



**Zagadnienia
Filozoficzne
w Nauce**

**Zagadnienia
Filozoficzne
w Nauce**

© Copyright by Copernicus Center Press, 2014

Kolegium redakcyjne:

Redaktor Naczelny: *Michał Heller*

Zastępca Redaktora Naczelnego: *Janusz Mączka*

Sekretarz redakcji: *Piotr Urbańczyk*

Kierownicy działów:

Filozofia i historia nauki: *Paweł Polak*

Logika: *Adam Olszewski*

Filozofia matematyki: *Jerzy Dadaczyński*

Nauka i religia: *Teresa Obolevitch*

Filozofia biologii: *Wojciech Załuski*

Filozofia fizyki: *Tadeusz Pabjan*

Kognitywistyka: *Bartosz Brożek*

Etyka i nauki społeczne: *Łukasz Kurek*

Dział recenzji: *Mateusz Hohol*

Projekt okładki: *Mariusz Banachowicz*

Adiustacja: *Artur Figarski*

Projekt typograficzny: *Mirosław Krzyszkowski*

Skład: MELES-DESIGN

ISSN 0867-8286

Nakład: 500 egz.



**Copernicus
Center**
PRESS

Wydawca: Copernicus Center Press Sp. z o.o.,
Pl. Szczepański 8, 31-011 Kraków,
tel/fax (+48) 12 430 63 00
e-mail: marketing@ccpress.pl
www.ccpress.pl

Druk i oprawa: OSDW Azymut Sp. z o.o., Łódź, ul. Senatorska 31

Zagadnienia Filozoficzne w Nauce

LV ■ 2014

ARTYKUŁY

- | | | |
|----------------|---|----|
| Roman Murawski | Nieskończoność w matematyce. Zmagania z potrzebnym, acz kłopotliwym pojęciem | 5 |
| Łukasz Kwiatek | W poszukiwaniu korzeni języka naturalnego – intencjonalna komunikacja u naczelnych różnych od człowieka | 43 |
| Paweł J. Zięba | Czy logiczna możliwość implikuje metafizyczną możliwość? | 75 |
| Łukasz Lamża | Dlaczego jest mnóstwo rzeczy raczej niż prawie nic? – „słabe pytanie Leibniza” | 91 |

TŁUMACZENIE

- | | | |
|---------------------|--|-----|
| Tadeusz Sierotowicz | <i>Rozprawa o przyptywach i odpływach morza Galileusza</i> | 129 |
|---------------------|--|-----|

RECENZJE

- | | | |
|----------------|-------------------------------|-----|
| Adam Olszewski | U źródeł zbiorów kolektywnych | 167 |
| Adam Szymański | Śladami Galileusza | 173 |

Nieskończoność w matematyce. Zmagania z potrzebnym, acz kłopotliwym pojęciem¹

Roman Murawski

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Wydział Matematyki i Informatyki

Infinity in mathematics. Struggles with a necessary but troublesome concept

Summary

Infinity has appeared in mathematics since the very beginning. Moreover the mathematical concept of infinity was and is connected with philosophical and theological concepts. The aim of the paper is to show how mathematicians struggled with this concept and how they tried to bring it under control.

¹ Praca powstała w ramach projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki, grant No N N101136940, w oparciu o wykład pt. „Jak matematycy ujarzmi(a)li nieskończoność” wygłoszony na posiedzeniu Komisji Filozofii Nauki Polskiej Akademii Umiejętności w Krakowie.

Keywords

actual infinity, potential infinity, set theory, infinitely small, infinitely large, cardinal number, ordinal number

Something is mathematical, only
if it is shot through with infinity.

(Caleb Gattegno)

W matematyce nieskończoność pojawiała się od dawna, od samego właściwie początku². Co więcej, naukowe i filozoficzne oraz religijne pojęcia nieskończoności były i są wzajemnie mocno powiązane, trudno je w niektórych okresach oddzielić. Celem naszych rozważań jest pokazanie, jak matematycy zmagali się z tym pojęciem i jak próbowali je ujarzmić i oswajać.

Zacznijmy od zauważenia, że w starożytnej Grecji panował raczej negatywny stosunek do nieskończoności. Widać to u pitagorejczyków, eleatów, Parmenidesa. Nieskończoność była

² Za początek matematyki w dzisiejszym rozumieniu tej nauki uznać należy matematykę starożytnej Grecji. Wcześniej, w starożytnym Egipcie i Babilonii, matematyka miała inny charakter – dokładniej charakter algorytmiczno-praktyczny i nie było w niej rozważań teoretycznych. Zadawano się znajdowaniem przepisów (dziś powiedzielibyśmy: algorytmów) pozwalających rozwiązywać konkretne zadania praktyczne.

czymś, czego nie można osiągnąć czy opisać w skończonych terminach, czymś nieracjonalnym, bezkształtnym, bo niedającym się ani pomniejszyć, ani powiększyć. W arytmetyce i geometrii nie były dozwolone konstrukcje, które się nie kończyły. Widziano trudności i kłopoty, jakie niesie z sobą pojęcie nieskończoności. Przykładem mogą być aporie Zenona z Elei – znamy je z relacji Arystotelesa w *Fizyce*. Wskazywały one na trudności związane z dzieleniem na nieskończenie wiele części i z sumowaniem nieskończenie wielu elementów. Inny przykład to wykrycie niewspółmierności przez pitagorejczyków. Nie bardzo potrafił sobie z tymi kłopotami poradzić. Wyjścia szukano w rozmaity sposób, na przykład odrzucając liczby niewymierne i zastępując mówienie o wielkościach czy miarach (liczbach) operowaniem tworami geometrycznymi i działaniami na nich (tzw. algebra geometryczna). Pozwalało to wprawdzie eliminować trudności, ale niesło też niestety pewne ograniczenia i skutki negatywne (na przykład zasada jednorodności w arytmetyce).

Pierwszym filozofem greckim, który próbował podać racjonalne ujęcie nieskończoności był Arystoteles (384–322 p.n.e.). O problemie tym mówi w księdze III swojej *Fizyki* poświęconej zagadnieniu ruchu. Rozważa tam, czy *apeiron* (ἄπειρον) istnieje i jak istnieje. W ten sposób przekształcił pojęcie nieskończoności w pojęcie naukowe – w przeciwieństwie do jego charakteru mitologicznego czy religijnego, jakie miało ono u Anaksymandra (610–546 p.n.e.). Arystoteles rozważa nieskończoność w ramach charakterystycznego dla jego filozofii rozróżnienia między

potencjalnością i aktualnością. Twierdzi, że nieskończoność nie może istnieć jako coś aktualnego, jako nieskończoność aktualna. Może istnieć jedynie nieskończoność potencjalna. Oznacza to, że można mówić o możliwości nieograniczonego przedłużania pewnego ciągu czy procesu, ale nie o jego końcowym wyniku. Można zatem mówić o nieskończonym ciągu liczb naturalnych, czy o nieskończonym dzieleniu odcinka (geometrycznego) na połowę. Nie można jednak mówić o ogóle liczb naturalnych jako odrębnym obiekcie, jako o końcowym wyniku procesu tworzenia coraz to nowych liczb naturalnych przez dodawanie jedynki do liczb już istniejących. Możliwość wykonywania bez ograniczeń coraz to nowych, następnych kroków nie gwarantuje i nie pociąga za sobą tego, że istnieje krok „ostatni”.

W *Fizyce* Arystoteles pisał:

Pozostaje zatem do przyjęcia, że nieskończoność istnieje potencjalnie. Nie należy jednak brać wyrażenia „istnieje potencjalnie” w takim sensie, jak w wypadku, gdy się mówi: „posąg istnieje potencjalnie”; bo mówiąc tak sądzimy, że powstanie posąg rzeźwisty. Inaczej ma się sprawa z nieskończonością: nie może być urzeczywistnionej nieskończoności (III, 6, 206a).

Krótko mówiąc, nieskończoność istnieje w ten sposób, że jedna rzecz występuje zawsze po drugiej i każda poszczególna rzecz tego ciągu jest zawsze skończona, przy czym każda jest zawsze różna (III, 6, 206a).

Nie to bowiem jest nieskończone, co już nie ma niczego poza sobą, lecz właśnie to, co zawsze ma coś poza sobą (III, 6, 207a).

Arystoteles podkreślał przy tym, że w matematyce wystarczy pojęcie nieskończoności potencjalnej, a pojęcie nieskończoności aktualnej jest zbędne. W *Fizyce* pisał:

Pogląd nasz nie pozbawia bynajmniej matematyków ich teorii przez odrzucenie aktualnego istnienia nieskończoności w kierunku zwiększania się, w sensie niemożności przekroczenia. Bo w rzeczywistości nie potrzebna im jest nieskończoność ani też z niej nie korzystają. Posługują się natomiast dowolnie wielkimi liczbami, ale skończonymi (III, 7, 207b).

Dodajmy, że Arystoteles twierdzi w *Fizyce*, iż czas i ruch są nieskończone. Pisał: „Czas i ruch są nieskończone, a także myślenie w tym znaczeniu, że każda poszczególne faza kolejno przemija, będąc pozbawiona trwania” (*Fizyka* III, 8, 208a). Odrzuca jednak możliwość nieskończonej przestrzeni. Wynika to z faktu, że nie ma on pojęcia przestrzeni, która może być pusta – operuje natomiast pojęciem miejsca, które zawsze jest połączone z materią. Podsumowuje swoje rozważania mocnym stwierdzeniem: „Wielkość natomiast nie jest aktualnie nieskończona ani jako wynik dzielenia w nieskończoność, ani jako wynik powiększenia w myśli” (*Fizyka* III, 8, 208a).

Należy koniecznie podkreślić, że już samo odróżnienie nieskończoności potencjalnej i nieskończoności aktualnej było ważnym osiągnięciem Arystotelesa – pozwoliło jasno postawić problem nieskończoności. Ukierunkowało też dalsze nad nią badania.

Koncepcje Arystotelesa dotyczące nieskończoności (ale także jego koncepcje dotyczące struktury teorii naukowych) znalazły swój oddźwięk w szczególności u Euklidesa (ok. 365 – ok. 300 p.n.e.) w jego słynnych *Elementach*. Unikał on wyraźnie terminu „nieskończoność”. Kiedy w Księdze IX mówi o istnieniu nieskończonego wielu liczb pierwszych, to formułuje to tak: „Jeśli dana jest dowolna ilość liczb pierwszych, to istnieje inna liczba pierwsza różna od nich”³ (*Elementy* IX, 20). Nie mówi więc, że istnieje nieskończone wiele liczb pierwszych, ale że zawsze można znaleźć nową liczbę pierwszą. Mamy tu więc wyraźnie do czynienia z nieskończonością potencjalną.

Inny ślad wpływu Arystotelesa na Euklidesa to sformułowany na początku Księgi I *Elementów* aksjomat 9, który głosi: „Całość jest większa od części”⁴. Własność ta – oczywista dla wielkości skończonych – nie obowiązuje, jak się okazuje, dla nieskończoności. Będzie ona sprawiała przez długie wieki kłopot wielu matematykom i filozofom.

Nieskończoność pojawiała się *implicite* także przy okazji stosowania procesów granicznych. Te ostatnie spotykamy na przykład u Archimedesesa (ok. 287–212 p.n.e.), który z powodzeniem stosował pochodzącą od Eudoksosa z Knidos metodę wyczerpywania będącą prototypem teorii granic. Archimedes używał jej w szczególności do przybliżania długości okręgu i wartości π za pomocą wielokątów foremnych wpisanych i opi-

³ Οἱ πρωτοὶ ἀριθμοὶ πλείους εἰςὶ παντὸς τοῦ προτεθέντος πλήθους πρώτων ἀριθμῶν.

⁴ Καὶ τὸ ὅλον τοῦ μέρους μείζον [έστιν].

sanych na okręgu, czy do obliczania pola powierzchni wycinka paraboli. To wskazuje, że w pewnym sensie akceptował nieskończoność w matematyce.

Problem ze stosunkiem części i całości oraz lęk przed nieskończonością aktualną widać też u żyjącego w V wieku neoplatonika Proklosa Diadochusa (410–485). Ten najwybitniejszy przedstawiciel szkoły ateńskiej widział rozwiązanie problemu w odrzuceniu nieskończoności aktualnej i zaakceptowaniu jedynie nieskończoności potencjalnej (zatem w duchu Arystotelesa). W *Komentarzu do I Księgi „Elementów” Euklidesa* pisał:

[...] twierdzimy, że wielkości są wprawdzie dzielone w nieskończoność, ale nie na nieskończenie wiele części (*ἐπ’ ἄπειρον, οὐκ εἰς ἄπειρα δέ, ad infinitum, sed non in infinita*). To ostatnie powodowałyby, że aktualnie byłoby nieskończenie wiele części, tamto pierwsze, że tylko potencjalnie; to ostatnie daje nieskończoności istnienie substancjalne, tamto przyznaje jej tylko stawanie się.

Wraz z jedną średnicą powstają dwa półkoła, ale średnic nie będzie nigdy (aktualnie) nieskończenie wiele, nawet jeżeli „brać” ich nieograniczenie wiele. Tak więc nigdy nie będzie istniało dwa razy więcej niż nieskończenie wiele [półkoli], ale powstających (ciągle) półkoli będzie dwa razy tyle, ile zawsze skończonej ilości średnic. Ciągłe bowiem liczba „wziętych” średnic jest ograniczona.

Własność tego typu znana była już prawdopodobnie Plutarchowi (ok. 46 – ok. 120), a potem wzmianki o niej powtarzają się wielokrotnie u różnych autorów. Znali ją niektórzy scholastycy,

na przykład Thomas Bradwardine (ok. 1290–1349). Rozumowania tego typu były też używane w XII wieku do wykazywania niemożliwości istnienia wiecznego świata. W roku 1638 Galileusz (1564–1642) podał paradoks nazywany dziś jego imieniem, a oparty na tej samej zasadzie. Wskazywał on mianowicie, że z jednej strony ogół liczb kwadratowych jest częścią ogółu liczb naturalnych, a z drugiej – jest ich tyle samo. Wyciągał z tego następujący wniosek (*Discorsi*, s. 33):

Jest to jedna z trudności, które powstają, gdy naszym skończonym umysłem próbujemy rozważać nieskończoność przypisując jej te własności, które przyznajemy temu, co skończone i ograniczone; jest to, w mej opinii, niepoprawne – nie możemy bowiem mówić o wielkościach nieskończonych, że jedno z nich są większe, mniejsze bądź też równe.

Echa tego typu wniosków znajdujemy też u Izaaka Newtona (1642–1727). Otóż w liście z roku 1692 pisał on:

Nieskończoności, kiedy rozważać je bez jakichkolwiek restrykcji czy ograniczeń, nie są ani równe, ani nierówne, ani też nie pozostają w żadnych stosunkach pomiędzy sobą.

Także wielki matematyk niemiecki Carl Friedrich Gauss (1777–1855) przeciwstawiał się używaniu w matematyce nieskończoności aktualnej. W liście do Heinricha Schumachera z 12 lipca 1831 roku pisał:

Jeśli chodzi o Pański dowód, to protestuję nade wszystko przeciwko używaniu wielkości (*Grösse*) nieskończonej jako czegoś zupełnego, co w matematyce nie jest nigdy dozwolone. Nieskończoność to jedynie *façon de parler*, za pomocą którego mówi się o granicach.

Wróćmy jednak do pozytywnych rozważań nad nieskończonością.

U Mikołaja z Kuzy (1401–1464), ostatniego scholastyka, matematyka i teologa problem nieskończoności pojawia się zarówno w rozważaniach matematycznych, jak i w rozważaniach filozoficzno-teologicznych. Są one przy tym ze sobą powiązane. Co więcej, powodem i celem zajmowania się nieskończonością w matematyce była dla niego chęć zbliżenia się do nieskończoności Boga. Według Kuzańczyka nieskończoność nie daje się ująć w (Arystotelesowskich) kategoriach wielkości, nie może ona być rozważana w kategoriach „mniejsze” czy „większe”. Nieskończoności nie można też poznać za pomocą zmysłów, daje się ona jednak uchwycić w matematyce przez umysł za pomocą pojęć. Wśród obiektów (rzeczy i procesów), które można poznać zmysłami, nie ma takiego, który nie mógłby zostać powiększony. Zatem nieskończoność nie może być zrealizowana w żadnym procesie. W matematyce znaleźć można jednak przykłady na to, że granica takiego nieograniczonego procesu może być ujęta i osiągnięta za pomocą pojęcia. Przykładem może tu być ciąg wielokątów foremnych o n bokach. Gdy n rośnie nieograniczenie, to wielokąty te przybliżają coraz lepiej okrąg.

Wprawdzie wśród obiektów poznawalnych zmysłami nie istnieje żaden okrąg, ale istnieje on jako pojęcie w naszym umyśle. Zatem takie twory, jak wielokąt foremny i okrąg pokrywają się w nieskończoności. Przykładów takich znaleźć można zresztą u Mikołaja więcej. Łączy on z nimi charakterystyczną dla siebie zasadę zwaną przezeń *coincidentia oppositorum*. Dopełnienie procesu, zatem w szczególności jego granica, jest według Kuzańczyka najwyższą formą bytu, jest czymś wiecznym – każdy proces dąży bowiem do swego wypełnienia. To nieskończone przybliżanie (aproksymacja) w połączeniu z zasadą *coincidentia oppositorum* stanowiło u niego nowe narzędzie metodologiczne – używał go szczególnie w późniejszej pracy *De Mathematica Perfectione*. Odpowiadało to jego rozumieniu poznania jako procesu przybliżania się do prawdy. Należy podkreślić, że według Mikołaja nieskończoność nie zapożycza swego istnienia od skończoności. To, co skończone, nie jest w stanie zapewnić istnienia temu, co nieskończone. Nieskończoność bowiem nigdy nie zostanie osiągnięta w procesie aproksymacji przez wielkości skończone. Przeciwnie – nieskończone wyprzedza w porządku ontologicznym to, co skończone. Przenosi się to i na porządek epistemologiczny, tzn. to, co skończone może zostać pojęte i zrozumiane tylko za pomocą tego, co nieskończone. W *Liber de mente* pisał:

Stąd wszystko, co skończone, ma swe źródło w zasadzie nieskończoności⁵ (cII, 116r).

⁵ Quare omne finitum principiatum ab infinito principio.

W *De docta ignorantia* zaś pisał:

Każda więc linia skończona bierze swój byt z nieskończonej, która jest wszystkim tym, czym jest. Stąd w linii skończonej jest to wszystko, czym jest linia jako linia nieskończona⁶ (Księga II, cV, 119).

Dodajmy, że idea *coincidentia oppositorum* w nieskończoności miała też wpływ na nauki przyrodnicze. Wedle Mikołaja, skoro świat jest obrazem Boga, a Bóg jest nieskończony, więc i świat jest nieskończony. Zarówno więc przestrzeń, jak i czas są nieskończone. Stąd zaś świat nie ma środka, gdyż w nieskończoności środek pokrywa się z obwodem. Dalej, Ziemia nie może być centrum świata i musi znajdować się w ruchu. Ruch staje się w ten sposób względny. Możemy zatem powiedzieć, że Mikołaj przyczynił się w jakiś sposób do sekularyzacji pojęcia nieskończoności.

Blaise Pascal (1623–1662) mówił o nieskończoności w sensie nieskończenie dużych i nieskończenie małych – odnosił te pojęcia do przestrzeni, czasu, ruchu, prędkości, przy czym traktował je w sensie nieskończoności potencjalnej. W *Mysłach* pisał zaś:

Wiemy, że istnieje nieskończoność, ale nie znamy jej natury. Wiemy na przykład, że fałszem jest, aby liczby były skończone; zatem prawdą jest, że istnieje nieskończoność w liczbie, ale nie

⁶ Omnis autem linea habet esse suum ab infinita, que est omne id quod est. Quare in linea finita omne id, quod est linea infinita.

wiemy, co to jest. Fałszem jest, aby była parzysta, fałszem, aby była nieparzysta: za dodaniem bowiem jedności nie zmieni swej natury; a wszelako jest to liczba, wszelka zaś liczba jest parzysta albo nieparzysta (prawda, iż to się odnosi do wszelkiej liczby skończonej). [...]

Znamy tedy istnienie i naturę skończoności, ponieważ jesteśmy skończeni i rozciągli jak ona. Znamy istnienie nieskończoności, a nie znamy jej natury, ponieważ ma ona rozciągłość jak my, ale nie ma granic, jak my je mamy (*Myśli*, 451).

Stanowisko Gottfrieda Wilhelma Leibniza (1649–1716) w kwestii nieskończoności nie było spójne i do końca jednoznaczne. Z jednej strony świadom trudności, na które wskazuje paradoks Proklosa-Galileusza pisał: „Nie ma nic bardziej namacalnego niż absurdalność idei liczby aktualnie nieskończonej”. W *Nowych rozważaniach dotyczących rozumu ludzkiego* zaś stwierdza:

Mówiąc ściślej, prawdą jest, że istnieje nieskończoność rzeczy, tzn. że jest ich zawsze więcej aniżeli można wyznaczyć. Ale nie ma ani liczby nieskończonej, ani innej wielkości nieskończonej, gdy się je bierze jako rzeczywiste całości.

[...] Prawdziwa nieskończoność jest ściśle biorąc tylko w tym, co absolutne, co jest przed wszelką złożonością i nie powstało przez dodawanie części. [...]

[...] całości nieskończone i ich przeciwieństwa nieskończone małe są na miejscu tylko w rachunku geometrów, tak jak urojone pierwiastki algebry (ks. II, rozdział XVII).

Z drugiej jednak strony pisał także – przecząc sobie właściwie:

Wierzę tak bardzo w aktualną nieskończoność, iż zamiast utrzymywać, jak to się pospolicie mówi, że natura jej się boi, przyjmuję, iż ona wszędzie ku niej się skłania, aby tym lepiej zaznaczyć doskonałość swego Stwórcy⁷ (*Opera omnia, studio Ludovico Dutens*, tom II, część 1, s. 243).

Dodajmy jeszcze, że w swoim rachunku różniczkowym Leibniz operował wielkościami nieskończenie małymi. Dopuszczał też w swojej monadologii istnienie nieskończenie wielu monad.

Immanuel Kant (1724–1804) rozważając problemy filozoficzne matematyki odróżniał za Arystotelesem nieskończoność potencjalną i nieskończoność aktualną. Nie twierdził jednak jak Arystoteles, że nieskończoność aktualna jest logicznie niemożliwa. Otóż wedle Kanta nieskończoność aktualna jest tzw. ideą rozumu. Oznacza to, że jest to pojęcie wewnętrznie niesprzeczne, choć niestosowne do doświadczenia zmysłowego. Przykładów nieskończoności aktualnej nie można bowiem ani zaobserwować, ani też skonstruować. Można skonstruować na przykład liczbę 5 i zmysłami poznać pięć rzeczy, można nawet skonstruować liczbę $10^{10^{10}}$ (choć nie jesteśmy w stanie

⁷ Je suis tellement pour l'infini actuel, qu'au lieu d'admettre, que la nature l'abhorre, comme l'on dit vulgairement, je tiens qu'elle l'affecte par-tout, pour mieux marquer les perfections de son Auteur. Dodajmy, że słowa te umieścił Bolzano jako motto swoich *Paradoksów nieskończoności*.

postrzegać tylu obiektów za pomocą zmysłów). Nie jesteśmy jednak w stanie ani percypować, ani też skonstruować nieskończoności aktualnej.

Filozoficzne poglądy Kanta na matematykę zainspirowały wielu późniejszych filozofów i matematyków, w szczególności do jego poglądów na nieskończoność nawiąże w wieku XX David Hilbert w swoim formalizmie i próbie uratowania integralności matematyki klasycznej operującej pojęciem nieskończoności aktualnej.

Zanim jednak przejdziemy do czasów współczesnych, powiedziec trzeba kilka słów o Bernardzie Bolzanie (1781–1848). Ten matematyk i jednocześnie ksiądz katolicki, profesor Uniwersytetu Karola w Pradze pozbawiony w roku 1819 katedry z powodu zbyt samodzielnych, nie zawsze ortodoksyjnych interpretacji katolicyzmu i domagania się sprawiedliwości w życiu społecznym, w sposób istotny przyczynił się do porządkowania podstaw matematyki poprzez włączenie się w nurt badań zwany arytmetyzacją analizy (Weierstrass, Cauchy, Dedekind). Choć matematykę uważano wtedy za „naukę o ilości”, Bolzano definiował ją już całkiem abstrakcyjnie pisząc, że jest ona „nauką badającą ogólne prawa, które regulują istnienie rzeczy”. By matematyk mógł stosować jakieś pojęcie, wystarczy dowieść tylko jego „możliwości”. To nie do matematyki należy udowodnienie aktualnego istnienia tych czy innych obiektów – jest to zadanie metafizyki.

Z naszego punktu widzenia najważniejsze są jego rozważania nad nieskończonością. Zawarł je w wydanych pośmiertnie

Paradoksach nieskończoności (1850). Zdaniem Bolzana „większość *paradoksalnych* twierdzeń, które spotykamy w dziedzinie matematyki, to twierdzenia, które albo zawierają bezpośrednio pojęcie *nieskończoności*, albo w jakiś sposób opierają się na nim przy próbach ich dowodzenia” (*Paradoksy*, §1).

W *Paradoksach nieskończoności* Bolzano rozważał wielości (dziś powiedzielibyśmy: zbiory) nieskończone, jak również wielkości nieskończenie małe i nieskończenie duże. Przy tym przez wielość nieskończoną rozumiał Bolzano „taką wielość, która jest większa od każdej wielkości skończonej, tzn. jest tego rodzaju, iż każda skończona mnogość przedstawia tylko pewną jej część”⁸ (*Paradoksy*, §9). Wielkość nieskończenie duża to wielkość, która jest większa od każdej liczby tych wielkości, które zostały obrane za jednostkę, zaś wielkość nieskończenie mała to taka wielkość, że każda jej wielokrotność jest mniejsza od jednostki. Przy tym Bolzano odróżnia matematyczne pojęcie nieskończoności od pojęcia nieskończoności filozofów i przeciwstawia je sobie. Wspomina tu Hegla, który głosił, że nieskończoność matematyczna jest tylko „kiepską nieskończonością” – filozofowie zaś „znają nieskończoność o wiele wyższą, prawdziwą, *nieskończoność jakościową*, którą znajdują tylko w *Bogu* zwłaszcza i w ogóle w *Absolucie*” (tamże, §11). Według Bolzana filozofowie, a także niektórzy matematycy, przyjmują, że nieskończoność jest jedynie pewną wielkością zmienną, która

⁸ [...] eine Vielheit, die größer als jede endliche ist, d.h. eine Vielheit, die so beschaffen ist, daß jede endliche Menge nur einen Teil von ihr darstellt.

może rosnać nieograniczenie – a zatem jest tylko nieskończonością potencjalną. On jednak opowiada się za istnieniem w matematyce nieskończoności aktualnej. Co więcej, w §13 *Paradoksów* podaje dowód jej istnienia pisząc:

[j]uż wśród rzeczy, które nie roszczą sobie prawa do rzeczywistości, lecz tylko do możliwości, są niewątpliwie mnogości nieskończone. Nieskończona jest, jak łatwo można pojąć, *mnogość zdań i prawd samych w sobie*, rozważając bowiem jakąś prawdę, np. zdanie, że istnieją w ogóle prawdy, lub każde inne dowolne zdanie, które oznaczę przez *A*, zdajemy sobie sprawę, że zdanie wyrażone słowami „*A* jest prawdziwe” jest różne od *A*, gdyż ma zgoła inny podmiot niż *A*. [...] Lecz podobnie jak tu ze zdania *A* wyprowadzamy różne od niego zdanie, które nazwę *B*, tak też można znowu, według tej samej zasady, wyprowadzić z *B* trzecie zdanie *C*, i tak dalej bez końca. Zbiór tych wszystkich zdań, z których każde następane pozostaje w takim wskazanym właśnie stosunku do poprzedniego, że podnosi je do rangi swego podmiotu i orzeka o nim, iż jest zdaniem prawdziwym, zbiór ten – jak stwierdzam – obejmuje mnogość części (zdań) większą od każdej skończonej mnogości. [...] zbiór tych wszystkich zdań posiada wielość większą od każdej liczby, tzn. nieskończoną.

Aby jednak dowieść istnienia nieskończoności aktualnej – a nie tylko jej możliwości – potrzebuje Bolzano pewnego dodatkowego założenia, a mianowicie istnienia Boga, któremu przypisuje „władzę poznania, którą jest prawdziwa wszechwie-

dza, przeto obejmuje nieskończoną mnogość prawd, bo w ogóle wszystkie⁹ (*Paradoksy*, §11). Mamy więc tu do czynienia ze swoistym powiązaniem matematycznej nieskończoności aktualnej z pewnymi założeniami natury teologicznej.

W *Paradoksach nieskończoności* wspomina Bolzano także pewną szczególną własność wielości nieskończonych, o której mówi paradoks Proklosa-Galileusza. Pisze on w §20:

Dwie mnogości, obie nieskończone, mogą pozostawać względem siebie w takim stosunku, że z jednej strony każdy element należący do jednej z tych mnogości można złączyć w parę z jednym elementem drugiej, tak że żaden element którejkolwiek z nich nie pozostaje bez włączenia go w parę, jak również żaden nie powtarza się w dwu lub więcej parach; z drugiej jednak strony możliwe jest przy tym, że jedna z tych mnogości zawiera drugą jako pewną część jedynie [...].

W odróżnieniu od Proklosa czy Galileusza, którzy wyprowadzali stąd wniosek, iż nie istnieje nieskończoność aktualna, Bolzano zauważa, że nie można przenosić praw słusznych dla obiektów skończonych na twory nieskończone.

Także matematyk niemiecki Richard Dedekind (1831–1916) zdawał sobie sprawę z trudności związanych z paradoksem Proklosa-Galileusza. Nie odrzucał jednak w związku z tym

⁹ [...] eine Erkenntniskraft beilegen, die wahre Allwissenheit ist, also eine unendliche Menge von Wahrheiten, weil alle überhaupt, umfaßt.

pojęcia nieskończoności aktualnej, a przeciwnie – dostrzegł we własności, na której opiera się ten paradoks cechę charakterystyczną zbiorów nieskończonych, która odróżnia je od zbiorów skończonych. Otóż w pracy *Was sind und was sollen die Zahlen?* (1888) znajdujemy następującą definicję zbiorów nieskończonych:

64. *Wyjaśnienie.* System S nazywa się nieskończonym jeżeli jest podobny do pewnej swojej części właściwej; w przeciwnym przypadku S nazywa się systemem skończonym.

Wyjaśnijmy, że Dedekind używa terminu „system” w takim sensie, jak dziś używa się terminu „zbiór” i że dwa systemy są podobne jeśli istnieje odwzorowanie różnowartościowe (jednojednoznaczne) jednego na drugi. Co więcej, Dedekind formułuje twierdzenie głoszące, że istnieją systemy nieskończone i podaje jego „dowód”. Użyliśmy tu cudzysłowu, ponieważ jego rozumowanie nie może być uznane za rozumowanie spełniające kryteria dowodu matematycznego. Otóż rozumowanie Dedekinda jest w pewnym sensie podobne do rozumowania Bolzana. Tam jednak, gdzie Bolzano odwołuje się do Boga, Dedekind odwołuje się do umysłu ludzkiego głosząc, że przykładem zbioru nieskończonego jest jego świat myśli (*meine Gedankenwelt*).

W ten sposób dochodzimy do głównego bohatera historii nieskończoności w matematyce, a mianowicie do Georga Cantora (1845–1918). Był on twórcą teorii mnogości i pierwszym, który przełamawszy lęk przed antynomiami uznał, że nieskoń-

czoność aktualna może być przedmiotem badania matematycznego. Zagadnienie nieskończoności pojawiło się u Cantora przy okazji jego rozważań nad szeregami trygonometrycznymi, którym poświęcił rozprawę habilitacyjną. Doprowadziło go to do stworzenia całej nowej teorii matematycznej, a mianowicie teorii mnogości (czyli teorii zbiorów w sensie dystrybutywnym), która miała się okazać fundamentem dla całej matematyki. Używając pojęcia równoliczności zbiorów wprowadził Cantor liczby kardynalne (moce zbiorów), za pomocą zaś pojęcia podobieństwa porządków – liczby porządkowe. Najbardziej interesujące były oczywiście nieskończone takie liczby, w szczególności nieskończone liczby kardynalne. Udowodniwszy twierdzenie, że zbiór potęgowy dowolnego danego zbioru (czyli ogół wszystkich jego podzbiorów) ma zawsze moc większą niż ten zbiór, mógł wprowadzić nieskończoną hierarchię nieskończonych liczb kardynalnych, a zatem nieskończoną hierarchię coraz to większych nieskończoności. W ten sposób pojawiły się w jego teorii mnogości zbiory dużo większe niż te, które dotąd pojawiały się w sposób naturalny w rozważaniach matematyków. Warto przy tym podkreślić, że Cantor nie był logikiem, tylko „normalnym” matematykiem. Dodajmy też, że jego rozważania nad nieskończonością miały charakter nie tylko matematyczny, ale także filozoficzny, a nawet teologiczny.

Cantor rozróżniał różne rodzaje nieskończoności. Przede wszystkim przyjmował za Arystotelesem podział na nieskończoność potencjalną i aktualną. Tę pierwszą nazywał nieskończonością niewłaściwą – nie jest ona w istocie żadną nieskończonością,

a jedynie „nieokreśloną *zmienną* wielkością *skończoną*, która albo rośnie poza wszystkie skończone granice [...], albo staje się mniejszą niż każda granica skończona”¹⁰. Natomiast nieskończoność aktualna „z jednej strony jest *niezmienna*, we wszystkich swoich częściach stała i określona, [...] jest prawdziwą stałą, jednocześnie zaś przekracza każdą wielkość skończoną tego samego rodzaju”¹¹. Przy tym nieskończoność potencjalna, jeśli ma być ściśle matematycznie użyteczna, musi zakładać nieskończoność aktualną. Co więcej, nieskończoność aktualna jest niezbędną dla ugruntowania matematyki – choćby dla ugruntowania teorii liczb rzeczywistych, gdzie nie wystarczy nieskończoność potencjalna, dalej w algebrze, analizie, teorii liczb.

Na ten podział nakłada się u Cantora jeszcze drugi. Otóż rozróżnia on trzy rodzaje nieskończoności aktualnej: (1) nieskończoność absolutna (realizowana w Bogu), (2) nieskończoność pojawiająca się w świecie zależnym i stworzonym oraz (3) nieskończoność, która może być pojmowana przez myśl *in abstracto* jako wielkość matematyczna. Przy tym nieskończoność absolutna jest niepowiększalna, pozostałe zaś dwa rodzaje nieskończoności są powiększalne. W przypadku nieskończoności jako wielkości matematycznej Cantor mówi o pozaskończoności (*Transfinitum*), a nie o nieskończoności i przeciwstawia ją Absolutowi.

¹⁰ G. Cantor, *Mitteilungen zum Lehre vom Transfiniten*, „Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik” 1887–1888, 91, s. 81–125 oraz 92, s. 240–265.

¹¹ Tamże.

Warto podkreślić, że Cantor przyjmując istnienie nieskończoności aktualnej, zdecydowanie odrzucał wielkości nieskończone małe nazywając je „wielkościami papierowymi”. Zdecydowanie przeciwstawiał się wprowadzaniu ich do matematyki – mówił tu o „infinitarnym bakcyli cholery w matematyce”¹².

Wspomnieliśmy wyżej, że rozważania Cantora nad nieskończonością miały charakter także filozoficzny i teologiczny. Z jednej strony szukał w metafizyce i teologii uzasadnienia dla swojej teorii mnogości – uważał, że teoria mnogości należy do metafizyki i tam też należy szukać jej podstaw, gdyż metafizyce przypada zadanie ugruntowania zasad matematyki i nauk przyrodniczych. Podejmował więc próby udowodnienia istnienia pozaskończoności w oparciu o Absolut. Wierzył przy tym, że nie ujmuje ona nic naturze Boga, przeciwnie – dodaje jej blasku, bowiem realne istnienie pozaskończoności odbija nieskończoną naturę Bożej egzystencji. Cantor zbudował dwa dowody, w których stara się wykazać istnienie liczb pozaskończonych *in concreto*. W pierwszym z nich, w dowodzie *a priori*, głosi, że z pojęcia Boga wyprowadzić można bezpośrednio w oparciu o doskonałość Jego natury możliwość i konieczność stworzenia pozaskończoności¹³. W drugim, w dowodzie *a posteriori*, twierdził,

¹² H. Meschkowski, *Aus den Briefbüchern Georg Cantors*, „Archive for History of Exact Sciences” 1962–1966, 2, s. 505.

¹³ Dowód ten został skrytykowany przez kardynała Franzelina, który w liście do Cantora podkreślał, że nie można wyprowadzać konieczności stworzenia pozaskończoności z możliwości jej stworzenia, gdyż ogranicza to w pewien sposób wolność Boga, a w konsekwencji ujmuje coś jego doskonałości.

że skoro niemożliwe jest pełne i całkowite wyjaśnienie zjawisk naturalnych bez założenia istnienia pozaskończoności *in natura naturata*, więc pozaskończoność ta istnieje.

Cantor był przekonany, że stworzona przezeń teoria mnogości ma duże znaczenie dla metafizyki i teologii. Może w szczególności pomóc w zwalczaniu rozmaitych błędów pojawiających się w niej, na przykład błędu panteizmu. W liście do dominikanina Thomasa Essera pisał: „Dzięki moim pracom filozofia chrześcijańska dysponuje po raz pierwszy w historii prawdziwą teorią nieskończoności”¹⁴.

Wspomnieć tu trzeba o zainteresowaniu teorią mnogości Cantora ze strony filozofów i teologów katolickich – kontrastowało to z ignorowaniem jej i samego Cantora przez środowisko matematyków (wyjątkiem był tu Dedekind). Prace Cantora były studiowane i komentowane przez neoscholastyków: wymienić tu trzeba C. Gutberleta, profesora filozofii, apologetyki i dogmatyki w Fuldzie, T. Pescha i J. Hontheima, benedyktynów z opactwa Maria-Laach w Nadrenii, włoskiego teologa I. Jeilera, jezuitę i późniejszego kardynała J. Franzelina czy dominikanina Th. Essera. Cantor wsłuchiwał się w ich opinie i bardzo mu zależało na tym, by być w zgodzie z oficjalną doktryną katolicką. W pewnym momencie wysunięto zarzut, że teoria Cantora może popełniać błąd panteizmu (potępionego dekretem Piusa IX z roku 1861) – Cantor wierzył bowiem, że pozaskończoność

¹⁴ Por. J.W. Dauben, *Georg Cantor: His Mathematics and Philosophy of Infinite*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.–London 1979, s. 147.

istnieje *in natura naturata*, a każda próba skorelowania Bożej nieskończoności z konkretną nieskończonością czasową sugerowała panteizm, a zatem mogła prowadzić do identyfikowania nieskończoności aktualnej *in concreto*, *in natura naturata* z Bożą nieskończonością, *in natura naturans*. Aby uspokoić Franzelina Cantor dodał do rozróżnienia między nieskończonością *in natura naturans* i *in natura naturata* dodatkowe rozróżnienie między *Infinitum aeternum increatum sive Absolutum* (zarezerwowane dla Boga i Jego atrybutów) i *Infinitum creatum sive Transfinitum* (egzemplifikowane na przykład w aktualnie nieskończonej liczbie obiektów w uniwersum). Wyjaśnienia te zadowolili Franzelina i udzielił on dziełom Cantora pewnego rodzaju *imprimatum*¹⁵.

Reakcja matematyków na koncepcje Cantora była – jak powiedzieliśmy wyżej – raczej powściągliwa. Jego główny oponent Leopold Kronecker (1823–1891) był zdecydowanie przeciwny wprowadzaniu do matematyki tak „rozbuchanej” nieskończoności. Proponował, by matematykę sprowadzić do liczb naturalnych, gdyż „Liczby całkowite stworzył Pan Bóg, wszystko inne jest dziełem ludzkim”¹⁶ – jak to sformułował na jednym z zebrań naukowych w Berlinie w roku 1886. To prowadziło w szczególności do postulatu głoszącego, że

¹⁵ Więcej na temat kontaktów Cantora z teologami i filozofami katolickimi zob. na przykład w R. Murawski, *G. Cantora filozofia teorii mnogości*, „Studia Filozoficzne” 1984, 11–12 (9228–229), s. 75–88.

¹⁶ Die ganzen Zahlen hat der liebe Gott gemacht, alles andere ist Menschenwerk.

w matematyce należy stosować jedynie dowody konstruktywne dla tez egzystencjalnych – a przecież teoria mnogości wraz z niekonstruktywnym i nieefektywnym aksjomatem wyboru pozwala na tworzenie dowodów niekonstruktywnych. Zwolennikiem konstruktywizmu był też Henri Poincaré (1854–1912), który odrzucał w związku z tym nieskończoność aktualną w matematyce zadowalając się jedynie nieskończonością potencjalną. Skoro bowiem przedmioty matematyki są tworzone przez umysł poznający, to nie może istnieć nieskończoność aktualna, gdyż umysł nie jest w stanie skonstruować aktualnie nieskończenie wielu obiektów. W *Dernières pensées* pisał: „Nigdy nie [należy] tracić z oczu tego, że wypowiedź o nieskończoności musi być tłumaczeniem, skróconym sformułowaniem wypowiedzi o skończoności”.

W podobnym kierunku szły też tezy twórcy intuicjonizmu Luitzena Egbertusa Jana Brouwera (1881–1966). Przyjąwszy ontologiczną tezę konceptualizmu, zgodnie z którą matematyka jest wolną życiową aktywnością umysłu, a przedmioty matematyki są konstruowane przez umysł, odrzucał zdecydowanie nieskończoność aktualną. Zbiór nieskończony można więc rozumieć jedynie jako prawo czy regułę tworzenia wciąż nowych jego elementów. Taki zbiór będzie jednak zawsze co najwyżej przeliczalny. Zatem w matematyce można mówić jedynie o przeliczalnej nieskończoności potencjalnej. To wraz z żądaniem dowodów konstruktywnych tez egzystencjalnych zmieniło, dokładniej zubożyło zdecydowanie matematykę i wymuszało jej przebudowę.

Jeszcze dalej poszli tzw. ultraintuicjoniści chcący oprzeć matematykę na *aktualnych* możliwościach poznawczych człowieka. Według nich liczby skończone takie, jak na przykład $10^{10^{10}}$ winny być traktowane podobnie jak (nieosiągalna) nieskończoność, skoro wszystkich atomów we wszechświecie jest nie więcej niż 10^{80} . Podejście takie jeszcze bardziej zatem zubaża matematykę – choć w zamian zwiększa efektywność i konstruktywność jej tez.

Wszystkie te tezy należy widzieć w kontekście antynomii, które pojawiły się w teorii mnogości. Ich źródłem było nieprecyzyjne, intuicyjne tylko, pojęcie zbioru, którym operowano od Cantora. Próbowano zatem zaradzić sprzecznościom poprzez ograniczenie świata obiektów matematycznych do bardziej konkretnych, konstruowalnych, bliższych dzięki intuicji. Ceną, jaką trzeba było za to płacić, było ograniczenie i zubożenie matematyki.

Wszelkim takim próbom ograniczenia matematyki przez „wyrzucenie” z niej sprawiającej kłopoty nieskończoności zdecydowanie przeciwstawił się David Hilbert (1862–1943). Pisał:

To, co proponują Weyl i Brouwer, to nic innego, jak pójście w ślady Kroneckera! Próbują oni uratować matematykę poprzez wyrzucenie z niej wszystkiego, co sprawia kłopot [...]. Jeśli zgodzimy się na proponowane przez nich reformy, to ryzykujemy utratę wielkiej części naszych najbardziej wartościowych skarbów¹⁷.

¹⁷ Por. C. Reid, *Hilbert*, Springer Verlag, Berlin–Heidelberg–New York 1970, s. 155.

Jako matematyk uważał, że:

Z raju, który stworzył nam Cantor, nikt nie powinien móc nas wypędzić¹⁸.

Wedle Hilberta należało pokazać, że pojęcie nieskończoności aktualnej, tak potrzebne i wzbogacające matematykę, jest bezpieczne. Zaproponował więc program ugruntowania matematyki klasycznej operującej nieskończonością aktualną. Program ten miał wyraźnie Kantowski charakter. Hilbert przyjął, że zdania o nieskończoności nic nie znaczą same w sobie, nie mają żadnej wartości logicznej (czyli nie są ani prawdziwe, ani fałszywe), nie mogą też być używane w żadnych autentycznych sądach. Nieskończoność jest wedle Hilberta ideą czystego rozumu w sensie Kanta, tzn. jest pojęciem wewnątrznie niesprzecznym, które nie ma swej realizacji w świecie rzeczywistym, gdyż przekracza wszelkie doświadczenie. Jest jednak pojęciem niezbędnym w matematyce, bo uzupełnia to, co konkretne.

Hilbert widział zresztą cały problem w szerszej perspektywie, nie tylko z punktu widzenia matematyki. Pisał w pracy *Über das Unendliche*:

[...] ostateczne wyjaśnienie *istoty nieskończoności* stało się konieczne nie tylko w ramach specjalnych fachowych zaintereso-

¹⁸ Aus dem Paradies, das Cantor uns geschaffen hat, soll uns niemand vertreiben können; D. Hilbert, *Über das Unendliche*, „Mathematische Annalen” 1926, 95, s. 170.

wań naukowych, ale konieczne jest dla *uczczenia samego umysłu ludzkiego*¹⁹.

Program Hilberta ugruntowania matematyki klasycznej operującej nieskończonością aktualną przewidywał rozróżnienie matematyki finitystycznej i matematyki infinitystycznej. Ta pierwsza jest bezpieczna i ma solidne podstawy, ponieważ traktuje o obiektach, które są jasno i bezpośrednio dane, ta druga wymaga nowych podstaw. W tej pierwszej mamy do czynienia ze zdaniami realnymi, które są w pełni sensowne, gdyż odwołują się do obiektów konkretnych. Ta druga zawiera zdania idealne odwołujące się do obiektów nieskończonych. Hilbert był przekonany, że obiekty i metody infinitystyczne odgrywają w matematyce rolę pomocniczą, są narzędziem pozwalającym rozszerzać i rozwijać system prawd realnych. Dzięki nim możemy w szczególności budować łatwiejsze, krótsze i bardziej eleganckie dowody. Uważał przy tym, że niesprzeczność jest wystarczającym warunkiem istnienia.

Matematykę infinitystyczną należało zatem ugruntować i usprawiedliwić za pomocą narzędzi finitystycznych, wykorzystując narzędzia stworzonej przez niego teorii dowodu. W tym celu należało całą matematykę klasyczną zrekonstruować jako duży, szczegółowo opisany system sformalizowany, a następnie,

¹⁹ [...] die endgültige Aufklärung über das *Wesen des Unendlichen* weit über den Bereich spezieller fachwissenschaftlicher Interessen vielmehr zur *Ehre des menschlichen Verstandes* selbst notwendig geworden ist; tamże, s. 163

abstrahując od treści aksjomatów i reguł dowodzenia, a biorąc pod uwagę jedynie kształt napisów – a więc obiektów konkretnych i skończonych – wykazać, że taki system jest niesprzeczny. W ten sposób kontrowersyjne pojęcie nieskończoności aktualnej zostanie dobrze ugruntowane i usprawiedliwione.

Początkowo Hilbert i jego uczniowie uzyskiwali sukcesy w realizacji tego programu. Niestety wyniki Kurta Gödla (1906–1978), tzn. jego twierdzenia o niezupełności, pokazały, że programowi Hilberta nie da się zrealizować w jego oryginalnej postaci. Nie można bowiem za pomocą słabych (w tym wypadku skończonych, finitystycznych) środków wykazać niesprzeczności, a więc ugruntować matematyki operującej nieskończonością aktualną. Tak więc redukcjonistyczny pomysł Hilberta nie może być przeprowadzony. Dalsze badania pokazały jednak, że można go zrealizować częściowo, tzn. spore fragmenty matematyki klasycznej, więcej nawet, fragmenty – z punktu widzenia „normalnej”, nieskażonej dociekaniem logicznymi matematyki – zadowolająco duże, mogą zostać finitystycznie ugruntowane.

* * *

Przedstawiliśmy zarys rozwoju pojęcia nieskończoności w matematyce i zmagania z nim matematyków. Jaka jest dziś sytuacja? Do czego doprowadziły te wysiłki? Czy udało się „ujarzmzić” nieskończoność?

Nieskończoność jest w matematyce klasycznej zadomowiona, trudno wyobrazić sobie matematykę bez nieskończono-

ści aktualnej, której wymaga już choćby definicja/konstrukcja tak fundamentalnego pojęcia, jak pojęcie liczby rzeczywistej. Oczywiście są kierunki, które kosztem ograniczenia i zubożenia matematyki rezygnują z nieskończoności aktualnej i zadowolają się (co najwyżej) nieskończonością potencjalną. Stanowią one jednak margines głównego nurtu matematyki. Z drugiej strony nie ma zadowolającej wszystkich zainteresowanych filozoficznej koncepcji nieskończoności w matematyce, niemożliwe zdaje się pełne wyjaśnienie i zrozumienie natury nieskończoności na gruncie filozofii matematyki. Nie przeszkadza to jednak w korzystaniu z niej i odwoływaniu się do niej przez matematyków. Na czym zatem opierają się oni? Otóż podstawą jest tu aksjomatyczna teoria mnogości. Wobec antynomii, na które uwagę zwrócił już Cantor i które starał się eliminować, próbowano ugruntować teorię zbiorów za pomocą metody aksjomatycznej. Pierwszy system aksjomatów zaproponował w roku 1908 Ernst Zermelo (1871–1953), rozbudowano go później przez dołączenie kilku dodatkowych aksjomatów (Abraham Fraenkel, Thoralf Skolem). Dziś system ten jest najszerzej akceptowany i używany – nazywa się go systemem Zermela-Fraenkla i oznacza jako ZF lub ZFC, gdy łączy się doń aksjomat wyboru. Można więc powiedzieć, że system ZF(C) jest w tej chwili standardową matematyczną teorią nieskończoności.

Sytuacja nie jest jednak tak prosta, gdyż obok ZF istnieją też inne, równie uprawnione i uzasadnione systemy aksjomatyczne teorii mnogości, czyli inne aksjomatyczne ujęcia nieskończoności. Mamy zatem w szczególności systemy

von Neumanna-Göidla-Bernaysa i Kelley'a-Morse'a, w których odróżnia się klasy i zbiory, system Ackermanna, system semizbiorów Vopěnki, w którym rozróżnia się klasy, zbiory i tzw. semizbiory, czyli podklasy zbiorów niebędące zbiorami, tzw. alternatywną teorię mnogości Vopěnki, podobną do teorii semizbiorów, ale mającą wiele wspólnego z analizą niestandardową Robinsona i z ideami ultraintuicjonistów, systemy oparte na teorii typów, systemy Quine'a, które próbują łączyć Russella idee typizacji wyrażań i Zermela idee ograniczania rozmiaru. Każdy z tych systemów ma swoje zalety i wady. Dla przykładu: alternatywna teoria mnogości pozwala inaczej – w duchu Leibniza – ugruntować rachunek różniczkowy i całkowity, w niektórych przypadkach pozwala rozwiązać problemy otwarte²⁰, systemy Quine'a odwołują się do typów, co jest dla matematyka czymś obcym, ale za to jest ostatnio używane w programowaniu.

Wszystkie te systemy są – zgodnie z twierdzeniami Gödla o niezupełności – niezupełne, tzn. istnieją w nich zdania nierozstrzygalne oraz nie mamy i nigdy mieć nie będziemy absolutnych dowodów ich niesprzeczności. Zatem niemożliwe wydaje się pełne zrozumienie natury nieskończoności za pomocą narzędzi matematycznych. Nie wiemy też, czy systemy teorii mnogości są bezpieczne (z logicznego punktu widzenia). Zatem praktyczne przekonanie o ich niesprzeczności bazować musi na tym, że dotąd żadnej niesprzeczności w nich nie znaleziono, a jeśli

²⁰ Więcej na temat alternatywnej teorii mnogości i jej filozofii – por. Vopěnka (1983) oraz Murawski (2002), 138–141.

znaleziono, to potrafią ją wyeliminować. Pozostaje więc tylko wiara w niesprzeczność, a niesprzeczność to przecież podstawowa cecha i fundamentalny wymóg w stosunku do każdej teorii.

Znamy konkretne zdania nierozstrzygalne na przykład dla systemu Zermela-Fraenkla – są nimi w szczególności aksjomat wyboru i (uogólniona) hipoteza kontinuum. Można więc mówić o teorii ZF z/bez aksjomatu wyboru i z/bez hipotezy kontinuum. Wszystkie te wersje są w sobie niesprzeczne, choć wzajemnie sprzeczne. Są zatem dobrymi teoriami nieskończoności, ale różnymi i niezgodnymi z sobą. A zatem możliwych jest wiele różnych teorii nieskończoności. Którą z nich wybrać w matematyce? Jakie własności przypisać nieskończoności? Jaki jest więc świat matematyki?

Przy okazji badań nad hipotezą kontinuum pojawiła się (już u Gödla) idea wzbogacenia aksjomatów teorii mnogości o nowe aksjomaty nieskończoności postulujące istnienie dużych liczb kardynalnych, a zatem dużych nieskończoności. Mamy zatem aksjomaty postulujące istnienie liczb kardynalnych nieosiągalnych, liczb Mahlo, liczb mierzalnych, zwartych, superzwartych itd. Należy jednak zapytać, na jakiej podstawie możemy przyjmować takie duże nieskończoności i czy pomogą one rozstrzygnąć hipotezę kontinuum dotyczącą zresztą dwóch nieskończoności najniższej stojących w hierarchii. Gödel sugerował, że należy odwołać się do intuicji matematycznej – nie sprecyzował jednak, czym ona w istocie jest. Inni, na przykład A. Kanamori i M. Magidor mówią o zasadach „teologicznych” czy racjach czysto formalnych. Jeśli chodzi o drugą kwestię, to żaden

z rozważanych dotąd aksjomatów dużych nieskończoności nie pozwolił rozstrzygnąć hipotezy kontinuum, z którą zmagał się przecież już sam Cantor.

Dzięki teorii mnogości (niezależnie od tego, że możliwe są różne jej ujęcia) matematyka dysponuje matematycznym, niezależnym od filozofii pojęciem nieskończoności, które można badać metodami matematycznymi, a więc ściśle; wiemy dokładnie, co wiemy i czego nie wiemy o nieskończoności (aktualnej) i co zależy oraz jak zależy od nieskończoności. Nieskończoność przestała więc być pojęciem „podejrzany”, ma swoje stabilne miejsce w matematyce, a matematyka – wymagająca nieskończoności aktualnej – uzyskała bazę i podstawy – choć niejednoznaczne. Teoria mnogości jako teoria nieskończoności stała się bazą, podstawą i światem matematyki.

Nieskończoność jest w matematyce niezbędna – słusznie więc matematycy, w szczególności Hilbert, jej bronili. Co więcej, nieskończoność jest potrzebna także w tych częściach matematyki, które traktują o obiektach skończonych, na przykład w teorii liczb zajmującej się własnościami liczb naturalnych 0, 1, 2, 3, ... Pokazują to wyraźnie wyniki Parisa-Kirby’ego-Harringtona podające przykłady prawdziwych własności liczb naturalnych, których nie można wykazać w systemie aksjomatycznym arytmetyki, a które można udowodnić używając pewnych środków teorii mnogości, czyli dopuszczając pewną formę nieskończoności. Innymi słowy: co najmniej pierwszy stopień pozaskończoności w teorii mnogości Cantora jest konieczny dla matematyki (dokładniej: kombinatoryki) skończonej.

Dodajmy jeszcze, że w teorii mnogości definiuje się zazwyczaj skończoność poprzez nieskończoność, tzn. powiada się, że zbiór jest skończony, jeśli nie jest nieskończony. Okazuje się, że można też próbować definiować skończoność wprost, ale wtedy możliwe są różne definicje, które są równoważne jedynie przy założeniu aksjomatu wyboru, który sam jest kontrowersyjny oraz niesprzeczny i niezależny od ogólnie akceptowanego korpusu aksjomatów teorii mnogości.

Dalej więc chyba aktualne są słowa Hilberta z jego pracy *Über das Unendliche*:

Nieskończoność, tak jak żadne inne pytanie, od dawna bardzo głęboko poruszała *umysł* ludzki; nieskończoność, jak żadna inna *idea*, oddziaływała tak pobudzająco i owocnie na umysł; nieskończoność jednakże, jak żadne inne pojęcie, wymaga *wyjaśnienia*²¹.

Wobec zaś braku definitywnych rozstrzygnięć wielu kwestii dotyczących nieskończoności, pozostaje podzielić opinię Paula J. Cohena, który w pracy *The Discovery of Forcing* powiada:

Jedyną rzeczywistością, którą naprawdę pojmujemy jest rzeczywistość naszego doświadczenia. Mamy jednak cudowną zdolność

²¹ Das Unendliche hat wie keine andere Frage von jeher so tief das Gemüt der Menschen bewegt; das Unendliche hat wie kaum eine andere *Idee* auf den Verstand so anregend und fruchtbar gewirkt; das Unendliche ist aber auch wie kein anderer *Begriff* so der *Aufklärung* bedürftig; D. Hilbert, *Über das Unendliche*, dz. cyt., s. 163.

do ekstrapolacji. Prawa nieskończoności są ekstrapolacjami naszego doświadczenia ze skończonością. Jeśli jest coś nieskończonego, to być może to właśnie dzięki cudownej intuicji, którą posiadamy, jesteśmy w stanie wyczuć, które aksjomaty będą prowadzić do niesprzecznego i pięknego systemu, takiego jak nasza współczesna teoria mnogości²².

I dodaje:

Dla mnie to [właśnie] estetyka może pełnić bardzo dobrze rolę ostatecznego arbitra. Zgadzam się z Hilbertem, że Cantor stworzył dla nas raj. Myślę, że dla Hilberta był to raj, gdyż sprawiał, że matematyka, którą kochał, znajduje się poza wszelką krytyką, dawał jej podstawę, która wytrzymywała wszelką krytykę. Dla mnie jest to raczej raj pięknych wyników, które w ostateczności dotyczą tylko skończoności, ale żyją w nieskończoności naszych umysłów²³.

²² The only reality we truly comprehend is that of our own experience. But we have a wonderful ability to extrapolate. The laws of the infinite are extrapolations of our experience with the finite. If there is something infinite, perhaps it is the wonderful intuition we have which allow us to sense what axioms will lead to a consistent and beautiful system as our contemporary set theory; P.J. Cohen, *The discovery of forcing*, „Rocky Mountain Journal of Mathematics” 2002, 32, s. 1099

²³ For me, it is the aesthetics which may very well be the final arbiter. I agree with Hilbert that Cantor created a paradise for us. For Hilbert, I think it was a paradise because it put the mathematics he loved beyond all criticism, gave it a foundation that would withstand all criticism. For me, it is rather a paradise of beautiful results, in the end only dealing with the finite but living in the infinity of our own minds; tamże, s. 1100

Bibliografia

- Arystoteles, *Fizyka*, tłum. K. Leśniak, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1968.
- Bedurftig Th., Murawski R., *Philosophie der Mathematik*, Walter de Gruyter, Berlin/New York 2010; wydanie drugie rozszerzone: Walter de Gruyter, Berlin/Boston 2012.
- Bolzano B., *Paradoxien des Unendlichen*. Herausgegeben aus dem schriftlichen Nachlasse des Verfassers von Dr. Fr. Přihonsky, bei C.H. Reclam Sen., Leipzig 1850, przekład polski: *Paradoksy nieskończoności*, tłum. Ł. Pakalska, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1966.
- Cantor G., *Mitteilungen zum Lehre vom Transfiniten*, „Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik” 1887–1888, 91, s. 81–125 oraz 92, s. 240–265. Przedruk [w:] G. Cantor, *Gesammelte Abhandlungen mathematischen und philosophischen Inhalts*, red. E. Zermelo, Verlag von Julius Springer, Berlin 1932 (reprint: Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York 1980), s. 378–439. Przekład polski fragmentów: *O pozaskończoności*, [w:] R. Murawski, *Filozofia matematyki. Antologia tekstów klasycznych*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 1986, s. 160–171.
- Cohen P.J., *The discovery of forcing*, „Rocky Mountain Journal of Mathematics” 2002, 32, s. 1071–1100.
- Dauben J.W., *Georg Cantor. His Mathematics and Philosophy of Infinite*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.–London 1979.
- Dedekind R., *Was sind und was sollen die Zahlen?*, Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig 1888. Przekład polski fragmentów: *O zbiorach nieskończonych*, [w:] R. Murawski, *Filozofia matematyki. Antologia tekstów klasycznych*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 1986, s. 155.

- Euklides, *Euklidesa początków geometryi ksiąg ósmioro, to iest sześć pierwszych, jedenasta i dwunasta z dodanemi przypisami dla pożytku młodzi akademickiey* wytłumaczone przez Józefa Czecha, nakładem i drukiem Józefa Zawadzkiego, typografa Imperatorskiego Wileńskiego Uniwersytetu, Wilno 1807.
- Euklides, *Euclidis Elementa*, post I.L. Heiberg, edidit E.S. Stamatitis, Bibliotheca Scriptorum Graecorum et Romanorum Teubneriana, BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1969.
- Galileo Galilei, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali*, Leyden 1638.
- Hilbert D., *Über das Unendliche*, „Mathematische Annalen” 1926, 95, s. 161–190. Przekład polski: *O nieskończoności*, [w:] R. Murawski, *Filozofia matematyki. Antologia tekstów klasycznych*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 1986, s. 288–307.
- Leibniz G.W., *Nouveaux essais sur l’entendement humain*, 1704. Przekład polski: *Nowe rozważania dotyczące rozumu ludzkiego*, tłum. I. Dąbska, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1955. Przedruk fragmentów: *O nieskończoności*, [w:] R. Murawski, *Filozofia matematyki. Antologia tekstów klasycznych*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 1986, s. 98–101.
- Meschkowski H., *Aus den Briefbüchern Georg Cantors*, „Archive for History of Exact Sciences” 1962–1966, 2, s. 503–519.
- Mikołaj z Kuzy, *De docta ignorantia*, 1440. Reprint [w:] Mikołaj z Kuzy, *Nicolae Cusae Cardinalis Opera*, Paris 1514, oraz Nikolaus von Kues, *Philosophisch-Theologische Schriften, Lateinisch-Deutsch*, (ed.) L. Gabriel, Herder Verlag, Wien 1964–1967, vol. I–III. Przekład polski: *O oświeconej niewiedzy*, tłum. I. Kania, Wydawnictwo ZNAK, Kraków 1997.
- Mikołaj z Kuzy, *De mathematica perfectione*, 1488. Reprint [w:] Mikołaj z Kuzy, *Nicolae Cusae Cardinalis Opera*, Paris 1514,

- oraz Nikolaus von Kues, *Philosophisch-Theologische Schriften, Lateinisch-Deutsch*, (ed.) L. Gabriel, Herder Verlag, Wien 1964–1967, vol. I–III.
- Mikołaj z Kuzy, *Liber de mente*, 1448. Reprint [w:] Mikołaj z Kuzy, *Nicolae Cusae Cardinalis Opera*, Paris 1514, oraz Nikolaus von Kues, *Philosophisch-Theologische Schriften, Lateinisch-Deutsch*, (ed.) L. Gabriel, Herder Verlag, Wien 1964–1967, vol. I–III.
- Mikołaj z Kuzy, *Nicolae Cusae Cardinalis Opera*, Paris 1514.
- Murawski R., *G. Cantora filozofia teorii mnogości*, „Studia Filozoficzne” 1984, 11–12 (9228–229), s. 75–88. Przekład angielski: *Cantor’s Philosophy of Set Theory*, [w:] R. Murawski, *Essays in the Philosophy and History of Logic and Mathematics*, Editions Rodopi, Amsterdam–New York, NY 2010, s. 15–28.
- Murawski R., *Filozofia matematyki. Antologia tekstów klasycznych*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 1986; wydanie drugie: Poznań 1994; wydanie trzecie: Poznań 2003.
- Murawski R., *Filozofia matematyki. Zarys dziejów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995; wydanie drugie: Warszawa 2001; wydanie piąte: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 2013.
- Murawski R., *Współczesna filozofia matematyki. Wybór tekstów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
- Nikolaus von Kues, *Philosophisch-Theologische Schriften, Lateinisch-Deutsch*, (ed.) L. Gabriel, Herder Verlag, Wien 1964–1967, vol. I–III.
- Pascal B., *Pensées sur la religion et autres sujets*, Paris 1659. Przekład polski: *Myśli*, tłum. T. Żeleński (Boy), Instytut Wydawniczy PAX, Warszawa 1972.
- Poincaré H., *Dernières pensées*, Ernst Flammarion, Éditeur, Paris 1920. Przekład polski fragmentów: *Logika nieskończoności*, [w:] R. Murawski, *Filozofia matematyki. Antologia tekstów*

klasycznych, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 1986, s. 252–261.

Proklos Diadochus, *Kommentar zum ersten Buch von Euklids „Elementen“*, Halle (Saale) 1945. Oryginał grecki w: *Procli Diadochi in Primum Elementorum Librum Commentarii*, ed. G. Friedlein, B.G. Teubner, Leipzig 1873; reprint: G. Olms, Hildesheim 1967. Przekład polski fragmentów: *Z Komentarza do „Elementów” Euklidesa*, [w:] R. Murawski, *Filozofia matematyki. Antologia tekstów klasycznych*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 1986, s. 51–58.

Reid C., *Hilbert*, Springer Verlag, Berlin–Heidelberg–New York 1970.

W poszukiwaniu korzeni języka naturalnego – intencjonalna komunikacja u naczelnych różnych od człowieka

Łukasz Kwiatek

Uniwersytet Papieski Jana Pawła II
Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych

Searching for the roots of natural language: intentional communication among non-human primates

Summary

Where should we seek the roots of natural language? Common sense suggests that human language should have somehow evolved from primitive vocal communication, which is also, to some extent, present among other animals, especially since primary humans mean of communication is speech. Some biological and psychological evidences, however, both from observation and experiments, indicate that for the missing evolutionary link between human language and animal (apes) communication one should take chimpanzee gestural communication, the only undoubtedly intentional non-human mean of communication.

In this paper, I present the evidences for the aforementioned theory and draw some conclusions regarding the issue of two “sources” of language – biological and cultural evolution.

Keywords

Michael Tomasello, Michael Arbib, language, communication, intentionality, mirror neurons, vocalizations, gestures, cultural evolution, biological evolution

Gdzie należy szukać ewolucyjnych korzeni ludzkiego języka? Noam Chomsky, którego formalna wizja języka zdobyła olbrzymie grono zwolenników i na wiele lat stała się najpopularniejszym nurtem w językoznawstwie, długo twierdził, że język nie ma niczego wspólnego z różnymi formami komunikacji obecnymi u innych gatunków zwierząt¹. Inni uczeni z kolei przekonywali, że istnieje komunikacyjne kontinuum odzwierciedlające spójną historię ewolucyjną: z językiem naturalnym na końcu skali, poprzedzonym różnymi formami zwierzęcej komunikacji. W całym sporze można stać na uboczu, jak Derek Bickerton, który ogłosił, że dychotomia „język jako zupełnie nowy twór ewolucji” *versus* „język jako ewolucyjne rozwinięcie zwierzęcej komunikacji” jest mylna. Zdaniem Bickertona nasi przodkowie zaczęli posługiwać się językiem, przełamując ogranicze-

¹ Z czasem Chomsky zmienił poglądy. W 2002 r. opublikował w „Science”, razem z Markiem Hauserem i Tecumsehem Fitchem, artykuł *The faculty of language: What is it, who has it, and how did it evolve?*, w którym zaprezentował nową wizję języka: wszystkie aspekty języka, poza najważniejszym – rekursją – mają swoje źródło w formach komunikacji obecnych u zwierząt.

nia sygnalizacji obecnej u różnych gatunków zwierząt, ale ta sama z siebie nie układa się w żadne kontinuum – różne zwierzęce systemy komunikacyjne wyewoluowały osobno dla rozwiązania obecnych u tych gatunków problemów adaptacyjnych².

U podłoża zarysowanego sporu leżały m.in. różnice w poglądach filozoficznych. W przypadku zwolenników teorii języka jako nowatorskiego tworu ewolucji odżywał kartezjański dualizm (komunikacja zwierzęca – ludzki język); zaś w gronie akceptujących teorię „komunikacyjnego kontinuum” na nowo narodziła się stara, sięgająca Platona wizja Wielkiego Łańcucha Bytu, zgodnie z którą wszelkie istoty tworzą pewną „kosmiczną” hierarchię (w „nowym” wydaniu hierarchię tworzą systemy komunikacji)³.

Zgadzam się z Bickertonem, że zarysowana dychotomia niesie mylne implikacje. W niniejszym tekście spróbuję uzasadnić tezę, że w pewnych aspektach komunikacji obecnej u gatunków naczelnych różnych od człowieka, można szukać korzeni języka naturalnego, jednak znalezienie tych korzeni nie musi przemawiać za koncepcją „komunikacyjnego kontinuum”, bowiem, po pierwsze, różne zwierzęce systemy komunikacyjne (*animal communication systems*, w skrócie ACS) ewoluowały

² Zob. D. Bickerton, *Adam's Tongue. How Humans Made Language, How Language Made Humans*, Hill and Wang, New York 2010, s. 3–15.

³ Zob. S. Savage-Rumbaugh, S. Shanker, T. Taylor, *Apes, Language and the Human Mind*, Oxford University Press, Oxford–New York 1998 (rozdział „Philosophical Preconceptions”).

niezależnie od innych systemów komunikacyjnych, a po drugie – ludzki język, choć oparty na rozwiniętych w procesie ewolucji biologicznych mechanizmach, w dużym stopniu jest również tworem kulturowym.

1. Komunikacja w świecie zwierząt

Komunikacja, najogólniej rozumiana jako przekaz informacji od nadawcy do odbiorcy, jest w królestwie zwierząt zjawiskiem powszechnym – jej odmianą są chociażby tańce godowe, śpiewy i inne odgłosy, zmiany ubarwienia, przybierane pozy czy nawet wydzielane feromony. Zwierzęca komunikacja ma jednak, w porównaniu z językiem naturalnym, którym posługują się ludzie, liczne ograniczenia.

Po pierwsze, zwierzęce komunikaty składają się z wyłącznie *sygnałów* – znaków o całkowicie zdeterminowanym znaczeniu, w przeciwieństwie do dwóch innych rodzajów najczęściej wymienianych przez semiotyków: całkowicie konwencjonalnych *symboli*, z jakich składa się język naturalny, oraz częściowo konwencjonalnych *ikon*, czyli znaków, których forma przypomina znaczenie (taki charakter mają np. onomatopeje oraz elementy pisma ideograficznego). Sygnały pozwalają na komunikację ze wszystkimi członkami danego gatunku – ponieważ umiejętność korzystania z nich znajduje się w genetycznym wyposażeniu organizmu – ale nie umożliwiają komunikowanie nowych, „literackich” treści.

Zdaniem Marca Hausera⁴, autora klasycznego już dzieła *The Evolution of Communication*, repertuar wszystkich ACS nie zawiera komunikatów odnoszących się do sytuacji innych niż przetrwanie osobnicze, reprodukcja, czy też komunikatów regulujących zachowania społeczne. Komunikaty te dotyczą również wyłącznie sytuacji obecnej (a nie przyszłości lub przeszłości). Jak podsumowuje Derek Bickerton,

Żaden z ACS nie może być wykorzystywany do rozmawiania o pogodzie, krajobrazie, ostatnich czynnościach twojego sąsiada, tym bardziej do omawiania planów na przyszłość czy wspomniania przeszłości⁵.

Z perspektywy najbardziej ogólnej definicji komunikacji nie ma znaczenia to, czy nadawca komunikatu posiada jakąkolwiek wiedzę na temat odbiorcy i jego potencjalnych stanów mentalnych, nie musi również aktu komunikacyjnego wykonywać celowo – może nim być bezwarunkowa reakcja na jakiś bodziec. Jak wyjaśnia Michael Tomasello:

Dla biologów komunikacja obejmuje wszelkie fizyczne i behawioralne cechy, które mają wpływ na zachowanie innych – od

⁴ W 2011 roku Hauser zrezygnował z pracy na Uniwersytecie Harvarda po tym, jak przeprowadzone przez władze uczelni oraz inne instytucje śledztwo wykazało liczne nadużycia i błędy w prowadzeniu badań. Zarzuty dotyczyły jednak innych jego publikacji, a nie przywoływanej pracy.

⁵ D. Bickerton, *Adam's Tongue...*, dz. cyt., s. 17.

charakterystycznego ubarwienia, do manifestacji dominacji – niezależnie od tego, czy nadawca ma jakąś intencjonalną kontrolę nad sygnałem (albo nawet wie, że sygnał wpłynie na innych). Dla biologów bezpośredni motyw komunikującego, kooperacja lub coś innego, po prostu nie ma znaczenia⁶.

Jednak z psychologicznego punktu widzenia celowość (*intencjonalność*) komunikatów ma olbrzymie znaczenie. Intencjonalne używanie sygnałów otwiera drogę do wielu złożonych interakcji społecznych, zwłaszcza kooperacji. Tomasello podkreśla, że

W intencjonalnej komunikacji zachowanie nadawcy musi wiązać się z celem oraz pewną elastycznością w sposobie, w jaki nadawca stara się ten cel osiągnąć. Jak w każdym z intencjonalnych zachowań, sugeruje to, że różne środki mogą zostać użyte do osiągnięcia tego samego celu, a te same środki mogą być użyte do osiągnięcia innego celu (...). W szczególności intencjonalna komunikacja wiąże się, na przykład, z elastycznym użyciem przez osobnika tego samego sygnału w różnych komunikacyjnych kontekstach, z użyciem różnych sygnałów w ramach tego samego komunikacyjnego kontekstu i zdolnością do zahamowania sygnału, jeśli niesie to jakieś korzyści⁷.

⁶ M. Tomasello, *Origins of Human Communication*, MIT Press, Cambridge–London 2008, s. 13.

⁷ M. Tomasello, J. Call, *Primate cognition*, Oxford University Press, New York–Oxford 1997, s. 243.

Z powodu wysokich „wymagań poznawczych” komunikacji intencjonalnej Tomasello proponuje rozróżniać pomiędzy dwoma formami komunikacji opartej na sygnałach: *ekspozycjami komunikacyjnymi (communicative displays)*, czyli wykorzystywaniu „cech fizycznych, które w jakiś sposób wpływają na cudze zachowanie, takich jak duże rogi zniechęcające konkurentów, czy jaskrawe kolory przyciągające towarzyszy”⁸, a intencjonalnymi *sygnałami komunikacyjnymi (communicative signals)*, które nie wymagają bezpośredniego zadziałania na odbiorcę – np. pociągnięcie go w jakimś kierunku, uderzenia w celu podporządkowania itd. W przeciwieństwie do ekspozycji komunikacyjnych, sygnały komunikacyjne zapewniają elastyczność – w tym sensie, że mogą być celowo (intencjonalnie) wykorzystane do różnych celów i dostosowywane do różnych okoliczności. Tego rodzaju sygnały są, zdaniem Tomasella, bardzo rzadkie w świecie zwierząt, prawdopodobnie ograniczone do prymatów lub nawet wyłącznie do gatunków z rodziny człowiekowatych. Znaczenia intencjonalnych sygnałów komunikacyjnych, jak przekonamy się dalej, są zdeterminowane (dlatego z punktu widzenia semiotyki uzasadnione jest nazywanie ich sygnałami), ale nie genetycznie (na skutek bezpośredniego działania doboru naturalnego, jak w przypadku ekspozycji komunikacyjnych) – tylko ontogenetycznie. Zwierzęta nauczyły się, na drodze warunkowania instrumentalnego, że stosując pewne gesty (zazwyczaj będące pierwszym elementem sekwencji

⁸ M. Tomasello, *Origins of Human Communications*, dz. cyt., s. 14.

dłuższego zachowania), mogą osiągać określone cele (taki sposób nauki Tomasello nazywa rytualizacją ontogenetyczną).

Ponieważ jedną z najbardziej charakterystycznych cech ludzkiej komunikacji językowej jest jej intencjonalność – ludzie używają języka w jakimś celu – sensowne wydaje się poszukiwanie ewolucyjnych korzeni języka naturalnego w formach zwierzęcej komunikacji intencjonalnej.

2. System komunikacji pszczół

W literaturze poświęconej językowi opisywanie zdolności komunikacyjnych zwierząt najczęściej rozpoczyna się od przykładu porozumiewania się pszczół za pomocą tańca. Jak wyjaśniają William Hillix i Duane Rumbaugh:

Pszczoły komunikują położenie odległego źródła żywności za pomocą tańca w pobliżu ula. Kierunek tańca w stosunku do sklepienia ula wskazuje na kierunek źródła nektaru w stosunku do położenia słońca. Długość jednej sekwencji tańca wskazuje dystans, a intensywność tańca wskazuje zasoby źródła żywności⁹.

Ci sami autorzy wyjaśniają dalej – powołując się na badania Harolda Escha – że pszczoły śledzą liczbę punktów orien-

⁹ W.A. Hillix, D. Rumbaugh, *Animal Bodies, Human Minds. Ape, Dolphin and Parrot Language Skills*, Kluwer Academic, New York 2004, s. 26.

tacyjnych, które mijają w drodze powrotnej do ula, a robotnice, które obserwowały taniec wykonywany przez pszczoły powracające w wyprawy, z wielką dokładnością kierują się w sygnalizowane miejsce.

Tym, co najbardziej rzuca się w oczy nawet w tak krótkiej charakterystyce systemu komunikacyjnego pszczoł, jest obecność swoistej **gramatyki** – ruchy pszczoł, dzięki którym owady te przekazują sobie informacje, są uporządkowane wedle uniwersalnych zasad. Największy wkład w odszyfrowanie tych zasad wniósł austriacki etolog Karl von Frisch, uhonorowany Nagrodą Nobla w dziedzinie psychologii i medycyny w 1973 r. (wspólnie z Konradem Lorenzem i Nikolaasem Tinbergenem). Obecność tej swoistej gramatyki rodzi pewne problemy interpretacyjne i terminologiczne, zwłaszcza wśród językoznawców, którzy głoszą tezy o primacie syntaktyki w języku. Powstaje bowiem pytanie, czy kierowanej uniwersalnymi regułami komunikacji pszczoł należy przypisać jakiś szczególny charakter, zbliżony do języka naturalnego. Problem ten znika, gdy zwrócimy uwagę na fakt, że taniec pszczoł ma charakter ekspozycji komunikacyjnej, a nie komunikacji intencjonalnej, która cechowałaby się pewną elastycznością. Pszczoły nie potrafią za pomocą tańca przekazywać czegokolwiek innego niż położenie źródła nektaru, i to wyłącznie ostatnio napotkanego. Ich komunikacja ogranicza się do teraźniejszości – nie opowiedzą za pomocą tańca o swoich poprzednich wyprawach po nektar, ani nie wyznają, gdzie chciałyby polecieć następnym razem – i wyewoluowała w celu rozwiązania problemów adaptacyjnych specyficznych dla tego gatunku.

3. System sygnałów ostrzegawczych koczkodanów tumbili

Interesującym system komunikacji posługują się koczkodany tumbili (*Chlorocebus pygerythrus*) zwane też werwetami. Te niewielkie małpy, mierzące około 40–50 cm, używają trzech różnych sygnałów (jeden z nich posiada dwie odmiany – „męską” i „żeńską”) na informowanie pozostałych członków stada o różnych „klasach” spostrzeżonych przez siebie drapieżników, z których każda wymaga odmiennej reakcji. Na werwety niebezpieczeństwo czyha z trzech różnych stron – zagrażają im drapieżne ptaki (orły), węże (pytony) oraz drapieżniki lądowe (głównie lamparty). Każdy z tych wrogów wymaga innej, specyficznej strategii ucieczki – przed drapieżnym ptakiem najłatwiej ukryć się w gęstych krzakach lub wśród gałęzi drzew, gdzie jednak można natrafić na pytona; przed lampartem, który sprawnie porusza się po drzewach, najlepiej uciekać na niedostępne mu najcieńsze gałęzie, co jednak niesie ryzyko wystawienia się na ataki ze strony drapieżnych ptaków... Gdyby o każdym z tych zagrożeń informował wyłącznie jeden okrzyk, na niewiele by się on zdawał – małpy musiałyby czekać, aż same zobaczą drapieżnika, by zastosować odpowiednią strategię ucieczki, ale wtedy mogłoby już być za późno.

Na szczęście dla koczkodanów, dobór naturalny zaprogramował je na wydawanie różnych okrzyków, dzięki czemu mogą w miarę szybko zastosować odpowiednie środki ostrożności. W przypadku okrzyku oznaczającego lamparta, werwety biegną

w kierunku najbliższego drzewa; na dźwięk sygnału informującego o wężu, koczkodany stają na tylnych kończynach i wpatrują się w trawę, zaś po usłyszeniu sygnału zwiastującego atak orła – rozglądają się i poszukują miejsca, w którym mogłyby się schować. Reakcje następują na sam dźwięk sygnałów, niezależnie od tego, czy dany osobnik sam widzi drapieżnika, co wykazały eksperymenty z odtwarzaniem nagrania sygnału alarmowego przez głośniki przy braku rzeczywistej obecności drapieżników¹⁰.

Co ciekawe, żyjące na tym samym terytorium co koczkodany tumbili błyszczaki rudobrzuche (*Lamprotornis superbus*) – ptaki z rodziny szpaków – również posiadają sygnały alarmowe emitowane w przypadku zaobserwowania niebezpieczeństwa ze strony orłów oraz drapieżników lądowych. Cheney i Seyfarth zaobserwowali, że większość koczkodanów reagowała w odpowiedni sposób również na dźwięk specyficznych sygnałów emitowanych przez błyszczaki – niezależnie od tego, czy ptaki wykonywały je na żywo, czy też były one emitowane przez głośniki. Zwyczajny śpiew błyszczaków, pozbawiony sygnałów alarmowych, nie powodował żadnych reakcji u koczkodanów¹¹.

W jaki sposób koczkodany nauczyły się właściwego im systemu komunikacji oraz odczytywania komunikatów błysz-

¹⁰ Zob. R.M. Seyfarth, D.L. Cheney, *Meaning and emotion in animal vocalizations*, „Annals of the New York Academy of Sciences” 2003 (December), t. 1000, s. 32–55.

¹¹ Por. L. Rogers, G. Kaplan, *Songs, Roars and Rituals. Communications in Birds, Mammals and Other Animals*, Harvard University Press, Cambridge 2002, s. 44.

czaków? Ich umiejętności noszą znamiona działania opartego na genetycznym zaprogramowaniu oraz nauce przez warunkowanie. Nawet tak imponujący system komunikacji nie wymaga, by osobnik miał jakiegokolwiek rozumienie celu wydawanych przez niego sygnałów – może się to dziać całkowicie automatycznie, bez jego woli. Dobór naturalny mógł wyselekcjonować wydawanie każdego z tych okrzyków osobno, jako reakcję na zagrożenie – tak samo zautomatyzowaną, jak cofanie przez ludzi ręki od ognia czy wzdryganie się na widok pajaków. Kooperacja, pomagająca całemu stadu przetrwać, nie byłaby więc celem stosowania tych sygnałów, tylko ich efektem ubocznym. Z kolei właściwe reakcje koczokodanów na sygnały ostrzegawcze błyszczaków prawdopodobnie są wynikiem nauki podczas ontogenezy (rozwoju osobniczego), np. poprzez warunkowanie. Werwety mogły nauczyć się, że pojawieniu się drapieźników towarzyszą określone dźwięki (wydawane przez błyszczaki), więc po jakimś czasie zaczęły reagować na sam dźwięk sygnałów, niezależnie od tego, czy same widziały drapieźnika.

Za tym, że komunikacja koczokodanów nie jest intencjonalna, tylko automatyczna przemawia fakt, że kontynuują one emitowanie sygnałów, nawet jeżeli pozostali członkowie stada zauważyli już zagrożenie, sami zaczęli emitować sygnały ostrzegawcze, a nawet znaleźli już schronienie. Ponadto dorosłe osobniki wydają sygnały alarmowe na widok pawianów – które zagrażają wyłącznie młodym – nawet wówczas, gdy w pobliżu nie ma żadnych młodych. Z drugiej strony koczokodany przebywające w samotności nie wydają sygnałów alarmowych

– jakby zdawały sobie sprawę z tego, że nie muszą nikogo informować¹². Kwestia braku intencjonalności w ich komunikacji nie jest zatem ostatecznie rozstrzygnięta, choć prawdopodobnie w grę wchodzi sprzężenie wydawanych okrzyków z przeżywaniem określonych stanów emocjonalnych – tak jak ma to miejsce u szympanśów, gatunku najbliższej spokrewnionym z człowiekiem, którym w poszukiwaniu intencjonalnych form komunikacji przyjrzymy się w następnej kolejności.

4. Komunikacja szympanśów w środowisku naturalnym

Komunikacja szympanśów w środowisku naturalnym opiera się na wokalizacjach, gestach, mimice oraz przybieraniu różnych postaw. Szczególnie bogaty jest repertuar tych dwóch ostatnich sposobów komunikacji – badacze doliczyli się np. ponad 250 różnych wyrazów twarzy¹³ – ale wszystkie one mają formę

¹² D.L. Cheney, R.M. Seyfarth, *How Monkeys See the World: Inside the Mind of Another Species*, University of Chicago Press, Chicago 1990.

¹³ M. Jensvold, L. Wilding, S. Schulze, *Signs of Communication in Chimpanzees*, [w:] *Biocommunication of Animals*, (red.) G. Witzany, Springer, Dordrecht–Heidelberg–New York–London 2014, s. 8. Kompendium wiedzy na temat mimiki szympanśów znaleźć można w: L. Parr, *Understanding the Expression and Classification of Chimpanzee Facial Expressions*, [w:] *The Mind of Chimpanzee*, (red.) E. Lonsdorf, S. Ross, T. Matsuzawa, University of Chicago Press, Chicago–London 2010, s. 52–59.

ekspozycji sygnałowych: przypominają zasadniczo komunikaty obecne u wielu innych gatunków. Dlatego w poszukiwaniach intencjonalności skupimy się na wokalizacjach i gestach.

4.1. Wokalizacje

W gęstych lasach z ograniczoną widocznością, jakie zamieszkują szympansy, sygnały głosowe są podstawowym sposobem komunikacji. Katie Slocombe i Klaus Zuberbühler, którzy obserwowali te małpy w lasach Ugandy, wyliczają kilkanaście różnych wokalizacji stosowanych przez szympansy: dyszące pohukiwanie (*pant-hoot*), skomlenie (*whimper*), krzyk (*scream*), pisk (*squeak*), szczekanie (*bark*), szczekanie „waa” (*waa-bark*), kaszel (*cough*), chrząkanie (*grunt*), szorstkie chrząkanie (*rough grunt*), dyszące chrząkanie (*pant grunt*), dyszenie (*pant*) i śmiech (*laughter*). Na podstawie obserwacji okoliczności, w jakich wokalizacje te występują, oraz reakcji odbiorców na nie, możemy domyślać się ich funkcji. I tak na przykład skomlenie wykonywane jest przez zaniepokojone czymś młode, które na przykład zgubiło matkę. Dorosłe osobniki znajdujące się w pobliżu takiego młodego często starają się złagodzić jego niepokój. Szorstkie chrząkanie (*rough grunt*) rozlega się, gdy szympansy zbliżają się do pożywienia lub gdy zaczynają zer. Szczekanie „waa” występuje przy konfrontacjach dorosłych samców, które w ten sposób, z pewnego dystansu, straszą przeciwnika, zaś krzyk jest nieodłącznym elementem walki – krzyczą zarówno agresorzy, jak i ofiary ataków,

w tym szympansy zaatakowane przez przedstawicieli innych gatunków (np. lamparty). W ten sposób starają się przede wszystkim rekrutować pomocników¹⁴.

W niektórych przypadkach nośnikiem znaczenia może być nawet sposób, w jaki dana wokalizacja jest wykonywana, np. intensywność szorstkiego chrząkania (*rough grunt*) zależy od tego, jaką wartość szympanś przypisuje odnalezionej żywności. Eksperymenty z odtwarzaniem nagranych wokalizacji wykazały, że słyszący je osobnik może na podstawie sposobu szorstkiego chrząkania wnioskować, jaka żywność została znaleziona przez nadawcę. Również krzyki (*screams*) wydawane przy konfrontacjach różnią się w zależności od roli przy starciu (inaczej krzyczy agresor, inaczej ofiara ataku), jak również od stopnia agresywności ataku¹⁵.

Głosowy system komunikacji szympanśów jest bez wątpienia imponujący – niewiele zwierząt wydaje tak wiele różnych odgłosów o różnych znaczeniach, używanych w różnych kontekstach społecznych¹⁶. Z psychologicznej perspektywy ich

¹⁴ Zob. K. Slocombe, K. Zuberbühler, *Vocal Communications in Chimpanzee*, [w:] *The Mind of Chimpanzee*, dz. cyt., s. 198–199.

¹⁵ Tamże, s. 204.

¹⁶ Jednym – kto wie czy nie jedynym – przykładem są słonie, zwierzęta toczące również bardzo złożone życie społeczne i obdarzone imponującymi zdolnościami poznawczymi (m.in. świadomością własnego ciała, przejawiającą się w zdolności do rozpoznawania się w lustrze), mają około 30 wokalizacji, prawdopodobnie o różnym znaczeniu. Jednak funkcje większości z nich nie są jasne. Zob. W. Hillix, D. Rumbaugh, *Animal Bodies, Human Minds...*, dz. cyt., s. 26.

ilość nie jest jednak taka istotna – a przynajmniej jest mniej istotna od tego, czy wokalizacje te można uznać za sygnały intencjonalne. Wielu badaczy sądzi, że nie. Tomasello zwraca uwagę na następujące, interesujące nas w tym kontekście fakty:

- u wszystkich gatunków naczelnych z wyjątkiem człowieka każdy osobnik posiada ten sam podstawowy repertuar wokalny, bez szczególnych różnic osobniczych;
- mały wychowywane w izolacji od innych osobników oraz mały wychowywane przez samice innego gatunku posługują się tym samym zestawem podstawowych wokalizacji, typowych dla własnego gatunku, a nie gatunku „macochy”;
- związek pomiędzy wydawanym odgłosem a emocją lub sytuacją, które go wywołują, jest w większości przypadków nierozzerwalny; prymaty różne od człowieka nie dostosowują twórczo swoich wokalizacji do sytuacji komunikacyjnych;
- podejmowane przez ludzi próby uczenia mały nowych wokalizacji zawsze zawodziły, natomiast próby nauczenia mały wokalizowania na polecenie albo zawodziły, albo wymagały tysięcy prób, by umiarkowanie się powieść¹⁷.

Brak umiejętności dostosowania wokalizacji do nowych sytuacji komunikacyjnych jest wynikiem ich powiązania z emocjami. Jane Goodall twierdzi nawet, że szympansy w ogóle nie

¹⁷ Zob. M. Tomasello, *Origins of Human Communication*, dz. cyt., s. 16–17.

potrafią wydawać określonych wokalizacji, jeżeli nie przeżywają właściwego dla tych wokalizacji stanu emocjonalnego¹⁸. Z czego, jak twierdzi Tomasello, można wnioskować, że każdy z odgłosów został osobno wyselekcjonowany przez dobór naturalny, ponieważ zapewnia użytkownikom jakieś korzyści – np. przykuwa uwagę innych szympanów, które mogą pospieszyć z pomocą, koordynuje zachowania grupy, pomaga w unikaniu walki (odstraszając przeciwnika) itd. Nic nie wskazuje na jakiegokolwiek kulturowe wpływy na sposoby wokalizacji, czy na konwencjonalność znaczeń szympanich odgłosów. Sprzężenie emocji z wokalizacjami tłumaczy również, dlaczego sposób wykonywania wokalizacji niesie jakiś przekaz – im bardziej dany osobnik jest emocjonalnie pobudzony (ponieważ odnalazł cenniejszą żywność lub jest ofiarą bardzo gwałtownego ataku), tym impulsywniej wokalizuje.

Jedyną elastycznością w posługiwaniu się wokalizacjami, na jaką stać szympany, to umiejętność powstrzymywania się przez część osobników od wydawania niektórych wokalizacji w dwóch sytuacjach: po pierwsze – gdy osobnik przebywa w samotności, po drugie – gdy nie ma w jego pobliżu żadnego jego bliskiego krewnego¹⁹. Krążą również anegdotyczne opo-

¹⁸ Zob. J. Goodall, *The Chimpanzees of Gombe. Patterns of Behavior*, Harvard University Press, Cambridge 1986, s. 125.

¹⁹ Wiele zwierząt zachowuje się nieco inaczej w zależności od tego, czy towarzyszą im jacyś bliscy krewni. Takie zachowania mają sens z perspektywy doboru naturalnego, zgodnie z teorią altruizmu krewniaczego, iż o sukcesie reprodukcyjnym osobnika decyduje również sukces reprodukcyjny jego krewnych.

wieści o przynajmniej jednym szympansie, który po odnalezieniu żywności zakrywał dłonią usta, tłumiąc typową wokalizację – szorstkie chrząkanie (*rough-grunt*) – najwidoczniej po to, by nie przywołać innych osobników i zjeść wszystko samemu.

Kolejnym istotnym aspektem wokalne komunikacji szympansów – raczej oczywistym, ale o nietrywialnych konsekwencjach – jest to, że wokalizujący szympans słyszany jest przez wszystkie osobniki znajdujące się w okolicy. Ma to swoje oczywiste plusy (choćby rekrutowanie większej liczby pomocników), ale psychologiczne konsekwencje są takie, jak twierdzi m.in. Tomasello, że wokalizujący osobnik nie zwraca uwagi na odbiorców, a także nie może skierować wokalizacji pod adresem wyłącznie określonego odbiorcy, z pominięciem reszty znajdujących się w pobliżu osobników. Wokalizacje wszystkich prymatów różnych od człowieka, także szympansów, są zatem raczej „indywidualistycznymi wyrażeniami emocji, a nie aktami skierowanymi na odbiorcę”²⁰. Nie są więc przykładami intencjonalnej komunikacji sygnałowej, tylko elementami bogatego repertuaru ekspozycji komunikacyjnych.

4.2. Gesty

Szympany w środowisku naturalnym posługują się wieloma gestami, za pomocą których wywołują reakcje po stronie odbiorcy. Dwie klasy tych gestów, zdaniem Tomasella, mają cha-

²⁰ M. Tomasello, *Origins of Human Communication*, dz. cyt., s. 19.

rakter intencjonalny: są to gesty *wyrażające zamiar (intention-movement)* oraz gesty *przyciągające uwagę (attention-getters)*.

Te pierwsze mają miejsce, gdy:

osobnik wykonuje tylko pierwszy krok z sekwencji jakiegoś zachowania, najczęściej w skróconej formie, a ten pierwszy krok jest już czymś wystarczającym do wywołania reakcji po stronie odbiorcy (to znaczy takiej samej reakcji, która pojawiłaby się, gdyby nadawca wykonał całą sekwencję zachowania)²¹.

Przykładami takich gestów, pełniących funkcje w społecznych interakcjach, są:

- **uniesienie ramienia** – nadawca unosi ramię w kierunku odbiorcy, z zamiarem uderzenia go. Gest służy rozpoczęciu zabawy;
- **dotknięcie pleców** – nadawca delikatnie dotyka plecy odbiorcy i rozpoczyna się na nie wspinać, chcąc by odbiorca „przewiózł” go na plecach (gesty często wykonywane przez młode wobec rodziców);
- **żebranie dłonią** – nadawca podstawią dłoń pod usta konsumującego odbiorcy i zaczyna dotykać żywności. Gest wyraża prośbę o podzielenie się pożywieniem;
- **kiwanie głową** – pochylony nadawca kiwa głową w kierunku odbiorcy i rozpoczyna zabawę z nim. Gest inicjuje zabawę;

²¹ Tamże, s. 22.

- **położenie ręki** – nadawca podchodzi do odbiorcy, kładzie mu rękę na plecach i zaczyna go ciągnąć. Celem gestu jest zainicjowanie wspólnego spaceru²².

Co istotne, szympansy uczą się posługiwania gestami zdradzającymi zamiar podczas życia osobniczego, na drodze rytualizacji – przeciwnie do wokalizacji, których repertuar zdaje się znajdować w standardowym, genetycznym uposażeniu szympansov. Hipotezę o ontogenetycznym rodowodzie gestów potwierdzają obserwacje pojedynczych osobników, które posługują się unikalnymi (idiosynkratycznymi) gestami, niezobserwowanymi u pozostałych członków stada. Nauka (rytualizacja) gestu uniesienia ramienia może wyglądać w następujący sposób:

- 1) Młody osobnik podchodzi do innego szympansa z planem wspólnej zabawy, podnosi ramię z zamiarem uderzenia go, w formie zabawy, następnie faktycznie wykonuje uderzenie, wskazuje na niego i zaczyna się z nim bawić.
- 2) Na podstawie powtarzających się przypadków takiego zachowania, odbiorca uczy się przewidywać całą sekwencję zachowania nadawcy na podstawie samego inicjującego ją gestu – podniesienia ramienia – i zaczyna zabawę od razu, na widok samego gestu.

²² Por. tamże, s. 24.

- 3) W efekcie nadawca sam uczy się przewidywać to, że odbiorca przewiduje ciąg dalszy początkowego gestu, dlatego wyłącznie unosi ramię, przygląda się odbiorcy i czeka na jego reakcję – rozpoczęcie zabawy²³.

Ruchy zdradzające zamiar są sygnałami, ponieważ ich znaczenie jest wbudowane w samą strukturę tego rodzaju aktu komunikacji, a nie zależy od jakiejś konwencji społecznej. Co więcej, jak słusznie zauważa Tomasello, taka forma komunikacji jest „jednotorowa”, ponieważ nadawca i odbiorca uczą się swojej roli, jak mogliśmy zauważyć, osobno – skutkiem tego dla danego osobnika gest uniesienia ramienia będzie w zasadzie innym gestem w zależności od tego, czy jest on nadawcą tego sygnału, czy jego odbiorcą²⁴.

Drugim rodzajem gestów – gestami przyciągającymi uwagę – w przyrodzie prawdopodobnie posługują się wyłącznie człowiekowate. Ich celem, zgodnie z nazwą, jest przykucie uwagi odbiorcy przez nadawcę, poprzez takie zachowania jak:

- uderzenie dłonią o ziemię albo w jakiś przedmiot, po czym patrzy na nadawcę (często w celu zabawy);
- szturchnięcie części ciała odbiorcy (pełni różne funkcje);
- rzucanie przedmiotami (często w celu zabawy);

²³ Tamże, s. 23.

²⁴ Zob. tamże, s. 27.

- uderzenie dłonią w nadgarstek lub dłoń odbiorcy, gdy ten się zbliża (często w celu zabawy);
- podstawianie pleców do twarzy odbiorcy (zachęta do rozpoczęcia iskania).

Nadawcy w ten sposób starają się przykuć uwagę odbiorców przede wszystkim do swoich cielesnych „ekspozycji komunikacyjnych” – m.in. związanych z nastawieniem do zabawy (u młodych zdradza je specyficzna postura i wyraz twarzy) lub pobudzeniem seksualnym – w celu zainicjowania odpowiedniej interakcji (zabawy czy kopulacji). Cały taki akt komunikacyjny, złożony z *gestu przyciągającego uwagę* oraz *ekspozycji sygnałowej*, należy zatem zinterpretować jako formę sygnału – o znaczeniu (funkcji) zdeterminowanym (a nie konwencjonalnym), rodzajem interakcji, z którą wiąże się dana ekspozycja sygnałowa.

Ponieważ gesty przyciągające uwagę nie są ograniczone do tylko jednej, konkretnej interakcji, nauka ich nie odbywa się w taki sam sposób, jak nauka posługiwania się gestami zdradzającymi zamiar. Tomasello przypuszcza, że szympansy po prostu zauważają, że różne czynności – takie jak uderzanie dłonią o ziemię czy jakiś obiekt, rzucanie przedmiotami itd. – początkowo wykonywane w jakichś pozakomunikacyjnych celach, zwracają uwagę szympanсів znajdujących się w pobliżu. Następnie wykorzystują te same czynności do intencjonalnego zwracania uwagi innych osobników i wchodzenia z nimi w różne interakcje – takie jak karmienie (w przypadku najmłodszych szympanсів), zabawy czy iskanie.

4.3. Co wiemy o intencjonalnej komunikacji u szympanów?

Prymatolodzy, m.in. Tomasello i jego współpracownicy, twierdzą, że szympansy zdolne są do intencjonalnej komunikacji za pomocą gestów. W ich złożonym systemie komunikacji głosowej brak intencjonalności – wokalizacje są u wszystkich prymatów poza człowiekiem sprzężone z emocjami i wrodzone, a nie wyuczone (zrytualizowane) ontogenetycznie. Dzięki sprzężeniu, niemal nierozzerwalnemu, z emocjami wokalizacje towarzyszą różnym sytuacjom wywołującym emocje i umożliwiają odbiorcom wykorzystywanie informacji, jakie dana wokalizacja przynosi, ale drastycznie ogranicza to swobodę posługiwania się nimi.

Szympansy potrafią wykonywać różne sekwencje następujących po sobie gestów, ale nic nie wskazuje na to, by ich porządek nie był przypadkowy. Gdyby za porządkiem sekwencji stały jakieś reguły, oznaczałoby, że małpy posługują się jakąś, prawdopodobnie wrodzoną, *gramatyką*. Co ciekawe, obserwacje sugerują, że szympansy nie wykonują nawet najbardziej „sensownej” sekwencji intencjonalnych gestów: najpierw gestu zwracającego uwagę, następnie gestu wyrażającego zamiar. Zamiast tego stosują strategię krążenia wokół odbiorcy i wykonywania gestów wyrażających zamiar do skutku, aż ten na nie zareaguje.

Prawdopodobnie oznacza to, że szympansy nie potrafią w pełni przyjąć perspektywy innego osobnika (odbiorcy) – ich

rozumienie tego, jak działa uwaga innego osobnika, musi być bardzo ograniczone. Ten sam powód wyjaśniałby, dlaczego żyjące w środowisku naturalnym małpy niczego nie *wskazują* (np. dłonią lub palcem) innym osobnikom. Wskazywanie, na przykład kierunku, w jakim chce się iść, czy jakiegoś pożądanego obiektu, jest bodaj najprostszym sposobem ikonicznej komunikacji (takim, w którym forma znaku determinuje znaczenie). Wymaga to jednak rozumienia tego, że ktoś inny zrozumie moją intencję – to, że chcę mu coś pokazać.

5. Od intencjonalnych gestów do języka

Ponieważ to gesty, a nie związane ze stanami emocjonalnymi wokalizacje u szympansov mają charakter intencjonalny, niektórzy naukowcy zasugerowali, że to w takiej formie komunikacji należy upatrywać korzeni ludzkiego języka. Między innymi Tomasello twierdzi, że nasi przodkowie najpierw rozwinęli rodzaj języka migowego (od zrytualizowanych gestów, przez pantomimę, aż do gestów symbolicznych), a dopiero z czasem wynaleźli mowę – konwencjonalny i intencjonalny system komunikacji w modalności głosowej. W międzyczasie ewolucja musiała ukształtować mózgi naszych przodków, umożliwiając im m.in. większą kontrolę nad organami głosowymi (nie tylko ich woluntarne użycie, ale również np. poczucie rytmu). Analogiczną teorię z neurobiologicznego punktu widzenia opracował Michael Arbib.

Tomasello wychodzi od spostrzeżenia, że zwykle procesy ewolucyjne, oparte na mutacjach genetycznych i doborze naturalnym, nie mogły bezpośrednio doprowadzić do powstania wszystkich zdolności poznawczych, które wyróżniają ludzi na tle innych naczelnych – sugeruje on, że taki przebieg filogenezy wymagałby o wiele dłuższego czasu niż 6 mln lat, dzielących ewolucyjne historie ludzi i szympanów. Co więcej, być może ten okres należałoby skrócić do 2 mln lat – kiedy to pojawiły się dowody na to, że nasi przodkowie posiadli zdolności poznawcze przekraczające te dostępne wszystkim naczelnym²⁵. Zdaniem Tomasella do wyłonienia się unikalnych dla *Homo sapiens* zdolności umysłowych oraz praktyk i form organizacji społecznych doprowadziła raczej kumulatywna ewolucja kulturowa, zasadzająca się na unikalnej dla człowieka formie przekazu kulturowego – nauce przez imitację oraz celowym uczeniu. Ten specyficzny przekaz kulturowy możliwy był dzięki temu, że nasi przodkowie głębiej niż inne naczelne utożsamiali się z członkami własnego gatunku, rozumiejąc innych jako istoty intencjonalne, takich jak one same.

Koncepcja Tomasella tłumaczy, dlaczego szympany, które potrafią zrytualizować pewne gesty, a w warunkach eksperymentalnych uczą się nawet symbolicznej komunikacji – np. języka migowego czy yerkish – same nie rozwinęły symbolicznej komunikacji w naturalnym środowisku. Szympany nie potrafią

²⁵ Zob. M. Tomasello, *Kulturowe źródła ludzkiego poznawania*, dz. cyt., s. 9–10.

bowiem w stopniu podobnym do ludzi uczyć się przez naśladowanie (imitację)²⁶. U naszych przodków kumulatywna ewolucja kulturowa sprawiła, że kolejne pokolenia mogły korzystać z (szeroko rozumianych) wynalazków swoich przodków (dostały w bogatym w kulturę środowisku i chłonęły ją w dzieciństwie) i jeszcze bardziej je udoskonalać (Tomasello nazywa ten efekt „zapadką kulturową” – gwarantującą kumulatywny wzrost wytworów kultury). U szympansov proces taki nie zachodzi – wynalazki umierają z ich twórcami i kolejne pokolenia muszą je odkrywać na nowo.

Michael Arbib na dwa sposoby powiązał koncepcję ewolucji języka głoszoną przez Tomasella z tzw. systemem neuronów lustrzanych. Komórki nerwowe tworzące ten system, odnalezione początkowo u makaków²⁷, później, w większej ilości, u ludzi²⁸, po pierwsze umożliwiają rozpoznawanie cudzych czynności, a w dalszej kolejności – odczytywanie cudzych intencji oraz imitację. To wszystko, przypomnijmy, zdaniem Tomasella jest warunkiem kumulatywnej ewolucji kulturowej. Po drugie, pierwotne skupisko neuronów lustrzanych znajdowało się w obszarach kory motorycznej odpowiedzialnych za wykonywanie manualnych

²⁶ Zob. np. B. Brożek, M. Hohol, *Umysł matematyczny*, Copernicus Center Press, Kraków 2014, s. 143 i n.

²⁷ Zob. G. di Pellegrino, L. Fadiga, L. Fogassi, V. Gallese, G. Rizzolatti, *Understanding motor events: A neurophysiological study*, „Experimental Brain Research” 1992, 91, 1, s. 176–180.

²⁸ Zob. np. L. Fadiga, L. Fogassi, G. Pavesi, G. Rizzolatti, *Motor facilitation during action observation: A magnetic stimulation study*, „Journal of Neurophysiology” 1995, 73, s. 2608–2611.

czynności – m.in. chwytanie (są to bimodalne komórki, motoryczno-wzrokowe – reagujące zarówno na wykonywanie czynności, jak i obserwację wykonywania przez kogoś innego tej samej czynności). Początkowo to manualne czynności, a następnie gesty, doprowadziły, zdaniem Arbiba, do ewolucji *mózgu przygotowanego na język (language-ready brain)*²⁹. Gdy język, rozumiany jako system symbolicznej komunikacji, został kulturowo wynaleziony, trafił na przygotowany grunt – system neuronów lustrzanych. Jednym z argumentów za tą hipotezą, choć oczywiście nie jedynym, jest teza, iż wspomniany obszar kory mózgowej rozwinął się w tzw. ośrodek Broki, którego lezja upośledza zdolności językowe. Nawiasem mówiąc, teoria Arbiba jest jedną z wielu, które zakorzeniają ludzki język, a także inne elementy systemu poznawczego człowieka, w schematach motorycznych mózgu (podobne tezy głoszą m.in. Vittorio Gallese i George Lakoff³⁰, Friedemann Pulvermüller³¹ czy Michael Corballis³²). Poglądy te wpisują się w nurt paradygmatu nauk kognitywnych o umyśle ucieleśnionym, enaktywnym i zakotwiczonym w kulturze.

²⁹ Zob. M. Arbib, *How the Brain got Language? The Mirror System Hypothesis*, Oxford University Press, Oxford–New York 2012.

³⁰ Zob. V. Gallese, G. Lakoff, *The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge*, „Cognitive Neuropsychology” 2005, 22 (3/4), s. 455–479.

³¹ Zob. F. Pulvermüller, *Semantic embodiment, disembodiment or misembodiment? In search of meaning in modules and neuron circuits*, „Brain & Language” 2013, 127 2013, s. 86–103.

³² Zob. M. Corballis, *The mirror neurons and the evolution of language*, „Brain & Language” 2010, 112, s. 25–35.

6. Podsumowanie i wnioski

Uczeni tacy jak Tomasello czy Arbib, których teorie zostały tutaj bardzo skrótowo zarysowane, twierdzą, że język jest w głównej mierze wynalazkiem kulturowym, ale jego korzenie sięgają intencjonalnej komunikacji za pomocą zrytualizowanych gestów. Taki rodzaj komunikacji dostępny jest współczesnym szympansom, dlatego zakłada się, że podobnie były zdolne komunikować się różne formy przodków *Homo sapiens*, być może nawet ostatni wspólni przodkowie ludzi i szympansov. Obserwacje współczesnych naczelnych w naturalnym środowisku, eksperymenty z uczeniem małp symbolicznej komunikacji oraz dane pochodzące z neurobiologii wspierają taki scenariusz ewolucji języka. Choć scenariusz ten przeczy „kartezjańskiej” wizji języka jako czegoś całkowicie różnego od komunikacji obecnej u innych zwierząt, jednocześnie nie wspiera wizji komunikacyjnego kontinuum, w której pobrzmiewają echa teorii Wielkiego Łącucha Bytów. Zgodnie z tą ostatnią wizją język miałby być wynikiem ewolucyjnego rozwoju mniej skomplikowanych systemów komunikacji, obecnych u innych gatunków. Tymczasem dane biologiczne wskazują raczej, że różne ACS – m.in. opisane tutaj w skrócie systemy komunikacji koczokodanów czy pszczół, a także wokalna komunikacja szympansov, składają się z sygnałów osobno wyselekcjonowanych przez dobór naturalny, ze względu na rozwiązywanie szczegółowych problemów adaptacyjnych, z jakimi zmagali się przedstawiciele danego gatunku.

U podłoża obu konkurencyjnych wizji języka leżały odmienne założenia antropologiczne. Badania biologiczne sugerują odrzucenie językowej formy kartezjanizmu, ale bardziej wyrafinowana filozoficzna interpretacja tych teorii ciągle jest kwestią otwartą – choć korzenie języka najwyraźniej sięgają form komunikacji obecnych również u (innych) zwierząt, ludzki język jednocześnie jest od nich jakościowo różny. Teorie Tomasella i Arbiba tłumaczą, dlaczego nie ma w tym żadnego paradoksu.

Bibliografia

- Arbib M., *How the Brain got Language? The Mirror System Hypothesis*, Oxford University Press, Oxford–New York 2012.
- Bickerton D., *Adam's Tongue. How Humans Made Language, How Language Made Humans*, Hill and Wang, New York 2010.
- Brożek B., Hohol M., *Umysł matematyczny*, Copernicus Center Press, Kraków 2014.
- Cheney D.L., Seyfarth R.M., *How Monkeys See the World*, University of Chicago Press, Chicago 1990.
- Corballis M., *The mirror neurons and the evolution of language*, „Brain & Language” 2010, 112, s. 25–35.
- di Pellegrino G., Fadiga L., Fogassi L., Gallese V., Rizzolatti G., *Understanding motor events: A neurophysiological study*, „Experimental Brain Research” 1992, 91, 1, s. 176–180.

- Fadiga L., Fogassi L., Pavesi G., Rizzolatti G., *Motor facilitation during action observation: A magnetic stimulation study*, „Journal of Neurophysiology” 1995, 73, s. 2608–2611.
- Gallese V., Lakoff G., *The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge*, „Cognitive Neuropsychology” 2005, 22 (3/4), s. 455–479.
- Goodall J., *The Chimpanzees of Gombe. Patterns of Behavior*, Harvard University Press, Cambridge 1986.
- Hillix M., Rumbaugh D., *Animal Bodies, Human Minds. Ape, Dolphin and Parrot Language Skills*, Kluwer Academic, New York 2004.
- Jensvold M., Wilding L., Schulze S., *Signs of Communication in Chimpanzees*, [w:] *Biocommunication of Animals*, (red.) G. Witzany, Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York–London 2014.
- Parr L., *Understanding the Expression and Classification of Chimpanzee Facial Expressions*, [w:] *The Mind of Chimpanzee*, (red.) E. Lonsdorf, S. Ross, T. Matsuzawa, University of Chicago Press, Chicago–London 2010, s. 52–59.
- Pulvermüller F., *Semantic embodiment, disembodiment or misembodiment? In search of meaning in modules and neuron circuits*, „Brain & Language” 2013, 127, s. 86–103.
- Rogers L., Kaplan G., *Songs, Roars and Rituals. Communications in Birds, Mammals and Other Animals*, Harvard University Press, Cambridge 2002.
- Savage-Rumbaugh S., Shanker S., Taylor T., *Apes, Language and the Human Mind*, Oxford University Press, Oxford–New York 1998.

- Seyfarth R.M., Cheney D.L., *Meaning and emotion in animal vocalizations*, „Annals of the New York Academy of Sciences” 2003 (December), t. 1000, s. 32–55.
- Slocombe K., Zuberbühler K., *Vocal Communications in Chimpanzee*, [w:] *The Mind of Chimpanzee*, (red.) E. Lonsdorf, S. Ross, T. Matsuzawa, University of Chicago Press, Chicago–London 2010.
- Tomasello M., Call J., *Primate Cognition*, Oxford University Press, New York–Oxford 1997,
- Tomasello M., *Kulturowe źródła ludzkiego poznania*, tłum. J. Rączaszek, Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa 2002.
- Tomasello M., *Origins of Human Communication*, MIT Press, Cambridge–London 2008.

Czy logiczna możliwość implikuje metafizyczną możliwość?

Paweł J. Zięba
Uniwersytet Jagielloński

Does logical possibility entail metaphysical possibility?

Summary

According to Chalmers, the argument from the conceivability of philosophical zombies disproves materialism in the philosophy of mind. This claim depends on the assumption that conceivability (logical possibility) entails metaphysical possibility. Such entailment is incorrect, however, because a materialist might formulate an analogous argument from the conceivability of anti-zombies. A clash between two mutually excluding logical possibilities prevents one from inferring a metaphysical possibility from any of them.

Keywords

conceivability, logical possibility, metaphysical possibility, qualia, the hard problem of consciousness, the zombie argument.

1. Filozoficzne zombi

Argument z pojmovalności filozoficznych zombi jest wykorzystywany do podważania materialistycznych/fizykalistycznych (redukcjonistycznych) teorii umysłu poprzez pokazanie, że nie dają one szans na rozwiązanie tzw. trudnego problemu świadomości. Pojęcia „fizykalizm” i „materializm” są w tym kontekście używane zamiennie i odnoszą się metafizycznej tezy, że wszystko superwenuje na, lub jest pociągane z konieczności przez to, co fizyczne. Z kolei trudny problem świadomości jest konsekwencją rozszerzenia jej definicji o sferę subiektywnych przeżyć, posiadających pewną szczególną jakość, odnoszącą się do tego, jak to jest w nich być. Dany obiekt jest świadomy tylko wtedy, gdy istnieje odpowiedź na pytanie, jak to jest być tym przedmiotem. Stany mentalne tego obiektu są świadome o tyle, o ile posiadają fenomenalne własności (qualia), określające jak to jest ich doświadczać. Trudny problem jest pytaniem o wyjaśnienie relacji pomiędzy tak pojętymi świadomymi doświadczeniami, a fizycznymi procesami mózgowymi¹.

Atak filozoficznych zombi na fizykalistyczne teorie umysłu polega na pokazaniu, że scharakteryzowane wyżej qualia nie superwenują logicznie na własnościach fizykalnych

¹ D. Chalmers, *Świadomość i jej miejsce w naturze*, tłum. R. Poczobut, T. Ciecierski, [w:] *Analityczna metafizyka umysłu*, (red.) M. Miłkowski, R. Poczobut, Wydawnictwo IFiS PAN, Warszawa 2008, s. 443–444.

(a więc na zanegowaniu tezy, którą teorie te muszą z konieczności zakładać). Pojęcie superwencji oznacza kowariancję (współzmiennność) zachodzącą pomiędzy dwoma rodzajami własności: jeżeli własności mentalne A superwenują (są nadbudowane) na własnościach fizykalnych B, to znaczy, że nie ma dwóch obiektów identycznych pod względem własności B i różniących się ze względu na własności A. Jeżeli opisana tu prawidłowość obowiązuje w obrębie jednego świata możliwego, mamy do czynienia z kowariancją słabą, jeśli zaś wspomniane obiekty znajdują się w dwóch różnych światach możliwych, mowa jest o kowariancji mocnej². Pomimo jej metafizycznej neutralności, superwencja jest pojęciem bardziej użytecznym dla antyredukcjonistów. Jak bowiem zauważa Jaegwon Kim, z jednej strony ani słaba, ani mocna

² J. Kim, *Supervenience as a philosophical concept*, [w:] tenże, *Supervenience and Mind. Selected Philosophical Essays*, Cambridge University Press, Cambridge 1993, s. 141: „Weak covariance I: No possible world contains things, x and y , such that x and y are indiscernible in respect of properties in B (“B-indiscernible”) and yet discernible in respect of properties in A (“A-discernible”).

Weak covariance II: Necessarily, if anything has property F in A, there exists a property G in B such that the thing has G, and everything that has G has F.

Strong covariance I: For any objects x and y and any worlds w_i and w_j if x in w_i is B-indiscernible from y in w_j (that is, x has in w_i precisely those B-properties that y has in w_j), then x in w_i is A-indiscernible from y in w_j .

Strong covariance II: Necessarily, if anything has property F in A, there exists a property G in B such that the thing has G, and necessarily everything with G has F.”

kowariancja nie gwarantują zależności, z drugiej zaś strony gdyby zostało udowodnione, że silna kowariancja nie zachodzi, mielibyśmy pewność co do nieredukowalności³.

Tego właśnie starają się dowieść filozofowie postulujący pojmowalność (logiczną możliwość) filozoficznych zombi. Przytoczmy za Kimem dokładną definicję silnej kowariancji: „dla dowolnych obiektów x i y , i dowolnych światów możliwych w_i i w_j , jeżeli x w w_i jest B-nieodróżnialne od y w w_j (tzn. x ma w w_i dokładnie te same B-własności, które y ma w w_j), to x w w_i jest A-nieodróżnialne od y w w_j ”⁴. Aby zanegować tę formułę, należy wskazać taki obiekt z w świecie możliwym w_2 , który jest B-nieodróżnialny od wspomnianych x i y ze światów w_i i w_j , a mimo to jest od nich A-odróżnialny. Jeśli udowodnimy, że jest możliwy taki obiekt z w świecie możliwym w_2 , to udowodnimy tym samym, że własności A nie superwenują na własnościach B. Na koniec wypada tylko podstawić pod zmienne interesujące nas elementy argumentu: własności A to qualia, własności B to własności fizykalne, zaś wspomniany obiekt z to filozoficzny zombi (istota fizycznie nieodróżnialna od istoty świadomej, a mimo to pozbawiona qualiów).

Powyższą argumentację można oczywiście na różne sposoby modyfikować, uzyskując w ten sposób różne rodzaje zombi. Pod własności B możemy na przykład podstawić własności funkcjonalne, uzyskując tym samym funkcjonalnego zombi, który po-

³ Tamże, s. 142–149, 154.

⁴ Tamże, s. 141.

służy nam jako narzędzie krytyki funkcjonalizmu. Analogicznie możemy mówić o własnościach behawioralnych i behawioralnym zombi itd. Argumenty tego typu można mnożyć, jednakże u podstaw każdego z nich tkwić będzie ta sama idea.

Na tym etapie argument z zombi przedstawia się następująco:

- (1) Zombi (Z) jest logicznie możliwy.
- (2) Jeśli Z jest logicznie możliwy, to materializm jest fałszywy, ponieważ:
 - (2a) materializm jest fałszywy, jeśli fałszywa jest teza o superweniencji qualiów na wł. fizycznych (M).

2. Racjonalizm modalny jako przesłanka argumentu z zombi

Przesłanka argumentu mówiąca o logicznej możliwości zombi ma charakter intuicyjny. Zwolennicy zombi często wzmacniają ją poprzez odwołanie do popularnych eksperymentów myślowych (np. o neurobiolożce Mary, o Chińskim Pokoju czy leibnizjańskim młynie). Trudno wskazać w niej wyraźną sprzeczność bez uprzedniego zakładania słuszności materializmu. Znacznie poważniejszy problem dla argumentu pojawia się dopiero po doprecyzowaniu go w następujący sposób:

- (1) Zombi (Z) jest logicznie możliwy.

- (1b) **Jeśli Z jest logicznie możliwy, to jest metafizycznie możliwy.**
- (2) Jeśli Z jest metafizycznie możliwy, to materializm jest fałszywy, ponieważ:
- (2a) materializm jest fałszywy, jeśli fałszywa jest teza o superweniencji qualiów na wł. fizycznych (M).

Przesłanka (1b) zakłada słuszność tzw. racjonalizmu modalnego – tezy, w myśl której „nasz dostęp do światów możliwych ma charakter aprioryczny. [...] o tym, co jest możliwe, dowiemy się ustalając, co jest niesprzeczne lub nie może być apriorycznie wykluczone. Badania empiryczne przydają się dopiero później, kiedy chcemy sprawdzić, która możliwość jest aktualna. Doświadczenie powie nam jaki świat jest, ale nie będzie nam ono potrzebne do sprawdzenia, jaki świat mógłby być”⁵. Krótko mówiąc, argument z zombi zakłada, że logiczna możliwość implikuje metafizyczną możliwość.

3. Obrona racjonalizmu modalnego przez Chalmersa

Wspomniana implikacja czyni argument z zombi podatnym na kontrargumenty oparte o argumentację Kripkego, w świetle któ-

⁵ R. Chappell, *Modal rationalism*, (online) <http://www.princeton.edu/~chappell/ModalRationalism.pdf>.

rej istnieje liczna klasa zdań koniecznie prawdziwych, których prawdziwość nie jest poznawalna *a priori*. Nawiązując do eksperymentu Ziemi Bliźniaczej Putnama, Kripke posługuje się tu przykładem zdania „Woda jest H₂O”. Jest to zdanie prawdziwe *a posteriori*. Jeżeli jednak jest ono prawdziwe w świecie aktualnym, to woda jest H₂O we wszystkich światach możliwych. Kiedy weźmiemy pod uwagę świat W, w którym wodnisty płyn w oceanach nie jest H₂O, lecz XYZ, zdanie „Woda jest XYZ” będzie fałszywe, ponieważ ów wodnisty płyn nie jest tym, do czego pojęcie „woda” się odnosi. W efekcie Kripke dochodzi do wniosku, że zdanie „Woda jest H₂O” jest prawdą konieczną *a posteriori*⁶.

W sytuacji opisywanej przez Kripkego pojmovalność (czyli logiczna możliwość) nie pociąga za sobą metafizycznej możliwości. Chociaż jest pojmovalne, że woda nie jest H₂O (ponieważ można to spójnie przyjąć), to jednak nie jest możliwe, że woda nie jest H₂O. Analogiczne rozumowanie może posłużyć za uzasadnienie dla tezy, że logiczna możliwość zombi-świata (tj. wspomnianego wyżej świata w_z zamieszkałego przez obiekt z – filozoficzne zombi) nie implikuje jego metafizycznej możliwości⁷.

Chalmers, główny orędownik filozoficznych zombi, obchodzi tę trudność poprzez odwołanie się do tzw. semantyki

⁶ S. Kripke, *Nazywanie a konieczność*, tłum. B. Chwedeńczuk, Pax, Warszawa 1988, s. 128–129.

⁷ D. Chalmers, *The Conscious Mind. In Search of a Fundamental Theory*, Oxford University Press. New York–Oxford 1996, s. 131.

dwuwymiarowej⁸. Otóż w opisywanych przez Kripkego sytuacjach o znaczeniu pojęć decydują dwie intensje: prymarna (epistemiczna) oraz sekundarna (warunkowa). Intensja prymarna wskazuje na odniesienie pojęcia w świecie rzeczywistym, natomiast intensja sekundarna – w świecie kontrfaktycznym przy założeniu, że odniesienie w aktualnym świecie zostało już ustalone. W przypadku zdania „Woda jest H₂O” intensję prymarną stanowi zatem przezroczysty pitny płyn obecny w środowisku naturalnym, zaś sekundarną – H₂O⁹. Ów wodnisty płyn w naszym, aktualnym świecie nazwaliśmy „wodą” *a priori*, z kolei o tym, że ten płyn to H₂O, wiemy z doświadczenia. Dlatego intensje prymarna i sekundarna stanowią odpowiednio aprioryczny i aposterioryczny aspekt znaczenia¹⁰.

Jednocześnie Chalmers zwraca uwagę, że stanowisko Kripkego wynika z przyjęcia jednej z dwóch niewykluczających się metod opisu światów możliwych. Kripke przyjmuje 1) *nierzeczywistą* ocenę świata W, traktując go jako świat kontrfaktyczny. Zakładając, że to, jaki jest świat rzeczywisty, zostało już ustalone, uznaje on świat W za nierzeczywisty sposób, w jaki sprawy mogły się potoczyć, ale się nie potoczyły. Przyjęcie ta-

⁸ Pod pojęciem „semantyka dwuwymiarowa” kryje się cała rodzina teorii semantycznych, zakorzenionych w semantyce intensjonalnej. Elementem łączącym te różne teorie jest przekonanie, że wartość logiczna zdań zależy nie tylko od faktów, do których zdania te odnoszą, ale także od znaczenia tych zdań. W efekcie zdaniom tym przypisuje się dwojakiego rodzaju intensje.

⁹ D. Chalmers, *The Conscious Mind*, dz. cyt., s. 57.

¹⁰ Tamże, s. 62.

kiej perspektywy prowadzi do wniosku, że odniesieniem terminu „woda” jest H_2O , wobec czego zdanie „Woda jest XYZ” jest fałszywe. Możemy jednak równie dobrze przyjąć 2) *epistemiczną* ocenę świata *W* i potraktować go jako możliwość epistemiczną, a więc jako sposób, w jaki świat rzeczywiście mógłby istnieć. Kiedy potraktujemy świat *W* jak świat rzeczywisty, odniesieniem terminu „woda” będzie XYZ, w związku z czym zdanie „Woda jest XYZ” będzie prawdziwe. Zdaniem Chalmersa obydwie te opcje nie są niezgodne, ponieważ stoją za nimi „różne założenia dotyczące tego, jak należy traktować i opisywać światy możliwe”¹¹.

W świetle powyższych analiz zdanie „Woda jest wodnistym płynem” jest prawdą pojęciową konieczną *a priori*, w odróżnieniu od Kripkowskiego przykładu „Woda jest H_2O ”, który jest prawdą pojęciową konieczną *a posteriori*. Jest tak dlatego, że w obydwu przytoczonych tu przypadkach intensja prymarna nie ulega zmianie; niezależnie od tego, który świat potraktujemy jako rzeczywisty, będzie nią wspomniany wodnisty płyn. Zmienia się natomiast intensja sekundarna. Tymczasem dla argumentu zombi to prymarna intensja jest istotna: w przypadku pojęcia odnoszącego się do naturalnego zjawiska to właśnie ona ujmuje to, co ma zostać wyjaśnione. W związku z tym jest ona pierwotna względem samego wyjaśnienia – *ergo* – niezależna od czynników empirycznych¹².

¹¹ Tamże, s. 60. Por. tenże, *Świadomy umysł*, tłum. M. Miłkowski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010, s. 461–462.

¹² Tenże, *The Conscious Mind*, dz. cyt., s. 57.

Wyróżnienie dwóch intensji pozwala Chalmersowi wyjaśnić również to, dlaczego światy logicznie możliwe są także metafizycznie możliwe. Zarzut kwestionujący tę tezę bierze się stąd, że pojmowalność (logiczna możliwość) jest zwykle rozumiana jako dostępna *a priori* i orzeka się ją o zdaniach, których znaczenie określa intensja prymarna (w tym sensie to, że woda jest XYZ, jest pojmowalne); z kolei metafizyczna możliwość jest zazwyczaj przypisywana zdaniom, których znaczenie określa intensja sekundarna (w tym sensie to, że woda jest XYZ jest niemożliwe). Tymczasem w zależności od tego, którą intensję bierzemy pod uwagę, możemy wyróżnić „1-pojmowalność” i „2-pojmowalność” oraz „1-możliwość” i „2-możliwość”. Do wniosku, że pojmowalność nie implikuje możliwości można dojść, tak jak w powyższym przypadku, kiedy powiąże się „1-pojmowalność” z „2-możliwością”. Jednakże „1-pojmowalność” implikuje „1-możliwość”, zaś „2-pojmowalność” implikuje „2-możliwość”. Szko puł w tym, aby nie „mieszać” ze sobą intensji. Wówczas stanie się jasne, że podział na logiczną i metafizyczną możliwość odnosi się do zdań o światach, a nie do samych światów¹³. Kiedy Kripke stwierdza, że woda nie może być XYZ, nie dowodzi on, że świat W jest niemożliwy, ale wskazuje tylko na nieprawidłowy opis tego świata (zakładając jego *nierzeczywistość*).

¹³ Tamże, s. 66–68, 131–134. Chalmers dopuszcza inne rozumienie metafizycznej możliwości (tzw. mocną metafizyczną możliwość), ale za jedyny powód jej ewentualnego przyjęcia uważa chęć obrony materializmu za wszelką cenę. Szerzej na ten temat – zob. tamże, s. 136–138.

Chalmers dokonuje też eksplikacji pojęcia pojmowalności, wyróżniając szereg jej rodzajów: 1) pojmowalność *prima facie* vs. pojmowalność idealna, 2) pojmowalność negatywna vs. pozytywna oraz 3) pojmowalność prymarna vs. sekundarna. Pojmowalność *prima facie* jest, jak sama nazwa wskazuje, pojmowalnością „na pierwszy rzut oka”, podczas gdy pojmowalność idealna opiera się na „idealnej racjonalnej refleksji”. S jest pojmowalne negatywnie, jeżeli nie można go *a priori* zanegować, lub gdy nie zawiera sprzeczności, z kolei pozytywną pojmowalność można przypisać S wtedy, gdy wyobrażalna jest sytuacja weryfikująca S. Wreszcie S jest prymarnie pojmowalne wtedy, gdy jest możliwe, że S jest prawdziwe w świecie aktualnym, zaś sekundarnie – wtedy, gdy S mogłoby być (choć nie jest) aktualnie prawdziwe. Różne konfiguracje tych pojmowalności leżą u podstaw trzech rodzajów racjonalizmu modalnego, przy czym według Chalmersa nawet najslabszy z nich (tzw. słaby racjonalizm modalny, oparty o pojmowalność idealną, pozytywną i prymarną) utrzymuje argument z zombi w mocy¹⁴.

¹⁴ Tenże, *Does Conceivability Entail Possibility?*, [w:] (red.) T. Gendler, J. Hawthorne, *Conceivability and Possibility*, Oxford University Press, Oxford 2002, (online) <http://consc.net/papers/conceivability.html>.

4. Kontrargument Martona i anty-zombi

Można się spierać z Chalmersem o to, czy semantyka dwuwymiarowa rozwiązuje problem Kripkowskich konieczności *a posteriori* oraz o naturę samej pojmovalności, jednakże istnieje znacznie prostsze antidotum na filozoficzne zombi. Kluczem jest równoważność możliwości. Jak słusznie zwraca uwagę Marton, „jeżeli p i q to dwie rywalizujące hipotezy (p jest prawdą wtedy i tylko wtedy, gdy q jest fałszem) i nie jest dowiedzione, że p bądź q zawiera (wyrażną lub eksplikowalną) sprzeczność, to pojmovalność q (i zarazem jego logiczna możliwość) nie powinna podważać pojmovalności p , i *vice versa*”¹⁵.

Marton rozwija argument z zombi w następujący sposób:

- (1) Zombi (Z) jest logicznie możliwy.
 - (1b) Jeśli Z jest logicznie możliwy, to jest metafizycznie możliwy.
- (2) Jeśli Z jest metafizycznie możliwy, to materializm jest fałszywy, ponieważ:
 - (2a) materializm jest fałszywy, jeśli fałszywa jest teza o superweniencji qualiów na wł. fizycznych (M).
- (3) **Jeśli M jest fałszywa, to jest koniecznie fałszywa (na mocy aksjomatu S5: $\Diamond X \rightarrow \Box \Diamond X$)¹⁶.**

¹⁵ P. Marton, *Zombies versus Materialists. The Battle for Conceivability*, „Southwest Philosophy Review” 1998, 14, s. 131–138.

¹⁶ *The System S5*, (online) <http://mally.stanford.edu/S5.html>. Jeżeli $\Diamond Z \rightarrow \sim M$ i $M \leftrightarrow \sim \Diamond Z$, to $\Diamond Z \rightarrow \sim(\sim \Diamond Z)$. Na mocy rzonego aksjomatu $\Diamond Z \rightarrow \Box \Diamond Z$, czyli $\Diamond Z \rightarrow \Box \sim(\sim \Diamond Z)$, czyli $\Diamond Z \rightarrow \Box \sim M$.

- (4) **Jeśli M jest koniecznie fałszywa, to nie jest logicznie możliwa (nie jest pojmowalna).**
- (5) Jeśli M nie jest logicznie możliwa (nie jest pojmowalna), to M zawiera wyraźną lub eksplikowalną sprzeczność¹⁷.

Jeżeli jednak logiczne możliwości przeciwstawnych tez się równoważą, to z logicznej możliwości zombi nie może wynikać konieczna fałszywość materializmu. Jeżeli $\Diamond Z \leftrightarrow \sim\Diamond Z$ (gdzie $\sim\Diamond Z \leftrightarrow M$), to nie może być prawdą, że $\Diamond Z \rightarrow \Box\sim M$.

Konsekwencją tego mankamentu argumentu z zombi jest możliwość sformułowania argumentu z anty-zombi, czego podejmuje się Keith Frankish. Opierając się na analogicznym do argumentu z zombi rozumowaniu, Frankish dowodzi słuszności fizykalizmu: każe nam sobie wyobrazić taki anty-zombi-świat, będący czystym fizycznym duplikatem naszego świata (tj. nieposiadającym żadnych нефizycznych własności), że zamieszkujące go anty-zombi mają dokładnie identyczne z naszymi świadome doświadczenia. W takim świecie świadomość superwenuje metafizycznie na własnościach fizycznych¹⁸.

Ponieważ argument z zombi i argument z anty-zombi nie mogą być jednocześnie słuszne, równoczesna pojmowalność zombi i anty-zombi wyklucza tezę, że pojmowalność implikuje metafizyczną możliwość. Aby potwierdzić swoją metafi-

¹⁷ P. Marton, *Zombies versus Materialists*, dz. cyt.

¹⁸ K. Frankish, *The anti-zombie argument*, (online) http://www.open.ac.uk/Arts/philos/Antizombie_eprint_rev.pdf.

zyczną tezę, zwolennik antyredukcjonizmu w sprawie qualiów nie może poprzestać na wykazaniu, że argument z zombi nie zawiera sprzeczności, lecz musi jeszcze wskazać sprzeczność w argumencie z anty-zombi. Zadanie to wydaje się jednak karkołomne, zważywszy na to, że tak jak argumenty za pojmowalnością zombi potwierdzają pojmowalność anty-zombi, tak argumenty kwestionujące pojmowalność anty-zombi mogą być wykorzystane do podważenia pojmowalności zombi¹⁹.

5. Konkluzja

Wbrew intencjom Chalmersa, przypadek filozoficznych zombi jest wyraźnym przykładem na to, że logiczna możliwość nie implikuje metafizycznej możliwości. Teza ta ma dwie dość przykre konsekwencje: 1) w ramach problemu umysł-ciało pozostawia nas ze sceptycznym problemem innych umysłów, w myśl którego możemy być pewni tylko co do istnienia własnych qualiów, wszyscy inni mogą być zombi; 2) uszczupla warsztat metafizyków, ponieważ w jej świetle aprioryczne spekulacje okazują się być narzędziem niewystarczającym do uzyskania odpowiedzi na pytanie już nie tylko o to, jaki świat jest, ale także o to, jaki świat mógłby być.

¹⁹ Tamże.

Bibliografia

- Chalmers D., *Does Conceivability Entail Possibility?*, [w:] *Conceivability and Possibility*, (red.) T. Gendler, J. Hawthorne, Oxford 2002, <http://consc.net/papers/conceivability.html>.
- Chalmers D., *Świadomość i jej miejsce w naturze*, tłum. R. Poczobut, T. Ciecierski, [w:] *Analityczna metafizyka umysłu*, (red.) M. Miłkowski, R. Poczobut, Wydawnictwo IFiS PAN, Warszawa 2008.
- Chalmers D., *The Conscious Mind. In Search of a Fundamental Theory*, Oxford University Press, Oxford 1996.
- Chappell R., *Modal rationalism*, (online) <http://www.princeton.edu/~chappell/ModalRationalism.pdf>.
- Kim J., *Supervenience as a Philosophical Concept*, [w:] tenże, *Supervenience and Mind. Selected Philosophical Essays*, Cambridge University Press, Cambridge 1993;
- Kripke S., *Nazywanie i konieczność*, tłum. B. Chwedeńczuk, Pax, Warszawa 1988.
- Marion P., *Zombies versus materialists. The battle for conceivability*, „Southwest Philosophy Review” 1998, 14, s. 131–138.
- The System S5*, (online) <http://mally.stanford.edu/S5.html>.

Dlaczego jest mnóstwo rzeczy raczej niż prawie nic? – „słabe pytanie Leibniza”

Łukasz Lamża

Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych

Why is there a lot of things rather than almost nothing? – weak Leibniz’s question

Summary

The original Leibniz’s question „Why is there something rather than nothing?” is rephrased in a „weak” way: „Why is there a lot of things rather than almost nothing?”. The first part of the article argues for two propositions: 1) We may not reasonably expect a real answer to the original Leibniz’s question, mostly because the concept of „nothingness” cannot be defined in a way that makes sense and is operational. 2) The „weak” version of the question retains the philosophical „spirit” of the original.

In the second part a methodology for answering the weak Leibniz’s question is presented - one of an analysis of the cosmic evolution in terms of the reasons and causes for the emergence of new types of natural objects and processes („things”). A representation

the structure of the Universe is presented that is based on a list of ca. 900 names of things derived from the Universal Decimal Classification (UDC) catalogue, representing all natural sciences.

Further analyses concern the properties of the Universe and its evolution that cause new things to emerge all the time - although one may imagine and precisely describe a scenario where new things stopped appearing shortly after the Big Bang and now there is almost nothing in the Universe.

Keywords

philosophy of nature; Leibniz's question; cosmology

1. Wprowadzenie

„Dlaczego jest coś raczej niż nic?” należy do klasycznych pytań metafizyki i filozofii przyrody. Pytanie to bywa też coraz częściej podejmowane przez naukowców zajmujących się dwiema głównymi dyscyplinami fizyki fundamentalnej – kosmologią fizyczną i fizyką kwantową. Zarówno jednak filozofowie, jak i naukowcy mają poważny problem z wyrażeniem pytania Leibniza w operacyjnie dogodny sposób.

Nicość jest jednym z klasycznych „pojęć problemowych” w filozofii, metafizyce i literaturze¹; znane są opinie, że jest w zasadzie pojęciem nonsensownym (Parmenides, neopozyty-

¹ J.D. Barrow, *The Book of Nothing*, Vintage Books, London 2001.

wizm) lub mającym sens wyłącznie w kontekście egzystencji człowieka (egzystencjalizm, fenomenologia Heideggera). Pojęcia bliskie „nicości” w fizyce są zawsze tworamami o bogatej i nietrywialnej strukturze, czy będzie to stan próżniowy w kwantowej teorii pola², czy też rozwiązania próżniowe w ogólnej teorii względności³. Z tego względu próby odtworzenia prawdziwego *creatio ex nihilo* przez fizyków – choć fascynujące same w sobie i jako segment fizyki fundamentalnej – są filozoficznie niesatysfakcjonujące jako odpowiedzi na pytanie Leibniza⁴. Pytanie to – ważne, głębokie pytanie – wydaje się raczej nadawać do *rozważania* niż do poszukiwania *odpowiedzi*.

W niniejszym tekście podjęta będzie próba zmierzenia się ze „słabszą” wersją pytania Leibniza, brzmiącą, trochę prowokacyjnie: „Dlaczego jest mnóstwo rzeczy raczej niż prawie nic?”; poniżej będzie ono określane jako „słabe pytanie Leibniza”. Mimo potocznego charakteru obu występujących w tym pytaniu kluczowych terminów („mnóstwo rzeczy” i „prawie nic”), są one w istocie pojęciami dającymi się łatwo doprecyzować w odniesieniu do hipotetycznego scenariusza kosmologicznego, w którym cała zawarta we Wszechświecie materia i wszelkie inne znane formy energii są równomiernie rozprowadzone w przestrzeni w postaci najprostszych cząstek

² J. Kraśkiewicz, *Elementy klasycznej i kwantowej teorii pola*, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2003.

³ J.B. Hartle, *Grawitacja*, tłum. P. Amsterdamski, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2010.

⁴ M. Heller, *Ostateczne wyjaśnienia Wszechświata*, Universitas, Kraków 2008, s. 226 nn.

elementarnych. Istnieją znane obliczenia dokonywane w kontekście zasady antropicznej⁵ pokazujące, że stan tego typu da się „uzyskać” w ramach znanej nam fizyki, inaczej mówiąc, że jest nie tylko wyobrażalny, ale i wyrażalny na sposób ścisły.

„Mnóstwo rzeczy” to więc sytuacja obecna: Wszechświat tętniący od fenomenów, od nieprzeliczonych odmian galaktyk i gwiazd, przez miliony typów związków organicznych i setki tysięcy gatunków chrząszczy, aż po obrazy impresjonistyczne i przenośne dyski twarde. Ponieważ nie możemy precyzyjnie wyrazić liczby rzeczy we Wszechświecie, nie mamy także skali porównawczej, określenie „mnóstwo” ma wyłącznie sens względny w odniesieniu do hipotetycznej sytuacji relatywnego ubóstwa ontologicznego świata. Czym *dokładnie* byłoby więc „prawie nie”, dające się wyrazić jako realistyczny scenariusz kosmologiczny?

Średnią gęstość materii we Wszechświecie można wyrazić poprzez ilość atomów wodoru (najpospolitszego pierwiastka w Kosmosie) na jednostkę objętości; wartość ta wynosi obecnie ok. 1 m^{-3} , czyli jeden atom na metr sześcienny – w hipotetycznym „prawie pustym” Wszechświecie o identycznej całkowitej masie/energii (ew. gęstości masy/energii) nie byłoby żadnych złożonych struktur materialnych, a jedynie równomierne „tło” atomów wodoru⁶ o takiej mniej więcej gęstości⁷. Jest to w isto-

⁵ J.D. Barrow, F.J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford University Press, Oxford–New York 1986, s. 413 nn.

⁶ Lub protonów i wolnych elektronów, jeśli materia jest zjonizowana.

⁷ Aby opisywany tu scenariusz był bardziej realistyczny fizycznie, należałoby uznać również istnienie promieniowania relikтового,

cie po prostu *nasz* Wszechświat, który nie przeszedł fazy pierwotnej nukleosyntezy i który nie zaczął tworzyć struktur na drodze niestabilności grawitacyjnej. Jeszcze inaczej mówiąc, jest to Wszechświat bliźniaczo podobny do naszego, który jednak po ok. 1 minucie swojej ewolucji zaprzestał generowania nowych zjawisk przyrodniczych i pozostał przy swoim dotychczasowym „repertuarze ontologicznym”.

Pojawia się więc pytanie: *co* właściwie sprawia, że Wszechświat nie poprzestał na takim stanie i że do dziś generuje wciąż nowe zjawiska przyrodnicze? Jaka „metoda” jest to osiągane? Jest to właśnie „słabe pytanie Leibniza” – pytanie nie o to, dlaczego istnieje świat *w ogóle*, tylko o to, dlaczego istnieje *w nim* cokolwiek poza samą surową nieuformowaną materią (energiją), z której jest zbudowany i z której się wywodzi.

jego hipotetycznego odpowiednika neutrinowego oraz hipotetycznego spektrum pierwotnych fal grawitacyjnych. Te trzy obiekty wypełniają Kosmos prawie równomiernie, nie są więc potrzebne żadne gruntowne zmiany w fizyce Wszechświata, aby uczynić z nich obiekty całkowicie „gładkie”, czyli nieposiadające substruktur. Dla potrzeb tego artykułu można swobodnie włączyć w ów „minimalny repertuar fizyczny” również hipotetyczne cząstki ciemnej materii – rozłożone tu tak samo jednorodnie, jak „tło” atomów wodoru – oraz dodatkowe obiekty niezbędne ze względów kosmologicznych, wybrane zgodnie z preferencjami Czytelnika: od ciemnej energii (zinterpretowanej np. jako pole) po pole inflatonowe. Wszystkie te obiekty nie tworzą dalszych struktur znanych nauce, więc ich obecność nie wpływa na zasadność przeprowadzanych tu rozważań.

1.1. Czy słabe pytanie Leibniza
wciąż jest pytaniem Leibniza?

Przed przystąpieniem do właściwych analiz warto zastanowić się, czy przedstawiony problem nie jest jednak wyłącznie szczegółowym zagadnieniem nauk przyrodniczych, nieznaczącym w skali filozoficznej i nieleżącym w kręgu zainteresowań filozofii przyrody lub metafizyki. Czy da się go rzeczywiście obronić jako odmianę pytania Leibniza? Aby odpowiedzieć na to pytanie, należałoby zastanowić się nad jego istotą. W celu ułatwienia Czytelnikowi lektury dalszej części artykułu, proponuję rozważenie następującej listy bytów:

1. Bóg;
2. pierwotny stan nieuformowania (grecki $\chi\acute{\alpha}\omicron\varsigma$);
3. pierwotna próżnia kwantowa;
4. „wczesny” (np. 1 sekunda po Wielkim Wybuchu), prawie jednorodny, ubogi w strukturę Wszechświat;
5. „późny” (ok. 14 miliardów lat po Wielkim Wybuchu), wysoce niejednorodny, bogaty w strukturę Wszechświat (obecnie istniejący Wszechświat fizyczny);
6. „późny” (ok. 14 miliardów lat po Wielkim Wybuchu), prawie jednorodny, ubogi w strukturę Wszechświat (scenariusz hipotetyczny).

Przy użyciu tej listy możliwe jest wyrażenie niektórych popularnych scenariuszy kosmogonicznych. Przykładowo, chrześcijańska doktryna stworzenia wzbogacona o współcześnie stan-

dardowy kontekst naukowy to scenariusz $1 \rightarrow 1+4 \rightarrow 1+5$. Brak strzałki przed „1” oznacza, że Bóg jest niestworzony; znaki „plus”, że Bóg nie przestaje istnieć po stworzeniu świata. Starożytny model grecki wzbogacony o ten sam kontekst można opisać jako $2 \rightarrow 4 \rightarrow 5$, gdzie nad pierwszą strzałką można by umieścić literę „D” symbolizującą Demiurga. Współczesny standardowy model naukowy to $\rightarrow 4 \rightarrow 5$, gdzie brak pierwszego członu oznacza, że nie istnieje uznane wyjaśnienie struktury przyczynowej we wczesnym Wszechświecie, ale wyjaśnienie takie jest uważane za konieczne i jest poszukiwane. Przykładowa propozycja, zgodnie z którą Wszechświat z próżni kwantowej⁸ da się przedstawić jako $3 \rightarrow 4 \rightarrow 5$, jeśli uznamy próżnię kwantową za wiecznie preegzystującą⁹ lub jako $\rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5$, jeśli uznamy konieczność osobnego wyjaśnienia istnienia próżni kwantowej¹⁰.

Nie powinno nas zaskoczyć, że wszelkiego typu scenariusze kosmologiczne należą do jednej z dwóch kategorii: albo posiadających „urwany” łańcuch przyczynowy, albo posiadających u początku obiekt niewyjaśniony. Jest to wynik znany od starożytności.

Proponowany w niniejszej pracy hipotetyczny scenariusz, w odniesieniu do którego zdefiniowane jest „słabe pytanie Leib-

⁸ Zob. omówienie w M. Heller, *Ostateczne wyjaśnienia Wszechświata*, dz. cyt., s. 88n.

⁹ E.P. Tryon, *Is the Universe a Vacuum Fluctuation?* „Nature” 1973, 246 (5433), s. 396–397.

¹⁰ G. McCabe, *Possible physical universes*, 2006, preprint arXiv nr gr-qc/0601073.

niza”, można opisać jako $\rightarrow 4 \rightarrow 6$, gdzie brak pierwszego członu oznacza, że relacje przyczynowe poprzedzające młody jednorodny Wszechświat są zasadniczo nieistotne dla istoty pytania Leibniza w jego słabej wersji. Rozważmy bowiem scenariusz $1 \rightarrow 1+4 \rightarrow 1+6$; albo $2 \rightarrow 4 \rightarrow 6$; albo $3 \rightarrow 4 \rightarrow 6$. Zarówno filozof grecki, teolog chrześcijański, jak i współczesny kosmolog prawdopodobnie uznaliby scenariusze te za „nieudane”. Ewentualność, że we Wszechświecie nie ma, nie było i nigdy nie będzie ludzi, istot żywych, chmur, planet, gwiazd, galaktyk czy atomów, a także ciepła, zapachu, dźwięku, koloru i światła – a tylko nieskończone ciemne przestrzenie wypełnione prawie doskonałą próżnią – może prowokować do tego samego typu rozważań, co „oryginalne” pytanie Leibniza. Kosmos taki dla Greka byłby czymś odpychającym i nonsensownym, dla chrześcijańskiego teologa kłóciłby się z planem Stworzenia (czy mogłoby nie być Jezusa?), a dla współczesnego kosmologa byłby po prostu scenariuszem jawnie fałszywym obserwacyjnie i przez to nieinteresującym.

Mówiąc jeszcze inaczej, hipotetyczny obserwator przeglądający „Księgę Wszechświatów”, skonfrontowany z opisanym wyżej „prawie pustym” Kosmosem miałby pełne prawo zakrzyknąć: „Przecież tu nic nie ma!”, a na sugestię, jakoby ten Kosmos miał być jedynym kiedykolwiek istniejącym, mógłby zareagować takim samym poczuciem pustki i przerażenia, które stanowi emocjonalne jądro pytania Leibniza¹¹.

¹¹ R.L. Kuhn, *Why this universe? Toward a taxonomy of possible explanations*, „Skeptic” 2007, 13, s. 28–39; M. Heller, *Ostateczne wyjaśnienia Wszechświata*, dz. cyt.

2. Metodologia

2.1. Dane źródłowe

Na „słabe pytanie Leibniza” można poszukiwać odpowiedzi. W istocie, pytanie o to, dlaczego we Wszechświecie występuje znane nam bogactwo obiektów i zjawisk przyrodniczych, może i powinno być rozważane w ramach nauk przyrodniczych. Pytanie o to, dlaczego na Ziemi występują chmury, posiada określoną odpowiedź w ramach meteorologii i planetologii. Pytanie o to, dlaczego istnieją gwiazdy, posiada określoną odpowiedź w ramach astrofizyki. Czy więc „słabe pytanie Leibniza” jest tylko punktem końcowym skończonej sumy szczegółowych pytań przyrodniczych? Celem tego artykułu jest zbadanie, do jakiego typu wniosków prowadzi analiza wiedzy przyrodniczej dokonywana ściśle ze względu na próbę wglądu w ogólną „strategię”, jaką „stosuje” świat przyrody przy generowaniu nowego typu obiektów i zjawisk przyrodniczych (nazywanych niżej łącznie „obiettami przyrodniczymi”).

Niestety, nie zebrano dotychczas listy wszystkich znanych nauce rzeczy – choć zadanie to w zasadzie nie jest niewykonalne, a mogłoby przynieść wiele pożytku naukowego i filozoficznego. Bardzo dogodnym przybliżeniem są natomiast specjalistyczne katalogi zagadnień naukowych, jak Mathematics Subject Classification (MSC) w matematyce, czy Physics and Astronomy Classification Scheme (PACS®) w fizyce, oraz ogólne katalogi biblioteczne, jak katalog Deweya czy Universal

Decimal Classification (UDC). Są to zwykle katalogi bardzo szczegółowe, hierarchicznie zorganizowane i opracowywane na przestrzeni dziesiątków lat pod opieką specjalistów; podstawowym wymogiem stawianym takim katalogom jest, aby były *wyczerpujące*, tj. aby każdy tekst należący do zakresu określonej dyscypliny (w przypadku katalogów specjalistycznych) lub każdy tekst *w ogóle* (w przypadku katalogów ogólnych) dał się przyporządkować do określonej kategorii przedmiotowej. W istocie, pokaźne zbiory biblioteki akademickiej mojej pierwszej *alma mater*, Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, są obecnie katalogowane zgodnie z systemem UDC. Naukowiec studiujący dowolny *obiekt przyrodniczy* powinien w zasadzie móc przyporządkować swoje badania do określonej kategorii takiego katalogu.

We wcześniejszej pracy¹² przedstawiłem wyniki analizy przeprowadzonej na próbie 349 obiektów pochodzących z katalogu PACS® 2008, głównie z zakresu fizyki i astronomii, z mniejszym udziałem nauk chemicznych oraz nauk o Ziemi. W niniejszej pracy omówione są wyniki oparte na znacznie większej próbie 893 obiektów pochodzących z katalogu UDC 2005, należących już do wszystkich dziedzin wiedzy o przyrodzie, a więc: astronomii i fizyki, chemii i mineralogii, nauk o Ziemi oraz nauk biologicznych.

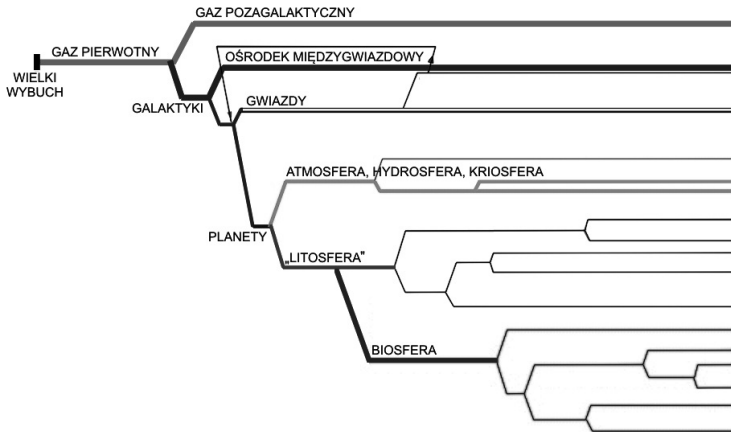
¹² Ł. Lamża, *W kierunku ilościowej teorii wzrostu złożoności świata*, „Semina Scientiarum” 2011, 10, s. 57–77.

Ze względu na hierarchiczny charakter katalogu możliwe było wybranie dowolnego poziomu szczegółowości; tu użyte zostały wszystkie te klasy, których numer identyfikacyjny posiada 5 cyfr, np.: „524.66 Ramiona spiralne galaktyk”, „539.42 Pęknięcia. Mechanika pęknięcia”, „547.56 Fenole. Alkohole aromatyczne”, „551.16 Jądro Ziemi”, „565.14 Pierścienice”, „576.32 Aktywność mechaniczna komórki” czy „591.41 Układ krążenia”; bardziej szczegółową listę uwzględnionych klas UDC oraz wgląd w jego hierarchiczną strukturę zawiera Aneks I.

Łatwo dostrzec, że choć kategorie przedmiotowe katalogu UDC opisują pierwotnie obszary tematyczne – działy nauki – a nie obiekty przyrodnicze, „przetłumaczenie” z jednego języka na drugi jest w przeważającej większości przypadków trywialne. Wymienione w UDC nazwy dziedzin wiedzy są zwykle po prostu nazwami klas obiektów badanych w ramach tych dziedzin.

2.2. Organizacja danych

Lista obiektów przyrodniczych (lub raczej klas obiektów przyrodniczych) uzyskana opisaną powyżej metodą, została następnie uporządkowana ze względu na kontekst przyrodniczo-historyczny, w ramach którego powstają owe obiekty. Szczęśliwie, ogólny schemat rozwoju Wszechświata od Wielkiego Wybuchu do chwili obecnej jest już znany (Ryc. 1), przez co procedura ta nie wymagała przeprowadzania badań własnych. Więcej informacji na temat źródeł wykorzystanych przy analizie zawiera Aneks II.



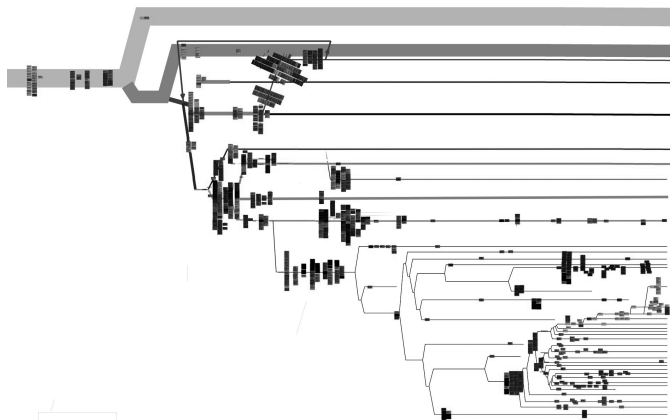
Ryc. 1. Ogólny schemat rozwoju Wszechświata od Wielkiego Wybuchu do chwili obecnej. Ze względu na ciągłość zachodzenia zasynalizowanych tu przemian (np. ciągle powstawanie nowych gwiazd), należy go traktować jako ilustrację poglądową, a nie ścisły diagram chronologiczny.

Dla każdej klasy obiektów przyrodniczych można wskazać moment, kiedy pojawiły się po raz pierwszy, oraz towarzyszący temu pojawieniu się kontekst przyrodniczy. Przykładowo, pierwsze gwiazdy powstały ok. 100 milionów lat po Wielkim Wybuchu jako część formujących się protogalaktyk, zaś warunkiem ich powstania było osiągnięcie przez pierwotny gaz niezbędnych parametrów termodynamicznych (temperatura, przezroczystość, wydajność chłodzenia i in.). Pierwsze organiczne związki pierścieniowe powstały w otoczkach gwiazdowych gwiazd w ostatniej fazie ich ewolucji, a warunkiem ich powsta-

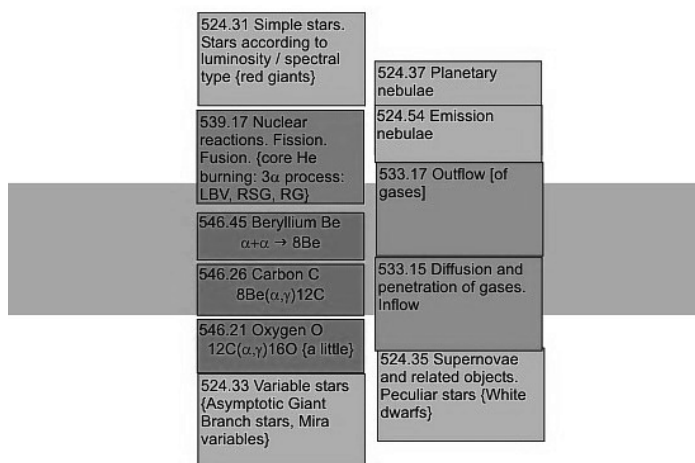
nia był wcześniejszy etap nukleosyntezy oraz osiągnięcie pewnej minimalnej gęstości gazu. Pierwsze kontynenty powstały ok. 4 miliardy lat temu jako część stygnącej litosfery ziemskiej, a warunkiem ich powstania było wykształcenie się pierwszych kwaśnych skał magmowych wypornych względem skorupy bazaltowej. I tak dalej.

Warto zauważyć, że scenariusze te wyraźnie się zazębiają, a powstanie jednych obiektów stanowi warunek powstania kolejnych. Jest to przy okazji prosty test sprawdzający, czy opisana w poprzednim rozdziale lista obiektów przyrodniczych nie jest „wybrakowana”, tj. czy obecne na niej obiekty nie domagają się istnienia innych obiektów na niej nieobecnych. Choć oczywiście nasza wiedza przyrodnicza daleka jest od zupełności, to jedyna wyraźna sytuacja tego typu ma miejsce przy opisie wczesnych stadiów Wielkiego Wybuchu, co odsyła nas oczywiście do („silnego”) pytania Leibniza – nie posiadamy obecnie uznanego wyjaśnienia, jak doszło do zaistnienia pierwszych w ogóle obiektów przyrodniczych we Wszechświecie.

Po oznaczeniu poszczególnych obiektów jako „pudełek” oraz umieszczeniu ich w odpowiednich miejscach Ryc. 1 (więcej informacji na temat wykorzystanych przy tej procedurze źródeł informacji znajduje się w Aneksie II), uzyskuje się schemat pozwalający na śledzenie historii wszystkich 893 obiektów przyrodniczych (Ryc. 2).



Ryc. 2. Schemat przedstawiony na Ryc. 1 po naniesieniu nań pudełek symbolizujących 893 obiekty przyrodnicze w punktach reprezentujących przybliżony czas i miejsce ich pojawienia się we Wszechświecie.



Rys. 3. Przykładowy fragment ryc. 2 reprezentujący późne fazy ewolucji gwiazdowej gwiazd o masie podobnej do masy Słońca. Wyrażenia w nawiasach klamrowych {} to dodatkowe komentarze, niebędące częścią oryginalnych nazw klas UDC.

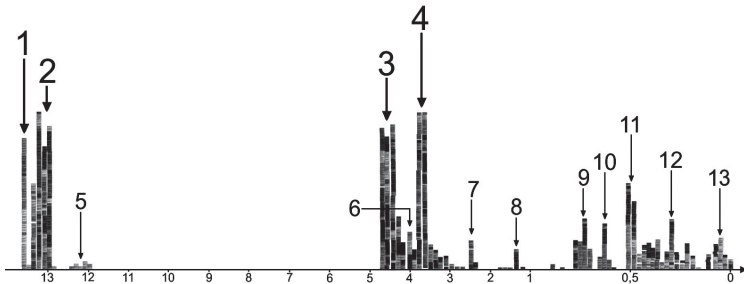
3. Wyniki analizy

3.1. Wprowadzenie

Szczegółowa analiza wniosków wypływających z Ryc. 2 wykracza poza ramy tego artykułu. Warto przytoczyć jednak szereg ogólnych obserwacji dotyczących procesu wzrostu złożoności świata, ponieważ wydają się one mieć uniwersalny charakter i zbliżają nas do istoty „słabego pytania Leibniza”.

Po pierwsze, wzrost złożoności dokonuje się w nierównym tempie, wręcz skokowo. Ze względu na to, że skala czasowa Ryc. 2 nie jest liniowa lub logarytmiczna, lecz umowna, nie jest to od razu widoczne. Po naniesieniu wszystkich „pudełek” na liniową skalę czasową (Ryc. 4) skokowy charakter wzrostu złożoności świata staje się jednak oczywisty.

Na ilustracjach z Ryc. 2 i Ryc. 4 widoczne są 4 główne „skoki” złożoności: a) seria przejść fazowych w młodym Wszechświecie razem z rekombinacją; b) powstanie pierwszych gwiazd (tzw. Populacja III); c) powstanie Układu Słonecznego oraz ostygnięcie powierzchni Ziemi; d) powstanie życia. Występują ponadto mniejsze „piki” i „górkki”, związane np. z powstaniem „dojrzałych” struktur galaktycznych takich jak ramiona spiralne czy poprzeczki, inicjacją tektoniki płyt na Ziemi, utlenieniem atmosfery ziemskiej, intensywnym epizodem ewolucji typów zwierzęcych (tzw. „eksplozją kambryjską”), inwazją roślin i zwierząt na ląd i in.



Ryc. 4. Pudełka reprezentujące omawiane w tekście obiekty przyrodnicze naniesione na liniową skalę czasową (skala: miliardy lat przed chwilą obecną) z opisanymi czterema największymi „pikami” wzrostu złożoności (1 – Wielki Wybuch, 2 – powstanie pierwszych gwiazd, 3 – powstanie Układu Słonecznego, 4 – powstanie życia) oraz dwięcioma dodatkowymi (5 – powstanie „dojrzałych” struktur galaktycznych, 6 – inicjacja tektoniki płyt, 7 – utlenienie atmosfery, pierwsze zlodowacenia, 8 – powstanie organizmów wielokomórkowych, 9 – powstanie zwierząt, 10 – powstanie zwierząt tkankowych, 11 – „eksplozja kambryjska”, 12 – ekspansja życia na ląd (rośliny nasienne, stawonogi lądowe), 13 – ekspansja ssaków i ptaków). Ze względu ilustracyjnych ostatni miliard lat został „rozstrzelony” dla wyraźniejszego ukazania szczegółów procesu ewolucji życia na Ziemi.

Po drugie, wszelkie tego typu epizody wiążą się ze zmianami na wielu szczeblach organizacji świata: od skali atomowej i cząsteczkowej, przez makroskopową, aż po planetarną i kosmiczną. Najprostszego przykładu dostarczają późne fazy Wielkiego Wybuchu, gdzie zajście określonego przejścia mikroskopowego (np. rekombinacji lub powstania pierwszych wiązań chemicznych) wiązało się nieodmiennie z dramatyczną przemianą makroskopową (odpowiednio, zwiększeniem przezroczystości gazu kosmicznego oraz wydajności jego chłodzenia). Bardziej złożone układy dostarczają bardziej wyrafinowa-

nych przykładów na tego samego typu współzależność między poziomami organizacji świata przyrody. Przykładowo, utlenienie atmosfery Ziemi wiązało się również z pojawieniem się nowych gałęzi metabolizmu komórkowego i nowych grup biologicznych, ale także nowych minerałów i struktur geologicznych.

Po trzecie, żaden poziom organizacji świata nie jest „wyczerpany”. Mimo prawie 14 miliardów lat ewolucji Wszechświata wciąż istnieją możliwe struktury jądrowe, atomowe, chemiczne, suprachemiczne, biofizyczne, biologiczne, mineralogiczne, materiałowe, geologiczne, planetarne, astrofizyczne i kosmologiczne, które nie zostały jeszcze „zrealizowane”. Przykładowo, wiele dużych klas biopolimerów (np. chityna albo ligniny) powstało dopiero po wielu miliardach lat ewolucji biochemicznej na Ziemi w odpowiedzi na określone bodźce ewolucyjne. Wiele elementarnych obiektów i zjawisk fizycznych (np. nadprzewodnictwo albo dioda) wystąpiło po raz pierwszy we Wszechświecie dopiero, jak się wydaje, w ziemskich laboratoriach w odpowiedzi na określone bodźce socjologiczne i psychologiczne. Z tej perspektywy „klasyczna” wizja rozwoju Wszechświata, w ramach której kolejne poziomy organizacji świata „aktywują” się w określonym porządku (jądrowy, atomowy, chemiczny, biologiczny...), a „nowość ontologiczna” (*novelty*) zachodzi tylko w poziomie aktualnie najwyższym, jest niepełna i myląca. Nawet fizyka fundamentalna jest „otwarta” i nie da się wyłącznie z jej poziomu ocenić, które jej konsekwencje pozostaną tylko znaczkami na papierze, a które twardą rzeczywistością. O tym zadecydują czynniki technologiczne, socjologiczne czy ekonomiczne.

3.2. Słabe pytanie Leibniza –
wstęp do odpowiedzi

W świetle omówionych wyżej rezultatów można pokusić się o kilka obserwacji na jeszcze bardziej ogólnym poziomie, nakierowanych już ściśle na próbę odpowiedzi na „słabe pytanie Leibniza”. A więc: dlaczego właściwie Wszechświat „nie poprzestał” na byciu jednorodnym zbiornikiem gazu?

Pierwszym, podstawowym warunkiem wydaje się być tkwiąca w samej materii *możliwość* tworzenia złożonych struktur na bazie cząstek elementarnych. W istocie nukleonów tkwi, że są w stanie – w odpowiednich warunkach – tworzyć jądra atomowe. W istocie atomów węgla i wodoru tkwi, że są w stanie – w odpowiednich warunkach – tworzyć węglowodory. Poszukiwanie odpowiedzi na to, jakie właściwie cechy cząstek elementarnych sprawiają, że posiadają one tego typu „potencjał twórczy”, jest znanym problemem filozoficznym, omawianym najczęściej w kontekście zasady antropicznej. Zagadnienie to stanowi jeden z dwóch filarów odpowiedzi na „słabe pytanie Leibniza”, jednak ze względu na jego szersze omówienie w literaturze¹³ nie będzie tu omówione szczegółowo.

Warto przy okazji zwrócić uwagę na fakt, że sama abstrakcyjnie rozważana fizyka cząstek elementarnych nie jest w stanie przewidzieć, czy obiekty opisywane przez nią *faktycznie*

¹³ J.D. Barrow, F.J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*, dz. cyt.

powstaną, inaczej mówiąc, czy tkwiąca w nich potencjalność zostanie zaktualizowana. Temat ten został już pokrótce poruszony pod koniec poprzedniej sekcji. W tym momencie należy podkreślić, że z wąskiej perspektywy fizyki cząstek i pól elementarnych albo relatywistycznej kosmologii fizycznej (dwóch dziedzin fizyki uważanych obecnie za fundamentalne) hipotetyczny Wszechświat, w którym nie istnieje „prawie nic”, nie różni się od Wszechświata rzeczywistego (w którym istnieje „mnóstwo rzeczy”), dopóki obowiązują w nim te same prawa fizyki cząstek elementarnych i kosmologii. Elektron będący częścią pędzla Salvadora Dali nie różni się od samotnego elektronu unoszącego się w nieskończonej pustej przestrzeni, a jednak Wszechświat, w którym pojawił się Salvador Dali, jest Wszechświatem zupełnie innym od tego, w którym istnieje wyłącznie nieskończona pusta przestrzeń. Również sama ta przestrzeń, w takim zakresie, w jakim jest opisywana przez kosmologię fizyczną, jest dokładnie taka sama we Wszechświecie „bez Dalego” i Wszechświecie „z Dalim”. Pokazuje to dobitnie, że odpowiedzi na „słabe pytanie Leibniza” nie można spodziewać się ze strony „fundamentalnych” dziedzin fizyki.

Czy potencjał ukryty w cząstkach elementarnych zostanie zrealizowany, zależy więc od „odpowiednich warunków”. Fundamentalnym procesem stwórczym we Wszechświecie wydaje się być powtarzające się następstwo między:

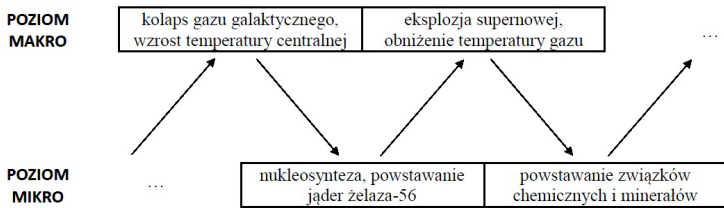
- I. powstawaniem nowych warunków fizycznych (które można wyrazić poprzez zestaw makroskopowych właści-

wości ośrodka – zwłaszcza trzech fundamentalnych parametrów termodynamicznych, czyli gęstości, ciśnienia i temperatury, ale też składu pierwiastkowego czy chemicznego);

II. powstawaniem w tych warunkach nowych obiektów mikroskopowych (czyli nowych kombinacji zastanych cząstek elementarnych lub obiektów z nich złożonych).

Kluczowe jest tu *sprzężenie* między budową mikroskopową danego obiektu przyrodniczego a jego zachowaniem makroskopowym z jednej strony, oraz między parametrami makroskopowymi tego obiektu a równowagową konfiguracją mikroskopową z drugiej strony.

Drugi główny epizod wzrostu złożoności widoczny na Ryc. 4 polegał na powstaniu gwiazd, w których po raz pierwszy osiągnięte zostały temperatury umożliwiające zajście reakcji termojądrowych i powstanie jąder ciężkich pierwiastków – przyjrzyjmy się bliżej temu splotowi procesów (Ryc. 5). Ze względu na fakt, że kluczowy parametr jąder atomowych – energia wiązania na nukleon – posiada maksimum, a nie rośnie nieograniczenie, gwiazdy nie mogą tworzyć coraz to cięższych pierwiastków w nieskończoność. W momencie, gdy wytworzone zostaje jądro żelaza-56, gwiazda osiąga punkt krytyczny, po którym struktura jej ulega destabilizacji, a wytworzone pierwiastki ciężkie zostają gwałtownie wyrzucone do ośrodka międzygwiazdowego (wybuch supernowej). W tym momencie uaktywnieniu ulegają określone możliwości tkwiące w atomach, a związane z oddziaływaniami elektromagnetycznymi – atomy gazu łączą się w nowe obiekty chemiczne i mineralogiczne.



Ryc. 5. Ilustracja wzajemnego powiązania procesów prowadzących do powstawania nowych obiektów przyrodniczych w skali makroskopowej i mikroskopowej.

Aby nie sprawić wrażenia, że opisane prawidłowości dotyczą wyłącznie świata astrofizyki, warto przywołać przykład z zakresu biologii ewolucyjnej. Funkcjonuje w niej pojęcie kooptacji (dawna nazwa: preadaptacja), rozumianej jako „wykorzystanie” przez ewolucję pewnej zastanej cechy organizmu, która dopiero w nowych warunkach środowiskowych okazuje się znacząco zwiększać *fitness* tego organizmu i zostaje „podchwyciona” i wzmocniona przez proces ewolucyjny. W ogólności obserwuje się, że po zmianie warunków środowiskowych organizmy żywe wykazują wzmoczone tempo ewolucji i kreatywności biologicznej, napędzanej w dużym stopniu przez wykorzystywanie „uśpionych” w nich możliwości.

Na Ryc. 4 widoczny jest jeden z takich „pików”, związany z inwazją organizmów wielokomórkowych na ląd; doskonale widoczna na tym przykładzie jest prawidłowość, że pewnego typu potencjał tkwiący w materii (tu: biologicznej) prowadzi do

eksplozji nowych form dopiero w zmienionych warunkach fizycznych. Obecne u zielenic chwytniki okazały się przydatne jako załączki korzeni; stawy stawonogów dostarczyły im podporu mechanicznego niezbędnego dla kroczenia po lądzie itd. Istnieje też w biologii ewolucyjnej zjawisko odwrotne: niezmiennosc warunków środowiskowych prowadzi do zastoju, skąd biorą się tzw. „żywe skamieniałości”.

Problem wyrażony przez „słabe pytanie Leibniza” można więc teraz doprecyzować: dlaczego we Wszechświecie nieustannie zmieniają się warunki fizyczne? Po części odpowiedzi na to pytanie udziela obserwacja poczyniona w sekcji 3.1. – nowość w skali mikroskopowej w ogólności wywołuje jakąś zmianę w skali makroskopowej, czyli zmianę warunków. Ryc. 2 ilustruje cały szereg „przewrotów” tego typu, z których najbardziej spektakularna jest chyba „wielka katastrofa tlenowa”, czyli utlenienie ziemskiej atmosfery ok. 2,3 miliarda lat temu, które nastąpiło za sprawą ewolucji nowego szlaku metabolicznego u żyjących ówczesnie bakterii. Przykład ten pokazuje ponadto, że dzięki „promieniowaniu” zmiany na wszelkie skale przestrzenne, ilość nowo powstałych środowisk jest nieproporcjonalnie duża względem „rozmiaru” samej pierwotnej zmiany. Utlenienie atmosfery ziemskiej wywołało szereg pobocznych konsekwencji, m.in. intensywne powstawanie tzw. żelazistych formacji wstęgowych (ang. BIF), będących obecnie jednym z ważniejszych ekonomicznych źródeł żelaza, ale także – za pośrednictwem nowych zjawisk che-

micznych w atmosferze – wystąpienie pierwszego globalnego zlodowacenia (tzw. zlodowacenie hurońskie). Cofający się lodowiec generuje z kolei nowego typu twory geologiczne i hydrologiczne, otwierające nowe możliwości rozwoju dla organizmów żywych.

Podsumowując ten fragment analiz, jako jedno z głównych źródeł bogactwa struktury świata należy wymienić fakt, że właściwości makroskopowe wielu układów fizycznych są czułe na zmiany mikroskopowe i *vice versa* – do tego stopnia, że zmiana makroskopowa wywołana mikroskopową potrafi doprowadzić do tak silnej zmiany warunków, że wywołuje powstawanie nowych zmian mikroskopowych.

Występuje tu charakterystyczne zjawisko „inflacji ontologicznej”, w wyniku której kolejne zmiany przyrodnicze wywołują lawinowo powstawanie następnych zmian. Proces ten jest odpowiedzialny za „skoki” wzrostu złożoności widoczne na Ryc. 4. W okresach tego typu z całego morza możliwości chemicznych, biologicznych, materiałowych i strukturalnych oraz geologicznych zostają zrealizowane te, które mają szansę zaistnienia i przetrwania w chwilowo występujących warunkach. Wprowadza to do historii układu element chaosu i przypadkowości.

W pewnym momencie „pole możliwości” otwarte przez daną przemianę zostaje jednak wyczerpane i dalsze innowacje nie następują już tak intensywnie. Hipotetycznie, każdy tego typu moment mógłby stanowić początek dowolnej długości

okresu „zastoju”; obserwacje innych planet Układu Słonecznego i dużych satelitów pokazują, że los taki nie jest niczym nadzwyczajnym. Przykładowo, Mars po ok. 1,5 miliarda lat intensywnej ewolucji geologicznej, w trakcie której utworzone zostały wszystkie główne struktury wulkaniczne i tektoniczne (dychotomia skorupy, płaskowyż Tharsis, kanion Valles Marineris i in.), a także geomorfologiczne wyniki m.in. z aktywności hydrologicznej, wszedł w trwający do dziś tzw. okres amazoński, który nie cechuje się wyłanianiem się żadnych nowych typów zjawisk, lecz tylko odtwarzaniem tych zainicjowanych w przeszłości.

Istnieją jednak mechanizmy zdolne do przeciwdziałania tego typu „zastojom”. Kluczowe wydaje się być istnienie nieodwracalnych procesów działających w najwyższej skali czasowej oraz ich efektywne sprzężenie ze zjawiskami w krótszych skalach. W biologii ewolucyjnej mamy do czynienia np. z pełniącym taką funkcję dryfem genetycznym albo, rozumianą już szerszej, akumulacją mutacji. W skali globu procesem takim jest stygnięcie całej planety, co w skali miliardów lat moderuje ewolucję jądra oraz wielkoskalowe ruchy płaszczka Ziemi, a tym samym globalne procesy tektoniczne. W skali gwiazdowej występuje powolne gromadzenie się „popiołów” reakcji termojądrowych, prowadzących do bardzo powolnego przesuwania się strefy nukleosyntezy z dala od geometrycznego środka gwiazdy. W skali galaktycznej następuje ciągle wzbogacanie gazu galaktycznego o pierwiastki ciężkie oraz zamiana tego gazu na gwiazdy i ostatecznie ich wygasłe pozostawienie.

stałości typu białych karłów i gwiazd neutronowych. W skali największej mamy zaś do czynienia z fundamentalną sytuacją nierównowagową, ponieważ Wszechświat się rozszerza. Tego typu wielkoskalowe „pełznięcie” stanowi wiecznie zmieniający się kontekst, dzięki któremu nie następuje lokalne ustalenie się warunków fizycznych.

4. Słabe pytanie Leibniza – próba odpowiedzi

W poprzedniej sekcji omówionych zostało kilka podstawowych obserwacji wynikających z analizy wzrostu złożoności Wszechświata. W skrócie, zostało tam pokazane, że:

W materii w skali mikroskopowej istnieje *potencjalnie* zawarta zdolność do tworzenia wielkiego bogactwa obiektów zorganizowanych za sprawą oddziaływań jądrowych oraz oddziaływania elektromagnetycznego, z mniejszym udziałem grawitacji.

Rzeczywiste *zaistnienie* tych obiektów zależne jest jednak od wystąpienia sprzyjających warunków fizycznych.

Pierwsza faza przemian prowadzących do „uruchomienia” tego potencjału związana była z działaniem siły grawitacji na pierwotny gaz kosmiczny i doprowadziła do powstania pierwszych galaktyk i gwiazd. Również i dziś kontrolowane przez grawitację (oraz, w pewnym stopniu, galaktyczne pola magnetyczne) przemiany zachodzące w skali astrofizycznej stanowią główną przyczynę zachodzenia przemian w skalach mniejszych,

a podstawową jednostką „kreatywności kosmicznej” wydaje się być układ planetarny¹⁴.

Każda przemiana na dowolnym szczeblu organizacji materii prowadzi w ogólności do wystąpienia zmian na wszystkich szczeblach organizacji materii w danym układzie. (Faktyczny wpływ tej zmiany na organizację materii w poszczególnych skalach przestrzennych zależy już od szczegółowej konfiguracji układu i stanowi osobny temat domagający się szerszej analizy). Różne tempo zjawisk zachodzących w różnych skalach prowadzi jednak do rozłożenia tych zmian w czasie.

Tego typu współzależność procesów prowadzi do „inflacji ontologicznej” – „kaskadowego” powstawania kolejnych obiektów, ponieważ każda kolejna przemiana ponownie promieniuje na cały układ we wszystkich skalach przestrzennych, znów zmieniając panujące w tym układzie warunki fizyczne. Tego typu „kaskady”, następujące relatywnie szybko w skali ewolucji całego układu, odpowiedzialne są za przeważającą większość zachodzącego we Wszechświecie wzrostu złożoności. Nowe obiekty powstające „samotnie”, a nie w kontekście „rewolucji” opisanego typu, są w mniejszości.

W trakcie zachodzenia tego typu „kaskady” chwilowe warunki panujące w układzie zostają „wzmocnione” i silnie determinują jego późniejszą ewolucję. Zjawisko to można określić jako „zamrożenie przypadku”. Jest to jakościowy efekt, któ-

¹⁴ Zob. Ł. Lamża, *Six phases of cosmic history*, „HYLE: International Journal for Philosophy of Chemistry” 2014, 20.1.

remu w teorii układów dynamicznych odpowiada „czułość na warunki brzegowe”, zjawisko dające się w ramach tej teorii wyrazić ilościowo. Co ciekawe, wczesne stadium rozwoju układów planetarnych, czyli „okres embrionalny” wyróżnionych wyżej „atomów” kosmicznej kreatywności, to niezwykle efektywny proces „losujący”, który kieruje miliardy powstających nieustannie układów planetarnych na osobne ścieżki rozwojowe, w których dochodzi do powstawania wielu obiektów przyrodniczych o bardzo zróżnicowanym charakterze. Na omówienie tego fascynującego procesu brakuje tu niestety miejsca, choć wydaje się, że ewolucja młodych układów planetarnych to jeden z kluczowych elementów zagadki „słabego pytania Leibniza”.

Na każdym etapie opisanego wyżej procesu istotne są ilościowe proporcje między działającymi w układzie siłami – jest to fakt wiążący opisaną tu prawidłowość ze znanym zagadnieniem „precyzyjnego dostrojenia” (*fine-tuning*). Obok obficie komentowanych w literaturze efektów dotyczących fizyki fundamentalnej, występują również podobne efekty w późniejszych fazach ewolucji Kosmosu. Przykładowo, słabsze oddziaływanie neutrin z materią mogłoby powstrzymać ciężkie pierwiastki wytworzone w gwiazdach przed zmieszaniem się z ośrodkiem międzygwiazdowym; silniejszy lub słabszy wpływ pól magnetycznych na materię mógłby uniemożliwić powstawanie układów planetarnych; słabsza pole grawitacyjne mogłoby zapobiec chemicznemu różnicowaniu się planet itd.

5. Podsumowanie i perspektywy

Opisane wyżej analizy miały na celu podjęcie próby odpowiedzi na „słabe pytanie Leibniza” w kontekście współczesnej wiedzy przyrodniczej. Wydaje się, że zarysowany wyżej zakres problemowy może pełnić funkcję pośredniczącą między naukami przyrodniczymi a filozofią przyrody i metafizyką.

Istnieją oczywiste ograniczenia tego programu badawczego. Wykorzystane jako punkt wyjścia 893 obiekty przyrodnicze nie są listą „ostateczną”, ani tym bardziej wyczerpującą lub w jakimkolwiek sensie „zbalansowaną” – katalogowanie książek nie ma przecież pierwotnie na celu rozjaśnienia struktury rzeczywistości! Posłużenie się katalogiem bibliotecznym miało na celu raczej zapewnienie minimum gwarancji, że omawiane zagadnienia nie są wyłącznie odzwierciedleniem chwilowych zainteresowań autora, oraz dostarczenie praktycznego punktu wyjścia dla rozważania Wszechświata jako takiego w całym jego bogactwie.

Kryje się za tym głębsze przekonanie metodologiczne: wydaje się bowiem, że możliwości wynikające z koncentrowania się wyłącznie na „fizyce fundamentalnej” są ograniczone, już choćby przez fakt, że jest to – niejako z definicji – najsłabiej ustalona i najbardziej spekulatywna gałąź nauki. Ponadto (co zostało już zarysowane wyżej w sekcji 1.1.) wszelkie próby przejścia między najskromniejszą dającą się sensownie wyrazić „próżnią” a stanem przypominającym pierwsze stadia Wielkiego Wybuchu nie są sensie ścisłym odpowiedzią na pytanie

Leibniza, ponieważ rozpoczynają od niezerowej sytuacji ontologicznej. Przejście między stanem próżniowym pola kwantowego a stanem, w którym występują cząstki, nie różni się znacząco pod względem metafizycznym od przejścia między stanem „bezwiazdowym” gazu kosmicznego a stanem, w którym występują gwiazdy; albo stanem „bezwierzęcym” biosfery a stanem, w którym występują zwierzęta. To po prostu kolejne kroki prowadzące od prostszego (choć wciąż przecież niezerowego) stanu Wszechświata do bardziej złożonego.

Wydaje się więc, że jeśli faktycznie chce się podjąć próbę naukowej odpowiedzi na pytanie Leibniza, to nie ma żadnego dobrego powodu, aby koncentrować się w tym wyjaśnieniu na powstaniu tylko kilku „najwcześniejszych” obiektów we Wszechświecie – zwłaszcza, że nawet hipotetyczne całkowite wyjaśnienie ich powstania wciąż może pozostawić nas ze scenariuszem, w którym we Wszechświecie nie ma (prawie) nic! Dopóki odpowiedzi na pytanie Leibniza nie są faktycznie wyjaśnieniem przejścia od „niczego” do „czegoś” (czego trudno się raczej spodziewać), tylko od sytuacji ontologicznie prostszej do bardziej złożonej, to wydaje się, że metoda opisana w tym artykule może uzupełniać dotychczasowe badania filozoficzne o bardziej szczegółowy kontekst przyrodniczy, pozostając jednak w duchu oryginalnego pytania Leibniza.

Bibliografia

- Barrow J.D., *The Book of Nothing*, Vintage Books, London 2001.
- Barrow J.D., Tipler F.J., *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford University Press, Oxford–New York 1986.
- Hartle J.B., *Grawitacja*, tłum. P. Amsterdamski, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2010.
- Heller M., *Ostateczne wyjaśnienia Wszechświata*, Universitas, Kraków 2008.
- Kraśkiewicz J., *Elementy klasycznej i kwantowej teorii pola*, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2003.
- Kuhn R.L., *Why this universe? Toward a taxonomy of possible explanations*, „Skeptic” 2007, 13, s. 28–39.
- Lamża Ł., *W kierunku ilościowej teorii wzrostu złożoności świata*, „Semina Scientiarum” 2011, 10, s. 57–77.
- Lamża Ł., *Six phases of cosmic history*, „HYLE: International Journal for Philosophy of Chemistry” 2014, 20.1.
- McCabe G., *Possible physical universes*, 2006, preprint arXiv nr gr-qc/0601073.
- Tryon E.P., *Is the Universe a Vacuum Fluctuation?* „Nature” 1973, 246 (5433), s. 396–397.

Aneks I. Lista analizowanych w pracy głównych klas UDC (poziom II) oraz przykładowych klaszczegółowych (poziom V):

52 Astronomia. Astrofizyka. Badania kosmiczne. Geodezja

- 521.16 Oddziaływania pływowe i inne siły dyssypacyjne; 523.62 Ośrodek międzyplanetarny; 523.98 Aktywność Słońca; 524.66 Ramiona spiralne galaktyk

53 Fizyka

532.13 Tarcie wewnętrzne. Lepkość; 532.61 Napięcie powierzchniowe. Siły międzyfazowe; 532.78 Krystalizacja z roztworu; 533.98 Plazmoidy; 534.24 Refrakcja fal; 535.34 Absorpcja. Spektra absorpcyjne; 536.21 Przewodnictwo w ciałach stałych; 537.52 Wyładowania elektryczne; 537.67 Magnetyzm ziemski; 539.16 Radioaktywność. Jądra nietrwałe; 539.42 Pęknięcia. Mechanika spękań

54 Chemia. Krystalografia. Mineralogia

544.14 Wiązania chemiczne; 544.25 Ciekłe kryształy; 544.47 Kataliza. Reakcje katalityczne; 546.22 Siarka; 546.29 Gazy szlachetne; 547.22 Halogenopochodne węglowodorów nasyconych; 547.48 Aldehydokwasy. Ketonokwasy; 547.96 Białka; 548.24 Zrosty kryształów: bliźniaki, zrosty wielokrotne; 548.51 Zarodkowanie. Pierwsze fazy wzrostu. Zarodki; 549.61 Krzemiany zasadowe; 549.74 Węglany i minerały pochodne

55 Nauki o Ziemi. Geologia i nauki pokrewne

551.22 Formy intruzyjnych i wylewnych struktur wulkanicznych; 551.25 Petrotektonika (Metamorfizm, Łupkowatość i in.); 551.33 Glacjogeologia; 551.44 Speleologia. Jaskinie. Szczeliny. Wody podziemne; 552.14 Diagenеза. Powstawanie skał osadowych; 552.48 Eklogity. Amfibole; 553.31 Rudy żelaza; 553.94 Węgiel kamienny; 556.56 Bagna

57 Nauki biologiczne

575.18 Płeć. Genetyczne podstawy płci; 576.32 Mechaniczna aktywność komórek; 577.17 Hormony; 578.32 Architektura

wirusów; 579.25 Genetyka organizmów prokariotycznych;
579.87 Aktynobakterie i organizmy pokrewne

58 Botanika

581.12 Katabolizm. Oddychanie; 571.34 Plemnice. Lęgnię. Rodnie; 581.46 Kwiaty; 581.82 Typy tkanek roślinnych; 582.43 Sagowce; 582.62 Oczarowate

59 Zoologia

591.18 Funkcje układu nerwowego; 591.34 Metamorfoza. Stadium larwalne; 591.44 Układ limfatyczny kręgowców; 591.57 Obrona. Atak; 591.11 Korzenionózki; 594.51 Wieloszczety; 593.33 Małżoraczki; 595.76 Chrząszcze; 598.14 Krokodyle; 599.8 Ssaki naczelne

Aneks II. Lista niektórych ważniejszych źródeł przydatnych przy ustalaniu chronologii i „kontekstu” omawianych w pracy obiektów przyrodniczych:

Wielki Wybuch i ewolucja Kosmosu do powstania pierwszych gwiazd:

Kibble T.W.B., *Phase transitions in the early universe*, „Acta Physica Polonica B”, **13** (10-11): 723.

Liddle A., *An Introduction to Modern Cosmology*, Wiley-VCH 2003.

Maoli R., Melchiorri F., Tosti D., *Molecules in the postrecombination universe and microwave background anisotropies*, „Astrophysical Journal Part 1” 1994, 425, 2, s. 372–381.

Simcoe R.A., Sullivan P.W., Cooksey K.L., Kao M.M., Matejek M.S., Burgasser A.J., *Extremely metal-poor gas at a redshift of 7*, „Nature” 2012, 492, s. 79–82.

Vonlanthen P., Rauscher T., Winteler C., Puy D., Signore M., Dubrovich V., *Chemistry of heavy elements in the Dark Ages*, „Astronomy and Astrophysics” 2009, 503 (1), s. 47–59.

Zjawiska fizyczne i chemiczne występujące w gwiazdach:

Burgess D., *Solar wind and interstellar medium coupling*, [w:] *Solar and Heliospheric Plasma Physics*, Springer, Berlin–Heidelberg 1997, s. 117–138.

Gaur V.P., Tripathi B.M., Joshi G.C., Pande M.C., *Molecules in white dwarfs*, „Astronomy and Space Science” 1988, 147, 1, s. 107–113.

Herwig F., *Evolution of asymptotic giant branch stars*, „Annual Review for Astronomy and Astrophysics” 2005, 43, s. 435–479.

Sinha K., *Molecules in the Sun*, „Proceedings of the Astronomical Society of Australia” 1991, 9, 1, s. 32–36.

Nukleosynteza gwiazdowa i ewolucja materii w późnych fazach ewolucji gwiazd:

Botvina A.S., Mishustin I. N., *Statistical approach for supernova matter*, „Nuclear Physics A” 2010, 843(1), s. 98–132.

De Avillez M.A., Mac Low M.M., *Mixing timescales in a supernova-driven interstellar medium*, „The Astrophysical Journal” 2008, 581(2), s. 1047.

Lattimer J.M., Schramm D.N., Grossman L., *Condensation in supernova ejecta and isotopic anomalies in meteorites*, „The Astrophysical Journal” 1978, 219, s. 230–249.

Zjawiska fizyczne i chemiczne występujące ośrodku międzygwiazdowym i młodych układach planetarnych:

- Bakes E. L. O., Tielens A.G.G.M., *The photoelectric heating mechanism for very small graphitic grains and polycyclic aromatic hydrocarbons*, „The Astrophysical Journal” 1994, 427, s. 822–838.
- Cody G.D., Heying E., Alexander C.M.O., Nittler L.R., Kilcoyne A.L.D., Sandford S.A., Stroud R.M., *Establishing a molecular relationship between chondritic and cometary organic solids*, „Proceedings of the National Academy of Sciences” 2011, 108, 48, s. 19171–19176.
- Davis A.M., Richter F.M., *Condensation and Evaporation of Solar System Materials*, [w:] (red.) A.M. Davis, *Treatise on Geochemistry*, t. 1: *Meteorites, Comets, and Planets*, Elsevier, Amsterdam–Oxford–Waldham, MA 2003, s. 406–430.
- Dyson J.E., Williams D.A., *The Physics of the Interstellar Medium*, Taylor & Francis, Oxford 1997.
- Herbst E., *The chemistry of interstellar space*, „Chemical Society Reviews” 2011, 30, s. 168–176.
- Jones A.P., *Dust destruction processes*, „Astrophysics of Dust. ASP Conference Series” 2004, 309, s. 347–367.
- Martins Z., Watson J.S., Sephton M.A., Botta O., Ehrenfreund P., Gilmour I., *Free dicarboxylic and aromatic acids in the carbonaceous chondrites Murchison and Orgueil*, „Meteoritics & Planetary Science” 2006, 41, 7, s.1073–1080.
- Pagel A.M., *Astrochemistry*, John Wiley & Sons, Chichester 2006.
- Palme H., Jones A., *Solar System Abundances of the Elements*, [w:] (red.) A.M. Davis, *Treatise on Geochemistry*, t. 1: *Meteorites, Comets, and Planets*, Elsevier, Amsterdam–Oxford–Waldham, MA 2003, s. 41–61.

Pilling S., Andrade D.P.P., da Silveira E.F., Rothard H., Domaracka A., Boduch P., *Formation of unsaturated hydrocarbons by cosmic ray analogs in interstellar ices*, [w:] The Molecular Universe, Posters from the proceedings of the 280th Symposium of the International Astronomical Union held in Toledo, Spain, May 30-June 3, 2011, #302.

Shaw A.M., *Astrochemistry: From Astronomy to Astrobiology*, John Wiley & Sons, Chichester 2006.

Tielens A.G.G.M., *The Physics and Chemistry of Interstellar Medium*, Cambridge University Press, Cambridge 2010.

Trieloff M., Palme H., *The origin of solids in the early Solar System*, [w:] (red.) H. Klahr, W. Brandner, *Planet Formation*, Cambridge University Press, Cambridge 2006, s. 64–89.

Ewolucja orbitalna, chemiczna i geologiczna Układu Słonecznego:

Cole G. H., Woollson M.M., *Planetary Science: The Science of Planets around Stars*, IoP Publishing, Bristol–Philadelphia 2002.

Doyle L.R., Carter J.A., Fabrycky D.C., Slawson R.W., Howell S.B., Winn J. ., ..., Fischer D., *Kepler-16: a transiting circumbinary planet*, „Science” 2001, 333(6049), s. 1602–1606.

Geissler P.E., *Volcanic activity on Io during the Galileo era*, „Annu. Rev. Earth Planet. Sci. ” 2003, 31, s. 175–211.

Gribble G.W., *The natural production of chlorinated compounds*, „Environmental Science & Technology” 1994, 28, 7, s. 310A–379A.

Hazen R.M., Papineau D., Bleeker W., Downs R.T., Ferry J.M., McCoy T.J., Sverjensky D.A., Yang H., *Mineral evolution*, „American Mineralogist” 2008, 93, s. 1693–1720.

- Howard A.W., Marcy G.W., Johnson J.A., Fischer D.A., Wright J.T., Isaacson H., ..., Ida S., *The occurrence and mass distribution of close-in super-Earths, Neptunes, and Jupiters*, „Science” 2010, 330, 6004, s. 653–655.
- Marcy G., Fischer D.A., Butler R.P., Vogt S.S., *Properties of exoplanets: a Doppler study of 1330 stars*, [w:] (red.) H. Klahr, W. Brandner, *Planet Formation*, Cambridge University Press, Cambridge 2006, s. 179–191.
- Melosh H.J., *Planetary Surface Processes*, Cambridge University Press, Cambridge–New York 2011.
- Raulin F., *Titan’s Organic Chemistry and Exobiology*, [w:] (red.) A. Wilson, Huygens: Science, Payload and Mission, Proceedings of an ESA conference, 1997, s. 219.
- Remusat L., Derenne S., Robert F., Knicker H., *New pyrolytic and spectroscopic data on Orgueil and Murchison insoluble organic matter: A different origin than soluble?*, „Geochimica et Cosmochimica Acta” 2005, 69, 15, s. 3919–3932.
- Taylor S.R., McLennan S., *Planetary Crusts*, Cambridge University Press, Cambridge 2008.
- Watters T.R., Schultz R.A., *Planetary Tectonics*, Cambridge University Press, Cambridge 2012.
- Whittet D.C.B (red.), *Planetary and Interstellar Processes Relevant to the Origins of Life*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1997.
- Williams Q., *Water, the Solid Earth, and the Atmosphere: The Genesis and Effects of a Wet Surface on a Mostly Dry Planet*, [w:] (red.) D. Stevenson, *Treatise on Geophysics*, t. 9, *Evolution of the Earth*, Elsevier, Amsterdam 2007, s. 121–144.

Zhang X., Liang M.C., Mills F.P., Belyaev D.A., Yung Y.L., *Sulfur chemistry in the middle atmosphere of Venus*, „Icarus” 2012, 217(2), s. 714–739.

Abiogeneza i ewolucja organizmów jednokomórkowych:

Cavalier-Smith T., *Cell evolution and Earth history: stasis and revolution*, „Phil. Trans. R. Soc.” B 361, s. 969–1006.

Cavalier-Smith T., *Rooting the tree of life by transition analyses*, „Biology Direct” 2006, 1, s. 19.

Donova M.V., *Transformation of steroids by actinobacteria: A review*, „Applied Biochemistry and Microbiology” 2007, 43, 1, s. 1–14.

Gesteland R.F., Cech Th.R., Atkins J.F. (red.), *The Rna World*, Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York 1999.

Wacey D., Kilburn M.R., Saunders M., Cliff J., Brasier M.D., *Microfossils of sulphur-metabolizing cells in 3.4-billion-year-old rocks of Western Australia*, „Nature Geoscience” 2011, 4(10), s. 698–702.

Ewolucja organizmów wielokomórkowych:

Delevoryas T., *Ewolucyjne różnicowanie się roślin*, PWN, Warszawa 1972.

Dzik J., *Dzieje życia na Ziemi*, PWN, Warszawa 2011.

Jura Cz., *Bezkręgowce*. PWN, Warszawa 2005.

Valentine J.W., *On the Origin of Phyla*, University of Chicago Press, Chicago 2004.

Rozprawa o przyptywach i odpływach morza Galileusza

Tłumaczenie rozprawy

Tadeusz Sierotowicz

Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych,
Istituto Superiore di Scienze Religiose di Bolzano
e IISS "Gandhi" di Merano

Galileo's Discourse on the Tides

Summary

The paper presents the first Polish translation of Galileo's letter on tides written in the beginning of the year 1616 to cardinal Alessandro Orsini. The text of translation is organized in a new way, and integrated with the index of matters.

Keywords

Galileo Galilei, tides, philosophy and history of science.

W 1623 roku na Stolicy Piotrowej zasiadł kardynał Maffeo Barberini¹. Przyjął on imię Urbana VIII. Barberini – miłośnik nauki – był przychylny osobie Galileusza. W tymże samym roku pizański uczony opublikował staraniem *Accademia dei Lincei* dzieło zatytułowane *Il Saggiatore (Waga probiercza)*. W tym samym roku Galileusz powrócił do swego dawnego projektu sformułowania dowodu fizycznego na rzecz kopernikanizmu mając też nadzieję, że jego naukowe – i nie tylko naukowe – wysiłki doprowadzą do zmiany stanowiska instytucji kościelnych wobec teorii Kopernika. Galileusz był przekonany, iż takim dowodem były przypyływy i odpływy morza. Opierając się na tym argumentcie, zaczął jeszcze w 1624 roku przygotowywać dzieło zatytułowane *Dialogo sopra il flusso e il refluxo delle maree (Dialog o przypyływach i odpływach morza)*, które po wielu perypetiach zostanie opublikowane we Florencji pod tytułem *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, ptolemaico e copernicano (Dialog o dwu najważniejszych układach świata)*².

¹ Istnieje wiele opracowań dotyczących życia i dzieła Galileusza. Zob. np. A. Fantoli, *Galileo. Per il copernicanesimo e per la Chiesa*, Specola Vaticana, Città del Vaticano 2010 (wydanie trzecie poprawione i uzupełnione; tłumaczenie polskie drugiego wydania: A. Fantoli, *Galileusz. Po stronie kopernikanizmu i po stronie Kościoła*, Biblos, Tarnów 2002); J. Heilbron, *Galileo*, Oxford University Press, Oxford 2010; M. Sharratt, *Galileo. Decisive Innovator*, Cambridge University Press, Cambridge 1996; T. Sierotowicz, *Od polemiki metodycznej do polemiki metodologicznej. Uwagi na marginesie lektury 'Wagi probierczej' Galileusza*, Biblos, Tarnów 2008.

² Galileo Galilei, *Dialog o dwu najważniejszych układach świata, Ptolemeuszowym i Kopernikowym*, PWN, Warszawa 1953.

Pomijając kwestie związane z fizyczną poprawnością i retorycznym charakterem argumentu z przyptywów, w moim pojęciu dwa jego aspekty zasługują na szczególną uwagę. Najpierw należy wskazać na przekonanie, szczególnie wyraźne w Galileuszowskich rozważaniach na temat przyptywów, że w lekturze księgi natury należy się odwoływać tylko i wyłącznie do przyczyn należących do zjawisk naturalnych. Oznacza to, że w rozumowaniach dotyczących przyrody należy ograniczać się do procedur o charakterze redukcyjnym, albo – używając bardziej współczesnego języka – o charakterze abdukcyjnym (rozumując zatem od efektu do przyczyny). Następnie, proponując tego rodzaju wyjaśnienia zjawisk, należy szukać doświadczeń/obserwacji mających charakter *experimentum crucis*. Krótko – należy poszukiwać przyrodniczej przyczyny, która wyjaśnia obserwowane zjawisko i jednocześnie okazuje się być jedynym, dopuszczalnym wyjaśnieniem danego zjawiska, wykluczającym w oparciu o obserwowane zjawiska, proponowane doświadczenia czy rozumowania, inne możliwe wyjaśnienia (przyczyny)³.

Według tak rozumianych współrzędnych metodologicznych Galileusz rozwija swój kopernikański argument oparty na przyptywach morza w *Dialogu o dwu najważniejszych układach świata*. Jednakże pierwsza idea tego argumentu została zaproponowana przez Galileusza prawie 15 lat wcześniej pod

³ Piszę szerzej na ten temat w: T. Sierotowicz, *O położeniu plam słonecznych*, Biblos, Tarnów 2013, s. 180–195.

czas salonowych dyskusji w Rzymie na przełomie lat 1615–16 i następnie zapisana w postaci rozprawy epistolarnej adresowanej do kardynała Alessandra Orsiniego. Nosiła ona tytuł *Discorso del flusso e refluxo del mare* i została podpisana 8 stycznia 1616 roku. Tłumaczenie tej rozprawy uzupełnia jedną z luk w polskiej bibliografii Galileusza⁴. Niniejszy artykuł proponuje zatem jej tłumaczenie, uzupełnione spisem poruszanych argumentów⁵.

⁴ Zob. T. Sierotowicz, *Życie i dzieło Galileusza*, „Zagadnienia Filozoficzne w Nauce” 2012, 50, s. 85–90.

⁵ Jeśli chodzi o porównanie listu do kardynała Orsiniego i ostatecznej wersji argumentu z *Dialogu...*, jak również jeśli chodzi o bibliografią dotyczącą tego argumentu zob. Galileo Galilei, *Dialogo dei massimi sistemi*, O. Besomi i M. Helbing (red.), Editrice Antenore, Padova 1998. Na ten temat zob. też: L. Russo, *Flussi e riflussi. Indagine sull'origine di una teoria scientifica*, Feltrinelli, Milano 2003; M. Clutton-Brock, D. Topper, *The plausibility of Galileo's tidal theory*, „Centaurus” 2011, 53, s. 221–235, oraz J.L. Heilbron, *The Bizzarrie of the Dialogo myth, marvel, and make believe in Galileo's Force Free Physics*, „Galilæana” 2012, 9, s. 29–64.

Rozprawa o przyptywach i odpływach morza⁶

Do Najjaśniejszego i Najprzewielebniejszego
Pana kardynała Orsiniego

<377>⁷ ^{DW.1} Zaszczyt jaki Wasza Najjaśniejsza i Najprzewielebniejsza Dostojność czyni mojej niegodnej osobie, prosząc mnie o przedstawienie na piśmie tego, co dziesięć dni temu przedstawiłem słownie zdecydowanie przewyższa wartość mojego dyskursu. Nie potrafię inaczej się odwdziaczyć jak tylko natychmiast przystępując do realizacji Waszej prośby, starając się w jak najzwęższej formie przedstawić zdumiewające zjawisko przyptywów i odpływów morza wraz z analizą jego przyczyn. ^{DW.2} A jest to kwestia tyle zawiła, co trudna, zwłaszcza

⁶ Tłumaczenie opiera się na tekście rozprawy ustalonym przez Antonio Favarego w krytycznym wydaniu dzieł zebranych Galileusza: *Le Opere di Galileo Galilei: Edizione Nazionale*, 20 tomów (t. III dzieli się na dwie części o ciągłej numeracji stron), Tipografia di G. Barbèra, Firenze 1890–1909 (przedrukowane w latach: 1929–1939 pod redakcją Giorgia Abettiego, a następnie w latach 1964–1968 z okazji czterechsetnej rocznicy urodzin Galileusza). W niniejszym przekładzie używam przedruku z lat 1929–1939, przyjmując powszechnie stosowany sposób cytowania tej edycji dzieł Galileusza (skrót OG) poprzez wskazanie numeru tomu, numeru strony i po kropce numerów wierszy. *Rozprawa* znajduje się w tomie piątym: V, 377–395.

⁷ Cyfry ujęte w nawias < > zawierają numerację stron według edycji OG. Cytowany numer znajduje się w górnym rogu strony, z której pochodzi tłumaczony fragment następujący po tym numerze. Litera i numery umieszczone jako apeksy odnoszą się do spisu kwestii poruszanych w rozprawie.

jeśli rozważyć, co na ten temat dotąd zostało napisane przez poważnych autorów. Osiągnięte przez nich wyniki nie zadowolają umysłów tych, którzy pragną zgłębić procesy przyrodnicze wnikając pod powierzchnię zjawisk. ^{DW.3} Bowiem umysł badacza znajduje zadowolenie, kiedy uda mu się wskazać rację będącą prawdziwą przyczyną danego zjawiska, a zarazem jednoznacznie i w sposób oczywisty wyjaśniającą wszystkie drobne szczegóły i aspekty towarzyszące danemu zjawisku. ^{DW.4} Nie można tego powiedzieć – jak to w mojej relacji słownej wykazałem – o dotychczas przedstawionych wyjaśnieniach przypliwów, proponowane przez różnych autorów. Pominę je tutaj milczeniem, ponieważ Wasza Najjaśniejsza i Najprzewielebniejsza Dostojność mogła <378> się przekonać o tym na podstawie moich słownych wyjaśnień, chociaż Wasza Dostojność nie bardzo się z nimi zgadzała. ^{DW.5} Przy tej okazji Wasza Dostojność zgodziła się, więcej – rozkazała, abym szersze rozpowszechnienie moich opinii w interesie wszystkich badaczy odłożył do publikacji mojego traktatu na temat systemu świata.

^{DL.1} Doświadczenie uczy nas, że przypliwu i odpływu wód morskich nie są wynikiem nadymania się i kurczenia wody, podobnym do tego, który obserwuje się w przypadku wody umieszczonej w pobliżu źródła ciepła. Woda bowiem ogrzewając się ulega rozrzedzeniu i unosi się, natomiast kiedy ulega ochłodzeniu zagęszcza się i opada. ^{DL.2} W morzach zaś mamy do czynienia z prawdziwym ruchem lokalnym i, by tak to powiedzieć, postępującym, raz w kierunku jednego brzegu, potem zaś w stronę drugiego brzegu basenu morza, bez żadnej zmiany [fizycznych

cech] wody, mogącej być powodowaną inną przyczyną niż sam ruch lokalny. ^{DI.3} Argumentując w oparciu o doświadczenia zmysłowe (będące pewnym oparciem prawdziwej filozofii) dostrzeżemy, że istnieją różne sposoby wprawiania wody w ruch o charakterze lokalnym. Sposoby te poddamy szczegółowej analizie, aby zobaczyć, czy któryś z nich może być uznany za pierwszą i podstawową przyczynę przyptywów i odpływów morza. Powiedziałem przyczyną pierwszą, ponieważ kiedy poddamy analizie wielorakie zjawiska towarzyszące przyptywom i odpływom morza odkrywamy, że nie jest możliwe ich wyjaśnienie bez uwzględnienia wielu przyczyn drugorzędnych, czyli jak się to mówi towarzyszących, współdziałających z przyczyną pierwszą w powstawaniu obserwowanej różnorodności zjawisk towarzyszących przyptywom. Jednakże z jednej i niezłożonej przyczyny pierwszej nie może wynikać nic innego, jak tylko niezłożone i ściśle określone zjawisko. Będziemy zatem poszukiwać w naszych rozważaniach przyczyny pierwszej i uniwersalnej, to jest takiej, bez której nie mogłaby zaistnieć obserwowana regularność ruchów wód morskich. Powiadam regularność, pomimo tego, iż w różnych morzach obserwuje się zróżnicowane okresy przyptywów i odpływów morza.

^{DI.1} Jedną z przyczyn ruchu wody jest nachylenie zbiornika i dna, w którym znajduje się płyn. Z tego to powodu strumyki wpadają do rzek, rzeki zaś do morza. Ponieważ jednak woda spływa zawsze w jednym kierunku, a wody nigdy nie poruszają się w kierunku przeciwnym, tego rodzaju przyczyna nie może <379> być uznana za tą, którą poszukujemy. Istotnie, nie może

ona zdać sprawy z okresowych ruchów w przeciwnych kierunkach, jak to się obserwuje w przypadku wód morskich.

^{DII.2} Inny sposób wprowadzenia wody w ruchu to ruch otoczenia albo innego ciała zewnętrznego uderzającego o jej powierzchnię. Tak się dzieje w przypadku wiatru, popychającego wodę morza albo jeziora w kierunku, w którym dmie. Jednakże ten sposób poruszania wody nie jest tym, czego szukamy, albowiem ruch taki może być gwałtowny, lecz nieregularny, podczas gdy przyplawy i odpływy odznaczają się regularnym okresem. Ponadto zachodzą nawet podczas powietrza spokojnego, kiedy nie ma wiatrów. Więcej – zachowują swój kierunek nawet wtedy, kiedy wiatr dmie w przeciwnym kierunku do pływu.

^{DII.3} Ruchy lokalne wody można też spowodować, kiedy porusza się pojemnik zawierający wodę. ^{DII.3.1} To zaś może zająć na dwa sposoby. Pierwszy z nich to podnoszenie na przemian jednego lub drugiego brzegu pojemnika zawierającego wodę. Przy takim ruchu libracyjnym woda zawarta w pojemniku spływa w stronę nachylnego brzegu, potem zaś powraca, poprzez całą długość naczynia, w przeciwnym kierunku. Taki ruch libracyjny nie może jednak mieć miejsca w naszym przypadku. Bo chociaż Ziemia wykonuje ruch libracyjny, to jednak ruch ten nie powoduje przepływania wody z jednej strony na drugą. Istotnie, w przypadku naczynia z wodą poddanego libracji, jeden, potem drugi brzeg naczynia podnosi się i opada, podnosząc i opuszczając środek ciężkości ciał ciężkich, dlatego też woda z powodu jej ciężaru przepływa z jednego miejsca na drugie. Jednakże w przypadku libracji Ziemi ruch tego rodzaju nie oznacza przy-

blizanie albo oddalanie się jakiejkolwiek części jej powierzchni od środka samej Ziemi, czyli w stronę punktu, w stronę którego poruszają się wszystkie ciała posiadające ciężar. Oprócz libracji, kuli ziemskiej można też przypisać nachylenie poprzeczne, to jest z północy na południe, natomiast przyptywy zawsze odbywają się w kierunku przeciwnym – ze wschodu na zachód. Na koniec zaś przypisuje się też Ziemi librację odbywającą się w okresie wielu tysięcy lat <380>, jednakże w przypadku przyptywów i odpływów morza chodzi o okresy zdecydowanie krótsze, bo rzędu kilku godzin.

^{DII.3.2} Inny sposób wprawienia naczynia z wodą w ruch to jego poruszanie do przodu, bez nachylania jego brzegów. Chodzi tu o ruch, który raz jest ruchem przyśpieszonym, innym zaś razem hamowanym. W wyniku takich zmian woda, poza tym, że uczestniczy w ruchu pojemnika, posiada też inne rodzaje ruchu odbywające się nawet w kierunku przeciwnym. Weźmy wielki pojemnik z wodą, jak dla przykładu duża barka, podobna do tych, które są używane do przewożenia morzem wody słodkiej z rzek albo ze źródeł. Wpierw, kiedy naczynie zawierające wodę, to jest barka, nie porusza się, woda także nie porusza się. Kiedy jednak barka zaczyna się poruszać, nie powoli, lecz raczej szybko, woda zawarta w pojemniku, w odróżnieniu od innych części barki mocno przytwierdzonych do samej barki, jako nieprzytwierdzona do barki i będąc cieczą, której nic nie zmusza do przejścia ruchu barki, pozostanie w tyle podnosząc się w kierunku rufy, i obniżając ze strony dzioba. Następnie, kiedy już osiągnie równowagę, podejmie ruch odpowiadający ruchowi

barki, która porusza się ruchem jednostajnym. Kiedy natomiast barka, aby się zatrzymać, albo kiedy z jakiegoś innego powodu musi gwałtownie zahamować, to nie dotyczy to wody, która nie zatrzyma się wraz z barką tracąc nabyty impet. Woda zachowując posiadany impet, jakby była oddzielona od pojemnika, popłynie w stronę dzioba podnosząc tam swój poziom, wylewając się za bżeg, obniżając jednocześnie swój poziom i odpływając od rufy. Zjawisko to jest tym wyraźniejsze, im gwałtowniejsze jest przejście ze spoczynku w stan ruchu i im gwałtowniejsze jest hamowanie, kiedy barka porusza się z określoną prędkością. Kiedy bowiem przejście dokonuje się powoli i stopniowo z bezruchu do stanu ruchu przyspieszonego albo przeciwnie, z takim samym hamowaniem przechodzi się ze stanu ruchu do stanu spoczynku, to wówczas niewielkie tylko zmiany dałoby się zaobserwować w przypadku wody zawartej w pojemniku, która powoli i z taką samą powolnością dostosowałaby się do ruchu pojemnika i do zachodzących zmian. <381>

^{DII.4} Analizując, Najjaśniejszy Panie, dotąd przedstawione zjawiska i inne, tym podobne, towarzyszące dopiero co opisanym przyczynom ruchu, jestem skłonny uznać za przyczynę odpływów i przypływów morza ruch pojemnika, który go zawiera, tak że przypisując określony ruch kuli ziemskiej, temu właśnie ruchowi można by przypisać przyczynę ruchów morza. Tego rodzaju przyczyna, jeśliby nie potrafiła zdać sprawy z obserwowanych szczegółów towarzyszących przypływowi i odpływowi, mogłaby być uznana za przyczynę niewystarczającą do wyjaśnienia dyskutowanego zjawiska. Natomiast jeśli

w oparciu o takie założenie daje się wyjaśnić te szczegóły, to wówczas byłoby to oznaką tego, że właśnie taka może być poszukiwana przyczyna, albo przynajmniej, że jest nią z prawdopodobieństwem większym niż inne, dotąd proponowane przyczyny.

^{DIII.1} Przyjmijmy zatem *ex hypothesi* ruch Ziemi, przypisując jej wszystkie te ruchy, które wielu starożytnych autorów, a ostatnio niektórzy filozofowie, przypisało Ziemi, opierając się na obserwowanych zjawiskach. Zobaczmy w jaki sposób ten ruch daje się pogodzić z omawianym tutaj zjawiskiem. Wpierw jednak, dla większej jasności, wyliczmy ruchy przypisywane kuli ziemskiej.

^{DIII.1.1} Pierwszy i największy to ruch roczny odbywający się wzdłuż ekliptyki, z zachodu na wschód, po orbicie lub kole, którego połowa średnicy odpowiada odległości od Ziemi do Słońca.

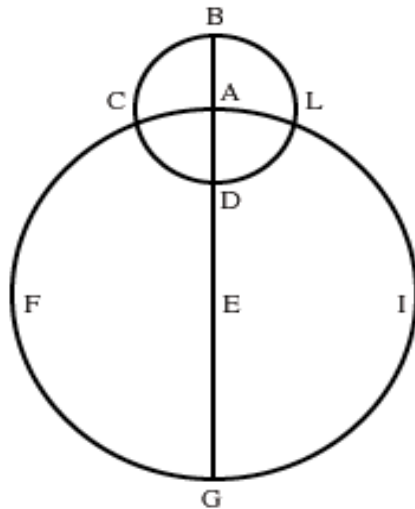
^{DIII.1.2} Drugi ruch to obrót wokół własnej osi i wokół środka kuli ziemskiej, odbywający się w okresie 24 godzin, także w tym samym kierunku, to jest z zachodu na wschód. Ruch ten odbywa się wokół osi bardzo nachylonej w porównaniu z osią ruchu rocznego.

^{DIII.1.3} Pominę trzeci ruch, jako niewiele albo nic nieznaczący dla omawianego tutaj zjawiska, z powodu jego wielkiej powolności w porównaniu z dwoma poprzednimi, znacznie szybszymi⁸. Istotnie, ruch obrotowy wokół własnej osi jest około trzysta sześćdziesiąt pięć razy szybszy od trzeciego ruchu, jeśli tak można go określić. Prędkość zaś dziennego ruchu,

⁸ Chodzi o ruch precesyjny.

wzięta nawet na równiku, jest trzy razy mniejszy od prędkości ruchu rocznego.

^{DMII.2.1} Żeby ułatwić zrozumienie kwestii, niech okrąg orbity ziemskiej (*orbe magno*) oznaczają litery AFG, zaś E jej środek. Kuli ziemskiej odpowiada okrąg BCDL; Ziemia obraca się wokół punktu A. Ruch roczny odbywa się od punktu A do F, zataczając swoim środkiem okrąg AFGI w okresie około trzysetu sześćdziesięciu pięciu dni. Jednocześnie <382> dokonuje się obrót Ziemi wokół własnej osi w kierunku BCD. Załóżmy, że każdy z tych ruchów sam w sobie odbywa się z tą samą prędkością i jest jednostajny, to znaczy, że środek Ziemi A w tych samych okresach czasu zakreśla zawsze takie same łuki na okręgu AFG, i podobnie punkt B, i każdy inny, należący do okręgu BCDL także w równych odstępach czasu zakreśla równe odległości. W tej sytuacji musimy stwierdzić, że każdy z tych ruchów, to jest roczny ruch środka Ziemi na orbicie AFG i dzienny ruch po okręgu BCDL wokół własnego środka A, są – wzięte z osobna – ruchami odbywającymi się ze stałą i zawsze jednakową prędkością. Jednakże ich nałożenie powoduje, że ruch punktów na powierzchni Ziemi nie jest jednostajny. W konsekwencji różne punkty jej powierzchni w różnych momentach dnia poruszają się z różną prędkością. Oto powody tego stanu rzeczy.



^{DIII.2.2} Zauważmy wpierw, że podczas gdy okrąg BCDL obraca się wokół własnego środka w kierunku BCD, można na nim dostrzec ruchy między sobą przeciwne. Punkty okręgu w otoczeniu C schodzą na dół, podczas gdy te, przeciwne, wokół L wznoszą się. Punkty w otoczeniu B poruszają się na lewo, podczas gdy te, wokół D – na prawo. Tak więc podczas całkowitego obrotu B porusza się wpierw na lewo i potem na dół, natomiast C schodzi na dół a potem porusza się na prawo, i tak aż do momentu, w którym D zaczyna się poruszać na prawo i potem wznosić. Punkt L zaś wpierw się wznosi i potem powoli idzie na lewo w kierunku punktu B. Jeśli teraz owe ruchy poszczególnych punktów powierzchni Ziemi złożymy z ruchem rocznym po okręgu AFG, to wówczas wypadkowy ruch części położonych wyżej, to jest w otoczeniu punktu B, będzie

odbywał się z wielką szybkością, albowiem będzie on sumą ruchu rocznego po okręgu AF i ruchu własnego B, które to dwa ruchy <383> mają ten sam kierunek, to jest w lewo. Przeciwnie, ruch wypadkowy niższych części w otoczeniu punktu D jest zawsze spowolniony, ponieważ ruch własny punktów w otoczeniu D, który jest bardzo szybki i odbywa się na prawo, jest hamowany poprzez ruch roczny odbywający się po okręgu AF, lecz na lewo. Z kolei ruch wypadkowy będący złożeniem dwóch ruchów – rocznego i dziennego tych miejsc na Ziemi, które znajdują się w otoczeniu punktów C i L jest praktycznie równy ruchowi rocznemu, ponieważ kierunek obiegu po kole BCDL, nie mając składowej w punktach C i L ani na lewo, ani na prawo, lecz tylko w dół i do góry, nie ulega zmianie z powodu dodania albo odjęcia prędkości ruchu po łuku AF.

^{DIII.2.3} Ufam, że powyższe rozumowanie pokazuje jak to się dzieje, że każdy punkt kuli ziemskiej, chociaż uczestniczy w dwóch ruchach jednostajnych, to jednak w okresie dwudziestu czterech godzin raz porusza się bardzo szybko, potem ulega zahamowaniu, dwa razy zaś osiąga wartości pośrednie. Wszystko to zaś jest wynikiem złożenia dwóch ruchów jednostajnych – rocznego i dziennego.

Jak dotąd zatem uzyskaliśmy taki wynik: jakikolwiek zbiornik wodny – morze, staw czy jezioro, ciągle się poruszają, lecz ich ruch nie jest jednostajny, albowiem w pewnych porach dnia jest silnie hamowany, w innych zaś silnie przyspieszany. Z tego to powodu woda wypełniająca te zbiorniki, jako substancja płynna i niebędąca sztywno przytwierdzona do tych

zbiorników, musi przepływać w ich wnętrzu, z jednej strony na drugą. To właśnie w tym należy upatrywać zasadniczej, pierwszej przyczyny omawianego zjawiska, bez której zjawisko to nie miałoby miejsca. ^{DIV.1} Należy teraz rozważyć szczegółowo liczne i różnorodne efekty towarzyszące zjawisku. Są one dostrzegalne we wszystkich morzach i różnych zbiornikach wodnych. Trzeba będzie określić przyczyny tych efektów, dlatego też rozważymy pewne zjawiska zachodzące przy tych ruchach mas wodnych – ruchach wywołanych przyśpieszeniem i zahamowaniem zawierającego je zbiornika.

^{DIV.1.1} Po pierwsze – za każdym razem, kiedy woda z powodu silnego zahamowania albo też silnego przyśpieszenia zawierającego ją zbiornika zaczyna się poruszać w tę, albo w tamtą stronę, podnosząc się, albo opadając z jednej lub z drugiej strony, nie pozostaje zawsze w takim samym stanie, lecz z powodu własnego ciężaru i naturalnej skłonności do libracji <384> i osiągnięcia tego samego poziomu, powróci z wielką prędkością do tyłu dążąc do stanu równowagi w każdej swej części. Posiadając zaś ciężar woda nie tylko że zacznie się poruszać w kierunku konfiguracji odpowiadającej równowadze, lecz powodowana własnym impetem, przekroczy ten stan, osiągając poziom wyższy tam, gdzie wcześniej poziom był niższy. Ale i tutaj się nie zatrzyma, lecz powróci do tyłu, i tak powtórzy ten ruch wielokrotnie przelewając się do przodu i do tyłu, pokazując jak bardzo nie chce wytracić uzyskanej prędkości przechodząc do stanu spoczynku. Stan równowagi woda osiągnie dopiero po długim okresie wytracania prędkości. W podobny sposób

zachowuje się wahadło zawieszone na nici, kiedy zostanie wyprowadzone ze stanu spoczynku – powraca ono do stanu spoczynku, ale dopiero po długim okresie wahań z jednego położenia ekstremalnego do drugiego.

^{DIV.1.2} Drugie zjawisko sprowadza się do tego, że powyższe ruchy periodyczne w jedną i drugą stronę odbywają się z większą lub mniejszą częstotliwością, to jest w okresie wymagającym mniej lub więcej czasu, zależnie od różnych długości zbiorników zawierających wodę, to jest podług większej lub mniejszej odległości dzielącej brzegi zbiornika. W konsekwencji w przypadku zbiorników krótszych falowanie jest częstsze, zaś będzie ono rzadsze w przypadku zbiorników dłuższych. Dokładnie tak samo jak w przypadku wahadła. Istotnie, wahadła dłuższe wykazują mniejszą częstotliwość wahań, podczas gdy wahadła krótsze – większą.

^{DIV.1.3} Z kolei należy wspomnieć trzecie zjawisko warte odnotowania. Chodzi o okoliczność, iż nie tylko większa lub mniejsza długość zbiornika powoduje różny okres falowania wody w jego wnętrzu, lecz także mniejsza lub większa jego głębokość, czyli mniejsza lub większa wysokość wody. Dlatego też woda znajdująca się w zbiornikach o tych samych długościach, lecz o nierównych głębokościach wykazuje różne okresy falowania – w zbiorniku głębszym okres falowania jest krótszy, zaś w zbiornikach płytszych okres ten jest dłuższy.

^{DIV.1.4} Czwarte zjawisko jest nałożeniem dwóch okoliczności, które można zauważyć w przypadku falowania wody w zbiorniku. Pierwsza z nich to unoszenie się wody z jednej

strony, z drugiej zaś strony zbiornika jej opadanie. Druga okoliczność to ruch powstający w wyniku horyzontalnego przepływania wody do przodu i do <385> tyłu. Oba te ruchy różnie się manifestują, zależnie od położenia punktu w zbiorniku. O ile bowiem woda w częściach zewnętrznych zbiornika podwyższa się i opada w największym stopniu, o tyle woda znajdująca się pośrodku zbiornika wykazuje największy ruch do przodu i do tyłu. W innych miejscach zbiornika w miarę przesuwania się do zewnętrznych brzegów zbiornika woda unosi się i opada proporcjonalnie do odległości od brzegów. I odwrotnie – ruch horyzontalny jest najwydatniejszy w środku zbiornika, zaś zerowy przy brzegach, o ile woda unosząc się nie przelewa się przez brzeg wypływając ze zbiornika. Tam jednak, gdzie brzeg wystarczy do zatrzymania wody, ta ostatnia unosi się tylko i opada. Tak więc w środku woda przyptywa do tyłu i do przodu, i to samo dokonuje się proporcjonalnie w innych częściach zbiornika, gdzie ruch ten jest silniejszy lub słabszy zależnie od większej lub mniejszej odległości od środka.

^{DIV.1.5} Piąte zjawisko musimy rozważyć szczególnie dokładnie, ponieważ jest prawie niemożliwe, albo przynajmniej bardzo trudne, do przedstawienia za pomocą doświadczenia. A oto zjawisko, o którym mowa. W wielkich zbiornikach, jak dla przykładu w barkach poruszających się raz wolniej, raz szybciej, przyśpieszenie i hamowanie ma zawsze tę samą wartość w całym zbiorniku, to jest w każdej jego części. Dlatego też kiedy dla przykładu barka silnie hamuje swój ruch, to wówczas nie jest tak, że część przednia hamuje mocniej, zaś tylna mniej –

obie te części hamują w tym samym stopniu. To samo można powiedzieć, jeśli chodzi o przyśpieszenie. Na barce przyśpieszającej z jakiegoś powodu, tak część przednia, jak i tylna ulegają przyśpieszeniu w tym samym stopniu – tak samo więc przyśpieszają dziób i rufa. Dzieje się tak z tego powodu, że zbiornik jest wykonany z substancji sztywnej i twardej, która nie jest ani elastyczna, ani płynna. W bardzo dużych zbiornikach, a takimi są koryta mórz, które nie są niczym innym, jak tylko zagłębieniami w powierzchni kuli ziemskiej, woda na przeciwstawnych jego brzegach nie w ten sam sposób i nie w tym samym stopniu zwiększa albo zmniejsza prędkość swego ruchu. Zdarza się tutaj bowiem tak, że z jednej strony, <386> z powodu złożenia dwóch ruchów, dziennego i rocznego, prędkość wody ulega silnemu zmniejszeniu, z drugiej zaś strony trwa jeszcze efekt jej przyśpieszania z powodu złożenia tych ruchów. Ażeby łatwiej to pojąć powróćmy do poprzedniego rysunku. Otóż na tym rysunku, jeśli weźmiemy pod uwagę odcinek morza o długości dla przykładu jednej czwartej średnicy koła, czyli o długości odpowiadającej łukowi BC, ponieważ punkty należące do otoczenia punktu B, jak to już zostało powiedziane, poruszają się z wielką prędkością z powodu złożenia dwóch ruchów, rocznego i dziennego, w tym samym kierunku się odbywających. Jednakże punkty w otoczeniu C podlegają hamowaniu [z powodu złożenia dwóch ruchów Ziemi] nie uczestnicząc w dziennym ruchu obrotowym, a zatem jeśli przyjmiemy odcinek morski odpowiadający łukowi BC, to już na tym przykładzie widać, jak jego brzegi, w tym samym momencie, poruszają się z różnymi

prędkościami. Jeszcze większa różnica w prędkości odpowiada odcinkowi morza o długości równej połowie okręgu, czyli łukowi BCD. Koniec B porusza się tutaj bardzo szybko, podczas gdy D bardzo powoli, zaś w otoczeniu C ruch jest pośredni. W miarę skracania odcinków morza, efekt ten jest coraz słabszy, jednakże w pewnych godzinach dnia różne części morza poruszają się z różną prędkością. W konsekwencji jeśli sytuacja odpowiada pierwszemu przypadkowi, to wówczas dostrzegamy przyśpieszenie i hamowanie w takim samym stopniu przekazywane przez zbiornik, co powoduje, że woda w zbiorniku przepływa do tyłu i do przodu. Co jednak nastąpi, jeśli zbiornik jest tak położony, że różne części wody są różnie przyśpieszane i hamowane? Nie możemy powiedzieć nic innego jak tylko to, że trudno znaleźć bardziej zdumiewające przyczyny poruszania się wody. ^{DIV.1.6} I chociaż może się zdawać, że nie jest możliwe zaobserwowanie tego efektu w maszynach czy w sztucznych zbiornikach, to jednak nie jest to całkowicie niemożliwie. Konstruuje ostatnio odpowiednią maszynę [do zilustrowania tego efektu]. Kiedy będzie gotowa, poinformuję o tym⁹. Maszyna ta powinna umożliwić dostrzeżenie zdumiewających efektów tego rodzaju złożenia ruchów. Jeśli zaś chodzi o niniejszy temat <387> to

⁹ Egidio Festa pisze, że Pierre Souffrin podjął uwieńczoną sukcesem próbę odtworzenia tego rodzaju maszyny projektowanej przez Galileusza (zob. E. Festa, *Galileo. La lotta per la scienza*, Laterza Festa, Roma–Bari 2007, s. 199–200 i cytowaną tam literaturę). Na ten temat zob. też T. Sierotowicz, *O położeniu plam słonecznych*, dz. cyt., s. 165–180.

niech wystarczy to, co jak dotąd każdy na podstawie własnej wyobraźni pojąć może.

^{DIV.2}Przejdźmy teraz do analizy zjawisk, które obserwuje się w przypadku przyływów i odpływów wód. ^{DIV.2.1}Wpierw należy zaznaczyć, że nie będziemy mieć żadnych trudności z wodami jezior, stawów i nawet małych mórz, ponieważ tam nie obserwuje się zjawiska przyływów i odpływów. Dzieje się tak z dwóch wzajemnie powiązanych przyczyn. ^{DIV.2.1.1}Po pierwsze z powodu małych rozmiarów zbiornika. W ciągu dnia kiedy woda nabiera różnych prędkości, prędkość odpowiadająca różnym jego częściom jest prawie ta sama. W konsekwencji jego części wschodnie i zachodnie, prawie w tym samym momencie ulegają przyśpieszeniu i spowolnieniu. Nadto, tego rodzaju zmiany zachodzą *sensim et per gradus*, to jest nie poprzez gwałtowne zahamowanie i spowolnienie, w konsekwencji zbiornik i każda jego część jest w takim samym stopniu i powoli przyśpieszana albo spowalniana. Z tej jednostajności zmian wynika, że także i woda wypełniająca zbiornik, bez opóźnień i oporu podlega takiemu samemu procesowi, dlatego też podnosi się i opada, i przepływa w jedną i drugą stronę w znikomym stopniu. ^{DIV.2.1.2}Druga przyczyna to libracja wody wynikająca z impetu ruchu zbiornika, która to libracja posiada, jak wiadomo, w małych zbiornikach wielką częstotliwość. Ponieważ ruchy Ziemi są przyczyną ruchu wody, częstotliwość zmian wynosi dwanaście godzin, albowiem tylko jeden raz w ciągu dnia następuje przyśpieszenie i hamowanie z powodu złożenia ruchów zbiornika. Na tę pierwszą przyczynę nakłada się z kolei druga

przyczyna zależąca od ciężkości wody, która stara się zająć położenie równowagi, i zależnie od długości zbiornika ma okres przepływów równy jednej, dwóm, trzem, itp. godzinom. Ruch spowodowany pierwszą przyczyną jest w przypadku małych zbiorników niewielki, dlatego też ta druga przyczyna anuluje efekty pierwszej i sprawia, że są całkowicie niezauważalne. Innymi słowy sytuacja jest taka, że ruch spowodowany pierwszą przyczyną, mający okres 12 godzin, nie zdąży się udzielić całej masie wody, a już działa druga przyczyna przeciwstawiając <388> się pierwszej. W efekcie woda pod wpływem własnego ciężaru, i zależnie od długości oraz głębokości zbiornika, ulega wibracjom w okresie 1, 2, 3, 4, itd. godzin. Ruch ten zakłóca i anuluje ruch spowodowany pierwszą przyczyną, tak że ten ostatni ruch nigdy nie osiąga maksymalnej, a nawet i połowy, swej intensywności. Z powodu takiej właśnie opozycji ulega całkowitej, albo prawie całkowitej, redukcji zjawisko przyptywów i odpływów. Pomijam tutaj drugorzędny wpływ powietrza, które poruszając także powierzchnię wody, utrudniłby rozpoznanie niewielkich ruchów podnoszenia się i opadania wody na szerokość palca, albo nawet mniejszą, która może rzeczywiście mieć miejsce w zbiornikach wody nie dłuższych niż jeden albo dwa stopnie [łuku koła].

^{DIV.2.2} Następnie odpowiem na wątpliwości dotyczące tego, że przyczyna pierwsza przyptywów i odpływów winna powodować ruch wody w okresie 12 godzin, odpowiadającym okresowi powtarzania się maksymalnej wartości prędkości ruchu i minimalnej prędkości ruchu. Jednakże przyptywy i odpływy

obserwuje się w okresie sześciu godzin. ^{DIV.2.2.1} Odpowiem na to zauważając, że po pierwsze, ustalanie efektywnego okresu pływów nie można oprzeć tylko na ich przyczynie pierwszej. Istotnie, należy tu uwzględnić także i drugorzędną ich przyczynę, którą jest – jak to już zauważyliśmy – natura wody sprawiająca, że unosząc się z jednej strony zbiornika, powodowana własnym ciężarem spływa dążąc do położenia równowagi, co powoduje wiele przepływów z jednej strony na drugą, mniej lub bardziej częstych, zależnie od większej lub mniejszej długości zbiornika i większej lub mniejszej głębokości wody. ^{DIV.2.2.2} Pisałem też wyżej o przyczynie drugorzędnej, bowiem zwykle obserwowany okres równy około sześciu godzinom nie jest ani okresem naturalnym, ani zasadniczym okresem pływów, lecz jest tylko okresem najczęściej obserwowanym i opisanym przez badaczy. Jest to bowiem okres pływów Morza Śródziemnego, na którego brzegach zamieszkiwała znakomita większość badaczy starożytnych i współczesnych. Długość zbiornika Morza Śródziemnego powoduje, że falowanie odbywa się z okresem właśnie sześciu godzin, podczas gdy w zbiornikach morskich od wschodnich brzegów Oceanu Atlantyckiego, aż po Indie Zachodnie, tego rodzaju okres sięga około dwunastu godzin. Podobnie, w Lizbonie znajdującej się <389> u zachodnich brzegów Hiszpanii obserwuje się, że morze, sięgające aż po Amerykę i Zatokę Meksykańską, wykazuje okres pływów dwukrotnie dłuższy od Morza Śródziemnego, rozciągającego się od Gibraltaru, aż po plaże Syrii, co – w pierwszym przypadku – odpowiada 120 stopniom, zaś w drugim około 56 stopniom. Tak więc teza, że okres przy-

ptywów i odpływów wynosi sześć godzin jest opinią mogącą wprowadzić w błąd, co też się stało w przypadku licznych pisarzy, snujących na ten temat wiele fantazji.

^{DIV.2.2.3} Na tej podstawie nie będzie trudna analiza przyczyn tak wielu nieregularności w obserwowanych okresach pływów mniejszych mórz, jak morze Propontydy i Hellespontu¹⁰. W niektórych z nich okres ten wynosi trzy godziny, w innych dwie, w innych jeszcze cztery, itp. Różnice te bardzo niepokoiły badaczy przyrody, którzy ignorując prawdziwe przyczyny tego fenomenu uciekali się do próżnych chimer, takich jak ruch Księżyca i do innych, temu podobnych fantazji, ponieważ nigdy nie przyszło im na myśl to, że może tu chodzić o różne długości i głębokości mórz. To właśnie długość i głębokość, jak to już zostało powiedziane, mają istotny wpływ na długość okresu pomiędzy przyływem i odpływem wody, tak że kiedy już mamy pewne informacje co do obserwowanej długości tego okresu i co do jego wartości w przypadku innych mórz, to wówczas na podstawie argumentu wiążącego okresy falowania z długością i głębokością zbiorników, łatwo i bez trudności można rozwiązać tego rodzaju trudności. Zwłaszcza jeśli powiązać tego rodzaju drugorzędne przyczyny z przyczyną pierwszą i uniwersalną jaką jest ruch Ziemi.

^{DIV.2.2.4} Na czwartym miejscu łatwo znajdziemy powody, dla których w przypadku pewnych mórz, chociaż są one długie, jak dla przykładu Morze Czerwone, prawie nie obserwuje

¹⁰ Chodzi, odpowiednio, o morze Marmara i cieśninę Dardanele.

się przyływów i odpływów. Dzieje się tak z tego powodu, że morza te nie rozciągają się ze wschodu na zachód, tak jak wieje scirocco i mistral. Jak wiadomo ruch Ziemi odbywa się z zachodu na wschód i ruchy mas wody następują zawsze w kierunku prostopadłym do południków, a nie w kierunku równoległym do nich. Dlatego też na morzach, które rozciągają się poprzecznie względem kierunku od bieguna do bieguna, i są wąskie, nie ma powodu dla którego mogłyby zaistnieć przyływy i odpływy. Jediną możliwością jest wpływ innego morza, które będąc połączone z poprzednim komunikuje mu swoje ruchy przyływów i odpływów.

^{DIV.2.2.5} Na piątym miejscu łatwo też będzie pojąć motywy, dla <390> których przyływy i odpływy są najsilniejsze jeśli chodzi o podnoszenie i opadanie wody na brzegach zatok, a najmniejsze w środku zbiornika. Istotnie, jak przekonuje o tym doświadczenie i jak pisaliśmy o tym wcześniej, woda falując prawie nie podnosi się w środku zawierającego ją zbiornika, zaś najbardziej podnosi się i opada na jego brzegach. Dlatego też na brzegach Morza Adriatyckiego, w okolicach Wenecji, pomiędzy przyływem i odpływem istnieje różnica poziomów rzędu trzech łokci¹¹, lecz w innych miejscach Morza Śródziemnego odległych od brzegu, odpowiednia różnica poziomów jest zaniedbywalna, jak to ma miejsce na Korsyce i Sardynii, lub też na plażach Rzymu i Livorno, gdzie różnica ta nie przekracza połowy łokcia.

¹¹ We Florencji podstawową jednostką długości był łokieć florentyński (wł.: *braccio fiorentino*). Łokieć ten mierzył około 0,583 m.

^{DIV.2.2.6} Po szóste, nie tracąc z oczu tego, co zostało wyżej powiedziane i co doświadczenia pokazują, bez trudności znajdziemy powody dla których w wielkich morzach, chociaż podnoszenie i opadanie wody jest w nich niewielkie w częściach odległych od brzegu, to jednak prądy morskie płynące na wschód albo na zachód są bardzo silne. Wynika to z samej natury falowania wody, która im mniej się podnosi i opada w środkowej części zbiornika, tym silniejszy tworzy strumień przepływający w jedną i drugą stronę, w odróżnieniu do tego, co ma miejsca przy brzegach. Nadto, biorąc pod uwagę to, że ta sama ilość przepływającej wody, kiedy ma pokonać rozległą przestrzeń, porusza się z niewielką prędkością, mając potem przypląć przez obszar o niewielkiej objętości, z konieczności płynie tam z wielkim impetem. Na tej podstawie łatwo pojąć, dlaczego obserwuje się silne bardzo prądy wody płynące w cieśninie oddzielającej Sycylię od Kalabrii. Woda wypełniająca wschodnie obszary Morza Śródziemnego ograniczone przez wyspę i Zatokę Jońską może spokojnie przepływać na zachód. Jednak w cieśninie pomiędzy Scyllą i Harybdą wytwarza bardzo silny prąd. To samo, a nawet w jeszcze większym stopniu, ma miejsce między Afryką i Madagaskarem, gdzie wody Oceanu Atlantyckiego i Indyjskiego, przepływające przez tę cieśninę, są zamknięte w niewielkim kanale, pomiędzy brzegami wyspy i Afryki. Silne i potężne muszą też być prądy w Cieśninie Magellana, łączącej Ocean Atlantycki z Pacyfikiem.

^{DIV.2.2.7} Na siódmym miejscu pragnąc wyjaśnić przyczyny innych, mniej częstych i mniej oczywistych zjawisk, które w tym

kontekście są obserwowane, rozważmy dwie <391> podstawowe przyczyny przyptywów i odpływów, łącząc je potem razem. ^{DIV.2.2.7.1} Pierwsza z tych przyczyn, prostsza, to określone przyśpieszenie i spowolnienie miejsc na Ziemi, zależne od złożenia dwóch jej ruchów, rocznego i dziennego. Ich zmiana w czasie ma ściśle określony przebieg, od największej wartości, do najmniejszej, przechodząc od jednej do drugiej w okresie 24 godzin. ^{DIV.2.2.7.2} Druga przyczyna zależy od ciężaru wody, która poruszona przez pierwszą przyczynę, stara się powrócić do pozycji równowagi poprzez liczne falowania, które nie mają jednego określonego okresu zależnego w tym przypadku od długości i głębokości zbiorników morskich. Z tego powodu różne morza, zawsze poddane działaniu przyczyny drugiej, spływają i przepływają w okresie jednej, dwóch, czterech, sześciu, ośmiu, dziesięciu, itp. godzin. ^{DIV.2.2.7.3} Kiedy rozważymy złożenie pierwszej przyczyny, powodującej przyptywy z jednej strony zbiornika na drugą w stałym okresie równym dwunastu godzinom z przyczyną drugą, mającą okres, powiedzmy, pięciu godzin, to wówczas w niektórych miejscach przyczyny te będą działały w tej samej fazie, dając impuls w tym samym kierunku. W tych miejscach, czyli, by tak powiedzieć, kiedy działają one zgodnie, przyptyw staje się silny. Innym zaś razem może się zdarzyć, że impuls powodowany pierwszą przyczyną jest przeciwny temu, który jest powodowany przez przyczynę drugą. Wówczas wpływ jednej przyczyny jest pomniejszany przez wpływ drugiej i działające impulsy oraz wynikające stąd ruchy wody ulegają osłabieniu i następuje to, co potocznie okre-

śla się jako *mar di fele*, zmęczone morze. Innym jeszcze razem, kiedy dwie przyczyny nie przeciwstawiają się sobie, ani też nie odpowiadają sobie całkowicie, to wówczas obraz przyptywów i odpływów będzie całkiem inny. Może się też zdarzyć, że w dwóch morzach, bardzo dużych i wzajemnie połączonych poprzez wąski kanał, kiedy w jednym z nich działające przyczyny powodują przyptyw, w drugim działa przyczyna powodująca ruch przeciwny. W takim przypadku, w kanale łączącym morza, woda burzy się wykonując ruchy <392> wzajemnie odwrotne i tworząc niebezpieczne wiry oraz pianę, co potwierdzają liczne obserwacje i relacje. Takie niezgodne ruchy, zależne nie tylko od różnych pozycji i długości zbiorników morskich, lecz bardziej jeszcze od nierównych głębokości mórz połączonych, mają charakter wysoce nieregularny, tak w czasie, jak i w przestrzeni, i są niemożliwe do obserwacji. Z tego powodu zjawiska te bardzo niepokoją marynarzy, a kiedy je już spotykają, nie widzą jednocześnie wiatru czy innych poważnych zmian w stanie atmosfery mogących wyjaśnić zaistnienie tego rodzaju zjawiska. Perturbacje powietrza winny być brane poważnie pod uwagę w przypadku innych efektów związanych z pływami, tak że trzeba je uznać za trzecią przyczynę o charakterze przypadkowym, która w silnym stopniu może wpływać na efekty powodowane przez działanie pierwszej i innych, silniej wpływających przyczyn. Nie ulega wątpliwości, że silnie wiejące wiatry, dla przykładu ze wschodu, zatrzymują wody, uniemożliwiając odpływy. A jeśli wieją w momentach odpowiadających drugiemu, i potem trzeciemu powrotowi przyptywu, i w jego kierunku, to

powiększą go, dlatego też jeśli wiatr wieje przez kilka dni, to wówczas wzmocnienie przyływu może spowodować niezwykajny wylew wód.

^{DIV.2.2.8} Musimy jeszcze (a jest to ósmy problem) uwzględnić inną jeszcze przyczynę ruchu, zależną od wielkich mas wód rzecznych, które wpływają do niezbyt wielkich mórz. W tej sytuacji w kanałach i cieśninach komunikujących z tymi morzami, woda przepływa zawsze w tym samym kierunku, jak to ma miejsce w przypadku Bosforu pod Konstantynopolem, gdzie wody Morza Czarnego spływają w kierunku Propontydy. W samym Morzu Czarnym, z powodu jego niewielkich rozmiarów, przyczyny odpływów i przyływów nie działają nazbyt efektywnie. Wpadają do tego morza liczne i wielkie rzeki, jak Dunaj, Dniepr, a do Morza Azowskiego Don i inne rzeki. Nic zatem dziwnego, że taka ilość wody wpadając do morza i przepływając przez wąską cieśninę sprawia, że ruch wody jest znaczny i zawsze w kierunku południowym. Nadto trzeba tutaj zauważyć, że tego rodzaju kanał czy też może lepiej cieśnina, chociaż bardzo wąska, nie ulega takim samym perturbacjom jak Cieśnina Sycylijska. Istotnie, Morze Czarne ulega wpływom tramontany, zaś Propontyda i Morze Egejskie wraz z przyległym Morzem Śródziemnym, chociaż mają znaczne rozmiary, rozciągają się na południe. Jednakże morza rozciągające się w kierunku tramontany na południe, nie podlegają <393> przyływowi i odpływom. Ponieważ Cieśnina Sycylijska znajduje się pomiędzy częściami Morza Śródziemnego rozciągającymi się od wschodu do zachodu, to jest według kierunku przyływów

i odpływów, ruch wody jest tam gwałtowny, i tak samo wielki jak pomiędzy kolumnami Herkulesa, w Cieśninie Gibraltarskiej, która nie jest bardzo otwarta. Zaś tego rodzaju ruchy są przerażająco wielkie w Cieśninie Magellana.

^{DV.1} I to już wszystko, Najjaśniejszy Panie, co rozmawiając z Wami proponowałem jako przyczyny ruchów morza. Myśli te zdawały się także stwierdzać zadowalającą zgodność ruchu Ziemi z przyptywami i odpływami, uznając ten pierwszy za przyczynę (*cagione*) tych drugich, te ostatnie zaś jako ślad i argument (*indizio ed argomento*) na rzecz tego pierwszego. W mojej przedmowie zdarzyło mi się powiedzieć, że ruch [Ziemi], na który wskazują różne cechy ruchu ciał niebieskich, zyskuje dodatkowe potwierdzenie w ruchach innych żywiołów, takich jak woda i powietrze. Myślę zatem, że nie będzie od rzeczy, jeśli raz jeszcze przypomnę krótko to, co dotyczy argumentu opartego na ruch powietrza.

^{DV.2} Powietrze, jako ciało bez formy i niebędące mocno przytwierdzone do Ziemi nie musi, jak się zdaje, podlegać jej ruchowi, o ile szorstkość i nierówność powierzchni ziemskiej nie porywa za sobą powietrza bezpośrednio do niej przylegającego. Jak się zdaje warstwa ta nie przewyższa wysokości gór; ta część powietrza nie powinna się opierać ruchowi Ziemi, bowiem jest ona pełna waporów, dymu i wyziewów. Chodzi tu zatem o materię złożoną ze wszystkich żywiołów i w konsekwencji, ze swej natury, podatną na te same ruchy co ruchy ziemskie. Tam jednak, gdzie nie ma przyczyn ruchu powietrza, czyli tam, gdzie powierzchnia kuli ziemskiej jest płaska, i gdzie w powietrzu

brak mieszaniny wyziewów ziemskich, tam też zaniknęłaby przyczyna, dla której powietrze powinno całkowicie być posłuszne porywaniu przez ruch obrotowy Ziemi. Dlatego też w tych miejscach, podczas gdy Ziemia obraca się na wschód, winno się odczuwać ciągły powiew wiejący ze wschodu na zachód, i ten <394> powiew winien być mocniejszy tam, gdzie ruch obrotowy Ziemi jest szybszy. Winno to zatem mieć miejsce w punktach odległych od bieguna i bliskich równikowi, gdzie prędkość dziennego ruchu obrotowego jest największa. Jak się zdaje *de facto* doświadczenie znakomicie potwierdza ten filozoficzny dyskurs, albowiem na otwartych morzach i w sporej odległości od brzegu, w strefach gorących, włącznie ze strefą tropikalną, czuje się ciągły powiew ze wschodu, odznaczający się wielką stabilnością tak, że statki dzięki temu wiatrowi szybko płyną w stronę Indii Zachodnich, stamtąd zaś, wypływając z brzegów meksykańskich, wypływają na Pacyfik, w stronę Indii dla nas wschodnich, a dla nich zachodnich. Tam zaś nawigacja, na wschód, staje się trudna i niepewna, i nie może się odbywać po tych samych drogach. Trzeba płynąć blisko brzegu, aby napotkać wiatry, by tak to ująć, przypadkowe i okazjonalne, powodowane przez inne przyczyny, które my, mieszkańcy ziemi stałej, doskonale znamy. Przyczyny te są różne i liczne, ale ich wymienianie nie jest tutaj konieczne. Owe przypadkowe wiatry dmą we wszystkich kierunkach, burząc morza wąskie i znajdujące się w środku łądu, służąc do nawigacji po tych morzach. W przypadku mórz dalekich od równika i otoczonych szorstką powierzchnią Ziemi owe przypadkowe wiatry całkowicie skry-

wają pierwotny wiatr, który byłby zauważalny, jeśliby wiatry przypadkowe nie istniały. Na tych wodach nawigacja odbywa się z taką samą łatwością tak na wschód, jak i na zachód, jeśliby jednak ktoś zwrócił na to szczególną uwagę to odkryłby, że w ogólności nawigacja w kierunku zachodnim jest zwykle łatwiejsza i krótsza. Wiadomo mi, że w Wenecji kupcy trzymający dokładne rejestry dni wyjazdu i powrotu statków z Aleksandrii i z Syrii, i kontrolujący je za okres jednego lub dwóch lat stwierdzają, iż czas podróży powrotnej okazuje się być o około 25% krótszy od czasu podróży w tamtą stronę. Jest to oczywistym znakiem, że wiatry wschodnie przeważają nad wiatrami zachodnimi. Tak więc wokół powierzchni kuli ziemskiej, zwłaszcza w okolicach równika, gdzie powierzchnia jest gładka, podobna do powierzchni wody, dmie wiatr wschodni, co jak się zdaje pozostaje w zgodzie z tezą o ruchu Ziemi <395> nie mniej, niż pozostaje z nią w zgodzie to, co zostało powiedziane na temat przyptywów i odpływów morza, zwłaszcza jeśli przypomnieć bzdury dotychczas na ten temat sformułowane przez różnych autorów, pragnących wyjaśnić te zjawiska.

^{DZ.1}Wiele aspektów mógłbym jeszcze przedstawić, jeślibym chciał zająć się drobniejszymi szczegółami, wiele też takich szczegółów możnaby się doliczyć, jeśliby istniała dostateczna liczba wiarygodnych obserwacji dokonanych przez ludzi w różnych punktach Ziemi. W oparciu o nie, i na podstawie przyjętej hipotezy, moglibyśmy w sposób rozstrzygający zdecydować w tak trudnej kwestii. W niniejszym tekście dałem tylko ogólny zarys tej tak trudnej kwestii mając na celu pobudzenie

badaczy przyrody do pogłębienia refleksji na temat nowej hipotezy. Czy nie chodzi tu o próżny wymysł, który niczym sen daje wrażenie prawdy pozostając fałszywym – osąd w tej kwestii pragnę pozostawić kompetentnym czytelnikom.

^{DZ.2} Na koniec ostatni wniosek i pieczęć tej mojej krótkiej rozprawy. Otóż jeśliby przedstawiona hipoteza, potwierdzana wyżej tylko na podstawie racji filozoficznych i obserwacji astronomicznych, okazała się na podstawie dokładniejszych ustaleń błędna i fałszywa, to wówczas należałoby nie tylko poddać w wątpliwość to, co napisałem, lecz także uznać to za próżne i niestosowne. Jeśli zaś chodzi o poruszane tutaj kwestie, to pozostaje mieć nadzieję, że ci, którzy wykażą ich błędność, zaproponują własne, prawdziwe racje. W przeciwnym razie nie pozostaje nic innego, jak tylko uznać, że chodzi tu o kwestie, których znajomość Bóg pragnie wymazać z ludzkiego umysłu i w końcu, co chyba jest najlepszym rozwiązaniem, wycofać się z prób bezowocnego rozwiązywania tej kwestii wymagającej wiele czasu, który może być poświęcony bardziej owocnym badaniom i zajęciom. Co powiedziawszy całuję rąbek Waszych szat i pokornie polecam się Waszej łaskawości.

W Rzymie, w ogrodzie Villa de' Medici,
8 stycznia 1616 roku

Indeks tematyczny

DW – wstęp do *Discorso sopra il flusso e refluxo del mare*

DW.1 - kontekst powstania *Discorso sopra il flusso e refluxo del mare*: pisemne przedstawienie argumentów wyłożonych podczas dyskusji, na prośbę kardynała Orsiniego.

DW.2 – trudność zagadnienia i braki dotychczasowych wyjaśnień.

DW.3 – ideał wyjaśnienia: ustalenie prawdziwej przyczyny i jednoznaczne oraz oczywiste zdanie sprawy z wszystkich aspektów zjawiska.

DW.4 – nie spełniają tego wymagania obecnie znane wyjaśnienia przyptywów morza.

DW.5 – szersza prezentacja argumentu zostaje odłożona do publikacji dzieła na temat systemu świata

DI - wstępne ustalenia i cel poszukiwań

DI.1 – przyptywy nie są wynikiem rozszerzania się ogrzewanej wody.

DI.2 – realność ruchu lokalnego wody morskiej.

DI.3 – rozróżnienie na przyczyny: główną (pierwszą) i drugorzędną. Sformułowanie celu poszukiwań: ustalenie przyczyny pierwszej zjawiska przyptywów.

DII – o przyczynach ruchu lokalnego wody

DII.1 – nachylenie zbiornika.

DII.2 – ruch otoczenia uderzającego o powierzchnię wody.

DII.3 – ruch pojemnika zawierającego wodę.

DII.3.1 – podnoszenie i opuszczanie krańców zbiornika. Nie może to jednak mieć miejsca w przypadku Ziemi.

[DIV.2.2.3] – oddziaływanie Księżyca.

DII.3.2 – poruszanie zbiornika ruchem przyspieszonym (np. barka przewożąca wodę).

DII.4 – według Galileusza przyczyna DII.3.2 może być uznana za przyczynę pierwszą i główną przyptywów i odpływów morza. Należy zatem zbadać, czy przyczyna ta wyjaśnia także inne szczegóły pływów morza. Jeśli tak, to istotnie będzie ją można uznać za przyczynę główną zjawiska, a co najmniej za przyczynę prawdopodobniejszą od innych proponowanych wyjaśnień.

DIII – Galileusza teoria pływów

DIII.1 – przyjmijmy jako hipotezę, że Ziemia się porusza.

DIII.1.1 – roczny ruch Ziemi.

DIII.1.2 – dzienny ruch Ziemi.

DIII.1.3 – trzeci ruch Ziemi (precesja) i przyczyny jego pominięcia w proponowanej teorii.

DIII.2.1 – geometryczny model zjawiska. Opis modelu.

DIII.2.2 – wyjaśnienie mechanizmu nakładania się ruchów rocznego i dziennego Ziemi.

DIII.2.3 – podsumowanie: złożenie ruchów rocznego i dziennego prowadzi do sytuacji, w której zbiorniki zawierające wodę (morza, jeziora) są w pewnych momentach dniach przyspieszane, w innych zaś hamowane. Taka jest właśnie główna przyczyna przyptywów i odpływów morza według Galileusza.

DIV – Szczegóły zjawiska przyptywów i odpływów morza w świetle teorii Galileusza

DIV.1 – różne efekty towarzyszące przemieszczaniu się wody w zbiornikach poruszających się ruchem przyspieszonym.

DIV.1.1 – ruch mas wody od jednego krańca zbiornika do drugiego.

DIV.1.2 – długość zbiornika a częstotliwość ruchu masy wody.

DIV.1.3 – głębokość zbiornika a częstotliwość ruchu masy wody.

DIV.1.4 – horyzontalny ruch wody w zbiorniku w różnych jego częściach.

DIV.1.5 – sytuacja zachodząca w bardzo dużych zbiornikach, czyli tam gdzie jedna część zbiornika ulega silnemu zahamowaniu, druga zaś jest jeszcze poddana przyspieszeniu.

DIV.1.6 – o mechanicznym modelu zjawiska opisanego w DIV.1.5.

DIV.2– różne obserwowane efekty towarzyszące przemieszczaniu się wody w zbiornikach naturalnych (jeziora, morza).

DIV.2.1 – dlaczego w jeziorach, stawach i małych morzach nie ma przyptywów i odpływów.

DIV.2.1.1 – pierwsza przyczyna: mała głębokość.

DIV.2.1.2 – druga przyczyna: wielka częstotliwość ruchu wody z jednego krańca na drugi.

DIV.2.2 – odpowiedź na zarzut stawiany teorii dotyczący okresu przyptywów i odpływów morza – winien on wynosić 6 godzin.

DIV.2.2.1 – konieczność uwzględnienia przyczyn drugorzędnych (przyczyna pierwsza prowadzi do okresu równego 12 godzin). Galileusz uznaje za drugorzędną przyczynę naturę wody (jej ciężar i dążenie do równowagi).

DIV.2.2.2 – zróżnicowanie okresów przyptywów w przypadku różnych mórz.

DIV.2.2.3 – nieregularności okresu w przypadku mniejszych mórz.

DIV.2.2.4 – o braku przyptywów w przypadku np. Morza Czerwonego.

DIV.2.2.5 – powody, dla których przyptywy są najsilniejsze na brzegach zatok, a nie w środku.

DIV.2.2.6 – dlaczego w wielkich morzach, w których unoszenie i opadanie wody nie jest duże, tworzą się silne prądy morskie.

DIV.2.2.7 – raz jeszcze o dwóch przyczynach przyptywów oraz o efektach ich złożenia.

DIV.2.2.7.1 – złożenie ruchów rocznego i dziennego.

DIV.2.2.7.2 – woda, posiadająca swój ciężar, dąży do położenia równowagi.

DIV.2.2.7.3 – złożenie przyczyn DIV.2.2.7.1 i 2 oraz ich efekty.

DIV.2.2.8 – ruch wody powodowany wielkimi rzekami wpływającymi do niewielkich mórz.

DV – ruch Ziemi jako przyczyn przyptywów oraz uwzględnienie wpływu powietrza

DV.1 – podsumowanie dotychczasowych rozważań: ruch Ziemi może być uznany za przyczynę pierwszą przyptywów i odpływów, z kolei te ostatnie są poszlakami i argumentami prowadzącymi do tej przyczyny. Uwagi na temat ruchu Ziemi i ruchu powietrza.

DV.2 – ruch powietrza a ruch Ziemi. Także i ruch powietrza (wiatry) potwierdzają ruch Ziemi.

DZ - zakończenie

DZ.1 – konieczność dokonania wielu obserwacji, które potem powinny być skonfrontowane z proponowaną przez Galileusza teorią.

DZ.2 – Galileusz wyraża nadzieję, że w przypadku wykazania błędności jego teorii zostanie zaproponowana inna, alternatywna teoria. Pozdrowienia końcowe.

U źródeł zbiorów kolektywnych¹

Lidia Obojska, *U źródeł zbiorów kolektywnych. O mereologii nieantysymetrycznej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Siedlce 2013, ss. 180.

Recenzowana rozprawa składa się z 180 stron tekstu (włącznie ze spisem treści) i podzielona jest na wprowadzenie, sześć rozdziałów, zakończenie, załącznik oraz bibliografię. Rozprawa skierowana jest do filozofów, logików i ewentualnie matematyków. Wymagania od czytelnika są stosunkowo duże, głównie jeśli chodzi o jego biegłość w śledzeniu dowodów formalnych. Autorka wyraźnie starała się, by większość rozumowań przeprowadzić od

¹ Niniejsza recenzja stanowi skróconą i przeredagowaną wersję recenzji wydawniczej.

samego początku do końca, co z pewnością jest wielką zaletą rozprawy. Zatem może ją czytać nawet ktoś, kto z mereologią nie miał dotychczas większego kontaktu. Praca uzupełnia lukę w polskiej literaturze na ten temat. Mówiąc ogólnie, praca ma filozoficzno-logiczno-matematyczny charakter. Wyraźnie widać, że Autorka jest matematykiem i znajduje to swój wyraz w dużej ostrożności w wyprowadzaniu własnych wniosków filozoficznych oraz w sposobie przedstawiania aspektów logicznych mereologii. Warunek antysymetryczności wydaje się być intuicyjnie typowy dla sformułowań mereologii. W recenzowanej pracy Autorka przyjmuje negację antysymetryczności i rozwija oryginalny system mereologii. Intuicyjnym modelem dla takiej teorii jest zjawisko fizyki kwantowej – kwantowy stan splątany (*entanglement*) (s. 7).

Pierwszy rozdział poświęcony jest przedstawieniu Szkoły Lwowsko-Warszawskiej (1895–1939), ze szczególnym uwzględnieniem tzw. Warszawskiej Szkoły Logicznej, skupionej również wokół twórcy mereologii Stanisława Leśniewskiego. Rozważania tego rozdziału mają charakter historyczno-filozoficzny. Autorka kompetentnie, choć bardzo skrótowo, prezentuje osiągnięcia Szkoły Warszawskiej. Jeden z podrozdziałów poświęcony jest postaci Stanisława Leśniewskiego i jego poglądom logiczno-filozoficznym, ze szczególnym uwzględnieniem okoliczności powstania mereologii. Rozdziały drugi i trzeci, filozoficznie kluczowe dla rozprawy, dotyczą pojęć *relacji*, *całości* i *części*. Rozdział drugi dotyczy relacji, głównie binarnych i unarnych. Znaleźć można tu wzmianki o sposobie rozumienia zbioru przez twórców teorii mnogości: Cantora, Dede-

kinda, Bolzana (podano sześć rodzajów kolekcji w jego rozumieniu) oraz wkład Polaków: Józefa Puzyny i Wacława Sierpińskiego w rozwój teorii mnogości. Następnie rozważana jest definicja relacji w oparciu o pojęcie zbioru (Peirce, Russell, Whitehead). Kolejny podrozdział zawiera rozważania, a właściwie dyskusję, dotyczącą relacji identyczności. Znajdujemy tutaj bardzo ciekawe rozważania na temat relacji unarnych, paryuporządkowanej, zasady Leibniza, a wreszcie tzw. singletonów. W tym kontekście zauważyć można, że Autorka dość sprawnie korzysta z prac Quine'a, Goodmana i Lewisa. Drugi podrozdział rozdziału drugiego podejmuje koncepcję relacji fundamentalnych Ennio de Giorgiego (z którą Autorka zapoznała się podczas studiów we Włoszech). Rozdział trzeci poświęcony jest kwestii zależności pomiędzy częścią a całością, tworząc bezpośrednią podstawę

dla wprowadzenia mereologii. Autorka porównuje ujęcie wspomnianej zależności z punktu widzenia teorii mnogości oraz mereologii, skupiając swą uwagę na pojęciu *sumy*. Oba omówione rozdziały napisane są jasno i prezentują problem w sposób istotny, choć skrótowy.

Rozdziały od czwartego do szóstego, czyli ostatniego, poświęcone są już rozważaniom głównie formalnym. W rozdziale czwartym dyskutowane są wersje mereologii Leśniewskiego oraz zasada ekstensjonalności. Rozważany jest najpierw system mereologii oparty na pojęciu relacji części niewłaściwej (*ingrediensa* w terminologii Leśniewskiego). Relacja ta jest zwrotna, antysymetryczna i przechodnia. Dodatkowo jest przyjęta Mocna Zasada Uzupełniania oraz postulat istnienia sumy. Następnie rozważana jest mereologia oparta na pojęciu relacji części właściwej, która jest przeciwzw-

rotna i przechodnia, dodatkowo przyjmuje się postulaty istnienia i jednoznaczności sumy mereologicznej. Udowodniona zostaje równoważność obu aksjomatyk. Trzecim rozważanym systemem mereologii jest jej wersja oparta o relację rozłączności. Na końcu rozdziału Autorka dyskutuje zasadę ekstensjonalności dla mereologii, prezentując jej specyficzny charakter.

Rozdział piąty jest teoretycznym sercem rozprawy, gdyż dotyczy mereologii nieantysymetrycznej, czyli niespełniającej warunku antysymetryczności. Oznacza to, że przyjmuje się warunek zwrotności i przechodniości, a także negację antysymetryczności. Jest to inna mereologia od tej, kiedy jedynie opuszcza się warunek antysymetryczności. Interesująca jest kwestia semantyczna dla takiego rozumienia. Otóż Autorka wskazuje w początku swej rozprawy (s. 7), że

takim zjawiskiem jest kwantowy stan splątany. Czy jest to wystarczające uzasadnienie dla mereologii nie-antysymetrycznej? Autorka za pomocą takiej relacji definiuje rozłączność oraz nakładanie się części. Szczególnie „urokliwe” jest pojęcie *bliźniaków* (s. 101), powstające w wyniku negacji warunku antysymetryczności. Dalej rozważane jest dla takiego przypadku pojęcie sumy (5.3), *quasi*-części właściwej w dwóch wariantach (5.4), by przedyskutować zasady uzupełniania w stosunku do dwóch wersji relacji *quasi*-części. Ta część pracy jest kompletna pod względem staranności dowodów, a rozważania dla jasności poparte są dokładnie opisanymi przykładami. Następnie zostaje powołane pojęcie *fuzji* i porównuje się je z pojęciem sumy, wskazując na rozejście się tych pojęć dla mereologii nie-antysymetrycznej. Podobne rozważania dotyczą zasady

ekstensjonalności, prowadząc do wniosku, że mereologia nieantysymetryczna może, ale nie musi, być teorią ekstensjonalną (s. 124). Rozdział ten kończy się algebraicznymi aspektami nieantysymetrycznej mereologii. Autorka wprowadza operacje algebraiczne sumy i iloczynu na częściach. Jak sama zauważa, nie uzyskuje się w ten sposób niczego specyficznego dla mereologii. W „Zakończeniu” Autorka wskazuje na obiecujące rozważania wiążące teorię zbiorów dystrybutywnych z teorią zbiorów kolektywnych, przydatne w rozwijaniu mereologii. Ciekawą, choć nierozwiniętą uwagę, znajdujemy na stronie 133. Autorka sugeruje możliwość zbudowania „[...] ‘prymitywnego’ modelu geometrii na tym ‘kolektywnym’ poziomie”. W odcinku 5.9 porównane są mereologia nieantysymetryczna z innymi aksjomatyzacjami mereologii ekstensjonalnej.

Rozdział szósty poświęcony jest badaniu związku pomiędzy mereologią nieantysymetryczną a relacją połączenia (zwrotnej i symetrycznej) pochodzącej od Whiteheada. Za pomocą tej relacji definiuje się relację bycia częścią, która jest zwrotna i przechodnia, ale nierównoważna ze zwykłą relacją bycia częścią.

Jak już zauważono, Autorka rozprawy jest bardzo ostrożna w wyciąganiu wniosków filozoficznych. Nie można powiedzieć, że jest to wada rozprawy, gdyż skupia się na tym, co najistotniejsze, a głównym zamierzeniem jest dyskusja aspektów formalnych. Z tego powodu szczególnie cenne są rozważania filozoficzne poprowadzone w „Zakończeniu” rozprawy. Mowa jest tam o ważnym

problemie filozofii matematyki czy logiki – o własnościach. W konsekwencji rozważane jest pytanie: realizm czy uniwersalia? Autorka krytycznie podchodzi do rozważań Kotarbińskiego, w których próbuje on wyeliminować przedmioty idealne (powszechniki), tworząc „pozorny” paradoks. Choć wspomniany został pogląd o możliwości traktowania własności jako obiektów badań, to jednak nie dokonano niezbędnych filozoficznych dysfunkcji umożliwiających zrealizowanie tego pomysłu.

Reasumując: jeśli ktoś chce zapoznać się od podstaw z mereologią, w szczególności poznać jej wersję nieantysymetryczną, należy go zachęcić do lektury tej pozycji.

Adam Olszewski

Śladami Galileusza

Tadeusz Sierotowicz,
O położeniu plam słonecznych. Literatura, dialektyka, retoryka, filozofia i astronomia w Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari Galileusza wraz z tłumaczeniem dzieła, OBI - Biblos, Tarnów 2013, ss. 622.

Stwierdzenie, że jakaś książka wypełnia na rynku piśmienniczym pewną lukę niewątpliwie trąci frazesem. W przypadku *O położeniu plam słonecznych* Tadeusza Sierotowicza bez większego ryzyka można się jednak o takowe pokusić. Choćby ze względu na zawarte w książce – w części drugiej – pierwsze polskie (i trzecie na świecie) tłumaczenie *Relacji i dowodzeń dotyczących plam słonecznych i ich charakterystyk* (IDMS) Galileusza. Wydane 400 lat temu dzieło należy do klasyki myśli filozoficznej i astronomicz-

nej, nietrudno więc zgadnąć, że przez rodzimych galileuszoznawców jego przekład wraz z listami Christopa Scheinera – w tym *Accuratio disquisitio* (AD) w tłumaczeniu dr Agnieszki Maciąg – musiał być wyczekiwany. Trudno jednakże powiedzieć to samo o otwierającym książkę komentarzu do tłumaczonego dzieła; wyczerpujące opracowanie doskonale znanego w środowisku polskich galileuszoznawców Tadeusza Sierotowicza jest na tyle nowatorskie, że nie sposób byłoby sugerować, jakoby spełniało *ex ante* jakieś oczekiwania. Już po pierwszym czytaniu można jednak skonstatować, że i ono wypełnia istotną lukę w piśmiennictwie dotyczącym Galileusza; i to nie tylko ze względu na fakt, że dotyczy jednego z najważniejszych dzieł Pizańczyka.

Dla zorientowanych w literaturze przedmiotu monografia będzie jednak w pierwszym rzędzie

nie miałym zaskoczeniem. Rzuca bowiem zupełnie nowe światło na zagadnienia, które – jak można by po prostu sądzić – zostały przez galileuszoznawców „ogryzione do kostki”, rozszerza słownik metodologiczny o nieznane dotychczas terminy oraz zmusza do zrewidowania kilku utartych poglądów. Dla nowo zainteresowanych książka będzie bez wątpienia świetnym wstępem do zrozumienia „fenomenu Galileusza”. W IDMS nie chodzi wszak przede wszystkim o forsowanie kopernikizmu (trudno więc szukać bezpośrednich nawiązań do głośnej „sprawy Galileusza”) ani przekonanie o pierwszeństwie odkrycia plam słonecznych (często przywoływany wątek sporu między Scheinerem i Galileuszem jest tym samym nieobecny w IDMS). Co ciekawe, okazuje się również, że nie chodzi w nim jedynie o plamy słoneczne. Choć bowiem te stały się asumptem do pisa-

nia listów i ostatecznie pozostają pierwszoplanowym przedmiotem podjętych w nich rozważań, w IDMS Galileusz wykracza daleko poza zwykły opis zjawiska, dokonując w istocie czegoś znacznie ważniejszego, a mianowicie oddzielenia filozofii od nauki. Tadeusz Sierotowicz doskonale uchwytuje ów moment, analizując – zgodnie z zapowiedzią zawartą w tytule książki – nie tylko astronomię, ale także literaturę, dialektykę, retorykę i filozofię zawartą w IDMS. Czytając je wraz z komentarzem czytelnik staje się tym samym świadkiem narodzin nowoczesnej nauki, świadomym wielu subtelnych, acz istotnych, choć często pomijanych przez współczesnych autorów posunięć Galileusza, dzięki którym powstanie nowego języka i metodologii naukowej było w ogóle możliwe. Sierotowicz sukcesywnie wyławia je z IDMS, przez co „prze-

chadzka” z Galileuszem, którą proponuje we wstępie, staje się, zgodnie z obietnicą Autora, bardzo pouczająca (s. 21) i ciekawa.

Pierwsze obserwacje plam słonecznych, przeprowadzone przez Pizańczyka, bynajmniej nie zwiastowały takiego obrotu sprawy. Zjawisko, skądinąd znane już starożytnym, nie wzbudziło początkowo bowiem większego zainteresowania ze strony Galileusza. Jako „ekstrawagancja, rzecz dziwna i pomijalna” (*stravaganza*) zostało przez niego zlekceważone, najprawdopodobniej – jak sugeruje Sierotowicz (s. 39) – ze względu na fakt, „iż nie dostrzegł [on] w nich bezpośredniego argumentu na rzecz kopernikanizmu”. Nie wszyscy w owym czasie kierowali się jednak podobnymi do włoskiego kopernikanisty pobudkami, same zaś plamy, dzięki teleskopowi, stały się na nowo obiektem obserwacji wielu ówczesnych astronomów,

m.in. Fabriciusa, Harriota, Pasignanego czy Scheinera. Efektem tego były pierwsze publikacje i ożywiona listowna wymiana poglądów co do natury i położenia plam słonecznych. Za sprawą Lodovica Cigolego, a przede wszystkim Marka Welsera, również Galileusz został niejako zmuszony włączyć się do dyskusji na temat plam i określić własne stanowisko co do rzeczonego zjawiska. W styczniu 1612 roku Welser przesłał mu bowiem egzemplarz *Tres epistolae* (TE), czyli trzech listów o plamach słonecznych Scheinera, z prośbą o zaopiniowanie tekstu, który – jak się okazało – zaprzeczał wstępnym intuicjom Galileusza. Scheiner (używający pseudonimu Apelles) utrzymywał wszak, że plamy nie znajdują się na Słońcu i są w istocie cieniem krążących wokół niego obiektów (tzw. gwiazd błędzących). Takie rozstrzygnięcie, mimo obserwowalnych zmian na tarczy sło-

necznej, pozwoliło mu z kolei utrzymać w mocy arystotelesowskie przekonanie o niezmienności niebios (zob. TEI.5), którego, szczególnie po wydaniu *Sidereus nuncius* (1610), Galileusz – jak wiadomo – nie podzielał. Już w swym pierwszym liście do Welsera (GI) dał on zresztą temu wyraźny wyraz.

Odpirając argumenty Scheinera, Galileusz ujawnił w nim wszak pogląd co do natury i położenia plam słonecznych inny niż proponowany przez jezuitę. Sam z kolei GI przybrał postać recenzji TE, która – jak sugerował Galileusz w liście do Cesiego – stanowiła, czy też miała stanowić, „pogrzeb, a dokładniej rozprawę i sąd ostateczny nad pseudofilozofią” perypatetyką (s. 38); plamy, zdaniem Galileusza, stanowiły bowiem dodatkowy (m.in. po obserwacjach powierzchni Księżyca) dowód zmienności niebios. Niezależnie od wydzwięku tej dekla-

racji, zarówno GI, jak i GIII będące recenzją AD, pozostają – jak przekonuje Sierotowicz – znakomitymi przykładami wzorcowego komentarza: rzetelnego i (co może zdziwić niektórych, szczególnie po lekturze Koestlera) pełnego szacunku dla ocenianego krytycznie autora (zob. np.: GI.3.1.4). Z tego choćby względu – zdaniem Sierotowicza – „IDMS powinno się stać lekturą obowiązkową dla wszystkich recenzentów” (s. 90). Chcąc sklasyfikować GII, wedle współczesnych standardów można go z kolei określić za Sierotowiczem jako „artykuł proponujący nową teorię naukową” (s. 90–91). W nim pogłębia Galileusz własne stanowisko, w większym stopniu niezależnie od ustaleń Scheinera i w oparciu o nowe obserwacje, czego widowym znakiem jest seria niezwykle precyzyjnych rysunków (rys. 19–55), a ostatecznie bardziej szczegółowe rozstrzygnięcia co do kwe-

stii związanych z położeniem plam. Tu zatem z większym przekonaniem formułuje Galileusz własne konkluzje, przekonując m.in., że „[p]lamy znajdują się na powierzchni Słońca, lub tak blisko, że ich odległość od jego powierzchni nie powoduje obserwowalnych efektów” (GII.5.3.3), zaś obserwowany „systematyczny ruch plam jest im bezpośrednio przekazywany przez Słońce, a nie pośrednio przez otoczenie” (GII.12.4). Niezależnie od doniosłości tychże konkluzji, oceniając GII z punktu widzenia rozwoju nauki, większe znaczenie można jednakże przypisać wielu obecnym w liście fragmentom o charakterze filozoficznym. W nich Galileusz ujawnia bowiem swój zamysł metodologiczny, stąd zaakcentowanie przez Autora tych jedynie *prima facie* pobocznych wątków w GII, jak i całym IDMS, wydaje się jak najbardziej uzasadnione i – jak sądzę – stanowi je-

den z najistotniejszych walorów prezentowanej monografii.

Zagadnieniem rozważanym przez Sierotowicza w pierwszej kolejności są jednakowoż **aspekty literackie** IDMS. Skupiając się na tych właśnie, Autor niewątpliwie odwraca uwagę czytelnika od przedmiotu rozważań Galileusza. Zabieg ten pozwala mu jednak właściwie wyeksponować kilka ważnych wyborów o charakterze formalnym, które zaważyły na sposobie formułowania czy też prezentowania przez Pizańczyka poglądów, a tym samym wpłynęły na szczególny charakter jego pióra, a także – zważywszy na rolę przypisywaną Galileuszowi w powstaniu nowoczesnej nauki – specyfikę języka naukowego w ogóle. Wskazanie tychże wyborów jest więc zupełnie zasadne. Dotyczyły one m.in. ogólnej kompozycji tekstu naukowego, składni, słownictwa czy choćby wyboru języka. Sierotowicz

skupia się jednak głównie na wybranych przez Galileusza rodzaju literackim – czyli dialektyce, oraz stosowanych przez niego figurach retorycznych – czyli retoryce. Te, mimo iż IDMS, inaczej niż późniejsze dzieła Galileusza, nie ma formy dialogu jako takiego, są w nim obecne. Będąc – zgodnie z zamysłem Galileusza, ale i z uwagi na okoliczności powstania – swoistą epistolarną dysputą, IDMS stało się wszak miejscem wymiany poglądów i konfrontacji dwóch odmiennych stanowisk. Dzieło można zatem zinterpretować – czego dowodzi Sierotowicz (zob. tabele 3, 4) – jako wyimaginowaną polemikę Galileusza z Scheinerem, rozwijaną zgodnie z procedurami właściwymi dialektyce i retoryce. Sierotowicz pokazuje bowiem, że wiele podejmowanych w IDMS kwestii ujętych jest w formie typowego „problemu dialektycznego”, gdzie zestawione są dwie sprzeczne idee, zaś argu-

menty przemawiające za każdą z nich porównane „z obu stron” (*ab utroque partis*). Zagadnieniem dyskutowanym przez Galileusza dokładnie w taki sposób jest choćby położenie plam (sprowadzone do opozycji: „plamy znajdują się na Słońcu” vs. „plamy nie znajdują się na Słońcu”) czy ich natura (w tym przypadku Pizańczyk stara się sprowadzić zjawisko do czegoś znanego, aby ostatecznie porównać cechy „chmur” i „gwiazd”).

W celu zwiększenia perswazyjności i komunikatywności prezentowanych w IDMS argumentów, Galileusz odwołuje się z kolei do retoryki. Pokłosiem tego wyboru są zaś – jak pokazuje Sierotowicz – nie tylko błyskotliwe argumenty (np. argument „z łodzi” [GIII.13.6.4] lub „z marmurowej kuli” [GI.3.3.7]) przybierające nierzadko postać eksperymentu myślowego (w którym rozważane są np. wrażenia

obserwatora wysłanego w przestrzeń kosmiczną (GI.3.3.3.32, s. 107–108)), ale także stosowane w IDMS klasyczne figury retoryczne (np. figura powtórzenia [GIII.13.6.2], klimaks [GII.14.3] lub chiazm [s. 102–103]) czy zgodna ze sztuką retoryczną struktura wypowiedzi (widoczna szczególnie w inspirowanym schematem *inventio* GII; zob. tabela 5). Chcąc uwyraźnić obecność powyższych elementów w tekście IDMS, Sierotowicz rekonstruuje kilka jego fragmentów wyróżniając poszczególne segmenty wypowiedzi, co bez wątpienia ułatwia analizę tychże fragmentów, a ostatecznie skutecznie przekonuje czytelnika, że już w IDMS – a nie w wydanej później *Wadze probierczej* czy *Dialogu...* – Galileusz z powodzeniem wykorzystywał procedury właściwe retoryce.

Retoryka, czy też – jak to ujmuje Sierotowicz – „kwiatuśki

retoryczne” bynajmniej nie zastępują w IDMS solidnych argumentów. Odwołując się do figur retorycznych, Galileusz – na co zwraca uwagę Tadeusz Sierotowicz – nie formułuje i nie miał w żadnym razie zamiaru formułować bowiem jednoznacznych argumentów o charakterze dowodowym, lecz – zgodnie z celem przypisanym retoryce przez Arystotelesa – argumentów *przekonujących* do przyjęcia proponowanych rozstrzygnięć. Te zaś w IDMS dotyczyły *de facto* drugorzędnej dla Galileusza kwestii natury płam; z uwagi na okoliczności nierozstrzygalnej, bo – jak słusznie na owe czasy przekonywał Pizańczyk – „materia tworząca płamy może być utożsamiona z tysiącem nieznanym nam i niewyobrażalnych substancji” zaś „cechy płam, które dostrzegamy..., żadnej, niewielkiej, albo tylko nazbyt ogólnej wiedzy mogą nam w tej kwestii dostar-

czyć” (GI.3.3.2). Z tego względu Galileusz nie wyrzuca sobie, ani innym wątpiającym, braku pewności co do istoty (*essenza*) i materii (*sustanza*) plam, choć ma w tym względzie pewne przekonujące argumenty sugerujące, iż nie ma „w plamach niczego, co nie odpowiadałoby charakterystykom naszych chmur (*nugole*)” (GI.3.3.3). Nade wszystko – jak pokazuje Sierotowicz – interesują jednak Pizańczyka ilościowe cechy zjawiska. Zdaniem Galileusza te mogą bowiem dostarczyć wiedzy na temat zjawisk. W przypadku plam słonecznych – konkretnej wiedzy na temat ich położenia. Jednoznaczne rozstrzygnięcie tej kwestii, jako jedyne możliwe do zrealizowania, stało się zatem głównym celem podjętych w IDMS rozważań. Wiązało się ono jednak – z czego obecnie doskonale zdajemy sobie sprawę – z umieszczeniem dyskursu w perspektywie innej niż

retoryka. Cztery lata temu Galileusz zdał sobie z tego również sprawę, dlatego też rozważając położenie plam dokonał wyboru, który ostatecznie zaciążył – w pozytywnym tego słowa znaczeniu – na rozwoju nauki jako takiej: umieścił bowiem dyskurs w zupełnie wówczas nowym kontekście poznawczym, który dziś – w zasadniczej mierze dzięki Galileuszowi – uważamy za najwłaściwszy, a w zasadzie jedyne prawomocny, w przypadku rozwiązywania zagadnień tego rodzaju. Chodzi rzecz jasna o matematykę.

Odejdźcie od retorycznego, czy też sylogistycznego, sposobu tłumaczenia zjawisk na rzecz matematycznej eksplanacji kwestii przyrodniczych uchodzi – zupełnie słusznie (por. s. 187) – za jedno z najważniejszych osiągnięć Galileusza i w pewnym sensie mit założycielski nowoczesnej nauki. Zagadnienie to

– czemu nie sposób się dziwić – stało się w efekcie wątkiem niemal wszystkich prac z historii nauki. Choćby z tego względu można by więc odnieść wrażenie, że w kwestii matematyzacji nauk przyrodniczych wszystko zostało już powiedziane. Ja w każdym razie z takim przekonaniem wziąłem do ręki monografię Tadeusza Sierotowicza; podczas czytania (rozdział IV) – ku własnemu zaskoczeniu, ale i z satysfakcją – zmuszony byłem jednak od niego odstąpić. Autor nie powtarza w niej bowiem komunałów o doniosłości zmatematyzowania przyrodoznawstwa czy roli Galileusza w tym procesie. Odnajdując w IDMS doskonały przykład zmatematyzowania zagadnienia dotyczącego zjawisk, skupia się raczej na technicznych aspektach przedsięwzięcia i pokazuje *na czym* dokładnie ów proces polegał. Ostatecznie udowodnienia z kolei – jak sądzę nazbyt

skromnie uwypuklając ów fakt, jak i swój udział w jego ustaleniu – że w kwestii, o której mowa, nawet w odniesieniu do eksploatowanego przez lata w ogromnej liczbie publikacji Galileusza, nie powiedziano wszystkiego. Okazuje się wszak – dzięki Sierotowiczowi – że przemilczano pewien co najmniej interesujący wątek z historii zmatematyzowania nauk doświadczalnych, a mianowicie zastosowaną w IDMS „metodę praktyczną” (*metodo pratico*).

Termin ów, dotychczas właściwie nieznan (nawet B. Dame w swej monografii z 1966 roku dotyczącej plam – *Galilée et les taches solaires (1610–1613)* – wymienia go tylko raz), zdaniem Sierotowicza stanowi jedno z najważniejszych pojęć IDMS, ale również – jak sugeruje Autor – jedno z podstawowych z punktu widzenia metodologii galileuszowej w ogóle. Przedstawiona w IDMS „metoda praktyczna”

w zasadniczej mierze oddaje bowiem charakter tego, co Sierotowicz określa jako *wewnętrzna filozofia nauki* Galileusza, czyli, najkrócej rzecz ujmując, specyfikę stosowanej przez Pizańczyka procedury rozstrzygania zagadnień przyrodniczych (standardy naukowości, kryteria wyboru i weryfikacji/falsyfikacji teorii naukowych itp.). Metoda ta stanowiła – by użyć słów Sierotowicza – „łatwy i skuteczny sposób udzielenia odpowiedzi na pytanie, gdzie znajdują się plamy” (s. 166) i sprowadzała do skonstruowania matematycznego modelu obserwowanych zjawisk (plam). W tym sensie stanowi ona zatem emblematyczny przykład sposobu rozwiązywania problemów naukowych przez Galileusza, jak i metod praktykowanych we współczesnej nauce. Sposób zaprezentowany w IDMS jest jednak na tyle wyjątkowy, że trudno byłoby włożyć „metodę

praktyczną” ot tak do szuflady z „przykładami”. Skonstruowany zgodnie z jej wytycznymi geometryczny model – zwany przez Galileusza „praktycznym” (*modello pratico*) – pozwala naocznie porównać zachowanie się plam przy założeniu, że znajdują się one na powierzchni Słońca i przy założeniu, że są od niego odległe. Staje się on tym samym miejscem konfrontacji dwóch sprzecznych hipotez. Nietrudno się zatem przekonać, że kwestia, która dzięki niemu ma być rozstrzygnięta, nie ma charakteru jakiegokolwiek problemu naukowego, lecz postać typowego „problemu dialektycznego” ujętego w sposób geometryczny. „Metodę praktyczną” można więc traktować jako jedyny w swoim rodzaju przykład zmatematyzowania nie tyle nawet zagadnienia jako takiego, ile dyskursu między dwoma badaczami, zaś samo IDMS – jak sądzę – za elementarz tego rodzaju przedsię-

wzięcia. Galileusz dokładnie i w wyjątkowo przystępny sposób opisuje bowiem całą procedurę (GII.13).

Zasadniczym jej elementem, umożliwiającym przeniesienie sporu dialektycznego bezpośrednio „na papier”, jest stosowana zarówno przez Galileusza, jak i Scheinera technika projekcyjna obserwacji plam, polegająca na rzutowaniu obrazu teleskopowej tarczy słonecznej, wraz z plamami, na kartkę (GII.13.1). Co istotne, wymyślona przez ucznia Galileusza o. Benedetta Castellego metoda pozwala na dokumentowanie obserwowanych w ten sposób zmian położenia i kształtu plam; odpowiednio kalibrując teleskop można je bowiem – co z powodzeniem robi Galileusz – nanosić ołówkiem bądź pędzelkiem na tę samą kartkę papieru podczas kolejnych obserwacji. Przy zachowaniu tej samej średnicy tar-

czy słonecznej możliwe staje się z kolei – na co zwraca uwagę Galileusz – skonfrontowanie modelu z jedno-jednoznacznie odwzorowanymi obserwacjami bez użycia skomplikowanych narzędzi matematycznych. „Model praktyczny” – jak utrzymuje Sierotowicz (s. 168, 173) – uzyskuje tym samym funkcję swobodnego przyrządu pomiarowego, jak i postać graficznego dowodu danej tezy (*observational picture proof*), a ostatecznie także istotne walory heurystyczne. Na jego podstawie, dzięki odpowiednim obliczeniom niemającym bezpośredniego oparcia w obserwacjach, można bowiem – czego dowodzi Galileusz – rozstrzygnąć inne kwestie i uzyskać nowe potwierdzenie określonych przewidywań (zob. s. 221–222). Warunkiem *sine qua non* działania i konkluzywności zaproponowanego przez Galileusza modelu są jednak – co podkreśla Sieroto-

wicz (s. 172–173) – także pewne wstępne uproszczenia, które Pizańczyk – antycypując czy raczej wyznaczając standardy nauki nowoczesnej – przyjmuje, zakładając m.in., że promienie słoneczne trafiające do oka obserwatora (wbrew realistycznym założeniom Scheinera) „mogą być uważane za linie równoległe” (GII.5.3.1). Z dzisiejszego punktu widzenia idealizację tego rodzaju trudno byłoby uznać za naganną, w czasach Galileusza mogła się jednak wydawać nieuprawniona. Siła przekonywania „modelu praktycznego” i celne argumenty Pizańczyka, wskazujące ostatecznie na niemożliwość wytłumaczenia obserwowanych zjawisk przy założeniu prawdziwości tez Scheinera, przesądziły jednak o prawomocności praktyk tego rodzaju. Wyjątkowym tego świadectwem pozostaje zaś na pewno zmiana stanowiska w sprawie plam i rozwinięcie „prak-

tycznych” przedsięwzięć Galileusza przez samego Scheinera w *Rosa Ursina* (zob. s. 46–48).

Ujawniając rolę jaką odegrała w IDMS tzw. „metoda praktyczna”, Tadeusz Sierotowicz bez wątpienia dokonał znaczącego odkrycia, którego efektem, nie tyle pożądanym, co – jak sądzę – wręcz koniecznym, będzie rozszerzenie słownika galileuszoznawców o nowy, ważny termin. Chcąc właściwie opisać postępowanie badawcze zaprezentowane w IDMS, nie sposób wszak – na co zwraca uwagę sam Autor (s. 210) – powołać się na doskonale już znane i często przywoływane zwroty, takie jak *dimostrazioni necessarie* czy *sensate esperienze* (także ze względu na ich wyjątkowo skromną obecność w IDMS). Uprawiając swoistą „archeologię metodologiczną”, Sierotowicz dokonuje jednak drugiego, nie mniej ważnego odkrycia, którego konsekwencją będzie

– jak sądzę – a na pewno być powinno – jak sugeruje Autor – uzupełnienie słownika metodologii galileuszowej o kolejny termin – *connession de'veri*.

Zwrot ten tłumaczy Sierotowicz jako „połączenie prawd”. W praktyce oznaczało ono natomiast połączenie czy zestawienie poszczególnych argumentów i obserwacji przedstawionych w IDMS w spójną całość, co w efekcie – jak najbardziej przez Galileusza zamierzonym – zwiększało ich wiarygodność i siłę przekonywania. Owo powiązanie można tym samym rozumieć jako – by użyć sformułowania Sierotowicza – „rodzaj argumentu wyższego rzędu”, który wyjątkowo skutecznie uprawdopodobnia proponowaną przez Pizańczyka hipotezę. Doskonały przykład takiej, *explicite* uwierzytelnianej przez Galileusza poprzez wskazanie kilku powiązanych argumentów, znajduje Sierotowicz przede

wszystkim w GIII, gdzie powołując się na argumenty prezentowane w tym, jak i poprzednim liście, Galileusz przekonuje, że są one „tak są ze sobą powiązane (*la connession de'veri*), że w konsekwencji wynika z nich położenie plam na powierzchni Słońca oraz to, że plamy te są unoszone przez obrotowy ruch Słońca” (GIII.12.3). Biorąc pod uwagę choćby rangę powyższych konkluzji, trudno byłoby – jak sądzę – wątpić w zasadność uznania „powiązania prawd” za istotny element metodologii IDMS.

Dostrzegając szczególną rolę *connession de'veri* także w odniesieniu do samych obserwacji plam, Sierotowicz zwraca uwagę na początkowy etap procedury badawczej IDMS, co z kolei staje się okazją do przedstawienia następnych ciekawych wniosków o charakterze metodologicznym. Połączenie obserwacji w spójną całość – o czym przekonywał Ga-

lileusz w GI, czyli jeszcze przed przeprowadzeniem własnych, dokładniejszych obserwacji – sprawiało istotne problemy nie tylko z uwagi na „trudność zagadnienia”, ale także ze względu na fakt, że w swych dążeniach jednoznacznego rozstrzygnięcia kwestii dotyczących położenia i natury plam „organiści” – jak osobliwie określił Galileusz zaangażowanych w owo przedsięwzięcie – pomijali „trzy lub cztery podstawowe piszczałki, bez których zestrojenia całość nigdy nie osiągnie doskonałej harmonii” (GI.5.1-2). Przeprowadzając nowe obserwacje (zaprezentowane głównie w GII) Pizańczyk istotnie wzbogacił materiał empiryczny dotyczący plam i ostatecznie – zgodnie z własnymi przewidywaniami czy raczej żywioną w GI nadzieją (GI.W.2.3) – przewyciężył wspomniane trudności, skompletował wszak zespół wyjątkowo spójnych obserwacji umożliwia-

jących w finale sformułowanie jednoznacznych i przekonujących wniosków *a propos* plam słonecznych. Jakkolwiek jednak sukces ten można uznawać za wynik systematyczności Galileusza w przeprowadzaniu obserwacji, czytając IDMS trudno byłoby utrzymać, że jakakolwiek twarda procedura przesądziła o pożądanym „zestrojeniu” danych. Na tym etapie w postępowaniu Galileusza Tadeusz Sierotowicz dostrzega wiele podobieństw z opisem *paradygmatu poszlakowego* Carla Ginzburga, sugerując niedwuznacznie, że opisana przez tego ostatniego strategia (zob. *idem, Tropy. Korzenie paradygmatu poszlakowego*, tłum. T. Sierotowicz, „Zagadnienia Filozoficzne w Nauce” 2006, XXXIX, s. 8–65) najcelniej oddaje charakter wstępnych poszukiwań Galileusza w IDMS. Z taką sugestią – jak sądzę – nie sposób się nie zgodzić. Ginzburg – na co zwraca uwagę

Sierotowicz – przypisywał wszak większe znaczenie specyficznym umiejętnościom (nabytym przez człowieka podczas tysięcy lat praktyki łowieckiej), których popis Galileusz – jak można się przekonać – dał w IDMS niejednokrotnie. Jedną z nich była – jak pisze Ginzburg – zdolność rekonstruowania „wielkości i ruchów niewidzialnej jeszcze ofiary” na podstawie jedynie pewnych niejednoznacznych śladów („połamanych gałązek, odchodów, sierści albo piór pozostawionych na krzakach, zapachu”). Biorąc pod uwagę intuicje Galileusza co do natury i położenia plam słonecznych zdradzane już w GI, nie sposób nie skonstatować, że już wtedy Galileusz rozpoznał w istocie „niewidzialne” zjawisko, na podstawie równie cząstkowych informacji. Analizując z kolei owe poszlaki (głównie w GII) i dokonując nowych obserwacji, dostrzegł wiele,

jak się okazało, istotnych niuansów, na które nie zwrócono wcześniej uwagi. Zgodnie ze scenariuszem Ginzburga podstawą do określenia „złożonej i bezpośrednio niedoświadczalnej rzeczywistości” w IDMS były w istocie „pozornie nieznaczące dane doświadczone”. Nadając im sens empiryczny Pizańczyk „zestroił” tak zinterpretowane obserwacje, dzięki czemu niezauważone dotychczas subtelne „ślady” i domysły zyskały w „modelu praktycznym” moc argumentów. Ostatecznie więc – jak zauważa Sierotowicz – Galileusz przeszedł tym samym od narracji opisującej *de facto* poszlaki (*istoria*) do dyskursu opartego na argumentach geometrycznych (*dimostrazoni*)” (s. 134). Reasumując, można zatem powiedzieć, że wewnętrzną filozofię nauki zaprezentowaną w IDMS opisują kolejne etapy postępowania badawczego, które śmiało można określić za Auto-

rem jako 1. *paradygmat poszlakowy*, 2. „metoda praktyczna” i 3. obliczenia matematyczne na bazie „modelu praktycznego”.

Rekonstruując w powyższy sposób metodologię Galileusza, Tadeusz Sierotowicz niewątpliwie wzbogaca dotychczasową debatę wokół metodologii Galileusza, wychodząc jednocześnie naprzeciw niektórym mocno lansowanym dzisiaj poglądom co do charakteru jego procedury badawczej (przede wszystkim teorii *regressus* Wallace’a i innych; zob. s. 180, 190–191). Czytając *O położeniu plam słonecznych...* trudno jednakże odnieść wrażenie, aby celem Autora było rzućcie komukolwiek rękawicy i konfrontacja ze współczesnymi interpretacjami metodologii galileuszowej. Udostępniając polskiemu odbiorcy IDMS, Sierotowicz *sine ira et studio* odkrywa przed nim nieznaną dotychczas dzieło i na jego bazie uzmysła-

wia konieczność nie tyle porzucenia wszystkich dotychczasowych poglądów, ile uzupełnienia metodologicznego instrumentarium Galileusza o nowe, nieznaną dotychczas elementy, które – co wyraźnie pokazuje – w IDMS są obecne. W tym sensie – jak sądzę – zarówno IDMS, jak i monografię Tadeusza Sierotowicza, można potraktować jako doskonałą lekcję wstrzeźliwości w ferowaniu twardymi i generalizującymi interpretacjami stanowiska metodologicznego Galileusza. Pokazuje wszak, że wewnętrzna filozofia nauki Pizańczyka jest znacznie bogatsza niż dotychczas sądzono.

Analizując IDMS, Tadeusz Sierotowicz ujawnia w nim wątki, dzięki którym możliwe staje się określenie także *zewnętrznej filozofii nauki* Galileusza. Ta, w odróżnieniu od wewnętrznej, nie dotyczy jednak procedur badawczych, lecz specyficznych i podstawowych cech naukowego kon-

tekstu poznania, dzięki którym można wyraźnie wskazać miejsce nauki pośród innych dyscyplin poznawczych. IDMS – jak pokazuje Sierotowicz – okazuje się pod tym względem wyjątkowo czytelnym manifestem filozoficznym; Galileusz niejednokrotnie *explicite* formułuje tu bowiem własne stanowisko co do specyfiki poznania naukowego, wyraźnie zakreślając granice między nauką a filozofią. Konkretnie zaś – jak to oryginalnie ujął Sierotowicz, odwołując się do kategorii retorycznych – wskazując *topos*, czyli określoną dla nauki płaszczyznę porozumienia między zaangażowanymi w spory naukowe stronami, czy też – by użyć bardziej klasycznych, arystotelesowskich sformułowań – „miejsce”, w którym przeciwnicy mieliby wynajdywać właściwe dla określonego dyskursu (tutaj naukowego) sposoby rozwijania argumentu (s. 92). Topos ten określa

Galileusz wyraźnie, ograniczając wszelkie rozstrzygnięcia o charakterze naukowym do jedynie „jednoznacznych i oczywistych obserwacji” (*manifeste osservazioni*) (GII.14.2). Polemizując ze stanowiskiem Scheinera, Pizańczyk konsekwentnie odwoływał się zatem jedynie do nich, odnajdując tym samym grunt, na którym argumenty zarówno jego, jak i przeciwnika, są i mogą być jednakowo zrozumiane przez obie strony sporu i w istocie umożliwiają jego prowadzenie (pod tym względem warunkiem koniecznym – spełnionym przez obu – było przede wszystkim uznanie płam za realne zjawisko, niebędące efektem złudzenia, zaś co najmniej sprzyjającym, stosowanie tej samej metody obserwacji). Zasadniczą konsekwencją określenia przez Galileusza toposu w taki a nie inny sposób było jednakże wykluczenie z dyskursu naukowego argumentów

o charakterze nieempirycznym, czego efektem była m.in. rezygnacja z kategorii i wyjaśnień substancjalnych na rzecz jedynie poznawalnych własności (*affezioni*, do których, w przypadku plam, zaliczał Pizańczyk ich położenie, ruch, kształt, wielkość, przeźroczystość, zmienność, powstawanie i zanikanie; GIII.2.4), a przede wszystkim odrzucenie kluczowego dla Scheinera (i niemal całego ówczesnego środowiska naukowego) argumentu o niezmienności niebios. Pogląd ten miał wszak, jak słusznie przekonywał Galileusz, charakter *stricte* filozoficzny i jako taki nie posiadał żadnego umocowania w dostępnych danych obserwacyjnych, a jedynie w autorytecie Arystotelesa. Uznając te pierwsze za jedyną podstawę do formułowania wniosków naukowych, Pizańczyk, mimo szacunku dla dorobku filozoficznego Arystotelesa, konsekwentnie krytykował zatem

powszechną wśród siedemnastowiecznych przyrodników praktykę powoływania się na jakiegokolwiek autorytet, tłumacząc, że „w nauce autorytet i opinia tysiąca mędrców nie mają żadnego znaczenia w porównaniu ze słusznym argumentem jednej nawet osoby” (GIII.11.3.1). Faworyzując w wielu fragmentach świadectwo zmysłów i niejako odcinając dyskurs naukowy od wtętotów filozoficznych, Galileusz niewątpliwie właściwie określił specyfikę poznania naukowego, wyznaczając tym samym nowoczesne kanony naukowości. Z tego względu – jak sądzę – nie sposób nie uznać doniosłości IDMS (szczególnie jeśli wziąć pod uwagę datę jego wydania). O jego wyjątkowości nie przesądzą jednak jedynie same deklaracje w nim zawarte, ale także fakt, że – jak słusznie spostrzegła Sierotowicz – „można [w nim] dostrzec moment oddzielenia się filozofii od nauki w tym sensie,

że da się tam prześledzić jak pewien problem należący do filozofii (zmiennosc/niezmiennosc nie-bios) zmienia dziedzinę, w której jest rozwiązywany” (s. 121). Pizańczyk, o czym wspomniano, przenosi wszak dyskurs do modelu geometrycznego, pozbywając się w istocie wszelkich zbędnych konotacji (głównie filozoficznych), które uniemożliwiały właściwe rozstrzygnięcie problemu. Analizując poszczególne argumenty Galileusza, czytelnik może się zatem przekonać, na czym w *praktyce* oddzielenie się nauki od filozofii polegało.

Chcąc dokładniej scharakteryzować topos wskazany przez Galileusza w IDMS, Tadeusz Sierotowicz – o czym nie sposób nie wspomnieć – odwołuje się do „księgi natury”. Bynajmniej jednak nie chodzi tu o znany i często cytowany fragment z *Wagi probierczej*, gdzie, jak się zwykle sugeruje, Pizańczyk dał wy-

raz swym platońskim przekonaniom. Okazuje się, że wcześniej zwrot ów pojawił się w IDMS, używając go z kolei Pizańczyk – co podkreśla Sierotowicz – nie wspomina tu jednak o języku matematyki, co pozwala sądzić, że wyrażone w *Wadze probierczej* stanowisko nie wyczerpuje interpretacji tego nośnego sformułowania. W monografii Sierotowicza znajdujemy tego doskonale świadectwo. Autor zrywa tu wszak ze zwyczajową interpretacją „księgi natury”, rekonstruując wypowiedź Galileusza w nawiązaniu nie do matematyki, lecz fragmentu XXXIII pieśni „Nieba” *Boskiej komedii* Dantego (zob. s. 132–137). W tym rozumieniu księga świata napisana „przez przyrodę, aby być czytana przez wszystkich” (GIII.6) ma – jak przekonuje Sierotowicz – rodowód poetycki i można ją rozumieć za Dantem jako tom symbolizujący jedność przyrody,

złożony z wielu kart, odnajdywanych w różnych częściach świata. Zjawiska znajdowane na tarczy słonecznej nie są tu wyjątkiem, zaś „metoda praktyczna” wydaje się wyjątkowym przykładem hermeneutyki tak rozumianej książki; zwłaszcza jeśli zważyć na *con-
nession de 'veri*, które w tym kontekście zyskuje symboliczne znaczenie jako „zestrojenie” czy skompletowanie wspomnianych kart. „Księga przyrody”, w odróżnieniu od napisanych dwa tysiące lat wcześniej przez Arystotelesa, zyskuje tym samym charakter *toposu gatunkowego*, który – jak pokazuje Sierotowicz – posłużył Galileuszowi w IDMS do niczego innego, jak tylko do oddzielenia różnych kontekstów poznania.

Czy IDMS – jak sugeruje we wstępie Tadeusz Sierotowicz (s. 10) – faktycznie zasługuje na kilka centymetrów w bibliotece każdego wykształconego człowieka interesującego się rozwo-

jem nauki? Myślę, że tak. Jako tekst naukowy z wielu względów jest pozycją kanoniczną, w której zarówno badacze retoryki, filozofowie przyrody, historycy nauki, a nawet literaturoznawcy znajdą coś dla siebie. Te kilka centymetrów z pewnością ucieszy jednak przede wszystkim galileuszoznawców. W wieloletnich zmaganiach z Galileuszem, próbach „zestrojenia organów” jego spuścizny intelektualnej, IDMS pozostawał wszak ważną „piszczałką”, którą do tej pory z różnych względów pomijano. Oddając do rąk polskiego czytelnika tłumaczenie dzieła, Tadeusz Sierotowicz odzyskuje je niejako, co – jak sądzę – podniesie wartość ciągle żywej debaty wokół Galileusza. Także sama monografia Sierotowicza na pewno odegra w tym istotną rolę. Już choćby ze względu na wyczerpujące komentarze do astronomicznych argumentów Galileusza, dzięki

którym nawet laik jest w stanie zmierzyć się z niełatwą dłań materią. O wyjątkowości prezentowanej książki przesądza jednak przede wszystkim wskazanie i zinterpretowanie w niej wielu wątków IDMS, których znaczenie trudno byłoby dostrzec czytając listy Galileusza samodzielnie, nawet kilkakrotnie. Sierotowicz swe rozważania na temat IDMS umieszcza w znacznie szerszej perspektywie, niż zwykle przyjmowana w przypadku analizy tekstów tego rodzaju, i – jak sądzę – to właśnie zdecydowało o jego sukcesie. Poprzez nawiązania do klasyków retoryki czy literaturoznawców (m.in. Calvina, Zagrebelskiego) wydobywa literackie aspekty IDMS, dzięki Dan temu na nowo i w oryginalny sposób rekonstruuje metodologiczne znaczenie „księgi natury”. Postępując przy tym niczym łowczy Ginzburga, Sierotowicz, idąc po śladach Galileusza, zwraca uwagę

na pozornie mało znaczące sformułowania i nadaje im sens metodologiczny, przez co tekst IDMS – o czym nietrudno się przekonać – układa się w czytelną i wyjątkowo spójną narrację.

Co więcej, Autor ułatwia czytelnikowi odnalezienie tychże tropów; nie tylko przez liczne odniesienia do imponującej bibliografii, ale także – co bez wątpienia stanowi duże udogodnienie podczas lektury zarówno IDMS, jak i monografii – zamieszczając na końcu książki schematy (przedstawiające etapy powstawania IDMS czy wizualizacje metodologii Galileusza), wykresy (porównujące wyniki obserwacji Galileusza i Scheinera), a przede wszystkim obszerny wykaz kwestii poruszanych w IDMS, dzięki któremu bez trudu odszukać można interesujące czytelnika wątki. Istotnym uzupełnieniem książki są na pewno noty biograficzne postaci tam cytowanych, wyjątkową zaś

ozdobą liczne ilustracje (w tym przede wszystkim miedzioryty Greutera, przedstawiające wyniki obserwacji Galileusza).

Dziesięć lat po wydaniu IDMS, we wstępie do *Wagi probieczej* Galileusz skarżył się, że „temat [*Listów o plamach słonecznych*], który powinien był otworzyć umysły i zaowocować nowymi refleksjami, został wyśmiany i wyszydzony przez wielu, którzy nie dowierzali albo nie docenili jego wagi” (tamże, tłum. T. Sierotowicz, Biblos, Tarnów 2009, s. 33). Jestem przekonany, że wydana wraz z polskim tłumaczeniem dzieła monografia Tadeusza Sierotowicza, nie

wzbudziła w Pizańczyku podobnych emocji. Autor, jak sądzę, właściwie docenił wagę IDMS, czego świadectwem jest zarówno przekład dzieła, jak i obszerny do niego komentarz. Te zaś, jak można przypuszczać, otworzą umysły polskich galileuszoznawców i zgodnie z intencją Pizańczyka zaowocują nowymi refleksjami. Niech ostateczną rekomendacją prezentowanej tu książki będzie stwierdzenie jedynie faktu, że póki co, ta właśnie pozostaje jedyną pozycją mogącą przygotować czytelników na ten moment.

Adam Szymański