

Michał Heller

Idea wiecznych powrotów: od Zawirskiego do dziś

1. WPROWADZENIE

Filozoficzna Szkoła Lwowsko-Warszawska znana jest ze swoich osiągnięć w dziedzinie metodologii i filozofii nauki; jej osiągnięcia w dziedzinie filozofii przyrody są mniej znane i mniej doceniane. Być może jednym z powodów takiego stanu rzeczy jest fakt, że sama nazwa „filozofia przyrody” w tamtym okresie (a także później) była niechętnie używana.¹ Jeżeli jednak przez filozofię przyrody rozumieć analizy, które w większym stopniu niż to ma miejsce w tradycyjnej filozofii nauki, wykorzystują treści badanych teorii naukowych, to trzeba uznać, że filozofia przyrody była także mocną stroną Szkoły Lwowsko-Warszawskiej. Głównym przedstawicielem tego nurtu badań, obok Henryka Mehlberga, był Zygmunt Zawirski (1882-1949). Analizie jego poglądów na tzw. hipotezę wiecznych powrotów jest poświęcone niniejsze studium. W jego pierwszej części (podrozdziały 2 do 5) przedstawimy poglądy Zawirskiego dotyczące tej problematyki, a w części drugiej (podrozdziały 6 do 9) spojrzymy na nie z perspektywy tych wyników współczesnej nauki, które wnoszą coś istotnego do koncepcji wiecznych powrotów.

Zygmunt Zawirski w latach 1927-1928 opublikował serię trzech artykułów na temat „wiecznych powrotów światów”.² Problematyką tą zainteresował się znacznie wcześniej. W przypisie do pierwszego artykułu wyznaje, że „rzecz była gotowa już

¹ To stwierdzenie wymaga komentarza. Niechęć do „filozofii przyrody” wynikała oczywiście z silnego wpływu filozofii neopozytywistycznej na ówczesny styl myślenia, ale nie dotyczyło to administracyjnych ram uprawiania nauki. Na przykład na Uniwersytecie Jagiellońskim długo jeszcze istniała Katedra Filozofii Przyrody; por. B. Średniawa, *Historia filozofii przyrody i fizyki w Uniwersytecie Jagiellońskim*, Komitet Historii Nauki i Techniki PAN, Warszawa 2001.

² „Wieczne powroty światów — Badania historyczno-krytyczne nad doktryną ‘wiecznego powrotu’”, *Kwartalnik Filozoficzny* 5, 1927, s. 329-377; (Ciąg dalszy) 5, 1927, s. 421-446; (Dokończenie) 6, 1928, 1-25. W dalszym ciągu artykuły te będą cytowane odpowiednio skrótami: WP1, WP2 i WP3.

od lat piętnastu”, a jej pierwsze wersje zostały wygłoszone na posiedzeniach Polskiego Towarzystwa Filozoficznego we Lwowie, w dniach 27 maja i 24 czerwca 1911 r. a krótki wyciąg z tych referatów został przedstawiony na 11. Zjeździe Lekarzy i Przyrodników Polskich w Krakowie, w lipcu 1911 r.

Do problematyki czasu Zawirski powrócił w głównym dziele swojego życia *L'Evolution de la notion du temps*, opublikowanym w 1936 r.³ Jest to dzieło poświęcone ogólnej filozoficznej problematyce czasu, w którym motyw wiecznych powrotów pojawia się tylko ubocznie. W niniejszym studium ograniczymy się w zasadzie tylko do trzech, wyżej wspomnianych, artykułów Zawirskiego, pozostawiając analizę jego głównego dzieła do innej okazji.

We wstępie do swoich trzech artykułów Zawirski zaznacza, że „[m]ówiąc o wiecznych powrotach światów mamy na myśli nie tylko pewną okresowość, periodyczność zmian we wszechświecie, lecz raczej kołowość, cykliczność procesów dotyczących całości wszechświata, wskutek której to kołowości należy przyjąć, iż świat obecnie istniejący a wraz z nim i ludzie na nim żyjący nie istnieją raz tylko jeden, lecz powtarzali się i powtarzać się będą niezliczenie wiele razy, a za każdym razem ciągle tacy sami jak obecnie”.⁴

Podtytuł całego cyklu („Badania historyczno-krytyczne...”) dobrze charakteryzuje całe przedsięwzięcie. Jest to zresztą metoda charakterystyczna dla wielu prac Zawirskiego: najpierw przegląd, najczęściej w historycznej perspektywie, dotychczasowych koncepcji na dany temat, następnie krytyczne uwagi pod adresem przedstawionych poglądów, z których dopiero — pod sam koniec — wyłania się własny pogląd Zawirskiego. Krytykę innych poglądów Zawirski bardzo często (prawie zawsze) przeprowadza, wykorzystując argumenty polemiczne, jakie wysuwali przeciwko sobie omawiani autorzy. Tym razem Zawirski w następujący sposób charakteryzuje swój zamysł: „Zadaniem naszej pracy będzie właśnie rozpatrzyć rozwój historyczny tego poglądu, który od czasu do czasu na tle rozważań kosmologicznych wyłaniał się jako pewna możliwość, a nawet konieczność; zobaczymy, jak się do tego poglądu odnosiło chrześcijaństwo, gdzie z jednej strony Orygenes do nauki Stoików silnie się przychylił, podczas gdy św. Augustyn i Tomasz z Akwinu ją odrzucali; zobaczymy wreszcie, jak w czasach nowożytnych pogląd ten znalazł zwolenników nie tylko wśród samych filozofów, ale jak się nim interesowali także fizycy współcześni, zwłaszcza zwolennicy tak zwanej kinetycznej teorii materii, wśród których wybitne miejsce zajmował nieodżałowanej pamięci prof. Smoluchowski. Podamy nie tylko rozwój historyczny teorii, ale będziemy się starali zebrać i ocenić wszystko to, co na korzyść jej, lub też przeciw niej przemawia ze stanowiska wiedzy współczesnej, ‘sine ira et studio’, uwzględniając przy tym i ostatnią fazę fizyki, jaką wytworzyła teoria Einsteina.”⁵

³ Académie Polonaise des Sciences et des Lettres, Librairie Gebethner et Wolf, Cracovie 1936.

⁴ WPI, s. 328. W tym i innych cytatach dokonujemy niezbędnego uwspółcześnienia pisowni i ortografii.

⁵ WPI, s. 329-330.

2. W PERSPEKTYWIE HISTORYCZNEJ

Część historyczną swojego tryptyku o wiecznych powrotach Zawirski dzieli konwencjonalnie na starożytność, średniowiecze i okres nowożytny (ale np. Orygenes i św. Augustyna, jako myśliciele chrześcijańskich, omawia przy okazji średniowiecza). Spośród kierunków starożytnych wiele miejsca poświęca poglądom stoików i pitagorejczyków, ograniczając się do stosunkowo krótkich uwag na temat innych koncepcji (m.in. presokratyków, Platona, atomistów). Jak wiadomo, klasyczna pod tym względem jest doktryna stoików, którzy teorię wiecznych powrotów znacznie rozbudowali. Ich poglądy na ten temat ulegały pewnej ewolucji, chociaż zasadniczy ich trzon wykazywał wyraźną stabilność. Natomiast co do pitagorejczyków istnieje spór, czy uznawali oni koncepcję wiecznych powrotów w formie radykalnej, czy też byli zwolennikami koncepcji o mniej bezwzględny wpływie ciał niebieskich na losy Ziemi i ludzi. W centrum dyskusji znajduje się wypowiedź neoplatonika Simplikiosa, który w komentarzu do *Fizyki* Arystotelesa pisze, iż Eudemos, uczeń Arystotelesa, powiedział: „Jeżeli jednak mamy wierzyć Pitagorejczykom, że te same rzeczy wracają w zupełności, to i ja będę kiedyś przemawiał znowu z tą laseczką do was, którzy będziecie siedzieć przede mną tak samo jak teraz, i podobnie będzie się miała sprawa ze wszystkim innym”.⁶ W swojej bezpośredniej wykładni cytat ten dobrze ilustruje doktrynę radykalną. Najprawdopodobniej było tak, że różni pitagorejczycy głosili nieco różne poglądy. Zresztą wynika to także z analiz Zawirskiego.

Zawirski jest historykiem nauki tylko w takim stopniu, w jakim jest mu to niezbędne, tzn. nie jest on badaczem, któremu zależy przede wszystkim na ustaleniu dawnych poglądów, ich rodowodów i zależności między autorami, lecz filozofem, który pragnie dotrzeć do korzeni współczesnych teorii i to głównie w tym celu, aby badając ich genezę, ocenić krytycznie stopień ich uzasadnienia. Dlatego też Zawirski z rzadka tylko zwraca się do oryginalnych tekstów; znacznie bardziej interesują go spory współczesnych historyków filozofii i komentatorów dawnych koncepcji. Przy okazji warto wspomnieć, że ówczesny, bardzo tolerancyjny sposób cytowania nie ułatwiłby pracy jakiemuś bardziej dociekliwemu biografowi Zawirskiego, który sam chciałby dotrzeć do wszystkich książek i artykułów, z jakich on korzystał.

Zasadniczo te same ogólne uwagi dotyczą części średniowiecznej. Część ta jest stosunkowo uboga. Zawirski swoją uwagę koncentruje na poglądach Orygenes,⁷ św. Augustyna i św. Tomasza z Akwinu. Na końcu trzeciego artykułu z omawianego cyklu znajduje się dopisek, w którym Zawirski ubolewa, że pisząc ten cykl, nie miał dostępu „do fundamentalnego, 5-tomowego dzieła Pierre’a Duhema *Le système du*

⁶ WP1, s. 331.

⁷ Czytelnika zainteresowanego ideą wiecznych powrotów w chrześcijańskiej starożytności odsyłam do niedawno wydanej książki: W. Szczerba, *Koncepcja wiecznego powrotu w myśli wczesnochrześcijańskiej*, Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej, Wrocław 2001. Poglądy Orygenes są szczegółowo omówione w IV rozdziale tej książki.

monde, histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic. „Znajomość tego dzieła — wyznaje Zawirski — byłaby nam pracą ogromnie ułatwiła”.⁸ Potwierdza to wniosek, że jego rekonstrukcja historii jest tylko umiejętną kompilacją na podstawie już istniejących dzieł.

W części poświęconej czasom nowożytnym uwagę Zawirskiego przyciągają koncepcje Fontenelle’a, Kanta i Laplace’a (o innych tylko wspomina), a w partiach końcowych, poświęconych czasom najnowszych, koncepcje Blanqui’ego i Nietzschego. Dzieło Bernarda de Fontenelle *Entretiens sur la pluralité des mondes* uderza elegancją stylu, ale ma charakter przede wszystkim popularyzatorski.⁹ Koncepcje dotyczące wielości i powtarzalności światów (rozumianych jako inne układy planetarne i gwiazdne) pojawiły się także w kontekście kosmogenicznych hipotez rozwijanych przez Kanta i Laplace’a (często, ale niesłusznie, mówi się o jednej hipotezie Kanta-Laplace’a). Ludwik August Blanqui (1805-1885), francuski komunista, z wykształcenia prawnik i lekarz, napisał rozprawkę pt. *L'éternité par les astres* o niewielkiej wartości naukowej, w której jednak znajduje się kilka trafnych spostrzeżeń. Swoje wnioski dotyczące powtarzalności światów wysnuwa on z faktu, że materia w nieskończonym świecie składa się ze skończonej liczby (około stu, jak sądzi) „ciał prostych” (pierwiastków chemicznych), a więc jej układy muszą się powtarzać. Koncepcje Nietzsche’go mają charakter literacki i wizjonerski, ale to głównie one przyczyniły się do spopularyzowania idei wiecznych powrotów w czasach najnowszych.

Jest rzeczą zrozumiałą, że czytając tę część artykułu Zawirskiego, uderzają anachronizmy (z naszego punktu widzenia) w tych miejscach, w których powołuje się on na współczesną mu astronomię. Na przykład kilkakrotnie Zawirski zaznacza, że nie jest obecnie znana natura gwiazd nowych, ale trafne jest jego inne spostrzeżenie, gdy zauważa, że „[s]zczegółowe badania analizy spektralnej dotyczącej gwiazd nowych zdają się rzeczywiście wskazywać na to, iż zgasłe gwiazdy wskutek pewnych kataklizmów kosmicznych przechodzą w stan mgławicowy; a ponieważ z tychże właśnie mgławic teorie kosmogoniczne wyprowadzają powstanie słońc, przeto mielibyśmy stwierdzony podstawowy cykl przemian od mgławic do słońc i z powrotem od słońc do mgławic”.¹⁰ Dziś wiemy, że istotnie trzeba było kilku takich procesów: od wybuchów gwiazd nowych lub supernowych do obłoków gazu zanieczyszczonego produktami ich jądrowego spalania i z powrotem od obłoków do nowej generacji gwiazd, by we wnętrzu przynajmniej jednej z nich mogła się dokonać synteza węgla — pierwiastka niezbędnego do zapoczątkowania chemii organicznej, a więc i zaistnienia warunków niezbędnych do zawiązania się ewolucji biologicznej.

⁸ WP3, s. 25.

⁹ O dziele tym pisałem w: „Popularyzacja nauki kiedyś i dziś”, *Zagadnienia Filozoficzne w Nauce* 20, 1997, s. 144-146.

¹⁰ WP1, s. 363.

3. WIECZNE POWROTY A DRUGA ZASADA TERMODYNAMIKI

Część druga tryptyku Zawirskiego (on sam nazywa ją „częścią krytyczną”) sprowadza się do poszukiwania fizycznej podstawy dla hipotezy wiecznych powrotów. Hipoteza ta w oczywisty sposób jest związana z problemem jednokierunkowości upływu czasu, nic więc dziwnego, że uwaga autora zwraca się ku drugiej zasadzie termodynamiki i jej uogólnieniom do całego wszechświata. I tym razem rzecz rozpoczyna się od naszkicowania historii odkrycia zasad termodynamiki, która — w miarę rozwijania się akcji — stopniowo przekształca się w śledzenie dyskusji pomiędzy różnymi autorami na tematy związane z główną problematyką. Przypisy ujawniają źródła, z jakich Zawirski czerpie informacje. Na przykład w związku z uogólnieniem zasady rozpraszania energii do całego wszechświata w przypisie zaznacza on: „O wszystkim dokładnie informuje Mach. Prinzipien der Wärmelehre, wyd. 2, s. 269-302”.¹¹ Miejscami swój wykład Zawirski urozmaica popularnymi wyjaśnieniami, niekiedy o bardzo obrazowym charakterze. Oto próbka (w następujący sposób Zawirski przedstawia stan równowagi termodynamicznej wszechświata): „Suma jego energii jak była tak i nadal pozostanie ciągle wielkością stałą, tylko na skutek owego fatalnego rozmieszczenia, owa ‘zdolność do wykonywania pracy’, jak fizycy określają energię, przestanie być zdolną do wykonania pracy. Olbrzymi zasób energii świata stanie się martwym kapitałem, jakby olbrzymi mechanizm zegarowy nienakrecony albo pełne mleka wymiona krowy, której nikt nie chce doić”.¹²

Jeżeli nastąpi śmierć cieplna wszechświata, to oczywiście nie można mówić o wiecznych powrotach. A więc problem śmierci cieplnej należy dokładnie rozpatrzyć. „Twierdzenie o niechybnej śmierci świata wskutek wzrostu entropii — jak pisze Zawirski — można kwestionować z dwójakiego stanowiska, albo występując zasadniczo przeciw metafizycznym tendencjom nauki, jak to czyni Mach, albo tylko podając w wątpliwość należyte ugruntowanie samej zasady i wysuwając możliwość faktów z nią niezgodnych”.¹³

Zawirski stwierdza, że zarzutom należącym do pierwszej grupy „nie przypisuje większej wagi”. Wyznanie to jest o tyle interesujące, że właśnie te zarzuty są charakterystyczne dla stanowiska pozytywistycznego. Widzimy więc jeszcze raz, że polscy filozofowie przyrody tego okresu w wielu punktach dystansowali się od stanowiska wiedeńskiego. Zdaniem Zawirskiego zarzuty, należące do tej kategorii, sprowadzają się do dwóch: (1) Jeżeli proces wzrostu entropii doprowadzi do „końca wszechświata”, to trzeba przyjąć jego początek, a to prowadzi do przyjęcia przyczyny pozaswiatowej (jak utrzymywał Bergson). (2) Wyrażenie „entropia świata” jest pozbawione sensu, ponieważ entropii świata (jako całości) nie da się zmierzyć. Zawirski najwidoczniej sądzi, że zarzuty te, jako wynikające z uprzedzeń filozoficznych, nie za-

¹¹ WP2, s. 424, przypis 1.

¹² WP2, s. 425.

¹³ WP2, s. 426.

sługują na poważniejszą dyskusję, gdyż ogranicza się do jednego zdania: „Ale powyższe uwagi antymetafizyczne uważamy za zupełnie podrzędne”.¹⁴

Pierwszym z zarzutów, należących do drugiej kategorii, jest twierdzenie, że procesowi wzrostu entropii może przeciwdziałać „zderzenie się słońc, które rozpętując nowe siły, nie dopuści do zniwelowania i rozdrobnienia energii”.¹⁵ Zawirski słusznie zauważa, że takie zderzenia mogłyby odwrócić proces wzrostu entropii jedynie lokalnie, ale byłyby zupełnie bezsilne wobec jej globalnego wzrostu. Przy okazji warto odnotować hipotezę Helmholtza (o której wspomina Zawirski), zgodnie z którą źródłem energii gwiazd mogłaby być energia grawitacyjna. Jak dziś dobrze wiadomo, głównym źródłem energii gwiazd są procesy jądrowe.

Pozostałe zarzuty sprowadzają się do dyskusji pomiędzy trzema kierunkami: mechanizmem (dziś powiedzielibyśmy — mechanicyzmem), dynamizmem i energetyzmem. Mechanicyzm (będziemy używać dzisiejszej nazwy) i dynamizm są pokrewne, gdyż obydwie „pragną przy pomocy pewnych hipotez wyjaśniających wnikać głębiej w mechanizm przyrody”. Mechanicyzm usiłuje „wszystkie zjawiska fizyczne sprowadzić do praw mechaniki”, a dynamizm, jest „bardziej metafizyczny”, gdyż „sztywne kulki”, jako składniki materii, zastępuje „centrami sił atrakcji i repulsji”. Zawirski zaznacza również, że „dynamicznym bywa nazywany czasem wszelki pogląd, który przypisuje materii siły działające na odległość”. Energetyzm, zdaniem Zawirskiego, „jako kierunek stosunkowo najmłodszy, pragnie wobec zjawisk zajmować stanowisko fenomenologiczne”.¹⁶ Chodzi mu tu o kierunek propagowany przez Wilhelma Ostwalda, który w energii widział podstawowe tworzywo wszechświata.¹⁷ Zawirski twierdzi, że energetyzm powstał „właśnie w związku z odkryciem drugiego prawa termodynamiki i stwierdzeniem pewnej jednokierunkowości zmian we wszechświecie”,¹⁸ natomiast dla mechanicyzmu nieodwracalność zjawisk pozostaje problemem, ponieważ żadne z praw, leżących u jego podstaw, nie przewiduje nieodwracalności.

Zawirski wymienia dwie próby rozwiązania tej trudności. Pierwsza „polega na wprowadzeniu pewnych ruchów niewidocznych”, które pozwoliłyby wyjaśnić nieodwracalność zjawisk. Druga — to znana koncepcja demona Maxwella, który przepuszczając przez otworek w przegrodzie cylindra tylko cząstki o większej energii, powoduje zmniejszenie entropii. Pierwsze wyjaśnienie, zdaniem Zawirskiego, „jest olśniewające, ale nie wystarcza”.¹⁹ Przyznam się, że trudno mi zrozumieć, dlaczego wyjaśnienie to zasługuje na taki wykrzyknik. Sam Zawirski sądzi, że wprawdzie wyjaśnienia ono „odwracalność bezpośrednią”, tzn. „odwracalność na poziomie funda-

¹⁴ WP2, s. 427.

¹⁵ WP2, s. 427.

¹⁶ Wszystkie powyższe cytaty pochodzą z WP2, s. 429.

¹⁷ Por. W. Ostwald, *Wybór Pism*, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii, Poznań 2002. I część tej książki jest poświęcona „energetyce” Ostwalda.

¹⁸ WP2, s. 430.

¹⁹ WP2, s. 430.

mentalnym”, ale nie wyjaśnia „odwracalności pośredniej”, tzn. w świecie makroskopowym. Przyznać trzeba, że zarówno sam zarzut, jak i jego uchylenie przez Zawirskiego są dość mętne. Natomiast jego komentarz do drugiej propozycji jest tyleż zwięzły, co trafny: „Wprawdzie takich diabełków Maxwellowskich w przyrodzie nie ma, ale powyższe rozumowanie wskazuje, że wypadek taki nie jest wręcz niemożliwy, lecz tylko mało prawdopodobny”.²⁰

Zawirski uważa Boltzmana za „wybitnego przedstawiciela mechanistów”, gdyż dzięki swojej statystycznej interpretacji pojęcia entropii i zasad termodynamiki umożliwił on — mówiąc dzisiejszym językiem — zredukowanie zjawisk termodynamicznych do mechanicznych. „Ruchy zgodne wszystkich cząstek pewnego ciała są mniej prawdopodobne od ruchów niezgodnych, nieuporządkowanych. Wzrost entropii oznacza przewagę ruchów nieuporządkowanych nad uporządkowanymi. Jeśli druga zasada termodynamiki orzeka, iż zamknięty układ dąży do stanu, którego entropia jest większa od entropii stanu początkowego, to kinetyczna teoria materii może tylko powiedzieć, iż na ogół biorąc układ taki będzie zmierzał od stanów przeciętnie mniej prawdopodobnych do stanów bardziej prawdopodobnych”.²¹ Odwołując się do swojej interpretacji termodynamiki, Boltzmann nie wyklucza możliwości „przedstawienia czasu jako zamkniętego pierścienia”, ale też nie przypisuje tej hipotezie zbyt wielkiego znaczenia.

4. DYSKUSJE WOKÓŁ TWIERDZENIA POINCARÉ’GO

Ważny argument na rzecz koncepcji wiecznych powrotów pochodzi od Poincaré’go, który w pracy pt. „O problemie trzech ciał”²² udowodnił słynne twierdzenie, znane dziś pod nazwą rekurencyjnego twierdzenia Poincaré’go. Zawirski nazywa to twierdzenie teorematem fazy i referuje je słowami Poincaré’go: „w systemie punktów materialnych pozostających pod działaniem sił, które zależą jedynie od położenia w przestrzeni, raz zachodzący stan ruchu, określony przez konfigurację i prędkość, z biegiem czasu raz jeszcze, a nawet nieskończenie wiele razy, będzie musiał powracać z dowolnym przybliżeniem (dowolnie blisko stanu początkowego), jeśli tylko założyć, że zarówno współrzędne, jak też i prędkości nie będą rosły w nieskończoność”.²³ Twierdzenie to mówi o „powrocie świata” — choć może to być powrót jedynie w pobliże stanu, jaki świat kiedyś zajmował — pod warunkiem, że siły działające „zależą jedynie od położenia w przestrzeni i że wszechświat jest skończony (położenia i prędkości „nie mogą rosnąć w nieskończoność”).

Na zarzut ze strony Zermelo, że układ spełniający twierdzenie Poincaré’go nie może podlegać prawu wzrostu entropii, Boltzmann odpowiedział, iż jest to możliwe,

²⁰ WP2, s. 431.

²¹ WP2, s. 432.

²² *Acta Mathematica* 13, 1890, s. 1-170.

²³ WP2, s. 433-434.

jeśli prawo wzrostu entropii rozumie się statystycznie. Istnieje bowiem skończone prawdopodobieństwo, iż „[o]bok eonów czasu, w których entropia rośnie, należy sobie przedstawić i takie, gdzie ona maleje”.²⁴ A więc jeżeli nawet świat osiągnie stan śmierci cieplnej, to może z niej zostać wytracony. „Nie będzie to więc stanowcza śmierć świata, lecz rodzaj snu, z którego świat obudzi się po milionach, milionach lat”.²⁵ Poincaré skomentował ten wniosek, zauważając, że demon Maxwella nie musi się odznaczać zbyt wielką przytomnością umysłu, wystarczy mu bowiem trochę cierpliwości. (Znowu przypis ujawnia, że jednym ze źródeł do całej dyskusji wokół twierdzenia Poincaré’go był odczyt Mariana Smoluchowskiego „O nowszych postępkach na polu kinetycznych teorii materji”.²⁶)

Zawirski z aprobatą odnosi się do rozwiązania Boltzmann’a, ale niepokoi się, że gdy coś jest mało prawdopodobne, to przecież czasem się zdarza, a czy kto kiedyś zaobserwował takie mało prawdopodobne zjawiska. Owszem, ale w skali, w której nie trzeba oczekiwać miliardów lat, aż zdarzy się coś mało prawdopodobnego. Chodzi oczywiście o ruchy Browna, które — niezależnie od siebie — wyjaśnili Einstein i Smoluchowski. Zawirski powołuje się na szereg prac Smoluchowskiego, a potem pisze: „Z wymienionych powyżej rozpraw najbardziej do przeczytania zalecamy drugą: O granicach ważności drugiej zasady teorii ciepła. Prześliczna ta rzecz była wygłoszona na zjeździe w Getyndze w r. 1913. W niej Smoluchowski wyraża się najpełniej, potrącając o cały szereg zagadnień natury ogólnej, wychodzących poza zakres samej tylko fizyki”.²⁷

Svante Arrhenius postawił kropkę nad „i”, zauważając, „że zjawiska podobne do ruchów Browna zachodzić muszą w mgławicach, że entropia wzrasta tylko w pewnej fazie rozwoju systemów słonecznych, fazie zstępującej, kiedy słońca promieniując zaczynają już przygasać i ciepło tracić, natomiast we fazie wstępującej, zanim się słońca z mgławic wyłonią, zachodzi proces przeciwny, entropia maleje”.²⁸ Zdaniem Zawirskiego, „[w]obec odkryć Prof. Smoluchowskiego, nic naturalniejszego nad takie przypuszczenie, chociaż szczegółowych danych pozytywnych w tym kierunku astronomia nam nie dostarcza”.²⁹

Dyskusja wokół twierdzenia Poincaré’go nie byłaby pełna, gdyby pominąć problem „wyjątków”. Zgodnie z tym twierdzeniem, „mogą zachodzić też wypadki wyjątkowe, w których układ zbliżać się będzie do stanu pierwotnego tylko skończoną ilością razy (albo nie zbliży się ani razu)”.³⁰ To nieprecyzyjne sformułowanie zostało uści-

²⁴ WP2, s. 435-436.

²⁵ WP2, s. 436.

²⁶ WP2, s. 437, przyp. 2. Zawirski zaznacza, że wspomniany artykuł Smoluchowskiego znajduje się w jego *Pismach*, tom I, Kraków, Paryż 1924, s. 285.

²⁷ WP2, s. 439, przypis 2.

²⁸ WP2, s. 440.

²⁹ Tamże.

³⁰ WP2, s. 441.

ślone przez Carathéodory'ego, który pokazał, że „zbiorowi wypadków wyjątkowych w teorii Poincaré'go” należy przypisać miarę zero w sensie miary Lebesgue'a.

Argumenty zaczerpnięte z fizyki — konkluduje Zawirski — czynią hipotezę wiecznych powrotów prawdopodobną. Przychylnie o niej wyrażali się Boltzmann, Smoluchowski, Poincaré (choć ten ostatni pod koniec życia zmienił zdanie). Zawirski jest jednak świadom, że ważność tego wniosku zależy od tego, czy „zjawiska mechaniki stanowią podstawową grupę zjawisk fizycznych, do których wszystkie inne miałyby się dać sprowadzić”,³¹ a to jest wysoce wątpliwe wobec ogólnej teorii względności i mechaniki kwantowej. Twierdzenie Poincaré'go o powrotach obowiązuje tylko w układach skończonych, a skończoność wszechświata — jak sądzi Zawirski — jest wnioskiem z ogólnej teorii względności. Pod tym względem teoria ta jest wsparciem dla hipotezy wiecznych powrotów, ale zarówno teoria względności, jak i mechanika kwantowa, jako teorie bardzo nowe, mogą kryć w sobie jeszcze wiele niespodzianek. Jak zobaczymy w końcowej części naszego studium, Zawirski miał rację — obie nowe teorie istotnie zmieniają stan zagadnienia. W szczególności okaże się, że ogólna teoria względności wcale nie implikuje skończoności wszechświata. To jedynie pewne filozoficzne uprzedzenia sprawiły, że wcześnie badacze kosmologicznych konsekwencji ogólnej teorii względności rozważali tylko tzw. zamknięte modele wszechświata.

I jeszcze jedno ważne dopowiedzenie. Jeżeli nawet twierdzenie Poincaré'go uprawdopodobnia koncepcje wiecznych powrotów, to nie w sensie, w jakim rozumieli ją starożytni stoicy. Zgodnie z tym twierdzeniem, czas nie stanowi zamkniętego kołiska, w którym każde zdarzenie powtarza się nieskończenie wiele razy; głosi ono tylko, że stany wszechświata mogą się powtarzać i to niekoniecznie w sensie dosłownym: stan po powrocie może być tylko „prawie taki sam” jak któryś ze stanów poprzednich. Zawirski jest tego w pełni świadom; podkreśla na przykład, iż trudno oczekiwać, żeby stany mentalne konkretnego człowieka mogły powtarzać się w kolejnych powrotach.

5. ZAWIRSKIEGO PYTANIA I KONKLUZJE

W środkowej części swojego tryptyku Zawirski powoływał się na wybitnych fizyków i matematyków (Boltzmann, Poincaré, Smoluchowski, Zermelo, Carathéodory), których prace wносиły istotne elementy do dyskusji nad wiecznymi powrotami; na początku trzeciej części klimat się zmienia: cytowani są prawie wyłącznie autorzy, którzy na spór patrzą z filozoficznej perspektywy. Należą do nich: Ludwik Weber, Couturat, Jerzy Batauld, Alfred Fouillé; ich prace publikowane są w dwu czasopiśmie: *Revue Philosophique* oraz *Revue de Métaphysique et de Morale*. Wspomniany jest również polski autor, prof. Kozłowski i jego książka *Zasady przyrodoznawstwa w świetle teorii poznania* (Warszawa 1903), a także jego „późniejsza praca

³¹ WP2, s. 445.

‘Przyrodznawstwo a filozofia’ (z 1909 r.). Dyskusje, jakie ci autorzy toczyli, straciły dziś zupełnie swoją aktualność. Dotyczyły one m.in. takich zagadnień jak: Czy fakt, że „możliwość zmian jest zamknięta w pewnych granicach, określonych prawem zachowania energii” domaga się „rytmicznego, oscylującego charakteru transformacji świata”?³² Czy wniosku takiego nie implikuje atomistyczna struktura materii (Batauld)? Czy możliwość asymptotycznego zbliżania się świata „do stanu kresowego” nie wyklucza idei wiecznych powrotów (Fouillé)? Zawirski w zasadzie poprawnie ustosunkowuje się do argumentów, jakie padały w trakcie dyskusji nad powyższymi pytaniami, jeszcze raz komentując twierdzenie Poincaré’go i Boltzmanną statystyczną interpretacją drugiej zasady termodynamiki.

Zarówno twierdzenie Poincaré’go, jak i statystyczna interpretacja Boltzmanną są ważne na gruncie mechaniki klasycznej („modelu mechanicznego”, jak to określa Zawirski). Pozostaje więc zasadnicze pytanie, „o ile model mechaniczny ze stanowiska wiedzy współczesnej może uchodzić za adekwatny obraz rzeczywistości”.³³ Przypomnijmy: jest rok 1928, mechanika kwantowa i ogólna teoria względności są już niemal powszechnie uznawanymi przez specjalistów teoriami fizycznymi; czy nie zmienia one istotnie naszego obrazu świata, a w szczególności oceny hipotezy wiecznych powrotów? Ale obydwie te nowe teorie nie są jeszcze na tyle rozwinięte, by Zawirski mógł na to pytanie odpowiedzieć. Pojawiają się jednak następujące, bardziej konkretne pytania: Czy zakwestionowanie determinizmu przez mechanikę kwantową nie zmieni dotychczasowych wniosków? Czy twierdzenie Poincaré’go zachowa ważność w kontekście ogólnej teorii względności? Zawirski wspomina, że także w samej mechanice statystycznej w ostatnich latach nastąpiło „pewne przesilenie” w związku ze sformułowaniem tzw. hipotezy ergodycznej i dyskusji wokół jej stosunku do twierdzenia Poincaré’go. Dokładniejsze referowanie tych partii pracy Zawirskiego nie wydaje się uzasadnione, gdyż w ówczesnym stanie nauki jego wnioski nie mogły być inne, jak tylko prowizoryczne. Do większości z tych zagadnień i tak powrócimy w końcowej części niniejszego studium, w której na problem wiecznych powrotów spojrzymy z dzisiejszej perspektywy. Pozostaje tylko przyjrzeć się końcowym wnioskom Zawirskiego. Można je ująć w następujące punkty:

(1) „...szanse naukowe teorii powrotów budzą najwyższy interes”. Szanse te „na ogół nie są niekorzystne dla niej i to zarówno przy uzasadnieniu indukcyjnym, jako też dedukcyjnym”.³⁴

(2) „Przy indukcyjnym, wychodzi tylko małe prawdopodobieństwo... Całe szczęście, że jest ono małe, gdyby bowiem powracalność procesów makroskopowych była równie częsta jak mikroskopowych..., [ś]wiat byłby wiecznym rumowiskiem, chaosem”.³⁵

³² WP3, s. 1.

³³ WP3, s. 13.

³⁴ WP3, s. 23.

³⁵ Tamże.

(3) „Dowód zaś dedukcyjny o tyle będzie nas przekonywał, o ile zyskamy pewność, iż założenia, na których on opiera się odpowiadają rzeczywistości. Taką pewność mogliśmy uzyskać tylko wtedy, gdyby fizyka swoje dzieło ostatecznie wykończyła”.³⁶

Nie jest zbyt jasne, co w tym kontekście Zawirski rozumie przez uzasadnienie indukcyjne i dedukcyjne, gdyż wszystkie argumenty, jakie przytaczał na rzecz hipotezy wiecznych powrotów, sprowadzają się do daleko idących ekstrapolacji ze znanych praw fizyki lub zastosowań matematycznych twierdzeń do wszechświata jako całości.

Swój tryptyk o wiecznych powrotach Zawirski kończy dwiema uwagami, zasługującymi na to, by je przytoczyć dosłownie:

(1) „pogląd na świat naszej teorii nie jest jednak pozbawiony pewnych walorów praktycznych. Jeden ze zwolenników teorii wyraża się pięknie, iż daje nam ona wizję zewnętrzną naszej wieczności. Co prawda jest to inna wieczność niż wieczność świata lub Boga. Jeśli wszechświat jest nigdy niekończącą się melodią, którą Wieczność Boża wygrywa, wówczas nasze istnienia — to jakby owe tony, które się w tej melodii od czasu do czasu powtarzają”.³⁷

(2) „Dla nauki teoria zyskałaby wartość tylko wtedy, gdyby mogła stać się impulsem do nowych odkryć astronomicznych czy fizykalnych, tak, jak nią była w rękach Boltzmanna i Smoluchowskiego”.³⁸

W następnej części niniejszego artykułu spojrzymy na koncepcję „wiecznych powrotów” z dzisiejszej perspektywy, zwłaszcza na te jej aspekty, które zostały omówione przez Zawirskiego. Wprawdzie postęp, jaki dokonał się w nauce, przede wszystkim w fizyce relatywistycznej i kosmologii, nie rozstrzyga ostatecznie sporu o „wieczne powroty”, dostarcza jednak kilku nowych punktów widzenia pozwalających lepiej ocenić tę koncepcję.

6. ZAMKNIĘTE KRZYWE CZASOPODOBNE

Realizacją najmocniejszej wersji koncepcji „wiecznych powrotów” byłaby oczywiście taka teoria fizyczna, która dopuszczałaby możliwość zamkniętego czasu. Stanowiłoby to urzeczywistnienie idei stoików o dosłownym powtarzaniu się zdarzeń. Zawirski wspomina krótko, że Hermann Weyl w swojej książce *Raum-Zeit-Materie* pisze o tym, iż zgodnie z ogólną teorią względności „niektóre linie światowe o charakterze czasowym” mogłyby być zamknięte, ale sam Zawirski uważa taką myśl za niedorzeczną, „[d]latego, zdaje się, dobrze Weyl zrobił, że ten fantastyczny pomysł z tak poważnego dzieła w ostatnich wydaniach wyrzucił”.³⁹ Tymczasem ten „fantastyczny pomysł” okazał się całkiem realną możliwością. W 1949 r. Kurt Gödel znalazł

³⁶ WP3, s. 24.

³⁷ WP3, s. 24-25.

³⁸ WP3, s. 25.

³⁹ WP3, s. 23.

rozwiązanie równań Einsteina, przedstawiające model kosmologiczny z zamkniętymi krzywymi czasopodobnymi.⁴⁰ Wprawdzie rozwiązanie to nie mogło modelować rzeczywistego świata, nie występował w nim bowiem efekt przesunięcia ku czerwieni w widmach galaktyk, ale wykazało ono ponad wszelką wątpliwość, że istnienie zamkniętych linii czasopodobnych nie jest sprzeczne z ogólną teorią względności. Co więcej, w pracach teoretycznych należy taką możliwość brać pod uwagę. Na przykład występowanie pewnych globalnych własności czasoprzestrzeni może być uzależnione od istnienia lub nieistnienia zamkniętych krzywych czasopodobnych w tej czasoprzestrzeni. Wówczas należycie sformułowany warunek istnienia lub nieistnienia takich krzywych winien pojawić się w sformułowaniu odpowiedniego twierdzenia; może on też odegrać istotną rolę w jego dowodzeniu. Sytuacja taka ma na przykład miejsce w niektórych twierdzeniach o istnieniu osobliwości.⁴¹

Wkrótce po opublikowaniu wyżej wspomnianej pracy Gödla znaleziono wiele innych rozwiązań z zamkniętymi krzywymi czasopodobnymi, a w r. 1971 sytuacja dojrzała już do tego, że Brandon Carter mógł dokonać drobiazgowej klasyfikacji rozmaitych „patologii czasowych”, powodowanych głównie przez różnego rodzaju „zapętlenia czasu”.⁴² Od teoretycznej możliwości do faktycznego istnienia zamkniętych krzywych czasopodobnych w rzeczywistym świecie droga jest długa i niepewna. Wprawdzie w książkach popularnonaukowych snuje się sporo spekulacji na temat podróży w czasie,⁴³ ale dotychczas trudno je traktować inaczej, jak tylko jako dydaktyczne ćwiczenie o swoistym filozoficzno-emocjonalnym zabarwieniu.

Dość silnym, ale czysto teoretycznym, argumentem przeciwko faktycznemu istnieniu zamkniętych krzywych czasopodobnych jest następujące rozumowanie. Możliwość istnienia fizyki jako nauki zakłada stabilność pomiarów przestrzennych i czasowych w następującym sensie: małe zaburzenie pomiaru lub, innymi słowy, mały błąd pomiarowy, powinno prowadzić jedynie do małych niepewności co do przyszłego zachowania się układu. Gdyby było inaczej, pomiar nie dawałby praktycznie żadnej informacji o układzie. A ponieważ każdy pomiar jest obarczony nieuniknionym błędem, musimy zakładać, że nasze pomiary są stabilne w powyższym sensie. W związku z tym mówi się o *strukturalnej stabilności* pomiaru. W matematycznym formalizmie ogólnej teorii względności za możliwość wykonywania pomiarów czasoprzestrzennych odpowiada metryka czasoprzestrzeni i to ona powinna odznaczać się strukturalną stabilnością. Strukturalna stabilność wymaga (z definicji) nie tylko

⁴⁰ „An Example of a New Type of Cosmological Solution of Einstein's Field Equations of Gravitation”, *Review of Modern Physics* 21, 1949, s. 447-450.

⁴¹ Por. S. W. Hawking, G. F. R. Ellis, *The Large Scale Structure of Space-Time*, Cambridge University Press, Cambridge 1973, np. s. 266.

⁴² B. Carter, „Causal Structure of Space-Time”, *General Relativity and Gravitation* 1, 1971, s. 349-391.

⁴³ Por. np. I. Nowikow, *Rzeka czasu. Czarne dziury, białe dziury i podróże w czasie*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1998; P. Davies, *Czas — Niedokończona rewolucja Einsteina*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2002.

tego, by w czasoprzestrzeni nie istniały zamknięte krzywe czasopodobne i zerowe, lecz również, by takich krzywych nie produkowało żadne odpowiednio małe zaburzenie metryki. Ponieważ krzywe czasopodobne i zerowe łącznie nazywa się *krzywymi przyczynowymi* (mogą one bowiem przenosić oddziaływania przyczynowe), zamiast o stabilności strukturalnej mówi się również o *stabilnej przyczynowości*. Hawking udowodnił ważne twierdzenie, które głosi, że warunek stabilnej przyczynowości jest spełniony wtedy, gdy w danej czasoprzestrzeni istnieje czas globalny,⁴⁴ tzn. czas pokrywający całą historię wszechświata.⁴⁵ Twierdzenie to wiąże zatem niewystępowanie zamkniętych krzywych czasopodobnych z możliwością wykonywania pomiarów czasoprzestrzennych, a więc z czymś, co jest bardzo istotne dla fizyki jako nauki, a co za tym idzie, czyni hipotezę zamkniętego czasu mało atrakcyjną z teoretycznego punktu widzenia.

7. DRUGA ZASADA TERMODYNAMIKI A ODWRACALNOŚĆ CZASU

Jak widzieliśmy, w całej dyskusji przeprowadzonej przez Zawirskiego ważną rolę odgrywała druga zasada termodynamiki i jej zastosowania do wszechświata. Zawirski miał do dyspozycji tylko termodynamikę klasyczną. W latach, w których pisał swój tryptyk o wiecznych powrotach, pojawiły się już w fizyce pewne problemy, które potem doprowadziły do powstania i szybkiego rozwoju termodynamiki nieliniowej, a od roku 1928 Richard Tolman⁴⁶ zaczął publikować swoje pierwsze prace o termodynamice relatywistycznej, ale trudno się spodziewać, by w dyskusji Zawirskiego znalazły się jakieś odniesienia do tych prac. Tymczasem obie te dziedziny — termodynamika nieliniowa i termodynamika relatywistyczna — wniosły istotny wkład do naszego obecnego rozumienia problemu czasu w fizyce. Termodynamika nieliniowa dotyczy zagadnień związanych z powstawaniem i ewolucją struktur,⁴⁷ co pozostawało poza zasięgiem zainteresowań Zawirskiego, gdy pisał on swój tryptyk, natomiast powstanie termodynamiki relatywistycznej bezpośrednio dotyczy tego, co było wówczas w centrum uwagi Zawirskiego.

⁴⁴ S. W. Hawking, „The Existence of Cosmic Time Functions”, *Proceedings of the Royal Society (London)* A 308, 1968, 433-435.

⁴⁵ Por. mój artykuł „Time of the Universe”, [w:] G. F. R. Ellis (red.) *The Far-Future of the Universe*, Templeton Foundation Press, Philadelphia-London 2002, s. 53-64. Od strony bardziej formalnej różne warunki występowania czasowych (i przyczynowych) patologii zostały omówione w rozdziałach 2-4 mojej monografii *Osobliwy Wszechświat*, PWN, Warszawa 1991. Metodologicznie i filozoficzne aspekty tych zagadnień (ale również na zaawansowanym poziomie) omawia John Earman w książce *Bangs, Crunches, Whimpers, and Shrieks — Singularities and Acausalities in Relativistic Spacetimes*, Oxford University Press, New York-Oxford 1995.

⁴⁶ Na temat prac Tolmana por.: P. Turkowski, „Richard Chace Tolman (1881-1948)”, *Acta Cosmologica* 14, 1986, s. 131-138.

⁴⁷ Por. np. I. Prigogine, *From Being to Becoming*, Freeman and Co., New York 1980.

Podstawy termodynamiki relatywistycznej rozwinął Richard Tolman w latach trzydziestych XX wieku.⁴⁸ W tym nowym podejściu prawom termodynamiki trzeba było nadać niezmienniczą postać, zgodnie z wymaganiami ogólnej teorii względności. Zabieg ten spowodował konieczność wprowadzenia do matematycznego sformułowania drugiej zasady termodynamiki wyrażenia zależnego od potencjałów grawitacyjnych (czyli od tensora metrycznego). Nie zmieniło to ani statystycznej interpretacji drugiej zasady termodynamiki, ani (statystycznie rozumianych) wynikających z niej wniosków co do nieodwracalności czasu,⁴⁹ zmodyfikowało jednak warunek równowagi termodynamicznej. Do równowagi termodynamicznej nie wystarczy teraz równość temperatur, lecz równe muszą być także potencjały grawitacyjne. Wszechświat może więc w zasadzie uniknąć śmierci cieplnej, mimo wyrównania temperatur, zachowując różnicę potencjałów grawitacyjnych. Jeszcze dalej idącą modyfikację wymusza wprowadzone przez Rogera Penrose'a (znacznie później) pojęcie entropii grawitacyjnej. Zdaniem tego uczonego, upływanie czasu może być wynikiem różnicy pomiędzy małą entropią grawitacyjną „na początku świata” a dużą entropią grawitacyjną na jego „końcu”.⁵⁰ Problemy te jednak zbyt daleko odchodzą od rozważań Zawirskiego, by im tu należało poświęcić więcej uwagi.

Z rozwojem termodynamiki relatywistycznej związany jest jednak inny problem, który bezpośrednio dotyczy problematyki poruszanej przez Zawirskiego. Chodzi o problem tzw. pulsującego lub oscylującego wszechświata. Model taki realizuje ideę „wiecznych powrotów” w złagodzonej wersji, w której wszechświat w kolejnym cyklu powraca do stanu, jaki już kiedyś zajmował, chociaż indywidualne zdarzenia nie powtarzają się w kolejnych cyklach. Termodynamika relatywistyczna wprowadza tu ważną poprawkę: następujące po sobie cykle nie są identyczne: w każdym następnym cyklu wszechświat rozdyma się coraz bardziej, zanim przejdzie w fazę kurczenia. Mówiąc obrazowo, oscylacje wszechświata są coraz większe. A więc mimo następujących po sobie faz ekspansji i kontrakcji, w skali dłuższej niż poszczególne cykle istnieje ewolucja. I tylko w tak zmodyfikowanym sensie można mówić o „wiecznych powrotach”. Wykazał to już Tolman w swojej monografii. Zauważył on mianowicie, że uwzględnienie procesów nieodwracalnych (związanych z dyssypacją energii) prowadzi właśnie do takiego scenariusza.⁵¹ Ten czysto jakościowy wynik uzyskany przez Tolmana jest często cytowany w literaturze, niewielu wszakże autorów zwraca uwagę na fakt, że konkretne rozwiązania równań Einsteina uwzględniające procesy dyssypacyjne pokazują, iż nie tylko kolejne cykle są „większe”, lecz również kontrakcja na-

⁴⁸ Podstawową jego monografią na ten temat jest: *Relativity, Thermodynamics and Cosmology*, Clarendon Press, Oxford 1934.

⁴⁹ Por. R. C. Tolman, dz. cyt., s. 296-297.

⁵⁰ Por. R. Penrose, *Nowy umysł cesarza*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1995, rozdz. 7. Warto również zajrzeć do artykułu Penrose'a „Singularities and Time Asymmetry”, [w:] S. W. Hawking, W. Israel (red.), *General Relativity. An Einstein Centenary Survey*, Cambridge University Press, Cambridge 1979, s. 581-638.

⁵¹ R. C. Tolman, dz. cyt., s. 439-444.

stępuje zawsze szybciej niż ekspansja (cykle są niesymetryczne), co dodatkowo wzmacnia kierunkowość czasu.⁵²

Tolman zauważył także, iż fakt, że kosmologia relatywistyczna z dyssypacją dopuszcza ewolucję bez śmierci cieplnej, wcale nie oznacza, że taka śmierć nie nastąpi. „Jednakże to odkrycie w przypadku pewnej klasy modeli wywiera pewien wyzwalający wpływ na nasze ogólne myślenie o termodynamice. Nie jesteśmy przynajmniej już dłużej zmuszeni, by dogmatycznie twierdzić, że zasady termodynamiki z koniecznością domagają się wszechświata, który został stworzony w skończonym czasie w przeszłości i który jest skazany na stagnację i śmierć w przyszłości”.⁵³

Od czasów Zawirskiego sytuacja, gdy idzie o zastosowanie drugiej zasady termodynamiki do kosmologii, zmieniła się zasadniczo także i pod jeszcze innym względem. Zawirski pojęciowo ciągle tkwił w paradygmacie, w którym ekstrapolowanie drugiej zasady termodynamiki miało być źródłem informacji o wszechświecie jako całości. Kosmologia relatywistyczna niejako odwróciła tę sytuację: najpierw, budując model kosmologiczny, dowiadujemy się czegoś o wszechświecie, a dopiero potem, stosując do modelu prawa termodynamiki (relatywistycznej), dochodzimy do wniosku, np. czy w danym modelu dojdzie do śmierci cieplnej, czy nie. Nasze wnioski są więc zrelatywizowane do modelu, ale dzięki temu mają znacznie większy stopień wiarygodności. Dopiero pośrednio, porównując przewidywania wynikające z modelu z wynikami obserwacji, możemy spodziewać się informacji o stosunkach panujących w rzeczywistym wszechświecie. Ale jest to zawsze informacja za pośrednictwem modelu.

Wypada uczynić jeszcze jedną ważną uwagę, o której zbyt często zapomina się w różnych publikacjach. Każde przejście od fazy kurczenia do fazy ekspansji wymaga przejścia przez osobliwość. Tolman mógł mieć nadzieję, czemu dawał wyraz, że w przyszłości być może uda się wykazać, iż takie przejście może się dokonać „gładko”. Dziś, po udowodnieniu twierdzeń o istnieniu osobliwości,⁵⁴ wiemy, że nadzieja taka jest złudna (jeżeli pozostajemy na gruncie niekwantowej teorii grawitacji). W zasadzie więc oscylacje wszechświata są wykluczone; możemy mówić tylko o jednym cyklu, rozpoczynającym się od osobliwości początkowej, w której wszechświat „zapomniał” o swojej przeszłości (jeżeli ją w ogóle miał) i kończącym się znowu w osobliwości, która szczelnie oddziela go od dalszej przyszłości (jeżeli jakkolwiek nastąpi). Ponieważ nie wiemy, co było przed początkową osobliwością i co będzie po osobliwości końcowej, możemy sobie „dorysowywać” inne cykle, ale musimy pamiętać, że zabieg ten jest równoważny mocnemu założeniu, iż przez osobliwości można przechodzić „gładko”. Założenie takie mogłoby być uzasadnione tylko przez odwołanie się do przyszłej teorii kwantowej grawitacji, ale powołanie się na tę teorię

⁵² Por. M. Heller, M. Szydlowski, „Tolman’s Cosmological Models”, *Astrophysics and Space Science* 90, 1983, s. 303-306.

⁵³ R. C. Tolman, dz. cyt., s. 444.

⁵⁴ Por. S. W. Hawking, G. F. R. Ellis, dz. cyt.

gruntownie zmienia cały kontekst hipotezy „wiecznych powrotów”. Powrócimy do tej uwagi przy końcu niniejszego artykułu.

8. TWIERDZENIE O NIEPOWRACANIU

Drugim argumentem, obok zasady wzrostu entropii, na który Zawirski często się powołuje, jest rekurencyjne twierdzenie Poincaré’go. W mechanice klasycznej twierdzenie to zachowuje oczywiście swoją ważność⁵⁵ i odgrywa ważną rolę we współczesnej teorii układów dynamicznych,⁵⁶ ale jego status w ogólnej teorii względności jest zupełnie inny niż tego Zawirski mógł oczekiwać. Jest to okoliczność tym donioślejsza, że w kosmologii musimy korzystać z relatywistycznej wersji tego twierdzenia. Zanim jednak omówimy tę sprawę nieco dokładniej, uczynmy pewną uwagę, związaną z poglądami Zawirskiego.

Jak pamiętamy, twierdzenie Poincaré’go o powrotach obowiązuje tylko w układach skończonych (ograniczonych). Zawirski, chcąc uzasadnić skończoność świata, odwoływał się do kosmologii relatywistycznej. Istotnie, w jego czasach rozpatrywano tylko tzw. modele zamknięte (co odpowiadało skończoności świata, jak ją rozumie filozofowie), ale nie wynikało to z formalnej konieczności, lecz ze swoistej intelektualnej mody. Wielki autorytet Einsteina, który uważał, że poprawny model kosmologiczny winien być przestrzennie „skończony ale nieograniczony” (jak powierzchnia kuli), narzucił innym ówczesnym kosmologom podobne przekonania. Wprowadził Aleksander Friedman w swojej pracy z 1924 r. rozważał już całą klasę modeli otwartych (przestrzennie nieskończonych),⁵⁷ ale stosunkowo długo praca ta pozostawała niezauważona, a filozoficzne uprzedzenia w stosunku do modeli otwartych zostały przewyciężone dopiero po drugiej wojnie światowej. Dziś kwestia, czy świat jest przestrzennie skończony, czy nieskończony, nadal czeka na rozwiązanie, ale — jak się spodziewamy — rozwiązanie winno przyjść ze strony obserwacji.

Niezależnie jednak od tego, jakie to rozwiązanie będzie (oraz czy i kiedy zostanie osiągnięte*), twierdzenie Poincaré’go o powrotach jest ważne z teoretycznego punktu widzenia, choćby tylko z tej racji, iż ukazuje ono, jak niektóre wyniki ustalone w mechanice klasycznej zmieniają się w relatywistycznym kontekście. Fundamentalną pod tym względem okazała się praca Franka J. Tiplera pt. „General Relativity and the

⁵⁵ Jego sformułowanie i dowód można znaleźć w książce: W. I. Arnold, *Metody matematycznej mechaniki klasycznej*, PWN, Warszawa 1981, s. 71-73.

⁵⁶ Por. np. S. W. Fomin, I. P. Kornfell, J. G. Sinaj, *Teoria ergodyczna*, PWN, Warszawa 1987, s. 17.

⁵⁷ A. A. Friedman, „Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativen Krümmung des Raumes”, *Zeitschrift für Physik* 21, 1924, s. 326-332.

* Najnowsze pomiary mikrofalowego promieniowania tła, uzyskane przez satelitę WMAP, świadczą o tym, że przestrzeń wszechświata jest, z dużą dokładnością, euklidesowa (uwaga dodana w korekcie).

Eternal Return”⁵⁸. Udowodnił on twierdzenie, które — choć jest relatywistycznym odpowiednikiem twierdzenia Poincaré’go — prowadzi do przeciwnego wniosku. Dlatego Tipler nazywa je *the no-return theorem* (twierdzenie o niepowracaniu).

Twierdzenie Tiplera jest wyrażone w bardzo technicznym języku, ale jego istotną treść można przedstawić następująco. Podobnie jak klasyczne twierdzenie Poincaré’go, odnosi się ono tylko do świata zamkniętego (przestrzenie skończonego). W świecie takim istnieją powierzchnie, zwane powierzchniami Cauchy’ego; na każdej z nich można zadać „dane początkowe”, które jednoznacznie określają całą historię wszechświata. Każda tego rodzaju powierzchnia Cauchy’ego jest czasowym cięciem wszechświata (jakby jego migawkowym zdjęciem w danej chwili), można ją więc uznać za stan wszechświata w tej chwili. Tipler nazywa model kosmologiczny *czasowo periodycznym*, jeżeli zawiera on dwie różne powierzchnie Cauchy’ego, na których dane początkowe są takie same (izomorficzne). Świat taki powraca więc po pewnym czasie do stanu, w jakim już kiedyś się znajdował.

Założmy, że jakiś model kosmologiczny spełnia następujące warunki:

- (1) jest przestrzenie zamknięty,
- (2) grawitacja jest w nim zawsze siłą przyciągającą,
- (3) zasada determinizmu z danych początkowych jest dobrze określona (jest jednoznaczna i lokalnie stabilna),
- (4) każda krzywa w czasoprzestrzeni, przedstawiająca historię cząstki fotonu choć raz odczuwała działanie grawitacyjnych sił przyptywowych.

Zauważmy, że warunki te (są one oczywiście wyrażone przez Tiplera w sposób zmatematyzowany), choć nie muszą być spełnione w każdym modelu kosmologicznym, są bardzo naturalne. Jeżeli nawet ich złamanie nie uznalibyśmy za patologię, byłibyśmy jednak skłonni przyznać, że stanowiłoby to jakieś „odbieganie od normy”.

Tipler udowodnił, że jeżeli jakiś model kosmologiczny spełnia warunki (1)-(4), to nie może on być czasowo periodyczny. A więc wszechświat taki nie może powracać do stanu, w którym już przedtem się znajdował. Tipler podkreśla, że jest to wniosek tym bardziej zaskakujący, że wśród założeń, jakie do niego prowadzą, znajduje się założenie determinizmu. Wydaje się to sprzeczne z intuicją, która wiązała wieczne powroty z determinizmem, jak to czynili na przykład starożytni stoicy.

W kontekście relatywistycznym odpowiednik twierdzenia Poincaré’go nie może więc służyć jako argument na rzecz koncepcji wiecznych powrotów.

9. PRÓBA WNIOSKÓW

Jak widzieliśmy, od czasów Zawirskiego status hipotezy wiecznych powrotów zmienił się dosyć zasadniczo. Nie w tym sensie, że jesteśmy dziś bliżsi ostatecznej odpowiedzi niż był Zawirski, ale w tym sensie, że nasza wiedza jest dziś bardziej

⁵⁸ Została ona opublikowana w: *Essays in General Relativity. A Festschrift for Abraham Taub*, red.: F. J. Tipler, Academic Press, New York-London, 1980, s. 21-37.

„wyrafinowana” niż była wówczas. Co przez to rozumiem? Nasza wiedza na temat tak ogólnych zagadnień, jakim jest problem wiecznych powrotów, może być tylko typu „jeżeli..., to...”: jeżeli spełnione są takie a takie warunki, to wniosek jest taki a taki; jeżeli spełnione są inne warunki, wniosek jest inny. Tego typu była też wiedza Zawirskiego o wiecznych powrotach (choć nie zawsze sam to jasno podkreślał), ale dziś schemat „jeżeli..., to...” stał się znacznie bardziej subtelny i znacznie bardziej wyrafinowany. Znamy nowe struktury matematyczne, a stare teorie i stare twierdzenia, umieszczone w bogatszym kontekście pojęciowym, są nam w stanie powiedzieć znacznie więcej niż dawniej. Pytanie o wieczne powroty bardziej uzależniło się od konkretnych modeli i dzięki temu stało się bardziej techniczne i bardziej „sformalizowane”.

Czy dzięki temu utraciło swoją filozoficzną atrakcyjność? Zagadnienia związane z czasem na zawsze pozostaną fascynujące i wyzwajające metafizyczny dreszczyk. Ale być może jest prawda, że dziś idea wiecznego powrotu budzi w nas nieco mniejsze emocje. Nie dlatego jednak, że znieczuliliśmy się na czas, lecz dlatego, że naszą uwagę przyciągają dziś inne perspektywy powoli, ale coraz wyraźniej, ukazywane przez współczesną fizykę teoretyczną. Zdajemy sobie coraz lepiej sprawę z tego, że fundamentalne problemy fizyki (także problemy związane z czasem) zostaną rozwiązane, lub przynajmniej ukazane w nowym świetle, przez wciąż poszukiwaną, ale już wieloma częściowymi wynikami przeczuwaną, kwantową teorię grawitacji. Przez częściowe wyniki rozumiem te wnioski lub sugestie, które wynikają z rozmaitych kierunków poszukiwań, a które są ze sobą wyraźnie zbieżne. I tak różne metody kwantowania grawitacji zdają się wskazywać, że na tzw. progu Plancka załamują się pojęcia czasu i przestrzeni znane z fizyki makroskopowej, a poziom fundamentalny, znajdujący się poniżej progu Plancka, jest aczasowy i aprzestrzenny. Nowe teorie matematyczne pozwalają budować modele takiego poziomu. Okazuje się, że beczasowa i aprzestrzenna fizyka może być bardzo bogata i może, w pewnego rodzaju przejściu granicznym, prowadzić do znanych dziś teorii fizycznych.⁵⁹

Jednym z powodów, dla których hipoteza wiecznych powrotów często powracała w historii i fascynowała wielu myślicieli, była niewątpliwie chęć przewyciężenia nieubłagalności upływu czasu. Dziś ta sama tęsknota może wyzwalać się w przeświadczeniu, że czas, mimo wszystko, nie jest absolutnym władcą, lecz tylko jednym z aspektów struktury świata.

⁵⁹ Obszerniej pisałem o tym w książce: *Początek jest wszędzie*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2002.