

MICHAŁ TEMPCZYK
IFiS PAN

KŁOPOTY Z POZNAWALNOŚCIĄ MIKROŚWIATA

Andrzej Wiszniewski przypomina i referuje w swoim artykule problem, który od kilkudziesięciu lat przewija się w dyskusjach dotyczących filozoficznych implikacji współczesnej fizyki. Punktem wyjścia zagadnienia granic poznawalności świata fizycznego jest wspomniane w pracy przekonanie, iż mechanika kwantowa i szczególnie teoria względności po raz pierwszy w historii nauki określiły te granice w sposób ilościowy, pierwsza w postaci stałej Plancka i zasad nieoznaczoności, a druga — określając górną granicę prędkości przesyłania sygnałów fizycznych. Odkrycie tak dokładnych i nieprzekraczalnych granic pomiarów fizycznych było dla wielu filozofujących fizyków poznawczym szokiem, dlatego chcieli oni koniecznie granice te przekroczyć, jeżeli nie praktycznie to chociaż teoretycznie. Spowodowało to spory, które rozpoczęte przez Einsteina i wybitnych twórców mechaniki kwantowej, ciągną się do dzisiaj. Autor pracy omawia te sprawy w bardzo tradycyjny sposób, odwołując się do klasycznych stanowisk w tej dziedzinie. Warto jednak, w formie komentarza, spojrzeć na nie w bardziej nowoczesny sposób, uwypuklając te punkty, w których współczesny fizyk i filozof różni się od swoich starszych kolegów. Zacznijmy od fizyki.

Zasadę nieoznaczoności, która wiąże ze sobą dokładność pomiaru wielkości dynamicznie sprzężonych, takich jak położenie i pęd obiektu, można wyprowadzić również dla fizyki statystycznej jako rezultat zaburzeń procesu pomiaru. Wówczas wiemy, że poszczególne składniki badanego układu, na przykład molekuly gazu, mają ściśle określone wartości mierzonych wielkości, lecz wartości tych nie możemy zmierzyć za pomocą makroskopowych przyrządów. Ten sposób rozumowania przeciwnicy mechaniki kwantowej przenosili na tę teorię postulując istnienie parametrów ukrytych. Jest to stanowisko nr 1 omawiane przez Wiszniewskiego. Druga możliwość to pogląd, że żadnych omawianych dokładniejszych wielkości nie ma, a opis kwantowy jest pełny. Pogląd taki reprezentowali Bohr i Heisenberg. Gdy dyskutowali oni z Einsteinem 60 lat temu, to wydawało się, że spór nie może być rozstrzygnięty i tak problem ten jest przedstawiony w pracy. Pomysłowość fizyków jest jednak ogromna i starają się oni szukać rozwiązań nawet tam, gdzie ich pozornie nie ma. W 1964 roku Bell odkrył pewne dające się empirycznie zmierzyć różnice pomiędzy konsekwencjami obu stanowisk. Udowodnił on mianowicie, że w pewnych sytuacjach założenie o istnieniu parametrów ukrytych prowadzi do innych przewidywań statystycznych niż standardowy formalizm mechaniki

kwantowej. Różnice te nazwano nierównościami Bella, a dokonane na ich podstawie pomiary potwierdzają stanowisko 2, czyli przekonanie, że opis kwantowy nie może być uzupełniony na wzór fizyki statystycznej. Ożywiona dyskusja związana z nierównościami Bella nie jest przez Wiszniewskiego uwzględniona, co daje niepełny obraz sytuacji.

Ważnym dla autora argumentem przeciwko indeterminizmowi czasowemu jest teoria superstrun. Nasuwa ona kilka uwag. Nie widzę przede wszystkim, jak może ona wyrugować czas jako podstawowy parametr fizyczny. Jej osobliwością są dodatkowe wymiary przestrzenne, za pomocą których fizycy opisują oddziaływania fundamentalne. W tych wymiarach przestrzeni związa się na odległościach rzędu promienia cząstek elementarnych i wpływa na ich dynamikę tylko przy wysokich energiach, natomiast nic nie zmienia się na poziomie makroskopowej czasoprzestrzeni teorii względności. Nie jest to więc teoria, która mogłaby wpłynąć na poglądy dotyczące determinizmu. Poza tym fizycy natknęli się w niej na poważne trudności i rezygnują z niej. Pozostało tylko kilku zagorzałych wielbicieli tego modelu procesów, lecz nie mają oni już takiego posłuchu w społeczności fizyków.

Dyskusje na temat filozoficznych konsekwencji fizyki kwantowej zaczęły się, gdy wszyscy byli przyzwyczajeni do spójnego klasycznego obrazu zjawisk fizycznych. Naturalnym zjawiskiem było wówczas porównywanie nowych teorii z tym obrazem, a odstępstwa od niego budziły sprzeciw. Dzisiaj sytuacja w nauce jest bardziej skomplikowana. Uczni przyzwyczaili się do wielu nie pasujących do siebie obrazów materii. Obrazy te traktuje się równorzędnie. Dla nowoczesnego fizyka mechanika kwantowa jest teorią starą i ustabilizowaną. Korzysta z niej gdy bada fascynujący świat cząstek elementarnych i traktuje ją wówczas jako nie budzące wątpliwości narzędzie poznania. Poza tym kwantowy obraz zjawisk stale się rozwija i wzbogaca, znajdując pełne potwierdzenie eksperymentalne. Dzisiaj trudno przejmować się indeterminizmem fizyki kwantowej, gdy okazało się, że stochastyczny opis zjawisk należy stosować również wobec układów zdeterminowanych lecz wysoce niestabilnych. Fakt ten jest punktem wyjścia teorii chaosu, która przekracza tak Ważną dla mechaniki kwantowej opozycję determinizm — prawa statystyczne. Teoria chaosu pokazała, że procesy należące do dziedziny mechaniki klasycznej są bardziej chaotyczne od zjawisk kwantowych. Jest to rezultat paradoksalny w świetle dyskusji toczonych przez Einsteina i Bohra.

Filozofia nauki również się rozwija i na różnice pomiędzy teoriami patrzy się obecnie inaczej, niż w czasach rozwoju fizyki kwantowej. Wielcy uczeni tamtych czasów dyskutowali w sposób bardzo realistyczny. Przyjmowali oni, tak jak Einstein, że świat ma określoną strukturę i własności, a zadaniem nauki jest odkryć i opisać tę strukturę. Na przykład sławne powiedzenie Einsteina, że „Bóg nie gra w kości” było wyrazem przekonania, że procesy materialne są w swej istocie zdeterminowane. Teorie fizyczne porównywał z tym intuicyjnie oczywistym obrazem zjawisk i oceniał je w sposób zgodny z klasyczną teorią prawdy. Bohr i Heisenberg nie zgadzali się z nim, lecz oni również przyznawali, że wyobraźnia ludzka nie jest zdolna wykroczyć poza klasyczny obraz zjawisk. Wyciągali z tego wnioski o niepoznawalności mikroświata. Dzisiaj wiemy, że nie ma wyróżnionej teorii ani obrazu materii. Każda teoria jest w pewnym sensie umowna i może być zmieniona przez inną. Nie można powiedzieć, że jedna jest lepsza od drugiej. Z tego powodu na problem parametrów ukrytych patrzy się jak na zagadnienie

techniczne, polegające na pytaniu, jakie byłyby konsekwencje takiego opisu zjawisk kwantowych. Konsekwencje te, odkryte teoretycznie przez Bella, sprawdza się następnie eksperymentalnie. Jest to wewnętrzny problem mechaniki kwantowej, a nie, jak chciał Einstein i Bohr, poszukiwanie prawdziwego opisu tego, co dzieje się w mikroświecie. Nie ma w nauce zewnętrznych kryteriów oceny i porównywania podstawowych teorii. Tego nauczyła nas dyskusja nad rewolucjami naukowymi i wprowadzonym przez Kuhna pojęciem paradygmatu. Mechanika klasyczna może wydawać nam się bliższa i bardziej oczywista od fizyki kwantowej i relatywistycznej, lecz nie mamy prawa naginać tych nowszych teorii do jej schematu pojęciowego. Zresztą różnica pomiędzy fizyką klasyczną a tymi dwiema rewolucyjnymi teoriami naszego stulecia powoli zaciera się i mało kto chce powrotu do dawnego sposobu myślenia. >

Nie wynika z tego wcale, że należy zrezygnować z analizowania i rozwijania nowych teorii. Wspomniana w artykule redukcja paczki falowej wciąż stanowi poważny problem, ponieważ fizycy chcieliby usunąć z teorii tak wyraźny element nieprzewidywalności. Przykładem niebanalnej propozycji w tej sprawie jest stworzony przez Penrose'a grawitacyjny model redukcji, na którym opiera on swoją koncepcję umysłu ludzkiego, wyłożoną w sławnej książce *The Emperor's New Mind*.

Z relatywności teorii naukowych i niemożności wyjścia poza paradygmaty wynika, że trudno w przypadku teorii omawianych przez Wiszniewskiego poważnie mówić o ograniczeniach poznania. Granice mają sens wówczas, gdy wiemy, że istnieje coś poza nimi. Tak więc gdy mamy dwie podobne teorie tych samych zjawisk, z których jedna jest znacznie uboższa pojęciowo i mniej dokładna od drugiej, to możemy nazwać ją teorią ograniczoną. W przypadku mechaniki kwantowej i deterministycznej fizyki klasycznej tak jednak nie jest. Autor jest świadom tego, dlatego mówi, że zasada nieoznaczoności „narzuca jedynie fakt niemożności rozwikłania problemu determinizmu oraz indeterminizmu”. Wiszniewski widzi ten problem jako zagadnienie dokładności pomiaru, natomiast moim zdaniem ma on głębsze źródła, ponieważ wynika z chęci porównania dwóch odmiennych fundamentalnych teorii fizycznych, opartych na odmiennych paradygmatach. Dla takich teorii zawsze istnieją zagadnienia nie dające się rozstrzygnąć i nie jest to wcale kwestia pomiarów. Teoria chaosu udowadnia, że opis deterministyczny i statystyczny są w pewien sposób równorzędne matematycznie, a wybór jednego z nich jest sprawą wygody i konwencji. Nie można więc twierdzić, że powinniśmy dążyć do teorii deterministycznej jako lepszej i pełniejszej, ponieważ w sytuacji ograniczonej dokładności wszelkich pomiarów determinizm ten jest teoretyczną fikcją nawet w fizyce klasycznej.

Jaki jest wniosek z tych polemicznych uwag? Otóż, moim zdaniem, nauka a filozofia nauki rozwijają się, dlatego powracając do starych dyskusji warto pamiętać, że ich sens się zmienił, a tego w omawianej pracy nie widać. Einstein, Bohr, Heisenberg, de Broglie to byli wielcy uczeni, lecz ich następcy też wnieśli ważne elementy do rozpoczętych przez nich dyskusji.