

Przypisy do książki Waltera Isaacsona „Einstein. Jego życie, jego wszechświat”  
(Wydawnictwo W.A.B., Warszawa, 2010)

Ryszard Paweł Kostecki  
Instytut Fizyki Teoretycznej, ul. Hoża 69, Warszawa  
kostecki@fuw.edu.pl

10 listopada 2009  
(v.1.1: 11 sierpnia 2019)

(...) Niestety autor książki popełnił kilka błędów merytorycznych w oryginale, pisząc sformułowania, które są nieprawdziwe, niejasne, lub wprowadzające w błąd (na szczęście takich fragmentów jest tylko kilka). (...)

s.79.

<przypis> Wbrew stwierdzeniu autora, w teorii newtonowskiej dwa ciała przyciągają się z siłą odwrotnie proporcjonalną do *kwadratu* odległości między nimi.

s.93.

<przypis> Choć wiele spośród obserwowanych codziennie procesów termodynamicznych charakteryzuje się wzrostem entropii systemu termodynamicznego, nie jest to absolutną regułą. Entropia jest stała w odwracalnych procesach równowagowych, i maleje w niektórych specyficznych eksperymentach (na przykład w tak zwanych „echach spinowych”). Jak twierdzili już Maxwell, Boltzmann i Gibbs, termodynamiczne prawo wzrostu entropii ma jedynie charakter statystyczny, a nie absolutny, co zresztą zostało wykorzystane przez Einsteina w jego pracy.

s.149.

<przypis> Wszędzie tutaj jest mowa o stałości prędkości światła *w próżni*. W innych ośrodkach prędkość światła może się zmieniać, w zależności od struktury danego ośrodka. Na przykład prędkość światła w szkle wynosi około 200 000 km/s.

s.159.

<przypis> Einstein nie mógł obalić tezy Newtona o absolutności czasu, gdyż według Newtona absolutny czas nie jest mierzalny („Absolutny czas nie jest przedmiotem percepcji”), zaś według Einsteina względny czas jest mierzalny. Są to po prostu dwie *różne* koncepcje tego czym jest czas.

<przypis> Każdy z niezależnych elementów tensora metrycznego jest funkcją, która przyjmuje określoną wartość w poszczególnych punktach przestrzeni. Zatem na przykład tensor metryczny na dwuwymiarowej przestrzeni to nic innego jak trzy liczby rzeczywiste, zmieniające się od punktu do punktu.

s.238.

<przypis> Tensor Riemanna jest innym tensorem niż tensor metryczny, choć są ze sobą powiązane. Tensor Riemanna zawiera w sobie informację nie tylko o tensorze metrycznym, ale również o jego zmianach, oraz o zmianach tych zmian (pierwszych i drugich pochodnych).

s.296

<przypis> Jest to jednak efekt pozorny o tyle, że zachodzi on dla obserwatora położonego w nieskończoności. Natomiast dla obserwatora spadającego na czarną dziurę, czas własny się nie zatrzymuje. Po przekroczeniu promienia Schwarzschilda (w kierunku do wewnątrz) przestrzenne i czasowe własności metryki ulegają jednak zamianie rolami. Można by powiedzieć, że wewnątrz takiego układu czas zachowuje się jak przestrzeń, a przestrzeń jak czas (trudno jednak stwierdzić, co w praktyce miałyby to oznaczać, gdyż nieznanne są własności, jakie by przejawiały w tych warunkach rzeczywiste, a więc nieidealne, układy używane przez nas do mierzenia czasu i przestrzeni). W rezultacie należy odróżniać *osobliwość pozorną* związaną z promieniem Schwarzschilda (którą można fizycznie przekroczyć, gdyż jest artefaktem pochodzącym z wyboru określonego układu współrzędnych) od *osobliwości rzeczywistej*, znajdującej się w centrum trójwymiarowej przestrzennej kuli (lub czterowymiarowego czasoprzestrzennej tuby) zakreślonej tym promieniem.

s.299

<przypis> Trudno powiedzieć, o co dokładnie chodzi tu autorowi. Zakrzywiony i domknięty w trzech wymiarach przestrzennych wszechświat nie wymaga w żadnym stopniu założenia o jego rozszerzaniu się, natomiast zakrzywiony i domknięty w czterech wymiarach czasoprzestrzennych wszechświat wymaga nie tylko założenia o jego przestrzennym rozszerzaniu się w czasie, lecz również założenia o późniejszym jego kurczeniu się (podobnie jak zwyczajna trójwymiarowa kula, zakrzywiona i domknięta, rozszerza się od bieguna do równika, by potem kurczyć się od równika do bieguna). Rozszerzanie się wszechświata jest jednym z *możliwych* dodatkowych założeń, które trzeba przyjąć w celu uniknięcia problemu grawitowania wszystkich mas do jednego punktu skupienia (o czym zresztą pisze dalej autor). Nie jest to jednak warunek konieczny ani dla uniknięcia tych przykrych konsekwencji, ani tym bardziej dla uzyskania domkniętego i skończonego wszechświata.

s.300

<przypis> Mówiąc precyzyjniej, wraca on do tego samego punktu *trójwymiarowej przestrzeni*, z którego został wypuszczony. Nie wraca on jednak w ten sam punkt *czterowymiarowej czasoprzestrzeni*, gdyż, poruszając się ze skończoną prędkością, może powrócić tylko w chwili późniejszej. Model wszechświata, w którym raz wysłany sygnał świetlny może powrócić w to samo miejsce w czasoprzestrzeni, został zaproponowany w późniejszym czasie przez Gödla.

s.394

<przypis> Nie jest to prawdą. Teoria Weyla była rozszerzeniem ogólnej teorii względności Einsteina, polegającym na uznaniu, że synchronizacja pomiędzy idealnymi prętami mierniczymi i zegarami, znajdującymi się w każdym punkcie rzeczywistości i stanowiącymi ośnowę „tkanki czasoprzestrzeni”, jest określona z dokładnością do pewnej funkcji, która charakteryzuje pole elektromagnetyczne. Wskutek zmian tej funkcji, rozmiary obiektów (długości wektorów) mogą zależeć od przebytej przez nie drogi. Teoria Weyla opiera się więc na nieco innym zbiorze wyidealizowanych założeń niż teoria Einsteina. Różnicy pomiędzy tymi teoriami z definicji nie można zbadać przy pomocy wysyłania sygnałów świetlnych. Zatem, aby określić, które z tych założeń jest bardziej zgodne z doświadczeniem, jak argumentował Weyl w korespondencji z Einsteinem, należałoby sformułować teorię *rzeczywistych* (nie-idealnych) *materialnych* (nie-świetlnych) zegarów i prętów mierniczych *w ramach* obydwu teorii, a następnie porównać je z wynikami doświadczalnymi. To jednak nigdy nie nastąpiło. Einstein krytykował teorię Weyla twierząc, że skoro dwa atomy przesunięte po różnych drogach mają takie same linie spektralne, a ich linie spektralne (według teorii atomu wodoru Bohra) są związane ściśle z ich rozmiarami, to znaczy, że zmiana rozmiarów atomów nie zachodzi, a więc teoria Weyla jest niefizyczna. Argument ten jest jednak pozbawiony znaczenia, bowiem współcześnie linie spektralne atomów opisywane są przez teorię kwantową, a w tej teorii „materialny” zegar lub pręt mierniczy nie jest zlokalizowany w punkcie. Nie może zostać on więc użyty jako model zegara lub pręta mierniczego w sensie teorii Einsteina lub Weyla (w których zegary i pręty muszą być punktowe). Dodatkowo, ponieważ do dzisiejszego dnia nie udało się połączyć teorii kwantów z ogólną teorią względności (czy to w sensie Einsteina czy Weyla), to nie ma logicznych podstaw do tego, aby wyniki z teorii kwantowej leżące poza zakresem stosowalności ogólnej teorii względności stosować jako argumenty na temat wewnętrznej struktury tej ostatniej. Teoria Weyla odeszła zatem na boczne tory nauki nie z powodu swej niezgodności z doświadczeniem, jak pisze autor, ale z przeciwnego powodu, mianowicie, iż nie udało się z niej otrzymać wyniku, który przewidywałby mierzalne efekty różne od efektów einsteinowskiej ogólnej teorii względności, a jednocześnie była od tej ostatniej bardziej skomplikowana. Drugą przyczyną zarzucenia tej teorii był nie do końca uzasadniony krytycyzm Einsteina i to, że Weyl (jako matematyk) potraktował krytykę Einsteina jako ostateczną ocenę fizycznego znaczenia swojej teorii.

s.405

<przypis> Chodzi tu o formalizm matematyczny mechaniki macierzowej Heisenberga i mechaniki falowej Schrödingera, których równoważność została wykazana przez von Neumanna. W tym samym czasie ustaliło się też rozumienie tego formalizmu oparte na interpretacji statystycznej funkcji falowej w sensie przypisywanym Bornowi (oraz szerzej rozumianej interpretacji kopenhaskiej). Jednak, w odróżnieniu samego formalizmu, consensus w stosunku do jego interpretacji nie był (i nadal nie jest) tak powszechny.

s.406

<przypis> A jednak, zgodnie z intuicjami Einsteina, odpowiedź udzielona przez Bohra była błędna.

Rozwiązanie tego problemu (na korzyść mechaniki kwantowej) podał dopiero Hans-Jürgen Treder w 1971 roku.

s.413

<przypis> Czyli około 11750 kilometrów na sekundę. Obecnie mierzy się jeszcze większe prędkości ucieczki odległych galaktyk, mniej więcej zgodne z prawem Hubble'a. Średnio rzecz biorąc, prędkość ucieczki obserwowanych galaktyk rośnie o około 23 kilometry na sekundę na każde milion lat świetlnych odległości od Ziemi.

s.414

<przypis> W wypowiedzi Weinberga chodzi o energię próżni w kwantowej teorii pola, a nie w ogólnej teorii względności, która jest zupełnie innym obiektem i problemem.

s.434

<przypis> Wbrew temu co pisze autor, Millikan nie potwierdził einsteinowskiej interpretacji, a jedynie einsteinowskie przewidywania określonych wyników doświadczalnych.

s.525

<przypis> Taka interpretacja równania Schrödingera została podana dopiero rok później, i we wczesnej postaci (w pewnych aspektach dość odmiennej), przez Borna.

s.532

<przypis> Podejście „dekoherentnych historii” ma jednak również lukę: nie jest w stanie pokazać dlaczego właśnie te a nie inne historie są realizowane. Problem EPR znika jednak, jeśli uznać prawdopodobieństwo (a więc i funkcję falową) za własność obserwatora, opisującą jego stan wiedzy o układzie. W takiej interpretacji nielokalna zmiana prawdopodobieństwa (i nielocalne korelacje) nie stoi w sprzeczności z lokalnością szczególnej teorii względności, gdyż pierwsza rozgrywa się na poziomie wiedzy obserwatora, a jedynie druga ma charakter „ontologiczny”. Wymaga to jednak uznania, że pojęcia takie jak „foton” czy „atom” są własnością probabilistycznego opisu dokonywanego przez obserwatora, nie są zaś „bytami” istniejącymi poza formalizmem. W ten sposób problem EPR ukazuje, że mechanika kwantowa stoi w konflikcie nie tyle z lokalnością, co z idealistycznym podejściem do pojęć teoretycznych (nazywanym przez Einsteina „realizmem”).

s.533

<przypis> Chodzi tu o to, że Einstein *definiuje* pojęcie „fizycznej rzeczywistości” jako czegoś, co istnieje niezależnie (i ma własności niezależne) od wyników naszych pomiarów. Jest to podejście idealistyczne, które stoi w opozycji do podejścia nominalistycznego, definiującego „fizyczną rzeczywistość” jako wyniki naszych pomiarów (obserwacji).

s.586

<wprawdzie w oryginale prawie wszędzie występuje „Russia” a nie „USSR”, to istnieje istotna różnica pomiędzy amerykańską i polską perspektywą; w amerykańskim piśmiennictwie rozróżnienie pomiędzy Russia a USSR nie odgrywa dużej roli, zaś w polskiej tradycji to rozróżnienie jest traktowane jako istotne, więc sądzę, że warto przetłumaczyć przynajmniej część „Russia” na „ZSRR” (oczywiście nie w tych miejscach, w których autor cytuje oryginalne wypowiedzi innych osób)>

s.586

<przypis> Zawierający arytmetykę liczb naturalnych.

s.630

<przypis> Jest to mocno przesadzona opinia, odwołująca się do mitu nieustannego postępu w nauce. Jak zauważają m. in. J.S. Bell, S. Goldberg, czy E.G. Zahar, tacy badacze jak Poincaré i Lorentz nie byli „spętani autorytatywnymi dogmatami”, lecz pracowali po prostu w ramach innego programu badawczego (czy też paradygmatu) niż Einstein. Ich stanowisko było zarówno wewnętrznie spójne, jak i niesprzeczne z teorią względności (w swojej pracy *Sur la dynamique de l'électron*, opublikowanej również w 1905 roku, Poincaré podał dokładnie te same transformacje co Einstein, które otrzymał całkowicie niezależnie od wyników Einsteina). Odrzucenie ich perspektywy, według której nie można wykryć ruchu względem eteru, ponieważ

skrócenie Fitzgeralda i dylatacja Lorentza rzeczywiście mają miejsce, nastąpiło wyłącznie z przyczyn filozoficznych, a nie doświadczalnych.

\* \* \*

**Uzupełnienie korekty (dodane w v.1.1):**

Eryk Infeld, w recenzji *Światy Einsteina*, Świat Nauki **226** (czerwiec 2010), 84-85, pisze:

\* „Planeta Uran jest znana astronomom od XVIII wieku, nie mogła więc zostać odkryta pod koniec następnego stulecia (s. 35). Zapewne pomyliła się autorowi z Neptunem (a może tylko sformułowanie jest nieprecyzyjne).”

\* „Przy opisie teorii kondensatu Bosego–Einsteina warto było wspomnieć, że niedawno został on wytworzony w laboratoriach. To piękny hołd złożony przez fizyków myśli Einsteina.”

\* „(...) w latach trzydziestych, jak czytamy, Einstein współtworzył dwie prace z Baneshem Hoffmannem (s. 425). Sprawdzam, istotnie, pierwsza praca była owocem współpracy, ale... z Natanem Rosenem! Druga natomiast to samodzielne dzieło mistrza.”