

Andrzej Trautman

Institut Fizyki Teoretycznej
Uniwersytetu Warszawskiego

Kopernik a współczesna fizyka i kosmologia

Copernicus and Contemporary Physics and Cosmology

Abstract: The paper contains a short review of the influence of the Copernican revolution on the development of physics and cosmology.

Istota rewolucji kopernikańskiej i postać jej wybitnego Autora są zbyt dobrze znane, aby je przedstawiać na łamach czasopisma polskich fizyków. Warto natomiast, z okazji przypadającej rocznicy, zastanowić się nad aktualnością myśli wielkiego Polaka i jego wpływem na rozwój szeroko rozumianej fizyki.

Każdego uderza śmiałość myśli Mikołaja Kopernika, umiejętność dostrzeżenia słabych miejsc niepodzielnie panującego za jego życia ptolemeuszowskiego schematu świata oraz wytrwałość, z jaką dążył do zbudowania i obserwacyjnego potwierdzenia modelu heliocentrycznego. Te cechy działalności Kopernika świadczą nie tylko o nim samym, ale także o klimacie i poziomie naukowym Akademii Krakowskiej, w której studiował on w latach 1491-95 i gdzie prawdopodobnie po raz pierwszy spostrzegł wady układu geocentrycznego.

Podkreślając odwagę i nowatorstwo Kopernika, mamy zwykle na myśli warunki panujące w Europie na przełomie XV i XVI wieku i wpływ Kościoła na życie umysłowe, działalność Inkwizycji, skromne narzędzia obserwacyjne astronomów, długi okres wiary w słuszność systemu Ptolemeusza. Na pierwszy rzut oka, sytuacja we współczesnej nauce jest zupełnie inna i wydaje się sprzyjać wysuwaniu nowych, śmiałych hipotez. W istocie, również obecnie działają liczne mechanizmy kierujące myśli uczonych na drogi przetarte lub przynajmniej wytyczone przez poprzedników. Przyczynia się do tego organizacja współczesnej nauki. Przywiązując wielkie znaczenie do stopni, tytułów i publikacji naukowych, utrudniamy podejmowanie w młodym wieku tematów nieszablonowych, odbiegających od tego, czym zajmuje się większość uznanych specjalistów. Choć może to brzmieć paradoksalnie, ogromne sukcesy nauki XIX i XX wieku także do pewnego stopnia zawężają pole poszukiwań. Osia-

gnięcia elektrodynamiki, teorii względności i modeli kwantowych doprowadziły do rozpowszechnienia się poglądu, że cała fizyka powinna się opierać na relatywistycznych teoriach kwantowych, wzorowanych na elektrodynamice. Niepowodzenie prób zbudowania na tej drodze teorii silnych oddziaływań stanowi ostrzeżenie, iż pogląd ten nie jest uzasadniony. Teoria grawitacji także dostarcza argumentów przeciwko hipotezie, że wszystkie oddziaływania można opisać w języku pól kwantowych zgodnych ze szczególną teorią względności. Jeden z tych argumentów można pokrótce przedstawić jak następuje: analiza zasady równoważności prowadzi do wniosku, że pojęcia siły i energii nie są adekwatne do lokalnego opisu oddziaływań grawitacyjnych. Pamiętając o tym, łatwo się przekonać, że wszystkie siły klasyczne, które można „wstawić“ do newtonowskiego równania ruchu, są pochodzenia elektromagnetycznego. Budując nowe teorie zarówno klasyczne, jak i kwantowe, opieramy się zwykle na pojęciach energii, lagrangianu lub hamiltonianu, pochodzących od pojęcia siły. Teoria grawitacji ostrzega nas, iż to ostatnie pojęcie wcale nie jest tak powszechne, jak do niedawna sądzono. Być może, trudności współczesnej fizyki procesów elementarnych biorą się stąd, iż teoretycy próbują ekstrapolować modele zjawisk elektromagnetycznych na inne oddziaływania.

Rozważania powyższe kojarzą się z jednym z najważniejszych aspektów dzieła Kopernika, jakim było stworzenie przesłanek umożliwiających odkrycie prawa ciężenia powszechnego. Sam Kopernik tego prawa nie znał, ale przeczuwał istnienie grawitacji, czego dowodem mogą być następujące słowa z Rozdziału IX Księgi Pierwszej traktatu *O obrotach ciał niebieskich*: „Co do mnie, to sądzę, że ciężkość nie jest niczym innym, jak tylko pewnym popędem przyrodzonym, nadanym cząstkom ciał od Bożej Opatrzności, sprawczyni wszystkiego, ażeby one się jednoczyły i całość stwarzały łącząc się z sobą w postaci kulistej“ [1]. Umieszczając nieruchome Słońce w środku układu planetarnego Kopernik wykonał pierwszy zasadniczy krok na drodze, którą później poszli Kepler, Galileusz i Newton. System Ptolemeusza był czysto kinematyczny i fenomenologiczny: jego celem było opisanie ruchów ciał niebieskich widzianych z Ziemi. Trudno sobie wyobrazić, aby w ramach tego systemu ktokolwiek zdołał odkryć podstawowe prawa ruchu. Uprzywilejowana rola Słońca w układzie Kopernika wyraźnie wskazuje na to, co może być źródłem siły określającej ruch planet. System kopernikański zawierał w załączku prawa dynamiki.

Wypowiadane bywa zdanie, że w świetle współczesnej wiedzy nie można rozstrzygnąć sporu pomiędzy zwolennikami schematu Ptolemeusza i układu Kopernika. Rzekomo, oba te systemy opisują jednakowo dobrze rzeczywistość, czyniąc to z innego punktu widzenia. Na przykład, takie stanowisko zajmuje Cajori w swojej krótkiej *Historii fizyki* [2]. Niektórzy, próbując uzasadnić równoważność obu systemów, powołują się na teorię Einsteina. Dyskusja na ten temat toczyła się przed laty także w Polsce, a Infeld [3] dobitnie wykazał, dlaczego nie mają racji współcześni krytycy Kopernika. Dodajmy tutaj jedynie, że oba systemy: Ptolemeusza i Kopernika, są matematycznymi modelami układu planetarnego. O modelach takich nie można mówić, że są prawdziwe

albo fałszywe, a jedynie porównywać je ze sobą oraz z innymi modelami. Ulepszony przez Keplera model kopernikański wyraźnie góruje nad modelem geocentrycznym, gdyż dostarcza dokładnych, zgodnych z obserwacjami przewidywań, jest prosty i otwarty w tym znaczeniu, że można go uzupełniać w miarę odkrywania nowych składników układu słonecznego. Rysuje się podobieństwo: z jednej strony między układem Ptolemeusza a współczesnymi modelami fenomenologicznymi, stawiającymi sobie za cel znajdowanie prostych korelacji wśród obserwowanych zjawisk, a z drugiej — między układem heliocentrycznym a teoriami dynamicznymi.

Odbierając Ziemi wyróżnione miejsce we Wszechświecie, Kopernik stworzył najważniejszą przesłankę nowoczesnej kosmologii. Dla podkreślenia tego wkładu naszego rodaka mówi się dziś o „zasadzie kopernikańskiej“ [4]. Naturalnym rozszerzeniem tej zasady jest przyjęcie założenia, że zarówno Słońce, jak i cała nasza Galaktyka są „typowe“, a Wszechświat jest przestrzennie jednorodny. Na podstawie takiej „zasady kosmologicznej“ oraz równań pola grawitacyjnego można zbudować newtonowskie i relatywistyczne modele Wszechświata. Wspólną cechą wszystkich tych modeli jest to, że przewidują one ruch materii we Wszechświecie, tzn. rozbieganie się lub zbieganie galaktyk, co zgadza się z obserwowanym przesunięciem ku czerwieni światła padającego na Ziemię z odległych źródeł. Innym, niezbyt zadowalającym przewidywaniem kosmologii einsteinowskiej, jest występowanie stanów osobliwych w historii Wszechświata, w pobliżu których gęstość materii i temperatura rosną nieograniczenie. Dopiero ostatnio, dzięki uwzględnieniu wpływu spinu na geometrię, udało się zbudować modele kosmologiczne bez osobliwości [5] i wstępnie oszacować minimalny promień Wszechświata, R_{\min} . Przyjmując, że Wszechświat jest przestrzennie skończony i zawiera N nukleonów, na podstawie teorii grawitacji Einsteina-Cartana [6] otrzymujemy następujące oszacowanie [7]

$$R_{\min} \approx \left(\frac{NG\hbar^2}{mc^4} \right)^{1/3},$$

gdzie G jest stałą grawitacyjną, a m — masą neutronu.

Literatura

- [1] M. Kopernik, *Wybór pism* w przekładzie polskim. Opracował Ludwik A. Birkenmajer, Kraków 1920.
- [2] F. Cajori, *A History of Physics*, Dover Publ., New York 1962.
- [3] L. Infeld, *Moje wspomnienia o Einsteinie*, Iskry, Warszawa 1956.
- [4] H. Bondi, *Kosmologia* (tłum. z ang.), PWN, Warszawa 1965.
- [5] W. Kopczyński, A Non-singular Universe with Torsion, *Physics Letters*, **39A**, 219 (1972).
- [6] A. Trautman, On the Einstein-Cartan Equations, *Bull. Acad. Polon. Sci., Sér. Sci. Math. Astr. Phys.*, **20**, 185, 503, 893 (1972).
- [7] A. Trautman, Spin and Torsion May Avert Gravitational Singularities, *Nature* (w druku).