Antoni Benedikt

Galileusz o problematyce matematycznego przyrodoznawstwa w "Dialogu o dwu najważniejszych układach świata Ptolemeuszowym i Kopernikowym"

Studia Philosophiae Christianae 35/2, 101-119

1999

ANTONI BENEDIKT
STUDIUM DOKTORANCKIE, UNIWERSYTET WROCŁAWSKI

GALILEUSZ O PROBLEMATYCE MATEMATYCZNEGO PRZYRODOZNASTWA W *DIALOGU O DWU NAJWAŻNIEJSZYCH UKŁADACH ŚWIATA PTOLEMEUSZOWYM I KOPERNIKOWYM*

Celem tego artykułu jest nie tylko opis i rejestracja konstrukcji metody, lecz wniknięcie w sam proces historyczny, w poznanie współzależności poszczególnych wydarzeń, słowem chodzi o zrozumienie swoistości sposobu myślenia Galileusza. Problematykę zawartą w artykule omówię źródłowo, tj. analizując konkretne fragmenty *Dialogu o dwu najważniejszych układach świata Ptolemeuszowym i Kopernikowym* Galileusza, w których jest poruszane dane zagadnienie. Podczas opracowania problematyki zawartej w artykule posłużę się metodami: analizy pojęć teoretycznych oraz przeprowadzę analizę porównawczą metod badawczych renesansowych perypatetyków i Galileusza. Celem pracy jest także ustalenie stanowiska filozoficznego Galileusza wobec badanej rzeczywistości i funkcji wiedzy naukowej, która pozwala, lub nie, określić przyporządkowanie danych empirycznych i zjawisk sądom teoretycznym.

F. Jacob sądzi, iż początek nowożytnej nauki zaczyna się między innymi wtedy, gdy pytania o charakterze ogólnym zostały zastąpione przez pytania szczegółowe, w miejsce pytań: „Jak został stworzony Wszechświat?", „Z czego jest utworzona materia"?, „Czym jest istota życia?", zaczęto zadawać sobie pytania typu: „Jak spada kamień?", „Jak przepływa ciecz przez rurę?", „W jaki sposób krew krąży w ciele?"[1]. Celem nauki od czasów Arystotelesa do XVII wieku było poszukiwanie istoty rzeczy, natury poszczególnych substancji[2]. Odkrycie tejże natury dawało możliwość dedukcyjnego wyprowadzenia z niej własności substancji. Arystoteles szukał wyjaśnienia czterech podstawo-

[1] Francois Jacob, *Gra możliwości*, tłum. Marek Kunicki – Goldfinger, Warszawa 1987, 26.

[2] „Badanie prawdy jest w pewnym sensie trudne, w innym sensie łatwe. Dowodzi tego fakt, że nikt nie potrafi jej osiągnąć w całym zakresie ani też, z drugiej strony, nikt nie może błądzić zupełnie, lecz każdy filozof próbuje powiedzieć coś prawdziwego o naturze rzeczy i, podczas gdy indywidualnie nie wnosimy niczego albo niewiele do prawdy, razem dochodzimy do znacznych rezultatów." Arystoteles, *Metafizyka*, tłum. K. Leśniak, w: *Dzieła wszystkie*, t. II, Warszawa 1990, 644 – 655.

wych przyczyn poszczególnych rzeczy i zjawisk: materialnej, formalnej, sprawczej i celowej. Wielu renesansowych badaczy przyrody, (tzw. perypatetyków) skupiało swój największy wysiłek na przyczynie celowej, bowiem jej odkrycie umożliwiało przede wszystkim poznanie „planów Boga" wobec stworzenia.

Poszukiwanie tych przyczyn – zdaniem Galileusza – utrudniało postęp w rozwoju nauki, gdyż zamiast badać obiektywne prawa poszczególnych zjawisk, cały wysiłek koncentrował się na bezpłodnych rozważaniach nad celem tych zjawisk. Były one rozpatrywane z punktu widzenia celu i sensowności ich istnienia. Zamiast pytać „dlaczego?", pytano „po co?". Poszukując natury rzeczy i sił tajemnych poszczególnych zjawisk, żywiono złudne przeświadczenie, iż w ten sposób da się wytłumaczyć przeobrażenia zachodzące w świecie[3]. I tak na pytanie: dlaczego w obserwowanym zjawisku zachodzą określone zmiany, odpowiadano, w duchu Arystotelesa, że w „naturze", lub „istocie" tego zjawiska tkwi tendencja do zmian[4]. Galileusz często był atakowany przez perypatetyków za to, że zrezygnował w badaniu zjawisk z przyczyny celowej. Na przykład astronom Francesco Sizi w następujący sposób uzasadnił tezę, że wbrew temu, co twierdził współczesny mu Galileusz na podstawie swych obserwacji, Jowisz nie może mieć satelitów. „Jest siedem okien w głowie: dwie dziurki w nosie, dwoje uszu, dwoje oczu i usta; tak samo na niebie są dwie gwiazdy życzliwe, dwie nieżyczliwe, dwie oświetlające i jeden Merkury, niezdecydowany i obojętny. Stąd i na podstawie wielu podobnych zjawisk przyrody, takich jak siedem metali i inne, które można by wyliczać do znudzenia, wnosimy, że liczba planet musi być równa siedem... Nadto satelity są niewidoczne gołym okiem, nie mogą więc wywierać żadnego wpływu na Ziemię, zatem byłyby bezużyteczne, a wobec tego nie istnieją"[5]. Powyższy przykład rozumowania, zdaniem Galileusza, jest jedynie przejawem ignorancji, bowiem wielu ludzi także nie wie do czego służą im arterie żylne, chrząstki, śledziona czy nerki. Wielu nie wiedziałoby nawet, że mają te organy, gdyby im anatomowie, podczas sekcji zwłok nie pokazywali tych organów. Po to, aby zrozumieć jaki wpływ wy-

---

[3] Giuseppe de Bella, *La Filosofia Nella fisica di Galileo,* Monza 1946, 76-77.

[4] Tadeusz Błocian, *Nauka jako wartość. Galileusz i wczesne oświecenie w Polsce,* Acta Universitatis Wratislaviensis, Prace Filozoficzne Nr 1105, Wrocław 1991, 160 i niżej.

[5] Carl G. Hempel, *Podstawy nauk przyrodniczych,* tłum. Barbara Stanosz, Warszawa 1968, 74.

wiera na mnie to, czy inne ciało niebieskie, jaki dla mnie jest cel jego istnienia, należałoby na jakiś czas usunąć to ciało, a wówczas moglibyśmy powiedzieć, że wpływ, którego brak odczuwałbym na sobie, pochodził od tej właśnie gwiazdy.

Wyjaśnianie problemu naukowego, zdaniem Galileusza, zaczyna się wtedy gdy jest on sprowadzony do swoich podstawowych kategorii – materii i ruchu. Nazwa „ciepło" nie mogła być przyczyną wysokiej temperatury ciała, skoro – jak podkreśla Galileusz – nie istnieje nic pośredniego pomiędzy fizycznymi właściwościami ciał, z rozmaitymi wielkościami i ruchami ich cząstek składowych, a subiektywnymi spostrzeżeniami obserwatora. Znalazł on i inne wypadki świadczące o występującej w ówczesnej nauce tendencji do sądzenia, że kwestię można wyjaśnić żonglując abstrakcyjnymi nazwami. Tak jak to wykazuje w *Dialogu*, gdy ciężkość traktuje jedynie jako nazwę tego, co związane jest ze spadaniem ciał. „Nie pytam was jednak o nazwę, ale o istotę tej przyczyny, a o istocie rzeczy nie wiecie zgoła nic więcej aniżeli o istocie ruchu obrotowego gwiazd, z wyjątkiem samej nazwy, która została jej nadana i stała się pospolita i powszechna na skutek częstego doświadczenia, oglądanego co dzień tysiące razy. Jednak w rzeczywistości o przyczynie czy o sile, z powodu której kamień porusza się ku dołowi, nie wiemy nic więcej nad to, co wiemy o jego ruchu w górę, gdy oddziela się od ręki rzucającego, jak również o tym, co sprawia ruch obrotowy Księżyca, z wyjątkiem (jak już powiedziałem) samej nazwy zjawiska, któremu w tym poszczególnym i określonym wypadku przypisaliśmy miano ciężkości, podczas gdy w ogólniejszym pojęciu mówimy o «mocy nadanej», a w innym używamy określenia «myśl towarzysząca» lub «kierująca», a wreszcie w odniesieniu do mnóstwa innych ruchów, jako przyczynę podajemy «przyrodę»"[6]. Nazwanie czegoś nie przyczynia się do wyjaśnienia i zrozumienia istoty rzeczy czy zjawiska. Galileusz przytacza także przykład koła i jego własności, których jest nieskończenie wiele. Człowiek rozpoczyna od poznania jednej własności – ustalonej w sposób niezachwiany – i w oparciu o tę własność potrafi podać definicję koła, przechodząc kolejno drogą rozumowania do ujawnienia następnych, coraz bardziej złożonych i istotnych cech[7].

Od czasów Pitagorasa, Platona i Arystotelesa kosmologia była opracowywana według zasad, które jeszcze dzisiaj niekiedy bywają stoso-

[6] Galileo Galilei, *Dialog...*, 254.
[7] Tamże, 110.

wane w astronomii oraz w naukach przyrodniczych. Tak na przykład Eudoksos (408 – 355 p.n.e.), Kalippos, Arystarch z Samos (III wiek p.n.e.) konstruowali teorie matematyczne, za pomocą których ruchy ciał niebieskich mogły być opisane i przewidywane, podczas gdy obserwatorzy oceniali stopień zgodności między przewidywaniami teoretycznymi a obserwacją[8]. Myśliciele tej miary co Pitagoras, Platon, czy Arystoteles rozmyślali nad naturą gwiazd i przyczyną ich ruchów. Pamiętać trzeba także o tym, iż dla takich myślicieli, jak Arystoteles, wyniki osiągane w kosmologii matematycznej były bardzo często wiążące. W drugiej księdze Traktatu *O niebie* Arystoteles napisał: „Nasze zdanie potwierdzają także obliczenia matematyczne stosowane w astronomii. Zjawiska, które powstają w miarę, jak zmieniają się figury określające porządek gwiazd, potwierdzają tezę o położeniu centralnym Ziemi”[9].

Od starożytności fizyka składała się z dwóch części. Z jednej strony znajdowała się fizyka ciał niebieskich i niezniszczalnych, z drugiej zaś fizyka ciał podksiężycowych podlegających powstawaniu i ginięciu[10]. Byty, zgodnie z rozumowaniem Arystotelesa, którymi zajmuje się pierwsza z nich, uchodzą za doskonalsze niż te, którymi zajmuje się druga. Wynika z tego, że pierwsza jest nieskończenie trudniejsza od drugiej. Proklos naucza, że fizyka podksiężycowa jest dostępna człowiekowi, podczas gdy fizyka nieba przerasta go i jest zarezerwowana dla boskiej inteligencji. Filozof żydowski Majmonides podziela zdanie Proklosa. Fizyka nieba jest jego zdaniem pełna tajemnic, których rozwiązanie posiada wyłącznie Bóg, podczas gdy fizyka ziemska, dobrze opracowana znajduje się w dziele Arystotelesa .

W przeciwieństwie do tego, co myśleli ludzie starożytności, czy średniowiecza, fizyka nieba, którą stworzyli, była o wiele bardziej za-

---

[8] G. Sarton, *A History of Science*, Cambridge 1959, t. II, 45 i niżej.

[9] Arystoteles, *O niebie*, tłum. P. Siwek, w: Arystoteles, *Dzieła wszystkie*, t. II, Warszawa 1990, 302.

[10] Plutarch w *Żywotach* napisał na ten temat: „Eudoksos i Architas byli pierwszymi twórcami tej przesławnej i powszechnie uznawanej sztuki mechaniki, której używali jako eleganckiej ilustracji prawd geometrii i jako środka doświadczalnego uwiarygodnienia, naocznie i dotykalnie, rezultatów zbyt złożonych na to, by dowodzić ich za pomocą słów i rysunków... Ale... Platon oburzył się na to i zwymyślał jako zwyczajny upadek tej specjalnej wyższości tkwiącej w geometrii, która teraz miałaby odwrócić się od niematerialnych obiektów świata czystego rozumu, ponownie zniżyć się do poznawania zmysłami i szukania pomocy w świecie materii[...]”. Za: H. Peitgen, H. Jurgens, D. Saupe, *Granice chaosu. Fraktale*, tłum. K.Pietruska-Pałuba, K.Winkowska-Nowak, Warszawa 1995, 22 .

awansowana niż ich fizyka ziemska. Fizyka ciał podksiężycowych dopiero w czasach Galileusza podzieli się na dwie części. W części teoretycznej rozpatruje ona systemy matematyczne, które pozwolą poznać ścisłe prawa przyrody. W części kosmologicznej będzie się starała odgadnąć naturę ciał, ich atrybutów, sił, które na nie oddziaływują lub którymi one działają, związków, które mogą tworzyć między sobą.

Jednakże w fizyce ciał sublunarnych prawie nie konstruowano teorii matematycznych. Wyjątek stanowiła optyka, czyli perspektywa i statyka. Fizycy stanęli przed nie lada problemem chcąc je umieścić w hierarchii nauk. W starożytności i w średniowieczu nie stworzono fizyki matematycznej dlatego, iż uważano to po prostu za niemożliwe. Myśliciele, niezależnie od tego, czy czerpali inspirację z filozofii platońskiej przyjmując, że byty matematyczne zajmują pośrednie miejsce pomiędzy światem idei, a rzeczywistością zmysłową, a jedyną rzetelną wiedzą jest matematyka, czy też – w ślad za Arystotelesem – że mają one wyłącznie byt pojęciowy, a matematyka jest wiedzą o drugorzędnym znaczeniu, wszyscy kierowali się przekonaniem, które było wspólne obu koncepcjom. Uważali mianowicie, iż „Pomiędzy matematyką a światem ziemskim, fizycznym leży przepaść, że w przyrodzie ziemskiej nie ma prawdziwych linii prostych, kół czy też trójkątów, wobec czego zastosowanie matematyki i pomiaru do przyrody ziemskiej w poszukiwaniu wiedzy pewnej jest nonsensem "[11]. Z tej właśnie racji sądzili, że „matematyczna ścisłość nie może dotyczyć świata podksiężycowego, że materia ziemska nie może ucieleśniać bytów matematycznych, chyba, że zostanie zmuszona do tego przez sztukę [na przykład architekturę], a wobec tego fizyka matematyczna jako *episteme* jest niemożliwa "[12]. Do stworzenia fizyki matematycz-

[11] A. Koyre za: S. Amsterdamski, *Tertium non datur?*, Warszawa 1994, 41.

[12] „Według Arystotelesa ruch jest procesem, stawaniem się, jest zdefiniowany jako aktualizacja rzeczy potencjalnej. Dokładnie tak jak to jest w możności dla danego ruchu. Ruch z tego punktu widzenia nie jest wielkością, tylko wielkości przypadkowe dla ruchu mogą być mierzone np. dystans, czas, długość. Ten koncept Arystotelesa dotyczący ruchu jako procesu jest bezużyteczny dla matematyka. Tomasz Bradwardine i Mertonianie uważali ruch po prostu jako prędkość, tj. jako stosunek dystansu do czasu. Intensywną jakość, która może być zmieniona według proporcji możliwych do określenia. Dzisiaj koncepcja ruchu zaproponowana przez Bradwardinea jest uważana za pewnik, ale samo jej pierwsze sformułowanie wymagało geniuszu, aby abstrahować od Arystotelesowskiego pomysłu. To samo można powiedzieć o matematycznym ujęciu masy wypracowanym przez innego mertoniana, jedną generację później". W: E. Mc Mullin, *Galileo: man of science,* New York – London 1967, 90.

nej i uznania opartej na niej wiedzy stosowanej za naukę trzeba było przekonania, że wiedza o świecie podksiężycowym odznaczać się może tym samym stopniem pewności, co wiedza o niebiosach, a stosowanie przyrządów pomiarowych w fizyce nie jest nonsensem.

W pierwszym dniu *Dialogu* Galileusz bada metodę za pomocą której Arystoteles ustalił przeciwieństwa pomiędzy niebem i Ziemią, zarówno pod względem ich ruchów, jak i ich natur. Arystoteles, na którego autorytet powoływali się przeciwnicy Galileusza, popełnił błąd, bowiem postawił sobie za cel dojście nie tam dokąd bezpośrednio prowadziło go rozumowanie, lecz do wykazania prawdziwości przyjętego *a priori* założenia. Zdaniem Galileusza posłużył się on, jako rzeczą znaną i oczywistą twierdzeniem, że ruchy proste w górę i w dół odpowiadają z natury ogniowi i ziemi. Przyjmując to założenie stwierdza Arystoteles, że oprócz ciał znajdujących się na Ziemi istnieć musi jakieś inne, któremu właściwy jest ruch kołowy, a ponieważ ruch kołowy jest doskonalszy od prostoliniowego, ciało poruszające się takim ruchem również musi być doskonalsze od rzeczy poruszających się prostoliniowo. Prosta jest niedoskonała, bowiem jeśli jest nieskończona to brakuje jej końca i kresu, a jeżeli jest skończona, to na zewnątrz niej znajduje się punkt do którego można ją przedłużyć. Koło natomiast, zgodnie z definicją, jest pozbawione tych niedostatków, gdyż każdy punkt na kole jest jednakowo uprzywilejowany.

O ruchu prostoliniowym można, według Galileusza, co najwyżej powiedzieć, „[...]że części Ziemi oddzielone od całości, a więc od miejsca, gdzie winny z przyrodzenia przebywać – to znaczy które ostatecznie znalazły się w złym i niezgodnym z porządkiem układzie, spontanicznie powracają do swych miejsc, a więc naturalnie ruchem prostoliniowym (przyjąwszy, że eadem est ratio totius et partium) – można by stąd wnioskować, że kula ziemska wyrzucona gwałtownie ze swojego miejsca, przeznaczonego jej przez naturę, powróciłaby do niego po linii prostej”[13]. Natomiast zaprzecza temu, że ciała ziemskie w rzeczywistości poruszają się po liniach prostych, w związku z czym przeciwstawienie nieba i sfery ziemskiej nie jest prawdziwe. Odnośnie do spornego punktu arystotelesowskiego, że elementy poruszają się ku środkowi wszechświata po liniach prostych, Galileusz odpowiada: „Rozumujecie zupełnie poprawnie i nie ma żadnej wątpliwości, że ktoś,

[13] Galileo Galilei, *Dialog...*, 33.

kto zechce przypisać Ziemi ruch po obwodzie koła, musi najpierw dowieść, że nie znajduje się ona w środku tego koła. Wynika z tego, że musimy wprzód zbadać, czy Ziemia znajduje się czy też nie w środku, naokoło którego – jak ja twierdzę – porusza się, gdy wy utrzymujecie, że właśnie w tym środku jest umieszczona. [...] Atoli przyjmując na razie, że (wszechświat) jest skończony i ograniczony kształtem kuli, a więc posiada środek, należy się jednak zastanowić, w jakim stopniu jest do przyjęcia, że Ziemia, a nie raczej inne jakieś ciało znajduje się w tym środku "[14]. Galileusz zakładając, centralne położenie Słońca we wszechświecie powtarza błąd Kopernika.

Galileusz przyznaje, że ruchy ciał niebieskich są doskonale kołowe, gdyż jedynie przy takim ruchu jest zachowana harmonia nieba. Pisze: „Oświadczam tylko, że w odniesieniu do zagadnień, które dotychczas były tu omawiane – zgodnie z Arystotelesem uznaję, że świat jest ciałem obdarzonym wszystkimi wymiarami – a więc jest czymś doskonałym - i dodaję, że jako taki musi być całkowicie uporządkowany, co znaczy,że pomiędzy elementami, z których się składa, trwać musi największy porządek we wzajemnym ich układzie "[15]. Warto podkreślić, iż Galileusz nie dowodził trójwymiarowości świata *a priori*, tak jak tego dowodzili pitagorejczycy i Arystoteles. Pitagorejczycy dowodzili, że skoro świat nie jest wyłącznie ani linią, ani powierzchnią, lecz ciałem posiadającym długość, szerokość i głębokość to pamiętając o tym, że nie istnieje więcej wymiarów niż trzy, bowiem trzy jest liczbą obejmującą początek, środek i koniec, a świat je przecież posiada to mając je wszystkie jest czymś doskonałym. Galileusz zdecydowanie sprzeciwia się praktykowaniu tej metody na gruncie nauk przyrodniczych. Pisze w związku z tym: „ nie widzę jednak powodu, by uznać za pewnik, że liczba trzy jest doskonała i że zdolna jest obdarzać doskonałością wszystko, co się nią wyraża, dlatego tylko, że początek, środek i koniec tworzą troistość. [...]Toteż lepiej pozostawić takie piękne pomysły retorom, a słuszność naszych pojęć uzasadnić należytymi dowodami, jak przystoi naukom doświadczalnym"[16]. W pierwszym dniu *Dialogu* Galileusz przeprowadza geometryczny, a nie metafizyczny dowód na to, iż świat ma trzy wymiary. Wszechświat dla Galileusza

[14] Tamże, 344 – 345.
[15] Tamże, 17.
[16] Tamże, 9.

jest skonstruowany zgodnie z zasadami geometrii i to jej tezy należy brać pod uwagę, chcąc odsłonić prawdziwą jego strukturę.

Rodzi się obecnie pytanie dlaczego starożytni myśliciele, w tym przede wszystkim Arystoteles, sądzili, że Ziemia spoczywa bez ruchu w centralnym punkcie wszechświata? Odpowiedź na to pytanie znajdujemy w dziele M. Kopernika *De revolutionibus orbium coelestium*, w rozdziale VII, gdzie czytamy „Dlatego to starożytni filozofowie usiłowali za pomocą jakichś innych wywodów uzasadnić twierdzenie, że Ziemia stoi w środku świata, a jako najważniejszą przyczynę tego przytaczają wpływ ciężkości i lekkości. Najcięższy mianowicie jest element ziemi, a wszystko, co ma wielką wagę, spada na Ziemię, kierując się ku jej najgłębszemu środkowi. Skoro bowiem Ziemia jest kulista, a ciężary zgodnie ze swym przyrodzeniem spadają na nią ze wszystkich stron prostopadle do jej powierzchni, to zwaliłyby się one do jej środka, gdyby nie zatrzymywały się na owej powierzchni. Istotnie bowiem, linia prosta, tworząca kąty proste z powierzchnią horyzontu w punkcie jej styczności z kulą, biegnie do środka kuli. Z tego zaś, że owe ciała dążą do środka, zdaje się wynikać, że tam zatrzymują się bez ruchu. Tym bardziej więc cała Ziemia będzie spoczywać w środku i skoro przyjmuje do siebie wszystkie spadające ciała, sama na skutek swojego ciężaru pozostanie na zawsze nieruchoma"[17].

Myślę, że z powyższego przybliżenia dyrektyw metodologicznych Arystotelesa jasno wynika, że fizyka, która rodzi się w XVII wieku nie zawdzięcza swego powstania temu, że pewni ludzie, porzuciwszy czyste rozumowanie, filozoficzną spekulację, zdecydowali się obserwować zjawiska przyrodnicze. Ludzie starożytności, średniowiecza, a także współcześni Galileuszowi perypatetycy również obserwowali pilnie naturę i poddawali ją doświadczeniom. Ani przez chwilę Galileusz nie występuje jako człowiek opierający swoje poznanie wyłącznie na świadectwie zmysłów, w odróżnieniu od niektórych perypatetyków. Wystarczy przytoczyć argumenty perypatetyków z drugiego dnia *Dialogu*, przeciwko dziennemu ruchowi Ziemi. Po pierwsze ciała ciężkie, spadające z góry w dół, poruszają się po linii prostej i prostopadłej do powierzchni Ziemi. Tę obserwację traktuje się jako bezsporny dowód, że Ziemia jest nieruchoma. Wszakże jeśliby podlegała dziennemu ru-

[17] M. Kopernik, *De revolutionibus orbium coelestium*, tłum. M. Brożek, Wrocław – Warszawa – Kraków – Gdańsk, Łódź 1987, 38 – 39.

chowi, to wieża, z wierzchołka której zrzuca się kamień, byłaby przeniesiona ruchem obrotowym Ziemi, w czasie gdy kamień odbywa swoją drogę o wiele setek łokci ku wschodowi, toteż o tyle dalej od podnóża wieży musiałby ten kamień uderzyć o ziemię. W podobnym duchu utrzymane są pozostałe argumenty perypatetyków przeciwko ruchowi obrotowemu Ziemi. Jak widać, to obserwacja każe opowiedzieć się perypatetykom przeciwko teorii Galileusza. Galileusz nie może go bowiem wykazać eksperymentalnie.

To nie obserwacja zrodziła fizykę, lecz wymóg obserwacji ścisłej. A ścisłość jest owym słowem, które, zdaniem Galileusza, właściwe sobie, autentyczne znaczenie zyskuje tylko w matematyce[18]. Nowością w metodologii nauki Galileusza było formalne wprowadzenie matematyki do obserwacji. Zasadnicza kwantyfikacja zjawisk osiągana jest w wyniku ich podstawowego pomierzenia, a więc matematycznego doświadczenia[19].

Galileusz dobrze rozumiał, że matematyka, w przeciwieństwie do logiki, stanowi praktyczny język niezbędny dla formułowania teorii naukowych, a oprócz tego wskazuje i na to, co z naszych teorii wynika. „Logika, [...] jest narzędziem używanym do filozofowania. Jednak, podobnie jak można być znakomitym mistrzem w budowaniu organów, a nie umieć na nich grać, tak można być wielkim logikiem, ale mało doświadczonym w posługiwaniu się logiką. Mnóstwo jest takich, którzy umieją na pamięć całą poetykę, a nie zdołaliby napisać choćby czterech wierszy; inni posiadają wszystkie przepisy Leonarda da Vinci, a nie są w stanie namalować stołka. Trzeba uczyć się grać nie od tych, którzy umieją robić instrumenty, ale od tych, którzy umieją na nich grać.[...] do kunsztu dowodzenia dochodzi się – czytaniem książek pełnych dowodów, takimi zaś są dzieła traktujące o matematyce, a nie o logice "[20].

Galileusz uważał, że jeśli w drodze abstrakcji problem fizyczny, da się rozłożyć na elementy, które można wyrazić za pomocą symboli matematycznych, to wtedy należy sformułować ścisłą definicję i rozważać najogólniejszy przykład zjawiska. Co więcej, dzięki transpozycji na język matematyki warunki danego problemu mogą być ściśle opisane oraz

[18] A. Rostagni, *Galileo e il pensiero scientifico moderno*, Padova 1965.

[19] J. Ortego y Gasset, *Po co wracamy do filozofii?*, tłum. E. Burska, M. Iwańska, A. Jacewicz, Warszawa 1992,, 167.

[20] Galileo Galilei, *Dialog...*, 35 – 36.

prowadzą do usunięcia niedoskonałości i małych odchyleń, które występują w doświadczeniu. Podobnie jak w geometrii, pole trójkątów można dokładniej obliczyć niż zmierzyć powierzchnię rzeczywistego trójkąta, tak w mechanice właściwości równi pochyłej, dźwigni, toczącej się kulki można obliczyć sprowadzając te fizyczne ciała do form geometrycznych, których zachowanie mogło być ustalone w drodze abstrakcji od zachowania się ich fizycznych odpowiedników. Galileusz uznał, że było to czynnością wyobraźni. Rachunek matematyczny może rozwiązywać problem, ale muszą być założone właściwe warunki, zanim można rozpocząć obliczanie. O ruchu doskonałej kuli po doskonałej płaszczyźnie trzeba wnioskować w wyobraźni wychodząc z ruchu kul fizycznych po fizycznych płaszczyznach lub o ruchu idealnego wahadła z ruchu rzeczywiście oscylujących ciał. Powyższa procedura była dla Galileusza ściśle analogiczna do Euklidesowego abstrahowania w definicji przestrzeni lub Archimedesowego założenia, że sznury zwisające z końców wagi szalkowej są geometrycznie równoległe. Matematyka, będąc zarówno przewodnikiem wyobraźni, jak i mająca możliwość posługiwania się wyabstrahowanymi właściwościami przedmiotów, mogła dostarczyć dalszych twierdzeń, które poprzez odniesienie do doświadczenia mogły potwierdzić proces matematycznej abstrakcji oraz wyprowadzone z niego uogólnienia.

W tym idealnym świecie abstrakcji (bez tarcia i wszelkiego rodzaju oporów), w którym ciała były doskonale gładkie i kuliste, płaszczyzny nieskończone, gdzie ciężkość była zawsze siłą dokładnie prostopadłą do płaszczyzny poziomej, a pociski opisywały niezwykle ściśle parabole, bezwzględnie obowiązywały zasady geometrii euklidesowej[21].

Uklad współrzędnych Galileusza w dziedzinie mechaniki był w rzeczywistości euklidesową przestrzenią geometryczną z dodaniem masy[22] (później ściśle określonej przez Newtona) i ruchu. Tajemnica nauki, zdaniem Galileusza, polegała na przeniesieniu problemu właściwie określonego do tego wyabstrahowanego wszechświata nauki, który w miarę jak jeszcze większe zawiłości są do niego dodawane, wraz z konkretyzacją idealizacji, przybliża się coraz bardziej dokładnie do rzeczywistego wszechświata.

---

[21] W czasach Galileusza jedyną znaną geometrią była geometria Euklidesa.

[22] Zdaniem W. Heisenberga, twórcy teorii nieoznaczoności, Galileuszowi nigdy nie udało się ściśle zdefiniować pojęć masy i energii. Por. W. Heisenberg, *Fizyka a Filozofia,* tłum. S. Amsterdamski, Warszawa 1965, 90 – 92.

Jak zaznaczyłem na wstępie, procedura ta nie była całkiem nowa. Matematykę wykorzystywano przed Galileuszem rozważając zagadnienia optyczne[23]. Badacze traktowali promienie światła oraz powierzchnie odbicia i załamania czysto geometrycznie. Archimedes natomiast podporządkowywał statykę geometrii. Nikt jednak przed Galileuszem nie rozszerzył matematycznych metod na ruchy rzeczywistych ciał i nikt nie ośmielił się pisać, że metoda ta była słuszna w całej fizyce, tj. zarówno ziemskiej, jak i niebieskiej.

Zdaniem Galileusza, ze wszystkich innych metod należało przede wszystkim ją stosować, stawiając wyżej niż eksperyment, ponieważ eksperyment i obserwacja często zawodziły tych, którzy starali się je interpretować. Kiedy problem został postawiony w formie matematycznej, to wniosek mógł być wyprowadzony bez błędu, jeśli pierwsze założenia były poprawne. Metoda ta nie uciekała też od rzeczywistości świata fizycznego – skoro dla Galileusza księga przyrody była napisana w języku matematycznym, a jej alfabet składał się z trójkątów, kół i innych figur, to bez ich znajomości niemożliwe jest dla człowieka zrozumienie chociażby jednego słowa zapisanego za pomocą tego alfabetu. Architektura rzeczywistego świata była nie mniej geometryczna niż architektura przestrzeni euklidesowej. Jeśli jednak wysiłki, zmierzające do zmatematyzowania przyrody zawodzą, to dzieje się tak tylko dlatego, że zagadnienie to zostało podjęte niewłaściwie. Płaszczyzna fizyczna nie jest istotnie idealną płaszczyzną geometryczną, ale jej odchylenia od geometrycznej płaszczyznowości są z kolei wyrażalne matematycznie. Odsłanianie kolejnych warstw matematycznej złożoności w przyrodzie jest po prostu zagadnieniem posiadania biegłości.

Powyższy problem – relacji pomiędzy światem formuł matematycznych, a światem rzeczywistym, podejmuje Galileusz także w *Dialogu*[24]. Jeden z uczestników rozmowy podnosi zarzut, iż „Kule material-

[23] „Optykę łączył z matematyką w ciągu dziejów dwojaki związek wynikający z różnych koncepcji samej matematyki pojmowanej w relacji do zjawisk natury. Matematyka była rozważana bądź: 1) w płaszczyźnie logicznej, jako narzędzie służące do poznawania i formułowania zależności występujących w przyrodzie, bądź 2) w płaszczyźnie ontycznej, bytowej, gdy liczbę ujmowano jako podstawę bytu rzeczywistości, a więc czynnik istniejący w samej naturze i służący do matematycznego jej ujmowania". Zob.: G. Rosińska, *Optyka w XV wieku*, Studia Copernicana XXIV, Wrocław 1986, 17.

[24] Galileusz tym problemem zajmuje się również w *Wadze probierczej*, a szczególnie w *Rozmowach i dowodzeniach matematycznych w zakresie dwóch nowych umiejętności* ukończonych trzy lata po pierwszym (Florencja, luty 1632 rok) wydaniu *Dialogu*.

ne ulegają wielu wpływom, którym nie podlegają kule niematerialne. Czyż nie może się zdarzyć, że gdy położy się metalową kulę na płaszczyźnie, to własny jej ciężar może wywrzeć takie ciśnienie, że płaszczyzna trochę ustąpi, bądź też, że sama kula spłaszczy się przy zetknięciu? Poza tym płaszczyzna ta z trudnością może być doskonała, jeśli nie z innych powodów, to choćby ze względu na porowatość materii – a może równie trudno by było znaleźć kulę tak doskonałą, by w niej wszystkie linie, od środka do powierzchni były najdokładniej równe"[25]. Innymi słowy, konkretnie brane przedmioty nie odpowiadają pojęciom przyjmowanym w abstrakcyjnych rozważaniach. Galileusz konkretyzuje powyższe rozumowanie. „Chcąc dowieść, że kula materialna dotyka płaszczyzny nie tylko w jednym punkcie, posłużyć się trzeba kulą, która nie jest kulą i płaszczyzną, która nie jest płaszczyzną, ponieważ tego rodzaju rzeczy (tj. posiadających idealne kształty) nie ma na świecie, a jeśli nawet i są, to podlegają uszkodzeniu podczas użycia ich do doświadczeń"[26]. Gdy w konkretnym przypadku kładziemy materialną kulkę na materialną płaszczyznę utrzymujemy, że styka się w jednym punkcie. Galileusz uważa, iż w świecie abstrakcji niematerialna kula, która nie byłaby doskonała, może stykać się z niematerialną płaszczyzną, również niedoskonałą, nie w jednym punkcie, ale częścią swojej powierzchni. „Jak dotąd to co ma miejsce w rzeczywistości, zachodzi również w ten sam sposób w świecie abstrakcji i byłoby czymś zgoła nowym gdyby obliczenia i działania dokonywane w liczbach abstrakcyjnych nie odpowiadały później w konkretnych wypadkach sumom pieniężnym w złocie, srebrze i towarach.[...] Gdy się ma zamiar sprawdzenia zgodności rachunków, odnoszących się do cukru, jedwabiu czy wełny, to kalkulator powinien obliczyć wagę skrzyń, opakowania i innych obciążeń – i tak samo filozof-geometra, pragnący zbadać konkretnie to, co dowiedzione zostało w abstrakcji, powinien wyłączyć z obrachunku zakłócające wpływy materii. Jeśli potrafi to zrobić, to upewniam was, że wszystko będzie się zgadzało równie dokładnie jak w rachunkach arytmetycznych. Błędy nie pochodzą więc z abstraktu czy z konkretu, nie z geometrii i fizyki, lecz od obliczającego, który nie umie dokonać dokładnych obliczeń. [...] skoro ustępując wam, godzę się, że w świecie materii nie może istnieć doskonały kształt ku-

[25] Galileo Galilei, *Dialog...*, 223 – 224.
[26] Tamże, 224.

listy ani doskonała płaszczyzna – to czy sądzicie, że mogłyby istnieć dwa ciała materialne o powierzchniach w jakich bądź częściach i w dowolny sposób nawet nieregularnie zakrzywionych?"[27].

Otóż owo zastosowanie przez Galileusza praw matematycznych do zjawisk fizycznych, byłoby niemożliwe, gdyby nie był on przeświadczony, że zjawiska fizyczne bez żadnej wątpliwości podlegają prawom matematycznym. Wszak liczne doświadczenia utwierdziły go w przeświadczeniu, że w naturze istnieją kąty proste i że w trójkącie istniejącym fizycznie suma jego kątów wewnętrznych równa się dwóm kątom prostym. To przekonanie Galileusza wynikało z fundamentalnej zasady metodologicznej stanowiącej jedność poznania apriorycznego i aposteriorycznego. W doświadczeniu następuje właśnie zbliżenie podmiotu i przedmiotu, czynnej strony umysłu ludzkiego manifestującej się w badaniach naukowych i wielkości przyrody. Przeprowadzając doświadczenia badacz może posługiwać się różnego rodzaju przyrządami, które wzmacniają zmysły ludzkie. Może on także wielokrotnie pogłębiać ponawiane doświadczenia i dzięki temu upewniać się co do prawdziwości swoich obserwacji. Następnie uczony zmieniając warunki, w których dane zjawisko występuje, może 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.

Metoda aposterioryczna jednak nie gwarantuje, ani skutecznego przeprowadzenia samego doświadczenia, ani tym bardziej formułowania praw o ogólnym charakterze. Zaprojektowanie, przeprowadzenie i interpretacja wyników doświadczenia wymagają bowiem pewnego poziomu wiedzy, ogólnego wyobrażenia o danym zjawisku oraz hipotezy roboczej. „Nie wystarcza – napisał Galileusz w drugim dniu *Dialogu* – 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"[28]. Doświadczenie bez wstępnych założeń i hipotez jest „martwe". W *Dialogu* stawia Salviati

[27] Tamże, 224 – 225.
[28] Tamże, 238.

pytanie: czy „[...]kamień spuszczony ze szczytu masztu, w czasie gdy okręt płynie z wielką szybkością, spadłby dokładnie w to samo miejsce pokładu, w jakie spada, gdy okręt jest nieruchomy [...]"[29] oraz o znaczenie tej obserwacji w celu upewnienia się co do tego, czy okręt jest nieruchomy, czy też płynie. Simplicio uważa, że taka obserwacja nie miałaby „[...] żadnego znaczenia, bowiem podobnie jak z bicia pulsu nie można rozpoznać, czy ktoś śpi, czy czuwa, gdyż puls bije w ten sam sposób u śpiących, jak i u czuwających[30]. 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, ale pozostające wątpliwe w tym sensie, że jest to jedno z wielu możliwych twierdzeń. Eksperyment zdaniem Galileusza współdziała z dedukcyjnym schematem rozumowania, który polega na wysuwaniu hipotezy typu „jeśli A, to B". Za pomocą doświadczenia stwierdzamy, że A posiada takie a takie właściwości. Wówczas wnioskując dedukcyjnie możemy stwierdzić, jakie cechy przysługują B. Istnieje jednak możliwość, że to, co logicznie wynika z przyjętych hipotetycznie przesłanek, nie znajdzie potwierdzenia w rzeczywistości. Słowem chodzi o to, że empiryczna weryfikacja nie zawsze potwierdza słuszność dedukcyjnie wyciągniętych wniosków. Galileusz był zdania, że w takim przypadku zbudowane na tych zasadach prawo ma charakter wyłącznie matematyczny, a nie fizyczny[31].

Galileusz, a po nim I.Newton (1642-1727), uzyskali na ten problem odpowiedź właśnie dzięki zastosowaniu metody abstrakcji matematycznej. Kiedy Galileusz stworzył na drodze abstrakcji podstawowy model zjawiska badanego ruchu, to przekształcił pragmatyczną ważność uogólnienia, właściwą dla świata doświadczenia, w ważność absolutną prawa przyrody w modelu intelektualnym. Tak więc Newton, idąc śladami Galileusza, sformułował swoje prawa ruchu jako prawa przyrody całkowicie stosowalne w obrębie fizyki matematycznej, której wnioski jako całość mogą być potwierdzone w drodze bezpośredniej obserwacji. W ten sposób została częściowo przezwyciężona trud-

[29] Tamże, 153.
[30] Tamże, 153.
[31] T. Błocian, *Nauka jako wartość. Galileusz i wczesne Oświecenie w Polsce*, Acta Universitatis Wratislaviensis,Prace Filozoficzne Nr 1105, Wrocław 1991, 157.

ność, że powszechność praw przyrody nie mogła być uzyskana z powodu nieograniczonej ilości możliwych doświadczeń. Dla Galileusza i późniejszych uczonych, którzy przyjęli jego metodę, prawa takie miały większą moc, niż to mogły osiągnąć wszelkie uogólnienia opisowe, ponieważ zyskały one podstawowy status systematycznego komponentu naukowego obrazu wszechświata. Innymi słowy wymagano by hipotezy dotyczące problemów astronomicznych były w zgodzie z tym czego uczyła fizyka, by teoria ruchów niebieskich opierała się na podstawach zdolnych wesprzeć teorię ruchów, które obserwujemy wokół nas. Wymagano, aby obroty gwiazd, przypływy i odpływy morza, ruch pocisków, opadanie ciał ciężkich były ujmowane za pomocą tego samego zbioru postulatów sformułowanych w języku matematyki. Podczas gdy Galileusz starał się uzgodnić tor pocisków z ruchem Ziemi, czy też wywnioskować z tego ruchu mechanizm pływów morskich, to odkrywane przez niego prawdy, które wprowadzał stopniowo do nauki, mówiły, że sama dynamika powinna w jednym zbiorze formuł matematycznych przedstawiać ruchy gwiazd, oscylacje oceanu, spadek ciał. Oprócz tego Galileuszowi zawdzięczamy postulat, aby hipotezy matematyczne obejmowały zarazem całość zjawisk nieożywionego wszechświata[32].

Stąd prawa przyrody można było rozważać, teoretycznie, jako ściśle dokładne, chociaż stwierdzona zgodność między prawami a doświadczeniem w świecie fizycznym, ograniczana jest przez czynniki prawdopodobieństwa i przez zachodzenie innych komplikacji[33]. Galileusz wyraźnie doceniał wyjątkową użyteczność naukową pojęcia praw przyrody, gdyż przedstawiają one to, co umysł, wspomagany przez matematyczną abstrakcję, ujmuje jako istotę relacji pewnych zjawisk. Jednakże innym badaczom przypadło w udziale przedstawić w sposób bardziej odpowiedni środki ostrożności, jakie uczony powinien przedsięwziąć w ustalaniu związków praw przyrody z surowym świadectwem zmysłów.

---

[32] P. Duhem, *Filozofia nauki,* tłum. M. Sakowska, Wrocław 1990, wyboru dokonał K. Szlachcic, 49.

[33] Ograniczenia takie odkryli, na przykład, późniejsi eksperymentatorzy w dziedzinie mechaniki, którzy dokonali odkrycia, że twierdzenia Galileusza dotyczące ruchu swobodnie spadających ciał nie mogą być ściśle potwierdzone, kiedy zastosuje się je do poruszających się ciał fizycznych.

Powstaje pytanie, co gwarantuje, że uczony w dziedzinie fizyki matematycznej może być pewien, iż jego teorie dają się stosować do realnego świata? Odpowiedzią na to było odwołanie się Galileusza do obserwacji i eksperymentu, przygotowaną już częściowo przez wcześniejszych logików[34]. Odpowiedź ta brzmiała: jeśli teoria doprowadziła do pewnego wyniku, to konieczne jest ustalenie, że zdarza się to w przyrodzie faktycznie. Tak np. w *Rozmowach* weryfikuje Galileusz prawo przyśpieszenia za pomocą eksperymentu z równią pochyłą. Takie jednak wyraźne przypadki weryfikacji są rzadkie.

Eksperyment używany jest przez Galileusza w celu sprawdzenia teorii lub do przekonania wątpiących. W drugim dniu *Dialogu* Galileusz oświadcza nawet: Jeśli przeprowadzi się taki eksperyment, wtedy uzyska się taki wynik, chociaż sam najprawdopodobniej nie przeprowadził nigdy danego eksperymentu, bowiem „bez tych doswiadczeń przekonany jestem, że wyniki bedą takie, jak wam mówię, gdyż muszą tak wypaść"[35]. W kilku miejscach *Dialogu*, odsyła Galileusz swoich czytelników do dostępnego im doświadczenia z odbiciem światła[36]. Były to pomysły eksperymentów, ale żaden z nich nie był wykonany. Galileusz bowiem wyprowadził swoje pojęcie ruchu twierdząc, iż „wszystko, co jest w ruchu, porusza się w odniesieniu do czegoś nieruchomego"[37] nie z wielokrotnego powtarzania eksperymentów, ale z własnej analizy natury ruchu zgodnie z codziennym doświadczeniem. Tak stosując tę samą procedurę naucza swoich adwersarzy, w jaki sposób mogą pojąć prawdziwe znaczenie ich własnego doświadczenia, za pomocą jego (tj. Galileusza) eksperymentów myślowych. W *Dialogu* występują one o wiele częściej niż eksperymenty rzeczywiste, bowiem, jak sądził Galileusz, wiemy wystarczająco dużo, aby zrozumieć prawdę, jeśli tylko nauczymy się prawidłowo rozumować.

Galileusz, będąc przede wszystkim uczonym teoretykiem, nie był prymitywnym empirykiem i nie zalecał, aby w postępowaniu badawczym szukano coraz więcej faktów potwierdzających daną hipotezę.

---

[34] Szczególnie przez Jacobo Zabarellę (1527 – 1602), wykładowcę Uniwersytetu Padewskiego, autora *De natura logicae* (1597), *De methodis* (1597). Zob. Z. Kuderowicz, *Filozofia nowożytnej Europy*, Warszawa 1974, rozdz.: *Platonizm renesansowy*, 99 - 114.

[35] Galileo Galilei, *Dialog...*, 154.

[36] Tamże, 75 - 85.

[37] Tamże, 124.

Wręcz przeciwnie, badacz powinien starać się wykryć związki pomiędzy poszczególnymi faktami, których analiza powinna zmierzać do głębszego zrozumienia obserwacji. Galileusz wiedział dobrze, że eksperymentowanie jest bronią obusieczną, zawodzącą tych, którzy posługują się nią nieumiejętnie. Pisał on na przykład o „wzniosłym umyśle" Kopernika, który „kierując się przesłankami rozumu, obstawał przy swoim twierdzeniu, któremu doświadczenia zmysłów kłam 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, jednak ukazuje się zawsze jako jednakowo wielka, chociaż powinna by się ukazywać czterdzieści razy większa"[38].

Tak więc, przy dokonywaniu obserwacji możemy popełniać błędy, rozmiary których są niekiedy trudne do oszacowania. „Ze słów waszych wnoszę, że widząc przesadne wyniki, do jakich dochodzi się przy ustalaniu odległości gwiazdy, nabraliście przekonania, że wzrastają one w stosunku do omyłek, powstających w instrumentach używanych do obserwacji i odwrotnie, że z wielkości odchyleń wnioskować można o rozpiętości samych błędów. Dlatego też słysząc, że na podstawie takich obserwacji odległość gwiazdy miałaby być nieskończona, uważać by należało również ów błąd w obserwowaniu za nieskończony, a więc nie nadający się do poprawienia i z tego powodu obserwację odrzucić. Jednakowoż sprawa ta przedstawia się inaczej [...] uświadomcie sobie, że mogło się zdarzyć i najczęściej się zdarza, iż obserwacja gwiazdy, na przykład w odległości Saturna, przy zwiększeniu lub zmniejszeniu o minutę otrzymanej z pomiaru wysokości sprawi, że odległość stanie się nieskończona – a więc z możliwej stanie się niemożliwą. Odwrotnie zatem, obliczenia sporządzone na podstawie takich obserwacji i wskazujące, że gwiazda miałaby się znajdować nieskończenie daleko, bardzo często przez dodanie lub odjęcie jednej minuty ściągnęłoby ją do dopuszczalnej odległości. To, co mówię o jednej minucie, może się również zdarzyć i przy poprawce o pół, o jedną szóstą minuty. Wbijcie sobie dobrze w głowę, że gdy chodzi o najwyższe odległości, to najmniejsze błędy obserwatora w uży-

[38] Tamże, 365 – 366.

ciu instrumentu sprawiają, że miejsce określone i możliwe staje się nieskończone i niemożliwe. Inna sprawa, gdy chodzi o odległości podksiężycowe w pobliżu Ziemi, gdzie może się zdarzyć, że obserwacja, z której wynikałaby odległość gwiazdy, powiedzmy 4 półśrednic ziemskich, mogłaby być zmieniona przez dodanie lub odjęcie nie tylko jednej minuty, ale dziesięciu lub nawet większej ilości. Tym sposobem rozumiecie, że o wielkości tak zwanych błędów instrumentalnych nie należy sądzić na podstawie wyników obliczenia, lecz na mocy liczby stopni i minut odczytywanych na instrumencie, [...] a wśród tych możliwych do przyjęcia wyników uznać za prawdziwy należy ten, dookoła którego zbiega się największa liczba wyników, opartych o najdokładniejsze wyniki obserwacji"[39].

Eksperymentator może popełniać również 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 mogły okazać się błędne; a przecież, by wyznaczyć wysokość bieguna astronomowie mieli całe stulecia czasu na spokojne wykonanie tego zadania"[40]. 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 niezwykłej dokładności, z jaką zapisuje się te najdrobniejsze ułamki, wyrabiamy sobie przekonanie, że nie mógłby wprowadzać nas w błąd ów autor, rzędu 100 mil, skoro w obliczeniach uwzględnił jeden cal"[41]. 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 do możliwego wyniku –

---

[39] Tamże, 315 – 316.
[40] Tamże, 334.
[41] Tamże, 318 – 319.

nie należy usiłować poprawiać obserwacji dodawaniem czy odejmowaniem 15, 30, albo 50 minut.

Przykładów, których znaczenie jest podobne do podanych w *Dialogu* możemy odnaleźć bardzo wiele. Świadczą one, jak myślę o tym, iż Galileusz był przekonany, że za pośrednictwem samych tylko zmysłów uczony nie może poznać prawdy. Problemem otwartym jest również metoda ustalenia wzorca podstawowej jednostki pomiarowej. Odległości ziemskie wyrażane za pomocą takich przymiotników jak: duży, mały są nieadekwatne do rozmiarów nieba.

Mechanika, od czasów Galileusza, jest w istocie podstawą kosmologii. Galileusz argumentuje to w następujący sposób: „Żadna z właściwości, za pomocą których Arystoteles zaleca odróżniać ciała niebieskie od elementarnych [ziemi, wody, ognia i powietrza] nie ma innej racji bytu niż ta, którą wywodzi z różnorodności ruchów naturalnych, tych i innych ciał. W ten sposób przecząc, jakoby ruch kołowy był wyłącznym udziałem ciał niebieskich, i twierdząc, że jest on właściwy wszystkim ciałom ruchomym, trzeba nieuchronnie przyjąć wniosek, że cecha powstawalności i niepowstawalności, zmienności i niezmienności [...] w równej mierze odpowiadają w ogóle wszystkim ciałom na świecie, jak niebieskim, tak i elementarnym, bądź też, że Arystoteles, niesłusznie i błędnie wywodząc cechy te z ruchu kołowego, przypisuje je ciałom niebieskim "[42]

Przyjmując podział metodologii nauki zaproponowany przez H. Reichenbacha na kontekst odkrycia i kontekst uzasadnienia, to problematyka powyższego artykułu wpisuje się w kontekst uzasadnienia. W pracy starałem się wykazać, iż badając kontekst uzasadnienia trzeba:

- znać daną dyscyplinę wiedzy (w przypadku Galileusza mechanikę lub ściślej naukę o ruchu)
- rozumieć relację wielkości teoretycznych do empirycznych
- poznać bazę doswiadczalną.

[42] Tamże, 32 – 34, 37 – 38.