

Univerzita Karlova v Praze
Fakulta humanitních studií



**Rozbor astronomických a přírodovědných
textů 16.–17. století**

Vedoucí práce: PhDr. Jan Horský

Vypracoval: Jindřich Novák, 3. ročník

Praha 2006

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím jen uvedených pramenů a literatury. Souhlasím s jejím eventuálním zveřejněním v tištěné nebo elektronické podobě.

V Praze dne 11.5. 2006

.....
podpis

Poděkování

Děkuji PhDr. Janu Horskému, vedoucímu mé bakalářské práce, za cenné rady a připomínky, jež mi pomohly při zpracování tohoto tématu.

Obsah

1.	Předmluva	5
2.	Úvod	8
3.	Dějiny kosmologie	10
	3.1. Starší kosmologické představy v Řecku	11
	3.2. Pýthagorejská inovace	15
	3.3. Platonismus	18
	3.4. Aristotelismus	19
	3.5. Kosmologie po Aristotelovi	21
	3.6. Vliv astrologie	23
	3.7. Vliv náboženství	25
4.	Rozbor pramenných textů	28
	4.1. Mysterium Cosmographicum	28
	4.2. Charakteristika sfér	43
	4.3. Komety jako další argument	50
5.	Závěr	53
	Poznámky	
	Seznam literatury	
	Obrazová příloha	

1. Předmluva

"Nikdy slovy nevyličím rozkoš, kterou jsem zažil při svém objevu," napsal Kepler v roce 1595, když dokončil "Kosmografické mystérium".¹

V souladu s renesanční vírou ve skryté přírodní síly, magii, astrologii a okultismus vůbec, a s návratem k antickému přesvědčení o posvátné harmonii kosmu, se Kepler snažil najít ve vesmíru potvrzení skrytého božího záměru, pravidelnosti, a matematického řádu, jehož předobrazem je pýthagorejská matematická hudební harmonie. Mimoděk tak během přednášky žákům na gymnaziu ve Štýrském Hradci při nákresu na tabuli objevil zajímavou souvislost. Jednalo se o korelaci mezi sférou Saturna a sférou Jupitera která vznikne, když se na zodiaku vyznačí přesouvání míst konjunkcí obou planet, a tato místa se vzájemně pospojí úsečkami. Co ho tak překvapilo byl fakt, že vnitřní kruh, který tak vznikl, byl k vnějšímu kruhu ve stejném poměru jako velikosti sfér obou planet.

Tento objev ho zřejmě inspiroval k dalšímu hledání souvislostí. Koperníkův obrat k heliocentrické soustavě nebyl jediným zdrojem informací z kterého čerpal pro své další úvahy. Ostatně oba velcí astronomové se k tomuto zdroji často obraceli - Eukleidovy "Základy" byly biblí geometrie od starověku až daleko za Keplerovu dobu. Eukleidos byl matematik žijící v třetím století před naším letopočtem a shrnul ve zmíněném díle řecké matematické a geometrické poznatky získané až do jeho doby, včetně zmínky o pravidelných mnohostěnech. Těchto mnohostěňů je

pouze pět a je to krychle, čtyřstěn, osmistěn, dvanáctistěn*, a dvacetistěn.

Platón, který se o mnohostěnech dozvěděl pravděpodobně od pýthagorejského matematika Theaitéta, čtyřem z nich přiřadil čtyři živly. Byl také přesvědčen, že živly jsou tělesa, a ty že se skládají z pravidelných trojúhelníků - mnohostěny se jako dokonalá tělesa také dala na trojúhelníky rozdělit. Poněvadž byl ještě jeden, pátý, pravidelný mnohostěn, užil ho Bůh, propracováváje nákres vesmíru.²

Pravidelné mnohostěny mají dále tu charakteristiku, že lze okolo nich opsat kouli tak, že se jí všechny vrcholy těchto těles právě dotýkají. Od tohoto poznatku mohla vést Keplera myšlenka na vepsání těchto mnohostěnů do Koperníkových sfér, jež se spolu s jednotlivými planetami, jak Koperník uvádí, otáčejí okolo Slunce. Podle Koperníka je pouze šest planet mezi jejichž šest sfér je možné vložit právě jen pět těles.³ Z poznatků tehdejší astronomie vyplývalo, že poslední planetou naší sluneční soustavy je Saturn, tedy konečný počet mnohostěnů odpovídal konečnému počtu prostorů mezi planetami.

Kepler tedy potřeboval pouze mírně přizpůsobit Koperníkovy výpočty vzdáleností planet od Slunce a stanovit právě takovou tloušťku planetárních sfér, aby se do prostoru mezi vnější a vnitřní stěnu sféry vešly všechny pomocné epicykly, jež Koperník uvádí, a přitom aby do těchto sfér mohl vepsat jednotlivé mnohostěny. Pak pomocí výpočtů

* Dvanáctistěn je složený z 12 pětiúhelníků, vypadá trochu jako fotbalový míč, má 20 vrcholů a 30 hran. Platón tvrdil, že se jedná o atomický model kosmického ducha. In: J. Keller, *Poselství dávných druidů* in: *Západočeský archeoastronautický zpravodaj* č.4/2004, s. 9

rozhodnul, které těleso vložit mezi které planety, aby bylo vnitřní sféře právě opsáno a vnější právě vepsáno.

A Kepler našel, že mezi sféru Saturnu a Jupitera je vložena krychle, mezi sféru Jupitera a Marsu čtyřstěn, mezi sféru Marsu a Země dvanáctistěn, a mezi sféru Venuše a Merkuru osmistěn. Z tohoto objevu byl zřejmě ještě více nadšen než z objevu korelace mezi Jupiterem a Saturnem. Za dva tisíce let po dialogu *Timaios* od Platóna, kde tento starověký filosof pouze načrtnul tajemství vesmíru, ale nedokončil, se to povedlo jemu. Podle Keplera je Bůh tím největším geometrem a Kepler jenom podle jeho díla rozšifroval, jakého plánu bylo ke stavbě užito.⁴

2. Úvod

Jak bylo řečeno, Kepler se ve svých výpočtech opíral o poznatky Koperníkovy - v jeho díle *Obehy nebeských sfér* je nápadná zmínka o nosných sférách, která sice není tak revoluční jako jeho obrat k heliocentrismu, ale je též pozoruhodná. Mnoho myslitelů novověku si nevědělo rady s hádankou, zda sféry jsou pouze myšlené či skutečné. Podobná otázka vyvstala i v případě pravidelných mnohostěnnů vepsaných mezi tyto sféry.

Pro nás je pak zajímavá ta skutečnost, že (z hlediska dnešních poznatků) bylo možné o pevnosti sfér či vložených mnohostěnnů vůbec uvažovat, protože takové úvahy jsou v dnešní době nápadně nemoderní. Hutnosti sfér se nemohl vyhnout například ani tak význačný novověký astronom, jakým byl Tycho Brahe, když se musel proti ní ohradit při prezentaci svého vlastního kosmického systému.

Při posuzování těchto skutečností je na místě vzít do úvahy též metaforičnost jazyka a zažitý úzus toho, co je jím vyjadřováno. Je třeba si uvědomit, že v době, kdy Kepler žil bylo běžné vyjadřovat se o některých fyzikálních jevech způsobem, jaký se již v dnešních vědeckých kruzích nepoužívá, a že myšlení dnešního kulturního prostředí je jiné, než kultury 16. století.

Rozborem klíčových děl obou významných astronomů, tedy díla *Mysterium Cosmographicum* od Johannese Keplera v latinsko-anglickém provedení, a díla Mikoláše Koperníka *Obehy nebeských sfér* ve slovenském překladu, se pokusíme problém pevnosti zmíněných útvarů z jejich pozic či z pozic tehdejších učenců objasnit. Další stěžejní dílo, jež bylo

důležité hlavně pro úvahy nad propustností sfér, je kniha od C. Doris Hellmanové, *The Comet of 1577*, v anglickém originále.

Tato práce by jistě nemohla vzniknout bez četných poznatků dalších autorů, k nimž jsme také přihlédli, a jejichž díla jsou uvedena v seznamu na konci této práce.

Johannes Kepler a jeho předchůdce Mikuláš Koperník byli typickými představiteli přírodovědců renesance, "doby znovuzrození estetického ideálu a životních měřítek antiky a na něm založeného nového rozkvětu umění, filosofie a přírodovědy."⁵ V době renesance docházelo k příklonu k přírodě, jež začala být považována za svébytný jev, a kosmos za oduševnělý prostor stvořený na základě matematické představy o estetické souměrnosti. Kepler byl přesvědčen o správnosti těchto idejí, o kráse a účelnosti geometrické uspořádanosti světa. Geometrie existovala před stvořením, je stejně věčná jako vědomí boží, je Bůh sám...; geometrie poskytla Bohu model pro stvoření a byla člověku spolu s boží podobou implantována.⁶

Keplerovo dílo *Harmonice Mundi*, z něhož jsme právě citovali, poukazuje na Keplerův obdiv k přínosu pýthagorejců na poli kosmologie; koneckonců on sám byl označován za posledního z nich, a jak říká Charles H. Kahn, byl opravdovým pýthagorejcem.

K lepšímu pochopení myšlenkových pochodů jeho a dalších astronomů renesance bude tedy užitečné učinit historický exkurz do doby, na níž se tito badatelé při svém úsilí o definici stavby vesmíru často dovolávali.

3. Dějiny kosmologie

Kosmologie je vědní obor, který se zabývá stavbou a vývojem vesmíru, tato definice je dobře známa. Výraz kosmos přitom pochází z řeckého slova *kosmein*, jež znamená uvádět něco v soulad, harmonii, krásu. Podle tradice právě pýthagorejci jako první označili vesmír jako kosmos, který musí být nutně uspořádaný, vládne v něm pevný řád; pak je také harmonický a krásný, ale i omezený a konečný.

Řecká mytologie se již před příchodem filosofie ptala po počátku světa a kosmogenie na tuto otázku odpovídala tak, že svět vznikl působením bohů. Theogenie pak vysvětlovala původ těchto bohů. V mnoha kosmogeniích je jako počátek všeho uváděn chaos, jenž byl právě působením bohů a řádu uspořádán a nahrazen kosmem. To byl přechod od 'mýtu' k logu, od báje, mytického vyprávění (*Mythos*) k rozumu (*Logos*), od mytologie k filosofii.⁷

Představy, jak kosmos vznikl se ale ustálily až v 18. století. Do té doby panovala domněnka, že je vesmír věčný, neměnný a stálý. Tak se v myslích starých Řeků kosmos dostal na vrchol pomyslného žebříčku hodnot, protože to co podléhalo změnám mělo u nich menší význam.

První pozorování vesmíru se uskutečnily již před vznikem písma, kdy asi před čtyřmi tisíci let v civilizačních centrech světa vznikaly první hvězdárny. Podobné stavby se našly i v Evropě, například známý Stonehenge vznikl asi před dvěmi tisíci let, v Čechách se našly kamenné řady. Měly zřejmě napomáhat při určování okamžiku, kdy Slunce vychází, v

kterých místech a v kterou roční dobu zapadá, stanovily se lunární cykly a tím se tvořil základ kalendáře. Tyto a další údaje měly důležitý význam pro zemědělství tradičních společností, protože zajištění dobré úrody se bez přesné orientace v čase neobešlo.

Se zrodem písma se pak například v Číně a v Egyptě začalo pozorování zaznamenávat, a to právě hlavně pro účely zemědělství. Periodické tabulky se našly i v Mezopotámii.

3.1. Starší kosmologické představy v Řecku

Naproti tomu ve starověkém Řecku se badatelé především zaměřili na vesmírnou strukturu, zkoumaly se planetární systémy a jaké zákonitosti zde převládají. Řekové byli také prvními, kteří dali vesmíru tvar.

Planety dostaly své jméno podle toho, že po nebi zdánlivě bloudily. Zaznamenával se jejich roční i denní pohyb, který vykonávaly od západu k východu. Jinak to bylo se stálicemi, ty vykonávaly pouze denní pohyb. Ve starověku se předpokládalo, že stálice jsou umístěny na nebi v jedné rovině se souhvězdími, v tak zvané sféře stálic. Vůči sobě navzájem v souladu s představou o nestárnoucím, věčném a harmonickém vesmíru své postavení neměnily.

Byla to především Iónie, kde vznikla milétská škola prvních řeckých přírodovědců, kteří prosazovali při zkoumání přírody empirický přístup a pozorování. Neexistovala zde závazná fyzikální pravidla, jež by astronomy nějakým způsobem v jejich myšlenkovém rozletu omezovala; na překážku se jim nestavěly ani náboženské

normy. Tito fyziologové odmítali, že by svět vznikl působením bohů, i když jim jejich existenci neupírali.

Tak vznikaly různé představy o vesmíru, jeho konečnosti či nekonečnosti a o jeho složení; atomisté například předpokládali dělení světa v jednotlivé segmenty.

V zásadě ve věci vesmíru vznikalo trojčlenné schéma, kdy něco bylo uprostřed, něco bylo vně a něco mezi těmito dvěma krajnostmi. Svět je jeden a počal vznikat od středu a vznikal od středu stejným postupem nahoru jako dolů. Neboť co je nad středem, leží obráceně k tomu, co je pod ním, neboť tomu, co je nejdoleji, je střed jakoby hořejškem a stejně je tomu s ostatním; ke středu je obé v stejném poměru, arci leží v opačném směru.⁸

Sféra stálic (*sphaira*-koule) ležela vně, definitivně se ustálila u pýthagorejců. Uprostřed byl podle dalšího pýthagorejce Filoláa centrální oheň, neboli Diův příbytek. Nebo podle Aristarcha ze Sámu, tohoto Koperníka třetího století před naším letopočtem, zde bylo Slunce.

Nejrozšířenější představou však byl geocentrismus; ve středu byl klid a kolem tohoto středu planety vykonávaly rovnoměrný kruhový pohyb.

Iónští fyziologové hledali přirozený výklad světa na základě jednotícího principu a počátku všeho, společného jmenovatele - *arché*. Podle všeho autorem tohoto ústředního filosofického termínu milétské školy byl jeden z nich, Anaximandros (610–546 před n.l.), který pokládal za počátek všeho *apeiron*, čili neomezený prostor. Jsoucná vstupovala do své existence tím, že se z *apeironu* vymezovala. *Apeiron* byl podle Anaximandra nesmrtelný, nekonečný, a na rozdíl

od pozdější představy s plusovým ontologickým znaménkem. Z něj vše vzniklo a vše do něj opět zanikne. Vystoupení z *apeironu* je porušením řádu - *adikiá*, a je za to nutno zaplatit zánikem.

Z *apeironu* se vyloučily dvě základní protivy, teplo a chlad, a rotací vytvořily nebeská tělesa. Anaximandros také předpokládal sklon zodiaku, a proto Slunce za plochou Zemí zapadalo.

Prvním mezi milétskými přírodovědci byl však Anaximandrův učitel Tháles (asi 624–545 před n.l.), jeden z proslulých sedmi mudrců. Byl mezi jiným vědcem, jenž předpověděl zatmění Slunce, byl obeznámen s babylónskou astronomií i egyptskou geometrií. Za počátek všeho určil vodu, na níž ležela plochá Země.

Další Miléťan Anaximénes, žák Anaximandra, se nechal inspirovat mýtem (severní pohoří), hvězdy jsou podle něj přibité na obloze jako hřeby, nebeská tělesa se pohybují kolem nás, a za pralátku a prvopočátek všeho považoval vše pronikající a obklopující vzduch.

Jako dalšího významného filosofa ionské školy je nutno zmínit Hérakleita z Efesu (530–480 před n.l.). Byl znám jako temný filosof, jenž se stranil veřejného života, a jako jeden z prvních přišel s pojmy jednota a harmonie. Jednota a harmonie je ve světě jen relativní, skrze ni se prosazuje to, co Hérakleitos obrazně nazývá "bojem" (*polemos*).⁹ Svět je dějištěm proměn a bojem protikladů, jež jsou v neustálém napětí, ale všemu je společný *logos* (rozum).

Za původní pralátku považoval oheň, jenž cyklicky svět rozvrátí. Podle Aetivy, rovněž pozdější zprávy, by Hérakleitův "velký rok" mezi dvěma světovými

konflagracemi činil 10800 slunečních let, to jest 360 (zhruba počet dní jednoho roku) násobeno 30 (přibližná délka jedné lidské generace).¹⁰ Hérakleitos byl prvním představitelem dialektické filosofie.

Předsokratickou tradici významně poznamenali i eleaté, pojmenovaní tak podle elejské školy v jižní Itálii, jejímž zakladatelem byl Parmenidés (asi 540–470 před n.l.).

Tento filosof je pokládán za zakladatele ontologie, zastával nauku jednoho nutného a neměnného bytí, které lze pochopit pouze rozumem, na základě původní jednoty myšlení a bytí. Spolu se svým žákem Zenónem pokládal svět a jsoucna, jež lze vnímat pomocí smyslů za zdání, vznikání a zanikání jsoucna bylo pro ně šálením smyslů. Tímto tvrzením napadal nauku založenou na pozorováních a pokusech, jež byla prosazována milétskými fisiology. Svým přesvědčením o tom, že smysly mohou klamat a jediná pravda je pravda čísel, se přibližoval k myšlení pýthagorejců. Naproti tomu Zenonovy paradoxy lze považovat za zpochybnění jejich matematických a fyzikálních teorií.

Parmenidés učil, že svět vznikl přičiněním Eróta smíšením dvou principů - světla (aktivního), a tmy (pasivního).

Významnými přírodovědci předsokratického období byli také atomisté; zakladatelé učení o atomech byli Leukippos a Démokritos. Při tvorbě své teorie byli zajisté ovlivněni číselnou teorií pýthagorejců. Avšak na rozdíl od Parmenida jenž prohlašoval, že bytí jest a nebytí není, tito dva filosofové měli za to, že bytí i nebytí jest.

Bytí je rozděleno na atomy, jež se přeskupují v prázdém prostoru. Jsoucna se na chvíli shluknou ve formě atomů, a pak se znovu rozptýlí ve vzduchoprázdnu v různých

variantách podle spravedlnosti *loga*, což byl tedy odkaz na vyšší moc. Pro Řeky to proto nebyl racionálně uspokojivý výklad skutečnosti a ve starověku se tato nauka příliš neujala. Byla však později oživena v době renesance. Gassendi, první z moderních atomistů, čerpal své myšlenky přímo z Démokrita a Epikura.¹¹

Leukippos se přiblížil ke vzniku vesmíru v moderním pojetí. Vesmír je v jeho podání neomezený, je složen z prvků pohybujících se ve vzduchoprázdnu, jež se v jednom okamžiku nacházejí v různých stavech existence, některé jsou mladší, jiné starší. Z těchto prvků se pak skládá mnoho světů.

Leukippos líčí, že oddělením z prázdna vznikají jsoucna, jež začnou rotovat a lehká z nich vystoupí na povrch, zatímco těžká jsoucna vytvoří vevnitř kulovitou hmotu a hmotný střed. Kolem tohoto středu se neustálým kroužením a vírem vytváří blána těles, jež dalším vírem eventuálně vytvoří sféru stálic. Leukippos považoval Slunce za nejvýše položené, zatímco Démokritos si představoval nejvýše sféru stálic následovanou Sluncem, pak Měsícem, přičemž Zemi umístil uprostřed.

3.2. Pýthagorejská inovace

Současně s těmito filosofy a již před nimi se začali takzvaní pýthagorejci jako první zabývat matematikou a posunuli ji dále.¹² Bylo již uvedeno, že pýthagorejci měli na Keplera i Koperníka rozhodující vliv. I když byla ve třináctém. až šestnáctém. století výrazně převrstvena aristotelismem, "pýthagorejská tradice, jež začala v šestém století před

naším letopočtem, přetrvávala až do sedmnáctého století našeho letopočtu, a významným způsobem ovlivnila rozvoj v oblasti náboženství, vědy a filosofie."¹³

Není sporu o tom, že i ve své době se Pýthagorás a jeho žáci těšili velké úctě. Pýthagorás (582–500 před n.l.) pocházel z ostrova Sámosu u Míletu, ale přestěhoval se do Krotónu v jižní Itálii, kde založil filosofickou a náboženskou školu. Jeho vliv byl tak velký, že se též zanedlouho spolu se svými stoupenci stal vedoucí silou v politickém životě celé oblasti.

Ve své škole učil čtyři předměty: aritmetiku, geometrii, hudební nauku a astronomii. Nelze však jednoznačně stanovit, které nauky pocházely přímo od Pýthagora samotného, protože od počátku bylo jeho učení tajné.

Naštěstí se ale později našlo několik jeho stoupenců, jako byli například Filoláos a Archýtás, kteří se rozhodli podat o takzvaném pýthagorejském učení svědectví. Tak víme, že vedle mystických nauk se pýthagorejci především zabývali matematikou a matematickými vztahy. Podobně jako Miléťani hledali *arché*, princip z kterého vše vzniká, a našli ho v nehmotném čísle. Hmotná i nehmotná skutečnost se skládala z čísel, pýthagorejci hledali matematický základ světa, a našli ho i v hudebních harmoniích, kde objevili přímou úměru tónu k délce struny. Číslo bylo substancí, jeho hodnota byla etická i metafyzická. Pýthagorejci přísahali na *tetractus*, dokonalé číslo skládající se z čísel od jedné do čtyř, jejichž součet je deset, ekvivalent koule a dokonalosti.

Takzvaní střední pýthagorejci se zabývali klasifikací jsoucen na dokonalé a nedokonalé podle sudých a lichých čísel. Byli to oni, kdo přišli s naukou o pěti dokonalých

tělesech, pravidelných mnohostěnech, které jsme již zmínili a jež byly dokonalejší než ostatní tělesa; vedle nich stála koule, jež měla božský původ, a proto pýthagorejci věřili, že planety včetně Země mají právě tvar koule.

Královskou disciplínou byla tedy matematika, pomocí níž lze poznávat skrytý řád světa. Mez (*peras*), byla pozitivní veličinou, protože vyděluje kosmos z chaosu, *apeiron* se stal na rozdíl od Anaximandrový nauky negativním jsouncem. Pýthagorejci zkoumali vztahy mezi věcmi a proporce, hledali matematickou úměru. Věřili (podobně jako později Kepler), že tyto proporce je pouze nutné odhalit, aby se ukázala matematická povaha světa.

Jak bylo řečeno, v oblasti hudby se zabývali harmoniemi a měli za to, že v úměře k pohybu planet kolem centrálního ohně se vytváří hudba sfér. Sféry nesoucí dráhy Slunce, Země, Měsíce, planet a stálic jsou navzájem vzdáleny ve stejných proporcích jako tóny na stupnici, a proto jsou schopny vyluzovat hudbu sfér, které naslouchají někteří vyvolení jedinci.¹⁴

Jelikož pýthagorejci pokládali číslo deset za dokonalé, logicky usoudili, že planet musí být také deset, ale protože jim do tohoto počtu jedna planeta scházela, vymysleli si takzvanou Protizem, kterou ale nelze spatřit, protože je skrytá za centrálním ohněm, Diovým příbytkem, kolem kterého se celá soustava planet spolu se Zemí otáčí. Slunce se pohybuje v sedmé sféře od centrálního ohně, od něhož dostává světlo které pak předává dál. Oheň se vyskytoval nejen ve středu, ale také na obvodu v nejzazší sféře stálic. Právě popsanou nauku o planetárním systému nám zanechal Filoláos. To umožnilo Koperníkovi nazvat "Filoláa

pýthagorejce" svým předchůdcem, a opravdu byl Koperníkův systém původně znám jako *astronomia Pythagorica* či *Philolaica*.¹⁵

Mezi pýthagorejci byli i další astronomové, kteří přicházeli s revolučními pohledy na strukturu vesmíru. Hiketás Syrakuský, jak praví Theofrastos soudí, že obloha, Slunce, Měsíc, hvězdy a vůbec vše nad námi stojí a že se na světě nic nehýbá mimo Zemi. Ježto se ta obrací a otáčí kolem své osy, děje se všechno to, co by se dalo, kdyby se obloha pohybovala a Země stála.¹⁶

3.3. Platonismus

Pýthagorejci měli velký vliv také na Platóna; v odborných kruzích se ovšem diskutuje do jaké míry.

Je však pravděpodobné, že se Platón ve své nauce o idejích nechal inspirovat právě pýthagorejskou naukou o matematickém modelu světa, kde však, poněkud zjednodušeně řečeno, za čísla dosadil ideje a formy. Nepochybný vliv na pozdější Platónovo učení měl jeho současník a přítel pýthagorejec Archýtás, vynikající matematik, který snad měl stát za postavou Timaia v slavném Platónově dialogu *Timaios*, kde popisuje vznik a uspořádání světa, a jenž se považoval až do novověku za jeden z nejvýznamnějších kosmologických spisů.

Platón v tomto dialogu použil pýthagorejskou nauku o dokonalých tělesech, kterým přisoudil jednotlivé živly a těm pak geometrické útvary. Svět je stvořen demiurgem podle světa idejí pomocí čtyř živlů pro oblast Země, a éteru pro nebeskou oblast.

Demiurg do světa vložil duši, jež touží po dokonalosti - *anima mundi*. Ta je stvořena ze dvou kruhů; kruhu totožnosti a kruhu různosti. Kruh totožnosti je sféra stálíc vykonávající stejnoměrný pohyb jednou za 24 hodin. Kruh různosti se pohybuje opačným směrem a je rozdělen na sedm drah po kterých se pohybují planety. Kosmos a planety včetně Země má nejdokonalejší tvar, tvar koule. Země se otáčí kolem své osy podobně jako v nauce Heraklida a Ekfanta. Odtud se Koperník odvolává na Heraklida jako na dávnou autoritu pro svou vlastní hypotézu rotující Země.¹⁷

Demiurg stvořil tento svět jako oživlý, oduševnělý a na základě matematického řádu, a tím se dialog *Timaios*, jakožto koncentrovaná platonická kosmologie, stal inspirací pro Koperníka, Keplera i Newtona.

3.4. Aristotelismus

Velkým systematikem řecké vědy, jenž poskytl racionální, pochopitelný a věrohodný výklad světa byl Platónův žák Aristoteles (384–322 před n.l.).

Pokoušel se odhalit příčiny jevů a zavedl fyzikální zásady a odůvodnění jež byly založeny na rozumovém výkladu, proto se jeho učení stalo dominantní. Všichni, kdo přišli po Aristotelovi se museli nějak vůči němu vyhranit, ať v pozitivním či negativním smyslu.

Aristoteles vycházel ve svém učení z teleologie, kde se zabýval konečným smyslem, účelem a směřováním každého jsoucná. Každému jsoucnu tento smysl a místo ve světě určuje *logos*. Každá věc hledá své přirozené místo; pokud zaujme místo jiné, snaží se dostat zpět do svého přirozeného

místa nejkratším přímočarým pohybem. Od Platóna Aristoteles přejímá nauku o dokonalých tělesech a živlech s jejich geometrickou strukturou. Navíc jednotlivým živlům přisuzuje primární kvality: teplo a chlad, sucho a vlhko. Za dvě hlavní sekundární kvality jsoucna považoval lehkost a tíži.

Lehká tělesa směřují k absolutnímu nahoře, zatímco těžká tělesa směřují k absolutnímu dole. Jelikož považoval Zem za nejtěžší ze všech těles, a jelikož gravitační pohyb směřuje ke společnému středu, umístil nehybnou Zem v absolutním dole a tedy do středu světa.

Kolem tohoto středu se otáčely všechny planety včetně Slunce, proti nim se jednou za den otáčela sféra stálic. Kosmos byl rozdělen na sublunární a supralunární oblast.

Látkově byla sublunární oblast složena ze čtyř živlů a byla místem neustálých proměn, vzniku, zániku a nedokonalosti, zatímco nadřazená oblast nad Měsícem byla dokonalá, kde kromě rovnoměrného kruhového pohybu stálic a planet, jenž byl považován za dokonalý a proto pro tuto oblast přirozený, k žádným změnám nedocházelo. Planety a hvězdy, jakož i všechno ostatní zde bylo složeno z dokonalého pátého prvku - éteru, jenž též nepodléhal žádné změně. Planety byly unášeny v krystalických sférách, dutých koulích, jichž bylo padesát pět.

Sféry byly zasazeny jedna do druhé a Bohem jako první příčinou a nehybným hybatelem uvedené do počátečního pohybu, přičemž sféra nejvyšší zůstávala v klidu.

Vesmír podobně jako v dialogu *Timaios* začal v čase, ale jak pravil Aristoteles, co má počátek, má také konec. Vesmír

je pak omezený; Aristoteles věřil, že to, co je neurčité, není skutečné.

3.5. Kosmologie po Aristotelovi

Platonismus nesoucí v sobě pýthagorejskou tradici, byl v patnáctém a šestnáctém století zvolen jako argumentační nástroj Koperníka a dalších proti aristotelismu, přičemž pro tyto učence bylo významné to, jak se oba tyto systémy od sebe odlišují. Ty se odlišují mimo jiné tím, jak pojednávají a zdůvodňují řád světa. Aristoteles se ve svých výkladech soustřeďoval na živly, formy a kvality, studoval pozorovatelné vlastnosti jednotlivých konkrétních substancí, zatímco Platón studoval skutečnost světa jako celek, připouštěl podobně jako pýthagorejci jeho matematickou podstatu. Odlišný byl též jejich pohled na ideje; Aristoteles se k nim stavěl kriticky, u Platóna však hrají důležitou roli a nejen při tvorbě světa. I když se Aristoteles kosmogenií přímo nezabývá, prvním principem, prvotní příčinou je u něj Bůh, *actus purus*, sám nehybný, uvádějící vesmír do pohybu.

Platón také ve své kosmologii uvádí boha demiurga, jenž ale svět vytváří z původního chaosu hledíc na ideje, jež mají základ v matematických zákonitostech.

Matematický, harmonický řád je tak na rozdíl od Aristotela povýšen, což v renesanci v době vzrůstu významu matematiky mělo na Koperníka s Keplerem podstatný vliv.

Do té doby však převládalo Aristotelovo kosmologické paradigma, jež nenarušil ani zmíněný Aristarchos ze Sámu, jehož heliocentrická soustava, téměř totožná s Koperníkovou, zcela zapadla, a on sám stěží unikl obvinění z

bezbožnosti. Avšak Aristarchos nedoprovodil, podobně jako ostatní řeční astronomové před Aristotelem, svůj systém žádným fyzikálním výkladem.

Naopak Ptolemaiova soustava z druhého století našeho letopočtu, založená na Aristotelově soustavě, ale vylepšená oproti pojetí jeho předchůdců Apollóna a Hipparcha pečlivým pozorováním a matematickými výpočty ještě o množství ekvantů, se v některých případech používá dodnes. Alespoň v tom smyslu, že zachovává představu geocentrismu, a nejen v astrologii. Většina navigačních a mapovacích příruček začíná větami jako: "Pro tyto účely předpokládejme, že Země je malá nehybná koule, jejíž střed je shodný se středem mnohem větší rotující hvězdné sféry."¹⁸ Zmíněný model byl znám jako jako aristotelisko - ptolemaiovský systém.

Ptolemaiovský model světa byl obzvláště ceněn nejen proto, že se zdál být v souladu s doslovnou interpretací několika biblických pasáží, ale ještě více proto, že umisťoval člověka, to nejdůležitější boží stvoření, do středu vesmíru.¹⁹

A právě proti tomuto modelu světa se Koperník a jeho stoupenec Kepler posléze vyhrazovali.

V období renesance lze v evropském myšlení zaznamenat proměny kultury a mentality, dochází místy až k volnomyšlenkářství a skepsi, k sekularizaci a k poznání, že naše jistota pobytu na světě není tak velká, jako byla předtím.

Zrození moderní doby doprovázela nová myšlenková paradigmata a tím také nové chápání světa. Filosof René Descartes když prohlašuje *cogito ergo sum*, pochybuje o

všem, jen ne o svém vědomí, v procesu poznávání je vidět posun od teorie k empirismu, od transcendentalismu k racionalismu a k objevu vlastního vědomí, k orientaci na zlepšení života již na tomto světě. Dochází k destrukci kosmu jak byl dosud známý, k matematizaci obrazu světa, jeho odmítnutí jako uzavřeného celku, kde byla jedna část nadřazená ostatním, vesmír se stává homogenní. Mikuláš Kusánský byl první, kdo přišel s teorií neomezeného vesmíru.²⁰

Po něm se ale v tomto bouřlivém období vývoje kosmologie a návratu k antickým kořenům kromě Koperníka vynořily další osobnosti; někteří z nich, jako humanista a filosof Marsilio Ficino, překládali starověké autory. Jeden z předchůdců Keplera, Giordano Bruno, byl za své přesvědčení ochoten položit i svůj život.

My, kteří se nedržíme fantastických stínů, ale skutečností samých, my, kteří vidíme nezměrnost a nekonečnost tělesa vzdušného, etherického, duchovního, těkavého, schopného klidu i pohybu, musíme tvrdit, že je tomu tak, protože nepozorujeme ani rozumem nenalézáme nikde žádného konce; víme najisto, že hmota musí býti, jakožto výsledek a účín jediné a nekonečné příčiny a jediného nekonečného principu, a také pro svou vlastní vnitřní podstatu a formu, nekonečně nekonečná.²¹

3.6. Vliv astrologie

Obraz přírody neexistuje jako danost, je to kulturní konstrukt, a nelze od sebe oddělovat hermetismus, astronomii a astrologii, protože ty utvářely tehdejší kulturu

nehledě na to, jak na to dnešní věda pohlíží; k pochopení té doby je třeba tyto skutečnosti respektovat.

Platonismus měl na tehdejší dobu, ovlivněnou obnoveným zájmem o magii větší vliv také proto, že v sobě obsahoval, též díky interpretaci novoplatoniků, větší příklon k duchovnu a mysticismu než aristotelismus. Astronomie a astrologie tvořila až hluboko do novověku jednu disciplínu.

Do Řecka pronikla astrologie z Mezopotámie již v pátém století před naším letopočtem, ale lze předpokládat, že některé prvky, jež lze nazvat astrologickými, již obsahovala filosofie pythagorejců. Jejich učení o harmonii sfér se podobá doktríně o aspektech v astrologii, kde je matematický tvar notové stupnice převeden na úhlové vzdálenosti mezi planetami. Novoplatonici byli přesvědčeni, že člověk je mikrokosmem, jenž v sobě zrcadlí makrokosmos, což je základním tvrzením astrologie.

Ambivalentní postavení člověka vycházející z aristotelského kosmologického schématu, který ho postavil do středu světa a zároveň na jeho dno, logicky v helénistické době posílilo přesvědčení o působení planet. E.R. Dodds ve svém díle *Pohané a křesťané ve věku úzkosti* píše, že v helénistické době panovala představa o zlu, jež nutně obchází sublunárním světem, přičemž člověk je v moci Osudu a planetárních strážců sedmi bran, jež oddělují svět od Boha.

Úvodní traktát sbírky *Corpus Hermeticum* z druhého století n.l. podobně odkazuje k planetárním sférám: Bůh... stvořil sedmero Správců (tj. planet), svírajících svými kruhy smyslový svět; a jejich správa se zove Osud (*Heimarmené*).²²

Astrologie byla součástí věštění a ztělesňovala řeckou víru v rozum a příčinný zákon přírody, jemuž byli podřízeni dokonce i bohové.

Tím, že člověk prostřednictvím astrologie získal přístup k "plnému vhledu do věcí lidských a božských", mohl přelstít působení vrtkavé Tyché/Fortuny a zajistit si domovské místo ve světě.²³ Jak bylo naznačeno, běžné bylo, že slavní astronomové starověku byli zároveň praktikující astrologové. Ptolemaios se vedle *Almagestu* stejným způsobem proslavil svým spisem o astrologii jménem *Tetrabiblos*.

Je pravděpodobné, že Kepler a další učenci jeho doby měli málo pochyb o tom, že bílá magie včetně astrologie může člověka uvést v soulad s přírodou a kosmem. Jak vážně pojímal Kepler astrologii je vidět například v deváté kapitole jeho významné knihy *Mysterium Cosmographicum*, jež má jinak na svou dobu věcně vědecký obsah, kde pojednává o planetách z hlediska jejich astrologických vlastností.

Evropští astronomové jako byl Brahe a Kepler, kteří v pozdní renesanci dovedli Koperníkův systém do jeho modernější podoby, byli finančně i duševně podporováni, protože se o nich vědělo, že umí sestrojít nejlepší horoskopy.²⁴

3.7. Vliv náboženství

Avšak ke kultuře patří, a v období 16. až 17. století to platilo obzvláště, i náboženství. Koperníková smělá these byla z počátku prostě přezírána theologi Říma i směrů

evangelických jako planá smyšlenka, později však vzbudila přímý odpor inkvizičních strážců protireformačního pravověří.²⁵

K tomu došlo ovšem až na konci 16. století, kdy došlo k soudu s Giordanem Brunem. Až do 20. let 17. století však byly například Koperníkovy názory katolickou církví víceméně tolerovány*, teprve potom došlo k zákazu těch jeho knih, kde se psalo o pohybu Země.

Někteří z Koperníkových následníků, jako například Galileo, byli upozorněni inkvizicí, že jejich názory jsou kacířské, a za jejich uveřejnění byli souzeni a potrestáni.²⁶

Proti Koperníkovi vystupovali známí spisovatelé a filosofové 16. století jako byl Du Bartas a Jean Bodin, ale také protestanti v čele s Lutherem a Kalvínem, protože se jeho učení neslučovalo s tím, co bylo psáno v bibli.

Citace z písma proti Koperníkovi začaly ještě před zveřejněním *De Revolutionibus*. V jednom z jeho "Hovoru u stolu" z roku 1539 se prý Martin Luther vyjádřil takto: Lidé propůjčují sluchu nějakému povýšenému astrologovi, který se snaží ukázat, že se Země otáčí, a ne nebe nebo nebeská klenba, Slunce a Měsíc....Tento blázen si přeje zvrátit celou astronomickou vědu; ale svaté písmo nám říká [Joshua 10:13], že Joshua nařídil Slunci, aby se zastavilo, ne Zemi.²⁷

Koperník ani Kepler, na rozdíl od svých kolegů Galilea a Bruna, sice neměli kvůli svému učení o pohybující se Zemi s náboženskými představiteli podstatnější rozepře, nicméně

* K tomu také přispěla ta skutečnost, že Koperník věnoval své klíčové dílo *De Revolutionibus* papeži Pavlu III., jenž je pokládán za typicky renesančního papeže. Ve svém věnování Koperník obhajoval své názory mimo jiné tím, že se odvolával na podobnost některých svých pohnutek k respektovaným postavám antického světa - například k Platónovi či Pythagorejčům.

postoj, který církev zaujímal vůči změnám v zažitém pohledu na svět ilustruje atmosféru, v níž se nové ideje rodily.

Každá smělá nová myšlenka, každý nový pohled musí překonávat jistou setrvačnost v myšlení těch, kdo ji mají přijmout. Zastánci odlišných teorií se podobají členům odlišných jazykově - kulturních společenství.²⁸

Formace nového paradigmatu je obvykle provázena destrukcí paradigmatu starého. Vědecká revoluce probíhá proto, že se nakupí okruh anomálií a jejich nárůst se stává problémem, to vede k chaosu, z něhož se vykrystalizuje nový pohled na svět, nové paradigma. Pokud lze označit jako překonané staré paradigma aristotelské, tak potom nové paradigma a nový pohled na svět, jenž platil od 16. až do 20. století, lze nazvat systémem koperníkovsko-keplerovsko-newtonským.

4. Rozbor pramenných textů

4.1. *Mysterium Cosmographicum*

Keplera (1571–1630) vedly k objevu vepsaných pravidelných mnohostěnů mezi planetami, jak bylo naznačeno v úvodu k této práci, jak estetické, tak i obecně theologické a kosmologické úvahy, protože podle jeho slov je to Boží záměr, abychom napojením se na Jeho myšlení byli schopni objevit plán stvoření. Dokonalý architekt nemůže stvořit nic co není krásné a dokonalé.

Kepler nachází pro tuto myšlenku další důkazy v jedenácté kapitole svého díla *Mysterium Cosmographicum*, kde mluví o uspořádání dokonalých těles, čili o mnohostěnech, a o vzniku zvěrokruhu.

V této kapitole ukázal kromě toho, že mnohostěny jsou vepsány mezi planety to, že je lze uspořádat tak, že počínajíc krychlí jako základnou lze vsadit čtyřstěn dovnitř krychle tak, aby jedna jeho základna byla paralelní se stěnou krychle, a dvanáctistěn paralelně se základnou čtyřstěnu. Tato tři tělesa, které Kepler nazývá primární, jsou jinak uspořádány, jak popsal v předchozích kapitolách, než zbývající dva mnohostěny, jež nazývá sekundární. Proto musí být dvacetistěn vsazený do dvanáctistěnu pootočen tak, že jedna z jeho diagonál musí být v pravém úhlu k oběma protějším stranám dvanáctistěnu. Podobně se vloží poslední z těles, osmistěn, do dvacetistěnu.

Pokud se pak vede myšlená přímka středem těchto těles, tzn. středem stěny krychle, středem základny čtyřstěnu, středem dvanáctistěnu a vrcholem dvacetistěnu a osmistěnu

do středu Slunce, na protější straně za Sluncem projde myšlená přímka mnohostěny stejným způsobem, jenom v opačném gardu. Tím se podle Keplera dělí nejen mnohostěny, ale celý vesmír na dvě stejné části.

Další důkaz ideje harmonického uspořádání vesmíru nachází Kepler například v následující dvanácté kapitole, kde nachází korelaci mezi vlastnostmi mnohostěnů a astrologických aspektů na jedné straně, a hudebních harmoniích na straně druhé. To je dalším důkazem myšlenkového spojení Keplera s Pýthagorem, ale i s Platónem - když například matematickým formám přisuzuje primární existenci před smyslovým světem. Platón zdůrazňoval, že pokud chceme získat opravdové vědecké vysvětlení, jež bude vyhovovat lidskému uvažování, musíme se hlavně zabývat příčinami, jež leží vně materiálního světa ve světě idejí.

Podrobnější popis vztahů mezi aspekty a harmoniemi podává Kepler ve svém spise *Harmonice mundi*.

S Koperníkem se Kepler seznámil již u svého učitele Maestlina na universitě v Tübingenu. Keplera Koperníkův systém přitahoval, protože podle jeho názoru odůvodňoval lépe pohyby planet, než v jiných systémech. Pohyby Země tak vysvětlovaly nepřesnosti, nebo naopak nápadný soulad v pohybech ostatních planet. Zatímco ale Koperník rozpoznal nádherné uspořádání světa *a posteriori*, z pozorování, Kepler tvrdil, že to lze dokázat *a priori*, z myšlenky stvoření.²⁹

Objev korelace u konjunkcí a vzdáleností mezi planetami Jupiter a Saturn Keplera vedl k tomu, že se snažil najít další souvislosti. Vepisoval do sféry Jupitera čtverec, do něj kruh (což měla být sféra Marsu), do tohoto kruhu další mnohoúhelníky a tak dále, ale nepodařilo se mu najít

souvislost se vzdáleností planet. Pochopil, že dvourozměrné obrazce mu nemohou přinést vysvětlení pro uspořádání planet a obrátil tedy svou pozornost k pěti třírozměrným platonickým mnohostěnům.

Z Grazu Kepler posílal svému učiteli Maestlinovi počínaje srpnem 1595 dopisy popisující jeho myšlenkové procesy a objevy. Již v září toho roku se v nich krátce zmiňoval o své hypotéze ve spojitosti s pravidelnými mnohostěny, ale hlavně psal o své teorii *anima movens* týkající se Slunce. K této teorii byl ale Maestlin skeptický, protože si myslel, že by mohla astronomii poškodit. Kepler předpokládal, že rotace Slunce má za následek oběh planet kolem něj. Zatímco hypotéza o mnohostěnech odůvodňovala počet, uspořádání a velikost planetárních sfér, aby vysvětlil pohyby,^{*} předpokládal Kepler ve Slunci takzvanou *anima movens*, jejíž účinnost (*vigor motus*) se zeslabovala se vzdáleností od Slunce stejným způsobem, jakým se zeslabuje intenzita světla se vzdáleností od svého zdroje.³⁰

Na konci ledna 1596 se Kepler na pár měsíců vrátil do Tübingenu, aby mohl zařídit vše potřebné k připravované publikaci své knihy a aby mohl prokonzultovat své výsledky s Maestlinem. Toho zároveň požádal o pomoc při výpočtech vzdáleností planet, jež potřeboval pro svou teorii o mnohostěnech. Maestlin Keplerovi tuto teorii schválil, ale ve své korespondenci upozornil, že Kepler opomenul nechat ve svých výpočtech místo pro Koperníkovy epicykly, protože by podle Koperníkovy teorie měly mít sféry dvakrát tak větší tloušťku, než jim

* Jsou míněny pohyby planet (pozn.překl.)

udělil Kepler. Maestlin ale pro výpočet vzdáleností planet od Slunce používal takzvané Pruské tabulky,[♦] přičemž uznával, že žádné novější informace zatím neexistují, jež by jeho data prověřily. Avšak v *Mysterium Cosmographicum* Kepler upozorňuje, že i v případě vypočtení soustavy pomocí epicyklů a excentrů by Maestlinova námitka platila pouze tehdy, pokud by byly sféry pokládány za reálné, přičemž, jak dodal, reálné sféry již byly Tychem Brahe odmítnuty (KGW 1, 75-76).[•] Nepochybně byly Keplerovy sféry navrženy tak, aby vyhověly skutečným drahám planet, než různým Koperníkovým vyobrazením.³¹

Je ovšem zřejmé, že dokud Kepler nepřišel s teorií eliptických drah, byly sféry vždy v napětí se skutečnými drahami planet.

Dlužno podotknout, že Maestlin byl zastáncem Koperníkovy astronomie na rozdíl od Tycha Braha, jenž vnímal tento systém jako sice matematicky obdivuhodný, ale ne vždy v souladu s fyzikálními principy. Souhlasil například s Koperníkem ve věci odmítnutí Ptolemaiových ekvantů.

V květnu 1596 Kepler požádal univerzitu v Tübingenu o povolení vydat knihu s jejím doporučením. Tím byl pověřen Maestlin, jenž přitom Keplerovi doporučil napsání předmluvy vysvětlující Koperníkův systém s nákresem a popisem vlastností mnohostěňů. Kepler doplnil i popis metody výpočtu poloměrů vepsaných a opsaných sfér.

Na začátku první kapitoly svého díla Kepler slíbil, že nebude tvrdit nic, co by bylo v rozporu s biblí a pokud by

[♦] Pruské tabulky nebo-li *Latin Tabulae Prutenicae* (1551), astronomická příručka Erasma Reinholda

[•] KGW=Johannes Kepler, *Gesammelte Werke*, vydáno Waltherem von Dyckem, Maxem Casparem, Franzem Hammerem a Marthou Listovou v Mnichově r. 1937.

to byl Koperník, kdo by z takové urážky byl usvědčen, zřekl by se ho (KGW 1, 14).³² Ačkoliv Matthias Hafenreffer, prorektor univerzity později prý během kázání v kostele namítal, že Bůh nepověsil slunce doprostřed vesmíru jako lucernu doprostřed místnosti, větší námitky teologů nebyly vzneseny, a *Mysterium Cosmographicum* mohlo v březnu roku 1597 vyjít tiskem.

V souvislosti s naším úkolem prozkoumat materii mnohostěnnů dlužno snést argumenty jak pro hypotézu myšlené, imateriální a matematické, tak pro hypotézu látkové podstaty mnohostěnnů či sfér. Jak bylo řečeno, Kepler se na poli kosmogenie hlásil ke svým antickým předchůdcům, obzvláště se jich dovolával k podpoře své teorie na funkci pýthagorejských mnohostěnnů. Platón sám v dialogu *Timaios* každému z mnohostěnnů přiřadil jeden z živlů a zdůraznil jejich složení z trojúhelníků. Například zemi přiřadil tvar krychle, ta je svou podstatou nejpevnější. Proto přidělujíc tento tvar zemi, zachováváme pravděpodobnost; naopak zase vodě dejme nejméně pohyblivý z ostatních tvarů, nepohyblivější pak ohni a střední vzduchu; a zase nejostřejší ohni, druhé pak vzduchu, třetí vodě. Ze všech těchto živlů ten, který má nejméně ploch, jest jistě nepohyblivější, ze všech nejbřitčí a vůbec nejostřejší, dále pak nejlehčí, poněvadž jest složen z nejmenšího počtu týchž částí; druhý živel co do týchž vlastností jest na druhém místě, třetí pak na třetím.³³

O několik řádek dále se praví, že jsou tato tělíška tak malá, že jsou neviditelná, pouze když se shluknou, je možno je rozeznat. Nuže je možno předpokládat, že se jednalo o tvary na atomické úrovni, ale ve vyšším smyslu,

po sloučení to byly mnohostěny. Na základě teorie o živlech mohl Kepler předpokládat jejich látkovou podstatu. Ve zmíněném úvodu k *Mysterium Cosmographicum* se ale praví: Kepler nastínil dvě verze hypotézy o mnohostěnech. V první verzi se zemi přiřadila sféra o skutečné velikosti její oběžné dráhy, zatímco v druhé verzi byla tloušťka této sféry zvětšena tak, aby zahrnovala sféru Měsíce. Protože Kepler neměl žádný důvod preferovat jednu verzi před druhou, vyjádřil se v tom smyslu, že lze vybrat takovou verzi, jež se bude lépe hodit. Pokud by byla vybrána první verze, nevystala by s ohledem na sféru Měsíce v tom případě zasahující do mnohostěňů žádná potíže, protože ty, jak Kepler zdůrazňoval, jsou nehmotného charakteru (KGW 1,55).³⁴

Bohužel z tohoto úryvku není jasné, na jakém místě svého spisu (KGW) toto Kepler uvádí. Abychom to mohli zjistit a úryvek zanalyzovat, museli bychom mít zmíněný spis k dispozici, ten však není dostupný. Také se nelze plně spolehnout, podobně jako v případě Koperníkových sfér, na přesný překlad těchto slov. Autor této práce měl k dispozici anglický překlad *Mysteria Cosmographica*, ale citovaný úryvek je vyňat z německé publikace, a za předpokladu překladu originálu psaném v latině se lze s určitou pravděpodobností domnívat, že v důsledku několikerého překladu došlo v nějaké míře ke zkreslení.

Podporu teorie o materii sfér i mnohostěňů lze ponejvíce odvozovat filosoficky; i když některé narážky Keplera by mohly svědčit také o jejich spíše hmotném charakteru. V tak zvaném Úvodním věnování v Keplerově knize je u poznámky číslo 6 zajímavá zmínka: Poukazoval jsem na planetární systém postavený z planetárních sfér, a z pěti pythagorejských těles, které se lišily jedna od druhé svou

vlastní barvou, sféry nebesky modrou a pásy, v kterých se předpokládá, že se planety pohybují, zase bílou, ale průhlednou, aby bylo možno vidět slunce ležící ve středu.³⁵ Zde mohou být tělesa míněna ve smyslu geometrickém, barva by však již geometrickému smyslu neodpovídala.

Ale podívejme se na latinský originál zmíněné poznámky: *Ad Sphearam allusi Systematis Planetarii, constructam ex Orbibus planetariis, & Corporibus quinque regularibus Pythagoricis, suis quoque coloribus a ceteris distincto, orbibus caruleis, limbis vero, in quibus planetas decurrere significabatur, albis: perlucidis omnibus, sic vt Sol in centro pendulus videri posset.*

Pro nás klíčové slovo *corporibus* je dativem a ablativem plurálu substantiva *corpus*, které znamená tělo, těleso, čili něco hmotného, látkového.

Kepler na několika místech zdůrazňuje, že se nevyjadřuje k věcem, jež se týkají vesmírných zákonitostí spěšně a bez náležitého zvážení. Svě teorie si navíc nechával prověřovat svým učitelem Maestlinem, kterého pokládal za skvělého matematika. To lze například doložit tím, že i když se klonil ke Koperníkově heliocentrické teorii, pohlížel na ni kriticky.

Důsledkem jeho skepse byl vznik průlomového *Prvního Keplerova zákona* o eliptických oběžných drahách planet založená na pozorování svých i těch, co po sobě zanechal Brahe, a na množství výpočtů, kdy studoval několik let oběžnou dráhu Marsu. Tento a *Druhý Keplerův zákon*, který praví, že "plochy opsané průvodičem planety za stejné období jsou stejné", zveřejňuje Kepler ovšem až v roce 1609.

Keplerova erudice jakožto vynikajícího matematika a pozorovatele je obtížně zpochybnitelná, nicméně na některých místech jeho díla se čtenář může ocitnout v pochybnostech o tom, jak byl který výrok vlastně v souvislosti s materií mnohostěňů zamýšlen (i v případě v poukazu na nepřesný překlad).

Takové místo lze najít například v druhé kapitole v následující větě: Protože vzdálenost Marsu od Slunce je menší než třetina vzdálenosti Jupitera od Slunce. Je tedy nutné použít těleso, jež lze vložit do maximálního rozdílu mezi vepsanou a opsanou koulí (pokud si můžeme dovolit tu nepřesnost považovat ho za duté namísto plného), a to je čtyřstěn, nebo-li pyramida. Proto je mezi Jupiterem a Marsem pyramida.³⁶

Latinský originál zní: Martis enim distantia a Solenon aequat tertiam partem Iouiae. Quaertur igitur *corpus*, quod maximam facit differentiam inter orbem circumscriptum&inscriptum (concedatur nobis haec cauum pro solido censendi) quod est Tetraedrum fiue Pyramis. Est igitur inter Ioem&Martem Pyramis.

Proč Kepler mluví o attributech dutosti či plnosti? Pokud bychom to takto mohli chápat, pak by to mohlo svědčit o materiálních vlastnostech zmíněného tělesa (*corpus*).

Kepler sice připojil vysvětlující poznámku, ale ani ta není plně uspokojující. Praví se v ní: Buď lze sférický tvar, jenž nazýváme koulí, zařadit mezi tělesa (inter *solida* censendum), nebo si tyto útvary (aut haec *corpora solida* dici non merentur) nezaslouží tělesa nazývat a argument, že sféry jsou zobrazeny podle nich by neměl vyplývat z jejich pevnosti (*soliditate*), to znamená z dokonalosti jejich třírozměrnosti. Protože sféry (nebo prostory) samy jsou duté, a také důvod vznešenosti těchto útvarů je, že

napodobují co nejvíce sférickou dokonalost tím, že dokonale obepínají prostor, jenž obklopují. Vskutku je pevnost (*soliditas*) jak u koule, tak u těchto útvarů ryzí ideou jejich podstaty tak, jako je povrch u jejich formy.³⁷ Ačkoliv se tato argumentace (hlavně zmínkou o ideji podstaty) více blíží hypotéze o myšlené podstatě mnohostěnnů než hypotéze o jejich skutečné - tedy hmotné podstatě, nelze ji jednoznačně prokázat. Čtenář může opět být na rozpacích s ohledem na význam slova *solid*, jež evokuje spíše něco hmotného než myšleného.

Zde je na místě poněkud hlubší analýza tohoto slova pomocí slovníků. Poslední věta z ukázky v originále zní: *Soliditas* vero tam in globo, quam in bis figuris, est genuina materia idea vt superfisies forma. Například ve Velkém anglicko - českém slovníku, od autorů K. Haise a B. Hodka, vydaném v Praze roku 1984 nakladatelstvím Akademia, lze najít přes dvacet českých významů slova *solid*; latinský tvar je však prakticky stejný - *solida*, *soliditas*, - v anglickém překladu *solid*, *solidity*. Je však zřejmé, že anglicko - český slovník zde může sloužit pouze jako doprovodný, pomocný nástroj interpretace. V latinsko - českém slovníku, od autorů J. Pražáka, F. Novotného a J. Sedláčka, vydaném nakladatelstvím České grafické unie, a.s. v Praze roku 1948, se pod slovem *soliditas* pak nalézají výrazy *hustota*, *hutnost*. Tato slova však nemusí nutně znamenat pevnost, což je obvyklý překlad anglického slova *solid*. Přeci však latinský výraz *soliditas* znamenající hustotu nějakou látkovost evokuje.

Překladatel originálu učinil na začátku knihy překladatelskou poznámku, kde komentuje způsob Keplerova psaní. U slova *corpus* stojí následující: Někdy, jako v druhé kapitole, Kepler používá slovo *corpus* ve

smyslu hmoty, ačkoliv ne tak docela jako Aristoteles. Jinde jím míní tělo (body) jako například hvězdu. Nicméně kdekoliv to slovo používá ve spojitosti s pěti dokonalými tělesy, tak bylo přeloženo slovem *solid*, protože by v angličtině znělo podivně mluvit o "pěti dokonalých tělesech" (*bodies*).

Tím se překladatel dopustil jistého zjednodušení, které se pokoušíme napravit tím, že co nejčastěji uvádíme citace i v latinském originálu. Nicméně výraz *solid* používá Kepler v souvislosti s mnohostěny, respektive sférami, jak dále uvidíme, přibližně stejně tak často, jako výraz *corpus*.

V poznámkách k jedenácté kapitole, kterou jsme již zmiňovali, Kepler poukazuje na úlohu matematiky při tvorbě světa, kterou, jak píše, Aristoteles kritizoval.

Ve spojení s úvahami nad sférami však Kepler zpochybňuje v poznámce č. 2 u této kapitoly jejich pevnost, když říká: "...protože ten, kdo si myslel, že to je ta otázka, kterou by měl klást ve spojitosti s astronomií svých dnů, a dnes by kladl tu samou otázku ve falešné víře v pevnost sfér...". V latinském originálu tohoto úryvku stojí: "...Nam qui in hoc inquirendum sibi putavit in astronomia sui temporis, inque persuasione illa falsa solidorum orbium...". Slovní spojení *falsa solidorum orbium* přeložené za pomoci zmíněného latinsko - českého slovníku znamená: klamně (mylně) tuhé (pevné, nebo husté) kruhové dráhy.

O něco dále, v poznámce č.3 u stejné kapitoly se Kepler pokouší stanovit definici látky a formy. Například koule jako forma je sama o sobě jednotný celek ze všech stran stejný; ale jako látka, coby povrch, je složená z částí. V tomto případě vzhledem k částem se koule rozdělí na

nekonečné množství, a pak se koule nepovažuje za formu, ale za látku (*non consideratur formaliter, sed materialiter*); nebo, což je to samé, formálně koule žádné části nemá, ale to co se považuje za části v kouli už látkové je, ježto tvar koule se přeměnil na kvantitativní látku, a může být rozdělen (*qua vero in illo considerantur partes, materialis sunt, in quantum figura sphaerici vtitur materia quantitativa, dividique potest*). Ale ve skutečnosti je krychle do koule vepsaná. Pokud se koule posuzuje jako forma, jako tvar, není důvod proč se ptát v jakých bodech se vrcholy krychle budou dotýkat, ale pokud budeme kouli posuzovat jakožto látku (*sin autem materialiter consideres*), či povrch s nekonečným počtem bodů, pak je opravdu důvod ptát se "V jakých bodech?"³⁸

Latinský výraz *materialis* znamená v češtině hmotný, *materia, materies* pak látka, nebo hmota.

Níže ve stejné poznámce stojí další věta: "Protože jak prostor tak čas v třídě veličin mají materiální stránku (*rationem habent materia*), protože to co má tvar má také velikost."

Je zřejmé, že se Kepler v téhle chvíli pouštěl do filosofických úvah a z matematika a astronoma se stává filosof, ale to nebylo v jeho době nic neobvyklého. Podobně se choval například René Descartes, ač původně matematik, a mnoho jiných učenců před ním a nakonec ještě i dlouho po něm.

Ostatně pokud i my se pustíme do podobného typu úvah ale týkajících se celkového pojetí této práce, samozřejmě je možno se ptát, zda není vlastně vůči Keplerovu textu ahistorické vnášet do něj nespornost rozlišení matematického, nebo pevného tělesa. Bude nám snad omluvou, že se zde jedná pouze o studijní účely.

Zda Kepler mnohostěny a sféry považoval za čistě matematické pojmy, či byl přesvědčen, že se jedná o pevné útvary možná napoví další část pojednání.

Šestnáctou kapitolu Kepler nazval "Zvláštní poznámka o Měsíci a o materiálním složení těles a sfér" (De Luna peculiare monitum & de materia corporum & orbium).

Zde se tento astronom zabývá v první řadě otázkou sféry Země a Měsíce. Systém Země a Měsíce, který kvůli oběhu Měsíce kolem Země zaujímá jistou tloušťku, by podle Keplera měl být zahrnut do sféry Země, pokud by tak učinil Koperníkovy výpočty přesnější. Na druhou stranu pokud by naopak vyloučení sféry Měsíce ze sféry Země bylo více ve shodě s těmito výpočty, pak se prostě oběžná dráha Měsíce bude jednou objevovat nad sférou Země a podruhé zase pod ní. Vlastně se zdá, že je to spíše otázka úhlednosti, zda je někde jinde ve vesmíru taková sféra, jež má takovou hrudku, jako kámen na prstenu, čímž tento výčnělek kazí její dokonalou oblost.³⁹

Pozice Měsíce je pak přírodovědecky i filosoficky zdůvodňována a není prý divu, že oběma tělesům Koperník přisuzuje společné místo i pohyb. A neměli bychom se obávat, že by byla lunární sféra nějak vytlačována nebo stlačována kvůli blízkosti mnohostěňů.

Protože by to bylo absurdní a monstrózní umisťovat tato tělesa na oblohu, pokud by byla z takové látky, jež by nedovolovala cizímu tělesu projít.⁴⁰

Zde je opět na místě uvést celou větu v latinském originále: Nam absurdum et monstrosum est, *corpora* haec materia quadam vestita, quae alieno *corpori* transitum non praebeant, in coelum collocare.

Kepler zde místo slova *solidus* používá znovu slovo *corpora*, *corpori*, což podle výše zmíněného latinsko-českého slovníku má význam těla či tělesnosti pocházející ze slova *corpus*, respektive *corporeus*, nebo-li těleso, tělesný.

Slovem *corpus* obvykle nelze označovat něco, co je bez hmotné podstaty. I když tělesem lze teoreticky označit i geometrický útvar, tak proto, že se zde jedná o těleso Měsíce, lze tuto variantu vyloučit. Tvrzení o prostupnosti těchto těles narušuje hypotézu o pevné podstatě mnohostěnnů; nyní, zdá se, lze připustit pouze úvahu o jemné a prostupné látce, z níž by mohly být tato tělesa vystavěna.

Kepler se pozastavuje nad otázkami, jež obklopují materii sfér (jedni říkají, že jsou snad z nějaké pevné látky) a nad hypotézou, že planety jsou jimi unášeny. Rozvíjí tu myšlenku, že pro hybatele není žádná váha velká. Na otázku, jakým způsobem se Zem přiměla, aby se umístila správně ve sféře a začala se pohybovat - prostě vzduchem, odpovídá, že tím, který nás obklopuje a který je všude přítomen, na Zemi i ve vesmíru. Tyto úvahy jsou také předmětem poznámky, kterou k této věci na konci zmíněné kapitoly učinil.

Protože co je sféra či nebe? Co jiného než vzduch. A co je vzduch? Co jiného než nemateriální vyzařování těles, jež uděluje planetám pohyb tím, jak víří? (*Quid Orbis vel calum? Quid nisi aer? Et quid aer? Quid nisi Species imimateriata corporis, quod motum Planetis insert, in gyratione versantis?*) Ale přestaňme si hrát se slovy a pojďme uznat, že náš "vzduch" je materiální podstaty (*corpus materiatum*), přes nějž ale mohou magnetické,

hybné, tepelné, světelné a další podobné síly procházet, takže je to pára svého druhu podobná vzduchu, jenom trochu hustší než je vzduch, jenž ji obklopuje.⁴¹

O kousek dále se Kepler táže: A i kdyby malá sféra Měsíce vyčnívala nad sférou země, co by mělo v dvanáctistěnu či dvacetistěnu být, aby jí to bránilo v průchodu?

Od této chvíle si můžeme být alespoň jednou věcí jisti: žádné teorii o naprosté pevnosti a neprostupnosti jak sfér, tak mnohostěnnů Kepler zcela určitě nepřítakává.*

Jeho poznámka o vzduchu a výparech, které jsou přeci i podle Keplera materiální povahy, je ale zpochybněna v kapitole dvacet dva, která nese název "Proč se planeta rovnoměrně pohybuje okolo středu ekvantu."

V této kapitole, kde Kepler mimo jiné polemizuje v souvislosti s pohyby planet o tloušťce jejich sfér, stojí tato věta: A dodal jsem to, co jste mohli najít v kapitole šestnáct o látkové podstatě útvarů (*figures*), jež *neexistuje*; a proto není absurdní vložit tělesa (*solids*) do stejných míst kde jsou sféry, neboť dokonce i bez sfér se tato nerovnoměrnost v jejich oběhu dá obhájit.⁴²

V latinském originále se nám objevuje nový výraz pro tělesa - *figura*: Et addidi, quae cap. 16. habes, de materia *figurarum*, quae nulla fit; atq; inde non absurdum esse, *corporacum* orbibus eodem loco includere. Imo vero vel fine orbibus hac viae inaequalitatem defendi posse.

Po nahlédnutí do latinsko - českého slovníku zjišťujeme, že slovo *figurarum* je deklinací slova *figura*, jež znamená přeložené do českého jazyka tvar, či útvar. Ale ve stejné

* Zde je třeba poznamenat, že některé poznámky Kepler vložil do textu až druhého vydání *Mysterium Cosmographicum* v roce 1621, kdy měl namnoze již jiné představy, než v roce 1596. To se týká například magnetismu jako hybné síly planet.

větě stojí významové synonymum pro tento výraz ve tvaru *corporacum*, které má blíže k tělesu. Nakonec i v anglickém jazyce podle zmíněného slovníku je jeden z významů slova *figure* tělo.

Nicméně vysvětlení pro tato poněkud protichůdná tvrzení o materii dokonalých těles není jednoduché. Kepler nám tímto prohlášením sice dává poměrně jednoznačně najevo, že zmiňované mnohostěny jsou v jeho pojetí pouze geometrické útvary bez látkové podstaty, je však třeba si uvědomit, že některé představy mají tendenci přežívat po dlouhou dobu.

I když archaický ekvivalent mezi prázdňem a vzduchem vyvrátil již Anaxagoras s Empedoklem když určili, že vzduch má hmotnou povahu, ještě Tomáš Akvinský (1225–1274), považoval za nutné ve svém stěžejním díle nesoucím název *Summa Theologica* tuto jeho vlastnost zdůrazňovat. Ale ani ve věci prázdňého prostoru nebylo vždy jasno. Starověké pojetí plnosti vesmíru je často uváděno jako *horror vacui*, odpor přírody k prázdnu.⁴³ Byl to především Aristoteles, který na rozdíl od atomistů prohlašoval, že prázdno neexistuje. I zde se projevuje odklon Keplera od Aristotela. Předpokládal, že uprostřed vesmíru je prázdňý prostor, ve kterém se nacházejí Slunce a planety, myslel si však, že toto prázdno není jsoucňem.⁴⁴

Na konci knihy v tomto novém vydání jsou komentáře učiněné E.J. Aitonem k jednotlivým kapitolám.

U kapitoly šestnáct stojí u čísla 2. následující poznámka: Kepler vysvětluje, že mnohostěny a sféry jsou čistě geometrické pojmy bez materiální podstaty.⁴⁵

Poznámka číslo 2. se pak vztahuje přímo k větě, jež pojednává o materii mnohostěnnů a uvedli jsme ji v poznámkách pod číslem 10.

Tento postřeh lze označit jako další argument ve prospěch čistě matematické koncepce zmíněných mnohostěnnů.

4.2. Charakteristika sfér

Při rozboru díla *Mysterium Cosmographicum* jsme se zabývali především materií mnohostěnnů, a materii sfér jsme řešili spíše jako vedlejší problém. Nyní bychom pořadí důležitosti chtěli obrátit, a pokusit se přednostně vyřešit problém materie sfér.

Kepler problematiku sfér v podstatě převzal od Koperníka, a ten sféry jako nosiče planet evidentně adaptoval z aristotelsko - ptolemaiovského systému.

O funkci sfér jako nosičů planet však pojednával již Platónův žák Eudoxos z Kvidu (408–356 před n.l.). Eudoxos tedy tvrdil, že se oběh Slunce a Měsíce děje vždy ve třech sférách; první pohyb prý jest týž jako u stálic, druhý jde středem zvířetníku a třetí probíhá v šikmém směru šířkou zvířetníku; ale ta šikmost tvoří větší úhel u dráhy Měsíce než u Slunce. Ale planetám přisuzuje oběh ve čtyřech sférách, z nichž první a druhá prý se shoduje s odpovídajícími oběma sférami Slunce a Měsíce - neboť sféra stálic prý s sebou unáší všechny sféry dohromady a druhá, jež se pod ní otáčí středem zvířetníku, jest prý všem společná - , třetí sféra všech planet má prý však své póly v čáře, jdoucí středem zvířetníku, a oběh čtvrté prý se děje ve směru čáry šikmo k středu třetí sféry. Póly třetí

sféry prý jsou u Venuše a Merkura společné, ostatní planety prý však mají každá svůj. Kallipos podržel tutéž polohu sfér jako Eudoxos, to jest totéž pořadí jejich vzdálenosti; co se však týče jejich počtu, přidělil sice planetám Jupiterovi a Saturnovi právě tolik sfér jako onen, mínil však, že se Slunci a Měsíci musí přidat ještě dvě sféry, chceme-li jevy správně vyložit, ostatním planetám však po jedné.⁴⁶

Aristoteles pak navázal na systém sfér obou těchto jeho předchůdců, ale aby vysvětlil i zpětné pohyby planet, téměř jejich počet zdvojnásobil až na padesát pět. Jak již bylo řečeno, sféry byly v jeho homocentrickém systému do sebe zasazeny tak, že po uvedení do pohybu druhé nejvyšší z nich (nejzazší zůstávala v klidu), se ostatní sféry nesoucí další planety roztočily také, mechanicky prostým třením o sebe.

To by pak samozřejmě svědčilo o jejich hmotné podstatě. Aristoteles byl přesvědčen o tom, že supralunární oblast je tvořena étherem.

Éther je nebeským prvkem - podle Aristotela krystalické hutnosti, ačkoliv jeho pevnost byla jeho následníky často zpochybňována. Je na rozdíl od ostatních prvků čistý a neměnný, průhledný a nic neváží. Z něj jsou vytvořeny planety a hvězdy, stejně jako sada soustředných sférických obalů, jejichž rotací se uskutečňují nebeské pohyby.⁴⁷

Aristoteles podle toho co bylo řečeno zřejmě o pevnosti étheru a tím sfér nepochyboval. Nakonec v osmé knize své Metafyziky prohlašuje: Všechny smyslové podstaty však mají látku.⁴⁸ A planety v jeho systému samozřejmě viditelné jsou.

Je ovšem nutné dodat, že pokud Aristoteles uvažoval o pevnosti éteru, nemusel mít nutně na mysli stejnou definici

vlastností pevné látky jakou máme přibližně od dob Newtona my. Pokud se týče samotné látky, bytostné vlastnosti, které ji Newton připisuje, jsou téměř stejné jako vlastnosti, které u ní vyjmenoval Henry More, staří atomisté a novodobí stoupenci korpuskulární filosofie: rozlehlost, tvrdost, neproniknutelnost, mobilita; navíc k nim byla přidružena vlastnost nejdůležitější - setrvačnost v novém, přesném významu toho slova.⁴⁹

V souvislosti s neproniknutelností těles je pravděpodobné, že Aristoteles tuto vlastnost u látky předpokládal. Stoikové na druhou stranu obhajovali názor, že dvě tělesa v jednom místě být mohou. Avšak tento názor ostře kritizovali peripatetikové. V následujících stoletích bylo obecně přijímáno, že dvě tělesa v témže místě současně být nemohou.⁵⁰

Další astronomové helénistického období po Aristotelovi, jako byl Hipparchos, Ptolemaios a další, se podle dochovaných záznamů pevností sfér zřejmě nezabývali a Aristotelův systém s jistými úpravami prostě převzali jako celek.

Z *Almagestu* není například jasné, zda jim Ptolemaios vůbec věřil. Ale v období oddělujícím Koperníka od Ptolemaia se zdá, že většina vzdělaných lidí včetně astronomů věřila alespoň ve zjednodušenou verzi Aristotelových sfér. Připouštěli jednu sféru pro hvězdy a pro každou z planet také jednu a předpokládali, že každá planetární sférická slupka planety je alespoň tak silná, že ji obklopuje, když se planeta pohybuje nejbližší k centrální Zemi a když je od Země nejdále. Těchto osm sfér bylo zasazeno jedna do druhé tak, že vyplňovaly celou nebeskou oblast.⁵¹ V takzvaném období temného středověku obecně

panovaly představy o vesmíru typu alexandrijského mnicha Kosmy z šestého století vytvořené na základě bible, ale je znám i názor Jana Filiponose ze stejného období žijícího v Alexandrii, který byl do značné míry vůči Aristotelovu učení kritický. Odmítal například podvojnost nebeské sféry a byl přesvědčen, že i nebeská tělesa jsou složena ze živlů. Svým postojem se stal předchůdcem například Davida z Dinantu z dvanáctého století, jenž též kritizoval Aristotelovu nauku o pohybu a tvrdil, že éter jako samostatný prvek neexistuje, nebo takzvaných pařížských nominalistů.

Tomáš Akvinský naproti tomu byl Aristotelovým pevným zastáncem. Ve svém již zmiňovaném díle píše: "Dále, dvě tělesa nemohou zabírat stejné místo. Protože se pak nelze pohybovat z místa na místo jinak než prostředním prostorem, zdá se, že Kristus nemohl vystoupit až nad nebesa pokud by krystalické sféry nebes nebyly rozděleny; což je nemožné."⁵²

O století později se Dante Alighieri ve své *Božské komedii* také plně hlásí k Aristotelovým krystalickým sférám a představoval si, že každá z nich má svého anděla, který jimi pohybuje.

V jedné z příruček určených na vysvětlení svých veršů Dante sféry popisuje. Avšak za těmito (krystalickými sférami) katolíci umístili empyrejské nebe...; a tvrdí, že je nehybné, protože má v sobě, ve všech svých částech to, co jeho podstata vyžaduje. A to je důvod proč se *Primum Mobile* (nebo-li devátá sféra) pohybuje obrovskou rychlostí; protože žhavá touha všech jejích částí po sjednocení s částmi toho nejkolidnějšího nebe ji otáčí s tak velkou žádostivostí, že její rychlost je téměř nepředstavitelná.⁵³ O kardinálovi Mikoláši Kusánském z

poloviny patnáctého století se sice mluvilo jako o předchůdci Koperníka, ale nebylo tomu tak. Ačkoliv Kusánský mluvil o pohybu Země, je obtížné určit, jaké pohyby měl na mysli, nebyl to však pohyb roční a denní takový, který popsal Koperník.

Ve věci rotace Země kolem vlastní osy se v tomto ohledu dá spíše mluvit o jiném učenci. Pokud jde o Mikuláše Oresma, který zjevně pochopil zákon pádu těles, denní pohyb Země a užití souřadnic, stal se přímým předchůdcem Koperníkovým.⁵⁴

I když dílem Kusánského, jehož T. S. Kuhn označil jako prvního většího pythagorejského učenice od dob Numenia a Jamblicha, vane nový renesanční duch (byl například přesvědčen o pluralitě světů v neohraničeném vesmíru), ve věci materie sfér se zřejmě příliš od Aristotela nevzdaluje. Věří v existenci a také v pohyb nebeských sfér, přičemž pohyb stálic je nejrychlejší ze všech, a stejně tak věří v existenci ústřední oblasti vesmíru, kolem níž se vesmír jako celek otáčí a tím přenáší pohyb na všechny svoje části.⁵⁵

Po Kusánském se problematikou sfér hlouběji zabýval až Mikuláš Koperník (1473–1543). Svou revoluční heliocentrickou soustavu představil ve svém nejslavnějším díle složeném ze šesti knih nazvaném *Obehy nebeských sfér*, kterou dedikoval, jak jsme se již zmínili, papeži Pavlu III., aby se tak zaštitil proti skalním zastáncům aristotelismu.

Koperník udával, že hlavními důvody pro heliocentrický systém je harmonické uspořádání vesmíru,^{*} ale i

* Na tyto Koperníkovy poznámky pak živě reagoval Kepler.

jednoduchost, protože, jak argumentoval, všechny nepravidelnosti lze vyložit z pohybů Země. Bohužel kvůli přesně kruhovým oběhům planet nebyla ještě jeho soustava přesnější než Ptolemaiova.

Aristotelisko - ptolemaiovský vesmír byl ale v Koperníkově době pevně v myslích jeho současníků zakořeněn, a proto Koperník nemínil proti němu přímo zaútočit, ačkoliv tím, že odstranil Zemi ze středu světa a umístil ji mezi ostatní planety vlastně podkopal samotné základy tohoto tradičního kosmického řádu i s jeho hierarchickou strukturou, tedy s dualismem sublunární a supralunární sféry.

Co však Koperník napadl a co začalo revoluci v astronomii byla jistá očividně jednoduchá matematická drobnost, kterými byly ekvanty, zabudované ve složitém matematickém systému Ptolemaia a jeho následníků.⁵⁶

Existenci sfér a jejich funkci jako nositelek planet také Koperník neodmítá, ale v zájmu zjednodušení celé soustavy jak se zdá navrhuje v 11. kapitole první knihy díla *Obehy nebeských sfér*, kde vysvětluje precesní pohyb, snížit jejich počet.

Uvedli jsme však, že roční oběhy středu a sklonu jsou téměř stejné, protože kdyby byly úplně stejné, nesměly by se body rovnodenností a slunovratů a celý sklon ekliptiky měnit vzhledem na sféru stálic. Protože je však tento rozdíl malý, a až časem se poznalo, že se zvětšuje, a to od doby kdy žil Ptolemaios až do dnešních dnů asi o 21°, o které se tyto body posunuly. Proto se jedni domnívali, že se pohybuje i sféra stálic, a tak uznali za vhodné přidat devátou, vyšší sféru. Když nestačila ani ta, přidávají nyní novější autoři navíc desátou sféru, ale nedosáhli cíle, jehož chceme dosáhnout my pomocí pohybu Země, který

použijeme jako princip a hypotézu na vysvětlení jiných věcí.⁵⁷

Otázku složení sfér unášející planety Koperník sice nikde blíže nespecifikuje, ale z jeho textu vyplývá, že mezi výrazy orbis a sféra klade rovnítko. Sfěru pak zřejmě vnímá jako trojrozměrný útvar z toho důvodu, že mluví o jejich vydutosti či vypuklosti.

Tak je to například v 10. kapitole první knihy zmíněného díla nazvané " O pořadí nebeských sfér". Lze tam najít tuto větu: Když se tedy všechny tyto oběhy vztáhnou na jeden střed, nevyhnutelně z toho vyplyne, že i prostor, který zůstává mezi vypouklou sférou Venuše a vydutou sférou Marsu utvoří sféru, která bude v sobě obsahovat Zem a zprovázející ji Měsíc a všechno, co je v měsíční sféře.⁵⁸

Autor nikde nevysvětluje, zda jsou sféry reálné či myšlené, a pokud reálné jsou, tak jestli jsou pevné a neprostupné.

Z hlediska nositelek planet se však nabízí pevnost sfér, a nic v jeho spisu této představě nebrání.

O Giordanu Brunovi (1548–1600) jsme se již zmínili, nicméně je třeba ještě podotknout, že ve vztahu k existenci sfér a aristotelismu jako celku měl tento významný astronom vyhraněný názor.

Při vypočítávání fyzických důsledků nekonečného prostoru, kde jedním z nich byla schopnost pojmut nekonečné množství těles, Bruno odmítá jak Aristotelovy argumenty, tak představy astronomů o pevných sférách: "...neexistují žádné sféry s vypuklými či vydutými povrchy, ani různé prstence; ale všechno je jednolitý prostor, jeden univerzální obal."⁵⁹

Bruno byl přesvědčen o homogenní povaze celého vesmíru, což přirozeně vylučovalo aristotelské pojetí sublunární a supralunární oblasti. Podobně jako jeho současník Tycho Brahe se v tomto přesvědčení utvrdil také při pozorování komet na konci 16. století.

4.3. Komety jako další argument

Z hlediska dalších pramenů, kde lze vyhledat zmínky o vesmírných nosných sférách, je možno zmínit například knihu C. Doris Hellmanové *The Comet of 1577*, s podtitulem *Its place in the History of Astronomy*. Jak název napovídá, autorka zde popisuje okolnosti kolem komety roku 1577, jejíž výskyt byl pozorován na mnoha místech v Evropě i v Asii a přispěl k revizi tehdejších představ o vesmíru a původu komet. Výsledky jejich pozorování zlepšily vyhlídky pro přijetí Koperníkovy doktríny a vážně narušily aristotelské paradigma.

Jak známo, Aristoteles věřil, že se komety tvoří z výparů země a že se vyskytují v nejvyšších sférách zemské atmosféry. Umístil je do sublunární sféry, tedy tam, kde vlivem živlů, na rozdíl od supralunární oblasti, změny nastat mohou a dějí se.

Aristotelovu teorii v době výskytu komety roku 1577 zastávalo ještě více badatelů, jako byl například Hagecius, Nolthius a Busch. Na druhou stranu řada dalších astronomů, jako byl Tycho Brahe, Maestlin, Roeslin, a Cornelius Gemma na základě měření zjistila, že jejich výskyt i původ musí být v nadměsíční oblasti. Na konci 16. století byl nejdůležitější vývoj v teorii komet docílen astronomy Tychem, Maestlinem a Roeslinem.⁶⁰

Přesnost Tychova pozorování byla uznávána již za jeho života a tak mohl pomocí své knihy otřást starou vírou v neměnnost nebes a upravit cestu pro novou astronomii, kterou pak zastával jeho pomocník a žák Johannes Kepler.

Na druhou stranu je nutno připustit, že Aristoteles byl ve svých pozorováních v nevýhodě, když neměl při ruce tak důležitý nástroj k důkazu, že se komety pohybují mezi nebeskými tělesy, jako byla teorie paralaxy, s kterou přišel v polovině patnáctého století německý humanista a astronom Regiomontanus. Na jejím základě pak Tycho a další zjistili, že kometa žádnou paralaxu nemá.

Tycho Brahe napsal po roce 1578 takzvanou Německou knihu, jež poprvé vyšla tiskem až v roce 1922, a jež podobně jako jeho další dílo, *De Mundi Aetherei Recentioribus Phaenomenis*, o kometě roku 1577 pojednávala. Avšak Německá kniha, stejně jako ta latinská zdůrazňuje absenci paralaxy, a následně neudržitelnost tak zvaného aristotelského pojetí krystalických sfér a neměnnosti nebes.⁶¹

Pakliže se komety pohybují v nadměsíční oblasti znamená to, že aristotelské paradigma o neměnnosti této sféry je zpochybněno. Představa dokonalé a stálé soustavy do sebe zapadajících sfér, které se otáčejí prvotním popudem nejvyšší z nich je průchodem komety z jedné sféry do druhé obtížněji obhajitelná. To je způsobeno též zpochybněním pevnosti těchto sfér, jež sice údajně unášejí planety, ale jsou volně pro tělesa průchodné, a to alespoň pro Tycha bylo jedním z důvodů pro odmítnutí jejich existence, tedy přinejmenším v tom smyslu, jak si je představoval Koperník.

Tycho Brahe totiž inspirován Koperníkem i Keplerem přišel s vlastním systémem uspořádání vesmíru.

V Tychově systému, jak je zobrazeno v příloze na obr.5, sféra Marsu protíná sféru Slunce. Mars ani Slunce tedy nemohou být zasazeny do sfér jež je unášejí, protože obě sféry by musely stále navzájem jedna druhou procházet. Podobně prochází sluneční sféra sférou Merkuru a Venuše.⁶²

5. Závěr

Průlomem do starověkého způsobu myšlení a zrodu moderní vědy v době renesance podstatně napomohlo Koperníkovy prohlášení o tom, že se zeměkoule otáčí kolem své osy a obíhá kolem stojícího Slunce. V době povýšení zraku jakožto nejlepšího smyslu nejen pro zkoumání, ale například i v umění, to bylo příznačným skutkem. Umístění Slunce, světla, které Hermes Trismegistos nazýval viditelným bohem, na královský trůn uprostřed planet, mělo svou logiku i v tomto ohledu.

Krystalické sféry a všechny ostatní zvláštní nebeská zařízení byla potlačena a nahrazena mechanismem pozemského typu, a tento mechanismus ukázal, že funguje stejně dobře jako Aristotelovy sféry.⁶³ Tato změna se však neodehrála přes noc. Astronomové jako Koperník i Kepler ve svém zápase o vymanutí ze zažitého aristotelského myšlení, byli zřejmě dlouhou dobu přesvědčeni o jakési materiální existenci sfér a snad i dokonalých mnohostěnnů. Na základě dostupných pramenů jsme se snažili prokázat, zda krystalické sféry byly v očích tehdejších astronomů buď hmotného charakteru, nebo pouze matematická veličina, čili myšlený útvar.

Podle našeho názoru se Koperník přikláněl k hmotnému charakteru těchto útvarů, jinak by bylo těžko vysvětlitelné jak je možné že sféry, jak byl přesvědčen, planety skutečně unášejí. S naprostou jistotou to však tvrdit nelze, protože Koperník se, jak jsme již zmínili, k otázce materie sfér nikde jasně a konkrétně nevyjádřil. Naproti tomu u Keplera, i když jinak byl poměrně nekritickým obdivovatelem Koperníka, však v této souvislosti zřejmě

časem došlo k posunu směrem k myšlené, respektive matematické podstatě těchto útvarů.

Vliv na tento posun měl zajisté i názor jeho současníků Tycha Brahe, Giordana Bruna, Galileo Galileia a dalších, kteří svým pečlivým pozorováním vesmíru a pohybů komet dokázali, že aristotelismus jako paradigma má vážné nedostatky. Vliv měly také jeho vlastní pozorování a výpočty. Galileo Galilei a Kepler mohli mít úspěch proto, že byli oba mistry nové matematiky, jež rozkvetla s renesancí.⁶⁴

Ve věci materie dokonalých mnohostěnnů je situace méně jasná, avšak i zde bychom spíše předpokládali, že Kepler měl na mysli pouze geometrické útvary. Je ale například známo, že si Kepler představoval, že vesmír je až na některá místa vyplněn vzduchem, a ten hmotný charakter má. Pokud by však dokonalá tělesa vložená mezi planetami byla též ze vzduchu, nelišila by se od svého okolí.

Je známo, že se Kepler v dalším období po vydání svého *Mysterium Cosmographicum* v roce 1597 díval na svá původní prohlášení ohledně dokonalých těles poněkud skepticky, nikdy ale tuto teorii zcela neopustil.

V roce 1618, když představil světu svůj další přelomový zákon (též zvaný harmonický), hovořící o vztahu rychlosti oběhu planet a velikosti jejich oběžných drah, byl Kepler přesvědčen, že tím vlastně potvrdil svou starou teorii o vložených mnohostěnech, včetně teorie o imanentní harmonii vesmíru.

A tak primární význam Třetího zákona nebyl pro Keplera pouze v tom, že přidal další novopythagorejskou harmonii k ozdobě kosmu. Bylo to hlavně sblížení mezi jeho původní teorií o platonických tělesech a přesným empirickým pozorováním, které se naučil od Braha.⁶⁵

Jak bylo úvodem řečeno, kvůli jisté metaforičnosti používaného jazyka, setrvačnosti v myšlení a dalším okolnostem nebylo možné striktně určit, co měl zejména Kepler a další astronomové jeho doby z hlediska pevnosti zmiňovaných útvarů opravdu na mysli. S tím souvisí ta skutečnost, že ve věci určení toho, co se považovalo za myšlenou věc a co za látku nepanovala v jeho době naprostá shoda, jak to naznačuje poznámka o nutnosti takové rozlišení definovat pocházející od Newtona. Ještě před ním se však o něco podobného pokusil jiný učenec. Galilei vyjádřil mnohem jasněji než kdokoliv před ním, že nutné a podstatné vlastnosti látky - jediné, s nimiž bylo možno zacházet matematicky, a proto s jakousi jistotou - jsou rozměry, poloha a hustota.⁶⁶

Vývoj vědy směřoval k větší přesnosti ve formulacích a k větší důslednosti ve verbálním vyjadřování. Do doby, než ke konsensu v této oblasti vědci dospěli, byla však některá slova a pojmy ve vědě více či méně nejasné.

Nám nezbývá než dodat, že i v důsledku tohoto nedokončeného vývoje jsou naše výsledky rozboru astronomických textů sledovaného období otevřeny do obou směrů, do obojí interpretace.

Poznámky

- ¹ Zdeněk Horský, *Kepler v Praze*, s. 85
- ² Platón, *Timaios*, s. 416
- ³ Zdeněk Horský, *Kepler v Praze*, s. 86
- ⁴ *Ibid.*, s. 91
- ⁵ Všeobecná encyklopedie, s. 384
- ⁶ *Harmonice Mundi* IV.1. (*Gesammelte Werke* VI [1940], 223 = *Harmony* [1977], 304), in: Ch. H. Kahn, *Pythagoras and Pythagoreans, A Brief History*, s. 171
- ⁷ Ivo Tretera, *Nástin dějin evropského myšlení*, s. 26
- ⁸ Zl. B 17 ze Stobaia, in: Karel Svoboda, *Zlomky předsofistických myslitelů*, s. 130
- ⁹ Ivo Tretera, *Nástin dějin evropského myšlení*, s. 39
- ¹⁰ *Ibid.*, s. 38
- ¹¹ J.D. Bernal, *Věda v dějinách*, s. 143
- ¹² Aristoteles, *Metafyzika I*, s. 5
- ¹³ Ch. H. Kahn, *Pythagoras and Pythagoreans, A Brief History*, s. 4
- ¹⁴ Ivo Tretera, *Nástin dějin evropského myšlení*, s. 44
- ¹⁵ Ch. H. Kahn, *Pythagoras and Pythagoreans, A Brief History*, s. 21
- ¹⁶ Zl. 1 z Cicerona, in: Karel Svoboda, *Zlomky předsofistických myslitelů*, s. 133
- ¹⁷ Ch. H. Kahn, *Pythagoras and Pythagoreans, A Brief History*, s. 67
- ¹⁸ T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution*, s. 38
- ¹⁹ Roger B. Calver, *Astronomy*, s. 10
- ²⁰ *Ibid.*, s. 149
- ²¹ Giordano Bruno, *Večeře na popeleční středě*, in: *Dialogy*, s. 91
- ²² Luther H. Martin, *Helénistická náboženství*, s. 118
- ²³ *Ibid.*, s. 38
- ²⁴ T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution*, s. 93
- ²⁵ J. Šusta, *Dějiny lidstva od pravěku k dnešku VI*, s. 7
- ²⁶ Ian P. McGreal, *Velké postavy západního myšlení*, s. 177
- ²⁷ T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution*, s. 191
- ²⁸ T. S. Kuhn, *Struktura vědeckých revolucí*, s. 201
- ²⁹ Citace je z úvodu k *Mysterium Cosmographicum*, s. 17. Tento úvod byl nejdříve zveřejněn jako esej věnovaná Bernhardu Stickerovi (u příležitosti jeho sedmdesátých narozenin), řediteli mezinárodního symposia, pořádaného ve Weil der Stadt v roce 1971 na oslavu čtyř set let od narození J. Keplera. E. Aiton, Johannes Kepler a 'Mysterium Cosmographicum,' *Sudhoffs Archiv*, 61 (1977), 173-194
- ³⁰ *Ibid.*, s. 18
- ³¹ *Ibid.*, s. 20
- ³² *Ibid.*, s. 21
- ³³ Platón, *Timaios*, s. 416
- ³⁴ *Ibid.*, s. 26
- ³⁵ Johannes Kepler, *Mysterium Cosmographicum*, s.61
- ³⁶ *Ibid.*, s.99
- ³⁷ *Ibid.*, s.103
- ³⁸ *Ibid.*, s. 127
- ³⁹ *Ibid.*, s. 165
- ⁴⁰ *Ibid.*, s. 167
- ⁴¹ *Ibid.*, s. 171
- ⁴² *Ibid.*, s. 217
- ⁴³ T. S. Kuhn, *The Copernican revolution*, s. 88
- ⁴⁴ Leo Elders, *Filosofie přírody u sv. Tomáše Akvinského*, s. 96
- ⁴⁵ *Ibid.*, s. 246
- ⁴⁶ Aristoteles, *Metafyzika*, s. 314
- ⁴⁷ T. S. Kuhn, *The Copernican revolution*, s. 79
- ⁴⁸ Aristoteles, *Metafyzika*, s. 222

-
- ⁴⁹ A. Koyré, *Od uzavřeného světa k nekonečnému vesmíru*, s. 136
- ⁵⁰ Leo Elders, *Filosofie přírody u sv. Tomáše Akvinského*, s. 101
- ⁵¹ T. S. Kuhn, *The Copernican revolution*, s. 80
- ⁵² Tomáš Akvinský, *Summa theologica*, in: T. S. Kuhn, *The Copernican revolution*, s. 111
- ⁵³ T. S. Kuhn, *The Copernican revolution*, s. 113
- ⁵⁴ J. LeGoff, *Intelektuálové ve středověku*, s. 117
- ⁵⁵ A. A. Koyré, *Od uzavřeného světa k nekonečnému vesmíru*, s. 26
- ⁵⁶ T. S. Kuhn, *The Copernican revolution*, s. 73
- ⁵⁷ Mikoláš Koperník, *Obehy nebeských sfér*, s. 84
- ⁵⁸ Ibid, s. 78
- ⁵⁹ Robert S. Westman, J. E. McGuire, *Hermeticism and the Scientific Revolution*, s. 22
- ⁶⁰ C. Doris Hellman, *The Comet of 1577*, s. 308
- ⁶¹ Ibid, s. 122
- ⁶² T. S. Kuhn, *The Copernican revolution*, s. 206
- ⁶³ Ibid, s. 252
- ⁶⁴ J. D. Bernal, *Věda v dějinách*, s. 298
- ⁶⁵ Ch. H. Kahn, *Pythagoras and Pythagoreans - A Brief History*, s. 170
- ⁶⁶ J. D. Bernal, *Věda v dějinách*, s. 299

Seznam literatury

- Aristoteles: *Metafyzika I*, přeložil Ant. Kříž, 2. vyd., nakl. Rezek, Praha 2003
- J.D. Bernal: *Věda v dějinách*, státní nakladatelství politické literatury, překlad J. a E. Munkovi, Praha 1960
- Giordano Bruno: *Večeře na Popeleční středě*, in: *Dialogy*, Státní nakladatelství politické literatury, Praha 1956
- Roger B. Culver: *Astronomy*, Barnes&Noble books, New York 1979
- Leo Elders: *Filozofie přírody u sv. Tomáše Akvinského*, Oikoymenh, Praha 2003
- Ian P. Greal: *Velké postavy západního myšlení*, přel. Martin Pokorný, Prostor, Praha 1997
- C. Doris Hellman: *The Comet of 1577*, Columbia University Press, New York 1944
- Z. Horský: *Kepler v Praze*, Mladá fronta, Praha 1980
- Ch. H. Kahn: *Pythagoras and the Pythagoreans - A Brief History*, Hackett Publishing Company Inc., Indianapolis 2001
- J. Keller: *Poselství dávných druidů* in: *Západočeský archeoastronautický zpravodaj* č. 4/2004
- J. Kepler: *The Secret of the Universe*, z latiny přel. A. M. Duncan, komentář a úvod E. J. Aiton, Abaris Books, Inc., New York 1981
- M. Koperník: *Obehy nebeských sfér*, přel. Zdeněk Horský, SAV, Bratislava 1975
- A. A. Koyré: *Od uzavřeného světa k nekonečnému vesmíru*, přel. Petr Horák, vyd.1, Vyšehrad, Praha 2004
- T. S. Kuhn: *Struktura vědeckých revolucí*, přel. Tomáš Jeníček, 1. vyd., Oikoymenh, Praha 1997
- T. S. Kuhn: *The Copernican Revolution*, 20. vyd., Harvard University Press, Cambridge 1999
- J. LeGoff: *Intelektuálové ve středověku*, přel. Luďa Klusáková, nakl. Karolinum, Praha 1999
- Luther H. Martin: *Helénistické náboženství*, přel. Iva Doležalová a Dalimil Papoušek, 1. vyd., Masarykova Univerzita, Brno 1997
- J.E. McGuire,
R. Westman: *Hermeticism and the Scientific Revolution*, University of California 1977
- Platón: *Timaios*, přel. František Novotný, 1. vydání, Oikoymenh, Praha 2003
- K. Svoboda: *Zlomky před Sokratických myslitelů*, vyd.2, Česká akademie věd, Praha 1962
- I. Tretera: *Nástin dějin evropského myšlení*, 4.vyd., Paseka, Praha 2002
- Q. Vetter: *Na úsvitu nové vědy*, od Koperníka k Laplaceovi in: J. Šusta, *Dějiny lidstva od pravěku k dnešku VI.*, nakl. Melantrich, Praha 1939, s. 1-14.

Všeobecná encyklopedie, nakl. Diderot, Praha 1999

Obrazová příloha
