

WOJCIECH SADY

GENEZA TEORII NAUKOWYCH

U podstaw moich rozważań znajdują się dwie tezy.

Pierwsza – to teza o czynnej roli języka w poznaniu, na różne sposoby formułowana przez Sapira i Whorfa, „późnego” Wittgensteina oraz innych. System językowy zgodnie z tą tezą nie jest biernym narzędziem, za pomocą którego wyrażamy swe doznania i myśli, ale czynnikiem aktywnie kształtującym nasze spostrzeżenia i sposoby myślenia, a w rezultacie nasze sposoby życia.

Druga – to sformułowana przez Kuhna i Feyerabenda na początku lat sześćdziesiątych XX w. teza o niewspółmierności teorii naukowych przedzielonych rewolucją naukową. Kiedy teoria T_2 wypiera swą „udręczoną anomaliami” poprzedniczkę T_1 , to zwykle T_2 mówi nie tyle coś innego, a przede wszystkim bliższego prawdy, o tym, o czym mówiła T_1 , ale – w sensie, który trudno wyrazić słowami – coś innego o czymś innym. W wyniku rewolucji naukowych zmienia się bowiem ontologia postulowana przez kolejne teorie¹. Na przykład fizyka Arystotelesa spostrzegła procesy przyrodnicze w kategoriach dążenia do celu, gdy zaś wyparła ją mechanika Newtona, to nie tyle lepiej określono cele, do których dążą ciała, co w ogóle pojęcie celu usunięto z fizyki. Zniknął Arystotelesowski podział ruchów na naturalne i wymuszone i wiele innych pojęć. Mechanika Newtona, stanowiąca w XVIII i XIX w. podstawę fizyki, mówiła o siłach działających między ciałami na odległość, kiedy jednak wyparła ją teoria

Prof. dr hab. WOJCIECH SADY – Instytut Filozofii Uniwersytetu Zielonogórskiego; adres do korespondencji: ul. Newtona 3 B m. 24, 60-161 Poznań; e-mail: www.vz.zgora.pl.

¹ Niewspółmierność ma, poza zmianą postulowanych ontologii, jeszcze szereg innych aspektów – zob. na ten temat: K. J o d k o w s k i, *Teza o niewspółmierności w ujęciu Kuhna i Feyerabenda*, Lublin 1984.

względności, siły przestały być uważane za jeden ze składników rzeczywistości, zaczęto natomiast mówić o polach rozciągniętych w przestrzeni, w których oddziaływania przekazywane są od punktu do punktu. Właśnie w związku z takimi zmianami ontologii postulowanej przez kolejne macierze dyscyplinarne Thomas Kuhn twierdził, że nie można na historyczny rozwój nauki patrzeć jako na proces wiodący do prawdy w klasycznym tego słowa znaczeniu: „Powiedzenie, na przykład, o teorii pola, że «bardziej zbliża się do prawdy» niż starsza teoria materii i sił, znaczyłoby – o ile nie używa się słów w dziwny sposób – że ostateczne składniki przyrody bardziej przypominają pola niż materię i siły. Ale w tym ontologicznym kontekście jest zupełnie niejasne, jak stosuje się zwrot «bardziej przypomina». Porównując historyczne teorie, nie mamy poczucia, iż ich ontologie zbliżają się do pewnej granicy: pod pewnymi istotnymi względami teoria względności Einsteina bardziej przypomina fizykę Arystotelesa niż Newtona”².

Takim relatywistycznym konsekwencjom starał się przeciwstawić Adam Grobler, który wreszcie popadł w swojej najnowszej książce³ w interesujący rodzaj relatywizmu – choć na razie określa siebie mianem (umiarkowanego) antyrelatywisty. Mnie teraz interesuje inny aspekt całego zagadnienia. Połączenie obu wspomnianych tez wzmacnia rozpowszechnioną apoteozę *geniuszu*. Oto, powiada się, zamknięci jesteśmy w granicach odziedziczonych form językowych – dopóki jakiś geniusz nie przedrze się, mocą swego ducha, przez zasłonę języka, nie spojrzy na świat w nowy sposób i nie zaproponuje nowego systemu teoretycznego. Ten system, o ile zyska społeczną akceptację, znów pokieruje naszym postrzeganiem świata i myśleniem – ale choć na chwilę ktoś stał się Demiurgiem, stwarzającym coś, czego nie było. Mało tego: system teoretyczny wykracza poza to, co znane było twórcom, i tę nadwyżkę musiał on stworzyć z niczego.

Chciałbym przeciwstawić się tego typu poglądom i pokazać, że procesy wymyślania nowych, rewolucyjnych teorii są o wiele bardziej racjonalne – podległe zasadom poprawności narzucanym przez zastane systemy pojęciowe – niż się zazwyczaj sądzi. Muszę jednak zacząć od wyjaśnienia spraw bardzo podstawowych. Źródłem inspiracji będą dla mnie uwagi Wittgensteina, zwłaszcza z ostatnich miesięcy jego życia, a także konwencjonalistyczne filozofie nauki Poincarégo, Flecka, Kuhna i Lakatosa. Będę po

² *Reflections on My Critics*, [w:] *Criticism and the Growth of Knowledge*, ed. I. Lakatos, A. Musgrave, Cambridge 1970, § 5.

³ *Prawda a względność*, Kraków 2000.

części korzystał z wyników, które przedstawiłem w swojej książce *Racjonalna rekonstrukcja odkryć naukowych*⁴, dodając pewne komentarze o charakterze filozoficznym.

I. ELEMENTY CZYNNE I ELEMENTY BIERNE SYSTEMU WIEDZY

W procesie socjalizacji człowiek zyskuje pewien system językowy, a wraz z nim ogólny obraz świata. W kulturach wewnętrznie niejednorodnych – takich jak nasza – zyskujemy zwykle kilka systemów, które mimo głębokich nieraz różnic między nimi mogą współistnieć, o ile nie musimy ich używać jednocześnie. Jeśli jeden z opanowanych systemów uznawany jest – przez pewną społeczność w danym czasie – za „naukowy”, to mamy szansę zostania „naukowcami”. Ta ostatnia uwaga ma wykluczyć możliwość badań bezzałożeniowych, o jakich śniło i śni się czasem racjonalistom z jednej, a empirystom z drugiej strony (zanim przystąpisz do badań, opróżnij swój umysł ze wszystkiego, coś tam dotąd nagromadził, a potem, badając samego siebie lub starannie przyglądając się światu, wznosząc krok po kroku gmach wiedzy pewnej). Koniecznym warunkiem zostania badaczem jest wcześniejsze opanowanie odpowiedniego systemu pojęciowego i zyskanie pewnego obrazu świata – przesądzającego o tym, jakiego rodzaju obiekty mogą istnieć, w jakie własności bywają one wyposażone i jakie relacje muszą lub mogą między nimi zachodzić. System ten następnie wiedzie nas do badań i badania te ukierunkowuje: „Pomyślmy o badaniach chemicznych. Lavoisier w swoim laboratorium przeprowadza eksperymenty z substancjami i konkluduje, że przy spalaniu zachodzi to a to. Nie twierdzi, że innym razem mogłoby się zdarzyć coś innego. Trzyma się określonego obrazu świata; oczywiście nie wynalazł go, lecz nauczył się go jako dziecko. Mówię *obraz świata*, a nie *hipoteza*, jest to bowiem samooczywista podstawa jego badań i jako taki obraz ten nie zostaje też wypowiedziany”⁵.

System pojęciowy jako całość nie podlega sprawdzaniu empirycznemu, jest natomiast aprioryczną podstawą wszystkich naszych badań, rozumowań,

⁴ Lublin 1990.

⁵ L. Wittgenstein, *O pewności*, tł. M. Sady, Warszawa 1993, § 167. Podkreślenia moje – W. S.

a także racji, jakie podajemy na rzecz akceptacji czy odrzucenia hipotez, formułowanych w jego ramach: „Wszelkie sprawdzanie, wszelkie potwierdzanie i obalanie hipotez zachodzi już wewnątrz systemu. System ten nie jest mianowicie mniej lub bardziej arbitralnym i wątpliwym punktem wyjścia dla wszystkich naszych argumentów, lecz należy on do istoty tego, co nazywamy argumentem. System jest nie tyle punktem wyjścia, co żywiołem, w którym żyją argumenty”⁶.

Jako pierwszy Kant zdał sobie sprawę z tego, że badania naukowe polegają na narzucaniu na dane doświadczenia (które same są, zdaniem autora *Krytyki czystego rozumu*, współtworzone przez podmiot poznający) istniejącego wcześniej systemu pojęciowego. Dla Kanta system miał być wrodzony i ta akurat część jego poglądów nie wytrzymała konfrontacji z tym, co się później wydarzyło w naukach: z powstaniem geometrii nieeuklidesowych, a potem z wyparciem mechaniki klasycznej przez teorię względności z jednej, a mechanikę kwantową z drugiej strony.

Trzeba było dostosować kantowskie idee do nowej sytuacji w naukach, a jako pierwszy dokonał tego w latach osiemdziesiątych XIX w. Henri Poincaré⁷. Na różne sposoby szli za nim – w latach trzydziestych XX w. – Ludwik Fleck⁸, a w latach sześćdziesiątych Imre Lakatos⁹. Wszyscy oni wyróżniali w systemie naszej wiedzy – by użyć określeń Flecka – *elementy czynne* oraz *elementy bierne* (*zasady i prawa doświadczalne* Poincarégo, *twardy rdzeń* i *pas ochronny* Lakatosa). Te pierwsze są wytworami naszej „zbiorowej wyobraźni”, a akceptowane są na mocy (milczących) umów zawieranych przez członków wspólnot naukowych (językowych) – mają, jak zwykło się mówić, charakter *konwencjonalny*. Zasady (twardego rdzenia) konstytuują pewien *styl myślowy*, określają sposoby używania słów, są zatem „definicjami w przebraniu” (Poincaré). Wspólnota w procesie socjalizacji/edukacji przysposabia jednostkę do swoistego sposobu widzenia – wyposaża w gotowość postrzegania pewnego rodzaju postaci – i do myślenia w określony sposób. Później jednostka w danych okolicznościach stwierdza – jako „obiektywną rzeczywistość” – że to a to zachodzi, ma

⁶ Tamże, § 105.

⁷ *Nauka i hipoteza*, tł. L. Silberstein, Warszawa 1908. Zob. też: W. S a d y, *Spór o racjonalność naukową*, Wrocław 2000, Wstęp i rozdz. 1.

⁸ *Powstanie i rozwój faktu naukowego*, tł. M. Tuskiewicz, Lublin 1986. Zob. też: W. S a d y, *Ludwik Fleck o społecznej naturze poznania*, Warszawa 2001.

⁹ I. L a k a t o s, *Pisma z filozofii nauk empirycznych*, tł. W. Sady, Warszawa 1995.

takie a takie własności, wchodzi w takie a takie relacje itd. W rezultacie gromadzenia tego typu sprawozdań, a także ich teoretycznego wyjaśniania, zgodnie z zasadami systemu, narasta bierna część systemu wiedzy. Nie ma jednak sensu porównywanie z rzeczywistością elementów czynnych, by stwierdzić, czy są prawdziwe – bo one dopiero nadają sens wynikom naszych doświadczeń.

Elementy bierne (pas ochronny) tworzy się na podstawie przyjętych *konwencjonalnie* elementów czynnych (twardego rdzenia) i wyników doświadczeń. Tak więc np. prawo Coulomba nie zostało odkryte w wyniku wolnej gry wyobraźni, ale sformułowane je jako indukcyjne uogólnienie dokonane na podstawie serii pomiarów zaplanowanych i zinterpretowanych zgodnie z zasadami mechaniki i zgromadzonej wcześniej wiedzy towarzyszącej¹⁰. Aby następnie – dysponując prawami mechaniki i prawem Coulomba – określić wielkość ładunku elektrycznego zgromadzonego w pewnym ciele, potrzeba nie geniusza, ale rzetelnych, metodycznie pracujących fachowców.

Rewolucje naukowe polegają jednak na wymianie elementów czynnych (zasad, praw twardego rdzenia) na inne. Wprowadza się nową terminologię (nie powinno nas mylić częste używanie w nowym stylu myślowym terminów równobrzmiących ze starymi), postuluje się istnienie bytów nowych rodzajów, wyposażonych we własności, o jakich dotąd nikt nie słyszał, i mogących wchodzić z sobą w relacje, w jakie nie mogły wchodzić byty zaludniające świat taki, jaki przedstawiał wcześniejszy styl myślowy.

Zadanie „geniusza” polegałoby zatem na tworzeniu nowych *konwencji*, czyli nowych *definicji*. Moje pytanie brzmi teraz: czy te radykalnie nowe definicje tworzy on z niczego?

Trzeba najpierw wyjaśnić, które części systemu wiedzy mają charakter konwencjonalny, a które są rezultatami badań doświadczalnych kierowanych przez przyjęte konwencje i dociekań teoretycznych prowadzonych w ramach tychże konwencji. Poincaré jako przykłady zasad, podniesionych na mocy wspólnotowych umów do rangi prawd niepodważalnych (a właściwie nie tyle prawd, co definicji), podawał przede wszystkim aksjomaty geometrii i najogólniejsze prawa nauki, takie jak zasady dynamiki Newtona. Lakatos twierdził, że na mocy umów przyjmujemy zdania różnego stopnia ogólności, a zatem zarówno najbardziej podstawowe prawa, jak i jednostkowe zdania przedstawiające wyniki doświadczeń. Jednakże na twardej rdzeń programu

¹⁰ S a d y, *Racjonalna* [...], § 5.2, 5.3.

badawczego składają się prawa podstawowe, w pasie zaś ochronnym – o ile można sądzić na podstawie przykładów, bo żadnych jasnych wyjaśnień Lakatos nie dał – występują hipotezy o bardziej ograniczonym zakresie zastosowań.

Wróćmy do Poincarégo. Jego zdaniem formuły, które kiedyś były sprawdzalnymi doświadczalnie prawami i które przejdą pomyślnie przez pewną liczbę sprawdzianów, podnoszone są do rangi zasad, a tym samym przeobrażane w – czasowo nieodrzucałne na mocy konwencji – definicje. Jako przykłady zasad Poincaré podaje m.in. drugą zasadę dynamiki $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ i zdanie „ołów topi się w temperaturze 327°C”. To drugie można traktować jako częściową definicję terminu „ołów”: ołowiem nazywamy substancję topiącą się w temperaturze 327°C. Przy takim ujęciu doświadczalne stwierdzenie, że kawałek metalu wyglądający na ołów, ale topiący się (przy innych warunkach stałych) w temperaturze np. 454°C, prowadzić będzie do wniosku, iż metal ten, wbrew pozorom, nie jest ołowiem (co może inspirować do dalszych badań i stać się początkiem ważnego odkrycia). Z drugiej jednak strony jest jasne, że można „ołów” definiować inaczej, np. określając jego masę właściwą, przewodność elektryczną, pewne własności chemiczne itd. – a to, która z definicji zostanie uznana za wystarczająco dobrą, zależy od stanu naszej wiedzy (np. od tego, czy znamy jakieś metale o tej samej co ołów masie właściwej lub stopy o tej samej masie właściwej i przewodności elektrycznej). Wtedy zdanie o temperaturze topnienia ołowiu znów nabierze charakteru prawa doświadczalnego, a odkrycie, że kawałek – jak stwierdzono – ołowiu topi się (przy innych warunkach stałych) w temperaturze np. 454°C, inspirować będzie do podjęcia badań mających na celu istotną modyfikację systemu praw nauki.

Aksjomaty geometrii traktowane są przez Poincarégo jako ukryte definicje występujących w nich terminów, akceptowane na mocy konwencji. Jednakże system geometrii – i każdy w ogóle system formalny – da się zaksjomatyzować na niezliczenie wiele sposobów: bardzo różne podzbiory zbiorów twierdzeń składających się na system mogą służyć jako jego aksjomaty.

Tego typu rozważania skłaniają do wniosku, że nie jesteśmy w stanie wyodrębnić konwencyjnej (definicyjnej) części systemu. Różne jego części mogą służyć za aksjomatyczną podstawę – a wtedy reszta zdań będzie formułowana, akceptowana jako prawdziwa albo odrzucana jako fałszywa na podstawie wyników doświadczeń. Nie tylko *podnosi się*, jak

pisał Poincaré, prawa do godności zasad, ale również *degraduje się* zasady do rangi praw.

Jest moją ideą zasadniczą, iż zdegradowane zasady ocenia się na podstawie wyników doświadczeń oraz innych twierdzeń, uznanych tymczasowo za niepodważalne – w tym takich, jakie wcześniej uzyskano interpretując rezultaty eksperymentów na podstawie dawnych zasad. Zdaje się, że o to właśnie chodziło Wittgensteinowi, gdy pisał: „Można by sobie wyobrazić, że pewne zdania o formie zdań empirycznych stwardniały i funkcjonowały jako kanały dla niestwardniałych, płynnych zdań empirycznych; oraz że ten stosunek zmienił się z czasem, kiedy zdania płynne stwardniały, a twarde stały się płynnymi”¹¹.

Spróbujmy zastosować takie intuicje do analizy wielkiej rewolucji naukowej: zastąpienia fizyki Arystotelesa przez mechanikę Newtona.

II. FIZYKA ARYSTOTELESA A TEORIA IMPETUSU

Pierwszy, jaki znamy, system fizyki, przedstawił Arystoteles. Korzystał z prac swoich poprzedników i częściowo wskazał na zapożyczenia, nie znając jednak ich prac nie możemy dokonać rzetelnej rekonstrukcji rozwoju wcześniejszej wiedzy. Zaczniemy zatem od twierdzeń składających się na ułożony przez Andronika z Rodos zbiór pt. *Fizyka*.

Naczelną rolę w fizyce Arystotelesa pełni zasada: *wszystko, co się porusza, jest przez coś poruszane*. (Ograniczę się tu do ruchów pojmowanych jako zmiany miejsc). Czynniki poruszające może tkwić *wewnątrz* ciała, stanowić niejako część jego natury – ruch pod wpływem takiego czynnika jest *ruchem naturalnym*. Ruchy naturalne ciał nieożywionych przebiegają wyłącznie po liniach prostych przechodzących przez środek świata (a zarazem środek Ziemi): do środka w przypadku elementów ziemi i wody, od środka w przypadku powietrza i ognia. Spadające ruchem swobodnym ciało spadnie z danej wysokości w czasie tym krótszym, im większy jest jego ciężar, i tym dłuższym, im większy jest opór ośrodka. Wszystkie inne ruchy ciał nieożywionych to *ruchy wymuszone*, odbywające się pod wpływem sił, jakie na ciało wywierają z *zewnątrz* inne ciała, bezpośrednio się z nim stykające. Droga, jaką ciało w danym czasie przebywa ruchem wymuszo-

¹¹ Tamże, § 96.

nym, jest proporcjonalna do działającej siły, a odwrotnie proporcjonalna do ciężaru ciała. Ciężar jest proporcjonalny do *ilości materii pierwszej*, z jakiej ciało jest zbudowane.

Twierdzenia takie zgadzały się z licznymi potocznymi obserwacjami. Tłumaczyły np. upadek kamienia na ziemię (i to, dlaczego kamień spada szybciej niż kłębuszek wełny), a także ruch wozu ciągniętego przez konia (wóz w danym czasie przebywa drogę tym większą, im silniej koń ciągnie, a tym mniejszą, im jest cięższy). Nie dawało się jednak na ich podstawie wyjaśnić, dlaczego szybkość ciał spadających rośnie i dlaczego rzucony w poziomie kamień nie spada pionowo w dół zaraz po utracie kontaktu z miotającą go ręką, ale jakiś czas swój ruch w poziomie kontynuuje.

W pasie ochronnym fizyki Arystotelesa pojawiła się zatem teoria mocy poruszającej powietrza. Kaprysy historii sprawiły, że twórcze refleksje w zakresie fizyki zaraz po śmierci Stagiryty zamarły. Dopiero osiemset lat później Johannes Philiponus (uderzając powietrze w pobliżu ciężkiego ciała i rzucając oszczep ostrym końcem do tyłu), a po raz drugi po upływie szesnastu stuleci Jean Buridan (obserwując wirowy ruch okrągłej tarczy, dodatkowo osłanianej pokrywą) poddali „ochronną” teorię poruszającej mocy powietrza doświadczalnej falsyfikacji. Falsyfikacja ta – podobnie jak każda inna – zakładała prawdziwość zarówno zdań obserwacyjnych, jak i twardego rdzenia fizyki Arystotelesa.

Skoro powietrze nie wywiera na poruszające się ciało siły podtrzymującej jego ruch, a z niczym innym lecący pocisk się nie styka, to pozostawało przyjąć, że jest on poruszany przez *siłę wewnętrzną*, przez Buridana zwaną „impetus”. Ciało bez działania siły zewnętrznej samo nie zacznie się poruszać ruchem innym niż naturalny, a zatem impetus jest własnością nabytą, nadaną ciału przez początkowego sprawcę ruchu.

Impetus raz nadany trwa (niektórzy sądzili jednak, że powoli wyczerpuje się sam przez się), dopóki nie wyczerpią go opory środowiska czy jakieś inne siły działające na poruszane przezeń ciało. Jeśli impetus jest stały, to ciało, zgodnie z Arystotelesowskimi prawami dla ruchów wymuszonych, będzie przebywać równe odległości w równych odstępach czasu. W ten sposób, jako konsekwencja zasad twardego rdzenia i wyjściowych założeń teorii impetusu, w pasie ochronnym fizyki Arystotelesa pojawiło się twierdzenie: *jeśli na poruszające się ciało nie działa żadna siła zewnętrzna, to porusza się ono ruchem jednostajnym.*

W świecie podksiężycowym – te rozważania prowadzone były bez reszty w ramach kosmologii Arystotelesa – działają zawsze siły oporu. Buridan

wskazywał natomiast na ruch nie natrafiających na opory ośrodka sfer niebieskich jako na przykład ruchu jednostajnego: „Bóg, kiedy stworzył wszechświat, nadał każdej sferze niebieskiej ruch, jaki Mu się podobało, i impetus, który porusza ją od tego czasu. Bóg nie potrzebuje już więc poruszać tych sfer”¹².

Buridan, Mikołaj z Oresme i inni twórcy teorii impetusu, idąc w ślad za przyrodnikami arabskimi, łączyli w badaniach nad przyrodą tradycję platońską i arystotelesowską, co prowadziło do *matematyzacji* fizyki. Zamiast, jak Arystoteles, mówić o proporcjonalności *drogi* przebytej w danym *czasie* przez ciało do działającej siły, mówili o proporcjonalności *prędkości* ruchu ciała do siły. Skoro ciało pozostaje w ruchu jednostajnym pod wpływem wyłącznie impetusu, to impetus jest proporcjonalny do prędkości. Doświadczenie mówi nam, że ciało ciężkie jest trudniej zatrzymać niż ciało lekkie (w rezultacie rzucony kamień poleci dalej niż podobnej wielkości i wyrzucony z taką samą prędkością – napotykający zatem podobny opór powietrza – kłębek wełny). Tak więc impetus jest tym większy, im więcej materii pierwszej ciało zawiera. Określenie *ilości materii pierwszej* mianem „masy” jest już tylko trywialną zmianą terminologii. Otrzymujemy w ten sposób wzór:

$$\text{impetus} = \text{masa} \times \text{prędkość}$$

Nie jest to jeszcze wzór na to, co w mechanice klasycznej nazywamy „pędem”: pęd jest miarą *ilości ruchu*, impetus jest *przyczyną sprawczą* ruchu nadającego.

Na podstawie fizyki Arystotelesa i teorii impetusu Buridan analizował spadek swobodny ciał. Ciało rozpoczyna ruch od (niezerowej) prędkości odpowiadającej jego ciężarowi; jeśli zyskuje prędkość, to zyskuje też impetus, który porusza je wraz z ciężkością. Prędkość zatem rośnie, a wraz z nią rośnie impetus – w rezultacie ruch spadającego ciała jest jednostajnie przyspieszony.

Suma nabytego impetusu i siły – siły wewnętrznej i siły zewnętrznej – wpływa w teorii Buridana na ruch ciała tak, jak w pierwotnej teorii Arystotelesa: prędkość jest proporcjonalna do sumy sił. Jednakże sama siła zewnętrzna już tak nie oddziałuje. Skoro np. tocząca się po gładkiej

¹² Cyt. za: A. C r o m b i e, *Nauka średniowieczna i początki nauki nowożytnej*, t. II, tł. S. Łypacewicz, Warszawa s. 91 n. Popularne przedstawienie całej tej historii zob. W. S a d y, *Dzieje mechaniki od Arystotelesa do Einsteina*, cz. I, Poznań 1993.

powierzchni kula utrzymywana jest w ruchu przez impetus, to siła działająca z zewnątrz ruchu nie *podtrzymuje*, a jedynie go *zmienia* – tym samym zmieniając impetus. Zmieniając impetus, zmienia wartość iloczynu masy i prędkości. Mamy zatem:

$$\text{siła zewnętrzna} = \text{zmiana (masa} \times \text{prędkość)}.$$

Jeśli masa ciała jest stała, to

$$\text{siła zewnętrzna} = \text{masa} \times \text{przyspieszenie}.$$

III. OD TEORII IMPETUSU DO MECHANIKI NEWTONA

Wprowadzenie w połowie XIV w. teorii impetusu do pasa ochronnego fizyki Arystotelesa zamieniało ją w postępowy (w sensie Lakatosa) program badawczy. Jednakże na początku XVII w. pojawił się bardzo poważny argument na rzecz odrzucenia całego programu.

Około 1509 r. Mikołaj Kopernik ogłosił w liście rozesłanym do uczonych i hierarchów Kościoła heliocentryczny system świata. Drukiem i w dojrzałej formie ten rewolucyjnie nowy (choć nawiązujący do pomysłów starożytnych Greków, przede wszystkim do idei Arystarcha) system ogłoszony został w 1543 r. W tej postaci heliocentryzm ani nie zgadzał się lepiej z wynikami obserwacji, ani nie był znacząco prostszy niż używany od wieków geocentryczny system Hipparcha-Ptolemeusza. Brak obserwowalnej paralaksy gwiazdnej albo świadczył przeciwko tezie o ruchu Ziemi, albo o tym, że świat jest niesłychanie wielki – tej drugiej hipotezy nie chciano przyjąć z powodów psychologicznych. W rezultacie przez następnych sześćdziesiąt lat system Kopernika prawie nie liczył się na rynku idei. Sytuacja zmieniła się radykalnie, gdy w 1609 r. Johannes Kepler zaproponował udoskonaloną wersję systemu heliocentrycznego: ten system zarówno o wiele lepiej zgadzał się z wynikami obserwacji niż którykolwiek z konkurencyjnych systemów astronomicznych, jak i był od nich znacząco prostszy.

Jak możliwe było – w świetle tezy o czynnej roli języka w poznaniu – wymyślenie teorii astronomicznej sprzecznnej z panującą fizyką Arystotelesa? Odpowiedź jest prosta. Astronomia od swych greckich początków – a więc odkąd sięgamy pamięcią – rozwijała się w ramach dwóch tradycji: matematycznej platońskiej i fizycznej arystotelesowskiej. Arystotelesowski obraz świata jako systemu koncentrycznych sfer, inspirowany wprawdzie przez matematyczne pomysły Eudoksosa, powiązany był z zasadami jego fizyki. Matematyczny model ruchów ciał niebieskich Hipparcha-Ptolemeusza,

a także model Arystarcha należały do tradycji matematycznej, obywatelkiej się bez modeli fizykalnych (choć Ptolemeusz próbował, bez powodzenia, podać mechaniczne wyjaśnienie ruchów planet). Kopernik w zasadzie należał do tradycji matematycznej (fizykalne próby są u niego śladowe i pozostają bez wpływu na treść matematycznego modelu). Kepler postulując istnienie *anima motrix*, emanowanej przez Słońce, wirującej wraz z nim i popychającej planety – które dzięki temu trwają w ruchach orbitalnych – stosował fizykalne koncepcje zgodne z zasadami mechaniki Arystotelesa. Te spekulacje podsunęły mu ponoć pomysł obliczeń, w wyniku których uzyskał prawo, zwane dziś II prawem Keplera. Zasadnicze znaczenie dla jego poszukiwań miały jednak pitagorejskie ideały harmonii.

Jeśli przyjęto heliocentryczny model ruchów planetarnych, ukształtowany przede wszystkim w ramach pitagorejsko-matematycznego programu badawczego, to trzeba było odrzucić zasady fizyki Arystotelesa. Skoro środek świata nie był w środku Ziemi, ale na Słońcu lub jeszcze gdzie indziej, to spadanie ciał zbudowanych z elementów ziemi i wody w kierunku środka Ziemi stawało się niezrozumiałe (raczej należało się spodziewać, że upuszczony kamień polecą w stronę Słońca). Aby uznać keplerowski model ruchów planet – z którym żaden nie mógł się wówczas równać pod względem precyzji przewidywań – za prawdziwy, trzeba było zbudować nową fizykę. W rezultacie Galileusz, Kartezjusz, Gassendi, Borelli, Huygens, Hooke, Halley, a wreszcie Newton podjęli próby sformułowania nowych zasad mechaniki.

Centralną rolę w tych rozważaniach odegrały obserwacje nieba przez lunetę, prowadzone od 1609 r. przez Galileusza. Odkrycia gór na Księżycu, faz Wenus, księżyców Jowisza, powstających i znikających plam na powierzchni Słońca sugerowały, że świat „nadksiężycowy” (by użyć odchodzących do lamusa terminów Arystotelesa) ma naturę podobną do świata „podksiężycowego”, a zatem jeden i drugi rządzić się powinny tymi samymi prawami.

Najistotniejsze z punktu widzenia obecnych rozważań jest spostrzeżenie, że fizycy XVII w. nie zaczęli poszukiwań w teoretycznej próżni. Przesłankami ich rozumowań były nie tylko dane doświadczalne: bez założeń teoretycznych zgromadzone dane rozpadłyby się w chaos. I nie tylko model Keplera. Wśród *wniosków* płynących z zasad fizyki Arystotelesa i teorii impetusa znajdowały się – wymienione w poprzednim paragrafie – twierdzenia, które posłużyły za podstawę w procesie konstruowania mechaniki Newtona.

Jeśli na ciało nie działa żadna siła zewnętrzna, to – poruszane przez siłę wewnętrzną – porusza się ono ruchem jednostajnym. Na razie niczego nie powiedziano, po jakim torze ciało będzie się poruszać, jeśli jednak ruch ten ma być „stałe taki sam”, to musi zachodzić albo po okręgu, albo po linii prostej. Galileusz wybrał tę pierwszą możliwość, Kartezjusz drugą. Sporu nie rozstrzygnięto na podstawie wyników doświadczeń i nie można było go w ten sposób rozstrzygnąć – chodziło przecież o *czynny element* systemu wiedzy, *definiujący* zwrot „ruch bezwładny”. Po prostu Kartezjańskie założenie o prostoliniowości ruchów bezwładnych rozwinięte zostało w postępowy program badawczy – i samo zyskało status zasady. Czy można było zbudować konkurencyjny system wokół Galileuszowej zasady bezwładności kołowej, pozostaje kwestią otwartą – *faktem* jest, że w XVII w. taki system nie powstał.

Skoro środek Ziemi nie jest już środkiem świata, to albo zwiążemy miejsce naturalne ziemi i wody po prostu ze środkiem Ziemi, albo przyjmujemy, że ruch spadającego kamienia nie jest, w sensie Arystotelesa, ruchem naturalnym. Galileusz wybrał pierwszą możliwość, Newton wybrał drugą. Znowu druga z nich rozwinęła się w postępowy program badawczy. A oto jak mogło do tego dojść.

Jeśli wszystkie ruchy uznano za wymuszone, to samo pojęcie impetusu stało się automatycznie *zbędne*. (Istotne jest tu użycie terminu „zbędne”: nie stwierdzono, że impetus nie istnieje, ale przestano go potrzebować. Podobnie Albert Einstein, ogłaszając w 1905 r. podstawy szczególnej teorii względności, nie pisał, że eter nie istnieje, ale stwierdzał, iż jest zbędny). *Każdy* bez wyjątku ruch stawał się ruchem podtrzymywanym przez impetus, a zmienianym przez siłę zewnętrzną. Można zatem było po prostu usunąć z praw fizyki impetus. Po jego usunięciu zniknęły „siły wewnętrzne”, a „siły zewnętrzne” stawały się po prostu „siłami”.

W ramach fizyki Arystotelesa z teorią impetusu w pasie ochronnym należało mówić: jeśli na poruszające się ciało nie działa żadna siła zewnętrzna, to pod wpływem posiadanego impetusu, który z racji braku sił zewnętrznych nie zmienia się, porusza się ono ruchem jednostajnym po linii prostej. Skoro usunięto fragment dotyczący impetusu, otrzymywano pierwszą zasadę dynamiki Newtona: jeśli na poruszające się ciało nie działa żadna siła, to porusza się ono ruchem jednostajnym po linii prostej.

W ramach fizyki Arystotelesa z teorią impetusu w pasie ochronnym należało mówić: jeśli na ciało działa siła zewnętrzna, to zmienia ona impetus, a zatem zmienia iloczyn masy i prędkości. Skoro usunięto fragment doty-

czący impetusu, otrzymywano drugą zasadę dynamiki Newtona: jeśli na ciało działa siła, to zmienia ona iloczyn masy i prędkości.

IV. WNIOSKI

Sugestia, jaka płynie z przedstawionych powyżej rozważań, jest taka, że zasady (elementy czynne, twardy rdzeń) programu badawczego mechaniki Newtona pojawiły się zrazu w pasie ochronnym fizyki Arystotelesa, a zatem jako elementy bierne w sensie Flecka (prawa doświadczalne w sensie Poincarégo). W konfrontacji z heliocentrycznym modelem Układu Słonecznego odrzucono zasady fizyki Arystotelesa, ale zachowano część pasa ochronnego – i na tej części, jako na formułach definicyjnych, wzniesiono nowy program badawczy. Prawo grawitacji otrzymano później jako element bierny – wniosek płynący z modelu Keplera i zasad dynamiki¹³.

Nikt nie wie, jak faktycznie przebiegały dociekania Newtona i innych fizyków (a raczej „matematycznych filozofów przyrody”) w XVII w. Znali jednak oni prace swoich poprzedników i dla nich stanowiły one punkt wyjścia rozważań. Starąłem się wykazać, że przejście między fizyką Arystotelesa a mechaniką Newtona *mogło* się dokonać stopniowo, w wyniku serii rozumowań, w których w roli przesłanek występowały twierdzenia sformułowane wcześniej – i że na żadnym etapie dociekań nie trzeba było zaczynać od zera i szukać zupełnie po omacku.

Takie wnioski mogłoby uprawomocnić zbadanie innych przypadków rewolucji naukowych. Dokonałem tego niegdyś dla przypadku przejścia od mechaniki Newtona przez równania Maxwella – sformułowane początkowo w obrębie pasa ochronnego mechaniki – do szczególnej teorii względności¹⁴. Inne rekonstrukcje należałoby dopiero przeprowadzić.

¹³ Zob. na ten temat: S a d y, *Racjonalna* [...], rozdz. 3.

¹⁴ Tamże, rozdz. 5.

BIBLIOGRAFIA

- C r o m b i e A. C.: Nauka średniowieczna i początki nauki nowożytnej, t. I-II, tł. S. Łypacewicz, Warszawa: PAX.
- F l e c k L.: Powstanie i rozwój faktu naukowego, tł. M. Tuskiewicz, Lublin: Wydawnictwo Lubelskie 1986.
- G r o b l e r A.: Prawda a względność, Kraków: Aureus 2000.
- J o d k o w s k i K.: Teza o niewspółmierności w ujęciu Kuhna i Feyerabenda, Lublin: Wyd. UMCS 1984.
- K u h n Th. S.: Reflections on My Critics, [w:] Criticism and the Growth of Knowledge, ed. I. Lakatos, A. Musgrave, Cambridge: Cambridge UP 1970, s. 231-278.
- L a k a t o s I.: Pisma z filozofii nauk empirycznych, tł. W. Sady, Warszawa: Wyd. Naukowe PWN 1995.
- P o i n c a r é H.: Nauka i hipoteza, tł. L. Silberstein, Warszawa: J. Mortkowicz 1908.
- S a d y W.: Racjonalna rekonstrukcja odkryć naukowych, Lublin: Wyd. UMCS 1990.
- Dzieje mechaniki od Arystotelesa do Einsteina, cz. I, Poznań: PSDF 1993.
 - Spór o racjonalność naukową, Wrocław: Funna 2000.
 - Ludwik Fleck o społecznej naturze poznania, Warszawa: Prószyński i S-ka 2000.
- W i t t g e n s t e i n L.: O pewności, tł. M. i W. Sady, Warszawa: Aletheia 1993.

THE GENESIS OF SCIENTIFIC THEORIES

S u m m a r y

The system of scientific knowledge consists of *active elements* that are implicit definitions of concepts (Poincaré's principles, Lakatos' hard core), and *passive elements* (empirical laws, protective belt), formulated in the efforts to apply conceptual system to the world. The cognitive status of a statement can be reversed: definitions can be used as factual propositions and what was once factual can become definition. This reversibility rationally explains the mechanism of scientific revolutions as it is illustrated for the revolution that began with Buridan and resulted in Newton's mechanics. Statements of impetus theory, that once belonged to protective belt of Aristotelian physics, were transformed into the hard core of Newtonian physics.

Summarized by Wojciech Sady

Słowa kluczowe: elementy bierne, elementy czynne, odkrycie naukowe, prawa doświadczalne, zasady.

Key words: active elements, passive elements, scientific discovery, experimental laws, principles.