

Jarosław Kukowski

"Nowy umysł cesarza : o komputerach, umyśle i prawach fizyki", Roger Penrose, Warszawa 1995 : [recenzja]

Studia Philosophiae Christianae 32/2, 299-302

1996

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

wcale takie łatwe, gdyż wyniki współczesnych nauk przyrodniczych z trudem poddają się zabiegom popularyzatorskim. Warto podkreślenia jest również to, że Autor swoje rozważania ilustruje przy pomocy wyników badań rozmaitych zjawisk przyrody, często takich, z którymi spotykamy się na co dzień w naszej potocznej obserwacji otaczającej nas rzeczywistości i nawet nie podejrzewamy, ilu interesujących problemów mogą one dostarczyć.

Anna Lemańska

Roger Penrose, *Nowy umysł cesarza. O komputerach, umyśle i prawach fizyki*. tł. Piotr Amsterdamski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995, stron 505.

Mamy przed sobą książkę znanego angielskiego fizyka, kosmologa, matematyka, a także filozofa, którego zainteresowania wiążą się z problematyką metodologiczno-filozoficzną wyrosłą ze współczesnych nauk matematyczno-fizycznych. Podtytuł omawianej publikacji sygnalizuje zakres rozważań. Z szerokiego jego spektrum zwrócimy uwagę na jeden temat. Chodzi o stanowisko Penrose'a w odniesieniu do fizycznej teorii unitarnej. Opowiada się on za kwantową teorią grawitacji. Toteż przedstawimy jego propozycję wskazując jej istotne elementy. Z tego względu zreferujemy głównie trzy rozdziały książki: 6. *Tajemnica kwantowej magii*, 7. *Kosmologia i strzałka czasu*, 8. *W poszukiwaniu kwantowej teorii grawitacji*, dodając do nich uwagi krytyczne. Oryginalność Penrose'a w prognozowaniu własności przyszłej kwantowej teorii grawitacji usprawiedliwia – zdaniem piszącego te słowa – ograniczenie się w poniższym omówieniu do wybranego tematu.

Obserwacja w sensie mechaniki kwantowej czyli redukcja wektora stanu jednej cząstki (z pary dwu skorelowanych) wpływa na stan drugiej w sposób nielokalny, którego nie można opisać zgodnie ze szczególną teorią względności (paradoks Einsteina–Podolsky'ego–Rosena – EPR); to daje podstawy sądzić, że nasz czasoprzestrzenny obraz rzeczywistości fizycznej, nawet poprawnie uwzględniający nielokalność mechaniki kwantowej, jest sprzeczny ze szczególną teorią względności. Jest to więc powód do wprowadzenia modyfikacji w jednej z tych teorii.

Penrose'a nie interesują zmiany, jakie mechanika kwantowa może wprowadzić do teorii czasoprzestrzeni (OTW) lecz na odwrót – zmiany, jakie może wprowadzić do struktury mechaniki kwantowej teoria względności. W mechanice kwantowej istnieją problemy o charakterze „wewnętrznym”. Wystarczy wspomnieć o niezgodności jaka istnieje „między dwiema podstawowymi procedurami mechaniki kwantowej U i R. Procedura U oznacza całkowicie deterministyczną, unitarną ewolucję układu, określaną przez równanie Schrödingera, zaś R opisuje probabilistyczną *redukcję wektora stanu*, która zachodzi ilekroć uważamy, że miała miejsce obserwacja. [...] Niezgodności tej nie można usunąć przyjmując jedynie odpowiednią «interpretację» mechaniki kwantowej” [s. 387].

Ilekroć wykonujemy pomiar, podczas którego następuje dostatecznie silne wzmocnienie efektów kwantowych tak aby były dostępne dla pomiaru wielkości mierzalne, musimy zmienić reguły określające ewolucję funkcji falowej. Nie korzystamy już z deterministycznej, symetrycznej względem czasu procedury U, lecz z zupełnie innej metody nazwanej procedurą R. Zgodnie z nią, aby otrzymać klasyczne prawdopodobieństwo, musimy obliczyć kwadrat modułu kwantowej amplitudy. To właśnie procedura R i tylko ona wprowadza do mechaniki kwantowej nieoznaczoność i prawdopodobieństwo. Procedura U nie może implikować procedury R. Penrose twierdzi, że poszukiwana kwantowa teoria grawitacji jeżeli ma być poprawna to powinna zawierać jedną procedurę U/R asymetryczną względem czasu, łączącą obie procedury mechaniki kwantowej tak aby paradoks EPR, który związany jest ze sprzecznościami w obserwacji redukcji wektora stanu cząstek skorelowanych, nie miał

miejsca w realistycznym opisie zjawisk. Nie można zadowolić się obecnym stanem rzeczy, gdyż równania Schrödingera są symetryczne względem czasu (procedura U) natomiast pomiar układu kwantowego taki nie jest (procedura R) [s. 393–398].

Co najciekawsze proponowana przez autora teoria musi być asymetryczna w czasie jeszcze z innego powodu! Z kwantowej teorii grawitacji musi wynikać, że tuż po wielkim wybuchu (po osobliwości w przeszłości), gdy można już sensownie posługiwać się pojęciami klasycznymi, obowiązuje silne ograniczenie tensora krzywizny przestrzeni opisującego zniekształcenie elementu przestrzeni bez zmiany jego objętości. Tensor krzywizny Weyla, bo o nim mowa, musi mieć tam wartość zero. W przeciwieństwie do tego w osobliwości końcowej najprawdopodobniej wartość tensora Weyla dąży do nieskończoności co wiąże się z dużą entropią wszechświata. Dla Penrose'a warunek asymetryczności teorii jest bezwzględnie konieczny bowiem w przeciwnym razie prawdopodobieństwo stworzenia wszechświata o małej entropii, w którym obowiązywałaby druga zasada termodynamiki, byłoby nieprawdopodobnie małe. Skoro obowiązuje druga zasada termodynamiki przeto jeżeli nie asymetria teorii byłaby odpowiedzialna za opisaną sytuację, to wówczas istnienie wszechświata takiego jaki jest domaga się innego uzasadnienia, dlaczego zrealizował się właśnie ten świat o niebywale małym prawdopodobieństwie?

”Dla wielu fizyków założenie takie jak hipoteza zerowej krzywizny Weyla oznacza przyjęcie pewnych warunków brzegowych, a nie określonego prawa dynamiki, wybór zaś warunków brzegowych nie jest czymś, co fizyka może wyjaśnić. Inaczej mówiąc, ich zdaniem mamy do czynienia z aktem Boga i nie do nas należą próby zrozumienia, dlaczego Bóg wybrał dla nas takie, a nie inne warunki brzegowe” [s. 389]. Wydaje się, że skoro podejście naukowe okazało się, tak owocne w badaniach równań ruchu, to rozsądek nakazuje nie rezygnować z prób naukowego zrozumienia ograniczeń nałożonych na możliwe „warunki brzegowe”, czyli na wielki wybuch.

Historia nauki jasno pokazuje, jak ważne było oddzielenie praw dynamicznych fizyki od tak zwanych warunków brzegowych czyli warunków, jakie trzeba nałożyć na zbiór możliwych rozwiązań równań ruchu, aby wybrać rozwiązania pasujące do danej sytuacji. Warunki brzegowe określają stan początkowy układu, natomiast prawa ruchu jego dalszą ewolucję. Odkrycie, iż można oddzielić prawa dynamiki od problemu rzeczywiście istniejących we wszechświecie konfiguracji cząstek, stanowi jedno z najważniejszych odkryć fizycznych [s. 390].

Penrose jest zdania, że tego podziału nie da się dłużej utrzymać w stosunku do opisu wszechświata. Gdy poznamy prawa lub zasady, które rzeczywiście rządzą jego zachowaniem, a nie tylko ich przybliżenia, które składają się na nasze teorie przekonamy się, że to rozróżnienie (równania – warunki brzegowe) traci sens. Otrzymamy wówczas spójną, ogólną teorię czasowo-asymetryczną.

Nasuwa się pytanie, dlaczego krzywizna Weyla decyduje o niskiej entropii wszechświata w bliskim czasowo sąsiedztwie początkowej osobliwości? Żyjemy wprawdzie w świecie w którym obowiązuje druga zasada termodynamiki, ale zarazem istnieją w nim gorące źródła o niskiej entropii (gwiazdy) dzięki którym mimo powszechnemu prawu wzrostu entropii, lokalnie możliwe jest przeciwdziałanie temu prawu. Tzn. stosunkowo niewielka ilość fotonów o wysokiej częstotliwości, ale uporządkowanych (mała entropia) w postaci strumienia widzialnego światła wypromieniowanego przez Słońce zanim „ulegnie” prawu wzrostu entropii i przemieni się w stosunkowo dużą ilość fotonów o niskiej częstotliwości (wyższa entropia) w postaci promieniowania cieplnego. umożliwia roślinom zielonym proces fotosyntezy. Ten proces – jak wiadomo – jest podstawą łańcucha pokarmowego dla całego świata ożywionego. W ten sposób Autor, nie odwołując się do zasady antropicznej, ustala ścisły warunek na wybór parametrów wszechświata faktycznie istniejącego.

Wypada dopowiedzieć, że gdy bierzemy pod uwagę grawitację, to entropia równomiernie rozłożonej materii jest znacznie mniejsza niż materii rozłożonej nierównomiernie (skupionej w galaktyce, gwiazdzie, czarnej dziurze). W przypadku

gazu zamkniętego w pudle sytuacja wygląda odwrotnie: gaz zgromadzony w rogu ma małą entropię, a gdy znajduje się w stanie równowagi termodynamicznej i wypełnia jednorodnie całe pudło, jego entropia osiąga maksymalną wartość. Ta przeciwstawność entropii grawitacyjnej i termodynamicznej tłumaczy dlaczego wszechświat w chwili wielkiego wybuchu będąc w stanie równowagi termodynamicznej (maksymalna entropia termodynamiczna jak na ówczesne rozmiary) może mieć mimo wszystko minimalną entropię. Wszechświat w stanie równowagi termodynamicznej materio-energii rozszerzając się stygnie. Stygnięcie w pewnym momencie pozwala na oddzielenie się promieniowania i materii. Ten moment ujawnia stosunkowo jednorodny i izotropowy rozkład materii dający niską entropię grawitacyjną. Ujawnia tzn. że ten stan rzeczy istniał już wcześniej dzięki nieobecności tzw. sił pływowych.

Osobliwość początkowa stwarza i materię i czasoprzestrzeń w przeciwieństwie do osobliwości końcowej. Duża masa zakrzywia czasoprzestrzeń, a krzywizna ta przejawia się w postaci sił pływowych (sferyczna powierzchnia utworzona ze swobodnie spadających cząstek wydłuża się w kierunku spadku i kurczy się w płaszczyźnie prostopadłej do tego kierunku). Siły pływowe, które opisuje tensor krzywizny Weyla osiągają wartości nieskończone w pobliżu wielkich mas (czarne dziury) i powodują zniszczenie zarówno cząstek jak i czasoprzestrzeni co właśnie prowadzi do osobliwości końcowej. Wydawałoby się, że osobliwość początkowa na zasadzie symetrii w odwróconym czasie powinna zachowywać się podobnie jeżeli chodzi o krzywiznę czasoprzestrzeni; okazuje się, że tak nie jest. Standardowe modele wielkiego wybuchu nie mają sił pływowych związanych z tensorem Weyla. Krzywiznę czasoprzestrzeni opisuje tam tensor Ricciego charakteryzujący zmianę objętości.

Wracając do własności poszukiwanej teorii zauważmy że Autor wysunął tezę iż kwantowomechaniczna redukcja wektora stanu jest ściśle związana z hipotezą zerowej krzywizny Weyla (Weyl Curvature Hypothesis – WCH). Wobec tego z przyszłej poprawnej kwantowej teorii grawitacji powinna wynikać zarówno redukcja wektora stanu (operacja R), jak i WCH [s. 406]. Hipotetyczna wartość zerowa tensora krzywizny Weyla dopuszcza istnienie tylko czarnych dziur, które są odpowiedzialne za niszczenie materii w jej najbliższym sąsiedztwie, a tym samym niszczenie informacji o tych elementach układu (wszechświata). Natomiast redukcja wektora stanu jako operacja na poziomie kwantowym dokładnie równoważy ten efekt poprzez nieoznaczoność jaką wprowadza do ewolucji układu. Nieoznaczoność ewolucji układu fizycznego dopuszcza aby jeden i ten sam stan fizyczny mógł ewoluować na różne sposoby, a przez to pomnaża informację.

Globalna równowaga między dwoma procesami, która jest możliwa w pewnych określonych warunkach została prześledzona ponownie przez Penrose'a na bazie doświadczenia myślowego zaproponowanego przez Hawkinga. W ogólnym przypadku chodzi o to czy przyrodzie łatwiej jest zmusić obłok gazu w stanie termodynamicznej równowagi do grawitacyjnego zapadnięcia się, czy też raczej pozbyć się czarnej dziury za pomocą promieniowania Hawkinga? Rozumowanie prowadzi do konkluzji orzekającej, że równie trudno jest zniszczyć czarną dziurę, jak stworzyć ją z termicznego promieniowania.

Gdyby analizy i sugestie Penrose'a okazały się poprawne, to rzeczywiście asymetryczna w czasie procedura pomiaru stanu układu kwantowomechanicznego (R) byłaby „odwrotną stroną medalu” hipotezy zerowej krzywizny Weyla (WCH) będącej naturalnym warunkiem obserwowanej asymetryczności w czasie ewolucji wszechświata (brak białych dziur).

Jest niewątpliwe, że dwudziestowieczne teorie fizyczne dokonały rewolucji w naszym poznawaniu świata. Z jednej strony pogłębiły naszą wiedzę o nim, ale z drugiej uczyniły ją niespójną. Cząstkowe ujęcia nigdy nie były zadawalające, nic więc dziwnego, że pojawiły się tendencje do unifikacji, jednoczenia tego co jeszcze nie przystaje do globalnego rozumienia rzeczywistości. Częściowe sukcesy już mamy. Może dlatego tym większa istnieje nadzieja na sukces ostateczny. Rewolucje w myś-

leniu zmusiły nas do zmiany zapatrywań na wiele, wydawałoby się dobrze zbadanych i oczywistych zagadnień, takich jak ruch, równoczesność, przyczynowość, wpływ czasu, umiejscowienie, substancjalność, elementarność, świadectwo zmysłów itp. Powinno to nas przekonać (może i przygotować?) do kolejnych, niezbędnych przemian jakich wymagać będzie nadchodząca rewolucja. Może już czas najwyższy na zmianę poglądów i przyzwyczajęń odnośnie do tego, jak powinna wyglądać oczekiwana Nowa Teoria? Jedni tę nowość widzą w „hiperprzestrzeni”, Penrose zaś – w „asymetryczności względem czasu”.

Autor wierzy, że gdy skonstruujemy kwantową teorię grawitacji to dzięki niej uda nam się wyjaśnić także problem świadomości. Nie oznacza to bynajmniej zwycięstwa redukcjonizmu. Nowa, poprawna teoria kwantowej grawitacji zostawia miejsce na „coś więcej” w pojmowaniu świadomości, która nie okazuje się być jedynie efektem mniej lub bardziej skomplikowanego procesu obliczeniowego. W pewnym sensie stanowi ona pomost łączący świat fizyczny z czymś pozaczasowym (świat platoński). Dotychczasowe opisy wszechświata nie brały pod uwagę, w formułowaniu praw, możliwości czy nawet konieczności powstania świadomości, dotyczą więc „jakiegoś” wszechświata, ale na pewno nie naszego. Odmienność tak nakreślonej przyszłej teorii od tych, które obecnie mamy, sprawiać nam może istotne trudności w opisanu rzeczywistości na sposób do jakiego przywykliśmy. Kategoria czasoprzestrzenności jaką znamy ze współczesnej fizyki w tej teorii będzie bardziej nieadekwatna niż wskazuje na to dziś doświadczenie EPR. Interesująca może być własność teorii o której Autor nie wspomina. Można sądzić, że skoro warunki brzegowe będą wpisane w teorię, to dane nam będzie jedno tylko rozwiązanie.

Omawiana publikacja warta jest więc nie tylko dokładnej lektury, ale szczególnie gruntowego przemyślenia zawartych w niej propozycji.

Jaroslav Kukowski