

“Nauka jako konstrukt społeczny” - czyli błędy
Thomasa Kuhna.

Krystian Zawistowski

2 października 2023

Spis treści

1	Wstęp.	3
2	Teoria języka zdaniem Kuhna	4
3	Opinie Kuhna o niemożliwości obiektywnych obserwacji	8
4	Porównywalność teorii fizycznych	11
5	Czy Teoria Względności jest lepsza, niż teoria Newtona?	13
6	Brak rozróżnienia anomalii w fizyce.	15

1 Wstęp.

Głównym tematem ostatnio publikowanych przeze mnie materiałów jest spuścizna Pierre Duhema (zm. 1916), fizyka i historyka fizyki, który także zbudował pewien obraz metody fizyki. Stąd, między innymi, naturalna potrzeba zestawienia tej myśli z dziełami późniejszego Thomasa Kuhna. Kuhn, bardzo popularna postać w kręgach zachodniej humanistycznej inteligencji, zasłynął wydaną w 1962 książką “Struktura rewolucji naukowych”. Obiegowa historia na ten temat jest taka: Dawniej mieliśmy dużo naiwnych systemów postulujących czy to racjonalność nauki, czy to pewność naukowego poznania. Można z nich wymienić pozytywizm, falsyfikacjonizm, naiwny realizm (mechanicyzm, “filozofię kwantową”), scjentyzm i parę innych podobnych nurtów. No i właśnie Thomas Kuhn odkrył, że wbrew tym oczekiwaniom postęp naukowy wcale nie jest zjawiskiem racjonalnym, a raczej pozostaje pod silnym wpływem psychologii tłumu.

Jest jednak pewien problem. W powyższej wyliczance obalonych systemów brakuje jednak Duhema, a Kuhn, mając przed nosem jego prace historyczne, jakoś zapomniał na nie odpowiedzieć, razem z całym tłumem zwolenników. Zamierzam więc ten błąd naprawić. Oto najważniejsze wnioski:

- Kuhn błędnie twierdzi, że język fizyki jest tym samym co język potoczny i że powstaje on nieświadomie.
- Kuhn błędnie twierdzi, że interpretacja teoretyczna w fizyce jest zjawiskiem psychologicznym.
- Kuhn błędnie twierdzi, że dwie teorie fizyczne opisujące to samo doświadczenie nie mogą być porównane w sposób obiektywny.
- Kuhn nie odróżnia anomalii na gruncie teorii (gdzie wynik doświadczenia jest sprzeczny z teorią) od wyniku, którego nie da się obliczyć (bo np. nie da się ustalić warunków początkowych).

Główne wnioski Kuhna są więc całkowicie fałszywe.

To, że wniosek o psychologicznym pochodzeniu postępu naukowego w fizyce jest fałszywy, to oczywiście żadna nowina. Różni ścisłowcy od 60 lat słusznie się nim brzydzą, nie mogą zrozumieć, jak to niby zbudowano na fizyce całe gałęzi nowoczesnego przemysłu nie osiągnąwszy przy tym żadnego obiektywnego poznania rzeczywistości.

Należy jednak wskazać, że krytyka Kuhna jest zasadna tylko na gruncie innej teorii metody naukowej. Teoria taka musi być wewnętrznie spójna i poparta badaniami historycznymi. Jak mówiliśmy: pozytywiści, Popper, czy scjentyści nie spełniają ani jednego ani drugiego warunku. Spełnia go jedynie teoria Duhema. Wybór między Kuhnem, a scjentyzmem to wybór między niespójnościami logicznymi scjentyzmu, a sprzecznościami z rzeczywistością u Kuhna.

2 Teoria języka zdaniem Kuhna

Kuhn¹ powołując się na Ludwika Wittgensteina, przywołuje jego teorię znaczenia języka w oparciu o język potoczny.

Jeśli nie istnieje uznany zespół reguł, to co zamyka uczonego w ramach określonej tradycji badawczej nauki normalnej? Co znaczy wyrażenie "bezpośrednie badanie paradygmatów". Częściową odpowiedź na tego typu pytania, chociaż w zupełnie innym kontekście, podał zmarły niedawno Ludwig Wittgenstein. Wobec tego, że jest to kontekst bardziej elementarny i znany, ułatwimy sobie zadanie, zapoznamy się najpierw ze sposobem argumentacji Wittgensteina. Co musimy wiedzieć, pytał on, aby móc posługiwać się takimi terminami, jak "krzesło", "liść", czy "gra" w sposób jednoznaczny, nie wywołujący sporów.

Zgadzamy się, że Wittgenstein podał odpowiedź w "zupełnie innym kontekście", ale Kuhn wskazuje, że ten kontekst jest bardzo "elementarny". Problem w tym, że wcale nie jest elementarny dla fizyki, bowiem fizyka nie posługuje się językiem potocznym. Uczelniany podręcznik podstaw fizyki² tworzy dziesiątki terminów takich jak np. prędkość grupowa, czy gęstość energii elektromagnetycznej na gruncie abstrakcyjnych zestawów aksjomatów. Przyswojenie terminu (nauczenie się) dzieje się w sposób racjonalny i świadomy. Poincare³ opisuje następujący przykład: w obwodzie elektrycznym mamy amperomierz, baterię i żarówkę. Asystent zamyka obwód i żarówka świeci: natomiast amperomierz wskazuje zero. Czy należy stwierdzić w takiej sytuacji "prąd płynie, bo żarówka świeci", czy "prąd nie płynie, bo amperomierz wskazuje zero"? Typowy fizyk wybierze to pierwsze, a powodem dla którego to zrobi jest abstrakcyjna interpretacja układu eksperymentalnego. Np. jeśli żarówka świeci to jest prawie niemożliwe, na gruncie znanych praw fizyki, by prąd nie płynął; a amperomierz np. mógł się spalić i dlatego nie działa. Wynika, że "prąd", "płynie" i "dlaczego" to określenia odnoszące się do interpretacji teoretycznej układu - różne od użycia w języku potocznym. Wyrafinowane przykłady konstrukcji wielkości fizycznych możemy znaleźć u scholastyków: przykładem jest pojęcie "ilości ruchu" Jana Buridana⁴ (na którym dynamika będzie się opierać przez kolejne 300 lat) i również wcześniejszy rozwój filozofii naturalnej, który opisałem⁵. Psychologię z resztą, uważają naukę Arystotelesa za "paradygmat" "metody dialektycznej" *przeciwnie* do nauki empirycznej⁶. Fizyka według Kuhna nie może mieć więc języka innego niż potoczny, bo w przeciwnym wypadku by to była "metoda dialektyczna".

Ta decyzja (podjęta przez prekursora Kuhna, Koyre'a) sprawia, że psychologię łądzą w opalach, które widzimy w zarysie w temacie języka, a później zobaczymy w pełnej krasie. Już sięgnięcie do cytowanej przez Kuhna książki Wittgensteina⁷ zdradza niekonsystencję z intencją autora:

¹Kuhn [1962] 2020, s. 134

²Orear 2004, s. 41

³Duhem 1954, s. 150

⁴Duhem i Aversa 2018, s. 31

⁵Zawistowski 2023, od s. 46

⁶Rovelli 2015

⁷Wittgenstein 2012 [1953], s. 49, par. 65

Można by mi tu bowiem postawić zarzut: "Ułatwiasz sobie sprawę! Rozprawiasz o najrozmaitszych grach językowych, a nie powiedziałeś nigdzie, na czym mianowicie polega istota gry językowej tym samym zaś i języka; co jest wspólne wszystkim tym zjawiskom i co czyni je językiem albo częściami języka. Tak więc darujesz sobie tę właśnie część dociekań, która swego czasu przysparzała ci najwięcej kłopotu, mianowicie część dotyczącą *ogólnej postaci zdania* i języka. I to jest prawda —Zamiast podać coś, co byłoby wspólne wszystkiemu, co nazywamy językiem, powiadam, że nie ma wcale czegoś jednego...

Wittgenstein nie stawia pytania "co musimy wiedzieć, aby posługiwać się takimi, a takimi terminami". Gdyby je postawił, to pewnie by odpowiedział: "nic". W zapiskach "O pewności", par. 452 sugeruje, że język potoczny wcale nie wyłonił się z rozumowania⁸. Celem tych fragmentów jest polemika z teorią z "Traktatu Logiczno-Filozoficznego", dlatego pyta, "co łączy te wszystkie zjawiska" zwane grą. Fizyków w ogóle nie dotyka podobny problem, bowiem słowa ich sztucznego języka są sformułowane ściśle. Jeśli pod pojęciem masy w mechanice klasycznej rozumiemy dwie różne rzeczy: jak masę bezwładną i grafitacyjną, to w każdym konkretnym przypadku jest jasne, o którą masę chodzi. W wyspecjalizowanych dziedzinach może być więc zupełnie inaczej niż "na ogół". Kuhn będzie to pomijał, mówiąc, że język fizyki powstaje tak samo, jak codzienny, i dalej o tym, jak to fizycy nie wiedzą co mówią. Oto parę przykładów⁹:

...zarówno uczeni jak i laicy od razu wyodrębniają ze strumienia dostępnego im doświadczenia ogromne obszary. Dziecko przenoszące słowo "mama" ze wszystkich istot ludzkich na najpierw na wszystkie kobiety, a następnie na swoją matkę, uczy się w ten sposób nie tylko tego, co znaczy "mama" lub kto jest jego matką. Zaczyna zarazem poznawać niektóre różnice między mężczyznami a kobietami oraz orientować się, w jaki sposób odnosić się będzie ta właśnie jedna kobieta. Zgodnie z tym odpowiedniej zmianie ulegają jego reakcje, oczekiwania, wierzenia, czy duża część postrzeganego przez nie świata. Podobnie zwolennicy Kopernika, odmawiając Słońcu nazwy "planeta", nie tylko dowiadywali się, co znaczy "planeta" lub czym jest Słońce.

Planety widziane gołym okiem to małe świetliste punkty widoczne w nocy, a Słońce to świetlista tarcza o wielkiej jasności. To łatwe do zauważenia i opisanie. Nie tylko więc teoria, ale prawie każdy prymitywny mit prehistoryczny będzie więc odróżniał Słońce i planety, czy też ruchome gwiazdy.

Zmieniali zarazem znaczenie słowa "planeta", tak by nadal mogło być ono przydatne w świecie, w którym wszystkie ciała niebieskie, nie tylko Słońce, były widziane inaczej, niż do tej poprzednio.

Zauważmy, że dla Kuhna fakt, że zmienia się teoria fizyczna sprawia, że zmienia się również świat, co jeden z komentatorów nazwał "Kantem na kółkach". Kuhn, to co zdrowy rozsądek opisuje jako obiektywną rzeczywistość uważa za efekt psychologiczny - a zmiana obowiązującej teorii tą "rzeczywistość" zmienia.

⁸Sady b.d.

⁹Kuhn [1962] 2020, s. 261

Jeśli wyrzucimy ten mało interesujący nas pogląd, to reszta jest prosta. Planeta to świetlisty, ruchomy punkt na niebie, którego tor ruchu opisywała matematyczna astronomia, i który interpretowano w filozofii naturalnej jako pewne ciało materialne (ożywione, albo nie, złożone z niebiańskiego eteru, albo i zwykłej materii). Potem pod wpływem obserwacji teleskopowych stwierdzono, kolejne fakty (że np. planety wydają się mieć fazy podobne do faz Księżyca).

To, że jakiś uczyony dostrzega tlen zamiast zdeflogistonowanego powietrza, kondensator zamiast butelki lejdejskiej, lub wahadło zamiast utrudnionego spadania...

Żaden uczyony nie dostrzega tlenu, bo tlenu nie widać. Tlen czy flogiston w XVIII w. były postulowane na gruncie dwóch teorii spalania i dopiero te teorie były testowane przez doświadczenie. Wynalazcy butelki lejdejskiej, Musschenbroek i Kleist, nie rozumieli, co to "kondensator", bo nie było teorii elektrycznej, na gruncie której można stworzyć interpretację przyrządu. Niemniej udało im się też zbadać zasady działania przyrządu (ładowania go, łączenia w baterie), co właśnie było dość rudymenarną interpretacją teoretyczną.

...stanowi tylko część zmiany jego całościowego sposobu widzenia ogromnej różnorodności powiązanych ze sobą zjawisk chemicznych, elektrycznych, czy też dynamicznych. Paradygmat determinuje rozległe obszary doświadczenia naraz. Jednakże dopiero wtedy, gdy doświadczenie zostanie tak zdeterminowane, można rozpocząć poszukiwania definicji operacyjnych lub czystego języka obserwacyjnego.

Duhem i Poincare podkreślali również, że teoria opisuje różnorodność powiązanych zjawisk. Ale to nie jest sprawa psychologii, ani "widzenia" po prostu różne zjawiska są opisywane i badane przez tą samą teorię. Chcąc np. opisać ruch komety Haleya, jak Clairaut w XVIII w. należy w oparciu o warunki początkowe (historyczne obserwacje) obliczyć równanie ruchu i podać możliwe do zmierzenia predykcje. Jeśli predykcje są trafne, wiemy, że właściwie wyjaśniliśmy dany system. W ten właśnie sposób abstrakcyjna teoria rośnie organicznie przez pracę fizyków, starając się coraz bardziej dopracowana i opisując coraz szerszy zakres rzeczywistości.

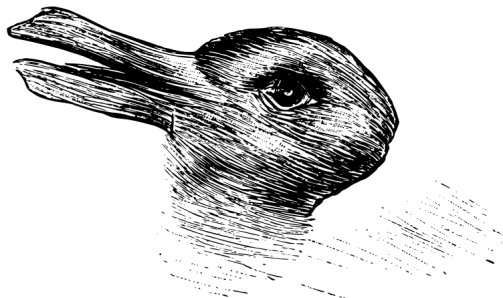
Drugie zdanie Kuhna jest zaś fałszywe i co więcej absurdalne. Można je przepisać jako "Jednak dopiero kiedy zajdzie A, to wtedy możemy zacząć budować to, co jest konieczne dla A" - bowiem: "doświadczenie jest zdeterminowane" właśnie przez "definicje operacyjne". Co więcej, nie ma przeszkód by definicje wielkości mogły być budowane zanim się ich do czegokolwiek użyje w teorii - można zapostulować dowolną hipotezę i dopiero potem sprawdzić, czy jest coś warta na gruncie innej hipotezy. Buridan, Bassols i inni scholastycy¹⁰ dostarczają ku temu dobrych przykładów.

Podobnie i język obserwacyjny doświadczenia powstaje ze znanych już terminów, gdy wykonuje się doświadczenie. Np. Musschenbroek opublikował artykuł, w którym opisał, co zrobił i jakie obserwacje uzyskał, tak by inni uczeni mogli go odtworzyć. I to są definicje operacyjne. "Butelka lejdejska" po paru iteracjach staje w ten sposób się standardowym aparatem, zbudowanym według przepisu i tworzącym spodziewane skutki. Pozwala sprawdzić, czy jest sprawna, czy nie

¹⁰Duhem i Aversa 2018, s. 227

i eksperymentować z nią dalej, inkrementalnie rozwijając wiedzę. Reprodukacja eksperymentu gwarantuje, że definicje operacyjne będą wystarczająco precyzyjne.

Welche Thiere gleichen ein- ander am meisten?



Kaninchen und Ente.

Rysunek 1: Kaczko-królik z Fliegende Blätter.

3 Opinie Kuhna o niemożliwości obiektywnych obserwacji

Powyższa dyskusja wiąże się z kolejnym przeinaczeniem. Kuhn naciska, że nie da się nic widzieć w sposób obiektywny. Podaje jako przykład znaną iluzję królika-kaczki (co jest znowu pożyczone z "Dociekań" Wittgensteina). Wkleimy tutaj tę iluzję, opublikowaną w XIX w. w magazynie satyrycznym Fliegende Blätter (Rysunek 3). Koncentrując wzrok na uszach królika po lewej stronie, zobaczymy dziób kaczki. Patrząc na zarys głowy kaczki po prawej dostrzeżemy w niej pysk królika.

Kuhn na ten temat pisze tak (s. 258):

Przypadek kaczka-królik dowodzi, że ludzie odbierający na siatkówce oka te same wrażenia mogą widzieć różne rzeczy, natomiast doświadczenie z soczewkami odwracającymi pokazuje, że dwie osoby odbierające na siatkówce różne wrażenia mogą widzieć to samo. Psychologia dostarcza wielu innych podobnych świadectw...

Zmysły mogą oczywiście mylić w takim celowo spreparowanym przypadku, jak też i w paru innych. To jednak nie znaczy, że ktoś pomylił prawdziwą kaczkę, z prawdziwym królikiem, albo kamerton z wahadłem (jak sądzi dalej Kuhn).

...a wszelkie wynikające stąd wątpliwości potęguje dodatkowo historia wysiłków podejmowanych w celu stworzenia języka obserwacyjnego. Żadne ze znanych prób osiągnięcia tego celu nie doprowadziły jak dotąd do zbudowania powszechnie stosowalnego języka czystej percepcji.

Tak, nie zbudowano "powszechnie stosowalnego języka", dlatego też metodę fizyki stosuje się w fizyce, a nie "powszechnie". Owszem, próby stworzenia takiego powszechnego języka przez neopozytywistów są nieudane.

Te zaś poczynania, które najbardziej się do tego zbliżyły, mają pewną właściwość, która dobitnie wspiera zasadnicze tezy niniejszej rozprawy.

Falszywa alternatywa. To, że jakiś program budowy ogólnego języka obserwacyjnego nie zadziałał, wcale nie dowodzi przeciwnej niedorzeczności. Raczej można uczynić zadość argumentom obu stron w oparciu o filozofię Duhema. Przyznać, że obrazy odpowiadające pojęciom fizycznym nie są dokładne, ani prawdziwe, ale także, że zależności między mierzonymi wielkościami ukazują prawdziwy porządek świata. O tym, że jest to właściwe rozwiązanie przekonają nas tym bardziej inne wykryty Kuhna. Dalej bowiem powołuje się na tezę Duhema(s. 259), w typowy dla psychologistów sposób:

Wynikiem ich jednak jest język, który podobnie jak języki stosowane w nauce kryje sobie mnóstwo przewidywań dotyczących przyrody, i przestaje funkcjonować, gdy te się nie sprawdzają.

Język nauki ulega modyfikacji, gdy dotychczasowe predykcje się nie sprawdzają. Co więcej, w takiej sytuacji nie jest jasne, co uległo obaleniu (Problem Duhema). Ale wynika to z praktycznych problemów, które są do rozwiązania przez dalsze iteracje eksperymentów i konstrukcji teorii. Co więcej Kuhn pisze o "języku obserwacyjnym", jednocześnie usuwając kluczowe rozróżnienie między opisem, jak coś zmierzyć, a opisami słownymi teorii. To pierwsze jest precyzyjne, ale to drugie nie musi być ustalone. To pierwsze jest konieczne, to drugie nie jest (bo teorie

Kuhn to ignoruje, co zdradzają różne niejasne stwierdzenia. Jak bowiem uczeni mogli "dostrzegać tlen zamiast zdeflogistonowanego powietrza", skoro tlen jest przezroczysty? Nijak oczywiście, to niedorzeczność. Lavoisier zmierzył, że niektóre spalane substancje zwiększają masę, a rudy metali ważą więcej, niż metale. Priestley odkrył, że ruda rtęci po ogrzaniu uwalnia gaz, który przyspiesza proces spalania. Podano także parę innych podobnych wyników, i wyniki te dało się precyzyjnie zreprodukować. Na gruncie klasyfikacji tych faktów wydało się zasadne zapostulować niewidzialny, masywny składnik procesów utleniania i spalania.

Również "kondensator" nie jest czymś, co "dostrzegamy". Kondensator jest rozumową abstracją gęstości ładunku elektrycznego w ciele przewodzącym, podlegającej zjawisku indukcji elektrycznej. W efekcie izolowane kable, ludzkie palce i chmury wcale nie wyglądają jak kondensator, ale wykazują pojemność elektryczną (własność kondensatora). Pojemność palca jest podstawą działania ekranów dotykowych, a pojemność kabli istotnym zagadnieniem przesyłu energii i sygnałów. Z drugiej strony kondensator ze sklepu może nie różnić się wyglądem od opornika albo diody - będzie to walec, albo prostopadłościan z dwoma złączami elektrycznymi. Jeśli nastąpi przebicie między warstwami przewodnika w takim kondensatorze, to traci on pojemność elektryczną - a więc w praktyce przestaje być kondensatorem. Jasno wynika, że kondensator to interpretacja teoretyczna na gruncie teorii. Z tego względu zajmowanie się takimi problemami jest absurdalne: naukowiec czy inżynier nie zastanawia się w ogóle nad tym, jak wygląda kondensator, tylko mierzy i liczy pojemność. I to nie kondensator zastąpił butelkę¹¹, tylko teoria elektryczności zasymilowała bardziej ograniczone przypadki opisu elektryczności, dając przykład inkrementalnego wzrostu wiedzy.

¹¹Kuhn [1962] 2020, s. 246

Łatwo to samo wykazać w wypadku wahadła. Sama masa na sznurku nie musi mieć własności ruchu periodycznego, tzn. okres wychylenia wahadła nie musi być stały i opisany równaniem $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Jest stały tylko wtedy gdy wychylenie masy jest niewielkie, a opory ruchu zaniedbywalne. W przeciwnym bowiem razie ruch masy na sznurku nie jest periodyczny. Wahadło nie działa pod wodą i nie działa, gdy za bardzo je rozhuścimy - w tych wszystkich wypadkach nie jest zasadna interpretacja teoretyczna wahadła jako systemu o ruchu periodycznym. Odkrycie pożądaných własności wahadła zakładało też dobranie takich okoliczności i parametrów w których te pożądané własności występują: jest oczywiste, że to racjonalny wynalazek, a nie przeobrażenia psychologiczno percepcyjne. Kuhn¹² oczywiście z sobie znanych powodów przypisuje obserwacji wahadła przeobrażenie percepcyjne, którego dokonał Galileusz i oparł na tym "wiele najważniejszych części swojej dynamiki".

Co wskazania punktu w którym nastąpiło kluczowe przeobrażenie psychologiczne Kuhn ma trochę problem, bo jeśli np. Buridan coś opisał, to znaczy, że Buridan to *widział*, a jeśli to widział, to znaczy, że rewolucja naukowa była wcześniej niż w XVI wieku.

...uczono (Galileusza) analizy ruchu w kategoriach teorii impetu (...) Jean Buridan i Mikołaj z Oresme (...) znani są z tego, że pierwsi dostrzegli w ruchu wahadłowym przynajmniej część tego, co później zobaczył Galileusz. Buridan, opisując ruch drgającej struny podaje, że impet jej jest po raz pierwszy przekazywany przy uderzeniu, a następnie zostaje zużyty na przemieszczenie struny wbrew oporowi jej napięcia (...) przy czym ten symetryczny ruch może trwać w nieskończoność.

¹²Kuhn [1962] 2020, s. 247

4 Porównywalność teorii fizycznych

Szczególnej Teorii Względności zdaniem Kuhna nie da się porównać z dynamiką Newtona - bo limit klasyczny STW jest czymś zupełnie innym niż teoria Newtona, choć wygląda identycznie. Zamierzam pokazać, że jest to błędne. Według teorii Duhema¹³ jest jasne, że można uznać limit klasyczny STW i teorię Newtona za to samo. Nowa teoria przejmując od starej teorii "cenny spadek" części reprezentacyjnej i doświadczeń, które wykonano testując teorię Newtona. Kuhn się z tym nie zgadza¹⁴:

Pozornie dynamika Newtona wyprowadzona zostaje, przy założeniu pewnych warunków ograniczających, z Newtonowskiej. Jednak wyprowadzenie to jest złudne, przynajmniej do tego punktu. Choć twierdzenia N_1, N_2, \dots, N_n są szczególnymi przypadkami mechaniki relatywistycznej, nie są to prawa Newtona — w każdym razie dopóty, dopóki tamte pierwsze prawa nie zostaną zinterpretowane w sposób, jaki umożliwia dopiero teoria Einsteina. Zmienne i parametry, które w Einsteinowskim szeregu E_i oznaczały położenie przestrzenne, czas, masę itd. występują nadal w ciągu N_i i oznaczają w nich Einsteinowską przestrzeń, czas i masę. Jednak fizyczne odpowiedniki tych Einsteinowskich pojęć nie są w żadnym razie identyczne z odpowiednikami pojęć Newtonowskich wyrażanych tymi samymi nazwami (Masa newtonowska ulega zachowaniu; masa Einsteinowska jest równoważna energii. Tylko przy małych prędkościach względnych można mierzyć obie w ten sam sposób, ale nawet wówczas nie można traktować ich jako tego samego).

Powyżej Kuhn rozpatruje limit klasyczny Szczególnej Teorii Względności. Przybliżenie tychże równań przez obliczenie granicy $c \rightarrow \infty$ (co się stanie, jeśli założymy, że c jest wielkie w porównaniu z innymi wielkościami)¹⁵ pozwala odtworzyć równania Newtona - co oczywiście "w żaden sposób" nie zadowala Kuhna. By nieco wyjaśnić ten cytat zacznijmy od tego, co to jest "masa Newtona". Teoria Newtona używa dwóch pojęć masy: masy grawitacyjnej i masy inercjalnej (bezwładnej). Masa grawitacyjna odnosi się do prawa powszechnego ciążenia (gdzie \vec{F} jest siłą działającą na ciało o masie (grawitacyjnej) m przyciągane przez inne ciało o masie (grawitacyjnej) M i w odległości r .

$$\vec{F} = \frac{GMm}{r^2} \hat{r}. \quad (1)$$

Dla ciał na powierzchni Ziemi (1) redukuje się do $\vec{F} = m\vec{g}$, gdzie $g = 10 \frac{m}{s^2}$. Masa bezwładna pojawia się w drugiej zasadzie dynamiki Newtona: jeśli na ciało o masie (bezwładnej) m działa siła F to porusza się ono z przyspieszeniem $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$. Masa grawitacyjna jest współczynnikiem (liczbą) określającym na ile ciała podlegają sile grawitacji, a masa bezwładna stosunkiem (liczbą) siły do

¹³Zawistowski 2023, s. 3

¹⁴Kuhn [1962] 2020, s. 221

¹⁵Kuhn podaje granicę klasyczną, jako "dodatkowe twierdzenia takie, jak $(v/c)^2 \gg 1$ ", nie wspominając explicite o tym, że w innych równaniach, jak $E = mc^2$ też trzeba przejść do granicy klasycznej, skąd dalej może wynikać gadanie, że masy nie są "w żadnym razie identyczne" bo masa Einsteina jest równoważna energii

przyspieszenia. Jest postulatem teorii (wiele razy testowanym), że masa grawitacyjna jest równa masie bezwładnej. To samo, bez żadnych zmian, stosuje się też do klasycznego limitu Szczególnej Teorii Względności Einsteina. Na gruncie Szczególnej Teorii Względności podobnie wprowadza się kolejne prawo $E = mc^2$ i hipotezę, że to, co akurat jest masą bezwładną, jest zarazem wymienne na energię: np. wypalone paliwo jądrowe będzie lżejsze, niż by to wynikało z chemicznej zasady zachowania masy. Zmiana masy Δm wyraża się przez zmianę energii jako $\frac{\Delta E}{c^2}$. Przechodząc do limitu klasycznego $c \rightarrow \infty$ otrzymujemy $\Delta m = 0$, co jest na ogół dobrym przybliżeniem: np. spalanie węgla albo benzyny nie prowadzi do zmiany masy produktów reakcji, zgodnie z chemicznym prawem zachowania masy.

5 Czy Teoria Względności jest lepsza, niż teoria Newtona?

Jak określamy “fizyczne odpowiedniki” masy? Mierzac masę, przez zastosowanie teorii. Na przykład: mierzac tor ruchu przy użyciu miary i stopera, a także siłę, z jaką ciało jest przyspieszane (np przy użyciu sprężyny). Fizycy potrafią zmierzyć zarówno wielkości systemu $E1$ jak i systemu $N1$ tak samo, co pozwala udowodnić, że dynamika Newtona załamuje się dla wielkich prędkości. Można np przyspieszać przy użyciu pola elektrycznego jony o różnym stosunku masy do ładunku. Początkowo jony lekkie będą przyspieszać znacznie szybciej niż jony ciężkie - ale dalsze zwiększanie energii nie pozwoli nigdy uzyskać prędkości większej niż $c = 3 * 10^8 \frac{m}{s}$ (może to być łatwo wyznaczone przez pomiar czasu przelotu cząstki na znanym dystansie). Co więcej, jony przy uderzeniu w detektor będą miały znacznie większą energię, niż wynikałoby to z ich prędkości w rozumieniu teorii Newtona. Powtarzając parę podobnych doświadczeń (np. mierzac dylatację czasu) możemy się upewnić, że STW działa lepiej, niż fizyka Newtona.

Oto już teoria Newtona rozpatruje dwa różne koncepty masy. Jeśli więc różnica między masą systemu $E1$ (STW w granicy klasycznej) i masą $N1$ (dynamiki Newtona) jest istotnym problemem, to większy problem powinien istnieć już wewnątrz teorii Newtona. Przyjęcie hipotezy Kuhna może prowadzić na więc nas do dwóch rzeczy. Albo do absurdów w rodzaju, że wiele paradygmatów istniało już w głowie Newtona, który cierpiał na jakieś rozdwojenie jaźni (tłumacząc na sposób Kuhna, który porównuje naukowców do postaci z Orwella). Albo do wniosku, że ta “zmiana paradygmatu” nie jest w ogóle istotna opisanego przypadku. Masa Einsteina jest “wymienna na masę”, owszem. I co z tego? Jak Newton połączył przez hipotezę i doświadczenie masę inercyjną i grawitacyjną, tak samo i my możemy rozważyć dodatkowo równoważność masy i energii. I nie unieważnia to wcześniejszych wniosków na temat bezwładności i grawitacji (są one z resztą obecne w udoskonalonej wersji w Ogólnej Teorii Względności, jako zasada równoważności Einsteina).

Co więcej, mechanika klasyczna może być sformułowana przy pomocy równania Eulera-Lagrange’a, bez odniesienia się do zasad dynamiki Newtona. Należy zdefiniować energię kinetyczną T i energię potencjalną U , obliczyć lagranżjan $L = T - U$ i równania wynikające z zasady najmniejszego działania i równania Eulera-Lagrange’a:

$$\frac{\partial L}{\partial x} = \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \quad (2)$$

Na przykład dla spadku swobodnego w jednorodnym polu grawitacyjnym lagranżjan jest $L = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + mgx$ (g - przyspieszenie grawitacyjne, x - położenie, \dot{x} - prędkość, czyli pierwsza pochodna x po czasie), więc obliczenie równania (2) odtwarza znane prawo powszechnego ciężenia w jednorodnym polu grawitacyjnym $\ddot{x} = g$, że przyspieszenie jest stałe. Tutaj w ogóle nie jest jasne, gdzie się podziały “fizyczne odpowiedniki” masy Newtona. Prawa dynamiki i grawitacji Newtona zostały zastąpione formułacjami energetycznymi i dodatkowym innym aksjomatem: zasadą najmniejszego działania - i aksjomat ten wcale nie jest równoważny prawom Newtona (szczególny przypadek jedynie można sprowadzić do prawa Newtona). Mimo to, żadnej “zmiany paradygmatu” nie było: od 150 lat fizycy po prostu używają jednej i drugiej formułacji mechaniki, a

zasada wariacyjna jest stosowana do różnych innych teorii poza mechaniką.

6 Brak rozróżnienia anomalii w fizyce.

Chcąc wykazać, że anomalie bywają czasem arbitralnie ignorowane przez długi czas, Kuhn przytacza taki przykład (Kuhn [1962] 2020, s. 191)

Nawet w wypadkach gdy takie (obliczeniowe - kz) błędy są niemożliwe (...), trwałe i uświadomione anomalie nie zawsze powodują kryzys. Nikt poważnie nie kwestionował teorii Newtona z powodu od dawna dostrzegalnych niezgodności między nią, a takimi faktami, jak prędkość dźwięku, czy ruch Merkurego.

Uważam, że te przypadki wcale nie są anomaliaми teorii Newtona.

To, że istniała przez długi czas niezgodność między precesją ruchu Merkurego, a teorią Newtona jest znacznym przeinaczeniem. Należy odróżnić samą teorię (gravitacji) i zastosowanie jej do pewnego układu rzeczywistego. To drugie wymaga, by ten układ (rozkład masy itd) zawczasu znać. Rozkład masy w Układzie Słonecznym możemy poznawać jedynie pośrednio przez obserwacje widocznych obiektów. To, ile one ważą i czy są jakieś inne obiekty, możemy ustalić dopiero na podstawie zasad dynamiki Newtona. Tak Le Verrier w 1846 odkrył istnienie Neptuna, postulując dodatkową planetę, której wpływ zmieniał orbitę Urana.

Nieco później odkrył on też niewielką anomalię ruchu Merkurego, co usiłował wyjaśnić również postulując kolejne ciało niebieskie, hipotetyczną planetę bardzo blisko słońca nazywaną wtedy Vulcan. Poszukiwania Vulcana trwały jeszcze długo po jego śmierci - do początków XX w i były oparte na racjonalnych rozważaniach. Vulcan, jeśli był dostatecznie blisko Słońca i słabo odbijał światło, mógł nie być widzialny bezpośrednio. Zaczęto więc szukać tranzytów na tarczy słonecznej (tzn gdy planeta przesłania kawałek Słońca i jest widziana jako mała ciemna kropka), a także obserwacji podczas całkowitych zaćmień Słońca, które są bardzo rzadkie. Vulcana widziano rzekomo wiele razy, ale astronomowie nie byli w stanie ustalić jaka jest orbita i przewidzieć nowych torów ruchu.

Nawet na krótko przed publikacją Einsteina, gdy wiara w istnienie Vulcana była niewielka, trudno mówić o kryzysie teorii Newtona, bo zawsze można zrobić to, co fizycy robią teraz w sprawie anomalnego ruchu galaktyk: założyć istnienie jakiejś dodatkowej, rzadkiej, zimnej (i przez to niemożliwej do zobaczenia) materii. Le Verrier wpadł na to już w 1859 roku Verrier 1859. Takie wyjaśnienie jest nietestowalne, jednak nie pozwala też ustalić anomalii podważającej teorię Newtona.

Podobnie też sprawa się ma z prędkością dźwięku. Newton podał obliczenie prędkości dźwięku otrzymując wynik z dokładnością około 15%. Wynik ten został naprawiony ponad 100 lat później, gdy notabene, lepiej zrozumiano termodynamikę gazów - dziedzinę, która w XVII w. istniała w bardzo prymitywnej formie. Jest jasne, że nawet bardziej, niż w wypadku Le Verriera jesteśmy tu ograniczeni niewiedzą i musimy robić hipotezy pomocnicze, które mogą być prawdziwe, albo i nie. "Na ciało działa siła- dobrze, co to jest ciało"? Cząstka gazu, jako sztywna kulka? A skąd mielibyśmy to wiedzieć w XVII wieku? I czy te kulki mają ustaloną prędkość, czy jakiś rozkład i czy ten rozkład jest stały, czy się zmienia w czasie? To ostatnie jest dokładnie problemem, dla którego ta estymacja Newtona nie jest zbyt dokładna: cząsteczki zmieniają temperaturę (średnią prędkość) pod wpływem fali dźwiękowej.

Inaczej było przy odkryciu Szczególnej Teorii Względności, zmuszono bowiem na przełomie XIX/XX w. teorię do poprawek ad hoc (np. skrócenie Lorentza). Jakby powiedzieć: teoria nie działa tak, jak oczekiwaliśmy - musimy ją w pewnym zakresie ograniczyć, poprawić. Jest to więc rewizja teorii. W przypadku precesji Merkurego i prędkości dźwięku rewizja teorii nie zachodzi - rewidowane mogą być hipotezy pomocnicze. Kuhn niesłusznie wskazuje te przykłady jako anomalie teorii Newtona.

Bibliografia

- Verrier, Urbain Le (1859). *Letter from Mr Le Verrier to Mr Faye on the theory of Mercury and on the movement of the perihelion of this planet*. <https://pappubahry.livejournal.com/572713.html?>. Translated by D. Barry, from *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*".
- Duhem, Pierre (1954). *The aim and structure of physical theory*. Princeton University Press.
- Orear, Jay (2004). *Fizyka, cz. 2*. WNT.
- Rovelli, Carlo (2015). "Aristotle's Physics: A Physicist's Look". W: *Journal of the American Philosophical Association* 1.1, s. 23–40.
- Duhem, Pierre i Alan Aversa (czer. 2018). *Galileo's Precursors: Translation of Studies on Leonardo da Vinci (vol. 3) by Pierre Duhem*. DOI: 10.13140/RG.2.2.23235.71201/1.
- Zawistowski, Krystian (2023). *Porządek i Przygodność*. Red. A.E. Taylor.
- Sady, Wojciech (b.d.). "Wstęp do Dociekań Filozoficznych". W: (). URL: <https://sady.up.krakow.pl/sady.witt.df.htm>.
- Kuhn, Thomas ([1962] 2020). *Struktura Rewolucji Naukowych*. Aletheia - Warszawa.
- Wittgenstein, Ludwig (2012 [1953]). *Dociekania Filozoficzne, przełożył B. Wolniewicz*. PWN.