

Wpływ astronomii greckiej na powstanie geometrii

Jan WASZKIEWICZ,
Wrocław

Ujęcie Euklidesa traktujemy jako aksjomatyczną definicję przestrzeni, choć w matematyce greckiej samo to pojęcie się nie pojawia. Filozoficzne terminy rozciągłości, miejsca i pustki miały różne znaczenia w zależności od systemu w którym się pojawiały. Słowo „przestrzeń” (spatium) w naszym znaczeniu użył po raz pierwszy Milton w *Raju utraconym* ([22]), a w nauce – Newton w *Principiach* ([46], s.16). Por. [7].

Praca ta stanowi wyimek z obszernej całości [44], stanowiącej z kolei jedynie część cyklu [43]. Zadaniem całego cyklu jest prześledzenie kulturowych uwarunkowań genezy matematyki (przy czym przyjmuje się, i uzasadnia, że nauka ta ma greckie początki, datowane na okres działania Talesa i jego szkoły filozoficznej). We wspomnianej części ([44]) bada się zależność powstającej geometrii od jej otoczenia, uwzględniając geodezję, astronomię, filozofię i kosmologię. Chodzi przy tym o wpływ, jaki mogły mieć te dziedziny na ukształtowanie się specyficznego greckiego pojęcia przestrzeni, którego ostateczny kształt znamy z „Elementów” Euklidesa.

Zajmijmy się kwestią powiązań między tworzącą się geometrią a astronomią. Jako tę ostatnią widzieć będziemy dziedzinę obserwacji zmierzających do uzyskania możliwie dokładnych i powtarzalnych danych odnośnie ruchu ciał niebieskich, oraz koncepcji teoretycznych służących wyjaśnieniu ich zachowania. Jest to więc najbliższy współczesnej nauce fragment kosmologii, zakorzeniony i przerastający całą sferę mitów kosmologicznych i kosmogonicznych, tworzących dla nich bazę obserwacyjną, ale nie będący z nimi tożsamy. Można powiedzieć, że mitologia kosmologiczna tłumaczyła i zamykała w spójny obraz Wszechświata to, co astronomii udało się zaobserwować. Jednakże granice między obydwojma obszarami są płynne i zależą w znacznej mierze od zainteresowań i poglądów poszczególnych badaczy.

Jak wiadomo, obserwacje astronomiczne, motywowane przede wszystkim względami kalendarzowymi (ale i kulturowymi) znane są we wszystkich kulturach od czasu paleolitu ([10]), a w niektórych osągnęły imponujący zakres. Można tu wymienić choćby nieznaną bliżej cywilizację twórców megalitycznych „obserwatoriów” na terenie całej Europy w V – III tysiącleciu p.n.e. ([11], [16], [39]) oraz wielkie kultury historyczne Egiptu, Mezopotamii i Chin ([26], [41], [23]) czy prekolumbijskiej Ameryki ([19]). Zwłaszcza astronomia babilońska przyciąga uwagę badaczy zarówno ze względu na dużą ilość zachowanych materiałów źródłowych ([24]), jak i na ich interesującą zawartość. Zwrócono też uwagę na związki łączące grecką matematykę i babilońską astronomię.

W tej kwestii spotkać się można z dwoma ujęciami. Pierwsze, bardziej ogólnikowe, dobrze podsumowuje opinia J.P.Vernata ([37]). Autor ten, uznając specyficznym grecki rodowód geometrycznego modelu Wszechświata, który stworzyli Tales i jego uczniowie, jednocześnie z naciskiem podkreśla, że „Milezyjczycy są niewątpliwie zadłużeni u babilońskiej astronomii. Zapożyczyli jej obserwacje i metody, które jak głosi legenda – pozwoliły Talesowi przewidzieć zaćmienie. Zawdzięczają jej także takie instrumenty, jak gnomon, który Aleksander dostarczył podobno do Sparty” (s.101). Powtórzmy, że zgodnie z tą tezą Grecy zapożyczyli od starszej od siebie kultury babilońskiej wyniki i metody obserwacji, które pozwoliły im stworzyć własny, oparty na pojęciach geometrycznych, obraz ładu kosmicznego.

Dalej w swych przypuszczeniach idzie E.Cassirer ([2]), który uważa, że to w astronomii babilońskiej doszło do istotnego intelektualnego przełomu, który doprowadził zarówno do powstania idei geometrycznych, jak i metody dedukcyjnej. Píše on, że „tego wielkiego uogólnienia, które doprowadziło do pojęcia porządku kosmicznego (który, zgodnie z wcześniejszymi wywodami tego autora, implikuje pojęcie przestrzeni – J.W.) dokonano w historii kultury po raz pierwszy w astronomii babilońskiej. Można tu znaleźć pierwszy wyraźny dowód istnienia myśli przekraczających sferę konkretnego, praktycznego życia człowieka, myśli, która ma odwagę objąć wszechogarniającym spojrzeniem cały Wszechświat” (s.115).

Nie będziemy tu podejmować szczegółowej dyskusji z tezą Cassirera, w której widzieć można sporą dozę przesady. Ani bowiem myśl babilońska w zakresie astronomii nie ma tak abstrakcyjnego charakteru, jak chciałby on widzieć, ani

Nawet w późnym, nowobabilońskim i perskim okresie (VII – IV w.) astronomia babilońska miała głównie numeryczny charakter (por. [41], s.95).

nie można w niej upatrywać aż tak wyjątkowego podjęcia do zjawisk kosmicznych. To co wiemy o megalitycznych budowach astronomicznych, o leżącej u ich podstaw wiedzy astronomicznej i jej powiązaniach z geometrią, każe nam ocenić, że twórcy tych budowli posunęli się we wskazanym przez Cassirera kierunku dalej niż astronomowie babilończycy ([39],s.15 – 25). Wreszcie, jeśli chodzi o stronę pojęciową, to perska religia kosmiczna mogła mieć większy wpływ na greckich filozofów niż babilońskie algorytmy (por. [41], rozdz.V). Warto może przytoczyć tu opinię F.M.Cornforda, że „bez względu na to, czy przyjmujemy hipotezę bezpośredniego wpływu Persji na Jonów w VI wieku, czy też nie, żaden badacz myśli orfickiej i pitagorejskiej nie może nie spostrzec między nimi a religią perską podobieństw tak bliskich, że możemy oba te systemy uznać za wyraz jednej i tej samej koncepcji życia i posługiwać się jednym z nich w interpretacji drugiego” (cyt. za [18], s.279). Jest to ważne stwierdzenie ze względu na rolę obu tych nurtów w greckiej filozofii (co mocno eksponuje A.Krokiewicz), a pitagorejczyków również w matematyce. Zresztą tezę Cornforda można rozciągnąć na koncepcje filozofów od Empedoklesa, Anaksagorasa i Demokryta do Platona ([18], s.280).

Cassirer powołuje się tu na [25]. W późniejszej o dwadzieścia lat książce [26] (s. 106 – 111) opinie na ten temat są znacznie bardziej wyważone.

Obydwie tezy opierają się na wspólnej przesłance, jaką jest wysoki poziom babilońskiej astronomii. Bardziej radykalna teza Cassirera wymaga dodatkowego założenia. Jego zdaniem wyabstrahowanie pojęcia przestrzeni było skutkiem nadania ścisłego, matematycznego charakteru wynikom obserwacji astronomicznych oraz znalezienia ich opisu w symbolicznej algebrze. Widać więc, że przyjmuje się tu bez zastrzeżeń dokonaną przez O.Neugebauera interpretację matematyki babilońskiej jako takiej właśnie algebry. Do takiego wniosku prowadziły dokonane przez Neugebauera rekonstrukcje rozumowań leżących u podstaw algorytmów udokumentowanych na babilońskich tabliczkach. Nie będziemy wracali do tej kwestii, szeroko omawianej w [45], stwierdzimy jedynie, że w chwili obecnej i interpretacje Neugebauera i wynikające z nich oceny poziomu matematyki babilońskiej uznać należy za nieadekwatne.

To samo można powiedzieć i o poziomie babilońskiej astronomii. Jak to podkreśla sam Neugebauer, dane, które posiadamy, potwierdzają wysoki poziom tej nauki dopiero w okresie Seleucydów. Z kluczowego dla rozwoju matematyki okresu starobabilońskiego nie zachowały się teksty astronomiczne o większym znaczeniu, nieliczne zapisy obserwacji astronomicznych pochodzą z okresu kassyckiego. Wiadomo też, że Ptolemeusz mógł opierać się na dokładnych datach zaćmień Słońca zapisywanych od 747 roku. Jednakże ten sam, najbardziej chyba kompetentny znawca przedmiotu, sceptycznie wyrażał się o poziomie innych babilońskich (czy ogólniej – wschodnich) obserwacji ([26], s.107). Toteż wypada chyba przyjąć umiarkowaną ocenę babilońskiej astronomii ([26], s.106 – 111), jako dziedziny daleko odbiegającej od tego, co na jej temat pisano przez wieki pod wpływem opinii rozpowszechnionych jeszcze przez starożytnych Greków. Jeśli dodamy do tego wcześniejszą uwagę o ograniczonym zasięgu bardziej wyrafinowanych informacji, przeznaczonych dla osób wtajemniczonych, widać, że wpływ astronomii Wschodu na myśl grecką VII w. nie mógł być zbyt wielki. Nie jest wykluczone, że początek intensywniejszego oddziaływania został dokładnie odnotowany. Było to założenie na wyspie Kos pierwszej szkoły astronomicznej w Grecji przez kapłana babilońskiego Berossosa (około 300 r. p.n.e.). Wpływ zresztą był wówczas obustronny, co miało duże znaczenie dla rozwoju ówczesnej matematyki i astronomii. Niektórzy badacze widzą w tym powiązaniu uprzednio odrębnych wątków przełom prowadzący do powstania nauki w nowożytnym znaczeniu. Jej pierwszym przykładem był system Ptolemeusza ([26], [29]).

Odnotujemy, że w [17] w geometrii Euklidesa upatruje się wyniku bezpośredniego przeniesienia wschodniej nauki na grecki grunt.

Tezę tę usunął na początku wieku G.Schiaparelli (ustna informacja prof. A.Szabó. Por. [38] wstęp). w angielskim wydaniu ([41]) teza ta została osłabiona, a jej jawne sformułowanie usunięte.

Jest jeszcze jeden powód, dla którego tezę o wpływie astronomii babilońskiej na powstanie greckiej matematyki należy traktować z dużą ostrożnością. Jest nim zupełnie odmienny charakter astronomii w obu tych kulturach. Astronomia babilońska miała przede wszystkim numeryczny charakter, grecka geometryczny. Przejście dokonane między jedną a drugą jest więc dokładnie tym samym przewrotem intelektualnym, który usiłujemy wyjaśnić w tej pracy.

Dla określenia charakteru greckiej astronomii VI w. p.n.e. oraz wkładu jońskich filozofów w jej rozwój, zbierzemy i pokrótce przedstawimy dotyczące jej dane. Interesować nas przy tym będzie przede wszystkim kwestia prowadzenia i sposobów użycia pierwszego i podstawowego narzędzia obserwacji i pomiarów astronomicznych jakim był gnomon. Zgodnie bowiem ze stosunkowo niedawnymi ustaleniami A.Szabó użycie gnomona wiąże się z wypracowaniem geometrycznego obrazu Wszechświata oraz rozwojem badań geometrycznych ([32], [33], [35]).

Przypomnijmy, że gnomon jest to pionowy pręt, którego cień służył do obserwacji ruchów Słońca po nieboskłonie i zamianie czysto jakościowych obserwacji tego ruchu w pomiary długości i położenia cienia. Za pomocą gnomona można było badać zarówno ruch dzienny Słońca, jak też jego zmiany w cyklu rocznym. w pierwszym przypadku, gnomon pełnił rolę zegara słonecznego (horologium). W drugim przypadku (gnomon jako heliotropion) gnomon służył do wyznaczania dni letniego i zimowego przesilenia, kiedy to cień popołudniowy jest najdłuższy bądź najkrótszy. Przy zastosowaniu subtelniejszych technik możliwe było również ustalenie dni równonocy. Pomiary te miały ważne kalendarzowe i kultowe znaczenie. Wiązało się z nimi wyznaczanie na nieboskłonie ważnych kół – zwrotnika i równika, oraz ekliptyki – koła, po którym porusza się Słońce. Ma to oczywiste znaczenie dla budowy obrazu Wszechświata i rozwoju pomiarów astronomicznych. Wreszcie zrzutowanie na kulę ziemską tych właśnie kół, innych równoleżników i południków (do których wyznaczenia również pomocny był gnomon) oraz wyznaczanie szerokości geograficznej (również za pomocą gnomona) były ważnymi kwestiami matematycznej geografii (i kartografii), która również rozwinęła się w Grecji.

Odmianą gnomona była tzw. polos, w której rzucający cień pręt był promieniem ekranu mającego kształt czaszy kulistej. Na takim ekranie koniec cienia pręta porusza się w ruchu dziennym po łuku okręgu. W dni przesilenia jest to łuk zwrotników, w dni równonocy – równika. W ten sposób otrzymuje się, poprzez rzut sklepienia niebieskiego na ekran polos, ważny fragment sferycznego modelu Wszechświata. Jest to trudny do przecenienia krok pośredni między czysto ilościowym ujęciem ruchu ciał niebieskich, a jego opisem w abstrakcyjnych pojęciach geometrii.

Oczywiście większość wymienionych wyżej zastosowań gnomona opracowano w toku długiego rozwoju wiedzy astronomicznej, geograficznej i geometrycznej. Początek tej drogi odnaleźć można w rozlicznych kulturach używających zegara słonecznego ([35], s.34), jej zakończenie stanowi wiedza o budowie zegarów słonecznych o znacznej dokładności i mających kalendarzowe zastosowania, którą zawarł Witruwiusz w IX księdze swego dzieła o architekturze [48]. Jak świadczą o tym źródła starożytne, wkład jońskich filozofów (zwłaszcza Anaksymandra) w rozwój teorii i praktyki użycia gnomona był znaczący. A.Szabó, w cytowanych wyżej pracach podjął próbę bliższego jego określenia. W dalszym ciągu przytoczymy jego opinie, miejscami je moderując (i wzmacniając, jak się wydaje, argumenty na ich rzecz).

Punktem wyjścia greckiej astronomii, jak zresztą astronomii w ogóle, były obserwacje zjawisk niebieskich mających kultowe i kalendarzowe (ważne w agrotechnice) znaczenie. Przykładem może być katalog użytecznych dla rolnika związków między pewnymi zjawiskami astronomicznymi, a optymalnymi okresami dla podejmowania prac gospodarskich ([14], w.283,417,564,597; por.[36], s.159 – 160, [41], s.11 – 13). Taki zakres wiedzy, dotyczący głównie wschodów i górowania różnych gwiazd i gwiazdozbiorów oraz przesileni Słońca i faz Księżyca, dobrze podsumowuje Pliniusz: „Cała nasza obecna wiedza o niebie, pożyteczna jest dla pracy na roli, opiera się głównie na obserwacji wschodu gwiazd stałych, ich zachodu i czterech najważniejszych punktów: dwóch tropików lub przesileni i dwóch równonocy, które dzielą rok na cztery ćwiartki, zgodnie z porami roku” ([28], XVIII, 25). Siedem wieków oddzielających Pliniusza Starszego od Hezjoda świadczy, że ten zasób wiedzy

Za twórcę matematycznej geografii uchodzi Eratostenes z Kyreny (276 – 195 r. p.n.e.), który znany jest przede wszystkim z pomiaru długości południka. Jak jednak wykazuje A.Szabó [33], zaczątki tej nauki istniały już w IV w. p.n.e., czego dowodem było dokonanie przez Pyteasa z Messalii pomiaru szerokości geograficznej Marsylii, zaświadczonego przez Strabona. Być może początki tej nauki przesunąć można do Eudoksosa (408 – 350 r. p.n.e.), domniemanego nauczyciela Pyteasa, lub jak zobaczymy do Anaksymandra.

W oparciu o analizę tekstów greckich (w tym tak odległych od astronomii jak fragmenty komedii Arystofanesa), A.Szabó uzasadnia, że termin „polos” oznaczał jedynie podstawę, a termin „gnomon i polos” – cały przyrząd ([32]). Co do samego przyrządu, jego początków i dalszej ewolucji – patrz [49], s.111 – 113.

astronomicznej był i bardzo stary, i stabilny. Tego typu obserwacje są szeroko rozpowszechnione. Leżały one u podstaw konstrukcji megalitycznych takich jak Stonehenge. Dotyczące ich tabele spotykamy w źródłach egipskich i babilońskich (dane babilońskie są szersze i dokładniejsze). Jeśli więc coś wyróżnia wiadomości zawarte w poemacie Hezjośa, to mniejszy stopień precyzji i czysto opisowy charakter. Nic zresztą nie wskazuje, by Grecy w tym czasie (VII w. p.n.e.) dysponowali jakkolwiek możliwością ujęcia tej wiedzy. Dodatkowe znaczenie może mieć fakt, że mamy tu do czynienia nie z zapisem ciągów liczb, ale z opisem przeznaczonym do przekazu ustnego – ujętym w postać wiersza (i wtopionym w większą poetycką całość). Poezja, przemawiając do wyobraźni, zachęcała do czynienia z niej użytku, a więc również do tworzenia mentalnych modeli opisywanych zjawisk.

Wspomnijmy jeszcze o jednym zakresie obserwacji astronomicznych, który miał duże praktyczne znaczenie – chodzi o dane ułatwiające żeglugę nocną. Już w „Odysei” można spotkać informację o kierowaniu się przez Odyseusza gwiazdami (zwłaszcza pewne znaczenie ma informacja, że płynący na tratwie Odys patrzył „w Niedźwiedzice, która też zowią Wozem: ona się w miejscu obraca i śledzi Oriona, a jedyna z gwiazd nie kapie się w Oceanie” ([15], pieśń V, s.132).

Na takim tle dość prostych i szeroko rozpowszechnionych obserwacji astronomicznych, służących praktycznym celom rozpatrywać trzeba domniemany wkład Talesa (uważanego przez Greków za twórcę astronomii) i jego uczniów w rozwój tej dziedziny wiedzy.

Co wiemy na ten temat? Jak we wszystkim, co dotyczy pierwszych filozofów, zdani jesteśmy na informacje późne, często sprzeczne ze sobą, budzące rozliczne wątpliwości. Spróbujemy wyłuskać z nich racjonalne jądro, pomijając zarówno wątpliwe szczegóły, jak i rekonstrukcje dokonywane przez późniejszych interpretatorów. Posłużymy się przy tym podejściem, zaproponowanym i intensywnie wykorzystywanym w [44]. Przypominając, że atrybucja poszczególnych dokonań konkretnym myślicielom milezyjskiej szkoły jest bardziej wątpliwa, niż przypisanie ich całej grupie, będziemy na dokonania Talesa, Anaksymenesa i Anaksymandra patrzeć jako na pewną całość. Dodatkowo będziemy się starali wiązać astronomiczne i geometryczne ich dokonania. W ten sposób uzyskuje się pewien większy (niż przy jego rozbijaniu) zasób wiadomości o dokonaniach szkoły, który powinien być łatwiejszy do analizy i prowadzić do silniej uzasadnionych wniosków.

Zacznijmy od przeglądu wiadomości o interesujących nas filozofach, jako astronomach. Najwięcej źródła mówią o astronomicznych dokonaniach Talesa (p.[12], s.137 – 139, [6], I,1, 22 – 24). Mówi się więc zarówno o jego wielkim osiągnięciu, jakim było przewidzenie zaćmienia Słońca (prawdopodobnie 28 maja 585 r. p.n.e.), o dokonanej przez niego reformie astronomii żeglarskiej, o opracowaniu metod wyznaczania dni przesilenia i równonocy, zaobserwowaniu ruchu Słońca od zwrotnika do zwrotnika, wyznaczeniu długości roku (na 365 dni) i pół roku, ze stwierdzeniem nierównej ich długości oraz szeregu odkryć, które już niemal niewątpliwie były dokonane znacznie później. Jest wreszcie i urocza anegdota o Talesie zapatrzonym w gwiazdy, który przez to wpadł do dołu, a towarzysząca mu służąca skomentowała to złośliwie: „Ty, Talesie, nie mogąc dostrzec tego, co jest pod nogami, chciałbyś dostrzec to, co na niebie!” ([6], I,1,14). Ta opowieść, w wersjach różniących się szczegółami, była wielokrotnie przytaczana. Sam Digoenes Laertios przytacza ją jeszcze raz ([6], II,4), pisze o niej Platon ([27], 174 a) i Ezop (Bajka 40). Zarówno popularność tej opowieści, jak i mnogość wersji znamienne są dla całej naszej wiedzy o Talesie.

Znaczące są dokonania astronomiczne Anaksymandra. Wśród nich wymienia się głównie stworzenie wielosferycznego, geocentrycznego modelu Wszechświata (co do kształtu przypisywanego przez niego Ziemi informacje są sprzeczne), określenie rozmiarów Słońca, Księżyca i odpowiednich sfer niebieskich. Przypisuje się mu też wprowadzenie gnomona i określanie za jego pomocą pór

W liście do Pitagorasa ([6], II.1.5) brak znaczących dokonań astronomicznych Anaksymenes tłumaczy trudnymi warunkami politycznymi – tyranią, niebezpieczeństwem wojny z Persją i zbliżającym się powstaniem przeciw nim: „Czy może Anaksymenes myśleć o badaniu nieba, kiedy grozi mu śmierć lub niewola?” (tłum. I.Krońska). Nawet jeśli list jest apokryfem, to pytanie jest całkiem autentyczne.

Odnosnie prawdopodobnej metody wyznaczania przez Talesa zaćmienia Słońca i jej dokładności (do jednego roku!) por. [14], s.120 – 122.

roku (a zwłaszcza momentów równonocy) ([6], II,1,1 – 3; [12], s.139 – 140). Warto tu dodać, że zdaniem niektórych autorów, sferyczny model Wszechświata był dziełem Talesa ([12], s.139).

Wreszcie – Anaksymenes. Temu filozofowi przypisuje się niewiele dokonań, choć i on, jak Anaksymander, miał być twórcą gnomona. On też miał być autorem spostrzeżenia, że „gwiazdy poruszają się dokoła Ziemi, a nie schodzą pod ziemię” ([6],

Zauważmy, że przytoczone powyżej informacje nie układają się samorzutnie w spójny obraz. Rzeczą, która w widoczny sposób zawodzi jest chronologia. Przypisywane Anaksymenesowi odkrycie kołowego ruchu gwiazd po nieboskłonie było konieczną przesłanką dla zbudowania przez Anaksymandra, prawdopodobnie wcześniej, modelu Wszechświata. Podobnie, przypisuje się Anaksymandrowi odkrycie metod wyznaczania dni równonocy (przesilenia na pewno były wyznaczane wcześniej), tymczasem trudno sobie wyobrazić, by co innego było przedmiotem przypisywanych Talesowi rozpraw (nie mówiąc już o stwierdzeniu nierówności pór roku, co wymagało dostatecznie dokładnych technik pomiarowych). Wreszcie, nieporozumieniem jest, o czym świadczy przytoczony wcześniej cytat z Homera, przypisywanie Talesowi odkrycia ruchu Małej Niedźwiedzicy. Również w Odysei można znaleźć, wprawdzie nie do końca jasny, fragment mówiący o zwrótnikach: „Jest pewna wyspa, nazywa się Syria (...) powyżej Ortygii, gdzie Słońce zawraca” mówi w XV księdze pasterz świń Eumajos ([15], s.302).

Oczywiście, przy zaproponowanym wyżej łącznym potraktowaniu całej szkoły, przesunięcia w czasie i błędna kolejność poszczególnych dokonań tracą na znaczeniu. Obraz zaś, który wylania się z powyższego wykazu jest następujący.

Bezsprzecznie najważniejsze było zbudowanie geometrycznego, sferycznego modelu Wszechświata. Być może był to model jednosferyczny, być może wielosferyczny, a może być nie był to jeden model, ale kolejno poprawiane jego wersje (z materialnym planetarium włącznie). Niemał na pewno model ten uwzględniał zwrotniki, równik i bieguny (wydaje się, że tego dotyczyć mogło „odkrycie Małej Niedźwiedzicy” przez Talesa), uwzględniał ruch stałych gwiazd (o uwzględnieniu w nim ruchu planet wiadomo niewiele) oraz Księżyca i Słońca. Czy, jak chcieli niektórzy, już Tales zmierzył nachylenie ekliptyki, w to chyba można wątpić, choć wiadomość o przewidzeniu przezeń zaćmienia Słońca może być śladem baczniejszych i bardziej systematycznych obserwacji ruchu największych ciał niebieskich. Ziemia znajdowała się w środku Wszechświata. Kulistość Ziemi, będąca naturalną konsekwencją takiego modelu, nie była chyba w modelu uwzględniona, choć Diogenes Laërtios twierdzi, że Anaksymander był tego faktu świadomy, a inni autorzy przypisywali tę świadomość i Talesowi. Informacje na ten temat są jednak zbyt rozbieżne by je uwzględniać. Kulistość Ziemi leży jednak w logice modelu i dokonanie tej poprawki było tylko kwestią czasu.

Podkreślmy raz jeszcze, że geometryczny model Wszechświata, czy choćby pierwsze kroki w jego kierunku, uznać należy za istotę swoistości greckiej astronomii. Jak wskazaliśmy wyżej, różnice tej astronomii i, powiedzmy egipskiej czy babilońskiej, widoczne są w dokonaniach Talesa i jego uczniów. Nie wyczerpuje to listy ich osiągnięć.

Ważną kwestią, która mogła być motorem prowadzonych badań i znajduje odbicie w przytoczonych danych, był problem kalendarza. Jońscy filozofowie i tu wnieśli pewien wkład. Określenie długości roku z dobrą dokładnością, łączące się z przejściem od kalendarza księżycowego do słonecznego, to ważne osiągnięcie nie znane Egipcjanom (por. [36] i [41]). Jeszcze ważniejsze byłoby (gdyby istotnie miało miejsce) stwierdzenie nierównych odstępów między początkami astronomicznych pór roku. Fakt ten nie był bowiem znany współczesnym astronomom asyryjskim ([40],s.86, [41],s.80 – 83). Obydwa te osiągnięcia razem wzięte świadczą by mogły o samodzielnym rozwoju

greckiej astronomii owego okresu, jak modelowe jej aspekty świadczą o jej swoistym charakterze.

Innym, oprócz kwestii kalendarzowych, motorem badań astronomicznych była astrologia. Mające agrotechniczne znaczenie obserwacje, o których pisaliśmy uprzednio, a które dość szeroko uwzględnił Hezjod w swoim poemacie, sprzyjały wytworzeniu koncepcji astrologicznych. Przyporządkowanie zjawisk astronomicznych okresom korzystnym dla pewnych czynności mogło sprzyjać przekonaniu o istniejącym tu związku przyczynowym. Rozszerzenie takiego przekonania na inne dziedziny życia mogło stać się przyczyną poszukiwania w układach gwiazd przesłanek dla pomyślności (bądź niepomyślności) różnych działań. I na odwrót, pojawienie się nietypowych zjawisk mogło powodować przeświadczenie o jakichś nadzwyczajnych ich skutkach. Opowieść o przewidzeniu przez Talesa zaćmienia Słońca i jego znaczeniu można chyba widzieć jako wyraz takich zainteresowań ówczesnych (i późniejszych) astronomów. Przy tym nie ma większego znaczenia, czy istotnie przewidywania Talesa były aż tak trafne, jak twierdzą przekazy. Wydaje się wszakże, że w tym nurcie grecka astronomia nie przedstawiała sobą nic szczególnego.

Patrz poprzedni przypis.
Opowieść o talesowej skuteczności w przewidywaniu zaćmienia niczym nie różni się od innych podobnych – np. o zdolności Fereksydesa przepowiedzenia zatonięcia statku, trzęsienia ziemi i własnej śmierci ([6], I,11,116).

Przejdźmy wreszcie do kwestii gnomona i roli milezyjskich filozofów w upowszechnianiu oraz rozwinięciu sposobów użycia tego przyrządu.

Pierwsza wzmianka na ten temat pochodzi od Herodota, który pisze, że o ile sztukę mierniczą wynaleziono w Egipcie (stąd trafiła do Grecji), o tyle polos i gnomon oraz podział dnia na dwanaście godzin Grecy przejęli od Babilończyków ([13],II,109). Zaslugują tu na uwagę dwie rzeczy. Pierwsza, to fakt że wymienione narzędzia były w czasach Herodota na tyle rozpowszechnione, że laik, jakim był autor „Dziejów” uważał, że warto o nich pisać, a co więcej mógł to czynić bez żadnych dodatkowych objaśnień. Po drugie, użycie to wyraźnie wiązało się z geometrią (lub geometrami). Te dwa elementy wydają się ważniejsze od zapisanego kierunku zapożyczenia – Babilonii. Sam bowiem fakt, że informacja o nim znajduje się w kontekście wątpliwych uwag o egipskim pochodzeniu geometrii, każe również tę informację traktować ostrożnie.

Zgodnie z analizą A. Szabó nie jest wykluczone, że Herodot mówi o jednym przyrządzie. Przypisywanie Babilończykom autorstwa udoskonalonego zegara słonecznego byłoby logiczniejsze niż szeroko rozpowszechnionego przyrządu (gnomona).

Jest to zresztą jedna z dwóch nitek greckiej tradycji, Druga wynalazek gnomona wyraźnie przypisuje jońskim filozofom. Zwykle wymieniany jest Anaksymander. Jak pisze Diogenes Laertios, był on tym kto „pierwszy wynalazł też zegar słoneczny i umieścił go, jak stwiedza Favorinus w „Historiach rozmaitych”, w odpowiednim miejscu w Lacedemonie; zegar wskazywał przesilenia i zrównania dnia z nocą, a jego tarcza oznaczona była cyframi” ([6],II,1,1). Wprawdzie tłumaczenie w powyższym cytacie słowa „gnomon” jako „zegar słoneczny” nieco zaciemnia obraz, ale z dalszego opisu widać, że mamy tu do czynienia nie z prostym zegarem, ale złożonym instrumentem astronomicznym. Dalsze zdanie dotyczy innych dokonań Anaksymandra, ale jak zobaczymy w dalszym ciągu umieszczenie go w tym właśnie miejscu nie musi być przypadkowe. Brzmi ono: „Stworzył też pierwszą mapę świata z konturami lądu i morza oraz pierwsze planetarium” ([6],II,1,2).

Tyle na interesujący nas temat pisze Diogenes Laertios. Późniejsze źródła (por. [35], s.36 – 38) dodają mało istotne szczegóły do tych kilku zdań, które być może oddają jakąś dawniejszą tradycję. Jednakże tradycja ta nie była chyba jednoznaczna, skoro wcześniej od Diogenesa Pliniusz Starszy wynalazek gnomona i wzniesienie go w Sparcie przypisuje Anaksymenesowi ([28],II, 186 – 187; por. [47], s.175). Sam Diogenes też nie jest konsekwentny, skoro skonstruowanie zegara słonecznego na wyspie Syros przypisuje Ferekydesowi, wraz z Talesem zaliczanemu do legendarnych mędrców ([6],I,11,113).

To jednak nie wszystko, bowiem również twórcy szkoły filozofów jońskich, Talesowi przypisać można jeśli nie autorstwo gnomona, to istotne rozwinięcie wcześniejszych jego zastosowań. Legenda o pomiarze wysokości piramidy wyraźnie wskazuje na jego zainteresowania obserwacją i pomiarem długości

i położenia cienia, co jest istotą badań za pomocą gnomona. Są zresztą i bardziej bezpośrednie informacje na ten temat. Otóż Diogenes Laertios wspomina o przypisywaniu Talesowi autorstwa dzieł o przesileniu i o zrównaniu dnia z nocą. Miał on (Tales) być tym, który „pierwszy odkrył bieg Słońca od zwrotnika do zwrotnika” i „odkrył pory roku i podzielił rok na 365 dni” ([1,1,27]). Przypisywanie komukolwiek odkrycia pór roku byłoby rzeczą co najmniej dziwną, ale osadzenie tego zagadnienia w kontekście określenia długości roku (problem, który powodował duże trudności w Egipcie i Babilonii) wskazuje o co naprawdę mogło tu chodzić. Byłoby to dokładne określenie początków pór roku, a więc dni zrównań i przesilen, być może – jak podkreśla A. Szabó – również ich nierównomiernego rozłożenia ([35], s.119).

Z tym ważnym odkryciem można powiązać przypisywany Talesowi przez Proklosa wynik matematyczny. Pisze on, że „podział koła na dwie części przez średnicę został okazany, jak piszą, najpierw przez Talesa” ([30], 157.10). Twierdzenie to mogło być wynikiem badań inspirowanych przez odkrytą nierówność półroczy i związane z nią trudności w budowie geometrycznego modelu ruchu Słońca. Cała ta problematyka wiąże się z obliczeniami kalendarzowymi. W Milecie początek roku przypadał w dniu zrównania jesiennego, który to dzień powinien być wyznaczany z odpowiednią precyzją. Również w Sparcie rok liczono od tego właśnie dnia. Nie było więc przypadkiem, że tam właśnie Anaksymander (lub Anaksymenes) zawiązał zarówno przyrząd jak i wiedzę potrzebną do jego obsługi.

Sumując powyższe dane i pomijając niepewne autorstwo poszczególnych dokonani przyjąć można, że filozofowie mileccy w VI wieku zajmowali się intensywnie pomiarami za pomocą gnomona, wnieśli istotny wkład w rozwinięcie metod tych pomiarów, rozszerzyli ich zakres i przyczynili się do rozpowszechnienia tej wiedzy wśród Greków. Zasadniczy wkład Talesa i jego uczniów polegał na wyznaczeniu zwrotników i równika na sferze niebieskiej (przypomnijmy, że na innej podstawie wyznaczali też oni bieguny), dokładniejszym określeniu dni zrównania i przesilenia.

Zdaniem A. Szabó, to właśnie Anaksymander miał być twórcą metody wyznaczania dnia równonocy poprzez teoretyczne ustalenie położenia cienia gnomona w południe takiego dnia i późniejsze zaobserwowanie tego faktu. Metoda ta opiera się na prostym fakcie geometrycznym, że kierunek promieni słonecznych w południe dnia zrównania stanowi dwusieczną kąta między promieniami w południe dni porzesień. Jest to własność łatwa to odkrycia pod warunkiem, że ruch Słońca rozpatruje się w kategoriach kąta padania promieni, nie zaś tangensa tego kąta – a więc proporcji długości gnomona do długości cienia. Podstawowe znaczenie ma więc znajomość samego pojęcia kąta. Jak się wydaje, Egipcjanie pojęcia tego nie znali. Operowali właśnie tangensem kąta (tzw. škđ). Również w Babilonie pojęcie kąta nie było chyba znane. Pochodzące z VII wieku i przez to szczególnie dla nas ważne, podstawowe dla zrozumienia zakresu astronomii babilońskiej owego okresu tabliczki muAPIN zawierają, między innymi, dane dotyczące stosunku długości cienia dla gnomona o jednostkowej długości dla dni równonocy i przesilen. Nie ma w nich niczego, co kazałoby przypuszczać, że Babilończycy posługiwali się pojęciem kąta, przynajmniej w interesującym nas kontekście. Wręcz przeciwnie, dane wspomnianej tabliczki świadczą, że ich intuicje związane były bezpośrednio ze zmianą długości cienia, przy czym mieli o niej błędne wyobrażenie. Zmiana ta miała mieć liniowy charakter, co prowadzi nie tylko do uproszczonych, ale wręcz absurdalnych wniosków.

Tak więc jeśli jońscy filozofowie istotnie znali przypisywaną im metodę, to nie mogli jej zaczerpnąć ani z egipskich ani babilońskich źródeł. Wkład Greków byłby więc oryginalny, a że tak być mogło świadczą dodatkowo przypisywane Talesowi twierdzenia matematyczne, w których zasadniczą rolę odgrywa pojęcie kąta (twierdzenie o kątach w trójkącie równoramiennym, twierdzenie o kątach wierzchołkowych, tzw. III cecha przystawiania trójkątów – [21], s.100). Można

O serii tabliczek muAPIN pisze obszernie [41], s.70 – 86. Na str.84 omówiony jest interesujący nas fragment. D.R.Dicks, [5], s.166 pisze o nich: „Dane są bardzo dokładne dla szerokości Babilonu (szczególnie liczby odnoszące się do dni równonocy i przesilenia zimowego) co nie dziwi o tyle, że u podstaw zdaje się leżeć założenie iż długość cienia wzrasta w postępie arytmetycznym w miarę wznoszenia się Słońca (co oczywiście nie jest prawdą). Co więcej, wyniki podane są zgodnie z przyjętym a priori schematem, w którym przesilenia i zrównania są usytuowane arbitralnie piętnastego dnia pierwszego, czwartego, siódmego i dziesiątego miesiąca w schematycznym roku składającym się z dwunastu trzydziestodniowych miesięcy. Prawdopodobnie jedyne prawdziwe obserwacje dotyczyły cienia w czasie letniego przesilenia (które są mniej dokładne od pozostałych), a resztę danych wyliczono wypełniając teoretyczny schemat”. Cytat ten wyraźnie odsłania możliwości i ograniczenia astronomii babilońskiej w interesującym nas zakresie.

Z przenoszeniem wyników pomiarów długości cienia w inne miejsce spotykamy się w polemice Hipparcha (II w .p.n.e.) z Aratosem i Endoksosem (IV i III w .p.n.e.), którzy wynik pomiarów odnoszących się do Bizancjum (41°N) zastosowali dla całej Grecji, dla której Hipparch podaje właśnie wymieniony stosunek 4/3 ([35], s.21 - 32), który Witruwiusz przypisuje Atenom (IX.7.1).

z nich wnosić, że było ono znane już Talesowi, co omawianą przez Szabó metodę czyni osiągalną dla mileckich filozofów. Dodajmy jeszcze, że obserwacje za pomocą polos, gdzie operowało się lukami kół (południkami), nie zaś ich rzutami na płaszczyznę mogło unaocznić metodę opisaną przez Szabó.

Oczywiście z faktu, że jakaś metoda jest osiągalna nie wynika jeszcze, że osiągnięta została. Jest więc możliwe, że rozwinięcie metody wyznaczania równonocy (znanej już na pewno Hipparchowi w II w.p.n.e.) przypada na okres późniejszy. Być może joińscy filozofowie opracowali jakieś prostsze podejście. Można sobie wyobrazić empiryczne wyznaczenie odpowiedniego stosunku w dniu leżącym dokładnie między dniami przesilenia. Zaokrąglenie do $\frac{4}{3}$ zmierzonego stosunku długości cienia do długości gnomona daje bardzo dobre przybliżenie odpowiedniej wartości dla Miletu (1.30), a doskonale dla Sparty (1.33). Może tu leży dodatkowy powód podróży ze skonstruowanym przyrządem w to właśnie miejsce.

Zauważmy wszakże, że i to przypuszczenie prowadzi do ciekawych konsekwencji dla rozwoju greckiej myśli. Jeśli bowiem względnie dokładne ustalenie dni równonocy byłoby kwestią prawidłowości empirycznej, którą jak wiemy zaznaczano na gotowych zegarach, to praktyka taka musiała prowadzić do szybkiego rozwoju geografii geometrycznej. Stosunek, o którym była wyżej mowa jest bowiem niczym innym jak cotangensem kąta określającego szerokość geograficzną danego miejsca. Zmienia się w zależności od tego, gdzie dokonujemy pomiarów. W przypadku greckich miast rozłożonych w pasie od 31°N (Naukratis) do 47°N (Tanais), wielkość ta zmienia się od 1.66 do 0.93. Rozbieżność tę mógł obserwować i sam Anaksymander jako uczestnik wyprawy kolonizacyjnej z Miletu (37°30'N) do Apollonii (42°30'N), co daje wyraźną zmianę stosunku długości gnomona do długości cienia w południe dnia zrównania z 1.30 do 1.09.

To, co pisaliśmy o polos wskazuje, że użycie tego narzędzia kształtowało pewien typ wyobrażeń, a co za tym idzie – również pewien obraz świata. Jak to podkreśla A.Szabó, w oparciu o późniejsze źródła (Witruwiusz, Ptolemeusz), cień czubka gnomona na płaszczyźnie, czy lepiej na powierzchni polos, rozumiany był jako rzut Słońca. Tarcza stawała się więc mapą nieboskłonu, na której cień wyznaczał pewne charakterystyczne linie. W przypadku polos, której kształt ingerował również w obliczenia dotyczące zwykłego gnomona, naturalne było przedłużenie powierzchni ekranu do całej sfery i obok „rzeczywistego” ruchu Słońca po nieboskłonie rozpatrywanie jego rzutu na górną powierzchnię sfery (symetrycznego względem centrum polos). W ten sposób otrzymana sfera, której promieniem jest gnomon, staje się obrazem pełnej sfery niebieskiej. Otrzymujemy więc sferyczny model Wszechświata, którego część (polos) jest nawet materialna. Jesteśmy bardzo blisko anaksymandrowego modelu Wszechświata.

W tym modelu czubek gnomona stawał się wizerunkiem Ziemi. Jak pisał Ptolemeusz „skoro cała Ziemia w stosunku do sfery Słońca może być postrzegana jak punkt będący centrum, to bez widocznej różnicy czubek gnomona może oznaczać Ziemię, jak i środek Wszechświata” ([31],II,5). Geocentryzm był więc ukrytym założeniem pomiarów za pomocą gnomona i naturalnym składnikiem tworzonego na ich podstawie modelu Wszechświata, stanowiącego zaczątki późniejszej wizji Wszechświata dwusferycznego. Podobnie było i z kulistym kształtem Ziemi, który można było uzyskać z obserwacji różnic kątów nachylenia ciał niebieskich przy zmianie szerokości geograficznej. To z pomocą pomiarów cienia Eraststenes wyliczył III w. p.n.e. promień kuli ziemskiej. Kulistość ta tkwiła więc od samego początku w milezyjskim modelu Wszechświata, nawet jeśli jego twórcy rzecz tę ujmowali inaczej.

Przypomnijmy też o wywodzącym się z obserwacji gnomona i ze sferycznego modelu Wszechświata rodowodzie siatki kartograficznej na kuli ziemskiej. Bieguny, południki, równoleżniki (zwłaszcza zwrotniki, równik, równoleżnik danej miejscowości) są rzutami na powierzchnię kuli ziemskiej pewnych

punktów i linii poprowadzonych na sferze niebieskiej. Nanoszenie na kulę ziemską siatki kartograficznej było więc przenoszeniem na Ziemię ładu kosmicznego. Geometryczna geografia może więc być ogniwem pomiędzy kosmologią a miernictwem, potrzebnym do wyjaśniania genezy nazwy geometria. Używając sformułowania Arystofanesa (z 423 r. p.n.e.) Ą.Szabó dochodzi do wniosku, że w owym czasie astronomia i geometria „wspólnymi siłami dążyły do wymierzenia kuli ziemskiej” ([32], s.25). Podkreślony zwrot pochodzi z komedii „Phrontisterion”, w której wyszydza się pretensje geometrii do wymierzenia całej Ziemi, przy jej wątpliwej użyteczności w „normalnych” geodezyjnych pomiarach. Takie były pretensje geometrii w 423 r. p.n.e., takimi mogły być i 150 lat wcześniej.

Oczywiście byłoby nieporozumieniem przypisywanie tak dojrzałych koncepcji i spójnych konstrukcji teoretycznych pierwszym greckim filozofom (będącym również pierwszymi astronomami i matematykami). W ich poczynaniach można za to widzieć początki drogi prowadzącej ku wspomnianym wyżej koncepcjom i modelom. (Wraca się do tego tematu w innych partiach pracy [44]).

Przytoczone fakty i ich interpretacja kładą nacisk na astronomię grecką VI w. p.n.e. jako początek przyszłej, racjonalnej wiedzy, nauki w nowożytnym słowa tego znaczeniu. Zakończmy więc ten artykuł kilkoma uwagami, które mogą osłabić taką wymowę. Zwróćmy więc uwagę, że wyznaczone przy pomocy gnomona dni równonocy miały istotne znaczenie dla chronologii sakralnej. Sakralne znaczenie miały i inne pomiary, jak choćby zwykłe określanie stron świata ([3],[4]). W samym gnomonie było też coś ze słupa wskazującego centrum świata (co przebija z cytowanej wypowiedzi Ptolemeusza), a może też wspierającego sklepienie niebieskie, występującego w licznych kosmologiach plemiennych (por. [8], s.73 – 77). Jest więc on czymś w rodzaju pośrednika między makrokosmosem Wszechświata a mikrokosmosem pojedynczej polis (której ład przestrzenny miał wiele cech „przestrzeni sakralnej” w sensie Eliadego [8]). Z tą rolą gnomona zgodne jest określenie „tłumacz”, będące jednym ze znaczeń greckiej jego nazwy.

Jak piszemy w [44] (rozdz. 3), przy zakładaniu nowej polis geometryj poprzez swoje pomiary powtarzali w pewnym sensie akt kosmogenez: chaos nieustrukturalizowanego miejsca osiedlenia zamieniali w mikrokosmos przyszłej polis. Astronomiczne zajęcia geometrów czyniły z nich pośredników między makro- a mikrokosmosem. Ta pośrednia (i pośrednicząca) rola geometrii wydaje się nam czymś szczególnie godnym uwagi.

Literatura cytowana

1. Arystoteles *Fizyka*, tłum. K. Leśniak, Warszawa 1968
2. Cassirer E. *Esej o człowieku. Wstęp do filozofii kultury*, tłum. A. Staniewska, Warszawa 1977.
3. Czarnowski S. „Góra i dół” w systemie kierunków sakralnych, [w:] S. Czarnowski, *Dzieła*, t. III, Warszawa 1956, s. 237-241.
4. Czarnowski S. *Podział przestrzeni i jej rozgraniczenie w religii i w magii*, tłum. N. Assorodobraj, tamże, s. 221-236.
5. Dicks D.R. *Early Greek Astronomy to Aristotle*, Ithaca New York 1970
6. Diogenes Laertios *Żywoty i przeglądy słynnych filozofów*, tłum. zbior. Warszawa 1968.
7. Duda R. *Zarys rozwoju koncepcji przestrzeni*, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Opolu, 1987, nr 125 (Matematyka z.12), s. 7-26
8. Eliade M. *Sacrum, mit, historia*. Wybór esejów, tłum. A. Tatariewicz, Warszawa 1970
9. Ezop *Bajki Ezopowe*, tłum. M. Golias, Wrocław 1961

10. Frolov B.A. *Czysła w grafice paleolita*, Nowosybirsk 1974
11. Hawkins G.S. White J.B. *Stonehenge Decoded*, London 1966
12. Heath T.L. *A History of Greek Mathematics*. vol.I, From Thales to Euclid, Oxford 1921
13. Herodot *Dzieje*, tłum. S.Hammer, Warszawa 1959
14. Hezjod *Prace i dni*, tłum. W.Steffen, Wrocław 1959
15. Homer *Odyseja*, tłum. J.Parandowski, Warszawa 1969 (wyd.7)
16. Hoyle F. *On Stonehenge*, London 1977
17. Ivins jr W.M. *Art and Geometry, a Study in Space Intuition* New York 1946
18. James E.O. *Starożytni bogowie. Historia rozwoju i rozprzestrzeniania się religii starożytnych na Bliskim Wschodzie i we wschodniej części basenu śródziemnomorskiego*, tłum. L.Cyboran i G.Prokopiuk, Warszawa 1970
19. Kinzalov R.W. *Kultura drewnich Majja*, Leningrad 1971
20. Kühn T.S. *Przewrót kopernikański. Astronomia planetarna w dziejach myśli*, tłum. S.Amsterdamski, Warszawa 1966
21. Kulczycki S. *Z dziejów matematyki greckiej*, Warszawa 1973
22. Lewis C.S. *Odrzucony obraz. Wprowadzenie do literatury średniowiecznej i renesansowej*, tłum. W.Ostrowski
23. Needham J. *Wielkie miareczkowanie. Nauka i społeczeństwo w Chinach i na Zachodzie*, tłum. I.Kalużyńska, Warszawa 1984
24. Neugebauer O. *Astronomical Cuneiform Texts*, (t.I-II), London 1955
25. Neugebauer O. *Vorlesungen über Geschichte der antiken Wissenschaften*, t.I, Vorgriechische Mathematik, Berlin 1934
26. Neugebauer O. *The Exact Sciences in Antiquity*, Providence R.I. 1957 (cyt. w tłum. ros. Je.V.Gohman: O.Nejgebauer *Tocznyje nauki v drevnosti*, Moskwa 1968)
27. Platon *Teajtet*, tłum. W.Witwicki, Warszawa 1958
28. Pliniusz Starszy, *Historia naturalna*, wybór i tłum. I i T.Zawadzcy, Wrocław 1961
29. Price D.J.de Solla *Węzłowe problemy historii nauki*, tłum. H.Krahelska, Warszawa 1965
30. Procli *Diadochi in primum Euclidis Elementorum librum comentarii*, ed. G.Friedlein, Leipzig 1873
31. Ptolemeusz *Almagest*, tłum. ang. W serii Great Books of Western, World, t.XVI, Chicago 1952
32. Szabó Á. *Astronomische Messungen bei den Griechen im 5 Jahrhundert v.Chr. und ihr Instrument*, Historia Scientiarum 1981, No 21, s.1-26
33. Szabó Á. *Strabon und Pytheas - die geographische Breite von Marseille Zur Frühgeschichte der mathematischen Geographie*, Historia Scientiarum, 1985, No 29, s.3-15
34. Szabó Á. *The Beginnings of Greek Mathematics*, Dordrecht-Budapest 1978
35. Szabó Á. Maula E. *Enklima Untersuchungen zur Frühgeschichte der griechischen Astronomie, Geographie und der Sehnentafeln*, Athenen 1982
36. Thomson G. *Pierwsi filozofowie*, tłum. A.Dębnicki, Warszawa 1966
37. Vernant J.P. *Źródła myśli greckiej*, tłum. J.Szacki, Warszawa 1969
38. Waerden B.L. van der *Die Anfänge der Astronomie*, Groningen 1965
39. Waerden B.L. van der *Geometry and Algebra in Civilizations*, Berlin-Heidelberg 1983
40. Waerden B.L. van der *Science Awakening*, Gronigen 1954
41. Waerden B.L. van der (with P.Huber) *Science Awakening II, The Birth of Astronomy*, Leyden-New York 1974

42. Waszkiewicz J. *Nauka o systemie kultury, Prace Naukownawcze i Prognostyczne* 1986 (w druku)
43. Waszkiewicz J. *Socjokulturowe problemy genezy matematyki, cz.I-V*, Ośrodek Badań Prognostycznych Politechniki Wrocławskiej, Raporty nr: SPR 137, SPR 139, SPR 143, PRE 171, PRE 173, Wrocław 1986-1987
44. Waszkiewicz J. *Socjokulturowe problemy genezy matematyki, cz.IV, Początki greckiej geometrii*, Ośrodek Badań Prognostycznych Politechniki Wrocławskiej Raport SPR 171, Wrocław 1987
45. Waszkiewicz J. *System informatyczny jako składnik kultury (studium przypadku matematyki babilońskiej)*, Prace Naukowe Ośrodka Badań Prognostycznych Politechniki Wrocławskiej Nr 19, Seria Monografie nr 7, Wrocław 1987
46. Whittaker E.T. *Od Eukidesa do Einsteina*, Warszawa 1965
47. Winniczuk L. *Ludzie, zwyczaje i obyczaje starożytnej Grecji i Rzymu, t.I*, Warszawa 1985 (wyd.2)
48. Witruwiusz *O architekturze ksiąg dziesięć*, tłum. K.Kumaniecki, Warszawa 1956
49. Zajdler L. *Dzieje zegara*, Warszawa 1980 (wyd.3).

Wydano za zgodą Rektora
 Wyższej Szkoły Rolniczo-Pedagogicznej
 w Siedlcach

Wydawnictwa Uczelniane WSRP w Siedlcach
 Wydanie II. Nakład 300 egz. Ark. wyd. 2,18. Ark. druk. 6,0.
 Format A-4. Papier kl. III. Oddano do druku kwiecień 1990 r.
 Druk ukończono maj 1990 r.

Zamówienie nr 24/W/90

Cena 2.500 zł