

Tadeusz M. SIEROTOWICZ

MIKROFALOWE PROMIENIOWANIE TŁA — W ROCZNICĘ ODKRYCIA

W 1990 roku minęła 25 rocznica odkrycia mikrofalowego promieniowania tła, zwanego również promieniowaniem reliktowym¹. Aczkolwiek naukowcy unikają raczej fetowania tego typu rocznic, warto poświęcić nieco uwagi odkryciu, które otwarło przed współczesną kosmologią nowe perspektywy i przyczyniło się do jej szybkiego rozwoju. Miarą znaczenia mikrofalowego promieniowania tła dla współczesnej kosmologii, jest niezmiernie bogata literatura (ciągle zresztą pomnażana), poświęcona rozmaitym zagadnieniom związanym z promieniowaniem reliktowym. Ponieważ przedstawienie tego teoretycznego i obserwacyjnego dorobku współczesnej kosmologii wymagałoby oddzielnej monografii, pragnę w niniejszym, rocznicowym artykule podjąć temat przypadkowości odkrycia promieniowania relikowego, który to temat wydaje się być interesujący tak dla filozofii kosmologii, jak i dla filozofii nauki.

Historia nauki notuje wiele odkryć, które naukowcy zawdzięczają szczęśliwemu zbiegowi okoliczności, a nawet przypadkowi. Powyższe stwierdzenie należy rozumieć w tym sensie, iż wiele odkryć zostało dokonanych dzięki eksperymentom (lub obserwacjom), które nie były przygotowywane (lub przeprowadzone) specjalnie w celu odkrycia (lub zaobserwowania) danego fenomenu. Przykładem odkrycia przypadkowego jest właśnie odkrycie mikrofa-

*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.

¹Mikrofalowe promieniowanie tła jest promieniowaniem elektromagnetycznym o temperaturze około 3°K, „równomiernie” wypełniającym otaczający nas Wszechświat. W opinii znakomitej większości kosmologów, promieniowanie to pochodzi z wczesnych etapów historii Wszechświata. Odkrycie tego promieniowania odegrało decydującą rolę w ustaleniu się tzw. standardowego (ewolucyjnego) modelu Wszechświata, który wyparł niemal całkowicie teorię stanu stacjonarnego.

lowego promieniowania tła, które zostało dokonane w 1965 roku² przez uczonych, przygotowujących się do całkiem innego eksperymentu. Odkrywczy tego promieniowania, Arno Penzias i Robert Wilson, zamierzali bowiem dokonać pomiaru absolutnej intensywności emisji wzorcowych źródeł promieniowania kosmicznego w zakresie radiowym (radioźródeł standardowych) oraz pomiaru poziomu szumów tła nieba, czyli pomiaru natężenia promieniowania radiowego docierającego z tych obszarów nieba, które nie są „zajmowane” przez radioźródła³. Niektórzy autorzy zamierzali wykorzystać te ostatnie pomiary jako kryterium wyboru między różnymi modelami kosmologicznymi⁴. Autorzy ci nie traktowali jednak promieniowania tła nieba jako reliktu wczesnej epoki w historii Wszechświata, stąd też zamierzenia tego typu nie mogą być interpretowane jako celowe poszukiwanie promieniowania relikтового.

Przed przystąpieniem do zaplanowanych pomiarów, Penzias i Wilson wykonali testy sprawdzające aparaturę pomiarową, którą dysponowali. W trakcie tych przygotowawczych pomiarów okazało się jednak, iż ich odbiornik promieniowania mikrofalowego, niezależnie od obszaru nieba, na który go skierowano, rejestruje pewną stałą nadwyżkę promieniowania radiowego, którego źródła Penzias i Wilson nie potrafili ustalić⁵. O tym, iż za ową nadwyżkę może ponosić odpowiedzialność promieniowanie reliktowe, Penzias i Wilson dowiedzieli się od teoretyków z Princeton (z grupy R. J. Dicke’a), z którymi zetknęli się przypadkowo. Po serii wzajemnych wizyt i konsultacji — (obie grupy pracowały w ośrodkach oddalonych od siebie o kilkadziesiąt mil) — postanowiono opublikować dwa oddzielne komunikaty. Jeden (Penziasa i Wilsona)⁶ donosił o zaobserwowanej nadwyżce promieniowania, drugi

²Odkrywczy tego promieniowania prowadzili swoje badania od 1964 roku. Doniesienie o tym odkryciu ukazało się w 1965 roku w „The Astrophysical Journal” (por. przypis 6).

³Rozważania dotyczące jasności tła nieba mają swoją długą tradycję sięgającą co najmniej czasów Olbersa, który w rozprawie opublikowanej w 1823 roku usiłował odpowiedzieć na pytanie, dlaczego nocne niebo jest ciemne. Pytanie to okazało się niebanalne i wywołało trwającą niemal po dziś dzień dyskusję nad tym problemem, określanym w literaturze jako paradoks Olbersa.

⁴Por. W. Davidson, *Radio Background as a Criterion for Cosmological Models*, „Nature” 1961/1962, s. 155–156.

⁵Jako możliwe źródła owej nadwyżki, Penzias i Wilson rozważali np. pewne efekty aparaturowe, atmosferyczne pozostałości po niedawnej próbie jądrowej oraz parę gołębi, które uwiła sobie gniazdo w antenie ich odbiornika, pokrywając ją jednocześnie białym, dielektrycznym materiałem.

⁶A. Penzias, R. Wilson, *A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s*, „The Astrophysical Journal” 142/1965, s. 419–421.

zaś (Dicke'a i jego współpracowników)⁷ interpretował ją jako mikrofalowe promieniowanie tła. Doniesienie Penziasa i Wilsona było bardzo krótkie i liczyło zaledwie 600 słów. Przyniosło im jednak nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki za rok 1978.

Przedstawiona wyżej (w wielkim skrócie) historia odkrycia promieniowania tła wskazuje, iż odkrycie Penziasa i Wilsona może być uznane za przykład odkrycia przypadkowego⁸. Nie jest to jednak wszystko, co należałoby powiedzieć o tym odkryciu, bowiem interesujący splot wydarzeń poprzedzających to odkrycie jest — jak sądzę — bardzo interesujący z punktu widzenia metodologii nauki.

Jako pierwszy ideę pozostałości po pierwotnym wybuchu, rozpoczynającym historię Wszechświata, rozważał Lemaitre w latach trzydziestych obecnego stulecia (w ramach teorii Pierwotnego Atomu) zmierzał on również do zaobserwowania reliktu owego wybuchu. W jego interpretacji taką pozostałością po „początku” Wszechświata miało być promieniowanie kosmiczne.

W 1948 roku R. Alpher i R. Herman opublikowali pracę, w której przewidywali istnienie mikrofalowego promieniowania tła będącego reliktem wczesnej, gorącej fazy w historii Wszechświata. Wedle ich ocen miało ono mieć temperaturę około 5°K. Te i inne prace przygotowywane przez tych autorów we współpracy z G. Gamowem, były jednak zasadniczo zorientowane na zaproponowanie mechanizmu tworzenia pierwiastków na wczesnych etapach rozwoju Wszechświata i nie omawiały szczegółowo zagadnienia promieniowania tła oraz nie proponowały obserwacyjnego poszukiwania tego promieniowania, m. in. z powodu niedostatecznego stopnia, rozwoju ówczesnej radioastronomii⁹. Stwierdzić jednak należy, iż to właśnie teoretyczne prace Alphera, Hermana i Gamowa po raz pierwszy opisały to, co w 1965 roku odkryli Penzias i Wilson.

W sposób świadomy mikrofalowego promieniowania tła (rozumianego jako relik wczesnej i gorącej fazy w historii Wszechświata) szukać zaczęli P. Roll i D. Wilkinson w pierwszej połowie lat sześćdziesiątych w Princeton. Byli oni inspirowani koncepcjami wspomnianej grupy teoretyków R. Dicke'a,

⁷R. Dicke, P. Peebles, P. Roll, D. Wilkinson, *Cosmic Black-Body Background*, „The Astrophysical Journal” 142/1965, s. 414–419.

⁸Omawiane tu zagadnienia przedstawiają szerzej M. Heller, *Ewolucja kosmosu i kosmologii*, Warszawa 1983, oraz S. Weinberg, *Pierwsze trzy minuty*, Warszawa 1980.

⁹Alpher i Herman próbowali ocenić możliwość zaobserwowania promieniowania relikowego, ale eksperci z Naval Research Laboratory i z National Bureau of Standards byli zdania, iż ówczesna aparatura nie jest w stanie zmierzyć temperatur rzędu 5–10°K (por. S. Weinberg, dz.cyt., s. 155–156).

rozwijanymi zwłaszcza przez P. Peeblsa (Dicke i Peebles nic nie wiedzieli o pracach Alpera, Hermana i Gamowa na temat mikrofalowego promieniowania tła). Koncepcje te zakładały model oscylującego Wszechświata, w którym promieniowanie tła było pozostałością po etapie kurczenia się Wszechświata w poprzednim cyklu. Roll i Wilkinson zostali jednak uprzedzeni przez Penziasa i Wilsona.

Warto tu jeszcze zwrócić uwagę, iż mikrofalowe promieniowanie tła było właściwie zaobserwowane przez W. Adamsa i A. McKellara, już na początku lat czterdziestych. Badacze ci zaobserwowali w widmie gwiazdy ζ *Ophiuchi*, linię absorpcyjną (o długości 3,85 angstrémów) pochodzącą od molekuł CN (cyjanogen), znajdujących się w przestrzeni międzygwiazdowej i tworzących obłok leżący na linii widzenia z Ziemi do tej gwiazdy. Linia ta składała się w istocie z trzech składowych i jak pokazały obliczenia McKellara, jedna spośród nich mogłaby powstać, gdyby molekuły cyjanogenu były zanurzone w promieniowaniu elektromagnetycznym o temperaturze około 2,7°K. Wyjaśnienie McKellara nie było jednak akceptowane i obecność wspomnianej składowej linii absorpcyjnej CN w widmie gwiazdy ζ *Ophiuchi*, długo pozostawała niezrozumiała. Dopiero po odkryciu mikrofalowego promieniowania tła w 1965 roku, G. Field, N. Woolf i I. Szklowski, niezależnie od siebie, zauważyli, że molekuły CN muszą być zanurzone w promieniowaniu reliktowym o temperaturze około 3°K, co wyjaśnia wyniki obserwacji Adamsa i McKellara. Dalsze obliczenia i obserwacje potwierdziły ten wniosek.

Przedstawione wyżej uwagi prowadzą do wniosku, iż już na podstawie idei Alpera, Hermana i Gamowa można było podjąć poszukiwania mikrofalowego promieniowania tła. Techniczna możliwość takich obserwacji pojawiła się około 1946 roku, kiedy to Dicke skonstruował odpowiedni odbiornik pracujący w zakresie mikrofalowym, który posłużył mu do oceny górnej granicy temperatury równoważnej dowolnego, pozaziemskiego promieniowania izotropowego w zakresie mikrofalowym. Oceny te zostały dokonane przy okazji badań nad pochłanianiem atmosferycznym i nie miały charakteru kosmologicznego, nadto Dicke szybko zapomniał o tych pomiarach¹⁰. Celowych poszukiwań mikrofalowego promieniowania tła jednak nie podjęto a nawet stwierdzić można, iż radioastronomowie nie wiedzieli, że powinni szukać takiego promieniowania. Z jednej więc strony odkrycie to dokonało się za sprawę przypadku. Z drugiej zaś strony można słusznie chyba domniemywać, iż prace zespołu Roll–Wilkinson (którzy jako pierwsi potwierdzili odkrycie Penziasa i Wilsona) doprowadziłyby do tego odkrycia w sposób

¹⁰Por. S. Weinberg, dz. cyt., s. 151–152.

zamierzony. Tak więc odkrycie mikrofalowego promieniowania tła od strony faktów jest odkryciem przypadkowym, niemniej uwzględnienie szerszego kontekstu tego odkrycia osłabia nieco jego „przypadkowość”. Przedstawiona wyżej historia odkrycia (rzec można przypadkowego od strony faktów), może jednak posłużyć za punkt wyjścia do pewnych ogólniejszych refleksji.

Wpierw warto zwrócić uwagę na racje, dla których nie podejmowano poszukiwań mikrofalowego promieniowania tła. Pierwszą z nich jest teoretyczny kontekst koncepcji Alpera, Hermana i Gamowa. Zmierzała ona mianowicie do stworzenia teorii wyjaśniającej powstanie wszystkich pierwiastków złożonych we wczesnych etapach historii Wszechświata. Teoria ta natrafiła jednak na spore trudności z wyjaśnieniem przyczyny powstania pierwiastków cięższych niż hel. Był to jeden z powodów, dla których uczeni nieufnie odnosili się do tych koncepcji zwłaszcza, iż znany był alternatywny model „umieszczający” proces syntezy pierwiastków we wnętrzach gwiazd (tzw. teoria B^2FH). Nadto wielu kosmologów było wtedy bardziej zainteresowanych teorią stanu stacjonarnego niż modelami ewolucyjnymi, co dodatkowo osłabiało możliwość oddziaływania koncepcji Alpera, Hermana i Gamowa¹¹. Inną przyczyną nie podejmowania poszukiwań promieniowania tła była słaba więź między teoretykami a eksperymentatorami¹², który to problem jest ciągle aktualny.

S. Weinberg w swej szeroko znanej książce *Pierwsze trzy minuty*¹³, szczególnie podkreśla inną jeszcze rację omawianego tutaj stanu rzeczy. Mianowicie zwraca on uwagę na fakt, iż fizykom w tamtych latach trudno było poważnie traktować teorie opisujące bardzo „młody” Wszechświat. Wydawało się bowiem, iż ówczesny aparat mechaniki statystycznej i fizyki jądrowej nie wystarcza do opisu tak niezwykłych warunków jakie musiały wtedy panować. Trudno było zatem uświadomić sobie, iż rozważania dotyczące wczesnej historii Wszechświata mają coś wspólnego z rzeczywistością. Dlatego

¹¹Alpher i Herman, komentując swe wczesne prace na temat syntezy pierwiastków, tak piszą o intelektualnym klimacie tych lat: *The expansion of the universe was an accepted phenomenon, but many — including Einstein — still appeared to be more comfortable with the idea of a static cosmos. Thus the intellectual soil was fertile for the steady-state theory.* Por. R. Alpher i R. Herman, *Reflections on Early Work on „Big Bang” Cosmology*, „Physics Today” 41/1988, s. 25.

¹²Za jedną z przyczyn braku więzi między teorią a eksperymentem w kosmologii może być uznany fakt zbyt dużej ogólności praw i teorii fizycznych, które są stosowane przy opisie Wszechświata jako całości. Powoduje to sytuację, w której teoria dopuszcza szeroką gamę możliwości, z której nie wszystkie — z braku czasu i środków — mogą być sprawdzone.

¹³S. Weinberg, dz. cyt., s. 165–157.

też jednym z najważniejszych rezultatów odkrycia promieniowania tła, było w tym kontekście uświadomienie możliwości owocnego badania pierwszych chwil istnienia Wszechświata, co podnosi znaczenie prac Alphera, Hermana i Gamowa, którzy na przekór panującym wtedy przekonaniom, bardzo poważnie potraktowali procesy zachodzące we wczesnym Wszechświecie.

Niektórzy filozofowie nauki wiele miejsca poświęcają odkryciom przypadkowym, widząc w nich potwierdzenie pewnych koncepcji rozwoju nauki. Przykładem takiego podejścia jest praca Douglasa Shradera¹⁴, przedstawiająca ewolucyjną koncepcję rozwoju nauki na podobieństwo rozwoju form biologicznych. W koncepcji tej przypadek, błąd, olśnienie czy treść posiadanej wiedzy są traktowane jako równoprawne i istotne mechanizmy prowadzące do nowych odkryć naukowych.

Prace tego typu charakteryzują się zwykle dużą liczbą odnośników do opracowań z zakresu historii i socjologii nauki. Pomijając szerszą prezentację analiz tego typu, stwierdzić jednak trzeba fakt, iż wiele ważnych odkryć naukowych będących — w mniejszym lub większym stopniu — dziełem przypadku, musi skłaniać do ogólniejszych refleksji nad mechanizmami rozwoju nauki i jej istotą. Jest to szczególnie interesujące i ważne w przypadku kosmologii — nauki, która mimo swej długiej historii dopiero w dwudziestym wieku stała się nauką eksperymentalną.

Dla niektórych autorów fakt, iż większość ważnych odkryć o znaczeniu kosmologicznym to odkrycia przypadkowe, jest dowodem niedoskonałości teoretycznych środków kosmologii¹⁵. Inni natomiast są zdania, iż w kosmologii przypadkowość odkryć zawsze będzie występowała. Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy wyrazić można prostą konstatacją: istnieje tylko jeden Wszechświat (chodzi o Wszechświat obserwowany). Powoduje to sytuację, w której pojęcie wielości „wszechświatów” może stać się tematem rozważań wyłącznie teoretycznych, natomiast obserwatorzy zadowolili się muszą Wszechświatem realnie istniejącym, który może być jedynie przedmiotem biernej obserwacji, a nie eksperymentu z dowolnie ustalonymi warunkami i parametrami. Wydaje się być zatem zrozumiały fakt, iż obserwowana rzeczywistość wyprzedza jakby człowieka, zaskakując go takimi czy innymi fenomenami.

¹⁴D. Shrader, *The Evolutionary Development of Science*, „The Review of Metaphysics” 34/1980, s. 233–296.

¹⁵M. Harwit, *Cosmic Discovery*, Cambridge 1984, s. 22–23, 244–245. Zob. też przypis 12 niniejszego artykułu.

Historia wielu odkryć przypadkowych (w tym i odkrycia mikrofalowego promieniowania tła) prowadzi do jeszcze jednej interesującej obserwacji. Mianowicie uczoney dokonujący takiego odkrycia dochodzi do sytuacji, w której musi zaufać bardziej instrumentowi niż modelom teoretycznym, swym własnym poglądom czy panującej powszechnie opinii. Można powiedzieć, iż to właśnie dokładne sprawdzenie przyrządu pomiarowego leży często u podstaw odkrycia, które dostarcza nowego zdania bazowego, będącego podstawą dalszych rozważań teoretycznych. Powyższa uwaga raz jeszcze uwydatnia rolę rzetelności w wykonywaniu eksperymentów oraz konieczność posiadania intelektualnej odwagi rezygnacji z tego, co wydaje się szeroko akceptowane, o ile wynik eksperymentu tego wymaga.

Tadeusz M. Sierotowicz