



Prof. dr hab. Krzysztof M. Górski

ORCID: 0000-0003-2933-8630

E-mail: krzysztof.m.gorski@proton.me

Od Kopernika do krawędzi Wszechświata

Streszczenie

Artykuł zwięźle komentuje przesunięcie granic naukowego poznania od kopernikańskiego Układu Słonecznego do współczesnych, precyzyjnych badań rubieży Wszechświata – poprzez pomiary kosmicznego, mikrofalowego promieniowania tła, jak i bezpośredniej eksploracji Układu Słonecznego – na przykładzie robotycznych misji na Marsa. Fenomenalny postęp astronomii, fizyki i, w ujęciu ogólnym, poznania Wszechświata od czasu kopernikańskiej inicjacji nowoczesnej rewolucji naukowej ciągle jednak, w opinii autora, pozostawia nas w oczekiwaniu na „współczesnego Kopernika”, który – miejmy nadzieję – ponownie potrafi wytyczyć drogę do prawdziwego, kompletnego zrozumienia otaczającego nas Wszechświata.

Pięćset lat po rewolucji, która zdetronizowała Ziemię z centrum kosmosu, człowiek sięga swoim poznaniem do granic Wszechświata. Ale czy połowa milenium rozwoju nauki, naszych narzędzi poznawczych i fakt, że jako ludzkość wspiełliśmy się na zdecydowanie wyższy poziom cywilizacyjny, przybliżyły nas do poznania ostatecznej prawdy o Wszechświecie? Czy, pytając prowokacyjnie, mimo wszystko jesteśmy ciągle bliżej sytuacji podobnej do tych przeżywanych przez pokolenia od czasów Kopernika? Dokonujemy wszak przełomowych odkryć definiujących nasze miejsce we Wszechświecie, ale może jednocześnie jesteśmy podobnie zagubieni i niepewni jak ludzie z XVI wieku? Czym są w tym kontekście przełomowe odkrycia Kopernika? Czy ich wartość jest w ogóle mierzalna i czy dziś

potrafimy w podobny sposób na nowo definiować nasze jestestwo na podstawie nauki i ogromnie poszerzonej wiedzy?

Przebłyśk geniuszu na rubieżach świata

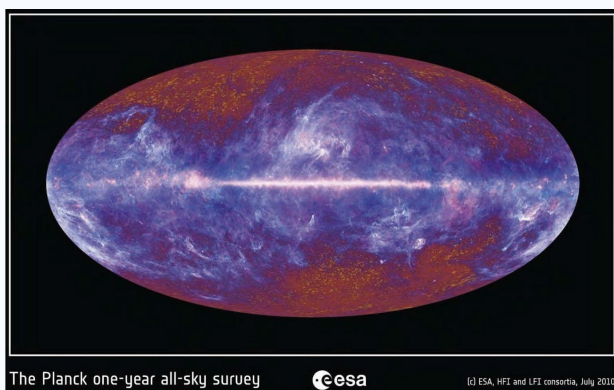
W 1543 roku, w małym Fromborku na Warmii, umierał kanonik warmiński Mikołaj Kopernik. To miejsce, nawet dziś bardzo peryferyjne, a wówczas prowincja świata, niebotycznie odległa od wszelkich metropolii, paradoksalnie okazała się być centrum kolosalnego naukowego przełomu. Na łożu śmierci Kopernik ujrzał pierwodruk swojego dzieła życia – *De revolutionibus orbium coelestium*. Książka przeleżała w szufladzie prawie cztery dekady – najnowsze badania prof. Leszka Satory z Krakowa wskazują, że pierwszy załączek myśli heliocentrycznej (tzw. *Commentariolus*) powstał już około 1507 roku w Lidzbarku Warmińskim. To, co dla współczesnych było herezją albo co najwyżej ciekawostką matematyczną, okazało się intelektualnym przełomem o nieprzemijającym znaczeniu. Kopernik sformułował zasadę, którą dziś nazywamy zasadą kosmologiczną albo kopernikańską zasadą skromności: jako mieszkańcy Ziemi nie rezydujemy w uprzywilejowanym miejscu We Wszechświecie – przeciwnie, jesteśmy mieszkańcami statystycznie przeciętnego punktu w przestrzeni.

Dziś ta prawda jest tak oczywista, że definiuje kontekst zarówno dla naszej egzystencji, jak i dla metodologii naukowych badań. Nie przeraża nas, a wręcz przeciwnie – daje nam siłę i determinację do dalszych poszukiwań, do walki o prawdę opartą na wiedzy. W XVI wieku był to

wstrząs, który ustanowił, że Ziemia nie jest centrum – pozycję w centrum zajęło wówczas Słońce. W roku 2025 oznacza to coś o wiele bardziej radykalnego.

Od sześciu tysięcy gwiazd do 14 miliardów lat światła

Kiedy Kopernik spoglądał w niebo gołym okiem, widział około 6000 gwiazd stałych, pięć „wędrujących” planet i od czasu do czasu kometę, która budziła strach. Nie używał teleskopu (wynalezionego 65 lat po jego śmierci), nie znał prawa powszechnego ciężenia Newtona (1643–1727), oczywiście nie miał do dyspozycji spektroskopii, fotografii, satelitów ani komputerów. Dzisiaj, w epoce trwającego, rewolucyjnego rozwoju astronomicznego instrumentarium, obserwujemy we Wszechświecie wszystko to, czego istnienia nie podejrzewano do XX-go wieku. Mapa całego nieba w promieniowaniu mikrofalowym wykonana przez satelitę Planck (misja ESA, dane 2009–2013) pokazuje trzy warstwy kosmicznej rzeczywistości jednocześnie: Równikowa biała smuga to nasza Galaktyka, Droga Mleczna, o której istnieniu ludzkość dowiedziała się dopiero pod koniec XIX wieku.



Ilustracja 1. The Planck all-sky one-year survey.

Mieszanina kolorowych pomarańczowo-czerwonych plam to ilustracja fluktuacji temperatury relikтового promieniowania tła (Cosmic Microwave Background) – najstarszego obserwowalnego we Wszechświecie światła, które podróżuje do nas od ok. 13,8 miliarda lat, czyli praktycznie od momentu Wielkiego Wybuchu. Widzimy w obserwacjach

promieniowania tła Wszechświata w wieku zaledwie ok. 380 tysięcy lat – gorący, niemal idealnie jednorodny, z mikroskopijnymi fluktuacjami gęstości, które później staną się obiektami astronomicznymi – supergromadami, i gromadami galaktyk, oraz samymi galaktykami z całym „kosmicznym zoo” obiektów w nich zawartych.

Wszystko pomiędzy naszą Galaktyką a rubieżami obserwowalnego przez nas w promieniowaniu tła Wszechświata to miriady galaktyk, kwazarów, gromady i supergromad galaktyk, oraz rozdzielające je gigantyczne puste przestrzenie (voidy), które wspólnie stanowią tzw. Wielkoskalową strukturę Wszechświata.

My wszyscy jesteśmy rezydentami w dolnym rogu tej mapy – w małym, lokalnym punkcie w naszej Galaktyce. Jesteśmy dokładnie w tym samym miejscu, w którym byliśmy kiedy pół tysiąca lat temu Kopernik na łożu śmierci przeglądał swoje dzieło. Nowością jest to, że dziś dokładniej widzimy to miejsce, potrafimy precyzyjniej określić nasze otoczenie i znacznie lepiej rozumiemy fizyczne procesy, które uformowały nasze dzisiejsze astronomiczne środowisko. Ale czy wiemy już „wszystko”? Czy znamy kompletną odpowiedź na fundamentalne pytania astronomiczne?

Zasada kopernikańska została rozszerzona do granic wyobraźni: nie tylko Ziemia nie jest w centrum, ale nie ma żadnego centrum. Wszechświat w największych skalach wygląda (statystycznie, tj. „średnio rzecz biorąc”) tak samo we wszystkich kierunkach, a zapewne i we wszystkich miejscach (tzn. jest izotropowy i jednorodny; izotropowość „widzimy” w obserwacjach, do innych astronomicznie odległych miejsc nie mamy dostępu, ale dedukujemy kopernikańską jednorodność z interpretacji pomiarów i modeli obiektów astronomicznych). Takie stwierdzenia to obecnie nie są filozoficzne deklaracje – to empiryczne fakty współczesnej kosmologii ustanowione poprzez astronomiczne pomiary z dokładnością lepszą niż ok. 1 do 1 000 000.

Precyzja, która zaczyna niepokoić

Przez ostatnie 100 lat kosmologia pokonała drogę od spekulacji do nauki o niewyobrażalnej precyzji. Standardowy model kosmologiczny, tzw. Model Lambda-Cold Dark Matter, opisuje obserwacje z niewyobrażalną do niedawna dokładnością. Wiemy, że wiek Wszechświata to ponad 13 miliardów lat ($13,797 \pm 0,020$ mld lat). Wyznaczyliśmy tempo ekspansji Wszechświata (tzw. stała Hubble'a): $67\text{--}74$ km/s/Mpc – tutaj obydwie cytowane wartości są wyznaczone z różnych obserwacji astronomicznych, które są, wg. ich proponentów obciążone tak małymi błędami pomiarowymi (ok. 1%-2%), że są one ze sobą w konflikcie, który czeka na rozstrzygnięcie (lepsze pomiary? czy potrzeba „nowej fizyki”?). Szacujemy również skład Wszechświata (w sensie 100% zawartości rozłożone na składowe wymagane w modelu Lambda-CDM: zwykła materia barionowa (tj. ta materia, którą znamy na co dzień, lub z laboratoryjnych badań) – zaledwie ~4,9%, ciemna materia ~26%, ciemna energia ~69%.

I właśnie tutaj jawi się problem, który zapewne okaże się „progiem kolejnej rewolucji kopernikańskiej”. Otóż dysponujemy matematycznym, zawierającym hipotetyczne w sensie ich fizycznej natury składowe, modelem Lambda-CDM, który, przy swojej matematycznej „prostocie”, działa bardzo dobrze opisując ewolucję Wszechświata i jego wielkoskalowej struktury – ale właśnie wymaga istnienia dwóch niewiadomych składników, dla których nie mamy akceptowalnego wytłumaczenia w ramach tak znanej fizyki teoretycznej, jak i eksperymentalnej. (Mogą tu przyjść na myśl pre-kopernikańskie, ptolemejskie epicykle – czyli „widmowe” koła niezbędne dla wytłumaczenia anomalii w obserwacjach orbit planet ...)

Tak więc, ciemna materia, która jest niezbędna by grawitacyjnie tłumaczyć ruchy galaktyk, ale nie świeci, więc jest niewidoczna poprzez promieniowanie elektromagnetyczne, oraz ciemna energia – jeszcze bardziej tajemnicza, bo, upraszczając, głównie ujawnia się przez przyspieszanie ekspansji Wszechświata, łamią

nasze intuicje i wymagająco testują wypracowany dotąd obraz fizycznie opisywanego świata.

Oczywiście model Lambda-CDM nie opisuje doskonale całej astronomicznie postrzeganej rzeczywistości. Np. kosmiczny teleskop Jamesa Webba odkrył już istnienie galaktyk tak masywnych i tak starych (tj. zaawansowanych w ich fizycznej ewolucji – mimo tego, że istnieją we Wszechświecie już ok. 300–500 mln lat po Wielkim Wybuchu, wg. Modelu Lambda-CDM), że w obecnym modelu nie powinny istnieć (z braku czasu na ich „wyprodukowanie” od momentu powstania Wszechświata...). Wydaje się obecnie, że nie jest to kwestia istnienia niewielu „dziwnych obiektów” i odczekania do wypracowania nowej, akceptowalnej interpretacji ich własności – lecz raczej poważny, systematyczny problem dla „obowiązującego” modelu kosmologicznego. Być może („historia kołem się toczy”?) znajdujemy się już, w domenie kosmologii, w sytuacji pre-kopernikańskiej – a więc de facto oczekujemy na nowego Keplera, nowego Newtona – albo nowego Kopernika.

Od Warmii na Marsa

Kopernik badał niebo kątomierzem i zegarem wodnym. Dziś w laboratorium, w którym przez ponad 20 lat pracował polski astrofizyk pokazujący te slajdy, buduje się roboty, które lądują na Marsie (przybывая z prędkością ~20 000 km/h, lądują autonomicznie i miękko, tj. bez „uszczerbku na zdrowiu”, np. Perseverance, 2021), latają w rozrzedzonej marsjańskiej atmosferze (helikopter Ingenuity – 72 loty zamiast oryginalnie planowanych 5), a wg. planów również przywiozą na Ziemię próbki gruntu (misja Mars Sample Return, planowana na lata 30.).

To już nie jest domena obserwacji – to aktywna eksploracja Układu Słonecznego. I tak jak łatwo jest podziwiać niezwykle postępy nauki i zdobycze wiedzy, zwłaszcza w XX/XXI w., pamiętajmy i szanujmy to, że u źródła nowoczesnej rewolucji naukowej pozostaje to fundamentalne pytanie postawione 500 lat temu na warmińskiej wieży: „A może to jednak Słońce

jest w centrum?”. Wierzimy, że dzisiejsze pytania o ciemną materię czy energię reprezentują podobny intelektualny ciężar gatunkowy i, gdy wreszcie uzyskamy na nie odpowiedzi, będą one miały „kopernikański” potencjał do rewolucjonizacji nauki i nadania jej nowego impetu na kolejne 500 lat. Czyż nie jest to wspaniała wizja?

Enigmatyczny kanonik i cnoty kardynalne

Kopernik pozostaje postacią tajemniczą – nie dlatego, że mało o nim wiemy, ale dlatego, że nie zostawił po sobie (żartując!) tweetów, stories ani postów na Facebooku. Nie wiemy co jadł na obiad, z kim się kłócił, kogo kochał. Wiemy tylko, o czym rozmyślał – to musi nam wystarczyć. W epoce hałasu informacyjnego szczególnie mocno wybrzmiewa fakt, że człowiek ten wiódł życie naznaczone przez cztery cnoty kardynalne:

- **Roztropność (*prudentia*)** – czekał przez dekady z publikacją swego dzieła, aż do nabrania pewności, że właściwy ku temu czas nadszedł;
- **Sprawiedliwość (*iustitia*)** – oddał światu prawdę, choć wiedział, że będzie niewygodna;
- **Męstwo (*fortitudo*)** – odważnie stanął przeciwko ówczesnemu porządkowi intelektualnemu;
- **Umiarkowanie (*temperantia*)** – żył skromnie na rubieżach ówczesnego świata.

W naszych czasach, tak mocno naznaczone wpływem tzw. social media, gdy tak wielu używa norm wartości opartych na liczbach uzyskanych lajków, postać Kopernika – niewątpliwie monumentalnego bohatera narodowego Polski, stać się powinna uniwersalnym wzorem etycznym.

Zasada kopernikańska przetrwała 500 lat i okazała się znacznie bardziej uniwersalna, niż jej autor mógł przypuszczać. Ziemia nie jest w centrum Układu Słonecznego, Układ Słoneczny nie jest w centrum Galaktyki, Galaktyka nie jest w centrum Wszechświata, Wszechświat nie ma centrum.

Ale być może stoimy u progu momentu, w którym zasada ta zostanie ponownie przetestowana – tym razem w skali, w której nasze obecne modele przestają działać. Być może kolejna rewolucja kopernikańska będzie polegała na odkryciu, że jednak jesteśmy w jakimś sensie „szczególni” – nie lokalizacyjnie, ale czasowo, że żyjemy akurat w epoce, w której możemy zadać pytania ostateczne. Bo może tak właśnie działa dziedzictwo Kopernika – nie kończy się, ale ciągle dopiero się zaczyna.