

Grzegorz P. Karwasz

Nauka i wiara

Krótki podręcznik

Nauka i Wiara. Krótki podręcznik

(C) Grzegorz P. Karwasz

Tłumaczenie z języka włoskiego: G. Karwasz
Olga Kutner (rozdziały II i VI)

Skład: G. Karwasz

Okładka: Monika Pest

Zdjęcie na okładce: Ostatnie Wieczera, witraż w kościele pw. Najświętszego Serca Jezusa Chrystusa w Rypinie, foto Maria Karwasz

Materiał dydaktyczny do użytku wewnętrznego

Druk:

Drukarnia Cyfrowa Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

Trento - Toruń, Kwiecień 2024

P R E P R I N T

*Wersję polską dedykuję
mojemu Aniołowi Stróżowi (MW)*

Stworzył więc Bóg człowieka na swój obraz; na obraz Boży go stworzył: stworzył mężczyznę i niewiastę.

Ks. Rodzaju 1:27

Spis treści

- 11 *Przedmowa*
- 13 *Przedmowa do pre-printu 2024*
- 15 **Rozdział I**
Filozofia i Pismo
 1.1. Wstęp, 15 – 1.1.1. *Ci wspaniali naukowcy, co wiedzą wszystko*, 15 – 1.2. Stworzenie czy Big Bang?, 16 – 1.3. "In principio", 18 – Spróbujmy skonstruować świat, 20 – Wszechświat wieczny?, 22.
- 27 **Rozdział II**
Fizyka i kosmologia
 2.1. "Zasady" fizyki, 27 – 2.2. Zasady zachowania, 2.2.1. „Zasady” fizyki” 29 – 2.3. Dwa paradoksy nieba, 32 – 2.4. Einstein i teoria względności, 34 – 2.5. Swobodnie spadająca winda w swobodnym spadku, 37 – 2.6. Planck: Jakiego koloru jest Słońce?, 40 – 2.7. Arystoteles: Życie gwiazd, 43 – 2.8. Ucieczka galaktyk, 45 – 2.9. Supernowe, 47 – 2.10. Palec Boży, 51 – 2.11. Nasze kosmologiczne granice, 53, – 2.11.1. *Strach przed czarną dziurą*, 54.
- 57 **Rozdział III**
Nieskończenie mały
 3.1. Człowiek: wymiar pośredni, 47 – 3.2. A-tomos, czyli in-dywiduum, 58 – 3.3. Efluidy, czyli fotony, 60 – 3.4. Dlaczego widzimy kolory?, 63 – 3.5. Atomy z haczykami, 65 – 3.6. Dlaczego istnieje chemia?, 68 – 3.7. Bohr: prawie pusty atom, 71 – 3.8. Schrödinger: funkcja falowa, 73 – 3.9 Heisenberg: pewność niepewności, 76 – 3.9.1. *Kryptografia kwantowa* – 78, 3.10 Skłodowska-Curie: dzielenie niepodzielnego, 78 – 3.11. Energia gwiazd, 80 – 3.12. Cząstki "elementarne", 82 – 3.13. Niewidzialne, przenikliwe, niebezpieczne, dobroczynne, 84 – 3.14. Gell-Mann: kwarki, 86 – 3.15. Weinberg: pierwsze trzy minuty, 89 – 3.16. Czarno-biały telewizor, 91 – 3.17. W mgnieniu oka 93 – 3.18. Ponowne przeliczenie wymiarów, 97.
- 101 **Rozdział IV**
„I nazwał powierzchnię suchą: Ziemią”
 4.1. „Dzień trzeci”, 101 – 4.2. Planetka na peryferiach, 103 – 4.3. Skąd się biorą pory roku? , 104 – 4.4. Satelita, czyli towarzysz, 106 – 4.5. Bacon: Wielkanoc zbyt

wcześniej, 108 – 4.6. Dlaczego zdarzają się trzęsienia ziemi?, 110 – 4.7. Dlaczego nie ma życia na Marsie? 112 – 4.8. Serce z żelaza, 114 – 4.9. Planeta reguluje się sama, 116 – 4.10. Ziemia dla Człowieka, 118 – 4.11. Życie poza Ziemią?, 120.

123 Rozdział V

„*Mnogość żywych istot*”

5.1. Od nieorganicznych do organicznych, 123 – 5.2. Od prostego do złożonego: szlak termodynamiczny?, 125 – 5.3. Pierwotny rosół, 127 – 5.4. Życie z komet?, 128 – 5.5. Na bardzo gorącej Ziemi, 130 – 5.6. Zielona planeta, 133 – 5.7. W głębinach oceanów, 134 – 5.8. DNA – nieco twarde, nieco miękkie, 136 – 5.9. Geny – nieco kombinatoryki, 138 – 5.10. Idealny kod?, 140 – 5.11. Dziesięć wynalazków życia, 141 – 5.12. Po co ta cała rozrzutność?, 145 – 5.13. Ślepa ewolucja?, 146 – 5.14. Czy możemy zbudować sztuczne życie?, 149.

151 Rozdział VI

„*Stworzył mężczyznę i niewiastę*”

6.1. Czy człowiek pochodzi od małpy?, 151 – 6.2. Mocno rozgałęzione drzewo, 153 – Na dwóch nogach, 155 – 6.4 *Homo erectus*: wielki wędrowiec, 156 – 6.5. Wynalazek ognia, 159 – 6.6. Sami na szczycie, 161 – 6.7. Mitochondrialna Ewa, 163 – 6.8. Jeden, wspólny Adam, 166 – 6.9. Samoświadomość, 168 – 6.10. Kultura: decydujące doświadczenie, 172 – 6.11. Wieża Babel: rzeczywistość językowa, 178, – 6.12. Narodziny nauki, 179 – 6.13. Nieśmiertelna dusza, 183 – 6.14. Ani anioł, ani bestia, 186 – 6.15 Świat pełen aniołów, 189 – 6.16. Od jednego tchnienia, 190 – 6.17. Ręką Boga, 192 – 6.18. Mówią, że zmartwychwstał, 192 – 6.19. Dwa światy, 196.

197 Rozdział VII

Świadectwa

7.1. Nauki humanistyczne i nauki ścisłe, 197 – 7.2. Platon: nieśmiertelna dusza, 199 – 7.3 Arystoteles: cztery przyczyny, 201 – 7.4. Św. Tomasz i materia, 203 – 7.5. Kopernik: znajdują się głupcy, 208 – 7.6. Galileo: metoda naukowa, 210 – 7.7. Kartezjusz: sensus communis, 214 – 7.8. Pascal: ogromny świat, 215 – 7.9. Newton: Bóg wszechmogący i wszechwiedzący, 218 – 7.10. Laplace: Bóg zegarmistrz świata?, 223 – 7.11. Kant: gwiazdziste niebo, 224 – 7.12. Brakująca część, 227 – 7.13. Darwin: dech życia, 228 – 7.14. Einstein: najtrudniejsza rzecz, 230 – 7.15 Planck: Świat bez religii byłby końcem, 232 – 7.15. Barrow & Tipler: Zasada antropiczna, 235 – 7.17. Davies: Bóg i nowa fizyka, 239 – 7.18. Messori: Kilka powodów, by wierzyć, 244 – 7.19. Oddzielenie ziaren od plew, 246 – 7.10 Subtelny jest Pan, 250.

253 Rozdział VIII

Czytamy ponownie

8.1. „Szalejący wiatr”, 251 – 8.2. „I oddzielił światło od ciemności”, 253 – 8.3. „Wszystko, co żyje i lata”, 255 – 8.4. „Żywa istota”, 257 – 8.5. Drzewo wiedzy, 259 – 8. Emanuel, czyli Bóg wśród nas, 261.

267 Rozdział IX

Podsumowanie

9.1. O ciągłym przesuwaniu się granic, 267 – 9.2. Dlaczego Bóg nie zrobił wszystkiego jednym kliknięciem?, 270 – 9.3. Na początku było Logos, 272 – 9.4. Pięć „dowodów” na istnienie Boga, 273 – 9.5. Czy wiemy już wszystko?, 274 – 9.6. Św. Jan Paweł II: dwa skrzydła, 275 – 9.7. Streszczenie, 279.

281 Rozdział X

Dziesięć pytań

Dziesięć pytań, 281 – Ringraziamenti, 283.

285 *Bibliografia*

Przedmowa

Dwa światy kulturowe, humanistyczny i naukowy, zdają się żyć odrębnymi żywotami: fizycy z lekceważeniem wyrażają się o Arystotelesie, a filozofowie używają Heisenberga do popierania swoich bardzo ryzykownych tez. To wiek dziewiętnasty, wraz z szeregiem ideologii ateistycznych, zadekretował rozłam między wiarą a naukami przyrodniczymi. Poszukiwanie boskiego umysłu w przyrodzie wydaje się kłócić naukowym rygorem.

Jako rodzaj antidotum często cytuje się naukowców, którzy wierzą, "pomimo tego, że są racjonalni". W tej książce pokazujemy, że zgodność między wiarą a myślą naukową nie jest opinią subiektywną, obejmującą tylko pojedynczych naukowców, ale obiektywną – dotyczącą całych gałęzi nauk przyrodniczych.

Tomasz z Akwinu, doktor Kościoła katolickiego, rozpoczyna swój traktat "Summa Theologica" od pięciu "sposobów" rozumowania na temat istnienia Boga. Cztery z nich opierają się na metafizyce – dedukcji pierwszego, przyczynowego, istotnego, nadrzędnego Bytu. Piąta droga opiera się na istnieniu natury i porządku w niej, a raczej na ukrytym celu tego naturalnego porządku¹:

Piąta droga wywodzi się z rządzenia rzeczami. Widzimy, że niektóre rzeczy pozbawione poznania, a mianowicie ciała fizyczne, dążą do celu, jak to wynika z faktu, że zawsze lub prawie zawsze działają w ten sam sposób, aby osiągnąć doskonałość, stąd też wynika, że osiągają swój cel nie przez przypadek, lecz przez predyspozycje. Otóż to, co jest pozbawione rozumu, nie dąży do celu, chyba że jest kierowane przez istotę wiedzącą i rozumną, jak strzała łucznika. Jest więc jakaś istota rozumna, przez którą wszystkie rzeczy naturalne są uporządkowane ku końcowi: i tę istotę nazywamy Bogiem.

Naszym celem jest poszukiwanie, krok po kroku, tego naturalnego porządku, czyli praw natury (fizyki, astronomii, chemii, biologii, genetyki, antropologii) w ich specyficznych szczegółach, aby zweryfikować, czy są one zgodne z Pismem Świętym. Podążamy tu za sło-

¹ TOMASZ Z AKWINU, *Summa Theologica*, Ia, q. 2, a. 3, co., tłum. Frati Domenicani, Edizioni Studio Domenicano, 2014, s. 48

wami Galileusza o Naturze jako najwierniejszej wykonawczyni Boskich nakazów.

Szczegółowość książki – duża liczba cytatów, odniesień bibliograficznych, ilustracji i wykresów – jest dostosowana do wskazań św. Augustyna, który napominał teologa, aby był przygotowany w rozmowie z matematykiem (czyli naukowcem) i nie był ignorantem w tematach naukowych, ponieważ jego niewiedza może ośmieszyć nie jego, ale wiarę.

Tak więc nauczyciel religii musi być nie mniej przygotowany niż profesor nauk ścisłych. Właśnie z tego powodu ta książka została napisana – dla nauczycieli i ich uczniów – czyli dla nas wszystkich – wierzących lub niewierzących.

Przedmowa do pre-printu 2024

Wydanie książki, jak to pokazuje choćby praca Kopernika (która czekała na druk prawie 40 lat), nie jest łatwym zadaniem. W temacie „Nauka i wiara”, łączącym fizykę, filozofię, sztukę – jest to zadanie wyjątkowo skomplikowane. Mamy więc świadomość, że niniejsza wersja jest daleka od doskonałości. W szczególności konieczne byłoby sięgnięcie do alternatywnych tłumaczeń tekstów filozoficznych i ich porównanie, oraz do najnowszych artykułów naukowych. Wymagałoby to sporej pracy redakcyjnej, poza samym-li tłumaczeniem.

Pilne wydanie pre-printu stało się jednak koniecznością. Włoski oryginał „Scienza e Fede”, Aracne Editrice, Roma, 2019, jest na wyczerpaniu. Książka zdobyła bardzo dobrą recenzję w prestiżowym czasopiśmie (w języku angielskim²), a sporo potencjalnych czytelników pyta o polską wersję językową. Publikujemy więc ją, tak aby była dostępna już w roku akademickim 2023/2024. Za niedoskonałości redakcyjne – przepraszam!

Autor

² Ll. Oviedo, “Grzegorz P. Karwasz, Scienza e fede”, *Reviews in Science, Religion and Theology*, 2-2 (June 2023), International Society of Science and Religion (ISSR), European Society for the Study of Science and Theology (ESSSAT), p. 53

Filozofia i Pismo

1.1. Wstęp

“Wielki Wybuch” jak twierdzą naukowcy, czy “Stworzenie”, jak mówi Biblia¹? Adam u Ewa, pierwsi rodzice rasy ludzkiej czy tylko opowieść (parabola) o znaczeniu przenośnym? Wieża Babel czy historia o źle zorganizowanej pracy, jak czytamy na jednej ze stron internetowych?

A ewolucja? Herezja czy też „już nie tylko hipoteza”, ale teoria o wszystkich cechach naukowych, jak to określił Św. Jan Paweł II²?

Sporo pytań, prostych ale „drażliwych”, na które muszą odpowiadać nauczyciele religii, również w szkole podstawowej. Naukowcy podważyli Wiarę? Nie, absolutnie nie! Gwarantuje to Wam profesor zwyczajny fizyki doświadczalnej, kierownik Katedry Dydaktyki Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, który w latach 1985-2006 pracował na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Trydencie i jest ekspertem naukowym Unii Europejskiej, Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej ONZ, Republiki Korei itd.

1.1.1. *Ci wspaniali naukowcy, co wszystko wiedzą*

Nauka XX wieku dokonała nadzwyczajnych odkryć: akceleratory cząstek elementarnych odkrywają świat obiektów nieskończenie małych,

¹ Brak wspólnego języka jest poważnym problemem, przede wszystkim w edukacji. We wrześniu 2017 roku, na stronach prestiżowego amerykańskiego czasopisma naukowego «Science» No. 6354, str. 880, H.S. Silva narzekał, że w trzynastu stanach USA uczy się o “Inteligentnym Projekcie” a nie o (uproszczonej) teorii ewolucji. Autor (GK) odpowiada, że zarówno czysta teoria ewolucji jak enigmatyczny “Inteligentny Projekt” mają poważne braki koncepcyjne, zob. dyskusję w częściach końcowych tej książki i odpowiedź autora na stronie internetowej Science : <http://science.sciencemag.org/content/357/6354/880.1/tab-e-letters>.

² «Dzisiaj, prawie pół wieku po publikacji encykliki, nowe zdobycze nauki każą nam uznać, że teoria ewolucji jest czymś więcej niż hipotezą. Zwraca uwagę fakt, że teoria ta zyskiwała coraz większe uznanie naukowców w związku z kolejnymi odkryciami dokonywanymi w różnych dziedzinach nauki. Zbieżność wyników niezależnych badań – bynajmniej nie zamierzona i nie prowokowana – sama w sobie stanowi znaczący argument na poparcie tej teorii.»

JAN PAWEŁ II, *Przesłanie do członków Papieskiej Akademii Nauk w związku z sesją “Powstanie i ewolucja życia”* 22.10.1996, Dzieła Zebrane, Wydawnictwo M, t. V, str. 308.

komunikujemy się używając niewidzialnych fal, teleskopy zagląдают do krańców wszechświata, badamy przeszłość aż do początku czasu. Wydaje się, że nasza wiedza nie ma granic, prawda?

Bynajmniej! Im więcej wiemy, tym więcej zagadek pojawia się przed oczyma. Niestety, naukowcy opowiadają zazwyczaj o swoich odkryciach, ale rzadko o wątpliwościach, które z nich wynikają. Jak mówi znany włoski fizyk jądrowy, prof. Antonino Zichichi, w książce *Dlaczego wierzę w Tego, który stworzył świat?*, uczeni pobudowali „wieże z kości słoniowej”, w której zamknęli się wraz ze swoją wiedzą. Potrzebne jest tłumaczenie, z języka naukowego na ten codzienny: zadanie skomplikowane, tak dla autora jak i czytelnika. Zaczynamy od początku, tzn. od tak zwanego „Wielkiego Wybuchu” (Big Bang po angielsku)³. Świat został stworzony, czy też jest wynikiem przypadkowego wybuchu bańki mydlanej bańki materii?

1.2. Stworzenie czy Big Bang?

O tak zwanym „Wielkim Wybuchu”, początku wszechświata, wszyscy słyszeli. Była to przeogromna eksplozja, która z objętości mniejszej niż pomarańcza wprawiła w ruch nieogarniętą przestrzeń dzisiejszych galaktyk. Buch! i powstał cały świat! Książka *Pierwsze trzy minuty* noblisty Stephena Weinberga, fizyka o agnostycznych poglądach, opowiada jak w mgnieniu oka z dziwnych form pierwotnej materii powstały elektrony⁴, protony⁵ i neutrony, które stanowią cały obecny

³ Nazwa, ironiczna, została użyta po raz pierwszy w audycji radiowej w 1949 roku przez angielskiego astronoma, Freda Hoyle’a, który nie wierzył, że wszechświat miał początek.

⁴ Elektrony to cząstki najbardziej podstawowe ze składających się na materię: każdy atom zawiera ściśle określoną ich liczbę: wodór - jeden, hel - dwa, lit - trzy itd. Według wszelkich wskazówek zarówno teoretycznych jak doświadczalnych elektrony są niepodzielne i bardzo małe (średnica rzędu 10^{-15} m). Według tych samych wskazówek elektrony nie mają wewnętrznych składników. Ładunek elektryczny elektronu jest ujemny i stanowi jednostkę podstawową: żaden mniejszy ładunek nie został nigdy wydzielony doświadczalnie. Elektrony są bardzo lekkie: odbiornik TV “starej daty”, tzn. kineskopowy, kreślił obraz przemieszczając na ekranie wiązkę elektronów odchylanych za pomocą pola magnetycznego.

⁵ Protony, o masie 1837 razy większej niż elektrony (czyli w wygodnych do użycia jednostkach $911 \text{ MeV}/c^2$), zaskakująco mają w przybliżeniu te same rozmiary, ale składają się z mniejszych cząstek, zwanych *kwarkami*. Proton składa się z dwóch kwarków zwanych “górnym” (ang. *up*) i jednego zwanego “dolnym” (*down*). Ale kwarki są lekkie, *up* i *down* około $2,5 e$ i $5,5 \text{ MeV}/c^2$, odpowiednio, posiadają ładunek ułamkowy ($+2/3 e$ i $-1/3$) i które, według wszelkich danych, są nieseparowalne. Czas życia protonu przekracza, według najnowszych eksperymentów, Wszechświata o miliard razy. Innymi słowy: protony (a także elektrony) są *trwale*.

wszechświat (a przynajmniej tak się nam wydaje). W ciągu pierwszych trzech minut zdefiniowane zostały proporcje między wodorem a helem, dwoma najlżejszymi pierwiastkami, które znajdują się we wszystkich galaktykach.

Nauka wydaje się być w jawnej sprzeczności z biblijnym opisem *Księgi Rodzaju* (a raczej „Powstania” - *Genesis*) – Stworzenia w ciągu siedmiu dni. Więcej, w swej całości „opowieść” biblijna wydaje się bez sensu: powstanie Słońca dopiero po niebie i wodzie? Jeden ojciec i jedna matka dla całego rodzaju ludzkiego? Tchnienie, które ożywiło człowieka ulepionego z gliny?

Liczne pytania, które rodzą się z odkryć nauki współczesnej i poddają w wątpliwość prawdę Wiary. Jak napisał w 1979 roku Joseph Ratzinger, wówczas kardynał, wydaje się, że w ostatnich wiekach wiara bezustannie cofa się w swych stwierdzeniach na pozycje coraz bardziej obronne tak, że za jakiś czas nie będzie już żadnych obowiązujących dogmatów Wiary⁶.

Ta książka ma na celu zatrzymać ten odwrót Wiary, ale nie jest to książka apologetyczna: jest to sprawozdanie naukowe w dziedzinie fizyki, kosmologii, genetyki, lingwistyki, które to pokazuje nie tylko sukcesy nauki ale także jej ograniczenia, gdzie nauka się zatrzymuje, pozostawiając miejsce dla Wiary. Zaczynamy od kosmologii, a raczej od filozofii, a właściwie od *Księgi Powstania*: co mówi Biblia, a co mówią nauki (fizyka, matematyka, biologia, antropologia, itd.)?

Pytaniem podstawowym jest: Wszechświat jest wieczny czy też miał początek? W historii uniwersytetów średniowiecznych, dyskusja na temat wieczności świata doprowadziła uczelnie takie jak Paryż czy Oxford do granic herezji⁷. Dziś nie mamy wątpliwości: Wszechświat miał swój początek. Ale zagadnień do przedyskutowania jest wiele. Oto pierwszy rozdział *Księgi Rodzaju*.

⁶ J. RATZINGER, *Na początku Bóg stworzył... Cztery kazania o stworzeniu i upadku. Konsekwencje wiary w stworzenie*. Wyd. Salwator, Kraków, 2006.

⁷ Pytanie o wieczność świata okazało się zasadnicze zaraz u zarania współczesnej nauki. Jak tylko powstały pierwsze uniwersytety, w latach 60tych i 70tych XIII wieku, w różnych ośrodkach, włączając Paryż i Oxford, podjęto intelektualną debatę, z której wynikało, że świat jest wieczny, czyli nie został stworzony. Był to skutek przyswojenia w Europie Zachodniej dzieła Arystotelesa (za pośrednictwem świata arabskiego), ale nie zostało one dostatecznie dokładnie przeczytane. Biskup Paryża Étienne Tempiere potępił w 1277 roku 210 tez, które zostały uznane za hereetyckie. Dla określenia pozycji Kościoła zasadnicze znaczenie miały wypowiedzi Św. Tomasza i Św. Bonawentury, zob. np. PAOLA BERNARDINI, *Eternità del mondo*, Università di Siena, 2007.

1.3. “In principio”⁸

1 Na początku Bóg stworzył niebo i ziemię. **2** Ziemia zaś była bezładem i pustkowiem: ciemność była nad powierzchnią bezmiaru wód, i wichur potężny wiał⁹ nad wodami.

3 Wtedy Bóg rzekł: «Niechaj się stanie światłość!» I stała się światłość. **4** Bóg widząc, że światłość jest dobra, oddzielił ją od ciemności. **5** I nazwał Bóg światłość dniem, a ciemność nazwał nocą. I tak upłynął wieczór i poranek - dzień pierwszy.

6 A potem Bóg rzekł: «Niechaj powstanie sklepienie w środku wód i niechaj ono oddzieli jedne wody od drugich!» **7** Uczyniwszy to sklepienie, Bóg oddzielił wody pod sklepieniem od wód ponad sklepieniem; a gdy tak się stało,

8 Bóg nazwał to sklepienie niebem. I tak upłynął wieczór i poranek - dzień drugi.

9 A potem Bóg rzekł: «Niechaj zbiorą się wody spod nieba w jedno miejsce i niech się ukáže powierzchnia sucha!» A gdy tak się stało, **10** Bóg nazwał tę suchą powierzchnię ziemią, a zbiorowisko wód nazwał morzem. Bóg widząc, że były dobre,

11 rzekł: «Niechaj ziemia wyda rośliny zielone: trawy dające nasiona, drzewa owocowe rodzące na ziemi według swego gatunku owoce, w których są nasiona». I stało się tak.

12 Ziemia wydała rośliny zielone: trawę dającą nasienie według swego gatunku i drzewa rodzące owoce, w których było nasienie według ich gatunków. A Bóg widział, że były dobre.

13 I tak upłynął wieczór i poranek - dzień trzeci.

14 A potem Bóg rzekł: «Niechaj powstaną ciała niebieskie, świecące na sklepieniu nieba, aby oddzielały dzień od nocy, aby wyznaczały pory roku, dni i lata; **15** aby były ciałami jaśniejącymi na sklepieniu nieba i aby świeciły nad ziemią». I stało się tak.

16 Bóg uczynił dwa duże ciała jaśniejące: większe, aby rządziło dniem, i mniejsze, aby rządziło nocą, oraz gwiazdy. **17** I umieścił je Bóg na sklepieniu nieba, aby świeciły nad ziemią; **18** aby rządziły dniem i nocą i oddzielały światłość od ciemności. A widział Bóg, że były dobre.

⁸ Używamy włoskiego określenia “In principio”, które ma podwójne znaczenie: “na początku” albo też “w zasadzie”. Od “Na początku...” zaczyna się Biblia we wszystkich językach.

⁹ W cytowanym tu tłumaczeniu mamy ”a Duch Boży unosił się” ale przypis w tym miejscu zezwala na inne możliwe interpretacje: wiatr, tchnienie. Zob. *Pallottinum. Biblia Tysiąclecia*. wyd. III poprawione, Poznań - Warszawa, 1980, <https://biblia.deon.pl/rozdzial.php?id=1>

19 I tak upłynął wieczór i poranek - dzień czwarty.

20 Potem Bóg rzekł: «Niechaj się zaroją wody od roju istot żywych, a ptactwo niechaj lata nad ziemią, pod sklepieniem nieba!» **21** Tak stworzył Bóg wielkie potwory morskie i wszelkiego rodzaju pływające istoty żywe, którymi zaroily się wody, oraz wszelkie ptactwo skrzydlate różnego rodzaju. Bóg widząc, że były dobre,

22 pobłogosławił je tymi słowami: «Bądźcie płodne i mnożcie się, abyście zapełniały wody morskie, a ptactwo niechaj się rozmnaża na ziemi».

23 I tak upłynął wieczór i poranek - dzień piąty.

24 Potem Bóg rzekł: «Niechaj ziemia wyda istoty żywe różnego rodzaju: bydło, zwierzęta pełzające i dzikie zwierzęta według ich rodzajów!» I stało się tak.

25 Bóg uczynił różne rodzaje dzikich zwierząt, bydła i wszelkich zwierząt pełzających po ziemi. I widział Bóg, że były dobre.

26 A wreszcie rzekł Bóg: «Uczyńmy człowieka na Nasz obraz, podobnego Nam. Niech panuje nad rybami morskimi, nad ptactwem powietrznym, nad bydłem, nad ziemią i nad wszystkimi zwierzętami pełzającymi po ziemi!»

27 Stworzył więc Bóg człowieka na swój obraz, na obraz Boży go stworzył: stworzył mężczyznę i niewiastę.

28 Po czym Bóg im błogosławił, mówiąc do nich: «Bądźcie płodni i rozmnażajcie się, abyście zaludnili ziemię i uczynili ją sobie poddaną; abyście panowali nad rybami morskimi, nad ptactwem powietrznym i nad wszystkimi zwierzętami pełzającymi po ziemi».

29 I rzekł Bóg: «Oto wam daję wszelką roślinę przynoszącą ziarno po całej ziemi i wszelkie drzewo, którego owoc ma w sobie nasienie: dla was będą one pokarmem.

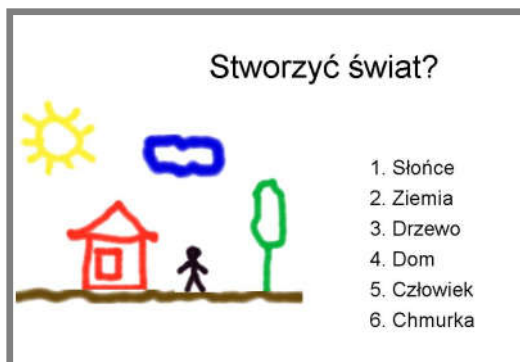
30 A dla wszelkiego zwierzęcia polnego i dla wszelkiego ptactwa w powietrzu, i dla wszystkiego, co się porusza po ziemi i ma w sobie pierwiastek życia, będzie pokarmem wszelka trawa zielona». I stało się tak.

31 A Bóg widział, że wszystko, co uczynił, było bardzo dobre. I tak upłynął wieczór i poranek - dzień szósty.

1.4. Spróbujmy skonstruować świat

Nawet uznane wydawnictwa, jak Pallottinum w Polsce, określają *Księgę Rodzaju* jako rodzaj obrazowej opowieści, niezupełnie do przyjęcia zupełnie na serio. Sugeruje się, aby interpretować narrację biblijną w kontekście teologicznym, jako uzasadnienie niedzielnego odpoczynku, a w całości uważać ją za mocno odległą od prawdziwej historii świata i powstania życia w nim. I rzeczywiście, „ziemia”, która zostaje stworzona przed Słońcem i wody oddzielone (nie wiadomo od czego), wydają się bezsensowne.

Jak powinna wyglądać opowieść *Księgi Rodzaju* według „pocznego” rozumowania. Innymi słowy: spróbujmy się zastanowić, jak *powinien* zostać stworzony Wszechświat. Uczynimy to w sposób interaktywny, z pomocą rysunków. Co powinniśmy narysować jako pierwsze? Oczywiście Słońce: bez Słońca nie ma życia. A później? Później ziemia, na której rośnie drzewo, później dom (a raczej jaskinia). A na końcu człowiek. Tak, jak to żartobliwie pokazujemy na rysunku poniżej¹⁰.



Ryc. 1.1. Żart intelektualny: jak zaprojektować Świat? Sekwencja, którą proponują wszyscy, niezależnie od języka, wieku i wykształcenia jest zawsze ta sama: najpierw Słońce i ziemia, jak sugeruje „zdrowy rozsądek”, a nie wodór i gwiazdy, jak mówi fizyka. Źródło: Autor

Aby zrozumieć jak wyglądał początek świata według współczesnej nauki, musimy wcześniej przyswoić pewne *zasady* fizyki, chemii, kosmologii. Nie chcemy udawać „ekspertów”, ale pamiętajmy, że pytania o wszechświat stanowią część kultury człowieka w szerokim znaczeniu: od filozofii (metafizyki) do teologii, od sztuk pięknych do literatury, i do astro-fizyki. To samo pytanie stawiano i odpowiadano na nie w różnych sposób w całej historii naszej kultury. Poniżej przed-

¹⁰ Ta sekwencja była eksperymentowana przez autora na licznych wykładach interaktywnych, w kraju i zagranicą, dla dzieci, studentów, dorosłych: zawsze jest ona taka sama. Tak mówi „zdrowy rozsądek”. Aha! Zapomnieliśmy o chmurce, czyli o wodzie.

stawiamy dwa obrazy Pana Boga stwórcy: jeden z nich, mniej znany, z normañskiej Katedry w Monreale na Sycylii, i drugi - dobrze zadowolony w naszej świadomości, renesansowy, z Kapeli Sykstyńskiej.



Ryc. 1.2. Dwa obrazy stworzenia świata: z mozaiki w Katedrze w Montreale na Sycylii, Pan Bóg młody i uśmiechnięty, trzymający w ręce rysunek techniczny kształtuje Słońce i planety. Ta mniejsza, niebieska, przypomina Wenus na współczesnych zdjęciach z NASA, ta czerwona – na orbicie

dalszej – Mars. Drugi obraz, Michała Anioła Buonarottiego, dobrze znamy: to Pan Bóg jak Zeus, rzucający piorunami. ŹRÓDŁO: Duomo Monreale, Foto © Ulrtreya, Milano; Cappella Sistina, Foto © Musei Vaticani, za uprzejmą zgodą.

1.5. Wszechświat wieczny?

Pierwsze pytanie, na które musimy odpowiedzieć, to jest, co mówi nauka na temat początku i wieku Wszechświata. Problem jest tak stary jak myśl człowieka. Nasi przodkowie patrzyli w niebo, z podziwem dla niezmienności cykli gwiazd, noc po nocy, a po roku podobne powtarzanie się obrotów nieba. Tak piramidy Egipcjan jak inne konstrukcje megalityczne w rodzaju Stonehenge w Anglii i Mnajdra na Malcie, opierały się na cyklach słonecznych¹¹.

Dzisiaj wiemy, że Wszechświat się rozszerza: ekstrapolując to rozszerzanie się w przeszłość, dochodzimy do wieku 13,78 miliarda lat. Ale nauka pokonała długą drogę przed zdobyciem tej pewności. Już dwaj najwięksi z greckich filozofów, Platon i Arystoteles dyskutowali na temat początku wszechświata¹². Platon wnioskował o istnieniu „twórcy wszechświata”.

Więc mówmy, z jakiego powodu organizator zorganizował wszystko, co powstaje, i ten wszechświat. Dobry był. A dobry nie ma w sobie żadnej zazdrości o nic. I on był od niej wolny, więc chciał, żeby się wszystko stawało jak najbardziej podobne do niego. Kto by się najbardziej skłaniał przyjąć taki początek powstawania i wszechświata, zgodnie z przeważającym zdaniem ludzi rozumnych, czyniłby założenie najślusniejsze.

Bóg chciał, żeby wszystko było dobre, a lichego żeby nie było nic, ile możliwości, więc wziął wszechświat cały widzialny, który nie miał spokoju, tylko się poruszał byle jak i bez porządku, wyprowadził go z chaosu i doprowadził do ładu, uważając, że to ze wszech miar lepsze niż tamto. Nie było racji i nie ma, żeby ktoś najlepszy robił coś innego, jak tylko to, co piękniejsze. Obrachował więc sobie i znalazł, że spośród rzeczy z natury swej widzialnych żadne dzieło nierozumne nie będzie nigdy jako całość piękniejsze od dzieła rozumnego jako całości, a nie może mieć rozumu nic, co nie ma duszy. Zważywszy to

¹¹ Megalityczne bloki w Stonehenge w Anglii są umieszczone w taki sposób, że w dniu letniego przesilenia (22 czerwca) Słońce wschodzi między dwoma blokami stanowiącymi „celownik”. W piramidzie Cheopsa kanał prowadzący z komory grobowej faraona w górę, celował w gwiazdę polarną. Z powodu precesji osi Ziemi nie jest to już, po 5 tysiącach lat, ta sama gwiazda.

¹² Uważny czytelnik zauważy, że czasem piszemy Wszechświat z dużej litery, czasem z małej. Język włoski rozróżnia *l'Universo*, czyli *ten* Wszechświat od *un'universo*, czyli jakiś wszechświat. Jak Galaktyka jest naszą, własną Drogą Mleczną a galaktyk, z małej litery „g” jest 10 miliardów albo i więcej, tak Wszechświat jest jeden, jedyny, mimo że wszechświatów w pomysłach fizyków i filozofów może być dużo i różnych.

sobie, złożył rozum w duszy, a duszę w ciele i w ten sposób wszystko zmajstrował, aby wszechświat (*κόσμον*) był jak najpiękniejszy w swej naturze.¹³

Arystoteles, klasyfikowany zazwyczaj jako filozof „materialista”, w przeciwieństwie do Platona „idealisty”, utrzymywał, że wszechświata i czas są wieczne. Ten wniosek wyciągał z obserwacji pozornie wiecznych ruchów Słońca i planet.¹⁴ Ten sam Arystoteles obserwował jednak, że w „ziemskiej” fizyce ruch nie jest wieczny: ciało przekazuje „ruch” innemu, strzała leci, gdyż jest popychana przez powietrze, które się za nią zamyka. W konkluzji stwierdzał, że musiała istnieć *pierwsza przyczyna* ruchu. W *Metafizyce* Arystoteles pisał wręcz o Pierwszym bycie, czyli pierwszym motorze.

Pierwsza zasada albo byt pierwotny nie porusza się ani sama przez się, ani akcydentalnie, ale powoduje pierwotny, wieczny i jeden ruch. Ale skoro to, co się porusza, musi być poruszane przez coś, a pierwszy poruszyciel musi być ze swej natury nieruchomy, zaś wieczny ruch musi być powodowany przez coś wiecznego, a ruch prosty przez coś prostego; i ponieważ widzimy, że oprócz prostego ruchu przestrzennego świata, który, jak twierdzimy, powoduje pierwsza i nieruchoma substancja, istnieją inne ruchy przestrzenne, mianowicie ruchy planet, które są wieczne (bo ciało, które się porusza ruchem kołowym jest wieczne i niezdolne do spoczynku, co wykazane zostało w naszych traktatach fizycznych, każdy z tych ruchów musi być również wywołany przez substancję nieruchomą ze swej istoty i wieczną.¹⁵

¹³ PLATON, *Timajos*, 29d-30c, Tower Press, Gdańsk, 2000, str. 187, <http://www.pistis.pl/biblioteka/Platon%20-%20Dialogi.pdf>.

¹⁴ Arystoteles, rozważał (oczywiście) model taki, jaki wynika z obserwacji bezpośrednich na Ziemi, czyli model geocentryczny. Ale był świadomy komplikacji w ruchu planet, jakich ten model wymagał. Pisał o 55 poruszających się sferach. «Jest jednak rzeczą konieczną, jeżeli wszystkie połączone sfery mają wyjaśniać obserwowane zjawiska, ażeby każda planeta miała inną sferę (o jedną mniej niż dotąd się im przyznawało), które by krążyły w kierunku odwrotnym i sprowadzały do tej samej pozycji najdalszą sferę gwiazdy, która w każdym przypadku jest usytuowana poniżej danej gwiazdy. Tylko w ten sposób wszystkie działające siły mogą wywołać ruch planet. Ponieważ sfer, w których się poruszają same planety, jest osiem dla Saturna i Jowisza, a dwadzieścia pięć dla pozostałych i skoro z tych sfer tylko te nie wymagają ruchu w kierunku przeciwnym, w których porusza się planeta najniżej ze wszystkich usytuowana, wobec tego dla dwóch pierwszych planet będzie sześć sfer poruszających się w kierunku odwrotnym i szesnaście dla czterech planet pozostałych. Ogółem sfer o ruchu prostym i o ruchu przeciwnym będzie pięćdziesiąt pięć.» Arystoteles, *Metafizyka* 1074 a1-12, tłum. Kazimierz Leśniak, w: Arystoteles, *Dzieła Wszystkie*, tom 2, PWN Warszawa, 2003, str. 817.

¹⁵ Ivi, 1073 a27-34, str. 815.

Również w *Fizyce* (VIII, 259a) Arystoteles podejmował dyskusję na temat przyczyny pierwszej ruchu, która musiała być jedna i wieczna. Mimo, że Filozof nie przyjmował początku czasu (i wszechświata), jego rozumowania w kwestii ruchu i kwestiach bytów w ogólności, prowadziły go do wniosków bardzo *teologicznych*¹⁶: musi istnieć byt Pierwszy, najważniejszy, najwyższy i wieczny. Pisał w *Metafizyce*:

Pierwszy Poruszyciel jest więc bytem koniecznym; o ile jest bytem koniecznym, jego sposobem istnienia jest Dobro, i w tym sensie jest pierwszą Zasadą [wł. Principio¹⁷]. (...) Od takiej to Zasady zależne jest niebo i cała natura. Życie Jej jest najwyższą doskonałością, jaką my się cieszymy przez krótki tylko okres naszego życia. Jej bowiem [życie] jest wieczne (co dla nas jest niemożliwe), ponieważ Jej przyjemnością jest sam akt¹⁸. [...]

Jeżeli więc Bóg znajduje się zawsze w tym stanie szczęśliwości, w jakim my się znajdujemy tylko czasem, jest to godne podziwu, a jeżeli w większym, to jest to jeszcze bardziej godne podziwu. Bóg znajduje się w tym stanie szczęśliwości. Życie również przysługuje Bogu, bo życie jest aktem rozumu, a Bóg jest samym aktem; ten samoistny akt jest życiem najlepszym i wiecznym. Można więc powiedzieć, że Bóg jest żywym bytem, wiecznym i najlepszym; przysługuje mu też wieczne trwanie; bo to właśnie jest Bóg.¹⁹

Ale Arystoteles zdawał sobie sprawę, że upływ czasu powoduje powolne niszczenie się rzeczy. „Nie ulega wątpliwości, że jak już wyżej stwierdziliśmy, czas jest raczej przyczyną rozkładu niż powstawania (wszak zmiana oddala rzeczy od ich dawnego stanu), a jeśli jest przyczyną powstania czy istnienia, to tylko przypadkowo”.²⁰ Arystoteles, odmiennie od wszystkich innych myślicieli - aż do połowy XX wieku (!), był przekonany o „życiu wewnętrznym” gwiazd. Pisał o niezmierzonej ich ilości; dziś wiemy, że tylko w naszej Galaktyce, widocznej na nocnym niebie świecą setki miliardów gwiazd.

Można by słusznie wysunąć jeszcze jedną trudność następującą: dlaczego właściwie Pierwszy ruch obejmuje tak olbrzymią ilość gwiazd, że jego cały orszak wydaje się niemożliwy do zliczenia, podczas gdy każdy z <innych>

¹⁶ Argumenty na temat przyczyny pierwszej ruchu i na temat istnienia bytu niezbędnego zostały podjęte ponad tysiąc lat później przez Św. Tomasza w jego pięciu drogach (*via*) dla „udowodnienia” istnienia Boga.

¹⁷ Przypominamy podwójne znaczenie słowa „principio” w języku włoskim: zasada albo początek.

¹⁸ Zwracamy uwagę na szerokie znaczenie słowa „akt” w filozofii Arystotelesa: byt, stanie się, urzeczywistnianie. Zob. Władysław Tatarkiewicz, *Historia filozofii* dla pełniejszej wykładni poglądów Arystotelesa.

¹⁹ ARYSTOTELES, *Metafizyka*, 1072 b14-30, *op. cit.* str. 813.

²⁰ ARYSTOTELES, *Fizyka*, IV 222b, tłum. Kazimierz Leśniak, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2010, s. 182.

ruchów ma tylko jedną gwiazdę [a właściwie gwiazdę „błądzącą”, czyli planetę]. Nie widzimy tu nigdy dwóch lub więcej gwiazd włączonych do tego samego ruchu.

Gdy chodzi o te problemy, warto starać się poszerzyć wiadomości o nich. Wprawdzie mamy mało danych, od których moglibyśmy rozpocząć badania. Ponadto jesteśmy bardzo oddaleni od zjawisk, o których mowa²¹. Jeśli jednak oprzemy nasze badania na tym, co wiemy, obecna trudność nie będzie wyglądać na nierozwiązywalną. My bowiem pojmujemy gwiazdy jako ciała proste i jednostki rozłożone wprawdzie w pewnym porządku, lecz zupełnie nie żyjące, podczas gdy trzeba wiedzieć, że one rozwijają działalność i cieszą się życiem. W ten sposób fakty przestaną nam wyglądać na niedostępne dla naszego rozumu.²²

Uważanie starożytnych filozofów za „przeżytek” może okazać się bardzo ryzykowne. Brakowało im stuleci doświadczeń naukowych, ale z pewnością nie umiejętności rozumowania...

Pytanie o wieczność świata i jego rozkład („korozję”) wraz z upływem czasu zostało podjęte przez Immanuela Kanta (1746-1805). Uprzytomnił on sobie, że ewentualność wiecznego świata, tzn. bardzo, bardzo starego oznaczałaby, że jest on nieruchomy. Dyskutując antynomie czystego rozumu tak uzasadnia tezę, że „Świat posiada początek w czasie, a przestrzennie jest również ograniczony”²³:

Jeżeli bowiem przyjmiemy, że świat nie posiada początku w czasie, to aż do każdej danej chwili upłynęła wieczność, a tym samym upłynął nieskończony szereg następujących po sobie stanów rzeczy w świecie. Lecz oto nieskończoność szeregu polega właśnie na tym, że nie może on być nigdy do końca doprowadzony za pomocą syntezy kolejno przeprowadzanej. Nie jest więc możliwy nieskończony miniony szereg światowy, początek świata stanowi przeto konieczny warunek jego istnienia.

Filozofia nie rozstrzygnęła pytania o wieczność świata. Ale dwa wieki przed Kantem narodziła się inna nauka – fizyka. Fizyka została tak nazwana już przez Arystotelesa, ale dopiero z Kopernikiem (1473-1543), Galileuszem (1567-1642) i Newtonem (1643-1726) stała się nowoczesną nauką. Jak napisał Eric Rogers²⁴, „Fizyka zesza z Nieba na Ziemię po równi pochyłej Galileusza”.

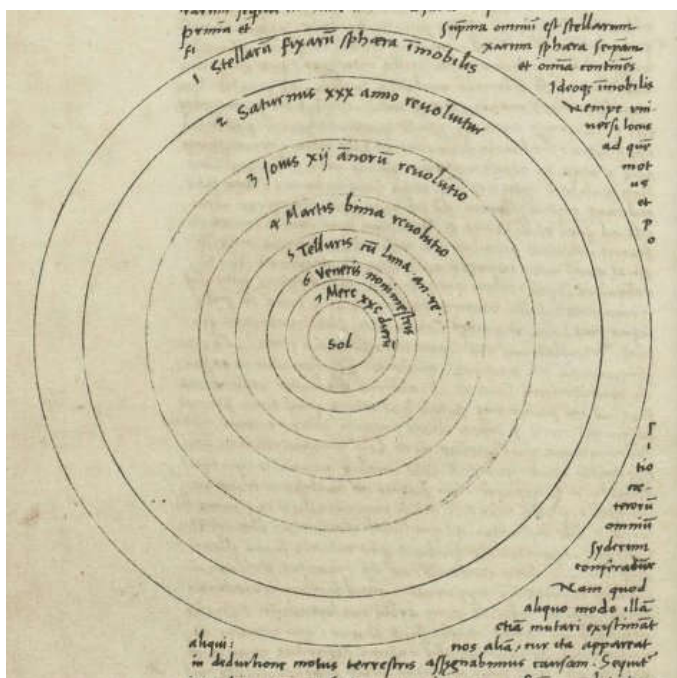
²¹ Arystoteles świadom jest ułomności sądów w temacie astronomii: jak opisujemy w rozdziale III, metody współczesnej fizyki i astronomii pozwalają na znacznie dokładniejszy opis cykli życia gwiazd.

²² ARYSTOTELES, *O niebie*, 292a, tłum. Paweł Siwek, PWN, Warszawa, 1980, str. 83.

²³ I. KANT, *Krytyka czystego rozumu*. Tom 2. *Dialektyka transcendentálna*. tłum. Roman Ingarden, Wydawnictwo Naukowe PAN, Warszawa, 2010, str. 123 - 124.

²⁴ E. M. Rogers, *Fizyka dla dociekliwych, t. 2. Astronomia*, PWN, Warszawa, 1972, str. 182. Oryginał: *Physics for the inquiring mind*, Oxford University Press, 1960.

Fizycy twierdzą, że ich dziedzina jest przykładem paradygmatu nauki, która w równej mierze opiera się na doświadczeniu jak na teorii. Warto więc zacząć od fizyki, od astrofizyki, od kosmologii naszą podróż przez współczesną naukę, przez jej odkrycia i sukcesy a także wątpliwości, które pojawiają się wraz z kolejnymi, szczegółowymi odpowiedziami, niestety – zawsze tylko fragmentarycznymi.



Ryc. 1.3. Mikołaj Kopernik wyłożył zasadnicze punkty swojego modelu już na pierwszych stronach traktatu *De revolutionibus orbium coelestium* (1543). W Księdze I, cap. X, o porządku sfer niebieskich pojawia się ten rysunek: autor opisuje System Słoneczny w sposób elegancki i zgodny z naszą współczesną wiedzą. Kopernik kończy ten rozdział słowami „Z pewnością, jest to największe i najwspanialsze dzieło Pana Boga” (*Tanta nimirum est divina haec Optima Maxima fabrica.*)

Fizyka i kosmologia

2.1. „Zasady” fizyki

Fizycy posługują się w językiem *zasad*. Te *zasady* leżą u podstaw naszych poglądów naukowych, czyli zbioru faktów potwierdzonych doświadczalnie, udowodnionych i powiązanych ze sobą teoriami i które rządzą wszechświatem (a przynajmniej tak nam się wydaje).

W mechanice, nauce o ruchu i siłach, wyróżnia się trzy zasady *zachowania*: 1) pędu (tj. prędkości), 2) energii (która może przemienić się w ciepło lub swoje inne formy) oraz 3) zachowania momentu pędu, czyli ruchu obrotowego (która określa “odwieczny ruch planet”, jak to pisał św. Tomasz z Akwinu w „Sumie Teologicznej”).

W elektromagnetyzmie, czyli nauce o elektryczności i magnetyzmie, *wierzymy* w zasadę zachowania ładunku elektrycznego (to jest sumy ładunków ujemnych i dodatnich w całym wszechświecie) oraz w to, że nie istnieją ładunki magnetyczne (tak zwane monopole¹ magnetyczne): pola magnetyczne są wytwarzane przez przepływ prądu, czyli przez *ruch* ładunków elektrycznych.

W nauce o ciepłe, czyli termodynamice, zasada równoważności ciepła i pracy głosi, że zawsze można zamienić pracę na ciepło (w przeciwną stronę już niekoniecznie), i że ciepło jest formą energii *wewnętrznej* ciała. Według innej zasady termodynamiki nie można przekazać ciepła z ciała chłodniejszego do ciała cieplejszego *bez* pracy: lodówka wymaga silnika (lub innego sposobu na dostarczenie pracy). Poza tym zawsze można zmieszać pół szklanki gorącej wody z połową szklanki ciepłej wody, tak by otrzymać szklankę wody letniej, ale ich rozdzielenie jest już niemożliwe.

W chemii od wieków obowiązywała (i w mniejszym lub większym stopniu obowiązuje do dziś) zasada zachowania masy: łączna masa substancji wchodzących w reakcję jest równa masie jej produktów.

¹ Monopole magnetyczne nie istnieją, tak wynika z praw Maxwella: każdy magnes ma dwa bieguny - “północny” i “południowy”. Naukowcy opracowali wiele hipotez na ten temat, dlaczego monopole nie istnieją i/lub gdzie ich szukać i/lub dlaczego zniknęły wraz z początkiem wszechświata, ale żadna z tych hipotez nie jest teorią, która zostałaby dowiedziona z dostatecznie dużą pewnością.

Teoria względności Einsteina spowodowała niewielkie, na pierwszy rzut oka, zmiany w tej zasadzie. O tym nieco dalej.

Zasady wzajemnie się uzupełniają. Nawet jeśli zasada zachowania energii mówi, że całkowita ilość energii pozostaje zawsze taka sama², druga zasada *termodynamiki* potwierdza, że wszechświat dąży do „śmierci cieplnej”: nie będzie już *siły napędowej* zdolnej do poruszania rzeczy. To właśnie ta zasada, opisująca działanie silników cieplnych (takich jak silnik o spalaniu wewnętrznym, czyli silnik spalinowy) mówi, że zamiana ciepła w energię mechaniczną wymaga zawsze źródła ciepła (o wyższej temperaturze) oraz chłodnicy o niższej temperaturze, absorbującej tę część ciepła, która nie została zamieniona na pracę. Ilość zużytego ciepła zależy od różnicy temperatur pomiędzy źródłem ciepła a chłodnicą. Ciepło, które przepływa od źródła ciepła do chłodnicy doprowadza do wyrównania się ich temperatur. A zatem, w odległej przyszłości, zamiana ciepła w energię mechaniczną doprowadzi do *śmierci cieplnej* wszechświata: cały świat będzie miał tę samą temperaturę, to oznacza brak przepływów ciepła, a w konsekwencji brak „sił napędowych”. Warto zauważyć, że tego rodzaju „siły napędowe” na Ziemi, jak prądy oceaniczne i wiatry w atmosferze, są kształtowane przez różnice temperatur.

2.2. Zasady zachowania

Warto byłoby zatem powtórzyć pokrótce podstawowe „zasady” fizyki. Te zasady, które, gdzieś pomiędzy Galileuszem a Einsteinem (1879-1956), pozwoliły na przesunięciu z *filozofii* do *fizyki* prostych zjawisk takich, jak ruch, ciepło, światło i tym podobne. Ale interakcja fizyka ↔ filozofia jest obopólnie korzystna: to te zasady pozwoliły rozstrzygnąć wiele sprzeczności, uwalniając od miana „spekulacji” filozofię naturalną, jak nazywano kiedyś fizykę.

2.2.1. „Zasady” fizyki

Fizyka przyjmuje niektóre stwierdzenia (oparte przede wszystkim na eksperymentach) jak *zasady*. Pierwszą, sformułowaną jeszcze w Średniowieczu (około roku 1300, przez rektora Uniwersytetu Pary-

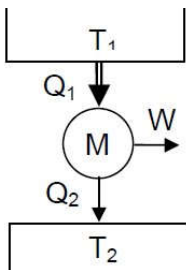
² Wraz z teorią względności Einsteina oraz słynnym równaniem równoważności energii E i masy m , $E = mc^2$ (gdzie c jest prędkością światła), zasada zachowania energii została uzupełniona o zasadę zachowania *całkowitej* energii i masy.

skiego, Jana Buridana), była zasada zachowania pędu (ruchu), zwana również zasadą bezwładności (inercji). Ciała, które raz nabiorą prędkości, zachowują ją: Ziemia krąży dookoła Słońca od czterech i pół miliarda lat i w tym ruchu nie zwalnia. Jeśli ciała zatrzymują się „same”, to działają na nie jakieś siły, np. tarcia o podłoże lub siły oporu powietrza. Inercja, czyli zasada zachowania pędu tłumaczy zarówno ruch wagonu pchniętego po torze jak i wieczny ruch planet.

Drugą zasadą mechaniki jest zasada zachowania energii, której podstawy zostały opracowane przez Galileusza: jeśli ciało zostanie wyrzucone w górę, to straci prędkość (tzn. swoją energię kinetyczną), ale nabiera wysokości (czyli zyskuje energię potencjalną). Kiedy ciało spada, jego energia potencjalna maleje, za to energia kinetyczna wzrasta. Wahadło, kiedy osiągnie maksymalną wysokość jest nieruchome, podczas gdy w najniższym punkcie porusza się najszybciej. Suma energii kinetycznej i energii potencjalnej jest stała (o ile nie działa siła tarcia).

W XIX wieku, po tym jak skonstruowano silniki cieplne (takie jak maszyna parowa), zasada zachowania energii została poszerzona o zjawiska cieplne: ciepło również jest pewną formą energii i może zostać zamienione na energię mechaniczną. To właśnie jest pierwsza zasada termodynamiki.

Ale jednak, według drugiej zasady termodynamiki ta przemiana nie może osiągnąć 100% skuteczności: pewna część ciepła zawsze musi zostać przekazana do chłodnicy. W ten sposób silnik się ochładza, a chłodnica się nagrzewa: różnice temperatur maleją i tak oto, w dłuższej perspektywie, cały wszechświat osiągnie tę samą temperaturę. Wówczas konstruowanie silników termodynamicznych będzie niemożliwe: wszechświat będzie zmierzał do *śmierci cieplnej*.



Ryc. 2.1. Zasada funkcjonowania silnika termodynamicznego „M” (turbina parowa, silnik spalinowy lub tajfun w atmosferze): ciepło Q_1 płynie od cieplejszego źródła (o temperaturze T_1) w kierunku silnika, który pozyskuje pracę mechaniczną (W). Część ciepła (Q_2) musi przepłynąć do zbiornika o niższej temperaturze (T_2). Maksymalna możliwa sprawność silnika wynosi $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$, gdzie temperatury wyrażone są w skali Kelvina. ŹRÓDŁO: rysunek własny.

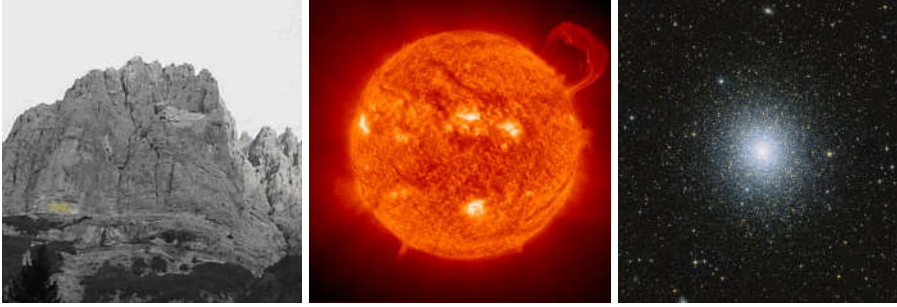
Kant tworzył swoją filozofię, zanim sformułowano prawa termodynamiki (Carnot, 1834), powtarzając sposób rozumowania Arystotelesa: czas, sam w sobie, prowadzi do bełzadu, czyli pewnego rodzaju śmierci. Fizycy wprowadzili konkretny termin w celu zmierzenia stopnia tego nie-uporządkowania: ten termin to „entropia”. Początkowo entropia była definiowana jako stosunek pomiędzy wymienionym ciepłem a temperaturą, w jakiej zachodzi ta wymiana. Ze schematu przedstawionego na rysunku 2.1. można wywnioskować, że dla uzyskania wysokiej sprawności silnika termodynamicznego należy użyć bardzo gorących źródeł, tak aby entropia była niska.

Wraz z narodzinami informatyki, entropię zaczęto utożsamiać z nie-uporządkowaniem: im większe nieuporządkowanie, tym wyższa jest entropia. Jeśli zmieszać dwa gazy o dwóch różnych temperaturach, ich całkowita energia nie ulegnie zmianie, ale wzrośnie entropia: oddzielenie ciepłych molekuł od zimnych nie będzie już możliwe. Jak pisał Arystoteles, czas przez swoją naturę jest destrukcyjny, ponieważ zasada się na pewnej ilości zmian - usuwaniu tego, co wcześniej istniało (*Fizyka*, 221b).

Podsumowując, zanim jeszcze nastał wiek XX, istniały już silne przesłanki jakoby wszechświat miał swój początek, nawet jeśli obliczenia fizyków dotyczące jego wieku były bardzo niedokładne. Lord Kelvin (1824-1907), jeden z twórców termodynamiki, szacował wiek wszechświata na około 50 milionów lat, znacznie mniej niż miliard lat, jak to wskazywały obliczenia współczesnych mu geologów oparte na stratyfikacji skał wapiennych widocznych na brzegach mórz.

Kelvin opierał swoje obliczenia na rozmiarach Słońca i próbował ustalić, ile milionów lat taka kula ognia potrzebowałaby do ostygnięcia. Nie mógł wyobrazić sobie wewnętrznego źródła ciepła: wodoru, który zamieniając się w hel, traci część masy m i produkuje energię E , zgodnie z relacją równoważności $E=mc^2$, gdzie c jest prędkością światła, 299 792 km/s.

Zasady termodynamiki również musiały ulec zmianom z powodu zasady równoważności Einsteina: Słońce pobiera olbrzymie ilości energii przetwarzając jądra wodoru w hel. Ta ilość jest tak duża, że wystarcza na ogrzanie całego Systemu Słonecznego od 4,5 miliarda lat i wystarczy jej jeszcze co najmniej na najbliższe 10 miliardów lat.



Ryc. 2.2. (a) Liczba warstw, które odkładały się z każdym rokiem na dnie morza, i które podnosiły się, aż uformowały Dolomity, dowodzi, że wiek tych gór to setki milionów lat. (b) Jeszcze na przełomie XIX i XX wieku fizycy byli przekonani, że Słońce nie istnieje dłużej niż 50 milionów lat. Dziś dzięki zdjęciom rentgenowskim, w ultrafiolecie itd., poznaliśmy gwałtowne procesy syntezy (fuzji) termojądrowej, które zachodzą wewnątrz Słońca, i które wytwarzają olbrzymie ilości energii. (c) Gromady kuliste to najstarsze gwiazdy we Wszechświecie. Gromada Tukana zawiera gwiazdy neutronowe liczące 13 mld lat. ŹRÓDŁO: MARIA KARWASZ; NASA; DOMINIK WOŚ.

Jednak powoli, wraz upływem czasu, paliwo gwiazd, czyli wodór mógłby się we wszechświecie wyczerpać, nie wcześniej jednak niż za 10^{13} lat (to jest 10 bilionów, czyli tysiąc razy więcej niż liczy sobie wszechświat obecnie). Jeszcze o tysiąc razy więcej, czyli za 10^{16} lat, Ziemia (wówczas całkowicie już zimna) mogłaby wędrować samotnie we Wszechświecie. Według obliczeń szwajcarskiego astrofizyka Arnolda Benza³, materia będzie istnieć jeszcze przez najbliższe 10^{35} (miliard miliarda miliardów) lat, o ile nie dłużej...



Ryc. 2.3. Ziemia będzie mogła nas gościć jeszcze przez jakieś kilka miliardów lat (o ile nie wydarzy się nic nieprzewidywalnego). Później zacznie brakować wodoru, który jest głównym źródłem energii słonecznej: to spowoduje rozszerzanie się Słońca, rozgrzanie Ziemi i wyparowanie oceanów. W tym czasie nasza Galaktyka może zderzyć się z inną, na przykład z galaktyką Andromedy. Ale miliard lat to dużo czasu...
ILUSTRACJA: RON MILLER (with thanks).

³ ARNOLD BENZ, *Przyszłość wszechświata. Przypadek, chaos, Bóg?* Patmos Verlag, Düsseldorf, 1997, Wyd. Św. Wojciech, Poznań, 2009.

2.3. Dwa paradoksy nieba

Kolejna kwestia o fundamentalnym znaczeniu dotyczy istnienia granic Wszechświata. Już Kopernik (w 1543 roku) pisał, że Ziemia, pomimo że wielka, jest niczym w porównaniu z ogromem Wszechświata, którego granic nie znamy, i których być może nawet nie *możemy* poznać⁴. Od czasów teorii heliocentrycznej astronomowie porzucili pojęcie sfer niebieskich⁵, z których najdalsza zawierałaby gwiazdy stałe. Wszechświat stał się potencjalnie nieskończony.

W 1888 roku w książce wydanej w Paryżu pojawił się drzeworyt, imitujący te średniowieczne, w których autor pokpiwał z wyobrażeń o zamkniętym wszechświecie (rys. 2.4). Paradoksalnie, kilka lat później, to Albert Einstein udowodnił, że z powodu ograniczonej prędkości światła, granice wszechświata (ale tylko tego, który możemy poznać) są wyznaczone przez promień o długości 13,8 lat świetlnych (około $1,3 \times 10^{23}$ km). Nasza wiedza i nasze poznanie instrumentalne nie mogą więc wykraczać poza tę sferę.

Ryc. 2.4. Na tej ilustracji, która ukazała się w 1888 roku w Paryżu, w książce Flammariona, autor chciał wyśmiać filozofię średniowieczną, w której „narzucano” wszechświatowi granice. W tym samym czasie (1887 r.) w Cleveland eksperyment Abrahama Michelsona, Amerykanina urodzonego w Strzelnie, pokazał, że nie możemy wyznaczyć granic wszechświata.

ŹRÓDŁO: WIKIPEDIA



⁴ “Nihil enim aliud habet illa demonstratio, quam indefinitam coeli ad terram magnitudinem. At quousque se extendat haec immensitas, minim e constat.” *De revolutionibus orbium coelestium*, Księga I, rozdz. VI, “Cur ergo hacsitamus adhuc, mobilitatem illi formae suae a natura congruentem concedere magis quam quod totus labatur mundus, cuius finis ignoratur, scirique nequit, [...]” rozdz. VIII, Wikisource s. 122.

⁵ Niewykluczone, że tytuł „O obrotach sfer niebieskich” dodał norymberski wydawca, nieco przestraszony rewolucyjnym wydźwiękiem też zawartych w książce. Kopernik badał ciała niebieskie na ich orbitach, a nie „sfery”.

Izaak Newton odkrył prawo powszechnego ciążenia, zgodnie z którym wszystkie masy wzajemnie się przyciągają. To ta siła nie pozwala, żeby planety oddaliły się od Słońca i zmusza je do ruchu po orbitach wokół niego⁶. Ale pojawia się tu pewna trudność, jeśli wziąć pod uwagę, że siła grawitacji ma nieskończony zasięg (nawet jeśli słabnie z kwadratem odległości): w dostatecznie starym wszechświecie wszystkie gwiazdy, wzajemnie na siebie oddziałując, powinny się do siebie zbliżyć - wszechświat zapadłby się w sobie.

Druga trudność dotyczy gwieździstego nieba, które w nocy jest czarne. W nieskończonym wszechświecie powinno być nieskończenie wiele gwiazd. Co więcej, w najodleglejszych od Ziemi zakątkach wszechświata liczba gwiazd stale rośnie⁷. Nawet jeśli ich pozorna jasność maleje wraz z odległością (w podobny sposób jak siła grawitacji), nieskończona liczba gwiazd powinna nieskończenie jasno rozświetlać niebo, zarówno za dnia, jak i w nocy.

Uprzedzając odkrycia współczesnej kosmologii, obie trudności znikają, jeśli przyjąć, że wszechświat się rozszerza. W ten sposób gwiazdy „uciekają” przed grawitacyjną zapaścią wszechświata. Światło od uciekających gwiazd dociera do nas z opóźnieniem, przez co niebo nocą pozostaje czarne. Na podtrzymanie tezy o rozszerzającym się wszechświecie brakowało jednak argumentów popartych dowodami, aż do lat dwudziestych XX wieku. Kilka lat wcześniej opracowano technikę mierzenia odległości galaktyk, a w 1915 roku Einstein sformułował teorię równoważności grawitacji i ruchu przyspieszonego, zwaną ogólną teorią względności. Konsekwencje filozoficzne jakie wynikły z tej teorii są daleko bardziej idące od konsekwencji rewolucji kopernikańskiej.

2.4. Einstein i teoria względności

W 1905 Albert Einstein, tuż po ukończeniu Politechniki Zuryskiej (gdzie odmówiono mu stanowiska naukowego), rozpoczął pracę w urzędzie patentowym w Bernie. Rok wcześniej ożenił się ze swoją ukochaną Milevą Marič i urodził im się syn. Rok 1905 był prawdzi-

⁶ Zauważmy, że Kopernik używał tego samego argumentu w odpowiedzi na obiekcje, że Ziemia obracając się mogłaby się rozspać na kawałki, dziś powiedzielibyśmy: pod wpływem siły odśrodkowej. (Księga I, rozdz. VI)

⁷ Przyjmując, że gęstość gwiazd we wszechświecie jest stała, wraz ze wzrostem odległości r liczba gwiazd rośnie tak jak powierzchnia kuli, to jest $4\pi r^2$.

wym *annus mirabilis* nie tylko dla Einsteina, ale dla fizyki w ogóle. W artykule, w którym rozważał właściwości fal elektromagnetycznych (czyli światła), Einstein doszedł do wniosku, że nie sposób wykazać czy obserwator porusza się w przestrzeni czy jest nieruchomy: pomiar prędkości światła nie zależy od ruchu obserwatora względem przestrzeni.

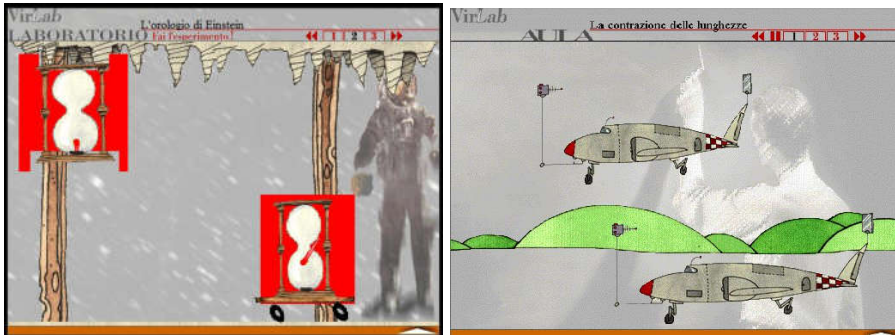
Teorię tę nazwano „teorią względności”, chociaż tak naprawdę powinna nazywać się „teorią obiektywności”. Sedno tej teorii tkwi w stwierdzeniu, że prawa fizyki są takie same dla wszystkich obserwatorów, którzy poruszają się ze stałą prędkością (jeden względem drugiego). Można by powiedzieć nawet, że nie jest to nowe spostrzeżenie: trudno rozpoznać ruch absolutny. Względem czego? Względność ruchów została już matematycznie sformułowana przez Galileusza, Kopernik odwoływał się do niej tłumacząc pozorny ruch dzienny (i nocny) nieba. Co więcej, już on cytował Wergiliusza⁸: marynarze, którzy odpływają statkiem widzą jakoby to port uciekał a nie okręt.

Inaczej niż się może wydawać (i niż to wynikało z obliczeń matematycznych Galileusza), pojęcie względności u Einsteina było prawdziwą rewolucją: prawa fizyki (włączając prędkość światła) są zawsze takie same, ale zmieniają się miary czasu i przestrzeni. Dzięki Einsteinowi czas i przestrzeń nie są już identyczne dla różnych obserwatorów - są względne: zależą od wzajemnej prędkości pomiędzy nimi.

Bez zagłębiania się w szczegółowe formuły matematyczne, gdy obserwujemy obiekty w ruchu (względem nas), to ich rozmiary (w kierunku ruchu) są krótsze, a odstępy w czasie coraz dłuższe. Jak na rysunku 2.5. - samolot w ruchu (o prędkości zbliżonej do prędkości światła) wydaje się krótszy. Skąd biorą się te „deformacje”?

Einstein wywnioskował, w sposób czysto teoretyczny, kurczenie się współrzędnych przestrzeni i wydłużanie się współrzędnych czasowych, po to żeby „ocalić” równania fal elektromagnetycznych (a właściwie równania Maxwella). Heurystyczne wytłumaczenie tego zjawiska zostało zaprezentowane na rysunku 2.6.

⁸ „Rzucamy port: ład pierzcha i znanych miast wieże”, Eneida, Księga III, 73, tłum. Tadeusz Karyłowski.



Ryc. 2.5. Zasady szczególnej teorii względności: ciała w ruchu wydają się krótsze, czas na zegarach będących w ruchu zdaje się być spóźniony. ŹRÓDŁO: UGO AMALDI, „Einstein e la relatività”, CD-Rom, Zanichelli, Padova 1999.

Pomiar przestrzeni to, w uproszczeniu, „rzut okiem”⁹: przesłanie promienia światła w stronę zbliżającej się lokomotywy pociągu i jednocześnie kolejnego promienia w stronę ostatniego wagonu. Upraszczając, promieniowi wysłanemu na tył pociągu potrzeba więcej czasu na dotarcie do celu, a ten zdążył się już zbliżyć. Zmierzona długość pociągu jest więc krótsza. Kluczem do zrozumienia tego zjawiska jest stała prędkość światła. Piłka rzucona w tylną szybę pociągu odbiłaby się ze zwiększoną prędkością. Dla promienia światła szybkość dotarcia do pociągu i powrotu jest zawsze taka sama: 300 tysięcy km/s.

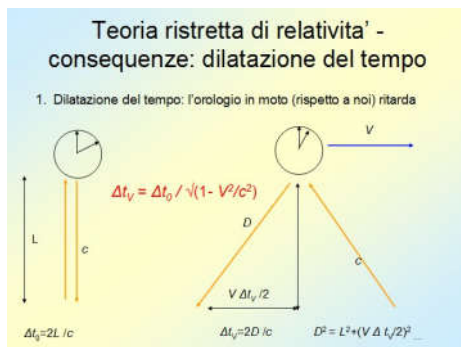
Nazwa teorii względności wywodzi się z faktu, że zjawiska są *względne*: obydwaj obserwatorzy w dwóch zbliżających się pociągach są przekonani, że to metr *tego drugiego* jest krótszy (i to zegarek *tego drugiego* się spóźnia¹⁰). Czyżby więc transformacje odkryte przez Einsteina były tylko iluzją? Nie! Prawdziwa natura transformacji czasu i odległości wynikających z teorii względności została potwierdzona w eksperymentach. Jeden z najważniejszych, dotyczący czasu życia mionu, cząstki subatomowej, został przeprowadzony przez włoskiego naukowca Bruna Rossiego.

⁹ Włoskiemu czytelnikowi tłumaczyliśmy wyrażenie idiomatyczne „rzut okiem”: szybkie, krótkie spojrzenie. Wyrażenie o podobnym znaczeniu występuje w języku angielskim „to drop an eye”.

¹⁰ Przy okazji ostatniego stwierdzenia nasuwa się pytanie, kto się mniej zestarzał: ten, kto wyruszył w podróż kosmiczną, czy ten, kto został na Ziemi? W szczególnej teorii względności pojawia się paradoks, obydwaj wierzą, że to ten drugi zestarzeje się wolniej (obaj są w ruchu względnym). Odpowiedzi może dostarczyć jedynie ogólna teoria względności: ten, który wyruszył w kosmos doświadczył *przyspieszenia*, a zatem ich sytuacje nie są względem siebie symetryczne (to, który z nich zestarzeje się bardziej zależy od uwarunkowań biologicznych lotów w kosmos a nie od transformacji Einsteina).

Miony, czyli egzotyczne elektrony, produkowane w laboratorium (w wielkich akceleratorach cząstek, takich jak w CERN w Genewie) żyją niespełna 2,2 mikrosekundy. Wiele mionów powstaje w wyniku promieniowania kosmicznego (to jest z bardzo szybkich protonów pochodzących ze Słońca) w wysokich warstwach atmosfery. Jeśli przyjąć, że miony wyprodukowane na wysokości 10 km poruszają się z prędkością światła, to wówczas potrzebowałyby 30 mikrosekund, żeby dotrzeć na powierzchnię Ziemi: posługując się „normalną” arytmetyką, nie można by ich wykryć na wysokości poziomu morza - tu potrzeba arytmetyki Einsteina. Przy prędkości $0,98c$ czas życia mionu wydłuża się pięćdziesięciokrotnie: mion dociera do ziemi¹¹.

Najważniejszą konsekwencją szczególnej względności Einsteina dla naszego postrzegania świata jest nieprzekraczalna bariera prędkości światła: nie ma takiej informacji, która mogłaby dotrzeć szybciej¹². Wszechświat mógł już rozszerzyć się o znacznie większe odległości od obserwowanych przez nas 13,8 miliardów lat świetlnych, ale nie znamy żadnego sposobu na to jak się tego dowiedzieć. Jak pisał Kopernik: „wszechświat jest wielki: nie znamy jego granic i nawet nie możemy ich poznać”.



Ryc. 2.6. Dylatacja czasu w szczególnej teorii względności: odczytanie godziny na zegarze polega na przesłaniu promienia światła w stronę zegara na ścianie, znajdującego się w odległości L od obserwatora. W przypadku nieruchomego zegara światło potrzebuje czasu $2L/c$, ale w przypadku zegara w ruchu promień musi pokonać większą odległość z powodu dłuższej drogi D . W ten sposób, zanim wróci z odczytem z ruchomego zegara, nasz odmierzył już dłuższy czas: drugi zegar został w tyle. Mówiąc obrazowo, w przypadku obiektów w ruchu czas płynie wolniej.

ŹRÓDŁO: rysunek własny, na podstawie L. LERNER, *Physics for scientists and engineers* (1996).

¹¹ B. Rossi, D. B. Hall, *Phys. Rev.* 59, 223 (1941).

¹² Warto przypomnieć, że prędkość światła w ośrodkach materialnych, takich jak woda, powietrze, ale również przestrzeń międzygwiazdowa, jest mniejsza od c ; przez co nawet fala grawitacyjna (odkryta 17.09.2017) wydawała się szybsza od światła, tymczasem nie! Prędkość odebranego promieniowania gamma była *niższa* (o jedną część na 10^{20}) od c . W pewnych sytuacjach nawet fale elektromagnetyczne mają prędkość (zwaną *fazową*) większą od c , ale nie mogą nieść ze sobą informacji.

2.5. Swobodnie spadająca winda

Proste pytanie: czy można wyznaczyć ruch o stałej prędkości, doprowadziło do rewolucyjnych konsekwencji. Einstein zadał więc sobie kolejne podobne pytanie: czy można określić ruch o stałym *przyspieszeniu*? Na przykład skąd wiemy, czy winda, w której jesteśmy zamknięci, jedzie do góry czy zjeżdża na dół? Czujemy to?

Tak, czujemy to, ponieważ jeśli winda rusza do góry, wydaje nam się, że ważymy więcej, natomiast kiedy winda jedzie na dół, przez moment czujemy, że grawitacja częściowo zanika. Dokładnie! Nie ma sposobu, na to żeby odróżnić sztuczne siły, które działają gdy winda przyspiesza, od siły grawitacji: wszystkie działają w tym samym kierunku. Prawie...

Jest drobna różnica pomiędzy przyspieszającą windą a polem grawitacyjnym Ziemi. Wydaje się, że na Ziemi wszystkie obiekty spadają pionowo, podczas gdy w rzeczywistości spadają w stronę centrum Ziemi (jak to twierdził już Arystoteles), to jest w kierunku *radialnym*. Jeśli wziąć pod uwagę olbrzymie rozmiary Ziemi, równoległe trajektorie skierowane w dół (w windzie) i te radialne wydają się identyczne. Ale tak nie jest: pole grawitacyjne zakrzywia trajektorie równoległe, co widać na rysunku 2.7.

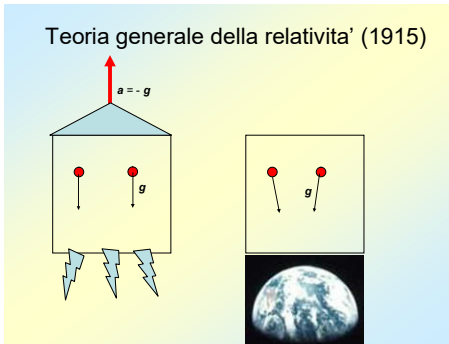
Inaczej mówiąc, między polem grawitacyjnym a *zakrzywieniem* przestrzeni (czy raczej czasoprzestrzeni) musiałby istnieć jakiś związek. Einstein przez 10 lat rozmyślał nad właściwym sformułowaniem ogólnej teorii względności, musiał specjalnie w tym celu (razem z kolegą Grossmanem) stworzyć nową gałąź matematyki. Wreszcie, między rokiem 1914 a 1917, Einstein sformułował krok po kroku (przez czym pierwsze kroki były niezupełnie poprawne) ogólną teorię względności. Teoria ta łączy geometrię przestrzeni (wcześniej uznaną za stosunkowo prostą, intuicyjną, tak jak została sformułowana przez greckich matematyków Pitagorasa i Euklidesa) oraz grawitację.

Równanie, bardzo skomplikowane jeśli chodzi o matematyczne szczegóły, w skróconej formie zaskakuje swoim surowym pięknem i przejrzystością:

$$\mathbf{G} = (8\pi G/c^4) \mathbf{T}$$

gdzie złożony obiekt matematyczny (tensor) \mathbf{G} opisuje zakrzywienie czasoprzestrzeni spowodowane działaniem grawitacji, a tensor \mathbf{T} od-

powiada energii (która jest równoważna masie). Reszta to stałe uniwersalne: prędkość światła c , stała grawitacji G oraz liczba π .



Ryc. 2.7. Streszczenie ogólnej teorii względności Einsteina: jak odróżnić rakietę, która przyspiesza, od ciała (na przykład Ziemi), które oddziałuje siłą grawitacji? W rakiecie wszystkie przedmioty spadają wzdłuż linii równoległych. Na powierzchni Ziemi natomiast te trajektorie są skierowane ku jej środkowi i nie są idealnie równoległe. To prowadzi do pojęcia „zakrzywienia” czasoprzestrzeni, w obecności mas grawitacyjnych. Jeśli wziąć pod

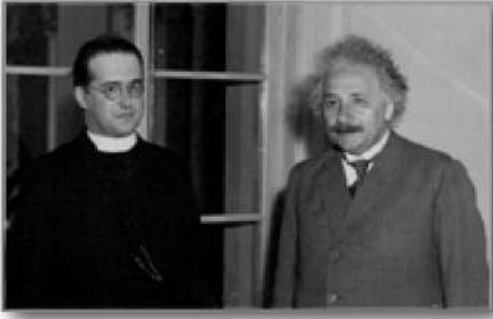
uwagę równoważność masy i energii, równanie Einsteina przyrównuje tensor zakrzywienia przestrzeni do tensora masy-energii. ŹRÓDŁO: rysunek własny.

Wkrótce po sformułowaniu ogólnej teorii względności powrócił problem zapaści wszechświata. Pierwsze matematyczne rozwiązanie równania Einsteina uzyskane przez Willema de Sittera (w 1917 r.) opisywało wszechświat stacjonarny, ale przy gęstości materii równej zero: świat nieskończony, stabilny, ale idealnie pusty! Sam Einstein, dostrzegając trudność, wprowadził *ad hoc* do równania pewne wyrażenie, rodzaj sztucznego ciśnienia, tak aby zapobiec zapaści wszechświata. Ten składnik Λ nazwano „kosmologicznym”. W ten sposób równanie uzyskało postać:

$$\mathbf{R}_{\mu\nu} - \frac{1}{2} \mathbf{g}_{\mu\nu} \mathbf{R} + \mathbf{g}_{\mu\nu} \Lambda = \frac{8\pi G}{c^4} \mathbf{T}_{\mu\nu}$$

gdzie energia \mathbf{T} , zakrzywienie \mathbf{R} oraz metryka \mathbf{g} czasoprzestrzeni są tak zwanymi tensorami.

Einstein uważał składnik kosmologiczny za „największy błąd swojego życia”. Ponownie, uprzedzając osiągnięcia astrofizyki XXI wieku, która dokonała pomiaru tego „ciśnienia”, składnik „kosmologiczny” okazał się najbardziej doniosłym *przecuciem* Einsteina: Wszechświat miał początek!



Ryc. 2.8. W 1933 po wykładzie Georges Lemaître'a w Princeton Einstein wykrzyknął: «To jest najpiękniejsze i najbardziej satysfakcjonujące wytłumaczenie stworzenia jakie kiedykolwiek słyszałem¹³». Idea „początku czasu” została doceniona nawet przez Piusa XII w 1955 roku. ŹRÓDŁO: CATHOLIC EDUCATION RESOURCE CENTER, USA.

Wracając do porządku wydarzeń, rozwiązanie równania Einsteina, które przewidywało długotrwałe istnienie wszechświata zostało opublikowane w 1925 przez rosyjskiego matematyka Aleksandra Friedmanna (1888-1925), który dowiódł, że wszechświat aby istnieć długo, musi się rozszerzać.

Belgijski ksiądz Georges Lemaître (1894-1966), kanonik katedry w Mechelen, doszedł niezależnie do innego rozwiązania, z którego płynęły takie same wnioski¹⁴. Postawił hipotezę o początku wszechświata - „pojedynczym pierwotnym atomie”, który podzielił się na więcej atomów. „A zatem początek świata miał miejsce na chwilę przed rozpadem atomu na dwie części¹⁵”. Co Einstein skomentował: „To najpiękniejszy opis Stworzenia jaki kiedykolwiek słyszałem”. Nie początku świata - Einstein powiedział: „Stworzenia” (zob. rys. 2.8.).

Konsekwencje równania ogólnej teorii względności znacznie wykraczają poza rozszerzanie się Wszechświata: wpływają na to jak pojmujemy przestrzeń i czas. Ale wcześniej wróćmy jeszcze do obserwacji astronomicznych.

¹³ «This is the most beautiful and satisfactory explanation of creation to which I have ever listened». H. Kragh, *Cosmology and Controversy*, Princeton 1996, p. 55, cytat dostępny na stronie: https://en.wikipedia.org/wiki/Georges_Lemaître.

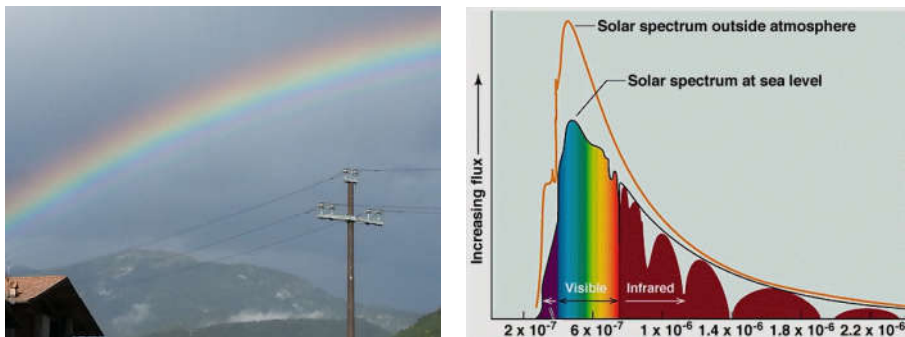
¹⁴ Przypominamy, że autor pierwszej rewolucji kosmologicznej, Mikołaj Kopernik również był kanonikiem - katedry we Fromborku.

¹⁵ «The whole story of the world need not have been written down in the first quantum like a song on the disc of a phonograph. The whole matter of the world must have been present at the beginning, but the story it has to tell may be written step by step, G. Lemaître, “The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory.” *Nature* 127 (1931) 706, doi:10.1038/127706b

2.6. Planck: jakiego koloru jest Słońce?

Jaki kolor ma nasza gwiazda? Odpowiedź wydaje się oczywista: to żółta kula ognia. A przynajmniej na taką wygląda. Ale już tęcza, światło Słońca „odbite” w kroplach deszczu ma wiele kolorów, od czerwieni po fiolet. Tak! światło Słońca zawiera wszystkie te barwy, te najbardziej widoczne to żółty i zielony, a najmniej intensywne - kolory na brzegach tęczy.

Wrażliwość ludzkiego oka na różne kolory nieco się zmienia, ale fizycy zmierzili intensywność kolorów w widmie (*spektrum*) promieniowania słonecznego: pokazujemy takie widmo na rysunku 2.9b. Spektrum zarejestrowane przez przyrządy fizyczne rozciąga się nieco powyżej koloru czerwonego i nieco poniżej fioletu. Mowa tu o świetle podczerwonym i ultrafioletowym¹⁶.



Rys. 2.9. (a) Tęcza w Villa Banale (Trydent); tęcza pojawia się, kiedy światło Słońca za nami, odbija się (i załamuje) w kroplach deszczu, które widzimy przed sobą. Pod siedmiokolorowym pasem widać również fukcję i magentę, które powstały w wyniku innego zjawiska optycznego: interferencji. Rozszczepienie białego światła na różne kolory jest przykładem „spektrum”, czyli widma. (b) Światło widzialne (tęcza) to tylko część spektrum Słońca, choć zawiera prawie 50% energii. Atmosfera tłumi nieco światło słoneczne, eliminując bardziej energetyczne światło ultrafioletowe. Ponadto dla podczerwieni atmosfera nie jest przezroczysta: zarówno H₂O jak i CO₂ pochłaniają podczerwień.

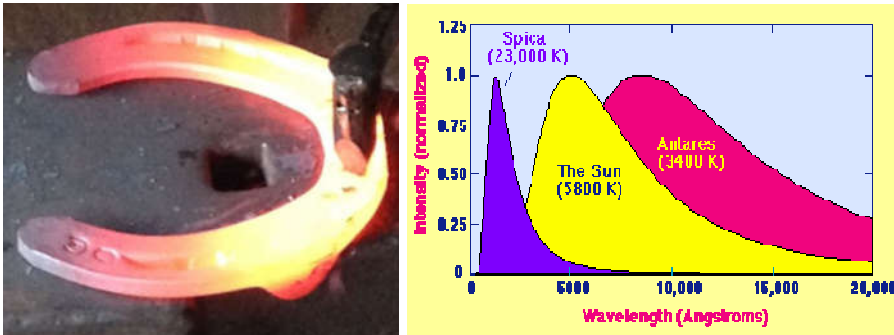
Słońce to kula bardzo gorącego (i bardzo gęstego) gazu, w której centrum temperatura dochodzi do 15 milionów stopni Celsjusza. Ale im bliżej powierzchni, tym temperatura gazu jest niższa i osiąga jedy-

¹⁶ W tęczy światło podczerwone jest wyżej, a to ultrafioletowe niżej; Newton uzyskał widmo przepuszczając światło słoneczne przez pryzmat ze szkła, ale ustawił go „do góry nogami” stąd pod-czerwień i nad-fiolet.

nie 5500°C (około 5800 K). To nieco zaskakujące, że kula gazu emituje kolory („spektrum” jak na rys. 2.9b) w podobny sposób jak światło emitowane przez podkowkę rozgrzaną w piecu kowala.

Matematyczna zależność pomiędzy spektrum a temperaturą ciała czarnego, znana „na oko” od epoki żelaza, została wytłumaczona dopiero w 1900 roku (w czwartek, 14 grudnia) przez profesora fizyki z Berlina, Maxa Plancka. Ten, aby tego dokonać, musiał przyjąć, że energia światła jest emitowana porcjami, w „kwantach”. Tego dnia narodziła się fizyka *kwantowa*, która do dziś jest podstawą nie tylko fizyki, ale również chemii, biologii molekularnej a także astronomii.

Przy pomocy matematycznego opisu widma rozżarzonego ciała możemy wyznaczyć jego temperaturę, bez jego dotykania. W ten sam sposób, w astronomii możemy ocenić temperaturę najodleglejszych gwiazd, tak jak na rys. 2.10b, i temperaturę przestrzeni kosmicznej (która nie wynosi zero kelwinów). Innymi metodami, nadal opartymi na szczegółowej analizie „koloru”, czyli *spektrum*, możemy odgadnąć skład chemiczny odległych gwiazd. Nauka o widmach dostarcza sposobów na badanie obiektów (atomów, gwiazd, całego kosmosu) z odległości setek miliardów kilometrów.



Ryc. 2.10. (a) Kolor podkowki (i żarnika żarówki) zmienia się wraz z temperaturą: od czerwonego (1000°C), przez żółty, aż po biel światła żarówki w 3000°C . (b) W taki sam sposób zmienia się kolor gwiazd: Spica z powierzchnią o temperaturze 23000°C wydaje się błękitna w porównaniu ze Słońcem (5500°C), i z dużą, ale stosunkowo chłodną, czerwoną Antares (w Pasie Oriona). ŹRÓDŁO: NURE AGLIO; ERIC C. BLACKMAN (z podziękowaniami).

Nasza wiedza o najodleglejszym wszechświecie ma swój początek w pracach jezuitę, ojca Angelo Secchiego (1818-1878), dyrektora Obserwatorium Astronomicznego w Kolegium Rzymskim. To on jako

pierwszy badał szczegółowo różne kolory gwiazd: czerwone, żółte, biało-niebieskie.

Ale poza samą obserwacją „koloru”, Secchi badał również szczegóły spektrum: linie, które pojawiają się na tle widma ciągłego. Tak jak Galileusz, który jako pierwszy skierował teleskop w niebo, tak Secchi skierował w górę *spektrometr*. Pozwoliło to nie tylko na określenie „koloru” gwiazd i ich temperatury, ale również ich wielkości, odległości, wieku, składu itd.

2.7. Arystoteles: życie gwiazd

To Arystoteles jako pierwszy wysnuł hipotezę o ewolucji gwiazd. Musiało jednak upłynąć ponad dwa tysiące lat, zanim astronomowie potraktowali poważnie jego słowa. Trzeba było najpierw wielu „żmudnych” obserwacji, nie tylko Secchięgo, ale również wielu innych astronomów (i kobiet astronomek).

W połowie XIX wieku wprowadzono nową metodę badania materii w stanie gazowym: kolorów światła emitowanego podczas wyładowania elektrycznego. Każda rozgrzana substancja, a raczej odparowana w płomieniu palnika, emituje charakterystyczny dla siebie kolor: sód (czyli sól kuchenna) - żółty, sole miedzi - zielony, sole rubidu - kolor rubinowy. W ten sposób uzyskuje się różne kolory sztucznych ogni na sylwestrowym niebie.

Tę samą zasadę wykorzystuje się w lampach luminescencyjnych: żółte lampy uliczne zawierają pary sodu, białe lampy biurowe – rtęć i argon, czerwone w szyldach świetlnych - neon. W astronomii ta technika, zwana *spektroskopią* umożliwia rozpoznanie pierwiastków chemicznych w gwiazdach. W ten sposób odkryto hel, który obok wodoru, jest głównym składnikiem naszej gwiazdy. To stąd wiemy też, że na powierzchni Słońca znajdują się nawet pary żelaza.

Kolory charakterystyczne dla poszczególnych pierwiastków znajdujących się w gwiazdach pojawiają się w widmach w taki sam sposób jak cienkie linie na ciągłym tle. Naniesienie tych linii na kliszę fotograficzną było bardzo czasochłonne (dziś wystarczyłby telefon komórkowy).

Do badań nad kolorem gwiazd, zapoczątkowanych przez ojca Angelo Secchięgo, powrócono na początku XX wieku na Harvardzie (dziś wykorzystywany wówczas teleskop znajduje się w Toruniu),

zdjęcie 2.12b. Grupa kobiet - astronomek¹⁷, noc po nocy, wykonała zdjęcia widm prawie miliona gwiazd.

Początkowo charakterystyka tych widm była niejasna. Z tego powodu gwiazdy zostały zaklasyfikowane jako A, B, C, następnie M i jeszcze O. W rzeczywistości litery odpowiadały barwom; białe gwiazdy nazwano „A”, żółte „G”, a czerwone „M”. Dopiero potem odkryto podobieństwa *spektralne*, które pozwoliły na sklasyfikowanie gwiazd ze względu na ich temperaturę i jasność na tak zwanym diagramie Hertzsprunga-Russella.



Rys. 2.11. Kolor gwiazdy jest wskaźnikiem jej temperatury, stąd można wywnioskować jej rozmiary i wiek. Na rysunku widać grupę gwiazd w pobliżu Antaresa w konstelacji Skorpiona. Antares jest koloru czerwonego, ale widziany w obłokach międzygwiazdowych wydaje się żółto-zielony.

ŹRÓDŁO: DOMINIK WOŚ
<https://astrofotografia.eu>

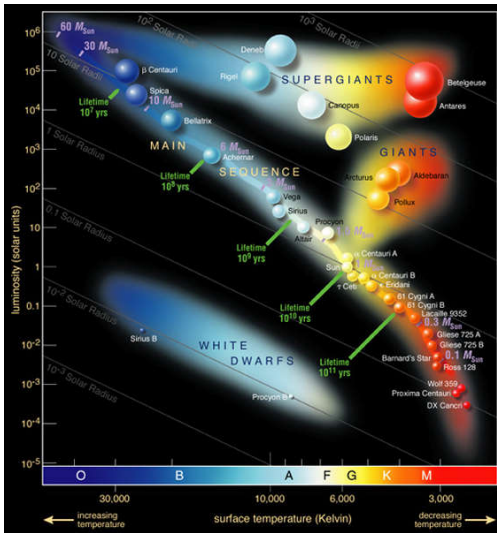
Szybko stało się jasne, że różnice koloru, jasności i rozmiarów wskazują na ściśle określony cykl życia gwiazd. Jak powiedział, cytowany wcześniej Arystoteles: «My bowiem pojmujemy gwiazdy jako ciała proste i jednostki rozłożone wprawdzie w pewnym porządku, lecz zupełnie nie żyjące, podczas gdy trzeba wiedzieć, że one rozwijają działalność i cieszą się życiem¹⁸». Różnice w układzie „gałęzi” diagramu R-H pokazują przebieg ewolucji gwiazd: oddzielne gałęzie, jak np. białych karłów, to ostatnie etapy ewolucji gwiazd, swego rodzaju „postój”, zanim zgasną na zawsze. Im wyższa temperatura i im większa masa gwiazdy, tym krótsze jest jej istnienie. Na przykład niebieskie giganty wybuchną za setki milionów lat. Słońce nie jest ani szczególnie duże, ani gorące, w związku z tym jego ewolucja potrwa

¹⁷ Przypomnijmy kilka nazwisk: Annie Jump Cannon, Williamina Fleming, Henrietta Swan Leavitt, Antonia Maury.

¹⁸ Arystoteles, *O niebie*, tłum. P. Siwek, PWN, Warszawa, 1990.

jeszcze jakieś kilka *miliardów* lat, umożliwiając tym samym dalsze życie na Ziemi.

Cykl życia gwiazd to pierwszy potwierdzony dowód na to, że nasz Wszechświat nie jest wieczny: tezy o wiecznym wszechświecie Uniwersytetu Paryskiego, z 1270 roku, okazały się nie tylko herezją ale i naukowym nonsensem!



Ryc. 2.12. (a) Diagram Hertzsprunga-Russella: stosunek jasności absolutnej do temperatury powierzchni z zaznaczeniem niektórych charakterystycznych dla naszej Galaktyki gwiazd. (b) Historyczny teleskop z Harvardu, który umożliwił tę klasyfikację obecnie znajduje się w Toruniu w Obserwatorium Uniwersyteckim, został wykorzystany na 100 lat. ŹRÓDŁO: ESO; FOTO: MARIA KARWASZ.

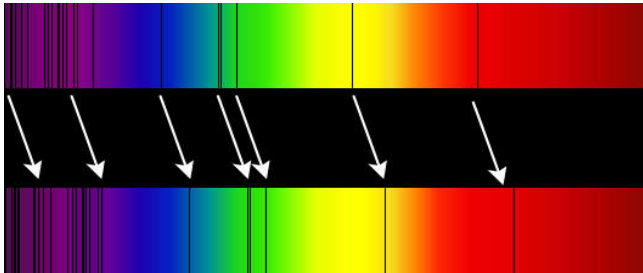
2.8. Ucieczka galaktyk

Badanie przebiegu życia gwiazd to gigantyczny krok również w kosmologii, czyli nauce o całym wszechświecie. Wśród gwiazd sklasyfikowanych na Harvardzie znajduje się pewien typ gwiazdy zmiennej, δ -Cephei położonej w gwiazdozbiorze Cefeusza: jej zmienność odkryto już w XVIII wieku. Wyjątkowość gwiazd zmiennych nazywanych *cefeidami* polega na tym, że ich jasność zmniejsza się stopniowo w ciągu kilku dni, po czym gwałtownie wraca do stanu początkowego. Prawdopodobnie są to czerwone olbrzymy, które pod koniec cyklu swojego życia cyklicznie zapadają się, a potem znów szybko rozbły-

skuja¹⁹. Jeśli zmierzyć ich pozorną jasność i odległość (wykorzystując opisany niżej fortel), dochodzi się do wniosku, że okres zmienności cefeid zależy od ich rozmiarów. W ten sposób astronomowie zdobyli potężne narzędzie - sposób na zmierzenie bezwzględnych odległości gwiazd, nawet jeśli tylko cefeid.

Kilka cefeid zostało odkrytych w najbliższej nam galaktyce, Wielkim Obłoku Magellana, jeszcze przez badaczki astronomii z Harvardu. Inne odkryto później, najpierw w latach 20tych XX wieku przez Edwina Hubble'a w Galaktyce Andromedy, oddalonej od nas o 2 miliony lat, a potem w jeszcze odleglejszych galaktykach.

Wielkie odkrycie Hubble'a polegało jednak na czymś innym: to on zdał sobie sprawę że linie *spektralne* gwiazd w odległych galaktykach są przesunięte względem linii gwiazd w naszej Galaktyce. Przesunięcie zachodzi zawsze w tym samym kierunku: ku czerwieni. Ten sam efekt występuje kiedy oddala się od nas karetka pogotowia: dźwięk syreny wydaje się niższy, niż gdy karetka się do nas zbliża. To zjawisko (dla syren) zostało odkryte w 1842 roku przez austriackiego fizyka Christiana Dopplera. Dziś efekt Dopplera jest wykorzystywany do pomiaru zarówno prędkości ucieczki odległych galaktyk jak i prędkości krwi w żyłach.



Ryc. 2.13. Efekt Dopplera pozwala na pomiar prędkości ucieczki odległych galaktyk: linie spektralne Słońca, górny panel (widma absorpcyjne: linia czerwona i niebieska są wynikiem obecności wodoru), przesuwają się w stronę czerwieni dla odległej galaktyki (BAS 11, panel dolny). Przesunięcie zależy od prędkości ucieczki i rośnie wraz z odległością od nas: cały Wszechświat pęcznieje jak wyrastająca babka drożdżowa.

ŹRÓDŁO: H.T. STOKES, BYU.

Jeśli połączyć wiedzę o jasności absolutnej (to jest o standardowej odległości) cefeid z właściwą im prędkością ucieczki, nie tylko dochodzi się do wniosku, że wszechświat puchnie, ale również, że prędkość ucieczki galaktyk rośnie wraz z ich odległością od nas. Ponadto

¹⁹ Gwiazdą zmienną innego typu jest Betelgeza, alfa Oriona, czerwony nad-olbrzym gotowy do eksplozji. Wybuch może nastąpić w ciągu najbliższych 500 lat.

staje się jasne, że nie da się wyznaczyć centralnego punktu tego pęcznienia (inflacji). Wszechświat rośnie jak ciasto drożdżowe, równomiernie, we wszystkich kierunkach jednocześnie.



Ryc. 2.14. (a) Kosmiczny teleskop Hubble'a został zwrócony na parę miesięcy w stronę obszaru nieba bez jasnych gwiazd. Pozwoliło to na obserwację bardzo słabych obiektów: odległych galaktyk. Na zdjęciu widać, że niektóre małe obiekty są dużo bardziej czerwone od innych: pozornie czerwone galaktyki są podobne do tych niebieskich, tylko że odległe. To potwierdza oryginalną obserwację Hubble'a: Wszechświat pęcznieje, a prędkość ucieczki wzrasta wraz z odległością. (b) Gwiazdozbiór Oriona, piękny, znakomicie widoczny w zimowe wieczory ponad południowym horyzontem. Na górze - Betelgeza, gwiazda alfa Oriona, czerwony olbrzym gotowy do wybuchu. ŹRÓDŁO: HUBBLE TELESCOPE; DOMINIK WOŚ.

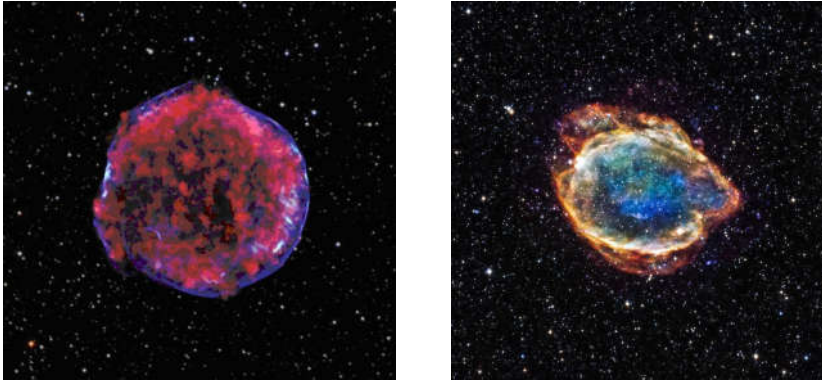
Wychodząc od zależności pomiędzy prędkością a odległościami między galaktykami można było wyprowadzić pierwsze szacunkowe rozmiary kosmosu. Następnie, dzięki zasadzie Einsteina, ustalono z grubsza wiek Wszechświata: około dziesięć miliardów lat. Ta liczba znacznie przewyższa obliczenia nie tylko fizyków (Lorda Kelvina), ale nawet geologów.

2.9. Supernowe

Pomiary jasności gwiazd zmiennych określonego typu, cefeid, umożliwiły sprawdzenie czy galaktyki oddalają się od Ziemi. Najistotniejszą właściwością cefeid w tym przypadku jest dokładnie określony stosunek jasności (która zależy od objętości) do okresu zmienności (ten odpowiada okresowi pęcznienia). Cefeidy są średnio od tysiąca

do dziesięciu tysięcy razy jaśniejsze od Słońca, ale nawet ta jasność nie wystarcza do zmierzenia odległości galaktyk oddalonych nie o kilka milionów, ale o kilka miliardów lat świetlnych²⁰: potrzebna była inna metodologia.

W 1572 w Gwiazdozbiorze Kasjopei zaobserwowano „nową” gwiazdę, bardzo jasną, w pierwszych miesiącach dorównującą jasnością Wenus. To był wybuch gwiazdy, która znajdowała się dość blisko nas, około 9 milionów lat świetlnych od Ziemi. Dziś pozostałości po tej eksplozji są ledwie widoczne na nocnym niebie, rys. 2.16a. Podobne zjawisko zaobserwował Kepler w 1604 (pierwszy zauważył je włoski astronom Lodovico delle Colombe). Wybuch miał miejsce 13 milionów lat świetlnych od Ziemi, a początkowa jasność „nowej” gwiazdy była trochę mniejsza od tej z 1572 roku.



Ryc. 2.16. (a) Pozostałości supernowej AD 1572 (Tychona Brahe) w promieniowaniu rentgenowskim: na czerwono promienie o małej energii, na niebiesko promienie o dużej energii. (b) Pozostałości supernowej (G299), prawdopodobnie widocznej gołym okiem 4500 lat temu. ŹRÓDŁO: CHANDRA.HARVARD.EDU.

W chińskich kronikach, w pierwszym roku ery cesarza Zhihe, który odpowiada u nas AD 1054, opisano supernową w Gwiazdozbiorze Raka. Ta sama gwiazda została zauważona przez Indian w Nowym Meksyku. Dziś dzięki obliczeniom astronomów wiemy, że ta gwiazda musiała być widoczna również za dnia. I rzeczywiście, wybuch nastąpił w odległości „zaledwie” 6,5 tysięcy lat świetlnych od Ziemi.

²⁰ Należy pamiętać, że zaobserwowana jasność zmienia się z kwadratem odległości, jeśli współczynnik tysiąc odpowiada odległości to wówczas współczynnik milion odpowiada jasności.

Warto zauważyć, że pozorna jasność, czyli ta widziana z Ziemi, maleje wraz z kwadratem odległości od supernowej. Innymi słowy jasność absolutna (mierzona z tej samej, standardowej odległości) dla wszystkich supernowych jest zawsze taka sama.

Podobnie jak w przypadku cefeid, wybuchy supernowych są spowodowane ściśle określonymi procesami i oznaczają wyczerpanie się pewnego typu paliwa nuklearnego, które zasila „gwiazdny piec”. Oznacza to, że supernowe mają podobne rozmiary i temperaturę w momencie wybuchu: znaleźliśmy nową świecę standardową.

W ciągu ostatniego tysiąca lat historii pisanej odnotowano prawdopodobnie pięć supernowych, które odpowiadałyby wybuchom gwiazd w naszej Galaktyce - jedną na około dwieście lat. Supernowa świeci przez kilka miesięcy, a potem znika w kosmosie. Wszechświat jest jednak pełen galaktyk. Dzięki coraz potężniejszym teleskopom astronomowie zaobserwowali wiele supernowych w odległych galaktykach. Podsumowując, przesunięcie koloru galaktyk ku czerwieni umożliwia pomiar prędkości ich „ucieczki”, choć poprawniej byłoby w tym przypadku mówić o prędkości inflacji (puchnięcia) całego Wszechświata. Jeśli zmierzmy pozorną jasność supernowych w odległych galaktykach, jesteśmy w stanie wyznaczyć dość precyzyjnie odległość, w jakiej się znajdują.

W 2011 roku trzem astronomom przyznano nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki za precyzyjny pomiar prędkości, z jaką rozszerza się Wszechświat, dokonany poprzez obserwację supernowych określonego typu znajdujących się w bardzo dużych odległościach (miliardów lat świetlnych) od Ziemi. Celem było ustalenie czy po Wielkim Wybuchu prędkość ekspansji Wszechświata maleje, i jeśli tak to w jaki sposób? Wydawałoby się naturalnym, że prędkość ta maleje wraz z upływem czasu (jak to możemy zaobserwować w mgławicach „planetarnych” po wybuchu gwiazdy, rys. 2.16). Czyli, za kilka miliardów lat ta prędkość mogłaby spaść do zera, a Wszechświat powinien wówczas zapaść się w sobie.

Odpowiedź, która nadeszła po wielu latach obserwacji, była zaskakująca: Wszechświat rozszerza się nie z powodu bezwładności, ale z powodu „ciśnienia wewnętrznego”. Innymi słowy, pomiary potwierdzają istnienie czynnika kosmologicznego z ogólnej teorii względności Einsteina, przypisując mu określoną wartość. Poza tym odkryto, że w historii Wszechświata prędkość ekspansji nie była stała: po początkowej szybkiej inflacji, proces ekspansji spowolnił, żeby przy-

śpieszyć w ciągu ostatnich miliardów lat. Jak powiedział Saul Perlmutter, jeden z laureatów nagrody, to właśnie było prawdziwym zaskoczeniem:

Najwidoczniej mamy wszechświat zdominowany przez jakiś nowy składnik, nieznaną dotychczas „ciemną energię”, która sprawia, że wszechświat rozszerza się coraz szybciej. To takie rzadkie, natknąć się na coś co nie jest częścią naszego aktualnego modelu fizycznego! Mowa tu o jednym z najlepszych wyników, jaki można uzyskać w projektach takich jak ten. Czuję, że miałem dużo szczęścia, mogąc pracować przy tym projekcie, ponieważ każdy uzyskany wynik byłby ekscytujący: mogliśmy odkryć, że wszechświat jest nieskończony, albo że jest skończony i właśnie zmierza ku końcowi. Oba te rezultaty byłyby wielkie. Znaleźliśmy tymczasem odpowiedź przewyższającą te „wielkie”, i to było prawdziwym zaskoczeniem. W nauce to więcej niż można sobie wymarzyć.

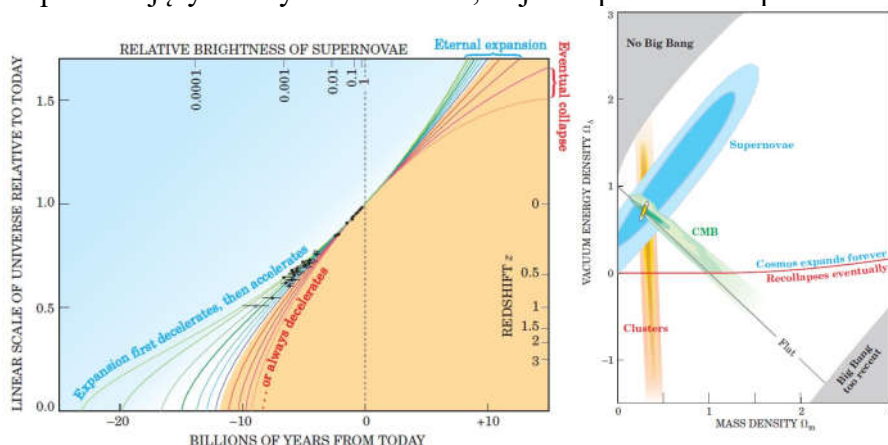
A tak Saul Perlmutter kontynuuje swoją refleksję, nie tylko metodologiczną, ale również filozoficzną:

Ten wynik to idealny przykład tego, jak często nauka staje się bronią obosieczną. Z jednej strony udało się odkryć coś, co było dla nas wszystkich prawdziwym zaskoczeniem tylko dlatego, że w naszej dziedzinie, w fizyce, poczyniono już wcześniej bardzo duże postępy w zrozumieniu Wszechświata. Jeszcze niecały wiek temu nie mieliśmy pojęcia, że we Wszechświecie jest coś więcej oprócz Drogi Mlecznej. Bezkrzesne rozmiary Wszechświata, fakt, że się rozszerza, że jest pełen obiektów takich jak wybuchające gwiazdy, to wszystko i znacznie więcej, musiało zostać odkryte zanim mogliśmy wykonać pracę, która skłoniła nas do zastanowienia się nad nieznaną formą energii, która stanowi ponad dwie trzecie wszystkiego, co istnieje.

To niesamowite, ile zrozumieliśmy, a z drugiej strony to niesamowite jak wielka w efekcie tajemnica otworzyła się przed nami i ile jeszcze mamy do odkrycia. Jedną z prawdziwych przyjemności płynących z zajmowania się nauką, która mam nadzieję nadal pozostanie prawdziwą przyjemnością, każdego dnia, w najbliższych stuleciach, jest ta, że pomimo ogromu wiedzy, na której możemy się oprzeć, wciąż jeszcze możemy odkryć tak wiele²¹.

²¹ S. Perlmutter, *Measuring the Acceleration of the Cosmic Expansion Using Supernovae*, Nobel Lecture, Dec. 8th, 2011, p. 25. (C) Nobel Foundation. <https://journals.aps.org/rmp/pdf/10.1103/RevModPhys.84.1127>.

My sami „dobrze wiemy”, że istnieje jeszcze wiele światów do odkrycia, niemniej usłyszeć taką opinię od noblisty, odkrywcy tajemniczych sił przenikających cały Wszechświat, to już zupełnie inna sprawa...



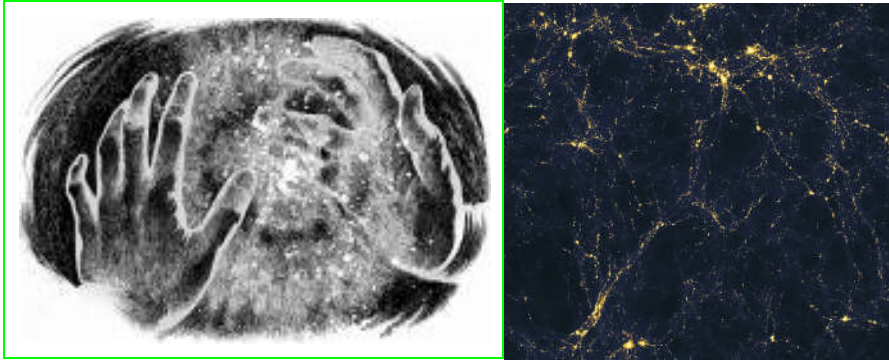
Ryc. 2.17. Dwa rysunki pochodzące z artykułu laureata Nagrody Nobla, Saula Perlmuttera: (a) jasność supernowych typu Ia obserwowanych z odległości miliardów lat świetlnych od Ziemi; wykres przedstawia historię 10 mld lat Wszechświata: obszar jasno-brązowy odpowiada wszechświatowi, który zwalnia; obszar niebieski - wszechświatowi, który przyspiesza. Punkty zmierzone wyznaczają krzywą wszechświata, który po początkowej eksplozji zwolnił swoją ekspansję i przyspieszył kilka miliardów lat temu. Teraz wszystko wskazuje na to, że Wszechświat jest nieskończony i rozszerza się coraz szybciej. (b) Inne (teoretyczne) możliwości: nie ma żadnego Wielkiego Wybuchu (lewy górny róg), przedwczesny Wielki Wybuch (prawy dolny róg); czerwona krzywa oddziela wszechświat, który stale się rozszerza (powyżej) od wszechświata, który się zapada (poniżej). Czarna linia wyznacza „płaski” wszechświat, to znaczy - trójwymiarowy. Wiele różnych pomiarów pokrywa się: nasz wszechświat to mały owal na przecięciu trzech większych. ŹRÓDŁO: PHYSICS TODAY 56, 4, 53 (2003).

2.10. Palec Boży

Pomiary gwiazd supernowych w odległych galaktykach nie tylko potwierdziły przewidywania Einsteina, dowodząc istnienia „ciemnej” energii, ale dodatkowo stały się dowodem na to, że prędkość ekspansji zmienia się. Na stronach angielskiej Wikipedii poświęconych Nagrodzie Nobla przyznanej w 2011 roku pojawiła się bardzo nietypowa ilustracja (zob. rys. 2.18.). Tytuł strony „Fingers of God” został szybko zmieniony i dziś nosi nazwę „Red-shift space distortion”²².

²² https://en.wikipedia.org/wiki/Redshift-space_distortions.

Ten „palec Boży” pojawił się na Wikipedii, ponieważ, jak powszechnie wiadomo, galaktyki tworzą większe grupy - gromady (ang. „cluster”), składające się z kilkadziesiątu z nich, dalej „clusters” łączą się w większe super-gromady na odległościach 500 milionów lat świetlnych. Super-gromady są powiązane grawitacyjnie, tak że tworzą olbrzymią sieć, która wypełnia Wszechświat (zob. rys. 2.18b.). Nie znamy dotąd wiarygodnej przyczyny istnienia tych sieci.



Ryc. 2.18. „Palec Boży” („Fingers of God”) strona z angielskiej Wikipedii z 2011 roku, dziś zmieniona. (b) Włókna galaktyk widziane w skali całego wszechświata: nie wiemy, dlaczego galaktyki łączą się w większe grupy zwane gromadami (mówi się o tajemniczej ciemnej materii jako o spoiwie), nie wiemy, dlaczego gromady tworzą włókna przypominające sieć, nie wiemy, czy Wszechświat rozszerza się poza jego widocznymi granicami. Nadal pozostaje więcej pytań niż odpowiedzi. ŹRÓDŁO: WIKIPEDIA 2011, 2019.

Brakujące odpowiedzi z astrofizyki odsyłają nas do metafizyki. Współczesna kosmologia postawiła granice naszym możliwościom poznawczym. Pierwszy w sformułowaniu tych ograniczeń był Kopernik, potem Newton, Einstein i Perlmutter.

Czy istnieje coś większego od całego Wszechświata? Wielu naukowców i wielu pseudo-naukowców, spekuluje na ten temat. Nasz Wszechświat, który narodził się „wysysając” energię z innego, albo równoległe wszechświaty jak osobne bańki mydlane, wszechświaty zamknięte w sobie niczym płatanina połączonych ze sobą kółek na klucze i tak dalej. Wszystkim tym pomysłom, niemożliwym do zweryfikowania, a więc zgodnie z „brzytwą Ockhama” nieistniejącym, należałoby przeciwstawić słowa świętego Augustyna:

Pan Bóg stworzył świat...

4.1. Świat jest największy z rzeczy widzialnych. Pan Bóg jest największy z rzeczy niewidzialnych. Dostrzegamy istnienie świata, w istnienie Boga wierzymy. I wierzymy, że Bóg stworzył świat ponieważ nikt nie może dostarczyć dowodu, jeśli nie sam Bóg. Gdzie usłyszeliśmy Jego głos? W żadnym miejscu wśród wielu tak dobrze, jak w Piśmie Świętym, o którym powiedział Prorok: *Na początku Bóg stworzył niebo i ziemię*. Ten prorok nie był obecny, kiedy Bóg stworzył niebo i ziemię, ale była tam mądrość Pana Boga, poprzez którą zostały stworzone wszystkie rzeczy²³.

2.11. Nasze kosmologiczne granice

Jakie są filozoficzne konsekwencje nowoczesnej kosmologii? Pierwsza jest taka, że po krótkiej iluzji Oświecenia, znów znamy nasze ograniczenia. Drugie prawo Newtona mówi, że aby osiągnąć określoną prędkość należy przez wystarczająco długi czas działać z określoną siłą. To oznacza również, że aby przyspieszyć potrzeba energii. Prawa Newtona to nasze pierwsze ograniczenie nałożone na podróż w czaso-przestrzeni: nie da się dotrzeć do granic wszechświata – nie starczy naszego życia ani paliwa dla rakiety.

„Logicznym następstwem” drugiego prawa Newtona jest teoria względności Einsteina: nie można zsumować dwóch prędkości światła, żeby otrzymać podwójną prędkość, prędkość światła przy przesyłaniu dowolnego obiektu materialnego będzie za każdym razem maksymalna (również samego światła).

Zazwyczaj drugie prawo Newtona zapisuje się w następującej formie:

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

gdzie \mathbf{F} oznacza siłę, która działa, m masę, która ulega przyspieszeniu i \mathbf{a} przyspieszenie (tłustym drukiem zaznaczono, że \mathbf{F} oraz \mathbf{a} są wektorami, czyli cechują się nie tylko wartością, ale również kierunkiem).

Ale przyspieszenie to wzrost Δv szybkości w przedziale czasowym: Δt : $\mathbf{a} = \Delta v / \Delta t$, a zatem równanie Newtona można zapisać:

$$\mathbf{F} \Delta t = m \Delta v,$$

stąd jasno wynika, że aby zwiększyć prędkość potrzeba albo większej siły, albo dłuższego czasu. W ten sposób drugie prawo Newtona (wraz z ograniczonymi zasobami energii do wytwarzania nieskończonych sił)

²³ Św. Augustyn, *Państwo Boże*, tłum. z języka włoskiego GK.

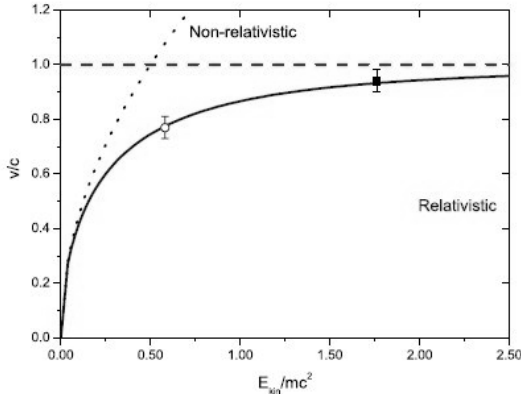
staje się naszą pierwszą „kotwicą”, uniemożliwiając nieskończenie długie podróże w ograniczonym czasie. Nasz umysł może dotrzeć do krańców wszechświata w sekundę, naszemu ciału zajęłoby to miliardy lat.

Skończona prędkość światła wyznacza zatem również granice naszych możliwości poznania przestrzeni: nie wiemy, czy Wszechświat rozszerza się dalej niż na odległość 13,78 miliardów lat świetlnych, ponieważ światło spoza tej odległości jeszcze do nas nie dotarło.

Co więcej, drugie prawo Newtona również się zmieniło wraz z pojawieniem się teorii względności Einsteina: masa m obiektu, który przyspiesza nie jest stała, ale rośnie do nieskończoności w miarę, jak jego prędkość v zbliża się do prędkości światła c , zgodnie z formułą podaną przez Einsteina:

$$m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

gdzie m_0 oznacza „masę spoczynkową”, czyli masę ciała w bezruchu.



Ryc. 2.19. To niemożliwe, aby elektron (czy jakiegokolwiek inny obiekt, który ma masę, a więc wszystkie obiekty poza fotonami i grawitonami) poruszał się z prędkością światła: masa elektronu m w stosunku do jego masy spoczynkowej m_0 rośnie asymptotycznie w granicach prędkości v równej prędkości światła

(podane dwa punkty doświadczalne). ŹRÓDŁO: M. LUND, U. J. UGGERHØJ, Am. J. Phys. 77 (1982), str. 757.

To co nieskończenie daleko jest więc dla nas nieosiągalne, bo przyspieszenie do prędkości światła jest praktycznie niemożliwe. Jesteśmy ograniczeni w czasie i przestrzeni. Nasza (meta-fizyczna) myśl – nie, ale (fizyczne) ciało – tak!

2.11.1. Strach przed czarną dziurą

Na zakończenie naszych interaktywnych lekcji astronomii dla dzieci, którym towarzyszy zwykle mnóstwo eksperymentów, pada wiele pytań. Zazwyczaj połowa z nich dotyczy czarnych dziur. Istnieją? Można do nich wejść? Można z nich wyjść? Jak wygląda świat w środku?

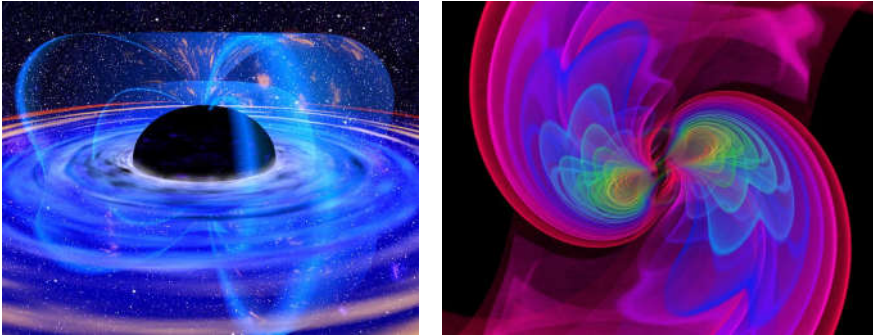
Pojęcie czarnej dziury jest bardzo łatwe do wytłumaczenia. Bardzo masywne gwiazdy, których masa jest ponad dziesięć razy większa od masy Słońca, mogą zakończyć życie jako czarne dziury: obiekt tak ciężki, że nic, nawet światło, nie ucieknie przed ich siłą grawitacji. Jak już wcześniej widzieliśmy, gwiazdy, którym kończy się paliwo, mogą wybuchnąć jak supernowe, ale mogą też zapaść się w sobie tworząc kule o bardzo gęstej masie – gwiazdy neutronowe. Gęstość tych gwiazd jest tak duża, że łebek szpilki zrobiony z takiej masy ważyłby tyle ile dziesięciopiętrowy budynek. Gęstość masy wewnątrz czarnej dziury jest jeszcze większa, nie wiemy dokładnie o ile.

Siła grawitacji wokół czarnej dziury jest tak duża, że nie tylko żaden obiekt nie może uciec, nawet światło może zostać przez nią uwięzione. Teoretycznie światło nie ma masy, ale ponieważ niesie energię, cząsteczkom światła, fotonom, można przypisać masę zgodnie z równaniem Einsteina $E = mc^2$. Przelatując blisko Słońca światło gwiazd ulega lekkiemu przyciąganiu: jego droga odchyła się od linii prostej. Ten efekt zaobserwowano już w 1919 r. podczas zaćmienia Słońca²⁴. Światło, które dociera do czarnej dziury zostaje dosłownie wchłonięte.

Skoro światło, które tam dociera, już się stamtąd nie wydostaje, to kula utworzona z tak ciężkiej materii wydaje się całkowicie czarna, tak jak na „zdjęciu” 2.20a. Dopiero ostatnio uzyskano niezbite dowody na istnienie czarnych dziur - fale grawitacyjne, czyli deformacje czasoprzestrzeni, wykryte za pomocą niezwykle wyrafinowanych urządzeń (z dokładnością względną rzędu 10^{-23}). Pierwsza fala zarejestrowana w 2015 roku, jest dowodem kolizji, a raczej wzajemnego pochłonięcia się dwóch czarnych dziur o masie zbliżonej do 30 mas Słońca, każda, zob. rys. 2.21. Była to tak ważne odkrycie, że zostało natychmiast (w 2017 roku) nagrodzone przez Komitet Nobla.

Jak wygląda materia wewnątrz czarnej dziury? Trudno nawet nazwać ją materią: ekstremalna siła grawitacji miażdży wszystko, nawet atomy. Nie będzie tam już pierwiastków chemicznych: wodoru, węgla, tlenu, znajdziemy tam tylko mieszkankę neutronów, wszystkich identycznych. Można by porównać czarną dziurę do kotła pełnego dziwnych cząstek, z pewnością bardzo, ale to bardzo gorących.

²⁴ Obserwacja dokonana przez dwie angielskie ekspedycje nie była prostym przedsięwzięciem, ale jej rezultat potwierdził ogólną teorię względności Einsteina: odchylenie promienia światła z odległej gwiazdy od linii prostej, przechodzącego w pobliżu Słońca, było dwa razy większe od tego przewidywanego w teorii Newtona.



Ryc. 2.20. (a) Na zewnątrz dziura grawitacyjna jest idealnie czarną dziurą: nie wychodzi z niej żaden promień światła; silne pole grawitacyjne na zewnątrz dziury przyspiesza materię, sprawiając że ta świeci, zanim zostanie wchłonięta. (b) Artystyczna, ale oparta na szczegółowych obliczeniach, reprodukcja kolizji dwóch czarnych dziur o masach 29 i 36 mas słonecznych, zarejestrowana na Ziemi (14.09.2015 roku) dzięki falom grawitacyjnym, miała miejsce w odległości 1,3 miliardów lat świetlnych. ŹRÓDŁO: GODDARD SPACE FLIGHT CENTER NASA (CC), <http://www.gsfc.nasa.gov/gsfsc/spacesci/pictures/blackhole/BH1.tif>; Nature News, 16/02/2016.

Nie tylko materia jest miażdżona, w czarnej dziurze zatrzymuje się również czas²⁵. Sekunda staje się wiecznością - w sensie fizycznym, a nie tylko metaforycznym. Czarna dziura to bez wątpienia koniec wszystkiego tego, co piękne wokół nas. Strach dzieci przed czarną dziurą jest uzasadniony. Szczęśliwie dla nas, te dotychczas odkryte, które blakają się po kosmosie, są od nas oddalone o miliardy lat świetlnych²⁶.

²⁵ S.S. Gubser, F. Pretorius, *I buchi neri*, (Czarne dziury), «Le Scienze», Roma 2018.

²⁶ Nagrodę Nobla w zakresie fizyki w 2020 roku otrzymali Roger Penrose za teoretyczne przewidywania „konstrukcji” horyzontu czasoprzestrzennego czarnych dziur oraz Reinhard Genzel i Andrea Ghez za doświadczalne (poprzez precyzyjne obserwacje astronomiczne) potwierdzenie istnienia czarnej dziury w centrum naszej Galaktyki. Ma ona masę prawie 4 milionów mas Słońca. Na szczęście jest on nas daleko: 30 tys. lat świetlnych. A raczej Układ Słoneczny leży, na nasze szczęście, daleko od tej czarnej dziury: spadająca na czarną dziurę materia emituje ogromne ilości różnego rodzaju promieniowania – z pewnością niezbyt „zdrowotnego” dla delikatnego życia opartego o chemię węgla.

Nieskończenie mały

3.1. Człowiek: wymiar pośredni

Cały Wszechświat, który rozciąga się na 13,8 miliarda lat świetlnych od Ziemi, jest największą strukturą, jaką możemy zaobserwować. Na drugim krańcu, nieskończenie małym, znajduje się atom i jego składniki. Wymiary ludzkiego ciała są gdzieś pomiędzy rozmiarami Wszechświata a pojedynczego atomu.

Wysokość człowieka, trochę ponad metr, stała się również miarą otaczającego go świata. Tak było jeszcze przed wprowadzeniem systemu metrycznego: angielski kciuk i stopa, łokieć tokański (równy 58,4 cm). Milimetr to średnica główki szpilki, a jedna setna milimetra to grubość włosa. Grubość bańki mydlanej wynosi jedną tysięczną milimetra. Atomy, elementarne struktury chemiczne, są jeszcze 10 tysięcy razy mniejsze (w notacji naukowej 10^{-10} metra). Przykładowo, promień orbity elektronu w atomie wodoru wynosi $0,53 \times 10^{-10}$ m.



Ryc. 3.1. Wysokość człowieka (1,7 metra), znajduje się "pośrodku" między średnicą Ziemi $1,3 \times 10^7$ m, fot. Apollo 17 i naszą Galaktyką ($1,2 \times 10^{21}$ m, tutaj zdjęcie galaktyki IC342) z jednej strony, a atomem ($1,1 \times 10^{-10}$) i składnikami jego jądra (około 10^{-15} m) z drugiej. Słońce (ze wszystkimi planetami) jest częścią gigantycznej drożdżówki o średnicy około 130 tysięcy lat świetlnych. To nasza "Galaktyka", po grecku Droga Mleczna, sto miliardów gwiazd, które nas otaczają. Ale Droga Mleczna jest jedną ze 100 miliardów podobnych galaktyk. Wszechświat dostępny dla naszej wiedzy ma promień 13,78 miliarda lat świetlnych. W metrach daje to $1,3 \times 10^{26}$ m. ŹRÓDŁO: a) D. WOS; b) NASA, Apollo 17 Crew; (c) Wikipedia, rys. Leonardo da Vinci, Da_Vinci_Vitruve_Luc_Viatour.jpg; (d) https://en.wikiquote.org/wiki/Atomic_theory, (e) rys. T. WRÓBLEWSKI.

Czy istnieją struktury mniejsze niż atom? Tak, składniki atomu: - elektron i proton nadal mają średnice sto tysięcy razy mniejsze, równe 10^{-15} metra. A następnie składniki protonu, trzy *kwarki* są rozmiaru rzędu 10^{-18} m, jeśli nadal możemy mówić o wielkościach, chociaż nie mamy sposobu na ich zmierzenie. Fizycy spekulują na temat jeszcze mniejszych rozmiarów, do 10^{-34} m (tzw. wymiar Plancka).

W przeciwnym stronę - obwód Ziemi wynosi 40 tysięcy kilometrów (i to była pierwotna definicja metra), odległość między Ziemią a Księżycem wynosi (średnio) 384 tysięcy kilometrów (statek kosmiczny dociera na Księżyc w niecałe dwa dni). Od Słońca dzieli nas 150 milionów kilometrów (i nazywa się to "astronomiczną jednostką miary" – $1,5 \times 10^{11}$ m). Układ Słoneczny rozciąga się na jakieś 130 jednostek astronomicznych.

Ale nawet jednostka astronomiczna nie jest wystarczająca do zmierzenia rozmiarów całego Wszechświata. Astronomowie używają "parseka", opartego na kącie obserwacji. Fizycy stosują pomiar oparty na prędkości światła, która jest bardzo duża (około 300 tysięcy kilometrów na sekundę): promień światła potrzebuje 8 minut, aby dotrzeć się ze Słońca na Ziemię. Dotarcie do najbliższej gwiazdy, oczywiście nazywanej "Proxima", w gwiazdozborze Centaura, zajmuje światłu około 4,5 roku.

3.2. A-tomos, czyli in-dywiduum

Georges Lemaître postawił hipotezę, że Wszechświat rozpoczął się od pojedynczego pierwotnego atomu¹. W ten sposób kosmologia wiąże się z fizyką – tym razem nie nieskończenie rozległego wszechświata, ale nieskończenie małego świata cząstek elementarnych. Aby je odtworzyć, cofniemy się do starożytnych Greków.

Kawałek skandynawskiego granitu skalnego zawiera kryształy trzech różnych kolorów, które można od niego oddzielić. Ziarno piasku, czyli kwarc, można rozdrobnić na biały proszek, używany w postaci zawiesiny do czyszczenia łazienki (nigdy garnków ze stali nierdzewnej, ponieważ pozostaną porysowane!). Te ziarenka, prawie niewidoczne gołym okiem (jedna milionowa metra), można dalej

¹ Równie interesująca była obserwacja Lemaître'a, że pojęcia przestrzeni i czasu nie miały sensu, zanim pierwotny atom nie rozpadł się na dwie części. Tak więc przestrzeń i czas powstały na chwilę przed narodzinami wszechświata.

dzielić. Czy istnieje granica tego rozdrobnienia? Współczesna fizyka (a raczej chemia) odpowiada twierdząco. Jest to jednostka niepodzielna (za pomocą środków mechanicznych lub chemicznych) zwana atomem, czyli *niepodzielna*. Nadal w greckim moderno *atomos* oznacza "osobę", czyli *in-dividuo*.

Prawdopodobnie to Demokryt (460-370 p.n.e.) był pierwszym filozofem, który postawił hipotezę o istnieniu atomów. Zgodnie z jego teorią wszystkie atomy są tej samej wielkości, ale różnią się kształtem, podobnie jak dwie litery F i \sqcup , chociaż poprzez dopasowanie do siebie mogą tworzyć związki. Atomy były niewidoczne, emitując "efluidy". Co mówi współczesna fizyka (i chemia)? Jeszcze sto lat temu naukowcy, w tym Einstein, nie wierzyli w możliwość zobaczenia atomów.

Dziś wiemy, że wszystkie atomy są zbudowane w bardzo podobny sposób, z prostych składników dwóch jedynie rodzajów (trzech, jeśli liczy się neutron²): protonów (w atomach cięższych od wodoru także neutronów), które tworzą małe jądro (o średnicy około 10^{-15} m), oraz elektronów, które krążą wokół w odległości około 10^{-10} metra.³



Ryc. 3.2. a) Kawałek granitu z Łotwy: można wyróżnić duże kryształy ortoklazu (różowe), kwarcu (białe) i miki (czarne). b) Białe kryształy w kawałku granitu są wykonane z kwarcu. Na tym zdjęciu niektóre kryształy są wielkości piasku, inne tysiąc razy mniejsze (wielkości mikrometra) służą do wcierania wrogiego brudu na twarde powierzchnie. (c) Dzielenie tego ostatniego jeszcze tysiąc razy doprowadziłoby do powstania pojedynczych atomów, tutaj widocznych przez mikroskop "siły atomowej": białe kropki to atomy, podczas gdy czarne przestrzenie wskazują na ich brak. ŹRÓDŁO: (a, b) Zdjęcie GK; (c) RHK Technology (2006), Dr. Xue Kun, Prof. Xu Jian Bin – The Chinese University of Hong Kong.

² Neutron, odkryty przez Jamesa Chadwicka w 1932 roku, można w pierwszym przybliżeniu uznać za zlepek protonu i elektronu.

³ Atom jest prawie pusty. Porównując jądro atomu wodoru z pomarańczą (średnica 10 cm), elektron wiruje w odległości 10 km. Podobne proporcje charakteryzują Słońce i planety, w tym Ziemię. 10 km

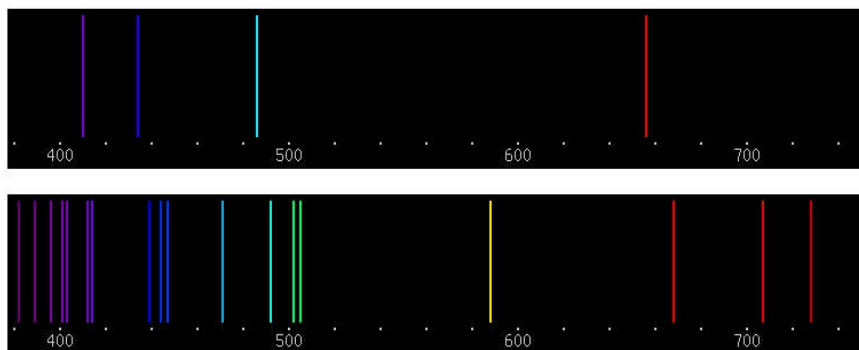
O dziwo (tj. z powodu praw elektrostatyki) wszystkie atomy, niezależnie od ich masy, od wodoru do ołowiu, są podobnej wielkości, około 10^{-10} m. Identyczne (rządzące się tymi samymi prawami mikroświata) jest też rozmieszczenie elektronów (które formują "orbitale", jak na rys. 3.6 dalej w tym rozdziale).

Od kilku lat istnieją bezpośrednie metody wizualizacji atomów, proste z koncepcyjnie, ale dość wyrafinowane z technicznego punktu widzenia: cienki jak igła palec, który przesuwają się nad powierzchnią kryształu. Końcówka igły jest tak blisko powierzchni, że przyciągają ją pojedyncze atomy. Mierzona jest siła, z jaką igła jest przyciągana do powierzchni: siła jest większa, jeśli atomy wystają z powierzchni. Na zdjęciu 3.2c pokazujemy powierzchnię kryształu krzemu, jak w obwodach elektronicznych telefonu komórkowego. Wielkość poszczególnych punktów wynosi około 10^{-10} m. Jeśli brakuje atomu, kryształ jest „zdefektowany”.

3.3. Efluidy, czyli fotony

Ale materia jest widoczna także z innego powodu: atomy emitują rodzaj "efluidów" (używając terminu Demokryta), czyli *fotony*, cząstki światła. W zależności od niesionej energii fotony mają różne kolory: fioletowe są bardziej energetyczne niż czerwone.

Procesy emisji fotonów są ściśle związane ze strukturą atomu, w szczególności z liczbą posiadanych przez niego elektronów i poziomami energetycznymi, na których znajdują się te elektrony. To determinuje różne kolory lamp neonowych, rtęciowych, sodowych.



Ryc. 3.3. Widma emisyjne (światło widzialne) wodoru atomowego (powyżej) i helu (poniżej). Na odciętej długość fali w nanometrach. ŹRÓDŁO: Wikipedia.

Na rysunku 3.3 widzimy kolory (prążki) emitowane przez atomy wodoru i helu. Ogólnie rzecz biorąc, im więcej elektronów zawiera atom, tym więcej linii pojawia się w widmie: na rys. 3.3 widoczne są 4 linie w wodorze (tylko 1 elektron w różnych stanach energetycznych) i 18 linii w helu (2 elektrony). Atomy emitują kolory nie tylko wtedy, gdy są podgrzewane (jak w płomieniu), ale także wtedy, gdy są po prostu oświetlane. Widoczny kolor ciała jest wynikiem procesów pochłaniania (absorpcji) i odbicia fotonów.

Tak więc kolor jest „odciskiem”, linią papilarną każdej substancji. Arystoteles już to wyczuł w *De anima*⁴ (Księga B7, "Wzrok i jego przedmiot"), pisząc:

Przedmiotem właściwym wzroku jest „rzecz widzialna”. Jest nią barwa oraz pewien rodzaj rzeczy, który można wprawdzie opisać słowami, lecz któremu brak własnej nazwy. Co przez to chcemy powiedzieć, wyjaśni się w dalszym ciągu. Rzeczą widzialną jest barwa [kolor]. Ona znajduje się na powierzchni tego, co jest przez się widzialne; ale „przez się” nie w znaczeniu logicznym, lecz że zawiera w sobie przyczynę, dla której może być widziane.

Każda barwa posiada zdolność wprawiania w ruch ośrodka aktualnie przezroczystego; ta zdolność stanowi jego naturę; dlatego nie jest ona [tj. barwa] widzialna bez światła; tylko w świetle widzi się barwę każdego w ogóle przedmiotu. Wobec tego wypada najpierw wyjaśnić, czym jest światło.

Istnieją bez wątpienia rzeczy, które są przezroczyste. „Przezroczystym” nazywam to, co jest wprawdzie widzialne, ale – by wyrazić się dokładniej - widzialne nie samo przez się, lecz dzięki barwie czegoś innego; takimi są powietrze, woda i wiele ciał stałych. (418a26 – 418b8)

Wyjaśniliśmy zatem, co to jest przezroczystość a co światło. [Powiedzieliśmy, że] nie jest ono ogniem – bo w tym wypadku byłoby również rodzajem ciała – lecz jest obecnością ognia lub czegoś w rodzaju materii przezroczystej [...] (418b14–16)

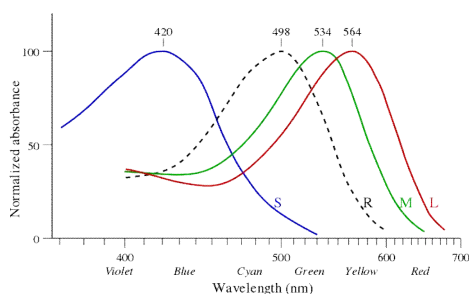
To, czy fotony (światło Arystotelesa) są ciałami, czy nie, pozostaje otwartą debatą wśród fizyków: fotony posiadają masę, ale tylko wtedy, gdy podróżują (z prędkością światła). Kiedy są nieruchome, nie mają masy, w rzeczywistości po prostu nie istnieją. I znowu w jednym fakcie Arystoteles miał rację: ogień (tj. rozgrzane atomy) emituje światło, ale światło nie jest ogniem. Światło, w zasadzie, nie jest ciałem: dziś zaliczamy je do materii, znów dzięki $E=mc^2$ Einsteina.

Dyskurs o kolorach znajduje się w *O duszy*, a nie w *Fizyce*: w rzeczywistości kolory, jakie je widzimy, są wytwarzane przez fizykę, ale

⁴ Arystoteles, *O Duszy*, przełożył Paweł Siwek, PWN, Warszawa, 1972, str. 55-56.

interpretowane dopiero przez nasz mózg. Spośród siedmiu kolorów tęczy ludzkie oko używa praktycznie tylko trzech: czerwonego, zielonego i niebieskiego. Te trzy czujniki wykazują maksymalną czułość w tych trzech obszarach "widma", patrz rysunek 3.4a.

Pszczoły widzą kolory inaczej (patrz rys. 3.4b): zielony jest dla nich szary, brązowy jest czarny, nie widzą niebieskiego (indygo; więc nie ma niebieskich kwiatów zapylanych przez pszczoły), podczas gdy bardzo dobrze widzą czerwony, żółty i ultrafiolet. W białych kwiatach jabłoni oświetlonych słońcem błyszczą w środku małe, nad-fioletowe żaróweczki, ale tylko wtedy, gdy nektar nadal tam jest.



Ryc. 3.4. Czułość ludzkiego oka (trzy rodzaje czopków widzenia kolorów) i pręcików do widzenia w skali szarości. ŹRÓDŁO: Wikipedia (Rod_cell). b) Symulacja widzenia kolorów pszczoły. ZDJĘCIE: M. KARWASZ, obróbka obrazu GK.

Arystoteles dobrze rozumiał, że to kolory niosą najwięcej informacji o przedmiotach i że tylko w ciemności musimy używać zapasowych receptorów oka, czyli tak zwanych *pręcików*, do widzenia szarej gradacji. Światło widoczne dla ludzkiego oka jest tylko częścią całego spektrum promieniowania elektromagnetycznego pochodzącego ze Słońca, które poza widzialnym obejmuje ultrafiolet i podczerwień. Z całego widma słonecznego dla długości fal od 0,1 do 10 mikrometrów widzimy tylko wąski zakres: od 0,38 (fioletowy) do 0,76 mikrometra (czerwony).

Wydaje się niewiele, ale 50% energii fal elektromagnetycznych, które docierają do powierzchni Ziemi, jest zawarte w obszarze widocznym dla ludzkiego oka. Ponadto wszystkie gazy w atmosferze są przezroczyste w tym zakresie widma. Ale nawet pies nie widzi wszystkich kolorów, które my postrzegamy: dla niego zielony jest bezbarwny. Bo to nie oko tworzy obraz, ale ludzki mózg: z miliona

kropek ("pikseli") składa widok świata. Owady, które mają bardzo prymitywne układy nerwowe, posiadają oko "złożone" z setek komórek, z których każda jest oddzielnym foto-receptorem. Ptaki reagują głównie na ruch, bardziej niż na kształt czy kolor gąsienicy, która ma się stać ich pożywieniem.

W przeciwieństwie do szczeniąt, dziecko widzi świat już w pierwszych minutach po urodzeniu. Potrzebuje kilku dni, aby zrozumieć, że zestawy kolorowych plam są obiektami fizycznymi, namacalnymi, a następnie, wyciągając rękę i dotykając twarzy matki, zaczyna rozumieć, że obiekty są trójwymiarowe; zdejmując matce okulary z nosa, dziecko zaczyna rozumieć, że niektóre części twarzy można zdemonstrować, inne jak ucho - nie.

Ludzkie oko, z setkami milionów receptorów, widzeniem kolorów, niezwykle wysoką czułością i szerokim spektrum kolorów jest naprawdę cudem Natury. Nie wspominając już o ludzkim mózgu...

3.4. Dlaczego widzimy kolory?

Na wyjaśnienie widzenia kolorów czekaliśmy do XX wieku i wymagało ono umysłu tak błyskotliwego jak Einstein.

Światło ultrafioletowe, nawet o minimalnej intensywności, może powodować raka, ponieważ niesie wystarczającą ilość energii, aby pociąć delikatną nić DNA. Ale niemniej wydaje się to dziwne, jeśli rozważamy światło jako falę elektromagnetyczną: energia fal zależy przede wszystkim od ich amplitudy. Na tej samej powierzchni morza delikatna bryza nie powoduje szkód tak jak wichura z gigantycznymi falami. Ze światłem jest inaczej: światło czerwone, nawet bardzo intensywne, nie niesie wystarczającej ilości energii aby przeciąć DNA, ultrafiolet – nawet bardzo słaby – tak.

Energia światła dociera w pakietach, zwanych kwantami lub fotonami. Energia pojedynczego fotonu zależy wyłącznie; [nie od długości fali światła, czyli jego koloru, zgodnie z zależnością $E = h\nu$, gdzie częstotliwość ν fali jest powiązana z jej długością λ i prędkością światła c , zależnością $\nu = c/\lambda$. Innymi słowy, im krótsza fala (jak światła ultrafioletowego), tym większa energia przenoszona przez pojedynczy foton.

Zależność $E = h\nu$ (h jest stałą fizyczną wprowadzoną przez Maxa Plancka) została wydedukowana przez Einsteina w celu wyjaśnienia tak zwanego *efektu fotoelektrycznego*. Na przełomie XIX i XX wieku

zaobserwowano, że powierzchnie niektórych metali tracą ładunek elektryczny, jeśli są oświetlone światłem: efekt zależy od barwy światła, a nie od jego natężenia.

Najwyraźniej kwanty światła uderzające w metalową powierzchnię wyrzucają z niej elektrony. Ale z punktu widzenia fali zjawisko jest bardzo dziwne. Ktoś porównał efekt fotowoltaiczny do portu morskiego z łodziami zakotwiczonymi, kołyszącymi się na falach. Nagle jakaś łódź wyskakuje na wysokość 20 metrów, spada z powrotem w dół i wszystko wraca do spokoju.

Efekt nie zależy tylko od koloru światła, ale także od rodzaju metalu: metale alkaliczne, takie jak sód i potas, łatwiej tracą ładunek elektryczny, tj. wystarczy nawet niebieskie światło, a niekoniecznie ultrafiolet. Ludzkie oko działa w ten sam sposób: kwant światła uderza w siatkówkę i wywołuje minimalny prąd elektryczny, który trafia do mózgu. Ale aby zobaczyć kolory osobno, potrzebujemy różnych receptorów. Mamy trzy, wrażliwe na światło czerwone, zielone i niebieskie, jak na rysunku 3.4a. W szczegółach zakresy czułości tych receptorów częściowo się pokrywają: złożenie światła czerwonego i zielonego wydaje się być kolorem żółtym; fioletowe zabarwienie pada na krawędź czuciową niebieskiego receptora i chociaż fiolet składa się z wysokoenergetycznych kwantów, wydaje nam się raczej błady.

Oczywiście możemy założyć, że to ślepa ewolucja uformowała trzy różne receptory, które w uzupełniający się sposób pokrywają zakres światła od czerwieni do fioletu: nie jest to całe spektrum światła słonecznego, ale tylko 380-760 nanometrów⁵. Ale w tym wąskim zakresie zawiera się prawie 50% energii światła słonecznego (a oznacza to mnóstwo informacji o świecie zewnętrznym). Ale różne - praktycznie nieskończone kolory, oprócz tego, że są użyteczne, ponieważ niosą informacje, są również piękne: dlaczego "ślepa ewolucja" stworzyła tak wyrafinowane oko⁶, wrażliwe nie na matematykę kwantów ale na piękno kwiatów, motyli, malarstwa?

⁵ Przypominamy, że grubość ludzkiego włosa (około 0,02 mm) to jakieś 30 długości fali światła (dla koloru czerwonego, a 60 – światła fioletowego).

⁶ Zakres obejmujący częstotliwości (odpowiadające długościom fal) 1:2 nazywany jest w akustyce "oktawą", czyli ośmioma kolejnymi białymi klawiszami w fortepianie. Na klawiaturze jest ponad siedem oktaw (które słyszymy doskonale), ale oko pokrywa tylko jedną oktawę światła. Ale już fakt, że obejmuje tę oktawę i rozróżnia kolory, pozostaje cudem natury.

3.5. Atomy z haczykami

Atomy różnych pierwiastków posiadają różną liczbę elektronów. Liczba elektronów określa w unikalny sposób wszystkie właściwości fizyczne atomów, takie jak ich stan makroskopowy (stały, płynny, gazowy), twardość, temperatura parowania, kolor, a nawet chemiczne: czy jest to metal alkaliczny, utleniacz, gaz obojętny itp. Różnorodność tych cech jest bardzo szeroka: hel, najlżejszy gaz szlachetny, pozostaje ciekły nawet w temperaturze zera kelwinów (tj. $-273,15^{\circ}\text{C}$); wolfram, bardzo ciężki i twardy metal, topi się w temperaturze 3695 K i odparowuje w temperaturze 6200 K; węgiel (lekki atom) nie topi się, ale odparowuje bezpośrednio z fazy stałej (czyli podlega sublimacji) w temperaturze 3915 K.

Atomy, podobnie jak dwie litery F, mogą "pasować do siebie", wymieniając swoje elektrony, tworząc tak zwane *związki* chemiczne. Żółty proszek siarkowy (patrz rys. 3.5b), roztarty z kroplą rtęci, tworzy szary związek (czerwony, jeśli tworzy kryształy), siarczan rtęci HgS (minerał zwany cynobrem), patrz rys. 3.5c.

Około stu różnych pierwiastków (czyli różnych atomów), które istnieją w świecie chemii⁷, połączonych ze sobą, może dać nieskończoność materiałów - kryształy górskie (kwarc, ametyst), stopy metale, sole⁸ a także związki organiczne, na których opiera się życie.

Związane atomy tworzą cząsteczki. Mogą to czynić na wiele różnych sposobów: oddając (lub przyjmując) elektrony lub współniając niektóre z nich (najbardziej zewnętrzne) między dwoma atomami. Łącząc atomy tlenu (z 6 zewnętrznymi elektronami, dającymi tzw. "wartościowość" równą 2) z azotem (5 elektronów, kilka możliwych „wartościowości”) otrzymujemy gazy o różnym składzie i właściwościach chemicznych.

Na przykład, wśród związków azotu i tlenu, podtlenek azotu N_2O jest środkiem znieczulającym przy operacjach chirurgicznych i gazem spieniającym w bitej śmietanie. NO jest bezbarwny, a NO_2 brązowy; oba tworzą smog ruchu samochodowego. NO (który w bardzo małych ilościach tworzy się na śluzówce nosa) stymuluje oddychanie, podczas gdy NO_2 jest trujący.

⁷ W tabeli Mendelejewa, która dziś (2023) zawiera 118 pierwiastków, tylko 80 jest stabilnych, od wodoru (nr 1) do ołowiu (nr 82).

⁸ Ten podział minerałów pochodzi od arabskiego myśliciela, Awicenny (980-1037) i był używany aż do XVII wieku.



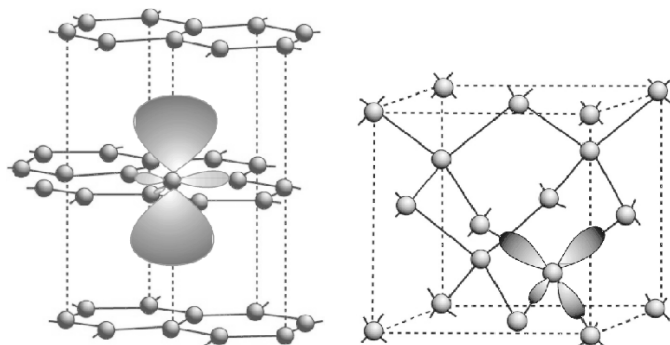
Ryc. 3.5. Związki atomów mogą mieć właściwości fizyczne bardzo różne od ich składników. a) Rtęć, Hg, metal ciężki, jest cieczą w temperaturze pokojowej; rozarta z siarką (b), tworzy szary proszek HgS; w postaci krystalicznej HgS jest minerałem zwanym cynobrem, jasnoczerwonym pigmentem (c). ŹRÓDŁO: AUTOR

Nawet te same atomy mogą tworzyć różne struktury. Atomy węgla, jeśli wymieniają trzy elektrony, tworzą grafit - bardzo miękki minerał, używany w ołówkach, a jeśli wymieniają cztery - diament, najtwardszą substancję ze wszystkich (która jednak staje się grafitem w temperaturze 1000° C). Powodem tych różnic jest odmienne ułożenie atomów węgla w graficie i diamencie, patrz rysunek 3.6.

Bogactwo chemii i materiałoznawstwa wywodzi się właśnie z tej niezwyklej różnicy właściwości elektrycznych, chemicznych, strukturalnych, mechanicznych, którą powoduje niewielka pozornie zmiana pewnych "pozycji" elektronów. Chemicy, jak wyjaśniamy poniżej, nazywają te dobrze zdefiniowane, *skwantyfikowane* pozycje "orbitale". W atomie węgla, w różnych związkach chemicznych, elektrony mogą krążyć na różnych orbitalach. Co więcej, orbitale te zależą od atomu, z którym wiąże się atom węgla.

Następnie pojawia się struktura krystalograficzna, czyli sposób, w jaki miliony atomów tworzą ziarno. Kawałek stali pozostaje miękki, jeśli atomy żelaza z dodatkiem pewnego procentu atomów węgla tworzą strukturę sześciangu ("regularną"), natomiast staje się bardzo twardej (i kruchy), gdy kryształ ma wydłużony kształt – stal hartowana.

Nawet właściwości optyczne, czyli "przezroczystość" Arystotelesa i kolor "który przychodzi" zależą od ułożenia elektronów w atomach i cząsteczkach. Substancja jest "zabarwiona", gdy odbija (np. siarka kolor żółty) lub pochłania (jak kamień szlachetny rubin) pewne długości fal światła widzialnego.



Ryc. 3.6. (a) Struktura krystalograficzna grafitu: atomy węgla wymieniają 3 elektrony. (b) Struktura krystalograficzna diamentu: atomy węgla wymieniają 4 elektrony. Atomy są oznaczone jako punkty, a "halo" reprezentują "chmury" opisane przez wymieniane elektrony. ŹRÓDŁO DANYCH: S. MITURA *et al.*, J. Achiev. Materials & Manufact. Eng, **16**, 1-2 (2006) s. 1.244.

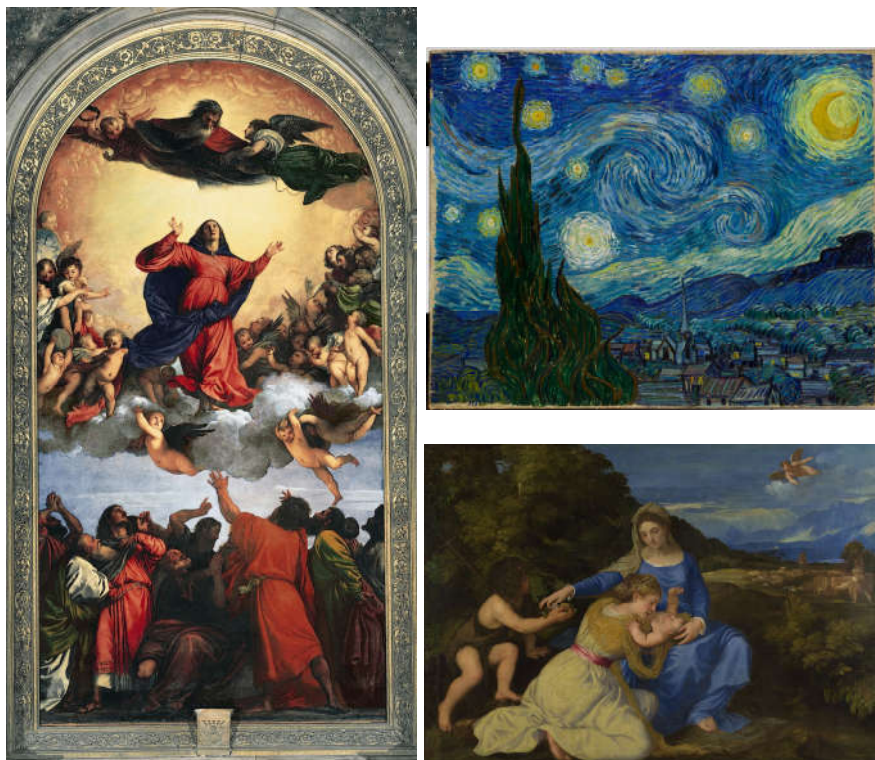
Określone długości fali światła odpowiadają konkretnym "skokom" z jednego orbitalu na drugi, którym elektrony podlegają w materiale. Światło widzialne odpowiada skokom (w naszych wygodnych jednostkach) kilku eV (elektronowoltów): dokładniej między 1,8 eV (światło czerwone) a 3,6 eV (światło fioletowe).⁹

Poziomy tych przeskoków zależą od wielu czynników. Atom chromu daje żółte zabarwienie w wielu, różnych związkach chemicznych, ale wywołuje piękny czerwony kolor, gdy jest zawarty w (bezbarnym) kryształach tlenku glinu, Al_2O_3 : rubinie, do zaręczynowego pierścionka. Inne są kolory, jeśli chrom tworzy tlenek lub chlorek. Inne – kiedy te tlenki są w postaci stałej, a inne – kiedy rozpuszczamy je w wodzie.

Tlenek żelaza ma kolor rdzy, jeśli jego wzór chemiczny to Fe_2O_3 , a kolor czarny, jeśli - FeO . Stąd pochodzą wszystkie odcienie pigmentów, z których korzystają malarze: podziwiał obrazy na ryc. 3.7.

Dlaczego atomy tak podobne w swojej budowie tworzą tak różne związki chemiczne? Do tego pytania wrócimy później, cytując dwóch znakomitych autorów, Wolfganga Pauliego, fizyka XX wieku, i św. Tomasza z Akwinu, filozofa z XIII wieku.

⁹ Dla porównania, elektron wewnątrz stosu telefonów komórkowych wykonuje skok o 3,7 eV z jednego orbitalu litowego na drugi, w dwóch różnych "elektrodach".

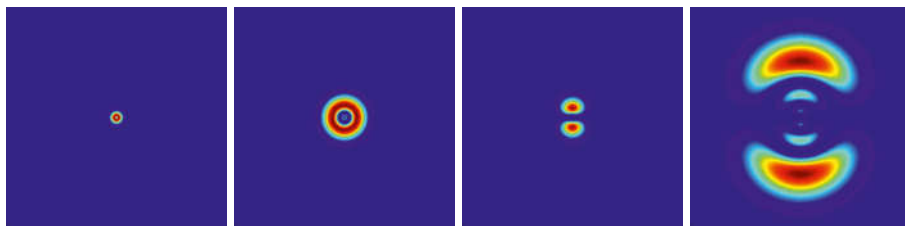


Ryc. 3.7. (a) Tycjan użył koloru czerwonego *vermiglione* (HgS) dla efektu dramaturgii we *Wniebowzięciu NMP* (Wenecja, 1516-1518): czerwone szaty kierują wzrok w stronę głównych bohaterów. (b) Van Gogh użył najtańszych pigmentów na gwiazdzistą noc: błękit kobaltowy (CoAl_2O_4) i błękit pruski, cyjano-żelazian. (c) Do szat Madonny (Aldobrandini, 1532 r.) Tycjan używał ultramaryny (*lapis lazuli*), glino-krzemianu, pigmentu droższego od złota. ŹRÓDŁO: Santa Maria Gloriosa dei Frari, Patriarchat Wenecki, per gentile concessione; Museum of Modern Arts, N.Y. & Scala Group; The National Gallery, Londyn (pozwolenie edukacyjne gratis, with thanks).

3.6. Dlaczego istnieje chemia?

Pełne pytanie brzmi: co sprawia, że chemia jest możliwa, to znaczy skąd bierze się cała różnorodność pierwiastków chemicznych – metali, gazów, półprzewodników itp. – skoro wszystkie atomy są zbudowane z dokładnie tych samych składników? Odpowiedź brzmi: nie wiemy. A dokładniej - mamy kilka niebezpośrednich odpowiedzi, ale one tylko przesuwają problem dalej.

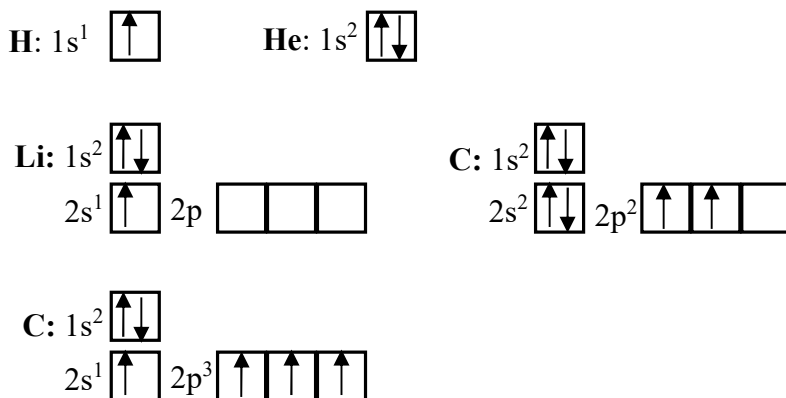
W berylu czwarty elektron może nadal zajmować orbitę kołową; w borze (lekkim, ale twardym metalu), a następnie w węglu, azocie, tlenie, fluorze, neonie - elektrony zajmują, jeden po drugim, orbity w kształcie podwójnego obwarzanka, jak cyfra "8" (patrz rys. 3.9c). Możliwe są trzy różne pozycje (wzdłuż trzech prostopadłych osi) tych „obwarzanków”, dzięki czemu możemy umieścić na nich 6 elektronów. Złoto jest bardzo plastyczne, dzięki szczególnemu, mocno wydłużonemu kształtowi jednego z zewnętrznych orbitali, patrz rys. 3.9d.



Ryc. 3.9. Rozwiązania równania Schrödingera dla atomu wodoru (z pojedynczym elektronem): kształty orbitali $1s$, $2s$, $2p$, $4d$. Czerwony kolor odpowiada najwyższemu prawdopodobieństwu znalezienia elektronu. ŹRÓDŁO: K. FEDUS & AUTOR.

Zrozumieliśmy, że kształt orbity i parzysta lub nieparzysta liczba elektronów determinuje właściwości chemiczne. Ale nie wyjaśniliśmy, dlaczego więcej niż dwa elektrony nie mogą zajmować tej samej orbity. W chemii elementarnej wyjaśnia się to konstruowaniem pudełek, jak w grze bitwy morskiej: pojedynczego, potrójnego, pięciokrotnego itp. Następnie elektrony są dodawane do kolejnych „komórek”. Tak więc wodór (H) jest rysowany z jednym elektronem w komórce (czyli na orbitalu) $1s$, hel - z dwoma (ale przeciwległymi strzałkami, jak zostanie wyjaśnione poniżej) w tej komórce, itd., patrz rys. 3.10.

Struktura "pudełkowa" jest tylko malowniczą reprezentacją matematycznego rozwiązania równania rządzącego ruchem (i położeniem) elektronów w atomie. Rozwiązania te są "skwantowane": nie wszystkie orientacje orbit (i elektronów) są dozwolone. W każdym "pudełku" dozwolone są dwa elektrony. Wynika to z krętu (obrotu własnego) elektronów: obracają się one same, jak Ziemia wokół własnej osi. Ale w przeciwieństwie do rotacji planet, oś obrotu elektronu przyjmuje tylko jeden kierunek, za to z dwoma przeciwnymi zwrotami (stąd strzałki w górę i w dół). W ten sposób dwa elektrony są *rozróżnialne*. Na orbitalu, czyli w pojedynczym „pudełku” w schematycznej reprezentacji, dozwolone są maksymalnie dwa elektrony.



Ryc. 3.10. Struktura elektronowa atomów opisana przez "orbitale": w wodorze atomowym pojedynczy elektron zajmuje orbital $1s$, w helu dwa elektrony zajmują ten sam orbital; w litie trzeci elektron znajduje się na orbitalu $2s$; dwie formy węgla, grafit - z dwoma elektronami na orbitalu $2s$ i dwoma na $2p$ lub diament - z jednym elektronem na orbitalu $2s$ i trzema na $2p$. ŹRÓDŁO: Autor

Zasada ta nazywana jest "zakazem" (lub zasadą) Pauliego. Przeformułujmy tę zasadę wykluczenia: co najwyżej dwa elektrony (ale o przeciwnych *spinach*) mogą zajmować ten sam orbital.

W dokładnym języku mechaniki kwantowej określa się to tak: "tylko jeden elektron może zajmować ten sam element przestrzeni fazowej". Mówiąc najprościej, dwa elektrony unikają się nawzajem, jak dwie kobiety w tej samej sukience na balu noworocznym. Ponieważ? Nie wiemy. Elektron jest mały, lekki, bez wewnętrznej struktury, więc możemy go nazwać "elementarnym". Ale jego *spin*, czyli kręt, wynosi $\frac{1}{2}$ (odpowiednich jednostek): i przez to elektrony się unikają...

3.7. Bohr: prawie pusty atom

Rysunki atomów, takie jak ten poniżej (3.11a), są błędne z kilku powodów. Po pierwsze, na tym samym typie orbitalu (kołowym na tym rysunku) mogą znajdować się tylko dwa elektrony: trzeci elektron krąży po orbicie, owszem, kołowej, ale znacznie bardziej odległej. Drugim powodem jest wielkość atomu i jego centrum, czyli jądro, które są poza skalą na poniższym rysunku. Orbita elektronu (w prostym modelu, stworzonym przez Nielsa Bohra w 1916 roku), o promieniu $0,53 \times 10^{-10}$ m, jest sto tysięcy razy (10^5) większa niż promień protonu ($0,88 \times 10^{-15}$ m).



Ryc. 3.11. (a) Schemat atomu, w tak zwanym modelu Bohra, jest błędny z kilku powodów: nie istnieją cztery orbity kołowe, ale tylko dwie; ogólnie rzecz biorąc, orbity nie są dobrze określone. (b) Elektron (który krąży wokół jądra) zachowuje się jak fala. Stacjonarne orbity są tylko te, dla których fala zamyka się w sobie, jak dekoracja tego spodka w kawiarni w Paryżu. (c) Planety, w przeciwieństwie do elektronów, krążą w tej samej płaszczyźnie (zwanej ekliptyką): siły grawitacyjne między planetami są przyciągające, między elektronami odpychające. Na tym rysunku orbity są w odpowiednich proporcjach, ale Słońce jest większe. ŹRÓDŁO: E.G. BLACKMAN, University of Rochester; Autor; Wikipedia (H. SMITH, L. GENEROSA), NASA.

Zakładając rozmiar jądra około jednego centymetra, elektron (również w promieniu¹⁰ kilku milimetrów) krążyłby w odległości jednego kilometra. Innymi słowy, atom jest prawie całkowicie pusty.

Nawet Układ Słoneczny jest prawie pusty: porównując Słońce (średnica 1,3 miliona km) do pomarańczy, Ziemia wygląda jak główka od szpilki, umieszczona w odległości 10 m. Ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby planety były bliżej lub dalej od Słońca: Merkury, który jest trzy razy bliżej Ziemi, patrz rys. 3.11c, nie spada na Słońce, ponieważ (zgodnie z prawami Keplera) po prostu obiega je szybciej¹¹ niż Ziemia. Co stoi na przeszkodzie, aby elektron znajdował się bliżej jądra niż promień Bohra? Mechanika kwantowa, a raczej kwantowa mechanika falowa.

Dla wyjaśnienia swego modelu atomu, Bohr postawił nieco sztuczny warunek na wielkość orbity: iloczyn promienia r orbity i prędkości v elektronu na tej orbicie jest całkowitą wielokrotnością znanej nam już stałej fizycznej, zwanej stałą Plancka, h .

$$mvr = nh \quad 3,1)$$

gdzie m jest masą elektronu. Była to arbitralna hipoteza aż do czasu pojawienia się innej interpretacji: mechaniki falowej. W 1924 roku

¹⁰ W przeciwieństwie do protonu, nie mamy bezpośrednich sposobów pomiaru promienia elektronu. Granica wyznaczona przez prawa fizyki klasycznej (elektrostatyk i szczególnej teorii względności Einsteina) wynosi $0,28 \times 10^{-15}$ m.

¹¹ Planeta Merkury wykonuje pełną orbitę w 88 dni.

absolwent historii, hrabia Louis de Broglie, napisał pracę doktorską z fizyki. W swojej pracy zakładał, że elektron, podobnie jak foton, może czasami wykazywać naturę falową. W rzeczywistości w fotokomórce telefonu komórkowego foton zachowuje się jak cząstka, w tęczy - jak fala (patrz rys. 2.9).

Długość fali elektronu, w modelu de Broglie'a, zależy od jego prędkości. A ponieważ ta z kolei musi być związana z promieniem orbity (poprzez prawa Keplera, które dotyczą również sił elektrycznych, a nie tylko grawitacji), otrzymuje się warunek Bohra (3.1): dla orbity stacjonarnej (tj. tak, aby elektron nie spadł natychmiast na jądro), długość fali musi "zamknąć się" w sobie (patrz rys. na filizance, 3.11b).

Inne rozumowanie prowadzi również do wniosku, że orbita elektona jest ogromna w porównaniu z rozmiarem jądra: innymi słowy, atom składa się głównie z próżni. Co by się stało, gdyby elektron przestał wirować i spadł na jądro? Dodatni ładunek protonu w jądrze znosi się z ujemnym ładunkiem elektronu i powstaje cząstka o prawie takiej samej masie jak proton, ale elektrycznie obojętna, neutron. Żegnajcie atomy, z całą ich różnorodnością chemiczną: zbiór neutronów jest nie do odróżnienia, jak stłoczone pingwiny na lodzie!

Czy skupisko neutronów może istnieć? Tak, gwiazdy, które kończą swoje życie, mogą się zapadać: siła grawitacji miażdży atomy, elektrony neutralizują się z protonami, a wszystko to tworzy gwiazdę neutronową¹². Słońce, składające się głównie z atomów wodoru i helu, stając się gwiazdą neutronową, miałoby średnicę 11 km, to znaczy zmniejszyłoby się o współczynnik 10^5 , ten sam czynnik, który rzuciliśmy na początku tego akapitu dla atomów. Atom, szczęśliwie dla chemii (i dla nas), jest prawie pusty. Zauważył to jako pierwszy angielski filozof średniowieczny, Robert Grossateste (1175-1253 r.). Ale też „postulaty” Bohra nadal pozostają nieco metafizyczne.

3.8. Schrödinger: funkcja falowa

Max Planck, aby wyjaśnić natężenia kolorów tęczy (tj. ciągłe widmo Słońca), musiał założyć, że światło jest wysyłane porcjami energii, zwanymi kwantami. Wąskie linie różnych kolorów, które emitują rozrzedzone a rozgrzane gazy, pokazują, że elektrony w atomach wyko-

¹² Dopiero niedawno, w 2017 roku, zaobserwowaliśmy fale grawitacyjne spowodowane zderzeniem dwóch gwiazd neutronowych: niezbity dowód na ich istnienie.

niują "skoki" z dobrze zdefiniowanych, tj. skwantyfikowanych, poziomów energii. Bohr był w stanie obliczyć te poziomy dla atomu wodoru, uzyskują prawie całkowitą zgodność z obserwowanymi liniami. Ale jego hipotezy były "postulatami". Co więcej, teoria kwantowa Bohra przewidywała pewne zjawiska, ale zawodziła w przypadku innych eksperymentów z elektronami.

Jednym z tych eksperymentów była praca opublikowana przez Carla Ramsauera na Politechnice w Gdańsku w 1920 roku. Badając przejście elektronów przez rozrzedzone gazy (argon, krypton), zauważył, że przy niskich energiach gazy te stają się prawie całkowicie przezroczyste. Przy wyższych energiach było inaczej: gazy pozostawały prawie nieprzeniknione, patrz rys. 3.12a.

Nic dziwnego, że szkło jest przezroczyste: ot i tyle! Nie! szkło nie jest przezroczyste, ale ani dla gumowych kulek, ani dla kamieni; jest przezroczyste tylko dla światła i to tylko dla światła widzialnego. Nie jest przezroczyste¹³ dla podczerwieni (stąd funkcja tafla szkła jako "grzejnika" w ogrodniczych szklarniach), ani dla ultrafioletu (ślady gogli pozostają, gdy ktoś opala się w okularach ze szklanymi soczewkami). Światło jest falą¹⁴!

Efektu Ramsauera nie można wyjaśnić, chyba że założy się, że elektrony też są falami i że ich długość tych fal zależy od energii. Zmieniając długość fali, w pewnych warunkach gazy stają się dla elektronów przezroczyste. Po pracy de Broglie'a stało się jasne, że elektron można opisać jako falę. Potrzebne było równanie.

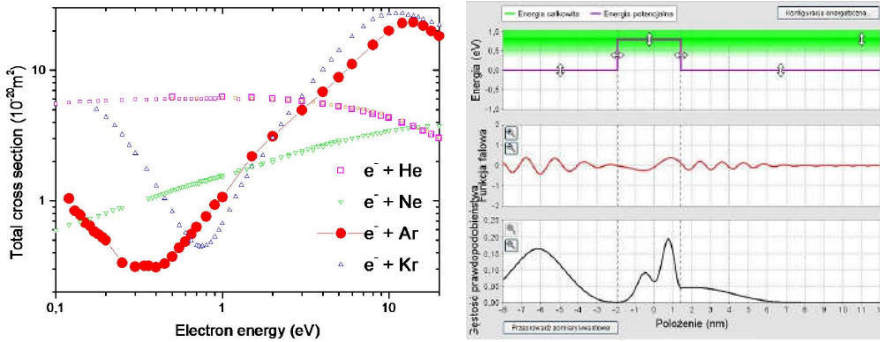
Równanie opisujące falę na jeziorze (lub na naprężonej strunie) ma postać

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = -c \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (3.2)$$

gdzie c jest prędkością rozchodzenia się fali, t jest czasem, x oznacza, że fala rozchodzi się wzdłuż tego kierunku i że oscylacje (w górę i w dół) zachodzą w kierunku y (∂ jest zmianą albo w kierunku x , albo zmianą w czasie).

¹³ Szkło składa się zasadniczo z tlenku krzemu, SiO_2 . Krystaliczny krzem, Si, jest metalicznie szary w świetle widzialnym, ale przezroczysty w podczerwieni.

¹⁴ Jak już mówiliśmy, w efekcie fotoelektrycznym (odpowiedzialnym za nasze widzenie) światło zachowuje się jako cząstka. Czymże więc jest? Z czym jest moneta? Orłem czy reszką? Wróćmy do problemu już zaraz.



Ryc. 3.12. Fizyka równania Schrödingera: (a) przy danej energii elektron może przejść przez niektóre gazy prawie bez przeszkód (minimum czerwonej krzywej wskazującej argon): pomiary "przekrojów", czyli "rozmiaru" atomu w funkcji energii kinetycznej elektronu. (b) Podobnie cząstka ma pewne prawdopodobieństwo (dolna krzywa) przekroczenia bariery potencjału (górny prostokąt); czerwona krzywa pokazuje funkcję falową, a czarna krzywa (dolny panel) prawdopodobieństwo znalezienia elektronu: elektron może przejść, może zostać odbity, ale także uwięziony na pewien czas wewnątrz bariery. ŹRÓDŁO: Autor, Rozprawa habilitacyjna; PhET University of Colorado, parametry symulacji GK.

Nie musimy wchodzić w szczegóły tematu, aby zrozumieć, że równanie opisujące ruch elektronu (o masie m) jest podobne:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \quad (3.3)$$

Matematyka jest nieco bardziej złożona, używa liczby urojonej i , a elektron (tj. jego położenie w przestrzeni i czasie) jest opisany przez "funkcję falową" Ψ . Używana jest stała \hbar , tj. stała Plancka h podzielona przez 2π (dzięki temu łatwiej rozumiemy, że funkcja falowa elektronu w atomie zamyka się na pełnym okręgu, patrz rys. 3.11b).

Powyższe równanie, zaproponowane w 1927 roku przez Erwina Schrödingera, różni się nieco od równania fal na jeziorze (lub świetle). Światło (w próżni) zawsze rozchodzi się z tą samą prędkością, podobnie - dźwięk (w powietrzu). Ale elektrony w doświadczeniu Ramsaera możemy przyspieszać do dowolnej prędkości. Równanie Schrödingera, obowiązujące dla elektronów, musi to uwzględniać. Stało się ono naszym kluczem do zrozumienia mikro-świata.

Elektron zachowuje się jak fala nie tylko wtedy, gdy przechodzi przez atom: jest również odbijany (i częściowo¹⁵ przechodzi) przez barierę, patrz rys. 3.12b. W tym przypadku elektron (i inne ciała mikrokosmosu) różnią się od ciał makrokosmosu, takich jak piłka tenisowa. Ta ostatnia, jeśli zostanie uderzona poniżej krawędzi siatki tenisowej, nie przejdzie na drogą stronę boiska: elektron może, z pewnym prawdopodobieństwem, przejść, nawet jeśli nie ma energii (kinetycznej) większej niż bariera potencjału. Oj! Znow trudne słowa!

Prawdopodobieństwo znalezienia elektronu w danym miejscu opisuje wspomniana funkcja falowa Ψ (a raczej: "moduł" tej funkcji, czyli jej kwadrat, patrz rys. 3.12b). W fizyce klasycznej możliwe było określenie położenia cząstki w dowolnym momencie. W fizyce kwantowej mówimy tylko o *prawdopodobieństwie* znalezienia cząstki w danym miejscu.

Równanie Schrödingera stworzyło poważne problemy pojęciowe: elektron, cząstka prawie punktowa, zachowuje się jak rozciągnięta fala - czasami przechodzi przez barierę, innym razem odbija się (i przez pewien czas jest uwięziony wewnątrz bariery). Fizyka straciła swoją klasyczną pewność. Albo raczej: zabroniono nam (poprzez równanie Schrödingera?) posiadanie tej klasycznej, naukowej pewności.

3.9. Heisenberg: pewność niepewności

Równanie Schrödingera opisuje położenie elektronu (lub innego obiektu w mikrokosmosie¹⁶: jądra, cząsteczki, grupy atomów) w funkcji czasu. Ale równanie to, traktując elektron jako falę, nie pozwala na precyzyjne określenie jego położenia, a opisuje jedynie "rozkład prawdopodobieństwa" (patrz rys. 3.12b). Innymi słowy, nie możemy znać z "całą pewnością" lokalizacji cząstki.

Wydaje się to nierozsądne: aby poznać położenie stołu trzeba je po prostu zmierzyć, a nawet wystarczy jedynie "rzucić okiem". Ale to "rzucenie" oznacza wysłanie fotonu w kierunku stołu i zebranie odbitego fotonu. Ta operacja nie wpływa na położenie stołu, ale na położenie lekkiego elektronu - tak!

¹⁵ "Częściowo przejdzie" nie jest całkowicie poprawnym stwierdzeniem: funkcja falowa opisuje *prawdopodobieństwo*, że elektron przejdzie. Innymi słowy, opisuje, ile elektronów, wystrzelonych w dużej ilości, przekracza barierę.

¹⁶ Nie tylko elektron jest opisany funkcją falową, ale także piłką tenisową; Tyle tylko, że dla ciężkich obiektów (tj. dużych mas w równaniu 3.1) efekty "falowe" są małe i mechanika klasyczna wystarcza do opisanie ich ruchu.



Ryc. 3.13. (a) Obiekty mikrokosmosu w skali makro zachowują się jak obiekty klasyczne: w komorze "bąbelkowej" cząstka *alfa* (2 neutrony + 2 protony) uderza w (lżejszy) proton w atomie wodoru: kąt uderzenia jest ostry. Zdjęcie pokazuje również zasadę Heisenberga; ślady nie są ciągłe: tam, gdzie jest punkt, cząstka *alfa* uderzyła w jakiś elektron (wtedy jej pozycja jest dobrze określona), ale nie znamy kierunku i prędkości cząstki; pomiędzy dwoma punktami możemy wydedukować prędkość, ale nie znamy pozycji pośrodku. (b) Obiekty mikrokosmosu zachowują się jak fale: wiązka elektronów przechodzi przez dwie bardzo wąskie szczeliny (zbudowane z potencjału elektrycznego). Pomimo faktu, że elektrony przechodzą jeden po drugim, na ekranie powstaje obraz "falowy", tak jakby następny elektron wiedział, gdzie spadł poprzedni. Oczywiście elektron nie "wie", że rządzi nim równanie wymyślone przez Schrödingera. ŹRÓDŁO: H. HAKEN, H.C. WOLF, *Atoms and quanta*; HITACHI LTD. (Youtube).

Z eksperymentalnego punktu widzenia w mechanice kwantowej pomiar wpływa na mierzony obiekt. Matematycznie każdy inny pomiar oznacza wykonanie innej operacji na funkcji falowej. Okazuje się, że nawet matematycznie jeden pomiar wpływa na drugi: jeśli zmierzmy położenie elektronu, zmienimy jego prędkość, i kolejny pomiar prędkości będzie nieprawidłowy.

Zasada ta została po raz pierwszy zauważona przez Wernera Heisenberga (1901-1976): niektóre pary pomiarów, takie jak położenie i prędkość, energia i czas, nie mogą być mierzone z większą precyzją niż stała Plancka, a w rzeczywistości $\hbar/2$ lub $\hbar/4$ (fizycy teoretyczni nadal nad tym dyskutują).

Zasadzie Heisenberga często przypisuje się "magiczny" sens: między jednym a drugim punktem trajektorii elektronów nie wiemy, co się dzieje; elektrony w eksperymencie z dwiema bardzo wąskimi szczelinami zachowują się jak fala. Tak! *zachowują się*, ale nie *są* falą. Elektron nie znika między kolejnymi zderzeniami w komorze mgłowej, po prostu my go *nie* wykryliśmy.

3.9.1. Kryptografia kwantowa

Prawa mechaniki kwantowej (tj. mechaniki falowej) są sprzeczne z intuicją: pomimo największej dokładności nie możemy określić pewnych wielkości fizycznych: nawet znając położenie, nie znamy prędkości (nie wolno jej znać: zabrania tego zasada Heisenberga), więc nie możemy *przewidzieć* przyszłego położenia.

Matematyczne zależności między obiektami kwantowymi są źródłem jeszcze innych „paradoksów”. Korzystając z dwóch elektronów atomu helu (z ich przeciwnymi *spinami*), możemy wysłać wiadomości, które pozostają powiązane nawet na duże odległości. Tak zwana kryptografia kwantowa jest całkowicie bezpiecznym sposobem wysyłania informacji: każda próba szpiegowania części serii 0/1 wiadomości całkowicie ją usuwa. Jak to działa? Dobre pytanie! Słowami jednego z twórców tej gałęzi fizyki, Pawła Horodeckiego, jesteśmy w stanie opisać matematyczne sformułowanie, zakodować komunikaty, rozszyfrować je, ale nie wiemy, jak to *działa*. Nasza intuicja świata zewnętrznego po prostu kończy się tutaj.

3.10. Maria Skłodowska-Curie: dzielenie niepodzielnego

Atom jest niepodzielny, ale tylko mechanicznie. Już w lampie neonowej prąd elektryczny płynie przez gaz, ponieważ niewielka część atomów traci elektrony. Reakcja, na przykładzie atomu głównego gazu w lampach "energooszczędnych" – argonu, Ar, zachodzi w wyładowaniu elektrycznym: jeden atom Ar traci elektron (czyli ujemny ładunek elektryczny) i tworzy jon (o ładunku dodatnim)



Elektrony są cząstkami, które przenoszą prąd elektryczny w miedzianym drucie; są to cząstki, które rysują obraz na ekranie starego telewizora (z tak zwaną "lampą kineskopową"); są to cząstki, które przyspieszone w lampie ("magnetronie") kuchenki mikrofalowej generują promieniowanie ogrzewające żywność (w szczególności zawierającą wodę). Nazwa „elektron” oznacza po grecku "bursztyn", gdyż potarty bursztyn "elektryzuje się"¹⁷, a w konsekwencji przyciąga kurz.

¹⁷ Nie wiemy szczegółowo, jak przebiega ten proces, pomimo wieków badań, począwszy od czasów Alessandra Volty (1745-1827) i wynalezienia jego "stosu", czyli „baterii”.

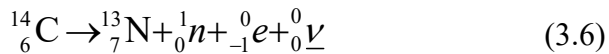
Elektrony są głównymi składnikami całej materii i, jak wykazały ostatnie eksperymenty przeprowadzone, między innymi, we włoskim laboratorium Gran Sasso, są stabilne (tj. wieczne): ich czas życia przekracza wiek Wszechświata.

Jon Ar^+ , który powstaje w reakcji (równanie 3.4), przenosi ładunek dodatni, ponieważ dodatni jest ładunek protonów, które tworzą jądro. Jądro argonu zawiera 18 protonów (tyle samo co elektronów) plus podobną liczbę neutronów.

To Polka, Maria Skłodowska-Curie (1865-1925) odkryła, że nie tylko atomy, ale także ich jądra mogą się dzielić. Pierwszej obserwacji takiego zdarzenia dokonał Henry Becquerel (w 1897 r.), który zauważył, że fotograficzna płyta graficzna czernieje w pobliżu soli uranu. Później odkryto, że jądra uranu zawierające 92 protony i 146 neutronów (tj. 238 neutronów i protonów razem) mogą przekształcać się w inne jądra (tor, z 90 protonami i 144 neutronami) poprzez emisję cząstki złożonej z dwóch protonów i dwóch neutronów (tzw. cząstka *alfa*, która w rzeczywistości jest jądrem helu). Schematycznie, biorąc pod uwagę liczbę elektronów (którą zapisujemy u dołu) i łączną liczbę protonów i neutronów (zapisaną u góry), mamy:



Sto lat po pracach Marii Curie i Henri Becquerela wiemy, że tylko niektóre jądra są stabilne, takie jak węgiel z 6 protonami i 6 neutronami. Węgiel z 8 neutronami, o wzorze ${}^{14}\text{C}$, powstaje w atmosferze¹⁸ pod wpływem promieniowania kosmicznego i rozpada się, zmniejszając o połowę swą ilość w ciągu 5730 ± 40 lat. W transformacji radioaktywnej jeden z neutronów zamienia się w proton, a także emitowany jest elektron oraz bardzo trudna do wykrycia cząstka, neutrino, przewidziana przez włoskiego fizyka Enrico Fermiego. W symboliczny sposób możemy zapisać tę reakcję jako

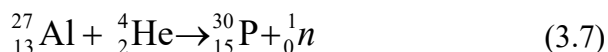


gdzie n oznacza neutron (masa 1, ładunek 0), e – elektron (masa 0, ładunek -1), ν – antyneutrino (masa i ładunek = 0). Ten rozpad, w którym powstaje elektron, nazywany jest *beta*, czyli literą, która została

¹⁸ Próbne wybuchy jądrowe w latach 1950-1970 przyczyniły się do wzrostu zawartości ${}^{14}\text{C}$ w atmosferze.

nadana promieniom emitowanym (tj. elektronom), gdy zostały one zaobserwowane przez Marię Skłodowską-Curie.

W 1937 roku córka Marii Curie, Irène Joliot-Curie, i jej mąż Frédéric odkryli, że rozpad promieniotwórczy może być również sztucznie wywołany. Zaobserwowali, że jądro aluminium absorbujące cząstkę *alfa* zamieniło się w radioaktywne jądro fosforu, emitując neutron, zgodnie z reakcją.



Jądro fosforu jest radioaktywne i w ciągu kilku minut¹⁹ przekształca się, przez emisję elektronu, w krzem, izotop ³⁰Si. Człowiek spełnił swoje odwieczne marzenie: przemienić jeden pierwiastek chemiczny w drugi.

Skąd te wszystkie reakcje? To one pozwoliły na powstanie wszystkich pierwiastków chemicznych wewnątrz "pieca jądrowego", czyli wewnątrz gwiazdy proto-Słońca. A bez tych elementów nie byłoby życia i my też byśmy nie istnieli. Ktoś powiedział, że powstaliśmy z gwiazdowego pyłu.

3.11. Energia gwiazd

Jeszcze sto lat temu nie było wiadomo, jakie jest źródło energii Słońca. W 1897 roku słynny fizyk, Lord Kelvin (który wynalazł absolutną skalę temperatury), ewidentnie pomylił wiek Słońca (szacując go na zaledwie 50 milionów lat): wierzył, że źródłem energii Słońca jest jego zapadanie się pod wpływem siły grawitacji. W rzeczywistości już wtedy było wiadomo, że rozpady promieniotwórcze "wytwarzają" energię, jak na przykład w przypadku uranu, ale nie tylko: znacznie więcej (o tej samej masie) otrzymuje się z *syntezy* helu z dwóch jąder ciężkiego wodoru, patrz rys. 3.14a:

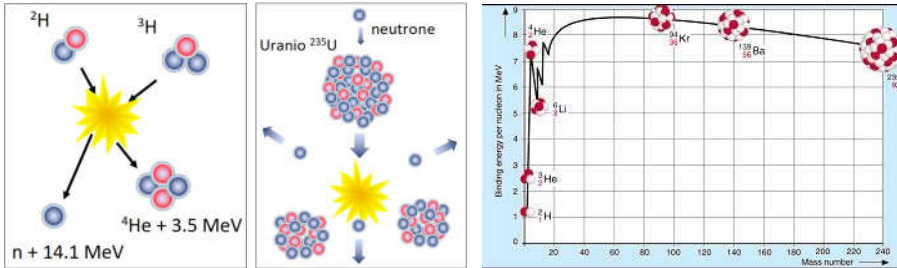


Chociaż dwa protony (w atomach wodoru) odpychają się nawzajem (będąc dwoma ładunkami dodatnimi), na niedużych odległościach

¹⁹ Radioaktywny okres półtrwania izotopu ³⁰P wynosi 2,5 minuty.

neutrony i protony wzajemnie się przyciągają. Ponieważ siła netto jest przyciągająca, powstaje jądro helu i uwalniana jest duża ilość energii.

Sytuacja jest podobna spalania gazu w domowej kuchence: z metanu i tlenu powstają inne związki (para wodna i dwutlenek węgla) a nadmiar energii zamienia się w ciepło płomienia. W reakcjach nuklearnych uwalniana energia netto jest znacznie większa i ostatecznie zamienia się w ciepło, dużo ciepła.



Ryc. 3.14. (a) Synteza jądra helu, jak w elektrowni termojądrowej (i w sercu Słońca), odbywa się z dwóch jąder ciężkiego wodoru (deuteru i trytu); wytwarzane jest jądro helu, neutron i 17,6 MeV energii kinetycznej (w praktyce oznacza to ciepło). (b) Rozszczepienie jądra uranu ^{235}U : jądro pochłania jeden neutron i dzieli się na dwa fragmenty w przybliżeniu (ale nie dokładnie) równej masie; emitowane są również dwa lub trzy neutrony i uwalniane jest mnóstwo energii. (c) Energia wiązania nukleonów (tj. protonów lub neutronów) dla różnych atomów od wodoru do uranu: najbardziej stabilnym jądrem jest jądro żelaza ^{56}Fe ; jądro helu ^4He również jest nadzwyczaj silnie związane; ŹRÓDŁO: (a, b) T. Wróblewski; c) Eur. Nuclear Society.

Jeśli reakcje chemiczne, takie jak tworzenie cząsteczki CO_2 , spalanie węgla uwalniają energię kilku eV (elektronowoltów), tworzenie jądra helu z atomów wodoru daje aż 14,4 MeV (milion razy więcej).²⁰

Tak więc w reakcjach syntezy jądrowej (helu z wodoru, węgla i tlenu z helu²¹ itp.) uwalniana jest ogromna ilość energii: jest to mechanizm, który pozwala gwiazdom świecić, a naszemu Słońcu podtrzymywać życie na Ziemi.

Jest jednak "ale": synteza ciężkich jąder odbywa się aż do żelaza; powyżej żelaza synteza nie jest już korzystna z punktu widzenia energetycznego. Bardzo ciężkie jądra stają się niestabilne; korzystne energetycznie staje się ich rozszczepienie. Zależności te przedstawiamy na

²⁰ Oczywiście, zgodnie z $E = mc^2$, gdy energia jest uzyskiwana w syntezie helu, masa maleje, ale w niezauważalny sposób (mniej niż 1%).

²¹ Reakcja syntezy węgla zachodzi z pośrednim etapem berylu, patrz rys. 9.4 w ostatnim rozdziale tej książki.

wykresie 3.14c. Od wodoru do helu (niskie liczby na osi masy) krzywa wznosi się: cięższe jądra mają wyższą energię wiązania; powyżej żelaza krzywa opada, a energia wiązania (w przeliczeniu na jeden proton lub neutron) spada.

Skąd to zależność? Szczegółów nie rozumiemy: zaobserwowano to eksperymentalnie. Dlaczego nie potrafimy tego obliczyć? Ponieważ mechanika kwantowa działa dobrze dla atomu wodoru, gdzie energia wiązania wynosi 13,6 eV; podczas gdy dla fizyki jądrowej energie stają się mega-elektronowoltami (MeV) i potrzebne są znacznie bardziej skomplikowane obliczenia, niż pozwalają na to obecne metody.

Krzywa przedstawiona na rys. 3.14c jest kluczem do pojawienia się Układu Słonecznego: nastąpił kolaps gwiazdy, powstanie ciężkich jąder w „piecu” gwiazdy neutronowej, jej eksplozja jako supernowa, a dopiero później "koagulacja" materii wyrzuconej w postaci planet (komet, satelitów itp.). W ten sposób powstały ciężkie pierwiastki, takie jak selen, miedź, cynk - niezbędne dla życia, i najcięższe jak uran.

Bez wątpienia duża ilość żelaza powstałego w proto-Słońcu była niezbędna dla zaistnienia pola magnetycznego na Ziemi. A to, znowu, jest przyjazne dla życia, jak to omówimy w IV rozdziale.

3.12. Cząstki "elementarne"

Do połowy XX wieku świat cząstek subatomowych zawierał: elektron o ujemnym ładunku²² o wartości $-e$, proton o ładunku dodatnim $+e$, neutron o ładunku zerowym. Ze wszystkich trzech cząstek wiadomo było również, że charakteryzują się one własną rotacją²³ (*spinem*), która w jednostkach "atomowych" wynosi $\frac{1}{2}$. Wierziono również, że elektron, proton i neutron są "elementarnymi" cząstkami-kulkami, to znaczy nie są już podzielne.

Pewne wątpliwości wynikały z faktu, że w niektórych rozpadach (wspomnianych *beta-minus*) neutron rozpada się na proton i elektron, podczas gdy w innych bardzo podobnych rozpadach proton rozpada się na neutron i elektron o ładunku dodatnim, zwany pozytonem. Ten elektron o ładunku dodatnim został teoretycznie przewidziany, jako

²² Gdzie $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C: jeśli przez przewód elektryczny przepływa prąd o natężeniu 1,6 Ampera (czyli typowy dla pralki), oznacza to 10^{19} elektronów na sekundę.

²³ Zasady zachowania odnoszą się również do *spinu*: rozpad neutronu na proton plus elektron wydawał się naruszać tę zasadę, więc istnienie neutrina okazało się konieczne. Neutrino oprócz spinu $\frac{1}{2}$ unosiło część energii, której brakowało w bilansie rozpadu beta.

niezamierzony wynik, przez Paula Diraca (1902-1984): połączył on mechaniką kwantową Schrödingera z teorią Einsteina.

Po odkryciu sztucznych reakcji jądrowych (równanie 3.7), postanowiono stworzyć specjalne reaktory, patrz rys. 3.15, które mogą "wstrzyknąć" protony (lub cząstki *alfa*) do innych jąder.



Ryc. 3.15. (a) Pierwszy akcelerator protonów, synchrotron (tutaj konstrukcja Cambridge) zajmował powierzchnię stołu. (b) Dzisiejsze akceleratory, takie jak synchrotron hamburski, mają rozmiary setek metrów, jeśli nie dziesiątek kilometrów, jak ten w CERN w Genewie. ŹRÓDŁO: GK; (C) DESY, Hamburg, 2015.

Tak więc w 1934 roku zbudowano pierwszy "akcelerator", czyli urządzenie do przyspieszania do wielkich prędkości naładowanych cząstek, takich jak protony (które, pamiętajmy, są jądrami wodoru). Podobnie jak w neonowej lampie, elektrony wyładowania elektrycznego, przyspieszone napięciem sieciowym 220 V, uderzają w atomy argonu i wyrzucają z nich elektron, przypuszczano, że protony (lub elektrony) przyspieszane napięciami milionów woltów, mogą rozбивać jądra. Wraz ze zbudowaniem pierwszego akceleratora (fot. 3.15a) otworzyła się droga dla niezliczonych nowych reakcji, dobrze sterowalnych, w przeciwieństwie do reakcji indukowanych naturalnym promieniowaniem kosmicznym (jak powstawanie węgla ^{14}C).

Wkrótce odkryto, że istnieją nie tylko dodatnio naładowane elektrony, ale także ujemnie naładowane protony (antyprotony). Pojawiło się kilka pytań: co składa się z czego? Neutron z protonu plus elektron czy proton z neutronu i antyelektronu (pozytonu)? A co się stanie, jeśli antyproton dołączy do antyelektronu? Czy powstaje atom antywodoru? Identyczny czy nie z atomem wodoru? Znacznie wyprzedzając czas, możemy powiedzieć, że są to jedne z najbardziej palących pytań w dzisiejszej fizyce i ktokolwiek na nie odpowie, otrzyma Nagrodę Nobla. A może nawet dwie - jak Maria Curie-Skłodowska.

3.13. Niewidzialne, przenikliwe, niebezpieczne, korzystne

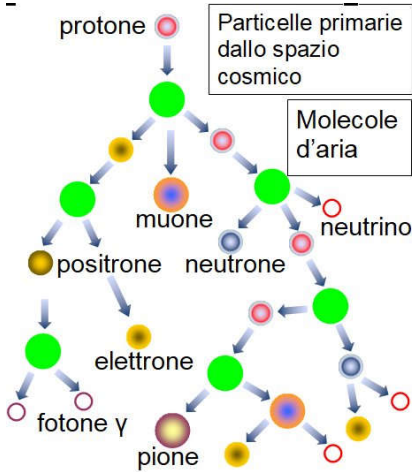
Promieniowanie jądrowe, takie jak cząstka *alfa* emitowana w reakcji (3.8), przenosi energię i z tego powodu może jonizować nie tylko atomy (rozdział 3.4), ale także bardziej złożone cząsteczki, takie jak DNA. W reakcjach jądrowych emitowane są nie tylko cząstki, ale także energia, w postaci fal elektromagnetycznych. Ale w przeciwieństwie do lampy neonowej, w której powstaje widzialne fale elektromagnetyczne (tj. światło), w reakcjach jądrowych emitowane są znacznie bardziej energetyczne fale gamma. Aby dać wyobrażenie, światło czerwone ma energię odpowiadającą 2 eV (czyli energię elektronu przyspieszoną napięciem 2 woltów), kwanty gamma mogą mieć 2 MeV, a w głębokim kosmosie nawet 2 Giga (miliardy eV, GeV).

Źródła promieniowania są różne: rozpady promieniotwórcze w skorupie ziemskiej (to sprawia, że skorupa jest nadal płynna, 4,5 miliarda lat po jej uformowaniu się), radioaktywne atomy w materiałach użytych do budowy (cement), radioaktywny gaz radon, który powstaje w rozpadzie uranu (dlatego wychodzi ze skał, zwłaszcza na terenach post-wulkanicznych), energetyczne cząstki, które pochodzą z odległych centrów galaktyk, i wreszcie nasze Słońce, itp.

Energetyczna "cząstka" *promieniowania* elektromagnetycznego może wielokrotnie jonizować cząsteczki DNA w tkance biologicznej. Dlatego promieniowanie jądrowe jest niebezpiecznym czynnikiem rakotwórczym. Ale jednocześnie ich biologiczne działanie niszczące jest stosowane w leczeniu raka. W zależności od charakteru nowotworu, który ma zostać zniszczony, mogą być użyte protony, czyli ciężkie cząstki do płytkich zabiegów lub wysokoenergetyczne fale elektromagnetyczne (promieniowanie gamma), które przenikają przez całe ciało.

Termin "promienie" pochodzi z czasów Marii Skłodowskiej-Curie, kiedy ślady promieniowania emitowanego przez uran (i produkty jego rozpadu) obserwowano na kliszy fotograficznej (trochę jak na rys. 3.13a). Poprzez przyłożenie pola magnetycznego część "promieni" została odchylona w prawo (*alfa*), część w lewo (*beta*), a część kontynuowała bez zakłóceń. Od tego czasu nazwy pozostały takie same, pomimo podstawowych różnic: promienie *gamma* to promieniowanie elektromagnetyczne (jak światło), *promienie beta* to szybkie wiązki elektronów, a promienie *alfa* to jądra helu (czyli dwa protony i dwa neutrony). Więcej: w promieniowaniu kosmicznym (i akceleratorach

jądrowych), szybkie cząstki (a nawet promieniowanie *gamma*) mogą indukować powstawanie innych cząstek, zgodnie ze wzorem $E = mc^2$.



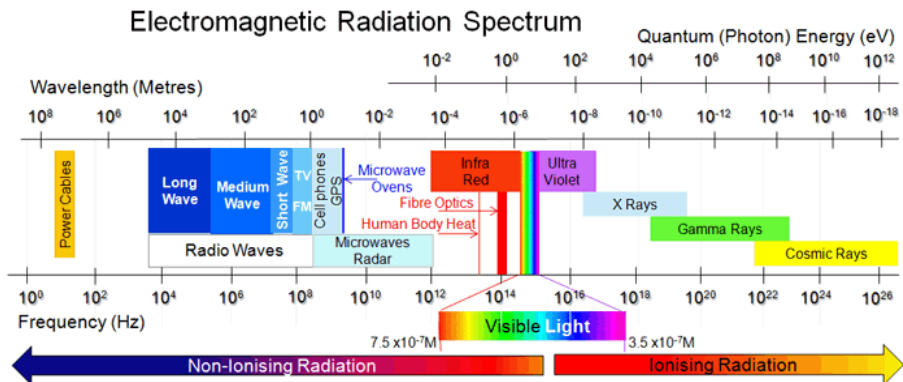
Ryc. 3.16. "Deszcz" cząstek elementarnych (elektronów, pozytonów, mionów, neutronów) jest generowany przez wysokoenergetyczny proton pochodzący z promieniowania kosmicznego. Wszystkie te cząstki, włączając promieniowanie *gamma*, mogą powodować uszkodzenie struktury DNA, wywołując w ten sposób mutacje. Mutacje dla jednostki są zwykle śmiertelne, ale w skali globalnej mutacje są jednym z mechanizmów ewolucji biologicznej (diagram nie jest precyzyjny i jest przedstawiony wyłącznie w celach ilustracyjnych). ŹRÓDŁO: Projekt własny.

Rysunek 3.17 pokazuje "widmo" fal elektromagnetycznych, od tych mało energetycznych (takich jak fale radiowe o długości kilku kilometrów), bardziej energetycznych (takich jak mikrofały, o długości kilku milimetrów), światła widzialnego od 0,760 mikrometra (μm) koloru czerwonego do 0,380 μm światła fioletowego, poprzez światło ultrafioletowe, które jest już niebezpieczne dla DNA, promieniowanie rentgenowskie (około 1 \AA , tj. 0,0001 μm) do promieni gamma. Trudno jest ustalić dolną i górną granicę dla tych długości fal.²⁴

Ludzkie oko widzi tylko ułamek widma fal elektromagnetycznych (ale jego zdolności poznawcze są cudem natury). Za pomocą specjalnych anten możemy skanować zarówno odległy, jak i nano-skopowy Wszechświat. Praktycznie nic nie umknie nam z całego spektrum cząstek ani promieniowania: z wyjątkiem tego, czego nie *znamy*...

Bez wątpienia jesteśmy zanurzeni w *oceanie niewidzialnych fal i cząstek*. Odkrycie fal milimetrowych przenikających cały kosmos pomogło dostarczyć decydujących argumentów na rzecz wiedzy o początku Wszechświata. Więcej o tym później. Skończymy opis naszego *zoo* cząstek elementarnych.

²⁴ Na przykład fale grawitacyjne, które nie są elektromagnetyczne, mają długość fali sięgącej km.



Ryc. 3.17. Widmo fal elektromagnetycznych, od fal radiowych, dłuższych (ale mniej energetycznych) i mikrofalowych, po promieniowanie rentgenowskie i promieniowanie gamma pochodzenia kosmicznego. Światło widzialne, między 760 a 380 nm (co odpowiada energii od 1,6 do 3,2 eV), stanowi niewielką część całego widma. ŹRÓDŁO: Woodbank, <https://www.mpoweruk.com/images/emspectrum.gif>.

3. 14. Gell-Mann: kwarki

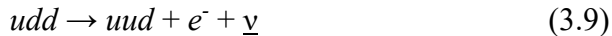
Jeśli rozpad *alfa*, reakcja (3.5), jest łatwa do wyjaśnienia jako rozszczepienie jądra (nawet jeśli jeden z fragmentów jest małej w porównaniu z innym), rozpad *beta* (3.6) wymaga przemiany. Odkryto również, że oprócz rozpadów *beta*, w których neutron wydaje się zmieniać w proton plus elektron, jak to się dzieje w potasie ^{40}K (składniku naszej krwi), istnieją jądra, które rozpadają się w odwrotny sposób: proton zamienia się w neutron i pozyton. W ten sposób dawne określenie „składać się z” nie ma już zastosowania. Nawet jeśli neutron jest nieco cięższy od protonu, suma mas produktów rozpadu nie odpowiada masie pierwotnej cząstki²⁵. Tutaj wchodzi w grę słynny wzór Einsteina na równoważność energii i masy: $E = mc^2$. Brakująca masa składników jest równoważona nadwyżce energii, a także odwrotnie: pochłaniając energię można tworzyć cięższe obiekty ze składników, które razem nie miałyby wystarczającej masy.

Dwaj polscy badacze, Marian Danysz i Jerzy Pniewski, w 1951 roku zaobserwowali na płycie fotograficznej zderzenie promieniowania kosmicznego, które wytworzyło cząstkę podobną do protonu, ale nie-

²⁵ Masa neutronu (jak już wspomniano) wynosi $m_n = 939,5654133(58) \text{ MeV}/c^2$ (c jest prędkością światła potrzebną do przeliczenia jednostki miary, nawiasy wskazują, że niepewność dotyczy tylko dwóch ostatnich podanych cyfr). Masa protonu $m_p = 938,2720813(58) \text{ MeV}/c^2$ i masa elektronu $m_e = 0,5109989461(13) \text{ MeV}/c^2$. Więc, $m_p + m_e < m_n$. Masa neutrina nie jest znana, ale z pewnością bardzo mała, rzędu kilku eV.

stabilną²⁶; nazywali ją "dziwną" (*strange*). W ciągu kilku lat odkryto dziesiątki dziwnych cząstek, które zdawały się tworzyć rodziny.

W 1963 roku dwaj fizycy teoretyczni, Murray Gell-Mann i Georg Zweig, wysunęli hipotezę, że ani neutrony, ani protony nie są cząstkami elementarnymi, ale złożonymi obiektami, składającymi się z trzech mniejszych, dwóch typów: cząstki dodatniej o ładunku elektrycznym $+2/3$ i ujemnej o ładunku $-1/3$, które Gell-Mann nazwał "kwarkami".²⁷ Dodatkowo kwarki zostały nazwane „górnymi” (*up*), ujemne „dolnymi” (*down*). Tak więc proton składa się z dwóch kwarków górnych i jednego dolnego, podczas gdy neutron składa się z dwóch dolnych i jednego górnego. Rozpad neutronu na proton w reakcji *beta* polega na przemianie kwarka dolnego na kwark górny z emisją elektronu (i antyneutrino):



oraz rozpad *beta-plus* (w którym powstaje elektron z ładunkiem dodatnim, czyli pozytonem) w reakcji



Niewiadomych w świecie kwarków pozostaje wiele. Nie możemy przewidzieć ich czasów życia ani ich mas; nie do końca rozumiemy, dlaczego tworzą tylko dwa rodzaje związków: pary kwark-antykwar (takie jak *mezon J/Ψ* lub *mezon K*) lub trzy kwarki (tworząc takie cząstki jak neutron, proton i ich odpowiedniki z cięższymi kwarkami).

W neutronie i protonie kwarki są związane siłami, które rosną wraz z odległością; próba rozdzielenia ich poza rozmiar protonu (10^{-15} m) wymaga siły równej sile wymaganej do podniesienia samochodu. Mówimy więc o uwięzionych kwarkach: żadne doświadczenie nie wykazało istnienia izolowanych kwarków.

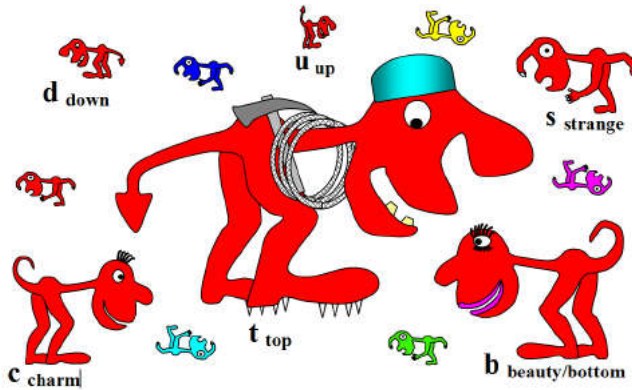
Niektóre teorie (które jednak nie mają eksperymentalnej weryfikacji) przewidują, że w bardzo wysokich temperaturach (10^{14} K) protony, neutrony i mezony mogą "rozpuszczać się" w plazmie lub w "zupie" wolnych kwarków. Bez wątplenia te formy materii byłyby bardzo egzotyczne, *nieuporządkowane* i *niestabilne*, wcale nie podobne do

²⁶ Czas życia protonu, oszacowany eksperymentalnie, przekracza wiek Wszechświata.

²⁷ Murray Gell-Mann wyjaśnia pochodzenie nazwy "kwark": "W 1963 roku, kiedy nazwałem te cząstki 'kwarkiem', po raz pierwszy pomyślałem o brzmieniu słowa, które mogło być *quo:k*. Potem, podczas przypadkowej lektury *Finnegans Wake* Jamesa Joyce'a, natknąłem się na słowo "kwark" w wierszu: Trzy kwarki dla Muster Marka. M. GELL-MANN, *Il quark e il giaguaro. Avventura nel semplice e nel complesso* (Kwark i jaguar. Przygoda z prostym i ze złożonym), Bollati Boringhieri, Turyn 2000, s. 211.

normalnej materii ("ziemi", używając terminologii Księgi Rodzaju). Niektóre spekulacje astrofizyczne przewidują nawet gwiazdy zbudowane z kwarków swobodnych (małe, ale bardzo ciężkie gwiazdy: może czarne?), ale znowu brakuje wskazań eksperymentalnych.

Odkrycie trzech generacji kwarków (z których tylko pierwsza, lżejsza jest stabilna), z ich rosnącą masą, doprowadziło fizyków do pomysłu, że zbliżyli się na kilka chwil od Wielkiego Wybuchu.



Ryc. 3.18. Trzy generacje kwarków, według dr. T. Wróblewskiego: 1) pierwsza, najlżejsza, istniejąca w materii (dziś, czyli normalnej) utworzona przez dwa kwarki: „górną” *up* i „dolną” *down* (patrz na ogon); 2) druga, cięższa i bardziej niestabilna (żyje miliardową część sekundy) utworzona przez kwark dziwny (*strange*) i kwark „powabny” (*charm*); 3) trzecia, zawierająca kwark „niski” (*bottom*) i „wysoki” (*top*) została odkryta w zderzeniach w gigantycznych akceleratorach cząstek w USA. Kierunek pyska wskazuje znak ładunku elektrycznego (prawy – ładunek dodatni); wymiary odpowiadają (a właściwie ich czwarta potęga) - masie. Kwarki mogą mieć 3 kolory (czerwony, niebieski, zielony); istnieją również anty-kwarki o tej samej masie, ale o przeciwnym ładunku elektrycznym i uzupełniającym "kolorze" (anty-kolor zieleni to magenta itp.). Za tymi prostymi wizualizacjami kryją się trudne teorie kwantowe. ŹRÓDŁO: Autor i T. Wróblewski

Wielkie masy kwarków dziwnych i powabnych, które odpowiadają ich wielkiej energii (ponownie według $E = mc^2$), można porównać do ogromnych temperatur: nie miliony, ale setki miliardów stopni. Takich, jakie „panowały” w ciągu pierwszych miliardowych części sekundy istnienia naszego Wszechświata. Następnie najcięższe kwarki rozpadły się na inne, lżejsze, w ciągu milionowych części sekundy. Tak więc, odkrywając ciężkie kwarki w akceleratorach cząstek, odtworzyliśmy warunki Wszechświata w pierwszej sekundzie jego życia. Fizycy są o tym przekonani...

3.15. Weinberg: pierwsze trzy minuty²⁸

Różne rozpady jądrowe, reakcje w jądrach wywołane przez bombardowanie innymi cząstkami, nieskończoność (dziś kilka tysięcy) możliwych aglomeratów sześciu kwarków i sześciu anty-kwarków: wszystko to wskazuje, że obserwowana dziś obecność wodoru i helu w gwiazdach (czyli źródło życia na Ziemi) wcale nie była z góry „przesądzona”. Co więcej: proporcje między wodorem i helem, które obserwujemy dzisiaj, zostały "zdefiniowane" w pierwszych trzech minutach historii Wszechświata.

Widzieliśmy, że atom wodoru składa się z protonu w centrum i elektronu, który krąży dookoła niego z dużą prędkością ($1/137$ prędkości światła). Elektron i proton przyciągają się wzajemnie, ale prawa mechaniki kwantowej zapobiegają zbyt niemu zbliżeniu się elektronu do protonu: ich minimalna odległość wynosi około $1/2$ angstroma ($1\text{Å} = 10^{-10}\text{ m}$). Gdyby elektron spadł na proton, mógłby utworzyć neutron²⁹, bez ładunku elektrycznego. Dzieje się tak w starych i masywnych gwiazdach, które składają się tylko z neutronów – gwiazdach gorących, ale już martwych.

Ale cała chemia zależy od elektronów wirujących na różnych orbitach, stąd pojawia się różnorodność atomów: metali, niemetali, gazów itp. W materii złożonej z neutronów nie jest możliwa żadna różnorodność, ani chemiczna, ani biologiczna. Jakie były mechanizmy, dzięki którym materia nie zapadała się w neutrony już w pierwszych minutach wszechświata? Najczęstszą odpowiedzią jest: ponieważ wartości stałych fizycznych są "właściwe". Jak to możliwe? Do tego pytania powrócimy w rozdziale VII.

Modele fizyczne pierwszych chwil wszechświata są dość złożone i opierają się na właściwościach cząstek elementarnych odkrytych za pomocą dużych akceleratorów. Z drugiej strony modele te pozwoliły przewidzieć różne cechy dzisiejszego wszechświata, takie jak proporcje wodoru i helu, zawartość ciężkiego wodoru, stosunek liczby cząstek jądrowych (protonów i neutronów) do cząstek światła (fotonów), które wędrują w przestrzeni.

²⁸ Dla dalszych informacji polecamy wyjątkową książkę laureata Nagrody Nobla, S. WEINBERGA, *Pierwsze trzy minuty. Fascynująca historia powstania wszechświata*. Mondadori-DeAgostini, Novara 1994; Prószyński i S-ka, Warszawa, 1998.

²⁹ Neutrino nadal wchodzi w grę, ale nie znamy dokładnie jego właściwości ani funkcji.

Wszechświat początkowo był bardzo gorący, bardzo gęsty i bardzo mały, chociaż pierwszy moment, jaki możemy sobie wyobrazić, to wszechświat wielkości już kilku tysięcy lat świetlnych. Gorący wszechświat oznacza, że cząstki poruszały się z dużą prędkością, to znaczy, że ich energia była bardzo wysoka. Z relacji Einsteina $E = mc^2$ wynika, że energia kinetyczna może zostać przekształcona w inne cząstki (a dokładniej w pary cząstek o przeciwnych ładunkach elektrycznych, takie jak elektron i antyelektron, czyli pozyton). Z drugiej strony, cząstki anihilują z własnymi antycząstkami, ponownie wytwarzając promieniowanie, które zderzając się z innymi cząstkami tworzyło nowe pary i tak dalej. W swoich wczesnych stadiach wszechświat składał się z tej dziwnej "zupy" cząstek, bardzo egzotycznych i promieniujących. Ten etap trwałby wiecznie, gdyby wszechświat nie rozszerzył się natychmiast, powodując spadek temperatury.

Wraz ze spadkiem temperatury najpierw stało się niemożliwe powstawanie cząstek powyżej pewnej masy. W ten sposób protony i neutrony mogły zaistnieć na trwałe i pozostać we wzajemnej równowadze, ale tylko przez 0,01 sekundy po „starcie”. Od tego momentu liczba neutronów zaczęła się zmniejszać: będąc niestabilnymi z natury, rozpadały się na protony i elektrony.

Słynny rosyjski fizyk teoretyczny (i nasz wielki przyjaciel, profesor Lew Pitaewski), zapytany, dlaczego masy kwarków, protonów, elektronów są tak dziwne i wydają się nie podążać za żadną logiką, odpowiedział: "Są naukowcy, którzy mówią, że gdyby te masy były inne, nie istnielibyśmy". Nie można sobie wyobrazić dokładniejszej odpowiedzi. O ile masy dwóch kwarków *górnego* i *dolnego* są podobne, trzeci kwark jest 20 razy cięższy. Jeśli masy protonu i neutronu są równe z dokładnością do 0,1%, elektron jest 1837 razy lżejszy (jego masa to $0,51 \text{ MeV}/c^2$). Neutrino, które towarzyszy elektronowi jako produkt rozpadu neutronów, ma masę³⁰ pojedynczych eV/c^2 . Różnice te pozwoliły pierwszym wszechświatowi "krokami" przez pierwsze minuty.

Najpierw zatrzymała się synteza protonów i neutronów, która zachodziła poprzez zderzenia fotonów (0,01 s); następnie (w 0,1 s) ustąpiło tworzenie się par elektron-pozyton. Po pierwszej sekundzie neutrony oddzielają się od materii; w tym czasie część neutronów już uległa rozpadowi: stosunek liczby neutronów i protonów wynosi 1 do 3.

³⁰ Masa neutrin nie jest jeszcze (w 2024 r.) dokładnie znana.

Po 14 sekundach elektrony anihilują masowo z pozytonami wytwarzając ogromną ilość fotonów (dziś pozostaje w kosmosie miliard fotonów na jeden elektron). Przetrwa tylko ta część elektronów, która odpowiada liczbie protonów (ładunek elektryczny Wszechświata wynosi zero, a przynajmniej jesteśmy przekonani, że tak jest).

W tej temperaturze (3×10^9 K) neutrony i protony mogą wiązać się w jądra helu (energia wiązania 24 MeV), co pozwoliło neutronom przetrwać aż po nasze czasy. Nadmiar protonów pozostaje jako przyszłe jądra wodoru, a bardzo mała ilość neutronów (kilka części na milion) przeżywa w postaci ciężkich jąder wodoru, deuteru³¹. Jak pisze Stephen Weinberg, w ten sposób od początku wszechświata minęły dokładnie trzy minuty i 46 sekund³². Skład materii został ustalony³³, z wyjątkiem przyszłych reakcji, mierzonych teraz w milionach i miliardach lat, w jądrach gwiazd (i w laboratoriach naukowców).

Podsumowując: tylko elektrony są cząstkami elementarnymi. Protony, złożone z trzech kwarków (*uud*) są stabilne zaś neutrony, złożone z tych samych kwarków, ale w innych proporcjach (*udd*), są niestabilne, z wyjątkiem tych związanych w jądrach atomowych (lub gwiazdach neutronowych). Zrozumieliśmy, że świat cząstek elementarnych jest bardzo skomplikowany: znamy jego cechy z wielką precyzją. Nie wiemy tylko, jak zwykle: *dlaczego?*

3.16. Czarno-biały telewizor

Mój tato kupił pierwszy telewizor około 1966 roku: była to ciężka i elegancka drewniana obudowa z cyrylicą "РУБИИ" (RUBIN). Po naciśnięciu prawego przycisku zapalała się mała żarówka, potem inne, a na koniec pudełko zaczynało burczeć i na ekranie pojawiał się dość regularny obraz z wieloma, małymi białymi i szarymi plamami. Po długich próbach można było zsynchronizować antenę i można było zobaczyć program. Zawsze byłem ciekawy, jaki obraz jest zakodowany tymi biało-szarymi łatkami. Zrozumiałem to wiele lat później: jest to informacja, którą wszechświat wysłał nam zaraz po narodzinach;

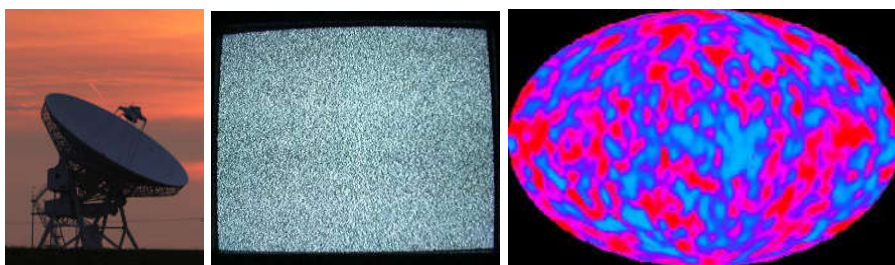
³¹ Deuter znajduje się również w cząsteczkach wody w oceanach. Będzie on wykorzystywany do zasilania reaktorów termojądrowych przyszłości. Zasoby są wystarczające, aby zapewnić energię dla całej ludzkości na następne 3000 lat.

³² S. WEINBERG, *op. cyt.*, s. 125.

³³ Hel stanowi 25% masy wszechświata, reszta to zasadniczo wodor.

Dokładniej, 380 tysięcy lat po jego powstaniu, Wszechświat wysłał (sobie i nam) szum elektromagnetyczny w częstotliwościach typowych dla kuchenek mikrofalowych (czyli także fal telewizyjnych)³⁴.

Cały Wszechświat w tym czasie był wielkości naszej Galaktyki, wciąż bardzo gęsty, jak opary sodu w żółtej lampie używanej do oświetlania ulic. Widmo lampy sodowej powinno zatem składać się z wąskich linii, takich jak hel i wodór. W szczególności sód emituje żółte światło o długości fali 590 nm. Ale lampa uliczna nie działa w ten sposób: tam, gdzie w widmie powinny być dwa żółte paski obok siebie, jest duże minimum, zob. ryc. 3.20a, jakby żółte światło było uwięzione wewnątrz bańki z oparami sodu.



Ryc. 3.19. (a) W obserwacjach nieba za pomocą radioteleskopów (takich jak ten w Toruniu) wykryto uporczywy sygnał ze wszystkich kierunków. (b) Ten sam sygnał jest odbierany przez stary czarno-biały telewizor. (c) Szczegółowo, skanując niebo, zaobserwowano bardzo małe różnice w temperaturze tego sygnału (tj. promieniowania mikrofalowego); rozkład ten odpowiada dzisiejszym galaktykom i jest pierwszym sygnałem nowonarodzonego Wszechświata, który możemy wykryć. ŹRÓDŁO DANYCH: A. ROMAŃSKI, UMK; Autor; ESA.

Tak było również we Wszechświecie 380 tysięcy lat po jego powstaniu: wciąż było gorąco (w temperaturze około K), ale także bardzo gęsto. Światło emitowane przez gorące atomy zostało natychmiast pochłonięte przez inne atomy; wszechświat widziany z zewnątrz wydawał się czarny. Potem, kiedy gęstość Wszechświata (i jego temperatura) spadła, światło nagle uwolniło się z materii. Nie ma lepszego przedstawienia tej koncepcji niż ta, którą można znaleźć na mozaice w Bazylice św. Marka w Wenecji, ryc. 3.20b.

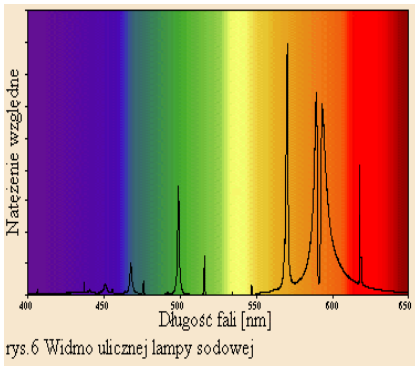
W momencie rozdzielenia światła i materii temperatura wszechświata wynosiła około 3000 K, co odpowiada dokładnie pomarańczo-

³⁴ Ovviamente, gran parte del rumore sullo schermo proviene dai circuiti elettronici del televisore; secondo diverse stime solo il 20% di questo rumore arriva dalla radiazione cosmica.

wo-żółtemu światłu, o długości fali kilku ułamków mikrometra. Następnie wszechświat znacznie się rozszerzył, a długość fali również wzrosła, która dziś wynosi około dziesięciu centymetrów, właśnie w domenie fal telewizyjnych i odpowiada temperaturze 2,3 K.

Promieniowanie "tła" zostało odkryte przypadkowo w 1964 roku przez dwóch amerykańskich techników, Arno Penziasa i Roberta Wilsona, którym zlecono zbudowanie dużej anteny do komunikacji ze sztucznymi satelitami, podobnej do tej na ryc. 3.19a. Zauważyli dziwny szum dochodzący ze wszystkich kierunków. Dziś wiemy, że to promieniowanie jest reliktem bardzo młodego wszechświata. Istnienie tego promieniowania stało się też niezbitym dowodem Wielkiego Wybuchu.

Niestety, po przyjęciu idei Wielkiego Wybuchu pozostaje kilka trudności. Biorąc pod uwagę równoważność $E = mc^2$, energia może być wytwarzana kosztem masy i odwrotnie, pojawia się pytanie: skąd wzięła się cała ta prawie nieskończona masa (i energia) wszechświata?



Ryc. 3.20. (a) Widmo żółtej lampy ulicznej (pary sodu) wykazuje minimum w zakresie koloru pomarańczowego: opary są gęste, więc światło nie opuszcza szklanej bańki. (b) Genialna prezentacja światła wychodzącego z ciemnego wszechświata: żółty kolor odpowiada temperaturze oddzielenia się materii od promieniowania elektromagnetycznego. ŹRÓDŁO: (a) Autor, (b) Bazylika św. Marka, Patriarchat Wenecji, dzięki uprzejmości Patriarchy Wenecji, zdjęcie: Kina Editions.

3.17. W mgnieniu oka

Model "pierwszych trzech minut", opisany w książce Weinberga, jest wynikiem dziesięcioleci rozwoju fizyki cząstek jądowych i elementarnych. Duże akceleratory umożliwiły tworzenie egzotycznych cząstek, bardzo niestabilnych i o dużych masach, które przekładają się na

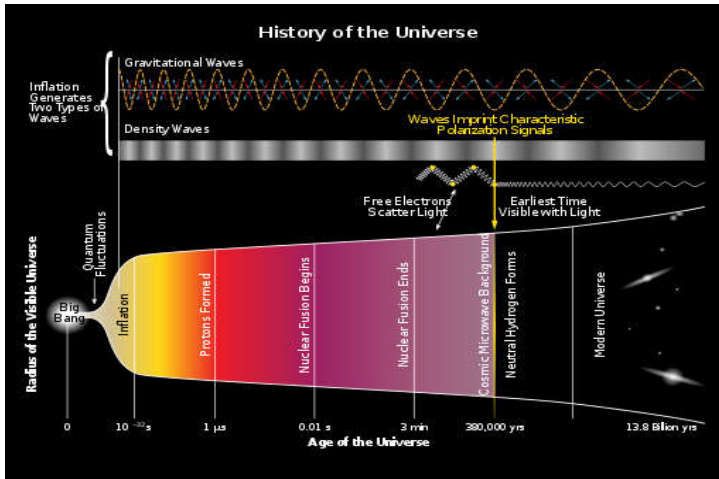
temperaturę odpowiadającą miliardom stopni. Oczywiście, w porównaniu z fizyką Galileusza – powtarzalnych eksperymentów ze spadkiem kulek – Wielki Wybuch nie pasuje do kanonów weryfikowalnej teorii naukowej: nie możemy powtórzyć Wielkiego Wybuchu w swojej złożoności. Jednak wszyscy fizycy zgadzają się (tj. wierzą), że początek Wszechświata był właśnie taki.

Ale jest jeden problem, a raczej trzy. Pierwszym z nich jest jednolitość praw fizyki: linie widmowe wodoru w galaktykach najdalej od nas, czyli 13 miliardów lat świetlnych (zarówno pod względem odległości czasowej jak i przestrzennej), są dokładnie takie same (z oczywistym przesunięciem ku czerwieni dla efektu Dopplera), jak w lampie w toruńskim laboratorium. Sam Wielki Wybuch, z szybko rozszerzającym się Wszechświatem, nie musiał gwarantować tej jednolitości praw fizyki. Nie było czasu na dostrojenie najdalszych zakątków wszechświata do tych samych praw i stałych fizycznych.

Drugi problem wynika z jednorodności promieniowania tła. We wszystkich kierunkach Wszechświata temperatura tego promieniowania jest taka sama (a niewielkie różnice w przybliżeniu odpowiadają rozkładowi dzisiejszych galaktyk). W dużej skali, tysiące lub milionów lat świetlnych, nie ma mechanizmu osiągnięcia tej *równowagi termicznej*, obserwowanej w całym Wszechświecie. Oznacza to, że musi był moment, kiedy było możliwe wyrównanie się temperatury, w całym, młodym jeszcze wszechświecie. Jaki był mechanizm tego wyrównania się, który nie naruszył limitu szybkości propagacji sygnałów materialnych odkrytego przez Einsteina?

Trzecim problemem, najpoważniejszym ze wszystkich, jest samo istnienie wszechświata. Aby umożliwić rozkład kwarków pierwotnych na kwarki istniejące dziś, stałe *sprzężenia* (które znamy tylko z doświadczeń) musiały być bardzo precyzyjne; to samo dotyczyło mas kwarków. Aby zapobiec łączeniu się elektronów z protonami zaraz po „starcie”, czas życia neutronu musi mieć wartość, którą faktycznie obserwujemy: w pierwszych minutach powstały neutrony, które zostały włączone do jąder helu. Jądra helu są stabilne (pamiętajmy, że ich energia wiązania wynosi 24 MeV), więc hel nie zamienił się natychmiast w węgiel, a następnie w tlen. To pozwala gwiazdom stopniowo się zapalać a później jasno i w miarę trwale świecić. Nie mówiąc o tym, że i tlen i wodór i węgiel to główne składniki naszego ciała.

Innymi słowy, wiele różnych *stałych* fizyki musiało mieć bardzo precyzyjne wartości, aby wszechświat mógł istnieć i ewoluować³⁵. Allan Guth, amerykański fizyk, napisał w 1981 roku, że prawdopodobieństwo dostosowania tych stałych do siebie wynosi około 10^{-50} , tj. „1” po pięćdziesięciu zerach: w praktyce całkowicie niemożliwe, - chyba że istnieje inny mechanizm regulacji tych stałych. Tak narodziła się teoria *inflacji*³⁶ nawet jeśli ta nazwa jest myląca, jak zresztą i ta „Wielkiego Wybuchu”, patrz ryc. 3.21.



Ryc. 3.21. Reprezentacja historii Wszechświata, obecnie bardzo popularna. Początkowa eksplozja miała miejsce *poza* prawami fizyki: nie mamy najmniejszego modelu ani w dziedzinie kosmologii, ani w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych, aby opisać pierwszą chwilę Wszechświata. Po rozdzieleniu materii i światła, tj. po 380 tysiącach lat, model rozszerzającego się Wszechświata działa dobrze; ostatni fragment "tuby" wskazuje, że ekspansja przyspiesza. Chociaż rysunek jest często powielany, pozostaje mylący: skala czasu nie odróżnia miliardowych części sekundy od miliarda lat. Początkowa bańka, "fluktuacja kwantowa", jest czystą fantazją, bez możliwości potwierdzenia doświadczalnego. ŹRÓDŁO: Wikipedia Commons.

³⁵ Tutaj dochodzimy do pytania o zasadę antropiczną: czy stałe fizyki są takie, że z czasem stało się możliwe pojawienie się życia, czyli również nasze, ludzkie istnienie? A może takie stałe *pozwalają* nam istnieć?

³⁶ "Problemy te wynikają z obserwacji, że aby wyglądać tak jak dzisiaj, Wszechświat musiałby zacząć od bardzo precyzyjnie dostrojonych lub "specjalnych" warunków początkowych w Wielkim Wybuchu. Teoria inflacji w dużej mierze rozwiązuje również te problemy, czyniąc wszechświat taki jak nasz znacznie bardziej prawdopodobnym w kontekście teorii Wielkiego Wybuchu. CZCIONKA: [https://en.wikipedia.org/wiki/Inflation_\(kosmologia\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Inflation_(kosmologia))

Zwolennicy³⁷ koncepcji początkowej inflacji Wszechświata uważają, że wszechświat eksplodował o współczynnik równy około 10^{26} w ciągu 10^{-32} sekund. Współczynnik 10^{26} oznacza, że wszechświat urósł z wielkości główki od szpilki³⁸ do średnicy 100 razy większej niż rozmiar naszej galaktyki (tj. 14 *milionów* lat świetlnych). Potem nastąpiło już tylko powolne (tysiącrotnie) „puchnięcie”, do wielkości 13,78 miliarda lat świetlnych dzisiaj.

Nie ma żadnych praw fizyki (jak obserwujemy obecnie, czyli przez ostatnie 13,78 miliarda lat), które mogłyby pozwolić na taką inflację. A może Fizyka, jaką znamy, po prostu nie istniała w tym pierwszym momencie istnienia Wszechświata? .

Ale absolutnie bardziej zaskakująca jest inna liczba: 10^{-32} sekundy. Najkrótszy czas dla procesów fizycznych jakie znamy, to przeskok skok elektronu z jednej orbity na drugą (czyli wytworzenie kwantu światła): 10^{-18} s. Wartość Gutha odpowiada najkrótszemu czasowi, jaki możemy sobie wyobrazić, zbliżonemu³⁹ do tzw. "czasu Plancka" (10^{-43} s), który może być tak mały jak *punkt* na osi czasu. Innymi słowy: *cały Wszechświat pojawił się w mgnieniu oka*.

Pojawia się jeszcze jeden problem: eksplozja o współczynnik 10^{26} w ciągu 10^{-32} sekund narusza wszystkie prawa fizyki, w szczególności zasadę Einsteina (udowodnioną we wszystkich eksperymentach), że prędkość światła stanowi maksymalną możliwą prędkość wymiany informacji (tj. tym bardziej ruchu materii). Prędkość materii w początkowej eksplozji powinna przekraczać prędkość światła o współczynnik niemożliwy do obliczenia.

Najbardziej rozsądny jest wniosek, że prawa fizyki narodziły się po inflacji, to znaczy, że początkowa eksplozja miała miejsce *niezależnie od przestrzeni i czasu*, lub że przestrzeń i czas pojawiły się "po początkowym rozszczepieniu atomu na dwie części", jak to po raz pierwszy sformułował belgijski ksiądz, Georges Lemaître.

³⁷ "Szczegółowy mechanizm fizyki cząstek elementarnych odpowiedzialny za inflację nie jest znany. Podstawowy paradygmat inflacyjny jest akceptowany przez większość naukowców, ponieważ wiele przewidywań modelu inflacyjnego zostało potwierdzonych przez obserwacje.» ŹRÓDŁO: Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Inflation_\(kosmologia\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Inflation_(kosmologia)).

³⁸ Alternatywne obliczenie, wykonane przez przyjaciela kosmologa, rozpoczyna się od początkowego pomiaru 10^{-17} m, który może odpowiadać rozmiarowi kwarku, najmniejszego obiektu fizycznego, jaki można sobie wyobrazić. Po inflacji rozmiar wszechświata wynosiłby kilka metrów, jak czarne i żółte kule na średniowiecznej mozaice w Bazylice Św. Marka.

³⁹ Tak zwany czas Plancka nie wywodzi się od niego i nie ma fizycznego znaczenia: jest po prostu grą stałych fizycznych zorganizowanych tak, aby wytworzyć jednostkę miary czasu.

3.18. Ponowne przeliczenie wymiarów

Ekspansja Wszechświata, która trwa od 13 miliardów lat, zwiększyła jego rozmiar tysiąckrotnie. Widzieliśmy już, że atom wodoru z elektronem jest praktycznie pusty. Kosmos jest również ogromną pustką. Wszystkie planety Układu Słonecznego wzięte razem ważą mniej niż Słońce (około 1/5).

Przyjaciół, profesor kosmologii, zastanawiając się, jak bardzo wszechświat napompował się w fazie "inflacji" i jakie były wymiary po tej fazie, napisał następujące równanie: nieznanym = nieznanym. Możemy tylko spekulować.

Z fizyki atomowej wiemy, że poprzez zmiążdżenie atomu elektrony są zmuszane do łączenia się z protonami (choć potrzebujemy jeszcze nieuchwytnych cząstek zwanych neutronami) w neutrony. Więc przechodzi od wielkości 10^{-10} m do 10^{-15} m. Materia złożona z neutronów jest zatem bardzo ciężka: główka szpilki z tej materii "waży" jak 10-piętrowy budynek. I wcale nie jest zróżnicowana.

Słońce zredukowane do gwiazdy neutronowej miałoby średnicę około 14 km: 100 000 razy mniejszą niż jego obecna średnica. Najbliższa Ziemi gwiazda, Proxima Centauri, znajduje się w odległości nieco ponad 4 lat świetlnych od Ziemi, czyli 4×10^{14} km. Są też niezliczone inne gwiazdy, ale zawsze co najmniej kilka lat świetlnych stąd⁴⁰: i tak to Wszechświat jest zasadniczo pusty, nawet bardziej niż atom. Cały wszechświat zredukowany do gęstości gwiazdy neutronowej byłby jedynie nieco większy niż nasze Słońce.

Innymi słowy, w pierwszych sekundach i do momentu 380 tysięcy lat nie mamy bezpośrednich dowodów eksperymentalnych historii wszechświata. Możemy spekulować na temat tych wczesnych momentów, ekstrapolując wstecz eksperymenty z pierwotnymi kwarkami. Masa (tj. równoważna energia) cięższych, górnego (*top*) kwarku ($172 \text{ GeV}/c^2$) w przeliczeniu na temperaturę T (przy użyciu równoważności $E = kT$) odpowiada 2 bilionom (2×10^{15}) stopni Celsjusza. Czy jest sens mówić o temperaturze? Czy możemy zastosować te sa-

⁴⁰ Na przykład gwiazda Pegasi-51, na której odkryto pierwszy układ planetarny poza Słońcem, znajduje się 51 lat świetlnych od nas (za to odkrycie została przyznana Nagroda Nobla w 2019 roku).

me prawa natury, które znamy, do tak ekstremalnych warunków? Czy w tak ekstremalnych warunkach obowiązują te same stałe fizyczne⁴¹?

Podsumowując, nie ma wątpliwości, że Wszechświat miał swój początek tak w przestrzeni jak w czasie. Nie ma wątpliwości, że formy materii ("ziemia", jak mówi Księga Rodzaju) były bardzo, bardzo dziwne. Jakie? Nie wiemy. Nie ma również wątpliwości, że historia wszechświata, w tym pojawienie się gwiazd i powstanie Ziemi jako całej planety, była długa i skomplikowana. Ale jednocześnie ewolucja ta wydaje się bardzo "ukierunkowana", to znaczy "teleologiczna", używając języka Arystotelesa (i św. Tomasza).

Prawie, prawie, początek Wszechświata nadal należy bardziej do filozofii niż do fizyki.

Podsumowując kosmologię i fizykę, trudno nazwać pierwszy ułamek mikrosekundy (10^{-32} s) w historii Wszechświata inną nazwą niż *stworzenie ex nihilo*.

To stworzenie jako pierwsze ustanowiło prawa Natury: Natury, która według słów Galileusza pozostaje "najbardziej uważną wykonawczynią Bożych rozkazów".

Następnie, w pewnym sensie, po ustanowieniu praw fizyki, Wszechświat poszedł "sam".

Ale to nie znaczy, że Bóg pozostaje w bezczynności...

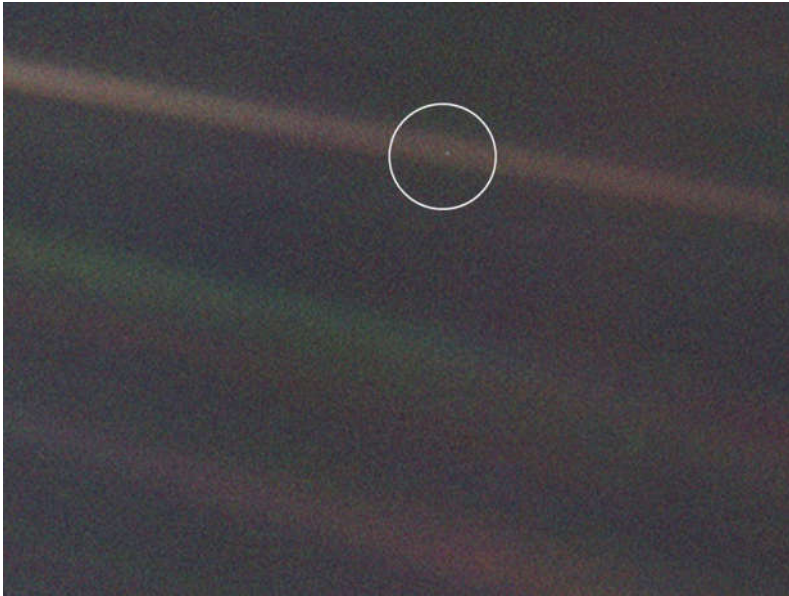
P.S. Krąży opinia, że wielu fizyków, w przeciwieństwie do niektórych innych naukowców, jest wierzących. Dlaczego? Fizycy wiedzą, że wszechświatem rządzą prawa matematyczne i rozumieją, że nic nie dzieje się przypadkowo. Wiedzą również, że prawa fizyki są bardzo złożone (co znajduje odzwierciedlenie w złożonej strukturze materii).

⁴¹Dyskusja o stałych Natury została poświęcona omówieniu stałych fizyki przez słynnego fizyka teoretycznego z Cambridge, JOHN BARROWA, *The Numbers of the Universe. Stale natury i teoria wszystkiego*, Oscar Saggi, 2004. Wydaje się, że stałe fizyki pozostają takie same od początku istnienia Wszechświata. Niestety, niewiele jest możliwych wniosków na pytanie: "Dlaczego świat jest taki?".

Co więcej, fizycy są świadomi, że nie potrafią wyjaśnić, *dlaczego* świat został stworzony takim, jaki jest.

Sokrates powiedział⁴²:

Wróciwszy do domu zacząłem miarkować, że od tego człowieka jednak jestem mądrzejszy. Bo z nas dwóch żaden, zdaje się, nie wie o tym, co piękne i dobre, ale jemu zdaje się, że coś wie, choć nic nie wie, a ja, jak nic nie wiem, tak mi się nawet i nie zdaje. Więc może o tę właśnie odrobinę jestem od niego mądrzejszy, że jak czego nie wiem, to i nie myślę, że wiem.



Ryc. 3.22. Żegnaj Ziemi! Ostatnie zdjęcie Ziemi wykonane przez sondę kosmiczną Voyager 1, w odległości 6,4 miliarda km, przed opuszczeniem Układu Słonecznego. Cała nasza planeta jest ledwo widoczną niebieską kropką. Ale to ziarenko piasku jest domem dla życia, w szczególności życia inteligentnego. FOTO: NASA.

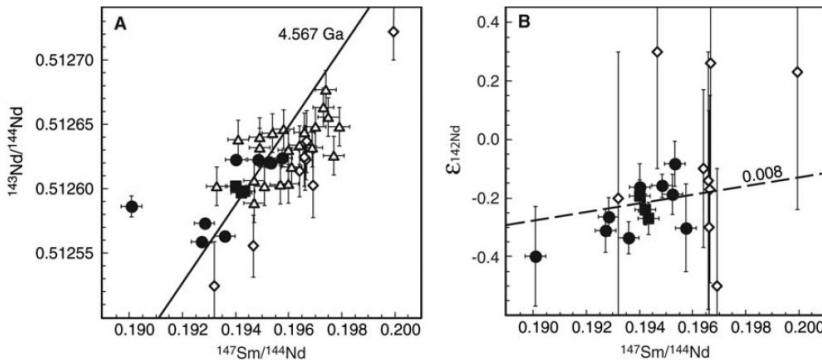
⁴² PLATON, *Obrona Sokratesa*, 21D, tłum. Władysław Witwicki, PWN 1984, str. 253.

“I nazwał powierzchnię suchą: Ziemią”

4.1. “Dzień trzeci”

Pomiary promieniowania tła kosmicznego, bardzo zimnego (2,3 K, tzn. -270°C), pokazują, że Wszechświat jest bardzo stary: 13,78 mld lat. A kiedy powstała Ziemia? Możemy to wydedukować z pomiarów rozpadów radioaktywnych. Jak już mówiliśmy, ciężkie pierwiastki chemiczne takie, jak miedź, złoto, uran, platyna nie mogą powstać w zwykłych gwiazdach, w których łańcuch syntezy pierwiastków kończy się na żelazie i niklu. Gwiazda musi się zapaść a protony muszą się wymieszać z elektronami pod ogromnym ciśnieniem grawitacyjnym: w ten sposób powstaje cała różnorodność cięższych pierwiastków chemicznych. A później materia wybucha, rozsypując się po przestrzeni kosmicznej.

Z obserwacji supernowych wiemy, że eksplozja zachodzi w ciągu paru dni i że materiał zostaje wyrzucony na miliardy kilometrów od gwiazdy. Tak zdarzyło się również z proto-Słońcem. Ale kiedy?



Ryc. 4.1. Badania względnej zawartości izotopu samaru ^{147}Sm i neodymu ^{144}Nd i ^{142}Nd , w skałach bazaltowych (czarne kwadraty na wykresie) i w meteorytach (inne symbole): wszystkie wskazują na wiek Ziemi (Układu Słonecznego) około 4,567 miliardów lat. ŹRÓDŁO: M. BOYET, R.W. CARLSON., «Science» 309 (2005), p. 576.

Rozpad radioaktywny uranu ^{238}U jest powolny, z czasem połowicznego zaniku 4,4 miliardów lat. Wynikiem końcowym długiego łańcucha rozpadów jest ołów. W ten sposób, badając względne proporcje uranu i ołowiu możemy wywnioskować, jaka część uranu już się rozpadła, a porównując z czasem połowicznego zaniku, wywnioskować, ile miliardów lat minęło od momentu syntezy uranu.

Istnieją jądra, jak samar i neodym, które pozwalają na datowanie jeszcze dokładniejsze. Prowadzone są liczne badania: jedno z nich¹ dały liczbę następującą na wiek Systemu Słonecznego (czyli również początek formowania się Ziemi): 4,567 miliardów lat.

Badania izotopów (jąder atomowych tych samych pierwiastków, ale różniących się masami) pozwalają na ocenę wieku Systemu Słonecznego. Według ostatnich danych Słońce (i planety) uformowały się 4,567 miliarda lat temu. To znaczy, że Ziemia, jako planeta (nie „ziemia” jako materia) powstała dopiero po upływie dwóch trzecich wieku Wszechświata.

Podobne badania pozwalają na stwierdzenie, kiedy powstały pierwsze skały. Najstarsze znajdują się na Grenlandii, w Kanadzie i w Skandynawii. Wydaje się, że gnejsy (tzn. mocno zdeformowane granity) kanadyjskie mają 4,28 miliarda lat²: pierwsze stałe „wyspy” na Ziemi jeszcze bardzo gorącej.

Różne oceny wskazują, że glob ziemski uformował się bardzo szybko (jak na skalę kosmiczną czasu), tzn. w ciągu 10 milionów lat. Mniej więcej 100 milionów lat później, wydarzyła się gigantyczna katastrofa: obiekt wielkości Marsa uderzył w Ziemię, jeszcze na wpół płynną i ogromna „kropla” lawy została wyrzucona w kosmos. W ciągu 24 godzin powstał Księżyc. Były to najbardziej przeraźliwe godziny w historii naszej planety: cała kula ziemską mogła się rozpaść. Tego rodzaju kataklizm już nigdy więcej się nie wydarzył.

Porównując wiek Systemu Słonecznego z wiekiem Wszechświata dochodzimy do wniosku, że najpierw przeszło dwie trzecie wieku tego ostatniego i dopiero później rozbłysło Słońce i powstała „ziemia” (używając ortografii z Biblii). Był to akurat „trzeci” dzień?

¹ M. BOYET, R.W. CARLSON, *^{142}Nd Evidence for Early (>4.53 Ga) Global Differentiation of the Silicate Earth*, «Science» 309 (2005) p. 576.

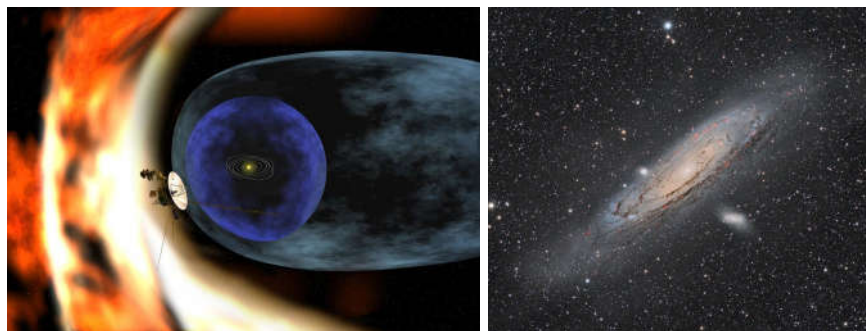
² J. O'NEIL et al., *Neodymium-142 Evidence for Hadean Mafic Crust*, «Science» 321 (2008), p. 1828.

4.2. Planetka na peryferiach

Ziemia w żadnej mierze nie zajmuje pozycji centralnej: to trzecia planeta w Układzie Słonecznym (ani blisko ani daleko) a i samo Słońce znajduje się raczej na peryferiach naszej Galaktyki (około 30 tys. lat świetlnych od środka, w porównaniu z jej promieniem około 80 tys.).

Położenie na peryferiach ma swoje zalety: w centrum galaktyki znajduje się gigantyczna czarna dziura³, która wsysając materię emituje⁴ ogromne ilości promieniowania rentgenowskiego i gamma. Promieniowanie to, jak już zrozumieliśmy, jest zabójcze dla życia opartego o węgiel i dla delikatnych wiązań chemii organicznej.

W 2012 roku sonda kosmiczna Voyager, wysłana w 1977 roku, doleciała poza orbity ostatnich planet, na odległość 130 razy większą niż dystans Ziemia-Słońce. Odkryto, że cały Układ Słoneczny znajduje się wewnątrz gigantycznego "jaja", utworzonego przez wiatr słoneczny (rys. 4.2). Wiatr ten odpycha napływ energetycznych, zjonizowanych cząstek, wypełniających przestrzeń międzygwiazdową.



Ryc. 4.2. (a) W 2012 r. sonda Voyager-1 doleciała do miejsca, które można by nazwać "otoczką" Układu Słonecznego – swego rodzaju skorupką jaja, granicą pomiędzy delikatnym wiatrem słonecznym i znacznie bardziej energetycznym strumieniem jonów z przestrzeni międzygwiazdowej. Ta granica znajduje się 130 razy dalej od Słońca niż Ziemia: światło potrzebuje 20 godzin, aby stamtąd dotrzeć. (b) Z dużą dozą pewności nasza Galaktyka jest podobna do widocznej gołym okiem galaktyki Andromedy. Słońce znajduje się mniej więcej w odległości 1/3 do centrum Galaktyki, czyli daleko od źródła silnego promieniowania, jakim jest gigantyczna czarna dziura w tym centrum. ŹRÓDŁO: NASA; DOMINIK WOS.

³ Dopiero w 2019 r. astronomom udało się sfotografować (za pomocą radioteleskopów) promieniowanie emitowane przez czarną dziurę w centrum pobliskiej galaktyki. Nagroda Nobla w 2020 roku została przyznana za odkrycie czarnej dziury w centrum naszej Galaktyki.

⁴ Każdy ładunek elektryczny (a materia gwiazd jest zjonizowana) emituje promieniowanie elektromagnetyczne (na przykład rentgenowskie), kiedy zostaje przyspieszona. Jedyne wyjątkiem są stacjonarne orbity atomu, zgodnie z "postulatami" Bohra, zob. rozdział 3.7.

Znacznie większe odległości dzielą nas od najbliższych gwiazd: 4 lata świetlne (tj. 2 tysiące razy więcej niż nasze słoneczne “jajo”) od Proxima (czyli Najbliższa) Centauri, 8 lat świetlnych od Syriusza, 640 lat świetlnych od Betelgezy – czerwonego olbrzyma, który może wybuchnąć w ciągu najbliższych kilkuset lat. Również hipotetyczny obłok Oorta, “parking” wielu komet, które mogłyby uderzyć w Ziemię, znajduje się w odpowiedniej odległości (roku świetlnego⁵). I tak, w obecnej epoce przyloty komet są rzadkimi zdarzeniami. Jak było to widać przy okazji zderzenia komety Shoemaker-Levy z Jowiszem w 1994 roku, są to zdarzenia potencjalnie bardzo niebezpieczne.

Również galaktyki są oddzielone ogromnymi pustymi przestrzeniami: ta Andromedy znajduje się o 2,5 mln lat świetlnych od Ziemi. Ale się do siebie zbliżamy – zderzenie nastąpi za 2 mln lat. O ile nawet istnienie naszej gwiazdy nie powinno być zagrożone, możliwe konsekwencje dla zjawiska tak delikatnego jak życie mogą być fatalne.

W ostatnich latach odkryto tysiące planet wokół różnych gwiazd. Może nawet większość gwiazd ma własne systemy planetarne. Ale wszystkie systemy odkryte do dziś (około 5 tysięcy planet) różnią się bardzo od Układu Słonecznego: składają się albo z gigantycznych planet gazowych jak Jowisz, w większości jednocześnie bardzo gorących (coś w rodzaju nie zapalonych małych gwiazd) albo z planet skalistych, ale krążących bardzo blisko dookoła swojej gwiazdy (jak system Trapist-1). Układ Słoneczny, nieco zagubiony w kosmosie, nadal wydaje się unikalny.

4.3. Skąd się biorą pory roku?

Kolejne następowanie po sobie pór roku może się czasem wydawać męczące: nie byłoby lepiej, by istniała jedna tylko pora roku, ciepła i słoneczna?

Pory roku wynikają z nachylenia osi ziemskiej: kąt tego nachylenia to 23,5°. Jest to kąt całkiem spory: oznacza, że między położeniem Słońca na niebie w południe w zimie (23 grudnia) i w lecie (22 czerwca) różnica wynosi aż 47°, tzn. połowa kąta prostego. Nie jest to więc tylko nasze wrażenie, że Słońce w zimie (w Toruniu) ledwo, ledwo wychodzi ponad horyzont, a na Sycylii latem pali prosto z góry.

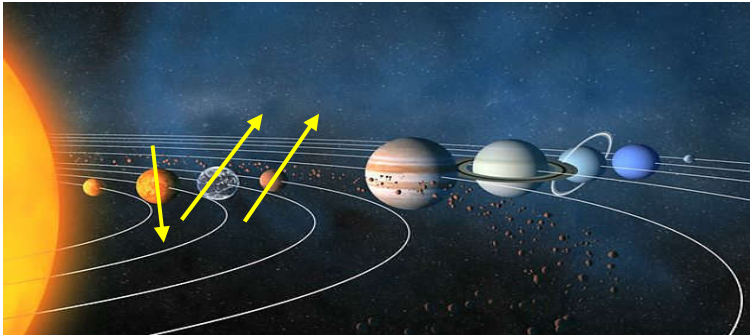
⁵Obłok Oorta znajduje się zapewne na granicach chmury powstałej po wybuchu proto-Słońca, jak to widzimy w „mgławicach” proto-planetarnych po wybuchach super-nowych.

Pory roku pozwalają nie tylko na zimowe wakacje na nartach a letnie nad morzem: przede wszystkim pozwalają roślinności na odpoczynek. Zmieniająca się ilość docierającego promieniowania słonecznego do określonych regionów kuli ziemskiej jest siłą napędową prądów oceanicznych i wiatrów. Dobroczynny "Niño" przynoszący obfite połowy ryb u wybrzeży Chile jest zjawiskiem sezonowym. Nawet Krzysztof Kolumb wiedział, że pasaty wieją na zachód we wrześniu a na wschód w marcu. I tam, i z powrotem popłynął z wiatrem.

Ale przede wszystkim, dzięki porom roku nie ma na kuli ziemskiej martwych stref. Tam, gdzie słońce jest nisko nad horyzontem (powyżej koła polarnego) jaśniej bez przerwy na niebie przez pół roku: to polarny „dzień”. Na Alasce w czasie dnia polarnego temperatura dochodzi do 30°C, więcej niż w położonym bardziej na południe Seattle.

Zresztą i zima jest potrzebna: białe misie czekają na nadejście mrozów, kiedy pokrywa lodowa sięga aż do kontynentu, by móc polować na fok, gdy te wynurzą się z przerębli dla zaczerpnięcia powietrza. Ostatnio rodzi się problem: wraz ze stałym choć powolnym ociepleniem lód zaczyna topnieć. Ale z kolei dłuższe lato sprzyja rozmnażaniu się fok. I kiedy niedźwiedzie w Arktyce zaczynają głódówkę, na Antarktydzie pingwiny wysiadują jaja.

I tak, życie biologiczne na Ziemi nie ustaje nigdy. A drzewa, które zimą odpoczywają, żyją dłużej.



Ryc. 4.3. Układ Słoneczny: cztery mniejsze planety, zbudowane z cięższej (metalicznej i skalistej) materii znajdują się wewnątrz (orbita Marsa ma promień 1,5 razy większy niż Ziemi). Planety zewnętrzne, znacznie większe, krążą na orbitach od 5-iu (Jowisz) do 30-tu razy (Neptun) dalszych niż Ziemia. Wszystkie te zewnętrzne planety, szczególnie Jowisz, spełniają rolę „osłaniania” Ziemia przed bombardowaniem meteoritami. Wszystkie planety krążą się: Jowisz i Saturn z okresem około 10 godzin, Ziemia i Mars około 24 godziny, Wenus raz na 9 miesięcy (i w przeciwnym kierunku). <https://tragicocomedia.files.wordpress.com/2015/11/solar-system.jpg>.

Przyczyną pór roku jest nachylenie osi ziemskiej, ale samo to nachylenie nie wystarczyłoby dla utrzymania się życia na Ziemi: potrzebna jest stabilizacja tej osi w długich okresach czasu - setek milionów lat. Podobne nachylenie osi ma Mars. Ale w odróżnieniu od Ziemi, Mars praktycznie nie ma atmosfery i pola magnetycznego; nie ma też, tak dużego jak Ziemia, Księżyca. Okazuje się, że nasz towarzysz, jedyny naturalny satelita, Księżyc odgrywa ważną rolę w stabilizacji ruchów Ziemi.

4.4. Satelita, czyli towarzysz

Nasz glob jest szczególny w całym Układzie Słonecznym, również z uwagi na swój Księżyc, którego rozmiary (tzn. średnica) wynoszą w przybliżeniu 1/4 Ziemi. Masa Księżyca to 1/81 masy Ziemi a odległość między tym ciałami jest stosunkowo nieduża: nieco ponad 30 średnic Ziemi (waha się okresowo od 364 do 404 tysięcy kilometrów). W przypadku gwiazd mówilibyśmy o układzie podwójnym. I rzeczywiście, ruchy Ziemi i Księżyca są skorelowane: Księżyc kręci się wokół własnej osi, ale z okresem równym okresowi swego obiegu dookoła Ziemi⁶ (28,9 dni⁷). Dokładniej: to nie Księżyc obiega Ziemię ale oba te ciała niebieskie krążą dookoła wspólnego środka masy, około 1700 km pod powierzchnią Ziemi (przy jej promieniu 6378 km).

W 1994 roku trzech matematycy francuscy pokazali⁸, że Księżyc spełnia rolę stabilizacji Ziemi. Bez niego oś Ziemia podlegałaby silnym wahaniom, nawet do 30° w ciągu niewielu milionów lat, co uniemożliwiłoby rozwój życia. Rolę Księżyca można przyrównać do tyczki, którą trzyma ekwilibrysta aby nie spaść z liny, rys. 4.4b.

Oś Marsa jest nachylona w podobny sposób (25°) jak ziemską, ale ponieważ brakuje ciężkiego księżyca (Mars ma tylko dwa małe satelity) jej pochylenie ulega silnym zmianom (od 10° do 60°) w długich okresach czasu. Jak to komentuje jedno z najbardziej prestiżowych

⁶ Innym podobnym systemem jest Pluton, ze swoim największym satelitą Charonem. Okresy obrotów Charona i Plutona są równe okresowi ich wzajemnego obiegu. Ale Pluton jest znacznie mniejszy od Ziemi.

⁷ Mówimy o miesiącu synodycznym, czyli obiegu dookoła Ziemi w systemie odniesienia Ziemi (która z kolei obiega Słońce). Okres obiegu Księżyca dookoła Ziemi w odniesieniu do gwiazd stałych to 27,3 dnia (miesiąc syderalny).

⁸ J. LASKAR, F. JOUTEL, PH. ROBUTEL, "Stabilization of the Earth's obliquity by the Moon", «Nature» 361 (1993), p. 615.

czasopism naukowych, «Science»⁹, te zmiany spowodowały silne zmiany klimatyczne, które przyczyniły się do utraty atmosfery, pozostawiając na Marsie „pustynię wysuszoną do kości”, jak dzisiaj widzimy Czerwoną Planetę.

Księżyc spełnia jeszcze jedną funkcję: powoduje przyptywy. Budowniczym statków w Londynie (gdzie przyptywy przekraczają wysokość 5 metrów) odpływy pozwalają pracować na suchym lądzie (co prawda tylko przez 6 godzin) i zaraz po tym wodować łodzie, bez ich przeciągania. Jak dużą rolę odkrywają pływy morskie można zobaczyć np. na plaży w Jesolo, koło Wenecji: jak tylko morze się cofa, natychmiast pojawiają się kraby, aby znaleźć coś do jedzenia.

W przeszłości, gdy Księżyc krążył znacznie bliżej Ziemi¹⁰, przyptywy były znacznie większe. Ryby, które przy odpływie pozostawały na plaży, musiały rozwinąć alternatywne sposoby oddychania: narodziły się płazy.



Ryc. 4.4. (a) Zdjęcie Ziemi wykonane przez astronautów "Apollo" robi wrażenie, że Ziemia "wschodzi" nad horyzontu Księżyca; w rzeczywistości w określonym punkcie Księżyca Ziemia wisi nieruchomo nad horyzontem jak lampa uliczna, a jedynie kręci się, raz na 23h56' i wykazuje fazy, jak Księżyc widziany z Ziemi. (b) Księżyc działa jak przeciwwaga, dla stabilizacji ruchów Ziemi. (c) Druga, niewidoczna z Ziemi strona Księżyca jest poorana kraterami po meteorytach: tam ląduje wiele z tych, które katastrofalnie spadły na Ziemię. NASA; GK; WIKIPEDIA.

⁹ «That caused huge climate variations that in turn could have contributed to the loss of most of the planet's atmosphere, leaving Mars the bone-dry desert world that it is now. Since then, most astrobiologists have assumed that Earth-like planets in other solar systems would need a comparatively large moon to support complex life over long periods of time.» <http://www.sciencemag.org/news/2011/05/who-needs-moon>.

¹⁰ Astronaucci Apollo umieścili na Księżycu zwierciadła, które odbijają promienie lasera wysyłane z Ziemi. W ten sposób odkryto, że Księżyc oddala się od nas około 3 cm na rok. Za parę milionów lat nie będzie już tak spektakularnych zjawisk jak całkowite zaćmienia Słońca.

Obecność Księżyca wydaje się być niezbędna dla istnienia życia, a przypuszczamy, że nie więcej niż 1% planet poza-słonecznych ma satelity. Govert Schilling w cytowanym już *flashu* «Science» pt. “kto potrzebuje Księżyca?” tak kontynuuje: «To oznaczałoby, że planet, które mogą gościć rozwinięte formy życia może być stosunkowo niewiele»¹¹.

Kiedy człowiek, w bezpośredniej transmisji z Apollo 8 zobaczył po raz pierwszy niebieską, pokryta chmurami Ziemię, wznoszącą się ponad horyzont Księżyca, został ogarnięty rodzajem szacunku zmieszanego z niepokojem i podziwem¹². Trzej astronauty, lecąc w kierunku naszego Globu zaczęli na przemian czytać fragmenty *Księgi Rodzaju*.

4.5. Bacon: Wielkanoc zbyt wcześnie

Ziemia kręci się jak skrzywiony bąk (żyroskop¹³). Ale zabawkowy bączek „waha się”, to znaczy zatacza dodatkowe kręgi dookoła pionowej osi. Ziemia również „waha się”, ale będąc znacznie większa, te jej kręgi są bardzo wolne (jeden raz na 25 tysięcy lat). Nazwa tego zjawiska, znanego również przez Kopernika, to *precesja*. Więcej – to precesja osi Ziemi była przyczyną reformy kalendarza wypracowanej przez Kościół Katolicki w czasach Kopernika i wprowadzonej przez Papieża Grzegorz VIII. Dlaczego?

Święta Bożego Narodzenia, nie mając dokładnej daty, zostały ustalone w dzień przesilenia zimowego. Dla Zmartwychwstania mamy świadectwa niepodważalne, jak na przykład Święty Całun¹⁴: przypada ono w dzień Paschy (tj. Przejścia) żydowskiego. Ale jest to święto ruchome – przypada w niedzielę, po pierwszej wiosennej pełni Księżyca. Trzeba więc dokładnie określić początek wiosny.

¹¹ “That would mean that planets harboring complex life might be relatively rare.”
ŹRÓDŁO: <http://www.sciencemag.org/news/2011/05/who-needs-moon>.

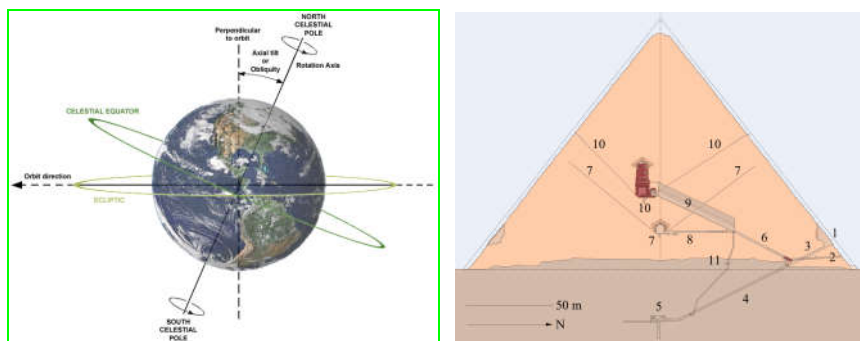
¹² «Said Lovell, ‘The vast loneliness is awe-inspiring and it makes you realize just what you have back there on Earth.’ They ended the broadcast with the crew taking turns reading from the book of Genesis.» ŹRÓDŁO: NASA https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1249.html.

¹³ Dla dokładniejszego fizycznego opisu zob. K. Służewski, G. Karwasz, *Fizyka i zabawki – wyjść poza fenomenologię, O żyroskopach, systemie słonecznym i momencie pędu*. Fizyka w Szkole, 3/2014. 25-52, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2014/FwSzk_baczkim.pdf; wersja multimedialna: http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/372

¹⁴ Szczegółowe badania Świętego Całunu opisuje np. profesor medycyny sadowej z Turynu, w książce PIERLUIGI BAIMA BOLLONE: 2015. *La Nuova Indagine sulla Sindone. Due mila anni di storia e le ultime prove scientifiche*, Priuli & Verlucca, Ivrea 2015.

Nie jest to trudne, jeśli jako punkt odniesienia przyjmiemy moment, kiedy Słońce wkracza w znak zodiakalny Barana. Tak było przez ponad tysiąc lat, od reformy kalendarza zatwierdzonej przez Juliusza Cezara. Ale z punktu widzenia praktycznego, w szczególności dla rolnictwa, byłoby dużo lepiej zorganizować się według pór roku, wybierając jako odniesienie dzień równonocy. Już kalendarz neolityczny w Stonehenge (i podobne konstrukcje odkryte na Malcie) działały w ten sposób: megality, czyli ogromne głazy zostały umieszczone tak, że wskazywały przesilenie letnie. I tak kalendarz juliański, wraz z upływem czasu, zaczynał stopniowo się mylić. Problem stał się nagłym w Średniowieczu.

Średniowiecze, w przeciwieństwie do potocznych opinii było okresem wielkiego postępu technologicznego: pług, wiatraki, płodozmian w rolnictwie, a nawet guziki są wynalazkami średniowiecznymi. Dało też wielkie odkrycia naukowe: Jan Buridan (ca. 1300-1360) odkrył zasadę bezwładności, która odpowiada pierwszemu prawu mechaniki Newtona. Witelo (c. 1237-1300), ksiądz pochodzenia polskiego uporządkował optykę, wprowadził prawo odbicia, skonstruował peryskop, opisał anatomię oka i rozważał percepcję widzenia¹⁵.



Ryc. 4.5. (a) Trzy ruchy kuli ziemskiej: oprócz rotacji wokół własnej osi i obiegu rocznego dookoła Słońca, biegun północny osi ziemskiej zatacza pełen krąg w ciągu 25 tysięcy lat. Ten ruch, zwany precesją, znany był również Kopernikowi: konieczność jego wyjaśnienia była jednym z powodów, dla których napisał swoje dzieło. (b) przekrój piramidy Cheopsa: jeden z kanałów „wietrzenia” celował w gwiazdę polarną, którą w roku 2500 AC była Thuban. Dziś Gwiazdą Polarną jest *alfa* w Małym Wozie. ŹRÓDŁO: Wikipedia, DENIS NILLSON, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AxialTiltObliquity.png>; «Nature», 2017/11/02.

¹⁵ Na temat percepcji trójwymiarowej Witelo pisał: «Kiedy patrzymy na obiekt, nie widzimy go nigdy w całej jego rozciągłości przestrzennej; to oceniająca funkcja duszy mówi nam, że widzimy obiekt, a nie jego obraz». Witelo, *De Perspectiva*, UMK, 2004.

Przesuwanie się równonocy wiosennej w kierunku lutego zostało nazwane „przed-sunięciem”, z łaciny *pre-cesją*. Dziś tego terminu używa fizyka: to powolne krążenie osi ziemskiej tak jak pochylonego, rozkręconego bąka. Możemy to zaobserwować jako powolne przesuwanie się gwiazdy polarnej. Dziś jest to *alfa* małej Niedźwiedzicy (czyli Małego Wozu), ale nie było tak pięć tysięcy lat temu, kiedy budowano piramidę Cheopsa. Jeden z kanałów z komory grobowej faraona celował w gwiazdę polarną, ale nie była to dzisiejsza *alfa Ursa Minoris*. Pięć tysięcy lat temu oś obrotu Ziemi celowała w gwiazdę *Thuban* w konstelacji Smoka.

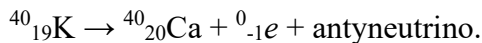
Mikołaj Kopernik był jednym z ekspertów powołanych przez Papieża dla rozwiązania problemu precesji. I rzeczywiście, już na pierwszych stronach swego dzieła pisze, że Ziemia wykonuje trzy ruchy: rewolucja kopernikańska narodziła się, po części, z konieczności kościelnej.

4.6. Dlaczego zdarzają się trzęsienia ziemi?

Trzęsienia ziemi są jednym z najstraszniejszych kataklizmów. Ludzie o tym wiedzą od wieków. I tak wschodnie wybrzeże Półwyspu Apenińskiego (rejon Umbrii) jest słabo zurbanizowane w porównaniu z wybrzeżem zachodnim (Neapol, Rzym), mimo że tam są wulkany.

Geologowie odpowiadają, że trzęsienia ziemi zachodzą na skutek ruchów płyt kontynentalnych. Półwysep Apeniński 20 milionów lat temu oderwał się od wybrzeża Afryki (w rejonie dzisiejszej Tunezji) i kręca się odwrotnie do ruchu wskazówek zegara uderzył w kontynent europejski: rejonem zderzenia się Alpy.

Ale dlaczego cztery miliardy lat po powstaniu skorupa ziemska (bardzo cienka, od 20 do 60 km zaledwie) jeszcze się nie zestaliła? Odpowiada fizyka jądrowa. Skorupa ziemska zawiera metale, które tworzą tlenki, a wśród nich jest ciężki uran i lekki potas, składnik gliny (i naszych organizmów). Zarówno uran jak potas są radioaktywne, ale na różne sposoby. Uran rozpada się według reakcji (3.4) z poprzedniego rozdziału. Potas zamienia się w wapń, według reakcji



Zarówno uran jak potas są *słabo* radioaktywne. Słabo oznacza, że niewiele jąder rozpada się jednostce czasu; niewiele oznacza, że reakcja jest powolna, czyli zajmuje wiele czasu. Dla potasu ${}^{40}\text{K}$ czas po-

łowiczego zaniku¹⁶ wynosi 1,2 miliarda lat; dla uranu ^{238}U aż 4,4 miliarda lat, czas porównywalny z wiekiem Ziemi. Innymi słowy, na Ziemi pozostaje ciągle połowa uranu, który powstał w proto-Słońcu.

Tu dochodzimy do konkluzji: skorupa ziemska pozostaje w ciągłym ruchu, ponieważ jest podgrzewana od spodu. Bilans dokładnie został uzyskany w 2011 roku przez pomiar strumienia neutrin z reakcji (3.4). Okazuje się, że połowa ciepła wypływającego z wnętrza Ziemi pochodzi nadal ze stygnięcia jądra (o temperaturze ponad 5 tys. stopni); udział rozpadów potasu i uranu odpowiada za pozostałą połowę ciepła, mniej więcej w równych częściach.



Ryc. 4.6. (a) Strumień ciepła z wnętrza Ziemi wytwarza prądy konwekcyjne, które powodują erupcje wulkanów i dryf kontynentów, jak w tej lampie „lawa” (b) Przekrój Ziemi przypomina owoc awokado: mniej więcej połowa to żelazne jądro, płynne na zewnątrz i stałe w środku; kolejna warstwa, półpłynna jak miąższ awokado to płaszcz; jedynie wierzchnia warstwa, bardzo cienka (10 km pod oceanami, 70 km w Skandynawii) jest stała” łańcuch górskie to jak szorstka powierzchnia awokado. (c) Trzęsienia ziemi zdarzają się, kiedy przemieszczenia płyt kontynentalnych jest nierównomierne. Tu pokazujemy sytuację w Japonii: cienka płyta Pacyfiku wsuwa się pod grubą płytę Eurazji; na „przedmurzu” wyrastają wulkaniczne wyspy a na „szwie” zdarzają się trzęsienia ziemi. ŹRÓDŁO: GK.

Trzęsienia ziemi są okropnymi katastrofami, spowodowanymi ruchami płyt tektonicznych, które zderzają się gdy jedna nich się wnosi (tak powstały Himalaje) a druga zapada (tak powstają najgłębsze rowy tektoniczne, jak Wysp Mariańskich czy u wschodnich wybrzeży Japonii). Zapadając się, płyta się topi (stąd wulkany na zachodnim wybrzeżu Ameryki Południowej - w Andach i w Japonii). Wapień (wzór chemiczny CaCO_3) z osadów na dnie mórz rozkłada się, uwalniając do atmosfery dwutlenek węgla, CO_2 , co zapewnia efekt cieplarniany, niezbędny dla życia. Omówimy to dalej.

¹⁶ Przypominamy, że czas połowicznego zaniku to okres, w jakim połowa materiału radioaktywnego rozpada się.

4.7. Dlaczego nie ma życia na Marsie?

Mars (a także Wenus) to planety bardzo podobne do Ziemi: w podobnej odległości o Słońca (Mars 50% dalej a Wenus 25% bliżej) i nieco jedynie mniejsze. Ale temperatura średnia na Marsie wynosi -40°C a na Wenus aż $+400^{\circ}\text{C}$. Co powoduje tak duże różnice? Czynniki pozornie nieistotne, jak skład atmosfery.

W pierwotnej atmosferze Ziemi nie było tlenu, który był związany z metalami w postaci tlenków a pozostała jego część tworzyła gazy jak CO_2 i SO_2 . Również woda była w postaci pary. Oprócz tego atmosfera była bogata w metan (CH_4), amoniak (NH_3), siarkowodór (H_2S) i cyjanowodór (HCN). W gwałtownych burzach z piorunami powstawały też tlenki azotu (czyli kwas azotowy). W konsekwencji ziemia zawierała sporo soli azotowych i rośliny rozwinęły metabolizm oparty o przyswajanie azotu z gleby a dwutlenku węgla z atmosfery.

Dziś proporcje są zupełnie odwrotne: azot w atmosferze znajduje się w swej formie cząsteczkowej N_2 , chemicznie mało aktywnej a z CO_2 w atmosferze zostały tylko ślady. Ogromne ilości CO_2 zostały „zakopane” wewnątrz skorupy ziemskiej. Część została zredukowana do czystego węgla (który wydobywamy w kopalniach), kolejna część w postaci węglowodorów (ropa naftowa, gaz) a reszta osiadła na dnie oceanów jako węglan wapnia (wapień, marmur). Ale to usuwanie dwutlenku węgla z atmosfery to dzieło życia na Ziemi, które pojawiło się jakieś 3,5 mld lat temu.

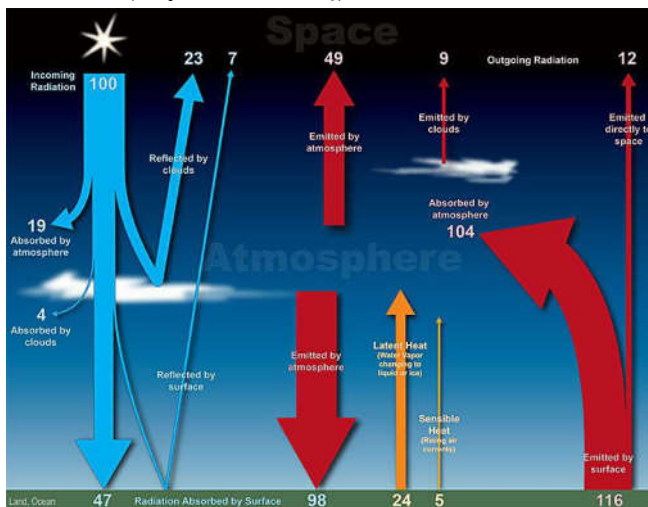


Ryc. 4.7. Ziemia przeszła długą historią zanim życie zagościło na „suchej powierzchni”, czyli ziemi. (a) Atmosfera pierwotna była nieprzezroczysta, pewno żółto-fioletowa jak dzisiejsza powierzchnia Io, jednego z satelitów Jowisza, odkrytego przez Galileusza: atmosfera Io zawiera dwutlenek siarki (SO_2). (b) Wizja artystyczna pierwotnej ziemi („Geodium”, Toruń, koncepcja GK). (c) To życie biologiczne (i człowiek) uczynił ziemię tak piękną: Dolomiti di Brenta. ŹRÓDŁO: (a) NASA/ Photjournal/PIA02308; (b, c) Foto: MARIA KARWASZ.

Życie na suchym lądzie pojawiło się mniej więcej pół miliarda lat temu: dopiero kiedy uzbierało się w atmosferze dość tlenu by zapewnić oddychanie pierwszym roślinom (i zwierzętom). Ale to właśnie życie, które najpierw zagościło w oceanach wyprodukowało ten tlen, którego dziś mamy w atmosferze aż 21%.

Na Marsie atmosfera jest rozrzedzona: tlen jest związany w postaci tlenków żelaza (stąd czerwony kolor powierzchni Marsa), a przede wszystkim jest bardzo zimno i brakuje wody w atmosferze. A zimno jest, bo brakuje w atmosferze pary wodnej. Wydaje się to paradoksalne, ale w elektronice nazywa się *feedback*, czyli „sprzężenie zwrotne”.

Średnia temperatura powierzchni Ziemi, obliczona z ilości energii docierającej ze Słońca powinna być -18°C , a jest $+15^{\circ}\text{C}$. Różnica aż o $+33\text{K}$ jest spowodowana specyficznym składem atmosfery, która zawiera zarówno CO_2 jak H_2O . Główne składniki atmosfery N_2 i O_2 są prostymi i symetrycznymi cząsteczkami (w odróżnieniu np. od NO , która jest asymetryczna). Cząsteczki asymetryczne jak H_2O mają ładunki elektryczne (dodatni i ujemny) przesunięte: w ten sposób pochłaniają promieniowanie elektromagnetyczne, w szczególności w zakresie podczerwieni (o tym za chwilę).



Ryc. 4.8. Bilans energetyczny Ziemi jest bardzo złożony. 50% energii słonecznej dochodzi w zakresie światła widzialnego, natomiast Ziemia emituje promieniowanie podczerwone. Chmury odbijają promienie Słońca ale gazy cieplarniane jak CO_2 i H_2O absorbują promieniowanie podczerwone i odsyłają je z powrotem w kierunku ziemi. W ten sposób całkowita ilość energii „do dyspozycji” na poziomie ziemi wynosi 116% energii dochodzącej ze Słońca. ŹRÓDŁO: NOAA. https://www.weather.gov/images/jetstream/atmos/energy_balance.jpg.

Dziś atmosfera ziemską zawiera¹⁷ 420 części na milion CO₂: wydaje się niewiele, ale jest to akurat, aby razem z parą wodną powodować „samoistny” wzrost temperatury na ziemi o wspomniane +33 K. Dwie cząsteczki absorbują promieniowanie podczerwone w sposób komplementarny: CO₂ zamyka „okno” absorpcji, które pozostaje otwarte w widmie H₂O.

A dlaczego ta absorpcja promieniowania nie powoduje obniżenia temperatury? Należy wyjaśnić jeden szczegół. Energia, która dociera ze Słońca, przychodzi głównie w formie światła widzialnego, z charakterystyczną temperaturą 5700 K. Temperatura Ziemi wynosi średnio 288 K (+15°), co odpowiada promieniowaniu podczerwonemu. Tak więc obecność CO₂ nie przeszkadza w docieraniu promieni słonecznych do ziemi, ale przeszkadza w ucieczce promieniowania podczerwonego (czyli ciepła) w kierunku kosmosu. Promieniowanie podczerwone wraca w kierunku powierzchni Ziemi: jak piłeczka w grze w ping-ponga. W ten sposób, nieco paradoksalnie, Ziemia dysponuje większą ilością energii niż otrzymuje jej ze Słońca: 116% (rys. 4.8).

CO₂ i H₂O są dwoma gazami odpowiedzialnymi za ten naturalny efekt cieplarniany: to dzięki nim kwitnie życie na Ziemi. W atmosferze Marsa jest CO₂, ale brakuje pary wodnej (ponieważ jest zbyt zimno). W ten sposób promieniowanie podczerwone nie zostaje uwięzione: efekt cieplarniany wynosi tylko +3 K. Na Wenus odwrotnie: znaczne ilości CO₂, SO₂ i H₂O powodują efekt cieplarniany około +350 K. Ani na Marsie ani na Wenus życie (dziś) nie istnieje. Ale są ku temu jeszcze inne motywy, o których powiemy za chwilę.

4.8. Serce z żelaza

Merkury, Mars, Wenus zależą do tej samej klasy planet jak Ziemi: telluryczne (z greckiego “ziemne”), czyli zbudowane z materii skalistej. Skład powierzchni Księżyca (skąd przywieziono próbki skał) i Marsa (gdzie je przeanalizowały autonomiczne roboty) nie różni się specjalnie od skał wulkanicznych na Ziemi. Na Marsie jest wręcz mnóstwo żelaza. Ale różnica polega na tym, że Ziemia jest jedyną z tych czterech planet, która posiada pole magnetyczne.

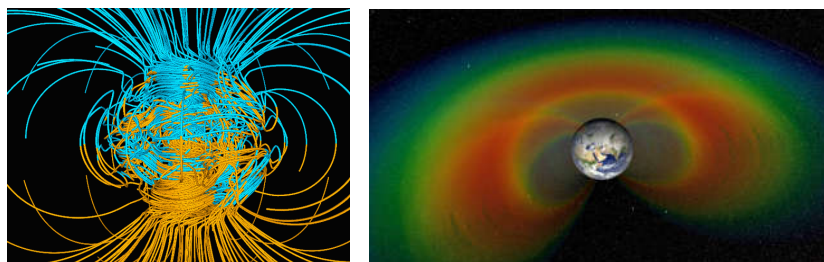
¹⁷ Jeszcze w 1900 r. atmosfera ziemską zawierała tylko 270 ppm CO₂. Ten wzrost do 420 ppm dziś (2024) jest spowodowany działalnością człowieka, który spala zasoby węgla, „zakopane” przez organizmy żywe w formie węgla, węglowodorów, wapienia przez miliardy lat.

Jądro atomu jest niezwykle małe: "jądro" Ziemi rozciąga się mniej więcej do połowy jej promienia¹⁸: powinno być nazywane raczej "pestką", jako że jest również twarde (i ciężkie). O ile gęstość typowa granitu (z którego jest zbudowana np. Skandynawia) wynosi $2,7\text{ g/cm}^3$, gęstość średnia wyliczona dla całego globu to $5,5\text{ g/cm}^3$ (gęstość żelaza pod normalnym ciśnieniem wynosi $7,8\text{ g/cm}^3$): rozumie się więc, że jądro musi być zrobione z ciężkich materiałów.

Nie znamy dokładnego składu jądra Ziemi: na pewno jest w nim żelazo, ale w jakiejś „ubitej” (i ciężkiej) fazie metalicznej. Jest też w nim nikiel: i żelazo i nikiel są magnetyczne. To żelazo w pestce Ziemi wytwarza pole magnetyczne, niezbędne dla życia na naszej Planecie.

Słońce, poza przyjemnym ciepłem (40% w widmie to promieniowanie podczerwone) i światłem, emituje również cząstki elektrycznie naładowane i energetyczne, które powstają w procesach atomowych na jego powierzchni. Strumień tych cząstek jest znaczny (to on powoduje świecenie zorzy polarnej) i mogłyby uszkadzać struktury biologiczne, w szczególności DNA: pole magnetyczne chroni życie.

A i samo życie włączyło pole magnetyczne do swych procesów regulacyjnych: słowiki w Szwecji czekają na niewielki sygnał zmiany pola magnetycznego we wrześniu, aby zmienić upierzenie (i odlecieć na południe).



Ryc. 4.9. (a) Model dynamo magnetycznego Ziemi: skomplikowana struktura pola na powierzchni Ziemi jest spowodowana „skłębieniem się” linii wewnątrz żelaznego jądra, gorącego i kręcącego się (razem z całym globem). (b) Pole magnetyczne zabezpiecza nas przed napływem energetycznych cząstek ze Słońca (wiatrem słonecznym), które są niebezpieczne dla życia. Cząstki te zostają zogniskowane przez pole magnetyczne nad biegunami: obserwujemy zorzę polarną. ŹRÓDŁO: GARY A. GLATZMAIER; NASA/Goddard Space Flight Center.

¹⁸ Tak zwana nieciągłość Gutenberga, odkryta poprzez badanie propagacji fal sejsmicznych znajduje się na głębokości 2900 km i wskazuje na nagłą zmianę gęstości materiału, od 10 g/cm^3 (więcej niż żelazo pod normalnym ciśnieniem) do $13,5\text{ g/cm}^3$. Promień średni Ziemi to 6370 km; żelazne jądro rozciąga się mniej więcej do połowy promienia.

Żółwie z Florydy używają pola magnetycznego aby złożyć jaja na tych samych plażach, na których się wykluły¹⁹. Bez wątplenia również gołębie latają według własnych magnetycznych map. A może i człowiek miał (lub nadal ma) taki sam zmysł?

4.9. Planeta reguluje się sama

Omówiliśmy, jak obecny skład atmosfery ustalił się w długim procesie przystosowania się do warunków życia. Wyjaśniliśmy też, że dobroczynny efekt cieplarniany, niezbędny dla życia jest zbyt niewielki na Marsie a zbyt duży na Wenus. Ale mówiąc o klimacie sprzyjającym życiu na Ziemi musimy omówić dokładniej wspomniane wcześniej sprzężenia zwrotne.

Te sprzężenia działają jak mechanizmy autoregulacji, które mogą prowadzić zarówno do stabilizacji jak do katastrofy. Regulując poziom głośno w telewizorze korzystamy ze wzmacniacza wewnątrz aparatu, który podnosi amplitudę sygnału niesionego przez fale elektromagnetyczne. Ale wzmacniacz akustyczny może generować bolesny dla ucha „pisk”, jeśli mikrofon do niego podłączony zostanie umieszczony zbyt blisko głośnika: powstało dodatnie sprzężenie zwrotne, które destabilizuje system.

Również w procesach klimatycznych mamy dwa typy sprzężenia. Obecność pary wodnej w atmosferze jest przykładem dodatniego, czyli destabilizującego sprzężenia zwrotnego. W paragrafie 4.8 podaliśmy zawartość CO₂ w atmosferze, ale nie H₂O. Ta ostatnia podlega właśnie sprzężeniu zwrotnemu.

Zawartość pary wodnej w powietrzu zależy od temperatury, wiemy to wszyscy. Na Syberii, zimą, powietrze wydychane z płuc zamienia się w mgłę, a nawet chmurę kryształków lodu. A kolei w saunie fińskiej można stracić przytomność, ponieważ w powietrzu jest aż 100% pary wodnej i brakuje tlenu.

Zawartość pary wodnej w powietrzu zmienia się silnie z temperaturą – im wyższa, tym więcej pary wodnej. A wiedząc, że H₂O w atmosferze jest gazem, który wpływa na efekt cieplarniany, występuje dodatnie sprzężenie zwrotne: jeśli rośnie temperatura to w konsekwencji również zawartość H₂O w atmosferze, wzmacnia się efekt cieplarnia-

¹⁹ G. KARWASZ, *Magnetyczne żółwie*, in: On the Track of Modern Physics, dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/html/turtle.html.

ny, czyli temperatura rośnie jeszcze bardziej. Ten mechanizm wyzwolił się w atmosferze Wenus (przy dużej zawartości innych gazów cieplarnianych, jak CO_2 , SO_2).

Wiele czynników wpływa na temperaturę na Ziemi jak na przykład ilość promieniowania odbitego z powierzchni, zwanej *albedo*. Zależy ono od rodzaju roślinności na ziemi: śnieg odbija więcej promieniowania niż puszcza: śnieg charakteryzuje się szczególnie wysokim albedo. I tu pojawia się kolejne pozytywne sprzężenie zwrotne: przy obniżaniu się średniej temperatury Globu, rośnie powierzchnia przykryta śniegiem. W konsekwencji wzrasta albedo, więcej energii zostaje odbite i średnia temperatura obniża się jeszcze bardziej.

Innymi słowy, wiele czynników przyczynia się do *niestabilności* klimatu na Ziemi. W ciągu ostatnich 500 tysięcy lat okresy lodowcowe przeplatały się z epokami cieplejszymi. A w odległej historii (1-2 miliardy lat temu) były okresy, gdy większa część globu była pokryta lodem: skały, które znajdowały się wówczas w rejonach równikowych noszą ślady erozji lodowcowej. Ale pokrywa lodowa winna spowodować wyginięcie życia? Tak, ale także przyspieszała ewolucję: życie kwitło dookoła wulkanów i ewolucja mogła „wypróbować” różne rozwiązania alternatywne, z których, po rozmrożeniu globu, zwyciężyła najlepsze. W chwili obecnej te hipotezy wymagają weryfikacji.



Ryc. 4.10. (a) W okresach globalnych zlodowaceń był już tlen w atmosferze: nad biegunami świeciła zora polarna - wzbudzone drobiny O_2 i NO (Geodium, Toruń, projekt GK). Być może, to właśnie obecność tlenu była powodem sporych wahań temperatury w skali globu. (b) Podmorskie kominy wulkaniczne są środowiskiem bogatym w różne, egzotyczne formy życia, które pozyskują energię do metabolizmu nie ze słońca, ale z reakcji chemicznych. (c) Pustynny pejzaż Marsa, bez wody i skał wapiennych. W czerwcu 2018 r., wydaje się, znaleziono ślady substancji pochodzących z osadów organicznych: nie można wykluczyć, że w odległych epokach istniały na Marsie jakieś prymitywne formy życia. NASA Astrobiology.

Wracając do sprzężeń zwrotnych, roślinność, i życie w ogólności, spełnia funkcję stabilizacyjną: gdy rośnie zawartość CO₂ a w konsekwencji temperatura i wilgotność polepszają się warunki dla wegetacji, więc rośnie asymilacja CO₂ przez rośliny. W efekcie spada zawartość CO₂ w atmosferze, itd.

Niektórzy autorzy personifikują tę auto-regulację planety Ziemia, pod mianem „Gaia”. Pomysł pochodzi z lat 70-tych zeszłego wieku, kiedy astrofizyk amerykański, James Lovelock, ekspert NASA z zadaniem weryfikacji, czy na Marsie może istnieć życie, odpowiedział negatywnie. Znakiem życia jest obecność tlenu: Ziemia widziana z kosmosu jest niebieska. Ale między procesami naturalnymi, rządzonymi przez zewnętrzne prawa a życiem inteligentnym istnieje zasadnicza różnica: „Gaia” jest tylko organizmem (nieożywionym), czyli *rzeczą* zorganizowaną, a nie *organizującą*.

Reasumując: obecny stan Ziemi jest w dużej mierze wynikiem pojawienia się i rozwoju życia na niej. Człowiek w znaczny sposób wpływa na własną planetę (co nakłada na niego sporą odpowiedzialność). Jednym z pierwszych, który to zrozumiał, był Św. Franciszek.

4.10. Ziemia dla Człowieka²⁰

Wraz z odkryciem systemów planetarnych wokół wielu gwiazd (satelita Kepler odkrył aż 7 planet dookoła gwiazdy Trapist-1), powraca pytanie, czy Ziemia jest jakąś specjalną planetą. Z punktu widzenia zasady antropicznej odpowiedź byłaby oczywista: tak, ponieważ na Ziemi istnieje inteligentne życie i jak dotąd nie mamy żadnego świadectwa ani archeologicznego, ani astronomicznego, że istnieje gdziekolwiek we Wszechświecie (namacalnym, tzn. obserwowalnym za pomocą metod fizyki). Kościół Katolicki, poprzez słowa profesora George’a V. Coyne’a, dyrektora Obserwatorium Astronomicznego w Watykanie nie wyklucza takiej możliwości, ale też jej nie potwierdza²¹.

- Ojcie, czy ksiądz wierzy w inne zamieszkałe światy?

Jeżeli pozostaniemy przy danych statystycznych, bez wątplenia warunki dla życia powinny zaistnieć: nie tylko w jednym miejscu wszechświata. Gwiazd

²⁰ Używam tu tytułu wystawy popularno-naukowej stowarzyszenia “Mosaico”, która miała miejsce w Rimini w 2002 r.

²¹ V. MESSORI, *Inchiesta sul Cristianesimo. Quarantasette voci sul mistero della fede*. Oscar Mondadori, 2003 (prima edizione 1993), p. 168.

jak Słońce są setki miliardów, wewnątrz i poza naszą galaktyką, i jest pewne, że duża część ma systemy planetarne jak nasz słoneczny. Nawet będąc pesymistami i wykluczając sporą część tych planet, dochodzimy zawsze do ogromnej liczby ciał niebieskich, gdzie te same warunki do życia jak na Ziemi powinny zaistnieć. Ale uwaga, mówię o *warunkach*. Nie mówię, że w tych sprzyjających warunkach życie rzeczywiście się rozwinęło. Tylko tyle może powiedzieć naukowiec.

- A człowiek, ksiądz Coyne co myśli?

Osobiście, odkrywając, że nasza Ziemia to mniej, naprawdę mniej niż ziarenko piasku na ogromnej plaży, zastanawiam się, dlaczego Pan Bóg miałby stworzyć ten ogromny teatr tylko dla nas. Ale czy mamy prawo pytać o to? Nie jesteśmy Bogiem, nie możemy znać jego myśli. Prawo stworzenia wydaje się, zresztą, gigantyczną rozrzutnością: miliardy spermatozoidów wyrzuconych, z których dla przykładu tylko jeden – i nie zawsze na pewno – zapewnia reprodukcję. Taką samą rozrzutność obserwujemy, przynajmniej pozornie, patrząc na niebo. Jako osoba prywatna powiedziałbym tak! życie istnieje gdzie indziej. Ale nie mam żadnej pewności. Dla osoby wierzącej życie nie rodzi się przez przypadek, z praw statystyki, z korzystnej kombinacji fizyko-chemicznej: ewolucja rodzi się z *fiat* [niech się stanie!] boskiego i podąża według programu Stwórcy.

Bez wątpienia kosmologia, astronomia, geologia i fizyka dostarczają argumentów dla uznania szczególnego charakteru Ziemi: planeta skalista, z atmosferą chemicznie obojętną (oprócz tlenu, którego źródłem jest życie biologiczne), z dużymi zasobami wody, we „właściwej” odległości od Słońca dla zapewnienia odpowiedniego strumienia energii elektromagnetycznej. Z drugiej strony, obecność uranu i toru, pierwiastków, które muszą powstać w gwiazdach supernowych, zapewnia przesuwanie się płyt tektonicznych, a w rezultacie delikatną w atmosferze równowagę CO₂, który to jest „pożywieniem” dla roślin.

Również inne cięższe pierwiastki chemiczne (selen, miedź, brom, jod) nie występują w gwiazdach pierwszego pokolenia. Zasadnicza dla życia jest ogromna ilość żelaza, warunek auto-generacji pola magnetycznego w sercu Ziemi.

Obecność Księżyca, dużego i blisko, zapewnia nie tylko „nocne oświetlenie, ale przede wszystkim stabilność klimatu. Nie do pominięcia jest nachylenie osi ziemskiej – drugi skutek zderzenia, w którym powstał Księżyc. To nachylenie zapewnia pory roku a przez to skomplikowaną dynamikę prądów atmosferycznych i oceanicznych.

Podsumowując, dzięki całemu „zbiegowi okoliczności” między kosmologią, astronomią, geologią, klimatologią, Ziemia gości życie. Nie są to tylko czyste „zbiegi okoliczności”, ale cała sekwencja czasowa

zdarzeń: wybuch proto-Słońca, uformowanie się Ziemi, jej powolne stygnięcie, powstanie oceanów, produkcja tlenu, pierwsze zwierzęta na suchym lądzie etc.

Nie wiemy, czy życie powstało na Ziemi, czy też przybyło z kosmosu. Z dużym prawdopodobieństwem (naukowiec nigdy nie mówi o niemożności), Ziemia pozostaje jedynym miejscem, gdzie istnieje życie w całym Wszechświecie.

4.11. Życie poza Ziemią?

Od roku 1992, to jest od odkrycia pierwszego systemu planetarnego dookoła gwiazdy neutronowej (dzieło astronoma z Torunia, który pracował w USA, Aleksandra Wolszczana) rozwinięte zostały różne metody znajdowania zimnych obiektów (tzn. planet) w kosmosie. Używa się radioteleskopów, teleskopów optycznych a także specjalnie skonstruowanych satelitów (np. „Kepler”). Dziś (1 wrzesień 2023) znamy prawie pięć i pół tysiąca planet (dokładnie²² 5506).



Ryc. 4.11. Skały, woda, śnieg, pole magnetyczne, tlen: te wszystkie elementy są widoczne na tym zdjęciu użytym jako tło ekranu przez Microsoft Windows 10 w dniu 31/12/2017.

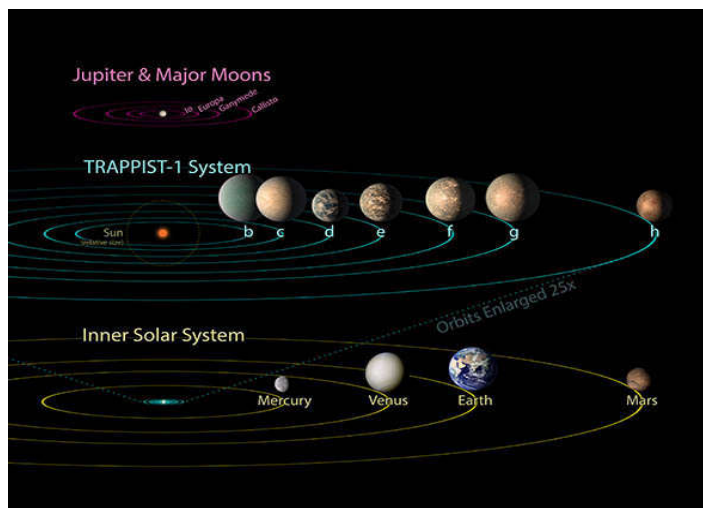
Większość z tych planet należy do kategorii zimnych gigantów gazowych, jak Jowisz i Saturn. Ostatnio zostały odkryte również planety mniejsze, ciężkie, przypuszczalnie skaliste, być może posiadające at-

²² https://en.wikipedia.org/wiki/Discoveries_of_exoplanets (dostęp 10/09/2023).

mosferę. Niektóre z nich mogą zawierać wodę w ilościach znacznie większych niż wszystkie oceany Ziemi. Szukamy, czy któraś z tych planet ma tlen w atmosferze. Sumarycznie, we całym Wszechświecie jest pewno miliard planet, jeśli nie znacznie więcej.

Czy istnieje życie na tych planetach? Nie wiemy nawet, czy warunki na nich mogłyby zapewnić życie. Gwiazda układu planetarnego Trappist-1 niedawno odkryta, to zimny, czerwony karzeł (tzn. gwiazda stosunkowo stara, na zaawansowanym etapie ewolucji), odległa od nas o 40 lat świetlnych. Okresy obiegu siedmiu planet dookoła gwiazdy (czyli długość ich planetarnego roku) wynoszą od 2 do 19 (ziemskich) dni. Jak mówi Natalie Batalha, badaczka misji Kepler, nie wiemy, czy planety Trappist-1 mogą gościć życie: «Nie liczy się kurząt przed ich wykluciem»²³.

Ziemia pozostaje specjalną planetą dla życia. Dowód? To samo życie, zbudowane z pierwiastków chemicznych, które znajdują się na naszej planecie.



Ryc. 4.12. Siedem planet systemu Trappist dookoła czerwonego karła. Niezależnie od pozornego podobieństwa z Układem Słonecznym, planety przypominają bardziej Jowisza i jego księżyce: z okresami obiegu kilku dni i odległościami od gwiazdy mniejszymi niż odległość Słońce – Merkury. ŹRÓDŁO: NASA/JPL-Caltech.

²³ «They say not to count our chickens before they're hatched, but that's exactly what these results allow us to do based on probabilities that each egg (candidate) will hatch into a chick (bona fide planet).» <https://www.outerplaces.com/science/item/16234-kepler-nasa-exo-planets-life>.

Rozdział V

"Mnogość żywych istot"

"Niech się zaroją wody mnóstwem żywych istot i niech ptaki latają nad ziemią w obliczu firmamentu nieba" - powiedział Bóg" (ale dopiero piątego dnia).

5.1. Od nieorganicznych do organicznych

Fizyka zajmuje się głównie światem nieorganicznym: kulami, atomami, cząstkami elementarnymi. Ale prawa fizyki (np. że elektron ma spin $\frac{1}{2}$) determinują również chemię, czyli całe bogactwo związków chemicznych. Omawiając już kryształy diamentu i grafitu zrozumieliśmy, że węgiel jest szczególnym pierwiastkiem chemicznym – ma niewiele (sumarycznie) elektronów, z których 4 są aktywne chemicznie. Tak więc atom węgla może oddać do 4 elektronów (uproszczony model to cząsteczka dwutlenku węgla $O=C=O$) lub przyjąć do 4 elektronów (w metanie CH_4). Atomy węgla mogą również tworzyć łańcuchy (jak w acetylenie $H-C \equiv C-H$). Te właściwości sprawiają, że chemia związków węgla jest nieskończenie bogatsza niż jakikolwiek innego pierwiastka. I tak, pierwszym wyznacznikiem przejścia ze świata nieożywionego do życia jest bogactwo możliwych związków organicznych. Ale szczegółowa droga od chemii organicznej do biologii jest wciąż nieznana.

Istotną cechą odróżniającą chemię od biologii jest fakt, że w chemii reakcje, które w praktyce są wymianą elektronów między dwoma atomami, zachodzą w prostym kontakcie ze sobą: wodór eksploduje, jeśli zostanie zmieszany w odpowiedniej proporcji z tlenem. Ale i w chemii niektóre reakcje wymagają *katalizatorów*, dla ich przyspieszenia lub wręcz umożliwienia - takich jak wanad (do produkcji kwasu siarkowego), tlenki żelaza (do produkcji amoniaku) itp. W katalizatorze wewnątrz rury wydechowej samochodu zachodzi utlenianie CO do CO_2 i "redukcja" NO_x do N_2 : stosuje się tlenek ceru (CeO_2) i platynę koloidalną. Funkcją katalizatorów w procesie reakcji jest zapewnienie

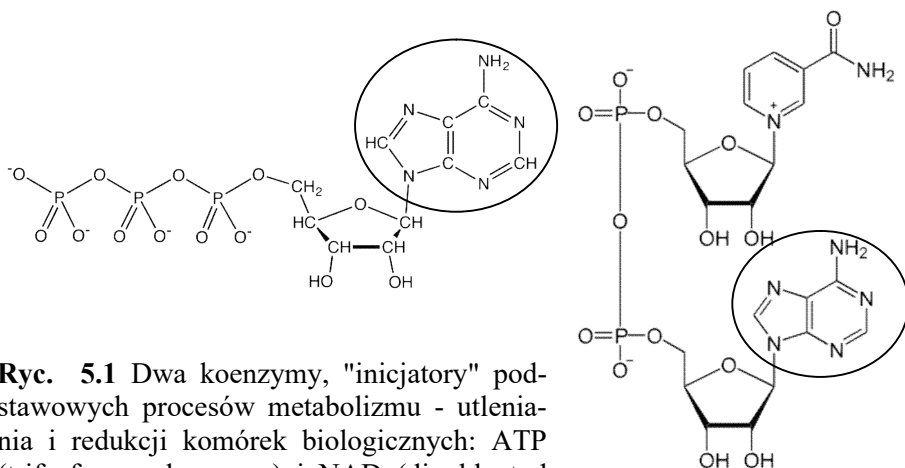
"pożyczki" elektronów do reagujących atomów (cząsteczek). Po zakończeniu reakcji elektrony „wracają” do katalizatora.

W biologii praktycznie wszystkie reakcje zachodzą w sposób katalityczny, a właściwie *enzymatyczny*. Enzymy są jak katalizatory: dostarczają elektrony reagentom, ale w bardzo precyzyjnej kolejności i miejscu. Ale między katalizatorami chemicznymi a enzymami istnieje zasadnicza różnica złożoności.

5.2. Od prostego do złożonego: szlak termodynamiczny?

W fizyce i chemii reakcje zwykle idą w kierunku minimalnej energii: kula toczy się po zboczu, ponieważ jej energia ("potencjał") na końcu zbocza jest mniejsza. W chemii węgiel spala się, ponieważ całkowita energia atomów H i O jest niższa¹, gdy tworzą kompleks, tj. H₂O.

Jak już mówiliśmy, reakcje zwykle prowadzą do wzrostu zaburzeń (entropii): dwa pojemniki przed reakcją zawierają oddzielone gazy i potrzebna jest energia do ich oddzielenia po reakcji.



Ryc. 5.1 Dwa koenzymy, "inicjatory" podstawowych procesów metabolizmu - utleniania i redukcji komórek biologicznych: ATP (trifosforan adenozy) i NAD (dinukleotyd nikotyno-amido-adeninowy). Oba zawierają adeninę, zasadę azotową (z grupą NH₂), która jest również częścią DNA.

¹Aby być precyzyjnym, należy powołać się na zasadę minimalnego "działania": wielkości zdefiniowanej jako całka energii (kinetyczna minus potencjalna) w funkcji czasu. Ta zasada, sformułowana przez Maupertuisa, wyjaśnia na przykład prawo załamania światła w optyce.

W silniku termodynamicznym ciepło spełnia swoje zadanie – wytwarza pracę mechaniczną, ale ostatecznie ciepło odpadowe jest rozpraszane w otoczeniu: w dłuższej perspektywie temperatura otoczenia i silnika jest równa – wzrasta entropia, czyli nieporządek. Natomiast życie jest przeciwieństwem nieporządku: rośliny wykorzystujące światło (nieuporządkowane fale elektromagnetyczne) i proste cząsteczki (H_2O i CO_2) wytwarzają cukry, białka, drewno, aromaty: wszystko oprócz nieporządku. Życie ma wtedy tendencję do zmniejszania entropii. Życie zużywa energię, ale różnica między pięknem kwiatu a szarością zgnilizny jest piorunująca. Żywe struktury wykazują bardzo wysoki stopień *organizacji* – czy to kwiat, serce czy kawałek DNA. Nieożywiona natura nie wykazuje zdolności do tworzenia złożonych, ale uporządkowanych struktur: płatek śniegu nie jest skomplikowany. Jak zatem wytłumaczyć pojawienie się życia?

Jedna z encyklopedii nauki wyjaśnia powstawanie złożonych struktur w następujący sposób: "Mniejsze cząsteczki, w wyniku ich ruchów w wodzie oraz w ciągłym i wzajemnym oddziaływaniu, mają tendencję do dezagregacji, ale inne, większe i wolniejsze ruchy, nie tylko utrzymują swoją strukturę, ale próbują łączyć się ze sobą i wychwytywać inne mniejsze cząsteczki tworzące agregaty molekularne coraz bardziej złożone i o dobrze zdefiniowanej architekturze".²



Ryc. 5.2. Tworzenie (a) płatków śniegu i kryształów pirytu FeS_2 (b) można wyjaśnić w kategoriach wiązań chemicznych, symetrii krystalicznej (fizyka), fraktali (ma-tematycznych), nie wspominając o "samoorganizującej się materii". ŹRÓDŁO DANYCH: NOAA; GK.

Niestety, naszym zdaniem, nie jest to wytłumaczenie, ale *postulat*: fale morskie poruszają ziarna piasku w taki sam sposób jak meduzy.

²GAMPIERO FRIZZI i GUIDO FRIZZI, *Breve storia della biologia*, w: Le basi della vita, La Scienza, La biblioteca di Repubblica, UTET, Roma 2005, s. 34.

Spontaniczne agregaty białkowe były centralnym punktem teorii życia radzieckiego biologa Oparina (1894-1980).³

Belgijski noblista Christian de Duve (1917-2013), odkrywca licznych enzymów, uważał, że narodziny życia były faktem "koniecznym" ze względu na specyficzne reakcje chemiczne, które są bardzo szybkie. Trudno podzielać tę opinię: reakcje chemiczne, czyli "skoki" elektronów z jednego orbitalu na drugi są – tak, bardzo szybkie, rzędu 10^{-18} sekund, ale nie wszystkie. Bardzo powolne reakcje, trudne do przyspieszenia, to na przykład powstawanie estrów, czyli związków alkoholu i kwasów, które nadają winu smak. Innym przykładem bardzo powolnych reakcji, które trwają kilka lat, jest starzenie się polimerów, co czyni je kruchymi lub miękkimi.

Przypisywanie reakcjom chemicznym specjalnego "strojenia" (tj. samoregulacji) w celu ułatwienia narodzin życia biologicznego nie różni się zbyt od wymogu dostrojenia stałych fizycznych, aby umożliwić cykl energetyczny w gwiazdach i narodziny układów planetarnych: jest to zwykły postulat.

Próba wyjaśnienia pojawienia się życia biologicznego z praw fizyki wynika z pracy nad termodynamiką układów nierównowagowych, opracowanej przez innego laureata Nagrody Nobla, Ilyę Prigogine (Moskwa 1917 - Bruksela 2003). Nie zajmował się on termodynamiką "długoterminową", czyli układami w równowadze, ale układami w okresie przejściowym. Prigogine zauważa, że w fazach przejściowych systemy mogą *minimalizować* straty entropii (tj. próbując ograniczyć wzrost nieporządku, patrz par. 2.2).

Podsumowując, wydaje się, że wciąż brakuje pojęcia pojawiania się złożonych struktur biologicznych, gdzie panuje spadek nieporządku w porównaniu ze światem nieorganicznym, gdzie *panuje* nieład. Arystoteles napisał w *Fizyce* (222b, 20):

Nie ulega wątpliwości, że, jak już wyżej stwierdziliśmy, czas jest raczej przyczyną rozkładu niż powstania (wszak zmiana oddala rzeczy od ich dawnego stanu), a jeśli jest przyczyną powstawania czy istnienia, to tylko przypadkowo.⁴

³Ironicznie możemy dodać, że spontaniczne agregaty tworzą się na nieuprawianych pre-riach, gdzie powiększają się zwoje trawy napędzane wiatrem; takie agregaty w sypialni powstają z kurzu: motek śmieci, a nie zorganizowane, funkcjonalne struktury.

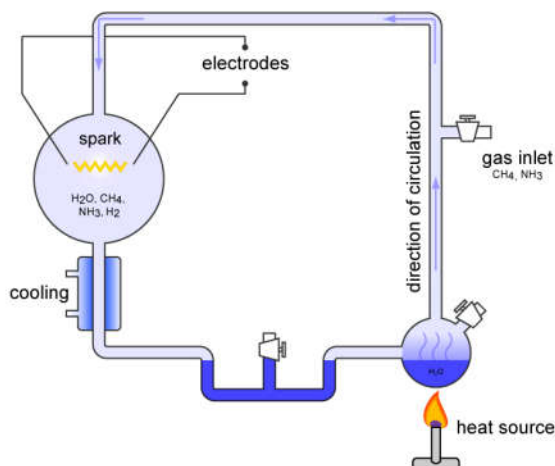
⁴ARYSTOTELES, *Fizyka*, *op. cit.*, s. 113.

To "przypadkowo" doprowadziło Arystotelesa do sformułowania, nawet w *fizyce*, przyczyny teleologicznej: wydarzenia prowadzą do określonego *celu*⁵.

Ponadto hipoteza wywodząca się z prac Prigogine'a, że zasady matematyki mogą również dopuszczać maksymalny *porządek*, zamiast maksymalnego *nieporządku*, jak wymaga tego druga zasada termodynamiczna, jest nowym *przyjęciem*, a nie *scenariuszem* postępowania. Tak więc przejście od chemii do życia pozostaje bardzo *ważną "luką" pojęciową* (po włosku: *passo, breccia, lacuna*, czyli też *otchłań, gra*⁶), o ile wręcz nie jest całkowicie nie do pokonania w czyśto deterministycznych ramach.

5.2. Pierwotny rosół

W 1953 roku Stanley Miller, doktorant w laboratorium noblisty Harolda Ureya, przeprowadził eksperyment, który przeszedł do historii. Miller przepuszczał wyładowania elektryczne przez szczelną szklaną ampułkę, wypełnioną parą wodną, metanem, amoniakiem i wodorem (które mogły znajdować się w pierwotnej atmosferze Ziemi). Produkty reakcji rozpuszczały się w wodzie: już po dniu woda miała różowy kolor. Po tygodniu przeanalizowano produkty reakcji: niespodziewanie znaleziono aż pięć, różnych aminokwasów. Obecnie w podobnych eksperymentach ("Miller-Urey") znaleziono inne liczne aminokwasy.



Ryc. 5.3. Schemat eksperymentu Millera i Ureya: wyładowania elektryczne są stosowane wewnątrz szklanej ampułki wypełnionej parą wodną, metanem, amoniakiem i wodorem. Produkty reakcji są chłodzone i uwieszone w dolnej części aparatury. Po tygodniu pracy znaleziono kilka aminokwasów rozpuszczonych w wodzie.
ŹRÓDŁO: Wikipedia.

⁵ Można by powiedzieć, że wydarzenia prowadzą do "końca" (*la fine* po włosku. Ale Arystoteles mówi, że wydarzenia prowadzą do celu (*il fine* po włosku).

⁶ The Bantham New College Italian & English Dictionary, New York 1976.

Eksperyment Millera wzbudził duże zainteresowanie, został przyjęty oklaskami w krajach bloku sowieckiego (w tym w ówczesnej Polsce): życie zrodziło się samo, nie potrzebuje już twórcy. Niestety, ponad 50 lat po odkryciu Millera postęp nie jest znaczny: z pojedynczych, nieco przypadkowych aminokwasów nie jesteśmy w stanie zbudować większych agregatów, czyli białek.⁷

Następnie, aby zbudować *funkcjonujące* białka, potrzebna jest określona kolejność. Dziś możemy zakodować ją na twardym dysku komputera (jest ich zbyt wiele liczb, aby zapisać je na papierze): kilka miliardów lat temu jedynym sposobem zapisu łańcucha 3 300 000 000 cyfr, w pasku o szerokości pojedynczych nanometrów (10^{-9} m) było DNA (i pozostaje nim do dziś).

Obecnie najbardziej obiecującymi metodami syntezy aminokwasów w kontrolowany sposób są reakcje w bardzo niskich temperaturach, przeprowadzane na ziarnach pyłu, takich jak kosmiczny. Francuskim kolegom udało się zsyntetyzować glicynę, prosty aminokwas, z kwasu octowego i amoniaku (które z kolei znajdują się w przestrzeni kosmicznej) przy użyciu elektronów o niskiej energii. Ale minęło ponad dziesięć lat i nie ma dalszych postępów.⁸

5.3. Życie z komet?

Kiedyś obawiano się (w powszechnym przekonaniu), że komety sprowadzają nieszczęścia. Jedna z najpiękniejszych komet, ta Halleya, powraca co 80 lat i została (prawdopodobnie) uwieczniona przez Giotto na fresku Narodzenia Pańskiego w kaplicy Scrovegnich w Padwie. Naukowcy próbują dziś zrozumieć, czy to nie komety przyniosły życie na Ziemię. W rzeczywistości kilka sond kosmicznych zostało skierowanych w stronę komet, a w 2014 roku jedna z nich wylądowała nawet na komecie.

Komety to bardzo zimne i brudne śnieżki, wielkości kilku kilometrów. Kiedy przybywają w pobliże Słońca, zaczynają parować, pozostawiając dwa ogony: jeden za sobą, żółtawy, utworzony przez pył

⁷Naukowcy, którzy "wierzą" w życie zrodzone przez czysty przypadek, są jak ci, którzy przed wynalezieniem mikroskopu byli przekonani, że mikroby, pchły, muchy itp. urodziły się same w czystej wodzie.

⁸L. AMIAUD, *Electron induced processes on mixed molecular ices*, Insitute des Sciences Moléculaires, Orsay, 2015, <http://www.ismo.u-psud.fr/spip.php?article1522&lang=fr>.

zgubiony po drodze, kolejny, niebieski, prosty, rozgrzanych gazów, rys. 5.4b.

Astronomowie uważają, że komety pochodzą z odległych krańców Układu Słonecznego: sonda Voyager 1, która w 2013 roku osiągnęła odległość 130 jednostek astronomicznych od Słońca i przekroczyła środek wiatru słonecznego, nie znalazła śladu komet. W rzeczywistości obłok zawierający komety, jak przypuszcza Jan Oort, powinien znajdować się tysiąc razy dalej, prawie w odległości jednego roku świetlnego od Słońca. Z drugiej strony, patrząc na piękne zdjęcia supernowych (patrz zdjęcie 2.15), istnienie Obłoku Oorta jest prawdopodobne: odległy, zimny i pełen komet.⁹

Już w przeszłości sondy były wysyłane do komet: jedna z nich trafiła w komętę pociskiem i badała skład uwolnionych gazów. Druga, "Stardust", przeszedł przez ogon pyłu, rozciągając pułapkę jak rakietę tenisowa, zbierając kurz i zwracając pułapkę na Ziemię. Znaleziono tysiące ziaren mikroproszków, a w nich różne minerały, zarówno te, które istnieją w skorupie ziemskiej, jak i cząsteczki prawdopodobnego pochodzenia pozasłonecznego. Wygląda na to, że komety zbierają kosmiczne mikrośmieci.



Ryc. 5.4. (a) Giotto zobaczył komętę Halleya w 1301 roku i namalował ją na fresku w kaplicy Scrovegnich w Padwie. (b) Przelatująca kometa pozostawia dwa ogony – jeden niebieskawawy, z parujących gazów, drugi żółty, z pyłu pozostawionego w przestrzeni. ŹRÓDŁO: Wikipedia (Capella Degli Scrovegni), dzięki uprzejmości władz municypalnych Padwy; ESA.

⁹Przypomnijmy, że jednostka astronomiczna jest równoważna odległości T wędrującej od Słońca (150 milionów km) natomiast 1 rok świetlny = 63241 u.a.

W 2014 roku europejska sonda "Rosetta" wylądowała na komecie 67P/ Churyumov-Gerasimenko (nazwiska rosyjskiej pary astronomów, którzy odkryli ją w 1969 roku). 67P przypomina kość dla psa, o długości 4 km. Sonda podskoczyła nieco przed dokowaniem i w konsekwencji znalazła się częściowo w cieniu: wkrótce panele słoneczne przestały działać. Ale przed wyłączeniem "Rosetta" była w stanie przeanalizować otaczające gazy.

Oprócz wody (H_2O) i metanu (CH_4) znaleziono również amoniak (NH_3), siarkowodór (H_2S), kwas cyjanowodorowy (HCN), formaldehyd (H_2CO): wszystkie bardzo śmierdzące gazy, które w biologii powstają wskutek gnicia substancji organicznych, w szczególności białek. Niestety, w przypadku reakcji chemicznych odwrócenie reakcji, czyli od prostych gazów do aminokwasów, nie jest łatwe.

Ale różnorodność cząsteczek na komecie jest niczym w porównaniu z obłokami międzygwiazdowymi, które zawierają ogromną różnorodność (ponad 150) cząsteczek organicznych. Jest tam nawet chmura pełna alkoholu etylowego, tylko że o kilka lat świetlnych stąd.

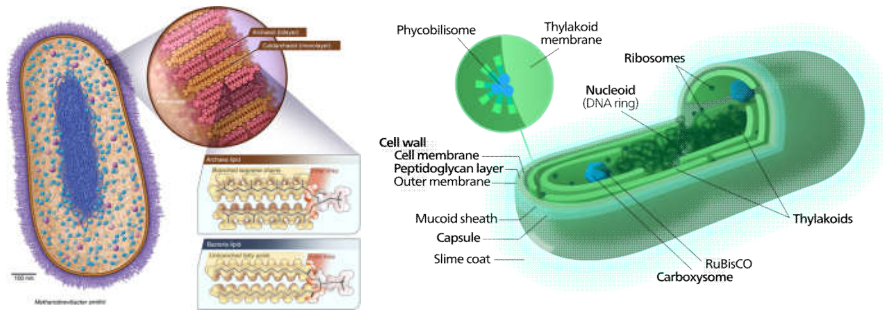
5.4. Na bardzo gorącej Ziemi

Pierwsze zestalone skały powstały prawdopodobnie 4,2 miliarda lat temu, jeszcze na półpłynnej Ziemi. Era archean (a raczej: "eon") jest zazwyczaj definiowany jako okres do 2,5 miliarda lat temu; po nim następuje eon proterozoiczny (między 2,5 miliarda a 0,542 miliarda lat temu). Między archeanem a proterozoikiem nastąpił ogromny skok: w formach życia, w atmosferze, w hydrosferze, a nawet w litosferze (tj. w formach geologicznych).¹⁰

Ten rodzaj życia był zupełnie inny od form, które zamieszkują Ziemię dzisiaj: nie było wolnego tlenu w powietrzu ani w wodzie, a metabolizm oparty na pozyskiwaniu energii z procesów "spalania" nie działał. Nieprzezroczysta atmosfera nie pozwalała na fotosyntezę. Wczesne formy życia musiały czerpać energię z nieefektywnych procesów biochemicznych, takich jak tworzenie pirytu (Fe_2S) - z siarkowodoru (H_2S) i jonów żelaza rozpuszczonych w wodzie. Można to zrobić w "czarnych fumarolach" – kominach hydrotermalnych głębo-

¹⁰ Niektóre szacunki mówią, że prawie połowa minerałów (ponad dwa tysiące), nie licząc skał, takich jak wapień i marmur, jest pochodzenia organicznego.

ko w oceanach, na obszarach wulkanicznych. Nawet dzisiaj znajdujemy tam bardzo dziwne formy życia.¹¹



Rys. 5.5 (a) *Methanobrevibacter smithii* należy do królestwa Archeae żyje w jelicie człowieka, gdzie wytwarza metan poprzez trawienie polisacharydów; ma bardzo prostą anatomię: płataninę DNA w środku i bardzo prymitywną błonę komórkową. jeszcze nie opartą na lipidach; (b) Struktura niebiesko-zielonej bakterii (cjano-bakterii) jest znacznie bardziej skomplikowana: zawiera "podkomórki" wyspecjalizowane w niektórych funkcjach, takich jak fotosynteza lub replikacja (rybosomy).
ŹRÓDŁO: Wikipedia.

Alternatywną hipotezą jest powstawanie prostych związków organicznych, zawsze w obszarach podwodnych wulkanów, bezpośrednio z wodoru i tlenku węgla, w reakcjach katalizowanych przez nano-struktury (?) siarki, niklu i żelaza.

Przykładem bakterii (a właściwie nie bakterii, ale bardziej prymitywnego organizmu, obecnie sklasyfikowanego w królestwie Archaea), który istnieje do dziś, jest *Sulfolobus solfataricus*, znaleziony po raz pierwszy w solfatarze we włoskiej miejscowości Pozzuoli. *Sulfolobus* funkcjonuje w temperaturze 80° Celsjusza, w bardzo kwaśnym środowisku (między pH = 2 a pH = 4) i wymaga siarki, na której opiera się jego metabolizm.

¹¹Nick Lane opisuje te środowiska w następujący sposób: "Ten dziwaczny i odizolowany świat wyglądał jak wizja piekła, okazał się pełen siarki i opanowany przez nieprzyjemny zapach zgnitych jaj siarkowodoru pochodzący z czarnych fumaroli. Tylko niespokojny umysł Hieronima Boscha mógł sobie wyobrazić gigantyczne robaki rurkowate, pozbawione w dorosłym wieku ust, układu pokarmowego i odbytu, i bezokie krewetki, rojące się w we wnękach na półkach skalnych pod ujściami kominów, groteskowe jak biblijna plaga szarańczy. N. LANE, *Wynalazki życia. Dziesięć wielkich kroków ewolucji (Le dieci grandi tappe dell'evoluzione)*, il Saggiatore, Mediolan 2012, s. 25, tłum. GK.

Duże zainteresowanie tym gatunkiem wynika z faktu, że jego genotyp został niedawno (w 2001 r.) zbadany¹². Zawiera on 2 992 245 zasad nukleotydowych kodujących 2977 białek. Jedna trzecia genomu *S. sulfataricus* koduje białka, które nie pasują do żadnych innych żywych istot. Pozostałe 40% to białka specyficzne dla królestwa Archaea, w 12% wspólne z bakteriami i tylko 2,3% białka wspólne z organizmami eukariotycznymi (tj. zbudowanymi z komórek z jądrem zawierającym DNA i inne "organelle").

Sulfolobus sulfataricus do metabolizmu wykorzystuje enzymy półnieorganiczne (ferredoksyny, tj. związki białkowe z żelazem i siarką) zamiast NAD innych organizmów (patrz ryc. 5.1). Ale podobna cząsteczka żelaza i siarki, wbudowana w określone białka, służy do aktywności ludzkiej tarczycy. Jest to jeden z przypadków "oszczędności" w rozwiązaniach biochemicznych, które natura wypracowała przez miliardy lat.

Inny pierwotny organizm *Archaeoglobus* żyje we wrzących szymbach naftowych (najlepiej rozmnaża się w temperaturze 83°C) i uzyskuje energię z reakcji chemicznej redukcji siarczanów (jonów SO_4^{4-}) do siarczków¹³ (do jonu S^{2-} , na przykład we wspomnianym H_2S). W ten sposób uwalniany jest tlen. Następnie w reakcji nieorganicznej tworzy się stała siarka: $16 \text{HNO}_3 + 24 \text{H}_2\text{S} \rightarrow 16 \text{NO} + 3 \text{S}_8 + 32 \text{H}_2\text{O}$. Alternatywnie, jon S_2^- może tworzyć związki z metalami: z rtęcią - cynober (Hg_2S), z ołowiem - galenę (PbS), z żelazem - piryt (FeS_2 , zwany złotem głupków, zob. rys. 5.2b).

Przywołując naszą wiedzę o atmosferze Wenus (pełną kwasu siarkowego H_2SO_4) – kto wie, czy to nie *Archeoglobus* (lub jakiś jego poprzednik) uwolnił Ziemię z chmur kwasu siarkowego i sprowadził pierwsze promienie słońca na powierzchnię.

Genom *Archaeoglobus fulgidus* zawiera również 2 178 000 nukleotydów, w dużej mierze enigmatycznych: około ¼ z nich koduje białka, których funkcje są nam nieznane. Genom wydaje się pełen nadmiarowych duplikacji, ale wytwarzane białka nie są identyczne.¹⁴

Do królestwa Archaea należy również "bakteria", która produkuje metan z CO_2 i H_2 , *Methanobrevibacter smithii*¹⁵; jest on również

¹² https://en.wikipedia.org/wiki/Sulfolobus_sulfataricus (dostęp 10.10.2018).

¹³ Redukcja siarczanów jest sprzężona (w szymbach naftowych) z utlenianiem węglowodorów.

¹⁴ <https://en.wikipedia.org/wiki/Archaeoglobus> (dostęp 2018-12-20).

¹⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Methanobrevibacter_smithii (dostęp 20.12.2018).

obecny w ludzkim jelicie, gdzie pomaga trawić polisacharydy. Ma bardzo prostą budowę: pakiet DNA i błonę komórkową zbudowaną z izoprenu, a nie z lipidów (jak w bardziej zaawansowanych organizmach, począwszy od bakterii). Pokazujemy jego strukturę¹⁶ na rys. 5.5a. Kto wie, czy nasz lokator-pomocnik nie jest pozostałością z epoki archeańskiej? Byłby to kolejny argument za "racjonalnością natury": te same rozwiązania w odstępnie miliardów lat. Ale czy ten *racjonalność* naprawdę pochodzi z czysto atomowego świata?

5.5. Zielona planeta

W środku Archeanu pojawiły się nowe i bardziej złożone formy życia: bakterie. Chociaż nadal są to organizmy jednokomórkowe, ich struktura jest bardziej skomplikowana, z podziałem funkcji, ale nadal bez odrębnego jądra dla DNA (patrz rys. 5.5b). Wśród pierwszych bakterii, które pojawiły się, być może już 2,5 miliarda lat temu, pamiętamy niebiesko-zielone, zwane sinicami.

Geologiczne dowody pierwszych form życia pochodzą z formacji piaskowców, zwanych stromalotytami: ziarna piasku związane materiałem organicznym. Stromalotyty, które najprawdopodobniej świadczą o obecności bakterii foto-syntetycznych¹⁷, pochodzą sprzed około 2,5 miliarda lat. Dyskutuje się, czy starsze skały, takie jak te z Australii (3,4 miliarda lat temu) lub Grenlandii (3,7 miliarda lat temu), również powstały w procesach organicznych.¹⁸

Cyjano-bakterie (sinice) wykazują pewne cechy, które sugerują ich pochodzenie z epoki między życiem beztlenowym a tlenowym. Na przykład mają zdolność wiązania azotu atmosferycznego w amoniak (który z kolei tworzy aminokwasy).

Charakterystyka cyjano-bakterii świadczy również o innych warunkach fizycznych planety, kiedy się pojawiły. Cyjano-bakterie zawierają na przykład inne pigmenty, uzupełniające chlorofil, takie jak fikocyjanina, która pochłania żółte światło (620 nm, w porównaniu do

¹⁶*Archaeo-bacterium* nie może żyć w środowisku nieorganicznym, ponieważ czerpie energię z "trawienia" węglowodanów.

¹⁷ <https://en.wikipedia.org/wiki/Collenia> (dostęp 22.10.2018)

¹⁸A.C. ALLWOOD, *Dowody życia w najstarszych skałach Ziemi*, "Nature" 535 (2016), s. 500.

650-660 dla chlorofilu): dzisiejsze życie biologiczne nadal nosi ślady pre-prehistorii.¹⁹

Wielkie natlenienie (Great Oxigenation Event) miało miejsce około 2,5 miliarda lat temu, z pewnością zbiegając się z pojawieniem się cyjanobakterii. Ale jakie były przyczyny GOE – brak niklu, który zatrzymał proliferację bakterii metanogennych (jeden z ich enzymów potrzebuje dla tego pierwiastka), globalne zlodowacenie, sprzężenia zwrotne związane z powstawaniem ozonu – nie wiemy. Bez wątplenia – obecność tlenu w atmosferze zmieniła wszystko – od chemii oceanów po geologię złóż mineralnych. Nie mówiąc o życiu biologicznym: zamiast bardzo skomplikowanych (i niezbyt skutecznych) schematów utleniania i redukcji siarczanów, azotanów itp. pojawiają się cykle metaboliczne oparte na związkach węgla.

Po GOE energetyka żywych istot stała się standardowa: syntetyzowanie węglowodorów (białek, tłuszczu) i ich spalanie w atmosferze tlenu. Powstały "pod-komórki" wyspecjalizowane w tych operacjach – mitochondria, z ich autonomicznym dziedzictwem genetycznym – prostym, ale solidnym.

Tymczasem planeta widziana z nieba zaczęła wydawać się zielona: nawet dzisiaj cyjanobakterie produkują połowę tlenu wytwarzanego w otwartych oceanach. Metaboliczna wszechstronność cyjanobakterii umieściła je między dwiema epokami Ziemi: bez i z tlenem w atmosferze. A zmiana została spowodowana w dużej mierze przez same te bakterie.

5.6. W głębinach oceanów

Pierwsze formy życia narodziły się w oceanach; to tam rozwinęły się skomplikowane organizmy, z dobrze wyspecjalizowanymi narządami, jakie znamy dzisiaj: nie tylko kręgowce (ryby, płazy), ale także przodkowie owadów. Przykłady zbieżności, żywych skamieniałości i równoległości w rozwiązaniach ewolucyjnych są czasami zaskakujące, patrz ryc. 5.6 dla stawonogów. Idąc za przykładem tej grupy (*gromady*), która liczy ponad dwa miliony gatunków, zaskakujące jest, jak

¹⁹ Obecnie rośliny nie mogą wykorzystywać azotu atmosferycznego i korzystają z azotu z gleby. Niewiele roślin, na przykład rośliny strączkowe, żyje w symbiozie z bakteriami azotowymi, zdolnymi do wiązania azotu atmosferycznego.

"natura" eksperymentuje z różnymi rozwiązaniami, nakładającymi się i to w odmiennych środowiskach.



Ryc. 5.6. Pomimo ogromnej różnorodności zwierząt, niektóre formy, odległe o setki milionów lat, są do siebie podobne. (a) Trylobity panowały w morzach 550 milionów lat temu, w mętnych, ubogich w tlen wodach. b) Obecnie strukturę segmentową i jedną parę nóg na segment ma prosionek pospolity (*Armadillidium vulgare*) zwany też kulanką, a który żywi się resztkami organicznymi, w tym drewnem; skolonizował Ziemię około 500 milionów lat temu. c) karaluch z Madagaskaru (*Gromphadorhina portentosa*) w przeciwieństwie do innych karaczanów nie ma skrzydeł; skamieniałości karaluchów pochodzą sprzed 350 milionów lat. ŹRÓDŁO: a) Hewelianum, Gdańsk, GK, b) Maria Karwasz; (c) Wikipedia.

Kulanka, ryc. 5.6b, stawonóg o długości nieco ponad centymetra, żyje w Europie w wilgotnych zakątkach ogrodów warzywnych i w Afryce na pustyniach. Karaluchy, irytujące skrzydlate owady, nie latają na Madagaskarze, ale gwizdzą. Zgodnie z prostą logiką, dla każdego środowiska wystarczyłoby tylko jeden zwycięski gatunek, a nie całe to bogactwo.

Trylobity, które po raz pierwszy pojawiły się około 550 milionów lat temu na obszarze dzisiejszej Syberii, panowały w morzach do 250 milionów lat temu. Były to stawonogi ze złożonymi egzoszkielecikami o długości do 30 centymetrów i zajmowały różne nisze ekologiczne, od padlinożerców po drapieżniki. Przez setki milionów lat te formy życia rozprzestrzeniły się tylko w oceanach: zawartość tlenu w atmosferze była niska, brakowało warstwy ozonowej, a promieniowanie ultrafioletowe mogło być śmiertelne.

Trylobity miały prymitywne oczy, zbudowane z tysięcy przezroczystych kryształów kalcytu (CaCO_3). Z dobrze zdefiniowaną strukturą (oznacza mało zmienną), pod koniec paleozoiku nie mogły wspierać konkurencji nowego ewolucyjnego "rozwiązania", endoszkieletu ryb, który pozwalał na szybkie ruchy.

Pierwsze kręgowce prawdopodobnie pochodzą z czasów trylobitów, około 500 milionów lat temu. Stosunkowo wcześniej, w ciągu stu

milionów lat, pojawiły się pierwsze "hybrydy", czyli zwierzęta o cechach zarówno ryb, jak i płazów (lub być może gadów, patrz ryc. 5.7). Odkrycia tych form "przejścia" są rzadkie, ponieważ zwierzęta te były słabo przystosowane do środowiska, a przez to nieliczne. W porównaniu z dzisiejszymi gatunkami wyglądają jak biblijne "potwory morskie", zob. rys. 5.7a²⁰



Ryc. 5.7. (a) Forma przejściowa między rybami a – tiktaalik niedawno odkryty w Kanadzie i datowany na 375 milionów lat. (b) Bóg stworzył wielkie potwory morskie, *Tapis de la Creació* w Gironie. Źródło danych: KEVIN JIANG, The University of Chicago, <https://tiktaalik.uchicago.edu/press/>; Wikipedia.

Tiktaalik roseae żył 375 milionów lat temu i był formą pośrednią między rybami a płazami. Jego ślady stóp w skałach znaleziono w 2006 roku w arktycznej Kanadzie, która w tym czasie znajdowała się w obszarze tropikalnym. Nazwa oznacza rodzaj dorsza w języku Innuiti. Nie jest to jedyna forma przejścia do czworonogów, ale jest to pierwsza z dobrze rozwiniętą miednicą, wskazującą ewolucyjną ścieżkę do dinozaurów. Inne formy pośrednie są zazwyczaj typowe dla płazów.

Czy istniała jedna ścieżka ewolucji, czy kilka innych równoległych? Wydaje się, że przez cały czas, we wszystkich ciągle zmieniających się środowiskach, "wody od mnóstwa żywych istot tętniły życiem", jak *mówi Biblia*.

5.7. DNA – dość twarde, dość miękkie

Kod genetyczny, zamknięty w bardzo długiej podwójnej helisie DNA (w komórkach cebuli ledwie widoczna nić o długości 5 cm), jest pod-

²⁰JUN-YUAN CHEN, DI-YUNG HUANG & CHIA-WEI LI, *An early Cambrian craniate-like chordate*, "Nature" 402 (1999), ss. 518.

stawą zarówno reprodukcji z pokolenia na pokolenie (tj. zachowania charakterystycznych cech gatunku biologicznego), jak i zmienności gatunków. DNA musi być na tyle nieelastyczne, aby zmiany nie degenerowały się za życia jednostki (ponieważ w przeciwnym razie zachodzi modyfikacja genetyczna, tj. rak - straszne cierpienie), ale wystarczająco zmienne, aby umożliwić ewolucję biologiczną w czasie. Te dwa cele są przeciwstawne.

Dyskurs o skali energii w procesach atomowych (i w widmie światła słonecznego) służy zrozumieniu jednego z problemów, które niepokoiły wszystkich myślicieli, od św. Tomasza i Leibniza po Karola Darwina: dlaczego istnieje zło i cierpienie? Darwin w swojej *Autobiografii*²¹ (1876) napisał, że trudno jest zrozumieć, dlaczego Bóg, stwórca wszechświata, wszechmocny i wszechwiedzący dla naszych umysłów, o nieograniczonej życzliwości, dopuszcza cierpienie milionów podrzędnych zwierząt przez nieskończony czas.

W rzeczywistości, jeśli z punktu widzenia ludzkiej etyki można uzasadnić istnienie (i konieczność) chorób i katastrof, jak pisze Darwin, zwierzęta nie potrzebują moralnej poprawy²². A sam Darwin rozumie odpowiedź: te cierpienia są dla "doboru naturalnego".²³

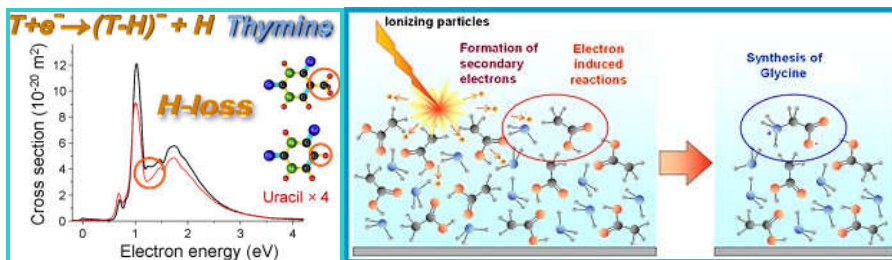
Ale pytanie powraca jeszcze ostrzej: czy dobór naturalny działa również w przypadku człowieka? Byłby to etyczny redukcjonizm. Nie! Po prostu dzielimy te same struktury biologiczne, w tym DNA, ze zwierzętami. Dwa paski podwójnej helisy są zbudowane z silnych, *kowalencyjnych wiązań chemicznych*, takich jak te w cząsteczce N₂. Natomiast wiązania między tymi dwoma wstążkami są słabe: atomy są związane nie przez wymianę elektronów, ale protonów (tzw. wiązania wodorowe). Delikatne wiązania między dwoma wstążkami umożliwiają reprodukcję płciową, czyli wymianę dziedzictwa genetycznego obojga rodziców. Ale cała struktura DNA pozostaje delikat-

²¹Przypominamy, że widmo widzialne, o długości fali od 380 nm do 760 nm, odpowiada energiom od 1,6 a 3,2 eV (fale krótsze niosą większą energię).

²²[...] wszystkie inne czujące istoty, a te często bardzo cierpią bez żadnej moralnej poprawy. Istota tak potężna i tak pełna wiedzy jak Bóg, który mógł stworzyć wszechświat, i który jest dla naszych ograniczonych umysłów wszechmocny i wszechwiedzący - wywołuje nasz protest przypuszczenie, że jego życzliwość nie jest bezgraniczna, bo jaka może być korzyść z cierpień milionów niższych zwierząt przez prawie nieskończony czas?» CH. DARWIN, *Autobiografia*, red. Nora Barrow, Collins, London 1958, s. 90. Tłum. GK

²³"Ten bardzo stary argument z istnienia cierpienia przeciwko istnieniu inteligentnej pierwszej przyczyny wydaje mi się mocny; mając na uwadze, że, jak właśnie zauważyliśmy, obecność wielu cierpień zgadza się z poglądem, że wszystkie istoty organiczne rozwinęły się na drodze zmienności i doboru naturalnego." CH. DARWIN, *op. cit.* str. 118.

na nawet w porównaniu ze światłem ultrafioletowym: z tego powodu powstają mutacje.²⁴



Ryc. 5.8. To elektrony o niskiej energii, powstające np. z promieniowania kosmicznego, niszczą wiązania między zasadami nukleotydowymi, umożliwiając "kołyszającym się" fragmentom tworzenie nowych mostów: mutacji (P. SCHEIER, Universität Innsbruck). (b) Te same powolne elektrony mogą (na określonej powierzchni, w warunkach wysokiej próżni i w niskiej temperaturze) wywoływać łączenie się CH_3COOH (kwasu octowego) z amoniakiem (NH_3) w glicynę, najprostszy aminokwas. (A. LAFOSSE, Université Paris Sud).

Mutacje, z punktu widzenia gatunków biologicznych, są korzystne. Jak mówi Darwin, pozwalają one dostosować się do zmian warunków zewnętrznych (fizycznych, chemicznych, a także obecności innych organizmów takich jak drapieżniki). Ale indywidualnie, uszkodzenie helisy DNA często oznacza nowotwór. Tak więc delikatna równowaga między energiami chemicznymi wiązań a czynnikami zewnętrznymi (takimi jak promieniowanie) pozwala na pewną stabilność pojedynczego organizmu, ale i na plastyczność gatunku, gdy wymagają tego warunki zewnętrzne.

Bóg nie stworzył stabilnego świata, ustalonego na miliardy lat, ale środowisko bogate w stały (i ekscytujący) postęp. Nasza "podróż" w czasie całego wszechświata, galaktyk, Ziemi, życia organicznego jest niemniej interesująca niż pielgrzymka do odległych, nieznanych krain.

5.8. Geny: trochę kombinatoryki

Kod DNA we wszystkich żywych organizmach wykorzystuje dokładnie te same składniki i matematyczne zasady kodowania. Odkrywcą struktury DNA, Francis Crick, zastanawiał się, dlaczego nie ma in-

²⁴Kilka lat temu odkryto (LEON SANCHE, 2001), że nawet elektrony o zaskakująco niskiej energii (kilku eV) mogą powodować zmiany w DNA.

nych kodów stosowanych przez przyrodę. "Oczywistą odpowiedzią jest to, że wszystkie organizmy na Ziemi pochodzą od wspólnego przodka, w którym kod został już ustalony." Przez kogo zostało to ustalone? A może przyszło z zewnątrz? Co tylko przesuwa pytanie.²⁵

Nick Lane zasugerował, że (zwyckie) zasady budowy DNA zostały ustalone wokół jednego z wielu kominów hydrotermalnych w odległej przeszłości. Tak więc wszystkie organizmy wykorzystują te same 16 aminokwasów, których produkcja jest kodowana 4-literowymi sekwencjami alfabetu DNA. Ile liter potrzeba? Aby odróżnić 20 aminokwasów, konieczne jest użycie sekwencji utworzonych przez minimum 3 litery. Ta sekwencja ("kodon") jest elementarnym bitem do syntezy białek. Wyjaśnia to matematyka kombinatoryczna.

Aby zakodować 16 aminokwasów za pomocą 4 liter, potrzebujemy sekwencji co najmniej 3 liter. W kombinatoryce sekwencje te nazywane są "permutacjami z powtórzeniami". Liczba układów, pozwalających na powtórzenie tej samej litery, wynosi n^k , gdzie n jest całkowitą liczbą elementów (w naszym przypadku $n = 4$), a k jest długością ciągu ($k = 3$). Zatem całkowita liczba kombinacji wynosi $4^3=64$. Stąd trzeba usunąć sekwencje trzech identycznych liter (które nie są rozróżnialne, jeśli czyta się je prosto lub do tyłu) i zarezerwować co najmniej jedną sekwencję dla kodonu na końcu sekwencji (stop). Trzy litery wystarczą na kodowanie 20 aminokwasów.

Natura z jednej strony unika nadmiarowości, z drugiej pozwala na pewną elastyczność. W sekwencji 3 liter już pierwsza z nich określa, jaki prekursor chemiczny zostanie wykorzystany do syntezy aminokwasów. Wydaje się, że drugi określa rozpuszczalność w wodzie, zasadowy lub kwaśny charakter. Trzecia litera wydaje się być zbędna (nie wpływa na syntezę alaniny, glicyny itp.), ale litery *A* lub *D* działają jak stop.

W pierwszej połowie XXI wieku biolodzy molekularni zsyntetyzowali już 40 sztucznych aminokwasów, które mogą zastąpić naturalne w białkach. Budując 4- i 5-litrowe "kodony", skodyfikowali również sposoby syntezy niektórych sztucznych aminokwasów dla żywych komórek.

Te możliwości tylko wywołują inne pytania: biorąc pod uwagę prawie redundancję trzeciej litery, w kodonach (i niektórych aminokwasach), być może pierwsze formy życia używały tylko kodonów 2-

²⁵N. LANE, *op. cit.*, s. 52.

literowych? Jednak przejście z 3 liter jest łatwe na poziomie koncepcyjnym ($3=2+1$), ale nie z praktycznego punktu widzenia: oznaczałoby to, że cały długi kod musiałby przejść translację zmiennych. To tak, jakby zamknąć zamek błyskawiczny wykonany z dwóch pasków różnych ziaren: coś niemożliwego do wykonania. Czy jest to zatem zmiana ustalona *a priori*?

5.9. Idealny kod?

Kod DNA, z jego redundancjami i / lub pominięciami (można kodować ponad 20 aminokwasów za pomocą 3-literowych kodonów) wydaje się nieco przypadkowy. Rzeczywiście, już za pomocą 2 liter można zakodować 15 aminokwasów. Funkcja trzeciej litery jest niejasna: wydaje się, że została dodana przez przypadek.

W latach dziewięćdziesiątych dwaj angielscy biolodzy molekularni, Lawrence Hurst i Stephen Freeland, używając dość potężnych komputerów, zbadali wiele kodów zbudowanych na różne sposoby, dochodząc do wniosku, że "naturalny kod genetyczny jest lepszy niż milion losowo generowanych kodów alternatywnych". Prawdziwy kod jest najbardziej odporny na ewentualne mutacje i chroni nas przed poważnymi błędami w budowie białek wynikającymi z tych mutacji. Kod jest „nadmiarowy”, ale z tego powodu jest też znacznie bezpieczniejszy.²⁶

Nick Lane komentuje te otwarte pytania: "Daleki jestem od postulowania boskiego projektu, optymalizację można wyjaśnić poprzez samo funkcjonowanie selekcji".

Przy selekcji pojawia się jednak inny problem: do syntezy białek, układając aminokwasy w precyzyjnej kolejności, potrzebne jest DNA, które jednak ma strukturę białka. Najpierw kura czy jajko? Naukowcy próbują wydostać się z tej pułapki, badając rolę przekaźników między DNA a białkami. Ale sam Nick Lane przyznał, że "cały ten scenariusz jest niewątpliwie przypuszczeniem i wciąż niewiele jest dowodów na jego poparcie" (s. 58). Bez wątplenia, czeka nas w tej tematyce wiele badań i wiele zaskakujących odpowiedzi.

²⁶ *Tamże*, s. 56.

5.10. Dziesięć wynalazków życia

Nick Lane wymienia dziesięć wynalazków życia. Pierwszym z nich jest samo życie, prawie na pewno zrodzone w pierwotnych oceanach, bez tlenu w atmosferze. Następnie:

- 2) kod życia, tj. DNA;
- 3) fotosynteza (różne pigmenty, nie tylko chlorofil, aktywny w przenoszeniu elektronów do odpowiednich cząsteczek biologicznych);
- 4) komórka złożona: agresor, który pochłonął inne komórki, prostsze, ale wyspecjalizowane w określonych funkcjach;
- 5) rozmnażanie płciowe, jako skuteczna wymiana fragmentów DNA;
- 6) ruch, który rozpoczął się od organizmów jednokomórkowych, wymyślając wiele sposobów lokomocji we wszystkich środowiskach ("niech ptaki latają nad ziemią");
- 7) wzrok, a dokładniej specjalizacja niektórych komórek skóry w przekształcaniu sygnału fal elektromagnetycznych w sygnały elektryczne;
- 8) ciepła krew, która pozwoliła skolonizować najodleglejsze zakątki Ziemi.

Ostatnie dwa etapy wywołują pewną konsternację:

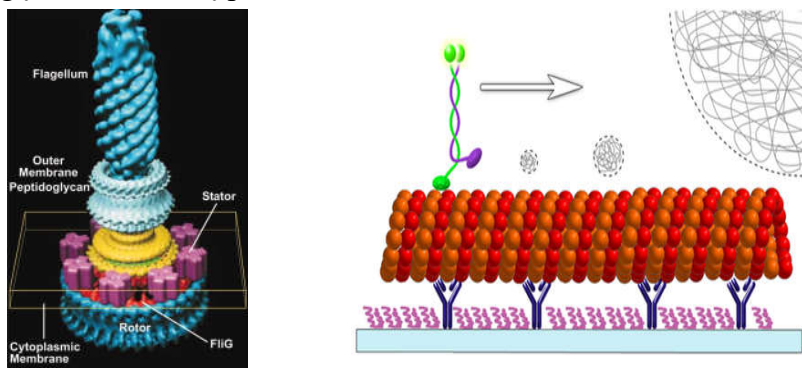
- 9) świadomość, którą trudno wywieść ze ślepej ewolucji;
- 10) śmierć jednostki, jako cena genetycznego "postępu".

Pierwsze trzy tematy – powstawanie życia w bardzo szczególnym środowisku, elastyczny kod matematyczny dla powolnej zmienności gatunkowej i pojawienie się elektro-fotoaktywnych pigmentów organicznych – już omówiliśmy. Bardzo interesująca pozostaje lokomocja – nie tylko jak kończyny koników polnych i psów, ale na poziomie komórkowym – molekularnym. To właśnie lokomocja pozwoliła na kolonizację nowych środowisk, nawet prymitywnych organizmów, takich jak pantofelek (*Paramecium caudatum*). Porusza się on dzięki rzęsom, które pokrywają powierzchnię komórki w kształcie buta. (Rzęski tego samego typu pokrywają błonę śluzową w ludzkich oskrzelach i pozwalają na odkształcanie wpadającego kurzu.)

Niedawno opublikowano model lokomocji innej grupy pierwotniaków, które mają pojedynczy, duży rzęsek obracający się wraz jak śruba napędowa statku. Konstrukcja tego nanośmigła obejmuje koła "zębate" na krawędzi i w jego łożysku wewnątrz ogniwa oraz uszczelki na tym łożysku, patrz rys. 5.9a. Procesy metabolicznego "spalania"

napędzają ten nano-silnik. Inne niedawne badania, wykonane przez fizyków teoretycznych i doświadczalnych, wykazały, że ta rzęskowa helisa nie może być zbyt długa ani zbyt sztywna i że musi być obracana z odpowiednią prędkością, aby się nie skręcać. Potrzebujemy wielu szczegółowych prac naukowych, aby zrozumieć prosto tajemnice świata biologicznego.

Nawet w obrębie poszczególnych komórek zachodzą procesy transportowe i to nie tylko chemiczne, ale również mechaniczne. Wewnątrz komórek znajdują się autostrady do przenoszenia pewnych białek z jednego rogu do drugiego. Ale potrzebne są też holowniki. Kinezyzna jest proteiną w kształcie warkocza z dwiema "stopami", które mogą swobodnie się poruszać.



Ryc. 5.9. (a) "Wić" bakterii *Escherichia coli* jest prawdziwą nano-helisa, która obraca się dzięki zębatym wnętrzu komórki. (b) "Krok" kinezyzny wzdłuż autostrady wewnątrz komórki wynosi około 8 nm, co 10 ms; kinezyzna może przenosić bardzo duże obciążenia, jak samochód ciężarowy (K. SOZAŃSKI *et al.*). ŹRÓDŁO: Wikipedia, American Physical Society.

Cykle utleniania (odbioru elektronu) i redukcji (przenoszenia elektronu) z cząsteczki ATP (patrz rys. 5.1) pozwalają kinezyźnie rozciągnąć stopę i poruszać się, a wraz z nią również przenosić obciążenia. Pojedynczy krok wynosi 8 nm (odległość kilku atomów), trwa 10 milisekund, a maksymalne holowane obciążenie wynosi 0,1 femtoniutonów (czyli równowartość masy tysiąca cząsteczek jakiegoś złożonego białka) – prawdziwa ciężarówka komórkowa.²⁷

²⁷K. SOZAŃSKI *et al.*, *Small Crowders Slow Down Kinesin Stepping by Hindering Motor Domain Diffusion*, Phys. Rev. Lett., 115 (2015) 218102.

Inny mechanizm jest stosowany w mięśniach. Miozyna, również białko w kształcie podwójnego warkocza, skraca się, gdy dochodzi sygnał elektryczny. Opis procesu jest tak złożony, że do dziś (10.04.2024) tłumaczenie hasła „Muscle contraction” z Wikipedii angielskiej na język polski jest tylko fragmentaryczne. W wersji angielskiej mówimy o bramkach jonowych²⁸ (Ca^{2+}) neuronów, które są aktywowane przez potencjał elektryczny, uwalniając acetylocholiny, która z kolei wiąże się z receptorami nikotynowymi w błonach komórek mięśniowych i wyzwala falę uwalniania jonów sodu i potasu, a następnie skurcz w całym włóknie mięśniowym.²⁹ Miozyny różnych zwierząt nie są identyczne, ale mimo to obserwuje się ich szeroką kompatybilność: miozyna królika może wiązać się z aktyną (białkiem, które współpracuje w transkrypcji sygnałów) ameby.

Wynalezienie rozmnażania płciowego było czynnikiem, który znacznie zwiększyło szanse na adaptację organizmów biologicznych do zmiennych warunków zewnętrznych. Połączenie dwóch genomów, poprzez skomplikowane procedury duplikacji taśmy DNA, podstawiania, wymiany, inwersji itp. zapewnia, że wnuki przypominają bardziej jak dziadków (lub wujków) niż rodziców. Nie martw się! Podobieństwo powróci w drugiej generacji.

Oczy, bardzo prymitywne u trylobitów (z kryształów kalcytu) przez miliony lat, wyspecjalizowały się w wielu różnych potrzebach. Owady, z ich bardzo prymitywnymi mózgami, mają oczy zrobione jak detektory cząstek elementarnych: wiele foto-powielaczy umieszczonych obok siebie (jak plaster miodu). Pszczoła nie musi widzieć zielonego koloru, ale musi odróżnić białe (dla nas) kwiaty jabłoni od gruszy i śliwy. Co więcej, w świetle ultrafioletowym nektar świeci w środku kwiatu, dzięki czemu pszczoły mogą celować bezpośrednio tam. Żmija nawet w ciemności widzi, że mysz jest ciepła, bo używa detektorów podczerwieni (a same pozostaje zimna, dla najlepszego kontrastu z ofiarą).

²⁸Nie tylko miozyna zmienia rozmiar w obecności sygnałów elektrycznych. Nawet kryształ kwarcu kurczy się w polu elektrycznym. Tak więc - a raczej odwrotnie - działa zapalnik do gazu: gdy kryształ kwarcu jest zginiatany, powstaje iskra elektryczna.

²⁹«The sequence of events that results in the depolarization of the muscle fiber at the neuromuscular junction begins when an action potential is initiated in the cell body of a motor neuron, which is then propagated by saltatory conduction along its axon toward the neuromuscular junction. Once it reaches the terminal bouton, the action potential causes a Ca^{2+} ion influx into the terminal by way of the voltage-gated calcium channels. [...]»

ŹRÓDŁO: https://en.wikipedia.org/wiki/Muscle_contraction.

O dziwo, ten sam pigment ludzkiej siatkówki (rodopsyna) znajduje się w bezbarwnych krewetkach w oceanicznych źródłach wulkanicznych - fumarolach. Krewetki nie mają oczu, ale tylko dwa płaty rodopsyny na plecach. Ta dziwna formacja pozwala im z daleka zidentyfikować bardzo słabe źródła światła; czułość tych „oczy” larw krewetek jest 7 miliony razy większa niż prawdziwych oczu dorosłych krewetek.³⁰

To samo białko ludzkiej soczewki oka znajduje się w mózgu bezkręgowca morskiego, przejrzystki (*Cioma intestinalis*). "Nie wiemy, co to białko ma robić, ale nie ma to dla nas znaczenia. Ważne jest to, że te same geny, które kierują tworzeniem soczewki u kręgowców, kontrolują również aktywność tego białka w mózgu przejrzystki."³¹

Wygląda na to, że "natura" bawi się eksperymentując z różnymi możliwościami. Bogactwo wyborów i równoległość rozwiązań jest zaskakująca. Dla tych stworzeń, którzy nie lubią metabolizmu ATP, alternatywnie jest NAN (ryc. 5.1). Dla tych, którzy nie lubią czerwonej krwi (która wymaga białka z jonem żelaza), oto niebieska krew ośmiornicy (*Octopus macropus*), która zawiera jon miedzi. Możemy przypisać tę mądrość "naturze" lub transcendentalnemu Umysłowi, z którego natura czerpie, aby korzystać z różnych rozwiązań. Ciągłość życia przez ostatnie 3-4 miliardy lat pokazuje, że ta Mądrość znacznie przewyższa rozwiązania "obecnie w użyciu".

Nick Lane pozostaje bardziej powściągliwy. Komentując obecność pre-oczu u niektórych pierwotniaków, pisze:

To, czy oczy zwierząt rozwinęły się z nich bezpośrednio, czy pośrednio (poprzez symbiozę), w tym tętniącym życiem i mało znanym mikrokosmosie, jest kwestią otwartą. Czy stało się to jako przewidywalny krok, czy skandaliczny łut szczęścia, nie możemy powiedzieć. Ale tego rodzaju pytanie, jednocześnie konkretne i uniwersalne, jest samą istotą nauki i mam nadzieję, że zainspiruje nowe pokolenie naukowców ze wzrokiem utkwionym w swoje gwiazdy.³²

Do "wynałazków życia" Nick Lane dodaje sumienie i śmierć. Te ostatnie tematy lepiej pozostawić, do czasu, kiedy omówimy istoty, które są w stanie odczuwać emocje wyższe od biologicznych (tj. wyż-

³⁰N. Lane, *op. cit.* str. 177.

³¹Tamże, s. 188.

³²Tamże, s. 191.

sze niż strach, głód, ból, instynkt rozrodczy), które są w stanie pamiętać, przewidywać, wyobrażać sobie, zastanawiać się - czyli człowieka.

5.11. Po co ta cała rozrzutność?

Patrząc na bardzo prymitywną metanogenną komórkę archeonów (pre-bakterii) znalezioną w ludzkim jelicie, można się zastanawiać, że większość tego małego organizmu zajmuje kod DNA. Jaki jest cel wstążki z 3 milionami liter? *Methanobrevi bacter* pełni kilka jedynie funkcji: tnie polisacharydy (skrobię), spala powstałe cukry i za pomocą uzyskanej energii usuwa nadmiarowy wodór wiążąc go z resztkami CO₂, wytwarzając w ten sposób metan. Bez oczu, bez ruchu, bez fotosyntezy: ciepłe środowisko, bogate w jedzenie, bezpieczne. Zdecydowana większość zasobów DNA jest całkowicie niewykorzystana. Ale może się przydać.

Bakterie metanogenne mogą prawdopodobnie istnieć w innych środowiskach, nie tylko w jelitach. Rzeczywiście, miliardy lat temu mogły wiązać wodór i atmosferyczny CO₂, wytwarzając metan i wodę oraz czerpiąc energię z tego rodzaju reakcji. Jedna czwarta genomu *Methanobrevibacter smithii* koduje funkcje zupełnie nieznanie naukowcom.

To samo dotyczy *Archeoglobuli*: wykorzystują energię ze słabo opłacalnej reakcji, chemicznej redukcji siarki. Reakcja z pewnością pochodzi z czasów, gdy w powietrzu nie było tlenu (3 miliardy lat temu). Ale *Archeoglobule* "trawia" ropę³³, a ta powstała (na przykład złoża Kanady) zaledwie sto milionów lat temu. Czy więc Archeon musiał nabyć, wyprodukować, wynaleźć lub odziedziczyć fragment DNA z informacją o metabolizmie (utlenianiu) węglowodorów?

Czy te 2 miliardy lat na Ziemi bez tlenowo-genowego były konieczne? Niestety lub na szczęście: tak! W międzyczasie uformował się Księżyc³⁴, przyjmując po swojej drugiej stronie największą liczbę uderzeń meteorytów, Ziemia ochłodziła się, a wewnętrzny rdzeń z li-

³³Siarka, będąc analogiczną do tlenu, wykazuje w zasadzie podobne reakcje. Ale wraz ze wzrostem liczby orbit (tlen ma 2, siarka 3), energia między zewnętrznymi warstwami elektronicznymi (które rządzą reakcjami chemicznymi) maleje. Tak więc "biologiczny" cykl siarki daje niewiele energii w porównaniu z cyklami opartymi na węglu i tlenie.

³⁴Bóg uczynił dwa duże ciała jaśniejące: większe, aby rządziło dniem, i mniejsze, aby rządziło nocą, oraz gwiazdy". *Rdz* 1,16: dzień czwarty. Wyd. Pallottinum, 1980.

tęgo żelaza uformował się, tworząc ochronne pole magnetyczne, atmosfera stała się przezroczysta dla światła słonecznego itp. To ewolucja Ziemi wymusiła zmiany w formach życia. W ten sposób przez cały czas historia geologiczna i biologiczna były współbieżne.

W historii planety Ziemia zaszło kilka globalnych katastrof:

- 1) (prawdopodobne) bardzo długie zlodowacenie urońskie pod koniec archeanu (2.4-2.1 miliardy lat temu),
- 2) katastrofa pod koniec paleozoiku (241 mln lat temu), prawdopodobnie spowodowana ponownym pojawieniem się siarki w atmosferze, co spowodowało wyginiecie 81% gatunków morskich i 70% kręgowców lądowych,
- 3) zniknięcie dinozaurów (65 milionów lat temu, z powodu upadku meteorytu). Wszystkie te katastrofy nie tylko nie doprowadziły do końca życia, ale nawet pozwoliły na pojawienie się nowych gatunków, lepiej przygotowanych do warunków środowiskowych, które już ewoluowały.

Ale czy Bóg nie mógłby "przygotować" gotowej Ziemi? Tak, mógłby. Ale On już i tak stworzył materialny wszechświat, całość w 10^{-32} sekundy. Prosimy o odrobinę cierpliwości!

Poważnie: w trakcie ewolucji organizmy rozwinęły się i odziedziczyły ogromne dziedzictwo, potencjalnie przydatne w ciągle zmieniających się warunkach życia na Ziemi. Człowiek również przyczynia się do tych zmian.

5.12. Ślepa ewolucja?

Charles Darwin, obdarzony niezwykle zdolnością obserwacji (i talentem rysownika), sprowokował, być może nieumyślnie, głęboki podział w naszym światopoglądzie: nie był to Stwórca, ale ślepa szansa na rozwinięcie bogactwa otaczających nas form życia. Ale on sam nie wyrażał się w ten sposób: w zakończeniu swojego najważniejszego dzieła, *O powstawaniu gatunków*, mówił o "tchnieniu życia"³⁵.

Pomimo ponad 150 lat od publikacji pracy Darwina, teoria ewolucji ma wiele luk, z których wymieniamy kilka: konwergencja, równo-

³⁵Osobiście, po przeczytaniu jego *Autobiografii*, myślę, że Ch. Darwin nie spodziewał się tak głębokich konsekwencji swojej pracy. Jako młody człowiek chciał zostać pastorem. W 1904 roku otwarcie zapytano go, czy jest wierzący; stojąc przed koniecznością wyboru, określił się jako ateista. Ale w auto-biografii pisze, „jak się nad tym dobrze zastanowić, powinienem określić się jako człowiek głęboko wierzący.”

ległość, wielokierunkowość. Pszczoły machają skrzydłami 500 razy na sekundę, niosąc ładunki miodu większe niż ich własna waga. Ale w ulu skrzydła muszą zostać złożone, aby zaoszczędzić miejsce. Tak więc, między segmentem przednim i tylnym znajduje się bardzo skomplikowany system zaczepów, patrz fot. 5.10a. Liczba losowych kombinacji mutacji w celu znalezienia odpowiedniej zgodności między dwoma segmentami byłaby ogromna. Czy coś napędzało ewolucję w dwóch segmentach?

Wszystkie żaby składają jaja w wodzie, która po zapłodnieniu rozwija się w kijanki. Wszystkie z wyjątkiem gatunku Gwinei, *Nectophrynoides occidentalis*, który żyje na ograniczonym obszarze kilka kilometrów wokół góry Nimba. Ta żaba zachodzi w ciążę, która trwa 9 miesięcy, w międzyczasie hibernuje z powodu suszy, a wiosną małe żaby rodzą się już podobne do dorosłych osobników. Nieoczekiwana zbieżność "ewolucyjnych" rozwiązań między żabą a ssakami.

W jaskiniach Meksyku żyje salamandra, która staje się dorosła tylko wtedy, gdy temperatura wody przekracza 21°C, w przeciwnym razie pozostaje w postaci larwalnej. W jaskini nie ma drapieżników ani innych płazów, więc nie ma wyjaśnienia tego dziwnego zachowania. Na wyspach Galapagos żyją dwa rodzaje ptaków z zakrzywionym dziobem. Typ, który żywi się żołądkami, ma krótki dziób, inny, który żywi się szyszkami, ma długi dziób. Bez wątplenia musiał istnieć, jako ich przodek, ptak z pośrednim dziobem. Czy głodował, bo nie był w stanie otwierać ani żołądki, ani szyszek?

Może to "powiązane" mutacje w genach napędzają ewolucję? Odkryto już gen, który wydaje się służyć jedynie do przyspieszania mutacji³⁶. Gen *Pax6* zidentyfikowany w 1995 roku, jeśli zostanie pobrany od myszy, powoduje wyrastanie oczu na nogach muchy, a jeśli całkowicie go brakuje, cała głowa muchy nie rozwija się. Gen ten kieruje funkcjonowaniem innych genów i jest bardzo stary, powszechny dla kręgowców i bezkręgowców, a nawet meduz. Ale musi współpracować z innymi genami. W jaki sposób?

O ile teoria ewolucji (i doboru naturalnego) mogłaby wyjaśnić zniknięcie ogona u goryla (już im nie służył), mechanizmy łączenia lub regulacji jednego genu przez drugiego (tj. związek między oddzielnymi literami na różnych stronach książki) są znacznie trudniej-

³⁶E. PENNISI, *Supergenes drive evolution*, «Science» 357 (2017), s. 1. 1083.

szcze do zrozumienia. Niczego nie wyjaśniliśmy, a jedynie przesunęliśmy pytanie: zmiana w kurze lub jajku?



Rys. 5.11. (a) Żaba gwinejska, *Nectophrynoides occidentalis*, jedyny znany płaz, który jest żyworodny: młode rosną w łonie matki; żaba na zdjęciu jest w ciąży. b) Aksolt meksykański (*Ambytona mexicanum*) – "skamieniała" salamandra, która wymyka się teorii ewolucji: rozmnaża się nawet w stadium larwalnym, a uszkodzona jest w stanie regenerować bez blizn kończyny, płuca, rdzeń kręgowy, a nawet części mózgu. c) Koewolucja: "haczyki" między dwoma segmentami skrzydła pszczoły (widok z mikroskopu elektronowego). ŹRÓDŁO: (a, b) Wikipedia, en.wikipedia.org; (c) Arizona State University, <https://askabiologist.asu.edu/how-do-bees-fly> (dostęp 01/09/2023).

Kościół katolicki, słowami Jana Pawła II, uznał koncepcję ewolucji za teorię naukową (tj. opartą na eksperymencie), a nie tylko za zwykłą hipotezę. Kościół sprzeciwia się jednak idei człowieka jako "produktu" ewolucji biologicznej. Św. Jan Paweł II zaprasza badaczy do pogłębiania różnych aspektów ewolucji, aby dać człowiekowi właściwe miejsce z jego *duszą*.

Alternatywną koncepcją dla teorii ewolucji jest *Intelligent Project*, której jednak brakuje solidnej metodologii. Zakłada się, że rozwój świata odzwierciedla projekt "boskiego umysłu". W tym sensie powracamy do deistycznych idei osiemnastowiecznych fizyków, którzy uważali świat za "zegar": raz uruchomiony nie musi już być regulowany. George Lemaître, ksiądz i kosmolog, zaproponował trzecią drogę³⁷:

³⁷[...] the whole story of the world need not have been written down in the first quantum like a song on the disc of a phonograph. The whole matter of the world must have been present at the beginning, but the story it has to tell may be written step by step." G. LEMAÎTRE, *The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory*. «Nature» 127 (1931), p. 706, doi:10.1038/127706b0.

"[...] Cała historia świata nie została zapisana w pierwszym atomie jak piosenka na płycie gramofonowej. Cała materia świata musiała być obecna na początku, ale historia musiała być pisana krok po kroku.

Idea "ciągłego tworzenia" pozostaje w zgodzie z teologią katolicką. Świat nie wyszedł z rąk Stwórcy jako produkt ostateczny, doskonały. Bóg jako pierwsza przyczyna, a my, jako druga przyczyna, dzień po dniu uczestniczymy w stworzeniu. W liście do uczestników kongresu ewolucji (26/04/1985) św. Jan Paweł II pisał:

Z rozważań mojego poprzednika [Piusa XII] wynika, że właściwie rozumiana wiara w stworzenie lub właściwie rozumiane nauczanie ewolucji nie pozostają w sprzeczności: ewolucja zakłada bowiem stworzenie; zaś stworzenie, w świetle ewolucji, jawi się jako wydarzenie rozciągające się w czasie — jako „*creatio continua*” — w którym Bóg staje się widzialny dla oczu wierzącego jako Stwórca Nieba i ziemi.³⁸

Jak widzieliśmy, DNA nawet najbardziej prymitywnych mikroorganizmów jest przygotowane na możliwe przeciwności losu: ewolucja wydaje się niezwykle nadmiarowa ale jest "prorocza". Arystoteles powiedziałaby: teleologiczna. Powrócimy do tego pytania w rozdziale VII, omawiając książkę dwóch fizyków, Barrowa i Tiplera, zatytułowaną *The Anthropic Principle* (Zasada antropiczna).

5.13. Czy możemy zbudować sztuczne życie?

Tak, to znaczy, na razie nie, ale za kilka stuleci na pewno tak. Już dzisiaj prawie wiemy jak syntetyzować aminokwasy z CO₂, amoniaku i wody: potrzebujemy dobrze określonej niskiej temperatury, precyzyjnych stężeń i ciśnień, ziaren pyłu kosmicznego o dokładnych wymiarach i krawędziach, itp. Dzięki enzymom, technikom fizyki i potężnym komputerom możemy już dzisiaj zsyntetyzować niektóre fragmenty białek.

Możemy również wytwarzać DNA za pomocą podobnie precyzyjnych procedur. Nie jesteśmy jeszcze w stanie stworzyć błony biologicznej do oddzielenia kwasu moczowego od krwi (czyli sztucznej nerki), ale do końca XXI wieku na pewno nam (Wam?) się to uda.

³⁸Przemówienie Jana Pawła II do uczestników międzynarodowego sympozjum "Wiara chrześcijańska a teoria ewolucji". https://w2.vatican.va/content/john-paul-ii/it/speeches/1985/april/documents/hf_jp-ii_spe_19850426_studiosi-evoluzione.html. (tłum. GK)

Dzięki przyszłym komputerom i pamięciom dla zapisywania dużych zbiorów danych, dzięki cyfrowej sieci wymiany informacji, za kilka stuleci będziemy mogli stworzyć sztuczne życie. Wymaga to inteligencji, czasu (pieniędzy) i pracy miliarda mózgów. Stworzymy życie od nowa! Czy będzie lepsze?

Pomimo całego częściowego postępu, pozostaje pytanie: w jaki sposób "głupia" materia nieorganiczna zdołała się samozorganizować, aby zrobić to, na co cała ludzkość będzie potrzebować miliarda osobolat pracy? W genetyce i teorii ewolucji sytuacja epistemiczna jest identyczna jak w przypadku kwarków w fizyce: wiemy, jak powstaje świat, ale nie wiemy *dlaczego*.

W porównaniu z podstawowymi pytaniami fizyki, biologię można niemal wyjaśnić materialistycznym rozumowaniem. Ale sama biologia dostarcza takiego motka informacji, że ludzki umysł sobie z nim nie radzi. Czy tak naprawdę nie było wcześniej jakiegoś *Logos*? A może po prostu tego nie zauważamy? Teleolog³⁹ (nie teolog) powiedziałby: *celem* całej tej bardzo skomplikowanej biologii jest pojawienie się najdoskonalszego organizmu w świecie materialnym - człowieka. Który jednocześnie, przez swą duszę, o której Arystoteles pisał: „ma w sobie coś boskiego, nieśmiertelnego”⁴⁰, przynależy również do świata niematerialnego.

³⁹ "Teleolog", żartobliwie, to ktoś, kto wierzy, jak Arystoteles (i obecny autor), w przyczynę celową, czyli teleologiczną.

⁴⁰ "Rozum jest niezaprzeczalnie czymś bardziej boskim i nie podlegającym wpływowi [ciała]." ARYSTOTELES, *O duszy* (408b, 39), tłum. Paweł Siwek, *Dzieła wszystkie*, t. 3. PWN, Warszawa 1992, str. 60.

Rozdział VI

„Stworzył mężczyznę i niewiastę”

Na początku poprzedniego rozdziału dyskutowaliśmy o tym, jak hipoteza o czysto chemicznym pochodzeniu życia może zakryć przed naszymi oczyma piękno ogromnego świata ożywionego. Podobnie założenie, że pochodzenie człowieka jest jedynie wynikiem procesów biologicznych zakwestionowałoby całe bogactwo ludzkiej kultury. Główną trudnością dla przyjęcia teorii ewolucji jest nacisk niektórych środowisk (zadeklarowanych ateistów), żeby zamknąć człowieka wyłącznie w świecie biologicznym. Zacznijmy więc od pytania zasadniczego: czy to prawda, że człowiek pochodzi od małpy?

6.1. Czy człowiek pochodzi od małpy?

Jednym z argumentów, który robi szerokie wrażenie, jest (pozorne) podobieństwo genetyczne pomiędzy człowiekiem a małpą. Rozgłasza się wszem i wobec, że DNA człowieka jest w 97,4% identyczne z DNA szympansa. Czyżby różnica była aż tak niewielka¹?

Wśród organizmów o najdokładniej przebadanym DNA znajdziemy rybę rozdymkę, *Takifugu rubripes*, która jest pysznym składnikiem japońskiego sushi, pomimo że jej mięso jest silnie trujące. Jej genom został rozszyfrowany w 2004 roku, zaraz po ludzkim. Dlaczego? Rozdymka tygrysia (po włosku „ryba kula”) ma najmniejszy genom ze wszystkich kręgowców, liczący „zaledwie” 365 milionów liter. Dzięki takiej „ekonomicznej” budowie genomu, DNA rozdymki zawiera mało genów, które są niewykorzystywane, czyli redundantne². Człowieka i rozdymkę łączy 75% genomu, pomimo że dzieli nas 400 milionów lat ewolucji. Ponadto badanie genomu tej ryby umożli-

¹ Nie jest możliwe określenie dokładnej zgodności tych dwóch genotypów: różnice dotyczą zarówno małych fragmentów DNA, jak i długich podstawień, zob. np. M. V. Suntsova i A. Buzdin, *Differences between human and chimpanzee genomes and their implications in gene expression, protein functions and biochemical properties of the two species*, «BMC Genomics» vol. 21, art. no. 535 (2020).

² Mała ilość zbędnych genów mogłaby oznaczać niewielki „margines bezpieczeństwa”, to jest niewielkie szanse na przeżycie gatunku w przypadku zmiany warunków życia.

wiło, w 2002 roku, rozpoznanie prawie tysiąca niezidentyfikowanych wówczas genów ludzkich³.

Skąd biorą się te podobieństwa? Z faktu, że żyjemy w tym samym, wspólnym środowisku: atmosfera zawierająca tlen (obecnie aż 20%), metabolizm wykorzystujący identyczne mechanizmy przemian organicznych związków węgla, zasolenie oceanów, światło widzialne o określonym zakresie długości fali, itp. A więc mamy w dużej mierze identyczne DNA jak muchy i pająki. Z szympansem łączy nas 98,6% DNA⁴. Nasz genom składa się z 3,3 miliarda liter (par kwasów nukleotydowych, A, G, C, T). Ale ludzkie DNA zawiera tylko około 30 tysięcy sensownych sekwencji („genów”), jak nazywa się je w genetyce.

Jak podkreśla wybitny amerykański neurolog, Michael Gazzaniga⁵ (s. 49), te „30 000 tysięcy genów zajmuje tylko nieco więcej niż 1,5% całego genomu. Pozostałą jego część stanowi DNA niekodujące. Tak więc ogromna większość genomu po prostu jest, a jej funkcja pozostaje w dużej mierze nieznana”.

Cytując dalej Gazzanigę: czy te 1,4% genomu, które odróżnia nas od szympansa, może być przyczyną aż tak znaczących różnic? Nie chodzi tu wyłącznie o różnicę wynikającą z liczb, a przede wszystkim o odmienną funkcjonalną i ewolucyjną. Porównanie 33,3 milionów podstawowych sekwencji DNA chromosomu 22 u szympansa z chromosomem 21 u człowieka wykazało, że „1,44% tego chromosomu składa się z substytucji pojedynczych zasad, a ponadto stwierdziliśmy 68 000 zasad dodanych lub usuniętych. Różnice te są wystarczające do tego, aby zmienić kodowanie większości białek”. (s. 50)

Nie chodzi tu jednak wyłącznie o różnicę pod względem funkcji. Wygląda na to, że odkąd linie ewolucyjne człowieka i szympansa rozeszły się, obie one podążają w różnych kierunkach. „Ponadto wykazaliśmy odmienną ekspansję konkretnych podrodzin retrotranspozycji w obrębie różnych linii ewolucyjnych, co wskazuje na inny wpływ procesu retrotranspozycji na ewolucję człowieka i szympansa”⁶. Autorzy badania dochodzą do wniosku, że „zmiany w strukturze

³ *Pufferfish DNA Yields Clues to Human Biology*, Joint Genome Institute, University of California, <https://www2.lbl.gov/Science-Articles/Archive/JGI-Osolin-Pufferfish-DNA.html>

⁴ Różnice między 97% a 98% wynikają z różnych metodologii porównania genomów.

⁵ M. S. Gazzaniga, *Istota człowieczeństwa. Co sprawia, że jesteśmy wyjątkowi?* tłumaczenie A. Nowak-Młynikowska, Smak Słowa, Sopot, 2020. *Human: The Science Behind What Makes Your Brain Unique*, Ecco Press, 2008.

⁶ H. Watanabe i in., *DNA sequence and comparative analysis of chimpanzee chromosome 22*, „Nature” 429 (2004), s. 382-348, cytowany przez M.S. Gazzanigę, *op. cit.*, s. 50

genomu po zakończeniu procesu *specjacji*, a także ich następstwa biologiczne wydają się bardziej złożone, niż pierwotnie przypuszczano".

Powróćmy zatem do pytania zadanego na początku rozdziału: czy człowiek pochodzi od małpy? Genetyka odpowiada: zdecydowanie nie! Jest to podobieństwo całkowicie przypadkowe, a nie przyczynowe.

6.2. Mocno rozgałęzione drzewo

Liczne zachowania szympansov, na przykład umiejętność organizowania grupowych polowań, czy też łatwość z jaką uczą się „ludzkich” czynności, to kolejne argumenty wysuwane przez zwolenników naszego pokrewieństwa z małpami. Co więcej, na poparcie tej tezy przedstawia się wzruszające zdjęcia orangutanów trzymających młode na rękach, przywołuje się relacje społeczne w grupach goryli. Niektóre małpy wyciągają ręce po jedzenie, inne zakrywają głowy, jeśli chcą być pozostawione w spokoju, kapucynki czubate (*Cebus apella*) mają poczucie niesprawiedliwości, szympansy mszczą się i toczą ze sobą wojny⁷. Klasyfikacja biologiczna zalicza wszystkich nas razem: ludzi, małpy, lemury i wyraiki do tego samego rzędu „naczelnych”. Wszyscy mamy pięć palców i zęby przystosowane do wszystkożernej diety. Ale na czym dokładnie polegają te związki pokrewieństwa?

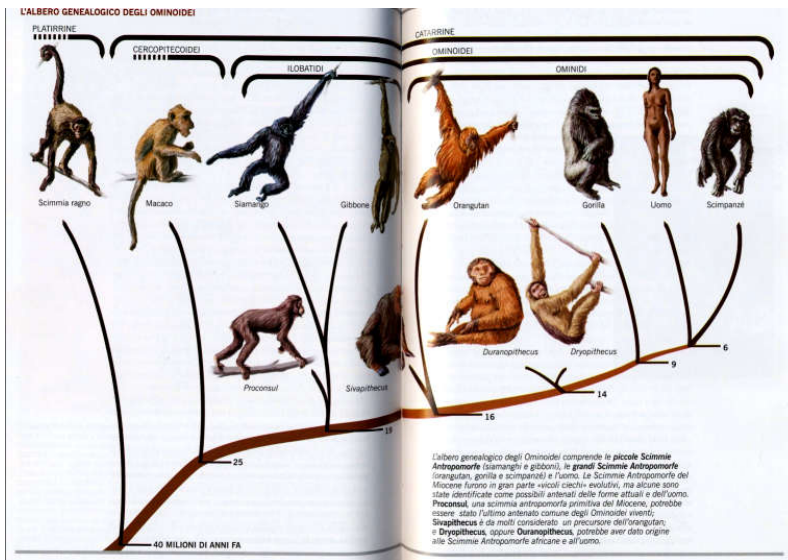
Człowiek i małpy człekokształtne mają wspólnych przodków, ale po rozdzieleniu podążają innymi liniami ewolucyjnymi. „Scientific American”, zilustrował swego czasu te wnioski za pomocą specjalnego drzewa genealogicznego (rys. 6.1).

Szczególną cechą tego drzewa jest to, że uwzględnia „boczne” rozgałęzienia. *Homo sapiens* znajduje się na głównej linii rozwojowej, podczas gdy inne gatunki wyraźnie oddzieliły się w odległej przeszłości: szympansy 6 milionów lat temu, goryle 9 milionów lat temu, orangutany (o których często mówi się, że są do nas bardzo podobne) 16 milionów lat temu. Od tego czasu linie rozwoju nie przecinają się, nie przeplatają, nie mieszają. Oddzielenie się gałęzi innych naczelnych miało miejsce dziesiątki milionów lat temu, na przykład żyjących w Ameryce Południowej czepiaków (ang. *spider monkey*) 40 milionów lat temu.

⁷ *Primate: 11 comportamenti tipicamente umani*, (Naczelnie, 11 zachowań typowo ludzkich) Focus, 22.02.2018 <https://www.focus.it/ambiente/animali/comportamenti-di-primati-tipicamente-umani>.

Rozwój rzędu naczelnych rozpoczął się natychmiast, tj. równoległe z rozwojem innych ssaków. Niedawne (2013 r.) odkrycie w Chinach pozwoliło na zidentyfikowanie małej myszy z długim ogonem, która wspinała się na drzewa: *Archicebus Achilles*. Skamieniałość pochodzi sprzed 55 milionów lat, czyli zaledwie 10 milionów lat po zniknięciu dinozaurów. Prawdopodobnie *Archicebus* był przodkiem dzisiejszych wyraków, czyli małych nocnych małp.

Jeśli wziąć pod uwagę jedynie „naturalne” tempo ewolucji, czyli prawdopodobieństwo mutacji DNA oraz zmiany środowiskowe, to jest ona powolnym procesem. Dlatego trzeba było dziesiątków milionów lat, żeby powstał „biologiczny pojemnik” zdolny pomieścić bogactwo funkcji psychicznych człowieka. W tym czasie ewolucja pozostałych naczelnych podążyła innymi drogami. A co ze złożonymi zachowaniami społecznymi małp? To mechanizmy niezbędne do życia w grupie, ale nie mają one nic wspólnego z moralnością zarezerwowaną dla człowieka. Poza tym dystans dzielący *Archicebus* (czy innego ssaka, znajdującego się bezpośrednio na początku naszego drzewa genealogicznego) od *Homo sapiens* jest nadal bardzo duży.



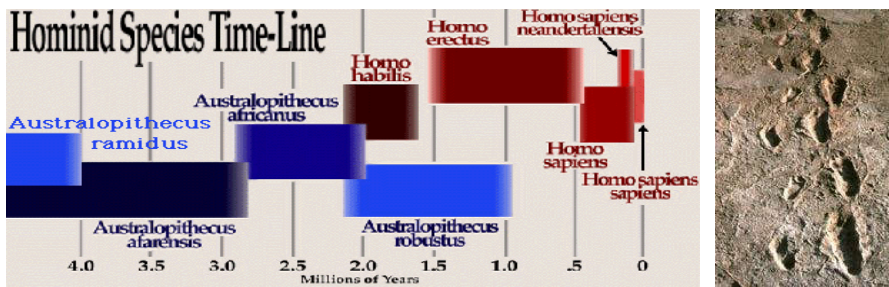
Ryc. 6.1. Drzewo „genealogiczne” naczelnych, czyli małp, małp człekokształtnych i człowieka. Na drzewie widać postępujący rozwój gatunków, co niekoniecznie musi być prawidłowe. To co istotne w tym wykresie, to fakt, że orangutany, goryle i szympansy oddzieliły się od linii rozwoju biologicznego *Homo* dawno temu (odpowiednio 12, 9 i 6 milionów lat temu). ŹRÓDŁO: «LE SCIENZE».

6.3. Na dwóch nogach

Decydującym krokiem w historii powstania gatunku *Homo* jest wyprostowana postawa ciała. Lepsza obserwacja otaczającego środowiska, jak u czuwających świstaków, nie jest tu jedyną korzyścią. Dzięki zachowaniu postawy dwunożnej ręce stają się wolne i mogą spełniać nieskończenie wiele funkcji, poczynając od dzielenia jedzenia.

Najstarszy ślad naczelnych, które wykorzystywały pionową postawę ciała pochodzi sprzed 3,7 miliona lat. Odciski stóp samicy *Australopithecus afarensis* zostały odkryte w 1976 roku przez angielską badaczkę Mary Leakey w tufie wulkanicznym w Laetoli, na terytorium dzisiejszej Tanzanii. Ponieważ w tym samym czasie obok śladów samicy znaleziono również ślady dwóch innych osobników (młodocianego i dorosłego samca), być może mamy tu do czynienia z rodzinnym spacerem, jak to określa angielska wersja Wikipedii.

Mniej więcej w tym samym czasie, w Etiopii, odkryto szkielet samicy *Australopithecus afarensis*, któremu nadano imię Lucy. Szkielet ma cechy wskazujące na dwunożność: specyficzną budowę miednicy, płaskie stopy, kości ramion krótsze od nóg (mniej więcej w połowie wielkości między ludzkimi a szympansami).



Ryc. 6.2. (a) Linie rozwoju pierwszych hominidów, około 4 miliony lat temu. Różne formy człekokształtnych *australopiteków*, pochodzące z różnych, ale nakładających się na siebie okresów, odkryto w całej Afryce. Wydaje się, że ewolucja „próbowała” wiele rozwiązań, z których większość wymarła. Niektóre gatunki *Australopithecus* współistniały już z wczesnymi formami *Homo*. (b) Pierwsze odkrycie śladów dwunożnych hominidów: ślady 3 osobników w tufie wulkanicznym w Laetoli, 1976.

ŹRÓDŁO: (a) <https://juanat.files.wordpress.com/2011/02/timeline.gif>; (b) *Hominid Fossil Repository*, University of Michigan, http://projects.leadr.msu.edu/hominid_fossils/items/show/84, dostęp 14.05.2019.

Wydaje się, że szympansy zatrzymały się w swojej ewolucji, ponieważ zawsze zajmowały tę samą „niszę ekologiczną”, czyli las tropikalny. Przodkowie człowieka wyruszyli na sawannę. Nieco upraszczając: około 4 milionów lat temu w środkowej Afryce wypiętrzenie pasma gór w kierunku „pionowym”, to znaczy z północy na południe (pasma Ruwenzori i inne, które pojawiły się w tym czasie) ze szczytami wysokimi na ponad 5 tysięcy metrów spowodowało zmianę klimatu we wschodniej części kontynentu afrykańskiego. Podczas gdy na zachód od pasma nadal kwitły lasy tropikalne, na wschodzie pojawiła się sucha i porośnięta wysoką trawą sawanna. Na sawannie praprzodkowie człowieka przybrali postawę wyprostowaną.

Dwunożność i wolne ręce umożliwiły również zmianę diety: z gałązek i liści (jak u goryli), które wymagały mocnego użębienia, na owoce (i być może mięso). W czaszce zwiększyła się przestrzeń dla mózgu, a przepływ krwi, wcześniej niezbędny do trawienia, teraz skierował się z brzucha ku głowie.

Pojawienie się *Australopithecus afarensis* około 4 milionów lat temu (rys. 6.2a) zbiega się w czasie ze zmianami geologicznymi w Afryce Wschodniej: wypiętrzeniem łańcuchów stanowiących wododziały i powstaniem wielkich jezior. Nasuwają się pytania: czy to zmiana klimatu wymusiła ewolucję, czy może to bogactwo zaprogramowanego uprzednio „zbędnego” przedludzkiego DNA pozwoliło potomkom Lucy na skolonizowanie sawanny? A może to był szczęśliwy „zbieg okoliczności”? Hominid, który „przypadkiem” znalazł się we właściwym miejscu, we właściwym momencie ewolucji? Później potomkowie Lucy zdobyli umiejętność kolonizacji prawie całego globu⁸. W międzyczasie natomiast, jak zawsze, postęp biologiczny i psychiczny dokonał kolejnych kroków.

6.4. *Homo erectus*: wielki wędrowiec

Rozmiary ciała (i czaszki) australopiteków były nadal porównywalne do tych dzisiejszych szympansov. Budowa szkieletu umożliwiała im również bieg na czterech łapach. Nie ma śladów, które wskazywałyby na produkcję narzędzi czy używanie ognia przez *Australopithecusa*,

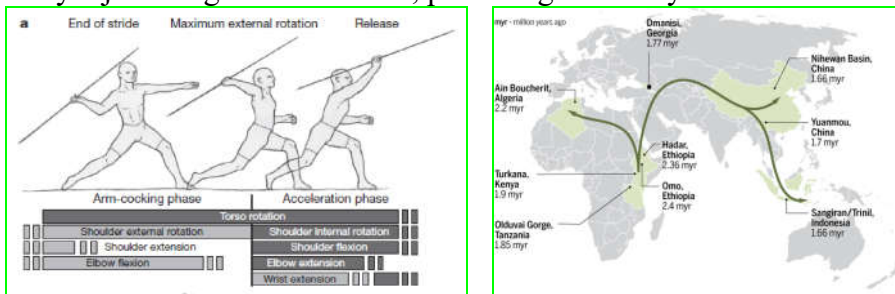
⁸ Oczywiście pisanie o „potomkach” jest nadal jedynie czystym przypuszczeniem, nie ma bezpośrednich dowodów pokrewieństwa, a jedynie seria znalezisk paleontologicznych, uporządkowanych czasowo.

którego występowanie ograniczało się do Afryki (stąd nazwa „hominid południowy”). Od jego pojawienia się do narodzin *Homo sapiens* minęły 4 miliony lat.

Mniej więcej w połowie tego czasu pojawili się pierwsi przedstawiciele *Homo* o budowie szkieletu znacznie lepiej przystosowanej do poruszania się w pozycji wyprostowanej. Posiadali oni umiejętność sporządzania narzędzi i rozpalania ognia (już milion lat temu). Ewolucja postępowała w szybkim tempie: poprawiła nie tylko mózg, ale także szkielet.

Kilka lat temu w magazynie „Nature” pojawił się artykuł, którego autorzy zadali zabawne pytanie: „Dlaczego szympansy nie potrafią grać w baseball?”⁹. Doświadczony gracz jest w stanie rzucić piłką z prędkością blisko 140 km/h. Rzucający wykorzystuje wiele ruchów: tułowia, barku, ramienia, przedramienia, a w końcowej fazie rzutu - nadgarstka (rys. 6.3a). Posiadanie szerokich, muskularnych ramion jest kluczowe, aby zostać mistrzem rzucania w baseballu. Ruchoma łopatka, mocna miednica i większa czaszka odróżniają rodzaj *Homo* od *Australopithecus*.

W jeziorze Turkana w Tanzanii został znaleziony niemal kompletny szkielet chłopca sprzed 1,6 miliona lat. Nie był to jeszcze współczesny człowiek, choć był doskonale przystosowany do postawy wyprostowanej i długich spacerów. Mierzyłby 180 cm (gdyby osiągnął wiek dorosły). Ale na szkielecie podobnym do *Homo sapiens* osadzona była jeszcze głowa hominida, podobnego do Lucy.



Ryc. 6.3. Zdolności łowieckie pierwszego gatunku *Homo* wynikały z jego fizjonomii: obrotowa miednica, szerokie plecy i długie ręce. b) Miejsca odnalezienia szczątków pierwszego gatunku *Homo* (*rectus*, *habilis*, *ergaster*) oraz szlaki migracji *Homo erectus* między 1 a 2 milionów lat temu. ŹRÓDŁO: „Nature”, 498 (2013), s. 483-486; G. GRULLÓN, „SCIENCE”, 354 (2016), s. 958.

⁹ N.T. Roach i in., *Elastic energy storage in the shoulder and the evolution of high-speed throwing in Homo*, „Nature” 498 (2013), s. 483-486.

Pojemność czaszki „chłopca z Turkany” była równa połowie czaszki *Homo sapiens*: pojawia się w niej miejsce na narządy głosowe, ale nadal brakuje kanałów łączących je z mózgiem. Prawdopodobnie ten hominid był zdolny do artykulacji różnych dźwięków, ale nie posługiwał się jeszcze ludzkim językiem.

Dzięki umiejętności rzucania kamieniami, a potem, na pewno - od co najmniej 300 tysięcy lat - nawet specjalnie przygotowaną włócznią¹⁰ *Homo* stał się drapieżnikiem „wędrownym”, mógł zmieniać środowisko zależnie od pory roku oraz przemieszczać się na nowe terytoria. Tak oto w ciągu kilkuset tysięcy lat *Homo erectus* opanował cały super-kontynent afro-euroazjatycki (rys. 6.3b)¹¹.

Rzeczywiście, szczątki gatunku *Homo erectus* datowane na około 1,8 mln lat znaleziono na przedgórzu Kaukazu (w jaskiniach w Dmanisi w Gruzji); podczas gdy te znalezione w dzisiejszych Chinach (*Homo pekinensis*) oraz w Gran Dolina w górach Kastylii i León w Hiszpanii są datowane odpowiednio na około 700 i 880 tysięcy lat. Dwa miliony lat temu rysy twarzy gatunku *Homo* zaczęły odbiegać od wyglądu orangutanów i szympanсів (patrz rekonstrukcje twarzy na rys. 6.4)¹².



Ryc. 6.4. Rekonstrukcje twarzy dwóch prymitywnych hominidów i dwóch przedstawicieli gatunku *Homo*, które biologicznie poprzedzają pojawienie się *Homo sapiens sapiens*: *Ardipithecus ramidus* (około 4,4 miliona lat temu), *Australopithecus afarensis* (około 3,4 milionów lat temu), *Homo habilis* (2,2-0,8 milionów lat temu), Neandertalczyka (400-40 tysięcy lat temu). Ilustracja nie odzwierciedla ich rzeczywistych rozmiarów: pojemność czaszki *Australopithecusa* to około 1/3 czaszki Neandertalczyka, podczas gdy ta należąca do *Homo habilis* odpowiada rozmiarami nieco ponad połowie ludzkiego mózgu (jest taka jak mózg jednorocznego dziecka).
 ŹRÓDŁO: CICERO MORAES.

¹⁰ Pozostałości włóczni używanych przez *Homo heidelbergensis* pochodzące sprzed 300 tysięcy lat odkryto w Niemczech i w Afryce.

¹¹ B.R. FENTON, *Homo Sapiens Direct Ancestors Migrated out of Africa 2-million year ago*, <https://resonancescience.org/> (dostęp 20.05.2019).

¹² CICERO MORAES, *Reconstruções Faciais da Evolução Humana*, http://www.cicero-moraes.com.br/doc/pt_br/Moraes/RFF_Evolucao.html (25.07.2018).

Oczywiście rekonstrukcje stworzone na bazie fragmentów czaszek nie ukazują wszystkich możliwych różnic pomiędzy poszczególnymi przedstawicielami gatunków. Nie wiemy nawet, jak bardzo pierwsze gatunki przedludzkie mogły się od siebie różnić: tak naprawdę nadawano im pasujące do nich nazwy: *Homo* zręczny, wyprostowany, pracujący (*habilis, erectus, ergaster*) lub też nazywano od regionów geograficznych, w których je znaleziono.

Około 800 tysięcy lat temu pojawiły się formy najbardziej przypominające *Homo sapiens*: pojemność czaszki neandertalczyka jest zbliżona do naszej, choć był niższego wzrostu (i masywniejszej postury). Neandertalczyk zniknął wraz z pojawieniem się w Europie nowego gatunku. *Homo sapiens* wyszedł na podbój innych kontynentów z Afryki Środkowej, raj obfitującego we „wszelkie drzewa miłe z wyglądu i smaczny owoc rodzące”¹³.

6.5. Wynalazek ognia

Homo habilis znacząco różnił się zarówno od *Australopithecus* jak i od współczesnych małp. W rzeczywistości, to do niego prowadzą pierwsze ślady czynności właściwych człowiekowi inteligentnemu: budował chaty (ale i bociany budują gniazda), używał narzędzi (ale nawet kruk wie, jak użyć gałązki, aby wyciągnąć mrówki z gniazd), posiadał pewien zmysł estetyczny (ale nawet sroka lubi błyszczące przedmioty). Dwie istotne cechy gatunków *Homo*, u jego przedludzkich przedstawicieli - to umiejętności używania ognia i polowania za pomocą specjalnie do tego celu wykonanej broni.

Badania na temat kontrolowanego używania ognia nie są proste: należy odróżnić popioły palenisk rozpalonych celowo od przypadkowych pożarów. Wygląda na to, że *Homo erectus* potrafił wykorzystywać ogień już milion lat temu. W 2012 roku opublikowano wyniki analiz fizycznych i mikroskopowych, jakim poddano warstwy osadów w jaskini Wonderwerk w Republice Południowej Afryki¹⁴. Wyniki potwierdzają, że w jaskini regularnie używano ognia, dokładniej rzecz ujmując, znaleziono tam pozostałości spalonych (oraz nie-spalonych)

¹³ Wszystkie cytaty w języku polskim pochodzą z Biblii Tysiąclecia Wydawnictwa Pallottinum, Warszawa – Poznań, 1980.

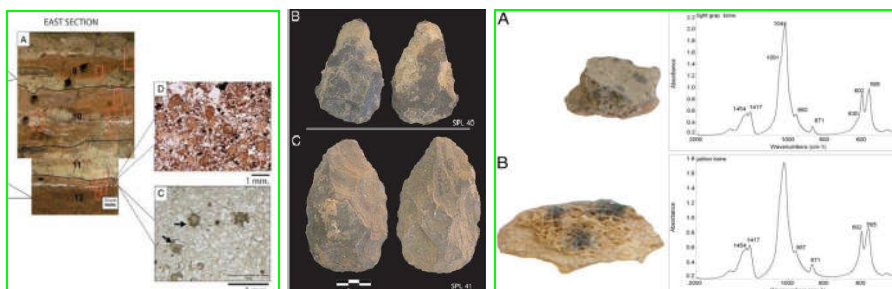
¹⁴ F. BERNA i in., *Microstratigraphus evidence of in situ fire in the Acheulean strata of Wonderwerk Cave, Northern Cape province, South Africa*, „Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.” 109 (2012), s. 1215-1220.

kości (rys. 6.5b). W tej samej warstwie odnaleziono również prymitywne narzędzia z krzemienia (rys. 6.6c).

W tym samym roku 2012, i ponownie w Afryce Południowej (w Kathu Pan), odkryto szczątki rozłupanych kamiennych ostrzy, które najprawdopodobniej służyły za czubki włóczni przeznaczonych do polowania na duże zwierzęta (rys. 6.6b). Szczątki zostały datowane (metodą fluorescencyjną) na 464 ± 47 tysięcy lat. To odkrycie, w porównaniu z wcześniejszymi, cofa w czasie pierwszą rewolucję technologiczną człowieka o około pół miliona lat.

Dokumentacja potwierdzająca korzystanie ze specjalnie przygotowanych narzędzi już setki tysięcy lat temu, jest bogata. Jak piszą autorzy odkrycia z 2012 roku: „hominidy zabijały duże upolowane zdobycze od około 780 tysięcy lat, o czym świadczą ślady przygotowywania *in situ* tusz całych danieli w Gesher Benot w Izraelu”¹⁵.

W angielskim mieście Boxgrove znaleziono końską łopatkę z półkolistą perforacją, która może być dowodem, że polowanie z włócznią było praktykowane już około 500 tysięcy lat temu. Drewniane włocznie datowane na około 400 tysięcy lat znaleziono razem ze szczątkami koni zabitych w Schöningen w Niemczech: przypominają współczesne oszczepy ze środkiem ciężkości umieszczonym z przodu, można nimi było wykonać rzut z odległości do 70 metrów¹⁶.



Ryc. 6.5. (a) Warstwa nr 10 z jaskini Wonderwerk zawierająca mikrogranulki popiołu. (b) Kamienne topory pochodzące z tej samej warstwy jaskini. (c) Dwa fragmenty kości: powyżej fragment spalony w temperaturze 400°C , poniżej nie-spalona kość; po prawej odpowiednio widma absorpcji w podczerwieni. ŹRÓDŁO: BERNA i in., „Proc. Natl. Acad. Sci. USA”, 2012.

¹⁵ J. WILKINS i in., *Evidence for Early Hafted Hunting Technology*, „Science”, 338 (2012), s. 942-946.

¹⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Sch%C3%B6ningen_spears.

W Europie i w Afryce końcówki krzemienia przywiązane do rękojeści stają się powszechnie używane w środkowej epoce kamienia i w środkowym paleolicie, około 300 tysięcy lat temu.

Dwa miliony lat temu wraz z przejściem od *Australopithecus* do *Homo erectus* dokonała się rewolucja biologiczna: *Homo erectus* miał postawę podobną do naszej. Gdzieś między milionem a pół miliona lat temu (czyli mniej więcej w czasie, w którym pojawił się neandertalczyk i wcześniejsze podobne mu gatunki) miała miejsce rewolucja technologiczna: wynalezienie zaawansowanej broni i odkrycie ognia.

Gotowana (i bogata w białko) żywność spowodowała zmniejszenie szczęki¹⁷, przez co zwolniło się miejsce dla organów służących do komunikacji głosowej. Posługiwanie się językiem, z kolei, stymulowało rozwój mózgu. Wszystkie te zmiany, stopniowo, w krokach wyznaczonych przez pojedyncze mutacje, przygotowały struktury biologiczne na udostępnienie miejsca dla inteligentnego myślenia. Ponownie rodzi się pytanie: czy były to zmiany przypadkowe, efekt „inteligentnego projektu”, czy też przejaw działania Stwórczego.

Aby móc mówić o Człowieku w pełnym znaczeniu tego słowa, *Homo sapiens sapiens*, musimy określić czas narodzin rewolucji kulturowej: powstania inteligentnego myślenia. Ale najpierw wróćmy jeszcze do biologii.

6.6. Sami na szczycie

Każda odmienna interpretacja drzewa genealogicznego *Homo sapiens* niesie za sobą ważne filozoficzne konsekwencje, dla sposobu w jaki pojmujemy nas samych w świecie. Spośród wielu schematów, które można znaleźć w Internecie wybraliśmy drzewo zaprojektowane w Smithsonian Institute of Natural History w Waszyngtonie. Ten schemat ma kilka bardzo interesujących cech.

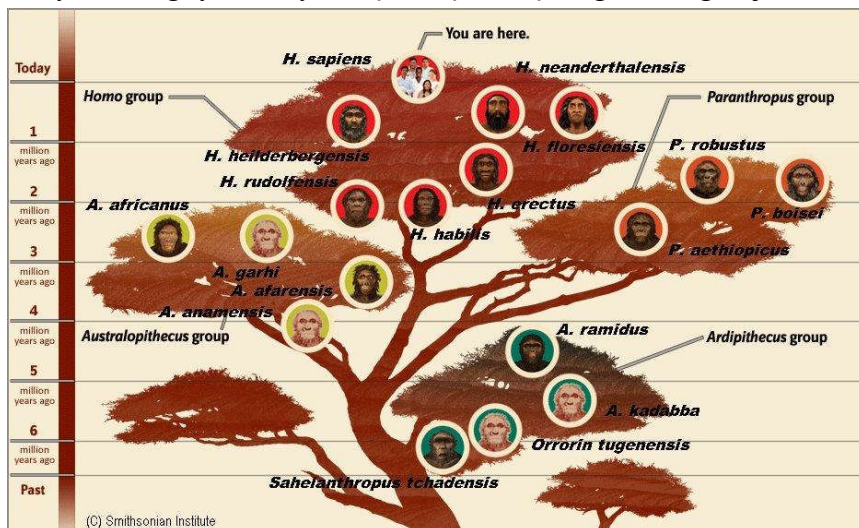
Przede wszystkim drzewo ze Smithsonian jasno pokazuje, że duża liczba znalezisk paleontologicznych nie świadczy jeszcze o tym, że człowiek jest z nimi wszystkimi spokrewniony: większość *australopiteków*, *parantropów* czy też *ardipiteków* to „ślepe uliczki” ewolucji, a

¹⁷ Stosujemy tutaj nieco uproszczoną narrację. W rzeczywistości zmiany przebiegały równolegle, więc ustalenie przyczyny i skutku jest niemożliwe. Niewątpliwie ostatnim etapem tych zmian (lub ich celem) jest *Homo sapiens*, istota odmienna od poprzednich, z własnym językiem, umysłem, zdolnością do pracy i możliwościami intelektualnymi.

raczej odrębne grupy, które później wyginęły. Na szczycie drzewa, ponad wąską i pokręconą ścieżką z nieodkrytych jeszcze gałęzi, nie umieszczono żadnego ogólnikowego przedstawienia gatunku *Homo sapiens* tylko zdjęcie rodziny: „Jesteś tutaj”. Z ilustracji jasno wynika również, że od 2 milionów lat temu, jesteśmy bliżej spokrewnieni tylko z niektórymi gatunkami z rodzaju *Homo* (rys. 6.6).

Co istotne, nadal nie jest jasne czy neandertalczyk, który żył w Europie przed *Homo sapiens* (i który wyginął, gdy pojawił się człowiek z Cro-Magnon), mógł „krzyżować się” z naszymi przodkami. Bez wątpienia natomiast, jedynie *Homo sapiens* pozostawił po sobie ślady swojej kultury, identyczne na zachodzie (w Altamura w Hiszpanii) i na wschodzie kontynentu euroazjatyckiego (w Indonezji).

Żaden z tych śladów kulturowych nie jest starszy niż sto tysięcy lat. Współczesna genetyka umieszcza 120 tysięcy lat temu kamień milowy pojawienia się człowieka, takiego jakim rozumiemy go dziś: wszystkie okazy *Homo sapiens* występujące dziś na całym świecie miały, według tych danych, tę samą matkę i tego samego ojca.



Ryc. 6.6. Pośród różnych przedstawień drzewa genealogicznego *Homo sapiens* wybraliśmy to ze stron internetowych Smithsonian Institute of Natural History w Waszyngtonie w USA. Ten instytut, o wyraźnie chrześcijańskim profilu, nie umieszcza na szczycie drzewa jednego z „Homo”, ale osobę w otoczeniu rodziny, inni „krewni” są umieszczeni na gałęziach bocznych, wymarli. Brak tu odniesień do możliwych podobieństw między „nami” a neandertalczykiem, *Homo floresiensis* itp.
 ŹRÓDŁO: Smithsonian Institute of Natural History.

6.7. Mitochondrialna Ewa

Pytanie o to, czy istnieli Adam i Ewa, przodkowie całej ludzkości, jest zasadnicze, jeśli chcemy traktować „poważnie” wiarę chrześcijańską. W pierwszym liście do Koryntian¹⁸ Święty Paweł mówiąc o Zmartwychwstaniu, porównuje Adama i Jezusa¹⁹:

Tymczasem jednak Chrystus zmartwychwstał jako pierwszy spośród tych, co pomarli. Ponieważ bowiem przez człowieka [przyszła] śmierć, przez człowieka też [dokona się] zmartwychwstanie. I jak w Adamie wszyscy umierają, tak też w Chrystusie wszyscy będą ożywieni lecz każdy według własnej kolejności. [...]

Tak też jest napisane: stał się pierwszy człowiek, Adam, duszą żyjącą, a ostatni Adam duchem ożywiający. Nie było jednak wpierrw tego, co duchowe, ale to, co ziemskie; duchowe było potem. Pierwszy człowiek z ziemi - ziemski, drugi Człowiek - z nieba.

Jeśli prarodzice to tylko przypowieść, to czy mają rację niektórzy pisarze, tacy jak Francuz Ernest Renan, który poszukuje w Chrystusie nie *Zbawiciela*, ale konkretnej osoby, która żyła w naszym środowisku, w określonym momencie historycznym? Czy w tym momencie Męka i Zmartwychwstanie również tracą swoje nadprzyrodzone znaczenie? Jeśli weźmiemy pod uwagę fundamentalne znaczenie argumentu o istnieniu Adama, to trzeba zauważyć, zgadzając się z Vittorio Messorim, że *niezbity* dowód naukowy nie pozostawiłby miejsca dla wiary, czyli innymi słowy, ograniczyłby wolną wolę jednostki. Z tym zastrzeżeniem przechodzimy do dyskusji o naukowych odkryciach genetyki ostatnich lat.

Jak już powiedzieliśmy, kod ludzkiego DNA zawiera około 3,3 miliarda liter i został rozszyfrowany dopiero na początku XXI wieku dzięki potężnym komputerom. DNA koduje wszystkie cechy, zarówno gatunku, jak i poszczególnego osobnika. Ale rozmnażanie płciowe, dzięki któremu praktycznie nie ma dwóch identycznych osobników, również jest obarczone błędami transkrypcji: wiele z tych błędów nie jest poważnych (np. stopy z sześcioma palcami). W każdej komórce natomiast, żeby ta mogła istnieć, muszą zajść procesy energetyczne: zamiana składników odżywczych na energię.

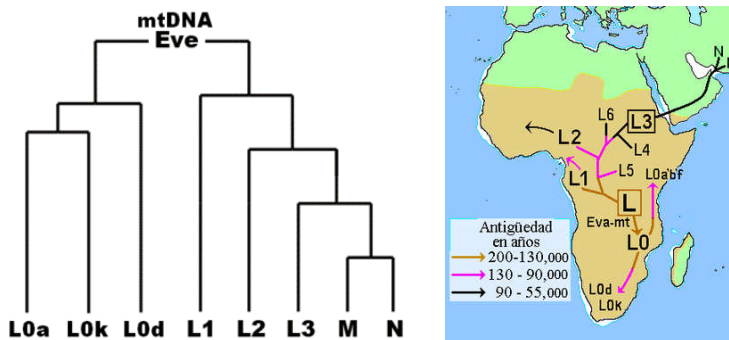
¹⁸ 1 Kor, 15, 22-22 i 45-47, wydanie CEI2008.

¹⁹ Zobacz również BENEDYKT XVI, *Adamo e Cristo: dal peccato (originale) alla libertà*, audjencja generalna, 3.12.2008.

Te procesy (oddychanie komórkowe) zachodzą w wyspecjalizowanych organellach, zwanych mitochondriami (to swego rodzaju centrale elektryczne każdej komórki). Ponieważ procesy energetyczne są tak ważne, geny kodujące nie są przekazywane z resztą DNA, ale oddzielnie, do mitochondriów. Z tego powodu mitochondrialne DNA jest przekazywane w komórce jajowej, to jest dziedziczone bezpośrednio (i wyłącznie) od matki.

Ludzkie DNA mitochondrialne zawiera tylko 16,5 tysięcy par nukleotydów i koduje tylko 37 białek. Rozszyfrowano je w 1986 roku. Odkryto wówczas, że mitochondrialne DNA podlega dość częstym zmianom, powtarzającym się średnio co około 8-11 tysięcy lat w całej populacji *Homo sapiens*. Ten „zegar molekularny” oraz porównanie DNA różnych ludzi ze wszystkich kontynentów pozwala wysnuć wniosek, że około 120 tysięcy lat temu wszyscy ludzie mieli to samo DNA mitochondrialne. Aby zdefiniować hipotetyczną wspólną matkę wszystkich ludzi utworzono określenie „mitochondrialna Ewa”, ponieważ DNA mitochondrialne jest przenoszone właśnie przez matkę. Ale czy ta matka mogła (musiała?) być prawdziwa, a nie jedynie hipotetyczna.

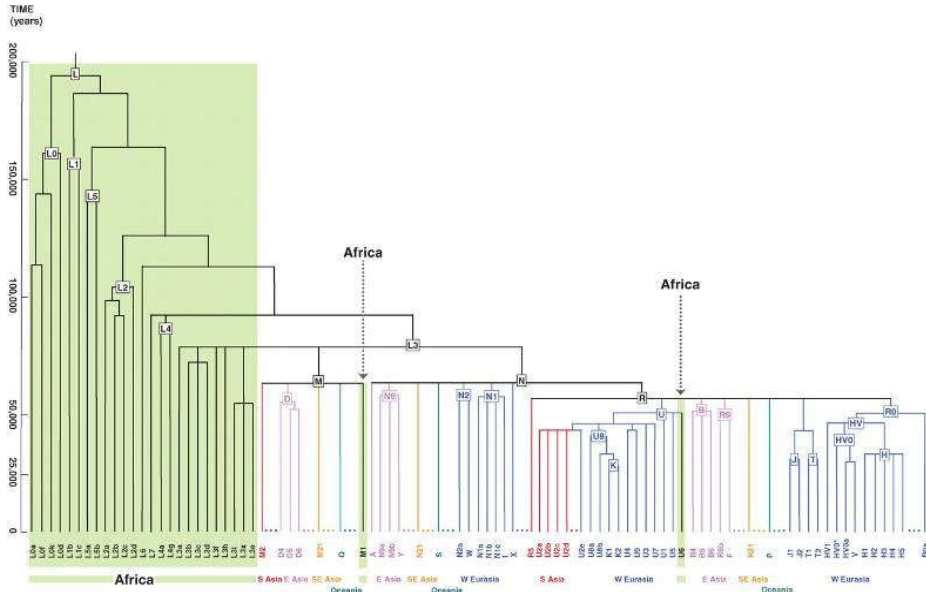
Uproszczoną wersję pokrewieństwa ustalonego na podstawie DNA mitochondrialnego oraz mapę kierunków migracji można zobaczyć na rys. 6.7. Mitochondrialną Ewę od jej najodleglejszych potomków genetycznych dzieli zaledwie 5 „stopni”, a liczba głównych grup genetycznych (haplotypów) jest niewielka.



Ryc. 6.7. W Wikipedii hasło „Mitochondrial Eve” zawiera uproszczony wykres ilustrujący bliskość pokrewieństwa między wszystkimi obecnie żyjącymi ludźmi (przebadano znaczącą ilość próbek różnych „ras”) a hipotetyczną kobietą, jedną, wspólną nam matką. Po prawej stronie zaznaczone kierunki ruchów migracyjnych potomków tej matki: początek w Afryce Wschodniej. ŹRÓDŁO: WIKIPEDIA.

Najnowsze porównania między różnymi populacjami Europy, Azji i Afryki, przeprowadzone na bardzo szeroką skalę²⁰ (zob. przykład na rys. 6.8.), dają, co prawda, bardziej złożony obraz sytuacji, ale niezmiennie datują ten sam genom matki na 200 tysięcy lat i lokalizują go we wschodniej części środkowej Afryki. Między wspólną matką a mieszkańcami Europy Zachodniej jest trzynaście szczegółowych różnic w DNA, ale pełne drzewo genealogiczne całej ludzkości ma jeden i ten sam punkt początkowy.

W przypadku czasów nowszych (i populacji bliższych genetycznie) te same badania są jeszcze precyzyjniejsze, co dodatkowo umożliwia wyznaczenie granic niepewności. Na przykład Genom *haplogrupy* M1 pojawił się (w Europie) $36,8 \pm 7,1$ tysięcy lat temu. Data ta odpowiada, z pewnym marginesem błędów, ustalonymu wiekowi szczątków człowieka z Cro-Magnon (43 tysięcy lat), pierwszego przedstawiciela *Homo sapiens* w Europie, a także poprzedza nieznacznie wiek małowideł skalnych w jaskiniach na południu Francji.



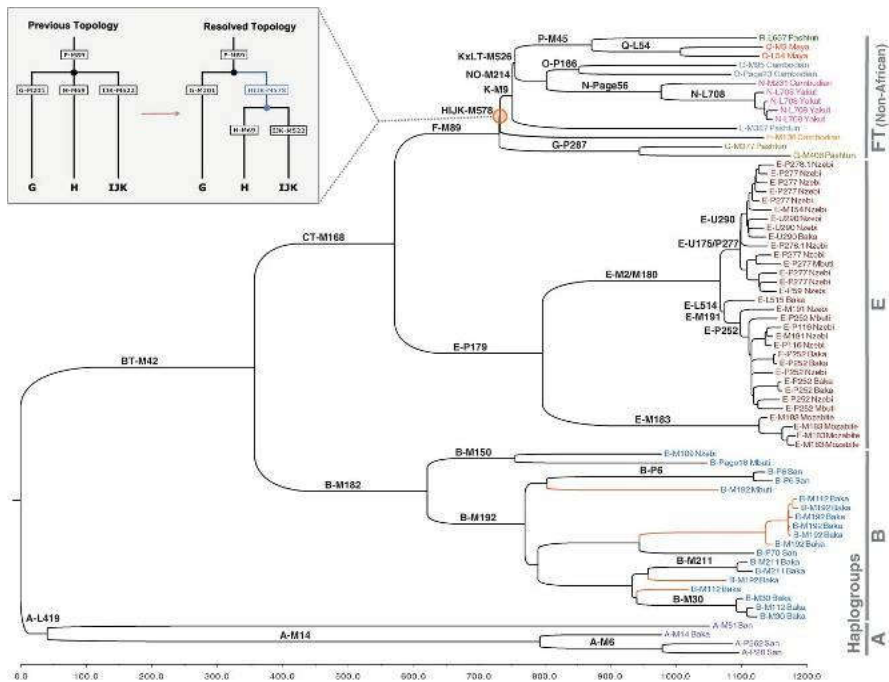
Ryc. 6.8. Najnowsze badanie drzewa genealogicznego całej ludzkości (od Afryki i Oceanii po Europę Zachodnią) datuje wspólną matkę na 200 tysięcy lat. Liczne badania na ten temat są zgodne co do istnienia wspólnej przodkini, od której dzieli nas od 9 do 12 genetycznych „stopni”. ŹRÓDŁO: A. OLIVIERI i in., "Science".

²⁰ A. OLIVIERI i in., *The mtDNA legacy of the Levantine early Upper Paleolithic in Africa*, „Science”, 314 (2006), s. 1767-1770.

Odkrycie DNA mitochondrialnego pochodzącego od tej samej pramatki było kompletnie nieoczekiwane. Jego znaczenie kulturowe jest porównywalne z rewolucją kopernikańską. Niestety, ta informacja nie spotkała się z podobnym oddźwiękiem kulturowym: ani nauka nie poddała się samokrytyce, ani wiara nie stała się silniejsza.

6.8. Jeden, wspólny Adam

Zawartość genetyczna ludzkich mitochondriów jest dość prosta. Odszyfrowanie dziedzictwa genetycznego mężczyzny, natomiast, nadal nastęrcza wiele trudności. Dopiero w 2013 roku szczegółowo przebadano chromosom Y (dziedziczony wyłącznie po ojcu). Jest znacznie bardziej rozbudowany niż DNA mitochondrialne: zawiera sekwencję 65 milionów par zasad nukleotydów. W badaniu porównano: Buszmenów z Namibii, Pigmejów z Konga i z Gabonu, Berberów z Algierii, Pasztunów z Pakistanu, Kambodżan i Jakutów z Syberii.

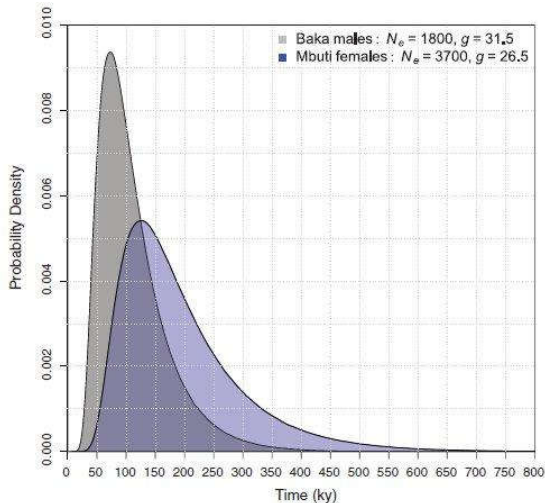


Ryc. 6.9. Drzewo pokrewieństwa genetycznego mężczyzn *Homo sapiens*. Porównano geny 69 mężczyzn z dziewięciu różnych populacji występujących w Kambodży, Pakistanie, Ameryce Południowej i Afryce. Analiza wskazuje na istnienie wspólnego dla wszystkich ludzi przodka płci męskiej, którego wiek szacuje się na około 140 tysięcy lat temu. ŹRÓDŁO: G. D. POZNIK i in. „Science”, 2013.

W porównaniu do DNA mitochondrialnego, w którym zachodzi w sumie kilkanaście mutacji, w wyniku analizy chromosomu Y zidentyfikowano ponad 11 tysięcy wariacji: do rozszyfrowania sekwencji czasowych zastosowano złożone algorytmy. Do kalibracji osi czasu wykorzystano moment przybycia Majów na dalekie południe Chile (14,5 tysięcy lat temu według danych archeologicznych)²¹.

Złożony obraz wariacji chromosomu Y, który układa się w charakterystyczne „grzebienie” dla każdej z populacji, przedstawiono na rys. 6.9. Oszacowano, że ostatni wspólny męski przodek wszystkich przebadanych ludów żył około 139 (120-156) tysięcy lat temu, kobieta natomiast około 124 (99-148) tysięcy lat temu. Niepewność pomiaru w przypadku mężczyzn jest nieco inna niż u kobiet, jak pokazano na rys. 6.10. Oczywiście badania genetyczne podlegają tym samym niepewnościom statystycznym, co pomiary fizyczne. Ale doniosłość badań przeprowadzonych przez Poznika i in. polega na udowodnieniu, że pojawienie się pierwszego mężczyzny i pierwszej kobiety zbiega się w czasie ze wspólnym nam wszystkim genomem.

Fig. 3. Similarity of T_{MRCA} does not imply equivalent N_e of males and females. The T_{MRCA} for a given locus is drawn from a predata (i.e., prior) distribution that is a function of N_e , generation time, sample size, and demographic history. Consider the distribution of possible T_{MRCA} s for a set of 100 uniparental chromosomes. Although the Mbuti mtDNA N_e is twice as large as that of the Baka Y chromosome, the corresponding predata T_{MRCA} distributions overlap considerably.



Ryc. 6.10. Zbieżność dat występowania ostatniego przodka wspólnego dla dwóch rdzennych ludów Afryki: datę uzyskano na podstawie badań chromosomu Y męskiego przodka „Adama” oraz mitochondrialnego DNA kobiecej przodkini, „Ewy”. Zwróć uwagę na rozkład statystyczny typowy dla analiz z małą ilością danych (Poissona). Mimo to obie krzywe nakładają się na siebie. ŹRÓDŁO: D. POZNIK i in., „Science”, 2013.

²¹ G.D. POZNIK i in., *Sequencing Y Chromosomes Resolves Discrepancy in Time to Common Ancestor of Males Versus Females*, „Science”, 341 (2013), s. 562.

Szybkość z jaką pojawił się nowy genom, ta sama lokalizacja oraz fakt, że wydarzyło się to jednocześnie u mężczyzn i u kobiet sprawiają, że pojawia się „pokusa nazwania jej Ewą”, jak mówią autorzy wystawy o *Homo sapiens* zaprezentowanej kilka lat temu w Muzeum Nauki w Trydencie²². Ci sami autorzy jednocześnie zastrzegają, że „ta wspólna matryca DNA mitochondrialnego musiała należeć do kobiety z afrykańskiej ‘grupy założycielskiej’, od której pochodzą wszyscy ludzie *H. sapiens*”.

Być może jest nieco inaczej: genetyka uczy, że mutacja zawsze należy do jednej osoby, a nie do ‘grupy założycielskiej’. U tego samego osobnika w kombinacji genów, w ich transpozycji i substytucji, można znaleźć więcej niż jedną mutację: w jednej chwili (podczas jednego „tchnienia”) może nastąpić cała seria powiązanych ze sobą zmian, skutkujących powstaniem zupełnie innej jakości. U *Homo sapiens* biologia nie jest już determinująca.

Należy jeszcze raz podkreślić, że genetyka wskazuje na ten sam moment (w granicach niepewności statystycznej) pojawienia się wspólnego przodka płci męskiej (Adam) i żeńskiej (Ewa) dla wszystkich ‘ras’ człowieka. Tak jak w przypadku fizyki i Wielkiego Wybuchu, tak samo, kiedy mowa o genetyce i pierwszych rodzicach: Biblia nie jest księgą naukową, i odwrotnie: nauka nie służy do komentowania Biblii. Ważne jest to, aby w umyśle tej samej osoby, Pismo Święte i Natura wzajemnie się *nie wykluczały*. To wszystko właśnie potwierdzają słowa Galileusza, zgodnie z którymi zarówno Biblia, jak i Przyroda są dziełem słowa Bożego.

6.9. Samoświadomość

Małpa rozpoznaje swoją twarz w lustrze, ponieważ wygląda tak samo jak u innych małp. Ale jeśli narysować jej na czole plamę, będzie próbowała wyczyścić szkło, a nie własną twarz: szympanś nie jest siebie świadomy.

Nick Lane, naukowiec cytowany wcześniej w związku z jego badaniami w dziedzinie biologii, pisząc o powstaniu umysłu ludzkiego, zaczyna od cytowania przemówienia papieża Jana Pawła II w Papieskiej Akademii Nauk: „Umysł człowieka” – stwierdził – „na zawsze pozostanie poza domeną nauki”.

²² L.L. CAVALLO SFORZA, T. PIEVANI, *Homo sapiens. La grande storia della diversità umana*. Wystawa naukowa, Muzeum Nauki w Trydencie 2012, katalog, wyd. Codice, s. 30.

Dziś chcielibyśmy wyjaśnić samoświadomość człowieka opierając się na jakiejś tezie o samoorganizacji neuronów w taki sam sposób, w jaki *przyypuszczamy*, że umiemy wyjaśnić masy kwarków w fizyce i „spontaniczną” samoregulację aminokwasów w DNA. Nick Lane świadomy tych założeń, zastrzega²³: „Nie jest to książka o religii i nie jest moim zamiarem atakowanie czyichkolwiek wierzeń religijnych” i rozpoczyna dyskusję na temat sumienia cytując papieża Jana Pawła II:

Umysł ludzki, stwierdził [papież], na zawsze pozostanie poza domeną nauki. „W konsekwencji, te teorie ewolucji, których autorzy, inspirując się określoną filozofią, uważają, że duch jest wytworem sił materii ożywionej lub prostym epifenomenem tejże materii, są nie do pogodzenia z prawdą o człowieku. Co więcej, nie są w stanie uzasadnić godności człowieka”. Doświadczenie metafizyczne, samoświadomość i zdolność do refleksji - powiedział - cały metafizyczny aparat komunikacji z Bogiem, jest nieprzenikniony dla obiektywnych pomiarów naukowych i należy do sfery refleksji filozoficznej i teologicznej. W skrócie, uznając realność ewolucji, uznawał rozdzielność nauk Magisterium Kościoła i ewolucji.

Następnie Nick Lane mówi o swoich osobistych zastrzeżeniach co do rozpatrywania ludzkiego umysłu jako bytu czysto materialnego (s. 226-7):

Zacytowałem papieża, ponieważ myślę, że to, co powiedział, wykacza poza religię, dociera do sedna koncepcji postrzegania człowieka przez samego siebie. Nawet ci, którzy nie są zanadto religijni, odczuwają zapewne czasem, że ich duch jest niematerialny, niepowtarzalnie ludzki i na swój sposób „poza domeną nauki”. Papieski pogląd zaskakuje mnie defensywnością, pewnością, że nie mamy pojęcia, w jaki sposób „materia ożywiona” wytwarza niematerialność umysłu; nie wiemy nawet, czym ta materia właściwie jest, dlaczego istnieje, czemu zamiast niej nie ma pustki (to w pewien sposób podobne do pytania, dlaczego istnieje świadomość, a nie na przykład nieświadome przekształcanie informacji).

Cytujemy tu słowa biologa ewolucyjnego, aby zwrócić uwagę na to, że kwestia świadomości lub, jak to powiedziałyby osoba wierząca -

²³ N. LANE, op. cit., s. 225. Fragmenty w języku polskim w przekładzie Anny Wawrzyńskiej (przyp. tłum.).

duszy ludzkiej, wykracza poza domenę nauk (materialnych). O dziwo, istotny wkład w tę konkluzję wnosi neurologia.

Badania paleontologiczne i archeologiczne pokazują, że po dwóch milionach lat biologicznych „przygotowań”, nagle, sto tysięcy lat temu, eksplodowała kultura (o czym później) - zaczęto wytwarzać skomplikowane przedmioty (igły, flety), pojawiają się intencjonalne pochówki: *Homo* staje istotą zdolną do twórczości *umysłowej*. Dzieje się tak po tym, jak pojemność czaszki, w stosunku do neandertalczyka, nieznacznie się tylko powiększa.

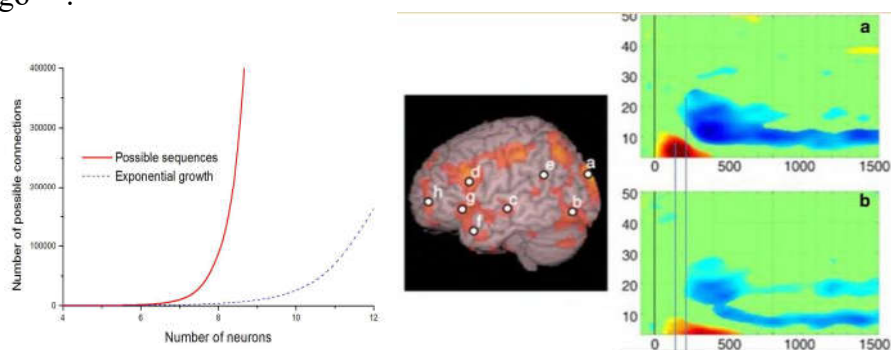
Aby pojąć ten nagły wybuch myślenia przyda się koncepcja masy krytycznej, powstała na gruncie fizyki jądrowej. Stosik uranu na stole (izotop ^{235}U) to nieszkodliwy metal, nawet niezbyt radioaktywny. Ale jeśli dodać jedną łyżkę więcej, stos stanie się bombą atomową: wybuchnie w ułamku sekundy z siłą miliony razy większą od dynamitu w tej samej ilości. Mówimy o masie krytycznej: uran rozpada się (rozszczepia się) i emituje dwa lub trzy neutrony. Jeśli neutron zostanie wychwycony przez inne jądro uranu, spowoduje to ponowne rozszczepienie. Dopóki stos nie jest zbyt duży, neutrony mogą uciec z objętości uranu. Po przekroczeniu masy krytycznej, ilość neutronów, które nie uciekają jest na tyle duża, że powoduje to reakcję łańcuchową. .

W różnych dziedzinach fizyki, informatyki, genetyki itp. napotykałyśmy barierę złożoności: komputer nagle ulega awarii podczas dodawania programu, dwa fragmenty DNA, nawet odległe, mogą wchodzić w interakcję działając jak pojedynczy gen, dziesięć elektronów w atomie neonu oddziałuje na siebie, jeden z drugim. Liczba powiązań między elementami (elektronami, genami itp.) staje się zbyt duża, aby można było nad nią zapanować (i monitorować). We wszystkich tych systemach, jednakże, interakcja zachodzi między parami elementów. W ludzkim mózgu ta interakcja jest dużo, dużo bardziej złożona.

Możemy to zrozumieć za pomocą prostego wykresu. W biologii, ekologii, demografii itp. wiele zjawisk rządzi się prawem wzrostu *wykładniczego*. Jeśli z jednej pary królików urodzą się kolejne cztery, to w niedługim czasie tymi gryzoniami zapełni się cały kontynent (stało się tak w Australii). Na rysunku 6.11a porównujemy wzrost wykładniczy z liczbą *kombinacji* elementów w liczbie n uporządkowanych w określonej kolejności: liczba kombinacji *eksploduje* ponad wykresem już przy 8 neuronach. Nie wiemy, jak działa mózg, ale takie porównanie jest bardzo pouczające: każda czynność psychiczna wymaga aktywacji wielu neuronów w różnych kombinacjach.

Poza tym połączenia między neuronami nie zachodzą w mózgu jedno po drugim: aby wyrazić myśl, w różnych częściach mózgu rusza cała „lawina” sygnałów elektrycznych. Połączenia obejmują dwa, trzy, cztery neurony, i tak dalej. Następnie sygnał elektryczny rozchodzi się zgodnie ze ściśle określoną sekwencją, która może się zmieniać w zależności od tego „co pomyśli głowa”: na rys. 6.11b pokazujemy serię sygnałów uporządkowanych w czasie i przestrzeni w różnych częściach kory mózgowej po przeczytaniu jednego słowa.

Ale przekonanie, że mózg jednostki to tylko wiązka przewodów elektrycznych czy też może coś znacznie więcej - indywidualna *osobowość* nadal pozostaje prywatną opinią. Dwójka naukowców (fizyk i teolog) pisze: „Człowiek posiada inny wymiar, ten otrzymany od Stwórcy, który ich w pewnym sensie łączy, człowiek to *niszmat-hajjim*, żyjąca świadomość, świadomość samego siebie, umiejętność odróżniania dobra od zła, wolność dokonywania wyboru moralnego”²⁴.



Ryc. 6.11. (a) Liczba możliwych dróg sygnału komórek wzrasta pionowo (jak silnia liczby $n!$) już przy sieci $n=8$. (b) Kolejność i umiejscowienie sygnałów w mózgu w momencie czytania słowa. Pisze Kristine Pammer: „Ponadto droga, jaką przebywają te sygnały jest interesująca, ponieważ pierwszy sygnał po około 150 ms jest sygnałem *gamma* (35-40 Hz), drugi liczący około 200 ms to sygnał *alfa*, a kolejny po około 300 ms to ponownie *gamma*. Sieć kory zaangażowanej w proces czytania jest bardzo złożona i wymaga współgrania w czasie i w przestrzeni różnych interakcji dynamicznych”²⁵. ŹRÓDŁO: GK; „Frontiers in Human Neuroscience”, 2014.

²⁴ M. SZETELA, G. OSIŃSKI, *The concept of “dialogical soul” by Joseph Ratzinger against the latest concepts of neurosciences*, „Scientia et Fides”, 5 (2017), s. 199-215.

²⁵ „The cortical networks involved in reading are highly complex, requiring a sophisticated interplay of temporally and spatially dynamic interactions”. Kristine Pammer, *Temporal sampling in vision and the implications for dyslexia*, „Frontiers in Human Neuroscience”, 7 (2014), s. 933.

Inny kolega, z tego samego uniwersyteckiego korytarza, również fizyk, i „guru” neurologii, przyznaje, że mózg jest najbardziej złożoną strukturą we wszechświecie, po czym w tym samym czasopiśmie pisze: „Świadomość nie jest czymś co można dostać, lecz procesem, który zależy od neurodynamiki mózgu - niektóre części mózgu komentują stany innych części”²⁶. Innymi słowy: prosta „płatanina” kabli elektrycznych, która sama się zorganizowała ...

Ze zwierzętami łączy nas wiele emocji: obrona terytorium, czerpanie przyjemności z dobrego jedzenia, instynkt macierzyński. Jednakże ludzka samoświadomość wytwarza *uczucia* niespotykane w świecie zwierząt, takie jak: skromność (nie chodzi tu o wstyd, który pojawia się dopiero po fakcie, ale o uczucie *prewencyjne*), obawa poprzedzająca jakieś zdarzenie (nie strach przed niebezpieczeństwem, które jest już w zasięgu wzroku, ani żal po stracie), dzielenie się bólem, altruizm itp. Wiele ssaków ma kanaliki łzowe, ale tylko człowiek płacze, by wyrazić swój smutek, tylko człowiek rumieni się ze wstydu. Michael Gazzaniga mówi o „wewnętrznym kompasie moralnym”. Jesteśmy w stanie poddać osądowi nie tylko to, co dotyczy naszej własnej świadomości, ale również rzeczy odległe od naszej teraźniejszości i naszego ja. W pewnym sensie człowiek różni się od zwierząt, ponieważ poświęca się rzeczom, które wydają się (lokalnie i materialnie) bezużyteczne. Sztuka jest tego dobrym (i uniwersalnym) przykładem.

Jeśli chcemy, to każde złożone zjawisko można by uprościć i zredukować do czysto materialnego wymiaru. Ale w ten sposób nasz umysł sam pozbawia się zdziwienia poznawczego, jednej z najbardziej zaskakujących cech człowieka. Wspomniany wcześniej światowej sławy neurolog Michael Gazzaniga kończy swoją książkę *Istota człowieczeństwa. Co sprawia, że jesteśmy wyjątkowi* słowami: „Wystarczy! Wychodzę, żeby zająć się swoją winnicą. Winogrona szczepu pinot wkrótce przeistoczą się w znakomite wino. Jakże się cieszę, że nie jestem szympansem!”.

6.10. Kultura: decydujące doświadczenie

Sztuka jest jednym z najbardziej dobitnych i reprezentatywnych wspólnych mianowników naszego „gatunku”. Już czterdzieści ty-

²⁶ W. DUCH, *Why minds cannot be received, but are created by brains*, „Scientia et Fides”, 5 (2017), s. 171-198.

sięcy lat temu człowiek ozdabiał swoje ciało, malował zwierzęta na ścianach jaskiń, grał na flecie wokół paleniska. Udokumentowane dowody są bogate, najstarsze pochodzą sprzed prawie stu tysięcy lat. Jak piszą autorzy wystawy „Homo sapiens”²⁷:

Około 45-40 000 lat temu stajemy się nie tylko anatomicznie, ale także psychicznie nowocześni. Ma miejsce rozkwit inteligencji, która staje się symboliczna i zdolna do abstrakcji: niezwykle malowidła jaskiniowe, które ozywają zarówno dzięki realistycznym scenom myślowym, jak i stylizowanym i symbolicznym postaciom; znakomite dzieła sztuki rzeźbione w kości, wyszukane pochówki rytualne; ozdoby ciała, biżuteria i dekoracje; pierwsze instrumenty muzyczne; nowe techniki obróbki kamienia, początkowo typu oryniackiego, następnie szybko rozwijające i różnicujące się w poszczególnych kulturach regionalnych, budowa coraz bardziej skomplikowanych schronień, nawet na otwartych przestrzeniach; być może nawet pierwsze kalendarze księżycowe około 32 tysięcy lat temu.

Michael Gazzaniga, dyrektor Instytutu Neuronauk na Uniwersytecie Kalifornijskim, dodaje: „Sztuka jest jednym z ludzkich uniwersaliów. Jakaś forma sztuki - malarstwo, taniec, opowiadanie historii, pieśń lub jeszcze inna - występuje we wszystkich kulturach”²⁸.

Wizerunki zwierząt (żubrów, koni, jeleni) zdobią ściany bardzo wielu, o ile nie wszystkich, jaskiń wapiennych w południowo-zachodnim pasie Francji (i Hiszpanii) zob. malowidła z Altamiry na rys. 6.14. Do wykonania tych obrazów zastosowano skomplikowane techniki, użyto rafinowanych barwników mineralnych, dzięki którym malowidła zachowały się do dnia dzisiejszego. Rysunki wskazują nie tylko na dużą zdolność obserwacji u ich autorów, świadczą również o potrzebie pozostawienia świadectwa. Znaczna część kontynentu europejskiego (poza południowym zachodem) była wówczas pokryta lodem, a człowiekowi, który schronił się w jaskini, towarzyszyło nieustanne poczucie zagrożenia życia. Malowidła w jaskiniach to jego „*Non omnis moriar*”. Czyżby nasz przodek, 20, 30, 40 tysięcy lat temu miał świadomość, że jego dzieła dotrwią do naszych czasów? I wzbudzą nasz zachwyt i zdziwienie?

²⁷ L. L. CAVALLI SFORZA i T. PIEVANI, *op. cit.*, s. 58.

²⁸ M. S. GAZZANIGA, *op. cit.*, s. 258.



Ryc. 6.12. Malowidła naskalne sprzed około 15 tysięcy lat w jaskiniach wapiennych w Altamirze na północnym wybrzeżu Hiszpanii. Podobne dekoracje, pochodzące z okresu między 32 a 11 tysięcy lat temu znaleziono w wielu miejscach w Hiszpa-

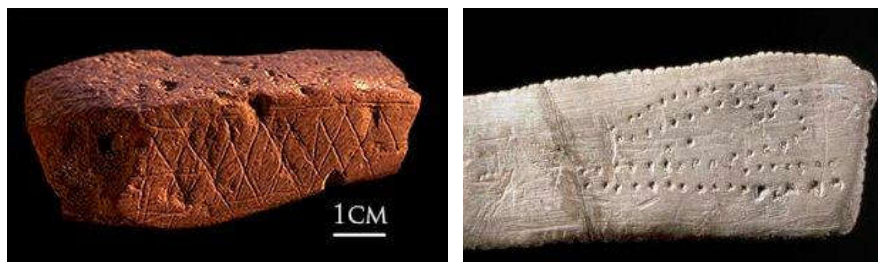
nii i w południowo-zachodniej Francji (Lascaux, Pech Merle, Chauvet, Roc-aux-Sorciers), to tu człowiek z Cro-Magnon schronił się podczas epoki lodowcowej. ZDJĘCIE: MARIA KARWASZ, 2018.

Według neuropsychologów nagła eksplozja sztuki czterdzieści tysięcy lat temu była spowodowana zmianą genetyczną. „Coś się zmieniło w naszych mózgach, coś co zwiększyło wcześniejsze zdolności twórcze, coś wyjątkowego *Homo sapiens*”, pisze cytowany neurochirurg²⁹. Niewątpliwie wszystkie dowody twórczości artystycznej i wizerzeń duchowych cechują wyłącznie nasz „gatunek”, potomków mitochondrialnej Ewy i Adama.

I faktycznie, pierwsze „nieprzydatne” przedmioty wykonane ręcznie pochodzą sprzed prawie 100 tysięcy lat i zostały znalezione nie gdzie indziej, jak na krańcu Południowej Afryki, w jaskini Blombos, za którą jest tylko ocean. Ktoś 85 tysięcy lat temu - z nudy czy z też z poczucia piękna, a może z potrzeby wykonania rysunku technicznego - wygrawerował przecinające się linie na kawałku miękkiej ochry.

Ktoś inny, 40 tysięcy lat temu, w dzisiejszej Kenii, zaznaczył na kłach słońca 28 pionowych linii połączonych linią poziomą. Czyżby coś liczył? I kim był? Kobieta w jaskini? Pierwszy kalendarz księżycowy, na którym zaznaczono nie tylko fazy Księżyca, ale także jego położenie, powstał 32 tysiące lat temu i został znaleziony we współczesnej Francji (kultura oryniacka, rys. 6.13b). Dziś nie wiemy, jakie znaczenie i/lub techniczne zastosowanie przypisać wielu artefaktom pozostawionym przez człowieka paleolitu. Są wśród nich żłobkowane zęby drapieżców, noszone zapewne jako amulety, są kościane zapinki do ubrań (a może do włosów?) - zdobione motywami abstrakcyjnymi, geometrycznymi i figuratywnymi. Jest też flet z pięcioma otworami, jak ten używany przez Etrusków w VIII p.n.e., zob. rys. 6.14a.

²⁹ *Ibidem*, s. 270.



Ryc. 6.13. (a) Kawałek ochry z geometrycznym wzorem sprzed 85 tysięcy lat odnaleziony w jaskini Blombos w Afryce Południowej, prawdopodobnie najstarsze świadectwo intelektualnej tożsamości gatunku *Homo sapiens*: dzisiaj dzieci robią podobne rysunki w zeszytach, kiedy nudzą się w szkole. (b) Kość pochodząca z dzisiejszej Francji, datowana na około 32 tysięcy, z serią półksiężycowatych i okrągłych nacięć, którą w 1970 roku Alexander Marshack³⁰ zinterpretował jako pierwszy dowód istnienia kalendarza księżycowego. ŹRÓDŁO: Wikipedia; Peabody Museum of Archaeology and Ethnology przy Uniwersytecie Harvarda.

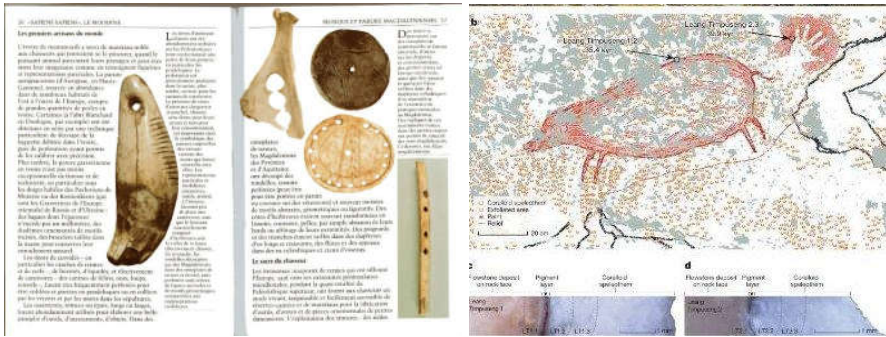
Pierwszy portret kobiecej figury, z rogiem w dłoni (Wenus z Laussel)³¹, powstał 25 tysięcy lat temu, ten paradygmat artystyczny rozprzestrzenił się w całej Europie w postaci statuetek z wypalanej ceramiki (Wenus z Dolnych Věstonic) przez 30 tysięcy lat (Wenus z Hohle Fels w kolorze kości słoniowej pochodzi sprzed około 40 tysięcy lat, podczas gdy stylizowane figurki, takie jak Wenus z Monruz, pojawiły się około 11 tysięcy lat temu). Lista przedmiotów, które nie są jedynie „wyrobami”, ale prawdziwymi dziełami sztuki, takimi jak rzeźby (i malowidła) przedstawiające głowy koni lub żubry liżące ślady po ukąszeniu owadów, jest nieskończona: to nie była rozrywka, ale prawdziwa potrzeba człowieka żyjącego w odległym paleolicie, potrzeba wyrażenia własnego, indywidualnego talentu i poczucia piękna.

Nie tylko w Europie (i w Afryce) znajdujemy zaskakujące świadectwa kultury *Homo sapiens*. Niedawno (w 2014 roku), na krańcu kontynentu euroazjatyckiego, w dzisiejszej Indonezji, znaleziono³² kilka malowideł naskalnych, które wyglądają jak kopie tych we Francji: odciski dłoni i „zdjęcia” scen polowania, tym razem nie na żubra, ale na wymarły gatunek świni (na który polowano bardzo skutecznie, podobnie jak na mamuta w Europie i na Syberii).

³⁰A. MARSHACK, *Notation dans les gravures du paléolithique supérieur*, Publications de l'Institut de Préhistoire de l'Université de Bordeaux. Mémoire No. 8, Bordeaux, Imprimeries Delmas, 1970. Zobacz też: <https://sservi.nasa.gov/articles/oldest-lunar-calendars/>.

³¹ Vénus de Laussel, https://fr.wikipedia.org/wiki/V%C3%A9nus_de_Laussel.

³²M. AUBERT i in., *Pleistocene cave art from Sulawesi, Indonesia*, „Nature”, 514 (2014) 223.



Ryc. 6.14. (a) Artefakty człowieka z paleozoiku (powyżej obróbka kości) zaskakują swoją różnorodnością, drobiazgową obróbką, bogatymi ornamentami oraz zastosowaniem (częściowo nieznanym): wycięte zęby drapieżników być może służyły jako amulety, małe płytki ozdobione motywami zwierzęcymi, mogły być wisiorkami, natomiast długa perforowana kość prawdopodobnie służyła jako flet³³. (b) Malowidła z jaskini Sulawesi w Indonezji: szablony dłoni sprzed 40 tysięcy lat, rysunek świni sprzed 35,5 tysięcy lat. ŹRÓDŁO: D. VIALOU, Gallimard, 1996; M. AUBERT i in., „Nature” 2014.

Styl artystyczny zmieniał się przez tysiąclecia: nie z powodu globalizacji, ale na skutek indywidualnych poszukiwań nowych sposobów wyrazu. Nie tylko wielcy artyści, ale prawdopodobnie również zwykli ludzie próbują nam coś powiedzieć przez skalne graffiti. W Val Camonica rysunki na skałach (zewnętrznych, czyli wystawionych na działanie deszczu i wiatru) przypominają współczesne symbole graficzne. Cztery tysiące lat temu drzwi grobowca na Sycylii ozdobiono całkowicie abstrakcyjną płaskorzeźbą, a miska licząca ponad trzy tysiące lat ma dekorowaną podstawę, stylizowaną na kobiecy tors, co wydaje się zupełnie niepraktyczne. Pragnienie piękna i abstrakcyjne skojarzenia myślowe odtwarzane na neolitycznych artefaktach zaskakują nawet nasze współczesne gusta.

Co spowodowało przejście od paleolitycznej, realistycznej reprezentacji do neolitycznej sztuki abstrakcyjnej? Neuropsycholog odpowiedziałaby: „ewolucja struktur w mózgu”, klimatolog: „zmiana warunków środowiskowych”, socjolog zaś: „odmienna pozycja społeczna artysty”.

To pytanie analogiczne do tych: dlaczego Édouard Manet porzucił realistyczne (i dochodowe) obrazy ulic Paryża i wybrał bardzo kontrowersyjny styl malowania kolorowych plam, zwany impresjonizmem?

³³ D. VIALOU, *Au cœur de la préhistoire. Chasseurs et artistes*. Gallimard, Paryż 1996, s. 26.



Ryc. 6.15. Ilustracja nie służy wiernemu przedstawieniu przedmiotu czy osoby, ale zaprezentowaniu wizji (czyli idei) czy innej koncepcji, którą chce przekazać artysta. Kilka przykładów abstrakcyjnej sztuki prehistorycznej: a) dumny neolityczny wojownik w Val Camonica, w prowincji Brescia, być może z III tysiąclecia p.n.e.; b) umywalka ze wspornikiem w kształcie kobiecego tułowia z Thapsos, XV-IX wiek p.n.e., Muzeum w Syrakuzach. ZDJĘCIA: MARIA KARWASZ, 2003.

Albo dlaczego Picasso najpierw malował na różowo, a potem na niebiesko? Faktem jest, że od stu tysięcy lat przedmioty wytworzone przez *Homo* zaskakują nas swoją (czyli naszą) kreatywnością. I nie odnajdziemy żadnego śladu twórczości wśród form przedludzkich: cezura to sto tysięcy lat temu.

Nie chodzi tu o artefakty paleolitu, ale o *nasze, wspólne* poczucie piękna, prawdy, uczciwości, które nas łączy. Z pewnością my, ludzie, różnimy się od wszystkich pozostałych istot żywych. Jak również nasz intelekt, który czasem, gdy trzeba dokonać trudnych, ale moralnie właściwych wyborów, przeciwstawia się rozsądkowi. Intelekt (i wyobraźnia), który dąży do najodleglejszych gwiazd i od samego zarania ludzkości, odróżnia nas od „zwierząt”. Cytując jeszcze raz Arystotelesa i jego *De anima*:

Co się tyczy myślenia, to jest ono czymś różnym od postrzeżenia; jednak, jak się zdaje, jest ono złożone z wyobrażenia i mniemania. Dla tej to racji wypada nam najpierw określić naturę wyobraźni, a potem omówić mniemanie. Jeśli wyobraźnia jest tym, przez co — jak powiadamy - powstaje w nas jakiś obraz (używając tego słowa nie w znaczeniu metaforycznym [lecz właściwym]), to czy jest ona jakąś szczególną władzą, czy nawykiem w stosunku do wyobrażeń, i za pomocą niej wypowiadamy sądy o rzeczach, dosiegamy prawdy lub błądzimy? Takimi są spostrzeganie, mniemanie, wiedza, rozum³⁴.

³⁴ ARYSTOTELES, *O duszy*, (427b, 27 - 428a, 5), tłum. Paweł Siwek, *Dzieła wszystkie*, t. 3. PWN, Warszawa 1992, str. 119.

6.11. Wieża Babel: wspólnota językowa

Historia Wieży Babel miałyby być kolejną „opowieścią” biblijną. „To po prostu *naiwne* wytłumaczenie różnorodności języków, które nie ma nic wspólnego z faktami. W Mezopotamii znaleziono dziwne konstrukcje, zwane ‘ziggurat’, autor Biblii dał się ponieść swojej fantazji”. Internet jest pełen tego rodzaju fantazyjnych komentarzy; w przypisie cytujemy kilka przykładowych³⁵.

Czy istnieje jakieś pokrewieństwo między językami kontynentu euroazjatyckiego? Już na początku XIX wieku zidentyfikowano rodzinę języków indoeuropejskich, ale pozostaje kilka języków, takich jak: albański, baskijski, gruziński, które do tej rodziny nie należą. Podróżując po świecie zdajemy sobie sprawę, że niektóre podstawowe słowa, np. „mama”, są identyczne w języku polskim, włoskim i koreańskim (z niewielkimi niuansami w wymowie). W ostatnich latach spostrzeżenie to zostało szczegółowo przebadane przez interdyscyplinarny zespół składający się z lingwisty, biologa, psychologa i informatyka - z Anglii, Stanów Zjednoczonych oraz Nowej Zelandii³⁶.

Grupa w poszukiwaniu pokrewieństwa przeanalizowała podobne słowa o starożytnym rdzeniu, pochodzące z różnych języków, jak: angielski *brother*, francuski *frère*, włoski *fratello*³⁷. Porównano 21 języków należących do 7 różnych rodzin, w tym języki Eskimosów, ludów zamieszkujących góry Azji (Altaj) oraz odległy półwysep Kamczatka. Spośród 3800 proto-słów wybrano 188 podobnych i zrekonstruowano drzewo genealogiczne, przy użyciu tych samych procedur statystycznych, które stosuje się w badaniach dziedzictwa genetycznego.

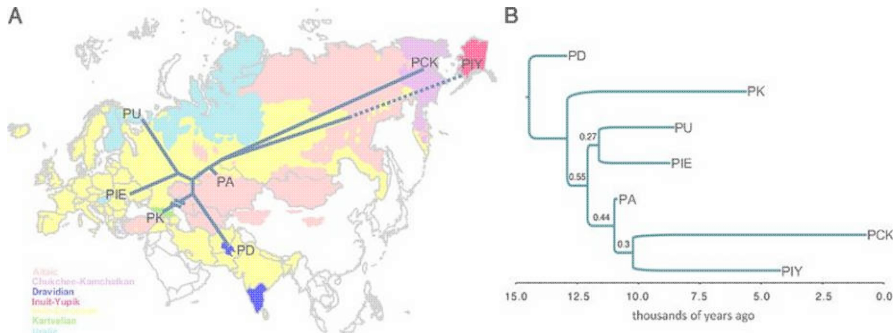
Oczywiście ograniczona liczba wspólnych słów, które zachowały się do dziś mieści się w granicach błędu statystycznego. Mimo to wyniki są sensacyjne: wszystkie języki kontynentu euroazjatyckiego po-

³⁵„Być może to błogosławieństwo, bo pozwala nam uniknąć kolejnego przekleństwa, czyli uniwersalnego imperializmu, a także przeludnienia, czyli zamiarów zatrzymania całej ludności w jednym regionie i zmuszenia jej do udziału w „jednym przedsięwzięciu” czyli budowie jednego imperium uczestniczącego w jednym projekcie politycznym”. Nie podajemy adresów internetowych, pod którymi można znaleźć podobne zdania, ponieważ są niezbyt sensowne.

³⁶ M. PAGEL i in., *Ultraconserved words point to deep language ancestry across Eurasia*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 110 (2013) s. 8471.

³⁷ „The English word *brother* and the French *frère* are related to the Sanskrit *bhrātr* and the Latin *frāter*, suggesting that words as mere sounds can remain associated with the same meaning for millennia. But how far back in time can traces of a word’s genealogical history persist, and can we predict which words are likely to show deep ancestry?”

chodzą z tej samej linii rodowej, której początki sięgają około 14,5 tysięcy lat. Geograficzne centrum wspólnego pochodzenia języków (zrekonstruowane przy użyciu tych samych metod co w genetyce) znajduje się w starożytnej Mezopotamii: właśnie tam zbudowano ziggurat, wieżę Babel z obrazu Bruegla (rys. 6.16a).



Ryc. 6.16. Rekonstrukcja drzewa genealogicznego siedmiu odrębnych rodzin językowych występujących na całym kontynencie euroazjatyckim: altajskiej, języków Kamczatki (paleoazjatyckiej?), drawidyjskiej, eskimo-aleuckiej, indoeuropejskiej, kartwelskiej, uralskiej. Język drawidyjski po raz pierwszy wyodrębnił się około 14500 lat temu, ten w górach Kaukazu (kartwelski) około 12500 lat temu. Języki indoeuropejskie są najbliższe „spokrewnione” z ugro-fińskim. ŹRÓDŁO: PNAS.

Po raz kolejny, tak samo jak w przypadku stworzenia materii i Człowieka, współczesne badania naukowe - interdyscyplinarne, rygorystyczne i matematyczne - potwierdzają biblijne „opowiadanie” (a raczej: nie są z nim sprzeczne). Z drugiej strony, dlaczego starożytny skryba miałby coś wymyślać? Galileusz zdefiniował przecież Biblię jako księgę napisaną pod natchnieniem Ducha Świętego.

6.12. Narodziny nauki

Współczesny człowiek, czy może raczej po prostu człowiek, różni się od Neandertalczyka, od *Homo ergaster*, od *Homo pekinensis* itp. nie tylko dlatego, że tworzy dzieła sztuki, ale także z uwagi na niepomowaną chęć wiedzy, i to zarówno o rzeczach przydatnych do polowania i przeżycia, jak również, ogólnie rzecz biorąc, o wszystkich zjawiskach na świecie.



Ryc. 6.17. (a) Czy szczątki zigguratu w Mezopotamii są dowodem na istnienie Wieży Babel czy może raczej są starożytnymi obserwatoriami astronomicznymi? Tutaj obraz Bruegla, do obejrzenia w Wiedniu. (b) Megalityczny kompleks Haġar Qim na Malcie sprzed około 5,5 tysięcy lat, prawdopodobnie była to świątynia, ale i kalendarz astronomiczny. ZDJĘCIE: M. KARWASZ, 2018.

Już na rys. 6.13 widzieliśmy kawałek kości sprzed około 30 tysięcy lat z sekwencją znaków, które wydają się być kalendarzem księżycowym. Z drugiej strony 12-miesięczny kalendarz z podziałem miesiący na 30 dni oraz czasu na 12 godzin i 60 minut, zupełnie nieodpowiadający systemowi „naturalnemu”, czyli dziesiętnemu, został stworzony 5 tysięcy lat temu przez Sumerów, i z pewnością musiał opierać się na jakiś wcześniejszych opracowaniach. Tyle tylko, że rzadko zdarza się, aby kruche kości przetrwały przez tysiąclecia.

Monumentalne kalendarze, takie jak Stonehenge, są rozsiane w różnych miejscach na Ziemi. Wydaje się, że służyły do wyznaczania daty przesilenia letniego, to jest najdłuższego dnia w roku. Ale tego dnia na różnych szerokościach geograficznych położenie Słońca jest inne. A zatem, konstrukcje wymagały pracy nie tylko kamieniarzy (i architektów), ale także obserwatorów nieba. Tak naprawdę nie wiemy, do czego służyły te potężne budowle: na Malcie są aż dwa takie zespoły, powstałe 5-6 tysięcy lat temu, a rozmieszczone w odległości 500 metrów (rys. 6.17a).

Zachowały się dokumenty (gliniana tabliczka Mul.Apin z pismem klinowym, rys. 6.18a), poświadczające, że w Mezopotamii 3500 lat temu obserwowano zaćmienia; w istocie geometryczne przecięcia orbit Księżyca i (pozornej) Słońca powtarzające się co 18 lat określa się dziś chaldejską nazwą „Saros”. Prawie trzy tysiące lat temu Egipcjanie wiedzieli, jak obliczyć objętość ściętej piramidy, podać przybliżoną wartość liczby niewymiernej π , czy też dodać ułamki o nieparzystych mianownikach, o czym świadczą papirusy z tamtej epoki (rys.

6.17c). Struktura wewnętrzna³⁸ wielkich piramid egipskich, zbudowanych prawie pięć tysięcy lat temu, nadal pozostaje tajemnicą.

Wybudowanie kolosa, który niemalże przewyższa średniowieczne katedry (145 metrów w przypadku piramidy Chufu, po grecku Cheopsa) wymagało zastosowania znacznej wiedzy i zaawansowanych pojęć: matematycznych (użyto 2,3 miliona bloków kamiennych), geologicznych (większość bloków jest z łatwego do cięcia piaskowca, ale do wykonania ścian komnaty króla użyto bardzo twardego granitu), z mechaniki (pod sanie niosące bloki wylewano wodę, aby zagęścić piaszczystą ziemię, największy blok granitu podniesiony na wysokość 70 metrów ważył 80 ton), a nadto potrzeba było wyjątkowych umiejętności organizacyjnych.

Od czasów Pitagorasa muzyka jest matematyczną harmonią: flet nie ma już pięciu otworów (jak na malowidłach zdobiących etruskie grobowce), ale siedem, jak we współczesnej harmonii (tylko „zachodniej”, bo tradycyjna koreańska muzyka liczy nadal tylko pięć tonów). Częstotliwości tonów „harmonijnych” według pitagorejskiej skali muzycznej to proporcje liczb całkowitych 1:2, 2:3, 4:5. Za to twierdzenie Pitagorasa o trójkącie prostokątnym było znane (i udowodnione) tysiące lat przed nim, o czym świadczy babilońska tabliczka YBC 7289 sprzed około 4 tysięcy lat (rys. 6.17b). Babilończycy znali więc również liczby niewymierne (pierwiastek z 2) tyle tylko, że stosowali system obliczeń polegający na ułamkach o mianowniku 60.

Badania nad tymi starożytnymi artefaktami przybliżają archeologię do matematyki, a raczej do kognitywistyki, czyli poszukiwania punktów wspólnych w modelowaniu myśli ludzkiej. Pięć tysięcy lat temu nie tylko praktyczna konieczność pchnęła Człowieka ku odkryciom naukowym, ale także radość z przekazywania innym (a zatem i nam) piękna i racjonalności świata zewnętrznego.

System kopernikański, prawa Keplera, równanie ogólnej teorii względności Einsteina uderzają swoją prostotą i elegancją. Poza tym, w praktyce, proste modele powstają dzięki całemu szeregowi poprawek: orbity planet nie są idealnie współpłaszczyznowe, orbita Merkurego nie jest doskonale eliptyczna, „subtelne” efekty ogólnej teorii względności są liczne, jak na przykład przeciąganie czasoprzestrzeni („frame-dragging”) przez wirującą Ziemię.

³⁸ K. MORISHIMA i in., *Discovery of a big void in Khufu's Pyramid my observation of cosmic muons*, „Nature”, 552, (2017), s. 386.



Ryc. 6.18. (a) Babilońska tabliczka Mul.Apin z VII wieku p.n.e to pierwsze znane nam kompendium astronomiczne; według współczesnych astronomów na tabliczce widoczne są obserwacje sięgające roku 1370 p.n.e. (b) Tabliczka YBC 7289 z około 1700 roku p.n.e., być może pierwszy dowód twierdzenia Pitagorasa; znaki klinowe opisują rozwinięcie pierwiastka liczby 2 (tj. 1,4142 w zapisie dziesiętnym) w ułamkach o mianowniku 60. (c) Egipski papirus Rhinda, datowany na rok 1550 rok, zawiera pojęcia geometryczne (objętość cylindrycznego spichlerza) oraz algebraiczne (rozkład ułamków z licznikiem 2 dla mianowników nieparzystych). Wikipedia.

W tym samym czasie, w którym udokumentowano rozwój matematyki, narodziła się poezja. Słynny babiloński poemat *Enuma Elisz*, skomponowany wierszem i recytowany w święto Nowego Roku, datuje się na pierwszą połowę drugiego tysiąclecia przed naszą erą. Fragment o narodzinach świata i bogów rozpoczyna się następująco³⁹:

Kiedy na górze niebo jeszcze nie było nazwane,
Kiedy na dole ziemia nie miała imienia:
Wtedy Apsu, pierwotnego prarodzica,
I Muummu-Tiamat pramacierzy
wody – były zmieszane ze sobą.
Życia jeszcze nie było, ani zwierza, ani ptaka,
Ani pól, ani lasów,
Ani drzewa się nie utrwały, ani sitowie nie było widzialne;
Żaden z bogów jeszcze nie powstał,
Żadne nazwisko nie było nazwane, żadne przeznaczenie przeznaczone.

W Księdze Rodzaju powtórzono podobną „opowieść”? Ściągnięto ją od Babilończyków, czy może wprost przeciwnie? A może opowieści biblijne i babilońskie są tak podobne, bo historia stworzenia świata nie może być inna? Współczesna genetyka, językoznawstwo i neuropsychologia uczą, że ludzki mózg ma zaskakujące możliwości. Ludzki mózg czy ludzka dusza?

³⁹ *Dal Nilo all'Eufrate. Letture dell'Egitto, dell'Assiria e di Babilonia*, pod redakcją Alfonsa Di Noia, Edipem, Novara 1974, s. 73, w tłumaczeniu Antoniego Lange (przyp. Olga Kutner).

6.13. Nieśmiertelna dusza

Współczesny filozof amerykański John Searle ubolewa, że „większość ludzi zapytanych o swoją tożsamość twierdzi, że zasadniczo składa się z ciała i duszy, a niektórzy dodają nawet, że z ducha”⁴⁰. Searle przypisuje „winę za to zamieszanie Kartezjuszowi, a nawet wcześniej Arystotelesowi, który jako pierwszy mówił o substancji i istocie.”⁴¹

Arystoteles był bez wątpienia filozofem „twardo stąpającym po ziemi”. Jako młody człowiek pływał, nurkował, uprawiał ryby, obserwował niebo. Był nauczycielem Aleksandra Wielkiego, pisał o poetyce i etyce, a jego dzieła na temat zoologii, dzięki bogactwu szczegółów, pozostają aktualne po dziś dzień - zawdzięczamy mu na przykład wynalezienie etologii, czyli nauki o zachowaniu zwierząt.

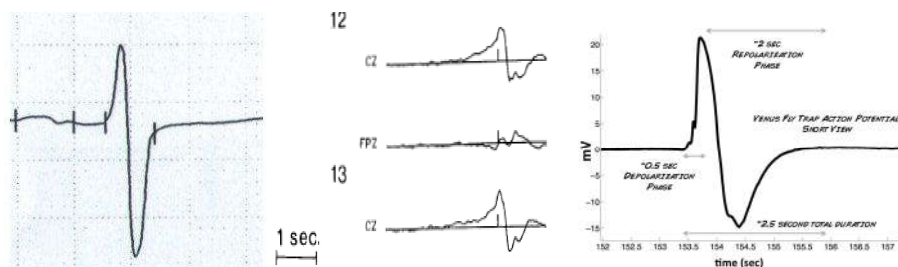
W księdze III traktatu *O duszy* Arystoteles opisuje zjawiska, które dziś nazwalibyśmy fizjologią zmysłów i percepcji. Arystoteles nie mógł wiedzieć o istnieniu dwóch różnych receptorów w ludzkim oku, pręcików i czopków, z których pierwszy jest wrażliwy na widzenie czarno-białe (przy niewielkim oświetleniu), a drugi na widzenie w kolorze. A mimo to napisał, że „pierwszą rzeczą, którą widzimy jest kolor”. Nie mógł wiedzieć, że światło jest falą elektromagnetyczną emitowaną, gdy temperatura ciała osiąga tysiąc stopni, ale napisał, że „światło nie jest ani ogniem, ani ciałem, a czymś, co wydziela ogień”.

W dzisiejszych czasach trudno jest dostrzec różnice między ludźmi i zwierzętami: psy również odczuwają emocje. Niedawno odkryto, że nawet rośliny korzystają z komunikacji wewnętrznej generując sygnały elektryczne (rys. 6.20). Elektrokardiogram (6.20a) to seria cyklicznych sygnałów elektrycznych o napięciu kilku mV i o różnych kształtach, zwanych P, Q, R. W ludzkim mózgu bodziec, jak na przykład gasnąca sygnalizacja drogowa, wywołuje impuls elektryczny o mocy kilku μV , który wyznacza przygotowanie, reakcję i rozluźnienie⁴². Sygnały są bardzo szybkie, na granicy fizycznych możliwości.

⁴⁰ Pełny tekst jest następujący: “There is an enormous difference between what people believe and what professional *experts* believe. I suppose most people and the Western world today accept some form of dualism. They believe they have both a mind, or a soul, and a body. I have even heard some people tell me they have three parts – a body, a mind and a soul.”

⁴¹ J. R. SEARLE, *Mind. A Brief Introduction*, Oxford University Press, Nowy Jork 2004. Fragmenty w języku polskim w tłumaczeniu Jana Karłowskiego (przyp. Olga Kutner).

⁴² G.A. CHIARENZA i in., *Brain activity associated with skilled finger movements: Multichannel magnetic recordings*, „Brain Topography”, 3 (1991), s. 433.



Ryc. 6.19. Sygnały elektryczne w organizmach żywych. (a) Elektrokardiogram składa się z serii sygnałów o napięciu kilku mV trwających krócej niż jedną sekundę. (b) W ludzkim mózgu bodziec wywołuje złożony impuls elektryczny o wartości kilku μV i trwający około 0,2 sekundy. (c) Sygnały elektryczne emitowane przez rośliny także są mierzone w mV, choć są znacznie wolniejsze: u muchołówki, rośliny mięsożernej, sygnał zamknięcia pułapki trwa 2 sekundy. ŹRÓDŁO: MARIA KARWASZ; G.A. CHIARENZA; Backyard Brains.

Jednakże również i rośliny wytwarzają sygnały elektryczne, choć wolne. *Dionaea muscipula*, mięsożerna roślina zwana również muchołówką amerykańską, łapie owady w pułapkę, którą zamyka dopiero wtedy, kiedy ofiary dotkną dwóch „włosków” czuciowych w odstępie czasu nie dłuższym niż 20 sekund: wygenerowany sygnał elektryczny trwa 2 sekundy⁴³. W oparciu o wykresy na rys. 6.20 można by wysunąć wniosek, że nie ma różnicy między zwierzętami, ludźmi i roślinami: i to właśnie jest zupełnie błędnym wnioskiem!

Na podstawie samej obserwacji metabolizmu i sygnałów elektrycznych wydawałoby się, że między roślinami, zwierzętami i ludźmi nie występują zasadnicze różnice. A może, na poziomie biologicznym, zachodzi tu jedynie inny stopień złożoności? Arystoteles rozwiązał ten problem w genialny sposób. Wyróżnił trzy *rodzaje* duszy: roślinną, która zapewnia samo istnienie („wegetację”, czyli odżywianie, wzrost), zwierzęcą, która odpowiada za wrażenia zmysłowe i poruszanie się, oraz ludzką, zdolną do posługiwania się inteligencją i wyobraźnią⁴⁴. Każdy typ duszy zawiera w sobie poprzedni, ale wszystkie trzy całkowicie się od siebie różnią.

Arystotelesowi, który należał do greckiego i przedchrześcijańskiego racjonalnego świata trudno byłoby przypisać etykietkę filozofa „idealisty”. Mimo to, pisał on o duszy ludzkiej, że „ma coś nieznisz-

⁴³ Backyard Brains, Neuroscience for Everyone, https://backyardbrains.com/experiments//Plants_VenusFlytrap (dostęp 08.05.2017).

⁴⁴ Zobacz też: G. KARWASZ, *Aristotle's three souls in modern science: Re-reading "De Anima"*, „Cauriensia” 13 (2018), s. 429-448.

czalnego, boskiego". Jego komentator, Giancarlo Movia, pisze: „Jeśli przeczytać tekst bez uprzedzeń i wziąć pod uwagę treści 4 i 5 rozdziału z księgi III, to nie sposób zaprzeczyć, że jest on zasadniczo zgodny z doktryną głoszoną przez Arystotelesa w jego dziełach - doktryną o nieśmiertelności duszy ludzkiej”⁴⁵.

Twierdzenia o tym, że dusza ludzka nie ulega zniszczeniu pojawiają się w różnych miejscach w *De Anima*:

Wtedy wydaje się, że intelekt przybywa jako substancja i nie ulega zepsuciu. [...] Proces zarówno myślenia, jak poznawania teoretycznego słabnie przez to, że coś innego wewnątrz [organizmu] ulega zepsuciu: sam jako taki, [rozum] nie podlega wpływowi [ciała]. Gdy zaś chodzi o rozumowanie, miłość lub nienawiść, to nie są one właściwościami rozumu, lecz podmiotu, który jest nim obdarzony i o ile jest w jego posiadaniu. Dla tej racji, gdy [podmiot] ulega zniszczeniu, nie ma już miejsca dla wspomnień ani dla miłości. One bowiem nie były własnościami rozumu, lecz [osobnika] złożonego, który zginął. Rozum jest niezaprzeczalnie czymś bardziej boskim i nie podlegającym wpływowi [ciała]. (408b 18-30)

W samej rzeczy istnieje [w niej] jeden rozum, który odpowiada materii - bo staje się wszystkim - i drugi [który odpowiada przyczynie sprawczej] - bo tworzy wszystko, jak specjalny rodzaj nawyku nabytego, podobny pod tym względem do światła, bo i światło na swój sposób sprawia, że barwy potencjalne stają się barwami aktualnymi. [...] I ten rozum jest oddzielony, odporny na wpływy zewnętrzne i niezmiśnany, ponieważ jest ze swej natury aktem. Zawsze przecież, to, co działa jest bardziej dostojne od tego, co odbiera [jego] wpływ; a przyczyna jest czymś [wyższym] od materii. [...] Dopiero gdy jest odłączony, jest tym, czym w rzeczywistości jest; i to jedynie jest nieśmiertelne i wieczne. Ale nie pamiętamy [tego], to bowiem, co tak istnieje, jest odporne na wpływy zewnętrzne. Rozum bierny zaś jest podległy zniszczeniu, a bez niego nic nie jest w stanie niczego poznać. (430a, 15-30)

A zatem, cytując słowa papieża Benedykta XVI, to właśnie nieśmiertelność duszy mogłaby być cechą rozstrzygającą o człowieczeństwie.

Czy temat nieśmiertelnej duszy pasuje do książki o nauce? Z pewnością nie! Jednakże nawet w fizyce mamy kilka hipotez, które są nieudowodnione i/lub niemożliwe do udowodnienia. Jedno z wyjaśnień masy i ładunku elektronu (pamiętajmy, że jest to najbardziej elemen-

⁴⁵ G. MOVIA, w: Arystoteles, *De Anima*, Bompiani, Mediolan, 2014, s. 263.

tarna ze wszystkich cząstek) zakłada, że elektron jest zamkniętym w sobie wirem pola elektromagnetycznego. Mózg także wytwarza fale (rejestrowane za pomocą elektroencefalografu): czy zbiór bardzo złożonych wirów/fal elektromagnetycznych byłby samopodtrzymujący się? Rozpoczęlibyśmy tu jakieś spekulacje typu New Age.

Na nieśmiertelność duszy ludzkiej mamy tyle argumentów (po pierwsze „obcowanie świętych” dla tych, którzy tego osobiście doświadczyli...), że nie potrzebujemy hipotez graniczących z metodologią naukową: w świecie materialnym obowiązuje fizyka Galileusza, która nie obejmuje świata niematerialnego („niebieskiego”, jak zapisano w Księdze Rodzaju).

Na koniec można zacytować Platona, który w *Fedonie* rozważał kwestię nieśmiertelności duszy i wyciągnął z tych rozważań następujące wnioski etyczne:

Więc to - powiada - ludzie moi, godzi się wziąć pod uwagę, że jeśli dusza jest nieśmiertelna, to dbać należy nie tylko o ten czas, który nazywamy życiem, ale o cały czas, i niebezpieczeństwo teraz zagraża i może się wydawać wielkie, jeżeli ktoś duszy zaniedba. Gdyby śmierć stanowiła zerwanie ze wszystkim w ogóle, byłoby to jak znalazł dla ludzi złych: pozbyć się ciała, a wraz z duszą zbyć się i swoich złości. Ale teraz, skoro dusza zdaje się być nieśmiertelna, to chyba nie masz dla niej innej ucieczki od zła ani innego zbawienia, chyba to jedno: stać się jak najlepszą i najrozumniejszą. Bo ona do Hadesu pójdzie, nic innego ze sobą nie biorąc oprócz kultury i tego, czym się żywiła; to jej, powiadają, najwięcej pomoże albo zaszkodzi po śmierci zaraz na początku drogi w tamte strony⁴⁶.

6.14. Ani anioł, i ani bestia⁴⁷

Pytanie, czy człowiek jest bytem złożonym wyłącznie z materii fizycznej, na swój sposób zorganizowanej, czy też składa się z dwóch „substancji”, by użyć słownictwa Arystotelesa, ma zasadnicze znaczenie kulturowe, filozoficzne i polityczne: kwestia materializmu definiuje całą ludzką cywilizację. Zanegowanie duchowej „substancji” do-

⁴⁶ PLATON, *Tutte le opere*. t. I, *Fedone*, trad. G. Giardini, Newton, Rzym 1997, s. 241. Fragmenty w języku polskim w tłumaczeniu Władysława Witwickiego (przyp. tłum.).

⁴⁷ P. PREMOLI DE MARCHI, *Uomo, né angelo né bestia. Argomenti a favore dell'esistenza e dell'immortalità dell'anima*, (Człowiek, ani anioł ani zwierzę. Argumenty zasadnicze na rzecz istnienia i nieśmiertelności duszy). I Quaderni del Timone, Edizioni Art, Novara 2005.

prowadziło w XX wieku do największych katastrof, które dotknęły całą ludzkość: setek milionów śmiertelnych ofiar reżimów totalitarnych.

Współczesne neuronauki starają się gdzieś w mózgu zlokalizować nasze funkcje umysłowe. Do tej pory wyciągnięto tylko bardzo uproszczone wnioski, na przykład, że uszkodzenie płata czołowego powoduje utratę wzroku. Co nie oznacza, że sam płat czołowy wystarczy, żeby widzieć. Jak wyjaśnił Stanley Jaki, dominikanin i fizyk, w książce *The Brain Mind Unity: The Strangest Difference*⁴⁸ - myśl znajduje się w mózgu jednocześnie wszędzie i nigdzie. Jak pisał Arystoteles - dusza jest *formą* i *celem* ciała.

Do czego zatem potrzebny jest nam mózg, płatnina włókien białkowych, żeby „udzielić gościny” duchowi? Teoretycznie myśl mogłaby równie dobrze krążyć po obwodach wykonanych z krzemu, takich jak komputer. W obu przypadkach potrzebna jest substancja materialnej, nie tylko do „czystego” myślenia, ale przede wszystkim do komunikacji z zewnętrznym, fizycznym światem. Dlatego też właśnie w *De Anima* Arystoteles opisuje działanie wzroku, słuchu, dotyku.

Wspomniany wcześniej współczesny filozof John Searle narzeka, że „ludzie w kulturze zachodniej wierzą, że posiadają ciało, duszę i jeszcze coś, co nazywa się duchem”, gdy tymczasem „większość ekspertów mieni się materialistami”. Dlaczego opinia „ludzi” (czyli przeważającej części społeczeństwa) różni się od opinii „ekspertów”? Zazwyczaj winą za tę rozbieżność zdań obarcza się Kartezjusza, a zwłaszcza jedno z jego ostatnich dzieł *Medytacje o pierwszej filozofii*, czyli o teologii. W tej pracy Kartezjusz zadaje sobie pytanie, gdzie w mózgu znajduje się *zdrowy rozsądek*, który koordynuje wszystkie zmysły. Dziś wiemy, że jest wszędzie. Kartezjusz zastanawiał się również czy dusza ludzka jest nieśmiertelna. Jego odpowiedź brzmiała: „Dobry Bóg nie mógłby zwodzić nas obiecując życie wieczne”. Do podobnego wniosku doszedł jego rówieśnik Blaise Pascal. Porozmawiamy o tym w rozdziale VII.

Relacja między ciałem a duszą była przedmiotem jednego z najbardziej zawikłanych sporów w historii filozofii. Dla Platona dusza była niezależna od ciała i w pewnym sensie wrodzona, boska. Arystoteles, jak już wcześniej powiedzieliśmy, posłużył się metafizyczną koncepcją formy: „dusza jest formą i celem ciała”. Jednakże czy zniszczenie rzeźby oznacza sam rozpad materii, czy może znika i for-

⁴⁸ S. JAKI, *The Brain Mind Unity: The Strangest Difference*, RVB, Pinckney 2004.

ma? W swojej odpowiedzi św. Tomasz podkreśla, że dusza jest *stworzona* przez Boga, a zatem istnieje jako *substancja*. Człowiek jest jednością duszy i ciała.

Paola Premoli de Marchi wyjaśnia to tak⁴⁹:

Dzięki tej wyjątkowej strukturze, substancji złożonej z esencji i aktu bycia, dusza może kształtować ciało, ale może też istnieć oddzielnie od ciała, ma w sobie pełną indywidualność i niewyraźność, jest prosta i niezniszczalna. Z drugiej jednak strony, św. Tomasz podkreśla, że relacja między duszą a ciałem nie jest przypadkowa: wręcz przeciwnie, istotą duszy jest, to że jest formą ciała, że stanowi substancjalną całość ciała. Dlatego człowiek jest w pełni takim, nie jako dusza oddzielona od ciała, a jedynie jako dusza połączona z ciałem.

Często zadawane pytanie brzmi: co dzieje się z duszą, gdy mózg ulega uszkodzeniu, na przykład z wiekiem? Arystoteles odpowiedział również i na to pytanie: dusza chwilowo „wycofuje się”, zupełnie jak wtedy, kiedy człowiek się upija: dusza nie znika, ale nie znajduje podłoża, na którym mogłaby się „oprzeć”.

Czy dusza ludzka istnieje po śmierci? Wierzyły w to wszystkie kultury *Homo sapiens*, począwszy od tych syberyjskich sprzed 40 tysięcy lat z ich obrzędami pogrzebowymi, poprzez kulturę starożytnego Egiptu z piramidami, aż po Platona. Przypomnijmy raz jeszcze *Fedona*: to, co dusza zabiera ze sobą, kiedy przechodzi na tamten świat, to nie tylko samoświadomość, ale wszystkie doświadczenia, działania, myśli, słowa i zaniedbania ziemskiego życia. A w *Składzie apostołskim* podkreśla się, że dusze zmarłych nie tylko istnieją po śmierci, ale uczestniczą w naszym ziemskim życiu: ta koncepcja jest zawarta w lakonicznym „wierzę w świętych obcowanie”.

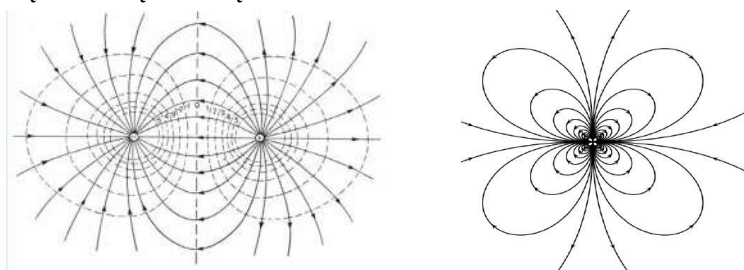
Tak więc człowiek, pomimo wszystkich swoich wad, mimo cierpień, jakie przynosi mu życie w świecie materialnym, różni się także i od aniołów, które prawdopodobnie rzadko rozkoszują się światem materialnym⁵⁰.

⁴⁹ P. PREMOLI DE MARCHI, op. cit., s. 54-55.

⁵⁰ Paola Premoli de Marchi cytuje odmienną opinię na temat aniołów, św. Tomasza z Akwinu: „Ponadto, stwierdzenie, że dusza kompletna nie ma w sobie pełnej postaci człowieka, a posiada ją tylko wtedy, gdy jest zjednoczona z ciałem, tłumaczy według św. Tomasza dlaczego różni się od aniołów w kwestii doskonałości. Faktycznie, anioły są doskonałym gatunkiem, ponieważ jako substancje duchowe są złożone same z siebie” (op. cit., 55).

6.15. Świat pełen aniołów

W *Składzie apostołskim* nie wspomina się o istnieniu aniołów, ale to one są częścią „wszystkich rzeczy niewidzialnych”. Z siedmiu rodzajów chórów anielskich (według papieża Grzegorza IV) tylko ten na najniższym szczeblu, czyli właśnie aniołowie, uczestniczą w naszym życiu. Co się tyczy tych drugiego rodzaju, archaniołów, tylko nieliczni z nich (Michał, Gabriel, Rafael) czasami schodzą do świata materialnego, aby przynieść ważne nowiny. Do Archanioła Michała zwraca się w modlitwie papież Leon XIII: „Święty Michale Archaniele! Wspomagaj nas w walce, a przeciw niegodziwości i zasadzkom złego ducha bądź naszą obroną”⁵¹.



Ryc. 6.20. Wizualizacja pola elektrycznego (niewidocznego w naturze) wokół ładunków modelowych: (a) dwa przeciwstawne ładunki (dipol), (b) na zewnątrz cztery ładunki o tym samym znaku. Dzisiaj rozkład ładunków jest obliczany przez komputery, w latach 60-tych XX wieku, kiedy Feynman napisał swoje *Wykłady*, trzeba było *zalożyć* pewien rozkład, a następnie zweryfikować go punkt po punkcie. ŹRÓDŁO: R. FEYNMAN.

Richard Feynman (1918-1988), jeden z najwybitniejszych fizyków teoretycznych XX wieku (i genialny dydaktyk), opisał koncepcję pola elektrycznego⁵²: „Znacznie łatwiej wyobrazić sobie anioła niż pole elektryczne. Po prostu narysuj uskrzydloną figurę, a następnie ją zetrzyj, w końcu jest niewidoczna. Tymczasem, aby znaleźć konfigurację pola elektrycznego, które również jest niewidoczne, musimy najpierw znaleźć rozkład ładunków elektrycznych, a następnie rozwiązać

⁵¹ JAN PAWEŁ II, *Regina Coeli*, 24.04.1994, http://w2.vatican.va/content/john-paul-ii/it/angelus/1994/documents/hf_jp-ii_reg_19940424.html.

⁵² Pojęcie pola elektrycznego jest nieco dziwne: jest to przestrzeń, w której siły elektryczne działają na ładunki elektryczne. Przestrzeń, o której mowa, teoretycznie jest pusta, nie zawiera żadnych cząstek materialnych, a jednocześnie pusta nie jest, ponieważ przenika ją „pole elektryczne”.

odpowiednie równanie". Na rysunku 6.21 widzimy konfigurację pola elektrycznego obliczoną wokół rozkładów ładunków modelowych.

Papież Grzegorz Wielki (540-601), święty Kościoła Katolickiego, ustalił, że istnieje dziewięć rodzajów chórów anielskich, licząc od dołu: aniołowie, archaniołowie, aż po cherubinów i serafinów. Edward Lucie-Smith pisze w *Aniołach*: „Według najbardziej cenionej opinii anioły dzielą się na trzy triady, zwane też sferami. Pierwszą tworzą (w porządku ważności): serafiny, cherubiny i trony. Anioły te, przebywające najbliżej Boga, są najbardziej dla ludzkiego rozumu niepojęte. [...] Trzecia, najniższa sfera składa się z aniołów, z którymi jesteśmy najbardziej oswojeni, gdyż mają one bezpośredni kontakt z ludźmi”⁵³.



Ryc. 6.21. Dziś przyzwyczajiliśmy się do wyobrażenia aniołów jako postaci z białymi skrzydłami. W średniowieczu skrzydła aniołów mieniły się kolorami tęczy. Trudno jest znaleźć przedstawienia cherubinów i serafinów⁵⁴, którzy „powinni” mieć trzy pary skrzydeł. Tutaj fragmenty malowideł Lorenza Monaco - *Koronacja Marii z adoracją świętych* (1407-1409), National Gallery, Londyn, oraz Fra Angelica - *Zwiastowanie*, Klasztor San Marco we Florencji. ZDJĘCIE: GK 2004.

6.16. Od jednego tchnienia

Ta książka, a w szczególności rozdział VI, może wydawać się niejednorodna: z jednej strony zawiera bardzo naukowe stwierdzenia dotyczące genomu, DNA, białek, neurosygnałów, a z drugiej strony niemożliwe do zweryfikowania dygresje o nieśmiertelnej duszy i aniołach. Jednakże to właśnie tu, dokładnie pośrodku między tymi dwiema skrajnościami znajduje się człowiek, stworzony na podobieństwo Boga, który, choć uformowany z gliny, otrzymał boskie tchnienie: połą-

⁵³ E. LUCIE-SMITH, *The Glory of Angels*, Harper Design, 2009. Fragmenty w języku polskim w tłumaczeniu Macieja Witkowskiego, Wyd. Arkady, 2010 (przyp. tłum.).

⁵⁴ Na przykład Pietro Cavallini (1240-1320), *Sąd Ostateczny* w Bazylice św. Cecylii na Zatybrzu, Rzym, http://www.frammentiarte.it/dal_Gotico.it/Cavallini_opere/05-04_cavallini_giudizio_universale.jpg (dostęp 05.05.2016).

czenie świata materialnego i duchowego. „Wtedy to Pan Bóg ulepił człowieka z prochu ziemi i tchnął w jego nozdrza tchnienie życia, wskutek czego stał się człowiek istotą żywą.” (Rdz, 2, 7).

W polskiej wersji językowej „proch ziemi” jest tłumaczony również jako „głina”. Jeśli trzeba by dokonać wyboru między piaskiem (SiO_2) a gliną, to ta ostatnia zawiera wszystkie pierwiastki, z których jesteśmy zbudowani: wapń, tlen, sód, potas, żelazo, wodór, z wyjątkiem węgla. Ale aby stać się „żywym” niezbędna jest ta specjalna organizacja pierwiastków chemicznych, która sprawia, że roślina rośnie i kwitnie, podczas gdy inna, mimo wszelkich wysiłków, wysycha i staje się materią *nieożywioną*. Już Arystoteles odróżniał duszę roślinną od zwierzęcej. W przypadku człowieka, aby stworzyć *osobę*, potrzebne było jeszcze „Boże tchnienie”.

Cała droga ewolucji różnych form przedludzkich jest kolejnym, wyraźnym potwierdzeniem dystansu, jaki oddziela człowieka od świata zwierząt. Już *Homo erectus*, wielki wędrowiec, różnił się od szympanсів sposobem, w jaki zajmował wybrane środowisko, zdobywał pożywienie, używał narzędzi i ognia.



Ryc.6.22. Ten obraz jest ilustracją słów: „[Bóg] tchnął w jego nozdrza tchnienie życia, wskutek czego stał się człowiek istotą żywą”. Słowo osoba znaczy więcej niż „żywe stworzenie”. Arystoteles podkreślał w człowieku obecność intelektu, który ma w sobie coś boskiego. Ta biologiczna różnica między formami przedludzkimi a Człowiekiem to tak naprawdę „tchnienie”. ŹRÓDŁO: KAPLICA PALATYŃSKA, PALERMO.

A jednak po upływie miliona lat jego ewolucja się zatrzymała. *Homo sapiens* w dziesięciokrotnie krótszym czasie opanował skomplikowaną komunikację głosową, wypełnił wszystkie jaskinie u wybrzeży Atlantyku niesamowitymi rysunkami, zbudował miasta, nie wspominając o wynalezieniu opery, symfonii i komputerów. Nie jedno tchnienie, ale przepaść oddziela nas zarówno od szympanсів, jak i

od wszystkich pozostałych przedludzkich form. Być Człowiekiem, stworzonym przez samego Boga, to jest powód do dumy!

6.17. Ręką Boga

We współczesnej termodynamice, a nawet w teologii, koncepcja samoorganizacji materii wprowadzona przez Ilyę Prigogine (Nagroda Nobla 1977) jest obecnie bardzo popularna: płatki śniegu tworzą piękne gwiazdeczki. Tak! nie można wykluczyć, że podczas przemian fazowych krzywe stabilności osiągną porządek maksymalny, a nie minimalny. Ale od praw termodynamiki do działającej komórki biologicznej jest jeszcze nieskończenie długa droga, długa nawet dla pojedynczych aminokwasów w całkowicie logicznej budowie łańcucha złożonego z miliardów bitów DNA. Dlatego nie zgadzamy się z koncepcją *self-emergence*, czyli samo-kreacji.

Nie zgadzamy się nawet z koncepcją *Intelligent Project*, zgodnie z którą do „Natury” włączono prawa, które umożliwiły autonomiczne pojawienie się życia i człowieka z jego nieśmiertelną duszą. Przypomnijmy, że kosmolodzy, aby wyjaśnić tak prostą rzecz, jak (tajemnicze) rozmieszczenie galaktyk, ukuli określenie „palec Boży”. Co ważniejsze, trudno nie zgodzić się z *Pismem*, które piękno świata przypisuje nie *self-emergence*, czy *Intelligent Project*, ale samemu Bogu.

I to nie Bóg - od czasu do czasu - popycha świat, gdy ten zwalnia, ale jak głosi Katechizm Kościoła Katolickiego, cały czas go *stwarza*:

Stworzenie ma właściwą sobie dobroć i doskonałość, ale nie wyszło całkowicie wykończone z rąk Stwórcy. Jest ono stworzone "w drodze" (*in statu viae*) do ostatecznej doskonałości, którą ma dopiero osiągnąć i do której Bóg je przeznaczył. Bożą Opatrznością nazywamy zrządzenia, przez które Bóg prowadzi swoje stworzenie do tej doskonałości. (art. 302)

6.18. Mówią, że zmartwychwstał⁵⁵

O ile w historii filozofii różni autorzy opowiadali się za nieśmiertelnością duszy ludzkiej, to jedynie religia katolicka uwzględnia zmartwychwstanie ciała. „Wiem, że [ciało] zmartwychwstanie w czasie zmartwychwstania w dniu ostatecznym”, powiedziała Marta, siostra

⁵⁵ V. MESSORI, *Dicono che è risorto. Un'indagine sul sepolcro vuoto*, SEI, Turyn 2000.

Łazarza, mimo że wówczas jeszcze w to nie wierzyła. Pusty Grobowiec, jak wskazuje Vittorio Messori, jest absolutną podstawą naszej wiary. Ale opowieść zapisana w Ewangelii przez św. Jana, naocznego świadka, zaskakuje swoją lakonicznością:

A kiedy się nachylił, zobaczył leżące płótna, jednakże nie wszedł do środka. Nadszedł potem także Szymon Piotr, idący za nim. Wszedł on do wnętrza grobu i ujrzał leżące płótna oraz chustę, która była na Jego głowie, leżącą nie razem z płótnami, ale oddzielnie zwiniętą na jednym miejscu. (J, 20, 5-7)

Brzmi jak raport zdany salowej przez pielęgniarkę, żadnych okrzyków chwała mu, żadnego Alleluja! Zwięzły charakter opisu świadczy o zdumieniu tym, co Piotr i Jan zobaczyli wewnątrz grobowca: zwiotczały całun, płótna rozwinięte na ziemi, jakby ciało wyparowało. Często żartuję, że w moim laboratorium antymaterii przeprowadzamy podobne eksperymenty: kiedy antyelektron zderzy się z elektronem, po prostu wyparowuje, to znaczy przekształca się w dwa fotony gamma, które przechodzą bez przeszkód przez stalową komorę - materia zniknęła. Ale to tylko żart. Niewierzący nigdy nie zdołali wyjaśnić, dlaczego na podłodze znaleziono rozwinięte prześcieradła. Być może ta niemal absurdalna lakoniczność jest dowodem na autentyczność ewangelicznej relacji.



Ryc. 6.23. (a) Kościół Świętego Krzyża w Jerozolimskie, Rzym: tabliczka „INRI”. (b) Katedra w Owiedo: chusta, ze śladami krwi, w którą zawinięto głowę Chrystusa. FOTO: GK 2011, 2018.

Pierluigi Baima Bollone, profesor medycyny sądowej z Turynu, zidentyfikował na całunie odciski dwóch rzymskich monet, jednej pochodzącej z roku 27 n.e., a drugiej z roku 29 n.e., które były umiesz-

czony na oczach (tak jak Grecy postępowali ze zmarłymi). Nawet splot tkaniny jest wyjątkowy: dwa tysiące lat temu produkowany tylko w Egipcie.

Jedynego dowodu, który przeczy autentyczności Całunu dostarczyła fizyka, mowa tu o badaniu metodą radioaktywnego węgla ^{14}C . Ten izotop powstaje w atmosferze, jest wchłaniany przez rośliny, a następnie ulega rozpadowi (typowy czas rozpadu wynosi 5600 lat). Datowanie wykonane w trzech laboratoriach sugeruje, że Całun pochodzi z epoki średniowiecza. Mimo to, jako fizyk doświadczalny, mam poważne wątpliwości co do rezultatów badania: zbyt wiele czynników może taki wynik zafałszować.

Po pierwsze nie da się wyjaśnić, w jaki sposób powstał obraz. To nie jest barwnik, nie jest to też druk, wygląda na to, że same włókna lnu uległy zmianie. Co jest jej przyczyną? Bardzo silne promieniowanie jądrowe, jak te towarzyszące przemianie materii w promienie gamma? Ale skąd wzięły się elektrony z ładunkiem dodatnim? Absurd! Ponadto Całun doświadczył pożaru kaplicy w Turynie, gdzie jest przechowywany, oraz innych złożonych wydarzeń historycznych.

Trudno jest zastosować test radioaktywnego węgla do datowania czegoś, co wymyka się fizycznemu wyjaśnieniu, chyba że chce się, żeby badania naukowe nie zadziałały - tak jak w przypadku lnu zmodyfikowanego pod wpływem nieznanego promieniowania. I to jest poprawna dedukcja, a nie wprowadzające w błąd datowanie wykonane w laboratoriach fizycznych.

Obraz na Całunie zdaje się powoli zanikać. Im więcej dowodów naukowych, tym mniej widać gołym okiem: trzeba uwierzyć. Jak pisze Vittorio Messori: to „gra światła i ciemności”, religia *udowodniona* naukowo nie potrzebowałaby indywidualnego aktu *wiary*⁵⁶.

Obrazy, fakty naukowe, osobiste świadectwa mogą wzmocnić wiarę, ale nigdy jej nie zastąpią.

⁵⁶ Książki, które wywarły wpływ na moją wiarę w autentyczność ewangelicznych relacji o Męce, to: *Dzień, w którym umarł Chrystus* Jima Bishopa (1964); *Umęczon pod Ponckim Pila-tem* (2000) oraz *Mówią, że zmartwychwstał* Vittoria Messoriego (2001); *La Nuova indagine sulla Sindone. Duemila anni di storia e le ultime prove scientifiche* Pierluigiego Baima Bollone, profesora medycyny sądowej w Turynie, a jeszcze bardziej jego poprzednia książka *Sindone. Storia e Scienza*, Priuli i Verluca, 2010, *Drugi Całun. prawdziwa historia Oblicza Jezusa* (2007) Stefana Gaety oraz *Pasja* film Mela Gibsona, przejmujący ze względu na realistyczną dokumentację.



Ryc. 6.24. (a) Niektóre drzewa oliwne dożywają setek lat. To rośnie w ogrodzie Getsemani, u bram Jerozolimy. (b) Srebrna gwiazda w Bazylice Narodzenia Pańskiego w Betlejem. ZDJĘCIA: MARIA KARWASZ, 1999.

6.19. Dwa światy

Człowiek ze swoim ciałem zbudowanym z materii biologicznej oraz *Psyche*, nieuchwytny dla fizyki, jest mostem między dwoma światami. Ale te światy różnią się zasadniczo od siebie: jeden wzbija się bardziej ku niebu, inny natomiast jest mocno osadzony na ziemi. Święci, bracia, zakonnice, kapłani, modlitwa, cud są bliższe tej drugiej stronie⁵⁷. Również nasze modlitwy, miłość bliźniego, post i wszystkie dzieła miłosierdzia to *drogi na skróty* do świata niebieskiego. Ale to byłby temat na inną książkę ...

⁵⁷ Polecam kolejną książkę Vittoria Messoriego, *Cud* (2000), z bardzo dobrze udokumentowanym opisem cudu, który zdarzył się Miguelowi Juanowi Pellicerowi w 1640 roku w Saragossie: przywrócenie (jakby chirurgiczne) amputowanej nogi – po latach od wypadku, w którym tę nogę stracił. Wszystkie dane historyczne i medyczne wskazują na zdarzenie nadprzyrodzone. Ale włoska wersja Wikipedii określa je jako „rzekomy cud”. Jak pisze Messori, dowody nam dane są takowymi dla tych, którzy w nie *wierzą*, ale nie są koniecznością, jeśli ktoś wierzyć *nie chce*. Wolna wola i możliwość wyboru, to jeden z wielu darów, którym nas dobry Bóg obdarzył.

I wreszcie – najbardziej osobista z książek Vittoria Messoriego: *Quando il cielo ci fa segno. Piccoli misteri quotidiani*. (Kiedy niebo daje ci znak. Małe zagadki codzienności), Mondadori, Milano, 2018. Vittorio Messori, dość chłodny, ale zawsze niezwykle rzetelny i obiektywny we wszystkich swych dziełach, tym razem opisuje własne doświadczenia, trudne do wyjaśnienia na gruncie racjonalnym.

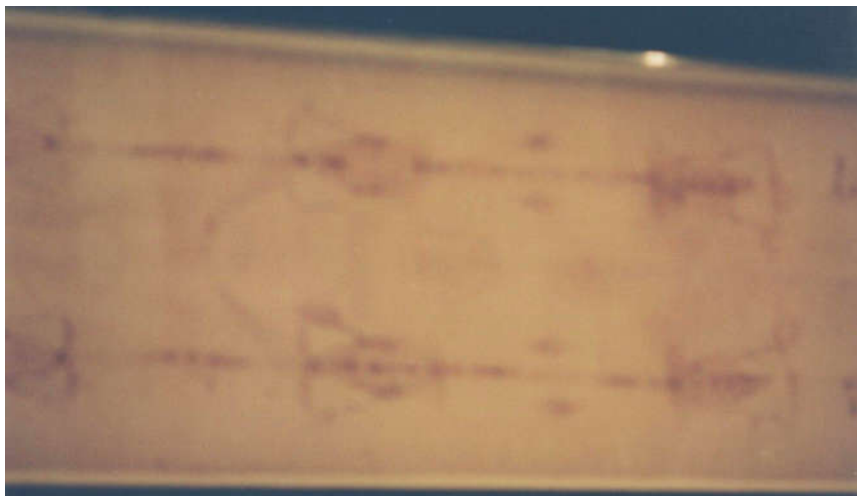


Fig. 6.25. Kolejne zdjęcie, świadectwo pielgrzymek autora i jego Małżonki (Turyn, 2010). Odcisk twarzy umarłego (i zmartwychwstałego) Chrystusa: najważniejszy wizerunek wiary chrześcijańskiej jest ledwie widoczny w centrum obrazu. Widoczne plamy to ślady nadpalenia, po pożarze w 1523 roku.

Rozdział VII

Świadectwa

7.1. Nauki humanistyczne i nauki ścisłe

Często, a nawet prawie zawsze, dwie gałęzie wiedzy – nauki przyrodnicze i humanistyczne – są sobie przeciwstawne. Nie ma bardziej błędnej postawy niż ta - z wielu powodów.

1) Nauki przyrodnicze, matematyczne i fizyczne badają przyrodę, to znaczy rzeczywiste obiekty, które istnieją niezależnie od ludzkiej obecności. Nauki humanistyczne operują na ludzkich artefaktach: myślach pisanych (filozofia), zachowaniach indywidualnych (psychologia), zachowaniach grupowych (socjologia), sekwencjach zdarzeń ludzkich (historia), artefaktach estetycznych (sztuka, muzyka).

O gustach się nie dyskutuje. A w naukach "ściślych" wydaje się, że każda ocena jest absolutna, to znaczy obiektywna, a nie subiektywna. Mówi się nawet, że "matematyka nie jest opinią". Po czym, w praktyce statystyka jest wykorzystywana do *interpretacji* zarówno zjawisk fizycznych jak i społecznych¹.

2) Tak więc w naukach humanistycznych każdy sąd może być *interpretacyjny*. Ale w naukach fizycznych jest tak samo! Dla Newtona światło było cząstkami, *korpuskulami*. Najpierw opisał matematycznie, jak działają soczewki (które ogniskują, które powiększają), używając prawa załamania Sneliusa: kąt załamania (w szkłe) jest mniejszy niż kąt padania. Prawo to można interpretować w sposób bardzo dydaktyczny (ale naukowo niepoprawny) - zakładając, że szkło, cięższe od powietrza, "przyciąga" cząstki światła.

W kwestii interpretacji dualizmu falowo-korpuskularnego fizycy znaleźli konsensus: w niektórych eksperymentach światło wykazuje naturę fotonową (tj. korpuskularną), w innych falę elektromagnetycz-

¹ Pewność danych doświadczalnych podlega *konwencjom*: różne są te konwencje w fizyce cząstek elementarnych ("5 sigma"), różne w pomiarach wielokrotnie powtarzalnych (tu obowiązuje rozkład Gaussa), różny w kosmologii (Wielki Wybuch nie jest eksperymentem powtarzalnym), zob. G. GIGERENZON, *Gdy liczby oszukują*, Raffaello Cortina, 2003.

ną. Ale w tym momencie pojawia się pytanie: czy możemy interpretować zjawiska na dwa i/lub wiele sposobów? Tak!

Cała historia fizyki (i nie tylko) to łańcuch różnych splecionych ze sobą interpretacji. Dla Kopernika dane Ptolemeusza (i jego obserwacje) były argumentem za teorią heliocentryczną. Dla Tycho Brahe, z jego bardzo dokładnymi pomiarami, były one argumentem za systemem mieszanym (patrz rysunek poniżej).

Czy kot Schrödingera żyje czy zdechł? Zależy to od interpretacji, a raczej od rodzaju eksperymentu, który zostanie przeprowadzony: obiekt, na przykład elektron, istnieje "sam w sobie" i opisany funkcją falową Ψ . Jeśli eksperyment ma na celu zmierzenie pozycji x , prędkość będzie z grubsza nieokreślona. Matematycznie tworzone jest *splątanie* $\Psi * X \Psi$ operatora X pomiaru położenia z funkcją falową. W sposób "wizualny" możemy powiedzieć, że wykonaliśmy "rzut" funkcji falowej na operator położenia (patrz rysunek 7.1b).

Nie chcę być oskarżany o naukowy relatywizm: nie! Zauważam tylko, że w naukach "ściśle" każda twierdzenie zawsze wymaga *interpretacji*, tak samo jak w naukach humanistycznych.

3) Czy nauki ściśle opierają się na obiektywnych danych, a nauki humanistyczne na sądach? Powyżej omówiliśmy, że dane wymagają interpretacji, ale jest coś więcej: nauki ściśle zawsze szukają wsparcia w osądach innych naukowców, czyli w opiniach. Innymi słowy, nauki przyrodnicze również proszą o dane humanistyczne.



Figa. 7.1. Dwa obrazy, aby podkreślić, że nawet "dokładne" nauki podlegają ludzkiej interpretacji. (a) System Tycho Brahe, pośredni między ptolemejskim i kopernikańskim: błędny, ale dobrze odtwarzał pozorne ruchy planet. (b) Kot Schrödingera jest trochę z profilu, trochę *en face*: w fizyce kwantowej pomiar składa się z "projekcji" stanu właściwego układu, nieznanego, z zdeteterminowanym operatorem matematycznym wybranym dla pomiaru. ZDJĘCIA: GK.

Przykładem jest sam Kopernik: przed przedstawieniem argumentów matematycznych (obserwacji i obliczeń) cytuje Pitagorasa jako zwolennika teorii ruchu Ziemi. Napisał: ²

Co więcej, skoro niebo zawiera i konstruuje codzienność dla wszystkich rzeczy, dlaczego nie miałyby być statyczne, a ruch powinien być przypisany raczej rzeczom zawartym, a nie pojemnikowi? Do tego rozsądnego wniosku, że świat ziemski się obraca, doszli Heraklit i Efantus, Pitagoras i Nicetus z Syrakuz, według Cycerona.

A żeby usprawiedliwić względność ruchów, Kopernik cytuje Eneidę": «odbijamy od brzegu, a to ziemia i miasta uciekają».

4) Względna równowaga: dane pochodzące z argumentów natury ↔ i z argumentów zgłaszanych przez innych autorów, wraz z upływem czasu przesuwają się w kierunku humanizmu - konieczne jest cytowanie coraz większej liczby autorów (i ich danych eksperymentalnych, ufając ich procedurom). W ten sposób, wraz z upływem wieków, nawet nauki ściśle stają się coraz bardziej humanistyczne.³

5) Ostatnim argumentem za metodologiczną jednością obu nauk jest podmiot badawczy: człowiek. Jeśli wierzymy w intelektualną i emocjonalną jedność (równość?) wszystkich ludzi, wyniki ich aktywności umysłowej muszą być również ze sobą zgodne.

Podsumowując, wszystkie opinie na różne tematy są równoważne i wszystkie należy traktować poważnie. Świat nie należy do „specjalistów”, ale do jego mieszkańców.

7.2. Platon: nieśmiertelna dusza

Wspomnieliśmy już o niemal pewności Platona co do nieśmiertelności duszy ludzkiej i konsekwencji, jakie ta nieśmiertelność stwarza dla etyki. Przytoczmy jeszcze kilka fragmentów o duszy z *Fedona*⁴ :

² "Cumque coelum sit quod continet et caelat omnia communis universorum locus, non statim apparet, cur non magis contento quam continenti, locato quam locanti motus attribuat. Erant sane huius sententiae Heraclides et Ephantus Pythagorici, ac Nicetas Syracusanus apud Ciceronem, in Medio Mundi Terram Volventes." Mikołaj Kopernik, *Z: Revolutionibus orbium coelestis*, Petronius Editions, Norymberga, 1543 Liber I, Caput 5.

³ Ale było tak również w czasach Arystotelesa: z jego pism wiemy, że cztery "żywioly" zostały zaproponowane, na bazie innych, wcześniejszych myślicieli, przez Empedoklesa.

⁴ Platon, *Fedon*, XXIX, przeł. Wł. Witiwcki, PWN, Warszawa, 1984, str. 416.

... Nieprawdaż, dusza o *tych* znamionach w dziedzinę podobną do niej odchodzi: bezpostaciową, boską, nieśmiertelną i rozumną, dokąd przyjdzie i będzie szczęśliwa; skończy błędną wędrówkę i wyzbędzie się bezmyślności i obaw, i żądź dzikich, i innych nieszczęść ludzkich i, jak mówi wtajemniczeni, naprawdę resztę czasu między bogami spędzi. Tak powiemy, Kebasie, czy inaczej?

Tego spokoju, niemal pewności co do własnego losu, który przejawiał Platon, brakowało Markowi Aureliuszowi, który konstruując cenną (z ludzkiego punktu widzenia) etykę, czuł przemijający charakter wszystkich zdarzeń, ich znikanie, zlewanie się, rozpadanie bez śladów. Marek Aureliusz napisał w *Rozmyślaniach*⁵:

Jedne rzeczy dążą spiesznie do tego, aby stać się bytem, inne – niebytem. A z tego co powstaje, jakaś część znika. Bieg i przemiana bez przerwy odnawiają wszechświat, tak jak nieprzerwana kolej czasu ciągle odnawia bezkresną wieczność. A więc w tej fali kto będzie otaczał wciąż coś, co przepływa, a na czym nogi oprzeć nie można? (*W tej powodzi*, księga VI, 15)

Uniwersalna natura⁶, z *uniwersalnej substancji*, jak z wosku, ukształtowała konia. Stopiwszy go zaś użyła jego tworzywa dla ukształtowania drzewa, a potem człowieczka. Potem czegoś innego. Każdy z tych przedmiotów trwa przez czas bardzo krótki. Ale nie jest to straszne dla skrzyńki się rozbić, ani zbić. (*Przez bardzo krótki czas*, księga VII, 23).

To co umarło, nie wychodzi poza obręb świata. Jeżeli w nim pozostaje, to i zmienia się w nim, i rozkłada na atomy, które są pierwiastkami i *kosmosu*⁷ i twoimi. A i one zmieniają się, bez lamentu. (*Przemiana*, księga 8, 18).

Najwyraźniej Marek Aureliusz nie *wierzył* ani w nieśmiertelność duszy człowieka, ani w zmartwychwstanie ciała, więc jego etyka była niepewna. Przekonanie o Istocie wyższej, która nas chroni i podtrzymuje, napawa optymizmem, zarówno w teraźniejszości, jak i na przyszłość.

Wracając do Platona, jego koncepcja duszy i ciała nie była koncepcją "maski" (persony), ale integralności między ciałem a duszą. Polski

⁵ MAREK AURELIUSZ ANTONINUS, *Rozmyślania*. Tłum. Marian Reiter, Wolne lektury, <https://wolnelektury.pl/media/book/pdf/rozmyslania-marek-aureliusz.pdf> (dostęp 01/09/2023). Drobne zmiany według wydania włoskiego - GK.

⁶ Podkreśleni GK: rozmyślania wydają się przesłanką XIX-wiecznego materializmu.

⁷ Mamy tu pre-elementy dzisiejszych kosmicznych "religii", takich jak New Age..

lekarz (i zakonnik) Jacek Norkowski zwraca uwagę, że według Platona dusza rezyduje w całym ciele, a nie tylko w mózgu. Wręcz przeciwnie⁸, umieszczenie duszy w mózgu otwiera niebezpieczne drogi inżynierii ludzkiego ciała. Albo jedność ciała i duszy (dwoistość istoty ludzkiej wyznawana przez papieża Ratzingera), albo wyrażona innymi słowami przez Arystotelesa: dusza, która stanowi *formę* człowieka.

7.3. Arystoteles: cztery przyczyny

Dla fizyka doświadczalnego najważniejszą spuścizną Arystotelesa powinien być podział nauk między fizyką a metafizyką. Ale, paradoksalnie, jego *Fizyka* jest krytykowana przez fizyków. W rzeczywistości jest to trochę zaskakująca książka. Dziś dzielimy fizykę na mechanikę, termodynamikę, optykę, elektromagnetyzm. W czasach Arystotelesa cztery stany materii (ciała stałe, ciecze, gazy i plazma) już zostały zdefiniowane (przez Empedoklesa). Ale *Fizyka* nie zajmuje się żadnym z tych tematów, ale stanowi raczej księgę filozoficzną, rozważającą podstawowe zasady. Arystoteles zajmuje się definicją przestrzeni, czasu i ruchu w ich ogólnym znaczeniu.

Przestrzeń dla Arystotelesa była odległością między jednym materialnym ciałem a drugim. Tak więc pusta przestrzeń nie ma sensu. Jak omówimy poniżej, Galileusz (i Kartezjusz) wprowadzili koncepcję przestrzeni matematycznej, która jest całkowicie pusta. Ale dla Alberta Einsteina (tym bardziej dla George'a Lemaitre'a) bez mas (tj. Ciał materialnych) przestrzeń nie ma sensu: po dwóch tysiącach lat fizyka powraca do Arystotelesa.

Czas dla Arystotelesa jest ciągłym zbiorem momentów "teraz". Mimo różnych prób fizykom nie udało się znaleźć "kwantów" czasu – zawsze pozostaje on ciągły. Arystoteles napisał, że czas jest wszędzie taki sam: chociaż teoria względności Einsteina definiuje lokalne systemy odniesienia, mogą one być koordynowane w momencie "zerowym". Ale czas "przed" i "po", jak zauważa Arystoteles, nie są takie same. Dziś powiedzielibyśmy: to są różne punkty w czasoprzestrzeni (Minkowskiego).

⁸ J.M. NORKOWSKI, *Brain based criteria for death in the light of the Aristotelian-Scholastic anthropology: can the classical philosophy help us to understand the functioning of human brain and its interconnection with the body?* "Scientia et Fides", 6/1 (2018), s. 153–188.

O ruchu Arystoteles napisał: "Ciało albo pozostaje w spoczynku, albo porusza się w nieskończoność, aż spotka się z jakimś innym, cięższym ciałem" (*Fizyka*, księga IV, 215a). We współczesnej terminologii stwierdzenie to odpowiada pierwszemu prawu Newtona, a także zasadzie zachowania pędu. Ale szczególnie polecamy przeczytanie Księgi II *Fizyki*⁹, o przyczynach ruchów i ogólnie o zmianach.

Cztery przyczyny (materia, forma, wykonawca i cel) zdezdefiniowane przez Arystotelesa są zwykle związane z *metafizyką*; w rzeczywistości wszystkie przyczyny, w tym czwarta, teleologiczna, pojawiają się już w *Fizyce*. Krótko mówiąc, przyczyna, w sensie celu, jest "tym, z powodu którego" coś się dzieje, staje, zanika, zmienia. Na przykład zdrowie jest celem chodzenia". (*Fizyka* 194b, 35 – 195a,1)¹⁰.

W czwartym wreszcie znaczeniu nazywa się przyczyną cel, czyli przyczynę celową, np. zdrowie jest przyczyną spaceru; dlaczego spaceru, pytamy? „Ażeby spacerujący był zdrowy”; mówiąc tak sądzimy, iż wskazaliśmy przyczynę. To samo można powiedzieć o tym wszystkim, co *wprawione w ruch*¹¹ przez rzecz różną od siebie stanowi czynnik pośredni od siebie stanowi czynnik pośredni między ruchem i celem, np. dla zdrowia: schudnięcie, przeczyszczenie, lekarstwa czy instrumenty chirurgiczne. Wszak powyższe rzeczy *istnieją* ze względu na cel, różniąc się między sobą tym tylko, że jedne są działaniami a drugie narzędziami. Na tyle [tj. na cztery, wymienione w poprzednich paragrafach] zapewne sposobów bywa używany wyraz „przyczyna”.

O ile w ludzkich działaniach łatwo jest określić ostateczną przyczynę, jej istnienie nie jest oczywiste w naturze. Ale Arystoteles podkreśla, że przyczyna celowa działa również w przyrodzie (199a, 10):

Tak jak się wykonuje pewna rzecz świadomie, tak też one powstają z natury [tj. w przyrodzie, i tak jak natura wytwarza pewną rzecz, tak też a tworzy świadomie [!], jeżeli tylko nic w tym nie przeszkadza. Świadome działanie ludzkie jest celowe, stąd też naturalne procesy są takie same.¹²

A potem Arystoteles kontynuuje (*Fizyka* 199b, 16-18) i (200a, 33)¹³:

⁹ ARYSTOTELES, *Fizyka*, przełożył Kazimierz Leśniak, PWN, Warszawa, 2010

¹⁰ Tamże, str. 94

¹¹ Podkreślenie autora: świat nie musi być notorycznie „popychany”, o ile zdąży do właściwego celu.

¹² ARYSTOTELES, *op cit.*, str. 107.

¹³ Tamże.

Bo rzeczy naturalne to te, które będąc w ciągłym ruchu dzięki zasadzie wewnętrznej dochodzą do pewnego celu. Każda z tych zasad prowadzi do końcowego celu różnego dla poszczególnych rzeczy i nie przypadkowego. To dążenie do celu jest stałe dla każdej rzeczy, jeśli tylko nic nie stanie na przeszkodzie.

Filozof przyrody [fizyk] winien się zajmować ustalaniem obydwu [tj. materialnej i celowej] przyczyn, w większym jednak stopniu przyczyny celowej; wszak celowość jest przyczyną materii, a nie materia celowości.

W *Fizyce* Arystoteles wskazuje również na konieczność istnienia *pierwszej* przyczyny ruchu. "W świetle poniższych rozważań okaże się, że pierwszą przyczyną ruchu musi być coś, co jest jedno i wieczne". (259a) Cytujemy Arystotelesa w tak obszerny sposób, ponieważ reprezentował on czysty rozum, i to w epoce przedchrześcijańskiej. Te same argumenty – o wieczności ruchu i ostatecznej przyczynie w przyrodzie – powrócą u św. Tomasza, ale świadectwo Arystotelesa jest szczególnie cenne.

7.4. Św. Tomasz i materia

Św. Tomasz (1225-1274) jako wstęp do wszystkich innych zagadnień teologii¹⁴ podał, w dość lakoniczny sposób, pięć dowodów (a raczej "sposobów") na wykazanie istnienia Boga, jako: 1) pierwszej przyczyny ruchu, 2) przyczyny sprawczej (*causa prima*, czyli początek całego nieskończonego drzewa zależności przyczynowo-skutkowych), 3) bytu koniecznego, jedyne, który nie może być incydentalny (tj. przypadkowy), 4) bytu doskonałego – najbardziej racjonalnego, najlepszego itd., 5) przyczyny racjonalności natury.

Pierwszy sposób, przyczyny inicjującej wszelki ruch, prowadzi bezpośrednio do Arystotelesa i „konieczności istnienia Pierwszego, Wiecznego Poruszyciela”¹⁵. W węższej interpretacji, zgodnie z zasadami dzisiejszej fizyki, nazywalibyśmy tę zasadę „zachowaniem pędu” (zob. Rozdz. 2.2). Ale nie tylko ruch fizyczny - także materia i energia, w swej prawie nieskończonej ilości, musiały mieć swoje źródło: to nie Wielki Wybuch *stworzył* materię.

¹⁴ TOMASZ Z AKWINU, *Summa teologiae*, I^a q. 2 a. 3.

¹⁵ Tytuł rozdziału 6 w księdze XII *Metafizyki*, 1071b, zob. Arystoteles, *Dziela wszystkie*, tom 2, PWN Warszawa 2003, str. 810.

Ale ta pierwsza "droga", zdefiniowana przez św. Tomasza, wykracza poza fizykę, czyli poza, posługując się pojęciami Arystotelesa – moc i działanie (*energeion* w języku greckim). Tomasz zachwyca się zdolnością materii (i nie tylko materii) do *stawania się*; wspomina o zdolności drewna do palenia się. Ale tak naprawdę, wszelkie "stawanie się", jeśli się nad tym zastanowić, jest w naturze cudowne: zdolność atomów węgla, tlenu i azotu do tworzenia białek, białek do tworzenia sekwencyjnego kodu zwanego DNA, cząsteczek chemicznych do tworzenia komórki biologicznej, neuronów do "tworzenia" świadomości itp. - zaskakujące, że to wszystko tam *jest*, zamiast *nie-być*. Musi być Pierwszy Motor. W rzeczywistości łacińska nazwa pierwszej drogi to *ex motu et mutatione rerum* – ruchu i przemian rzeczy. Wtedy to "stawanie się", ciągłe przechodzenie od "być może" do bytu, nie jest przypadkowe: jak już zauważył Arystoteles, podąża do końca (wł. *la fine*) a właściwie do celu (*il fine*) i ma swój ukryty porządek.

Piąta "droga" nieustannie pobudza nasze zadziwienie nad cudem natury. Jak pisał Eugenio Conti¹⁶, sam widok kolorowego motyla spoczywającego na piasku (wojennego) okopu wystarczy, aby "pokazać istnienie Boga". W średniowieczu pragnienie szukania porządku w rzeczach pozwoliło na narodziny nowoczesnej nauki. Jak zauważa Stanley Jaki, fizyk i dominikanin, żadnej innej kulturze – egipskiej, greckiej, chińskiej, islamskiej – nie udało się stworzyć swobodnej wymiany różnych opinii, która rozwija się nie tylko w wewnętrznym kręgu „wtajemniczonych”, ale wpływa na sposób myślenia całych społeczeństw. To franciszkanin Roger Bacon (1214-1292) postawił pytanie o precesję dnia równonocy, a Jean Buridan (1300-1358), rektor Uniwersytetu Paryskiego i kanonik w Arras, zdefiniował pojęcie *impetu* (inercji, czyli sformułowania pierwszego prawa Newtona). Na ich pracach opierał się ostatni średniowieczny, a pierwszy współczesny uczony – Mikołaj Kopernik, kanonik fromborski. Jak powiedział Newton: "zbudowaliśmy naszą wiedzę na barkach gigantów".

Św. Tomasz w *Compedio di teologia* stawia pytanie o materię i jej różnorodność. Dla Empedoklesa materia składała się z czterech elementów (ziemia, woda, powietrze, ogień), dla Demokryta były to warianty identycznych atomów.

¹⁶ E. CONTI, *Gli ultimi soldati del re* (Ostatni żołnierze króla), Wyd. Ares, Milano, 1994, s. 204, cytowany przez G. Samek Lodovici w: *L'esistenza di Dio* (Istnienie Boga), I Quaderni del Timone, Edizioni Art, Novara, 2004, s. 12.

Dla J. J. Thompsona na przełomie XIX i XX wieku odpowiedź wydawała się prosta: dodatnio naładowany budyń z kawałkami rodzynek, czyli elektronami o ładunku ujemnym. Model nie trwał długo, już w 1911 roku został zniesiony przez odkrycie jądra, z grubsza punkтового. Do czasu postulatów Bohra nie było jasne, w jaki sposób taki system mógłby pozostać stabilny.

Przez cały XX wiek narastały wątpliwości co do natury materii: dzięki $E = mc^2$ cząstka może zostać przekształcona w inną, niezależnie od jej masy (ale zgodnie z precyzyjnymi *zasadami* konserwacji, ładunku elektrycznego, ładunku leptonowego, spinu itp.). Na dziś tylko elektron (i dwa lekkie kwarki) wydają się elementarne, ale do całości tzw. *standardowego modelu* potrzebnych jest wiele innych cząstek. Pytanie, czy istnieje jakaś materia pierwotna, na przykład z pierwszej epoki inflacji wszechświata, pozostaje otwarte.

Arystoteles nie akceptował ani atomizmu Demokryta, ani czterech żywiołów, więc aby wyjaśnić różnorodność *substancji*, potrzebował wielu różnych materiałów:

Co się tyczy substancji materialnej, nie należy zapominać, że jeżeli nawet wszystkie rzeczy pochodzą z tej samej przyczyny [materialnej], albo mają te same elementy za pierwsze przyczyny i jeżeli ta sama materia służy jak zasada dla ich powstawania, to istnieje materia właściwa każdemu przedmiotowi. Na przykład, dla flegmy pierwszą materią jest słodkie albo oleiste, a dla żółci to gorzkie lub coś innego; chociaż może te różne substancje pochodzą z tej samej materii pierwotnej.¹⁷

Aby jednak umożliwić przemiany, konieczne było również zaakceptowanie zmian w materii, a więc wino przekształca się w ocet, w wodę, a woda z powrotem w wino.

Może być wiele materii tej samej rzeczy, gdy jedna jest materią dla innej: na przykład flegma powstaje z tłustego i słodkiego, jeśli tłuszcz pochodzi ze słodczy; pochodzi również z żółci przez rozłożenie żółci na pierwszą materię. Jedna bowiem rzecz powstaje z drugiej na dwa sposoby: albo w postępującym naprzód rozwoju, albo przez rozłożenie na elementy pierwotne.¹⁸

¹⁷ ARYSTOTELES *Metafizyka*, L VIII, 1044a, 15-20. tłum. K. Leśniak, PWN, Warszawa, 2003, str. 751.

¹⁸ Tamże, 1044a, 20-24

Wyjaśnienia Arystotelesa są dość mylące. O zróżnicowaniu materii św. Tomasz z Akwinu w "*Kompendium teologicznym*" przedstawia ideę rewolucyjną, zarówno w porównaniu z Demokrytem, jak i Arystotelesem. Św. Tomasz pisze bowiem, że cały (materialny) świat składa się z tej samej materii, *ponieważ stwórcze działanie Boga nie wymagało uprzedniej materii*. Tak więc różnice między przedmiotami są spowodowane różnym układem i / lub organizacją tej materii w rękach Boga (*Kompendium teologii*¹⁹, q. 71: *Zróżnicowanie materii nie jest przyczyną zróżnicowania rzeczy*)

123. Jasno też wynika z powyższego [Tylko Bóg może stwarzać], że przyczyną zróżnicowania rzeczy nie jest zróżnicowanie materii. Wykazaliśmy bowiem, że działanie Boże wyprowadzające rzeczy do istnienia nie zakłada uprzedniej materii. Otóż przyczyna zróżnicowania rzeczy tylko wówczas wynikałaby z materii, gdyby bez uprzedniej materii nie mogły one zaistnieć, tak że w zależności od zróżnicowania materii otrzymywałyby one różne formy. Zatem materia nie może nie być przyczyną zróżnicowania w rzeczach, jakie Bóg stworzył.

124. Ponadto w takim stopniu rzeczy mają istnienie, w jakim mają jedność i wielość, gdyż wszelki [byt], jeśli jest bytem, jest także jedynym. Otóż formy nie mają istnienia z uwagi na materie, lecz raczej materie ze względu na formy: akt bowiem jest lepszy od możliwości, to zaś, ze względu na co coś jest, musi być lepsze. Zatem również formy nie dlatego są zróżnicowane, że materie są zróżnicowane, lecz raczej dlatego zostały utworzone przez zróżnicowane materia, aby odpowiadały zróżnicowanym formom. (str. 48)

Materia stworzona z niczego, nie mogła sama z siebie wprowadzić różnorodności form; to forma określa różnorodność przedmiotów, a mnogość (ale nie nieskończoność) obiektów odzwierciedla (wyjątkową) doskonałość Boga.

Jeśli chodzi o różnorodność materii, współczesna chemia daje podobną odpowiedź: elektrony same w sobie są nie do odróżnienia. Ale niemal metafizyczna zasada, zwana "zakazem Pauliego", która nie pozwala elektronom zajmować tego samego stanu kwantowego, tworzy z materii niezróżnicowanej nieskończone bogactwo obiektów tego świata. Raz uzyskana różnorodność chemiczna (metale, węgiel, krzem

¹⁹ Św. TOMASZ Z AKWINU, *Kompendium teologii*, tłum J. Salij OP, Wyd. Antyk – Marek Derewiecki, Kęty (1999)

itd.), umożliwia tworzenie materiałów odpowiadającym najróżniejszym zastosowaniom.

Pamiętajmy też, że piąta droga św. Tomasza to nie tylko "porządek rzeczy", ale wewnętrzna *teleologia* natury (i człowieka). Sam porządek, czyli prawa fizyki ucieleśnione w przyrodzie, mogą przerodzić się w koncepcję "inteligentnego projektu": natura działa rozsądnie, ponieważ została *zaprogramowana* (w odległej przeszłości) przez Boga. Ale stwierdzenie, że każde działanie natury, w tym działania człowieka, służy z góry określönemu celowi (który jest oczywiście jasny tylko w Boskim umyśle) ma inne konsekwencje: czyż to nie Bóg określa ten cel dla każdego człowieka? Następnie trwa tworzenie świata, jak mówi Katechizm Kościoła Katolickiego:²⁰

302. Stworzenie ma swoją dobroć i doskonałość, ale nie wyszło z rąk Stwórcy całkowicie skończone. Został stworzony "w stanie drogi" ("in statu viae") ku ostatecznej doskonałości, do której Bóg ją przeznaczył, ale która musi jeszcze zostać osiągnięta. Nazywamy Boską Opatrznością zarządzenia, przez które Bóg prowadzi stworzenie do tej doskonałości.

303. Świadectwo Pisma Świętego jest jednomyślne: troska Bożej Opatrzności jest konkretna i bezpośrednia; dba o wszystko, od najmniejszych rzeczy po wielkie wydarzenia świata i historii. Święte Księgi z mocą potwierdzają absolutną suwerenność Boga nad biegiem wydarzeń.

Św. Tomasz, nauczając w Paryżu w latach siedemdziesiątych XIII wieku, znalazł się w samym środku ostrych sporów o pewne tezy teologiczne, w tym o wieczność świata. Aby bronić stworzenia, św. Tomasz opierał się na wierze: dziś możemy posłużyć się fizyką i kosmologicznymi dowodami²¹ "Wielkiego Wybuchu". Ale ze względu na różnorodność materii nadal używamy dziś raczej metafizycznego pojęcia. W ten sposób granice między wiarą a nauką nieustannie się przesuwają, w różnych kierunkach, z obopólnymi korzyściami.

²⁰ http://www.vatican.va/archive/ccc_it/documents/2663cat017-308.PDF, s. 100

²¹ "Respondeo dicendum quod mundum non semper fuisse, sola fide tenetur, et demonstrative probari non potest, sicut et supra de mysterio Trinitatis dictum est." Święty Tomasz, *Summa teologiae*, [30420] I^a q. 46 a. 2 co <http://www.carimo.it/somma-teologica/somma.htm>

7.5. Kopernik: znajdują się głupcy

Mikołaj Kopernik urodził się w Toruniu, mieście założonym przez Krzyżaków²². Był rok 1473, dwadzieścia lat po upadku Konstantynopola. Mikołaj studiował w Padwie (1501-03), czyli na uniwersytecie Republiki Wenecji, w środowisku wielokulturowym. Zaczął swe studia od Krakowa (1492-96), następnie przeniósł się do Bolonii (1496-1500), w pełnym fermentie kulturowym po odkryciu Ameryki. W Roku Jubileuszowym Kopernik przypuszczalnie odwiedził Rzym, aby na początku roku 1501 być już na posiedzeniu kapituły warmińskiej. Jesienią tamtego roku powrócił do Włoch. Tytuł *dottore*, z prawa cywilnego uzyskał w Ferrarze.

W Padwie Kopernik oficjalnie studiował medycynę, ale skompletował wszystkie możliwe książki i wraz z włoskimi kolegami dokonywał obserwacji astronomicznych. W Polsce nie został ani biskupem, ani profesorem uniwersyteckim, ale kierował administracją Kurii fromborskiej w Prusach (i kontynuował swoje obserwacje). Już w 1513 roku, nieco za namową papieża Leona X, który chciał reformy kalendarza, przygotował kardynalne punkty swojej teorii: Ziemia nie tylko porusza się, ale wykonuje trzy ruchy - wiruje, obiega Słońce i jej oś "kołysze się", jak wirującego bąka, z okresem 25 tysięcy lat (ruch ten nazywamy "precesją osi obrotu").

Ale wkrótce potem reforma Marcina Lutera rozdarła zachodni świat chrześcijański na dwie części: Prusy podzielono się na strefę katolicką, która była częścią Królestwa Polskiego, i część protestancką, księcia (a byłego Wielkiego Mistrza Zakonu) Hohenzollerna. Frombork leży na granicy dwóch stref. Paradoksalnie, *De Revolutionibus orbium coelestis*, zostaje ukończony z pomocą młodego niemieckiego matematyka, Johanesa Retyka, profesora z Wittenbergi, i wydrukowane w Norymberdze, "mateczniku" protestantyzmu²³, pomimo negatywnej opinii samego Lutera²⁴.

²² Dokładniej należałoby powiedzieć: „przez Zakon Najświętszej Marii Panny Domu Niemieckiego”.

²³ Urodził się w Feldkirch w Austrii. Jego ojciec, lekarz, został oskarżony o magię i święty. Syn został zmuszony do zmiany nazwiska.

²⁴ «Mikołaj Kopernik próbował udowodnić, że to Ziemia, a nie niebo, Słońce i Księżyc [...] poruszają się i obracają. Ten głupiec postanowił obalić całą wiedzę astronomiczną. Natomiast Pismo mówi jasno, że Jozue trzymał Słońce a Ziemię" – Dość swobodne tłumaczenie (GK) z Dzienników Marcina Lutera. Zobacz także: <http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast161/Unit3/response.html>.

Kopernik, kanonik katedry we Fromborku, dobrze rozumiał, że jego teoria podważa centralną rolę Ziemi i dlatego może być ostro krytykowana. W liście dedykacyjnym do papieża Pawła III napisał:²⁵

Dobrze wiem, Ojczy Święty, że gdy tylko niektórzy uświadomią sobie, że ja w tych moich książkach, które napisałem o obrotach sfer świata, przypisuję pewne ruchy ziemskiemu globowi, natychmiast zawołają, że ja i moja opinia mamy być zakazani. Z drugiej strony nie jestem też tak sztywno przywiązany do własnych idei, że nie biorę pod uwagę osądu innych. Chociaż wiem, że pióra filozofa są dalekie od powszechnej opinii, właśnie dlatego, że jego pierwszym zadaniem jest poszukiwanie prawdy we wszystkim, przynajmniej w granicach przyznanych przez Boga ludzkiemu rozumowi, uważam jednak, że należy unikać opinii, które całkowicie odbiegają od właściwej drogi.

Model Kopernika, z planetami obracającymi się po okręgach wokół Słońca, jest znacznie prostszy (i bardziej elegancki) niż model Ptolemeusza z obracającymi się na nich koncentrycznymi i epicentrycznymi okręgami. W przedmowie do *Revolutionibus Copernicus* wyraża swój podziw dla dzieła Bożego:

Cóż może być piękniejszego niż niebo, które zawiera wszystkie piękne rzeczy? Które ponadto wskazują na te same nazwy Caelum [Niebo] i Mundus [Świat], co odnosi się do czystości i ornamentu, czyli rzeźbienia. Większość filozofów, właśnie ze względu na jego wyjątkowe piękno, nazwała go widzialnym Bogiem.

Wyjaśnienie swojej teorii (L. I, rozdz. X) Mikołaj Kopernik kończy w sposób następujący²⁶:

Od Saturna, najwyższej planety, do stałej sfery [gwiazd] odległość jest ogromna, jak pokazuje iskrzące się światło [gwiazd]. Wskazuje to na zasadniczą różnicę między planetami, które się poruszają, a gwiazdami, które się nie poruszają. Takie to jest największe i najdoskonalsze Boskie dzieło.

²⁵ Zobacz na przykład on-line: SAVERIO • KANTON, http://www.saveriocantone.net/profkanton/Fisica/Galileo/copernico_DE_RIVOLUTIONIBUS_sottolineato.pdf

²⁶ «Quod enim a supremo errantium Saturno ad fixarum sphaeram adhuc plurimum intersit, scintillantia illorum lumina demonstrant. Quo indicio maxime discernuntur a planetis, quodque Inter Mota et non mota, maximam oportebat esse differentiam. Tanta nimirum est divina haec Opt[imi]. Max[imi]. fabrica.» https://la.wikisource.org/wiki/Pagina:Nicolai_Kopernik_torinensis_De_revolutionibus_orbium_coelestium.djvu/33.

O zewnętrznych, kosmologicznych granicach naszego poznania według Kopernika pisaliśmy już wcześniej. Tutaj przytaczamy zdanie ze wstępu *De Revolutionibus*: "Tak więc, z pomocą Boga, bez którego nic nie możemy uczynić, postaram się przeprowadzić bardziej szczegółowe badania tego, dla dobra innych gwiazd".

O dziele Kopernika mówi się: "najmniej czytana książka w historii". Jest to książka pełna obserwacji, tabel numerycznych, diagramów. W rzeczywistości pierwszy nakład wynosił 200 egzemplarzy. Dopiero dzięki Galileuszowi i jego *Dialogowi o dwóch największych systemach świata: Ptolemeusza i Kopernika*²⁷ napisanemu po włosku, dzieło astronoma z Fromborka skupiło uwagę całej Europy²⁸.

7.6. Galileo: metoda naukowa

Mówienie o pierwszych chwilach Wszechświata, jak w paragrafie 4.9, jest niezwykle ryzykowne: fizyka wykracza poza granice, które wyznaczyła sobie na początku ery nowożytnej. To Galileusz sformułował kanon współczesnej nauki. Arystoteles, doskonały w obserwacjach świata zwierząt, nie pisze o żadnym fizycznym eksperymencie. Ockham, Bacon, św. Tomasz zawsze pozostawali na płaszczyźnie metafizycznej. Dopiero w 1543 roku ukazał się *De revolutionibus* Kopernika, prawdziwy traktat eksperymentalny: sprawozdanie z nieskończonych obserwacji, katalogowania, obliczeń i modeli. Ale to wciąż była książka o niebie, a nie o ziemskich obiektach.

Galileusz był pierwszym naukowcem, który nie opierał się jedynie na abstrakcyjnych rozumowaniach, ale proponował konkretne, dobrze zdefiniowane eksperymenty, *powtarzalne* w dowolnym momencie historii (dziś, 400 lat później) i wszędzie: od kamieni spuszcanych z Krzywej Wieży w Pizie przez jakiegoś niesforemego turystę do młotka i piórka wypuszczonych z ręki na Księżycu przez ciekawskiego astronautę²⁹.

Możemy tylko przypuszczać, że Galileusz zrzucił kamienie z Wieży w Pizie, która pochyliła się już w fazie budowy, w XII wieku. Gali-

²⁷ G. GALILEO, *Dialogo di massimi sistemi*. kurator: Ferdinando Flora, Oscar Mondadori, Mediolan 2004. Szczególnie interesujący jest zwięzłe (i precyzyjne) wprowadzenie.

²⁸ Przypominamy, że w czasach Kartezjusza i Pascala system kopernikański był oficjalnie zakazany przez Francuską Akademię Nauk.

²⁹ Astronauci Apollo 15 przynieśli piórko i młotek na Księżyc: sfilmowano i przekazano na Ziemię, że dwa obiekty, pod nieobecność powietrza, spadają w równym czasie.

leusz nie opisywał swoich eksperymentów, doskonale zdając sobie sprawę, że nie był to eksperyment³⁰ do rekomendacji (a dziś z kamerami monitorującymi jest to surowo zabronione!). Zamiast tego zaproponował *weryfikowalny* sposób (choć opis pozostaje jest nieco niejasny):

Przed wszystkim należy zauważyć, że ruch spadających ciał nie jest jednostajny, ale startując ze spoczynku przebiega stale przyspieszając; efekt znany i obserwowany przez wszystkich, włączając wspomnianego autora współczesnego [czyli Galileusza], który, nie mówiąc o przyspieszeniu, wylicza je. Ale to stwierdzenie ogólne nie ma żadnej wartości, jeśli nie wiadomo w jakich proporcjach rośnie prędkość, wniosek nieznaną aż do naszych czasów dla wszystkich filozofów, a odkryty jako pierwszy i wykazany przez Akademika, naszego wspólnego przyjaciela: który w niektórych swoich rękopisach, jeszcze niepublikowanych a pokazanych w zaufaniu mnie i niektórym swoim przyjaciołom wykazuje, jak przyspieszenie ruchu prostoliniowego spadających ciał odbywa się w porządku kolejnych liczb nieparzystych, to znaczy zaznaczywszy jakie i ile równych czasów chcemy, jeśli w pierwszym czasie, ruszając ze stanu spoczynku, przybędzie określony odcinek, na przykład jedną długość lufy, w drugim czasie trzy lufy, w trzecim pięć, w czwartym siedem, i tak sukcesywnie w porządku kolejnych liczb nieparzystych, co w sumie jest tym samym, co powiedzieć, że odcinki przebyte przez ciało, ruszając ze spoczynku, mają się do siebie w proporcji podwójnej w stosunku do czasów w jakich te odcinki są mierzone, lub możemy powiedzieć że odcinki przebyte mają się do siebie jak kwadraty czasów.

Dziś po prostu piszemy

$$s = \frac{1}{2} a t^2,$$

gdzie s jest drogą przebytą od początku ruchu, a t czasem.

³⁰ Wieża przez stulecie (do 1997 roku) ryzykowała upadek: przechylała się stale, od czasu jej budowy w XII wieku (z tego powodu prace zostały zawieszono w XIV wieku). W XX wieku jej środek ciężkości znajdował się już poza bazą. Zgodnie z prawami statyki powinna upaść. Długo debatowano jak Wieżę uratować. Prostować: ciągnąć, podeprzeć, podkopać? W końcu wygrał projekt profesora Michała Jamiolkowskiego z Politechniki w Turynie. Wykonane prace zapewniły statyczność Wieży na następne 300-400 lat.



Fot. 7.2. (a) Prace prowadzone przez profesora Jamiołkowskiego nad wyprostowaniem wieży w Pizie; była ona pochylona już w czasach Galileusza. (b) Idea przyspieszonego ruchu została podchwycona przez koreańskich architektów, którzy zaprojektowali wieżę w Muzeum Nauki Daejeon w Korei. (c) Dziecko dziwi się, że ciężki i lekki wózek zjeżdża z tą samą "prędkością". ZDJĘCIA MARIA KARWASZ, wykład GK.

Następnie, biorąc dwa kolejne momenty t i $(t + 1)$ i przyjmując umieszczając dla uproszczenia $\frac{1}{2} a$ jako „1”, otrzymujemy odległości przebytej między dwoma kolejnymi odcinkami czasu ze wzoru

$$\Delta s = [(t + 1)^2 - t^2] = (2t + 1),$$

co jest liczbą nieparzystą (*caffo*, "doskonałą", jak pisał Galileusz).

Wraz z Galileuszem po raz pierwszy prawa matematyczne zostały zastosowane do fizyki, prawa inne niż epicykle Ptolemeusza, doskonałe koła, obracające się ze stałą prędkością. Galileusz nie używał jeszcze współczesnych symboli algebraicznych, ale uTOROWAŁ drogę do *The Mathematical Principles of Natural Philosophy* Newtona (1688). Zacytujmy ponownie E.M. Rogersa: "Fizyka zstąpiła z nieba na ziemię wzdłuż pochyłej płaszczyzny Galileusza".

W kontekście Galileusza możemy zdefiniować drugą "brzytwę". Pierwsza, przypisywana Ockhamowi (choć nie została wyrażona bezpośrednio), stwierdza, że nie wolno nam mnożyć pojęć poza tymi, które są konieczne. Możemy wyrazić "brzytwę" Galileusza w ten sposób: *Wszystko, co nie zostało zweryfikowane (eksperymentem lub sprawdzoną teorią zastosowaną do innych zjawisk), nie jest jeszcze zweryfikowane.*

Niemniej ważne niż słowa o fizyce (i astronomii) są idee Galileusza o *zbieżności* nauki i wiary; zarówno nauka (niezmienna), jak i Pi-

smo Święte pochodzą od tego samego Boga. W liście do Don Benedetto Castelliego (datowanym 27.12.1613) napisał:³¹

Ponieważ więc Pismo Święte w wielu miejscach jest nie tylko zdolne, ale z konieczności potrzebujące wyjaśnień innych niż pozorne znaczenie słów, wydaje mi się, że w sporach naturalnych powinno być pozostawione na ostatnim miejscu: ponieważ wychodząc w równej mierze ze słowa Bożego Pisma Świętego jak i z Natury, pierwszego inspirowanego przez Ducha Świętego, a tej drugiej, jako najbardziej uważnej wykonawczyni nakazów Bożych; co więcej, Pismo Święte jest powołane do wyjaśnienia tego co powszechne, i do objaśnienia wielu różnych pojęć - korzystając z formy i znaczenia słów – o bycie absolutnym; natomiast natura jest nienaruszalna i niezmienna, i nie zabiega, aby jej ukryte racje i sposoby działania były lub nie były rozumiane przez człowieka, tak więc nigdy nie narusza praw jej narzucanych.; wydaje się, że to, co zjawiska naturalne lub nasze rozsądne doświadczenie stawiają nam przed oczyma, albo logiczne rozumowanie dowodzi - nie mogą być poddawane w wątpliwość przez słowa Pisma Świętego pozornie z nimi sprzeczne - ponieważ nie każde stwierdzenie Pisma Świętego jest związane z regułami tak surowymi, jak każde prawo natury. W istocie, tylko dlatego aby dostosować się do możliwości szorstkich i nieposłusznych narodów, Pismo Święte nie powstrzymało się od rozmycia swych głównych dogmatów [...]

U Galileusza pojawiają się po raz pierwszy „nienaruszalne prawa natury” – nasze prawa zachowania fizyki z II rozdziału. Co więcej, Galileusz jest świadomy, że nie do końca je rozumiemy (tak obecny autor, jak i zapewne Czytelnik), ale prawom to w najmniejszym stopniu nie szkodzi. A Pismo Święte ma zadanie znacznie trudniejsze niż dydaktyka fizyki: wyjaśnienia Bytu Absolutnego, a przy tym – nie studentom inżynierii, ale zwykłym, „nieposłusznym” narodom.

"Proces" Galileusza stał się "sztandarowym" przypadkiem dla wszystkich ruchów antyklerykalnych, szczególnie w krajach niekatolickich. Zapomina się³², że w tym samym czasie inny filozof, pisarz (i były kanclerz państwa), Tomasz Morus, został ścięty w Anglii za niełożenie przysięgi królowi na nową, reformowaną wiarę.

³¹ G. GALILEO, *Dzieła*, Treccani Library i Il Sole 24 ore, Mediolan 2006, s. 594, tłum. GK.

³² "Kara", jaką poniósł Galileusz po procesie w 1616 r. (brak podpisów niektórych sędziów na protokole) było recytowanie siedmiu psalmów trzy razy w tygodniu; ze względu na utratę wzroku przez Astronoma (wskutek obserwacji Słońca bez należytej ostrożności), psalmy odczytywała jego córka, zakonnica.

7.7. Kartezjusz: sensus communis

Gdyby w czasach Kartezjusza (René Descartes, 1596-1650) istniały prawa autorskie, byłby on najbogatszym człowiekiem na świecie: każdy artykuł naukowy, każde porównanie statystyczne, każda prognoza ekonomiczna korzysta z wykresu z dwiema prostopadłymi osiami. Matematyka narodziła się w Babilonii i Egipcie jako geometria a dopiero później matematycy arabscy, włoscy (Fibonacci), francuscy (Viète) stworzyli obliczenia numeryczne (algebrę); z Kartezjuszem obie gałęzie zostały ponownie połączone.

Ale Kartezjusz był także wielkim fizykiem, a przede wszystkim filozofem. W fizyce sformułował trzy prawa dynamiki przed Newtonem. Więcej: jego trzecie prawo, dotyczące pędu, który ciała tracą lub zyskują w zderzeniach, jest jaśniejsze niż prawo Newtona. W optyce – wyjaśnił tęczę poprzez prawa załamania światła. W epistemologii Kartezjusz rozwinął nowoczesny (tj. zachodni) analityczny model procedur naukowych: nie zjawiska wszystkie naraz, ale identyfikowanie poszczególnych problemów i rozwiązywanie ich krok po kroku, z rozstrzygającym rozumowaniem – tak lub nie.

O ruchu Kartezjusz pisze, w *Zasadach filozofii*³³ podobnie jak Arystoteles i Św. Tomasz; znajdujemy w jego zdaniach ideę kosmologiczną stworzenia świata i fizyczną – zachowania pędu.

36. Bóg jest pierwotną przyczyną ruchu i zawsze tę samą ilość ruchu zachowuje we wszechświecie

A co się tyczy przyczyny ogólnej, to jasną wydaje mi się rzeczą, że jest nią tylko sam Bóg, który od początku stworzył materię wraz z ruchem i spoczynkiem, i już przez samo zwyczajne swoje współdziałanie tyleż w niej, wziętej jako całość, utrzymuje w ruchu i spoczynku, ile wtedy w nią włożył.

Rozumiemy też, że doskonałość Boga nie tylko na tym polega, że On sam w sobie jest niezmienny, ale i na tym, że działa w sposób jak najbardziej stały i niezmienny. (str. 69)

Kartezjusz jest czasami kojarzony z filozofią materialistyczną. W jednym ze swoich ostatnich dzieł zadał sobie pytanie o "pierwszą filozofię", czyli teologię. Tam też pytał o związek między ludzką duszą a mózgiem. W szczególności szukał, gdzie ulokowany jest *zmysł wspólny* (używając terminologii Alberta Wielkiego), czyli umiejętność rozumowania. Kartezjusz przypuszczał, że może się on znajdować w

³³ René Descartes, *Zasady filozofii*, tłum. Izydora Dąbska, Wyd. Antyk, Kęty, 2001.

ciele migdałowatym: współczesne badania³⁴ wskazują, że ciało migdałowate jest rodzajem jednostki kontrolnej mózgu, przez którą przechodzą nie tylko myśli, ale także emocje. Ale zdrowy rozsądek nie jest duszą: dusza jest o wiele bardziej złożona – rządzi ciałem, ale opuszcza je, gdy ciepło ciała zanika.³⁵

Być może najsłynniejsze powiedzenie Kartezjusza brzmi: "*Cogito, ergo sum*". Jemu współczesny, Blaise Pascal, pisał, że człowiek jest myślącą trzcina. Obaj, identyfikują naszą samoświadomość jako specyfikę kondycji człowieka: jedyną w całym ożywionym świecie.

Dialog napisany przez Kartezjusza około 1641 roku i opublikowany pośmiertnie *Poszukiwanie prawdy w naturalnym świetle* zaczyna się od słów: "Człowiek nie musi czytać wszystkich ksiązek i uczyć się wszystkiego, czego uczy się w szkole; w rzeczywistości byłby to nawet brak jego wykształcenia", ponieważ "nie miałyby czasu na spełnianie dobrych uczynków, do których te lektury nakłaniają".

W trzeciej z *medytacji metafizycznych* Kartezjusz mówi o istnieniu Boga³⁶

22. I tak pozostaje jedyna idea Boga, w której należy rozważyć, czy jest coś, co nie mogłoby pochodzić ode mnie. Przez imię Boga rozumiem nieskończoną, niezależną, niezwykle inteligentną, niezwykle potężną substancję, z której stworzyłem zarówno ja, jak i wszystko inne, co istnieje – jeśli jest cokolwiek innego. Wszystkie te rzeczy są takie, że im pilniej je badam, tym mniej wydają mi się one zaczynać tylko ode mnie. I dlatego na podstawie tego, co zostało powiedziane wcześniej, trzeba koniecznie stwierdzić, że Bóg istnieje.

Daleko Kartezjuszowi do ateizmu. Podobnie jak innemu jego rodakowi, z tej samej epoki bratobójczych wojen religijnych w Europie: Błażejowi Pascalowi.

7.8. Pascal: ogromny świat

Leonardo da Vinci, Michał Anioł, Bramante i inni artyści renesansowi są określani jako ludzie "uniwersalni" – o bardzo szerokich zainteresowaniach, od geniuszu wojskowego po malarstwo. Ale we wszyst-

³⁴ L. PESSOA, *The Cognitive-emotional Brain. From Interaction to Integration*. MIT Press (MA), 2013.

³⁵ R. KARTEZJUSZ, *Namiętności duszy*, Bonpiani, 2003 (1° wydanie francuskie 1649).

³⁶ R. KARTEZJUSZ, *Medytacje metafizyczne*, [http://www.ousia.it/SitoOusia/SitoOusia/TestiDi/Filozofia/TekstyPDF/Kartezjusz/KartezjuszMedytacje/Medytacje metafizyczne.pdf](http://www.ousia.it/SitoOusia/SitoOusia/TestiDi/Filozofia/TekstyPDF/Kartezjusz/KartezjuszMedytacje/Medytacje%20metafizyczne.pdf).

kich wiekach wielkie mózgi są uniwersalne. Podobnie jak Blaise Pascal (1623-1662). Zapalony gracz w kości położył podwaliny rachunku prawdopodobieństwa (który, jak wiemy dziś, rządzi światem mechaniki kwantowej). Matematyk, filozof, budowniczy pierwszego komputera, odkrywca praw hydrostatyki.

Słynne są dwie jego refleksje – o człowieku, który jest tylko cienką trzciną, ale myślącą, oraz "zakład Pascala" oparty nieco na obliczaniu prawdopodobieństwa: biorąc pod uwagę wielkość możliwej nagrody w niebiosach, lepiej wierzyć niż być ateistą. Pascal przez całe swoje, dość krótkie życie, spisywał różne refleksje, „rozrzucone po kartkach wszerek i po bokach, pismem raz pewnym, a raz drżącym, raz literami dużymi, raz nieczytelnymi [...] ukazują pracę rwaną męką cierpień fizycznych i męką ducha, pasującego się z wielkością zadania”³⁷. „Zakład” Pascala wiąże się, jak u Platona, z kwestią nieśmiertelności duszy i rzutuje na całe nasze życie.

194 [...] Nieśmiertelność duszy to rzecz dla nas tak ważna, dotycząca nas tak głęboko, że trzeba chyba zatracić wszelkie uczucie, aby być obojętnym w tym względzie. Wszystkie nasze uczynki i myśli muszą iść różnymi drogami wedle tego, czy mamy się spodziewać dóbr wiekuistych, czy nie; nie podobna nam uczynić jednego kroku z rozsądkiem i zastanowieniem, o ile nie miarkujemy go wedle tego punktu, który ma być naszym ostatecznym *celem*.³⁸

Wiele innych *Myśli* również poświęcił Pascal kwestiom wiary. W szczególności zdał sobie sprawę, że człowiek stoi gdzieś pomiędzy nieskończenie małym a nieskończenie wielkim i że granice wszechświata nie są dla nas osiągalne³⁹:

72. *Dysproporcja człowieka*

[...] Niechaj tedy człowiek przyjrzy się naturze w jej wzniosłym i pełnym majestacie, niech oddali wzrok od niskich przedmiotów, które go otaczają. Niech spojrzy na to olśniewające światło, niby lampa wiekuista oświecające wszechświat; niechaj Ziemia zda mu się jako punkcik w stosunku do rozległego kręgu, jaki ta gwiazda opisuje: i niech się zdumieje, że ów rozległy krąg jest jeno drobnym punkcikiem w po-

³⁷ TADEUSZ ŻELEŃSKI (BOY), *Pascal i dzieło jego życia*, przedmowa do *Myśli* Blaise Pascala, Inst. Wyd. PAX, Warszawa, 1952, str. XXVI.

³⁸ B. PASCAL, *Myśli*, przekł. T. Żeleńskiego (Boya), Inst. Wyd. PAX, Warszawa 1952, str. 77.

³⁹ B. PASCAL, *Myśli*, przekł. T. Żeleńskiego (Boya), Inst. Wyd. PAX, Warszawa 1952, str. 38; alternatywnie: Inst. Wyd. PAX, Warszawa 2002, nr. 84 [347] str. 51-52,

równaniu z tym, jaki obejmują gwiazdy toczące się na firmamencie. Ale choć nasz wzrok zatrzymuje się tutaj, niechaj wyobraźnia idzie dalej; wcześniej znuży się pojmowaniem niż natura dostarczaniem przedmiotów. Cały ten widzialny świat jest jeno niedostrzegalną drobiną na rozległym łonie natury. Żadna idea nie zdoła się do tego przybliżyć. Darmo byśmy piętrzyli nasze pojęcia poza wszelkie dające się pomyśleć przestrzeni; rodzimy jeno atomy w stosunku do rzeczywistości rzeczy. Jest to nieskończona kula, której środek jest wszędzie, powierzchnia nigdzie⁴⁰. Słowem, jest to najbardziej dotykalny znak wszechpotęgi Boga, że nasza wyobraźnia gubi się w tej myśli.

Pascal, naukowiec, zdawał sobie sprawę z ograniczeń poznania Boga poprzez rozumowanie. Poznajemy wiarę nie tylko rozumem, ale i sercem. Ale, cytując św. Jana Pawła II, sama wiara, bez rozumu ryzykuje, że stanie zabobonem. Pascal dyskutuje⁴¹ tę dychotomię:

282 Znamy prawdę nie tylko rozumem ale i sercem, w ten sposób znamy pierwsze zasady i na próżno rozumowanie, które nie ma w tym udziału, sili się je zwalczyć. [...] Znajomość bowiem pierwszych zasad, jak *przestrzeń, czas, ruch, liczby*, jest równie mocna jak którakolwiek z tych, które czerpiemy z rozumowania. [...]

Ta niemoc winna tedy prowadzić jedynie do upokorzenia rozumu, który chciałby sądzić o wszystkim, ale nie do zwalczania naszej pewności, tak jak gdyby rozum zdolen był nas o czymś pouczyć. Dałby Bóg, abyśmy go, przeciwnie, nigdy nie potrzebowali i abyśmy znali wszystkie rzeczy instynktem i uczuciem! Ale natura odmówiła nam tego dobra; dała nam, przeciwnie, bardzo niewiele wiadomości tego rodzaju; wszystkie inne możemy nabyć jedynie rozumowaniem.

I oto, czemu ci, którym Bóg dał religię z poczucia serca, bardzo są szczęśliwi i bardzo słusznie przekonani. Ale tym, którzy jej nie mają, możemy ją dać jedynie rozumowaniem w oczekiwaniu, aż Bóg da im ją przez poczucie serca, bez czego wiara jest jeno ludzka i bezużyteczna dla zbawienia.

Pascal zdefiniował też swego rodzaju "zasadę nieokreśloności" naszego poznania Boga: ci, którzy chcą wierzyć, znajdują wystarczające argumenty, ci, którzy nie chcą wierzyć, nie są do tego zmuszeni. Vittorio Messori nazywa tę zasadę "światłem i ciemnością". W wymuszono-

⁴⁰ Pamiętamy z rozdziału II, że zgodnie ze współczesną kosmologią nie możemy określić ani centrum, ani granic wszechświata.

⁴¹ B. PASCAL, *Myśli*, przekł. T. Żeleńskiego (Boya), Inst. Wyd. PAX, Warszawa 1952, str. 106-107.

nej, oczywistej dla rozumu wierze człowiek nie potrzebowałby indywidualnej łaski. Innymi słowy, człowiek nie miałby żadnej zasługi we własnym zbawieniu. Pascal pisze:

185. Bóg, który kieruje wszystkim sprawami, z łagodnością zwykł wrazać religię w umysł za pomocą racji, a w serce za pomocą łaski. Ale chceć ją wrazić w umysł i w serce za pomoc sił i gróźb, *terrorem potius quam religionem* [wprowadziłby raczej terror niż religię]⁴².

Po śmierci Pascala znaleziono list w podszewce jego szaty: "Bóg Abrahama, Bóg Izaaka, Bóg Jakuba, a nie filozofów i uczonych. Pewność. Pewność, uczucie, radość, pokój. Jezus Chrystus Bóg".⁴³ Ale to wyznanie wiary jest wciąż słabe w porównaniu z tym, które opublikował Newton w dodatku do swojego rewolucyjnego traktatu o fizyce: *Mathematical Principles of Natural Philosophy*⁴⁴.

7.9. Newton: Bóg Wszechmogący i wszechwiedzący

Isaac Newton był jednym z niekwestionowanych największych geniuszy w historii ludzkości. Choć jego zainteresowania nie były tak szerokie jak Arystotelesa, jego wkład w fizykę jest porównywalny tylko z wkładem Alberta Einsteina.

Newton, urodzony w Boże Narodzenie 1643 roku (rok śmierci Galileusza) został osierocony - jego ojciec zmarł przed narodzinami Izaaka. Matka wyszła ponownie za mąż, za pastora, a Izaak został wysłany do pasienia krów: ale zamiast pilnowania bydła czytał książki lub robił drewniane modele młynów i wozów. Został więc wysłany do szkoły, a następnie przyjęty do Trinity College w Cambridge. W 1667 roku uzyskał stanowisko *mniejsego kolegi* (*minor fellow*), obiecując studiować teologię i złożyć śluby kapłańskie⁴⁵. W wieku dorosłym pracował jako szef mennicy: to on wprowadził żłobkowania na krąwędzi monet (np. w Polsce obecnie 2 i 5 zł), aby uniknąć zeskrobywania złota z obwodu (po włosku *tangente*, czyli styczna, dziś kojarzona tylko z "łapówką").

⁴² Tamże, str. 75.

⁴³ B. PASCAL, *Dio o il mondo. I tratti da Pensieri*, a cura di C. Lamparelli, Oscar Mondadori, Milano 2008, str. 11.

⁴⁴ „Matematyczne Zasady Filozofii Przyrody” – Newton nie nazwał swojego dzieła „Fizyka”, ale jak czynili to greccy myśliciele – „Filozofia Naturalna”.

⁴⁵ ROB ILIFFE •, *Newton. Very short introduction*, Oxford University Press 2007, s. 19.

Newton, ze swoją niezwykłą zdolnością obserwacji i dedukcji, z jednego, jedyne równania grawitacji, wyjaśnił system kopernikański, wyprowadził prawa Keplera i przewidział ruch komet. To on dał fizyce, która jeszcze u Galileusza była dialogiem trzech osób⁴⁶, precyzyjne sformułowanie matematyczne – stosując geometrię Euklidesa i arytmetykę do filozofii naturalnej, jak wówczas nazywano fizykę. Ale dając matematyczne sformułowanie prawu grawitacji, nie wyjaśnił *natury* oddziaływania grawitacyjnego. Z pewnością z tego powodu był krytykowany. Krążyła już teoria Kartezjusza, przypisująca ruch planet gigantycznym wirom niewidzialnej materii, przenikającej całą przestrzeń. Nie było jedynie wiadomo, co to za niewidzialna materia.

Teoria grawitacji Newtona opiera się na siłach działających na nieskończoną odległość, w kosmicznej próżni. Było to nie do przyjęcia, w oparciu o „zdrowy rozsądek” (a także wspomniane wcześniej rozważania Arystotelesa: ciała oddziałują, kiedy się fizycznie stykają). Dlatego też, do drugiego wydania *Zasad*, Newton dodał apostille, *Scholium Generale* wyjaśniając, że teoria wirów Kartezjusza jest krokiem wstecz w porównaniu z Kopernikiem i Galileuszem, którzy nie potrzebowali żadnej materii niebieskiej. Po czym, w następnych zdaniach *Scholium*, napisanego po łacinie, poczynił zasadnicze deklaracje, odpowiadając "po co to wszystko?". W czwartym akapicie *Scholium* Newton podsumowuje ruch sześciu planet, Księżyca i komet, konkludując podobnie jak Kopernik – o ogromie wszechświata i logice jego budowy⁴⁷:

Ten najpiękniejszy układ złożony ze Słońca, planet i komet może jedynie być zamysłem i podlegać władzy inteligentnej i potężnej Istoty. Jeżeli gwiazdy stałe są ośrodkami innych podobnych układów utworzonych za sprawą podobnego mądrego zamysłu, to wszystkie zapewne są poddane władzy Jednego, zwłaszcza skoro światło gwiazd stałych jest tej samej natury, co światło Słońca i ze wszystkich układów światło przechodzi do wszystkich innych układów, a że układy gwiazd stałych mogłyby pod wpływem sił ciężenia wpadać na siebie nawzajem, umieścił je w ogromnych odległościach od siebie.⁴⁸

⁴⁶ Simplicio, Sagredo, Salviati, w *Dialogu o dwóch największych systemach świata*, zob. np. https://it.wikipedia.org/wiki/Dialogo_sopra_i_due_massimi_sistemi_del_mondo

⁴⁷ ISAAC NEWTON, *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, tłum. Sławomir Brzezowski, Copernicus Center Press, Kraków, 2022, s. 683. Drobne zmiany interpunkcji – GK.

⁴⁸ «Elegantissima hæcce solis, planetarum & cometarum compages non nisi consilio & dominio entis intelligentis & potentis oriri potuit. Et si stallæ fixæ sint centra similium syste-

Zadziwienie pięknem i porządkiem wszechświata, jak widzieliśmy, towarzyszy człowiekowi od zarania dziejów - od początków filozofii i teologii: Arystotelesa, Św. Augustyna i Św. Tomasza. Ale dopiero Galileusz i Newton, odkrywcy matematycznych zasad rządzących tym porządkiem w pełni doceniają „wyprzedzający zamysł najwyżej Istoty”. Wiedza naukowa nie koliduje z wiarą, a wręcz ją umacnia.

Bóg jest początkiem tego kosmicznego porządku, ale nie tylko początkiem. Różne filozofie, nawet współczesne, kojarzą Boga z naturą. Newton odpowiada: nie! Bóg jest *Panem* całego wszechświata – rządzi nim i ustanawia prawa. Bóg, mówi Newton w zgodzie ze św. Tomaszem, jest *Bytem* najwyższym – doskonałym, wszechwiedzącym. A także wszechmocny – jest początkiem wszelkiej sukcesji zdarzeń: działanie Boga jest urzeczywistnieniem zamysłu w akt. Bóg nie należy ani do przestrzeni ani do czasu; to On stworzył tę przestrzeń i czas.

Ta Istota rządzi wszystkim, nie jako duch Wszechświata, ale jako Pan nad wszechrzeczą, i dlatego nazywamy go Panem Bogiem, *Παντοκράτωρ*, czyli władcą Wszechświata, ponieważ „bóg” jest określeniem względnym i ma odniesienie do sług, zaś boskość oznacza władztwo Boga nie nad własnym ciałem, jak wyobrażają sobie traktujący Boga jako ducha Wszechświata, ale nad sługami. Bóg Najwyższy jest Istotą odwieczną, nieskończoną i absolutnie doskonałą. Jednak istota, nawet nie wiem jak doskonała, która nie miałaby królestwa, nie mogłaby być nazwana Panem Bogiem.

Jest on odwieczny i nieskończony, wszechmocny i wszechwiedzący, a więc jego trwanie sięga od przedwieczności⁴⁹ po wieczność, jego obecność od nieskończoności po nieskończoność, rządzi wszystkim i wie o wszystkim, co jest, o co się może stać. On nie jest odwiecznością ani nieskończonością, ale jest odwieczny i nieskończony, nie jest trwaniem i przestrzenią, lecz trwa i jest obecny. Jest odwieczny na zawsze i jest wszędzie obecny, a będąc *zawsze i wszędzie*, tworzy czas i przestrzeń.⁵⁰

matum, hæc omnia simili consilio constructa suberunt *Unius* Dominio: Præsertim lux fixarum sit ejusdem naturae ac lux solis, & Systemata omnia lucem in omnia invicem distantiam posuerit. Et ne fixarum systemata per gravitatem suam in siebie Mutuo cadant, hic eadem immensam ab invicem distantiam posuerit.» *Tamże*.

⁴⁹ Przypominamy tu stwierdzenie Lemaitre’a, że czas zaistniał dopiero po powstaniu materii i wnioski ze szczególnej teorii względności Einsteina, że wszechświat, nawet jeśli nieskończony, jest dla naszego poznania ograniczony. Intuicja filozoficzna (i teologiczna) Newtona wyprzedziła kosmologię o trzy stulecia.

⁵⁰ ISAAC NEWTON, *op. cit.*, str. 683-684

Newton poświęcił ostatnie lata swojego życia kwestiom teologicznym: zainteresowanie to nie jest dobrze oceniane przez jego biografów; w rzeczywistości duża liczba jego listów nie została jeszcze opublikowana⁵¹. Ponieważ cała fizyka opiera się na prawach Newtona – optyka, mechanika, termodynamika, poniżej podajemy oryginalną wersję w języku łacińskim najważniejszych fragmentów *Scholium*⁵²: cały nacisk Newtona na atrybuty Boga (które pokrywają się z atrybutami św. Tomasza i św. Pawła, na co wskazuje cytowana tu praca Anny Corazzy) stanowi osobiste *świadcstwo* wielkiego uczonego.

Niestety, *świadcstwa* te są kwestionowane, ale nie przez wielkich naukowców, ale przez zwykłych ludzi, "małej wiary". W lutym 2018 roku profesor fizyki na Uniwersytecie w Yorku, członek Królewskiego Towarzystwa Naukowego, Tom McLeish napisał⁵³ w prestiżowym magazynie o światowym obiegu "Physics Today", że konflikt między wiarą a nauką szkodzi przede wszystkim nauce, podając przykład Newtona. Jeden z czytelników, wyraźnie zagorzale protestujący przeciwko wierze, skomentował, że wszyscy wielcy, w tym Pascal, Leibniz i Newton, w pewnym momencie "oszaleli", poświęcając się kwestiom teologii. Cóż za dziwny zbieg okoliczności! Czy to starcy "zgłupieli" czy może raczej najwybitniejsi geniusze nauki, w swym dojrzałym wieku, po wszystkich wielkich dokonaniach, zapisali swoje osobiste *świadcstwo* wiary?

Dzisiaj, trzysta lat po *Scholium*, nadal nie wiemy, co jest przyczyną siły grawitacji, która działa na nieskończenie duże odległości i utrzymuje świat razem. Można powiedzieć: wymiana grawitonów, czyli cząstek elementarnych lub krzywizna czasoprzestrzeni, zgodnie z równaniem Einsteina, ale to tylko przesuwają pytanie. Co więcej, nie wiemy, czym jest ciemna materia, cztery razy obfitsza niż materia widzialna, która zapobiega "rozcłonkowaniu" galaktyk pod wpływem siły odśrodkowej. Więcej: nie wiemy też, czym jest ciemna energia, której jest cztery razy więcej niż ciemnej materii i która zapobiega grawitacyjnemu zapadnięciu się wszechświata samego na

⁵¹ Dla szczegółowego omówienia kwestii wiary i nauki w pismach Newtona, rozprawa ANNA CORAZZA, *Niuton. Naukowe spojrzenie na Boga*, Uniwersytet Ca' Foscari, Wenecja, 2013, <http://dspace.unive.it/bitstream/handle/10579/4099/817428-1165177.pdf?sequence=2>.

⁵² I. Newton, *General Scholium w Principia*, 3. wydanie (1726), <https://newtonproject.ca.files.wordpress.com/2013/06/newton-general-scholium-1726-latin-text-letter-size1.pdf>

⁵³ T. McLeish, *Mysząc inaczej o nauce i religii*, *Physics Today* 71 (2), 10–12 (2018); <https://pubs.aip.org/physicstoday/article/71/2/10/899042/Commentary-Thinking-differently-about-science-and>

siebie (por. rozdział II). Możemy tylko powtórzyć za Albertem Einsteinem: "Subtelny jest Pan".

absolute perfectum: sed ens utcunque perfectum sine dominio non est dominus deus. Dicimus enim deus meus, deus vester, deus *Israelis*, deus deorum, & dominus dominorum: sed non dicimus æternus meus, æternus vester, æternus *Israelis*, æternus deorum; non dicimus infinitus meus, vel perfectus

^b *Pocockus* noster vocem *dei* deducit a voce *Arabica* *ds*, (& in casu obliquo *di*,) quæ dominum significat. Et hoc sensu principes vocantur dii, *Psalm.* lxxxiv. 6. & *Joan.* x. 45. Et *Moses* dicitur *deus* fratris *Aaron*, & *deus* regis *Pharaoh* (*Exod.* iv. 16. & vii 1.) Et eodem sensu animæ principum mortuorum olim a gentibus vocabantur dii, sed falso propter defectum dominii.

meus. Hæ appellationes relationem non habent ad servos. Vox deus passim ^b significat dominum: sed omnis dominus non est deus. Dominatio entis spritualis deum constituit, vera verum, summa summum, ficta fictum. Et ex dominatione vera sequitur deum verum esse vivum, intelligentem & potentem; ex reliquis perfectionibus summum esse, vel summe perfectum. Æternus est & infinitus, omnipotens & omnisciens, id est, durat ab æterno in æternum & adest ab infinito in infinitum: omnia regit; & omnia cognoscit, quæ fiunt aut fieri possunt. Non est æternitas & infinitas, sed æternus & infinitus; non est duratio & spatium, sed durat & adest. Durat semper, & adest ubique, & existendo semper & ubique, durationem & spatium constituit. Cum unaquæque spatii particula sit *semper*, & unumquodque durationis indivisibile momentum *ubique*; certe rerum omnium fabricator ac dominus non erit *nunquam*, *nusquam*. Omnis anima sentiens diversis temporibus, & in diversis sensuum, & motuum organis eadem est persona indivisibilis. Partes dantur successivæ in duratione, coexistentes in spatio, neutræ in persona hominis seu principio ejus cogitante; & multo minus in substantia cogitante dei. Omnis homo, quatenus res sentiens, est unus & idem homo durante vita sua in omnibus & singulis sensuum organis. Deus est unus & idem deus semper & ubique. Omnipræsens est non per *virtutem* solam, sed etiam per *substantiam*: nam virtus sine substantia subsistere non potest. In ipso ^c continentur & moventur universa, sed sine mutua passione. Deus nihil patitur ex corporum motibus: illa nullam sentiunt resistantiam ex omnipræsencia dei. Deum summum necessario existere in confesso est: Et eadem necessitate *semper* est & *ubique*. Unde etiam totus est sui similis, totus oculus, totus auris, totus cerebrum, totus brachium, totus vis sentiendi, intelligendi, & agendi, sed more minime humano, more minime corporeo, more nobis prorsus incognito. Ut cæcus non habet ideam colorum, sic nos ideam non habemus modorum, quibus deus sapientissimus sentit & intelligit omnia. Corpore omni & figura corporea prorsus destituitur, ideoque videri non potest, nec audiri, nec tangi, nec sub specie rei alicujus corporei coli debet. Ideas habemus attributorum ejus, sed quid sit rei alicujus substantia minime cognoscimus. Videmus tantum corporum figuras & colores, audimus tantum sonos, tangimus tantum superficies externas, olfacimus odores solos, & gustamus sapes: intimas substantias nullo sensu, nulla actione reflexa cognoscimus; & multo minus ideam habemus substantiæ dei. Hunc cognoscimus solummodo per proprietates ejus & attributa, & per sapientissimas & optimas rerum structuras & causas finales, & admiramur ob perfectiones; veneramur autem & colimus ob dominum. Colimus enim ut servi, & deus sine dominio, providentia, & causis finalibus nihil aliud est quam fatum & natura. A cæca necessitate metaphysica,

^c Ita sentiebant veteres, ut *Pythagoras* apud *Ciceronem*, de *Natura* deorum, *lib.* 1. *Thales*, *Anaxagoras*, *Virgilius* *Georgic. lib.* iv. v. 220, & *Æneid. lib.* 6. v. 721. *Philo* *Allegor. lib.* 1. sub initio. *Aratus* in *Phænomen.* sub initio. Ita etiam scriptores sacri ut *Paulus* in *Act.* xvii. 27, 28. *Johannes* in *Evangelio.* xiv. 2. *Moses* in *Deut.* iv. 39. & x. 14. *David* *Psal.* cxxxix. 7, 8, 9. *Solomon* 1 *Reg.* viii. 27. *Job* xxii. 12, 13, 14. *Jeremias* xxiii. 23, 24. Fingebant autem idolatræ solem, lunam, & astra, animas hominum & alias mundi partes esse partes dei summi & ideo colendas sed falso.

Ryc. 7.3. Reprodukcyj drugiej strony *General Scholium* w trzecim wydaniu *Zasad* Newtona. ŹRÓDŁO: newtonprojectca.files.wordpress.com

7.10. Laplace: Bóg zegarmistrz świata?

Deklaracje Kopernika, Galileusza i Newtona o wielkim planie Boga, które znajdujemy w matematycznym porządku natury, powinny służyć umocnieniu wiary. Ale w niektórych przypadkach tak nie było: Bóg, który zaprojektował świat, być może, nie jest już zainteresowany swoim dziełem. Gdy świat się już zaczął, idzie sam, jak idealny zegar? Powszechny stereotyp (*powszechne przekonanie*, jak nazywa to Stephen Snobelen⁵⁴) przypisuje tę opinię Newtonowi, ale pokazaliśmy powyżej, że jest to uproszczenie, które nie odpowiada treści *Zasad*. To fizyk i matematyk, Francuz, Pierre-Simon de la Plac, powiedział Napoleonowi, że nie potrzebuje hipotezy zwanej Bogiem.

Markiz Laplace (1749-1827) był najpierw zwolennikiem rewolucji, a następnie monarchii absolutnej. Wniósł ważny wkład do mechaniki nieba, matematyki i fizyki teoretycznej.

Stwierdzenie przypisywane Laplace'owi brzmi: "Daj mi warunki początkowe, a będę mógł przewidzieć losy całego świata". Powiedzenie tak absurdalne jak Archimedesesa o punkcie podparcia i dźwigni, która poruszy ziemię. Dźwignia Archimedesesa powinna mieć długość porównywalną z odległością Ziemia-Księżyc, nie wspominając o punkcie podparcia, który powinien być cięższy od Jowisza. Warunki początkowe Laplace'a oznaczają pozycje i prędkości (oba wektory, o trzech współrzędnych) wszystkich atomów we wszechświecie. Gdzie chcemy zapisać te pozycje, aby wykonać obliczenia? Na wszystkich atomach innego wszechświata? Nie jesteśmy w stanie zidentyfikować nawet ciał wędrujących po Układzie Słonecznym: milionów asteroid, z których największa, Ceres, została odkryta przez sycylijskiego księdza współczesnego Laplace'owi, Giuseppe Piazziego.

Prawdę mówiąc, nawet Laplace'a nie można oceniać jako a-teisty. Jego ojciec chciał, aby został księdzem, ale jego talent matematyczny zwyciężył. Literacka reprodukcja jego powiedzenia o determinizmie świata nie mówi "my" możemy wiedzieć, ale "*Une intelligence qui*" – co może być tą samą wyższą inteligencją, o której Św. Tomasz mówił w swojej trzeciej "drodze". Pytanie Napoleona nie dotyczyło tego, czy Bóg istnieje, ale czy Bóg od czasu do czasu interweniuje w maszynę wszechświata (*l'intervention de Dieu pour raccommoder de*

⁵⁴ S. D. SNOBELEN, *The Theology of Isaac Newton Principia Mathematica: A Preliminary Survey*. Neue Zeitr. Systematische Theologie und Religionphilosophie, Jan.2010, str. 377.

*temps en temps la machine du monde*⁵⁵). Odpowiedź Laplace'a brzmiała: "Nie potrzebuję takiego założenia". Jednym słowem, Bóg nie jest zegarmistrzem ani „popychaczem” świata.

Cały wszechświat mógłby postępować jak zegarek, ale nigdy nie dowiemy się, w jakim kierunku. Ale codzienne doświadczenie tych którzy, kto to *chcą* zobaczyć, wskazuje, że Bóg jest zainteresowany swoim dziełem, minuta po minucie: może nie ruchem atomów i planet, ponieważ nie są one bardzo złożone, opisane prostymi *równaniami*, ale losem człowieka, to znaczy jego najpełniejszego *stworzenia*, najbardziej wrażliwego, a zatem także najbardziej kruchego. Stworzenie, które potrzebuje również łaski Bożej do rozumowania, jak pisał inny "ateista" w powszechnym mniemaniu, Immanuel Kant.

7.11. Kant: gwiaździste niebo

W tekstach teologicznych i filozoficznych⁵⁶ Immanuel Kant jest kojarzony z obaleniem "dowodów" na istnienie Boga, wydedukowanych na przykład przez św. Tomasza. Podobnie jak w przypadku innych myślicieli, również w przypadku Kanta warto zapoznać się z jego oryginalnymi tekstami. Aby umieścić Kanta (a następnie Einsteina) w ramach relacji nauka ↔ wiara, potrzebujemy osobistej dygresji.

Mój pierwszy dyplom uniwersytecki to ekonomia, która obejmowała również politykę. Był koniec lat siedemdziesiątych, kiedy w Polsce rozpadł się tzw. system socjalistyczny, bardziej z przyczyn ekonomicznych niż politycznych. Studiując Marksa (i Lenina) niewiele się nauczyłem. O wiele bardziej pouczający był rozwój tego upadku. Powtarzające się, pozornie uzasadnione, ale konsekwentnie nieudane próby zreformowania systemu komunistycznego w stylu sowieckim uświadomiły mi, że pojedynczy człowiek jest zawsze włączony w swoje historyczne, kulturowe i religijne środowisko. W tym środowisku jednostka przyczynia się do postępu całej ludzkości, ale jej ślad, a tym bardziej jej ograniczenia, są określone przez środowisko czasoprzestrzenne. Ta uwaga dotyczy wszystkich – od przedchrześcijańskiego Arystotelesa po Alberta Einsteina, bardzo nowoczesnego.

Kant objął katedrę uniwersytecką w Królewcu, który w czasach Kopernika oderwał się od Królestwa Polskiego, gdy zakon krzyżacki

⁵⁵ https://fr.wikipedia.org/wiki/Pierre-Simon_de_Laplace, cytowanie Hervé Faye z 1884 r.

⁵⁶ SAMEK LODOVICI, *Esistenza di Dio* (Istnienie Boga), Quaderni del Timone, 2004.

przeszedł na religię protestancką. W czasach Kanta Cesarstwo Prus zyskało w czasie wojen napoleońskich swoją tożsamość i znaczenie, nawet religijne, bo np. Bawaria była katolicka.

Pracując w Ameryce, Anglii, Korei, żywię wielki szacunek dla religii protestanckiej, zwłaszcza dla jej niestrudzonej siły niesienia orędzia Chrystusa wszystkim narodom. Ale wracając do Kanta, za każdym francuskim filozofem, czy to Kartezjuszem, Pascalem czy Laplaczem, stoi tak zwane Magisterium Kościoła. Kiedy jego zabraknie, rozum musi z konieczności dominować nad wiarą, mimo że wiara pozostaje obecna.

W tym właśnie świetle musimy ocenić dwa „obalenia” dokonane Kanta – dowodu kosmologicznego i dowodu fizycznego w *Krytyce czystego rozumu*. Immanuel Kant w swojej przedfilozoficznej pracy (z 1772 roku) wysunął hipotezę powstania Układu Słonecznego z dysku gazu (nie wiedząc jeszcze, że mgławice planetarne są właśnie dowodem na istnienie podobnych układów). To on również przywołał dowód termodynamiczny, to znaczy śmierci cieplnej wszechświata (zgodnie z koncepcją czasu - przyczyną "korozji" wszelkich rzeczy u Arystotelesa) jako argument dla konieczności Początku/ Stworzenia.

W temacie istnienia Boga Kant jest przywołany ze swoimi trzema argumentami o niemożności udowodnienia Jego istnienia za pomocą "czystego rozumu". Upraszczając, dwa rozważane dowody, to znaczy ontologiczny i kosmologiczny, mogą być sprowadzone do rozumowania św. Tomasza o najwyższej istocie i o pierwszym motorze zmian (nie tylko ruchu) świata. Kant, ze swoim rygorem racjonalności, wykorzystując kategorie sądów "syntetycznych" i "analogicznych", pokazuje, że te dwa "dowody" są jedynie przypuszczeniami.

Piąta droga św. Tomasza została przez Kanta nazwana "dowodem fizyczno-teologicznym"; również jej nie można klasyfikować w sztywnych schematach ścisłego rozumowania. Ale wstęp do pytania brzmi następująco⁵⁷ (A 622, B 560):

Świat obecny otwiera przed nami tak niezmierzone pole różnorodności, ładu, *celowości* i piękna – bez względu na to, czy poszukuje się ich w nieskończoności przestrzeni, czy przy nieskończonym jej podziale – że nawet przy wiadomościach, jakie mógł o tym zdobyć nasz słaby intelekt, w obliczu tak wielu i tak nieprzejrzanie wielkich cu-

⁵⁷ IMMANUEL KANT, *Krytyka czystego rozumu*, przeł. Roman Ingarden, t.2, PWN, Warszawa, 2010, str. 267-268.

downości, wszelka mowa traci swą dobitność, wszelkie liczby swą siłę na [ich] przemierzenie, a nawet myślom naszym brak wszelkiego ograniczenia, tak iż nasz sąd o całości musi się zamienić w nieme, lecz tym bardziej wymowne zdumienie. Wszędzie widzimy łańcuch skutków i przyczyn, celów i środków, prawidłowości w powstawaniu lub przemijaniu, a że nic nie weszło samo z siebie w stan, w jakim się [obecnie] znajduje, przeto [stan] ten wskazuje wciąż na coraz inną rzecz jako na swą przyczynę, która sprawia, że konieczne staje się właśnie takie samo dalsze zapytywanie, tak iż w ten sposób musiałby się cały wszechświat pogrążyć w przepaść nicości, gdyby się nie przyjęło czegoś, co będąc poza tym nieskończonym [obrębem] tego, co przypadkowe, i istniejąc samo dla siebie w sposób pierwotny i niezależny, podtrzymywałoby [w bycie] wszystko, co przypadkowe, i jako przyczyna jego pochodzenia zapewniałoby mu zarazem dalsze trwanie. Jakżeż wielką mamy sobie pomyśleć tę (w stosunku do wszystkich rzeczy świata) najwyższą Przyczynę? Nie znamy świata w całej jego treści, a tym mniej umiemy ocenić jego wielkość przez porównanie z tym wszystkim, co możliwe. Cóż nam przeszkadza jednak – skoro już raz jest nam w związku z przyczynowością potrzebna Istota najdalsza i najwyższa – wynieść ją także co do stopnia doskonałości ponad wszystko inne możliwe? (kapitaliki „P” i „I” GK)

Omówiliśmy już w części naukowej, że bez ciągłego następstwa zdarzeń, bez sił, które wciąż są dla nas tajemnicze, cały wszechświat pogrążyłby się w nicości w mgnieniu oka: Kant doszedł do tego samego wniosku za pomocą czystego rozumowania. We podanym wyżej fragmencie Kanta (filozofa) rozbrzmiewa zarówno piąta droga św. Tomasza (teologa), jak i zdumienie Kopernika (astronoma). Oczywiście wszystko to nie może być przypadkowe: są różne drogi, ale ten sam punkt dotarcia. Jak podkreśla św. Jan Paweł II w encyklice "Wiara i rozum": Prawda jest tylko jedna.

Oczywiście Kant nie mógł szeroko odwoływać się do Tomasza, doktora i świętego Kościoła katolickiego, ale błyskotliwy umysł Immanuela przyczynia się również do "konkordatu" między nauką a wiarą. Jedno z jego ostatnich dzieł, *Religia w granicach czystego rozumu*, zostało zakazane przez cenzurę Królestwa Prus, nie będąc wystarczająco ortodoksyjnym z religią protestancką. O łasce Bożej Kant pisał:

Cokolwiek dobry człowiek jest w stanie uczynić zgodnie z zasadami wolności, można nazwać Naturą, w przeciwieństwie do dobra, które płynie z przedwiecznej pomocy, zwanej Łaską. Ten ostatni epitet nie oznacza jednak własności fizycznej innej niż wolność; jest używany,

ponieważ wiemy, że podlega prawom przyczynowości, podczas gdy zdarza się również, że te pierwsze prowadzą do uporządkowanych sekwencji w systemach fizycznych, Rozum ma prosty i widzialny kompas do prowadzenia: i zamiast dotykać jakiegokolwiek efektu Łaski, pozostajemy w cieniu; przy czym Rozum jest całkowicie nieświadomy praw tej operacji. W rzeczywistości wszystko, co jest metafizyczne, unika oceny naszej wiedzy, a wśród nich istnieją transcendentalne kategorie poznania klasyfikowane jako Moralność lub absolutna świętość.⁵⁸

A także we fragmencie *Krytyki czystego rozumu* (A624, B625, s. 269) Kant podkreśla, że naukowe "dowody" nie są możliwe, a jedynie pokorna wiara, która nie rości sobie pretensji do bycia aprobowaną przez wszystkich i wspieraną przez łaskę (podkreślenia GK):

Jakkolwiek nie mamy żadnych zarzutów przeciw zgodności z rozumem ani przeciw pożyteczności tego postępowania, a nawet przeciwnie, winniśmy je zalecić i zachęcić [do niego], to przecież nie możemy z tego powodu uznać roszczeń, które ten sposób dowodzenia byłby żywić do pewności apodyktycznej i do uznania niewymagającego żadnej *łaski* ani *cudzej pomocy*. Dobrej sprawie nie może to wcale zaszkodzić, jeśli dogmatyczną mowę mędrka, szyszającego ze wszystkiego, obniży się do tonu umiarkowania i skromności właściwej wierze, która wystarcza do odzyskania spokoju, jakkolwiek nie nakazuje bezwzględny posłuchu.

Biorąc pod uwagę trudności przekładu (i specyficzny styl literacki Kanta), cytowany fragment odzwierciedla wspomnianą wcześniej opinię Pascala, że poznanie tajemnic wiary dokonuje się zarówno poprzez Rozum jak i z Łaską. Wiara to nie „bezwzględny posłuch.”

Najsłynniejsze słowa Kanta zostały zapisane na jego grobie: "Gwiazdziste niebo nade mną i prawo moralne we mnie".

7.12. Brakująca część

Jak opisano w angielskiej wersji Wikipedii, obecnie bardziej szczegółowej niż renomowana *Encyklopedia Brytyjska*, Kant miał "duży wpływ na współczesną filozofię, szczególnie w dziedzinie metafizyki, epistemologii, etyki, teorii politycznej i estetyki". Ten sam wpis *Immanuel Kant* mówi, że "dokładna natura idei religijnych Kanta nadal

⁵⁸ I. KANT, *Religion within the boundary of pure reason*. przekład J.W. Semple, Thomas Clark, Edinburg, 1838, s. 272 <https://archive.org/details/religionwithinb00kantgoog/page/N271>. Przekład z języka angielskiego GK.

jest przedmiotem filozoficznych sporów, z poglądami w rodzaju, że początkowo był zwolennikiem ateizmu, który w pewnym momencie rozwinął ontologiczny argument na rzecz istnienia Boga, do bardziej krytycznego poglądu, który wyraził Nietzsche: w żyłach Immanuela płynęła „teologiczną krew” a on sam był jedynie wyrafinowanym apologetą tradycyjnej wiary chrześcijańskiej.

Faktem jest, że filozofia Kanta jest również przywoływana przez interpretacje, które usunęły Boga ze świata. Wkrótce, w ciągu historii, okazało się, że ideologie te wykazały największą pogardę dla człowieka, jaką kiedykolwiek widziano w całym biegu ludzkości. Z tego powodu pozostawiamy te nazwiska nieobecne...



Figa. 7.4. Socjalizm „realny” (i inne ateistyczne ideologie) doprowadził do pogardy dla człowieka, jakiej nigdy nie widziano w historii. Na pomniku przed Stoczną Gdańską (gdzie narodził się Niezależny Związek Zawodowy „Solidarność”, na zdjęciu), poświęconym poległym robotnikom, poeta, noblista Czesław Miłosz napisał: „Ty, który skrzywdziłeś człowieka prostego, śmiechem nad krzywdą jego wybuchając, nie bądź bezpieczny: poeta pamięta! Spisane będą czyny i rozmowy”, a dodatkowo słowa psalmisty: „Pan da siłę swojemu ludowi; Pan da mu błogosławieństwo pokoju”. ZDJĘCIE: TOMASZ WIERZEJSKI, Fotonova, 16/12/1980.

7.13. Darwin: tchnienie życia

Imię Karola Darwina jest często używane jako sztandar materializmu. W rzeczywistości, w jednym ze swoich listów z późnego życia, uprzejmie pytany o swoje stanowisko, odpowiedział, że czuje się ateistą. Ale uważna lektura jego biografii tego nie potwierdza. Konieczne jest

odróżnienie tych, którzy są ateistami, to znaczy tych, którzy nie uznają istnienia Boga, od tych, którzy *nie mają wątpliwości* co do istnienia Boga, ale zastanawiają się nad Jego naturą.

W autobiografii Darwina znajdujemy te same słowa, których użył Newton w *Scholium*, o dobrym Bogu, stwórcy ogromnego i cudownego wszechświata, Bogu wszechmocnym i wszechwiedzącym w odniesieniu do naszych ograniczonych umysłów⁵⁹.

Istota tak potężna i tak pełen wiedzy, jak Bóg, który mógł stworzyć wszechświat, jest dla naszych ograniczonych umysłów wszechmocna i wszechwiedząca, i oburza nasze rozumienie przypuszczenie, że Jego życzliwość nie jest bezgraniczna, bo jaka może być korzyść z cierpień milionów niższych zwierząt przez prawie nieskończony czas? Ten bardzo stary argument o istnienia cierpienia przeciwko istnieniu inteligentnej pierwszej przyczyny wydaje mi się mocny; mając na uwadze, że, jak właśnie zauważyliśmy, obecność wielu cierpień dobrze zgadza się z poglądem, że wszystkie istoty organiczne rozwinęły się poprzez zmienność i naturalną selekcję.

Darwin w swojej autobiografii użył terminów "pierwsza przyczyna" i "nieśmiertelna dusza": Pascal i Einstein podziwiali zdolność i gotowość człowieka do patrzenia daleko i w przyszłość. Dalej Darwin deklaruje: "Kiedy rozmyślałem w ten sposób, czuję się zobowiązany do poszukiwania Pierwszej Przyczyny, która ma inteligentny umysł w jakiejś mierze podobny do ludzkiego: wtedy zasługuję na miano teisty".

Poprzednio, uczucia takie jak te, o których przed chwilą była mowa (choć nie sądzę, aby uczucia religijne kiedykolwiek były we mnie silnie rozwinięte), doprowadziły mnie do mocnego przekonania o istnieniu Boga, i o nieśmiertelności duszy.⁶⁰

⁵⁹ "A being so powerful and so full of knowledge as a God who could create the universe, is to our finite minds omnipotent and omniscient, and it revolts our understanding to suppose that his benevolence is not unbounded, for what advantage can there be in the sufferings of millions of the lower animals throughout almost endless time? This very old argument from the existence of suffering against the existence of an intelligent first cause seems to me a strong one; whereas, as just remarked, the presence of much suffering agrees well with the view that all organic beings have been developed through variation and natural selection." ŹRÓDŁO: CH. DARWIN, *Autobiografia*, wyd. Nora Barrząd, Collins, London 1958, s. 90.

⁶⁰ "Formerly I was led by feelings such as those just referred to, (although I do not think that the religious sentiment was ever strongly developed in me), to the firm conviction of the existence of God, and of the immortality of the soul." *Ibidem*, str. 94.

A także inne źródło przekonania o istnieniu Boga, związane z rozumem, a nie z odczuciem, uderzyło we mnie, z jeszcze większą siłą. Wynika ono z ogromnej trudności, a raczej z niemożności wyobrażenia sobie tego ogromnego i wspaniałego wszechświata, w tym człowieka z jego zdolnością spoglądania daleko w przeszłość i daleko w przyszłość, jako wyniku ślepego *przypadku* lub konieczności. Kiedy się nad tym zastanawiam, czuję się zmuszony przyjąć istnienie Pierwszej Przyczyny, która ma inteligentny umysł do pewnego stopnia analogiczny do ludzkiego umysłu - wówczas zasługuję na miano teisty.⁶¹

Podobnie jak w duszy każdego człowieka (i jak w ocenie każdego zjawiska), różne punkty widzenia są ze sobą powiązane. Błędem jest przypisywanie Darwinowi, który (być może nieumyślnie) rozpętał materializm w biologii, osobistego ateistycznego światopoglądu. Darwina nie można też nazwać "kreacjonistą".

On sam kończy *O powstawaniu gatunków* słowami, które wydają się skopiowane z *Księgi Rodzaju*:

Jest jakaś wielkość w tej wizji życia, z jej wszystkimi możliwościami - która początkowo została *tchnięta* do kilku lub jednej istoty; a kiedy ta planeta kręciła się zgodnie z odwiecznym prawem grawitacji, z tak prostego początku ewoluowały i ewoluują nieskończone piękne i cudowne formy.⁶²

7.14. Einstein: najtrudniej zrozumieć

Einstein, po napisaniu "przy biurku" (to znaczy bez konieczności korzystania z danych eksperymentalnych) równań rządzących całym wszechświatem, zachwycił się naszymi, to znaczy ludzkimi, zdolnościami poznawczymi. Mówił: "We całym wszechświecie najtrudniejszą rzeczą do zrozumienia jest to, że możemy go zrozumieć".

⁶¹ "Another source of conviction in the existence of God, connected with the reason and not with the feelings, impresses me as having much more weight. This follows from the extreme difficulty or rather impossibility of conceiving this immense and wonderful universe, including man with his capacity of looking far backwards and far into futurity, as the result of blind chance or necessity. When thus reflecting I feel compelled to look to a First Cause having an intelligent mind in some degree analogous to that of man; and I deserve to be called a Theist". *Ibidem*, p. 93.

⁶² "There is grandeur in this view of life, with its several powers, having been originally breathed into a few forms or into one; and that, whilst this planet has gone cycling on according to the fixed law of gravity, from so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful have been, and are being evolved." Ch. Darwin *Origin of Species*, 1859.

O Albercie Einsteinie należy powiedzieć, że jego młodość nie była pozbawiona trudności. Urodził się w 1879 r. w Ulm, w Księstwie Bawarii, które kilka lat wcześniej stało się częścią Cesarstwa Pruskiego. Jego ojciec, praktykujący Izraelita, był właścicielem małej fabryki urządzeń elektrycznych. Z powodu trudności ekonomicznych, przeniósł się do Pawii, we Włoszech, pozostawiając syna w szkole średniej w Monachium. Albert opuścił szkołę, ale nie mógł uzyskać matury we Włoszech. W Zurichu, wbrew woli ojca zapisał się na fizykę, a nie na elektrotechnikę. Ponadto związał się z serbską uchodźczynią w Szwajcarii, Milewą, z którą miał (podobno) córkę. Dopiero po śmierci ojca ożenił się, otrzymał pracę jako urzędnik w Bernie (stanowisko akademickie, o które zabiegał, przydzielono jednemu z jego kolegów), wykupił obywatelstwo szwajcarskie i został ojcem dwóch synów. W ciągu jednego roku, 1905, napisał cztery artykuły, które zrewolucjonizowały cały nasz współczesny świat.

Albert Einstein był osobą wierzącą, choć silnie uwarunkowaną przez swoje korzenie kulturowe: nie akceptował "ludzkiej ingerencji" w religię. W rezultacie wyznawał rodzaj "kosmicznej religii", opartej na indywidualnej mądrości i ludzkiej odpowiedzialności.

Już w pierwszych stadiach ewolucji religii (na przykład w wielu psalmach Dawida i niektórych proroków) znajdujemy zaczątki religii kosmicznej; ale elementy tej religii są silniejsze w buddyzmie, o czym przekonaliśmy się w szczególności z godnych podziwu pism Schopenhauera.⁶³

Widzimy w stanowisku Einsteina podobne psychologiczne ograniczenia, które wykazywał Kant – religii nabytej przy urodzeniu lub "dostarczonej" przez państwo – ale jednocześnie widzimy jasną deklarację wiary w Boga. Wiara jest niezbędna nie tylko dla narodu, ale przede wszystkim, aby nadać sens życiu każdemu człowiekowi. Życie bez wiary oznacza niezdolność do życia.

Sens życia

Jaki jest sens naszego istnienia, jaki jest sens istnienia wszystkich żywych istot w ogóle? Umiejętność odpowiedzi na takie pytanie oznacza posiadanie uczuć religijnych. Powiecie: ale czy warto zadać to pyta-

⁶³ A. EINSTEIN, *As I See the World* (Jak widzę świat), tłum. R. Valori, Newton Compton Editori, Rzym 1975, str. 25, tłum. z włoskiego GK.

nie. Odpowiadam wam: kto wierzy, że życie jego i jego bliźnich nie ma znaczenia, *jest nie tylko nieszczęśliwy, ale ledwo zdolny do życia.*

Kosmiczna religia

Najpiękniejszym uczuciem jest tajemnicza strona życia. Jest to głębokie uczucie, które zawsze znajduje się w kolebce sztuki i czystej nauki. Ten, kto nie jest już w stanie odczuwać ani zdumienia, ani zaskoczenia, jest, że tak powiem, martwy; *jego oczy są wyłączone.* Wrażenie tajemniczości, choć zmieszane ze strachem, wzbudziło między innymi religię. Wiedzieć, że istnieje coś *nieprzeniknionego*, znać przejawy *najgłębszego intelektu* i *najjaśniejszego piękna*, które są dostępne naszemu rozumowi w najbardziej prymitywnych formach, tej świadomości i tego uczucia, to jest prawdziwe oddanie: w tym sensie i tylko w tym sensie *należą do ludzi* najgłębiej religijnych. (str. 22)

Einstein, podobnie jak jego rodak z tego samego okresu, Max Planck, odróżnia wiarę od różnych form religii, wszystkie oparte na naszym obrazie. Ale Bóg mieszka w całym kosmosie; dodajmy: umysł Boga znajdujemy także w matematycznym pięknie równań odkrytych przez Alberta.

Bogowie ludzkiej postaci

Wszystkie te religie mają jednak wspólny punkt, którym jest antropomorficzny charakter idei Boga: poza tym poziomem istnieją tylko szczególnie szlachetne indywidualności. W każdym razie istnieje jeszcze trzeci stopień życia religijnego, chociaż jest on bardzo rzadki w swym czystym wydaniu, którym jest religijność kosmiczna. Nie może być w pełni zrozumiana przez tych, którzy jej nie odczuwają, ponieważ nie odpowiadają jej antropomorficznemu Bogu. (str. 25)

Kończymy stwierdzeniem Alberta, że naukowcy są głęboko religijni – nie tylko w jego czasach, ale wydaje się, że zawsze: "Nie bez powodu współczesny autor powiedział, że w naszej epoce, ogólnie oddanej materializmowi, naukowcy są jedynymi głęboko religijnymi ludźmi".

7.15. Planck: Świat bez religii byłby końcem

Kant, w czasie rewolucji i wojen napoleońskich zaproponował globalny pokój między narodami, Einstein na kilka dni przed lawiną wzajemnych deklaracji wojny (w lipcu 1914 r.) rozpowszechnił na Uniwersytecie Berlińskim pacyfistyczny manifest (podpisany tylko przez innego kolegę). Ale to twórca mechaniki kwantowej, Max Planck, przeżył najtrudniejsze czasy i przeżył osobiste tragedie (jeden syn zgi-

nał w pierwszej wojnie światowej, drugi został rozstrzelany za udział w zamachu w 1944 roku). I to właśnie Max Planck staje się ikoną powojennej nauki w Niemczech (użyczając swojego nazwiska krajowemu organowi naukowemu): nie tylko za swoje odkrycia naukowe, ale przede wszystkim za to, że pokazał żelazną wiarę w czasach najmniejszej ery ludzkości.

To wykład Plancka, w czwartek, 14 grudnia 1900 r. w Berlinie, rozpoczął erę współczesnej fizyki. Lord Kelvin jeszcze kilka lat wcześniej przekonywał, że fizyka XX wieku będzie miała za zadanie jedynie doskonalenie precyzji poprzednich badań: jak się wkrótce okazało – nic bardziej mylnego. Mechanika kwantowa i teoria względności Einsteina pokazały, że fizyka klasyczna jest tylko przybliżeniem świata rzeczywistego. W połowie XX wieku elektromagnetyzm Maxwella został również skorygowany o zjawiska kwantowe. Dzisiaj my, fizycy, wiemy z doświadczenia, że "Boży plan jest niemożliwy do zrozumienia naszym ograniczonym umysłem", jak powiedział Kant. Ale Planck był nie tylko naukowcem, ale także filozofem nauki.⁶⁴

Planck, u szczytu nazizmu (w maju 1937 r., po "Anschluss" Austrii) wygłosił publiczny wykład zatytułowany "Religia i nauki przyrodnicze", wyjaśniając między innymi najnowsze odkrycia w fizyce. Ale najbardziej znaczące są jego sądy na temat znaczenia wiary, zarówno dla pojedynczego człowieka, jak i dla całych społeczeństw. Dla Plancka religia jest w więzi, zjednoczeniu, przepływie człowieka do Boga. «Religion ist die Bindung des Menschen an Gott». Religia jest wprawdzie prywatną "rzeczą" człowieka, ale jest równie ważna dla społeczeństwa, a nawet dla całej ludzkości. A Bóg jest wieczny i wszechobecny, tak jak był dla św. Tomasza, Newtona i Kanta.

Nie tylko każdy człowiek ma swoją własną religię, ale religia ma wartość i znaczenie dla większej społeczności, dla narodu, dla rasy i w ten sam sposób dla całej ludzkości.

Wierzący człowiek znajduje odpowiedź na pytanie, czy Bóg istniał, zanim człowiek pojawił się na ziemi, bo to On trzyma cały świat od wieczności, wierzących i niewierzących, w swojej wszechmocnej ręce, i to On jest niezmienny na swoim tronie niedostępnym, i będzie,

⁶⁴ Polecamy zwięzłą i interdyscyplinarną biografię: *Planck. Teoria kwantowa. Rewolucja świata nieskończenie małego*. A.T. PEREZ IZQUIERDO, RBA, Milano 2014.

nawet gdy ziemia ze wszystkim, co zawiera, już nie istnieć nie będzie.⁶⁵

W książce wydrukowanej w 1932 roku w Stanach Zjednoczonych *Where science goes* Planck omawia zarówno postęp naukowy, jak i kwestie filozoficzne, zwłaszcza zasadę przyczynowości, determinizm i wolną wolę człowieka. W połowie tomu Max Planck potwierdza znaczenie religii dla człowieka, dla społeczeństwa, a także dla nauki:

Ale człowiek potrzebuje podstawowych wskazań, aby prowadzić swoją codzienną egzystencję, a potrzeba ta jest o wiele bardziej nagląca niż głód wiedzy naukowej. Pojedyncze działanie jest często o wiele bardziej znaczące dla istoty ludzkiej niż cała mądrość świata razem wzięta. [...]

Religia należy do rzeczywistości, która jest nienaruszalna wobec prawa przyczynowości i dlatego pozostaje bliska nauce. Naukowiec musi uznać wartość religii samej w sobie [...]. Myślę, że większość naukowców zgodzi się i podniesie ręce przeciwko religijnemu nihilizmowi, który również jest destrukcyjny dla nauki.

Nigdy nie może być prawdziwego przeciwstawienia nauki i religii: ponieważ jedna uzupełnia drugą. Myślę, że każdy poważny i myślący człowiek zdaje sobie sprawę, że element religijny w jego naturze musi być rozpoznany i pielęgnowany, aby wszystkie zdolności ludzkiej duszy działały razem w doskonałej równowadze i harmonii. I rzeczywistość, nie jest przypadkiem, że najwięksi myśliciele wszystkich wieków byli również duszami głęboko religijnymi, nawet jeśli nie okazywali publicznie swoich uczuć religijnych.⁶⁶

Ale czy religia rzeczywiście – nadużywanie imienia Boga (jak mówi Roberto Begnini w pamiętnym telewizyjnym monologu *Dekalog*) była przyczyną krwawych konfliktów? Tak! ale brak wiary w społeczeń-

⁶⁵ «Nicht etwa hat jeder Mensch seine eigene Religion, vielmehr beansprucht die Religion Gültigkeit und Bedeutung für eine größere Gemeinschaft, für ein Volk, für eine Rasse, ja in letzter Linie für die gesamte Menschheit. [...] Der religiöse Mensch beantwortet die Frage dahin, daß Gott existiert, ehe es überhaupt Menschen auf der Erde gab, daß er von Ewigkeit her die ganze Welt, Gläubige und Ungläubige, in seiner allmächtigen Hand hält und daß er auf seiner aller menschlichen Fassungskraft unzugänglichen Höhe unveränderlich thronen bleibt, auch wenn die Erde mit allem, was auf ihr ist, längst in Trümmer gegangen sein wird.» M. PLANCK, *Religion und Naturwissenschaft*, Vortrag gehalten im Baltikum (Mai 1937), p. 8. <https://psychomedizin.com/medien/pdf/max-planck.pdf>.

⁶⁶ M. PLANCK, *Where Science Is Going?* W. W. Norton, New York 1932. https://archive.org/stream/whereissciencego00plan_0#page/2/mode/2up, vedi anche: M. PLANCK, *The Universe in the Light of Modern Physics*, G. Allen & Unwin, London 1931, <https://archive.org/details/universeinthelig032967mbp/page/n9>.

stwie jest jeszcze gorszym złem. Planck, w swoim przemówieniu z 1937 roku, po wyjaśnieniu znaczenia religii i wkładu (niesprzecznego z nią) współczesnej fizyki, pomstuje na dogmatyzm, na ateizm, na przesady – które pojawiają się, gdy brakuje wiary.

Końcowe słowa fundamentu współczesnej fizyki, Maxa Plancka, są rodzajem manifestu: "W niekończącej się wojnie przeciwko sceptycyzmowi i dogmatyzmowi, przeciwko złej wierze i przesądom, religia i nauka działają razem, a hasło przewodnie w tej walce jest i zawsze będzie takie samo: idź do Boga!"⁶⁷

7.16. Barrow & Tipler: Zasada antropiczna

Zasada antropiczna jest filozoficznym (i naukowym) sformułowaniem zachwytu nad istnieniem wszechświata i nad naszym miejscem w nim. Jest to zdumienie, które czytaliśmy w dziełach św. Tomasza, Kopernika, Pascala i Darwina. Dziwnym "zbiegiem okoliczności", praw kosmologii, fizyki, chemii i biologii, powstała nasze "siedlisko" – gniazdo i rajca bytu w tym zewnętrznym świecie.

Książka "*The Anthropic Principle*" wydana w 1986 roku przez dwóch wybitnych fizyków teoretycznych, Johna Barrowa i Franka Tiplera, stanowi naukową podstawę współczesnego rozumienia miejsca człowieka we wszechświecie. Wychodząc od tradycji filozoficznej (Arystoteles, św. Tomasz), autorzy wkraczają na bardzo szczegółową ścieżkę fizyki (i bardzo trudną dla nie-ekspertów)

Tematy podjęte dotyczą fizyki jądrowej, fizyki atomowej, kosmologii, chemii. Po pierwsze, Barrow i Tipler obliczają niezbędny wiek wszechświata, aby mogła zaistnieć obserwowana (a zasadnicza dla powstania życia) obfitość węgla. Jak już wspomnieliśmy, węgiel z czterema elektronami ("walencyjnymi") pozwala na budowę niemal nieskończonej ilości związków organicznych, które z kolei mogą pełnić wiele różnych funkcji biologicznych. Ale chemiczne i jądrowe właściwości węgla należą do dwóch gałęzi nauki, które wcale nie są "skoordynowane". Wydaje się, że przez "czysty przypadek" węgiel syntetyzowany jest w obfitości w gwiazdach, które jednak nie mogą

⁶⁷ ««Es ist der stetig fortgesetzte, nie erlahmende Kampf gegen Skeptizismus und Genge Dogmatismus, gegen Unglaube und gegen Aberglaube, den Religion und Naturwissenschaft gemeinsam führen, und das richtungweisende Losungswort in diesem Kampf lautet von jeher und in alle Zukunft: Hin zu Gott!» M. PLANCK, *Religion und Naturwissenschaft*, op. cit.

być zbyt młode (w nich syntetyzowany jest tylko hel) ani zbyt stare, pełne żelaza.

Tak więc, z prostego wzoru matematycznego, który zawiera masę protonu, stałą grawitacyjną, stałą Plancka i prędkość światła (Barrow, Tipler, s. 42), otrzymujemy wiek wszechświata "gościnnego" dla życia – który wynosi około 10 miliardów lat: prawie dokładnie wiek "naszego" Wszechświata.

Ale do syntezy węgla wewnątrz gwiazd nie wystarczy nagromadzenie materii gwiazdowej – potrzebne są również specjalne procesy: masa jądra węgla (12) odpowiada trzem masom jądra helu (4). Zderzenia trzech ciał są bardzo mało prawdopodobne. Ale "natura" wynalazła stan przejściowy – jądro berylowe (masa 8), które przypadkowo żyje wystarczająco długo (i ma odpowiedni poziom energetyczny), aby umożliwić syntezę węgla.

Dzieło Barrowa i Tiplera, z pewnością jedno z najważniejszych po Koperniku, pełne jest fizycznych formuł i opisów procesów, które razem tworzą zasadę antropiczną – nie filozoficzną czy teologiczno-logiczną, ale naukowo uargumentowaną (nie "udowodnioną", ponieważ byłoby to sprzeczne z zasadą Pascala i Messieriego "jasnoć").

Barrow i Tipler sformułowali Ostateczną Zasadę Antropogeniczną Ostateczną (OZA), a także dobrze zdefiniowali sZA, Słabą Zasadę Antropiczną⁶⁸ (Wszechświat jest tak skonstruowany tak, że człowiek mógł się pojawić) i SZA, Silną Zasadę Antropiczną⁶⁹ (Wszechświat został skonstruowany tak, aby człowiek mógł się pojawić). Ostateczna Zasada Antropiczna sformułowana przez Barrowa i Tiplera mówi, że pojawienie się człowieka zmienia losy Wszechświata na zawsze.

"Ostateczna zasada antropiczna: inteligentne przetwarzanie informacji musi koniecznie rozwijać się we wszechświecie, a kiedy się pojawi, nigdy nie wyginie." (str. 47)

Giancarlo Cavallieri pisze w "Timone", magazynie informacyjnym i apologetycznym, w artykule "Wszechświat? Jest zaprojektowany na

⁶⁸ «Słaba zasada antropiczna (sZA): Obserwowane wartości dowolnej wielkości fizycznej i kosmologicznej nie są jednakowo prawdopodobne, ale podlegają ograniczeniu, że istnieją miejsca, w których życie oparte na węglu może ewoluować i że wszechświat jest wystarczająco stary, aby to życie już zaistniało". J.D. BARROW, F.J. TIPLER, *Il principio antropico*, Adelphi Edizioni, Mediolan 2002, s. 40. *The Antropic Cosmological Principle*, Oxford University Press, 1988. Tłum. z włoskiego GK.

⁶⁹ «Silna zasada antropiczna (SZA): Wszechświat musi mieć te właściwości, które pozwalają na rozwój życia w nim, na jakimś etapie swojej historii", *tamże*, s. 46.

ludzką miarę", pisze: "Fizyczna teoria zasady antropicznej pokazuje, że wartości podstawowych stałych fizycznych są jedynymi, które pozwalają na życie i powstanie człowieka i wymagają istnienia Projektanta. Alternatywne teorie popadają w absurd".⁷⁰

Barrow i Tippler, będąc naukowcami, muszą pozostać nieco bardziej "ostrożni". Piszą:

Wypada powtórzyć, że zarówno OZA, jak i SZA są jedynie przypuszczeniami: żadne z nich nie powinno być uważane za ugruntowaną zasadę fizyczną. Wręcz przeciwnie, słaba Zasada, sZA jest przeformulowaniem, choć w bardziej subtelnej formie, jednej z najważniejszych i ustalonych zasad naukowych: ważne jest, aby wziąć pod uwagę ograniczenia aparatu pomiarowego przy ocenie wyników swoich obserwacji. (str. 48)

Stwierdzenia w temacie jakiegokolwiek sformułowania zasady antropicznej wymagają gruntownej i szerokiej wiedzy naukowej, i to interdyscyplinarnej. Jednak wraz z gromadzeniem się nowych dowodów temat jest podejmowany, nie tylko w tezach filozoficznych, ale w czasopismach ściśle naukowych. Najnowszym przykładem jest artykuł przeglądowy opublikowany przez Luke'a Barnes'a, fizyka i astronoma z prestiżowego ETH Zurich i University of Sydney.

Wykres opisany w tym artykule (i podobne na wielu stronach internetowych⁷¹) pokazuje bardzo wąski zakres stałych atomowych, które jednoznacznie pozwalają na istnienie naszego wszechświata. Zmieniając nieco stosunek masy elektronu do protonu (co w naszym wszechświecie wynosi 1/1837) i siły oddziaływania „subtelnego” między dwoma elektronami (1/137 w jednostkach $\hbar c$) wchodzimy w strefy "niemożliwości" istnienia atomów, gwiazd, lub niemożności zaistnienia uporządkowanych struktur (tj. biologicznych).

Warunek istnienia układów planetarnych wokół gwiazd nakłada dalsze ograniczenia na te dwie stałe fizyczne. Co więcej, wykres stabilności atomowej nie uwzględnia jeszcze stałych kosmologicznych: siły grawitacji i prędkości rozszerzania się wszechświata (tj. ciemnej

⁷⁰ G. CAVALLIERI, *L'universo? E' progettato a misura d'uomo*, (Wszechświat? Zaprojektowany na miarę człowieka) «Il Timone», Maggio 2004, str. 50-51.

⁷¹ Na przykład: <https://crossexamined.org/fine-tuning-particles-support-life>, schemat pochodzi z artykułu L.A. BARNES "The Fine-Tuning of the Universe for Intelligent Life", *Astronomical Society of Australia*, 29 (2012) 529-564, <https://arxiv.org/pdf/1112.4647.pdf>. Ten artykuł omawia również inne "koincydencje", które pozwoliły na zaistnienie życia inteligentnego we Wszechświecie.

energii). Jak stałe kosmologiczne są powiązane z atomowymi, fizycy (na razie) nie wiedzą.

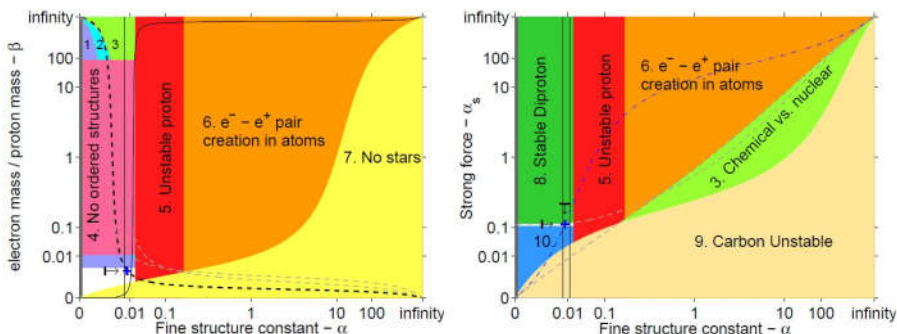


Fig. 7.5. Fizyczne współrzędne możliwych wszechświatów (różne kolory) i strefy "nadające się do zamieszkania", tj. "antropogeniczne" (białe). (a) Współrzędne fizyki atomowej – masa protonu i elektronu vs. siła ich oddziaływania: żółty – nie ma gwiazd, pomarańczowy – nie ma atomów, czerwony – nie ma protonu itd. (b) Jądrowe współrzędne fizyczne – siła oddziaływania neutronu i protonu vs. siła elektromagnetyczna (upraszczając): beżowy – nie ma węgla, zielony – nie powstaje hel itp. ŹRÓDŁO: L.A. BARNES "The Fine-Tuning of the Universe for Intelligent Life", *Astronomical Society of Australia*, 29 (2012) 529-564.

Antonino Zichichi, fizyk jądrowy, były dyrektor CERN, używa innego języka do opisanego fizyki "antropogenicznej" – aby wyjaśnić różnicę między polem elektrycznym (które wiąże elektrony i protony w atomie) a polami wewnątrz protonu.⁷²

Tu interweniuje Ten, który stworzył świat. Proton składa się z trzech cząstek, zwanych kwarkami. Są one sklejone przez rodzaj siły, która radykalnie różni się od siły elektromagnetycznej. Siła oddziaływania między naładowanymi elektrycznie cząstkami zmniejsza się jak kwadrat odległości między nimi. Siła działająca między kwarkami nie zmniejsza się, ale zwiększa wraz ze wzrostem odległości. Gdy kwarki znajdują się w odległości jednej dziesiątej tysięcznej miliardowej centymetra [tzn. 10^{-15} m], siła przyciągania między kwarkami staje się ogromna (prawie nieskończona). Oto własność sił *nieabelowych*⁷³. Gdyby atomy i cząsteczki były związane siłami *nieabelowymi*, młot-

⁷² A. ZICHICHI, *Perché io creo in Colui che ha fatto il mondo. Tra Fede e Scienza*. (Dlaczego wierzę w Tego, który stworzył świat. Pomiędzy Nauką i Wiarą) il Saggiatore, Mediolan, 1999. Fragmenty w tłumaczeniu GK.

⁷³ Zichichi używa przymiotnika, który odnosi się do właściwości matematycznych, a nie fizycznych. Grupa nieabelowa składa się z operacji matematycznych, których kolejności nie można zmienić. Sposób narracji staje się trudny, ale wymowa – nadal jak u Św. Tomasza.

kowany kamień nie mógłby pęknąć. Nie mogło też być sosu pomidorowego, który jest wynikiem zerwania wiązań atomowo-molekularnych. Na szczęście Ten, który stworzył świat, nadał siłom elektromechanicznym właściwości abelowe. Dlatego istnieją kolory, smaki, dotyk, smak, zapach, wzrok⁷⁴. I nadał kwarkom i gluonom właściwości *nieabelowe*. I dlatego protony i neutrony są bardzo zwarłą materią: tak jak my możemy być tacy, jacy jesteśmy. (str. 62)

Księga *Rodzaju* opowiada nie tylko o wydarzeniach, które miały miejsce, ale także o ich ocenie: «I widział Bóg, że to było dobre». Istnienie (ontologia) jest związane z wolą moralną (etyką). O dziwo, Tippler i Barrow, fizyk i matematyk komentują istnienie Świata w podobny sposób (str. 47):

PAU jest wypowiedzią o świecie fizycznym i dlatego nie ma treści etycznej ani moralnej. Jest jednak ściśle związana z wartościami moralnymi, ponieważ jej ważność stanowi fizyczny warunek wstępny dla powstania i pozostania tych wartości we wszechświecie: w martwym wszechświecie nie mogą istnieć wartości moralne. AUP wydaje się również sugerować, że wszechświat podąża w coraz lepszą stronę.

W całym swym monumentalnym traktacie obaj naukowcy nie odnoszą się konkretnie do religii (z wyjątkiem dyskusji na poziomie filozoficznym), ale ostatnie zdanie powyższego cytatu ma wyraźne konotacje chrześcijańskie. *Zasada antropiczna* jest książką niezwykle trudną. Ale stanowi kamień milowy, który zawiera naszą obecną wiedzę naukową, omawianą w szerokim kontekście filozoficznym.

7.17. Davies: Bóg i nowa fizyka

Odwoływanie się do Boga w książce o fizyce niewątpliwie poszerza krąg potencjalnie zainteresowanych czytelników. Mamy więc wiele tytułów przywołujących Boga: *God and the New Physics* angielskiego naukowca Paula Daviesa, *Dlaczego wierzę w Tego, który stworzył świat* włoskiego fizyka jądrowego (byłego dyrektora CERN) Antoniego Zichichi, *Orthodox Understanding of the Bible with Physical Science*, fizyka z Nowej Zelandii, Geoffreya Stedmana⁷⁵ i inne⁷⁶.

⁷⁴ Zichichi bardzo syntetycznie, wychodząc z matematyki, opisuje własności fizyczne, które w rozdziale III wnioskowaliśmy najpierw z filozofii, a dokładniej – z fizyki.

⁷⁵ GEOFFREY ERNEST STEDMAN, “*An Orthodox Understanding of the Bible with Physical Science*”, Eloquent Books, Durham 2012.

Jak czytelnik widzi również z tego tekstu, bardzo trudno jest napisać książkę, która poważnie wyjaśnia zarówno problemy nauki, jak i filozofii. Równie trudno jest oddzielić i/lub połączyć wiarę i pracę naukową w życiu prywatnym i zawodowym.

Ian Barbour w książce *The Ways of Relationship Between Science and Religion (Sposoby relacji między nauką a religią⁷⁷)* wymienił cztery możliwe związki między nauką a religią:

- konflikt
- porównanie
- równoległości
- synergia

Ale ta lista nie oddaje możliwych niuansów relacji, które pojedynczy naukowiec rozwija wewnątrz własnych półkul mózgowych. Niewątpliwie, jak już wykazali Kopernik, Galileusz i Newton, twórcy fizyki jako dziedziny naukowej, byli ludźmi głębokiej, szczerzej wiary. Byli zaniepokojeni możliwymi szkodami, jakie powierzchowna lektura ich traktatów może spowodować dla solidności chrześcijańskich dogmatów.

Począwszy od Oświecenia tak nie było: wielu naukowców i filozofów-sofistów, z tego czy innego, często niewypowiedzianego powodu, walczyło przeciwko Kościołowi. "Kandyd" Woltera, który opowiada o jezuitach i kanibalach, jest tego przykładem. Tak więc pod koniec XVIII wieku pojawiła się linia filozofów, poczynając od Hegla, którzy deklarowali się, niektórzy mniej inni bardziej, antagonistami wiary. Ich postawę można wyraźnie odgadnąć po sposobie pisania.

Paul Davies, który nigdy nie deklarował się jako niewierzący (ale też nie deklarował się wierzący), pytając o początek świata stawia wiarę w nieco ośmieszającym świetle: "Idea Boga stwórcy, który aktem woli stworzył istnienie wszechświata, jest głęboko zakorzeniona w kulturze judeo-chrześcijańskiej. Widać jednak, że to przekonanie stwarza więcej problemów niż rozwiązuje, czego dowodzą odwieczne kontrowersje teologów." (str. 69)

⁷⁶ Inne tytuły, jak *The Physics of God: Unifying Quantum Physics, Consciousness, M-Theory, Heaven, Neuroscience and Transcendence* J. SELBIE (2017), są jeszcze bardziej fascynujące. Niestety, urok tytułu nie zawsze pokrywa się z precyzją narracji.

⁷⁷ I. BARBOUR, *Ways of Relating Science and Religion*, w: I. Barbour, *Religion in an Age of Science*, Harper, San Francisco, 1990; Szerszą dyskusję można znaleźć także w książce, MARIANA ARTIGASA *Umysł wszechświata*, tłum. P. Roszak, Wyd. Naukowe UMK, Toruń, 2017 (Fundacion Universitaria de Navarra, Navarra 1998).

Na podobnym stanowisku stał niedawno zmarły Stephen Hawking, bardzo medialny: oświadczył, że (jego) fizyka nie potrzebuje Boga. Z tego przekonania wynikają rozważania, nie mieszczące się w metodologii nauki Galileuszowej (która może być eksperymentalna lub teoretyczna, ale zawsze weryfikowalna) nad wszechświatami równoległymi, nad Wielkim Zapaścią (Big Crunch czyli koniec wszechświata w implozji), nad istnieniem świata przed Wielkim Wybuchem itp. Żaden z tych pomysłów nie został zweryfikowany, mimo że matematycznie mogą być poprawne. Ba! Wszechświat będzie się rozszerzał jeszcze przez co najmniej kolejne setki miliardów lat a Wielki Wybuch jest pozycjonowany z wielką dokładnością na 13,78 miliarda lat temu, itd. Z punktu widzenia fizyka doświadczalnego i używając tzw. "brzytwy Ockhama" – Big Crunch, wszechświaty równoległe itp. po prostu nie istnieją, bo nie ma recepty, jak je eksperymentalnie zweryfikować. "Eksperyment jest rozstrzygającym dowodem każdej teorii" - powiedział Einstein.

Styl wielu naukowych "popularyzatorów" podąża za podobnym paradygmatem: przedstawiamy złożony zestaw faktów naukowych, tych mniej intuicyjnych, dodajemy kilka nazwisk naukowców, niekoniecznie z pierwszego rzędu, ale lepiej, jeśli z jakiegoś prestiżowego uniwersytetu. Z tych wystąpień nie wynika jasno żaden pomysł, ale ważne jest, aby zakończyć: "W rzeczywistości powiedzieliśmy właśnie to". Cytując Daviesa:

Główną trudnością pozostaje natura czasu. Dziś wiemy, że czas jest nierozzerwalnie związany z przestrzenią i że czasoprzestrzeń jest tak samo częścią wszechświata, jak jego częścią jest materia. Jak zobaczymy w rozdziale IX, czas ma również swoje własne prawa, które nim rządzą: czas jest częścią fizyki. Jeśli czas należy do fizycznego wszechświata i podlega prawom fizyki, wynika z tego, że czas jest zawarty w tym wszechświecie, który Bóg powinien był stworzyć. Ale czy ma sens mówienie, że Bóg jest przyczyną czasu, skoro zwykle doświadczenie uczy nas, że przyczyna zawsze poprzedza skutek?

Stwierdzenia te wydają się poprawne (jeśli nawet między przestrzenią a czasem nie ma pełnej symetrii, jak powiedzieliśmy, czas z trudem podróżuje wstecz): czas, przestrzeń, materia są częścią fizyki. Ale żaden teolog nigdy nie twierdził, że Bóg jest również częścią fizyki (jak mógłby sugerować tytuł książki...).

To samo rozumowanie w *Państwie Bożym* Augustyna daje wynik przeciwny: Bóg istnieje poza czasem i przestrzenią, więc nie ma sensu mówić, że Bóg zdecydował się w pewnym *momencie* stworzyć świat:

4.2. Ale dlaczego wieczny Bóg chciał w pewnym momencie stworzyć niebo i ziemię, których wcześniej nie stworzył? Ci, którzy tak myślą, jeśli mają na myśli, że świat jest wieczny bez żadnego początku i dlatego nie został stworzony przez Boga, są bardzo dalecy od prawdy i są nierozumni z powodu śmiertelnej choroby bezbożności. Abstrahując od słów Pisma Świętego, sam świat, z porządkiem stawania się i ruchu oraz z wielkim pięknem wszystkich rzeczy widzialnych w pewnym sensie, milcząco stwierdza, że został stworzony i mógł być stworzony tylko przez Boga o niewysłowionej i niewidzialnej wielkości i pięknie. Inni, z drugiej strony, twierdzą, że świat został stworzony przez Boga, ale nie miał początku czasu, ale początek swojego istnienia. Powiedzieliby z ledwo zrozumiałą koncepcją, że został stworzony w wieczności. To prawda, że wyrażają teorię, za pomocą której wierzą, że bronią Boga przed aktem śmiertelnej lekkomyślności. Nie należy wierzyć, to znaczy, że nagle przyszedł Mu do głowy pomysł, którego wcześniej nie miał, stworzenia świata i decyzja, której nigdy nie miał, została Mu przedstawiona, ponieważ jest całkowicie niezmienny. [...] Niech więc wierzą, że świat mógł zostać stworzony w czasie i że nie oznacza to, że Bóg, stwarzając go, zmienił odwieczny porządek swojej woli. [...]

Jeśli więc mówią, że ludzkie myśli, za pomocą których wyobrażają sobie nieskończone przestrzenie, są bezsensowne, ponieważ nie ma przestrzeni poza światem, otrzymują odpowiedź, że z tego samego powodu ludzie głupio myślą o minionych czasach bezczynności Boga, ponieważ nie ma czasu przed światem. [...] Bóg, w którego wieczności nie ma stawania się, jest stwórcą i porządkiem czasu. [...] Bez wątpienia świat nie został stworzony w czasie, ale wraz z czasem.

Uważny Czytelnik zdziwi się, że dopiero teraz przywołujemy Św. Augustyna, jednego z „gigantów” wiary chrześcijańskiej. Tak! Gdyż najpierw chcieliśmy omówić zasady (fizyki), które nie budzą już wątpliwości: zgodnie z Ogólną Teorią Względności masa i energia (czyli materia) są elementami i czasu i przestrzeni. Stąd tylko jeden krok do kolejnego, dobrze uargumentowanego stwierdzenia (George’a Lemaître’a), że czas i przestrzeń poza materią istnieć nie mogą. I przywołujemy nasze pytanie, pod koniec Rozdziału VI, czy coś poza światem materialnym istnieje?

7.17.1. Więcej o "śmierci cieplnej" Wszechświata

Dyskurs o wieczności świata rozpoczęliśmy od argumentów Arystotelesa o "strzałce" czasu ("sam czas prowadzi do zepsucia") i Kanta ("wieczny wszechświat byłby już martwy"). W terminologii współczesnej te obserwacje są opisane przez prawa termodynamiki: entropia wszechświata ciągle wzrasta.

Ale w tym samym czasie, gdy termodynamika została ukończona (przez Stefana Boltzmanna w Grazu, pod koniec XIX wieku), narodziło się w Bernie równanie $E = mc^2$ z jego konsekwencjami: gwiazdy - z reakcji termojądrowych materii nieożywionej (wodoru, helu itd.) - wytwarzają promieniowanie elektromagnetyczne: nieuporządkowany strumień światła (ale o ściśle określonym widmie), które następnie żywe istoty wykorzystują do swoich konstrukcji (biologicznych, artystycznych, poetyckich, architektonicznych itp.). I tak, dzięki istnieniu kwiatów, mrówek, motyli (i filozofów) entropia naszego, lokalnego świata maleje: powstają piękne, użyteczne, logiczne artefakty.

Wielu fizyków (i informatyków) ciężko pracowało, aby odpowiedzieć na pytanie o termodynamiczną strzałkę czasu. Gell-Mann, który uzupełnił obraz cząstek elementarnych swoim pomysłem kwarków, w książce *Jaguar i Kwarki*, opisując w jaki sposób zdobyte informacje wpływają na entropię, cytuje prace słynnego⁷⁸ fizyka kwantowego Charlesa Bennetta:

[...] Urządzenie może faktycznie wykorzystać zarejestrowane informacje do przekazania ciepła z zimnego obiektu do gorącego [odwracając w ten sposób strzałkę czasu], *o ile urządzenie ma dostępny biały papier lub wolną taśmę*. Entropia układu złożonego z gorących i zimnych obiektów jest w ten sposób zmniejszona, ale ceną jest zużyty papier lub taśma. [...] W końcu, w urządzeniu zabraknie miejsca na nagrywanie, więc w dłuższej perspektywie, gdy nagrania zostaną usunięte, aby zrobić miejsce dla innych, drugie prawo termodynamiki zostanie przywrócone. (s. 237-8).

⁷⁸ Zauważamy, że język Gell-Manna pozostaje niezwykle hermetyczny: «Dobierając odpowiednio grube ziarno [przybliżenia], można by wywnioskować termodynamiczną strzałkę czasu z wartości początkowej wszechświata i z wartości końcowej, przy przypisanym samoczynnie w sformułowaniu kwantowo-mechanicznym prawdopodobieństwie historii „grubego ziarna”, niespójnym z wszechświatem» M. GELL MAN, *Il quark e il giaguaro*, Bollati Borinighieri, Torino 2000, str. 261, tłum. z wersji włoskiej GK.

Tutaj Gell-Man porusza ważny temat: informacja. Zasada "nieokreśloności" Heisenberga to nic innego jak zasada braku informacji: elektron "wie", dokąd iść, to my nie możemy przewidzieć, dokąd dotrze. "Względność" Einsteina nie usuwa determinizmu, ale ogranicza nasz dostęp do odległych informacji w przestrzeni i czasie. Eksperymenty w ostatnich latach wykazały, że dzięki informacjom możliwe jest odwrócenie drugiej zasady⁷⁹ termodynamiki. Ale zawsze dysponując informacją, czyli pozyskując ją i przetwarzając. W świecie materialnym wkrótce zabraknie atomów, jeśli zechcemy wiedzieć wszystko. Ale Boski umysł nie jest częścią świata fizycznego...

7.18. Messori: Kilka powodów, by wierzyć

Kilka osób skłoniło mnie do napisania tej książki – w tym dott. Vittorio Messori, do którego dwadzieścia lat temu zadałem pytanie: dlaczego nie napisać książki o nauce i wierze. Odpowiedział: "Tak! ale jak to zrobić?". W rzeczywistości nauka stała się hermetyczna, jak zauważył inny Włoch, cytowany już prof. Antonino Zicchichi:⁸⁰

Wieże z kości słoniowej naszych laboratoriów naukowych są pełne fascynujących dzieł: niezwykłych arcydzieł o niesamowitej sile intelektualnej. Osiągnięcia nauk ścisłych jednak prawie zawsze pozostawały wyłącznym przywilejem bardzo wąskiego kręgu specjalistów. [...] Kiedy osiągnięcie intelektualne – czy to o charakterze ściśle naukowym, czy wyłącznie nienaukowym – pozostaje w świecie rzeczy nieznanymi większości, to, choć znane grupie specjalistów, nie staje się częścią tego, co nazywa się kulturą.

Z drugiej strony, w obawie przed niezrozumieniem, odkrycia naukowe w popularyzacji są trywializowane, wątpliwości naukowców starannie ukrywane, mosty z wcześniejszą myślą, zarówno fizyczną, jak i filozoficzną – palone.

Wypada zatem, gdy skończymy czytać książkę naukową, sięgnąć do kultury humanistycznej, która nie tylko uzupełnia kulturę naukową, ale czyni ją mniej materialną, skierowaną bardziej ku „niebu”. Wiara

⁷⁹ E. LUTZ, S. CILIBERTO, *Information: From Maxwell's demon to Landauer's eraser*, (Informacja: Od demona Maxwella do gumki Landauera), «Physics Today» 68/9 (2015) s. 30.

⁸⁰ A. ZICCHICHI, *Perché credo in Colui che ha creato il cielo e la terra. Tra Scienza e Fede. (Dlaczego wierzę w Tego, który stworzył świat. Między nauką a wiarą)*. Il Saggiatore, Milano 1999, s. 98.

pomaga fizykowi jako osobie. Ale jeśli ktoś się upiera, wiara nie jest konieczna dla matematycznej zgodności fizyki jako nauki.

Na pytanie o wieczność świata Vittorio Messori odpowiada w książce *Kilka powodów aby wierzyć* (s. 272):

[...] Rozwiązanie zagadki leży w byciu "uwięzionym w czasie i przestrzeni". To właśnie w tych wymiarach faktycznie (i tylko w nich) rozwija się łańcuch przyczynowo-skutkowy. "Pierwsza przyczyna" jest poza nim: Bóg jest Wieczny i Nieskończony *par excellence*. Z definicji jest on "poza łańcuchem": nie jest pierwszym ogniwem w linearnej serii stworzeń, bo to on jest ich Stwórcą.

O świecie Boga (tj. panteizmie) Messori kontynuuje: "Dla nas jednak Bóg jest w świecie, aż do wcielenia się jako człowiek; ale jednocześnie jest nie z tego świata, jest od niego radykalnie różny. Stworzenie nie pokrywa się ze Stwórcą".

Wiele tematów poruszonych w tej książce jest owocem refleksji nad książkami wielkich autorów chrześcijańskich na tematy wiary i nauki, takich jak Dominique Lambert, Jean Guilton, Adolphe Gesché, Thierry Magnin i inni. Kwestia genetycznej, mentalnej i kulturowej jednolitości wszystkich istot ludzkich, omówiona w niniejszej książce, wynika ze słów kardynała Ratzingera w jego wywiadzie dla Vittorio Messoriego:⁸¹

W ewolucjonistycznej hipotezie świata (tej, której odpowiada pewien "teilaryzm" w teologii) nie ma oczywiście miejsca na żaden "grzech pierworodny". Jest to co najwyżej wyrażenie sympolityczne, mityczne, wskazujące na naturalne wady stworzenia takiego jak człowiek, które od niedoskonałego pochodzenia zmierza ku doskonałości, idzie ku jej pełnej realizacji. Przyjęcie tej wizji oznacza jednak przewrócenie struktury chrześcijaństwa: Chrystus zostaje przeniesiony z przeszłości do przyszłości; odkupienie oznacza po prostu podążanie ku przyszłości jako konieczny rozwój ku lepszemu. Człowiek jest niczym innym, jak tylko produktem, który nie został jeszcze całkowicie udoskonalony przez czas, nie było "odkupienia", ponieważ nie ma grzechu pierworodnego do naprawienia, ale tylko brak, który, powtarzam, byłby naturalny.

⁸¹ V. MESSORI w rozmowie z Josephem Ratzingerem, *Rapporto sulla fede (Raport o wierze)*, San Paolo, Milano, 1985. Tłum. z włoskiego GK.

Pozostaje poza naszymi możliwościami rozumowania (i udowodnienia), czy grzech został popełniony przez Adama, czy przez Ewę: grzech i Odkupienie rozciągają się poza, poza świat fizyczny.

Kończymy innymi słowami Messoriego (i psalmisty) o ogromie wszechświata i kruchości człowieka:⁸²

Tak więc ogrom Wszechświata nie stoi w sprzeczności z Bożą uwagą poświęconą choćby jednej drobinie. Tak chciał. I tak mógł i może. Chrześcijanin nie jest zarozumiały: jest uważnym obserwatorem tajemniczej rzeczywistości, której prawdę potwierdza właśnie współczesna nauka. Wszechświat jest ogromny, im bardziej dotykamy tajemnicy, tym bardziej jesteśmy zdumieni jego rozmiarem. Ale to właśnie potwierdza Psalm ósmy (w znaczący sposób podjęty także w *Liście do Hebrajczyków*): «Panie, Boże nasz, jak wielkie jest Twoje imię na całej Ziemi! Ponad Niebiosa wznosi się Twoja wspaniałość... Gdy patrzę w twoje niebo, dzieło twoich palców, księżyc i gwiazdy, które umieściłeś, kimże jest człowiek, że sam się nim opiekujesz, syn człowieczy, że się o niego troszczysz? I tak, kontynuuje psalmista, «a jednak uczyniłeś człowieka trochę mniejszym od aniołów, chwałą i czią ukoronowałeś go, dałeś mu władzę nad dziełami swoich rąk, złożyłeś wszystko pod jego stopy...»

7.19. Oddzielanie ziarna od plew

Najtrudniejszym zadaniem w czytaniu wiadomości naukowych jest umiejętność odróżnienia ważnych wiadomości, które pozostaną takie nawet za rok, dziesięć, sto, od pseudo-wiadomości, które dziś trafiają na nagłówki gazet (i zwiększają oglądalność), ale powodują szkody zarówno dla wiarygodności nauki, jak i zbiorowej wyobraźni. Opowiastką tego rodzaju był na przykład terror czarnej dziury, która miała pochłonąć całą Ziemię: hipotetycznie wytworzona, praktycznie niemożliwa podczas badania cząstek elementarnych w CERN. Jedną z przyczyn tego rodzaju ignorancji społeczeństwa jest niezdolność naukowców do powiedzenia "na razie jeszcze nie wiem".⁸³

⁸² V. MESSORI z A. TORNIELLI, *Perché credo. Una vita per rendere ragione delle fede. (Dlaczego wierzę. Całe życie zdać sprawę z wiary)* Piemme, Casale Monferrato 2008, s. 346.

⁸³ Weźmy przykład niedawnego odkrycia (a raczej eksperymentalnego potwierdzenia) bozonu Higgsa. W popularnej książce L. Ledermana bozon nazywany jest "boską cząstką", w interpretacjach publicystycznych - cząstką, która dostarcza masy wszystkim innym. W opinii kolegi, fizyka teoretycznego, cząstka "istnieje, ponieważ istnieje jej *Lagrangian* [rodzaj operacji matematycznej]", a komisja popularyzacji CERN "wciąż pracuje nad interpretacją".

1° Istnieją różne formy "plew": czasami są to po prostu błędy (a raczej ograniczenia) naukowców, czasami są to niemal prowokacje mające przyciągnąć uwagę czytelnika. Nikt nie jest odporny na te aberracje, nawet najwięksi naukowcy. Sam Einstein, który zdobył Nagrodę Nobla za efekt fotowoltaiczny (wyjaśniając w ten sposób również widzenie kolorów), przeciwstawił się nowoczesnej mechanice kwantowej, mówiąc Nielsowi Bohrowi: "Bóg nie gra w kości". A Bohr odpowiedział: "Albert nie będzie mówił Bogu, co ma robić".

Jeden z zarzutów Einsteina wobec praw korelacji obiektów kwantowych, tak zwany paradoks Rosena-Podolskiego-Einsteina, okazał się bezpodstawny, ale doprowadził do narodzin kryptografii kwantowej. Naukowcy na próżno tworzą alternatywne wersje mechaniki kwantowej do tej Heisenberga i Schrödingera, szukając jakiś ukrytych zmiennych do zarządzania zjawiskami, które wydają się nam przypadkowe. Dziesięciolecia eksperymentów mających na celu zweryfikowanie wątpliwości Einsteina, że stany kwantowe dwóch fotonów pozostają skorelowane nawet na dużych odległościach, powinny wkrótce rozwiązać ostatnie wątpliwości: bez wątpienia doprowadzi to do Nagrody Nobla⁸⁴.

Inny pomysł Einsteina, który mógłby ominąć granicę prędkości światła w podróżach międzygalaktycznych, wydaje się jednak błędny. W 1935 roku, próbując zunifikować teorię grawitacji z elektromagnetyzmem, Einstein ukuł ideę, że czasoprzestrzeń może tworzyć fałdy - jak dywan niedokładnie rozłożony na podłodze, i że możliwe jest błyskawiczne podróżowanie przez te fałdy jak igły przez dywan. Wymyślono nawet nazwę dla tego rodzaju tuneli czasoprzestrzennych - dziury „robacze” (*wormholes*). Jak komentuje strona internetowa Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego, ogólna teoria względności stwarzała takie trudności matematyczne i pojęciowe, że nawet jej twórca się ugiął⁸⁵. Tuneli czasoprzestrzennych nadal nie odkryto: naukowiec meksykański, Michele Alcubierre, pracując dalej nad tymi (hipotetycznymi) fałdami (i tunelami), doszedł do wniosku, że

⁸⁴ Zob: ALAN ASPEC, *Viewpoint: Closing the Door on Einstein and Bohr's Quantum Debate*, (*Punkt widzenia: Zamykanie drzwi do kwantowej debaty Einsteina i Bohra*), «Physics», 8 (2015) 123, <https://physics.aps.org/articles/v8/123>. Ten przypis pochodzi z 2019 roku; nagroda Nobla została przyznana Alanowi Aspecowi w 2022 r.

⁸⁵ "The paper also illustrates how general relativity posed mathematical and conceptual difficulties that foxed even its creator", *Phys. Rev. Focus* 15, 25. marzec 2005r., ss. 11.

owszem, są one możliwe, ale wymagają dużych ilości energii⁸⁶. Innymi słowy, żartobliwie, można dotrzeć w mgnieniu oka do najbliższej nam gwiazdy (odległej od nas o ponad 4 lata biegu światła), ale potrzebna byłaby energia równa masie Jowisza. Czy warto pozbawiać niebo tak jasnej i pięknej planety jak Jowisz?

2° Ale jeśli Einstein we wszystkich swoich teoriach proponował konkretne weryfikacje, pewne idee są całkowicie science fiction i, nie mając warunków do weryfikacji, są szkodliwe dla powagi nauki. Gdyby zostały zaakceptowane, byłyby czystymi *przekonaniami*. Co gorsza, od wiary religijnej odróżnia je brak innych znaczeń, na przykład etycznych. Emblematycznym przypadkiem idei, której nie można zweryfikować (i konceptualnie niebezpiecznej, ponieważ pozbawia człowieka indywidualności), jest koncepcja wszechświatów równoległych (tytuł być może zaczerpnięty z książki Plutarcha o Cezarze i Aleksandrze). Max Tegmark, znany kosmolog, postawił hipotezę, że istnieją inne wszechświaty, albo wszystkie zamknięte jak bańki mydlane, albo równoległe do naszego, w których powinniśmy mieć bliźniaków, odzwierciedlających nasze życie.

Wszechświaty Tegmarka nie mogą być wykluczone z punktu widzenia fizyki, ale w sensie brzytwy Ochkama nie mogą istnieć. Wyglądają trochę jak kosmologiczne idee Giordana Bruna⁸⁷.

3° Trzeci poziom pseudonauki to amatorscy "reformatorzy". Istnieją niekończące się prace mające na celu obniżenie rangi teorii względności: nie jest prawdą, że światło podróżuje (w próżni) zawsze z tą samą wartością, bo popełniono błędy eksperymentalne w pomiarach Alberta Michelsona, a także błędy pojęciowe w interpretacjach. Proponowane są alternatywne teorie, tak pełne wzorów matematycznych, że niemoż-

⁸⁶ «Further theoretical work showed that the Einstein-Rosen 'wormhole' is not, contrary to outward appearances, a stable structure. For an observer trying to pass through, the wormhole opens up and closes too quickly for even a photon to get through. Later work suggested that exotic forms of energy threaded through a wormhole might keep it open but it remains unclear whether such arrangements are physically feasible.» (Dalsze prace teoretyczne wykazały, że "tunel czasoprzestrzenny" Einsteina-Rosena nie jest, wbrew pozorom, stabilną strukturą. Dla obserwatora próbującego przejść, worm-otwór otwiera się i zamyka się zbyt szybko, aby nawet foton mógł się przedostać. Późniejsze prace sugerowały, że egzotyczne formy energii przewlekane przez tunel czasoprzestrzenny mogą utrzymywać go otwartym, ale pozostaje niejasne, czy takie układy są fizycznie wykonalne.) <https://physics.aps.org/story/v15/st11>.

⁸⁷ Giordano Bruno, dominikanin, nie został potępiony za swoje kosmologiczne idee, ale za zaprzeczanie boskości Jezusa. Jednak fakt wykonania wyroku pozostaje godny ubolewania: Kościół jest instytucją Bożą, ale złożoną z ludzi.

liwe staje się ich zrozumienie. Podstawowa wada tych prac zawsze pozostaje taka sama: oprócz oczerniania teorii Einsteina, nie są one w stanie przewidzieć innych, nowych faktów eksperymentalnych, które mogłyby dać rozstrzygające odpowiedzi. Są to długie, ale bezużyteczne próby, osób nawet inteligentnych, ale nieproduktywnych. Mój drogi, zmarły przedwcześnie przyjaciel, matematyk, Giuseppe Vigna Suria tak skomentował trzysta lat bezowocnych prac nad zweryfikowaniem równania Fermata ($a^3 + b^3 = c^3$): "Gdyby te wysiłki były poświęcone medycynie, dokąd dotarłaby ludzkość dzisiaj?"

4° Czwarta metoda krytyki współczesnej nauki ma powody społeczne i/lub etyczne. Bezkrytyczny postęp naukowy, a jeszcze lepiej – często sektorowe interesy gospodarcze – prowadzą do eksploatacji (i wyczerpywania) zasobów naturalnych, zanieczyszczenia środowiska i rosnącego ubóstwa dużej części ludzkości. Prawie wszyscy zgadzają się z tymi negatywnymi aspektami. Ale postęp techniczny i naukowy pozwala również na klonowanie zwierząt, hodowanie sztucznych organów i wynaturzone hybrydy biologiczne. Również w tym przypadku rodzą się dylematy etyczne⁸⁸.

Bardziej złożone są osady dotyczące działań, które przynoszą korzyści "społeczeństwu", ale mogą być szkodliwe dla jednostek. Na początku ery telefonów komórkowych wiele dyskutowano o ich niebezpieczeństwie. Naukowiec powinien powiedzieć, że fale elektromagnetyczne w zakresie używanym przez telefony komórkowe przenoszą energię zbyt niską, aby spowodować uszkodzenie DNA. Ale powinien również dodać, że nie ma danych klinicznych dotyczących ekspozycji mózgu na wiele godzin rozmów telefonicznych. Obecne normy dla pracowników narażonych na działanie mikrofal określają zagrożenie na poziomie 10 mW (dla całego ciała). Sygnały emitowane przez nowoczesne telefony komórkowe są poniżej tego limitu. I nikt nie wkłada własnej głowy do kuchenki mikrofalowej.

W przypadku szczepień⁸⁹ – kolejnej szeroko dyskutowanej kwestii – interesem producentów jest oczywiście zwiększenie liczby sprzedawanych dawek, przeciw wszystkim możliwym chorobom. Również ze zbiorowego punktu widzenia choroba zakaźna w klasie szkolnej przynosi poważne szkody wielu dzieciom, w tym importerowi infekcji.

⁸⁸ Na przykład, modyfikując geny, można wyhodować oczy na nogach muszek owocowych. Gdy chodzi o muszki wiadomość nie robi wrażenia, ale w przypadku pieska?

⁸⁹ Przypominamy, że tekst był pisany przed epidemią covid.

Ale co ciekawe, zbyt wiele szczepionek może być ryzykowne: trochę jak latanie samolotem szkodzi środowisku, szkodzi sąsiadom lotniska, niesie ze sobą pewne ryzyko wypadku, ale w sumie pozwala na ogromne przepływy ludzi i towarów w krótkim czasie. Szczepionki są niezbędne.

Nieco podobnie jest w przypadku przeszczepów. Konieczne jest, aby ciało dawcy było w dość dobrym stanie zdrowia. Ale jak zdecydować, czy ciało jest "martwe", a nie tylko w stanie śmierci mózgu? Platon uważał, że dusza przenika całe ciało, a nie tylko mózg. Oczywiście, lepiej byłoby mieć sztuczne nerki (lub serce). Mamy nadzieję, że wkrótce osiągniemy ten poziom postępu technicznego.

5° Naprawdę szkodliwy dla społeczeństwa, zwłaszcza dla młodzieży, pozostaje piąty rodzaj pseudonaukowej propagandy: oparty na teoriach i dobrze istniejących zjawiskach, ale zmieszany w taki sposób, aby uzyskać czyste fantazje: kosmiczne prądy, które wpływają na nasze życie, telewizyjni wróżbici, duchy, które przemawiają itp. Tak! fizyka nie wyklucza sygnałów, które rozprzestrzeniają się z przyszłości do teraźniejszości, nie wyklucza telepatii, ale wszystko wskazuje na to, że zasada przyczynowości nie może zostać zmieniona: przyczyną szczęścia w życiu pozostaje długa i uczciwa praca, a nie przypadkowy telefon do telewizyjnego czarodzieja. Wiara chrześcijańska opowiada się za obcowaniem świętych, to znaczy ich obecnością w naszym życiu ziemskim, ale nie zdejmuje z nas indywidualnej, niepodzielnej, „atomowej” odpowiedzialności za nasze czyny.

7.20. Subtelny jest Pan

Rozmawialiśmy o tym, że również w "prostych" kwestiach, takich jak telefony i szczepionki, każdy może wyrazić własne, osobiste zdanie. Rozumowanie w ludzkim umyśle jest nierozdzielnie związane z emocjami. Nie jest możliwe "udowodnienie" istnienia Boga, chociaż tego rodzaju próby świadczą o wolności człowieka. Bez wątplenia ci, którzy wierzą w Boga, mają dodatkowe wsparcie w życiu.

Mówiąc o Marku Aureliusz i Platonie, pokazaliśmy, jak wiara w Transcendentalnego pomaga budować etykę. Ale jest coś więcej: przekonanie o istnieniu Boga wzbogaca nasze spojrzenie na przyrodę, w tym fizykę. Kolejny przyjaciel, Carlo Rovelli, fizyk i kosmolog, który przez wiele lat próbował połączyć teorię kwantową z grawitacją, pisze o mechanice Schrödingera i o zasadzie nieoznaczoności Heisen-

berga: "To tak, jakby Bóg nie narysował rzeczywistości ciężką linią, ale ograniczył się do lekkiego szkicowania"⁹⁰.

Albert Einstein wyraził to podobnie: "Delikatny jest Pan"⁹¹.



Ryc. 7.6. Przyjście Chrystusa, o którym opowiada Prolog Ewangelii św. Marka (i pierwszy list św. Pawła do Koryntian), jest łukiem między Stworzeniem a Odkupieniem. Tu pokazujemy Człowieka, który przyszedł, aby wybawić człowieka od grzechu pierwotnego - w przedstawieniach z klasztoru San Marco we Florencji (Fra Beato Angelico, 1442) i w katedrze Santa Maria Assunta w Volterze (rzeźba drewniana, autor nieznany, 1228). ZDJĘCIA: MARIA KARWASZ, 2004.

⁹⁰ C. ROVELLI, *Sette brevi lezioni di fisica (Siedem krótkich lekcji fizyki)*, Adelphi. Mediolan 2014, s. 27.

⁹¹ A. Pais, *Einstein. 'Sottile è il Signore.' La scienza e la vita di Albert Einstein*, trad. L. Belloni i T. Cannillo, Bollati Boringheri, Torino, 1996. (*Pan Bóg jest wyrafinowany... Nauka i życie Alberta Einsteina*, tłum. P. Amsterdamski, Prószyński i S-ka; *Subtle is the Lord...*, Oxford University Press, 1982)

Rozdział VIII

Czytamy ponownie

Wśród wielu różnych przekładów, także na język włoski, szukaliśmy drogi pośredniej: jeden tekst opisuje dzieło Boże jako "piękne", inny jako "dobre". W jednej wersji "nad wodami wiał szalejący wiatr", w innej "Duch Boży unosił się nad wodami". Niewątpliwie zarówno hebrajski oryginał, jak i tłumaczenia mają trudności ze *zwerbalizowaniem* ukrytych pojęć. Spróbujmy podsumować, czy tekst biblijny zgadza się (lub nie zgadza) z odkryciami naukowymi.

8.1. "Szalejący wiatr"

Pierwsze słowa *Księgi Rodzaju*¹ mówią o «niebie i ziemi».

¹Na początku Bóg stworzył niebo i ziemię. ²Ziemia była pusta i opuszczona, ciemność okrywała otchłań, a szalejący wiatr wiał nad wszystkimi wodami.

Tutaj tekst wydaje się bardzo zagmatwany. Bóg stwarza "ziemię" co najmniej dwa razy, na początku i za drugim razem po rozdzieleniu wód "poniżej" w jednym miejscu. Być może słowo "ziemia" ma inne znaczenia? A "niebo"? W języku włoskim (i polskim) to samo słowo jest używane dla nieba w znaczeniu Nieba (angielskie *heavens*) oraz atmosferycznej i kosmicznej przestrzeni nad naszą głową (ang. *sky*). Czy "niebo" może mieć jeszcze inne znaczenie?

Niewątpliwie, jak uczy współczesna fizyka i kosmologia, oprócz rzeczy widzialnych istnieje nieskończoność niewidzialnych "rzeczy". Fale elektromagnetyczne – czyli używane w transmisji telewizyjnej, telefonii komórkowej, promieniowaniu rentgenowskim – są niewidoczne. Neutrino pochodzące ze Słońca, które w każdej sekundzie przenikają nasze ciało w ilościach miliardów na centymetr kwadratowy, są prawie niewykrywalne. Fale grawitacyjne: dopiero w 2015 ro-

¹ *La Bibbia. Traduzione Interconfessionale in Lingua Corrente*. Chiesa Italiana, <http://www.lachiesa.it/bibbia/tilc/index.htm>. Tłum. GK. Por. *Biblia Tysiąclecia*, Wyd. Pallottinum.

ku zarejestrowano pierwszą, bardzo słabą, która rozciągnęła naszą Galaktykę o zaledwie jeden metr (i przez 0,12 sekundy); ale przybywa do nas prawdopodobnie jedna na tydzień, bez naszej wiedzy. Nie wspominając już o ciemnej materii i energii, która przenika odległe galaktyki: może być obecna jest również między nami, w ilości 25 razy masywniejszej niż cała znana materia (tj. widzialna + niewidzialna).

Przekonanie lub nie o istnieniu świata niematerialnego jest cechą osobistą: zależy od własnego doświadczenia i/lub wrażliwości. Autor tej książki jest więcej niż przekonany o istnieniu świata niematerialnego, splecionego w sposób nierozzerwalny z naszym normalnym światem czasoprzestrzeni. Można by podać wiele przykładów, ale zawsze byłyby one osobiste, czyli niepowtarzalne. Zachęcam raczej czytelników do przypomnienia sobie jakiegoś "zbiegu okoliczności", który zmienił ich życie.

Kiedy w pierwszych słowach Bóg stworzył ziemię i niebo, mówimy bez wątpienia o świecie materialnym, *zanurzonym w czasoprzestrzeni*, i o świecie pozamaterialnym, o którym możemy mieć tylko kilka intuicji, a nigdy fizyczną miarę.

Opis pierwotnej materii – melasy najcięższych kwarków (*top i bottom*), z których świat przypuszczalnie składał się w ciągu pierwszych 10^{-12} sekund (co więcej: nie wykluczając, jeszcze bardziej egzotycznych cząstek) – jako "bezkształtnej i pustej masy" jest *nie mniej precyzyjny* niż dywagacje naukowe; a przede wszystkim znacznie *łatwiejszy do zrozumienia*, do dziś.



Ryc. 8.1. Nieznany autor mozaik katedry św. Marka w Wenecji (XIII wiek) bardzo dobrze zrozumiał znaczenie wersetów 1-2 Księgi *Rodzaju*: nieskończone fale wstrząsają otchłanią - ani morzem, ani ziemią - a Duch Święty unosi się nad nimi. ZDJĘCIE: EDIZIONI KINO, zdjęcie reprodukowane za uprzejmą zgodą Patriarchy Wenecji.

"Duch Boży", który pojawia się w alternatywnym tłumaczeniu, może być ważnym wyjaśnieniem: w nieskończenie niezorganizowanej, ekstremalnie gorącej, całkowicie niestabilnej materii – samoorganizacja (tj. przemiana) do "normalnej" materii, czyli atomów złożonych z protonów, neutronów, elektronów – wcale nie była oczywista.

Ta samoorganizacja pre-materii jest jednym z najbardziej intrygujących zagadnień w fizyce cząstek elementarnych: żadne subtelne strojenie nie jest *a priori* określone przez prawa fizyki (tj. *materii*). Stworzenie *ex nihilo* jest nie tylko dogmatem wiary, ale także najrozsądniejszą hipotezą naukową (słowo fizyka doświadczalnego!). Wszechwiedzący i wszechmocny Bóg - Bóg Izaaka Newtona i Antonina Zichichi, jest Tym, który wiedział, jak sprawić, by świat rozkwitł z ciemności otchłani. Czyli nie "szalejący wiatr", ale "Duch, który się unosił".

Na początku Bóg stworzył niebo i ziemię. Ziemia była bezkształtną i pustą masą; ciemność okryła otchłan, a Duch Boży unosił się nad wodami²

Niezwykłe piękno (i teologiczna intuicja) średniowiecznej mozaiki z katedry św. Marka w Wenecji, ryc. 8.1, polega nie tylko na unikalnym przedstawieniu "otchłani", ale na obecności Ducha Świętego jeszcze przed ukształtowaniem świata.

8.2. "I oddzielił światło od ciemności"

Jak już wspomniano, trochę poważnie, trochę żartując, pierwszym "odciskiem" materialnego Wszechświata jest promieniowanie "tła", dziś mikrofalowe, ale początkowo o złotym świetle, które oddzieliło się od materii po Wielkim Wybuchu. Ale teologiczne znaczenie tego zdania z Księgi *Rodzaju* jest inne: "światło było dobre".

Niech się stanie światłość!" I pojawiło się światło.⁴ Bóg widział, że światło jest dobre i oddzielił światło od ciemności.

Rozwiązanie zagadki początku Wszechświata jest jednym z istotnych wspólnych osiągnięć dwudziestowiecznej fizyki, chemii i astrofizyki. Data 13,78 miliarda lat temu umieszcza czasową i przestrzenną cezurę na naszym świecie. Pojawienie się promieniowania oddzielonego od

² *La Sacra Bibbia*, Edizioni Paoline, Rzym 1966, tłumaczenie GK.

materii, około 300 000 lat później, było kluczowym wydarzeniem w kosmologii fizycznej. Początkowy wszechświat był bardzo gorący, promieniowanie nieustannie przekształcało się w materię, a materia w promieniowanie. Rozszerzający się wszechświat ochłodził się, i również promieniowanie, wcześniej bardzo energetyczne (miliardy eV), straciło energię. Promieniowanie nie było już w stanie przekształcić się w materię. Z drugiej strony, wszechświat był przeniknięty promieniowaniem, ale nie było ono jeszcze oddzielone od materii.

Steven Weinberg pisze:

Ten stan istniał, gdy temperatura wynosiła około 4000 K. Temperatura ta oznacza przejście od epoki "zdominowanej przez promieniowanie", w której większość energii we wszechświecie istniała w postaci promieniowania, do obecnej ery, "zdominowanej przez materię", w której większość energii znajduje się w masach cząstek jądrowych.

A potem Weinberg, który nie deklaruje się jako wierzący, kontynuuje:

Zaskakujące jest to, że przejście od wszechświata zdominowanego przez promieniowanie do wszechświata zdominowanego przez materię nastąpiło dokładnie w tym samym czasie, w którym zawartość wszechświata stawała się przezroczysta dla promieniowania, w temperaturze około 3000 K. Nikt nie zna prawdziwych przyczyn tego zjawiska, chociaż wysunięto interesujące hipotezy. W rzeczywistości nie wiemy nawet, które przejście nastąpiło najpierw.³

Ale w pierwszej minucie wszechświata to materia, bez promieniowania, przenikała go.



Ryc. 8.2. Inna interpretacja oddzielenia światła od ciemności, nie według fizyki doświadczalnej, ale zgodnie z kanonami wiary: dwaj aniołowie, jeden biały i jeden czarny, są obrazami dobra i zła. Fresko z XVII wieku, w kościele Zaśnięcia NMP Teotokos Asklepio na Rodos. ŹRÓDŁO: Katalog kościoła, za uprzejmą zgodą metropolity Rodos, Kyrilosa (22.05.2019).

³ S. Weinberg, *op. cyt.*, s. 89.

Era czystego promieniowania rozpoczęła się właściwie dopiero pod koniec pierwszych minut, po tym, jak temperatura spadła poniżej poziomu kilku miliardów stopni Kelvina. Na *początku* materia była istotna, ale był to zupełnie inny rodzaj materii niż ten, z którego składa się nasz obecny wszechświat.⁴

Krótko mówiąc, nawet Steven Weinberg, wybitny teoretyk, fizyk i kosmolog, w XX wieku miał trudności z wyobrażeniem sobie (i opisaniem słowami) początku wszechświata. Nie mówiąc już o przysłowiowych "pasterzach Palestyny"...

Z drugiej strony naukowcy również nie chcieli wierzyć w początek wszechświata. Jak napisał Weinberg, "fizykom niezwykle trudno było poważnie potraktować *jakąkolwiek* teorię o pochodzeniu wszechświata".⁵ Dziś "Wielki Wybuch" jest częścią edukacji dla dzieci. Trzeba jednak pamiętać, że to *fizyka* przyniosła argumenty potwierdzające teologię. Koegzystencja z wzajemnym rozkwitem.

Ale pomijając kosmologię, fresk z XVII wieku w odległym kościele na południe od wyspy Rodos, ryc. 8.2, proponuje oddzielenie światła od ciemności w innej wizji: dwaj aniołowie, bardzo podobni, jeden biały i drugi ciemny podlegają Bogu: dobro i zło. I tu pojawia się o wiele trudniejsze pytanie (Leibniza) niż to o promieniowanie kosmiczne: dlaczego dobry Bóg dopuszcza zło⁶? Odpowiedź udzielona przez Vittorio Messoriego (i Pascala) brzmi: aby nie zmuszać wszystkich do wiary w Odkupienie. Aby oddzielić ziarno od plew; aby "wielbłąd przechodził" przez wąską bramę w murach Jerozolimy, zwaną "uchem igielnym".

8.3. "Wszystko, co żyje i lata"

Świat zewnętrzny, z kwiatami, motylami, zachodami słońca, górskimi krajobrazami inspiruje poczucie piękna: dwie identyczne wizje nigdy się nie powtarzają. Zamiast tego, sam świat fizyczny, tuzin cząstek w sumie może powodować monotonię i powtarzalność. Ewolucja? Nie! Wydaje się, że to Stwórca znalazł przyjemność w czynieniu Świata pięknym (i dobrym), tworząc wszystko, co pełza i co lata:

⁴ Tamże, s. 92.

⁵ Tamże, s. 147

⁶ G.W. LEIBNIZ, *Saggi di teodicea sulla bontà di Dio, la libertà dell'uomo e l'origine del male*, (Rozważania o dobroci Boga, wolności człowieka i źródłach zła), Bompiani, 2005.

Potem Bóg rzekł: «Niechaj się zaroją wody od istot żywych, a ptactwo niechaj lata nad ziemią, pod sklepieniem nieba!» Tak stworzył Bóg wielkie potwory morskie i wszelkiego rodzaju pływające istoty żywe, którymi zaroily się wody, oraz wszelkie ptactwo skrzydlate różnego rodzaju. Bóg, widząc, że były dobre, pobłogosławił je tymi słowami: «Bądźcie płodne i mnożcie się, abyście zapełniały wody w morzach, a ptactwo niechaj się rozmnaża na ziemi»⁷ (*Rdz 1:20-22*)

Kościół, zwłaszcza Kościół protestancki, był bardzo sceptyczny wobec teorii ewolucji. Nie dlatego, że Biblia tego nie dopuszcza: co więcej, opis sześciu dni stworzenia inspirował właśnie ideę stopniowego rozwoju. Zasadniczym problemem był, jak wskazał św. Jan Paweł II, pochopny wniosek, jaki część opinii naukowej wyciągnęła z ewolucji: życie samo się stworzyło. W razie potrzeby wszystko można zredukować do procesów materialnych: materia ma sama w sobie poczucie samoorganizacji lub dziwną zdolność do korzystania, miliardy lat później, z tych samych "ewolucyjnych" rozwiązań⁸. Stąd popularność, nawet wśród wierzących (nie wspominając o filozofach) teorii Ilji Prigogine'a termodynamicznej samo-organizacji; nawet jeśli on sam zadawał sobie pytania o filozoficzny sens nauki i "czy świat stworzył wszystko dla siebie".⁹



Ryc. 8.3. Złote sklepienie Baptysterium Św. Jana we Florencji (XIII w.): autor mozaik połączył stworzenie gwiazd, systemu Słonecznego, oceanów, ryb i ssaków z historią Adama i Ewy. Nad całym stworzeniem panuje Jezus Chrystus. FOTO: MARIA KARWASZ, 2004

⁷ Pallottinum, *Księga Rodzaju*, https://pallottinum.pl/files/wysiwyg/source/AGENDA_SPIS_TRESCI/ST_DU%C5%BBY_DRUK_T_1_RODZAJU.pdf

⁸ Przypomnijmy przykład drobnoustrojów, które używają "wici" do poruszania się w kałużach i te same wici, które służą do usuwania śluzu z ludzkich oskrzeli (patrz ryc. 5.10).

⁹ W książce *A New Alliance* (1986, z Isabelle Stengers) Prigogine zadał pytania o jedność nauk eksperymentalnych i filozoficznych, a jego ostatnia książka-wywiad z nim i innymi znanymi naukowcami (astrofizykami, genetykami, botanikami, lekarzami) nosi tytuł *Le Monde s'est-il créé tout seul?* (Czy Świat sam się stworzył?) Albin Michel 2008. <https://www.agoravox.fr/actualites/technologies/article/le-monde-s-est-il-cree-tout-seul-39843> (26.05.2019).

8.4. "Żywa istota"

Trzecim etapem stworzenia, po fizycznym i biologicznym, są narodziny człowieka. Pytanie, czy człowiek jest wynikiem ewolucji, która miała miejsce w różnych regionach Ziemi, czy też jest "Stworzeniem", to znaczy nagle wyłonił się z *boskiego tchnienia*, wcale nie jest drugorzędne. Genetyka i antropologia nie wykluczają natychmiastowego i zlokalizowanego stworzenia ludzkiej "rasy". Dwa rozkłady statystyczne genomu, które pokazaliśmy na ryc. 6.12, pokrywają się: pozostaje możliwe, że ta konkretna badana populacja miała tę samą parę rodziców. I nie tylko oni, o czym mówiliśmy w rozdziale VI. Ale apologetyka nadal wykazuje nieufność.

wtedy to Pan Bóg ulepił człowieka z prochu ziemi i tchnął w jego nozdrza tchnienie życia, wskutek czego stał się człowiek istotą żywą [żyjącą]. (Rdz 2:7)¹⁰

Subtelna gra słów we włoskim odróżnia "żyjącą" (*vivente*) istotę od "żywej" (*viva*) istoty. Niewidzialna różnica odróżnia duszę *zwierzęcą* od "dechu życia", które Bóg "tchnął w nozdrza" pierwszego człowieka. Jak omówiliśmy w artykule w hiszpańskim czasopiśmie kościelnym¹¹ jedyną różnicą, którą należy zaproponować, niestety nieweryfikowalną za pomocą fizyki, jest *nieśmiertelność* ludzkiej duszy. Ale ta nieśmiertelna dusza nie oznacza tylko "życia wiecznego", jak wyjaśnia Joseph Ratzinger:

Posiadać bowiem "duszę duchową" oznacza właśnie być chcianym w szczególnie sposób, być poznanym i kochanym przez Boga w szczególnie sposób; mieć duszę duchową oznacza być stworzeniem powołanym przez Boga do wiecznego dialogu z Nim, stworzeniem zdolnym z kolei poznać Boga i odpowiedzieć na nie.¹²

Wówczas "tchnienie życia", wysłane do nozdrzy Adama, oznacza nieśmiertelną duszę: daną pierwszemu *człowiekowi* jako takiemu, także każdemu człowiekowi w łonie matki¹³. Akceptacja stworzenia człowieka rozwiązuje jeszcze jeden współczesny dylemat: tożsamość mężczyzny i kobiety oraz naszą relację z naturą.

¹⁰ *Biblia Pallottinum, op. cit.*

¹¹ G. KARWASZ, *Trzy dusze Arystotelesa we współczesnej nauce: ponowne czytanie "De Anima"*, «Cauriensia» 13 (2018) s. 429-458.

¹² J. RATZINGER, *Wprowadzenie do chrześcijaństwa*, Queriniana, Brescia 2010, s. 345

¹³ Nie wchodzimy w ten temat, który był trudny nawet dla św. Tomasza.

Stworzył więc Bóg człowieka na swój obraz, na obraz Boży go stworzył: stworzył ich mężczyzną i niewiastą. Po czym Bóg im błogosławił, mówiąc do nich: «Bądźcie płodni i rozmnażajcie się, abyście zaludnili ziemię i uczynili ją sobie poddaną; abyście panowali nad ptactwem podniebnym, nad rybami morskimi i nad wszystkimi zwierzętami pełzającymi po ziemi» (*Rdz 2:27-28*)

Podobieństwo do Boga nadaje każdemu człowiekowi "nienaruszalne i niezbywalne prawa"¹⁴, które nie potrzebują instytucjonalnego potwierdzenia. Maria Montessori pisała: "Szukajcie przede wszystkim Boga, a reszta przyjdzie sama jako obfite owoce".¹⁵ W tych samych wersetach Księgi *Rodzaju* człowiek jest zobowiązany szanować stworzenie jako takie: jest to temat bardzo drogi papieżowi Franciszkowi.

Pytanie, które pojawiło się u kilku myślicieli, w tym Alberta Einsteina, brzmi: Jak Bóg stworzył człowieka na swój obraz? Czy nie było innych możliwości? Einstein z obserwacji antropomorficznego Boga dochodzi do niebezpiecznych propozycji na temat religii uniwersalnej, kosmicznej, oraz moralności, które nie muszą pochodzić od Boga, ale mogą być owocem dobrych intencji człowieka¹⁶. Ale totalitaryzmy XX wieku pokazały, poprzez dziesiątki milionów ofiar, do



kład prowadzi moralność nie oparta na religii. Z przekonaniem podpisujemy się pod słowami Vittorio Messoriego: „najpierw wiara potem etyka”.

Ryc. 8.4. Po raz kolejny posłużymy się obrazem z katedry św. Marka w Wenecji, z XIII wieku, kiedy to wobec braku wiedzy genetycznej i oficjalnych kanonów teologicznych artyści musieli posługiwać się swoją indywidualną, nieodłączną *intuicją religijną*: Adam na kopule Księgi *Rodzaju* jest Afrykaninem. Otwartość kulturowa typowa dla Wenecjan czy przebłysk geniuszu? ŹRÓDŁO: KINA EDIZIONI, dzięki uprzejmości Patriarchy Wenecji.

¹⁴ Słowa preambuły Konstytucji Europejskiej, patrz: https://europa.eu/european-union/sites/europaeu/files/docs/body/treaty_establishing_a_constitution_for_europe_it.pdf.

¹⁵ M. MONTESSORI, *Educare alla libertà*, Oscar Mondadori, Mediolan 2008, s. 50.

¹⁶ „Etyczne postępowanie człowieka musi być skutecznie oparte na współczuciu, wychowaniu i więziach społecznych, bez odwoływania się do jakichkolwiek zasad religijnych.” Albert Einstein, *Come io vedo il mondo* (Jak widzę świat?) op. cit., s. 27, tłum. GK

8.5. Drzewo wiedzy

Bóg stworzył człowieka nie tylko z "duszą rozumną", jak zauważył już Arystoteles, ale także obdarzył nas etyką. I w przeciwieństwie do kodeksów "cywilnych", takich jak Hammurabiego, etyka Biblii uczy nie tylko strachu, ale przede wszystkim miłości. Usprawiedliwienie jest zawsze takie samo: "Ja jestem Pan, Bóg twój":

Nie będziecie wydawać niesprawiedliwych wyroków. Nie będziesz stronniczym na korzyść ubogiego, ani nie będziesz miał względów dla bogatego. Sprawiedliwie będziesz sędził bliźniego. Nie będziesz szczył oszczerstw między krewnymi, nie będziesz czyhał na życie bliźniego. Ja jestem Pan! Nie będziesz żywił w sercu nienawiści do brata. Będziesz upominał bliźniego, aby nie zaciągnąć winy z jego powodu. Nie będziesz szukał pomsty, nie będziesz żywił urazy do synów twego ludu, ale będziesz miłował bliźniego jak siebie samego. Ja jestem Pan! (*Kpł*, 19, 15-19)

Grzechem pierwotnym było wykroczenie: nieposłuszeństwo Bogu. Ale szczególne wykroczenie: pragnienie samodzielnego odróżniania dobra od zła; innymi słowy, budowanie etyki na miarę człowieka. Marek Aureliusz nie tylko okazał się pełen wątpliwości tworząc swoją etykę; nawet w XX wieku nie jest możliwe, wyłącznie za pomocą myśli filozoficznej, zdefiniowanie dobra indywidualnego i wspólnego¹⁷.

Na rozkaz Pana Boga wyrosły z gleby wszelkie drzewa miłe z wyglądu i smaczny owoc rodzące oraz drzewo życia w środku tego ogrodu i drzewo poznania dobra i zła. (*Rdz*, 2, 9)

Pan Bóg wziął zatem człowieka i umieścił go w ogrodzie Eden, aby uprawiał go i doglądał. A przy tym Pan Bóg dał człowiekowi taki rozkaz: «Z wszelkiego drzewa tego ogrodu możesz spożywać według upodobania; ale z drzewa poznania dobra i zła nie wolno ci jeść, bo gdy z niego spożyjesz, niechybnie umrzesz» (*Rdz*, 2, 15-17)

Człowiek XXI wieku stara się zebrać owoce obu drzew: zachować swe nieskończone piękno i wigor w czasie, oraz niezmierną mądrość. Wszyscy jesteśmy przekonani, że nie jest możliwe posiadanie wszystkich dóbr materialnych. Ale nikt, z wyjątkiem kilku wielkich

¹⁷ Przykładem daremnych prób zdefiniowania dobra etycznego jest dzieło George'a Edwarda Moor'a (1873-1958): powinno to być działanie, które przynosi szczęście, być może każdemu. Ale skąd wiesz - komu i kiedy? Zob. G.E. MOORE, *Etyka*, PWN Warszawa, 1980.

naukowców, nie zdaje sobie sprawy, że nawet chęć poznania wszystkiego jest grzechem pychy.

Dotarliśmy więc do "rdzenia" dyskursu Nauka i Wiara: nie musimy znać mas kwarków, aby żyć ze zdrowym wewnętrznym kompasem moralnym. Dobrze jest wiedzieć, że są naukowcy, którzy mierzą te masy, miło jest ich spotkać, ale Wiara, dobrze zakorzeniona w sercu jest lepsza od zimnej nauki. Ważne jest jednak, aby wiara była odczuwana i medytowana. Powierzchnowa wiara jest tylko zwyczajem lub przesądem.

Kara za nieposłuszeństwo Adama i Ewy była straszna: zmęczenie i śmierć. Aby nie móc dotrzeć do drzewa życia, zostali wyrzuceni z Edenu. Ale Bóg Wszechmogący musi być także nieskończenie miłosierny: świat już zawaliłby się pod ciężarem zła. W ten sposób Bóg "delegował" swojego własnego Syna, aby wybawił nas nie tylko z grzechu Adama i Ewy, ale wszystkich ludzi, aż do końca czasów. I Syn stał się człowiekiem, we wszystkich aspektach materialnego świata¹⁸, stając się równym nam w myślach i uczuciach, z wyjątkiem grzechu.



Ryc. 8.5. (a) Gest Boga był bardzo jasny: zakaz. Kaplica Palatynów, Palermo, XIII w. b) Katedra św. Doroty w Gdańsku (zob. przypis).



¹⁸ Aż do Soboru Florenckiego (1439 r.) istniała tradycja przedstawiania w Zwiastowaniu tchnienia Ducha Świętego, który posyła także małe ludzkie ciało. Obraz tego znajduje się w Katedrze NMP w Gdańsku (ołtarz św. Doroty, Anglia, 1435). Taka interpretacja została zakazana: ciało przybyłe z nieba nie mogło cierpieć na krzyżu (podziękowania dla dr Marii Teresy Lezzi Gorgi za te wyjaśnienia).

Odpowiedzi na pytanie, dlaczego Bóg ukształtował nas na swój obraz, może być wiele. Być może najważniejszą jest możliwość uczestniczenia w naszych ludzkich aspiracjach, pragnieniach, próbach, porażkach. Wybitny polski pisarz science fiction, Stanisław Lem, człowiek wielkiej kultury humanistycznej, który jednak stał się ateistą po bolesnych doświadczeniach lekarza w szpitalu psychiatrycznym pod okupacją hitlerowską, w jednym ze swoich opowiadań zajął się tą kwestią. Jego odpowiedź brzmiała: móc zrozumieć siebie, to znaczy dzielić nasze ludzkie wydarzenia. Bóg jest wśród nas: Emmanuel!

8.6. Emmanuel, czyli Bóg wśród nas

Mając na uwadze obronę wiary, pierwszym pytaniem, które należy zadać, jest to, w jaki sposób chrześcijaństwo pozostaje szczególne w porównaniu z innymi religiami. We wszystkich kultach byli męczennicy, we wszystkich religiach pewne jednostki, takie jak faraonowie, cieszyły się kultem Bożym. Chrystus został ogłoszony królem, ale tylko przez Piłata, w sentencji wyroku. Anioł nazwał go Jezusem¹⁹:

Po zaślubinach Matki Jego, Maryi, z Józefem, w pierwim nim zamieszka-li razem, znalazła się brzemienną za sprawą Ducha Świętego. Mąż Jej, Józef, który był człowiekiem sprawiedliwym i nie chciał narazić Jej na zniesławienie, zamierzał oddalić Ją potajemnie. Gdy powziął tę myśl, oto anioł Pański ukazał mu się we śnie i rzekł: «Józefie, synu Dawida, nie bój się wziąć do siebie Maryi, twej Małżonki; albowiem z Ducha Świętego jest to, co się w Niej poczęło. Porodzi Syna, któremu nadasz imię Jezus, On bowiem zbawi swój lud od jego grzechów». A stało się to wszystko, aby się wypełniło słowo Pańskie powiedziane przez Proroka: Oto Dziewica poczne i porodzi Syna, któremu nadadzą imię Emmanuel, to znaczy: "Bóg z nami". (*Mt*, 1, 18-23)

Katolicka dogmatyka wydaje się nie mieć większego sensu: Syn Boży, wcielony za sprawą Ducha Świętego, poczęty w łonie Najświętszej Maryi Panny, ukrzyżowany, a następnie zmartwychwstały. Rozumowanie niemożliwe do wyjaśnienia. Pozostaje Wiara, drugie "skrzydło ludzkiego ducha", by zacytować św. Jana Pawła II.

Jego następcą Joseph Ratzinger, jeden z największych teologów wszechczasów, napisał w 1968 r.: "Osoba Jezusa *jest* Jego doktryną a

¹⁹ <https://biblia.deon.pl/rozdzial.php?id=244>

Jego doktryną *jest* On sam. Dlatego wiara chrześcijańska, to znaczy wiara w Jezusa jako Chrystusa, jest prawdziwie «wiarą osobistą».²⁰

To jest właśnie cecha wiary chrześcijańskiej, a wiary katolickiej w szczególności: być osobistą. Twarzą w twarz, w półmroku konfesjonału, z kapłanem jako pośrednikiem, ale tylko dzięki wyraźnemu powierzeniu mu roli przez Jezusa. Co do reszty – żadnej odpowiedzialności zbiorowej, żadnej świętej wojny, żadnego cesarza za plecami patriarchy. Żadnej pewności ani "skrót" – żał powiedzieć – nawet po stronie nauki. Chrześcijaństwo jest religią wolnego wyboru.

Kontynuując wyjaśnienia papieża Benedykta XVI z jego książki z 1968 r., można porównać narodziny Jezusa do dalszego stworzenia:

Poczęcie Jezusa jest nowym stworzeniem, a nie prokreacją Boga. W ten sposób Bóg nie staje się biologicznym ojcem Jezusa i zarówno Nowy Testament, jak i teologia Kościoła zasadniczo nigdy nie widziały w tym opowiadaniu, ani w wydarzeniu w nim opisanym, fundamentu prawdziwej boskości Jezusa, Jego "boskiego synostwa". Nie oznacza to bynajmniej, że Jezus jest w połowie Bogiem, a w połowie człowiekiem, ale dla wiary fakt, że Jezus jest całkowicie Bogiem i całkowicie człowiekiem, zawsze był fundamentalny. Jego bycie Bogiem nie pociąga za sobą odjęcia od bycia człowiekiem [...] Synostwo Boże, o którym mówi wiara, nie jest bowiem faktem biologicznym, lecz ontologicznym; nie jest to proces, który dokonał się w czasie, ale w wieczności Boga: Bóg jest zawsze Ojcem, Synem i Duchem; poczęcie Jezusa oznacza, że rodzi się nowy Bóg-Syn, ale Bóg, jako Syn w człowieku Jezusie, przyciąga do siebie stworzenie, człowieka, a także sam jest człowiekiem.

Trudne słowa, prawda? Teologia znacznie przekracza fizykę. Wiara dla wierzącego stanowi kotwicę, bezpieczną przystań. Nauka pomaga rozumować, ale działa tylko jako wsparcie. A wszyscy papieże ostatnich czasów, poczynając od Jana XXIII, nalegali na trzecie «wsparcie»: miłość. Poprzedzili ich młode święte (św. Teresa od Dzieciątka Jezus, św. Faustyna Kowalska), które chciały zostać męczennicami z miłości do Chrystusa. Ale pierwszą, która Go pokochała (i zrozumiała) była Maryja.

²⁰ J. RATZINGER, Wprowadzenie do chrześcijaństwa, op. cit., s. 197. Pierwsze wydanie (w języku niemieckim) 1968.



Ryc. 8.6. Miłość macierzyńska jest archetypem wszystkich miłości. Ale tylko miłość Boga do Jego stworzenia jest nieskończona.

Uderza nas nie piękno obrazu, ale kwiaty zawsze świeże pod obrazem, znak miłości pielgrzymów do Matki Bożej.

AUTOR: ANDREA DELLA ROBBIA (ok. 1500), Bazylika Maggiore della Verna, foto MARIA KARWASZ, 2005.

Podsumowanie

9.1. O ciągłym przesuwaniu się granic

W całej książce widzieliśmy, jak różne terminologie, argumenty, rozumowania zmieniały swoje znaczenie przez tysiąclecia historii kultury. Dla przed-sokratejskich Greków najpilniejsze było pojęcie materii – przywoływali więc "powietrze", "wodę" itd., czyli "stany" materii, jak nazywa się je po włosku lub "stany skupienia", jak się od określa w języku polskim.

Przez krótki okres historyczny – kilka dekad na przełomie XIX i XX wieku wydawało się, że kwestia materii została rozwiązana: to atomy, różnie ułożone (czyli z różnymi odległościami między nimi), tworzą stan stały, ciekły lub gazowy. A bardziej szczegółowo: atomy są zbudowane z elektronów, protonów i neutronów. Liczba elektronów (równa liczbie protonów) określa wszystkie właściwości chemiczne pierwiastka. Pojęcie "materii" przeszło definitywnie z dziedziny filozofii do fizyki i chemii.

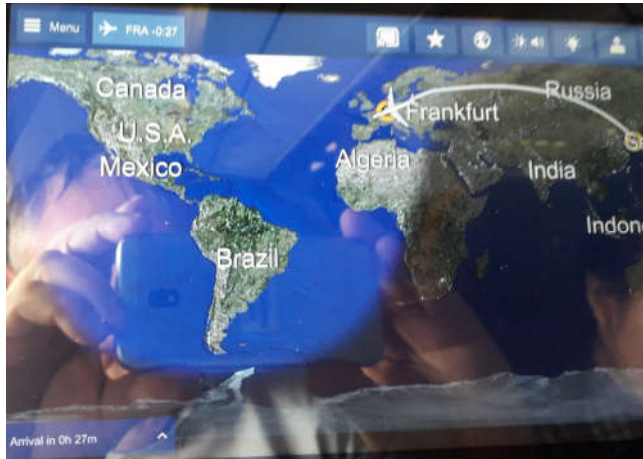
Ale wraz z $E = mc^2$ Einsteina ta prostota budowy materii ponownie zawiodła: teoretycznie z każdej formy energii może powstać inna forma a także prawie każda (obowiązują pewne zasady zachowania), nawet bardzo dziwna, forma materii. W terminologii Arystotelesa rzeczywistość materii, widzialnej, namacalnej (tzn. *aktualnej*), staje się *potencjalnością* materii: dwie wiązki ultraszybkich elektronów podróżują w wielkich akceleratorach w nieskończoność, ale kiedy się zderzą *mogą* wytworzyć inne, najróżniejsze cząstki. Energia zamienia się w materię. Tak więc fizyczna klarowność "materii" ponownie nabrała *metafizycznych* konotacji: nie jesteśmy w stanie przewidzieć za pomocą zasad fizyki (tj. matematyki) *dokładnych* prawdopodobieństw, że te, a nie inne cząstki elementarne powstają w zderzeniu dwóch elektronów. „Wierzymy” w te zasady, nie potrafiąc wyjaśnić powodów ich „działania”.

Pojęcie materii jest tylko jednym z wielu przykładów terminów, których domena pojęciowa przesuwana się między fizyką a metafizyką – w górę i w dół, przez cały czas. *Przestrzeń* i *czas* są podobnymi przypadkami. Arystoteles włączył je do *jego Fizyki* i natrafił na wiele trudności pojęciowych. Rezultatem rozważań na temat czasu była tylko definicja chwili "teraz" (jak w punkcie „zero” na osi kartezjańskiej) i przeszłości (jako pół po lewej, ujemnej stronie) i przyszłości. W kwestii przestrzeni Arystoteles był nieco bardziej rozstrzygający: przestrzeń jest odległością między brzegiem jednego ciała a drugiego. Innymi słowy: przestrzeń jest częścią materii i bez materii prawie, prawie (filozoficznie) by nie istniała.

Dzięki błyskotliwym rozważaniom Galileusza przestrzeń nabrała abstrakcyjnych, matematycznych konotacji: układ odniesienia jest z góry zdefiniowany w każdym zadaniu z fizyki. Obiekty fizyczne są "wstawiane" do tego systemu dopiero później. Kontynuując to rozumowanie (i widząc trudności, z jakimi Newton musiał radzić sobie z działaniem grawitacyjnym na odległość bez wyraźnego ośrodka fizycznego), Kant przypisał przestrzeni i czasowi istnienie "transcendentalne" – oba stały się kategoriami czystego rozumu. Aż do czasów Einsteina, który swą ogólną teorią względności przywrócił materii zarówno przestrzeń jak i czas.

W naszej (tj. autorskiej) "teologicznej" interpretacji zarówno przestrzeń jak i tym bardziej czas, są sposobem, w których zakotwiczył nas dobry Bóg: dusza ludzka, stworzona na Jego podobieństwo, umieszczona w śmiertelnym (w przeważającej liczbie przypadków, zob. rozdział X) ciele.

Nieustanne przeplatanie się, również w tej książce, filozofii, nauki i wiary jest konsekwencją częściowego nakładania się na siebie pewnych pojęć i wyobrażeń. Granice między "trzema naukami" św. Tomasza nieustannie się przesuwają – nie w jednym kierunku, ale ciągle się zmieniają, jak obracająca się Ziemia, oświetlona w różnych strefach czasowych, zob. ryc. 9.1. Czas i przestrzeń, domena fizyki u Arystotelesa, przeszły do filozofii u Kanta, aby znów wrócić do fizyki Einsteina. Atomy, filozoficzne u Demokryta i Leibniza, obserwujemy za pomocą mikroskopów fizyki, ale dlaczego różne pierwiastki wykazują tak różne własności chemiczne, najlepiej wyjaśnił Św. Tomasz. Pytanie, co było przed Wielkim Wybuchem, zostało natomiast usunięte i z fizyki i z filozofii. W poszukiwaniu odpowiedzi warto zajrzeć do *Scholium generale* Newtona.



Ryc. 9.1. Lecąc z Seulu do Frankfurtu wydaje się, że to obszary cienia (noc) i światła (dzień) poruszają się nieprzerwanie po powierzchni Ziemi. Natomiast od czasów Kopernika wiemy, że to właśnie Ziemia się obraca. Podobnie domeny ludzkiej wiedzy stają się na przemian domeną nauki, filozofii czy teologii – w nieustannym przesuwaniu się granic. ZDJĘCIE: GK.

Idea przesuwania się granic nie jest nowa – sięga św. Tomasza, jeśli nie św. Augustyna. Św. Tomasz wyróżnił trzy nauki: matematykę, która zajmuje się przedmiotami w przestrzeni, fizykę, która zajmuje się przedmiotami w przestrzeni i w materii, oraz teologię, która zajmuje się przedmiotami *poza* przestrzenią i materią.

W przedmowie do "Komentarzy do Boecjusza" św. Tomasza, Pasquale Porro pisze:¹

W każdym razie Tomasz nie interpretuje schematu Boecjusza [trzech nauk] w sposób sztywny: innymi słowy, każdy sposób postępowania nie powinien być uważany za wyłączny dla nauki, do której jest przypisany, ale jako szczególnie odpowiedni lub wygodny dla niej. Na przykład fizyka nie jest jedyną nauką, która używa racjonalnego sposobu postępowania, ale jest tą, która najlepiej odpowiada na tę samą wewnętrzną dynamikę naszego rozumu: w rzeczywistości rozumowaniem jest przejście od rzeczywistości zmysłowych do umysłowych i postępowanie dyskursywnie (a nie za pomocą prostego intuicyjnego aktu) od jednej rzeczy do drugiej, Obie te cechy odnajdujemy przede wszystkim w procesach przyrodniczych.

¹ TOMMASO D'AQUINO, *Commenti a Boezio. Super Boetium de Trinitate, exposito libri boetii de ebdomadibus* Rusconi, Milano 1997, P. PORRO, *Introduzione*, s. 28-29,

Jeśli chodzi o matematykę, stanowi ona dla Tomasza – jak już częściowo mówiliśmy – naukę zdolną zapewnić absolutnie największą pewność: większą niż nauki przyrodnicze, ponieważ abstrahuje od materii i ruchu, które zawsze wiążą się z pewnym składnikiem niestabilności i przygodności; ale nawet bardziej niż nauka boska [teologia], bo oferuje nam korzyść, w porównaniu z tą ostatnią, rozważania rzeczywistości mniej odległych od zmysłów i od wyobraźni.

Wracając do przestrogi kard. Josepha Ratzingera: nie ma żadnego "odwrotu" od dogmatów wiary. Po prostu, obserwujemy stałe *przesuwanie się* granic między fizyką, metafizyką i teologią²: trzy nauki teoretyczne, zdefiniowane jako takie przez Arystotelesa i św. Tomasza. A postęp (na okrągłej kuli) nie implikuje żadnego kierunku.

9.2. Dlaczego Bóg nie zrobił wszystkiego jednym kliknięciem?

Na początku tej książki omawialiśmy, że łańcuch zdarzeń - powstania (a kto woli: stworzenia) materia & duch → wodór & hel → galaktyki & gwiazdy → planety & księżycy → morze & ziemia nadająca się do zamieszkania, nie jest trywialny. "Naiwny" projekt powinien zacząć się natychmiast od Słońca, Ziemi i drzew. Z takiego punktu widzenia nawet ewolucja biologiczna wydaje się nie być konieczna. Ale wiedząc, że to samo środowisko "ziemskie" powstało w warunkach wulkanicznych, kwaśnych i beztlenowych, 2-3 miliardy lat temu, ewolucja biologiczna jest absolutnie niezbędnym mechanizmem.

Następnie rozważania na temat pierwszych chwil życia, początkowo bardzo prostego, beztlenowego, z kodonami DNA prawdopodobnie zawierającymi tylko 2 litery (i mniej aminokwasów użytych), bez wyspecjalizowanych organelli (tylko funkcja produkcji tlenu, przez miliard lat): ta sekwencja też mogłaby zostać skrócona, np. natychmiast dinozaury, a zaraz potem człowiek? Ale chemicznie wytworzona atmosfera tlenowa naruszyłaby prawa chemii: tlen musi wiązać się z żelazem, w formie rdzy, jak na Marsie.

Ale Bóg (jeśli wierzymy) istnieje poza przestrzenią i czasem (przestrzeń i czas rodzą się z materią), więc mógłby natychmiast stworzyć również życie. Ale w tym momencie ominąłby przestrzeń i czas, który

² Przesuwanie się granic dotyczy wszystkich nauk – geografii i fizyki, biologii i astronomii, a nawet literatury i fizyki: nazwa *kwark* została zapożyczona od Jamesa Joyce'a.

sam stworzył. Ale czy potrzebujemy przestrzeni i czasu? Tak! Choćby, aby zobaczyć piękno świata, jak na ryc. 9.2



Rys. 9.2. Człowiek dodaje swoje dzieła do piękna świata stworzonego przez Boga: starożytni Grecy budowali teatry w najpiękniejszych miejscach Morza Śródziemnego, takich jak Taormina, na tle morza i wulkanu. ZDJĘCIE: MARIA KARWASZ, 2003.

Jest też fakt antropiczny. Bóg stworzył (jeśli wierzymy) człowieka na swój obraz i podobieństwo (Księga Rodzaju powtarza to trzy razy, jeśli nie cztery).³ Nasz umysł może w jednej chwili przenieść się do najodleglejszych galaktyk, gdzie jednak nie możemy wysłać sondy kosmicznej ani nawet wiadomości: to Einstein (lub Bóg?) nam w tym przeszkodził. W innym sformułowaniu przestrzeń i czas nie są kategoriami czystego rozumu, jak wierzył Kant, ale są *kotwicami*, bardzo, bardzo realnymi (tj. fizycznymi), które nas *umiejscawiają*. W przeciwnym razie nie byłibyśmy "na Jego obraz", ale "jak On".

³ „A wreszcie rzekł Bóg: «Uczyńmy człowieka na Nasz obraz, podobnego Nam. Niech panuje nad rybami morskimi, nad ptactwem powietrznym, nad bydłem, nad ziemią i nad wszystkimi zwierzętami pełzającymi po ziemi!» Stworzył więc Bóg człowieka na swój obraz, na obraz Boży go stworzył: stworzył mężczyznę i niewiastę”. (*Gen. 1:26-27*). Wyd. Pallottinum,

9.3. Na początku było Logos

Pokazaliśmy, jak cały świat (materialny, bo tylko ten podlega nauce Galileusza) jest zmysłowy: bardzo skomplikowany, trudny do zrozumienia (jak sformułowania ogólnej teorii względności); owszem, pod pewnymi względami niemożliwy nawet do odgadnięcia (jak mechanika kwantowa), ale niewątpliwie logiczny. Wiele książek używa wyrażenia "umysł wszechświata", a także przytacza opinię kolegów matematyków, zgodnie z którą Bóg jest niewątpliwie matematykiem.

Zrozumienie biologii oznacza uporządkowanie nieskończonych reakcji, które są możliwe dzięki chemii organicznej. Zapewne dlatego nie mamy nadal w biologii „praw” tak ścisłych jak te Newtona. Ale i nauki humanistyczne wymagają umiejętności porównywania licznych tekstów, w różnych językach, napisanych przez ateistycznych myślicieli i wierzących, w różnych systemach politycznych i okresach historycznych. Potrzebujemy *porządku*, czyli logosu (przeciwności chaosu).

Zauważmy dobrze, że nie używamy określenia "Słowo", które jest tłumaczeniem greckiego "Logos" (wielką literą): «Na początku było Słowo, a Słowo było u Boga, i Bogiem było Słowo» (J 1, 1).

Należy pamiętać, że rozumowanie o dogmatach wiary, porównywanie słów Biblii do współczesnych nauk, jest rodzajem mentalnej "gry", w muzyce takie dzieło nazwano by "*scherzo*". Po zabawie (umysłowej) z żartami, należy ponownie otworzyć i przemyśleć Słowo, to przez duże „S”.

Ono było na początku u Boga. Wszystko przez Nie się stało, a bez Niego nic się nie stało, co się stało. W Nim było życie, a życie było światłością ludzi, a światłość w ciemności świeci i ciemność jej nie ogarnęła. (J 1, 2-4).

Tym razem ciemność nie jest fizyczna, ale moralna, jak na fresku kościoła Asklepio, patrz ryc. 8.2. *Biblia, jak* powiedział wielki Galileusz, nie jest księgą, która wyjaśnia, jak powstaje niebo, ale jak do niego możemy dotrzeć.

9.4. Pięć "dowodów" na istnienie Boga

Św. Tomasz, prawdopodobnie największy myśliciel chrześcijański, filozof i teolog, podał pięć "dowodów" na istnienie Boga. Dowody te były częściowo oparte na tematach, które obecnie należą do fizyki. Ich opis jest zwięzły i stanowi podstawę całej "sumy teologicznej".

Dzisiaj – po siedmiu wiekach fascynującego rozwoju kultury ludzkiej: architektury, sztuki, fizyki, antropologii itd. – możemy zdefiniować inne dowody. Oto one:

1) Istnieje piękny i ogromny świat.

Świat istnieje i wiemy, że fizycznie jest nadzwyczaj złożony: ze stałymi uniwersalnymi „dobranymi” z nieskończone wielką precyzją i prawami, których w dużej mierze nie jesteśmy w stanie zrozumieć. Świat wykonany jak zegarek mechaniczny byłby znacznie prostszy.

2) Istnieje człowiek, bardzo złożony.

Istnieje człowiek, który różni się we wszystkich aspektach (z wyjątkiem biologii ciała) od zwierząt i który jest kulturowo bardzo, bardzo skomplikowany. Człowiek, aby żyć, nie potrzebowałby całej tej filozoficznej zawłości.

3) Są wierzący naukowcy.

Są naukowcy, ludzie, którzy przez większość wolnego czasu medytują, wymyślają, piszą. Większość z tych myślicieli, którzy w decydujący sposób przyczynili się do postępu naukowego (wykresy Kartezjusza, grawitacja Newtona, matematyka Leibniza), podjęło również dyskusję o istnieniu Boga. Przez pomyłkę? A może z przekonaniem?

4) Istnieje kultura, od wieków chrześcijańska.

Od czasów św. Tomasza, pomimo braku środków technicznych i głodu, społeczeństwa "pozwalały sobie" na budowanie katedr, jednej wspanialszej do drugiej, wydając fortuny i miliony lat pracy. Najzdolniejsi artyści we wszystkich czasach poświęcili swoje najcenniejsze talenty głoszeniu chwały Bożej. Dlaczego?

5) Istnieją święci i cuda.

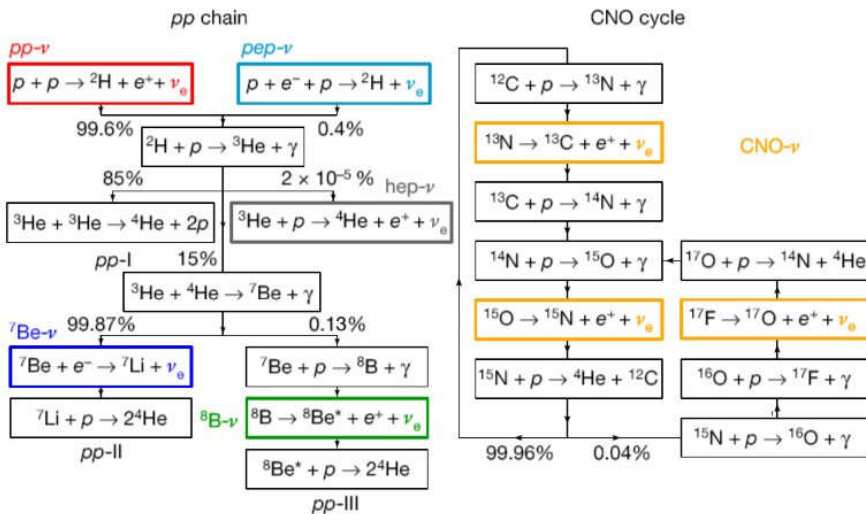
Od zarania chrześcijaństwa ogromne rzesze młodzieży, dorosłych i osób starszych poświęciły dar swojego (biologicznego) życia męczeń-

stwu. Zapisano tysiące świadectw cudów. Szeregi wiernych są nieprzeliczalne. Wszystko przez zbiorowe szaleństwo? Albo dla prawdziwej transcendentalnej Istoty? Nazywanej Bogiem?

Dla nas nie są to dowody, ale tylko wskazówki – za Vittorio Mes-sorim (i Blaise'em Pascalem) – wystarczające, aby przekonać tych, którzy chcą wierzyć, ale bez zmuszania, tych, którzy nie chcą.

9.5. Czy wiemy już wszystko?

Nie, nie wiemy. Wszyscy wielcy naukowcy to przyznawali: każde istotne odkrycie otwiera przed sobą morze nieznanego. Kepler odkrył matematyczne prawa obrotu planet, ale szukał niemal magicznych wyjaśnień. Newton wyjaśnił prawa Keplera, ale wprowadził działanie między ciałami na odległość, niewytłumaczalne aż do równania ogólnej teorii względności Einsteina. A o kosmologicznych konsekwencjach tego ostatniego wiemy mniej niż 1%.



Rys. 9.4. Wykres dwóch łańcuchów syntezy termojądrowej na Słońcu. Oba łańcuchy są połączone reakcją bardzo mało prawdopodobną - wychwyty cząstki *alfa* ${}^4\text{He}$ przez stan wzbudzony berylu ${}^8\text{Be}^*$ (zielona ramka). Wyniki pomiarów Gran Sasso (współpraca Borexino) z lat 2012-2016. ŹRÓDŁO: "Nature", 25.10. 2018

Niedawno zakończone (w październiku 2018) wieloletnie pomiary strumienia neutrin ze Słońca, wykonane w laboratorium Gran Sasso we Włoszech, pozwoliły oszacować poszczególne reakcje w termojądrowych łańcuchach syntezy. Wykres energii wiązania nuklidów (rys. 3.15c) pokazuje, że jądro helu jest szczególnie stabilne. Ale w jakim stopniu?

Wyniki Gran Sasso potwierdziły, że dwa łańcuchy procesów – synteza, która rozpoczyna się od wodoru (i prowadzi do berylu) oraz ta, która zaczyna się od węgla w kierunku tlenu, tworzą dwie odrębne wyspy, patrz rys. 9.4. Innymi słowy, przejście między dwoma łańcuchami jest tak wąskie (tj. mało prawdopodobne), że sygnał nie był widoczny w długich pomiarach trwających cztery lata.

Co więcej: przejście między dwiema wyspami to niemal cud fizyki. Opiera się na niezwykle krótkim stanie życia wzbudzonego jądra berylu. Bez niego nie byłoby węgla ani tlenu. Co więcej, wszystkie łańcuchy mogą prowadzić do punktu „wyjścia”, czyli ponownie helu, jak pokazano na wykresie na rys. 9.4. Świat pozornie wieczny, który zużywa energię, ale nic nie produkuje. A jednak Słońce jest "inteligentną" gwiazdą, która eksplodując uwolniła sporo ciężkich „popiołów”, takich jak siarka i żelazo, które z kolei są niezbędne dla nas, na Ziemi.

9.6. Święty Jan Paweł II: dwa skrzydła

Wszyscy papieże XX wieku byli zaangażowani w dyskusję (starcie?) między wiarą a nauką. Zaczęliśmy od kazania kardynała Ratzingera. Ale nawet Pius XII, kiedy dowiedział się o teorii Lemaître'a, ze szczególnymi na temat sposobów oceny wieku Wszechświata, wyraził się⁴:

Niewątpliwie umysł oświecony i wzbogacony współczesną wiedzą naukową, który spokojnie ocenia ten problem, przerwie ten mit całkowitej niezależnej i autochtonicznej materii, która albo nie została stworzona, albo stworzyła sama siebie, i powróci do idei stwórczego Ducha. Tym samym jasnym i krytycznym spojrzeniem, którym bada i ocenia fakty, dostrzeże i rozpozna na nowo dzieło twórczej wszechmocy, której cnota, pobłogosławiona potężnym "fiat" wypowiedzianą

⁴ *Przemówienie jego świętobliwości Piusa XII z dnia 22 listopada 1951 r. na sesję plenarną i tydzień studiów nad problemem mikrosejsmicznym*, w: *Przemówienia skierowane przez papieża Piusa XI, Piusa XII, Jana XXIII, Pawła VI, Jana Pawła II do Papieskiej Akademii Nauk w latach 1936-1986*, Pontifica Academia Scientiarum, Watykan, 1986, str. 80, tłum. GK.

nym miliardy lat temu przez Ducha Stwórcę, rozwinęła się we wszechświecie, powołując do istnienia gestem wielkodusznej miłości materię pełną energii. Naprawdę wydaje się, że dzisiejsza nauka, nagle sięgając miliony wieków wstecz, zdołała stać się świadkiem tego pierwotnego "Fiat Lux!", kiedy z niczego wybuchło od materii morze światła i promieniowania, podczas gdy atomy pierwiastków chemicznych rozdzieliły się i zebrały w milionach galaktyk.

To nie niezmiennosc Wszechświata jest znakiem wielkości Boga, ale właśnie dynamizm świata – fizycznego, atomowego, chemicznego, gwiazdowego. Ta zmienność obejmuje również świat biologiczny, który znamy mniej precyzyjnie niż świat fizyczny: nie z powodu braku zdolności, ale dlatego, że świat biologiczny (a także chemiczny) jest z natury znacznie mniej przewidywalny niż świat fizyczny, przynajmniej klasyczny. O ile w fizyce byliśmy w stanie zdefiniować podstawowe zasady, proste stwierdzenia nie są możliwe (przynajmniej teraz) w biologii. Tak więc teoria ewolucji biologicznej nadal pozostaje bardzo fragmentaryczną nauką. Nie można jednak wykluczyć, że rządzą nim prawa nawet wyższe niż prawa fizyki, to znaczy metafizyki, w tym przyczyny teleologicznej.

Przywołajmy ponownie⁵ św. Jana Pawła II:

Już w encyklice *Humani generis* mój poprzednik Pius XII stwierdził, że nie ma sprzeczności między ewolucją a nauką wiary o człowieku i jego powołaniu, pod warunkiem, że nie zagubi się pewnych niezmiennych prawd.

Ja także, wypowiadając się na temat sprawy Galileusza podczas spotkania z uczestnikami waszej Akademii 31 października 1992 r., zwróciłem uwagę na to, że poprawna interpretacja natchnionego słowa wymaga stosowania ścisłej hermeneutyki. Trzeba precyzyjnie określić właściwy sens Pisma, odrzucając bezpodstawne interpretacje, które przypisują mu to, co jest sprzeczne z jego intencjami. Aby wyraźnie zakreślić granice swojej dziedziny badań, egzegeta i teolog powinni na bieżąco poznawać najnowsze osiągnięcia nauk przyrodniczych.

⁵ Jan Paweł II *Przesłanie do członków Papieskiej Akademii Nauk w związku z sesją «Powstanie i ewolucja życia»* Watykan, 22.20.2996. Dzieła zebrane, t. V, str. 308. Wydawnictwo M, Kraków, 2007.

Ilość informacji naukowych, którymi jesteśmy celem każdego dnia, jest imponująca. Informacje te, przedstawione w sposób fragmentaryczny, wydają się być spójne, to znaczy nie potrzebują wyjaśnień poza światem materialnym. Sami naukowcy ukrywają przed nimi wątpliwości i otwierają przed nimi problemy. Z tego powodu potrzebne są szczegółowe dyskusje, ale włączone w szerszą panoramę filozoficzną. Które są niezwykle trudne do zrobienia...

Dialog między naukami przyrodniczymi i humanistycznymi, w tym z teologią (czasami nazywaną nauką "boską") jest absolutnie niezbędny. Ta wymiana mądrości i opinii musi być dwukierunkowa: fizyka musi nieustannie czerpać ze swoich filozoficznych podstaw (jak Einstein, formułując teorię czasoprzestrzeni), a także "teolog" musi być stale informowany o rozwoju nauki, aby nie pozostawać ignorantem w dyskusji z "matematykiem" (jak powiedział św. Augustyn) i "nie narażać wiary na ośmieszenie" z powodu własnej ignorancji.

Całe nasze rozważania o naukowych argumentach na rzecz wiary w Boga kończymy słowami św. Jana Pawła II z jego Encykliki:

WIARA I ROZUM (*Fides et ratio*) są jak dwa skrzydła, na których duch ludzki wznosi się ku kontemplacji prawdy. Sam Bóg zaszczerpił w ludzkim sercu pragnienie poznania prawdy, którego ostatecznym celem jest poznanie Jego samego, aby człowiek - poznając Go i miłując - mógł dotrzeć także do pełnej prawdy o sobie.⁶

Na koniec pragnę zwrócić się także do naukowców, których poszukiwania są dla nas źródłem coraz większej wiedzy o wszechświecie jako całości, o niewiarygodnym bogactwie jego różnorodnych składników, ożywionych i nieożywionych, oraz o ich złożonych strukturach atomowych i molekularnych. [...] Przedstawiciele nauk przyrodniczych są w pełni świadomi tego, że «poszukiwanie prawdy, nawet wówczas, gdy dotyczy ograniczonej rzeczywistości świata czy człowieka, nigdy się nie kończy, zawsze odsyła ku czemuś, co jest ponad bezpośrednim przedmiotem badań, ku pytaniom otwierającym dostęp do Tajemnicy».⁷

⁶ JAN PAWEŁ II, *Encyklika «Fides et ratio». O relacjach między wiarą a rozumem*. Pallotinum, Poznań, 1998, s. 3.

⁷ Tamże, str. 156



Ryc. 9.5. Św. Jan Paweł II w czasie rejsu po Zatoce Gdańskiej (11 VI 1987). Foto Wojciech Kryński, z podziękowaniami.

9.7. Streszczenie

Podsumowanie całej tej historii jest krótkie:

1) Wszechświat, jak pisał św. Augustyn, jest największą strukturą materialną, jaką możemy poznać. Kopernik dodał, że prawdopodobnie nie możemy poznać granic wszechświata, a Einstein udowodnił to za pomocą teorii względności.

2) Bóg, według św. Augustyna, jest największą niematerialną ("niebiańską") istotą, jaka istnieje. To stwierdzenie musi być wyjaśnione słowami Newtona: Bóg jest wszechmocny i wszechwiedzący.

3) Czas i przestrzeń, według św. Augustyna, zostały stworzone przez Boga wraz ze światem. Teoria Wielkiego Wybuchu (więcej niż teoria, biorąc pod uwagę wszystkie dane eksperymentalne), intuicja Lemaître'a (katolickiego księdza), dowodzi, że przestrzeń i czas narodziły się z materią. Ogólna teoria względności Einsteina potwierdza spostrzeżenia Arystotelesa (przeciwko Kantowi), że przestrzeń i czas są częścią materii.

4) Teoria względności nakłada ograniczenia na naszą wiedzę o nieskończeniu wielkim. Zasada Heisenberga (i cała mechanika kwantowa, poczynając od równania Schrödingera) uniemożliwia nam poznanie nieskończenia małego.

5) Wydaje się, że możemy poznać wszystkie wymiary "pomiędzy" nieskończenie wielkim a nieskończenie małym, nie tylko naszej postury. A nasza czaszka jest w stanie zawrzeć w sobie cały Wszechświat - w myśli, która jest zawsze inna, indywidualna i nieporównywalna z niczym innym.

6) Nasz mózg, a może całe ciało, jak wierzy św. Tomasz, jest wypełniona ludzką duszą, która według Platona jest nieśmiertelna. Potwierdza to również Arystoteles, według którego inteligentna (i nieśmiertelna) dusza jest atrybutem jedynie istot ludzkich, *Homo sapiens sapiens*, jak nazywają je dziś biolodzy.

7) Współczesna genetyka, z antropologią i archeologią kultury, potwierdza, że *Homo sapiens sapiens* mógł pojawił się w ściśle określonym miejscu i w określonym momencie, około 120 tysięcy lat temu, gdzieś w afrykańskim rajskim ogrodzie.

8) Mechanika kwantowa, wraz ze szczególną teorią względności, pokazuje nam, że zasada przyczynowości, wielokrotnie przywoływana przez św. Tomasza, jest „żelaznym” związkiem, absolutnie obowiązującym, prawdopodobnie znacznie ważniejszym niż wszystkie inne

"zasady" fizyki. Jest to też moralne zakotwiczenie – prawo i obowiązek dla człowieka, w jego współudziale w losach świata.

9) Powstaje jednak problem: jeśli Bóg istnieje poza przestrzenią i czasem, zna także przyszłość. Rzeczywiście, dla niego przyszłość już się dokonała. Jak możemy zmienić przyszłość? Św. Tomasz ponownie odpowiada, że Bóg, szanując naszą wolną wolą pozwala nam zmieniać przeszłość, zwłaszcza przez modlitwę.

10) Zasada przyczynowości ma nie tylko konsekwencje dla fizyki, ale przede wszystkim dla etyki: każde nasze działanie będzie miało skutek. Z drugiej strony, nawet dobry Bóg stwarzając świat dbał nie tyle aby był on matematycznie doskonały, ale ażeby jest dobry.

11) Dlaczego więc zło istnieje, jak pytał Leibniz? Odpowiedział, że Bóg stworzył świat, który nie jest doskonały, ale jest najlepszy ze wszystkich możliwych światów. Tak? Idealny świat nie potrzebowałby naszych dobrych uczynków. Jak pisał Kartezjusz, człowiek może studiować wszystkie księgi, ale byłoby to stratą czasu, gdyby nie czynił również dobrych uczynków w swoim życiu.

Wreszcie niżej podpisany, profesor zwyczajny fizyki doświadczalnej⁸, również absolwent ekonomii, specjalista fizyki atomowej, antymaterii, fizyki ciała stałego, upowszechniania i nauczania fizyki, wierzy nie tylko w stworzenie świata, w grzech pierworodny, w Odkupienie człowieka, ale także w nieustanne działanie Ducha Świętego, w moc modlitwy o odwrócenie losów świata, w komunie ze świętymi i w zadaniach (talentach), które dobry Bóg powierzył wszystkim swoim stworzeniom, *przede wszystkim* człowiekowi.

⁸ Oprócz licznych publikacji naukowych (głównie w języku angielskim) polecamy lekturę dwóch tekstów w języku włoskim: G. KARWASZ, STAŁY POSTĘP GRANICY MIĘDZY TEOLOGIĄ A NAUKĄ: "FIZYKA", «Scientia et Fides», 3, 1 (2015) 61; KARWASZ, G., STAŁY POSTĘP GRANICY MIĘDZY TEOLOGIĄ A NAUKĄ: "METAFIZYKA", «Scientia et Fides», 4, 1 (2016) 151.