

OPT/AST

L01

Přednášející:

Jaroslav Řeháček
katedra optiky

Obsah

- historie astronomie
- základy praktické astronomie
- nebeská sféra
- nebeská mechanika
- sluneční soustava
- vzdálený vesmír
- základy astrofyziky

Ukončení

zkouška: písemná část (test) ze základů astronomie a ústní část věnována pokročilejším partiím

Doporučená literatura

přednášky: <http://optics.upol.cz/~rehacek/AST>

J. Kleczek: Velká encyklopedie vesmíru
J. Široký, M. Široká: Základy astronomie v příkladech
V. Vanýsek: Základy astronomie a astrofyziky
V. Železný: Návraty staré dámy

R. Burnham, Jr: Burnham's Celestial Handbook
J.M.A. Danby: Fundamentals of Celestial Mechanics
A. Pannekoek: A History of Astronomy
D. Prialnik: Stellar Structure and Evolution
A.E. Roy, D. Clarke, Astronomy: Principles and Practice

Instantní astronomické noviny: <http://www.ian.cz>

Česká astronomická společnost: <http://www.astro.cz>

NASA: <http://www.nasa.gov>

Stellarium: <http://www.stellarium.org>

XEphem: <http://www.clearskyinstitute.com>

DSS: <http://archive.eso.org/dss/dss>

Historie astronomie

historické využití astronomie

udržování kalendáře/času

- primárně lunární (nomádi)
- sekundárně solární (zemědělci)
- synchronizace lunárního a solárního kalendáře
- astronomické záznamy upřesují historické datování

navigace

- zeměpisná šířka podle kulminace nebeských těles
- zeměpisná délka podle nebeských těles a času

Babylon

Sumerové: záznamy na hliněných tabulkách (Ninive)

první seznamy hvězd (od 500BC)

první vědecké studie: kdy se jev bude opakovat, s jakou periodou?

výpočty v šedesátkové soustavě

efemeridy

neznámou sinusoidu nahrazovali zig-zag čárou

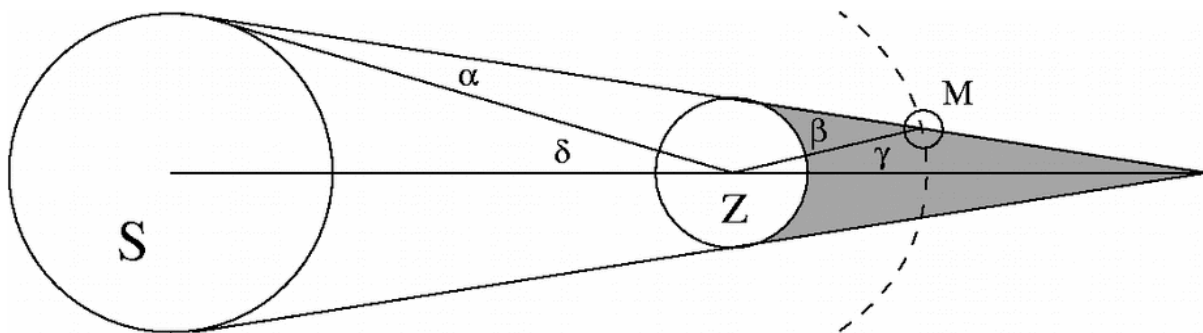
Antika

rychlý vývoj vědy v řeckých koloniích (Alexandrie)

- geometrie
- modely vesmíru

Hipparchus (162-126BC)

- trigonometrie
- katalogy hvězd
- excentricita (jaro 94, léto 92, podzim 89, zima 90 dnů)
- objev precese zemské osy (pozorování + interpretace)
- odhaduje vzdálenost Měsíce pomocí zatmění



Claudius Ptolemaios

(asi 90-168AD) řecký matematik, zeměpisec, astronom, astrolog

jeho dílo (Almagest) shrnuje znalosti antiky – nezměněno dalších 1400 let

základní teze

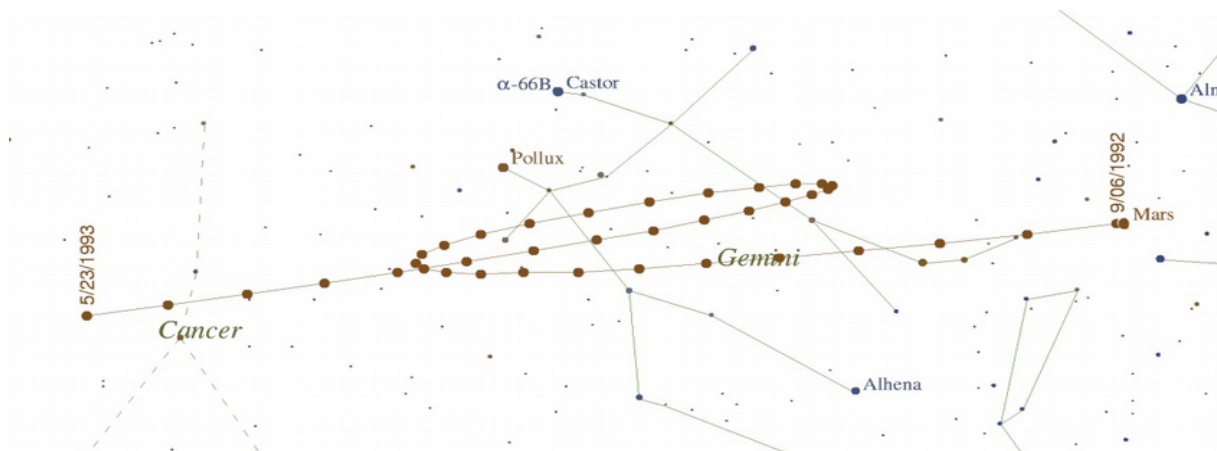
- kruh perfektní: pohyb se děje po kruhu
- Země je koule
 - lod' na obzoru
 - změna oblohy při cestách na jih
 - okamžik východu/západu slunce se mění se zeměpisnou délkou

Země visí ve středu vesmíru bez pohybu

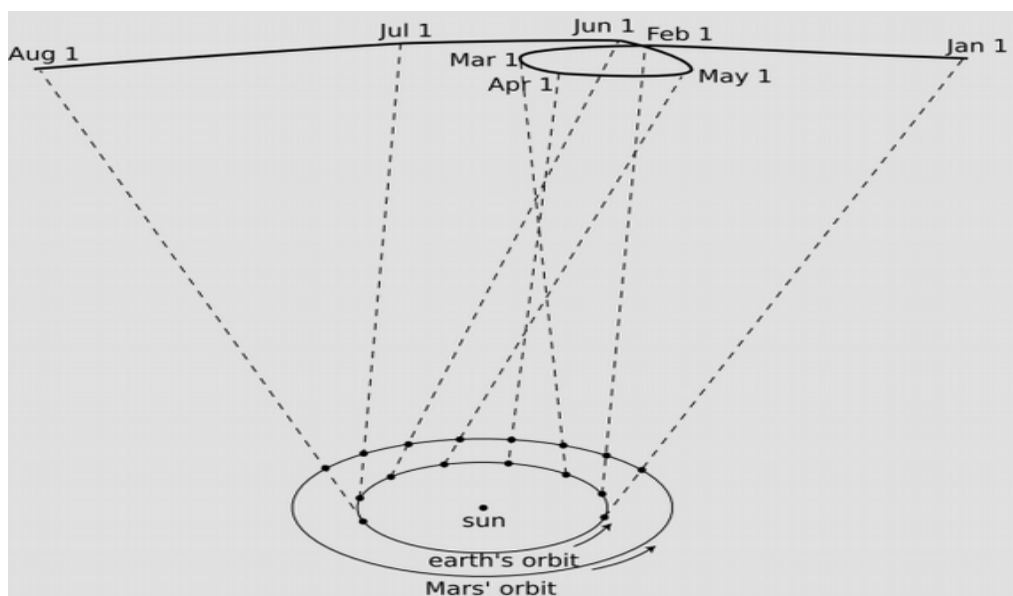
- necítíme pohyb Země; atmosféra je nehybná
- hvězdy jsou pevně spojeny s vnitřkem rotující sféry
- všechny stejně daleko
 - jejich vzájemná poloha se nemění

zdánlivý pohyb planet

planety: přímý i retrográdní pohyb, změny jasnosti

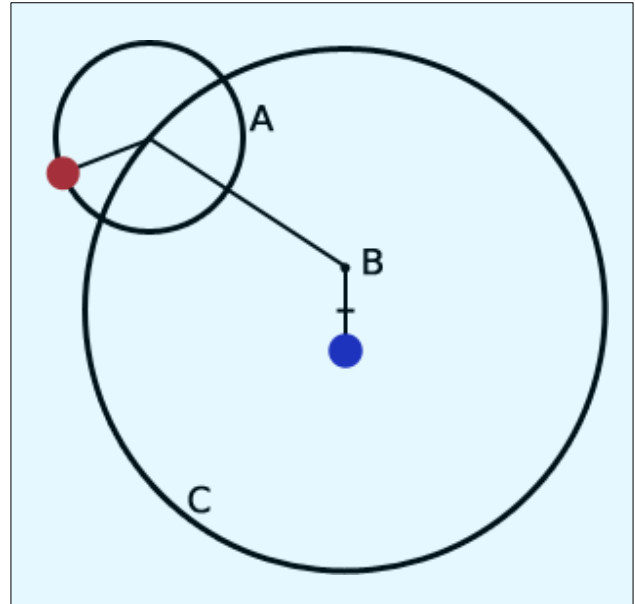


způsobeno skládáním pohybů Země a planety



ptolemaiovský systém

Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum .



epicykl, deferent, ekvant

deferent (C)

- excentrický
- opsán za siderickou dobu
- rovnoměrné otáčení kolem ekvantu (B)

epicykl (A)

- otáčení za synodickou dobu
- rádius má stejný směr jako rádius Slunce

vnitřní planety (Venuše a Mars)

- deferent se otáčí se Sluncem

Nicolaus Copernicus

(1473-1543) Torun, Frombork

pohyb Země

- denní pohyb způsoben rotací Země
- vzduch je jako “kabát”
- relativita pohybu

důsledky

- hvězdy nemusí být přichyceny ke sféře
- pokud Země rotuje, může se i pohybovat
- retrográdní pohyb a změny jasnosti jsou elegantně vysvětleny

De revolutionibus orbium coelestium: formulace heliocentrického systému (na indexu až do 1757)

- střed vesmíru je “poblíž” Slunce
- vzdálenost Země – Slunce \ll vzdálenost ke hvězdám
- pro lepší souhlas vylepšil systém epicykly
- v konečném důsledku složitější a srovnatelně přesný jako Ptolemaiovská doktrína

Tycho Brahe

(1546-1601) dánský astronom, alchymista

od 13ti let studuje univerzitu

zatmění Slunce 1560 → astronomie

od 17ti počítá efemeridy → pozorování

Almagest s poznámkami v Karolinu

důležitá pozorování:

- 11.11. 1572 supernova, paralaxa, *De nova Stella*
- 1576 Frederic II, Hven, první vědecký institut Uraniborg
- 1577 kometa, paralaxa

nový král zastavil financování, Tycho odchází do Prahy

své výsledky pozorování předává Keplerovi

Galileo Galilei

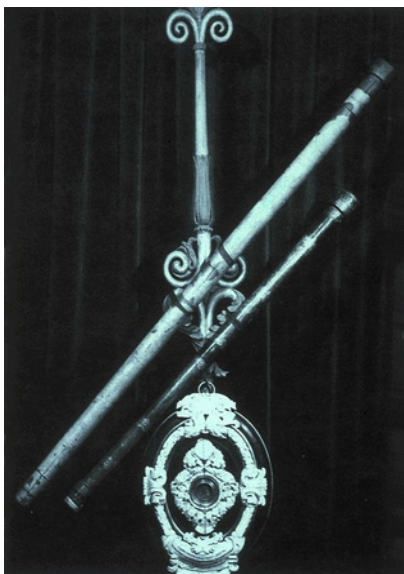
(1564-1642) italský astronom, fyzik

mnoho objevů a vynálezů

- regulace hodin kyvadlem
- teploměr, roztahování vody, alkoholu
- předměty padají stejně rychle (Pisa)

od 1592 prof. matematiky (Padova)

1609-1610 dalekohled



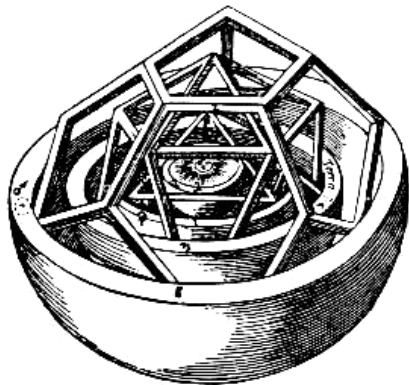
pozorování: teleskopické hvězdy, Mléčná dráha, Saturnovy prstence, Měsíční librace, Jupiterovy satelity, fáze Venuše

Johannes Kepler

(1571-1630) německý astronom a matematik

1594 Prof. astronomie v Grazu (původně chtěl být knězem)

1596 stává se známým díky geometrickému modelu sluneční soustavy



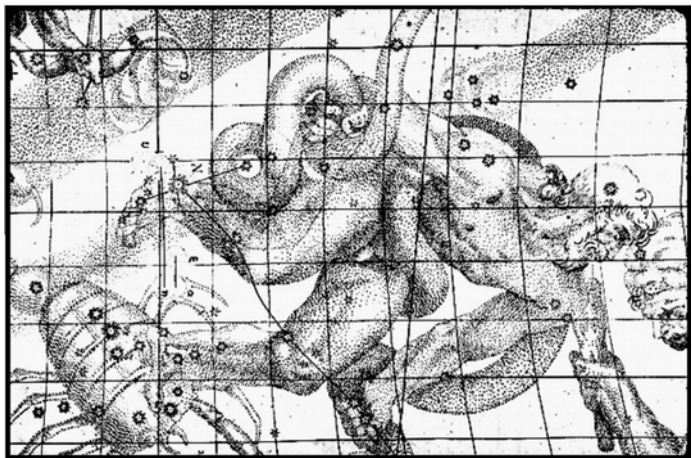
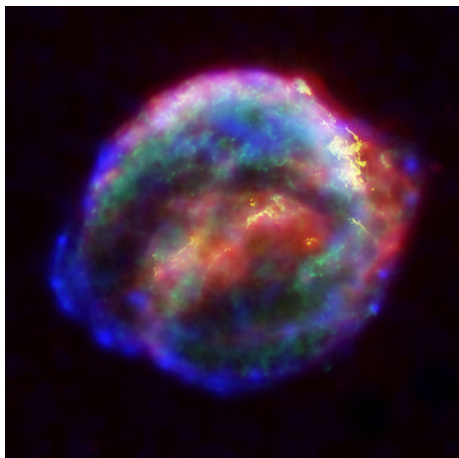
vepsaná-opsaná dráha	pravidelné těleso
Merkur-Venuše	osmistěn
Venuše-Mars	dvacetistěn
Země-Mars	dvanáctistěn
Mars-Jupiter	čtyřstěn
Jupiter-Saturn	krychle

1601 jako protestant vypuzen do Prahy, říšský matematik

chod paprsků → nový typ dalekohledu

seznamuje se s oběma systémy → heliocentrista

1604 Keplerova hvězda



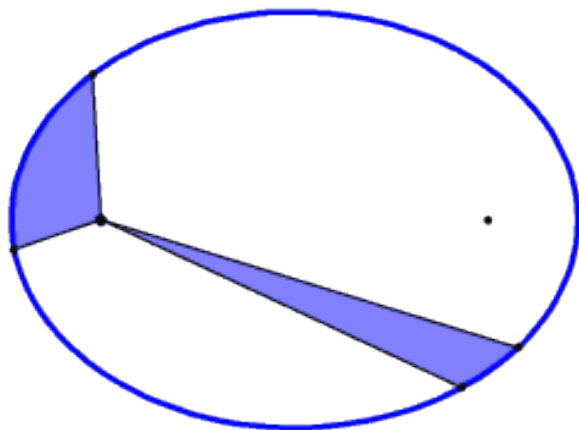
1609 *Astronomia Nova*: 1. a 2. Keplerův zákon

první zákon:

planety se pohybují po elipsách, Slunce je v jednom z ohnisek

druhý zákon:

plochy opsané průvodičem za stejné doby jsou stejné



1619 *Harmonices Mundi* obsahuje třetí zákon:

třetí mocnina velké poloosy je úměrná druhé mocnině oběžné doby

další výzkum:

1607 pozoruje Halleyovu kometu – netřeba se zabývat pohybem (zřejmě po přímce)

příliv a odliv souvisí s Měsícem (vliv nebeských těles na chod věcí pozemských)

1620 úspěšně obhajuje matku obviněnou z čarodejnictví

Isaac Newton

(1643-1727) anglický fyzik, astronom, matematik, filozof

od 1660 studuje na Cambridge

1666 mor, odchází na venkov, studuje

- kalkulus
- optiku
- zákony gravitace

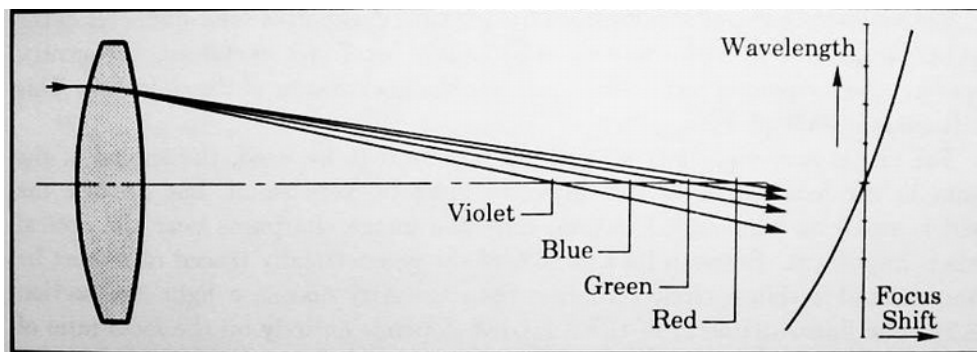
1669 prof. matematiky na Cambridge

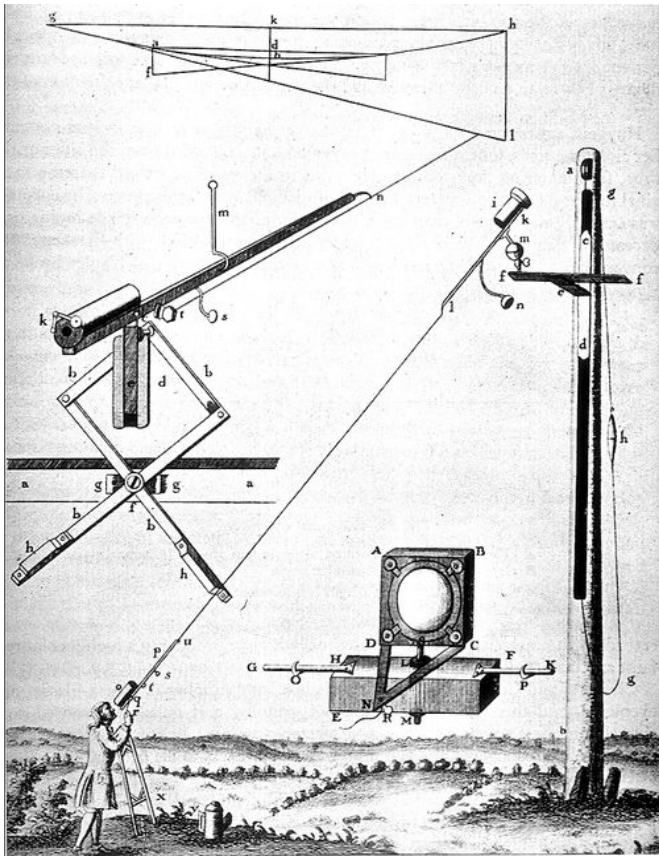
kalkulus

popis spojitých změn – diferenciální a integrální počet (později nezávisle v Evropě Leibnitz), aplikace na přírodní zákony

optika

lom světla, barvy, barevná vada





vyrábí jedno-palcový zrcadlový teleskop s kovovým zrcadlem



chybně vysvětluje zabarvení bublin

gravitace

dosahuje Zemská tíže k Měsící?

vysvětluje Keplerovy zákony

2. zákon: síla působící na planety míří ke Slunci

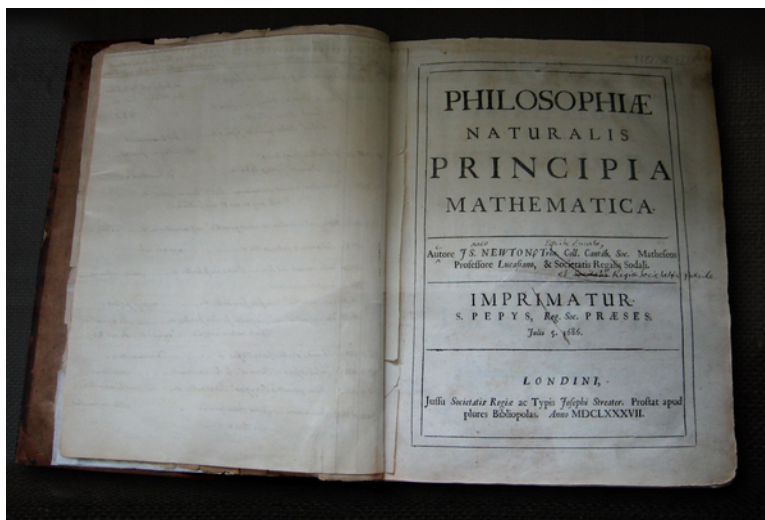
1. zákon: síla ubývá se čtvercem vzdálenosti

odvozuje 3. Keplerův zákon ze své teorie

zobecňuje gravitaci na všechnu hmotu

1685 odvozuje gravitační působení koule

1687 *Philosophiæ naturalis principia mathematica* - základ vědy na dalších 200 let



první dva díly: obecné teze

třetí díl: aplikace na pohyb nebeských těles (komety)

vysvětluje příliv a odliv

vysvětluje příčinu precese

Newton vs Robert Hooke

R.H. v dopisech 1679-80 vnuknul Newtonovi základní teze gravitačního zákona ale gravitaci spojuje jen se Sluncem

1703 Newton zvolen prezidentem Royal Society

další funkce: parlament 1688 – 1689, ředitel mincovny od 1697

Edmont Halley

(1656-1742) anglický astronom, geofyzik, matematik, meteorolog, fyzik

vystudoval Oxford

1676-78 Sv. Helena, katalog jižních hvězd, Robur Carolinum
doktorát, sekretář Královské akademie věd

široký záběr

stáří Země podle salinity moří

první použitelný potápěčský oblek

mapa magnetických deklinací, polární záře a magnetismus

překlady z arabštiny: Apollonius z Pergy

vratlavské tabulky mortality

meteorologie (pasáty, tlak vzduchu)

gravitace

1684 Christopher Wren (architekt), Robert Hooke (tajemník

Royal .Soc.), E. H. - Jaká dráha odpovídá kvadratické závislosti F_g ?

Halley schopen vyřešit pohyb po kružnici, obecné řešení nalezeno

Newtonem

financuje vydání *Principií* z dědictví

1703 prof. geometrie v Oxfordu (Flamsteed nedoporučí Halleyho na
prof. astronomie)

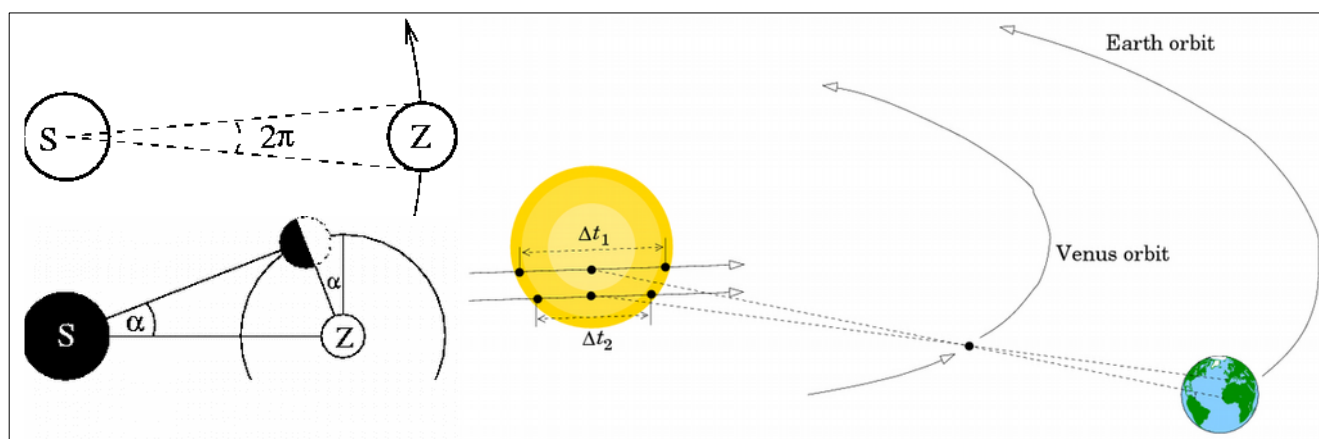
1705 aplikuje Newtonovu teorii 24 komet

kometry 1531, 1607 (Kepler), 1682 (Halley) podobné dráhy

extrapolace do minulosti 1456, do budoucnosti 1758

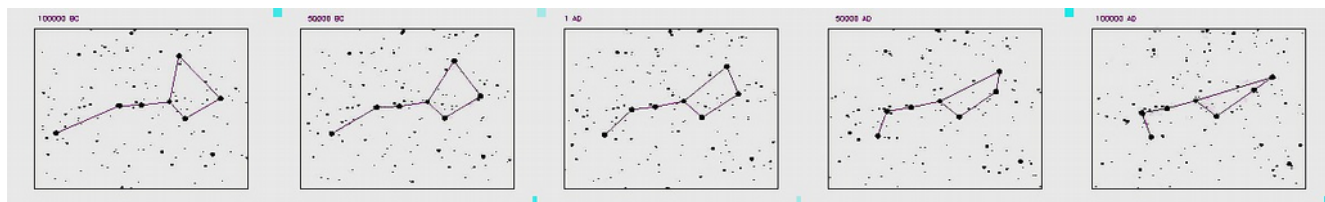
1716 návrh měření sluneční paralaxy pomocí přechodu Venuše –
stanovení rozměru sluneční soustavy

příští přechody (1761, 1769) a (1874, 1882 Airy)



1718 objev vlastního pohybu hvězd: Ptolemaios, Hipparchos vs Tycho, Flamsteed

vypočteny změny poloh Síría, Arktura a Aldebaranu
nejrychlejší Barnardova hvězda (asi 11"/rok)



1720 nahrazuje Johna Flamsteeda jako královský astronom, provádí pozorování Měsíce pro účely navigace

James Bradley

(1693-1762) anglický astronom

1721 prof. astronomie v Oxfordu

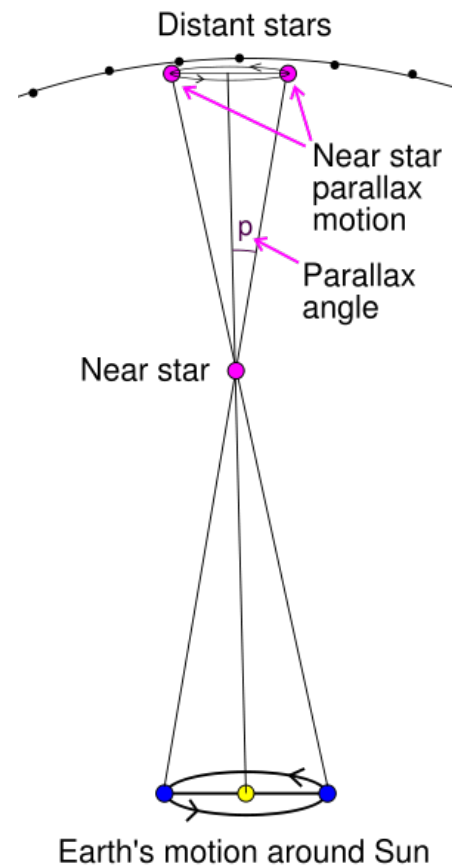
měří roční paralaxu

objekt: jasná hvězda gama Draconis

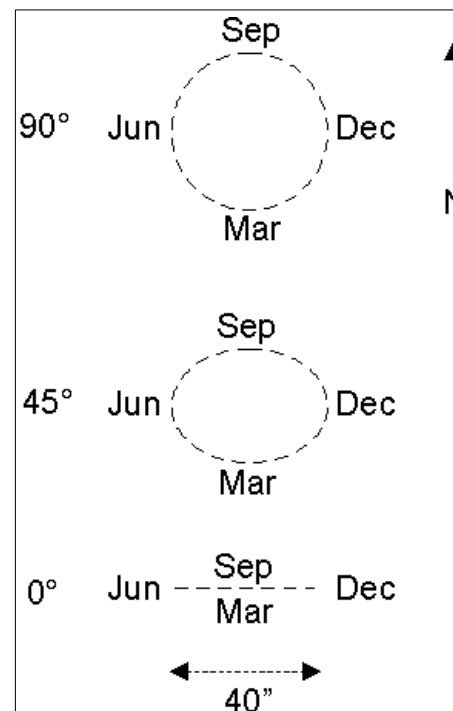
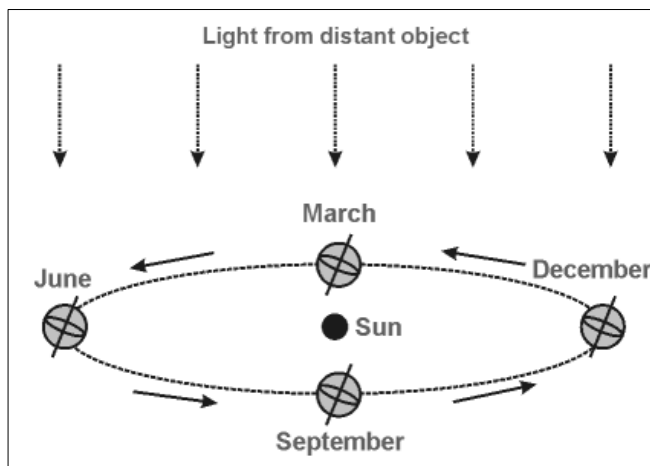
- leží poblíž ekliptiky
- prochází v Londýně poblíž zenitu

cíle:

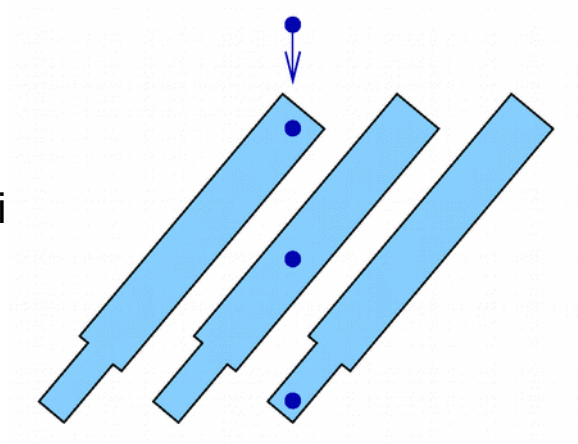
- zjištění vzdálenosti nejbližších hvězd
- získání důkazu pro heliocentrický systém



1725 měření deklinace



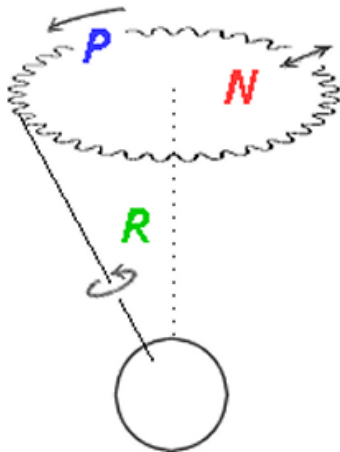
1729 objevil (roční) aberaci



$$\kappa = \frac{v}{c} \approx \frac{30 \text{ km s}^{-1}}{300000 \text{ km s}^{-1}} \approx 20,5''$$

1747 hvězda se nevrací na své místo

- nutace (18")
- způsobená oscilacemi dráhy Měsíce
- perioda 18 let (oběh uzlů)



William Herschel

(1738-1822) anglický astronom a skladatel

* Hanover (Wilhelm)

výrobce velkých teleskopů

13. 3. 1781 objev Uranu 15cm teleskopem

později měsíce Oberon, Titania

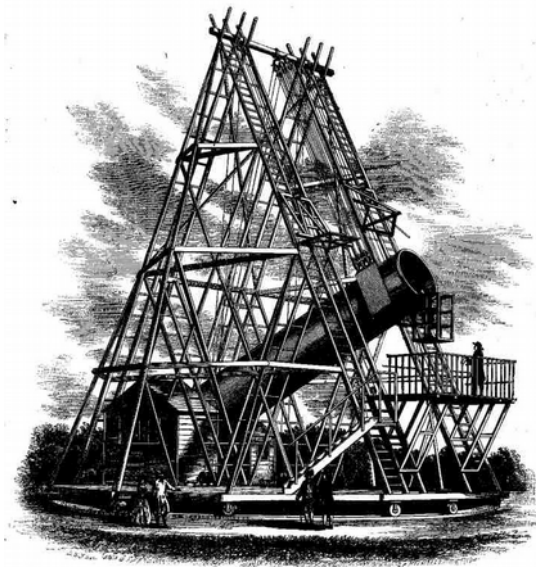
další objevy

fyzické dvojhvězdy, proměnné hvězdy, pohyb sluneční soustavy

prostorem

studium stavby Galaxie

největší teleskop 126cm/12m



Urbain Le Verrier

(1811-1877) francouzský matematik

objev Neptunu

1821 Laplace: pohyb Uranu se odchyľuje od teorie

1846 Le Verrier počítá dráhu hypotetické planety

září 1846 Neptun nalezen 1 stupeň od vypočtené pozice (Galle, Berlín) nezávisle Adams (student Cambridge)

později nesouhlas vypočtené a nalezené dráhy

inverzní úloha

Titus-Bode zákon:

$$a_j(AU) = (T_j + 4) / 10, \quad T_j = 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384$$

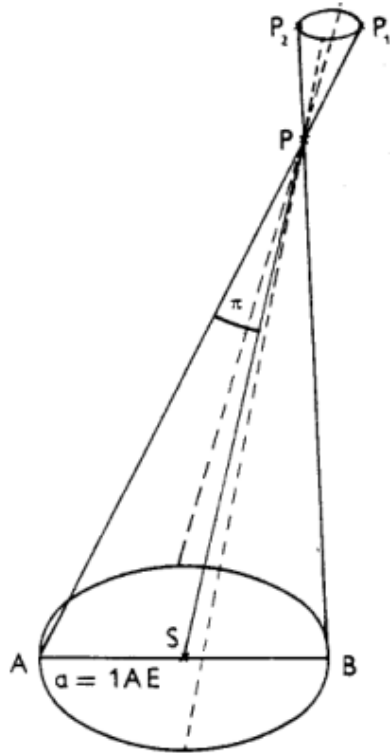
předpoklad $a=38$ AU, skutečnost $a=30$ AU

neúspěšně bylo hledáno těleso působící na Merkur (Vulkán)

Friedrich Bessel

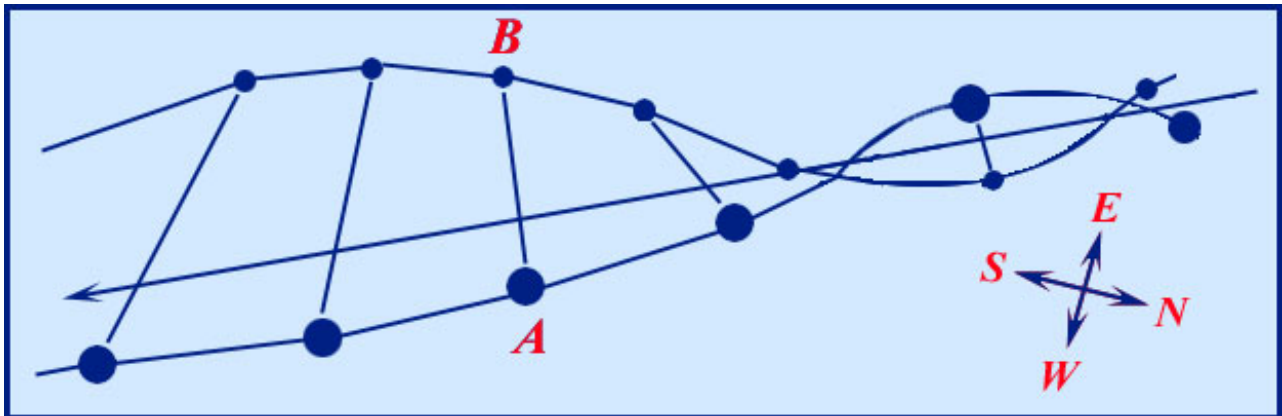
(1784-1846) německý astronom, matematik (Besselovy funkce)

účetní pro import-export → navigace
od 1830 měření roční paralaxy

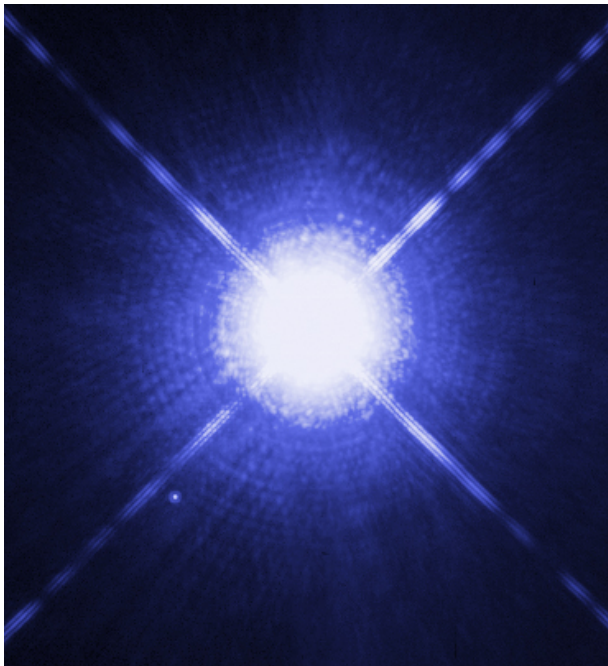


1838 určena 61 Cyg ~ 0.314 arcsec (Hipparchos 0.285 arcsec)
téhož roku Struve (α Lyr), Henderson (α Cen)

1844 přesná měření – Sírius, Procyon - temné hvězdy



1862 Alvan Graham Clark
test 44 cm objektivu – Sírius B
spektrum → bílý trpaslík



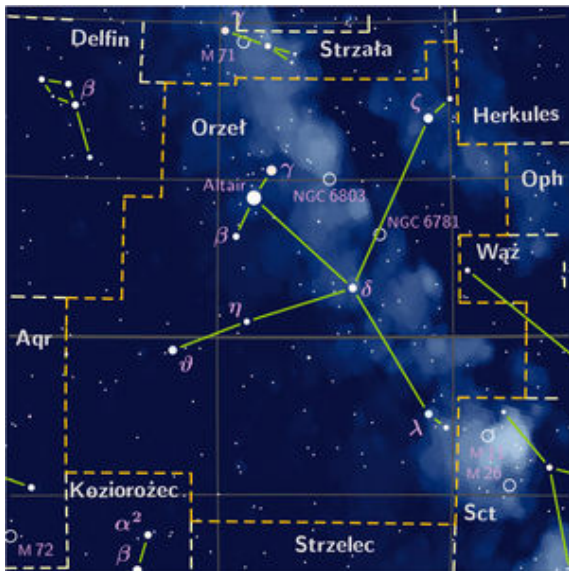
Dogoni

Henrietta Swan Leavitt

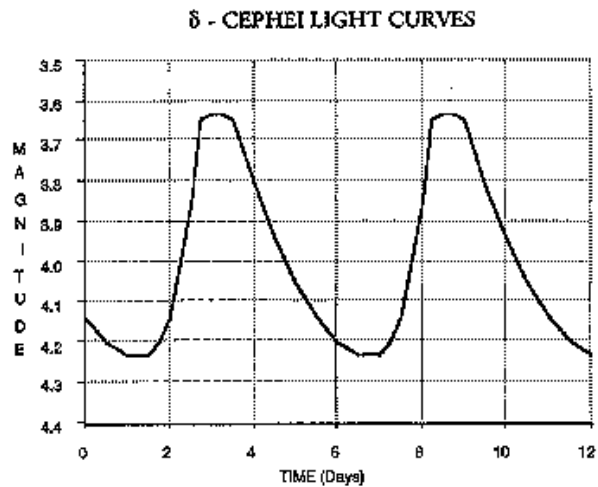
(1868-1921) americká astronomka

od 1893 zaměstnána na Harvard College Observatory, proměřuje hvězdy na fotografických deskách

některé proměnné hvězdy v LMC a SMC jeví zákonitost – čím jasnější maxima, tím delší periody (Cepheidy)



η Aql - nejjasnější Cepheida



využití Cepheid pro měření vzdáleností v Mléčné dráze a blízkých galaxiích

Edwin Hubble

(1889-1953) americký astronom

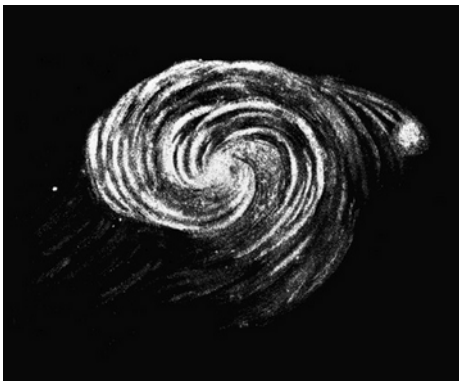
major americké armády, trenér basketbalu

1917 Ph.D. na Yerkes observatory: *Photographic Investigations of Faint Nebulae*

Lord Rosse: některé mlhoviny jeví spirální strukturu

jaká je podstata?

jak jsou daleko?



1845 Rosse - kresba M51 v Cvn



HST

1919 Hubble na Mt. Wilsonu – dokončen 2,5 m Hookerův teleskop



1923 cepheidy v M31

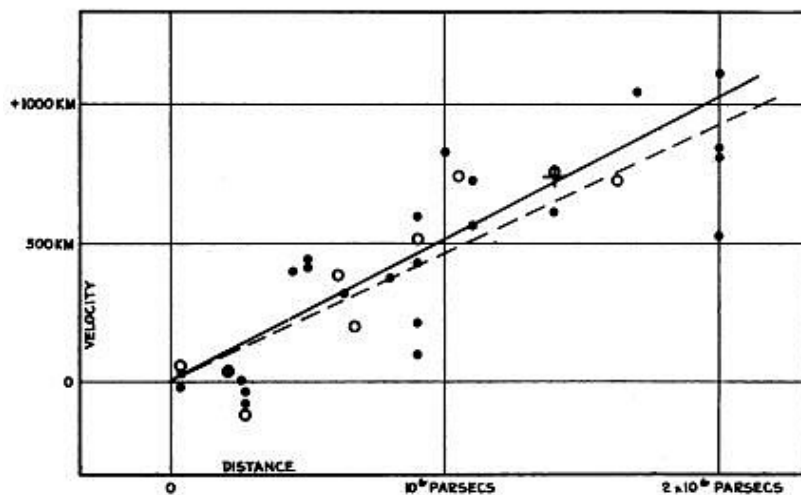
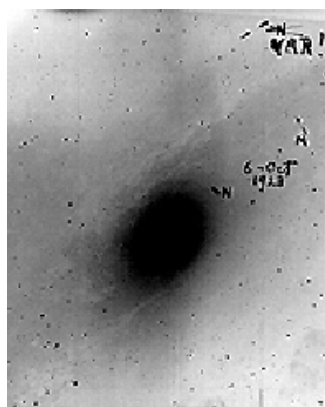


FIGURE 1
Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

potvrzení existence extra-Galaktických objektů

kombinace vzdáleností s rudým posuvem – Hubbleův zákon

rozpínání vesmíru, kosmologie

bojoval za začlenění astronomie pod fyziku

souhlas Nobelova výboru až těsně po jeho smrti