

Wojciech Sady
**DLACZEGO ROZMOWY I DOWODZENIA MATEMATYCZNE GALILEUSZA SĄ
NAUKOWE, A ŚWIAT KARTEZJUSZA NIE?**

Przyjrzyjmy się dwu książkom, napisanym w latach 1630-ch przez zwolenników kopernikanizmu. Pierwsza to *Świat* Kartezjusza¹, do którego wstępem miała być *Rozprawa o metodzie* (1637). Druga to ogłoszone w 1638 r. *Rozmowy i dowodzenia matematyczne* Galileusza². (Po procesie Galileusza w 1633 r. Kartezjusz nie opublikował *Świata*: tekst ukazał się pośmiertnie w 1662 r. Galileusz napisał *Rozmowy*, na podstawie swych wcześniejszych prac, już po procesie i oczywiście w tekście o ruchu Ziemi nie wspomniał.)

Obie książki to rozprawy głównie z zakresu fizyki. Jeśli damy je do przeczytania współczesnemu fizykowi, ten – na podstawie wyrobionego przez lata praktyki zawodowego wyczucia – określi dzieło Galileusza jako „naukowe”, nie przyzna zaś tego miana dziełu Kartezjusza. Dlaczego?

Podstawowym zadaniem filozofa nauki, według Lakatosa, jest wyraźne sformułowanie ponadhistorycznych kryteriów, „jakie wielcy naukowcy stosowali pod- czy półświadomie, oceniając poszczególne teorie bądź programy badawcze”³. Włączając się w ten program filozoficznych badań nad nauką pytam zatem, jakie uniwersalne kryteria pozwalałyby nam orzec, że rozważania o ruchach ciał Kartezjusza naukowe nie są, a analogicznym dociakaniem Galileusza bez wahania przyznamy miano naukowych?

Jak powszechnie wiadomo, problem znalezienia kryterium demarkacji, pozwalającego na odróżnienie nauki od nienauki, nie doczekał się dotąd zadowalającego rozwiązania. Kilka lat temu podjąłem próbę sformułowania kolejnego takiego kryterium, które da się najkrócej wyrazić tak: tym, co decyduje o naukowości danej pracy jest systematyczny charakter badań doświadczalnych i dociekań teoretycznych, jakie do niej doprowadziły. Owa systematyczność ma *wiele aspektów*⁴, ten artykuł dotyczyć będzie *tylko jednego z nich*.

1. Nie o prawdziwość tu chodzi

Może trzeba powiedzieć po prostu, że tezy Galileusza są prawdziwe, a Kartezjusza nie? Ten pogląd jest nie do utrzymania z dwóch powodów, z których pierwszy jest filozoficzny, a drugi związany z zawartością obu dyskutowanych książek – taką, jak je zrozumie przy pierwszym czytaniu współczesny naukowiec.

Prawdziwość relatywizuję, w duchu Flecka, do stylu myślowego⁵. Prawdziwość nie jest więc relacją między izolowanym zdaniem a rzeczywistością, gdyż zdanie wzięte w pojedynkę nie przedstawia żadnej sytuacji. Terminom, z jakich zdanie jest zbudowane, nadaje znaczenia styl myślowy jako całość. Opanowanie stylu myślowego zawsze wiąże się z praktycznymi ćwiczeniami w jego stosowaniu, a raz opanowany kształtuje on zarówno nasze widzenie świata, jak i sposób myślenia o nim.

Oznacza to, że nie ma sensu pytać o prawdziwość stylu myślowego jako całości. Prawdziwe lub fałszywe może być jedynie twierdzenie wypowiedziane w ramach systemu. Uczestnik wspólnoty myślowej, która danego stylu używa, a używając nieustannie go przekształca, w

1 René Descartes, *Świat albo Traktat o świetle*, tłum. T. Śliwiński, Aureus 2005.

2 Galileo Galilei, *Rozmowy i dowodzenia matematyczne w zakresie dwóch nowych umiejętności dotyczących mechaniki i ruchów miejscowych*, tłum. F. K., Wyd. Kasy im. Mianowskiego 1930.

3 Imre Lakatos, „Problem oceniania teorii naukowych: trzy podejścia”, w: tenże, *Pisma z filozofii nauk empirycznych*, tłum. W. Sady, WN PWN 1995, ss. 328-351, § 1b.

4 Wyniki moich dotychczasowych rozważań znalazły wyraz w artykułach: "Dlaczego kreacjonizm 'naukowy' nie jest naukowy i dlaczego nie prowadzi do teizmu?", *Przegląd Filozoficzny - Nowa Seria* nr 1, 2001, s. 213-228; "Dlaczego odkrycie promieni X przez Roentgena było naukowe?", *Przegląd Filozoficzny - Nowa Seria* nr 3, 2004, s. 7-20; „Czy uczeni aleksandryjscy byli naukowcami?”, *Zagadnienia Naukoznawstwa* nr 2, 2007, s. 293-302.

5 Ludwik Fleck, *Powstanie i rozwój faktu naukowego*, tłum. M. Tuskiewicz, Wydawnictwo Lubelskie 1986, zwł. § 4.3.

pewnych sytuacjach uzna dane twierdzenie za prawdziwe – będzie ono bowiem zgodne z rzeczywistością taką, jaką on spostrzega i o jakiej myśli.

Dla uczestnika innej wspólnoty myślowej identycznie brzmiące zdanie może być fałszywe bądź bezsensowne. Ale choć style myślenia przed i po tzw. rewolucji naukowej są, w sensie Flecka i Kuhna, niewspółmierne, to wiele z udanych zastosowań starego stylu zostaje wchłoniętych przez styl nowy: podstawowe założenia zostają odrzucone i zastąpione innymi, ale konkretne osiągnięcia zostają w dużej mierze zachowane. I na te osiągnięcia położony będzie nacisk w poniższych rozważaniach.

Przejdźmy do intuicyjnych ocen naukowców. Czytając prace Kartezjusza i Galileusza współczesny fizyk będzie używane przez nich terminy odruchowo rozumiał zgodnie ze współczesnym mu stanem fizyki. I szybko stwierdzi, że rozważania Galileusza oparte są na założeniach fałszywych. Jeszcze w *Listach o plamach słonecznych* (1613) pisał on, że ciała przejawiają naturalną skłonność do pewnych ruchów, np. ciała ciężkie do ruchu pionowego w dół, a do innych ruchów naturalny wstręt.

Wreszcie na pewne ruchy będą te ciała obojętne, jak ciała ciężkie są obojętne na ruch poziomy, do którego nie mają ani skłonności (gdyż ruch ten nie odbywa się w kierunku środka Ziemi), ani wstrętu (gdyż z drugiej strony nie oddala ich od środka Ziemi). A zatem, gdy wszystkie zewnętrzne opory zostaną usunięte, ciało ciężkie na powierzchni sferycznej, współśrodkowej z powierzchnią Ziemi, w równej mierze może być w spoczynku, jak i w dowolnym ruchu horyzontalnym. Ciało to będzie pozostawać w takim stanie, w jakim zostało ustanowione; jeżeli stan początkowy był stanem spoczynku, to ciało pozostanie w spoczynku, a jeśli był to na przykład ruch ku wschodowi, to ciało będzie trwało w tym ruchu.

Tak więc ruchy zwane dziś bezwładnymi przebiegają po wielkich okręgach opasujących Ziemię, a w przypadku planet po okręgach, których środki znajdują się w Słońcu. (W analizy na kartach *Rozmów* przebiegają tak, jakby Ziemia była płaska, a ruchy w poziomie prostoliniowe, jest to jednak, jak stwierdza Salviati na początku debaty w Dniu Czwartym, przybliżenie, uzasadnione gdy rozważa się ruchy o zasięgu – jak w przypadku strzału z armaty – do czterech mil, co stanowi mniej więcej jedną tysięczną promienia Ziemi.) Co więcej, takie ruchy odbywają się *wyłącznie w kierunkach horyzontalnych*. Na to, rzecz jasna, żaden współczesny fizyk nie przystanie. U Kartezjusza natomiast czytamy:

(...) każda cząstka materii wzięta z osobna pozostaje zawsze w jednym i tym samym stanie, póki napotkanie innych nie zmusi jej do jego zmiany. (...) jeśli ona pewnego razu zacznie się poruszać, będzie to czynić zawsze z jednakową siłą, aż do momentu, kiedy inne ciała nie zatrzymają jej lub spowolnią. (...) każda z cząstek [ciała] z osobna dąży zawsze do tego, by kontynuować swój ruch po linii prostej. [VII]

A zatem ruchy „bezwładne” odbywają się po prostej i, co więcej, *w dowolnym kierunku* – a to zgadza się z poglądami fizyków współczesnych. W tym samym rozdziale *Świata* znajdujemy też zarys prawa zwanego dziś zasadą zachowania pędu – jednej z najbardziej fundamentalnych zasad naszej fizyki – o czym w tekście Galileusza nie ma ani słowa.

Jest to tylko jeden przykład, ale za to dotyczący samych podstaw, od których zależy każde inne twierdzenie, jakie można w diskutowanych książkach znaleźć. Tak więc to nie „prawdziwość” twierdzeń Galileusza decyduje o ich naukowości.

2. I nie doświadczalny charakter twierdzeń rozstrzyga o naukowości

Może więc należałoby powiedzieć, że dociekania Galileusza były, w przeciwieństwie do racjonalistycznych wywodów Kartezjusza, oparte na wynikach doświadczeń? Znowu nie. Gdy przeglądamy te partie *Rozmów*, które dotyczą ruchów ciał – czyli debaty w Dniu Trzecim i Czwartym – to stwierdzamy, że mowa jest tam tylko o trzech rodzajach doświadczeń. W Dniu trzecim Salviati daje krótki opis eksperymentów z kulką staczającą się po równi pochyłej, przy czym podany sposób pomiaru czasu trudno dziś uznać za prawidłowy. W Dniu Czwartym opowiada o tym, że „dwie równie wielkie kule, z których jedna jest 10 do 12 razy cięższa od

drugiej, spadając z wysokości 150 do 200 łokci, dochodzą do ziemi z bardzo małą różnicą prędkości”, o czym pisał Jan Filoponos w VI w. n.e. (te prace były na początku XVII w. dobrze znane). Zaraz dalej Salviati stwierdza, że jeśli dwie kulki ołowiane zawiesimy na nitkach o identycznych długościach, po czym obie wprawimy w ruch wahadłowy, wychylając początkowo jedną o 80° , a drugą o 10° , to okresy ich wahań będą identyczne: „bo gdy dwaj towarzysze wzięli się do liczenia wahań, jeden wielkich a drugi małych, to przekonali się, licząc nie tylko dziesiątki ale i setki, że nie różnili się ani o jedno wahnięcie”. To twierdzenie jest fałszywe; zapewne jest to życzeniowa relacja z przebiegu eksperymentu, w której przemilcza się zmiany okresu drgań wahadła przy zmianie kąta wychylenia, łatwo stwierdzalne po przekroczeniu 10° (dla mniejszych kątów okres drgań jest od maksymalnych wychyleń prawie niezależny).

Natomiast Kartezjusz, choć zdeklarowany racjonalista, odwołuje się do wyników doświadczeń wcale często. Gdy formułuje swoją zasadę zachowania ruchu, zaraz dodaje:

Prawo to, połączone z poprzednim, znakomicie odnosi się do wszelkich doświadczeń, w których widzimy, że jakieś ciało przestaje lub rozpoczyna się poruszać, ponieważ jest pchane lub zatrzymywane przez inne ciała. [*Świat VII*]

A gdy pojawia się pytanie, dlaczego rzucony kamień zwalnia swój ruch choć żadne widoczne ciało go nie zatrzymuje, Kartezjusz tłumaczy to oporem powietrza i znów odwołuje się do wyników doświadczeń:

Słyszemy gwizd wówczas, gdy kamień przecina powietrze; i jeśli porusza się w nim np. wachlarz lub inne szerokie i lekkie ciało, można odczuć po nacisku na dłoń, że powstrzymuje ono ruch (...). [*Świat VII*]

Rozproszonych w tekście opisów obserwacji i eksperymentów są dziesiątki.

Można by wręcz utrzymywać, że rozważania Kartezjusza są bliższe wynikom doświadczeń niż dociekania Galileusza. Tej oceny nie zmieni również to, że Galileusz dokonuje pomiarów, podczas gdy relacje z wyników doświadczeń przytaczane na kartach *Świata* mają charakter jakościowy. Po pierwsze, nie można traktować matematyzacji jako koniecznego warunku naukowości. Po drugie, jak już podkreślono powyżej, podane przez Galileusza metody i wyniki pomiarów budzą poważne wątpliwości.

3. Jakie zjawiska bada Kartezjusz, a jakie Galileusz?

Gdy jednocześnie przeglądamy zawartość *Świata* i *Rozmów i dowodzeń matematycznych* rzuca się w oczy pewne między nimi różnica, która jak dotąd dość powszechnie ignorowana była przez filozofów nauki, a która, jak twierdzę, stanowi klucz do zrozumienia, jakie badania zasługują na miano „naukowych”.

Jakich zjawisk dotyczą rozważania Kartezjusza? W rozdziale II znajdujemy wyjaśnienia dotyczące natur ognia, ciepła i światła. Z rozdziału III dowiadujemy się, na czym polega różnica między cieciami a ciałami stałymi, dlaczego metale topią się, a drewno się pali, czym różni się powietrze od ognia. W rozdziale IV argumenty za nieistnieniem próżni mieszają się z rozważaniami na temat funkcjonowania pomp wodnych, ruchu ryb w wodzie, wypływania wina z beczki przez otwór znajdujący się w jej dnie. Rozdział V dotyczy trzech elementów, z których zbudowany jest świat; dowiadujemy się też, z których z nich zbudowane są gwiazdy (w tym Słońce), a z których planety i komety, oraz że w skorupie ziemskiej elementy są odpowiednio zmieszane. W rozdziale VII Kartezjusz formułuje trzy wspomniane powyżej prawa ruchu, po czym objaśnia naturę ruchu kamienia uwiązanego na linie i zmuszanego do krążenia po okręgu. Rozdział VIII opowiada, jak już po stworzeniu świata przez Boga atomy zaokrągliły się i jak powstały z nich gwiazdy oraz otaczające je wiry materii niebieskiej. W rozdziale IX, odwołując się do ruchu łodzi po rzekach z zakrętami, Kartezjusz wyjaśnia ruchy planet i komet, a w rozdziale X dodatkowo ruch Księżyca. Z rozdziału XI dowiadujemy się, dlaczego ciała ciężkie spadają (a raczej spychane są) na Ziemię, a XII wyjaśnia zjawiska przypraw i odpływów mórz. W rozdziale XIII znajdujemy rozważania nad tym, czym jest światło, jak się porusza i jak światło wydobywające się ze Słońca oddziałuje na

otaczającą je przestrzeń. W XIV czytamy m.in., na czym polega widzenie. W XV autor powraca do zagadnień związanych z ruchami gwiazd, planet i komet. Dalsza część tekstu zaginęła.

A jakich zjawisk dotyczą *Rozmowy i dowodzenia matematyczne*? Rozmowy toczone w Dniu Pierwszym i Drugim traktują o praktycznych problemach, przed jakimi stoją rzemieślnicy, w tym budowniczowie: o wytrzymałości lin i belek, działaniu pomp wodnych, pływaniu po wodzie. Inne partie mają charakter matematyczny. Z zagadnień należących do nauki „czystej” mamy jedynie argumenty za istnieniem próżni, opowieść o nieudanej próbie zmierzenia prędkości światła, prawa ruchu wahadła i jakościowe rozważania nad ruchami w ośrodkach stawiających opór. Czysto naukowy charakter mają natomiast rozmowy w Dniu Trzecim i Czwartym. Czego dotyczą?

Rozważania zaczynają się od sformułowania kilku prostych twierdzeń na temat ruchu jednostajnego, dla którego dość dobrym w pewnym zakresie czasu odpowiednikiem fizycznym jest ruch kulki toczącej się po gładkiej, poziomej płaszczyźnie. Następnie mamy definicję ruchu jednostajnie przyspieszonego jako ruchu, którego prędkość rośnie w równych odstępach czasu o tę samą wartość. Na podstawie takiej definicji zostaje czysto geometrycznie dowiedzione Twierdzenie I: droga, jaką przebędzie ciało znajdujące się pierwotnie w spoczynku i poruszające się ruchem jednostajnie przyspieszonym jest równa drodze, jaką przebyłoby ono w tym samym czasie ruchem jednostajnym z prędkością równą połowie jego prędkości końcowej. (Twierdzenie to znane było z pracy Mikołaja z Oresme z połowy XIV w.) Czysto geometrycznie dowiedzione też zostało Twierdzenie II, zgodnie z którym droga z Twierdzenia I jest proporcjonalna do kwadratu czasu. Wcześniej Galileusz rozważał ruch ciała spadającego swobodnie lub rzuconego pionowo w górę (wyraźne są analogie tych rozważań z analizami Jana Filoponosa). Ponieważ prędkość zmienia się w przypadku ruchu swobodnego w pionie tak szybko, że przy użyciu przyrządów, jakimi dysponowano w XVII w., nie da się niemal niczego zmierzyć, Galileusz prezentuje wyniki eksperymentów ze spadaniem spowolnionym: z ruchem kulki staczającej się po gładkiej powierzchni nachylonej do poziomu, tzw. równi pochyłej. Stwierdza, że zmierzone eksperymentalnie drogi przebyte przez kulkę mają się dla danego kąta nachylenia tak, jak kwadraty czasu trwania ruchu – a więc ruch przebiega zgodnie z Twierdzeniem II, tzn. jego przyspieszenie jest stałe. Takie proporcje występują dla różnych kątów nachylenia, co potwierdza przekonanie, że również dla kąta nachylenia równego 90^0 – kiedy staczanie się przejdzie w spadek swobodny – ruch będzie jednostajnie przyspieszony. Dalej mamy kilkadziesiąt dowiedzionych geometrycznie twierdzeń dotyczących ruchów kulek staczających się po rozmaitych równiach pochyłych, spadających w pionie, toczących się po powierzchni poziomej.

Rozmowy toczone w Dniu Czwartym dotyczą ruchu pocisku wystrzelonego pod pewnym kątem do poziomu, a traktowanego jako złożenie jednostajnego ruchu w poziomie i jednostajnie przyspieszonego ruchu w pionie. Zaraz na wstępie dowodzi się twierdzenia, że – jeśli przyjąć w przybliżeniu, że Ziemia jest płaska, a ruchu nie zakłóca opór powietrza – taki ruch wypadkowy odbywa się po paraboli. Dalej mamy jeszcze kilka dowiedzionych geometrycznie twierdzeń i szereg rozwiązanych zadań dotyczących zasięgu lotu, maksymalnej osiągniętej przez pocisk wysokości itd.

I to wszystko! *Całą więc tematykę rozmów z Dnia Trzeciego i Czwartego stanowi geometryczne przedstawienie ruchu kulki toczącej się po płaszczyźnie poziomej, po płaszczyźnie nachylonej do poziomu, spadającej swobodnie i rzuconej pod pewnym kątem.* Mało tego, że są to zjawiska tak *nieliczne*, są one jeszcze *nadzwyczaj proste*.

Nie ma, trzeba to od razu wyjaśnić, absolutnych kryteriów prostoty. Z pewnego punktu widzenia kulka składa się z miliardów miliardów miliardów atomów, z których każdy ma skomplikowaną budowę wewnętrzną, wszystkie drgają złożonymi ruchami cieplnymi itd. Gdy piszę „proste”, mam na myśli zjawisko, które może być prosto opisane w ramach danego systemu. Co z kolei znaczy „prosty opis”, tego wyraźnie powiedzieć się nie da. Łatwo rozpoznamy, że opis jest prosty, kierując się wycuciem o charakterze estetycznym. Mnie natomiast chodzi raczej o kryterium praktyczne: pewne obliczenia wykonujemy z łatwością, inne sprawiają nam wiele trudności, a jeszcze inne okazują się niewykonalne.

Jakie obliczenia są wykonalne, a jakie nie, to znów trzeba zrelatywizować do stanu nauki (a także do intelektualnych zdolności badacza). Z jednej strony, niezbędne są narzędzia, jakich

dostarczają matematycy (np. dysponując funkcjami logarytmicznymi można łatwo wykonać pewne rachunki, które w przeciwnym razie byłyby niesłychanie trudne lub w ogóle niewykonalne). Z drugiej, jeśli już rozwiązano zadania dotyczące zjawisk prostych, można wykorzystać uzyskane wzory i zdobyte umiejętności przy rozwiązywaniu zadań *nieco* trudniejszych. A po rozwiązaniu nieco trudniejszych, można zabrać się za zjawiska *jeszcze bardziej* złożone. Np. jeśli dysponujemy już matematycznym opisem ruchu kulki po równi pochyłej, możemy spróbować matematycznie opisać ruch kulki staczającej się po powierzchni kulistej czy paraboloidalnej. A potem podjąć problem minimalizacji czasu staczania się – i przejść do krzywych łańcuchowych. I tak dalej.

4. Naturalizm Świata i jego protonaukowy charakter

Zanim wyprowadzimy ostateczne konkluzje, powróćmy do książki Kartezjusza i spróbujmy ją jakoś sklasyfikować.

Świat Kartezjusza, podobnie jak jego *Zasady filozofii* czy nieukończony *Opis ciała ludzkiego* należą do tej samej kategorii książek, co – by ograniczyć się do dzieł z okresu starożytności – *Fizyka*, *Meteorologika*, *O powstawaniu i ginięciu* czy *O częściach zwierząt* Arystotelesa, *List do Pytoklesa* Epikura, *O zjawiskach natury* Seneki Młodsze czy *Historia naturalna* Pliniusza Starszego. Te wszystkie teksty charakteryzuje *naturalizm metodologiczny*, czyli postawa badawcza, polegająca na poszukiwaniu przyczyn zjawisk przyrodniczych wyłącznie wśród innych zjawisk przyrodniczych. Owszem, Arystoteles w XII księdze *Metafizyki* pisze o Pierwszym Poruszycielu, który jako obiekt miłości wprawia w ruch sfery niebieskie, a Seneka tu i ówdzie wspomina o Bogu, który opatrnościowo zaprojektował ten świat. Ale ilekroć przechodzą do konkretów, odwołania do oddziaływania na przebieg zjawisk ze strony Boga nikną, a pozostają rozważania nad procesami przyrodniczymi jako warunkującymi się wzajemnie według stałych praw.

Jeśli dla naturalisty metodologicznego przyroda stanowi zamkniętą w sobie i samowystarczalną całość, to pozostaje jeszcze określić, co zaliczymy do przyrody. Odpowiem na to za Kantem: „Przyroda jest to istnienie rzeczy, o ile jest ono określone według praw ogólnych”⁶. A zatem do przyrody należy wszystko to, co podlega niezmiennym i ogólnym prawom. (Gdyby więc człowiek posiadał wolną wolę, to pod tym względem części przyrody by nie stanowił.)

Charakterystyczne dla myślenia religijnego jest tłumaczenie pewnych zjawisk interwencją Boga czy Szatana. Taka interwencja, jako niezmiennym prawom niepodległa, nie może być badana, co najwyżej można ją poddać refleksjom o charakterze etycznym. Wyniki badań naturalisty są natomiast całkowicie wolne od wartościowań. Dla niego wszystko w świecie dzieje się tak, jak się dzieje; nic nie jest ani dobre, ani złe, dzieje się zaś tak, jak w podobnych okolicznościach działo się zawsze i zawsze dzieć się będzie.

Pojawienie się (zapewne wśród milezyjskich filozofów przyrody) naturalizmu metodologicznego stanowiło pierwszy krok w stronę myślenia naukowego. Ale choć naturalizm jest *koniecznym* warunkiem naukowości, to nie stanowi warunku *wystarczającego*.

Regularności występujące w przyrodzie odkrywamy na każdym kroku, poczynając od uświadomienia sobie następstw dni i nocy czy pór roku. O każdej takiej regularności można powiedzieć, że jest prawem przyrody. Jeśli później wyruszymy w daleką podróż na północ lub południe, stwierdzimy, że stwierdzone wcześniej regularności załamują się, a to może nas pobudzić do poszukiwania praw innych, bardziej ogólnych, a wolnych od wyjątków.

Nie ma, jak twierdzą, *jakościowej* różnicy między odkrywaniem regularnego biegu zdarzeń w życiu potocznym i w naukach. Jest natomiast różnica *ilościowa*, a polega ona na *stopniu systematyczności* badań doświadczalnych i dociekań teoretycznych, w trakcie których odkrywamy prawa przyrody i stosujemy je by zjawiska „naukowo” wyjaśniać.

Arystoteles, Seneka, Pliniusz Starszy czy Kartezjusz są świadomi istnienia praw przyrody. Pierwszy i ostatni z nich sami takie prawa formułowali, a wszyscy starali się prawa stosować przy

6 Immanuel Kant, *Prolegomena*, PWN 1953, § 14.

wyjaśnianiu zjawisk. (Seneka i Pliniusz byli kompilatorami, raczej gromadzącymi wyjaśnienia przedstawione przez innych niż formułującymi własne.) Ale wszyscy rozważali zjawiska *bardzo liczne*, a w dodatku nie poddawali ich selekcji, wskutek czego analizowali zjawiska *bardzo złożone*. Usiłowali ogarnąć całość zjawisk przyrodniczych. Znajdujemy u nich obrazy świata jako całości, twierdzenia dotyczące budowy i ruchów ciał niebieskich, procesów zachodzących w atmosferze, budowy i ruchów ciał znajdujących się w pobliżu powierzchni Ziemi, przemian zwanych dziś „chemicznymi”, a wreszcie dotyczące budowy, rozmnażania się czy ruchów organizmów żywych.

Gdy przyglądamy się rozważaniom Kartezjusza (zostawmy już na boku jego starożytnych poprzedników), znając historię nauki następnych czterech stuleci, to widać, jak bardzo usiłował on wyprzedzić swój czas. Pierwsze naukowe hipotezy na temat budowy gwiazd pojawiły się pod koniec XIX w. – bo dopiero wtedy sytuacja w fizyce dojrzała do tego, aby *mogły być naukowe*. Mało tego, dziś wiemy, że hipotezy te *nie mogły być udane*, gdyż brakowało odpowiednich narzędzi teoretycznych. Narzędzia te pojawiły się w ciągu pierwszych trzech dziesięcioleci XX w. – a w rezultacie w 1938 r. Hans Bethe mógł sformułować – i okazję tę wykorzystał – hipotezę, iż energia gwiazd pochodzi z syntezy jąder atomowych. Niewyobrażalne jednak by było, aby narzędzia teoretyczne, niezbędne do sformułowania modelu budowy gwiazd, pojawiły się w rezultacie refleksji właśnie nad tym, skąd bierze się wypromieniowywana przez gwiazdy energia.

Szereg innych zagadnień, jakie poruszane są na kartach *Świata*, zostało podjętych w sposób naukowy już w XVII w., ale zbyt duża złożoność rozważanych tam faktów sprawia, że – nie mogąc poddać ich systematycznym badaniom – Kartezjusz musi *wypełniać luki w swych dociekaniach spekulacjami*.

Z uwagi na naturalizm metodologiczny, leżący u podstaw rozważań Kartezjusza, sklasyfikuję *Świat* jako dzieło protonaukowe – ale jeszcze nie naukowe. Brakuje mu właśnie tego, co decyduje o naukowym charakterze badań Galileusza, a co teraz postaram się scharakteryzować.

5. Prostota badanych zjawisk jako (niemal) konieczny warunek naukowości formułowanych na ich podstawie twierdzeń teoretycznych

Nauki przyrodnicze, na co wskazuje sama nazwa, badają przyrodę. Jednak jeśli przyrodę określimy jako to *wszystko*, co się zdarza w pewnym czasie i miejscu zgodnie z ogólnymi prawami, to nauki nie badają *wszystkiego*. (Tak jak do opisanego i wyjaśnienia niemal wszystkiego zmierzali Arystoteles czy Kartezjusz.) *Uwaga naukowców skoncentrowana jest na zjawiskach bardzo nielicznych, a najprostszyc z tych, które jeszcze nie zostały naukowo zbadane*. W warunkach naturalnych zjawisk prostych prawie nie ma (jeden z wyjątków, ważny w okresie narodzin mechaniki klasycznej, stanowiły ruchy planet) – i dlatego prawie wszystkie zjawiska, badanie których prowadzi do wzrostu wiedzy, są wytwarzane sztucznie w laboratoriach.

O tym, że wielkie teorie naukowe biorą początek z badań nad zjawiskami prostymi, sto lat temu pisał Henri Poincaré⁷, później filozofowie nauki nie przywiązywali do tych jego uwag zbyt dużej wagi, a już nikt chyba nie próbował uczynić z tej opisanego przez twórcę konwencjonalizmu prawidłowości części kryterium demarkacji.

By uwiarygodnić i wzbogacić te rozważania przyjrzyjmy się rozprawie, która najbardziej bodaj z tych, które powstały w starożytności, przypomina współczesne nam teksty naukowe: *O ciałach pływających* Archimedes⁸. Wprawdzie jest ona zbudowana na wzór rozpraw matematycznych, tzn. składa się z twierdzeń i następujących po nich dowodów, brak zaś wyraźnych odniesień do wyników eksperymentów. Odzwierciedlają się w tym zapewne panujące obyczaje, które nie pozwalały helleńskiemu arystokracji wykonywać prac fizycznych (a jeśli nawet się tym parał, to nie chciał się do tego przyznawać). Ale dla uważnego czytelnika jest oczywiste, że za rozważaniami Archimedes⁸ – tymi z Księgi I – eksperymenty się kryły. Po Twierdzeniu I, o charakterze geometrycznym, mamy Twierdzenie II, zgodnie z którym powierzchnia cieczy pozostającej w spoczynku jest powierzchnią sfery, której środek pokrywa się ze środkiem Ziemi.

7 Henri Poincaré, *Nauka i metoda*, tłum. L. Silerstein, J. Mortkowicz 1911.

8 *On Floating Bodies*, w: *The Works of Archimedes*, transl. by T. L. Heath, Cambridge UP 1897, s. 253-300.

Dalej sformułowanych zostaje pięć praw stanowiących właściwy temat rozprawy, a od obu wspomnianych twierdzeń niezależnych (obowiązywałyby również wówczas, gdyby Ziemia była płaska bądź wklęsła). Głoszą one kolejno, że (III) ciało stałe o ciężarze właściwym równym ciężarowi właściwemu cieczy będzie unosić się w niej ani nie zanurzając się głębiej ani nie wypływając na powierzchnię, że (IV) ciało o ciężarze właściwym mniejszym niż ciężar właściwy cieczy będzie pływać po jej powierzchni, a (V) zanurzy się w niej tak, aby jego ciężar był równy ciężarowi wypartej cieczy, gdy zaś (VI) zostanie siłą w cieczy zanurzone, to będzie działać na nie skierowana w górę siła równa różnicy ciężaru wypartej cieczy i ciężaru ciała, że (VII) ciało o ciężarze właściwym większym niż ciężar cieczy opadnie na dno, a jego ciężar będzie wtedy mniejszy od ciężaru rzeczywistego o ciężar wypartej cieczy. Dalej następuje Twierdzenie VIII: segment kuli o ciężarze właściwym mniejszym niż ciężar właściwy cieczy będzie po niej pływał, a jego oś symetrii będzie prostopadła do powierzchni cieczy. (Uwspółcześniłem nieco oryginalne sformułowania, nie zmieniając przez to, mam nadzieję, ich sensu.) Łatwo zauważyć, że prawa od III do VII są właściwie wariacjami na jeden temat, a prawo VIII ich prostym zastosowaniem. W Księdze II, po Twierdzeniu I dotyczącym stosunków wagi zanurzonej w cieczy części ciała pływającego do jego wagi całkowitej, mamy dziewięć twierdzeń dotyczących warunków równowagi zanurzonej w cieczy paraboloidy obrotowej. I to wszystko.

Znajdujemy więc uderzającą analogię między dziełami Archimedesesa i Galileusza: cały tekst poświęcony jest dokładnej analizie paru zaledwie zjawisk, w dodatku niesłychanie prostych. Nie ma żadnych – tak charakterystycznych dla *Meteorologii* Arystotelesa czy *Świata* Kartezjusza – wzlotów wyobraźni, są starannie przeprowadzone eksperymenty i drobiazgowa analiza teoretyczna ich wyników.

Co oznacza ów brak „wzlotów wyobraźni”, postaram się krótko wyjaśnić odwołując się do słynnej deklaracji Izaaka Newtona: *hypotheses non fingo*.

Deklaracja ta pojawiła się w „Scholium Generale”, dodanym w drugim wydaniu *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1713) do Księgi III. Oto najważniejszy fragment tekstu:

(...) dotychczas nie potrafiłem odkryć, na podstawie zjawisk, przyczyny tych własności ciężenia, hipotez zaś nie wymyślam; wszystko bowiem nie wyprowadzone ze zjawisk trzeba nazywać hipotezą. A hipotezy, metafizyczne czy fizyczne, mechaniczne lub dotyczące własności ukrytych, nie mają miejsca w filozofii eksperymentalnej. W niej wyprowadza się twierdzenia ze zjawisk, a potem uogólnia przez indukcję. Tak właśnie zostały odkryte: nieprzenikliwość, zdolność do ruchu, siły zderzeniowe ciał, prawa ruchu i grawitacji. Wystarczy nam, że grawitacja rzeczywiście istnieje, że działa zgodnie z wyłożonymi tu prawami i że można z jej pomocą wyjaśnić wszystkie ruchy ciał niebieskich i morza.⁹

Wbrew deklaracjom Newtona wzór na siłę grawitacji nie został oczywiście wydedukowany z samych zjawisk (a ściślej: z samych zdań, w których opisano zjawiska). Wynikał on matematycznie z Keplerowskiego modelu ruchów planet, Kartezjańskiej zasady, iż ciało, na które nie działa żadna siła, porusza się ruchem jednostajnym po linii prostej i nowej definicji siły jako wektorowej zmiany pędu poruszającego się ciała.

Newton nie był autorem tego pojęcia siły: wyłoniło się ono z XIV-wiecznej teorii impetus, a posługiwało się nim w II połowie XVII w. wielu badaczy. Stało się wspólną własnością kolektywu myślowego (w sensie Flecka), do którego Newton należał, było częścią stylu myślowego, który kształtował sposób postrzegania i pojmowania świata autora *Principia*. Nie zostało ono jeszcze doprecyzowane, stąd wiele w pismach Newtona z lat 1680-ch wahań i zwrotów. Ostatecznego kroku do teorii grawitacji takiej, jaka łączona jest dziś z jego nazwiskiem, dokonał, gdy zaczął używać pojęcia siły tak, jak to nieco wcześniej czynił Robert Hooke¹⁰.

Jak podkreślał Ludwik Fleck,

Jednostka nie ma nigdy - lub prawie nigdy - świadomości kolektywnego stylu myślenia, który prawie

9 Cyt. za Andrzej Kajetan Wróblewski, *Historia fizyki*, Wyd. Nauk. PWN 2006, s. 135.

10 Andrzej Kajetan Wróblewski, dz. cyt., s. 121 i nast.

zawsze wywiera bezwzględny przymus na jej myślenie i wbrew któremu niczego właściwie nie można pomyśleć.¹¹

I dlatego Newton ulegał złudzeniu, że wyprowadził prawo grawitacji ze zjawisk, a nie – jak to faktycznie miało miejsce – ze zjawisk ujętych w pewien system założeń, zwanych przez Flecka elementami czynnymi stylu myślowego.

Jeśli o prace Keplera chodzi, to obserwacje przejścia Merkurego i Wenus przez tarczę słoneczną, dokonane w latach 1630-ch, potwierdziły jego twierdzenia, że (1) planety poruszają się po elipsach, ze Słońcem znajdującym się w jednym z ich ognisk, tak że (2) odcinek łączący daną planetę ze Słońcem zakreśla równe pola w równych odstępach czasu, oraz, że (3) stosunek sześciannu średniej odległości planety od Słońca do kwadratu okresu obiegu ma dla wszystkich planet tę samą wartość. Jednocześnie nie znalazły udanych zastosowań twierdzenia z kart *Astronomia nova* (1609) i *Harmonices mundi* (1619) wiążące rozmiary sfer planetarnych z własnościami pięciu brył foremnych, parametry ruchów planet ze skalami muzycznymi czy rodzajami głosów ludzkich. Nie pojawiły się też udane zastosowania Keplerowskiej fizyki. W rezultacie do 1665 r., gdy Newton wpadł na trop teorii grawitacji, trzy prawa Keplera zyskały dość powszechną akceptację, natomiast reszta jego dorobku szła w zapomnienie. To nie Newton wyselekcjonował trzy prawa Keplera z jego tekstów – uczynił to kolektyw myślowy, którego Newton był członkiem.

Przyjmując za przesłanki pojęcie siły jako wektorowej zmiany pędu i trzy prawa ruchów planet Keplera Newton wywnioskował, że Słońce przyciąga planety siłą „grawitacji” odwrotnie proporcjonalną do kwadratu odległości. Z trzeciego prawa Keplera i dość oczywistego założenia, że masy planet są różne, wynikało, że przyspieszenie, jakiego doznają planety, jest niezależne od ich masy, co z kolei prowadziło do wniosku, iż siła grawitacji jest proporcjonalna do masy danej planety. Wiedzano już w 1685 r., że prawa Keplera są spełnione w układzie Jowisza i jego księżyców, a także że stosunek przyspieszenia, jakiego doznaje nasz Księżyc w kierunku Ziemi i przyspieszenia, jakiego doznają ciała spadające swobodnie w naszym otoczeniu jest równy odwrotności kwadratów odległości Ziemia-Księżyc i promienia Ziemi. W oczywisty sposób sugerowało to, że prawo grawitacji, obowiązujące dla planet, jest szczególnym przypadkiem prawa bardziej ogólnego – można je więc uogólnić, wstawiając w miejsce zmiennych odnoszących się do odległości Słońce-planeta i masy planet po prostu odległość dzielącą dowolne ciała i masę dowolnego ciała. Ten ostatni krok miał, rzecz jasna, krok indukcyjny.

Gdy teraz dodano do przesłanek trzecie prawo dynamiki Newtona – będące konsekwencją Kartezjańskiej zasady zachowania pędu – to wynikało stąd, że w miejscu zmiennej oznaczającej masę ma znajdować się iloczyn mas oddziałujących ciał.

W ten niesłychanie szkicowy sposób¹² starałem się pokazać, że prawo grawitacji zostało dla przypadku ruchów planetarnych *wywnioskowane* z czynnych założeń stylu myślowego, wypracowanego przez Jana Buridana i Mikołaja z Oresme, a później przez kolektyw myślowy, do którego należeli Kartezjusz i Galileusz, oraz z wyników doświadczeń. Ten wniosek został następnie uogólniony na dowolne pary ciał.

Nie było więc nic dziwnego w tym (a raczej należało się tego spodziewać) że członek tego samego kolektywu myślowego, Robert Hooke, sformułował takie samo prawo – choć nie zdołał uporać się z niektórymi obliczeniami¹³.

Elżbieta Pietruska Madej wprowadziła pojęcie „sytuacji odkryciogennej”, mające charakteryzować stan dyscypliny naukowej, która dojrzała do dokonania danego odkrycia – i w jakiej pracujący niezależnie badacze często formułują w podobnym czasie takie same lub bardzo podobne twierdzenia. Zaś Herbert Butterfield tak pisał o sytuacji, w jakiej Newton rozpoczął swe dociekania:

11 Ludwik Fleck, dz. cyt., § 2.4.

12 Dokładniejsze wyprowadzenie zob. Wojciech Sady, *Racjonalna rekonstrukcja odkryć naukowych*, Wyd. UMCS 1990, rozdz. 3, a także „The Discovery of the Law of Gravitation from the Logical Point of View”, *Logic and Logical Philosophy* No. 14, 2005, s. 25-35.

13 Elżbieta Pietruska-Madej, *Odkrycie naukowe. Kontrowersje filozoficzne*, PWN 1990, rozdz. 5.

Od (...) 1665 roku większość składników newtonowskiej teorii ciężenia istniała już w postaci gotowej. Były one rozsiane w pismach różnych uczonych, tak że nawet nikt nie chwycił ich razem. (...) Ale ostateczna synteza wymagała jeszcze uwzględnienia odkryć astronomów, te zaś zawierały się w trzech prawach ruchu planet sformułowanych przez Keplera (...).¹⁴

Prawo grawitacji zostało zatem sformułowane w sytuacji odkryciogennej: aby je otrzymać, trzeba było wyciągnąć wnioski z dostępnych już przesłanek – choć przesłanki te były rozproszone i przemieszane z takimi, które z perspektywy gotowej już teorii grawitacji były błędne.

Wróćmy do charakterystycznego dla praktyki naukowej braku „wzlotów wyobraźni”.

Sukces Newtona, jak sugerują nasze uwagi, zależał nie od bogactwa wyobraźni czy głębi intuicji, ale od umiejętności wyciągania wniosków z wiedzy już nagromadzonej. W tym przypadku chodziło o umiejętność wykonania obliczeń matematycznych, które w tamtej epoce wciąż, z uwagi na brak odpowiednich narzędzi, były bardzo trudne – niemniej leżały w granicach możliwości najinteligentniejszych ludzi. Newton, by użyć barwnej metafory, dokonał nie wielkiego skoku, ale małego kroku – choć z chwilą jego dokonania nagromadzone wcześniej elementy połączyły się w zwarty system teoretyczny.

Twierdzę, że odkrycie jest naukowe, gdy zostało dokonane w sytuacji odkryciogennej. A w przypadku odkryć teoretycznych: nowo sformułowane twierdzenie jest naukowe, jeśli zostało wywnioskowane z tego, co wiedziano wcześniej i tego, co właśnie eksperymentalnie zbadano. Jakiego rodzaju wnioskowania są w nauce dopuszczalne – dedukcyjne, indukcyjne, erotetyczne¹⁵ lub jeszcze inne – to na tym etapie rozważań problem otwarty.

Aby wnioskowania wiodące do nowych twierdzeń teoretycznych były wykonalne, badane zjawisko musi być względnie proste.

Możemy tę część kryterium demarkacji, której poświęcony jest niniejszy artykuł, sformułować w formie dyrektywy metodologicznej: Jeśli chcesz, aby twoje badania miały charakter naukowy, to (1) dobrze opanuj dorobek danej dyscypliny, (2) wszechstronnie przebadaj grupę zjawisk powiązanych ze sobą, *najprostszych* z tych, jakich jeszcze nie przebadano, (3) wyciągnij wnioski z czynnych elementów swojego stylu myślowego, tego, co o obiektach tworzących badany układ wiadomo z innych udanych zastosowań systemu, oraz z wyników nowych doświadczeń, (4) poza te wnioski *nie wykraczaj*.

W świetle tych warunków dociekania Galileusza przedstawione na kartach *Rozmów i dowodzeń matematycznych* były naukowe, gdyż dobrze opanował on dorobek wcześniejszych uczonych, przeprowadził systematyczne badania eksperymentalne nad grupą prostych zjawisk, z wyników badań i pewnych założeń przejętych od swych poprzedników wyprowadził poprawne wnioski i na tych wnioskach poprzestał.

Kartezjusz na łamach *Świata* prowadził natomiast rozważania dotyczące zjawisk licznych, a często bardzo skomplikowanych, zaś zamiast z wyników doświadczeń krok po kroku wyprowadzać wnioski puszczał wodze wyobraźni i formułował hipotezy naukowego charakteru nie mające.

14 Herbert Butterfield, *Rodowód współczesnej nauki 1300-1800*, PWN 1968, rozdz. VIII.

15 Tej możliwości nie będziemy tu jednak wyjaśniać, zob. moja *Racjonalna rekonstrukcja odkryć naukowych*, dz. cyt., a także Andrzej Wiśniewski, *The Posing of Questions: Logical Foundations of Erotetic Inferences*, Kluwer 1995.