

Michał Heller

Wydział Filozoficzny
Papieska Akademia Teologiczna
Kraków

FILOZOFIA PRZYPADKU

1. Uwagi wprowadzające

W języku potocznym termin „przypadek” jest wieloznaczny. Można go uściślać na różne sposoby, ale byłoby to zajęcie jałowe, gdyby było przedsięwzięte dla samego uściślenia. Jednakże pojęcie przypadku występuje w różnych teoriach przyrodniczych (często w fizyce i biologii), a także w licznych dyskusjach filozoficznych. I w tych kontekstach sytuacja zaczyna być groźna, jeżeli nie wiemy, o czym mówimy. W poniższych analizach mam na myśli właśnie te konteksty rozważań o przypadku. Moje analizy z pewnością nie są kompletne. Mam jednak nadzieję, że nawet to wstępne studium przyczyni się do rozjaśnienia niektórych zagadnień, zwłaszcza filozoficznych, w których pojęcie przypadku odgrywa istotną rolę.

2. Wstępne określenia

Istnieje wiele definicji, określeń, opisów przypadku. Można zaryzykować twierdzenie, że wszystkie te zabiegi starają się uchwycić lub uściślić intuicję, skłaniającą nas do mówienia o przypadku, gdy stajemy wobec zdarzenia, które jest (bardzo) mało prawdopodobne, ale jednak zachodzi. Małe prawdopodobieństwo w tym określeniu odpowiada poczuciu zaskoczenia, jakie zwykle łączymy z pojęciem przypadku. Chwila zastanowienia wskazuje jednak, że przypadkiem jesteśmy skłonni nazywać każde zdarzenie, którego pojawienia się nie jesteśmy z góry pewni, czyli któremu przypisujemy prawdopodobieństwo mniejsze od jeden. Z chwilą gdy zgodzimy się na przyjęcie tych intuicji jako wyjściowego, roboczego

określenia przypadku, natychmiast pojawia się pytanie, co to znaczy (bardzo) małe prawdopodobieństwo lub prawdopodobieństwo mniejsze od jeden. Wydaje się, że w tej sytuacji nie pozostaje nic innego, jak tylko odwołać się do matematycznej teorii prawdopodobieństwa.

Jak wiadomo, współczesna, standardowa postać teorii prawdopodobieństwa pochodzi od Andrieja Kołmogorowa i jest szczególnym przypadkiem matematycznej teorii miary. Przez przestrzeń miary rozumie się trójkę (X, S, m) , gdzie X jest pewnym zbiorem, S rodziną jego podzbiorów, a m funkcją przypisującą podzbiорom należącym do S dodatnie liczby rzeczywiste. Muszą przy tym być spełnione odpowiednie aksjomaty, których tu nie będziemy przytaczać¹. Prosty przykładem tej struktury jest płaszczyzna euklidesowa X , gdy jej podzbiорom (np. różnym figurom geometrycznym) przypisujemy liczbę będącą miarą ich powierzchni. Jeżeli dodatkowo przyjmiemy, że miara całego zbioru X równa się jedności, tzn. $m(X) = 1$, to funkcję m nazywamy miarą probabilistyczną, a trójkę (X, S, m) przestrzenią probabilistyczną. Przy tym założeniu miara prawdopodobieństwa – krótko: prawdopodobieństwo – każdego podzbioru X musi być zawarta między zerem i jedynką, tzn. w przedziale $[0, 1]$. Małe prawdopodobieństwo jakiegoś podzbioru oznacza, że odpowiadający mu ułamek jest odpowiednio mały.

Matematyczna teoria prawdopodobieństwa jest teorią czysto formalną i nie można w niej znaleźć nic, co odpowiadałoby wrażeniu niepewności lub oczekiwania, jakie zwykle łączymy z prawdopodobieństwem, czy wrażeniu zaskoczenia lub zbiegu okoliczności, jakie często wiążemy z pojęciem przypadku. Intuicji tych należy szukać w interpretacjach rachunku prawdopodobieństwa.

Istnieją dwie różne grupy interpretacji rachunku prawdopodobieństwa – nazwijmy je interpretacją subiektywną (lub epistemiczną) i interpretacją obiektywną (lub ontologiczną). Według pierwszej prawdopodobieństwo jest miarą naszej niewiedzy o rzeczywistym stanie rzeczy; według drugiej prawdopodobieństwo jest miarą niezdecydowania lub nieokreślenia, rzeczywiście występującego w przyrodzie, jakiegoś zdarzenia lub ciągu zdarzeń. Te dwie grupy interpretacji są tak narzucające się, że Ian Hacking mówi wręcz o dualności tkwiącej w rachunku prawdopodobieństwa,

¹ Można je znaleźć w każdym podręczniku rachunku prawdopodobieństwa.

jakby dwu interpretacyjnych biegunach – epistemicznym i ontologicznym². Zajmiemy się nimi pokrótce.

3. Subiektywne źródła prawdopodobieństw

Stoimy na przystanku i czekamy na tramwaj: Czy wpierw przyjedzie „czwórka”, czy „ósemka”? Jakie jest prawdopodobieństwo, że pierwsza przyjedzie „ósemka”? Ponieważ obydwa tramwaje wyjechały już z pętli, obiektywnie wiadomo, który przyjedzie pierwszy, ale my tego nie wiemy i dlatego zasadne może być odwoływanie się do rachunku prawdopodobieństwa w celu rozstrzygnięcia tej kwestii. W oszacowaniu prawdopodobieństwa możemy kierować się dotychczasowym doświadczeniem, które sugeruje, że na trasie jest zwykle dwa razy więcej „czwórek” niż „ósemek”. Jest to przykład sytuacji, w której zastosowanie interpretacji subiektywnej jest naturalne.

Interpretację subiektywną opracował Bruno de Finetti, nawiązując do koncepcji Thomasa Bayesa, osiemnastowiecznego duchownego i matematyka. U podstaw tej interpretacji leży rozróżnienie na zdania i prawdopodobieństwa. Zdanie może być albo prawdziwe, albo fałszywe (obowiązuje więc zero-jedynkowa logika). Natomiast prawdopodobieństwo jest miarą (w sensie teorii Kołmogorowa) stopnia czyjegoś przekonania o prawdziwości pewnego zdania. Przypisanie miary stopnia przekonania jakiemuś zdaniu nie jest ani prawdziwe, ani fałszywe. Temu samemu zdaniu różni „agenci”³ mogą przypisywać różne miary.

To przypisywanie miary stopnia przekonania jakiemuś zdaniu nazywa się jego prawdopodobieństwem *a priori*. Stopień przekonania może się zmieniać w miarę pojawiania się nowych argumentów. Tę miarę wylicza się za pomocą wzoru sformułowanego jeszcze przez Bayesa. Prawdopodobieństwo *a priori* jest subiektywne, ale dalszy ciąg, tzn. operowanie

² I. Hacking, *The Emergence of Probability*, wyd. 2, Cambridge University Press, Cambridge 2006, s. 11–17.

³ Wyraz „agenci” jest tu odpowiednikiem angielskiego *agents*. Nie znajdując dobrego polskiego odpowiednika, wyraz ten ująłem w cudzysłów, żeby podkreślić jego techniczny charakter. Nie chodzi tu bowiem o „człowieka z ulicy”, lecz o człowieka („agenta”), który jest częścią interpretacji formalnej teorii.

tym prawdopodobieństwem zgodnie z regułami rachunku prawdopodobieństwa, ma charakter obiektywny.

Interpretacja subiektywna bywa z sukcesem stosowana do dyskusji błędów pomiarowych. W pomiarach mamy często do czynienia z błędami statystycznymi lub systematycznymi. Błędy statystyczne maleją wraz ze wzrostem liczby pomiarów i z ich analizą dobrze sobie radzi częstościowa (obiektywna) interpretacja prawdopodobieństwa. W interpretacji tej prawdopodobieństwo rozumie się jako stosunek liczby „zdarzeń sprzyjających” do liczby wszystkich możliwych zdarzeń (przy założeniu, że wszystkie zdarzenia są jednakowo prawdopodobne). Istnieje kilka sposobów radzenia sobie z błędami systematycznymi, tzn. z błędami powstającymi na przykład wskutek występowania efektów niepozostających pod kontrolą eksperymentu. Praktyka wskazuje, że subiektywna interpretacja prawdopodobieństwa jest tu szczególnie skuteczna. Rozpoczynamy od określenia prawdopodobieństwa *a priori*, które zależy od stanu posiadanej aktualnie informacji o mierzonym układzie. W miarę napływu informacji modyfikuje się prawdopodobieństwo zgodnie z regułami subiektywnej interpretacji. Strategia ta okazuje się skuteczna w wielu pomiarach z zakresu fizyki wysokich energii⁴.

Przypadek w sensie subiektywnym zachodzi, gdy jakiemuś zdaniu pewien „agent” przypisuje mały (lub tylko mniejszy od pewności) stopień przekonania, a mimo to jednak to, o czym dane zdanie mówi, zdarza się rzeczywiście. W tym sensie to, co dla jednego „agenta” jest przypadkiem, dla innego wcale nie musi nim być⁵. Tak rozumiany przypadek jest interesującym przedmiotem badań dotyczących racjonalności przekonań, teorii poznania itp., ale stanowi również nieusuwalny element nauki, która jest przecież nieustannym zmaganiem się naszej niewiedzy z oporem wszechświata w ujawnianiu tajemnic swojej struktury. Czy jednak prawdopodobieństwo da się w całości zredukować do gry naszej aktualnej niewiedzy z możliwościami, jakie przed nami stoją?

⁴ Por. np. G. D’Agostini, *Probability and measurement uncertainty in physics – A Bayesian primer*, arXiv:hep-ph/9512295.

⁵ Na temat subiektywnej interpretacji prawdopodobieństwa por. wstępne partie artykułu: C.M. Caves, C.A. Fuchs, R. Schack, *Subjective probability and quantum mechanics*, „Studies in History and Philosophy of Modern Physics” 38, 2007, s. 255–274.

4. Obiektywne źródła prawdopodobieństw

Czy więc prawdopodobieństwo da się zredukować wyłącznie do naszej niewiedzy? Fizyka każe nam rozważyć jeszcze inną możliwość, kiedy to stosowanie rachunku prawdopodobieństwa jest wymuszone przez strukturę świata, bez istotnego udziału naszej niewiedzy.

W fizyce rozważa się układy ewoluujące w czasie, czyli tzw. układy dynamiczne. Układ taki nazywa się układem deterministycznym, jeżeli jego stan w pewnej chwili jednoznacznie określa (determinuje) jego stany w następnych chwilach. Do badania takich układów rachunek prawdopodobieństwa nie jest potrzebny (chyba że chce się brać pod uwagę element naszej niewiedzy, nieuchronny np. przy dyskusji błędów pomiarowych). Układ, który nie ma tej własności, jest układem indeterministycznym. Przewidywanie jego przyszłego zachowania nie może się obyć bez odwoływania się do tak czy inaczej rozumianego prawdopodobieństwa. Układy takie nazywa się też układami stochastycznymi. Różnym możliwym ewolucjom tych układów przypisuje się różne rozkłady prawdopodobieństwa. Nie znaczy to jednak, że w układach stochastycznych może zdarzać się cokolwiek, bez żadnych reguł czy ograniczeń (jakbyśmy sobie intuicyjnie wyobrażali „królowanie przypadku”). Już sama możliwość stosowania rachunku prawdopodobieństwa zakłada, że „rozrzut możliwości” musi się mieścić w ramach jego reguł.

Interesującego przykładu dostarcza mechanika kwantowa. Równanie Schrödingera opisuje ewolucję układu kwantowego (np. cząstki elementarnej). Równanie to jest deterministyczne w tym sensie, że obecny stan funkcji falowej jednoznacznie determinuje jej przyszłą ewolucję. Ponieważ jednak kwadrat modułu funkcji falowej interpretuje się jako rozkład prawdopodobieństwa tego, że dokonując pomiaru jakiejś wielkości kwantowej (np. położenia cząstki), znajdziemy ją w jakimś przedziale wartości, możemy powiedzieć, iż rozkład prawdopodobieństwa w danej chwili jednoznacznie determinuje rozkłady prawdopodobieństw realizowania się różnych stanów w przyszłości, ale konkretne wyniki pomiarów nie są zdeterminowane. Możemy zatem mówić, że wynik pomiaru jest przypadkowy, ale przypadek ten ma swoje dobrze określone (choć niejednoznacznie) miejsce w strukturze wyznaczonej przez prawa mechaniki kwantowej.

Ta teoretyczna sytuacja przekłada się na wyniki eksperymentów. Deterministyczna ewolucja prawdopodobieństw jednoznacznie przewiduje, że połowa atomów trytu w danej próbce rozpadnie się w ciągu 4499 dni (przewidywanie to zostało eksperymentalnie potwierdzone z dokładnością jeden do dziesięciu tysięcy), ale które z atomów tej próbki rozpadną się w ciągu najbliższej godziny, pozostaje zupełnie nieokreślone⁶.

Sytuacja ta (zarówno teoretyczna, jak i empiryczna) pozwala się domyślać, że u podstaw kwantowych procesów leżą jakieś nieredukowalnie stochastyczne (probabilistyczne) zjawiska, które nie są efektem naszej niewiedzy, lecz stanowią następstwo takiej a nie innej struktury świata. Oczywiście istnieją takie interpretacje mechaniki kwantowej, które mimo wszystko odpowiedzialność za stosowanie probabilistyki na fundamentalnym poziomie kwantowym przerzucają na naszą niewiedzę (tzw. interpretacje ukrytych parametrów), ale znana jest interpretacyjna cena, którą wówczas i tak należy zapłacić w postaci różnych kwantowych nielokalności.

5. Niestabilność i ignorancja

Oto sytuacja, którą każdy bez wahania zakwalifikowałby jako nieszczęśliwy przypadek: Nieznaczące przesunięcie szyny na zwrotnicy spowodowane pomyłką dyspozytora ruchu. Następstwem tej pomyłki jest zderzenie dwu pociągów, w którym ginie wiele osób. Jeżeli pominiemy ludzki wymiar tej katastrofy, to z punktu widzenia fizyki sytuację możemy scharakteryzować, stwierdzając, że niewielkie „zaburzenie początkowe” powoduje dużą zmianę trajektorii układu. Jest to przykład podany przez Maxwella⁷. Dziś uznalibyśmy go za ilustrację tzw. chaosu dynamicznego. Teoria tego zjawiska jest obecnie bujnie rozwijającą się dziedziną fizyki i matematyki (teorii układów dynamicznych). Jak widzieliśmy, istnienia zjawisk chaotycznych świadomy był Maxwell, ich matematyczną teorię rozbudował Poincaré (nadal nie określając ich mianem chaosu), a zagad-

⁶ Por. T. Maudin, *What could be objective about probabilities*, „Studies in History and Philosophy of Modern Physics” 38, 2007, s. 275–291. Tam też analiza obiektywnej interpretacji prawdopodobieństwa.

⁷ J.C. Maxwell, *Materya i ruch*, w przekładzie S. Dicksteina, Nakładem Księgarni E. Wende i Ska, Warszawa–Lwów, A. Rzeoecki i Ska, Poznań, brak roku wydania, s. 18.

nienie przypadku w ich świetle poddał dokładnej analizie Marian Smoluchowski. Przyjrzyjmy się (w dużym skrócie) jego koncepcji.

Analizie pojęcia przypadku Smoluchowski poświęcił dwie prace: *Uwagi o pojęciu przypadku w zjawiskach fizycznych*⁸ oraz *Über den Begriff des Zufalls und der Ursprung der Wahrscheinlichkeitsgesetzen in der Physik*⁹. Porównanie tych dwu pozycji świadczy, że Smoluchowski zmagał się z problemem przypadku i jego poglądy w tej sprawie ulegały pewnej ewolucji¹⁰.

Smoluchowski traktował rachunek prawdopodobieństwa jako metodę badania „zdarzeń, których występowanie zależy od przypadku”¹¹. Problem przypadku w fizyce pojawia się w teorii błędów, które towarzyszą każdemu pomiarowi. Ponieważ jednak źródłem błędów pomiarowych jest ostatecznie nasza niewiedza, Smoluchowski pomija tę kwestię. Interesuje go tylko przypadek obiektywny – taki, który nierozzerwalnie związany jest z samym „rdzeniem fizyki”. I tu Smoluchowski napotyka na problem: W jaki sposób może pojawiać się w skądinąd deterministycznej fizyce (Smoluchowski zmarł w 1916 r., gdy jeszcze mechanika kwantowa nie stała się uznanym paradygmatem)? Ostatecznie rozwiązanie Smoluchowskiego jest zbliżone do analiz Poincarégo. Smoluchowski uważa przypadek za pewien szczególnie rodzaj związku przyczynowego. Ma on miejsce wówczas, gdy „mała przyczyna” powoduje „wielki skutek”; mówiąc bardziej współczesnym językiem, gdy małe zaburzenie warunków początkowych powoduje duże różnice w przyszłych trajektoriach układu. Oryginalnym spostrzeżeniem Smoluchowskiego było to, że musi przy tym także zachodzić gęste upakowanie stanów początkowych prowadzących do krańcowo różnych wyników. Bardziej technicznie: powierzchnia warunków początkowych musi odznaczać się właściwą topologią, tak by bliskie (w tej topologii) stany prowadziły do odległych stanów w przyszłości. Smoluchowski uważa, iż jest to jedyne rozumienie przypadku na

⁸ W: *Księga Pamiątkowa ku czci Bolesława Orzechowicza*, Towarzystwo dla Popierania Nauki Polskiej, Lwów 1916, s. 445–458.

⁹ „Die Naturwissenschaften” 17, 1918, s. 253–263. Artykuł ten został przetłumaczony na język polski i opublikowany w: „Wiadomości Matematyczne” 27, 1923, s. 27–52.

¹⁰ Obszerniej na ten temat por.: P. Polak, *Koncepcja przypadku w pismach Smoluchowskiego*, [w:] *Krakowska filozofia przyrody w okresie międzywojennym*, tom II, red. M. Heller, J. Mączka, P. Polak, M. Szczerbińska-Polak, OBI – Kraków, Biblos – Tarnów, w druku.

¹¹ „Wiadomości Matematyczne” 27, 1923, s. 29.

terenie fizyki, które jest niezależne od stanu naszej wiedzy, jest ono cechą samych układów fizycznych.

Sprawa okazuje się jednak nieco bardziej skomplikowana. Co to bowiem znaczy „małe zaburzenie warunków początkowych”? W wielu lokalnych procesach rzeczywiście możemy zaburzać warunki początkowe. Możemy na przykład rzucać kamieniem z różnymi prędkościami początkowymi i z różnych miejsc. Ale jak zaburzyć warunki początkowe ewolucji wszechświata? Równie ważny jak fizyczne zaburzenie okazuje się czynnik naszej niewiedzy. Jest on związany z każdym „zadaniem” warunków początkowych. Chcąc zachować realizm, musimy uwzględnić niedokładność odpowiadającą nieuniknionym błędom pomiarowym. I jeżeli choćby w najmniejszej „skrzynce błędów” (wewnątrz której zadajemy warunki początkowe) mieszczą się warunki początkowe prowadzące do „rozbieżnych” trajektorii, to proces jest chaotyczny i by przewidywać jego stany w przyszłości, musimy odwoływać się do rachunku prawdopodobieństwa

A więc przypadek w rozumieniu Smoluchowskiego zależy od dwu czynników: (1) od pewnej fizycznej cechy danego układu, zwanej jego niestabilnością, która odznacza się tym, że mała zmiana w warunkach początkowych (zadanych na powierzchni o odpowiedniej topologii) prowadzi do dużej zmiany w przyszłym zachowaniu układu); (2) od tego, że nasza znajomość warunków początkowych zawsze jest obciążona pewnym błędem. Pierwszy z tych czynników ma znaczenie obiektywne, niezależne od naszej wiedzy. Drugi z nich jest subiektywny, choć istotnie związany z metodą fizyki (błędy pomiarowe są nieuniknione). W tym rozumieniu przypadku czynnik obiektywny i subiektywny nie są niezależne od siebie, są one elementami tej samej gry przypadku i zdeterminowania.

6. Strategia przyrody

Mamy więc dwa rozumienia przypadku, lub lepiej – dwie klasy rozumień przypadku (gdyż w każdej klasie można wyróżnić więcej „podrozumień”): (1) przypadek w sensie subiektywnym – gdy urzeczywistnia się zdarzenie o prawdopodobieństwie mniejszym od jeden w sensie subiektywnym i (2) przypadek w sensie obiektywnym – gdy urzeczywistnia się zdarzenie o prawdopodobieństwie mniejszym od jeden w sensie obiek-

tywnym. Obydwa te rodzaje rozumienia przypadku często występują w naszych kontaktach ze światem. Nie jest wszakże tak, że przypadki w jakimś sensie niszczą „porządek przyrody”. Przeciwnie, przyroda bardzo często stosuje strategię współdziałania praw i przypadku. Jeżeli działanie praw przyrody uznać za element koniecznościowy, to możemy powiedzieć, że konieczność i przypadek współdziałają w przyrodzie.

Rozpatrzmy prosty przykład. Spróbujmy postawić pionowo dobrze zaostrzony ołówek na gładkiej powierzchni stołu. Prawo fizyki mówi, że usiłujemy w ten sposób zrealizować stan niestabilny. Jeżeli przestaniemy podtrzymywać ołówek, niechybnie upadnie. Ale w którą stronę? Zależy to od wielu „przypadków”: drobnych ruchów mięśni moich palców, ruchów otaczającego powietrza, wibracji spowodowanych przez przejeżdżający sąsiednią ulicą tramwaj itp. Wiele z tych przypadkowych czynników jest przypadkami tylko „z punktu widzenia” interesującego nas prawa statyki, ale może być wynikiem wcale nieprzypadkowego działania innych praw fizyki. Istotne jest jednak to, że interesujące nas prawo przyrody pozostawia „wolne miejsce” na zadziałanie tych „przypadków” i „wolnego miejsca” jest akurat tyle, ile potrzeba. Co więcej, bez ich wystąpienia ołówek „nie wiedziałby”, w którą stronę upaść i prawo nie mogłoby działać.

Bardziej precyzyjnie: prawa przyrody są z reguły wyrażane przez równania różniczkowe (lub układy takich równań). Ich rozwiązania wyznaczają możliwe zachowania się danego układu fizycznego. Ale konkretne zachowanie (konkretną trajektorię w przestrzeni fazowej) wybierają warunki początkowe lub warunki brzegowe, które trzeba „zadać”, a więc które są „przypadkowe” z punktu widzenia rozważanego prawa fizyki, choć wcale nie muszą być przypadkowe z punktu widzenia innych praw fizyki.

Mamy więc trzeci rodzaj rozumienia przypadku: przypadek względem danego prawa fizyki, który może być wynikiem wcale nieprzypadkowego działania innych praw fizyki.

Jest rzeczą oczywistą (choć o niej nieczęsto myślimy), że prawa fizyki nie działają w izolacji jedne od drugich, lecz tworzą całościową (dynamiczną) strukturę, w której elementy koniecznościowe (nomologiczne) współdziałają z elementami przypadkowymi. To, co nazywamy „danym prawem fizyki”, jest tylko pewnym aspektem tej struktury. Aspekt ten został przez nas z niej wyodrębniony niekoniecznie dlatego, że jest on naturalnie wyróżniającą się jej częścią, lecz przeważnie z racji jakichś dość „przypadkowych” powodów historycznych.

7. Przypadki i racje wystarczające

Umysł ludzki ma pewną bardzo interesującą własność – duże prawdopodobieństwo występowania jakiegoś zdarzenia jesteśmy skłonni uważać za rację wystarczającą (w sensie zbliżonym do Leibnizowskiego) jego pojawienia się, natomiast małe prawdopodobieństwo występowania jakiegoś zdarzenia domaga się – naszym zdaniem – uzasadnienia skądinąd. Jeżeli takiego uzasadnienia nie potrafimy znaleźć, zdarzenie uważamy za przypadkowe i często dziwimy się, że się „przytrafiło”. Ta własność ludzkiego umysłu znalazła swój wyraz w scholastycznej metodologii, w której uzasadnienie *ex communitate contingentibus* (z częstego zdarzania się) uważano za prawomocne uzasadnienie, aczkolwiek tylko uprawdopodobniające.

Można zasadnie przypuszczać, że ta własność ludzkiego umysłu ewoluowała drogą nagromadzenia się efektów selekcji w trakcie naszej biologicznej historii, czyli – innymi słowy – poprzez oddziaływanie z otaczającym światem. Cechą świata, która wymuszała takie a nie inne zachowania, jest jego częstościowa stabilność, czyli ta własność świata, dzięki której im dłuższy ciąg zdarzeń losowych, tym bardziej częstość występowania jakiegoś zdarzenia w tym ciągu przybliża się do pewnej liczby. Podkreślmy – jest to własność świata, a nie twierdzenie matematycznej teorii prawdopodobieństwa. Gdyby świat nie miał tej cechy, strategia przystosowywania się do zdarzeń często występujących nie przynosiłaby żadnego ewolucyjnego pożytku. Pojawienie się zdarzenia o małym prawdopodobieństwie, czyli zdarzenia przypadkowego, budzi zdziwienie i domaga się uzasadnienia, ponieważ nie jest „uzasadnione” ewolucyjnie.

Rachunek prawdopodobieństwa ma jeszcze jedną zaskakującą cechę – stosuje się do wielu klas zdarzeń, które są ściśle określone i w stosunku do których nie może być mowy o „prawdziwej przypadkowości”. Już Kołmogorow w swojej pionierskiej pracy zauważył, że metody probabilistyczne mogą się stosować do badania rozkładu występowania różnych cyfr (lub zestawów cyfr) w rozwinięciach dziesiętnych różnych liczb. Przypuszczenie to w pełni sprawdziło się. Można na przykład badać prawdopodobieństwo występowania zestawu cyfr 0123456789 w dziesiętnym rozwinięciu liczby π . Metodami probabilistycznymi bada się również rozkład liczb pierwszych w zbiorze liczb naturalnych (lub zer funkcji „dzeta”

Riemanna)¹². Przecież rozkład liczb na prostej rzeczywistej lub w rozwinięciach dziesiętnych liczb jest określony z „matematyczną precyzją”. Czy jest to zatem typowy przykład prawdopodobieństwa w sensie subiektywnym, którego źródłem jest tylko nasza niewiedza?

Pozornie zbliżona sytuacja zachodzi w zjawisku chaosu dynamicznego. Klasyczny proces, w którym to zjawisko występuje, jest procesem ściśle deterministycznym. Jedynie nasza niedokładna znajomość warunków początkowych (obciążona nieuniknionym błędem pomiarowym) powoduje, że chcąc poznać przyszłe zachowanie układu, musimy stosować metody probabilistyczne. Jednakże podobieństwo do poprzednio rozważanych przypadków dotyczących rozkładów liczb nie jest całkowite. W kontekście chaosu dynamicznego możemy twierdzić, że sukces w stosowaniu metod probabilistycznych jest zagwarantowany pewnymi cechami strukturalnymi dynamicznego chaosu, a mianowicie odpowiednią topologią przestrzeni warunków początkowych i własnościami propagowania się zaburzeń rozwiązań. W odniesieniu do rozkładu liczb pierwszych lub rozwinięć liczb dziesiętnych czegoś analogicznego – o ile wiemy – nie ma. Chyba żeby i pod tym względem nasza wiedza była niepełna. Jedno wszakże jest pewne, mianowicie że nawet najprostsza – zdawałoby się – teoria matematyczna, teoria liczb, kryje w sobie bardzo wiele głębokich zagadek. A co dopiero należałoby powiedzieć o tak zaawansowanej teorii matematycznej, jaką jest teoria prawdopodobieństwa?

8. Uwagi na zakończenie

Zaletą określenia przypadku jako zdarzenia, które zachodzi, pomimo iż jest zdarzeniem o prawdopodobieństwie mniejszym od jeden, jest to, że pojęcie przypadku możemy w ogóle wyeliminować z fizyki, zastępując je po prostu miarą probabilistyczną, jaka danemu zdarzeniu odpowiada. Nie możemy tego zrobić w rozważaniach filozoficznych, w których nieostre pojęcia jakościowe są nieuniknione.

Ale i na terenie fizyki, pomimo wyeliminowania nieostrego pojęcia przypadku, pojawiają się dalsze problemy. Przede wszystkim znamy dziś więcej niż jeden rachunków prawdopodobieństwa. Który z nich jest tym,

¹² Por. K. Maślanka, *Liczba i kwant*, OBI, Kraków 2004.

którym przyroda posługuje się do swoich celów? Fizyka teoretyczna uczy nas, że w różnych teoriach fizycznych należy stosować różne rachunki prawdopodobieństwa dostosowane do matematycznej struktury danej teorii. W teoriach fizyki klasycznej będzie to klasyczny rachunek prawdopodobieństwa, ale już w mechanice kwantowej musimy posługiwać się inaczej rozumianym prawdopodobieństwem.

Problem polega na tym, że rachunek prawdopodobieństwa, jak każda dobra teoria matematyczna, dopuszcza różne uogólnienia. Klasycznemu rachunkowi prawdopodobieństwa można nadać postać algebraiczną, wyrażając go w języku przemiennych algebr von Neumanna (wyróżniony stan na tych algebrach interpretuje się jako miarę probabilistyczną). Uogólnienie polega na zastąpieniu przemiennych algebr von Neumanna nieprzemiennymi algebrami von Neumanna. Wówczas różne stany na tych algebrach mogą reprezentować różne, nierównoważne, uogólnione miary prawdopodobieństwa¹³. Jeżeli w ten sposób spojrzymy na rachunek prawdopodobieństwa stosowany w mechanice kwantowej, to okazuje się, że jest on poprawnym uogólnieniem klasycznego rachunku prawdopodobieństwa¹⁴.

Wśród pytań o fundamentalnym znaczeniu, jakie ta sytuacja rodzi, można wymienić następujące:

- Czy podstawowy poziom fizyki jest z natury probabilistyczny? A jeżeli tak, to jakim rachunkiem prawdopodobieństwa się rządzi?
- Ujmując poprzednie pytanie bardziej w języku filozoficznym, czy „podstawowa ontologia” świata jest probabilistyczna? W jakim sensie?
- Jaka jest rola prawdopodobieństwa w makroskopowym świecie? Czy jest ono tylko narzędziem uzupełniającym braki naszej wiedzy, czy też – przynajmniej w niektórych sytuacjach – śladem probabilistycznych własności głębszych poziomów fizycznego świata?
- I co za tym idzie, jaka jest rola przypadków w naszym rozumieniu świata?

¹³ Por. np. M. Rédei, S.J. Summers, *Quantum Probability Theory*, „Studies in History and Philosophy of Modern Physics” 38, 2007, s. 390–417.

¹⁴ R.F. Streater, *Classical and Quantum Probability*, arXiv math-ph/0002049.