

Ks. Tadeusz Pabjan

WTST – Tarnów

MIKOŁAJ KOPERNIK A ZASADA WZGLĘDNOŚCI RUCHU

Jednym z najmocniejszych argumentów, jakimi od czasów starożytnych posługiwali się zwolennicy koncepcji nieruchomej, umieszczonej pośrodku świata Ziemi, było „świadczenie zmysłów”. Co istotne, argument ten zachowuje swoją siłę nawet dzisiaj, pomimo tego, że faktyczny mechanizm ruchu ciał niebieskich od dawna nie stanowi dla nauki żadnej tajemnicy. Nawet dzisiaj bowiem zmysły mówią nam bardzo wyraźnie, że całe niebo, razem ze Słońcem, Księżycem i planetami, obraca się jednostajnie raz na dobę ze wschodu na zachód. Uważna obserwacja Słońca i planet pozwala dodatkowo stwierdzić, że poruszają się one wolno wzdłuż gwiazdozbiorów (Słońce – przesuując się jednostajnie w kierunku wschodnim, planety – zakreślając nieregularne pętle). Nie wiadomo dokładnie, kto pierwszy wysunął przypuszczenie, że „świadczenie zmysłów” może nie być prawdziwe, ale z pewnością dokonało się to już w starożytności.¹ Już wtedy zauważono, że ruch jest pojęciem względnym, to znaczy, że ruch dostrzeżony przez określonego obserwatora może być w rzeczywistości wynikiem jego własnego ruchu. Z czasem powyższa intuicja została sformułowana w postaci zasady, która w odniesieniu do zagadnień astronomicznych stwierdzała, iż obserwowane ruchy ciał niebieskich są w istocie (lub przynajmniej mogą być) spowodowane ruchem Ziemi i pozostającego na jej powierzchni obserwatora.

Chociaż zasadę względności ruchu uznawało i stosowało wielu starożytnych i średniowiecznych autorów², to jednak dopiero Mikołaj Kopernik zdołał przy jej pomocy wykazać prawdziwość systemu heliocentrycznego. Teoria Kopernika nie była pozbawiona wad i niedoskonałości, jednakże

¹ Na temat ewolucji zasady względności ruchu przed Kopernikiem, por. T. Pabjan, *Zasada względności ruchu w nauce przedkopernikańskiej*, Kwartalnik Historii Nauki i Techniki, w druku.

² Z tym poglądem nie zgadza się W. Zonn, który w książce prezentującej historię astronomii (*Astronomia z perspektywy czasu*, Warszawa: Wiedza Powszechna 1974) pisze, iż „w starożytności nie znano zasady względności ruchu” (s. 37); również „za czasów Kopernika nikomu się nie śniło o zasadzie względności ruchu” (s. 92). Zdaniem autora, zasadę tę sformułował dopiero Galileusz, ale już Kopernik „zastosował ją w swoich operacjach myślowych” (s. 92).

przełom, jaki dokonał się w nauce za sprawą dzieła *De revolutionibus*, świadczy o tym, że konsekwentnie stosowana zasada względności ruchu stała się dla Kopernika czymś więcej, niż tylko ciekawostką z zakresu optyki lub kinematyki: stała się metodologiczną zasadą, która wsparta odpowiednim aparatem matematycznym pozwoliła zbudować nowy „system świata”³ W języku współczesnej fizyki można stwierdzić, że istotę rewolucji kopernikańskiej stanowi przeniesienie początku układu odniesienia z Ziemi na Słońce.⁴ Nie ulega wątpliwości, że zabieg ten jest prostą konsekwencją zastosowania zasady względności ruchu do ciał Układu Słonecznego, co oznacza, że wspomniana zasada leży u samych podstaw nowożytnej wizji świata i współczesnego paradygmatu naukowego.

I. PROBLEM UKŁADÓW ODNIESIENIA

Względność jest pojęciem, które w fizyce nie pojawiło się nagle. Idee fizycznego relatywizmu długie wieki „dojrzały” najpierw w filozoficznej, a następnie naukowej refleksji nad funkcjonowaniem świata, zanim pojawiły się w formie dojrzałych teorii naukowych.⁵ Współczesny podręcznik fizyki w następujący sposób określa pojęcie względności: „Przez względność rozumimy obraz przyrody odbierany przez jednego obserwatora, i jego związek z obrazem odbieranym przez innego obserwatora, który może się poruszać względem pierwszego”⁶ Jak widać, powyższa definicja ujmuje dwa różne aspekty pojęcia względności, które – jak się wydaje – odróżniano już w starożytności⁷: względność dotyczącą samego postrzegania rzeczywistości przez różnych (i nieruchomych) obserwatorów oraz względność dotyczącą ruchomych układów odniesienia, w których „obraz przyrody odbierany przez obserwatora” w sposób zasadniczy zależy od stanu ruchu układu. Wiele wskazuje na to, że to właśnie drugi z wymienionych aspektów względności okazał się zasadniczym stymulatorem przewrotu kopernikańskiego.

³ Por. E. Rybka, *Istota nauki Kopernika*, Kraków: PWN 1973, s. 35.

⁴ „Weźmy dwa ciała, na przykład Ziemię i Słońce. Ruch, który obserwujemy, jest i tym razem względny. Można go opisać wiążąc układ współrzędnych bądź z Ziemią, bądź też ze Słońcem. Z tego punktu widzenia wielkie dzieło Kopernika polega na przeniesieniu układu współrzędnych z Ziemi na Słońce”; A. Einstein, L. Infeld, *Ewolucja fizyki*, Warszawa: PWN 1962, s. 187. Na ten temat, por. M. Heller, *Fizyka ruchu i czasoprzestrzeni*, Warszawa: PWN 1993, s. 49-56.

⁵ Por. M. Heller, J. Życiński, *Wszechświat i filozofia*, Kraków: Polskie Towarzystwo Teologiczne 1980, s. 148-150.

⁶ V. Acosta, C.L. Cowan, B.J. Graham, *Podstawy fizyki współczesnej*, Warszawa: PWN 1987, s. 39.

⁷ Relatywizm epistemologiczny głosili m.in. greccy sofiści, którzy utrzymywali, że nie jest możliwe ustalenie prawd absolutnie prawdziwych; każde twierdzenie jest prawdziwe jedynie „z pewnego punktu widzenia” Również Protagoras twierdził, że ludzkie spostrzeżenia są względne, ponieważ względna jest sama rzeczywistość. Na temat relatywizmu fizycznego w nauce greckiej, por. T. Pabjan, art. cyt.

Dla zilustrowania zasady względności ruchu wystarczy posłużyć się najprostszym przykładem pasażerów, jadących w wagonie o przezroczystych ścianach. Jeśli pasażerowie ci nie przemieszczają się względem siebie, to każdy z nich pozostaje w spoczynku względem wagonu, ale zarazem porusza się względem obserwatora, stojącego obok kolejowego nasypu. Jeśli ponadto jeden z pasażerów zacznie podrzucać w górę jabłko, to będzie widział, że porusza się ono po linii prostej w górę i w dół. Jednakże dla obserwatora, stojącego obok przejeżdżającego pociągu, ruch jabłka będzie ruchem krzywoliniowym. Ktoś inny, kto obserwuje to zdarzenie z przelatującego samolotu, opíše ten ruch jeszcze inaczej. Co istotne, każdy z tych opisów będzie najzupełniej poprawny i słuszny, ponieważ wszystkie trzy układy odniesienia będą w takim przypadku równouprawnione.⁸ Chociaż bowiem opis obserwatora pozostającego w wagonie jest najprostszy (w jego układzie ruch jest prostoliniowy), to jednak nie znaczy to, że z fizycznego punktu widzenia jest to opis „lepszy” niż pozostałe opisy. W rzeczywistości „nie ma jednego opisu, lecz jest tyle opisów ruchu, ilu jest obserwatorów, i każdy jest opisem najzupełniej wiernym”⁹ Jest tak dlatego, iż przyroda nie faworyzuje żadnego układu odniesienia.

Ostatni wniosek domaga się istotnego zastrzeżenia. Przyroda nie wyróżnia żadnego układu odniesienia, o ile są to układy inercjalne, to znaczy takie, w których ciała poruszają się ruchem jednostajnym i prostoliniowym. W sensie ścisłym, jedynie w takich układach obowiązuje zasada względności ruchu.¹⁰ Oznacza to, że jeśli obserwator znajdujący się w takim układzie widzi poruszające się ciało, to za pomocą żadnych doświadczeń nie jest w stanie stwierdzić, czy „rzeczywiście” porusza się obserwowane ciało, czy też on sam. W dalszej części artykułu będzie można się przekonać, że Kopernikowska zasada względności ruchu sprowadza się do takiego właśnie prawa: obserwator, znajdujący się na powierzchni poruszającej się Ziemi, nie jest w stanie wykryć jej ruchu. Jeśli istnieją doświadczenia, w oparciu o które obserwator może się przekonać, że jest w ruchu, to znaczy, że jego układ nie jest układem inercjalnym. W takim układzie zasada względności ruchu już (w ścisłym sensie) nie obowiązuje, ponieważ istnieje sposób na to, by wykryć (niejednostajny) ruch układu: siły bezwładności, które pojawiają się w tego typu układzie, pozwalają wnosić o jego ruchu.¹¹ Oczywiście, można w tym przypadku nadal mówić o względnym ruchu ciał i układów odniesienia, dlatego zasada względności ruchu w szerszym sensie

⁸ Przy założeniu, że wszystkie układy są „w takim samym stopniu” inercjalne. Na ten temat, por. E.F. Taylor, J.A. Wheeler, *Fizyka czasoprzestrzeni*, Warszawa: PWN 1972, s. 22-29.

⁹ W. Zonn, *Mikołaj Kopernik – twórca nowej astronomii*, w: *Mikołaj Kopernik. Szkice monograficzne*, J. Hurwic (red.), Warszawa: PWN 1965, s. 119.

¹⁰ Chodzi o klasyczną zasadę względności ruchu, która „postuluje niezmienniczość praw mechaniki względem wszystkich inercjalnych układów odniesienia”; zob. M. Heller, *Fizyka ruchu i czasoprzestrzeni*; dz. cyt., s. 51.

¹¹ Całe zagadnienie dokładnie analizuje H. Poincaré w VII rozdziale swojej książki *Science and Hypothesis* (London: Walter Scott Publishing 1905, s. 111-122).

obowiązuje również w układach nieinercjalnych.¹² Nasuwa się w tym miejscu pytanie, w jaki sposób należy traktować wirującą Ziemię; jej „inercjalność” bądź „nieinercjalność” może bowiem mieć wpływ na zasadność stosowania zasady względności ruchu do wyjaśniania widomego ruchu ciał niebieskich. W sensie ścisłym, wirująca Ziemia nie jest układem inercjalnym i dlatego pozostający na jej powierzchni obserwatorzy mogą się przekonać o jej wirowym ruchu obserwując działanie sił odśrodkowych (spłaszczenie globu) lub sił Coriolisa (wahadło Foucauld). A zatem nawet wtedy, gdyby poprzednicy Kopernika nie wiedzieli o istnieniu ciał niebieskich (np. z powodu gęstych chmur, przesłaniających niebo), to mieliby oni teoretyczną możliwość przekonania się o tym, że pozostają w ruchu.¹³ Siły, będące efektem ruchu wirowego Ziemi, są jednakże na tyle słabe i trudne do wykrycia, że można traktować Ziemię jako układ w przybliżeniu inercjalny, co usprawiedliwia stosowanie zasady względności ruchu na powierzchni ziemskiego globu.¹⁴ Nie oznacza to jednak, że do opisu ruchu ciał niebieskich w takim samym stopniu nadaje się zarówno układ odniesienia związany z Ziemią, jak i ze Słońcem. Okazuje się, że „układ odniesienia związany ze Słońcem jest układem inercjalnym w lepszym przybliżeniu niż układ inercjalny związany z Ziemią”¹⁵, co w ostatecznym rozrachunku decyduje o przewadze systemu Kopernika nad systemem Ptolemeusza.

Abstrahując od problemu inercjalności układu odniesienia można ogólnie stwierdzić, że względność ruchu polega na rozróżnieniu układów odniesienia, względem których dokonywany jest opis ruchu. Aby stwierdzić, co w danym przypadku się porusza, należy najpierw wskazać obiekt, do którego opisywany ruch zostanie „odniesiony”. Jak wiadomo, w systemie geocentrycznym takim „obiektem”, stanowiącym układ odniesienia, była Ziemia, co w pewien sposób wyjaśnia, dlaczego Ziemi tak chętnie przez całe wieki przyznawano nieruchomość. Każdy obserwator ma bowiem tendencję do uznawania nieruchomości swojego własnego układu odniesienia, skutkiem czego za każdym razem, gdy obserwuje on obiekty w innych układach odniesienia, wydaje mu się, że to one się poruszają, a nie on sam. To właśnie ten mechanizm powoduje, że nieruchomość przyznana Ziemi uwidacznia się poza nią – jako widomy ruch Słońca, Księżyca, planet i gwiazd. W tym kontekście zasadną staje się teza, iż największą zasługą Kopernika było to, iż wyraźnie odróżnił on dwa układy odniesienia: związany z Ziemią i ze Słońcem, oraz przewidział kinematyczne konsekwencje przeniesienia układu odniesienia z jednego miejsca na drugie.¹⁶

¹² Będzie to już wtedy ogólna zasada względności, która mówi o niezmienniczości praw mechaniki we wszystkich układach odniesienia (nie tylko w układach inercjalnych).

¹³ Por. H. Poincare, dz. cyt., s. 114-117.

¹⁴ Roczny ruch Ziemi wokół Słońca można w przybliżeniu uważać za jednostajny; por. M. Heller, *Fizyka ruchu i czasoprzestrzeni*, dz. cyt., s. 53.

¹⁵ Tamże, s. 56.

¹⁶ Por. W. Zonn, *Rewolucja kopernikańska*, Warszawa: Iskry 1972, s. 56-57. Stwierdzenie autora, iż Kopernik dokonał tego „jako pierwszy w dziejach nauki” (s. 56), jest dyskusyjne. Wielu autorów przed Kopernikiem analizując ruchy względne, odróżniało układy

Poprzednik Kopernika, Ptolemeusz, nie przykładał do problemu układu odniesienia większej wagi; zagadnienie to było u niego opracowane „najślabiej, a niekiedy wprost niedbale”¹⁷ Ponieważ ruchoma sfera gwiazd stałych nie mogła w systemie geocentrycznym stanowić dobrego układu odniesienia, dlatego też układ ten został przez Ptolemeusza związany z nieruchomą Ziemią, a stałym punktem zerowym, który nadawał kierunek jednej z osi współrzędnych, był w tym układzie punkt równonocy wiosennej. Kopernik wiedział jednakże o przesuwaniu się punktów równonocy (w wyniku precesji), dlatego zdecydował, że właściwy układ odniesienia należy wyznaczyć w inny sposób: „Nie położenia gwiazd należy odnosić do punktu równonocy, czyli do miejsca, które się zmienia z biegiem czasu, lecz przeciwnie, położenie punktu równonocy należy odnosić do sfery gwiazd”¹⁸ Jak widać, układ odniesienia, zaproponowany przez Kopernika, oparty jest na położeniu gwiazd, które – z grubsza rzecz ujmując – można uznać za niezmiennie. Zasada względności ruchu podpowiada, że w układzie odniesienia związanym z gwiazdami porusza się nie cały wszechświat, ale Ziemia, z której dokonywana jest obserwacja ruchu.

II. ZASADA WZGLĘDNOŚCI RUCHU W UJĘCIU KOPERNIKA

W 1507 roku Kopernik opublikował niewielki traktat, który zachował się do naszych czasów pod nazwą *Commentariolus*¹⁹; w traktacie tym Kopernik zamieścił streszczenie opracowywanej przez siebie teorii heliocentrycznej. Ponieważ dzieło to nie miało charakteru matematycznego, dlatego jako jeden z głównych argumentów na rzecz ruchu Ziemi, Kopernik przywołuje w nim względność ruchu: „Cokolwiek ruchomego spostrzegamy na całym firmamencie, nie pochodzi z jego własnego jakoby ruchu, lecz wywołane jest ruchem Ziemi. (...) Jakikolwiek ruch wydawałoby się mieć Słońce, zjawisko takie nie pochodzi z własnego jego ruchu, lecz jest złudzeniem powstałym na skutek ruchu Ziemi. (...) Dostrzegane u gwiazd błędne cofanie się wstecz i posuwanie się naprzód nie jest własnym ich ruchem, lecz wynika z ruchu Ziemi. Tak więc już sam jej ruch wystarcza do wytłumacze-

odniesienia, zaś konsekwencje przeniesienia układu odniesienia z jednego miejsce na drugie opisał np. Mikołaj z Oresme (XIV w.) w: *Le livre du ciel et du monde*; na ten temat, por. A.C. Crombie, *Nauka średniowieczna i początki nauki nowożytnej*, Warszawa: PAX 1960, s. 99-109.

¹⁷ Zob. J.R. Ravetz, *Astronomia i kosmologia w dziele Kopernika*, Wrocław – Warszawa: Wydawnictwo PAN 1965, s. 28-29. Układ odniesienia został ustalony przez Ptolemeusza na podstawie elementarnych obserwacji Słońca oraz w oparciu o teorię ruchu Księżyca.

¹⁸ M. Kopernik, *Commentariolus*; cyt. za: W. Zonn, *Rewolucja kopernikańska*, dz. cyt., s. 60.

¹⁹ *Nicolai Copernici de hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*; tytuł ten zapewne nie pochodzi od Kopernika, lecz od któregoś z kopistów. Dzieło to, znane również jako „Komentarzyk” lub „Zarys podstaw astronomii”, istniało jedynie w odpisach.

nia tylu pozornych na niebie rozmaitości”²⁰ Jak widać, Kopernik nie wyjaśnia tutaj ani nie uzasadnia zasady względności ruchu, ale traktuje ją jako wyjaśnienie pozornych ruchów ciał niebieskich.

Zasadnicze dzieło Mikołaja Kopernika, *De Revolutionibus Orbium Coelestium Libri VI*, powstawało przez dosyć długi okres czasu²¹, a jego ostateczną wersję Kopernik ujrzał dopiero na łożu śmierci. Zasada względności ruchu pojawia się na kartach tego dzieła jako jeden z istotniejszych argumentów za słusznością teorii heliocentrycznej, a jasno przedstawione konsekwencje tej zasady stanowią trzon astronomicznej doktryny Kopernika.

Istotę względności ruchu Kopernik ukazuje odwołując się do klasycznego przykładu (zaczepniętego od Wergiliusza²²) z okrętem płynącym po morzu: „My odbijamy od portu, a ład się cofa i miasta”²³ Wyjaśnienie Kopernika jest następujące: „Bo gdy okręt płynie po spokojnym morzu, wszystko, co jest na zewnątrz, widzą płynący na nim ludzie tak, jakby się właśnie to poruszało na podobieństwo ruchów okrętu, a – na odwrót – zdaje im się, że sami wraz ze wszystkim, co jest z nimi, stoją w miejscu”²⁴ Jak widać, przykład z okrętem jest analogiczny do podanego w poprzednim paragrafie przykładu z pociągiem. Względność ruchu wyraża się w tym, że same prawa optyki nie wystarczą do tego, by stwierdzić, czy w ruchu jest obserwator, czy obiekt obserwowany. Nadając współczesną interpretacją tej prawidłowości, można w następujący sposób uzupełnić myśl Kopernika: do tego, aby stwierdzić, co „rzeczywiście” się porusza, potrzebny jest absolutny układ odniesienia. Ponieważ tego typu układ nie istnieje, dlatego fizyczny sens posiadają jedynie ruchy względne.²⁵ Z tego powodu, nawet jeśli płynący okręt i nieruchomy brzeg obserwuje ktoś ze znacznej odległości – np. z orbity okołoziemskiej – to również i w tym przypadku obserwowany ruch jest ruchem względnym, ponieważ obserwator, gdziekolwiek by się znajdował, za każdym razem porównuje ów ruch z własnym układem odniesienia. Podobnie jest w przypadku ruchu Ziemi: nawet jeśli obserwator usadowiłby się pomiędzy Ziemią i Słońcem, aby naocznie przekonać się, co „rzeczywiście” się porusza²⁶, to nawet wtedy zaobserwowany ruch Ziemi nie byłby ruchem absolutnym, lecz tylko ruchem względnym. W innym układzie odniesienia (np. związanym z Ziemią) poruszałoby się Słońce i również taki

²⁰ M. Kopernik, *Commentariolus*; cyt. za: J. Dobrzycki, *Kształtowanie się założeń systemu kopernikańskiego*, Przegląd Zachodni 9 (1953), s. 577.

²¹ Prawdopodobnie w latach 1515-1530; drukiem ukazało się w roku 1543.

²² Zob. Wergiliusz, *Eneida*, księga III, wiersz 72.

²³ M. Kopernik, *O obrotach*, w: t e n ż e, *Dzieła wszystkie*, t. 2, M. Brożek, S. Oświęcimski (tłum.), Warszawa – Kraków: PWN 1976, s. 16.

²⁴ Tamże.

²⁵ Por. M. Heller, *Kopernik jako relatywista*, Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 17 (1972), nr 2, s. 236.

²⁶ Jeszcze na początku XX w. można było to uczynić jedynie w wyobraźni: „Niestety, nie możemy się usadowić między Słońcem i Ziemią, aby tam dokładnie sprawdzić ważność prawa bezwładności i móc oglądać obracającą się Ziemię. Można to uczynić tylko w wyobraźni”; A. Einstein, L. Infeld, *Ewolucja fizyki*, dz. cyt., s. 139.

opis ruchu byłby najzupełniej poprawny i „prawdziwy” Poza względami wygody nie istnieją racje fizyczne, by którykolwiek z układów odniesienia uważać za „lepszy” od innych.²⁷

Zasadę względności ruchu Kopernik wyartykułował najwyraźniej w następującym fragmencie: „Wszelka bowiem zmiana co do miejsca, jaką dostrzegamy, powstaje albo na skutek ruchu obserwowanego przedmiotu, albo na skutek ruchu obserwatora, albo też na skutek niejednakowej zmiany jednego i drugiego z nich: bo gdy chodzi o ruch przedmiotów poruszających się jednakowo w tym samym kierunku, tutaj więc przedmiotu obserwowanego i obserwatora, to jest on niedostrzegalny”²⁸ Ponieważ wyrażenie „ruch przedmiotów poruszających się jednakowo” można uznać za archetyp pojęcia „ruch jednostajny”, dlatego sformułowanie powyższe stanowi w swej istocie zasadę względności dla ruchów jednostajnych.²⁹ Jak wiadomo, na początku XVI wieku wszystkie ruchy ciał niebieskich uważano za jednostajne³⁰, dlatego Kopernik stwierdza, że zasadę względności można również zastosować do mechanizmu nieba i obarczyć ją odpowiedzialnością za złudzenia, powstałe podczas obserwacji ruchów ciał niebieskich: „Dlaczego nie mamy powiedzieć jasno, że to zjawisko codziennego obrotu jest na niebie czymś pozornym, a na Ziemi rzeczywistością? (...) Skoro Słońce trwa w bezruchu, całe zjawisko ruchu Słońca znajduje wytłumaczenie raczej w rzeczywistym ruchu Ziemi (...) Pierwszy (ruch Ziemi) jest obrotem swoistym dla dnia i nocy, dokonującym się dokoła osi ziemskiej z zachodu na wschód, wobec czego ma się wrażenie, że świat obraca się w przeciwnym kierunku (...) Drugi jest roczny ruch środka Ziemi (...) Ruch ten sprawia, że na pozór właśnie Słońce podobnym ruchem posuwa się po zodiaku”³¹

Opierając się na powyższych sformułowaniach Kopernika, oraz na analizie jego dyskusji z argumentami zwolenników Ptolemeusza, w której autor *De revolutionibus* potraktował ruch Ziemi w kategoriach Arystotelesowskiej koncepcji ruchu naturalnego, M. Heller sugeruje, że z tekstów tych wynika zasada, którą można nazwać „Kopernikańską zasadą względności” Brzmi ona następująco: „Obserwator znajdujący się na powierzchni ciała, które porusza się ruchem naturalnym, przy pomocy żadnych eksperymentów nie jest w stanie rozstrzygnąć, czy to ciało się porusza, czy pozostaje w spoczynku”³² Autor zaznacza, iż powyższa zasada jest uogólniona w stosunku do oryginalnego tekstu Kopernika, który rozpatruje jedynie ruch samej Ziemi (traktując ją jako ciało poruszające się ruchem naturalnym), a nie ruch dowolnych ciał poruszających się ruchem naturalnym.³³ Heller podkreśla, iż

²⁷ Por. W. Zonn, *Astronomia z perspektywy czasu*, dz. cyt., s. 36-37

²⁸ M. Kopernik, *O obrotach*, dz. cyt., s. 12.

²⁹ Por. M. Heller, *Fizyka ruchu i czasoprzestrzeni*, dz. cyt., s. 53.

³⁰ Nawet jeśli czasami wprowadzano odstępstwa od tej zasady (ekwanty).

³¹ M. Kopernik, *O obrotach*, dz. cyt., s. 16, 21, 23.

³² M. Heller, *Fizyka ruchu i czasoprzestrzeni*, dz. cyt., s. 52.

³³ Drugie zastrzeżenie, które wydaje się mniej istotne, dotyczy tego, iż Kopernik mówi o zjawiskach „pochodzących z przemocy” oraz wynikających z działania „sily sztucznej czy

pomimo wszystkich mankamentów doktryny Kopernika i pomimo tego, iż nie ustrzegł się on od absolutyzowania zjawiska ruchu, to jednak jego podejście do zagadnienia względności ruchu stanowiło wyraźny „krok naprzód” w kierunku sformułowania nowożytnej zasady względności.³⁴

III. KONSEKWENCJE ZASTOSOWANIA ZASADY WZGLĘDNOŚCI RUCHU

Odwołując się do zasady względności ruchu, Kopernik wskazał właściwą interpretację dobowego ruchu obrotowego Ziemi: „Jeżeli więc Ziemi przypisze się jakiś ruch, to uwidoczni się on również we wszystkim, co się znajduje poza nią, ale w kierunku przeciwnym, mianowicie jako coś, co ją mija. A tak właśnie ma się rzecz przede wszystkim z codziennym obrotem. Ten bowiem robi wrażenie, jakby porywał za sobą cały świat oprócz jednej Ziemi i tego, co ją otacza. Jeżeli jednak zgodzimy się na to, że niebo nic z tego ruchu nie posiada, że natomiast Ziemia obraca się z zachodu na wschód, to po głębszej rozwadze dojdziemy do wniosku, że tak właśnie ma się rzecz z pozornym wschodem i zachodem Słońca, Księżyca i gwiazd”³⁵ Jak widać, zasada względności ruchu nadaje się doskonale do wyjaśnienia widomego ruchu ciał niebieskich: przy założeniu, że to Ziemia obraca się wokół swojej osi, a nie niebo, jasnym się staje, że obserwowany na Ziemi dobowy obrót nieba jest ruchem pozornym, to znaczy jest złudzeniem, spowodowanym własnym ruchem obserwatora, znajdującego się w „ziemskim” układzie odniesienia.

Przeniesienie układu odniesienia z Ziemi na Słońce oznacza „unieruchomienie” całego nieba, czyli – w pierwszej kolejności – gwiazd stałych. Interesującym zagadnieniem, które nasuwa się po „unieruchomieniu” nieba, jest problem przestrzennego rozmieszczenia gwiazd. Jak wiadomo, obserwator znajdujący się na powierzchni wirującego ciała dostrzeże, że wszystko co go otacza, porusza się z jednakową prędkością kątową; nie oznacza to jednak, iż wszystkie obserwowane obiekty muszą znajdować się w jednakowej odległości od obserwatora. Jedne mogą być bliżej, drugie – dalej, chociaż prędkość kątowna ich względnego ruchu zawsze pozostanie taka sama.³⁶ W przypadku wirującej Ziemi zachodzi analogiczna prawidłowość: kątowna prędkość ruchu gwiazd jest taka sama niezależnie od ich przestrzennego rozmieszczenia. Gwiazdy mogą być rozrzucone w przestrzeni, lub znajdo-

też takiej, którą można osiągnąć ludzkim pomysłem” (*O obrotach*, dz. cyt., s. 16), natomiast sformułowana przez Hellera „Kopernikańska zasada względności” dotyczy jakichkolwiek eksperymentów wykonywanych na powierzchni ciała poruszającego się ruchem naturalnym; zob. M. Heller, *Fizyka ruchu i czasoprzestrzeni*, dz. cyt., s. 52.

³⁴ „Wystarczy tylko zwrot „ciało znajdujące się w ruchu naturalnym” zastąpić terminem „układ inercjalny”, aby „Kopernikowska teoria względności” przybrała całkiem współczesne znaczenie”; tamże.

³⁵ M. Kopernik, *O obrotach*, dz. cyt., s. 12.

³⁶ Por. W. Zonn, *Tradycje a reforma kopernikańska*, *Problemy 1* (1972), s. 21.

wać się w jednakowej odległości (na powierzchni sfery), a obserwator na Ziemi dostrzeże zawsze jeden obrót całego nieba na dobę.³⁷ Wydaje się, że Kopernik zdawał sobie sprawę z tego, że jednakowa prędkość kątowna gwiazd nie musi oznaczać ułożenia ich w takiej samej odległości od Słońca. Píše on bowiem: „wszakże obrót całości przywraca je (gwiazdy) do pierwotnego położenia w równym czasie, a nie po przebyciu równej drogi”³⁸ Jest to argument za odrzuceniem sfery gwiazd stałych jako tworu fikcyjnego i pozbawionego fizycznego uzasadnienia. Kopernik nie zdecydował się jednakże na wykonanie tak radykalnego kroku i sfera gwiazd stałych pozostała w jego systemie świata.³⁹ Z wielu możliwych konfiguracji gwiazd w przestrzeni fromborski astronom wybrał to, które sugerował mu model starożytny.⁴⁰ Niezależnie od tego, czy było to wynikiem przywiązania do tradycji, czy też wynikało z innych racji, które wpłynęły na Kopernika, należy wątpić, czy on sam był do końca przekonany o słuszności tego modelu.⁴¹ Argumentem za słusznością tego wniosku jest również i to, że Kopernik analizował zjawisko paralaksy, które zakłada przestrzenne rozmieszczenie gwiazd.

Oprócz ruchu wirowego wokół swojej osi, Ziemia porusza się również wokół Słońca po orbicie, o której Kopernik sądził, że jest okręgiem. Względność ruchu powoduje, iż roczny obieg Ziemi ujawnia się jako pozorna wędrówka Słońca i planet na tle gwiazdozbiorów. Kopernik tłumaczy tę prawidłowość następująco: „Jeśliby więc i Ziemia wykonywała inne ruchy, np. względem jakiegoś ośrodka, musiałyby to być te właśnie ruchy, które w podobny sposób ujawniają się na zewnątrz w wielu zjawiskach, z których wnioskujemy o rocznym obiegu. Bo jeśli ten obieg (obieg roczny) zmienimy ze słonecznego na ziemski i przyznamy nieruchomość Słońcu, to nic się nie zmieni w zjawiskach wschodu i zachodu znaków zwierzyńcowych i gwiazd stałych, dzięki którym stają się one gwiazdami rannymi i wieczornymi; równocześnie postoje planet, ich cofania się i posuwania okażą się nie ich ruchem, lecz wynikiem ruchu Ziemi, które one zapożyczają dla swoich zjawisk”⁴² Jak widać, względność ruchu

³⁷ Por. W. Zonn, *Mikołaj Kopernik – twórca nowej astronomii*, art. cyt., s. 120.

³⁸ M. Kopernik, *O obrotach*, dz. cyt., s. 14.

³⁹ Sferę gwiazd stałych usunięto na zawsze z kosmologii już w kilkadziesiąt lat po Koperniku za sprawą T. Diggesa, według którego za orbitą ostatniej planety – Saturna – nie ma jakiegś jednej sfery, na której zgrupowane są wszystkie gwiazdy, ponieważ gwiazdy są rozmieszczone równomiernie we wszechświecie. Koncepcję Diggesa „uzupełnił” Giordano Bruno, który ogłosił, że Słońce nie zajmuje wyróżnionej pozycji w „środku” wszechświata, ale jest jedną z wielu innych gwiazd.

⁴⁰ Por. W. Zonn, *Tradycje a reforma kopernikańska*, art. cyt., s. 21.

⁴¹ Wątpliwości Kopernika co do skończoności lub nieskończoności wszechświata dobrze oddaje następujący fragment: „Jeśli niebo będzie nieskończone i tylko od wewnątrz ograniczone wklęsłą powierzchnią, raczej może sprawdzić się twierdzenie, że poza niebem nie ma niczego, ponieważ wtedy wszystko znajdzie się w nim bez względu na zajmowaną przez się wielkość; niebo jednak pozostaje nadal nieruchome. Istotnie bowiem najważniejszą rzeczą, dla której usiłują twierdzić, że niebo nie ma granic, jest ruch (...) A zatem pytanie, czy świat jest skończony, czy nieskończony, zostawmy do dyskusji filozofom przyrody”; M. Kopernik, *O obrotach*, dz. cyt., s. 16.

⁴² Tamże, s. 19.

pozwała Kopernikowi łatwo wytłumaczyć pozorny ruch planet. Aby wyjaśnić ten ruch w systemie geocentrycznym, potrzebna była skomplikowana maszyneria wielkich i małych okręgów – deferensów i epicykli, po których poruszały się planety. Ponieważ jednak orbitami planet nie są okręgi, mimo wielkiej precyzji w doborze rozmiarów deferensów i epicykli oraz czasu obiegu epicykla po deferensie i planety po epicyklu, uzyskanie zgodności z obserwacjami astronomicznymi było niezwykle trudne. „Poprawianie” modelu geocentrycznego sprowadzało się do dodawania kolejnych kół, co oczywiście ogromnie komplikowało prosty pierwotnie mechanizm nieba.⁴³ Dla Kopernika stało się oczywiste, że system heliocentryczny, w którym Ziemia razem z innymi planetami obiega Słońce, znacznie upraszcza opis ruchu wszystkich ciał niebieskich. W jego przekonaniu, ruch pętlicowy planet stanowi prostą konsekwencję faktu, iż Ziemia obiega Słońce po orbicie kołowej tak samo jak wszystkie inne planety. To właśnie ten fakt tłumaczy w prosty sposób obserwowane na niebie nieregularności ruchu planet oraz to, że w zależności od pory roku znajdują się one bliżej lub dalej Ziemi: „Bo jeśli ktoś założy, że Ziemia nie zajmuje środka, czyli centralnego punktu we wszechświecie, a równocześnie przyzna, że oddalenie jej od niego nie jest aż tak wielkie, by je można było porównać z wielkością sfery gwiazd stałych, że natomiast jest wyraźne i znaczne w stosunku do sfery Słońca i innych planet, i jeśli będzie sądził, że ruch tychże dlatego wydaje się niejednostajny, ponieważ nimi niejako steruje inny ośrodek, a nie środek Ziemi, ten zapewne wcale nie bezrozumne będzie mógł dać wytłumaczenie nieregularności ruchu takiego, jakim on się przedstawia naszym oczom. Bo fakt, że te same planety oglądamy to z mniejszej, to z większej odległości od Ziemi, z konieczności dowodzi, że środek Ziemi nie jest środkiem ich kręgów”⁴⁴

Wyjaśnienie pozornego ruchu Słońca, Księżyca, planet i sfery gwiazd stałych, a także wskazanie miejsca, jakie zajmuje Ziemia w układzie planetarnym – to najistotniejsze konsekwencje zastosowania zasady względności ruchu w Kopernikańskim modelu kosmologicznym.⁴⁵ Były też inne, mniej istotne konsekwencje zastosowania omawianej zasady, takie jak właściwe zinterpretowanie zjawiska precesji i paralaksy. Precesja, czyli cofanie się punktów równonocy, spowodowana jest tym, że Ziemia nie stanowi idealnej kuli, ale jest spłaszczona przy biegunach, związku z czym jej przedłużona oś obrotu zakreśla na niebie okrąg (tzw. efekt bąka).⁴⁶ Precesja była znana

⁴³ T. Kuhn pisze na ten temat: „Wedle Kopernika zachowanie planet było niezgodne z koncepcją świata dwusferycznego. Zdawał on sobie sprawę, że jego poprzednicy dodając coraz to nowe okręgi naginali i łatali system Ptolemeuszowy i wszelkimi możliwymi sposobami starali się pogodzić go z wynikami obserwacji. Sądził on, że już sama konieczność naginania i łatania tego systemu jest dostatecznym świadectwem, że niezbędne jest radykalnie nowe podejście”: *Przewrót kopernikański*, Warszawa: PWN 1966, s. 119.

⁴⁴ M. Kopernik, *O obrotach*, dz. cyt., s. 12.

⁴⁵ Por. E. Rybka, *Cztery wieki rozwoju myśli kopernikańskiej*, Warszawa: PWN 1972, s. 147.

⁴⁶ W związku z tym „punkty równonocne, będące przecięciami ekliptyki i równika na sferze niebieskiej, nie zajmują stałych położeń na tle gwiazd, lecz przesuwają się powoli w kierunku zachodnim”; E. Rybka, *Istota nauki Kopernika*, dz. cyt., s. 19. Prędkość prze-

astronomom już od czasów Hipparcha, jednakże wyjaśniano ją w oparciu o ruch sfery gwiazd stałych lub następnych, dodanych sfer: dziewiątej i dziesiątej. Kopernik uznał, że ruch punktów równonocy nie jest spowodowany ruchem sfer niebieskich, ale ruchem samej Ziemi; wskazał przez to drogę, na której należało szukać wyjaśnienia tego zjawiska. Co prawda, jego odpowiedź na pytanie o przyczynę precesji była błędna – tzw. trzeci ruch Ziemi z okresem rocznym wynikał z niesłusznego założenia, że oś obrotu Ziemi winna być związana z kierunkiem ku Słońcu⁴⁷ – jednakże na półtorej wieku przed Newtonem odpowiedź Kopernika po prostu nie mogła być poprawna, ponieważ nie było jeszcze praw mechaniki, które pozwoliłyby wyjaśnić fizyczny mechanizm precesji. Pomimo tego zasługa Kopernika wydaje się w tym przypadku nie podlegać dyskusji: nikt przed nim nie próbował bowiem oddzielić zjawiska precesji od sfery gwiazd stałych i związać go – poprzez zasadę względności ruchu – z wirującą Ziemią.⁴⁸

Względność ruchu dotyczy również zjawiska paralaksy. Jeżeli Ziemia obiega Słońce po kołowej – w przekonaniu Kopernika – orbicie, to ruch ten powinien się uwidocznić w ruchach wszystkich ciał otaczających Ziemię, a zatem i w ruchach gwiazd stałych. Jeśli nie wszystkie gwiazdy leżą w takiej samej odległości od układu słonecznego, to na skutek ruchu Ziemi wokół Słońca każda gwiazda powinna w ciągu roku przesunąć się na tle innych, bardziej oddalonych gwiazd. Przesunięć paralaktycznych poszukiwano jeszcze w starożytności, ponieważ ich wykrycie byłoby mocnym argumentem na rzecz rocznego ruchu Ziemi wokół Słońca. Niestety, ani poprzednikom Kopernika, ani jemu samemu nie udało się takich przesunięć wykryć.⁴⁹ Ten fakt całkowicie słusznie wytłumaczony jest na kartach *De revolutionibus* znacznym oddaleniem Ziemi od gwiazd: „Jeżeli zaś nic podobnego nie dostrzegamy u gwiazd stałych, dowodzi to, że znajdują się niezmiernie wysoko nad nami, co sprawia, że nawet orbita rocznego ruchu albo raczej jej obraz zanika dla naszego wzroku”⁵⁰ Warto zauważyć, że samo rozpatrywanie możliwości wykrycia paralaksy oparte jest na założeniu, że gwiazdy nie znajdują się na jakiejś „sferze”, ale że są rozrzucone w przestrzeni, co stanowi kolejny dowód na to, że sfera gwiazd stałych nie była dla Kopernika rzeczywistym obiektem astronomicznym, ale „czymś umownym w tym sensie, że wszystkie gwiazdy leżą bardzo daleko i to tak daleko, że nie możemy dostrzec przesunięć paralaktycznych, wywołanych ruchem Ziemi, wskutek ich znikomości”⁵¹

mieszczania się punktów równonocy wynosi około 50” w ciągu roku; ich całkowity obieg odbywa się w ciągu 26000 lat – punkty równonocy zamykają wtedy małe koła na sferze niebieskiej wokół biegunów ekliptyki.

⁴⁷ Ponadto Kopernik przyjmował inne błędne założenie związane z tzw. trapidacją (cykliczne fluktuacje w ruchu precesyjnym punktów równonocy); por. E. Rybka, *Istota nauki Kopernika*, dz. cyt., s. 38.

⁴⁸ Por. E. Rybka, *Cztery wieki rozwoju myśli kopernikańskiej*, dz. cyt., s. 184-185.

⁴⁹ Pierwsze paralaksy gwiazd zmierzono dopiero w połowie XIX wieku.

⁵⁰ M. Kopernik, *O obrótach*, dz. cyt., s. 23.

⁵¹ E. Rybka, *Cztery wieki rozwoju myśli kopernikańskiej*, dz. cyt., s. 160.

Wiele wskazuje na to, iż sfera gwiazd stałych stanowiła dla Kopernika poważny problem, związany z interpretacją jego „modelu kosmologicznego”. Jeśli sfera gwiazd stałych została w systemie Kopernika „unieruchomiona”, a jej dzienny obrót wyjaśniony w oparciu o zasadę względności ruchu, to nic nie stało już na przeszkodzie, aby rozmiary tej sfery rozciągnąć do nieskończoności. Chociaż Kopernik nie sformułował wprost takiego wniosku, to zdaje się on ku niemu skłaniać, gdy pisze: „Bo tamten dowód nie stwierdza nic więcej, jak tylko niezmierną wielkość nieba w porównaniu z wielkością Ziemi; lecz nie wiemy wcale, jak daleko sięga ta niewspółmierność”⁵² Taki wniosek świadczy, zdaniem niektórych badaczy, że „u Kopernika sfera gwiazd stałych jest jakby nieruchomą częścią nieskończonego świata i właśnie dzięki temu, że świat jest nieskończony, może być nieruchoma. Całe niebo znajduje się ponad sferą gwiazd stałych, obejmuje ją i wraz z nią posiada cechy nieskończoności”⁵³ Trafność powyższego wniosku potwierdza następująca wypowiedź Kopernika: „Wystarczająco jasno stwierdzamy, że niebo jest niezmiernie wielkie w porównaniu z Ziemią i przedstawia się jako coś nieskończenie wielkiego, ale Ziemia, według oceny naszych zmysłów, ma się tak do wielkości nieba, jak punkt do bryły i jak skończoność do nieskończoności”⁵⁴ Wydaje się, że powyższe stwierdzenie w pełni uprawnia do wyciągnięcia wniosku, iż w poglądach Kopernika można dostrzec coś więcej niż tylko sformułowane *implicite* założenie o nieskończoności wszechświata – co najczęściej podkreślają komentatorzy *De revolutionibus*.⁵⁵ Jeśli powyższa intuicja nie została wprost wyartykułowana przez Kopernika, to prawdopodobnie dlatego, że nieskończoność w pewnym sensie popsułaby harmonię jego modelu: w nieskończonym wszechświecie nie jest potrzebny środek; we wszechświecie Kopernika – taki środek (Słońce) jest konieczny.⁵⁶ Niezależnie od słuszności powyższych wniosków należy podkreślić, że Kopernik, zaprzeczając powszechnemu na początku XVI wieku przeświadczeniu o stosunkowo bliskim położeniu sfery gwiazd stałych, wyraził niezwykle śmiały osąd o „ogromie nieba” i przygotował w ten sposób grunt pod nowożytną koncepcję nieskończonego wszechświata.⁵⁷

Omawiając astronomiczne i filozoficzne konsekwencje zastosowania zasady względności ruchu do wyjaśnienia pozornego obrotu nieba, wypada w zakończeniu wspomnieć o Kopernikowskiej zasadzie kosmologicznej.⁵⁸ We współczesnym sformułowaniu zasada kosmologiczna stwierdza, że „wszech-

⁵² M. Kopernik, *O obrotach*, dz. cyt., s. 14.

⁵³ S. Kempa, *Uwagi o nieskończoności kopernikowskiego świata*, *Studia Warmińskie* 9 (1972), s. 213.

⁵⁴ M. Kopernik, *O obrotach*, dz. cyt., s. 13-14.

⁵⁵ Por. np. E. Rybka, *Cztery wieki rozwoju myśli kopernikańskiej*, dz. cyt., s. 148.

⁵⁶ Por. A. Stawikowski, *Wszechświat Kopernika a kosmologia współczesna*, Toruń: TNT 1973, s. 20-21.

⁵⁷ Por. A. Birkenmajer, *Komentarz*, w: M. Kopernik, *Dziela wszystkie*, dz. cyt., s. 331, 336.

⁵⁸ Na temat historii tej zasady, por. E. Skarżyński, *Zasada kosmologiczna czyli uogólniona zasada Kopernika*, *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki* 15 (1970), s. 267-272.

świat jest taki sam w każdym punkcie, jeśli nie uwzględnimy lokalnych nieregularności”⁵⁹ Powyższa zasada opiera się na kilku postulatach, a jednym z nich jest właśnie „zasada Kopernika”, lub „uogólniona zasada Kopernika”, która mówi, że Ziemia nie znajduje się w „środku świata” i nie zajmuje pozycji wyróżnionej w inny sposób w przestrzeni kosmicznej. Zasada kosmologiczna, będąca rozszerzeniem zasady Kopernika, stanowi jedno z podstawowych założeń współczesnej kosmologii. Chociaż Kopernik nie sformułował wprost powyższej zasady, to jednak przez nadanie Ziemi statusu jednej z wielu, niewyróżniających się niczym szczególnym, planet, utorował do niej drogę.⁶⁰ Zasada kosmologiczna w połączeniu z zasadą względności pozwala zakładać, że obserwacje dokonywane na powierzchni Ziemi nie posiadają cechy absolutności lub wyjątkowości, ale nabierają ogólnej ważności nie tylko dla pozostałych planet Układu Słonecznego, ale także dla wszystkich innych „miejsc” we wszechświecie.⁶¹

Wielkie przewroty i rewolucje w nauce wbrew pozorom nie zachodzą szybko. Zasadnicze pojęcia i koncepcje nauki kształtują się stopniowo, ale określone dzieło lub teoria może odegrać decydującą rolę w procesie rewolucji naukowej przez to, że staje się katalizatorem; że rozpoczyna zmianę paradygmatu jakąś małą innowacją, która stawia całą naukę w nowym świetle. Wydaje się, że właśnie w taki sposób należy ocenić *De revolutionibus*: rola, jaką odegrał Kopernik w historii nauki nie ogranicza się jedynie do „zatrzymania Słońca i poruszenia Ziemi”, ale polega przede wszystkim na zapoczątkowaniu procesu fizycznej relatywizacji zjawiska ruchu.⁶² Dzieło Kopernika jest obarczone licznymi błędami, ale jego ograniczoność jest zasadniczą i typową cechą wszystkich rewolucjonizujących dzieł nauki, które należy oceniać nie tyle według ich merytorycznej zawartości, ile według skutków, jakie te dzieła powodują. Rewolucyjność nauki Kopernika tkwi zasadniczo w jego metodzie rozumowania i wyprowadzonych przy jej zastosowaniu wnioskach. Dążenie do poznania obiektywnej prawdy o wszechświecie, założenie o uniwersalnym charakterze praw naukowych i wyjaśnienie ruchów ciał niebieskich w oparciu o konsekwentnie stosowaną zasadę względności ruchu – to najważniejsze elementy tej metody, które doprowadziły do przewrotu. Chociaż niniejsze opracowanie dotyczyło jedynie ostatniego z wymienionych elementów metody Kopernika, to jednak w naturalny sposób prezentowało również pozostałe jej elementy.

⁵⁹ H. Bondi, *Kosmologia*, Warszawa: PWN 1965, s. 21. Używanego obecnie terminu „zasada kosmologiczna” po raz pierwszy użył E.A. Milne.

⁶⁰ Por. M. Heller, *Fizyka ruchu i czasoprzestrzeni*, dz. cyt., s. 42-47.

⁶¹ Por. M. Heller, *Zasada Kopernika we współczesnej kosmologii*, Studia Warmińskie 9 (1972), s. 206.

⁶² Por. M. Heller, K. Rudnicki, *Ewolucja zasady kosmologicznej*, *Analecta Cracoviensia* 4 (1972), s. 39.

Historycy nauki zgodnie podkreślają, że chociaż zasada względności ruchu była znana i analizowana na długo przed publikacją *De revolutionibus*, to jednak nikt przed Kopernikiem nie zastosował tak umiejętnie tej zasady do wyjaśnienia widomego ruchu ciał niebieskich i nikt przed nim nie potrafił przewidzieć wszystkich konsekwencji przeniesienia układu odniesienia z Ziemi na Słońce. Nie bez powodu to właśnie Kopernik przeszedł do historii nauki jako postać stojąca u progu nowożytnego podejścia do zagadnień astronomicznych i kosmologicznych, chociaż wielu innych filozofów i astronomów rozważało teoretyczną możliwość orbitalnego i wirowego ruchu Ziemi. Wydaje się, że w niniejszym opracowaniu przedstawiono dostatecznie jasne i przekonujące argumenty za tym, że rewolucja kopernikańska – przy wszystkich zastrzeżeniach i wątpliwościach, jakie sformułowano pod jej adresem po powstaniu ogólnej teorii względności⁶³ – dokonała się w dużej mierze właśnie dzięki umiejętnemu zastosowaniu zasady względności ruchu.

NICOLAUS COPERNICUS AND THE PRINCIPLE OF RELATIVITY OF MOTION

S u m m a r y

This paper deals with the principle of relativity of motion within the theory of Copernicus. The author of *De revolutionibus* did not discover that the motion of an object is relative – which means that it has to be described in a given system of reference, for it can move in one system and stay still in another. The principle of relative motion was widely known before Copernicus, but nobody before him used this principle so skillfully to explain the apparent movement of heavenly bodies. The unquestionable merit of Copernicus was to predict all the consequences of sliding the system of reference from the Earth to the Sun, what makes the very core of the so called Copernican revolution. In this article it is argued, that the principle of the relativity of motion played a very important role in the course of this revolution. In the first part of the text the problem of the system of reference is sketched; in the second part – the formulation of the principle of relative motion within the writings of Copernicus is discussed; in the last one – some consequences of this principle which are noticed in *De revolutionibus* are presented.

⁶³ W świetle fizyki współczesnej wszystkie układy odniesienia są „równouprawnione” i dlatego do opisu ruchu Słońca, planet i gwiazd można stosować zarówno Kopernikowski układ odniesienia, jak i układ geocentryczny. Oznacza to, że nawet dzisiaj wolno obrać Ziemię za początek układu odniesienia i budować mechanikę nieba w tym układzie. Jest tak dlatego, że w ogólnej teorii względności wszystkie układy odniesienia są lokalnie równoważne. Układ odniesienia związany z nieruchomą Ziemią jest jednak bardzo niewygodny, jeśli chodzi o opis mającego w nim miejsce ruchu – z matematycznego punktu widzenia jest niezmiernie trudno opisać ruch eliptyczny w układzie poruszającym się takim samym ruchem. Dla opisu matematycznego najwygodniejszy jest układ inercjalny, a system Kopernika jest „bardziej inercjalny” niż geocentryczny system Ptolemeusza. Por. analizę tego zagadnienia w: M. Heller, *Kopernikowskie układy odniesienia w ogólnej teorii względności*, Roczniki Filozoficzne 21 (1973), s. 43-52.