

# Filozofia przyrody

## Wykład IX: „Brzytwa” Ockhama Metodologia współczesnej nauki (I)

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Karwasz  
*Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu*  
*Universita' degli Studi di Trento*

[karwasz@fizyka.umk.pl](mailto:karwasz@fizyka.umk.pl)

[www.dydaktyka.fizyka.umk.pl](http://www.dydaktyka.fizyka.umk.pl) Node: 1031

# Od filozofii średniowiecznej do współczesnej

## Koniec scholastyki i empiryzm angielski

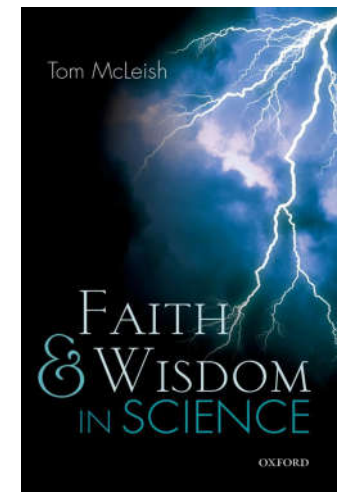
W filozofii średniowiecznej poznaliśmy już:

- Św. Alberta Wielkiego, który był i botanikiem i teologiem
- Św. Tomasza i jego *Sumę teologiczną* i *Sumę filozoficzną*; ustosunkował się on do wszystkich prac Arystotelesa, nawet do tych z nauk przyrodniczych
- Rogera Bacona i jego *Opus Maior* – swego rodzaju encyklopedię filozoficzno-astronomiczno-geograficzną

Uczonych średniowiecznych (i osiągnięć cywilizacyjno-technicznych) tego okresu było mnóstwo (odsyłamy do wykładu „Europa”)

W tym wykładzie omówimy ostatniego filozofa scholastyki, a jednocześnie jej krytyka: Williama Ockhama.

# Tom McLeish: Czym jest nauka?



„Naszkuje parę wątków:

- Po pierwsze, nauka narodziła się bardzo dawno temu. Ten ślad doprowadził nas m.in. do starożytnej Grecji, i korzeni hipotezy atomowej. Jednakże łatwo popaść w pułapkę zapominania o długiej historii ćwiczenia naukowej wyobraźni, na których to podstawach budujemy naukę dziś.
- Po drugie, nauka jest głęboko ludzką aktywnością. Dziś „zawodowi” naukowcy mają tendencję do zawężania nauki do technologii. A nauka rodzi się przy wezglowiu kapadockiego patriarchy i w domu średniowiecznego biskupa.
- Po trzecie, nauka ma więcej wspólnego z wyobraźnią i kreatywnością, niż z metodą, logiką, czy umiejętnością odpowiadania na pytania.
- Po czwarte, nauka potrafi być bolesna. Jaśniejsze spojrzenie na rzeczywistość nie jest łatwym zwycięstwem. Nadzieje na rozwiązanie często błędne.
- W końcu, relacje między wiarą, we wszystkich odmianach znaczenia tego słowa a nauką mają długą historię o bogate dziedzictwo.

T. McLeish, *Faith and Wisdom in Science*, Oxford University Press, 2014, s. 53

# Ockham, Kopernik, Galileusz

„Wilhelm Ockham (ok. 1300 - ok. 1350) znany jest ze swojej "brzytwy". Termin ten nie pojawia się, co prawda, w jego *Summa Logica*, ale cała jego twórczość jest przesiąknięta poszukiwaniem porządku między logiką, tą arystotelesowską, gramatyką łacińską, dość sztywną i wspólnym językiem (z rodzącymi się językami narodowymi). Postulat "nie rób zbyt wielu założeń" – nie twórz logicznych zdań kategorycznych, które nie są niezbędne - pojawia się w kilku fragmentach jego twórczości.

"Brzytwa" Ockhama miała zasadnicze znaczenie dla narodzin współczesnej nauki, w szczególności fizyki. Kopernik usunął skomplikowany system epicykli Ptolemeusza – okręgów obracających się po okręgach, niezbędny do wyjaśnienia pozornego ruchu wstecznego Marsa i Jowisza, dokonując śmiałego uproszczenia – wszystkie planety krążą wokół Słońca i wszystkie w tym samym kierunku.

Galileusz usunął rozróżnienie między ciałami ciężkimi i lekkimi, "sprawiając, że wszystkie spadają" z tą samą "prędkością„.

Ale dążenie do upraszczania znajdziemy i u Dunsza Szkota, Roberta Grossatesta a nawet Arystotelesa („rozumowanie korzystające z mniejszej liczby założeń góruje nad innym, wymagającym większej ilości hipotez”) i Ptolemeusza.”

[https://it.wikipedia.org/wiki/Rasoio\\_di\\_Occam](https://it.wikipedia.org/wiki/Rasoio_di_Occam)

# Ockham: koniec scholastyki

„Wilhelm Ockham jest ostatnim wielkim uczonym Scholastyki, a jednocześnie pierwszym filozofem czasów współczesnych.\*

Zasadniczy problem, którym zajęła się Scholastyka [od Abelarda, Avicenny, Avveroa, Alberta], było poszukiwanie współ-zbieżności między prawdą objawioną a refleksją filozoficzną. Ockham, jako pierwszy deklaruje, że te poszukiwania były/ mogą być bezowocne. Scholastyka średniowieczna zamyka swój cykl, zwracając filozofii jej autonomię w poszukiwaniu własnych tematów badawczych. ([1] str. 697)

Metafizyka Ockhama zaczyna opierać się na empiryzmie, w tym na gramatyce jako przejawie logiki myślenia. Formułuje zasadę „oszczędności” bytów.

W temacie substancji, tak drogim Arystotelesowi, Ockham stwierdza, że możemy jedynie poznać zewnętrzne jej przejawy. [Dziś „substancja” jest słowem używanym w chemii, prawie nigdy w fizyce, i jeden raz w teologii...]

Ockham poddaje dyskusji pojęcie „przyczyny”, wskazując, że przyczyna i efekt to dwa zjawiska oddzielne. [W matematyce definiujemy przyczynę konieczną i przyczynę wystarczającą. Ale jest to stosunkowo proste jedynie w matematyce.] Dyskusją tą otwiera drogę dla Hume’a. (str. 693)

\*Pierwszym *naukowcem* czasów współczesnych jest, bez wątpienia, Kopernik.

[1] N. Abbagnano & G. Fornero, *Protagonisti e testi della filosofia*, Paravia, Torino, 1996, t.I

# Ockham: krytyka filozofii tradycyjnej

„Wilhelm Ockham urodził się w pobliżu Londynu nieco przed 1300r. W latach 1312-18 studiował w Oksfordzie, i tam zaczął wykładać. 1324 r. został posądzony o herezję, wezwany do kurii w Awinionie tam osadzony w więzieniu śledczym. Po 4 latach zbiegł i oddał opiekę cesarzowi Ludwikowi Bawarowi, toczącemu wojnę z papieżem. Zmarł w r. 1350 pogodziwszy się z Kościołem.



Natomiast Ockham, wyraziciel nowego ducha, przeciwstawiał się tradycji:

- 1) Zamiast konstruować system zajął się krytyką wiedzy
- 2) Ogromna część wiedzy tradycyjnej jest pozbawiona podstaw
- 3) Za podstawowy organ wiedzy miał nie dyskursywny rozum, lecz bezpośrednią intuicję
- 4) W ogólnych pojęciach rozumu widział wytwór myśli i mowy [...]

Był obrońcą wszechmocnej woli Bożej i odrzucał tezę, która mogłaby ją ograniczyć. Miał jeszcze jedną regułę metodologiczną: aby wyjaśniać zjawiska możliwie najprościej, **aby nie mnożyć bytów** i nie postulować ich tam, gdzie wyjaśnienie zjawisk do tego nie zmusza.”

# Brzytwa Ockhama (1290-1348)

**Brzytwa Ockhama** (nazywana także *zasadą ekonomii myślenia*) – zasada, zgodnie z którą w wyjaśnianiu zjawisk należy dążyć do prostoty, wybierając takie wyjaśnienia, które opierają się na jak najmniejszej liczbie pojęć i założeń. Tradycyjnie wiązana jest z nazwiskiem Williama Ockhama.

W metodzie naukowej brzytwa Ockhama ma znaczenie heurystyczne, tzn. jest użyteczną normą postępowania, wspomagającą tworzenie modeli teoretycznych zjawisk oraz ogólną wskazówką pozwalającą ocenić prawdopodobieństwo tego, która z dostępnych teorii naukowych może okazać się bliższa rzeczywistości w przyszłości. Nie ma jednak zastosowania do oceniania prawdziwości hipotez.

„Można natomiast wątpić, czy imiesłowom wypowiedzianym i napisanym odpowiadają w umyśle pewne pojęcia, odrębne od czasowników, a to z powodu, iż nie wydaje się, aby istniała jakaś poważna konieczność przyjmowania tak wielkiego zróżnicowania w dziedzinie pojęć pomyślanych.” (LI, R3 .str. 24)

„Wyrażenie «nic» oznacza bowiem jaśniej to samo co wyrażenie «nie coś», a mianowicie wszelką w ogóle rzecz i wszystko, cokolwiek jest czymś, a czemu należy zaprzeczyć, a więc nie oznacza ono żadnej w ogóle rzeczy, które miałyby swój odpowiednik znaczeniowy w umyśle.” (st. 132)

[https://pl.wikipedia.org/wiki/Brzytwa\\_Ockhama](https://pl.wikipedia.org/wiki/Brzytwa_Ockhama)

William Ockham, *Suma Logiczna*, PWN, Warszawa, 2010.

# Ockham: krytyka zasady przyczynowości

„Zakwestionował zasadę, na której głównie wspierały się rozumowania teologii: zasadę przyczynowości w jej tradycyjnej, od Arystotelesa pochodzącej postaci.

I przez to zamknął główną drogę dowodom teologicznym. [...] np. niepodobna dowieść jedności Boga, gdyż można bez-sprzecznie pomyśleć, że istnieje wiele światów, a każdy ma swojego stwórcę. [Drogi Wilhelmie, tu właśnie użyłbym twojej brzytwy: pomyśleć można, ale to nie znaczy, że istnieją.]

Nawet samego istnienia Boga niepodobna dowieść. Niemożliwy jest dowód *a priori*, gdyż istnienie można stwierdzić tylko przez bezpośrednią intuicję, a nigdy przez samo rozumowanie; ale i dowód *a posteriori* jest niepewny, gdyż właśnie zakłada zasadę przyczynowości i dowolnie przyjmuje, że łańcuch przyczyn jest skończony i że pierwszą przyczyną jest Bóg.” (W. Tatarkiewicz, *Historia filozofii*, str. 297)

Drogi Wilhelmie, tu mamy kilka problemów. Nikt nie mówi, że chcemy *dowieść* istnienia Pana Boga. Możemy mieć tylko wskazówki. A najistotniejsza jest, i dla Tomasza i dla Kanta – złożoność (i celowość?) przyrody. GK dodaje 4 dowody humanistyczno-socjologiczne: 1) istnienie skomplikowanej osobowości człowieka, 2) dzieła wielkich naukowców, którzy spontanicznie deklarowali się po stronie wiary, 3) przepiękne dzieła sztuki „sakralnej” i 4) istnienie „wyświęconej” oraz uświęconej kategorii społeczeństwa.

Podobnie niebezpieczne jest „podminowanie” zasady przyczynowości, o czym dalej



# Ockham: „Suma logiczna”

„Albowiem jak wśród wyrażen wymówionych jedne z nich są nazwami rzeczownikowymi, inne czasownikami, inne znów stanowią inne części mowy, gdyż niektóre z nich są zaimkami, inne imiesłowami, inne przysłówkami, inne spójnikami inne przyimkami (s24) [Pamiętamy to z gramatyki języka polskiego, prawda? To „wina” Ockhama.]

„I w ten sposób uważam, że zdaniem Arystotelesa same tylko nazwy są bytami „do czegoś” lub bytami relatywnymi. [...] Albowiem mówiąc syn, poznaję też ojca, a mówiąc sługa, rozumiem też i pana.” (Ks. I, R. 49, str. 199, 200) [Ten sam byt występuje w wielu różnych relacjach: występowanie tych relacji nie wymaga *mnożenia* bytów.]

„Zdanie łączne lub koniunkcyjne jest to zdanie składające się z wielu zdań kategoriycznych połączonych za pośrednictwem łącznika „i” lub za pośrednictwem jakiegoś innego wyrażenia równoważnego temu łącznikowi.” (Ks. II, R. 32, str. 370) [W języku polskim nazywamy takie zdania *współrzędnie* złożone, prawda?]

„Inne rozróżnienie konsekwencji polega na tym, że pewne z nich są konsekwencjami materialnymi, a inne formalnymi. [...] Konsekwencją materialną jest taka, która opiera się na treści terminów, a nie na jakim elemencie zewnętrznym, dotyczącym ogólnych właściwości zdań; taką jest na przykład konsekwencja: «Człowiek biegnie, więc Bóg istnieje, i człowiek jest osłem, więc Bóg nie istnieje» i tym podobne.” [Dziś, w dobie tzw. sztucznej inteligencji, tego rodzaju rozważania są szczególnie pouczające.] (str. 491)

Wilhelm Ockham, *Suma Logiczna*, przeł. Tadeusz Włodarczyk, PWN, Warszawa 1971

# Ockham, Parmenides i Lem: czy istnieje „nic”?

„To rozróżnienie sugeruje Anzelm w dziele *O upadku Szatana*, gdzie mówi on w ten sposób «Pewnym jest, że to słowo, mianowicie ‘nic’ jeśli chodzi o jego znaczenie, pod żadnym względem nie różni się od wyrażenia ‘nie coś.’»

[Tu przypomina się Parmenides, który mówił, że byt istnieje, a nie-byt nie istnieje.]

Wyrażenie ‘nic’ oznacza powiem jaśniej to samo, co wyrażenie ‘nie coś’, a mianowicie wszelką w ogóle rzecz i wszystko, cokolwiek jest czymś, a czemu należy zaprzeczyć, a więc nie oznacza ono żadnej w ogóle rzeczy, która miałaby swój odpowiednik znaczeniowy w umyśle. [Zwróćmy uwagę na «odpowiednik znaczeniowy», jak u Kanta.] Jednak odrzucenie jakiegokolwiek rzeczy nie może być oznaczone inaczej, jak tylko łącznie z oznaczeniem tej rzeczy, której odrzucenie (zanegowanie) się oznacza, nikt bowiem nie rozumiałby, co oznacza wyrażenie ‘nie-człowiek’, gdyby nie rozumiał, oznacza wyrażenie ‘człowiek. Stąd konieczną jest rzeczą, aby to wyrażenie ‘nie coś’, zaprzeczając temu, co jest czymś, oznaczało to ‘coś’.

A dalej: «oznacza coś przecząc, a nie oznacza twierdząc». I jeszcze: «Nie jest to sprzeczne, aczkolwiek zło jest niczym, to jednak termin ‘zło’ jest terminem oznaczającym, jeśli w sensie negatywnym oznacza coś, co nie wchodzi w skład jakiegokolwiek rzeczy».

[Tu przypominam Św. Tomasza, że „zło” jest *brakiem* dobra, a nie jego zaprzeczeniem]  
(W. Ockham, *Suma logiczna*, Ks. I, R. 35, *Przeciwieństwa*, str. 132)

# Tegmark: wszechświaty równoległe

Należy rozgraniczyć Fizykę, od Metafizyki: w metafizyce każdy pomysł może być twórczy (tj. rozwojowy), w fizyce – spekulacje na dłuższą metę szkodzą właśnie fizykom. (Max Tegmark)

„To doświadczenie jest ostatecznym sprawdzianem teorii” (A. Einstein)

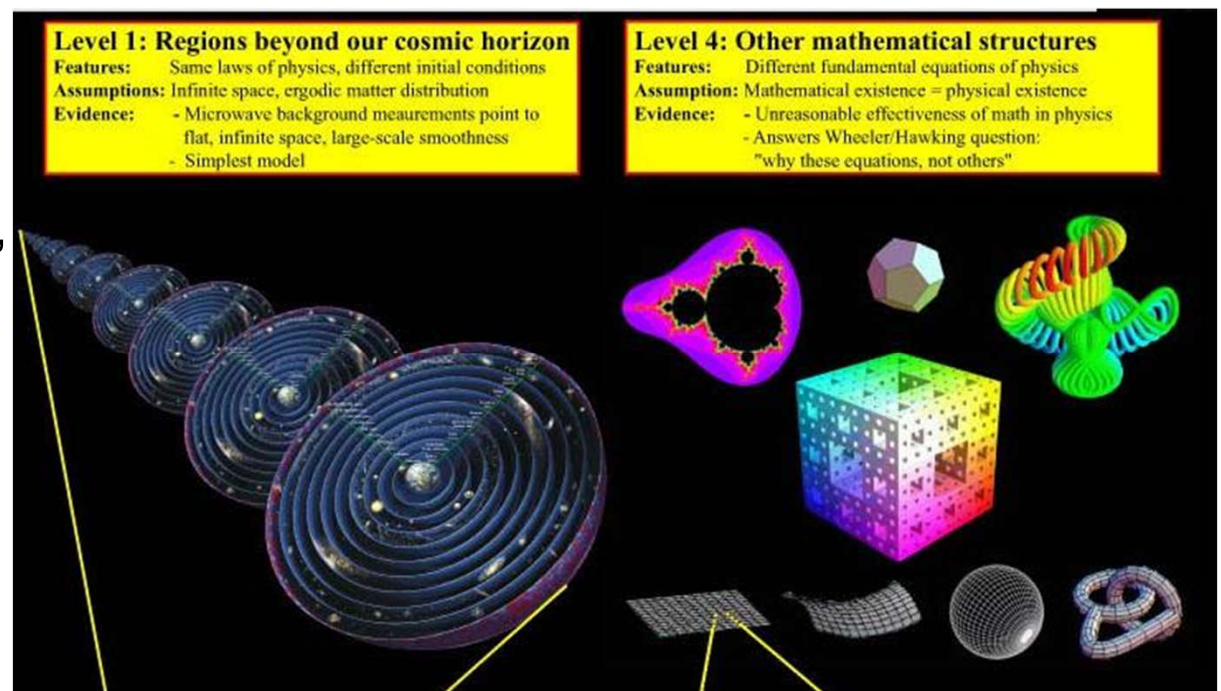
W każdym swoim artykule podawał sposób na doświadczalne sprawdzenie teorii

Lev Pitajevski: „Doświadczalna weryfikacja teorii strun, przy obecnym stanie magnesów nadprzewodzących, wymagałaby akceleratora o średnicy Wszechświata”

Marco Traini: „Po 25 latach, teoria strun nie wyciągnęła ani jednego pająka z dziupli”

GK:

Jeśli coś nie jest przewidziane jako doświadczalnie weryfikowalne, to (przynajmniej teraz) nie istnieje.



# „Spadkobiercy” Ockhama

„Okhamiści, którzy zajmowali się przyrodoznawstwem, położyli na tym polu wybitne zasługi, najwięcej na polu fizyki, a także astronomii.. Najznakomitsi byli: Jan Buridan (1300-1362, rektor Uniwersytetu Paryskiego), Albert Saksończyk (zm. 1390 r., pierwszy rektor Uniwersytetu Wiedeńskiego i Mikołaj z Oresme (zm. 1382).

Szczególnie płodna okazała się teoria „impetu”, która przeciwstawiała się aksjomatowi dynamiki Arystoteles: że ruch nie może trwać, jeśli nie jest podtrzymywany przez stałe działanie poruszającej siły. Przeciwnie, ruch raz rozpoczęty, trwa dalej sam. Buridan nadał teorii impetu postać ścisłą: impet jest proporcjonalny do szybkości, z jaką ciało zostało poruszone, oraz do ilość materii, jaką ciała zawiera. [Dziś *impet* nazywamy pędem, i definiujemy dokładnie tak, jak to zrobił Buridan:  $p=mv$ .] Co więcej, Buridan zastosował swą teorię również do ruchów kosmicznych. [Dzieło Buridana było w bibliotece UJ, kiedy studiował tam Kopernik: mógł je znać].

Mikołaj z Oresme zrobił odkrycia w trzech dziedzinach nauki ścisłej: 1) geometrii analitycznej, 2) w teorii spadania ciał i 3) w teorii ruchu dziennego Ziemi. W pierwszej dziedzinie wyprzedził Kartezjusza, w drugiej Galileusza, w trzeciej Kopernika.

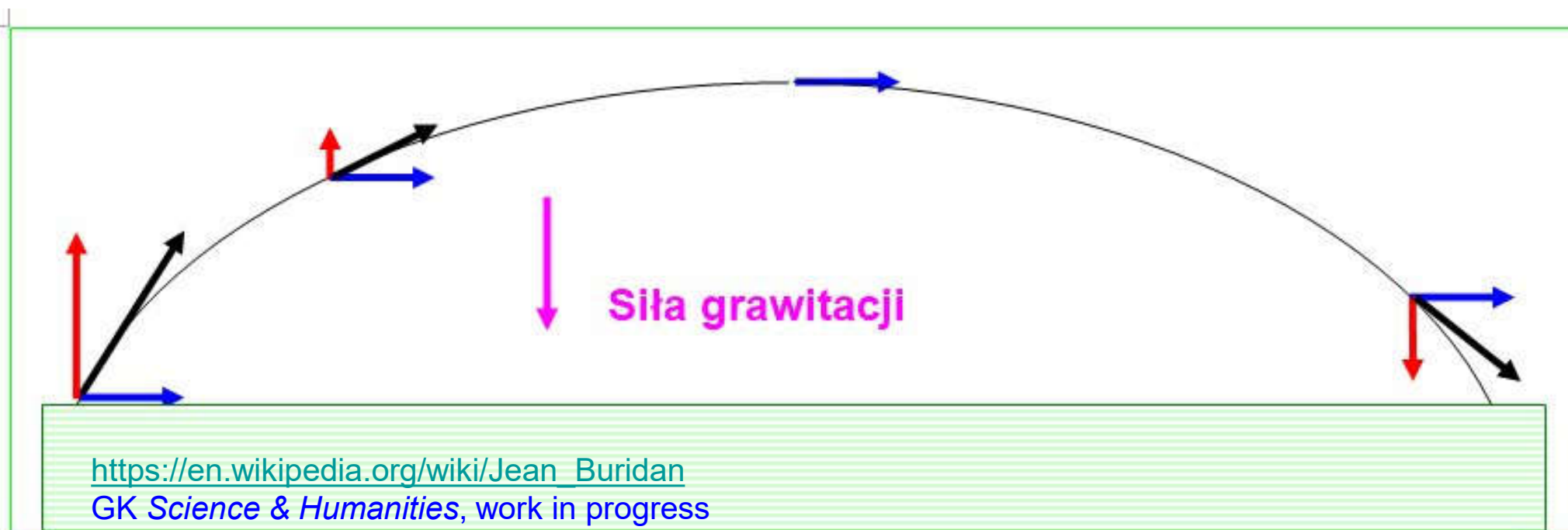
[...] bo już od początku XIV w, sprawa była dyskutowana wśród ockhamistów paryskich [...] że system astronomiczny mający Ziemię za ruchomą, a niebo gwiazd stałych za nieruchome, jest bardziej zadowalający od tradycyjnego. Oresme zaś wyłożył ten nowy system z niezwykłą pewnością i jasnością, godną Kopernika.”

Wł. Tatarkiewicz, *Historia filozofii*, t. I, str. 304

# Jean Buridan (1295 -1361 Paris)

Tak pisał w *Quaestiones* będących komentarzem do *Fizyki* Arystotelesa<sup>53</sup>:

Kiedy napędzający wprawia jakieś ciało w ruch, udziela mu określonego **pędu**, tj. możliwości poruszania się w kierunku, który napędzający ciału nadał – czy to w górę, czy w dół, w bok lub po okręgu. Nadany pęd jest proporcjonalny do prędkości. To z powodu pędu kamień porusza się po tym, jak rzucający go przestał go napędzać. Ale z powodu oporu powietrza (a także z powodu grawitacji kamienia), który działa w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu, pęd maleje wraz z upływem czasu. Z tego powodu ruch kamienia będzie stopniowo coraz wolniejszy aż w końcu pęd na tyle zmaleje albo zaniknie, że grawitacja kamienia przeważy i skieruje kamień w kierunku jego miejsca naturalnego [czyli w kierunku środka Ziemi]. Według mnie należy tę opinię przyjąć, ponieważ inne wyjaśnienia okazały się fałszywe a wszystkie zjawiska są zgodne z tym wyjaśnieniem.



# Ruch jednostajny, po linii prostej, to też

- wznoszenie się jumbo-jeta (nad Tokyo)



# „Arystoteles” (tak naprawdę nie on):

- Wystrzelona strzała leci w górę, a kiedy straci „rozpęd”, spada w dół



Gdyby tak rozumowali angielscy łucznicy pod Agincourt (1415), to by przegrali bitwę

Six hundred years ago today, on the morning of 25th of October 1415, a small band of English archers commanded by Henry V won a great military victory in France in [Hundred Years War](#)

# Nicole Oresme (1320-1382)

„Szkła spinowe to stopy metali, których nazwa wzięła się stąd, że ich magnetyczne przejścia fazowe – ze względu na zachowanie spinów – zachowują się jak przejścia fazowe szkła. Stopy te powstają z metali szlachetnych, takich jak złoto czy srebro, w których została roztopiona niewielka ilość żelaza. W wysokich temperaturach zachowują się jak normalne układy magnetyczne, kiedy jednak temperatura spada poniżej pewnej wartości, pojawiają się zachowania szkła, wosku czy bitumu: zmiany stają się coraz wolniejsze i wydaje się, że układ nigdy nie osiągnie stanu równowagi. (str. 73).

W przypadku moich wyników obliczeń szkła spinowego zdumiewa fakt, że parametr porządku nie był już zwykłą liczbą, której wartość zmieniała się podczas przejścia: to, co zmieniało, było funkcją. [...] Najwyraźniej musiało istnieć jakieś wyjaśnienie fizyczne.

Możliwość rozszerzenia metody matematycznej opiera się na dawnym pomysle. Pierwszym, który go użył był prawdopodobnie Mikołaj z Oresme, francuski biskup, matematyk, fizyk i ekonomista.”

Giorgio Parisi, *Taniec szpaków. Cuda systemów złożonych*, tłum. E. Derelkowska, Zysk i S-ka, Poznań, 2022, str. 85.



# Mikołaj z Oresme (1320-1382)

„Nicole Oresme był niesamowitą postacią, dowodem na to, że średniowiecze nie było dla nauki tak mrocznym czasem, jak głosiły to nasze podręczniki szkolne. Między innymi, Nicole napisał książkę (około roku 1360!) o zaburzeniach w obserwacji gwiazd, spowodowanych refrakcją atmosferyczną.

Oresme był pierwszym, który uświadomił sobie, że podniesienie jakiejś liczby do potęgi  $\frac{1}{2}$  odpowiada wyciągnięciu z niej pierwiastka kwadratowego. Nicole Oresme wyszedł poza pierwotny punkt widzenia, poza oczywiste rozumowanie, a dzięki odkryciu własności formalnych otrzymał bardzo prostą metodę do rozwiązywania złożonych problemów. Od czasów Oresme'a matematyka często korzystała z właściwości formalnych, poszerzając w ten sposób własne horyzonty.

Wyszędłszy z tego założenia, wpadłem na pomysł, żeby podzielić przedmioty na połowę, potem znów na połowę i na połowę, dążąc w ten sposób do zerowej wielkości przedmiotów w pudełkach.” (*Ibidem*, str. 89)

[...] układy nieuporządkowane znajdują się jednocześnie w ogromnej liczbie różnych stanów równowagi. To było zupełnie nieoczekiwane odkrycie.”

„Lepkość” miodu – to jak przesuwanie się pasażerów w zatłoczonym autobusie.

# G. Parisi: Na ramionach gigantów

„To Galileusz wymyślił najlepszy sposób badania natury: upraszczanie zjawisk. Stworzył teorię, w której tarcie zostało wyeliminowane. Warto zauważyć, że w świecie pozbawionym tarcia nie moglibyśmy ani chodzić (ślizgalibyśmy się), ani jeść (jedzenie zsuwałoby się ze sztućców). Świat Galileusz – od którego zaczęła się współczesna fizyka – jest zupełnie inny niż rzeczywisty; z upływem wieków dodawano nowe elementy, aby wreszcie stał się w miarę zadowalającym odbiciem dzisiejszego prawdziwego świata. Ten punkt widzenia dobrze oddaje piękny fragment listu Evangelisty Torricellego o ruchu ciał:

«Nadzwyczaj mało obchodzi mnie, czy zasady doktryny *de motu* prawdziwe są, czy fałszywe. Albowiem jeśli nie są prawdziwe, będziemy udawać, że są prawdziwe, tak jak przypuszczaliśmy» [...]

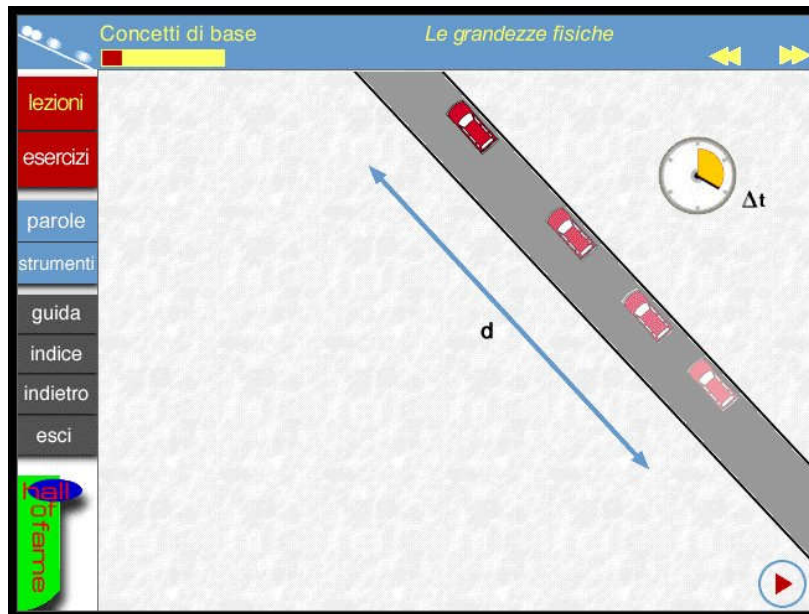
Wychodząc od umiejętności *redukowania* zjawisk fizycznych do spraw najważniejszych, naukowcy w ostatnich wiekach dokonali postępu w fizyce. Dzięki temu fizyka stała się tak potężna i bogata, że może ponownie wprowadzić do swoich modeli złożoność i nieporządek, które Galileusz musiał wykluczyć.

*Taniec szpaków*, str. 88.

# Ugo Amaldi: Pojęcia podstawowe

Wielkości fizyczne, używane w badaniu naukowym świata, takie jak odległość, czas, energia, nie są obiektami, które można dotknąć ręką w świecie rzeczywistym.

Są to raczej wytwory (konceptcje) naszego umysłu, czyli wielkości abstrakcyjne, które jednak pozostają w ścisłej relacji z systemami materialnymi, które chcemy badać.



Punkt materialny

Odcinek prostoliniowy

Ruch jednostajny

- To wszystko są **uproszczenia**

Wielkości fizyczne służą nam do kwantyfikacji naszych obserwacji badanych zjawisk, definiując niektóre charakterystyki pomiarowe. Aby wielkości fizyczne były użyteczne, trzeba je zdefiniować w sposób *operacyjny*, to znaczy określając w sposób szczegółowy instrumenty, procedury, protokoły do zastosowania.

Aby na przykład wyjaśnić komuś, co uważamy za prędkość, trzeba podać jakich przyrządów używamy i w jaki sposób je używamy oraz jakie przeprowadzamy obliczenia.

Ugo Amaldi, *Fisica*, Zanichelli, 1999

# Definicja operatywna wielkości fizycznych

W tym przypadku instrumentami użytymi są chronometr i słupki ustawione w równych odległościach na drodze, wzdłuż której chcemy mierzyć prędkość. Procedura polega na uruchomieniu stopera w momencie, kiedy środek samochodu jest przy pierwszym słupku a zatrzymaniu go, gdy środek samochodu jest przy ostatnim słupku.

Concetti di base Le grandezze fisiche

lezioni  
esercizi  
parole  
strumenti  
guida  
indice  
indietro  
esci

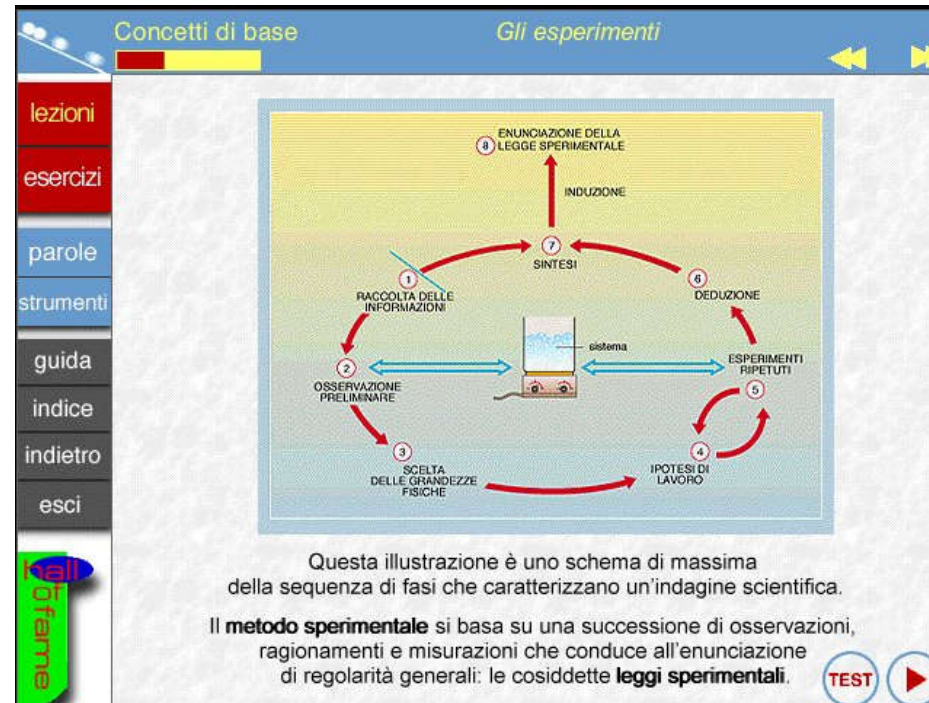
100 m 100 m

velocità  
=  $\frac{\text{distanza percorsa}}{\text{tempo impiegato}}$   
=  $\frac{100 \text{ m}}{15,0 \text{ s}}$   
=  $6,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

I wreszcie, stosunek między przebytą drogą a zużytym czasem dostarcza informacji o prędkości średniej.

# Procedury badań naukowych

Ta ilustracja przedstawia ogólny schemat faz, które określają badania naukowe. **Metoda doświadczalna** opiera się na serii obserwacji, rozumowania i pomiarów, które prowadzi do stwierdzania ogólnych regularności: tak zwanych **praw doświadczalnych**.



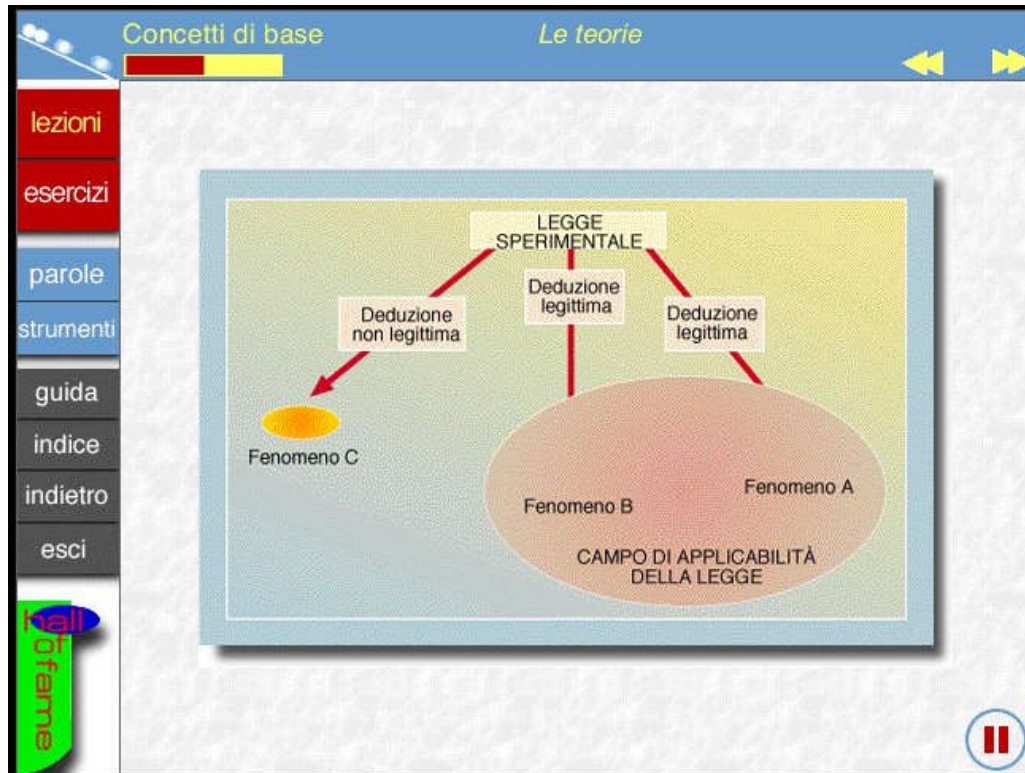
1. zebranie informacji, 2. obserwacja wstępna, 3. wybór wielkości fizycznych, 4. hipoteza robocza, 5. powtarzane doświadczenia, 6. dedukcja, 7. synteza, 8. wypowiedź dot. prawa doświadczalnego // system i obserwator w centrum

*Zwracam uwagę, że rozdziela się obserwację wstępną, od właściwych pomiarów: najpierw ogólna ocena zjawiska, później rozumowanie, i dopiero pomiary.*

# Prawa doświadczalne a teoria

Prawa doświadczalne, aby być istotne, muszą mieć zakres stosowności odpowiednio szeroki.

Pierwszym możliwym użyciem praw doświadczalnych jest dedukcyjne przewidywanie przebiegu zjawisk podobnych do tych, które były używane, poprzez postępowanie indukcyjne, przy formułowaniu tych praw.

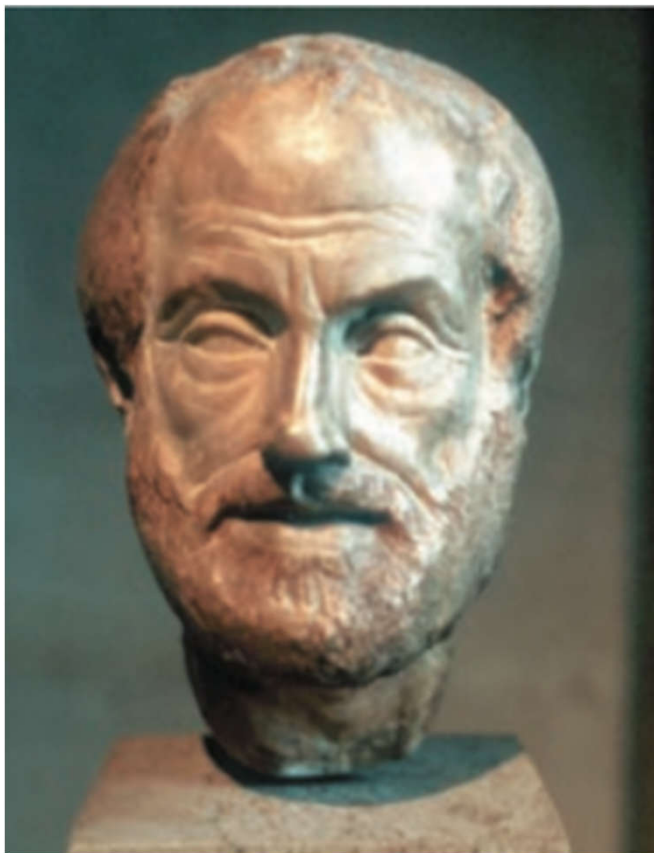


Prawo doświadczalne  
Zjawisko A, B, C  
Wnioskowanie słuszne/  
Wnioskowanie niesłuszne  
Zakres stosowności prawa

Ale z praw doświadczalnych można też wyjść, aby skonstruować teorię.

Teorie są wytworami umysłu ludzkiego i są proponowane przez naukowców, aby zintegrować w jednej konstrukcji umysłowej fakty obserwowane w wielu różnych zjawiskach doświadczalnych.

# Przedmiot i metoda „Fizyki”



Arystoteles (384 – 322 p.n.e)

- „Skoro przy wszelkich roztrząsaniach, dla których istnieją zasady lub przyczyny lub elementy, wiedza i rozumienie wynikają właśnie z ich znajomości (wtedy bowiem sądzymy, żeśmy daną rzecz poznali, gdyśmy wykryli jej pierwsze przyczyny i *pierwsze zasady* aż do ostatecznych elementów), jasne się staje, że w poznawaniu przyrody najpierw trzeba próbować określić owe pierwsze zasady.
- Naturalna droga prowadzi od tego, co lepiej znane i *dla nas* jaśniejsze, do tego, co z *natury* jest jaśniejsze i lepiej znane. Bo to nie jest to samo: lepiej znane i jaśniejsze dla nas, co: lepiej znane i jaśniejsze w ogóle.”

**Dziś nazwalibyśmy te dwie drogi:**

- **dedukcyjna (z „pierwszych zasad”**
- **Indukcyjna – z obserwacji świata**

# Sztafeta postępu

## 1.2. Fizyka i filozofia

W pismach Arystotelesa (384–322 p.n.e.), pierwszego filozofa, który w systematyczny sposób zebrał wiedzę starożytnych Greków o świecie, pojawiły się takie dziedziny nauki, jak zoologia, astronomia, etyka. Wiedzę czysto filozoficzną, niepoznawalną namacalnym doświadczeniem nazwał Arystoteles „meta-fizyką”, czyli poza-fizyką. Wynika z tego, że fizykę da się dotknąć. I to prawda! Zjawiska fizyczne, nawet te najtrudniejsze, dają się zobrazować, a przez to lepiej poznać. Zajrzyj na naszą stronę internetową „Fizyka i zabawki” [1], aby „dotknąć” fizyki.

W czasach Kopernika (1473–1543) naukę dzielono na fizykę, matematykę i metafizykę. On sam napisał dzieło astronomiczne, ale pytał w nim, na przykład, dlaczego woda utrzymuje się na powierzchni Ziemi, która jest kulą, jaka jest przyczyna ruchu ciał niebieskich, co wypełnia przestrzeń kosmiczną. Możemy powiedzieć, że Kopernik był nie tylko astronomem, lekarzem, poetą, wojskowym i ekonomistą, ale i *fizykiem*.

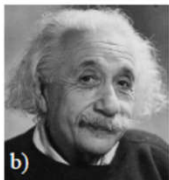
Dzisiaj działów nauki jest znacznie więcej. Co odróżnia *fizykę* od innych nauk, np. historii? Przede wszystkim fizyka stara się zajmować zagadnieniami łatwymi do ponownego sprawdzenia, przez eksperyment.

Zjawisko odbicia kauczukowej piłeczki od podłogi możemy sprawdzać w nieskończoność i zawsze prawa fizyki rządzące takim odbiciem są takie same. Pomysł na powtarzalne doświadczenia pochodzi od Galileusza (1564–1642). Motto jednej z najciekawszych książek popularnonaukowych w zakresie fizyki w XX wieku głosi: „Fizyka zeszała z nieba na ziemię po równi pochyłej Galileusza” [2].

Rozwój nauki to tak jakby przekazywanie paleczki w sztafecie biegaczy. Odkrycia Galileusza, urodzonego wkrótce pod śmiercią Kopernika, potwierdziły, że Ziemia nie jest środkiem Wszechświata. Nadal nie było jednak wiadomo, dlaczego Ziemia krąży dookoła Słońca i ani nie spada, ani nie przyspiesza. Przyczynę tego ruchu, siłę grawitacji oraz prawa ruchu odkrył, już po śmierci Galileusza, Anglik Izaak Newton (1667–1734).

Największy umysł XX wieku, Albert Einstein (1879–1955), stwierdził, że „to doświadczenie jest ostatecznym sprawdzianem każdej teorii”. W naszym poręczniku zachęcamy więc do samodzielnego eksperymentowania, gdyż jest to najlepszy sposób odkrywania fizyki, a przez nią praw rządzących światem. Nie ma eksperymentów nieudanych – każdy z nich coś pokazuje. Pomiar „wiatru eteru”, wykonany przez Polaka ze Strzelna, Abrahama Michelsona (1852–1931) dał wynik negatywny, ale legł u podstaw fizyki XX wieku – pozwolił Einsteinowi na stworzenie teorii względności. Bez teorii względności nie byłoby ani nawigacji satelitarnej (GPS), ani energii jądrowej.

Fot. 1.6. Sztafeta postępu naukowego (c.d.) Izaak Newton (1667–1734), Albert Einstein (1879–1955), Abraham Michelson (1852–1931).

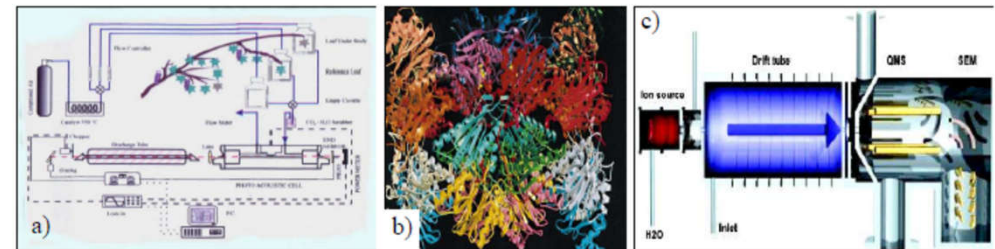


Fot. 1.5. Sztafeta postępu naukowego: Arystoteles (384–322 p.n.e.), Mikołaj Kopernik (1473–1543), Galileo Galilei (1564–1642).

## 1.3. Fizyka a inne nauki

Fizyka, od czasów Arystotelesa, zajmuje się najprostszymi prawami przyrody nieożywionej. Prawa te, jak na przykład prawo inercji, są dla nas najważniejsze, np. przy poruszaniu się. Umieemy, od wczesnego dzieciństwa tak stawiać stopy, aby nie upaść; wiemy, że żaden kamień na ulicy, nawet w czasie trzęsienia ziemi, sam nie polecą w górę.

Dzisiaj fizyka zajmuje się również zjawiskami bardzo skomplikowanymi, np. budowaniem czujników do badania stanu „samopoczucia” roślin [3], czy poszukiwaniem przyczyn zmiennego tempa ewolucji gatunków biologicznych [4].



Fot. 1.7. Współczesne zastosowania fizyki: a) badanie „samopoczucia” roślin za pomocą spektroskopii fotoakustycznej; b) określanie struktury białek za pomocą wiązki promieniowania rentgenowskiego (synchrotronowego); c) pomiar „smaku” sałaty za pomocą spektroskopii transferu protonu [3]

Mówi się, że fizycy dostarczają narzędzi badawczych, które następnie chemicy i biologowie potrafią znakomicie wykorzystać w swoich laboratoriach. Struktura podwójnej spirali DNA została odkryta ponad 50 lat temu, na podstawie zdjęć rentgenowskich kryształów soli DNA. Odkrywcy tej struktury (F. Crick, J. D. Watson i R. Franklin) otrzymali Nagrodę Nobla z biologii, a sam Wilhelm Röntgen dostał Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki, w 1900 roku.

Fizycy w 1947 roku stworzyli pierwszy tranzystor, a dzisiaj każdy komputer zawiera ich miliony. W latach 70. ubiegłego wieku na potrzeby komunikacji między laboratoriami fizycznymi cząstek elementarnych został stworzony Internet. Poznawanie praw fizyki jest znakomitą szkołą przygotowującą do skomplikowanych zadań w inżynierii współczesnych materiałów, biologii molekularnej, astrofizyce, komunikacji kwantowej itd.

W tym poręczniku, na poziomie gimnazjalnym, przedstawimy główne pojęcia i najprostsze prawa fizyki. Mimo że pokazujemy je na prostych przykładach zderzających się kulek i paciorków naelektryzowanego bursztynu, to rządzą one również ruchem cząsteczek gazu w podmuchu wiatru, działaniem soków żołądkowych trawiących poranne śniadanie, czy obrotami odległych galaktyk. Aby to zrozumieć, musicie wykazać sporo wytrwałości...

[1] *Fizyka i zabawki*, praca zbiorowa pod red. G. Karwasza, PAP, Słupsk 2005.

<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/index-pl.html>

[2] E. M. Rogers, *Fizyka dla dociekliwych*, PWN, Warszawa 1967.

[3] G. Karwasz, „*Jak się Pani czuje, Pani Orchideo*”, w: „*Na ścieżce fizyki współczesnej*”, *Wystawa idei fizycznych*, XXXVIII Zjazd PTF, Gdańsk 2003.

[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy\\_archiwum/z\\_omegi/orchidea.html](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy_archiwum/z_omegi/orchidea.html)

[4] G. Karwasz, *DNA, elektrony i ewolucja*, tamże.

[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy\\_archiwum/z\\_omegi/ewolucja.html](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy_archiwum/z_omegi/ewolucja.html)



# „Duden“ (RFN): Sztafeta postępu



Aus den beobachteten Bewegungen der Himmelskörper, vor allem von Sonne, Mond und Sternen, leiteten die Menschen z. B. im Altertum die nahe liegende Vermutung ab, dass sich die Erde im Zentrum der Welt befindet und sich alle Himmelskörper auf kreisförmigen Bahnen um die Erde bewegen.

Gelehrte aus dem antiken Griechenland entwickelten daraus ein ganzes Weltbild über die Bewegungen im Kosmos und auf der Erde.

CLAUDIUS PROLEMAÜS fasste dieses **geozentrische Weltbild** in einem Buch zusammen. Dieses Weltbild war eine großartige Leistung der antiken Wissenschaft, denn man konnte die Bewegung von Sonne und Mond vorausberechnen. So blieb dieses Weltbild jahrhundertlang erhalten und war doch falsch.

Im Mittelalter konnten Gelehrte wie KOPERNIKUS (1473–1543), GALILEI (1564–1642), KEPLER (1571–1630) und NEWTON (1643–1727) auf der Grundlage von Beobachtungen und theoretischen Überlegungen ein wissenschaftliches Weltbild entwickeln, in dem die Sonne im Zentrum unseres Planetensystems steht – das **heliocentrische Weltbild**.

GALILEI war auch der erste Wissenschaftler, der **neue Denk- und Arbeitsweisen** in die Naturwissenschaften einführte. Er suchte nicht nur nach oberflächlichen Erklärungen, die dem Augenschein entsprechen, sondern fragte nach dem Wesentlichen in den Erscheinungen. Vor allem aber zeigte er, dass man zu neuen Erkenntnissen nicht allein durch theoretische Überlegungen kommt, sondern dass man seine Überlegungen mit **Experimenten** überprüfen muss.

Der italienische Naturwissenschaftler **GALILEO GALILEI** lebte von 1564 bis 1642.

Er war nicht nur ein berühmter Mathematiker, sondern beschäftigte sich auch mit verschiedenen physikalischen und astronomischen Problemen.

So begründete GALILEO u. a. die klassische Mechanik, fand die Gesetze des freien Falls und entdeckte mit einem selbst gebauten Fernrohr vier Jupitermonde.

Er war einer der Mitbegründer des heliocentrischen Weltbildes.



CLAUDIUS PROLEMAÜS lebte von ca. 100 bis ca. 170.

Er stellte das geozentrische Weltbild in seinem Werk „Syntaxis mathematica“ (Mathematische Zusammenstellung), arabisch auch „Almagest“ genannt, vor.

Ein berühmter Experimentator war auch der Magdeburger Bürgermeister OTTO VON GUERCKE (1602–1686). Er konnte z. B. bei seinem Experiment mit den Magdeburger Halbkugeln (s. Abb. unten) die Wirkungen des Luftdruckes nachweisen. Damit widerlegte er gleichzeitig eine lange herrschende Auffassung aus der Antike, dass es keinen luftleeren Raum – kein Vakuum – geben könne.

Durch viele Entdeckungen, Beobachtungen und Experimente entwickelte sich in den letzten Jahrhunderten die Physik als eigenständige Naturwissenschaft.

Die Physik ist eine Naturwissenschaft. Sie beschäftigt sich mit den grundlegenden Erscheinungen und Gesetzen in unserer natürlichen Umwelt und ermöglicht die Erklärung und Voraussage vieler Erscheinungen in der Natur.

Sonnen- und Mondfinsternisse sind Naturerscheinungen, die von Menschen schon seit Jahrtausenden beobachtet werden. Lange Zeit war aber unklar, wie eine Finsternis zustande kommt. Erst nachdem man erkannt hatte, wie sich Mond und Erde um die Sonne bewegen, konnte man die Finsternisse erklären: Eine Sonnenfinsternis kommt zustande, wenn der Schatten des Mondes auf die Erdoberfläche fällt. Eine Mondfinsternis ist zu beobachten, wenn sich der Mond im Erdschatten befindet.

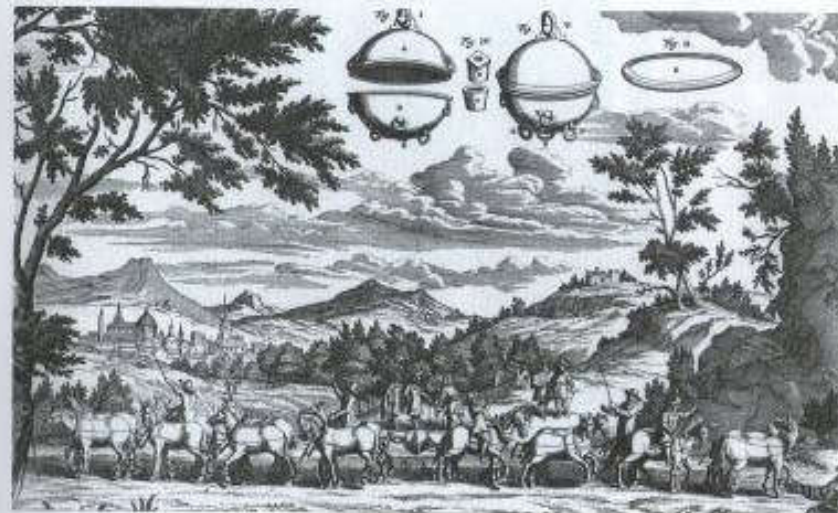
Erst nach genauer Kenntnis der Bewegungsgesetze war es auch möglich, exakte Voraussagen zu machen. So können wir heute schon voraussagen, dass die nächste totale Sonnenfinsternis in Deutschland erst am 3. September 2081 zu beobachten sein wird.



OTTO VON GUERCKE (1602–1686) war Bürgermeister und Experimentator. Er erfand u. a. die Luftpumpe, das Wasserbarometer und eine Elektrisiermaschine.



Das Wort „Physik“ kommt vom griechischen Wort „physis“ und heißt so viel wie „Natur“.



# Jak się rodzą idee?

Skąd się biorą pomysły? W jaki sposób powstają w głowie takiego fizyka teoretycznego jak ja? Jakich procesów logicznych używamy? [...]

Obaj (Henri Poincaré i Jacques Hadamard) w dowodzeniu twierdzenia matematycznego można wyróżnić kilka faz:

- Najpierw jest faza przygotowań, kiedy bada się problem, czyta literaturę naukową, podejmuje pierwsze, nieudane próby. Po okresie, który może trwać od tygodnia do miesiąca, faza ta się kończy, ponieważ nie ma żadnych postępów.
- Potem następuje okres inkubacji, gdy problem zostanie odsunięty
- Okres inkubacji kończy się momentem iluminacji. Często zdarza się to w sytuacji niezwiązanej z problemem, na przykład w czasie rozmowy na obojętne tematy
- Wreszcie, po iluminacji, wskazującej ogólnie kierunek pracy, musi zostać przeprowadzony dowód. Może to trwać dłuższy czas. [...]

Przytoczony opis sugeruje znaczącą rolę podświadomości. Potwierdzał to również Einstein – jakie znaczenie ma dla niego myślenie podświadome.

Myślimy, używając słów, formułując zdania. Mogą to być słowa w jakimkolwiek języku, ale muszą to być słowa. Formalizowanie myśli poprzez słowa jest niezwykle ważne: słowa mają moc, słowa łączą się ze sobą i przyciągają. Są przecież reguły gramatyczne, które musimy przestrzegać. [Ockham]

G. Parisi, *Taniec szpaków*, str. 117-123.

# A później nagły koniec:



**Wspaniale rozwijająca się „scholastyka”, między Paryżem, Oxfordem i Cambridge (Kolonią, Neapolem itd.) urywa się. Jak 1500 lat wcześniej filozofia grecka. Przyczyna? Wojna światowa.**

Six hundred years ago today, on the morning of 25th of October 1415, a small band of English archers commanded by Henry V won a great military victory in France in [Hundred Years War](#)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Battle\\_of\\_Agincourt](https://en.wikipedia.org/wiki/Battle_of_Agincourt)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Battle\\_of\\_Cr%C3%A9cy](https://en.wikipedia.org/wiki/Battle_of_Cr%C3%A9cy) Bitwa pod Crecy (1346)

# Podsumowanie

- Ockham, pewno nieco z przekory, dla obalenia „dowodów” Tomasza na istnienie Boga, poddał w wątpliwość rozumowanie: przyczyna → skutek, zasadnicze w „Fizyce” Arystotelesa.
- Negacja relacji przyczynowo-skutkowych byłaby **końcem nauki**, nie mówiąc o dewastacyjnych konsekwencjach **dla etyki**.
- Na przekór Hume’owi, fizyka dzisiejsza obaliła mnóstwo „pewnych” pojęć, jak pusta czasoprzestrzeń czy lokalność zdarzeń. Ale nie **przyczynowość**.
- GK stawia wręcz przyczynowość jako zasadnicze prawo natury, oczywiście, będące stwierdzeniem meta-fizycznym, czyli **niemożliwym** do udowodnienia
- GK rozciąga też zasadę przyczynowości na świat niematerialny, czyli poza granice czasu i przestrzeni (!)
- Rozdział między naukami ścisłymi a teologią datuje się wstecz, też do czasów Ockhama. Ale istotna jest ta nowsza linia rozdziału: do kiedy filozofowie i naukowcy (Kopernik, Galileusz, Kartezjusz, Newton, Kant, Laplace, Lemaître, Planck, Einstein) *relacjonują się* do Boga, a od kiedy zaczynają udawać, że Pana Boga nie ma.
- Ci ostatni, jak podkreślam w „Nauce i Wierze” powodują u mnie reakcję alergiczną...

**Dziękuję za uwagę!**