

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA HUMANITNÍCH STUDIÍ
Studium humanitní vzdělanosti

Pavla Forštová

**Proměna obrazu vesmíru v raném novověku v zrcadle vybraných textů G. Galileiho a
J. Keplera**

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Markéta Pražáková Seligová Ph.D.

Praha 2022

Prohlašuji, že jsem práci vypracovala samostatně. Všechny použité prameny a literatura byly řádně citovány. Práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Praha, květen 2022

Chtěla bych poděkovat vedoucí mé bakalářské práce paní Markétě Pražákové Seligové Ph.D. za velmi cenné rady a připomínky, za zapůjčení literatury a za veškerou energii, kterou do vedení mé práce vložila.

Obsah

I. Úvod	6
II. Prameny.....	11
III. Kosmologie dle Aristotela.....	16
IV. Vývoj pohledu na existenci pevných sfér nesoucích vesmírná tělesa.....	19
V. Nové pojmosloví pro vyjádření kruhového pohybu planet.....	21
VI. Vývoj terminologie pro vesmírná tělesa	27
VII. Pohyb planet	36
VIII. Závěr.....	45
IX. Seznam použité literatury.....	47
Prameny.....	47
Literatura	47
Elektronické zdroje	48

Klíčová slova: sféra stálic, planetární sféra, dráha planety, elipsa, planeta, stálice, oběžnice, satelit, pohyb planet, kosmologie

I. Úvod

Vývoj kosmologického obrazu v 16. a 17. století je chápán jako sjednocení pozemské a nebeské mechaniky. Mezi hlavními aktéry, kteří napomohli procesu likvidace aristotelské představy vesmíru, jsou Johannes Kepler a Galileo Galilei. Zformulovali zákony pro planetární oblast (zejména Kepler) a pro pozemskou oblast (Galilei), a vytvořili tak novou koncepci vesmíru, která již nevychází z přírodně-filosofických kosmologických úvah, ale přesouvá se do oblasti přesného měření a vědeckých důkazů. Sjednocení pozemské a nebeské mechaniky stálo především na formulaci zákonů, které se vztahují na pohyb pozemských těles a na pohyb planet, ale také na sjednocení hmoty v sublunární a supralunární oblasti.

Na tomto místě je také nutné zmínit přínos Mikuláše Koperníka, který se svojí heliocentrickou koncepcí snažil odhalit skutečné uspořádání vesmíru. Nešlo mu jen o „zachránění jevů“ na nebeské sféře, tedy o nalezení způsobu výpočtu, který by zajistil, aby propočtené pohyby odpovídaly pozorování. Koperník propojil dvě různé pozice vědy, ze kterých bylo možné se vyslovovat k nebeským pohybům a které byly do poloviny 16. století jasně oddělené. *Mathématikos* (řecky matematik, prakticky astronom/astrolog), která do té doby měla jediný úkol, tedy jevy na nebeské sféře „zachraňovat“, matematicky objasnit, a *fysikos* (ten, kdo se zabývá povahou *fysis*, v pozdějším smyslu filosof), která jediná byla oprávněná mluvit o skutečném uspořádání kosmu, o jeho tvaru a příčinách pohybů. Koperníkův základní předpoklad, že se pohyb Země zrcadlí v pohybech všech planet, mu napomohl k určení rozměrů celé planetární soustavy. Oproti Ptolemaiově soustavě, kde bylo možné planety v zásadě kamkoliv přemístit, Koperník zafixoval rozměry všech planetárních sfér, aby vytvořil harmonický obraz světa. Koperníkovo zásadní pravidlo, že „délka oběhu vymezuje velikost sfér“, trpěla vadami a platila jen pro velké sféry planet, pro menší sféry planet musel Koperník systému dodat přidavné prvky a epicykly, ovšem připravil pro své následovníky vodítko, na které mohli navázat.¹

1 Zdeněk Horský, studie Koperníkovo astronomické dílo ve vývoji vědy, in Koperník a české země, Soubor studií o renesanční kosmologii a nové vědě, nakladatelství Pavel Mervart, 2011, Příbram, str. 121-142 (zejména str. 129-132).

Do začátku 16. století se nepoužívaly optické přístroje, pouze měřicí přístroje pro vidění očima, které měřily úhlové vzdálenosti. Galileo Galilei měl již ovšem optiku, dalekohled! Díky dalekohledu mohl vykonat svá pozorování nebeských těles a v březnu roku 1610 vydat spis *Hvězdný posel*² (*Sidereus nuncius*), kde poukazuje na množství hvězd, které nebylo dříve možné vidět pouhým okem, na nerovnosti měsíčního povrchu a především na objevení Jupiterových satelitů. Johannes Kepler, jako jedna z nejváženějších autorit tehdejší astronomie, mu urychleně odpovídá spisem nazvaným *Rozprava s hvězdným poslem*³ (*Dissertatio cum Nuncio sidereo*). Zde uvažuje o fyzikálních aspektech Slunce jakožto zdroje pohybů planet či o proměnlivosti nebeského světa, který měl být podle staré scholastiky neměnný.

V Galileově *Hvězdném poslu* a Keplerově *Rozpravě s hvězdným poslem* budu sledovat frekvenci a význam užití některých symptomatických pojmů, které by měly jasně poukazovat na přechod k tzv. nové vědě.

První pojem, který budu sledovat, bude pojem *sféra* vs. kruhová *dráha* planet. Ve druhé polovině 4. století př.n.l. vzniká představa o vesmíru, který se skládá ze soustředných koulí (sfér) vložených do sebe a díky těmto koulím je možné vysvětlit jevy pozorované na obloze. Podle Aristotela mají sféry fyzikální podobu, otáčejí se kolem středu světa, ve kterém se nachází také Země a nesou na sobě nebeská tělesa.⁴

Také Koperník věřil v otáčející se sféry. Ve svém spisu *De revolutionibus* používá termínu *orbis* a *sphaera* ve shodném významu. Sféra měla podle něj vypouklý a vydutý povrch a také svoji tloušťku. Sféra nesla ve svém plášti planetu a pohybovala jí. Zda Koperník považoval sféry za reálné a tuhé, či pouze pomocné prvky, není z jeho hlavního díla zcela jasné, jak píše Horský. Koperník však počítal s tím, že jedna sféra nebrání v pohybu sféry druhé. Velmi zajímavé je to, že Koperník vyloučil, že by měla každá planeta svoji vlastní ekliptiku jako planeta Země. Kdyby se tuhá sféra měla otáčet kolem tuhé osy, musel by být „čep“ osy příslušné sféry umístěn přímo ve sféře stálic a pokud by každá

2 Galileo Galilei, *Hvězdný posel*, Johannes Kepler, *Rozprava s Hvězdným poslem*, překlad Alena Hadravová, Pistorius & Olšanská, 2016, Příbram.

3 Galileo Galilei, *Hvězdný posel*, Johannes Kepler, *Rozprava s Hvězdným poslem*, překlad Alena Hadravová, Pistorius & Olšanská, 2016, Příbram.

4 Daniel Špelda, *Astronomie v antice*, Montanex a.s., 2006, Ostrava, s. 82-117.

planeta měla svojí tuhou osu skloněnou k zemské ekliptice, musely by osy sfér vnitřních planet prostupovat těmi vnějšími, což by znemožňovalo jejich pohyb.⁵

Zajímá mne, co se stane, když se začne existence pevných sfér zpochybňovat. Z hlediska heliocentrismu není možné u původní představy pevných sfér setrávat, a to především u planetárních sfér. Kepler přišel na to, že se planety pohybují po eliptických drahách a teoreticky by měl tedy od představy tuhých sfér upustit. Představy o tuhých planetárních sférách byly vyvráceny až koncem 16. století a počátkem 17. století, když se začaly důsledněji a přesněji přeměřovat dráhy komet.

Cílem mé práce je zjistit, jakým způsobem oba autoři pojmy *sféra* a *dráha* planety používají, aby popsali pozorovatelný pohyb planet. Do úvah obou autorů jsem se snažila proniknout i díky latinskému originálu, protože mne zajímalo, zda český překlad, který je již moderní vědou ovlivněný, tyto pojmy sám neposouvá. Sledované pojmy a terminologie nebyly ještě ustálené, nové paradigma se teprve krystalizovalo. Budu tedy zkoumat, zda dojde k úplnému zavržení scholastického pojmu *sféra*, který počítal s materiálními sférami z éterální látky, nebo zda bude docházet k přeznačování těchto pojmů.

Zároveň sleduji otázku, co je podle autorů příčinou pohybů planet. Zda se planety pohybují díky sféře, nebo díky vnitřnímu popudu, tedy díky duši planety, nebo zda jejich pohyb vychází z vnější fyzikální síly. Aristoteles mluvil o prvním hybateli, který dává sférám popud k pohybu, a tedy i planetám. Ptolemaios mluví již ale o duši planet a podobně renesanční platonikové mají představu o oduševnělém a živém vesmíru. Kepler mluví o hybné duši planet, ale již ve druhém vydání svého *Kosmografického mystéria*⁶ píše o síle ve významu síly fyzikální, která pohybuje planetami, což byl obrovský posun od představy oduševnělého světa. V Keplerově *Kosmografickém mystériu* budu sledovat význam užití pojmů, které by tento posun měly dokazovat.

Dalším pojmem, který budu v obou textech sledovat, je pojem *satelit* (družice, oběžnice). Zajímá mne, jak se pojmově vypořádá Galileo i Kepler se skutečností, že se na nebi objevily objekty, které nevyhovují ani pojmu planeta, ani pojmu hvězda. Dobová

5 Zdeněk Horský, studie Koperníkovo astronomické dílo ve vývoji vědy, in Koperník a české země, Soubor studií o renesanční kosmologii a nové vědě, nakladatelství Pavel Mervart, 2011, Příbram, str. 121-142 (zejména str. 135-136).

6 Johannes Kepler, *Mysterium cosmographicum – The secret of the Universe*. Translation by A. M. Duncan, introduction and commentary by E- J. Aiton, with a preface by I. Bernard Cohen. Abaris Books, 1981, New York.

terminologie totiž rozlišovala pouze dva vesmírné objekty dle jejich denního pohybu po obloze, a to stálice a planety. Planety konají z pohledu pozemšťana roční i denní pohyb po obloze, stálice ten denní. Planety se oproti stálicím během roku opožďují. Zdá se, jakoby couvaly (roční pohyb). Jejich pohyb se nám jeví oproti stálicím opačný, od západu na východ, a ještě ke všemu se nám zdá, že je jejich pohyb nepravidelný. Již Koperník považoval Zemi za jednu z planet a Měsíc za naši oběžnici, ale Galileo nyní díky dalekohledu objevil další objekty, které se pohybují stejným způsobem jako náš satelit. Nepohybují se kolem středu světa, ale kolem středu Jupitera. Otázkou tedy bude, nakolik se promítly záměry autorů informovat o nových objevech do nového pojmosloví.

Zajímavou otázkou je, jak mohla aristotelská kosmologie přetrvat téměř dva tisíce let v názorech lidstva na uspořádání vesmíru. Thomas Kuhn ve své práci *Struktura vědeckých revolucí*⁷ popisuje koncept přechodu *od jednoho paradigmatu k druhému*. Způsob vidění světa a vývoj myšlení o přírodě, který vědci dané doby zastávají, nazývá paradigmatem. Jde o obecně uznávané schéma či model, které je pro vědeckou obec základní, na něj pak nabaluje další myšlenky a staví řešení možných problémů. Období, kdy se ustanoví na základě poznatků nějaké paradigma, nazývá Kuhn vědeckou revolucí. Vývoj vědy dělí na fázi normální vědy, fázi krize vědy a fázi revoluce vědy, kdy díky nahromaděným anomáliím dojde k rozkladu starého paradigmatu a nastolení nového. V normální vědě je paradigma již nastolené vědeckou komunitou a normy a pravidla dalšího výzkumu jsou jasně vymezená. Jakékoliv jiné teorie mimo paradigma jsou odsunuty na okraj. Pokud se objeví anomálie, které současná věda nedokáže řešit, nastává krize. Anomálie si postupně získají uznání a musí dojít k modifikaci paradigmatu. Z nových teorií vyvstane nové paradigma. Kuhn tedy upozorňuje na to, že vědecké poznání je zatíženo konceptualizací paradigmatu, získaná data tedy také. Věda tak podle něj nepřináší objektivní realitu, ale sama ji utváří.

Tedy to, jak vnímáme přírodu, je podle něj dáno kulturně. Dojde k nastavení nových hranic. Galilei i Kepler museli přinést vědecké obci takové nezvratné důkazy, které mohly nastolené aristotelovské paradigma překonat. Kopernikánský heliocentrický model zde již dlouho dobu koexistoval, ovšem byl zcela neslučitelný s dosud většinově přijímaným paradigmatem. Aristotelská fyzika byla kritizována, ale jako celek nebyla dosud nahrazena novou fyzikou a nebyla do té doby nikým úspěšně vyvrácena. Až Galileo Galilei dokázal

7 Kuhn, Thomas S.: *Struktura vědeckých revolucí*. OIKOYMENH, 1997, Praha.

bezpečně založit svojí teorii pohybu a Johannes Kepler dokázal na základě dat získaných z letitých pozorování nebes Tychona Braheho matematicky popsat pohyb vesmírných těles, který odpovídal pozorování. Koperník, Kepler, Galileo spolu s Descartesem a dalšími dokázali přírodu a pohled na vesmír matematizovat a založit tak novou vědu, na které mohla stavět další generace (Newtonovská revoluce). Představa světa založená na dualismu (látkové a fyzikální oddělení nebes a pozemského světa) a substancialismu (pohyb těles k jejich přirozeným místům vycházející z jejich nitra) byla definitivně opuštěna. Představa oduševnělého světa, kdy se nebeská tělesa pohybují díky duši, byla nahrazena novou představou o hmotě, která se pohybuje díky fyzikálním vnějším silám.

II. Prameny

Ve své bakalářské práci analyzuji části textů ze tří dobových spisů: z *Hvězdného posla*⁸, z *Rozpravy s Hvězdným poslem*⁹ a z *Kosmografického mystéria*¹⁰.

Když se roku 1609 Galileo Galilei v Padově dozvěděl o vynálezu dalekohledu, začal pracovat na zkonstruování svého vlastního. Využil při tom čočky z kvalitního skla vyráběného v Muranu a díky svým experimentům mohl dosáhnout kvalitnějšího zpracování dalekohledu a začít pozorovat nebeská tělesa i s dvaatřicetinásobným zvětšením. Své zápisky z pozorování sepsal do deníku a v březnu roku 1610 odjel z Padovy do Benátek, kde publikoval objevy svého dvouměsíčního pozorování ve spise *Sidereus nuncius (Hvězdný posel)*.¹¹

Svou knihu rozdělil Galilei do čtyř tematických okruhů. V první části popisuje konstrukci a kalibraci dalekohledu, což bylo pro přesné pozorování vzdálených objektů velmi podstatné.

Před vynálezem dalekohledu bylo pozorování nebeského prostoru založené výhradně na zraku a na používání úhlových přístrojů, které sloužily k orientaci v prostoru a čase. Za vynálezce dalekohledu je považován výrobce brýlí, Holanďan německého původu, Hans Lipperhey, který si roku 1608 nechal svůj vynález zkonstruovaný ze dvou čoček patentovat. Již v antice se ovšem lidé zajímali o optiku, používali broušené čočky z horského křišťálu jako lupy ve zlatnictví, zápalná zrcadla ve vojenství či jako ozdobné motivy na štítech, od kterých se pak odrážely sluneční paprsky.

Teoretické poznatky a úvahy o optickém lomu světla se vyskytují ve spisech Eukleida a Ptolemaia. Významným posunem byl spis iráckého učenice Abu Ali Ibn al-Haithama (965-1040 n.l.), který se zabýval stavbou oka, atmosférickou refrakcí a odrazem

8 Galileo Galilei, *Hvězdný posel*, Johannes Kepler, *Rozprava s Hvězdným poslem*, překlad Alena Hadravová, Pistorius & Olšanská, 2016, Příbram.

9 Galileo Galilei, *Hvězdný posel*, Johannes Kepler, *Rozprava s Hvězdným poslem*, překlad Alena Hadravová, Pistorius & Olšanská, 2016, Příbram.

10 Johannes Kepler, *Mysterium cosmographicum – The secret of the Universe*. Translation by A. M. Duncan, introduction and commentary by E- J. Aiton, with a preface by I. Bernard Cohen. Abaris Books, 1981, New York.

11 Galileo Galilei, *Hvězdný posel*, Johannes Kepler, *Rozprava s Hvězdným poslem*, překlad Alena Hadravová, Pistorius & Olšanská, 2016, Příbram, s. 5-10.

světla a jeho zákonitostí. V Evropě na něj pak navázali další učenci, ovšem až samotný Lipperhey si uvědomil, jaké praktické využití se skrývá v soustavě čoček. Jeho vynález začali používat námořníci, vojáci nebo lovci.

Zajímavé bylo i hledání názvosloví pro tento nový přístroj, které ještě nebylo ustálené. Galilei používal někdy výrazů *apparatum* či *organum* (přístroj, zařízení), avšak častěji stejně jako Kepler výraz *perspicillum* (přístroj určený k vidění). Výraz byl odvozený z latinského slova *perspicere* (prohlížet si, pozorovat, vidět skrz něco). Latinský výraz *telescopium*, který se ustálil v mnoha jazycích, se v tehdejší době ještě nepoužíval.¹²

V druhé kapitole spisu *Hvězdný posel* se Galilei věnuje popisu pozorování Měsíce. Příkladá i své náčrtky, na kterých je jasně vidět, že Měsíc nemá hladký povrch, jaký by mělo mít dokonalé nebeské těleso podle staré aristotelovské fyziky. A co je nejzajímavější, přirovnává povrch Měsíce k zemskému povrchu. Galileo dalekohledem jasně rozeznal nerovnosti povrchu Měsíce jako prolákliny, hory, údolí, což jasně svědčilo o materiální podstatě Měsíce a vyvracelo aristotelovský názor o éterové podstatě vesmíru, kde by měla být vesmírná tělesa dokonale hladká. Vysvětluje zde, proč jsou některé části na neosvětlené části Měsíce vidět. A také dokazuje, že rozdíl výšin a hlubin na Měsíci je enormní, jelikož v temné části nalezneme jasně osvětlené „skvrny“. Dokonce správně usuzoval, že povrch Měsíce je tvořen z různých hornin, které tak odrážejí světlo různým způsobem. Galileo také v této části knihy vysvětluje, proč se nám pozorovatelům ze Země nejeví obvod Měsíce jako ozubené kolo, když právě dokázal jak moc je na měsíčním povrchu prohlubní a vyvýšenin.

Ve třetí kapitole knihy Galilei popisuje nově objevené hvězdy, například ty v souhvězdí Orionu či Býka, které do té doby nebyl nikdo pouhým okem schopen pozorovat. Pozoroval také Mléčnou dráhu a byl již schopen rozeznat, že jde o shluk mnoha hvězd.

Čtvrtá část knihy se věnuje objevu čtyř Jupiterových satelitů. Galilei se zprvu domníval, že jde o nové hvězdy. Začal je systematicky pozorovat od 7. ledna roku 1610 a přišel na to, že mění svá postavení, obíhají kolem Jupitera po kruhových drahách. Galilei tyto své nově objevené hvězdy věnoval ve svém spisu významnému rodu Medicejů, vrátil se do rodné Florencie a vstoupil do medicejských služeb.

12 Galileo Galilei, *Hvězdný posel*, Johannes Kepler, *Rozprava s Hvězdným poslem*, překlad Alena Hadravová, Pistorius & Olšanská, 2016, Příbram, s. 53, poznámky pod čarou.

Galileo ve *Hvězdném poslu* otevřeně odmítá geocentrický model, kde je Země nehybná a hlásí se ke kopernikánskému učení, podle kterého je Země pohyblivá a vykonává pohyby kolem Slunce, které je středem planetární soustavy. Koperníkův spis *O oběžích nebeských sfér* byl vydán roku 1543 a i když byl ve vědeckých kruzích znám, církev mu nevěnovala velkou pozornost. Ovšem až do doby, kdy se na něj začal odkazovat Galileo Galilei a další učenci. Kniha obsahovala podle Svatého stolce pasáže neshodné s katolickou věroukou, a proto ji roku 1616 zařadila na Index zakázaných knih. Podle J. Smolky byly Aristotelovy spisy po celý středověk dogmatem přírodních věd a především také oficiální filosofií římskokatolické církve.¹³ Pohyb Země ve vztahu k Písmu Svatému byl tedy choulostivým tématem. Na Tridentuském koncilu roku 1545 bylo usneseno, že není možné vykládat Písmo volným způsobem. *Hvězdný posel* vyšel v době, kdy byl již Koperníkův heliocentrismus římské inkvizici dobře znám, ale toto učení začala stíhat až kolem roku 1616.

Galileo Galilei zaslal na jaře roku 1610 svého *Hvězdného posla* Keplerovi a žádal ho o jeho vyjádření. Ten mu ve velmi krátké době odpověděl a již v květnu roku 1610 vydal v Praze svůj spis pojmenovaný *Rozprava s Hvězdným poslem*, jakožto svojí reakci na Galileovy poznatky.

Johannes Kepler v té době právě dopsal *Novou astronomii* (*Astronomia nova*), kde publikoval dvě ze svých teorií, které dnes známe jako první dva Keplerovy zákony.

První teorií byl skutečný tvar planetárních drah. Cesta Keplera k formulování jeho teze o eliptickém tvaru planetární dráhy byla zdlouhavá. Zprvu předpokládal kruhovou dráhu planet s nerovnoměrným pohybem. V té době již psal *Komentáře o pohybu planet*, práci, kterou mu zadal ještě za svého života Tycho Brahe. Brahe chtěl po Keplerovi vypočítat oběžnou dráhu planety Mars, která podle jeho pozorování vykazovala při pohybu po své trajektorii velkou excentricitu. Kepler shledal, že do všech pozorovaných údajů se vždy promítne i obraz pohybu Země, snažil se tedy tyto údaje vyloučit. Dále vyloučil dle detailních údajů i kruhovou dráhu planet, což bylo na tehdejší dobu přelomové. Dva tisíce let byl ustálený výklad, který jako jediný možný pohyb nebeských těles, uznával ten dokonalý kruhový. Jeho úvahy vedly k oválnému tvaru dráhy. Na této teorii pracoval celý rok 1604, ale tato jeho teorie se mu nakonec ukázala jako lichá. Až roku 1605 po nesmírném

13 Josef Smolka, Galileo Galilei, Legenda moderní vědy, Prometheus, 2000, Praha.

úsilí a odhodlanosti poznal, že dráha Marsu je eliptická a že Slunce je umístěno v jednom ze dvou ohnisek této elipsy. Druhou tezí byl dnes již známý druhý Keplerův zákon zachování ploch. Kepler si povšiml, že se vzdáleností od Slunce se mění rychlost pohybu planety na její dráze a dokázal propočítat, že rychlost planety se mění tak, že úsečka, která spojuje Slunce a planetu, opisuje za stejný čas stejné plochy.¹⁴ Převratné dílo *Nová astronomie* bylo však vydáno až čtyři roky po svém dokončení roku 1609. Překážkou byl nedostatek peněz na tisk a také Tychonův zeť Tengenagel, který kladl Keplerovi už v jeho začátcích práce u Tychona překážky.¹⁵

Zároveň byl v době vydání *Hvězdného posla* již publikovaný Keplerův spis *Kosmografické mystérium*, kde Kepler předestřel své závěry o harmonickém uspořádání vesmíru, který by měl být podle jeho vylepšené kopernikánské teorie principiálně jednoduchý oproti složitému geocentrickému modelu se soustavou epicyklů. Kepler se zaměřil na poměry poloměrů planetárních sfér, kdy mezi sféry planet vložil symetrická platónská tělesa. Jeho systém byl založený na geometrických principech, kdy podle jeho teorie mohlo existovat pouze šest planet, mezi které se dala tato symetrická tělesa vložit.

Geometrie starověku znala pět dokonalých mnohostěnů, již Platón s nimi chtěl vyložit strukturu světa.¹⁶ Šlo o čtyřstěn, šestistěn (krychli), osmistěn, dvanáctistěn a dvacetistěn. V kopernikovském systému bylo možné těchto pět těles využít, v tom Ptolemaiově to možné nebylo.

Kepler se tak inspiroval v díle Platónově *Tímaios* a jeho ideje ho dovedly k formulování jeho teorií o uspořádání oběžných dob a průměru drah planet.¹⁷ Roku 1595 při jedné ze svých přednášek na gymnáziu ve Štýrském Hradci kreslil Kepler na tabuli kruh, rozdělil jej na dvanáct znamení zodiaku, vyznačil místa konjunkcí planet, jdoucích po sobě a pospojoval je úsečkami. Ke svému překvapení zjistil, že mu vznikne uprostřed prázdný kruh. Napadlo ho mezi sféry planet vložit 5 dokonalých platónských (či eukleidovských) těles a dokázal tak vytvořit dokonalý vesmírný řád. Pět pravidelných mnohostěnů je vždy vloženo do sféry jedné planety a vepsáno do sféry planety další. Uprostřed musí být dle jeho

14 Zdeněk Horský, Kepler v Praze, Mladá fronta, 1980, Praha, zejména s. 182-183.

15 Zdeněk Horský, Kepler v Praze, Mladá fronta, 1980, Praha, zejména s. 185-190.

16 Zdeněk Horský, Kepler v Praze, Mladá fronta, 1980, Praha, s. 87.

17 Zdeněk Horský, studie Příroda a filosofie v počátcích novověké vědy, in Koperník a české země, Soubor studií o renesanční kosmologii a nové vědě, nakladatelství Pavel Mervart, 2011, Příbram, str. 63-64.

výpočtů Slunce, pouze v tomto heliocentrickém uspořádání bylo pak možné vložit mezi šest planet pět pravidelných mnohostěnů. Jeho teorie však padá s objevem nových planet, jelikož Kepler jich uznával jen šest, aby mezi ně mohl vložit právě jen pět dokonalých mnohostěnů známých už od dob starověku. Svůj objev následně publikoval v *Kosmografickém mystériu*.¹⁸

Dnes již víme, že Keplerova teorie byla mylná, ale díky ní se roku 1619 dostal k sepsání spisu *Harmonices mundi (Harmonie světa)*, kde svůj systém harmonie sfér rozpracoval, což ho nakonec dovedlo k vytvoření jeho třetího zákona, k úměrnosti druhých mocnin oběžných period třetím mocninám poloměrů drah, a dokázal tak dokončit svoji teorii pohybu planet.¹⁹

Když si Kepler *Hvězdného posla* přečetl a zjistil, že Galileovy Medicejské hvězdy nejsou planety, ale Jupiterovy měsíce, jistě se mu ulevilo. Jeho teorie harmonického uspořádání vesmíru tak zůstala nedotčená. V *Rozpravě* shledává, že stejně tak jako Zemi náleží Měsíc, náleží i Jupiteru tyto čtyři oběžnice.

Kepler v *Rozpravě* také chválí Galilea za technické zpracování dalekohledu a potvrzuje, že jím je možné mnohonásobně zvětšit vzdálené objekty. Z hlediska optiky podle něj Galileo vysvětlil prohlubně na Měsíci řádným způsobem a také souhlasí s jeho tvrzením, že různé horniny odrážejí světlo různým způsobem, a proto na Měsíci vidíme na osvětlené části světlé a tmavé plochy. Souhlasí spolu s Galileem, že Mléčná dráha je hromada hvězd, které se nedokonalému lidskému oku jeví jako slité světlo. V *Rozpravě* se také vyjadřuje k příčinám pohybů planet, které přisuzuje magnetickým principům. Galileo mluví ve *Hvězdném poslu* o nekonečném počtu hvězd, které mohl díky dalekohledu vidět. Na to Kepler v *Rozpravě* navazuje a zmiňuje teorii Giordana Bruna o nekonečnosti vesmíru, se kterou nesouhlasil. Kepler velmi vyzdvihoval důležitost a velikost Slunce jakožto nejjasnější hvězdy.

V době, kdy psal Kepler *Rozpravu*, již znal skutečný tvar planetární dráhy a mohl představu pohybu planet po sférách opustit, ale to z textu jeho spisu nevyplývá.

18 Zdeněk Horský, Kepler v Praze, Mladá fronta, 1980, Praha, s. 85-92.

19 Úvodní poznámky Hadravové in Galileo Galilei, Hvězdný posel, Johannes Kepler, Rozprava s Hvězdným poslem, překlad Alena Hadravová, Pistorius & Olšanská, 2016, Příbram, s. 14.

Úvah o uspořádání kosmu bylo již od starověku nespočet. Řeční myslitelé nebyly ještě ovlivněny tolik náboženskými normami, ani znalostmi fyziky, a proto mohlo vzniknout více modelů vesmírů. Například řecký učenec z 6. století př.n.l. Tháles z Milétu si Zemi představoval jako plochou desku, jež plave na světovém oceánu. Pralátkou pro něj byla voda, která dál utvářela svět zhušťováním nebo zředováním. Pýthagorovská škola přišla s poznatkem, že je Země kulatá a jeden z jejích hlavních představitelů, Filoláos, věřil, že se Země otáčí kolem vlastní osy a zároveň že obíhá jako jedna z planet kolem centrálního ohně. I Slunce a Měsíc počítal Filoláos mezi planety, kterých bylo do té doby počítáno sedm (dalšími byly Merkur, Venuše, Mars, Jupiter, Saturn). A jelikož pro pythágorovce bylo číslo deset dokonalé a mystické, zavedl Filoláos mezi sedm planet, sféru stálic a centrální oheň, ještě desáté hypotetické těleso – Protizemi, která měla ležet na opačné straně centrálního ohně než Země a nebylo jí tak možné pozorovat.²⁰

V nepřeborném množství úvah o vesmíru ustanovil až Aristoteles (384 př.n. l. - 322 př.n.l.), že Země jako nejtěžší těleso tvořené z těžkých prvků (voda, země), musí tíhnout ke středu světa a označil ji za nehybnou. Aristoteles svou teorii podpořil především fyzikálně, tedy na základě studia pohybu těles a jeho zákonitostí. Pohyb vázal na látku, podle svého látkového složení se tak tělesa na Zemi pohybovala patřičným způsobem. Tělesa, která se na Zemi pohybovala a dosáhla svého přirozeného místa, zůstala nakonec v klidu. Aristoteles vyvodil, že pozemským tělesům není pohyb vlastní a tedy i jeho souhrnu – Zemi. Proto Zemi označil za nehybnou. Otáčivé pohyby, které bylo možné vidět na obloze, vysvětlil přidáním nového prvku, éteru. Ten se s pozemskými prvky nikdy nemísí a jeho podstatou je rovnoměrný kruhový pohyb. Nebeská tělesa se skládala z pátého prvku označovaného éter, díky kterému se mohla ve vesmíru pohybovat neustále rovnoměrným kruhovým pohybem.²¹ Aristoteles ovlivnil astronomii na dlouhou dobu, jelikož oddělil dva světy – ten pozemský se čtyřmi prvky a ten nebeský s éterem. Rozdělil vesmír na supralunární a sublunární část a vesmír ohraničil sférou stálic (dva světy oddělené sférou Měsíce). Supralunární svět je dle Aristotela vytvořený z dokonalého a neměnného éteru, a proto se vesmírná tělesa pohybují jen rovnoměrným kruhovým pohybem. Pozemská tělesa složená z těžkých prvků (země,

²⁰ Daniel Špelda, *Astronomie v antice*, Montanex a.s., 2006, Ostrava, s. 28-38.

²¹ Zdeněk Horský, *Kepler v Praze*, Mladá fronta 1980, Praha, s. 79-80.

voda) se pohybují směrem dolů ke středu světa a Země a ta lehká složená z lehkých prvků (oheň, vzduch) nahoru k lunární sféře, protože se snaží dosáhnout svého přirozeného místa, které odpovídá jejich přirozenosti. Aristoteles totiž uvažoval o místním pohybu tak, že mohl být buď násilný, nebo přirozený. Tělesa se podle něj pohybují buď působením vnějšího činitele, nebo díky své vlastní přirozenosti. V jeho teorii přirozeného pohybu figuruje zásada, podle které přirozenost nutí každý prvek vrátit se na své přirozené místo a zde setrvávat v klidu.²²

Z toho je patrné, že Aristoteles uvažoval tak, že tělesa nad lunární sférou jsou utvořená z éteru, dokonalé a božské látky, který zakládá jejich rovnoměrný kruhový pohyb. Díky éteru se nebeská tělesa pohybují rovnoměrným kruhovým pohybem a pohybují se věčně. Nejsou ani lehká ani těžká, nesměřují ke středu světa ani od něj, proto v supralunární oblasti nedochází k přímočarému konečnému pohybu jako na Zemi.

Vesmírná tělesa utvořená z dokonalého éteru mají také nejdokonalejší tvar, tedy tvar koule. Vychází z pythagorejsko-platónského myšlení, kdy nejdokonalejším tvarům přináležejí dokonalé pohyby a koule, jakožto nejdokonalejšímu útvaru ze všech těles, přináležejí nejdokonalejší forma pohybu, tedy rovnoměrný kruhový pohyb.

Aristotelés byl o neměnnosti nebe přesvědčený a stejně tak o tom, že v něm přebývají nesmrtelní a věční bohové. Řecká kultura, filosofie a náboženské představy považovaly nebesa za dokonalé a neměnné místo plné věčné harmonie, kde se nemohly odehrávat žádné změny či nedokonalosti. Nebeská tělesa se zde musela pohybovat dle logiky kruhovým rovnoměrným pohybem, protože kruhový pohyb nemá na své dráze žádný cíl, nebylo důvodu, aby tedy tělesa měnila rychlost. Podle Řeků šlo o ten nejjednodušší a nejpůvodnější pohyb.²³

Komety považoval Aristotelés za atmosférické jevy, které probíhají nepravidelně, mění se, vznikají a zanikají, což bylo pro dokonalý a věčný nebeský svět těles nemožné. Proto je vyřadil z astronomického zkoumání a přiřadil jim pouze hodnotu meteorologických jevů. Až v 16. století potvrdili astronomové, že jde o úkaz, který se odehrává v supralunární oblasti.²⁴

22 Daniel Špelda, *Astronomie v antice*, Montanex a.s., 2006, Ostrava, str. 82-125.

23 Tamtéž.

24 Tamtéž.

Kosmos v pojetí Aristotela je tedy konečný a geocentrický. Má tvar koule, což je mezi tělesy nejdokonalejší tvar a je složený z éterálních koulí vložených do sebe. Ve spisu *O nebi* uvádí Aristotelés argumenty pro svoji teorii konečného vesmíru. Nebeská tělesa se díky éteru pohybují kruhovým pohybem, což by v nekonečném vesmíru nebylo možné, protože koncový bod čáry, kterou bychom vedli ze středu Země k nekonečně vzdálenému tělesu, nemůže projít za konečnou dobu, tedy dvacet čtyři hodin, úplnou kruhovou dráhou.

Kosmos je podle něj věčný a beze zbytku vyplněný éterem. Atomistický pohled na svět, kde existuje prázdno (vakuum), odmítal. Nebeská tělesa jsou utvořena také z éteru, mají tvar dokonalé koule a pohybují se tedy dokonalým rovnoměrným kruhovým pohybem. Jde o oblast nejvyšší dokonalosti. Oproti tomu staví svět pod lunární sférou, který je místem vzniku a zániku, proměnlivosti a přímočarého pohybu. Heliocentrický model světa v 16. století počítal s tím, že Země patří mezi tato dokonalá nebeská tělesa, což bylo v rozporu s aristotelským rozdělením na nadměsíční dokonalou část světa a proměnlivou a nedokonalou sublunární oblast.

IV. Vývoj pohledu na existenci pevných sfér nesoucích vesmírná tělesa

Abychom zjistili, jak se k existenci pevných sfér stavěl Kepler a Galileo, je nutné nastínit, jak vlastně úvahy o pevných a kulovitých sférách vznikaly. Tato představa o vesmíru se objevila zhruba ve 2. polovině 4. století př.n.l. Počítala se soustavou soustředných sfér (koulí) do sebe vložených, které mají materiální podobu, otáčejí se kolem středu světa, kde se shodou okolností nachází i Země, a nesou na sobě všechna vesmírná tělesa.

V pevné otáčející se sféry věřil i Aristoteles. Aristoteles podpořil své úvahy o vesmíru Eudoxovým modelem homocentrických sfér. Eudoxos svůj model pravděpodobně považoval jen za kinematický model, který měl sloužit k výkladu jevů na obloze, ale Aristoteles ho propojil se svojí fyzikou a podpořil tak myšlenku pevných sfér nesoucích na sobě vesmírná tělesa.²⁵

Eudoxův systém je složený z nestejně velikých koulí, které jsou vloženy do sebe a mají společný střed v centru vesmíru (homocentrické sféry). Pro každou planetu zavedl Eudoxos zvláštní soustavu tří až čtyř koulí. Každá koule se otáčí vlastní rychlostí a má jinak nakloněnou osu otáčení a díky jejich součinnosti lze vysvětlit zdánlivé nepravidelnosti, které na obloze můžeme ze Země pozorovat. Eudoxos spolu s ostatními řeckými mysliteli vyložil zdánlivé nerovnoměrnosti na základě rovnoměrného pohybu, který považoval pro nebeská tělesa jako jediný možný. Eudoxos chtěl pravděpodobně jen geometricky vystihnout jevy, které můžeme pozorovat na obloze (zpětné smyčky planet, denní otáčení sféry stálic a pohyb nebeských těles v ekliptikální délce), ale jeho model měl zásadní nedostatek. Nebylo nikdy možné vystihnout proměnlivé vzdálenosti planet od Země (tedy excentricitu jejich drah). Snažil se zachraňovat jevy, ale neměl pravděpodobně ambice propojit to v jednotný planetární systém.²⁶

Aristotelés si představoval kosmos jako konečný, ve tvaru koule, ohraničený sférou stálic (zde byly umístěny hvězdy) a uprostřed jeho středu byla kulatá Země. Do sféry stálic umístil další sféry, z nichž některé nesly nebeská tělesa. Sféry byly soustředné a rovnoměrně se otáčely kolem středu světa, který se shodoval se středem Země.

25 Daniel Špelda, *Astronomie v antice*, Montanex a.s., 2006, Ostrava, s. 114.

26 Daniel Špelda, *Astronomie v antice*, Montanex a.s., 2006, Ostrava, s. 114-117.

Aby Eudoxos vystihl pohyb planet, využíval soustavy čtyř sfér (pro Slunce a Měsíc mu stačily tři sféry), Aristotelés pracoval již s upraveným kinematickým modelem Kallipovým, kde je sfér ještě více. Postupně sféry vložil do sebe a utvořil tak obrovský vesmírný stroj. V Eudoxově modelu se pohyb planety přenášel ze sféry na sféru a výsledkem měl být výsledný pohyb na čtvrté sféře, ovšem Aristotelés spočítal, že aby celý systém fungoval, musí přidat do celého modelu ještě další přídavné sféry, které dorovnávaly pohyb předešlé sféry. I přes tato opatření měl jeho systém stejnou nevýhodu jako ten Eudoxův, a to tu, že nezohledňoval proměnlivé vzdálenosti planet od Země, o kterých Aristotelés věděl.²⁷

Toto téma rozvíjí alexandrijská kosmologie, která vrcholí Ptolemaiem (2. st. n.l.). Jeho nejvýznamnějším dílem je spis nazvaný *Matematická soustava*, známá pod názvem *Almagest*. Zde dokázal Ptolemaios převést empirické poznatky z pozorování oblohy do numerických parametrů, které vystihovaly pohyby nebeských těles pomocí kinematických modelů (systém pomocných kruhů - ekvanty, deferenty a epicykly). Díky těmto modelům mohl předložit spolehlivé tabulky, které umožňovaly předpovídat pohyby těles na nebi v minulosti i do budoucnosti. Veškeré výstupy jeho propočtů vycházely z naměřených úhlů, se vzdálenostmi Ptolemaios vůbec nepočítal. Určil pouze vzdálenosti Slunce a Měsíce k poloměru Země, které byly důležité pro jeho teorii zatmění, ale jinak vzdálenosti nebeských těles pro své modely znát nepotřeboval. Pro jeho výpočty pohybů nebeských těles mu stačily vzájemné poměry jednotlivých kružnic. Nepravidelné pohyby planet vysvětlil matematicky díky pomocným epicyklům. Ve svém dalším díle *Hypotheses Planetarum* propojil Ptolemaios kinematické modely, představené v *Almagestu*, v propojený planetární systém, ve kterém je vesmír vyplněný éterálními nesoustřednými sférami, které na sobě nesou vesmírná tělesa a doléhají na sebe tak těsně, že mezi nimi není již žádný volný prostor. Každému planetárnímu pohybu připisoval nově jedno sférické těleso, takže každé nebeské těleso má svůj komplex sfér. Tyto komplexy jsou vloženy do sebe a obepíná je následně sféra stálic.²⁸

27 Daniel Špelda, *Astronomie v antice*, Montanex a.s., 2006, Ostrava, s. 114-117.

28 Daniel Špelda, *Astronomie v antice*, Montanex a.s., 2006, Ostrava, s. 219-230.

Představy o sférickém uspořádání vesmíru byly tedy v kosmologii hluboce zakořeněné. Byly podloženy mnohými modely a také Aristotelovou fyzikou. Ještě v době Mikuláše Koperníka se nebylo možné opřít o přesnější pozorování vesmírných objektů, heliocentrismus byl navíc v rozporu s Aristotelovou teorií pohybu těles. Pro Koperníka, jako už od dob Aristotela, planeta ještě neobíhala po dráze, je nesena otáčející se sférou.

Koperník přisuzuje planetám jedině rovnoměrný kruhový pohyb, jelikož mu přišlo nelogické, aby se sféra pohybovala nerovnoměrně. A především chtěl vytvořit takový systém, který by neodporoval tehdejší fyzikální představám.²⁹ Již v antice se v 5. st. př.n.l. zakořenil axiom, který počítal s tvrzením, že planety obíhají pouze a jenom rovnoměrným kruhovým pohybem. Jediným přijatelným tvarem nebeských těles mohla být dokonalá koule a její dokonalou formou pohybu mohl být tedy jedině rovnoměrný kruhový pohyb. Rovnoměrný kruhový pohyb postulovali již Pythagorejci, a toto tvrzení přejímá i Platón, pod jehož vlivem se tento axiom stává normou. Úkolem astronomie bylo zachránit jevy, tedy vysvětlit jevy na obloze, ale pouze za pomoci rovnoměrných kruhových pohybů. Už Eudoxos se tyto jevy snažil svými modely zachránit a další astronomové je zdokonalovali, aby zachovali princip rovnoměrných kruhových pohybů.

Samotný pojem *sféra* planety je problematický. Výraz *sphaera* pochází z řečtiny a můžeme ho přeložit jako *koule* či *nebeská báň*, *sféra*. Naproti tomu výraz *orbis*, který již běžně používal Koperník, přeložíme spíše jako *kruh*, *kolo* či *kruhová dráha*. I zde je již cítit znatelný rozdíl, kdy koule je prostorové těleso a kruh rovinný geometrický útvar. Zdeněk Horský uvádí, že Koperníkův pojem *orbis* je běžně překládán jako *sféra* planety, ovšem sám autor nikdy přesně termín nevysvětlil. Podle Horského možná právě proto, že již tehdy vycítil, že nastane velký posun ve vnímání představ o dráze planet. Jeho následovníci od názoru na materiální podstatu sfér časem ustupují, ale obecně se s nimi stále počítalo.³⁰

V originálním latinském textu *Hvězdného posla a Rozpravy s Hvězdným poslem* Galileo Galilei i Kepler využívají různé terminologie k popisu téhož jevu. Zdá se, že

²⁹ Zdeněk Horský, studie Koperníkovo astronomické dílo ve vývoji vědy, in Koperník a české země, Soubor studií o renesanční kosmologii a nové vědě, nakladatelství Pavel Mervart, 2011, Příbram, str. 5-9 (zejména str. 137-138).

³⁰ Zdeněk Horský, Kepler v Praze, Mladá fronta, 1980, Praha, s. 84.

terminologie nebyla ještě ustálená a samotní autoři hledali, jak daný jev co nejlépe vystihnout. Překladatelka paní Hadravová překládá tyto pojmy převážně jako kruhová *dráha* planet, jak uvidíme níže.

Galilei v souvislosti s nově objevenými měsíci Jupitera říká následující:

„Zde tedy jsou čtyři hvězdy vyhrazené Tvému slavnému jménu: nepocházejí z početného a bezvýznamného houfu stálic, ale ze znamenitého rodu planet, které obíhají po **kruhových drahách** vzájemně se lišící rychlostmi kolem Jupiterovy hvězdy, nejvznešenější mezi ostatními, jako její vlastní potomci.“ (Hvězdný posel, Galileo Galilei, 2016, Příbram, s. 47)

„En igitur quatuor Sidera tuo inclyto nomini reservata, neque illa de gregario ac minus insigni inerrantium numero, sed ex illustri vagantium ordine; quae quidem disparibus inter se motibus circum Iovis Stellam caeterarum nobilissimam, tanquam germana eius progenies, cursus suos **orbisque conficiunt** celeritate mirabili, interea dum unanimi concordia circa mundi centrum, circa Solem nempe ipsum, omnia simul duodecimo quoque anno magnas convolutiones absolvunt.“³¹

Galileo v ukázce výše mluví o nově objevených Jupiterových satelitech jako o planetách, což byla běžná praxe. Hvězdné objekty se v dobové literatuře dělily buď na stálice, nebo na planety. Galileo si byl jistě vědom jejich specifčnosti, ale pro novou terminologii se ve *Hvězdném poslu* ještě neodhodlal.

Latinský originál *orbisque conficiunt* bychom mohli volně přeložit jakožto *vykonávat kruhové oběhy* (*orbis* – kolo, *conficere* – vykonat, uskutečňovat, dokončit). Galileo formuluje větu tak, že není jasné, zda jsou nově objevené hvězdy (satelity) poháněny vlastní silou, nebo silou planety Jupiter. Pojem *sféra* zde Galileo vůbec nevyužívá a pouze vystihuje pohyb Jupiterových satelitů, takže z ukázky nepoznáme, zda Galileo předpokládal, že

31 Galileo Galilei, *Sidereus nuncius* [online]. Online knihovna Liber Liber.it. Datum publikace 04.06.2013

[cit. 01.04.2022] Dostupné z:

https://web.archive.org/web/20110629144745/http://www.liberliber.it/biblioteca/g/galilei/sidereus_nunci/us/html/sidereus.htm

příčinou pohybu planet (satelitů) je jejich pohyb po sféře, či zda jejich popud k pohybu vychází odjinud. Na druhou stranu zde mluví o těchto čtyřech satelitech jako o potomcích planety Jupiter, takže chápal, že jejich pohyb je vázaný na jejich mateřskou planetu Jupiter.

„A nejsou jen tři, ale čtyři hvězdy, které bloudí kolem Jupitera a točí se kolem něj ve svých **kruhových drahách**; ...“ (HP, s. 86)

„Ac non tantum tres, verum quatuor esse vaga Sidera circa Iovem suas **circumvolutiones obeuntia**; ...“³²

Galileo postupně během svého dvouměsíčního pozorování objevil dalekohledem kolem planety Jupiter čtyři jeho satelity. Opět hledá ukotvení termínu, dle originálu můžeme volně přeložit jako chodit po kruhových otáčkách (*obire*– obejít, obcházet, *circumvolvere* – otáčet se kolem). Běžně užívaný termín *sféra* zde chybí, takže ani zde nezjistíme, zda Galileo s pohybem satelitů po sférách počítal. A i zde není jasné, kdo pudí hvězdy k pohybu, ale dle formulace spíše vykonávají hvězdy svůj pohyb kolem planety ze svého vnitřního popudu.

„Navíc se zjistilo, že rychleji obíhají ty planety, které opisují kružnice kolem Jupitera těsněji: proto jsou často poblíž Jupitera vidět na východě hvězdy, které den před tím byly na západě, a naopak, avšak zdá se, že planeta, která **prochází největší dráhou**, má podle přesných pozorování jejich návratů periodu oběhu půl měsíce.“ (HP, s. 109)

„Depaehenditur insuper, velociores esse conversiones Planetarum angustiores circa Iovem circulos describentium: propinquiores enim Iovi Stellae saepius spectantur orientales, cum pridie ex occasu apparuerint, et e contra: at Planeta, maximum **permeans orbem**, accurate praeadnotatas reversiones perpendenti, restitutiones semimenstruas habere videtur.“³³

32 Galileo Galilei, Sidereus nuncius [online]. Online knihovna Liber Liber.it. Datum publikace 04.06.2013

[cit. 01.04.2022] Dostupné z:

https://web.archive.org/web/20110629144745/http://www.liberliber.it/biblioteca/g/galilei/sidereus_nunci us/html/sidereus.htm

33 Tamtéž.

Originál můžeme volně přeložit jako planeta procházející největším kruhem (*permeare* – procházet skrze něco, *orbis* – kruh, kolo). I zde se Galileo termínu *sféra* zcela vyhýbá a snaží se vystihnout pohyb Jupiterova satelitu pomocí termínu *orbis*. Galileo si povšiml, že oběžná doba každého z měsíců kolem Jupitera je různá a tento poznatek důsledně zakreslil do svých poznámek. Satelit, který obíhá po nejmenší dráze, rychle mění své postavení vůči Jupiteru, a tak mohl Galileo zaznamenat, že během několika hodin se jeho postavení změní a je možné ho vidět jednou na západě a jindy na východě od planety Jupiter.

Kepler pythágorovsko-platónskou tradici ctil, ale na základě studia pohybů Marsu dospěl k závěru, že o rovnoměrný kruhový pohyb nejde. Problém byl v nerovnostech pohybu planet po obloze. První anomálií, kdy planeta zdánlivě vytváří tzv. zpětné kličky, které Ptolemaios řešil svými epicykly, vysvětluje změna pozorovacího stanoviště Země, která se otáčí kolem Slunce. Druhou anomálií, kdy se planeta pohybuje po obloze nerovnoměrně, dokázal Kepler vysvětlit pohybem planety po elipse. Čím více je dráha planety odlišná od kružnice, tím více je pohyb pro pozemského pozorovatele nerovnoměrný.³⁴

Kepler ani po publikování svého závěru o eliptické dráze planet v *Nové astronomii* z roku 1609 pravděpodobně neviděl nutnost přesněji specifikovat význam termínu *sféra* a *dráha* planety. Ve svém *Kosmografickém mystériu* hledal harmonické uspořádání vesmíru, jakýsi matematický řád světa, a proto do prostoru mezi sférami planet vložil pravidelná geometrická tělesa. Inspirovaný Platónem, věřil, že pro výstavbu vesmíru i částic prvků postačí pět pravidelných mnohostěnů (krychle, čtyřstěn, osmistěn, dvanáctistěn a dvacetistěn).³⁵ Dokázal tak vysvětlit různé vzdálenosti planet od Slunce a zároveň to vyhovovalo heliocentrismu, protože právě a pouze v tomto uspořádání je možné vložit mezi 6 planet 5 těchto těles. *Sféry* byly nezbytnou součástí harmonicky (matematicky) uspořádaného vesmíru v jeho *Kosmografickém mystériu*.

Ve své *Rozpravě s Hvězdným poslem* termínu *sféra* Kepler také využil:

„Představme si **sféru stálic**, přibližně jedna její třítisícina je **sféra** Saturna, jedna její desetina je **sféra** Země.“ (Rozprava s Hvězdným poslem, Johannes Kepler, 2016, Příbram, s. 169)

34 Zdeněk Horský, Kepler v Praze, Mladá fronta, 1980, Praha, s. 67-68.

35 Zdeněk Horský, Jiří Grygar, Pavel Mayer, Vesmír, Mladá fronta, 1979, Praha, s. 344.

„Efto enim **Sphaera fixarum**; huius pars forte ter millesima Saturni **Sphaera**, huius item decima pars Telluris **Sphaera**;³⁶

Na tomto místě v *Rozpravy s Hvězdným poslem* využil Kepler termínu *sféra*, což je trochu překvapivé. *Rozpravu* psal v době, kdy již objevil eliptickou dráhu planet, jak bylo již zmíněno výše, ale zřejmě v tom neviděl rozpor. Je možné, že vnímání termínu *sféra* v jeho době bylo již jiné, než jak si tento termín dnes představujeme my vzhledem ke kontextu původní tradiční scholastiky. Možná sféry nevnímal jako pevné a nepropustné, ale jen jako termín, který vyjadřuje kruhový pohyb planet. Vysvětlují si to tedy tak, že si Kepler možná sféru představoval jako zónu, kam se elipsa mohla vejít a nebylo tedy nutné pojem *sféra* nijak rozporovat.

Dále již Kepler termín *sféra* v *Rozpravě* nevyužívá. Ovšem z citace níže je patrné, že trval na své teorii o vložení dokonalých symetrických těles mezi jednotlivé sféry planet, a tudíž se sférami pravděpodobně stále počítal:

„Přestože ony čtyři planety obíhají kolem Jupiteru ve velmi těsných **okruzích**, nikdo se nemusí bát, že narušují moji teorii, podle níž jsou mezi planety vložena Pýthagorova tělesa.“ (RHP, s. 173)

„Cum quatuor hi planetae angustissimis meatibus Iovem ipsum **circumambulent**; nemo metuat turbatum iis iri rationem meam interpositionis figurarum Pythagoreae inter planetas.“³⁷

Z originálu se jeví, jako by Jupiterovy měsíce, jež nazývá planety, samy kráčely po kruzích (*circumambulare* – procházet se dokola, *ipsum* – sám, samotný). Z formulace Keplerovy odpovědi by se mohlo zdát, že planety (satelity) vykonávají svůj pohyb samy, ale je možné, že tímto problémem se Kepler v *Rozpravě* vůbec nezaobíral, zaměřoval se spíše na objev samotných satelitů a na jejich pohyby na obloze. Příčinu pohybu satelitů zde patrně nehledal.

36 Johannes Kepler, *Dissertatio cum Nuncio sidereo* [online]. Univerzitní knihovna Freiburg. [cit. 01.04.2022] Dostupné z: http://dl.ub.uni-freiburg.de/diglit/kepler1611/0009/image?sid=2239f981cf31190697d13bf02c25a015#current_page

37 Tamtéž.

„Když jsem tak až dosud na základě Brahových pozorování revidoval **dráhy** a pohyby Marsu, Země a Venuše, shledal jsem, že tam zeje poměrně dost mezer.“ (RHP, s. 173)

„Adeoque etiamnum in restitutione **orbium motuum** Martis, Telluris, Veneris, ex observationibus Brahei, deprehendo hiare plusculum interstitia,...“³⁸

Kepler zde reflektoval pohyb Marsu, Země a Venuše. Volně lze větu přeložit jako pohyb po kružnici (*motus* – pohyb, *orbis* – kruh, kolo, kružnice). Termínu sféra se Kepler opět vyhýbá. Terminologie tedy ještě nebyla ustálená, oba autoři využívají různého skladby slov, aby vyjádřili tvar pohybu nebeských těles na obloze.

38 Johannes Kepler, *Dissertatio cum Nuncio sidereo* [online]. Univerzitní knihovna Freiburg. [cit. 01.04.2022] Dostupné z: http://dl.ub.uni-freiburg.de/diglit/kepler1611/0009/image?sid=2239f981cf31190697d13bf02c25a015#current_page

Kepler objevil eliptickou dráhu planet, ale také se zasloužil o zavedení nové terminologie pro vesmírná tělesa, která objevil Galileo svým dalekohledem. Dobová terminologie si vystačila s termíny jako stálice a planety (či bludné hvězdy).

Pro pozemského pozorovatele se stálice na nebeské klenbě čile pohybují, ovšem nehýbou se vůči sobě navzájem, tj. nemění vzdálenosti mezi sebou navzájem. Někteří předsokratici si svět si nepředstavovali ještě jako kouli, ale spíše jako desku, na které je položený „poklop“ ze stálic. Stálice vůči sobě neměnily polohu, a lidé tak mohli začít utvářet známá souhvězdí a mohli se podle nich orientovat. Řeční myslitelé začali rozlišovat hvězdy a planety, jelikož si všimli jejich rozdílných pohybů. Stálice se pro pozemského pozorovatele pohybují od východu na západ, tedy opačným směrem než planety. Při dlouhodobějším pozorování planet se nám jeví, že je jejich pohyb vůči stálicím jednou zpomalený a jednou zrychlený. Tento jev je způsobený tím, že planeta neobíhá po přesně kruhové dráze, ale po dráze eliptické a v přísluní (perihéliu) se pohybuje rychleji než v odsluní (aféliu) a také proto, že i samotná Země vykonává pohyb na své dráze. Zároveň se nám zdá, že planety vykonávají tzv. zpětné kličky, což způsobuje změna pozorovacího stanoviště Země, která se otáčí kolem Slunce. Rozpoznání odlišného pohybu planet a stálic bylo významným posunem.

Výraz *planeta* pochází z řeckého *πλανήτης*, *planétés* – „tulák“. Středověcí učenci na tuto terminologii navázali a používali termíny pro stálice (*stellae fixae*) a o planetách či o měsících mluvili jako o hvězdách, které bloudí (*stellas vagantes*).

Babylónští astronomové, kteří již kolem roku 500 př.n.l. dokázali rozčlenit stálice do souhvězdí, zavedli zodiak jako referenční systém pro pohyb Slunce, Měsíce a planet a shromažďovali empirické důkazy o jevech na obloze. Zdá se také, že některá jména souhvězdí přejali Řekové od Babylóňanů. Povahu a uspořádání světa vysvětlovala mytologie, ovšem již ranní řeční filosofové začali projevovat zájem o nebeské úkazy.³⁹

Galileo svým dalekohledem objevil čtyři nové vesmírné objekty, které nebylo možné považovat za stálice, jelikož se po obloze pohybovaly zcela jiným způsobem než stálice a ani za planety, jelikož se pohybovaly kolem středu Jupitera a ne kolem středu světa. Bylo tedy na místě vymyslet i nové pojmosloví. Již Koperník zařadil Měsíc, který do té doby

39 Daniel Špelda, *Astronomie v antice*, Montanex a.s., 2006, Ostrava, s. 27-56.

považovali astronomové za planetu, mezi pouhý satelit Země, ovšem termín *satelit* pro tento typ nebeského objektu, které v latině znamená tělesnou stráž či průvodce, zavádí až Kepler.⁴⁰

Na tomto místě je ale nutné zmínit, že s heliocentrickou koncepcí vesmíru přišel v antice již Aristarchos ze Samu (asi 3. st. př.n.l.), který Měsíc považoval také za satelit naší Země, jen tento termín pravděpodobně ještě nevyužíval. Aristarchos počítal s tím, že Země se pohybuje kolem Slunce a sama se také otáčí kolem své osy. Jeho heliocentrický model vesmíru se ovšem neujal a zchoval se pouze v dílech několika dalších antických astronomů.⁴¹

Čtvrtá část spisu *Hvězdný posel* se věnuje objevu čtyř Jupiterových satelitů. Galilei se zprvu domníval, že jde o nové hvězdy. Začal je systematicky pozorovat od 7. ledna roku 1610 a přišel na to, že mění svá postavení, obíhají kolem Jupitera po kruhových drahách.

„Zde jsou tedy **čtyři hvězdy** vyhrazené Tvému slavnému jménu: nepocházejí z početného a bezvýznamného houfu stálic, ale ze znamenitého rodu, které obíhají po kruhových drahách vzájemně se lišícími rychlostmi kolem Jupiterovy hvězdy, nejvznešenější mezi ostatními, jako její vlastní potomci. Současně s obdivuhodnou rychlostí a ve svorné jednotě konají velké oběhy kolem středu světa, totiž kolem samého Slunce, to všechno za dvanáct let.“ (HP, s. 47)

„En igitur **quatuor Sidera** tuo inclyto nomini reservata, neque illa de gregario ac minus insigni inerrantium numero, sed ex illustri vagantium ordine; quae quidem disparibus inter se motibus circum Iovis Stellam caeterarum nobilissimam, tanquam germana eius progenies, cursus suos orbisque conficiunt celeritate mirabili, interea dum unanimi concordia circa mundi centrum, circa Solem nempe ipsum, omnia simul duodecimo quoque anno magnas convolutiones absolvunt. Ut autem inclito Celsitudinis tuae nomini prae ceteris novos hosce

⁴⁰ Zdeněk Horský, Kepler v Praze, Mladá fronta, 1980, Praha, s. 61.

⁴¹ Zdeněk Horský, Jiří Grygar, Pavel Mayer, Vesmír, Mladá fronta, 1979, Praha, s. 244.

Planetas destinarem, ipsemet Siderum Opifex perspicuis argumentis me admonere visus est.“⁴²

V ukázce výše Galileo pro nově objevené satelity používá termínu *sidera*, pravděpodobně převzato z latinského výrazu *sidereus* – *hvězdný*, *hvězdnatý*. Galileo chápal, že nemůže jít o stálice, protože nová tělesa vůči sobě navzájem mění polohu. O těchto čtyřech satelitech mluví jako o potomcích planety Jupiter, chápe tedy, že jejich pohyb je vázaný na jejich mateřskou planetu. Galileo správně poznamenal, že měsíce obíhají kolem planety Jupiter a společně s Jupiterem oběhnou Slunce jednou za dvanáct let.

„Usoudil jsem tedy, že tři **hvězdy** krouží kolem Jupiteru stejně jako Venuše a Merkur kolem Slunce. Co bylo nad slunce jasnější, bylo pak potvrzeno řadou dalších pozorování. A nejsou jen tři, ale čtyři **hvězdy**, které bloudí kolem Jupiteru a točí se kolem něj ve svých kruhových drahách; jejich nadále pozorovaná přeskupování přesněji poskytnou následující záznam. Pomocí dalekohledu jsem také změřil mezery mezi nimi, a to způsobem vysvětleným výše; kromě toho jsem připojil hodiny pozorování, zvláště tehdy, konalo-li se jich více v jedné noci. Oběhy těchto **planet** jsou totiž tak rychlé, že je většinou možné zachytit jejich změny po hodinách.“ (HP, s. 86)

„Statutum ideo omnique procul dubio a me decretum fuit, tres in caelis adesse **Stellas vagantes** circa Iovem, instar Veneris atque Mercurii circa Solem; quod tandem luce meridiana clarius in aliis postmodum compluribus inspectionibus observatum est: ac non tantum tres, verum quatuor esse **vaga Sidera** circa Iovem suas circumvolutiones obeuntia; quorum permutationes, exactius consequenter observatas, subsequens narratio ministrabit: interstitia quoque inter ipsa per Perspicillum, superius explicata ratione, dimittis sum: horas insuper observationum, praesertim cum plures in eadem nocte habitae fuerunt, apposui; adeo enim celeres horum **Planetarum** extant revolutiones, ut horarias quoque differentias plerunque liceat accipere.“⁴³

42 Galileo Galilei, *Sidereus nuncius* [online]. Online knihovna Liber Liber.it. Datum publikace 04.06.2013 [cit. 01.04.2022] Dostupné z: https://web.archive.org/web/20110629144745/http://www.liberliber.it/biblioteca/g/galilei/sidereus_nuncius/html/sidereus.htm

43 Tamtéž.

Galileo v ukázce výše používá termínu *Stellas vagantes/vaga Sidera*, tedy hvězdy, které putují/bloudí a hned na to použil k vyjádření téhož termín *Planetarum* ve významu planety, což není překvapivé. Mínil tím Jupiterovy satelity a mluvil o nich jednou jako o hvězdách, a jednou jako o planetách, což bylo v tehdejší literatuře běžné. Učenci té doby používali pouze termíny pro stálice (*stellae fixae*) a o planetách či o měsících mluvili jako o „bloudících“ hvězdách, protože ve svém pohybu na nebi z pohledu pozemšťana vykazují nerovnoměrnosti.

„Co však zdaleka překonává všechen podiv a co nás obzvláště donutilo vyhledat pozornost všech astronomů a filozofů, je to, že jsme objevili **čtyři bludné hvězdy**, které nebyly známy ani pozorovány nikým jiným z našich předchůdců. Tyto hvězdy mají své vlastní periody kolem jedné významné hvězdy z počtu známých hvězd jako Venuše a Merkur kolem Slunce, a hned ji předcházejí, hned za ní následují, nikdy se však od ní nevzdalují za jisté hranice. To všechno jsem pozoroval s pomocí dalekohledu, který jsem vymyslel a vynalezl před několika dny poté, co mne osvítila Boží přízeň.“ (HP, s. 53)

„Verum, quod omnem admirationem longe superat, quodve admonitos faciendos cunctos Astronomos atque Philosophos nos apprime impulit, illud est, quod scilicet **quatuor Erraticas Stellas**, nemini eorum qui ante nos cognitatas aut observatas, adinvenimus, quae circa Stellam quandam insignem e numero cognitarum, instar Veneris atque Mercurii circa Solem, suas habent periodos, eamque modo praeceunt, modo subsequuntur, nunquam extra certos limites ab illa digredientes. Quae omnia ope Perspicilli a me excogitati, divina prius illuminante gratia, paucis abhinc diebus, reperta atque observata fuerunt.“⁴⁴

Galileo si byl vědom, že objev Jupiterových satelitů, které mohl spatřit jen díky svému zkonstruovanému dalekohledu, byl objevem důležitým. Podle staré scholastiky měl být svět

44 Galileo Galiei, *Sidereus nuncius* [online]. Online knihovna Liber Liber.it. Datum publikace 04.06.2013 [cit. 01.04.2022] Dostupné z:

https://web.archive.org/web/20110629144745/http://www.liberliber.it/biblioteca/g/galilei/sidereus_nunci us/html/sidereus.htm

v supralunární části neměnný, ovšem Galileo objevil hned čtyři nové nebeské objekty, které před ním nikdy dříve nikdo vidět nemohl. Správně postřehl, že satelity planety obíhají různou rychlostí a jejich měnící se polohy v *Hvězdném poslu* zakreslil den po dni.

I zde Galileo použil ustálený obrat, když mluví o bloudících hvězdách a využil k tomu slovesa *errare* – bloudit, toulat se.

Komunikace mezi tehdejšími učenici probíhala na základě korespondence a byla velmi čínorodá. Kepler s Galileiem si vyměnili několik dopisů, kde konzultovali své názory a teorie s dalšími odborníky. Nikdy se spolu osobně nesetkali, ale když zaslal Galilei Keplerovi svého *Hvězdného posla* a poprosil Keplera o jeho vyjádření, Kepler odpověděl téměř okamžitě, během několika dnů.

V *Rozpravě* se Kepler snažil odlišit terminologii pro nově objevené „planety“ Jupitera. Na rozdíl od Galilea a ostatní soudobé literatury Kepler již mluví o oběžnicích či satelitech (*circulatores, satellites*). Původně známým planetám jako Merkur, Venuše, Mars, Jupiter a Saturn říká *planeta* či *stella*.

„Je to tedy zcela jistě tak, že náš Měsíc patří nám na Zemi a nepatří ostatním tělesům a že ony čtyři měsíčky jsou Jupiterovy a nejsou naše. Stejně tak jednotlivým tělesům planet a jejich obyvatelům náležejí jejich **oběžnice**.“ (RHP, s. 167)

„Plane igitur sic est, quod nobis est in Tellure nostra Luna, hoc non est globis caeteris; et quod Ioui sintillae quatuor lunulae, id non sunt nobis: et vicissim singulis planetarum globis eorumque incolis sui feruiunt **circulatores**.“⁴⁵

Kepler s Galileem souhlasil, že nově objevená tělesa obíhají kolem planety Jupiter a upozorňoval na podobnost s naším Měsícem, který obíhá planetu Zemi.

„Jistě, pohybuje-li se Jupiter po dvanáct let trvající dráze (jak jsi Ty, Galilee, pěkně vyložil) a přitom jej z obou stran obíhají čtyři **satelity**, co je absurdního na Koperníkově výroku, že takto se k Zemi, vykonávající roční pohyb, připojuje jeden Měsíc?“ (RHP, s. 167-168)

45 Johannes Kepler, *Dissertatio cum Nincio sidereo* [online]. Univerzitní knihovna Freiburg. [cit. 01.04.2022] Dostupné z: http://dl.ub.uni-freiburg.de/diglit/kepler1611/0009/image?sid=2239f981cf31190697d13bf02c25a015#current_page

„Nimirum (ut tu Galilaeae pulchre infers) si Iovem curriculo duodecim annorum occupatum, quatuor **circulatores** antepone cingunt; quid absurdi dicit Copernicus, Telluri, dum annuo motu redit, unam lunam eadem ratione adhaerescere.“⁴⁶

Kepler zde opět přirovnává náš pozemský satelit k satelitům Jupiterovým. Tato tělesa jasně přináležejí planetě Jupiter, stejně tak jako Zemi přináležejí Měsíc. Satelity doprovázejí planety na jejich dráze kolem Slunce – Jupiter vykoná se svými měsíčky oběh kolem Slunce dvanáct let a Země se svým satelitem dokončí oběh kolem Slunce za jeden rok.

„K tomu se velmi výstižně vyjádřil také Wacker: Jupiter se otáčí kolem své osy stejně jako naše Země. Toto otáčení je provázeno oběhem oněch čtyř měsíců, podobně jako je rotace Země provázena oběhem našeho Měsíce ve stejném směru.“ (RHP, s. 167)

„Adeoq hoc argutissime Wackherius monuit, etiam Iouem circa suum volui axem, vt nostram tellurem, vt ad illam conuolutionem gyratio illa **quatuor lunarum** fequatur, vtiad nostrae Lunae conversio in eandem plaga sequitur;...“⁴⁷

Na tom to místě *Rozpravy* Kepler použil termínu *lunarum*. Vyjádřil tak spojitost mezi naším Měsícem, který vykoná svůj pohyb kolem Země za jeden měsíc a spojitost s měsíčky Jupiterovými, které vykonávají svůj oběh podobně, jen kolem středu planety Jupiter, avšak mnohem rychleji, což Galileo ve *Hvězdném poslu* důkladně popsal a zakreslil.

Kepler sám však pojmosloví hledá a snaží se ho teprve vystihnout. Na některých místech *Rozpravy* v odpovědích Galileiovi mluví o Jupiterových satelitech jako o planetách, aby následně přešel k výstižnějším termínům popisujícím skutečnost, že měsíce kolem Jupiteru obíhají v kruzích:

„Přestože ony **čtyři planety** obíhají kolem Jupiteru ve velmi těsných okruzích, nikdo se nemusí bát, že narušují moji teorii, podle níž jsou mezi planety vložena Pýthagorova tělesa.

46 Johannes Kepler, *Dissertatio cum Nincio sidereo* [online]. Univerzitní knihovna Freiburg. [cit. 01.04.2022] Dostupné z: http://dlub.uni-freiburg.de/diglit/kepler1611/0009/image?sid=2239f981cf31190697d13bf02c25a015#current_page

47 Tamtéž.

Ba dokonce doufám, že tyto Jupiterovy **oběžnice** a také ty, které možná mají další planety, konečně odstraní veškeré nesrovnalosti, které zbývají. Že Bůh vložil tyto **oběžnice** mezi geometrická tělesa záměrně, dokazuje také Měsíc, **oběžnice** Země, jehož oběh kolem Země jsem nemohl pominout, když jsem se touto úlohou vážně zabýval.“ (RHP, s. 173)

„Cum quatuor hi planetae angustissimis meatibus Iovem ipsum circumambulent; nemo metuat turbatum iis iri rationem meam interpositionis figurarum Pythagoreae inter planetas. Quin potius spero hos **circulatores** Iovios & si quos habent alii etiam planetae, tandem omnem quae restat discrepantiam sublaturus. Rationem enim á Deo etiam horum **circulatorum** habitam in figurarum interpositione, **circulator** terrae, Luna scilicet arguit, cuius circuitum circa terram negligere non potui, cum illud negotium serio tractarem.“⁴⁸

Kepler ve svém *Kosmografickém mystériu* vložil mezi sféry planet dokonale symetrická platónská tělesa. V jeho systému založeném na geometrických principech mohlo existovat pouze šest planet, mezi které se dalo vložit pět symetrických mnohostěnů. V ukázce z *Rozpravy* Kepler upozorňuje na to, že jeho systém může dál fungovat a nově objevené měsíce jeho teorii nijak nenarušují, jelikož nejde o nové planety, ale o satelity. Dokonce se v *Rozpravě* vyjadřuje tak, že v jeho výpočtech satelity mají své místo a jeho harmonický vesmír nikterak nenarušují.

„Spíše bych si přál mít teď po ruce dalekohled, abych Tě mohl předběhnout v objevu dvou **oběžnic** Marsu (zdá se mi, že si to tak žádá proporcčnost), šesti či osmu Saturnu a po jednom satelitu snad pro Venuši a Merkur.“ (RHP, s. 130-131)

„...vt potius optem mihi in parato iam esse perspicillum, quo te in deprehendendis **circum** Martialibus (vt mihi proportio videtur requirere) duobus, & **circum**-Saturniis sex vel octo praeuertam, vno forsan et altero **circum**-Venerio, et **circum**-Mercuriali accesuro.“⁴⁹

48 Johannes Kepler, *Dissertatio cum Nuncio sidereo* [online]. Univerzitní knihovna Freiburg. [cit.

01.04.2022] Dostupné z: [http://dl.ub.uni-](http://dl.ub.uni-freiburg.de/diglit/kepler1611/0009/image?sid=2239f981cf31190697d13bf02c25a015#current_page)

[freiburg.de/diglit/kepler1611/0009/image?sid=2239f981cf31190697d13bf02c25a015#current_page](http://dl.ub.uni-freiburg.de/diglit/kepler1611/0009/image?sid=2239f981cf31190697d13bf02c25a015#current_page)

49 Tamtéž.

Na tomto místě vkládá Kepler výraz *circum* (pohyb v kruhu, dokola) do pozice před podstatná jména (před názvy planet) - např. *circum-Saturniis* by se dalo chápat jako Saturnův obíháček nebo obkružovač – v překladu tedy *oběžnice*. Kepler zde také zmiňuje svou teorii, podle které bude počet satelitů kolem planet stoupat se vzdáleností od Slunce. Venuši, Merkuru, jakožto vnitřním planetám, přisuzuje po jednom satelitu. Poté, co Galileo objevil čtyři Jupiterovy oběžnice, se Kepler pravděpodobně jen utvrdil v tom, že by Mars měl mít dva satelity. Saturnu jich pak přisuzoval šest nebo osm, podle toho, zda by nárůst satelitů měl přibývat aritmetickou, nebo geometrickou řadou.

Kepler píše: „Když jsem tak až dosud na základě Brahových pozorování revidoval dráhy a pohyby Marsu, Země a Venuše, shledal jsem, že tam zeje poměrně dost mezer.....Doufám, že tyto malé prostory kolem Marsu a Venuše jsou velmi vhodné pro výskyt jejich měsíců a že je, Galilee, jednou odhalíš.“ (RHP, s. 173-174)

Dnes již víme, že Venuše a Merkur žádné měsíce nemá, kolem Marsu byly objeveny dva měsíce, Jupiter má sedmdesát devět dosud známých měsíců a u Saturnu bylo objeveno více než osmdesát měsíců. Kepler se tedy v tomto ohledu zmýlil, když počítal s naprostou symetričností vesmíru.

Galilei také srovnává oběh Měsíce kolem Země s oběhem čtyř měsíců, které obíhají kolem Jupitera a jasně zmiňuje oběh planet a jejich satelitů kolem Slunce:

„Nyní však nemáme jen jednu planetu, která se otáčí kolem druhé a obě společně se pohybují po velké dráze kolem Slunce: zrak nám nabízí čtyři hvězdy kroužící kolem Jupitera jako Měsíc kolem Země, a ty všechny zároveň s Jupiterem oběhnou kolem Slunce ve velké kružnici jednou za dvanáct let.“ (HP, s. 109)

„...nunc enim, nedum Planetam unum **circa** alium convertibilem habemus, dum ambo magnum **circa** Solem perlustrant orbem, verum quatuor **circa** Iovem, instar Lunæ **circa** Tellurem, sensus nobis vagantes offert Stellas, dum omnes simul cum Iove, 12 annorum spatium, magnum **circa** Solem permeant orbem.“⁵⁰

50 Galileo Galilei, *Sidereus nuncius* [online]. Online knihovna Liber Liber.it. Datum publikace 04.06.2013

[cit. 01.04.2022] Dostupné z:

https://web.archive.org/web/20110629144745/http://www.liberliber.it/biblioteca/g/galilei/sidereus_nuncius/html/sidereus.htm

Kepler souhlasí a píše ve své odpovědi:

„Je to jasnější tomu, kdo s Tebou, Galilee, a se mnou přijímá Koperníkův systém světa. V něm totiž vidíme, že **Měsíc má postavení planety, jež obíhá kolem Země** tak, že nemůže být viděn z jiných koulí než ze samotné Země, kterou svým během obkružuje.“ (RHP, s. 166)

„Id eidentius patet illi, qui tecum Galilae, mecumque Copernicum sequitur in Systemate mundano: videmus enim in eo **Lunam, circumterrestrem planetam**, sic comparatum, vt non possit videri aliis globis, quam soli Telluri, quam cursibus“⁵¹

Z výše uvedených ukázek je jasné, že Galileo i Kepler si uvědomovali, že nově objevená nebeská tělesa není možné zařadit mezi stálice, protože konají pohyb kolem středu Jupitera a že je jejich vzájemné postavení okolo Jupitera mimořádné. Stejně jako Měsíc je naším satelitem, Jupiter má tyto své čtyři měsíčky.

51 Johannes Kepler, *Dissertatio cum Nincio sidereo* [online]. Univerzitní knihovna Freiburg. [cit. 01.04.2022] Dostupné z: http://dl.ub.uni-freiburg.de/diglit/kepler1611/0009/image?sid=2239f981cf31190697d13bf02c25a015#current_page

VII. Pohyb planet

Aristotelés se zajímal o původ pohybu nebeských těles v kosmu. Podle něj existoval nehybný hybatel, který uvedl celý kosmos do pohybu. Hybatel je podle něj netělesný, tedy bez látkového složení, ta by totiž naznačovala možnou změnu, konec či možnost pohybu. Jenomže pro něj byl hybatel nekonečný, věčný a dokázal vyvolat také věčný pohyb. Dokonce je hybatel živý a je rozumem, lze ho pojímat jako boha a nejvyšší dobro. Žije pravděpodobně někde vně sféry stálic, svým dokonalým věčným životem. Sféra stálic je hybateli nejbližší a snaží se ho napodobit, pohybuje se nejrychleji a přenáší veškerý pohyb do celého kosmu, ze sféry na sféru. Snaží se hybateli co nejvíce podobat, a tak se otáčí rovnoměrným pohybem. Ztotožňování prvního hybatele s křesťanským bohem bylo samoúčelné. Aristotelický hybatel myslí jen na sebe, jde o dokonalou bytost, která se s látkovým světem nepotkává, aby nedošlo k omezení jeho dokonalosti. Zároveň Aristotelés uvádí, že existuje tolik hybatelů, jako je sfér, tedy 55 (respektive 49 sfér). Veškerý pohyb v aristotelickém světě je tedy způsoben kontaktem s prvotním hybatelem, který se přenáší směrem ke středu a do sublunární oblasti již vstupuje oslabený, a tudíž s sebou nese nedokonalost a nahodilost. Míchá se s látkovou oblastí pod Měsícem, což znamená, že spolu se vzdáleností od sféry stálic klesá míra racionality a uspořádanosti celého systému. Koperníkova teorie o ročním oběhu kolem Slunce, která způsobuje, že z našeho pozorovacího pohledu vidíme denní otáčení oblohy, byla tedy opravdovou revolucí. Již totiž nebylo možné oddělovat svět nebeský a pozemský.⁵²

Aristotelická kosmologie tedy viděla příčinu pohybu planet v pohybu sfér. Každá sféra byla utvořena z dokonalé éterální látky a ve svém plášti nesla jednu planetu, a mohla jí tak pohybovat.

Ještě za dob Keplera byl obecně uznávaným Ptolemaiův spis „*Almagest*“, který sloužil jako učebnice astronomie. Ptolemaios v souladu s Aristotelem předpokládal, že je Země nehybná a umístil ji do středu světa. Ptolemaiiovský systém představený v *Almagestu* nebyl systémem v pravém smyslu slova. Ptolemaios dokázal vytvořit model pohybu planet na obloze (díky soustavě ekvantů, deferentů a epicyklů), ale nedokázal modely v tomto spisu pro jednotlivé planety propojit v jeden planetární systém. Jeho teorie tak mohla být ve shodě

⁵² Daniel Špelda, *Astronomie v antice*, Montanex a.s., 2006, Ostrava, str. 82-125.

s pozorováním. Dokázal propočítat jen relativní vzdálenost Měsíce a planety uspořádal kolem Země. Nejvýše pro něj byla sféra stálice, následně Saturn, Jupiter, Mars, Slunce, Venuše, Merkur a Měsíc.

Představy o původu a šíření pohybu v kosmu měl Ptolemaios oproti aristotelské koncepci odlišné. Principem pohybu nebeských těles složených z věčného a dokonalého éteru byl pohyb po sféře díky jejich duši. Nebeská tělesa měla svoji vlastní životní sílu a chovala se koordinovaně.⁵³

Mikuláš Koperník chtěl *Almagest* nahradit svým dílem *O oběžích nebeských sfér*. Argumentoval principem optické relativity. Učinil „...poznatek, že v pohybech, které pozorujeme na obloze, se nutně zrcadlí případné pohyby našeho pozorovacího stanoviště...“⁵⁴ Dále přisoudil Zemi tři pohyby: rotační, oběžný a precesní. Když odečetl zemské pohyby od těch zdánlivých pohybů, které na obloze můžeme pozorovat, vyšel mu jednoduchý obraz světa. Slunce si v jeho systému vyměnilo ústřední postavení se Zemí a Země se stala jednou z planet, byla tedy již součástí nebeského soukolí. Naopak Měsíc Koperník degradoval na pouhý satelit naší Země. Argumentem, který Koperník využíval pro svou tezi o pohyblivosti Země, byl ten, že je mnohem pravděpodobnější, že se pohybuje spíše část než celek. Bylo pro něj logičtější, že se jednou za dvacet čtyři hodin otočí malá část světa, než tak obrovská rozlehlost jakou byl celý nebeský svět.⁵⁵ Koperník místo tradičních sedmi planet najednou uznával jen planet šest, což později v práci Keplera mělo obrovský význam v jeho teorii harmonického uspořádání světa. Ptolemaios se nechal ovlivnit aristotelskou fyzikou a podřídil se jí, Koperník nechtěl obětovat svůj systém dosud známé fyzice, ale v jeho době zatím žádná jiná alternativa neexistovala. Aristotelova fyzika se zdála být ve shodě s dosud známou pozemskou zkušeností o pohybu, a v tom byla její síla. Pohyb těles nebyl podle jeho fyziky přirozený, tělesa se vždy dostanou do klidu, a tedy i Země musí setrvávat v klidu a být tedy nehybná.

I pro Koperníka byly éterální sféry součástí představ o kosmu. Sféry ve svém plášti unášely planety a pohybovaly jimi.

53 Daniel Špelda, *Astronomie v antice*, Montanex a.s., 2006, Ostrava. s. 219-230.

54 Zdeněk Horský, *Kepler v Praze*, Mladá fronta 1980, Praha, s. 76.

55 Tamtéž.

I renesanční kosmologie hledala vysvětlení příčin pohyb planet na nebi. Oporu hledala v antickém vědeckém a filosofickém odkazu, a to především v tom Platónově. Na florentské akademii došlo k rozmachu platónského myšlení, které stálo v opozici proti tradičnímu aristotelovsko-ptolemaiovskému učení. Ficino, jeden z předních renesančních platoniků, zastával geocentrickou podobu vesmíru a vesmír byl podle něj živý a oduševnělý. Inspiroval se Platónovým dialogem *Tímaios*, kde Platón uvažoval o duši světa, která se rozpíná v kosmu. Ficino viděl příčinu pohybu planet v pohybu sfér, které měly svojí vlastní duši a vůli. Sféry na sobě nesly planety a pohybovaly jimi.⁵⁶

Ficinovy překlady Platónových spisů do latiny se staly zdrojem studia pro pozdní renesanční období. Koncept prvotního hybatele Ficino odmítal, sféra se podle něj pohybuje ze své vlastní vůle. A jelikož je duše sféry racionální, pohybuje se pravidelně. Nepravidelnosti v pohybu, které bylo na obloze možné vidět, přisuzoval modifikacím, které potvrzovaly vlastní vůli sfér. Ficinův vesmír byl animistický, avšak dokázal překročit práh aristotelského učení o přirozených pohybech těles, který byl základem geocentrismu a názoru na nehybnost Země. Ficino přisuzoval pozemské pohyby těles nahoru a dolů přitažlivosti sfér. Sféry podle něj přitahují částice své sféry k sobě, což byl obrovský posun od aristotelské představy o přirozených pohybech těles (od středu a ke středu světa).⁵⁷

Představu sfér, které nesou planety, Ficino zachovává, ale nerovnoměrnosti v pohybu planety vykládá Ficino nikoliv se součinnosti několika sfér, ale z oživlosti sféry. Nepravidelnosti jsou tak projevem jakési spontaneity, až nevyzpytatelnosti chování živého tvora, která se nedá zcela predikovat a tedy ani kvantifikovat.

Platonismus měl také matematické prvky, svět byl podle platoniků vytvořen podle matematických principů. Duše je matematické povahy, a proto dává světu matematické principy! A to inspirovalo Keplera, který hledal matematickou strukturu přírody. V *Kosmografickém mystériu* se zamýšlel nad tím, proč existuje právě tolik planet, jak se pohybují a jaká je velikost jejich drah. Kepler, inspirovaný Platónovými dokonalými tělesy, vložil mezi sféry planet pět pravidelných mnohostěnů. Platonismus byl tedy pro novou vědu inspirací a hledal v ní teoretickou oporu. Ovšem Kepler i Galileo postupovali přísně

56 Zdeněk Horský, studie Role platonismu při vzniku novověké kosmologie, in Koperník a české země, Soubor studií o renesanční kosmologii a nové vědě, nakladatelství Pavel Mervart, 2011, Příbram, celá studie 75-81, především str. 79-81

57 Zdeněk Horský, studie Kosmologie Marsilia Ficina, in Koperník a české země, Soubor studií o renesanční kosmologii a nové vědě, nakladatelství Pavel Mervart, 2011, Příbram, především str. 92-93.

matematicky, všechny části vesmíru podléhaly matematickému zákonu, a tak již nemohly být živé a ani se nemohly svévolně pohybovat. Keplerův vesmír je neživý a Galileiho hmota je inertní!⁵⁸

Keplera zajímalo, proč se planety pohybují daným způsobem a odkud vychází jejich zdroj pohybu. Byl ovlivněn prací Williama Gilberta, anglického vědce, který dokázal, že Země je jedním velkým magnetem. Roku 1600 publikoval Gilbert svoji knihu *De Magnete, Magneticisque Corporibus et de Magno Magnete Tellure (O magnetu, magnetických tělesech a velkém magnetu zemském)*, kde popsal závěry svých experimentů ohledně magnetismu a elektřiny. Definoval magnetické póly Země a byl schopný propočítat jejich vzdálenost od zeměpisných pólů. Vysvětlil tak, proč se strelka kompasu vždy stáčí na sever.⁵⁹

Kepler předpokládal, že Slunce je zdrojem pohybu planet. Vytušil, že magnetická nebo nějaká jí podobná síla vychází ze Slunce, a dokáže tak planety rozpohybovat.

Dnes už víme, že jde o sílu gravitační. Kepler byl mezi prvními, kdo uvažoval o fyzikální síle Slunce na způsob magnetické síly, ale matematizuje ji až Newton. V úvodu *Nové astronomie* popisuje svoji nauku o tíži. Tělesa jsou podle něj zrozena tak, že mohou setrvávat v klidu osamocená, pokud na ně nepůsobí síla příbuzného tělesa. Příbuzná tělesa usilují o sjednocení. Těžká tělesa jsou tedy přitahována ke středu příbuzného tělesa a ne ke středu světa, jak o tom uvažovali mnozí antičtí astronomové. Dvě příbuzná tělesa, která by byla mimo dosah třetího příbuzného tělesa, by na sebe působila tak, že by k sobě postoupila o vzdálenost úměrnou hmotě druhého tělesa. A proto Kepler usuzoval, že pokud by na Zemi a Měsíc nepůsobila jiná síla (síla Slunce), obě tělesa by se k sobě přiblížila úměrně své hmotě a spojila by se za předpokladu, že by měla stejnou hustotu.⁶⁰

Je velmi zajímavé, že v prvním vydání spisu *Kosmografického mystéria* z roku 1596 mluví Kepler ještě o duši (*anima*), která dává planetám popud k pohybu po eliptických drahách:

58 Zdeněk Horský, studie Role platonismu při vzniku novověké kosmologie, in Koperník a české země, Soubor studií o renesanční kosmologii a nové vědě, nakladatelství Pavel Mervart, 2011, Příbram, celá studie 75-81, především str. 79-81.

59 William Gilbert, anglický vědec [online]. Encyklopedie Britannica. Poslední aktualizace 06.12.2021 [cit. 01.04.2022]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/William-Gilbert>

60 Zdeněk Horský, Jiří Grygar, Pavel Mayer, Vesmír, Mladá fronta, 1979, Praha, s. 343-344.

„Quod si tamen praecisius ctiam ad veritatem accedere, et proportionum aequalitatem ulla sperare velimus: duorum alterum statuendum est: aut (2) **Motrices animas**, quo sunt a Sole remotiores, hoc esse imbecilliores: aut; (3) unam esse **motricem animam** in orbium omnium centro, scilicet in Sole; quae, ut quodlibet corpus est vicinius, ita vehementius incitet; in remotioribus propter elongationem et attenuationem virtutis quodammodo languescat.“⁶¹

„But if, nevertheless, we wish to make an even more exact approach to the truth, and to hope for any regularity in the ratios, one of the two conclusions must be reached: either (2) the **moving souls** are weaker the further they are from the Sun; or, there is (3) a **single moving soul** in the center of all the spheres, that is, in the Sun, and it impels each body more strongly in proportion to how near it is.“⁶²

Na následujících stránkách uvádím pro přehlednost také anglický překlad *Kosmografického mystéria* od A. M. Duncana. Ten pro latinský výraz *motrix anima* zvolil překlad *moving soul*, který bych volně přeložila jako *hybná duše* planety.

Kepler v úryvku výše uvažoval nad tím, proč se vzdáleností od Slunce klesá rychlost planet po jejich dráze. Ze svých zjištění vyvozoval tyto dvě možnosti: za 1. buď s vyšší vzdáleností od Slunce hybná duše planety slábne, a nebo za 2. existuje pouze jedna hybná duše uprostřed sfér, tedy ve Slunci, a ta pohybuje planetami o to rychleji, čím jsou ke Slunci blíže. V obou případech je ale obtížně si představit, že by měla duše nějakým způsobem slábnout.

Ve druhém vydání (poznámky z roku 1623, vyšlo až roku 1631) Kepler v poznámkách ke XX. kapitole píše již o síle (*vis*) ve významu síly fyzikální, což byl obrovský posun od renesančního filosofického postoje živého světa k představě kvantifikovatelné síly:

61 Johannes Kepler, *Mysterium cosmographicum – The secret of the Universe*. Translation by A. M.

Duncan, introduction and commentary by E- J. Aiton, with a preface by I. Bernard Cohen. Abaris Books, 1981, New York, anglický překlad strany 75.

62 Johannes Kepler, *Mysterium cosmographicum – The secret of the Universe*. Translation by A. M.

Duncan, introduction and commentary by E- J. Aiton, with a preface by I. Bernard Cohen. Abaris Books, 1981, New York, anglický překlad strany 75.

(3) Unam esse **motricem Animam**.] Si pro voce **Anima**, vocem, **Vim** substituas, habes ipsissimum principium, ex quo Physica coelestis in Comment. Martis est constituta, et lib. IV. Epitomes Astr. exculpta. Olim enim, causam moventem Planetas absolute Animam esse credebam, quippe imbutus dogmatibus I.C. Scaligeri, de Motricibus intelligentiis. At cum perpenderem, hanc causam motricem debilitari cum distantia, lumen Solis etiam attenuari cum distantia a Sole: hinc conclusi; Vim hanc esse corporeum aliquid, si non proprie, saltem aequivoce; sicut lumen dicimus esse aliquid corporeum, id est speciem a corpore delapsam, sed immateriatam.⁶³

(3) There is a **single moving soul**.] If for the word “**soul**“ you substitute the word “**force**“, you have the very same principle on which the Celestial Physics is established in the *Commentaries on Mars*, and elaborated in Book IV of the *Epitome of Astronomy*. For once I believed that the cause which moves the planets was precisely a soul, as I was of course imbued with the doctrines of J.C. Scalinger on moving intelligences. But when I pondered that this moving cause grows weaker with distance, and that the Sun’s light also grows thinner with distance from the Sun, from that I concluded, that this force is something corporeal, that is, an emanation which a body emits, but an immaterial one.“⁶⁴

Kepler v ukázce výše vysvětluje, že pojem *duše* můžeme nahradit pojmem *síla*. Původně uvažoval o jakési hybné inteligenci, která s planetami pohybuje, ale pak přemýšlel tak, že zdroj či příčina pohybu slábne se vzdáleností od Slunce a stejně tak slunečních paprsků ubývá, vyvodil z toho tedy závěr, že tato hybná síla z tělesa vyzařuje a musí být čímsi fyzickým, ale nemateriálním.

Jak píše Jan Horský, pojem síly byl chápán původně animisticky, ale v průběhu 17. a 18. století dochází k mechanizaci a matematickému vymezení tohoto pojmu. Kepler pojem *anima* navrhuje nahradit slovem *vis* (síla). Horský ale zpřesňuje, že na tomto místě má

63 Johannes Kepler, *Mysterium cosmographicum – The secret of the Universe*. Translation by A. M. Duncan, introduction and commentary by E- J. Aiton, with a preface by I. Bernard Cohen. Abaris Books, 1981, New York, anglický překlad strany 77.

64 Tamtéž.

Kepler na mysli sílu, která táhne planety po jejich oběžných drahách a nemyslí tím sílu přitažlivou a dostředivé zrychlení.⁶⁵

Kepler připisoval Slunci nejenom hybnou duši (*anima motrix*), ale mluví o Slunci jako o sídlu duše světa (*anima mundi*) a jako o středu života a pohybu. Prvotní impuls k pohybu planet vidí Kepler ve Slunci a stálícím připisuje nehybnost, planetám připisuje druhotný pohyb:

„...Sicut igitur fons Lucis in Sole est, et principium circuli in loco Solis, scilicet in centro; ita nunc *vita, motus et anima mundi* in eundem Solem recidit, ut ita fixarum sit quies, planetarum actus secundí motum; Solis actus ipse primus...“⁶⁶

„Thus, just as the source of light is in the Sun, and the origin of the circle is at the position of the Sun, which is at the center, so in this case *the life, the motion and the soul of the universe* are assigned to that same Sun so that to the fixed stars belongs rest, to the planets the secondary impulses of motions, but the Sun the primary impulse.“⁶⁷

Kepler vidí příčinu kruhového pohybu planet ve Slunci a v jeho středovém umístění. Prvotní impuls k pohybu dává podle něj planetám Slunce, samotným planetám pak Kepler připisuje druhotný impuls k pohybu.

Stejně tak naše Země vyzařuje podle Keplera jakousi sílu, díky níž se pohybuje i náš satelit:

„Z toho, že **Měsíc je poháněn Zemí** dvakrát rychleji, než se pohybují samy okrajové části Země na rovníkové kružnici, jsem tam vyvodil, že měsíční těleso je poměrně řídké a jeho sporá hmota klade jen nepatrný odpor, takže nijak příliš **nevzdoruje vlivu a síle** Země.“
(RHP, s. 145)

65 Jan Horský, článek v časopisu Dějiny věd a techniky XXXIV (2001), 3 – Moderní věda, rosenkruciánské myšlení a čeští evangelíci. Několik poznámek k českému vydání knihy Frances A. Yatesové, 2001, Praha.

66 Johannes Kepler, *Mysterium cosmographicum – The secret of the Universe*. Translation by A. M. Duncan, introduction and commentary by E- J. Aiton, with a preface by I. Bernard Cohen. Abaris Books, 1981, New York, s. 75.

67 Tamtéž.

...quod **Luna á Tellure duplo celerius incitatur**, quam partes ipsae telluris extimae in circulo aequatore; collegi, lunare corpus esse rarum admodum, quodque exigua materiae paucae contumacia praeditum raptui Telluris non multum resistat.“⁶⁸

Kepler se v Praze blízce přátelil s Janem Matoušem Wackerem z Wackenfelsu, který zastával úřad císařského rady. Kepler se v *Rozpravě* na poznatky a úvahy Wackera odvolává. Štěstím bylo, že Praha v té době byla místem svobody a nehrozili jim tudíž žádné sankce. Až po pobělohorské porážce jezuité všechny zmínky o Wackerovi ničí a vytrhávají z knih. Wacker předpovídal například rotaci Jupitera či rotaci Slunce (sluneční skvrny byly záhy na to objeveny).

V *Rozpravě s Hvězdným poslem* Kepler o Wackerovi píše:

„K tomu se velmi výstižně vyjádřil také Wacker: Jupiter se otáčí kolem své osy stejně jako naše Země. Toto otáčení je provázeno oběhem oněch čtyř měsíců, podobně jako je rotace Země provázena oběhem našeho Měsíce ve stejném směru. Wacker proto nyní konečně začíná věřit **magnetickým principům**, pomocí nichž jsem ve svém nedávném Komentáři o nebeské fyzice vysvětlil, že **příčiny planetárních pohybů spočívají v rotaci Slunce kolem jeho osy a pólů.**“ (RHP, s. 167)

Toto vše ukazuje na Keplerovu představu, že pohyb těles je způsoben magnetickou silou, která se nachází uvnitř tělesa. Těleso vytváří jakýsi rotační vír a do něho jsou následně chycené měsíce a jsou jím unášeny.

Naopak Galileo se ve *Hvězdném poslu* k příčině pohybů planet a měsíců na rozdíl od Keplera nijak nevyjadřuje. Popisuje pohyb Jupiterových satelitů, jejich vzájemné polohy vůči Jupiteru, ale již neřeší příčinu toho, co pudí planety k jejich pohybu.

„Zde jsou tedy čtyři hvězdy vyhrazené Tvému slavnému jménu: nepocházejí z početného a bezvýznamného houfu stálic, ale ze znamenitého rodu, které obíhají po kruhových drahách

68 Johannes Kepler, *Dissertatio cum Nuncio sidereo* [online]. Univerzitní knihovna Freiburg. [cit. 01.04.2022] Dostupné z: http://dl.ub.uni-freiburg.de/diglit/kepler1611/0009/image?sid=2239f981cf31190697d13bf02c25a015#current_page

vzájemně se lišícími rychlostmi kolem Jupiterovy hvězdy, nejvznešenější mezi ostatními, jako její vlastní potomci. Současně s obdivuhodnou rychlostí a ve svorné jednotě konají velké oběhy kolem středu světa, totiž kolem samého Slunce, to všechno za dvanáct let.“ (HP, s. 47)

„En igitur quatuor Sidera tuo inclyto nomini reservata, neque illa de gregario ac minus insigni inerrantium numero, sed ex illustri vagantium ordine; quae quidem disparibus inter se motibus circum Iovis Stellam caeterarum nobilissimam, tanquam germana eius progenies, cursus suos orbisque conficiunt celeritate mirabili, interea dum unanimi concordia circa mundi centrum, circa Solem nempe ipsum, omnia simul duodecimo quoque anno magnas convolutiones absolvunt.“⁶⁹

Užité obraty sugerují, že se planety pohybují z vlastního popudu, nitra či duše, což by odkazovalo spíše na renesanční přírodní filosofii representovanou např. Patrizzim či Brunem, než na mechanicismus spojovaný s Galileim.

69 Galileo Galilei, Sidereus nuncius [online]. Online knihovna Liber Liber.it. Datum publikace 04.06.2013 [cit. 01.04.2022] Dostupné z: https://web.archive.org/web/20110629144745/http://www.liberliber.it/biblioteca/g/galilei/sidereus_nuncius/html/sidereus.htm

Ve své práci jsem pracovala se třemi významnými kosmologickými texty. S Galileovým *Hvězdným poslem*, s Keplerovou *Rozpravou s Hvězdným poslem* a s Keplerovým *Kosmografickým mystériem*. V textech jsem se snažila nalézt doklady o používání terminologie, která by naznačovala posun k tzv. nové vědě.

Zajímalo mne, zda v kontextu nových objevů bude pojem *sféra* ve *Hvězdném poslu* a v *Rozpravě* zcela nahrazen pojmem *dráha planety*. Z pohledu staré scholastiky byl pohyb planet vázán na pohyb sféry a když začala být existence pevných sfér zpochybňována, mělo by se to projevit i v používané terminologii.

Galileo termínu *sféra* ve *Hvězdném poslu* vůbec nevyužívá, používá termíny jako *orbis* a *circumvolvere* k vyjádření kruhového pohybu planet. Kepler pro vyjádření téhož pohybu využívá také termínu *orbis* a nebo výrazu *circumambulare*, ovšem na jednom místě *Rozpravy* použil i termínu *sphaera*, když mluví o sféře stálic a sféře Saturnu a Země. Nedojde tedy k úplnému zavržení tohoto termínu, ale je možné, že tehdejší astronomové používali tohoto termínu už pouze jako pomůcku pro vyjádření kruhového pohybu nebeských těles a že v pevné sféry již nevěřili. Z obou textů je patrné, že se autoři zaměřují především na vystižení tvaru dráhy planet, dochází k přeznačování pojmů, nové paradigma se teprve utváří a s ním i přesná terminologie.

Dále jsem v textech sledovala, jaké pojmosloví využívá Galileo a Kepler k popisu nově objevených satelitů planety Jupiter. Kepler přichází s novou terminologií pro nově objevené „planety“ a jeho pojmosloví nám vydrželo až do dnešních dní. Uvědomoval si, že vesmír není neměnné místo, jak předpokládal Aristotelés a že se bude vývoj v jeho zkoumání dále posouvat. Termín *satelit*, v překladu z latiny ve významu osobní strážce, vybral Kepler velmi příznačně. Pochopil, že tyto nové hvězdy neobíhají kolem středu světa, ale kolem středu jiné planety, obíhají kolem ní a doprovází ji v pravidelných periodách. Již Koperník věřil v to, že se náš Měsíc pohybuje kolem Země jako jedné z planet, a najednou zde máme čtyři další měsíčky, jak o nich mluví sám Kepler v *Rozpravě*, které se pohybují kolem jiné planety.

Galileo čtyři Jupiterovy satelity objevil díky svému zkonstruovanému dalekohledu a pravděpodobně si uvědomoval, že jde o nový typ nebeských těles, která dosud nikdo nepojmenoval. Ovšem nebyl tak smělý jako Kepler, aby pro ně vymyslel nový název.

Pojmenoval je tedy Medicejské hvězdy, jelikož dobová terminologie ho nutila vybrat si mezi dvěma typy nebeských objektů, tedy mezi stálíci a planetou (bludnou hvězdou). Galileo používá termínů *sidera*, *stellae* a *planeta*.

Dále mne zajímalo, zda autoři v textech řeší také původ pohybu planet. Galileo příčiny pohybů planet vůbec neřeší a pravděpodobně to ani nebyl jeho záměr. Ve *Hvězdném poslu* nás informuje o nových objevech, které byly již samotné natolik přelomové, že se s nimi chtěl pravděpodobně co nejdříve podělit s akademickou obcí. Naopak Kepler se vyjadřuje zcela jasně a přiklání se k myšlence Williama Gilberta a jeho teorii o magnetismu. Kepler ve své *Rozpravě* jasně zmiňuje svou teorii, že zdrojem a příčinou pohybu planet je síla podobná té magnetické, která vychází ze Slunce.

Aristotelská koncepce vycházela z empirie a byla ve shodě s dostupnými zkušenostmi. Byla zcela nematematická a z geometrie využívala jen kulový tvar, neurčovala velikost sfér, ani pořadí planet. I přesto byla podložena silnou logikou a systematickostí. Objevy supernov v souhvězdí Hadonoše a Kassiopeji a několika komet potvrdilo, že aristotelské pojetí vesmíru je chybné. Podle něj by v supralunární oblasti měl být jen neměnný éter, který vylučoval vznikání a zanikání. Přední evropští astronomové však geometrickým měřením prokázali, že tyto nově objevené supernovy a komety jsou v nadměsíční části. I přes důkazy o proměnnosti supralunární oblasti, bylo nutné založit novou vědu na nových a přesných zákonitostech, jinak by staré scholastické paradigma nemohlo být překonáno. Galileo i Kepler hledali vesmírný řád světa a pracovali neúnavně, aby tuto novou vědu bezpečně podložili svými poznatky. Jen díky nim mohlo dojít k Newtonovské revoluci, jelikož došlo ke sjednocení matematicko-fyzikálních zákonů pro planetární i pozemskou oblast.

Kepler věděl, že se věda bude dále vyvíjet a je ještě mnohé, co nám zůstalo skryté:

„Stejně tak byla kdysi doba, kdy nebyl znám rozdíl mezi planetami a stálíci, a až dost pozdě Pýthagorás nebo Parmenidés zjistili, že Večernice a Jitřenka jsou jedno a totéž; o planetách se vůbec nezmiňuje ani Mojžíš, ani Job či Žalmy. Nechť tedy vyšší filozofie zváží a nějak se porozhlédne, jaký nastal pokrok v poznávání přírody, kolik toho ještě zbývá a co mohou lidé v budoucnu očekávat.“ (RHP, s. 165)

Prameny

Galileo Galilei, Hvězdný posel, Johannes Kepler, Rozprava s Hvězdným poslem, překlad Alena Hadravová, Pistorius & Olšanská, 2016, Příbram.

Johannes Kepler, *Mysterium cosmographicum – The secret of the Universe*. Translation by A. M. Duncan, introduction and commentary by E- J. Aiton, with a preface by I. Bernard Cohen, Abaris Books, 1981, New York.

Literatura

Thomas S. Kuhn: *Struktura vědeckých revolucí*, OIKOYMENH, 1997, Praha.

Daniel Špelda, *Astronomie v antice*, Montanex a.s., 2006, Ostrava.

Zdeněk Horský, *Kepler v Praze*, Mladá fronta, 1980, Praha.

Zdeněk Horský, Jiří Grygar, Pavel Mayer, *Vesmír*, Mladá fronta, 1979, Praha.

Zdeněk Horský, *Koperník a české země*, Soubor studií o renesanční kosmologii a nové vědě, nakladatelství Pavel Mervart, 2011, Příbram.

- studie Koperníkovo astronomické dílo ve vývoji vědy
- studie Kosmologie Marsilia Ficina
- studie Role platonismu při vzniku novověké kosmologie
- studie Příroda a filosofie v počátcích novověké vědy

Jan Horský, článek v časopisu *Dějiny věd a techniky* XXXIV (2001), 3 – Moderní věda, rosenkruciánské myšlení a čeští evangelíci. Několik poznámek k českému vydání knihy Frances A. Yatesové, 2001, Praha.

Josef Smolka, *Galileo Galilei, Legenda moderní vědy*, Prometheus, 2000, Praha.

Elektronické zdroje

William Gilbert, anglický vědec [online]. Encyklopedie Britannica. Poslední aktualizace 06.12.2021 [cit. 01.04.2022]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/William-Gilbert>

Galileo Galilei, Sidereus nuncius [online]. Online knihovna Liber Liber.it. Datum publikace 04.06.2013 [cit. 01.04.2022] Dostupné z:

https://web.archive.org/web/20110629144745/http://www.liberliber.it/biblioteca/g/galilei/sidereus_nuncius/html/sidereus.htm

Johannes Kepler, Dissertatio cum Nuncio sidereo [online]. Univerzitní knihovna Freiburg. [cit. 01.04.2022] Dostupné z: http://dl.ub.uni-freiburg.de/diglit/kepler1611/0009/image?sid=2239f981cf31190697d13bf02c25a015#current_page