

Czy Księżyc się obraca?

Problem ruchu obrotowego Księżyca wokół własnej osi to w dziejach nauki przypadek dość osobliwy. Mogłoby się wydawać, że historię rozwiązywania tego zagadnienia należałoby przedstawić na tle rozwoju hipotez i obserwacji ruchów wirowych innych planet. Podejście takie jest jednak nie do końca usprawiedliwione. Do pierwszych dziesięcioleci XVII wieku rozważania na temat obrotu dokoła własnej osi innych ciał niebieskich niż Ziemia i Księżyc nie miały żadnych podstaw obserwacyjnych. Innymi słowy, jeśli w ogóle problem ten był podejmowany, stanowił element spekulatywny, rozważany bardziej z punktu widzenia filozofii przyrody niż astronomii. Ta ostatnia przecież interesowała się w całym tym okresie przede wszystkim jak najdokładniejszym przewidywaniem położień planet na sferze niebieskiej. Natomiast gdy tylko pojawiła się astronomia teleskopowa, potrzebowała zaledwie kilku dekad, by sprowadzić zagadnienie wirowania planet głównych do kwestii coraz dokładniejszych pomiarów. Tymczasem Księżyc od zawsze kierował ku Ziemi tę samą twarzą, od zawsze też zdawano sobie z tego sprawę. Inaczej niż w przypadku planet, obserwacje za pomocą teleskopu nie przyniosły szybko jednoznacznego rozstrzygnięcia problemu niezmienności tarczy Srebrnego Globu. Do opóźnienia tego, paradoksalnie, przyczyniło się odkrycie zjawiska księżycowej libracji.

Jedyna hipoteza wolna od niedorzeczności

Sir Thomas Heath w swych rozważaniach o astronomii starożytnej postawił w pewnej chwili tezę, że to właśnie skierowana przez cały czas ku Ziemi twarz Księżyca mogła skłonić Arystotelesa (384–322 p.n.e.) do przyjęcia modelu kosmologicznego, w którym planety i gwiazdy tkwią umocowane nieruchomo w sferach, wirujących wokół Ziemi¹. Gdyby tak było w istocie, należałoby uznać niezmienność księżycowych plam za bodaj najbardziej wpływowe zjawisko niebieskie w historii dawnej astronomii Zachodu. Zanim jednak skryształizowała się arystotelesowska doktryna sfer niebieskich, w myśli greckiej funkcjonowały różne poglądy na temat zachowania planetarnych brył.

Platon (ok. 429–347 p.n.e.) w *Timajosie* przedstawia stworzenie świata, który otrzymuje najdoskonalszy kształt – kształt kuli. Świat uzyskuje od Boga także ruch:

Dał mu za to [wyglądziwszy całą powierzchnię] ruch fizyczny zastosowany do jego ciała, ten mianowicie spośród siedmiu ruchów, który ma przede wszystkim związek z rozumem i myślą; nadając mu obrót jednostajny w tym samym miejscu, sprawił, że się kręci w koło².

Podobnie gwiazdy:

Dla tej właśnie przyczyny zostały zrodzone gwiazdy, które nie są błądzącymi. Jestestwa żyjące, boskie i wieczne obracają się jednostajnie zawsze w tym samym miejscu³.

¹ T. Heath, *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus*, Oksford 1913, s. 235.

² Platon, *Timajos*, 34a, cyt. za: Platon, *Timajos. Kritias*, tłum. P. Siwek, Warszawa 1986, s. 40–41.

³ *Ibidem*, 40b, s. 49.

Planety, „które poruszają się i błędzą” i do których zaliczał się Księżyc, zaistniały po gwiazdach. Jednakże w kwestii tego, czy ich ruchy obrotowe w tym samym miejscu również zawierały się w kosmologii Platona, interpretatorzy jego pism nie uzgodnili stanowisk.

Współczesny Arystotelesowi Heraklejdes z Pontu (ok. 388–310 p.n.e.) postulował dobowy obrót Ziemi wokół własnej osi, o czym wiemy z kilku późniejszych źródeł⁴. Przytoczmy fragment z komentarza Simplikiosa (VI w.) do *O niebie* Arystotelesa, gdyż tekst ten prowadzi nas bezpośrednio do kluczowego problemu ruchu Księżyca w systemie świata według Stagiryty:

Arystoteles rozważa hipotezę, według której mogą one [gwiazdy i sfery] znajdować się w spoczynku, choć wydaje się dziwne, że da się ocalić ich obserwowaną wędrówkę, jeśli [gwiazdy i sfery] są w spoczynku, gdyż niektórzy, a wśród nich Heraklejdes z Pontu i Arystarch, utrzymywali, iż zjawiska można by ocalić, gdyby niebo i gwiazdy były nieruchome, Ziemia zaś poruszała się wokół osi równika z zachodu, wykonując w przybliżeniu jeden obrót na dobę; w przybliżeniu ze względu na przesuwanie się Słońca [przez zodiak] o jeden stopień dziennie; w konsekwencji, jeśli Ziemia się nie porusza [...] nie jest możliwe ocalenie zjawisk, jeżeli niebo i gwiazdy znajdują się w spoczynku⁵.

Owa wzmianka o hipotezie wirującej Ziemi pojawiła się w uwagach do początku fragmentu, w którym Arystoteles podejmuje rozważania o ruchu gwiazd (*O niebie*, 289 b–290 b). Stagiryta bowiem zaczyna od rozpatrzenia trzech możliwości wyjaśnienia obserwowanych zachowań ciał niebieskich: albo gwiazdy i ich sfery są w spoczynku, albo gwiazdy i sfery się poruszają, albo wreszcie poruszają się sfery, gwiazdy zaś nie mają własnego ruchu. Pierwsza możliwość zostaje od razu odrzucona jako sprzeczna

⁴ Wyczerpującą analizę tekstów dotyczących astronomicznych teorii Heraklejdesa zawiera: H. B. Gottschalk, *Heraclides of Pontus*, Oxford 1980, s. 58–87.

⁵ Simpl. 444.31. Cyt. za H. B. Gottschalk, *op. cit.*, s. 60–61.

z przyjętą nieruchomością Ziemi. Druga też, na podstawie nieco bardziej skomplikowanej dyskusji o wzajemnych prędkościach planet i sfer. A zatem stajemy wobec trzeciej możliwości:

Ponieważ nie możemy rozumnie przyjąć ani ruchu obojga [tj. gwiazd i kół], ani ruchu samej tylko gwiazdy, pozostaje nam jedno możliwe rozwiązanie: same tylko koła są w ruchu; gwiazdy nie mają własnego ruchu, są niesione na kołach, do których są przytwierdzone. To jest jedyna hipoteza wolna od niedorzeczności. [...]

Ponadto, ponieważ gwiazdy mają kształt kulisty – jak nasi przeciwnicy mówią, a my na to całkowicie się zgadzamy – a ciało kuliste ma tylko dwa sobie właściwe ruchy, mianowicie toczenie się [κύλισις] i obrót około swej osi [δίνησις], wynika stąd, że gdyby gwiazdy poruszały się same przez się, poruszałby się jednym z tych dwóch ruchów. Otóż obserwacja nie wykazuje żadnego z nich. Gdyby to był ruch około swej osi, gwiazdy pozostawałyby na tym samym miejscu i nie zmieniałyby swego położenia, a jednak z całą oczywistością to czynią i wszyscy to uznają. [...]

Z drugiej strony, jest równie oczywiste, że gwiazdy nie poruszają się naprzód przez toczenie się, bo co się toczy, z konieczności obraca się. Otóż z Księżyca widać tylko to, co nazywają jego „twarzą”⁶.

Tak więc Księżyc występuje tutaj jako argument na rzecz braku obrotu wokół osi wszystkich planet (jak również gwiazd), gdyż „logika wymaga, aby się wszystkie poruszały tym samym ruchem”⁷. Argument, dodajmy, nawet w tej postaci nieoczywisty, skoro ów fragment jeszcze współcześni historycy astronomii interpretowali odmiennie. J. L. E. Dreyer odczytał go literalnie, a więc jako brak ruchu wirowego Księżyca⁸. Natomiast wspomniany na początku rozdziału Heath uznał, że Arystoteles mimo wszystko nie wykluczał mie-

⁶ Arystoteles, *O niebie*, 289 b–290 a, cyt. za: Arystoteles, *O niebie*, tłum. P. Siwek, Warszawa 1980, s. 75–77. W polskim przekładzie sfery zostały zastąpione kołami.

⁷ *Ibidem*, s. 76.

⁸ J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, wyd. 2, Dover 1953, s. 111, przyp. 1; wyd. 1: 1906.

sięcznego obrotu Srebrnego Globu, towarzyszącego ruchowi jego sfery⁹. Jak się wkrótce przekonamy, dyskusję na ten temat podjęto dużo wcześniej.

Fizyczny model współśrodkowych sfer Arystotelesa, unoszących planety dokoła centralnie położonej, nieruchomej Ziemi, znalazł w astronomii hellenistycznej zaawansowane matematycznie, komplementarne rozwinięcie w postaci teorii mimośrodkowych deferentów i wędrujących po nich epicykli. Ostateczną postać tej teorii nadał aleksandryjski astronom Klaudiusz Ptolemeusz (II wiek), prezentując ją w *Almageście* i próbując dostosować do kosmologicznego modelu sfer w *Hipotezach planet*. Celem pierwszego traktatu było dostarczenie matematycznych narzędzi do jak najdokładniejszego przewidywania położenia ciał niebieskich na nieboskłonie, drugiego zaś – przedstawienie spójnego systemu odległości sfer planetarnych i gwiazd od Ziemi. W żadnym z tych dwóch dzieł nie pojawił się problem ruchu wirowego Księżyca, czy bardziej ogólnie – planet. A jednak to system Ptolemeusza sprowokował w nauce średniowiecznej zasadniczą dyskusję na temat zachowania się Księżyca.

Model wszechświata Ptolemeusza, nawet przetransponowany do układu sfer niebieskich, nie spełniał założeń kosmologii Arystotelesa, w tym podstawowego, że Ziemia jest głównym środkiem ruchów planet. Krytyka rozwiązań aleksandryjskiego astronoma rozwinęła się w wiekach XI i XII w obszarze nauki islamu, na krótko przed okresem, w którym łańciński Zachód zaczął przyswajać sobie szczytowe osiągnięcia astronomii starożytnej. Europa Zachodnia poznała oba systemy w XIII wieku – Arystotelesa poprzez przekłady z arabskiego i greki, Ptolemeusza przede wszystkim dzięki tłumaczeniom opracowań przygotowanych przez uczonych islamu.

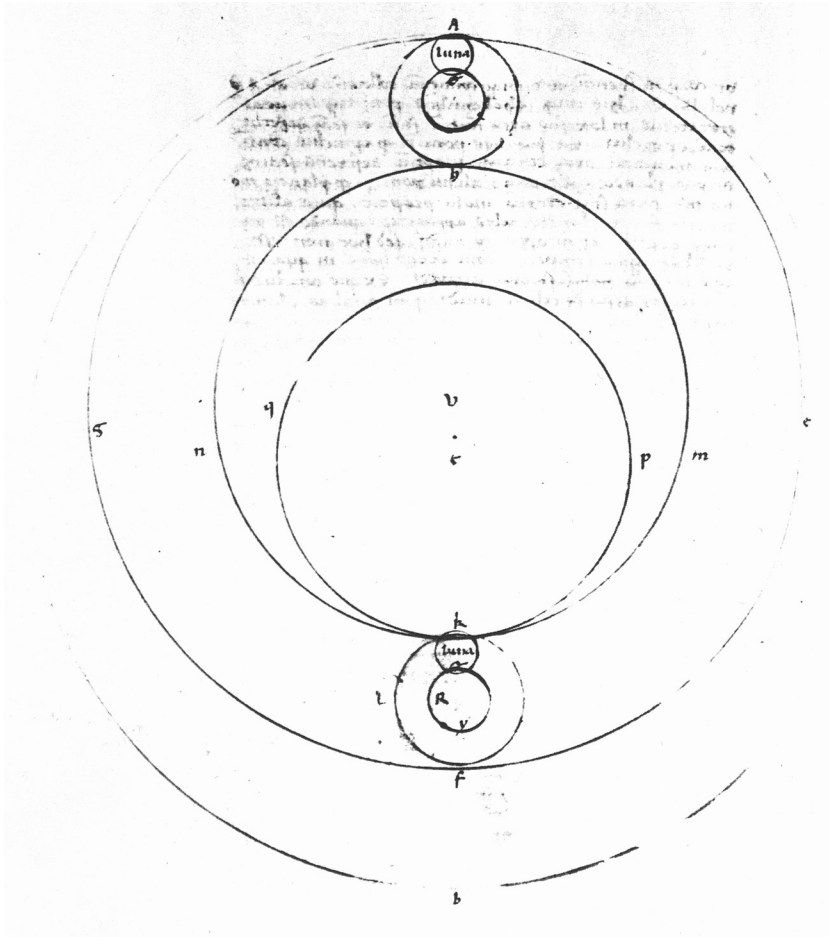
Z systematycznym opisem modelu Ptolemeusza wtłoczonego w układ sfer niebieskich nauka europejska zapoznała się mniej więcej w latach sześćdziesiątych XIII wieku za sprawą prac Rogera Bacona (ok. 1219–ok.

⁹ T. Heath, *op. cit.*, s. 235.

1292), franciszkanina z Oksfordu. Rycina 1.1 przedstawia model sfer Księżyca z *Opus tertium* Bacona. Środkiem układu jest Ziemia w *t*, stanowiąca również centrum dwóch powierzchni: zewnętrznej *ab* i wewnętrznej *pq*. Ograniczają one przestrzeń, w której znajdują się dwie powierzchnie mimośrodowe *agfe* i *hnkm*, mające środek w *v* (położenie *v* wyznacza kierunek księżycowego apogeum). Między tymi powierzchniami właśnie występuje mimośrodowa sfera, obejmująca deferent i epicykl Księżyca. Ten ostatni można traktować albo jako glob (według terminologii Bacona *sphericum convexum*, czyli sfera wypukła), albo jako pierścień, ograniczony przez powierzchnię wypukłą *klf* i powierzchnię wklęsłą *θry*. Glob Księżyca (*luna*) jest styczny od strony wewnętrznej do powierzchni wypukłej epicyklu, który porusza się w sferze mimośrodowej.

Bacon ostatecznie odrzucił możliwość istnienia materialnych sfer mimośrodowych i epicyklicznych, niemniej jego opis został zaakceptowany przez wielu średniowiecznych filozofów przyrody dosłownie i w ten sposób stał się źródłem fundamentalnych kontrowersji. Na temat prób zmodyfikowania rozwiązań Ptolemeusza tak, by pozostawały w zgodzie z postulatami Arystotelesa, jak również akceptacji odstępstw od tych postulatów w astronomii i kosmologii wieków średnich napisano już wiele. Dlatego podążając za interesującym nas wątkiem, ograniczymy się do przedstawienia roli Księżyca w tych dyskusjach, zwłaszcza że i tak wiąże się ona z jednym z centralnych zagadnień tamtych dysput – realności i natury epicykli¹⁰.

¹⁰ Zob. np. E. Grant, *Medieval Departures from Aristotelian Natural Philosophy*, [w:] *Studies in Medieval Natural Philosophy*, pod red. S. Carotiego, Florencja 1989, s. 237–256; *idem*, *Planets, Stars, and Orbs. The Medieval Cosmos, 1200–1687*, Cambridge 1994, s. 299–302 i 463–466; M.-P. Lerner, *Le monde des sphères*, t. 1: *Genèse et triomphe d'une représentation cosmique*, Paryż 1996, s. 111–130. W języku polskim sporadyczne odniesienia do tego problemu można znaleźć w: M. Markowski, *Burydanizm w Polsce w okresie przedkopernikańskim*, „*Studia Copernicana*”, 2 (1971); *idem*, *Filozofia przyrody w pierwszej połowie XV wieku (Dzieje filozofii średniowiecznej w Polsce*, pod red. Z. Kuksewicz, t. IV), Wrocław 1976.



Ryc. 1.1. Model ruchu Księżyca w systemie sfer niebieskich Ptolemeusza, przedstawiony w *Opus tertium* Bacona. Mimośrodowy deferent i epicykl zawierają się w przestrzeni ograniczonej przez dwie koncentryczne powierzchnie: zewnętrzną *ab* i wewnętrzną *pq*, mające wspólny środek w Ziemi *t*. Szczegóły w tekście. Bibliothèque nationale de France, rkp. BNF lat. 10264, f. 204v.

W pierwszej połowie XIV wieku problem Księżyca zwracającego ku Ziemi stale tę samą stroną skłonił Lewiego ben Gersona (1288–1344) oraz Jana Buridana (ok. 1300–ok. 1358) do wyeliminowania z astronomii ptolemejskiej epicyklu. Żydowski lekarz, filozof i astronom Lewi ben Gerson, zwany też Gersonidesem, pracował na południu Francji. W jego głównym dziele *Milchamot Adonaj (Księga o wojnach Pana)* astronomii jest poświęcona księga piąta, której rozdział 75 zawiera dyskusję na temat widoczności księżycowych plam¹¹. Lewi ben Gerson traktuje te rozważania jako jeden z dodatkowych dowodów na rzecz własnej teorii Księżyca, w której nie ma miejsca na epicykl. Żydowski astronom zauważył, że gdyby Księżyc był sztywno związany z epicyklem – a więc według arystotelesowskiej definicji ruchu tego ciała niebieskiego – podczas jego obrotu musielibyśmy widzieć, jak plamy na tarczy zmieniają swoje położenie względem jej brzegów; a po przebyciu połowy obwodu epicyklu powinniśmy wręcz stracić je z oczu i oglądać drugą stronę księżycowego globu. Będąc przy tym wytrawnym obserwatorem, Gersonides zwrócił uwagę, że rozważania te odnoszą się do orientacji tarczy Księżyca względem ekliptyki, a nie horyzontu, gdyż w tym drugim przypadku w różnych warunkach widzimy odmienne usytuowanie plam (choć wciąż tych samych) wobec ziemskiego obserwatora¹².

Ta ostatnia uwaga, jakkolwiek dziś może się wydać niepotrzebna, bo oczywista, najwyraźniej nie została uczyniona przez Lewiego ben Gersona bez podstaw. Otóż posługując się taką samą argumentacją i w tym samym celu, Buridan, rektor Uniwersytetu Paryskiego, w swych komentarzach do

¹¹ Dzieło to zachowało się w hebrajskich rękopisach, zostało również przełożone na łacinę przez współczesnego Gersonidesowi Piotra z Aleksandrii (w północnej Italii). Podstawowe opracowanie na ten temat to: B. R. Goldstein, *The Astronomy of Levi ben Gerson (1288–1344)*, Nowy Jork–Berlin 1985. Wyczerpujące omówienie kwestii plam na Księżycu wraz z tłumaczeniem na angielski odpowiednich fragmentów tekstu Lewiego ben Gersona zawiera: B. R. Goldstein, *The Physical Astronomy of Levi ben Gerson*, „Perspectives on Science”, 5 (1997), s. 1–30.

¹² B. R. Goldstein, *op. cit.*, s. 22–23.

Metafizyki i *O niebie* Arystotelesa dowodził, że nie powinno zakładać się istnienia epicyklu Księżyca. W przeciwnym razie w plamie księżycowej, wyglądem przypominającej człowieka, którego stopy znajdują się w dolnej części tarczy Srebrnego Globu, czasami stopy pojawiałyby się u góry tarczy. Działoby się tak w dwóch skrajnych położeniach Księżyca na epicyklu, mianowicie w apogeum i perygeum. Tymczasem wiemy z doświadczenia, że plama ta zawsze zajmuje takie samo położenie względem nas¹³. Buridan, w przeciwieństwie do Lewiego ben Gersona, najwyraźniej miał kłopoty z opisaniem geometrii ruchu Księżyca, po arystotelesowsku sztywno związanego z epicyklem. Nie to jest jednak najważniejsze.

Francuz wzmocnił swoje rozumowanie dodatkowym argumentem. Najpierw stwierdził, że istnieje sposób na zachowanie epicyklu: gdyby Księżyc posiadał ruch obrotowy, odbywający się w kierunku przeciwnym do obrotu epicyklu i z taką samą prędkością, mimo że unoszony na epicyklu, przez cały czas ukazywałby Ziemi te same plamy. Następnie odwołał się do zasady przyjętej przez Arystotelesa¹⁴: ponieważ wszystkie planety tak jak Księżyc są ciałami sferycznymi, również i one musiałyby obracać się wokół swoich środków. To zaś jest niemożliwe. Planety bowiem nie tylko wędrują po niebie, lecz także wywierają wpływ na świat podksiężycowy; tak więc zwracając się różnymi stronami ku niemu, musiałyby powodować różne efekty, gdyż w innym razie ich ruch obrotowy byłby zbyteczny. A tego nie obserwujemy. Buridan przywołał też przykład Słońca – skoro jest jednolitym i jednorodnym ciałem, jego ruch wirowy był zbędny, gdyż każda strona Słońca i tak wywierałaby taki sam wpływ na ciała sublunarne. „Ale jeżeli Słońce nie ma takiego ruchu, nie wydaje się sensowne, by miał go

¹³ E. Grant, *A Source Book in Medieval Science*, Cambridge, Mass. 1974, s. 525. Buridan powtarza tu błąd, który znajdujemy już w traktacie oksfordczyka Richarda z Middleton (zm. ok. 1300), powstałym około dwóch dziesięcioleci po *Opus tertium* Bacona; zob. P. Duhem, *Le système du monde: histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, t. 3, Paryż 1954, s. 487–488.

¹⁴ Zob. powyżej, przyp. 7.

Księżyc, gdyż Słońce jest znacznie szlachetniejsze niż on”¹⁵. Tak więc Księżyc nie wiruje, a zatem nie istnieje jego epicykl.

Odmienny pogląd wyrażał Albert z Saksonii (ok. 1316–1390), kolejny przedstawiciel szkoły paryskiej. W komentarzu do *O niebie* Arystotelesa przyjął, że podczas wędrówki po epicyklu Księżyc obraca się wokół swego środka – w sposób opisany hipotetycznie przez Buridana. Nie oznaczało to według Alberta z Saksonii, że ruch taki jest dany innym planetom, gdyż przypisywał im naturę odmienną od natury Księżyca. W tym wypadku Albert z Saksonii wybrał najprostszy sposób wyjaśnienia obserwowanego zjawiska, poświęcając zasadę spójnego opisu zachowania się wszystkich planet, do której odwoływał się Buridan¹⁶.

Zwróćmy w tym miejscu uwagę, że w dyskusji nad ewentualnym ruchem obrotowym Księżyca na epicyklu istotną rolę odgrywało uznanie, iż obserwowane plamy są immanentną cechą Srebrnego Globu. Poglądy takie odnajdujemy już wśród filozofów starożytnych, sięgają one presokratyków, ale średniowieczne przekonanie o tym, że „plama widziana na Księżycu jest z całą pewnością czymś w ciele Księżyca w dokładnie określonym miejscu”, jak z naciskiem podkreślał Lewi ben Gerson¹⁷, wynika z niemal powszechnej w tamtym okresie akceptacji teorii budowy Księżyca według Awerroesa (1126–1198)¹⁸. Powołując się na opinię Arystotelesa, wyrażoną w *O rodzeniu się zwierząt*¹⁹, astronom andaluzyjski skonstruował teorię, według której gładka powierzchnia Srebrnego Globu nie odbija bezpośrednio światła słonecznego, lecz je wchłania i reemituje; plamy księżycowe obserwujemy dlatego, że w ciele Księżyca znajdują się

¹⁵ E. Grant, *op. cit.*, s. 526. Argumentacja Buridana została omówiona w: E. Grant, *Planets, Stars, and Orbs. The Medieval Cosmos, 1200–1687*, s. 300–301 i 464–465.

¹⁶ E. Grant, *op. cit.*, s. 301–302.

¹⁷ B. R. Goldstein, *op. cit.*, s. 23.

¹⁸ Zob. R. Ariew, *Galileo's Lunar Observations in the Context of Medieval Lunar Theory*, „*Studies in History and Philosophy of Science*”, 15 (1984), s. 213–226.

¹⁹ Wydaje się, że chodzi o fragment z rozdz. 11 w ks. III. O dyskusji na ten temat, dotyczącej również Kopernika, zob.: R. Ariew, *op. cit.*, s. 215–216; E. Grant, *op. cit.*, s. 459.

obszary o różnej gęstości, a tym samym o odmiennej zdolności do reemissji światła. Odwołując się do komentarza Awerroesa do *O niebie* Arystotelesa, Albert z Saksonii pisał:

Komentator [Averroes] formułuje trzecią opinię, która, jak sądzę, jest prawdziwa. Plama wynika z różnorodności części Księżyca; części te są bardziej lub mniej rzadkie albo bardziej lub mniej gęste niż inne. Części, w których widzimy plamę, są najrzadsze, przez co mają najmniejszą zdolność do jarzenia się. Części obok nich są najbardziej gęste i dlatego jarzą się bardziej. [...] Księżyc jest w rzeczywistości ciałem prostym, lecz nie przeszkadza to, by wykazywał różnice w gęstości i rzadkości między swymi częściami²⁰.

Dodajmy, że akceptacja teorii Awerroesa przez naukę scholastyczną nie oznaczała braku wątpliwości drobniejszej natury. Na przykład nie osiągnięto jednomyślności w kwestii, czy ciemniejsze części Księżyca mają większą czy mniejszą gęstość. Odnotujmy również, że przynajmniej w jednym wypadku dla wytłumaczenia zachowania się plam księżycowych podczas obiegu orbitalnego zaproponowano specyficzną budowę Srebrnego Globu. Pod koniec XIII stulecia w dziele *Tractatus super totam astrologiam* franciszkanin Bernard z Verdun sporo miejsca poświęcił wykładowi kosmologicznemu w duchu Bacona. Zastanawiał się też nad rozwiązaniem problemu Księżyca. Wspomniał, że być może doświadcza on dodatkowego ruchu poprzez specjalny system sfer, ale nie przedstawił żadnych szczegółów²¹. W drugiej propozycji dopuszczał, że w centrum księżycowego globu, obdarzonego dużą przejrzystością, znajduje się plama – w związku z tym jest zawsze widoczna, jeżeli nawet Księżyc podczas wędrówki po orbicie się nie obraca²².

²⁰ *Albertus de Saxonia Quaestiones de Caelo et Mundo*, Rzym 1516, f. CXVI (kwestia XXII); cyt. za: R. Ariew, *op. cit.*, s. 221.

²¹ P. Duhem, *op. cit.*, s. 455.

²² E. Grant, *op. cit.*, s. 464.

Jeśli jednak pominiemy akcydentalnie pojawiające się egzotyczne próby rozwiązania problemu plam księżycowych, to będziemy musieli przyznać, że gdy w wiekach XIV i XV filozofia przyrody, a czasami również astronomia, podejmowały dyskusję na ten temat, szły drogą wytyczoną przez Buridana oraz Alberta z Saksonii. Opinię tego drugiego, zakładającą istnienie epicyklu i własnego ruchu obrotowego Księżyca – „idealnie gładkiego sferycznego globu” – wsparł zresztą inny znany przedstawiciel szkoły paryskiej, Mikołaj z Oresme (ok. 1320–1382), w dziele *Le livre du ciel et du monde*²³.

Teksty wymienionych autorów były studiowane i komentowane w uniwersyteckim środowisku Krakowa, tak więc również problem obrotu Księżyca i opisu jego ruchu za pomocą epicyklu, a *Questiones super quattuor libros „De caelo et mundo” Aristotelis* Alberta z Saksonii stanowiły wręcz podstawowe wprowadzenie do kosmologii arystotelesowskiej w kształtującej się szkole krakowskiej XV wieku – czy to bezpośrednio, czy jako wzór dla innych komentarzy²⁴. Ciekawy przykład rozważań dotyczących obrotu Księżyca znajdujemy w *Quaestiones Cracovienses super quattuor libros „De caelo et mundo” Aristotelis redactae a Ioanne de Słupcza* z 1433 roku. Autor traktatu, Jan ze Słupczy (1408–1488), wyraził w nim pogląd, że Słońce poza jednostajnym ruchem po kole wokół Ziemi wiruje prawdopodobnie wokół własnej osi, gdyż jest doskonalszą planetą od obdarzonego takim ruchem Księżyca²⁵.

W środowisku krakowskim końca XV stulecia formowały się kosmologiczne poglądy Mikołaja Kopernika (1473–1543). Fromborski astronom, który, jak wielokrotnie podkreślano, tradycji szkoły paryskiej, rozwiniętej przez Mikołaja z Kuzy (1401–1464), zawdzięczał do pewnego stopnia no-

²³ Nicole Oresme, *Le livre du ciel et du monde*, pod red. A. D. Menuta i A. J. Denomy'ego, Madison 1968, s. 458–461 (ks. 2, rozdz. 16).

²⁴ Zob. np. M. Markowski, *Kształtowanie się krakowskiej szkoły astronomicznej*, s. 69–72, [w:] *Historia astronomii w Polsce*, t. I, pod red. E. Rybki, Wrocław 1975, s. 57–86; *idem*, *Szczyt rozkwitu krakowskiej szkoły astronomicznej*, s. 111–112, [w:] *ibidem*, s. 107–126.

²⁵ M. Markowski, *Filozofia przyrody w pierwszej połowie XV wieku*, s. 165 i 179.

we spojrzenie na problem unifikacji ruchów w obszarach ziemskim oraz niebieskim²⁶ i który obrót Ziemi wokół osi ze scholastycznych dysput przeniósł do zaawansowanej teorii astronomicznej, nie podjął zagadnienia ruchu wirowego Księżyca. Hipotetycznym śladem rozważań nad tą kwestią jest jednozdaniowa uwaga, jaką Kopernik umieścił w rozdziale III księgi czwartej *O obrotach*. Astronom wprowadził w tym miejscu swój model ruchu Księżyca (ryc. 1.2). Wykorzystał w nim nie deferent i biegnący po nim epicykl, lecz parę epicykli – większy i mniejszy. Środek E_1 większego epicyklu okrąża Ziemię Z z jednostajną prędkością V . Środek E_2 epicyklu mniejszego biegnie po obwodzie epicyklu większego w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu tego ostatniego. Wreszcie Księżyc K wędruje po obwodzie mniejszego epicyklu z prędkością $2V$ w kierunku zgodnym z kierunkiem obiegu środka dużego epicyklu wokół Ziemi²⁷.

Kopernik przedstawił taki mechanizm ruchu Księżyca już w swoim wczesnym *Zarysie podstaw astronomii* (znanym pod tytułem *Commentariolus*), natomiast w *O obrotach* model został rozwinięty, a przede wszystkim zaopatrzone w odpowiednie parametry, opisujące ruchy kół. Istotną dla nas cechą modelu jest to, że złożenie dwóch ruchów z prędkościami V i $2V$ powoduje, iż przyjmując sztywne (arystotelesowskie) umocowanie Księżyca do mniejszego epicyklu, otrzymujemy zgodność z obserwacjami: Srebrny Glob cały czas zwraca ku Ziemi tę samą stronę. To mógł mieć Kopernik na myśli, stwierdzając na marginesie swych matematycznych rozważań:

²⁶ Zob. np. J. Dobrzycki, *Mikołaj Kopernik*, s. 129–130, [w:] *Historia astronomii w Polsce*, t. I, pod red. E. Rybki, Wrocław 1975, s. 127–156; M. Markowski, *Filozofia przyrody na Uniwersytecie Krakowskim w drugiej połowie XV wieku (Dzieje filozofii średniowiecznej w Polsce*, pod red. Z. Kuksewicz, t. X), Wrocław 1983, s. 156–157; M. Wolff, *Impetus Mechanics as a Physical Argument for Copernicanism: Copernicus, Benedetti, Galileo*, „Science in Context”, 1 (1987), s. 215–256; M. Kokowski, *Copernicus's Originality: Towards Integration of Contemporary Copernican Studies*, Warszawa–Kraków 2004, s. 56 i 218–231.

²⁷ Szczegóły modelu: M. Kopernik, *O obrotach (Dzieła wszystkie*, t. II), tłum. M. Brożek i S. Oświecimski, pod red. A. Birkenmajera i J. Dobrzyckiego, Warszawa–Kraków 1976, s. 173 oraz s. 388 (Komentarz).

I widoczną stanie się przyczyna, dlaczego także bryła księżycowa wydaje się poniekąd podobna do siebie, i tak też wypadnie wszystko inne, co się spostrzeżę w biegu Księżyca²⁸.

Na możliwy związek tej enigmatycznej uwagi z obszernym przedstawieniem krytyki kół mimośrodkowych i epicykli, przeprowadzonej przez Awerroesa i Buridana, zawartym w dziele Wojciecha z Brudzewa (1446–1495) *Commentariolum super Theoricis novas planetarum Georgij Purbachii...*, zwrócił już uwagę Ludwik Antoni Birkenmajer²⁹. Komentarz Wojciecha z Brudzewa, na którego wykłady Kopernik uczęszczał, powstał w 1482 roku (a ukazał się drukiem w 1492 roku w Mediolanie), rok po immatrykulacji Mikołaja na krakowskiej uczelni. Brudzewczyk zaś wspomina w scholium do swoich rozważań o drugim epicyklu Księżyca i o tym, że mógłby on rozwiązać problem księżycowej tarczy, zwracającej się stale ku Ziemi. Jednakże równie usprawiedliwione wydaje się przypuszczenie, że za pomocą zacytowanych przed chwilą słów chciał Kopernik podkreślić podstawową zaletę – w stosunku do księżycowego modelu Ptolemeusza – swojej konstrukcji: znosiła ona obecną w *Almageście* dużą zmienność odległości Księżyca od Ziemi, a więc i rozmiarów kątowych jego tarczy, co pozostawało w ewidentnej niezgodności z obserwacjami.

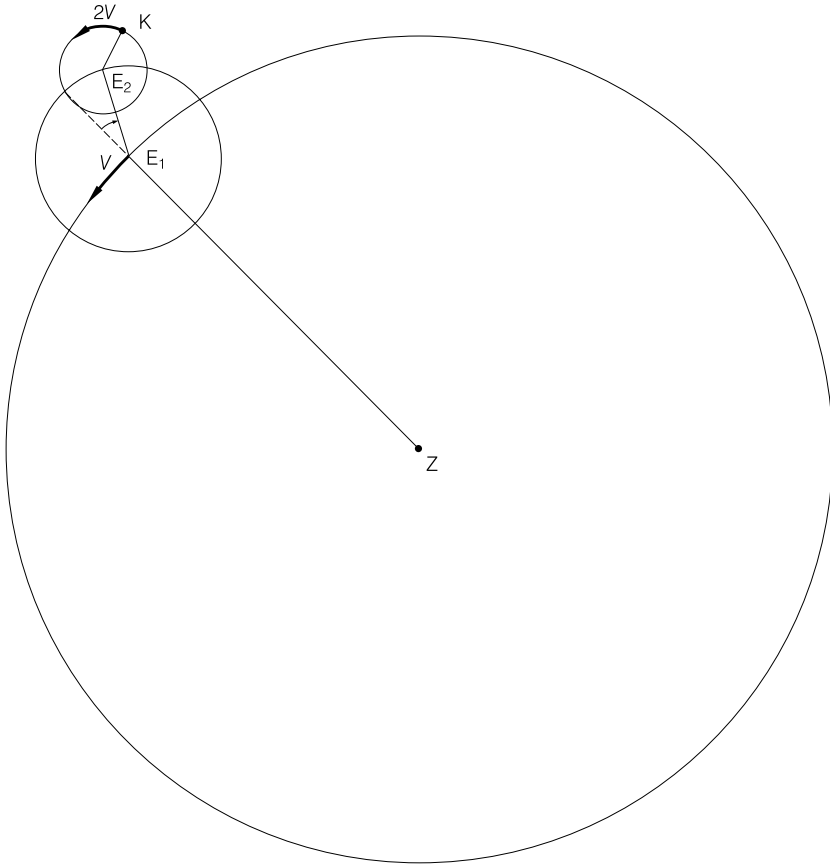
W modelu Księżyca według Kopernika spleta się kilka interesujących wątków.

Wiadomo, że wykorzystany przez fromborskiego astronoma podwójny epicykl został wcześniej zaproponowany do opisu ruchu Księżyca przez Ibn aš-Šātira (1304–1376) z Damaszku³⁰. Pozostawmy na boku nierozwią-

²⁸ *Ibidem*, s. 173.

²⁹ L. A. Birkenmajer, *Stromata Copernicana*, Kraków 1924, s. 88. Zob. także: J. Dobrzycki, *Kształtowanie się założeń systemu Kopernikowskiego*, „Przegląd Zachodni”, 9 (1953), s. 575; M. Markowski, *Burydanizm w Polsce w okresie przedkopernikańskim*, s. 250–251.

³⁰ V. Roberts, *The Solar and Lunar Theory of Ibn ash-Shātir: A Pre-Copernican Copernican Model*, „Isis”, 48 (1957), s. 428–432.



Ryc. 1.2. Model Kopernika, mający opisywać ruch Księżyca wokół Ziemi. Szczegóły w tekście.

zany po dziś dzień problem transmisji tej konstrukcji geometrycznej do naukowych ośrodków europejskich przełomu XV/XVI wieku lub ewentualnego niezależnego jej opracowania przez Kopernika³¹. Zauważmy natomiast, że astronom z Damaszku był przedstawicielem tej szkoły w nauce islamu, która próbowała zachować epicykle i koła mimośrodowe w systemie sfer niebieskich. Niezmiennosc plam księżycowych, jak zostało powiedziane wcześniej, skłoniła Lewiego ben Gersona do odrzucenia epicyklu Księżyca. Nie wiemy, czy u podłoża rozwiązania przedstawionego przez Ibn aš-Šātira leżała również chęć wyjaśnienia także i tego powszechnie znanego zjawiska. Mogło tak być, gdyż obaj astronomowie, podobnie jak Kopernik, udoskonalali model ruchu Księżyca po to, by wyeliminować zeń niezgodne z obserwacjami przewidywania znacznych wahań średnicy kątowej tarczy Srebrnego Globu³².

Kopernik przyznał Ziemi ruch wirowy w jej obiegu dookoła Słońca, ale nie wiemy, czy brał pod uwagę taki ruch w odniesieniu do innych ciał niebieskich, w tym Księżyca. Rozważania fromborskiego astronoma biegły następującym torem³³. Przypisał ciałom niebieskim naturalną dążność, zwaną ciężkością, która sprawia, że przybierają one kształt kulisty³⁴. Naturalnym ruchem sfery jest jednostajny i nieustanny obrót³⁵. Ponieważ Ziemia „zamknięta jest biegunami i kulistą powierzchnią” – wiruje. Wśród ciał niebieskich, które za sprawą ciężkości mają kształt kulisty, Kopernik

³¹ Literatura na temat związków rozwiązań matematycznych Kopernika z osiągnięciami astronomii islamu staje się coraz obszerniejsza, choć wciąż brak jednoznacznych konkluzji. Zob. np.: W. Hartner, *Ptolemäische Astronomie im Islam und zur Zeit des Regiomontanus*, [w:] *Regiomontanus-Studien*, pod red. G. Hamanna, Wiedeń 1980, s. 109–124; M. di Bono, *Copernicus, Amico, Fracastro and Tūsi's Device: Observations on the Use and Transmission of a Model*, „Journal for the History of Astronomy”, 26 (1995), s. 133–154; J. Dobrzycki, R. L. Kremer, *Peurbach and Marāgha Astronomy? The Ephemerides of Johannes Angelus and Their Implications*, „Journal for the History of Astronomy”, 27 (1996), s. 187–237.

³² B. R. Goldstein, *op. cit.*, s. 10–11.

³³ Ich analizę, łącznie z krytyką analiz wcześniejszych, zawiera M. Wolff, *op. cit.*, s. 219–231.

³⁴ M. Kopernik, *op. cit.*, s. 18 (ks. I, rozdz. 9).

³⁵ *Ibidem*, s. 10 (ks. I, rozdz. 4) i 16 (ks. I, rozdz. 8).

umieszczał również Księżyc. Nie można jednak na tej podstawie wnioskować, że automatycznie przyjmował obrót Księżyca wokół własnej osi, gdyż ruch obrotowy wokół osi ciała kulistego traktował jako możliwą do zrealizowania potencję, a nie konieczność – przecież w jego systemie sfera gwiazd pozostawała nieruchoma. Kopernik nie wspominał też o ruchach wirowych innych planet. Można zaryzykować dość oczywistą odpowiedź, dlaczego nie zagłębił się chociażby w problem obrotu Księżyca, mimo że wykonał decydujący krok, jednoczący ruchy ciał Układu Słonecznego. Przede wszystkim temat ten nie leżał w obszarze zainteresowań klasycznej astronomii matematycznej. Poza tym w systemie Kopernika ceną za umieszczenie wirującej Ziemi na orbicie okołosłonecznej było wprowadzenie „trzeciego ruchu Ziemi”, który miał zapewniać utrzymanie (niemal, bo z dokładnością do precesji) stałego położenia jej osi względem sfery gwiazd w rocznej wędrówce wokół Słońca:

Z kolei zatem idzie ruch nachylenia jako trzeci ruch Ziemi, również o rocznym okresie, lecz przeciwny porządkowi zodiaku, to jest idący w kierunku odwrotnym niż ruch środka Ziemi. W ten sposób, dzięki temu, że oba te ruchy są wzajemnie prawie równe a zarazem sobie przeciwne, oś Ziemi i największy na niej równoleżnik, czyli równik, zwrócone są prawie stale w jedną i tę samą stronę świata, zupełnie tak jakby pozostawały bez ruchu³⁶.

Według dzisiejszego sformułowania stałość osi obrotu Ziemi względem gwiazd wynika z zasady zachowania momentu pędu ziemskiego globu. Jednakże w czasach Kopernika planecie przypisywano ruch, o czym już wspominaliśmy, jakby pozostawała nieruchoma względem promienia wodzącego, łączącego środek ruchu z jej środkiem. W wypadku Księżyca stąd właśnie wziął się problem, który na odmienne sposoby próbowali rozwiązać przedstawiciele szkoły paryskiej. Podwójny epicykl Kopernika rozstrzy-

³⁶ *Ibidem*, s. 24 (ks. I, rozdz. XI).

gał zachowanie Srebrnego Globu w dawnym, arystotelesowsko-ptolemejskim stylu. Być może astronom wybrał to rozwiązanie dlatego, że trzeci ruch Ziemi nie tylko stanowił istotny element nowej filozofii przyrody, lecz także – składnik ważnej dla proponowanego systemu świata, szczegółowo pod względem matematycznym opracowanej teorii precesji³⁷. Tymczasem nie było powodu i możliwości, by implantować do systemu trzeci ruch Księżyca (lub innych planet)³⁸.

Podwójny epicykl Księżyca z *De revolutionibus* nie wniósł niczego istotnego do dalszej dyskusji na temat przyczyn niezmiennego wyglądu tarczy Srebrnego Globu (choć, jak się przekonamy, „trzeci ruch Ziemi” zapewne miał swój udział w siedemnastowiecznej debacie o zachowaniu się Księżyca na orbicie okołoziemskiej³⁹). Rozwiązanie to zdążyło się jednak spotkać z krytyką, i to wynikającą z niezrozumienia konsekwencji mechanizmu, wprowadzonego przez Kopernika. Boloński matematyk i astronom Giovanni Magini (1555–1617) w kilku swoich pracach próbował zaadaptować teorię precesji, przedstawioną w *O obrotach*, do geocentrycznego modelu świata, wykorzystującego podstawowe elementy teorii Ptolemeusza. W opublikowanym w 1589 roku traktacie *Novae coelestium orbium theoricæ congruentes cum observationibus N. Copernici* Magini zaproponował teorię Księżyca, odtwarzającą jego ruch za pomocą sześciu sfer mimośrodkowych, argumentując, że podwójny epicykl powodowałby zmienność (*sic!*) wyglądu tarczy Srebrnego Globu, obserwowanej z Ziemi. Pozwoliło mu to podzielić ciała niebieskie na dwie grupy ze względu na mechanizm ruchu: epicykle są zarezerwowane dla planet, które doświad-

³⁷ Zwarte przedstawienie teorii precesji Kopernika w kontekście jego systemu świata daje: J. Dobrzycki, *Teoria precesji w astronomii średniowiecznej*, „Studia i Materiały z Dziejów Nauki Polskiej”, ser. C, z. 11 (1965), s. 32–39.

³⁸ Kopernik, prezentując założenia modelu Księżyca w rozdz. III księgi czwartej *O obrotach*, wspomina, że jego ruch można również opisać za pomocą kół mimośrodkowych, ale nie przedstawia tego rozwiązania (M. Kopernik, *op. cit.*, s. 173).

³⁹ Zob. rozdz. 2, s. 76–78.

czają na niebie ruchu wstecznego; Księżyc (i Słońce) wędrują wyłącznie ruchem prostym, więc należą do ciał innej kategorii⁴⁰.

W literaturze scholastycznej drugiej połowy XVI wieku i w pierwszych dziesięcioleciach wieku XVII można znaleźć obie wersje Księżyca: bez epicyklu i pozbawionego ruchu wirowego oraz obracającego się na epicyklu i wokół własnej osi. Druga z nich była bodaj bardziej rozpowszechniona, przede wszystkim dlatego, że przedstawiał ją w swoich popularnych i mających liczne wydania komentarzach do *Traktatu o sferze* Johannaesa de Sacrobosco wpływowy jezuicki astronom Christoph Clavius (1538–1612)⁴¹. Typową dyskusję na ów temat w tamtych czasach można zilustrować za pomocą dwóch fragmentów: cytatów z dzieła Claviusa oraz z traktatu *Homocentrica, sive de stellis* Girolama Fracastora (1478–1553), lekarza z Weroni, zwolennika astronomii współśrodkowych sfer, którego jezuicki astronom obrał w swym komentarzu za głównego adwersarza w tej kwestii.

W wydanym w 1538 roku w Wenecji dziele Fracastoro pisał:

Jest oczywiste, że Księżyc nie obraca się na epicyklu, również z tego powodu, który był podnoszony przez Arystotelesa i wielu innych. Gdyby Księżyc obracał się na epicyklu, położenia tak zwanych plam powinny nieustannie się zmieniać na naszych oczach w taki sposób, że to, co u góry, jest widoczne poniżej i tak dalej. Tymczasem stąd, że położenie [plam] pozostaje zawsze to samo, naprawdę wynika, iż Księżyc nie biegnie po epicyklu. A przecież wiem, że są tacy, którzy zauważając tę trudność, mówią, iż Księżyc nie tylko doświadcza ruchu, w którym jest unoszony przez epicykl, lecz ma własny ruch, przeciwny do ruchu epicyklu: spowodowane przez epicykl przesunięcie plamy w jedną stronę sam Księżyc kompensuje własnym ruchem

⁴⁰ J. M. Lattis, *Between Copernicus and Galileo: Christoph Clavius and the Collapse of Ptolemaic Cosmology*, Chicago 1994, s. 161–162.

⁴¹ E. Grant, *op. cit.*, s. 301 i 465. Pierwsze wydanie *In Sphaeram Ioannis de Sacro Bosco commentarius* Claviusa ukazało się w 1570 roku, ostatnie, nad którym miał kontrolę, w 1611 roku. Obszerną analizę kolejnych edycji tego podręcznika przedstawia J. M. Lattis, *op. cit.*, *passim*.

w przeciwną stronę, tak że zawsze widzimy niezmiennie plamy. Nie ulega jednak wątpliwości, że gdyby tak się działo, epicykl miałby odmienną naturę od swej sfery i jej obcą i podobnie Księżyc byłby obcy wobec swojego epicyklu; w ten sposób w jednym najprostszym i nieśmiertelnym ciele tkwiłyby trzy różne natury, co w przypadku tych boskich i wiecznych ciał do prawdy wydaje się absurdalne⁴².

Odpowiedź Claviusa brzmiała tak:

Wreszcie w sprawie epicyklu Księżyca Fernel odpowiada w swej książce, że Księżyc na epicyklu posiada własny ruch wokół swojego środka, ale w kierunku przeciwnym. Ruch ten sprawia, że Księżyc zawsze zwraca ku nam te same plamy na powierzchni. Nie należy tego uważać za cud czy rzecz absurdalną, mimo że Arystoteles odmawiał gwiazdom własnych ruchów. Ponieważ zjawiska pokazują nam, że Księżyc jest unoszony na epicyklu i że zawsze zwraca ku nam tę samą twarz, musi obracać się wokół swojego środka własnym ruchem, pozostając przez cały czas w pewnym stabilnym położeniu⁴³.

Jezuicki uczone wskazał Jeana Fernela (1497–1558), współczesnego Fracastorowi, jako źródło informacji o dużo przecież starszym rozwiązaniu z Księżycem wirującym na swym epicyklu, ale nie to jest ważne. Clavius był świadom, że powoływanie się na Arystotelesa jest ahistoryczne, gdyż koła mimośrodowe z epicyklami pojawiły się w astronomii starożytnej po śmierci tego filozofa. Co więcej, Clavius nie miał wątpliwości, że jeżeli zgodzimy się, iż matematyczna konstrukcja Ptolemeusza dobrze opisuje inne zjawiska dotyczące Księżyca, to dla wyjaśnienia niezmienności jego tarczy należy przyjąć ruch obrotowy Srebrnego Globu – chociaż godzi to w autorytet Arystotelesa.

⁴² G. Fracastoro, *Homocentrica*, Wenecja 1538, f. 69v; cyt. za: J. M. Lattis, *Homocentrics, Eccentrics and Clavius's Refutation of Fracastoro*, „*Physis*”, 28 (1991), s. 721–722.

⁴³ C. Clavius, *In Sphaeram Ioannis de Sacro Bosco commentarius*, Lyon 1596, s. 457; cyt. za: J. M. Lattis, *op. cit.*, s. 722.

Równoległe z dysputą na temat księżycowego epicyklu na przełomie XVI i XVII stulecia coraz większą popularność zaczęła zdobywać koncepcja, która – jeszcze w układzie geocentrycznym – odrzucała model sztywnych sfer niebieskich i która uznawała, że planety unoszą się w płynnym ośrodku, wypełniającym niebios⁴⁴. Jeden ze zwolenników tej hipotezy, jezuita Robert Bellarmin (1542–1621), roztaczał na początku lat siedemdziesiątych XVI wieku wizję:

[...] jeżeli chcemy utrzymywać, że istnieje tylko jedno niebo gwiazd [...], co jest bliższe Pismu Świętemu, musimy powiedzieć, iż gwiazdy nie są przenoszone przez ruchy nieba, lecz poruszają się samodzielnie jak ptaki w powietrzu i ryby w wodzie⁴⁵.

Do wsparcia takich poglądów silnymi argumentami wydatnie przyczyniły się obserwacje komety z 1577 roku, której paralaksa nie pozostawiała wątpliwości, że ciało to poruszało się dalej od Ziemi niż Księżyc, przecinając ptolemejskie sfery Merkurego i Wenus. Tacy obserwatorzy komety, jak Michael Mästlin (1550–1631) i Tycho Brahe (1546–1601), odrzucili na tej podstawie model sztywnych sfer, co otworzyło drogę geo-heliocentrycznemu systemowi świata. Według Edwarda Granta do roku 1630, a niewykluczone, że wcześniej, sztywne sfery niebieskie, niezależnie od tego, w jakim układzie świata były rozważane, stały się w nauce maszynierią niepopularną⁴⁶. Miało to istotny wpływ na wyobrażenia o ruchu Księżyca. Srebrny Glob, unoszący się wokół Ziemi „jak ptaki w powietrzu i ryby w wodzie”, nie potrzebował epicyklu, a tym samym – obrotu wokół osi⁴⁷.

⁴⁴ Historię tych poglądów, ich zaplecze filozoficzno-teologiczne i przegląd przedstawia E. Grant, *op. cit.*, s. 324–370.

⁴⁵ U. Baldini, G. V. Coyne, *The Louvain Lectures (Lectiones Iovanienses) of Bellarmine and the Autograph Copy of His 1616 Declaration to Galileo*, Watykan 1984, s. 18–19.

⁴⁶ E. Grant, *op. cit.*, s. 349.

⁴⁷ R. Aversa, *Philosophia metaphysicam physicamque complectens quaestionibus contexta*, t. 2, Rzym 1627, s. 154.