu vastu.

Samal ajal kogus Ferdinand II Regensburgis kokku katoliku vürstid, et kindlustada keisritroon oma pojale, kes siis oli juba Tšehhima ja Ungari kuningas. Ent vastuolud katoliku leeris läksid nii suureks, et 1630. aasta augustis anti Wallensteinile hundipass. Seega kadus ka Kepleri eestkostja, kes polnud talle maksnud keisri võlga. Kepler otsustas ise Regensburgi sõita, et keisri käest oma palk kätte saada, ja üksiti pealetungivate Rootsi vägede eest kaugemale pageda.

Sügise alguses, 8. oktoobril 1630 asus Kepler teele, olles valinud kõige odavama mooduse - ratsa. Ta peatus teel Leipzgis ja Nürnbergis ning 2. novembril jõudis ta surmväsinuna ja läbimärjana Regensburgi. Varsti pärast seda Kepler haigestus ja tal tõusis kõrge palavik. Haigus progresseerus kiiresti ja 15. novembri keskpäeval suur astronoom suri. Ta maeti Regensburgi luterlaste kalmistule. Tagasihoidlikule hauasambale kirjutati Kepleri enda read:

Mensus eram coelos; terrae metior umbras;

Mens coelestis erat; corporis umbra jacet.

Ehk eestikeelses tõlkes

*Ma taevast mõõtsin; nüüd maa varje mõõdan;
mu vaim taevas elas; siin vaid keha vari lebab.*

Õnnetused ei jätnud Keplerit maha isegi pärast surma, sest 30-aastase sõja käigus oli Regensburg kolm korda lahingute areeniks ja isegi kalmistu hävitati täielikult, nii et Kepleri hauast ei jäänud jälgegi

12. Kokkuvõte

Teade Kepleri surmast jõudis Sistani 1. detsembril 1630. Kepleri naine ja neli väikest last jäid ilma toitjata. Trükikoda lõpetas oma töö, sest Wallenstein keeldus subsideerimisest. Bartsch läks jala venna juurde Laubanisse, kuhu varsti saabus ka Kepleri pere.

1632. aasta kevadel otsustab Kepleri poeg Ludwig saada kätte keisri käest isale kuuluv raha. Õukonna raamatupidamine kinnitas võlga - 12 694 kuldnat, kuid see oli ka kõik. Seda raha ei saanud Kepleri pere mitte iialgi.

Kuna Kepler oli jätnud maha väimehe venna juurde Laubanisse suure hulga erakordselt väärtuslikke käsikirju, siis algas peatselt jaht nendele. Kõige kiiremad olid jesuiitidest õpetlased, kes tahtsid käsikirjad enda kätte saada Koperniku "nakkuse" levimise vältimiseks. Keiser tahtis käsikirju endale väitega, et Kepler oli tema teenistuses, jättes täielikult arvestamata selle, et Kepleri töö eest ta polnud tasunud. Ludwig püüdis mitmeid kuid Viinis viibides keisriga kokkuleppele jõuda, et Kepleri võlg kätte saada ja siis käsikirjad talle üle anda. Enne seda oli ta isa käsikirjad hoolikalt peitnud ja mitte asjata, sest neid taheti keisri korraldusel jõuga ära võtta. Ludwig hoidis isa käsikirju oma käes kuni oma surmani. Pärijate käest ostis käsikirjad ära poola astronoomiahuviline Jan Hevelius ja omakorda Heveliuse pärijatelt ostis käsikirjad magister Michael Gottlieb Hansch Leipzigit 100 kuldna eest. Ta korrastab käsikirjad ja köidab need. Käsikirjade saatus oli edaspidi kirju, kuni lõpuks osteti need 1774. aastal Venemaa Teaduste Akadeemiale. F.G.W. Struve palvel toimetati need Pulkovosse, kus neid hoiti kuni 1937. aastani, misjärel said need Kepleri käsikirjad lõpuks rahu Nõukogude Liidu Teaduste Akadeemia arhiivis.

Kepleri nimi on antud Kuu kraatritele ja väikeplaneedile. Keplerile püstitasid mälestusaamba



Johannes Kepleri monument Weil der Stadtis

Regensburgi elanikud 1807. aastal. Monument avati ka Kepleri sünnilinnas Weil der Stadtis. Brahe ja Kepleri monument on ka Prahhas.

Kuid kõige võimsama ja kauakestvama mälestussamba püstitas Kepler iseendale oma töödega.

Kronoloogia

- 1571, 27. detsembril, neljapäeval kell 2:30 pärast lõunat sünnib Johannes Kepler
- 1576 - ere mälestus lapseõlvest: Kepler vaatleb komeeti
- 1577 - alustab õpinguid saksa algkoolis Leonbergis, läheb üle ladina kooli
- 1580, 31. jaanuaril vaatleb kuuvarjutust
- 1583, 17. mail, sooritab edukalt konkursseksami alamasse seminari
- 1584, 16. oktoobril, alustab õpinguid alamas seminaris (grammatikakoolis) Adelsbergis, mille lõpetab 1586.a.
- 1586, 26. novembril, alustab õpinguid kõrgemas seminaris Maulbronnis, mille lõpetab 1589.a.
- 1588, 25. septembril, Kepler sooritab Tübingenis eksami bakalaureuse kraadi saamiseks
- 1589 - Kepleri isa laseb end värvata palgaarmeesse, jätab maha perekonna ja kaob teadmatult
- 1589, 17. septembril, Kepler alustab õpinguid Tübingeni ülikooli kunstide teaduskonnas
- 1590 - Kepleri luuletus "Eleegia Johannes Guldenpritz'i abiellumise puhul" trükitakse ära
- 1591, 11. augustil, lõpetab õpingud kunstide teaduskonnas ja sooritab magistrieksami
- 1594, 14. märtsil, lõpetamata teoloogiaõpinguid Tübingeni ülikooli teoloogia teaduskonnas saab Kepler suunamise Grazi (Stüüria) matemaatikaõpetajaks protestantlikus koolis
- 1594, 11. aprillil, saabub Grazi
- 1594, 1. septembril, ilmub trükist Kepleri koostatud kalender 1595. aastaks
- 1595 - juulis, Kepler alustab tööd "Mysterium cosmographicum" kallal
- 1596 - veebruar kuni september, sõit Tübingeni seoses "Mysterium cosmographicum" väljaandmisega. Raamatu ilmumine Tübingenis. Kepler alustab kirjavahetust Galilei ja Tycho Brahega
- 1597, 27. aprillil abiellub Kepler Barbara Mülleriga
- 1597, 28. septembril lahkub Kepler Grazist seoses protestantide tagakiusamisega
- 1599 - juuni, sünnib tütar, kes sureb sama aasta juulis
- 1600 - jaanuaris sõidab Kepler Prahasse Tycho Brahega kohtuma
- 1600, 4. veebruaril - kohtub Brahega Benatkys
- 1600, 1. juunil - pöördub Grazi tagasi
- 1600, 10. juulil - vaatleb päikesevarjutust oma valmistanud camera-obscuraga
- 1600, 2. augustil - Kepleri nimi kantakse Stüüriast väljaetavate protestantide nimekirja
- 1600, 30. septembril - Kepler lahkub koos perekonnaga Grazist ja sõidab Tycho Brahe

juurde Prahasse

1600 kuni **1606** - uurib planeetide liikumise seaduspärasusi. Töö "Astronomia Nova" kallal

1601, 24. oktoobril - sureb Tycho Brahe

1601, 6 (?). novembril - Kepler nimetatakse keiserlikuks matemaatikuks

1601, talvel - Kepler tuletab planeetide liikumise teise seaduse, on lähedal numbrilise integreerimise avastamisele

1602, juulis - sünnib tütar Susanna

1603 - Kepler tegeleb optiliste uurimustega. Sünnib poeg Friedrich

1604 - ilmub raamat "Ad Vitellionem Paralipomena"

1605, kevadel - Kepler tuletab planeetide liikumise esimese seaduse

1606 - ilmub raamat "De Stella Nova"

1607 - Kepler vaatleb Päikese laiku, oletades, et see on Merkuur

1607, detsembris - sünnib poeg Ludwig

1609, kevadel - ilmub Heidelbergis raamat "Astronomia Nova", kus on formuleeritud planeetide liikumise kaks esimest seadust.

1610, 15. märtsil - Kepler saab teada Galilei teleskoobi abil tehtud avastustest

1610, august kuni september - Kepler jätkab optilisi uurimusi, töötab välja uut optilist süsteemi teleskoobile

1611, 19. veebruaril - poeg Friedrich sureb rōugetesse

1611, mai lõpp - juuni on Kepler Linzis töö otsinguil

1611, 11. juunil - kirjutatakse alla dokument Kepleri arvamise kohta matemaatikaõpetajaks Linzis ja Ülem- Austria provintsi matemaatikuks

1612, 3. juulil - sureb abikaasa Barbara

1612, aprilli keskpaik - kolimine Linzi

1613, 30. oktoobril - Kepler abiellub Susanna Reitingeriga

1613, novembris - Kepler töötab välja meetodi pöörkehade ruumala arvutamiseks (mis on sisuliselt numbriline integreerimine)

1614, suvel - Kepler kontrollib enda avastatud liikumisseadust Veenuse jaoks (1615. aasta talvel ka Merkuuri jaoks)

1615, sügisel - ilmub Kepleri raamat "Veinivaatide stereomeetria"

1615, 29. detsembril - Kepler saab teada, et tema ema Katerinat süüdistatakse nõidumises

1616, kevadel - ilmub Kepleri raamat "Väljavõtteid Archimedese vanast mõõtmiskunstist"

1618 - ilmub Kepleri raamatu "Väljavõtteid Koperniku astronoomiast" esimene trükk (1619.a. pani Vatikan selle keelatud raamatute nimekirja)

1618, 15. mail - Kepler tuletab planeetide liikumise kolmanda seaduse
1618, 23. mail - algab Kolmekümneaastane sõda
1619 - ilmub raamat "Harmonices Mundi", mille kallal Kepler oli töötanud vaheaegadega 1599. aastast saadik)
1619, suvel - alustab tööd logaritmi tabeli koostamiseks (lõpetatud 1621/1622 talvel)
1619, 4. septembril - algab kohus Kepleri ema üle
1619, 6. septembril - Kepler viib pere katoliikliku liiga poolt vallutatud Linzist Regensburgi ja sõidab ise Württembergi, et ema kohtuprotsessis kaitsta.
 Ilmub Kepleri raamatu teine trükk Koperniku õpetusest
1621, sügisel - ilmub selle raamatu kolmas trükk
1621, 4. oktoobril - lõpeb kohus Kepleri ema üle
1621, novembris - Kepler pöördub perega Linzi tagasi
1622, aprillis - sureb Kepleri ema
1623, septembris - Wilhelm Schikard teatab Keplerile arvutusmasina konstrueerimisest ja esimeste masinate valmistamisest
1624, veebruaris - Kepler lõpetab mitmeaastase töö Rudolphi tabelite kallale (alustas 1601)
1624, sügisel - ilmub Marburgis Kepleri raamat "Tuhat logaritmi"
1625, sügisel - ilmub raamat "Täiendusi tuhandele logaritmile"
1626, novembris - Kepler lahku perega Linzist. Jättes pere Regensburgi, sõidab 9. novembril Ulmi, kus organiseerib "Rudolphi tabelite väljaandmise"
1627, septembri alguses - lõpetatakse Rudolphi tabelite trükkimine
1628, veebruaris-märtsis - läbirääkimised Wallensteiniga tööleasumise kohta
1628, maist 26. juulini - kolimine perega Saganis
1629, detsembris - alustab Saganis tööd Kepleri asutatud trükikoda, kus trükitakse ära "Efemeriidid" ja laotakse "Unenägu" (ilmub trükist 1634. aastal pärast Kepleri surma)
1630, märtsis - Kepleri abiline Jakob Bartsch abiellub Kepleri tütre Susannaga
1630, 18. aprillil - sünnib tütar Anna-Maria
1630, augustis - Wallenstein läheb erru
1630, 8. oktoobril - Kepler ratsutab Saganist Regensburgi, et kätte saada oma palka, mida polnud makstud juba mitu aastat
1630, 2. novembril - jõuab haigena Regensburgi
1630, 13. novembril - Kepler sureb

Kasutatud kirjandus

1. Ю.А. Белый, Иоганн Кеплер, Москва, "Наука", 1971295 стр.
2. K. Ferguson, Tycho & Kepler, Walker and Company, New York, 2002.
3. J. Gilder and A. Gilder, Heavenly Intrigue, Anchor Books, A Division of Random House, Inc., New York, 2005.
4. <http://www.keplerraum.at/biogr.html>