

Tadeusz Pabian
Wydział Filozoficzny
KUL

ZAGADNIENIE STRZAŁKI CZASU W FILOZOFII HENRYKA MEHLBERGA

Termin „strzałka czasu” został wprowadzony w 1928 roku przez Eddingtona na oznaczenie temporalnego kierunku ewolucji izolowanego układu, w którym następuje jednostajny wzrost entropii. Przypisanie fizycznemu czasowi strzałki jest równoznaczne założeniu, że istnieje jeden wyróżniony kierunek upływającego czasu, oraz że istnieje wewnętrzna (tj. niezależna od obserwatora) różnica pomiędzy przeszłością, a przyszłością — czyli pomiędzy dwoma możliwymi kierunkami upływu czasu. Strzałka czasu oznacza zatem temporalną asymetrię i anizotropię; w języku potocznym intuicja związana z istnieniem strzałki czasu wyrażana jest w stwierdzeniu, iż czas jest nieodwracalny¹ i płynie zawsze z przeszłości w przyszłość. Jest to jedna z podstawowych własności temporalnego wymiaru, podobna do ciągłości, jednokierunkowości, czy nieskończoności czasu. Problem strzałki czasu ma zasadnicze znaczenie dla filozofii nauki, gdyż odrzucenie istnienia wyróżnionego kierunku następstwa zdarzeń oznacza, iż różnica pomiędzy początkowym i końcowym stanem rzeczy — która jest

¹Czasami jednak rozważa się możliwość odwrócenia strzałki czasu, czyli zmiany wyróżnionego kierunku upływu czasu; w takim przypadku czas nadal pozostaje anizotropowy, chociaż zmienia się jego kierunek.

podstawowym, wrodzonym doznaniem człowieka doświadczającego upływu czasu — w swej istocie jest czymś nierealnym i złudnym. To zaś prowadzi do wielu filozoficznie istotnych trudności interpretacyjnych.

W niniejszym artykule przedstawione zostanie stanowisko Henryka Mehlberga² (1904–1979), który w swojej filozofii opowiada się za temporalną symetrią i wykazuje, że czas nie posiada wyróżnionego kierunku, ani osobnej, wewnętrznej charakterystyki, pozwalającej rozróżnić przeszłość od przyszłości. Koncepcja temporalnej izotropii oznacza w tej teorii, iż kierunków upływu czasu nie da się rozróżnić jedynie w oparciu o prawa przyrody — można to uczynić tylko w relacji do określonego układu odniesienia lub konkretnego obserwatora. Argumenty Mehlberga za symetrią czasu fizycznego omówione zostaną w kontekście głównych dziedzin współczesnej nauki; zaprezentowane zostaną też najważniejsze filozoficzne implikacje temporalnej izotropii.

1. STRZAŁKA CZASU W UJĘCIU NAUKOWYM I PRZEDNAUKOWYM

Z uwagi na wieloznaczność terminologiczną, należy rozróżnić czas „naukowy”, będący ściśle określoną, mierzalną wielkością, obecną w języku teorii naukowych; oraz czas „przednaukowy”, obecny w języku codziennym, nie zachowującym kanonów naukowej ścisłości. Odpowiedź na pytanie o strzałkę czasu zależy od tego, w którym znaczeniu występuje czas, będący przedmiotem dyskusji.

W języku przednaukowym mówi się o strzałce czasu wówczas, gdy nie jest obojętna kolejność mających miejsce zdarzeń, na przykład narodzin i śmierci tego samego człowieka. Anizotropia czasu jest w takim przypadku określona przez parę zdarzeń,

²Przedstawiciel Szkoły Lwowsko-Warszawskiej, uczeń Ajdukiewicza. Większość jego publikacji została zebrana w wydanym w 1980 roku dwutomowym dziele *Time, Causality and Quantum Theory*.

które nie tylko następują po sobie, ale ich następstwo jest nieodwracalne, tzn. gdy nie mogą nastąpić po sobie w odwrotnej kolejności. A zatem można mówić o strzałce czasu w przednaukowym sensie, gdy śmierć człowieka następuje po jego narodzinach i gdy dodatkowo nie jest możliwe zaistnienie tych zdarzeń w odwrotnej kolejności. Mehlberg wskazuje, iż ustalenia niemożliwości odwrócenia kierunku czasu w takim przypadku nie można dokonać jedynie w oparciu o czysto logiczne przesłanki. W języku przednaukowym, najbardziej naturalne wyjaśnienie takiej „niemożliwości” polega na odwołaniu się do praw przyrody: żaden człowiek nie może umrzeć zanim się narodzi, gdyż zabraniają tego dobrze ustalone prawa przyrody³. Ponieważ zaś stwierdzenie następstwa zdarzeń w języku przednaukowym dokonuje się w oparciu o temporalny porządek percepcji, oraz wspomnień dotyczących zachodzących zdarzeń⁴, dlatego przypisanie strzałki czasowi przednaukowemu zależy wyłącznie od tego, czy istnieje określone prawo przyrody, zabraniające odwracania temporalnego porządku percepcji i wspomnień. Jednakże zakres praw przyrody, które można wyrazić w języku przednaukowym jest znikomo mały, dlatego też anizotropia czasu przednaukowego pozostaje zagadnieniem nierozstrzygalnym, dopóki nie zostanie najpierw ustalony naukowy status temporalnej symetrii, bądź asymetrii.

Czas naukowy różni się zasadniczo od czasu przednaukowego, gdyż poprzedzanie i następowanie zjawisk, opisywanych w kontekście dowolnej teorii naukowej, określone jest zawsze względem wybranego układu odniesienia F , w którym każdemu zdarzeniu E przypisana zostaje czasowa współrzędna t_E^F . Sformułowane w przednaukowym języku zdanie: „ E miało miejsce przed E' w układzie F ”, zostanie w języku naukowym zapisane jako:

³Por.: H. Mehlberg, *Time, Causality and Quantum Theory. Studies on the Philosophy of Science*, t. 2: *Time in a Quantized Universe*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht — London 1980, s. 155.

⁴W języku przednaukowym wyrażenie: „zdarzenie A miało miejsce przed zdarzeniem B ” oznacza: „nikt nie mógł zobaczyć zdarzenia A , jednocześnie zachowując w pamięci zdarzenie B ”.

„ $t_E^F < t_{E'}^F$ ”. Czas naukowy pozostanie zatem izotropowy, jeśli dla dowolnych zdarzeń E i E' , oraz układu odniesienia F , takiego że $t_E^F < t_{E'}^F$, nie istnieje prawo przyrody, które wykluczałoby możliwość istnienia innego układu F' , w którym zachodziłaby relacja odwrotna: $t_{E'}^{F'} < t_E^{F'}$. Oznacza to, iż symetria czasu ma miejsce wówczas, gdy wszystkie prawa przyrody, sformułowane przy użyciu zmiennej czasowej t^F , związanej z układem odniesienia F , pozostają niezmiennione i zachowują swoją ważność przy przejściu do innego układu F' i nowej zmiennej czasowej $t^{F'}$, czyli gdy dla każdego zdarzenia E zachodzi warunek $t_E^{F'} = -t_E^F$. Temporalna izotropia, rozpatrywana w naukowym kontekście, jest więc równoważna inwariantności (niezmienniczości)⁵ praw przyrody względem odwrócenia czasu, czyli ich „niewrażliwości” na zamianę temporalnej orientacji wyrażanej słowami „przed” oraz „po”. Tę definicję można stosować zarówno do czasu obecnego w teoriach naukowych, jak i do czasu, funkcjonującego w codziennym języku, jeśli tylko pamięta się o różnicy pomiędzy przednaukowym i naukowym znaczeniem terminów „przed” i „po”⁶.

Ponieważ Mehlberg jest zwolennikiem temporalnej symetrii, dlatego jego argumentacja idzie po linii wykazania, iż strzałkę czasu należy odrzucić, jeśli okaże się, że prawa przyrody pozostają niezmiennione we Wszechświecie, w którym przyszłość zastąpiona zostanie przeszłością, i *vice versa*. Izotropię ustaloną dla czasu

⁵Mehlberg, pisząc o transformacji odwrócenia czasu, używa zamiennie słów niezmienniczość (*invariance*) oraz kowariantność, czyli współzmienniczość (*covariance*). W sensie ścisłym, kowariantność oznacza własność teorii, dzięki której jej fizyczna treść nie zależy od wyboru układu odniesienia. Pojęcie „kowariantności teorii względem transformacji odwrócenia czasu” jest zatem poprawne przy założeniu, że odwrócenie kierunku upływu czasu (zmiana t na $-t$ w równaniach) oznacza przejście do innego układu odniesienia, w którym czas płynie w odwrotną stronę, i w którym fizyczna treść teorii pozostaje niezmienniona.

⁶Temporalna asymetria, którą Mehlberg poddaje krytyce poprzez odwołanie się do praw przyrody, nazywana jest w jego pracy anizotropią *nomologiczną*. Oprócz niej Mehlberg omawia *lokalną*, *kosmologiczną*, oraz *probabilistyczną* anizotropię czasu.

naukowego, należy następnie rozszerzyć na izotropię czasu przednaukowego, i to w takim zakresie, w jakim zostanie ona określona dla teorii naukowych: jeśli wszystkie prawa przyrody okażą się inwariantne względem odwrócenia czasu, to inwariantność tę można przypisać również prawom rządzącym temporalnym porządkiem percepcji i wspomnień. W tym znaczeniu izotropia czasu naukowego pociąga za sobą izotropię czasu przednaukowego. Jeśli jednak czas naukowy okazałby się anizotropowy, nie musiałoby to implikować anizotropii czasu przednaukowego, pod warunkiem, że prawa przyrody inwariantne względem odwrócenia czasu, nie dotyczą przednaukowej anizotropii⁷. Mehlberg konkluduje stąd, iż zaletą przednaukowej izotropii czasu jest to, że z jednej strony jest ona implikowana przez naukową izotropię, z drugiej zaś — nie jest sprzeczna z naukową anizotropią. W języku przednaukowym trudno jednakże o ścisły dowód na rzecz temporalnej izotropii. Dowodów takich nie brakuje zaś na terenie teorii naukowych, dlatego też izotropia czasu naukowego posiada wyróżniony status w dyskusji nad temporalną symetrią. Najważniejszym argumentem jest tu fakt, iż *żadna z istotnych fizycznych teorii, tworzących zrąb naszej wiedzy o Wszechświecie w ogólności, a o czasie w szczególności, nie dostarcza najmniejszej wskazówki, pozwalającej ustalić strzałkę czasu*⁸. Jest to główna teza, na podstawie której Mehlberg formułuje swój wniosek o temporalnej symetrii: zamiast twierdzić, że prawa przyrody „ukrywają przed nami” strzałkę czasu, prościej jest przyjąć, iż strzałka czasu po prostu nie istnieje.

⁷Mehlberg podaje następujący przykład: jeśli ekspansja Wszechświata ustala asymetryczne względem czasu prawo przyrody, to fakt ten nie ma wpływu na izotropię czasu przednaukowego, gdyż ekspansja przestrzeni nie pociąga za sobą temporalnej nieodwracalności percepcji i wspomnień; zob.: dz. cyt., s. 156. Przykład ten nie wydaje się przekonujący, gdyż ekspansji podlega nie sama przestrzeń, lecz czasoprzestrzeń Wszechświata, a zatem asymetryczne względem czasu prawo przyrody związane z ekspansją Wszechświata, w równym stopniu dotyczy porządku przestrzennego, jak i temporalnego.

⁸Tamże, s. 157.

2. STRZAŁKA CZASU W GŁÓWNYCH TEORIACH FIZYCZNYCH

Wszystkie równania najważniejszych teorii fizycznych są T -inwariantne, czyli symetryczne ze względu na zmianę kierunku upływu czasu. Oznacza to, iż z fizycznego punktu widzenia przeszłość nie wyróżnia się niczym szczególnym od przyszłości, ponieważ zamiana współrzędnej czasowej t na $-t$ nie zmienia kształtu odpowiednich równań.

A) MECHANIKA KLASYCZNA

Temporalna inwariantność praw mechaniki Newtona wynika z algebraicznej struktury równań ruchu, zapisanych w postaci układu równań różniczkowych drugiego rzędu, zawierających czas jako zmienną niezależną. Aby równania wyrażały niezmienniczość względem transformacji odwrócenia czasu, zmienna czasowa musi występować jedynie w drugiej pochodnej położenia, określającej przyspieszenie ciała uzyskane pod wpływem działającej siły. Zdaniem Mehlberga, dyskusja na temat strzałki czasu ukrytej w równaniach mechaniki bierze się stąd, iż prawa ruchu Newtona nie zabraniają asymetrycznego występowania zmiennej czasowej w mechanicznych wielkościach innych niż przyspieszenie — np. w sile, której wartość może zmieniać się z upływem czasu. W takim przypadku znika temporalna symetria równań i pojawiają się rozwiązania asymetryczne⁹, które teoretycznie mogłyby służyć jako wyznacznik mechanicznej strzałki czasu, gdyż proces opisywany przez takie rozwiązania praw ruchu nie może rozwijać się tak samo w dwóch temporalnie przeciwnych kierunkach. Według Mehlberga, taki wniosek jest jedynie pozornie poprawny. Mechanika klasyczna nie daje podstaw do przypisania czasowi strzałki, gdyż wiadomo skądinąd, że siły, występujące w równaniach ruchu, zależą w sposób symetryczny od czasu¹⁰. Ponadto, wydaje się

⁹Asymetryczne względem czasu rozwiązania równań Newtona znalazł np. R. Schlegel; zob.: *Irreversibility and Mechanics*, „Nature”, 178, s. 381–382.

¹⁰Por.: H. Mehlberg, dz. cyt., s. 168.

mało prawdopodobne, by hipotetyczne odwrócenie strzałki czasu w jakimś obszarze Wszechświata spowodowało zmianę praw mechaniki, rządzących całą fizyczną rzeczywistością. Obserwatorzy umieszczeni w obszarach czasoprzestrzeni o przeciwnie skierowanej strzałce czasu, co prawda nie zgadzaliby się w kwestii kolejności następowania zdarzeń, ale z pewnością nie mieliby wątpliwości, że wszystkie mechaniczne procesy, opisywane przez pojęcia ruchu i siły, rządzone są przez te same, symetryczne względem czasu prawa mechaniki. Jest to kolejny argument za T -inwariantnością równań ruchu Newtona.

B) ELEKTROMAGNETYZM

Teoria Maxwella jest wyrażona układem cząstkowych równań różniczkowych pierwszego rzędu, i dlatego jej temporalna inwariantność jest mniej widoczna, niż w przypadku mechaniki Newtona. Okazuje się jednak, że odwrócenie kierunku upływu czasu pociąga za sobą zmianę kierunku natężenia pola magnetycznego, oraz zmianę kierunku prądu elektrycznego; to zaś wystarcza, aby równania Maxwella „nie odczuły” temporalnej inwersji, czyli zamiany t na $-t$. Ponadto, równania opisujące propagację fal elektromagnetycznych nie ustalają temporalnego kierunku rozchodzenia się fal, i dopuszczają zarówno propagację w przód (fale opóźnione), jak i w tył w czasie (fale przedwczesne). Ponieważ — jak dotąd — nie wykazano doświadczalnie istnienia przedwczesnych fal elektromagnetycznych, dlatego rozwiązania równań Maxwella opisujące takie fale są zazwyczaj odrzucane jako „niefizyczne”. Nie istnieje jednak żadne prawo fizyki wyjaśniające, dlaczego przyroda preferuje fale opóźnione, a wyklucza fale przedwczesne, skoro obydwa rozwiązania są zgodne z równaniami Maxwella. Mehlberg przywołuje w tym kontekście symetryczną względem czasu teorię elektromagnetyzmu sformułowaną przez Wheelera i Feynmana¹¹, która jest próbą rozwiązania tej zagadki.

¹¹Zob.: J. A. Wheeler, R. P. Feynman, *Interaction with the Absorber as the Mechanism of Radiation*, „Reviews of Modern Physics”, 17 (1945), s. 157. Na

Zgodnie z tą koncepcją, elektromagnetyczne fale opóźnione, rozchodzące się z danego źródła, są stopniowo absorbowane przez materię znajdującą się we Wszechświecie. Powoduje to zaburzenie układu ładunków elektrycznych absorbującej materii, w wyniku czego ładunki te emitują wtórne promieniowanie elektromagnetyczne, które w połowie jest przedwczesne, w połowie zaś opóźnione. Wheeler i Feynman wykazują, że powracające do źródła (wstecz w czasie) przedwczesne promieniowanie wtórne może w pewnych warunkach powodować całkowitą eliminację przedwczesnego pierwotnego promieniowania na skutek destruktywnej interferencji¹². Mechanizm ten wyjaśnia, dlaczego w przyrodzie obserwujemy jedynie fale opóźnione: fale przedwczesne całkowicie znikają na skutek interferencji z wtórnymi falami przedwczesnymi. Inną hipotezę, wyjaśniającą symetrię czasu w prawach elektromagnetyzmu, sformułował Einstein, według którego asymetria przejawiająca się w występowaniu fal opóźnionych przy jednoczesnej nieobecności fal przedwczesnych spowodowana jest jedynie względami statystycznymi: obserwujemy tylko fale opóźnione, gdyż fale przedwczesne są bardzo mało prawdopodobne¹³.

temat tej teorii por. np.: P. Davies, *Czas. Niedokończona rewolucja Einsteina*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2002, s. 225–229.

¹²Por.: tamże, s. 226. Davies podkreśla, że do poprawności tego rozumowania potrzebny jest warunek nieprzeźroczystości Wszechświata dla promieniowania elektromagnetycznego: absorbującej materii musi być wystarczająco dużo, aby całe wyemitowane ze źródła promieniowanie zostało zaabsorbowane. Ponieważ warunek ten nie jest spełniony — Wszechświat nie jest całkowicie nieprzeźroczysty — dlatego też koncepcja Wheelera i Feynmana wydaje się błędna.

¹³Na temat tej teorii por.: tamże, s. 223–224. Omawiana koncepcja Einsteina zrodziła się na gruncie polemiki z emisyjną teorią światła W. Ritza, dopuszczającą opóźnione fale elektromagnetyczne, a wykluczającą fale przedwczesne. Na temat tej teorii, oraz polemiki Ritza z Einsteinem zob.: R. S. Fritzius, *The Ritz–Einstein Agreement to Disagree*, „Physics Essays”, 3 (1990), s. 371–374.

C) TERMODYNAMIKA

Wynikająca z praw mechaniki Newtona I zasada termodynamiki, która wyraża w swej istocie zasadę zachowania energii, jest symetryczna ze względu na zmianę kierunku upływu czasu. Zasadniczą trudność dla zagadnienia temporalnej symetrii przynosi II zasada termodynamiki. Jednostajny wzrost entropii każdego izolowanego układu, przebiegający zgodnie z tą zasadą, jest najbardziej przekonującym argumentem za istnieniem strzałki czasu. Kierunek upływającego czasu wyznaczony jest tu przez wzrastające rozproszenie energii w zamkniętym układzie¹⁴. II zasada termodynamiki w oczywisty sposób wprowadza asymetrię do temporalnej ewolucji każdego zamkniętego układu, gdyż zasada ta nie jest inwariantna względem zmiany kierunku czasu: entropia układu rośnie, gdy czas płynie w dodatnim kierunku, zatem musi maleć, gdy kierunek czasu zostaje odwrócony. Mehlberg dowodzi jednakże, powołując się na prace Ehrenfesta i Smoluchowskiego¹⁵, iż entropia nie może służyć do wyznaczania strzałki czasu. Jeżeli entropię zdefiniuje się w terminach probabilistycznych¹⁶, to okaże się, że w izolowanym układzie, oprócz oczywistego prawdopodobieństwa wzrostu entropii, istnieje również skończone prawdopo-

¹⁴Zasady termodynamiki formułowane były początkowo jako następujące postulaty: 1) całkowita energia świata nie ulega zmianie, 2) entropia świata wzrasta. Obie zasady stały się bardziej podatne na weryfikację przy następującym przeformułowaniu: stałość energii i wzrost entropii odnoszą się nie do nieobserwowalnego bytu zwanego „światem”, ale do podatnych na obserwację „zamkniętych układów” — tzn. układów wymieniających z otoczeniem zaniebdywalnie małe ilości energii. Mehlberg używa terminu układ „zamknięty” (*closed*) w znaczeniu: „izolowany”.

¹⁵P. Ehrenfest, T. Ehrenfest, *Begriffliche Grundlagen der statistischen Auffassung in der Mechanik*, [w:] *Encyclopädie der Mathematischen Wissenschaften*, IV, 2, II, Leipzig 1912; M. Smoluchowski, *Gültigkeitsgrenzen des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie*, [w:] *Pisma*, t. 2, Kraków 1927, s. 361–398.

¹⁶Uczynili to Gibbs (*Elementary Principles in Statistical Mechanics*, 1902) i Boltzmann (*Vorlesungen über Gastheorie*, 1896–98).

dobieństwo jej malenia¹⁷, zaś probabilistyczne prawa, rządzące zmianami tego prawdopodobieństwa są już inwariantne względem odwrócenia czasu. Jeśli dodatkowo wprowadzi się rozróżnienie na prawdopodobieństwo *a priori* (bezwarunkowe), oraz *a posteriori* (warunkowe)¹⁸, to — zdaniem Mehlberga — można stwierdzić, iż w tych samych warunkach prawdopodobieństwo *a priori* wzrostu entropii izolowanego układu jest równe prawdopodobieństwu *a priori* jej spadku; ale równocześnie prawdopodobieństwo *a posteriori* wzrostu entropii jest bliskie jedności. Oznacza to, iż zasada Clausiusa w oryginalnej, „fenomenologicznej” postaci posiada co prawda wartość predyktywną, jednakże postać „statystyczna” tej zasady dowodzi, iż jest ona *wewnętrznie niepoprawna*¹⁹, zaś zmiany entropii w układzie zamkniętym nie mogą służyć jako wskaźnik kierunku upływającego czasu. Potwierdzenie tej tezy Mehlberg znajduje nie tylko na terenie termodynamiki statystycznej; aksjomatyzacja termodynamiki fenomenologicznej, dokonana przez Carathéodory’ego²⁰, zdaje się dowodzić temporalnej inwariantności również i tej dziedziny. Argumentem za temporalną izotropowością jest też fakt, iż w wielu przypadkach ustalenie termodynamicznej strzałki czasu odbywa się za cenę przyjęcia nakładanych na klasyczną termodynamikę dodatkowych, nieuzasadnionych założeń, które w żaden sposób nie mogą być ani potwierdzone, ani sfalsyfikowane w oparciu o dostępne dane empiryczne²¹.

¹⁷To zjawisko odpowiedzialne jest za mechanizm tzw. ruchów Browna: na poziomie molekularnym zawsze zachodzą krótkotrwałe, lokalne zaburzenia jednostajnego wzrostu entropii, skutkiem czego molekuly po jednej stronie cząsteczki zawieszony w płynie popychają ją silniej niż molekuly po drugiej stronie, powodując nagle, chaotyczne ruchy cząsteczki (ruchy Browna).

¹⁸Terminologia A. N. Kolmogorowa (*Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung*, 1933).

¹⁹*Inherently invalid*; zob.: H. Mehlberg, dz. cyt., s. 170.

²⁰Zob.: C. Carathéodory, *Untersuchungen über die Grundlagen der Thermodynamik*, „Mathematische Annalen”, 67, s. 355–386.

²¹Takim założeniem jest np. hipoteza gałęziowa (*branch hypothesis*) Reichenbacha; zob.: H. Mehlberg, dz. cyt., s. 172–173.

W interpretacji II zasady termodynamiki istotne znaczenie odgrywa odpowiednie zdefiniowanie entropii. Zasadniczo entropię interpretuje się jako stopień rozproszenia energii, bądź też jako stopień nieuporządkowania układu. Mehlberg podkreśla, iż przy zastosowaniu odpowiednio uściślonej definicji można wykazać, iż fluktuacje entropii w danym układzie są symetryczne w czasie, zaś sama entropia jest — podobnie jak energia zamkniętego układu — wielkością stałą²². Warto zauważyć, że potrzeba uściślenia definicji entropii staje się zasadna również na gruncie fizyki teoretycznej, w związku z rozwojem badań nad nieliniowymi układami chaotycznymi. Są to układy o wysokim stopniu entropii, ale jednocześnie w układach takich istnieją złożone struktury, charakteryzujące się zaawansowanym uporządkowaniem, które jest tym większe, im większa jest złożoność struktur. Dobrze określone struktury są zaprzeczeniem nieuporządkowania, a im większa złożoność tych struktur, tym większe uporządkowanie układu. Ale ponieważ nieuporządkowanie układu jest miarą jego entropii, dlatego rozumowanie to prowadzi do wniosku zgodnego z intuicjami Mehlberga: niszczeniu struktur układu, czyli wzrostowi entropii, towarzyszy powstawanie struktur innego rodzaju, czyli malenie entropii danego układu. Pewnym sposobem uniknięcia tego paradoksu jest postulat Penrose'a, aby pojęcie entropii odnosić wyłącznie do jawnego nieuporządkowania układu²³, co jednak wy-

²²Mehlberg powołuje się tu na prace I. I. Frenkla (*Statistische Physik*, 1948), oraz A. I. Khinchina (*Mathematical Foundation of Statistical Mechanics*, 1943).

²³Zob.: R. Penrose, *Nowy umysł cesarza*, PWN, Warszawa 1995, s. 344–345. Por.: obszerny komentarz, dotyczący entropii i II zasady termodynamiki: tamże, s. 338–367. Analizując asymetrię pomiędzy początkowym i końcowym stanem ewolucji układu, Penrose stwierdza, iż *asymetria w czasie bierze się wyłącznie z założenia, iż ewolucja układu zaczęła się od pewnego wyjątkowego stanu, to znaczy stanu o bardzo małej entropii* [s. 352]; później jednak przyznaje, że chociaż entropia powinna wzrastać symetrycznie w obu kierunkach czasu podczas ewolucji układu, to jednak w przypadku ewolucji w przeszłość nie dzieje się tak, gdyż zaistniały *inne czynniki, wpływające na zachowanie układu* [s. 354]; czynniki, które „zmusiły” układ, aby znalazł się w stanie

daje się jedynie pośrednim rozwiązaniem, gdyż sama jawność nieuporządkowania nie jest ściśle zdefiniowana.

D) TEORIA WZGLĘDNOŚCI

Temporalną symetrię Szczególnej i Ogólnej Teorii Względności Mehlberg przyjmuje w oparciu o dokonaną przez siebie aksjomatyzację, w której jedynym niezdefiniowanym terminem fizycznym jest „łączność kolizyjna” (*collision-connectibility*)²⁴. W języku geometrii świata STW, zdarzenie E jest kolizyjnie połączone z E' , jeśli E' znajduje się w świetlnym stożku przyszłości lub przeszłości zdarzenia E ²⁵. Cała dostępna informacja o temporalnym komponencie czasoprzestrzennego continuum, w którym zachodzą wszystkie fizyczne procesy, wynika w teorii Mehlberga z następujących aksjomatów:

1. Istnieje co najmniej jeden inercjalny układ odniesienia.
2. Jeśli dwa niepołączone zdarzenia nie są jednoczesne względem F , to w każdej chwili t_F układu F , która nie obejmuje żadnego z tych zdarzeń, trzecie zdarzenie jest z nimi współliniowe.
3. Dla danej chwili t_F układu F , i dowolnego zdarzenia E , istnieje zdarzenie w chwili t_F , które koincyduje przestrzennie z E względem układu F .

o małej entropii. Ostatecznie autor opowiada się za kosmologiczną strzałką czasu, wskazując na nieodwracalność procesów termodynamicznych zamkniętego układu, jakim jest Wszechświat. Penrose podkreśla, iż większą zagadką od temporalnej asymetrii związanej ze wzrostem entropii, jest wyjaśnienie mechanizmu, który powoduje, iż przeszłość preferuje stany o małej entropii.

²⁴Mehlberg przyznaje centralną rolę koncepcji „zderzenia” (*collision*), ponieważ jest ona stosowalna zarówno do klasycznej teorii względności, jak i do teorii kwantowych: pomiar kwantowy sprowadza się do kolizji cząstek kwantowych z makroskopowymi przyrządami pomiarowymi; zaś czasoprzestrzenne koincydencje stanowią idealizacje kwantowych kolizji; por.: H. Mehlberg, dz. cyt., s. 120–121.

²⁵Mehlberg używa określenia: górny (*upper*) i dolny (*lower*) stożek światła.

4. Jeśli cztery zdarzenia E_k koincydują przestrzennie w układzie F z czterema zdarzeniami E'_k , to przestrzenna kongruencja w F par zdarzeń (E_1, E_2) oraz (E_3, E_4) jest równoważna przestrzennej kongruencji w F par zdarzeń (E'_1, E'_2) oraz (E'_3, E'_4) .
5. Względem dowolnego inercjalnego układu F istnieje co najmniej jedna chwila t_F , w której geometria jest euklidesowa.
6. Jeśli zdarzenie E , połączone z E' , nie jest połączone asymptotycznie z E' , to E' istnieje pomiędzy dwoma zdarzeniami, które jednocześnie są asymptotycznie połączone z E .
7. Jeśli zdarzenie E jest jednoczesne z E' w układzie F , to istnieją co najmniej dwa zdarzenia asymptotycznie połączone z E , które również przestrzennie koincydują z E' w układzie F ²⁶.

Według Mehlberga, powyższe aksjomaty wystarczają do określenia fizycznej struktury czasu, oraz wszystkich własności temporalnej komponenty kosmicznego medium, w którym mają miejsce fizyczne procesy i zdarzenia. Własności te wskazują, iż żadne

²⁶Najważniejsze definicje tej aksjomatyzacji: zdarzenia E , E' i E'' są *wspólniowe*, jeśli jedno z nich jest umiejscowione przestrzennie pomiędzy pozostałymi dwoma; zdarzenia E i E' są *jednoczesne* w F , jeśli należą do tej samej chwili t_F ; zdarzenia E i E' *koincydują przestrzennie* względem F , jeśli równocześnie są kolizyjnie połączone z tym samym zdarzeniem w pewnej chwili t_F ; zdarzenia E i E' *koincydują w czasie i przestrzeni*, jeśli jednocześnie są połączone z tym samym zdarzeniem; zdarzenia E i E' są *asymptotycznie połączone*, jeśli są połączone, ale nie koincydują przestrzennie względem jakiegokolwiek układu odniesienia; pomiędzy parami zdarzeń (E_1, E_2) oraz (E_3, E_4) istnieje *przestrzenna kongruencja* (przystawanie) w F , jeśli te cztery zdarzenia są jednoczesne w F , i jeśli każda para zdarzeń jednoczesnych w F , np. (E, E') spełnia warunek, że przestrzenna koincydencja E i E' w F , w połączeniu z asymptotycznym połączeniem E z E_2 jest równoważna przestrzennej koincydencji E i E_3 w F w połączeniu z asymptotycznym połączeniem E' z E_4 . Pozostałe definicje oraz twierdzenia tej aksjomatyzacji — dz. cyt., s. 138–142.

z temporalnie podstawowych praw (*temporally intrinsic laws*) fizyki, tzn. praw odnoszących się do geometrii czasoprzestrzeni STW, nie pozwala na ustalanie strzałki czasu. Tę własność temporalnego porządku Mehlberg nazywa „wewnętrzną niekierunkowością” czasu (*intrinsic nondirectionality of time*). Istnieją fizyczne procesy — np. rozpady mezonów — które podaje się jako przykłady naruszenia temporalnej inwariancji, jednakże procesy te zachodzą w oparciu o temporalnie uboczne prawa (*temporally extraneous laws*), tzn. prawa, które nie są wyrażone w terminach geometrii STW, lecz zawierają pojęcia obce tej teorii, np. „rozpad” lub „mezon”. Mehlberg zaznacza, że wewnętrzna niekierunkowość czasu nie jest równoznaczna z izotropią czasu, gdyż ta ostatnia odnosi się do koncepcji prawa kosmicznego (*cosmic law*)²⁷ i rządzonych nim procesów, które propagują się w czasoprzestrzeni. Z kolei wewnętrzna niekierunkowość czasu nie zawiera w sobie idei procesu, gdyż jest ona własnością relatywistycznej, czterowymiarowej geometrii świata, która obejmuje jedynie koncepcje czasoprzestrzenne.

E) FIZYKA KWANTOWA

Prawa fizyki kwantowej decydują o zachowaniu obiektów makroskopowych, co sugeruje — zdaniem Mehlberga — iż czas funkcjonujący na poziomie świata kwantowego należy utożsamić z czasem kosmicznym²⁸. Uzasadnienie tej tezy Mehlberg znajduje na terenie teorii cząstek elementarnych. Pomimo, iż cząstki te posiadają wiele dziwnych własności, które nie mają swoich odpowiedników w ujęciu klasycznym, to jednak sama koncepcja czasu kwantowego nie różni się zbyt wiele od intuicyjnej koncepcji czasu. Rów-

²⁷Mehlberg definiuje prawo kosmiczne następująco: jest to *uniwersalne, fizyczne prawo, będące z definicji stwierdzeniem prawdziwym, wyrażonym w terminach fizycznej koncepcji, zdefiniowanej bez uciekania się do stałych wartości czasoprzestrzennych zmiennych, które odnosi się do fizycznie wszechobecnych procesów, tj. procesów, które propagują się zawsze i wszędzie* [tamże, s. 117].

²⁸Zob.: tamże, s. 175.

nież pojęcie kolizji (*collision*), zasadnicze dla całej fizyki kwantowej, jest przez Mehlberga interpretowane jako synonim kluczowego dla teorii relatywistycznej pojęcia koincydencji w czasie i przestrzeni.

Najważniejszym argumentem za temporalną inwariantnością teorii kwantowych jest dla Mehlberga sformułowane przez Schwingera, a następnie rozwinięte przez Pauliego oraz Ludersa tzw. twierdzenie CPT, dotyczące uniwersalnej symetrii, zachowywanej przez prawa przyrody. Zgodnie z tym twierdzeniem, prawa nauki nie zmieniają się w wyniku zastosowania trzech kolejnych operacji symetrii: transformacji sprzężenia ładunkowego, czyli zamiany cząstki na antycząstkę (C), symetrii zwierciadlanej, czyli odbicia w punkcie (P), oraz transformacji odwrócenia czasu (T). Odnosząc to twierdzenie do teorii kwantowych, Mehlberg nadaje mu następującą, epistemologiczną formę: *Każda relatywistyczna, kwantowa teoria pola pozostaje inwariantna przy zastosowaniu odwrócenia czasu, ładunku i przestrzeni*²⁹. Mehlberg wykazuje, iż twierdzenie to, zinterpretowane w terminach teorii względności, ustala symetrię czasu kwantowego oraz dowodzi inwariantności praw przyrody dla właściwie zdefiniowanego odwrócenia czasu³⁰. Doniosłość twierdzenia CPT dla fizycznego czasu nie wynika jednakże z samego sformułowania omawianej zasady. Wszystkie trzy symetrie są ze sobą ściśle związane, dlatego odwrócenie czasu w procesach kwantowych pojawia się zawsze łącznie z in-

²⁹Tamże, s. 177. W pewnych przypadkach, np. gdy prawa przyrody są wyrażone za pomocą spinorów Diraca, transformacja odwrócenia czasu nie polega jedynie na zamianie znaku t na $-t$, lecz jest bardziej skomplikowana; wówczas mówi się o „odwróceniu czasu Wignera” (*Wigner time reversal*).

³⁰Najważniejszy warunek tego zdefiniowania to zastosowanie relatywistycznej koncepcji czasu i przestrzeni; przede wszystkim zaś wykorzystanie einsteinowskiego „czasu własnego”. Interwał czasu własnego, oddzielający dwa punkty świata jest niezmienniczy, podobnie jak interwał Minkowskiego. Ponadto, ponieważ czterowymiarowego *continuum* STW nie można inwariantnie podzielić na czas i przestrzeń, dlatego należy to continuum interpretować jako czterowymiarowe pole zmetryzowane w terminach interwałów Minkowskiego.

wersją przestrzeni, oraz transformacją sprzężenia ładunkowego³¹. Jak wiadomo, doświadczenia przeprowadzone na promieniotwórczych jądrach kobaltu wykazały, iż w rozpadzie β symetria odbicia lustrzanego (P) nie jest zachowana; zaś w przypadku mezonów K (kaonów) występuje łamanie łącznej symetrii CP³². Równocześnie, zachowanie neutralnych kaonów dowodzi, iż łączna symetria CPT pozostaje utrzymana. *Porównanie tempa przekształcania się kaonów w antykaony z tempem przemian antykaonów w kaony świadczy, że zwierciadło czasu jest skrzywione i to w takim stopniu, iż kompensuje pogwałcenie symetrii CP. Te dwa efekty kasują się wzajemnie, zapewniając, że symetria CPT zostaje utrzymana*³³.

Niezmienniczość praw przyrody przy zastosowaniu trzech przedstawionych transformacji jest dla Mehlberga najważniejszym argumentem za izotropowością czasu kwantowego. Twierdzenie CPT dowodzi, iż symetria względem czasu w skali subatomowej rzeczywiście okazuje się fundamentalną własnością praw fizyki. Marginalne odstępstwa od tej symetrii, zaobserwowane podczas obserwacji elektrycznie neutralnych kaonów³⁴, dają się — zdaniem Mehlberga — uzgodnić z zasadą niezmienniczości względem odwrócenia czasu. Ponadto, jeśli nawet w określonych przy-

³¹Związek symetrii C z symetrią T Mehlberg wyjaśnia odwołując się do inwariantnej względem odwrócenia czasu teorii Maxwella: aby wykazać temporalną niezmienniczość równań elektrodynamiki, należy zmienić znaki nie tylko wszystkich zmiennych czasowych, ale również wektorów pola magnetycznego, gdyż zwroty tych ostatnich zależą od ruchu ładunków elektrycznych; zaś kierunek tego ruchu ulega odwróceniu na skutek inwersji czasu.

³²Na temat doświadczeń związanych z łamaniem symetrii C i P por.: G. Fraser, *Antymateria*, Amber, Warszawa 2001, s. 102–112. Złamanie łącznej symetrii CP jest najbardziej prawdopodobnym wyjaśnieniem obecnej asymetrii pomiędzy ilością materii i antymaterii we Wszechświecie.

³³Tamże, s. 111.

³⁴*Neutralne kaony zamykają drzwi dla przepływu czasu, tak że niektóre zdarzenia mogą zachodzić tylko w jednym kierunku. Składają się one z kwarków, a nowe wyniki badań wskazują, że ustawienia kwarków z czasem utrwalają się w tym sensie, iż nie są odwracalne. Kwarki w neutralnych kaonach świadczą o wieku tych cząstek [tamże, s. 112].*

padkach dowiedzione zostanie istnienie praw naruszających temporalną inwariancję, to należy wątpić, czy prawa takie mają status praw kosmicznych, tzn. opisujących procesy mające miejsce zawsze i wszędzie. Jeśli zaś prawa takie nie są powszechne, to nawet gdy naruszają temporalną symetrię, nie mogą służyć do definiowania strzałki czasu³⁵. Naturalną konsekwencją twierdzenia CPT jest fakt, iż żadna sekwencja zdarzeń lub fizycznych procesów nie może służyć jako wskaźnik wyróżnionego kierunku czasu, gdyż to oznaczałoby, że istnieje wewnętrzna, zasadnicza różnica pomiędzy przeszłością i przyszłością. Tymczasem odwrócenie czasu połączone z odwróceniem przestrzeni i sprzężeniem ładunkowym spowodowałoby — na mocy twierdzenia CPT — taką samą ewolucję wszystkich układów fizycznych, w tym organizmów żywych, jaką obserwujemy obecnie. To zaś dowodzi, że nie istnieje wewnętrzna różnica pomiędzy przeszłością i przyszłością, bo czas na fundamentalnym poziomie rzeczywistości jest odwracalny. Twierdzenie CPT przyczyniło się do pozbawienia zasady inwariancji praw przyrody względem transformacji odwrócenia czasu jej dotychczasowej autonomii: odwrócenie czasu należy rozpatrywać jedynie w połączeniu z odwróceniem przestrzeni i sprzężeniem ładunkowym, gdyż tylko w takim przypadku zagwarantowana jest niezmienniczość praw rządzących funkcjonowaniem Wszechświata.

Kolejną dziedziną fizyki kwantowej, w której Mehlberg znajduje argumenty na rzecz temporalnej symetrii, jest kwantowa termodynamika. Oprócz twierdzenia CPT, na symetrię czasu w obrębie tej dziedziny wskazuje analiza zjawiska mikroodwracalności. Omawiając to zagadnienie, Mehlberg poddaje krytyce stanowisko von Neumanna³⁶, który opowiada się za temporalną asymetrią, przejawiającą się w mikrofizycznej nieodwracalności. Na poparcie swojej tezy von Neumann przytacza dwa argumenty: a) istnienie procesów nieodwracalnych można udowodnić na podsta-

³⁵Por.: H. Mehlberg, dz. cyt., s. 183–184.

³⁶J. von Neumann, *Beweis des Ergodensatzes und des H-Theorems in der neuen Mechanik*, „Zeit. f. Physik”, 57 (1929), s. 30–70.

wie teorii kwantowego pomiaru; b) jednostajny wzrost entropii można wykazać na podstawie kwantowo–mechanicznej hipotezy ergodycznej³⁷. Pierwszy argument von Neumanna Mehlberg od-piera wskazując, iż teoria kwantowego pomiaru opiera się na równaniu Schrödingera, oraz na aksjomacie interpretacyjnym Borna. Tak równanie Schrödingera, jak i aksjomat Borna są inwariantne względem transformacji odwrócenia czasu, dlatego na ich podstawie nie można dowieść istnienia nieodwracalnych procesów. Poza tym, gdyby nawet kwantowa nieodwracalność została dowiedziona w oparciu o teorię procesów pomiarowych, to strzałka czasu, ustalona w ten sposób, miałaby jedynie charakter lokalny, ponieważ oddziaływania zachodzące pomiędzy mikroobiektami i makroskopowymi przyrządami pomiarowymi mają charakter lokalny i nie dają pełnego opisu kwantowej rzeczywistości. Co do hipotezy ergodycznej, to jej związek z zagadnieniem nieodwracalności zmian entropii w układzie kwantowo–mechanicznym nie jest istotny, dlatego też na podstawie tej hipotezy nie można wnosić o temporalnej asymetrii czasu funkcjonującego w świecie kwantów³⁸.

3. LOKALNA, KOSMOLOGICZNA I NIEENTROPIJNA (PROBABILISTYCZNA) ANIZOTROPIA CZASU

Oprócz zdefiniowania temporalnej izotropii w terminach inwariancji praw przyrody względem transformacji odwrócenia czasu, Mehlberg przytacza jeszcze inne interpretacje symetrii czasu fizycznego, będące odpowiedzią na alternatywne definicje strzałki czasu, funkcjonujące w nauce i filozofii. Pierwszą z nich jest tzw. lokalna anizotropia czasu. Wyraża się ona w przekonaniu, iż pomimo całkowitej symetrii praw przyrody, w ograniczonych obsza-

³⁷Kwantowo — mechaniczną wersję hipotezy ergodycznej Mehlberg formułuje następująco: *The phase-averages of Gibbsian ensembles of quantum-mechanical systems characterized by the same quantum state converge towards the same limit to which tend the entropies of the associated microcanonical ensembles* [H. Mehlberg, dz. cyt., s. 186].

³⁸Zob.: argumenty Mehlberga; tamże, s. 185–186.

rach czasoprzestrzeni pewne prawidłowości mogą wykazywać odstępstwa od zasady temporalnej inwariancji, i tym samym mogą dawać asumpt do wprowadzenia lokalnej strzałki czasu. Przykładem takiego podejścia jest teoria głosząca, iż jednostajny wzrost entropii każdego zamkniętego układu, jaki dokonuje się podczas obecnej ery kosmicznej, jest dowodem na istnienie lokalnej anizotropii czasu. Koncepcja ta nie jest sprzeczna z założeniem, że w przyszłości w podobnych okolicznościach może nastąpić maleńie entropii, które dowodziłoby, iż w ogólnym wymiarze symetria czasu zostaje zachowana. W podobny sposób lokalna anizotropia czasu charakteryzuje teorię, zgodnie z którą ewolucja życia jest ograniczona jedynie do historii naszej planety i rządzą nią temporalnie asymetryczne prawa. Zdaniem Mehlberga, przykłady te świadczą o istnieniu pewnych lokalnych własności czasu fizycznego, które nie są istotne dla symetrii czasu globalnego, gdyż izotropia, bądź anizotropia czasu muszą odnosić się do powszechnych, a nie do lokalnych własności czasu. Podobna sytuacja występuje w przypadku przestrzennej izotropii: przestrzeń w ograniczonym obszarze — np. w sąsiedztwie wielkiego ciała niebieskiego — wydaje się anizotropowa, jednakże globalnie pozostaje izotropowa.

Kosmologiczna anizotropia czasu przejawia się we Wszechświecie rządzonym przez temporalnie symetryczne prawa przyrody, jeśli pewien układ kosmologicznych warunków początkowych lub brzegowych (lub jednych i drugich) powoduje temporalną nieodwracalność określonej klasy procesów fizycznych. Mehlberg przytacza trzy przykłady tak określonej strzałki czasu. Pierwszy z nich dotyczy ewolucji Wszechświata, która wydaje się być rządzona przez temporalnie asymetryczne prawa, określające jednostajną ekspansję czasoprzestrzeni. Procesem, wskazującym upływ czasu może być w tym przypadku zmniejszanie się średniej gęstości materii lub też wzrost całkowitej entropii Wszechświata. Jednakże proces ten musiał mieć kiedyś swój początek, bo gdyby ekspansja trwała od zawsze, to obecnie przestrzeń Wszechświata

byłaby nieskończona i ekspansja nie mogłaby już zachodzić. Nieodwracalny proces przestrzennej ekspansji nie mógł zatem trwać od zawsze³⁹. Ponadto, nie istnieje żadne prawo przyrody, które może zapobiec odwróceniu obecnej ekspansji, lub które gwarantuje, iż Wszechświat nie przechodził takiej fazy przed rozpoczęciem obecnej ery kosmicznej, w której jednostajnie zwiększają się jego rozmiary. Rozważana przez Zawirskiego koncepcja „wiecznych powrotów” Wszechświata, oraz znalezione m.in. przez Gödla rozwiązania równań pola OTW, zawierające zamknięte krzywe czasopodobne, zdają się potwierdzać przynajmniej teoretyczną możliwość cykliczności ewolucji Wszechświata⁴⁰. Przesłanki te wystarczają — zdaniem Mehlberga — do odrzucenia wniosku, iż kosmiczna ekspansja Wszechświata może służyć jako wskaźnik wyróżnionego kierunku upływu czasu. Drugim przykładem kosmologicznego modelu, w którym symetryczne względem czasu prawa przyrody „produkują”, w połączeniu ze szczególnymi warunkami początkowymi i brzegowymi, klasę nieodwracalnych procesów, jest teoria stanu stacjonarnego Bondi’ego i Golda⁴¹. W teorii tej istnieje założenie o ciągłej kreacji materii *ex nihilo*; kreacja ta wyjaśnia fakt, iż ekspandujący Wszechświat wygląda w każdym miejscu i w każdym czasie tak samo, czyli jest w stanie stacjonarnym. Według Mehlberga, koncepcja Bondi’ego i Golda jest niespójna, gdyż trudno pogodzić ze sobą założenie o skończonym

³⁹Zgodnie ze standardowym modelem kosmologicznym czas (razem z przestrzenią) zaistniał w momencie pierwotnej osobliwości, a zatem — w pewnym sensie — kosmiczna ekspansja trwa „od zawsze”, gdyż przed jej rozpoczęciem „nie było czasu”. Mehlberg jednakże odróżnia czas obecnej ery kosmicznej (*unlimited period*) od czasu „globalnego” (*time*), na który składają się wszystkie ery kosmiczne, w których kolejno mogły następować okresy ekspansji i kontrakcji. *The evolution of the universe is sometimes held to be governed by time-asymmetrical laws during unlimited periods but not throughout time* [tamże, s. 189].

⁴⁰Na temat tej teorii por.: M. Heller, *Idea wiecznych powrotów: od Zawirskiego do dziś*, „Filozofia Nauki”, 43–44 (2003), s. 5–22.

⁴¹Na temat tego modelu por. np. M. Heller, *Ewolucja kosmosu i kosmologii*, PWN, Warszawa 1985, s. 127–136.

i jednocześnie podlegającym nieustannej ekspansji Wszechświecie. Ponadto, żaden z tych dwóch procesów nie jest nieodwracalny w sensie absolutnym⁴². Teoria stanu stacjonarnego została sfalsyfikowana w 1965 roku w związku z odkryciem promieniowania relikтового, dlatego dzisiaj ma ona jedynie wartość heurystyczną⁴³. Kolejnym przykładem rzekomo nieodwracalnego procesu jest zjawisko propagacji światła w próżni. Ponieważ światło jest falą elektromagnetyczną, dlatego, emitowane przez punktowe źródło lub zbiegające się do punktu, przybiera ono — jak każda fala — postać koncentrycznych, sferycznych powierzchni, które rozszerzają się lub kurczą się jednostajnie. Wiadomo z doświadczenia, że optyczne fale ekspandujące występują powszechnie, zaś fale zbiegające się do punktu są rzadkością. Powodem tej asymetrii jest fakt, iż punktowe źródła światła występują w przyrodzie znacznie częściej, niż idealnie sferyczne powierzchnie odbijające, które generują fale podlegające kontrakcji. W ten sposób temporalnie symetryczne prawa Maxwella pozwalają wyodrębnić klasę nieodwracalnych procesów, której przypisuje się zdolność wskazywania wyróżnionego kierunku upływu czasu. Jednakże nieodwracalność ta od dawna była kwestią dyskusyjną. Już Einstein zauważył⁴⁴, że asymetria związana z dwoma rodzajami optycznej propagacji dotyczy jedynie falowej teorii światła, nie ma natomiast zastosowania na gruncie teorii korpuskularnej. Mehlberg podkreśla również fakt, iż asymetria ta zależy w głównej mierze od początkowych i brzegowych warunków, od których Wszechświat rozpoczyna swoją ewolucję, nie jest zaś wewnętrzną własnością fizycznej rzeczywistości. Każdy inny stosunek częstości występowania fal ekspandujących i kontraktujących również byłby zgodny

⁴²Por.: H. Mehlberg, dz. cyt., s. 190.

⁴³Esej Mehlberga dotyczący strzałki czasu został po raz pierwszy opublikowany w 1961 roku, dlatego Mehlberg w trakcie pisania nie wiedział jeszcze o odkryciu mikrofalowego promieniowania tła.

⁴⁴W pracy *Über die Entwicklung unserer Anschauungen über das Wesen und die Konstitution der Strahlung*, „Physikalische Zeitschrift”, 10 (1909), s. 817–825.

z prawami elektrodynamiki. Z tego powodu kosmologiczna nieodwracalność optycznej propagacji nie może służyć jako globalna strzałka czasu.

Nieentropijne (probabilistyczne) kryterium nieodwracalności pochodzi od Poppera⁴⁵ i dotyczy klasy mechaniczno-falowych procesów, w których występuje określone zaburzenie ośrodka, przekazywane z punktu A do punktu B zgodnie z temporalnie-symetrycznymi prawami ruchu Newtona. Prawa te podpowiadają, że jeśli w punkcie A pojawi się spójne zaburzenie D , to będzie po nim następować określone zaburzenie D' ; i odwrotnie: po zaburzeniu D' powinno nastąpić zaburzenie D ⁴⁶, gdyż prawa ruchu są symetryczne względem czasu. Tymczasem okazuje się, że z mechanicznym ruchem takiego zaburzenia związane są pewne probabilistyczne relacje, niezależne od temporalnie-symetrycznych praw ruchu Newtona. I tak, warunkowe prawdopodobieństwo wystąpienia zaburzenia D' , które nie byłoby poprzedzone przez D , dąży do zera; zaś warunkowe prawdopodobieństwo wystąpienia zaburzenia D , po którym następuje D' , jest wyraźnie różne od zera. Tak więc na mocy mechanicznych praw ruchu i tak określonego prawdopodobieństwa można wnioskować, iż każde pojawienie się zaburzenia D , spowoduje zaburzenie D' , podczas gdy — o ile wykluczy się cykliczność procesu — po zaburzeniu D' nigdy nie następuje zaburzenie D , pomimo temporalnej symetrii praw, rządzących ruchem takich zaburzeń. Co istotne, do warunkowych prawdopodobieństw nie stosuje się koncepcja entropii. Oznacza to, iż *każde dwa zdarzenia D , D' , które są rządzone przez temporalnie-symetryczne prawa mechaniki i których warunkowe prawdopodobieństwa są powiązane we wspomniany sposób, egzemplifikują nieodwracalny, nieentropijny, mechaniczny proces*⁴⁷. Mehlberg podkreśla, iż nieentropijny charakter określonego przez Poppera kry-

⁴⁵K. R. Popper, *The Arrow of Time*, „Nature”, 177 (1956), s. 538.

⁴⁶Popper podaje następujący przykład: zaburzenie D wywołuje wrzucony do wody kamień; zaburzenie D' to seria koncentrycznych fal na powierzchni wody, które pojawiają się po wrzuceniu kamienia.

⁴⁷H. Mehlberg, dz. cyt., s. 192.

terium nieodwracalności wykazuje bezpodstawność przyjmowanego powszechnie poglądu, jakoby jedynie zmiany entropii mogły służyć do definiowania strzałki czasu. Z drugiej jednak strony, kryterium Poppera nie jest — zdaniem Mehlberga — dowodem istnienia temporalnie asymetrycznych rozwiązań równań ruchu Newtona, lecz co najwyżej stwierdza fakt, iż przyroda z jakiegoś powodu daje priorytet warunkowym prawdopodobieństwom, łączącym obydwie zaburzenia, przed kauzalnymi prawami mechaniki, zgodnie z którymi zaburzenie jest przekazywane. Tak więc za nieodwracalność takich procesów odpowiedzialne są nie prawa mechaniki, lecz warunkowe prawdopodobieństwa.

Kilka lat przed Popperem, podobne, lecz bardziej wszechstronne, nieentropijne kryterium nieodwracalności podał Costa de Beauregard⁴⁸ — jest to tzw. Podstawowy Postulat Teorii Ergodycznej (*Fundamental Postulate of Ergodic Theory*). Mehlberg przytacza go w następującej formie: *Wyjątkowy (exceptional) stan może zostać nałożony na układ fizyczny jako jego warunek początkowy, ale nie może on być nigdy utożsamiany z końcowym stanem dowolnego układu fizycznego*⁴⁹. Według Mehlberga, zwrot „wyjątkowy stan fizycznego układu” należy interpretować jako „stan, którego *a priori* prawdopodobieństwo jest zaniedbywalne”⁵⁰, w takim zaś wypadku utożsamienie Podstawowego Postulatu Teorii Ergodycznej z kryterium odwracalności jest nieuzasadnione i mylące. Bezpodstawność takiego utożsamienia wynika z samej analizy teorii ergodycznej: Postulat Costa de Beauregarda nie może być założeniem ani twierdzeniem tej teorii, gdyż w rze-

⁴⁸Zob.: *L'irréversibilité quantique, phénomène macroscopique*, [w:] *Luis de Broglie, physicien et penseur*, Albin Michel, Paris 1953, s. 400–412.

⁴⁹H. Mehlberg, dz. cyt., s. 194.

⁵⁰*A priori* prawdopodobieństwo procesu polegającego na pojawieniu się oddzielonych temporalnie zaburzeń D i D' jest zaniedbywalne (znika), jeśli D' jest pierwszą, a D — ostatnią fazą procesu. Z drugiej strony, *a priori* prawdopodobieństwo procesu odwrotnego (rozpoczynającego się na D i zakończonego na D') jest dodatnie [tamże, s. 193]. Relacje zachodzące pomiędzy *a priori* prawdopodobieństwami są takie same, jak relacje zachodzące pomiędzy prawdopodobieństwami warunkowymi, o których mówi Popper.

czywistości wyklucza ona taki postulat⁵¹. Pozostaje on zatem jedynie uogólnieniem warunku Poppera dotyczącego nieodwracalnej klasy procesów. A biorąc pod uwagę brak jakichkolwiek obserwacyjnych świadectw, mogących potwierdzić lub obalić Podstawowy Postulat, nie jest on niczym więcej, jak tylko jedną więcej zbyteczną hipotezą, która nie może służyć jako wyznacznik nieodwracalnych procesów fizycznych.

4. FILOZOFICZNE IMPLIKACJE TEMPORALNEJ IZOTROPII

Przegląd najważniejszych, temporalnie symetrycznych teorii fizycznych ukazuje ich zasadniczą niespójność z zakorzenionym w ludzkiej świadomości przekonaniem o jednokierunkowości fizycznego czasu. Przekonanie to wzmacniane jest niezależnie od formalnych analiz, dokonywanych na gruncie fizyki, przez szereg innych, pozanaukowych uwarunkowań. I tak, życie biologiczne człowieka, przebiegające niezmiennie w tym samym temporalnym kierunku: od narodzin ku śmierci, zdaje się być koronnym argumentem za nieodwracalnością procesów fizycznych. Rozróżnienie na dostępną naszym wspomnieniom przeszłość, jednoznacznie określoną i niezmienną; oraz na przyszłość, podległą planom i przewidywaniom, ale zasadniczo nieznaną — stanowi niepodważalny zrąb ludzkiego pojmowania rzeczywistości. Cała aktywność człowieka nakierowana jest na realizację celów zlokalizowanych w przyszłości, rozpoznawanych jako pewien obszar potencjalności; nigdy zaś nie jest zwrócona ku przeszłym wydarzeniom, które mają jedynie pośredni wpływ na terażniejszość i dlatego nie stanowią tak ciekawego przedmiotu zainteresowań, jak zdarzenia umiejscowione w przyszłości. Zdroworozsądkowe rozumienie czasu wyraźnie kłóci się z temporalną symetrią teorii fizycznych, dlatego też założenie o istnieniu izotropowości czasu, w którym nie ma

⁵¹Mehlberg powołuje się tu na prace M. Loève'a (*Probability Theory*), A. I. Khinchina (*Mathematical Foundation of Statistical Mechanics*), oraz D. Haara (*Elements of Statistical Mechanics*).

wyróżnionego, jedynie słusznego kierunku traktowane jest często jako „filozoficzna katastrofa”⁵². Mehlberg wykazuje jednakże, iż przyjęcie tezy o temporalnej izotropii nie musi oznaczać katastrofy dla filozoficznego światopoglądu.

Temporalna symetria, rozpatrywana w aspekcie procesów odwracalnych nie oznacza, iż rozwój organicznego życia na Ziemi musi nagle ulec zatrzymaniu, a następnie cofnięciu w taki sposób, by odwrócona ewolucja z powrotem doprowadziła do fazy prymitywnych organizmów, które około miliarda lat temu zapoczątkowały życie na Ziemi. Przypisanie fizycznemu czasowi izotropowości nie przeczy temu, że wybrany układ materialny, umieszczony w określonym środowisku, przy określonych warunkach początkowych, musi się rozwijać w jednym dowolnie wybranym kierunku względem czasu, a nie w kierunku przeciwnym. Izotropia czasu oznacza jedynie, że *dwa identyczne układy materialne, umieszczone w warunkach początkowych symetrycznych względem czasu, muszą rozwijać się w przeciwnych kierunkach*⁵³. Zatem dla zaistnienia odwracalnego, biologicznego zdarzenia, warunkiem koniecznym byłoby umieszczenie dwóch identycznych, pierwotnych molekuł w dokładnie symetrycznych warunkach względem czasu — to znaczy w taki sposób, by każda molekula posiadała takie same początkowe prędkości, ale przeciwnie zwrócone. Tylko przy zastosowaniu takiej procedury, moglibyśmy stwierdzić dzisiaj występowanie odwracalnych biologicznych fenomenów. Ponieważ jednak prawdopodobieństwo zaistnienia takiej koincydencji w pierwszych sekundach trwania życia na Ziemi jest praktycznie równe zeru, dlatego zjawiska biologiczne pozostają do dzisiaj nieodwracalne. Nie widać jednakże żadnej racji, dla której życie nie mogłoby rozwinąć się z pierwszej grupy molekuł w odwrotnym kierunku względem czasu — zakładając, że jedynym warunkiem przetrwania pierwszych ożywionych komórek było zachowanie tej

⁵²Ten pogląd szczególnie wyraźnie uwidocznił jest u H. Reichenbacha w *The Direction of Time*.

⁵³H. Mehlberg, dz. cyt., t. 1: *Essey on the Causal Theory of Time*, s. 87.

samej początkowej orientacji temporalnej i przekazanie jej potomnym organizmom. W takiej perspektywie, izotropia czasu oznacza stosunkowo duże prawdopodobieństwo wyboru przeciwnego (w stosunku do obecnego) temporalnego kierunku w pierwszych sekundach życia; oraz nieskończenie małe prawdopodobieństwo odwrócenia czasu na obecnym etapie rozwoju biologicznego. Przyjęcie takiego założenia, zdaniem Mehlberga, nie stanowi „filozoficznej katastrofy”.

Więszym problemem jest pogodzenie temporalnie symetrycznego obrazu świata, jaki — zdaniem Mehlberga — rysują podstawowe teorie fizyczne, ze zdroworozsądkowym pojmowaniem czasu, w którym rozróżnienie na przeszłość i przyszłość ma zasadnicze znaczenie. Psychiczna konstrukcja człowieka wydaje się nie dopuszczać możliwości odwrócenia temporalnego porządku: znajomość przeszłości na podstawie wspomnień, oraz zasadnicza niezajomość przyszłości stanowią konieczny warunek do zaistnienia takich procesów, jak uczenie się, planowanie, komunikowanie się, organizowanie struktur życia społecznego itd. Dodatkową trudnością jest tu istotny i niepodważalny fakt, iż człowiek może w oczywisty sposób wpływać na swoją przyszłość, nie może natomiast niczego zmienić w swojej przeszłości. Te dwa argumenty wyraźnie utrudniają zaakceptowanie koncepcji świata temporalnie izotropowego, w którym nie ma zasadniczej różnicy pomiędzy przeszłością a przyszłością. Mehlberg jednakże przypomina, iż słowa takie jak „przeszłość” i „przyszłość” nie posiadają wewnętrznego, absolutnego znaczenia, ale ich konotacja związana jest ściśle z kontekstem, w którym są używane, oraz z ich odniesieniem do istniejącej niezależnie od człowieka rzeczywistości. Biologiczna i psychologiczna nieodwracalność, związana z życiem człowieka, ma jedynie lokalny charakter i dlatego wyprowadzanie z niej absolutnej anizotropii czasu jest równie nieuzasadnione jak nadawanie absolutnego charakteru kierunkom „góra–dół” w geografii. Arbitralny wybór jednego kierunku i określenie go mianem „góra”, a drugiego mianem „dół”, nie wpływa w żadnym stop-

niu na fizyczną izotropię przestrzeni. Podobnie, nieodwracalność związana z konstrukcją psychofizyczną człowieka nie pociąga za sobą fizycznej anizotropii czasu.

Warto w tym miejscu przywołać kosmologiczny model Hoyla i Narlikara⁵⁴, w którym intuicje Mehlberga znajdują swoją realizację. Jest to model kosmosu z odwróconym czasem: Wszechświat kurczy się przez nieograniczony czas, osiąga stan o maksymalnej gęstości, po czym następuje odbicie (odwrócenie) i Wszechświat zaczyna się rozszerzać. W modelu tym co prawda występuje strzałka czasu skierowana zawsze od punktu odbicia się, ale ze względu na doskonałą symetrię względem czasu, takie słowa jak „przeszłość” i „przyszłość” są tylko umownymi terminami. Z naszego punktu widzenia czas biegnie do tyłu w fazie kurczenia się, zaś do przodu w fazie ekspansji; jednakże obserwator, żyjący w fazie kurczenia się, również stwierdzi, iż Wszechświat, w którym on żyje — rozszerza się, a czas „biegnie do przodu”. Ponieważ w punkcie odbicia następuje odwrócenie strzałki czasu, zasady przyczynowości wykluczają komunikację pomiędzy obserwatorami przebywającymi w różnych fazach, gdyż wszelkie sygnały fizyczne, jakie mają swoje źródło we Wszechświatach o przeciwnych fazach, rozpoczynają się względem siebie w zamierzchłej przeszłości (po przeciwnej stronie punktu odbicia) i rozchodzą się w tył, wstecz w czasie, a więc oddalają się od siebie.

Należy tutaj również wyraźnie podkreślić różnicę pomiędzy strzałką czasu, a upływem czasu. Strzałka czasu określa jedynie asymetrię świata fizycznego, czyli kierunek ku przyszłości lub ku przeszłości; z kolei „upływ czasu” jest antropomorficznym wyrażeniem, którego fizycznym odpowiednikiem jest długość określonego interwału czasowego. Jeżeli „upływ czasu” rzeczywiście ma miejsce, tzn. jeśli czas posiada jakąś formę fizycznej realności⁵⁵,

⁵⁴Na temat tego modelu por. np. P. Davies, dz. cyt., s. 256–258.

⁵⁵Mehlberg początkowo (*Essai sur la théorie causale du temps*) był zwolennikiem relacyjnej teorii czasu, jednakże później opowiedział się za koncepcją antyrelacyjną, wyraźnie odróżniając ją od koncepcji substancjalistycznej [por.: H. Mehlberg, dz. cyt., t. 1, s. 188]. Czas fizyczny jest w teorii Mehlberga czymś

to logicznie możliwe są dwa przypadki: czas płynący zgodnie ze strzałką czasu, czyli od przeszłości ku przyszłości; oraz czas płynący przeciwnie do kierunku, wyznaczonego przez strzałkę czasu, tzn. od przyszłości ku przeszłości. W pierwszym przypadku obowiązywałaby przyczynowość, którą znamy z „naszego” świata (filizanki spadające na podłogę rozlatują się na kawałki); w drugim — przyczynowość odwrócona: zdarzenia zachodziłyby „w przeciwnym kierunku” względem naszego doświadczenia czasu (rozbite kawałki szkła wskakują z podłogi na stół, formując filizanki). Z drugiej jednak strony, jeśli „upływ czasu” jest tylko zjawiskiem umysłowym, tzn. jeśli istotę czasu stanowią jedynie relacje, zachodzące między zdarzeniami — to kierunek „upływu czasu” zawsze będzie zgodny z kierunkiem, wyznaczonym przez strzałkę czasu (nawet jeśli ta strzałka z jakichś powodów ulegnie odwróceniu), gdyż to właśnie strzałka czasu wyznacza kierunek procesów termodynamicznych, oraz elektrycznych, mających miejsce w mózgu. Wszystko wskazuje na to, iż w obydwu przypadkach istotne znaczenie posiada układ odniesienia lub pewna perspektywa, z jakiej dokonywany jest opis „upływu” czasu. Jeśli nawet przyjmiemy, że strzałka czasu skierowana jest zawsze ku przyszłości, to i tak nie oznacza to istnienia jakiegoś konkretnego przedziału czasu, zwanego Przyszłością; przyszłość i przeszłość określona jest zawsze dla konkretnego obserwatora, a strzałka czasu, podobnie jak wskazówka w kompasie, wskazuje jedynie pewien umowny kierunek na linii czasu.

Ostateczne rozwiązanie zagadki związanej ze strzałką czasu będzie zależało od jednoznacznego określenia ontologicznego statusu czasu w najważniejszych teoriach fizycznych, przede wszystkim zaś w teorii względności, mechanice kwantowej, oraz poszukiwanej kwantowej teorii grawitacji. Wielość i rozbieżność zaprezen-

więcej niż tylko zbiorem relacji pomiędzy zdarzeniami, ale jednocześnie ma inny status niż w teorii Newtona: czas nie jest tu substancją istniejącą niezależnie od zdarzeń; por. argumenty Mehlberga za realnością fizycznego czasu: dz. cyt., t. 2, s. 235–242.

towanych interpretacji omawianego zagadnienia jest wymownym dowodem naukowego i filozoficznego zaangażowania w znalezienie poprawnej odpowiedzi na postawione pytanie, a zarazem świadczy o doniosłości samej dyskusji na temat temporalnej symetrii świata. Koncepcja Henryka Mehlberga wydaje się ciekawym i wartościowym przyczynkiem do tej dyskusji. Jest to teoria mocno osadzona w korpusie wiedzy i poparta argumentami zaczerpniętymi z konkretnych teorii fizycznych. Proponowane tu rozwiązania, dotyczące temporalnej izotropii, nie przekreślają takich pojęć jak przyczynowość czy racjonalność⁵⁶; zaś ukazana odwracalność niektórych procesów fizycznych ma na celu udowodnienie, iż temporalne ukierunkowanie tych procesów nie jest zdeterminowane przez jakąś wewnętrzną zasadę, która faworyzuje jeden wyróżniony kierunek upływu czasu. To podejście pozwala dostrzec, iż w proponowanej przez nauki ścisłe temporalnie symetrycznej wizji świata nie ma sprzeczności ze zdroworozsądkowym pojmowaniem asymetrycznego temporalnie porządku rzeczywistości. Jest to interesujący argument za istnieniem spójnej wizji świata; wspólnej tak dla nauk ścisłych, jak humanistycznych, oraz dziedzin pozanaukowych.

Nie zmienia to jednak faktu, że przy całej poprawności metodologicznej, stanowisko Mehlberga w kwestii strzałki czasu wydaje się być już dzisiaj nieaktualne. Znakomita większość autorów przyjmuje faktyczne istnienie wielu niezależnych wskaźników wyróżnionego kierunku upływu czasu. I tak, wymienia się nie tylko termodynamiczną i kosmologiczną, ale również psychologiczną, informacyjną, radiacyjną i kauzalną strzałkę czasu⁵⁷. Podkreśla się

⁵⁶Przykładem takiej koncepcji jest teoria T. Golda, w której czas biegnie do przodu, gdy Wszechświat się rozszerza, zaś do tyłu, gdy Wszechświat się kurczy; wówczas przeciwne strzałki czasu występują obok siebie, co powoduje anomalie kauzalne; zob.: P. Davies, dz. cyt., s. 246–249. Odwrócenie strzałki czasu przyjmował też w swoim modelu Hawking; później jednak wycofał się z tego założenia, zob.: S. Hawking, *Teoria Wszystkiego*, tłum. S. Amsterdamski, Wydawnictwo Zysk i S-ka, Poznań 2002, s. 102.

⁵⁷Por.: tamże, s. 94–103.

fakt, iż pomimo temporalnej inwariantności podstawowych teorii fizycznych, Wszechświat opisywany przez te teorie pozostaje układem *czasowo orientowalnym*⁵⁸, w którym fizyczna odwracalność znikomo małej klasy procesów stanowi jedynie wyjątek potwierdzający regułę. Również wyniki badań nad istniejącą asymetrią pomiędzy materią i antymaterią zdają się sugerować, że to właśnie złamanie symetrii czasu, które miało miejsce tuż po Wielkim Wybuchu, odpowiedzialne jest za ilość i charakterystyczne własności materii w obecnym Wszechświecie; dlatego materia ta na poziomie molekularnym posiada *wewnętrzne poczucie kierunku upływu czasu*⁵⁹. Możliwe, że istnieje też nieznan dotąd aspekt grawitacji, związany z naruszeniem temporalnej symetrii, dlatego przypuszcza się, iż *poszukiwana kwantowa teoria grawitacji musi być teorią asymetryczną w czasie*⁶⁰. W tej perspektywie przedstawiona teoria Mehlberga jawi się jako ambitna próba udowodnienia koncepcji sprzecznej z filozoficznym i naukowym paradygmatem. Co prawda Mehlberg zastrzega się, iż *podczas omawiania statusu strzałki czasu w aspekcie współczesnej nauki, rozważnie powstrzymał się od jakiegokolwiek wartościującej lub emocjonalnej postawy*⁶¹, to jednak jego sympatia wobec temporalnej syme-

⁵⁸Por.: M. Heller, *Wieczność, Czas, Kosmos*, Znak, Kraków 1995, s. 112. Autor podkreśla, iż ten sam kierunek upływu czasu, wskazywany przez różne strzałki czasu, nie jest dziełem przypadku: *strzałki te są tylko różnymi wskazówkami tego samego zegara* [s. 136]. I tak np. radiacyjna strzałka czasu jest następstwem strzałki termodynamicznej, zaś w modelach kosmologicznych z lepkością, strzałka termodynamiczna jest tożsama z kosmologiczną. Te zależności są argumentem za czasowym zorientowaniem Wszechświata.

⁵⁹Por.: P. Davies, dz. cyt., s. 236–245.

⁶⁰Por.: R. Penrose, dz. cyt., s. 386–411. Temporalna asymetria występuje również w teorii kwantowej grawitacji M. Hellera, budowanej w oparciu o geometrię nieprzemienią, por.: M. Heller, *Początek jest wszędzie: Nowa hipoteza pochodzenia Wszechświata*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2002. Przeciwny temporalnej symetrii teorii kwantowej grawitacji jest Hawking; zob. jego argumenty: S. Hawking, *Kwantowa kosmologia*, [w:] *Natura czasu i przestrzeni*, [red.] S. Hawking, R. Penrose, tłum. P. Amsterdamski, Wydawnictwo Zysk i S-ka, Poznań 1996, s. 105–111.

⁶¹H. Mehlberg, dz. cyt., t. 2, s. 198.

trii przejawia się w całym jego dziele, zwłaszcza poprzez obszerne prezentowanie argumentów przemawiających za omawianą teorią, przy jednoczesnym przemilczaniu lub wybiórczym interpretowaniu argumentów strony przeciwnej. Chociaż taka postawa nie jest szczytem naukowego obiektywizmu, to jednak stymuluje ona w pewien sposób rozwój nauki, gdyż przyczynia się do precyzowania pojęć, oraz ukazuje konsekwencje, wynikające z zaprzeczenia funkcjonującego powszechnie paradygmatu. Jest też przykładem badawczej gorliwości i zaangażowania w poszukiwanie poprawnej odpowiedzi na najważniejsze pytania, dotyczące natury czasu. I choćby z tego powodu koncepcja Mehlberga zasługuje na przypomnienie.

SUMMARY

ARROW OF TIME IN THE PHILOSOPHY OF HENRY MEHLBERG

The arrow of time problem belongs to the most discussed questions of the contemporary philosophy of physics. Some aspects of this problem are discussed in this paper in the context of Henry Mehlberg's philosophical views. Mehlberg devoted a significant part of his work to the enigma of time. He argues that all major empirical theories are invariant with respect to time reversal. In the present paper, the difference between temporal isotropy as expressed in the every-day language and in scientific theories is first presented, then Mehlberg's arguments on behalf of temporal symmetry are analysed and, finally, some philosophical implications of arrowless time are discussed.