

Pluralizace sluncí v 17. století a její důsledky

DANIEL ŠPELDA

Pluralization of suns in 17th century and its consequences. The article deals with the ideas on the nature, size and distance of the stars and the Sun during the 17th century. The aim of the article is to show how profound change in the understanding of the cosmos occurred in the 17th century. The cosmological debates involved much more than structure of the cosmos. Astronomers and philosophers disputed also the nature, substance, distance and size of the celestial bodies. The first part of this article deals with the idea of identifying the Sun with the stars, which was originally typical for the heliocentric astronomy but later it was taken over even by the proponents of heliocentrism. The second part describes the changing ideas about the nature of the Sun and its role in the cosmos. The third part is trying to draw a huge increase in estimates of the size of the space and celestial bodies. Focusing on stars and the Sun, the article shows that the development of astronomy in the 17th century cannot be reduced only to a conflict of heliocentrism and geocentrism. In fact, it related to the general human ideas on the nature and size of the universe.

Keywords: 17th-century astronomy • heliocentrism • geocentrism • Riccioli • Gassendi • Kircher

Úvod

V 17. století se vedly urputné debaty o různých astronomických a kosmologických otázkách.¹ Zejména díla autorů, kteří jsou dnes jen málo čtení, ale ve své době byli velmi vlivní (např. P. Gassendi, G. Riccioli), prozrazují, že kosmologické debaty v 17. století byly mnohem sofistikovanější, než jak nám je představují běžné přehledy dějin vědy nebo dějin astronomie. Četba pramenů také ukazuje, že i když byl heliocentrismus zejména katolickými astronomy a filosofy odmítán, nové poznatky a objevy pronikaly i do tradičního geocentrického obrazu světa. Zastánci geocentrismu nebyli zaslepení fanatikové. Ve skutečnosti se snažili najít kompromis mezi církevním rozhodnutím z roku 1616 o tom, že heliocentrismus je hereze, a nutností reagovat na nepopíratelná astronomická zjištění, která přinejmenším nepotvrzovala geocentrický obraz světa. Tím docházelo k pomalému

¹ Tato studie byla vypracována s laskavou podporou GA ČR, Centrum Excellence 14-37038G, „Mezi renesancí a barokem: Filosofie a vědění v českých zemích a jejich širší evropský kontext“.

rozrušování soudržnosti aristotelsko-scholastické kosmologie, která, aniž by byla někdy oficiálně opuštěna, zkrátka koncem 17. století z vědeckých debat vymizela a přetrvávala jen na univerzitách řízených katolickou církví. Zejména na jihoevropských univerzitách se geocentrismus vyučoval jako závazná nauka až do poloviny 18. století.²

V tomto článku se zabývám některými procesy, které byly součástí pomalého přizpůsobování staré kosmologie novým objevům v 17. století. Především se soustředím na dobové chápání Slunce a hvězd. Jak se změnilo chápání kosmologické úlohy Slunce a hvězd? Jak se změnily názory na povahu těchto těles? Jak se změnily názory na jejich velikosti a vzdálenosti?

1. Ztotožnění Slunce s hvězdami

Myšlenka, že Slunce je hvězdou, se dnešnímu čtenáři jeví jako přirozená a samozřejmá. V renesanční době samozřejmá nebyla. Klíčová byla především otázka zdroje světla. Aristotelsko-scholastická kosmologie zastávala názor, že jediným zdrojem světla v kosmu je Slunce. Proto většina scholastiků věřila, že planety a hvězdy svítí odraženým světlem Slunce. Jen ojediněle se mezi nimi objevovala myšlenka, že hvězdy svítí vlastním světlem.³ Prvním významným autorem, který otevřeně zastával tento názor, byl Giordano Bruno. Bruno zaplnil své nekonečné univerzum nekonečným počtem kopernikánských systémů. Vzdálené hvězdy jsou pro něj slunce, která jsou stejná jako to naše: „...když univerzum je nekonečné, musí být nakonec více sluncí; není možné, aby se teplo a světlo jednoho Slunce rozlévalo do prostoru (...). Proto se také můžeme domnívat, že je ještě nesmírné množství sluncí...“⁴ V tomto názoru se Bruno odlišoval od dalších soudobých představitelů myšlenky nekonečného kosmu, jako byli Palingenius nebo Thomas Digges.⁵ Palingenius se v duchu aristotelské kosmologie domníval, že hvězdy svítí odraženým světlem Slunce. Digges zase předpokládal

² William G. L. RANGLES. *The Unmaking of the Medieval Christian Cosmos 1500–1760. From Solid Heavens to Boundless Aether*. Aldershot, 1999, s. 183–222.

³ Viz důkladný rozbor v Edward GRANT. *Planets, Stars and Orbs. The Medieval Cosmos 1200–1687*. Cambridge, Cambridge University Press, 1994, s. 390–421.

⁴ Giordano BRUNO. *O nekonečnu, univerzu a světech*. In Giordano BRUNO. *Dialogy*. Přel. J. B. Kozák, T. Nejeschleba. Praha, Academia, 2008, s. 296. Srov. Giordano BRUNO. *De immenso*. In Giordano BRUNO. *Opera latine conscripta*. Ed. Francesco FIORENTINO et al. Florence – Naples, Morano, 1879, sv. I, 1, s. 28, srov. s. 389.

⁵ Viz blíže Alexandre KOYRÉ. *Od uzavřeného světa k nekonečnému vesmíru*. Přel. P. Horák. Praha, Vyšehrad, 2004, s. 29–31, 37–40; Jean SEIDENGART. *Dieu, l'univers et*

zásadní rozdíl mezi Sluncem a hvězdami. Bruno proti tomu trval na homogenitě univerza a odlišnosti mezi Sluncem a hvězdami odmítal.⁶

Bruno byl se svým názorem zprvu osamocený. Stelarizace Slunce a solarizace hvězd se prosazovala jen postupně během 17. století. Hlavním důvodem uznání této myšlenky byla rostoucí shoda astronomů na tom, že hvězdy svítí vlastním světlem. Tento názor se pravidelně objevoval mezi zastánci heliocentristu, ale nemusel nutně zahrnovat i přesvědčení o tom, že hvězdy jsou stejným typem tělesa jako Slunce. Typickým příkladem takového přesvědčení je Johannes Kepler. Kepler v polemice s Brunovou myšlenkou nekonečného univerza jasně říká, že „těleso našeho Slunce je nepoměrně jasnější než všechny stálice dohromady, a proto tento náš svět nepatří do bezvýznamného zástupu nesčetných dalších“.⁷ Kepler odmítal považovat hvězdy za jiná slunce, která by byla středy vlastních systémů, jak tomu chtěl Bruno. Nejenže všechny hvězdy dohromady svítí méně než Slunce, hvězdy jsou podle Keplera také mnohem menší.⁸ V *Epitome astronomiae copernicanae* (1617–1621) Kepler dokonce píše, že tloušťka sféry, do níž jsou hvězdy vsazeny, není větší než dvě německé míle.⁹ Proto sférické hvězdy ani zdaleka nemohou dosahovat velikosti Slunce. Kepler nechtěl ztotožnit hvězdy s naším Sluncem kvůli tomu, aby uchoval výjimečnost světa, na který Bůh umístil člověka, své vyvolené stvoření, a aby zachránil racionalitu geometrického kosmu, která se v nekonečnu vytrácí.¹⁰

la sphère infinie. Penser l'infinité cosmique à l'aube de la science classique. Paris, Albin Michel, 2006, s. 132–139.

⁶ Miguel A. GRANADA. L'héliocentrisme de Giordano Bruno entre 1584 et 1591: La disposition des planetes inférieures et les mouvements de la terre. *Bruniana et campanelliana*, 16, 2010, s. 31–50.

⁷ Johannes KEPLER. *Dissertatio cum Nuncio Sidereo*. In Johannes Kepler. *Gesammelte Werke*. Ed. Max CASPAR, Volker BIALAS et al. München, Beck, 1938–2009 (dále jen jako *KGW*), sv. IV, s. 303; cit. dle Galileo GALILEI, Johannes KEPLER. *Hvězdný posel. Rozprava s Hvězdným poslem*. Přel. A. a P. Hadravovi. Praha, Pistorius & Olšanská, 2016, s. 158.

⁸ KEPLER. *De stella nova*. *KGW*, I, s. 255–257; srov. *Epitome astronomiae copernicanae*. *KGW*, VII, s. 44–47.

⁹ KEPLER. *Epitome astronomiae copernicanae*. *KGW*, VII, s. 288–9. Srov. Michel-Pierre LERNER. *Le monde des sphères*. Paris, Belles Lettres, 2008, sv. 2: *La fin du cosmos classique*, s. 129; Albert van HELDEN. *Measuring the Universe. Cosmic Dimensions from Aristarchus to Halley*. Chicago – London, University of Chicago Press, 1985, s. 88.

¹⁰ Důvody Keplerova odmítání nekonečného univerza objasňuje KOYRÉ. *Od uzavřeného světa ke nekonečnému vesmíru*, c. d., s. 54–74 a nověji zejména Miguel A. GRANADA.

Podobně jako Kepler i někteří pozdější astronomové odmítali považovat hvězdy za slunce, přestože se jinak hlásili k heliocentrismu. Kupříkladu matematik Gilles de Roberval v *De mundi systemate* (1644) zmiňuje solarizaci hvězd jen jako názor, který se nedá potvrdit ani rozumem, ani zkušeností (*nullaque ratione, aut experientia*).¹¹ Lékař Pierre Borel, který byl přesvědčený heliocentrik a zastánce myšlenky plurality světů, se zase ve svém *Discours nouveau prouvant la pluralité des mondes* (1657) domníval, že Slunce postavené do středu světa osvětluje všechny hvězdy – podobně jako pochodně postavená do středu místnosti osvětluje všechny kouty.¹²

Jiní zastánci heliocentrismu ovšem věřili v totožnost Slunce a hvězd. Například Galilei v dopise Ingolimu (1624) tvrdí: „stálice, pane Ingoli, svítí svým vlastním světlem, takže mohou být klidně nazývány slunci a považovány za stejné“.¹³ Tento názor Galileo zopakoval i ve slavném *Dialogu o dvou největších systémech světa* (1632).¹⁴ Podobně také René Descartes v *Principia philosophiae* (1644) píše, že můžeme počítat Slunce mezi stálice (*Solem inter Stella fixas posse numerari*).¹⁵ Pierre Gassendi říká ve své *Syntagma philosophicum* (1658), že stálice jsou slunci (*quae sint & ipsae totidem Soles*).¹⁶ Otto von Guericke tvrdí v *Experimenta Nova Magdeburgica* (1672), že hvězdy jsou slunce, podobné našemu Slunci.¹⁷

Katoličtí astronomové někdy považovali ztotožňování hvězd a Slunce za typický znak zakázaného kopernikánského obrazu světa. Typické je v tomto

Kepler and Bruno on the Infinity of the Universe and of Solar Systems. *Journal for the History of Astronomy*, 39, 2008, s. 479–495.

¹¹ Cituji druhé vydání: ROBERVAL (jako ARISTARCHUS). *De Mundi Systemate*. In Marin MERSENNE. *Novarum Observationum Physico-mathematicarum tomus III. quibus accedit Aristarchus Samius De mundi Systemate*. Paris, Bertier, 1647, oddělená paginace, s. 9.

¹² Pierre BOREL. *Discours nouveau prouvant la pluralité des mondes*. Genève, HH, 1657, s. 12.

¹³ Galileo GALILEI. Dopis Ingolimu (1624). In Galileo GALILEI. *Le opere*. Ed. Antonio FAVARO. Firenze, Barbèra, 1890–1909, sv. VI, s. 525n.

¹⁴ Galileo GALILEI. *Dialóg o dvoch systémech světa*. Přel. M. Pažitka. Bratislava, SAV, 1962, s. 324; srov. *Le opere*, sv. XVIII, s. 354: *le stelle fisse, che sono tanti Soli*.

¹⁵ René DESCARTES. *Principia philosophiae* III,13. In René DESCARTES. *Œuvres de Descartes*. Ed. Charles Adam et Paul Tannery. Paris, Cerf, 1897–1913, sv. VIII-1, s. 84, srov. oddíly III, 10, 20, 23.

¹⁶ Pierre GASSENDI. *Syntagma philosophicum*. In Pierre GASSENDI. *Opera omnia* (1658). Reprint Stuttgart – Bad Cannstatt, Frommann, 1964, sv. I, s. 500b; srov. I, s. 643a, 666a, 667b.

¹⁷ Otto von GUERICKE. *Experimenta Nova Magdeburgica de Vacuo Spatio* (1672). Reprint Aalen, Zeller, 1962, s. 230b: *stellae Fixae Soles sint, nostro caeteris paribus Soli similes*.

stanovisko jezuitů Christopa Scheinera, který ve svém *Prodromus pro sole mobili et terra stabili* (1651) píše, že Apelles (tedy on sám) uznává pouze jediné Slunce v souladu s Písmem, zatímco Academicus (tj. Galilei), s ostatními kopernikánci, ztotožňuje hvězdy se slunci. K tomu dodává, že on sám Slunce dostatečně oceňuje, zatímco Galilei z něj dělá pouhou hvězdu šesté magnitudy.¹⁸ Ze Scheinero-vých slov je zřejmé, že kopernikáncům se nevyčítalo pouze teologické kacířství, ale také znevažování úlohy Slunce v kosmu. Doprovodným rysem stelarizace Slunce u kopernikánců byla totiž relativizace důležitosti a významu Slunce v kosmu. Slunce podle nich není žádnou významnou hvězdou, ale jen typickým představitelem určitého typu nebeských těles, kterých je v kosmu nespočetné množství. Symbolickou důležitost Slunce tedy paradoxně hájili obháje geocentrické kosmologie, pro které sluneční soustava zůstávala výjimečným místem v kosmu.

Přesto se pluralizace slunců prosazovala i mezi zastánci geocentrické astronomie. Kapucín Antonín Maria Šírek z Rejty (v latinských textech zmiňovaný obvykle jako Rheita) ve svém obsáhlém díle *Oculus Enoch* (1645) popírá, že by hvězdy zářily odraženým světlem Slunce, neboť jsou příliš vzdálené. Jako možnost pak uvádí, že hvězdy jsou „jakoby slunci“ (*stellas fixas fulgere proindeque alios esse quasi Soles*).¹⁹ Nejvýznamnější jezuitský astronom 17. století, Giovanni Battista Riccioli, ve svém monumentálním díle *Almagestum novum* (1651) informuje o různých názorech na problém světla hvězd. Zmiňuje také stanovisko Brunovo, Galileovo, Descartovo a Rheitovo a hlásí se k němu.²⁰ Hvězdy podle něj září

¹⁸ Christoph SCHEINER. *Prodromus pro sole mobili et terra stabili*. Prague, 1651, s. 61: *Apelles non agnoscit nisi unicum in Universo Solem, idque convenienter Sacrae paginae & communi eruditorum & Sanctorum Patrorum decreto: Academicus cum Copernicanis tot Soles in Mundo, quot sidera in Firmamento agnoscere tentatur. (...) Apelles Solem quavis stella universi majorem reputat: Academicus autem stellam sextae magnitudinis aequalem Soli facit*. Srov. podobně Christoph SCHEINER. *Rosa ursina sive Sol mobilis (...) ostensus*. Bracciani, Phaeus, 1630, p. 600b. Na oba texty upozorňuje Harald SIEBERT. *Die grosse kosmologische Kontroverse: Rekonstruktionversuche anhand des Itinerarium exstaticum von Athanasius Kircher, SJ (1602–1680)*. Stuttgart, Franz Steiner, 2006, s. 202. Scheiner patrně naráží na jedno místo v Galileiho Dialogu, viz GALILEI. *Dialóg o dvoch systémech světa*, s. 355n. Viz k tomu např. Albert van HELDEN. The telescope and cosmic dimensions. In René TATON – Curtis WILSON (eds.). *The General History of Astronomy. Vol. 2: Planetary Astronomy from the Renaissance to the rise of astrophysics. Part A: Tycho Brahe to Newton*. Cambridge, Cambridge University Press, 1989, s. 109–110.

¹⁹ Anton M. Schyrulaeus de RHEITA. *Oculus Enoch et Eliae sive Radius sidereomysticus*. Antverpiae, Verdyssius, 1645, sv. I, s. 197a; I, 177b.

²⁰ Giovanni Battista RICCIOLI. *Almagestum novum*. Bononiae, Benatius, 1651, sv. I, s. 395a: *... mihi quoque longe probabilior horum opinio videtur ... ut non unicam stellarum a seipsa lucentem, sed plures instar Solis accenderit*.

stejně jako Slunce, i když to někteří astronomové – jako byl Kepler – popírali.²¹ Další jezuita, Athanasius Kircher, je ve svém kosmickém cestopisu *Itinerarium exstaticum* (1656) velmi opatrný.²² Kircher neidentifikuje hvězdy přímo se slunci, ale používá opisy a přirovnání jako například *solaris naturae globi, solaria corpora, similitudo solis* etc.²³ Přímé identifikaci hvězd a Slunce se Kircher vyhýbá, ačkoliv je z jeho textu zřejmé, že hvězdy září a plní ve svých částech kosmu stejnou funkci, jakou má Slunce v našem systému.²⁴ Podobně uvažoval český jezuita působící v Olomouci, Johannes Zimmerman, ve svém dílku *Sol – Siderum princeps* (1661). Slunce je sice podle názvu díla první z hvězd, ale v textu ho Zimmermann neidentifikuje přímo s hvězdami. Jen důrazně trvá na tom, že hvězdy svítí vlastním světlem, nikoli odraženým světlem Slunce. Jsou totiž tak vzdálené, že k nim světlo Slunce vůbec nedosáhne.²⁵ Velmi podobné úvahy najdeme ještě koncem 17. století u slovenského jezuitu Martina Szent-Ivanyho v jeho *Dissertatio astronomica* (1678).²⁶

Nejen církevní astronomové, ale také představitelé dobové univerzitní scholastiky ve svých komentářích k Aristotelovi a jiných spisech připouštěli, že hvězdy svítí vlastním světlem – ale podobně jako jezuité i oni se podle Edwarda Granta zdráhali jednoznačně identifikovat Slunce a hvězdy.²⁷ Katolíctví astronomové nemohli dále trvat na tom, že hvězdy svítí odraženým světlem Slunce, protože takový názor byl po objevení dalekohledu už stěží udržitelný. Myšlenka hvězd jako sluncí však příliš relativizovala postavení sluneční soustavy v kosmu. Představa jiných solárních systémů byla nejen spojená s odsouzeným heretikem Brunem, od jehož

²¹ RICCIOLI. *Almagestum novum*, c. d., I, 396a: *plurimae ex Fixis aequae ac Sol splenderent, & contra Sol non magis tunc splendesceret, quam nunc Fixae*. Srov. I, 93a.

²² K tomu viz blíže Iva LELKOVÁ. Literární žánr snu jako myšlenkový experiment raně novověké vědy. *Dějiny věd a techniky*, 47, 2014, s. 141–150, Iva LELKOVÁ. *Sny o mnohosti světů. Athanasius Kircher (1602–1680) a John Wilkins (1614–1672) a jejich obraz vesmíru*. Praha, Pavel Mervart, 2015, s. 87–112.

²³ Cituji druhé vydání, které obstaral jezuita Caspar SCHOTT pod názvem *Iter extaticum coeleste*. Herbipoli, Endterorus, 1660, s. 345–347, 352, 358. Srov. SIEBERT. *Die Grossse kosmologische Kontroverse*, s. 202.

²⁴ KIRCHER. *Iter extaticum*, s. 346–351.

²⁵ Johannes ZIMMERMANN. *Sol – Siderum Princeps*. Olomucii, Ettelius, 1661, pars. IV, prop. I.

²⁶ Cituji souhrnné vydání: Martin SZENTY-IVANY. *Dissertatio astronomica*. In Martin SZENTY-IVANY. *Curiosiora et Selectiora Variarum Scientiarum Miscelanea*. Tyrnavie, Academia, 1689, sv. I, s. 67.

²⁷ GRANT. *Planets, Stars, and Orbs*, s. 417.

názorů se mnozí chtěli explicitně distancovat.²⁸ Svou roli nepochybně hrálo i to, že mnohost jiných sluncí a jejich oběžnic ohrožovala jedinečnost soustavy, na jejímž ústředním tělese se narodil a zemřel Boží syn a na kterém se odehrává velké drama spásy. Jiná Slunce vyvolávala otázku po existenci jiných Kristů, anebo civilizací, jimž by byla odepřena spása – a to zase bylo v rozporu s vírou v dobrotivost křesťanského Boha.²⁹ Dokonce ještě na počátku 18. století byli někteří vědci značně zdrženliví vůči představě hvězd obklopených soustavou planet analogicky k našemu Slunci. Isaac Newton ve *Scholium Generale* ke druhému vydání *Principia mathematica philosophiae naturalis* (1687, 2. vyd. 1713) tvrdí s jistotou, že světlo hvězd je stejné jako světlo Slunce (*lux fixarum ejusdem naturae ac lux solis*). Ale když píše o struktuře slunečního systému, uvádí jen jako možný předpoklad, že hvězdy představují podobné středy vlastních systémů.³⁰

Na druhou stranu, na identifikaci Slunce a hvězd byla založena literatura o pluralitě světů, která předpokládala, že jsou-li hvězdy slunci, pak mají i své planety. A pokud mají planety, tak je pravděpodobné, že na planetách jsou obyvatelé, neboť toto privilegium nemůžeme nárokovat jen pro náš svět. Cyrano z Bergeracu ve svém dílku *Les États et Empires de la Lune* (1657) nechává svého hrdinu tvrdit, že pokládá „planety za světy kolem Slunce a stálice pak za další slunce, mající kolem sebe zas své planety, to jest světy...“³¹ Stejně tak i Bernard de Fontenelle hned na začátku páté části svých *Entretiens sur la pluralité des mondes* (1686) trvá na tom, „že stálice jsou stejné jako Slunce a každá osvětluje

²⁸ K vymezení se vůči Brunovi viz například Antonella DEL PRETE. *Bruno, l'infini et les mondes*. Paris, PUF, 1999, s. 101–111; srov. Antonella DEL PRETE. *Refuter et traduire: Marin Mersenne et la cosmologie de Giordano Bruno*. In Alain MOTHU (ed.). *Révolution scientifique et libertinage*. Bruxelles, Brepols, 2002, s. 49–82; Antonella DEL PRETE. *L'univers infini: Les interventions de Marin Mersenne et de Charles Sorel*. *Revue philosophique de la France et l'Étranger*, 85, 1995, s. 145–164.

²⁹ Viz k tomu podrobně Karl S. GUTHKE. *Der Mythos der Neuzeit. Das Thema der Mehrheit der Welten in der Literatur- und Geistesgeschichte von der kopernikanischen Wende bis zur Science Fiction*. Bern – München, Francke, 1983, s. 47–105; Steven J. DICK. *Plurality of Worlds. Origins of the Extraterrestrial Life Debate from Democritus to Kant*. Cambridge, Cambridge University Press, 1982, s. 61–138.

³⁰ Cituji třetí vydání: Isaac NEWTON. *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Londini, Innys, 1726, s. 527: *Et si stellae fixae sint centra similium systematum...*

³¹ CYRANO Z BERGERACU. *Cesta na Měsíc. Cesta do sluneční říše*. Přel. L. Kárl. Praha, SNKL, 1959, s. 37. Srov. CYRANO DE BERGERAC. *Les estats et empires de la lune*. In CYRANO DE BERGERAC. *Les œuvres libertines*. Ed. Frédéric LACHÈVRES. Paris, Champion, 1921, t. I, s. 14.

vlastní svět“.³² Christiaan Huygens ve svém spisu *Kosmotheoros* (1698) tvrdí: „Neváháme tvrdit, s největšími filozofy naší doby, že povaha hvězd a Slunce je stejná“.³³ A konečně, i Gottfried W. Leibniz, když ve své *Théodicée* (1710) hovoří o otázce obydenosti jiných světů, poznamenává, „všechny hvězdy jsou slunce“.³⁴ Důvodem, proč se tyto autoři tak jednoznačně přiklonili k představě identity hvězd a sluncí, byla jejich víra v homogenitu univerza, která ostatně ospravedlňovala i jejich přesvědčení o existenci mimozemšťanů.

2. Povaha Slunce

Ztotožnění s hvězdami nebylo jediným procesem, který ovlivnil představy o povaze Slunce. Během 17. století docházelo také k postupné fyzikalizaci Slunce. Co to znamená? Aristotelsko-scholastická kosmologie chápala Slunce jen jako zářící ušlechtilé těleso z éteru, které neovlivňuje pohyby ostatních planet. Ty jsou v pohybu udržovány sférou stálíc, která byla chápána jako tzv. první hybatel dávající kosmu otáčení v periodě 24 hodin. Vlastní oběh planet v příslušných periodách kolem Země pak zajišťují podle scholastiků řídicí inteligence často identifikované s anděly. Nová heliocentrická kosmologie chápala Slunce jako centrální objekt, který svým fyzikálním působením udržuje celou sluneční soustavu v pohybu.

Podle scholastické kosmologie vycházející z Aristotela³⁵ Slunce není samo o sobě teplé, ale je schopné vyvolávat teplo na jiných tělesech. V terminologii scholastické přírodní filosofie se tento stav vyjadřoval tak, že Slunce je teplé *virtualiter*, nikoli *actualiter*. Výrazem „virtuální“ scholastika – zjednodušeně řečeno – označovala to, co je ve věci přítomné, ale jen potenciálně. Skutečným se virtuální obsah stane teprve za určitých okolností. Gassendi toto scholastické pojetí Slunce vysvětluje tak, že kdybychom se Slunce dotkli, tak bychom necítili nic teplého. Ale sluneční světlo má *virtualiter* takovou vlastnost, že když se setká s určitým druhem látky, jako je například pozemská, tak se s ní smísí, dojde k aktualizaci příslušné vlastnosti a vzniká teplo.³⁶ Scholastikové museli pracovat

³² Bernard de FONTENELLE. *Entretiens sur la pluralité des mondes*. In Bernard de FONTENELLE. *Œuvres complètes*. Ed. Alain NIDERST. Paris, Fayard, 1990–2001, t. II, s. 97.

³³ Christiaan HUYGENS. *Cosmotheoros*. In Christiaan HUYGENS. *Œuvres complètes*. La Haye, Nijhoff, 1888–1950 (dále jen OC), sv. XXI, s. 812n.

³⁴ Gottfried W. LEIBNIZ. *Essais de Théodicée*. In Gottfried W. LEIBNIZ. *Philosophische Schriften*. Ed. Carl J. GERHARD, 1875, reprint Hildesheim, Olms, 1978, sv. VI, s. 114.

³⁵ ARISTOTELÉS. *Meteorologica*. I, 3, 314a.

³⁶ GASSENDI. *Syntagma, Opera*. I, 512b.

s takovými metafyzickými distinkcemi, protože kdyby přiznali Slunci teplotu, tak by tím připouštěli, že v supralunární sféře se objevuje jedna ze čtyř vlastností, které náleží pozemským živlům. A to by zase znamenalo, že v této oblasti dochází ke kvalitativním i substanciálním změnám, a tedy že neplatí rozdělení světa na sublunární a supralunární oblast.³⁷

Pro kopernikánce 17. století zdrojem pohybu v kosmu není *primum mobile* na periférii, ani řídicí inteligence. Slunce se stává vnitřním a centrálním zdrojem pohybu ve sluneční soustavě a jeho působení se začíná vykládat fyzikálně – tj. jako interakce těles, nikoli pomocí andělských inteligencí nebo metafyzických principů. Především Kepler jako první představil kosmologii, v níž jsou pohyby planet řízené a vyvolávané Sluncem. Přesněji řečeno, pohyb planet vyvolává a udržuje *species immateriata*, která se šíří ze Slunce podobně jako světlo. I když je tato hybná síla (*virtus motrix*) nemateriální, přece podléhá geometrickým zákonům a působí tělesně, totiž magneticky.³⁸ Právě tato deanimalizace slunečního působení, jeho odkouzlení a převedení do světa matematiky a fyzikálního magnetismu daly vzniknout nové fyzikální astronomii, která už nebyla pouhou kinematikou nebeských jevů, ale pokoušela se o kauzální výklad jejich průběhu.

Ne všichni kopernikánci Keplerův názor o silovém působení Slunce přijímali. Keplerův nejvýznamnější pokračovatel Ismael Boulliau, který v 50. letech 17. století prosazoval ideu eliptických drah planet, působení Slunce vylučoval a představil vlastní vysvětlení pohybu planet.³⁹ Mnozí další kopernikánci zase nesouhlasili s Keplerovou představou slunečního magnetismu, ale uznávali Slunce jako zdroj pohybu v kosmu. Například podle Robervalu Slunce zahřívá fluidní nebeskou látku, která ho obklopuje a ve které se vznášejí planety. Na základě působení slunečního tepla látka buď řídne, nebo se zhušťuje, tím se dává do pohybu a unáší planety.⁴⁰ Galilei ve svém výkladu zase vycházel především z nově objevené rotace Slunce kolem vlastní osy, která se podle něj přenáší na planety. Velkověvodkyni Kristině Lotrinské vysvětluje, že Slunce předává tělesům, která je obklopují, nejen světlo, ale také pohyb tím, jak se otáčí kolem své osy. V kosmu se věci odehrávají podobně jako v živočichovi: Když srdce přestane bít,

³⁷ GRANT. *Planets, Stars, and Orbs*, c. d., s. 587–8, srov. s. 453.

³⁸ KEPLER. *Astronomia nova*. KGW III, s. 241 a 245.

³⁹ Ismael BULLIALDUS. *Astronomia philolaica*. Parisiis, Piget, 1655, s. 21–24.

⁴⁰ ROBERVAL. *De mundi systemate*, 9–18; srov. Léon AUGER. Les idées de Roberval sur la système du monde. *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, 10, 1957, s. 226–234.

ustanou i pohyby ostatních orgánů. Stejně tak kdyby Slunce přestalo rotovat, zastavilo by se i obíhání planet.⁴¹

Kopernikánská astronomie v této době neměla ani přesvědčivý pojem síly, ani propracovanou ideu silového působení v kosmu. Proto byla intuitivně srozumitelná idea přenášení rotačního pohybu Slunce na planety pomocí světelných paprsků velmi oblíbená. Její předností bylo také to, že předpokládala působení prostřednictvím bezprostředního fyzikálního kontaktu. Bylo tak vyloučeno scholastické působení na dálku nebo magické přenášení sil. Gassendi například vysvětluje, že rotující Slunce může pohybovat ostatními planetami pomocí svých paprsků, protože planety nejsou o sobě ani lehké, ani těžké. Mohou měnit polohu i jen kvůli tak malému impulsu, jako je dotek slunečního paprsku složeného z atomů.⁴² Gassendiho pokračovatel, Cyrano z Bergeracu tvrdí, že „Země se otáčí působením slunečních paprsků, které ji na své dráze postupně zasahují a pohánějí ji, jako můžeme roztočit kouli, když do ní udeříme rukou.“⁴³ Otto von Guericke charakterizuje Slunce jako žhnoucí masu vařícího kovu, která se nachází ve středu světa, rychle rotuje a svou rotací strhává ostatní planety k pohybu.⁴⁴ Později Descartes tuto ideu opustil a inspiroval se spíše v hydrostatice.⁴⁵ S oporou v dobově široce přijímaném názoru, že nebe se skládá z fluidní hmoty, Descartes a jeho následovníci vysvětlovali pohyb planet kolem Slunce tak, že kolem Slunce a dalších hvězd se vytváří vír, který unáší planety, aniž by se samy pohybovaly.⁴⁶ Celou tuto tendenci k fyzikalizaci Slunce završil Newton, pro nějž

⁴¹ GALILEI. Lettera a Cristina di Lorena. *Le opere*, V, 345.

⁴² GASSENDI. *Institutio astronomica. Opera*, IV, 52a; srov. GASSENDI. *Syntagma, Opera* I, 635a, 639b, 643b;

⁴³ CYRANO Z BERGERACU. *Cesty*, s. 36, srov. CYRANO DE BERGERAC. *Les aures libertines*, s. 13. Srov. Jean-Charles DARMON. L'imagination de l'espace entre argumentation philosophique et fiction. *Études Littéraires*, 34, 2002, s. 217–239.

⁴⁴ GUERICKE. *Experimenta nova*, s. 20a–21b, 201b, 202a–203b. Ke Guerickeově specifické kosmologii viz Eberhard KNOBLOCH. Otto von Guericke und die Kosmologie im 17. Jahrhundert. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 26, 2003, s. 237–250; P. GABRIEL. Alles umfasst es, das Nichts – Naturphilosophie und Naturwissenschaft im Existenzbeweis des leeren und unendlichen Weltraums bei Otto von Guericke. *Acta Historica Astronomiae*, 40, 2010, s. 208–224.

⁴⁵ Viz např. Stephen GAUKROGER. The Foundational Role of Hydrostatics and Statics in Descartes' Natural Philosophy. In Stephen GAUKROGER, John SCHUSTER, John SUTTON (eds.). *Descartes' Natural Philosophy*. London, Routledge, 2000, s. 60–80.

⁴⁶ DESCARTES. *Principia philosophiae*, III, 30, AT VIII, 92; HUYGENS. *Kosmotheoros*, OC XXI, 819; cf. Pierre-Sylvain RÉGIS. *Système de la philosophie*. Paris, Anisson, Posuel & Rigaud, 1690, sv. I, S. 413.

je Slunce těžkým tělesem ve středu světa, které gravitační silou udržuje planety na jejich drahách.⁴⁷

Souběžně s tím, jak se ze Slunce stával dynamický střed světa (nebo sluneční soustavy), docházelo také ke změně názoru na povahu Slunce. Nebe přestalo být považováno za neměnnou oblast z čistého a věčného éteru. Na nebi se podle astronomů a přírodních filosofů nacházejí pozemské živly, a proto i Slunce začalo být považováno za ohnivě těleso. Gassendi představuje Slunce jako obrovskou ohnivou masu z nejpohyblivějších částic. Na jeho povrchu se neustále vytvářejí obří žhavé bubliny, a proto nelze považovat povrch Slunce za dokonale hladký, jak se domnívali scholastikové. V souvislosti s objevem krevního oběhu Gassendi dokonce představuje i vlastní variantu tradičního přirovnání Slunce k srdci světa. Ve Slunci dochází k systole a diastole (*in Sole, ut in corde veluti Systolen, Diastolenque*) a v jejich rytmu jsou do kosmu emitována ohnivá tělíska (*corpuscula ignea*).⁴⁸

Pro nekopernikánské astronomy pochopitelně hrálo Slunce v systému světa jinou úlohu, ale i u nich lze zaznamenat výraznou tendenci k pochopení Slunce jako fyzikálního objektu, který má ohnivou povahu. Přispěl k tomu objev slunečních skvrn. Na základě jejich pozorování i katoličtí astronomové připouštěli, že Slunce rotuje, a proto byli také nakloněni k přehodnocení názoru na jeho povahu. Podle Rheity je Slunce planoucí a ohnivá koule (*flammeus igneusque globus*), která rotuje velkou rychlostí.⁴⁹ Riccioli ve své encyklopedii astronomického vědění nejprve uvádí názor scholastiků, podle nichž Slunce je teplé jen potencionálně, nikoli ve skutečnosti (*non actu, sed virtute tantum calidum esset*). Potom představuje přesvědčení o ohnivě povaze Slunce, které přisuzuje některým řeckým filosofům a vybraným současníkům. Mezi nimi figurují „náš Scheiner“, Rheita, Kepler, Bullialdus nebo Kircher. Zdá se, že i sám Riccioli souhlasil s tímto názorem. Dokládá to jeho zmínka o tom, jak ukazují Slunce velké dalekohledy – jako ohnivý oceán plamenů (*tanquam ignitum Oceanum flammaram*).⁵⁰ Také středoevropští astronomové Zimmermann⁵¹ a Szent-Ivany⁵² se domnívali, že na povrchu Slunce se rozkládá oceán tekutého ohně.

Jedno z nejpůsobivějších líčení Slunce představil Athanasius Kircher ve svém kosmickém cestopisu. V jedné fázi své cesty kosmem se snící hrdina Theodidactus

⁴⁷ Viz např. NEWTON. *Philosophiae naturalis principia mathematica*, s. 399.

⁴⁸ GASSENDI. *Syntagma, Opera* I, 512b, 647a–b.

⁴⁹ RHEITA. *Oculus*, I, s. 232 et 196.

⁵⁰ RICCIOLI. *Almagestum novum*, I, 92b.

⁵¹ ZIMMERMANN. *Sol – Siderum princeps*, pars. II, prop. 1.

⁵² SZENT-IVANY. *Dissertatio Astronomica*, s. 41, 46s.

s andělem Cosmielem plaví v azbestové lodi na hladině ohnivého oceánu tekutého ohně mezi žhavými exhalacemi, víry a výbuchy.⁵³ V teoretické pasáži spisu Kircher odmítá aristotelskou kosmologii i metafyziku. O Slunci prohlašuje, že má ohnivou podstatu a je skutečně, nikoli pouze virtuálně teplé. A také on, stejně jako ostatní jezuité, se v tomto bodě odvolává na autoritu dalších autorů, včetně jezuitských astronomů, jako byl Josephus Blancanus nebo Nicolaus Cabeus; zmiňuje dokonce i církevní otce a Písmo.⁵⁴ Jezuité ovšem nikdy nemohli uznat ani fyzikální povahu rotace Slunce, ani jeho působení na ostatní planety. Museli trvat na tom, že Sluncem i planetami pohybuji inteligence, protože jim to nařizovaly jejich řádové předpisy týkající se výuky a bádání (*ratio studiorum*).⁵⁵ I mezi jezuity se však později našly výjimky. Szent-Ivany formuloval hned několik argumentů proti představě, že nebeskými tělesy pohybuji andělé.⁵⁶

3. Velikosti a vzdálenosti Slunce a hvězd

Ke změně chápání kosmologického významu a funkce Slunce přispěla i proměna představ o velikosti kosmu a velikostech a vzdálenostech nebeských těles.⁵⁷ Podle Ptolemaia byla maximální vzdálenost Slunce od Země kolem 1260 rt⁵⁸ (skutečná hodnota je 23 455 rt). Jeho průměr byl asi pětkrát větší než průměr

⁵³ KIRCHER. *Iter extaticum*, s. 192–196.

⁵⁴ KIRCHER. *Iter extaticum*, s. 171–172. Srov. s. 175: *...igneus est Sol, & ignis proprietates habe, formaliter calidum esse, & non virtualiter tantum, seu eminenter, ut Peripatetici asserunt.*

⁵⁵ RICCIOLI. *Almagestum novum* I, 93b: *Motiva vis, qua Sol motu aut vertiginis circa suum centrum, aut translationis circa Terram circumagitur (...) valde probabile est ab Intelligentia aliqua.* Cf. Kircher, *Iter extaticum*, p. 356; ZIMMERMANN. *Sol – Siderum princeps, Corollarium IX.* Srov. SIEBERT. *Die grosse kosmologische Kontroverse*, s. 107, n. 7; RANDLES. *The Unmaking of the Medieval Christian Cosmos 1500–1760*, s. 98n.

⁵⁶ SZENT-IVANY. *Dissertatio astronomica*, s. 73: *Quia vix capi potest, quomodo possit unus Angelus corpus tam stupendae magnitudinis tanta velocitate, tanto tempore, & tanta aequabilitate movere etc.*

⁵⁷ Nemám ambice zde poskytovat ani souhrnný, ani odborný a technický výklad měření vzdáleností v kosmu – ten popsal vynikajícím způsobem A. van HELDEN. *Measuring the Universe. Cosmic Dimensions from Aristarchus to Halley.*

⁵⁸ Poloměr Země – jednotka, která se v 17. století standardně užívala k vyjádření vzdáleností ve vesmíru. Tehdejší představy o velikosti Země se pohybovaly přibližně kolem 7 000 km; Riccioli uvádí obsáhlou tabulku odhadů velikosti Země u různých astronomů, sám uvádí příliš velkou hodnotu rt 5174 římských mil, tj. 7674 km, u německých astronomů uvádí hodnotu rt 860 německých mil, tj. asi 6450 km. Viz RICCIOLI. *Almagestum novum* I, 63.

Země (ve skutečnosti je průměr Slunce větší 109x). V Ptolemaiově kosmologickém systému sférických schránek splývá maximální vzdálenost Saturnu, která je 19 865 rt, s minimální vzdáleností sféry stálic. Ptolemaios si uvědomoval, že velikost kosmu nedokáže přesně stanovit, a proto používal pro vzdálenost hvězd přibližnou hodnotu 20 000 rt. Předpokládal přitom, že všechny hvězdy jsou stejně daleko, neboť jsou vetknuté do stejné sférické schránky obklopující kosmos.⁵⁹

Ptolemaiových hodnot se s různými odlišnostmi držela i většina astronomů od pozdní antiky do konce 16. století. Tycho Brahe hodnotu velikosti vesmíru ještě snížil. Vzdálenost ke sféře stálic podle něj činí 13 000 rt a samotná sféra má tloušťku 1000 rt, takže kosmos má celkově poloměr 14 000 rt.⁶⁰ Během 17. století se odhady velikosti nebeských těles a jejich vzdálenosti výrazně zpřesnily, a ukázalo se, že skutečné hodnoty jsou mnohem větší, než jaké odhadovala ptolemaiovská tradice. Velikost a vzdálenost hvězd byla pro zastánce heliocentristu i geocentristu přirozeně dalším důvodem pro uznání myšlenky, že hvězdy neodrážejí světlo Slunce, ale svítí vlastním světlem, a že se jedná o jiná slunce nebo se našemu Slunci alespoň podobají.

Dobrý přehled o dobových názorech na vzdálenost Slunce od Země najdeme v Riccioliho astronomické encyklopedii *Almagestum novum*. Zde se nachází tabulka, do níž Riccioli vložil hodnoty této vzdálenosti, jak ji našel u různých astronomů. Pro antické a středověké astronomy udává většinou ptolemaiovskou hodnotu kolem 1200 rt pro maximální vzdálenost Slunce. Tato hodnota vycházela z předpokládané paralaxy 3'. Riccioli uvádí u Keplera maximální vzdálenost Slunce 3438 rt, u Lansberga 1550 rt,⁶¹ u Bullialda 1486 rt,⁶² u Rheity 2073 rt.⁶³ Nejvyšší hodnotu Riccioli uvádí u vlámského astronoma Govaerta Wendelena (lat. Godefridus Wendelinus), který odhadoval paralaxu Slunce na 14", a proto také došel

⁵⁹ Viz PTOLEMAIOS. *Hypotheses Planetarum*. In Robert GOLDSTEIN. *The Arabic Version of Ptolemy's Planetary Hypotheses*. *Transactions of the American Philosophical Society*, 57, 1967, s. 3–55, zde s. 7. Srov. Otto NEUGEBAUER. *A History of Ancient Mathematical Astronomy*. Heidelberg, Springer, 1975, s. 920–922; James EVANS. *History and Practice of Ancient Astronomy*. Oxford, Oxford University Press, 1998, s. 68–74, 387–389.

⁶⁰ Tycho BRAHE. *Astronomiae instauratae progymnasmata*. In *Tychonis Brahe Dani Opera Omnia* (dále jen *TBOO*). John L. E. DREYER (ed.). Haunia, Gyldendal, 1913–1929, sv. II, 430. Srov. Victor E. THOREN. *The Lord of Uraniborg: A Biography of Tycho Brahe*. Cambridge, Cambridge University Press, 1990, s. 305n.

⁶¹ Philippe LANSBERGEN. *Uranometria* (1631). In Philippe LANSBERGEN. *Opera omnia*. Middelburgi, Zacharias, 1663, s. 33.

⁶² BULLIALDUS. *Astronomia philolaica*, p. 196.

⁶³ RHEITA sám uvádí tuto hodnotu ve vlastní podobné tabulce *Oculus* I, 194.

k největší hodnotě vzdálenosti Slunce (14 656 rt). Toto číslo bylo ovšem ve své době tak veliké, že vyvolávalo nedůvěru.⁶⁴ Sám Riccioli nesouhlasil s Wendelinovou hodnotou paralaxy, ani s obvyklými dobovými odhady mezi 2' 30" až 3'. Předpokládal paralaxu o velikosti 28", která ho vedla ke vzdálenosti Slunce 7600 rt.⁶⁵

Podle Otto von Guericke je Slunce od Země vzdálené 2644 rt neboli 2 274 000 německých mil.⁶⁶ Koperníkánec Guericke tento odhad okamžitě využívá pro obhajobu heliocentrismu. Při takové vzdálenosti by podle něj muselo Slunce při denním oběhu kolem Země urazit 166 německých mil za sekundu. Proti tomu v Koperníkově systému, pokračuje Guericke, se pohyb Slunce jeví jako iluze vyvolaná rotací Země, která na povrchu zeměkoule v oblasti rovníku činí sotva půl míle za sekundu.⁶⁷ Guericke v typickém duchu obhájců heliocentrismu zdůrazňuje, že Koperníkův systém vykazuje mnohem větší ekonomii než systém ptolemaiovsko-aristotelský. V heliocentrické kosmologii jeden relativně pomalý pohyb (rotace Země) vysvětluje denní pohyb mnoha těles, pro které geocentrismus musí předpokládat vysokou rychlost.

To přiznávali i sami geocentričtí astronomové. Ve třetí knize *Almagestum novum*, která je věnovaná Slunci, Riccioli představil tabulku věnovanou rychlosti Slunce. Riccioli zde uvádí různé hodnoty rychlosti Slunce podle různých odhadů vzdálenosti Slunce od Země, jak je bylo možné najít v astronomické literatuře. V Riccioliho geohelocentrickém systému je Slunce vzdálené 7300 rt, proto za den urazí 45 844 rt, tj. 31 rt za minutu. Za sekundu Slunce podle Riccioliho překoná vzdálenost 547 německých mil. Vzhledem k tomu, že Riccioli předpokládá mnohem větší vzdálenost Slunce, je také jeho výsledná rychlost denního pohybu Slunce mnohem vyšší. Kdyby Země rotovala, činila by podle Riccioliho rychlost její rotace na povrchu 0,3 boloňské míle za sekundu.⁶⁸

Tyto úvahy o rychlosti oběhu kolem Země se pochopitelně týkaly i hvězd. V kosmu, který se otočí kolem středu za 24 hodin, musely mít největší rychlost objekty na jeho periferii, tj. hvězdy. Odtud také pocházel tzv. Achilleův argument koperníkánců, jehož závažnost připouštěl i Riccioli. Jde o to, že podle Riccioliho hvězdy na rovníku nebeské sféry musí urazit 152 rt neboli 157 282 německých mil

⁶⁴ Gottfried WENDELEN. *Eclipses lunares ab anno 1573 ad 1643 observatae*. Antverpiae, Verdussius, 1644, s. 29.

⁶⁵ RICCIOLI. *Almagestum novum*, I, 110b, srov. tabulku hodnoty paralaxy 113b. Viz též. podobný přehled u GASSENDIHO. *Syntagma, Opera* I, 561b–563b.

⁶⁶ GUERICKE. *Experimenta nova*, s. 207n.

⁶⁷ Tamtéž, s. 209.

⁶⁸ RICCIOLI. *Almagestum novum*, I, 127a.

za sekundu.⁶⁹ Taková rychlost pohybu a především odstředivého působení vyvolávala u tehdejších astronomů pochybnosti o tom, zda je sféra stálic vůbec schopná uchovat svůj tvar. Kopernikánci opakovaně upozorňovali, že při takové rychlosti rotace by se sféra stálic musela roztržít.⁷⁰

Riccioli představuje tabulku i pro velikost Slunce. Pro prekopernickánské astronomy udává ptolemaiovskou hodnotu, že Slunce má velikost pěti průměrů Země, u Keplera uvádí hodnotu 15, kopernikánští astronomové Lansberg a Bullialdus mají v jeho tabulce hodnotu 7. Samotný Riccioli počítá opět s mnohem větší hodnotou, udává 36 průměrů, tj. 350 068 (italských) mil.⁷¹ Celkově je z Riccioliho tabulek zřejmé, že většinou astronomové přibližně první poloviny 17. století ponechávali v platnosti tradiční hodnoty velikosti a vzdálenosti Slunce. Výrazněji je překračovali Kepler, Wendelinus, Riccioli. Současně Riccioliho dílo ukazuje, že navzdory obhajování geoheliocentrického systému byli přinejmenším někteří jezuitští astronomové nuceni upravovat dimenze kosmu na základě nových zjištění. I geocentrický kosmos se začal podstatně zvětšovat.

Astronomové se pokoušeli vypočítat i vzdálenost hvězd za pomoci trigonometrických funkcí a odhadované velikosti stelární paralaxy.⁷² Změření stelární paralaxy bylo za hranicemi možností astronomů 17. století (paralaxu hvězdy se podařilo objevit až koncem třicátých let 19. století). Z absence měřitelné paralaxy plynuly velmi podstatné důsledky. Geocentričtí astronomové uváděli, že v kopernikánském systému by měla být měřitelná paralaxa hvězd přinejmenším v protilehlých polohách dráhy Země. Paralaxu se ovšem nikomu změřit nedařilo. Kopernikánští astronomové tento stav vysvětlovali tak, že hvězdy jsou tak vzdálené, že velikost zemské dráhy je zanedbatelná. Při pohledu z hvězd se jeví jako bod. Proto také heliocentrický kosmos byl mnohem větší než kosmos geocentrický. A proto také za dráhou Saturna kopernikánci předpokládali přítomnost obrovského prázdného prostoru, který odděluje sluneční soustavu od nejbližších hvězd.⁷³

⁶⁹ RICCIOLI. *Almagestum novum*, II, 320–322.

⁷⁰ Srov. např. Michel-Pierre LERNER. L'Achille des coperniciens. *Bibliothèque d'Humanisme et Renaissance*, 42, 1980, s. 313–327.

⁷¹ RICCIOLI. *Almagestum novum* I, 121a; srov. odlišné hodnoty in GASSENDI, *Syntagma, Opera* I, 576a–b.

⁷² Harald SIEBERT. The Early Search for Stellar Parallax: Galileo, Castelli, and Ramponi. *Journal for the History of Astronomy*, 36, 2005, S. 251–271; srov. detailnější výklad in SIEBERT. *Die grosse kosmologische Kontroverse*, s. 155–293.

⁷³ Viz například srozumitelný výklad v GASSENDI. *Syntagma, Opera* I, 150b–151a; 565a–565b.

Tycho Brahe odhadoval, že pokud by platily úvahy kopernikánců, vedlo by to k neuvěřitelným důsledkům. Hvězdy třetí velikosti, které mají viditelný průměr jednu minutu, by se musely rovnat celé dráze Země, takže jejich průměr by odpovídal 2284 rt a vzdálené by byly 7 850 000 rt. A což teprve hvězdy první velikosti, ptá se Tycho, které mají viditelný průměr o velikosti dvou až tří úhlových minut? Dostali bychom se k takovým velikostem a vzdálenostem, které jsou zcela absurdní.⁷⁴ Kepler v *De stella nova* (1606) uvádí, že zatímco vzdálenost od Slunce k Saturnu je 3 200 000 rt,⁷⁵ vzdálenost ke sféře stálic je 34 077 066 rt.⁷⁶ V *Epitome astronomiae copernicanae* již odhaduje vzdálenost ke hvězdám na 60 milionů rt.⁷⁷ Ve třicátých letech se hodně diskutovalo o údajích holandského astronoma Philippa Lansbergena, který v roce 1630 odhadl vzdálenost hvězd na 10 302 927 rt na základě předpokládané paralaxy 30".⁷⁸ O rok později Lansberg vydal *Uranometriae libri tres* (1631), kde přišel ještě s většími hodnotami. Zde zvolil jinou a podstatně větší hodnotu paralaxy 7'22". Jak ukazuje Michel-Pierre Lerner, Lansbergen měl dojít k výsledku 41 958 000 rt, ale místo toho asi počtením omylem uvádí hodnotu 280 000 000 rt pro vzdálenost hvězd.⁷⁹ To byl zdaleka nejodvážnější odhad v první polovině 17. století, a proto vyvolával pozornost a především nedůvěru.

U katolických astronomů, kteří se nemohli hlásit k heliocentrismu, byla situace složitější. Jezuita Giuseppe Biancani (lat. Blancanus) ve svém díle *Sphaera mundi* (1615, 2. vyd. 1619) přebírá Tychonovy odhady vzdálenosti hvězd a jako

⁷⁴ BRAHE, *TBOO VI*, 197; srov. Ann BLAIR. Tycho Brahe's Critique of Copernicus and the Copernican System. *Journal of the History of Ideas*, 51, 1990, s. 355–377; Miguel A. GRANADA. Tycho Brahe's Anti-Copernican Campaign: His Criticism of Maestlin and Thomas Digges in the *Astronomiae Instauratae Progymnasata*. In Dario TESSICINI – Paul J. BONER (eds.). *Celestial Novelties on the Eve of the Scientific Revolution, 1540–1630*. Florence, Olschki, 2013, s. 187–207.

⁷⁵ KEPLER. *De nova stella*, *KGW I*, 232.

⁷⁶ KEPLER. *De nova stella*, *KGW I*, 235.

⁷⁷ Viz KEPLER. *Le monde des sphères*, II, s. 128–129.

⁷⁸ Philipp LANSBERGEN. *Commentationes in motum terrae diurnum et annum* (1630). In Philipp LANSBERGEN. *Opera omnia*. Middlebug, Zacharias, 1663, s. 3. K Lansbergenovi viz Rink VERMIJ. *The Calvinist Copernicans. The reception of the new astronomy in the Dutch Republic, 1575–1750*. Amsterdam, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2002, s. 73–101.

⁷⁹ LANSBERGEN. *Uranometria, Opera omnia*, s. 69 a dále; srov. LERNER. *Le monde des sphères*, sv. II, s. 131–132. Správnou hodnotu uvádí Gassendi ve svých *Institutiones astronomiae* (*Opera IV*, 60) i Riccioli ve své tabulce v *Almagestum novum*, I, 419a.

jejich velikost uvádí přibližně 8 rt.⁸⁰ Bianciniho dílo bylo vydáno ještě před dekretem odsuzujícím heliocentrismus z roku 1616, ale slovenský jezuita Szent-Ivany ještě v 70. letech 17. uznával hodnoty velikosti kosmu a stálic Tychona Brahe a jeho jezuitských následovníků.⁸¹ Kapucín Rheita v roce 1645 předpokládal, že minimální vzdálenost hvězd musí být 20 milionů rt.⁸² Riccioli má v šesté knize, *De stellis fixis*, svého *Almagestum novum* pochopitelně i tabulku minimálních vzdáleností hvězd.⁸³ U nekopernikánských autorů většinou Riccioli uvádí ptolemaiovskou hodnotu kolem 20 000 rt. Jeho vlastní hodnota je však desetkrát větší – uvádí vzdálenost 210 000 rt. Kopernikánští astronomové v 17. století byli většinou zdrženliví, pokud šlo o explicitní uvádění numerických odhadů minimálních vzdáleností hvězd – očividně se nechtěli dostávat k desítkám milionů rt. Riccioli proto z parametrů v jejich dílech vypočítal, jaké hodnoty by podle nich měla vzdálenost stálic.⁸⁴ Hodnoty v Riccioliho tabulce kolísají mezi 13 miliony rt u Galílea a 60 miliony rt u Keplera (při hodnotách paralaxy mezi 30" až 9"). Už jen z tohoto srovnání je zřejmé, že vesmír kopernikánců byl tisíckrát větší než vesmír geocentrický. Riccioli na témže listu uvádí ještě další tabulku, kde hodnoty kopernikánců přepočítává podle jednotné paralaxy 10" a dochází k ještě větším číslům: 143 milionů rt u Keplera, 61 milionů rt u Lansbergena a 605 milionů rt u Wendelína. S takto malou hodnotou stelární paralaxy se kolem poloviny 17. století příliš nepočítalo a výsledná čísla musela působit ohromujícím dojmem – který měl přirozeně snížit důvěryhodnost heliocentrické teorie. Ale přesto byl Riccioliho odhad paralaxy stále příliš velký. Nejbližší hvězda, Proxima Centauri, má ve skutečnosti paralaxu 0,772" a je vzdálená přibližně 6,3 miliardy rt.

Mnoho astronomů v 17. století věřilo, že viditelné průměry stálic v dalekohledech ukazují jejich skutečnou velikost. Proti zaměňování viditelných disků hvězd za obraz jejich fyzikální extenze vystupoval například Galilei. Navzdory jeho výhradám se astronomové pokoušeli z úhlové velikosti pozorovaných disků a odhadované vzdálenosti vypočítat i velikost hvězd. V návaznosti na Tychona se často soudilo, že hvězdy první velikosti jako Sirius nebo Vega mají úhlovou velikost 2' až 3', zatímco hvězdy šesté třídy mají kolem 20". Jen Galileo se domníval,

⁸⁰ Cituji druhé vydání Iosephus BLANCANUS. *Sphaera mundi*. Mutinae, Cassiani, 1635, s. 182.

⁸¹ SZENT-IVANY. *Dissertatio astronomica*, s. 67.

⁸² RHEITA. *Oculus Enoch*, s. 194b–195a.

⁸³ RICCIOLI. *Almagestum novum*, I, 419ab, srov. Riccioliho podrobnější výklad v I, 680–683.

⁸⁴ LERNER. *Le monde des sphères*, sv. II, s. 134.

že Vega má kolem 5" – ve skutečnosti je to ještě mnohem méně, 1".⁸⁵ Lansbergen na základě své mylné hodnoty vzdálenosti stálic vypočítal z jejich úhlových velikostí na svou dobu extrémní hodnoty. Hvězdám první velikosti přisoudil poloměr 40 712 rt, tj. velikost větší než poloměr zemské dráhy.⁸⁶ Takové číslo se zdálo Gassendimu přehnané. Podle něj jsou hvězdy asi stejně velké jako Slunce nebo jen asi 20x větší.⁸⁷ Také v Riccioliho tabulce velikostí hvězd Lansbergenovy údaje výrazně vyčnívají. Většina astronomů, které Riccioli uvádí, má pro hvězdy první velikosti hodnotu 4–7 rt, Riccioli sám pro ně udává 17 rt při vzdálenosti 210 000 rt.⁸⁸

Všechny tyto údaje o vzdálenostech zářících sluncí je potřeba brát v jejich kontextu: Gassendi, Riccioli i Guericke výslovně upozorňují, že se jedná o pouhé domněnky a odhady, které jsou někdy na samotné hranici fantazírování, protože se neopírají o měření.⁸⁹ Přesto se jedná opět o velmi důležité indikátory toho, jak se v průběhu 17. století měnily názory na povahu vesmíru.

S růstem odhadů vesmírných vzdáleností⁹⁰ a s opuštěním představy pevných sfér se také postupně prosazovala představa, že hvězdy nejsou natěsnané vedle sebe na sféře stálic, ale oddělují je od sebe obrovské vzdálenosti. Gassendi dokonce uvádí, že hvězdy oddělují i tak velké vzdálenosti, jako je vzdálenost od Země k nejbližší hvězdě.⁹¹ S touto představou obratně pracuje Kircher ve svém astronomickém cestopisu. Kircher přejímá Riccioliho tabulku velikostí Slunce, ale za správnou hodnotu velikostí Slunce považuje hodnotu Rheitovu: Slunce je tedy

⁸⁵ Marco PICCOLINO – Nicholas J. WADE. *Galileo's Visions. Piercing the spheres of the heavens by eye and mind*. Oxford, Oxford University Press, 2014, s. 132–137; viz též Christopher M. GRANEY. The Telescope against Copernicus: Star Observations by Riccioli Supporting A Geocentric Universe. *Journal for the History of Astronomy*, 41, 2010, s. 453–467.

⁸⁶ LANSBERGEN. *Uranometria, Opera omnia*, s. 73.

⁸⁷ GASSENDI. *Syntagma, Opera I*, 578b–579a.

⁸⁸ RICCIOLI. *Almagestum novum I*, 414.

⁸⁹ Giovanni Battista RICCIOLI. *Astronomia reformata*. Bononiae, Benatius, 1664, s. viii: *...ex mera tantum coniectura probabilis*. GASSENDI. *Syntagma, Opera I*, 150b, srov. I,580a: *Ad sphaeram Fixarum quod spectat, nihil heinc subsidij; sed integrum cuique somnia amanti est tantam semidiametrum, distantiamve, quantam voluerit fingere...* GUERICKE. *Experimenta nova*, s. 224: *haec intervalla ... non mensura, sed tantum aestimatione vel coniectura constare*.

⁹⁰ Nezabývám se zde myšlenkou nekonečnosti kosmu; k tomu viz již zmíněnou klasickou práci Alexandra Koyrého, dále viz Jean SEIDENGART. *Dieu, l'univers et la sphère infinie. Penser l'infinité cosmique à l'aube de la science classique*; Antonella DEL PRETE. *Bruno, l'Infini et les mondes*. Paris, PUF, 1999.

⁹¹ GASSENDI. *Syntagma, Opera I*, 151a.

podle něj desetkrát větší než Země.⁹² Cestovatelé se v Kircherově díle postupně dostávají až na okraj slunečního systému, který je od Země vzdálen přibližně 100 000 rt, což je hodnota, ve které Kircher opět zaostává za Ricciolím.⁹³ Ale za dráhou Saturnu se otevírá nejspektakulárnější část díla: Nesmírně velký svět hvězd, které od sebe dělí ohromné vzdálenosti. Kircherovy údaje v díle jsou poněkud zmatené, ale Harald Siebert po jejich pracně rekonstrukci odhaduje, že velikost Kircherova fantastického světa hvězd byla 715 x vzdálenost Země-hvězdy, tj. 715 000 rt.⁹⁴

Na rozdíl od Kircherových fantaskních úvah se astronomové druhé poloviny 17. století pokoušeli zakládat své hodnoty na přesných měřeních provedených za pomoci nových instrumentů, jako byl především mikrometr. V roce 1659 Huygens vydal *Systema Saturnium*, kde kromě objevu Saturnova prstence představil také nové hodnoty vzdáleností a velikostí planet, které se již přiblížily těm, které známe my. Díky novým pozorováním také Huygens vypočítal novou a poměrně přesnou vzdálenost Slunce – Země 25 086 rt. Nejmenší vzdálenost Saturnu podle něj musí být alespoň osmkrát větší než střední vzdálenost Země-Slunce. Proto je minimální vzdálenost Saturnu přibližně 200 000 rt.⁹⁵ Albert van Helden ve svém líčení novověkého proměňování kosmu uvádí, že k této hodnotě vzdálenosti Slunce se v sedmdesátých letech připojil Giovanni Domenico Cassini a John Flamsteed, kteří většinou uváděli vzdálenost 21 000 až 22 000 rt. Podle Heldeny se tak dá obecně říci, že kolem roku 1700 astronomové většinou předpokládali horizontální sluneční paralaxu 10", vzdálenost Země – Slunce kolem 20 000 rt a velikost Slunce 1000x větší než Země.⁹⁶

Na rozdíl od dřívějších divokých spekulací se astronomové konce 17. století vzdálenost hvězd pokoušeli jen odhadnout kvůli nemožnosti změřit paralaxu. Huygens ve spisu *Kosmotheoros* odhadoval vzdálenost Siria na 27 664 vzdáleností Země-Slunce, tj. asi 660 000 rt.⁹⁷ Ale to bylo stále málo. Newton byl radikálnější. Ve svém pozdním kosmologickém pojednání píše, že nejbližší hvězda

⁹² KIRCHER. *Iter extaticum*, s. 194n.

⁹³ Tamtéž, s. 327.

⁹⁴ SIEBERT. *Die grosse kosmologische Kontroverse*, s. 69–82, zvl. s. 82, pozn. 29. Srov. KIRCHER. *Iter extaticum*, s. 363, 412.

⁹⁵ HUYGENS. *Systema Saturni*, OC XV, 347–349.

⁹⁶ VAN HELDEN. *Measuring of the Universe*, s. 136–137, 151–157.

⁹⁷ HUYGENS. *Kosmotheoros*, OC XXI, 815–817, srov. VAN HELDEN. *Measuring the Universe*, s. 158.

musí být 100 000x vzdálenější, než je vzdálenost Saturnu od Slunce, která činí 200 000 rt.⁹⁸

Tato zásadní proměna v počítání kosmických dimenzí si vynutila nový způsob představení obrovských hodnot, protože astronomům bylo jasné, že lidé si obrovská čísla nedovedou představit. Převáděli tedy vzdálenosti na temporální hodnoty pádu. Analogie se přitom vždy týkala těžkých těles. Patrně se totiž v duchu aristoteltské fyziky stále předpokládalo, že kovadlina nebo mlýnský kámen padají rychleji než pírkó.⁹⁹ Zimmermann vycházející z Tychonovy vzdálenosti Slunce v apogeu 1182 rt uvádí, že posel jdoucí každý den osm německých mil by na cestu ke Slunci potřeboval 347 let. Mlýnský kámen (*lapis molaris*) by padal ze Slunce více než 30 dní.¹⁰⁰ Kircher s odvoláním na Marina Mersenna a Scheinera uvádí, že mlýnský kámen by padal ze sféry stálic k zemi 6 hodin.¹⁰¹ U Riccioliho se opět nachází přehledná tabulka,¹⁰² ve které vypočítává pro jednotlivé astronomy, kolik času by podle jejich parametrů potřebovala železná koule o váze jedné libry k pádu na Zemi. Riccioliho tabulka tak uvádí, že ze Slunce by podle Lansbergena padala koule 14 hodin, podle Wendelina 1 den a 20 hodin, podle samotného Riccioliho 1 den a 7 hodin. Z hvězd by koule padala podle Keplera 87 dní, podle Lansbergena 1766 dní a podle Riccioliho 102 dní a 18 hodin. Tato přirovnání pronikla i do dobové dvorské literatury: Jean de la Bruyère ve svých *Caractères* (1687) uvádí, že kdyby ze Slunce padal k Zemi mlýnský kámen, trvalo by mu 114 let, než by dopadl. Saturn je ovšem tak vzdálený, že by žernov padal 1140 let. Saturnova dráha kolem Slunce je tak dlouhá, že anglický kůň by ji neproběhl dříve než za 20 548 let.¹⁰³

⁹⁸ Isaac NEWTON. *A Treatise of the The System of the World*. London, Fayram, 1731, s. 91; srov. VAN HELDEN. *Measuring the Universe*, s. 158n.

⁹⁹ Inspirací pro tuto analogii byla asi řecká literatura: Už Hésiodos se snažil vysvětlit velikost kosmu pomocí pádu kovadliny z nebes, který měl trvat devět dní a nocí. Viz HÉSIODOS. *Theogonia*, 722–725.

¹⁰⁰ ZIMMERMANN. *Sol – Siderum princeps*, pars I, prop. VI.

¹⁰¹ KIRCHER. *Iter extaticum*, s. 357. Kircher se zde odvolává na Scheinera a Mersenna, ale neuvádí přesně zdroj. Mersenne mluví o pádu mlýnského kamene ve svém komentáři ke Genezi, ale uvádí zde délku pádu 90 let. Viz Marin MERSENNE. *Observationes celeberrimae in Genesisim*. Lutetiae Parisiorum, Cramoisy, 1623, s. 878: *...contempleris amplissimum illud firmamentum, cuius semidiameter tanta est, ut lapis molaris necessario anno 90 impensurus sit, donec ad nos usque decidat, licet horis singulis 200 miliaria conficiat...*

¹⁰² RICCIOLI. *Almagestum novum*, I, 697 (srov. fyzikální výklad zrychlení koule v kosmu I, 696)

¹⁰³ Jean de La BRUYÈRE. *Des esprits forts*, Nr. 43. In Jean de La BRUYÈRE. *Caractères*. Pierre Ronzeaud (éd.). Paris, Livre de Poche, 1985, s. 449–450. Srov. Jean de La BRUYÈRE. *Charaktery*. Praha, Odeon, 1972, s. 289.

Huygens celou představu ještě obměnil: Koule vystřelená z děla by ze Země letěla ke Slunci 25 let, ze Saturnu by ke Slunci letěla 250 let.¹⁰⁴ K nejbližším hvězdám by podle Huygense dělová koule letěla 700 000 let!¹⁰⁵

Závěr

Odpůrci heliocentrismu netrvali slepě na platnosti středověké kosmologie, ale snažili se upravovat tradiční kosmologii na základě nových empirických zjištění. Vzhledem k absenci jednoznačného důkazu ve prospěch heliocentrismu se zastáncům geocentrismu dařilo uzpůsobovat aristotelsko-scholastickou kosmologii poměrně přesvědčivě až do poloviny 17. století. Navzdory jejich úsilí na konci 17. století nacházíme zcela jinou představu o kosmu než ve scholastice. Namísto představy Slunce ozařujícího svým světlem útulný a plně přehlédnutelný kosmos nastoupila koncepce, podle níž je ve středu naší soustavy obyčejná hvězda, která gravitační silou udržuje kolem sebe planetární systém. Princip analogie a zcela nearistotelské přesvědčení o homogenitě univerza dávaly tušit, že u jiných hvězd budou existovat podobné systémy. Tyto systémy jsou ovšem tak vzdálené, že se to vymyká lidské představivosti. Na konci 16. století se Tycho Brahe domníval, že existuje sférická vrstva stálic vzdálená kolem 13 000 rt. Newton o necelých 100 let později soudil, že nejbližší hvězdy se nacházejí ve vzdálenosti 20 miliard rt. Představy o vzdálenosti nejbližších hvězd se za jedno století zvětšily víc než milionkrát. Z toho je také patrné, že historii astronomie v 17. století nemůžeme vnímat jen jako soupeření mezi dvěma či třemi kosmologickými teoriemi. Ve skutečnosti šlo o mnohem víc než o pouhé opuštění geocentrické kosmologie. Zcela zásadně – a poměrně rychle – se změnily lidské představy o povaze a velikosti univerza.

Summary

In the 17th century, the opponents of heliocentrism did not blindly insist on the validity of medieval cosmology but sought to modify the traditional cosmology reacting to the new empirical findings. In the absence of conclusive evidence in favor of heliocentrism the defenders of geocentrism managed to adapt Aristotelian-Scholastic cosmology quite convincingly until the mid-17th century. Despite their efforts we find a completely different idea of the cosmos at the

¹⁰⁴ HUYGENS. *Kosmotheoros*, OC XXI, 807.

¹⁰⁵ Tamtéž, 815–817.

end of the 17th century. Instead of the concept of the sun illuminating the cosy cosmos, we can find another idea of cosmos. In the center of our system, there is an ordinary star that keeps the planetary system with its gravitational force. The principle of analogy and completely nonaristotelic belief in the homogeneity of the universe hinted at other stars being similar systems. These systems, however, are so remote that the distance defies human imagination. At the end of the 16th century, Tycho Brahe believed that there was a spherical layer of stars distant about 13 000 rt. Nearly 100 years later Newton judged that the closest star is located at a distance of 20 billion rt. Ideas of the distance of the nearest stars increased more than a million within a century. It is also evident that the history of astronomy in the 17th century cannot be seen only as a rivalry between two or three cosmological theories. In fact, it was much more in stake than a mere abandonment of the geocentric cosmology. Fundamentally – and fairly quickly – human ideas about the nature and size of the universe changed.

Author's address:
Katedra filosofie FF MU
Arne Nováka 1, 602 00 Brno
spelda@phil.muni.cz



Titulní strana Kircherova díla *Iter exstaticum*, na níž je vyobrazen autor a archanděl Cosmiel, který umožňuje snícímu hrdinovi pohled na kosmos zvenčí. Schéma ukazuje geoheliocentrický kosmos, v němž se Země nachází ve středu světa, kolem ní obíhá Slunce a kolem něj obíhají planety. Za hranicemi sluneční soustavy se rozkládá rozsáhlý prostor s hvězdami.