

O MOŻLIWOŚCIACH I OGRANICZENIACH MATEMATYZACJI NAUK BIOLOGICZNYCH W XVII I XVIII WIEKU*

Zbigniew Pietrzak

W XVII i XVIII wieku dokonywała się matematyzacja nauk przyrodniczych. Proces ten polegał, między innymi, na ilościowym ujęciu przedmiotu badań, matematycznym zdefiniowaniu podstawowych pojęć oraz nadania tym naukom matematycznej struktury. Proces matematyzacji zależał także od funkcjonujących w tych naukach filozoficznych idei, które mogły mu sprzyjać bądź go uniemożliwiać. Specyfika nauk biologicznych polegała między innymi na tym, iż konstytuowały je filozoficzne idee, takie jak arystotelizm, witalizm, organicyzm czy mechanicyzm, które odwoływały się do pojęć duszy, woli, doznań.

Słowa kluczowe: matematyzacja, biologia, mechanicyzm, witalizm, organicyzm, dusza, siła, ruch

Wprowadzenie

Kształtowanie się nowożytnego modelu nauk biologicznych¹ w XVII i XVIII wieku było szczególnym przypadkiem procesu powstawania nauk przyrodniczych. Na ich kształt wpływały dwa zasadnicze czynniki: z jednej strony postulowano, aby miały one empiryczny, eksperymental-

ZBIGNIEW PIETRZAK, doktor, Instytut Filozofii, Uniwersytet Wrocławski, Polska; adres do korespondencji: Instytut Filozofii UW, ul. Koszarowa 3/20, 51–149 Wrocław. E-mail: zbigpietrzak@wp.pl

* Zagadnienia dotyczące matematyzacji nauk przyrodniczych omówiłem także w artykule *Wybrane aspekty matematyzacji nauk przyrodniczych do XVIII wieku*, [w:] *Rezonujący rozum nauki a rozumność intuicji*, red. G. Żurkowska, S. Blandzi, Wydawnictwo Rolowski, Wydawnictwo Uczelniane WSG w Bydgoszczy, Wydawnictwo IFiS PAN, Warszawa 2009

¹ Pojęcie biologii zostało wprowadzone na początku XIX wieku przez J. B. Lamarcka i G. R. Treviranusa. Używając tej nazwy, mam na myśli wiedzę o przyrodzie żywej, która jeszcze w XVIII wieku była rozproszona i niedookreślona.

ny charakter, z drugiej zaś coraz większego znaczenia nabierała możliwość ich matematyzacji i realne postępy w tym zakresie. Innymi słowy, starano się realizować pewien ideał wiedzy o przyrodzie – wiedzy opartej na obserwacjach, wiążącej swoją treść z fizycznym światem, ale także wiedzy wyrażonej w matematycznych formułach i w matematycznej strukturze. To tylko z pozoru proste zadanie okazało się niezwykle trudnym przedsięwzięciem konceptualnym, filozoficznym i praktycznym. Ową pozorną „prostotę” zdezawuował Immanuel Kant swoim fundamentalnym pytaniem o to „jak jest możliwe czyste przyrodoznawstwo”?

Wiek XVIII, ale także i wiek XVII, cechował się szczególną atencją dla rozumu i tego, co rozumowe. Nie dziwi więc wyjątkowa pozycja matematyki, która była ucieleśnieniem takiej wiedzy. Z tego też względu w dobie Oświecenia postulat matematyzacji nauk przyrodniczych wydawał się naturalną konsekwencją ich rozwoju. Matematyzacja była przejawem oraz realizacją procesu racjonalizacji wiedzy przyrodniczej umożliwiającej „odczarowanie” i demitologizację świata przyrody. Świat zmatematyzowany stawał się przewidywalny, uporządkowany, mierzalny i policzalny a to, w pewnym sensie, dawało człowiekowi przekonanie o władzy nad nim. Zdolność do przewidywania ruchu planet czy trajektorii pocisków artyleryjskich na pewno tę wiarę wzmacniała. Co prawda matematyzacja nie odsłaniała istoty (czy też natury) zjawisk przyrodniczych, ale pozwalała na ilościową charakterystykę każdego ciała fizycznego, bez względu na to, czy brało się pod uwagę jego ukryte jakości czy też nie. Chociaż, jak podkreślał Izaak Newton w swojej przedmowie do *Matematycznych zasad...* „współcześni, odrzucając formy substancji i własności okultystyczne [ukryte], usiłowali poddać zjawiska natury prawom matematyki”². Nie zmieniało to jednak faktu, że pomimo tego, iż dzięki Newtonowi stało się możliwe wyznaczenie wartości siły ciężenia, to nawet on nie potrafił odpowiedzieć na pytanie, czym jest siła grawitacji. Być może, właśnie ten mankament towarzyszący wiedzy matematycznej sprawiał, iż Newton – fizyk i matematyk – parał się także alchemią.

² I. Newton, *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, tłum, wstęp i komentarz J. Wawrzycki, Wydawnictwo Konsorcjum Akademickie, Kraków 2001, s. 176.

Matematyzacja

Analizując proces matematyzacji wiedzy o przyrodzie, warto zwrócić uwagę na dwie zasadnicze kwestie, jakie pojawiają się w trakcie badań nad tym zjawiskiem³. Po pierwsze, na czym właściwie polega proces matematyzacji; po drugie, jak proces ów przebiega na gruncie różnych dyscyplin, a szczególnie w naukach biologicznych? Tę ostatnią kwestię chciałbym omówić szerzej, zwracając przy tym uwagę na odrębność biologii względem ówczesnej fizyki i rodzącej się chemii, a szczególnie na wyjątkowy charakter filozoficznych idei, które funkcjonowały i kształtowały tę dyscyplinę.

Na czym polega proces matematyzacji?

Zasadniczym elementem, stanowiącym o matematyzacji wiedzy, jest ilościowe ujęcie badanego przedmiotu. Zabieg ten wydaje się tyleż intuicyjnie oczywisty, co nietrywialny. Pomiar konkretnych, fizycznych przedmiotów, ustalanie przestrzennych relacji między nimi, a także możliwość parametryzacji takich zjawisk jak ruch czy siła ciężenia, pozwalały na przejście od jakościowego do ilościowego opisu przyrody. Wymagało to uznania, iż matematykę i przyrodę można w podobny sposób ontologicznie kategoryzować, na przykład traktując zarówno byt matematyczny, jak i fizyczny jako relacje. Można to osiągnąć dzięki odpowiedniemu redefiniowaniu pojęć oraz abstrahowaniu od konkretnych indywidualnych cech na rzecz ich ogólnych, uniwersalnych własności. Dzięki skonstruowanej przez Kartezjusza geometrii analitycznej owe uniwersalne własności przedmiotów, które mogły być reprezentowane przez punkty, płaszczyzny czy figury, można było wyrazić prostymi wzorami. Tu matematyka realnie zastąpiła własności fizyczne rzeczy. Aby przedmiot lub zjawisko mogło „uzyskać” addytywność, należało tak zdefiniować własności, by mogły one okazać się matematycznie interpretowalne. Dopiero dzięki Galileuszowi i Newtonowi takie kategorie jak siła, ciężar czy ruch stały się matematycznie opisywalne. Żadne pojęcia nie funkcjonują w izolacji, są połączone ze sobą w sieci wzajemnych relacji znaczeń, kontekstów i funkcji. Dlatego też pojęcie siły można roz-

³ Ze względu na ograniczony charakter niniejszej pracy, zasygnalizowane problemy omówię tylko w skrócie, przy czym chciałbym zauważyć, iż dla prezentowanego zagadnienia równie istotne są kwestie dotyczące tego, jak i dlaczego matematyzacja jest w ogóle możliwa, a także jakie są jej zalety, wady i ograniczenia.

patrywać w relacji z materią, ale także w związku z pojęciem przyczyny. Funkcjonujące w naukach przyrodniczych arystotelesowskie typy przyczynowości (materialna, sprawcza, celowa i formalna) determinowały sposób rozumienia i funkcjonowania kategorii siły oraz innych opisujących przyrodę. Z tak rozumianymi przyczynami wiąże się specyficzne rozumienie ruchu – lokalnego, naturalnego i wymuszonego, a wraz z nim pojęcia miejsca, granicy itp. Ruch przez arystotelików nie był traktowany jako zjawisko fizyczne, ale jako przejaw dążenia ciał do przezwyciężania przeszkód i realizacji własnych, immanentnych im celów.

Zmiana, jaka dokonała się dzięki procesowi matematyzacji, ale także w wyniku zmiany wizji przyrody na gruncie mechanicyzmu, polegała także na tym, iż wyrugowano z badań przyrodniczych koncepcję przyczyny celowej. Opis matematyczny nie wymagał odpowiedzi na pytanie, dlaczego upuszczona kula spada na ziemię. Dla Galileusza istotne było to, z jaką prędkością ona spada, jaka jest zależność prędkości od czasu lotu i jak przedstawiają się stosunki między prędkością i czasem w zależności od przebytej drogi. Nietrudno zauważyć, iż relacje te są czysto ilościowe czyli matematyczne, a w ujęciu Galileusza – geometryczne. Co więcej, są konsekwencją abstrakcyjnego traktowania zjawisk ruchu, polegającego na oderwaniu ich od towarzyszących czynników, które mają wpływ na przebieg parametrów ruchu (czyli oporu powietrza, tarcia gruntu, ruchów konwekcyjnych powietrza itp.), które chociaż nie należą do istoty tego zjawiska⁴. Okazało się, że owe stosunki ilościowe są najbardziej poprawne praktycznie (i teoretycznie), gdy z ruchem powiąże się tylko siłę i jej gradient. Tylko wtedy staje się możliwy wniosek czysto matematyczny, że „każde ciało zachowuje swój stan spoczynku lub ruchu jednostajnego wzdłuż linii prostej, chyba że jest zmuszone do zmiany tego stanu przez przyłożone do niego siły”⁵, gdy tymczasem u Arystotelesa ciało takie pozostaje tylko w spoczynku. Ów postulat matematyzacji nauk przyrodniczych w praktyce może być realizowany tak, jak podaje to Newton w „Księdze III” *Principiów*. Otóż stwierdza on, że „w POPRZEDNICH KSIĘGACH sformułowałem zasady filozofii, zasady nie filozoficzne, lecz matematyczne, tzn. takie, na których można oprzeć rozumowania w filozofii. Zasady te są prawami i warunkami ruchu i sił, które są szczególnie związane z filozofią”⁶, rozumianą nie

⁴ Genialna intuicja Galileusza poległa między innymi na tym, że potrafił on oddzielić zjawiska „ważne”, „istotne” od „nieważnych”. Dopiero z naszej perspektywy skutki tej decyzji okazały się heurystycznie płodne.

⁵ I. Newton, *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, dz. cyt. s. 197.

⁶ Tamże, s. 131.

tylko jako filozofia przyrody czyli przyrodoznawstwo, ale jako dziedzina najbardziej ogólnych i uniwersalnych idei. Zatem „matematyczne zasady” stają się źródłem dla filozoficznych dociekań, są pierwotne i fundamentalne dla ich wniosków oraz „zabezpieczają” je przed spekulacjami. Nie ma też wątpliwości, iż Newtonowskie *Matematyczne zasady...*, są „odpowiedzią” na *Zasady filozofii* Kartezjusza. Dla tego ostatniego bowiem, pomimo iż był matematykiem, filozofia była nauką podstawową, konstytutywną i dopiero w oparciu o jej zasady można było formułować normy i narzędzia pozostałych nauk. Wspomniane dzieło Kartezjusza zawiera przecież odpowiedniki „zasad dynamiki” Newtona sformułowanych jednak poglądowo i jakościowo.

Przejście od jakościowych (i celowościowych) opisów zjawisk przyrodniczych do ich ilościowych konstrukcji, nawet w astronomii, nie było tak proste i oczywiste. Takie bowiem substancjalne, jakościowe postrzeganie kosmosu na pewno wiele wyjaśniało, pozostawiało jednak zbyt duży margines dla spekulacji i sprzecznych interpretacji zjawisk. Ich matematyczne zdefiniowanie zapobiegłoby zapewne „umysłowym nadużyciom” chociażby takich, jak postrzeganie świata przyrody funkcjonującego w ramach jakiegoś celu; w tym wypadku matematyka byłaby owym Baconowskim „ołowiem” dyscyplinującym myśl, nie pętającym przy tym jej twórczego potencjału.

Intuicja, by pomijać celowość w badaniach przyrodniczych, nie ograniczyła przedmiotu badań, a wręcz przeciwnie, pozwoliła na jego matematyczne ujęcie. W empirycznym modelu przyrodoznawstwa już Franciszek Bacon generalnie uznając arystotelesowskie przyczyny, stwierdzał jednak, że przyczyny celowe „niewątpliwie odpowiadają raczej naturze człowieka niż naturze wszechświata; one to, pochodząc z tego źródła, w szczególny sposób zepsuły filozofię”⁷. Także Robert Boyle postulował, by nie odwoływać się do przyczyny celowej. Twierdził, iż nie ma znaczenia, jakie siły powodują ruch czy choroby, jaki jest ich cel, istotne jest raczej to, że zjawiska te muszą podlegać prawom mechaniki, to znaczy przebiegać zgodnie z nimi⁸. Mówiąc w skrócie, taka matematyzacja wiedzy przyrodniczej prowadziłaby do jej fizykalizacji.

⁷ F. Bacon, *Novum organum*, tłum. J. Wikarjak, PWN, Warszawa 1955, s. 72.

⁸ Por. M. Kline, *Matematyka a świat fizyczny*, tłum. A. Sobotka, PWN, Warszawa 1964, s. 182, 190.

Matematyzacja nauk biologicznych

W XVII i XVIII wieku biologia, czy też nauki biologiczne, nie stanowiły jednolitej epistemologicznie, metodologicznie i ontologicznie dziedziny wiedzy. Jak już zostało powiedziane, nawet nie funkcjonowało jeszcze pojęcie „biologii”, ani nie zostały wyartykułowane jej podstawowe problemy i cele, a zasadnicze kwestie wiązały się głównie z klasyfikacją organizmów żywych, a więc poszukiwaniem podobieństw (lub różnic) między nimi.

W zaproponowanej przez Franciszka Bacona koncepcji nauki, była traktowana bardzo wąsko, jako dziedzina rozumu formułująca najogólniejszą wiedzę. Wiedza zaś o przyrodzie ożywionej funkcjonowała z jednej strony jako nauka w ramach filozofii przyrody i filozofii człowieka (antropologia), przy czym tę pierwszą uzupełniała historia naturalna opisująca pojedyncze fakty przyrodnicze, porządkująca chronologicznie obserwowane zdarzenia. Z drugiej zaś strony, wiedza ta była traktowana jak umiejętność, wywodząca się z doświadczenia, tak jak medycyna czyli nauka o chorobach. Natomiast dziedziny zajmujące się przyrodą ożywioną najczęściej były przedmiotem amatorskich zainteresowań⁹. Jeżeli nawet dla Bacona matematyzacja fizyki, a więc nauki o budowie i powstawaniu rzeczy, była pożądanym kierunkiem ewolucji nauki, to w sytuacji, gdy filozofia naturalna pełniła w tym procesie tylko służebną rolę, podlegając naukom szczegółowym, jej matematyzacja nie mogła mieć żadnych heurystycznych wartości. Matematyka nie wносиła by niczego nowego do możliwości poznawczych człowieka wobec przyrody, ponieważ zawęzałaby jej uniwersalny charakter¹⁰.

Nie inaczej status biologii postrzegał Kartezjusz. Według niego podstawą wszystkich nauk były filozofia i fizyka, a nauka o przyrodzie ożywionej stanowiła tylko jedną z wielu gałęzi wiedzy, czerpiącą swe zasady i metodę z tych dwóch pierwszych. Filozofia Kartezjusza ukształtowała nie tylko wiedzę przyrodniczą w najogólniejszym jej rozumieniu, ale także wizję organizmów żywych jako maszyn. Jednakże maszyny te były niezdolne do samodzielnego, samoistnego poruszania się, co świadczyłoby o tym, iż owo źródło ruchu jest czynnikiem zewnętrznym wobec nich. O ile zatem samo zjawisko przemieszczania się podlegało

⁹ Por. A. R. Hall, *Biologia opisowa i systematyka*, [w:] tenże, *Rewolucja naukowa*, tłum. T. Zembrzusi, PAX, Warszawa 1966.

¹⁰ Por. F. Bacon, dz. cyt., s. 103–105, 173, 373. Bacon postuluje również powstanie nieistniejących nauk, które były potrzebne do rozwoju wiedzy i wzmocnienia dominacji człowieka nad przyrodą. Jedną z nich miała być nauka o pretergeneracjach, czyli nauka o kaprysach przyrody.

matematyzacji (a właściwie geometryzacji na sposób Galileusza), o tyle owa zewnętrzna przyczyna ruchu wymykała się jej. Wyjaśnienie więc ruchu we wszechświecie musiało być czysto opisowe, bez względu na to, czy dotyczyło ono ruchu planet, czy ruchu zwierząt¹¹.

Odrzucając możliwości istnienia źródeł ruchu wewnątrz ciał, realizowano nie tylko postulat mechanicyzmu, ale także uwalniano wiedzę od alchemicznych naleciałości. Przypisywanie bowiem ciałom astronomicznym jakichś wewnętrznych i naturalnych skłonności mogło wydawać się mało wiarygodne. Jednakże w odniesieniu do organizmów żywych taki pogląd nie był już tak niedorzeczny, a zatem znacznie trudniej było go wyeliminować. Idea głosząca ową wewnętrzną zdolność do samodzielnego (wbrew Kartezjuszowi) poruszania się ciał nabierała epistemologicznego i eksplanacyjnego znaczenia.

Codzienna obserwacja ludzi, zwierząt i roślin, przekonywała o tym, iż w rzeczywistości są one obdarzone jakąś wewnętrzną siłą umożliwiającą im mobilność, a także w tym, iż owa zdolność jest immanentna i nieusuwalna. Jej brak oznaczał śmierć organizmu. Tak więc, jakościowe postrzeganie świata ożywionego oraz jego substancjalności stawały się zasadniczymi cechami opisującymi go i stawiającymi specyficzne warunki przed ewentualnymi próbami matematyzacji nauk biologicznych. Zasadne stawało się więc pytanie o to, jakie własności organizmów można ująć liczbowo. Czy i tu matematyzacja mogła uchwycić i ujawnić istotne – dla wiedzy o życiu – relacje i struktury?

Filozoficzne idee a perspektywa matematyzacji nauk biologicznych

Nauki biologiczne cechowała zasadnicza odrębność wobec nauk o przyrodzie nieożywionej, niezależnie od tego, jak bardzo organizmy żywe charakteryzowane byłyby jako obiekty fizyczne z uwzględnieniem ich ilościowych parametrów, takich jak wielkość, masa, relacje przestrzenne i zmienność w czasie. Owa odrębność nie wiązała się tylko z fizyczną stroną przedmiotu badań, pojawiała się także (a może przede wszystkim) w filozoficznych ideach, towarzyszących tym naukom i kreujących ich ontologiczne i epistemologiczne aspekty. Jak w fizyce,

¹¹ Oddzielnej pracy wymagałby opis alchemicznej wizji świata ożywionego. Zasadniczy pogląd alchemików w kwestiach przyrody w ogólności głosił, że cały kosmos przeniknięty jest ożywiającą siłą, pozwalającą na traktowanie go jako jednego, żywego organizmu.

tak i w naukach biologicznych idee te również współdecydowały o ewentualnej podatności tej dziedziny na matematyzację. Ustalały pewien sposób rozumienia i definiowania tak podstawowych pojęć jak ruch, siła czy przyczyna i tym samym uniemożliwiały lub pozwalały na ich matematyzację. Co więcej, fakt, iż odnosiły się do organizmów żywych, dodatkowo wymuszał posługiwanie się takimi pojęciami, jak czucie, myśli i dusza, a niekiedy jeszcze forma. Na dodatek, pozostałością po starożytnym (arystotelesowskim) modelu nauk biologicznych był zwyczaj odwoływania się do przyczyny celowej, która mogła nadal funkcjonować w świetle badań zajmujących się duszą, ale już nie fizycznych korpuskuł. Tak więc zmiana modelu wiedzy naukowej (celowo unikam tu pojęcia paradygmatu) następowała nie tylko w wyniku postępu technicznego, ale wiązała się z obecnością tych lub innych pojęć, pojawiających się w preferowanej filozoficznej wizji świata przyrody i samej nauki. Dlatego też odejście od starożytnego i średniowiecznego modelu nauk przyrodniczych (w tym także biologicznych) dokonało się, między innymi, dzięki odrzuceniu lub przeformułowaniu idei funkcjonujących w obrębie tych nauk filozoficznych¹². Przyjrzyjmy się zatem zasadniczym filozoficznym koncepcjom w naukach biologicznych.

Arystotelizm

Funkcjonujący od czasów Arystotelesa sposób pojmowania przyrody (jak i uprawiania nauki) do czasów Galileusza obejmował praktycznie wszystkie dziedziny wiedzy naukowej i determinował ich rozwój. Dopiero Galileusz uczynił pierwszy krok, by wyeliminować arystotelesowską wizję natury, która została ukształtowana przez jakościowe, antagonistyczne cechy – zimno, ciepło, wilgoć, suchość oraz takie pojęcia jak „naturalne miejsca”, „sfera podksiężycowa i nadksiężycowa” itp. Także i świat zwierząt i roślin był postrzegany poprzez pryzmat jakości. A jeśli dodamy do tego przemieszane z wiedzą na ich temat mity, podania i antropomorfizujące opowieści (które to Arystoteles, choć z zastrzeżeniami, zazwyczaj przyjmował) to trudno byłoby mówić o jakiejś empirycznej nauce, a tym bardziej o jej, przynajmniej potencjalnie, matematycznym nastawieniu. Nie ułatwiały tego procesu wspomniane już wcześniej pojęcia duszy, myśli itp. Było oczywiste, że są one wręcz imma-

¹² Proponując porządek filozoficznych idei, które współkształtowały wiedzę biologiczną na przestrzeni XVII i XVIII wieku, skorzystałem z książki Andrzeja Bednarczyka, *Filozofia biologii europejskiego Oświecenia*, PWN, Warszawa 1984.

mentne dla nauk o przyrodzie ożywionej, skoro decydowały o tym, czy dana materia jest ożywiona czy nie. Dodatkowo matematyczne podejście do materii komplikowała koncepcja hylozoizmu będąca inspiracją dla wiedzy alchemicznej. Odrzucenie arystotelizmu wiążącego to, co żywe z duszą nie było tak „proste” jak w przypadku mechanicznej wizji materii nieożywionej – elementarne korpuskuły bowiem nie musiały posiadać duszy, by się poruszać i nie trzeba było przypisywać ich funkcjonowaniu żadnej celowej przyczyny.

Mechanicizm i materializm

Wydawałoby się, że mechaniczyczna i materialistyczna wizja przyrody, a tym samym jej „mechanicyzacja” sprzyjała procesowi matematyzacji. Jeżeli z pojęciami mechanicyzmu i materializmu wiązano fizyczne zjawiska ruchu, geometryczne własności poruszających się elementów i zmienne relacje przestrzenne między nimi oraz ich ciężar, to geometria i arytmetyka byłyby naturalnymi środkami służącymi do ich opisu. Tymczasem już pobieżna analiza uzmysławia, z jak różnorodnymi modelami i sposobami rozumienia mamy do czynienia tylko w przypadku samego mechanicyzmu¹³. Nie wdając się w szczegóły, warto zaznaczyć, iż możemy mówić o mechanicyzmie epistemologicznym, metodologicznym i ontologicznym, w zależności od tego, jaką funkcję w strukturze wiedzy miała pełnić ta koncepcja świata. Możemy także klasyfikować mechanicyzm jako część fizyki (tak jak teorię ewolucji jako część biologii), a także jako filozoficzną wizję świata przyrody (tak jak ewolucjonizm). Można byłoby pokusić się o stwierdzenie, iż było tyle odmian mechanicyzmu, ilu było jego twórców. Z jednej więc strony funkcjonuje mechanicyzm wypracowany przez Kartezjusza i Gassendiego, z drugiej mechanicyzm w ujęciu empiryków takich, jak Galileusz (choć w tym wypadku należy pamiętać o jego matematycznym, racjonalistycznym priorytecie) czy Robert Boyle lub Izaak Newton, dzięki któremu mechanicyzm przerodził się w dynamikę. Przeniesienie na grunt nauk o życiu reguł mechanicznych okazało się jednak wyjątkowo trudne i nieoczywiste, a w konsekwencji „toczył się on [proces – Z. P.] tu wolniej, miał nieporównanie mniejszy zasięg i przybierał nader specyficzną

¹³ Por. na przykład: M. Heller, J. Życiński, *Wszechświat – maszyna czy myśl*, PTT, Kraków 1988; *Mechanicizm*, [w:] *Filozofia a nauka*, red. Z. Cackowski, PAN, Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk–Łódź 1987.

postać”¹⁴, ponieważ konieczne było uwzględnienie odrębności nauk biologicznych, wyrażonej w pojęciach duszy, myśli, doznań itp. Dlatego też, gdy tacy uczeni – jak William Harvey, Julien Offray de La Mettrie, Albrecht von Haller i inni – próbowali ująć przyrodę ożywioną w ramy mechanicznych reguł, musieli tę wizję natury dopełnić dodatkowymi koncepcjami takimi, jak specyficznym rozumiany materializm, preformizm i organicyzm. Idee te, w konsekwencji, na pewno nie ułatwiały procesu matematyzacji tej dziedziny.

Witalizm i animizm

Te dwie filozoficzne koncepcje w sposób szczególny podkreślały odrębność nauk biologicznych, wskazując na wyjątkowość ich przedmiotu poznania. Na czym więc polegała owa specyfika tych idei? Otóż zarówno Jean Baptista van Helmont, jak i Georg Ernst Stahl zwracali uwagę na to, że u podłoża fizycznych (fizjologicznych) procesów zachodzących w żywych organizmach muszą leżeć zjawiska niematerialne, zwane przez Helmonta archejami, a przez Stahla związane z duszą, rozumianą jako siła i własność, która tkwi wewnątrz każdego żywego bytu. Oczywiście, żaden z uczonych, dopatrujących się w fizycznych zjawiskach ich niematerialnych źródeł, nie odrzucał fizycznych i geometrycznych aspektów materii ożywionej. Jednakże powiązanie jej zdolności do ruchu, a nawet organicznej struktury z pozamaterialnymi czynnikami oraz uznanie ich za zasadniczy przedmiot badań przyrodniczych, sprawiało, że ewentualna matematyzacja zjawisk organicznych zawsze natrafiałaby na nieprzekraczalną barierę związaną z niematematyzowalnymi bytami takimi, jak archeje, dusza, wewnętrzna siła itp.

Jak wynika z tego krótkiego przeglądu, filozoficzne (można byłoby nawet powiedzieć – teoretyczne) idee, wprowadzały wręcz nauki biologiczne w „amatematyczny” świat. Tym samym wykluczały obecność matematyki, czyniąc z nauk o przyrodzie ożywionej dyscypliny jakościowe, w arystotelesowskim rozumieniu¹⁵. Ten fakt zadecydował, iż

¹⁴ A. Bednarczyk, *Filozofia biologii europejskiego Oświecenia*, dz. cyt. s. 16.

¹⁵ Ze względu na charakter niniejszej pracy, pomijam tu inne jeszcze stanowiska, które wymienia Andrzej Bednarczyk, takie jak atomizm biologiczny zaproponowany przez Pierre’a Louisa Moreau de Maupertuisa i koncepcję drobin organicznych Georgesa L. Leclerca de Buffon. Pomijam także funkcjonujące jeszcze w XVIII wieku wizje przyrody sięgające korzeniami do mitów i religijnych wierzeń. Nawet w „wieku rozumu” stosunek człowieka do zwierząt był kształtowany przez nieweryfikowane legendy, podania, a nawet pisma religijne.

zasady matematyzacji tych nauk musiały być odmienne niż w przypadku fizyki czy astronomii.

**Zasady i warunki matematyzacji nauk biologicznych
w świetle przyjętych idei filozoficznych
Georga E. Stahla i Julienu O. de La Mettrie**

Jak już wspomniano, to właśnie preferowane idee filozoficzne stwarzały warunki dla matematyzacji bądź ją uniemożliwiały. Współdecydowały tym samym o zasadach, zgodnie z którymi matematyka mogła stać się narzędziem do badań świata przyrody ożywionej. Już same aspekty fizyczne (fizykalne) organizmów żywych generowały jednak problemy, których, co prawda, można było uniknąć w świecie nieożywionym, ale które wydawały się nieusuwalne ze świata organizmów żywych. Koncepcja zwierzęcia-maszyny, pozwalająca traktować organizm jak statyczno-hydrauliczny układ możliwy do opisanego w języku geometrii, musiała zostać odrzucona, gdy zaczęto zwracać uwagę na nieredukowalną odrębność istot żywych względem materii nieożywionej. Tak więc mechanistyczna wizja struktury zwierzęcia zderzyła się z animistyczną wizją Georga E. Stahla, a z drugiej strony, co wydaje się paradoksalne, z materialistyczną koncepcją Julienu O. de La Mettrie. Ten odwrót lub przemiana mechanicyzmu spowodowały, że tak „matematyczne” zjawisko jak ruch, stało się praktycznie niematematyzowalne.

Jak podaje Andrzej Bednarczyk, według Stahla istnieją ciała, które można opisać za pomocą liczb, kształtu i ruchu, czyli te ciała, które można brać takimi, jakimi one są. Nie cechuje ich żadna celowość, mogą także pozostawać bez zmian. Ciała ożywione działają jednak wedle jakiegoś celu, który nadaje im kształt, porządek i funkcje¹⁶. Podobnie La Mettrie postrzega materię, uznając za jej podstawowe własności ruch i rozciągłość, z której pochodzą mechaniczne formy jak wielkość, kształt, położenie i spoczynek. Wydawałoby się, iż mamy do czynienia z mechanicyzmem zaczerpniętym od Boyle'a lub Newtona, jednakże gdy do tych własności dodamy jeszcze czucie jako immanentne materii, to okaże się, że znowu oddała się możliwość jej matematycznego ujęcia¹⁷. Swistość bowiem przedmiotu biologii, czyli odrębność organizmu żywego względem materii nieożywionej wymaga, by traktować go jako system funkcjonujący w nierozzerwalnej relacji tworzywa i przyczyny celowej.

¹⁶ A. Bednarczyk, *Filozofia biologii europejskiego Oświecenia*, dz. cyt., s. 26–27.

¹⁷ Tamże, s. 71–72 i in.

Układ ten różni się zasadniczo od obiektów nieożywionych ukształtowanych w czasie i przestrzeni jako materialne i bierne ciała. Z materią organiczną nieodzownie wiąże się to zdolność do różnicowania się i pojawiania się narządów zgodnie z ich przeznaczeniem i celem¹⁸. A to z kolei powoduje, że ciało ma zdolność odczuwania, która przejawia się w postaci ruchu¹⁹.

Jak nietrudno zauważyć, w obu koncepcjach istotną rolę odgrywają zjawiska ruchu powiązane z materią. Tym, co jednak odróżnia ich obecność w świecie materii ożywionej od ich obecności w świecie materii nieożywionej (czyli także to, jaką pełnią one funkcję w fizyce), są immanentne związki z celowością i, nazwijmy to, doznaniowością. Jak już wspomniano, matematyzacja fizyki dokonała się, między innymi, dzięki odrzuceniu koncepcji przyczyny celowej²⁰, tymczasem w naukach biologicznych wydawało się to niemożliwe.

Czy zatem zjawisko ruchu można w tej sytuacji zdefiniować matematycznie? W nauce o życiu ujęcie ruchu jest specyficzne, ponieważ wiąże się z pojęciem duszy oraz czucia, czyli dwiema naczelnymi kategoriami w biologii. Ruch jest analizowany w związku z duszą jako jej przejaw i jako jej środek działania; ma zarówno wymiar jakościowy i religijny, jak też psychiczny i a-religijny jako siła i własność ciała; ma przyczynę celową, a nie materialną; nie odnosi się do relacji przestrzennych, ani do dynamiki ich zmian.

Niezależnie od tego, czy rozpatrujemy koncepcję animistyczną Stahla czy materialistyczną La Mettrie, pojęcie ruchu, tak bliskie mechanicyzmowi, dającym podstawy do matematyzacji, w poglądach biologów traci swój mechaniczny charakter. Analiza i koncepcja ruchu u Stahla jest bardziej potrzebna do charakterystyki duszy (jako jego przyczyny) niż do matematyzacji świata ożywionego. Funkcjonowanie ciała nie jest efektem naturalnych procesów fizjologicznych, rządzonych procesami biochemicznymi, ale skutkiem działania duszy – zasady życiowej. Nawet jeżeli aktywność duszy zostanie zmarginalizowana i do pewnego

¹⁸ Mechanizm różnicowania się organizmów, pojawiania się nowych struktur, a nawet tempa rozmnażania mógł prowokować do pytania o to, czy kryje on jakąś regularność, którą można byłoby wyrazić matematycznie; por. I. Stewart, *Matematyka życia*, tłum. B. Bieniok, E. L. Łokas, Prószyński i S-ka, Warszawa 2014, s. 67.

¹⁹ A. Bednarczyk, *Filozofia biologii europejskiego Oświecenia*, dz. cyt., s. 83 i n. Ideę de La Mettrie, można byłoby schematycznie przedstawić następująco: myślenie – morfologia – anatomiczne struktury – materia – przyczyna celowa.

²⁰ Polega to na zastąpieniu scholastycznie rozumianych korpuskuł na mechaniczycznie, czyli geometryczne (wielkość, kształt, położenie względem siebie) i mechaniczne właściwości (ruch, zmiana miejsca w strukturze).

stopnia zjawisko ruchu niezależnym od niej, to Stahl wiąże je z działaniem przyczyny sprawczej²¹. Wskutek tego ruch nie jest zjawiskiem fizycznym, które może być rozpatrywane samo w sobie jak u Galileusza i Newtona, ale jakimś podłożem, bądź przejawem działania przyczyny sprawczej. Podobnie i w filozofii La Mettrie, ruch związany jest z charakterystyczną dla ciał organicznych własnością, czyli czuciem²². Pojawia się ono w wyniku różnicowania i powstawania narządów zgodnie z ich przeznaczeniem (a więc przyczyną celową). Innymi słowy, czucie (i myślenie) związane jest z morfologią, anatomicznymi strukturami, które odróżniają materiężywioną od materii nieżywionej. Dodatkowo, o funkcjonowaniu poszczególnych organów, a tym samym całego organizmu, decyduje ich cel, co jest także nawiązaniem do koncepcji przyczyny celowej.

Sposób, w jaki biolodzy ujmują, definiują oraz charakteryzują pojęcie ruchu, generuje wszystkie typowe problemy, jakie towarzyszyły próbom matematyzacji nauk przyrodniczych. Odwołując się dodatkowo do niematerialnych sił i celowych przyczyn, praktycznie uniemożliwiają wspomnianą matematyzację. Dlatego też ruchu nie można rozpatrywać tak, jak czyni się to w odniesieniu do materii nieżywionej. Zjawisko to jest zawsze uwikłane w kontekst myśli, czucia, duszy itp. Siedemnasto- i osiemnastowieczni biolodzy nie mogli zrezygnować z pojęcia duszy (czucia, myślenia), ponieważ to odebrałoby biologii jej odrębność. Co więcej, badania odwołujące się do teleologicznych i niematerialnych czynników zostały dodatkowo powiązane z arystotelesową koncepcją form. W teorii Stahla kategoria formy wiąże się zarówno z przyczyną (jak u Arystotelesa), ale także opisuje odrębność organicznych struktur. W świecie rządonym tylko przez prawa mechaniki ciała są uporządkowane przypadkowo, natomiast w świecie organicznym są ułożone zgodnie z formą ciała, a więc niezależnie od własności materii, czyli ich fizycznych i geometrycznych cech. Forma jest zatem czynnikiem odpowiedzialnym za realizację cielesnej struktury w świecie organicznym i utrzymującym ją w stanie względnej trwałości i niezmienności²³. Jeżeli dodamy do tego podział formy na ogólną, wyjaśniającą strukturę związków i na szczególną, opisującą relacje konkretnych elementów, to tak rozumiane uporządkowanie nie jest wynikiem działania naturalnych sił i oddziaływań, ale ontologicznie pierwotnej struktury, która realizuje się w świecie organicznym.

²¹ A. Bednarczyk, *Filozofia biologii europejskiego Oświecenia*, dz. cyt., s. 28.

²² Tamże, s. 83.

²³ Tamże, s. 28, 30–31.

Czy taka koncepcja form, powiązana z ruchem mogłaby zainspirować do prób ich matematyzacji? Rozważmy pewną analogię między formą i ruchem w rozumieniu biologów, a ruchem i materią (siłą) w rozumieniu Galileusza i Newtona. Jak już wcześniej wspomniano, dwaj ostatni uczeni zrezygnowali z teleologicznego wyjaśniania zjawisk, gdy tymczasem zarówno Stahl, jak i La Mettrie pojęcie celu nadał wykorzystywali w nauce, przypisując mu ważną epistemologiczną i ontologiczną funkcję. O ile Galileusz i Newton zrezygnowali z pytania o to, co jest źródłem ruchu na rzecz ilościowego ujęcia stosunków między jego poszczególnymi parametrami, o tyle biolodzy nie mogli zaniechać rozważań dotyczących źródeł (szczególnie tych wewnętrznych) ruchu, gdyż każdy żywy organizm przejawiał zdolność do samoistnego poruszania się, w przeciwieństwie do materii nieożywionej. Przesądzało to o wyjątkowości organizmów żywych, uznawanych za mechanizmy, które same potrafiły wytworzyć własne struktury i które posiadały wewnętrzną zdolność do ruchu. Było też oczywiste, iż sama martwa materia nie byłaby zdolna do wygenerowania samoistnego ruchu, dlatego też sugerowało to „obecność” jakiegoś pozamaterialnego czynnika.

Powiązanie duszy, ciała, celowości oraz formy z ruchem było możliwe, ponieważ badania ówczesnych biologów nie wymagały wiedzy biologicznej, chemicznej czy fizycznej. Tym samym osiemnastowieczna nauka o przyrodzie ożywionej nie nadawała się do fizykalizacji (tak jak wiedza astronomiczna), co byłoby jakimś wstępem do jej matematyzacji. Tymczasem zarówno Stahl, jak i La Mettrie konsekwentnie unikali empirycznych badań, nawet praktyka medyczna widoczna u La Mettrie służyła temu – jak zauważa Andrzej Bednarczyk – by wykazać, że dusza nie istnieje²⁴. Gdyby nauki biologiczne były tylko opisowe, a przy tym odwoływały się do tego, co empirycznie i eksperymentalnie dostępne, umożliwiałyby podjęcie prób ilościowego ujmowania zjawisk biologicznych, a to z kolei zwracałoby uwagę na istnienie addytywnych cech materii. W konsekwencji zaś mogłoby to doprowadzić do wypracowania jakiejś ogólnej teorii organizmów, odwołującej się tylko do podłoża materialnego, fenomenalnego, a nie teologicznego, formalnego i celowościowego. Rezygnując zaś z chemicznych pojęć, *de facto* La Mettrie odrzucał idee jatrochemików. Być może, wskutek tego ujawniała się także jego nieufność względem fizyki. Sądzę jednak, że brak związku z fizyką, (a więc potencjalnie i z matematyką) wynikał z jej niewielkiej różnorodności. Fizykalizacja intuicyjnie i jakościowo rozumianego witalizmu (Stahl), a także materializmu (La Mettrie) wymagała

²⁴ Tamże, s. 99.

wyspecjalizowanych dziedzin, które dopiero musiały być wypracowane, tak jak dynamika Newtona lub hydromechanika Daniela I. Bernoulliego. Brakowało wówczas środków, narzędzi i koncepcji, by organizmy żywe potraktować, owszem, jak maszyny, ale jak termomaszyny, jak układy cieplne powiązane ze środowiskiem wzajemnym przepływem materii. Innymi słowy, na relacje między organizmami, a otoczeniem należało spojrzeć jak na przejaw uniwersalnego cyklu nazywanego obiegiem materii i energii. Dopiero na tym głębszym organicznym poziomie można było wykreować związki między fizyką a specyficznymi stanami form żywych.

Istniała jeszcze jedna przeszkoda utrudniająca wieloaspektową matematyzację nauk biologicznych. Stosowana w matematyce dedukcja, uznawana za metodę idealną, prowadzącą od wiedzy prawdziwej do prawdziwych wniosków, nie sprawdzała się w naukach przyrodniczych. Dedukcja bowiem nie rozszerzała wiedzy o otaczającym świecie, co było – z punktu widzenia przyrodników – konieczną własnością nauki. Reguły przekształcania i przechodzenia od jednych twierdzeń do następnych zapewniały zachowanie prawdziwości sądu, ale nie pozwalały na dokonanie, równie prawdziwych, ekstrapolacji. Czyż można było w sposób konieczny i uprawomocniony stwierdzić, że skoro wiemy, iż wszystkie ssaki są żyworodne i pozbawione dziobów, to – z matematyczną koniecznością i pewnością – możemy stwierdzić, iż nie było, nie ma i nie będzie ssaków, które nie są żyworodne i posiadają dzioby? Takie przekonanie może być oczywiście bardzo silne i dobrze uzasadnione danymi empirycznymi, ale nigdy nie wyczerpie się w regułach dedukcyjnych. Ów komponent empiryczny jest niezbędny i („niestety”) nieprzewidywalny. Pojawienie się dziobaka w Europie wywołało zamęt wśród uczonych, ponieważ nie przewidywała tego żadna intuicja i żadna empiryczna wiedza. Należy jednak od razu zaznaczyć, że dedukcja miała zapobiegać takim wyobrażeniowym nadużyciom. Z jeszcze trudniejszą sytuacją mamy do czynienia, gdy próbujemy dedukować własności jednych ciał na podstawie własności innych. Odkrycie składników wody nie mogłoby dokonać się na podstawie dedukcji, wychodzącej od własności tlenu i wodoru. Już sam fakt, iż ciecz (w pewnym przedziale temperatur i ciśnienia) może być wynikiem połączenia dwóch gazów (w pewnym przedziale temperatur i ciśnienia) świadczy o tym, że różnorodność natury wykracza poza „logikę przyrody”, którą narzucała ludzka dedukcja.

Zakończenie

Obecnie, przy całej różnorodności wiedzy o przyrodzie ożywionej, zostały już zakreślone granice tej dziedziny, ustalony jej przedmiot, metody oraz cele, a nawet funkcje – czysto poznawcze, technologiczne, społeczne. Nauki biologiczne spaja także jedna, uniwersalna wizja dziejów życia na Ziemi i przemian zachodzących w obrębie świata ożywionego – teoria ewolucji. W jej świetle interpretujemy nie tylko pochodzenie i funkcję organów ciała, związki między organizmami a otoczeniem (biotycznym i abiotycznym), ale także, co dzisiaj wydaje się najważniejsze, zachowania zwierząt i ludzi. Poszukując przyczyn postępowania altruistycznego lub samolubnego, biolodzy szukają ich w ewolucyjnie kształtujących się interakcjach między osobnikami tego samego gatunku, jak i w relacjach z otoczeniem²⁵. Co więcej, pytając o źródła i o wyjątkowość ludzkiego umysłu, poszukuje się wyjaśnień odwołujących się także do ewolucji. W ramach tej teorii strukturalizuje się nauki biologiczne; ona wyznacza związki między nimi a granicznymi obszarami opisywanymi przez biofizykę czy biochemię. Można byłoby pokusić się o analogię między teorią ewolucji a wymienionymi wcześniej filozoficznymi ideami, które współkształtowały wiedzę o przyrodzie ożywionej. Teoria ewolucji pełni więc funkcję także filozoficznej wizji świata (już nie tylko organicznego) spajając poglądy zarówno na dzieje życia i kosmosu, jak i na samą wiedzę o tych bytach. Podobnie jak w przypadku koncepcji mechanicyzmu, witalizmu, czy organicyzmu, tak i w odniesieniu do teorii Darwina możemy zasadnie zadać pytanie o to, czy sprzyja ona matematyzacji czy też ją ogranicza. Możemy także spytać o to, pod jakimi warunkami możliwe staje się zastosowanie matematyki jako środka do badań przyrodniczych, praktycznego narzędzia niesprzecznego z treściami głoszonymi przez ewolucjonistów. Specyfika teorii ewolucji jako naukowej koncepcji, opisującej i wyjaśniającej mechanizmy i efekty zmian zachodzących w przyrodzie ożywionej, polega na tym, iż jest ona w pewnym sensie „amatematyczna” lub, inaczej, nie jest zdefiniowana matematycznie. Odwołuje się nadal do jakościowych pojęć gatunku i środowiska, a co więcej nawet matematyczne pojęcia procesu i ciągłości rozumie inaczej niż w fizyce. Sądzę, iż jest to powodem, dla którego – jak pisze wybitny matematyk Ian Stewart w książce *Matematyka życia*: „w biologii wciąż nie ma jeszcze podstawowych równań matematycznych, odpowiedników newtonowskiego prawa powszechnego

²⁵ Por. J. R. Krebs, N. B. Davis, *Wprowadzenie do ekologii behawioralnej*, tłum. M. Gołachowski, PWN, Warszawa 2014.

ciążenia. Nie oblicza się »trajektorii ewolucyjnej« danej ryby przez zastosowanie »równań Darwina«²⁶. Czy jest to tylko kwestia czasu, kiedy takie równania ukażą się? Czy może problem tkwi właśnie w samej teorii Darwina, w jej naturze, w pojęciach oraz w jej, fizycznym przecież, przedmiocie poznania? Pozostaje także pytanie o to, czy matematyzacja biologii zawęży granice tej dziedziny, to znaczy, czy pomija jakieś jej istotne aspekty, które ujawniają się przy tradycyjnym, opisowym sposobie jej budowania? Czy wyraża się dzięki niej wszystko, co istotne i konstytutywne dla nauk o życiu (nie mówię przy tym o sensie i celu życia, kwestiach wiary tak istotnych dla naszego gatunku, a przecież na pewno niematematyzowalnych)? Jak już o tym wspomiano, aby matematyka mogła funkcjonować w obrębie danej dziedziny, musi dokonać się idealizowanie jej przedmiotu. W konsekwencji jednak tracimy z oczu to, co w obiekcie jest niepowtarzalne, jedyne i indywidualne. W wyabstrahowanym (chciałoby się powiedzieć – w wypreparowanym) świecie nie ma miejsca na wyjątkowość jego „mieszkańców”. Nasza odrębność ginie wraz liczbowym ujęciem. Być może, matematycy dopatrują w geometrii fraktalnej antidotum na tę unifikację, ale czy zdolność do odtwarzania niepowtarzalnej linii brzegów, linii iskry pioruna czy układu żył, „potwarza” wyjątkowość każdego żywego organizmu?

Bibliografia

- Bacon F., *Novum organum*, tłum. J. Wikarjak, PWN, Warszawa 1955.
- Bednarczyk A., *Filozofia biologii europejskiego Oświecenia*, PWN, Warszawa 1984.
- Hall A. R., *Biologia opisowa i systematyka*, [w:] tenże, *Rewolucja naukowa*, tłum. T. Zembrzusi, PAX, Warszawa 1966.
- Heller M., Życiński J., *Wszecławiat – maszyna czy myśl*, PTT, Kraków 1988.
- Filozofia a nauka*, red., Z. Cackowski, PAN, Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk–Łódź 1987.
- Kline M., *Matematyka a świat fizyczny*, tłum. A. Sobotka, PWN, Warszawa 1964.
- Krebs J. R., Davis N. B., *Wprowadzenie do ekologii behawioralnej*, tłum. M. Gołachowski, PWN, Warszawa 2014.

²⁶ I. Stewart, dz. cyt., s. 21.

- Newton I., *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, tłum., wstęp i komentarz J. Wawrzycki, Wydawnictwo Konsorcjum Akademickie, Kraków 2001.
- Pietrzak Z., *Wybrane aspekty matematyzacji nauk przyrodniczych do XVIII wieku*, [w:] *Rezonujący rozum nauki a rozumność intuicji*, red. G. Żurkowska, S. Blandzi, Wydawnictwo Rolewski, Wydawnictwo Uczelniane WSG w Bydgoszczy, Wydawnictwo IFiS PAN, Warszawa 2009.
- Stewart I., *Matematyka życia*, tłum. B. Bieniok, E. L. Łokas, Prószyński i S-ka, Warszawa 2014.

Summary

On the Possibilities and Limitations of the Mathematisation of Biological Studies in the Seventeenth and Eighteenth Centuries

During the 17th and 18th centuries natural sciences were undergoing a mathematization. This process consisted, among other, in a quantitative approach to objects being researched; in delivering mathematical definitions for fundamental concepts and in shaping mathematical structures of natural sciences. The mathematization understood as a process was depended on some philosophical ideas already present in sciences, what might or might not start up the process of mathematization. Specificity of biological sciences rested on the fact they were being established by philosophical ideas, such as aristotelianism, vitalism, organicism or mechanicism, which referred to the notion of soul, will, experience.

Keywords: mathematization, biology, mechanics, vitalism, organicism, soul, force, motion

Summarised by Zbigniew Pietrzak

Zusammenfassung

Über die Möglichkeiten und Begrenzungen der Mathematisierung von Naturwissenschaften im 17. und 18. Jahrhundert

Im 17. und 18. Jahrhundert fand die Mathematisierung der Naturwissenschaften statt. Dieser Prozess beruhte unter anderem auf der quantitativen Auffassung des Forschungsgegenstands, der mathematischen Definierung grundsätzlicher Begriffe und der mathematischen Strukturierung jener Wissenschaften. Der Prozess der Mathematisierung hing auch von den in ihnen funktionierenden philosophischen Ideen ab, die ihn begünstigen oder ihn vereiteln konnten. Die Eigentümlichkeit der Naturwissenschaften

beruhte unter anderem darauf, dass sie von philosophischen Ideen wie Aristotelismus, Vitalismus, Organizismus, Mechanizismus konstituiert wurden, die sich auf die Begriffe der Seele, des Willens und der Empfindungen beriefen.

Schlüsselworte: Mathematisierung, Biologie, Mechanizismus, Vitalismus, Organizismus, Seele, Kraft, Bewegung

Ins Deutsche übersetzt von Anna Pastuszka

Information about Author:

ZBIGNIEW PIETRZAK, Ph.D., Institute of Philosophy, University in Wrocław, Poland; address for correspondence: Instytut Filozofii UWr, , ul. Koszarowa 3/20, PL 51-149 Wrocław. E-mail: zbigpietrzak@wp.pl

