

kiego grona filozofów nauki budzi szacunek. Odpowiedź Jacka Rodzenia na pytanie: *Czy sukcesy nauki są cudem?* zasługuje na przeczytanie zarówno przez specjalistów, jak i studentów.

Stanisław Wszolek

*NOWA TEORIA
INDETERMINISTYCZNEGO
ŚWIATA*

◇ Ilya Prigogine, *Kres pewności. Czas, chaos i nowe prawa natury*, WAB i CiS, Warszawa 2000, s. 267, przekład: I. Nowoszewska, P. Szwajcer.

Jednym ze współtwórców teorii chaosu jest Ilya Prigogine, który w 1977 roku otrzymał nagrodę Nobla w dziedzinie chemii za prace na temat termodynamiki układów dalekich od stanu równowagi. W 1990 roku na polskim rynku wydawniczym ukazała się jego książka „Z chaosu ku porządkowi” (recenzja ZFwN XIII/91), w której Prigogine wspólnie z I. Stengers przedstawia podstawowe wyniki swoich badań nad chaosem deterministycznym w układach nierównowagowych. Prigogine wykazuje w tej publikacji, że w takich układach mogą się pojawić w określonych warunkach uporządkowane struktury o wysokim stop-

niu samoorganizacji, zaś nieodwracalny charakter tego typu procesów decyduje o istnieniu strzałki czasu i temporalnej asymetrii fizycznej rzeczywistości. W książce „Kres pewności” Prigogine jeszcze bardziej radykalizuje swoje stanowisko i dowodzi, że teoria chaosu prowadzi do odrzucenia klasycznego modelu nauki, zakładającej deterministyczny obraz świata, na rzecz modelu opisującego rzeczywistość w kategoriach przypadkowości i prawdopodobieństwa.

Punktem wyjścia dla Prigogine’a jest znany i analizowany przez wielu autorów „dylemat determinizmu”, który przejawia się w zasadniczej niespójności deterministycznej wizji świata, do jakiej prowadzi naukowe poznanie rzeczywistości, z powszechnym przekonaniem o podmiotowej wolności człowieka, przejawiającej się w możliwości dokonywania indywidualnych wyborów. Niespójność uwidacznia się w tym, iż człowiek przekonany subiektywnie o własnej wolności i nie determinowaniu, stanowi zarazem fizyczny układ, podlegający ściśle deterministycznym prawom przyrody. Analogiczna rozbieżność pomiędzy naukowym i subiektywnym pojmowaniem rzeczywistości kryje się w zagadnieniu fizycznego czasu. Jak wiadomo, prawa przyrody nie wyróżniają żadnego kierunku upływającego czasu, to

znaczy, że na podstawowym poziomie opisu natury nie istnieje strzałka czasu. Z drugiej jednakże strony, wyraźna świadomość różnicy, jaka istnieje pomiędzy przeszłością i przyszłością jest podstawowym doświadczeniem każdego człowieka; różnica ta znajduje swój wyraz również w takich dziedzinach nauki, jak chemia, geologia, historia, biologia itp.

Powyższe dwa paradoksy — determinizmu i czasu — stanowią ośnowę książki „Kres pewności”. Podstawowym problemem, z jakim autor postanawia się zmierzyć, jest wyjaśnienie mechanizmów, które sprawiają, że na pewnym poziomie opisu rzeczywistości strzałka czasu wyłania się ze świata rządzonego przez symetryczne względem czasu prawa fizyki. Strzałka czasu jest z kolei kluczowym zagadnieniem dla wyjaśnienia problemu determinizmu, ponieważ „paradoks czasu przenosi dylemat determinizmu w dziedzinę fizyki” (s. 12). W fizyce ciągle jeszcze dominuje pogląd, zgodnie z którym strzałka czasu jest wynikiem przybliżonego charakteru opisu natury, jaki dostarczają nauki ścisłe. Prigogine dowodzi, że przybliżony charakter opisu wynika nie z ograniczeń epistemologicznych ludzkiego poznania, ale z fundamentalnych własności fizycznego świata, w którym strzałka czasu jest definiowana jednoznacznie przez nieodwracalne

procesy nierównowagowe. Ponieważ nieodwracalność jest koniecznym warunkiem koherencji zjawisk, które w stanach dalekich od równowagi prowadzą do samoorganizacji (np. powstanie życia), dlatego strzałka czasu ma charakter obiektywny, a nie subiektywny. Do zerwania z symetrią czasu przyczynił się również w ostatnich latach rozwój teorii niestabilnych układów dynamicznych. Klasyczny (deterministyczny) model nauki stawiał na pierwszym miejscu porządek, stabilność i wynikającą z niej przewidywalność zjawisk. Tymczasem „na wszystkich poziomach obserwacji zasadniczą rolę odgrywają fluktuacje, niestabilność, złożoność wyborów oraz ograniczenia przewidywalności” (s. 15). Oznacza to, zdaniem Prigogine’a, iż obecnie zakwestionowana została wiara w pewność poznania, zaś prawa przyrody wyrażają jedynie możliwość lub prawdopodobieństwo. Indeterminizm jest zatem w sposób konieczny wpisany w strukturę fizycznej rzeczywistości.

Książka Prigogine’a składa się z dziewięciu rozdziałów, w których autor systematycznie rozwija i uzasadnia swoje stanowisko. W pierwszych rozdziałach Prigogine wskazuje na konieczność nowego sformułowania praw fizyki, w którym indeterminizm i asymetria czasu będą się wyłaniać z dynamiki w oparciu o procesy nieod-

wracalne, odgrywające zasadniczą rolę w przyrodzie.

Autor wykazuje, iż prawa fizyki w swoim tradycyjnym sformułowaniu opisują „wyidealizowany stabilny świat, nie zaś świat ewoluujący i niestabilny, w jakim naprawdę żyjemy” (s. 38). Niestabilność oraz związana z nią nieodwracalność w stanach dalekich od równowagi prowadzi do powstawania złożonych i uporządkowanych struktur, co dowodzi, iż procesy nieodwracalne są równie rzeczywiste, jak opisywane przez klasyczne prawa przyrody procesy odwracalne. Uogólnienie dynamiki, które pozwoli uwzględnić niestabilność i nieodwracalność, musi się opierać na opisie probabilistycznym, ponieważ tylko taki opis pozwala scharakteryzować całą złożoną mikrostrukturę przestrzeni fazowej, która ginie przy opisie pojedynczych trajektorii. Prawa chaosu deterministycznego pojawiają się na poziomie statystycznym. Do opisu takich praw Prigogine wykorzystuje pojęcie niecałkowalnego układu dynamicznego. Termin ten został wprowadzony przez Poincarégo, który wykazał, że większość dynamicznych układów nie daje się całkować, a powodem tego jest istnienie rezonansów pomiędzy stopniami swobody układu. Niecałkowalność równań ruchu prowadzi z kolei do statystycznego sformułowania praw dynamiki.

W kolejnych rozdziałach swojej książki Prigogine wskazuje na rolę procesów nieodwracalnych w procesie generowania entropii; podaje przykłady struktur dysypatywnych, w których „materia, z dala od stanu równowagi wzbogaca się o nowe właściwości, w których główną rolę odgrywają fluktuacje i niestabilność” (s. 89); omawia łamanie symetrii układu w punktach bifurkacji; charakteryzuje i ilustruje wieloma przykładami prawa chaosu deterministycznego. W oparciu o rezonanse Poincarégo oraz nielokalność funkcji rozkładu, Prigogine nadaje również nowe sformułowanie mechanice kwantowej; sformułowanie „zachowujące jej probabilistyczny charakter a zarazem eliminujące jej aspekt subiektywistyczny” (s. 203). Autor proponuje także nową interpretację standardowego modelu kosmologicznego, w którym istnienie czasu poprzedza narodziny wszechświata, zaś Wielki Wybuch jest spowodowanym niestabilnością, procesem nieodwracalnym, w którym od pierwszych chwil pojawia się samoorganizacja materii.

„Kres pewności” stanowi interesującą propozycję alternatywnego (w stosunku do klasycznego modelu nauk ścisłych) spojrzenia na dynamiczną strukturę świata. Aktualność tego typu koncepcji została już tutaj zasygnalizowana,

a w perspektywie gwałtownego rozwoju teorii chaosu, który można zaobserwować w ostatnich latach, staje się ona jeszcze bardziej oczywista. Profesjonalizm, z jakim Prigogine podchodzi do zagadnienia, jest niepodważalnym atrybutem omawianej pozycji. Fachowość, a zarazem łatwość w operowaniu technicznymi terminami z zakresu fizyki, matematyki i kosmologii — sprawia, że lektura tej książki jest prawdziwą przyjemnością, mimo iż w wielu miejscach zrozumienie wywodu autora wymaga się więcej niż tylko pobieżnej znajomości fizyki i matematyki.

Co prawda, w kilku paragrafach tekst wydaje się niejasny, a argumenty niedostatecznie uzasadnione. I tak np. na s. 221 czytamy, iż Wielki Wybuch spowodowany został „niestabilnością przed-Wszechświata”, ta zaś — „oddziaływaniem między grawitacją i materią”. Materia i grawitacja istnieją zatem w niestabilnym stanie przed rozpoczęciem kosmicznej ewolucji wszechświata, co jest sformulowaniem co najmniej zagadkowym. Inne niezrozumiałe stwierdzenie znajduje się na s. 254, w paragrafie zamykającym całą książkę. Prigogine pisze tam, iż w indeterministycznym świecie „wszystko jest przypadkowym absurdem”. Sformułowanie to jest o tyle nieszczęśliwe, iż przez cały czas autor dowodzi, że inde-

terminizm i niestabilność prowadzą do stanów w wysokim stopniu uporządkowanych, zaś przypadkowość i probabilistyczny charakter zachowania układów nieliniowych nie oznacza, że są to układy nieprzewidywalne.

Książkę Prigogine’a można polecić nie tylko entuzjastom teorii chaosu, ale również wszystkim, którzy interesują się rozwojem nauk ścisłych, takich jak fizyka, czy kosmologia. Jeśli nawet koncepcja Prigogine’a nie doprowadzi do zmiany dotychczasowego paradygmatu nauki, opartego na deterministycznej wizji świata, to jednak jest ona bardzo dobrym i skutecznym sposobem „oswajania się” z hipotezą indeterministyczną, która powoli zdobywa coraz większą liczbę zwolenników, nie tylko na terenie fizyki kwantowej. „Kres pewności” pokazuje, iż hipoteza ta jest naturalną konsekwencją nowoczesnej teorii niestabilności i chaosu, oraz że nadaje ona zasadnicze znaczenie strzałce czasu, tak ważnej dla zrozumienia jedności, a zarazem różnorodności obecnej w świecie fizycznym. Zaznajomienie się z tym argumentem wystarczy, aby sięgnąć po książkę Prigogine’a.

Tadeusz Pabjan