

Filozofia nauki Einsteina-Duhema-Poincare

Einstein w 1949 napisał esej o tytule "Odpowiedź na krytykę", gdzie odpowiada pozytywistom, zwolennikom interpretacji kopenhaskiej i innym ludziom stawiającym zarzuty wobec jego podejścia do uprawiania fizyki.

Stało się to okazją, aby rozwinąć coś, co według mnie można uznać za jeden z bardziej wyrafinowanych przykładów filozofii inspirowanej fizyką.

Oto najważniejsze tezy Einsteina:

- (strukturalny realizm) Istnieje rzeczywiste uporządkowanie świata i obrazy obiektów, które widzimy są czymś wtórnym wobec tego uporządkowania. Koncepty myślowe mają sens przez to, że czynią wrażenie zmysłowe zrozumiałym (opisują porządek wrażenia zmysłowego).
- (teza o przygodności, konwencjonalizm) Koncepty używane przy budowie teorii są dowolnie przyjmowanymi konwencjami. Dowolny koncept może być użyty, o ile tylko cała teoria zgadza się z doświadczeniem.
- (holizm weryfikacji) Pojedyncze koncepty nie mogą być potwierdzone przez doświadczenie, za to cała teoria może być poddana testom empirycznym.

Podobne tezy postawili wcześniej Duhem i Poincare (np. "The Aim and Structure of Physical Theory"), stąd posługują się nazwą "filozofia Einsteina-Duhema-Poincare".

Einstein powołuje się na H. Poincare, jednak nie na Duhema, do którego mu znacznie bliżej pod względem poglądów na realizm: mógł więc podobne idee rozwinąć niezależnie, opierając się o swoje doświadczenie jako fizyk. Do 1916 Einstein jest zwolennikiem pozytywistów (Macha i Ostwalda), ale jego podejście do uprawiania nauki jest zupełnie inne niż ich i od 1919 krytykuje ich wielokrotnie w ostrych słowach (Mach to "dobry badacz mechaniki", ale "okropny filozof"). Różnica opinii występuje przede wszystkim w poglądach na realność wrażeń zmysłowych u pozytywistów i realność porządku świata u Einsteina. Obecnie ten ostatni pogląd na realność porządku świata (mający zresztą długą historię, o której pisałem w "Porządek i Przygodność") jest uznawany "za najbardziej dającą się obronić formę realizmu naukowego" (Stanford Encyclopedia of Philosophy - Structural Realism).

Celem mojego artykułu jest przybliżenie powyższych poglądów w bardziej intuicyjny i prosty sposób, zwłaszcza dla czytelników, którzy nie chcą się w tym celu głębiej zajmować fizyką współczesną.

Uporządkowanie świata i jego fundamentalna relacja wobec poznania.

Na początku Einstein rozważa, czy kwantowomechaniczny koncept taki jak “rozpad atomu w chwili czasu” ma sens. Skonfrontowany z trudnością, że tego czasu rozpadu raczej nie da się zmierzyć bez zaburzenia całego systemu odrzuca możliwość definicji operacyjnej (pomiarowej). Bardziej rozsądnym podejściem wydaje się założenie, że sens wynika z jakiejś interpretacji na gruncie teorii, gdzie zarówno interpretacja, jak i teoria mogą być jakoś przetestowane przez doświadczenie. Jaki jest więc sens poszczególnych elementów teorii? Einstein uważa następująco:

“Uzasadnienie tych konstruktów, które reprezentują dla nas “rzeczywistość”, leży wyłącznie w tym, że wrażenia zmysłowe stają się zrozumiałe.”

Co to znaczy? By uczynić sprawę bardziej przystępną postaram się opisać myśl przy użyciu paru prostych analogii.

Rozważmy pewne wrażenie zmysłowe - wchodzimy, na przykład do renesansowej katedry, patrzymy na sufit i widzimy kopułę. Skąd jednak wiemy, że obraz kopuły przed naszymi oczami to kopuła? Istnieje użyteczny kontrprzykład: w kościele Św. Ignacego w Rzymie jeden z zakonników namalował na suficie bardzo dobrą iluzję kopuły. Iluzję widać, rzecz jasna, tylko z ustalonego miejsca. Jeśli przejdziemy na drugi koniec nawy to zobaczymy, że “kopuła” to tak naprawdę płaski obraz. Tym właśnie namalowana kopuła się różni od prawdziwej kopuły: spacerując wzdłuż kościoła i wpatrując się w prawdziwą kopułę widzimy pewne zmiany wrażeń zmysłowych zgodne z przestrzennym wyobrażeniem kopuły (i nawet po chwili potrafimy przewidzieć, co zobaczymy) - to właśnie jest zrozumiałość wrażeń zmysłowych, o której mówi Einstein. Powiązanie zbioru wrażeń zmysłowych, przez interpretację teoretyczną, która pozwala przewidywać przyszłe wrażenia. Myśląc “kubek” mamy na myśli nie tylko kształt i obraz, ale też kształt i fakturę wyczuwaną dotykiem i odpowiednie zjawiska, gdy do takiego kubka nalejemy płynu. Patrząc na sufit i myśląc “kopuła”, spodziewamy się, co się stanie, gdy pójdziemy na drugi koniec budynku - to jest właśnie “zrozumiałość”.



Notabene wyżej opisana obserwacja nie musi znaczyć, że mamy do czynienia z prawdziwą kopułą. Dziś można by stworzyć lepszą iluzję, istnieje parę technologii umożliwiających wyświetlanie różnego obrazu pod różnym kątem patrzenia. Nadal można by wspiąć się po drabinie i obejrzeć konstrukcję z bliska, dotknąć jej - to pozwala osądzić, czy mamy do czynienia z zaawansowaną iluzją, czy z konstrukcją przestrzenną. Zachodzi tu ważna prawidłowość: im więcej danych zmysłowych zbierzemy i zinterpretujemy i im bardziej dokładne te dane będą, tym na ogół nasza interpretacja może być bardziej dokładna i pewna. Jest to ściśle analogiczne wobec tego, co objawił nam postęp fizyki. Teoria ruchu Arystotelesa traktowała ruch ziemski jako coś innego, niż ruchy niebiańskie. Większość obserwacji była jakościowa i niezbyt dokładna. Teoria Newtona pozwoliła z wielką prostotą i dokładnością opisać bardzo szeroki, choć zarazem też specyficzny aspekt rzeczywistości: ruchy planet, pływy morskie i dynamika ziemską mogły być opisane jedną teorią. Zarazem termodynamika, hydrodynamika i chemia fizyczna przejęły opis aspektów obecnych w teorii ruchu Arystotelesa, jednak wykluczonych z mechaniki Newtona.

Wobec tej analogii między fizyką Newtona i Arystotelesa (którą zrobił oryginalnie Duhem) można wnieść dość istotny zarzut (przypisywany na ogół Kuhnowi i jego zwolennikom). Zarzut ten jest taki, że istnieje ogromna koncepcyjna i pojęciowa różnica między fizyką Newtona i fizyką Arystotelesa. Bardzo niewiele jest rzeczy, które nie zmieniły się w fizyce przez 2000 lat od Arystotelesa do Newtona. Duhem jednak wskazuje, że coś przetrwało: i jest to właśnie cel, jakim okazuje się opis uporządkowania świata. U Arystotelesa według obiektów doświadczenia i relacji między nimi, później zaś "według miary, liczby i wagi" - wielkości fizycznych i teorii łączących te wielkości, co jest kontynuowane w fizyce po dziś dzień.

Wynika też, że o ile fizyka jest dość przezroczysta wobec większości problemów metafizyki (jak

utrzymywał np. Duhem), nie może się obyć bez założenia o uporządkowaniu świata. Einstein ujął to tak (list do Solovine):

Ktoś mógłby (tak, nawet powinien) oczekiwać świata podlegającego prawom tylko na tyle, na ile porządkujemy go w naszej inteligencji. Uporządkowanie takie byłoby jak alfabetyczne ułożenie słów w języku. Kontrastuje z tym na przykład porządek stworzony przez teorię grawitacji Newtona, który jest zupełnie inny. Nawet jeśli aksjomaty teorii są zaproponowane przez człowieka, sukces takiego projektu zakłada wysoki stopień uporządkowanie obiektywnego świata i to nie może być oczekiwane a priori.

Uprawianie nowożytnej fizyki, zakładając, że taki projekt może w ogóle zadziałać już zakłada uporządkowanie świata według mierzonych wielkości. Cały zestaw konceptów połączony w teorie staje się uzasadniony przez dokładne predykcje teorii, jeśli istotnie ona odpowiada

Przygodność świata i porządku świata

Einstein wskazał na Kanta, jako tego który zwrócił uwagę, że myślowe koncepty są niezbędne do interpretacji wrażeń zmysłowych, a zarazem nie mogą być z tych wrażeń zmysłowych wywnioskowane. Kant notabene popełnił przy tym duży błąd: stwierdził że trójwymiarowa geometria Euklidesa i mechanika klasyczna Newtona są konceptami, które umysł zna a priori (są więc zarazem konieczną strukturą naszych wrażeń zmysłowych). Szczególna i Ogólna Teoria Względności zastępują jednak teorię Newtona i obalają także pogląd Kanta na temat geometrii, posługując się geometrią nieeuklidesową. Takim konceptem a priori w rozumieniu Kanta mogłoby być, na przykład, przyjmowane implícite w teorii Newtona pojęcie jednoczesności i płynące z niego przekonanie, że ja i mój kolega możemy stwierdzić obiektywnie jednoczesność dowolnych dwóch wydarzeń w dowolnym miejscu na świecie, jeśli tylko zsynchronizujemy nasze zegarki. Szczególna Teoria Względności postuluje jednak, że ta jednoczesność może być zależna od obserwatora.

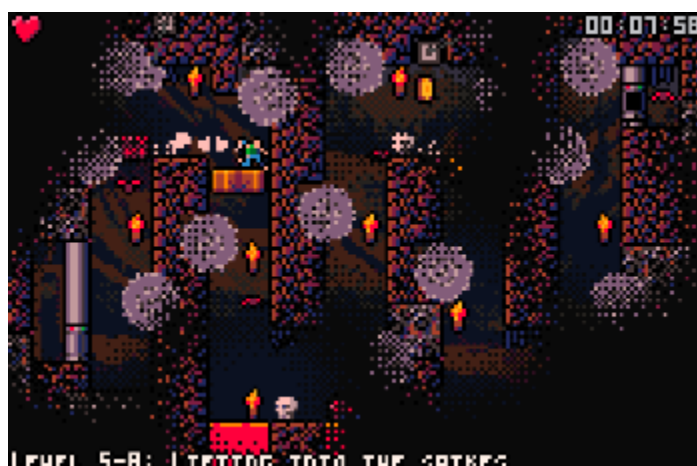
Na gruncie filozofii trzeba odpowiedzieć, czym są te koncepty są, skoro nie znamy ich a priori. Einstein stwierdza, że są to swobodnie przyjmowane konwencje:

“Teoretyczne podejście polecane tutaj jest inne od tego Kanta tylko w tym, że nie wprowadzamy kategorii jako niezmiennych (uwarunkowanych naturą naszego rozumienia), ale jako (w sensie logicznym) wolne konwencje. Wydaje nam się, że one są a priori tylko na tyle, na ile myślenie bez zapostulowania kategorii i konceptów w ogólności byłoby tak niemożliwe jak jest oddychanie w próżni”.

Myślenie o świecie jest więc zależne od zestawu konwencji, które przyjmujemy dowolnie i które, jak wskazaliśmy, pozwalają zrozumieć wrażenie zmysłowe. Rozważmy pewien przykład: od 40 czy 50 lat istnieją gry komputerowe. Typowa gra pozwala graczowi spróbować sił w kierowaniu królestwem, albo też armią, wcielenie się w piłkarza, pilota samolotu, żołnierza albo nawet jakąś

bajkową postać. Za każdą taką grą stoi symulacja jakiegoś wymyślonego świata, w którym porusza się jej bohater. Przez “wymyślony świat” nie rozumiem bynajmniej rozróżnienia między fantazy a światem realnym, raczej chodzi mi o sposób uporządkowania (czy też zasady działania) tego świata, który jest inny niż w rzeczywistości. W jednej z takich gier, opisujących walki powietrzne II wojny światowej gracz steruje samolotem. Jeśli nasz samolot zostaje parę razy trafiony, widzimy jak wydostaje się z niego dym, a powyżej pewnego progu uszkodzeń po prostu spada do morza. Rzeczywistość była bardziej złożona: niektóre uszkodzenia były bardzo mało istotne, podczas gdy inne uniemożliwiły dalszy lot (unieruchamiając silnik, lub ster). Jedną z eksperymentalnych gier edukacyjnych o tytule “Slower Speed of Light” przyjmuje wprost zmienione prawa fizyki: gracz porusza się w świecie, w którym obowiązuje szczególna teoria względności ze znacznie zmniejszoną prędkością światła. Pozwala to zwizualizować zaburzenia podobne do tych, jakie być może widzielibyśmy w podróżach kosmicznych z wielkimi prędkościami.

Interesujące dla moich celów są stosunkowo proste dwuwymiarowe gry. Poniżej zrzut ekranu z jednej takich gier “The Curse of the Arrow”. Gracz steruje postacią w niebieskim ubraniu i jego zadaniem przedostanie się na koniec planszy, skacząc po ruchomych platformach, unikając zagrożeń itd. Kluczowa dla mnie obserwacja jest taka, że granie w tę grę jest bardzo różne od poruszania się po prawdziwym świecie w którym żyjemy. Obserwujemy planszę z boku, jakby z dużej odległości, nie zaś oczyma bohatera. Bohater może poruszać się tylko w dwóch wymiarach, w prawo lub w lewo, do góry lub do dołu. Przeszkodę może najwyżej przeskoczyć, a nie obejść. Z łatwością za to wykonuje wielkie skoki, których nie mógłby wykonać normalny człowiek. Sterowanie postacią realizujemy przy użyciu kilku przycisków klawiatury, w sposób nieporównywalny do niczego, co widzieli ludzie żyjący przed XX wiekiem. Niemniej większość ludzi potrafi się tego wszystkiego w krótką chwilę nauczyć i dość efektywnie orientować się w świecie syntetycznych wrażeń zmysłowych gry - to jest zagadka naszego umysłu, tym większa, że próby zreprodukowania zdolności grania w gry przez AI odniosły jedynie niewielkie powodzenie. Nasz umysł nie ma zestawu kategorii dostosowanych do naszego świata, ale dostarcza wielką liczbę koncepcji dostosowanych do wielu innych światów.



Ma to bezpośrednio przełożenie na fizykę. Ani bowiem świat, w którym żyjemy nie musi być specjalnie przystosowany do zdolności naszego umysłu, ani też nie musi tak być z teorią Newtona (jak chciał Kant). To raczej nasz umysł może pojąć wiele innych (inaczej zbudowanych) światów, i tym bardziej też przyjąć jako hipotezę, że teorie fizyczne naszego świata są inne, niż to, co w danym punkcie historii uważamy za odkryte.

Wiele trzeba było się natrudzić nad zbudowaniem mechaniki klasycznej przez ponad 400 lat, pracując też nad wieloma teoriami, które nie były całkiem trafne. Dziwnym więc jest zakładać, że cokolwiek z tego, co ona głosi jest dla nas oczywiste, jako struktura a priori. Rozwój fizyki po śmierci Kanta tym bardziej zadaje mu fałsz. Nie tylko dlatego, że powstały nowe teorie, rozbieżne zupełnie z mechaniką klasyczną, ale też dlatego, że ich budulec można znaleźć właśnie w matematyce i kosmologii przeciwnej założeniom Kanta. Teorie filozoficzne przyznające jednym konstruktom rozumu prymat wobec innych okazały się szkodliwe wobec postępu. Raczej dowolne konstrukty myślowe są użyteczne, o ile tylko pasują do jakiegoś fragmentu wrażenia zmysłowego i pozwalają opisać to wrażenie lepiej. Wynika z tego stanu rzeczy wniosek, że dowolna teoria fizyczna jaka przyjdzie nam na myśl może być tą prawdziwą, o ile tylko jest zgodna z doświadczeniem. Albo też dla dowolnej teorii, jaką wymyślimy, może istnieć inny świat, który teoria ta opisuje ("może" znaczy, że nie jest to wykluczone). To ostatnie stało się niedawno istotnym narzędziem fizyki teoretycznej, która często rozważa zależności między zmodyfikowanymi wersjami ogólnej teorii względności i kwantowej teorii pola. Opisaną rodzinę własności nazwiemy przygodnością świata. Przygodność świata jest więc, wraz z jego uporządkowaniem kluczowym elementem filozofii Einsteina.

Holizm weryfikacji.

W kontekście powyższych rozważań Einstein odpowiada na argumenty pozytywisty Reichenbacha, w sprawie uzasadnienia konceptu takiego jak "długość".

Pozytywista zakłada, że dozwolone koncepty powinny być "weryfikowalne" przez doświadczenie ("metafizyka" zaś "weryfikowalna" nie jest więc winna być uznana za nonsens).

Nieprzekraczalne problemy z odniesieniem tej pozycji do teorii naukowych są szeroko znane i pisałem też o nich wcześniej ("zasada indukcji" itd). Einstein pisze, że pozycja ich zawodzi nawet w najprostszych przypadkach. Czy geometria jest weryfikowalna przez doświadczenie, jak chciałby Reichenbach? Poincare wskazał, że rzeczywiste ciała nie mogą reprezentować praw geometrii:

"Empirycznie dane ciała nie są sztywne i w efekcie nie mogą wyrażać interwałów geometrycznych. Wynika, że twierdzenia geometrii nie są weryfikowalne".

Pozytywista następnie odpowiedzieć, że uwzględnienie efektów rozszerzalności cieplnej, elastyczności, magnetostrykcji itd pozwala uzyskać idealnie sztywne ciała, które mogą wyrażać interwały geometryczne. To jednak jest bezużyteczne dla pozytywisty, który chce utożsamić

weryfikowalność ze znaczeniem. Otrzymuje w efekcie rozumowanie kołowe, gdyż teorie magnetyzmu czy elastyczności już zależą od konceptów geometrii. Owszem, można postulować roboczo koncepty geometrii, jako hipotezę pomocniczą, budując teorię (i podobnie też dowolne inne aksjomaty matematyczne i logiczne) - to właśnie się na ogół robi w fizyce. Nie da się jednak potwierdzić konceptów geometrii oddzielnie. Cała teoria fizyczna (cała grupa teoretyczna) jest testowana przez serię istotnych predykcji, zgodnie z wynikiem znanym pod nazwą Tezy Duhema. Einstein opisuje to tak:

“By rozważyć system logiczny jako teorię fizyczną nie trzeba wymagać, by wszystkie jej stwierdzenia były niezależnie interpretowane i “testowane” operacyjnie. De facto to nigdy się nie udało do tej pory w żadnej teorii i może w ogóle być niemożliwe. By rozważyć teorię jako teorię fizyczną musi ona w ogóle zawierać jakieś testowalne empirycznie stwierdzenia.”

Dla pozytywisty utożsamiającego weryfikowalność i znaczenie taka weryfikacja jest bezużyteczna, bo musiałby on zakładać, że teoria jest zbudowana z bezsensownych konceptów, dopóki nie zostanie potwierdzona. Co więcej, rozsypuje się pozytywistyczny program jednej metody naukowej dla wszystkich nauk, gdyż fizyka wcale nie używa tego samego sposobu uzasadnienia teorii, co inne nauki (o czym pisałem w eseju “Teza Duhema”).

Wspominając przykład kopuły można to odnieść do ogólnych wrażeń zmysłowych i naszych interpretacji tychże wrażeń. Geometria przestrzenna jest w naszym codziennym doświadczeniu pewną konwencją opisu wrażeń zmysłowych: jeśli obraz kopuły spełnia tę konwencję, to przyjmujemy roboczo, że mamy do czynienia z prawdziwą kopułą. Nie wiemy jednak, czy kopuła nie jest, na przykład, hologramem, dopóki nie obejrzymy jej z bliska.

Einstein, Albert “Response to Criticism”, 1949,

Einstein, Albert *Letters to Solovine*, translated by Wade Baskin, with an introduction by Maurice Solovine (New York: Philosophical Library, 1987), pp. 132-133.