



Nauka grecka

600 500 400 300 200 p.n.e. 100 1 n.e.

Tales

Anaksymander

Anaksymenes

Heraklit

Pitagoras

Parmenides

Anaksagoras

Empedokles

Leukippos

Demokryt

Epikur

Sokrates

Platon

Arystoteles

Eudoksos

Euklides

Straton

Archimedes

Arystarch

Eratostenes

Ktesibios

Appolonios

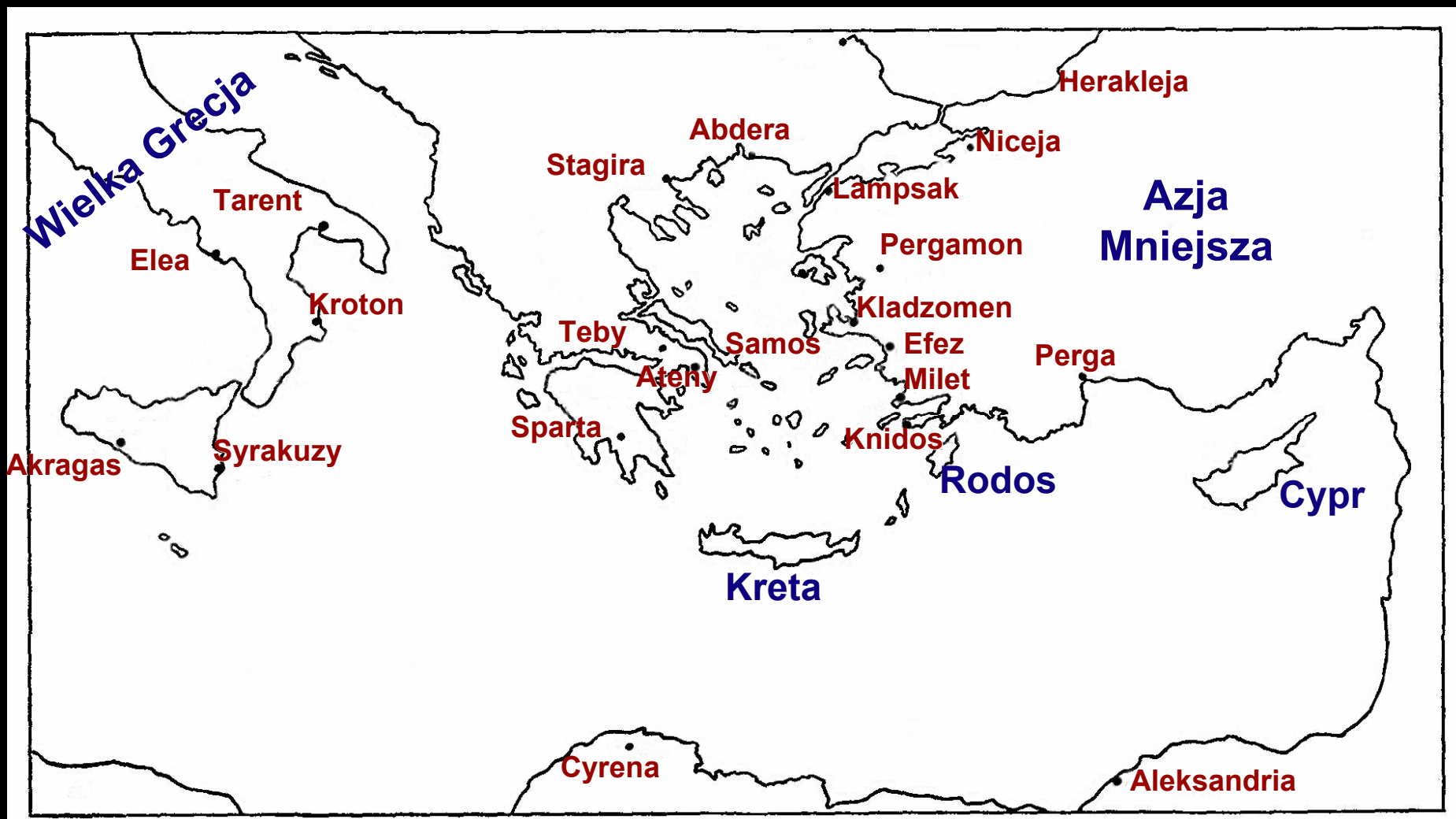
Hipparch

Budda

Kung-tsy

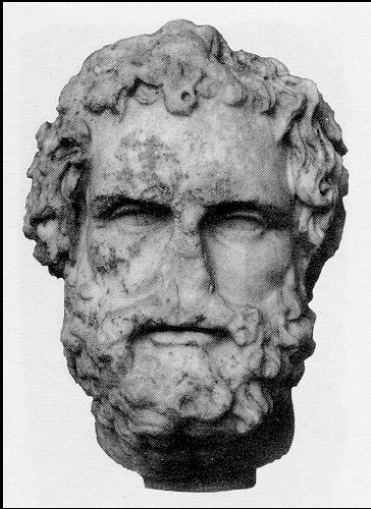
Herodot

Hippokrates



Świat antyczny

Filozofowie jońscy



Θαλῆς ὁ Μιλήσιος

Tales z Miletu
(ok. 620-540 p.n.e.)

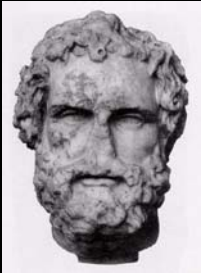
Przepowiednia całkowitego
zaćmienia Słońca
28 maja 585 r. p.n.e.

„Kiedy mianowicie [Lidyjczycy i Medowie] przy równych szansach przedłużali wojnę, zdarzyło się w szóstym roku wrogich ich zmagañ, że podczas walki dzień nagle ustąpił przed nocą. Tę przemianę dnia przepowiedział był Jończykom Tales z Miletu, a jako termin ustalił właśnie ten rok, w którym istotnie ona nastąpiła. Lidyjczycy jednak i Medowie, widząc, że z dnia zrobiła się noc, zaniechali walki i obie strony tym bardziej się pospieszyły żeby zawrzeć pokój.”

Herodot, *Dzieje*



Filozofowie jońscy



Θαλῆς ὁ Μιλήσιος

Tales z Miletu

Pratworzywo

woda

Ἀναξίμανδρος

Anaksymander

(ok. 610-545 p.n.e.)

απειρον

Ἀναξιμένης

Anaksymenes

(ok. 585-525 p.n.e.)

powietrze



Ἡράκλειτος ὁ Ἐφεσο

Heraklit z Efezu

(ok. 540-480 p.n.e.)

ogień

Polskie przekłady dzieł Arystotelesa i Platona,
z których przytaczane są cytaty:

Fizyka - tłum. Kazimierz Leśniak, PWN Warszawa 1968

Metafizyka - tłum. Kazimierz Leśniak, PWN Warszawa 1984

O niebie - tłum. Paweł Siwek, PWN Warszawa 1980

Meteorologika - tłum. Antoni Paciorek, PWN Warszawa 1982

Mechanika - tłum. Leopold Regner, PWN Warszawa 1978

O powstawaniu i ginięciu - tłum. Leopold Regner, PWN Warszawa 1981

Timajos - tłum. Paweł Siwek, PWN Warszawa 1986



Πυθαγόρας

Pitagoras z Samos

(ok. 570-497 p.n.e.)

Naczelną ideą w filozofii pitagorejskiej było, że liczby nie tylko reprezentują relacje między zjawiskami, ale są substancją rzeczy, przyczyną każdego zjawiska w przyrodzie. O ile więc filozofowie jońscy kładli nacisk na substancję wszechświata, to pitagorejczycy podkreślali jego formę i proporcję.

Wszechświat to **κοσμος**

„Wszystkie własności liczb i harmonii, jeżeli tylko mogli wykazać ich zgodność ze zjawiskami niebieskimi, częściami nieba i całym łaodem we wszechświecie, zbierali i włączali do swego systemu; a jeżeli gdzieś powstawała jakaś luka, szybko ją wypełniali, ażeby tylko całą teorię uczynić spójną. Na przykład, ponieważ liczba 10 jest według nich doskonała i obejmuje całą naturę liczb, wobec czego twierdzili, że również i ilość ciał niebieskich krążących po niebie wynosi dziesięć, ale ponieważ widzialnych ciał jest tylko dziewięć, wobec tego wynaleźli jako ciało dziesiąte ‘Przeciw-Ziemię’...”.

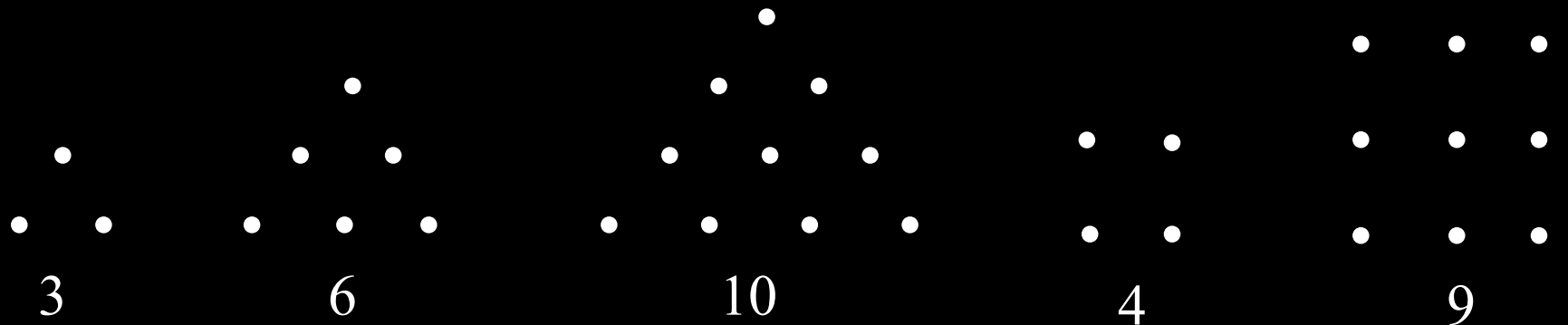
Arystoteles, *Metafizyka*, Księga alfa 986a

Pitagorejczycy dzielili matematykę na cztery części:
arytmetykę, geometrię, muzykę i astronomię

(muzykę uważali za arytmetykę stosowaną,
a astronomię - za geometrię stosowaną)

—> *quadrivium* w uniwersytetach średniowiecznych

Pitagorejczycy dzielili liczby na trójkątne, czworokątne, prostokątne etc.



liczby trójkątne

liczby czworokątne

$$1 + 2 + 3 + 4 = 10 \text{ (tetraktys)}$$

1 : 2 oktawa

2 : 3 kwinta

3 : 4 kwarta



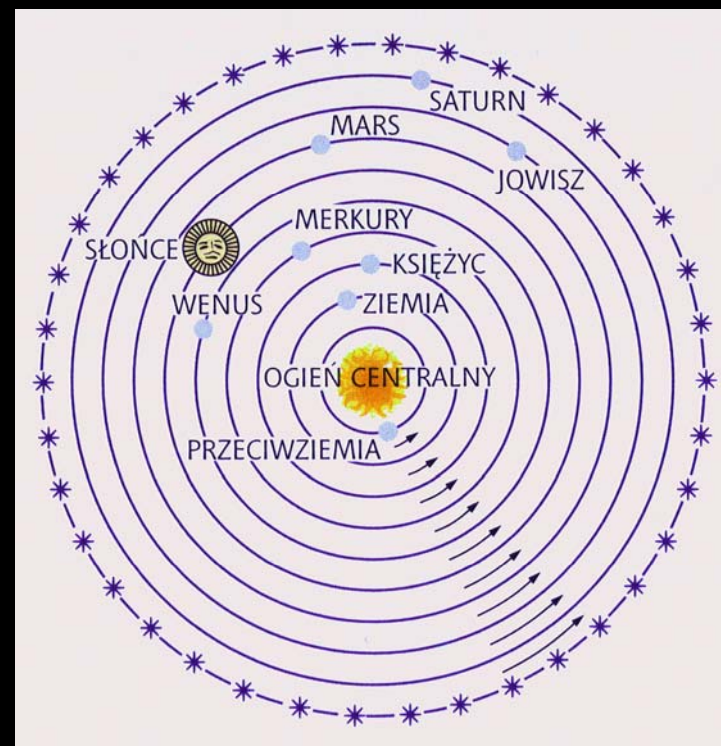
„...tak zwani pitagorejczycy pierwsi zająwszy się naukami matematycznymi nauki te rozwinęli, a zaprawiwszy się w nich sądzą, że ich zasady są zasadami wszystkich rzeczy. Skoro tedy liczby zajmują z natury pierwsze miejsce wśród tych zasad, a w liczbach, w większym stopniu niż w ogniu, ziemi i wodzie, można dostrzec, jak sądzą, wiele podobieństw do rzeczy istniejących i powstających - taka a taka własność liczb jest sprawiedliwością, inna sprzyjającą okolicznością - i podobnie jest z prawie każdą rzeczą; dostrzegli też w liczbach właściwości i proporcje muzyki; skoro więc wszystkie inne rzeczy wzorowane są, jak im się zdawało, w całej naturze na liczbach, a liczby wydają się pierwszymi w całej naturze, sądzą, że elementy liczb są elementami wszystkich rzeczy, a całe niebo jest harmonią i liczbą.”



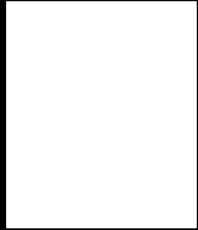
Arystoteles, *Metafizyka*, Księga alfa, 985b, 986a

„Przeciwne zdania są ci, którzy należą do szkoły italskiej, zwani pitagorejczykami. Twierdzą oni mianowicie, że w środku wszechświata jest ogień, a Ziemia jest tylko jedną z gwiazd i swoim ruchem dokoła środka powoduje dzień i noc. Prócz tego dobierają do pary jeszcze inną Ziemię, przeciwległą do naszej i nazywają ją Antychton (Przeciw-Ziemią). Zamiast opierać swoje poglądy i wyjaśnienia przyczyn na zjawiskach zaobserwowanych, wciągają zjawiska do kadr swoich rozumowań i mniemań i starają się dostosować je do nich.”

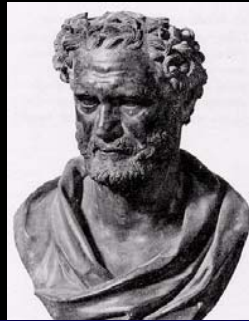
Arystoteles, *O niebie*, 295a



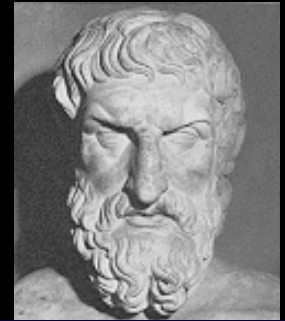
Powstanie teorii atomistycznej



Λεύκιππος



Δημόκριτος ὁ Ἀβδηρίτης



Ἐπίκουρος

Leukippos z Miletu (?)

V w. p.n.e.

Demokryt z Abdery

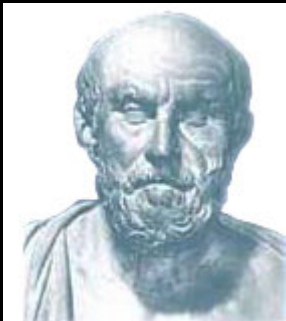
(ok. 460-370 p.n.e.)

Epikur z Samos

(341-270 p.n.e.)

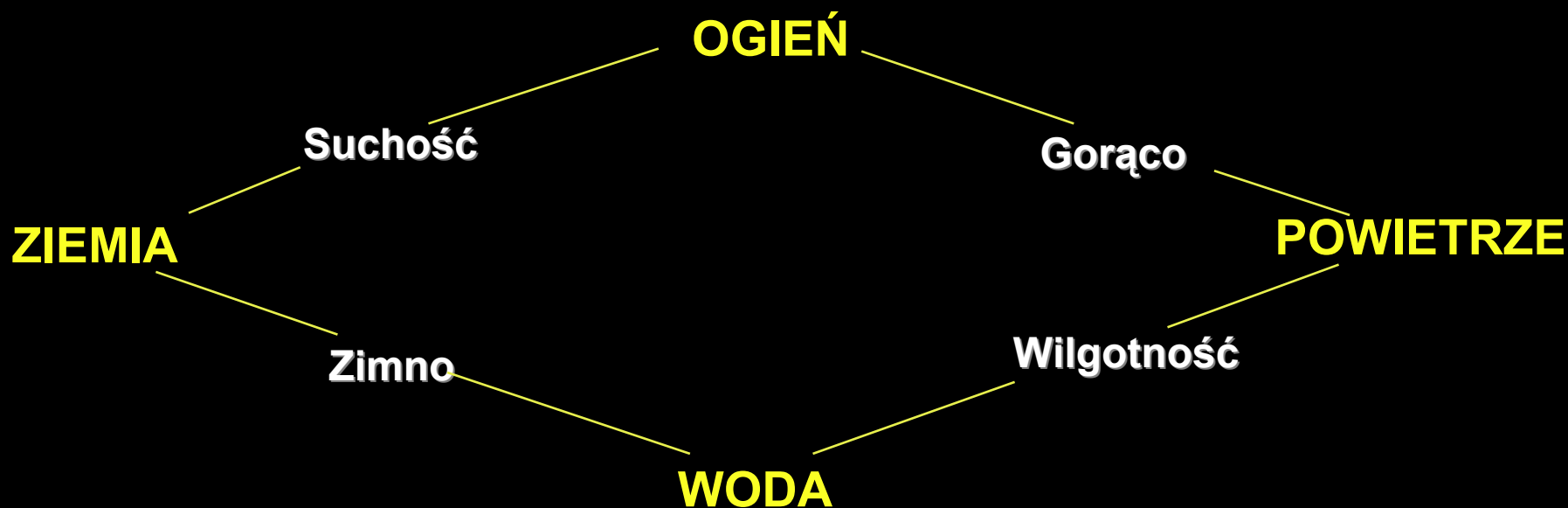
„Uczniowie Leukipposa i Demokryta nazywali najmniejsze ciała pierwotne atomami i twierdzili, że w zależności od różnicy ich kształtów, położenia i porządku, ciała z nich ułożone są gorące czy ogniste, jeżeli składają się z atomów bardziej ostrych, drobniejszych, których wzajemne położenie jest podobne, podczas gdy ciała zimne i wodniste składają się z atomów przeciwnych; pierwsze są błyszczące i jasne, drugie matowe i ciemne.”

(Symplikjos, komentarz do *Fizyki* Arystotelesa)



Empedokles z Akragas (ok. 483-423 p.n.e.)

Teoria czterech elementów (*ριζώματα*)



Dwie zasady czynne: *φιλία* - miłość i *νεικος* - nienawiść;
jedna z nich łączy elementy, druga je rozdziela

Ἐμπεδοκλῆς ὁ Ἀκραγαντῖνος



Akragas było w V w. p.n.e.
jednym z największych
miast greckich.
Ludność czterokrotnie
większa niż obecnie





Ἄναξαγορας

Anaksagoras z Kladzomen
(ok. 500-428 p.n.e.)

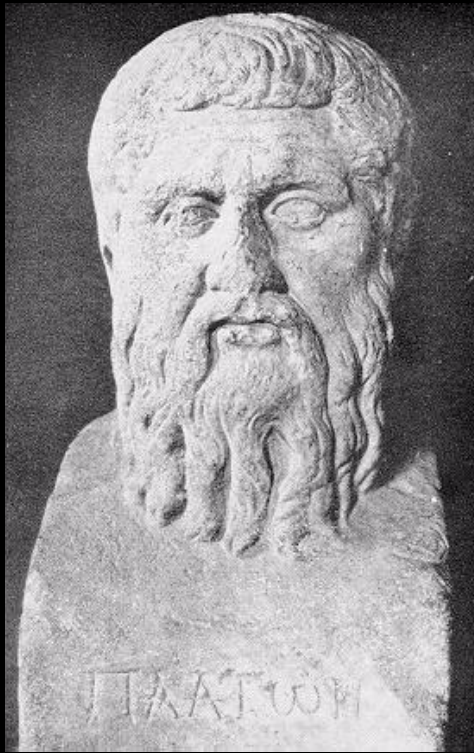
Słońce jest rozżarzoną kulą
większą od Peloponezu

Pierwszy znany przypadek
prześladowania za poglądy naukowe

Πλάτων

Platon

428-347 p.n.e.

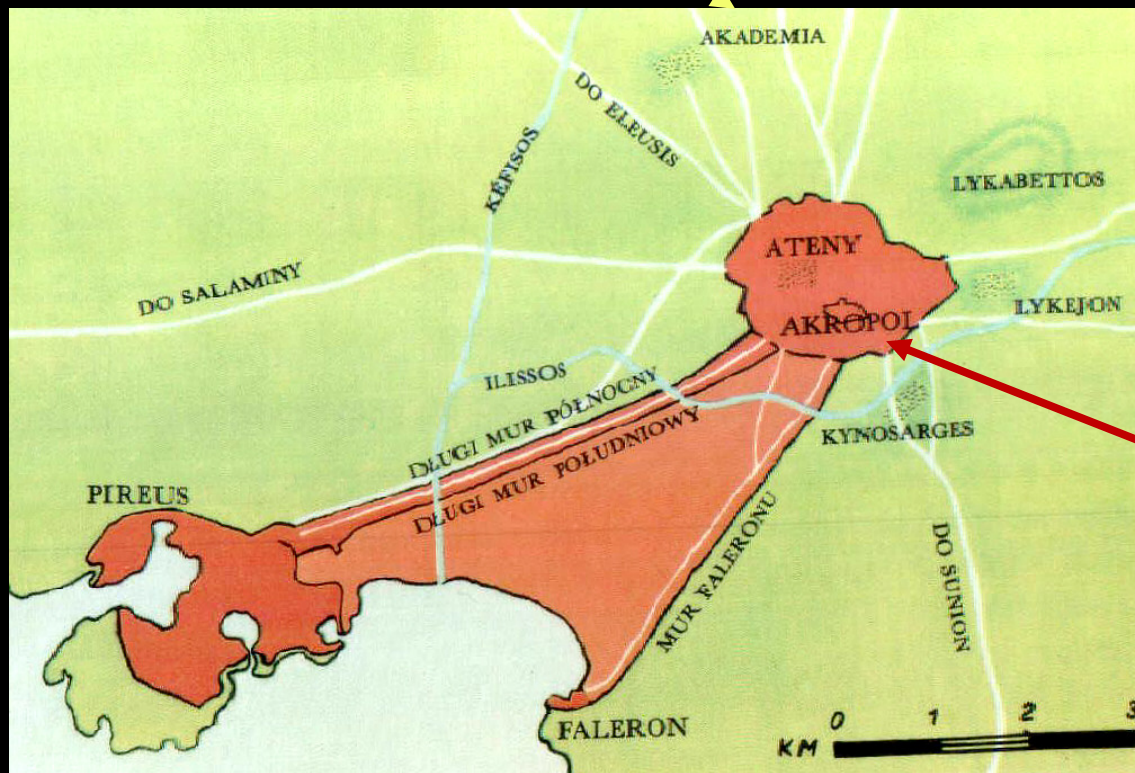
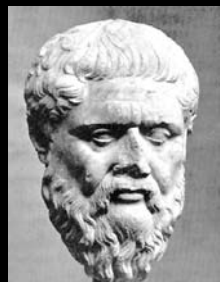


Poglądy fizyczne
głównie w dziełach
Timajos i *Krytiasz*



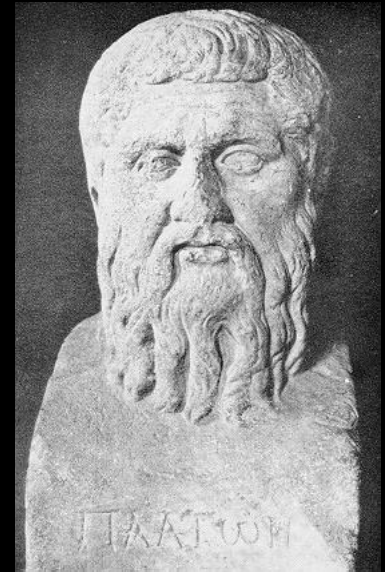
Akademia Platońska
(387 p.n.e. - 529)

Akademia Platońska i Liceum Arystotelesa

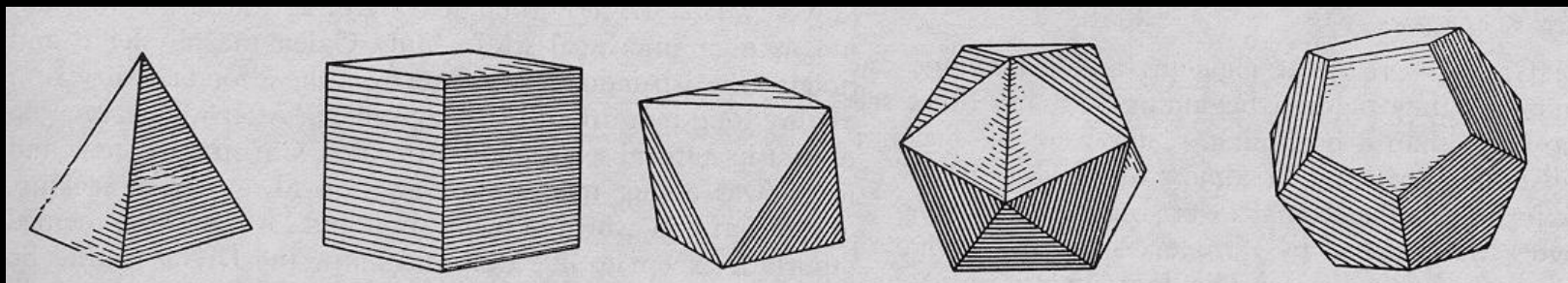


„Należy jednak wiedzieć, że bryły te są tak małe, iż z powodu małych ich rozmiarów nigdy nie możemy żadnej z nich spostrzec indywidualnie w żadnym gatunku. Dopiero, gdy się złożą w wielkiej liczbie razem, masy z nich utworzone stają się widoczne.”

Timajos 56c



Bryły platońskie



Ogień

Ziemia

Powietrze

Woda

Eter

Ευδοξος ὁ Κνιδιος

Eudoksos z Knidos (ok. 408-355 p.n.e.)

Liczba sfer współśrodkowych

Eudoksos

Kalippos

Arystoteles

Księżyc

3

5

5

Słońce

3

5

9

Merkury

4

5

9

Wenus

4

5

9

Mars

4

5

9

Jowisz

4

4

7

Saturn

4

4

7

Gwiazdy

1

1

1

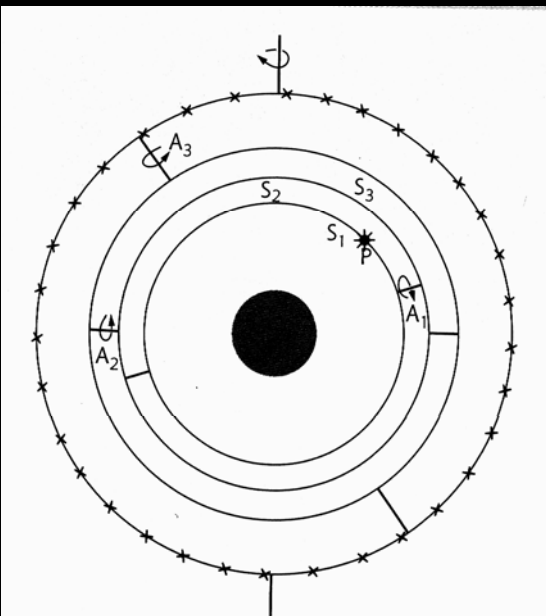
27

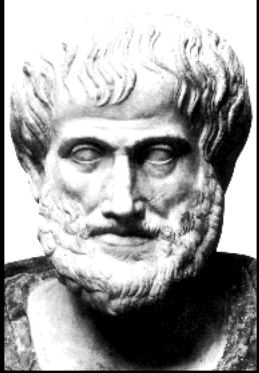
34

56

„Platon jest bardziej znany szerszemu ogółowi, ale z punktu widzenia nauk ścisłych, epokę Platona powinno się nazywać epoką Eudoksosa.”

George Sarton

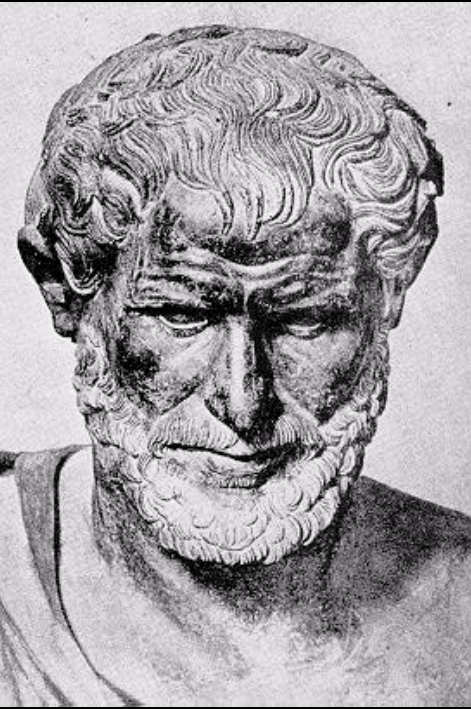




„Jest jednak rzeczą konieczną, jeżeli wszystkie połączone sfery mają wyjaśniać obserwowane zjawiska, ażeby każda planeta miała inną sferę (o jedną mniej niż dotąd się im przyznawało), które by krążyły w kierunku odwrotnym i sprowadzały do tej samej pozycji najdalszą sferę gwiazdy, która w każdym przypadku jest usytuowana poniżej danej gwiazdy. Tylko w ten sposób wszystkie działające siły mogą wywoływać ruch planet. Ponieważ sfer, w których się poruszają same planety, jest osiem dla Saturna i Jowisza, a dwadzieścia pięć dla pozostałych i skoro z tych sfer tylko te nie wymagają ruchu w kierunku przeciwnym, w których porusza się planeta najniżej ze wszystkich usytuowana, wobec tego dla dwóch pierwszych planet będzie sześć sfer poruszających się w kierunku odwrotnym i szesnaście dla czterech planet pozostałych. Ogółem sfer o ruchu prostym i o ruchu przeciwnym będzie pięćdziesiąt pięć.”

(Arystoteles, *Metafizyka*, Księga lambda, 1074a)

Ἀριστοτέλης ὁ Σταγειριτῆς



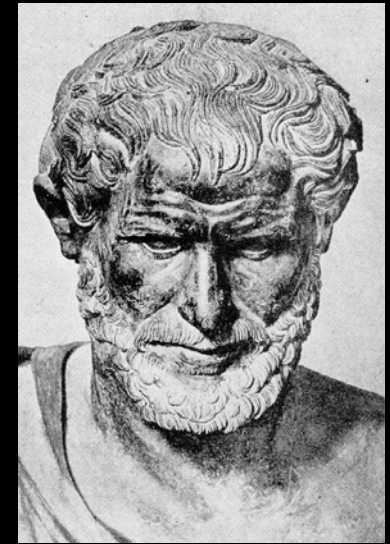
Arystoteles ze Stagiry (384-322 p.n.e.)

Stworzył spójny system wiedzy obejmujący wszystkie aspekty świata.

Kilkadziesiąt dzieł poświęconych filozofii naturalnej, logice, metafizyce, etyce, polityce, sztuce, retoryce, psychologii i biologii

[Liceum (szkoła perypatetyków) od 335 r.]

Poglądy fizyczne Arystotelesa zawarte głównie w jego dziełach:



Ἄριστοτέλους φυσικὴ ἀκρόασις
Περὶ Οὐραοῦ
Μετεωρολογικὰ
Περὶ γενέσεως καὶ φθορᾶς
Τὰ μετὰ τὰ φυσικὰ
Περὶ ψυχῆς
Μηχανικὰ προβλήματα
Περὶ χρομάτων

Fizyka

O niebie

Meteorologika

O powstawaniu i ginięciu

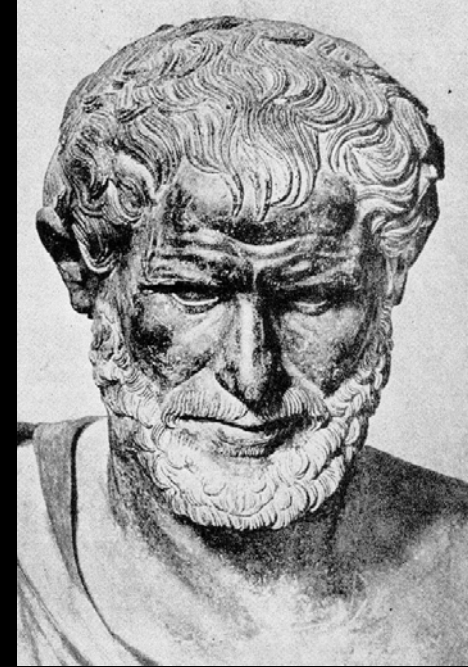
Metafizyka

O duszy

Mechanika

O barwach

Podstawy fizyki Arystotelesa



1. Dychotomiczny podział świata na części rządzone odmiennymi prawami:
 - sfera podksiężycowa - cztery elementy,
 - sfera ponadksiężycowa - eter
2. Ruch: urzeczywistnienie bytu potencjalnego, wymaga przyczyny
3. Cztery rodzaje przyczyn (materialna, formalna, sprawcza i celowa)
4. Pojęcie miejsca naturalnego
5. Ruch przemieszczający: naturalny lub wymuszony
6. Zasady dynamiki Arystotelesa dla sfery podksiężycowej:
 1. Ciało nie poddane wpływom zewnętrznym jest w spoczynku
 2. Prędkość ciała wprawianego w ruch przez zewnętrzną przyczynę jest proporcjonalna do działającej siły i odwrotnie proporcjonalna do oporu ośrodka
7. Próżnia nie może istnieć

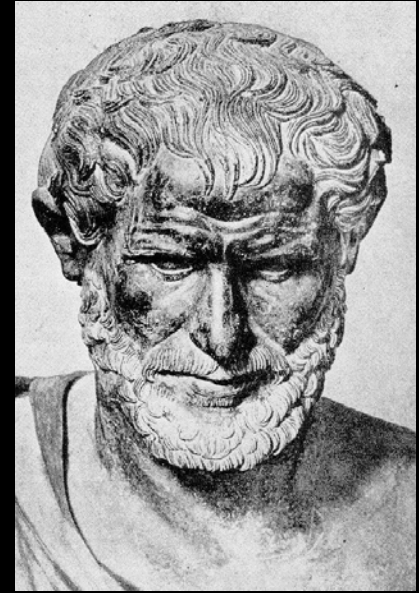
System świata według Arystotelesa



„Jest jasne,
że poza niebem
nie ma
ani miejsca,
ani próżni,
ani czasu.”

O niebie 279a

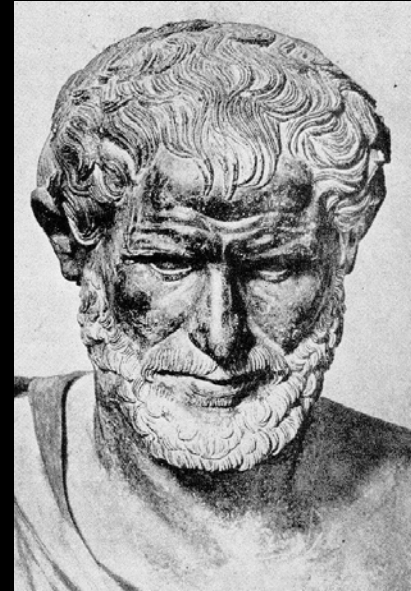
„...nieznajomość istoty ruchu
mogłaby doprowadzić
w konsekwencji
do nieznajomości przyrody.”

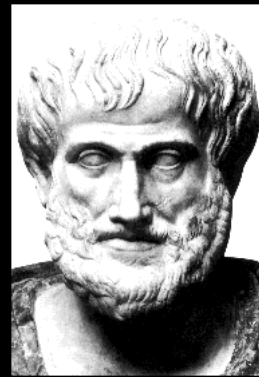


Arystoteles, *Fizyka*, Księga III, 200b

„Nie ma ruchu poza rzeczami;
bo to, co się zmienia, zmienia się
zawsze albo substancjalnie,
albo ilościowo, albo jakościowo,
albo zmienia swoje położenie.”

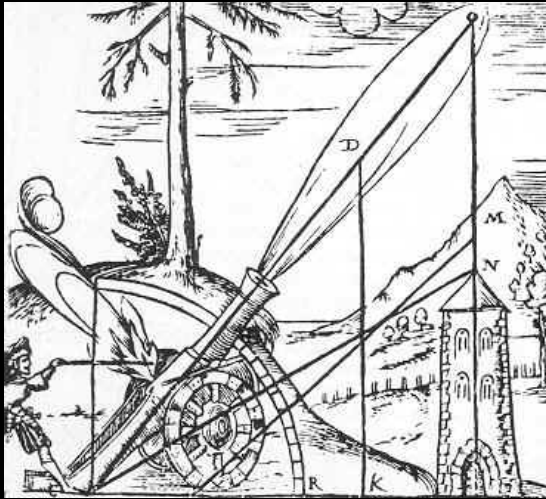
Arystoteles, *Fizyka*, Księga III, 201a





„Skoro każdy rodzaj bytu może być wyróżniony bądź jako potencjalny, bądź jako w pełni urzeczywistniony, wobec tego urzeczywistnienie (entelechia) bytu potencjalnego jako takiego będzie właśnie ruchem; oto na przykład entelechią tego, co się zmienia, o ile się zmienia, będzie zmiana jakościowa; entelechią tego, co jest zdolne do wzrostu oraz jego przeciwieństwa, tzn. tego, co jest zdolne do zmniejszania się (brak w tym wypadku wspólnej nazwy) - będzie przyrost i ubytek; entelechią tego, co jest zdolne do powstawania i ginięcia, będzie powstawanie i ginięcie; wreszcie entelechią tego, co może zmieniać swoje miejsce - będzie ruch przemieszczający.”

Arystoteles, *Fizyka*, Księga IV, 214a



**Ruch pocisku według
fizyki Arystotelesa**

„Wszystko, co się porusza,
musi być poruszane przez coś;
bo jeżeli nie ma źródła ruchu
w sobie, jasne jest, że jest
poruszane przez coś innego; musi
być coś innego, co je porusza.”

Arystoteles, *Fizyka*, Księga VII, 241b



„...ciała rzucone poruszają się, chociaż nie mają już kontaktu ze źródłem impulsu. A poruszają się albo wskutek kolejnej zmiany miejsca, jak twierdzą, albo wskutek tego, że wprawione w ruch powietrze popycha ciało, ruchem szybszym od jego naturalnego ruchu, ku właściwemu miejscu. Jednakże w próżni nie może zachodzić żaden z tych wypadków; nic tu się nie może poruszać prócz ciała przez coś unoszonego.

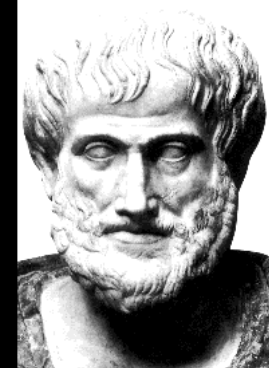
Dalej, nikt nie potrafi wyjaśnić, wskutek czego ciało wprawione w ruch gdzieś się musi zatrzymać; dlaczego zatrzyma się raczej w tym niż innym miejscu? A zatem ciało albo będzie się znajdować w spoczynku, albo będzie się poruszać w nieskończoność, jeżeli tylko nie stanie mu na drodze jakieś inne silniejsze ciało.”

Arystoteles, *Fizyka*, Księga IV, 215a

Prędkości nie traktowano w starożytności jako stosunku drogi do czasu, s/t , gdyż zgodnie z przekonaniem Greków stosunki można było tworzyć tylko z wielkości jednorodnych. Zatem prędkości dwóch ruchów porównywano albo porównując czasy przebycia takiej samej drogi, albo drogi przebyte w jednakowym czasie. Ta tradycja antyczna utrzymała się aż do połowy XVIII wieku !

(Galileusz i Newton też nie znali jeszcze pojęcia prędkości jako stosunku drogi do czasu)

„Widzimy, że ciało o pewnym określonym ciężarze porusza się szybciej niż inne; a dzieje się to z dwóch przyczyn: albo z powodu różnicy ośrodka, w którym ciało się porusza, a którym może być np. woda, powietrze, ziemia, albo jeżeli ośrodek jest ten sam, poruszające się ciała różnią się ciężarem...

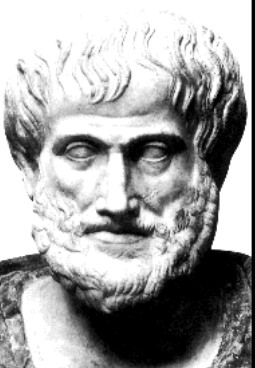


Niechaj ciało A porusza się przez ośrodek B w czasie Γ i przez o wiele rzadszy ośrodek Δ w czasie E ; jeżeli B i Δ będą równe pod względem długości, to czas poruszania się ciała A będzie proporcjonalny do oporu ośrodka. Niechaj ośrodkiem B będzie woda, a ośrodkiem Δ powietrze, wówczas wskutek tego, że powietrze jest rzadsze i mniej cielesne niż woda, A będzie się poruszać przez ośrodek Δ szybciej niż przez B .

Zachodzi więc między powietrzem a wodą taka sama proporcja, jak między szybkością w jednym a szybkością w drugim ośrodku. Jeżeli więc powietrze jest dwa razy rzadsze od wody, wobec tego ciało potrzebuje na przejście ośrodka B dwa razy więcej czasu w stosunku do tego, ile by potrzebowało na przejście ośrodka Δ , a czas Γ będzie dwa razy dłuższy od czasu E .

I podobnie, zawsze w miarę tego, jak ośrodek będzie mniej cielesny i mniej oporny, a łatwiej się rozstępujący, ruch ciała będzie szybszy.”

Arystoteles, *Fizyka*, Księga IV, 215a

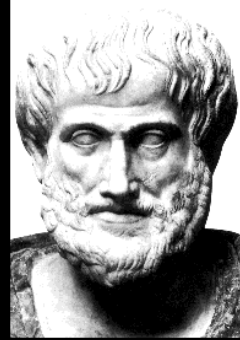


„Jednakże między próżnią a ciałem nie ma żadnej proporcji, tak jak jej również nie ma między zerem a liczbą. Bo oto 4 przewyższa 3 o 1, a 2 więcej niż o 1, a 1 przewyższa o jeszcze większą ilość niż 2; natomiast zero nie pozostaje w żadnej proporcji do jakiejkolwiek liczby; albowiem to, co przewyższa, musi się dzielić na nadwyżkę i to, co zostało przewyższone; a więc 4 nie da się rozłożyć na nadwyżkę w stosunku do zera i na zero. Również z tej samej przyczyny linia nie jest większa od punktu, chyba że jest złożona z punktów. Podobnie próżnia nie pozostaje w żadnej proporcji do pełni, a także ruchy odbywające się w obu tych ośrodkach nie pozostają w żadnej proporcji do siebie. Jeżeli przeto ciało porusza się w ośrodku gęstym na takiej a takiej odległości, w takim a takim czasie, to w próżni porusza się z szybkością, która się nie da ująć w żadną proporcję.”

Arystoteles, *Fizyka*, Księga IV, 215b

„Niech np. Z będzie próżnią równą pod względem wielkości B i Δ ; następnie, jeżeli A ma przebiec i poruszać się w niej w pewnym czasie H , krótszym od E , wówczas próżnia będzie pozostawać w takiej samej proporcji do „pełni”. Jednakże A przebedzie odcinek Θ ośrodka Δ w czasie równym H . Również w ten sposób będzie przebiegać w tym samym czasie każde ciało przez ośrodek Z , który przewyższa powietrze gęstością w takiej proporcji, jak czas E czas H . Jeżeli bowiem Z będzie w takiej proporcji rzadsze od Δ , w jakiej E przewyższa H , wówczas A , jeżeli się porusza poprzez Z , przebedzie go w czasie odwrotnie proporcjonalnym do szybkości ruchu, tzn. w czasie równym H . Jeżeli zatem Z nie ma żadnego ciała, A przebedzie Z jeszcze szybciej. Przebiegnięcie to dokonało się jednak w czasie H ; a więc ciało A przebiegło w jednakowym czasie przestrzeń niezależnie od tego czy była pusta, czy pełna. A przecież to niemożliwe. Jest zatem jasne, iż jeżeli istnieje czas, w którym jakieś ciało przebiega jakąś część próżni, musi w rezultacie powstać ta niemożliwość: ciało może przebiec w jednakowym czasie próżnię, jak i pełnię, albowiem istniałoby ciało pozostające do innego ciała w tym samym stosunku, w jakim pewien czas pozostaje do innego.”

Arystoteles, *Fizyka*, Księga IV, 216a



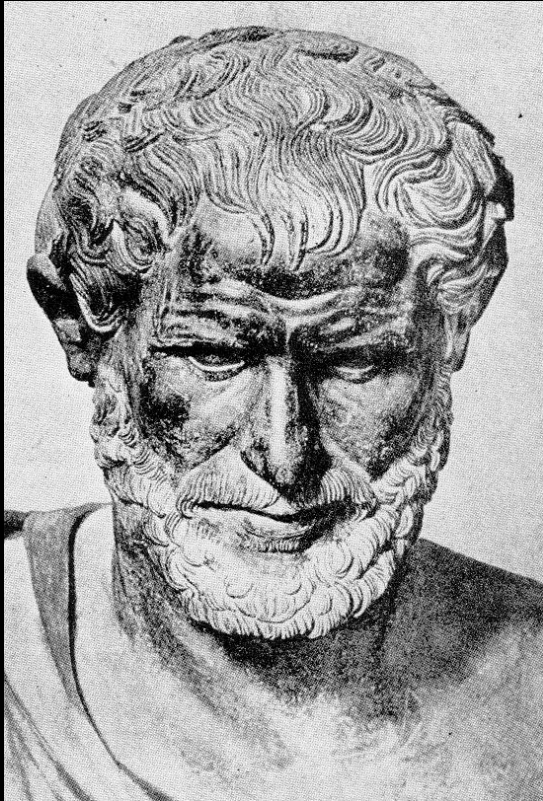


„Jeżeli dany ciężar porusza się przez daną odległość w określonym czasie, ciężar większy przejdzie tę odległość w czasie krótszym, i czasy będą odwrotnie proporcjonalne do ciężarów: jeśli np. pół ciężaru przebędzie daną odległość w czasie d , to cały ciężar przebędzie ją w czasie $d/2$.”

Arystoteles, *O niebie* 274a

„...większa ilość ognia porusza się zawsze prędzej ku górze niż mniejsza jego ilość, zupełnie jak większa ilość złota lub ołowiu porusza się szybciej ku dołowi niż ilość mniejsza. Tak samo ma się rzecz z każdym innym ciałem ciężkim.”

Arystoteles, *O niebie* 309b



„Twierdzimy, iż ogień, powietrze, woda oraz ziemia powstają z siebie nawzajem, a w każdym z nich potencjalnie zawiera się każde, jak to ma miejsce wtedy, gdy wiele rzeczy ma to samo podłoże, do którego sprowadza się ich ostateczny rozkład.”

Arystoteles, *Meteorologika* 339b

Ἀλεξάνδρεια ἐν Αἰγύπτῳ

(Aleksandria przy Egipcie)



Muzeum Aleksandryjskie

Mouseion - miejsce
poświęcone muzom

Instytut badawczy oraz uczelnia
(Ptolemeusz I Soter, ok. 300 p.n.e.)

Wielka biblioteka (*Brucheion* i *Sarapeion*)

Ogród botaniczny, ogród zoologiczny

Laboratorium anatomiczne

Obserwatorium astronomiczne

Biblioteka Aleksandryjska

około 700 000 zwojów w czasach Cezara



48/47 p.n.e. biblioteka Bruchejon
spłonęła podczas walk Cezara
w Aleksandrii

(389) 391 biblioteka Sarapejon
zniszczona z rozkazu biskupa
Aleksandrii, Teofila

642 ostateczne zniszczenie przez
armię kalifa Omara



Uczestnikom misji wykopaliskowej kierowanej przez dr Grzegorza Michałka z Centrum Archeologii Śródziemnomorskiej Uniwersytetu Warszawskiego udało się niedawno odświeżyć sale wykładowe starożytnej Aleksandrii (fot. Małgorzata Krawczyk, 2003)

Ευκλειδος

Euklides

(ok. 365-300 p.n.e.)



Elementy w XIII księgach
1-6 Geometria płaska,
7-10 Arytmetyka, teoria liczb
11-13 Stereometria

„Wiele twierdzeń w *Elementach* można przypisać wcześniejszym geometrom, ale możemy założyć, że wszystkie te, których nie można przypisać innym, zostały odkryte przez samego Euklidesa; liczba ich jest znaczna. Jeśli zaś chodzi o układ, to można bezpiecznie przyjąć, że w znacznym stopniu jest to dzieło samego Euklidesa. Stworzył on pomnik, który w swej symetrii, wewnętrznym pięknie i jasności jest tak cudowny jak Partenon, ale niepowtarzalnie bardziej złożony i bardziej trwały.” (George Sarton)

Optyka, Katoptryka (prawo odbicia światła)





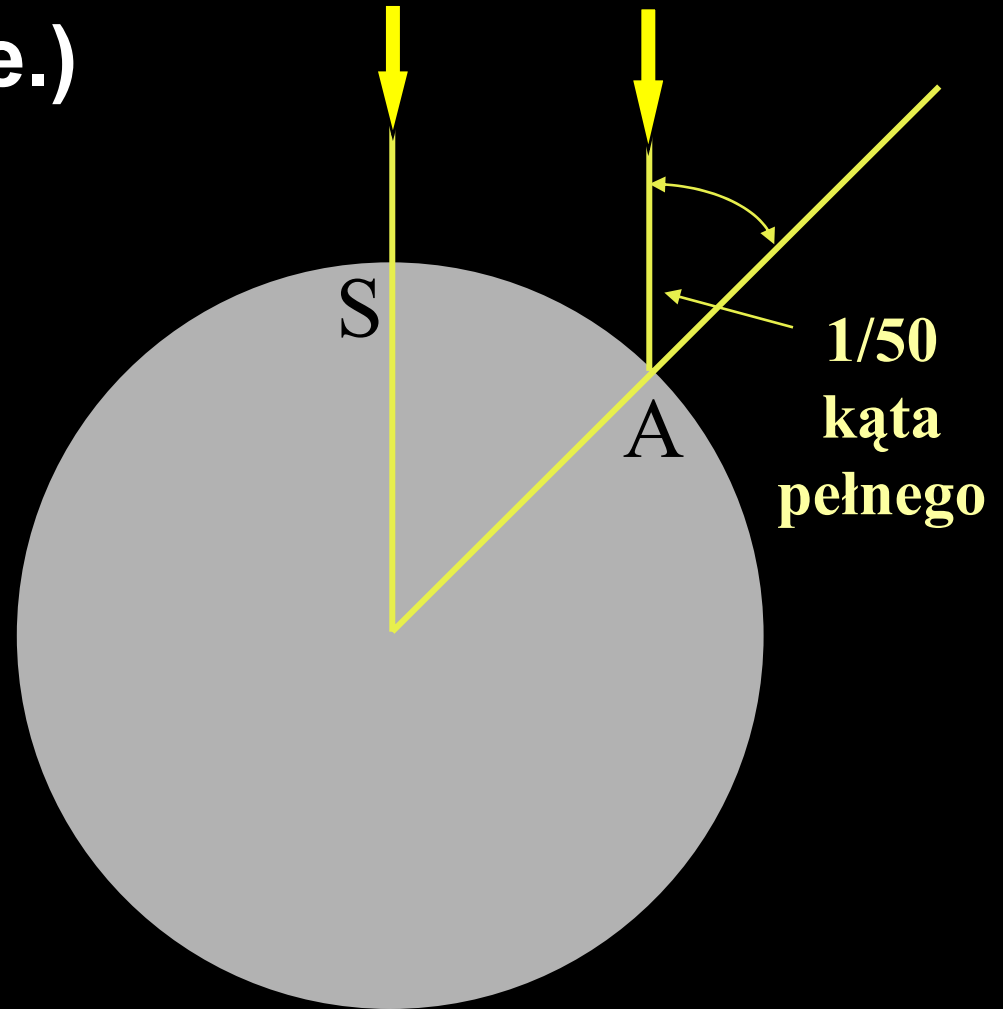
Rozchodzenie się światła po liniach prostych było znane od bardzo dawna i właściwość tę wykorzystywano w budownictwie. Dopiero jednak Euklides sformułował tę zasadę i wykorzystał do rozważań z optyki geometrycznej

Eratosthenes

(ok. 276-194 p.n.e.)



Ἐρατοσθένης



50 x 5000 stadiów = 250 000 stadiów
[= 39 370 km, jeżeli 1 stadium = 157,5 m]

„Ci spośród matematyków, którzy starają się obliczyć wielkość obwodu Ziemi, dochodzą do miary 400 000 stadiów.”

Arystoteles, *O niebie*, 298a



„...jak wynika z obliczeń astronomów, Słońce przekracza Ziemię wielkością, odległość natomiast gwiazd od Ziemi jest większa niż od Słońca - podobnie jak odległość Słońca od Ziemi przewyższa odległość Słońca do Księżyca - zatem stożek wyznaczony przez promienie słoneczne zakończy się w niewielkiej odległości od Ziemi i cień Ziemi, który nazywamy nocą, nie przedłuży się do gwiazd.”

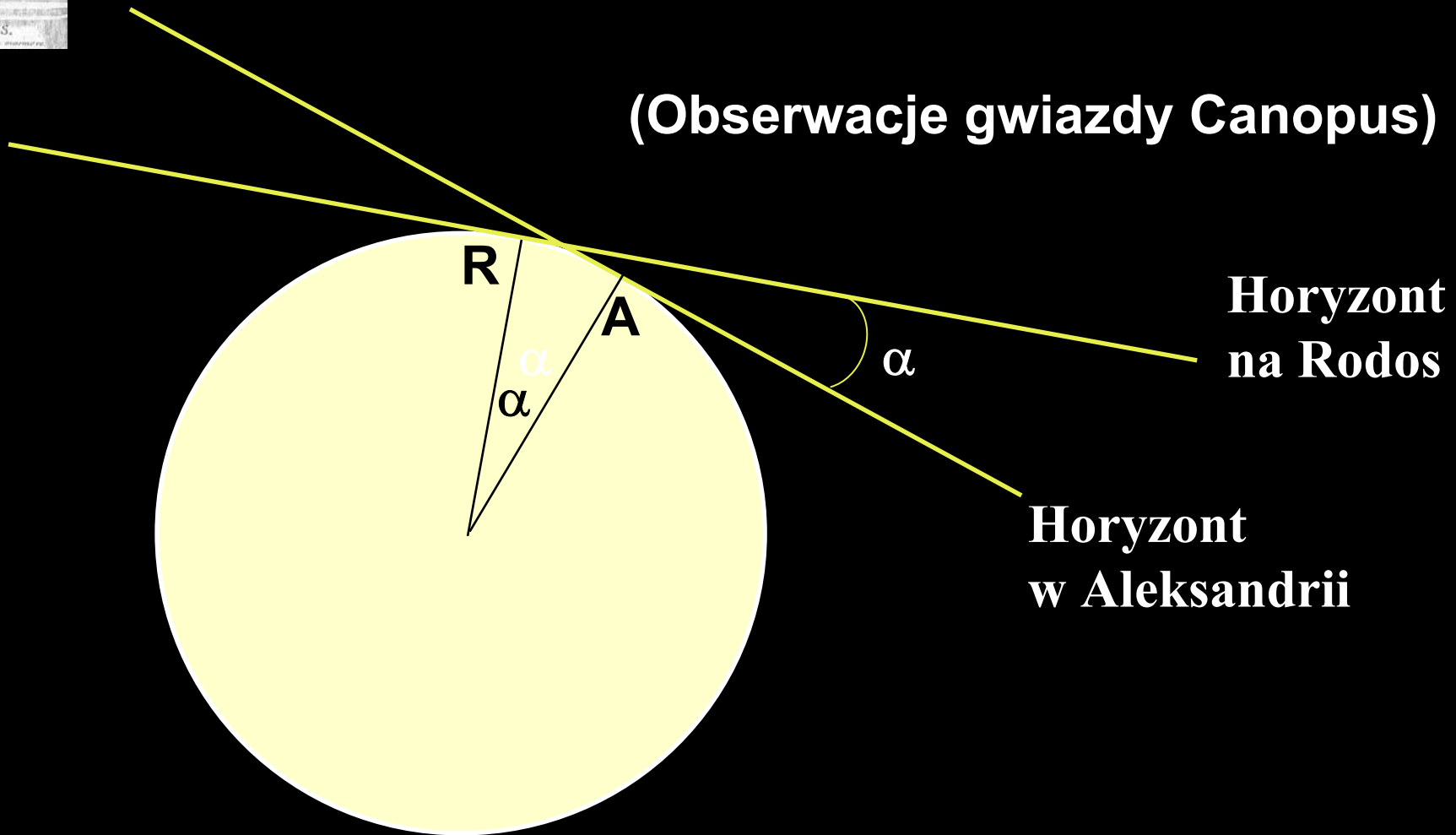
Arystoteles, *Meteorologika*, 345a

Posejdonios (ok. 135-50 p.n.e.)

Ποσειδώνιος ὁ Ρόδιος

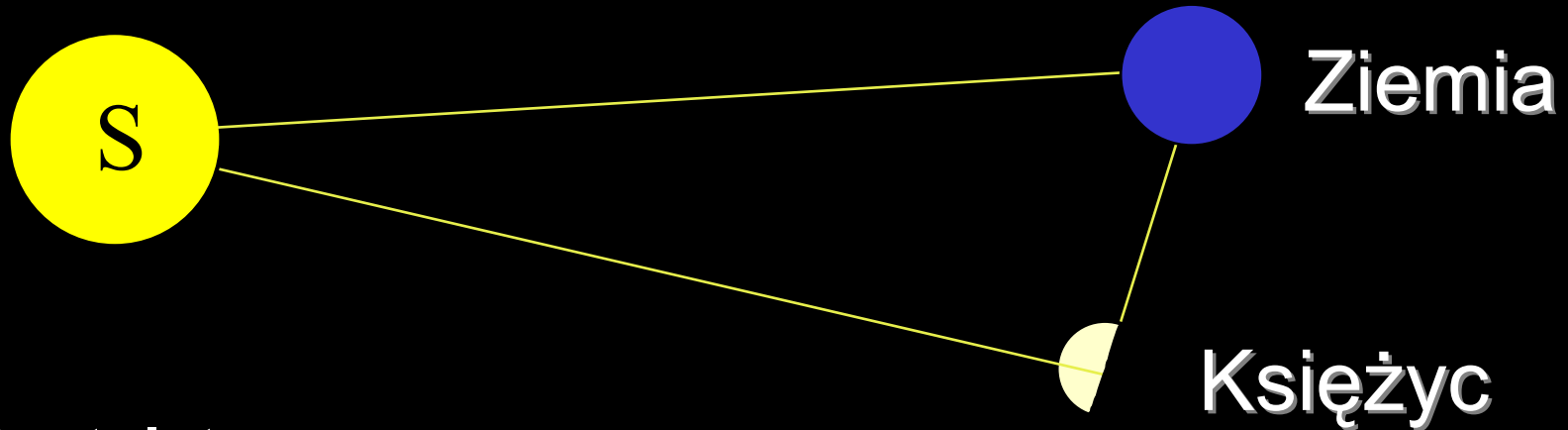


(Obserwacje gwiazdy Canopus)



Ἄρισταρχος ὁ Σάμιος

Arystarch z Samos (ok. 310-240 p.n.e.)



Postulaty

1. Księżyc otrzymuje światło od Słońca.
2. Ziemia jest punktem w środku sfery Księżyca.
3. Kiedy Księżyc jest w kwadrze, to wielkie koło rozdzielające jego część ciemną od jasnej leży w płaszczyźnie przechodzącej przez oko obserwatora.
4. Kiedy Księżyc jest w kwadrze, jego odległość od Słońca jest mniejsza od czwartej części okręgu o $\frac{1}{30}$ jego część.
5. Szerokość cienia Ziemi obejmuje dwa Księżyce.
6. Księżyc obejmuje $\frac{1}{15}$ część Zodiaku.

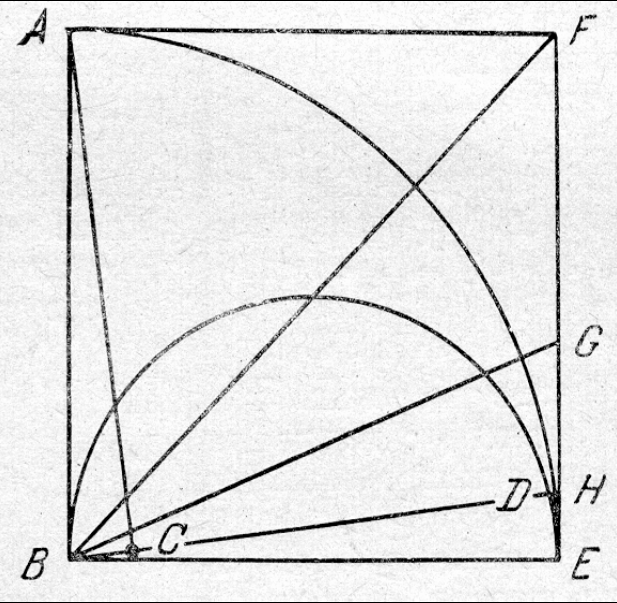
Arystarch z Samos

Wyniki

Obecnie

1. Stosunek odległości Ziemia-Słońce i Ziemia-Księżyc = 19 (~400)
2. Średnica Słońca = 19 średnic Księżyca (~400)
3. Promień orbity Księżyca = $9 \frac{1}{2}$ średnic Ziemi (~30)
4. Średnica Słońca = $6 \frac{3}{4}$ średnic Ziemi (~109)
5. Średnica Ziemi = $\frac{57}{20} = 2,85$ średnic Księżyca (~3,7)

Arystarch z Samos



$$\angle EBH = \angle BAC = 3^\circ$$

$$\angle FBE = 45^\circ, \angle GBE = 22,5^\circ$$

Twierdzenie. Stosunek dużego i małego odcinka stycznej do okręgu jest większy od stosunku leżących pod nimi kątów i łuków.

$$GE / HE > [90^\circ/4] / [90^\circ/30] = 15/2$$

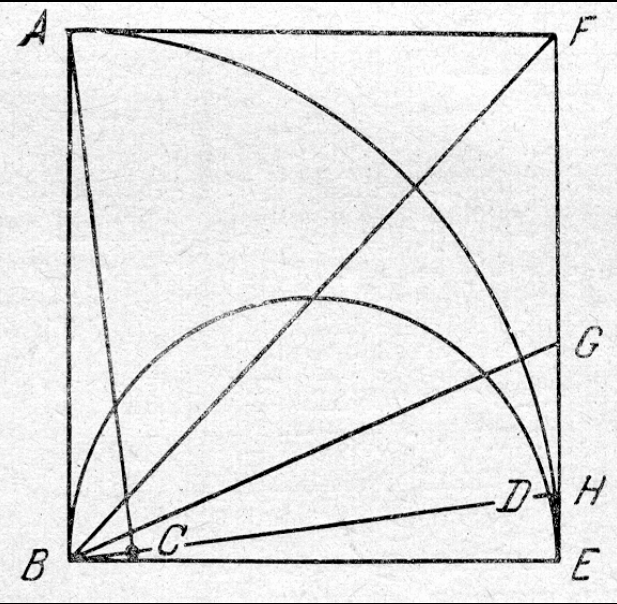
$$FG / GE = FB / BE = \sqrt{2} > 7/5 ; FE / GE > 12/5$$

$$\text{Zatem } FE / HE = (FE / GE)(GE / HE) > (15/2)(12/5) = 18$$

$$BH / HE = AB / BC > BE / HE = FE / HE$$

$$\text{oraz } AB / BC > 18$$

Arystarch z Samos



$$\angle EBH = \angle BAC = 3^\circ$$

$$\angle FBE = 45^\circ, \angle GBE = 22,5^\circ$$

Twierdzenie. Stosunek dużego i małego odcinka cięciwy jest mniejszy od stosunku obejmujących je kątów.

DE obejmuje na półokręgu BDE kąt 6° ,

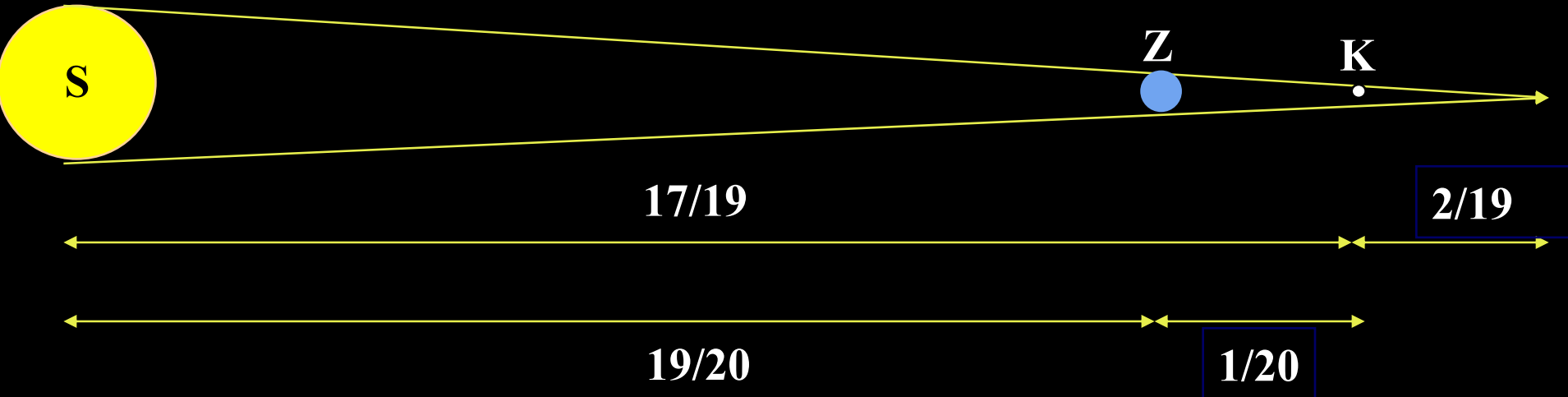
Bok foremnego sześciokąta równy $BE/2$ obejmuje kąt 60° ,

$[BE / 2] / DE < 10$, stąd $BE / DE = AB / BC < 20$

Ostatecznie $18 < AB/BC < 20$

**Zatem Słońce jest około 19 razy większe od Księżyca,
ponieważ na niebie są tej samej wielkości**

Arystarch z Samos



$$\text{Odległość ZK} = (1/20) (17/19) = 17/20 \cdot 19$$

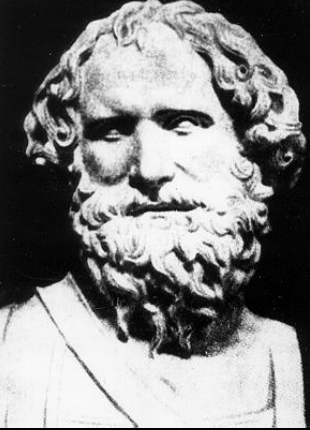
$$\text{Odległość ZS} = (19/20) (17/19) = 17/20 = 19 \text{ ZK}$$

$$\text{Odległość od Z do końca cienia} = (17/19)(1/20) + (2/19)$$

Stosunek średnic Z i K wynosi

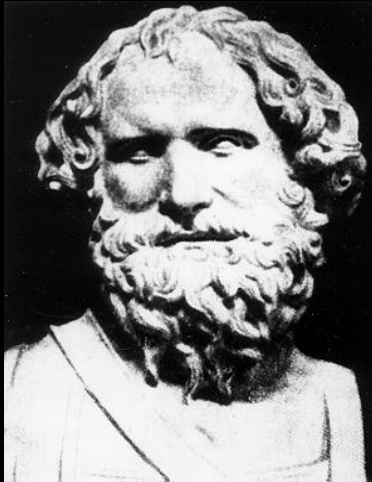
$$2 \frac{2/19 + (17/19)(1/20)}{2/19} = 57/20$$





Archimedes w dziele *O liczbie piasku*:

„...Wszechświatem większość astronomów nazywa sferę, której środkiem jest środek Ziemi, a promień jest równy odległości od środka Ziemi do środka Słońca...Ale Arystarch z Samos ogłosił dzieło zawierające pewne hipotezy, z których wynika, jako konsekwencja poczynionych założeń, że prawdziwy wszechświat jest dużo większy niż ten, o którym wspomnieliśmy. Jego hipotezy to, że gwiazdy stałe i Słońce pozostają nieruchome, że Ziemia krąży po obwodzie koła, wokół Słońca znajdującego się w jego środku, i że sfera gwiazd stałych, mająca za środek także Słońce, jest tak wielka, że okrąg, po którym według jego przypuszczenia obiega Ziemia, tak ma się do odległości do gwiazd stałych jak środek sfery ma się do jej powierzchni. Łatwo zauważyć, że jest to niemożliwe, ponieważ środek sfery w ogóle nie ma wielkości i nie sposób sobie wyobrazić w jakim stosunku miałyby być do powierzchni sfery. Musimy więc przyjąć, że Arystarch rozumiał to tak: Ponieważ uważamy Ziemię za środek wszechświata, więc stosunek jej rozmiarów do tego, co nazywamy „wszechświatem”, jest równy stosunkowi, w jakim sfera zawierająca okrąg, po którym według jego przypuszczenia obiega Ziemia, ma się do sfery gwiazd stałych...”



Archimedes (287-212 p.n.e.)

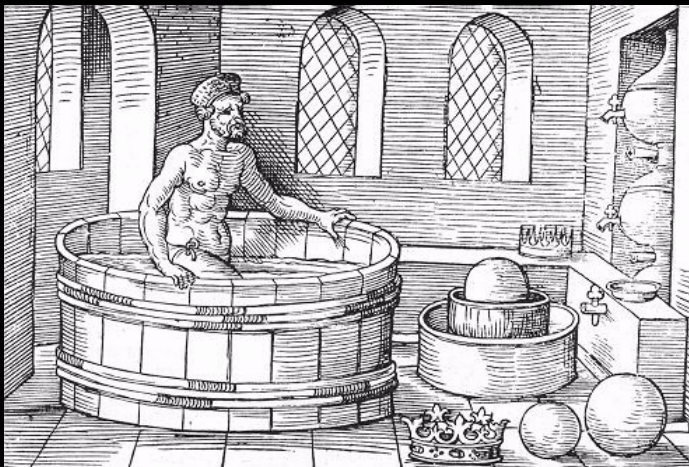
Większość dzieł poświęcona matematyce

- O kuli i walcu*
- Kwadratura paraboli*
- O liniach spiralnych*
- O konoidach i sferoidach*
- O wymierzaniu kąta*
- O liczbie piasku*



Αρχιμήδης

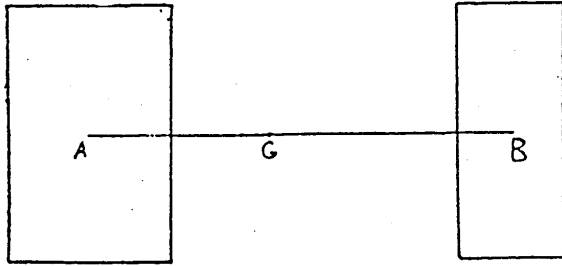
$3 \frac{10}{71} < \pi < 3 \frac{10}{70}$ z analizy 96-kąta foremnego



- O równowadze płaszczyzn*
- O ciałach pływających*



Archimedes - *O równowadze płaszczyzn*



Postulaty

1. Ciężary równe, zawieszony w odległościach równych, są w równowadze.
2. Ciężary równe, zawieszony w odległościach nierównych, nie są w równowadze, i ciężar zawieszony w odległości większej opuszcza się w dół.

3. Jeżeli ciężary zawieszony w pewnych odległościach są w równowadze i jeśli dodamy coś do jednego z tych ciężarów, to one nie będą już w równowadze i ten, do którego coś dodaliśmy, opuści się w dół.

.....

Twierdzenie I. Jeśli ciężary zawieszony w odległościach równych są w równowadze, to ciężary te są równe.

Twierdzenie II. Ciężary nierówne, zawieszony w odległościach równych, nie są w równowadze i ciężar większy opuszcza się w dół.

Twierdzenie III. Ciężary nierówne, zawieszony w odległościach nierównych, mogą znajdować się w równowadze i wtedy większy z nich będzie zawieszony w odległości mniejszej.

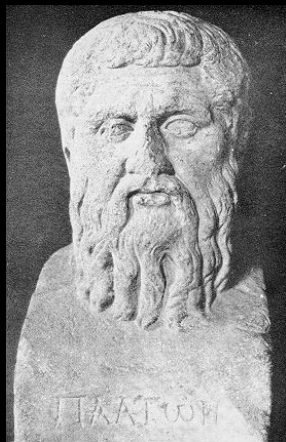
Niech A , B będą ciężarami nierównymi i niech A będzie większy. Niech te ciężary, zawieszony w odległościach nierównych AG , GB będą w równowadze. Najpierw dowodzi się, że długość AG jest mniejsza.

W końcu Archimedes formułuje prawo dźwigni, że ciężary nierówne są w równowadze jeśli są zawieszony w odległościach odwrotnie proporcjonalnych do tych ciężarów.

Prawo dźwigni znajduje się już - ale **bez dowodu** - we wcześniejszej o stulecie, przypisywanej Arystotelesowi *Mechanice*:

„...w działaniu dźwigni są trzy czynniki, a mianowicie podpora, czyli zawieszenie, czyli oś, i dwie siły nacisku, a mianowicie siła poruszająca i ciężar poruszany. Ciężar poruszany ma się do siły poruszającej, jak się ma odwrotnie długość do długości. Zawsze im bardziej dłuższe ramie będzie oddalone od podpory, tym łatwiej wprawi w ruch.”

Łącząc geometrię z obiektami fizycznymi Archimedes osiągnął to, co zarówno Platon jak Arystoteles uznawali za niemożliwe.



Platon: twierdzenia matematyczne są idealne, wieczne, a więc rzeczywiste i prawdziwe - natomiast świat postrzegany zmysłami jest pozbawiony takiej realności i prawdziwości.



Arystoteles: matematyka zajmuje się abstrakcją, podczas gdy obiekty fizyczne są rzeczywiste i opisuje się je za pomocą form i jakości.

Matematyka egipska i babilońska - przepisy podawane bez uzasadnienia

Matematyka grecka już w V w. p.n.e. podawanie dowodów

Pitagorejczycy odkryli liczby niewymierne.

W III w. p.n.e. zakończenie budowy podstaw geometrii, zapoczątkowanie teorii liczb, teorii przecięć stożkowych, antycznych form rachunku całkowego (metoda wyczerpywania) i różniczkowego. Pojawiły się zastosowania w mechanice, muzyce, optyce. Potem rozwinęła się geometria sferyczna, trygonometria cięciw i trygonometria sferyczna.

Ten poziom matematyki wystarczał nawet do opracowania skomplikowanego systemu Ptolemeusza.

Tabliczki mnożenia

α	β	γ	δ	ε	ς	ζ	η	θ	ι
β	δ	ς	η	ι	ιβ	ιδ	ις	ιη	κ
γ	ς	θ	ιβ	ιε	ιη	κα	κδ	κξ	λ
δ	η	ιβ	ις	κ	κδ	κη	λβ	λς	μ
ε	ι	ιε	κ	κε	λ	λε	μ	με	ν
ς	ιβ	ιη	κδ	λ	λς	μβ	μη	νδ	ξ
ζ	ιδ	κα	κη	λε	μβ	μθ	νς	ξγ	ο
η	ις	κδ	λβ	μ	μη	νς	ξδ	οβ	π
θ	ιη	κξ	λς	με	νδ	ξγ	οβ	πα	ρ
ι	κ	λ	μ	ν	ξ	ο	π	ρ	ρ

Grecka

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
II	IV	VI	VIII	X	XII	XIV	XVI	XVIII	XX
III	VI	IX	XII	XV	XVIII	XXI	XXIV	XXVII	XXX
IV	VIII	XII	XVI	XX	XXIV	XXVIII	XXXII	XXXVI	XL
V	X	XV	XX	XXV	XXX	XXXV	XL	XLV	L
VI	XII	XVIII	XXIV	XXX	XXXVI	XLII	XLVIII	LIV	LX
VII	XIV	XXI	XXVIII	XXXV	XLII	XLIX	LVI	LXIII	LXX
VIII	XVI	XXIV	XXXII	XL	XLVIII	LVI	LXIV	LXXII	LXXX
IX	XVIII	XXVII	XXXVI	XLV	LIV	LXIII	LXXII	LXXXI	XC
X	XX	XXX	XL	L	LX	LXX	LXXX	XC	C

Rzymska

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Arabska

Πτολεμαίος Κλαύδιος

Ptolemeusz (ok. 100-178)

Almagest

Hipotezy planetarne

Geografia

Optyka

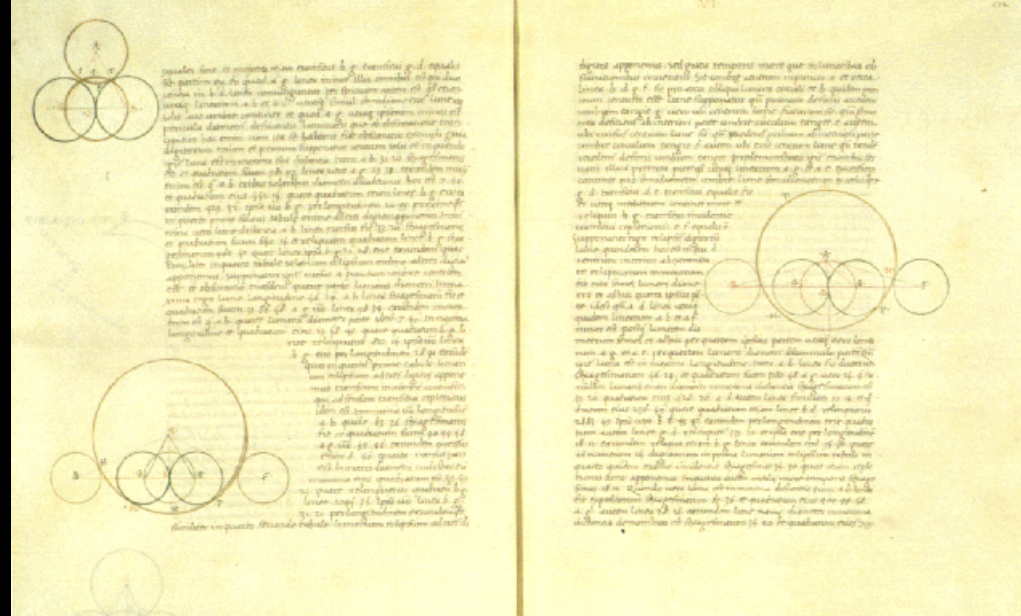
Tetrabiblos

Centiloquium



Ptolemeusz

μαθηματική σύνταξις
της άστρονομίας →
→ megale syntaxis →
→ megiste syntaxis →
→ al-magisti → *Almagest*



13 Ksiąg:

1-2 Ruch dobowy sfery niebieskiej, ruch Słońca, ruch
Księżyca, tablice cięciw;

3-4 Długość roku, miesiąca, teoria ruchu Słońca, teoria ruchu
Księżyca;

5 Konstrukcja astrolabium;

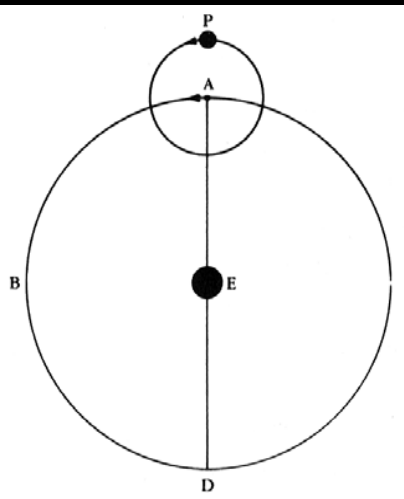
6 Zaćmienia;

7-8 Precesja, Katalog 1022 gwiazd

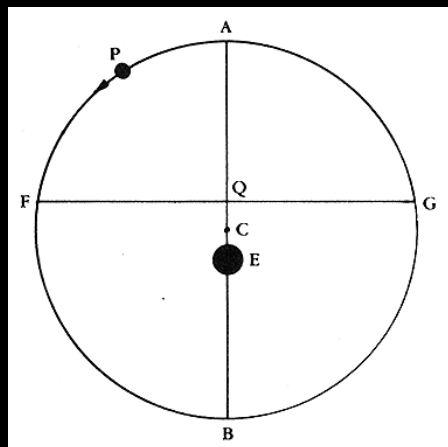
(15 1^m, 45 2^m, 208 3^m, 474 4^m, 217 5^m, 49 6^m i mgiełkowe);

9-13 Teoria ruchu planet

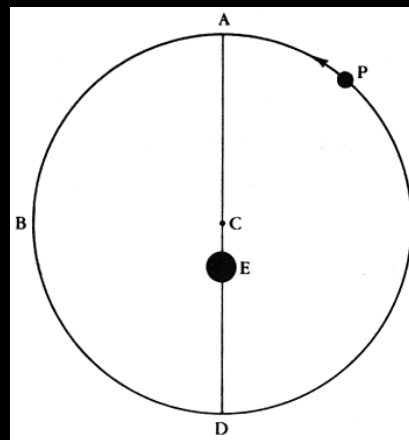
Narzędzia astronomii Ptolemeusza



Epicykl



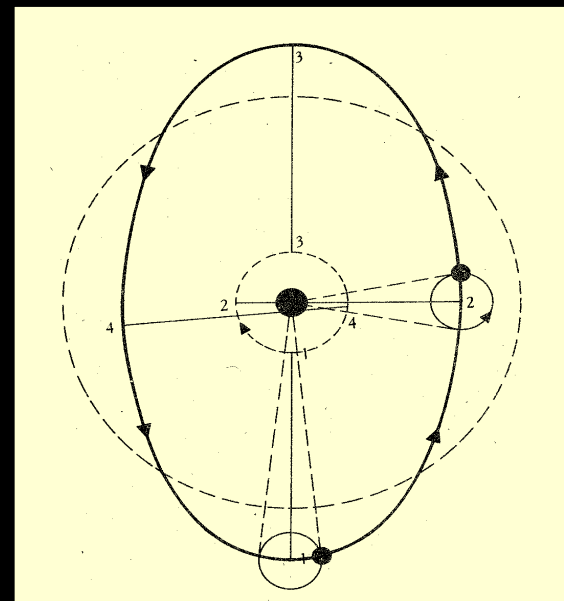
Ekwant



Ekscentryk

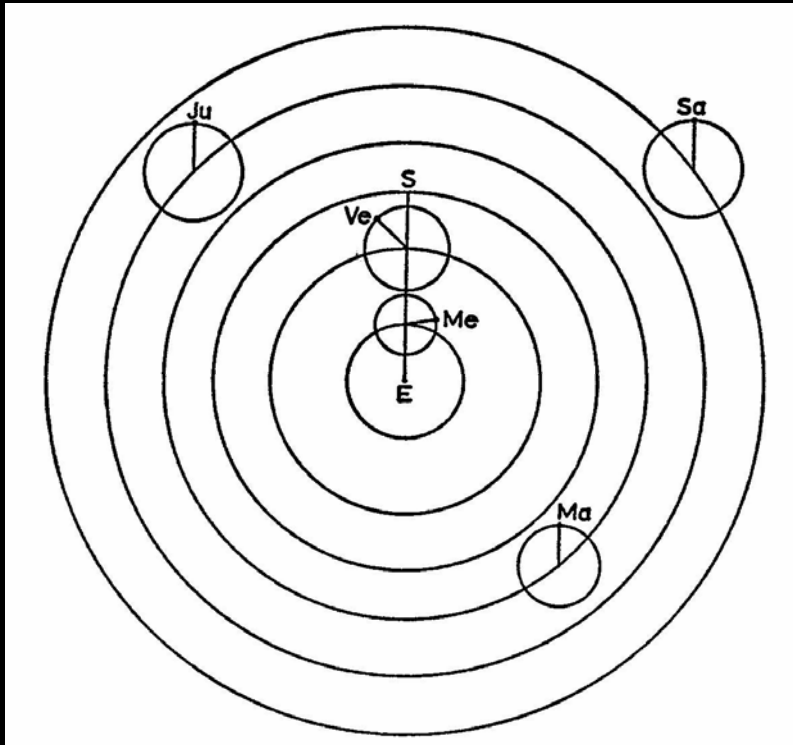


Teoria ruchu Księżyca



Osobliwości systemu Ptolemeusza:

1. Środki epicykli planet wewnętrznych, Merkurego i Wenus - zawsze na linii Słońce-Ziemia
2. Linie łączące planety zewnętrzne (Marsa, Jowisza i Saturna) ze środkami ich epicykli - zawsze równoległe do linii Ziemia-Słońce



(Rysunek uproszczony,
nie zawiera ekwantów
ani wielokrotnych epicykli)

Almagest Ptolemeusza był podstawowym traktatem
astronomicznym przez około 1500 lat

Średnia odległość od Ziemi

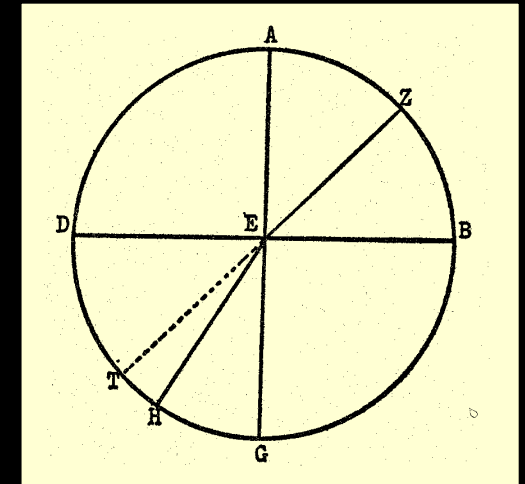
(w jednostkach promienia Ziemi)

	Ptolemeusz	al-Battani	Kopernik	Tycho	Obecnie
Słońce	1210	1108	1142	1150	23455
Saturn	17026	15509	10477	10550	224345
Gwiazdy stałe	20000	19000	-	14000	$6,35 \cdot 10^9$ (Proxima)

Ptolemeusz - *Optyka*

Załamanie światła wchodzącego
do wody z powietrza

α	β	β_{rzecz}	Różnica
10°	8°	$7^\circ 29'$	+31'
20°	$15^\circ 30'$	$14^\circ 52'$	+38'
30°	$22^\circ 30'$	$22^\circ 01'$	+29'
40°	29°	$28^\circ 49'$	+11'
50°	35°	$35^\circ 04'$	- 4'
60°	$40^\circ 30'$	$40^\circ 30'$	0
70°	$45^\circ 30'$	$44^\circ 48'$	+42'
80°	50°	$47^\circ 36'$	+2°24'



**Schemat układu
Ptolemeusza
do pomiaru
załamania światła**

Prawo załamania światła nie zostało znalezione
(stosowane przybliżenie: $\alpha/\beta = \text{const}$ lub $\beta = a\alpha + b\alpha^2$)

Ἡρων ὁ Ἀλεξανδρινος

Heron z Aleksandrii (ok. 10–75)

Mechanika (opis maszyn prostych)

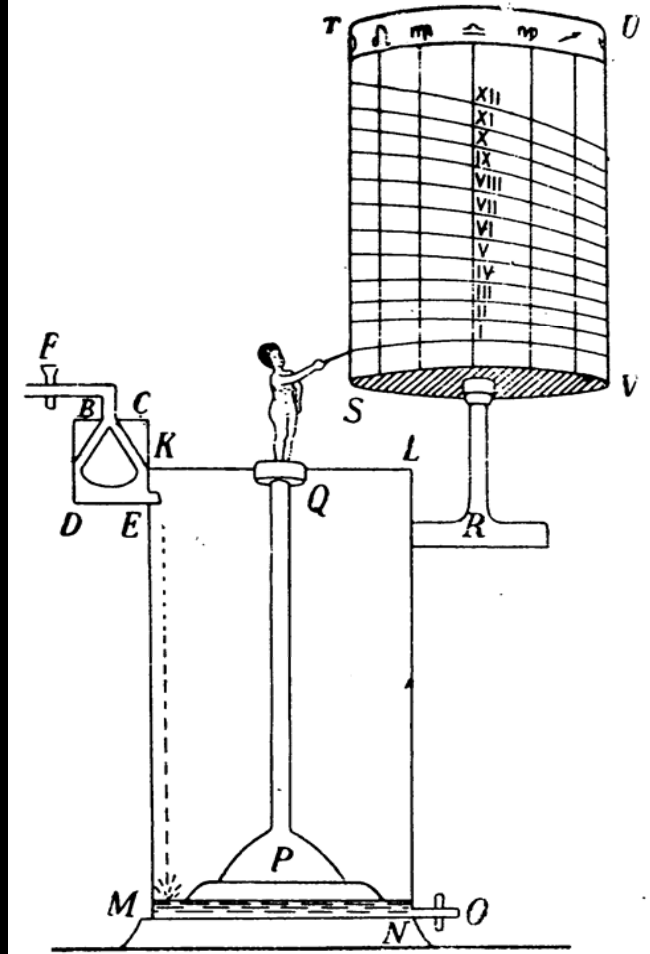
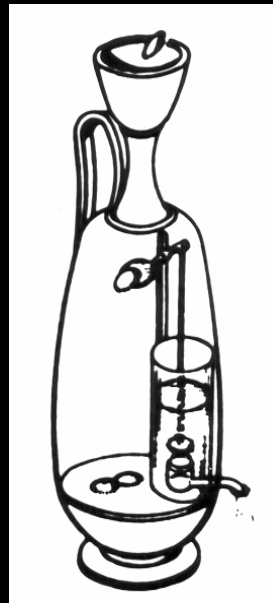
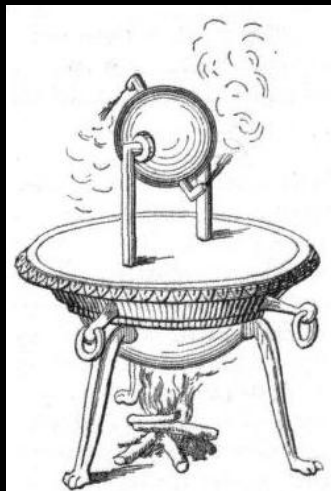
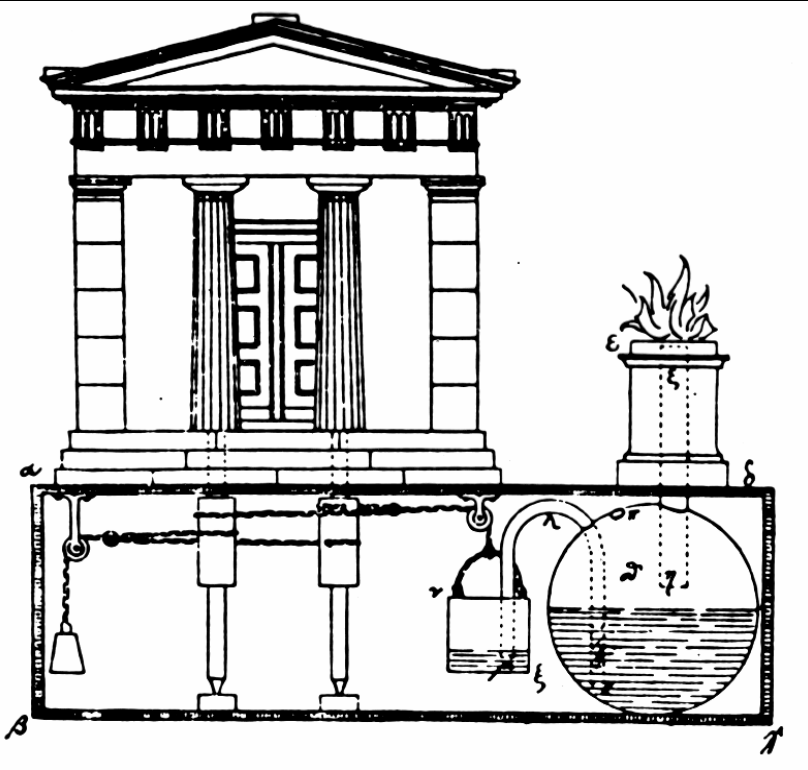
Pneumatyka (m.in. automaty, próżnia)

Katoptryka (m.in. zasada najkrótszej drogi)

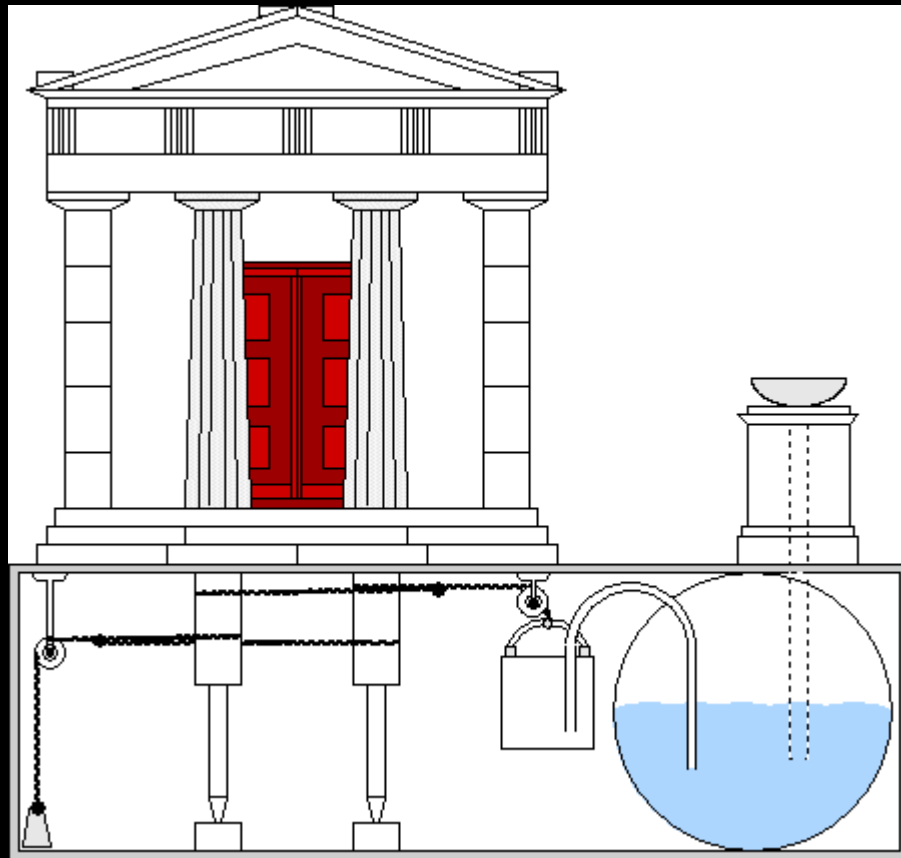
„O istnieniu pustych przestrzeni można także przekonać się na podstawie następujących rozważań: jeśli by nie było takich przestrzeni, to ani światło, ani ciepło, ani żadna inna siła materialna nie mogłaby przenikać przez wodę, powietrze i jakiegokolwiek ciało. Jak na przykład promienie słońca mogłyby przenikać wodę do dna naczynia?... Jest też jasne, że w wodzie są puste przestrzenie, ponieważ kiedy wleje się do niej wino, to rozchodzi się ono w całej jej objętości, czego by nie mogło uczynić, gdyby nie było próżni w wodzie. Światło także może przez siebie przenikać, ponieważ kiedy zapalimy kilka lamp, to wszystkie przedmioty zostają jasno oświetlone, a promienie przechodzą przez siebie we wszystkich kierunkach...”

Pneumatyka, Wstęp

Technika grecka



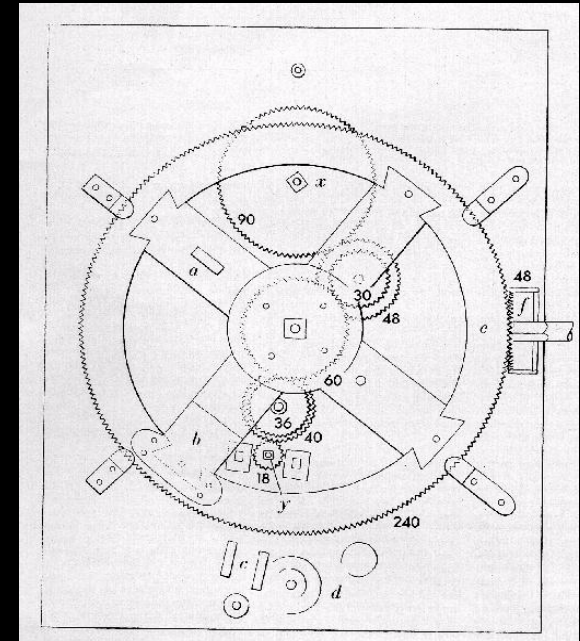
Κτεσυβιος



animacija: P. Hausladen RS Voehringen

Maszyna z Antikithira

Znaleziona we wraku statku zatopionego w 65 r. p.n.e.

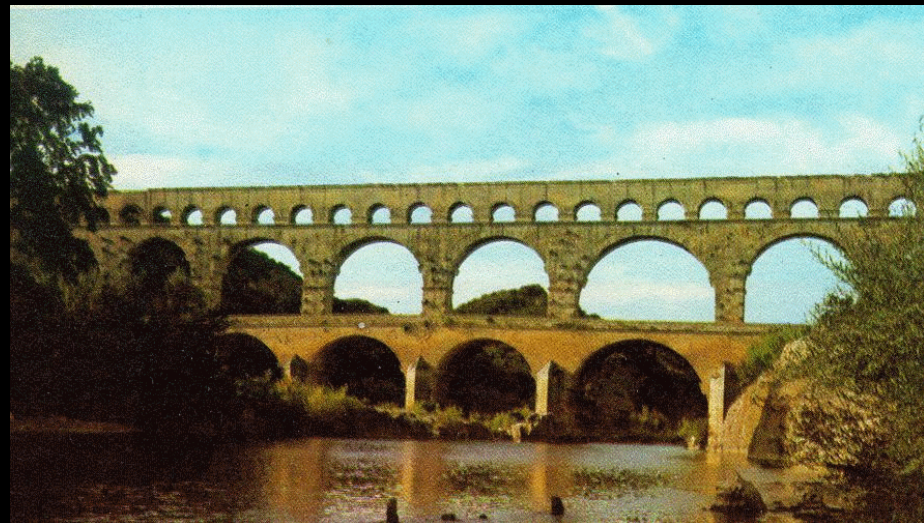


Przykłady budowli rzymskich



Rzymska świątynia
w Baalbek (Liban)
II w. p.n.e.

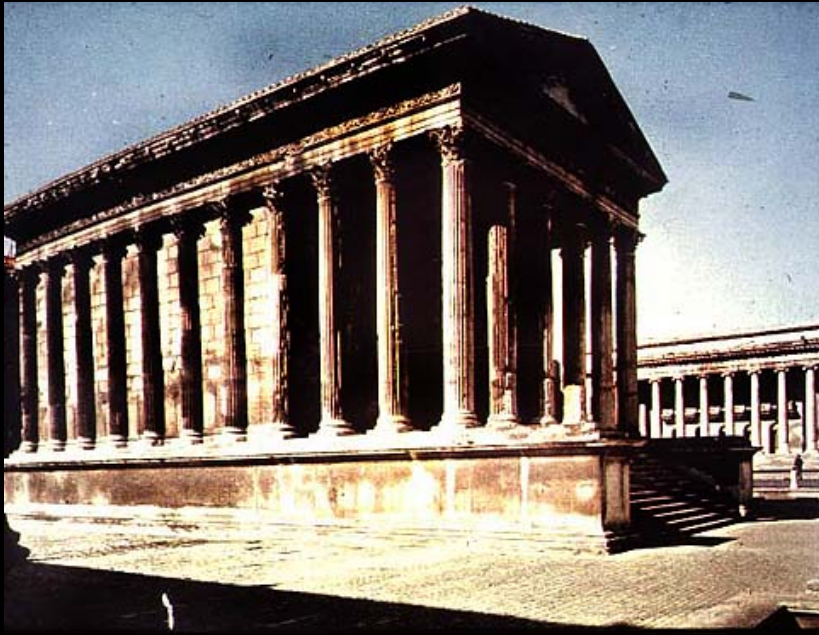
Rzymski akwedukt
Pont du Gard



Mauzoleum Teodoryka
(Rawenna)



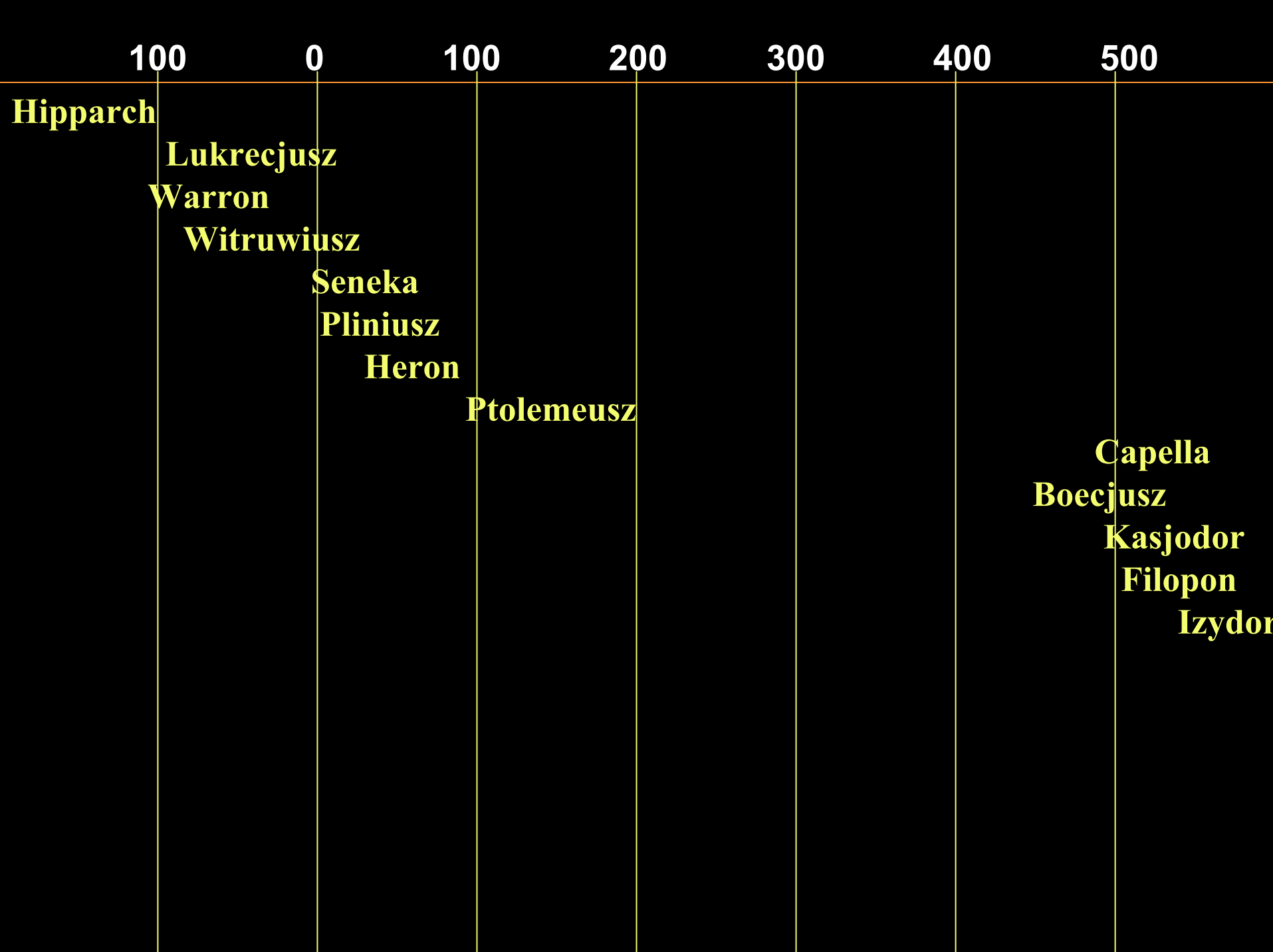
Przykłady budowli rzymskich



Świątynia Jowisza - Nîmes

Koloseum – Rzym
(50 000 miejsc)





100

0

100

200

300

400

500

Hipparch

Lukrecjusz

Warron

Witruwiusz

Seneka

Pliniusz

Heron

Ptolemeusz

Capella

Boecjusz

Kasjodor

Filopon

Izydon

Uczeni rzymscy

Witruwiusz (Marcus Vitruvius Pollio)

I w. p.n.e.

- *De Architectura libri X*



Warron (Marcus Terentius Varro) (116-27 p.n.e.)

- *Disciplinarum libri IX*

(Encyklopedia 9 dyscyplin:

gramatyki, dialektyki, retoryki, arytmetyki, geometrii, astronomii, muzyki, medycyny, architektury)



Uczeni rzymscy



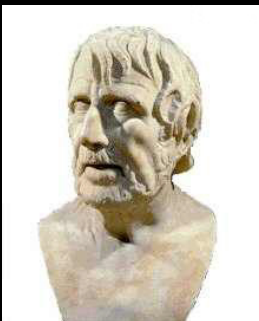
Lukrecjusz (Titus Lucretius Caro)
(ok. 95-55 p.n.e.) - *De rerum natura*



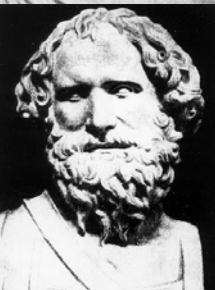
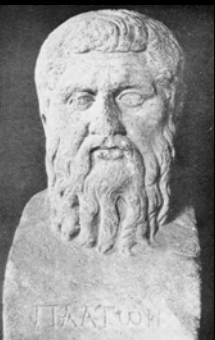
Plinius Starszy

(Gaius Plinius Secundus) (23-79)

- *Naturalis historia* (*Historia Naturalna w 37 księgach*)
- cytowania 327 greckich i 146 rzymskich autorów



Seneka Młodszy (Lucius Annaeus Seneca)
(ok. 3-65) - *Questiones naturales*



„Dzieła Newtona nie można zrozumieć bez znajomości nauki antycznej. Newton nie tworzył w próżni. Bez zadziwiającej pracy Ptolemeusza, który uzupełnił i zakończył astronomię antyczną, nie była by możliwa *Astronomia nova* Keplera, a więc i mechanika Newtona. Bez przekrojów stożkowych Apoloniusza, które Newton znał dogłębnie, jest równie nie do pomyślenia rozwinięcie przezeń prawa grawitacji. A rachunek całkowy Newtona można pojąć jedynie jako kontynuację wyznaczania pól i objętości przez Archimedesesa. Historia mechaniki jako nauki ścisłej rozpoczyna się Archimedesesa prawami dźwigni, prawami hydrostatyki i wyznaczaniem środka masy. Krótko mówiąc, wszystkie osiągnięcia matematyki, mechaniki i astronomii, które zbiegają się w dziele Newtona, biorą swój początek w Grecji.”

Van der Waerden, *Science awakening*

