ELŻBIETA JUNG-PALCZEWSKA
Uniwersytet Łódzki

Studia Warmińskie
XXXVII (2000)

NATURA MORE GEOMETRICO: ŚREDNIOWIECZE JAKO POŚREDNIK W RECEPCJI MATEMATYKI GRECKIEJ DLA POTRZEB FIZYKI

Każdy, kto obcuje ze sztuką średniowieczną i uważnie przygląda się rzeźbom oraz obrazom zaskoczony jest często niesłychaną pomysłowością ich autorów, którzy, obok scen z życia codziennego przedstawiających dobrze znane twarze i budowle, umieszczają niezwykłe twory własnej wyobraźni. To właśnie wyobraźnia pozwalała artystom średniowiecznym budować pomost między światem rzeczywistym, a możliwym; między światem obserwowanym i doświadczanym, a światem dostępnym jedynie dla umysłu; między światem ograniczonym przez skończoną materię, a światem nieskończonej możliwości Boga. Matematyka, tak jak i sztuka, korzystając z ogromnych zasobów wyobraźni swych twórców, swobodnie porusza się po owym pomoście łączącym świat oswojony ze światem wyimaginowanym przekonując częstokroć, że pierwszy łatwiej daje się pojąć za pomocą drugiego.

Matematyka towarzyszyła człowiekowi od zarania społeczności, spełniając tak proste funkcje jak chociażby przeliczanie zasobów gospodarstwa, czy dzielenie ziemi, co z jednej strony przyczyniło się do doskonalenia metod pomiarowych służących praktycznemu jej wykorzystywaniu, z drugiej strony zaś do rozwoju matematyki ze względu na nią samą, traktowaną jako sztuka dla sztuki w oderwaniu od praktyki. Ani jeden ani drugi przejaw funkcjonowania matematyki nie będzie przedmiotem mojego artykułu. Zagadnienie pierwszorzędne jakim zajmę się tutaj dotyczyć będzie wykorzystywania matematyki dla potrzeb fizyki i przede wszystkim traktowania jej jako metody naukowej pozwalającej wyjaśnić skomplikowaną strukturę świata. Analiza tego problemy domaga się odpowiedzi na szereg pytań dotyczących przede wszystkim źródeł wiedzy matematycznej i sposobu ich wykorzystywania w wiekach średnich oraz jej statusu jako dziedziny naukowej.

Tak jak i we wszelkiej działalności naukowej średniowiecznego świata, również w dziedzinie filozofii przyrody podstawowe źródło inspiracji stanowiły osiągnięcia filozofów greckich. W Grecji, matematyka zajmowała istotne miejsce w hierarchii nauk, chociaż jej rola nie zawsze była jednako pojmowana. Tradycja przedsokratejskiej filozofii pozostawiła w spadku zainteresowanie poszukiwaniem podstawowego, niezmiennego czynnika kształtującego materialną strukturę rzeczywistości[1].

[1] Por. na przykład: G. R e a l e, Historia filozofii starożytnej, t. I, s. 73–93.

Traktowane przez Platona i Arystotelesa jako zagadnienie o kapitalnym znaczeniu przyniosło w rezultacie dwie odmienne klasyfikacje nauki, w których matematyka i fizyka zajmowały różne miejsce.

Platon, idąc w ślad za Pitagorejczykami, przypisał matematyce pierwszorzędną rolę w kształtowaniu rzeczywistości fizycznej, czyniąc ją odpowiedzialną za „wygląd" świata, zbudowanego przez Demiurga. Świat został stworzony na wzór idei figur i brył geometrycznych zachowując odpowiednią proporcję ciągów matematycznych znanych Grekom z arytmetyki, geometrii i harmonii. Świat materialny składa się ze zmiennych elementów, które jako takie nie są dostępne poznaniu rozumowemu; następny w hierarchii, świat matematyki składa się z liczb i figur geometrycznych istniejący pomiędzy światem fizycznym obserwowalnym zmysłowo i światem inteligibilnych idei[2]. Matematyka zajmuje wyższą pozycję w hierarchii bytów niż świat zmysłowo poznawalny i dotyczy niezmiennych, wiecznych prawd spełniając tym samym kryteria Platońskiej 'naukowości'. Jego zdaniem bowiem nauka zajmuje się jedynie abstrakcyjnymi, niematerialnymi bytami. Zatem świat materialny jest o tyle przedmiotem nauki, o ile jest odbiciem niezmiennych idei i zachowuje matematyczne proporcje. Platoński trzystopniowy podział nauki na fizykę, matematykę i dialektykę uwypukla jego przekonanie o podstawowej roli matematyki w poznaniu świata zmysłowego i inteligibilnego[3].

Zdaniem Arystotelesa trzystopniowy podział nauki, zaproponowany przez Platona nie odpowiada hierarchii poznania naukowego, które powinno być adekwatne do hierarchii bytów. Stagiryta uważa, że jedynie matematyka jest całkowicie abstrakcyjną nauką, gdyż jej przedmiot jest abstrakcyjny. Dlatego też nauki matematyczne są mniej naukowe niż filozofia przyrody czy metafizyka. Ocena prawdziwości twierdzeń matematycznych odnoszących się do bytów materialnych wchodzi w zakres filozofii naturalnej[4]. Od tego momentu matematyka (tzn. arytmetyka i geometria) przestaje być nauką umożliwiającą poznanie struktury świata, a staje się nauką wstępną, pierwszym stopniem w rozwoju młodego człowieka, który podejmie dalsze studia nad fizyką, etyką i metafizyką.

Druga podstawowa różnica między Platonem a Arystotelesem dotyczy statusu fizyki. Podczas gdy Platon zaprzeczał możliwości traktowania fizyki jako nauki, we właściwym rozumieniu tego słowa, tzn. jako nauki demonstratywnej, Arystoteles spędził wiele czasu by ustalić reguły naukowości dla fizyki właśnie, które obowiązywały także w biologii i psychologii. Na pierwszy rzut oka wydaje się, iż przedstawiony pogląd stoi w sprzeczności z Arystotelowskim podziałem nauki, dokonanym ze względu na stopień abstrakcji, na fizykę, matematykę i metafizykę. Należy uściślić jaki jest właściwy przedmiot drugiej nauki — matematyki, która ma większy stopień abstrakcji niż fizyka, lecz swe istnienie zawdzięcza intelektowi. Tym razem matematyka odnosi się do nauki o przyrodzie, i ma za swój przedmiot

---

[2] P l a t o n, Timaios, 31b–37a, tłum. P. S i w e k, Timajos Kritias albo Atlantyk, Warszawa 1986, s. 38–48; P l a t o n, Parmenides, 130b–d, tłum. J. G ó r n i a k, Warszawa 1985, s. 54–55.

[3] P l a t o n, Państwo, 509d–511e, tłum. W. W i t w i c k i, Warszawa 1994, t. II, ks. s. 78–79. Por. także, J.A. W e i s h e i p l OP, The Nature, Scope and Classification of the Sciences, w: D. L i n d b e r g, Science in the Middle Ages, The University of Chicago Press 1978, s. 461–65.

[4] A r y s t o t e l e s, Fizyka, 193b–194b, tłum. K. L e ś n i a k, w: Dzieła wszystkie, t. II, Warszawa 1990, s. 47–49.

„swe bardziej fizyczne części”[5]. Chodzi tu o optykę, harmonię, astronomię oraz mechanikę, które to dziedziny traktują, jak mówi Arystoteles, linie i kąty jak fizyczne, a nie jedynie matematyczne obiekty. Tak więc matematyka, choć całkowicie abstrakcyjna dyscyplina wiedzy, ma dwojaki status: 1) jest podporządkowana wszelkim naukom i jest swego rodzaju praktyczną umiejętnością, stanowiąc jedynie pierwszy stopień umożliwiający dalsze studia nad światem pod i nadksiężycowym; 2) wykorzystywana w optyce, astronomii, harmonii i mechanice, zajmuje wyjątkowe miejsce w klasyfikacji nauk, między matematyką, traktowaną jako „praktyczna” umiejętność, a fizyką, traktowaną jako demonstratywna i pewna dyscyplina naukowa[6]. W średniowieczu nauki, dla których matematyka jest właściwą metodą badawczą znane są pod nazwą *scientiae mediae*, a przedmioty ich badań to takie zjawiska jak: ruchy ciał niebieskich, rozchodzenie się światła, harmonika oraz statyka. Tak więc za sprawą Arystotelesa zastosowanie matematyki do opisu świata zostaje ograniczone do jego pewnego wycinka, co znacznie hamuje rozwój fizyki. Stagiryta pozostawiając swym średniowiecznym spadkobiercom teorię ruchu ciał materialnych, która nie dopuszcza zastosowania matematyki, rozerwał świat na dwie części (nad i pod księżycem) podlegające odmiennym prawom mechaniki. Trzeba będzie siedemnastu stuleci, nim uda się przywrócić światu jedność.

W wiekach późniejszych dziedzictwo platońsko-arystotelesowskie zostaje wzbogacone o dzieła Boecjusza i Augustyna, którzy są niepodważalnymi autorytetami dla uczonych średniowiecza. Boecjusz, platonik, doceniając wkład Arystotelesa i tłumacząc wiele jego dzieł na łacinę chciał zharmonizować nauki dwu starożytnych autorytetów i stworzyć przekonanie o ich jedności. Jego definicja fizyki, jako dziedziny zajmującej się materialnymi ciałami w ruchu, tak w rzeczywistości jak i w umyśle, oraz matematyki, która rozważa jedynie niezmienne, mierzalne i policzalne aspekty ciał poruszających się była powszechnie znana i uznawana za rzetelne sprawozdanie słów Arystotelesa. Boecjusz wprowadził trójstopniowy podział nauk, które zajmują się formami w różnym stopniu abstrakcji. Pierwszy stopień zajmuje fizyka, której przedmiotem są formy wyabstrahowane z jednostkowych materialnych bytów, drugi stopień to matematyka, której przedmiotem są formy inteligibilne wyabstrahowane z form sensibilnych i wreszcie stopień ostatni to metafizyka, której przedmioty są oddzielone od wszelkiej materii i dotyczą bytu jako bytu[7]. Obok Boecjuszowej, średniowieczu znana była również klasyfikacja św. Augustyna, który w tym względzie naśladował stoików, dzielących naukę na logikę, fizykę i etykę. Zakres nauk fizycznych obejmować musiał zatem dwie dziedziny, tak skrzętnie przez Arystotelesa separowane, mianowicie matematykę i fizykę. Wprawdzie, zdaniem Augustyna, fizyka sprowadza się do dyscyplin matematycznych w postaci arytmetyki, geometrii, muzyki i astronomii, niemniej to one właśnie służą do opisu całości zjawisk fizycznych[8].

[5] Tamże, s. 48.

[6] Na temat Arystotelesowskiego podziału nauk por. na przykład: J.A. Weisheipl, The Concept of Scientific Knowledge in Greek Philosophy, w: Mélanges a’ la mémoire de Charles de Koninck, Quebec 1968, s. 487–507; tenże, jw., s. 464–468.

[7] Boethius, Commentarii in librum Aristotelis Peri Hermenias C. Meiser, Leipzig 1880, t. II, s. 79–81.

[8] Św. Augustyn, Państwo Boże, Kęty 1998, s. 295–300.

W okresie wczesnego średniowiecza, do chwili pojawienia się pism Arystotelesa, uczeni przyjmowali podział nauk Boecjusza, choć czasami nie rozumieli podanych przez niego definicji. Niektórzy z nich, tak jak Izydor z Sewilli, autor 20-tomowego, ogromnie popularnego dzieła *Etymologie*, stanowiącego przez cały okres średniowiecza kompendium wiedzy, byli przekonani, że pod pojęciem ‘fizyka’ określa się nauki *quadrivium*. W okresie tym nauka ani nie posunęła się zbytnio do przodu ani też nie cofnęła się w tył. Edukacja w zasadzie ograniczała się do siedmiu sztuk wyzwolonych i studiowaniu prawd wiary. Dopiero późniejsze osiągnięcia myślicieli ze szkoły w Chartres, dzielących z Platonem przekonanie o matematycznej strukturze rzeczywistości, przyczyniło się bez wątpienia do późniejszych prób matematyzacji fizyki dokonanych przez uczonych Oxfordu[9].

Istotne zmiany dotyczące rozumienia nauki oraz jej roli w opisywaniu świata pojawiły się wraz z *Analitykami wtórymi* Arystotelesa, które były tłumaczone trzykrotnie w drugiej połowie XII wieku. Najwcześniejszy komentarz do tego dzieła napisał Robert Grosseteste, właściwie pierwszy chrześcijański teoretyk nauki[10]. Grosseteste uważał, że opis świata musi być adekwatny do samej struktury świata. Dlatego też jego przekonaniu o jednolitym podłożu całej rzeczywistości, jakim było światło, towarzyszył pogląd, iż prawa rządzące rozchodzeniem się światła są prawami rządzącymi całą naturą. Przysługująca światłu przyrodzona zdolność do: samopomnażania się, ruchu wzdłuż linii prostych, tworzenia figur i kątów oraz trójwymiarowej przestrzeni czyni optykę podstawą wszelkiej wiedzy fizycznej[11]. Stąd już tylko jeden krok do uznania geometrii za niezbędną metodę wyjaśniania zjawisk świata przyrody. Dziedziną, łatwo poddającą się tego rodzaju opisowi jest również astronomia, kolejna niezmiernie ważna, zdaniem Grosseteste’a, dyscyplina naukowa, przy pomocy której możemy wyjaśnić zjawiska przyrodnicze spowodowane wyższymi przyczynami, jakimi są np. ruchy planet. Zarówno optyka jak i astronomia były uznawane przez Arystotelesa za nauki pośrednie, dla których matematyka była najlepszą metoda badawczą. Grosseteste jest więc w zgodzie z Arystotelesem kiedy mówi, że optyka jest przyporządkowana geometrii, muzyka — arytmetyce, a astronomia — matematyce, tj. arytmetyce i geometrii zarazem[12]. Jednakże przekonanie Grosseteste’a, iż matematyka ma zastosowanie do opisu wszystkich zjawisk fizycznych oraz, że wspomniane dyscypliny posiadają swe niezależne przedmioty prowadziła w rezultacie do wyodrębniania się nauk

[9] Obszerna bibliografie na temat szkoły w Chartres znajdzie czytelnik w: Z. L i a n a, Koncepcja logosu i natury w Szkole w Chartres, Kraków 1996, s. 6–26.

[10] R. G r o s s e t e s t e, Komentarz do *Analityk Wtórych*, tłum. M. B o c z a r, Grosseteste, Warszawa 1994, s. 191–216.

[11] „Użyteczność zastanowienia się nad liniami, kątami i figurami jest niezwykle wielkiej wagi, gdyż bez nich niepodobna zrozumieć filozofii przyrody. Mają one bowiem duże znaczenie w całym wszechświecie i znaczą też bezwzględnie w każdej jego części. Mają również znaczenie w odniesieniu do właściwości pochodnych, jak to ma miejsce z rzeczami w ruchu prostym i kolistym. (...) Niektóre z linii, kątów i figur mogą w działaniu pośredniczyć i kierować tym, co dąży do rzeczy wyższych. Wszelkie bowiem przyczyny skutków naturalnych mogą być wyrażane za pomocą linii, kątów i figur, ponieważ inaczej nie sposób osiągnąć odnoszącej się do nich wiedzy wyjaśniającej (*propter quid*)”. — R. G r o s s e t e s t e, O liniach, kątach i figurach, albo o załamaniu i odbiciu promieni, jw., s. 140. Na temat koncepcji nauki i metafizyki światła por. jw., s. 33–89.

[12] Na temat zagadnienia nauk pośrednich u Grosseteste’a por. jw., s. 106–177.

szczegółowych i waloryzacji metod badawczych właściwych wiedzy przyrodniczej, które są niezależne od założeń metafizycznych.

Do rozwoju nauki i matematyzacji fizyki przyczyniły się znacznie dwie spośród szczegółowych teorii Grosseteste'a. Pierwsza dotyczyła sposobu propagacji światła traktowanego jako namnażanie się światła w funkcji eksponencjalnej (tzn. kwadratów, sześcianów itd.), druga koncepcji nieskończoności, uznawanej przez Grosseteste'a za aktualną. Pierwsze rozwiązanie zaowocowało w wieku XIV nowatorską teorią w dziedzinie równań ruchu, które znaleźć można także w dziele Galileusza[13]. Drugie zapoczątkowało wyrafinowane rozważania dotyczące wielkości ciągłych pokazując konieczność wprowadzenia rachunku różniczkowo-całkowego i jednocześnie przypomniało stary grecki spór zainicjowany przez Zenona z Elei[14]. Zdaniem Grosseteste'a np. linia składa się z nieskończonej ilości niepodzielnych elementów — punktów. A ponieważ cały świat składa się z powierzchni, zaś powierzchnie z linii, zatem w świecie istnieje nieskończoność aktualna. Jej gwarantem jest Bóg — Wielki Mierniczy, który może zliczyć nieskończoną ilość elementów w jednym akcie[15]. Wprowadzenie Boga, jako gwaranta prawdziwości twierdzenia o istnieniu nieskończoności aktualnej przyczyniło się do rozwoju metody badawczej powszechnie stosowanej w wiekach późniejszych polegającej na formułowaniu hipotez naukowych, które muszą spełniać jedynie wymogi logiki, w postaci zasady niesprzeczności, a które niekoniecznie muszą mieć odzwierciedlenie w obserwacji świata. Był to jeden z czynników decydujących o późniejszym rozwoju fizyki matematycznej.

Wiernym uczniem Grosseteste'a uznającym niezbędność stosowania matematyki do badań nad przyrodą był Roger Bacon, który twierdził, iż: *Dowód przy pomocy*

---

[13] Obszerną bibliografię na temat nowych równań ruchu zastosowanych po raz pierwszy przez uczonych Oxfordzkich znajdzie czytelnik m.in. w: J.E. Murdoch, The Medieval Language of Proportions: Elements of the Interaction with Greek Foundations and the Developement of New Mathematical Techniques, w: Scentific Change. Historical studies in the intellectual, social and technical conditions for scientific discovery and technical invention, from antiquity to the present. Symposium on the History of Science. Univeristy of Oxford 9–15 July 1961, London 1963, s. 237–271; tenże, Rationes mathematice: Un aspect du rapport des mathematiques de la philosophie au moyen âge, Paris: Palais de la Decouverte, 1962, s. 37–68; tenże, Mathesis in Philosophiam Scholasticam Introducta: The Rise and Developement of the Application of Mathematics in Fourteenth-Century Philosophy and Theology, w: Arts libéraux et philosophie au moyen âge. Actes du quatrième congrés international de philosophie médiévale, Montréal, 1969, s. 215–254; tenże, Propositional Analysis in Fourteenth Century Natural Philosophy: A Case Study, *Synthese* 40 (1979), s. 117–146; A. Weisheipl, Ockham and some Mertonians, *Medieval Studies* 31 (1968), s. 172–94; E.D. Sylla, Medieval Quantification of Qualities: The Merton School, *Archive for History of Exact Sciences* 8: 1971, s. 9–39; tenże, Compounding Ratios: Bradwardine, Oresme and the First Edition of Newton's *Principia*, w: E. Mendelsohn, Transformation and Tradition in the Sciences, Cambridge Univ. Press, Cambridge 1984, s. 11–43; J.D. North, Astronomy and Mathematics, w: J.J. Catto, R. Evans, History of Oxford, t. II, Oxford 1992, s. 105–162.

[14] Por. na przykład: C. Wilson, William Heytesbury: Medieval Logic and the Rise of Mathematical Physics, Madison: University of Wisconsin Press 1960; N. Kretzmann, Incipit/Desinit, w: P.K. Machamer, R.G. Turnbull, Motion and Time, Space and Matter, Columbus OH, 1976, s. 101–136; J. Murdoch, The Involvement of Logic in Late Medieval Natural Philosophy, Studies in Medieval Philosophy, S. Caroti, Biblioteca di Nuncius. Studi e Testi, 1989, s. 14–28; R. Podkoński, Infinitas mathematicorum et theologorum. Ujęcia nieskończoności w komentarzu do *Sentencji* Ryszarda Kilvingtona (w niniejszym tomie).

[15] R. Grosseteste, O świetle, czyli o pochodzeniu form, tłum. M. Boczar, jw., s. 132–137.

przyczyn ma — jak twierdzi Arystoteles w Analitykach wtórych — z konieczności dużo większą wartość niż dowód za pomocą skutków. Dlatego też skoro w naukach przyrodniczych to właśnie matematyka podaje dowody przy pomocy przyczyn, a filozofia przyrody dowody przy pomocy skutków, matematyk ma większe możliwości dowodzenia praw natury niż filozof przyrody[16]. Przekonanie to towarzyszyć będzie odtąd niemalże wszystkim filozofom wykształconym na uniwersytecie Oxfordzkim.

Nurt przeciwny, dążący do separacji matematyki i fizyki na korzyść łączenia filozofii przyrody z metafizyką był reprezentowany przede wszystkim przez myślicieli działających w tamtym czasie w Paryżu. Również i dla nich istotne znaczenie mają pisma Arystotelesa, przetłumaczone już w całości na język łaciński i włączone, w drugiej połowie XIII wieku, do nauczania uniwersyteckiego. Fizyka, etyka oraz metafizyka obejmują zakres przedmiotów obowiązujących na Wydziale Sztuk, przejmując rolę wiodących nauk. Natomiast matematyka znana już w tamtym okresie z dzieł Euklidesa, Ptolemeusza oraz Boecjusza była lekturą wstępną, ograniczoną do minimum (student musiał wysłuchać jedynie 4-tygodniowego kursu Euklidejskiej geometrii) wykładaną zanim młody człowiek rozpoczął poważne zajęcia[17].

Pogłębione studia nad Arystotelesowską fizyką, która nie dopuszcza możliwości opisu zjawisk przyrodniczych, a przede wszystkim ruchu przy pomocy geometrii, jako że zmiany jakościowe, zachodzące w świecie nie mogą być opisywane przy pomocy wielkości kwantytawnych oraz Arystotelesowska krytyka Platona przyczyniają się do coraz częstszych ataków na zwolenników Platonizmu. Albert Wielki w swojej parafrazie *Metafizyki* skierował ostrze krytyki bezpośrednio przeciw pomysłom platonizujacych Anglików, o których mówiliśmy przed chwilą. Albert twierdził, iż: *Błąd Platona, polegał na całkowicie fałszywym założeniu. Twierdził on bowiem, że przyroda ma u swej podstawy matematykę, a matematyka rzeczy boskie i dlatego zasady natury są tym samym co byty matematyczne*[18]. Zdaniem Alberta, a także Tomasza z Akwinu, błąd Platona polegał przede wszystkim na braku właściwego rozumienia porządku świata i był dwojakiego rodzaju: 1) Platon wyprowadzał wniosek o ‘boskości’ i niezmienności bytów matematycznych opierając się na przesłance, iż wszystkie byty zmienne, materialne muszą mieć zasady swego istnienia, które są niezmienne, proste i boskie 2) Platon mylił podwójne znaczenie pojęcia ‘jeden’, które jest zamienne z pojęciem ‘byt’. ‘Jedność’ jedynki, podstawowej liczby wchodzącej w skład wszystkich innych liczb, nie jest tą samą ‘jednością’ co jedność bytu. Popełniając ten błąd Platon mógł identyfikować

[16] R. B a c o n, Opus Maius, w: J.H. B r i d g e s, The *Opus Maius* of Roger Bacon, Frankfurt 1964, t. I, s. 188–189. Por. także: A.G. M o l l a n d, Colonizing the world for mathematics, w: E. G r a n t, J.E. M u r d o c h, Mathematics and its applications to science and natural philosophy in the Middle Ages, Cambridge Univ. Press 1987, s. 45–51; A. G o g a c z, Kryteria naukowości według Rogera Bacona i Francisa Bacona (w niniejszym tomie).

[17] Na temat recepcji matematyki greckiej w okresie średniowiecza por. na przykład: J.A. W e i s h e i p l, Curriculum of the Faculty of Arts at Oxford in the Early Fourteenth Century, *Medieval Studies* 26 (1964), s. 143–185; D.C. L i n d b e r g, The Transmition of Greek and Arabic Learning to the West, s. 52–90, w: D.C. L i n d b e r g, Science in the Middle Ages, W.A. W a l l a c e, The Philosophical Setting of Medieval Science, tamże, s. 91–119.

[18] A l b e r t, Metaphysica, 1. 1. 1, B. G e y e r, Opera omnia, Cologne 1960, s. 2, 31–33.

jedność matematyczną i jedność metafizyczną (Boga)[19]. Wyraźne rozgraniczenie ‘jedności’ matematycznej i ‘jedności’ metafizycznej uniemożliwia stworzenie całościowej nauki, posługującej się matematyką jako metodą. Skoro struktura rzeczywistości nie jest strukturą geometryczną, to kontemplacja matematyki w żaden sposób, zdaniem Alberta i Tomasza, nie zbliża nas do Boga. Następny krok, jakiego dokonano, aby uniknąć tego typu zarzutów był próbą pogodzenia obydwu sposobów interpretacji Arystotelesa.

Pod koniec wieku XIII i na początku XIV pojawiały się, tak w filozofii jak i teologii, nowe problemy odzwierciedlające fascynacje uczonych tamtych czasów, przekonanych o możliwości zmierzenia wszystkiego. Podejmowana przez nich problematyka filozoficzna i teologiczna obejmowała te aspekty rzeczywistości, które dadzą się przedstawić w zmatematyzowanej formie. Główne zagadnienia nurtujące ówczesnych teologów koncentrowały się przede wszystkim wokół problemów: absolutnej mocy Boga (*potentia absoluta*) oraz mocy skierowanej ku światu ustalającej jego porządek (*potentia ordinata*); transsubstancjacji związanej ściśle z pytaniem o sposób istnienia form przypadłościowych; łaski oraz zasługi i kary; predestynacji i ludzkiej wolnej woli; definicji oraz ‘mierzalności’ stanów emocjonalnych takich jak: miłość, strach, bojaźń, smutek i żal za grzechy. Ta problematyka doskonale poddawała się matematyzacji. W filozofii przyrody na czołowe miejsce wysuwały się zagadnienia szeroko pojętego ruchu, tzn. ruchu lokalnego, zmian substancjalnych i wzrostu, rozważane z innego punktu widzenia biorącego przede wszystkim pod uwagę możliwość ilościowego określenia zmian również jakościowych[20].

Zdaniem historyków filozofii średniowiecznej kilka przyczyn, spowodowało radykalna zmianę zainteresowań XIV-wiecznych myślicieli. Pierwszą z nich miałoby być potępienie z roku 1277, powodujące wzrost zainteresowań fizyką i kosmogonią z powodu uznania za heretyckie tych tez, które ograniczały możność Boga[21]. Jeśli Bóg nie jest ograniczony niczym innym niż zasadą niesprzeczności, to można pomyśleć, że stworzył wiele światów, że świat jest nieskończony, że Ziemia porusza się ruchem prostoliniowym, że mogłaby istnieć próżnia itp. Ta możliwość nie ogranicza się jedynie do stwierdzenia faktu, iż Bóg mógłby to uczynić, lecz prowokuje sformułowania interesujących teorii fizycznych, opisujących np. ruch ciał w próżni. Druga przyczyna to, zdaniem niektórych, penetracja filozofii przyrody przez teologię i niejako wymuszenie zainteresowań problematyką wieczności, nieskończoności i podziału kontinuum, a w rezultacie rozwojem teorii naukowych, które podejmując stare zagadnienia paradoksów Zenona przynoszą

---

[19] Tamże, s. 2, 45–48; T o m a s z z A k w i n u, Suma teologiczna, cz. I O Bogu, (tłum.) P. B e ł c h, OP, London 1975, t. I. s. 185. Por. także J.A. W e i s h e i p l, Nature, Scope and Classification of the Sciences, jw., s. 476–477.

[20] Na temat istotnych zmian zainteresowań uczonych XIV-wiecznych por. na przykład: H. W i e r u s z o w s k i, The Medieval University, Princeton 1966; G. L e f f, Paris and Oxford Universities in the Thirteenth and Fourteenth Centuries, New York 1968; W.J. C o u r t e n a y, Schools & Scholars in Fourteenth-Century England, Princeton University Press, 1987; O. H a l l a m a a, Continuum, Infinity and Analysis in Theology, *Miscellanea mediaevalia*, Bd. 25, 1998, s.375—388.

[21] Takiego zdania jest np. Edward Grant, por. E. G r a n t, The effect of the condemnation of 1277, w: N. K r e t z m a n n, A. K e n n y, J. P i n b o r g, The Cambridge History of Later Medieval Philosophy, Cambridge Univ. Press 1982, s. 537–540.

nowe rozwiązania i kierują uwagę późniejszych uczonych na sytuacje fizyczne wymagające zastosowania zupełnie innego, różniczkowo-całkowego, rachunku matematycznego. Nadto zagadnienie transsubstancjacji miałoby się przyczynić do rozwoju, tak popularnego w wieku XIV innego sposobu miary zjawisk pozwalającego kwantyfikować zmiany jakościowe. Chodzi tu mianowicie o wprowadzenie pojęć *intensio* i *remissio* form przypadłościowych, np. ciepła czy zimna, które zmieniają się wskutek dodawania bądź odejmowania innej formy ciepła lub zimna. Rezultat końcowy tych rozważań to osiągnięcia Mikołaja Oresme, w postaci graficznego przedstawienia zmian jakościowych[22].

Wdaje się także, że znaczny wpływ na istotne zmiany zainteresowań i sposobu uprawiana filozofii i teologii miały zarówno Augustynizm, pielęgnowany w Zakonie Franciszkańskim, któremu towarzyszyło Platońskie przekonanie o matematycznej strukturze rzeczywistości oraz teoria Wilhelma Ockhama ściśle związana z logiką terministyczną i nominalizmem. Ten ostatni stwierdzając, że istnieją tylko rzeczy jednostkowe uczynił przedmiotem fizyki ciało w ruchu opisywane przez przebytą drogę i czas. Ockham przyczynił się tym samym do rozwoju mechaniki, która zaczęła rozpatrywać ruch z dwu punktów widzenia: ze względu na przyczyny (*tamquam penes causam*) i ze względu na skutki (*tamquam penes effectum*)[23]. Szybki rozwój tej problematyki doprowadził czternastowiecznych uczonych do rozróżnienia dynamiki, badającej zależność siły działającej i zmiany prędkości oraz kinematyki wiążącej drogę, czas i prędkość ciała, dając tym samym możliwość sformułowania praw ruchu, które znane były również Galileuszowi[24]. Teza Ockhama uznająca, że jedyne rzeczy trwałe (*res absolutae*) to substancja i jakość, zaś wszystkie pozostałe kategorie Arystotelesa to (*res successivae*), sprowadzane jedynie do sposobu w jaki opisuje się zachowanie rzeczy trwałych umożliwiła wprowadzenie matematyki, tak arytmetyki jak i geometrii, do rozważań fizycznych[25]. Przyszedł właściwy czas by odkryć Euklidesa i Archimedesa na nowo oraz

[22] Por. na przykład E.D. S y l l a, Medieval Concepts of the Latitude of Forms: The Oxford Calculators, *Archives d'histoire doctrinale et litteraire du moyen age* 40 (1973), s. 223–283; t e n ż e, The Oxford calculators and the Mathematics of Motion 1320–1350. Physics and Measurement by Latitudes, New York – London 1991; t e n ż e, Autonomous and Handmaiden Science: St. Thomas and William of Ockham on the Physics of the Eucharist, w: J.E. M u r d o c h, E.D. S y l l a, The Cultural Context of Medieval Learning, Dordrecht 1975, s. 349–396; t e n ż e, Godfrey of Fontains and Motion with Respect to Quantity of the Eucharist, w: A. M a i e r u, A. B a g l i a n i, Studi sul XIV secolo in memoria Annelise Maier, Edizioni di storia e letteratura, Roma 1981, s. 105–141. Por. także przypis 12 i 13.

[23] Na temat filozofii Ockhama i jego wpływu na pokolenia późniejszych myślicieli por.: J.A. W e i s h e i p l, Ockham and some Mertonians, *Medieval Studies* 30 1968, s. 163–213; G. L e f f, William of Ockham. The Metamorphosis of Scholastic Discourse, Manchester University Press, 1975; A. G o d u, The Physics of William of Ockham, Leiden – Köln, 1984; J.E. M u r d o c h, Ockham and the Logic of Infinity and Continuity, w: N. K r e t z m a n n, Infinity and Continuity, s. 170–178.

[24] Na temat średniowiecznych koncepcji ruchu por. na przykład M. C l a g e t t, The Science of Mechanics in the Middle Ages, Univ. of Wisconsin Press, 1959.

[25] Por. wyżej, przypis 22. Także E. J u n g-P a l c z e w s k a, From Oxonian Sources to Parisian Rebellion: Attempts to Overcome Aristotelianism in Fourteenth-Century Physics (referat wygłoszony na Kongresie F.I.D.E.M. Barcelona 7–13.06.1999 — w druku); t e n ż e, The Concept of time in Richard Kilvington, w: G. A l l i n e j, L. C o v a, Tempus, aevum, aeternitas. La concrettualizatione del tempo nel pensiero tardomedievale, Leo S. Olschki, Firenze 2000, s. 187–207.

by uważnie przeczytać dzieła kolegów matematyków z XIII wieku Jordana Nemorariusa, Leonarda Fibonacciego, Roberta Walligforda.

Trudno przecenić wartość Euklidesowej geometrii dla rozwoju czternastowiecznej filozofii, a nawet teologii. Jego metoda i szczegółowe rozwiązania zastosowane w fizyce doprowadziły tę dziedzinę do granicy, którą przekroczyć można jedynie wtedy, gdy wprowadzi się zupełnie nową teorię i całkowicie zrezygnuje z obowiązującego opisu świata. Inaczej mówiąc średniowiecze stanęło przed wyborem między fizyką Arystotelesa a... niestety zabrakło drugiego członu alternatywy. Mimo zaawansowanej i dobrze uzasadnionej krytyki, mimo wykazania licznych braków i błędów w założeniach Arystotelesa nikomu nie udało się stworzyć alternatywnej teorii. Euklides pozostał w służbie Arystotelesowskiej fizyki, choć ona sama zmieniła swe oblicze.

Ryszard Kilvington i Tomasz Bradwardine, inicjatorzy nowatorskich rozwiązań słynnej szkoły Oxfordzkich Kalkulatorów (prace przedstawicieli tej szkoły: Wilhelma Heytesbury'ego, Jana Dumbletona, Ryszarda i Rogera Swinesheadów znane były jeszcze w XVII wieku i doczekały się wielu wydań drukiem) wychodząc z założenia, że matematyka jest właściwą metodą badawczą służącą do opisywania zmian zachodzących w świecie materialnym doszli do wniosku, iż należy ją stosować do opisu całości, a nie tylko części zjawisk fizycznych. Nie tylko, tak jak tego chciał Arystoteles, Grosseteste i Bacon, *scientiae mediae* (astronomia, muzyka, statyka i optyka) podlegają prawom geometrii; również właściwy przedmiot fizyki, materialne ciało w ruchu, powinno być opisywane przy pomocy praw matematyki. To przekonanie dało podstawę do sformułowania kinematycznych i dynamicznych praw ruchu, doskonale znanych i powszechnie komentowanych przez następne dwieście lat, opisujących ruchy jednostajne i zmienne[26]. Umożliwiło ono także konceptualizację fizyki i wprowadzenie rozważań skupionych na przykładach hipotetycznych (*secundum imaginationem*) pozwalających zrezygnować z Arystotelesowskiego dogmatu, iż fizyka musi opisywać obserwowalny świat obiektów materialnych[27]. Dzieła uczonych tamtego okresu pełne są spekulacji na temat np. ruchu ciała tracącego na wadze i tym samym stawiającego mniejszy opór, w niejednorodnym ośrodku, którego gęstość zmienia się niejednostajnie; ruchu w próżni; zmian jakościowych związanych np. z niejednorodnym ocieplaniem przedmiotu w jednym jego końcu a ogrzewaniem w innym[28].

Czytając prace z tamtego okresu ma się wrażenie, że wszystkie, najbardziej skomplikowane sytuacje fizyczne, zostały przez ich autorów opisane, rozważone i rozwiązane. Przy czym rozwiązania prawidłowego nie można odnaleźć nigdzie,

[26] Tamże, przypisy 20–24.

[27] Por. na przykład C. W i l s o n, William Heytesbury, jw., s. 24–25; E.D. S y l l a, Mathematical physics and imagination in the work of the Oxford Calculators: Roger Swineshead's On Natural Motion, w: E. G r a n t, J. M u r d o c h, Mathematics and its implications to science and natural philosophy in the Middle Ages, Cambridge Univ. Press. 1987, s. 85–96; t e n ż e, Imaginary Space: John Dumbleton and Isaac Newton, *Miscellanea Mediaevalia*, Bd. 25, 1998, s. 206–225.

[28] Doskonałym przykładem tego typu rozważań są dzieła Ryszarda Kilvingtona (por. E. J u n g-P a l c z e w s k a, Motion in a Vacuum and in a Plenum in Richard Kilvington's Question: Utrum aliquod corpus simplex posset moveri aequae velociter in vacuo et in pleno from the 'Commentary on Physics', *Miscellanea Medievalia*, Bd. 25, s. 180–193), Williama Heytesbury'ego (por. C. W i l s o n, jw.), Mikołaja z Oresme (por. M. C l a g e t t, Nicole Oresme and the Medieval Geometry of Qualities and Motions, The Univ. of Wisconsin Press 1968, s. 78–81).

właściwie jest to forma zabawy pokazująca niespójność i absurdy założeń fizyki Arystotelesa. Trzeba jednak pamiętać, iż tego typu działalność prowadzi często do sformułowania nowych teorii o kapitalnym znaczeniu, choć nie ma ona odzwierciedlenia w obowiązującej teorii fizycznej. Najlepszym, współczesnym przykładem może być inny sposób pomyślenia o świecie, który był udziałem Einsteina. Dlatego też nie należy lekceważyć średniowiecznych gier intelektualnych, bowiem były one często wzorem godnym naśladowania, nawet dla współtwórcy rachunku różniczkowo-całkowego — Leibniza, który uznawał Ryszarda Swinesheade'a — Kalkulatora za najwybitniejszego filozofa i matematyka średniowiecza. Doprowadziły one w rezultacie do przekonania, wyrażonego przez Mikołaja z Oresme, bardzo bliskiego współczesnej fizyce, iż matematyka jest narzędziem, najlepiej opisującym świat, pewnym przybliżeniem stworzonym przez naszą wyobraźnię[29], stanem idealizacyjnym, z którym nigdy nie mamy do czynienia w świecie zjawisk.

Hipotetyczne przypadki, efekt ludzkiej wyobraźni, rozważane w filozofii przyrody musiały spełniać jedynie warunek niesprzeczności, który obowiązuje także Boga. Bóg ze swej strony, korzystając ze swojej nieskończonej absolutnej mocy, mógłby, zdaniem wielu XIV-wiecznych myślicieli, stworzyć inny świat, bądź nie stworzyć go w ogóle; spowodować, że przeszłość nie miałaby miejsca bądź dać człowiekowi intuicje rzeczy nieistniejącej. Nie mógłby zrobić tego ze względu na swą moc skierowaną ku światu, gdyż ta wprowadziła już określony porządek w ten świat i, bez specjalnej interwencji Boga, nie może on podlegać zmianom niezgodnym z prawami już ustanowionymi[30]. Wydaje się więc, że wyobraźnia naukowa w średniowieczu dotyczyła opisu światów możliwych, które mieszczą się w granicach poznania ludzkiego i są zagwarantowane absolutną mocą Boga. To właśnie tutaj jest miejsce na matematykę; Bóg znów może być nazwany Wielkim Mierniczym, zdolnym ogarnąć to, co nieskończone, choć człowiek nie jest w stanie przeliczyć materialnej nieskończoności; ma jednak możliwości przedstawić ją sobie matematycznie. Tak oto daje się połączyć przekonanie angielskich uczonych o matematycznej strukturze rzeczywistości gwarantowanej 'jednością' matematyki i odzwierciedlającej *potentia ordinata* Boga z przekonaniem Tomasza z Akwinu, o metafizycznie zupełnie różnej 'jedności' Boga utożsamianej z Jego *potentia absoluta*.

Poszukiwania późniejszych, siedemnastowiecznych filozofów, były daleko bardziej efektywne w budowaniu wizji świata zmatematyzowanego. Do najwybitniejszych postaci, które przyczyniły się do zmiany modelu świata należeli Galileusz i Kartezjusz[31]. Ten pierwszy był pod wielkim wpływem Archimedesa i przykładał ogromną wagę do jego prac z zakresu mechaniki, przyczyniając się do sformułowań

[29] Na temat wpływu filozofii oxfordzkiej na uczonych paryskich por. np. E.D. S y l l a, Transmission of the New Physics of the Fourteenth century from England to the Continent, Leo Olschki (red.) 1997, s. 65–110. W pracy tej czytelnik znajdzie obszerną bibliografię.

[30] Na temat *potentia absoluta* i *potentia ordinata* Boga por. na przykład: A. F u n k e n s t e i n, Theology and the Scientific Imagination from the Middle Ages to the Seventeenth Century, Princeton Univ. Press 1986, s. 124–152.

[31] Por. na przykład M. C l a g e t t, jw.; G. M o l l a n d, jw., s. 60–61; E.D. S y l l a, Galileo and the Oxford Calculatores: Analytical Languages and the Mean Speed Theorem for Accelerated Motion, w: W.A. W a l l a c e, Reinterpreting Galileo, Washington 1986, s. 53–108; t e n ż e, Imaginary Space, jw., s. 206–224.

głównych tez mechanistycznych Kartezjusza i zamiany jednego utopijnego przekonania, iż świat daje się opisać w języku Stagiryty do drugiego, iż świat, jako całość jest maszyną, której poszczególne części działają zgodnie z prawami mechaniki. Obydwa te przekonania runęły w gruzach; pierwsze za sprawą mechaniki i matematyki wynalezionej przez Newtona, drugie za sprawą teorii relatywistycznej i teorii względności. Tak oto historia nauki pokazuje nam, że wiele ścieżek, wydeptanych wcześniej przez wyobraźnię uczonych, a odnalezionych po wiekach nadaje się jedynie do romantycznych spacerów i nie wskazuje nigdy więcej właściwej drogi rozwoju.

NATURA MORE GEOMETRICO: THE MIDDLE AGES AS MEDIATOR IN THE RECEPTION OF GREEK MATHEMATICS FOR PHYSICS

SUMMARY

Both of the two great philosophical traditions of Antiquity: Platonism and Aristotelianism were well received in the Middle Ages. Each of them, however, adopted a different division of sciences and accordingly placed mathematics in entirely different environment. For Plato, mathematics was not only a method of description of the world but also a science of its own, since its objects had the status of *real* being (like the ideas). On the contrary, for Aristotle mathematics did not merit the status of a separate science; on the one hand it was subordinate to practice, on the other, it could serve to describe a section of the world only, i.e. those parts that are subjects for optics, astronomy, mechanics, harmony.

The early medieval tradition followed Boethius in trying to reconcile Plato and Aristotle. This tendency can still be observed in the 12th century, especially in the Chartres School, whose representatives were certain that the structure of reality is reflected in mathematics, which is, thus, a suitable tool in physics. This belief was also shared by Robert Grosseteste, who was the first theoretician of science. The reception of Aristotle had gradually made the medieval scholars aware that his opinions cannot be reduced to the Platonic conceptual framework. Albert the Great and Thomas Aquinas joined physics and metaphysics together, excluding mathematics and thus reduced it to mere calculations. The 14th century scholars returned to the discarded doctrines of Grosseteste, taking mathematics for the proper method of physics. This attitude resulted in the discovery of a new calculus that could be applied not only to the disciplines mentioned by Aristotle (*scientiae mediae*) but also to all other realms of speculation, including physics.

The new calculus gave rise to numerous hypotheses (*secundum imaginationem*) that analysed the weirdest and most complicated situations a physicist could imagine. Their conclusions brought the scientists to the threshold of a new physical model of the world pointing at the clear deficiencies of the Aristotelian doctrine. Unfortunately, medieval scholars were unable to take the decisive step forward and reject the obsolete theory. Thus, the greatest merit of the 14th century physicists lies in their ability to construct scientific hypotheses that exceed observation, opening way for theoretical analysis of other „possible worlds”. Such attitude seems to be close to that of modern physics, which is able to penetrate the universe farther than sight can reach.