

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., viz 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,

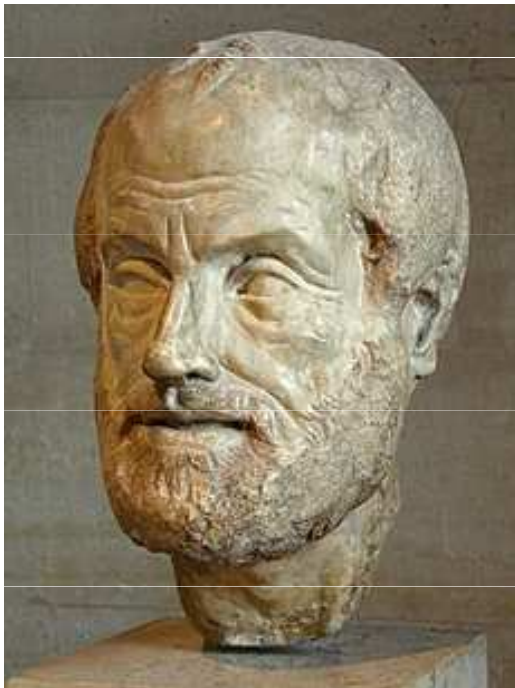
**nekritičnost ke zkušenostem získaným smysly,**

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

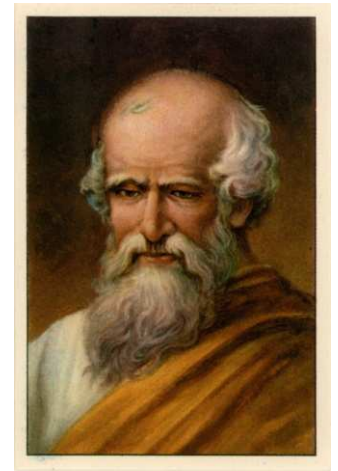
vycházel z neopisovaných pokusů, byl experimentátorem,  
**rovnováha na páce:**

*„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*

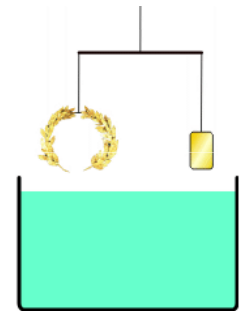
*zkoumá podmínky rovnováhy v plovoucích a ponořených  
tělesech v závislosti na jejich hustotě a hustotě kapaliny*

*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 mysli*

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.*“

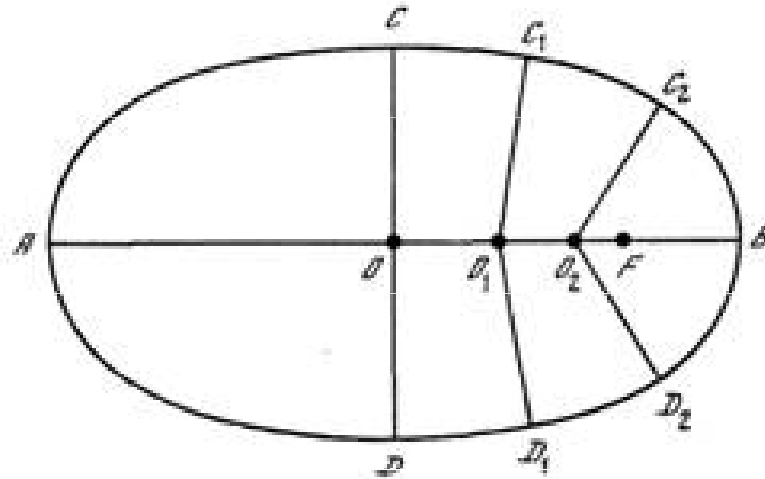
**Al-Bíruní** 973 - 1048, měření hustot kovů, drahokamů

**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.

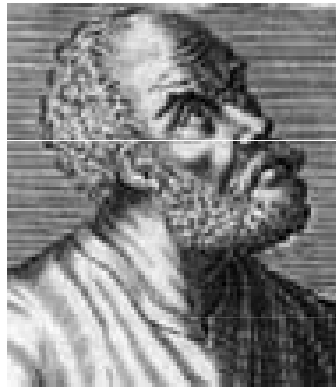
\* Swerdlow, N. M.: Ptolemy's theory of the inferior planets. JHA **20**, (1989), p. 29.

# Kritika modelu pohybu Merkuru v arabské kultuře



**Ibn al-Haytham - Alhazen (965 - 1040)**

*Shukūk<sup>c</sup> 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)**

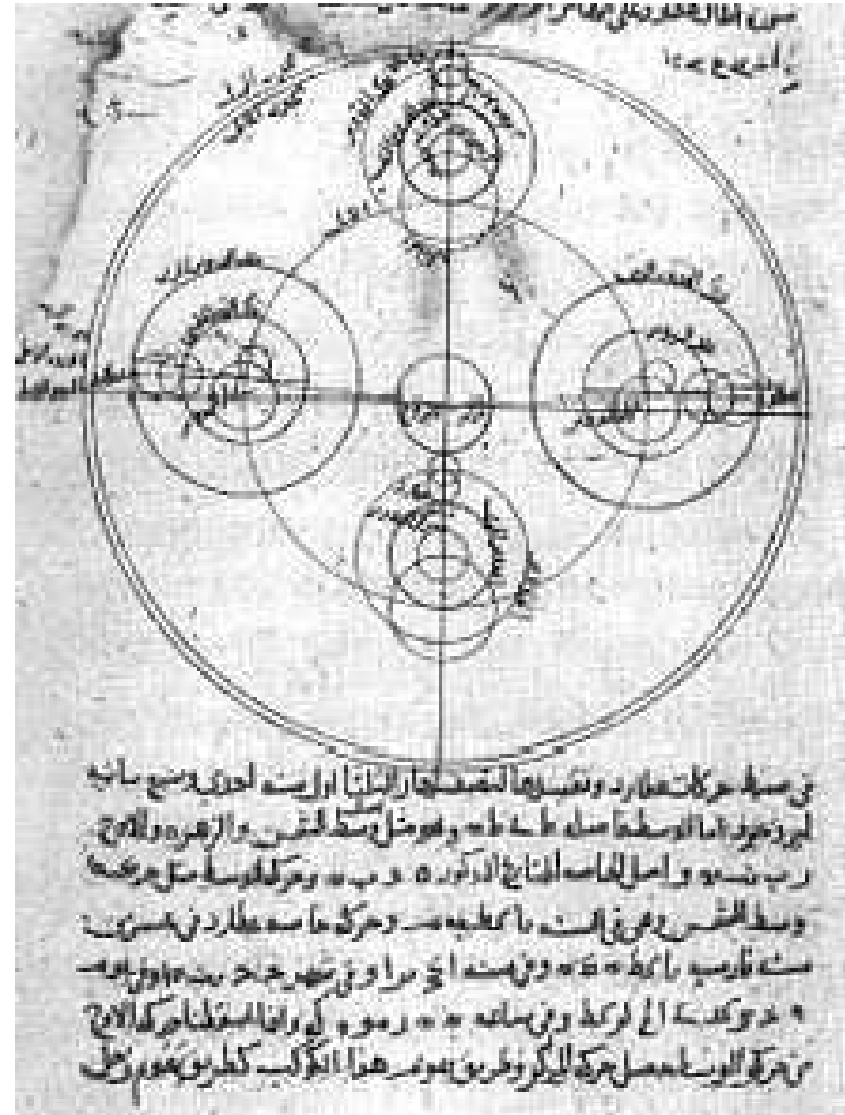
**Ibn - al - Šátir (1304 - 1375)**

Model pohybu Merkuru Koperníka  
má arabské kořeny.

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

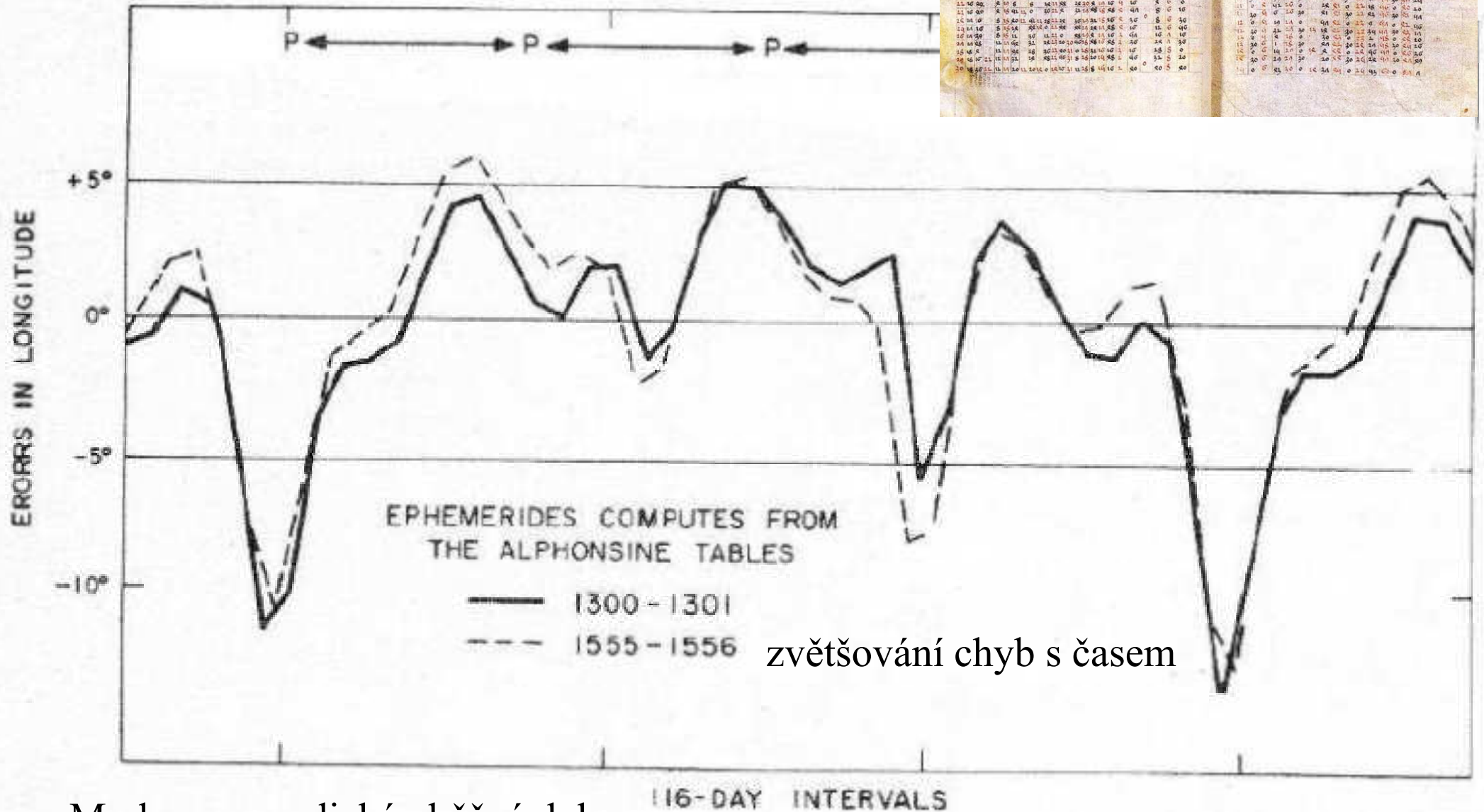
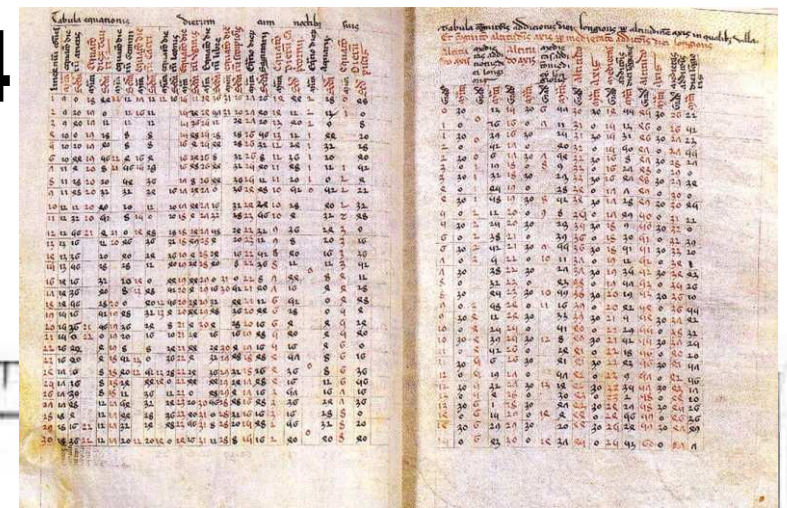
The Planetary Theory of Ibn al-Shátir.

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 *impetusu*, **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.*“

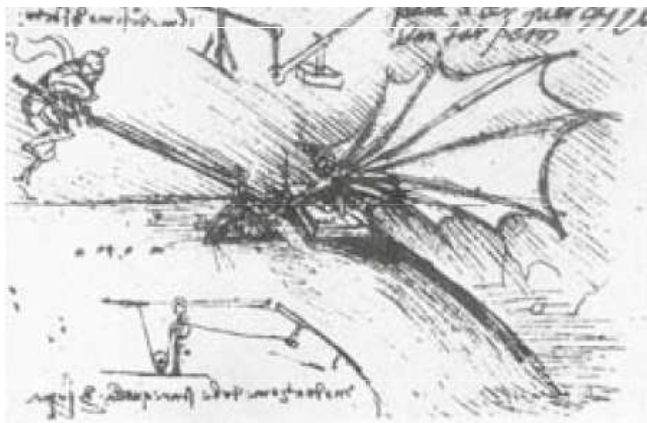
Vyvození závěrů, obecných zákonů, musí být dále prověřováno dalšími pokusy, které jsou kritériem poznání  
Řešil technické problémy, statiky, studoval podmínky rovnováhy na páce, pohyb po nakloněné rovině, stanovil částečné zákonitosti rovnováhy či jednoduchých pohybů těles,

**V optice zákony perspektivy**, vlastnosti lidského oka, navrhl dalekohled

# Leonardo da Vinci

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

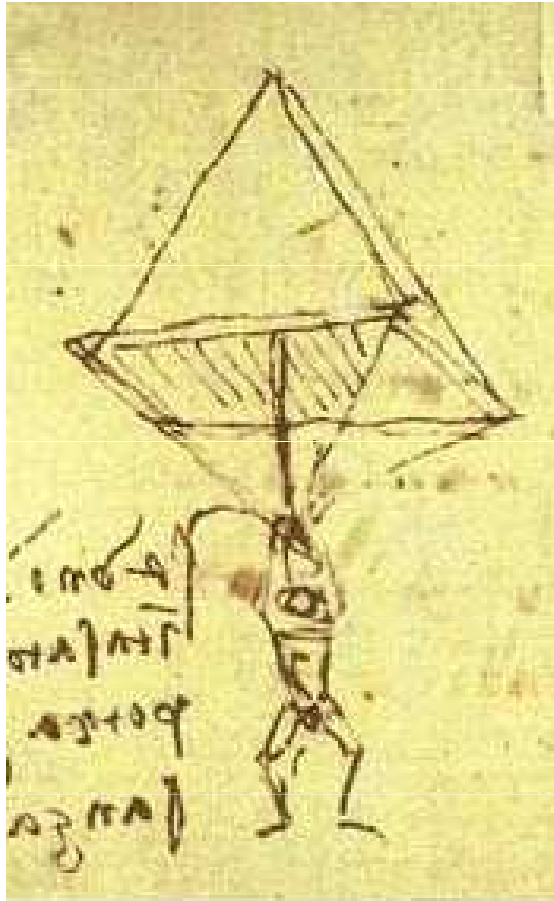
formuloval plán výzkumu: *Chceš-li mluvit o této problematice, musíš na začátku vymezit charakter odporu vzduchu, pak stavbu těla ptáka a jeho opeření. Třetím úkolem je výzkum vlivu opeření na různé pohyby a čtvrtým úkolem je poznat úlohu křídel a ocasu pro let.*



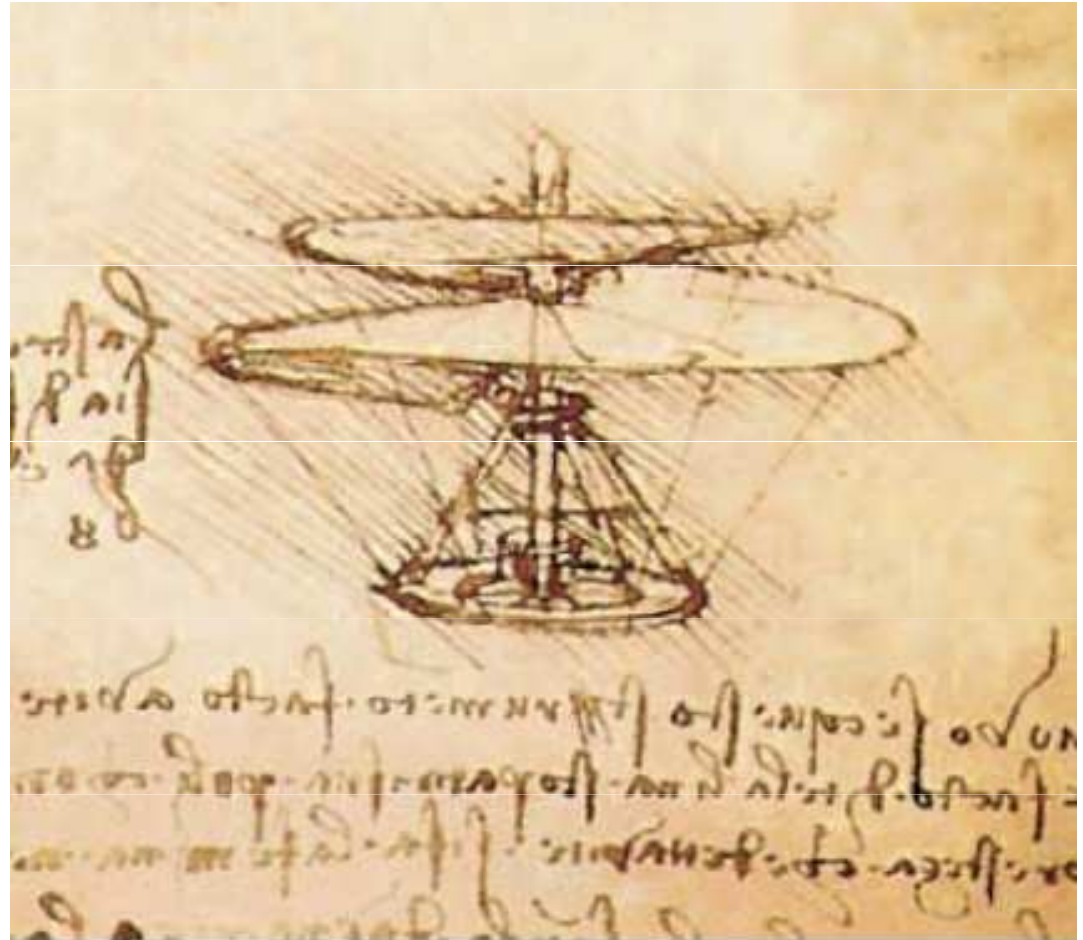
Leonardo poprvé přišel s poznáním, že vzduch má váhu; dlouho před Torricellim a Pascalem poznal, že existuje atmosférický tlak a jeho změny.

# Leonardo da Vinci

## létající mechanismy



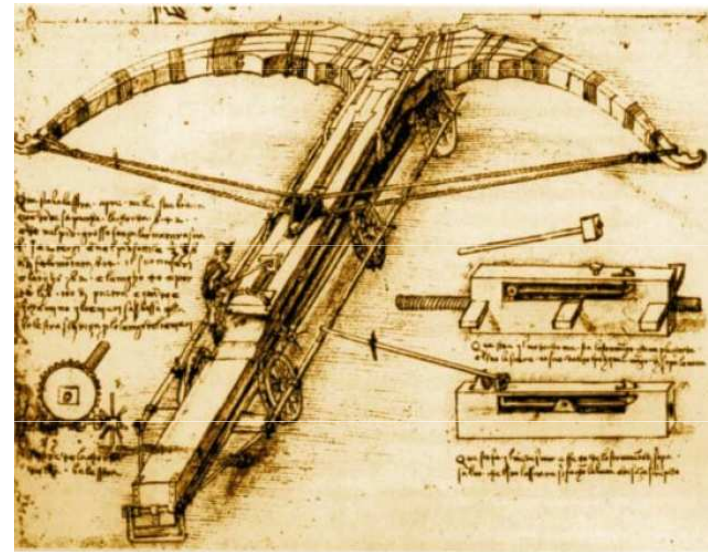
Leonardo da Vinci: Padák.



Leonardo da Vinci: Vrtulník.

# Leonardo da Vinci

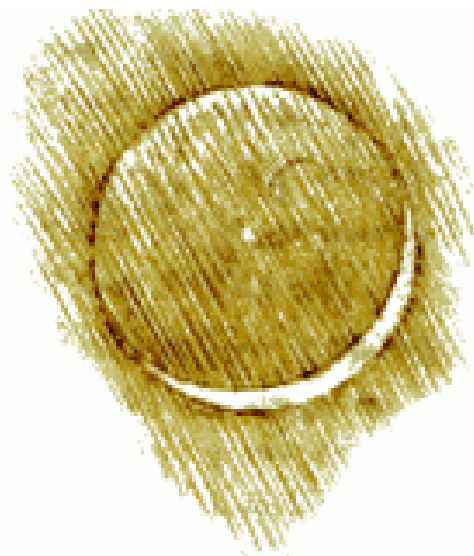
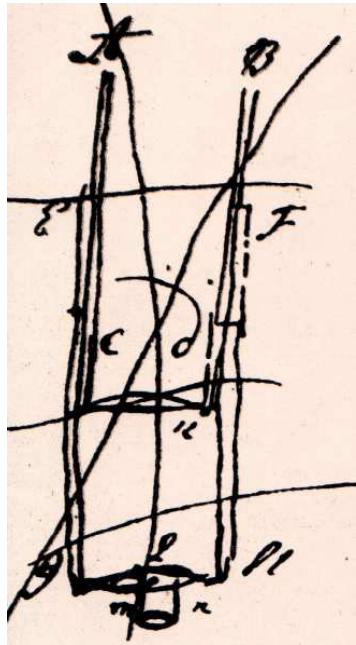
Hydrotechnická studia, zejména v raném období, experimentální zkoumání proudících kapalin a hydrostatických jevů, meliorace močálů, vodní stavby, regulace toků, jeřáby, vodní bagry, kolečkové nakladače, vodní kola, pumpy, keson pro práci pod vodou, zdymadlová vrata, zavírající se do tupého úhlu proti 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.*“



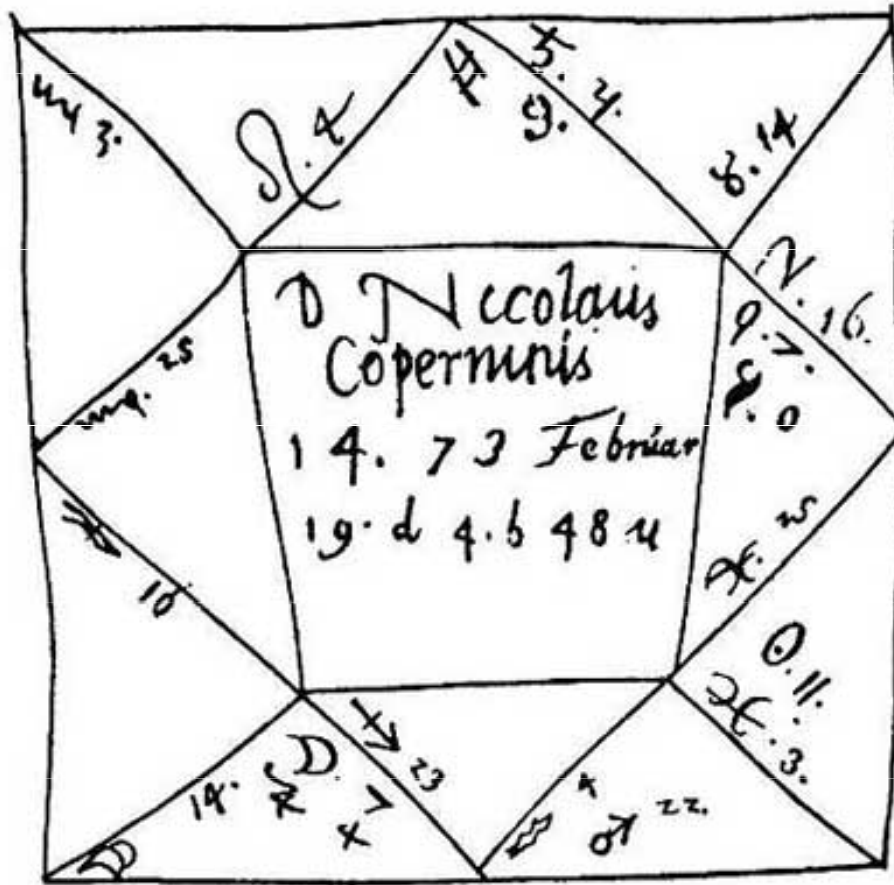
# Mikuláš Koperník 1473 - 1543



**J. Grygar:**

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

# Mikuláš Koperník - lékař, právník, kanovník, matematik, finičník, **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**

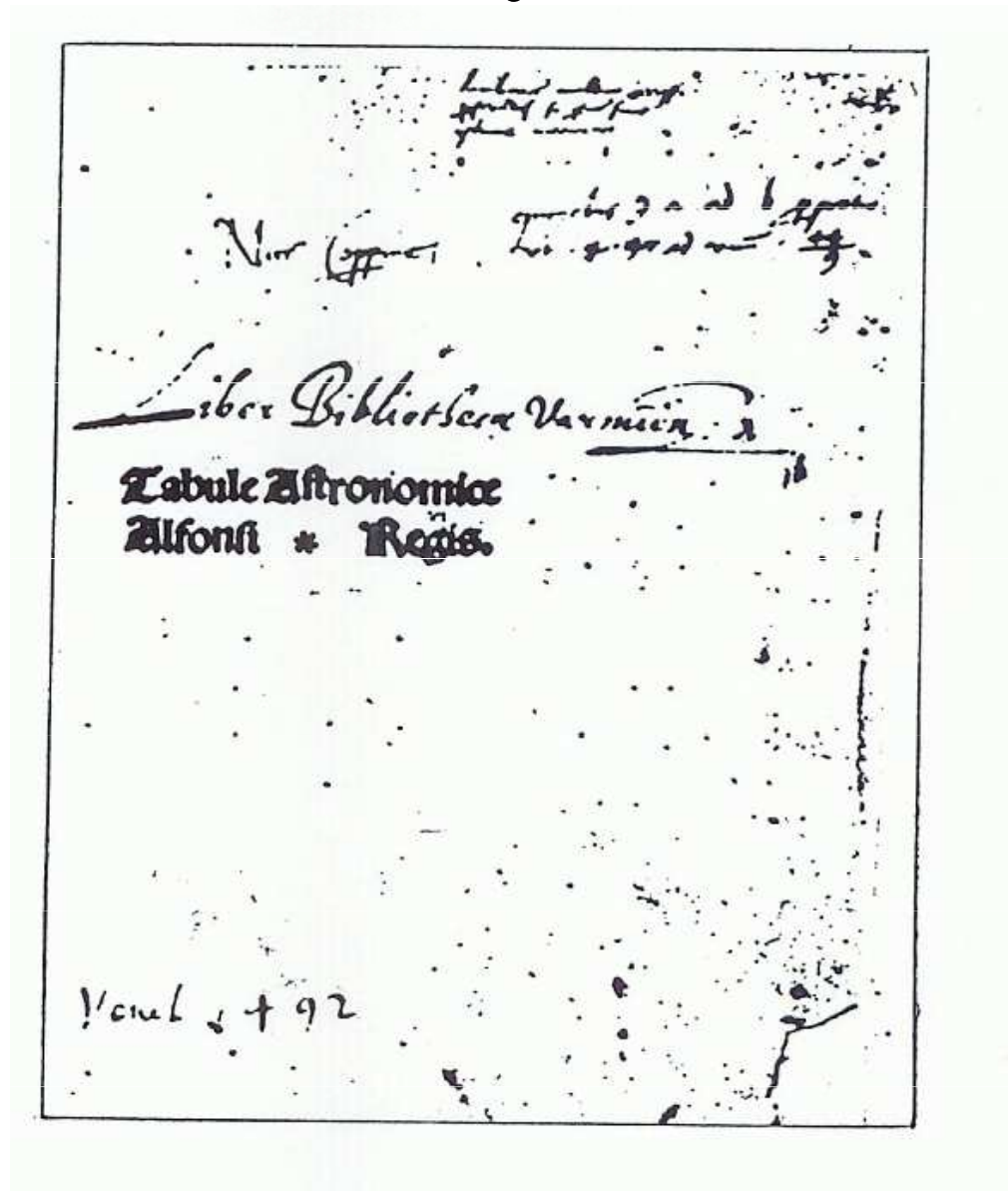
**licenciát lékařství, doktor  
kanonického práva**

**heliocentrická myšlenka**



# Z knihovny Koperníka

## Alfonsinské tabulky sestavené r. 1252

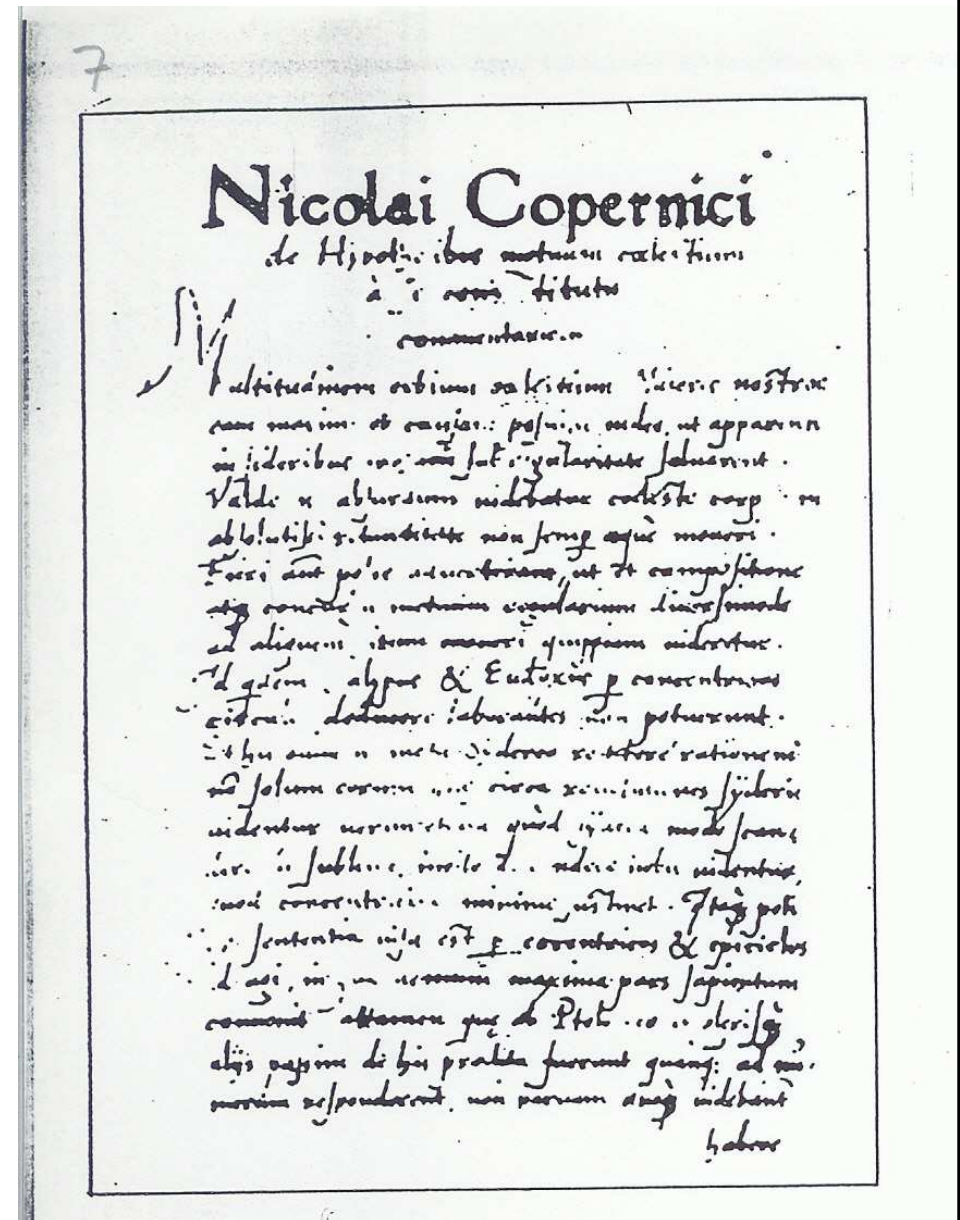


# Malý komentář ~ r. 1509

**Nicolai Copernici de  
hypothesibus motuum  
caelestium a se constitutis  
commentariolus**

**Mikuláše Koperníka  
malý komentář o jím  
vypracovaných  
hypotézách nebeských  
pohybů**

**Commentariolus -  
Malý komentář**



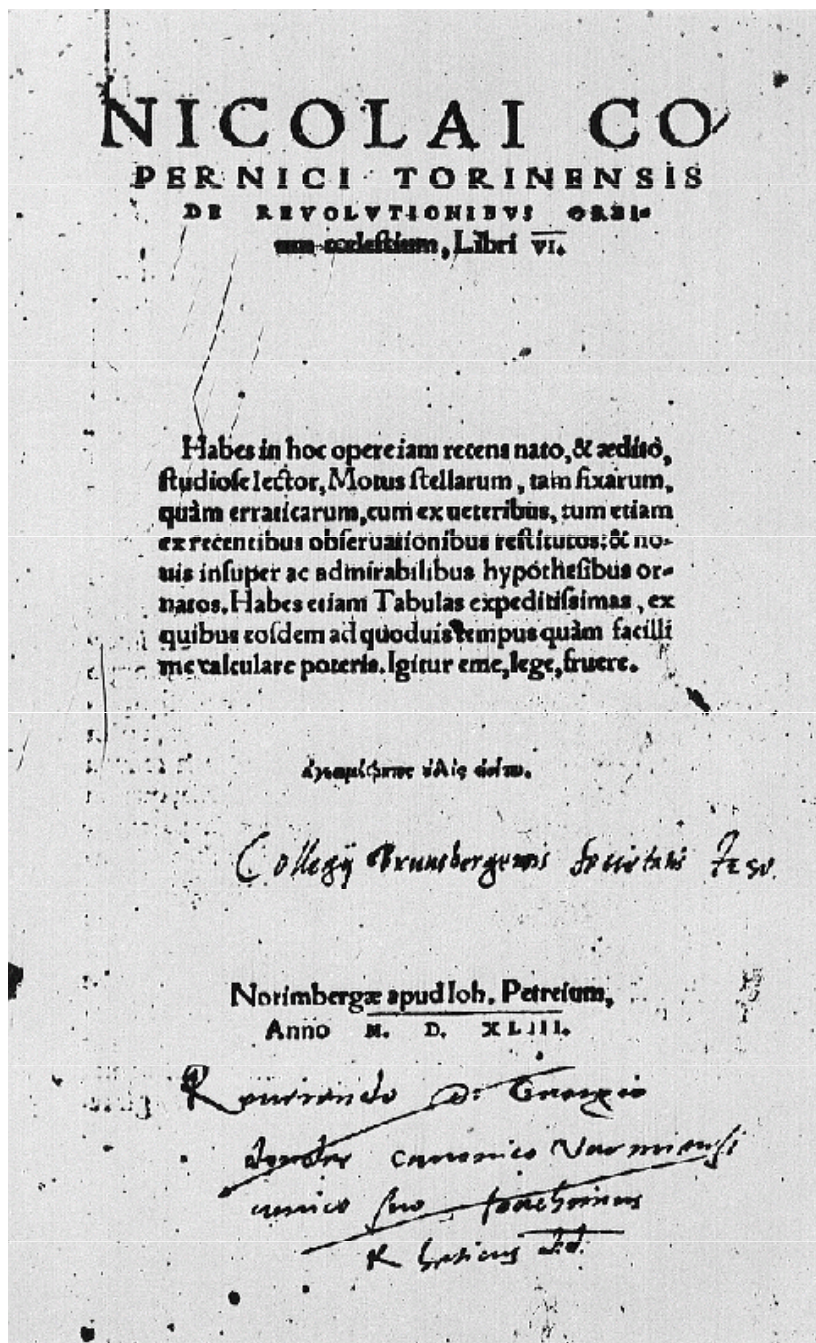
# Principy heliocentrismu

- 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**

# 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.

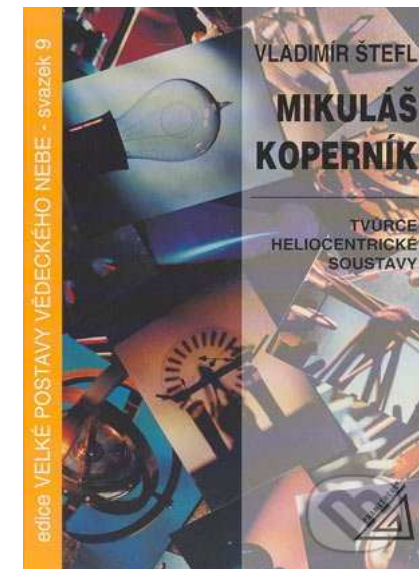
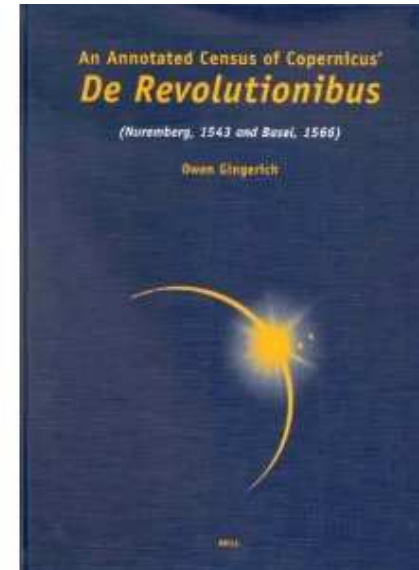
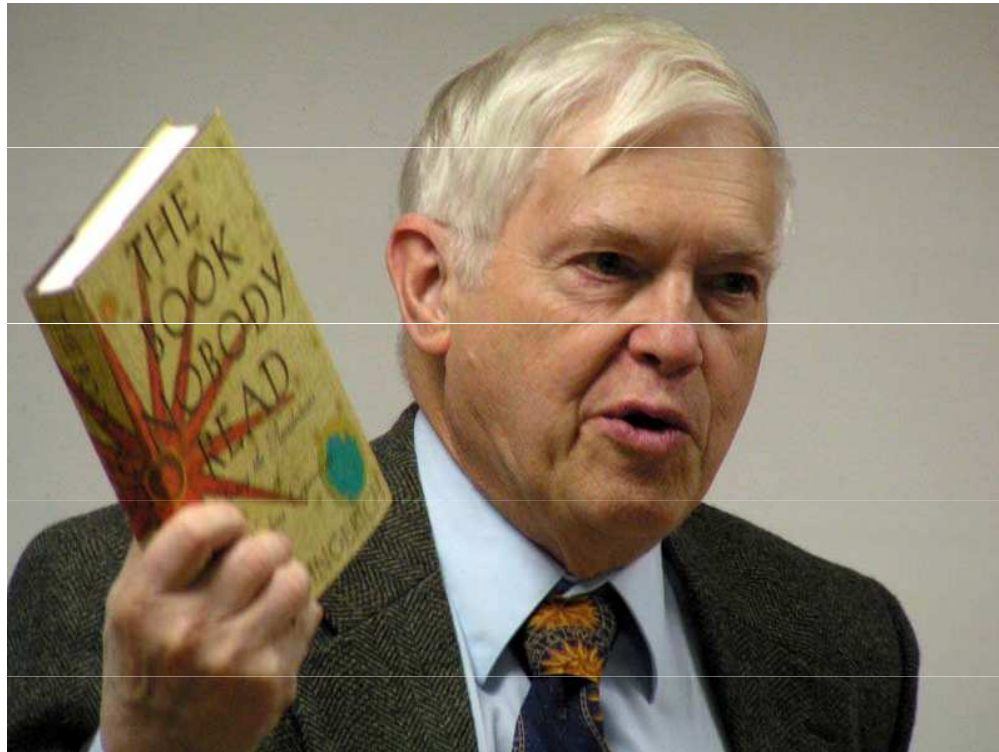
- **orbis - sphaera** (kruh – sféra) uvádí do pohybu planetu na ní upevněnou

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

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

# Poznámky v Oběhům

Owen Jay Gingerich \* 1930





# Schéma sluneční soustavy

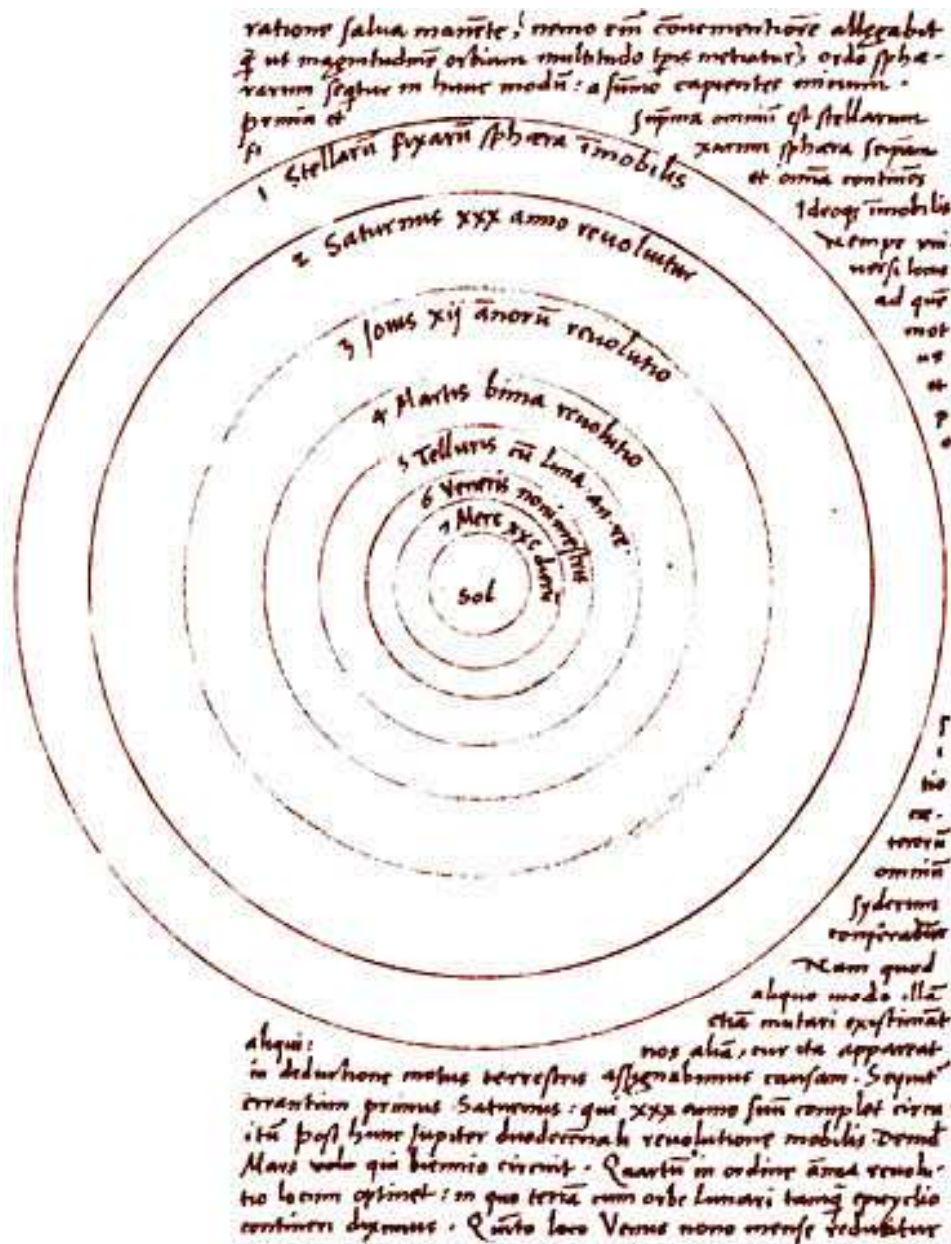
*De Revolutionibus*, polsky  
*O obrotach*, česky *O oběžích*

„sféry, kterými jsou  
planety nesené“

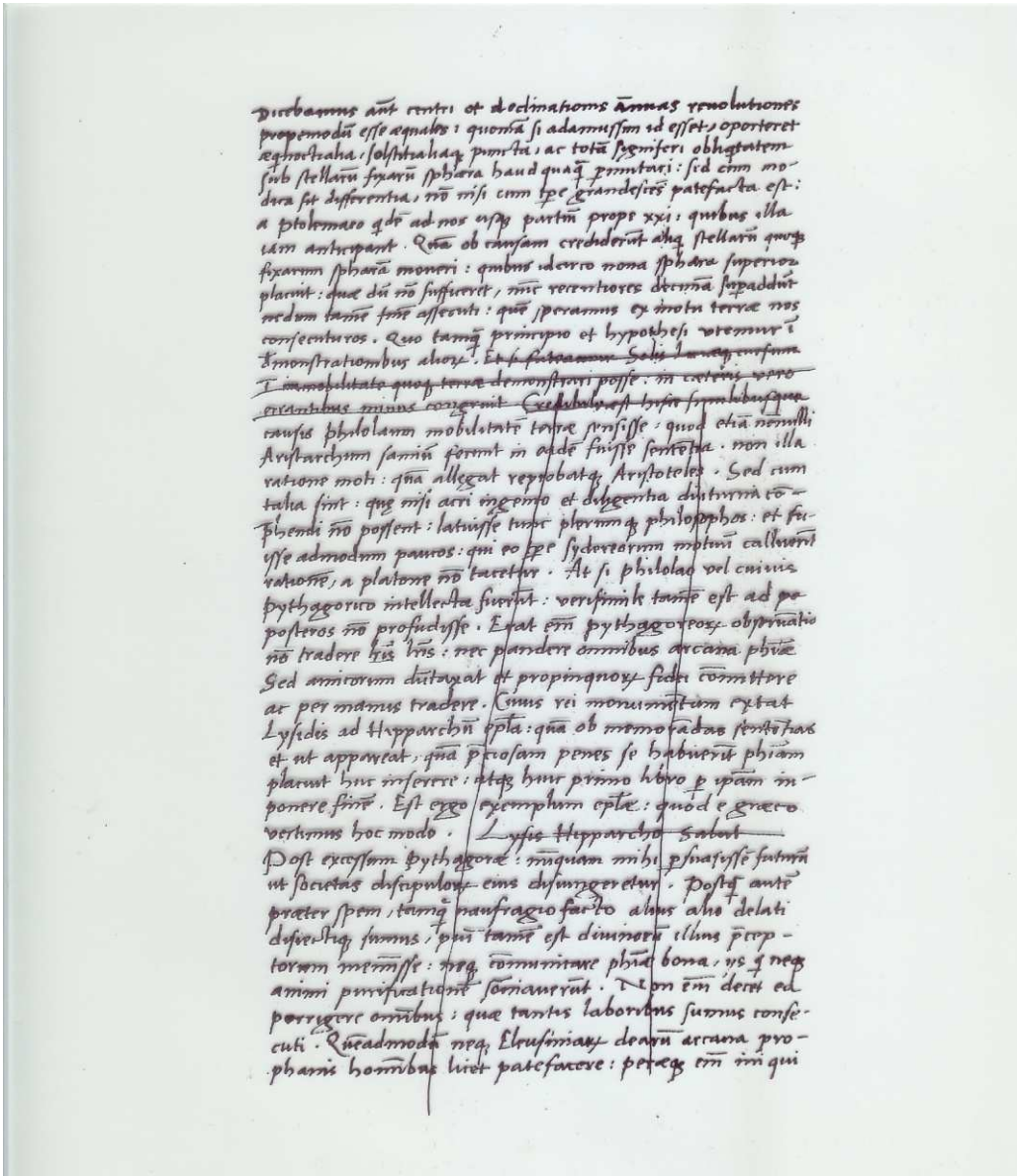
„heliocentrický model“

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.**“*

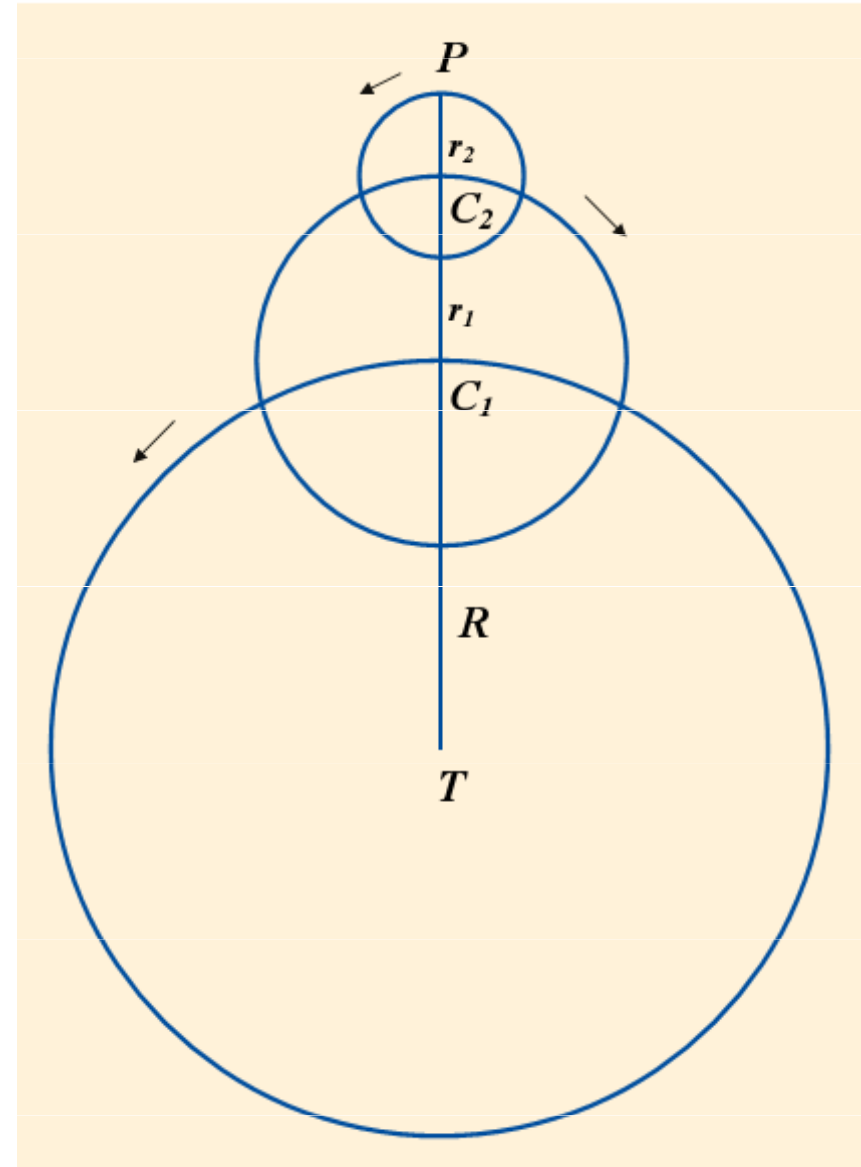
***kinematický princip relativity***

# Pohyb Měsíce

**Ibn - al - Šátir 1304 - 1376**

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

**změna poměru vzdáleností  
v apogeju a perigeju 4 : 3**

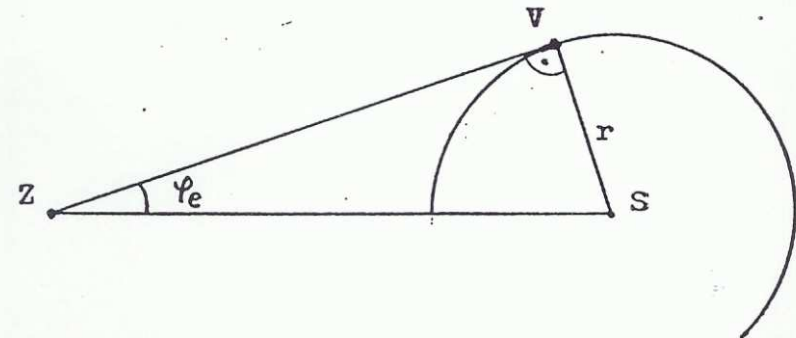


# Relativní vzdálenosti ve Sluneční soustavě

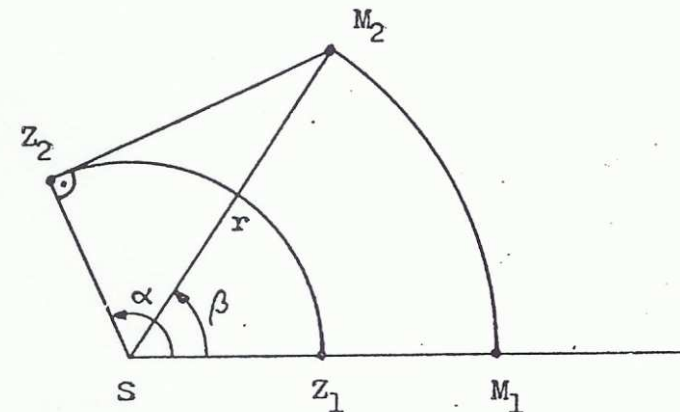
$$r = SZ \sin \varphi_e$$

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

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



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**).

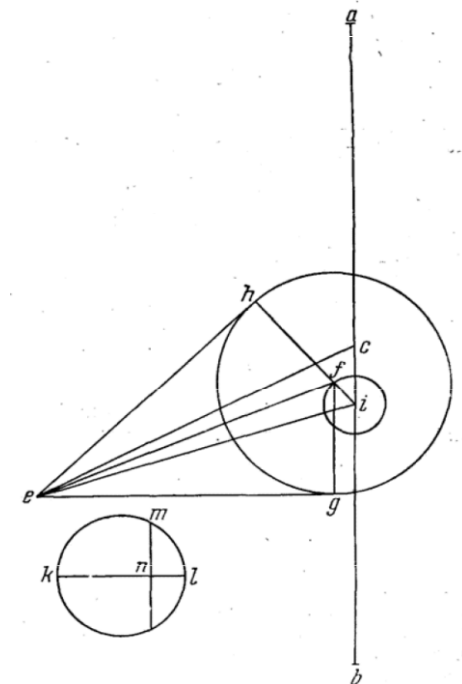
Prostřednictvím

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.*“

# 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...“*

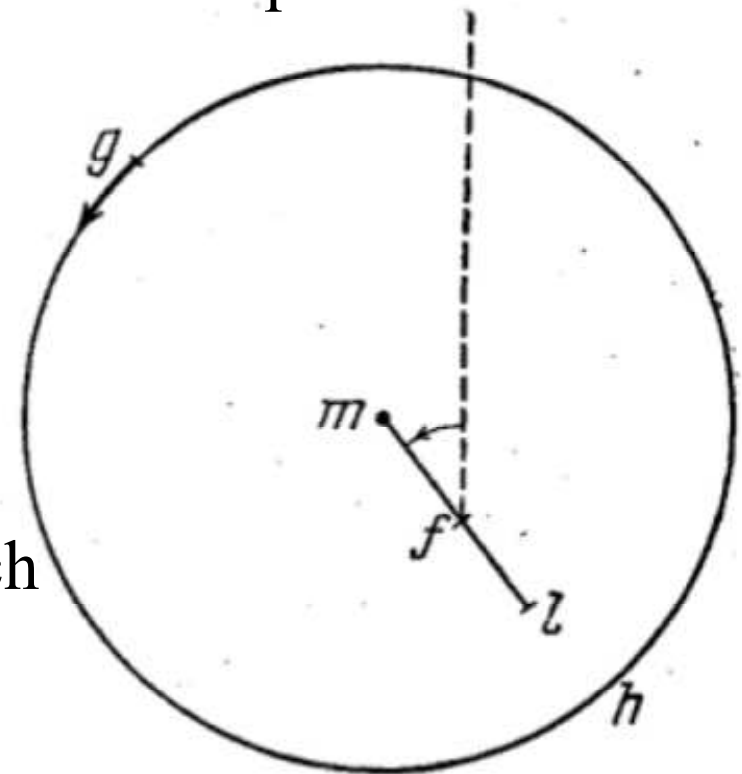
*„První získal **Bernard Walter**, žák Regiomontana, roku 1491 po Kristu dne 9. září...“*

*...„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  $0^{\circ} 45'$ ...“*

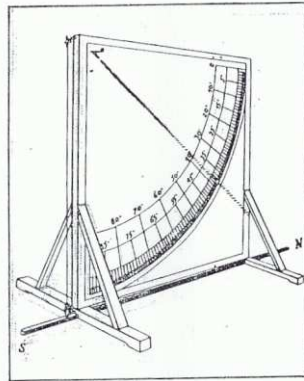
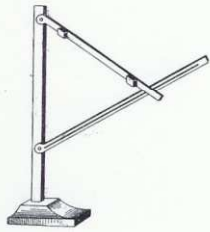
*...„Třetí pozorování, které rovněž učinil **Johannes Schöner** proběhlo toho roku 1504 dne 18. března. Nalezl Merkur na  $26^{\circ} 6'$  Berana vychýlený na sever téměř o  $3^{\circ}$ ...“*

# 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.

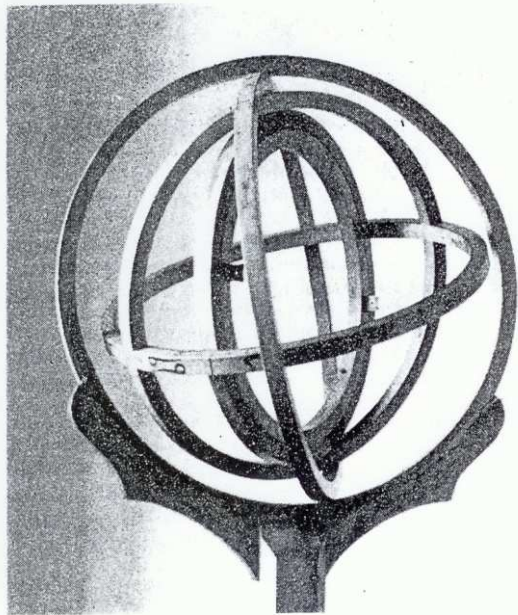


# Přístroje Mikuláše Koperníka



**trikvetrum – paralaktický instrument, přesnost 5'**

**ptolemaiovský kvadrant, přesnost 5'**



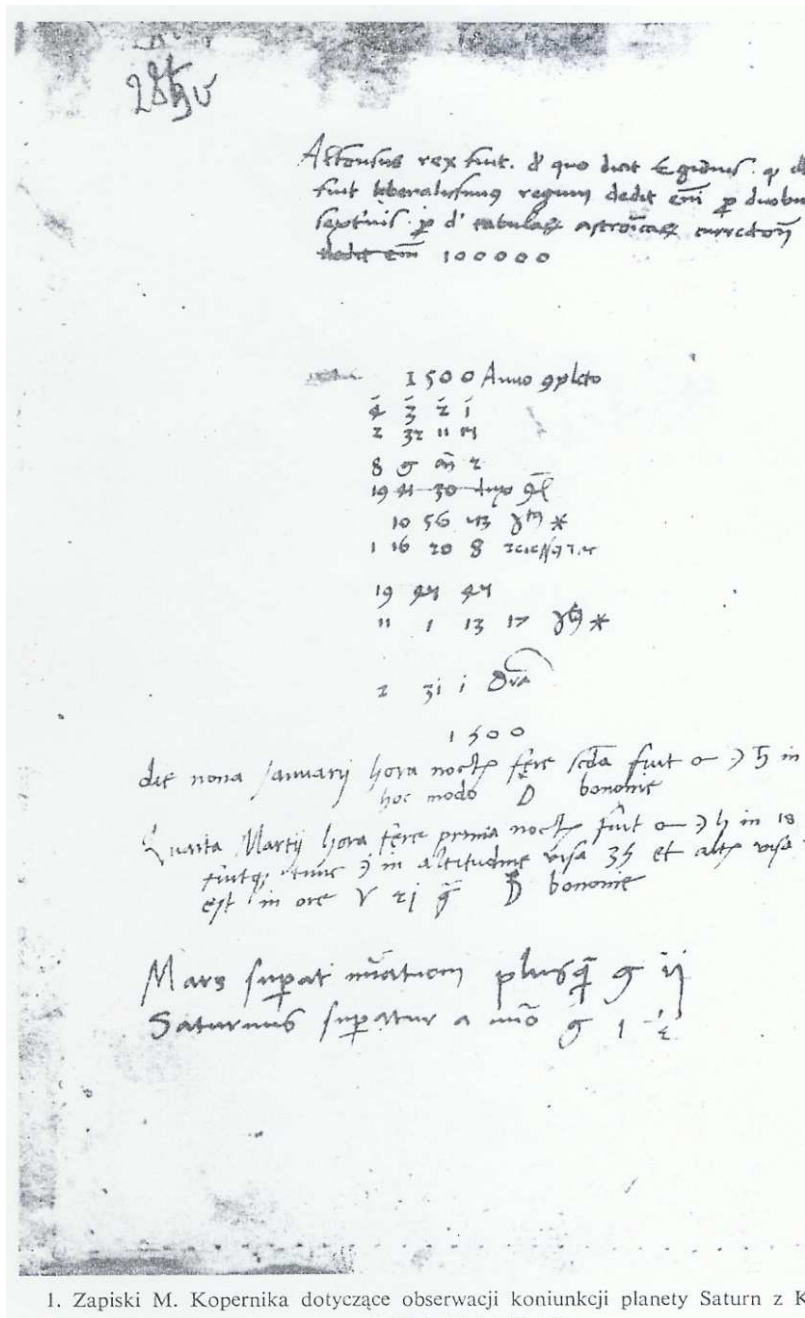
6. One of Copernicus' instruments – the astrolabe (reconstruction)

**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

SCHEMATA ECLYPSIVM LV		
MINARIVM CVM IVSTA TEMPORVM ANNOTATIONE		
1530	1530	1532
ECLYPSIS SOLIS	ECLYPSIS LVNE	ECLYPSIS SOLIS
Diei Hora Minuta	Diei Hora Minuta	Diei Hora Minuta
28 18 20	6 12 9	30 0 52
Martij.	Octobris.	Augusti.
Dimidia duratio	Dimidia duratio	Dimidia duratio
Diei Minuta	Diei Minuta	Diei Minuta
0 57	1 50	0 45
Puncta 8 24 quadr	Puncta 14 30	Puncta 3 15
1533	1534	1534
ECLYPSIS LVNE	ECLYPSIS SOLIS	ECLYPSIS LVNE
Diei Hora Minuta	Diei Hora Minuta	Diei Hora Minuta
4 11 51	14 1 43	29 14 26
Augusti.	Januarij	Januarij
Dimidia duratio	Dimidia duratio	Dimidia duratio
Diei Minuta	Diei Minuta	Diei Minuta
1 46	0 57	1 44
Puncta 13	Puncta 5 45	Puncta 14 31

# observatio hanc fuit 5 14 +  
 A observatio Tracoma caput hanc 12 42 fuit hora 10 15 meridie hanc 14 31 altitudo fuit 35

D II 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**

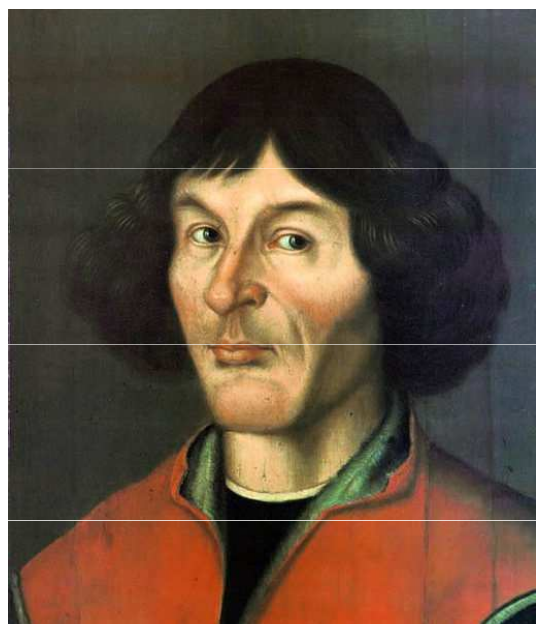
**1497, 9. března – Bologna, zákryt Aldebarana Měsícem**

**... 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**

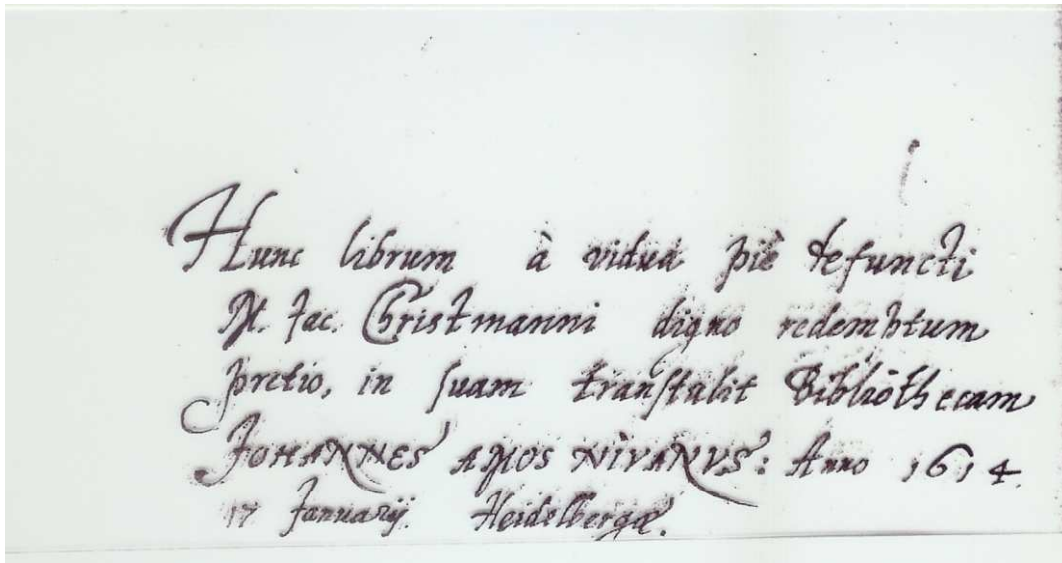
**použití stejných pozorovacích přístrojů, lidského oka,  
obdobné matematiky jako Ptolemaios**

**jiný astronomický obraz světa – heliocentrický**

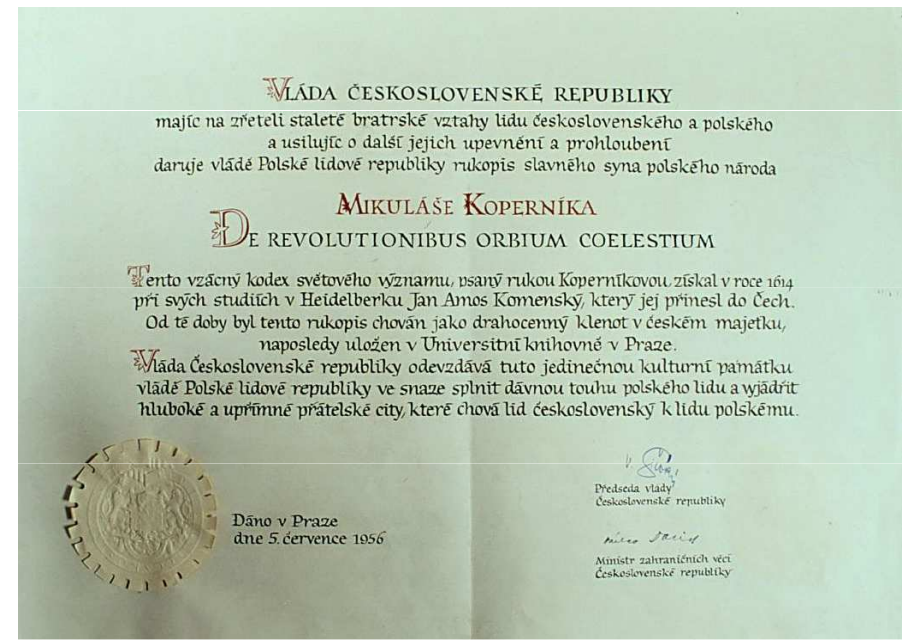
*změna pohledu na postavení člověka ve vesmíru, Země  
jednou z planet, Koperník - racionální antropocentrista,  
vesmír má racionální povahu a lze ho poznat*

# 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>

# Oběhy - poznámky čtenářů

vesměs pouze  
k I. knize

Gerhard  
Mercator  
1512 - 1594

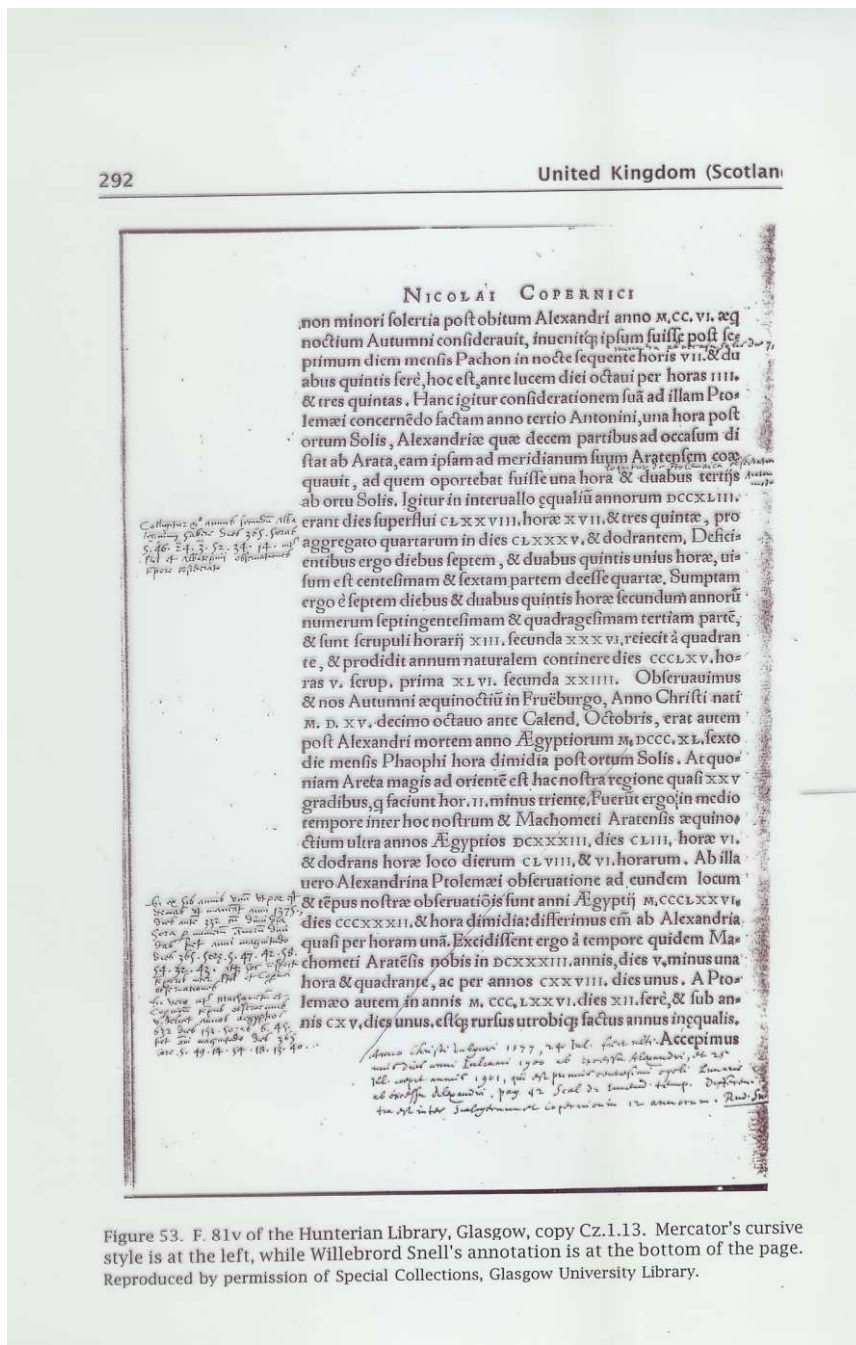


Figure 53. F. 81v of the Hunterian Library, Glasgow, copy Cz.1.13. Mercator's cursive style is at the left, while Willebrord Snell's annotation is at the bottom of the page. Reproduced by permission of Special Collections, Glasgow University Library.

Willebrord  
Snell  
1580 - 1626



# Oběhy – poznámky čtenářů

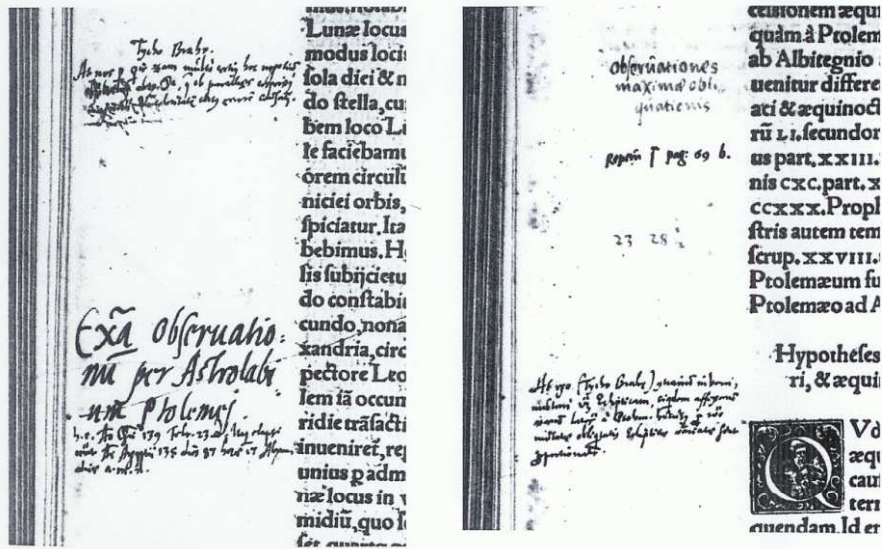


Figure 34. Two annotations quoting Tycho Brahe, from St. Petersburg 1. (a) f. 45 and (b) f. 65. Courtesy of the Saltykov-Shchedrin Public Library.

## Tycho Brahe 1546 - 1601

## Giordano Bruno 1548 - 1600

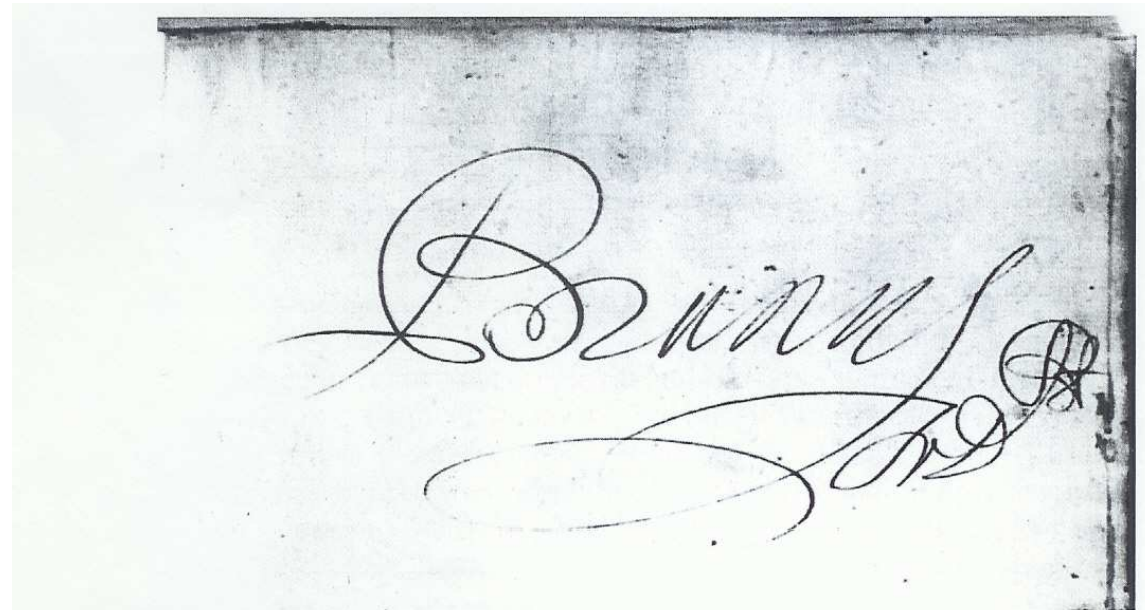
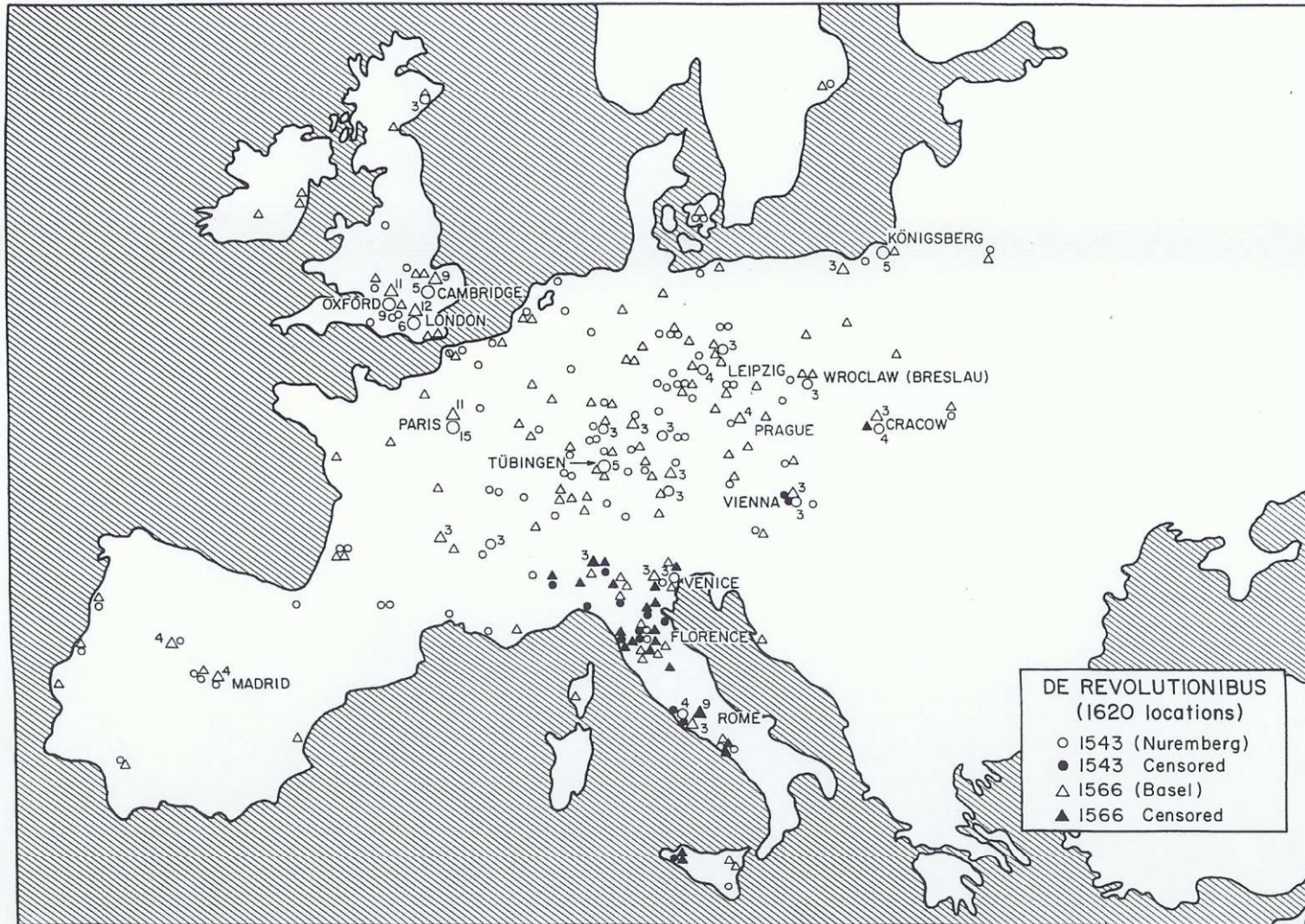


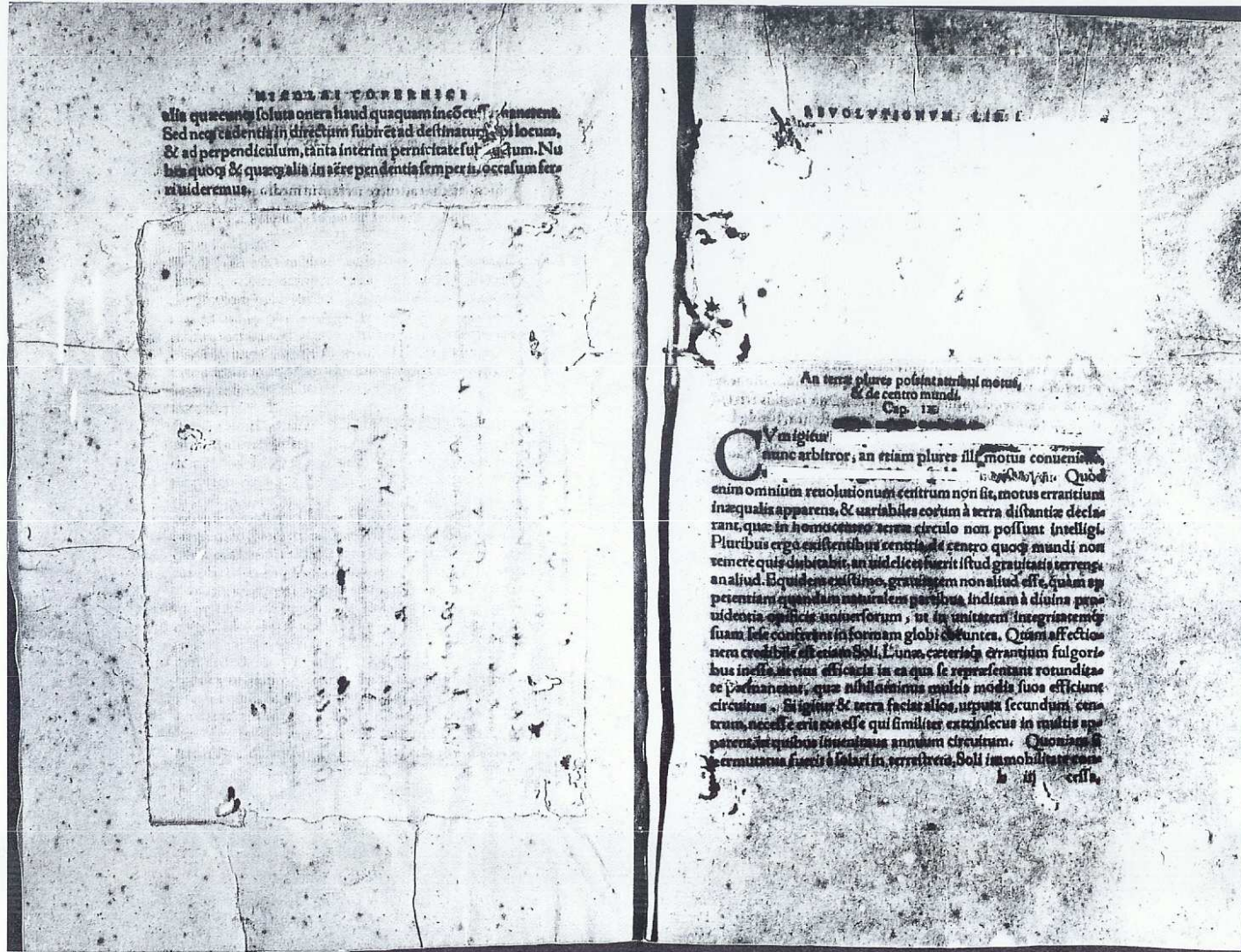
Figure 22. The bold Giordano Bruno signature from the fly leaf of Rome 5.

# Rozšíření „Oběhů“ po Evropě

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



# Oběhy – provádění cenzury



# Kanovník ve Fromborku 1510 - 1543

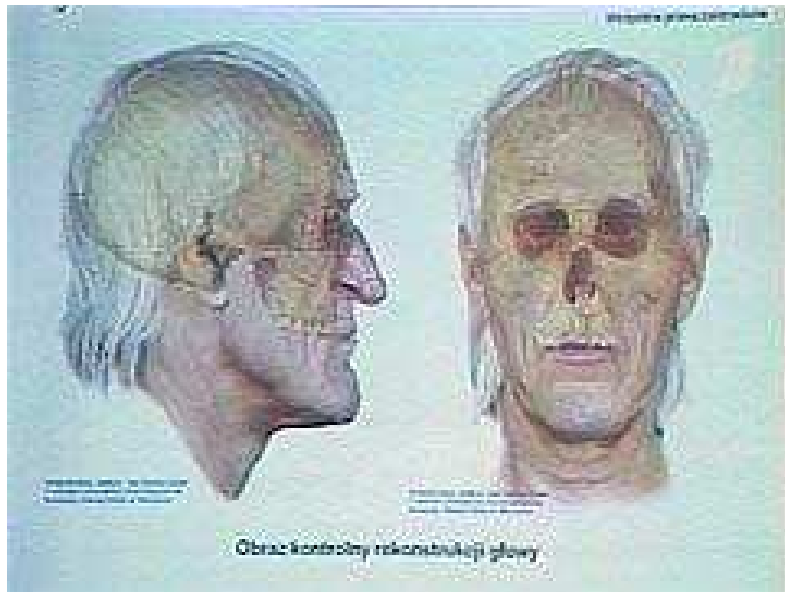


**pozorovací věž  
Koperníka**

**katedrála  
Panny Marie**



# Koperník - rekonstrukce podoby



**nález vlasů v knize, rozbor DNA,  
kosterní pozůstatky 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“***

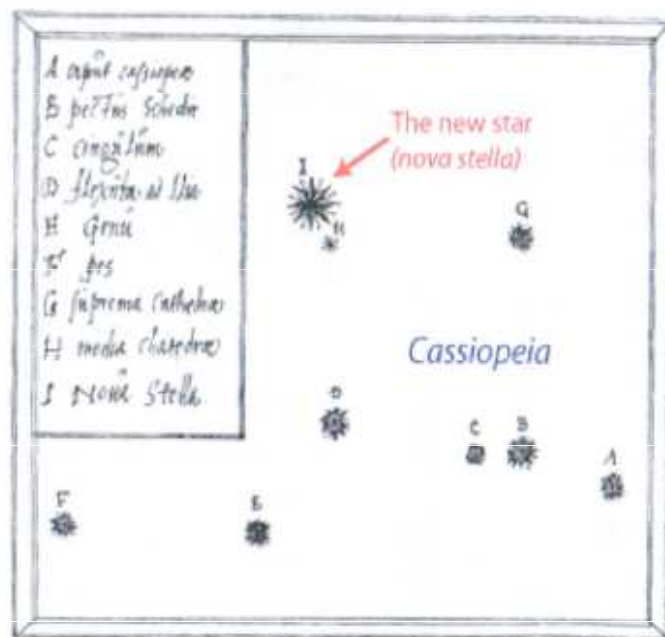


*Disce puer virtutem ex me  
Guramq; Laborem,  
Fortiter & sortis iustissime  
victis.*

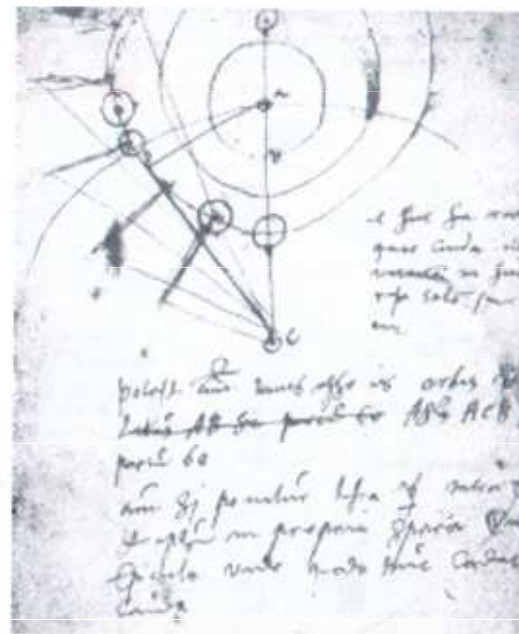
*Tycho Brahe  
Filio  
Tythoni primogenito  
Scripsit  
Anno 1599 Feb 28  
Vitebergae.*

# 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

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

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

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

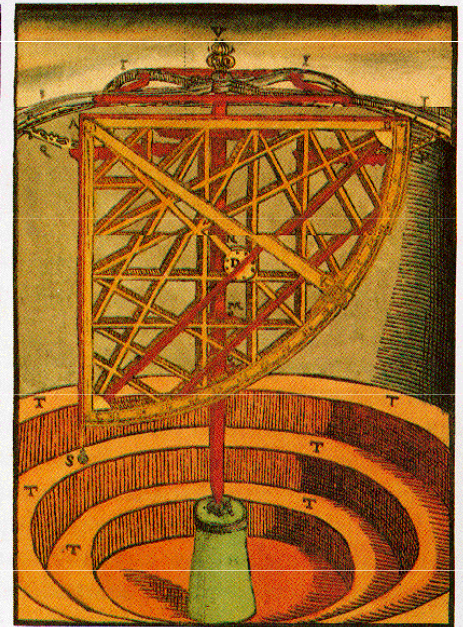
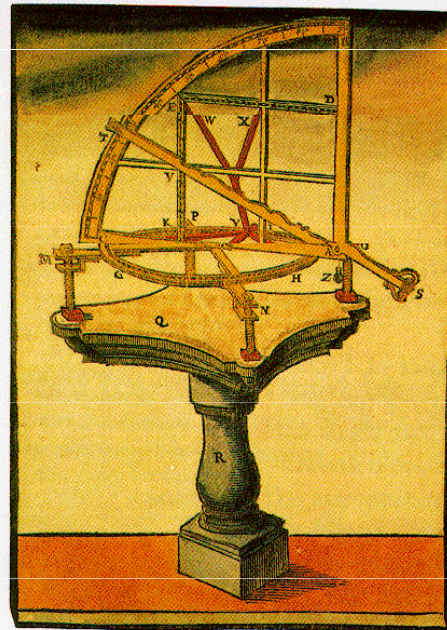
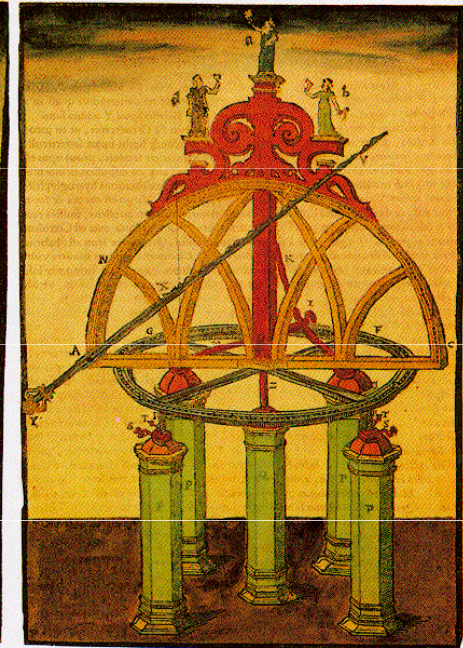
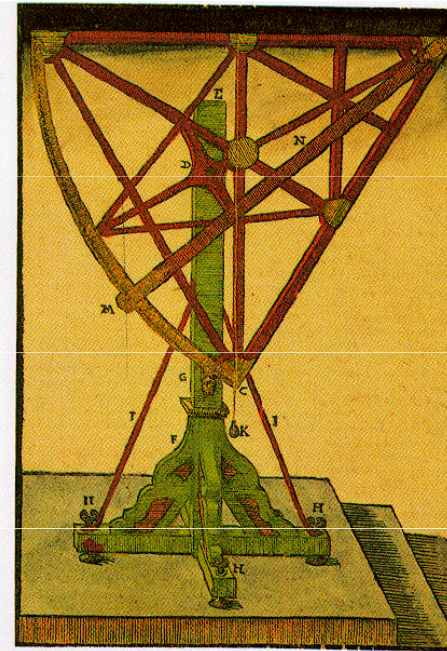




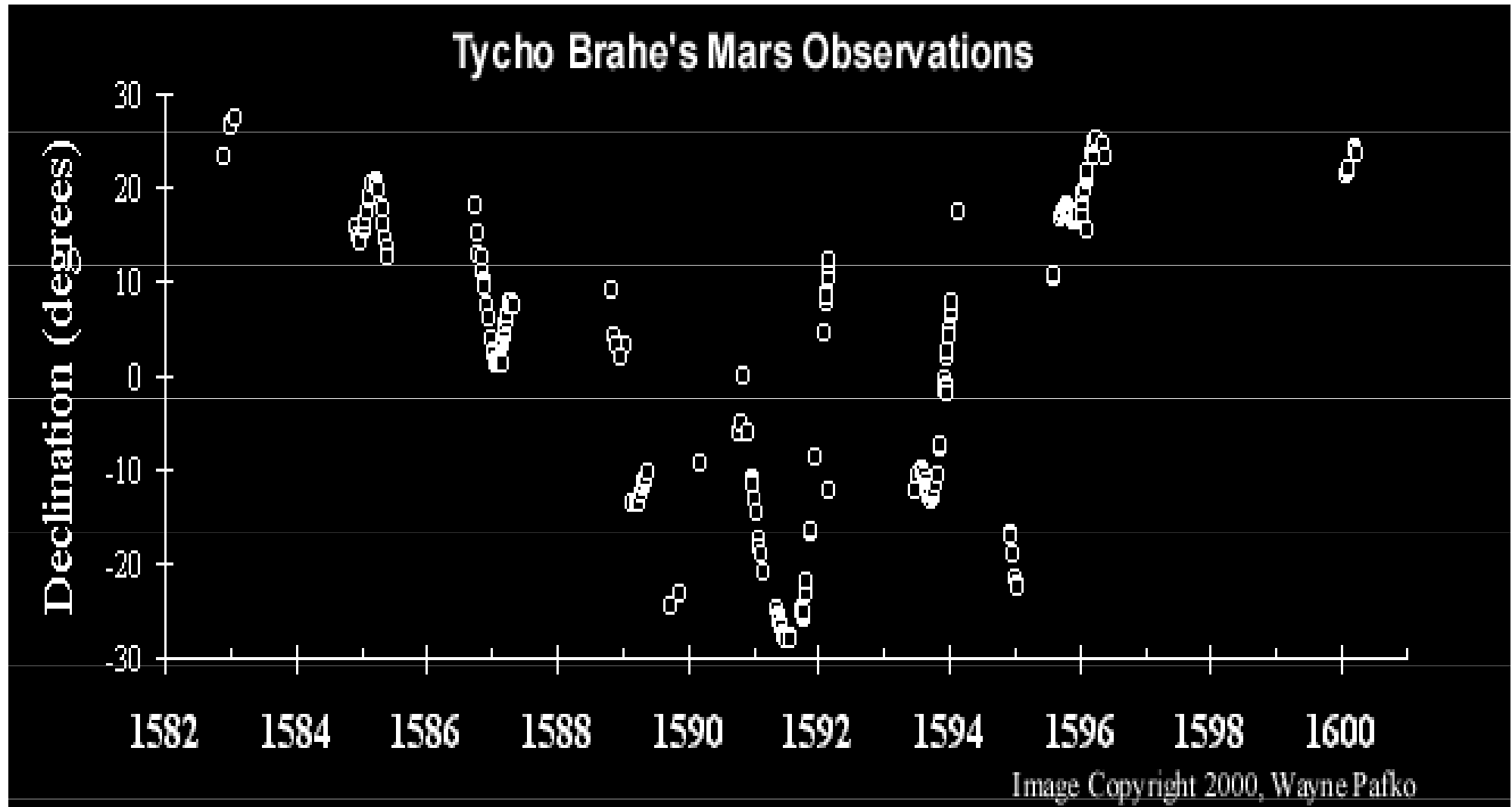
# Observatoř a přístroje Tychona Brahe

nejpřesnější pozorovatel  
před vynálezem  
dalekohledu

Uraniborg, Sterneborg



# Dlouhodobá přesná pozorování Marsu



# Poznámky Paula Witticha 1546 - 1586

## Tychonova soustava - popis

(Italy) Vatican City

107

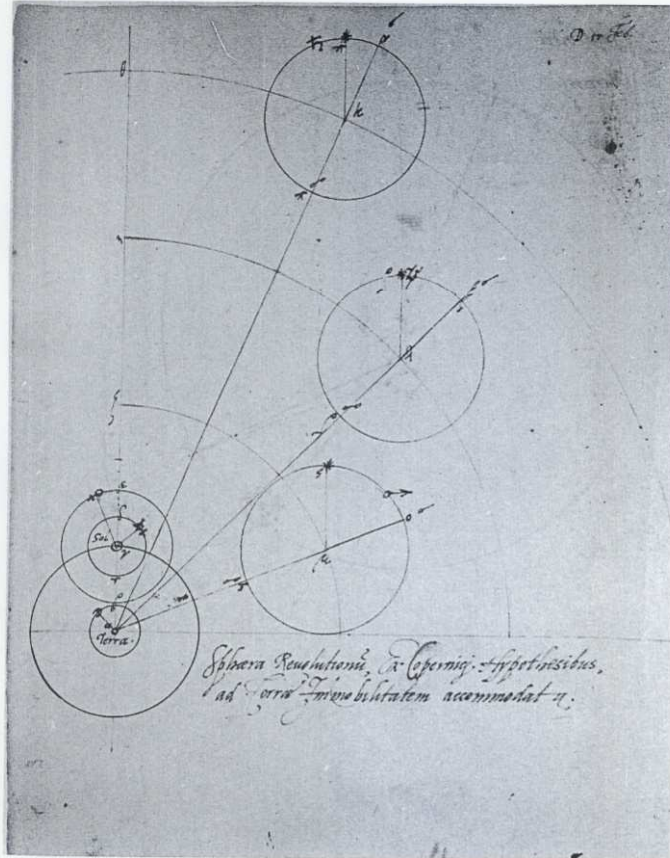
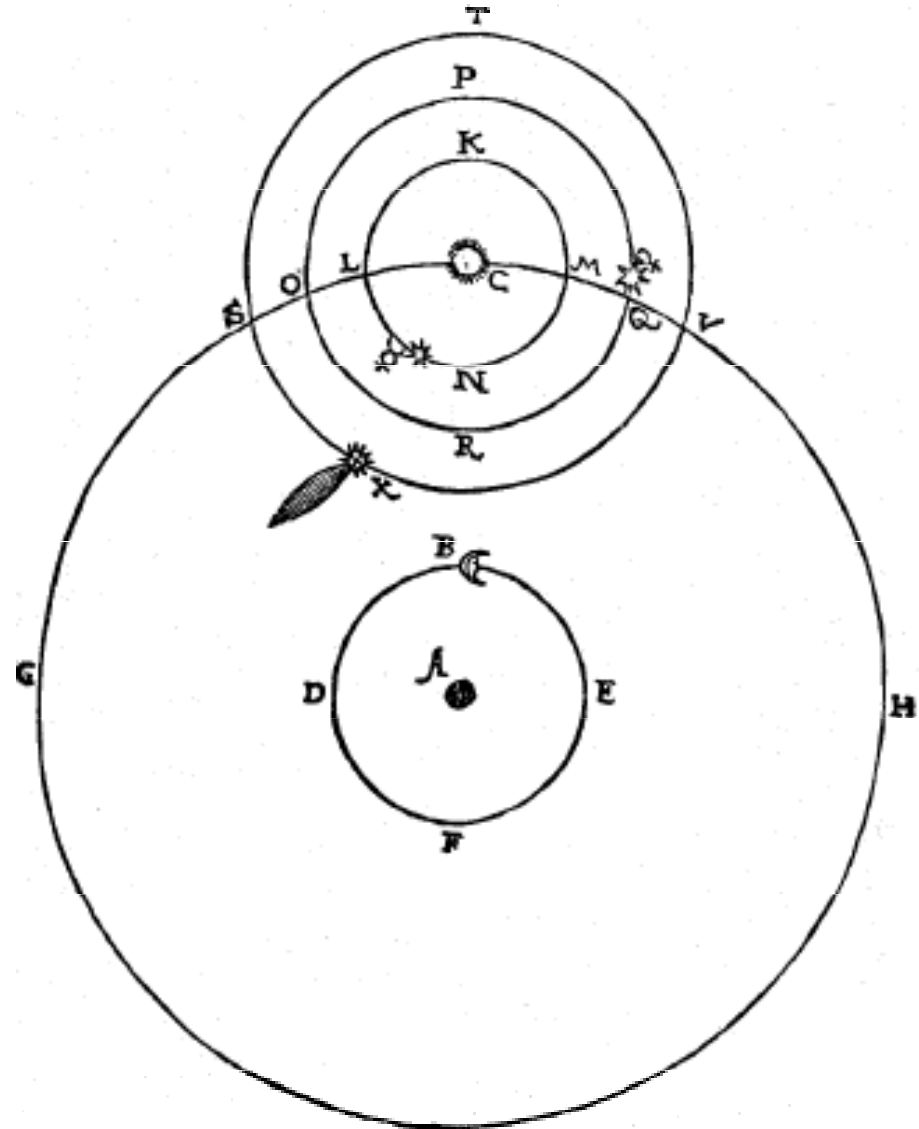


Figure 18. Paul Wittich's proto-Tychonic diagram, ending the series in Vatican 1, f. 210v.  
© Biblioteca Apostolica Vaticana.



# 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