

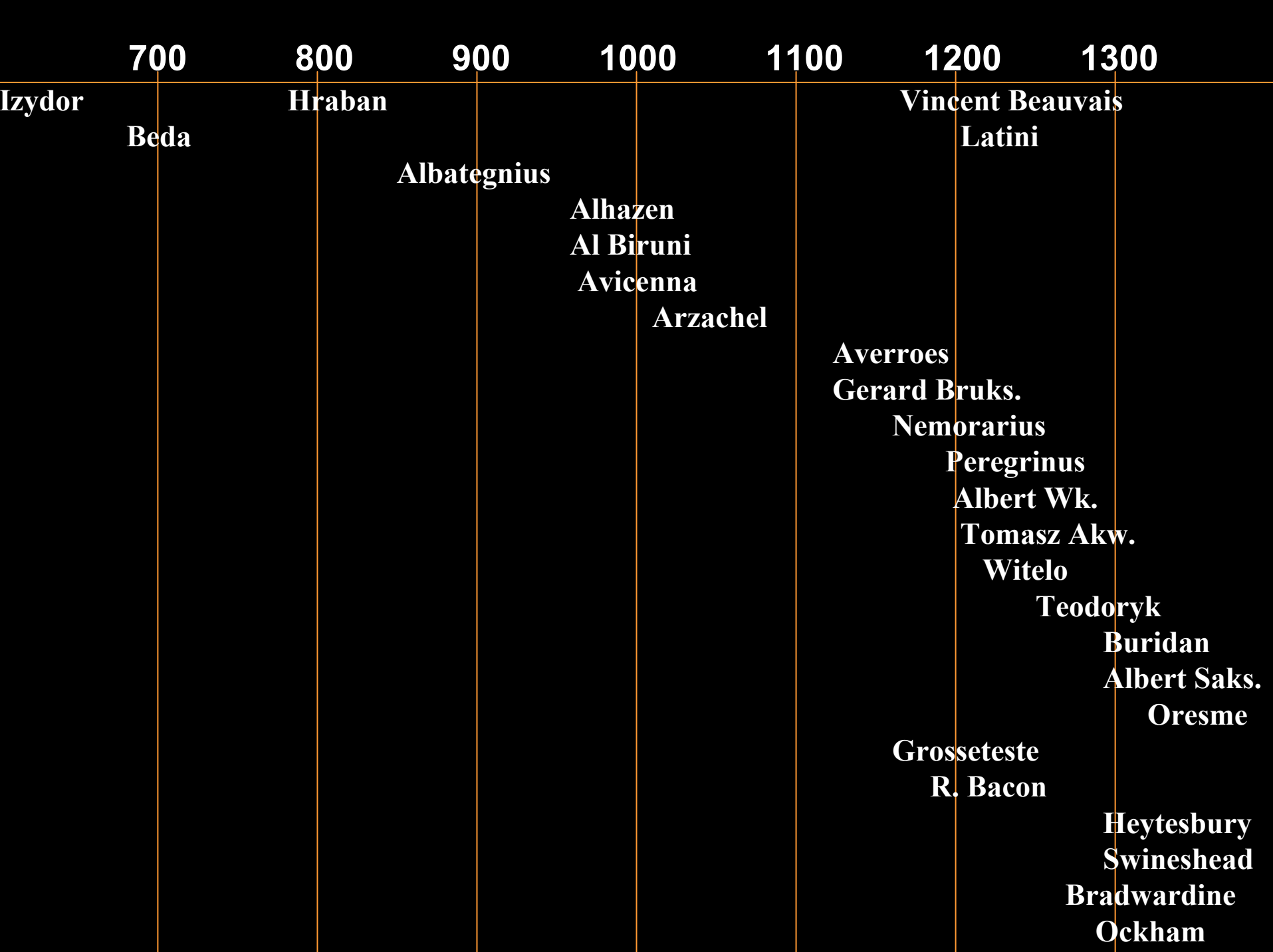


Nauki fizyczne w średniowieczu

Ważniejsze daty z historii upadku porządku antycznego

- 268 Ateny i Sparta splądrowane przez Gotów
- 378 Bitwa pod Adrianpołem
- 395 Podział Cesarstwa Rzymskiego
- 410 Wizygoci (Alaryk I) zdobywają i grabią Rzym
- 415 Koniec Szkoły Aleksandryjskiej (śmierć Hypatii)
- 455 Wandalowie (Genzeryk) zdobywają i niszczą Rzym
- 476 Odoaker obala ostatniego cesarza Zachodu
(Tradycyjna data upadku Cesarstwa Rzymskiego)
- 529 Cesarz Justynian Wielki zamyka Akademię Platonięską
Założenie klasztoru benedyktynów na Monte Cassino
- 622 Hidżra
- 732 Bitwa pod Poitiers (zahamowanie ekspansji Arabów w Europie)

- Wrogi stosunek Ojców Kościoła do nauki greckiej (jako nauki pogańskiej)
- Niemal całkowity zanik znajomości nauki greckiej w Europie Zachodniej
- VII - IX wiek - okres asymilacji nauki greckiej przez Arabów (Bajt-al-Hikma w Bagdadzie, 830 r.)
- IX - XII wiek - oryginalny wkład uczonych islamskich do fizyki i astronomii
- XII - XIII wiek - ponowne odkrycie nauki greckiej dzięki przekładom z arabskiego na łacinę
- koniec XII wieku - pierwsze uniwersytety
- początek XIII wieku - zakaz nauczania fizyki Arystotelesa
- 1277 r. - biskup Paryża Étienne Tempier potępia 219 tez - przyczyna wzrostu swobody intelektualnej
- XIV wiek - akceptacja zmodyfikowanej nauki Arystotelesa





Boecjusz (Anicius Manlius Severinus Boethius)
(ok. 480-525)

Program zachowania nauki greckiej

Capella (Martianus Felix Capella)

(ok. 490-580)

De nuptiis Mercurii et Filologiae

(gramatyka, dialektyka, retoryka,
geometria, arytmetyka,
astronomia, muzyka)

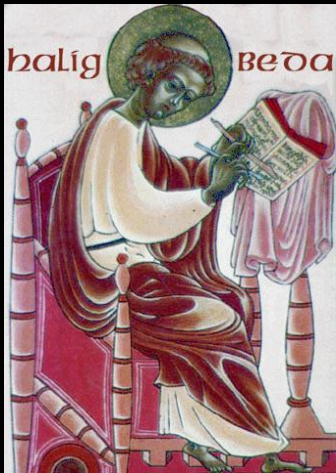


Kasjodor (Flavius Magnus Aurelius Cassiodorus)
(ok. 485-570)

*De artibus ac disciplinis liberalium
artium*



Izydor z Sewilli (ok. 560-636)
Origines seu Etymologiae
(encyklopedia w 20 księgach)

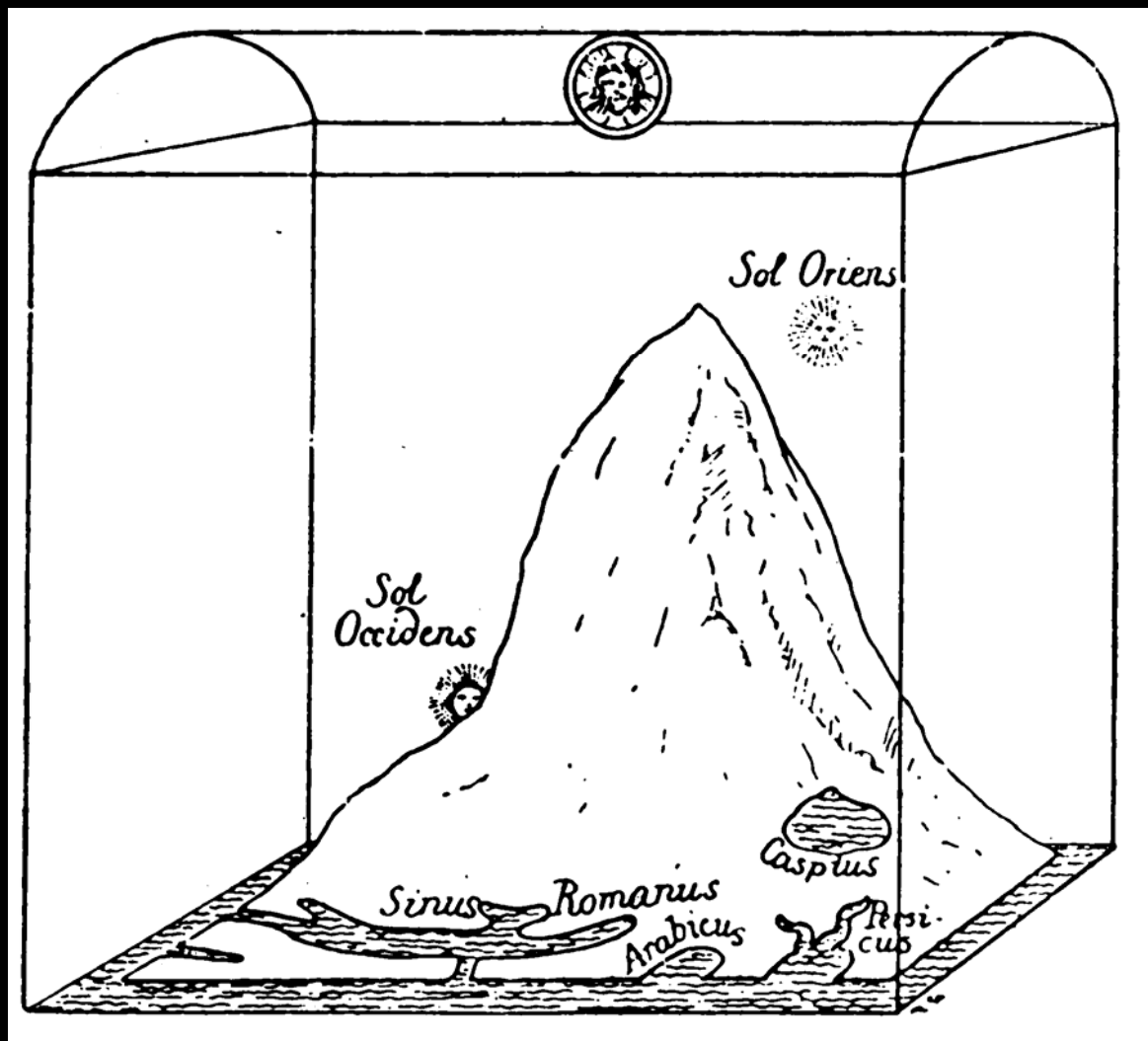


Beda Czcigodny (673-735)
De natura rerum



Hraban Maur (ok. 780-856)
*De Universo libri XXII, sive
etymologiarum opus*

Cosmas Indicopleustes - *Topographia Christiana* (ok. 540)



„Wszelka wiedza, jaką
człowiek może osiąść
poza Pismem Świętym,
jeśli szkodliwa,
została tam potępiona,
a jeśli zdrowa,
jest tam zawarta.”



Św. Augustyn, *O nauce chrześcijańskiej*, Księga II, rozdział 42

Klasztory - centrami wiedzy i kopiowania ksiąg



Pierwotna nazwa uczelni: *studium generale*

universitas magistrorum et scholarium

korporacja wykładowców i studentów

typ boloński (władza studentów) i typ paryski (władza profesorów)

Pierwsze uniwersytety powstawały samorzutnie:

Z uniwersytetów istniejących w 1300 r.
tylko 3(2) założone przez panujących (papieży)

Najstarsze: Bolonia, Paryż (XII wiek)

Oxford (1214), Cambridge (1231),

Padwa (1222), Neapol (1224), Arezzo, Piacenza, Reggio, Salerno,
Siena, Vercelli, Vicenza,

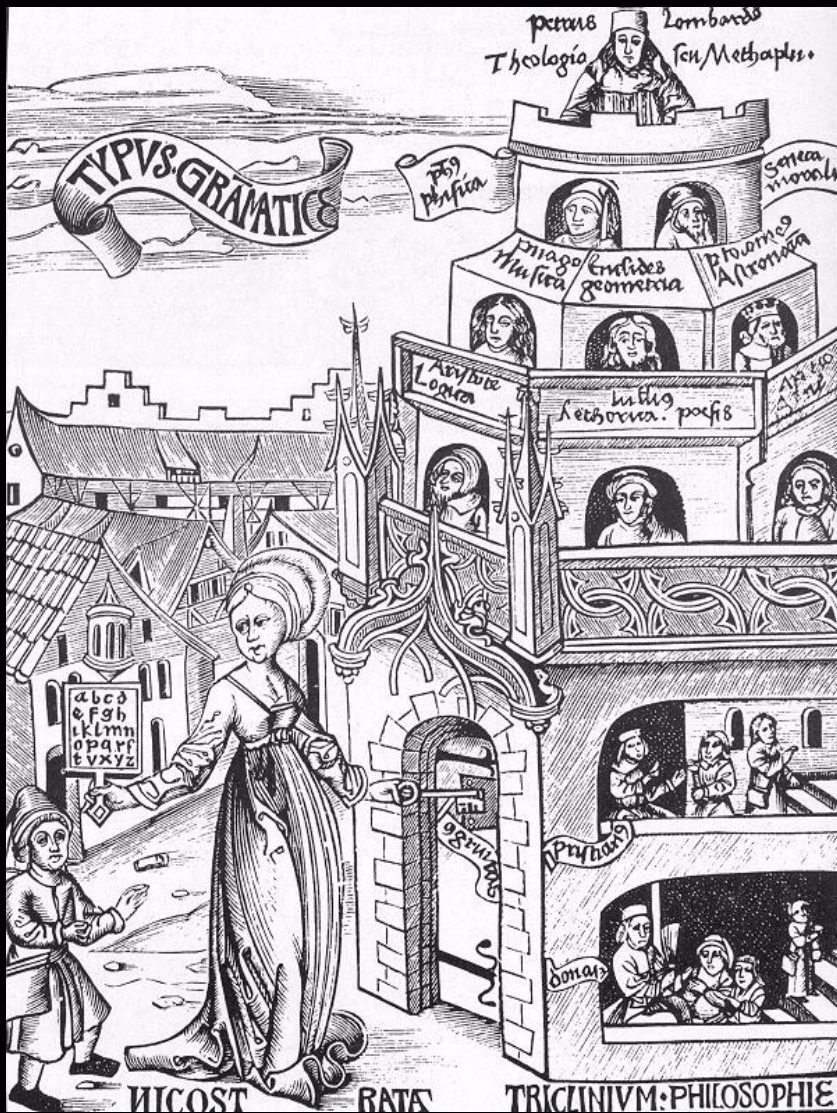
Tuluza (1233), Angers, Orlean, Montpellier,
Salamanca, Sewilla, Palencja, Lerida , Lizbona



typ boloński (władza studentów)



typ paryski (władza profesorów)



Sztuki wyzwolone (*artes liberales*):

Trivium:

gramatyka, retoryka, dialektyka

Quadrivium:

arytmetyka, geometria, muzyka,
astronomia

Stopień magistra (doktora)
sztek wyzwolonych
konieczny do studiowania
wyższych fakultetów: prawa,
medycyny i teologii



King's College, Oxford



Trinity College, Cambridge



Sorbona



Padua

Liczba studentów w uniwersytetach była wtedy niewielka

XIV w.	{	Paryż	ok. 6000
		Bolonia	ok. 15000
		Tuluza	< 2000
		Wiedeń	< 2000
		Lipsk	< 2000
1426		Louvain	1450
Koniec XIV w.		Praha	1373 (wraz z mistrzami)



Wykład uniwersytecki
(druga połowa
XIV wieku)

Liczba studentów w uniwersytetach była wtedy niewielka

Akademia Krakowska

1400-1409	963
1427-1449	3084
1449-1471	4161
1490-1499	2889
1500-1509	3215
1510-1519	2816
1520-1529	1710
1530-1539	1715



Niewielka sprawność nauczania w uniwersytetach

	Bakalarze	Magistrowie
Akademia Krakowska		
1427-1449	19,2%	4,8%
1449-1471	24,7%	6,6%
1471-1491	26,0%	4,7%
1491-1510	21,5%	3,6%
1518-1540	14,8%	4,1%
Uniwersytet w Lipsku		
1429-1432	20,4%	3,8%
1439-1442	27,8%	6,9%
1459-1462	38,6%	5,6%
1469-1472	36,0%	5,4%
1479-1482	39,4%	4,2%
1509-1512	26,1%	3,4%

W Krakowie uniwersytet bez systemu nacji

W Pradze: 4 nacje według stron świata: polska, bawarska, saska, czeska; nacja polska obejmowała także Litwinów, Sasów i Prusów

W Bolonii: nacja niemiecka obejmowała także Flamandów, Węgrów, Szwedów, Anglików i Szkotów

W Paryżu: nacja angielska obejmowała także Polaków i Włochów

W Kolonii: nacja angielska obejmowała także Czechów, Niemców, Węgrów i Polaków

W Wiedniu: Polacy należeli do nacji węgierskiej, obok Czechów, Morawian i innych Słowian

W Lipsku: nacja polska obejmowała także Prusów i Rosjan

Uwaga: łac. *natio* – plemię, pokolenie, gromada
łac. *populus* – naród, lud

„Wszyscy studenci, którzy przeszkadzają w realizacji niniejszego naszego statutu, czy to krzycząc, tupiąc nogami, rzucając kamieniami czy jakimkolwiek innym sposobem – bądź sami, bądź za pośrednictwem ich służących i popleczników – zostaną na mocy niniejszego wykluczeni z naszego grona na cały jeden rok.”

Ze statutu uniwersytetu w Paryżu



Zajęcia uniwersyteckie (Bologna)

W uniwersytetach średniowiecznych nie było laboratoriów i nie prowadzono eksperymentów

Przedmiotem badań w uniwersytetach średniowiecznych **nie były zjawiska przyrodnicze, lecz teksty**. Swoboda dyskusji naukowych w średniowiecznych uniwersytetach przyczyniała się do postępu nauki.

Szkoły islamskie, *medresy*, zostały już opanowane przez fundamentalistów - niemożliwe jakiegokolwiek wykraczanie poza ramy wyznaczone tekstem Koranu.

Nauka islamska już kilkaset lat temu przestała przynosić nowe wyniki.

Mechanika średniowieczna

Niektóre osiągnięcia w mechanice średniowiecznej

- teoria *impetusu* (Jean Buridan)
- alternatywne propozycje praw dynamiki (Jan Filopon, Avempace, Thomas Bradwardine)
- początek graficznego przedstawiania zależności dwóch zmiennych (Nicole Oresme, Giovanni di Casali)
- twierdzenie o prędkości w ruchu jednostajnie przyspieszonym $v_{\text{śr}} = (1/2)(v_{\text{pocz}} + v_{\text{końc}})$ (William Heytesbury, Richard Swineshead, Thomas Bradwardine, Nicole Oresme)
- rozważanie prędkości chwilowej - *velocitas instantanea* (William Heytesbury, Richard Swineshead)
- przyspieszenie (*velocitatio*) jako intensywność prędkości (Nicole Oresme)

„Jeśli upuścisz z tej samej wysokości dwa ciężary, z których jeden jest wielokrotnie cięższy od drugiego, to przekonasz się, że stosunek czasów ich spadku nie odpowiada stosunkowi ich ciężarów (jak utrzymywał Arystoteles), ale że różnica w ich trwaniu jest bardzo nieznaczna. Jeżeli więc te dwa ciężary nie różnią się znacznie, lecz jeden jest, powiedzmy, dwukrotnie cięższy od drugiego, to różnica w czasach będzie albo żadna, albo niedostrzegalna.”

Jan Filopon, VI wiek

Ιωάννης Φύλοποννης

„Dla przypadku kiedy występuje [ruch wymuszony oraz] oddzielenie ciała poruszającego się, na przykład pocisku lub ciała toczącego się [od czynnika poruszającego], uczeni mają opinie rozbieżne. Niektórzy uważają, że przyczyna leży w skłonności powietrza, które zostało popchnięte, by znaleźć się za pociskiem i zjednoczyć się tam z siłą, która naciska na to, co jest z przodu. Inni mówią, że czynnik poruszający popycha razem powietrze i pocisk, ale powietrze, bardziej podatne na popychanie, popychane jest prędzej, więc pociąga to, co w nim jest zawarte. Są też tacy, którzy utrzymują, że przyczyna jest w sile, którą ciało poruszające się nabywa od czynnika poruszającego i która w nim pozostaje dopóty, dopóki nie zostanie zniweczona przez przeciwstawiającą się siłę tego [ośrodka], który ciała dotyka i jest przezeń przemieszczany. I kiedy ta siła w pocisku słabnie, naturalna skłonność (*mayl*) i działanie tarcia zaczynają nad nią przeważać, siła więc niknie i wtedy pocisk zaczyna się poruszać w kierunku wyznaczonym przez jego naturalną skłonność...”

Awicenna, *Kitāb al-Shifā* (Księga o uzdrawianiu duszy)

Ibn-Sina (Avicenna) (980-1037)



„...Stwierdziliśmy, że najślusniejszą opinię głoszą ci, którzy utrzymują, że ciało poruszające się otrzymuje skłonność od czynnika poruszającego.

Ta skłonność jest tym, co postrzegają nasze zmysły jako opór stawiany wysiłkom, by przekształcić ruch naturalny w spoczynek, lub też zmienić jeden ruch wymuszony w drugi.”

Awicenna, *Kitāb al-Shifā* (Księga o uzdrawianiu duszy)

Teoria *impetusu*



„Dlatego wydaje mi się, że musimy dojść do wniosku, iż czynnik poruszający nadaje ciału będącemu w ruchu pewien *impetus*, czyli pewną siłę poruszającą ciało w kierunku wskazanym przez ów czynnik poruszający, czy to w górę, czy w dół, w bok, lub po okręgu.

Jeżeli siła poruszająca porusza pewne ciało prędzej, to o tyle samo większy jest *impetus* na to ciało wywierany. Dzięki temu *impetusowi* kamień jest w ruchu, chociaż rzucający już go nie porusza; jednakże wskutek oporu powietrza, a także wskutek ciężkości kamienia, która skłania go do poruszania się w kierunku przeciwnym do tego, jaki nadaje mu *impetus* - ten *impetus* stale słabnie. Dlatego ruch kamienia staje się coraz powolniejszy i w końcu *impetus* zostaje tak ograniczony lub zniszczony, że ciężkość kamienia przeważa i porusza kamień w dół ku jego naturalnemu miejscu.”

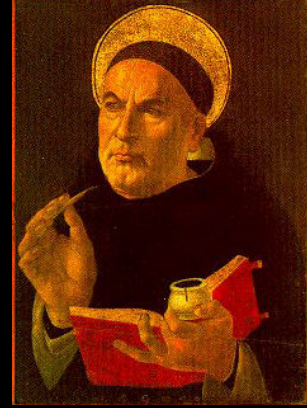
Jean Buridan (1300-1358), *Questiones super octo libros Physicorum Aristotelis*

„Jeśli bowiem ktoś pyta dlaczego mogę rzucić ręką kamień dalej niż piórko, a kawałek żelaza lub ołowiu dalej niż kawałek drewna tej samej wielkości, odpowiadam, że przyczyną tego jest, iż przyjmowanie wszystkich form i naturalnych skłonności istnieje w materii i następuje z racji materii. Dlatego też im więcej w ciele jest materii, tym większy *impetus* może ona uzyskać i tym intensywniejszy. W ciele ciężkim i gęstym jest więcej materii pierwotnej (*materia prima*), niż w lekkim i rzadkim, jeśli inne warunki pozostają takie same. Dlatego gęste i ciężkie ciało uzyskuje więcej *impetusu* i bardziej intensywnie, podobnie jak kawałek żelaza może uzyskać więcej ciepła niż drewno lub woda w tej samej ilości.”

Jean Buridan, *Questiones super octo libros Physicorum Aristotelis*

„Ponadto piórko uzyskuje *impetus* tak słaby, że zostaje on natychmiast zniszczony przez opór powietrza. Podobnie, gdy ktoś rzuci jednakowo szybko lekkie drewno i ciężkie żelazo jednakowej objętości i kształtu, to żelazo polecą dalej, gdyż jest w nim *impetus* bardziej intensywny, który nie wyczerpuje się tak szybko jak *impetus* słabszy. Z tego też powodu szybko poruszające się wielkie koło młyńskie trudniej jest zatrzymać niż koło mniejsze; oczywiście dlatego, że w większym kole, przy innych warunkach takich samych, znajduje się więcej *impetusu*. Z tejże przyczyny możecie rzucić kamień funtowy lub półfuntowy dalej niż tysięczną część tego samego kamienia; albowiem w tej tysięcznej części *impetus* jest tak słaby, że natychmiast zostaje pokonany przez opór powietrza.”

Jean Buridan, *Questiones super octo libros Physicorum Aristotelis*



„Nie należy sądzić, że siła poruszcyciela nadającego kamieniowi ruch wymuszony pozostawia w nim jakąś moc (*virtus*), dzięki której się on porusza... Gdyby tak było, to ruch wymuszony powstawałby wskutek przyczyny wewnętrznej, a to byłoby sprzeczne z naturą ruchu wymuszonego, a po drugie wynikałoby z tego, że kamień zmieniałby się będąc gwałtownie poruszany w ruchu lokalnym, co przeczy rozsądkowi...”

Św. Tomasz z Akwinu, *In libros Aristotelis de coelo et mundo expositio*

„Gdyby można było wydrążyć ziemię i zrobić w niej studnię na wylot, a do tej studni wrzucić coś ciężkiego, na przykład olbrzymi kamień, twierdząc, że kamień taki nie przeleci na przestrzał, lecz zatrzyma się na pewno w środku ziemi, tam, gdzie stanęłaby nóżka cyrkla zakreślającego obwód ziemski. Kamień ów nie poruszy się w przód ani w tył, ponieważ powietrze otaczające ziemię wejdzie z obu stron przez otwory i unieruchomi go. Mógłby on się poruszyć jedynie dzięki sile upadku, lecz natychmiast wróciłby do środka, podobnie jak wraca na ziemię kamień rzucony w powietrze. W ogóle wszystkie rzeczy dążą do najniższego punktu. Najniższym zaś i najgłębiej położonym punktem w świecie jest sam środek wnętrza ziemi, zwany otchłanią, w którym znajduje się piekło. Dlatego im głębiej, tym ziemia jest cięższa.”

Brunetto Latini, *Skarbiec wiedzy* (ok. 1265)

„Zgodnie z tym można także powiedzieć, że jeśli Ziemia została przewiercona na wylot i w tej dziurze ciężkie ciało spadałoby szybko w kierunku do środka, to po osiągnięciu środka świata przez środek ciężkości spadającego ciała poruszałoby się ono dalej w przeciwnym kierunku, to znaczy ku niebiosom, gdyż *impetus* w nim zawarty nie został jeszcze zniszczony. Gdy w tym wznoszeniu się *impetus* zostałby zniszczony, zaczęłoby ono znów spadać. W tym spadku ciało zyskałoby pewien mały *impetus*, dzięki któremu znowu przeszłoby poza środek Ziemi. Gdy z kolei ten *impetus* zostałby zużyty, ciało zaczęłoby znów spadać i tak byłoby w ruchu, oscylując koło środka, dopóki cały *impetus* w nim nie zostałby zniszczony i wtedy by się zatrzymało..”



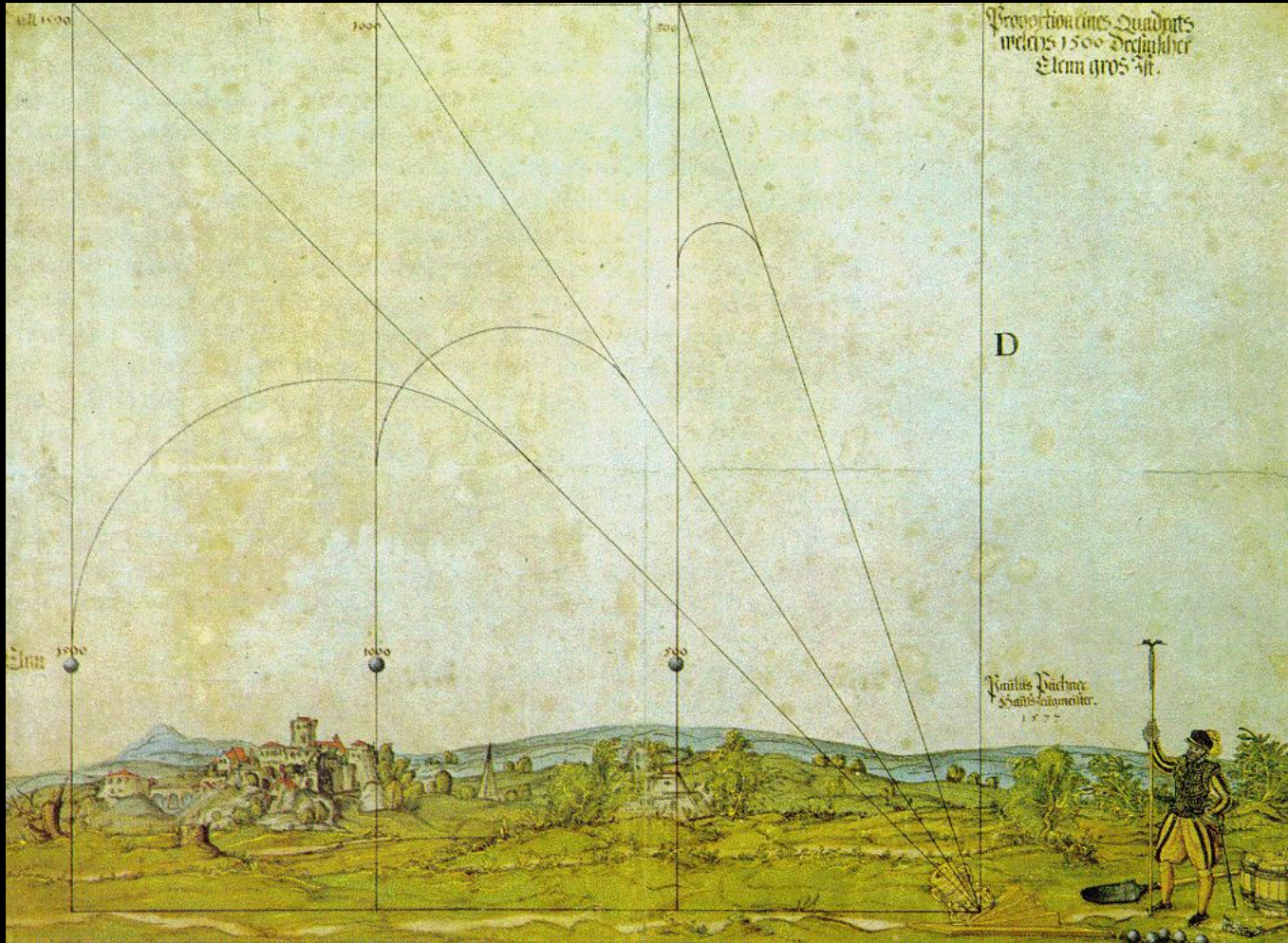
Albert z Saksonii (1316-1390), *Questiones super quattuor libros de caelo et mundo Aristotelis*

„Ta jakość może być nazywana rozpędem (*impetuosity*). Nie jest to, ściśle mówiąc, ciężar, ponieważ gdyby przebić przejście stąd do środka Ziemi i jeszcze dalej i wrzucić coś ciężkiego do tego przejścia, to ciało to dotarłszy do środka poruszałoby się dalej i wznosiło dzięki tej nabytej jakości, a potem znów by spadało, biegnąc tam i z powrotem szereg razy, podobnie do ciężaru zawieszzonego na długim sznurze, wahającego się tam i z powrotem.”

Nicola Oresme, *Questiones super de caelo*

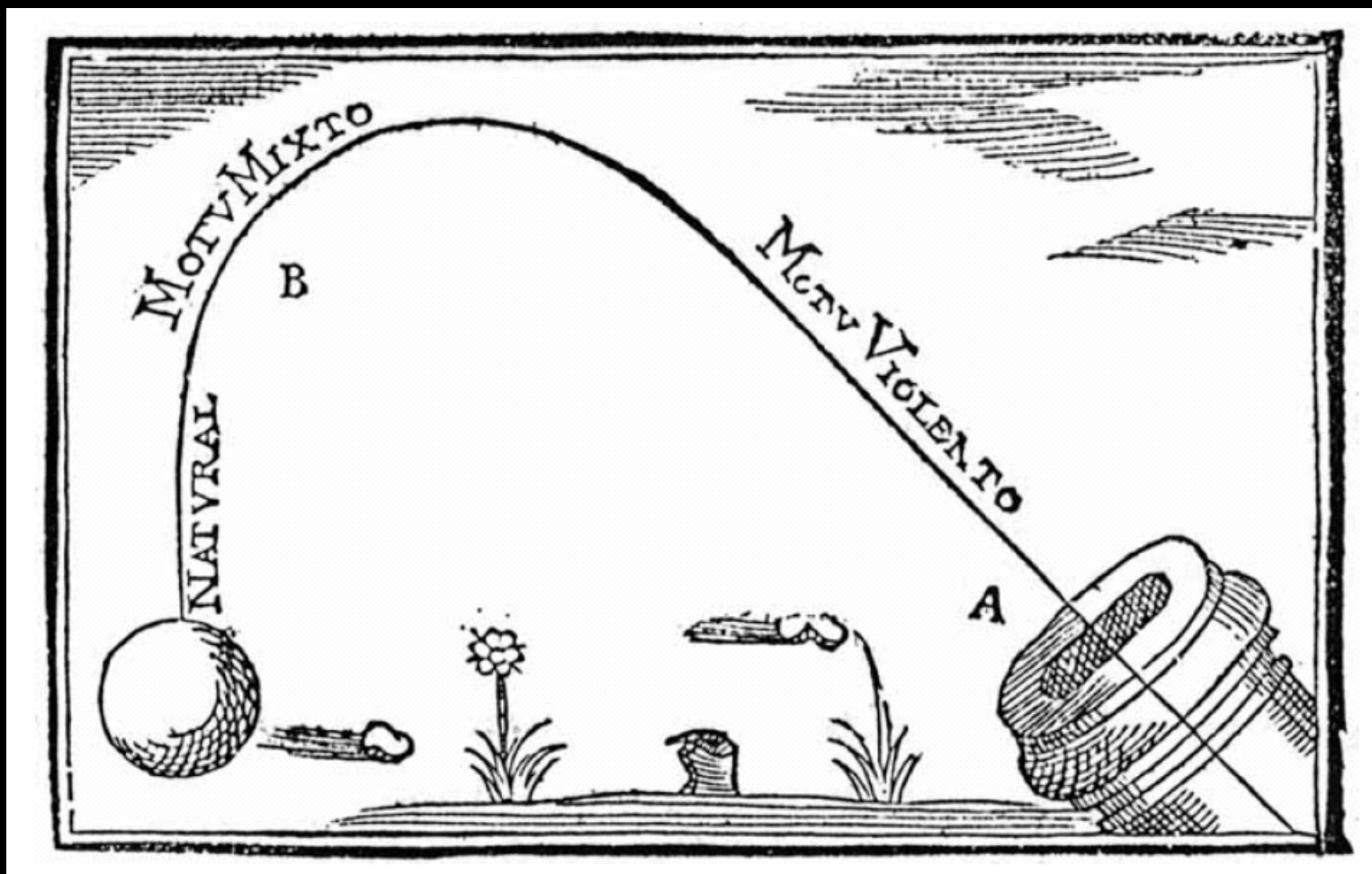
Formalne podobieństwo *impetusu* mierzonego iloczynem masy i prędkości oraz pędu jest złudne, ponieważ:

- *impetus* traktowano jako przyczynę ruchu, gdy tymczasem pęd jest miarą ruchu
- Buridan wprowadzał także *impetus* kołowy (dla ciał niebieskich)
- pęd jest wielkością wektorową, natomiast *impetus* wielkością skalarną



Odchodzenie od zasad Arystotelesa dotyczących ruchu pocisków

Szesnastowieczna analiza trajektorii kuli wystrzelonej z działa:
podział na ruch wymuszony, ruch mieszany i ruch naturalny



Dynamika starożytna i średniowieczna

Uwaga: użycie wzorów jest w tym wypadku anachronizmem!

Arystoteles: $v \sim F/R$ dla $F > R$
 $v = 0$ dla $F \leq R$
 $F = 0 \rightarrow v = 0$ („zasada bezwładności”)

Jan Filopon: $v \sim (F - R)$ dla $F \geq R$
 $v = 0$ dla $F < R$

Bradwardine: $n \cdot v = \theta [(F/R)^n]$
 $v \sim \log (F/R)$

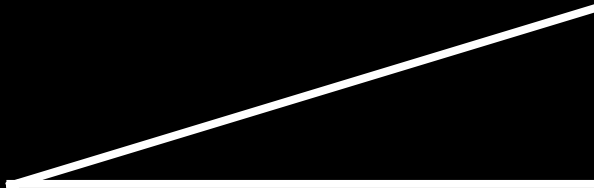


Nicole Oresme (ok. 1320-1382)

Latitudo (Intensio)



Longitudo (Extensio)



motus uniformiter difformis

motus uniformis

[Takie same metody analizy dwóch zmiennych podał Giovanni di Casali (1346)]

Optyka średniowieczna

Optyka średniowieczna (*perspectiva*), bardzo różna od obecnej, obejmowała teorię widzenia, budowę oka, rozchodzenie się światła, właściwości zwierciadeł i powierzchni załamujących, tworzenie obrazów przy odbiciu i załamaniu oraz świetlne zjawiska meteorologiczne (np. tęcza).

Teorie widzenia w starożytności:

- a) ciała świecące wysyłają cząstki światła we wszystkie strony; wchodzą one do oczu obserwatora (atomiści);
- b) z oczu obserwatora wysyłane jest „coś”, poruszające się po liniach prostych, co „czuje” obiekt widziany (Euklides, Ptolemeusz i inni);
- c) światło istnieje w ośrodku, a jego aktualizacja następuje dzięki obecności ciała świecącego (Arystoteles).

Ibn-al-Haitham (Alhazen) (ok. 965-1039)

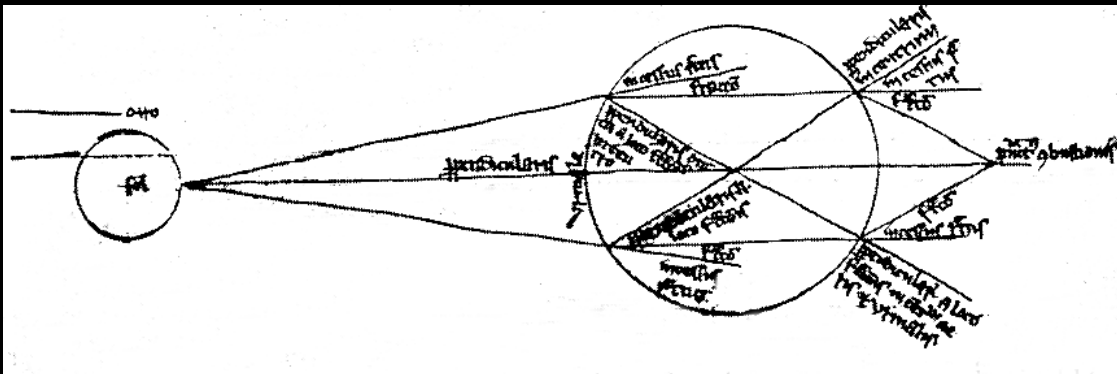
Traktat optyczny w siedmiu księgach *Kitāb al-Manābir*, przetłumaczony na łacinę w 1270 r. jako *Opticae Thesaurus Alhazeni*.
Optyka fizjologiczna, budowa oka, *camera obscura*, odbicie i załamanie światła.





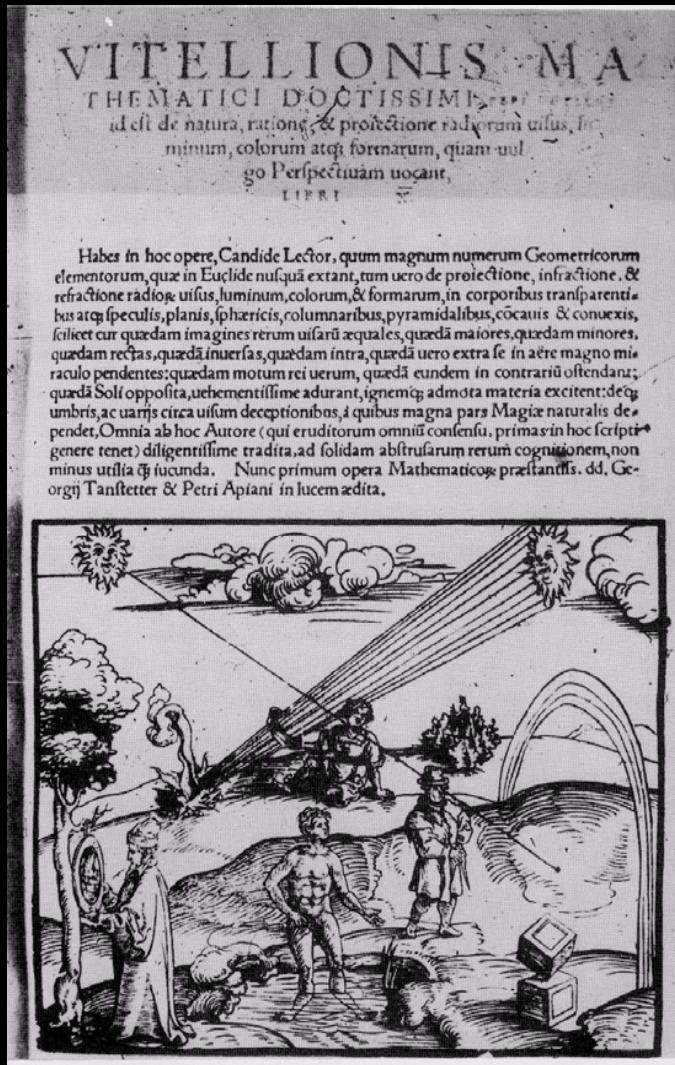
Robert Grosseteste (1168-1253) rektor Oxfordu, biskup Lincolnu

Grosseteste: nacisk na rozprzestrzenianie się form (*multiplicatio specierum*); światło jest pierwszą „formą cielesną” rzeczy materialnych, dlatego jego badanie jest ważne

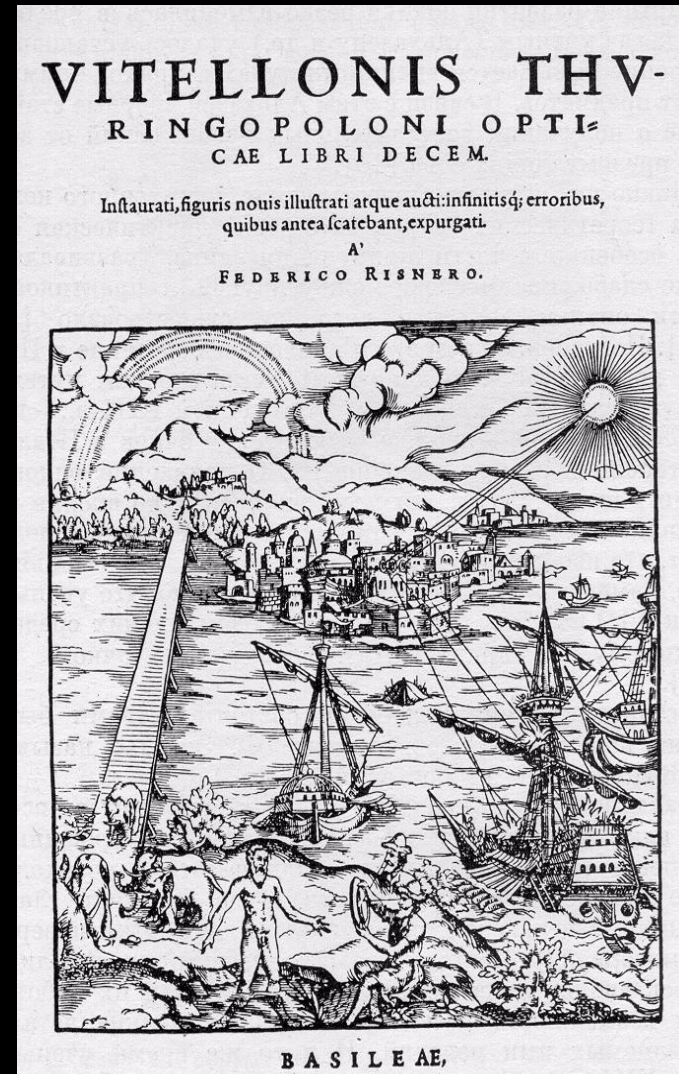


Załamania światła
w soczewce sferycznej
według Grosseteste'a

Witelo (ok. 1230-1280)



Norymberga, 1535



Bazylea, 1572

Przedmowa Witelona (tłum. Jerzy Burchardt)

„Niniejsze dzieło postanowiłem podzielić na 10 ksiąg...
W pierwszej księdze tej nauki zamieściłem na początku aksjomaty dla niej niezbędne poza *Elementami* Euklidesa i oświadczam, że w tym również dwa, które udowodnił Apolloniusz. Większość jednak zamieszczonych w tej księdze twierdzeń zawarta jest w owym dziele, które nazywam *0 wnioskach z Elementów Euklidesa*, gdzie spisałem w ogóle wszystko, co przeczytałem i co doszło do nas od następców Euklidesowych, wywnioskowane na potrzeby nauk szczegółowych generalnie. W drugiej swej księdze omówiłem sposób padania promieni przez jeden lub więcej ośrodków przezroczystych na różne kształty ciał, projekcję cieni i kształtowanie się światła, padającego przez okna jako to, co jest uprzednie względem działania form przyrody, uchwytnego zmysłowo i odbywa się bez udziału zmysłu.
W trzeciej księdze omówiłem na swój sposób narząd widzenia i istotę procesu widzenia zgodnie z nauką optyki.”

„W czwartej księdze przebiegłem złudzenia optyczne przy bezpośrednim sposobie widzenia przez jeden ośrodek, czy to jako doznania matematyczne, czy też przyrodnicze. Przechodząc w piątej księdze do innego sposobu widzenia, który powstaje przez odbicie od ciał gładkich, zwanych zwierciadłami, omówiłem zjawiska wspólne wszystkim zwierciadłom: płaskim, kulistym, walcowatym i stożkowym, wklęsłym lub wypukłym... W szóstej księdze ukazałem zjawiska, którym podlegają oczy i byty skutkiem odbicia od wypukłych zwierciadeł kulistych. W siódmej wyłożyłem zjawiska, zachodzące w wypukłych zwierciadłach walcowatych lub stożkowych. Te dwa zwierciadła połączyłem ze względu na tożsamość wielu zjawisk.”

Przedmowa Witelona (tłum. Jerzy Burchardt) cd.

„W ósmej omówiłem szerzej odbicia od wklęsłych zwierciadeł kulistych. W dziewiątej te, które zachodzą we wklęsłych zwierciadłach walcowatych lub stożkowatych, oraz dorzuciłem do nich traktat o pewnych zwierciadłach nieregularnych, których cała powierzchnia daje odbicie światła i mocy do jednego punktu. Nazywam je zwierciadłami palącymi. W dziesiątej księdze niniejszej nauki mówię o trzecim sposobie widzenia - poprzez drugi ośrodek przezroczysty, gdy na przykład widzenie odbywa się przez powietrze pod wodą lub pod szkłem oraz o złudzeniach, jakim z tego powodu ulega wzrok, bo choćby wzroku nie było, te same zjawiska powstawałyby ze względu na moc działającą. W tej też dziesiątej księdze dodałem zjawisko, zachodzące w samym wzroku, skutkiem odmienności ośrodków, jakim jest wyciśnięcie łuku demona, zwane tęczą, bo i jej powstawanie tłumaczy się przy pomocy niniejszej nauki. I tak jakbym omówił ogólnie wszystkie zjawiska widzenia, kończę dzieło.”

Przedmowa Witelona (tłum. Jerzy Burchardt) cd.

[Trzy sposoby widzenia i trzy sposoby działania przyrody]

„Z tego, co wyżej napisano, wynika, że trojaki jest sposób widzenia. Jeden przez tylko jeden ośrodek, czyli widzenie bezpośrednie, drugi przez odbicie form widzianych od ciał gładkich, trzeci zaś przez załamane form widzianych skutkiem odmienności ośrodków. Te trzy sposoby widzenia są odpowiednikami trojaczego działania form i wszystkich mocy nieba i przyrody...”

Witelo (ok. 1230-1280)

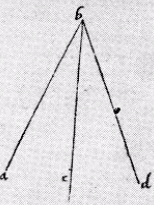
(Przykładowe strony Optyki)

VITELLONIS FILII THURINGORVM ET POLONORVM OPTICAE LIBER PRIMVS. DEFINITIONES.

VA E uero per modum principiorum huic primo libro praemittimus, sunt ista. 1. Cathetum dicimus lineam perpendicularē super superficiem aliquam, erectam. 2. Polum dicimus omnem punctum lineae super superficiem circuli à centro orthogonaliter erectae. 3. Conuexam lineam uel superficiem dicimus, quae extrinsecus aliquam regularem curuitatem haberet. 4. Lineam cōcauam uel superficiem dicimus, quae intrinsecus aliquam regularem curuitatem habet. 5. Lineam super superficiem conuexam uel concauam perpendiculariter dicimus, quae super planam superficiem in puncto suae incidentiae superficiem conuexam uel concauam contingentem esse erecta. 6. Circuli seu iuicem secantes dicuntur, quorum diametris est aliqua linea communis, uno reliquum non continente. 7. Circulus magnus sphaerae dicitur, qui transfrens centrum sphaerae, diuidit ipsam in duo aequalia. 8. Minor uero circulus sphaerae dicitur, qui neque transit centrum sphaerae, neque diuidit ipsam in duo aequalia. 9. Sphaerae aequales dicimus, quarum diametri sunt aequales. 10. Sphaerae uel circulos seu iuicem continentes, quae distantes dicimus, inter quas à centro maioris ducta linea à conuexo minoris ad concauam maioris sunt aequales. 11. Sphaerae seu iuicem cōtingentes dicimus, quae se tangentes extrinsecus uel intrinsecus nō fecant. 12. Sphaerae seu iuicem interfecantes dicimus, cum sphaerae se non continentes, diametrum unius per alteram se fecerunt. 13. Sphaerae intrinsecus se interfecantes dicimus, quarum maior pars unius in altera continetur. 14. Superficiem planam sphaeram contingere dicimus, quae cum sphaeram tangat, ad omnem partem educta, non fecat. 15. Denominatio proportionis primi ad secundum, dicitur quantitas, quae ducta in minore producit maiorem: uel quae maiorem diuidit secundum minorem. 16. Propositio dicitur componi ex duabus proportionibus, quando denominatio illius proportionis productur ex ductu denominationum illarum proportionum, unius in alteram.

PETITIONES.

Petimus autem haec. 1. Aequales angulos super idem punctum constitutos, aequalem continere distantiam aequalium linearum: ut si anguli a b c, & b d sint aequales, & linea a b & b d sint aequales: tantum distabit linea a b à linea b c, quantum linea b d distabit eadem linea b c. 2. Item inter quaelibet duo puncta lineam, & inter quaelibet duas lineas superficiem posse extendi. 3. Item, cum duae planae superficies se contingunt, unā ex eis fieri superficiem. 4. Item duas planas superficies corpus non includere. 5. Item omnes eadem superficies ex similibus proportionibus componi, & in similes proportionibus diuidi, & eadem habere denominationes.

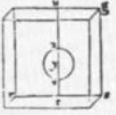


THEORE.

VITELLONIS OPTICAE

63

diem, quod sit f. & ex hoc puncto tertia trahatur diameter per centrum o, quae sit g h & duob. terminis illius diametri g h ducatur duae lineae in intrinseca superficie orq uasis: quae necessario erunt perpendicularares super superficiem fundi laminae, id est q r superficiem orq, in qua perpendicularares ille p ducantur, sunt erectae super superficiem fundi, ut patet supra. Illae quoque perpendicularares sint fh & gk. & in altera illarū linearū, ut in fh, figentur tria puncta aequidistantia secundū quantitate medietatis grani hordei, quae sint l, m, n, quoruū primū, qd est l, sit propinquissimū uasi uasis & ipsi puncto f, à quo dillet per quantitate medietatis grani hordei. Et deinde reducatur uas ad tertiam partem, & figentur in ipso tres circuli aequidistantes, transeuntes per tria puncta l, m, n, quoruū circuli diuident lineam g k ibi diuisis lineis, quae est fh, oppositis. proportionaliter prius diuisis per p r u, sintque diuisiones l, n, g k puncta o, p, q: & hinc in unquoque illorū tres circulos duo puncta opposita, q̄ sunt extremae alicuius diametri illorū circulorū: ut puncta diuisionis lineae fh (quae est punctū h) opponatur in lineis g k punctū o, & fit linea l o diameter circuli m. quidistantis circulo a c b d: & similiter linea m p fit diameter alterius circuli. & linea n q fit diameter circuli terti. Diuidatur itaq; medius illorū circulorū in 150 partes, & g possibile fuerit p minima tace deinde super lineam fh altera duarū linearū perpendiculararū, quae sint fh & g k, punctū mediū, quod est m, perforatur foramen rotundū: & fit medietas diametri foraminis secundū quantitate distantie circulorū, quae est linea m. Itaque ergo foramen illud ambo circulos extremos, & medius circulo tū diuidet circuli foramen p aequalia, quoniam trahit p centrum foraminis. Deinde accipitur lamina uinea plana aliquantulum ipsa, & fit eius spissitudo licet or ipsius intramet, & eius longitudo sit duarū digitorū, sicut & ora uasis, & uas latitudo sit prope hoc, & fit equidistantis superficiorū planarū, adno, ut cōmunis sectio superficiorū sit latitudo uasis, & ipsius minima sit linea recta, quae sit a, diuidaturq; in duo aequalia p i o p r: & a eius medio puncto, quod sit t, ducatur linea recta perpendiculariter super ipsam lineam r s in superficie latitudinis, quae sit ut: & hec, ut patet ex praemis & per ap p, & necessario equidistabit ambabus lineis l o gradibus, diuidens superficiem tabulae per aequalia. & in hac linea perpendiculari, quae est t a, parte lineae r s, cui superat, incipiendo, figentur tria puncta aequaliter distantia ab inuicē secundū quantitate medietatis grani hordei, quae sint x, y, z, & à medio illorū punctorū, quod est t, p̄ducatur lamina foraminis rotundi sic, foraminis periphēria ad alia duo puncta pergentes, eritq; hoc foramen aequale foramini l n p prius factio in ora uasis. Deinde in dno equalia diuidatur semidiameter uasis fundi, quae est f e, cuius extremitas o ora uasis superat una linearū perpendiculararū, quae est fh: sitq; punctū diuisionis t: & ab hoc puncto medio r ducatur linea perpendicularis super eandē diametrum, quae sit r s: & deinde ponatur basis paruae laminae super hac lineam, donec lineae, quae est differētia cōmunis latitudinis & p̄mōditatis laminae, quae est r s, superatur lineae illi perpendiculari duob; sup̄r diametrum, quae similiter est r t: sitq; punctus diuisionis lineaē laminae, quae est cōmunis differētia superficiorū latitudinis & p̄mōditatis, quae est punctus a superpositus puncto t, figurato in linea t e semidiametro uasis: deinde cōsolidetur parua lamina fundo uasis: erit quoque hoc foramen x y z, quod est in parua lamina, quod est r a, directē oppositū foramini l n p, qd est in uasis ora: & erit linea recta, quae est m y, copulata cetera illorū foraminū in superficie circuli medij trū circulorū prius figentorū, cuius diameter est linea m p̄uerit, linea m y equidistantis diametro uasis, quae est f e. Deinde refecetur ex ora uasis parua interiectio duas diametros orthogonaliter se fecantes, quae sit pars quarta proximē sequēti quartū illi, in qua est foramen, cui foramen laminae opponitur: & est in circulo a c b d, correspondens orae a d, & planatur locus seccionis, donec sit una superficies est superficies fundi uasis. Et ducta quarta circuli, quae sit a d, secundū quantitate circuli or̄ diuidatur in 90 grad. & diuidatur grad. in minuta: & ibi uisitaliter informetur & figurato, deinceps damus nomē instrumenti. Deinde accipitur regula eque quadrilatera, cuius longitudo sit unius cubiti, & sint quatuor superficies ipsam cōnentes, latitudinis duorū digitorū, & adaequat supericies eius, donec fiant quatuor rectanguli. Deinde in medio puncti longitudo regulae, & in medio alicuius illorū superficiorū fiat foramen rotundū, cuius amplitudo sit capax corporis, qd est m d̄orio instrumenti: & sit foramen per p̄t: & ualeat super superficiem regulae trāsire ad alia parēti superficie oppositae, statim taliter, qd realuatur in ipso instrumentū nō leui resolutione, ponaturq; instrumentū tū super regulam immittit corpore, qd est in eius dorso in forame regulae, donec supericies eius intramēti cōngatur supericies regulae: erit q̄, longitudo regulae equalis diametro



instrument.

LIBER TERTIVS.

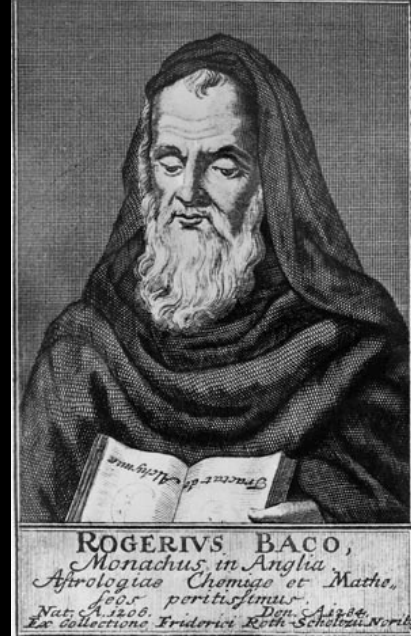
65

liberi sphaeulae, ut patet ex cōsiderandis anathomā oculi, superficies ergo anterior ipsius est portio superficiei maioris sphaerae q̄ sit sphaera uinea cōtinens ipsam, & hac compressio aequaliter deflectit ad oppositum foraminis, quod est in anteriori parte unae, quia sunt eius ab eo est cōsimilis, sicut autem foramen rotundum, quod est in anteriori parte unae est directae oppositum extremitati concauitatis nerui super quae collocatur oculus, licet in parte posteriore cōcauitatis unae est foramen rotundum, quod est super extremitatem concauitatis nerui, & foramen, quod est in anteriori unae, est oppositū extremitati concauitatis nerui, quoniam neruus oculi interfecat tunicam cōtinens inuā & uneam, & penetrat omnes tunicas oculi usq; ad sphaeram cristallinam, quae pyramidē nerui interfecat, sicut & humor uitreus, q̄ in nerui optici pyramidalis cōcūo collocatur, itaq; communis sectio pyramidis nerui optici, & sphaera cristallinae, est circulus p i o p, primi huius sphaera itaq; glacialis est composita in extremitate concauitatis nerui optici, & in foramine posteriori unae rotundo. Extremitas ergo nerui continet medium sphaerae glacialis, & est neruus ille cōcauus defrens in se spiritum uisibilem à cerebro ad oculum, & per eius uenas paruas peruenit ad nutrimentum ad oculum, & diffunditur in illo per uias instrumenti, & est in interfectione huius nerui in anteriori parte cerebri uisus uisus sentiens & iudicans omne uisibile, & consolidatur unea cum glaciale in circulo continente foramen rotundum, & est in interfectione unae cum glaciale in circulo continente foramen rotundum, & uitrea necessario, cum conuexam unam obtinet cōcūo alterius, sicut em sunt diuersae naturae & diafonatae, sic sunt portiones diuersae sphaerae, & sphaerae crystallinae, & interfectionis eademem pyramidis, & sphaerae crystallinae, & consolidationis nerui optici, & interfectionis eademem sphaerae glacialis, & forte interfectionis eius cōnatae sphaerae. Corpus uero cōsolidatae cōtingentem partem pyramidalē nerui, quae est intra foramen est: per quod transit neruus, & intra circumferentiam sphaerae glacialis, & continet sphaeram uneam. Ex his itaq; patet humorem glaciale proprie esse organum uisus uisus, nam huius solius diafonitas est receptibilis forami uisibile, & est in medio omnīū & humorū & tunicarum collocatus, & si alij cūcūq; tunice uel humoris accidat lesio factio glacialis humore, semper auxilio medicinae respicitur oculis curatiōnē, & sanatur ac refinitur uisus: Ipsa uero corrupta, corrumpitur uisus totius lineae spe restitutionis per auxilium curae medicinae licet itaq; humor cristallinus uel glacialis principaliter uisus uisus organum, propter quod est ante distantiam cōseruatur, & cōstituit natura duos oculos p̄pter perfectionem bonitatis uisus, & complementarietas. Sic ergo patet, quod humores & tunice oculi superficies se interfecant, & patet declaratio diffinitionis propositae oculi secundū omnīū eorū experientia quae de ipsius anathomia haec tenes scripserunt. Haec autē omnia, quae scilicet de cōpositione oculi, in hac quarta propositione huius tertij libri nostrae perspicite sunt p̄ amētia, nunc summariam per figuram mathematicam distinximus exemplanda, quae est talis. Sic enim cōstrū oculi punctū a, & superficies conuexa ipsius glacialis arcus b c d, & superficies cōuexa ipsius uitreae arcus b e d, & tela aranea cooperiens glaciale anteriori fit arcus b e d, & tela quocq; aranea inter corpus glacialis & uitreae fit linea



fit linea

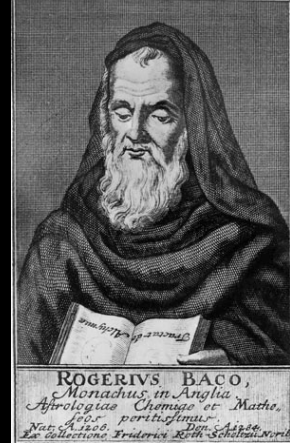
Roger Bacon (ok. 1214-1294)



„...łatwo wykazać zgodnie ze stwierdzonymi zasadami, że bardzo duże przedmioty można oglądać jako bardzo małe i odwrócone, a bardzo odległe przedmioty wydadzą się tak bliskie, jakby były pod ręką, i na odwrót... Przeto z niesłychanej odległości możemy odczytać najmniejsze litery i liczbę ziarenek pyłu czy piasku...Możemy więc również spowodować, że Słońce, Księżyc i gwiazdy wydadzą nam się, jakby zstąpiły tu niżej...”

Opus maius

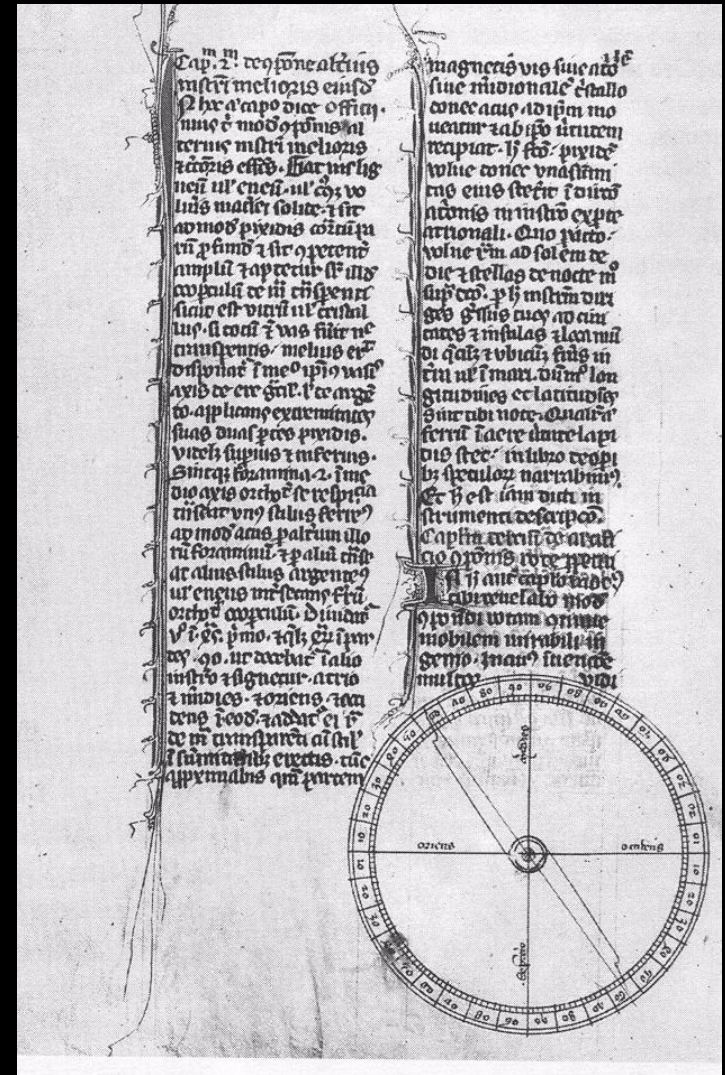
„Mogą być zbudowane okręty poruszające się bez wioślarzy, mogące żeglować zarówno po rzekach, jak i po morzu, prowadzone przez jednego człowieka z większą prędkością, niż gdyby pełne były wioślarzy.



Podobnie można skonstruować wozy jeżdżące bez użycia zwierząt pociągowych, napędzane niewiarygodną energią, tak jak podobno jeździły uzbrojone w kosy rydwany starożytnych. Mogą być zbudowane maszyny latające, takie że człowiek siedzący wewnątrz maszyny będzie nią kierował za pomocą pomysłowego mechanizmu i leciał przez powietrze jak ptak. Ponadto można sporządzić przyrządy, które choć same niewielkie, wystarczą, aby podnieść lub przytłoczyć największe ciężary...Mogą też być skonstruowane przyrządy, podobne do tych, które wykonano na rozkaz Aleksandra Wielkiego, służące do chodzenia po wodzie lub do nurkowania.”

Epistola de secretis operibus artis et naturae

Pierre de Maricourt
(Petrus Peregrinus)
Epistola...de magnete (1269)



„Powinieneś wiedzieć, że ów kamień utworzony jest na podobieństwo nieba...W niebie są dwa szczególne punkty, wokół których sfera niebieska obraca się jakby dookoła osi; jeden z nich nazywany jest biegunem północnym, a drugi biegunem południowym. I podobnie w owym kamieniu znajdziesz takie dwa punkty, z których jeden jest nazywany biegunem północnym, a drugi biegunem południowym. W celu odkrycia tych dwóch punktów można użyć różnych metod. Jedna polega na tym, że owemu kamieniowi przy pomocy narzędzia używanego do obróbki kryształów lub innych kamieni nadaje się kształt kulisty (*magnes rotundus*). Następnie kładzie się na kamień igłę lub kawałek żelaza wydłużony jak igła i stosownie do jej położenia zaznacza się na kamieniu linię dzielącą go na dwoje. Potem przenosi się igłę lub kawałek żelaza w drugie miejsce na kamieniu i podobnie zaznacza się nową linię. Jeżeli zrobisz tak w wielu miejscach, wszystkie linie bez wątpienia zbiegną się w dwóch punktach, tak jak wszystkie okręgi świata, które nazywają azymutami, zbiegają się w dwóch biegunach świata...”

„Umiejąc już rozpoznać bieguny owego kamienia, nauczysz się teraz, który jest biegun północny, a który biegun południowy. Weź okrągłą, drewnianą wazę, np. czarke, i włóż w nią w ten sposób kamień, aby oba jego bieguny były w równej odległości od brzegów naczynia. Wstaw teraz ową czarke z kamieniem do dużego naczynia z wodą... W ten sposób umieszczony kamień będzie obracał czarke tak długo, aż jego biegun północny znajdzie się w kierunku bieguna północnego nieba, a jego biegun południowy w kierunku bieguna południowego. Jeżeli go nawet tysiąc razy wytrącić z tej pozycji, zawsze do niej powróci, kierowany naturalnym instynktem...”

Petrus Peregrinus, *Epistola ...de magnete*, tłum. Ryszard Sroczyński

„Jeżeli chcesz następnie zobaczyć, jak kamień przyciąga drugi kamień, przygotuj dwa kamienie w sposób, jak opisano. Połóż jeden w pływającej wazie, jak żeglarza w barcę, a jego bieguny niech będą w jednakowej odległości od poziomych brzegów wazy. Weź drugi kamień w rękę i zbliżaj jego biegun północny do bieguna południowego pływającego kamienia, a będzie on towarzyszył kamieniowi, który trzymasz, tak jakby chciał do niego przywrzeć. Jeżeli, przeciwnie, przystawisz biegun południowy trzymanego kamienia do bieguna północnego kamienia pływającego, powtórzy się ta sama rzecz, tzn. kamień pływający będzie towarzyszył temu, który trzymasz. Zapamiętaj więc sobie tę regułę, że biegun północny jednego kamienia może przyciągać biegun południowy drugiego. Jeżeli przeciwnie, zbliżysz biegun północny do bieguna północnego, zobaczysz, jak pływający po wodzie kamień, będzie uciekał od tego, który trzymasz w ręce, i podobnie będzie, jeżeli zbliżysz biegun południowy do południowego, a to dlatego, że biegun północny pożąda bieguna południowego, a więc ucieka przed północnym...”

Petrus Peregrinus, *Epistola ...de magnete*, tłum. Ryszard Sroczyński

„...stąd jest oczywiste, że bieguny magnesu otrzymują swoją *virtus* od bieguna świata... Słusznie możesz myśleć, że pozostałe części magnesu podlegają wpływowi pozostałych części nieba, gdyż jesteśmy przekonani, że nie tylko bieguny magnesu otrzymują swoją *virtus* od biegunów nieba, ale że cały magnes otrzymuje ją od całego nieba.”

Średniowieczny obraz świata

Serafini

Cherubini

Trony

Panowania

Zwierzchności

Moce

Księstwa

Archaniołowie

Aniołowie

Primum mobile

Sfera gwiazd

Saturn

Jowisz

Mars

Słońce

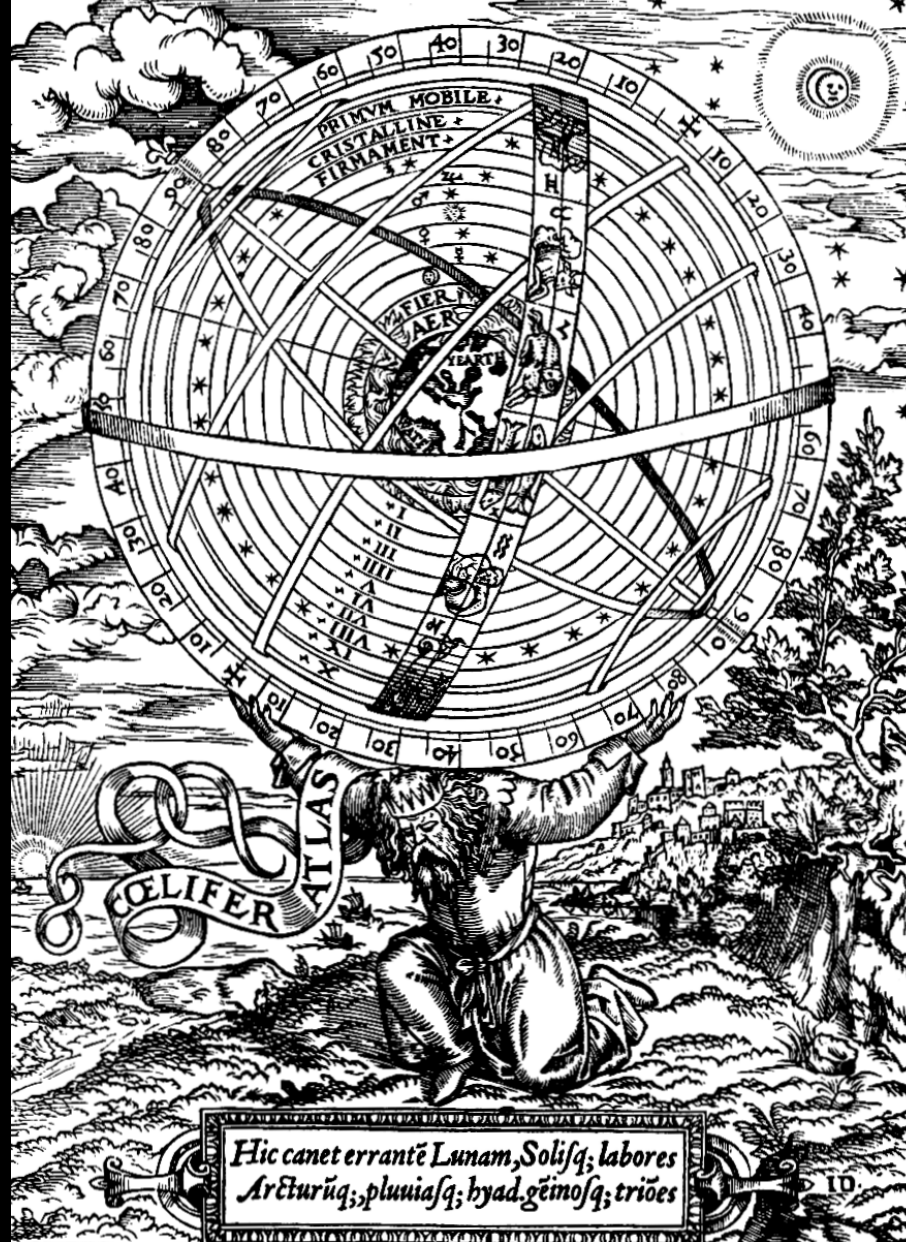
Wenus

Merkury

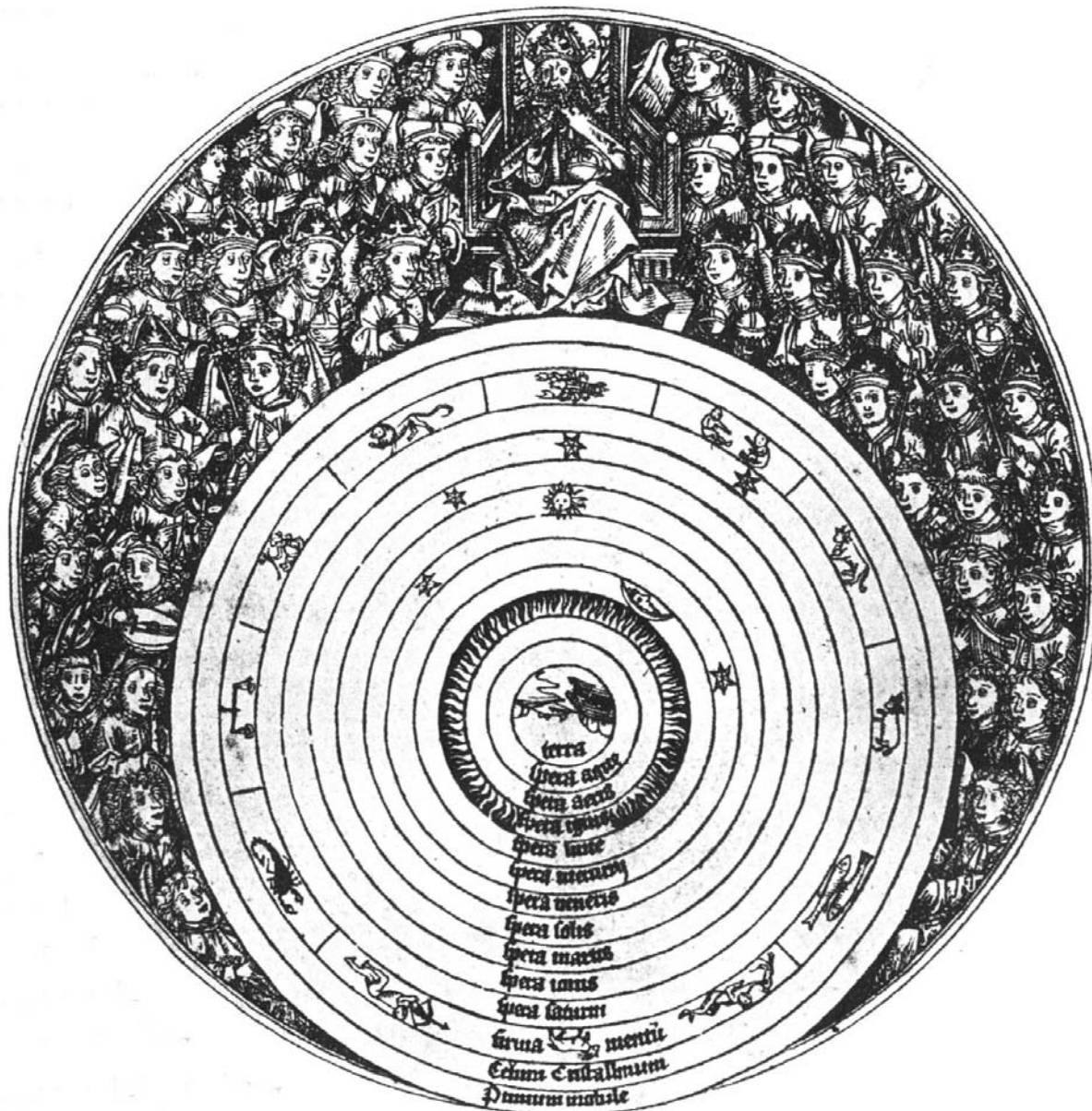
Księżyc

Hierarchia dziewięciu chórów anielskich
według Dionizego Areopagity (Pseudo-Dionizego)

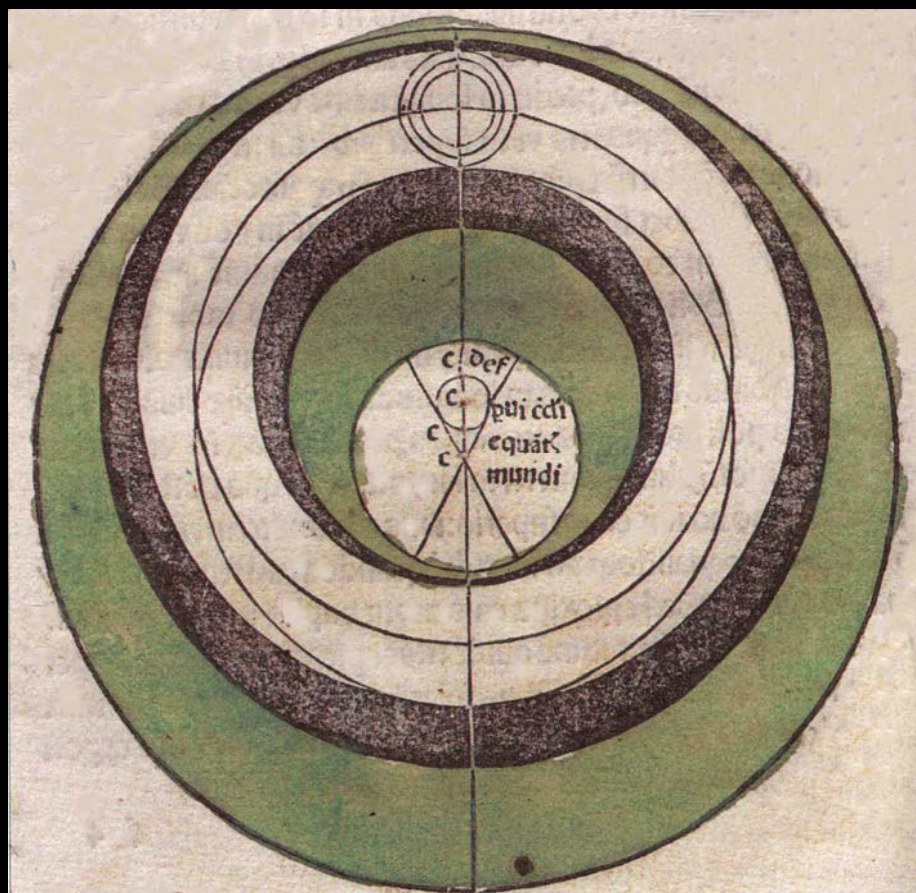
O hierarchii niebieskiej (V wiek)



Drzeworyt (1559)



Średniowieczny obraz świata (Ilustracja z 1493 r.)



Model epicykli i deferensów wpisanych między sfery krystaliczne o różnej grubości



“Fro therthe vnto the heuen, wherin the sterres ben sette, is as moche grete espace; ffor it is ten thousand and .lv. sythes as moche, and more, as is alle therthe of thycknes*. And who that coude acompte after the nombre and fourme, he myght knowe how many ynches it is of the honde of a man, and how many feet, how many myles, and how many Journeyes it is from hens to the firmament or heuen. Ffor it is as moche way ynto the heuen as yf a man myght goo the right way without lettyng, and that he myght goo euery day xxv myles of Fraunce, . . . and that he taried not on the way, yet shold he goo the tyme of seuen .M.i.C. and .lvii. yere and a half** er he had goon somoche way as fro hens vnto the heuen where the sterres be inne.”

[Gossouin *L'Image du Monde* (1245);
Przekład angielski 1480]

* To znaczy, 10055 promieni Ziemi

** To znaczy, 7157½ lat



Gossouin z Metz
Image du Monde (1245)

„Stąd do niebios, gdzie położone są gwiazdy, odległość jest bardzo wielka; jest to bowiem dziesięć tysięcy i pięćdziesiąt pięć razy tyle, ile wynosi wielkość Ziemi. A jeśli kto biegły w rachunkach, to mógłby się dowiedzieć, ile jest cali w ręce człowieka i ile jest stóp, ile mil i ile podróży jest stąd do firmamentu. Bo stąd do niebios odległość jest tak wielka, że gdyby człowiek szedł prosto nie zatrzymując się, przechodząc każdego dnia drogę dwudziestu pięciu mil francuskich i nie męcząc się po drodze, to musiałby podróżować przez lat siedem tysięcy sto i pięćdziesiąt siedem i pół i wtedy dopiero przeszedłby taką odległość, jaka jest stąd do niebios, gdzie położone są gwiazdy.”

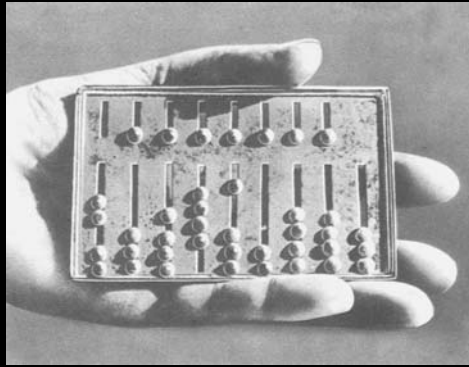
„Powszechnie wiadomo, że średniowieczny człowiek miał geocentryczny obraz świata... Żył on w spokojnym przeświadczeniu, że jego wyobrażenia o wszechświecie, a przynajmniej jego ogólne zarysy, w pełni odpowiadają rzeczywistości... Nie miał żadnych wątpliwości co do prawdy tych wyobrażeń. Wierzył, iż są one potwierdzone przez Pismo święte i wielkie umysły starożytności... Jak w tych warunkach mogłaby powstać choćby najmniejsza wątpliwość co do wiarygodności nauki gwarantowanej przez tak wielkie, zarówno boskie jak i ludzkie autorytety?”

Norbert Max Wildiers, *Obraz świata a teologia*

Mimo godnych uwagi osiągnięć fizyki średniowiecznej system Arystotelesa pozostał ogólnie przyjęty jako prawdziwie opisujący świat. Powodem była wielka spójność tego systemu, którego nie mogły naruszyć drobne modyfikacje w rodzaju teorii impetu czy alternatywnych praw ruchu.

Dopiero pomysł Kopernika uderzył w samą podstawę systemu Arystotelesa, jaką była jego teoria ciężkości.

Rozwój matematyki w Europie



Rzymski abakus

Wprowadzanie cyfr arabskich i zera w Europie od XII w. odbywało się powoli i z oporami (np. w 1299 r. zakaz we Florencji)

Początkowo w obliczeniach używano słów *minus* i *piu*, potem liter „*m*” i „*p*”

Wprowadzenie oznaczeń matematycznych:

- „+” i „-” Johann Widmann (1479)
- „=” Robert Recorde (1557)
- „×” William Oughtred (pocz. 17 w.)
- „<” i „>” Thomas Harriot (1631)
- „√” Christoph Rudolff (1525)



Konkurencja „algorystów” i „abacystów”