

ELŻBIETA KAŁUSZYŃSKA

DOI: <http://dx.doi.org/10.18290/rf.2017.65.1-12>

GRANICE NATURY, GRANICE NAUKI

1. Termin „natura” jest wieloznaczny i nawet w kontekście sugerowanym przez pomysłodawców panelu dyskusyjnego¹ może być rozmaicie rozumiany. Jedną z możliwości jest traktowanie go jako synonimu pojęcia „rzeczywistość” i z niej właśnie zamierzam skorzystać, ponieważ granice rzeczywistości — takiej jak ją postrzegamy — wyznacza nauka. Granice nauki warunkują więc również granice rzeczywistości, oczywiście, „rzeczywistości dla nas”, niestety bez pewności, że docieramy do „rzeczywistości w sobie”, z dobrze jednak ugruntowaną nadzieją, że pewne jej rysy czy przejawy udaje nam się ujawnić. Również pojmowanie nauki chcę tu zawęzić do tak zwanych nauk ścisłych, mając na uwadze w zasadzie jedynie fizykę i chemię, dla których matematyka jest niezbywalnym narzędziem badawczym.

2. Nie sędzę, aby można było wytyczać granice nauce, ograniczając przedmiot jej badań czy wskazując jakiś docelowy efekt lub moment, w którym nauka przestanie być potrzebna. Kresem nauki będzie zapewne kres gatunku *homo sapiens*. Uważam jednak, że można — i trzeba — wyznaczać jej *granice metodologiczne*. Konieczność ta nabiera szczególnej wagi obecnie, gdy fizyka — wzór ścisłości i precyzji — znajduje się w sytuacji kryzysowej, opisywanej przez Kuhna jako *rewolucja naukowa*. Możemy ją obserwować *in statu nascendi*. Budujący dla nas — filozofów nauki — może być fakt, że spory fizyków często dotyczą kwestii metodologicznych, przy czym adwersarze posługują się kategoriami wypracowanymi przez filozofów wszystkich epok — od starożytności po wiek XX.

Niekwestionowana jest na ogół *zasada realności*, zgodnie z którą rzeczywistość istnieje obiektywnie, niezależnie od naszej percepcji, pomiarów i teorii. Fizycy jednak mają pełną świadomość², że dostęp do *rzeczy-samych-*

Prof. dr hab. ELŻBIETA KAŁUSZYŃSKA – Instytut Filozofii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, e-mail: ekaluszynska@gmail.com

¹ Niniejszy artykuł jest (znacznie!) rozszerzoną wersją wprowadzenia do dyskusji panelowej, która miała miejsce podczas X Polskiego Zjazdu Filozoficznego (Poznań, wrzesień 2015).

² Por. np. Jim BAGGOT, *Pożegnanie z rzeczywistością*, tłum. Marek Krośniak (Warszawa: Prószyński i S-ka, 2015), 26.

w-sobie pozostaje poza zasięgiem nauki. „My natomiast musimy się zadowolić wiedzą o rzeczywistości empirycznej, na którą składają się *rzeczy-jakimi-je-percypujemy i rzeczy-jakimi-je mierzymy*.³ W sporach metodologicznych fizycy nazywają takie stanowisko *pozytywistycznym* i na ogół wszyscy się z nim zgadzają. Stephen Hawking wyraża je następująco: „zgodnie z pozytywistyczną filozofią nie można powiedzieć, co jest rzeczywiste. Można tylko formułować matematyczne modele wszechświata, w którym żyjemy”⁴. Podobnie powszechna jest świadomość, że *rzeczywistość empiryczną* konstruujemy w oparciu o *fakty* — wyniki obserwacji i eksperymentów, ale te nie są możliwe do ustalenia bez wsparcia jakiejś teorii. Przy tym nie istnieje żaden algorytm przejścia od faktów do teorii — to akt twórczy wymagający wiedzy, doświadczenia, wyobraźni, intuicji, a w przypadku nauk ścisłych — również umiejętności korzystania z narzędzi matematycznych. Płyne stąd — nieunikniony — wniosek, że żadna teoria nie wynika bezpośrednio z faktów oraz że żadnej teorii nie da się zweryfikować w stopniu absolutnym.

Powyższe warunki przyjmowane są bezdyskusyjnie. Inaczej jest z żądaniem, by proponowana teoria empiryczna była *efektywna*, tj. by obejmowała wszystkie zjawiska zaliczane dotychczas do zasięgu zastępowanej teorii oraz formułowała nowe hipotezy i wskazywała metody ich weryfikacji, czyli spełniała warunek *testowalności*. Nie wszyscy uczeni chcą godzić się na taki dyktat, uważając, że warunki te są zbyt restrykcyjne, zwłaszcza — i z tym można się zgodzić — w fazie poszukiwania nowych ujęć. Usprawiedliwiając takie stanowisko, Frank Wilczek przytacza (podobno jezuicką) maksymę, że „lepiej przeproszać, niż prosić o pozwolenie”⁵.

3. „Udoskonalając równania, powiększamy świat”⁶. Przynajmniej od czasów Newtona nie sposób zaprzeczyć, że ta konstatacja Franka Wilczka trafnie opisuje przesuwanie „granic natury”. Nigdy jednak „równania” nie miały monopolu na owo „powiększanie” — wymóg testowalności był bezdyskusyjny. Oczywiście empiryczne testy potwierdzające teorie nie gwarantują sukcesu — Newtonowska mechanika jest jednym z wielu, ale chyba najbardziej spektakularnym tego przykładem — jednak bez prawidłowego wyli-

³ Tamże.

⁴ Stephen HAWKING, *Wszechświat w skorupce orzecha*, tłum. Piotr Amsterdamski (Poznań: Zysk i S-ka Wydawnictwo, 2004).

⁵ Frank WILCZEK, *Lekkość bytu. Masa, eter i unifikacja sił*, tłum. Bogumił Bieniok i Ewa L. Łokas (Warszawa: Prószyński i S-ka, 2011), 248.

⁶ Tamże, 192

czenia peryhelium Merkurego i pomiarów Arthura Eddingtona zakrzywienia przez Słońce światła gwiazd ogólna teoria względności nie zyskałaby życzliwego przyjęcia. Naturalnie „dialog” teorii z empirią jest dynamiczny: czasem śmiałe koncepcje teoretyczne oczekują werdyktu badań empirycznych, a bywa też, że zaobserwowane zjawiska czekają na ugruntowanie teoretyczne⁷. Obecnie jednak od kilkadziesiątu już lat mamy w fizyce sytuację patową: próby opisu kwantowej grawitacji nie mogą wyjść poza śmiałe i różnorodne koncepcje teoretyczne. Badania empiryczne nie są w stanie ani ich potwierdzić, ani zakwestionować.

Dwudziestowieczna fizyka spektakularnie „powiększyła” nasz świat: dzięki teorii względności docieramy do granic Wszechświata i do jego początków; mechanika kwantowa prowadzi nas w głąb, do najmniejszych składników materii. Obowiązująca obecnie tak zwana *autorytatywna wersja rzeczywistości* to zbiór częściowo powiązanych struktur teoretycznych, obejmujący szczególną i ogólną teorię względności, mechanikę kwantową, model standardowy cząstek elementarnych oraz model Λ CDM⁸ — kosmologii Wielkiego Wybuchu. Nie znaczy to jednak, że teorie te są w jakimkolwiek sensie skończone. Mimo że mają one nie tylko teoretyczne, ale także praktyczne znaczenie — lasery, nasze komputery czy smartfony działają dzięki mechanice kwantowej, a trasy sond wysyłanych poza Układ Słoneczny wytyczone są zgodnie z prawami teorii względności (w obrębie Układu ciągle dobrze sobie radzi mechanika Newtonowska) — pozostało jeszcze wiele nierozwiązanych problemów. Przywołajmy kilka z nich.

- ◆ Mimo licznych „przymiarek” nie udało jeszcze dokonać unifikacji czterech podstawowych oddziaływań: grawitacji, elektromagnetyzmu, słabych i silnych sił jądrowych. TOE (*theory of everything*) czeka na swego odkrywcę.
- ◆ Masy podstawowych cząstek elementarnych wyznaczone empirycznie wydają się przypadkowe, nie wiadomo ciągle skąd się biorą masy trzech generacji tych cząstek. Nadzieje są związane z polem Higgsa, ale przed empirykami i teoretykami prawdopodobnie jeszcze długa droga do sukcesu.

⁷ Polecam znakomite prace popularnonaukowe ilustrujące ten stan rzeczy, np. Ken CROSWELL, *Alchemia nieba. Opowieść o Drodze Mlecznej, gwiazdach i astronomach*, tłum. Michał Jaroszyński i Michał Szymański (Warszawa: Prószyński i S-ka, 1997); Leon LEDERMAN, Dick TERESI, *Boska cząstka. Jeśli Wszechświat jest odpowiedzią, jak brzmi pytanie?*, tłum. Elżbieta Kołodziej-Józefowicz (Warszawa: Prószyński i S-ka, 1996); Pedro G. Ferreira, *Teoria doskonała*, tłum. Sebastian Szymański (Warszawa: Prószyński i S-ka, 2015) i wiele, wiele innych.

⁸ Λ *cold dark matter*. Lambda to stała kosmologiczna.

- ◆ Nie wiadomo, jakie cząstki tworzą *ciemną materię*, nie znana jest natura *ciemnej energii*, choć oszacowano ich wartości.
- ◆ Praktyczne pożytki z mechaniki kwantowej są spektakularne, jednak ciągle jeszcze opisywana przez nią rzeczywistość w skali mikro jest trudna do pojęcia i ciągle jeszcze budzi spory. Bezsporne wydaje się, że cząstki skali mikro są w jakimś sensie „rozmyte”. Funkcja falowa opisuje *stan kwantowy* danej cząstki, który jest *superpozycją* możliwych stanów, w jakich cząstka może się znajdować. Równanie Schrödingera opisujące funkcję falową pozwala z niezwykłą dokładnością określić np. prawdopodobieństwo położenia cząstki w danym miejscu. Pomiar jednak jest jednoznaczny. Zgodnie z kopenhaską interpretacją mechaniki kwantowej w czasie pomiaru następuje *dekoherencja*, spowodowana *redukcją funkcji falowej*. Nie jest to jedyna interpretacja; Max Tegmark⁹ naliczył ich 19. Sam opowiada się za interpretacją Hugh Everreta, która prowadzi do koncepcji *multiświatów*.
- ◆ Natura *splątania* cząstek. Splątanie — już wykorzystywane praktycznie (np. w kryptologii) — straszy *upiornym działaniem na odległość*, podobnie jak robiła to grawitacja w Newtonowskiej mechanice.
- ◆ Problem *precyzyjnego dostrojenia* — moim zdaniem wydumany, ale szeroko dyskutowany — obserwacja, iż stałe fizyczne przyjmują wartości z bardzo wąskiego zakresu, który umożliwia powstanie organizmów żywych. Najczęstsze propozycje wyjaśnienia tego faktu to hipoteza *inteligentnego projektu* albo... *multiświata!*

4. Obecnie największym wyzwaniem stojącym przed fizyką teoretyczną jest połączenie mechaniki kwantowej z teorią względności. Teorie te są niezwykle skutecznymi instrumentami badania wielkoskalowej struktury Wszechświata oraz mikrostruktury jego elementarnych składowych, ale dotychczasowe próby ich połączenia skończyły się fiaskiem. W opinii Jima Baggotta „[w]ygląda na to, że fizyka skal bardzo *małych* i fizyka skal bardzo dużych są nie do pogodzenia [...], pomimo iż to, co bardzo duże (Wszechświat), było kiedyś bardzo, bardzo małe. [...] Grawitacja kwantowa leży daleko [...] poza zasięgiem aktualnej autoryzowanej wersji rzeczywistości”¹⁰. Nie dziwi więc, że — zgodnie z Kuhnowskim modelem — od kilkadziesiątu już lat obserwujemy rewolucję naukową, która winna zakończyć

⁹ Max TEGMARK, *Nasz matematyczny wszechświat*, tłum. Bogumił Bieniok i Ewa L. Łokas (Warszawa: Prószyński i S-ka, 2015), 327, 328.

¹⁰ J. BAGGOT, *Pożegnanie z rzeczywistością*, 196.

się wyłonieniem nowego paradygmatu¹¹. Poszukiwania teorii wielkiej unifikacji obejmującej wszystkie (znane) typy oddziaływań — elektromagnetyczne, słabe i silne jądrowe oraz grawitację — szły różnymi drogami. Największe zainteresowanie wzbudziły trzy propozycje: koncepcja *supersymetrii*, *teoria strun* i model *multiświata*. Pojawiły się liczne konkurujące teorie, z których żadna — jak na razie — nie zyskała powszechnej akceptacji.

Sytuację pogarsza fakt, że — jak stwierdza Łukasz Lamża¹² — „[d]aje się [...] precyzyjnie wyrazić scenariusz, w którym *wszystkie wyobrażalne* techniki obserwacyjne, znane obecnie lub nieznane, posiadają ograniczoną zdolność penetrowania ultragęstych regionów czasoprzestrzeni.” Takimi obiektami są, na przykład, gwiazdy neutronowe, czarne dziury i — oczywiście — Wielki Wybuch. Nie tylko więc dla fotonów (rozpraszanych przez plazmę protonowo-elektronową wypełniającą Wszechświat w okresie od 1 sekundy do 300 000 lat po Wielkim Wybuchu), neutrin (rozpraszanych przez plazmę elektronowo-pozytonową w okresie od 10^{-6} do 1 sekundy) czy promieni kosmicznych (rozpraszanych przez plazmę kwarkowo-gluonową w okresie sprzed 10^{-6} sekundy¹³), ale dla „każdego empirycznego źródła wiedzy można wskazać taką fazę rozwoju świata, o której niemożliwe jest uzyskanie informacji za pośrednictwem tego źródła”¹⁴.

Niezależnie od obiektywnych problemów ze zdobywaniem informacji wspomniane wyżej teorie różnią się ze względu na możliwość ich empirycznej weryfikacji.

KONCEPCJA SUPERSYMETRII (SUSY). W latach dwudziestych ubiegłego wieku Emmy Noether udowodniła twierdzenie, które wiąże niezmienniczość twierdzeń ze względu na określoną ciągłą transformację symetrii czasoprzestrzennych (przesunięcie w czasie, w przestrzeni, obroty) z prawami zachowania (energii, pędu, momentu pędu). Jest to potężne narzędzie. „Przypuśćmy — pisze Jim Baggot¹⁵ — że mamy jakąś wielkość fizyczną, która — jak się wydaje — podlega zachowaniu, ale dla której nie mamy

¹¹ Dokładniej: *macierzy dyscyplinarnej*, obejmującej wzorcowe przypadki, twierdzenia, modele, system wartości poznawczych.

¹² Łukasz LAMŻA, *Granice kosmosu, granice kosmologii* (Kraków: Copernicus Center Press, 2015), 235.

¹³ Rozpraszanie jest skutkiem temperatury panującej w danym okresie poszerzającego się Wszechświata. Zjawisko rozpraszania fotonów obserwowane jest już w głębszych warstwach Słońca. „Obserwowane przez nas fotony emitowane są z relatywnie cienkiej powierzchniowej warstwy gazu słonecznego, nazywanej właśnie z tego powodu fotosferą”. Tamże, 199.

¹⁴ Tamże, 209.

¹⁵ J. BAGGOT, *Pożegnanie z rzeczywistością*, s. 206.

jeszcze decydujących o tym praw. O ile ta wielkość jest faktycznie zachowywana, to prawa te — jakiegokolwiek by one były — muszą być inwariantne względem pewnej szczególnej ciągłej transformacji symetrii. Jeśli tylko uda nam się odkryć, jaka to symetria, to będziemy na dobrej drodze do ustalenia matematycznej postaci samych praw”. Udowodniono wprawdzie, że trzy uprzednio wskazane transformacje czasoprzestrzenne wyczerpują wszystkie możliwości, ale jest tak przy założeniu, że po dowolnej transformacji symetrii *fermiony* pozostają fermionami, a *bozony* — bozonami. Natomiast *supersymetria* „jest *idea*, zgodnie z którą prawa przyrody nie ulegają zmianie po zastąpieniu fermionów bozonami”¹⁶. Teorie korzystające z pojęcia supersymetrii podwajają ilość cząstek Modelu Standardowego: każda cząstka uzyskuje „partnera” o spinie różniącym się o $\frac{1}{2}$. Każdemu *fermionowi* (np. elektronowi o spinie połówkowym) towarzyszy *sfermion* (*selektron* o spinie zerowym), który w istocie jest *bozonem*. Podobnie, partnerami *bozonów* są *fermiony*: partnerem *fotonu* jest *fotino* o spinie połówkowym.

Teorie supersymetryczne mają licznych zwolenników oraz pewne sukcesy, np. prawidłowe wyznaczenie masy cząstki Higgsa, czy rozwiązanie tzw. *problemu hierarchii*. SUSY ma też jednak wiele niepożądanych konsekwencji, a więc i wielu oponentów. Daje jednak pewną nadzieję na empiryczną weryfikację. Tak pisze o tym Brian Greene: „Z rozważań teoretycznych wynika, że cząstki supersymetryczne mogłyby być tysiąc razy masywniejsze od protonu, a w takim przypadku ich nieobecność w danych doświadczalnych nie byłaby niczym tajemniczym: istniejące akceleratory nie dysponują odpowiednią mocą, aby je wytworzyć. [...] Już teraz unowocześniony akcelerator w Fermilabie ma szansę odkryć niektóre [z nich], a jeśli [...] spodziewany zakres mas cząstek supersymetrycznych okaże się [...] poprawny, Wielki Zderzacz Hadronów powinien je już z łatwością wytworzyć.”¹⁷

TEORIA STRUN. Supersymetria pojawiła się najpierw w teorii strun. Omówiłam ją wcześniej, bo ewentualne jej potwierdzenie byłoby również — częściowym — potwierdzeniem teorii strun. Częściowym, ponieważ stosuje się zarówno do cząstek elementarnych traktowanych jako punkty i jako jednowymiarowe wibrujące włókna energii, zwane *strunami*. Powstało pięć różnych teorii strun, dzięki jednak odkryciu między ich równaniami pewnych zależności (tzw. *dualności*) ustalono, że są one w istocie równoważne,

¹⁶ Tamże, 214.

¹⁷ Brian GREENE, *Struktura kosmosu*, tłum. Ewa L. Łokas i Bogumił Bieniok (Warszawa: Prószyński i S-ka, 2004), 460.

czyli stanowią różne aspekty jednej teorii, którą nazwano *M-teorią*¹⁸. Różnym cząstkom odpowiadają odmienne wzory wibracji struny, które zarazem determinują własności tych cząstek. „To nie jest tak — pisze Brian Greene¹⁹ — że «struna elektronowa» tworzy elektron, «struna kwarka górnego» kwark górny, a «struna kwarka dolnego» kwark dolny. Jeden rodzaj struny może wyjaśnić wielką różnorodność cząstek, ponieważ struna może wykonywać bardzo rozmaite rodzaje drgań. [...] Teoria strun wyjaśnia pochodzenie cząstek przenoszących oddziaływanie²⁰ dokładnie w taki sam sposób jak w przypadku cząstek materii, [co więcej] istnieje pewien określony rodzaj drgań, który ma wszystkie własności grawitonu, a więc siła grawitacyjna zostaje włączona do kwantowomechanicznego formalizmu teorii strun”. Obiekty postulowane przez teorię strun, które stanowią mają najgłębszą warstwę rzeczywistości, są rozwiązaniami teorii w dziesięciu (lub jedenastu) wymiarach, z tym że sześć (lub siedem) z nich jest tak ciasno „zwiniętych”, że ich nie dostrzegamy. „Uczeni ustalili, że teoria strun [...] może mieć nawet 10^{500} lub więcej rozwiązań [...]. Fizycy nazywają zbiór wszystkich rozwiązań teorii strun jej *krajobrazem*”²¹.

Teoria strun ma licznych zwolenników; Jim Baggot szacuje, że pracuje nad nią blisko 1500 teoretyków. Do jej sukcesów można zaliczyć włączenie grawitonu do klasy cząstek przenoszących oddziaływanie i propozycję uzgodnienia teorii względności z mechaniką kwantową. Greene szkicuje to następująco: „grawiton jest wibrującą struną — czymś co nie jest punktowe, ale ma rozmiary zbliżone do długości Plancka (10^{-33} centymetra). A ponieważ grawitony są [...] najbardziej elementarnymi składnikami pola grawitacyjnego, nie ma sensu mówić o zachowaniu pola grawitacyjnego w skalach mniejszych od długości Plancka. [...] w takich skalach nadal występują zaburzenia w strukturze przestrzeni, ponieważ pole grawitacyjne ciągle ulega fluktuacjom kwantowym. Są one jednak na tyle małe, że można uniknąć nieodwracalnego konfliktu z ogólną teorią względności”²².

Ma też jednak wielu przeciwników. Jednym z nich jest Jim Baggot: „wszystko to, co napisano drobnym druczkiem w umowie dotyczącej supersymetrii, musi zostać przetransponowane do umowy dotyczącej teorii

¹⁸ Głównym pojęciem w M-teorii jest *p-brana*, gdzie p ($p = 1, 2, \dots, 9$) jest ilością wymiarów. Jednowymiarowa brana jest struną.

¹⁹ B. GREENE, *Struktura kosmosu*, 380.

²⁰ Czyli fotonów, gluonów, wuonów i zetonów.

²¹ M. TEGMARK, *Nasz matematyczny wszechświat*, 201.

²² B. GREENE, *Struktura kosmosu*, 383.

superstrun. A to oznacza sto z okładem nieokreślonych parametrów, miony przekształcające się w elektrony i szereg innych problemów²³. A dochodzą jeszcze problemy z ukrytymi wymiarami. Przychylny teorii Stephen Hawking jest umiarkowanym optymistą: „Nie dysponujemy jeszcze żadnymi obserwacjami, których wyjaśnienie wymagałoby wprowadzenia dodatkowych wymiarów. Jest jednak możliwe, że zaobserwujemy te wymiary za pomocą Dużego Akceleratora Hadronów²⁴. Podobną sugestię wysuwa Brian Green: „planowane eksperymenty akceleratorowe mogą jednak potwierdzić teorię strun²⁵. Baggot demaskuje Greena, przytaczając jego odpowiedź (z 2011 r.) na zadane wprost pytanie: „Jeśli chcesz wiedzieć, czy wierzę w teorię strun, to moja odpowiedź dzisiaj będzie taka sama, jakiej udzieliłbym dziesięć lat temu: «Nie»²⁶.

KONCEPCJA MULTIŚWIATA. Istnieje kilka modeli multiświata. Rekordzistą jest niewątpliwie Max Tegmark, który postuluje istnienie czterech typów multiświata.

Multiświat poziomu I to nieskończona liczba wszechświatów, które — podobnie jak nasz Wszechświat — powstały w polu inflantonowym Higgsa z „zarodków” (fluktuacji gęstości tego pola), które uległy gwałtownej inflacji²⁷. Wielki Wybuch to koniec inflacji w naszym obszarze przestrzeni. Podobny scenariusz opisuje powstanie innych wszechświatów poziomu I, „w których obowiązują te same empiryczne prawa fizyki, ale historia przebiegała w nich inaczej, ponieważ panowały tam na początku inne warunki²⁸. Nieskończoność ma jednak swoje prawa: wszystkie możliwe warunki początkowe zostaną zrealizowane w multiświecie poziomu I, i to wielokrotnie; istnieje więc też nieskończenie wiele wszechświatów identycznych z naszym i nieskończenie wiele naszych sobowtórów! Poszczególne wszechświaty dzielą ogromne obszary przestrzeni i to tylko sprawia, że nie możemy ich obserwować.

Multiświat poziomu II. Jego model zasada się na hipotezie *wiecznej inflacji*. „Multiwszechświat poziomu II [to] odległe obszary przestrzeni,

²³ J. BAGGOT, *Pożegnanie z rzeczywistością*, s. 261.

²⁴ S. HAWKING, *Wszechświat w skorupce orzecha*, 32.

²⁵ B. GREEN, *Struktura kosmosu*, 461.

²⁶ J. BAGGOT, *Pożegnanie z rzeczywistością*, 266.

²⁷ „To rozpychanie przestrzeni trwało tylko około 10^{-35} sekundy, ale było tak silne, że nawet w tym krótkim czasie Wszechświat zwiększył swoje rozmiary o olbrzymi czynnik. W zależności od szczegółów, takich jak dokładny kształt rozkładu energii potencjalnej pola inflantonowego, Wszechświat mógł z łatwością rozszerzyć się o czynnik 10^{30} , 10^{50} , 10^{100} czy nawet więcej”. B. GREENE, *Struktura kosmosu*, 316.

²⁸ M. TEGMARK, *Nasz matematyczny wszechświat*, 206.

które na zawsze pozostaną poza zasięgiem naszych obserwacji, ponieważ w przestrzeni między nimi a naszym Wszechświatem zachodzi wieczna inflacja. Obowiązują w nich takie same podstawowe prawa fizyki, ale działające w nich prawa empiryczne mogą być inne”²⁹. Tegmark dopuszcza możliwość, że wszechświaty poziomu II mogą istnieć w przestrzeni o większej niż cztery liczbie wymiarów. Zgodnie z teorią strun „prawdziwa” przestrzeń jest zawsze dziewięciowymiarowa. „Uczeni przypuszczają, że na początku wszystkie wymiary były [...] zwinięte, ale później inflacja rozciągnęła trzy z nich do astronomicznych rozmiarów, natomiast pozostałe [...] nie uległy powiększeniu i pozostają niewidoczne. W innych miejscach multiwszechświata poziomu II inflacja mogła powiększyć inną liczbę wymiarów, tworząc światy o liczbie obserwowalnych wymiarów od zera do dziewięciu”³⁰.

Multiświat poziomu III. „Wszechświaty poziomu I i II położone są gdzieś daleko w naszej starej, dobrej trójwymiarowej przestrzeni, natomiast wszechświaty poziomu III mogą się znajdować tu gdzie my, z punktu widzenia naszych trzech wymiarów przestrzennych, ale są one od nas oddalone w tak zwanej *przestrzeni Hilberta* — jest to abstrakcyjna przestrzeń matematyczna o nieskończonej liczbie wymiarów, w której działa funkcja falowa.”³¹ Jak widać, „umiejscowienie” multiświata poziomu III jest odmienne niż w przypadku dwóch poprzednich, inna też droga prowadzi do jego „odkrycia”. Punktem wyjścia jest „nowatorski pomysł Everetta [...] *Funkcja falowa nigdy nie ulega redukcji. Absolutnie nigdy*”³².

Wyczerpująca prezentacja argumentacji Tegmarka nie jest tu możliwa. Posłużę się więc poglądowym „eksperymentem z «kwantowymi kartami»” przedstawionym przez samego autora: „bierzemy do ręki kartę [...], ustawiamy ją pionowo na stole i zakładamy się o sto dolarów, czy karta przewróci się awersem do góry. Zamykamy oczy i czekamy, aż usłyszymy odgłos upadającej karty [...]. Ponieważ [...] stan początkowy miał symetrię lewo-prawo, to stan końcowy również musi przejawiać taką symetrię. Oznacza to, że karta przewraca się na obydwie strony jednocześnie, tworząc superpozycję. W chwili otwarcia oczu dokonujemy obserwacji. Zgodnie z interpretacją kopenhaską oznacza to, że funkcja falowa ulega wtedy redukcji

²⁹ Tamże. Tegmark odróżnia „prawa podstawowe”, które są równaniami matematycznymi (np. równania ogólnej teorii względności), od „praw empirycznych” — konkretnych rozwiązań tych równań.

³⁰ Tamże, 221.

³¹ Tamże, 276.

³² Tamże, 270.

i stwierdzimy, iż karta jest odwrócona albo awersem, albo rewersem do góry [...]. [W ujęciu Everetta] w samym fakcie dokonania obserwacji nie ma nic magicznego. [Funkcja falowa] będzie opisywała superpozycję dwóch różnych konfiguracji cząstek tworzących nas i kartę: w jednym przypadku karta leży awersem do góry, a my jesteśmy uradowani, w drugim natomiast karta leży rewersem do góry, a my jesteśmy rozczarowani. [W] praktyce sytuacja taka jest równoważna przypadkowi, gdy nasz Wszechświat dzieli się na dwa wszechświaty równoległe! Po zakończeniu eksperymentu będą istniały dwie wersje nas samych, obie we własnym odczuciu równie rzeczywiste, ale zupełnie pozbawione nawzajem świadomości swego istnienia. [...] Ponieważ takie podziały zachodzą ciągle od chwili Wielkiego Wybuchu, można sobie wyobrazić, że praktycznie każda wersja historii musiała się rozegrać w jakimś wszechświecie równoległym, pod warunkiem że nie kłóci się z którymś z praw fizyki”³³.

Multiświat poziomu IV tworzą „całkowicie rozłączne rzeczywistości, którymi rządzą odmienne równania matematyczne”³⁴. Jest to wniosek z przyjmowanej przez Tegmarka hipotezy, zgodnie z którą „istnienie matematyczne jest równoważne istnieniu fizycznemu. Oznacza to, że wszystkie struktury istniejące w matematyce istnieją także fizycznie i tworzą multiwszechświat poziomu IV”³⁵, ale również i to, że „[n]asza zewnętrzna rzeczywistość jest strukturą matematyczną”³⁶. emfaza

Na wielu stronach i na różne sposoby Tegmark „oswaja” czytelnika z *matematycznym wszechświatem*. Nie sposób przytoczyć tu wszystkich argumentów, nawet tych, które mogą budzić wątpliwości. Tegmark przekonuje, na przykład, że „[f]unkcja falowa i przestrzeń Hilberta, OBIEKTY TWORZĄCE NAJBARDZIEJ PODSTAWOWY POZIOM FIZYCZNEJ RZECZYWISTOŚCI, mają charakter czysto matematyczny”³⁷. Zaprasza do kwantowej kuchni: „przepis na zrobienie kwarka górnego polega na połączeniu ze sobą $\frac{2}{3}$ jednostek ładunku, $\frac{1}{2}$ jednostki spinu, $\frac{1}{2}$ jednostki izospinu, $\frac{1}{3}$ jednostki liczby barionowej i dorzuceniu do tego wszystkiego jeszcze kilku mega-

³³ Tamże, 272–275.

³⁴ Tamże, 514,15.

³⁵ Tamże, 508.

³⁶ Tamże, 369. Oprócz rzeczywistości zewnętrznej, którą definiuje jako „[ś]wiat fizyczny, który [...] istniałby nawet wtedy, gdyby nie było w nim ludzi” (tamże, 345), wyróżnia rzeczywistość *wewnętrzną* oraz *uzgodnioną*. Ta pierwsza to nasz indywidualny, subiektywny sposób postrzegania rzeczywistości zewnętrznej, druga zaś to opis na gruncie „fizyki klasycznej”.

³⁷ Tamże, 334. Wyróżnienie — E.K.

elektronowoltów energii. Z czego zatem zbudowane są liczby kwantowe, takie jak energia i ładunek? Z niczego — są po prostu liczbami!”³⁸

Nie jestem przekonana. Co do funkcji falowej czy przestrzeni Hilberta — zgoda, ale już wyróżniony fragment tej wypowiedzi budzi wątpliwości. Podobnie z „przepisem”. Jeśli „połączę” $\frac{2}{3}$ kg mąki (razowej!), $\frac{1}{2}$ szklanki wody, $\frac{1}{2}$ kostki drożdży, $\frac{1}{3}$ łyżeczki soli i „dorzucę” odpowiednią ilość energii, to może z tego wyjść bochenek chleba. Te same liczby, a produkt jednak inny!

Trudno ocenić, jak wielu zwolenników ma koncepcja matematycznego wszechświata, ale ma też zdeklarowanych przeciwników. Nie podpisałyby się pod nią, na przykład, Roger Penrose, który deklaruje: „Osobiście uważam, że powinniśmy zaakceptować świat Platona jako «rzeczywistość» pojęć matematycznych [...], ale sprzeciwiam się próbom identyfikowania rzeczywistości fizycznej z abstrakcyjną rzeczywistością świata platońskiego.”³⁹ Również np. Lee Smolin ma całkiem odmienne zdanie: „Wszechświat nie jest identyczny ani izomorficzny z obiektem matematycznym i [...] nie istnieje jego kopia, nie ma więc nic, do czego byłby «podobny»”⁴⁰.

Multiświat pęcherzykowy jest koncepcją zaproponowaną właśnie przez Smolina. Źródłem nowych wszechświatów są, według niego, czarne dziury: wpadająca do czarnej dziury materia tworzy — po przejściu na drugą jej stronę — „pęcherzyk” rozdymany następnie przez inflację. Tak powstał nasz Wszechświat i bezustannie powstają wszechświaty potomne. *Czarne dziury*, choć na dobre zadomowiły się w naszym Wszechświecie, ciągle kryją wiele tajemnic. W koncepcji *Kosmicznego Doboru Naturalnego* (KDN) Lee Smolina odgrywają ważną rolę: „kolaps materii prowadzący [...] do powstania czarnych dziur [...] prowadzi w rzeczywistości do powstania nowej domeny czasoprzestrzeni, w której zachodzi faza ekspansji analogiczna do Wielkiego Wybuchu. Efektywnie oznacza to «rozmnazanie się» wszechświatów za pośrednictwem czarnych dziur”⁴¹.

Mechanizm powstawania nowych wszechświatów jest jednym z elementów Kosmicznego Doboru Naturalnego, procesu mającego wiele wspólnego z Darwinowską teorią ewolucji. Wszechświaty potomne „dziedziczą”

³⁸ Tamże, 242.

³⁹ Roger PENROSE, *Droga do rzeczywistości. Wyczerpujący przewodnik po prawach rządzących Wszechświatem*, tłum. Jerzy Przystawa (Warszawa: Prószyński i S-ka, 2010), 989.

⁴⁰ Lee SMOLIN, *Czas odrodzony. Od kryzysu w fizyce do przyszłości Wszechświata*, tłum. Tomasz Krzysztóń (Warszawa: Prószyński i S-ka, 2015), 54,5.

⁴¹ Ł. LAMZA, *Granice kosmosu, granice kosmologii*, 230.

cechy wszechświata „matki” (genotyp), ale nie są jej wiernymi kopiami — obowiązują w nich nieco odmienne prawa (fenotyp). Mamy więc odpowiednik mutacji. Kosmiczny Dobór Naturalny premiuje wszechświaty, w których występuje wiele czarnych dziur — mają one największe szanse posiadania liczego „potomstwa”. Nasz Wszechświat należy do takich „szczęściarzy”!

Konforemna Kosmologia Cykliczna autorstwa Rogera Penrose’a postuluje istnienie nieskończonego ciągu *eonów* następujących po sobie. Znam tę koncepcję jedynie z prasy⁴² posłużę się więc cytatami: „w mojej teorii [...] jest Wielki Wybuch, ale on nie jest początkiem. Obecny okres — od Wielkiego Wybuchu po wieczne rozszerzanie — jest tylko jednym z [nieskończenie wielu] cykli w historii Wszechświata. Nazywam je eonami. [...] W bardzo wczesnym Wszechświecie temperatura była tak ogromna, że masa cząstek się zupełnie nie liczyła wobec ich niewyobrażalnej energii drgań cieplnych. A skoro nie było zauważalnej masy — nie było czasomierza, a w rezultacie też miary odległości. [...] Uświadomiłem sobie, że bardzo podobnie będzie w odległej przyszłości, kiedy wszystko się rozpadnie, wyparują nawet czarne dziury i niemal cała materia będzie się składała z bezmasowych fotonów promieniowania. [...] A fotony nie mają masy, one także więc nie znają czasu. [...] W tej odległej przyszłości Wszechświat będzie nie do odróżnienia od tego, jaki był w chwili Wielkiego Wybuchu. Moja szalona hipoteza jest taka, że wtedy nastąpi Wielki Wybuch nowego eonu. Podobnie jak nasz Wielki Wybuch wyłonił się w przyszłości poprzedniego eonu”.

Warto odnotować, że Penrose widzi możliwość weryfikacji swojej „szalonej hipotezy”. Przypuszcza, że w mikrofalowym promieniowaniu tła naszego Wszechświata mogą istnieć ślady (w kształcie pierścieni) gigantycznych eksplozji — będących np. skutkiem zderzenia supermasywnych czarnych dziur — które zdarzyły się w poprzednim eonie. Takie pierścienie zaobserwował (podobno) Armeńczyk Vahe Gurzadyan oraz „prof. Meissner i jego współpracownicy” w Warszawie.

5. Śmiałe koncepcje proponowane przez fizyków zatykają dech w piersiach i budzą głęboki podziw dla siły wyobraźni i mocy matematycznych narzędzi. Pora jednak rozważyć ich wiarygodność, również dlatego, że wokół tej kwestii toczy się zażarty, metodologiczny spór między *popperazi* i zwolennikami — jak mówią ich przeciwnicy — *teorii baśniowych*. Już te epitety, pojawiające się w dyskusjach, świadczą o temperaturze sporów. Na

⁴² „Z Rogerem Penrose’em rozmawiają Irena i Piotr Cieślińscy”, *Gazeta Wyborcza*, Nauka dla każdego, 1 XII 2015: 14, 15.

ogół nikt nie przeczy, że hipoteza winna generować weryfikowalne przewidywania⁴³. Dlatego zwolennicy teorii superstrun i supersymetrii z nadzieją oczekują na wyniki z CERN, a Penrose na nowe badania promieniowania tła. Naturalnie nie rozstrzygnie to wszystkich spornych kwestii nawet wtedy, gdy wyniki tych badań będą pozytywne⁴⁴, ale utwierdzi badaczy w przekonaniu, że obrali właściwy kierunek.

Odwoływanie się do narzędzi matematycznych w sytuacji, gdy tak trudno o empiryczne dane, nie powinno dziwić, toteż spotykamy się z nim często. Hawking, na przykład, tak pisze o dualnościach, które pozwoliły dowieść, że różne teorie strun są w istocie wariantami jednej teorii (teorii M): „Zlekceważenie tych dualności jako sygnału, że idziemy właściwą drogą, byłoby podobne do sugestii, że to Bóg umieścił skamieniałości w skałach, by skłonić Darwina do przyjęcia błędnej teorii ewolucji życia”⁴⁵. Empiryczne potwierdzenie istnienia fal grawitacyjnych, przewidzianych przez Einsteina sto lat temu, napawa optymizmem. Krytycy jednak — obdarzani przez krytykowanym przydomkiem *popperazi* — przekonują, że współczesna fizyka zbyt wysoko szybkuje nad empirycznym gruntem. Jim Baggot zarzuca autorom „baśniowych” teorii, że budują domek z kart, robiąc „założenia do założeń”. Ilustruje ten stan rzeczy licznymi przykładami, np.: „Na jakiej podstawie zakładamy supersymetrię między fermionami i bozonami? Bo to jest jedyny sposób jednoczesnego ujęcia obu tych typów cząstek. Na jakiej podstawie sądzimy, że sześć wymiarów musi być ukrytych w przestrzeni Calabiego-Yau? Bo z doświadczenia wiemy, że Wszechświat jest czterowymiarowy. [...] Chociaż wszystko to jest w pełni logiczne i racjonalne, to, co robimy, to w gruncie rzeczy czynienie jednego wielkiego założenia za drugim”⁴⁶.

Niewątpliwie teorie multiświata są w szczególnie trudnej sytuacji, ze względu na możliwość generowania weryfikowalnych przewidywań. Penrose

⁴³ Niekiedy dość swobodnie rozumiany jest zwrot „weryfikowalne przewidywanie”. Max Tegmark — niejednokrotnie przywołujący autorytet Poppera — nagina (żeby nie powiedzieć, „wypacza”) jego poglądy stwierdzając: „Jednym z najważniejszych weryfikowalnych przewidywań hipotezy matematycznego wszechświata jest to, że badania fizyczne doprowadzą do odkrycia dalszych prawdowości matematycznych w przyrodzie” (M. TEGMARK, *Nasz matematyczny wszechświat*, 507).

⁴⁴ Niech T będzie teorią (twierdzeniem), a p przewidywanym wynikiem pomiaru (doświadczenia). Nawet jeśli wynik pomiaru jest zgodny z przewidywaniem, nie stanowi to dowodu prawdziwości teorii, ponieważ formuła $[(T \rightarrow p) \wedge p] \rightarrow T$ nie jest tautologią. Takie rozumowanie jest zawodne.

⁴⁵ S. HOWKING, *Wszechświat w skorupce orzecha*, 32.

⁴⁶ J. BAGGOT, *Pożegnanie z rzeczywistością*, 251,52.

liczy na wyniki badań okręgów w mikrofalowym promieniowaniu tła. Tegmark jest większym optymistą. Wspomniana wcześniej (przypis 43) możliwość „odkrycia dalszych prawidłowości matematycznych w przyrodzie” stanowić ma weryfikowalne przewidywanie istnienia matematycznego wszechświata, a tym samym multiświata poziomu IV. Natomiast istnienie multiświata poziomu I ma być naturalnym wnioskiem wynikającym z idei *inflacji*, natomiast multiświata poziomu II — z idei *wiecznej inflacji* oraz *teorii strun*⁴⁷. Zaproponowana przez Alana Gutha teoria inflacji zyskała na znaczeniu po odkryciu mikrofalowego promieniowania tła, którego istnienie przewidziała. Sugestia, że wynika z niej istnienie multiświata poziomu I, może jednak budzić zasadne wątpliwości. Ale jeszcze gorzej jest z argumentami na rzecz istnienia multiświata poziomu II, albowiem: „nie możemy mieć stuprocentowej pewności, że inflacja jest wieczna ani nawet że w ogóle się wydarzyła”⁴⁸. Za „wiecznością” inflacji przemawiają wyłącznie czyste spekulacje. Nie sposób przedstawić tu wiernie argumentacji Tegmarka, ale może się wydawać, że nawet on sam nie jest całkiem przekonany o wystarczającej „sile rażenia” tych argumentów. Stawia bowiem pytanie: „Czy istnieją jednak jakieś inne dowody bezpośrednie, które nie zależałyby tak bardzo od prawdziwości różnych wywodów teoretycznych?” I odpowiada: „takim dowodem jest fakt, że nasz Wszechświat sprawia wrażenie świetnie dostrojonego do potrzeb istot żywych”⁴⁹.

Szeroko dyskutowany problem *precyzyjnego dostrojenia* pojawia się zwykle w kontekście *zasady antropicznej*, zgodnie z którą możemy żyć tylko w takim wszechświecie, którego prawa i warunki początkowe sprzyjają powstaniu życia. Brzmi to tak banalnie, wręcz tautologicznie, że zasadnie można się spodziewać, iż kryje się za tym jakieś „drugie dno”. I tak jest w istocie. Jak wspominałam, stałe fizyczne — takie, na przykład, jak masa elektronu, protonu czy gęstość ciemnej materii lub ciemnej energii — muszą mieścić się w bardzo wąskim zakresie, aby mogło pojawić się życie w znanej nam formie. I tu właśnie pada pytanie o PRECYZYJNE DOSTROJENIE, które sugeruje istnienie INTELIGENTNEGO PROJEKTU i ... PROJEKTANTA. Nie twierdzę, a nawet nie przypuszczam, iż Tegmark i Smolin — proponując koncepcje multiświata — mieli na uwadze zdezawuowanie idei PROJEKTU, jednak na wielu stronach dowodzą, że nasz Wszechświat nie jest wyjątkowy. W koncepcji Tegmarka w multiświecie poziomu II realizowane są wszystkie

⁴⁷ M. TEGMARK, *Nasz matematyczny wszechświat*, 185.

⁴⁸ Tamże, 187.

⁴⁹ Tamże, 205.

możliwe wartości stałych przyrody, a takich wszechświatów jak nasz jest nieskończenie wiele. Wprawdzie w koncepcji Smolina wszechświaty nie są swoimi dokładnym kopiami, ale nasz Wszechświat — bogaty w czarne dziury — należy do najbardziej typowego rodzaju wszechświatów.

Napisałam wcześniej, że problem *precyzyjnego dostrojenia* uważam za „wydumany”. Pora się wytłumaczyć. Murray Gell-Mann prezentuje dzieje Wszechświata (od Wielkiego Wybuchu przez tworzenie się galaktyk, układów planetarnych, organizmów żywych, społeczeństw) jako ciągły, złożony proces pełen punktów zwrotnych, „zamrożonych przypadków”, w których łamana jest symetria i realizuje się jedna z wielu możliwych historii. „Precyzyjne dostrojenie” musiałyby mieć miejsce w każdym z tych punktów. Zasadne byłyby więc pytania o to, co sprawia, że powietrze jest tak precyzyjnie dostrojone do skrzydeł ptaków, woda do kształtu ryb, a grunt do końskich kopyt. „Słaba forma zasady antropicznej — pisze Gell-Mann⁵⁰ — stwierdza tylko, że szczególna gałąź historii, w której istniejemy, musi mieć cechy konieczne do powstania planety i rozwoju życia. W tej formie zasada antropiczna jest oczywista. W najsilniejszej formie, zasada antropiczna rzekomo stosuje się do teorii cząstek elementarnych i do warunków początkowych wszechświata i determinuje te prawa tak, żeby mogli powstać ludzie. Idea ta wydaje mi się tak śmieszna, że nie warta dalszej dyskusji”. Też tak uważam.

6. Wartość dowodów na rzecz naszkicowanych tu teoretycznych propozycji bezlitośnie podsumowuje Jim Baggott: „Żyjemy w multiświecie «otoczonym» przez równoległe wszechświaty, których z definicji nie możemy percypować bezpośrednio. Nie jesteśmy w stanie zweryfikować ich istnienia; możemy jedynie doszukiwać się ich pośrednich oznak w obrębie fizyki naszego Wszechświata. Oczywiście, żadnych takich oznak nie znajdziemy w fizyce należącej do autorytatywnej wersji rzeczywistości, musimy zatem zwrócić się ku fizyce superstrun lub M-teorii. No i patrzcie państwo! Z samego faktu, że brak ewidentnych preferencji co do wyboru przestrzeni Calabiego-Yau z 10^{500} różnych możliwości, ma wynikać, iż nasz Wszechświat nie jest w żadnej mierze wyjątkowy i musi istnieć bardzo, bardzo wiele wszechświatów. Koniec dowodu. [...] Teoria multiświata uzasadniana jest zatem teorią superstrun, teorii superstrun zaś nie sposób dowieść, gdyż żyjemy w multiświecie”⁵¹.

⁵⁰ Murray GELL-MANN, *Kwark i jaguar*, tłum. Piotr Amsterdamski (Warszawa: Wydawnictwo CIS, 1996), 285.

⁵¹ J. BAGGOTT, *Pożegnanie z rzeczywistością*, 295,96.

Dużo więcej wyrozumiałości ma czynny uczestnik toczącej się rewolucji naukowej Frank Wilczek: „Słynny filozof Karl Popper podkreślał, jak ważna w nauce jest falsyfikacja. [...] Reppopizm — przeciwieństwo popperyizmu — głosi, że cechą szczególną dobrej teorii naukowej jest możliwość jej prawdyfikacji. Prawdyfikowalna teoria może się mylić, ale jeśli jest to dobra teoria, na jej błędach można dalej budować. [...] Najgorsza teoria to taka, która nawet nie usiłuje być w błędzie — gotowa z takim samym prawdopodobieństwem przewidzieć cokolwiek. [...] Posługując się słownictwem reguły jezuitów — «lepiej prosić o przebaczenie, niż pytać o pozwolenie» — powiedzielibyśmy, że teoria falsyfikowalna pyta o pozwolenie, a prawdyfikowalna prosi o przebaczenie — natomiast teoria nienaukowa w ogóle nie wie, co to grzech”⁵².

*

Ostatnio przed kosmologią otwarła się nowa perspektywa: możliwość detekcji fal grawitacyjnych. Nie sposób przecenić wagi tego narzędzia badawczego. Wiele hipotez uzyska możliwość weryfikacji. NAUKA ma się więc dobrze, jej granic jeszcze nic nie zapowiada. Raczej należy pytać, czy NATURA sprostą wyobraźni naukowców!

Information about Author: Prof. Dr. hab. ELŻBIETA KALUSZYŃSKA — Institute of Philosophy, University of Warmia and Mazury in Olsztyn; address for correspondence — e-mail: ekaluszynska@gmail.com

⁵² F. WILCZEK, *Lekkość bytu*, 190.