

Klaudios Ptolemaios

Vladimír Štefl, Ústav teoretické fyziky a astrofyziky PF, MU Brno

O málokteré historické osobnosti se vedou ještě dva tisíce roků po její smrti tak prudké a vyhrocené spory, jako o antickém vědci **Klaudiu Ptolemaiovi (90–165)**. Jeho obraz je dodnes považován za nejasný a místy i rozporuplný. V každém případě však zajímavý a podnětný pro současnou dobu. Ptolemaios svým důsledným matematickým přístupem položil základy vědecké astronomie, geografie a optiky, přispěl i k rozvoji matematiky samotné.

Jedním z nejdůležitějších úkolů astronomie v Ptolemaiově době bylo „zachránit jevy“, v původním řeckém znění „*sozein ta fainomena*“, v latinském překladu „*salvare apparentia*“. Při poznávání přírody v pozdní antice byly úlohy rozděleny. **Fyzikos** postupoval jako filozof, vysvětloval přírodu z vyšších příčin, podával kauzální vysvětlení přírodních jevů. Příslušelo mu právo vyvozovat závěry o skutečném uspořádání přírody. Naopak **matematikos** toto právo neměl, jeho úkolem bylo pouze propočítat, jak budou přírodní děje probíhat a jak se nám budou jevit. Cílem bylo najít takový způsob výpočtu, jehož výsledek by dosáhl optimálního souhlasu s pozorováními. Právě antická astronomie byla vzorovým příkladem „matematické disciplíny“.



Město Alexandrie, ve kterém probíhal osobní život a vědecká činnost Klaudia Ptolemaia, bylo založeno Alexandrem Makedonským (356–323) roku 323 př. n. l. z původně malé rybářské vesnice. Později se stalo hlavním městem nové dynastie panovníků – Ptolemaiovců, jejíž poslední panovnicí byla známá královna Kleopatra VII. (69–30 př. n. l.), která roku 30 př. n. l. spáchala sebevraždu. Samotný astronom však nebyl v žádném příbuzenském vztahu k vládnoucí dynastii Ptolemaiovců. Počátkem 2. stol. n. l. byla Alexandrie na svoji dobu velkým městem, žilo v ní asi 30 000 obyvatel. Byla obchodním střediskem s rozsáhlým přístavem, který ji spojoval s Římem, Athénami a dalšími městy v oblasti Středomořího moře.

Osobní život i pracovní činnost astronoma probíhaly v podmínkách začínajícího úpadku společnosti, Klaudios Ptolemaios byl poslední v řadě výrazných osobností v Alexandrii. Před ním v městě působili např. matematik Euklides (365–300), astronom Aristarchos ze Samu (310–250), matematik a fyzik Archimedes (287–212), astronom a geograf Eratosthenes (276 až 194), astronom Hipparchos (190–120), fyzik a inženýr Heron z Alexandrie (150–100).

Alexandrijská knihovna byla založena v době panování Ptolemaia II. Filadelfa (282–246) a nacházela se v ní všechna základní vědecká a literární díla. Skládala se ze dvou dílčích knihoven Brucheion a Serapeion, které spravovali největší učenci své doby, jako např. již zmiňovaný Eratosthenes, který ji vedl od roku 225 př. n. l. Koncem 1. stol. př. n. l. bylo v knihovně přibližně 700 tisíc papyrusových svitků. Základní knihovna Brucheion shořela v roce 48 př. n. l. při obléhání města Gaiem Juliem Caesarem (100–44).

Celá knihovna byla součástí Múseion, ve kterém byly rovněž zoologická zahrada, botanický sad, anatomická laboratoř i astronomická pozorovatelná. V budovách muzea žili knihovníci a učenci, s kterými se Ptolemaios každodenně stýkal. Vzdělávali se zde budoucí inženýři,

lékaři, zeměpisci, matematici, astronomové a úředníci státní správy. Přes desítku velkých čítáren mohlo navštěvovat až tisíc studentů. Múseion byl téměř šest století finančně podporován egyptskými panovníky.

Důležitým Ptolemaiiovým přínosem pro rozvoj fyzikálních věd byly jeho práce v optice. Termín optika pochází z řeckého *opsis* – *zrak* a v antice se jím označovala věda o zraku. Vedle toho existovala *katoptrika*, věda o odrazu paprsků světla od lesknoucích se povrchů a dále *dioptrika*, zabývající se lomem světla a optickými měřeními.

V astronomickém spise *Almagest* byly často připomínány optické jevy, např. refrakce. Ptolemaios vysvětloval, že refrakce narůstá při přechodu od zenitu k horizontu, kde dosahuje měřitelných hodnot. Rovněž posuzoval problematiku zdánlivého zvětšování pozorovaných průměrů Slunce a Měsíce u horizontu. Jev objasňoval zvětšováním vlhkosti v atmosféře na dráze optického horizontálního paprsku!

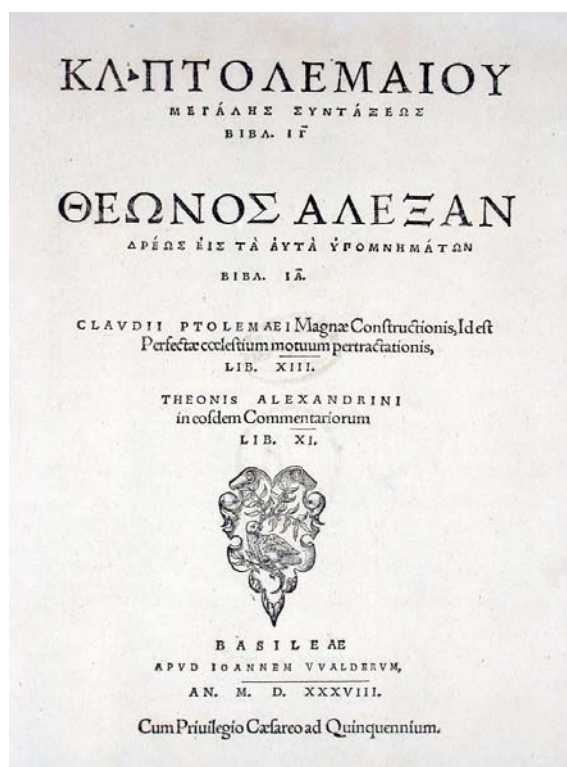
Podrobnější výklad optických jevů je podáván až ve spise **Optika**, který byl sepsán později než *Almagest*. Skládal se z pěti knih, jež byly věnovány problematice světla a lidského zraku, podmínkám zrakového vnímání, ale také optickému klamu, zákonům odrazu a teorii plochých a vypuklých zrcadel, zakřivených, kónických a pyramidálních zrcadel i dioptrice s podrobným rozbořem refrakce.

Velkou popularitu měla Ptolemaiiova **Geografická příručka** v osmi knihách, známá pod zkráceným názvem **Geografie**. Svým rozsahem a kompendičností ji lze srovnat s *Almagestem*. Součástí spisu bylo původně dvacet sedm map, jedna velkého světa a dvacet šest regionálních, které zachycovaly celou tehdy známou část světa. Při sestavování map, určování poloh měst či jiných význačných bodů, používal matematický přístup. Základní pozornost věnoval problematice matematické geografie a kartografie. Ve spisu jsou topograficky popisovány jednotlivé regiony. **Geografie** byla napsána v první třetině 2. st. n. l. a sehrála významnou roli při vzniku geografie, analogické *Almagestu* v astronomii.

Kromě jiných Ptolemaios vytvořil mapu Velké Germánie, jejíž součástí je i území vymezené dnešní Českou republikou, Slovenskem a Polskem. Na mapě lze identifikovat některé útvary, jako například *Sudete oré*, jako širší vymezení pohraničních pohoří a lesů mezi Německem a Českem. Na křižovatkách stezek lze s jistou pravděpodobností najít např. sídelní lokalitu *Eburon* – prostor jižně od Brna mezi dnešní Blučinou, Židlochovicemi a Brnem.

Přejdeme však k hlavnímu Ptolemaiiovu dílu – *Almagestu*. Jeho název nezvolil Ptolemaios, ale pochází z pozdější doby. Autor napsal spis s řeckým názvem *Μεγαλη συνταξις*, což překládáme nejčastěji jako **Velká skladba**. Samotný Ptolemaios v odkazech na svoji knihu ji často nazývá *Μαθηματιη συνταξις*, což znamená **Matematická skladba**, respektive **kompendium**. Arabští překladatelé zřejmě z úcty k autorovi či prostou záměnou slov v názvu zaměnili *megalé megalē* (velká) a *megisté megiζτη* (největší). Proto Arabové Ptolemaiiovu knihu nazývali **Al Magisti**, odkud pochází i latinizovaný název *Almagest*. Vznikl při překladu z řečtiny do arabštiny a následně byl přenesen z arabštiny do latiny, nemá však žádnou hlubší souvislost s obsahem spisu.

Ten je značně obšírný, anglický, respektive ruský překlad mají přes 500 stran velkého for-



mátu. **Almagest** byl Ptolemaiem rozdělen na třináct knih, v textu se vyskytují odkazy na jednotlivé knihy. Později prepisovatelé, překladatelé a komentátoři rozčlenili knihy na kapitoly, od pěti do devatenácti kapitol v každé knize, celkem jich je 146. Rozdělení do kapitol nepochází od Ptolemaia, neboť žádné odkazy na čísla kapitol či jejich názvy neexistují. Víme, že v době Pappa z Alexandrie (290–350) již rozčlenění na kapitoly existovalo, ale odlišovalo se od současného. Dochovaný řecký text obsahuje rovněž některé interpretace, které byly vnšeny až pozdějšími prepisovateli.

Almagest je encyklopedickým shrnutím poznatků pozdní antické astronomie, zachycené prostřednictvím geometrie. Přestože se Ptolemaios snažil o srozumitelnost výkladu, je text svým obsahem a zpracováním velmi obtížně sledovatelný. Základní a nezpochybnitelný význam Ptolemaia pro astronomii spočívá v tom, že v **Almagestu** shrnul dřívější starověká i antická pozorování. Shromáždil a utřídil rozsáhlý soubor astronomických údajů, který by jinak byl ztracen. Při jejich zpracování provedl analýzu jejich důvěryhodnosti a přesnosti.

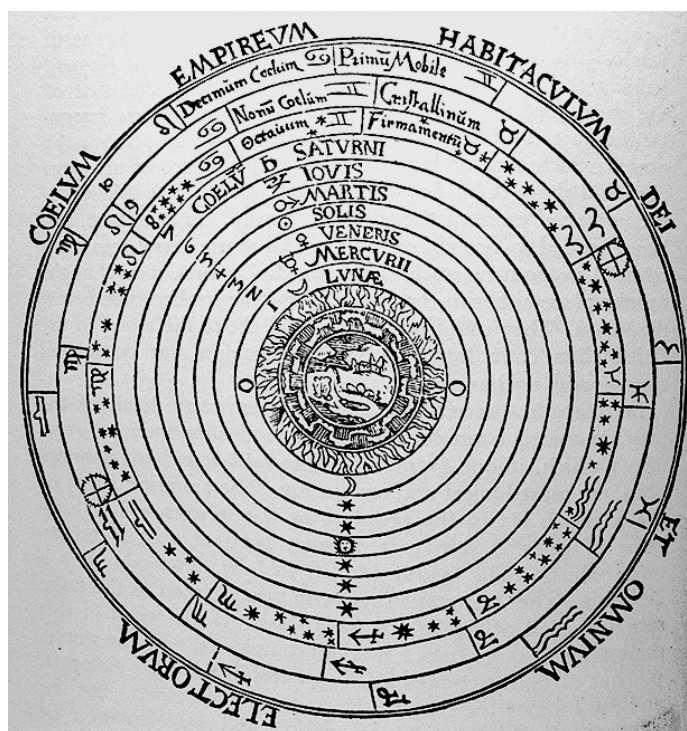
Dále dokončil tvorbu antické astronomické terminologie, řadu pojmů převzal od předchůdců, další zavedl sám, např. **střední denní pohyb Slunce**, **Měsíce** atd. Ve spisu uvádí teorie pohybu kosmických těles, Slunce, Měsíce, planet. U některých z nich zdokonalil jejich výklad, např. evekce pohybu Měsíce, kterou před ním již popsal Hipparchos.

Vlastní přínos Ptolemaia spočívá především ve vypracování výkladu nerovnoměrných a smyčkovitých pohybů planet prostřednictvím skládání rovnoměrných kruhových pohybů po **epicyklech**, jejichž středy se rovnoměrně pohybují po **deferentech**. Pohyb každé planety tak byl modelově zachycen za pomoci celé soustavy deferentů a epicyklů. Pro zvýšení přesnosti zavedl do modelu **ekvant**. Přesnost efemerid planet propočítaných Ptolemaiem byla na úrovni zhruba 10'–25'.

K zachycení pohybu těles po obloze zvolil geocentrickou soustavu, která je ve své podstatě složitější než heliocentrická. Uspořádání kosmických těles charakterizuje Ptolemaios v **Almagestu** takto:

„Především musíme vyložit posloupnost, v jaké jsou položeny sféry planet, které jsou rozloženy kolem pólu šikmého kruhu, procházejícího přes střed zvířetníkových znaků. Všichni staří astronomové jsou zajedno ve dvou bodech. Všechny planetární sféry jsou blíže Zemi než sféra stálic, ale ve větší vzdálenosti od Země než sféra Měsíce. Tři sféry planet – Saturna, Jupitera a Marsu, z nichž sféra Saturna je největší, sféra Jupitera, protože je Zemi blíže, je druhá v pořadí, a sféra Marsu leží pod sférou Jupitera, jsou od Země dále než zbývající planetární sféry a sféra Slunce.

Co se týče sfér Venuše a Merkuru, které starověcí astronomové kladli pod sféru Slunce, někteří jejich následovníci je přesunuli nad tuto sféru, a to proto, že nikdy nebyl pozorován přechod těchto planet před Sluncem. Nezdá se nám však, že by tento zdánlivě rozhodující důvod byl tak průkazný, protože planety mohou být pod Sluncem, aniž bychom je viděli přecházet před jeho povrchem, totiž aniž by se pohybovaly v rovině pro-



cházející Sluncem a naším okem. Mnohem spíše budou v některé jiné rovině a z toho důvodu nenastane žádný pozorovatelný přechod planety před Sluncem.“

Při zpracování pozorovacího materiálu a tvorbě teorie značně zdokonalil matematický aparát astronomie – sférickou trigonometrii. Jím propočítané tabulky byly používány v průběhu dalších staletí. Měly značný praktický význam, schopnost předpovídat polohy kosmických těles na obloze napomáhala rozvoji mořeplavectví a tedy obchodu.

Ptolemaiem rozpracované modely plně zabezpečovaly dostatečnou přesnost pro převládající většinu jakýchkoliv potřeb tehdejší doby. **Almagest** se stal vzorem ve vědeckém přístupu k řešení astronomických problémů prakticky až do Kopernikovy doby. Ovlivnil nejen současníky Ptolemaia, ale i na další generace astronomů, po dobu jednoho a půl tisíce roků se stal nenahraditelným zdrojem astronomických poznatků. Nejprve se dostal k arabským matematikům a astronomům, v arabském překladu dosáhl Evropy v 9. století. Latinský překlad následoval ve 12. století a tištěné podoby se **Almagest** dočkal počátkem 16. století.

Vedle astronomie se Ptolemaios zabýval astrologií, známým se stal především na základě spisu **Tetrabiblos**. V něm ve čtyřech knihách sledoval souvislost událostí na Zemi a jejich ovlivnění kosmickými tělesy, o jejichž poloze nezbytné informace poskytovala astronomie. Na ukázkou uvedme stručné charakteristiky vlivu některých planet podle Ptolemaia:

„Mars hlavně vysušuje a spaluje v souhlasu se svou ohnivou barvou, a protože je blízko Slunce, jehož sféra se nachází přímo pod ním.

Jupiter má mírnou aktivní sílu, protože se pohybuje mezi chladícím vlivem Saturnu a spalující silou Marsu. Zahřívá a zvlhčuje, a protože jeho hřejivá síla je větší díky sféram, které leží pod ním, vyvolává úrodnější větry.

Venuše má stejné síly a mírnou povahu jako Jupiter, ale působí opačně; mírně hřeje, díky své blízkosti Slunci, ale především zvlhčuje jako Měsíc díky množství vlastního světla a proto, že získává exhalace z vlhké atmosféry obklopující Zemi.

O Merkuru se obvykle tvrdí, že v určité době vysouší a pohlcuje vlhkost, protože se nikdy nedostane do zeměpisných délek daleko od žáru Slunce.“

Ptolemaios patří k významným představitelům světové vědy, který ovlivnil nejen evropský vývoj astronomie, geografie, optiky, ale i středověký světový názor. Knížka [1], která o Ptolemaiovi vyšla v nakladatelství Prometheus koncem roku 2005, shrnuje především jeho dílo. Seznamuje čtenáře i s některými nevyjasněnými problémy, např. zda byl či nebyl autorem hvězdného katalogu uvedeného v **Almagestu**.

LITERATURA:

[1] Štefl V.: *Klaudios Ptolemaios*. Prometheus, Praha 2005.

[2] Pedersen O.: *A Survey of the Almagest*. Odense University Press, Odense 1974.

[3] Toomer G. J. *Ptolemy's Almagest*. Princeton University Press, Princeton 1998.