

A detailed illustration of Galileo Galilei, an Italian astronomer, physicist, and engineer. He is depicted from the chest up, wearing a grey cap and a green shawl over a white tunic. He has a long, curly beard and is holding a pair of compasses in his hands. The background shows a wooden structure, possibly a workshop or observatory.

Historie II.
Fyzikální poznání do Galilea
Fyzika

Vladimír Štefl
Ústav teoretické fyziky a astrofyziky

Fyzika - mechanika

Mechanika - nejstarší fyzikální věda, její rozvoj spojen s dopravou, konstrukcí strojů, stavebnictvím, vojenstvím

méchaniké - nauka o strojích

elementární poznatky známy několik tisíciletí př.n.l.,
stavby egyptské, babylonské, jednoduché mechanismy

Aristoteles 384 - 322

škola v Athénách, lykein - lyceum, procházení žáků - *peripató*

peripatetická škola, zkoumání vlastností světa

Fyzika, O nebi, O vzniku a zániku, Meteorologie, Problémy, Mechanika **přírodně-filozofické spisy**

Aristoteles 384 - 322

Učení o pohybu - širší smysl než později u Galilea

pohyb - kvalitativní, kvantitativní, látková změna, realizace jevu, široké chápání, vše je v přírodě pohyb

místní pohyb - změna místa, odpovídá dnešnímu chápání pohybu ve fyzice, přirozený a vynucený

přirozený pohyb - probíhající bez vnějšího podnětu, těžší živly dolů, lehké směrem vzhůru, volný pád: „*tedy v prázdnu bude všechno stejně rychlé*“ - vakuum, vychází z pozorování

přímočarý pohyb musí být nutně omezen,

Fyzika - 8 knih: „*Proto buď bude v klidu anebo bude v pohybu do nekonečna, pokud mu v tom něco silnějšího nezabrání.*“

vynucený pohyb - stálý vnější podnět

Aristoteles

O nebi, kniha II., kap. 14: *„Je tedy zcela zřejmé, že Země musí být uprostřed světa a musí být nehybná, a to z příčin, které jsme vyložili, i také proto, že těžká tělesa vyhozená vzhůru do výšky podají po svislici zpět do téhož bodu, a to i tehdy, jestliže byla velkou silou vržena nesmírně daleko.“*

„Po těchto rozborech je zřejmé, že Země se ani nehýbá, ani není položena mimo střed. Vyplývá nám z toho i příčina její nehybnosti.“

Země se jeví běžnému pozorovateli bez pohybu, zatímco Slunce, Měsíc nikoliv, tudíž je nehybná,

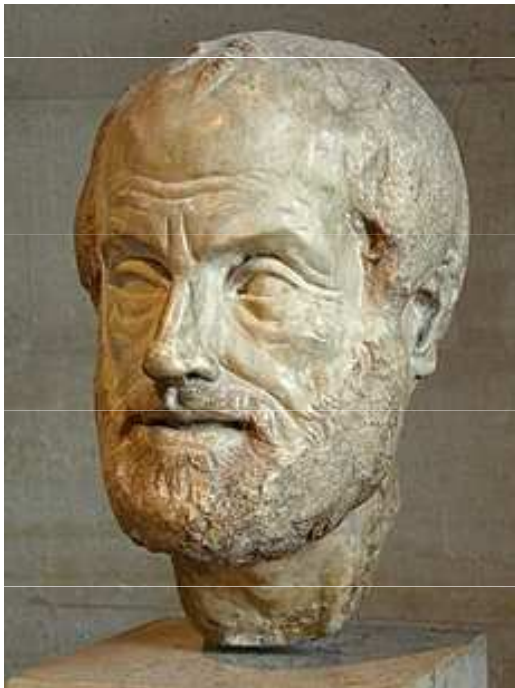
nekritičnost ke zkušenostem získaným smysly,

kolem Země postupně obíhají Měsíc, Slunce, Venuše, Merkur, Mars, Jupiter, Saturn, upevněny na celkem 59 sférách

Aristoteles

zákony skládání sil působících v jednom bodě a v jedné přímce, rovnováha na páce , vlastnosti jednoduchých mechanismů

svět rozdělen - **podměsíční a nebeský**, nebeských sfér, první se vyvíjí , druhý je stálý a neměnný



Archimédés 287 - 212

zakladatel statiky a hydrostatiky, statický moment síly, skládání rovnoběžných sil, věty o rovnováze zavěšených těles na páce, Archimedův šroub

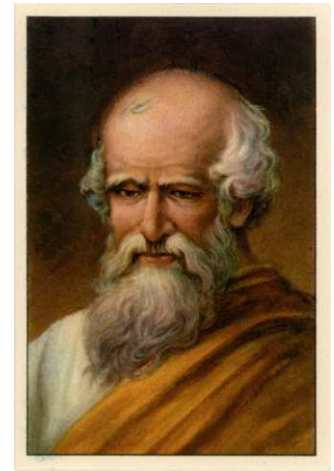
vycházel z neopisovaných pokusů, byl experimentátorem,
rovnováha na páce:

„souměřitelné veličiny jsou v rovnováze, jestliže délky na kterých jsou zavěšeny jsou v obráceném poměru k jejich tíhám“

O počtu písečných zrn - Psamittes (zachyceny astronomické úvahy Aristarcha ze Samu)

zabýval se rovněž astronomií - popis způsobu určování pozorovaného úhlového průměru Slunce

Archimédés



O měření kruhu

O rovnováze neboli těžištích rovinných obrazců vycházel z pojmu těžiště

„Dejte mi místo, kde bych mohl stanout, a pohnu Zemí“

O plovoucích tělesech

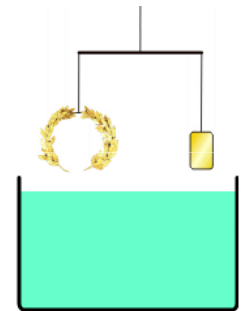
zkoumá podmínky rovnováhy v plovoucích a ponořených tělesech v závislosti na jejich hustotě a hustotě kapaliny

Archimedův zákon ... jezero Titicaca přesun kamenů, čluny z rákosu!

O počtu písečných zrn

Poselství Eratosthenovi - O metodě

matematika - obvod a obsah kruhu, objemy těles (koule)



Leukippos z Milétu 490 - 420

elejská filozofická škola, nekonečná dělitelnost látky, atomy dále již nedělitelné částice látky, v neustálém pohybu, *Velký systém světa, O myslí*



Leukippos ...,, *nepatrné, jednotlivé částice, které se liší pouze tvarem a polohou ...*“

atomy jsou charakterizovány uspořádáním, polohou, jsou v neustálém pohybu, k němuž musí existovat prázdno mezi nimi
- *vakuum*

prostor má své nejmenší možné oblasti, které už nemají části
- *anety* ... moderní fyzika, relace neurčitosti

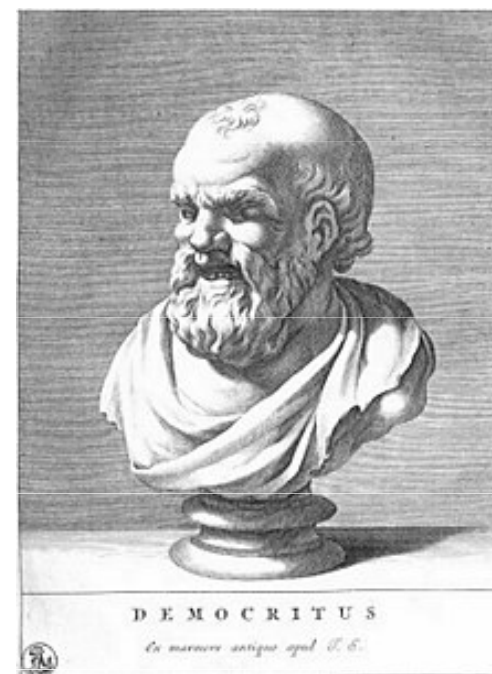
Démokritos 460 - 370

žák Leukippose

dále rozvinul atomismus, atomy v neustálém pohybu, probíhajícím podle nutnosti, předzvěst mechanického determinismu, atomy se spojují, vytvářejí struktury, jsou opatřeny „háčky“ - přitažlivé síly, atomy se pohybují v neomezeném prázdnu, jsou od sebe odděleny, liší se tvary, velikostí, polohou i pořádkem, vzájemně se dostihují, srážejí, odskakují, splétají

astronomie *„světy jsou nescíslné, liší se velikostí, vzdálenosti mezi nimi jsou nestejně, někde vznikají a jinde zanikají ...*

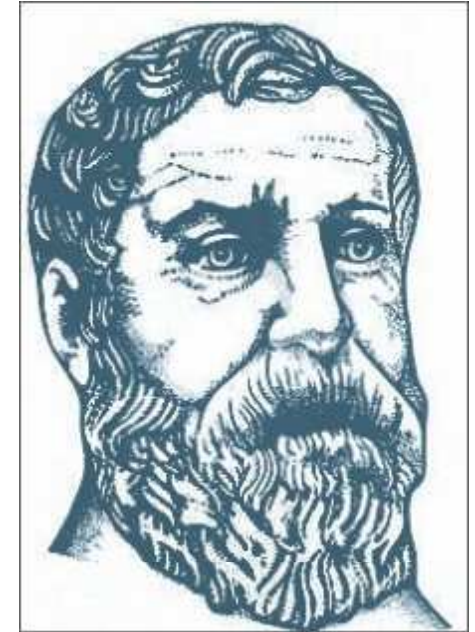
jednalo se o **filozofické spekulace, myšlenkové konstrukce**, vycházející z nedokonalých pozorování



Herón Alexandrijský 10 - 75

mechanik, optik, matematik, spisy *Mechanika*,
Herónova kniha o zvedání těžkých předmětů,

Heronova baňka, parní koule - aeolipila,
demonstrace reaktivního pohonu



Katoptrika - věda o odrazu paprsků od lesklých povrchů,
předformulace Fermatova principu: „*Pohybující se snaží
pohybovat po dráze, která je vzhledem k prostorové
vzdálenosti nejkratší, protože předmět nemá čas na pomalejší
pohyb*“ - **příroda je vždy úsporná**

Optika

vedle astronomie a matematiky jedna z nejstarších věd

společný pojem antické optiky a geometrie - *paprsek* ,
synonymum s geometrickým pojmem *přímka* ,
v současnosti *svazek přímek* = *svazek paprsků*

zákon přímočarého šíření světla v průhledných stejnorodých
prostředích, z něho vycházel

Tháles Milétský 624-545 př.n.l. určoval výšku předmětů z
délky jejich stínu, vzdálenost lodí na moři, výpočet zatmění
Slunce a Měsíce

Eukleidés 365-300?, spis **Katoptrika**, **zákon odrazu světla**,
ze symetrie mezi předmětem a jeho obrazem v rovinném
zrcadle

Arabské období

vznik nové kultury a vědy po druhém požáru Alexandrijské knihovny 640 n.l., vznik nových škol v Damašku, Bagdádu po řeckém vzoru, v dílčích případech pokrokové období

Fyzikové se zabývali mechanikou, optikou, astronomií

Al-Battání (Albategnius) 858 - 929, přesná pozorování,

astronomické tabulky, sklon ekliptiky **Nauka o hvězdách**

Alhazzen (Abú Alí al-Hasan) 965-1038 optik, výzkum lomu

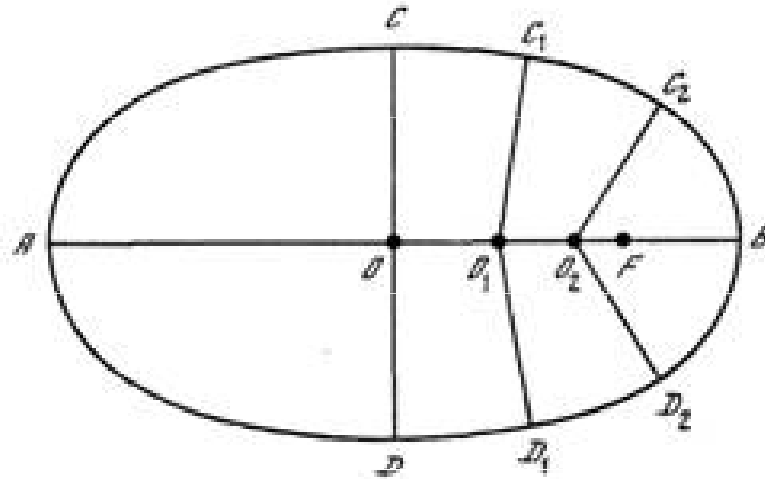
světla, astronomická refrakce: „*Hvězdy se zdají být na nebi posunuty, neboť látka nebeská je subtilnější než látka tvořící ovzduší a také průhlednější.*“

Al-Bíruní 973 - 1048, měření hustot kovů, drahokamů

Ulugh-Beg 1394 - 1449, velký zední kvadrant, přesná pozorování, katalog hvězd, přesné astronomické tabulky

Model dráhy Merkuru v Almagestu

- Swerdlow*: Ptolemaiova interpretace pohybu Merkuru empirická, numerické parametry dráhy odvozovány z pozorovacích údajů, **model dráhy - ovál s dvěma perigei nepřesvědčivý**



- zjednodušený modelový případ elipsy, Země ve středu elipsy O nikoliv v ohnisku F , perigea jsou body na konci malé poloosy C , D a apogea body na konci velké poloosy A , B . Budeme hypoteticky posouvat Zemi z bodu O k ohnisku elipsy F . Současně se budou perigea pohybovat na stejnou stranu, do poloh C_1 , D_1 , C_2 , D_2 atd. až dosáhnou bodu B skutečného perigea, nejbližšího ohnisku F , v kterém bude Země.

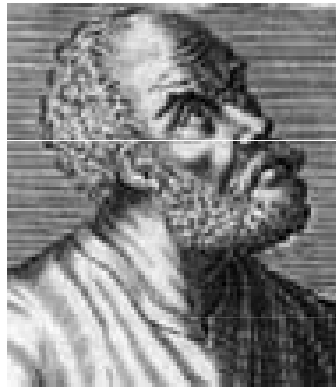
* Swerdlow, N. M.: Ptolemy's theory of the inferior planets. JHA **20**, (1989), p. 29.

Kritika modelu pohybu Merkuru v arabské kultuře



Ibn al-Haytham - Alhazen (965 - 1040)

Shukūk^c alā Batlamyūs - pochybnosti o Ptolemaiově teorii, *fāsīd* - chybná metoda určení parametrů dráhy Merkuru



Jābir Ibn Aflash (1100 - 1160)

Iṣlāh al-Majistī - kritika modelu dráhy Merkuru, vhodná pozorování *mukhtār*, odlišná hodnota pozorované polohy apogea až o 30 °



Ibn al-Zarqālluh (1029 - 1087)

deferent dráhy Merkuru - qaṭc nāqīṣ - elipsa

Arabský model pohybu Merkuru

Nasir al Din al - Tusi (1201 - 1274)

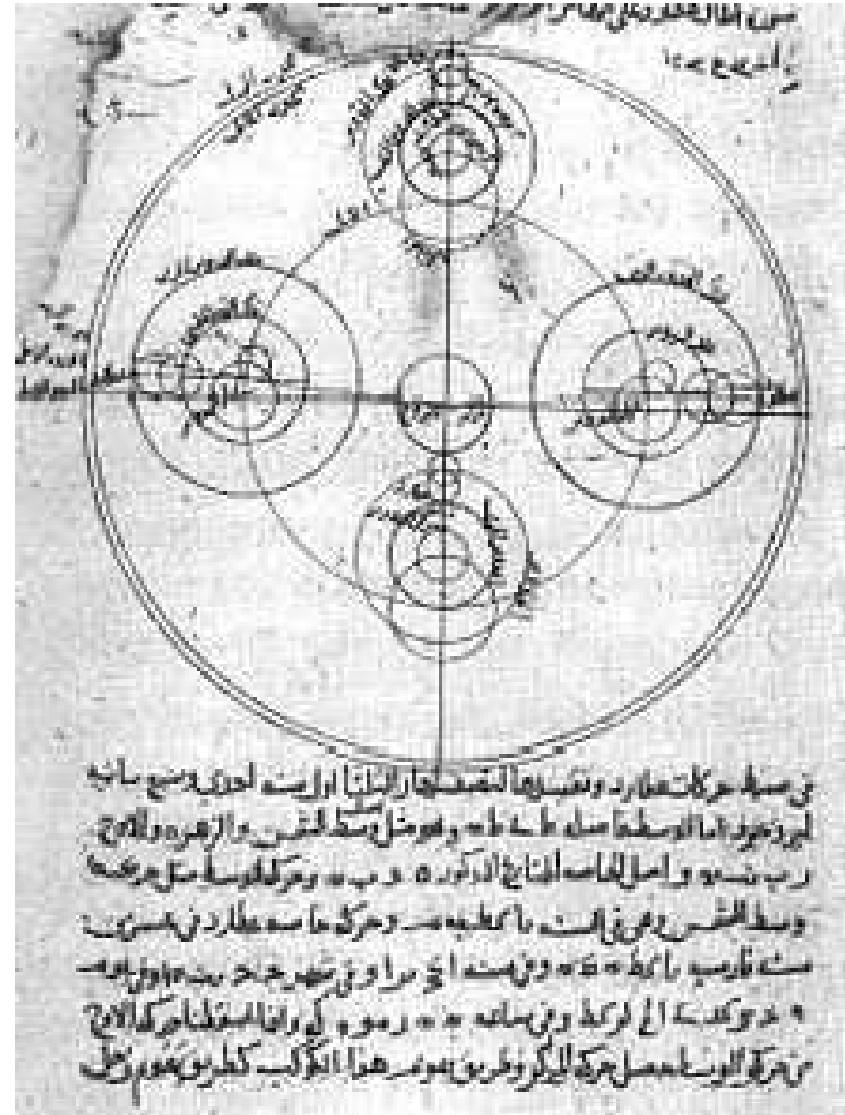
Ibn - al - Šátir (1304 - 1375)

Model pohybu Merkuru Koperníka
má arabské kořeny.

* Kennedy, E.S., Roberts, V.:

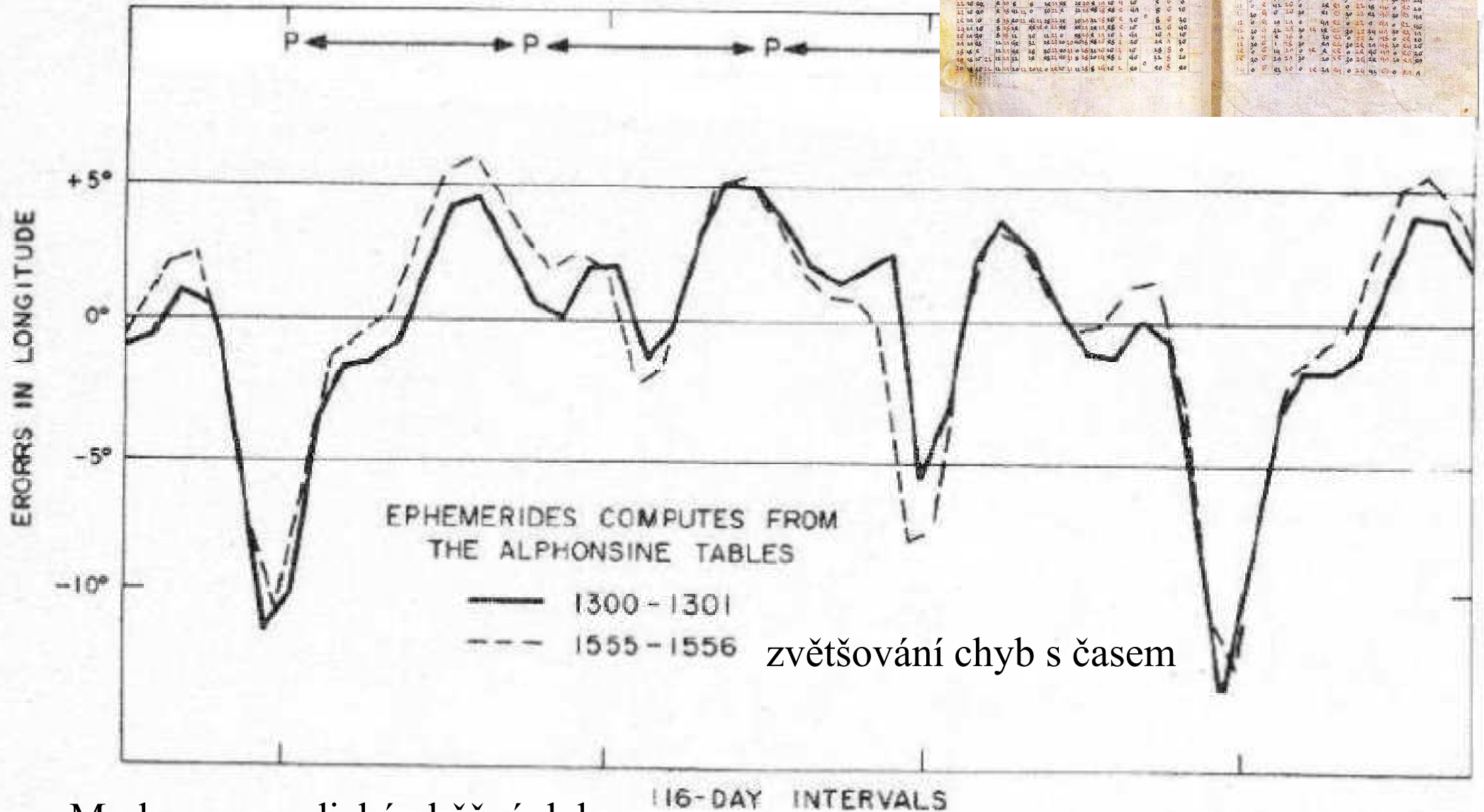
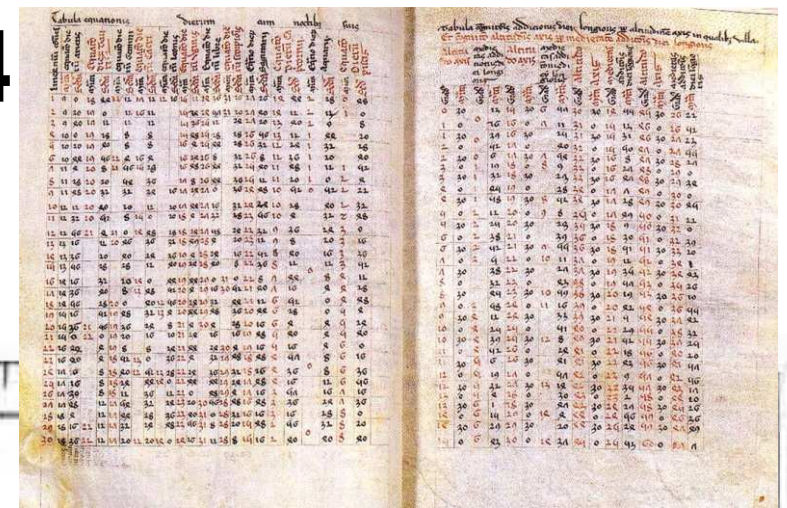
The Planetary Theory of Ibn al-Shátir.

Isis **50**, (1959), No. 3, p. 227.



Alfonsinské tabulky \approx r. 1284

Alfons X. - Moudrý



Merkur - synodická oběžná doba

Středověk

vznik univerzit Boloňa 1088, Padova 1212, Oxford 1229, Cambridge 1209, Neapol 1224, Řím 1303, Paříž 1215

scholastika, (*scholastik -učený*), vychází z Aristotela, výklad jevů, vlastností těles - *tajemné síly*, skryté, temné, jejich podstata nemůže být objasněna, např. magnetovec

astrologie, alchymie



teorie *impetus*, **Jean Buridan** 1300-1358, vytvořil nauku o pohybu, započatý pohyb tělesa pokračuje setrvačností, těleso si nese svůj vložený pohyb, **impetus** - jakýsi původní impuls, chápán jako součin rychlosti a množství hmoty tělesa, padající kámen shromažďuje impetus, zatímco u pohybujících se vod v důsledku tření se zmenšuje, impetus používal i Kepler...

Renaissance



Leonardo da Vinci 1452 - 1519

proti scholastice, důležitá praxe, jediným **zdrojem poznání je pokus**, formuloval principy experimentální metody: „*Dříve než vyvodíš ze speciálního případu obecný zákon, zopakuj pokus 2krát či 3krát a zkoumej, vyvolávají-li vždy stejné pokusy stejné následky.*“

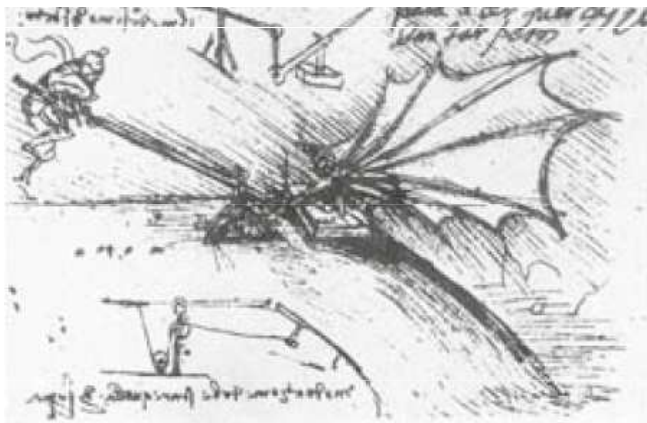
Vyvození závěrů, obecných zákonů, musí být dále prověřováno dalšími pokusy, které jsou kritériem poznání
Řešil technické problémy, statiky, studoval podmínky rovnováhy na páce, pohyb po nakloněné rovině, stanovil částečné zákonitosti rovnováhy či jednoduchých pohybů těles, vojenská zařízení - tank, kulomet

Optika zákony perspektivy, vlastnosti lidského oka

Leonardo da Vinci

64 sepsaných spisů, umělec, inženýr, vědec, pozorování, experimenty, anatomické poznámky, různá stádia letu ptáků, odpor vzduchu, vzdušné proudy → létající mechanismy...

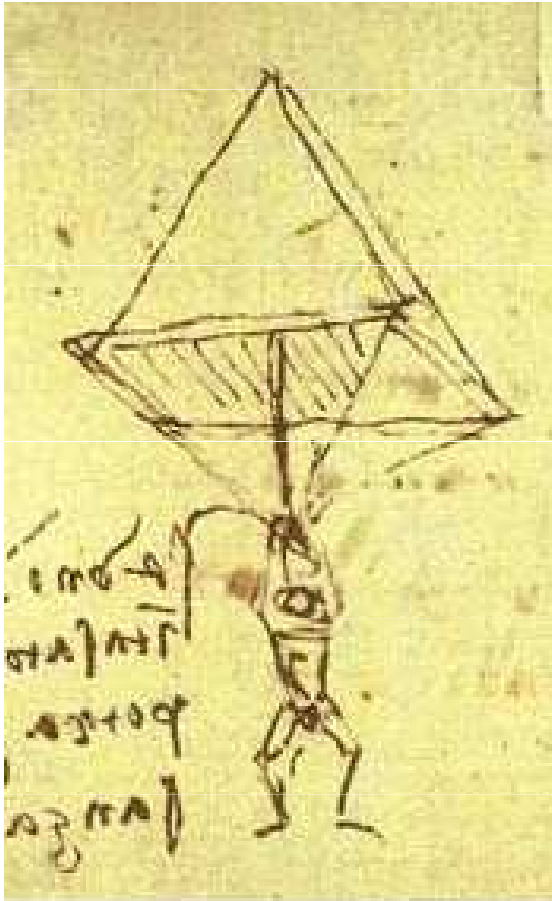
formuloval plán výzkumu: *Chceš-li mluvit o této problematice, musíš na začátku vymezit charakter odporu vzduchu, pak stavbu těla ptáka a jeho opeření. Třetím úkolem je výzkum vlivu opeření na různé pohyby a čtvrtým úkolem je poznat úlohu křídel a ocasu pro let.*



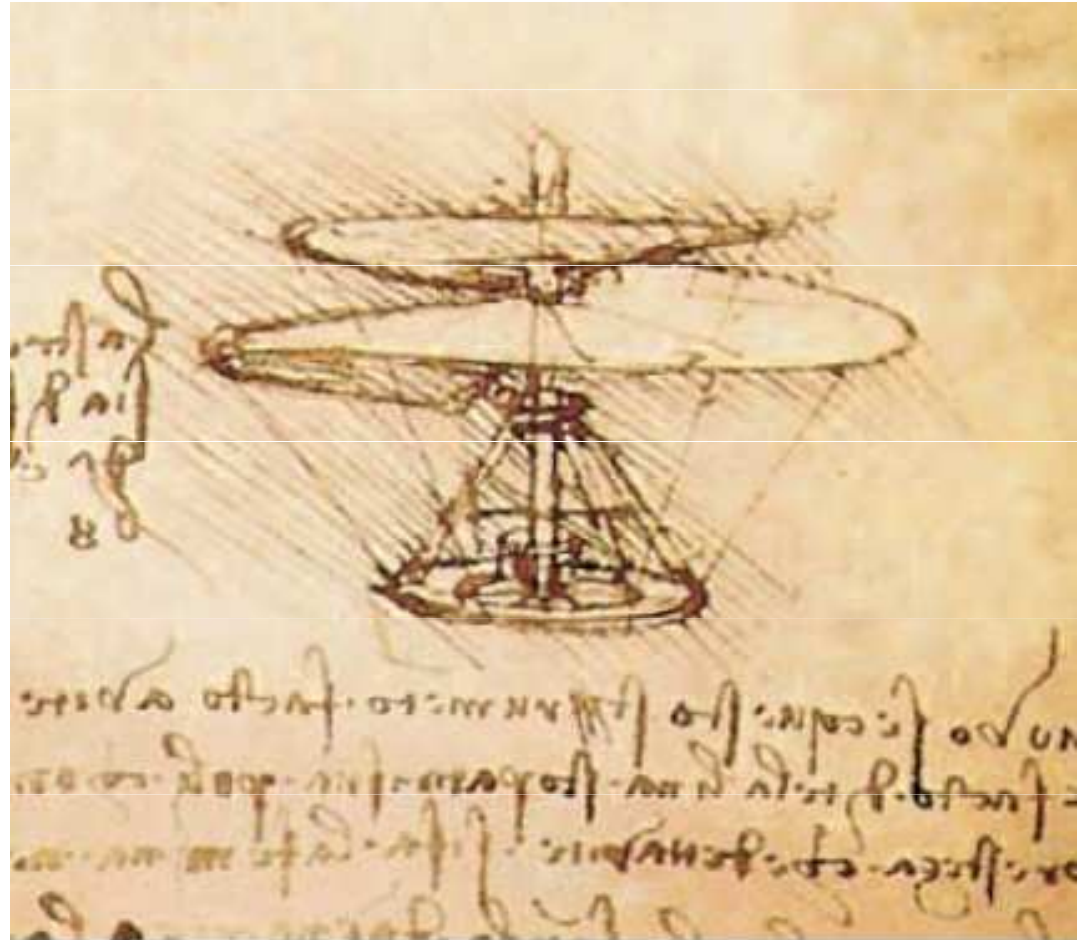
Leonardo poprvé přišel s poznáním, že vzduch má váhu; dlouho před Torricellim a Pascalem poznal, že existuje atmosférický tlak a jeho změny.

Leonardo da Vinci

létající mechanismy



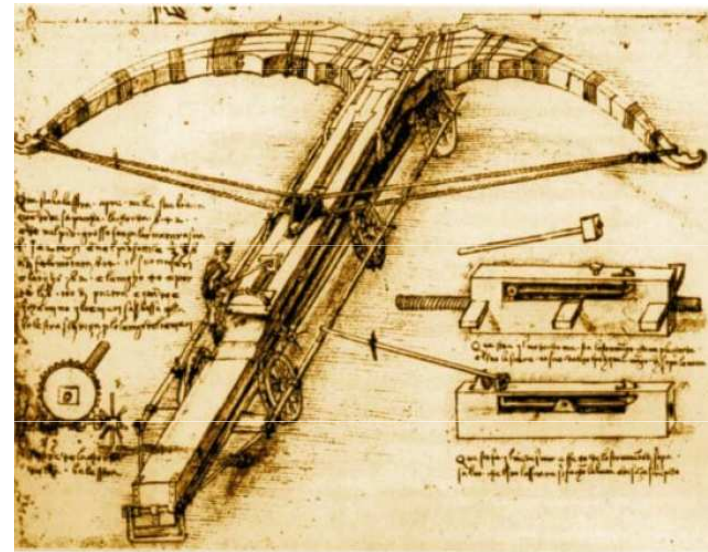
Leonardo da Vinci: Padák.



Leonardo da Vinci: Vrtulník.

Leonardo da Vinci

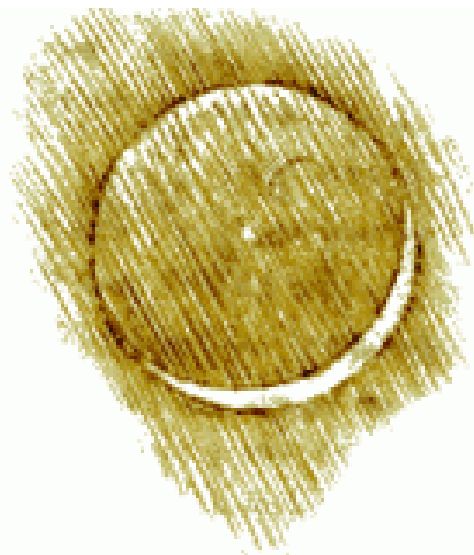
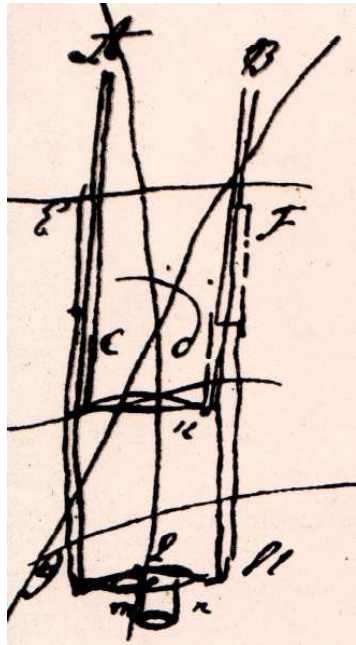
hydrotechnická studia, zejména v raném období, experimentální zkoumání proudících kapalin a hydrostatických jevů, meliorace močálů, vodní stavby, regulace toků, jeřáby, vodní bagry, kolečkové nakladače, vodní kola, pumpy, keson pro práci pod vodou, zdymadlová vrata, zavírající se do tupého úhlu proti tlaku vody, aby tlak vody na straně přítoků zamezil jejich propustnosti a stále více je svíral...



Leonardo da Vinci: Gigantický samostřil na kolech.

Leonardo da Vinci

Jako první vyložil **popelavý svit Měsíce**: „*Měsíc je neprůhledné a pevné těleso, nemá světlo sám od sebe, Slunce osvětluje takovou jeho část, jakou vidí. Z této zářící části vidíme tolik, kolik ona vidí z nás. A jeho noc přijímá tolik záře, kolik mu propůjčují naše vodstva tím, že mu odrážejí obraz Slunce, který se zrcadlí ve všech vodách, jež vidí Slunce a tmu.*“



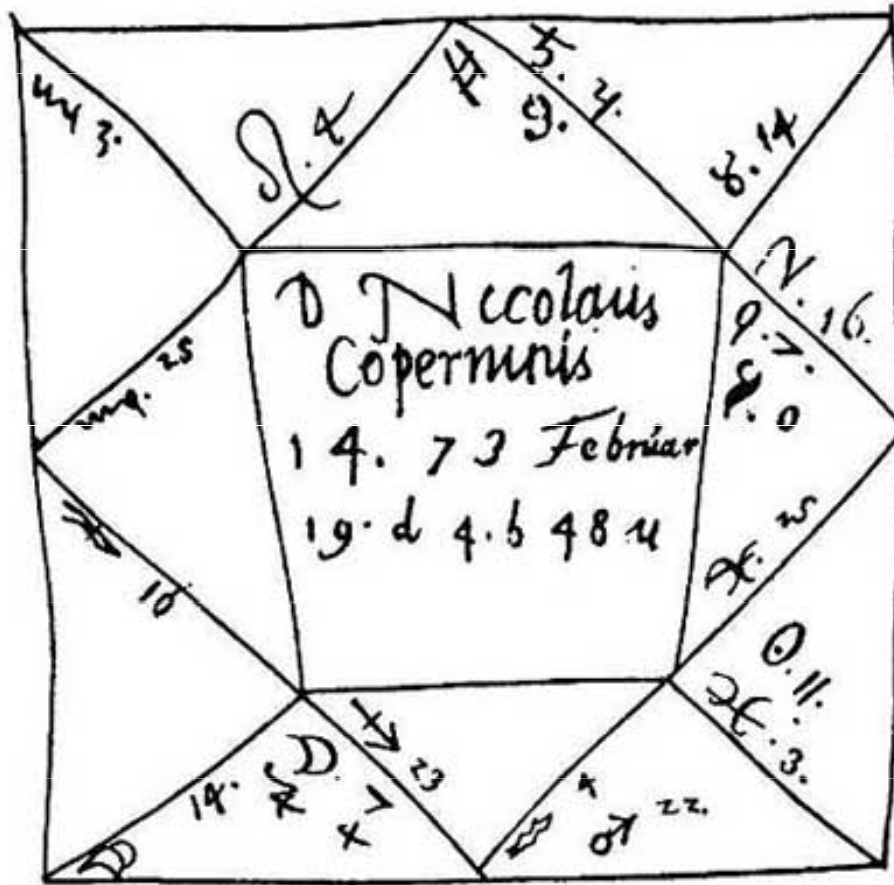
Mikuláš Koperník 1473 - 1543



J. Grygar:

„největším astronomickým objevem tisíciletí je skoro určitě heliocentrická soustava Mikuláše Koperníka“

Mikuláš Koperník - lékař, právník, kanovník, matematik, finčník, **astronom**



Horoskop Mikolája Kopernika nieznanego autora.

**horoskop: „vynikající
filozof, matematik, kacír,
falešný věštec, svůdce
žen“**

**životopis, vypracování
J. Retik, J. Schöner**

Koperníkova studia – Polsko, Itálie

Krakov: 1491 - 1495

Alfonsinské tabulky

Bologna, Řím: 1496 - 1501

**D. M. Novara - pozorování
zákrytu Aldebarana Měsícem,
konjunkce Saturnu s Měsícem,
kritika Ptolemaiovy teorie
pohybu Měsíce**

Padova, Ferrara: 1501 - 1503

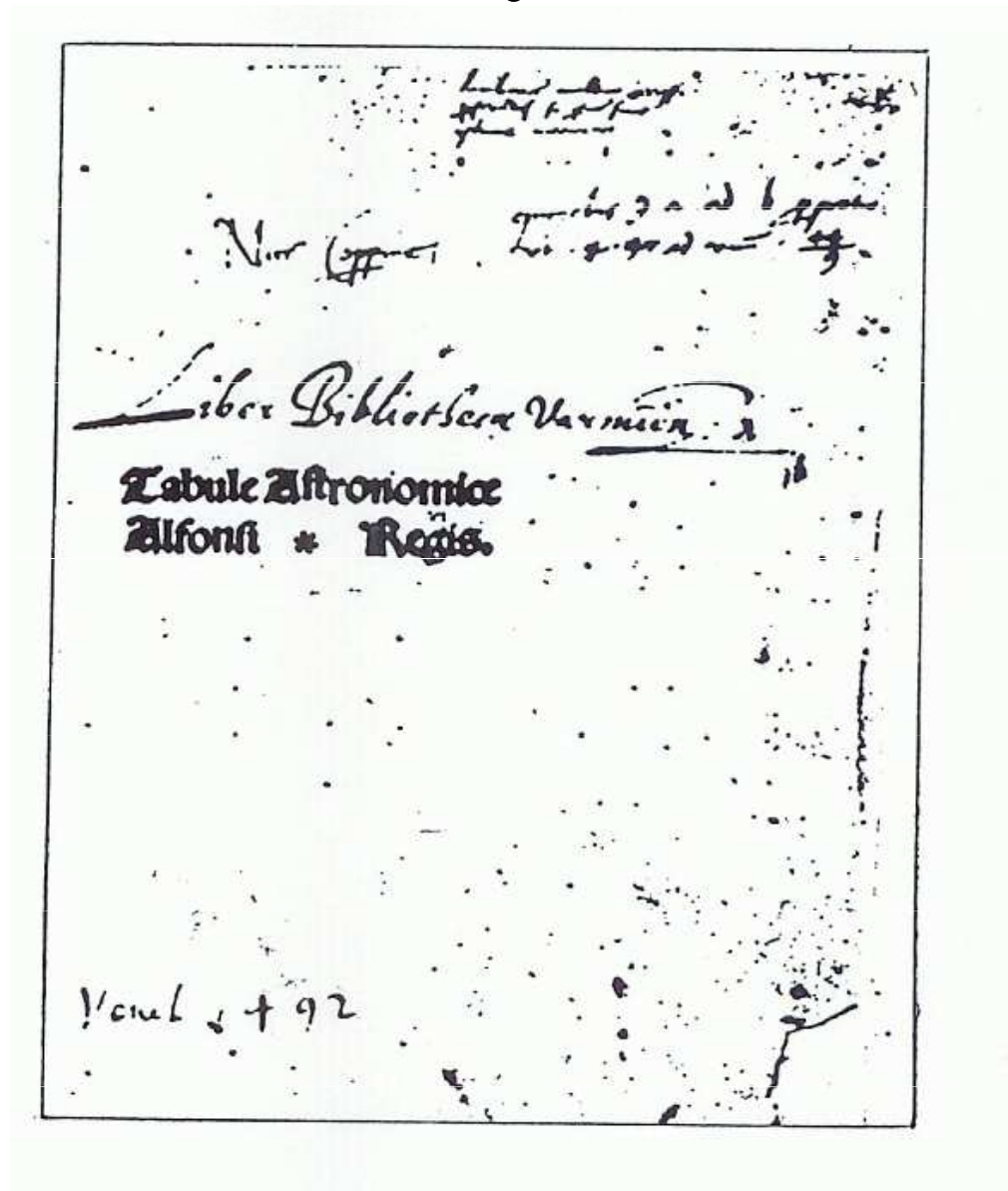
**licenciát lékařství, doktor
kanonického práva**

heliocentrická myšlenka



Z knihovny Koperníka

Alfonsinské tabulky sestavené r. 1252



Koperník - warmijský kanovník 1510 - 1543



pozorovací věž
Koperníka

katedrála
Panny Marie



Warmijský kanovník - svědce žen

- r. 1535, Anna dcera zlatníka M. Schillinga - nastěhování do kurie Koperníka ve Fromborku, vedla domácnost, důvěrnice, udání biskupu Dantyszkovi → r. 1538 srpen dopis, Anna se odstěhovala do městečka, r. 1540 duben výhružný **dopis s instrukcí, jak se zbavit nemravné ženy**, Anna Schillingová nucena opustit Frombork



Koperník samotářem, s pocití promarnění života v: *...,in remotissimo angulo terrae - v nejvzdálenějším zákoutí světa.*“ x Kepler v Praze
Další optimismus - **Georg Joachim Rhaeticus - Jiří Retik (1514-1574)**
protestant, matematik, +nové knihy, květen r. 1539, doplnění a úpravy
Oběhů, diskuse a konzultace, podzim r.1541 přepsaný manuskript
Oběhů → Wittemberk, Koperník r. 1542 prosinec, mozková mrtvice,
neopouští kurii, na jaře Oběhy ve Fromborku, **květen r. 1543 úmrtí**

Byl Aristarchos Koperníkem antiky nebo Koperník Aristarchem pozdní renesance?*

*„že Philolaos předpokládal pohyb
Země a že stejný názor podle
některých měl i Aristarchos ze Samu“*

circubans aut centri et declinationis annas revolutiones
opoteret
obliquitate
sub stellam suam sphaera haud quaquam primum: sed cum mo-
a ptolemaeo qui ad nos usque partem praeferat: sed
iam anticipant. Quae ob causam crediderunt alia stellarum quae
fixarum sphaera moveri: quibus idcirco nona sphaera superior
placuit: quae dum non sufficeret, nunc recentiores decima supradit
medum tantum esse asserunt: quae speramus ex motu terrae nos
consecuturos. Quo tamquam principio et hypothesis utemur i
demonstrationibus aliorum. Et si futurum Solis lanquam cursum
T immobilitate quae terrae demonstrari posse: in ceteris vero
causis Philolaum movitatem terrae sensisse: quod etiam nonnulli
Aristarchum sanum ferunt in eadem fuisse sententia. non illa
ratione moti: quae allegat reprobataque Aristoteles. Sed cum
talia sint: quae nisi acri ingenio et diligenter distinnere co-
phendi non possent: latuisse tunc plurimum Philadelphos: et fu-
isse admodum paucos: qui eo per siderarum motum calluerit
ratione, a Platone non taceatur. At si Philolaos vel cuius
pythagorico intellecta fuerint: verisimile tantum est ad po-
posteros non profudisse. Erat enim pythagoricos obsequium
non tradere his: nec plaudere omnibus arcanae philosophiae.
Sed amicorum duntaxat et propinquorum fidei committere
at per manus tradere. Cuius rei monumentum extat
Lyfides ad Hipparchum epistola: quae ob memoratas sententias
et ut appareat, quae preciosa penes se habuerit philosophiam
placuit hinc inferre: atque hinc primo libro per ipsam in-
ponere sine. Est ergo exemplum epistolae: quod e graeco
vertimus hoc modo. *Lyfide Hipparcho salutem*
Post excessum Pythagorae: nunquam mihi profudisse futuram
ut sacras discipulorum eius divulgeretur. Postquam autem
praeter spem, totum naufragio facto alius alio delati
dyscolus sumus, qui tantum est dimorari illius prop-
torum meminisse: neque communitate philosophiae bona, usque neque
animi purificationem sermaverunt. Non enim deum ad
percurrere omnibus: quae tantus laboribus sumus conse-
culi. Quae admodum neque, Eleusinarum deorum arcana pro-
phanis hominibus licet patefacere: praeterquam enim in qui

v manuskriptu: Aristarchos
zmiňován 6krát, 3krát šlo o
chybnou interpretaci
Archusianus - Eratosthenes
vše vyškrtáno

Koperník x Aristarchos, působil
před Hipparchem, Ptolemaiem,
Koperník k dispozici pozorování
navíc $\approx 2\ 000$ roků \rightarrow průkaznost
astronomických jevů

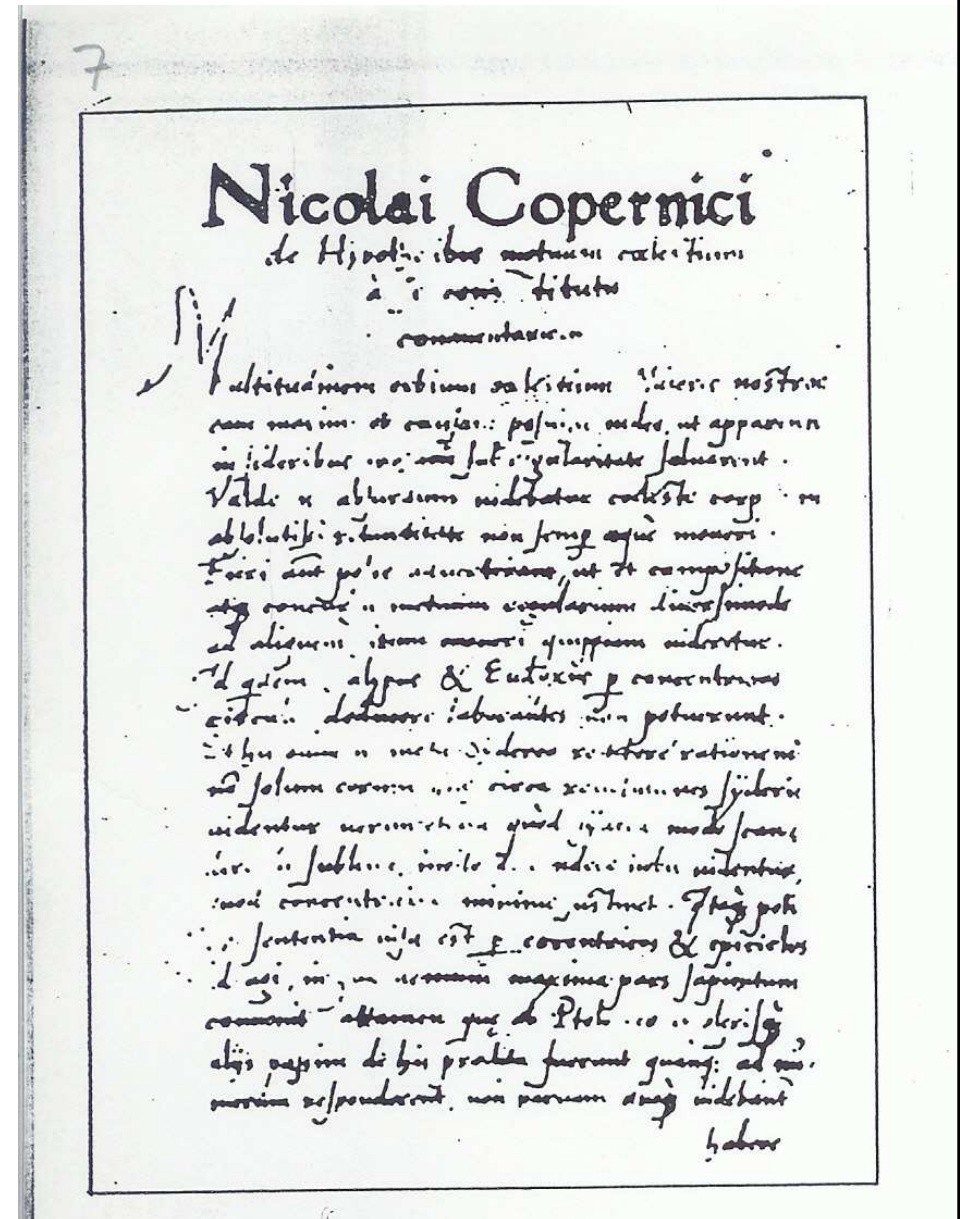
*Gingerich: „spíše platí první“

Malý komentář ~ r. 1509

Nicolai Copernici de
hypothesibus motuum
caelestium a se constitutis
commentariolus

Mikuláše Koperníka
malý komentář o jím
vypracovaných
hypotézách nebeských
pohybů

Commentariolus -
Malý komentář



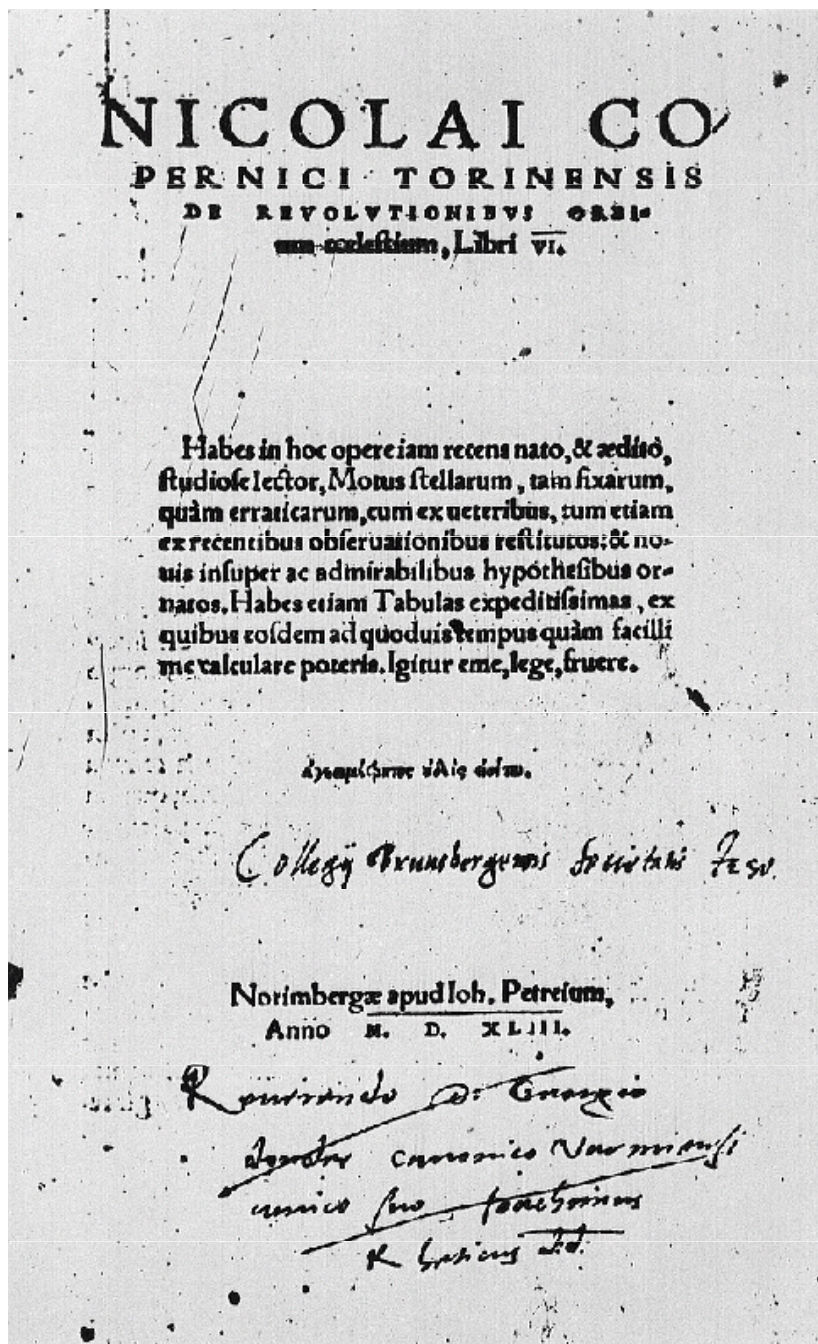
Principy heliocentrismu

- 1. Není jednoho bodu, který by byl středem všech nebeských drah nebo sfér.*
- 2. Střed Země není středem světa, je pouze středem tíže a středem měsíční dráhy.*
- 3. Všechny sféry obíhají kolem Slunce jako svého středu, proto je Slunce položeno v blízkosti středu světa.*
- 4. Vzdálenost Země od Slunce je nepatrná ve srovnání s velikostí nebeské klenby. Změna polohy pozorovatele, způsobená ročním pohybem Země kolem Slunce, působí zdánlivé posouvání hvězd. Je však příliš malá vzhledem k nesmírné vzdálenosti nebeské klenby, aby takový pohyb mohl být pozorován.*

Principy heliocentrismu

5. *Všechny pohyby, které pozorujeme na hvězdné obloze vznikají z pohybu Země. To totiž ona spolu s nejbližšími živly - vodou a vzduchem - se otáčí denně kolem nehybných pólů. Hvězdná obloha je nepohyblivá.*
6. *Vše, co se zdá být pohybem Slunce, nepochází z jeho pohybu, ale z pohybu Země a její sféry. Země obíhá kolem Slunce tak jako každá jiná planeta. Země vykonává zároveň několik různých pohybů.*
7. *Přímý i zpětný pohyb planet není jejich vlastním pohybem, ale klamem vznikajícím při pohybu Země. Její pohyb dostačuje k výkladu mnoha jevů na obloze. Matematické důkazy, které jsou předurčeny pro velké knihy (maiori volumini destinatas)...*

O oběžích nebeských sfér r. 1543

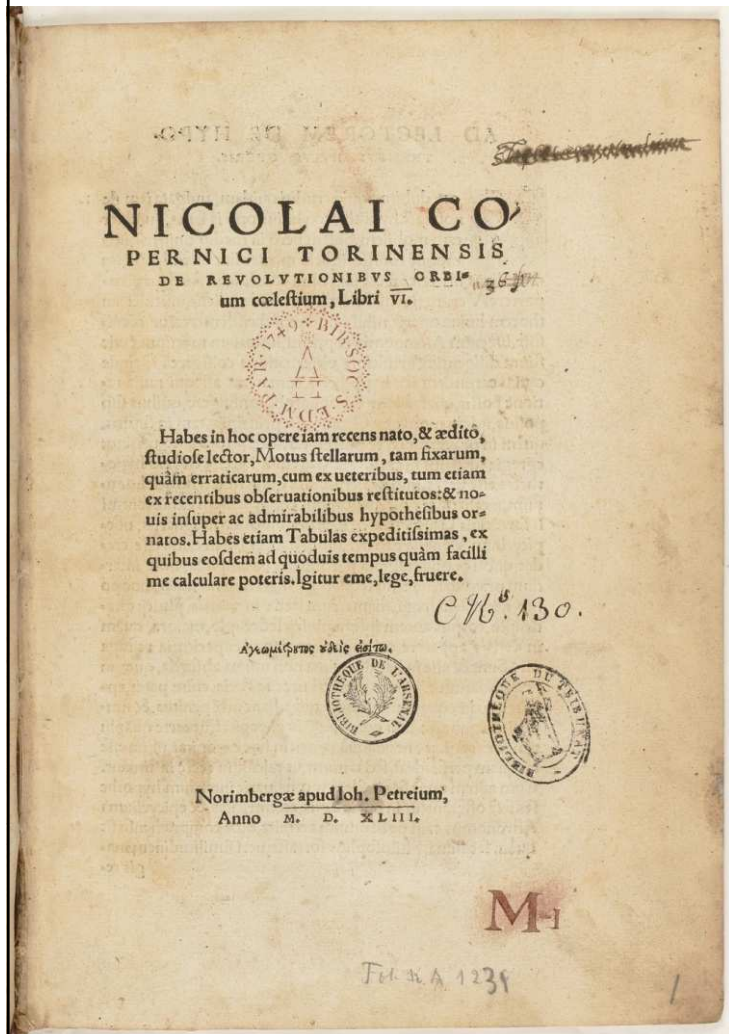


**Nicolai Copernici Torinensis
De Revolutionibus Orbium
coelestium Libri sex**

**Mikuláše Koperníka
Toruňského šest knih o
oběžích nebeských sfér**

**500 kopií – I. vydání, známo 277,
Olomouc, Praha – 2 knihy
600 kopií – II. vydání, známo 324,
Brno, Český Krumlov**

Nicolai Copernici Torinensis: De Revolutionibus Orbium coelestium Libri sex r. 1543



dedikace Mikuláše Koperníka
papeži Pavlu III. (1468 - 1549)

předmluva Andrese Osiandera (1498 - 1552)
- O hypotézách díla

dopis kardinála Mikuláše Schönberga
(1472 - 1537) - výzva k zveřejnění
heliocentrické teorie

Mikuláše Koperníka Toruňského šest knih o oběžích nebeských sfér r. 1543

paradox - spis katolického kanovníka
s anonymní předmlouvou protestanského
kazatele ?!

Andreas Osiandera: **heliocentrická
koncepce** → **hypotéza**, tehdejší představy
- astronomie nedokáže pravdivě a kauzálně
vyložit nebeské jevy, pracuje pouze s
hypotézami, není nutné, aby byly pravdivé,
postačuje shoda výpočtu s pozorováním,
identifikace autora předmluvy →

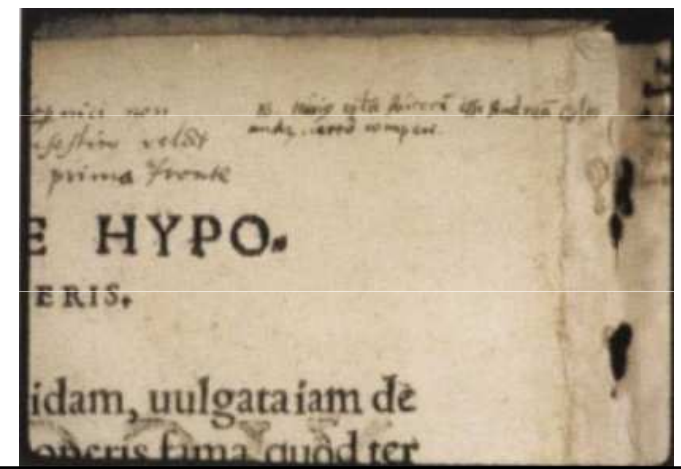
Michael Maestlin:
r. 1570: „*Jsem si
jist, že autorem
předmluvy je....*“

NICOLAI COPERNICI TORINENSIS
DE REVOLUTIONIBVS ORBI-
um caelestium, Libri vi.

Habes in hoc opere iam recens nato, & edito,
studiose lector, Motus stellarum, tam fixarum,
quam erraticarum, cum ex veteribus, tum etiam
ex recentibus observationibus restitutos: & no-
uis insuper ac admirabilibus hypothesebus or-
natos. Habes etiam Tabulas expeditissimas, ex
quibus eisdem ad quoduis tempus quam facillime
calculare poteris. Igitur eme, lege, fructe.

Αναπόστολος Νάγιος

Norimbergae apud Ioh. Petreium,
Anno M. D. XLIII.



Předmluva Andrease Osiandera

Ke čtenáři o hypotézách tohoto díla

„Protože se již rozšířila pověst o novosti tohoto díla, které prohlašuje Zemi za pohyblivou a Slunce za nepohyblivé uprostřed vesmíru, nepochybuji o tom, že někteří vzdělanci tím budou krajně pohoršeni a budou soudit, že se nesluší vnášet zmatky do svobodných umění...“

„Astronomovi totiž přísluší pilným a dokonalým pozorováním zachycovat průběh nebeských pohybů... vytvářet a vymýšlet libovolné příčiny čili hypotézy...“

„Vůbec není nutné, aby tyto hypotézy byly pravdivé či dokonce jen pravděpodobné, ale stačí to jediné, že dávají výpočet shodný s pozorováním...“

„Je totiž dostatečně zřejmé, že tato věda zcela prostě vůbec nepozná příčiny pozorovaných nerovnoměrných pohybů...“

Osiander - zachránit jevy (*sozein ta fainomena*), interpretační instrukce

Andreas Osiander

dopis Koperník → Osiander 1.7.1540 ☺,

dopis Osiandera Koperníkovi ze dne 20.4.1541

*„Pokud jde o hypotézy, byl jsem vždy přesvědčen, že nepředstavují
článek víry, ale fundament pro výpočty, takže nezáleží na tom, že i když
jsou chybné, odpovídají přesně jevům - fainomena, tj. nebeským jevům.
Kdo totiž může s jistotou říci, jestli se nestejnoměrný pohyb Slunce
odehrává s pomocí epicyklu nebo excentrického kruhu, protože, pokud
sledujeme hypotézy Ptolemaia, možné je obojí? Proto se zdá žádoucí,
abys o tom něco napsal do předmluvy. Tímto způsobem je totiž učiníš
více přívětivější pro aristoteliky a teology, jejichž odporu se obáváš.“*

Nobis, H. M., Folkerts, M.: *Nicolaus Copernicus Gesamtausgabe*.
Akademie Verlag GmbH, Berlin 1994. Band VI/1.

proč nepodepsal, nezmínil souhlas Koperníka?

Z. Horský: „neblahý zásah, podvrh“...

K terminologii De Revolutionibus Orbium coelestium

Původní název zřejmě pouze **De Revolutionibus**

Koperník - středověká latinská terminologie, nedůslednost používání, více termínů pro jednu skutečnost, neexistence jednoznačného jazyka *De Revolutionibus*, polsky *O obrotach*, česky *O oběžích*

Koperník = rotační pohyb tělesa kolem osy + postupný kruhový pohyb kolem určitého středu, v jeho době nebyly tyto pojmy definovány, tím spíše rozlišovány. Druhý pojem *orbium* vyžaduje zpřesnění. V textu Koperník píše *orbis vel sphaera*, tedy svět nebo sféra, termín *orbis* chápe jako *sféru*. Z další ukázky „*orbes, quibus sidera feruntur errantia*“, česky „*sféry, kterými jsou planety nesené*“, je zřejmé, že planeta je sférou v jeho konstrukci unášena.

- *orbis - sphaera* (kruh – sféra) uvádí do pohybu planetu na ní upevněnou

Koperník **nezaujímá stanovisko o fyzikální podstatě sfér**, nelze zjednodušit, že je pokládá za materiální...

po Koperníkovi až Kepler r. 1609 *Astronomia Nova* → **orbita**

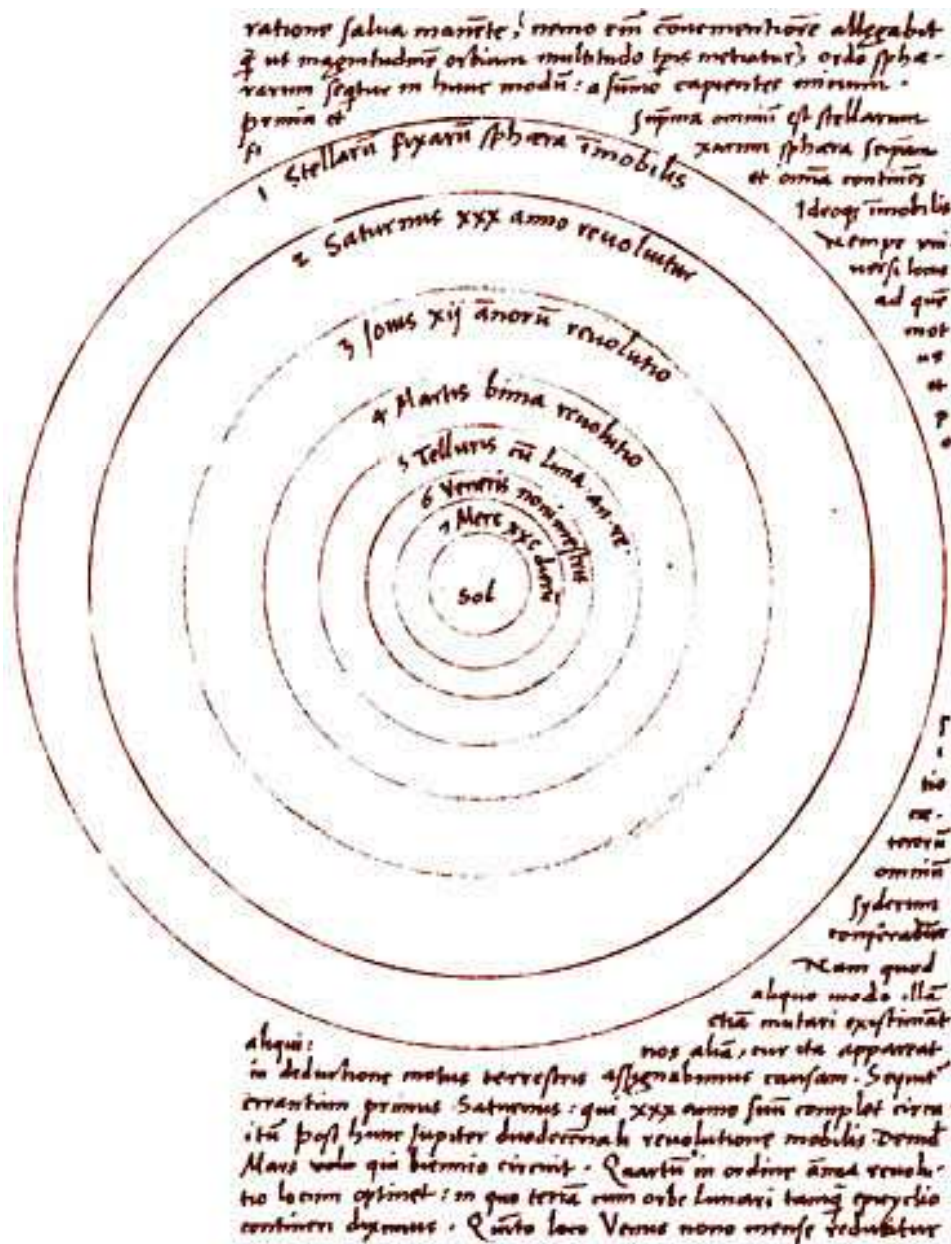
Schéma sluneční soustavy

De Revolutionibus, polsky
O obrotach, česky *O oběžích*

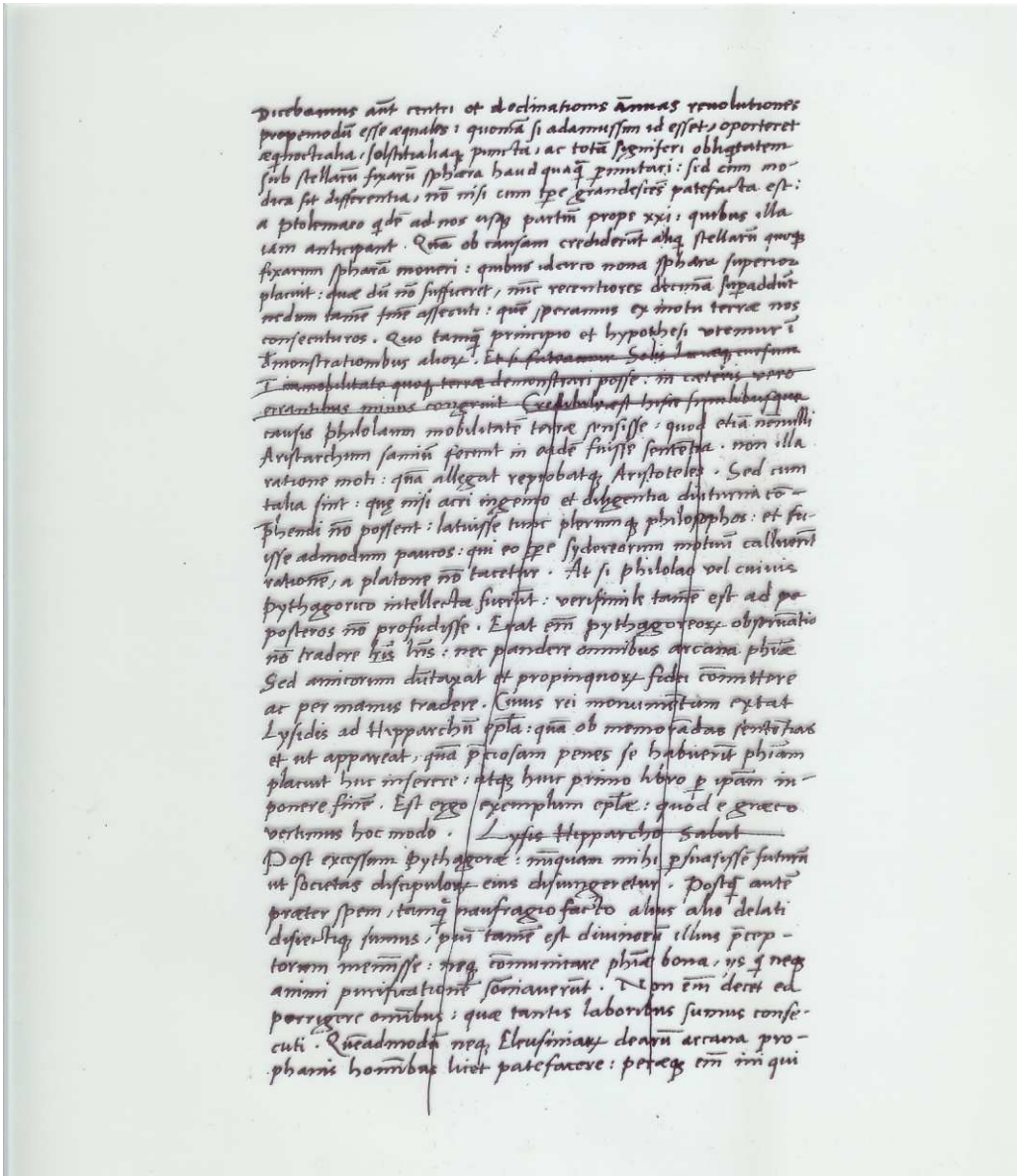
„sféry, kterými jsou
planety nesené“

„heliocentrický model“
co je středem Sluneční
soustavy?

střed dráhy Země je
středem planetárních drah



Byl Aristarchos Koperníkem antiky nebo Koperník Aristarchem pozdní renesance?



„Philolaos věřil v pohyb Země a někteří dokonce říkají, že Aristarchos ze Samu byl téhož názoru.“

Aristarchos zmiňován
6krát, 3krát šlo o
chybnou interpretaci
Archusianus –
Eratosthenes

Oběhy

Obsah - VI. knih: Země, Slunce, hvězdy, Měsíc, planety

I. kniha

*„A tak já při tom uspořádání pohybů, které Zemi dále ve svém díle připisuji, jsem konečně po mnohém a dlouhém pozorování shledal, že **jestliže se pohyby ostatních planet přenesou na oběh Země a to se stane základem pro oběh kterékoli planety, nejen že tak vyjdou jejich zdánlivé pohyby, ale i pořadí a velikosti všech planet a sfér a celé nebe se tak dokonale navzájem propojí, že v žádné jeho části není možno cokoliv přemístit, aniž by se uvedly v nepořádek všechny ostatní části a celý svět.**“*

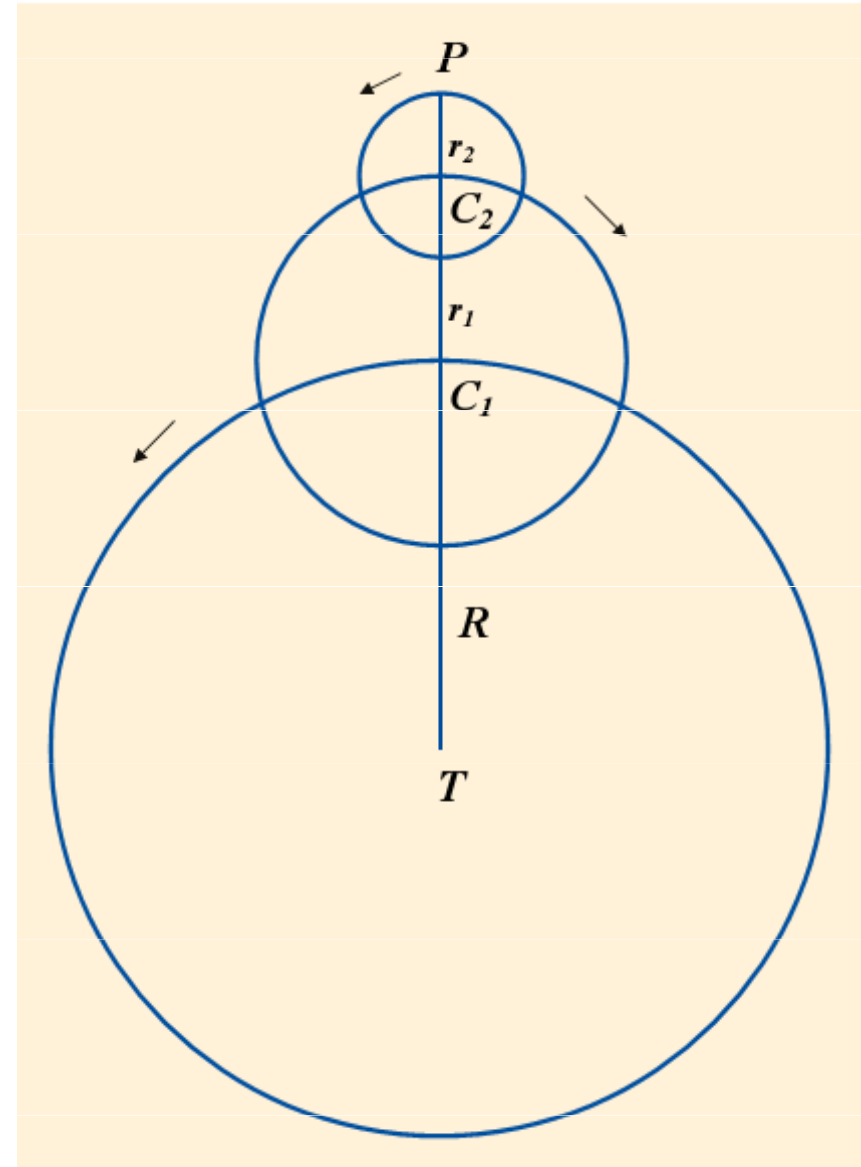
kinematický princip relativity

Pohyb Měsíce

Ibn - al - Šátir 1304 - 1376

**poměr poloměrů epicyklů
1 097 : 237 = 4,63 : 1**

**změna poměru vzdáleností
v apogeiu a perigeiu 4 : 3**

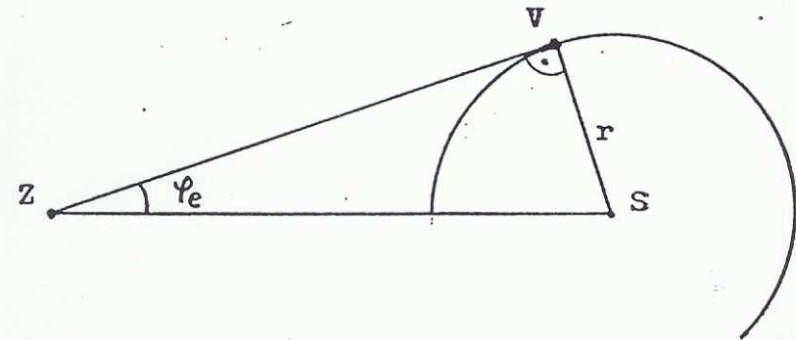


Relativní vzdálenosti ve Sluneční soustavě

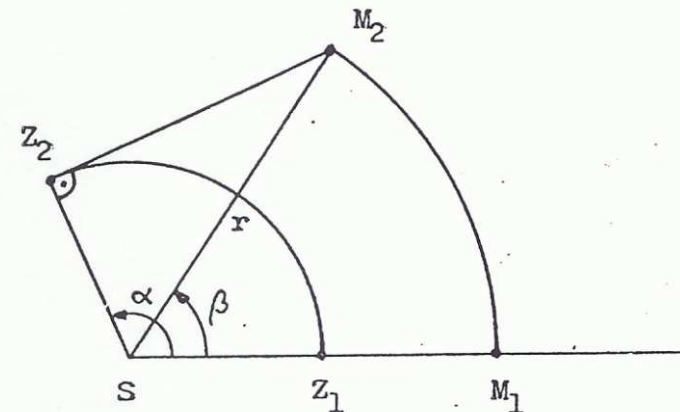
$$r = SZ \sin \varphi_e$$

$$r = \frac{1}{\cos(\alpha - \beta)}$$

	Koperník	s. astr.
Merkur	0,3953	0,3871
Venuše	0,7193	0,7233
Země	1,0000	1,0000
Mars	1,5198	1,5237
Jupiter	5,2192	5,2028
Saturn	9,3213	9,5389



Určování relativní vzdálenosti Venuše od Slunce



Určování relativní vzdálenosti Marsu od Slunce

Teorie pohybu Merkuru v Oběžích

Oběhy, dvacátá osmá kapitola: *Z jakého důvodu se odchylky Merkuru v blízkosti hexagonálních aspektů jeví větší než v blízkosti perigea.*

V současné interpretaci $\angle eif = \angle aie - \angle aif = 116^\circ 13' - 60^\circ = 56^\circ 13'$, připomínáme, že $\angle aif = 180^\circ - \angle bif = 180^\circ - 120^\circ = 60^\circ$.

Výpočet $\angle fei$, známe $if = 212$, $ei = 9\,655$, $\angle eif = 56^\circ 13'$.

Z kosinové věty vypočteme $ef^2 = if^2 + ei^2 - 2 \cdot if \cdot ei \cdot \cos \angle eif = 90987640.16 \rightarrow ef = 9\,538.7$ (**Koperník uvádí 9 540**).

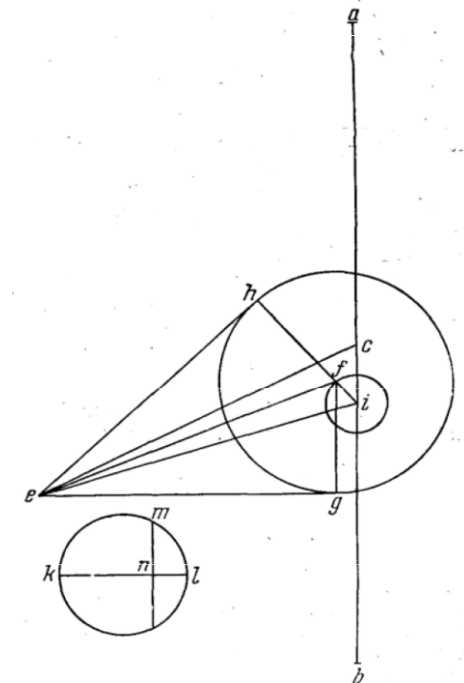
Prostřednictvím

sinové věty

$$\frac{if}{\sin \angle fei} = \frac{ef}{\sin \angle eif}$$

$\rightarrow \sin \angle fei \rightarrow \angle fei =$

$1^\circ 3' 36''$, Koperník = $1^\circ 4'$.



Doplňená pozorování Merkuru v Oběžích

V páté knize v třicáté kapitole **O novějších pozorováních pohybu Merkuru** Koperník uvádí: *„Tuto cestu ke zkoumání pohybu Merkuru nám ukázali staří filozofové, kteří měli k dispozici jasnější oblohu, protože Nil (jak uvádějí) nezpůsobuje takové mlhy jako u nás Visla. Nám v drsnější krajině příroda odepřela tuto výhodu, neboť u nás je klidné ovzduší vzácnější a navíc pro značný sklon sféry lze zřídka pozorovat Merkur, pouze v největší vzdálenosti od Slunce, takže v Beranovi a v Rybách se našemu pohledu vůbec nevynořuje a opět zapadá v Panně a ve Váhách. Neukazuje se však ani v Rakovi nebo v Blížencích, pouze tehdy, když nastává soumrak nebo svítání, nikoliv v noci, pakliže by Slunce značně postoupilo do znamení Lva.“*

Pozorování Merkuru

Podtextová otázka, zda Koperník někdy vůbec tuto planetu pozoroval?

Gingerich: *„Někteří komentátoři dospěli k závěru, že Koperník nikdy Merkur nepozoroval, ale to je nepravděpodobné. Zřejmě je to však tak, že ho nemohl pozorovat v určitých kritických bodech jeho dráhy.“*

Swerdlow: Nezbytné pro modely pohybu interpretující dráhu Merkuru jsou přesné údaje o polohách planety. Jejich získávání je obtížné, pozorování v blízkosti horizontu v největších elongačních polohách....

Doplňená pozorování Merkuru

- špatné pozorovací podmínky **neumožňovaly Koperníkovi ve Fromborku pozorovat Merkur**, v Oběžích poznamenává: „, *je obtížné ho pozorovat a stanovovat jeho polohu...*“.

- uvítal, když v roce 1539 **Joachim Rheticus (1514 – 1574)** přivezl nové pozorovací údaje Merkuru dvou norimberských astronomů.

Koperník z nich vybral:

- jedno ranní pozorování

Bernarda Walthera (1430 – 1504)

z 9. září 1491

- dvě ranní pozorování z 9. ledna

a 18. března r. 1504

Johanna Schönera (1477 – 1547)

Koperník je zapracoval – druhý model *



Doplňená pozorování Merkuru v Oběžích

Koperník:

„V důsledku toho mnoho obtíží, těžkostí a práce nám tato planeta při jejím sledování připravuje. Proto jsme převzali tři polohy planety z přesných pozorování v Norimberku...“

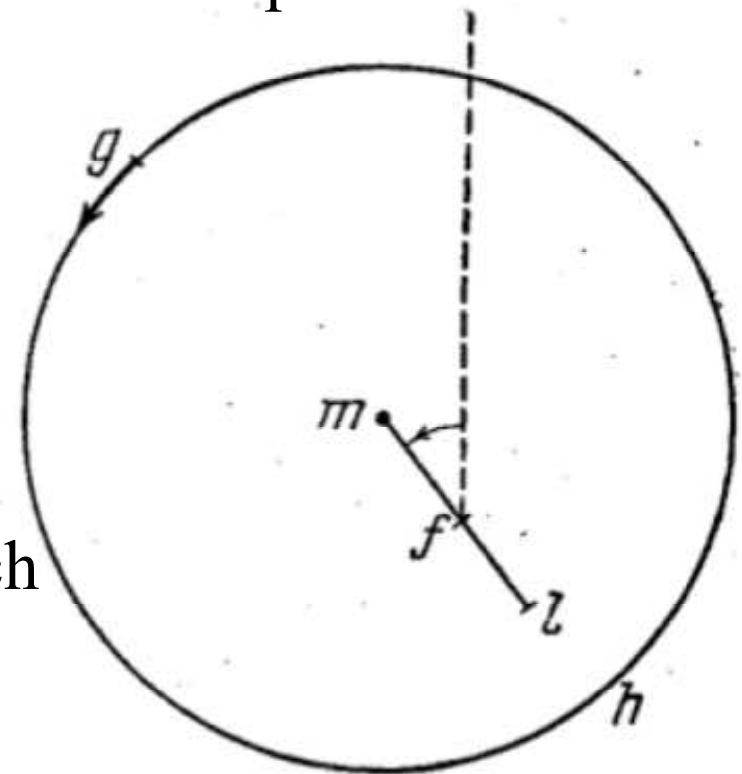
*„První získal **Bernard Walter**, žák Regiomontana, roku 1491 po Kristu dne 9. září...“*

*...„Druhé pozorování bylo se uskutečnilo roku 1504 po Kristu dne 9. ledna o 6 1/2 hodině po půlnoci, kdy v Norimberku kulminoval desátý stupeň Štíra. Pozoroval **Johannes Schöner**, našel planetu na $3 \frac{1}{3}^\circ$ Kozoroha se severní šířkou $0^\circ 45'$...“*

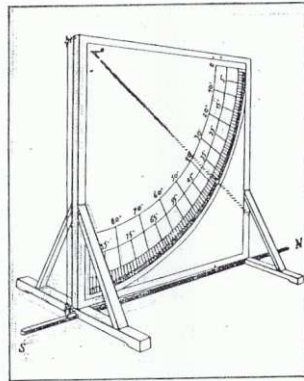
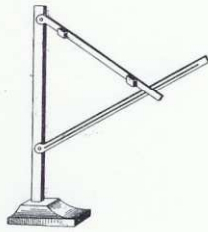
*...„Třetí pozorování, které rovněž učinil **Johannes Schöner** proběhlo toho roku 1504 dne 18. března. Nalezl Merkur na $26^\circ 6'$ Berana vychýlený na sever téměř o 3° ...“*

Druhý model pohybu Merkuru v Oběžích

Interpretace výše uvedených doplněných pozorování si vynutila vytvoření složitějšího a komplikovanějšího tzv. **druhého modelu pohybu Merkuru**, který **Koperník komentoval v kapitolách třicet až třicet dva páté knihy Oběhů**. Merkur se v něm pohybuje po excentru gh se středem v m , uskutečňuje jeden oběh za rok. Střed m kmitá po přímce mfl rovněž s roční periodou. Dvojnásobná amplituda kmitání ml je rovna součtu průměru epicyklu kl a malého kruhu fd původního prvního modelu, tedy $424 + 380 \approx 800$ dílů, respektive přibližně dvojnásobku průměru kružnice fd , jak Koperník zdůvodňuje. Samotná přímka rotuje kolem středu f s úhlovou rychlostí, rovnou rozdílu úhlových rychlostí Merkuru a Země při jejich oběhu kolem Slunce, viz obr.

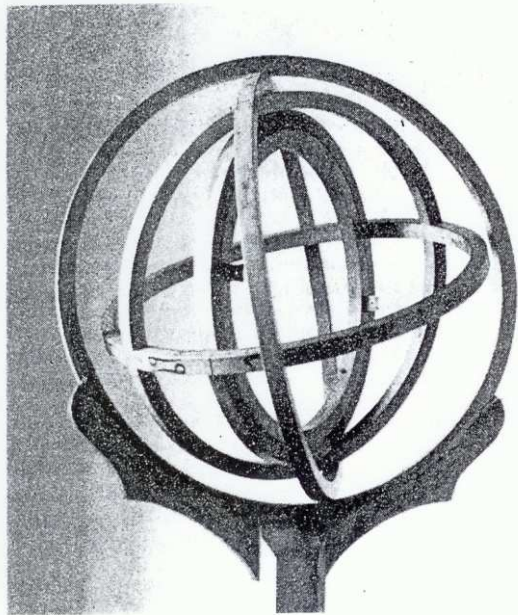


Přístroje Mikuláše Koperníka



trikvetrum – paralaktický instrument, přesnost 5'

ptolemaiovský kvadrant, přesnost 5'



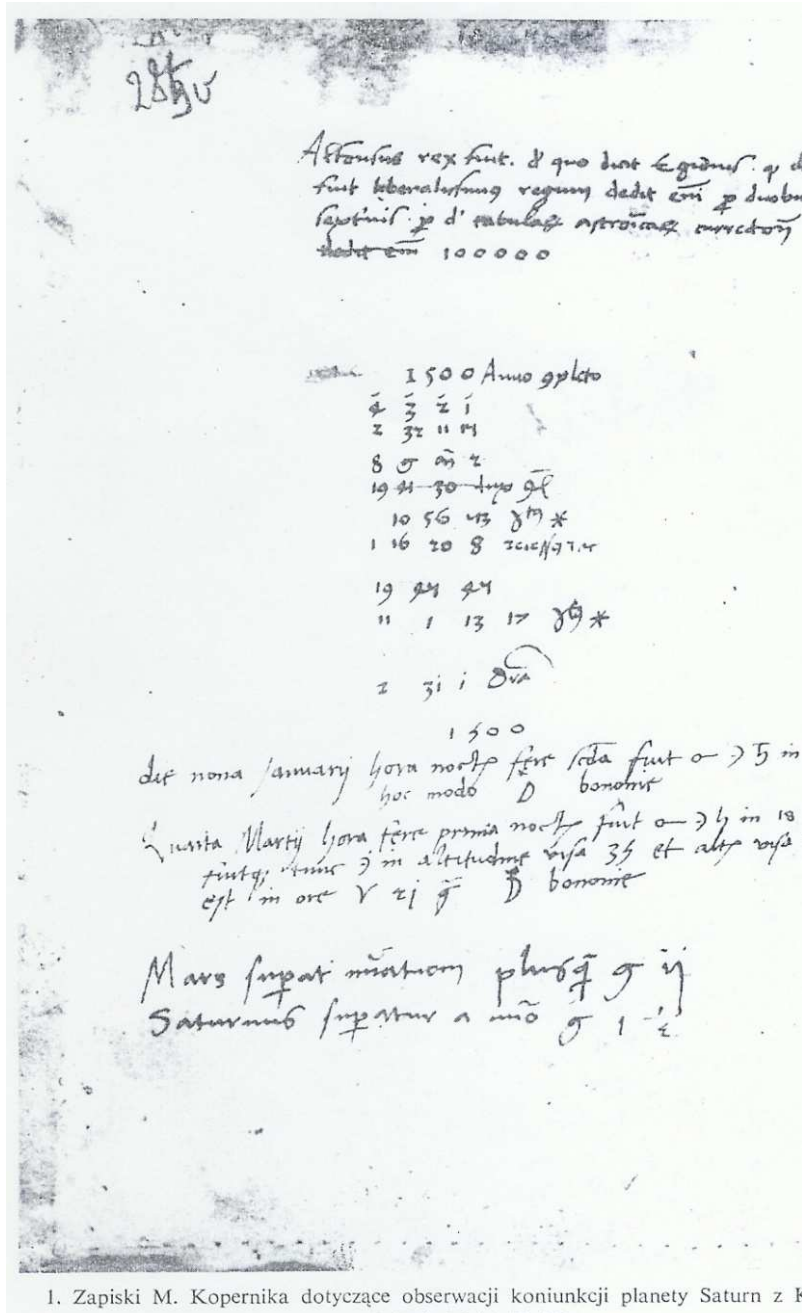
6. One of Copernicus' instruments – the astrolabe (reconstruction)

astroláb – armilární sféra, přesnost asi 10'

důsledné matematické zpracování pozorování

Záznamy pozorování Koperníka

předpověď J. Stofflera z
 r. 1518 tři částečná zatmění
 Slunce, tři úplná zatmění
 Měsíce, **poznámky rukou
 Koperníka**



1. Zapiski M. Kopernika dotyczące obserwacji koniunkcji planety Saturn z K

obfervatij hanc fuit 5 14 +

SCHEMATA ECLYPSIVM LV								
MINARIVM CVM IVSTA TEMPORVM ANNOTATIONIB;								
1530			1530			1532		
ECLYPSIS SOLIS			ECLYPSIS LVNE			ECLYPSIS SOLIS		
Die	Hor	Minuta	Die	Hor	Minuta	Die	Hor	Minuta
28	18	20	6	12	9	30	0	52
Martij.			Octobris.			Augusti.		
Dimidia duratio			Dimidia duratio			Dimidia duratio		
Hor	Minuta		Hor	Minuta		Hor	Minuta	
0	57		1	50		0	44	
Puncta	3	24 quatuor	Puncta	14	30	Puncta	3	15
1533			1534			1534		
ECLYPSIS LVNE			ECLYPSIS SOLIS			ECLYPSIS LVNE		
Die	Hor	Minuta	Die	Hor	Minuta	Die	Hor	Minuta
4	11	51	14	1	43	29	14	26
Augusti.			Januarij			Januarij		
Dimidia duratio			Dimidia duratio			Dimidia duratio		
Hor	Minuta		Hor	Minuta		Hor	Minuta	
1	46		0	57		1	44	
Puncta	13		Puncta	5	45	Puncta	11	31

A obfervatij Tracomie caput hanc 12 42 fuit hora 10 15. medietate hora 14 31 altitudo fuit 35

D 11 v

Pozorování Koperníka

63 písemně doložených pozorování

podle objektů

**Slunce - 15, Měsíc 12, Venuše, Mars, Jupiter, Saturn -
celkem 29, stanovení zeměpisné šířky 3, hvězdy - 3,
kometa - 1**

pozorování ve Warmii, Itálii, Polsku

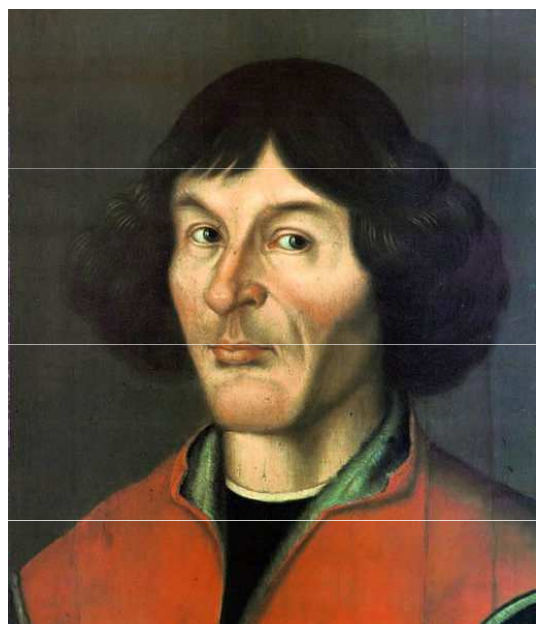
1497, 9. března – Bologna, zákryt Aldebarana Měsícem

... pozorování s D. M. Novarou (1454 - 1504)

1541, 21. srpna - Frombork, zatmění Slunce

**Koperníkova pozorování pouze doplňovala astronomické
údaje získané v literatuře z pozorování jiných,
například převzatá pozorování Merkura**

Přínos heliocentrické soustavy



**určení siderických
oběžných dob planet
stanovení relativních
vzdáleností ve sluneční
soustavě**

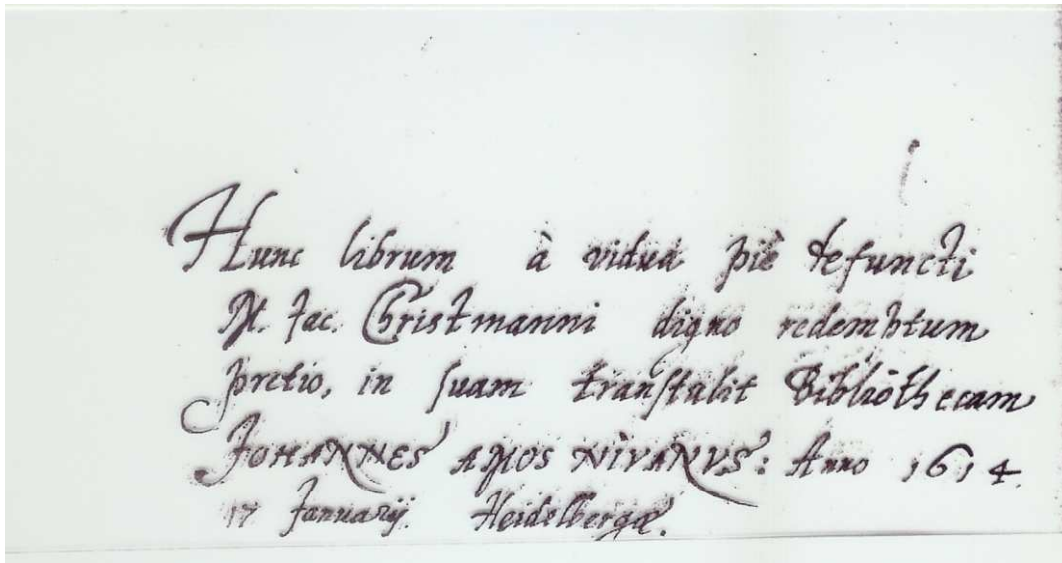
**použití stejných pozorovacích přístrojů, lidského oka,
obdobné matematiky jako Ptolemaios**

jiný astronomický obraz světa – heliocentrický

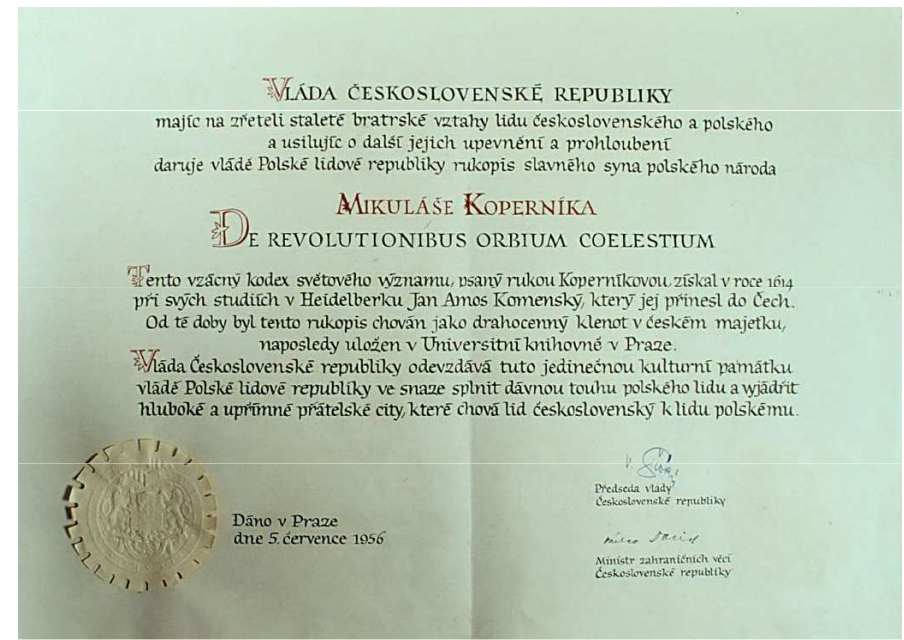
*změna pohledu na postavení člověka ve vesmíru, Země
jednou z planet, Koperník - racionální antropocentrista,
vesmír má racionální povahu a lze ho poznat*

Rukopis Oběhů

**Jiří Retik → Valentin Othon → Jakub Christmas →
Jan Amos Komenský → Nosticova knihovna → Krakov**



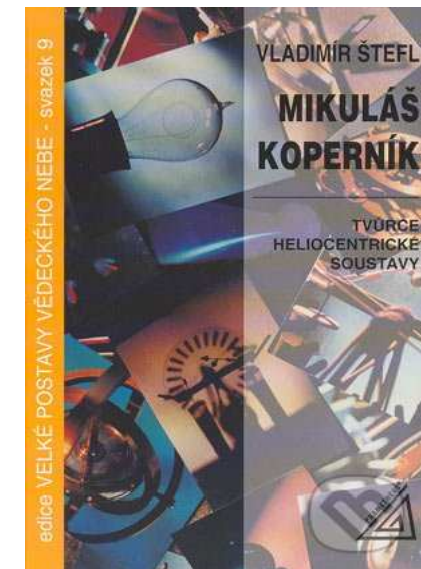
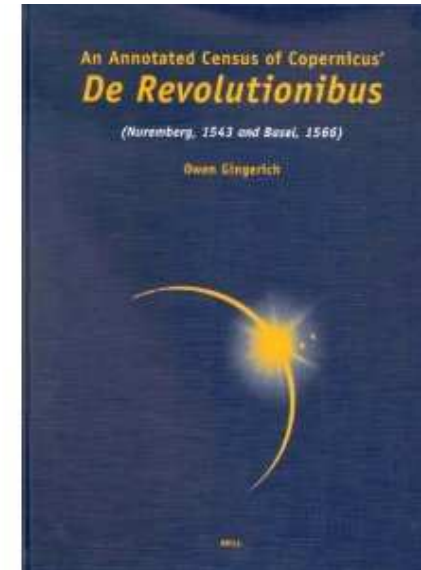
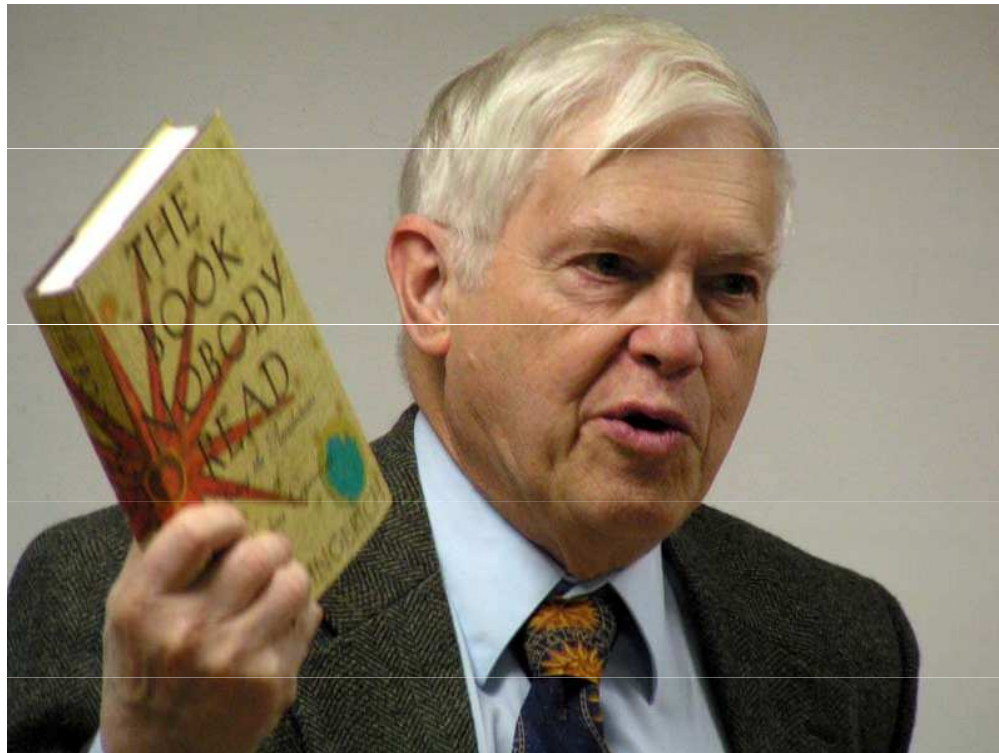
Hunc librum à vidua piè defuncti
N. Jac. Christmanni digno redemptum
pretio, in suam transtulit Bibliothecam
JOHANNES AMOS KOMENSKÝ: Anno 1614.
17 Januarij. Heidelbergæ.



<http://www.bj.uj.edu.pl/bjmanus/revol/plist-p.html>

Poznámky v Oběhům

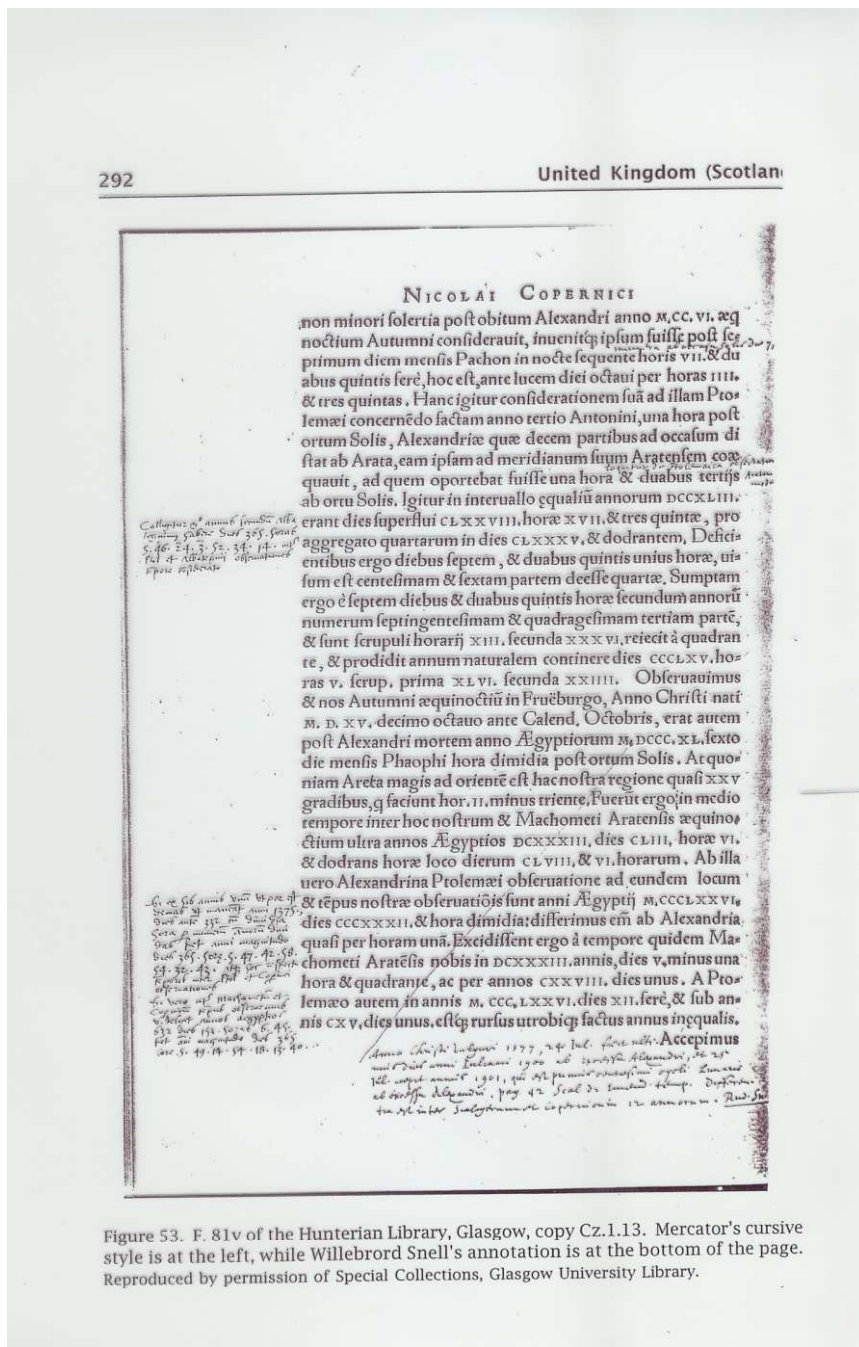
Owen Jay Gingerich * 1930 - 2023



Oběhy - poznámky čtenářů

vesměs pouze
k I. knize

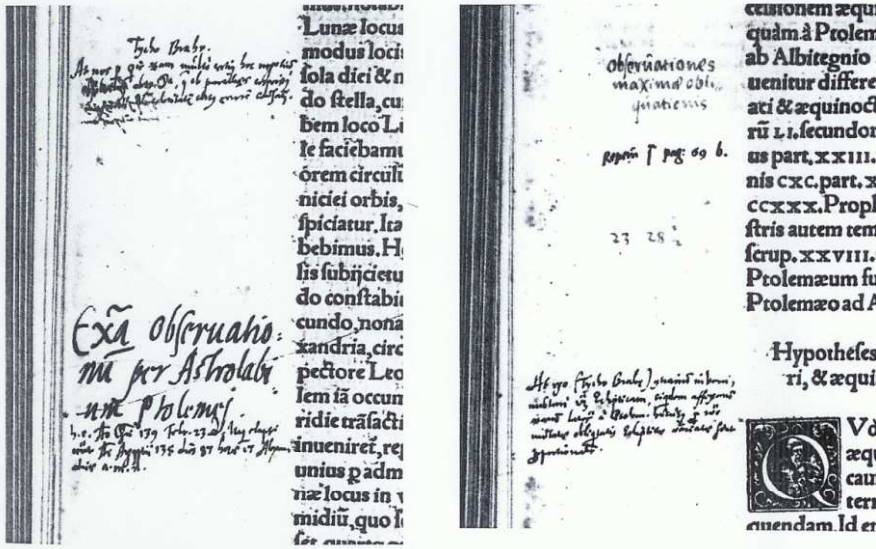
Gerhard
Mercator
1512 - 1594



Willebrord
Snell
1580 - 1626

Figure 53. F. 81v of the Hunterian Library, Glasgow, copy Cz.1.13. Mercator's cursive style is at the left, while Willebrord Snell's annotation is at the bottom of the page. Reproduced by permission of Special Collections, Glasgow University Library.

Oběhy – poznámky čtenářů



Tycho Brahe 1546 - 1601

Figure 34. Two annotations quoting Tycho Brahe, from St. Petersburg 1. (a) f. 45 and (b) f.65. Courtesy of the Saltykov-Shchedrin Public Library.

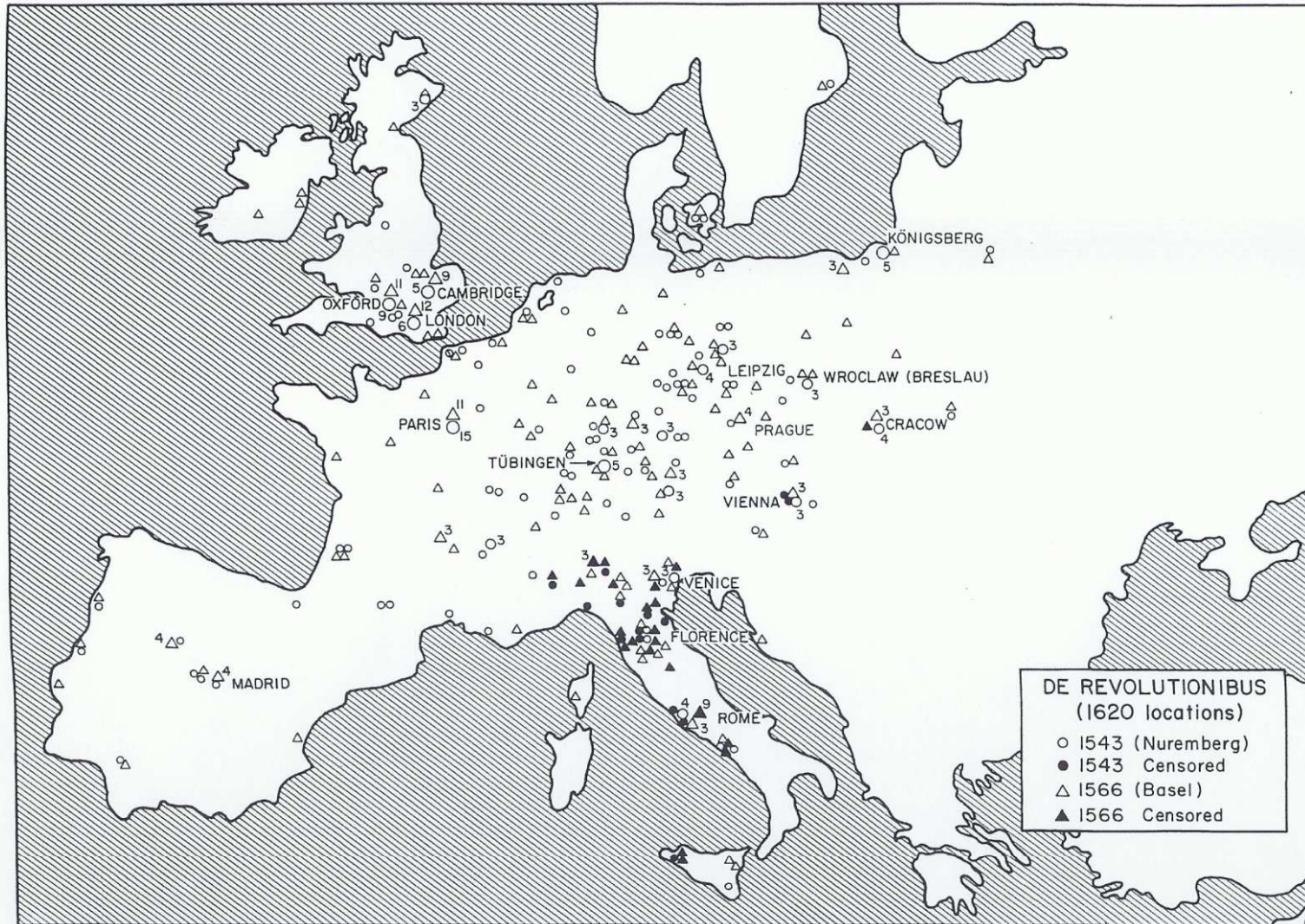
Giordano Bruno 1548 - 1600



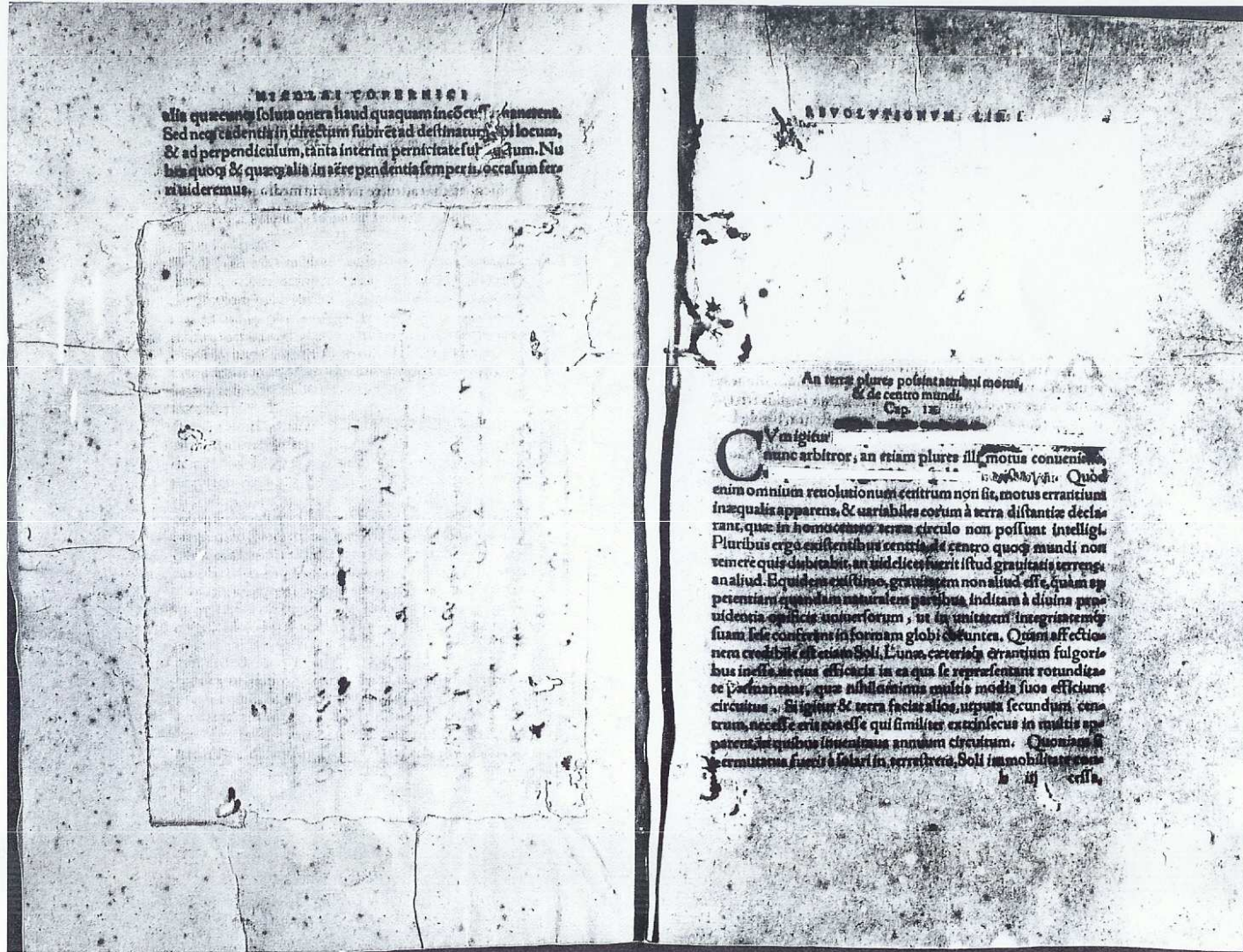
Figure 22. The bold Giordano Bruno signature from the fly leaf of Rome 5.

Rozšíření „Oběhů“ po Evropě

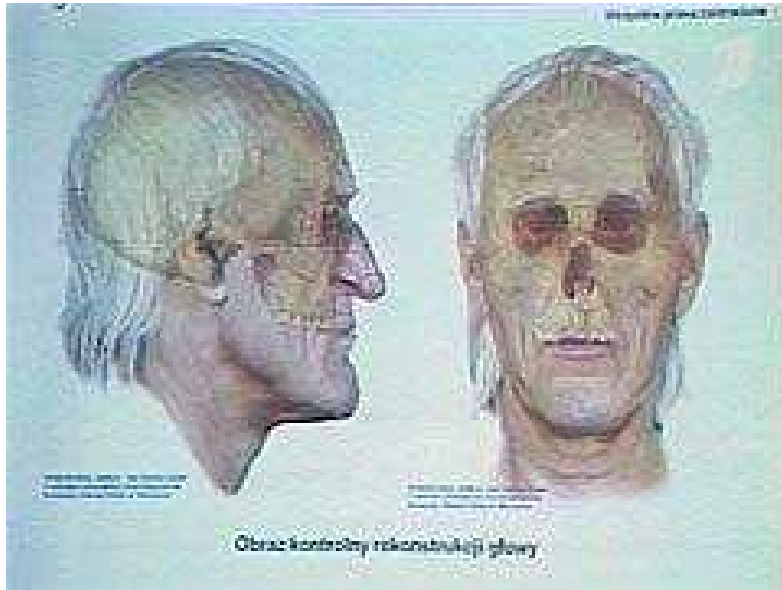
O. Gingerich – An Annotated Census of Copernicus' *De Revolutionibus*.
cenzura „záležitost“ dominikánů



Oběhy – provádění cenzury



Koperník - rekonstrukce podoby, identifikace



r. 2004 - kosterní pozůstatky Koperníka?
r. 2009 - nález vlasů v knize v Uppsale, rozbor DNA, identifikace kostry

Bogdanowicz, W., a.j.: Genetic identification of putative remains of the famous astronomer Nicolaus Copernicus. Proc.Nat.Acad.Sci., USA, 2009.

Závěr

*Koperník prožil neobyčejně obsažný život,
byl člověkem pomáhající lidem ve svém okolí,
církevním hodnostářem renesančního charakteru,
výtečným znalcem klasických jazyků, slovutným lékařem,
výborným matematikem, nápaditým astronomem
tvůrcem heliocentrické soustavy*

J. Kepler:

*„Protože jsem o správnosti Koperníkovy teorie naprosto přesvědčen,
zabraňuje mi svatý ostych přednášet cokoliv jiného...“*

J. Grygar:

*„Největším astronomickým objevem tisíciletí je skoro určitě
heliocentrická soustava Mikuláše Koperníka“*

Tycho Brahe 1546 - 1601

životopis, výzkum pozůstatků

spisy

O nové hvězdě r.1573

**Druhá kniha o nedávných
jevech v nebeském světě r.1588**

Přístroje obnovené astronomie r.1598

životní krédo:

***„ne moc a bohatství, ale vědění vládne
žezlem času“***

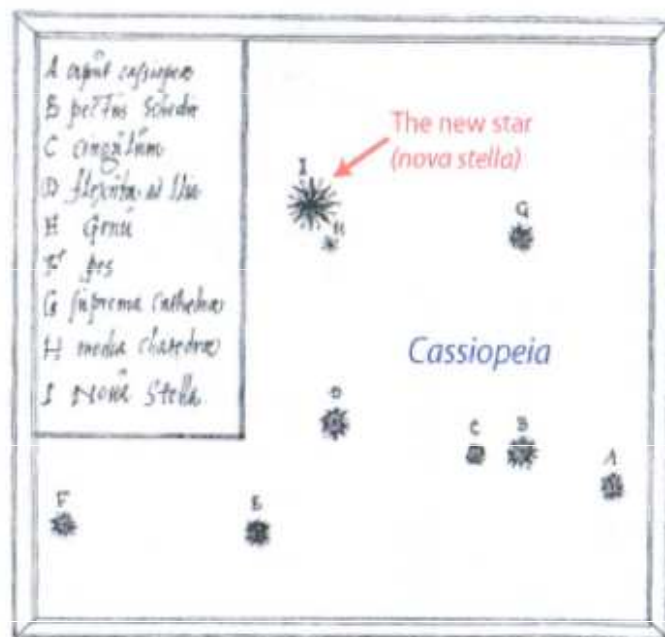


*Disce puer virtutem ex me
Guramq; Laborem,
Fortiter & sortis iustissime
victis.*

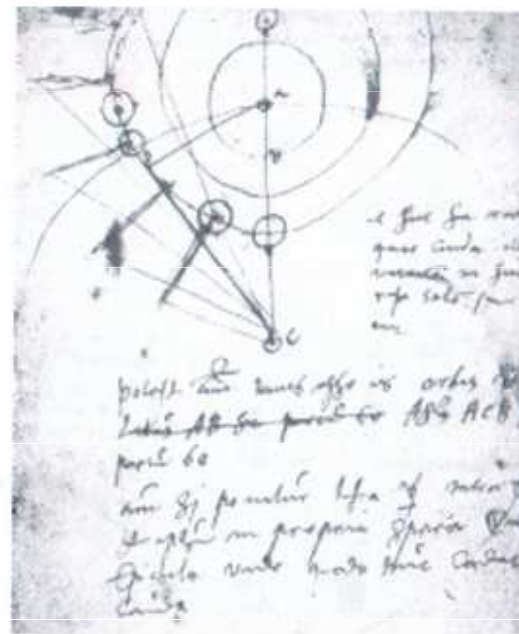
*Tycho Brahe
Filio
Tychooni primogenito
Scripsit
Anno 1599 Feb 28
Witoberga.*

Tycho Brahe

Tycho Brahe - the Observer



Tycho Brahe's observation of a new star in Cassiopeia, published in *De stella nova*, 1573.



The Great Comet of 1577
-from Brahe's notebooks

„kometa byla od nás tak daleko, že její největší paralaxa nemohla být větší než 15 stupňů. Odtud plyne, že by mohla být vzdálena přinejmenším 230 zemských poloměrů od Země. Z čehož pak dále vyplývá, že se nacházela mezi drahou Měsíce a Venuše.“ - rozbití teorie sfér

Tycho Brahe

zední kvadrant - velmi
přesný přístroj ...

čtyři osoby při pozorování

$$R = 2 \text{ m}, \Delta = 0,5 \text{ mm}$$

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{\Delta}{R}$$

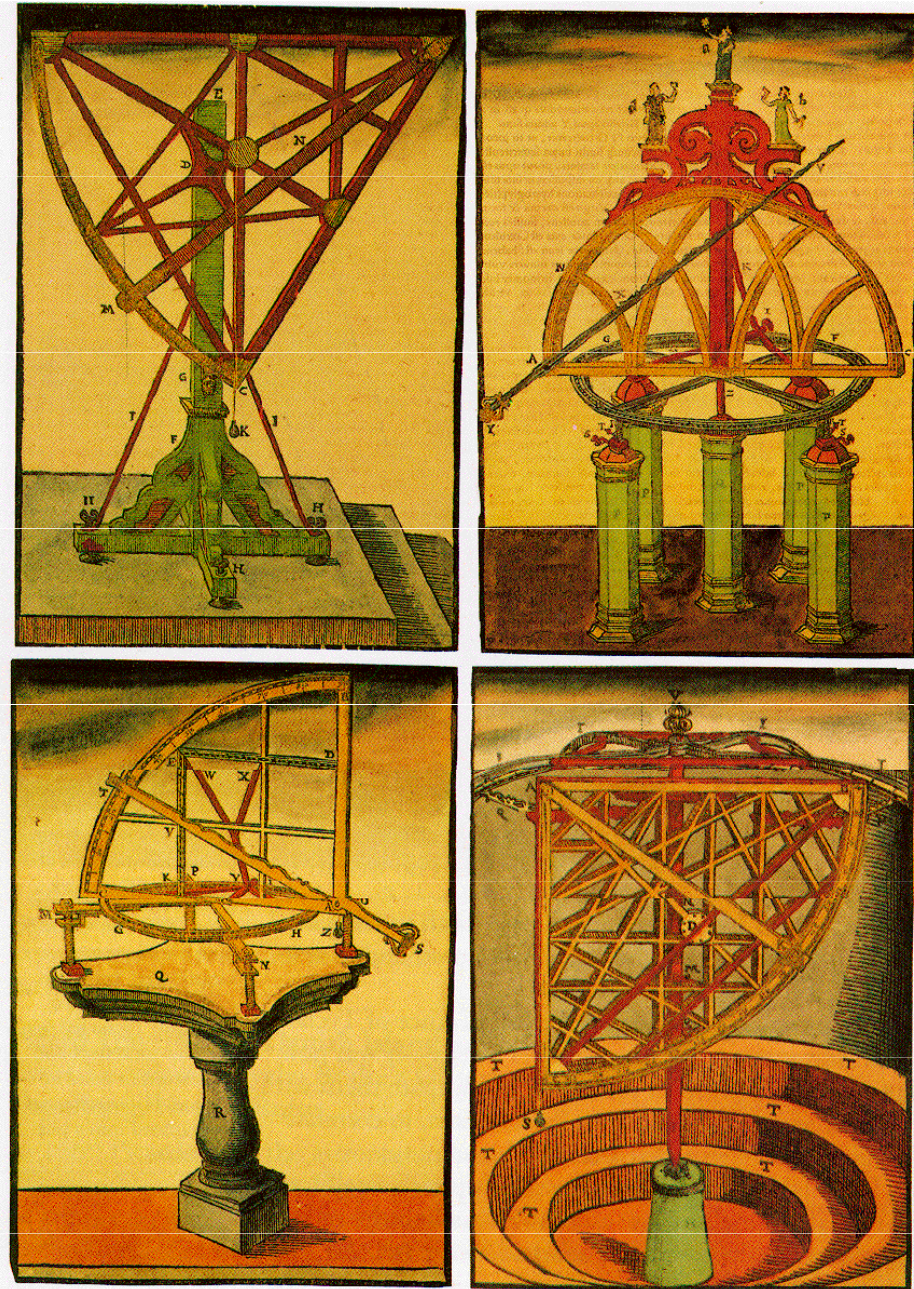
$$\vartheta \cong 68'' \cong 1'$$



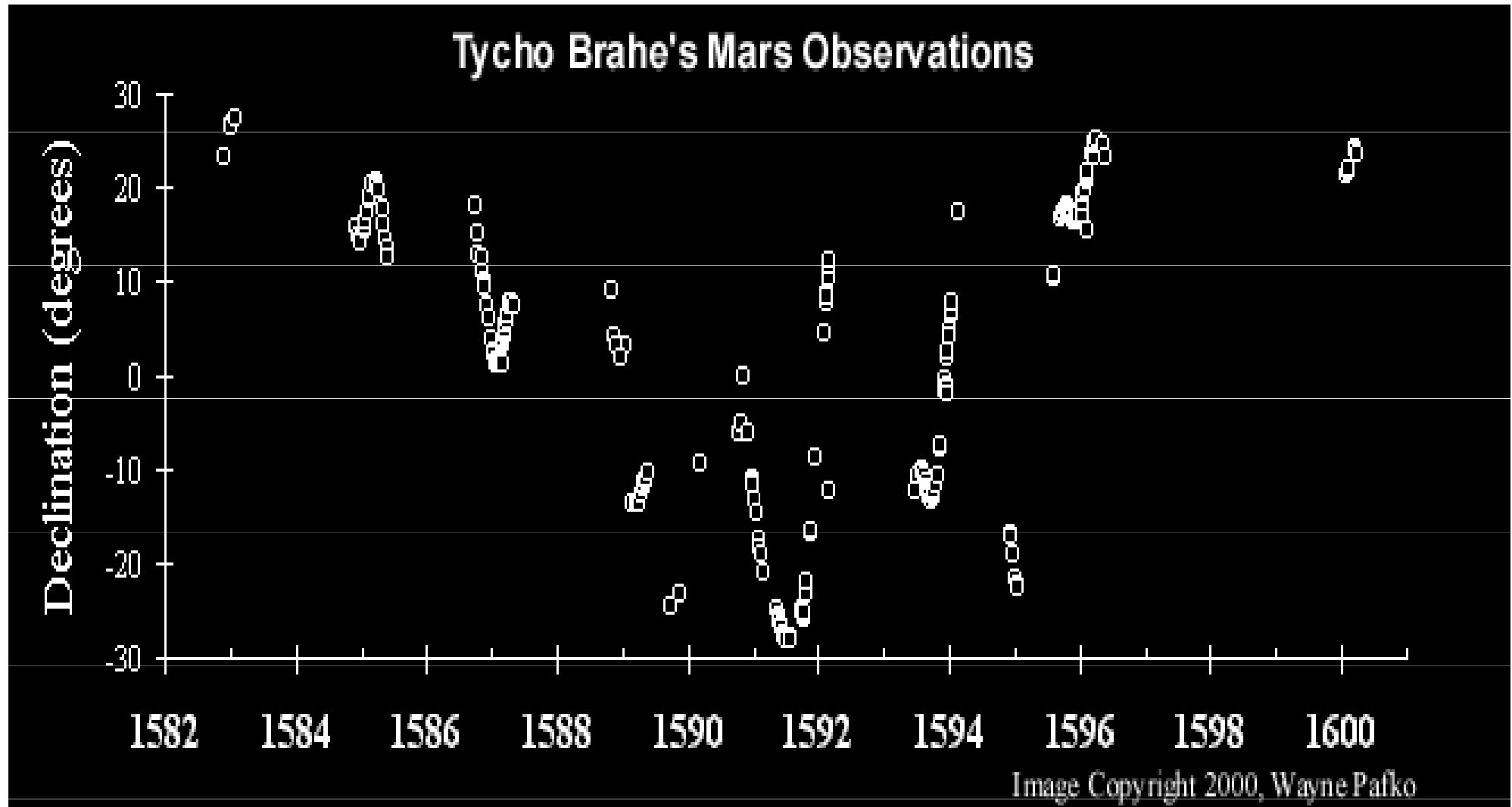
Observatoř a přístroje Tychona Brahe

nejpřesnější pozorovatel
před vynálezem
dalekohledu

Uraniborg, Sterneborg



Dlouhodobá přesná pozorování Marsu



Poznámky Paula Witticha 1546 - 1586

Tychonova soustava - popis

(Italy) Vatican City

107

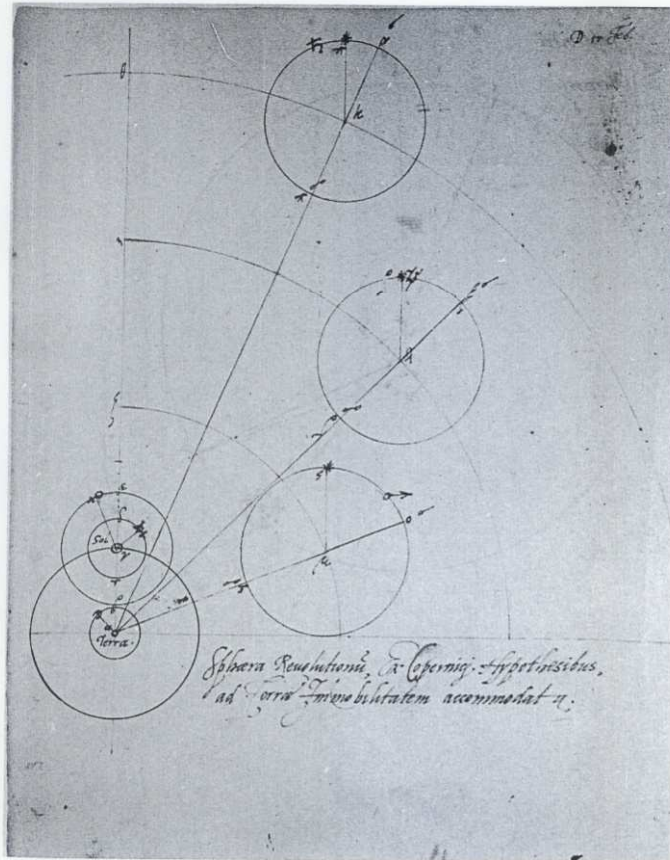
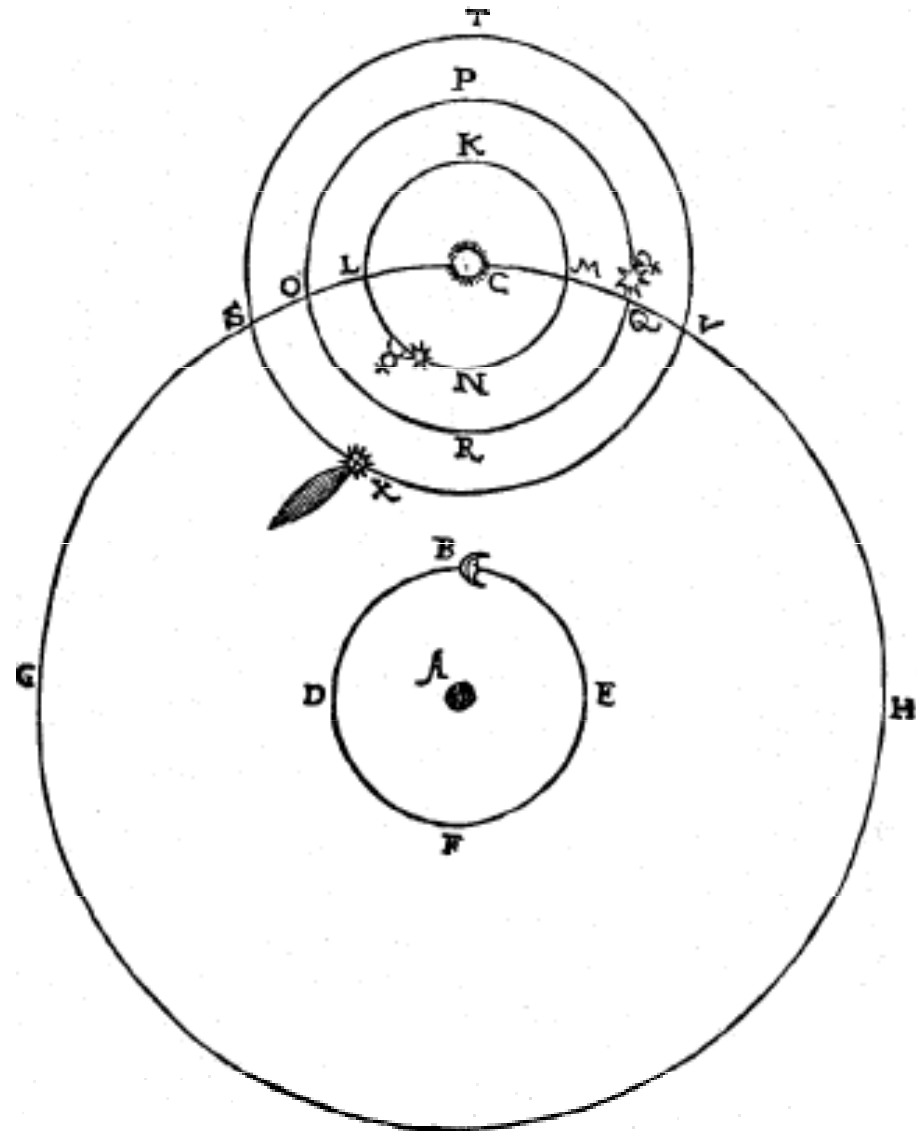


Figure 18. Paul Wittich's proto-Tychonic diagram, ending the series in Vatican 1, f. 210v.
© Biblioteca Apostolica Vaticana.



Giordano Bruno 1548 - 1600

renesanční filozof, působící v Itálii, Švýcarsku, Francii, Anglii, Německu, Česku r. 1588, psal *dialogy*

Večeře na Popeleční středu 1584 - vesmír je časově a prostorově nekonečný, bez pevných bodů, privilegovaného středu: „svět je nekonečný, a že proto v něm nemůže býti vůbec žádného obvodu nebo kdekoliv mezi středem a obvodem ve vztahu...“ „vesmír je nekonečný, v něm je obrovské množství hvězd, jež nejsou nijak jinak upevněny nežli Země, Měsíc, Slunce i ostatní nesčetná vesmírná tělesa se pohybují v onom eterickém prostředí **týmž způsobem jako naše Země...**“

O nekonečnu, vesmíru a světech 1584 - nekonečný počet hvězd umísťuje do nekonečného prostoru