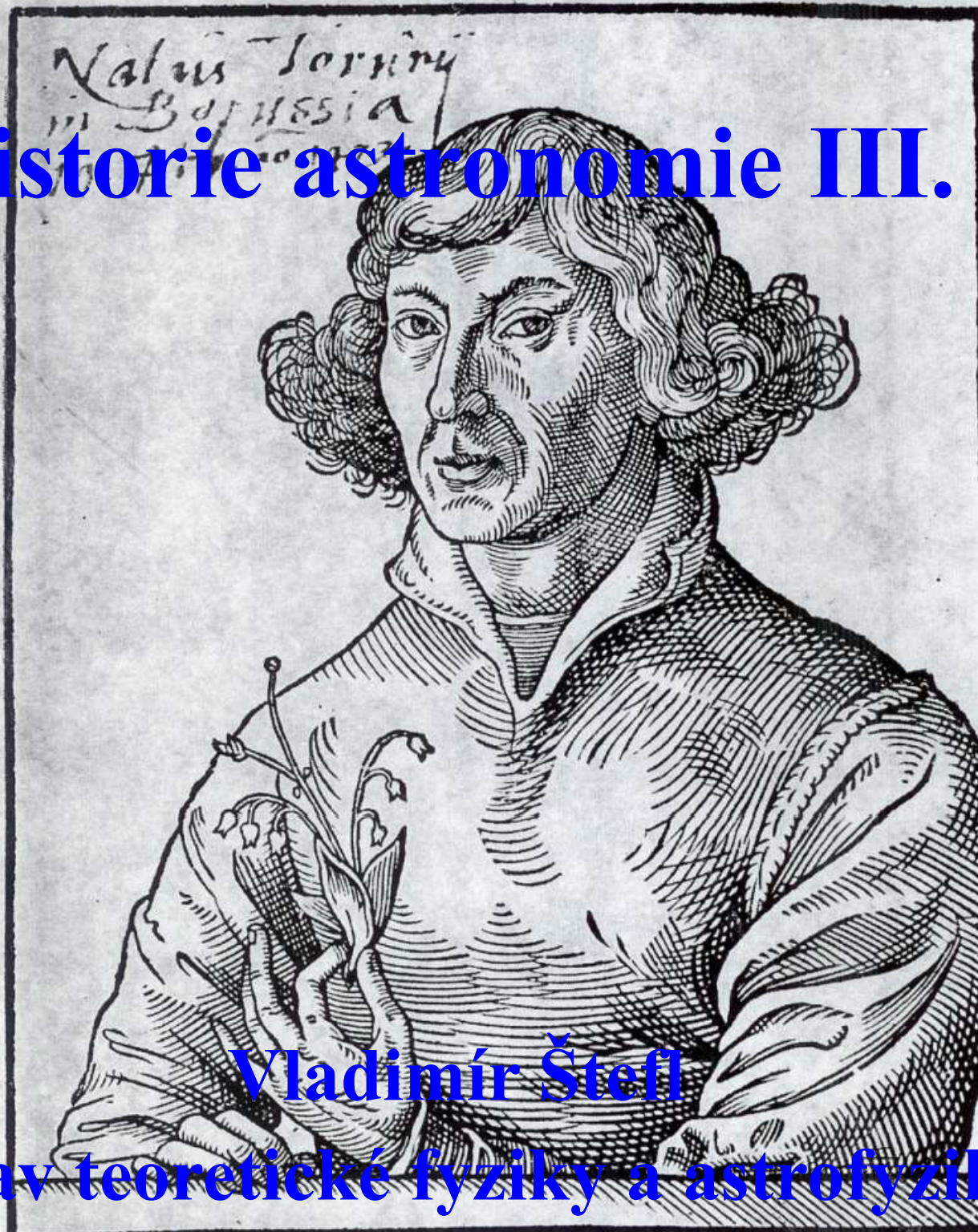


Historie astronomie III.

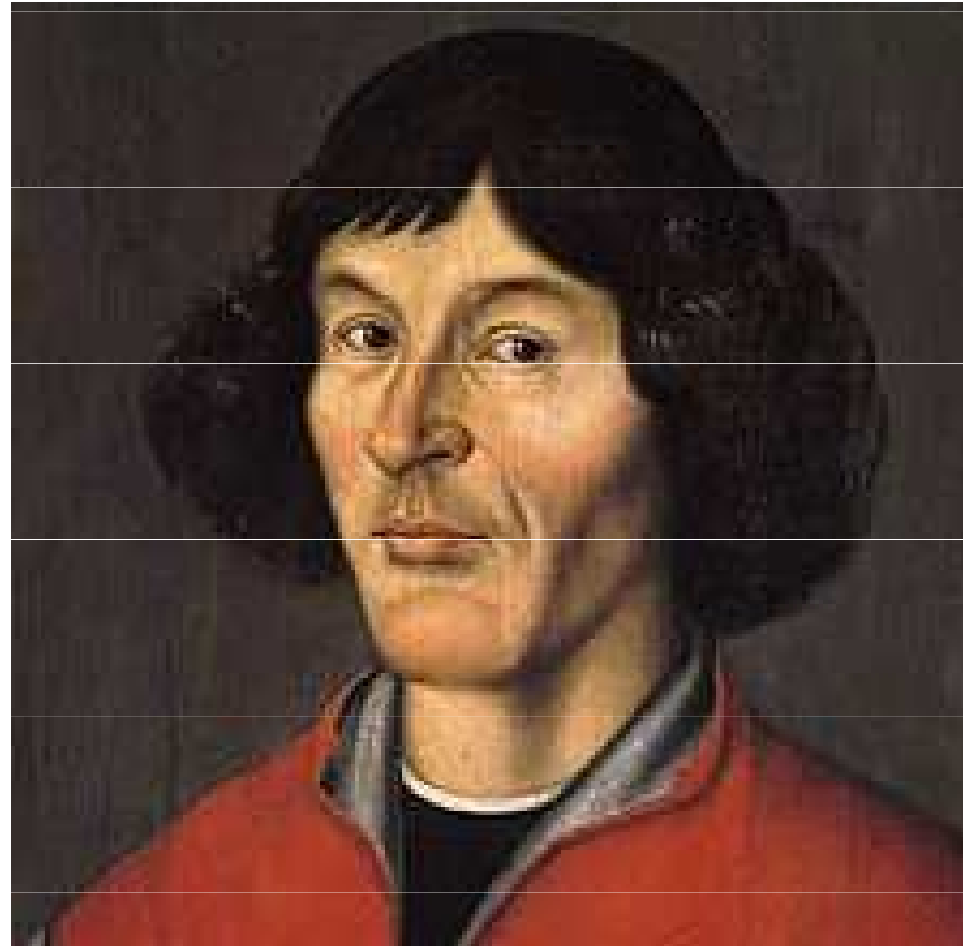


Vladimír Štefl

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky

Mikuláš Koperník – člověk a astronom

19.2.1473 - 24.5.1543



Vladimír Štefl

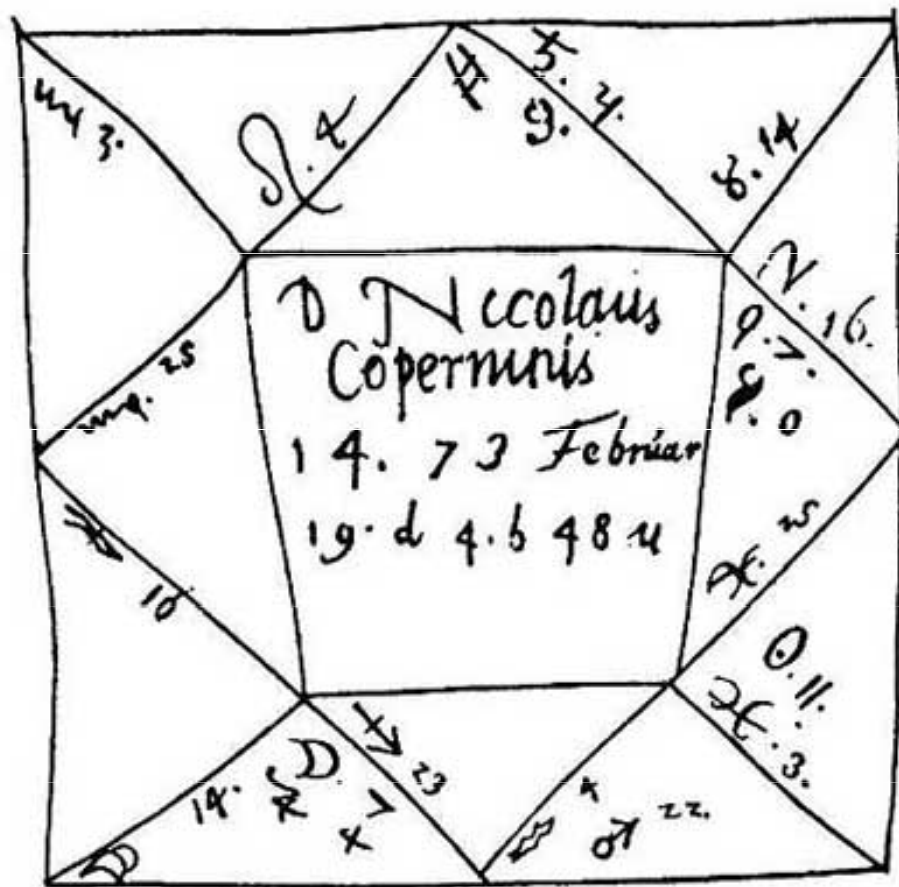
Ústav teoretické fyziky a astrofyziky

Osnova

- *Život Mikuláše Koperníka*
- *Student v Polsku, v Itálii*
- *Warmijský kanovník - hospodář, voják, astronom*

- *Dílo Mikuláše Koperníka*
- *Prameny heliocentrismu*
- *Malý komentář*
- *Pozorování*
- *O oběžích nebeských sfér*
- *Význam*

Mikuláš Koperník – kanovník, lékař, právník, ekonom, matematik, astronom



19. února 1473
4 hod 48 minut

**horoskop: „vynikající
filozof, matematik, kacíř,
falešný věstec, svůdce
žen“**

Horoskop Mikolajja Kopernika neznaneho autora.

Vypracování ~ J. Retik, J. Schöner

Koperníkův původ

otec polský kupec — *Koperniki - Vidnava*

Mikolaj Koperník z Krakova

matka němka

Barbora Watzenrode z Toruně

děti - Barbora, Kateřina, Ondřej a
nejmladší Mikuláš

otec r. 1483 †

Lukáš Watzenrode (1447 - 1512)

r. 1489 warmijský biskup

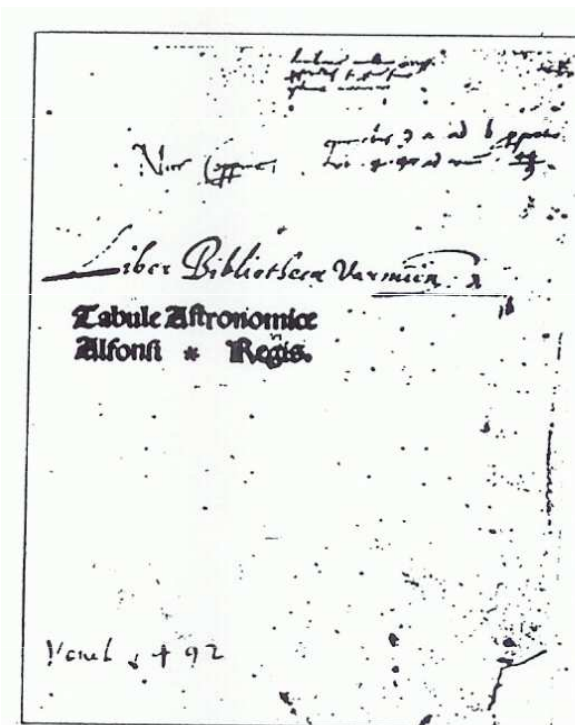
rodný dům v Toruni, německé
město, hrad založen Řádem
německých rytířů

**Koperník písemně používal německý
a latinský jazyk, považoval se za
Poláka, přísahal Zikmundovi I.**



Koperník - student v Polsku

- r. 1485 **Wloclawská kapitula**, katedrální škola, latinský jazyk, Bratří společného života
- r. 1491 - 1495 Krakovská akademie - **Jagellonská univerzita**, fakulta svobodných umění, **zápis**, Michal z Wroclawi - Astronomické tabulky ke krakovskému poledník → Frombork, soukromé lekce Vojtěch Brudzewski
- **Alfonsinské tabulky**, vydání r. 1492, poznámky, opravy
- **Euklidovy elementy** r. 1482
„k ovládnutí astronomie je nepostradatelná znalost Euklida“
- r. 1495 - povolán zpět do Warmie, studia nedokončena



Andreas Johannes de Johannes
Coprnicus Nicolaus Tholay de Tholoma Johannes
Stoharnes Stanislas de Gregorio folt
folt

Koperník - student v Itálii

- r. 1496 bratři Koperníkové → Itálie, Bologna, studia práv imatrikulace 6.2. 1497 - *Dominus Nicolaus Kooperlingk de Thor grossetos novem...Mikuláš Koperník z Toruně zaplatil 9 grošů*, vedle práv studoval filozofii, matematiku, astronomii, **D. M. Novara (1454 - 1476)**, 9. března 1497, zákryt Aldebarana Měsícem, okamžik pozorování, úhlová velikost Měsíce, pochybnosti o Ptolemaiově teorii jeho pohybu, úvahy o pohybu Země znalost astronomické řemeslo pozorování
- r. 1500 - konjunkce Saturnu s Měsícem,
- dluhy, hrozba vězení, seznámení s ekonomikou...
- r. 1501 jaro návrat do Warmie, studia nedokončena



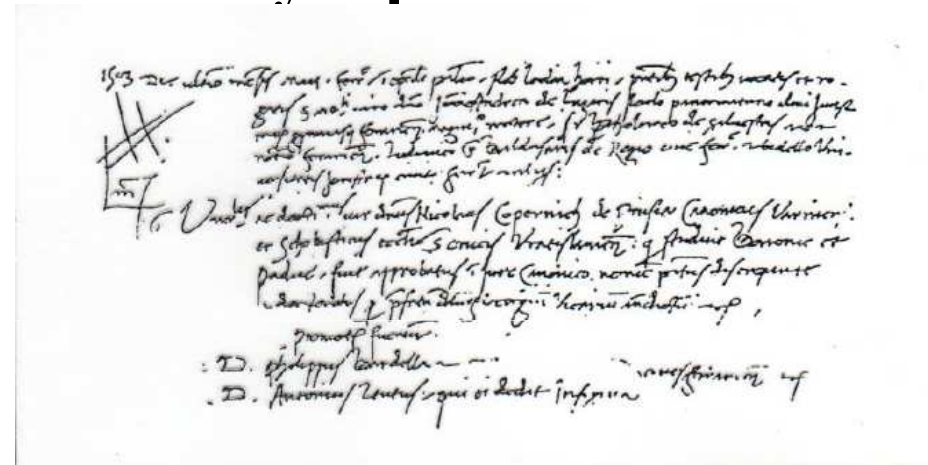
Koperník - student v Itálii

- r. 1501 srpen, bratři Koperníkové → Itálie, Mikuláš studia lékařství v Padově, Ondřej studia v Římě, tzv. katedrové lékařství, konzervativní metody léčení, praktické lékařství - účinnost jednotlivých bylin z Polska, recept: „*chce-li Bůh, pomůže to.*“
r. 1503 licenciát - oprávnění k výkonu lékařské praxe, později slovučný a vyhledávaný lékař ve Warmii
r. 1503 - **ukončení** právních studií ve Ferrare - **církevního práva**, 31. května 1503, ..., „*pan Nicolaus Copernich, kanovník warmijský... byl jednohlasně potvrzen v kanonickém právu a učiněn doktorem práv*“

-
- **rozsáhlé vzdělání**

Nicolaus Copernicus

doktorský diplom:



Koperník - warmijský kanovník 1510 - 1543



pozorovací věž
Koperníka

katedrála
Panny Marie



Warmijský kanovník

r. 1497 - jmenování kanovníkem warmijské kapituly

r. 1504 - sekretář biskupa - Lidzbark Warmijsky

r. ≈ 1508 - **Malý komentář**, v Oběžích uváděl *...„knihu jsem choval u sebe v tajnosti ne pouze po devět let, ale již čtvrté desetiletí“*, ...Horatio

r. 1510 - odchod do Fromborku, katedrální vrch s klášteřem,
velká katedrála **Panny Marie**, severozápadní věž - pozorovatelná, kurie

r. 1516 - 1519, 1520 - 1521, **administrátor warmijské kapituly**,

hospodářský a ekonomický správce území, úřad v Olštýně,

uplatnění vědomostí, znalostí: určování platů, robot, rozmístování nových osadníků, přidělování pozemků, dobytka, hospodářského nářadí, soudce...

r. 1515 - 1519 Warmie vojensky ohrožována Řádem německých rytířů, velmistr Albrecht Hohenzollern (1490 - 1568), Koperník píše žádost polskému králi Zikmundovi I. o vojenskou pomoc, příprava Olštýna na obléhání, hákovnice, děla, olovo, vodní nádrže a atd...

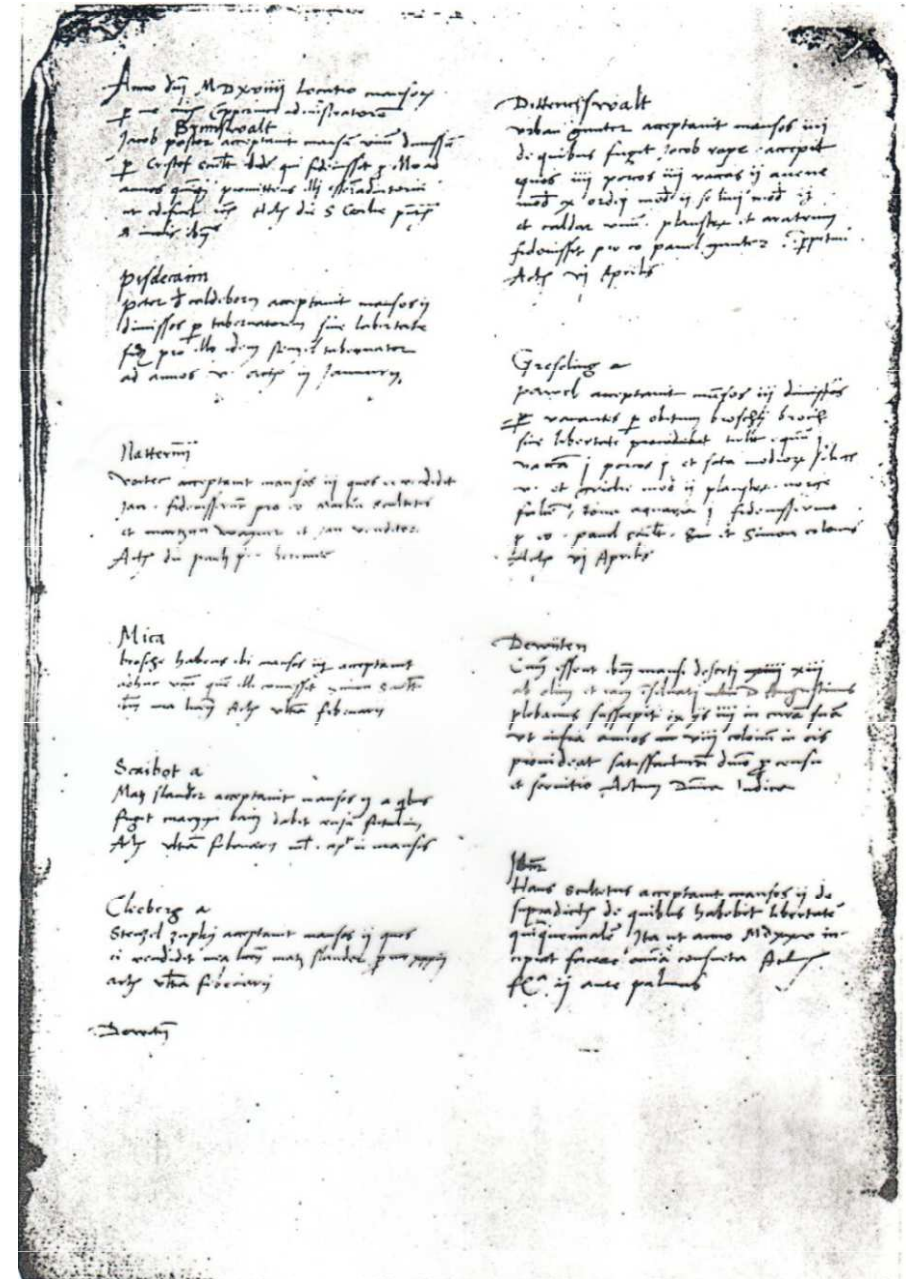
→ polská pomoc... Toruň r. 1520

Warmijský kanovník - lokační záznamy

Locationes, mansorum, desertorum
Osídlování opuštěných pozemků

Inspekční cesty, 73 protokolů

„V Enikendorfu jsem novému kolonistovi Martinovi přidělil tři sáhy, které loňského roku byly odňaty pro zlodějství Joachimovi. Pozemek byl neosetý. Martin byl osvobozen od desátek na rok. Na osev jsem mu přidělil dvě míry ovsa a ječmene, zanechané Joachimem. Kromě toho jsem mu dovolil zapůjčit krávu, telátko, sekeru a kosu, slíbil jsem mu dva koně. Fojt se zaručil za Martina na čtyři roky“.



Zapisy M. Kopernika w Locationes mansorum desertorum z 1519 r. dla wsi z komornictwa olsztyńskiego

Warmijský kanovník - ekonom

různé typy mincí, polská, německá, svidnická, knížecí, slezská
Řád německých rytířů - znehodnocování přetavováním, forma ekonomické války...



Warmijský kanovník - ekonom

r. 1519 Tractatus de monetis - Traktát o mincích

v důsledku poklesu hodnoty peněz stále rostou ceny, vnější obchod se stává obtížnější, *horší mince vytlačuje z oběhu lepší* → **Koperníkův - Greshamův zákon**

r. 1519 De estimatione monete - O ceně mince

koncepte metalického obsahu, hodnota mince = hmotnost a cena v ní vzácného kovu, zvítězilo nominalistické pojetí hodnoty mincí, vyjádřené samotnou ražbou, nikoliv obsahem vzácného kovu

r. 1522 návrh na sjednocení polské a pruské mince, vytvoření centrální mincovny, traktát o ražení mincí, Grudziadze

r. 1526 Monete cudende ratio - O způsobu ražby mincí

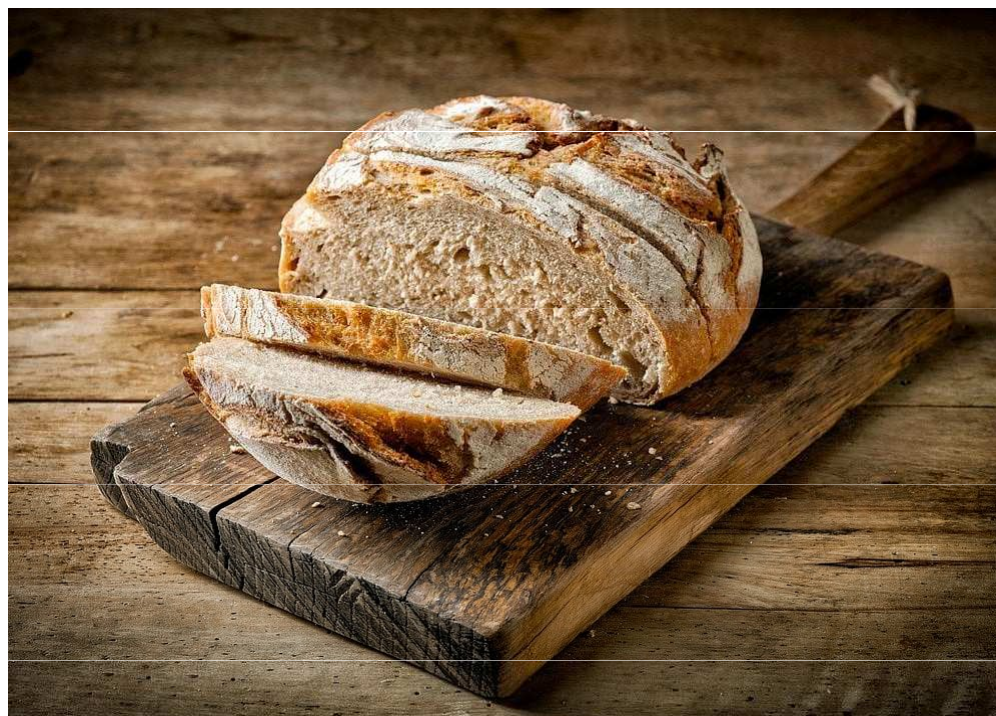
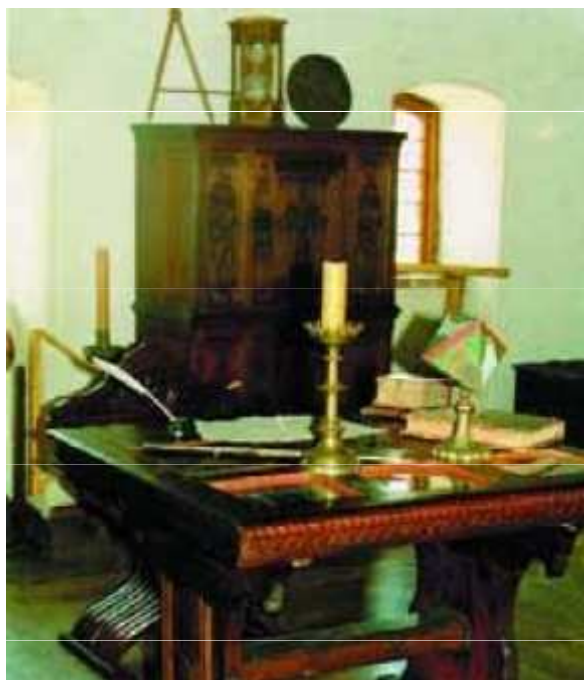
„Mince je určitým způsobem oceňované zlato nebo stříbro, kterým se platí hodnota koupených či prodaných věcí“ ... „Mírou hodnoty rozumíme cenu samotné mince, která pravda, závisí na kvalitě materiálu (kovu). Avšak je nezbytné odlišovat hodnotu mince od její ceny, neboť cena mince může být vyšší než cena materiálu, z kterého je vyrobena, ale i naopak...“



Warmijský kanovník - ekonom

r. 1531 Panis coquendi ratio - Výpočet pečení chleba

tabulky poctivých cen za chléb, instrukce pro pečení, kolik třeba mouky, kolik stojí kvasnice, jaké jsou náklady na pečení, cena chleba musí **záviset na vynaložené práci a faktických výdajích** za suroviny, na ceně chleba jako základního pokrmu většiny lidí by se nemělo vydělávat...



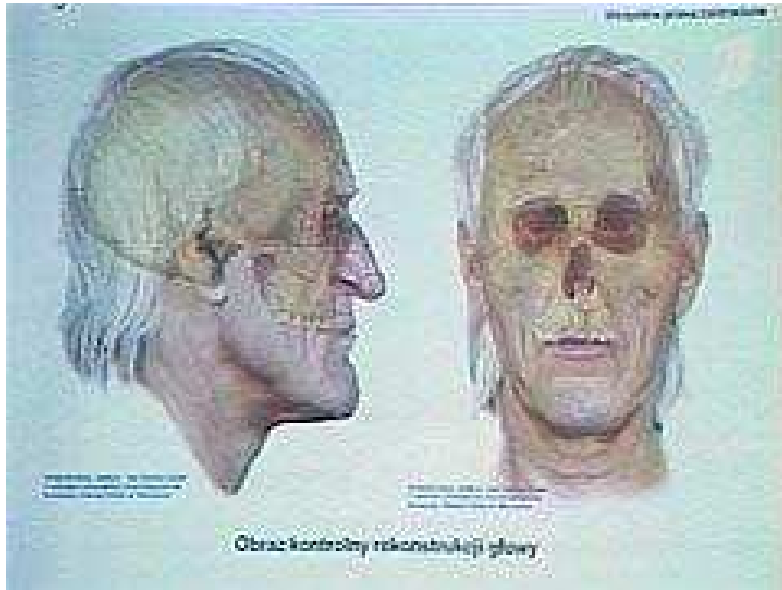
Warmijský kanovník - svědce žen

- 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**

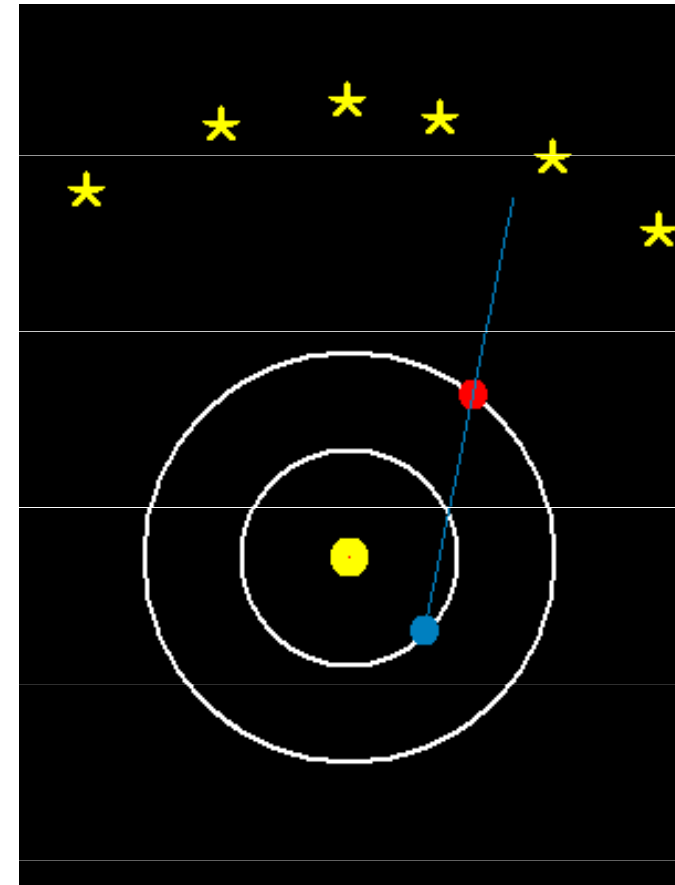
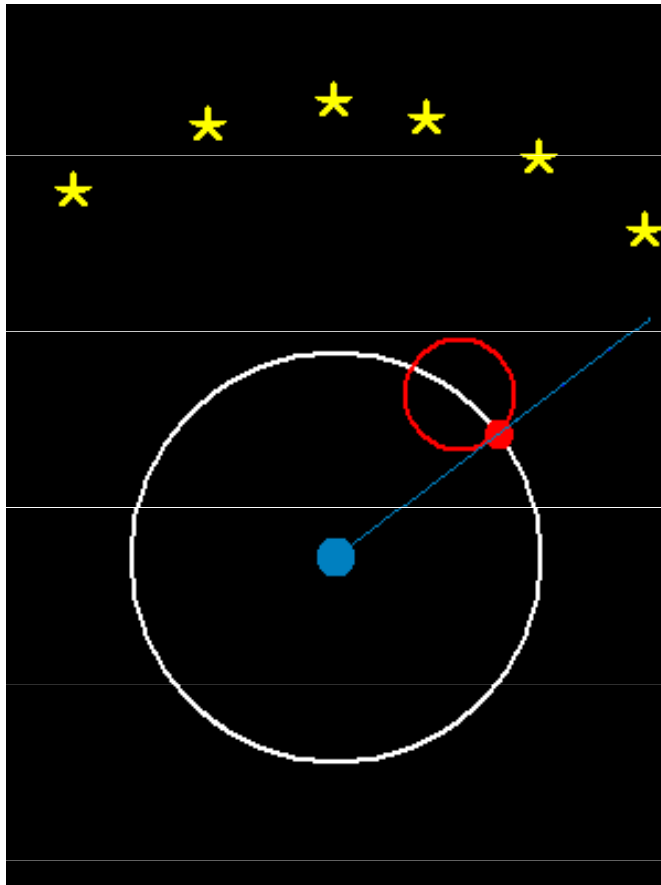
Koperník - rekonstrukce podoby, identifikace



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.

Geocentrický x heliocentrický model



<http://faculty.fullerton.edu/cmccconnell/Planets.html#7a>

<http://people.scs.fsu.edu/~dduke/models.htm>

Prameny heliocentrismu

Aristarchos ze Samu (310 - 230)

heliocentrická soustava - dva principy

1. Všechny planety obíhají kolem centrálního tělesa - Slunce

2. Jejich oběh je rovnoměrný

oba principy jsou neslučitelné, viz pohyb Země kolem Slunce,

Aristarchos: De magnitudinibus et distantibus solis et lunae

O velikostech a vzdálenostech Slunce a Měsíce, Benátky r. 1498,

Koperník znal → **manuskript** I. knihy Oběhů *„I když připustím, že*

Slunce a Měsíce můžeme vysvětlit i při nehybnosti Země, u ostatních

planet tento výklad neobstojí. Můžeme věřit, že Philolaos předpokládal

pohyb Země a že stejný názor podle některých měl i Aristarchos ze

Samu, ačkoliv je k tomu nevedly ty příčiny, které uvádí a zkoumá

Aristoteles. Protože však tyto věci můžeme pochopit jen pronikavým

umem... U pythagorejců bylo totiž zvykem, že filozofická tajemství

neodevzdávali ani písemně, ani je veřejně nerozšiřovali, ale svěřovali je

výlučně důvěře přátel a blízkých...“

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“*

circubamus 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 primum est: 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 Philolaos movetate 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 divergentia 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 futurum
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, Elusimam deorum arcana pro-
pharis hominibus licet patefacere: praeterquam enim in qui

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

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

*Gingerich: „spíše platí první“

Dílo Koperníka - astronomické prameny

- **Klaudios Ptolemaios (90 - 165): Μαθηματικη συνταξις** - matematická skladba, **Almagest, Megalé syntaxis**, r. 1515
- výklad **Georga Puerbacha (1423 - 1461), Millera Johanna Regiomontana (1436 - 1476): Epitome in Almagestum Ptolemaei - Výňatky z Ptolemaiova Almagestu**, r. 1496
- **Georg Puerbach: Theoricae novae planetarum - Nová teorie planet** r. 1454, **Kolumbus, Vasco da Gama....**
- **Alfonsinské tabulky** r. 1492
- **Arabské zdroje Jābir Ibn Aflash (1100 - 1160)**, kritika modelu dráhy Merkuru, vhodná pozorování *mukhtār*,
- Ibn - al - Šátir (1304 - 1376)**, bisekce excentricity, model dvou epicyklů

CL. Ptolemei Alexandrini Astronomorū principis Almagesti seu Adagae instructionis liber: omnium celestium motuum rationem clarissimis sententijs explicans: fausto sydere incipit. Et primo in eūde p̄fatio.



Quidam princeps nomine Albugnase in libro suo quem Scitiarum electionem: et verborum nominavit puritatem scribit: quod Ptolemeus fuit vir in disciplinā sciētia p̄potente: p̄meritis alijs. In duobus artibus subtiliter dicit: Esot̄ maria et Astrologia. Et fecit libros multos. de quorum numero iste est: qui Megastri dicitur. cuius significatio est: Maior perfectus. Quem ad linguam volentes conuertere Arabici nominauerunt Almagesti. Dic autem ortus et educatus fuit in Alexandria maiori terra egypti. Cuius tamē ppago de terra Sem: et de p̄uincia que dicitur P̄bulndia. Cui in Alexandria cur sus siderum considerant instrumentis tempore regis Adriani et aliorum. Et super considerationes quas Abacis in Rhodo expertus est: opus suum edidit. Ptolemeus vō hic nō fuit vnus regum egypti: qui Ptolemei vocantur: sicut quidam estimant: sed Ptolemeus fuit eius nomen: ac si aliquis vocaretur Cosfere aut Esfar. Dic autem in statu moderatus fuit: colore albus: incedi largus: habiles habens pedes. In manilla dextra signum habens rubrum: barba eius spissa et nigra: dentes anteriores habens discoopertos et apertos. De eius paruum: loquēte bene et pulcra: fortissimum scit.



Regiomontanus (Johannes Müller von Königsberg).
(geb. 6. Juni 1436, gest. 6. Juli 1476.)



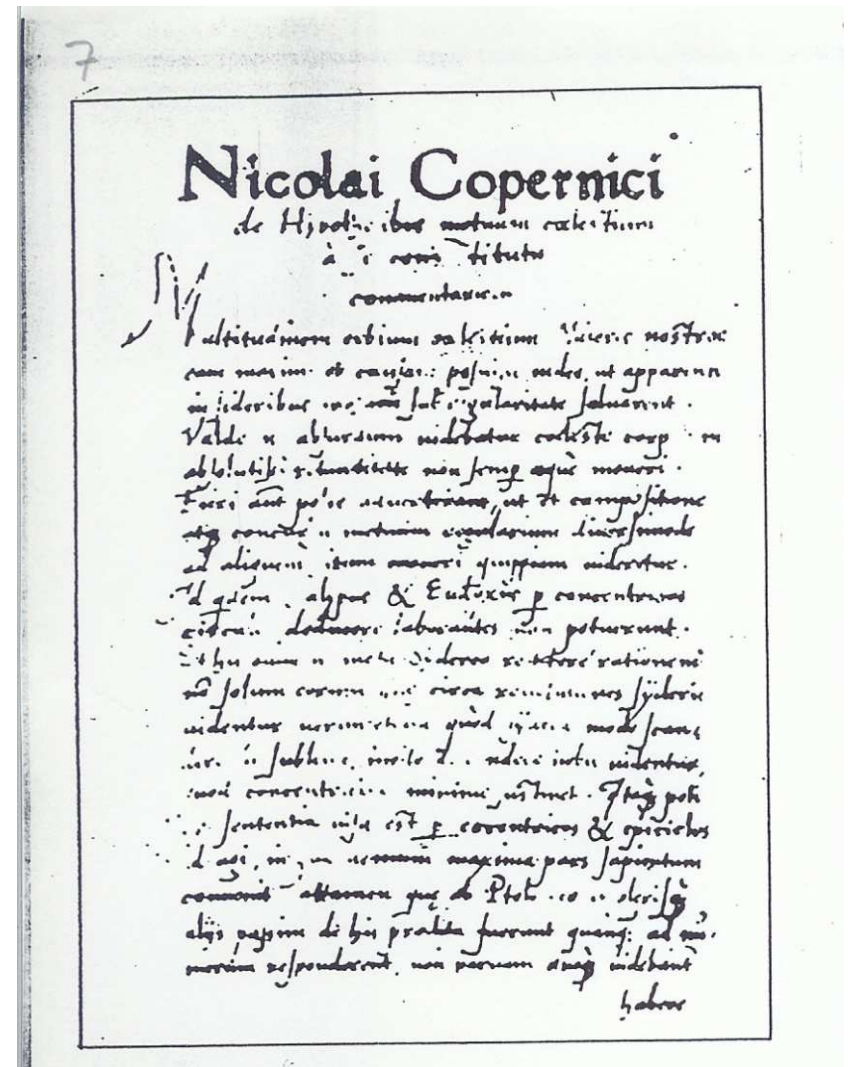
Malý komentář ~ r. 1508

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

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

Commentariolus - Malý komentář
název →

Tadeáš Hájek → Tychonu Brahovi
r. 1575 * při korunovaci Rudolfa II.



*Smolka, J.: K počátkům přátelství T. Brahe (1546-1601) a T. Hájka (1526-1600). PMFA 47 (2002), s. 140.

Malý komentář

První rozpracování heliocentrické myšlenky - **Malý komentář:**

„Tyto teorie [geocentrické] se ukázaly neodpovídající pohybům nebeských těles, pokud nebyly zavedeny určité ekvanty, ale potom bylo objeveno, že planeta se nepohybuje konstantní rychlostí ani na deferentu, ani kolem středu epicyklu. Proto podobná soustava je nedostatečně absolutní a vhodná. Ujasnil jsem si tyto nedostatky, často jsem o nich přemýšlel, nelze-li nalézt nějakou racionálnější kombinaci sfér, pomocí které by bylo možné objasnit pozorované nerovnoměrnosti...“

V závěru doplnil: *„Takovým způsobem se Merkur pohybuje za pomoci celkem sedmi sfér*; Venuše za pomoci pěti sfér, Země tří a Měsíc kolem ní za pomoci čtyř sfér a nakonec Mars, Jupiter a Saturn při pomoci pěti sfér pro každou planetu...“*

Oběžné doby planet: Saturn - 30 roků, Jupiter - 12 roků,
Mars - 2,5 roku, Země - 1 rok, Venuše - 9 měsíců, Merkur - 3 měsíce

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.*

Malý komentář - 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 jsou předurčeny spíše pro velké knihy (maiori volumini destinatas)*
- axiomy potřebné potvrdit matematickým zpracováním pozorování...

Pozorování Mikuláše 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 v **Itálii, Polsku, Warmii**

1497, 9. března - Bologna, zákryt Aldebarana Měsícem ...

1541, 21. srpna - Frombork, zatmění Slunce

Koperníkova pozorování spíše doplňovala pozorovací astronomické údaje jiných v literatuře, nově převzal Merkuru...

Pozorování Koperníka

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

2850

Alfonfus rex fut. d quo dicit Copernicus qd
 fut liberalium regum dedit em p duobus
 partibus p d' tabulari astronomia curatores
 dedit em 100000

1500 Anno gplcto
 4 3 2 1
 2 32 11 14
 8 5 2
 19 11 30 14 9 1
 10 56 43 8 17 *
 1 16 20 8 20 11 14
 19 24 24
 11 1 13 17 8 17 *
 2 31 1 2 1/2

1500
 die nona Januarij hora nocte fuit luna fuit o 75 in
 hoc modo D bononie
 Luna Martij hora fere prima nocte fuit o 74 in 19
 fuitq' luna 3 in altitudine visa 35 et alia visa
 est in ore V 21 f' D bononie

Mars supat mationem plura q' ij
 Saturnus supatur a mo q' 1 2

I. Zapiski M. Kopernika dotyczace obserwacji konjunkcji planety Saturn z K

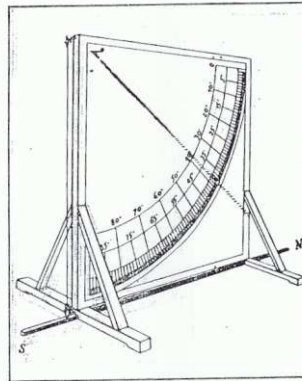
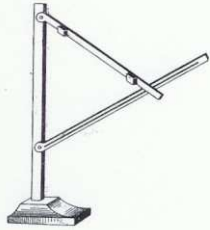
SCHMATA ECLYPSIVM LV
 MINARIVM CVM IVSTA TEMPORVM ANNOTATIONE

1530		1530		1532	
ECLYPSIS SOLIS		ECLYPSIS LVNE		ECLYPSIS SOLIS	
Dies	Horae	Dies	Horae	Dies	Horae
28	18 20	6	12 9	30	0 52
Martij.		Octobris.		Augusti.	
Dimidia duratio		Dimidia duratio		Dimidia duratio	
Horae	Minuta	Horae	Minuta	Horae	Minuta
0	57	1	50	0	52
Puncta	24 equalia	Puncta	16 20	Puncta	3 18
<p># observatio facta f. 5 14 *</p>					
1533		1534		1534	
ECLYPSIS LVNE		ECLYPSIS SOLIS		ECLYPSIS LVNE	
Dies	Horae	Dies	Horae	Dies	Horae
4	11 51	14	1 43	29	14 26
Augusti.		Januarij		Januarij	
Dimidia duratio		Dimidia duratio		Dimidia duratio	
Horae	Minuta	Horae	Minuta	Horae	Minuta
1	46	0	57	1	44
Puncta	13	Puncta	5 45	Puncta	11 12
		<p>A observatio Cracoviae facta h' 12 47 fuit hora 10 15. mediu hora 14 31 altitudo fuit 34</p>			

D 15

zápis pozorování Měsíce, Marsu a Saturnu, Boloňa 1 500, zadní strana Alfonsinských tabulek

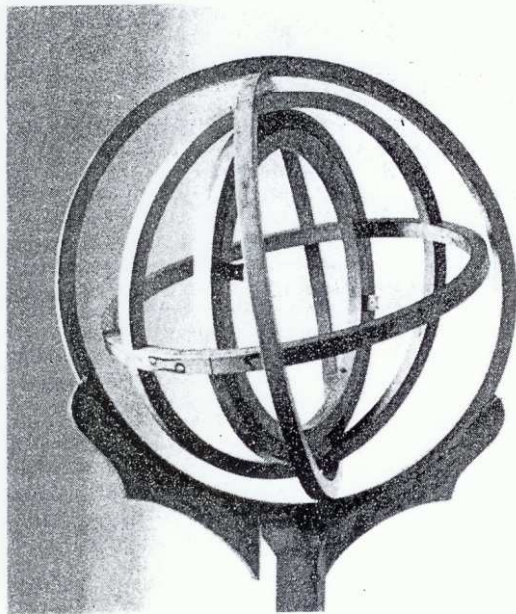
Přístroje Mikuláše Koperníka



trikvetrum - paralaktický instrument, přesnost $\approx 5'$, rameno 1,9 m, sloup 2,5 m, zenitové vzdálenosti

ptolemaiovský kvadrant, přesnost $\approx 5'$,

gnómonový sloupek, poledníkový směr - sluneční kvadrant, úhlová stupnice, výška Slunce



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

astroláb - armilární sféra, přesnost $\approx 10'$, průměr 70 cm, šest kruhů, úhlová měřítka, souřadnice hvězd

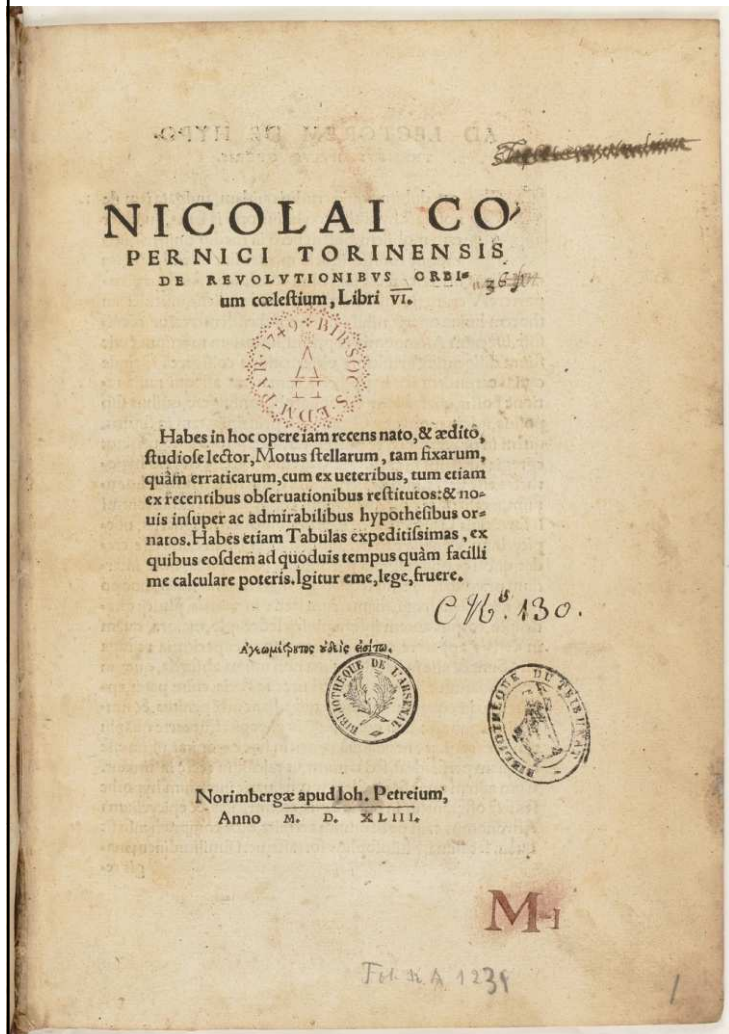
Přístroje Mikuláše Koperníka

pozorovací nástroje - **lidské oko** + primitivní přístroje, které si sám zhotovil, popisy observačních přístrojů v Oběžích,



Muzeum ve Fromborku

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



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

předmluva Andrease 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 předmluvou protestanského
kazatele ?!

Andreas Osiander: **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 →

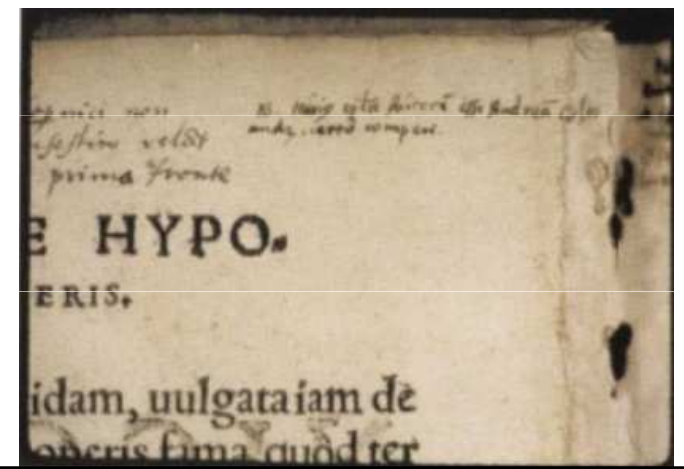
Michael Maestlin:
r. 1570: „*Jsem si
jist, že autorem
předmluvy je....*“

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 hypothefibus or-
natos. Habes etiam Tabulas expeditissimas, ex
quibus eisdem ad quoduis tempus quam facillè
me calculare poteris. Igitur eme, lege, fructe.

Αναπόστολος Νάγιος

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



Přemluva Mikuláše Koperníka ke knihám Oběhů adresovaná Jeho Svatosti papeži Pavlovi III.

„Zajisté mohu s určitostí počítat s tím, Svatý Otče, že někteří jakmile se doslechnou, že jsem v těchto knihách, které jsem napsal o Oběžích sfér světa, přisoudil Zemi některé pohyby, ihned strhnout pokřik, že si zasloužím, abych byl pro takovou domněnku rázně umlčen. Nejsm totiž zdaleka natolik zahleděn do svých názorů, abych bedlivě nevážil, co o nich budou soudit jiní...

...A tak já při uspořádání pohybů, které Zemi dále ve svém díle připisuji, jsem konečně po mnohém a dlouhém pozorování shledal, že pokud se pohyby ostatních planet přenesou na oběh Země a to se stane základem pro oběh kterékoliv planety, nejenže se objasní zdánlivé pohyby, ale i pořadí a velikosti všech planet a sfér, 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 vesmír.“

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 9,

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“...

Mikuláš Schönberg, kardinál kapuánský, zdraví Mikuláše Koperníka

*„Když mne před několika roky ze všech stran neustále upozorňovali na Tvoje nadání, získal jsi moji přízeň a dokonce jsem pochvalně přijímal zprávy našich lidí, podle kterých záříš velkou slávou. Poznal jsem totiž, že jsi nejen vynikající znalec učení dávných matematiků, ale že jsi **podal nový výklad světa, ve kterém učíš, že Země se pohybuje a Slunce zaujímá nejvnitřnější místo světa, tedy jeho střed; a dále, že osmá sféra je nehybná; že Měsíc, umístěný mezi polem Marsu a Venuše společně s prvky začleněnými do jeho sféry, se pohybuje ročním oběhem kolem Slunce; ...A proto, učený muži, pokud Tě tím neobtěžuji, opětovně Tě naléhavě prosím, aby jsi tyto svoje výsledky oznámil učenému světu a abys mi co nejdříve poslal své úvahy o sféře světa i s tabulkami a s vším, co ještě máš a co souvisí s touto věcí. Pokud mu budeš moci v tomto vyhovět, brzo poznáš, že máš co do činění s člověkem, který si přeje, aby Tvoje jméno se stalo slavným a který Tvé velké odvaze chce vzdát to, co jí patří.***

V Římě, 1. listopadu 1536.

K terminologii Oběhů

původní název *De Revolutionibus*, polsky *O obrotach*, česky *O oběžích*
Koperník = rotační pohyb tělesa kolem osy + postupný kruhový pohyb kolem určitého středu, v jeho době nebyly pojmy definovány, tím spíše rozlišovány. Druhý pojem *orbium*, Koperník - „*orbis vel sphaera*“, tedy svět nebo sféra, termín *orbis* chápe jako *sféru*. Z další ukázky „*orbis, 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, nelze zjednodušit, že je materiální, Koperník nezaujal stanovisko o fyzikální podstatě sfér, v manuskriptu přeškrtnuta zmínka o **elipse**...v některých případech stará terminologie, např. *střední čára zodiaku (ekliptika)*, *kruh rovnodennosti (rovník)*, *přímka ze středu (poloměr)*, *komutace (paralaxa)* atd. - středověká latinská terminologie, nedůsledná, neexistence jednoznačného jazyka, literární bohatost x udržování jednoty, většina pojmů nedefinována, často se vyjadřoval zkratkovitě, význam pojmů nutno hledat **složitou interpretací textu**, většinou uváděny pouze numerické výsledky, bez matematických vztahů, výpočtů, euklidovská, syntetická geometrie.

Chronologie sepsání manuskriptu Oběhů

časová posloupnost napsání jednotlivých knih Oběhů

→ rekonstrukce z **analýzy vodoznaků** na papíře manuskriptu. Počátek psaní ~ r. 1514, nejprve sepsal **knihu I.**, následovaly **knihy III. a IV.** Téměř současně byla zpracována celá **knih V.**

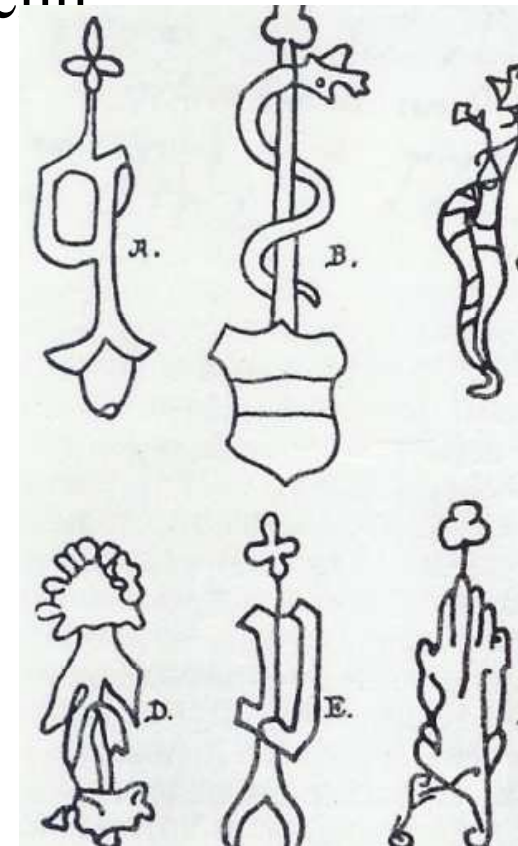
(pohyb planet v délce) a **část knihy VI.**

(pohyb planet v šířce). Uvedené části

Oběhů byly vytvořeny ~ r. 1530, neboť jsou v nich využita pozorování z r. 1529,

ale nejsou uvedena pozorování Venuše z r. 1532.

Později napsána **knih II.**, - údaje o východech a západech nebeských těles. Následně Koperník sepsal zbývající část **knihy V.** a zakončil pro něj obtížnou a nedokončenou **knihu VI.** Poslední změny ~ r. 1540, ...



Swerdlow, N.: *On the Chronology of the Manuscript of the Revolutionibus*. University of California Press, 1976.

Oběhy nebeských sfér - šest knih

Posloupnost obsahu: Země, hvězdy, Slunce, Měsíc, planety

I. Obecný výklad soustavy

II. Sférická astronomie, katalog hvězd

III. Pohyb Slunce (tvar a dráha Země)

IV. Pohyb Měsíce

V. Pohyb planet v délce

VI. Pohyb planet v šířce

I. kniha - obecný výklad soustavy

V. kapitola: O tom, zda se Země pohybuje kruhovým pohybem a o jejím místě.

Princip relativnosti pohybu - výklad pohybů planet z pohybuující se Země: „Mezi autory panuje většinou shoda o tom, že Země nehybně stojí uprostřed světa, takže by pokládali za hloupé, či dokonce za směšné myslet si něco opačného. Avšak jakmile tuto věc začneme sledovat pozorněji, ukáže se, že tato otázka není dosud rozřešena, a proto že ji vůbec nemáme přehlížet. **Všechna změna místa totiž, která se jeví, se děje buď proto, že se pohybuje pozorovaná věc, nebo pozorovatel, nebo že se různým směrem pohybují oba.**“

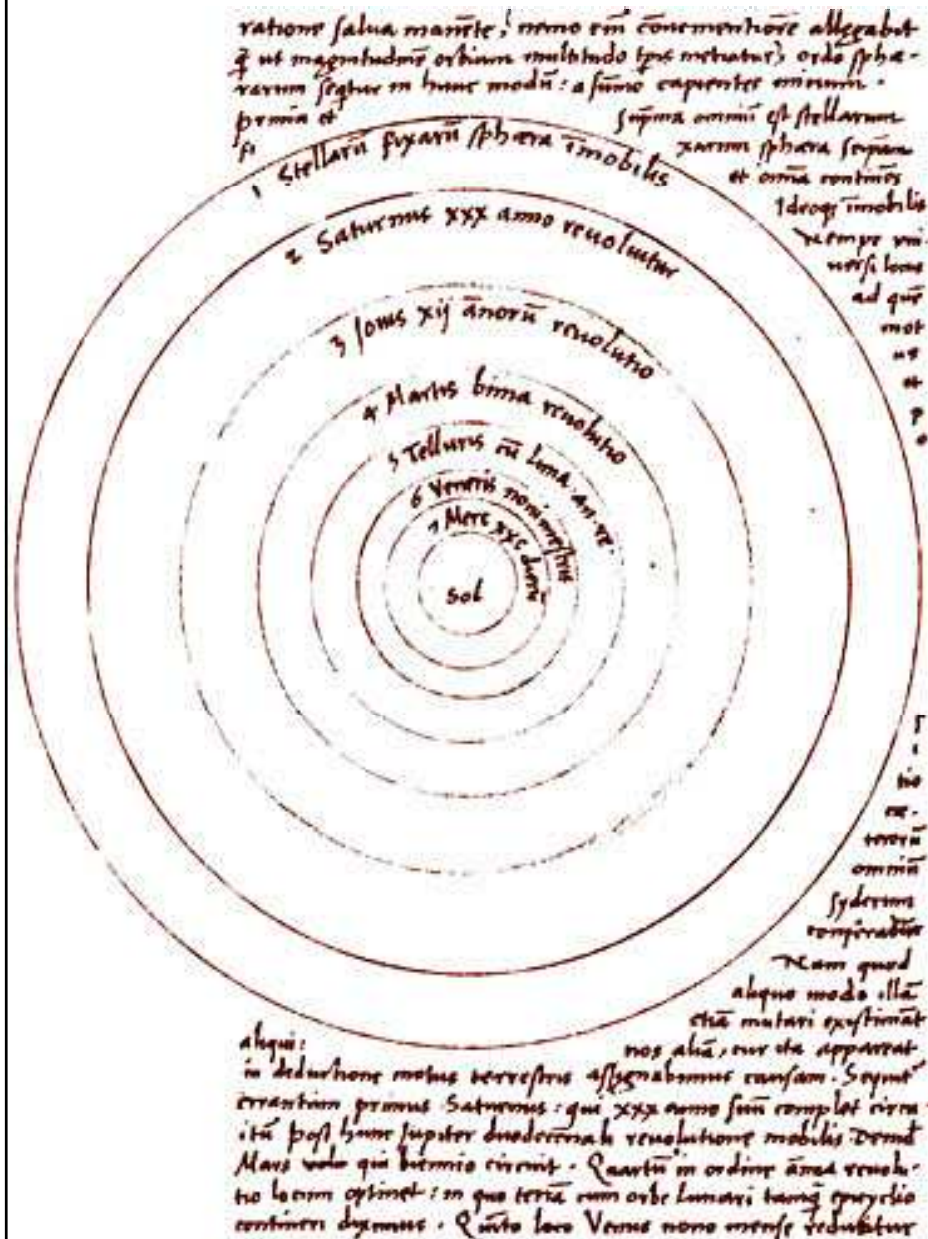
kinematický princip relativity

Horský, Z.: *O oběžích nebeských sfér*. Mervart, Praha - Červený Kostelec 2016.

Špelda, D.: *Idea teoretického pokroku a astronomie*. aluze 2, (2005), s. 123.

I. kniha - O pořadí nebeských sfér

X. kapitola



„Proto se nezdraháme tvrdit, že všechno to, co Měsíc uzavírá ve svou sféru, jakož i střed Země, obíhá stejně jako ostatní planety v oné velké sféře kolem Slunce jedenkrát za rok a že při Slunci je střed světa, v němž také nehybné Slunce spočívá. Cokoli se zdá být pohybem Slunce, se mnohem lépe dá pravdivě vysvětlit pohybem Země. Velikost světa je však taková, že i když ona vzdálenost Země od Slunce má vzhledem k libovolným ostatním sférám planet a vzhledem k jejich oběhům sdostatek zřetelnou velikost, vzhledem ke sféře stálic je nezřetelná.“

I. kniha - schéma Sluneční soustavy

X. kapitola

klíčový princip: uspořádání planet podle délky oběhů, čím delší, tím je sféra vnější

střed Sluneční soustavy v blízkosti

Slunce ... pouze pro I. knihu

sféry planet nebyly soustředné, ve středu nebylo Slunce

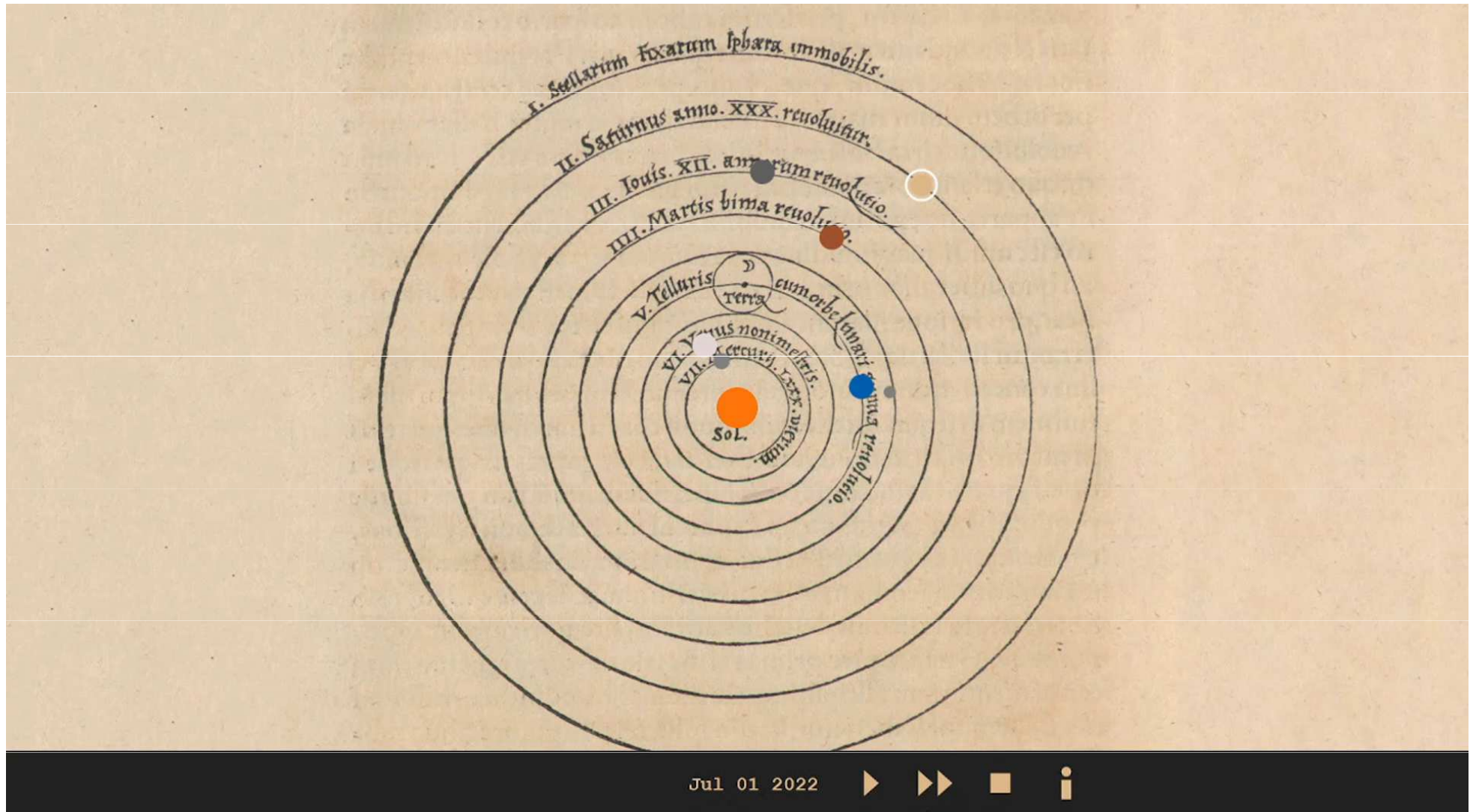
heliocentrický x **heliostatický** model

středem planetárních drah byl v první aproximaci střed dráhy Země, viz výklad pohybu Saturnu - V. kniha, středy drah různých planet rozdílné, důsledek eliptických drah Slunce v ohnisku, nikoliv ve středu → V. a VI. kniha



I. kniha - schéma Sluneční soustavy

X. kapitola



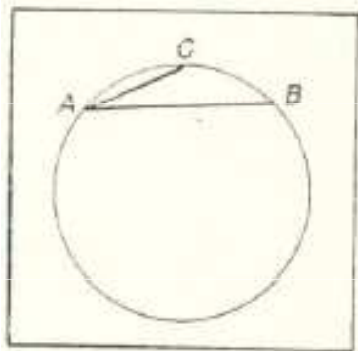
I. kniha - XII. kapitola

Výpočet tabulky tětiv v kruhu: „Když vezmeme oblouk AB rovný $1\frac{1}{2}^\circ$ a oblouk AC velký $3/4^\circ$ bude tětiva AB těchto 2 618 dílů a tětiva AC 1 309 dílů, a tak musí být větší polovina tětivy AB , nelze však pozorovat... když jsme tedy došli až tam, kde je rozdíl přímky a oblouku nepostřehnutelný, jako by byli touž čarou...“

Koperník - polovinu délky tětivy příslušné 1° získal lineární interpolací z hodnot 1 309 pro $3/4^\circ$ a 2 618 $1\frac{1}{2}^\circ$.

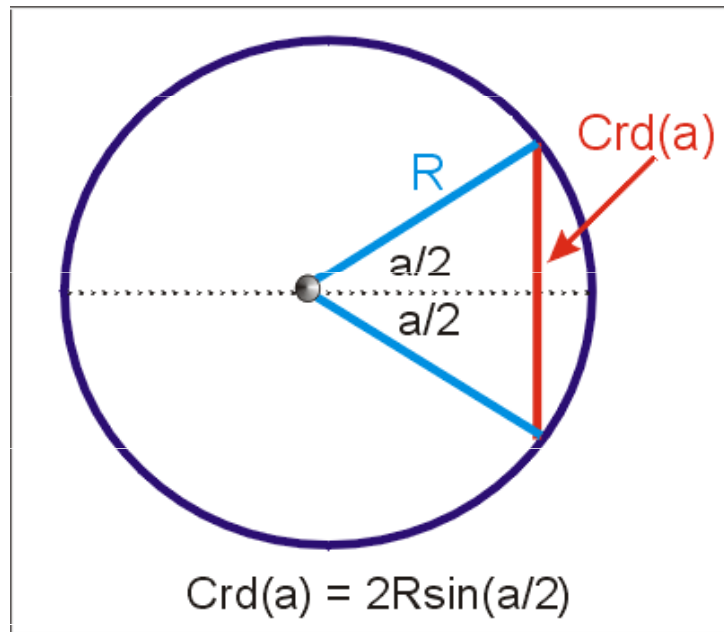
Obdržel $1\ 309 + (2\ 618 - 1\ 309) / 3 \cong 1\ 745$ dílů.

Srovnání $\sin 1^\circ = 0,017452$



Oblouky		Polovičné tětivy dvojnásobných oblouků	Rozdiely		Oblouky		Polovičné tětivy dvojnásobných oblouků	Rozdiely	
st.	min.		rkp.	tor.	st.	min.		rkp.	tor.
0	10	291	291	291	5	10	9005	290	290
0	20	582	291	291	5	20	9295		290
0	30	873		290	5	30	9585		289
0	40	1163		291	5	40	9874	290	290
0	50	1454		291	5	50	10164	289	289
1	0	1745		291	6	0	10453		289
1	10	2036		291	6	10	10742		289
1	20	2327		290	6	20	11031		289
1	30	2617		291	6	30	11320		289
1	40	2908		291	6	40	11609		289
1	50	3199		291	6	50	11898		289
2	0	3490		291	7	0	12187		289

Matematika Koperníka



při kružnici o jednotkovém poloměru
polovina chordy - funkce sin
Koperník → tabulky poloviční tětivy
dvojnásobných oblouků

$$\text{Ptol} \quad \sin 30' = 0,0087268$$

$$\text{Kop} \quad \sin 30' = 0,00873$$

$$\text{souč} \quad \sin 30' = 0,00872665$$

Halas, Z.: Výpočty goniometrických funkcí. Mathematics throughout the ages VI, s. 121. Praha 2010.

<http://hypertextbook.com/eworld/chords.shtml>

II. kniha - sférická astronomie, katalog hvězd

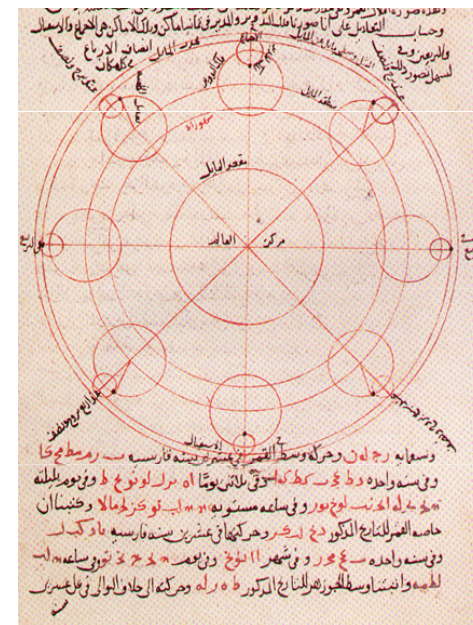
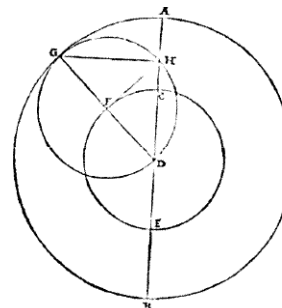
- Sférická astronomie, jevy spojené s denním pohybem oblohy, transformacím mezi různými astronomickými soustavami souřadnic. Nejprve zavedeny základní pojmy, například **střední čára zodiaku** (ekliptika) či například **horizont**, o kterém říká: *„Dále následuje horizont, který latiníci nazývají omezujícím kruhem, ohraničuje nám totiž viditelnou část světa od té, jež je zakryta. Také všechno, co zapadá, se zdá na horizontu, který má střed na povrchu Země a pól v našem nadhlavníku“*.
- Rotaci Země Koperník neměl možnost ve své době dokázat přímo, až později byla objevena rotace planet - Jupiteru, Marsu, Saturnu.
- **Katalog poloh hvězd s přesností $\pm 5'$** , uvedeny ekliptikální souřadnice a jasnost v šestidílné stupnici hvězdných velikostí 1 025 hvězd. U jejich označení **popisný způsob**, například **Albireo** v souhvězdí Labutě - **hvězda na zobáku**, **Polárku** v souhvězdí Malého medvěda - **hvězda na konci ocasu**, **Aldebaran** v Býku - **v tom oku**, zvaná Římany Palilicium.

III. kniha - pohyb Slunce (tvar a dráha Země)

- rozsáhlý systematický výklad, kinematický model třech pohybů Země:
- rotačního „*oběhu dne a noci*“,
- ročního „*pohybu středu*“
- deklinačního pohybu (precese) „*pohybu sklonu*“- opačně proti pohybu středu
- přenesení na Zemi pohyby, které předchůdci považovali za pohyb vesmíru, trojí pohyb řeší problémy astronomie.
- Koperník:..., „*že body rovnodennosti postupují kupředu, se zdá ne proto, že by se snad sféra stálic měla pohybovat, ale proto, že rovník, který je vůči rovině ekliptiky skloněn, se po ní posouvá zpět podle pohybu sklonu zemské osy. Tímto způsobem vidíme **ony rovnodennostní průsečíky ekliptiky s rovníkem spolu s celým sklonem ekliptiky postupovat během doby kupředu, zatímco stálice o tolikéž zůstávají vzadu.***“
- střední roční pohybu bodů rovnodennosti 50,23 “

IV. kniha - pohyb Měsíce

- rozebírán pohyb Měsíce, kritika teorii pohybu Měsíce v **Almagestu**.
- **Oběhy:**, „*Jestliže přijmeme rovnoměrným pohyb středu epicyklu kolem středu Země, pak musíme přijmout, že jeho pohyb po vlastní dráze a zejména excentru musí být nerovnoměrný*“.
- vzdálenost Měsíce v Ptolemaiově modelu (64,2 - 33,5) R_Z → odpovídající změna úhlového průměru, rozpor s pozorováním, - **úhlový průměr Měsíce v malých mezích (29,3' - 34,1')**, $\approx 14 \%$, skutečný interval vzdáleností Měsíce (55,9 - 63,8) R_Z .
- nový model pohybu Měsíce →
- myšlenky Ibn al - Šātira (1304 -1376)
- **Koperník - vzdálenost Země - Slunce 1 179 R_Z** ,
- **skutečnost 23 500 R_Z**



Saliba, G.: *Islamic Science and the Mailing of the European Renaissance*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2007.

IV. kniha - model pohybu Měsíce

poměr poloměrů epicyklů $r_1 : r_2$

1 097 : 237 = 4,63 : 1

poloměr deferentu 10 000 dílů

střed malého epicyklu obíhá po kruhu
prvního epicyklu s 2krát větší úhlovou
rychlostí

pouze kinematika...

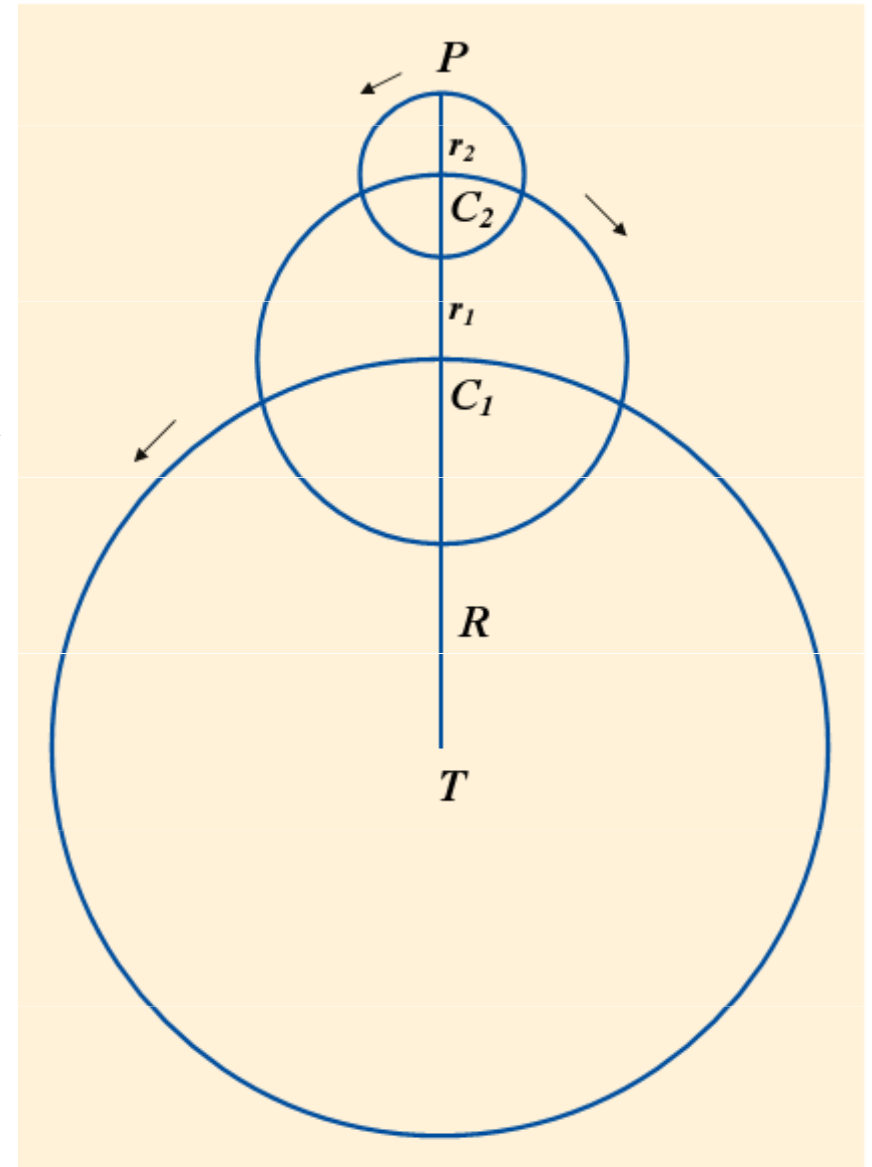
změna poměru vzdáleností ZM v

apogeiu a perigeiu

2 : 1 Ptolemaios

4 : 3 Koperník

8 : 7 skutečný



V. kniha - pohyb planet v délce

- XXXVI. kapitol teorie pohybu planet, diskutovány změny poloh v délce **Saturnu, Jupiteru, Marsu** (přesná teorie), **Venuše a Merkur** (méně přesná). Rozlišení **planet vnitřních a vnějších**, rozdílný způsob výpočtu dráhových elementů.
- Koperník určoval **ekliptikální souřadnice - délku, šířku**.
- Daň antice a středověku - zachování rovnoměrných kruhových pohybů a určitého počtu epicyklů = soulad teorie a pozorování.
- Objasnění složitého pohybu planet - **34 sfér**, nerovnoměrnosti pozorovaného pohybu planet, různé úhlové rychlosti v rozdílných místech drah jsou důsledkem jejich eliptičnosti.

- Swerdlow, N. M., Neugebauer, O.: *Mathematical Astronomy in Copernicus De revolutionibus*. Springer Verlag, New York, Berlin 1984.
- Pannekoek, A.: The Planetary Theory of Copernicus. *Popular Astronomy* **56** (1948), s. 2.

V. kniha - pohyb planet v délce určení siderické oběžné doby

T_Z siderická oběžná doba Země

T_{si} siderická oběžná doba planety

T_{sy} synodická oběžná doba planety

**Table 4-1 Synodic and Sidereal Periods
of the Planets**

Planet	Synodic period	Sidereal period
Mercury	116 days	88 days
Venus	584 days	225 days
Earth	—	1.0 year
Mars	780 days	1.9 years
Jupiter	399 days	11.9 years
Saturn	378 days	29.5 years
Uranus	370 days	84.1 years
Neptune	368 days	164.9 years

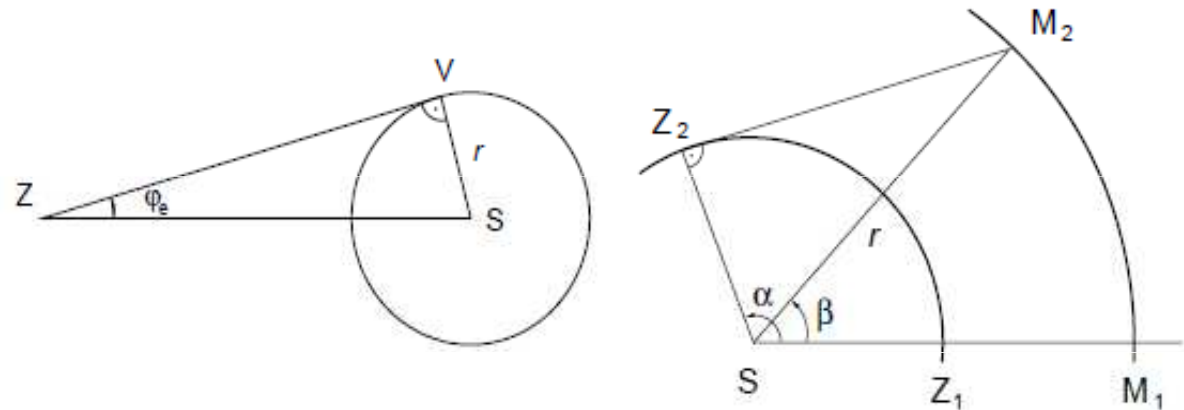
$$\frac{1}{T_{si}} = \frac{1}{T_Z} - \frac{1}{T_{sy}}$$

V. kniha - pohyb planet v délce

relativní vzdálenosti ve Sluneční soustavě

$$r = SZ \sin \varphi_e$$

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



Obr.7: Určení relativní vzdálenosti Venuše (vlevo) a Marsu (vpravo) od Slunce

	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

kvadratura průměrně $Z_2 M_2$ za 106 dnů po opozici $S Z_1 M_1$, Země urazila úhel $\alpha = 104,5^\circ$, Mars úhel $\beta = 55,5^\circ$.

V Oběžích **není uvedena celková tabulka** s hodnotami relativních poloměrů drah planet, lze ji z údajů ve spisu sestavit.

V. kniha - Saturn

Úvod: *„Do jejich pořadí a do velikosti jejich sfér vnáší pohyb Země jistou symetrii a obdivuhodný soulad, jak jsme to vcelku vysvětlili v I. knize...Planety mají v délce dva navzájem velmi odlišné pohyby. Jeden vzniká pohybem Země, jak jsme vzpomenuli, druhý je vlastním pohybem každé z nich.“*

Rozdílně od **Almagestu**, **Oběhy začínají Saturnem.**

Koperník převzal pozorování opozic Saturnu z **Almagestu**, z doby vládnutí císaře Hadriána:

26. března r. 127,

3. června r. 133,

8. července r. 136.

Nespokojenost s modelem pohybu Saturnu: *„Protože se výpočet pohybu Saturnu, jak ho uvádí Ptolemaios, v našich časech značně odchyluje a nemůžeme zjistit, kde je chyba skryta, přivedlo nás to k tomu, abychom provedli **nová pozorování**, ze kterých jsme opět dostali **tři opozice Saturnu.**“*

V. kniha - Saturn pozorování opozic

Opozice - vliv polohy Země na pozorovanou polohu Saturnu minimalizován: *„v okamžiku, kdy bude planeta v opozici se Sluncem, bude na spojnici středního pohybu Slunce, kdy je zbavena veškeré různosti.“*

*...„protože planeta v opozici k Slunci jakoby vstupovala do přímky středního pohybu Slunce, přitom vymizí všechny odchylky, které pocházejí od pohybu Země. Tyto polohy planet jsou určovány pomocí astrolábu. Přitom je třeba vypočítat **polohu Slunce...protilehlá.**“*

Určoval opozici vzhledem k Slunci, zkoumal přímku, zachycující **střední pohyb Slunce**, které jakoby se nalézalo ve středu dráhy Země a rovnoměrně se přesouvalo po ekliptice. Posléze nahradil střední Slunce **středem dráhy Země, který byl vztažným bodem pro všechny dráhy planet**, na začátku úvah. Dráhu považoval za excentrickou, jestliže její střed není shodný se středem sféry Země.

V. kniha - Saturn pozorování

Předpoklad: pohybu planet v rovině ekliptiky, poloha - ekliptikální délka, úhlová vzdálenost od hvězdy γ Ari – Mesarthim.

Čas tří pozorování opozic Saturnu **Koperníkem**, časový rozdíl ΔT vyjádřen v *egyptských rocích (365 dnů)*

T		ΔT	$\alpha = u \cdot \Delta T$
1514, 5. května, 23 hodin ...	205 ° 24'	6,1933 e.r.	$\alpha_1 = 75 ° 39'$
1520, 14. července, 12 hodin ...	273 ° 25'	7,2459 e.r.	$\alpha_2 = 88 ° 29'$
1527, 10. října, 6. hodin 24 minut...	0 ° 7'		

Rozdíl časů ΔT použil k vyjádření stupňů úhlové dráhy α , pro výpočet používal **Koperník** tabulky pohybu Saturnu a úhlový siderický roční pohyb planety $u = 12 ° 12' 46''$, $\alpha = u \cdot \Delta T$.

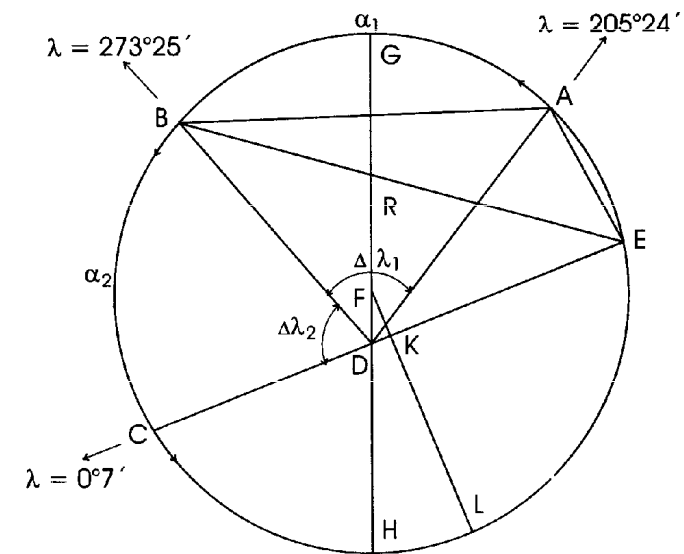
6 e.r. 70 dnů 33/60 dne - 6,1933 e.r.

7 e.r. 89 dnů 46/60 dne - 7,2459 e.r.

V. kniha - Saturn zpracování pozorování

Ekliptikální délka Saturnu λ pro okamžiky opozice A, B, C je zachycena ve směrech od **středu dráhy Země D** k planetě. Rozdíl směrů $\Delta \lambda$ je úměrný velikosti úhlů u vrcholu - středu dráhy Země.

	λ	$\Delta \lambda$
A.	$205^{\circ} 24'$	$\Delta \lambda_1 = 68^{\circ} 01'$
B.	$273^{\circ} 25'$	$\Delta \lambda_2 = 86^{\circ} 42'$
C.	$0^{\circ} 7'$	



Časový rozdíl 1. a 2. pozorování - **6,1933 e.r.**, Saturn - úhlová dráha

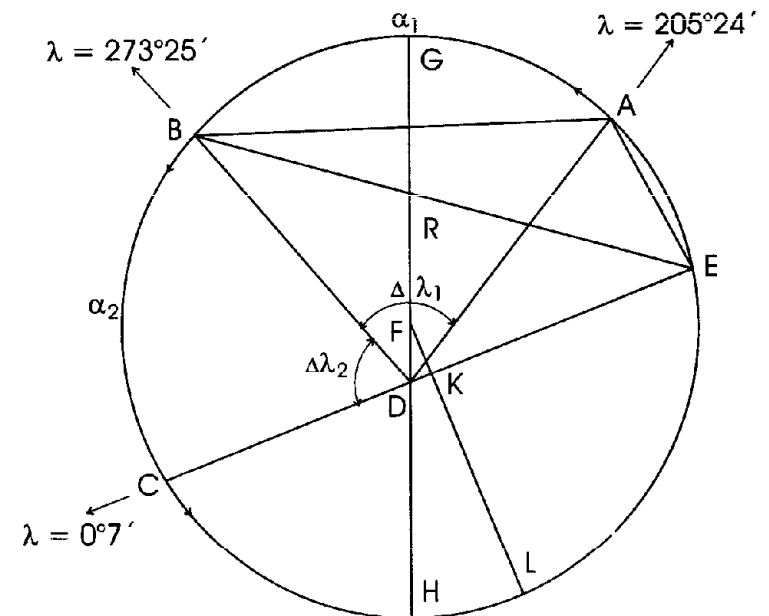
$$\Delta \lambda_1 = 68^{\circ} 1'$$

Časový rozdíl 2.a 3. pozorování - **7,2459 e.r.**, Saturn - oběhl dráhu

$$\Delta \lambda_2 = 86^{\circ} 42'$$

V. kniha - Saturn dráha

→ Dva oblouky α a dva úhly $\Delta \lambda$. Při totožných středech drah obou planet by **velikost úhlů $\Delta \lambda$** jakožto středových úhlů odpovídala **velikostem úhlů α** . Neplatí – střed dráhy Země není středem dráhy Saturnu, jehož dráha je excentrická, zachycena s polohami opozic *A*, *B*, *C*. Bod *D* střed dráhy Země, nacházela by se na přímce mířící z bodu z *D* do poloh *A*, *B* respektive *C*. Koperník řešil ΔBDE a ΔADE .
Následně hledal rozdílnost středů drah obou planet.



* Opolski, A.: Orbity planet górnych w heliocentrycznym układzie Kopernika. URANIA - Postępy astronomii 1999, No. 4, s. 156.

V. kniha - Saturn dráha

Místo funkcí \sin respektive $\cos \rightarrow$ tabulky třetiv. Postup:

ΔBDE , známe $\sphericalangle BED = 1/2 \sphericalangle CDB$, $\sphericalangle BDE = 180^\circ - \Delta\lambda_2$,
 $\sphericalangle DBE = 180^\circ - \sphericalangle BDE - \sphericalangle DEB$, vypočítáme BE/DE . Dále
máme ΔADE , známe $\sphericalangle DEA = 1/2 \sphericalangle CDB + 1/2 \sphericalangle BDA$, $\sphericalangle ADE =$
 $180^\circ - (\Delta\lambda_1 + \Delta\lambda_2)$, $\sphericalangle DAE = 180^\circ - \sphericalangle DEA - \sphericalangle ADE$, určíme
 DE/AE . Ze vztahů obdržíme BE/AE . Z kosinové věty získáme

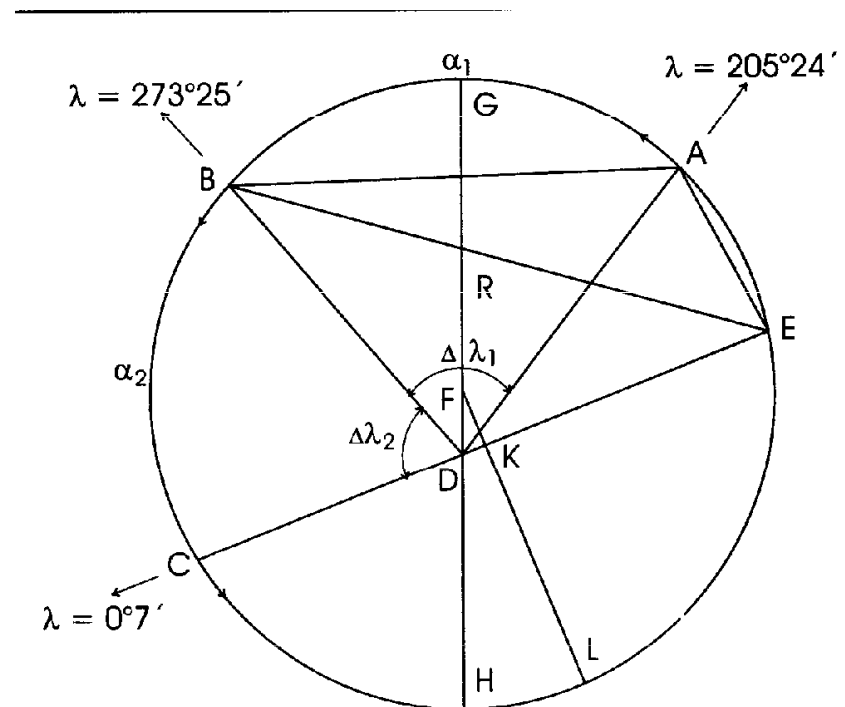
$$\left(\frac{AB}{AE}\right)^2 = \left(\frac{BE}{AE}\right)^2 + 1 - 2\frac{BE}{AE}\cos \sphericalangle BEA \rightarrow AB/AE.$$

AB třetiva opsaná oblouku α_1 dráhy Saturna, poloměr $r = 10\,000$ dílů.
Ve stejném měřítku stanovil délku úseku $AB = 12\,266$. Při znalosti
 AB určil velikosti úseků $DE = 10\,599$, $BE = 15\,664$ a odtud oblouk
 $BAE = 103^\circ 7'$. Oblouk $CBAE = \alpha_2 + 103^\circ 7' = 191^\circ 36'$. Zbývá 168°
 $24'$. Obdržel třetivu $CE = 19\,898$ i její část $CD = CE - DE = 9\,299$.

V. kniha - Saturn dráha

Je úsečka CD poloměrem kružnice opsané $\triangle CAE$ respektive $\triangle ABE$?
Střední pohyb, vztahovaný ke středu dráhy Země, v prvním případě $75^\circ 39'$, v druhém případě $88^\circ 29'$.

Koperník zvolil střed dráhy Země D a spojil ho s body A, B, C .
Zkoumal, zda přímka CDE není průměrem. Řešením $\triangle BDE$ a $\triangle ADE$ našel, že $CDE = 19\ 898$ a $CD = 9\ 299$. Shrnuto z $\triangle BDE$ a $\triangle ADE \rightarrow$ že D (střed dráhy Země) nemůže být středem kružnice - při poloměru $CD = 10\ 000$ dílů, střed dráhy Saturnu $\rightarrow F$.



* Štefl, V.: K určování dráhy Saturnu v geocentrické a heliocentrické soustavě. MESDEF 12, Bratislava 2006, s. 13.

VI. kniha - pohyb planet v šířce

- **Teorie pohybu planet v ekliptikální šířce, jejich odklonu od ekliptiky.** Koperník: *„Přistupujeme nyní k pohybu pěti planet, do jejichž pořadí a velikosti jejich sfér vnáší pohyb Země za obdivuhodného souhlasu jistou symetrii, jak jsme to souhrnně vyložili v I. knize, když jsme ukázali, že tyto sféry mají mnohem spíše své středy při Slunci než při Zemi. Je nyní naším úkolem zabývat se tím pohybem, kterým se tyto planety posouvají v šířce a ukázat, nakolik i v těchto jevech vykonává pohyblivost Země svůj vliv...“*

- Teorie ne tak přesně souhlasí se současnými představami o změnách poloh planet v šířce, **spolehlivá při výkladu největších a nejmenších šířek planet**, méně vyhovovala při výpočtech středních šířek planet.

- **Nejslabší část díla, nepropracována hlouběji**, výklad bez propracovanějšího matematického pohledu a obecnějších závěrů.

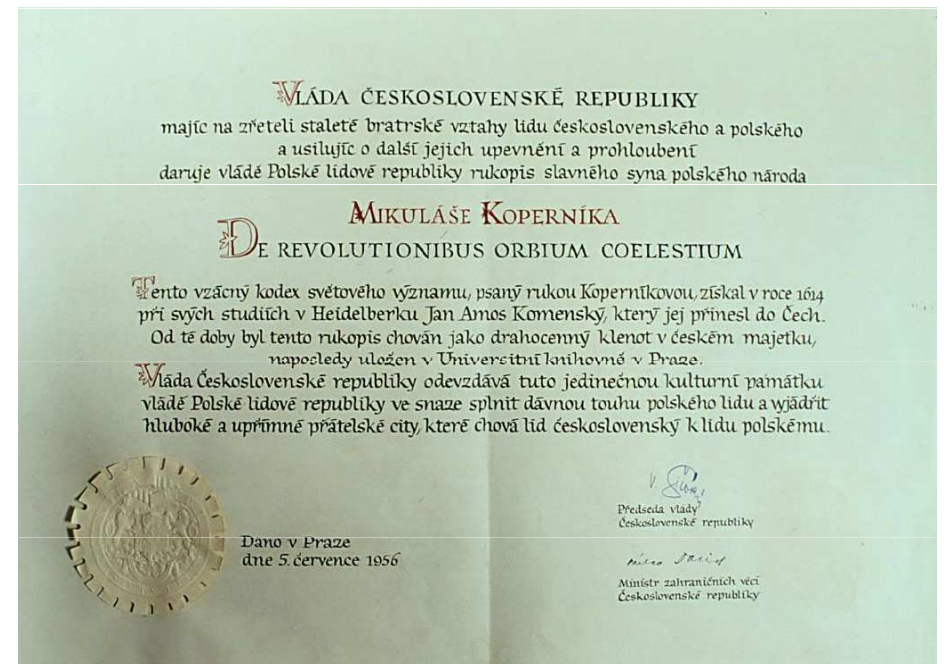
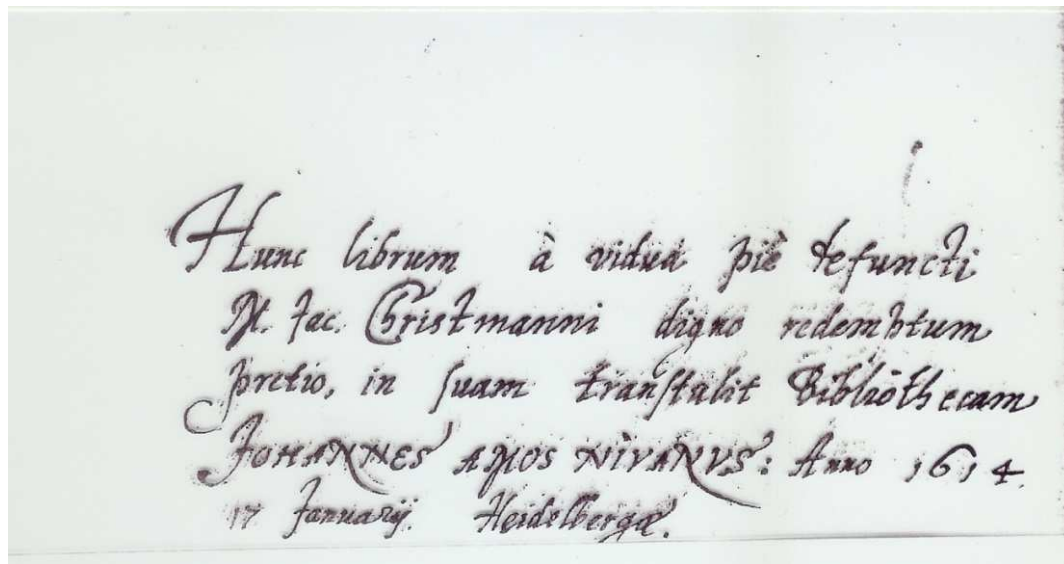
Manuskript Oběhů

r. 1541 Jiří Retik → r. 1575 Valentin Otto → r. 1603

Jakub Christmas → r. 1614 Jan Amos Komenský →

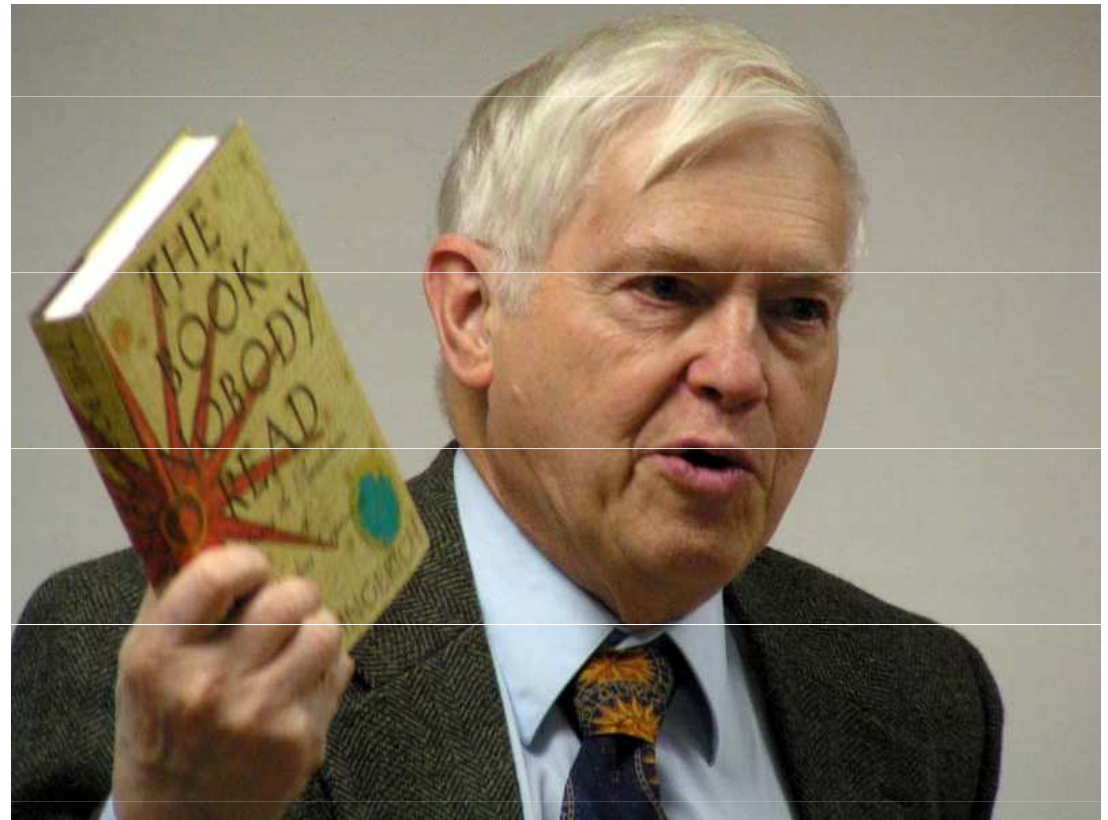
1667 Otto von Nostitz → r. 1854 Nosticova knihovna →

r. 1945 Knihovna Národního muzea → r. 1956 Krakov



http://www.bj.uj.edu.pl/bjmanus/revol/titlpg_e.html

Gingerich - analýza rozšíření Oběhů



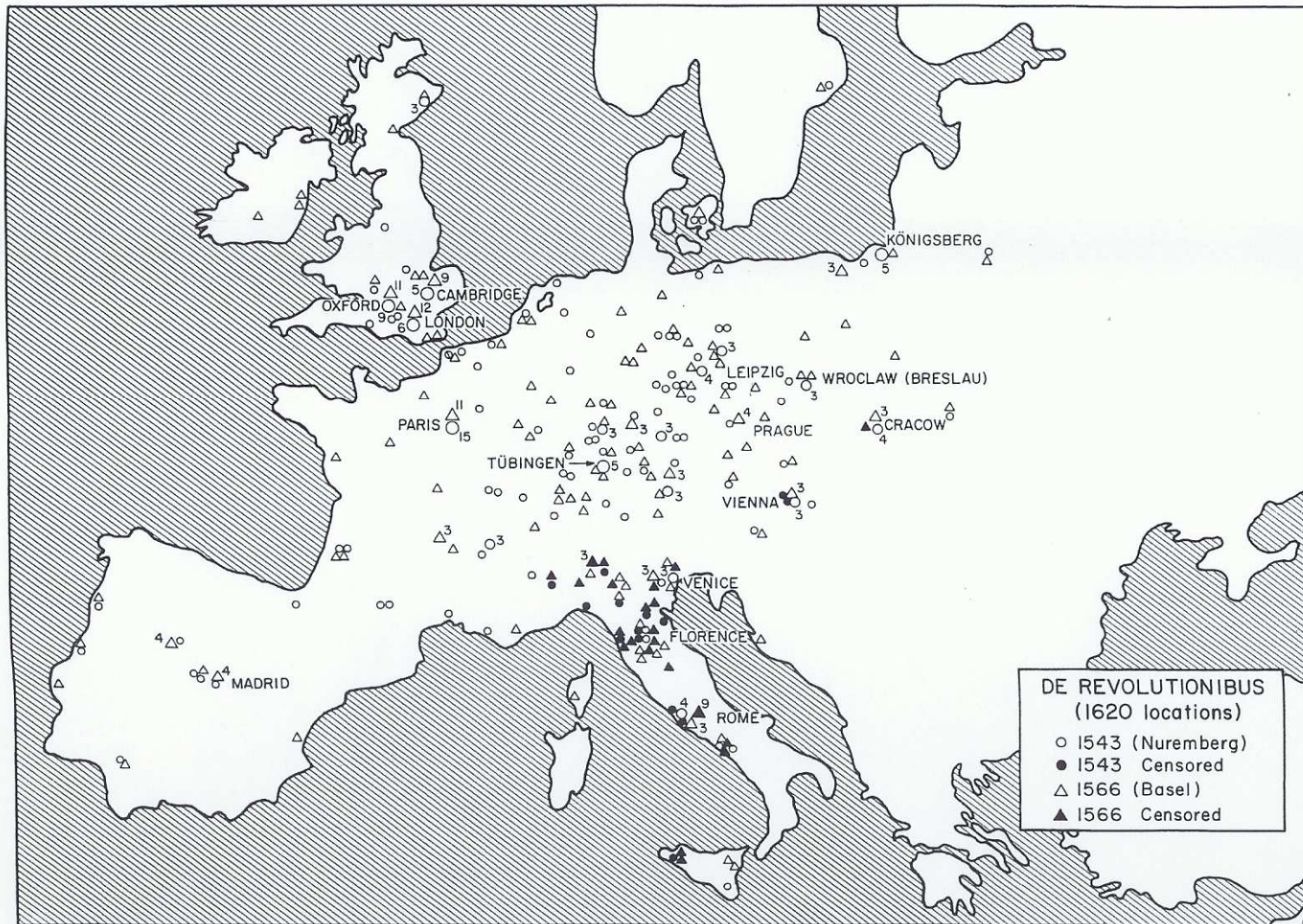
Gingerich, O, J.: *An Annotated Census of Copernicus' De Revolutionibus*. Nuremberg 1543 and Basel 1566. Brill, Leiden 2002.
Gingerich, O, J.: *The Book Nobody Read: Chasing the Revolutions of Nicolaus Copernicus*. New York: Walker & Company; William Heinemann, 2004.

Rozšíření Oběhů po Evropě

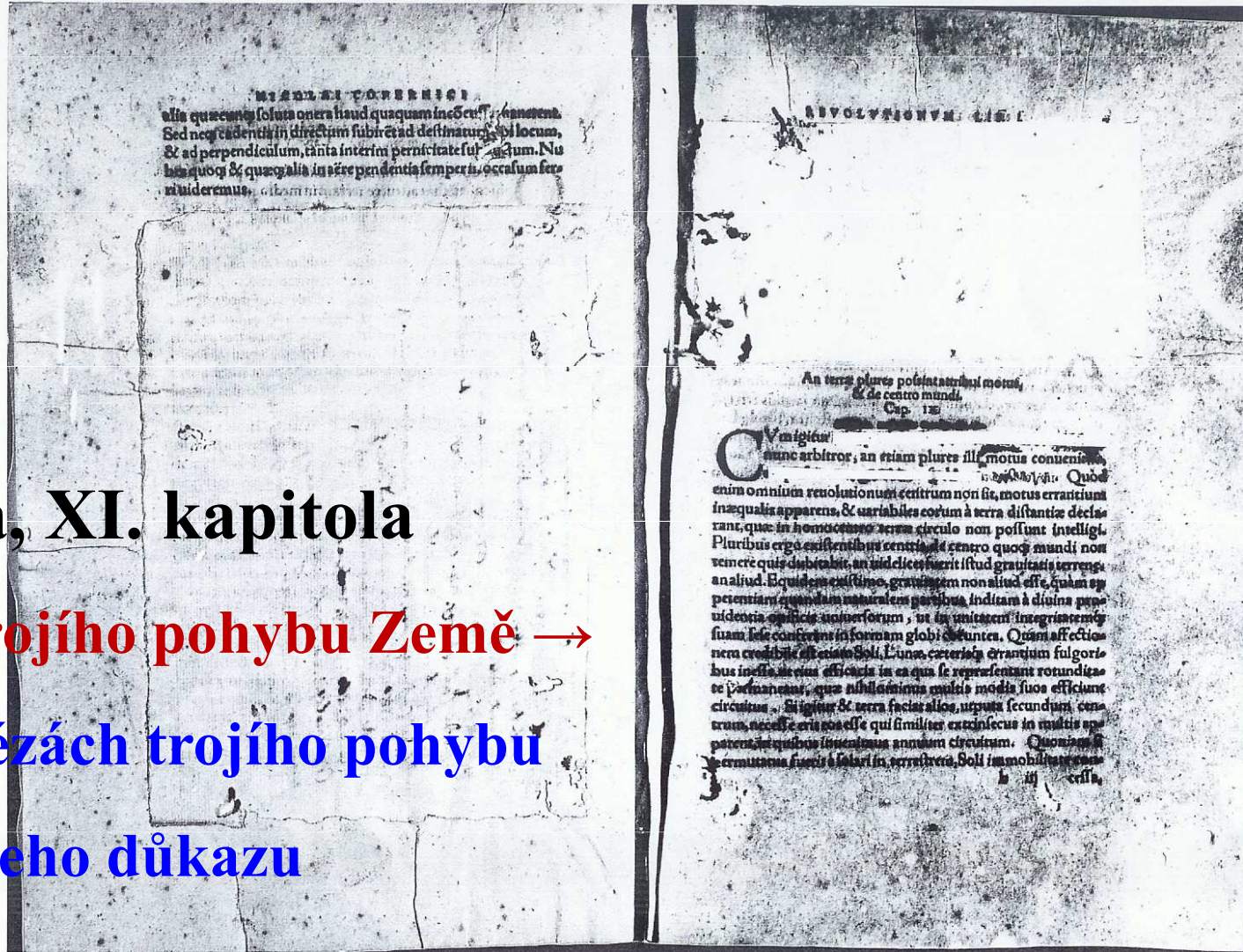
- Gingerichova analýza \approx **600 dochovaných výtisků** prvního a druhého vydání,
- málo **věcných poznámek** a oprav textu, Mästlina, Witticha, vpisky Snella, Keplera, Mercatora i podpis Bruna
- široký okruh příležitostných čtenářů \rightarrow zvědavost po zákazu
- aktivní činnost Bruna, Galilea \rightarrow heliocentrická teorie nepohodlnou pro katolickou církev a po únorovém jednání roku 1616
- dekret č. XIV. Svaté Kongregace z 5. 3. 1616 Oběhy zařazeny na **Index librorum prohibitorum - Seznam zakázaných knih** \downarrow r. 1835
- cenzura prováděna především v I. knize, **vymazána osmá kapitola pojednávající o pohybu Země**, přelepení bílým papírem či začernění inkoustem ledabylé, text se dal rozluštit
- celkově ze **400 výtisků** prvního a druhého vydání držených dnes v **Evropě**, je cenzurovaných jenom **33**. Podle rozšíření v r. **1620 v Itálii** bylo cenzurováno asi **60 % výtisků**. Ve Francii se cenzura prováděla zřídka, žádný výtisk nebyl cenzurován ve Španělsku a Portugalsku.

Rozšíření Oběhů po Evropě

závěr: cenzura „záležitost dominikánů“



Oběhy - provádění cenzury



I. kniha, XI. kapitola

Důkaz trojího pohybu Země →

O hypotézách trojího pohybu

Země a jeho důkazu

Oběhy - poznámky čtenářů

vesměs pouze
k I. knize

Gerhard
Mercator
(1512 - 1594)

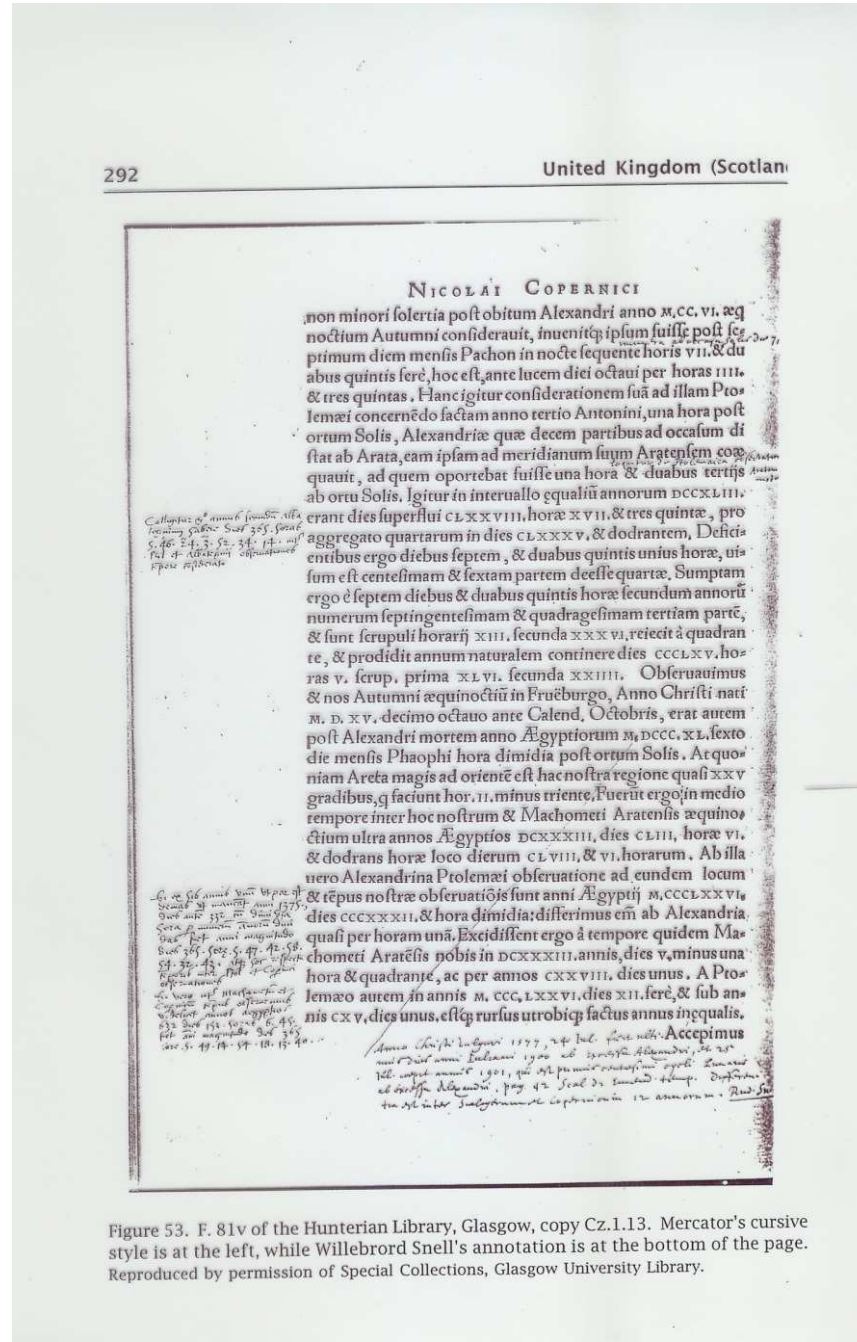


Figure 53. F. 81v of the Hunterian Library, Glasgow, copy Cz.1.13. Mercator's cursive style is at the left, while Willebrord Snell's annotation is at the bottom of the page. Reproduced by permission of Special Collections, Glasgow University Library.

Willebrord
Snell
(1580 - 1626)

Oběhy - poznámky čtenářů

96
tamen id quoque
mannuæ reuo
olem uero mo
is, quos de cen
tm omnia quæ
indo nihil ali
ertim quod ad
is centri terræ,
ili cōcessis, ma
ndi, utrū illos
circa ipsum ef
a dicemus, in
is pro posse no
ertos numeros
iri.
Cap. XXVI.

Handwritten notes in Latin script, including phrases like "Anno de his quibus" and "in his quibus".

Johannes Kepler (1571 - 1630)
řecky elipsa

multo aliter, q̄
odoꝝum supra
o quod manens
tasse reperitur,
idem mutatio
t in illis aliquā
hypotheses ap
ibus præcipuū
ntiam inuenis
In his autem co
Nempe trium
m nouarum fa
ulliones Græci
aneta lineam re
is, ubi omni ile
tur. Talia quip
menta astrolæ

Handwritten notes in Latin script, including phrases like "et in his quibus" and "in his quibus".

Hieronymus Schreiber (- 1547)

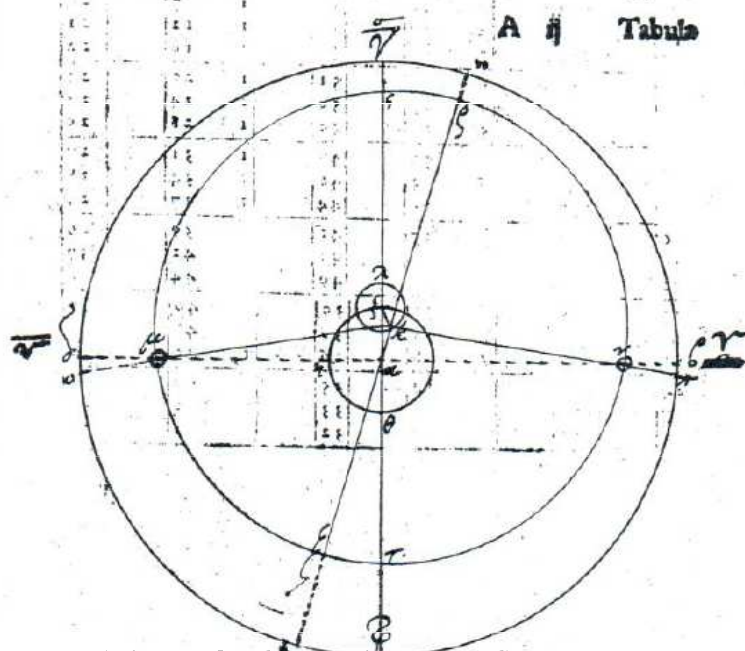
Michael Mästlin (1550 - 1631)

Oběhy - poznámky čtenářů

*Sunt in ista differentia inter Eccentritate Martis & Mercurii (Eccent. 6' 6'') ad differentiam
 in Eccentritate in Tabula illata. Ita se habet differentia inter Eccentritate Mercurii & Saturni
 (Eccent. 10' 10'') ad differentiam Eccentritate Martis & Saturni ac numerata
 ut supra profecto respondeat. Cuius differentia semper fuit ad 4' Solis Argandorij Annus orbis in
 Tabula illata. 94*

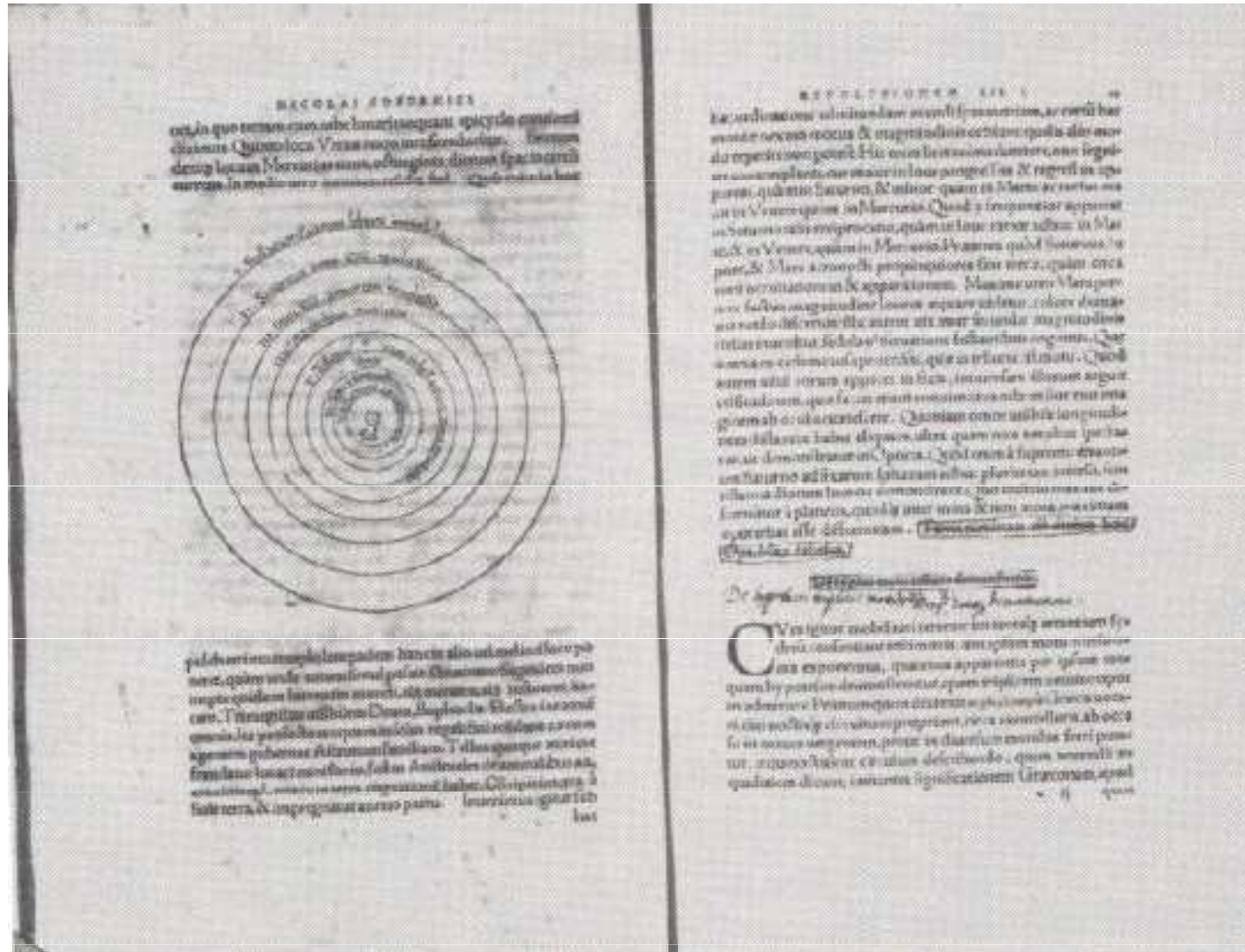
REVOLVTIONVM LIB. III

Solaris, siue anomalie, que differentia ascendit ad summam gra-
 dum VII. & dimidij quasi, prout unicuique tripartio graduum
 congruit. Quartus locus scrupulis proportionum deputabitur,
 que sunt ad summam LX. Et ipsa penes excessum maiorum
 prosthapherecon annue anomalie estimantur. Cum enim
 maximus earum excessus sit scrup. XXXII. erit sexagesima pars
 secunda XXXII. Secundum ergo multitudinem excessus (quem
 per eccentricitatem eliciemus per modum superius traditum) ap-
 ponemus numerum sexagesimarum singulis suis e regione triper-
 tiji. Quinto singule quoque prosthapherecon annue, ac pris-
 ma differentie, secundum minimam Solis a centro distantiam
 constituentur. Sexto ac ultimo excessus earum, quater minima dicitur, sunt
 maxima eccentricitate contingunt. Et tunc
 tabula hæc.



Paul Wittich (1546 - 1586)

Oběhy - poznámky čtenářů



„Taková obrovská je ve skutečnosti tato božská dílna Nejvyššího a Nejlepšího.“ - vyškrtnuto Galileo Galilei (1564 - 1642)

Oběhy - poznámky čtenářů

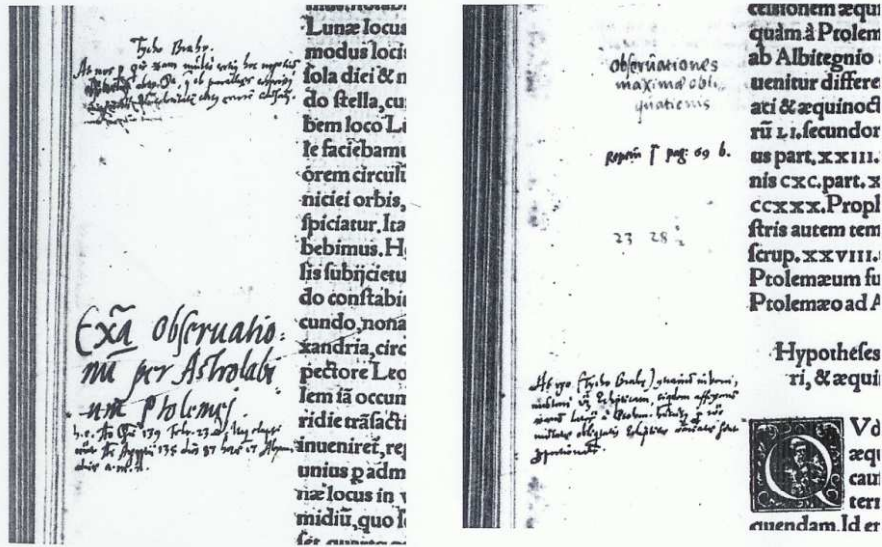


Figure 34. Two annotations quoting Tycho Brahe, from St. Petersburg 1. (a) f. 45 and (b) f.65. Courtesy of the Saltykov-Shchedrin Public Library.

Tycho Brahe (1546 - 1601)

Giordano Bruno (1548 - 1600)

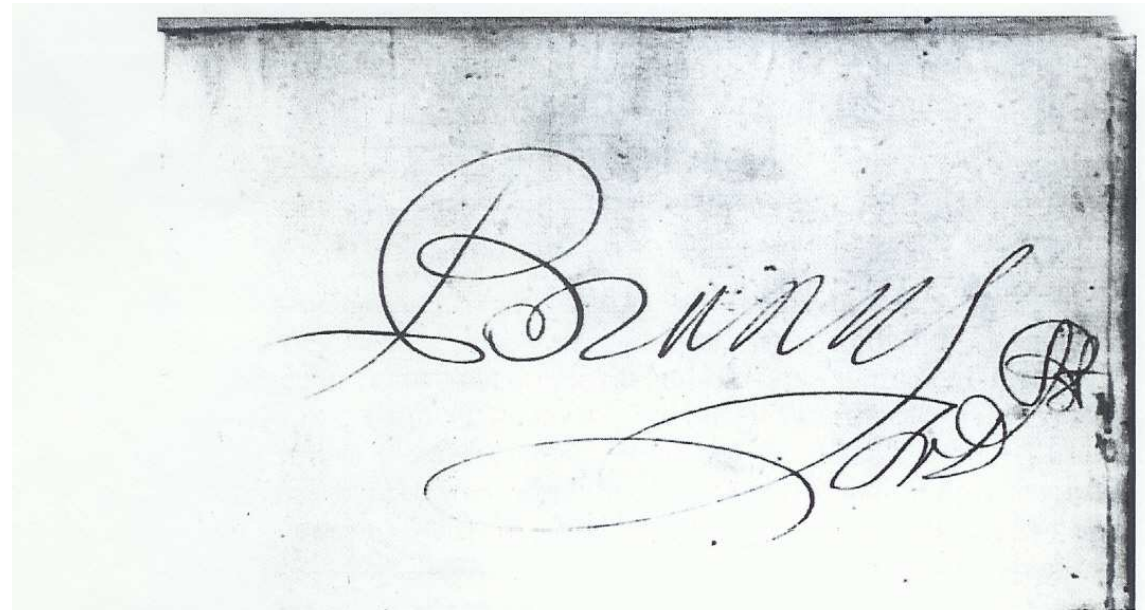


Figure 22. The bold Giordano Bruno signature from the fly leaf of Rome 5.

Nicolai Copernici Torinensis: De Revolutionibus Orbium coelestium Libri sex

**Norimberk, r. 1543: I. vydání - 500
kopií, známo 277, Olomouc, Praha -
2 knihy**

**Basilej, r. 1567: II. vydání - 600 kopií,
známo 324, Brno, Český Krumlov**

**Horský, Z., a.j.: Oběhy nebeských
sfér. Veda, Bratislava 1974.**

Překlad do slovenského jazyka.

**Oběhy
nebeských
sfér**

**Mikuláš
Kopernik**

VEDA
VYDAVATELSTVO
SLOVENSKEJ
AKADÉMIE VIED
BRATISLAVA

**Vedecký redaktor
PhDr. Ján Tibenský, DrSc.**

**Recenzenti
Prof. PhDr. Ján Horecký, DrSc.
PhDr. Teodor Münz, CSc.**

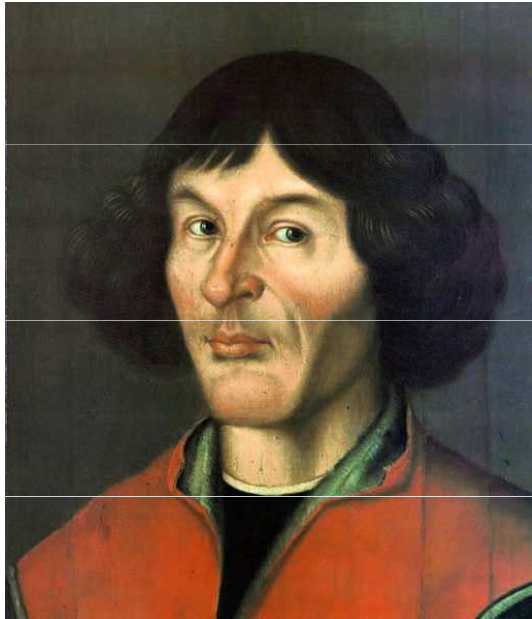
**Úvodná štúdia
Člen korešp. SAV a ČSAV Vladimír Guth
PhDr. Ján Tibenský, DrSc.**

**Komentár a odborná lektúra
PhDr. Zdeněk Horský, CSc.**

Z latinského originálu Nikolaus Kopernikus De revolutionibus orbium caelestium, vydaného vydavateľstvom R. Oldenbourga v Mníchove roku 1949, preložili

PhDr. Zdeněk Horský, CSc., predhovory a knihy 1, 2, 5 do češtiny
PhDr. Michal Kušík, CSc., knihu 3 do slovenčiny
PhDr. Július Sopko, CSc., knihu 6 do slovenčiny
Augustín Valentovič knihu 4 do slovenčiny
Dobroslava Vaculíková knihy 1, 2, 5 z češtiny do slovenčiny

Význam heliocentrické soustavy



heliocentrické uspořádání těles ve Sluneční soustavě, uprostřed Slunce, fyzikálně správný model

nový mechanismus interpretace planetárních pohybů (odstranění ekvantu)

stanovení relativních vzdáleností planet, určení siderických oběžných dob

jiný astronomický obraz světa - heliocentrický, změna pohledu na postavení člověka, výlučnost dána rozumem, nikoliv privilegovaným místem → Země jednou z planet

Koperník naplnil svůj cíl - **reformovat astronomii**, měl štěstí, končící renesance, na počátku moderní vědy, tisk

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“*

Problémy a řešení

Otázky:

- *Je Země pouze jednou z planet?*
- *Jaké jsou vzdálenosti planet od Slunce a jak se kolem něho pohybují?*
- *Jak vyložit nerovnoměrnosti pohybu planet v heliocentrickém modelu?*

Koperník měl k dispozici:

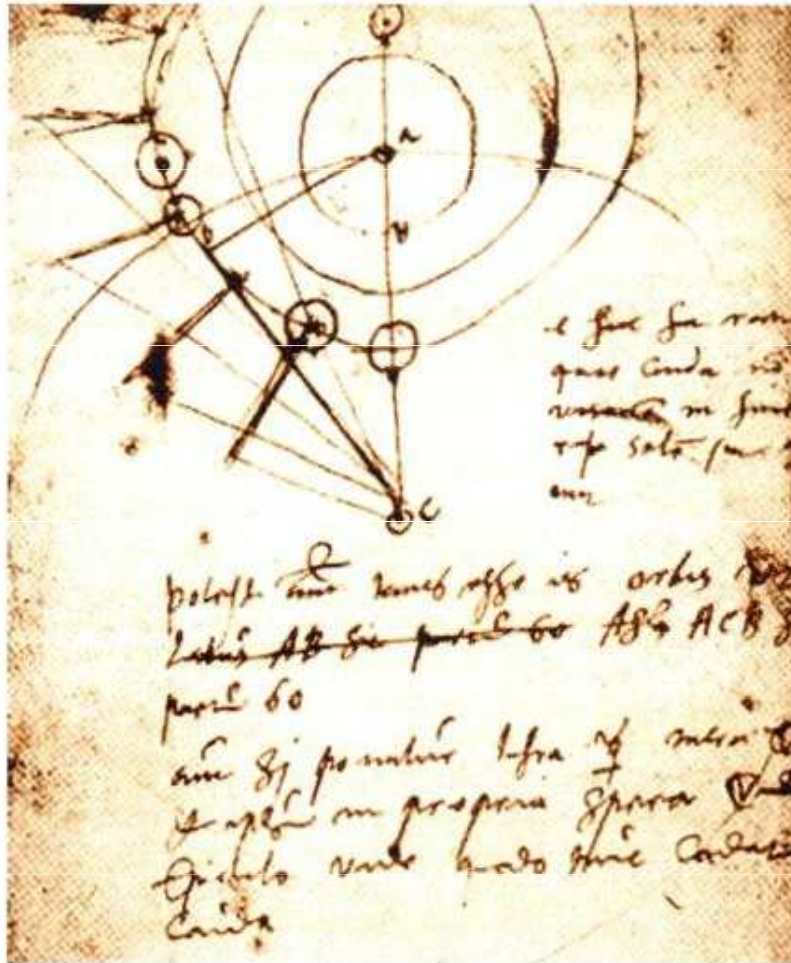
- *Znalost antické, arabské a renesanční astronomie*
- *Antická a vlastní pozorování, umění přepočtu kalendářů*
- *Zběhlost v euklidovské - syntetické matematice*
- *Nápadité postupy zpracování pozorování*
- *Svobodný...*

Cílem byla reforma astronomie...

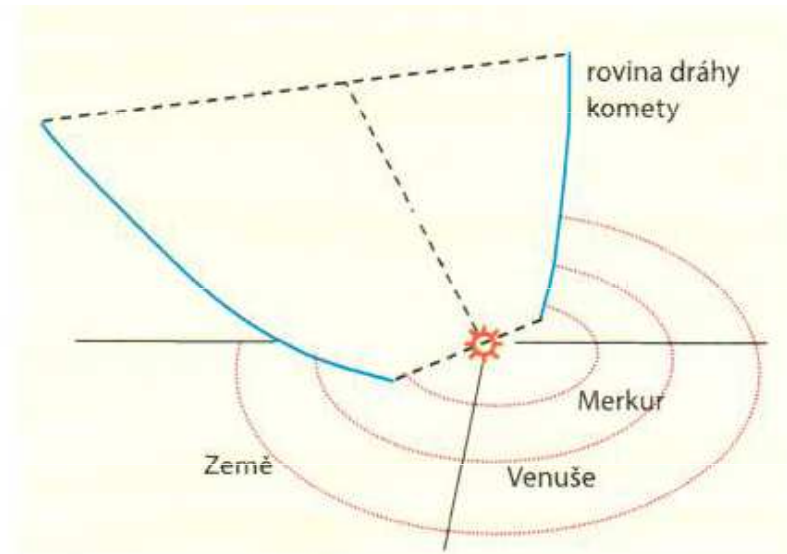
Studium komet - renesance

r. 1544, určování polohy komety vzhledem ke dvěma blízkým hvězdám, trigonometrická metoda, minimalizovala chyby přístrojové, stanovovala úhlovou vzdálenost komety od hvězd, paralaxa komety dánský astronom **Tycho Brahe 1546 - 1601**, *Druhá kniha o nedávných jevech v éterickém světě, r.1588*, listopad 1577 - leden 1578 poziční pozorování komety, denní změna polohy v listopadu 3° , později pouze $1\frac{1}{2}^{\circ}$, k 14.11.1578 ohon s délkou 22° , na základě změřených paralax závěr – vzdálenost $230R_Z$, více než trojnásobná vzdálenost

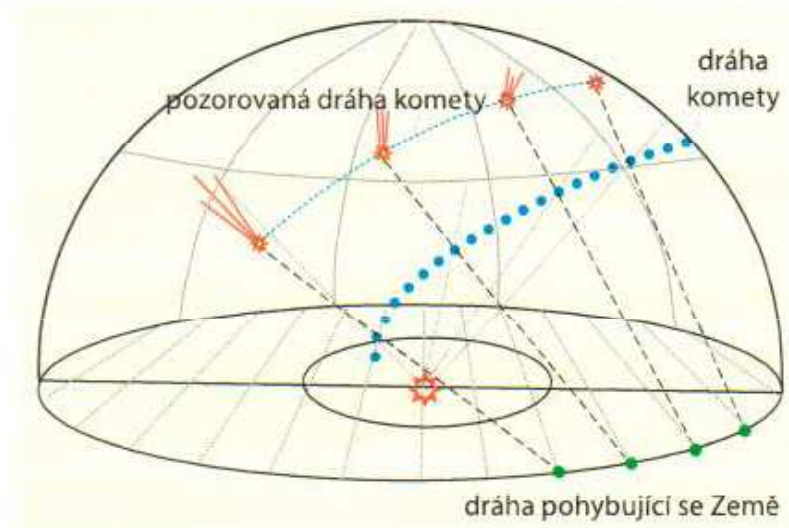
Studium komet - renesance



Obr. 2 Náčrtek komety r. 1577 z Tychonova pozorovacího deníku.



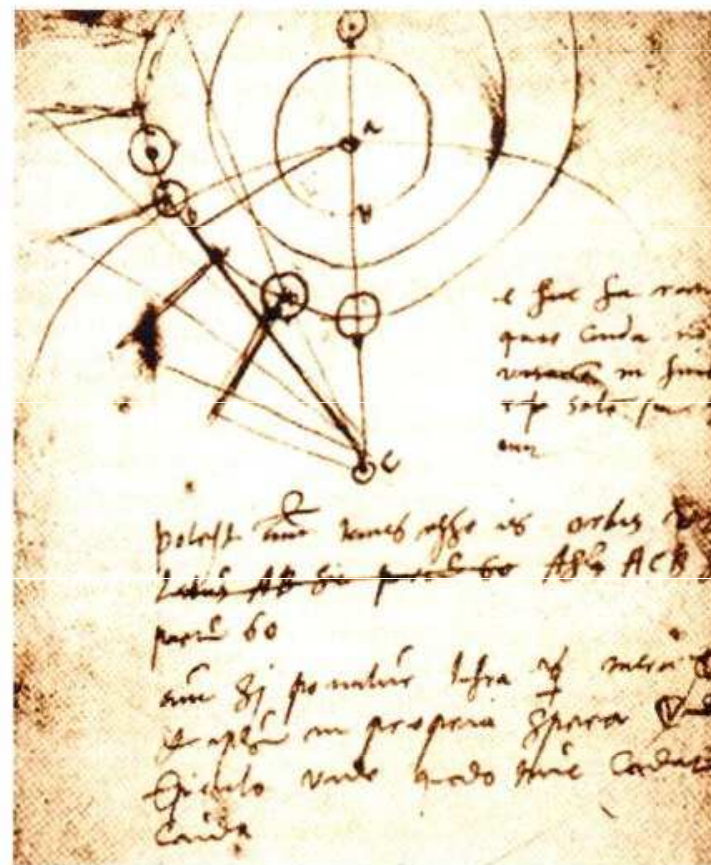
Obr. 5 Dráha komety s velkým sklonem.



Obr. 6 Pozorovaná a skutečná dráha komety v prostoru.

Studium komet - renesance

hvězd. Byla důležitou součástí několika způsobů stanovení paralaxy komety, její význam vyzdvihl v úvodu šesté kapitoly spisu *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis liber secundus*, česky Druhá kniha o nedávných jevech v éterickém světě [6], dánský astronom Tycho Brahe (1546–1601), jedna z klíčových osobností pro posouzení principiální otázky postavení komet ve vesmíru. V období měsíců listopad roku 1577 až leden 1578 prováděl přesná poziční měření komety C/1577 V1, viz obr. 2 z jeho pozorovacího deníku. Zjistil příkladně její každodenní změny polohy, v polovině listopadu činila průměrně 3° , později poklesla na $1\frac{1}{2}^\circ$. K 14. listopadu měl ohon při šířce $2\frac{1}{2}^\circ$ délku 22° . Tycho rovněž provedl srovnání dosažitelných pozorování i z jiných míst v Evropě, výsledkem bylo stanovení paralaxy, nebyla větší než $15'$ [6]. Na základě porovnání naměřených paralax různými způsoby dospěl k závěru, že se nachází ve větší vzdálenosti od Země než Měsíc.



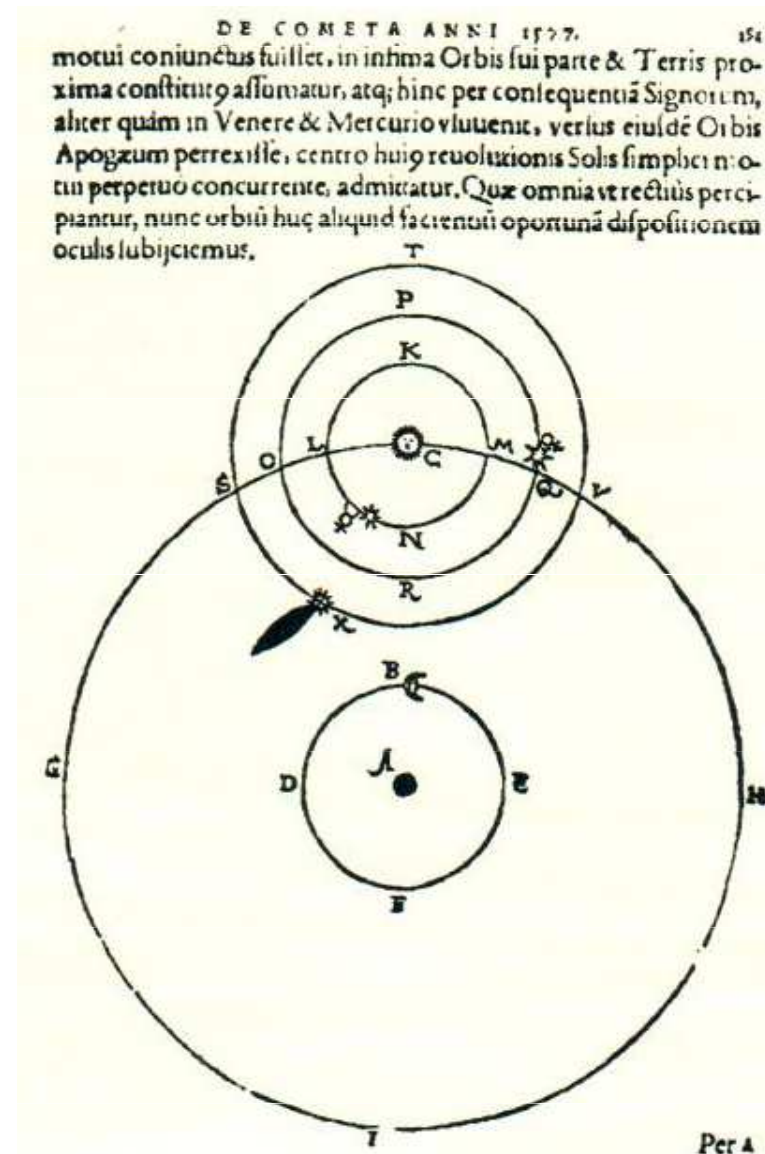
Obr. 2 Náčrtek komety r. 1577 z Tychonova pozorovacího deníku.

Studium komet - renesance

V Tychonem vytvořeném geoheliocentrickém modelu, viz obr. 3, byl Měsíc nejvíce vzdálen od Země – $68 R_Z$. Z jeho numerických výpočtů polohy komety r. 1577, shrnutých v současnosti například v [7], vyplývala její minimální vzdálenost $230 R_Z$, 197 800 n. m., tudíž ji umístil do nejméně trojnásobné vzdálenosti než Měsíc. Pozorovaný průměr komety činil $8'$, což odpovídalo 465 n. m. Jinými slovy, průměr komety byl odhadován přibližně na čtvrtinu průměru Země – podle Tychona 1 720 n. m. Maximální velikost ohonu komety při úhlové velikosti 22° a uvedené průměrné vzdálenosti činila $88,4 R_Z$, zhruba 76 000 n. m. Stanovená šířka ohonu dosahovala $2 \frac{1}{2}^\circ$, tudíž její velikost byla $5,8 R_Z$ – 5 000 n. m.

Měření velikosti a vzdálenosti komety Tychonem nebylo pouhou korekcí hodnot získaných předcházejícími astronomy. Výrazně zvětšil rozměry komety a jejího ohonu. Podstatné až řádové zvýšení přesnosti jeho pozorování vyvolalo radikální změny v prostorových představách o sluneční soustavě, v tehdejších chápání astronomického obrazu celého vesmíru.

Komety se v Tychonově modelu vyznačovaly podobnými pohyby jako planety, vyjma retrográdních. Nebyly tak dokonalými kosmickými tělesy jako planety, které vykonávaly podle tehdejších představ pouze rovnoměrný kruhový pohyb. Došlo tak k narušení antické kosmologie Aristotela.



Obr. 3 Schéma geoheliocentrické soustavy Tychona Brahe.

Tycho Brahe 1546 - 1601

životopis, výzkum pozůstatků

spisy

O nové hvězdě 1573

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

Přístroje obnovené astronomie 1598

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

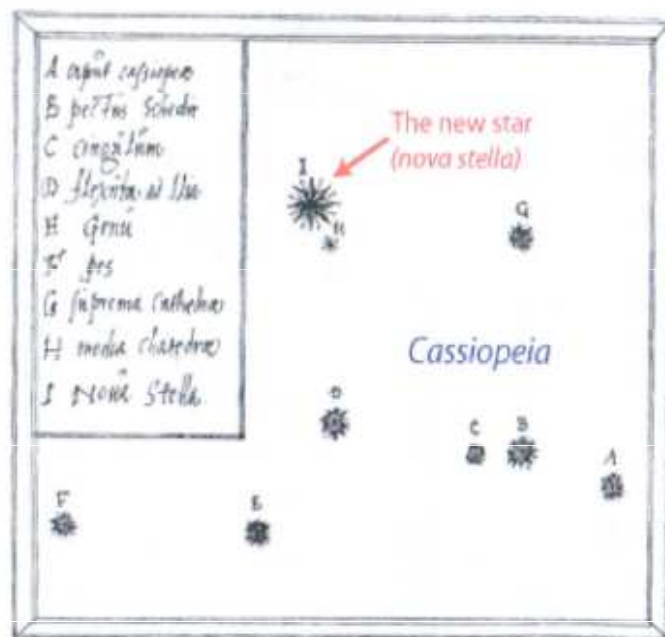


*Disce puer virtutem ex me
Guramq; Laborem,
Fortiter & sortis iustissime
victis.*

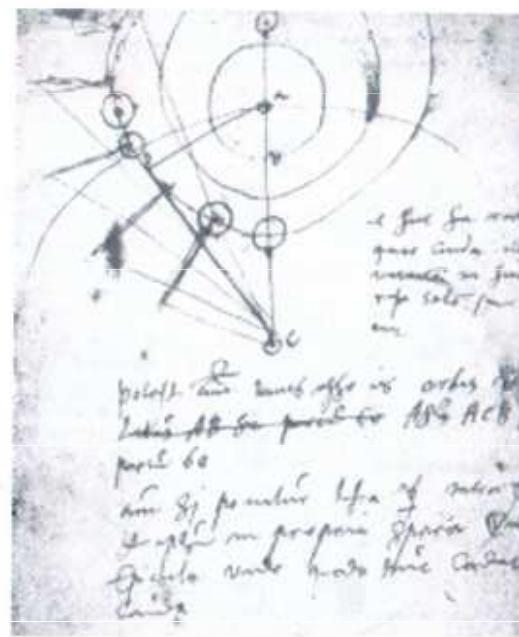
*Tycho Brahe
Filio
Tythoni primogenito
Scripsit
Anno 1599 Feb 28
Vitebergae.*

Tycho Brahe

Tycho Brahe - the Observer



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



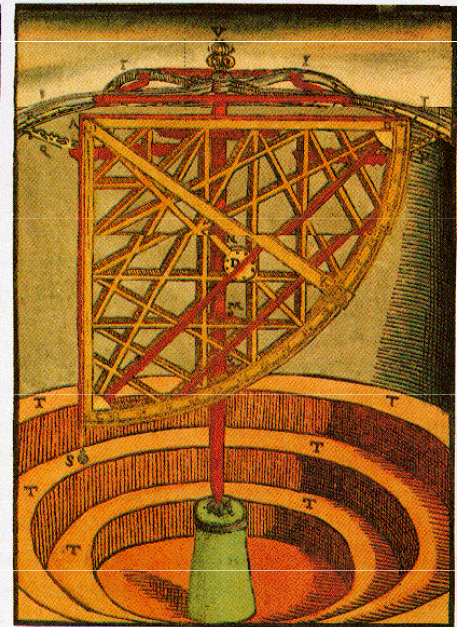
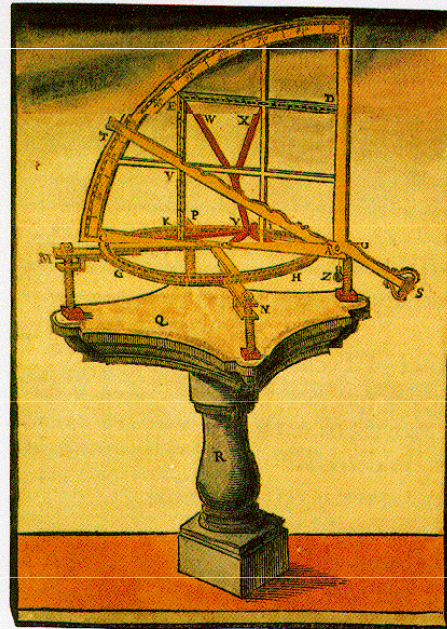
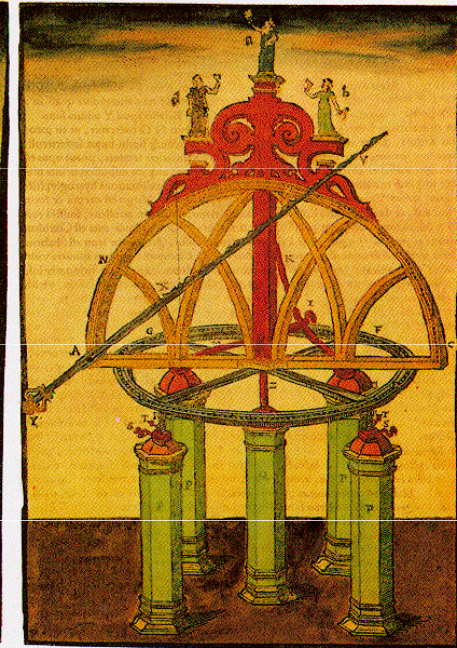
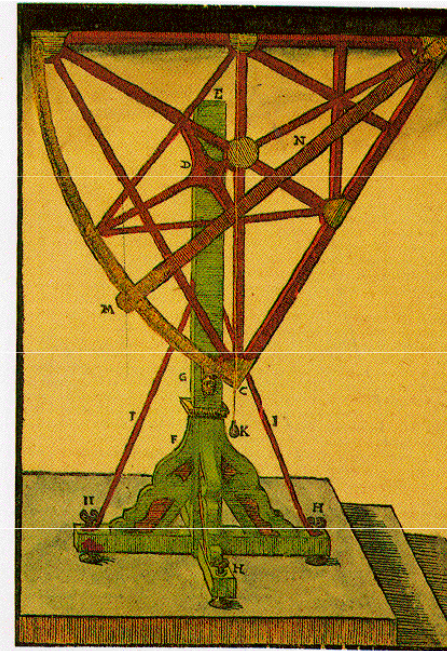
The Great Comet of 1577
-from Brahe's notebooks

„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

Observatoř a přístroje Tychona Brahe

nejpřesnější pozorovatel
před vynálezem
dalekohledu

Uraniborg, Sterneborg



Tycho Brahe

zední kvadrant - velmi
přesný přístroj ...

čtyři osoby při pozorování

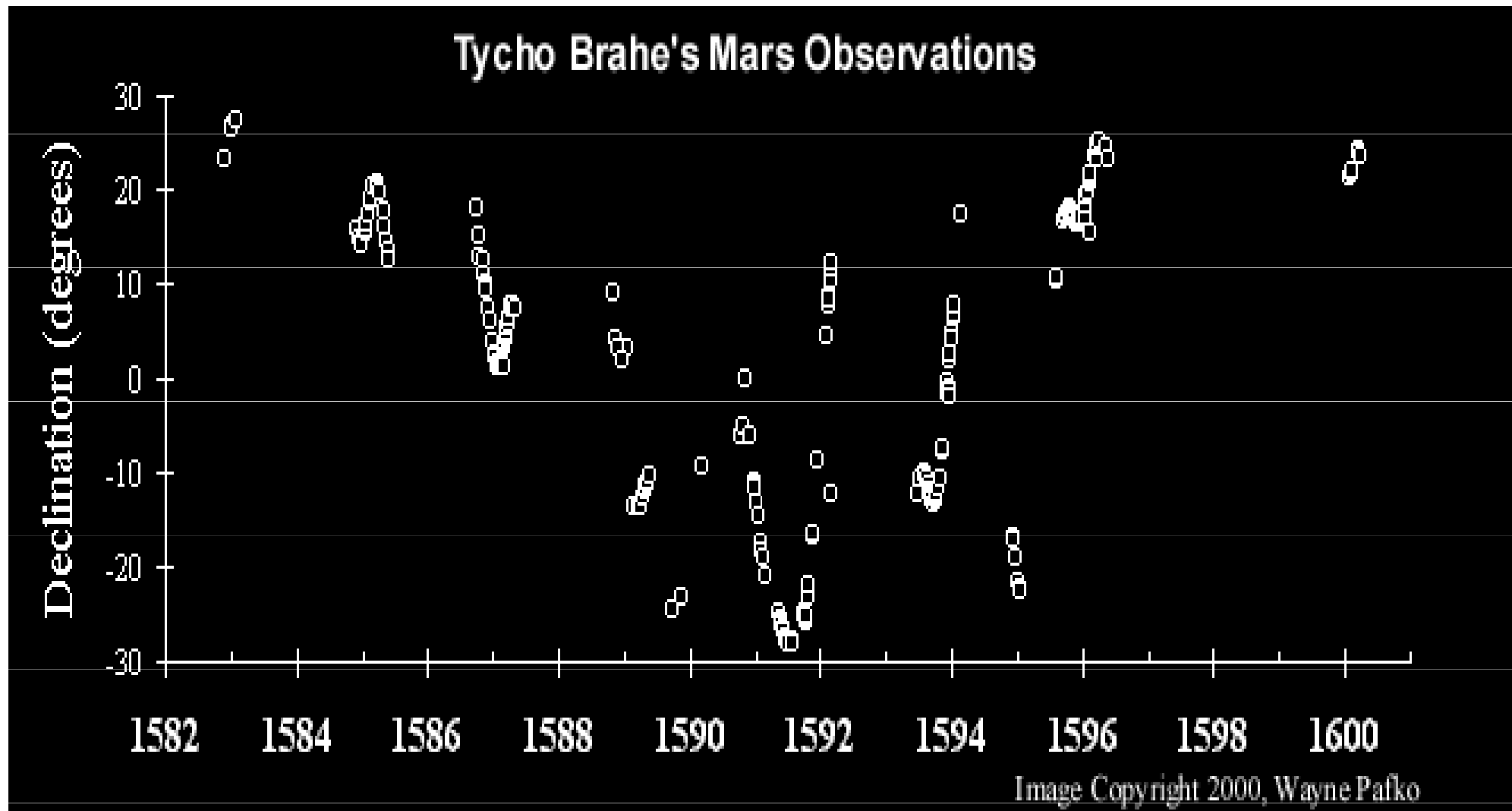
$$R = 2 \text{ m}, \Delta = 0,5 \text{ mm}$$

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

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



Dlouhodobá přesná pozorování Marsu



Poznámky Paula Witticha 1546 - 1586

Tychonova geo-heliocentrická soustava

(Italy) Vatican City

107

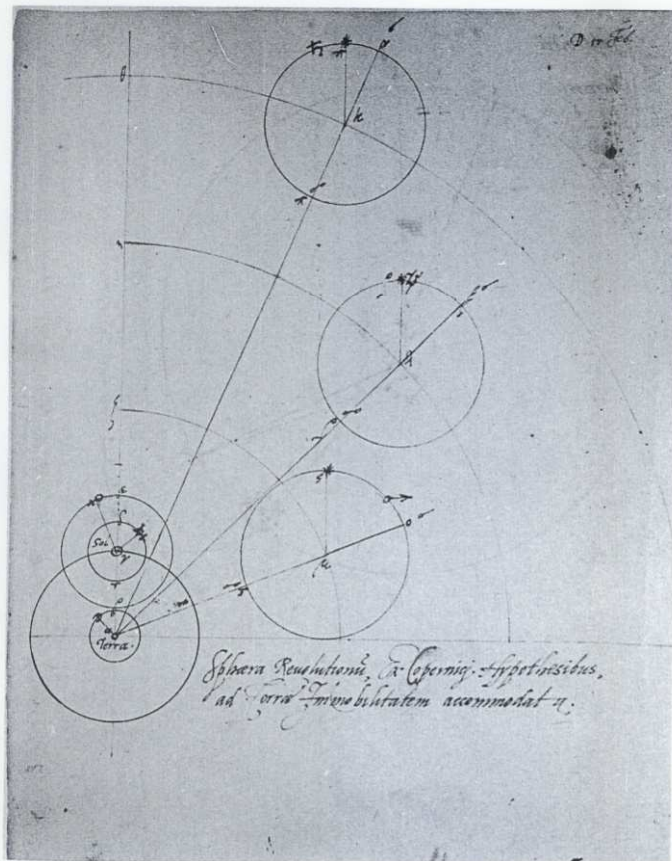
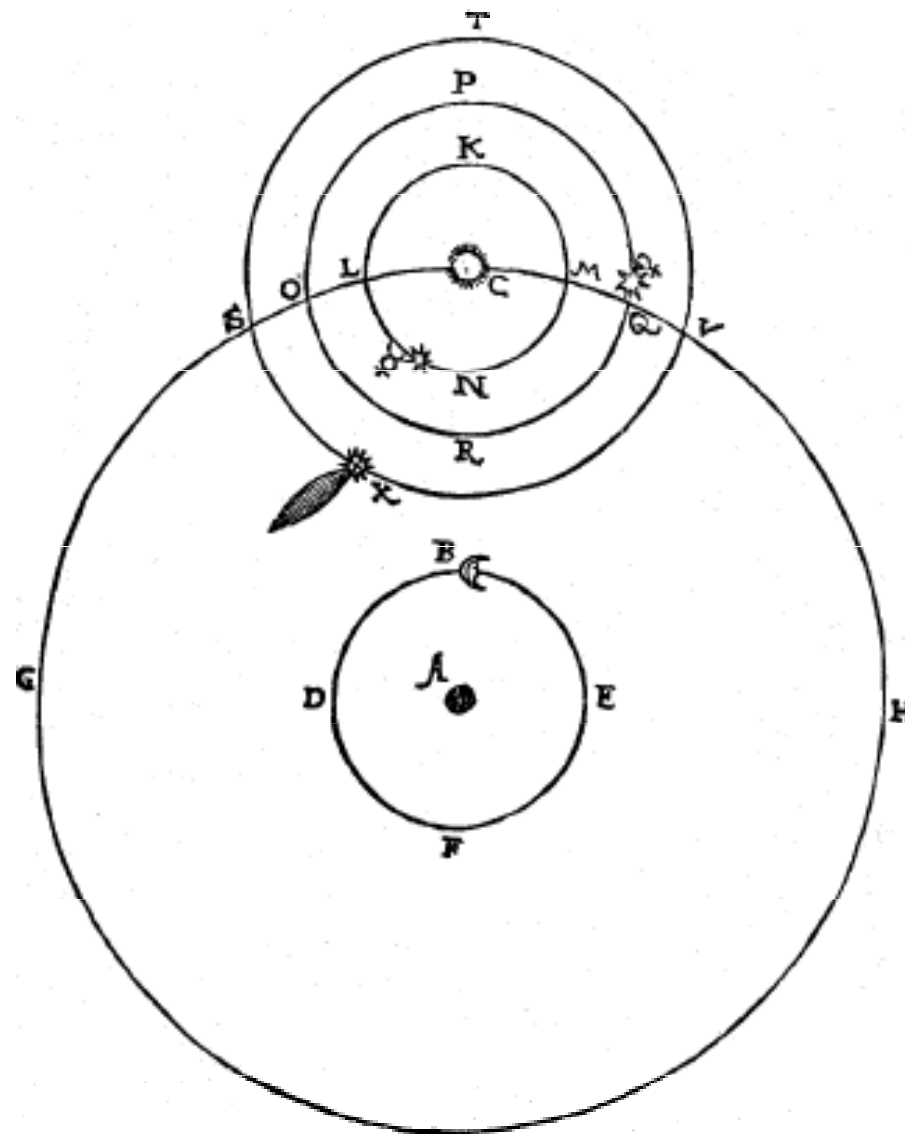


Figure 18. Paul Wittich's proto-Tychonic diagram, ending the series in Vatican 1, f. 210v.
© Biblioteca Apostolica Vaticana.



Galileo Galilei 1564 - 1642

fyzika sestoupila z oblohy po nakloněné rovině

životopis

zakladatel experimentální fyziky, r. 1589 jmenován profesorem na univerzitě v Pise r. 1590 ***O pohybu***, dialog Alexandera a Dominika, odmítnutí Aristotelových představ o pohybu, o *tělesech těžkých a lehkých*, o tom, že *rychlost padajících těles je závislá na jejich tíze*, experimenty na šikmé věži v Pise - ***rychlost padajících těles je stejná pro všechna tělesa***

r. 1592 profesor matematiky na univerzitě v Padově, přednášky vycházely z Elementů Euklida, Almagestu Ptolemaia, výsledky vlastních experimentů

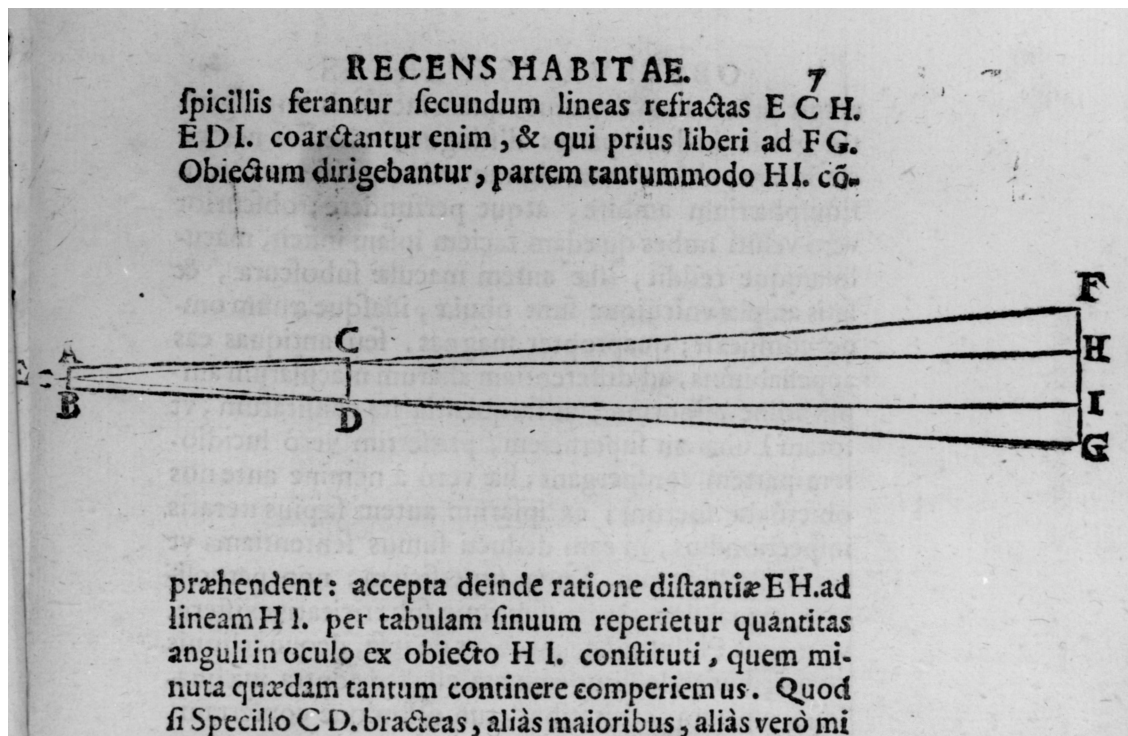
Galileův dalekohled

Hans Lipperschey 1608

pozorování Galilea 1609

schema dalekohledu

objektiv spojka,
okulár rozptylka
 $Z \approx 10 - 30$

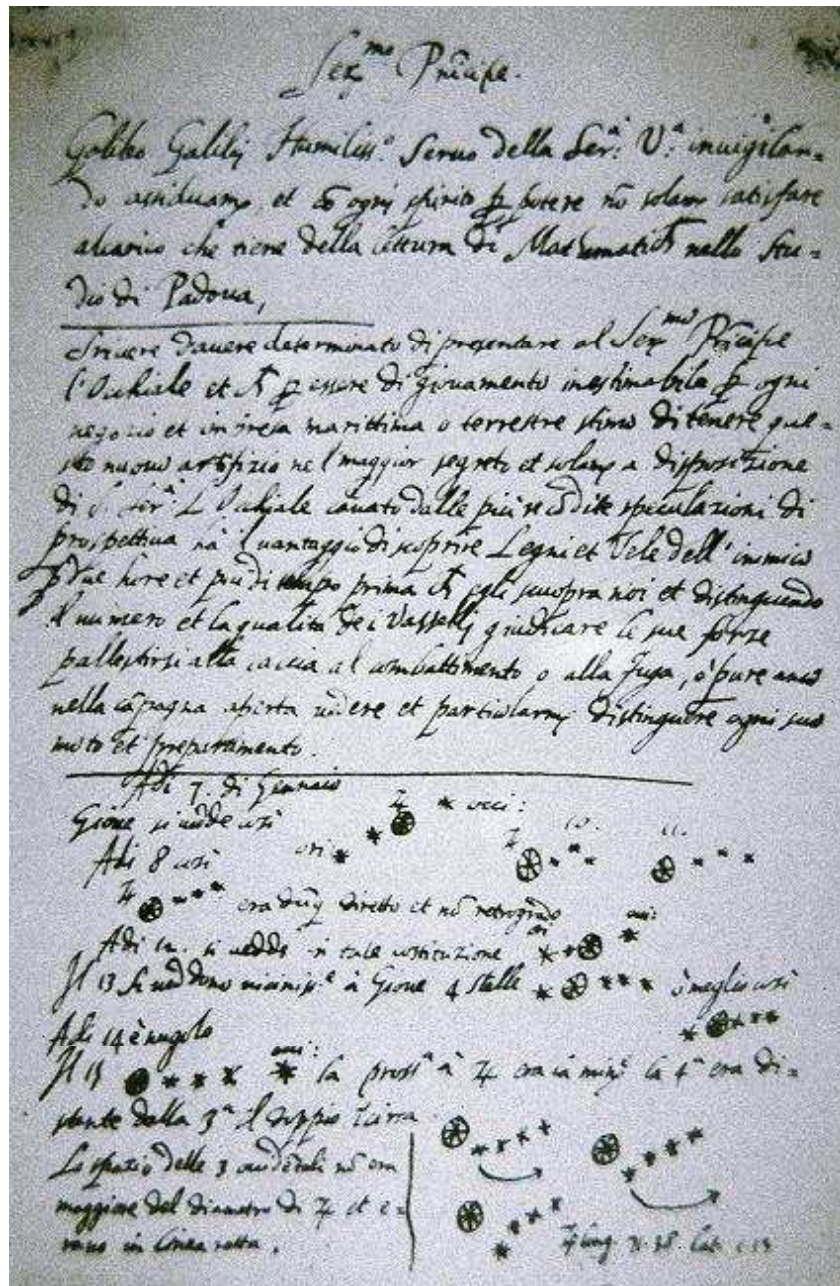


Galileův dalekohled

Objev dalekohledu zásadním způsobem změnil astronomii. Pozorování s ním umožnilo získat zcela nové poznatky o nebeských tělesech a jevech s nimi spojených. Přístroj měl rovněž pomoci řešit výše zmiňovaný spor o podstatě a poloze komet. Konstrukce dalekohledu byla poprvé popsána ve spisku *Hvězdný posel* (*Sidereus Nuncius*, 1610), který vyšel v březnu. Obsahově pojednával o novém revolučním přístroji – dalekohledu a prvních pozorováních objektů na obloze s ním konaných. Souběžně s Galileem provádělo pozorování s dalekohledem více astronomů, např. Thomas Harriot (1560–1621), Simon Marius (1573–1624), Christoph Scheiner (1573–1650), jak přehledně popsal J. North.³⁵ Italský astronom však byl první, který svá systematická pozorování publikoval. Mezi roky 1609–1611 byl přístroj nazýván *perspicillum*. Za autora termínu *telescopium*, který se objevil již kolem roku 1611, bývá považován Frederico Cesi (1585–1630).

posloupnost pozorování Měsíc, hvězdy, Jupiterovy měsíce, fáze Venuše, Saturn, sluneční skvrny

Sidereus Nuncius - Hvězdny posel 1610



Galileova pozorování

Jupiterovy měsíce 7. ledna 1610

* * ○ *

Occ.

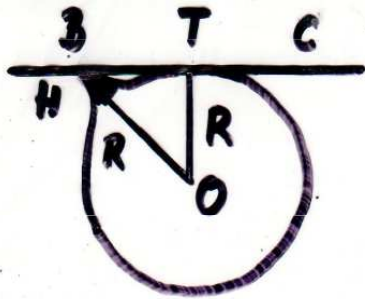
medicejské hvězdy 13. ledna 1610

* ○***

Celkem Galileo v *Hvězdném poslu* popsal šedesát čtyři pozorování měsíců provedených do 2. března 1610. Zpětný výpočet poloh konkrétních měsíců ukázal menší spolehlivost jeho pozorování, která nicméně zachycovala vzájemnou polohu měsíců vesměs dobře. Galileo se pokoušel určit úhlové vzdálenosti měsíců od planet, jakož i parametry jejich oběžných drah. Pro nejvzdálenější měsíc od planety uvedl oběžnou dobu přibližně půl měsíce. V následujícím období se pokusil vyjádřit zákonitosti pohybu měsíců. Měly sloužit k určování zeměpisné délky, neboť jejich zákryty Jupiterem nastávaly nezávisle na místě pozorování na Zemi. Mohly tak poskytovat stejný časový okamžik, shodně seřízené hodiny. Rozdíl délek následně bylo možné stanovit z průchodu hvězdy poledníkem. V Galileově době, před vynálezem kyvadlových hodin, však stanovení okamžiků nástupů zákrytů nebylo nejpřesnější. K praktickému využití myšlenky tak nedošlo.

Italskému astronomu patřila publikační priorita objevu Jupiterových měsíců. Německý astronom Simon Marius však byl důkladnějším a přesnějším pozorovatelem. Provedl identifikaci jednotlivých měsíců a ze stanovení maximální elongace určil jejich oběžné doby.

Galileova pozorování



odol hory,
mírovna slunečním
paprsky CB

- O ... střed měsíce
- B ... odol hory
- H ... vrchol hory
- T ... poloha terminátoru,
bod dotyku sl. paprku
a měsíčnímu povrchu

z $\triangle BTO$:

$$BO^2 = BT^2 + TO^2$$

$$BO = H + R$$

$BT = l \dots$ lim. vzdálenost od terminátoru

Platí: $H^2 + 2HR + R^2 = l^2 + R^2$
 in předpokladu $H^2 \ll R^2$ dochováme

$$2HR = l^2$$

$$H = \frac{l^2}{2R}$$

v bodě T není světelné vyrovňování

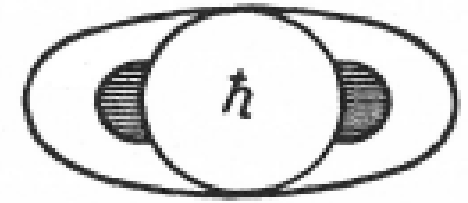
Galileovo měření výšky hor na Měsíci
 — Galileo pozoroval rozhraní stínu a světla (terminátor) na okraji měsíčního kotouče a měřil, které špičky hor se objeví ozářené Sluncem jako jasné body v oblasti stínu. Potom spočetl výšku x hory podle obrázku pomocí Pythagorovy věty (R je poloměr Měsíce, který Galileo znal vzhledem k poloměru Země) z rovnice $(R + x)^2 = R^2 + MN^2$.

výška hor na Měsíci
 $x = 2 \text{ km}$



Galileova pozorování

v létě 1610 pozoroval krajní planetu - Saturn jako trojitou, de facto sledoval prstenec, závěr neučinil



začal pozorovat sluneční skvrny, jejich podobu, změny tvaru, a zánik, postup od východního

disku k západnímu, **pohybovaly se**

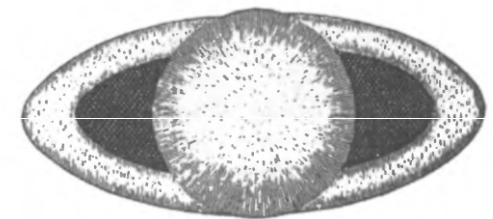
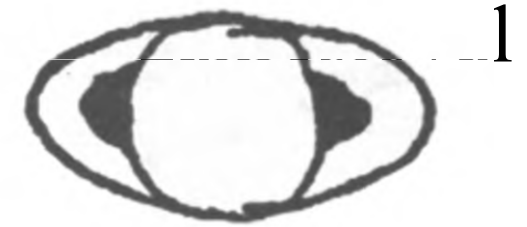
nerovnoměrně přes sluneční disk, pochopil jejich souvislost s povrchem Slunce, „*látka*

skvrn se nesbíhá ke Slunci, ale naopak z něj vychází...“,

shrnutí ve třech dopisech M. Welserovi,

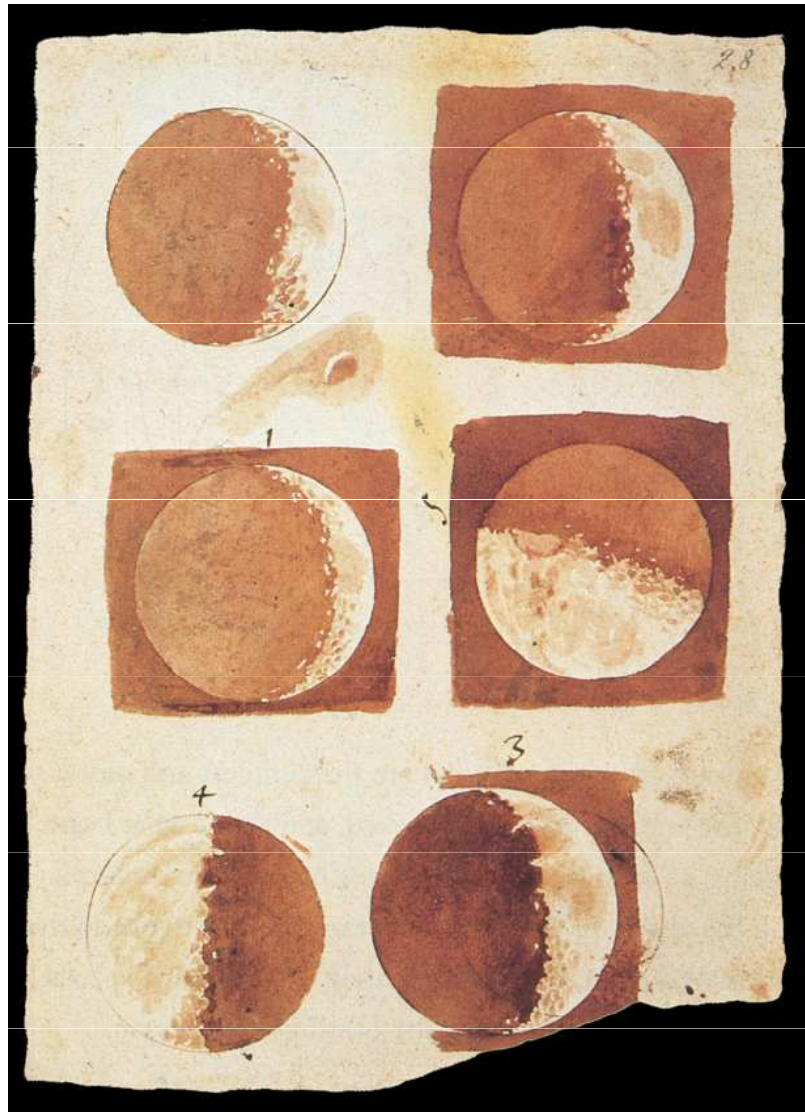
Historie a demonstrace slunečních skvrn 1613

skvrny poz. J. Fabricius 1587-1615, Ch. Scheiner 1575-1650

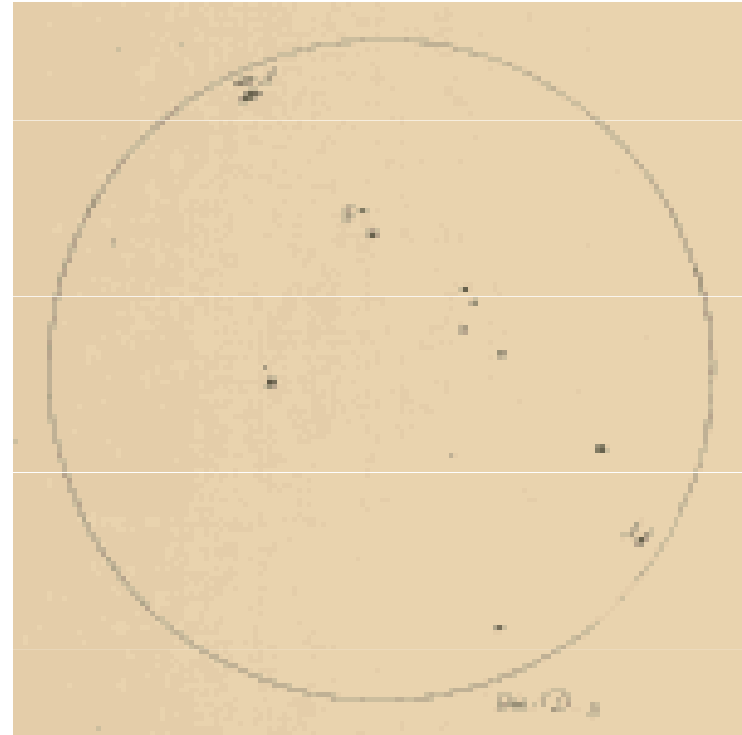


Galileova pozorování

fází Měsíce

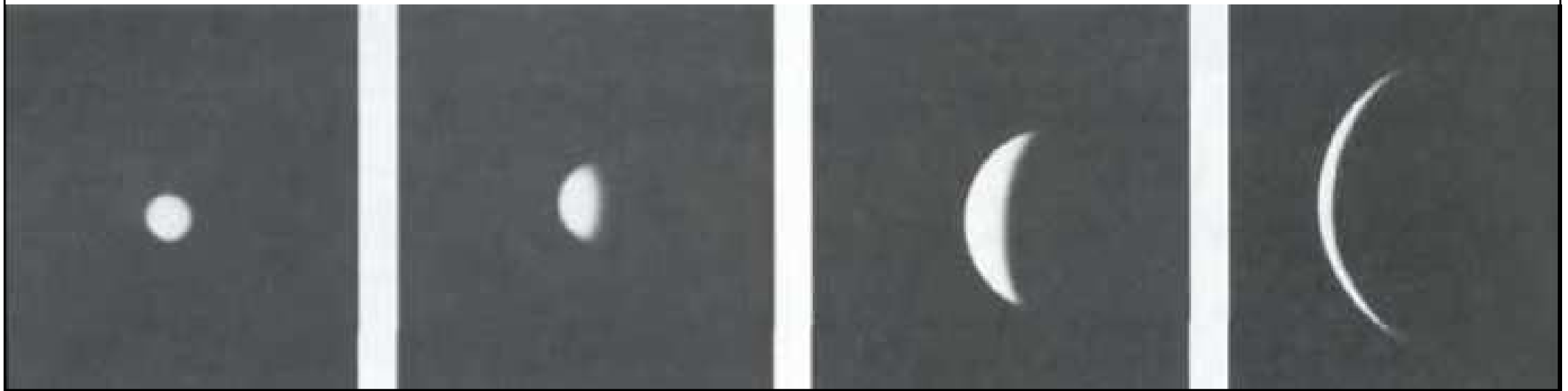
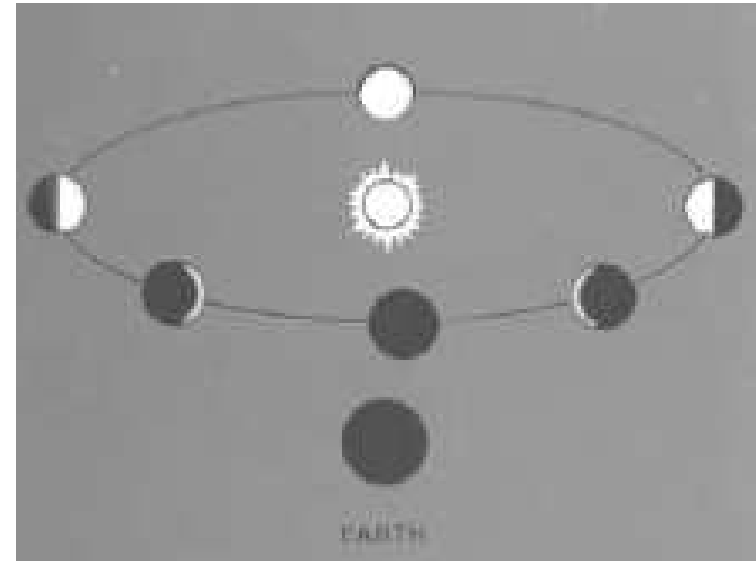
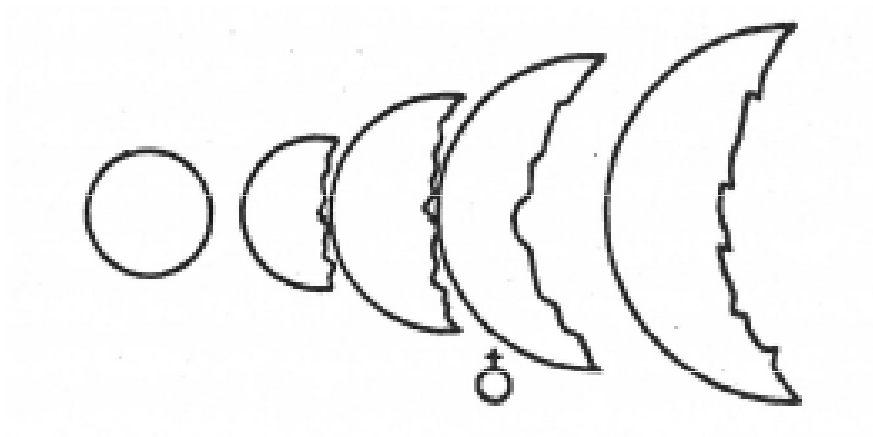


sluneční skvrny



Pozorování fází Venuše

změna jasností, velikostí a úplný cyklus fází Venuše
- důkaz heliocentrismu



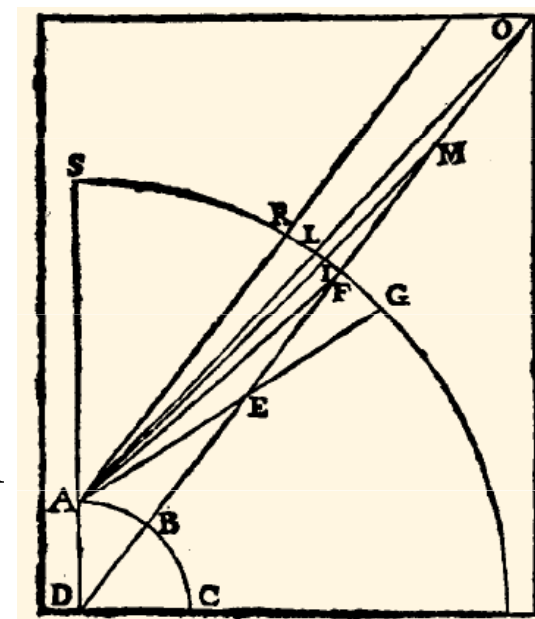
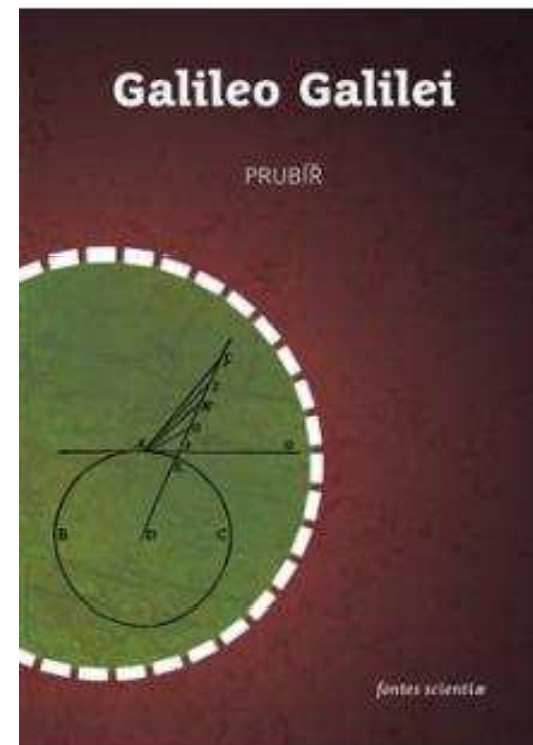
Komety

r. 1623 *Prubíř*

obsahuje Galileovu optickou teorii komet

komety - stoupající výpary a exhalace v zemské atmosféře, úhlové zpomalení výstupu přímková dráha komet směrem k zenitu, nepozorováno...

oponent **Grassi Orazio 1583-1654** ve spisu *Váha* uvedl, že těleso komety a ohon nejsou zdrojem světla, nýbrž lámou a odrážejí sluneční světlo, ohon (plazmový) míří vždy od Slunce, kometa se nachází v nadměsíčním světě



Podstata komet

italský astronom, právník **Mario Guiducci 1585 - 1646**, *Rozprava o kometě, r. 1619*

italský fyzik, astronom **Galileo Galilei 1664 – 1642**, *Prubíř r. 1623*

DISCORSO
DELLE COMETE
DI MARIO GUIDUCCI
FATTO DA LVI
NELL'ACCADEMIA FIORENTINA
NEL SUO MEDESIMO CONSOLATO.



IN FIRENZE

Nella Stamperia di Pietro Ceconcelli, Alle Stelle Medicee. 1619.

CON LICENZA DE' SUPERIORI.

Sluncem, které se nacházely za drahou Měsíce. Podle Guiducciho existovaly dva typy. Některé byly reálné a skutečné, zatímco ostatní byly čirého vzhledu, odrážející světlo, což v návaznosti na pythagorejskou kometární teorii vyjádřil v [14] slovy: „... předpokládali, že komety nejsou reálnými objekty, ale čiré obrazy a jevy, viditelné některými lidmi, a ne ostatními podle toho, zda látka, ve které jsou obrazy vytvářeny byla nebo nebyla umístěna na vhodném místě pro odraz při lidském vidění k Slunci.“

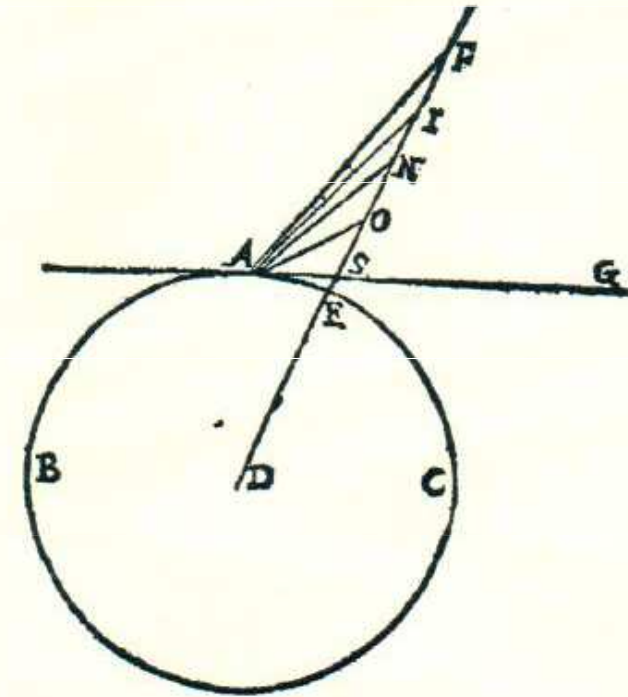
Uvedme některé z dalších Guiducciho myšlenek: „Mnoho hvězd neviditelných pouhým okem jsou snadno pozorovatelné dalekohledem, tudíž jejich zvětšení by mělo být vyvoláno spíše nekonečností než neexistencí.“ Dále konstatuje: „... lidé, kteří si přejí určit polohu komety prostřednictvím paralaxy musí nejdříve prokázat, že kometa je stabilní skutečný objekt a nikoliv pouhý čirý zjev, paralaxa je očividně průkazná pro reálné předměty, ale nikoliv pro zdánlivé.“

Podstata komet

Mario Guiducci 1585 - 1646

Galileo Galilei 1564 - 1642

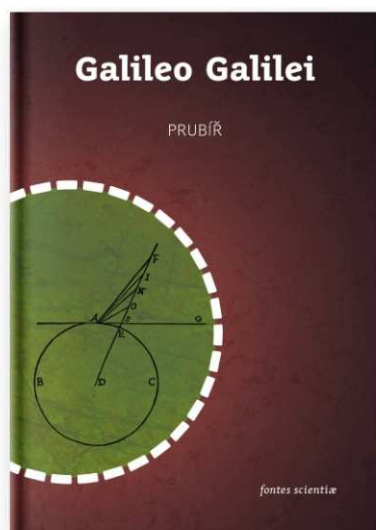
Kometární optická teorie byla Guiduccim interpretována prostřednictvím klíčového obr. 9 z [14], který částečně doplněný byl použit a rozebírán i ve spisech [16], [17]. Následující výklad vychází z textu v [14]. Nechť BAC je povrch zeměkoule, E je místo, odkud se zdvihají výpary a exhalace, s nimiž spojené optické jevy vytvářejí kometární zjev. A je místo pozorovatele, který z počátku „vidí“ kometu v místě S, jejíž poloha se promítá na oblohu do G. Výpary a exhalace se pohybující rovnoměrně podél přímky DF, jednotlivé úseky v horních vrstvách atmosféry SO, ON, NI a IF odpovídají stejným časům. Pozorovatel v A sleduje kometu pod postupně zmenšujícími se úhly. Tudíž se mu jevila neustále menší a v pohybu pomalejší, zatímco ve skutečnosti se přemísťovala rovnoměrně po přímočaré dráze. Později Galileo v Prubíři [17] studoval, v jakém poměru probíhá zmiňované úhlové zpomalení. V analogickém obr. 10 z [17] ABC označuje povrch zeměkoule. Galileo našel, že jestliže kometa prolétá postupně úseky EF, FM a MO, jeví se pozorována v bodech F, I a L, její pohyb se výrazně zpomaluje, neboť oblouk FI tvoří polovinu oblouku GF, oblouk IL polovinu oblouku FI atd. Pozorovaný pohyb komety se musí zmenšovat stejnou měrou.



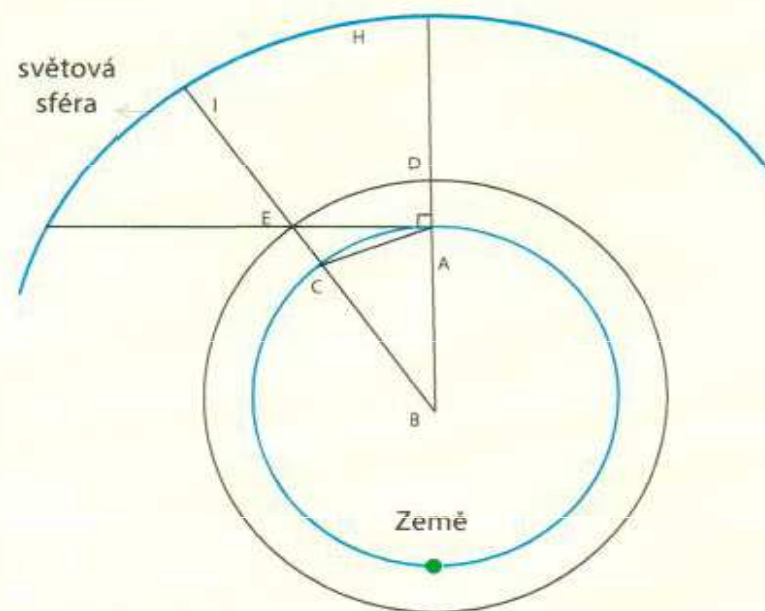
retta ascendente perpendicolarmente, verso 'l Cielo, secondo la quale si muova la materia della cometa, e sia quella la linea.

Obr. 9 Výstup výparů a exhalací v atmosféře Země podle Rozpravy o kometě.

Podstata komet



Orazio Grassi (1583–1654), italský astronom, matematik a jezuita, se zabýval kometami ve spisu *De tribus cometis anni MDCXVIII disputatio astronomica*, česky *Astronomická debata o třech kometách* [13], z roku 1618. Po kratším úvodu popsal polohu a pohyb komet, které pozoroval v období srpna až prosince roku 1618. Soustředil se zejména na poslední nejjasnější a nejvýraznější kometu, u které uvedl a zpracoval větší počet pozorovacích dat z celé Evropy. Podstatnou částí textu je interpretace paralaktických výpočtů a popisu vlastností komety. Příkladně Grassi v [13] porovnal dvě série pozorování, první z nich osobně provedl v Římě – C, druhou obdržel z Antverp – A v Belgii. Podle [7] na obr. 7 je paralaktický úhel pro kometu v bodě E minimální, jestliže je v místě A pozorována na horizontu. AE zachycuje horizont v Antverpách, $\sphericalangle ABC = 12^\circ 48'$, $AC = 798$ i. m., $\sphericalangle EAC = 6^\circ 24'$, $\sphericalangle BAC = \sphericalangle BCA = 83^\circ 36'$, $BA = BC = 3579 \frac{6}{11}$ i. m. Zde



Obr. 7 Grassiho stanovení polohy komety.

používaná jednotka vzdálenosti i. m. je italská míle, přibližně rovná 1,5 km. Ze znalosti délky základny a lineární vzdálenosti mezi Římem a Antverpami vypočetl, že pokud se kometa nacházela ve vzdálenosti $AD = 100$ i. m., minimální paralaxa, která situaci odpovídá ($\sphericalangle AEC$), nemůže být menší než $56^\circ 56'$. Grassi předpokládal horní část atmosféry ve vzdálenosti 100 i. m., tudíž o 40 i. m. více, než bylo tehdy přijímáno. Další uvedená pozorování jsou z Innsbrucku, vzdáleného od Říma přibližně 400 i. m.. Dne 13. listopadu 1618 zde byla kometa úhlově vzdálena od Arkturu $10^\circ 53'$, zatímco v Římě ve stejném čase $10^\circ 55'$. Odtud vyvodil, že pokud by se kometa nacházela na hranici dráhy Měsíce, její paralaxa by měla být větší než $2'$ pro pozorovatele vzdálené uvedených 400 i. m.

Podstata komet

Vraťme se k obr. 9, ve kterém se Slunce nachází pod pozorovatelným horizontem vymezeným přímkou AG. Podle Galilea výparý a exhalace v bodě O odrážejí sluneční paprsky do místa pozorování komety A. Odražené paprsky procházejí zemskou atmosférou, která není čistá a tvořená pouze vzduchem, ale i nečistotami. Poněvadž zemská atmosféra je do určité výšky směsí výparů a exhalací, je hustší v nižších vrstvách a řidší ve větších výškách. Dochází tak k lomu odražených paprsků. Jestliže je pozorovatel v bodě A, bod dopadu a lom paprsků leží ve stejné rovině procházející délkou komety, ohon tak vidíme přímý – rovný. A naopak, pokud je oko pozorovatele mimo tuto rovinu, vidíme ohon zakřivený. V popsané teorii se Galileo pokusil vyložit pozorované úkazy u komet aplikací geometrických a optických úvah. Žádné detailní kvantitativní údaje o velikostech komet, jejich minimálních a maximálních vzdálenostech od Země, jakož i objemech a tvarech výparů a exhalací odpovědných za kometární jevy nepodal. Teorie tak byla spíše kva-

litativním popisem. Přestože autor žil v době úspěšného zdokonalování pozorování prostřednictvím dalekohledu, vyvíjení nových matematických metod, ve svých výzkumech je však zanedbával, respektive nepoužíval vůbec.

Výše zmiňované teoretické úvahy Galileo doplnil poznatky z pozorování, která prováděli jeho přátelé a žáci, neboť na podzim roku 1618 byl nemocí upoután na lůžko. Z analýzy pozorovacích údajů zjistil, že sledovaný pohyb komety se nezpomaloval v ukázaném poměru. V prvních dnech bylo zpomalení tak malé, že bylo obtížně pozorovatelné. Kometa se přemísťovala denně přibližně o 3° a v průběhu 20 dnů pokles rychlosti pozorovaného přesunu nebyl podstatný.

Podle Galileovy optické teorie se komety měly pohybovat po přímé dráze směrem k zenitu, čehož však mohly dosáhnout pouze u pozorovatelů, kteří se nacházeli přímo nad místem vzniku vznášejících se výparů a exhalací. Dalším důsledkem nutně byla rozdílná rychlost jejich výstupu pro pozorovatele na odlišných místech v Evropě, což Galileo předpokládal. Ze srovnání záznamů pozorování však vyplynulo, že velká kometa r. 1618 se pohybovala severním směrem. Uvedené rozpory potvrzovaly nedostatky Galileovy teorie.

Galileo, příroda, matematika

Dále Galileo rozvíjel: „Nikdo a nikdy netvrdil, že zvětšení nehybných hvězd je nekonečně velké. Naopak otec Grassi napsal, že je nulové. Siňor Mario [Guiducci] podotkl, že to není pravda, protože velmi mnoho skutečně neviditelných hvězd se stane viditelnými [v dalekohledu], a dodal, že takové zvětšení by bylo lépe nazvat nekonečným než žádným.“

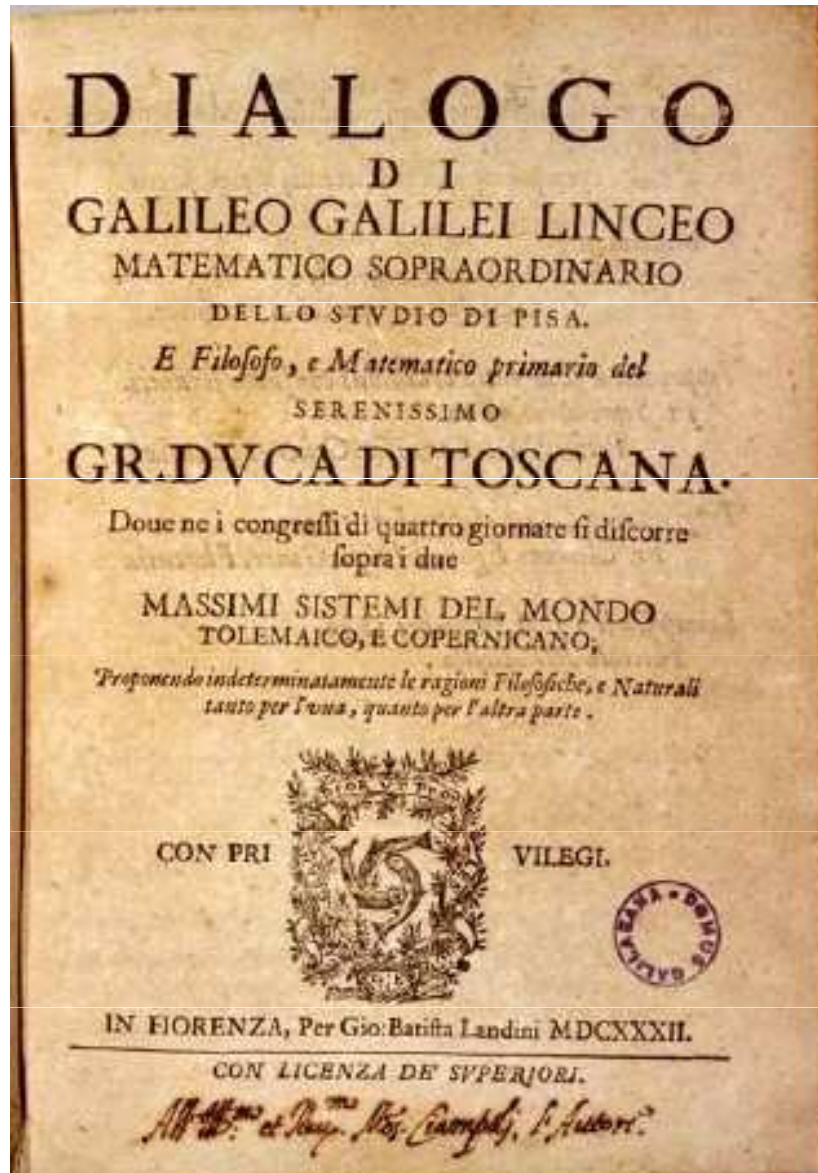
Následně vysvětlil: „Jinak řečeno, zobrazení neviditelných hvězd není menší než zobrazení viditelných hvězd rozložených ve vesmíru.“

Správně Galileo předpokládal, že velmi vzdálené hvězdy pozorujeme v zorném poli malého dalekohledu stále jako pouhé body. Jeho přístroj složený z objektivu čočky a okuláru rozptylky v nejlepším technickém provedení dosahoval zvětšení přibližně až 30násobné. Poskytoval tak relativně malé zvětšení úhlu, pod kterým byly objekty pozorovány. Podle Galilea dalekohled činí hvězdy viditelnými, zvětšuje jejich zobrazení a jasnost. Řečeno současnou optikou, zvětšuje pozorovací úhel, jakož i jasnost objektu, což je vyvoláno nárůstem počtu fotonů. Lze shrnout, že Galileo v polemice důsledně hájil jím používaný optický přístroj – dalekohled.

Hlavně však formuloval nový přístup ke zkoumání přírody. Galileo představil manifest nové vědy, podložený důkazy založenými na pozorováních, zkušenostech a přesných matematických výpočtech. Vyzdvihl vědecký přístup, otevření knihy přírody je podle něj dostupné pouze těm, kteří znají jazyk matematiky. Nastínil tak jasný plán zaměření přírodní filozofie – *philosophia naturalis*, jak se nazývala později.

Čtení knihy přírody podle Galilea nutně vyžaduje přesnou formulaci myšlenek. Proto v Prubíři vymezil vědecké zásady a význam matematiky, respektive geometrie známými slovy: „Vy, může být, se domníváte, [k Sarsimu], že filozofie je kniha, patřící obrazotvornosti, představivosti jednoho člověka, jako Ilias nebo Zúřivý Roland, knihy, v nichž je nejméně důležité to, zda je pravdivé, co je v nich napsáno. Nikoliv, siňore Sarsi, takto to není. Filozofie je napsána v té majestátní knize, která stále leží otevřena před námi, ale kterou nelze pochopit, pokud se předtím nenaučíme jejímu jazyku a poznání písmen, kterými je napsána. Jejím jazykem je matematika, jádro písmen tvoří trojúhelníky a druhé pouze geometrické obrazce, bez pomoci kterých není možné pochopit lidsky ani jedno slovo; bez nich můžeme kroužit zbytečně v temném labyrintu.“

Dialogo sopra i due Massimi Sistemi del Mondo - Dialog o dvou hlavních soustavách r.1632



Dialog

Dialog tří osob ve čtyřech dnech, **Salviati** (Galileo), **Simplicio** (Aristoteles), **Sagredo** (rozhodčí) posuzující kdo má pravdu

První den - důkazy o proměnnosti nebeských těles (sluneční skvrny, nové hvězdy), vyvracení názorů Aristotela

Druhý den - zkoumán pohyb Země, důkazy rotace, formulován **princip setrvačnosti** (kruhový pohyb) a **princip skládání rychlostí, nezávislost doby kyvu kyvadla na hmotnosti**

Třetí den - diskuse o nově z. r. 1604, fáze Venuše, měsíce Jupiteru, důkazy heliocentrického uspořádání Sluneční soustavy, jak geometrické, tak i dynamické, zdůvodnění Koperníkovy soustavy

Dialog

Třetí den, ukázka:

Simplicio: *„Z čeho usuzujete, že místo uprostřed oběhu planet náleží Slunci, a ne Zemi?“*

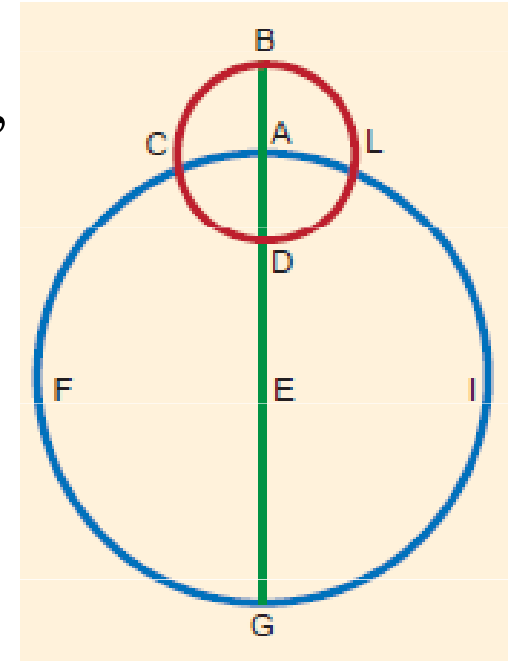
Salviati: *„Docházím k tomu ze zcela očividných, tedy naprosto přesvědčivých pozorování“ ... „všechny planety jsou jednou Zemi blíž, podruhé zase dál a rozdíly těchto vzdáleností jsou značné.“*

Simplicio: *„Ale čím budete dokládat, že se planety pohybují kolem Slunce?“*

Salviati: *„Pokud jde o tři svrchní planety, Mars, Jupiter a Saturn, jsou Zemi nejbliž, když jsou v opozici, a naopak nejdále, když se dostávají do konjunkce se Sluncem.“*

Dialog

Čtvrtý den - diskuse o mořských přílivech a odlivech, Galileova chybná představa o skládání rychlostí, příliv a odliv jako důsledek rotace Země a jejího oběhu kolem Slunce, přestože znal názory Keplera o tom, že slapy jsou vyvolávány přitažlivostí Měsíce a Slunce



Discorso del flusso e reflusso del mare r.1616

Rozprava o příčinách přílivu a odlivu -

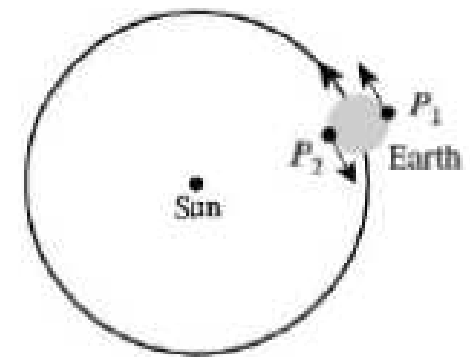
dopis kardinálu Alessandru Orsinimu 1592 - 1626

Galileo: „Srážkové pohyby závisí na rozdílných polohách a délkách vzájemně propojených moří a jejich odlišných hloubkách, umožňují vzestup těmto nepravidelným poruchám vody, které způsobují starosti ustrašeným námořníkům ...“

Galileova představa o přílivech a odlivech

Pohyb částice na povrchu Země – dvě složky první reprezentuje **denní rotační pohyb Země** druhá složka zachycuje **roční pohyb Země kolem Slunce** rychlost částice vody v místě P_1 - součet rychlosti pohybu Země kolem Slunce a rychlosti bodu na povrchu Země v důsledku rotace Země v místě P_2 přivráceném k Slunci je rychlost rovna rozdílu oběžné rychlosti Země kolem Slunce a rychlosti bodu na povrchu Země vyvolaném rotací.

poměr rychlostí ročního a denního pohybu částice na povrchu Země 3 : 1, (1208/365), vzdálenost Země - Slunce 1 208 R_Z skutečný poměr 64 : 1



Besedy

Besedy a matematické důkazy o dvou nových odvětvích vědy, vztahujících se k mechanice a místnímu pohybu r. 1638

stejná forma i účastníci jako v Dialogu

První den - diskuse o hodnotě rychlosti

Sagredo: „*Ale jakého typu a jakého stupně rychlosti musí být pohyb světla? Můžeme ho považovat za okamžitý nebo probíhající v čase jako druhé pohyby?*“

Simplicio: „*...světlo od plamene výstřelu bez jakékoliv ztráty času dopadá do našeho oka opačně než zvuk, který dopadá do ucha za značný časový okamžik.*“

Sagredo: „*...to však neznámá, že šíření světla probíhá okamžitě a nepotřebuje známý, ačkoliv malý časový okamžik.*“

Galileo - význam

důsledně vycházel z experimentu a jeho pečlivého pozorování
zakladatel mechaniky – zákony volného pádu, pohybu po
nakloněné rovině, matematické zpracování, skládání rychlostí,
Galileova transformace, zákon setrvačnosti pro kruhové
pohyby

Dialog i Besedy - nejen díla fyzikální, astronomická, ale
především filozofickou obhajobou heliocentrické Koperníkovy
soustavy

autor pronásledován katolickou církví, zakázán, r. 1633

Galileo odsouzen..., Besedy v protestanském Leydenu,
1822 Pius VII. povolil knihy s heliocentrismem, Jan Pavel II,
1992 ...*vzájemná nedorozumění*