

HVIEZDY A VESMÍR PODĽA STAROVEKÝCH ASTRONÓMOV A FILOZOFOV

TRI HLAVNÉ POZNATKY ALEBO PRINCÍPY

1. Druh a fyzikálno-chemická povaha pozorovaného objektu:

V tomto prípade si všímame a berieme do úvahy, o aký druh objektu ide, či je to hviezda, planéta, kométa, meteorit alebo celý pozorovaný vesmír.

2. Zdanlivá a skutočná jasnosť objektu: Pozorovať môžem len to, čo vidíme, alebo len to, čo dokážu zaregistrovať naše prístroje. Až donedávna mohli astronómovia pozorovať objekty len v úzkom pásme viditeľného svetla. Ale od konca 2. svetovej vojny sa rozvinuli aj ďalšie druhy astronómie, ako napríklad rádiová, ultrafialová, röntgenová a pod., ktoré využívajú aj dlhšie a kratšie vlnové dĺžky elektromagnetického žiarenia ako tie, ktoré sú bežné v rámci viditeľného svetla. Aj vďaka týmto novým metódam sa potom začalo rozlišovať medzi zdanlivou jasnosťou objektu (hviezd a galaxií), ktorá bola tým väčšia, čím boli dané objekty k nám bližšie, a skutočnou jasnosťou, ktorá bola daná ich fyzikálno-chemickými vlastnosťami a žiarivým výkonom.

3. Pozorovací výberový efekt: Má mimoriadny vplyv tak na presnosť, ako aj správnosť nášho pozorovania. Astronomické objekty totiž pozorujeme vždy z určitého miesta vo vesmíre a táto skutočnosť v mnohých prípadoch veľmi výrazne ovplyvňuje to, čo si o pozorovaných objektoch a ich vlastnostiach či polohe vo vesmíre myslíme. Napríklad – keďže ľudia veľmi dlho pozorovali vesmír len zo Zeme, celkom prirodzene umiestňovali Zem do stredu vesmíru, okolo ktorého sa všetko tak počas dňa, ako aj v noci pohybuje. Museli prejsť tisíce rokov, kým sa Mikulášovi Kopernikovi, Johannovi Keplerovi a Isaacovi Newtonovi podarilo dokázať, že v skutočnosti je v strede našej planetárnej sústavy nie Zem, ale Slnko; a ďalšie stovky rokov zase trvalo, kým fyzici a astronómovia 20. storočia dospeli k záveru, že vesmír nemá žiadny stred a všetky jeho hlavné alebo stavebné časti sú (si) navzájom rovnocenné.

POZNÁVANIE VESMÍRU

1. Čo je vesmír? Vesmír je fyzikálny objekt alebo útvar, ktorý sa pohybuje a pozostáva zo základných, štruktúrnych alebo stavebných prvkov, ktoré sú preň príznačné alebo typické. Podľa súčasných kozmologických teórií vesmír vznikol a veľmi pravdepodobne aj zanikne, pričom bude nahradený nejakým iným fyzikálnym objektom (alebo iným vesmírom).

2. Čo na (a vo) vesmíre poznávame:

- a) jeho základné, štruktúrne alebo stavebné prvky (resp. časti)
- b) zdroj jeho pohybu a pohyb vesmíru ako taký (je napríklad známe, že vesmír sa v súčasnosti rozpína, podľa niektorých kozmológov presne rýchlosťou svetla, podľa iných čoraz rýchlejšie alebo zrýchlene)
- c) vzťahy medzi jeho štruktúrnymi alebo stavebnými prvkami
- d) zákony, ktoré riadia jeho pohyb, resp. pohyb jeho prvkov (alebo častí)
- e) jeho časové a priestorové vlastnosti (napríklad či je vesmír plochý, kladne alebo záporne zakrivený a pod.)
- f) a nakoniec – jeho fyzikálne vlastnosti (rozloženie hmoty vo vesmíre, druhy hmoty vo vesmíre – viditeľná, tmavá látka, tmavá energia a pod.)

3. Prečo vesmír poznávame: Vesmír poznávame nielen pre samotnú radosť z poznávania, ale aj preto, aby sme dokázali presne predpovedať jeho budúce správanie a tak aj náš možný osud. Existujú dokonca kozmologické a fyzikálne teórie, podľa ktorých budeme jedného dňa práve na základe poznania zákonov vesmíru schopní jeho správanie ovplyvňovať a teda riadiť, aj keď väčšina kozmológov (t. j. astronómov skúmajúcich vesmír ako taký) o tom pochybuje.

4. Starovekí astronómovia: Kládli si veľmi podobné ciele ako súčasní astronómovia a kozmológovia, ale mali k dispozícii oveľa horšie alebo nepresnejšie prístroje ako súčasní bádatelia. Okrem toho nemali k dispozícii tak detailne rozpracované a zdokonalené fyzikálne teórie, ako majú dnešní astronómovia. Navyše – najprv sa museli zamerať na vyriešenie relatívne jednoduchých, ale nevyhnutných úloh, ako napríklad vypočítanie obvodu Zeme pomocou tyče (Eratosthénos). Napriek tomu sú ich výsledky aj po tisícok rokoch vývoja skutočne veľmi zaujímavé a hodné obdivu.

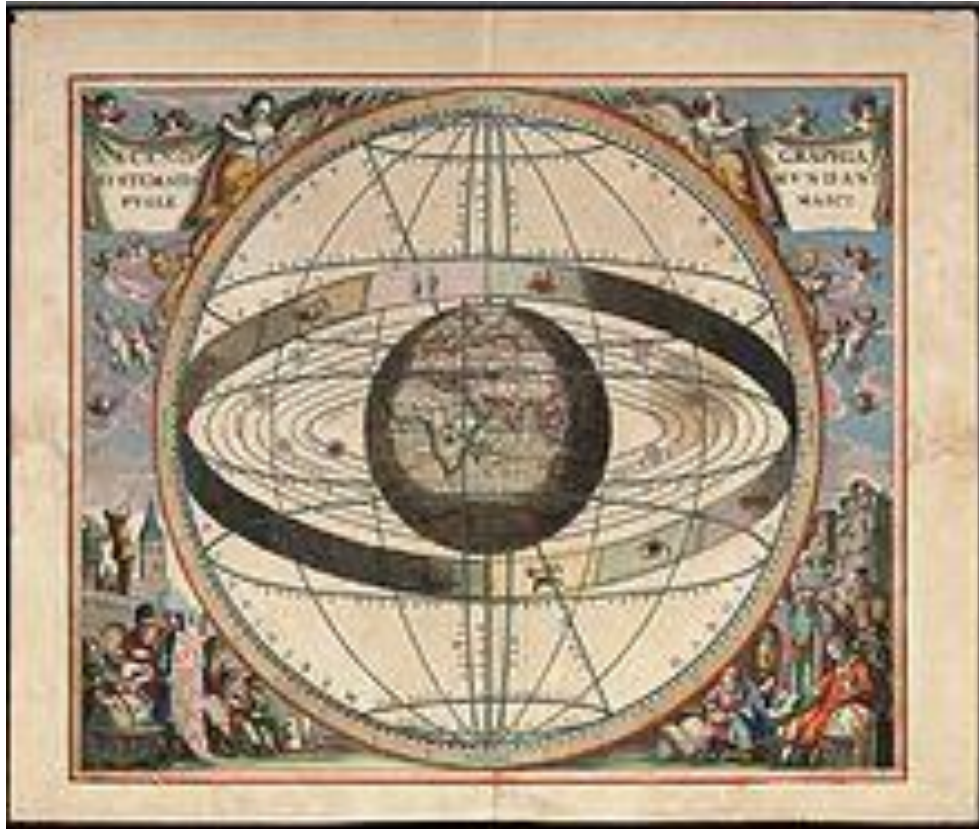
EUDOXOS Z KNIDU (r. 408 – 355 p. n. l.) A JEHO MODEL SVETA (ALEBO VESMÍRU)

1. Základné vlastnosti (parametre) Eudoxovho modelu:

- a) stredová poloha Zeme v úplne symetrickom svete
- b) nehybnosť Zeme v strede takéhoto symetrického sveta
- c) nehybné hviezdy pevne upevnené na hraničnej nebeskej sfére
- d) rovnomerne sa otáčajúca hraničná nebeská sféra, pohybujúca sa takto okolo Zeme a nachádzajúca sa stále na tom istom mieste
- e) povrch Zeme je takisto sférický
- f) rovnomerne sa otáčajúce nebeské sféry, ktoré však môžu disponovať rovnakou alebo rôznou rýchlosťou svojho otáčania sa, pričom všetky sa otáčajú okolo spoločného stredu (ktorým je stred Zeme)

2. Historický význam a zaujímavé vlastnosti Eudoxovho modelu:

- a) v tomto modeli sa plne uskutočňovala a potvrdzovala myšlienka skvelého gréckeho filozofa Platóna o ideálnom, teda rovnomernom kruhovom pohybe nebeských objektov stálou rýchlosťou okolo raz a navždy zadaného stredu
- b) keďže sféry s jednotlivými nebeskými objektmi sa pohybujú samé od seba, bez toho, aby potrebovali nejakú vonkajšiu oporu či nejaký vonkajší zdroj, zavádza sa do astronómie prvý raz veľmi jasne myšlienka inercie alebo zotrvačného pohybu ako takého, ktorý je večný a nezničiteľný
- c) stojí na počiatku vývinu astronómie a kozmológie, ktorý sa prirodzene začína **geocentrizmom**, t. j. predstavou, že Zem musí byť stredom našej planetárnej sústavy, resp. celého vesmíru, pokračuje k **heliocentrizmu**, teda k predstave, že stredom všetkého je Slnko, a končí sa pri predstave štruktúrne nevyčerpatel'ného vesmíru **bez akéhokoľvek centra**
- d) je východiskom Eudoxových až neuveriteľne presných astronomických meraní a výpočtov, počas ktorých napríklad dokázal vypočítať vzájomný vzťah stredného slnečného roka k strednému slnečnému dňu $T/t = 365, 250$, čo je výpočet alebo hodnota, ktorá sa len málo líši od súčasne platnej hodnoty 365, 242 (ako uvádza G. M. Idlis vo svojej knihe *Revolúcie v astronómii, fyzike a kozmológii* z roku 1985).



KLAUDIUS PTOLEMAIOS (r. 87 – 165 n. l.) A JEHO MODEL SVETA (ALEBO VESMÍRU)

1. Základné vlastnosti (parametre) Ptolemaiovho modelu:

- a) Zem má guľový (dokonalý) tvar, je absolútne nehybná a nachádza sa v strede okolo nej sa večne pohybujúceho nebeského sveta
- b) nebeský svet je ohraničený rovnomerne sa otáčajúcou nebeskou sférou hviezd, ktoré sa ale voči sebe nepohybujú
- c) Ptolemaios však už pripúšťa aj nerovnomerné kruhové pohyby, ktoré sa môžu navyše uskutočňovať aj mimo Zeme ako ich nevyhnutného stredu
- d) Ptolemaios tiež pripúšťa nerovnomerný excentrický pohyb, ktorý sa javí ako kruhový len pri pozorovaní z osobitného bodu – ekvantu, ktorý sa však nenachádza v centre takéhoto pomysleného kruhu, ani v strede Zeme, ale mimo nich
- e) umožňuje s relatívne veľkou presnosťou opísať pohyb planét a následne predpovedať ich budúcu polohu na oblohe pomocou metódy tzv. epicyklov a deferentov.

2. Historický význam Ptolemaiovho modelu:

- a) Ptolemaiov model našej planetárnej sústavy a celého sveta vôbec je veľmi zaujímavý tým, že aj keď sa v ňom vychádza z nesprávnej predstavy o našej Zemi ako guľovom telese nachádzajúcom sa v strede celej tejto sústavy a sveta vôbec, pomocou dômyselnej metódy sa v ňom darí veľmi presne nielen opísať pohyb najbližších planét na oblohe, ale aj predpovedať ich budúcu polohu na oblohe pomocou tzv. epicyklov a deferentov, t. j. umelo vytvorených kružníc (prvej menšej a druhej väčšej), keď sa planéta pohybuje po kružnici (epicykle) okolo bodu, ktorý sa rovnomerne pohybuje po väčšej kružnici (deferente) okolo Zeme, v dôsledku čoho vzniká typický (zdanlivý) obežný pohyb planéty so slučkami
- b) Ptolemaios tak pomocou 40 epicyklov dokázal čiastočne vyriešiť problémy spojené s nepravidelnosťami v pohybe planét (a vnútiť tak prírode **dokonalý poriadok**, ktorý v skutočnosti **nemá**), ale aj metódou postupných priblížení odvodiť pomer medzi polomerom epicyklu a deferentu pre jednotlivé planéty (keď u Merkúra je to 0,376; Venuše 0,720; Marsu 0,658; Jupitera 0,172; no a u Saturnu 0,103)
- c) keď potom vzal do úvahy známe obežné doby planét, dokázal vypočítať polohu planét na oblohe v ľubovoľnom čase
- d) veľmi dôležité je aj to, že zavedením tzv. ekvantu, ako pozorovacieho či meracieho bodu mimo Zeme a dokonalej kruhovej nebeskej sféry, otvoril cestu k neskoršiemu presadeniu sa heliocentrického modelu Slnčnej sústavy

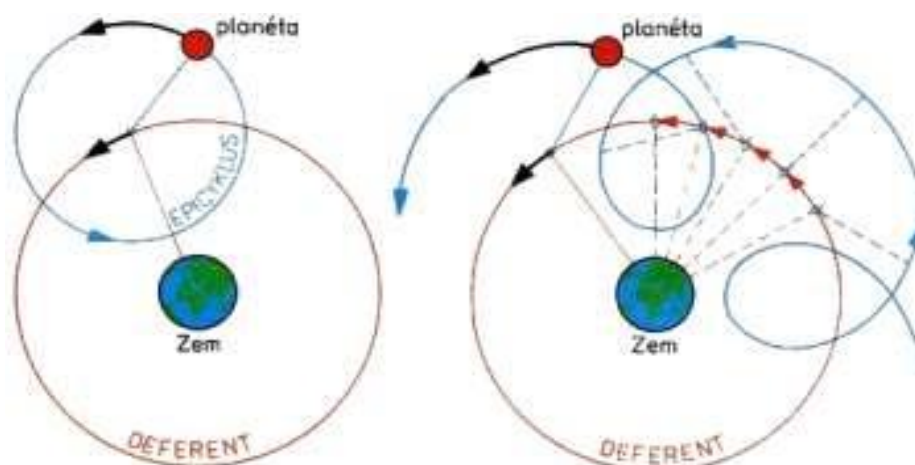


Schéma epicyklického pohybu: planéta sa pohybuje po kružnici (epicykle) okolo bodu, ktorý sa rovnomerne pohybuje po väčšej kružnici (deferente) okolo Zeme. Výsledkom je zdanlivý obežný pohyb planéty so slučkami

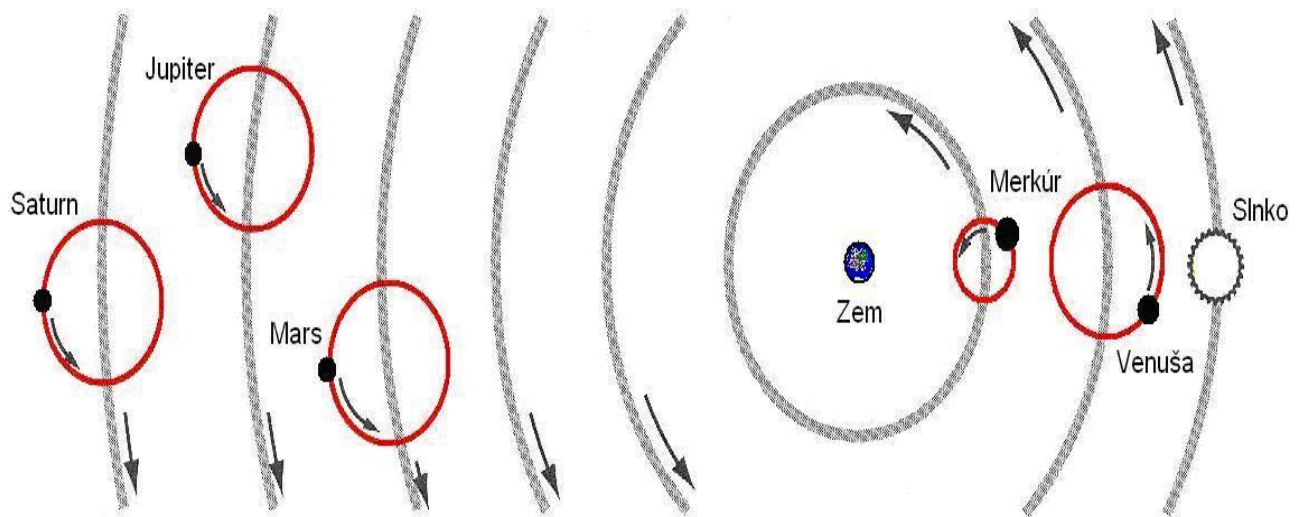
ARISTOTELOV (r. 384 – 322 p. n. l.) MODEL SVETA (ALEBO VESMÍRU)

1. Základné vlastnosti (parametre) Aristotelovho modelu:

- a) pohyby telies vo vesmíre sú buď prirodzené, voľné a „spádové“, alebo násilné a vynútené za špeciálnych podmienok
- b) všetky vesmírne telesá vykonávajú dokonalý, rovnomerný kruhový pohyb s výnimkou Zeme, ktorá je v ich strede a nepohybuje sa
- c) inertný alebo zotrvačný, t. j. daný (samo)pohyb nezemských (vesmírnych) telies
- d) okrajovosť a bezvýznamnosť iných ako prirodzených či voľných pohybov
- e) neexistencia prázdneho, nevyplneného priestoru, čo si vyžaduje existenciu univerzálneho prostredia kladúceho všeobecný odpor každému pohybujúcemu a telesu či objektu – t. j. **éteru**, ktorý tak vystupuje ako privilegovaná vzťahná sústava
- f) všetko ohnivé (alebo hranične ľahké) sa tu vznáša k nebu, zatiaľ čo všetko zemité, pozemské (alebo hranične ťažké) zas mieri alebo padá nadol k Zemi
- g) Nebo a Zem tak vystupujú ako krajné protiklady, v ktorých sa telesá pohybujú podľa špecifických zákonov, a tak tu máme nakoniec dva svety – jeden „podmesačný“ a druhý „nadmesačný“ (sublunárny a nadlunárny)
- g) celý svet pritom pozostáva z **piatich základných elementov**, keď okrem už spomenutého éteru ako kvintesencie alebo podstaty matérie tu máme ešte oheň, vodu, vzduch a zem

2. Historický význam Aristotelovho modelu:

- a) Aristotelov model sveta zohral v histórii astronómie a najmä v histórii kultúry a ľudstva vôbec mimoriadne významnú úlohu, pretože ho z veľkej časti prijala kresťanská cirkev, ktorá takisto rozlišovala medzi dvomi svetmi – pozemským a nebeským – a mohla sa takto pri svojej argumentácii oprieť o Aristotelovu filozofickú autoritu, ktorej sa vyrovná len Platónova
- b) pojem či koncepcia éteru, t. j. fyzikálneho objektu, ktorý sa nedá priamo alebo bezprostredne pozorovať, v konečnom dôsledku otvorila cestu k neskoršiemu vytvoreniu koncepcie **fyzikálneho poľa**, ktoré je takisto voľným okom neviditeľné, ale pritom základné alebo principiálne z hľadiska nášho poznania fyzikálnej astronomickej a kozmologickej reality



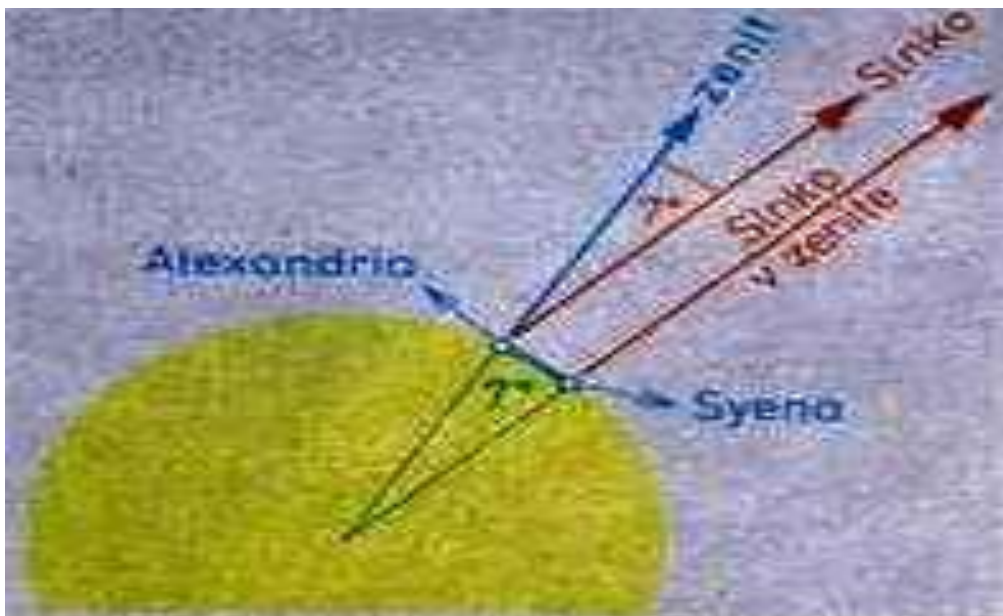
ĎALŠIE MODELY A POZNATKY STAROVEKÝCH ASTRONÓMOV

- 1. Táles z Milétu (r. 625 – 547 p. n. l.):** Planétu Zem pokladal za **plochú dosku** plávajúcu na vodách. Voda pritom bola podľa neho základným živlom, z ktorého pochádza alebo sa skladá všetko ostatné. Okrem toho dokazoval, že hviezdy svietia svojím vlastným svetlom, kým Mesiac iba odrazeným, no a 18. mája 603 p. n. l. nielen pozoroval veľké zatmenie Slnka, ale úspešne ho aj predpovedal na deň 28. mája 585 p. n. l.
- 2. Pytagoras (r. 580 – 500 p. n. l.):** Podľa všetkého ako prvý vyslovil myšlienku, že Zem je **guľa** nachádzajúca sa **v strede vesmíru**. Rozličné vlastnosti hmoty sa snažil objasniť pomocou čísel, ktorým pripisoval až magickú moc. Pevnú vieru jeho stúpencov v dokonalosť matematiky a čísel narušil až objav tzv. iracionálnych čísel, s ktorými pytagorejci nepočítali.
- 3. Demokritos (r. 460 – 370 p. n. l.):** Učil, že vesmír je nekonečný a že je v ňom nekonečné množstvo svetov. Mliečnu cestu v podstate správne vysvetlil ako súbor veľkého množstva hviezd. Preslávil sa však najmä ako filozof svojou teóriou atómov ako najmenších, ďalej nedeliteľných a navyše aj nezničiteľných čiastočiek hmoty, ktoré (a ktorá) sa pohybujú v absolútnom prázdne, čím stál na počiatku vývoja, ktorý viedol ku koncepcii **vákua**, t. j. absolútneho prázdna, ktoré vôbec nie je prázdne...
- 4. Herakleides z Pontu (r. 388 – 315 p. n. l.):** Nebol spokojný s Aristotelovým modelom vesmíru, v ktorom Zem postupne na jednotlivých sférach obiehali Mesiac, Slnko, Merkúr, Venuša, Mars, Jupiter a Saturn, pretože sa usiloval vytvoriť takú sústavu vesmírnych telies, ktorá by bola v lepšom súlade s pozorovaniami. V jeho sústave tak Merkúr a Venuša obiehajú okolo Slnka a spolu s ním aj okolo Zeme. Vyslovil tiež odvážnu myšlienku **o rotácii Zeme**.
- 5. Aristarchos zo Sámu (r. 320 – 250 p. n. l.):** Často sa nazýva Kopernikom staroveku, pretože prvý vyslovil heliocentrickú predstavu, že **Zem sa pohybuje okolo nehybného Slnka** (gr. Helios). Pokúsil sa meraniami určiť aj pomerné veľkosti a vzájomne vzdialenosti Slnka, Mesiaca a Zeme.

6. Hipparchos z Nikaie (r. 190 – 125 p. n. l.): Často sa nazýva **otcom** astronómie, pretože nielenže zostrojil nové a presnejšie pozorovacie prístroje, ale následne aj hviezdny katalóg s asi 850 hviezdami, v rámci ktorého na určenie jasnosti hviezd zaviedol **stupnicu hviezdnych veľkostí** používanú doteraz. Objavil tiež **precesiu**, t. j. pomalý posun svetového pólu po kružnici, a teda i posun priesečníka ekliptiky so svetovým rovníkom. No a rozvinul aj koncepciu pohybu planét po doplnkových malých kružniciach (epicykloch), ktorú ešte pred ním zrejme ako prvý predložil **Apolónius z Pergé (r. 262 – 125 p. n. l.)**, ktorý vynašiel aj **astroláb**, prístroj na meranie výšky hviezd.



7. Eratosténes z Kyrény (r. 276 – 194 p. n . l.): Preslávil zrejme alexandrijských astronómov ešte viac ako Hipparchos a Apolónius po ňom, pretože dokázal jednoduchou, ale veľmi dôvtipnou metódou pomerne presne určiť skutočné rozmery Zeme, a to tak, že najprv pripustil, že povrch Zeme nie je rovný, **ale zakrivený** (na základe zistenia, že v tom istom čase Slnko na jednom mieste v Egypte vrhá malý tieň a na druhom nie), a potom sa takto vzniknutý oblúk, resp. **časť obvodu Zeme** medzi týmito dvomi mestami (Sienou a Alexandriou) pokúsil vypočítať. Pozorovaný rozdiel v dĺžke tieňa medzi týmito dvomi mestami teda bol asi 7 stupňov, čo je zhruba jedna pätnástina z 360 stupňov **ako úplného obvodu Zeme**. Potom už stačilo len si najatť ľudí, ktorí odmerajú vzdialenosť zo Sieny do Alexandrie, ktorá je asi 800 kilometrov, a vynásobiť ju päťdesiatimi, čo je asi **40 000 kilometrov, t. j. skutočný obvod Zeme**. Alebo, oveľa jednoduchšie povedané i vysvetlené, Eratosténes z Kyrény zistil, že →



Eratostenes z Kyrény zistil, že v čase, keď bolo Slnko v Syene v zenite, v Alexandrii bolo vzdialené od zenitu $7,2^\circ$. Keďže uhol $7,2^\circ$ je $1/50$ celej kružnice, vypočítal, že obvod Zeme je 50-násobok vzdialenosti Alexandrie od Syeny

Kontrolné otázky:

1. Aký je rozdiel medzi zdanlivou a skutočnou jasnosťou hviezdy lebo iného svietiaceho astronomického telesa (či objektu)?
2. Má vesmír stred?
3. Pohybuje sa vesmír ako celok? A ak áno, ako sa pohybuje?
4. Prečo je pre nás, ľudí poznávanie vesmíru životne dôležité?
5. V čom sú na tom súčasní astronómovia lepšie ako ich predchodcovia v staroveku?
6. Ktorá planéta sa nachádza v strede Eudoxovho modelu vesmíru?
7. Ako nazývame učenie, podľa ktorého sa v strede všetkého nachádza planéta Zem?
8. Aké sú hlavné vlastnosti zotrvačného pohybu?
9. Aký tvar má Zem v Ptolemaiovom modeli sveta a vesmíru? A prečo?
10. Čo sú to epicykly a deferenty a na čo slúžili Ptolemaiovi a ďalším starovekým astronómom?
11. Aký je to heliocentrický model Slnecnej sústavy?
12. Prečo musíme rozlišovať medzi zdanlivým a skutočným pohybom planét Slnecnej sústavy?
13. Aké vlastnosti má Aristotelov éter?
14. Aké dva svety rozlišoval Aristoteles?
15. Ktorých päť základných elementov poznal a rozlišoval Aristoteles?
16. Podľa ktorého gréckeho filozofa a astronóma bola Zem len plochá doska plávajúca na vodách?
17. Ktorý grécky filozof prišiel s teóriou atómov ako najmenších a ďalej nedeliteľných či nezničiteľných čiastočiek hmoty?
18. Prečo nazývajú Aristarcha zo Sámu Kopernikom staroveku?
19. Na čo slúži astroláb?
20. Skús povedať vlastnými slovami, ako vypočítal Eratosténes obvod Zeme!