

# Rożańska, Mariam M.

---

## Tradycja antyczna w mechanice średniowiecznego Wschodu

---

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 16/2, 393-400

---

1971

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



## TRADYCJA ANTYCZNA W MECHANICE ŚREDNIOWIECZNEGO WSCHODU

Problem tradycji antycznej w mechanice średniowiecznego Wschodu jest częścią ogólniejszego problemu dróg rozwoju nauki wschodniego średniowiecza.

Po podboju arabskim, w którego wyniku w skład kalifatu weszły — oprócz Arabii — Iran, Syria, Egipt, Palestyna, większa część Półwyspu Pirenejskiego, terytoria Azji Środkowej, Armenii i Indii północnozachodnich, rozpowszechniły się wśród miejscowych ludów język i religia Arabów (islam). Na niektórych obszarach towarzyszyło temu masowe niszczenie pomników nauki i sztuki. Później jednak, wraz z rozpowszechnieniem się języka arabskiego i islamu, a zwłaszcza w IX—XI w., w okresie największego rozkwitu nauki w krajach arabskich, zaczęła się wykształcać na terytorium kalifatu tradycja naukowa, oparta w znacznym stopniu na spuściźnie antycznej.

W stolicy kalifatu, Bagdadzie, wielka rzesza uczonych, tłumaczy i kopistów zajmowała się tłumaczeniem i komentowaniem dzieł Platona, Arystotelesa, Hipokratesa, Euklidesa, Archimedesza, Ptolemeusza. Przekłady z języka greckiego, jak również syryjskiego, w którym dotarła do uczonych krajów arabskich znaczna część antycznej literatury naukowej, odegrały ogromną rolę w rozwoju nauki na średniowiecznym Wschodzie. W wielu wypadkach były one jedynym źródłem, na podstawie którego Europa zachodnia zaznajamiała się później z antyczną spuścizną naukową.

Rozwój mechaniki, podobnie jak rozwój matematyki, zaczął się na średniowiecznym Wschodzie od tłumaczenia i komentowania dzieł autorów antycznych: Arystotelesa, Herona (niektóre traktaty Archimedesza i *Mechanika* Herona doszły do nas jedynie w tłumaczeniu arabskim) i posuwał się dalej w tych samych głównych kierunkach, co i mechanika antyczna.

Cały cykl prac poświęconych ogólnym pojęciom mechaniki (głównie zagadnieniom istoty ruchu) bierze początek w tłumaczeniu i komentowaniu dzieł Arystotelesa. Komentowanie to posłużyło za fundament, na którym opierała się stworzona później w Europie Zachodniej teoria „impetu”.

Załączki jej można znaleźć u aleksandryjskiego uczonego VI w. neoplatonika Jana Filiponosa, który w swym komentarzu do *Fizyki* Arystotelesa<sup>1</sup> dla wytłumaczenia ruchu rzuconego ciała wprowadził pojęcie „siły poruszającej”.

<sup>1</sup> John Philoponus, *Aristotelis physicorum libros commentaria. Commentaria in Aristotelem graeca*, Vol. 17, Berlin 1888. Przekład angielski w książce: M. R. Cohen, G. E. Drabkin, *A Source Book in Greek Science*. New York 1948.

Wpływ teorii „siły poruszającej” znalazł wyraz w licznych dziełach poświęconych różnym rozdziałom mechaniki.

Wśród komentatorów Arystotelesa byli wybitni uczeni średniowiecznego Wschodu — al-Biruni i Abu Ali ibn Sina (Avicenna). Dochowała się ich korespondencja związana z komentowaniem Arystotelesa<sup>2</sup>.

Al-Biruni podawał w wątpliwość tezę Arystotelesa, głoszącą, że ciało, które cechuje ruch obrotowy „nie może mieć ani ciężkości, ani lekkości”, i w związku z tym kwestionował cały jego system kosmologiczny. Ibn Sina, idąc za Arystotelesem, twierdził, że sfera niebieska nie może zdążać w dół ani w górę, lecz znajduje się na swoim „naturalnym miejscu”. Przeciwwstawiał też ruch obrotowy jako „narzucony”, tzn. wywołany przez jakąś zewnętrzną siłę poruszającą ruchowi prostoliniowemu, tzn. naturalnemu. Jednakże w owych rozważaniach o „pierwszej sile sprawczej” twierdził Ibn Sina, że „aczkolwiek niezbędna, nie może ona być przyczyną ruchu narzuconego”. Podobnie jak Arystoteles uważał Ibn Sina, że elementy ciężkie zdążają ku środkowi ziemi, lekkie zaś oddalają się od niego. Al-Biruni sądził natomiast, że wszystkie bez wyjątku ciała zdążają ku środkowi.

Ibn Sina, rozwijając teorię Filiponosa, określał „siłę, która przekazana zostaje rzuconemu ciału”, jako pewną „jakość”, z pomocą której ciało odpycha wszystko, co przeszkadza mu poruszać się w danym kierunku. Nazywa ją również siłą „zapożyczoną”.

Ibn Sina wniósł istotne uzupełnienie do teorii Filiponosa. Filiponos twierdził, że przy ruchu ciała w próżni jego „siła poruszająca” stopniowo zanika. Ibn Sina natomiast uważał, że jeżeli siła ta nie napotyka żadnych przeszkód, to ruch „narzucony”, którego jest ona źródłem, może trwać nieskończenie długo. Próbował nawet później wyrazić wielkość tej siły, wskazując, że ciała poruszane przez daną „siłę” poruszają się z prędkością odwrotnie proporcjonalną do ich ciężaru, ciała zaś poruszające się z daną prędkością przebywają (mimo oporu powietrza) odległości wprost proporcjonalne do ich „ciężkości”<sup>3</sup>. Ten punkt widzenia rozwijał w XII w. kontynuator dzieła Ibn Siny Abu-l-Baraga al-Bagdadi, który tłumaczył przyspieszenie spadku ciał stopniowym kumulowaniem się „siły poruszającej”, postępującym równocześnie ze stopniowym kumulowaniem się prędkości.

Komentarz Filiponosa nie był tłumaczony na język łaciński. *Księga wiedzy* Ibn Siny była znana w skróconym tłumaczeniu, w którym pominięto prawie wszystko, co dotyczyło „siły poruszającej”. Natomiast dobrze znano w Europie Zachodniej *Teorie planet* al-Bitrogiego (Alpetragia) przetłumaczoną na łacinę w 1217 r.<sup>4</sup>. Al-Bitrogi uważał, że ruchy

<sup>2</sup> *Diesiat' woprosow Biruni otnositielno «Knigi o niebie» Aristotielia i otwiety Ibn Siny. Wosiem woprosow Biruni otnositielno «Fiziki» Aristotielia i otwiety Ibn Siny.* Pieriewod J. N. Zawadowskiego. W tomie zbiorowym: *Materiały po istorii progressiwnoj mysli w Uzbekistanie.* Taszkent 1957, ss. 128—162.

<sup>3</sup> Warto zauważyć, że jeszcze przed Ibn Siną teorię „siły poruszającej” rozwijał, idąc za Filiponosem, uczony bagdadzki Jahia ibn Adi (X w.). Uważał on, że ruch ciała rzuconego pochodzi stąd, że rzucający przekazuje temu ciału pewną „siłę”, która umożliwia ciału osiągnięcie końca ruchu, po czym siła to rozwiewa się (zob. S. Pinès, *Un précurseur Bagdadien de la théorie de l'impetus.* Vol. 44 (1953), ss. 247—251.

<sup>4</sup> Alpetragius, *Planetarum theoricarum physicis rationibus probata.* Venetii 1531. Zob. P. Duhem, *Le Système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernik.* Vol. 9. Paris 1959, s. 173.

planet związane z ruchem ciał niebieskich są wywołane działaniem sił, które im przekazuje „ciało naczelne”. Siły te słabną w miarę oddalania się od źródła ruchu. Być może, że to właśnie dzieło, pisane w znacznym stopniu pod wpływem (wprawdzie nie bezpośrednim) Filiponosa, stało się źródłem rozwoju podobnych poglądów w Europie Zachodniej<sup>5</sup>.

Znaczny wpływ na kształtowanie się w Europie Zachodniej poglądów na istotę i źródło ruchu wywarła długotrwała dyskusja między uczonymi hiszpańsko-arabskimi Ibn Ruszdem (Awerroesem) i Ibn-Badżdżą (Avempacem). Avempace, którego teoria znana była tylko w relacji krytykującego ją Awerroesa, bronił punktu widzenia Filiponosa. Twierdził, że nawet w próżni ciało porusza się z prędkością skończoną. Awerroes natomiast, rozważając mechanizm przekazywania ruchu, tłumaczył go porównując do fal rozchodzących się kręgami na powierzchni wody, do której rzucono kamień. Uważał, że cząsteczki wody mogą się przenikać wzajemnie. Analogiczne zjawisko zachodzi jego zdaniem w powietrzu, gdy porusza się w nim rzucone ciało. Cząsteczki środowiska przenikając do poruszającego się ciała podtrzymują w ten sposób jego ruch. Jednakże to przenikanie się wzajemne jest tylko częściowe, gdyby bowiem było całkowite, znaczyłoby to, że środowisko pozbawione jest sprężystości, i nie mogłoby być przekazywania ruchu.

Z tłumaczeniem i komentowaniem Archimedesesa i Herona wiąże się dalszy rozwój zarówno geometrycznego, jak kinematycznego kierunku statyki. Badania kinematyczne zaczęły się rozwijać intensywnie w związku z tłumaczeniem i komentowaniem *Almagestu* Ptolemeusza i jego antycznego komentatora Teona z Aleksandrii. Studia nad Ptolemeuszem (bok indyjskich dzieł astronomicznych, na których również zaznaczył się silny wpływ astronomii aleksandryjskiej) posłużyły za podstawę do zestawienia zidżów — zbiorów tablic i wskazówek dotyczących obliczania położenia gwiazd na sferze niebieskiej. Zidże oparte są na greckich metodach kinematyczno-geometrycznych modelowania ruchu ciał niebieskich. Dla mechaniki i matematyki arabskiej charakterystyczne jest w ogóle opracowanie strony ilościowej rozważanych problemów i związany z tym rozwój metod obliczeniowych. Dotyczy to w szczególności badań z zakresu statyki i hydrostatyki, które rozwinęły się w związku z praktyką ważenia metali i minerałów, odgrywającą istotną rolę w handlu międzynarodowym.

Podobnie jak autorzy antyczni, „mechaniką” (*ilm-al-chijal*, dosłowne tłumaczenie greckiego *mēchānē*) we właściwym tego słowa znaczeniu nazywali uczeni średniowiecznego Wschodu naukę o „pomysłowych urządzeniach”, mając przy tym głównie na uwadze przyrządy do podnoszenia ciężarów i wody do polewania pól. W niektórych dziełach (również zgodnie z tradycją antyczną) wydzielano w niej naukę o machinach wojennych.

Rozdziały o mechanice zawiera większość wschodnich encyklopedii średniowiecznych. Najstarsza i zarazem najbardziej wyczerpująca spośród tego rodzaju dzieł jest księga *Krynice nauk* Abu Abdallaha al-Cho-

<sup>5</sup> Zob. M. Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*. Madison 1959, ss. 514—515; A. Mayer, *Zwei Grundprobleme der scholastischen Naturphilosophie. Das Problem der intensiven Grösse. Die Impetustheorie*. 2. Auflage. Roma 1951, ss. 129—133.

rezmi<sup>6</sup>, której część mechaniczna jest w zasadzie przeróbką *Mechaniki Herona*. Zawiera ona opis maszyn prostych i ich kombinacji, rozdział poświęcony machinom wojennym oraz niektóre wiadomości z *Pneumatyki Herona*.

*Problemy mechaniki pseudo-Arystotelesa i Mechanika Herona* stanowią podstawę, na której oparł poświęcone mechanice rozdziały swej *Księgi wiedzy* Ibn Sina<sup>7</sup>. Zawierają one opis pięciu maszyn prostych. Znany jest również traktat analogicznej treści *Księga o mechanice* (*Kitāb fī-l-chijāl*), którego autorami byli słynni astronomowie i matematycy szkoły bagdadzkiej, trzech bracia Banu-Musa<sup>8</sup>. Traktat ten zrodził wielką liczbę komentarzy i rozpraw napisanych na jego podstawie. Urządzeniem mechanicznym do podnoszenia wody poświęcony jest traktat Abu-l-Izz Izmaela al-Garani *Księga o poznaniu pomysłowych przyrządów geometrycznych* (*Al-kitāb fī ma 'rifāt al-chijāl al-chandasija*)<sup>9</sup>. Podobne urządzenia omawia traktat Ibn Muhammada ibn Ali- al-Chorosani *O kołach wodnych, podnoszeniu wody i służących do tego urządzeniach mechanicznych* (*Bāb al-dawālib wa istibāt al-mijāch wa-l-chijāl fī zālika*)<sup>10</sup>. Liczne opisy rozmaitych urządzeń mechanicznych stosowanych w średniowieczu na Wschodzie zawierają traktaty geograficzne al-Kindiego, Ibn Chalduna, Ibn Jakuta. Al-Biruni omawia je opisując system urządzeń irygacyjnych w Chorezmie<sup>11</sup>. W niektórych encyklopediach wyodrębniano „naukę o podnoszeniu wody” (*Ilm inbāt al-mijāch*), traktowaną jako rozdział geometrii.

Tłumaczenie i komentowanie prac Archimedesesa zapoczątkowało rozwój statyki geometrycznej i hydrostatyki na średniowiecznym Wschodzie. Tłumaczem Archimedesesa był m.in. wybitny matematyk i astronom IX w. Sabit ibn Korra. W jego to właśnie tłumaczeniu zachowały się dzieła Archimedesesa, których oryginały greckie nie dotrwały do naszych czasów. Problemy statyki omawiane są w wielkim cyklu traktatów o Karastunie (karastun — zniekształcone greckie *charisteian* — równoramienna waga dźwigniowa)<sup>12</sup>. Znane są traktaty o karastunie braci Banu Musa, Sabita ibn Korry, tłumacza Herona-Kosty ibn Luki. Opis karastuna podaje al-Biruni w swej popularnej *Księdze o podstawach astrologii*<sup>13</sup>.

Omówimy szczegółowiej traktat Sabita ibn Korry, szeroko rozpowszechniony w średniowieczu<sup>14</sup>. W XII w. przełożono go na łacinę pt.

<sup>6</sup> Zob. *Liber mafātih al-alūm...*, auctore Abu Abdallah Mohammed ibn Ahmad ibn Ioūsouf al-Katib al-Khowarezmi, ed. G. Van Vloten, Lugduni Batavorum 1895; E. Wiedemann, *Zur Mechanik und Technik bei den Arabern*, w: „Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen”, Bd. 38, s. 156; *Zur Technik bei den Arabern*, op. cit., ss. 307—357.

<sup>7</sup> Ibn Sina, *Danisz-name — Kniha znanija*. Pieriewod i wstupitielnaja statja A. M. Bogoutdinowa. Duszambe 1957, ss. 232—233.

<sup>8</sup> Zob. E. Wiedemann, op. cit., s. 21.

<sup>9</sup> E. Wiedemann, op. cit., s. 332.

<sup>10</sup> Zob. E. Wiedemann. *Besprechung eines Stückes aus der Beschreibung Ägyptens von el-Kindi und der darin erwähnten Gelehrten*. „Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen”, Bd. 37, s. 221.

<sup>11</sup> Biruni, *Izbrannyje proizwiedienija*. T. 3, *Gieodezija*. Taszkent 1966, ss. 94—95.

<sup>12</sup> Zob. E. Moody, M. Clagett, *The Medieval Science of Weights*. Madison 1952.

<sup>13</sup> Zob. R. Wright, *Al-Biruni. The Book of Introduction in the Elements of Astrology, Written in Gazna, 1029 AD*. Text, translation. London 1934.

<sup>14</sup> Zob. E. Wiedemann. *Die Schrift über den Qarastun*. „Bibliotheca mathematica”, 3 Folge, Vol. 12, 1911—1912, ss. 21—39.

*Liber carastonis*. Teorię ważenia wykłada Ibn Korra trzymając się w zasadzie kinematycznego kierunku statyki *Problemów mechaniki i Fizyki* Arystotelesa. Nie ogranicza się jednak do teorii dźwigni nieważkiej: w swym dowodzie podstawowych praw dźwigni posługuje się (choć nie definiuje go jasno) pojęciem „siły ruchu”, w którym niektórzy badacze dopatrują się analogii do pracy siły ciężkości ciała doznającego przemieszczenia, ponieważ dla danego ciężaru „siła ruchu” jest proporcjonalna do wielkości przemieszczenia, a dla danego przemieszczenia — proporcjonalna do wielkości ciężaru. Chcąc przybliżyć teorię do praktyki ważenia usiłował on uwzględnić ciężar balansjera i zbudować teorię dźwigni ważkiej. Metoda dowodzenia zastosowana przez Ibn Korę jest zbliżona do metod statyki geometrycznej Archimedesesa. W istocie rzeczą jest to rozwiązanie zadania polegającego na określeniu środka ciężkości odcinka mającego ciężar, zadania znacznie prostszego niż metody określenia środków ciężkości w pracach Archimedesesa. Autor dowodzi naprzód twierdzenia o wypadkowej dwóch równych sił; następnie przenosi je na dowolną liczbę równych sił o punktach przyłożenia znajdujących się w równych od siebie odległościach, po czym uogólnia je, rozpatrując przypadek „nieskończenie wielu” (*la nichaja*, dosłownie „bez końca”) sił, tzn. równomiernego rozkładania się ciężaru.

Wiele traktatów uczonych średniowiecznego Wschodu poświęconych jest ważnemu rozdziałowi teorii ważenia — oznaczaniu ciężaru właściwego (głównie metali i kamieni szlachetnych). Punktem wyjścia były tu dla autorów dzieła antyczne z zakresu statyki, a przede wszystkim traktat Archimedesesa *O ciałach pływających*. Problemami tymi zajmowali się uczeni tej miary, co al-Biruni, Omar Chajjam, al-Chazini. Oznaczaniu ciężarów właściwych poświęcony jest specjalny traktat al-Biruniego, który znamy z relacji al-Chazinięgo<sup>15</sup>. Jako swoich poprzedników wymienia al-Biruni matematyka i astronoma aleksandryjskiego Menelosa i uczonych szkoły bagdadzkiej — Sinda ibn Ali (IX w.), Juchannę ibn Jusufa (X w.), ar-Raziego (XI w.). Za bezpośrednich poprzedników swoich uważa Ibn Fadla al-Buchari i Abu-Mansura an-Najrizi (X w.), których metody oparte są na porównywaniu ciężarów czystych metali i stopów równej objętości<sup>16</sup>.

Podstawowym problemem było dla al-Biruniego „ustalenie stosunków między metalami i minerałami pod względem objętości i wagi”. Za pomocą specjalnie skonstruowanego przyrządu oznaczył on również ciężary właściwe różnych cieczy. Stwierdził, że różny jest ciężar właściwy wody zimnej i gorącej, wykazał związek pomiędzy gęstością wody a jej ciężarem właściwym.

Dalsze doskonalenie sposobów ważenia i określania ciężaru właściwego omawia traktat Omara Chajjama *Waga mądrości, czyli o absolutnej wadze wodnej*<sup>17</sup>. Ciężar właściwy metali określał Omar Chajjam zestawiając stosunek ich ciężaru w powietrzu i w wodzie. Zasługuje na

<sup>15</sup> Abu-r-Rejchan Muhammed al-Biruni, *Sobranije swiednij dla poznania dragocennostij (Minieralogija)*. Pieriewod A. M. Bielenickogo. Moskwa 1963, ss. 249—270.

<sup>16</sup> Zob. E. Wiedemann, *Über Bestimmung der spezifischen Gewichte*. „Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Societät zu Erlangen”, Bd. 38, ss. 163—180.

<sup>17</sup> Omar Chajjam, *Traktaty*. Pieriewod B. A. Rozenfelda. Wstupitielnaja statja i komentarij B. A. Rozenfelda i A. P. Juskiewiczza. Moskwa 1961, ss. 147—151.



uwagę ilustracja graficzna otrzymanych przezeń proporcji, przedstawiająca je za pomocą odcinków linii prostych różnej długości.

Metodom ważenia i oznaczania ciężarów właściwych poświęcona jest również pokaźna część traktatu al-Chazinięgo *Waga mądrości*<sup>18</sup>. Al-Chazini zaproponował modyfikację metod Chajjama. Zadania będące przedmiotem jego rozważań sprowadzał do równania pierwszego stopnia rozwiązywanego za pomocą „algebry i mukabały”. Podobnie jak u Chajjama tak i on opatrzył rozważania ilustracją geometryczną dokonywanych operacji arytmetycznych. Dane liczbowe, które przytacza, pozwalają ocenić dokładność jego pomiarów (ok. 0,1%).

Traktat al-Chazinięgo zawiera również rozdział teoretyczny, w którym rozpatruje on metody określania środka ciężkości, mówi o „utracie ciężaru” przez ciało zanurzone w wodzie, o „pozornym” ciężarze ciała w powietrzu, rozważa warunki równowagi ciał pływających, równowagi formy sferycznej cieczy. Metody oznaczania ciężarów właściwych omawia również traktat *Klucz do arytmetyki* z XV w., którego autorem jest uczyony amarkandzki al-Kaszi<sup>19</sup>.

Jednym z podstawowych czynników stymulujących rozwój pojęć kinematycznych w mechanice średniowiecznego Wschodu były badania astronomiczne. Doszło do nas ponad 100 ziddów z VIII—XV w., a w każdym z nich podany jest model kinematyczny ruchu ciał niebieskich. Modele kinematyczne rozważane są również w licznych traktatach specjalnych. Opierając się na antycznych poglądach kinematycznych uczeni średniowiecznego Wschodu dokonali jednak istotnego kroku naprzód w rozważaniach o kinematycznym znaczeniu ruchu ciał niebieskich, niektórzy zaś spośród nich doszli prawie do takich fundamentalnych pojęć kinematyki, jak prędkość nierównomiernego przemieszczania się punktu, prędkość chwilowa i przyspieszenie.

Zatrzymamy się nad szczególnie interesującymi w tym względzie traktatami Sabita ibn Korry i al-Birunięgo.

W *Księdze o zwalnianiu i przyspieszaniu się ruchu na orbicie zodiakalnej*<sup>20</sup> Ibn Korra bada pozorny ruch Słońca wzdłuż ekliptyki wychodząc z antycznej hipotezy ekscentrycznej. Twierdzenie swoje formułuje w postaci czterech wniosków, z których dwa są czysto geometryczne. Za pomocą tych wniosków Ibn Korra dowodzi, że na łuku ekliptyki odpowiadającym łukowi orbity ekscentrycznej i położonym bliżej apogeum, ruch Słońca jest bardziej powolny niż na łuku ekliptyki odpowiadającym łukowi orbity ekscentrycznej i położonym bliżej perigeum. Na takich zaś dwóch łukach ekliptyki, jeżeli są one równe, symetryczne w odniesieniu do punktów położonych w odległości 90° od apogeum i perigeum i biorą początek w jednym z tych punktów, „ruch rzeczywisty”, czyli pozorny równy jest „średniemu ruchowi” jednostajnemu wzdłuż odpowiedniego łuku orbity ekscentrycznej. Rozwiązanie to przeprowadza

<sup>18</sup> 'Abd ar-Rachman al-Chazini, *Kitāb Mizān al-Chikma* (515 r.h. = 1121/1122) Hydarabad 1359, r.h. = 1940.

<sup>19</sup> Dżemszid Gijaseddin al-Kaszi, *Klucz arytmetiki. Traktat ob okružności*. Pieriewod s arabskogo B. A. Rozenfelda. Pod ried. W. S. Segala i B. A. Rozenfelda. Moskwa 1956.

<sup>20</sup> Pełna nazwa traktatu: *Księga napisana przez Sabita [ibn Korrej] o zwalnianiu i przyspieszaniu się ruchu Słońca po orbicie zodiakalnej odpowiednio do jego położenia w odniesieniu do orbity ekscentrycznej*. Zob. O. Schirmer, *Studien zur Astronomie der Araber*. „Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen”, nr 58, 1926, ss. 33—88.

Ibn Korra dla dowolnych łuków orbity ekscentrycznej, z drugiej zaś strony, formułując otrzymany wynik, używa również następującego wyrażenia: „średni ruch jednostajny wzdłuż kręgu zodiakalnego w żadnym punkcie nie jest rzeczywisty z wyjątkiem dwóch punktów...” (ma on tu na myśli określone wyżej punkty). Tak więc Ibn Korra, choć obce było mu jeszcze pojęcie przejścia granicznego, jest już tu bliski pojęcia prędkości punktu w danym momencie, czyli pojęcia prędkości chwilowej<sup>21</sup>.

Wzorowym przykładem badania kinematycznego jest opis ruchu Słońca w pobliżu apogeum i perigeum w *Kanonie Mas'uda*<sup>22</sup> al-Biruni. Rozpatrując ten ruch punktu po krzywiźnie al-Biruni poddaje go szczegółowej analizie matematycznej. Nie mamy danych, które pozwalałyby stwierdzić, czy w badaniu swym posłużył się al-Biruni traktatem Ibn Korry. Nie jest wykluczone, że doszedł samodzielnie do swoich wyników. Ibn Korra, jak widzieliśmy, wychodził z rozważań geometrycznych; al-Biruni natomiast sprowadza swoje badania do analizy różnicy między łukami „rzeczywistego” i „średniego” ruchu i różnic jego wartości odpowiadających końcom małych łuków orbity ekscentrycznej. Al-Biruni dowodzi, że dwa wskazane punkty symetryczne, w których prędkość ruchu pozornego zbiega się z prędkością ruchu jednostajnego po orbicie ekscentrycznej, są punktami maksimum równania. Wykazuje on dalej, że prędkość pozornego ruchu Słońca w punktach apogeum i perigeum osiąga maksimum i minimum, i że, gdy przemieszcza się ono od jednego do drugiego, obserwuje się ciągły wzrost lub spadek prędkości. Al-Biruni wiąże to z ciągłym wzrostem lub zmniejszaniem się „różnic równań”, które osiągają wartość zerową w punktach maksimum „równania”.

„Zwolnienie ruchu [Słońca po ekliptyce] w apogeum przechodzi w jego przyspieszenie dopiero po przejściu ruchu przez równość jego i ruchu średniego w miejscu największego kąta równania. Zmiana [jego] po obu stronach, od tego miejsca nie daje się zaobserwować, ponieważ różnica [równań] zaczyna się zmniejszać od apogeum do tego wzmiankowanego miejsca, potem zaś znika w nim jakby a następnie zwiększa się, póki Słońce nie osiągnie perigeum”<sup>23</sup>.

Choć al-Biruni nie wyodrębnił jeszcze pojęcia przyspieszenia ani pojęcia prędkości w jego ogólnej formie, to jednak analiza jego stanowiła istotny krok w tym kierunku. Idee te nie znalazły dalszego rozwinięcia na średniowiecznym Wschodzie, odrodziły się dopiero w trzysta lat później, ale już w Europie Zachodniej.

#### ОБ АНТИЧНОЙ ТРАДИЦИИ В МЕХАНИКЕ СРЕДНЕВЕКОВОГО ВОСТОКА

Вопрос об античной традиции в механике средневекового Востока является частью более общего вопроса о путях развития науки восточного средневековья. Исходным пунктом развития механики на средневековом Востоке были перевод и комментирование сочинений античных авторов: Аристотеля, Архимеда, Герона и др.

<sup>21</sup> Pierwszy wskazał na to O. Schirmer. Zob. O. Schirmer. *Studien zur Astronomie der Araber*. „Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen”, Bd. 58—59, 1926—1927. W szczególności przypisy na ss. 38 i 42.

<sup>22</sup> Abū Rayhan Muhammad b. Ahmad al-Biruni, *Al-Qanūnū l-Mas'ūdi (Canon Masudicus)*. Vol. I—II. Hyderabad 1954—1956.

<sup>23</sup> *Op. cit.*, t. II, s. 661.



Античная традиция послужила основой для формирования трех главных направлений механики восточного средневековья:

1) разработки общих понятий механики (вопрос о сущности и источнике движения и т. д.), что связывалось главным образом с комментированием сочинений Аристотеля (труды Ибн Сины, ал-Бируни, Ибн Рошда, Ибн Баджа);

2) дальнейшего развития как геометрического, так и кинематического направлений античной статики и гидростатики, что было связано с переводом и комментированием сочинений Архимеда и Герона (главы в восточных энциклопедиях, трактаты Сабита ибн Корры, ал-Бируни, Омара Хайяма, ал-Хазини);

3) развития кинематических представлений на базе астрономических исследований, начало которого связано с переводом и комментированием Птолемея и Теона Александрийского (многочисленные зиджи VIII—XV вв., сочинения Сабита ибн Корры, Ибн Синана, ал-Бируни и др.).

#### ANTIQUÉ TRADITION IN MECHANICS OF THE MEDIEVAL EAST

The antique tradition in mechanics of Medieval East is part of a bigger problem concerning the ways of progress in science of the Medieval East. The translation of and commentary on the works of antique authors (Aristotle, Archimedes, Heron ect.) marked the beginning of development of mechanics in the Medieval East.

The antique tradition served as the basis for the rising the three principle trends in mechanics of the Medieval East:

1) development of the general concepts in mechanics (a problem concerning the essence and source of motion etc.) that was connected, in principle, with commenting Aristotle's work (Ibn-Sina, Al-Biruni, Ibn-Roshd, Ibn-Badzhi);

2) further development of geometric as well as kinetic trends in antique static and hydrostatic, what was connected with translation of and commentary on Archimedes' and Heron's works (parts in the Eastern Encyclopedia, reports of Sabit Ibn Korra, Al-Biruni, Omar Khiyam, Al-Khazini);

3) the development of kinematic concepts on the base of astronomical studies, the beginning of which was connected with the translation of and commentary on Ptolemy's (Ptolemeans) and Theon of Alexandria (the great number of 8th — 15th cc., the works by Sabit Ibn Korra, Ibn-Sinan, Al-Biruni ect.).