

Dokonania Mikołaja Kopernika w astronomii matematycznej i fizycznej

Michał Kokowski
Instytut Historii Nauki
Polskiej Akademii Nauk

Metoda badawcza

Jeśli patrzymy z perspektywy współczesności, Mikołaj Kopernik w badaniach astronomicznych posługiwał się hipotetyczno-dedukcyjną metodą myślenia korespondencyjnego. Wykorzystywał wszystkie narzędzia tej metody: ideę hipotetycznego charakteru postulowanych teorii (w tym bytów teorii), ideę większego prawdopodobieństwa jednych hipotez względem drugich, postulat korespondencji kolejnych teorii, równoważność matematyczną (geometryczną) niektórych modeli zjawisk, uogólnione zasady korespondencji itp.¹

Program badawczy

Kopernik uprawiał astronomię jako zwieńczenie filozofii (sztuk wyzwolonych), zajmował się jej historią i metodologią, prowadził obserwacje zjawisk astronomicznych i badania teorii cudzych i własnych.

Wzorując się na szkołach astronomicznych wiedeńsko-norymberskiej i krakowskiej, uważał, że należy, po pierwsze, dokonać krytycznej analizy znanych obserwacji astronomicznych od czasów najdawniejszych po współczesne; po drugie, przywrócić skuteczność przewidywań teorii Ptolemeusza poprzez krytyczne uwzględnienie dorobku obserwacyjnego i teoretycznego astronomii arabskiej.

Nieobca Kopernikowi była także fizyka – filozofia przyrody – w duchu:

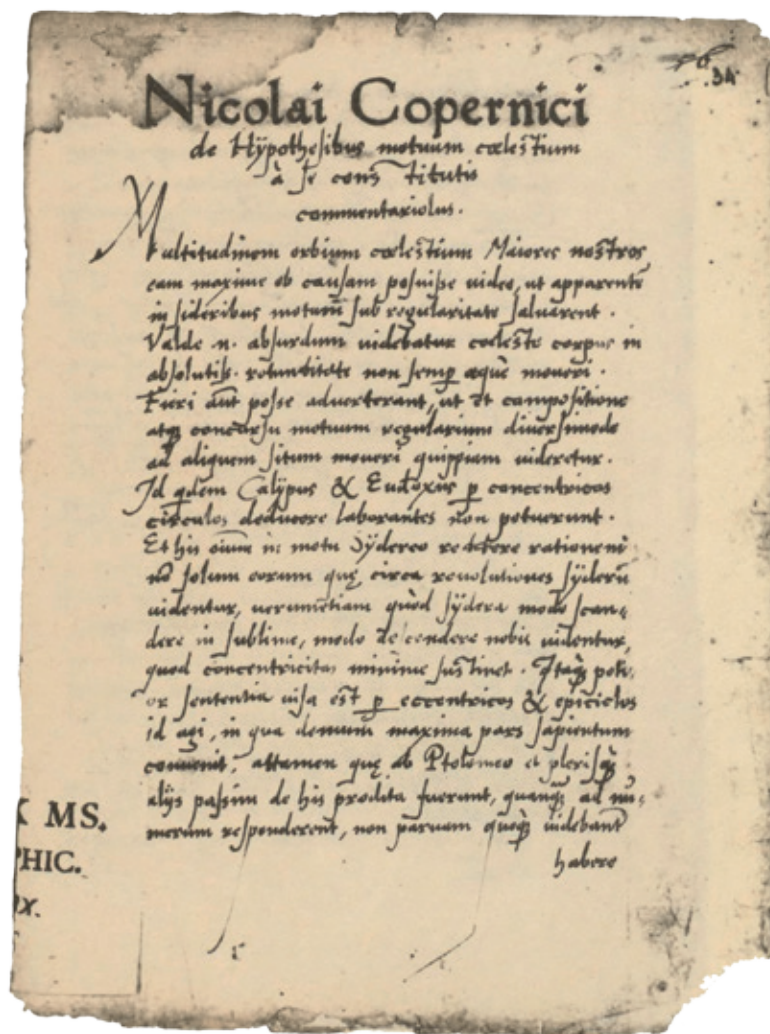
- Platona (424/423 r. p.n.e. – 348/347 r. p.n.e.) (z aksjomatem astronomii na czele – przekonaniem, że ruch ciał niebieskich odbywa się jednostajnie po kole albo po układzie jednostajnie poruszających się kół);
- twórców systemu sfer homocentrycznych: Eudoksosa (ok. 408 r. p.n.e. – ok. 355 r. p.n.e.), Kallipposa albo Kallipa (ok. 370 r. p.n.e. – ok. 310–300 r. p.n.e.) oraz Arystotelesa (384 r. p.n.e. – 322 r. p.n.e.);
- awerroistów – komentatorów Arystotelesa oraz krytyków epicykli i ekscentryków (kół mimośrodowych) stosowanych w teorii Ptolemeusza;
- burydanistów – scholastycznych krytyków Arystotelesa i zwolenników ruchów Ziemi jako prawdopodobnych hipotez;
- pitagorejczyków – rzeczników ruchów Ziemi².

¹ Kokowski 1996; Kokowski 2001; Kokowski 2004.

² Nie ma wątpliwości, że Arystarch z Samos sformułował protoideę systemu heliocentrycznego. Nie ma jednak dowodów, że Kopernik znał jego poglądy – zob. Rosen 1978; Gingerich 1985; Kokowski 2009, s. 65–68.

ii. 1.

Nicolai Copernici de hypothesibus
motuum coelestium a se constitutis
commentariolus – pierwsza
wersja teorii Kopernika, ok. 1507,
Österreichische Nationalbibliothek



Trzy pierwsze kwestie były znane w szkołach astronomicznych wiedeńsko-norymberskiej i krakowskiej, czwartą podjęli burydaniści z krakowskiej szkoły filozoficznej XV w., a z piątą Kopernik zapoznał się dzięki przeglądowi literatury filozoficznej.

Dodatkowo Kopernik poddał ocenie znane obserwacje astronomiczne od czasów starożytnych po jemu współczesne i uznał część z nich za rzetelne. Dokonał przeglądu różnych teorii układu świata postulowanych przez astronomów i filozofów od starożytności po współczesność i odnotowywał sprzeczności między nimi (teoria Ptolemeusza jest bardziej zgodna z obserwacjami niż teorie sfer homocentrycznych, z drugiej zaś strony jest ona sprzeczna z aksjomatem Platona – podstawowym aksjomatem astronomii, z którym są zgodne teorie sfer homocentrycznych); prowadził własne obserwacje astronomiczne oraz zajmował się badaniami z zakresu astronomii matematycznej i fizycznej – analizował i formułował matematyczne modele astronomiczne oraz wyjaśnienia fizyczne tych modeli.

Instrumenty obserwacyjne

Kopernik wykorzystywał do obserwacji astronomicznych znane co najmniej od czasów Ptolemeusza, wykonane własnoręcznie instrumenty: kwadrant słoneczny służący do wyznaczenia nachylenia ekliptyki do równika niebieskiego; astrolabium pierścieniowe do mierzenia długości i szerokości ekliptycznej gwiazd i planet; trójkąt paralaktyczny (trikwetrum) albo narzędzie paralaktyczne służące do określania odległości zenitalnej ciała niebieskiego i wykorzystywane do wyznaczenia paralaksy Księżyca.

Ponadto Kopernik używał astronomicznej tablicy doświadczalnej przeznaczonej do wyznaczania momentów równonocy, własnoręcznie wykonanej w 1517 r. na ścianach zamkowego krużganka w Olsztynie. To jedyny zachowany przyrząd astronomiczny Kopernika³. Prawdopodobnie posługiwał się także kamerą otworkową (*camera obscura*) służącą do obserwacji zaćmień Księżyca⁴.

Obserwacje

Mamy informacje o 63 obserwacjach astronomicznych, jakie przeprowadził Kopernik. Pierwsza wykonana była 9 marca w 1497 r. w Bolonii. Być może jednak Kopernik przeprowadził wcześniejsze obserwacje już w Krakowie, podczas studiowania nauk wyzwolonych (1491–1494?), gdyż ówczesna Akademia Krakowska słynęła w Europie z badań astronomicznych⁵.

Zasługi teoretyczno-obserwacyjne

W twórczym dialogu z dorobkiem historii astronomii i filozofii przyrody Kopernik sformułował dwie nowe, oryginalne teorie astronomiczne, szczególną i ogólną, które przedstawił odpowiednio w pracach pt. *De hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus* (napisane ok. 1507; tytuł pol. *Komentarzyk o hipotezach ruchów niebieskich*; il. 1), w skrócie *Commentariolus*, i *De revolutionibus orbium coelestium* (I wyd. 1543 r. w Norymberdze, tytuł pol. *O obrotach sfer niebieskich*), w skrócie *De revolutionibus*. Kopernik pracował nad *De revolutionibus* w l. 1515–1530 i uzupełniał je do 1542 r.⁶

Konstruując swoje teorie astronomiczne, Kopernik w sensie dosłownym poruszył Ziemię, a wstrzymał Słońce, obdarzył bowiem Ziemię trzema ruchami: obrotem dobowym wokół własnej osi, obrotem rocznym wokół nieruchomego Słońca (co czyniło Ziemię planetą krążącą wokół Słońca) oraz ruchem deklinacji związanym z ruchem precesyjnym i zmiennym nachyleniem ekliptyki.

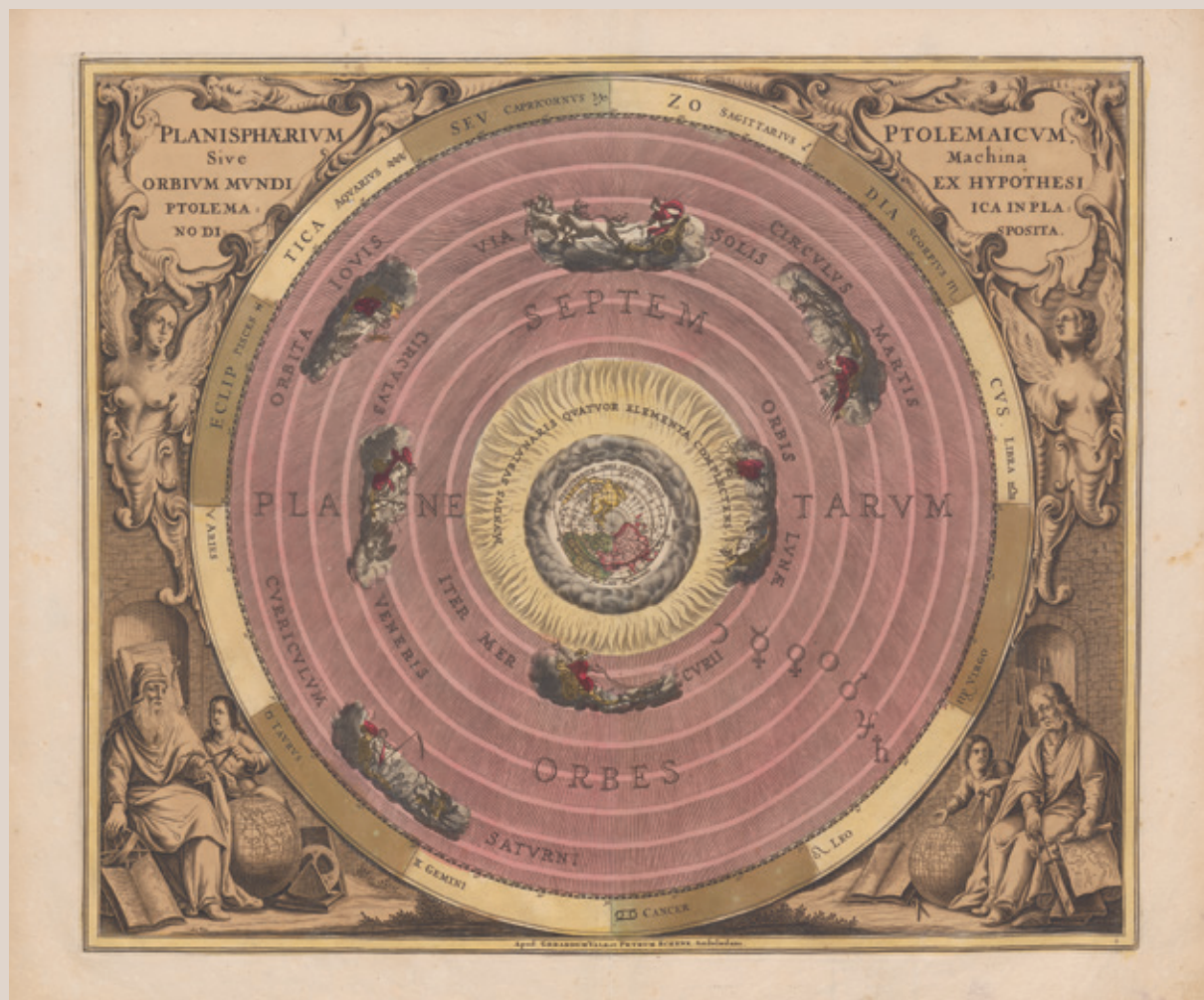
Wprowadzenie ruchu rocznego Ziemi doprowadziło do dwóch zasadniczych konsekwencji. Po pierwsze, spowodowało jednoznaczne ustalenie porządku planet, zależącego od okresów ich obiegów wokół tzw. średniego Słońca (zgodnie z zasadą, że im dłuższy okres obiegu, tym dalej położona planeta). Po drugie, umożliwiło jednoznaczne określenie odległości planet od tzw. średniego Słońca.

³ Sobotko 2014.

⁴ Włodarczyk 2010.

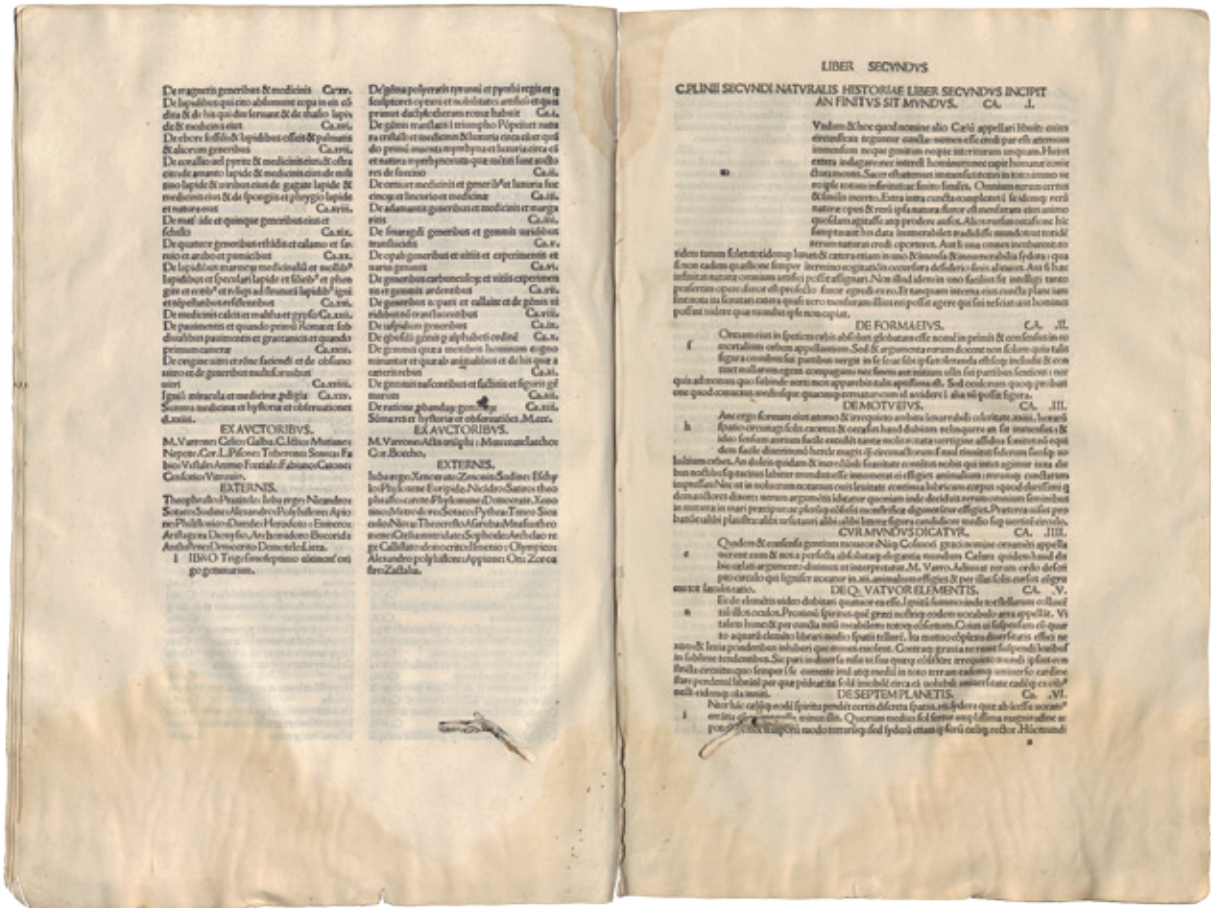
⁵ Birkenmajer 1900.

⁶ Szczęśliwie zachował się rękopis tego dzieła, przechowywany w Bibliotece Jagiellońskiej od 25 IX 1956 r. Został on подарowany przez władze czeskosłowackie w zamian za bezcenne rękopisy i druki czeskie. Od XVIII w. rękopis należał do zbiorów śląskiego rodu Nostizów, które zostały znacjonalizowane po II wojnie światowej, po nastaniu epoki socjalizmu.



il. 2.

Geocentryczny układ świata
wg Ptolemeusza, w: Andreas Cellarius,
Harmonia Macrocosmica, wyd. II,
Amsterdam 1708, Nacjonal'na biblioteka
Ukraini im. V.İ. Vernads'kogo



II. 3.

Traktat Pliniusza Starszego, *Naturalis historia*, (*Liber Secundus*), Venetiis 1487, Uppsala universitetsbibliotek

Wprowadzenie ruchu dziennego Ziemi zastępowało dzienny ruch sfery niebieskiej przyjmowany w teoriach geocentrycznych, a ruchu deklinacji Ziemi – długookresowe ruchy przypisywane sferze gwiazd stałych. Opisywane przez Kopernika ruchy Ziemi oraz spoczynek Słońca i sfery gwiazd stałych są hipotezami kosmologicznymi. Jak zauważył on w *De revoltionibus* (to myśl zaczerpnięta od Wojciecha z Brudzewa i burydanistów) są one bardziej prawdopodobne niż wcześniejsze hipotezy spoczynku Ziemi oraz Słońca i sfery gwiazd stałych.

Istotą osiągnięcia Kopernika w warstwie matematycznej było skonstruowanie teorii szczególnej i ogólnej, połączonych z teorią astronomiczną Ptolemeusza pewnymi uogólnionymi zasadami korespondencji (analogicznie do zasad korespondencyjnych łączących szczególną i ogólną teorię względności z mechaniką klasyczną). Dla pew-

nych warunków granicznych teorie w warstwie matematycznej były równoważne geometrycznie (mimo iż w warstwie kosmologicznej postulowały odmienne hipotetyczne ontologie).

W *Commentariolus* Kopernik korzystał z dzieła Pliniusza Starszego (23/24–79 r.) *Naturalis historia* (Wenecja 1487; tytuł pol. *Historia naturalna*; il. 3), *Tabule astronomiche Alfonsi regis* (Wenecja 1492; tytuł pol. *Tablice alfonsyńskie*; zakupił je już podczas studiów w Krakowie), *Epytoma in Almagestum Ptolemaei* Peurbacha i Regiomontana (Wenecja 1496; tytuł pol. *Streszczenie Almagaestu Ptolemusza*; zakupił je podczas studiów w Bolonii) oraz encyklopedii Giorgia Valli *De expetendis et fugiendis rebus* (Wenecja 1501; tytuł pol. *O szukaniu i unikaniu rzeczy*).

Szczególne teorie Kopernika (dalej: STK) została tak skonstruowana, aby jej predykcje były zgodne z predykcjami teorii Ptolemeusza dla danych z *Tablic alfonsyńskich*. Teoria Ptolemeusza zakładała m.in. stałość mimośrodków planet, położenia absyd orbit planet względem gwiazd oraz liniowy przyrost długości ekliptycznych gwiazd stałych. Odtwarzała te zjawiska teoria Kopernika dla danych z *Tablic alfonsyńskich*⁷, inaczej je wyjaśniając w kontekście kosmologii ruchomej Ziemi. Ogólna teoria Kopernika (dalej: OTK) zakładała periodyczną zmienność m.in. mimośrodków planet, położenia absyd orbit planet względem gwiazd, przyrostu długości ekliptycznych gwiazd stałych oraz nachylenia równika. Teoria była tak skonstruowana, by odtwarzać predykcje teorii Ptolemeusza dla danych z *Tablic alfonsyńskich*⁸.

Liczba kół / sfer w teoriach astronomicznych od starożytnej Grecji po czasy Kopernika

Aby wyrobić sobie zdanie na temat prostoty lub złożoności dwóch teorii astronomicznych Kopernika, należy je porównać z innymi teoriami astronomicznymi. Jednym ze sposobów takiego porównania jest wskazanie liczby kół lub sfer używanych w tych teoriach dla wyjaśnienia zjawisk astronomicznych⁹.

- Teorie sfer homocentrycznych:
 - system Eudoksosa liczył 27 sfer (po 4 dla planet: Saturna, Jowisza, Marsa, Merkurego, Wenus, po 3 dla Słońca i Księżyca, 1 dla sfery gwiazd stałych);
 - system Kallipposa – 34 sfery (po 4 dla Saturna i Jowisza, po 5 dla Marsa, Merkurego, Wenus, Słońca i Księżyca, 1 dla sfery gwiazd stałych);
 - system Arystotelesa – 55 sfer (po 7 dla Saturna i Jowisza, po 9 dla Marsa, Merkurego, Wenus i Słońca, 5 dla Księżyca, przy czym Hanson¹⁰ odkrył, że aby spełnić warunki stawiane tej teorii przez Arystotelesa, powinno być ich 65);
 - system Giovanniego Battisty Amica (*De motibus corporum coelestium iuxta principia peripatetica sine excentricis & epicyclis*, Venetiis 1536) – 77 sfer;
 - system Hieronima Fracastora (*Homocentrica*, Venetiis 1538) – 79 sfer¹¹;

⁷ Swerdlow 1973; Kokowski 1996; Kokowski 2004.

⁸ Kokowski 1996; Kokowski 2001; Kokowski 2004.

⁹ Kokowski 2009, s. 170–174, 446–448.

¹⁰ Hanson 1973.

¹¹ Dreyer 1953, s. 296–301.