

ANTONI BENEDIKT

ROLA OBSERWACJI I EKSPERYMENTU W METODOLOGII NAUKI GALILEUSZA

W metodologii nauki XVII w. techniki badań empirycznych nie różnicowały się jeszcze na tyle, aby można było wśród nich wyodrębnić z jednej strony obserwację, z drugiej zaś eksperyment. Metodologia dawniejsza również tej różnicy nie precyzowała, a właściwie nawet nie odczuwała potrzeby takiego różnicowania. Istotą niniejszego artykułu jest zarysowanie wielkiego naukowego *novum*, które wprowadził swoją praktyką badawczą Galileusz. Polegało ono nie na odwołaniu się do obserwacji, lecz na odmiennym do niej stosunku: mianowicie na wyodrębnianiu pewnych elementów, szczególnie prostych, tak by można było ująć je ilościowo i zastosować do nich opis matematyczny¹.

¹ Koncepcje zależności doświadczenia od teorii, skonstruowane we współczesnej filozofii nauki, dzieli się powszechnie na dwie przeciwstawne grupy. Do pierwszej zalicza się stanowiska postulujące całkowitą niezależność doświadczenia od teorii. Jej zwolenników znajdujemy przede wszystkim wśród przedstawicieli neopozytywizmu. Do drugiej grupy stanowisk zaliczone są koncepcje postulujące zależność doświadczenia od teorii. Problem zależności doświadczenia od teorii – jak uważa Małgorzata Czarnocka – wiąże się z problemem empiryzmu. Koniecznym bowiem, choć nie wystarczającym warunkiem prawdziwości tezy empiryzmu jest istnienie czysto empirycznej bazy, czyli neutralnych, nie uwikłanych w teorię danych doświadczalnych, tzw. danych czystych. W związku z tym stanowiska postulujące niezależność doświadczenia od teorii bronią tezy empiryzmu. Wykazują bowiem spełnienie warunku jego prawdziwości. M. CZARNOCKA. *Koncepcje zależności doświadczenia od teorii*. „Zagadnienia Naukoznawstwa” 26:1990 z. 4 (104) s. 529.

Cechą charakterystyczną bowiem nauki nowożytnej jest jakościowo nowy stosunek do faktów empirycznych, który pojawił się u uczonych w XVI i XVII w. Nietradycyjne podejście badaczy do danych empirycznych sprawiło, że „lekceważone dotąd w badaniach naukowych środki techniczne – zwłaszcza środki pomiarowe i eksperymentalne – stały się poczynając od XVI w., głównymi narzędziami zdobywania informacji naukowej o charakterze empirycznym. Dotąd taką rolę odgrywały w pewnej mierze środki obserwacji wykorzystywane w nauce, zwłaszcza w astronomii”². Powstaje także pytanie, jakie przyczyny wpłynęły na wykształcenie się adekwatnej interpretacji wyników obserwacji i eksperymentów? Na wstępie należy skonstatować fakt, iż interpretacja ta była utrudniona wskutek „Trudności izolacji badanych zjawisk, niemożności uniezależnienia ich od przypadkowych zakłóceń. Spowodowanych z kolei niskim poziomem techniki eksperymentalnej z jednej strony oraz słabym stopniem rozwoju teorii, zwłaszcza teorii o charakterze idealizacyjnym z drugiej”³. Dopiero bowiem w metodologii Galileusza, w której wyeksponowana została rola i znaczenie matematyki dla nauk empirycznych, wzrosła także rola modelowania i idealizacji w nauce nowożytnej, co oznacza, że „eksperyment przyczynił się istotnie do modyfikacji i rozbudowania metod poznania naukowego nie tylko w ich wymiarze doświadczalnym, lecz także teoretycznym. Jest to tym bardziej słuszne, że rola eksperymentu jest w pewnym stopniu analogiczna do roli idealizacji: umożliwiają one rozpatrywanie badanych zjawisk w ich «czyste» postaci, możliwie najmniej zniekształconej przez wpływy zewnętrzne, przypadkowe”⁴.

² J. SUCH. *Rola techniki w powstaniu nowożytnego przyrodoznawstwa*. „Studia Filozoficzne” 1973 nr 7 s. 5.

³ *Tamże*.

⁴ J. SUCH. *Eksperyment a nauka*. W: *Teoria – Technika – Eksperyment*. Red. D. Sobczyńska, E. Zielonacka-Lis, J. Szymański. Poznań 1995 s. 42.

Stąd wyrosło nowoczesne pojmowanie eksperymentu: nie jako prostego pytania stawianego przyrodzie, lecz jako zapewnienia przyrodzie takiego biegu wydarzeń, by pewne zjawisko interesujące badającego wystąpiło w możliwie prostej formie.

Takie rozumienie eksperymentu wymagało również skonstruowania nowej podbudowy teoretycznej. Otóż Galileusz opracował nowoczesną metodę, zawierającą zarówno treści empiryczne, jak i teoretyczne, która w jego zamierzeniu miała być metodą użyteczną we wszystkich dziedzinach badań naukowych.

Galileusz pokazywał w jaki sposób funkcjonuje jego metoda naukowa w konkretnych badaniach. Nie formułował on bowiem metody nauk przyrodniczych w oderwaniu od konkretów⁵. Ambicją Galileusza nie było ściśle definiowanie i eksplikowanie aksjomatów, kategorii i procedur badania empirycznego⁶. Zamierzał przede wszystkim pokazać w jaki sposób funkcjonują one w procesie poznania struktury i porządku Wszechświata.

1. Istota doświadczenia.

Chciałbym obecnie zastanowić się nad tym, co stanowi punkt wyjścia empirycznych metod poznania? Galileusz zarówno w pracach dotyczących problemów astronomicznych, jak i fizyki ziemskiej podkreślał, iż fundamentem wszelkiej wartościowej wiedzy konkretnej jest doświadczenie⁷. Powstaje jednak

⁵ „Istotnie zaczynam pojmować, że logika, jakkolwiek jest środkiem wielce pomocnym w dialektyce, nie może pobudzać umysłu do wynalazków i do ścisłości geometrycznej. (...) logika pozwala nam rozpoznać, czy badania i wywody zostały przeprowadzone prawidłowo, ale żeby dawała nam ich przebieg, konkluzje, tego nie sędzę”. G. GALILEI. *Rozmowy i dowodzenia matematyczne w zakresie dwóch nowych umiejętności*. Warszawa 1930 s. 104.

⁶ A. BANFI. *Galileo Galilei*. Milano 1961 s. 328-329.

⁷ G. de Bella w monografii poświęconej fizyce Galileusza wskazuje na trzy punkty łączące Galileusza z Arystotelesem. Po pierwsze dla Galileusza i Arystotelesa punktem wyjścia metod eksperymentalno-matematycznych jest obserwacja naturalnych fenomenów. Po drugie, według obu zmysły wprawdzie dostarczają danych, lecz muszą one

pytanie jak pojmuje Galileusz doświadczenie, a także czy samo doświadczenie, bez przyjmowania uprzednio jakichkolwiek założeń i hipotez, wystarczy dla konstrukcji wartościowej wiedzy⁸? Jakie więc miejsce w hierarchii wiedzy o przyrodzie zajmuje doświadczenie⁹? Czym kieruje się badacz, gdy decyduje się przeprowadzić doświadczenie w tym, a nie w innym układzie – autorytetem, intuicją, wcześniejszą wiedzą, ciekawością, koniecznością życiową¹⁰?

Nowością w metodologii nauki Galileusza było formalne wprowadzenie matematyki do doświadczenia. To nie potoczna obserwacja zrodziła fizykę, lecz wymóg obserwacji ścisłej. A ścisłość jest owym słowem, które zdaniem Galileusza właściwe sobie, autentyczne znaczenie zyskuje tylko w matematyce¹¹. Zasadnicza kwantyfikacja zjawisk osiągana jest w wyniku ich podstawowego pomierzenia, a więc matematycznego doświadczenia¹².

(tj. dane) zostać poddane twórczej działalności intelektu, który na ich podstawie jest zdolny formułować prawa. Po trzecie oboje nauczają, iż fizyczne wnioski z naszych rozumowań powinny także zostać sprawdzone eksperymentalnie. G. DE BELLA. *La filosofia nella fisica di Galileo*. Monza 1946 s. 95.

⁸ Bardzo interesujące w tej kwestii jest zdanie patrycjusza i gubernatora twierdzy, genuńczyka – Giovanniego Battisty Balianiego (1582-1660). W liście, z dnia 1 lipca 1639 roku, do Galileusza, pisał: „Ja naprawdę jestem przekonany, że jeśli ustanowimy doświadczenie jako zasadę dla nauk, które są pewne, to przedmioty poznawalne zmysłowo mogą stanowić punkt wyjścia dla dalszego poznawania naszej niewiedzy. (...) i jeśli w zasadach nauk przekroczyliśmy próg definicji, aksjomatów i twierdzeń, to na fundamencie doświadczenia zmysłowego i eksperymentu mogą zostać ukonstytuowane takie nauki jak: astronomia, muzyka, mechanika, perspektywa i wiele innych”. BALIAMI G. B. *Lettera a Galileo Galilei, 1 luglio 1639*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. XVIII. Firenze 1890-1909 s. 69.

⁹ Galileusz i Orazio Grassi „nie sugerowali, że eksperyment jest przyczyną sformułowania teorii; natomiast wielokrotnie podkreślali, że eksperyment może ilustrować, potwierdzać lub falsyfikować teorię. Laboratorium było dla nich nie miejscem narodzin, lecz testowania teorii”. W. R. SHEA. *Galileo's Intellectual Revolution: Middle Period (1610-1632)*. New York 1972 s. 92.

¹⁰ M. A. FINOCCHIARO. *Galileo and the Art of Reasoning*. Dordrecht 1980 s. 107-119.

¹¹ A. ROSTAGNI. *Galileo e il pensiero scientifico moderno*. Padova 1965.

¹² J. ORTEGA Y GASSET. *Po co wracamy do filozofii?* Wybrał i wstępem opatrzył S. Cichowicz. Przeł. E. Burska, M. Iwańska, A. Jacewicz. Warszawa 1992 s. 167.

Galileusz, będąc przede wszystkim uczonym teoretykiem, był równocześnie empirykiem i zalecał, aby w postępowaniu badawczym szukano faktów potwierdzających daną hipotezę. Rzecz w tym, iż badacz powinien starać się wykryć relacje i związki pomiędzy poszczególnymi faktami, których analiza musi zmierzać do głębszego zrozumienia obserwacji. Galileusz wiedział dobrze, że eksperymentowanie jest bronią obusieczną, zawodzącą tych, którzy posługują się nią nieumiejętnie. Pisał na przykład o wspaniałej przenikliwości umysłu M. Kopernika, który „kierując się przesłankami rozumu, obstawał on niezmiennie przy swym twierdzeniu, któremu doświadczenia zmysłów kłamały zadawały – toteż nie przestaję się zdumiewać, iż bez wytchnienia oświadczał zawsze, że Wenus krąży naokoło Słońca, że bywa od nas przeszło sześć razy dalej w jednym wypadku niż w innym, a jednak ukazuje się zawsze jako jednakowo wielka, chociaż powinna się ukazywać czterdzieści razy większa”¹³.

Powstaje kolejne pytanie – w jaki sposób Galileusz przystępuje do konstrukcji układu obserwacyjnego, jakie pytania zadaje przyrodzie za pomocą doświadczenia i w jaki sposób, w jakiej formie należy je według niego postawić, aby otrzymać zrozumiałą i znaczącą odpowiedź?

Galileusz uważał, iż rzeczywistość jest esencjalnie zróżnicowana i dlatego swoje doświadczenia rozpoczyna od matematycznej konstrukcji idealizacji – modelu interesującego go zjawiska, charakteryzującego się tym, że uwzględnia w pierwszej kolejności istotne aspekty badanego obiektu. Dla Galileusza istotnymi właściwościami zjawiska były cechy podstawowe, główne, charakterystyczne, które mogły zostać wyrażone za pomocą wielkości matematycznych¹⁴.

¹³ G. GALILEI. *Dialog o dwu najważniejszych układach świata Ptolemeuszowym i Kopernikowym*. Przeł. E. Ligocki przy współudziale K. Giustiniani-Kepińskiej. Warszawa 1962 s. 365-366.

¹⁴ Profesor R. Seeger w swoim referacie wygłoszonym w czasie obchodów „Roku Galileusza” akcentował fakt, że Galileusz był przekonany, że tylko rozum, badając dane empiryczne może stworzyć prawdziwy model Wszechświata. Nawiązując do

Z perspektywy dystynkcji – istotnych dla filozofii nauki – istnieją dwa podstawowe sposoby fizycznego konstruowania układu na podstawie zadanego modelu. Pierwszy polega na aktualizowaniu fizycznych możliwości zgodnie z warunkami wyznaczonymi przez model, przy czym aktualizowania dokonuje się poprzez fizyczne manipulowanie przedmiotami aktualnie istniejącymi. Drugi polega na wyszukiwaniu przez podmiot spośród przedmiotów aktualnie istniejących i ponadto praktycznie dostępnych podmiotowi obiektów reprezentowanych przez model oraz na tworzeniu z nich układu.

2. Obserwacja a eksperyment.

Powyższe dwa sposoby są podstawą wyróżnienia w zbiorze doświadczeń dwóch ich typów: obserwacji i eksperymentów. Jedynym sposobem konstruowania rzeczywistego układu na podstawie zadanego modelu różnią się obserwacje od eksperymentów. Obserwacje są doświadczeniami, w których wiodącym jest drugi sposób konstrukcji układu na podstawie jego modelu, natomiast eksperymenty – doświadczeniami, w których dominujący, lecz nie jedyny, sposób kreacji rzeczywistego układu polega na aktualizowaniu fizycznych możliwości. Innymi słowy różnica pomiędzy obserwacją a eksperymentem sprowadza się do różnicy stopnia dynamiki w konstruowaniu układu doświadczalnego. Jednakże granica pomiędzy zbiorami obserwacji i eksperymentów jest rozmyta. Obserwacje stopniowo, w sposób ciągły przechodzą w eksperymenty, w związku z tym bezcelowa

Archimedes, tj. zakładając dynamiczny związek między doświadczeniem a rozumem, torował Galileusz równocześnie drogę I. Newtonowi. Dzięki temu przyczynił się do przewyżczenia statycznego ujmowania stosunku między tymi dwoma czynnikami poznania. Rzecznikiem owego tradycyjnego ujęcia był w starożytności Platon, a w czasach Galileusza pisał o nim Kartezjusz. W. VOISE. *Włoskie imprezy Roku Galileusza*. „Kwartalnik Historii, Nauki i Techniki” 1965 nr 3 s. 327.

jest próba ich podziału na dwa rozłączne zbiory¹⁵. Jak wynika z analizy pism Galileusza niewątpliwie jest on świadomy tej różnicy¹⁶.

W swoich badaniach bowiem, jak wspominałem wyżej, rozróżniał on obserwację od eksperymentu. We współczesnej filozofii nauki skonstruowano trzy najważniejsze koncepcje kryteriów dychotomicznego podziału na obserwacje i eksperymenty¹⁷. Ze względu na specyfikę proponowanych warunków wyróżniających eksperyment ze zbioru doświadczeń koncepcje te nazwano kolejno: 1) koncepcją kontrolowalności warunków, 2) koncepcją fizycznej aktywności (inaczej materialnej interwencji) podmiotu, 3) koncepcją sztuczności przedmiotu.

Pierwsza koncepcja sprowadza różnicę pomiędzy obserwacją a eksperymentem do odmienności w charakterze zewnętrznych warunków przedmiotu doświadczenia. Według tej koncepcji obserwacje są przeprowadzane w warunkach zastanych w przyrodzie, niekontrolowalnych, a eksperymenty – w warunkach kontrolowalnych i celowo zmienianych. Pod pojęciem „kontroli warunków” rozumiane jest ich uchwycenie – fizyczne lub pojęciowe. Podmiot kontroluje otoczenie pojęciowo, jeśli

¹⁵ „Jeśliśmy w oparciu o inne zjawiska posiadali wskazówki, że na Księżycu odbywają się podobne procesy powstawania, jak u nas i brak na nim jedynie współdziałania deszczu, to moglibyśmy wynaleźć taką czy inną możliwość zastąpienia deszczów – jak to miało miejsce w Egipcie z wylewami Nilu. (...) gdyby mnie spytano, czy moje pierwsze wrażenie i moje naturalne rozumowe podejście przemawiają za tym, że dzieją się tam rzeczy podobne bądź niepodobne do naszych warunków – zawsze odpowiedziałbym, że są one najzupełniej różne i w ogóle nieuchwytnie dla naszej wyobraźni – co, jak mi się wydaje, jest w zgodzie z bogactwem przyrody”. GALILEI. *Dialog*, s. 107.

¹⁶ W traktacie *Fortificazioni «Trattato di fortificazione»* („Traktat o fortyfikacji”), Galileusz najpierw analizuje problem na płaszczyźnie geometrycznej, tj. korzystając z dedukcji wyprowadza potrzebne w dalszych rozważaniach właściwości figur geometrycznych. Następnie pokazuje jaką rolę spełniają w projektowaniu rzeczywistych umocnień wyprowadzone przez niego cechy figur. G. GALILEI. *Fortificazioni «Trattato di fortificazione»*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. II. Firenze 1890-1909 s. 7-142.

¹⁷ Zob. L. NOWAK. *Problemy metody idealizacji*. „Studia Filozoficzne” 1974 nr 4 s. 153-169; a także M. ŁOJEWSKA. *Filozofia nauki i metodologia badań naukowych*. Warszawa 1981.

dysponuje pełną wiedzą o nim, o jego oddziaływaniach na pozostałe elementy układu doświadczalnego i wykorzystuje tę wiedzę do uzyskiwania informacji o przedmiocie doświadczenia. Im pełniejsza jest wiedza o otoczeniu uwzględniona w modelu, czyli im otoczenie jest lepiej kontrolowalne pojęciowo, tym adekwatniejsze są informacje, uzyskiwane w doświadczeniu, dotyczące przedmiotu zamierzonego.

Jedyna dająca się utrzymać wersja kryterium kontrolowalności warunków głosi, że w eksperymentach otoczenie jest kontrolowalne także fizycznie, natomiast w obserwacji jedynie pojęciowo.

Po drugie odmienność obserwacji i eksperymentu sprowadzana jest do odróżnienia obserwatora od eksperymentatora. Zgodnie z kryterium materialnej interwencji cechą specyfikującą stanowi materialna aktywność podmiotu. W obserwacjach podmiot ma być materialnie bierny, zaś w eksperymencie – aktywny. Eksperymentator ingeruje materialnie w przedmiot eksperymentu, a obserwator pozostaje bierny i nie interweniuje fizycznie¹⁸.

Koncepcja sztuczności przedmiotu sprowadza różnicę pomiędzy obserwacją a eksperymentem do odmienności ich przedmiotów: w obserwacji mają być nimi przedmioty naturalne, czyli zastane w przyrodzie, w eksperymencie – przedmioty sztuczne, czyli wytworzone przez podmiot. Utrzymuje się, że przedmioty

¹⁸ Jednak jak dowodzi M. Czarnocka „kryterium ma wady na tyle zasadnicze, że nie da się go utrzymać, nawet przy wyrafinowanych uszczegółowieniach.

a) Kryterium to także z modyfikacjami, nie jest zgodne ze znaczeniami terminów «obserwacja» i «eksperyment» w naukach przyrodniczych. W wielu obserwacjach bowiem (przy zastanym w naukach przyrodniczych znaczeniu terminu) obserwator interweniuje materialnie w przedmiot obserwacji, zmieniając go także pod istotnymi dla celu obserwacji względami, np. ustawia przedmiot badany w najodpowiedniejszy sposób, oświetla go itp.

b) Implikacją kryterium materialnej interwencji jest pustość zbioru obserwacji, determinowana psychofizyczną złożonością podmiotu obserwacji, jego nieusuwalnym materialnym aspektem i z nim związanymi, zawsze obecnymi, fizycznymi oddziaływaniami na inne elementy układu doświadczalnego”. M. CZARNOCKA. *Doświadczenie w nauce. Analiza epistemologiczna*. Warszawa 1992 s. 79.

eksperymentu należą do stworzonego przez człowieka sztucznego świata, innego od naturalnego, a więc, jak można sądzić, również odmiennego od zjawisk przyrody. Różnica ontycznych stanów przedmiotów ma być determinowana różnicą genez przedmiotów doświadczeń obu typów. Statusy te mają być odrębne, ponieważ sposoby powstawania przedmiotów obu rodzajów są różne¹⁹.

Eksperyment przewyższa obserwację globalnie. Jego zalety uwidoczniają się przy porównywaniu zbiorów obserwacji i eksperymentów. Korzyści te dotyczą zasięgu wiedzy eksperymentalnej, możliwej do uzyskania przez realne podmioty w danym okresie rozwoju nauki, w zestawieniu z zasięgiem wiedzy obserwacyjnej. Innymi słowy zalety te ujawniają się przy zestawieniu zbioru przedmiotów eksperymentów oraz ich otoczeń ze zbiorem przedmiotów i otoczeń dostępnych praktycznie. W eksperymentach zbiór ten tworzą wszelkie zaktualizowane przedmioty fizycznie możliwe. W wypadku obserwacji jego elementami są przede wszystkim przedmioty istniejące i ponadto praktycznie dostępne obserwatorowi. Uzupełnia go niewielki, o nieostrzych

¹⁹ Zdaniem M. Czarnockiej wobec kryterium sztuczności przedmiotu również można wysunąć „następujące zarzuty:

a) Nie jest ono zgodne z zastanymi w nauce rozumieniami terminów «obserwacja» i «eksperyment». W obserwacjach przedmioty są także obrabiane, modyfikowane, jakoś przekształcane, zanim przystąpi się do ich obserwowania. Można je zatem uznać za przedmioty w pewien sposób wykreowane przez obserwatora, czyli sztuczne. Natomiast przedmioty niektórych eksperymentów są całkowicie naturalne, zastane w przyrodzie, a nie wykreowane przez człowieka. (...) Badane są eksperymentalnie cząstki promieniowania kosmicznego lub cząstki pochodzące z naturalnych substancji promieniotwórczych.

b) Kryterium sztuczności przedmiotu jest sprzeczne z ogólnym celem nauk przyrodniczych, którym jest poznawanie przedmiotów w przyrodzie. Akceptacja tego kryterium zmusza do przyjęcia, że eksperymenty nie realizują celu nauk przyrodniczych. Zgodnie z tym kryterium przedmiotami eksperymentów mogą być wytwory ludzkiej działalności, które nie mogłyby istnieć poza laboratorium, a laboratorium miałoby stanowić jakąś pozanaturalną, tj. nie należącą do przyrody enklawę ontyczną.

c) Rozpatrzenie, czy kryterium dostarcza narzędzia podziału zbioru doświadczeń na obserwacje i eksperymenty, sprowadza się do kwestii ontologicznego statusu materialnych przedmiotów wykreowanych przez człowieka”. *Tamże*. s. 77.

granicach, podzbiór zaktualizowanych przedmiotów obserwacji. O różnicy pomiędzy zbiorem przedmiotów i otoczeń w obserwacji a podobnym zbiorem w eksperymencie, decyduje większa w eksperymencie niż w obserwacji dynamika konstruowania układu doświadczalnego. Różnica ta jest głównie praktyczna, gdyż wiąże się z tym, iż bardziej dynamiczne środki eksperymentalne pozwalają przełamywać praktyczne ograniczenia obserwacji.

3. Eksperyment myślowy.

Ponadto wśród klasy eksperymentów możemy wyróżnić także eksperyment myślowy, którym często posługiwał się Galileusz. Eksperyment myślowy stanowi bowiem uzupełnienie eksperymentu rzeczywistego w wypadkach, gdy drugi rodzaj eksperymentu nie daje się przeprowadzić. Eksperyment myślowy stanowi w pewnym sensie kontynuację eksperymentu rzeczywistego w warunkach idealnych. Otrzymane bowiem w wyniku idealizacji pojęcia przedmiotów idealnych odgrywają w sprawdzaniu wyników badań naukowych szczególną rolę, ponieważ w znacznej mierze upraszczają złożone układy – przedmioty badania. Pozwala to na zastosowanie wobec sprawdzanych obiektów metod matematycznych oraz na dokonywanie obliczeń i pomiarów z wymaganą dokładnością. Dzięki idealizacji bowiem, jak to już wielokrotnie podkreślałem, wyłącza się z badań i opisu te cechy, które zaciemniają istotę badanego obiektu. Znaczy to, że złożony obiekt jest przedstawiony w czystej, prostej postaci, co znacznie ułatwia odkrywanie istotnych cech i relacji, a także formułowanie praw naukowych. Wykorzystanie obiektów idealnych pozwala przechodzić od praw empirycznych do ich ścisłego sformułowania w języku matematyki, co z kolei umożliwia tworzenie całych dziedzin wiedzy na drodze dedukcji²⁰. Zarówno bowiem zasada bezwładności, jak i prawo spa-

²⁰ W. SZTUMSKI, J. SZTUMSKI. *Zagadnienia teorii poznania*. Kraków 1975 s. 51-52.

dania ciał Galileusza, nie były potwierdzone przez bezpośrednią potoczną obserwację, lecz właśnie w eksperymentach myślowych²¹.

W poczet podstawowych operacji wchodzących w skład eksperymentu myślowego należy włączyć:

1. Budowanie zgodnie z określonymi regułami myślowego modelu (modelu – idealizacji), rzeczywistego przedmiotu badania.
2. Konstruowanie w myśli tych samych reguł wyidealizowanych warunków oddziałujących na model, łącznie z tworzeniem wyidealizowanych „przrzędów”, „instrumentów”.
3. Zamierzone, planowe, świadome, względnie swobodne kombinowanie warunków i ich oddziaływań na model.
4. Świadome i ścisłe stosowanie we wszystkich stadiach eksperymentu myślowego obiektywnych praw i wykorzystanie faktów ustalonych w nauce, dzięki czemu można wykluczyć dowolność, nieokiełznaną fantazję.

Istota eksperymentu myślowego nie polega na wprowadzeniu do doświadczenia składników metafizycznych, lecz na zastosowaniu idealizacji, pominięciu czynników ubocznych, a skoncentrowaniu się na wielkościach istotnych dla badanego procesu. Ponadto pomiędzy eksperymentem myślowym i eksperymentem rzeczywistym istnieje pewne podobieństwo struktur. Jedyne subiektywni idealisci mogą nie dostrzegać zasadniczej różnicy gnoseologicznej pomiędzy przedmiotami myślowymi a apercpcjami związanymi z eksperymentem myślowym, istniejącym w świadomości podmiotu poznającego, a rzeczywistymi, obiektywnymi procesami materialnymi, przebiegającymi poza świadomością człowieka i niezależnie od niej. Rzeczywisty eksperyment jest formą obiektywnego, materialnego związku świadomości ze światem zewnętrznym, gdy tymczasem eksperyment myślowy stanowi specyficzną formę twórczej działalności człowieka²².

²¹ J. SUCH. *Czy istnieje experimentum crucis?* Warszawa 1975 s. 239.

²² *Tamże.* s. 229-230.

Powstaje więc pytanie jaką metodą kierował się Galileusz podczas wyboru idealizacji danych sytuacji problemowych? Intuicyjnie najwłaściwszy sposób konstruowania modelu jednostkowego z ogólnego, czyli kreowania próbki reprezentacyjnej danej klasy zjawisk, polega na wskazaniu idealizacji zjawisk, a więc takich, w których w sposób nie zaburzony, wyraźny ujawnia się istota badanego obiektu. W idealizacjach istotnościowych dominują parametry podstawowe, główne, najbardziej charakterystyczne w żaden sposób nie są one przesłaniane przez parametry szczegółowe i specyficzne dodane do parametrów idealizacyjnych.

Jednakże bardzo trudna jest identyfikacja wzorca, wszak wymaga ona bowiem bogatej i precyzyjnej wiedzy o wszystkich właściwościach danego rodzaju i to zarówno o ich parametrach istotnych, mniej ważnych oraz specyficznych.

4. Narzędzia badawcze.

Przeprowadzając doświadczenia badacz może posługiwać się różnego rodzaju przyrządami, które wzmacniają zmysły ludzkie. Galileusz w czasie swoich badań skonstruował, bądź udoskonalił liczne przyrządy obserwacyjno-pomiarowe. Zaliczyć do nich możemy: pulsilogium (1582-1583)²³, termoskop (1593)²⁴, kompas (1597)²⁵, podnośnik wykorzystujący właściwości magnetytu (1601)²⁶, lunetę (perspicillum) z wykorzystaniem ukła-

²³ S. A. BENDINI. *The instruments of Galileo Galilei*. W: *Galileo man of science*. Red. E. McMullin. New York – London 1967 s. 317-319.

²⁴ *Tamże*. s. 319-320.

²⁵ Galileusz nazywa ten przyrząd „*compasso geometrico e militare*”. Traktat omawiający trzydzieści dwie operacje, które możemy wykonać z pomocą kompasu jest zadedykowany Kosmie Medyceuszowi, księciu Toskanii. G. GALILEI. *Del compasso geometrico e militare*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. II. Firenze 1890-1909 s. 343-364.

²⁶ G. GALILEI. *Lettera a Cesare Marsili, 27 giugno 1626*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. XIII. Firenze 1890-1909 s. 327-328.

du dwóch soczewek (1605)²⁷, mikroskop (1610), giovilabio (1612)²⁸. Ponadto w roku 1641 przystąpił do konstrukcji zegara wahadłowego²⁹. Ogólnie zbiór przyrządów doświadczalnych stosowanych przez Galileusza możemy podzielić na dwie klasy: przyrządów pomiarowych i wzmacniaczy percepcyjnych. Wyznaczenie zasady funkcjonowania przyrządów, powyższych klas, nie jest samoistnym celem poznawczym. Mimo to służy ono rozstrzygnięciu kwestii zasadniczych w obrębie epistemologicznej problematyki przyrządów. Pozwala mianowicie ocenić charakter wiedzy uzyskanej przy pomocy tych narzędzi: jej wiarygodność, przedmiotowe odniesienie oraz wartości poznawcze. Charakter funkcjonowania przyrządu w badaniu przedmiotu jest wyznaczony przez relację pomiędzy interesującym parametrem przedmiotu a wyróżnionymi (zmieniającymi się pod wpływem oddziaływań) parametrami przyrządu. Funkcjonowanie przyrządu oparte jest na prawie określającym tę relację i ujmowanym w modelu obiektu doświadczalnego.

Przyrząd jako obiekt determinowany ontycznie przez cały układ doświadczalny jest zarazem pośrednim i bezpośrednim przedmiotem poznania.

Dzięki nim autor Galileusz mógł także wielokrotnie pogłębiać ponawiane obserwacje, i tym samym upewniać się co do ich prawdziwości. Następnie uczony zmieniając warunki, w których dane zjawisko występuje, mógł ustalić z dużą dozą prawdopodobieństwa stałe związki zależności pomiędzy nimi, a to z kolei jest podstawą ustalenia praw traktujących o koniecznych i powszechnych stosunkach, relacjach między badanymi zjawiskami.

²⁷ Opis prezentacji teleskopu, przed Kolegium w Padwie, zamieścił Galileusz w *Il Saggiatore*. G. GALILEI. *Il Saggiatore*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. VI. Firenze 1890-1909 s. 257-258.

²⁸ Obserwacje, a właściwie ustalenia odległości ciał niebieskich względem siebie, przedstawione zostały przez Galileusza w *Giovilabii*. G. GALILEI. *Giovilabii*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. III, cz. II. Firenze 1890-1909 s. 475-489.

²⁹ V. VIVIANI. *Lettera a Prince Leopoldo de Medici, 20 agosto 1659*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. XIX. Firenze 1890-1909 s. 647-659.

5. Błąd pomiarowy.

Przy dokonywaniu obserwacji nie można wykluczyć zaistnienia błędów. Istotą niektórych typów błędów doświadczalnych jest ich nieunikalność, wszechobecność i niemożność eliminacji z wyników uznanych za poprawne. Błędy bowiem są immanentnie związane z charakterem danej dziedziny badań. Sposoby analizy błędów wypracowane już w czasach współczesnych pociągają za sobą następujące postulaty: o niezbędności ich wykrywania i o konieczności ich wyliczenia oraz interpretowania wyników nimi obarczonych, a jednocześnie o obowiązku akceptowania ich istnienia.

Błędy systematyczne powstają wtedy, gdy użyte przyrządy, z różnych przyczyn, nie funkcjonują tak, jak zakładano w modelu teoretycznym danego zjawiska³⁰. Typowym błędem charakterystycznym dostrzeżonym przez Galileusza jest błąd paralaksy spowodowany trwale nieprawidłowym usytuowaniem podmiotu względem przyrządu pomiarowego³¹. Wszelkie wartości pomiarów są wtedy przesunięte o pewną wartość, np. równą wartości jednostki na skali przyrządu³².

Rozmiary niektórych błędów, konstatuje Galileusz, są trudne do precyzyjnego oszacowania. Jedynym kryterium, za pomocą którego możemy wnioskować o stopniu prawdopodobieństwa prawdziwości wyniku pomiaru jest uznanie za słuszniejszą i zawierającą mniejsze błędy tej obserwacji, której wyniki „przez

³⁰ „Jeśli zestawimy linie południkowe, wykreślone za pomocą dwóch instrumentów, przy fasadzie budynku Santa Maria Novella okaże się, że nie można ich ze sobą uzgodnić, gdyby narzędzia pomiarowe były zbyt małe, lub podłoga tam była bardzo nierówna. W powyższej sytuacji powinniśmy, aby uzyskać zgodność, wykreślić nowy południk”. G. GALILEI. *Lettera a Cesare Marsili, 5 aprile 1631*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. XIV. Firenze 1890-1909 s. 240.

³¹ „Obserwacje są słuszne, jeśli wszystkie są wykonywane przy pomocy najwłaściwszego przyrządu i z najlepszej odległości”. G. GALILEI. *Lettera a Cesare Marsili, 7 aprile 1629*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. XIV. Firenze 1890-1909 s. 31.

³² Na ten temat pisze S. DRAKE. *Telescopes, Tides, and Tactics: A Galilean Dialogue about the Starry Messenger and Systems of the World*. Chicago 1983 s. 30-45.

dodanie bądź odjęcie niewielu minut sprowadzają gwiazdę z powrotem do możliwego miejsca; a wśród tych możliwych do przyjęcia miejsc (tj. pozycji, w której znajduje się interesujące obserwatora ciało we wszechświecie – A. B.) uznać za prawdziwe to, dookoła którego zbiega się największa liczba obliczeń odległości, opartych o najdokładniejsze wyniki obserwacji³³.

Eksperymentator może popełniać również przypadkowe błędy pomiarowe. Po pierwsze może posługiwać się nieumiejętnie przyrządami pomiarowymi, gdyż „niedokładność i mała siła dowodowa (...) okazuje się skutkiem błędów popełnionych przy obserwacjach za pomocą instrumentów; wynikające z tych obserwacji wysokości bieguna i wysokości gwiazdy były uważane za dokładne, podczas gdy w rzeczywistości wszystkie one łatwo mogły się okazać błędne; a przecież, by wyznaczyć wysokość bieguna, astronomowie mieli całe stulecia czasu na spokojne wykonanie tego zadania³⁴. Po drugie badacz musi, w wypadku odległości bardzo dużych, ocenić sam, który rząd wielkości jest znaczący. Galileusz ironicznie wyraża się o uczonym, który obliczył odległość komety od środka Ziemi, wynoszącą trzysta siedemdziesiąt trzy tysiące osiemset siedem mil i ponadto dwieście jedenaście cztery tysiące dziewięćdziesiąt siódmych i „na mocy tak niezwyklej dokładności, z jaką zapisuje się te najdrobniejsze ułamki, wyrabiamy w sobie przekonanie, że nie moglibyście przecież wprowadzać nas w błąd o 100 mil, skoro w obliczeniach waszych uwzględnicie jeden cal³⁵. Poprawiając błędy innych autorów Galileusz zaleca zastosować nieznaczne i możliwie bliskie poprawki, byleby one wystarczały do zastąpienia niemożliwych obserwacji przez możliwe. Na przykład chcąc zastąpić oczywisty błąd przez dodanie jednego lub odjęcie dwóch czy trzech minut i dzięki tej poprawce dojść

³³ GALILEI. *Dialog*. s. 316.

³⁴ *Tamże*. s. 334.

³⁵ *Tamże*. s. 318-319.

do możliwego wyniku – nie należy usiłować poprawiać obserwacji dodawaniem czy odejmowaniem 15, 30, albo 50 minut.

Przykładów, których znaczenie jest podobne do podanych z „Dialogu” możemy w pismach Galileusza odnaleźć bardzo wiele. Świadczą one o tym, iż był on przekonany, że przy pomocy tylko zmysłów uczonej nie może poznać prawdy.

Same metody aposterioryczne nie gwarantują jednak ani skutecznego przeprowadzenia samego doświadczenia, ani tym bardziej formułowania praw o ogólnym charakterze³⁶. Zaprojektowanie, przeprowadzenie i interpretacja wyników obserwacji wymaga bowiem pewnego poziomu wiedzy, ogólnego wyobrażenia o danym zjawisku oraz zastosowania hipotezy roboczej. „Nie wystarczy, signor Sagredo, samo stawianie sobie szlachetnego i ważkiego zadania, chodzi tu przede wszystkim o właściwe podejście. Któż nie wie, że dokonując resekcji jakiegoś zwierzęcia można odkryć nieskończenie wiele cudów przewidującej i wszechmądrej przyrody? Tymczasem na jedno zwierzę, które kraje anatom, przypadają tysiące ćwiartowanych przez rzeźnika”³⁷. Obserwacja bez wstępnych założeń i hipotez jest „martwa”. Galileusz stawia pytanie: „jeśliby kamień spuszczonej ze szczytu masztu, w czasie gdy okręt płynie z wielką szybkością, spadł dokładnie w to samo miejsce pokładu, w jakie spada, gdy okręt jest nieruchomy – to jakie znaczenie miałyby dla was to doświadczenie, by upewnić was, czy okręt jest nieruchomy, czy też płynie?”³⁸ Oponent uważa, że takie doświadczenie nie miałyby w ogóle żadnego znaczenia, podobnie jak na przykład „z bicia pulsu nie można rozpoznać czy ktoś śpi,

³⁶ „Ale zrozumienie przyczyny, skąd to pochodzi, nieskończenie wiele więcej znaczy, niż proste zapewnienie innych, a nawet więcej niż wielokrotnie ponawiane doświadczenie. (...) poznanie jednego zjawiska, na zasadzie jego przyczyn, otwiera nam drogę do zrozumienia innych zjawisk bez próby uciekania się do doświadczeń”. GALILEI. *Rozmowy i dowodzenia matematyczne*. s. 199.

³⁷ TENZE. *Dialog*. s. 238.

³⁸ *Tamże*. s. 153.

czy czuwa, gdyż puls bije w ten sam sposób u śpiących, jak i u czuwających”³⁹. Podstawą zaś wysuwania hipotez są dotychczas zdobyte wiadomości, posiadające swoje źródło w obserwacjach, wcześniejszych eksperymentach i w całym doświadczeniu ludzkim. Hipotezą nazywa Galileusz zinterpretowane twierdzenie matematyczne, jednakże pozostaje ono nadal wątpliwe w tym sensie, że jest to jedno z wielu możliwych twierdzeń.

Wynik potocznej obserwacji jest stwierdzeniem pewnej relacji między różnymi konkretnymi faktami. Natomiast wynik działań, które przeprowadza badacz przyrody, nie jest w żadnym wypadku jedynie stwierdzeniem spostrzeżenia konkretnych faktów. Jest to wypowiedzenie sądu łączącego między sobą pewne abstrakcyjne, symboliczne pojęcia, których związek z faktycznie zaobserwowanymi danymi ustalają same teorie.

Podsumowując należy stwierdzić, że obserwacja i eksperyment nie zajmują zdaniem Galileusza uprzywilejowanego miejsca w procesie poznania między innymi dlatego, iż teoretyczne przewidywania rozpatrują przebieg zjawisk w taki sposób, jak gdyby brały w nich udział przedmioty idealne. Natomiast Galileusz musiał zgodzić się z tym, iż „w świecie materii nie może istnieć doskonały kształt kulisty ani doskonała płaszczyzna”⁴⁰. W każdym razie negatywny wynik obserwacji lub badań eksperymentalnych nie jest wystarczającą podstawą do falsyfikacji teorii. Niezgodność pomiędzy przewidywaniami wynikającymi z teorii a faktycznie otrzymanymi w badaniu empirycznym wynikami zawsze można wytłumaczyć obecnością dodatkowych czynników zakłócających przebieg zjawiska⁴¹. Ich eliminacja, nawet jeśli w praktyce niewykonalna, powinna zapewnić pełną zgodność wyników eksperymentu i przewidywań teoretycznych.

³⁹ *Tamże*.

⁴⁰ *Tamże*. s. 225.

⁴¹ J. KRAKOWSKI. *Mathesis i metafizyka. Studium metodologiczne przelomu kartezjańskiego*. W: *Acta Universitatis Wratislaviensis*. No 1478 (Seria Filozofia XV). Wrocław 1992 s. 31-32.

W wielu wypadkach spełnienie założonych przez teorię warunków jest po prostu niemożliwe. Wchodzą tu w rachubę zarówno parametry techniczne, jak i szczególne własności konkretnych ciał materialnych. Oznacza to w praktyce, że w stosunku do wielu twierdzeń teoretycznych ich weryfikacja empiryczna jest niewykonalna, gdyż otrzymalibyśmy wyniki przeciwstawne do przewidywanych. Dlatego większość eksperymentów omówionych w pracach Galileusza to eksperymenty myślowe, których istota tkwi w dedukcyjnym wyprowadzeniu konsekwencji z przyjętych założeń, a nie w opisie faktycznie przeprowadzonych doświadczeń i ich wyników.

A ROLE OF OBSERVATION AND EXPERIMENT IN METHODOLOGY OF GALILEO'S SCIENCES

S u m m a r i e s

Before XVII century the empirical techniques were not sufficiently sophisticated to distinguish between observations and experiments. Consequently, the medieval scientific methodology did not precisely address this fundamental difference. Galileo was the first to recognize that a simple act of observation could be used to quantitatively describe an investigated phenomenon. By studying simple realizations of his especially designed experiments, he also demonstrated that the apparatus provided by various branches of math was adequate to describe many physical phenomena.

Bibliografia:

- BALIANI G. B., *Lettera a Galileo Galilei, 1 luglio 1639*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. XVIII. Firenze 1890-1909 s. 69.
- BANFI A., *Galileo Galilei*. Milano 1961.
- BELLA DE G., *La filosofia nella fisica di Galileo*. Monza 1946.
- BENDINI S. A., *The instruments of Galileo Galilei*. W: *Galileo man of science*. Red. E. McMullin. New York – London 1967 s. 317-319.
- CZARNOCKA M., *Doświadczenie w nauce. Analiza epistemologiczna*. Warszawa 1992.
- CZARNOCKA M., *Koncepcje zależności doświadczenia od teorii*. „Zagadnienia Naukoznawstwa” 26:1990 z. 4 (104) s. 529-544.

- DRAKE S., *Telescopes, Tides, and Tactics: A Galilean Dialogue about the Starry Messenger and Systems of the World*. Chicago 1983.
- FINOCCHIARO M. A., *Galileo and the Art of Reasoning*. Dordrecht 1980.
- GALILEI G., *Fortificazioni «Trattato di fortificazione»*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. II. Firenze 1890-1909 s. 7-142.
- GALILEI G., *Del compasso geometrico è militare*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. II. Firenze 1890-1909 s. 343-364.
- GALILEI G., *Giovilabii*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. III, cz. II. Firenze 1890-1909 s. 475-489.
- GALILEI G., *Il Saggiatore*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. VI. Firenze 1890-1909 s. 197-372.
- GALILEI G., *Lettera a Cesare Marsili, 27 giugno 1626*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. XIII. Firenze 1890-1909 s. 327-328.
- GALILEI G., *Lettera a Cesare Marsili, 7 aprile 1629*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. XIV. Firenze 1890-1909 s. 30-32.
- GALILEI G., *Lettera a Cesare Marsili, 5 aprile 1631*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. XIV. Firenze 1890-1909 s. 239-241.
- GALILEI G., *Dialog o dwu najważniejszych układach świata Ptolemeuszowym i Kopernikowym*. Przeł. E. Ligocki przy współudziale K. Giustiniani-Kepińskiej. Warszawa 1962.
- GALILEI G., *Rozmowy i dowodzenia matematyczne w zakresie dwóch nowych umiejętności*. Przeł. F. K. Warszawa 1930.
- KRAKOWSKI J., *Mathesis i metafizyka. Studium metodologiczne przełomu kartezjańskiego*. W: *Acta Universitatis Wratislaviensis*. No 1478 (Seria Filozofia XV). Wrocław 1992.
- ŁOJEWSKA M., *Filozofia nauki i metodologia badań naukowych*. Warszawa 1981.
- NOWAK L., *Problemy metody idealizacji*. „Studia Filozoficzne” 1974 nr 4 s. 153-169.
- ORTEGA Y GASSET J., *Po co wracamy do filozofii?* Wybrał i wstępem opatrzył S. Cichowicz. Przeł. E. Burska, M. Iwańska, A. Jacewicz. Warszawa 1992.
- ROSTAGNI A., *Galileo e il pensiero scientifico moderno*. Padova 1965.
- SHEA W. R., *Galileo's Intellectual Revolution: Middle Period (1610-1632)*. New York 1972.
- SUCH J., *Czy istnieje experimentum crucis?* Warszawa 1975.
- SUCH J., *Eksperyment a nauka*. W: *Teoria – Technika – Eksperyment*. Red. D. Sobczyńska, E. Zielonacka-Lis, J. Szymański. Poznań 1995 s. 41-46.
- SUCH J., *Rola techniki w powstaniu nowożytnego przyrodoznawstwa*. „Studia Filozoficzne” 1973 nr 7 s. 3-28.
- SZTUMSKI W., SZTUMSKI J., *Zagadnienia teorii poznania*. Kraków 1975.
- VIVIANI V., *Lettera a Prince Leopoldo de Medici, 20 agosto 1659*. W: *Le Opere di G. Galilei*. T. XIX. Firenze 1890-1909 s. 647-659.
- VOISE W., *Włoskie imprezy Roku Galileusza*. „Kwartalnik Historii, Nauki i Techniki” 1965 nr 3 s. 325-331.