

Czas

Czas – jedna z fundamentalnych wielkości fizycznych będąca swego rodzaju miarą zmienności rzeczy, umożliwiającą określanie kolejności zdarzeń (topologia) i dokonywanie pomiarów odstępów pomiędzy zdarzeniami (metryka). Jest terminem wieloznacznym i trudnym do zdefiniowania, a przyjmowane definicje w znacznym stopniu zależą bądź od filozoficznej interpretacji tego terminu, bądź od określonego aspektu lub kontekstu, w którym termin ten występuje w teoriach fizycznych (czas fizyczny), psychologicznych (czas psychologiczny), biologicznych (czas biologiczny), itd.

Podstawowa intuicja, wspólna dla wszystkich interpretacji i aspektów zarówno filozoficznej jak i ściśle naukowej koncepcji czasu, wiąże tę ideę z obserwowaną w świecie przyrody zmiennością, i wyraża ją w kategoriach „trwania”, „upływania”, „przebiegania”, „przemijania”, itp. W podejściu zdroworozsądkowym czas traktuje się jako wielkość złożoną z następujących po sobie „chwil” o krótkiej lub nawet zaniedbywalnie krótkiej długości trwania (świadomy obserwator nie jest w stanie wyróżnić odcinków czasowych krótszych niż „chwile”). W teoriach fizycznych chwili czasu odpowiada jedna ze współrzędnych zdarzenia. W odróżnieniu od przestrzeni, która ma trzy wymiary i jest izotropowa (nie ma wyróżnionego kierunku), czas jest wielkością jednowymiarową i anizotropową (ma wyróżniony kierunek: płynie z przeszłości w przyszłość). Wieloznaczność tego terminu sprawia, że mianem czasu określa się zarówno poszczególne chwile (punkty na osi czasu), jak i odcinki czasu o różnej długości, chociaż najczęściej terminem tym obejmuje się zbiór wszystkich możliwych chwil i wszystkich odcinków czasu.

W mechanice klasycznej czas jest wielkością niezależną od wyboru układu odniesienia, to znaczy upływa zawsze w takim samym tempie dla wszystkich obserwatorów we Wszechświecie (\rightarrow absolutyzm), natomiast w fizyce relatywistycznej upływ czasu jest względny, to znaczy zależny od wyboru układu odniesienia (\rightarrow relatywizm). W filozofii toczy się nierozstrzygnięty jak do tej pory spór o to, czy czas jest jedynie atrybutem rzeczy lub relacją pomiędzy zdarzeniami (\rightarrow relacjonizm), taką jak np. relacja kauzalna (\rightarrow kauzalna teoria czasu), czy też jest rodzajem substancji istniejącej niezależnie od materialnej zawartości Wszechświata (\rightarrow substancjalizm). Dyskusja dotyczy również tego, czy sam upływ czasu jest realny (\rightarrow prezentyzm) czy nierealny (\rightarrow eternalizm), a także – w jaki sposób rzeczy trwają w

czasie: czy są obecne w całości w każdej chwili czasu (→ endurantyzm), czy też są rozciągnięte w czasie i składają się z różnych części temporalnych (→ perdurantyzm).

1. Początki filozoficznych analiz na temat czasu

Pytanie o naturę czasu pojawiło się w filozoficznych dyskusjach już w starożytności. Jednym z pierwszych myślicieli, który zajął się tą problematyką, był Heraklit z Efezu. Za-uważał on, że zmienność jest pierwszym i w pewnym sensie najważniejszym prawem natury: czas płynie na podobieństwo rwącej rzeki, której strumień unosi ze sobą wszystko co tylko istnieje. Ponieważ zmienność świata przyrody jest cykliczna, Heraklit – podobnie jak wielu innych filozofów starożytnych – sądził, iż rzeka czasu płynie w zamkniętym kolisku powtarzających się systematycznie zdarzeń.

U Platona pojawiła się po raz pierwszy koncepcja wieczności rozumianej jako istnienie pozaczasowe: to właśnie w wieczności, czyli poza czasem, istnieje świat doskonałych i niezmiennych idei, a doskonałość ta i niezmiennosc jest zagwarantowana przez to, że sfery idealnej czas się nie ima. Czas pojawia się za to w świecie materialnym – który jest jedynie niedoskonałą kopią świata idei – jako swego rodzaju „ruchomy obraz wieczności” (*Timaios* 37). Demiurg (Boski Rzemieślnik) upodabnia w ten sposób zmienną materię do doskonałego i niezmiennego wzorca, jakim są pozaczasowe idee. Czas jest tu obrazem wieczności, który „porusza się według liczby” (*Timaios* 37), co oznacza, że wielkość tę można mierzyć – na przykład przy pomocy regularnych ruchów ciał niebieskich.

W koncepcji Arystotelesa czas jawi się jako swoista miara ruchu, będącego przechodzeniem z możliwości do aktu. W każdym ruchu można – zdaniem Stagiryty – wyróżnić stan wcześniejszy („przed”) i późniejszy („po”), zaś sam czas będzie w takim przypadku „ilością ruchu ze względu na „przed” i „po”” (*Fizyka* IV, 218b). Średniowieczni komentatorzy Arystotelesa (m.in. Awicenna, Boecjusz, św. Tomasz z Akwinu) interpretowali jego koncepcję czasu stwierdzając, że jest on „bytem myślowym z fundamentem w rzeczywistości”. A zatem sam czas nie jest czymś realnym (jest „bytem myślowym”, bo do jego „zaistnienia” potrzebna jest czynność umysłu polegająca na wyróżnieniu stanów wcześniejszych i późniejszych), ale „fundament w rzeczywistości” zapewnia czasowi ruch, który jest już czymś jak najbardziej realnym. Ponieważ czas nie istnieje niezależnie od poruszającej się (przechodzącej z możliwości do aktu) substancji, dlatego też koncepcję Arystotelesa można potraktować jako swego rodzaju pierwowzór relacyjnej teorii czasu.

Wieloaspektową analizę zagadnienia natury czasu przeprowadził św. Augustyn, który całą złożoność tej problematyki zawarł w krótkiej i zarazem dosadnej odpowiedzi na pytanie o to, czym jest czas: „Jeśli nikt mnie o to nie pyta, wiem. Jeśli pytającemu usiłuję wytłumaczyć, nie wiem” (*Wyznania*, XI, 14). Zdaniem Augustyna, czas jest pewną miarą zmienności i ruchu, i wiąże się z przemijalnością świata materialnego. Augustyn rozróżnia trzy podstawowe aspekty czasu: terażniejszość, przeszłość i przyszłość. W jego opinii terażniejszość to czas zauważany, przeszłość – pamiętany, a przyszłość – oczekiwany, przy czym tylko pierwszy z tych aspektów czasu można uznać za rzeczywiście istniejący. Przeszłość przeminęła, a przyszłość jeszcze nie nadeszła, więc żadna z tych dwu „dziedzin czasu” realnie nie istnieje. Augustyn trafnie zauważa, że terażniejszość – jedyny „fragment” czasu, który realnie istnieje – jest wyznaczona przez zanedbywalnie krótką chwilę, co można uznać za największy paradoks związany z upływem czasu: „Tylko taką chwilę, której już się nie da podzielić na jakiegokolwiek, choćby najmniejsze cząstki, można by słusznie nazwać czasem terażniejszym. Taka zaś chwila tak szybko z przyszłości przelatuje do przeszłości, że nie sposób jej przypisać jakiegokolwiek trwania. Jeśli się jej nadaje rozciągłość, od razu chwila ta rozpada się na przeszłość i przyszłość. Będąc zaś terażniejszością, nie ma żadnej rozciągłości” (*Wyznania*, XI, 15).

W kręgu filozofii chrześcijańskiej problematyka czasu została w zasadniczy sposób uzależniona od rozwiązań przyjmowanych w ramach teologii stworzenia. Według św. Augustyna, czas został stworzony przez Boga, który sam pozostaje poza czasem. W średniowieczu rozważano również pogląd, zgodnie z którym czas istniał przed momentem stworzenia, jednakże znakomita większość autorów poszła w tej kwestii za Augustynem, utożsamiając moment stworzenia świata z początkiem czasu. Na stanowisku tym stanął również św. Tomasz z Akwinu, który przyjął, że istniejący wiecznie (poza czasem) Bóg stworzył świat razem z czasem, chociaż czym innym jest sam akt stworzenia, a czym innym początek świata i początek czasu. Można zatem przyjąć bez popadania w sprzeczność, że Bóg jest stwórcą świata, który nie miałby swojego początku w czasie (istniał zawsze). Z teologiczną doktryną stworzenia jest zatem – według Akwinaty – zgodna zarówno koncepcja czasu, który miał swój początek, jak i czasu, który początku nie miał, przy czym ścisła korelacja pomiędzy istnieniem czasu i stworzonego świata (istniejącego od zawsze lub mającego swój początek w czasie) świadczy o tym, że Tomasz opowiada się za relacyjną teorią czasu: w jego interpretacji o czasie można sensownie mówić tylko w odniesieniu do świata przyrody, natomiast „pusty” czas bez wypełniającej go materii nie istnieje. Koncepcja ta wynikała poniekąd z definicji czasu, którą św. Tomasz przejął od Arystotelesa: czas jest w tym ujęciu miarą ruchu; ponieważ zaś przed

stworzeniem nie było fizycznego ruchu, nie było również i samego czasu. Dodatkowym argumentem jest w tym przypadku to, że aby czas mógł być miarą ruchu, potrzebny jest również sam człowiek – świadomy obserwator – który jest w stanie „liczyć” ruch. Ten ostatni aspekt dyskutowanej problematyki – zależność czasu od świadomości obserwatora – przed św. Tomaszem podkreślali w swoich analizach dwaj inni średniowieczni komentatorzy Arystotelesa – Awicenna i Awerroes.

Na progu czasów nowożytnych zagadnienia dotyczące natury czasu pojawiły się w metafizyce Franciszka Suareza, który poddał starannej analizie temporalną kategorię trwania. Według Suareza, obecność czasu przejawia się przede wszystkim w tym, że każda istniejąca rzecz „trwa”. Co istotne, trwanie nie tylko towarzyszy istnieniu rzeczy; trwanie jest w rzeczywistości tożsame z ich istnieniem. Trwanie nie jest jednakże identyczne dla wszystkich istniejących bytów: Bogu, który istnieje wiecznie, przysługuje wieczne trwanie, natomiast stworzonemu światu – trwanie ograniczone do okresu wyznaczonego jego istnieniem. Suarez wyróżnia w związku z tym kilka typów trwania i zaznacza, że trwanie jest pojęciem bardziej uniwersalnym niż czas. Utrzymane w podobnym duchu analizy dotyczące czasu przeprowadzało wielu innych filozofów i uczonych tego okresu – m.in. Giordano Bruno, Tomasz Campanella i Galileusz.

2. Substancjalna i relacyjna (atrybutywna) teoria czasu

W czasach nowożytnych problematyka ontologicznie pojmowanej natury czasu stała się przedmiotem słynnego sporu, który został zapoczątkowany na początku XVIII w. podczas dyskusji Gottfrieda W. Leibniza i Izaaka Newtona, i który do dzisiaj nie został w sposób jednoznaczny rozstrzygnięty. Dyskutowany problem dotyczył tego, czy czas jest rodzajem substancji istniejącej w sposób całkowicie niezależny od materii, czy też jest jedynie atrybutem obiektów materialnych lub określonym typem relacji pomiędzy tego rodzaju obiektami (lub zdarzeniami). Za pierwszym rozwiązaniem – znanym jako substancjalna teoria czasu – opowiadał się Newton, który sądził, że czas zawsze i wszędzie płynie w taki sam, niezmienny sposób, niezależnie od tego, czy zachodzą w nim jakiegokolwiek zdarzenia i czy umieszczone są w nim jakiegokolwiek obiekty: „absolutny, matematyczny i prawdziwy czas, sam w sobie i przez swą własną naturę płynie równo w odniesieniu do wszystkiego zewnętrznego (...), upływ absolutnego czasu nie podlega żadnym zmianom” (I. Newton, *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, Copernicus Center Press, Kraków 2011, s. 190-191). Zdaniem Newtona, Bóg stworzył świat w czasie („pusty” czas istniał przed stworzeniem świata).

Za drugim rozwiązaniem – znanym jako relacyjna lub atrybutywna koncepcja czasu – optował Leibniz, zdaniem którego czas to nic innego jak następstwo zdarzeń, lub – innymi słowy – to zbiór relacji pomiędzy zdarzeniami niejednoczesnymi. W jego opinii, o czasie można mówić sensownie jedynie w odniesieniu do „rzeczy” (zdarzeń), i w tym sensie czas jest względny, ponieważ nie istnieje w sposób absolutny – to znaczy niezależny od materialnej zawartości Wszechświata: „Co do mnie, niejednokrotnie podkreślałem, że mam przestrzeń za coś względnego, podobnie jak czas, mianowicie za porządek współlistnienia rzeczy, podczas gdy czas stanowi porządek ich następstwa” (G.W. Leibniz, *Wyznanie wiary filozofa*, PWN, Warszawa 1969, s. 336). Zdaniem Leibniza, Bóg stworzył świat *razem z czasem* (przed stworzeniem świata nie było czasu).

Do końca XIX w. w świecie filozofii (a także samej nauki) dominowało przekonanie o wyższości teorii substancjalnej nad teorią relacyjną, a powodem tego stanu rzeczy było przede wszystkim to, że Newton stworzył teorię fizyczną – mechanikę klasyczną – która stanowiła fizyczny model jego filozofii czasu, natomiast Leibniz żadnej tego typu teorii nie zbudował, a swoją koncepcję uzasadniał jedynie w sposób intuicyjny i zdroworoządkowy. Ponadto, nie był on w stanie odeprzeć dwóch głównych zarzutów Newtona (w dyskusji z Leibnizem Newtona reprezentował Samuel Clarke) pod adresem teorii relacyjnej, z których jeden dotyczy przestrzeni (obecność sił bezwładności), a drugi przestrzeni i czasu: w interpretacji Leibniza są to pojęcia topologiczne (czas to relacje porządkujące zdarzenia niejednoczesne), podczas gdy w rzeczywistości zdarzenia w czasie (a także w przestrzeni) można nie tylko porządkować, ale również mierzyć pomiędzy nimi „odległości” (np. w minutach). Pod koniec XIX w. Ernst Mach nadał nieco inne sformułowanie postulatowi Leibniza dotyczącemu przestrzeni pojmowanej jako sieć relacji pomiędzy zdarzeniami jednoczesnymi, głosząc, iż o bezwładności ciała (lub o jego masie, która jest miarą bezwładności) decyduje globalny rozkład wszystkich mas obecnych we Wszechświecie. Powstanie ogólnej teorii względności (OTW) przyniosło nadzieję na stworzenie fizycznej teorii, która byłaby modelem filozofii Leibniza-Macha, jednakże również i Albertowi Einsteinowi nie udało się w pełni zrealizować programu głoszącego zależność czasu oraz przestrzeni od materialnej zawartości czasoprzestrzeni. Co prawda, w chronologicznie pierwszym modelu kosmologicznym znalezionym przez Einsteina w roku 1917 zależność taka faktycznie istnieje, jednakże w innych tego typu modelach (np. w modelu Willema de Sittera z roku 1917) pojawia się czasoprzestrzeń pusta – to znaczy taka, w której średnia gęstość materii jest zerowa.

Występowanie pustych modeli kosmologicznych jest mocnym argumentem przeciwko teorii relacyjnej, przy czym nie jest to argument jedyny (kolejny istotny argument wynika z

samej idei geometryzacji pola grawitacyjnego: niezależnie od globalnego rozkładu masy każda czasoprzestrzeń lokalnie jest płaska). Istnieją też racje przemawiające za teorią relacyjną – tytułem przykładu: przewiduje się, że w kwantowej teorii grawitacji puste modele kosmologiczne zostaną całkowicie wyeliminowane dzięki uwzględnieniu podstawowych postulatów fizyki kwantowej, która nie przewiduje możliwości występowania absolutnie pustej czasoprzestrzeni (próżnia kwantowa to stan układu o najniższej z możliwych – ale różnej od zera – energii). Przyjmuje się, że OTW w swym obecnym kształcie jest fizycznym modelem filozoficznej doktryny będącej swoistą hybrydą teorii substancjalnej i relacyjnej: materia znajdująca się w czasoprzestrzeni wpływa na czas i przestrzeń, ale czasu i przestrzeni całkowicie nie determinuje.

3. **Kauzalna teoria czasu**

Podstawową słabością relacyjnej teorii czasu jest to, że nie dostarcza ona jednoznacznego i wyraźnego kryterium pozwalającego odróżnić czas substancjalny od czasu pojmowanego jako relacja porządkująca zdarzenia niejednoczesne. Relacje pomiędzy zdarzeniami określone w sposób opisowy „wcześniej niż” – „później niż” są *de facto* relacjami temporalnymi, które można rozumieć w sensie newtonowskim: jako sposób ustalenia względnej pozycji zdarzenia na absolutnej skali czasu. Aby ustrzec się przed tą słabością relacyjnej teorii czasu, należy zaproponować kryterium uporządkowania zdarzeń, które nie jest już *implicite* związane z pojęciem czasu. Najprostszym tego typu kryterium jest związek przyczynowo – skutkowy, a teoria wyjaśniająca relacje temporalne w kategoriach takiego związku nazywana jest kauzalną teorią czasu. Jest to swoiste uszczegółowienie teorii relacyjnej, ukazujące wyraźny związek jaki ma miejsce pomiędzy przyczynowością i czasem. Niemal wszyscy przedstawiciele relacyjnej teorii czasu byli zarazem zwolennikami teorii kauzalnej.

Jako pierwszy podstawowe tezy kauzalnej teorii czasu sformułował sam Leibniz. W jego interpretacji czas to sieć relacji pomiędzy następującymi po sobie zdarzeniami lub „stanami Wszechświata”, ale istotą tych relacji jest związek kauzalny zachodzący pomiędzy tymi zdarzeniami lub stanami: „Jeśli jeden z dwóch stanów, które nie są jednoczesne, mieści w sobie przyczynę drugiego, to pierwszy z nich uważa się za wcześniejszy, a drugi za późniejszy. (...) Mój wcześniejszy stan obejmuje przyczynę istnienia stanu późniejszego. A ponieważ mój wcześniejszy stan, na mocy wzajemnego połączenia wszystkich rzeczy, obejmuje wcześniejszy stan również innych rzeczy, obejmuje on również przyczynę późniejszego stanu tych innych rzeczy i jest w ten sposób wcześniejszy względem nich” (G.W. Leibniz, „Initia

rerum mathematicarum metaphysica”, w: *Philosophical Papers and Letters*, D. Reidel, Dordrecht 1969, s. 666). Według Leibniza, możliwe jest takie uporządkowanie wszystkich „stanów” Wszechświata, w którym stany wcześniejsze zawierają w sobie przyczyny stanów późniejszych; porządek temporalny będzie w takim przypadku wtórny względem porządku kauzalnego, co prowadzi do wniosku o ontologicznym pierwszeństwie przyczynowości przed czasem.

Analizy Leibniza dotyczyły przede wszystkim temporalnej relacji następstwa. Kolejną relacją, która domagała się zdefiniowania w ramach kauzalnej teorii czasu, była jednoczesność. Relacją tą zajął się Immanuel Kant, który zakwestionował poprawność teorii substancjalnej w inny sposób niż Leibniz traktujący czas jako swego rodzaju atrybut lub własność rzeczy. Według Kanta czas (tak samo jak i przestrzeń) jest własnością ludzkiego poznania: czas jest kategorią aprioryczną, która ma swoje źródło w podmiocie poznającym, a nie w zewnętrznym świecie. W określeniu temporalnych relacji jednoczesności i następstwa pomocne jest – w opinii filozofa z Królewca – rozróżnienie na subiektywne i obiektywne następstwo zdarzeń: obiektywną jednoczesność można zdefiniować odwołując się do subiektywnego następstwa przedstawień, którego kolejność jest dowolna (dwa zdarzenia są jednoczesne jeśli porządek ich spostrzeżeń jest dowolny), zaś obiektywne następstwo – do subiektywnego następstwa o koniecznej kolejności przedstawień (dwa zdarzenia następują po sobie jeśli porządek ich spostrzeżeń nie jest dowolny). O obiektywnym następstwie zdarzeń nie przesądza jednakże samo określenie temporalnego porządku percepcji, ale obecność relacji kauzalnej pomiędzy tymi zdarzeniami.

Czysto fizykalną interpretację kauzalnej teorii czasu nadali George Lechalas i Hans Reichenbach, przy czym pierwszy z nich odwoływał się do mechaniki klasycznej, a drugi – do teorii względności. Według Lechalasa temporalny porządek zdarzeń można zdefiniować za pomocą zasady determinizmu, która głosi, że dowolny stan układu fizycznego jest określony przez stany wcześniejsze i zarazem określa stany późniejsze. Według Reichenbacha zależności kauzalne pomiędzy zdarzeniami propagują się w czasoprzestrzeni opisywanej prawami szczególnej i ogólnej teorii względności, przy czym porządek temporalny jest w tym przypadku definiowany za pomocą relacji kauzalnej: zdarzenie będące skutkiem jest późniejsze, zaś przyczyną – wcześniejsze. Do ustalenia jednoczesności zdarzeń służy tu metoda odbicia radarowego oparta na standardowej procedurze synchronizacji zdarzeń określonej przez Einsteina. Zdefiniowaniem – w ramach kauzalnej teorii czasu – temporalnej relacji trwania zajął się Bertrand Russell. Jego zdaniem, o „trwaniu” – czyli o identyczności obiektu w danym

przedziale czasu – decyduje ciągłość zmiany tego obiektu określona przez prawa kauzalne wyrażone w postaci odpowiednich równań różniczkowych.

Interesującym z metodologicznego punktu widzenia epizodem kauzalnej teorii czasu były próby nadania tej koncepcji postaci systemu aksjomatycznego formalizującego relatywistyczną teorię czasoprzestrzeni. Teoria względności – poprzez wprowadzenie granicznej prędkości propagacji sygnałów fizycznych – pozwoliła na precyzyjne ustalenie granicy obszarów czasoprzestrzeni dostępnych i niedostępnych dla oddziaływań kauzalnych, co okazało się istotnym ułatwieniem dla sformalizowania relatywistycznej teorii czasu (i przestrzeni) w ramach systemów aksjomatycznych. Systemy takie zbudowali m.in. Alfred A. Robb, Rudolf Carnap i Henryk Mehlberg – w każdym z nich własności czasu fizycznego wyprowadzane są z własności relacji kauzalnej pomiędzy zdarzeniami. W drugiej połowie XX wieku okazało się jednak, iż aksjomatyzacje te nie uwzględniają różnego rodzaju anomalii kauzalnych, takich jak np. zamknięte krzywe czasopodobne występujące w kosmologicznym modelu Gödla z roku 1949. Metoda aksjomatyczna nie była w stanie sformalizować takich przypadków. Staranne zbadanie struktury relatywistycznej czasoprzestrzeni stało się możliwe dopiero dzięki metodom globalnym, polegającym na analizie globalnych własności modeli kosmologicznych – zwłaszcza tych, które obfitują w anomalie kauzalne. Metoda ta umożliwiła szczegółowe poznanie zwłaszcza struktury kauzalnej, co z kolei pozwoliło na zbudowanie nowych aksjomatyzacji (najbardziej znane to systemy Ehlersa-Pirani’ego-Schilda oraz Kronheimera-Penrose’a), które już – w przeciwieństwie do wspomnianych uprzednio – uwzględniają całe bogactwo wewnętrznej struktury czasoprzestrzeni. Metody globalne pozwalają ocenić strukturę kauzalną jako jedną z wielu innych, w pewnym sensie równorzędnych, podstruktur czasoprzestrzeni, co oznacza, że – przynajmniej w świetle OTW – kauzalnej teorii czasu nie można interpretować w kategoriach ontologicznego pierwszeństwa przyczynowości przed czasem.

4. Własności czasu fizycznego

Własności czasu fizycznego dzieli się zwykle na własności geometryczne i własności symetrii. Dwa najważniejsze typy własności geometrycznych, które w największym stopniu interesują fizyków i filozofów, to własności topologiczne (bardziej podstawowe, związane z kauzalną strukturą czasoprzestrzeni, mają charakter jakościowy) i własności metryczne (ujawniają się w pomiarze, mają charakter ilościowy). Jeśli chodzi o metryczne własności czasu, to są one przedmiotem analiz zwłaszcza OTW, w której podstawowym pojęciem nie jest sam czas, ale czasoprzestrzeń – co oznacza, że pomiary czasu (metryka) są tu ściśle sko-

relowane z pomiarami przestrzeni. Wynik pomiaru długości interwału czasowego (odległość w czasie) pomiędzy dowolnymi zdarzeniami jest zawsze uzależniony od wyboru układu odniesienia, w jakim tego typu pomiar jest dokonywany; niezależny od takiego wyboru jest jedynie interwał czasoprzestrzenny (odległość w czasie i przestrzeni). Metryczne własności czasu, takie jak ograniczoność (lub nieograniczoność) oraz skończoność (lub nieskończoność), są uzależnione od konkretnego typu czasoprzestrzeni występującej w rozwiązaniach równań pola OTW.

Do topologicznych własności czasu zalicza się zwykle: jednowymiarowość, spójność (ciągłość), niezwartość i nierozgałęzioność. Pierwsza z tych własności (jednowymiarowość) oznacza, iż każdemu momentowi czasu można przyporządkować wzajemnie jednoznacznie tylko jedną liczbę rzeczywistą jako jego współrzędną czasową. Jednowymiarowość czasu pozwala mówić o „osi czasu” – wyrażenie to może mieć znaczenie zarówno przenośne (chwile układają się jedna za drugą na osi czasu), jak i dosłowne (na diagramach czasoprzestrzennych uwzględnia się osobną oś liczbową, względem której określa się współrzędne czasowe). Intuicja zawarta w wyrażeniu „oś czasu” w trafny sposób oddaje również własność nierozgałęzioności, która odpowiada za to, że czas nie ma żadnych „rozgałęzień”, tzn. nie rozszczepia się ani w przyszłość, ani w przeszłość – podobnie jak prosta euklidesowa, która z definicji na każdym swoim odcinku ma identyczną strukturę topologiczną, i w żadnym swoim punkcie się nie rozwidła. Ponieważ prosta jest jednowymiarową przestrzenią topologiczną, własność nierozgałęzioności można wyrazić odwołując się do pojęcia rzędu rozgałęzienia takiej przestrzeni. Przyjmuje się, że prosta euklidesowa ma w każdym swoim punkcie rząd rozgałęzienia równy 2, zaś domknięty odcinek prostej ma w swych dwóch końcowych punktach rząd rozgałęzienia 1, a we wszystkich punktach wewnętrznych rząd rozgałęzienia 2. Oś czasu jest homeomorficzna z prostą euklidesową, dlatego też przyjmuje się, że czas nie jest rozgałęziony w żadnym swoim momencie, czyli że w każdym momencie (w każdym punkcie na osi czasu) ma rząd rozgałęzienia równy 2. Konsekwencją tej własności jest to, że żaden moment czasu nie ma rzędu rozgałęzienia równego 1 (oś czasu nie ma punktu końcowego). Przykładem topologicznych struktur, którym nie przysługuje własność tak określonej nierozgałęzioności, są widły dwuzębne – z jednym punktem rozwidlenia o rzędzie rozgałęzienia 3 – lub trójzęb (widły trójzębne) – z jednym punktem rozgałęzienia o rzędzie 4. W teoriach fizycznych czas z założenia traktuje się jako wielkość nierozgałęzioną (w każdym momencie czasu rząd rozgałęzienia jest równy 2), chociaż np. w niektórych interpretacjach mechaniki kwantowej rozważa się również możliwość wielokrotnego rozszczepienia historii określonych układów, a nawet całego Wszechświata (tzw. teoria wielu światów). W tego typu teoriach rozgałęzia się nie

sam czas, ale historia złożona ze zdarzeń dokonujących się w czasoprzestrzeni – co jednakże przynajmniej w pewnym sensie pociąga za sobą również rozgałęzienie samego czasu.

Niezwartość czasu polega na tym, że czas jest wielkością nieograniczoną – podobnie jak zbiór liczb rzeczywistych odkładanych na osi liczbowej będącej nieskończoną przestrzenią jednowymiarową – czyli że współrzędna czasowa może przyjmować wartości dowolnie duże (nie istnieje żaden skończony górny kres dla odległości pomiędzy momentami czasu). Niezwartość i nieograniczoność czasu wiąże się z metrycznym problemem jego nieskończoności, a interpretacja tego zagadnienia w znacznym stopniu uzależniona jest od przyjmowanej teorii czasu, tzn. od zakładania substancjalnej bądź relacyjnej jego natury: teoria substancjalna zakłada nieskończoność czasu; w teorii relacyjnej nieskończoność czasu uzależniona jest od czasowej nieskończoności (bądź skończoności) świata materii.

Niezwartość czasu warunkuje jego „otwartość”, to znaczy wyklucza sytuację, w której czas ma topologiczną strukturę okręgu, tzn. jest – jak wyobrażali to sobie starożytni – zamkniętym koliskiem: po upływie określonej epoki kosmicznej zaczyna płynąć „od początku”, a o tym, że upływają te same chwile czasu co w poprzednim cyklu świadczy to, że w dokładnie takiej samej kolejności powtarzają się minione zdarzenia. Idea ta – określana często mianem teorii wiecznych powrotów – zrodziła się i rozwijała w starożytności (opowiadali się za nią m.in. pitagorejczycy, stoicy, Heraklit, Anaksymander, Platon, Orygenes), a w czasach nowożytnych została przypomniana m.in. przez Fryderyka Nietzschego. We współczesnej fizyce rozważa się pewną jej wersję w kontekście modeli kosmologicznych zawierających zamknięte krzywe czasopodobne.

Spójność lub ciągłość czasu oznacza jego nieskończoną podzielność, tzn. możliwość podziału dowolnego, nawet najmniejszego odcinka czasu (dowolnej „chwili”), na odcinki o mniejszej długości. W procedurze koordynacji i metyzacji czasu własność tę wyraża się stwierdzając, iż czas ma topologiczną strukturę linii prostej, której poszczególne punkty odpowiadają kolejnym liczbom rzeczywistym (pomiędzy dwoma dowolnymi punktami którym odpowiadają dwie liczby rzeczywiste istnieje nieskończenie wiele innych punktów, którym odpowiada nieskończenie wiele innych liczb rzeczywistych). Intuicyjnie – własność ta polega na tym, że czas jest całością, czyli że składa się z jednego kawałka, a nie z połączonych ze sobą fragmentów. Spójność (ciągłość) czasu poddawana była w wątpliwość już w starożytności (na problem ciągłości czasu po raz pierwszy zwróciły uwagę filozofów paradoksy Zenona z Elei). We współczesnych teoriach fizycznych rozważa się hipotezę kwantyzacji czasu; w szczególności mechanika kwantowa sugeruje, że czasoprzestrzeń – i pośrednio również sam czas – na poziomie subatomowym jest strukturą dyskretną (tzn. nie jest ciągły), a najkrótszym

możliwym interwałem czasowym jest tzw. czas Plancka (około 10^{-44} s). Jest to najmniejsza jednostka czasu mająca sens fizyczny.

Dwie podstawowe własności symetrii czasu to jednorodność i izotropowość. Jednorodność czasu oznacza, iż wszystkie momenty czasu są fizycznie równoważne, czego konsekwencją jest to, że prawa przyrody nie zmieniają się w czasie, tzn. mają taką samą postać we wszystkich momentach czasu (są inwariantne względem grupy translacji czasu). Jeśli zaś chodzi o izotropowość, to odróżnia się dwa znaczenia tego terminu (sens nomologiczny i warunkowy): w pierwszym znaczeniu czas jest izotropowy, tzn. nie ma wyróżnionego kierunku, ponieważ wszystkie prawa fizyki są symetryczne w czasie (są inwariantne względem inwersji czasu), i dzięki temu nie istnieją fizyczne procesy które byłyby nieodwracalne w czasie. Wiadomo obecnie, że tak pojęta izotropowość czasu jest naruszona w zakresie oddziaływań słabych (neutralne mezony K). W drugim znaczeniu czas jest anizotropowy, ponieważ ma swój zwrot („strzałkę”), tzn. płynie zawsze w jednym kierunku (z przeszłości w przyszłość).

5. Strzałka czasu

Analizy przeprowadzane w ramach problematyki dotyczącej strzałki czasu oscylują wokół trzech łączących się ze sobą zagadnień. Pierwsze z nich związane jest z trudnością polegającą na zidentyfikowaniu określonego prawa przyrody lub procesu fizycznego, który odpowiada za istnienie wyróżnionego kierunku upływającego czasu. Drugie zagadnienie dotyczy ustalenia, czy upływ czasu jest *powodowany* jakimś procesem lub prawem przyrody, czy jedynie jest przez ten proces lub prawo przyrody *wskazywany*. Trzecia trudność polega na rozstrzygnięciu, czy jest możliwe (a jeśli tak, to pod jakimi warunkami) odwrócenie kierunku upływania czasu.

Jeśli chodzi o pierwsze z wymienionych zagadnień to wskazuje się na istnienie kilku różnych procesów fizycznych wskazujących na upływ czasu (ewentualnie powodujących upływ czasu); każdy z nich określa się niekiedy mianem odrębnej „strzałki czasu”. Najważniejszym kandydatem do tej roli jest proces wzrostu entropii będącej miarą rozproszenia energii danego układu (lub jego nieuporządkowania): zgodnie z II zasadą termodynamiki w większości izolowanych układów fizycznych entropia rośnie wraz z upływem czasu (jedynie w przypadku procesów odwracalnych entropia jest stała), stąd mówi się o entropijnej lub termodynamicznej strzałce czasu. Strzałka ta pozwala stwierdzić, że z dowolnych dwóch stanów układu ten jest stanem późniejszym, w którym entropia jest większa. Statystyczny charakter II zasady termodynamiki decyduje o tym, że entropijna strzałka czasu również ma charakter

statystyczny, co oznacza, iż odwrócenie strzałki czasu (odwrócenie kierunku upływającego czasu) jest teoretycznie możliwe, choć prawdopodobieństwo takiego odwrócenia jest zaniebdywalnie małe. Innym procesem wskazującym na upływ czasu jest ekspansja Wszechświata (kosmologiczna strzałka czasu): z dwóch różnych stanów Wszechświata ten jest późniejszy, w którym średnia gęstość materii jest mniejsza, i w którym promień Wszechświata jest większy. Ponieważ przynajmniej niektóre modele kosmologiczne przewidują zatrzymanie ekspansji Wszechświata i rozpoczęcie procesu kontrakcji, w wyniku którego średnia gęstość materii rośnie z czasem, a promień Wszechświata się zmniejsza, tak określona strzałka czasu wymaga dalszego uszczegółowienia (np. określenia, czy w kurczącym się Wszechświecie entropia będzie nadal rosła, czy też malała). Jeszcze innym procesem mogącym posłużyć jako wskaźnik upływającego czasu jest sposób rozchodzenia się w przestrzeni fal elektromagnetycznych (radiacyjna strzałka czasu): z dwóch różnych stanów układu ten jest stanem wcześniejszym, w którym fale są bliżej, a ten późniejszym, w którym są dalej od źródła. Niekiedy wymienia się jeszcze strzałkę psychologiczną (przeszłością jest to, o czym się pamięta; przyszłością to, czego się jeszcze nie wie) i kauzalną (przyczyna jest wcześniej, skutek – później).

Wszystkie wymienione procesy fizyczne sprowadzają się do procesów termodynamicznych, dlatego też entropijną strzałkę czasu traktuje się obecnie jako strzałkę najważniejszą. Drugi z zasygnalizowanych problemów przybiera w związku z tym postać pytania o to, czy wzrost entropii jest jedynie wskaźnikiem kierunku upływania czasu, czy też czynnikiem, który to upływanie powoduje. Wiele wskazuje na to, że poprawne jest drugie rozwiązanie (wzrost entropii powoduje upływ czasu), choć ostateczna odpowiedź na to pytanie zależy również od przyjmowanej interpretacji czasu (teoria relacyjna lub substancjalna).

6. Czasoprzestrzeń

Hermann Minkowski w roku 1907 zaproponował geometryczną interpretację szczególnej teorii względności (STW), z której wynika, że czas należy traktować łącznie z przestrzenią jako jedno czterowymiarowe *continuum* – czasoprzestrzeń. Punkty czasoprzestrzeni, określone przez trzy współrzędne przestrzenne i jedną czasową, nazywane są zdarzeniami lub punktami świata, a krzywe złożone z takich punktów – historiami obserwatorów lub liniami świata. Zależności przyczynowe zachodzące pomiędzy zdarzeniami określa struktura stożkowa czasoprzestrzeni: z każdym zdarzeniem związany jest stożek światła określający obszary czasoprzestrzeni obejmujące zdarzenia, które mogły mieć kauzalny wpływ na to zdarzenie (stożek przeszłości) i te, na które to zdarzenie może mieć kauzalny wpływ (stożek przyszło-

ści). Obszary czasoprzestrzeni pozostające na zewnątrz stożka światła danego zdarzenia to obszary będące „gdzie indziej”. Stożek światła zdarzenia A wyznaczony jest przez historię promieni świetlnych wysłanych z czasoprzestrzennego punktu A w przyszłość (i trafiających do tego punktu z przeszłości), co oznacza, że możliwość oddziaływania kauzalnego w czasoprzestrzeni uzależniona jest od prędkości przekazywania sygnałów fizycznych: prędkość światła jest tu prędkością graniczną i nieprzekraczalną. Historie obserwatorów („obserwatorem” może być np. cząstka elementarna) poruszających się z prędkością mniejszą niż prędkość światła znajdują się wewnątrz stożka świetlnego i są określane mianem krzywych czasopodobnych; historie hipotetycznych obserwatorów poruszających się szybciej od światła wykraczające poza obszar stożka świetlnego nazywane są krzywymi przestrzennopodobnymi. W sensie ścisłym teoria względności nie zabrania poruszania się z prędkościami nadświetlnymi, ale wprowadza zakaz przekraczania prędkości światła – co stało się podstawą spekulacji dotyczących istnienia cząstek (tzw. tachionów) poruszających się zawsze po krzywych przestrzennopodobnych. Obecnie nie ma żadnych dowodów na istnienie takich cząstek.

Odległość pomiędzy dwoma dowolnymi zdarzeniami określa interwał czasoprzestrzenny, będący uogólnieniem pojęcia „zwykłej” odległości na czterowymiarową czasoprzestrzeń. W teorii względności (zarówno szczególnej, jak i ogólnej) interwał czasoprzestrzenny jest niezmienniczy (inwariantny), czyli niezależny od wyboru układu odniesienia, co oznacza, że różni obserwatorzy (w różnych układach odniesienia) mogą w odmienny sposób ocenić odstęp czasowy i odległość przestrzenną pomiędzy dwoma dowolnymi zdarzeniami, ale zawsze w identyczny sposób ocenią pomiędzy nimi interwał czasoprzestrzenny.

Przyjmuje się, że zdarzenia koincydują czasoprzestrzennie, jeśli zachodzą w tym samym punkcie przestrzeni i w tym samym momencie czasu. Termin „koincydencja” nie jest jednoznaczny; niekiedy pod tym określeniem rozumie się współwystępowanie zjawisk w tym samym punkcie przestrzeni, ale nie w tym samym momencie czasu (koincydencja przestrzenna), albo współwystępowanie zjawisk w tym samym momencie czasu, ale w różnych punktach przestrzeni (koincydencja czasowa) – w tym ostatnim przypadku wystąpienie koincydencji jest oznaką względnej jednoczesności odległych zdarzeń (sygnały wysłane z różnych punktów przestrzeni w tym samym momencie docierają do obserwatora).

7. Czas absolutny – czas względny

Jedną z podstawowych trudności interpretacyjnych dotyczących czasu jest problem zależności bądź niezależności upływającego czasu od określonego obserwatora lub wybranego układu odniesienia. Aż do czasu sformułowania teorii względności dominowało przekonanie

o absolutnym charakterze czasu – to znaczy o tym, że czas upływa w taki sam, jednostajny sposób w całym Wszechświecie, i że wszyscy obserwatorzy we wszystkich możliwych układach odniesienia bez żadnej różnicy ten upływ czasu rejestrują. Co prawda, już w starożytności (a następnie w średniowieczu i wielokrotnie w czasach nowożytnych) pojawiała się idea fizycznego relatywizmu, jednakże była ona zazwyczaj odnoszona do kierunków (np. góra – dół) albo do ruchu (względność ruchu), a nie do czasu. Punkty czasu (chwile) traktowano jako punkty absolutnie, to znaczy bez-względnie, ustalone, a zbiór wszystkich tego typu punktów tworzył czas, który we współczesnej nomenklaturze określa się mianem czasu absolutnego. Samo rozróżnienie na czas absolutny i względny zaczęło funkcjonować dopiero po roku 1905, czyli po sformułowaniu STW, chociaż określenie „czas absolutny” pojawiało się już wcześniej. I tak np. u Newtona pisał o „absolutnym, matematycznym i prawdziwym czasie, którego upływ nie podlega żadnym zmianom”, jednakże w jego interpretacji określenie to oznacza zarówno niezależność od układu odniesienia, jak i ontologiczną pierwotność czasu względem świata materii. Aby rozróżnić te dwa sensy przymiotnika „absolutny” niekiedy w tym kontekście mówi się o „absolutności” kinematycznej i substancjalnej.

Konsekwencją założenia o absolutnym (w sensie kinematycznym) charakterze czasu jest absolutna jednoczesność zdarzeń: jeśli dwa dowolne zdarzenia są jednoczesne w pewnym układzie odniesienia (dla pewnego obserwatora), to są również jednoczesne we wszystkich innych układach, czyli dla wszystkich innych obserwatorów w całym Wszechświecie. Z punktu widzenia współczesnej fizyki do ustalenia absolutnej jednoczesności zdarzeń konieczne byłoby wykorzystanie sygnałów fizycznych propagujących się natychmiastowo – to znaczy z nieskończoną prędkością. Możliwość istnienia takich sygnałów została wykluczona przez STW: Albert Einstein oparł tę teorię na postulacie zrównującym maksymalną i nieprzekraczalną prędkość propagacji sygnałów fizycznych z prędkością światła (ok. 300000 km/s).

Wynikająca z teorii Einsteina „względność czasu” oznacza najpierw zasadnicze uzależnienie upływu czasu od układu odniesienia: czas płynie inaczej w różnych układach, co oznacza, że różni obserwatorzy mogą inaczej zinterpretować odstęp czasu dzielący dwa dowolne zdarzenia. Tempo upływu czasu (mierzone np. przy pomocy dowolnego zegara) zależne jest przede wszystkim od prędkości z jakim porusza się dany układ: im większa prędkość, tym wolniej w tym układzie płynie czas, przy czym spowolnienie upływu czasu jest względne: czas płynie wolniej *względem* innego poruszającego się układu (w STW wyrażenie „absolutny spoczynek” nie ma fizycznego sensu). Jeśli zatem obserwator I porusza się ze znaczną prędkością względem obserwatora II, to obserwator II zauważy, że wskazówki zegara obserwatora I wolniej się poruszają, i wszystkie procesy fizyczne w układzie I zachodzą wolniej;

natomiast sam obserwator I nie zauważy żadnej zmiany tempa ruchu wskazówek swojego zegara (ani innych oznak spowolnienia upływu czasu w swoim układzie). W granicy, gdy prędkość układu dąży do prędkości światła, długość interwałów czasowych wydłuża się do nieskończoności (tempo upływu czasu dąży do zera). Efekt ten – znany jako dylatacja czasu – ujawnia się wyraźnie dopiero przy prędkościach będących znacznym ułamkiem prędkości światła, chociaż zanedbywalnie małe lecz niezerowe spowolnienie upływu czasu daje już nawet najmniejsza, różna od zera prędkość układu. Wielkość tego spowolnienia pozwalają wyliczyć odpowiednie wzory STW. Oprócz ruchu układu na tempo upływu czasu ma również wpływ – co wynika z kolei z OTW – sama grawitacja. Grawitacyjne spowolnienie czasu przejawia się w tym, że w obecności mocnego pola grawitacyjnego – np. w pobliżu ciała o znacznej masie takiego jak masywna gwiazda – czas płynie wolniej niż w słabym polu grawitacyjnym.

Względność upływającego czasu oznacza również, że jednoczesność zdarzeń jest względna. Zgodnie ze standardową procedurą synchronizacji, zdarzenia A i B są jednoczesne w układzie obserwatora O , jeśli dwa maksymalnie szybkie sygnały fizyczne (promienie świetlne) wysłane z A i B dotrą do O w tej samej chwili. Zdarzenia te mają w układzie obserwatora O tę samą współrzędną czasową. Względność jednoczesności polega na tym, że zdarzenia A i B , jednoczesne w układzie obserwatora O_I , są niejednoczesne w układach odniesienia obserwatorów O_{II} i O_{III} , którzy poruszają się względem układu I (zdarzenia A i B mają w tych układach odniesienia różne współrzędne czasowe), przy czym układy te można dobrać w taki sposób, by w układzie II zdarzenie A było wcześniejsze niż zdarzenie B , a w układzie III – zdarzenie B wcześniejsze niż zdarzenia A . Absolutna jednoczesność mogłaby co najwyżej przysługiwać zdarzeniom, które zachodzą w tym samym punkcie przestrzeni (i tym samym momencie czasu), chociaż w tym przypadku należy raczej mówić nie o zdarzeniach jednoczesnych, ale tożsamy.

W kosmologii relatywistycznej przyjmuje się istnienie jednego wspólnego czasu dla całego Wszechświata – jest to tzw. czas kosmiczny lub globalny – który pozwala mówić o globalnej historii i ewolucji Wszechświata pojmowanego jako największy możliwy układ odniesienia, zawierający w sobie wszystkie inne, mniejsze układy. W każdym z tego typu podukładów Wszechświata czas może płynąć inaczej, ale ponieważ są tzw. współporuszające się układy odniesienia (każdy z hipotetycznych obserwatorów porusza się w swoim układzie razem z własną galaktyką podlegającą globalnej ekspansji Wszechświata), możliwe jest uzgodnienie lokalnych czasów każdego podukładu skutkujące uzyskaniem jednego wspólnego czasu kosmicznego.

8. Prezentyzm – eternalizm

Ważnym aspektem dyskusji nad ontologicznym statusem czasu jest zagadnienie dotyczące realności bądź nierealności upływającego czasu. Istota problemu polega na tym, że istnieje bardzo wyraźna rozbieżność pomiędzy sposobem, w jaki doświadcza czasu obdarzony świadomością i inteligencją człowiek, i w jaki traktują tę fundamentalną wielkość współczesne teorie naukowe. W pierwszym przypadku czas jawi się jako rzeczywistość dynamiczna i niezwykle realna: doświadczenie upływającego czasu, którego nie można zatrzymać, który przemija, powodując (albo przynajmniej wskazując na) nieustanną zmienność świata przyrody, jest jednym z najważniejszych aspektów ludzkiego postrzegania rzeczywistości. Jest to doświadczenie mocniejsze i bardziej bezpośrednie niż odczucie przestrzeni, która – w odróżnieniu od czasu – wydaje się nie przemijać i nie ulegać zmianie. Doświadczenie to odpowiada za intuicyjnie oczywisty podział czasu na trzy rozłączne kategorie: przeszłość, teraźniejszość i przyszłość, do których zwykło się – zgodnie z tradycją filozoficzną i podejściem zdroworozsądkowym – przypisywać odpowiednio zdarzenia minione i jednoznacznie ustalone (przeszłość), dokonujące się obecnie (teraźniejszość), i jeszcze nieokreślone (przyszłość). Subiektywne odczucie upływającego czasu wiąże się z przekonaniem, że fizyczna realność przysługuje jedynie teraźniejszości (która przy próbie zdefiniowania okazuje się być znikomo krótkim przedziałem czasu, w granicy dążącym do zera), i że zdarzenia w pewnym sensie „wyłączają się” z bliżej nieokreślonej przyszłości, by na krótką chwilę „zaistnieć” w świecie realnym, a następnie stać się „częścią” jednoznacznie ustalonej przeszłości, której już nie można zmienić.

Ontologia upływającego czasu, charakteryzująca subiektywnie postrzeganą przez człowieka zmienność świata przyrody, określana jest niekiedy mianem prezentyzmu (w kręgu języka angielskiego na oznaczenie tej koncepcji często używa się zaproponowanego przez J.M.E. McTaggarta określenia *A-theory of time*). Okazuje się, że prezentyzm nie znajduje potwierdzenia w naukowym obrazie świata wynikającym z najważniejszych teorii fizycznych, które wydają się całkowicie niewrażliwe na „upływanie” czasu. Geometryczna interpretacja STW nakazuje traktowanie czasu jako jednego z wymiarów czasoprzestrzeni będącej rzeczywistością statyczną, w której przeszłość i przyszłość istnieją na takich samych prawach (tak samo realnie) jak teraźniejszość. Z punktu widzenia tej teorii czas nie upływa – sam Einstein określał upływ czasu jako „uporczywie narzucające się złudzenie” (*The Expanded Quotable Einstein*, A. Calaprice (red.), Princeton University Press, Princeton 2000, s. 75) – ale po pro-

stu „jest”, sprzężony z przestrzenią i dany „naraż” jako pewna całość, w której nie można arbitralnie wyróżniać żadnych fragmentów będących „przeszłością”, „teraźniejszością” i „przyszłością”. Taki podział ma sens tylko względem określonego obserwatora lub układu odniesienia, ale ponieważ nie istnieje absolutna jednoczesność zdarzeń, to, co dla jednego obserwatora jest „teraźniejszością”, dla innego może być już dobrze określoną „przeszłością”, albo jeszcze nieokreśloną „przyszłością”. Prezentyzm przypisuje fizyczną realność tylko jednej, teraźniejszej chwili czasu, ale w świetle STW taka interpretacja nie jest poprawna: każda inna chwila jest tak samo realna jak ta, którą świadomy obserwator określa mianem teraźniejszości. Koncepcja nakazująca traktowanie czasu jako danej naraż całości, w której – podobnie jak w przestrzeni – nie ma żadnych wyróżnionych punktów, i która istnieje tak samo realnie we wszystkich swoich „fragmentach”, znana jest jako eternalizm, blokowa teoria czasu, albo teoria „zamrożonego czasu” (w terminologii McTaggarta jest to *B-theory of time*). Jedną z bardziej kontrowersyjnych konsekwencji tej teorii jest to, że przyszłość – zgodnie z tą koncepcją – jest już jednoznacznie ustalona (przyszłość już „jest”, tak samo realna jak teraźniejszość i przeszłość), co prowadzi do wniosku o ścisłym determinizmie świata przyrody i podważa tezę o podmiotowej wolności (wolnej woli) człowieka.

9. Endurantyzm – perdurantyzm

Istotnym problemem filozoficznym związanym z teorią czasu jest wyjaśnienie mechanizmu odpowiedzialnego za „trwanie” obiektów, to znaczy za to, że wraz z upływem czasu rzeczy ulegają różnego rodzaju zmianom nie tracąc przy tym swojej tożsamości. Zastosowanie pochodzącego od Leibniza prawa nierozróżnialności obiektów identycznych zdaje się sugerować, że dana rzecz po upływie pewnego czasu (po zmianie) nie jest już tą samą rzeczą; z drugiej jednakże strony identyczność rzeczy w czasie wydaje się warunkiem koniecznym samej zmiany. Fenomen dokonującej się w czasie zmiany, która jednakże pozwala mówić o jednej i tej samej, „trwającej” rzeczy, na dwa różne sposoby wyjaśniają filozoficzne stanowiska określane mianem endurantyzmu i perdurantyzmu. Pierwsze z tych stanowisk – endurantyzm – głosi, iż materialne obiekty są trójwymiarowymi indywidualiami, które w każdym momencie swojego istnienia są obecne w pełni (w całości), i jako kompletne byty trwają w czasie i posiadają swoje historie. Zgodnie z tą koncepcją zmianie podlega cały obiekt, i dlatego do jego określenia wystarczy podanie trzech współrzędnych przestrzennych (z tej racji endurantyzm znany jest również w kręgu języka angielskiego jako *three-dimentionalism*). Własności obiektu trójwymiarowego są zrelatywizowane do konkretnej chwili czasu (np. „posiadanie

wzrostu 180 cm w roku 2012”, lub „bycie głodnym o godz. 13¹⁵”), dlatego endurantyzm wyjaśnia fenomen zmiany, której doświadcza dany obiekt, jako posiadanie różnych własności w różnych chwilach czasu.

Inaczej wyjaśnia mechanizm zmiany perdurantyzm, zgodnie z którym każdy obiekt materialny składa się z części temporalnych (czasowych) i jest strukturą nie trójwymiarową, ale czterowymiarową, tzn. jest rozciągnięty nie tylko w przestrzeni, ale również w czasie (z tej racji perdurantyzm określany jest również mianem *four-dimensionalism*). Własności obiektów czterowymiarowych nie są zrelatywizowane do czasu, co oznacza, że dany obiekt może posiadać nawet własności wykluczające się (np. „posiadanie wzrostu 180 cm” i „nie posiadanie wzrostu 180 cm”), które przysługują różnym częściom temporalnym tego obiektu (a nie obiektowi traktowanemu jako całość). Tytułem przykładu: jeśli pewien człowiek miał w roku 2005 wzrost 175 cm, a w roku 2012 – 180 cm, to zgodnie z koncepcją perdurantyzmu, „posiadanie wzrostu 175 cm” i „posiadanie wzrostu 180 cm” to własności dwóch różnych części temporalnych tego człowieka. W odróżnieniu od endurantyzmu, który traktuje objekty materialne jako trwające w czasie całości, perdurantyzm głosi, iż każdy tego typu obiekt jest sumą wszystkich swoich (wcześniejszych i późniejszych) części temporalnych.

Z. Augustynek, *Własności czasu*, PWN, Warszawa 1970; A. Grünbaum, *Philosophical Problems of Space and Time*, Knopf, New York 1963; H. Reichenbach, *The Philosophy of Space and Time*, Dover Publications, New York 1958; H. Reichenbach, *The direction of Time*, University of California Press, Berkeley 1971; P. Davies, *Czas. Niedokończona rewolucja Einsteina*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2002; M. Heller, *Uchwycić przemijanie*, Znak, Kraków 1997; G.J. Whitrow, *The Natural Philosophy of Time*, Clarendon Press, Oxford 1980; P. Coveney, R. Highfield, *Strzałka czasu*, Zysk i S-ka, Poznań 1997; C.A. Pickover, *Czas*, Amber, Warszawa 1999; *Problems of Space and Time*, J.J.C. Smart (red.), Macmillan Publishing, New York 1979; M. Heller, *Fizyka ruchu i czasoprzestrzeni*, PWN, Warszawa 1993; E.F. Taylor, J.A. Wheeler, *Fizyka czasoprzestrzeni*, PWN, Warszawa 1972; M. Heller, *Wieczność, czas, kosmos*, Znak, Kraków 1995; T. Pabjan, *Spór o przyczynową strukturę czasu*, Biblos, Tarnów 2008; G.J. Whitrow, *Czas w dziejach*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2004; G.J. Whitrow, *The Nature of Time*, Holt, Rinehart and Wilson, New York 1973; T.K. Das, *The Time Dimension: An Interdisciplinary Guide*, Praeger, New York 1990; J. Gołosz, *Upływ czasu i ontologia*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2011; M.

Łagosz, *Realność czasu*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 2007; J.T. Frasser, *The Genesis and Evolution of Time: a Critique of Interpretations in Physics*, University of Massachusetts Press 1983; J.T. Frasser, *Time and Time Again: Reports from a Boundary of the Universe*, Brill Academic Publishers 2007; *The Medieval Concept of Time. The Scholastic Debate and its Reception in Early Modern Philosophy*, P. Porro (red.), Brill Academic Publishers 2001; W.L. Craig, *Time and the Metaphysics of Relativity*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2001; D.H. Mellor, *Real Time*, Cambridge University Press, Cambridge 1981; H.D. Zech, *The Physical Basis of the Direction of Time*, Springer, Berlin 2001.

Tadeusz Pabjan