

Edwin PRZESZŁOWSKI

KONCEPCJA HISTORII KOSMOLOGII  
W „KRÓTKIEJ HISTORII CZASU”  
S. W. HAWKINGA<sup>0</sup>

(cz. 1)

Któż z nas nie zna lub przynajmniej nie słyszał o *Krótkiej historii czasu*? Od kilku już lat książka Hawkinga w coraz to nowych wydaniach okupuje witryny księgarń na całym niemal świecie, ciesząc się nie słabnącym powodzeniem. Chcąc w jakiś sensowny sposób wytłumaczyć ten niezwykle fenomen, niewątpliwie w pierwszym rzędzie trzeba wskazać na samą osobę autora. Człowiek przykuty do wózka inwalidzkiego, niezdolny do wykonania najmniejszego ruchu, a równocześnie jeden z największych uczonych naszego wieku, penetrujący swoim umysłem najdalsze zakątki Wszechświata — taki człowiek musi budzić ciekawość. A jeżeli ten człowiek pisze w dodatku prosto i zrozumiale o sprawach najtrudniejszych, związanych z czasem i przestrzenią, to mamy już gotową odpowiedź na pytanie o przyczynę tak spektakularnego sukcesu wydawniczego. Dzięki książce Hawkinga wielu poszukujących, aczkolwiek przeciętnych, „zjadaczy chleba” miało możliwość dotknięcia tych obszarów wiedzy, które dotychczas pozostawały zarezerwowane dla specjalistów; wielu po lekturze mogło stwierdzić z zadowoleniem, że „teraz już mniej więcej rozumiem, na czym TO polega”. I można by się właściwie poddać temu ogólnemu zadowoleniu, gdyby nie fakt, że w kręgach specjalistów książka Hawkinga wywołała rezerwę, a niekiedy wręcz ostrą krytykę. Zarzucono autorowi czarno-białe, schematyczne przedstawienie historii kosmologii, pływiczną filozoficzną a nawet teologiczną ignorancję, a przede wszystkim pewną naukową niesolidność, polegającą na tym, że lektura stwarza nieodparte wrażenie (zwłaszcza u nieprzygotowanego czytelnika), iż prace Hawkinga

---

\*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.

<sup>0</sup>Artykuł jest częścią większej całości.

nie tylko stanowią już ostateczne rozwiązanie najważniejszych problemów współczesnej fizyki, ale są w ogóle jedynymi liczącymi się pracami w tej dziedzinie.

Zamierzeniem niniejszego artykułu jest wykazanie, że historia kosmologii zaprezentowana w książce Hawkinga opiera się na pewnych schematach myślowych i procedurach badawczych charakterystycznych dla filozofii pozytywistycznej, przy czym przedmiotem analizy będzie okres dziejów idei kosmologicznych od starożytności (a konkretnie od Arystotelesa) do wieku XVII i związanego z nim dzieła Izaaka Newtona.

## I. POZYTYWISTYCZNA METODOLOGIA W HISTORII NAUKI I JEJ KRYTYCY

Jeden ze współzałożycieli Koła Wiedeńskiego, H. Feigl, wyznał na początku lat siedemdziesiątych, że wśród czynników, które wpłynęły na kształtowanie się postulatów wczesnego neopozytywizmu, szczególną rolę odegrała moda na empiryzm oraz nieznamość historii nauki. Oto kilka jego samokrytycznych uwag dotyczących uproszczeń historii nauki rozwijanej w okresie Koła Wiedeńskiego: „Niektórzy z nas zadowalali się 'liżnięciem wiedzy' w kwestiach dotyczących historycznego rozwoju nauki, jej uwarunkowań socjo-ekonomicznych, psychologii odkrycia, teorii wynalazku etc. Niektórzy z nas, dumni ze swego empiryzmu, przez pewien czas raczej bezwstydnie 'podrabiali' pewne okresy z rozwoju nauki w apriorycznym stylu[...] Pletliśmy wówczas: W ten sposób musieli dojść do swych idei Galileusz czy Newton, Darwin czy Einstein (dla przykładu). Jeśli nawet czasem źródła były niekompletne czy niedokładne, to jednak były one dostępne, lecz my i tak rzadko korzystaliśmy z nich. Większość z nas powinna pokutować za to”<sup>1</sup>.

Skutkiem takiego podejścia do historii nauki było ukształtowanie się w dobie neopozytywizmu pewnych schematycznych i błędnych przekonań, rozmiągających się z faktami historycznymi. Przykładem tego może być chociażby znana pozytywistyczna opinia głosząca, że postęp w nauce rozpoczął się dopiero w czasach Newtona, natomiast epoki wcześniejsze (starożytność, średniowiecze) to okres zacofania, ciemnoty i obskurantyzmu. Pogląd ten, chociaż już dawno został w nauce obalony, wciąż jednak funkcjonuje w świadomości niektórych powierzchownych badaczy. Innym obiegowym schematem pozytywistycznym jest tak zwana afera Galileusza, przedstawiana jako merytoryczny konflikt przyrodnictwa z re-

---

<sup>1</sup>Por. H. Feigl, *Beyond Peaceful Coexistence*, w: *Historical and Philosophical Perspectives of Science*, Minneapolis 1970, 3; por. także J. Życiński, *Język i metoda*, SIW ZNAK, Kraków 1983, 104, 140–141.

ligią, jak również szereg dalszych udratyzowanych opisów konfliktów nauki z myślą pozanaukową. Wszystkie te błędy i nieścisłości wynikają z apriorycznego podejścia do danych historycznych oraz z prawie całkowitego zaniechania sięgania do źródeł.

Zupełnie nowe spojrzenie na historię nauki narodziło się w pierwszej połowie naszego stulecia. Niektórzy badacze (jak na przykład S. Kamiński) przesuwają ten doniosły fakt nawet na koniec XIX wieku, łącząc go z utworzeniem pierwszej katedry historii nauki w Collège de France, w roku 1892 (objął ją P. Tannery). Badania takich historyków nauki, jak P. Duhem, A. Koyré, P. Cohen czy G. Holton, ujawniły, że rzeczywista nauka w swoim dziejowym rozwoju była czymś zasadniczo odmiennym od nauki „rekonstruowanej” przez pozytywistycznych metodologów. Więcej jeszcze, okazało się ponad wszelką wątpliwość — na przekór pozytywistycznym kanonom — że nauki nigdy nie były odizolowane od wpływów ze strony filozofii a nawet teologii. Wpływy te, najczęściej obustronne, zwykle stanowiły jeden z najważniejszych czynników decydujących o obliczu nauki danej epoki.

Jednym z najważniejszych osiągnięć wypracowanych przez nowoczesną historię nauki jest wykazanie fałszywości pozytywistycznego spojrzenia na starożytność i wieki średnie. Przyczynił się do tego zwłaszcza francuski historyk nauki Pierre Duhem (1861–1916). Będąc z wykształcenia fizykiem, zajmował się głównie metodologią i historią swej specjalności. W ten sposób szczęśliwie wiązał zainteresowania metodologiczne z kompetencjami fizyka oraz historyka fizyki, a także z docieklivością, wprawdzie już bardziej amatorską, ale niemniej nader owocną, psychologa i socjologa pracy badawczej.

Duhem prowadził metodologiczne badania tego typu, które dziś zaliczylibyśmy do metodologii pragmatycznej. Dociekał on bowiem celów, jakimi kierują się badacze uprawiający swą dyscyplinę i jakie czynności wykonują po to, by realizować przyjęte zadania. Swe badania metodologiczne ściśle wiązał z badaniami historycznymi. Jego zdaniem, nie można poprawnie uprawiać metodologii nauk, jeśli nie uwzględnia się w badaniach metodologicznych rezultatów badań z zakresu historii nauki. „Uprawiać historię początków fizyki — pisze Duhem — to to samo, co zajmować się logiczną analizą (fizyki)”. Metodologiczne badania, prowadzone — jak mówi Duhem — „metodą historyczną”, posiadają nie tylko dużą doniosłość teoretyczną, ale są przede wszystkim bardzo cenne z praktycznego punktu widzenia, gdyż dzieje fizyki są kondensacją doświadczeń całych generacji uczonych. Studium tych doświadczeń pozwala początkującemu badaczowi uniknąć tych błędów, które popełniali jego,

nierzadko genialni, poprzednicy. Studia historyczno–metodologiczne dostarczają cennych wskazówek, jakiego typu problemy należy podejmować, a jakich należy unikać oraz jakimi metodami dobrze postawione problemy należy rozwiązywać. I tak na przykład dzieje fizyki pouczają o tym, że nie należy wysuwać zagadnień domagających się wskazania metafizycznej natury zjawisk fizykalnych. Dzieje te pouczają również, że nie sposób dochodzić do hipotez i praw fizyki metodą indukcyjną. Rzetelna wiedza historyczna chroni badacza zarówno przed niebezpieczeństwem dogmatyzmu, jak i przed zasadzkami „desperackiego sceptycyzmu”<sup>2</sup>.

Wnioski ze swoich badań historycznych zamieścił Duhem w monumentalnym dziele *Les systèmes du monde (System świata)*. Wielu do dnia dzisiejszego uważa je za najwybitniejsze dzieło w historii nauki. Jest to historia doktryn kosmologicznych od czasów starożytnych aż do Kopernika. Duhem wykazał w swej pracy, że nauka starożytna i średniowieczna stały na bardzo wysokim poziomie, i bez nich nie byłaby możliwa rewolucja naukowa, jaka dokonała się na początku czasów nowożytnych.

Starożytność dokonała pierwszego zasadniczego kroku na drodze racjonalizacji poznania. Było to dzieło doniosłe, ale jeszcze mało efektywne, jeśli chodzi o nauki szczegółowe. Stanowiły one bowiem margines intelektualnej działalności społeczeństwa, gdyż głównie interesowano się filozofią. Systemy filozoficzne stanowiły dorobek trwały i bardzo owocny jako spekulatywno–mądrościowa wiedza. Szczytem osiągnięć racjonalizacji stały się dopiero systematyczne ujęcia matematyki i fizyki okresu hellenistycznego. W Rzymie nastąpiło odejście od zainteresowań teoretycznych, a w końcu doszło do zaniku całego niemal dorobku refleksji nad nauką. Średniowiecze powoli odzyskało zasadnicze idee racjonalnego wyjaśniania, zwłaszcza w formie dedukcji euklidesowej. Stworzono koncepcję spekulatywnej teologii, rozwinięto sposób budowania systemu filozoficzno–naukowego drogą przyjęcia oczywistych pryncypiów oraz stosowania definicji, podziałów, rozróżnień i rozumowań sylogistycznych, wykształcono metodę dydaktyczną (scholastyczna metoda komentarzy, sum i dyskusji). W końcu średniowiecza dokonano rewolucji metodologicznej (rewizja tradycyjnych pojęć i poglądów; koncepcja „drabiny” przyrody ożywionej; rozszerzenie stosowalności matematyki w fizyce, do czego klucz stanowiła teoria światła; na przykładzie przestrzeni i ruchu matematyzacja dynamiki), która — podbudowana przez nowożytną matematykę i filozofię typu platońskiego oraz dalej rozwijana — przyczyniła się do ukształtowania nowoczesnej nauki. Właśnie w średniowieczu Du-

---

<sup>2</sup>Por. A. Siemianowski, *Pogląd Pierre Duhema na rolę teorii fizykalnych*, „*Studia Philosophiae Christianae*” 9 (1973), nr 2, 153–155.

hem umiejscawia linię graniczną dzielącą panowanie dawnej i nowożytnej nauki, a uważa za tę linię moment powstania teorii impetu.

Dzieło Duhema, poparte solidnymi badaniami źródeł, odegrało ogromną rolę w interesującej nas dziedzinie, ponieważ zmieniło stosunek historyków do wieków średnich. Przez pryzmat tych badań świat nowożytny zaczął być postrzegany jako kontynuacja świata średniowiecznego, a nie wyłącznie jako reakcja na niego. Tylko zewnętrzne okoliczności (bezpośrednie powiązanie nauki z filozofią i teologią, niedostateczny dla potrzeb fizyki rozwój matematyki oraz brak druku) nie pozwoliły, aby ta pierwsza, oryginalna i przełomowa, ale — niestety — nie doceniona faza rewolucji naukowej, przybrała charakter dostatecznie powszechny, silny i przeobrażający całą kulturę<sup>3</sup>.

Metoda wypracowana przez Pierre Duhema znalazła kontynuatorów w następnych pokoleniach historyków nauki, wśród których trzeba wskazać przede wszystkim na postać Alexandrea Koyrégo (1892–1964), autora między innymi takich książek z interesującej nas dziedziny, jak *Etudes Newtoniennes* oraz *Etudes d'histoire de la pensée scientifique*. Historię nauki zainteresował się on w trakcie studiów nad paradoksami Zenona z Elei oraz nad mistyką Jakuba Boehme. Zwłaszcza przypadek tego ostatniego, polegający na niemożności zrozumienia zupełnie nienaukowego tekstu bez nawiązania do naukowego obrazu świata, zwrócił uwagę Koyrégo w kierunku historii nauki. W swojej autobiografii napisze on wyraźnie: „Te rozważania doprowadziły, czy raczej zaniósł mnie do studiów nad myślą naukową. Zająłem się najpierw historią astronomii, potem moje badania skierowały się ku historii fizyki i matematyki”.

Studia nad mistyką Jakuba Boehme zwróciły uwagę Koyrégo na rewolucję kopernikowską i jej wpływ na myśl europejską. Należy sądzić, że punktem zwrotnym w naukowym rozwoju Koyrégo była jego praca nad francuskim przekładem *De revolutionibus* Kopernika. To na rewolucji kopernikowskiej Koyré nauczył się metody, którą potem stosował we wszystkich swoich historycznych badaniach.

A więc przede wszystkim trzeba nie tylko badać teksty danego autora; należy także postawić się w jego sytuacji, wmyśleć się w jego problemy, przyjmując je za własne (przynajmniej na pewien czas), a niekiedy nawet próbować je „domyśleć”, zaczynając od tych miejsc, w których autor zatrzymał się lub napotkał przeszkody. Wszelkie „nieciągłości” historyczne, z chwilą gdy studia historyczne stają się coraz dokładniejsze i coraz gęściej wypełniają szczegółami badaną epokę, okazują się po

---

<sup>3</sup>Por. S. Kamiński, *Nauka i metoda. Pojęcie nauki i klasyfikacja nauk*, TN KUL, Lublin 1992<sup>4</sup>, 73.

prostu lukami w naszej wiedzy. Właściwą metodą badań historycznych jest odpowiedzialne studium szczegółów, gęste upakowanie nimi historii, a nie podporządkowywanie historii mniej lub bardziej z góry przyjętej jej wizji. Tylko taka metoda pozwala usprawiedliwić periodyzację historii nauki. Trzeba jednak pamiętać, że historia jest pewną całością. Dzieje nauki, religii, filozofii, sztuki, a nawet tak zwanych pseudonauk (astrologii, alchemii) są ze sobą ściśle związane. Dlatego też nie da się jednego fragmentu myśli ludzkiej wyizolować z tej całości i badać niezależnie od innych<sup>4</sup>.

Przytoczymy tu jeszcze cytat z monografii poświęconej Koyrému, pióra G. Jorlanda: „Dla Aleksandra Koyrégo historia nauki jest nadzwyczajną przygodą, jaką duch ludzki uparcie podejmuje, pomimo nieustannych porażek, by osiągnąć cel być może niemożliwy do osiągnięcia, cel polegający na zrozumieniu, lub raczej zrationalizowaniu rzeczywistości”.

## II. HISTORIA KOSMOLOGII W UJĘCIU S.W. HAWKINGA

### A. Kosmologiczne systemy starożytności

#### 1. Arystoteles

Swoje wywody na temat historii kosmologii starożytnej rozpoczyna Hawking od Arystotelesa. Pomija więc cały dorobek Platona w tym zakresie, zawarty w dialogu *Timajos*, mimo że dialog ten jest jedną z dwu prac starożytności (obok dzieła Arystotelesa *O niebie*), które zapoczątkowały długi ciąg dociekań prowadzący do dzisiejszych sukcesów na polu badań Kosmosu. Jest to zabieg zgodny z ogólną tendencją panującą w książce Hawkinga, polegającą na przemilczaniu ujęć, które okazałyby się nieprzydatne lub niewygodne w kontekście sugerowanych tez filozoficznych. Myśl platońska stoi bowiem u podstaw filozoficznych poglądów Rogera Penrose'a, które są alternatywne i konkurencyjne w stosunku do poglądów Hawkinga.

Dzieło Arystotelesa *O niebie* zawiera wykład astronomicznych i kosmologicznych poglądów tego filozofa. Jest ono zadziwiającym przykładem tego, jak system przekonań może być logiczny, ale fałszywy. Arystoteles, jawnie lub milcząco, przyjął kilka założeń dotyczących podsta-

---

<sup>4</sup>Por. M. Heller, *Aleksander Koyré — filozoficzna droga historyka nauki*, w: *Zawierzyć człowiekowi. Księdzu Józefowi Tischnerowi na sześćdziesiąte urodziny*, SIW ZNAK, Kraków 1991, 255–257.

wowych pojęć filozoficzno–przyrodniczych; cała reszta wynikała niemal automatycznie drogą logicznej dedukcji. A oto te założenia:

(1) istnieją cztery podstawowe elementy — składniki ciał naturalnych: ogień, powietrze, woda i ziemia;

(2) wszystko, co składa się z tych elementów, dąży do zajęcia swojego „naturalnego miejsca”, jakim dla ciał ciężkich jest środek Ziemi, pokrywający się ze środkiem świata, a dla ciał lekkich „obwód świata”;

(3) najdoskonalszy jest ruch kołowy; stanowi on naturalny ruch piętego elementu, zwanego eterem kosmicznym;

(4) z eteru kosmicznego zbudowane są sfery niebieskie; eter jest doskonalszy od pozostałych elementów, ale w przeciwieństwie do nich jest niezmienny i niezniszczalny.

W niewielu miejscach Arystoteles odwołał się do obserwacji i doświadczenia — bardzo rzadko do obserwacji astronomicznych i zawsze tylko do doświadczenia potocznego. Tam, gdzie oparł się na autentycznej obserwacji, otrzymał dobre wyniki<sup>5</sup>. Przykładem mogą być tu argumenty za kulistością Ziemi. Hawking przytacza dwa spośród nich, właśnie te, które wynikają z obserwacji nieba. Pierwszy argument wskazuje na to, że w czasie zaćmienia Księżyca cień Ziemi na Księżycu jest zawsze okrągły, co ma uzasadnienie tylko wtedy, jeśli Ziemia jest kulą<sup>6</sup>. Drugi argument podaje Hawking w wersji nieco uproszczonej, albowiem Arystoteles wykazuje w nim nie tylko kulistość Ziemi, ale również fakt, że nie jest ona wielka. „Wystarcza bowiem mała zmiana naszego położenia ku południowi lub północy, aby uderzająco zmienić koło horyzontu; wskutek czego gwiazdy nad naszymi głowami ulegają wielkiej zmianie; nie te same zjawiska zjawiają się w miarę, jak się przenosimy ku północy lub ku południu. Niektóre gwiazdy, widzialne w Egipcie i w pobliżu Cypru, są niewidzialne w okolicach północnych; a gwiazdy, które są stale widzialne w krajach południowych, zachodzą w krajach wyżej wzmiankowanych. Stąd jasno wynika nie tylko, że Ziemia ma kształt okrągły, lecz także, że jest kulą niezbyt wielkich rozmiarów — bo w przeciwnym razie skutek tak małej zmiany naszego położenia nie byłby tak prędko widoczny”<sup>7</sup>. Wbrew stwierdzeniu Hawkinga, nie ma tu mowy o obserwacjach Gwiazdy Polarnej, ale o gwiazdach w ogólności. Arystoteles podał również trzeci argument za kulistością Ziemi, o którym Hawking nie wspomina (prawdopodobnie dlatego, że jest to argument dość naiwny), wynikający z praw ruchu. Jest to argument odwołujący się do poglądów

<sup>5</sup>Por. M. Heller, *Filozofia świata*, SIW ZNAK, Kraków 1992, 47–51.

<sup>6</sup>Por. S. W. Hawking, *Krótką historia czasu. Od Wielkiego Wybuchu do czarnych dziur*, Wydawnictwo Alfa, Warszawa 1990, 12.

<sup>7</sup>Arystoteles, *O niebie*, seria BKF, PWN, Warszawa 1980, 101.

ówczesnych przyrodników (np. Anaksagorasa) na powstanie Ziemi z cząstek poruszających się w kierunku środka: „[...]jeśli cząstki poruszają się w podobny sposób ze wszystkich stron do jednego punktu — do środka — masa tak powstała musi być regularna ze wszystkich stron; jeżeli bowiem doda się równą ilość do każdej strony, powierzchnia zewnętrzna masy całkowitej będzie koniecznie w równej odległości od środka. Otóż taką figurą jest kula”.

Jednym z wielu błędów historycznych popełnionych przez Hawkinga jest przypisanie Arystotelesowi oszacowania obwodu Ziemi na podstawie obserwacji Gwiazdy Polarnej. Hawking twierdzi, że „znając różnicę położenia Gwiazdy Polarnej na niebie, gdy obserwuje się ją w Egipcie i w Grecji, Arystoteles oszacował nawet, że obwód Ziemi wynosi 400 000 stadionów”. Stwierdzenie to nie znajduje uzasadnienia w omawianym dziele Arystotelesa, gdyż Stagiryta przytacza jedynie wyniki obliczeń ówczesnych sobie matematyków, a nie swoje własne: „Ci spośród matematyków, którzy starają się obliczyć wielkość obwodu Ziemi, dochodzą do miary 400 000 stadiów”. Wartość ta jest prawie dwukrotnie większa od rzeczywistego obwodu Ziemi, ale owego błędu nie można przypisywać Arystotelesowi.

Arystotelesowski model świata przedstawia Hawking w jednym zdaniu: „Arystoteles uważał, że Ziemia spoczywa, a Słońce, Księżyc, planety i gwiazdy poruszają się wokół niej po kołowych orbitach”. Przekonanie to wyprowadza Hawking z religijno-filozoficznych poglądów Arystotelesa, zgodnie z którymi „Ziemia stanowiła środek Wszechświata, a ruch kołowy był ruchem najbardziej doskonałym”. Nie sposób nie zauważyć, że w pierwszym stwierdzeniu tkwi zasadniczy błąd: model Arystotelesa nie zawierał orbit, tylko sfery. Przede wszystkim zaś był to model znacznie bardziej skomplikowany, niż wynikałoby to z powyższego stwierdzenia.

Według Arystotelesa cały Wszechświat zawarty jest wewnątrz sfery gwiazdnej albo, ściślej, ograniczony jest zewnętrzną powierzchnią tej sfery. W każdym punkcie wewnątrz niej istnieje jakiś rodzaj materii — Wszechświat Arystotelesowski nie zna próżni. Jest to słynna starożytna koncepcja wypełnionego Wszechświata (*plenum*), odwołująca się do zasady *horror vacui*, przypisującej przyrodzie lęk przed próżnią. Tę zasadę można sformułować w następujący sposób: przyroda działa zawsze tak, by nie dopuścić do powstania próżni. Twierdzenie w tej postaci wyprowadzili Grecy z obserwacji rozmaitych zjawisk przyrody i korzystali z niej do ich tłumaczenia. Na przykład woda nie wycieknie z naczynia przez mały otwór, jeśli w naczyniu nie ma drugiego otworu, bowiem bez drugiego otworu, przez który powietrze mogłoby się dostać do wewnątrz, wypły-



wająca woda wytworzyłaby próżnię. Doświadczalnie temu twierdzeniu nie można nic zarzucić. Odrzucenie zasady *horror vacui* oznaczałoby dla Greków nieuchronne obalenie całkowicie zadowalających naukowych wyjaśnień wielkiej ilości zjawisk ziemskich. Jednak dla Arystotelesa zasada *horror vacui* była czymś więcej niż użyteczną zasadą doświadczalną, dającą się stosować na powierzchni Ziemi i w niewielkiej od niej odległości. Arystoteles nie tylko twierdził, że w świecie ziemskim rzeczywiście nie istnieje próżnia, lecz że próżnia w ogóle nie może istnieć nigdzie we Wszechświecie. Samo pojęcie próżni było dla niego już czymś absurdalnym i logicznie sprzecznym. Ta niemożliwość istnienia próżni stanowi dla Arystotelesa uzasadnienie skończoności i jedyności Wszechświata. Na zewnątrz sfery gwiazdnej nie istnieje nic — ani materia, ani przestrzeń. Według teorii Arystotelesa materia i przestrzeń są nierozłączne, są dwoma aspektami tego samego zjawiska. Materia i przestrzeń muszą się kończyć jednocześnie. Bez koncepcji nierozzerwalnego związku materii i przestrzeni Arystoteles musiałby uznać nieskończoność świata, co byłoby sprzeczne ze stworzonym przez niego modelem<sup>8</sup>.

W Arystotelesowskim modelu Wszechświata geometryczny środek sfery gwiazdnej pokrywa się ze środkiem Ziemi. Ta olbrzymich (nie wiadomo jakich) rozmiarów sfera wykonuje raz na dobę obrót, podczas gdy Ziemia pozostaje nieruchoma. Dość blisko Ziemi znajduje się sfera, na której umieszczony jest Księżyc. Dzieli ona Wszechświat na dwa odrębne światy: „podksiężycowy” świat powstawania i giniecia oraz wieczny świat „nadksiężycowy”. Świat ponad Księżycem zbudowany jest z przezroczystego eteru. Nie istnieją tam żadne zmiany wyjąwszy — uważane za doskonałe — jednostajne ruchy kołowe. Ale zmysły ludzkie świadczą o zachodzeniu zmian również ponad Księżycem, mianowicie siedem „planet” (Księżyc, Merkury, Wenus, Słońce, Mars, Jowisz, Saturn) przesuwa się powoli na tle gwiazd ruchem bardziej złożonym niż ruch kołowy. Dlatego też, aby te obserwacyjne fakty wyjaśnić, Arystoteles rozbudował teorię stworzoną przez Eudoksosa i jego następcę Kallipposa, zgodnie z którą pomiędzy sferą Księżyca a sferą gwiazd „stałych” znajduje się szereg współśrodkowych sfer. Arystoteles nieomal podwoił ilość sfer przyjmowanych przez Eudoksosa, lecz sfery, które dodał, były z matematycznego punktu widzenia zbędne. Funkcja ich polegała na łączeniu ze sobą w sposób mechaniczny poszczególnych sfer w jedną całość tak, by cały układ mógł się obracać. W ten sposób powstawała gigantyczna machina niebieska sięgająca aż do sfery gwiazdnej. Wobec tego, że we Wszechświecie

---

<sup>8</sup>Por. T. S. Kuhn, *Przewrót kopernikański. Astronomia planetarna w dziejach myśli*, PWN, Warszawa 1966, 123–139.

Arystotelesowskim nie istniała próżnia, wszystkie sfery musiały ze sobą się stykać i tarcie jednej o drugą wprawiało w ruch cały układ. Sfera gwiezdna nadawała ruch sąsiadującej z nią sferze, unoszącej Saturna. Ta z kolei napędzała następną, i tak dalej aż do najniższej, wewnętrznej — unoszącej Księżyc i będącej dolną granicą obszaru nadksiężycowego. Ogółem system Arystotelesa zawierał pięćdziesiąt pięć sfer planetarnych i jedną sferę gwiezdna<sup>9</sup>.

Należy stwierdzić, że nie wszyscy obserwatorzy we wszechświecie Arystotelesa są jednakowo uprawnieni. Szczególnie uprzywilejowany jest obserwator umieszczony w środku Ziemi. Tylko dla niego tory ruchów ciał niebieskich są takie, o jakich mówił Arystoteles, to znaczy są doskonałymi okręgami zakreślانymi przez wypadkowy ruch pięćdziesięciu pięciu sfer poruszających się ruchami jednostajnymi. Wyróżnioną pozycję środka Ziemi w obrazie Arystotelesa historycy nauki nazywają niekiedy starożytną lub antyczną zasadą kosmologiczną (przez analogię z późniejszą Kopernikowską zasadą kosmologiczną)<sup>10</sup>.

Nietrudno zauważyć, dlaczego nieskończoność świata byłaby sprzeczna z modelem Arystotelesa. Po pierwsze, nieskończona przestrzeń nie ma środka: każdy punkt jest równo odległy od punktów peryferyjnych. Jeśli zaś nie ma środka, to nie istnieje wyróżniony punkt, w którym skupiałyby się ważki pierwiastek Ziemi, nie istnieje też kierunek „ku górze” i „w dół”, który określałyby naturalny ruch pierwiastka powracającego do swego miejsca naturalnego. W nieskończonym Wszechświecie nie może w ogóle istnieć „miejsce naturalne”, bowiem wszystkie punkty niczym od siebie się nie różnią. Po drugie, jeśli przestrzeń jest nieskończona i nie istnieje punkt centralny, to nie widać uzasadnienia, dlaczego cała Ziemia, woda, ogień i powietrze we Wszechświecie miałyby skupić się w jednym i tylko jednym punkcie. W sposób naturalny nasuwałoby się przypuszczenie o istnieniu innych, rozproszonych w całej przestrzeni światów. W ten sposób znika wyróżniony status Ziemi; wraz z nim znikają obracające całość siły; człowiek i Ziemia przestają być centrum Wszechświata. Oznaczałoby to unicestwienie precyzyjnie skonstruowanego modelu.

Jeżeli chodzi o kwestię pochodzenia świata, to — według Hawkinga — „Arystoteles i inni greccy filozofowie nie lubili pomysłu o stworzeniu Wszechświata, ponieważ nadmiernie pachniał im on boską interwencją. Wierzyli raczej, że ludzie i świat istnieli zawsze, zawsze też istnieć będą”. Tymczasem Arystoteles w ogóle nie znał pojęcia stworzenia, dla-

<sup>9</sup>Por. W. Sady, *Narodziny nowożytnej fizyki*, „Problemy” 10 (1987), 22.

<sup>10</sup>Por. M. Heller, *Fizyka ruchu i czasoprzestrzeni*, PWN, Warszawa 1993, 28–29.

tego też nie mógł go „nie lubić”. W swoim dziele *O niebie* mówi on raczej o „zrodzeniu” i „zniszczeniu”, przy czym nie odnosi tych pojęć do świata, który faktycznie uważa za istniejący bez początku i bez końca, o czym świadczy ostatni rozdział pierwszej księgi wymienionego dzieła. Natomiast innym filozofom greckim idea początku świata nie była obca. Przykładem może tu być chociażby *Timajos* Platona, który jest przecież *quasi*-naukową opowieścią o powstaniu („zrodzeniu”) świata. Hawking jednak woli przemilczeć niewygodne dla siebie ujęcia i dlatego odnosi się wrażenie, że filozofowie i uczeni sprzyjający kreacjonizmowi traktowani są przez niego jakby nieco mniej przychylnie.

Arystotelesowska wizja świata nie była jedyną, jaka powstała w starożytności; nie była ona też jedyną wizją, która zdobyła zwolenników. System Arystotelesa był jednak bez porównania bliższy pierwotnym wyobrażeniom o świecie niż systemy konkurujące z nim w starożytności i bliższy bezpośrednim danym zmysłowym, choć pełnej zgodności z doświadczeniem nie posiadał.

2. *Ptolemeusz* Arystoteles był ostatnim wielkim kosmologiem starożytności, Ptolemeusz zaś, który żył prawie pięćset lat później, był jej ostatnim wielkim astronomem. Stworzył on trzynastotomowe dzieło — *Almagest*, zawierające całokształt ówczesnej wiedzy astronomicznej. Hawking prezentuje jego system nieco dokładniej niż system Arystotelesa, jednakże w tej prezentacji można odnaleźć cały szereg błędów i fałszywych poglądów, wynikających nie tyle z nadmiernych uproszczeń, co po prostu z niezajomości historii nauki. Oto Hawking twierdzi, że „w drugim wieku Ptolemeusz rozwinął te idee [Arystotelesa — przyp. mój] i sformułował pełny model kosmologiczny”. W tym jednym zdaniu można zakwestionować kilka rzeczy. Po pierwsze, nie wiadomo, czy chodzi o drugi wiek przed narodzeniem Chrystusa, czy po narodzeniu Chrystusa. Ponieważ wcześniej jest mowa o Arystotelesie, więc niezorientowany czytelnik mógłby sądzić, że chodzi o czas przed Chrystusem, a tak nie jest. Po drugie, nie jest całkowicie zgodne z prawdą twierdzenie, że Ptolemeusz rozwinął idee Arystotelesa, ponieważ jego model był nieco inny w swej budowie, jak się o tym zaraz przekonamy. Był to model opracowany przez Hipparcha w II wieku przed Chrystusem, który Ptolemeusz wykorzystał i udoskonalił. Po trzecie wreszcie, określenie „pełny model kosmologiczny” sugeruje, że system Arystotelesa takim nie był, co jest oczywistą nieprawdą. Jak stwierdza T.S. Kuhn, model Arystotelesowski był jednym, spójnym systemem pojęciowym, łączącym ze sobą zarówno koncepcje astronomiczne, jak i nieastronomiczne. Ptolemeusz więc nie był w tym względzie prekursorem.

Opisując budowę Ptolemejskiego Wszechświata, Hawking utrzymuje, że „według niego [Ptolemeusza — przyp. mój] Ziemia znajdowała się w środku Wszechświata i była otoczona ośmioma sferami niebieskimi, które unosiły Księżyc, Słońce, gwiazdy i pięć znanych wtedy planet (Merkury, Wenus, Mars, Jowisz i Saturn)”. Znowu zasadniczy błąd: model Ptolemeusza nie zawierał Arystotelesowskich sfer planetarnych, tylko orbity. Istniała w nim tylko jedna sfera, mianowicie sfera gwiazd stałych, których wzajemne położenie nie zmieniano się, ale które obracały się wspólnie po niebie.

System astronomiczny wyłożony przez Ptolemeusza w *Almageście* interpretowano często jako pomysł wyłącznie geometryczny, mający na celu wytłumaczyć w sposób zadowalający obserwowane zjawiska. Nie można jednak przyjąć bez zastrzeżeń, że taki właśnie był pogląd samego Ptolemeusza. Koncepcje fizykalne jego systemu opierały się wprawdzie częściowo na Arystotelesie, a w przedmowie do *Almagestu* można znaleźć bezpośredni wpływ Arystotelesa, ale Ptolemeusz dla poparcia swego systemu używał także argumentów wynikających z doświadczenia i wykazywał przy tym nie mniejsze zaufanie do bezpośredniej obserwacji, jak sam Arystoteles. Dobrym tego przykładem są jego rozważania nad nieruchomością Ziemi i odrzucenie przezeń hipotezy Arystarcha z Samos, który sądził, że Ziemia wiruje dookoła swej osi i obraca się dookoła Słońca, podczas gdy Słońce i gwiazdy stałe są nieruchome. Ptolemeusz przyznawał, że hipoteza ta pozwala na obliczenie ruchów gwiazdnych w sposób matematycznie prostszy, ale jest tak dalece sprzeczna z tym, co widzimy bezpośrednio, że musi być odrzucona. Drugą przyczyną odrzucenia hipotezy obrotu Ziemi był fakt, że nie dałoby się jej pogodzić z fizyką Arystotelesa. Toteż dopóki nie obalono całokształtu poglądów fizycznych Arystotelesa, koncepcja taka nie miała szans rozwoju.

Matematyczną stronę swego systemu Ptolemeusz opierał na zasadzie przypisywanej Platonowi: „Sądzimy, iż zadaniem i celem matematyka powinno być koniecznie wykazanie, że cały wygląd nieba jest wynikiem regularnych ruchów po kole”. I tę zasadę starał się usprawiedliwić, odwołując się do bezpośredniej obserwacji, rzeczywiście bowiem wszystkie ciała niebieskie powracają w swym ruchu do pierwotnych pozycji. Trzeba jednak zauważyć, że tworząc swą teorię planetarną, Ptolemeusz przyjmował koncepcje geometryczne, które kwestię rzeczywistych dróg planet i przyjęte zasady fizyki Arystotelesowskiej podporządkowywały dokładności obliczeń<sup>11</sup>.

<sup>11</sup>Por. A. C. Crombie, *Nauka średniowieczna i początki nauki nowożytnej*, IW PAX, Warszawa 1960, t. 1, 107–109.

W modelu Ptolemejskim każda planeta porusza się po obwodzie małego okręgu zwanego epicyklem. Środek tego okręgu porusza się z kolei po obwodzie dużego okręgu zwanego deferensem. Początkowo środek deferensu pokrywał się ze środkiem Ziemi. Później, aby poprawić zgodność teoretycznych przewidywań z wynikami obserwacji, wprowadzono tak zwany ekscentryk: środek deferensu znajduje się nie w środku Ziemi, ale w pobliskim punkcie, który jednak zajmuje stałe położenie w stosunku do Ziemi. Liczba orbit, niezbędnych do zadowalającego wyjaśnienia obserwowanych zjawisk była nieograniczona. Ptolemeusz dopuszczał możliwość, że prędkość liniowa środka epicyklu po kole deferencyjnym może nie być jednostajna i w tym jednym punkcie oddalił się od twierdzenia Platona, że tylko jednostajne ruchy okrężne mogą mieć miejsce. Usiłował jednak zachować „prawowierność” przyjmując, że jednostajna jest prędkość kątowna dookoła punktu zwanego ekwantem, który leży wewnątrz deferensu, choć niekoniecznie w jego środku<sup>12</sup>.

Przez właściwe ułożenie kół Ptolemeusz mógł pod wieloma względami dać bardzo dokładny opis ruchów, czyli „widoczności” planet. Łatwo zauważyć, że jeśli odpowiednio dobierzemy prędkości dwóch głównych ruchów obrotowych, to planeta widziana z Ziemi będzie poruszała się chwilami zgodnie, a chwilami niezgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara i będzie zakreślała pętlę podobną do tej, którą w rzeczywistości obserwujemy na niebie. System Ptolemeusza okazał się dość praktyczny w użyciu; obliczony według niego czas pojawiania się planet w określonych miejscach na niebie zgadzał się z rzeczywistością, czasem co do godziny, ale w niektórych przypadkach niedokładność dochodziła nawet do jednego miesiąca. Z dzieła Ptolemeusza widać jednak wyraźnie, że nie interesowało go zupełnie, czy na sklepieniu niebieskim są rzeczywiście jakieś epicykle i deferensy. Wydaje się znacznie bardziej prawdopodobne, że dla Ptolemeusza system, który opisywał, był „modelem” Wszechświata, nie zaś „prawdziwym” jego obrazem, cokolwiek by to słowo znaczyło. Ideałem Greków, najpełniej osiągniętym w pismach Ptolemeusza, było bowiem skonstruowanie takiego modelu, który pozwoliłby astronomii przewidzieć obserwacje. Model Ptolemejski dawał taką możliwość, ale za realny model uchodzić nie mógł. Hawking zwraca uwagę na pewne paradoksy z nim związane: „Aby [...] osiągnąć tę dokładność, Ptolemeusz musiał przyjąć, iż Księżyc porusza się po takiej orbicie, że gdy znajduje się najbliżej Ziemi, jego odległość od niej jest dwukrotnie mniejsza, niż gdy znajduje się najdalej od Ziemi. Ozna-

---

<sup>12</sup>Por. F. S. Taylor, *Historia nauk przyrodniczych w zarysie*, PWN, Warszawa 1962, 42; por. także A. C. Crombie, *dz. cyt.*, 109–110; oraz W. Sady, *art. cyt.*, 22.

cza to, że Księżyc czasem powinien wydawać się dwa razy większy niż kiedy indziej!” W sumie jednak model ten przetrwał kilkanaście wieków i został ogólnie zaakceptowany, również przez Kościół. Uwaga Hawkinga na temat przyczyny przyjęcia tego modelu przez Kościół („pozostawienie poza sferą gwiazd stałych wiele miejsca na niebo i piekło”) wydaje się być tendencyjna i zupełnie nie na miejscu. Kościół bowiem nie tyle przyjął ten model, co raczej zaakceptował go milcząco jako część kultury swoich czasów.