Przegląd Filozoficzny – Nowa Seria
R. 29: 2020, Nr 2 (114), ISSN 1230–1493
DOI: 10.24425/pfns.2020.133140

Elżbieta Jung

# Czy średniowieczna matematyczna teologia i filozofia przyrody wpłynęły na rozwój myśli nowożytnej?

**Słowa kluczowe:** *nauka średniowieczna, historia fizyki, Oksfordzcy Kalkulatorzy, matematyczna teologia, matematyczna filozofia przyrody*

Tytuł artykułu domaga się pewnego uściślenia. Mianowicie panuje powszechne przekonanie, że nowożytna nauka zaczęła się rozwijać przede wszystkim za sprawą wprowadzenia matematyki do filozofii przyrody. Ten fakt spowodował całkowicie odmienną interpretację praw przyrody, a właściwie zapoczątkował ich poszukiwanie. Chcę pokazać, że już w wiekach średnich matematyka była uważana za właściwą metodę w filozofii przyrody; stosowano ją także do teologii. A skoro tak było, to główne pytanie jest dobrze postawione, a odpowiedź na nie jest moim głosem w dyskusji, która trwa już od lat 20. XX wieku.

W podręcznikowych opracowaniach historii filozofii średniowiecznej zdecydowanie najmniej miejsca poświęca się średniowiecznej nauce. Dla przykładu: *Historia filozofii chrześcijańskiej w wiekach średnich* autorstwa Etienne Gilsona, wydana po raz pierwszy w 1955, na polski przetłumaczona w roku 1966, bardzo popularna, bez wątpienia z racji na jej wnikliwość i obszerną prezentację bogatego materiału źródłowego oraz literatury przedmiotu, liczy 800 stron wraz z bogatymi przypisami – wśród szczegółowo omawianych zagadnień filozoficznych, należących do takich dziedzin jak metafizyka, epistemologia, etyka, antropologia, psychologia, kosmologia a także teologia – poświęca filozofii przyrody i metodologii nauki, w tym logice, ok. 50 stron, czyli 6,25% całości materiału omawiającego kulturę

Elżbieta Jung, Uniwersytet Łódzki, Instytut Filozofii, ul. Lindleya 3/5, 90-131 Łódź; e-mail: elzbieta.jung@uni.lodz.pl, ORCID: 0000-0003-3792-9799.
Artykuł jest rezultatem projektu badawczego finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki 2015/17/B/HS1/02376.

średniowiecza i jej znaczenie. Inne prace z zakresu historii filozofii średniowiecznej, w tym również polskich autorów, idą tym samym tropem.

Czy możemy wobec tego wnioskować, że nauka nie odgrywała w średniowieczu żadnej roli? Proste zaprzeczenie tej tezy stanowią dla odmiany liczne „historie nauki średniowiecznej", poczynając od monumentalnych prac Pierre'a Duhema: *Etudes sur Léonard de Vinci* (3 tomy), czy 10--tomowego dzieła *Le système du monde*, wydawanego w latach 1906–1959. Badania Duhema kontynuowali m.in. Lynn Thorndike[1], Annelise Maier, która wnikliwie analizując przede wszystkim średniowieczne rękopisy, poświęciła nauce średniowiecznej liczne prace[2], Alistair Crombie[3], Marshall Clagett, który przede wszystkim zajmował się średniowieczną nauką o ruchu – mechaniką[4], Edward Grant[5], John Murdoch[6], David Lindberg[7] i wielu innych[8]. Literatura przedmiotowa jest obecnie bardzo bogata i oprócz pojedynczych opracowań są dostępne prace zbiorowe, które publikują materiały z licznych konferencji poświęconych średniowiecznej matematycznej filozofii przyrody i teologii, metodologii nauk i logice. Obecnie w Europie istnieje wiele ośrodków zajmujących się średniowieczną nauką, m.in. we Francji, Niemczech, Austrii, we Włoszech i w Polsce. Na tle nauki światowej polska mediewistyka ma znaczące osiągnięcia w dziedzinie historii nauki średniowiecznej. Badania zapoczątkowane przez Konstantego Michalskiego oraz Aleksandra Birkenmajera z wielkim powodzeniem kontynuowali m.in. Stefan Swieżawski, Zdzisław Kuksewicz, Mieczysław Markowski, Stanisław Wielgus, Juliusz Domański, Mieczysław Boczar, Ryszard Palacz, Małgorzata Frankowska-Terlecka, Adam Czartoryski, Grażyna Rosińska. Ja poświęciłam większą część mojej pracy naukowej studiom nad historią średniowiecznej matematycznej filozofii przyrody i teologii. Osobne badania dotyczą historii astronomii, przede wszystkim związane z takimi wielkimi polskimi uczonymi jak Witelo i Mikołaj Kopernik (literatura przedmiotowa jest ogromna, a polscy uczeni mają znaczące w tej dziedzinie osiągnięcia).

Do początku XX wieku dominował pogląd, że okres poprzedzający XVII-wieczną rewolucję naukową nie miał żadnego znaczenia. Jednak na początku XX wieku Pierre Duhem odkrył ślady wpływu średniowiecznej nauki w teoriach naukowych XVII wieku i twierdził, że współczesna nauka była produktem średniowiecza. Jego zdaniem, osiągnięcia francuskich filozofów

[1] Thorndike 1923–1934.
[2] Zob. m.in. Maier 1952; Maier 1958.
[3] Crombie 1959; polskie tłumaczenie: Crombie 1960.
[4] Clagett 1964–1980; Clagett 1959; Clagett 1967.
[5] Grant 1981a; Grant 1981b; Grant 2010; po polsku: Grant 1996.
[6] Murdoch 1969; Murdoch 1974; Murdoch 1982.
[7] Lindberg 1992.
[8] Obszerną bibliografię znaleźć można w: Jung[-Palczewska] 2002b.

i teologów z XIV wieku odegrały kluczową rolę w rozwoju teorii Galileusza i Kartezjusza. Duhem był również przekonany, że współczesna nauka powstała po 1277 r. na Uniwersytecie Paryskim, kiedy biskup Stéphane Tempier potępił 219 błędnych tez w filozofii i teologii[9], uwalniając w ten sposób średniowieczną naukę od ograniczeń arystotelesowskich. Reakcja na tezy Duhema była różnorodna: niektórzy historycy, jak np. Alistair Crombie, uważali, że rzeczywiście udało mu się odkryć XIV-wiecznych prekursorów Galileusza; nastawienie innych do tezy o ciągłości nauki było mniej entuzjastyczne. Należeli do nich również Annelise Maier i Marshall Clagett. Jednakże Clagett, jak Crombie, był skłonny uznawać, że nauka, a właściwie – jak wynika z tytułu jego pracy – średniowieczna mechanika dała narzędzie, w postaci matematyki, dla rozwoju teorii Galileusza. W *The Science of Mechanics* Clagett umieszcza słownik terminów, który przekłada pojęcia stosowane przez średniowiecznych „fizyków" na terminologię obecnej mechaniki. Taki zabieg powoduje, że niejednokrotnie w tłumaczeniach bądź w literaturze przedmiotowej spotykamy rozważania, które wydają się podawać prawidłowe rozwiązania problemów fizycznych podejmowanych przez nowożytnych myślicieli i zadziwiają nas faktem, że średniowieczni uczeni, znając rozwiązania szczegółowych problemów, nie potrafili sformułować prawdziwych teorii. Natomiast według Maier, szczególnie późnośredniowieczne koncepcje natury francuskich i angielskich uczonych, którzy utorowali drogę późniejszej nauce, tworząc założenia, które posłużyły jej za punkt wyjścia, można uznać za wstępny etap i przygotowanie do „fizyki klasycznej". W ciągu następnych kilku dziesięcioleci badania nad historią średniowiecznej nauki wykroczyły poza wspomniane konstatacje.

Okres średniowieczny jest obecnie badany w jego kontekście kulturowym. Oznacza to, że uwaga historyków myśli skierowana jest na tematy ważne dla średniowiecznych, a nie współczesnych myślicieli; tym samym historycy nauki i filozofii spośród bogatej spuścizny średniowiecza nie „wybierają" już tematów, ważnych z punktu widzenia nowożytnej nauki; i dalej, oznacza to włączenie przede wszystkim teologii w zakres zainteresowań historyków myśli naukowej. Wyniki najbardziej znaczących badań skierowały dalsze poszukiwania źródeł nauki średniowiecznej na szeroki kontekst jej intelektualnego *milieu*, tak w aspekcie dziedziczonej tradycji grecko-arabskiej, jak sposobu nauczania uniwersyteckiego, który kształtował określone metody badawcze.

Te liczne badania naukowe utwierdzają nas w przekonaniu, że w średniowieczu istniała matematyczna filozofia przyrody i teologia. W swoim artykule postaram się ją przedstawić ograniczając się do „fizyki matematycznej" i „matematycznej teologii"; nie będę się zajmować medycyną, farmakologią ani szczegółową astronomią. Ponieważ w swoim najnowszym artykule przedsta-

[9] Polskie tłumaczenie tez potępionych: Stefan Tempier 2002.

wiłam pokrótce historię recepcji dorobku greckich i arabskich matematyków i filozofów przyrody[10], tym razem przedstawię inne jej aspekty i skupię się przede wszystkim na osiągnięciach angielskich myślicieli.

Jedynie dla przypomnienia zwracam uwagę na kilka tez wielokrotnie powtarzanych przez historyków średniowiecznej myśli. Po pierwsze, średniowieczna nauka najwięcej zawdzięcza Arystotelesowi, którego dzieła wszystkie były znane w wieku XIII, a od połowy tego wieku zajęcia ze studentami na wszystkich uczelniach średniowiecznych sprowadzały się do czytania, komentowania i dyskutowania przede wszystkim jego dzieł logicznych oraz *Fizyki*, *O powstawaniu i ginięciu*, *Metafizyki* i *Etyki*; czytano także tzw. *Parva naturalia*. Po drugie, nauczyciele akademiccy nauczali matematyki, tj. nauk *quadrivium*: algebry, geometrii, muzyki i astronomii, na podstawie podręczników i dzieł z okresu helleńskiego oraz prac myślicieli arabskich. Po trzecie, i moim zdaniem najważniejsze, w średniowieczu, tak jak w starożytnej Grecji i nauce arabskiej, przekonanie o wyższości nauk teoretycznych nad wytwórczymi (*technai*) spowodowało, że myśliciele tamtych czasów poszukiwali prawdy rozwijając przede wszystkim filozofię i teologię, które są środkiem do ostatecznego celu, jakim jest Mądrość i Dobro. Za ten stan rzeczy – moim zdaniem – odpowiada przede wszystkim Arystoteles i jego nauczyciel – Platon. Należy pamiętać, że kiedy Arystoteles dzieli nauki na teoretyczne (fizykę, matematykę i metafizykę/teologię) oraz praktyczne (etykę, politykę, ekonomikę), to zdecydowanie odróżnia je od umiejętności typu *techne*, która niezależnie od tego, czy jest umiejętnością robienia wygodnych sandałów, przygotowywania smacznych potraw lub budowania łaźni i ogromnych świątyń, jest jedynie określoną sprawnością, której opanowanie ułatwia życie, ale nie uczy mądrości, nie rozwija cnót i nie ułatwia poznania Dobra. *Techne* to tylko „umiejętność”, która nie domaga się teoretycznych wyjaśnień i nie przyczynia się do budowania naukowych teorii opisujących wykorzystywane praktycznie zjawiska. Greccy filozofowie, starający się podać satysfakcjonujące, spójne teorie dotyczące powstawania i funkcjonowania świata przyrody, nie korzystali z wiedzy „rzemieślników”.

Myśliciele łacińscy i arabscy, dzięki dziełom Arystotelesa, dostali „gotowy” słownik filozoficzny oraz bogaty „zestaw” filozoficznych zagadnień, które pokrywały wszystkie dziedziny wiedzy. Jednak w islamie do nauk zaliczano więcej dziedzin, a matematykę uznano za właściwą metodę naukową. Al-Farabi, którego prace znane były kulturze zachodniej dzięki przekładom Gundisalviego z XII wieku, twierdził że tak arytmetyka, jak geometria służą do prawdziwego opisu rzeczywistości i są metodą, czy też właściwym narzędziem dla uprawiania filozofii, a nie tylko logika, jak sądził Arystoteles. Arytmetyka była nauką pierwotną, następną geometria, później astronomia, opisująca ruch

[10] Zob. Jung 2020a.

ciał niebieskich, a na końcu muzyka, łącząca uniwersum w harmonijną całość za pomocą proporcji. Co więcej, w świecie islamu wytwórca-naukowiec był normą, a nie aberracją. Zależność teorii od dobrze skonstruowanego instrumentu oznaczała, że teoria i praktyka były konieczne dla rozwiązywania problemów naukowych. Było to szczególnie dobrze widoczne w astronomii i optyce. Osiągnięcia islamu w zakresie nauk kwadrywialnych możemy podsumować przede wszystkim jako: poszerzenie pola matematyzacji, odkrycia dotyczące algebry i trygonometrii, a także praktyczne wykorzystanie tych odkryć w optyce i astronomii, oraz wprowadzenie i odnowienie nauki Arystotelesa, głównie przez Awempacego, Ibn Tufajla, Awicennę, Awerroesa (ten ostatni napisał komentarze do dzieł wszystkich Arystotelesa i w średniowieczu nazywany był Komentatorem). Koncepcje Awerroesa, który przedstawiał w swoich komentarzach poglądy innych arabskich filozofów, były inspirujące dla znakomitej większości średniowiecznych myślicieli od wieku XIII aż do czasów Renesansu.

Ze wszystkimi osiągnięciami nauki arabskiej Zachód będzie się sukcesywnie zapoznawał aż do wieku XII. Ciągły rozwój nauki i nauczania zaczął się od czasów „renesansu karolińskiego”, kiedy nastąpiło odnowienie sztuk wyzwolonych na dworze Karolingów we Francji. Wieki X i XI nie tylko zainicjowały pierwszą „rewolucję” agrarną, handlową i wytwórczą, ale w tym czasie również wielka ilość greckiej i arabskiej spuścizny naukowej, dotąd nieznanej, była przyswajana przez Zachód. Wiek XII, jak twierdzi wielu historyków myśli[11], jest kluczowy dla rozwoju nauki, który obserwujemy w przekładach, transmisji i asymilacji nowych idei. Na początku XII w. dostępne były już przekłady *Elementów* i *Optyki* Euklidesa; w 1126 r. Adelard z Bath przetłumaczył traktat o trygonometrii i tablice astronomiczne Al-Khwarizmiego; w 1145 r. Robert z Chester przetłumaczył na łacinę *Algebrę*. Te teksty otworzyły drogę dla rozwoju nauk matematycznych w wiekach późniejszych. W latach 60. XII w. znany był *Almagest* w przekładzie z greki i arabskiego. Tłumaczenia z greki nigdy właściwie nie ustały; zaczęło się od Boecjusza, przez Eriugenę w IX wieku, ale ich ilość znacznie wzrosła w wieku XII, szczególnie na Sycylii, gdzie zawsze znajdowały się gminy greckie i biblioteki z greckimi książkami, jak również utrzymywano ścisłe kontakty z Bizancjum. Jakub z Wenecji przetłumaczył dzieła Arystotelesa oraz niektóre prace z matematyki i astronomii, jak *Almagest* czy *Elementy*. Ta tłumaczeniowa aktywność była kontynuowana w wieku XIII przede wszystkim przez Wilhelma z Moerbeke, który dostał polecenie przetłumaczenia prac Arystotelesa z greki na łacinę; przetłumaczył również prace komentatorów Arystotelesa oraz kilka prac Archimedesa z matematyki.

[11] Zob. np. Frankowska-Terlecka 1976; Frankowska-Terlecka 2006.

Równie istotny element dla rozwoju nauki to encyklopedie i „sumy", całościowo przedstawiające wiedzę danej epoki. W II w. n.e. wiedza naukowa w świecie greckim i rzymskim zaczęła się krystalizować do formy znanej w wiekach średnich, mianowicie encyklopedii. Pierwszą encyklopedią było dzieło Teona ze Smyrny: *Wiedza matematyczna użyteczna dla studiowania Platona*. Następne dzieła w formie encyklopedii zostały napisane przez Chalcydiusza, Pliniusza, Ptolemeusza i Galena. Jednak prawdziwa recepcja encyklopedii zaczęła się wraz z kształtowaniem kultury łacińskojęzycznej i odejściem od greki, czyli ok. IV wieku. Wtedy Firmicus Maternus napisał *Matheseos*, który zbierał wiedzę o antycznej astronomii; Chalcydiusz zaznajomił wczesne średniowiecze z tym, co sam wiedział o Platońskim *Timajosie*; Marcjan Capella w swych *Zaślubinach Filologii z Merkurym* streścił całą wiedzę na temat siedmiu sztuk wyzwolonych (arytmetyki, geometrii, muzyki, astronomii, gramatyki, dialektyki i retoryki). Tradycja encyklopedyczna była istotnym elementem kształtującym średniowieczną kulturę[12]. Po pierwsze, encyklopedie, jako zbiór poglądów i teorii ze starożytnych greckich i arabskich źródeł, przekazywały je następnym pokoleniom. Po drugie, starały się połączyć naukową prawdę z tym, co obserwujemy, i przekazywały posłanie, że zjawiska zakrywają wewnętrzną formalną strukturę rzeczywistości, której poszukujemy.

Linię graniczną między starożytnością i średniowieczem stanowi, będąc jednocześnie wielką inspiracją dla tego ostatniego, Boecjusz (Anicius Manlius Torquatus Severinus), dwujęzyczny filozof, który miał ambicje przetłumaczenia dzieł wszystkich Arystotelesa i Platona. Udało mu się przetłumaczyć większość prac Arystotelesa należących do tzw. Logiki Starej oraz *Isagogę* Porfiriusza. Przyczynił się do spopularyzowania arystotelesowskiego podziału filozofii na teoretyczną i praktyczną. Napisał dzieła logiczne, a także traktat o arytmetyce i muzyce, które stały się źródłem inspiracji, jak twierdzi Edyta Sylla, do stworzenia w XIV wieku „rachunku proporcji", umożliwiającego sformułowanie nowej reguły ruchu[13], która wydaje się być jednym z największych osiągnięć średniowiecznej fizyki teoretycznej.

Za najlepszą średniowieczną klasyfikację nauk uważa się często dzieło Roberta Kilwardby'ego *De ortu et divisione scientiarum*, które ze względu na swą zwartą, logiczną strukturę wydaje się być pracą najbardziej filozoficzną. Główna idea tego dzieła to przekonanie o równej wartości nauk praktycznych i teoretycznych. Dyscypliny teoretyczne mają również aspekty praktyczne, a nauki i umiejętności praktyczne wykorzystują podstawy teoretyczne, aby zaspokoić różne potrzeby człowieka[14].

---

[12] Więcej nt. encyklopedii w średniowieczu zob. Frankowska-Terlecka 1984.
[13] Zob. Sylla 2008.
[14] Frankowska-Terlecka 1976, s. 41–42.

Uniwersyteckie nauczanie dziedzin kwadrywium nie było dobrze rozwinięte. Nauki matematyczne traktowano jako nauki przygotowawcze. Jednak w Oksfordzie w wieku XIII i XIV wykładano arytmetykę na podstawie *Arytmetyki* Boecjusza i *Księgi Algorismus* przypisywanej Janowi Sacrobosco oraz ks. VII–X *Elementów* Euklidesa; geometrię na podstawie ks. I–VI *Elementów* i *De quantitatibus datis* Euklidesa, *De triangulis* Jordana z Nemore, *Tractatus quadrantis* Roberta Anglika. Optykę na podstawie *Optyki* Euklidesa i Ptolemeusza, *De aspectibus* Alhazena, prac Rogera Bacona i Jana Peckhama. Dzieła z zakresu statyki, głównie o ciężarach, także wchodziły w zakres studiów nad geometrią. Nauczanie arytmetyki i geometrii zajmowało ok. 10 tygodni, ale jeśli ktoś chciał studiować te dziedziny dogłębniej, miał taką szansę na większych uniwersytetach. Astronomia była bardziej poważana jako sztuka, która uczyła jak obliczać czas i układać kalendarz; nauczano jej na podstawie Ptolemeusza i innych prac, głównie arabskich, z tego zakresu. W Oksfordzie astronomia i jej nauczanie były dobrze rozwinięte, ale aby zaliczyć kurs, wystarczyło znać pracę Roberta Grosseteste'a *Computus*, która uczyła astronomii praktycznej, oraz traktat *De sphera* Jana z Sacrobosco. Na Wydziale Sztuk wykładano również teorię muzyki Boecjusza.

Od samego początku Uniwersytet Oksfordzki i Paryski różniły się co do podejścia do nauk matematycznych. Podczas gdy w Paryżu skupiano się przede wszystkim nad komentarzami do dzieł Arystotelesa, w tym zwłaszcza *Metafizyki i Etyki*, w Oksfordzie przykładano dużo uwagi do pogłębionych studiów logiki, matematyki i filozofii przyrody[15]. Tę tradycję zapoczątkował pierwszy kanclerz Uniwersytetu Oksfordzkiego Robert Grosseteste (1168–1253), właściwie pierwszy chrześcijański teoretyk nauki. W swym komentarzu do *Analityk wtórych* Arystotelesa stwierdza, że opis świata musi być adekwatny do jego struktury. 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 prostej, tworzenia figur i kątów oraz trójwymiarowej przestrzeni czyni geometrię podstawą wszelkiej wiedzy fizycznej[16]. Moim zdaniem, do rozwoju nauki i matematyzacji fizyki przyczyniły się przede wszystkim dwie spośród

---

[15] Zob. np. Jung[-Palczewska] 2000b, s. XVIII–XLII.

[16] Grosseteste mówi: „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*)". Boczar 1994, s. 158.

szczegółowych teorii Grosseteste'a. Pierwsza dotyczyła sposobu propagacji światła, traktowanej jako namnażanie się światła w funkcji eksponencjalnej (tzn. kwadratów, sześcianów itd.), druga – koncepcji nieskończoności, uznawanej przez Grosseteste'a za nieskończoność aktualną. Pierwsze rozwiązanie zaowocowało w wieku XIV nowatorską teorią w dziedzinie równań ruchu, które znaleźć można także w dziele Galileusza. Drugie zapoczątkowało wyrafinowane rozważania dotyczące podziału wielkości ciągłych, pokazując konieczność wprowadzenia rachunku całkowego, i jednocześnie przypomniało stary grecki spór zainicjowany przez Zenona z Elei. Zdaniem Grosseteste'a np. linia składa się z nieskończonej ilości niepodzielnych elementów – punktów. A ponieważ cały świat składa się z powierzchni, a powierzchnie z linii, zatem w świecie istnieje nieskończoność aktualna. Jej gwarantem jest Bóg – Wielki Mierniczy, który może zliczyć nieskończoną ilość elementów w jednym akcie. Tym samym matematyka, jak wcześniej utrzymywał Ptolemeusz, jest pośrodku między fizyką i teologią, i zachowuje własności ich obydwu. 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 pokrywać się z danymi wynikającymi z obserwacji świata. Był to jeden z czynników decydujących o późniejszym rozwoju fizyki matematycznej.

Wiernym uczniem Grosseteste'a, postulującym konieczność reformy nauki, opartej na nowej teorii wiedzy i nowych metodach jej uprawiania oraz nowym programie studiów, mającym doprowadzić do realizacji planu Bożego, był Roger Bacon. Podstawy tej reformy Bacon wyłożył w *Opus maius*. Dzieło to składa się z 7 części, które zawracają uwagę na pożytek, jaki płynie dla człowieka, społeczeństwa i Kościoła ze studiowania filozofii i teologii: pierwsze dwie mówią o przyczynach ignorancji oraz stosunku filozofii do teologii, następne poświęcone są kolejno: użyteczności, jaka płynie ze studiowania języków, matematyce, optyce, wiedzy eksperymentalnej i ostatecznie filozofii moralnej. Omawiane dyscypliny są uszeregowane według przydatności jednych nauk dla drugich. Tadeusz Włodarczyk pisze:

> Program odnowy nauk polegający przede wszystkim na opracowaniu niezawodnej metody, można – zdaniem Bacona – realizować dopiero wtedy, gdy zostaną usunięte wszelkie dotychczasowe przeszkody hamujące rozwój nauki. Bacon widzi cztery główne przeszkody zagradzające drogę ku prawdzie, uszeregowane hierarchicznie, od najmniej szkodliwej do najgroźniejszej: uleganie bezwartościowemu autorytetowi, wpływom powszechnie przyjętych zwyczajów i przesądom niewykształconego tłumu, oraz ukrywanie własnej ignorancji, połączone z manifestowaniem rzekomej mądrości[17].

---

[17] Włodarczyk 2002, s. 61.

Wierny uczeń Grosseteste'a, Bacon, także uznaje, że matematyka, a przede wszystkim geometria, która jest wiedzą demonstratywną i tym samym dostarcza pewnych dowodów, jest właściwą metodą badania i opisywania struktury świata. Jednakże metoda naukowa Bacona jest wzbogacona, w stosunku do teorii Grosseteste'a, o ważny element, jakim jest wiedza eksperymentalna (*scientia experimentalis*). Zdaniem Bacona, pewność poznania gwarantuje jednoczesne zastosowanie obydwu metod: matematyki i eksperymentu. Jak mówi: „ostatecznie nie przekonamy się, że ogień pali, jeżeli nie włożymy doń ręki". Wiedza eksperymentalna pozwala na weryfikację wniosków innych dyscyplin, łączenie różnych dyscyplin oraz praktyczne zastosowanie ich osiągnięć. Zdaniem Bacona: „wszystkie nauki są połączone i wzajemnie wspierają się między sobą jak części jednej całości". Jednocześnie Bacon uważa, że cała mądrość, w postaci nauki, filozofii i teologii, jaka została dana przez jednego Boga, ma służyć jednemu ostatecznemu celowi, jakim jest zbawienie. Mądrość, objawiona ludziom przez Boga, jest zawarta w Piśmie Świętym. Naczelną funkcją filozofii, wywodzącej się z tego samego źródła co teologia, jest – zdaniem Bacona – wyjaśnianie mądrości bożej. Jest to jej funkcja teoretyczna, zadanie praktyczne polega zaś przede wszystkim na przekazywaniu jej wierzącym i obronie przed niewierzącymi.

Jak pisze Włodarczyk:

> Pragnąc, aby cała wiedza, filozoficzna i teologiczna, służyła również moralnej odnowie społeczności chrześcijańskiej, widział w nauce greckiej i arabskiej wciąż jeszcze niewykorzystane, a cenne bardzo zasoby, niedostępne z powodu nieznajomości języków. Z drugiej strony, uważał, że łacińscy uczeni tak naprawdę nie rozumieją również własnego języka i właściwie nie wiedzą, w jaki sposób mogliby go prawidłowo wykorzystać. Dlatego też w wielu swoich pracach kładł wielki nacisk na semantyczną analizę języka. Najciekawszym pismem o tej tematyce jest traktat *De signis*, fragment trzeciej części *Opus maius*, wydany dopiero w 1978 roku i od tego czasu cieszący się niesłabnącym zainteresowaniem specjalistów ze względu na oryginalność treści i systematyczność wykładu. Zawarta w tym traktacie analiza Bacona jest pierwszą próbą systematyzacji tej problematyki i otwiera drogę do poważniejszych już rozważań Ockhama i Dunsa Szkota[18].

Tę zapoczątkowaną przez Roberta Grosseteste'a i Rogera Bacona tradycję matematycznej filozofii i teologii z powodzeniem kontynuowali ich następcy w wieku XIII i XIV. Jan Peckham (ok. 1230–1292) znacznie przyczynił się do rozwoju średniowiecznej nauki; był gorącym zwolennikiem myśli Augustyna i przeciwstawiał się, wprowadzanym właśnie na Uniwersytet Paryski, poglądom filozoficznym Arystotelesa i Awerroesa, co – jak się za chwilę okaże – miało istotne znaczenie dla rozwoju matematycznej teologii. Dla Peckhama głównym źródłem inspiracji była nauka fizyki i matematyki, w tym przede wszystkim optyki. Prace Peckhama z dziedziny optyki uwzględniały osiąg-

[18] Włodarczyk 2002, s. 63. Zob. także doskonały artykuł: Hackett 2015.

nięcia zarówno matematyków starożytnych i arabskich (Arystotelesa, Euklidesa, Al-Kindiego, Ibn Al-Haythama), jak i Ptolemeusza oraz Witelona. W swoich traktatach dotyczących matematyki Peckham zajmował się przede wszystkim algebrą i był zafascynowany właściwościami liczb; w pracach dotyczących kosmologii podejmował przede wszystkim zagadnienia przedstawione wcześniej przez Jana z Sacrobosco; w dziełach z zakresu optyki podał rozwiązania problemów dotyczących propagacji światła i kolorów, anatomii i fizjologii widzenia, psychologii postrzegania, pomyłek wynikających z postrzegania, zjawiska odbicia i załamania promieni, zjawiska tęczy oraz budowy Drogi Mlecznej. Jego najsłynniejszą pracę *Perspectiva communis*, napisaną prawdopodobnie pomiędzy 1277 a 1279 rokiem, można znaleźć w ponad 60 rękopisach oraz w 12 wydaniach starodrukowych, które ukazywały się w latach 1482–1665. Była ona czytana i komentowana przez wielu słynnych myślicieli, tak w epoce Renesansu, m.in. przez Błażeja z Parmy, Leonarda da Vinci, Jana Baptistę della Porta, jak i w wiekach późniejszych, m.in. przez Jana Keplera. *Perspectiva communis* była obowiązującym podręcznikiem w późnym średniowieczu na uniwersytetach wiedeńskim, praskim, paryskim, lipskim, krakowskim, würzburskim i salamańskim. Od początków wieku XIV aż do wieku XVI była najpopularniejszą pracą z zakresu optyki, która stanowiła niezmiernie interesujący wykaz problemów i zagadnień frapujących naukowców przed rewolucją naukową[19].

Podobny stosunek do „nowinek”, tj. filozofii Arystotelesa, miał współczesny Peckhamowi Robert Kilwardby (ok. 1220–1279), jeden z najbardziej znaczących myślicieli XIII wieku. Kilwardby był zwolennikiem poglądów św. Augustyna i propagatorem jego filozofii i teologii. Wziął czynny udział w sporach między kontynuatorami tradycji patrystycznej i nowymi teologami, takimi jak Tomasz z Akwinu. W swych pracach Kilwardby używał wszystkich zdolności intelektualnych, umiejętności argumentacji oraz autorytetu, jaki miał w Kościele, aby walczyć przeciwko nowym trendom i bronić czystości myśli augustyńskiej. Jako arcybiskup Canterbury skorzystał z przysługującej mu władzy i w kilka dni po potępieniu paryskim, 18 marca 1277 roku, wybrał z listy 219 tez potępionych przez Stefana Tempier 30 twierdzeń. Krytyka Kilwardby’ego skierowana była przede wszystkim przeciw próbie zastępowania rozwiązań Augustyna rozwiązaniami Arystotelesa i Awerroesa dotyczącymi szczegółowych zagadnień z dziedziny metafizyki, filozofii przyrody oraz kosmologii[20]. Dotyczyło to przede wszystkim tych twierdzeń, które „ograniczały” bożą moc[21]. Z punktu widzenia tego artykułu jest to istotny fakt, ponieważ następcy Kilwardby’ego rozwiną „fizykę teoretyczną” dzięki

[19] Jung[-Palczewska] 2002a, s. 159–162.
[20] Jung[-Palczewska] 2002c, s. 138–141.
[21] Zob. potępione artykuły: 27–29, 48–50, 56–66.

spekulacjom, co by było, gdyby Bóg *secundum potentiam Dei absolutam* zmienił bieg świata. W swoich pracach Kilwardby podejmuje zagadnienia obejmujące swym zakresem problematykę *trivium* i *quadrivium* oraz problemy z zakresu filozofii przyrody, etyki, psychologii, metafizyki i teologii[22].

Do myślicieli, którzy istotnie przyczynili się do rozwoju abstrakcyjnej filozofii przyrody, należy bez wątpienia Jan Duns Szkot. Wprawdzie Szkot nie napisał żadnego dzieła poświęconego filozofii przyrody, niemniej w swych komentarzach do *Sentencji* Piotra Lombarda omawiał i rozwiązywał wiele problemów, które stanowiły źródło inspiracji dla jemu współczesnych i dla późniejszych myślicieli angielskich[23].

Niezmiernie istotne dla rozwoju matematycznej fizyki i teologii było oryginalne, szkotystyczne ujęcie mocy sprawczej Boga, która jest albo absolutna (*potentia absoluta*) i dotyczy jej tylko zasada niesprzeczności (Bóg nie stwarza np. bytów sprzecznych, takich jak chimera, które byłyby mieszaniną gatunkowo różnych zwierząt i tym samym nie miałyby swej odrębnej istoty), albo Boża moc nadaje prawa świata (*potentia ordinata*)[24]. Obydwie moce są tym samym co istota Boga i obydwie są nieskończone. Bóg dzięki swej mocy absolutnej mógłby zmienić prawa tego świata, bowiem wszystko, co robi Bóg, jest dobre; zatem świat, w którym żyjemy, jest tylko jednym ze światów możliwych. Taki argument otwiera drogę spekulacjom z dziedziny filozofii przyrody i teologii, bowiem nie ma już np. żadnej przeszkody, aby uznać, wbrew Arystotelesowi, że próżnia jest możliwa; a jeśli jest możliwa, to zapytać, czy możliwy jest ruch w próżni i jakie warunki muszą być spełnione, by taki ruch zachodził[25].

Druga niezmiernie ważna koncepcja Szkota, która przyczyniła się do rozwoju filozofii przyrody, jest związana z opisem zmian jakościowych. Zdaniem Arystotelesa, wszelka zmiana, która zachodzi w czasie, jest ruchem – rodzajami ruchu są zmiana jakościowa, jak np. ogrzewanie, zmiana ilościowa, jak na przykład wzrost lub ubytek, oraz zmiana miejsca, czyli ruch lokalny. Ruchem lokalnym Arystoteles zajmuje się w ks. IV i VII *Fizyki* i przedstawia opisowe reguły, które nim rządzą, powszechnie akceptowane do lat 20. XIV wieku, kiedy to zostaje określona nowa reguła ruchu, o której będzie mowa poniżej. Natomiast dla sposobu, w jaki zachodzi zmiana jakościowa, podawano siedem możliwych racji[26]. Jedna z teorii, którą propagował Szkot, mówi, że

---

[22] Dobry przykład tej próby stanowi tłumaczenie fragmentu traktatu *O czasie* oraz kwestia z komentarza do *Sentencji* Piotra Lombarda: zob. Kilwardby 2002.

[23] Zob. np. Jung, Podkoński 2010, s. 644–655.

[24] Na temat historii problemu zob. np. Jung 2015; Koszkało 2015.

[25] Zob. np. Ryszard Kilvington, kwestia *Czy jakieś ciało proste może być tak samo szybko poruszane w próżni, jak w ośrodku*, w: Jung 2014, s. 249–288.

[26] Zob. Ryszard Kilvington, kwestia II, *Czy jakość przyjmuje „więcej' i „mniej"*, w: Jung 2014, s. 176–177.

zmiany jakościowe, np. ogrzewanie, zachodzą dzięki, używając średniowiecznej terminologii, dodawaniu kolejnych form ciepła, czyli dzięki zwiększaniu temperatury jednego ciała przez ogień, jak byśmy powiedzieli współcześnie. Ta teoria przyjmuje także, że w procesie ogrzewania „forma ciepła", współcześnie ciepłota, może być przedstawiana jak odcinek drogi, np. od chłodnego krańca do gorącego. Dla współczesnego ucha brzmi to co najmniej dziwacznie, ale konsekwencje takiego stanowiska są istotne; otóż wszelkie jakości możemy traktować ilościowo, czyli możemy poszukiwać reguł matematycznych dla wszelkiego rodzaju zmian, czyli ruchu; i dalej, możemy określać reguły dla szybkości takich zmian. Nadto możemy potraktować ilościowo wszelkie jakości występujące w teologii, takie jak grzech, który może być słabszy lub silniejszy, wiara, cnota itp.[27].

Wielki uczony XIV wieku Wilhelm Ockham to także dłużnik Dunsa Szkota. Mimo że wielokrotnie z nim polemizuje, to jednak znakomita większość pomysłów Ockhama, przede wszystkim w teologii, ma swe źródło u Szkota. Ockham jest przede wszystkim znany jako nominalista, choć ten termin, jest – moim zdaniem – używany nieprawomocnie w stosunku do jego teorii. Mówi on wprawdzie, że pojęcia ogólne są tworzone dzięki podobieństwu rzeczy jednostkowych i walor ogólności dotyczy jedynie faktu, iż są one orzekane o wielu jednostkach tego samego rodzaju. „Powszechność" jest więc po prostu sposobem, w który uogólnione poznanie abstrakcyjne jest orzekane o wielu jednostkach, i jako taka jest obecna jedynie w umyśle poznającego. Patrząc od strony poznawanych jednostek, istnieje tylko jednostkowość i podobieństwa indywidualnych natur. Pojęcie lub powszechnik, który bierze udział w poznaniu, jest identyczny z samym aktem poznania abstrakcyjnego i jest bytem jedynie psychicznym; akt poznania, który jest efektem działania współdziałających w tej samej chwili: poznawanego przedmiotu i intelektu, odzwierciedla przedmiot poznawany i jako taki może pełnić funkcję orzecznika w zdaniu. Jednakże pojęcia mamy z natury, tzn. w każdym języku, jeśli go znamy, pojęcie „kot" będzie się odnosić do kota, a nie psa, zatem jest to raczej konceptualizm[28].

Niezależnie od tego, jak rozstrzygniemy tę wątpliwość, z punktu widzenia fizyki matematycznej istotny jest fakt, iż Ockham nie doszukuje się przyczyn ruchu, lecz mówi o jednostkowym ciele w ruchu, w którym w pewnym czasie jest pokonywana określona odległość. Ponieważ nie podaje żadnych reguł czy praw rządzących ruchami, jakie obserwujemy w przyrodzie, czy to jednostajnym o stałej szybkości, czy jednostajnie zmiennym o stałym przyspieszeniu lub opóźnieniu, trudno przyjąć, że Ockhama można by uznać za „nowożytnego" fizyka, a takie opinie spotykamy w literaturze przedmiotu. Nie ulega

[27] Zob. Murdoch 1969, s. 215–254; Jung 2005.
[28] Zob. Jung[-Palczewska] 2000a, s. 197–198.

wątpliwości, że kiedy Ockham rezygnuje z poszukiwania przyczyn na korzyść wskazywania na skutki, inicjuje nowe rozważania, poszukujące odpowiedzi na pytanie „jak to się dzieje” i rezygnujące z pytania „dlaczego tak się dzieje”.

Niemniej istotne jest stwierdzenie, że jedynymi rzeczami istniejącymi realnie (*res absolutae*) są substancje i jakości, pozostałe osiem kategorii, które wymienia Arystoteles – a które do czasów Ockhama były uznawane przez zdecydowaną większość średniowiecznych myślicieli za swego rodzaju byty – to tylko „sposoby mówienia” o czymś[29]. Wszystkie te kategorie mają jedynie sens współoznaczający, który oznacza substancję lub jakość wespół z jakąś inną cechą. I tak np. „ilość” oznacza substancję bądź jakość i współoznacza, iż substancja lub jakość składają się z oddalonych od siebie części. „Relacja” oznacza dwa byty (substancję lub jakości) i współoznacza zarazem, że jeden z tych bytów jest porównywalny z drugim. Dlatego też miejsce, powierzchnia, punkt, liczba nie są czymś innym niż ciała, o których są orzekane. Również czas nie jest oddzielony od rzeczy, które istnieją w czasie, lub tych, których istnienie zawiera się w przedziale czasu. Procesy zmian zachodzą tylko w substancjach i jakościach, i dlatego „nie trzeba mnożyć bytów ponad potrzebę”, poszukując innych bytów absolutnych. Ponieważ z substancjami i jakościami mamy do czynienia we wszystkich dyscyplinach filozofii i teologii, dyscypliny te nie potrzebują odrębnych metod i opisów i mogą być w nich stosowane jednocześnie różne metody opisu. To pozwala przełamać arystotelesowski zakaz *metabasis*, uznający, że np. matematyka nie jest dobrym sposobem opisu zjawisk przyrodniczych, bo te należy opisywać przy pomocy jakości, gdyż takie są zjawiska, które obserwujemy. Od czasów Ockhama matematyka staje się właściwym językiem fizyki.

Ponieważ Ockham uważa, że teologia jest nauką tak jak filozofia przyrody czy etyka, obowiązują w niej te same zasady. Różne metody, w tym matematyczne, mogą być użyte do opisu zagadnień należących do tej dziedziny wiedzy. Ta tradycja „matematycznej teologii”, którą zapoczątkowali Robert Grosseteste i Roger Bacon, i która była kontynuowana w wieku XIII, w wieku XIV rozwijała się z ogromnym powodzeniem. Dzięki Augustynowi podejmowano nowe problemy, odzwierciedlające fascynacje uczonych tamtych czasów, przekonanych o możliwości zmierzenia wszystkiego. Główne zagadnienia nurtujące ówczesnych teologów koncentrowały się przede wszystkim wokół problemów: absolutnej i ordynaryjnej mocy Boga; 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.

---

[29] Łacińskie tłumaczenie słów Arystotelesa brzmi: *ens dividitur in decem praedicamenta* („byt dzieli się na dziesięć kategorii”).

A ponieważ jakości można było mierzyć, robiono to na cztery sposoby. Dominujący sposób pomiaru odbywa się przez określenie możliwego czasu trwania jakiegoś procesu, czyli przez pierwszą i ostatnią chwilę rozpoczęcia i zakończenia procesów ciągłych oraz wewnętrzne i zewnętrzne granice zdolności czynnika działającego i elementu doznającego. Sposób ten nie wydaje się prosty matematyczne, ale dotyczy rozważań matematycznych, ponieważ wyznacza miarę procesów naturalnych i np. procesu podejmowania decyzji co do grzechu. Drugi typ, polegający na pomiarze *intensio formarum* (napięcia form), opisuje procesy, w których formy przypadłościowe lub własności, jak ciepło lub biel, są intensyfikowane lub osłabiane pod względem intensywności. Metodę tę stosuje się również w teologii, aby „zmierzyć" zakres cech moralnych takich jak miłość, łaska, grzech, wola lub pragnienie, aby wyjaśnić naturę komunikacji między Bogiem a człowiekiem. Trzeci rodzaj pomiaru, ściśle matematyczny, wykorzystuje nowy rachunek proporcji. Wreszcie czwarty rodzaj pomiaru opisuje „regułę", pozwalającą porównywać nieskończoności, traktowane jak zbiory nieskończone zawierające nieskończone podzbiory, i ustalać, które z nich są równe, mniejsze lub większe od innych. Problematyka teologiczna z łatwością poddawała się matematyzacji.

Natomiast w filozofii przyrody na czołowe miejsce wysuwały się zagadnienia szeroko pojętego ruchu, tzn. ruchu lokalnego, zmian substancjalnych i wzrostu czy też rozrzedzania. Możliwość podawania sposobu „pomiaru" zjawisk fizycznych domaga się właściwej teorii matematycznej, mimo że znany od wieków Euklides i nauka o liczbach przeżywały w latach 20. XIV wieku swój renesans. Przyszedł właściwy czas, by „odkryć" Euklidesa i Archimedesa na nowo oraz by uważnie przeczytać dzieła kolegów matematyków z XIII wieku: Jordana Nemorariusa, Leonarda Fibonacciego, Roberta Walligforda. Nowe zastosowanie teorii matematycznych, przede wszystkim dla opisu ruchu lokalnego, znaleźli przedstawiciele szkoły Oksfordzkich Kalkulatorów. Prace przedstawicieli tej szkoły: Wilhelma Heytesbury'ego, Jana Dumbletona, Ryszarda Swinesheada, znane były jeszcze w XVII wieku i doczekały się wielu wydań drukiem.

Inicjatorzy nowatorskich rozwiązań tej szkoły, Ryszard Kilvington i Tomasz Bradwardine, 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. Prawom geometrii podlegają nie tylko, jak chciał Arystoteles, *scientiae mediae* (astronomia, muzyka, statyka i optyka); 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 (teorię przedstawioną przez Swinesheada bardzo cenił Leibniz).

Ryszard Kilvington i Tomasz Bradwardine oraz inni mistrzowie nauczający w Oksfordzie, jak np. wymieniany przez anonimowego autora Adam z Pipewelle[30], zauważyli, że „prawa ruchu" przedstawione przez Arystotelesa w ks. VII *Fizyki* nie uwzględniają faktu, że ruch jest ciągły i nie może być opisywany przez zależność geometryczną między czynnikami ruch powodującymi, tj. siłą i oporem. W interpretacji Awerroesa, która uznana została przez XIV-wiecznych myślicieli za prawidłową wykładnię praw ruchu, szybkość ruchu jest proporcjonalna do stosunku czynnika działającego i oporu, jaki stawia element doznający, czyli przedstawiając to współcześnie: $v \sim F/R$. Ruch zachodzi tylko wtedy, gdy $F/R > 1$, czyli kiedy siła działająca przewyższa opór, co widać np. kiedy koń ciągnie wóz, albo kiedy podnosimy jakiś ciężar. Jednak wtedy możemy mówić jedynie o szybkości powyżej jedności i nie możemy określić ruchu z szybkością w przedziale $\{0,1\}$. Nadto takie „prawa ruchu" opisują ruch jedynie w chwili, bowiem proporcja geometryczna nie jest proporcją ciągłą i nie może być zastosowana do opisu ruchu, jakim jest ciągła zmiana miejsca w czasie.

Pierwszy nową interpretację „praw ruchu" przedstawił Ryszard Kilvington w swojej kwestii „Czy każde kontinuum jest podzielne w nieskończoność" (*Utrum omne continuum sit divisibile in infinitum*)[31] i rozwinął ją w swoim komentarzu do *Fizyki*[32]. Matematyczne „równanie" Kilvingtona stosuje geometryczną proporcję ciągłą (o której Arystoteles mówi w ks. V *Etyki* przy okazji rozważań na temat sprawiedliwości dystrybutywnej i retrybutywnej[33]), czyli proporcję, w której podwojenie stosunku nie oznacza pomnożenia licznika przez np. 2, ale pomnożenie, czy jak mówią średniowieczni matematycy, złożenie z dwóch takich samych proporcji. Na przykład, gdy $F/R = 3/1$, prawidłowa proporcja geometryczna ciągła zwiększona dwa razy to nie $2 \times F$, czyli $2 \times 3/1 = 6/1$, lecz $(3/1)(3/1) = 9/1$. Jak widać na tym przykładzie liczbowym, w pierwszym przypadku szybkość, proporcjonalna do stosunku $F/R$, jest równa 6, a w drugim 9. Jeśli natomiast szybkość zmniejszałaby się np. dwukrotnie, to, gdy stosunek $F$ do $R$ wynosiłby $F/R = 2/1$, zmniejszenie siły działającej o 1/2 lub zwiększenie oporu o 2 dałoby stosunek 1/1, który nie spełnia warunku koniecznego dla ruchu, bo jeśli siła ma taką samą wartość jak opór, ruch nie zachodzi. Natomiast według nowego „rachunku proporcji" w takim przypadku $F/R = \sqrt{2}/1 = 1{,}41$, czyli jest

[30] Zob. Jung 2019; Anonymous 2020.

[31] Wydanie krytyczne: Richard Kilvington 2007; zob. także Podkoński 2016.

[32] Zob. Jung 2014, s. 39–46; Ryszard Kilvington, *Kwestie o ruchu*, kw. I, s. 134–149, 168; kw. III, s. 278, 279; Jung 2020 (w druku).

[33] Zob. Arystoteles, *Etyka nikomachejska*, ks. V, s. 167–168.

większy od jedności[34]. Ten nowy rachunek, uwzględniający ciągłą proporcję geometryczną, pozwala opisywać ruchy o dowolnej szybkości. A jednak, ostatecznie – twierdzi Kilvington – należy przyjąć, że kiedy Arystoteles mówi o proporcjach siły poruszanej do oporu, rozumie, że proporcja podwojona siły działającej do oporu to proporcja dodana do takiej samej proporcji, tj. podniesiona da drugiej potęgi[35].

Tomasz Bradwardine doskonale wiedział, jak zrobić dobry użytek z teorii Kilvingtona, i nadał temu rozumowaniu kształt reguły, która uczyniła go sławnym na okres następnych 200 lat. Nie ulega wątpliwości, że Bradwardine'a *Traktat o proporcjach szybkości w ruchach*[36] był napisany z myślą o studentach, którym należało wyłożyć nową teorię w sposób systematyczny; tak też tekst ten został odebrany przez następne pokolenia i był obowiązującym podręcznikiem do nauki fizyki na większości średniowiecznych uniwersytetów. We współczesnej interpretacji twierdzenie Bradwardine'e brzmi:

> Szybkość ruchu zmienia się zgodnie z proporcją arytmetyczną, podczas gdy proporcje siły do oporu ($F : R$) zmieniają się zgodnie z proporcją geometryczną. Tak więc kiedy jakaś proporcja ($F : R$) odpowiada za określoną szybkość, jej podwojenie, czyli podniesienie do kwadratu, gwarantuje, że szybkość będzie podwojona, jej zmniejszenie o połowę, czyli wyciągnięcie pierwiastka, gwarantuje, że szybkość zmniejszy się o połowę[37].

Zarówno w pracach Kilvingtona, jak i Bradwardine'a problem ruchu jest przede wszystkim rozważany ze względu na przyczyny powodujące ruch, czyli siłę i opór. Również ich równanie ruchu podaje prawidła uzależniające szybkość ruchu od stosunku siły do oporu. We współczesnym rozumieniu traktują oni ruch w jego aspekcie dynamicznym. Niewiele miejsca, a właściwie jedynie krótkie wzmianki, poświęcają obaj kinematycznemu aspektowi ruchu, który wiąże szybkość, drogę i czas ruchu. Ten sposób ujmowania ruchu jest charakterystyczny dla Wilhelma Heytesbury'ego, który w swoim dziele *Reguły rozwiązywania sofizmatów* poświęcił wiele miejsca problemowi ruchu lokalnego[38]. W rozdz. IV: „O trzech predykamentach" (*De tribus praedicamentis*) Heytesbury opisuje ruch przy pomocy trzech terminów (predykamentów): miejsce, ilość i jakość. Pierwsza część, poświęcona opisowi ruchu lokalnego, zajmuje się przede wszystkim możliwością opisu zmian szybkości w postaci przyspieszenia i opóźnienia w ruchach jednostajnych, czyli odbywających się z tą samą szybkością, i w ruchach niejednostajnych, takich jak ruch jedno-

[34] Na temat historii „nowego rachunku proporcji" zob. np. Jung 2002b, s. 85–109.
[35] Zob. Jung 2002b, s. 168.
[36] Wydanie krytyczne wraz z obszernym wstępem: Crosby 1955.
[37] Sylla, Murdoch 1978, s. 225.
[38] Opis problematyki zawartej w pracy Wilhelma Heytesbury'ego przedstawiłam w swoim artykule do Encyklopedii Stanforda. Znajduje się tam również obszerna informacja bibliograficzna. Zob. Hanke, Jung 2018.

stajnie przyspieszony, w którym w tych samych jednostkach czasu szybkość zwiększa się o tę samą wartość, lub jednostajnie opóźnionych, w których w tych samych odcinkach czasu szybkość zmniejsza się o tę samą wartość. Opisy tych ruchów skupiają się jedynie na zależnościach kinematycznych, jak szybkość, droga i czas. Pierwszorzędnym zadaniem, które stawia przed sobą autor, jest uzyskanie prawidłowej definicji szybkości ruchu lokalnego. Wszystkie prowadzone tu rozważania są oparte na myślowych przykładach opisujących możliwe, wyimaginowane sytuacje (*secundum imaginationem*). Heytesbury, opisawszy dokładnie ruch jednostajnie zmienny i wszystkie warunki, jakie muszą być spełnione, by zachodził, stwierdza: „można by wprawdzie, posługując się tym rachunkiem proporcji, obliczyć wartości szybkości, ale jest to zadanie żmudne i zupełnie nieprzydatne”[39].

Najwięcej miejsca zajmuje opis ruchu jednostajnie zmiennego, jakim jest ruch przyspieszony, którym porusza się ciężkie ciało kierujące się do swego naturalnego miejsca, czyli do ziemi. Autor traktatu podaje powszechną regułę obowiązującą w takim ruchu, która została nazwana przez historyków nauki „twierdzeniem o szybkości średniej”, a którą znał również i stosował Galileusz. Dzięki tej regule moglibyśmy obliczyć, „gdyby było to warte zachodu”, odległość pokonaną w ruchu z jednostajnie nabywaną szybkością. Twierdzenie brzmi następująco:

> odległość pokonana przez ciało poruszające się z jednostajną szybkością jest taka sama jak odległość, którą pokonałoby to ciało poruszając się w tym samym czasie z szybkością o wartości średniej szybkości, a właściwie o wartości równej wartości szybkości w środkowym punkcie tego ruchu[40].

Z tego twierdzenia wynikają następujące wnioski:

1. Ciało poruszające się ruchem jednostajnie zmiennym zaczynającym się od nie-stopnia szybkości, czyli zera[41], i kończącym się na jakimś stopniu szybkości, czyli na jakiejś jej wartości, pokonuje połowę odległości pokonywanej przez ciało, które poruszałoby się ruchem jednostajnym w tym samym czasie z szybkością o wartości równej szybkości uzyskanej na końcu ruchu jednostajnie zmiennego.
2. Jeśli ciało porusza się ze środkowym stopniem wartości szybkości, która zaczyna się od jakiegoś stopnia szybkości i kończy na stopniu wartości większym niż połowa stopnia wartości szybkości końcowej, to wtedy to ciało pokonuje odległość większą niż połowa odległości, którą pokonałoby ciało

[39] William Heytesbury 2019.
[40] Tamże.
[41] Z naszego punktu widzenia takie ujmowanie zagadnienia i posługiwanie się terminem „nie-stopień” jest bezsensowne, ale uczeni średniowieczni nie używali zera, zatem wszystko, co było określane jako „nie-...”, oznaczało 0 dla tej wartości.

poruszające się ruchem jednostajnym w tym samym czasie z szybkością o wartości równej największej wartości szybkości ruchu jednostajnie zmiennego.
3. W ruchu jednostajnie zmiennym zaczynającym się od szybkości zerowej i kończącym się z jakąś skończoną szybkością, droga pokonana w pierwszej połowie czasu ma 1/3 długości drogi pokonanej w drugiej połowie czasu. I odwrotnie, w ruchu jednostajnie opóźnionym, przy takich samych warunkach, droga pokonana w pierwszej połowie czasu jest trzykroć większa od pokonanej w drugiej połowie czasu.

Przedstawione tu rozważania były doskonale znane następnemu pokoleniu Kalkulatorow: anonimowemu autorowi traktatu *O sześciu niedorzecznościach*, który niejednokrotnie się do nich odwoływał, ponadto Janowi Dumbletonowi, który podał oryginalne, geometryczne dowody tego twierdzenia[42], oraz ostatniemu Kalkulatorowi – Ryszardowi Swinesheadowi[43]. Jednakże wszyscy oni twierdzą, że jest to tylko inna, prawidłowa interpretacja Arystotelesa.

Większość przypadków opisywanych w wyżej omówionych dziełach to przykłady hipotetyczne (*secundum imaginationem*). To bez wątpienia zasługa Ockhama, bowiem jego teoria umożliwiła konceptualizację fizyki pozwalającą zrezygnować z arystotelesowskiego wymogu, iż fizyka musi opisywać obserwowalny świat obiektów materialnych. 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 (czyli nogi mamy w lodówce, a głowę w piekarniku). Wgląd w procedurę budowania przypadków *secundum imaginationem* ujawnia trzy poziomy, w których możliwe przypadki są rozważane. Poziomy te można scharakteryzować poprzez zwiększenie abstrakcji i zmniejszenie prawdopodobieństwa. Na pierwszym poziomie są wszystkie prawdziwe przypadki, które mogą wystąpić w przyrodzie, ale których nie można zaobserwować; na drugim wszystkie przypadki, które są teoretycznie możliwe (jak prędkość nieskończona w jednej chwili) i których nie można zaobserwować; na trzecim wszystkie przypadki myślowe, które są teoretycznie możliwe, jak ruch w próżni. Moim zdaniem, to prace Ryszarda Kilvingtona dały pierwszy impuls późniejszym Kalkulatorom z Oksfordu, a także niektórym filozofom kontynentalnym, umożliwiając im opracowanie właściwej procedury *secundum imagnationem* i fizyki teoretycznej[44].

---

[42] Zob. Johannes Dumbleton 2020.

[43] Zob. Ricardus Swineshead 2017, s. 270–340.

[44] Na temat procedur wykorzystywanych przez średniowiecznych myślicieli do analiz z zakresu filozofii przyrody (i nie tylko, także do rozważań teologicznych) zob. Murdoch 1982,

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, 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 Swinesheada – 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, 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. 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, potrafiącym ogarnąć to, co nieskończone; chociaż człowiek nie jest w stanie przeliczyć materialnej nieskończoności, ale ma możliwość przedstawić ją sobie matematycznie. Trudno przecenić wartość Euklidesowej geometrii dla rozwoju XIV-wiecznej 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,

s. 171–213; Murdoch 1975, s. 271–339; King 1991, s. 43–64; Grant 2010, rozdz. 7 (*Scientific Imagination in the Medieval Ages*) i 8 (*Medieval Natural Philosophy: Empirism without Observation*), s. 163–224. Na temat procedur stosowanych przez Oksfordzkich Kalkulatorów zob. Sylla 1987, s. 85–96; Jung 2016.

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 przede wszystkim za sprawą Oksfordzkich Kalkulatorów.

W wieku XV koncepcja łączenia matematyki i teologii była jednym z wiodących tematów dzieł Mikołaja z Kuzy, który uważa, że żadna wiedza, jaką posiadamy, nie jest bardziej pewna niż matematyka, biorąc pod uwagę, że jest to konstrukcja naszych własnych umysłów. Idee matematyczne są paradygmatem tego, w jaki sposób ludzki umysł rozwija konceptualny wszechświat, który przypomina i tworzy obraz Boskiego świata stworzonego. Liczba tutaj odnosi się przede wszystkim do arytmetyki i geometrii, do liczb całkowitych oraz do płaszczyzn i brył. Figury geometryczne są używane na początku ks. I dzieła *Uczona niewiedza*, aby pokazać, że ludzka wiedza o rzeczach stworzonych jest jedynie przybliżona. W ks. II Kuzańczyk wprowadza geometryczny obraz kuli, której środek jest wszędzie, a obwód nigdzie, aby wyjaśnić, jak wszechświat fizyczny bez granic odpowiada obrazowi nieskończoności Boga. Ks. II otwiera się i zamyka rozważaniami nad *quadrivium*. Ks. III powraca do obrazu nieskończonej sfery, dla wyjaśnienia połączenia absolutnego i zredukowanego istnienia w Bogu-człowieku.

Przedstawiony tu materiał nie pozostawia żadnych wątpliwości co do twierdzenia, że w średniowieczu istniała fizyka matematyczna, podobnie jak w nowożytności, a co więcej, matematyczna teologia.

Czy zatem można potwierdzić tezę Duhema o ciągłości nauki średniowiecznej i nowożytnej? – NIE. Średniowieczna filozofia przyrody pozostała filozofią przyrody i nie zmieniła się w nowożytne przyrodoznawstwo. Uczeni tego okresu, będąc czasami bardzo blisko, jak np. Mikołaj z Oresme, który podaje takie same argumenty jak Kopernik co do względności ruchu, ciągle pozostają w obrębie myśli Arystotelesa. Nie ma jeszcze miejsca na to, by metodę eksperymentalną, która łączy, najprościej rzecz ujmując, stawianie hipotez i ich doświadczalną weryfikację, uznać za właściwe postępowanie fizyka. W mojej opinii największe teoretyczne osiągnięcie średniowiecza to eksperymenty myślowe oraz teoria impetu Buridana, nie ze względu na jej szczegółowe rozwiązanie – które jest błędne, bowiem zakłada, że ruch sfer niebieskich odbywa się bez udziału siły, która, jako impet, została wtłoczona przez Boga od początku świata, podczas gdy właśnie w ruchu po okręgu siła jest konieczna, aby zmienić tor ruchu – lecz ze względu na fakt, że rezygnujemy z celowości w przyrodzie; przyczyna sprawcza jest jedyną przyczyną ruchu. To jest główne założenie fizyki nowożytnej. Świat działa jak dobrze naoliwiony mechanizm – zegar.

Czy średniowieczna, matematyczna filozofia przyrody rozwijała się i proponowała nowe, lepsze teorie? – Tak.

Czy nowożytna nauka mogłaby powstać bez teorii średniowiecza? – Tak. Należało „wrócić do źródeł', czyli do matematycznej myśli greckiej, do atomizmu, uznającego, że ruch jest niezbywalną cechą materii. Tego dokonał wiek XVII. Rewolucja, czyli całkowite odrzucenie zastanego porządku, musiała nastąpić w astronomii – tu grecka myśl była nieprzydatna.

Na początku wieku XVII zaczyna się kolejna opowieść o matematycznym przyrodoznawstwie. Ona też miała swój koniec.

## Bibliografia


Anonymous (2020), *De motu locali*, wydanie krytyczne J. Papiernik, w: E. Jung, R. Podkoński, *Toward the Modern Theory of Motion. Oxford Calculators and the Interpretation of Aristotle*, Łódź.

Boczar M. (1994), *Grosseteste*, Warszawa.

Clagett M. (1959), *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison Wisc.

Clagett M. (1964–1980), *Archimedes in the Middle Ages*, t. 1–5, Madison Wisc.

Clagett M. (1967), *Giovanni Marliani and the Late Medieval Physics*, New York.

Crosby L. (1955), *Thomas of Bradwardine. His „Tractatus de Proportionibus". Its Significance for the Development of Mathematical Physics*, edited and translated by H. Lamar Crosby, Jr., Madison: The University of Wisconsin Press.

Crombie A. (1959), *Medieval and Early Modern Science*, Oxford.

Crombie A. (1960), *Nauka średniowieczna i początki nauki nowożytnej*, Warszawa.

Frankowska-Terlecka M. (1976), *Idea jedności nauki w XII i XIII wieku*, Wrocław–Warszawa.

Frankowska-Terlecka M. (1984), *Skarbiec wiedzy Brunetta Latiniego. Trzynastowieczna myśl encyklopedyczna jako wyraz tendencji do upowszechniania wiedzy*, Warszawa.

Frankowska-Terlecka M. (2006), *Wstęp. Filozofia XII wieku*, w: M. Frankowska--Terlecka (red.), *Wszystko to ze zdziwienia. Antologia tekstów filozoficznych z XII wieku*, Warszawa.

Grant E. (1981a), *Much Ado About Nothing. Theories of Space and Vacuum from the Middle Ages to the Scientific Revolution*, Cambridge.

Grant E. (1981b), *Studies in Medieval Science and Natural Philosophy. Collected Papers*, London.

Grant E. (1996), *Średniowieczne podstawy nauki nowożytnej*, Warszawa.

Grant E. (2010), *The Nature of Natural Philosophy in the Late Middle Ages*, Studies in Philosophy and the History of Philosophy, Vol. 52, Washington, D.C.

Hackett J. (2015), *Roger Bacon*, w: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Spring 2015 Edition, ed. E.N. Zalta, URL = <https://plato.stanford.edu/archives/spr2015/entries/roger-bacon/>.

Hanke M., Jung E. (2018), *William Heytesbury*, w: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Spring 2018 Edition, ed. E.N. Zalta, URL = <https://plato.stanford.edu/archives/spr2018/entries/heytesbury/>.

Johannes Dumbleton (2020), *De motu locali*, wydanie krytyczne E. Jung, R. Podkoński, w: E. Jung, R. Podkoński, *Towards the Modern Theory of Motion. Oxford Calculators and the New Interpretation of Aristotle*, Łódź.

Jung[-Palczewska] E. (2000a), *Wilhelm Ockham* [wprowadzenie], w: E. Jung [-Palczewska] (red.), *Wszystko to ze zdziwienia. Antologia tekstów filozoficznych z XIV wieku*, Warszawa, s. 197–198.

Jung[-Palczewska] E. (2000b), *Wstęp. Filozofia XIV wieku*, w: E. Jung[-Palczewska] (red.), *Wszystko to ze zdziwienia. Antologia tekstów filozoficznych z XIV wieku*, Warszawa, s. XVIII–XLII.

Jung[-Palczewska] E. (2002a), *Jan Peckham* [wprowadzenie], w: K. Krauze--Błachowicz (red.), *Wszystko to ze zdziwienia. Antologia tekstów filozoficznych z XIII wieku*, Warszawa, s. 159–162.

Jung[-Palczewska] E. (2002b), *Między filozofią przyrody a nowożytnym przyrodoznawstwem. Ryszard Kilvington i fizyka matematyczna w średniowieczu*, Łódź.

Jung[-Palczewska] E. (2002c), *Robert Kilwardby* [wprowadzenie], w: K. Krauze-Błachowicz (red.), *Wszystko to ze zdziwienia. Antologia tekstów filozoficznych z XIII wieku*, Warszawa, s. 138–141.

Jung E. (2005), *The Rise and Development of „Mathematical Theology" in the Middle Ages*, 21st Century Booklets: world view, scientific practice & pastoral ministral, Newton Center: Boston Theological Institute, t. I, Boston.

Jung E. (2014), *Arystoteles na nowo odczytany. Ryszarda Kilvingtona „Kwestie o ruchu"*, Łódź.

Jung E. (2015), *Świat możliwy versus świat realny w koncepcjach średniowiecznych, czyli o boskiej mocy „absoluta" i „ordinata"*, „Filo-Sofija", nr 3 (30): *O mocy Boga*, red. M. Pepliński, s. 67–80.

Jung E. (2016), *Mathematics and the Secundum Imaginationem Procedure in Richard Kilvington*, „Przegląd Tomistyczny", vol. XXII, s. 109–120.

Jung E. (2019), *Zmiany ilościowe i ich miara w anonimowym traktacie „De sex inconvenientibus"*, Łódź.

Jung E. (2020a), *Filozofia a nauka w średniowieczu*, w: S. Janeczek, A. Starościc (red.), *Historia filozofii*, cz. 2: *Moc zakorzenienia*, Dydaktyka Filozofii, t. 10, Lublin: Wydawnictwo KUL.

Jung E. (2020b), *The New Interpretation of Aristotle. Richard Kilvington, Thomas Bradwardine and the New Rule of Motion*, w: taż, *Quantifying Aristotle. The Rise and Decline of Oxford Calculators*, Brill.

Jung E., Podkoński R. (2010), *Nierówne nieskończoności? Dunsa Szkota teoria potentia absoluta/ordinata Dei inspiracją dla rozwoju XIV-wiecznej matematyki*, w: E.I. Zieliński, R. Majeran (red.), *Błogosławiony Jan Duns Szkot (1308–2008)*, Wydawnictwo KUL, Lublin, s. 644–655.

King P. (1991), *Mediaeval Thought-Experiments: The Metamethodology of Mediaeval Science*, w: T. Horowitz, G.J. Massey (eds.), *Thought Experiments in Science and Philosophy*, Lanham, s. 43–64.

Koszkało M. (2015), *Wszechmoc, wola Boża i struktura świata. Stanowisko Jana Dunsa Szkota*, „Filo-Sofija", nr 3 (30): *O mocy Boga*, red. M. Pepliński, s. 81–94.

Lindberg D. (1992), *The Beginning of Western Science*, Chicago.

Maier A. (1952), *Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik*, Roma.

Maier A. (1958), *Zwischen Philosophie und Mechanik*, Roma.
Murdoch J. (1969), *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 lVe congrès international de philosophie médiévale*, Montreal, s. 215–254.
Murdoch J. (1974), *Philosophy and the Enterprise of Science in the Later Middle Ages*, w: Y. Elkana (ed.), *The Interaction between Science and Philosophy*, Atlantic Highlands N.J., s. 51–74.
Murdoch J.E. (1975), *From Social into Intellectual Factors: An Aspect of the Unitary Character of Late Medieval Learning*, w: J.E. Murdoch, E.D. Sylla (eds.), *The Cultural Context of Medieval Learning. Proceedings of the First International Colloquium on Philosophy, Science, and Theology in the Middle Ages – September 1973*, Dordrecht, s. 271–339.
Murdoch J.E. (1982), *The Analytical Character of Late Medieval Learning: Natural Philosophy without Nature*, w: L.D. Roberts (ed.), *Approaches to Nature in the Middle Ages*, Binghamton, N.Y., s. 171–213.
Podkoński R. (2016), *Ryszard Kilvington. Nieskończoność i geometria*, Łódź.
Ricardus Swineshead (2017), *Liber calculationum. Tractatus de motu locali*, wydanie krytyczne R. Podkoński, w: R. Podkoński, *Suisetica Inania. Ryszarda Swinesheada spekulatywna nauka o ruchu lokalnym*, Łódź, s. 270–340.
Richard Kilvington (2007), *Utrum continuum sit divisibile in infinitum*, wydanie krytyczne R. Podkoński, „Mediaevalia Philosophica Polonorum”, 37(2), s. 123–175.
Robert Kilwardby (2002), *Czy w stwarzaniu jest zachowany porządek między bytem i niebytem. O naturze anielskiej*, przeł. M. Gensler i in., w: K. Krauze-Błachowicz (red.), *Wszystko to ze zdziwienia. Antologia tekstów filozoficznych z XIII wieku*, Warszawa, s. 142–158.
Stefan Tempier (2002), *Artykuły paryskie potępione przez Stefana Tempier 7 marca 1277 roku*, przeł. W. Seńko, w: K. Krauze-Błachowicz (red.), *Wszystko to ze zdziwienia. Antologia tekstów filozoficznych z XIII wieku*, Warszawa, s. 295–318.
Sylla E.D. (1987), *Mathematical physics and imagination in the work of the Oxford Calculators: Roger Swineshead's „On Natural Motion”*, w: E. Grant, J. Murdoch (eds.), *Mathematics and its implications to science and natural philosophy in the Middle Ages*, Cambridge, s. 85–96.
Sylla E. (2008), *The Origin and Fate of Thomas Bradwardine's „De proportionibus velocitatum in motibus” in relation to the history of mathematics*, w: T. Laird, S. Roux (eds.), *Mechanics and Natural Philosophy before the Scientific Revolution*, Dordrecht, s. 67–95.
Sylla E.D., Murdoch J.E. (1978), *The Science of Motion*, w: D.C. Lindberg (ed.), *Science in the Middle Ages*, Chicago.
Thorndike L. (1923–1934), *History of Magic and Experimental Science*, vol. 1–3, New York.
William Heytesbury (2019), *De motu locali*, wydanie krytyczne E. Jung, R. Podkoński, w: E. Jung, R. Podkoński, *Towards the Modern Theory of Motion. Oxford Calculators and the New Interpretation of Aristotle*, Łódź.
Włodarczyk T. (2002), *Roger Bacon* [wprowadzenie], w: K. Krauze-Błachowicz (red.), *Wszystko to ze zdziwienia. Antologia tekstów filozoficznych z XIII wieku*, Warszawa.

Elżbieta Jung

## Did medieval mathematical theology and philosophy of nature influence the development of modern thought?

**Keywords:** *medieval science, history of physics, Oxford Calculators, mathematical theology, mathematical philosophy of nature*

The presented paper sets out to answer the question: did the achievements of medieval mathematical theology and philosophy of nature contribute to the development of modern science? The article focuses primarily on the achievements of English thinkers before and up to the fourteenth century. To answer the main question, a brief history of introducing mathematics to the philosophy of nature is presented, then the concepts preceding the theory of Oxford Calculators, which was a new and original interpretation of Aristotle, are discussed. This review is intended as an answer to the question contained in the title.