

## Definicja terminu 'czas' w ujęciu Carla Gustava Hempela

Tematyka czasu zajmowała już starożytnych. Należąca do kanonu klasycznych zagadnień filozofii, podejmowana jest jednak nie rzadziej i dziś. Filozofia czasu – gdyż można taką wyodrębnić – wciąż wzbogaca się o nowe nurty oraz twórcze kontynuacje, a w sporach o fundamentalnym charakterze, jak na przykład tym dotyczącym absolutnej lub relacyjnej natury czasu, pojawiają się nowe motywy oraz propozycje myślowych eksperymentów<sup>1</sup>.

Dopuszczając pewne uproszczenie, można przyjąć, iż filozoficzne rozważania dotyczące czasu prowadzone są na dwa sposoby: w ścisłej korespondencji ze współczesną myślą naukową lub w oderwaniu od niej. W obu przypadkach – czy jest to powiedziane *explicite*, czy też ma charakter milcząco przyjętego założenia – nauka, kształtując pewien obraz świata, staje się źródłem inspiracji dla filozofii, a nawet zapewnia argumenty na rzecz danego stanowiska lub też przeciw niemu.

Nauki szczegółowe – z fizyką na czele – dostarczają wiedzy, jak rozumieć i mierzyć czas. Prowokują do dalszych analiz, pozostawiając bez odpowiedzi kluczowe pytanie, czym czas jest. Rodzi się napięcie pomiędzy wiedzą naukową, intersubiektywnie sprawdzalną i posługującą się wypracowaną terminologią, a epistemologicznym dążeniem do wyjaśnienia pojęcia czasu.

Celem niniejszego artykułu jest systematyczne zbadanie jednego z aspektów tegoż problemu – zagadnienia definicji „czasu” w nauce. W nawiązaniu do metodologicznych rozstrzygnięć Carla Gustava Hempela analizie poddane zostaną treści empiryczne oraz znaczenie systematyczne przypisywane historycznie oraz współcześnie terminowi 'czas'.

Istotnym rozróżnieniem, które należy poczynić już na samym początku, jest odróżnienie terminu 'czas' od pojęcia czasu. Termin to nazwa o ustalonym znaczeniu, której przyporządkowane jest pojęcie. Termin naukowy to słowny bądź symboliczny znak (ciąg znaków), któremu za pomocą definicji zostaje nadane nowe znaczenie lub którego dotychczasowe znaczenie podlega regulacji; odpowiada mu abstrakcyjne naukowe pojęcie. Gdy mowa więc o historii terminu 'czas', trzeba mieć na uwadze, iż rozważania dotyczyć będą ustalonego znaczenia, akceptowanego powszechnie w ramach wspólnoty badaczy i przypisywanego wyrazowi „czas” (jak również jego odpowiednikom w innych językach czy równoznacznym symbolom). Na poziomie sformułowań definicyjnych interesująca będzie treść definiensa, odpowiadającego definiendum „czas”. Należy przy tym pamiętać, że definicja jako taka musi spełniać konkretne warunki logiczne.

### 1. Definiowanie terminu 'czas'

Rodzi się pytanie, jak zdefiniować „czas”. Wydaje się, iż należałoby odwołać się do rozumienia tego terminu w ramach obowiązujących teorii fizycznych, jak również zrealizować postulat przypisywania czasowi pewnych treści empirycznych. Istnienie tych drugich jest zgodne z potoczną intuicją, która towarzyszy sytuacji porównywania dwóch interwałów czasowych czy mierzenia czasu.

Warto nawiązać w tym miejscu do wskazanych przez Hempela dwóch rodzajów znaczeń naukowego pojęcia – empirycznego oraz systematycznego<sup>2</sup>. Znaczenie empiryczne, jak chcieli zwolennicy operacyj-

1 Por. N. Markosian, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2010 Edition)*, [plato.stanford.edu/archives/win2010/entries/time/](http://plato.stanford.edu/archives/win2010/entries/time/) [ostatnia wizyta 31.08.2012].

2 C. G. Hempel, *Podstawy nauk przyrodniczych*, przeł. B. Stanosz, Warszawa 1966, 134–147.

nizmu, może zostać wyznaczone za pomocą procedury pomiaru<sup>3</sup>. Definicja operacyjna<sup>4</sup>, pomijająca uwiłkowanie teoretyczne danego terminu związane z jego występowaniem w sformułowaniach praw i zasad teoretycznych, nie będzie jednakże dostarczać pełnej charakterystyki tegoż terminu. Pominięty przez nią aspekt jest niezwykle istotny – pojęcia, a za nimi terminy, które pojawiają się w wielu teoriach, odgrywają ważką rolę systematyzacyjną dla całej wiedzy. To właśnie znaczenie systematyczne często decyduje o wyborze metody pomiaru i jej zastosowań, modyfikując pierwotnie przyjęte kryteria operacyjne<sup>5</sup>.

Wobec tego frapujące wydaje się powszechne użycie terminu 'czas', którego jasna i naukowo użyteczna postać definicji pozostaje kwestią problematyczną. Tym bardziej, iż niejednokrotnie odgrywa on rolę pierwotnego, co pociąga za sobą konieczność odwoływania się do niego przy definiowaniu kolejnych, bardziej złożonych terminów. Pomocne może okazać się prześledzenie historycznej ewolucji terminu 'czas'.

Analizę historyczną warto rozpocząć od przytoczenia za Hemplem kolejnego podziału na:

- 1) terminy teoretyczne
- 2) terminy preteoretyczne lub obserwacyjne<sup>6</sup>.

Te pierwsze są wprowadzane w ramach teorii, drugie natomiast zostały wprowadzone uprzednio – najczęściej na drodze zwyczajowej lub w wyniku dotychczasowego rozwoju nauki. Terminy teoretyczne jako takie nie są wyposażone w treści empiryczne, choć spełniają doniosłą rolę przy konstruowaniu i stosowaniu teorii, gdyż przypisane jest im wspomniane znaczenie systematyczne. Przy użyciu terminów preteoretycznych, które są powszechnie zrozumiałe i mogą być stosowane bez odniesienia do danej teorii – za pomocą tzw. zdań interpretacyjnych<sup>7</sup> – można określić terminy teoretyczne. Operacjoniści zaproponowali szczególną i użyteczną koncepcję charakteru owych zdań interpretacyjnych jako reguł pomiaru.

Ideę operacjonizmu w zastosowaniu do terminu 'czas', który odnosi się do pojęcia ilościowego, można wyrazić w stwierdzeniu, iż zdefiniować czas jako skalarną wielkość fizyczną (w ujęciu klasycznym) można dopiero wtedy, gdy ktoś wskaże określoną procedurę ustalenia w poszczególnych przypadkach wartości liczbowej czasu. Taka definicja terminu 'czas' przybierze więc postać reguły pomiaru czasu.

## 2. Procedura pomiaru czasu

Jak zmierzyć czas? Skala czasu jest bezpostaciowa, a u jej podstawy leży procedura przypisywania dat zjawiskom. W większości przypadków procedura korzysta z określonego systemu nazywanego zegarem, wybranego tak, by każdemu stanowi systemu można było przypisać liczbę<sup>8</sup>. Skalę czasu tworzy zbiór stanów stowarzyszony z datami. Kompletna skala musi mieć początek i jednostki. Wybór początku skali jest dowolny i najczęściej warunkowany wygodą, natomiast najważniejsza spośród wielu używanych jednostek jest sekunda, która figuruje w międzynarodowym układzie SI.

Zatem operacyjna definicja czasu będzie opisywać procedurę wyznaczenia interwału czasowego jednej sekundy. Procedura ta musi zostać tak dobrana, by mógł ją przeprowadzić w sposób jednoznaczny każdy kompetentny obserwator, jej wynik zaś musi dać się obiektywnie stwierdzić, niezależnie od tego, kto wykonuje test. W ten sposób terminowi 'czas' miałyby zostać zagwarantowana obiektywna testowalność, co jednak w praktyce okazuje się bardzo trudne czy wręcz niemożliwe.

3 Por. tamże oraz P. W. Bridgman, *The Logic of Modern Physics*, New York 1927, [www.marxists.org/reference/subject/philosophy/works/us/bridgman.htm](http://www.marxists.org/reference/subject/philosophy/works/us/bridgman.htm) [ostatnia wizyta 31.08.2012].

4 Należy jednak pamiętać, iż wśród metodologów i logików nie ma zgody co do przyznania definicji operacyjnej statusu definicji *sensu stricto*.

5 Tamże, s. 138.

6 Tamże, s. 129–130. Również: C. G. Hempel, *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*, New York–London 1965, s. 139–141.

7 Tamże.

8 K. Borkowski, *Zmierzyć nieuchwytnie*, „Postępy Astronomii” 1992, t. 40, s. 62–68.

Wyznaczanie czasu trwania sekundy ma swoją historię<sup>9</sup>. W 1832 roku Karol Gauss sformułował definicję sekundy jako 1/86400 części średniej doby słonecznej, wywodząc jednostkę czasu z równomiernej rotacji Ziemi wokół własnej osi. Definicja ta obowiązywała przez ponad 120 lat. Dopiero poprawa dokładności zegarów oraz wprowadzenie zegarów kwarcowych pozwoliły wykryć i zmierzyć roczne zmiany okresu rotacji Ziemi. W celu wyeliminowania tych nieregularności w 1956 roku zmieniono definicję sekundy, odnosząc ją do okresu obiegu Ziemi wokół Słońca, a ściślej do długości roku zwrotnikowego w roku 1900. W 1960 roku definicja ta weszła do układu SI.

Późniejsze badania wykazały, że możliwe jest fazowe sprzężenie oscylatora kwarcowego do częstotliwości rezonansowej przejścia kwantowego w pewnych cząsteczkach lub atomach. Wykonano wzorzec częstotliwości oparty na atomowym cezu – prototyp współczesnych zegarów atomowych. Precyzja urządzeń tego rodzaju przewyższyła wielokrotnie konwencjonalny oscylator kwarcowy. Ten skok technologiczny doprowadził do ponownego zdefiniowania sekundy jako „czasu trwania 9192631770 okresów promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsobtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133”<sup>10</sup>.

Operacjonizm w swej pierwotnej postaci postuluje, iż znaczenie terminu jest w pełni i wyłącznie zdefiniowane przez jego definicję operacyjną. Ale przedstawiona ewolucja operacyjnej definicji sekundy pokazała, że takie stanowisko jest właściwie nie do utrzymania, gdyż mielibyśmy do czynienia z kolejnymi definicjami operacyjnymi różnych terminów<sup>11</sup> – sekundy kwarcowej, atomowej itd. Hempel dyskutuje z tak mocną wersją operacjonizmu, postulując zastosowanie udoskonalonej lub nowej metody (np. mierzenia czasu), gdy dotychczasowa nie odpowiada aktualnemu stanowi badań. Nowa metoda musi jednak spełniać warunek niesprzeczności, tj. wyniki uzyskane za jej pomocą nie mogą być sprzeczne z otrzymanymi uprzednio<sup>12</sup>. Tak złagodzone stanowisko operacjonizmu pozostaje spójne i jednocześnie odpowiada rzeczywistej praktyce naukowej.

Powróćmy do zagadnienia czasu. Jedno z najwcześniejszych i najważniejszych empirycznych kryteriów jego pomiaru opierało się na rytmicznym następowaniu po sobie dnia i nocy, a więc na prawidłowościach pozornego ruchu Słońca oraz gwiazd stałych. Czas upływający między dwoma kolejnymi takimi samymi położeniami wybranych ciał niebieskich, np. między dwoma kolejnymi zachodami Słońca, stanowił główną jego jednostkę. Pomniejsze jednostki charakteryzowano, przypisując kolejnym stanom (zenitowi, zachodowi Słońca itd.) liczby, czyli stosując zegary.

Jak trafnie zauważa Hempel, wraz z przyrostem wiedzy prawa i teorie, w których występowało pojęcie czasu, zostały znacząco rozbudowane, a rozumienie ich samych oraz relacji pomiędzy nimi zostało pogłębione. Doprowadziło to do modyfikacji pierwotnych kryteriów:

Mechanika klasyczna dowiodła, że okres wahadła zależy od jego amplitudy; z teorii heliocentrycznej, tłumaczącej pozorny ruch ciał niebieskich obrotem Ziemi wokół osi i jej krążeniem dokoła Słońca, w połączeniu z teorią Newtona wynikało, że różne dni słoneczne nie trwają tak samo długo, nawet jeśli Ziemia obraca się ze stałą prędkością<sup>13</sup>.

Wraz z rozwojem nauki stało się jasne, że procesy pierwotnie służące za podstawę pomiaru czasu wyznaczają go jedynie w sposób przybliżony. Gdy osiągnięto większą precyzję, dotychczasowe układy zastąpiono nowymi, które opierając się na odpowiednich teoriach, uznano za podstawę dokładniejszej skali czasu.

9 Historia wyznaczania sekundy przytoczona za: tamże.

10 Uchwała XIII Generalnej Konferencji Miar z października 1967 r., [www.bipm.org/en/CGPM/db/13/1/](http://www.bipm.org/en/CGPM/db/13/1/) [ostatnia wizyta 31.08.2012].

11 Por. C. G. Hempel, *Podstawy nauk przyrodniczych...* Również: tenże, *Aspects of Scientific Explanation...*, s. 139–141.

12 Tamże, s. 135.

13 Tamże, s. 140.

Sytuacja taka występuje również współcześnie, w erze zegarów atomowych, których działanie odwołuje się do częstotliwości rezonansowej przejścia kwantowego w pewnych cząstkach lub atomach. Czas atomowy jest skalą, której jednostką jest sekunda atomowa. Sygnały czasu rozpowszechniane drogą radiową są synchronizowane do atomowych wzorców częstotliwości. Wzorców takich jest jednak wiele i każdy z nich pracuje niezależnie od pozostałych. W związku z tym istnieje potrzeba ciągłego porównywania ich chodów i opracowywania średniej skali: Temps Atomique International. Co ciekawe, od 1987 roku jednostka TAI jest systematycznie dłuższa od definicyjnej sekundy SI z poziomu morza – obecnie różnica wynosi ponad jedną część na  $10^{14}$ <sup>14</sup>. Obserwowane odchylenie jest niewielkie, są jednak powody, by starać się o ulepszenie tej skali. Nadzieje rozbudzają pulsary – szybko rotujące gwiazdy neutronowe, które wysyłają w regularnych, niewielkich odstępach czasu impulsy promieniowania elektromagnetycznego. Niektóre z pulsarów milisekundowych rotują stabilniej niż najlepsze skale atomowe<sup>15</sup>, wydaje się więc, iż można spodziewać się w niedalekiej przyszłości ponownego redefiniowania sekundy, któremu towarzyszyć będzie skok badawczo-technologiczny.

Przykład możliwego wypierania zegarów atomowych przez zegary pulsarowe pokazuje, że prawa i teorie wykazują nieadekwatność kryteriów operacyjnych dla terminów, za pomocą których zostały sformułowane – kryteriów, które są założeniami tychże praw oraz narzędziami ich testów.

\* \* \*

Hempel stoi na stanowisku, iż znaczenie empiryczne, którego odbiciem są kryteria empiryczne możliwe do zdefiniowania za pomocą konkretnych procedur, jest ważnym, lecz nie jedynym walorem pojęć i terminów naukowych. Równie ważna jest ich istotność nomologiczna, idąca w parze z funkcją systematyzującą. W celu podniesienia walorów systematycznych teorii niejednokrotnie zmienia się empiryczną interpretację pojęć teoretycznych. Metaforycznie możemy powiedzieć, iż mamy do czynienia z sytuacją budowy wieżowca z wykorzystaniem dodatkowych, tymczasowych konstrukcji. Hempel częściowo przywraca do łask podejście operacjonistyczne, wskazując jednak, że definiowanie terminów i wyjaśnianie pojęć muszą być dokonywane w związku z rozwojem teorii i badań.

Przyjęcie Hempelowskiej perspektywy w rozważaniach nad czasem pozwala lepiej zrozumieć ewolucję tego terminu – jako efekt złożenia doskonalenia metod pomiaru oraz rozwoju systemu teoretycznego. Omówione stanowisko metodologiczne rozjaśnia również genetyczny oraz funkcjonalny aspekt tworzenia i modyfikowania aparatu terminologicznego w nauce w ogóle. Z pewnością jest więc warte przypomnienia, szczególnie wobec współczesnych sporów terminologicznych, związanych z szeroko stosowanym podejściem interdyscyplinarnym w nauce.

14 Por. K. Borkowski, *Astronomia a technika atomowa*, „Postępy Astronomii” 1995, t. 43, s. 13–21. Również: M. A. Lombardi, T. P. Heavner, S. R. Jefferts, *NIST Primary Frequency Standards and the Realization of the SI Second*, „Journal of Measurement Science” 2007, No 2 (4), s. 82–87, dostępny online: [tf.nist.gov/general/pdf/2039.pdf](http://tf.nist.gov/general/pdf/2039.pdf) [ostatnia wizyta 31.08.2012].

15 Tamże.

## Streszczenie/Summary

*Maja Niestrój*

### **Definicja terminu 'czas' w ujęciu Carla Gustava Hempela**

Terminy oraz definicje odgrywają ważną rolę w procesach naukotwórczych, szczególnie w naukach przyrodniczych, w których granice naszego poznania są regularnie przekraczane (za sprawą nowych metod i narzędzi). Artykuł jest próbą systematycznej dyskusji nad zagadnieniem roli oraz znaczeniem terminu 'czas', przy jednoczesnym odniesieniu się do teorii naukowego wyjaśniania C. G. Hempela.

**Słowa kluczowe:** czas, terminy naukowe, empiryczne i systematyczne znaczenie (ważność) pojęć, C. G. Hempel.

### **A definition of the term 'time' in the framework of Carl Gustav Hempel**

Terms and definitions play an important role in scientific proceedings, especially in natural sciences, in which the limits of our cognition (with the help of new methods and tools) are systematically overcome. This paper attempts to provide a systematic framework for a discussion of significance and meaning of the term 'time' in the sciences based on the theory of scientific explanation formulated by C. G. Hempel.

**Keywords:** time, scientific terms, empirical and systematic import of concepts, C. G. Hempel.