

Michał HELLER

JAK BUDUJE SIĘ FUNDAMENTY...?

Twórcą kosmologii relatywistycznej jest oczywiście Albert Einstein ale twórcą kosmologii ROZSZERZAJĄCEGO SIĘ Wszechświata należy uznać Aleksandra Aleksandrowicza Friedmana (1888 — 1925). Wprawdzie de Sitter swoimi pracami przygotował grunt pod tą teorię, a Lemaitre'owi wypada przypisać zasługę oparcia jej na podstawach obserwacyjnych, ale to właśnie Friedman po raz pierwszy odważył się ulec wymowie równań i zgodzić się z tym, że w naturalny sposób prowadzą one do ekspandujących modeli Wszechświata. Zainteresowania kosmologią relatywistyczną wyletniły Friedmanowi tylko kilka ostatnich lat życia, ale to wystarczyło, by zapisał się on na trwałe w historii tej dyscypliny¹.

Jest rzeczą mało znaną, zwłaszcza wśród kosmologów zachodnich, że już w 1922 roku Aleksander Friedman wydał popularną książkę o teorii względności i kosmologii pt. *Świat jako przestrzeń i czas*².

To niewielkich rozmiarów dziełko odznacza się niezwykle jasnością, która przejrzystość matematyki (autor, mimo popularnego wykładu, nie unika wzorów matematycznych) łączy z prostotą, ale i mądrością komentarzy. Mimo kilkudziesięciu lat, jakie dzieli nas od napisania tej książki, nie straciła ona swojej atrakcyjności. Wprawdzie od tamtych czasów matematyczny aparat teorii względności przybrał bardziej, wykończoną postać, a kosmologia ciągle znajduje się w stanie burzliwego rozwoju, Friedman, mimo wszystko, nie potrafi ukazać dzisiejszemu czytelnikowi, jak buduje się fundamenty. Obecnie zbyt często sięgamy po gotowe wyniki, ciesząc się nimi jak kolejnymi sensacjami, podczas gdy naprawdę wielkie rzeczy kryją się zwykle w podstawach.

*UWAGA: Tekst został zrekonstruowany przy pomocy środków automatycznych; możliwe są więc pewne błędy, których sygnalizacja jest mile widziana (obi@opoka.org). Tekst elektroniczny posiada odrębną numerację stron.

¹Na temat kosmologicznych poglądów Friedmana pisałem obszerniej w art.: *Friedman's Cosmological Views*, „Acta Cosmologica” 13, 1985, 65–70.

²*Mir kak prostranstwo i wriemia*, Izd. „Nauka i Szkoła”, Piotrograd 1922.

Książka Friedmana była początkowo przeznaczona jako artykuł (czy raczej seria artykułów) do filozoficznego czasopisma „Myśl”. Okoliczność ta usprawiedliwiła kilka uwag, poczynionych przez Friedmana na wstępie, na temat stosunku nowej kosmologii do filozofii. „Świat — pisał Friedman z którego schematyczny obraz został stworzony przez zasadę względności³, to świat nauk przyrodniczych, czyli zbiór tylko takich obiektów, które mogą być zmierzone lub opisane przy pomocy liczb. Dlatego też świat ten jest niekończenie uboższy od Wszechświata, o jakim mówi filozof”. Dostrzeżenie metodologicznych ograniczeń teorii przyrodniczych jest pierwszym warunkiem naukowego obiektywizmu. Warunek ten — jak widać — Friedman spełnił, choć w tamtych czasach nie było to wcale rzeczą taką łatwą jak obecnie.

A więc znaczenia kosmologii dla dociekań filozoficznych nie należy przeceniać, ale nie wolno go także nie doceniać. Friedman pisał: „Potężny i śmiały rozmach, charakterystyczny dla ogólnych koncepcji i idei zasady względności, dotyczący takich obszarów jak przestrzeń i czas (prawda i mierzalność), powinien oczywiście wyrzucić wrażenie, jeśli nie po prostu wpływ, na rozwój idei współczesnej filozofii, zbyt często umieszczającej się ponad 'mierzalnym' światem nauk przyrodniczych”.

Książka Friedmana składa się z trzech rozdziałów. Oto ich tytuły: 1. Przestrzeń, 2. Czas i świat, 3. Grawitacja i materia. Poniżej zamieszczamy polski przekład pierwszych trzech paragrafów pierwszego rozdziału. Są to, moim zdaniem, jedne z najpiękniejszych fragmentów książki. Autor omawia w nich arytmetyzację przestrzeni, pojęcie metryki przestrzeni i stosunek tych geometrycznych konstrukcji do fizycznej rzeczywistości.

Dziś „zarytmetyzowaną przestrzeń” Friedmana nazwalibyśmy różniczkowalną. Konstrukcja Friedmana przypomina konstrukcję przedstawioną przez Hermana Weyla w jego znanej książce *Raum — Zeit — Materie*. Książkę tę zresztą Friedman cytuje⁴ wśród innych trzech książek⁵, jakie na końcu wstępu rekomenduje czytelnikowi.

Pojęcie różniczkowalności, jeszcze w pierwszej połowie XIX wieku, zaczęło wyłaniać się z różnych działów matematyki, wymagających badania przestrzeni, które by miały lokalnie własności przestrzeni Eukli-

³To, co Friedman rozumie przez „zasadę względności”, dziś nazywamy po prostu teorią względności.

⁴Friedman cytuje czwarte wydanie książki Weyla z 1921 r.

⁵Są nimi dzieła von Laue'go. *Die Relativitätstheorie* (1921), Eddingtona, *Space, Temps et Gravitation* (1921), Hilberta, *Die Grundlagen der Physik* (1916).

desa. Istotny wkład wnieśli tu Riemann w związku z jego badaniami podstaw geometrii i Poincaré przy okazji rozwijania teorii równań różniczkowych. W roku 1913 Weyl dysponował już poprawną definicją rozmaitości, choć dostosował ją tylko dla dwu wymiarów. Dalsze prace Weyla (w tym także jego książka *Raum — Zeit — Materie* w swoich kolejnych wydaniach) przyczyniły się do okrzepnięcia pojęcia rozmaitości i do jego coraz lepszego rozumienia. Ale dopiero po roku 1950 pojęcie to zrobiło zawrotną karierę, stając się podstawą nowoczesnej geometrii różniczkowej i współczesnej teorii czasoprzestrzeni. Friedman już na początku lat dwudziestych zrozumiał, że właśnie z tym pojęciem rozmaitości (choć jeszcze wtedy nie nazwanym) należy związać podstawy „świata jako przestrzeni i czasu”.

Na uwagę zasługuje fakt, że Friedman od samego początku konstruuje swoją „zarytmetyzowaną przestrzeń” w ścisłym nawiązaniu do fizycznych pomiarów. Także przy omawianiu metryki czytelnik napotka obszerniejszy passus na temat jej fizycznej interpretacji. Friedman okazuje się metodologicznym pedantem. Starannie rozróżnia on pomiędzy geometryczną przestrzenią a jej interpretacją w kategoriach pomiarów. Rozróżnienie to odpowiada dokładnie temu, co wyraził Einstein w swoim słynnym odczycie w 1921 roku, wygłoszonym wobec Pruskiej Akademii Nauk, zatytułowanym *Geometria i doświadczenie*⁶. Gdyby późniejsi popularyzatorzy teorii względności odznaczeni się podobnym do Friedmana poczuciem metodologicznego porządku, wiele jałowych sporów mogłoby zostać oszczędzonych naszemu stuleciu.

Aleksander Friedman zmarł w 1925 roku. Dopiero za cztery lata Edwin Hubble miał obserwacyjnie odkryć „rozszerzanie się Wszechświata”. Modele kosmologiczne Friedmana czekały gotowe na tę rewolucję. W ten sposób rozpoczęła się jedna z największych intelektualnych przygód ludzkości dwudziestego wieku: gwałtowna ekspansja kosmologii, nauki o ekspandującym świecie.

⁶ *Geometry and Experience*, A. Einstein, *Ideas and Opinions*, Dell, 1978, ss. 227–243.