

Idea emergencji – zarys ogólny

Tomasz Maziarka
Uniwersytet Papieski Jana Pawła II

The Idea of Emergence – an Overview

Abstract

This article has an introductory character and systematizes the topic. It introduces the idea of emergence which is currently enjoying something of a renaissance and aims to bring order to the terminology associated with this idea. The article concerns the very beginning of the formation of emergentism and its intuitive understanding. It also presents the main concepts of representative authors of emergentism (S. Alexander, CL Morgan, Ch. D. Broad) as well as the numerous characteristics of emergence (synchronic and diachronic emergence, weak and strong emergence). The article concludes with a systematization of meanings and contexts in which the concept of emergence occurs.

Keywords:

emergence, emergentism, dynamic systems, causality, mind-body problem. downward causation

1. Pojęcie emergencji

Polskie słowo „emergencja” pochodzi od łacińskiego terminu ‘*emergeo, emergere*’¹, które oznacza: „wyłaniam się”², „powstaję”. Intuicyjnie emergencja oznacza powstanie jakościowo nowych własności, form i zachowań z oddziaływania pomiędzy prostszymi elementami. Dana własność systemowa – „emergent”, istnieje na wyższym systemowym poziomie organizacji względem własności i procesów wewnątrzsystemowych, stanowiących „bazę emergencji”. Potoczne określenie tego zjawiska wyraża się stwierdzeniem, że „całość jest czymś więcej aniżeli sumą swoich części”. Fenomen określa się jako emergentny, jeśli nie można go wyrazić, opisując jedynie jego części składowe. Nawet najbardziej kompletna wiedza na temat elementów danego układu jest niewystarczająca do przewidzenia własności charakterystycznych dla całości obiektu³.

¹ Rzymianie używali tego słowa dla określenia czegoś niespodziewanego: „In imagine de classe quae ex improviso apparet”.

² Angielski termin ‘*emergence*’ został zaczerpnięty z łaciny w XVI wieku na oznaczenie „wynurzenia się” i przyjął szersze znaczenie dla wyrażenia czegoś pojawiającego się niespodziewanie. Stąd też pogotowie ratunkowe służące w niespodziewanych wypadkach przyjęło nazwę „*emergency*” (por. W. Korohoda, *Mysli i opinie wybranych przyrodników o emergencji i redukcjonizmie w biologii* [w:] M. Heller, J. Mączka (red.), *Struktura i emergencja*, PAU–OBI-Biblos, Kraków–Tarnów 2006, s. 161–172).

³ Por. R. Poczobut, *System – struktura – emergencja* [w:] M. Heller, J. Mączka (red.), *Struktura..., op. cit.*, s. 11–38.

Przykładów emergencji dostarcza przejrzysta charakterystyka przedstawiona przez Terry'ego Deacona⁴. Zauważa on, że dynamiczne systemy złożone są zdolne do spontanicznego przeobrażenia się w uporządkowane formy zachowania. Usiłując uporządkować bogactwo przypadków, wyróżnia trzy stopnie emergencji.

Emergencja pierwszego stopnia polega na pojawianiu się nowych własności w agregatach, które nie były obecne w poszczególnych częściach. Za przykład mogą posłużyć cząsteczki wody, które wspólnie tworzą własności cieczy. Własności wody są czymś więcej aniżeli tylko sumą własności atomów wodoru i tlenu. Zarówno wodór, jak i tlen wzięte z osobna są bezbarwnymi i bezwonnymi gazami, natomiast kiedy w odpowiedniej proporcji łączą się razem (H_2O), to wtedy wyłaniają się nowe własności: woda jest już cieczą, a nie gazem, może przyjmować trzy różne stany skupienia, posiada zdolność przenoszenia fali, jak też charakterystyczną cechę „mokrości”. Gęstość wody jest kilka tysięcy razy większa od gazu.

Emergencja drugiego stopnia dotyczy zaburzeń, które wchodzi z układem w relację przyczynową. Za przykład może posłużyć formowanie się płatków śniegu. Określona temperatura i wilgotność pojawiająca się podczas spadania płatka śniegu pozostawiają swój ślad w jego strukturze. Cechy strukturalne są

⁴ T. Deacon, *The Hierarchic Logic of Emergence: Untangling the Interdependence or Evolution and Self-Organization* [w:] H. Bruce et al. (red.), *Evolution and Learning: The Baldwin Effect Reconsidered*, MIT Press, Cambridge 2003, s. 273–308.

gromadzone w taki sposób, że mają one wpływ na dalszy proces tworzenia się kryształu. Występujące tu sprzężenie zwrotne jest cechą charakterystyczną tego typu emergencji. Emergencja drugiego stopnia jest spotykana również w tzw. samopilotujących się systemach.

Dla *emergencji trzeciego stopnia* charakterystyczne są nie tylko forma i struktura, ale również *informacja i pamięć*. Klasyycznym przykładem emergencji trzeciego stopnia są samoreprodukujące się komórki. Zapamiętują one informację potrzebną do własnej reprodukcji. Informacja przechowywana wewnątrz komórki pozwala jej funkcjonować jako odrębnej jednostce w środowisku, w którym działają prawa selekcji naturalnej. Jeśli komórka istnieje w otoczeniu korzystnym dla siebie, dokona większej reprodukcji niż jej konkurenci. Komórka staje się swego rodzaju „hipotezą” na temat tego, w jaki sposób przetrwać i rozmnożyć się w danym środowisku. Deacon opisuje ten proces jako rodzaj „samoodniesienia” (*self-reference*). Jego zdaniem, procesy przebiegające na poziomie istot żywych domagają się wprowadzenia takich pojęć, jak: reprezentacja, adaptacja, informacja i funkcja. Wprowadzając elementy semiotyki zaczerpnięte od Charlesa Sandersa Peirce’a, Deacon twierdzi, że komórka jest interpretatorem świata: istnieje w informacyjno-mediacyjnej relacji względem swego środowiska.

2. Geneza pojęcia emergencji

Termin ‘emergencja’ został wprowadzony do języka technicznego w latach siedemdziesiątych XIX wieku przez George’a a Henry’ego Lewesa⁵. Uczony ten odwołał się do rozróżnienia wprowadzonego przez Johna Stuarta Milla, dotyczącego sumowania łącznie działających przyczyn. Mill w jeden z rozdziałów *Systemu logiki*⁶, zajmując się zagadnieniem „składania przyczyn”, postawił sobie następujące pytanie: jaki jest możliwy łączny skutek kilku razem działających „przyczyn składowych”? Odróżnił wtedy skutki oraz odpowiadające im prawa, które nazywa „homopatycznymi”, od skutków i praw „heteropatycznych”. Zgodnie z powyższym rozróżnieniem, przyczyny (siły) mechaniczne mogą zostać nazwane „homopatycznymi”, gdyż są addytywne. Wspólny skutek jest prostą *sumą* możliwych skutków oddzielnych, a prawa rządzące oddzielnymi przyczynami i skutkami nie ulegają modyfikacji w trakcie współdziałania kilku różnych przyczyn. Przykładem takiej sytuacji jest ruch ciała pod wpływem siły wypadkowej, będącej sumą wektorową kilku sił składowych. „Heteropatyczne” skutki i prawa nie spełniają warunków sumowania

⁵ G.H. Lewes, *Problems of Life and Mind*, Kegan Paul, Trench, Turner & Co., London 1875.

⁶ J.S. Mill, *A System of Logic*, Longmans, London 1843; [przedruk w:] J. Robson (red.), *Collected Works*, vol. 7, t. I, Toronto 1962, s. 575–580; przekład polski: J.S. Mill, *System logiki*, przeł. Cz. Znamierowski, PWN, Warszawa 1962.

i braku modyfikacji praw. Za przykład może posłużyć zmiana różnych własności fizykochemicznych substancji w wyniku zachodzenia reakcji chemicznej. Na przykład wodór i tlen są w warunkach atmosferycznych gazami, a otrzymana w wyniku złączenia ich atomów woda jest cieczą. Pęcherzyk komórkowy (*vesicle*), który powstaje na zasadzie samoorganizacji, posiada własności nieobecne w żadnym ze swoich elementów z osobna. Ogólnie rzecz ujmując, przypadki „homopatyczne” dotyczą mechanicznego składania sił, zaś „heteropatyczne” są znamienne dla procesów chemicznych i biologicznych. Tak więc emergencja w sensie Milla to niemożliwość wyznaczenia pewnej wielkości związanej z łącznym skutkiem działających razem przyczyn na podstawie określonej, stosunkowo prostej zasady składania tych wielkości. Lewes, przyjmując rozróżnienie Milla, zastosował własną terminologię. Odróżnił klasę skutków „wypadkowych” (*resultans*) od klasy skutków „emergentnych” (*emergents*). W drugiej klasie przypadków zachodzi „emergentne” składanie przyczyn. W ten sposób termin ‘emergencja’ uzyskał swoje pierwsze, techniczne określenie⁷. Emergencja to *niesumowalność* wielkości w przypadku „składania przyczyn”.

⁷ Szersze opracowanie dotyczące historii pojęcia emergencji można znaleźć w: S. Achim, *Emergence – A Systematic View on Its Historical Aspects* [w:] A. Beckermann et al. (red.), *Emergence or Reduction? Essays on the Prospects of Nonreductive Physicalism*, Walter de Gruyter, Berlin 1992, s. 25–48.

W pracach Milla i Lewesa „emergencja” jest związana również z inną doniosłą cechą, a mianowicie *nieprzewidywalnością* wystąpienia określonej wielkości lub własności⁸. Emergentne skutki są nieprzewidywalne przed swoim pierwszym wystąpieniem, chociaż mogą być przewidziane *ex post*. Nieprzewidywalność wynika z prostego faktu, do przewidzenia emergentnego skutku nie wystarcza znajomość praw rządzących zachowaniem części danego układu ani nawet znajomość praw homeopatycznych. Dodatkowo konieczna jest znajomość praw heteropatycznych, czyli „prawa emergencji”, a te nie istnieją na poziomie izolowanych części danego układu⁹.

3. Prekursorzy emergentyzmu

W opinii współczesnego teoretyka emergencji Philipa Claytona¹⁰, prekursorami emergentyzmu byli już Arystoteles i Plotyn. Zapowiedzią tej idei miałyby być u Arystotelesa takie pojęcia jak *entelechia* oraz przyczynowość formalna, zaś w przypadku Plotyna – hierarchiczna koncepcja bytu. Do póź-

⁸ Por. W. Strawiński, *Jedność nauki, redukcja, emergencja*, Fundacja Aletheia, Warszawa 1997, s. 171–172.

⁹ Por. R. Poczobut, *Między redukcją a emergencją*, Monografie FNP, Wrocław 2009, s. 86–89.

¹⁰ Por. Ph. Clayton, *Conceptual Foundations of Emergence Theory* [w:] Ph. Clayton, P.C.W. Davies (red.), *The Re-Emergence of Emergence: The Emergentist Hypothesis from Science to Religion*, Oxford University Press, Oxford 2008, s. 5–6).

niejszych twórców mających wpływ na rozwój emergentyzmu w XX wieku Clayton zalicza m.in. Georga Wilhelma Hegla (metafizyka stawania się), Henriego Bergsona (ewolucja twórcza) i Alfreda Northa Whiteheada (filozofia procesu).

Złoty okres emergentyzmu przypadł na lata dwudzieste XX wieku. Ukształtowały się wtedy koncepcje zaliczane do nurtu „emergencyjnego ewolucjonizmu”, będące reakcją na Darwinowską teorię ewolucji i znajdujące swój wyraz w systemach trzech Brytyjczyków: Samuela Alexandra, Conwy’ego Lloyda Morgana i Charlesa Dunbara Broada. Twórczość klasyków emergentyzmu przyczyniła się do wyłonienia kolejnych znaczeń terminu ‘emergency’. Z ideą tą zostały sprzężone takie pojęcia, jak: zasadnicza *nowość*, *nieprzewidywalność* i *nieredukowalność*.

Jedną z wersji ewolucji emergentnej przedstawił Samuel Alexander. Autor *Space, Time and Deity*¹¹ zauważa, że wszechświat ewoluuje w kierunku coraz większej złożoności, która osiągając pewne poziomy krytyczne, prowadzi do emergency zasadniczo *nowych* własności. Aleksander przyjmuje cztery etapy ewolucji: 1) czas i przestrzeń prowadzą do emergency materii; 2) zorganizowana materia umożliwia wyłonienie się życia; 3) procesy biologiczne warunkują zaistnienie świadomości; 4) zorganizowany umysł doprowadza do wyłonienia się boskości.

Bardzo wpływowym przedstawicielem brytyjskiego emergentyzmu był Conwy Lloyd Morgan. Jako biolog z wykształ-

¹¹ Macmillan, London 1920.

cenia akceptował postulat metodologicznego naturalizmu, jednakże jako metafizyk dążył do konstrukcji takiego obrazu świata, który stanowiłby syntezę nauki, filozofii i religii. Swoje poglądy dotyczące ewolucji emergentnej przedstawił w pracach: *Emergent Evolution* (1923), *Live Spirit and Mind* (1926) oraz *The Emergence of Novelty* (1933). Morgan zauważa, że: 1) w biegu ewolucji wyłaniają się ciągle nowe poziomy (czy też porządki) rzeczywistości; 2) własności emergentne odpowiadają za jakościową nieciągłość procesu ewolucyjnego; 3) emergenty wyłaniają się w sposób *nieprzewidywalny* i nie są możliwe do uchwycenia nawet na podstawie zupełnej wiedzy dotyczącej poprzedzających je zdarzeń, składników systemu oraz praw rządzących zachowaniem składników; 4) własności emergentne przejawiają własną moc przyczynową, działającą horyzontalnie wobec innych obiektów na danym poziomie organizacji (*horizontal causality*) oraz odgórnie w kierunku własnych części (*downward causation*); 5) we wszelkich procesach działają immanentne siły przyrody i nie należy odwoływać się do czynników pozanaturalnych, takich jak np. *élan vital*.

Najbardziej dojrzałą koncepcję emergencji przedstawił Charles Dunbar Broad. Autor monumentalnego dzieła pt. *The Mind and Its Place in Nature*¹² podał dość ściśle określenie emergencji:

¹² Ch.D. Broad, *The Mind and Its Place in Nature*, Kegan Paul, London 1925.

(...) teoria emergencji stwierdza, iż istnieją pewne całości składające się z części A, B, C pozostające do siebie w relacji R, oraz że każda całość, składająca się z takich samych części A, B, C, które pozostają do siebie w takiej samej relacji R, ma pewien zespół charakterystycznych własności. Przy czym części A, B, C mogą również występować w innych rodzajach kompleksów oraz innych relacjach niż R. Zgodnie z teorią emergencji całość $R(A, B, C)$ nie może zostać (nawet w zasadzie) wydedukowana nawet z najbardziej zupełnej wiedzy o własnościach A, B, C branych w izolacji lub w układach o innej strukturze niż $R(A, B, C)$ ¹³.

Określona własność danego systemu jest więc emergentna wtedy, gdy nie można jej *wydedukować* z wiedzy dotyczącej uporządkowania części danego systemu oraz „wyizolowanych” cech tych części. Broad wyróżnia dwa rodzaje praw: prawa wewnątrzpoziomowe i prawa transpoziomowe. Pierwsze z nich dotyczą zdarzeń zachodzących na danym poziomie organizacji,

¹³ „(...) the emergent theory asserts that there are certain wholes, composed (say) of constituents A, B and C in relation R to each other; that all wholes composed of constituents of the same kind as A, B, and C in relation of the same kind as R have certain characteristic properties; that A, B and C are capable of occurring in other kinds of complex where the relation is not of the same kind as R; and that characteristic properties of the whole $R(A, B, C)$ cannot even theory, be deduced from the most complete knowledge of the properties of A, B and C in isolation or in other wholes which are not of the form $R(A, B, C)$. The mechanistic theory rejects the last clause of this assertion” (Ch.D. Broad, *The Mind...*, *op. cit.*, s. 61; cyt. za: R. Poczobut, *Między redukcją...*, *op. cit.*, s. 104–105).

natomiast drugie są *prawami emergencji* i odpowiadają za wyłanianie się własności i wzorców na wyższych poziomach organizacji¹⁴. Ponieważ wymóg zupełności wiedzy dla teorii przyrodniczych nie jest w pełni osiągalny, dlatego Broad przyznaje, że rozwój wiedzy empirycznej może zmienić kwalifikację statusu ontycznego niektórych własności i praw wyższego rzędu. Prawo dziś uznawane za emergentne, jutro może utracić swój emergentny status. Obok znaczenia *ontologicznego* emergencja posiada więc swój sens *epistemiczny*¹⁵.

Określenie przez prekursorów emergentyzmu podstawowych cech emergencji, jakimi są: nowość, nieredukowalność, nieprzewidywalność, wskazuje na jej aspekt synchroniczny i diachroniczny.

4. Emergencja synchroniczna i diachroniczna

Kiedy w procesie ewolucyjnym pojawia się nowa struktura, towarzyszy jej najczęściej emergencja nowych własności i funkcji systemowych. Własność taka, jak pamiętamy, zwana jest *emergentem*. Za jednostkę emergentną może być uznana np. własność, struktura, informacja, zachowanie, prawo, prawidłowość czy norma. Określona własność systemowa (emergent) istnieje na wyższym systemowym poziomie organizacji względem

¹⁴ Por. R. Poczobut, *Między redukcją...*, *op. cit.*, s. 106–107.

¹⁵ Por. W. Strawiński, *Jedność...*, *op. cit.*, s. 179.

własności i procesów wewnątrzsystemowych, stanowiących *bazę emergencji*. Określenie „emergentny” wskazuje na cechę relacyjną danej jednostki emergencji względem jej bazy. Nie można powiedzieć, że jakaś własność, struktura czy informacja jest emergentna sama w sobie, lecz jest taka z uwagi na relacje, w jakich pozostaje do struktur bazowych¹⁶.

Emergencja synchroniczna ujmuje system w danym momencie, abstrahując od ewolucji układu i zwracając uwagę na *nieredukowalność* jakiejś cechy systemowej do własności części systemu¹⁷. W perspektywie tej łatwo zauważyć, że skomplikowane układy posiadają *nowe* własności (*novel properties*), których nie da się wyprowadzić z pojedynczych składników. Za emergentne w tym sensie mogą być uznane różnorodne własności, jak np. stabilność jądra atomowego, stany skupienia ciał, synchronizacja grupy neuronów, świadomość człowieka¹⁸. Można powiedzieć, że:

(...) P jest własnością emergentną sytemu s, gdy zachodzi jedna z następujących sytuacji: a) żaden składnik systemu s nie posiada własności P; b) s jest systemem, który nabywa własności P, stając się podsystemem systemu wyższego rzędu¹⁹.

¹⁶ Por. R. Poczobut, *System...*, *op. cit.*, s. 11–38.

¹⁷ Por. J. Bremer, *Problem umysł-ciało. Wprowadzenie*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2001, s. 130.

¹⁸ Por. R. Poczobut, *System...*, *op. cit.*, s. 24–25.

¹⁹ *Ibidem*, s. 24 oraz 30.

W kontekście emergencji synchronicznej mówi się o synchronicznym zdeterminowaniu: tak samo zbudowane systemy urzeczywistniają te same cechy i dyspozycje. Cechy jakiegoś systemu zależą nomologicznie od jego mikrostruktury (od części, które tworzą ten system, oraz od uporządkowania tych części). Nie może istnieć różnica w cechach całości systemu bez równoczesnej różnicy w cechach elementów tego systemu. Twierdzenie o synchronicznym zdeterminowaniu zawiera tezę o me-reologicznej superweniencji: cechy systemu superweniują na cechach i relacjach jego części²⁰.

Inną cechą emergencji przedstawia aspekt *diachroniczny*, w którym podstawową rolę odgrywa *czas* i *dynamika*. Zgodnie z tym ujęciem wszystko, co istnieje we wszechświecie, posiada formę zorganizowanego procesu, w którym dochodzi ciągle do egzemplifikacji czegoś autentycznie nowego. W biegu ewolucji powstają nowe struktury, które konstytuują nowe obiekty z nowymi cechami i nowymi sposobami zachowań. Za emergentne przyjmuje się autentycznie nowe własności, których pojawiania się w żaden sposób nie można przewidzieć²¹. Własność systemowej nieprzewidywalności można wyrazić następująco:

Systemowa cecha E, która została po raz pierwszy urzeczywistniona w świecie Ś przez system S o strukturze $[O_1 - O_n]$ w momencie czasu t, jest (z zasady) nieprzewidywalna, jeżeli po-

²⁰ Por. J. Bremer, *Jak to jest być świadomym*, IFiS, Warszawa 2005, s. 136.

²¹ Por. *ibidem*, s. 140.

jawienie się E w czasie t w Ś nie jest przewidywalne z panujących w Ś stanów oraz obowiązujących w nim praw, przed czasem t²².

W perspektywie diachronicznej próbuje się uchwycić naturę procesów ewolucyjnych, np. takich jak powstanie czasoprzestrzeni, atomów, cząsteczek, związków chemicznych, komórek, organizmów wielokomórkowych, gatunków, populacji, świadomych umysłów oraz ich intencjonalnych wytworów. Za przykład może posłużyć ewolucja biologiczna z charakterystycznymi dla niej mechanizmami selekcji i doboru naturalnego. Każdy z etapów ewolucji biologicznej przebiega według odmiennych zasad samoorganizacji. Są one inne dla fazy prebiotycznej, inne dla biogenezy, jeszcze inne dla antropogenezy oraz ewolucji świadomych umysłów, który tworzy język, symbole, zasady moralne, teorie naukowe²³. Możliwą przyczyną nieprzewidywalności nowej własności jest istnienie procesów indeterministycznych. Dzięki tym procesom może zajść prawdziwa kreatywność wszechświata. Gdyby kolejny stan układu można było wydedukować ze stanów poprzednich, twórczość nie mogłaby mieć miejsca. Przedłużeniem fizycznej kreatywności wszechświata jest inwencja człowieka, dzięki której twórczość wszechświata uległa zasadniczemu wzmocnieniu²⁴.

²² *Ibidem*, s. 137.

²³ Por. R. Poczobut, *System...*, *op. cit.*, s. 11–38.

²⁴ Por. R. Poczobut, *Emergencja a redukcja, czyli o miejscu umysłu w otwartym wszechświecie*, „Filozofia Nauki” 2003, 11, s. 93–108.

6. Emergencja słaba i silna

Kolejna typologia emergentyzmu wskazuje na rolę struktury emergentnej w funkcji oddziaływania na elementy systemu. W niektórych wersjach przyjmuje się, że wraz z wyłanianiem się nowych fenomenów pojawiają się nowe siły działające ograniczająco, a nawet oddziaływania inne niż fizyczne. Zestawienie tych nowych typów sił w porządku wzrastającego dystansu wobec fizykalizmu pozwala na wyróżnienie trzech rodzajów emergencji: *emergencję ‘façon de parler’*, *emergencję słabą* i *silną*²⁵.

²⁵ Takie rozróżnienie przedstawia Philip Clayton, dokonując pożytecznego posunięcia w kierunku uczynienia porządku w chaosie terminologicznym dotyczącym emergencji (Ph. Clayton, *Mind and Emergence: From Quantum to Consciousness*, Oxford University Press, Oxford 2008, s. 54–60). Własną klasyfikację pojęcia emergencji podjął również Robert van Gulick, dokonując podziału na: *emergencję specyficzną wartości*, *emergencję umiarkowaną* i *radykalną*. Najślabsza forma emergencji określana jest mianem *emergencji specyficzną wartości*. Całość i części mają cechy *tego samego rodzaju*, lecz różnią się między sobą pod względem *wartości* danej wielkości. Na przykład przedmiot ważący sto kilogramów ma sto części, z których każda waży jeden kilogram. Całość jest wyznaczana przez sumę własności jej części. Posiadanie ciężaru jednego kilograma oraz posiadanie ciężaru stu kilogramów to determinanty tej samej wielkości determinowanej, którą jest „posiadanie ciężaru”. Silniejsza wersja, zwana *emergencją umiarkowaną*, pozwala całości posiadać cechy *rodzajowo inne* od tych, które znajdują się w jego częściach. Całość posiada cechy, których nie posiadają części, np. mysz może być żywa, nawet jeśli żadna z jej części wewnątrzkomórkowych nie jest żywa. W *emergencji radykalnej* całość posiada cechy, które różnią się pod względem rodzaju od cech jej części, a ich natura oraz istnienie nie wynikają koniecznie z cech jej części, jak również ich układu

Stanowisko pierwsze traktuje emergencję jako *schemat pojęciowy*. Posługiwanie się jej ideą służy jedynie wyrażaniu się w terminach niefizykalnych. Zwolennik tej koncepcji mógłby określić się następująco: „Nie jestem fizykalnym redukcjonistą, ponieważ uważam, że nie wszystko, co istnieje we wszechświecie, może zostać *opisane* za pomocą cząstek i praw fizycznych”. Za przykład emergencji tego rodzaju może posłużyć „teoria schematów” zaproponowana przez neurobiologa Michała Arbiba²⁶. Służy ona wypracowaniu ogólnego systemu pojęciowego pozwalającego na dyskusję pomiędzy naukowcami zajmującymi się mózgiem, filozofami i teologami. Arbib posługuje się w niej schematem pojęciowym „osoby” na oznaczenie „mózgu wraz z jego predykatami mentalnymi”. Poprzez łączenie jednych schematów można tworzyć kolejne, bardziej złożone. Dla schematu „osoby” może to być np. „społeczeństwo”, „historia”, „religia”. Z kolei dzieląc schemat „osoby” na

i prawdopodobnie regularności rządzących cechami tychże części. Przyjęcie emergencji radykalnej oznacza zgodę na fakt, że istnieją takie cechy świata występujące na poziomie systemowym, których nie determinują prawdopodobne regularności rządzące interakcjami między częściami takich systemów i ich cechami (por. R. van Gulick, *Redukcja, emergencja i inne nowsze zjawiska* [w:] M. Miłkowski, R. Poczobut (red.), *Analityczna metafizyka umysłu. Najnowsze kontrowersje*, IFiS PAN, Warszawa 2008, s. 144–190).

²⁶ Por. M. Arbib, *W stronę neurobiologii osoby* [w:] *Stwórca – Wszechświat – Człowiek*, Vatican Observatory Publications, Vatican City State, Center for Theology and the Natural Sciences, Berkley, CA 1999, s. 445–486; oraz M. Arbib, *Schema Theory* [w:] S. Shapiro (red.), *The Encyclopedia of Artificial Intelligence*, Wiley, New York 1992, s. 1427–1443.

subkomponenty, dochodzi się do takich schematów jak „centralny układ nerwowy” obejmujący szerokie spektrum podsystemów neuronalnych, „grup komórkowych”, „komórek”, a ostatecznie „molekuł” i „cząstek fizycznych”. Przedstawiciele „emergencji jako schematu pojęciowego” są zwolennikami zasady przyczynowego domknięcia uniwersum fizycznego. W ujęciu Jaegwona Kima zasada ta stwierdza, że *„każde zdarzenie fizyczne, które posiada przyczynę w czasie t , posiada fizyczną przyczynę w czasie t' ”*²⁷. Zgodnie z tym założeniem, śledząc historię przyczynową zdarzenia fizycznego, nie musi się nigdy wychodzić poza dziedzinę fizyczną. Zasada ta wymaga, aby całe działanie przyczynowe dokonywało się na poziomie fundamentalnych cząstek fizycznych i ich oddziaływań. Dlatego pomimo pomyślnego budowania różnorodnych „schematów pojęciowych”, poczynając od kwarków, a kończąc na bogach, zasada przyczynowego domknięcia uniwersum fizycznego powoduje, że ustalone schematy nie wywołują żadnych „pęknięć ontologicznych” w fizykalizmie. Takie „pęknięcie” mogłoby dopiero spowodować przyjęcie tezy, że oprócz przyczynowania fizycznego istnieje również jakieś inne, np. mentalne. Emergencja jako „schemat pojęciowy” jest w gruncie rzeczy fizykalizmem.

Teoretycy emergentyzmu są powszechnie zgodni, że kluczowa debata odbywa się pomiędzy dwiema rywalizującymi między sobą koncepcjami – emergencją słabą i silną. Pojęcie

²⁷ J. Kim, *Mit nieredukcyjnego materializmu* [w:] M. Miłkowski, R. Poczobut (red.), *Analityczna metafizyka...*, op. cit., s. 92.

slabej emergencji ustala minimalne kryteria ontologiczne bycia własnością emergentną. Główne cechy słabej emergencji przedstawia definicja przedstawiona przez Charbela Niño El-Haniego i Antonia Marcosa Pereirę: (1) ontologiczny fizykalizm – wszystko, co istnieje w świecie czasoprzestrzennym, składa się z podstawowych cząstek elementarnych rozpoznawanych przez fizykę i jej agregaty; (2) emergencja własności – kiedy zespoły przedmiotów podstawowych uzyskają odpowiedni poziom strukturalnej złożoności, wtedy z danego systemu wyłaniają się zasadniczo nowe własności; (3) nieredukowalność emergencji – emergentne własności są nieredukowalne i nieprzewidywalne z poziomu fenomenów, z którego się wyłaniają; (4) odgórne przyczynowanie – jednostki wyższego poziomu oddziałują przyczynowo na jednostki poziomu niższego²⁸.

Na gruncie słabej emergencji pojawia się jedna z kluczowych kontrowersji, dotycząca własności systemowej, którą jest

²⁸ „(1) Ontological physicalism: All that exists in the space-time world are the basic particles recognized by physics and their aggregates. (2) Property emergence: When aggregates of material particles attain an appropriate level of organizational complexity, genuinely novel properties emerge in these complex systems. (3) The irreducibility of the emergence: Emergent properties are irreducible to, and unpredictable from, the lower-level phenomena from which they emerge. (4) Downward causation: Higher-level entities causally affect their lower level constituents” (Ch.N. El-Hani, A.M. Pereira, *Higher-Level Descriptions: Why Should We Preserve Them?* [w:] R.B. Andersen et al. (red.), *Downward Causation: Minds, Bodies and Matter*, Aarhus University Press, Aarhus 2000, s. 133).

przyczynowanie odgórne (*downward causation*) (Campbell²⁹, van Gulick³⁰, Luisi³¹). W odróżnieniu od emergentystów *façon de parler*, zwolennicy słabej emergencji przyznają, że struktury emergentne i ich własności wywierają pewien wpływ na wydarzenia w świecie fizycznym, mikrofizyczne „przyczynowanie oddolne” nie wyjaśnia wszystkiego, natomiast do pełnego opisu konieczne jest uwzględnienie przyczynowego oddziaływania płynącego od własności emergentnych. Za przykład może posłużyć kręcące się koło³². Cząsteczki wchodzące w skład kręcącego się koła poruszają się w sposób, którego nie można przewidzieć na podstawie wiedzy o samych tylko molekularnych interakcjach, co pozwala uznać je za układ emergentny, natomiast obrót koła nie łamie żadnego fizycznego prawa, kiedy determinuje ruch jego części. „Całość” rozumiana jako konfiguracja elementów wykazuje rodzaj *ograniczającego* wpływu na własne części. Takie przypadki nieprzyczynowej determinacji są określane w literaturze mianem „ograniczenie całość-część” (*whole-part constraint*), natomiast

²⁹ D.T. Campbell, *Downward Causation in Hierarchically Organised Biological Systems* [w:] F.J. Ayala, T. Dobzhansky (red.), *Studies in the Philosophy of Biology: Reduction and Related Problems*, University of California Press, Berkeley 1974, s. 179–186.

³⁰ R. van Gulick, *Who's in Charge Here? And Who's Doing All the Work?* [w:] J. Heil, A. Mele (red.), *Mental Causation*, Clarendon, Oxford 1995, s. 233–256.

³¹ P.L. Luisi, *Emergence in Chemistry: Chemistry as the Embodiment of Emergence*, „Foundations of Chemistry” 2002, 4, s. 183–200.

³² Por. R.W. Sperry, *Macro-Versus Micro-Reductionism*, „Philosophy of Science” 1960, 53, s. 265–270.

zwolennicy takiego sposobu rozumienia przyczynowości odgórnej są nazywani *slabymi emergentystami*³³.

Istnieją jednak bardziej kontrowersyjne przypadki przyczynowania odgórnego. Jednym z nich jest przyczynowość mentalna. W jej kontekście powstaje pytanie: czy myśli oraz intencje rzeczywiście decydują o działaniach osoby, czy też należy powiedzieć, że ogromna liczba zintegrowanych obwodów neuronalnych wymusza określony sposób zachowania się swych części. Zgodnie z przekonaniem zwolenników słabej emergencji jednostka ludzka może jedynie wierzyć, że jej myśli decydują o zachowaniu się ciała, podczas gdy rzeczywiste przyczyny działają na poziomie zdarzeń mikrofizycznych, przyjmując formę elektrochemicznej interakcji pomiędzy neuronami. Oddziaływania te decydują o pracy mięśni i zachowaniach organizmu, co przez odbiorcę zewnętrznego jest mylnie traktowane jako działanie osobowe. W opinii słabych emergentystów w niektórych przypadkach może *wydawać się*, że dany układ działa na mocy własnych praw, że wygenerował нефизyczny rodzaj przyczynowania, ale jest to złudzenie wynikające z granic wiedzy w czasie obecnym. W rzeczywistości nie są to nowe rodzaje przyczyn, a jedynie nowe manifestacje fundamentalnych procesów przebiegających na poziomie fizycznym. Z tego powodu słaba emergencja nazywana jest niekiedy *emergencją epistemiczną*³⁴.

³³ Por. Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 56–57.

³⁴ Por. *idem*, *Conceptual...*, *op. cit.*, s. 7–8.

Zasadniczy problem związany z ideą odgórnego przyczynowania wyraża się więc w pytaniu: czy własności emergentne mogą wprowadzić do uniwersum nowy rodzaj przyczynowania odmienny od fizycznego? Przyjęcie takich sił działających w świecie prowadzi do sformułowania stanowiska *silnej emergencji*, zwanej niekiedy *emergencją ontologiczną*. Zawiera ona wszystkie cechy emergencji słabej, z istotnym wyjątkiem – rezygnacją z uprzywilejowanego statusu mikrofizyki oraz jej prymatu w podawaniu przyczyn i wyjaśnień. Zwolennicy silnej emergencji przyznają, że fizyka kwantowa jest gwarantem wyjaśnienia jedynie podstawowego poziomu praw warunkujących ewolucję, lecz „przyczynowanie fizyczne” nie jest jedynym przyczynowaniem występującym w przyrodzie. Również poza mikrofizyką pojawiają się wyraźne ograniczenia oraz aktywne czynniki wpływające na przebieg zdarzeń, które pochodzą z innych poziomów świata przyrody³⁵. Silna emergencja przyjmuje nie tylko przyczynowanie typu *whole-part constraint*, charakterystyczne dla słabej emergencji, ale także *aktywną* formę przyczynowania „góra-dół”³⁶. W silnej emergencji przyjmuje się, że całości lub systemy posiadają moce przyczynowe radykalnie emergentne względem mocy swoich części. Makromoce całości, „sięgając w dół”, zmieniają przebieg zdarzeń na poziomie mikrofizycznym. Radykalne moce emergentne uwalniają od determinacji ze strony bazowych mikromocy,

³⁵ Por. Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 58.

³⁶ Por. *ibidem*, s. 73.

a w konsekwencji umożliwiają zmianę przebiegu zdarzeń na mikropoziomie w sposób niezależny od praw obowiązujących na mikropoziomie³⁷. Sedno argumentu leży w idei „odrębnych poziomów” świata przyrody, z których każdy definiowany jest poprzez odmienne prawa oraz odmienne przyczyny działające na tych poziomach. George F.R. Ellis³⁸ stwierdza, że poznając złożoność świata, począwszy od cząstek fizycznych, a skończywszy na psychologii czy też socjologii, zauważa się emergencję nowych praw charakterystycznych dla danej nauki. Stwarza to silną sugestię, że świat jest zbudowany hierarchicznie, a prawa właściwe dla poziomu wyższego wyłaniają się z poziomów niższych. Kontekstem pomagającym wyodrębnić określone poziomy jest hierarchiczna struktura materii, relacje przyczynowe, jak też odrębny język służący opisowi jednostek rozpoznawanych w poszczególnych skalach. Hierarchiczna struktura świata jest oparta na przyczynowych relacjach pomiędzy całościami a częściami (*whole-part relations*). Ellis zaznacza:

Przyczynowe działanie danego poziomu ma miejsce wtedy, gdy łączne współdziałanie przyczyny oddolnej i odgórej prowadzi

³⁷ Por. T. Crane, *The Significance of Emergence* [w:] C. Gillett, B. Loewer (red.), *Physicalism and Its Discontents*, Cambridge University Press, Cambridge 2001, s. 207–224.

³⁸ Por. G.F.R. Ellis, *Top-down Causation, and the Human Brain* [w:] N. Murphy, G.F.R. Ellis, T. O'Connor (red.), *Downward Causation and the Neurobiology of Free Will*, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg 2009, s. 53–81.

do skutku, który zależy tylko od warunków początkowych poziomu wyższego. (...) Wynik działania danego poziomu pozwala na jego opis fenomenologiczny jako niezależny od stanów poziomu niższego realizującego to działanie. Stanowi to podstawę do wyodrębnienia niezależności wyższego poziomu i powód do traktowania pewnych przyczyn na każdym poziomie jako ontycznie realnych (...)”³⁹.

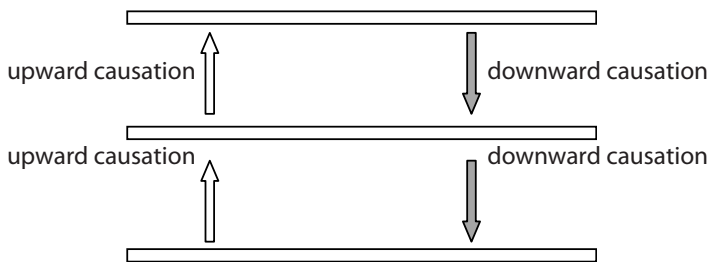
Dokonując pewnego uproszczenia, Ellis wyróżnia odmienne poziomy złożoności charakterystyczne dla poszczególnych nauk⁴⁰. Poziomy te przedstawia poniższy diagram.

³⁹ „Effective same-level action occurs when top-down causation combined with bottom-up causation leads to a resulting high-level outcome that depends only on the initial high-level state. (...) The resulting same-level action allows a phenomenological description of the higher-level action that is independent of the particular lower-level states that realize this action. This is the basis of the independence of higher-level descriptions from lower-level details and the reason that we can consider same level causation at each level as ontologically real (...)” (*ibidem*, s. 67).

⁴⁰ Na temat hierarchicznej struktury nauk piszą m.in.: A.R. Peacocke, *An Introduction to the Physical Chemistry of Biological Organization*, Oxford University Press, Oxford 1989; N.A. Campbell, J.B. Reece, *Biology*, Benjamin Cummings, San Francisco 2005; A. Scott, *Stairway to the Mind*, Springer, New York 1995, (przekład polski: *Schody do umysłu*, przeł. H. Barańska, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1999).

Poziom 8	Socjologia/ekonomia/polityka
Poziom 7	Psychologia
Poziom 6	Fizjologia
Poziom 5	Biologia komórkowa
Poziom 4	Biochemia
Poziom 3	Chemia
Poziom 2	Fizyka atomowa
Poziom 1	Fizyka cząstek elementarnych

W zarysowanej powyżej hierarchii występują oddziaływania oddolne i odgórne. Przyczynowanie oddolne polega na tym, że niższy poziom rzeczywistości oddziałuje przyczynowo na poziom wyższy, niekiedy go determinując, natomiast przyczynowanie odgórne polega na zdolności oddziaływania przyczynowego poziomu wyższego na poziom niższy (zob. *rys. 1*).



Rys. 1. Struktury i własności emergentne różnych poziomów oddziałują na siebie oddolnie i odgórnie

Kiedy w danym układzie ma miejsce oddziaływanie dynamiczne, wynik zmienia się zależnie od kontekstu, który zachodzi na poziomie wyższym. Zmiana kontekstu na poziomie wyższym pociąga zmianę w działaniu poziomu niższego. Kontekst zmian wyższego poziomu nie może zostać opisany w terminach poziomu niższego i to wyraża jego cechę szczególną⁴¹.

W opinii Ellisa odgórne przyczynowanie jest wszechobecne w fizyce, chemii i biologii, ponieważ w każdej z tych nauk wynik na niższym poziomie interakcji jest zawsze zdeterminowany przez kontekst. Ellis twierdzi, że istnieje co najmniej pięć odmiennych rodzajów *top-down causation*, które formułują hierarchię. Mogą one działać równocześnie w tych samych systemach fizycznych na różnych ich poziomach. Należą do nich: (1) przyczynowanie algorytmiczne (*algorithmic top-down causation*); (2) przyczynowanie przez nieadaptacyjną kontrolę informacyjną (*non-adaptive information control*); (3) przyczynowanie poprzez selekcję adaptacyjną (*adaptive selection*); (4) przyczynowanie poprzez przystosowawczą kontrolę informacyjną (*adaptive information control*); (5) przyczynowanie inteligentne (*intelligent causation*). Ich krótka charakterystyka wygląda następująco:

⁴¹ Por. G.F.R. Ellis: *Physics, Complexity, and Causality*, „Nature” 2005, 435, s. 743; oraz: G.F.R. Ellis, *Physics and the Real World*, „Foundations of Physics” 2006, 26, s. 227–236.

Przyczynowanie algorytmiczne

Algorytmiczne przyczynowanie odgórne zachodzi wtedy, gdy zmiany na wyższym poziomie wpływają na dynamikę niższego poziomu poprzez strukturę układu; dlatego wynik zależy wyłącznie od struktury poziomu wyższego, warunków brzegowych i początkowych. Za przykład może posłużyć algorytmiczna procedura wyliczania w komputerach cyfrowych⁴². Program komputerowy stanowiący poziom wyższy determinuje przełączanie się tranzystorów. Podobnie określony system neuronalny mózgu (np. układ wzrokowy⁴³) zależy w sposób algorytmiczny od danych na wejściu układu oraz systemu operacyjnego mózgu.

Przyczynowanie przez nieadaptacyjną kontrolę informacyjną

W przypadku nieadaptacyjnej kontroli informacyjnej jednostki wyższego poziomu wpływają na jednostki poziomu niższego tak, aby osiągnąć określony cel. Wykorzystywany jest tu mechanizm sprzężenia zwrotnego. Ogólnie znanym przykładem jest kontrola temperatury wody przy użyciu termostatu. Tutaj, inaczej aniżeli w poprzednim przypadku, temperatura nie jest

⁴² Por. A.S. Tanenbaum, *Structured Computer Organization*, Prentice Hall, Englewood Cliffs 1990.

⁴³ Por. Ch. Koch, *The Quest for Consciousness: A Neurobiological Approach*, Roberts and Company, Englewood 2004 (przekład polski: Ch. Koch, *Neurobiologia na tropie świadomości*, przeł. G. Hess, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2008).

determinowana poprzez warunki początkowe i brzegowe, ale poprzez cel. Jest on możliwy do osiągnięcia dzięki sprzężeniu zwrotnemu, polegającemu na porównywaniu temperatury w danej chwili z temperaturą docelową, określoną na termostacie. Ruch obrotosciomierza na termostacie jest jednostką poziomu wyższego. Ta relacja stanowi przykład *top-down causation*, ponieważ cele są wyrażalne tylko w terminach poziomu wyższego i są implementowane przez poziom wyższy. Nie mogą one zostać zredukowane do jednostek niższego poziomu dlatego, że relacja pomiędzy częściami jest określona przez sprzężenie zwrotne. Relacja sprzężenia zwrotnego jest bardzo charakterystyczna dla fizjologicznych funkcji organizmu, a szczególnie dla mózgu. Za przykład może posłużyć przesyłanie impulsu nerwowego poprzez neuron. Komórki nerwowe posiadają błony, które selektywnie przepuszczają jony sodu i potasu, będące głównymi składnikami procesu. Przepuszczalność błony dla danego jonu zależy od wartości przyłożonego do niej napięcia elektrycznego. Zdolność do wykonania pracy wynika z małych różnic w potencjałach elektrycznych istniejących wewnątrz i na zewnątrz komórki. Ponieważ jony, przenosząc ładunek elektryczny, przenikają ścianki neuronu, powodują zmianę napięcia na błonie. W ten sposób powstaje impuls nerwowy, który wędruje do innych komórek nerwowych lub mięśni, niosąc jakąś informację⁴⁴.

⁴⁴ Por. A. Scott, *Schody do umysłu*, *op. cit.*, s. 46.

Przyczynowanie poprzez selekcję adaptacyjną

Proces adaptacyjny ma miejsce wtedy, gdy wiele jednostek wchodzi w interakcje (np. komórki w ciele lub też osobniki w danej populacji), a polega na selektywnym różnicowaniu swoich własności, stosownie do określonych warunków środowiska czy też kontekstu. Wyższy poziom, w tym wypadku określone środowisko, stanowi warunki bardziej lub mniej dogodne dla jednostek niższego poziomu. Preferowane są takie zmiany, które służą lepszej adaptacji. Czynniki selekcyjne akceptuje jeden rodzaj stanów, a odrzuca inne. Mechanizm ten można rozumieć jako rodzaj sprzężenia zwrotnego podporządkowanego metacelowi (*meta-purpose*), który określa kryteria decydujące o tym, jaki rodzaj wyniku jest pożądanym, a jaki nie. Przyczynowanie odgórne biegnie od kontekstu (poziom wyższy) ku zachowaniom systemu (poziom niższy). Inaczej aniżeli w przypadku zwyczajnego sprzężenia zwrotnego, proces ten nie polega na osiągnięciu wcześniej zaprogramowanego celu, ale jest systemem twórczym, który preferuje *metacele* odzwierciedlone w kryteriach odpowiedniości (*fitness*). Na drodze adaptacji zapamiętywana jest nowa informacja, co powoduje wzrost złożoności. Osiągnięcie złożoności nie jest kierowane ani przez żadne atraktory dynamiczne, ani też przez specyficzne cele kierujące procesem. Wynik nie jest zwykle przewidywalny ani z punktu widzenia warunków początkowych, ani też z punktu widzenia metacelów, ponieważ w strategii działania takiego układu ważną rolę odgrywają elementy losowe. Selekcja adaptacyjna przebiega również

na poziomie mózgu. Jedną z form selekcji adaptacyjnej jest opisany przez Geralda Edelmana⁴⁵ „neuronalny darwinizm”, który polega na podtrzymywaniu używanych połączeń synaptycznych oraz zamieraniu synaps nieużywanych. Interakcja ze środowiskiem wpływa na plastyczność mózgu i decyduje o utrwalaniu lub zanikaniu pewnych wzorców, które z kolei wpływają na śmierć bądź wzrost i rozwój określonych synaps. Za przykład może posłużyć „habitucja” (*habituation*), która polega na uczeniu się lub ignorowaniu stymulacji nieposiadających znaczenia.

Przyczynowanie poprzez przystosowawczą kontrolę informacyjną

Przyczynowanie poprzez kontrolę adaptacyjną zachodzi wtedy, gdy w danym układzie istnieje zarówno adaptacyjna selekcja celów, jak i sprzężenie zwrotne. Cele, które kontrolują przebieg sprzężenia zwrotnego, mogą zostać adaptacyjnie zmienione w reakcji na otrzymane doświadczenia oraz informacje. Zwiększa to elastyczność układu w reakcji na zmianę środowiska, a wykorzystanie pamięci umożliwia uczenie się i przewidywanie. Własności te leżą u podstaw działań celowościowych, które pozwalają organizmowi zaadaptować się w określonym środowisku na podstawie już wcześniej zdobytej wiedzy. Zasygnalizowany mechanizm leży u podstaw inteligentnych dzia-

⁴⁵ Por. G.M. Edelman, *Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection*, Oxford University Press, Oxford 1989.

łań zwierząt. Klasycznym przykładem jest skojarzeniowe uczenie się zwierząt, jak w przypadku „psa Pawłowa” (pies reaguje na dźwięk, który jest skojarzony z jedzeniem). Przyczynowanie odgórne biegnie od mózgu reagującego na dźwięk ku pobudzeniu komórek i mięśni.

Inteligentne przyczynowanie odgórne

Inteligentne przyczynowanie odgórne jest szczególnym przypadkiem sprzężenia zwrotnego połączonego z adaptacyjnym wyborem celów, gdzie selekcja celów zawiera w sobie reprezentację symboliczną służącą sprawdzeniu wyniku zamierzonych wyborów. System symboliczny jest zestawem zorganizowanych wzorców zrealizowanych w czasie i przestrzeni służących reprezentacji obiektów, stanów czy też relacji. Jest on hierarchiczny i rekursyjny, zawierający gramatykę oraz składnię jako środek wyrazu znaczenia semantycznego. Kluczową cechą przyczynowania poziomu wyższego jest język symbolu⁴⁶ wyrażany w sposób mówiony lub pisany, rozciągający się również na modele matematyczne⁴⁷. Treść wyrażana przez język symbolu jest nieredukowalna, ponieważ może być wyrażana na wiele różnych sposobów. Dzięki językowi może być ona przechowywana i odzyskiwana dla celów przyszłych oraz podlegać

⁴⁶ Por. T.W. Deacon, *The Symbolic Species: The Co-Evolution of Language and the Brain*, Penguin, London 1997.

⁴⁷ Por. K. Devlin, *Mathematics: The Science of Patterns*, Henry Holt & Company, New York 1996.

modyfikacji stosownie do wcześniejszych doświadczeń i przyszłych oczekiwań. Rozumienie oraz celowe działanie stanowią jednostki abstrakcyjne wyższego poziomu, które oddziałują na niższy poziom świata fizycznego. Działanie intencjonalne realizuje określone idee wyrażone w języku symboli i w ten sposób w świecie fizycznym wprowadza zmiany. Wynik jest skutkiem ludzkiego działania. Za przykład inteligentnego przyczynowania odgórnego może posłużyć projekt samolotu. Realizowany projekt jumbo jeta skutkuje określonym układem miliardów atomów wprzęgniętych w jego budowę. Projekt samolotu nie jest ekwiwalentem stanu mózgu określonej osoby, ale jest abstrakcyjnym, hierarchicznie złożonym ekwiwalentem klasy reprezentacji (wyrażanej słowem, liczbą i rysunkiem) zorganizowanej w mózgach i komputerach, która składa się na projekt. W sposób oczywisty jest ona przyczynowo efektywna, ponieważ bez niej samolot nie mógłby istnieć. Innym przykładem mogą być pieniądze. Fizycznie pieniądze są jedynie kawałkami metalu lub papieru z umieszczonym na nich wydrukiem. Choć cechy fizyczne pieniędzy nie decydują o ich działaniu przyczynowym, to jednak wykorzystanie poprzez ludzkie umysły ich znaczenia symbolicznego wprowadza w świat fizyczny zmiany, np. w postaci wznoszonych wieżowców, dróg i mostów. Nie jest jeszcze w pełni wiadome, w jaki sposób umysł jest zdolny do projektowania czy też wyborów skutkujących działaniem odgórnym, jednakże obecna niewiedza nie podważa faktu, że takie oddziaływanie ma miejsce. Rozumienie i celowościowe działanie stanowią abstrakcyjne jednostki przyczynowania charakterystyczne dla umysłu ludzkiego.

W opinii Paula Daviesa, silna emergencja posiada osobliwy status, a jej miejsce pośród nauk jest jeszcze świeże i niepewne. Jak zauważa, istnieje jednak coraz większa grupa naukowców, która naciska na „kaftan” tradycyjnego rozumienia związków przyczynowych, aby zrobić miejsce dla silnej emergencji. Choć fizyka pozostaje głęboko redukcjonistyczna, pojawia się poczucie, że nadchodzi czas radykalnej zmiany paradygmatu w tym zakresie⁴⁸. Davies stara się wskazać, jakie warunki fizyczne umożliwiałyby istnienie silnej emergencji. Zgodnie z jego opinią można wymienić trzy sytuacje, które pozwalają na jej zaistnienie. Pierwsza zachodzi wtedy, gdy wszechświat jest systemem otwartym. Silna emergencja nie może wystąpić w systemie, który jest przyczynowo zamknięty na poziomie mikro, ponieważ wówczas nie byłoby żadnego miejsca dla dodatkowych zasad, które mogłyby działać, a które nie byłyby już *implicit*e zawarte w zasadach niższego poziomu. We wszechświecie otwartym dopuszczalne byłoby istnienie takich „zewnętrznych” czy też globalnych zasad, które dokonywałyby „przyczynowego poluzowania”. Wszechświat mógłby być częściowo zależny od dynamiki mikropoziomu, a częściowo od ograniczeń narzuconych przez zasady globalne. Druga możliwość pojawia się, kiedy system jest indeterministyczny. Ostatnia możliwość ma miejsce wtedy, gdy prawa fizyki działające na poziomie podstawowym nie posiadają należytej precyzji z powodu ograniczonych

⁴⁸ Por. P.C.W. Davies, *Preface* [w:] Ph. Clayton, P. Davies (red.), *The Re-Emergence of Emergence...*, *op. cit.*, s. xii–xiii.

zasobów obliczeniowych wszechświata. Wszystkie trzy możliwości, jak zaznacza, mogłyby być uważane za niekonwencjonalne odejścia od standardowej teorii fizycznej. Konsekwencją przyjęcia silnej emergencji jest twierdzenie mówiące o tym, że oprócz podstawowych praw fizycznych istnieją również „prawa złożoności”. Zdaniem Daviesa, ogromne znaczenie dla koncepcji silnej emergencji będą miały wyniki nauk dotyczące relacji umysł-ciało, a szczególnie te dane, które dotyczą związku przyczynowego. Dowiedzenie przyczynowania mentalnego pozwoliłoby poważnie potraktować świadomość jako fundamentalną własność wszechświata, nie zaś jako przypadkowy i nieistotny epifenomen⁴⁹.

7. Wieloznaczność pojęcia ‘emergencja’

Emergentyzm należy współcześnie do najżywiej rozwijających się kierunków, zarówno na polu filozofii, jak i różnych dyscyplin naukowych⁵⁰. Termin ‘emergencja’ posiada dziś wiele znaczeń technicznych oraz potocznych. *Oxford Universal Dictionary* wymienia 13 różnych definicji dla słów: *emerge*, *emergence*, *emergent*. *Webster’s Third New International Dictionary* kładzie nacisk na *czynnik nowości*. Teoretyk emergentyzmu Tim

⁴⁹ Por. *ibidem*, s. xii–xiii.

⁵⁰ Por. M.A. Bedau, P. Humphreys, *Preface* [w:] *idem* (red.), *Emergence: Contemporary Readings in Philosophy and Science*, MIT Press, London 2008, s. ix–x.

Crane⁵¹ podaje dwie podstawowe cechy emergencji: *zależność* i *odrębność*. Vladimir Archinov i Christian Fuchs⁵² w jednej z ostatnich ważnych analiz wyróżniają sześć jej kluczowych cech: *synergizm*, *nowość*, *nieredukowalność*, *nieprzewidywalność*, *spójność* i *historyczność*. Z uwagi na wieloznaczność pojęcia próbę bardziej syntetycznego ujęcia emergencji podjął George F.R. Ellis⁵³. Dokonana przez niego charakterystyka zawiera następujące tezy: 1) Emergencja przebiega na różny sposób: inaczej w systemach nieożywionych, inaczej w układach żywych, a jeszcze inaczej w systemach społecznych; 2) Emergencja występuje w przypadku wielopoziomowych układów hierarchicznych, w których każdy poziom charakteryzują różne prawa zapisywane w językach odmiennych teorii; 3) Układy hierarchiczne są modularne – składają się ze strukturalnej kombinacji względnie autonomicznych składników; 4) Emergencja przejawia się na trzy różne sposoby: i) ewolucja gatunków lub typów; ii) stworzenie lub rozwój określonych obiektów lub indywiduów; iii) funkcjonowanie określonych obiektów lub indywiduów; 5) W układach emergentnych można zaobserwować trzy rodzaje oddziaływań: i) dół-góra (*bottom-up*); ii) na tym samym poziomie (*same-level*); iii) góra-dół (*top-down*); 6) Systemy żywe zawierają w sobie

⁵¹ T. Crane, *The Significance of Emergence* [w:] C. Gillett, B. Loewer (red.), *Physicalism...*, *op. cit.*, s. 207–224.

⁵² Por. V. Archinov, C. Fuchs, *Preface* [w:] *idem* (red.), *Causality, Emergence, Self-Organisation*, NIA-Priroda, Moscow 2003, s. 5–18.

⁵³ Por. G.F.R. Ellis, *On the Nature of Emergent Reality* [w:] Ph. Clayton, P.C.W. Davies (red.), *The Re-Emergence...*, *op. cit.*, s. 79–107; R. Poczobut, *Między redukcją...*, *op. cit.*, s. 77–78.

układ sprzężenia zwrotnego, który potrafi uczyć się poprzez odbiór, przechowywanie, odtwarzanie i analizę informacji. Posiadają one umiejętność rozpoznawania wzorców, tworzenia modeli środowiska opartych na abstrakcji oraz operowania symbolami; 7) zjawisko emergencji warunkowane jest przez: i) cząstki i pola (świat materialny); ii) przypadkowość zdarzeń określoną prawami fizyki; iii) świat ludzkich idei, celów, intencji, emocji oraz zjawisk socjalnych; iv) Platoński świat idei matematycznych.

Jak więc łatwo zauważyć, nie ma jednego pojęcia czy też teorii emergencji o wyraźnie określonych kryteriach i cechach. Biorąc pod uwagę różnorodność kontekstów, w których współcześnie to pojęcie występuje, Philip Clayton dokonał próby systematyzacji oraz określenia statusu pojęć czy też teorii emergencji. Jego pracę można potraktować jako przyczynek do konstrukcji teorii emergencji⁵⁴.

8. Emergencja i jej konteksty

Clayton określił pięć odmiennych kontekstów (E_1 - E_5), w których pojawia się termin ‘emergencja’. Analizując kolejne przypadki, można zauważyć przejście od poszczególnych dziedzin naukowych do coraz wyraźniejszych interpretacji filozoficznych. Emergencję można traktować jako teorię naukową, filozoficzną, metafizyczną, a nawet jako twierdzenie teologiczne.

⁵⁴ Por. R. Poczobut, *System...*, *op. cit.*, s. 11–38.

Przynajmniej trzy spośród wyżej wymienionych teorii emergencji, streszczone w (E_1 - E_5), nie dotyczą bezpośrednio teorii naukowych. Oto klasyfikacja dokonana przez Clayтона:

E_1 : Teorie emergencji w obrębie konkretnych dziedzin naukowych (*Theories of emergence within specific scientific fields*⁵⁵)

„Emergencja” w sensie E_1 odnosi się do uniwersum dyskursu określonej teorii naukowej. Opisuje specyfikę własności określonego systemu (fizycznego, chemicznego czy biologicznego). Niektórzy uczeni interpretują mechanikę kwantową w kategoriach emergencji⁵⁶. To samo dotyczy termodynamiki nieliniowej.

⁵⁵ „This category refers to occurrences of the term within the context of a specific scientific theory. E_1 thus describes features of a specified physical or biological system of which we have some scientific understanding. The scientists who construct these theories claim that the term, used in a theory-specific sense, is of value to contemporary science as a description of features or patterns of the natural world. Because of this specificity, however, there is no way to establish whether the term is being used analogously across theories, or whether it really means something utterly distinct in each theory in which it appears” (Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 40).

⁵⁶ Michael Silberstein i John McGreever utrzymują, że „(...) *quantum mechanics provides the most conclusive evidence for the existence of ontological emergence*” (M. Silberstein, J. McGreever, *The Search for Ontological Emergence*, „Philosophical Quarterly” 1999, 49, s. 187). Z kolei David Newman twierdzi, że „(...) dynamical systems have attractors as higher-level emergent features – you can’t deduce them from equations for the system” (D. Newman, *Emergence and Strange Attractors*, „Philosophy of Science” 1996, 63, s. 247).

Odwołując się do emergencji, uczeni twierdzą, że termin ten posiada wartość naukową jako opis cech lub wzorców w świecie przyrody. Jednakże z powodu tak wąskiego sposobu rozumienia „emergencji”, ograniczonego do specyficznej teorii, nie można stwierdzić, czy emergentne wzorce lub własności, o jakich tu mowa, przejawiają jakiś wspólny element ze zjawiskami występującymi w uniwersach dyskursu innych teorii naukowych, czy też różnią się od nich w sposób zasadniczy.

E_2 : Poziomy emergencji w przyrodzie
(*Levels of emergence within the natural world*⁵⁷)

Termin użyty w sensie E_2 wskazuje na szerszą klasę zjawisk występujących na różnych poziomach organizacji przyrody, które mogą stać się ostatecznie częścią zunifikowanej teorii naukowej. Takie ujęcie emergencji zwraca uwagę na *relacje* zachodzące między uniwersami dyskursu *różnych teorii*, badających różne poziomy organizacji przyrody. Chodzi tu o relacje będące przedmiotem badań tzw. dyscyplin stykowych, do których należy np. chemia fizyczna, biologia molekularna czy neurobiologia.

⁵⁷ „Used in this sense the term draws attention to broader features of the world that may eventually become part of a unified scientific theory. Emergence in this sense expresses postulated connections or laws that may in the future become the basis for one or more branches of science. One thinks, for example, of the role claimed for emergence in Stuart Kauffman’s notion of a new ‘general biology’ or in certain proposed theories of complexity or self-organization” (Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 41).

Celem tych dyscyplin jest wyjaśnianie emergentnych zjawisk należących do wyższego poziomu organizacji za pomocą zjawisk należących do poziomu bardziej podstawowego. Jeśli tego rodzaju wyjaśnienia okazują się niezupełne, ów fakt można interpretować jako wskaźnik emergencji w powyższym sensie⁵⁸. W opinii Clayтона takie pojęcie emergencji pojawia się u Stuarda Kauffmana⁵⁹ w kontekście biologii teoretycznej, teorii złożoności, jak również teorii samoorganizacji.

E_3 : Emergencja jako wzorzec w teoriach naukowych
(*Patterns across scientific theories*⁶⁰)

⁵⁸ Por. T. Deacon, *The Hierarchic...*, *op. cit.*, s. 273–308.

⁵⁹ Kauffman podkreśla duże znaczenie emergencji w prowadzeniu badań na terenie biologii. Zgodnie z jego przekonaniem dyscyplina naukowa, jaką jest biologia, otrzyma w przyszłości taką samą ścisłość i przejrzystość, jaką posiada obecnie termodynamika. Uważa on, że nauka stoi dziś na progu wielkiego przełomu w dziedzinie biologii. Emergencja spełnia w tym przełomie dwie ważne funkcje: wyznacza granicę pomiędzy biologią a fizyką oraz pokazuje, że na poziomie biologicznym pojawiają się autonomiczne zasady działania odrębne od fizycznych, które domagają się nowego systemu pojęciowego (por. S. Kauffman, *Investigations*, Oxford University Press, New York 2000). Do ważniejszych prac tego autora poruszających wątek emergencji należą m.in.: *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*, Oxford University Press, New York 1996; oraz *Whispers from Carnot: The Origins of Order and Principles of Adaptation in Complex Nonequilibrium Systems* [w:] G. Cowen *et al.* (red.), *Sante Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Proceedings*, vol. 19, s. 83–136).

⁶⁰ „Since it postulates features that are shared by multiple theories within science, ‘ E_3 ’ is actually a meta-scientific term. Used in this

„Emergencja” w sensie E_3 jest w rzeczywistości *metanaukowym* terminem. Wskazuje na występowanie „wspólnych wzorców” odnoszących się do uniwersów dyskursu różnych teorii (np. teorii samoorganizacji, teorii złożoności⁶¹, synergetyki). Takie interdyscyplinarne rozumienie „emergencji” występujące w literaturze z zakresu filozofii nauki pełni ważną rolę heurystyczną, ponieważ pozwala wykrywać własności wspólne zjawiskom badanym w ramach różnych teorii naukowych. Dostrzeżenie „wspólnych wzorców” może niejednokrotnie pomóc w stworzeniu teorii, sformułować nową hipotezę lub wprowadzić nowy interdyscyplinarny program badawczy. Wielu teoretyków (np. Kauffman, Wolfram) jest zwolennikami zjednoczonej

sense, as it often is in the philosophy of science, the term is not drawn from a particular scientific theory; it is an observation about a significant pattern that allegedly connects a ‘range’ of scientific theories. For example, consider the features that might be common to autocatalysis, complexity, and self-organization. We have some idea of what role each of these three terms plays in at least one branch of science; but it is also possible that they share certain significant features in common. ‘ E_3 ’ draws attention to these features, whether or not any individual theory within science actually makes scientific use of the term ‘emergence’. It thus serves a heuristic function, helping to highlight common features between theories. Recognizing such broader patterns can help to extend existing theories, to formulate insightful new hypotheses, or to launch new interdisciplinary research programmes” (Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 41).

⁶¹ Silberstein i McGreever zaznaczają, że w studiach dotyczących teorii złożoności poszukuje się podstawowej teorii dotyczącej fundamentalnych praw, które decydują o zachowaniu się systemów złożonych (por. M. Silberstein, J. McGreever, *The Search...*, *op. cit.*, s. 182–200).

teorii emergencji, usiłującej ustalić takie „metaprawa”, które kierują procesem emergencji w ewoluujących systemach.

E_4 : Teoria o wzorcach w przechodzeniu między naukami
(*A theory about the patterns in the transitions
between sciences*⁶²)

„Emergencja” w sensie E_4 wskazuje na istnienie powtarzających się wzorców w różnych fazach ewolucji kosmicznej, tym samym w przejściach pomiędzy poszczególnymi naukami. Zwolennicy takiego ujęcia wskazują na występowanie podobieństw

⁶² „Emergence in this sense is a broader theory about the evolutionary process. Like ‘ E_3 ’ it claims that new systems or structures are formed at particular points and that these systems share certain common features. But emergence theories sometimes go beyond the task of describing common features across scientific fields; they sometimes attempt to explain why these patterns should exist. Such theories argue that the similarities and differences across emergent systems are part of a broader pattern in nature – an overall ‘ladder of emergence’, for example. Current work is being done, for example, to understand how chemical structures emerge out of the underlying physics, to reconstruct the biochemical dynamics that underlie the origins of life, and to conceive how complicated neural processes produce cognitive phenomena such as memory, language, rationality, and creativity. ‘ E_4 ’-type theories attempt to discern the broader pattern that runs across each of these (and other) transition points in nature. As such, they are not themselves scientific theories. A scientific theory that explains how chemical structures are formed is unlikely to explain the origins of life, and neither theory will explain how self-organizing neural nets encode memories. Instead, ‘ E_4 ’ theories explain why the transition between scientific theories should be as we find them to be in nature” (Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 41–42).

(wzorców) w tak na pozór różnych procesach, jak: przejście od procesów fizycznych do struktur chemicznych; przejście od procesów biochemicznych do organizmów żywych; przejście od skomplikowanych procesów neuronalnych do fenomenów kognitywnych, takich jak np. świadomość, język, pamięć, racjonalność, twórczość. Emergencja w sensie E_4 dąży do uchwycenia kluczowych przełomów, jakie dokonują się w procesie ewolucyjnym, oraz do sformułowania w odpowiednio abstrakcyjnym języku ich własności wspólnych. Nie jest ona kompleksową teorią naukową, ale ontologiczną interpretacją powtarzających się wzorców (*reiterating patterns*), które występują w przełomowych momentach ewolucji wszechświata. Pojawia się opinia, że E_4 stanowi filozoficzny surogat przyszłej teorii naukowej, która dokona unifikacji daleko wykraczającej poza oczekiwaną unifikację czterech fundamentalnych oddziaływań fizycznych.

E_5 : Metafizyka emergencji (*The metaphysics of emergence*⁶³)

„Emergencja” w sensie E_5 jest teorią metafizyczną i dotyczy twórczego charakteru procesów ewolucyjnych zachodzących

⁶³ „Emergence in this sense is a metaphysical theory, in the sense that physicalism and dualism are also metaphysical theories. It claims that the nature of the world is such that it produces, and perhaps must produce, continually more complex realities in a process of ongoing creativity, and it is a thesis about the nature of what is produced. Each of the preceding four types of emergence may serve as evidence for ‘ E_5 ’, but they alone will not prove it. Metaphysical theories are not limited to inferences from the available evidence; they are hypotheses about the nature of reality as a whole” (*ibidem*, s. 42).

w świecie. Teoria ta twierdzi, że uniwersum posiada taką naturę, iż nieustannie wytwarza coraz bardziej złożone układy. Metafizyczne czy też teologiczne⁶⁴ teorie emergencji są hipotezami na temat natury rzeczywistości rozpatrywanej w jej maksymalnym wymiarze. Każdy z poprzednich czterech typów emergencji może służyć jako źródło danych dla E_5 . Krytycy E_5 podkreślają, że zakłada ono istnienie „mistycznej siły”, która napędza proces ewolucyjny i sprawia, iż osiąga on coraz wyższe poziomy organizacji. Nie jest to jednak krytyka szczególnie trafna, jeśli założy się istnienie naturalnych praw samoorganizacji⁶⁵.

⁶⁴ Niektórzy uczeni, jak np. Philip Clayton, Arthur R. Peacocke, John Polkinghorne, rozszerzają to ujęcie o aspekt teologiczny, twierdząc, że ewolucyjna kreatywność świata staje się pochodną Bożego aktu stwarzania. Więcej na temat teologicznych debat w obrębie emergentyzmu można znaleźć w: Ph. Clayton, Z. Simpson (red.), *The Oxford Handbook of Religion and Science*, Oxford University Press, Oxford 2006, s. 749–818.

⁶⁵ Por. Ph. Clayton, *Emergence: Us from It* [w:] J.D. Barrow et al. (red.), *Science and Ultimate Reality: Quantum Theory, Cosmology and Complexity*, Cambridge University Press, Cambridge 2004, s. 577–606; Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 40–42; R. Poczobut, *System...*, *op. cit.*, s. 11–38; R. Poczobut, *Między redukcją...*, *op. cit.*, s. 79–80.

Bibliografia

- S. Achim, *Emergence – A Systematic View on Its Historical Aspects* [w:] A. Beckermann *et al.* (red.), *Emergence or Reduction? Essays on the Prospects of Nonreductive Physicalism*, Walter de Gruyter, Berlin 1992, s. 25–48.
- M. Arbib, *Schema Theory* [w:] S. Shapiro (red.), *The Encyclopedia of Artificial Intelligence*, Wiley, New York 1992, s. 1427–1443.
- M. Arbib, *W stronę neurobiologii osoby* [w:] *Stwórca – Wszechświat – Człowiek*, Vatican Observatory Publications, Vatican City State, Center for Theology and the Natural Sciences, Berkley, CA 1999, s. 445–486.
- V.C. Archinov, Ch. Fuchs, *Preface*, [w:] *iidem* (red.), *Causality, Emergence, Self-Organisation*, NIA-Priroda, Moscow 2003, s. 5–18.
- M.A. Bedau, P. Humphreys, *Preface* [w:] *iidem* (red.), *Emergence: Contemporary Readings in Philosophy and Science*, MIT Press, London 2008, s. ix–x.
- J. Bremer, *Jak to jest być świadomym*, IFiS, Warszawa 2005.
- J. Bremer, *Problem umysł-ciało. Wprowadzenie*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2001.
- Ch.D. Broad, *The Mind and Its Place in Nature*, Kegan Paul, London 1925.
- D.T. Campbell, *Downward Causation in Hierarchically Organised Biological Systems* [w:] F.J. Ayala, T. Dobzhansky (red.), *Studies in the Philosophy of Biology: Reduction and Related Problems*, University of California Press, Berkeley 1974, s. 179–186.

- N.A. Campbell, J. B. Reece, *Biology*, Benjamin Cummings, San Francisco 2005.
- Ph. Clayton, *Emergence: Us from It* [w:] J.D. Barrow *et al.* (red.), *Science and Ultimate Reality: Quantum Theory, Cosmology and Complexity*, Cambridge University Press, Cambridge 2004, s. 577–606.
- Ph. Clayton, *Conceptual Foundations of Emergence Theory* [w:] Ph. Clayton, P.C.W. Davies (red.), *The Re-Emergence of Emergence: The Emergentist Hypothesis from Science to Religion*, Oxford University Press, Oxford 2008, s. 1–34.
- Ph. Clayton, *Mind and Emergence: From Quantum to Consciousness*, Oxford University Press, Oxford 2008.
- Ph. Clayton, Z. Simpson (red.), *The Oxford Handbook of Religion and Science*, Oxford University Press, Oxford 2006, s. 749–818.
- T. Crane, *The Significance of Emergence* [w:] C. Gillett, B. Loewer (red.), *Physicalism and Its Discontents*, Cambridge University Press, Cambridge 2001, s. 207–224.
- T.W. Deacon, *The Hierarchic Logic of Emergence: Untangling the Interdependence of Evolution and Self-Organization* [w:] H. Bruce *et al.* (red.), *Evolution and Learning: The Baldwin Effect Reconsidered*, MIT Press, Cambridge 2003, s. 273–308.
- T.W. Deacon, *The Symbolic Species: The Co-Evolution of Language and the Brain*, Penguin, London 1997.
- K. Devlin, *Mathematics: The Science of Patterns*, Henry Holt & Company, New York 1996.
- G.M. Edelman, *Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection*, Oxford University Press, Oxford 1989.

- Ch.N. El-Hani, A.M. Pereira, *Higher-Level Descriptions: Why Should We Preserve Them?* [w:] R.B. Andersen et al. (red.), *Downward Causation: Minds, Bodies and Matter*, Aarhus University Press, Aarhus 2000, s. 118–142.
- G.F.R. Ellis, *Physics, complexity, and causality*, „Nature” 2005, 435: 743.
- G.F.R. Ellis, *Physics and the real world*, „Foundations of Physics” 2006, 26, s. 227–236.
- G.F.R. Ellis, *Top-down Causation, and the Human Brain* [w:] N. Murphy, G.F.R. Ellis, T. O’Connor (red.), *Downward Causation and the Neurobiology of Free Will*, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg 2009, s. 53–81.
- S. Kauffman, *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*, Oxford University Press, New York 1996.
- S. Kauffman, *Investigations*, Oxford University Press, New York 2000.
- S. Kauffman, *Whispers from Carnot: The Origins of Order and Principles of Adaptation in Complex Nonequilibrium Systems* [w:] G. Cowen et al. (red.), *Sante Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Proceedings*, vol. 19, s. 83–136.
- J. Kim, *Mit nieredukcyjnego materializmu* [w:] M. Miłkowski, R. Poczobut (red.), *Analityczna metafizyka umysłu. Najnowsze kontrowersje*, IFiS PAN, Warszawa 2008, s. 76–98.
- Ch. Koch, *The Quest for Consciousness: A Neurobiological Approach*, Roberts and Company, Englewood 2004; przekład polski: Ch. Koch, *Neurobiologia na tropie świadomości*, przeł.

- G. Hess, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2008.
- W. Korohoda, *Myśli i opinie wybranych przyrodników o emergencji i redukcjonizmie w biologii* [w:] M. Heller, J. Mączka (red.), *Struktura i emergencja*, PAU–OBI-Biblos, Kraków–Tarnów 2006, s. 161–172.
- G.H. Lewes, *Problems of Life and Mind*, Kegan Paul, Trench, Turbner & Co., London 1875.
- P.L. Luisi, *Emergence in chemistry: chemistry as the embodiment of emergence*, „Foundations of Chemistry” 2002, 4, s. 183–200.
- J.S. Mill, *A System of Logic*, Longmans, London 1843; [przedruk w:] J. Robson (red.), *Collected Works*, vol. 7, t. I, Toronto 1962, s. 575–580; przekład polski: J.S. Mill, *System logiki*, przeł. C. Znamierowski, PWN, Warszawa 1962.
- D. Newman, *Emergence and strange attractors*, „Philosophy of Science” 1996, 63, s. 245–261.
- A.R. Peacocke, *An Introduction to the Physical Chemistry of Biological Organization*, Oxford University Press, Oxford 1989.
- R. Poczobut, *Emergencja a redukcja, czyli o miejscu umysłu w otwartym wszechświecie*, „Filozofia Nauki” 2003, 11, s. 93–108.
- R. Poczobut, *System – struktura – emergencja* [w:] M. Heller, J. Mączka (red.), *Struktura i emergencja*, PAU–OBI-Biblos, Kraków–Tarnów 2006, s. 11–38.
- R. Poczobut, *Między redukcją a emergencją*, Monografie FNP, Wrocław 2009, s. 86–89.
- A. Samuel, *Space, Time and Deity*, Macmillan, London 1920.

- A. Scott, *Stairway to the Mind*, Springer, New York 1995; przekład polski: *Schody do umysłu*, przeł. H. Barańska, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1999.
- M. Silberstein, J. McGeever, *The search for ontological emergence*, „Philosophical Quarterly” 1999, 49, s. 187.
- R.W. Sperry, *Macro- versus micro-reductionism*, „Philosophy of Science” 1960, 53, s. 265–270.
- W. Strawieński, *Jedność nauki, redukcja, emergencja*, Fundacja Aletheia, Warszawa 1997, s. 171–172.
- A.S. Tanenbaum, *Structured Computer Organization*, Prentice Hall, Englewood Cliffs 1990.
- R. van Gulick, *Who's in Charge Here? And Who's Doing All the Work?* [w:] J. Heil, A. Mele (red.), *Mental Causation*, Clarendon, Oxford 1995, s. 233–256.
- R. van Gulick, *Redukcja, emergencja i inne nowsze zjawiska* [w:] M. Miłkowski, R. Poczobut (red.), *Analityczna metafizyka umysłu. Najnowsze kontrowersje*, IFiS PAN, Warszawa 2008, s. 144–190.