

Starożytni prekursorzy geosferyzmu

Wiedza dostarczana nam przez historię nauki pozwala nie tylko na złożenie hołdu twórcom (i prekursorom) nowych idei, ale także umożliwia zrozumienie istoty odkrycia naukowego, co przecież jest jednym z podstawowych celów współczesnego kształcenia.

■ ZENON E. ROSKAL

Problem kształtu Ziemi we współczesnej nauce dawno już został rozstrzygnięty, ale ciągle jest to zagadnienie ważne w dydaktyce¹. Podawane w podręcznikach argumenty za kulistością Ziemi odnotowują ich historyczny rodowód, ale informacje te – co jest skądinąd zrozumiałe – są niepełne i uproszczone². Ten stan rzeczy – jak sądzę – wynika z tego, że wiedza z zakresu historii nauki nie jest wystarczająco upowszechniona.

Celem niniejszego artykułu jest uzupełnienie informacji historycznych poja-

wiających się w podręcznikach w kontekście dowodów na kulistość Ziemi. Trudno byłoby jednak dyskutować wszystkie dygresje historyczne na ten temat, dlatego też obiektem komentarza będzie tylko jedna, jak sądzę, najbardziej reprezentatywna:

„Pogląd o kulistości Ziemi głosili filozofowie szkoły pitagorejskiej, a Arystoteles w IV w. p.n.e. starał się zebrać dowody kulistości Ziemi. Były nimi: kolista cień Ziemi na Księżycu w czasie jego zaćmienia, stop-

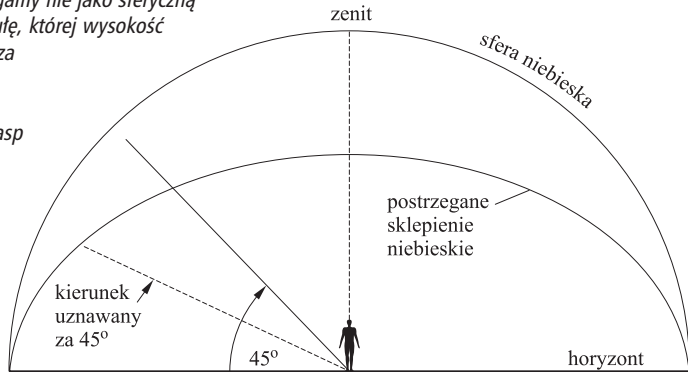
¹ Współcześnie problem kształtu Ziemi ma też swój wymiar ideologiczny. Geneza tego sporu sięga prac I. Washingtona i A.J. Letronne'a, którzy zainicjowali tradycję, według której odkrycie sferyczności Ziemi przypisuje się dopiero K. Kolumbowi (1451–1506) i F. Magellanowi (1480–1521). Według tej tradycji empirycznego dowodu na kulistość Ziemi dostarczyli żeglarze, opływając ją dookoła.

Irving Washington (1783–1859) był amerykańskim pisarzem i historykiem, który stworzył szereg mitów, ale najbardziej znany jest jego mit o odkryciu kulistości Ziemi stworzony w historyczno-biograficznej powieści pt. *Żywot i podróże Krzysztofa Kolumba* (1828, wydanie polskie 1843). Atoine-Jean Letronne (1787–1848) był z kolei wpływowym uczonym francuskim o silnym antyklerykalnym nastawieniu. W swoich pracach poświęconych geografii upowszechnił pogląd, według którego ojcowie Kościoła oraz scholastycy byli przekonani, iż Ziemia jest płaska. Ten wątek szczegółowo jest analizowany w monografii J.B. Russella (*Inventing the Flat Earth: Columbus and Modern Historians*, Westport, Conn: Praeger 1997), gdzie m.in. dowodzi się tezy, według której błędne przeświadczenie o regresie poznawczym w okresie średniowiecza, wyrażającym się także i w tym, że porzucono dobrze uzasadnioną w starożytnej nauce doktrynę geosferyzmu, było fałszerstwem historycznym dokonany przez rzeczników teorii Darwina na fali polemik z przeciwnikami ewolucjonizmu w latach 1870–1880.

² Z drugiej strony jednak we współczesnej historii nauki daje się zauważyć wiele publikacji, w których kwestionuje się niektóre interpretacje ważnych epizodów i postaci z dziejów nauk przyrodniczych. Por. m.in. N.M. Swerdlow, O. Neugebauer, *Mathematical Astronomy in Copernicus's „De Revolutionibus”*, New York: Springer 1984, gdzie prezentowane są odmienne interpretacje tzw. rewolucji kopernikańskiej i źródeł astronomii Mikołaja Kopernika.

Rys. Sklepienie niebieskie postrzegamy nie jako sferyczną czaszę, lecz jako spłaszczoną kopułę, której wysokość w zenicie jest około 2 razy mniejsza od promienia horyzontu.

Rys. za: <http://www.wiw.pl/astrologia/eseje/astri/wieksza/c2.asp>



niowe zmiany wysokości bieguna świata przy podróży wzdłuż południka, kołowy kształt widnokregu, stopniowe wyłanianie się statków spoza horyzontu morskiego poczynając od wierzchołków masztów, gór – poczynając od szczytów itp”³.

W pierwszej części artykułu przedstawię babilońskie źródła koncepcji geosferyzmu, w drugiej omówię wkład Arystotelesa w rozwój doktryny geosferyzmu, w trzeciej (ostatniej) części zrelacjonuję niektóre współczesne interpretacje (L. Russo) dokonanych nauki hellenistycznej w zakresie teorii kształtu Ziemi.

Zasada homologii

Źródłem idei geosferyzmu poszukuje się zazwyczaj w pitagorejskiej kosmologii, ale istnieją liczne przesłanki, by traktować pitago-

rejską koncepcję sferyczności Ziemi jako pochodną zasady homologii, sformułowanej jeszcze w ramach kosmologii babilońskiej. Według tej zasady istnieje ścisła odpowiedniość (interpretowana astrologicznie) pomiędzy Niebem i Ziemią⁴. Adaptując tę zasadę, greccy filozofowie przyrody ze szkoły pitagorejskiej (według świadectwa Diogeneza Laertiosa⁵ Pitagoras albo Parmenides) zinterpretowali ją geometrycznie. Obserwowany kształt sklepienia niebieskiego przypomina półkulę⁶, jednakże na podstawie ówczesnej wiedzy astronomicznej wiadano, że dla odtworzenia zjawisk astronomicznych (ruch planet) należy przyjąć, że Niebo ma kształt kulisty. Zatem Ziemia, która zgodnie ze zmodyfikowaną zasadą homologii powinna mieć kształt podobny Niebu, również powinna być kulą.

³ J. Mitelski, *Astronomia w geografii*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN 2001, s. 217. Ostatnie (piąte) wydanie tego podręcznika ukazało się w 2005 r.

⁴ Por. m.in. M. Eliade, (tłum. pol. I. Kania), *Kosmologia i alchemia babilońska*, Wydawnictwo KR, Warszawa 2000, s. 22–28, gdzie szerzej charakteryzowana jest zasada homologii.

⁵ „(...) Pitagoras pierwszy nazwał niebo kosmosem i powiedział, że ziemia jest kulista”; „(...) Parmenides pierwszy uczył, że ziemia ma kształt kulisty i leży w środku wszechświata”. Diogenes Laertios, (tłum. pol. I. Krońska, K. Leśniak, W. Olszewski), *Żywoty i poglądy słynnych filozofów*, PWN, Warszawa 1988, s. 492, 528.

⁶ Niebo dostępne bezpośrednio oglądowi zmysłowemu nie jawi się nam jako sferyczna czasza, ale jako spłaszczona kopuła, której wysokość w zenicie jest około 2 razy mniejsza od promienia horyzontu (rysunek). Wskutek refrakcji atmosferycznej następuje też spłaszczenie (o około 20 procent) ciał niebieskich. Dane empiryczne wydają się zatem kwestionować idealną sferyczność ciał niebieskich (Słońca i Księżyca). Tak też nawet w przypadku tezy o kulistości Nieba jej akceptacja nie była prostą konsekwencją ewidencji empirycznej. Szerzej – w kontekście pozornej wielkości tarczy Księżyca – na ten temat pisze J. Włodarczyk, *Większa połowa* (<http://www.wiw.pl/astrologia/eseje/astri/wieksza/c1.asp>).

Wkład Arystotelesa w rozwój geosferyzmu

Przede wszystkim trzeba zauważyć, że zebra-
ne przez Arystotelesa (384–322 przed Chr.) ar-
gumenty za kulistością Ziemi⁷ nie pokrywają
się z wymienionymi w podręczniku Mitelskie-
go. Co prawda w zachowanych pismach Ary-
stotelesa (m.in. *O niebie* fr. 291a⁸, *Mechanika*
fr. 850b, *Zagadnienia przyrodnicze* fr. 931b, *Me-
teorologika* fr. 950b, *O świecie* fr. 391a) o okrę-
tach i szczytach gór Stagiryta często wspomina,
ale czyni to w zupełnie innym kontekście. Argu-
menty te pojawiają się natomiast m.in. u Koper-
nika⁹. Wersja argumentu „z okrętu” podana
przez Kopernika jest poza tym o tyle lepsza
od sformułowania podanego w podręczniku
Mitelskiego, że uchyla krytykę tego rozumowa-
nia wysuwaną współcześnie¹⁰.

Arystoteles, w przeciwieństwie do Pli-
niusza, który był jedynie kompilatorem,
przytoczył nie tylko wcześniejsze (znane
m.in. już Platonowi) dowody za geosfery-

zmem, ale też sformułował własne. Według
Arystotelesa „Kształt Ziemi jest z koniecz-
ności kulisty (...) Ziemia jest kulista albo
przynajmniej jest w jej naturze, by była
kulista”¹¹. Przekonanie Arystotelesa o ku-
listym kształcie Ziemi było zatem naj-
prawdopodobniej konsekwencją greckiej
(platońskiej) doktryny o doskonałości sfery
i zasady homologii.

Jeżeli tzw. świat nadksiężycowy
ma być doskonały, to powinien
mieć kształt sferyczny. Zgodnie
z zasadą homologii taki kształt
ma mieć również świat
podksiężycowy, czyli Ziemia.

Interesujące są przytaczane przez Ary-
stotelesa dane dotyczące rozmiarów Zie-
mi¹². Z jednej strony Arystoteles twierdzi,
że Ziemia jest „(...) kulą niezbyt wielkich

⁷ Arystoteles, podsumowując różne doktryny stanowiące rozwiązanie problemu kształtu Ziemi w drugiej księdze traktatu pt. *O niebie*, twierdził, iż „(...) Jedni sądzą, że jest [ona] kulista, drudzy, że jest płaska i ma kształt bębna” (fr. 294a). Por. Arystoteles, *O niebie* (tłum. pol. P. Siwek), PWN, Warszawa 1980, s. 90–91. Podobną rozbieżność opinii w tej sprawie odnotował (*Historia naturalis*, ks. II, 161–164), żyjący ponad cztery i pół wieku później Pliniusz (23–79 po Chr.), co świadczy o tym, że w I w. po Chr. problem kształtu Ziemi pozostawał otwarty.

⁸ Interesujące jest to, iż w tym fragmencie Arystoteles przyjął założenie, według którego do zjawisk niebieskich takich jak ruchy gwiazd możemy stosować zasady fizyki ziemskiej. Rozumując według tych zasad uznał, że tak wielkie ciała, jakimi są gwiazdy, w swym ruchu powinny wywoływać dźwięk, którego natężenie powodowałoby dające się zaobserwować skutki w sferze podksiężycowej. Z tego wynika, iż dychotomia świata podksiężycowego i nadksiężycowego nie jest ścisła na gruncie arystotelesowskiej kosmologii. Por. Arystoteles, *O niebie* (tłum. pol. P. Siwek), PWN, Warszawa 1980, s. 79–80.

⁹ M. Kopernik, *O obrotach* (tłum. M. Brożek), Wrocław-Warszawa: Ossolineum 1987, s. 24, gdzie czytamy „[...] bo ład, którego nie widać z pokładu okrętu, jest często widoczny ze szczytu masztu. I odwrotnie: jeżeli na szczycie masztu umieści się coś błyszczącego, to widać, że w miarę jak okręt od brzegu się oddala, przedmiot ów dla widzów pozostających na wybrzeżu obniża się zwolna ku dołowi, aż wreszcie kryje się całkowicie, jakby zachodził”.

¹⁰ Por. M. Monk, *Wykorzystanie historii nauk przyrodniczych w nauczaniu*, w: J. Turło, *Edukacja matematyczno-przyrodnicza w dobie rozwoju technologii informacyjnych*, Toruń 2001, s. 94. Krytyka ta opiera się głównie na porównaniu wartości, o jaką pozornie obniża się okręt z powodu krzywizny Ziemi, z jego rozmiarami kątowymi. Proste rachunki pokazują, że bardzo trudno jest zaobserwować efekty związane z krzywizną Ziemi, gdyż są one na granicy (lub poniżej tej granicy) zdolności rozdzielczej oka ludzkiego (dla wielkości okrętów budowanych w okresie starożytności). Nie dotyczy to jednak wersji podanej przez Kopernika, gdyż wówczas obserwujemy świecący punkt (top masztu), który wydaje się leżeć na powierzchni wody i nie musimy rozróżniać kadłuba od ozagłowania.

¹¹ Arystoteles, *O niebie*, s. 100, 101.

¹² Por. m.in. A. Diller, *The Ancient Measurements of the Earth*, „Isis”, 40/1 (1949): s. 6–9; C.M. Taisbak, *Posidonius vindicated at all costs? Modern scholarship versus the Stoic earth measurer*, „Centaurus” 18 (1973/74), s. 253–269.

rozmiarów”¹³ i – w innym miejscu – sąd ten powtarza: „Ziemia jest kulista, lecz (...) nie jest ona wielka”¹⁴. Jednakże z drugiej strony – odpierając argumenty zwolenników płaskiej Ziemi – pisze: „(...) Nie biorą pod uwagę odległości Słońca od Ziemi ani olbrzymiej wielkości obwodu Ziemi”¹⁵.

Arystoteles podaje nawet wielkość obwodu Ziemi. Powołując się na tzw. matematyków – zapewne ma na myśli Archytasa z Tarentu (ok. 430 – ok. 365 przed Chr.) lub Eudoksosa z Knidos (ok. 400 – ok. 355 przed Chr.) – twierdzi, iż obwód Ziemi sięga 400 000 stadionów¹⁶ (tzn. ok. 72 000 km).

Tezy o wielkości Ziemi są zatem sprzeczne.

Jeżeli przyjmiemy, że tekst nie zawiera poprawek i uzupełnień (emendacji) pochodzących od członków szkoły perypatetyckiej, w szczególności od Andronikosa z Rodos (I w. przed Chr.), który przygotował pierwsze pełne wydanie pism Arystotelesa, to musimy przyjąć, że tekst Arystotelesa zawiera sprzeczności. Jest to tym bardziej dziwne, że Arystoteles uchodzi za ojca logiki.

O zakrzywieniu Ziemi na linii południków wiedziano nie tylko w związku z prak-

tyką nawigacji, ale także z intensywnie badanym, przynajmniej od czasów astronomów ateńskich Metona i Euktemona (V w. przed Chr.), zjawiskiem zmienności długości dnia (i nocy). Prowadzone przez astronomów greckich obserwacje zmienności długości dnia dla danych miejscowości w ciągu roku wykazały, że stosunek najkrótszego do najdłuższego dnia w roku jest taki sam dla miejscowości leżących dokładnie na linii wschód-zachód (linii równoleżników¹⁷). Równocześnie stwierdzono – mówiąc współczesnym językiem – opóźniony czas wschodów (i zachodów) Słońca dla miejscowości leżących na tej samej szerokości geograficznej, ale różniących się długością geograficzną. Podobnym zjawiskiem było – opisane przez Pliniusza – przesunięcie w czasie zaćmienia Słońca i Księżyca¹⁸.

Uczonym greckim znane też były przekazy pochodzące od żeglarzy, m.in. od Pyteasa z Massalii (IV w. przed Chr.), który – jak twierdził w swoich pismach – dotarł do regionów (szerokości geograficznych), na których dzień trwa więcej niż 24 godziny (widać Słońce o północy). Fakty te nie zostały jednak uwzględnione przez Arystotelesa, aczkolwiek mogły mu być znane¹⁹ i włączone do podanej w *O niebie* argu-

¹³ Arystoteles, *O niebie*, s. 101.

¹⁴ Tamże.

¹⁵ Tamże, s. 89. Fragment ten jest ważny też z innego powodu. Dowodzi bowiem, że Arystotelesowi – o ile nie mamy tu do czynienia z emendacją – nie była obca metoda (nowożytnej fizyki) polegająca na reinterpretacji danych bezpośredniego doświadczenia zmysłowego w przypadku ich niezgodności z innymi tezami systemu.

¹⁶ W starożytności nie było standaryzowanych miar, w tym miar długości. Jednostka zwana stadionem w różnych miejscowościach miała różną długość, przykładowo: w Olimpii 192,2 m, w Atenach 177,55 m, w Epidaurros 181,08 m.

¹⁷ Parmenides (ok. 540 – ok. 470 przed Chr.) wprowadził w związku z tym pięć stref klimatycznych, tzw. *klimates*. Arystoteles adaptował pomysł Parmenidesa na potrzeby swojej *Meteorologii*. Późniejsi geografowie (m.in. Eratostenes, Hipparch, Posejdonios) wymieniali siedem takich sfer. Por. O. Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York 1975, v. 1, s. 333–335.

¹⁸ „Stąd zaćmienia słońca i księżyca, zdarzające się wieczorem, nie są widoczne dla mieszkańców Wschodu, zarówno jak poranne dla mieszkańców Zachodu, południowe zaś ci pierwsi dostrzegają później od nas. Pliniusz, *Historia naturalna* (tłum. I. i T. Zawadzcy), Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław – Kraków 1961, s. 29. Hipparch wykorzystywał zjawisko opóźnienia zaćmienia Księżyca do wyznaczenia długości geograficznej. Por. O. Neugebauer, op. cit, v. 1, s. 337.

¹⁹ Z przekazem Pyteasa polemizowali Strabon (ok. 70 przed Chr. – ok. 30 po Chr.) i Ptolemeusz (I w. po Chr.).

mentacji na rzecz geosferyzmu²⁰. W tym kontekście można też dodać, że argument podawany przez Arystotelesa z kształtu cienia Ziemi na Księżycu pochodzi zapewne od współczesnych Arystotelesowi astronomów. Prawdopodobnie był to Polemarchosem z Kyzikos (ok. 340 przed Chr.).

Teorie kształtu Ziemi w nauce hellenistycznej

Według współczesnej wiedzy z zakresu historii nauki właściwymi prekursorami teorii kształtu Ziemi byli przedstawiciele tzw. nauki hellenistycznej. Przede wszystkim Hipparch (ok. 190 – ok. 120 przed Chr.) i Posejdonios (ok. 125 przed Chr. – ok. 50 przed Chr.), ale także Eratostenes (ok. 276 przed Chr. – ok. 195 przed Chr.) oraz ich epigoni Ptolemeusz (ok. 100 – ok. 170 po Chr.) i Kleomedes (I w. po Chr.). W podręcznikach najczęściej wymieniany jest Eratostenes i Ptolemeusz, jednakże największe zasługi dla naukowej teorii geosferyzmu miał Hipparch i Posejdonios, a zapewne pewną rolę odegrał także Kleomedes²¹.

Uczeni epoki hellenistycznej usiłowali zebrać istniejące obserwacje i przedstawić je w ramach spójnego schematu interpre-

Uczeni epoki hellenistycznej usiłowali zebrać istniejące obserwacje i przedstawić je w ramach spójnego schematu interpretacyjnego. Hipoteza sferyczności Ziemi wydawała się najlepiej tłumaczyć geograficzno-astronomiczne dane obserwacyjne.

tacyjnego. Hipoteza sferyczności Ziemi wydawała się najlepiej tłumaczyć geograficzno-astronomiczne dane obserwacyjne. Hipoteza ta zyskała jednak w tym czasie dodatkowe wsparcie ze strony fizyki.

Z tym punktem widzenia zapoznaje nas włoski historyk nauki Lucio Russo, który idzie jeszcze dalej i przypisuje uczonemu hellenistycznemu nie tylko odkrycie sferycznego kształtu Ziemi, ale także odkrycie jej rzeczywistego²², tzn. elipsoidalnego (*sfaïroidés*) kształtu.

Według niego próba wyjaśnienia zjawiska przypraw w ramach teorii heliocentrycznej nie tylko umożliwiła odpowiedź na pytanie o rzeczywisty (elipsoidalny) kształt Ziemi, ale także podanie przyczynowej teorii kształtu Ziemi.

Idąc za rozumowaniem przedstawionym przez Russo²³, możemy przyjąć, że Hipparch nie tylko zbudował heliocentryczny system świata, ale także dysponował koncepcją grawitacji, za pomocą której podał przyczynową (dynamiczną) teorię ruchu planet²⁴. Koncepcja grawitacji umożliwiła mu nie tylko przyczynowe wyjaśnienie kształtu Ziemi, ale także rozbudowanie teorii pływów oceanicznych (wyjaśnienie

²⁰ W dziele Herodota (*Dzieje* ks. 4, 40–43, tłum. S. Hammer, Czytelnik, Warszawa 2002, s. 241) znajdujemy fragmenty, w których Herodot poddaje w wątpliwość opowieści o tym, że na północy istnieją rejony, w których dzień i noc trwają po sześć miesięcy. Świadczy to o tym, że w świadomości potocznej teza o kulistym kształcie Ziemi była odrzucana. Tezę tę potwierdza także inna przekazana przez niego historia, zgodnie z którą Fenicjanie (na przełomie VII i VI w. przed Chr., za panowania faraona Necho II, ok. 610–595 przed Chr.) opłynęli Afrykę. W podróży tej żeglując na zachód – w południe – widzieli Słońce po prawej stronie. Opowieść tę Herodot również traktuje jako niewiarygodną, aczkolwiek obserwacja ta doskonale pasuje do koncepcji kulistej Ziemi. Opisana sytuacja ma bowiem miejsce na półkuli południowej.

²¹ Por. m.in. A.C. Bowen, *Cleomedes and the Measurement of the Earth: A Question of Procedures*, „Centaurus” 45, nr 4 (2003), s. 59–68.

²² W nauce współczesnej kształt (najbardziej reprezentatywna figura) Ziemi opisywany jest przez tzw. geoidę, która tylko w przybliżeniu przypomina elipsoidę obrotową i w dodatku (pod ładami) ulega pewnym okresowym zmianom z uwagi na to, że opisuje ona powierzchnię dynamiczną (zmiany gęstości, a zatem i potencjału grawitacyjnego w skorupie ziemskiej).

²³ Por. L. Russo, (tłum. pol. I. Kania), *Zapomniana rewolucja. Grecka myśl naukowa a nauka nowoczesna*, Universitas, Kraków 2005, s. 304–336, gdzie można znaleźć szczegóły tego rozumowania.

²⁴ Według świadectwa Ptolemeusza z *Almagestu* Hipparch jedynie opracował (kinematyczny) aspekt zagadnienia ruchu Księżyca.

trzech rodzajów cykli występujących w przypływach: dobowego, miesięcznego i rocznego) Seleukosa z Seleucji (ok. 150 przed Chr.). Teza o kulistym kształcie Ziemi uzyskała tym samym szerszy kontekst teoretyczny.

W tym procesie ważnym autorem obok Hiparcha był Archimedes (287–212 przed Chr.). Połączenie wyników Archimedesza z I księgi jego rozprawy pt. *O ciałach pływających* z koncepcją grawitacji jako siły kuliście symetrycznej w szczególności implikowało tezę o kulistym kształcie oceanów. L. Russo nie ma wątpliwości, że tezę tę rozciągnięto na kształt całej Ziemi, dowodząc geosferyzmu na gruncie naukowym, tzn. uzasadniając tezę o elipsoidalnym kształcie Ziemi za pomocą praw fizyki. W tym nurcie naukowej teorii geosferyzmu sytuowany jest także Posejdonios, który – jak informuje nas Strabon – prowadził badania nad przekształcaniem się skorupy ziemskiej w wyniku trzęsień ziemi i aktywności wulkanów.

Uwagi końcowe

Do nauki nowożytnej teza o eliptycznym kształcie Ziemi weszła w wyniku sporu, jaki powstał pomiędzy zwolennikami kartezjańskiej i newtonowskiej filozofii przyrody²⁵, o to, czy Ziemia spłaszczona jest na biegunach, czy na równiku.

Szczegółowe pomiary geodezyjne i grawimetryczne, umożliwiające przez nowe instrumenty pomiarowe (m.in. takie jak udoskona-

lone zegary i teodolity wyposażone w lunetę i śrubę mikrometryczną) rozstrzygnęły spór o kształt Ziemi na rzecz zwolenników Newtona. W celu wykonania tych pomiarów należało jednak zorganizować ekspedycje naukowe, które aczkolwiek miały precedensy m.in. w nauce arabskiej²⁶ (ekspedycja wysłana na początku IX w. po Chr. przez kalifa Al-Ma'mūna (813–833) w celu wyznaczenia wielkości 1° długości południka), to jednak inicjowały nowy rodzaj działalności naukowej opartej o współpracę międzynarodową²⁷.

Brak miejsca nie pozwala jednak na szersze potraktowanie tego tematu. Z tego też powodu nieuwzględnione zostało zjawisko refrakcji atmosferycznej²⁸, które w poważnym stopniu modyfikuje niektóre argumenty na rzecz geosferyzmu.

Podsumowując, możemy stwierdzić, że argumentacja na rzecz teorii kulistego kształtu Ziemi jest bardzo złożona i nie tylko sama teza o fizycznym kształcie Ziemi, co proces jej akceptacji jest ciągle interesującym zagadnieniem.

dr hab. ZENON EUGENIUSZ ROSKAL

Profesor KUL, pracownik Sekcji Filozofii Przyrody i Nauk Przyrodniczych Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego Jana Pawła II.

W swojej pracy dydaktyczno-naukowej podejmuje m.in. problematykę z zakresu metodologicznych aspektów historycznych teorii przyrodniczych.



²⁵ Istnieje doskonała monografia (J.L. Greenberg, *Earth's Shape from Newton to Clairaut. The Rise of Mathematical Science in Eighteenth-Century Paris and the Fall of "Normal" Science*, Cambridge University Press 1995), w której można znaleźć szczegółowe informacje na ten temat.

²⁶ Por. R. Rashed (red.) *Historia nauki arabskiej*, Dialog, Warszawa 2000, t. 1, s. 211–212.

²⁷ Najbardziej spektakularnymi przykładami współpracy naukowej były ekspedycje wysyłane w celu obserwowania przejścia Wenus przed tarczą Słońca, czy ugięcia promieni światła w pobliżu tarczy Słońca w czasie jego zaćmienia. We współczesnym świecie międzynarodowa współpraca naukowa wydaje się czymś oczywistym, ale w początkowym okresie nauki nowożytnej było to zjawisko nowe.

²⁸ Refrakcja na horyzoncie jest tak duża, że podnosi obserwowany obiekt o około 35 minut kątowych, tzn. w przybliżeniu o wielkość tarczy Słońca czy Księżycy. Odległość do horyzontu także zmienia się w związku z efektem refrakcji atmosferycznej. Ciekawe jest to, że efekty związane z refrakcją atmosferyczną uwzględniano w wynikach dawnych obserwacji astronomicznych. Odkrycie tego zjawiska przypisuje się Kleomedesowi, który m.in. wyjaśniał pozorne powiększenie średnicy tarczy słonecznej w pobliżu horyzontu. Por. H.E. Ross, *Cleomedes (c. 1st century AD) on the celestial illusion, atmospheric enlargement, and size – distance invariance*, „Perception” 29 nr 7 (2000), s. 863–871. Szczegółowe informacje na temat zmiany odległości do horyzontu w wyniku zjawiska refrakcji można między innymi znaleźć na stronach http://mintaka.sdsu.edu/GF/explain/atmos_refr/dip.html