

Dydaktyka fizyki  
Wykład 1  
„Co to jest fizyka?” (1)  
(w opinii nauczycieli)

Grzegorz Karwasz

*Katedra Dydaktyki Fizyki  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
Toruń, a/a 2019/2020*

# *Dlaczego fizyka?*

## **Dlaczego „nauczycielska” na UMK?**

Zakład Dydaktyki Fizyki UMK wypracował unikalne na skalę krajową metody dydaktyczne, jak wystawy interaktywne, środki multimedialne, laboratoria „hands-on” komputerowo sterowane doświadczenia fizyczne ZDF jest koordynatorem lub uczestnikiem wielu projektów europejskich, w panelach „Science-and-Society”, „Leonardo da Vinci”, „Socrates- Comenius”, Projekty Wyszehradzkie.

Studia na UMK to również szkoła samodzielnego organizowania różnorodnych inicjatyw dydaktycznych i popularyzatorskich.

## **Dlaczego fizyka?**

Fizyka daje wszechstronne przygotowanie w zakresie narzędzi matematycznych i narzędzi doświadczalnych dla nauk przyrodniczych. Nowoczesne metody diagnostyki medycznej, przesyłu informacji, biologii molekularnej, poszukiwań geologicznych korzystają z zaawansowanych technologii stworzonych przez fizyków.

Fizyka „nauczycielska” realizuje ten sam program studiów co inne specjalności, a dodatkowo przedmioty pedagogiczne, dające uprawnienia do nauczania w szkołach gimnazjalnych (po licencji) i licealnych (po magisterce).

# Fizyka nauczycielska, c.d.

## Dlaczego na UMK?

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej umożliwia w łatwy sposób rozszerzenie zainteresowań (i uprawnień pedagogicznych) na informatykę, astronomię, matematykę.

Program nauczania na II etapie studiów, w szczególności metodologie nauczania nauk przyrodniczych (powstałe przy współpracy ze środowiskiem aktywnych nauczycieli) oraz bliskie kontakty z innymi Wydziałami (w tym Chemii, z którym prowadzone są wspólne studia na kierunku Materiały Współczesnych Technologii, Matematyki i Informatyki, z którym łączą nas inicjatywy naukowe i edukacyjne i Pedagogiki) umożliwia rozszerzenie kompetencji na inne nauki matematyczno – przyrodnicze.

W ten sposób, absolwent „fizyki” jest również dobrze przygotowanym nauczycielem „przyrody”.

## Dlaczego w Instytucie Fizyki UMK?

Instytut Fizyki UMK jest wiodącym ośrodkiem krajowym w zakresie fizyki – atomowej, molekularnej i optycznej, o takich zastosowaniach jak badania zanieczyszczeń atmosferycznych, fizjologia oka, renowacja dzieł sztuki.

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK dysponuje również unikalnymi na skalę krajową laboratoriami dydaktycznymi, w których pomiar odbywa się z wykorzystaniem najnowszych metod komputerowych i czujników automatycznych.

# Struktura fizyki

- Nauka empiryczna
- Nauka dedukcyjna
  
- Nauka matematyczna
- Nauka pojęciowa (klasyfikacyjna)
  
- „czysta” dyscyplina badawcza
- Nauka o zastosowaniach technicznych
  
- Nauka dla „naukowców”
- Nauka dla społeczeństwa
  
- Nauka interdyscyplinarna

# „Dydaktyka”

- „Nauka o nauczaniu i uczeniu się”  
= tautologia

Dydaktyka: nauczanie efektywne, trwałe, przyjemne

Umiejętność identyfikowania trudności w uczeniu się i dostarczanie recept na pokonywanie tych trudności

Podawanie diagnozy bez recept (czyli praktycznych realizacji) jest jedynie frustrujące



# Motywacja (I)

- Studentka UMK: „Ja lubię fizykę, ale fizyka nie lubi mnie”

➤ GK: Nie proszę Panią, to nie fizyka nie lubi Pani, ale *sposób* nauczania tej fizyki nie lubi Pani

-Kierowca taksówki w San Paolo: Fizyka nigdy nie była moją mocną stroną

➤ GK: To nie fizyka, ale treści, które zostały przypisane do fizyki jako obowiązkowe wydają się niepotrzebne

Prof.. Z Kwieciński: *Programy edukacyjne dla nauczycieli szkół publicznych powinny być postrzegane przez instytucje, które je proponują, jako poważna odpowiedzialność wobec społeczeństwa i być stosownie do tego wspierane i promowane oraz energicznie rozwijane przez najwyższe władze tych instytucji*

„Fizyka: przedmiot trudny, nudny, nieprzydatny”

# Motywacja (II) – nauczyciele (1)

Dzisiaj, w czasie wprowadzania nowej reformy edukacyjnej, my nauczyciele stajemy przed wyzwaniem, aby zmieniać sposób nauczania i sprawić, aby fizyka była bardziej przystępna dla młodego człowieka.

Młodzież rozpoczynając naukę fizyki spotyka się z nieprzystępnymi dla nich definicjami. Podręczniki tworzone często w pośpiechu nie ułatwiają uczniom zrozumienia fizyki. Szukając w różnych podręcznikach do fizyki informacji o prawach Newtona spotkałam się z dużą nieścisłością w przekazywanych informacjach.

Autorzy w bardzo swobodny sposób prezentują w nich swoje myśli, brakuje pewnego rodzaju dyscypliny w przekazywaniu informacji, której celem przecież ostatecznie jest wyjaśnić zjawisko i nauczyć czytelnika. Dlatego właśnie fizyka jest odbierana przez uczniów jako przedmiot niezrozumiały i trudny.

# Motywacja (II) – nauczyciele (1)

Niewątpliwie jednak fizyka jest przedmiotem bardzo ważnym i nieodłącznym elementem naszego życia. Wszystko z czym mamy do czynienia w naszym otoczeniu jest związane z fizyką i jej prawami. Przecież gdyby nie fizyka, nie żyłoby się nam tak komfortowo.

To, że się przemieszczamy, korzystamy z energii elektrycznej, czy chociażby nowych technologii, dzisiaj tak powszechnych, zawdzięczamy fizyce i jej odkryciom.

Teraz gdy sama stoję przed wyzwaniem nauczania fizyki, chciałabym, aby nauka dla młodych ludzi nie była mozolnym wyuczaniem się regułek na pamięć, a bardziej przygodą.



## Motywacja (II) – nauczyciele (2)

Rozpoczynając naukę fizyki jako uczennica natrafiłam na wiele trudności w zrozumieniu treści które nauczyciele starali się przekazać. Wpływ na to miał bez wątpienia sposób nauczania. Lekcje fizyki w większości były nieciekawe. Poznawaliśmy definicje, rozwiązywaliśmy zadania, brakowało czasu na najważniejszą część czyli doświadczenia.

Powodów braku doświadczeń oczywiście było więcej. Ciągły pośpiech nauczyciela, który chciał zrealizować podstawę programową. Zdarzało się również, że powodem był brak pracowni fizycznej i niezbędnego wyposażenia. Podręczniki również wydawały się być napisane w sposób nieprzystępny dla ucznia, brakowało części doświadczalnej, która pokazywałaby wykorzystanie praw fizyki otaczających nas na co dzień. .

## Motywacja (II) - nauczyciele

Poszerzając swoje kwalifikacje zawodowe, będąc do tej pory nauczycielką matematyki, stanę przed nowym wyzwaniem jakim jest nauczanie fizyki. Przedmioty ściśle powiązane ze sobą. Na czym jednak polega związek między nimi? Na lekcjach matematyki uczniowie nabywają umiejętności rachunkowe, poznają podstawowe pojęcia, uczą się myślenia matematycznego, myślenia logicznego. Uczniowie wykorzystują nabyte umiejętności w różnych dziedzinach m. in. w fizyce.

Ogólnie mówiąc fizyka dostarcza wiedzy o faktach (zjawiskach fizycznych), matematyka pozwala opisać te fakty przy pomocy odpowiednich symboli i wzorów. Zatem fizyka czy matematyka? To pytanie stawiali sobie najwybitniejsi uczeni. Sławny fizyk, Richard Feynman podczas wymiany zdań z matematykiem polskiego pochodzenia Markiem Kacem wyraził swoją opinię, że gdyby matematyka nie istniała to świat cofnąłby się tylko o tydzień. Mark Kac odparł, że zgadza się z tym stwierdzeniem i dodał, że dokładnie o tydzień, w którym Pan Bóg stworzył świat. Ernest Rutherford, fizyk angielski znany jest z powiedzenia, że cała nauka dzieli się na fizykę i zbieranie znaczków. Mimo wielu skrajnych opinii wygłoszonych przez znamienitych uczonych jedno jest pewne - fizyka i matematyka mają wspólną historię.

## Motywacja (II) - nauczyciele

Fizyka odgrywa ogromną rolę w rozwoju matematyki. Teorie fizyczne pozwalają na uporządkowanie faktów, poznanie zależności przyczynowo skutkowej, przewidywanie. Matematyka dostarcza narzędzi koniecznych do konstrukcji teorii fizycznych co sprawia, że ma ona wielki wpływ na rozwój fizyki. Archimedes, Gauss i Newton uważani za największych matematyków świata, swoimi dokonaniem wykazali ścisłą zależność między matematyką a fizyką, kojarzyli teoretyczne badania naukowe z praktycznym ich zastosowaniem.

Archimedes (ok. 287 - ok. 212 r. p.n.e.) matematyk i fizyk. Jednym z wielu osiągnięć Archimedesesa jest dowód, iż stosunek objętości kuli do opisanego na niej walca wyraża się stosunkiem liczb 2 i 3, co znalazło się na jego nagrobku. Nie można pominąć prac poświęconych zagadnieniom fizyki m.in. hydrostatyki i słynnego prawa Archimedesesa głoszącego, że "ciało zanurzone w cieczy traci pozornie na ciężarze tyle, ile wynosi ciężar wypartej przez to ciało cieczy".

# Archimedes (287-212 a.C.) Syrakuza



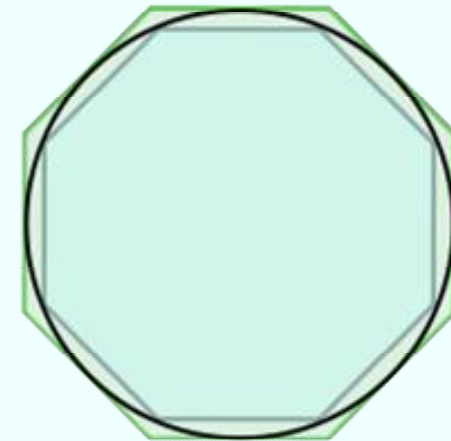
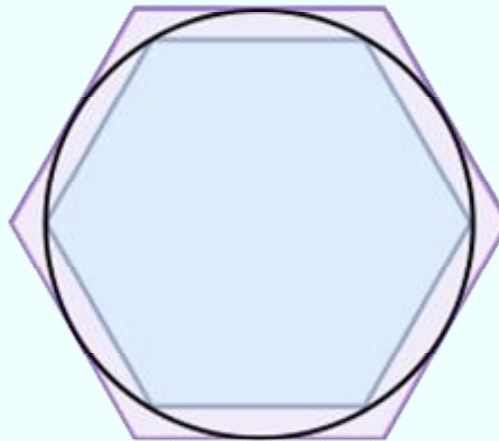
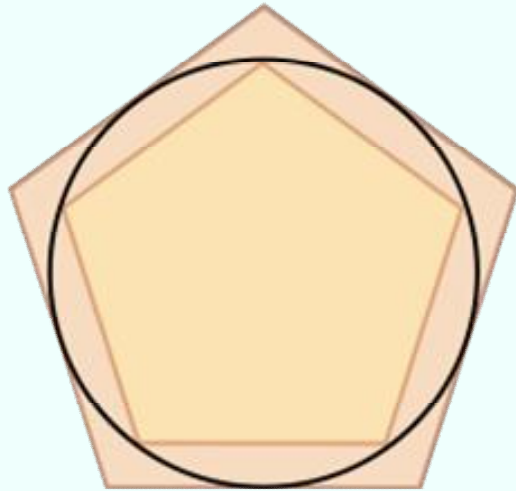
TRANSIRE SUUM PECTUS MUNDOQUE POTIRI.  
**Przekroczyć własnego ducha i ogarnąć świat**

[Davide Mauro](#) - Opera propria  
<https://it.wikipedia.org/wiki/Archimede>

The photos of the Fields Medal (this is the one Grigori Perelman did not accept) were made by Stefan Zachow (ZIB)



# Archimedes



$$3 + \frac{10}{71} < \pi < 3 + \frac{10}{70}$$

$$3,14085 < \pi < 3,14286$$

**Dokładność (średniej = 3,1419) : 0,008%**

# Archimedes: objętość kuli

Stożek o wysokości  $h$  i o podstawie o promieniu  $R$



$$V = \frac{1}{3} \pi R^2 h$$

Kula o promieniu  $R$



$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

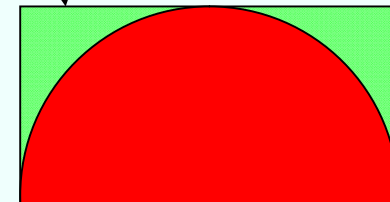
Kula o promieniu  $R$



$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

1/3 objętości walca

$$V_{\text{półkuli}} = \frac{2}{3} \pi R^3$$



$$V_{\text{kuli}} = \frac{4}{3} \pi R^3$$

Karwasz i in.

Toruński poręcznik do fizyki



# Najważniejszy wzór geometrii (3D)

Pole powierzchni kuli  $P = 4\pi R^2$



Z tego powodu siły elektryczne  $F = Qq/(\epsilon_0 4\pi R^2)$

Siła grawitacji (Newtona)  $F=GMm/R^2$

I gdyby tak nie było, świat nie byłby trójwymiarowy

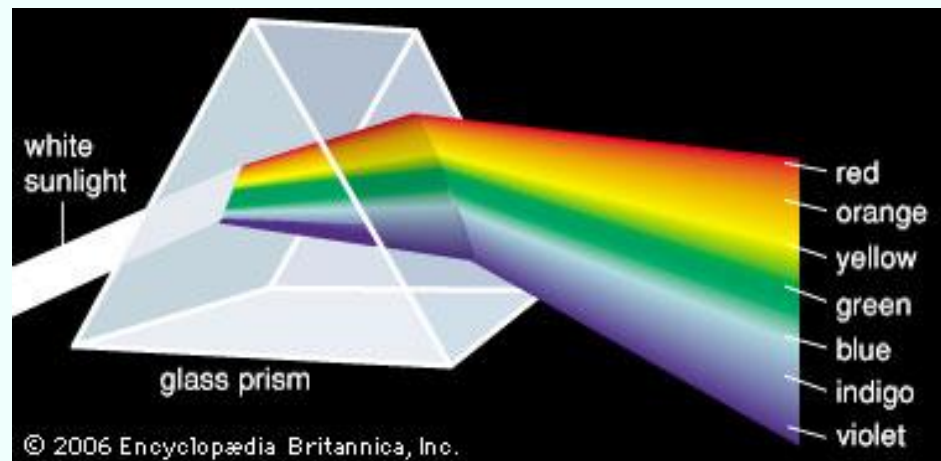


# Motywacja (II) – nauczyciele cd.

Gauss (1777 – 1855). Niemiecki matematyk, fizyk, astronom i geodeta, jeden z twórców geometrii nieeuklidesowej. Pierwszym ważnym odkryciem Gaussa była teoria, z której wynikała możliwość konstruowalności siedemnastokąta foremnego. Zażyczył sobie, aby ta figura została wryta na jego nagrobku. Jego praca doktorska pt. “Nowy dowód twierdzenia, że każdy wielomian jednej zmiennej można rozłożyć na czynniki rzeczywiste stopnia jeden lub dwa” był dowodem podstawowego twierdzenia algebry. Wykonał obliczenia pozwalające na przewidzenie miejsca pojawienia się nowego ciała niebieskiego [pierwsza z odkrytych planetoid, Ceres].

Newton (1643 – 1727) fizyk, matematyk, astronom i alchemik. Sformułował prawo powszechnego ciążenia i prawa dynamiki, które przez kolejne stulecia były podstawami fizyki. Jako pierwszy wygłosił teorię, że kolory są efektem padania światła.

[a raczej rozszczepił światło słoneczne na kolory, za pomocą pryzmatu].



## Motywacja (II) – nauczyciele cd.

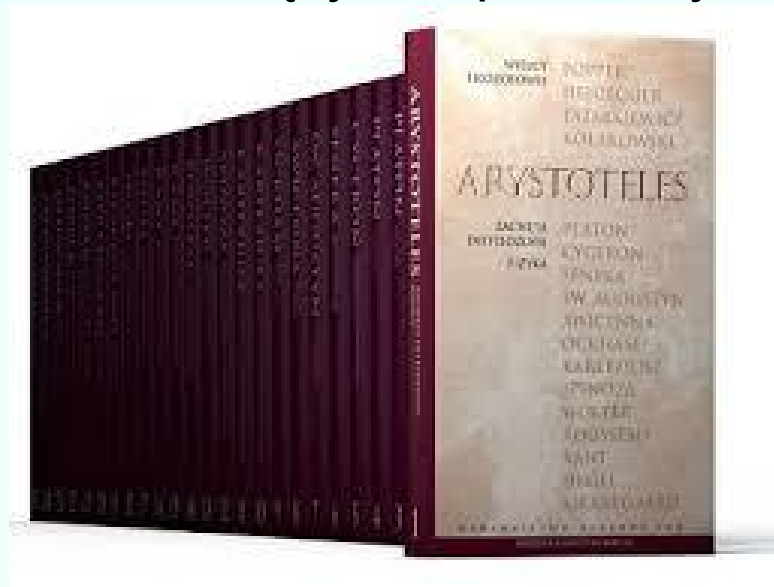
Silne sprzężenie między teorią a eksperymentem ukazane w pracach największych matematyków i fizyków jest dla mnie wystarczającym dowodem na to, że sukces mojej pracy jako nauczyciela leży w umiejętnym łączeniu wiedzy teoretycznej z praktyką. Uczniowie powinni wiedzieć jak wykorzystać w życiu codziennym to czego nauczyli się na przedmiotach ścisłych. Kluczem do tego wydaje się być korelacja tych przedmiotów i zrozumienie, co jest podstawą do wykorzystywania wiedzy w praktyce.

Uczniowie często pozostają sami sobie z problemem zrozumienia zagadnień fizyki. Poznawszy jedynie matematyczny zapis zjawisk fizycznych (wzory, definicje) mają rozwiązać problem wymagający zrozumienia sensu, poznania przyczyn i skutków (istotę fizyki). Stąd pomysł aby wprowadzać uczniów w świat fizyki za pomocą doświadczeń.

*„...Pierwsze lekcje nie powinny zawierać niczego poza tym co jest eksperymentalne i interesujące do zobaczenia. Ładny eksperyment jest sam w sobie bardziej wartościowy niż dwadzieścia wzorów wydobytych z naszych umysłów.“*  
( Albert Einstein)

## Motywacja (II) – nauczyciele (4)

Istnieje wiele gałęzi nauki, jedną z nich jest fizyka. Nazwę „fizyka” wprowadził starożytny grecki filozof i uczyony Arystoteles, z greckiego *physis* oznacza przyroda. Zatem fizyka to nauka przyrodnicza badająca zjawiska zachodzące w przyrodzie i prawidłowości, którym te zjawiska podlegają. Polega na badaniu materii i energii oraz związków między nimi. Fizyka, tak jak i inne nauki przyrodnicze pozwala odpowiadać na pytania, odkrywać przyczyny rządzące przebiegiem zjawisk i rozwiązywać problemy.



## Motywacja (II) – nauczyciele (3)

Fizyka jest ciekawą dziedziną nauki, stanowi podstawę dla innych nauk przyrodniczych, przede wszystkim dla chemii, biologii, geografii. Niestety przedmiot fizyka w szkole nie znajduje wielu sprzymierzeńców, nie jest lubiany, a wręcz wydaje się być niechciany w szkole.

Uczniowie twierdzą, że jest to przedmiot trudny, niezrozumiały, niepotrzebny w życiu, zatem niechętnie się go uczą. Niechęć do przedmiotu wynika często również z braków matematycznych uczniów. Dużym problemem są dla uczniów wymagania matematyczne, którym nie są w stanie sprostać.

Uważam, że w nauczaniu fizyki korzystniejsze, bardziej przystępne dla uczniów będzie ograniczanie się do zrozumienia jej pojęć i traktowanie wzorów matematycznych jedynie jako wskazówek do myślenia. Rozumienie, wyczucie pojęć fizycznych jest najistotniejsze, ważniejsze niż opis matematyczny.



# Już 4 tysiące lat temu...

- W starożytnym Egipcie (i na pewno też w Mezopotamii) ludzie wymyślili matematykę: trzeba było sprawiedliwie dzielić poletka wzdłuż Nilu (i obliczać podatki)



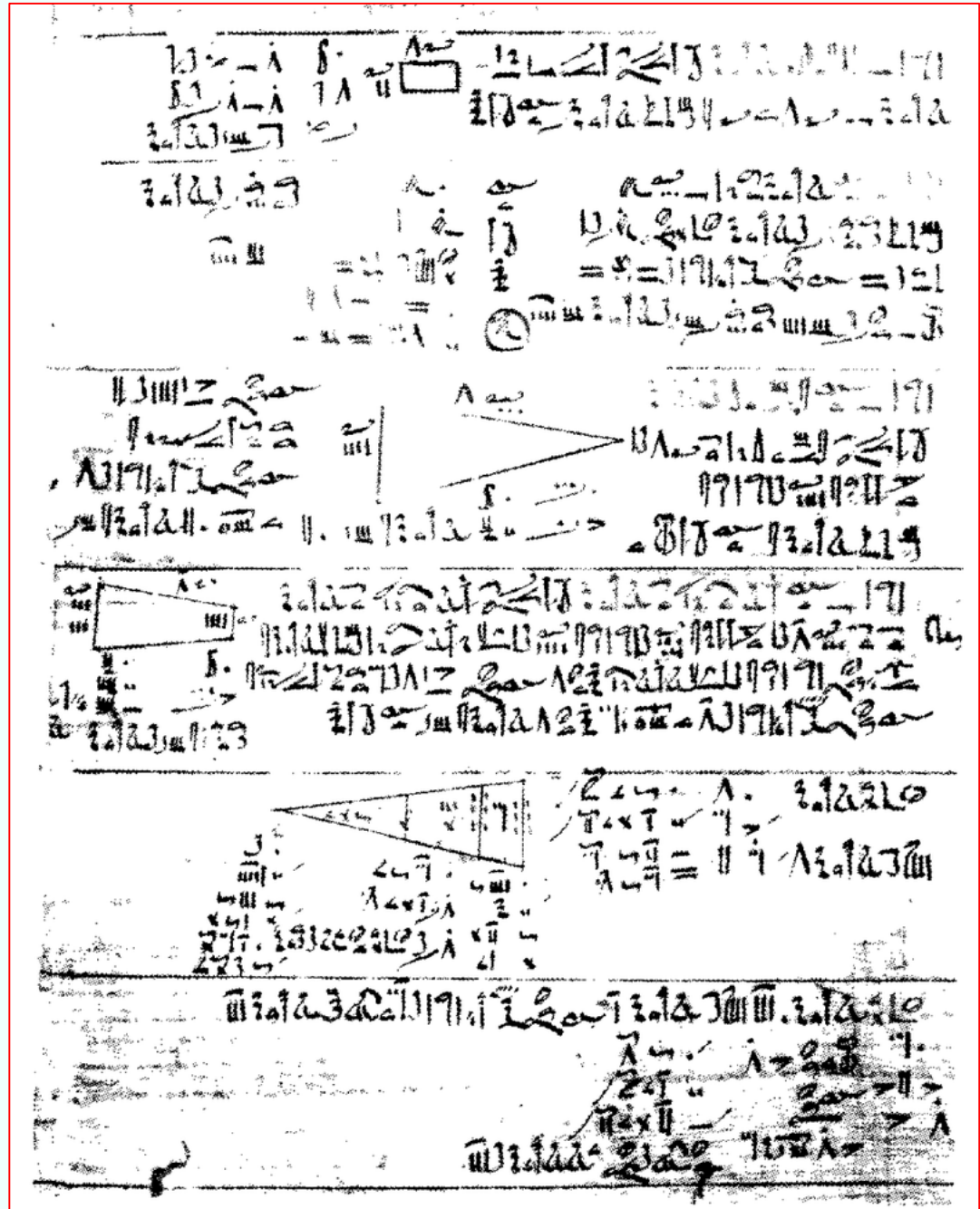
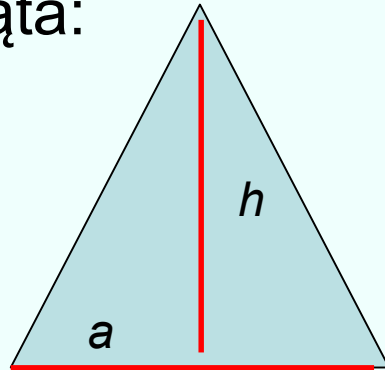
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/62/Ziggurat\\_of\\_Ur\\_-\\_M.Lubinski.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/62/Ziggurat_of_Ur_-_M.Lubinski.jpg)



# Papyrus Rhind (~1550 p.n.e)

Dodawanie ułamków:  
 $2/15 = 1/10 + 1/30$

Pole trójkąta:  
 $P = 1/2 a \cdot h$



# Reasumując...

- Różne głosy są zbieżne w opinii, że Fizykę należy uczynić bardziej:
- Interesującą
- Inter-dyscyplinarną
- Inter-sektorową (pogoda, przemysł, sztuka)
- O natychmiastowym „przełożeniu” praktycznym
- -- czyli bardziej otwartą
- -- przyjemniejszą w uczeniu/ nauczaniu
- -- bardziej zbliżoną do człowieka niż do „zasad”, czyli bardziej humanistyczną

**Dziękuję za uwagę!**

Dydaktyka fizyki  
Wykład 2  
„Co to jest fizyka?” (2)  
w opinii naukowców

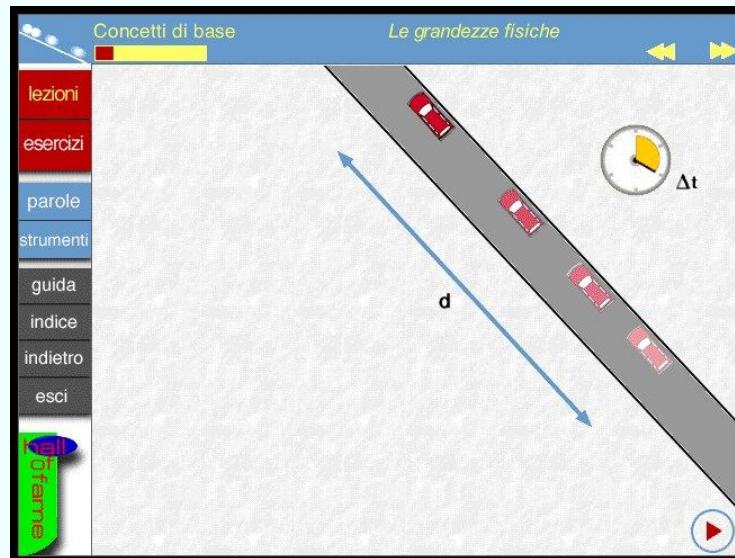
Grzegorz Karwasz

*Katedra Dydaktyki Fizyki  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
Toruń, 2019/2020*

# 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 (koncepcje) naszego umysłu, czyli wielkości abstrakcyjne, króte jednak pozostają w ścisłej relacji z systemami materialnymi, które chcemy badać.



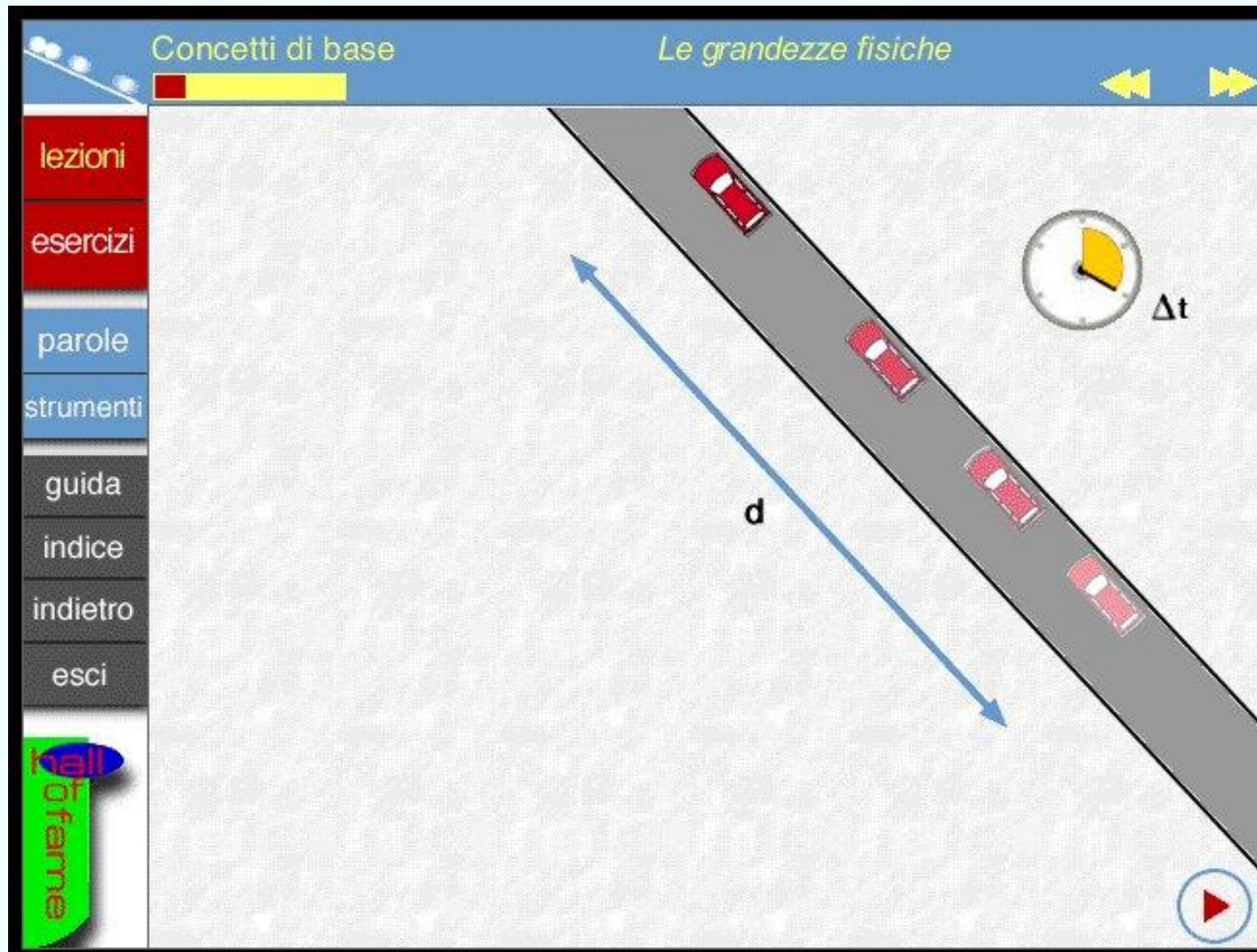
Ugo Amaldi,  
*Fisica*, Zanichelli, 1999

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.

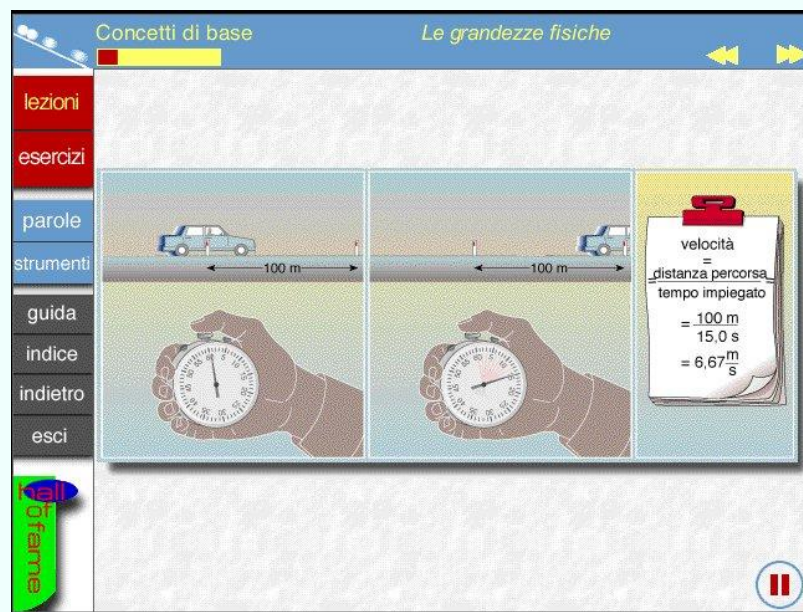


# Pojęcia podstawowe



# 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.



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



# Definizione operativa di grandezze fisiche

Concetti di base Le grandezze fisiche

lezioni  
esercizi  
parole  
strumenti  
guida  
indice  
indietro  
esci

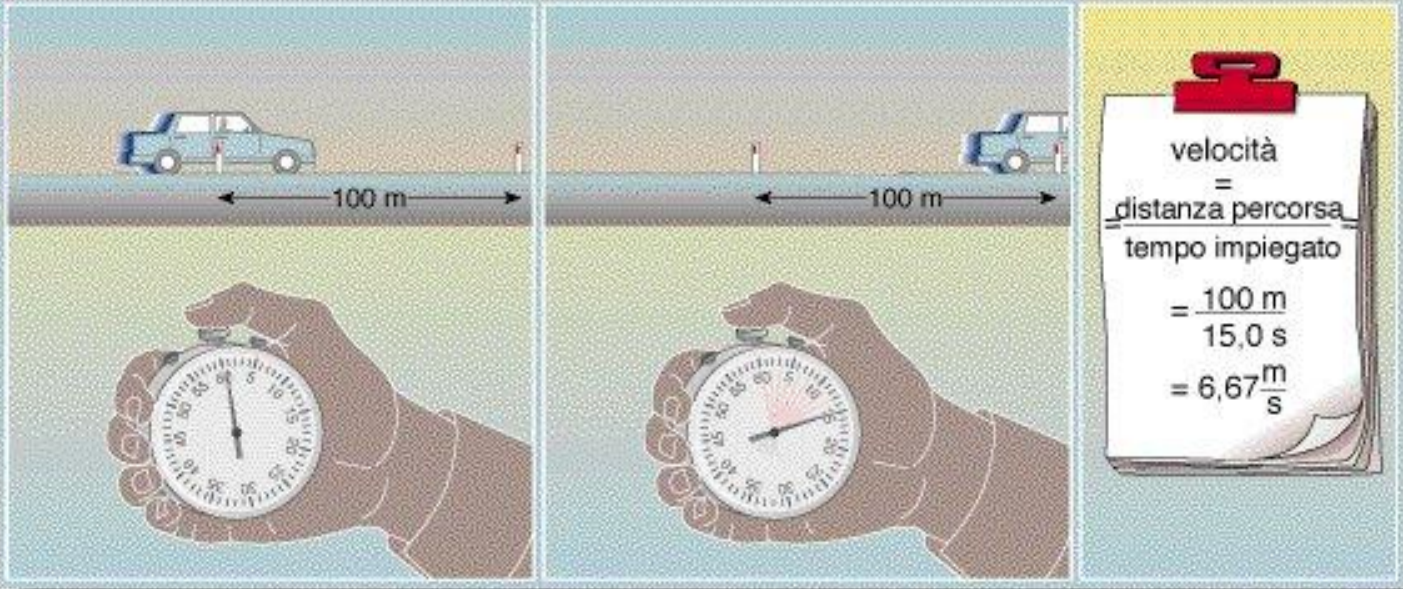


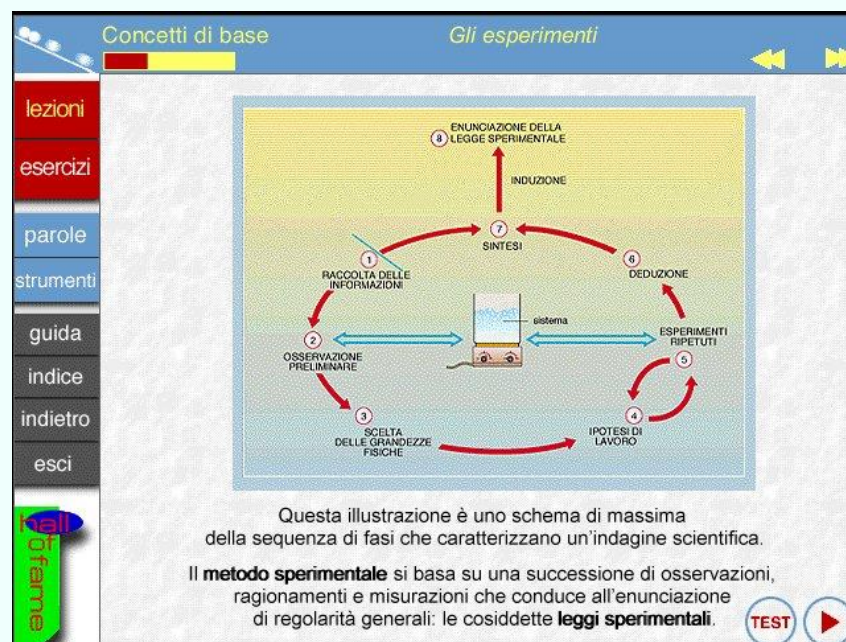
Diagram illustrating the operational definition of velocity. The top part shows a car moving a distance of 100 m. The bottom part shows a hand holding a stopwatch, indicating the time taken for the car to travel this distance. The calculation on the right shows:

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

# 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**.

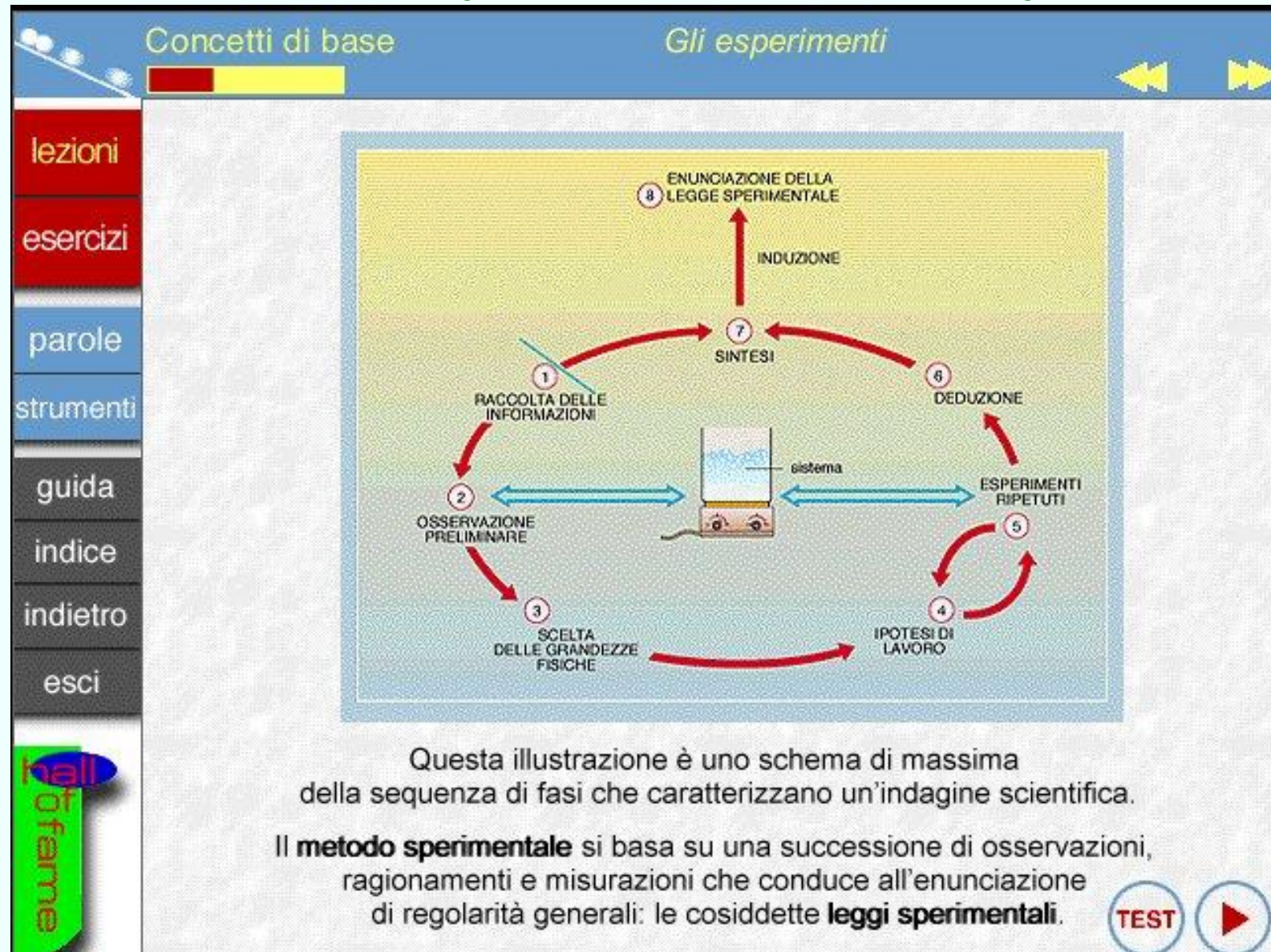


1. zebranie informacji, 2. obserwacja wstępna, 3. wybór wielkości fizycznych, 4. hipoteza robocza, 5. powtarzane doświadczenia, 6. dedukcja, 7. synteza, 8. wypowiedź dot. prawa doświadczalnego // system i obserwator w centrum

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



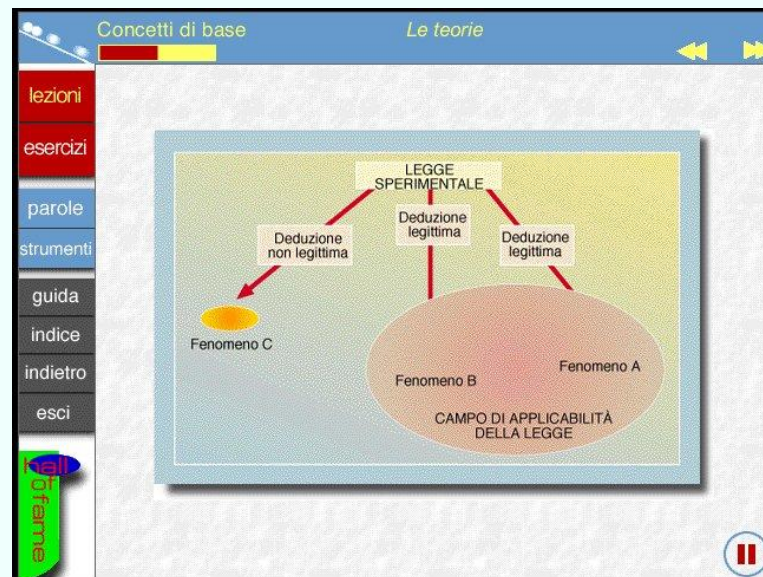
# Procedury badań naukowych



# Prawa doświadczalne a teoria

Prawa doświadczalne, aby być znaczące, muszą mieć zakres stosowalności 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.



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.

Prawo doświadczalne

Wnioskowanie słuszne/ Wnioskowanie niesłuszne

Zakres stosowalności prawa



# Prawa doświadczalne a teoria

Concetti di base      *Le teorie*

lezioni

esercizi

parole

strumenti

guida

indice

indietro

esci

LEGGE SPERIMENTALE

Deduzione non legittima

Deduzione legittima

Deduzione legittima

Fenomeno C

Fenomeno B

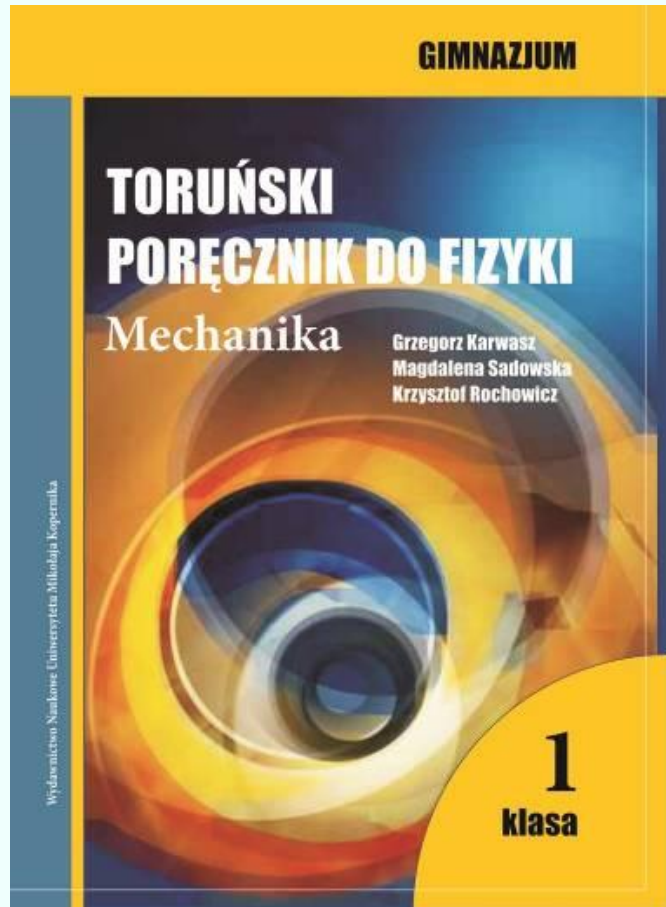
Fenomeno A

CAMPO DI APPLICABILITÀ DELLA LEGGE

||



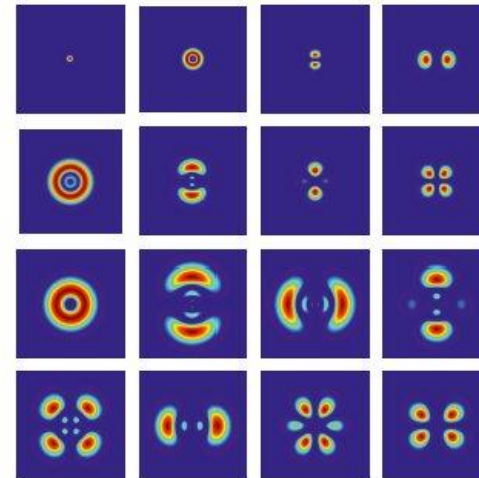
# Fizyka dla każdego: [dydaktyka.fizyka.umk.pl](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl)



## TORUŃSKI PORĘCZNIK DO FIZYKI

Fizyka współczesna i astrofizyka

Grzegorz Karwasz / Magdalena Więcek



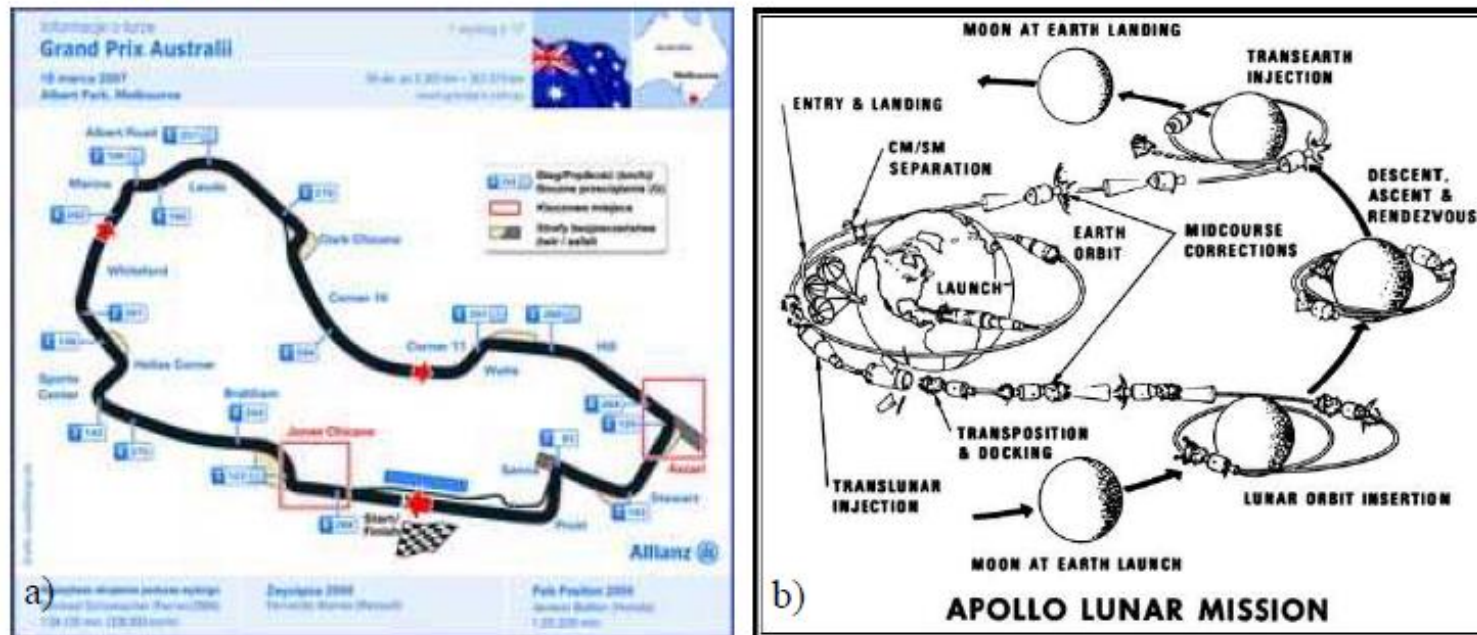
Zakład Dydaktyki Fizyki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika

[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa\\_strona/?q=node/163](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/163)

[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa\\_strona/?q=node/264](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/264)

# Trajektoria ruchu

Zanim powiemy, *jak* porusza się jakieś ciało, najpierw musimy określić, *gdzie* ono się porusza. Rakieta leci z Ziemi na Marsa po **trajektorii** lotu, a samochód Formuły 1 jeździ po *torze*. Otóż **tor** jest to krzywa (lub prosta), jaką poruszające się ciało kreśli w przestrzeni. Pojęcia toru i trajektorii są zresztą zamienne: o torze mówimy na przykład w przypadku wyścigów saneczkarzy, a w przypadku lotu pocisku, rakiety lub piłki do bramki mówimy raczej o trajektorii.



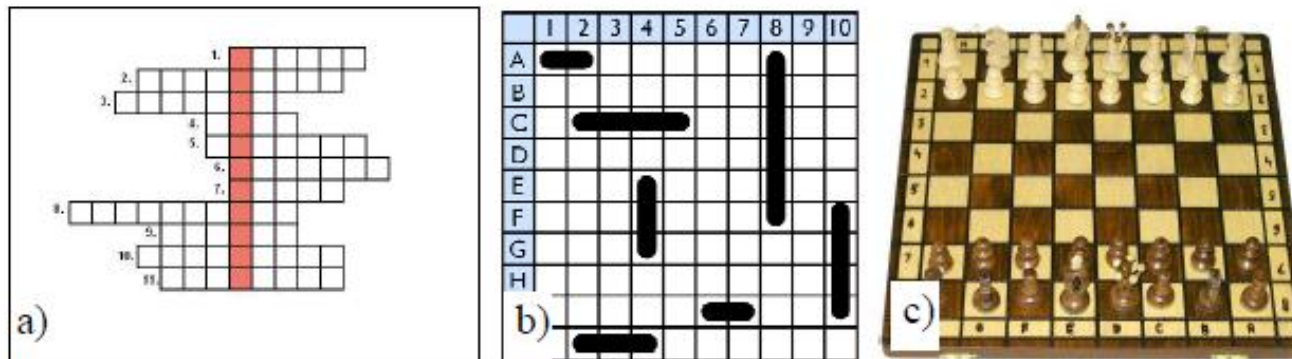
Rys. 3.1. Tory wyścigów Formuły 1 mają różne kształty. Samochody jadące po tych torach kreślą *trajektorie* ruchu. Planowanie trajektorii lotu na Księżyc (na rysunku plan lotu Apollo 12, NASA) jest skomplikowane – musi uwzględniać ruch nie tylko rakiety, ale i ruch Księżycy dookoła Ziemi.



# Układ współrzędnych

## 2. Układ współrzędnych

Rozwiązanie krzyżówki czy zabawa w bitwę morską wymaga dokładnego określenia miejsca obiektu. Na planie miasta są to kwadraty, na mapie Polski – dwie współrzędne geograficzne – „długość” ( $\lambda$ ) i „szerokość” ( $\varphi$ ). Toruń leży w punkcie określonym przez współrzędne  $\lambda = 18^{\circ}37'E$ ,  $\varphi = 53^{\circ}01'N$ . Oczywiście, aby móc to tak określić, musimy wybrać punkt odniesienia: dla współrzędnej pionowej (N) jest to równik, dla współrzędnej poziomej (E) przedmieście Londynu, Greenwich.



**Fot. 3.1.** Układ odniesienia jest niezbędny, np.: a) do rozwiązania krzyżówki; b) do gry w bitwę morską; c) do gry w szachy. We wszystkich tych przypadkach podajemy dwie współrzędne – poziomą i pionową, na przykład w bitwie morskiej statek „dwumasztowy” ma współrzędne A1 i A2

Zauważmy, że inaczej trzeba określić położenie w przypadku podróży koleją (tylko odległość od punktu wyjazdu, lub przeznaczenia), inaczej gdy odbywa się podróż samochodem (można wybrać wiele różnych dróg, zob. też. przykład 3.2.), wreszcie w przypadku lotu samolotem pilot podaje zarówno miejsce na mapie („przelatujemy właśnie nad Poznaniem”), jak i wysokość (5 tys. metrów).

# Układy współrzędnych

W każdym przypadku musimy podać punkt odniesienia (punkt początkowy układu współrzędnych) oraz jednostkę miary. W starożytnym Rzymie wszystkie drogi liczyło się od Rzymu, a jednostką miary był „stadion”, czyli około 192 m. W miastach amerykańskich numery domów podaje się nie kolejno, ale jak daleko są od umownego środka miasta, odległość mierzy się w milach (1,6 km). Ale, jak to pokazują poniższe fotografie, możliwych jest wiele innych układów współrzędnych.



**Fot. 3.3.** Różne sytuacje wymagają różnego stopnia szczegółowości w opisie położenia: a) w przypadku biedronki na lodydze kwiatu wystarczy podać, jak daleko jest od końca lodygi (przykład jednego wymiaru); b) w przypadku pajęczyny trzeba podać, na którym z promieni  $r$  i na którym okręgu złapała się mucha (przykład ruchu na płaszczyźnie, czyli w dwóch wymiarach); c) pszczoła wśród kwiatów porusza się w trzech kierunkach (góra–dół, lewo–prawo, dalej–bliżej).

Najprostszym przykładem ruchu jest ruch w jednym wymiarze, jak np. biedronki wzdłuż lodygi kwiatu lub biegaczy na dystansie 100 m na prostoliniowym odcinku bieżni.

Pająk działa w układzie biegunowym, tak jak się opisuje prawa ruchu planet i równanie Schrödingera zastosowane do atomu wodoru...



# Od trajektorii, do opisu matematycznego

W najprostszym przypadku ruchu zakładamy, że obiekty są tak małe, że można je przybliżyć przez *punkt*. Mówimy o *ruchu punktu materialnego*.

## ■ Graficzne przedstawienie połączenia



© PKP <http://rozklad-pkp.pl>

Rys. 3.2. „Graficzne przedstawienie połączenia” to uproszczona *trajektoria*. Z tego rodzaju wykresu nie potrafimy jeszcze wywnioskować, jak szybko jedzie pociąg na poszczególnych odcinkach drogi



# Od trajektorii, do opisu matematycznego

W najprostszym przypadku ruchu zakładamy, że obiekty są tak małe, że można je przybliżyć przez *punkt*. Mówimy o *ruchu punktu materialnego*.

## ■ Graficzne przedstawienie połączenia



**Tab. 3.1.** Rozkład jazdy pociągu z Gdańska do Warszawy.

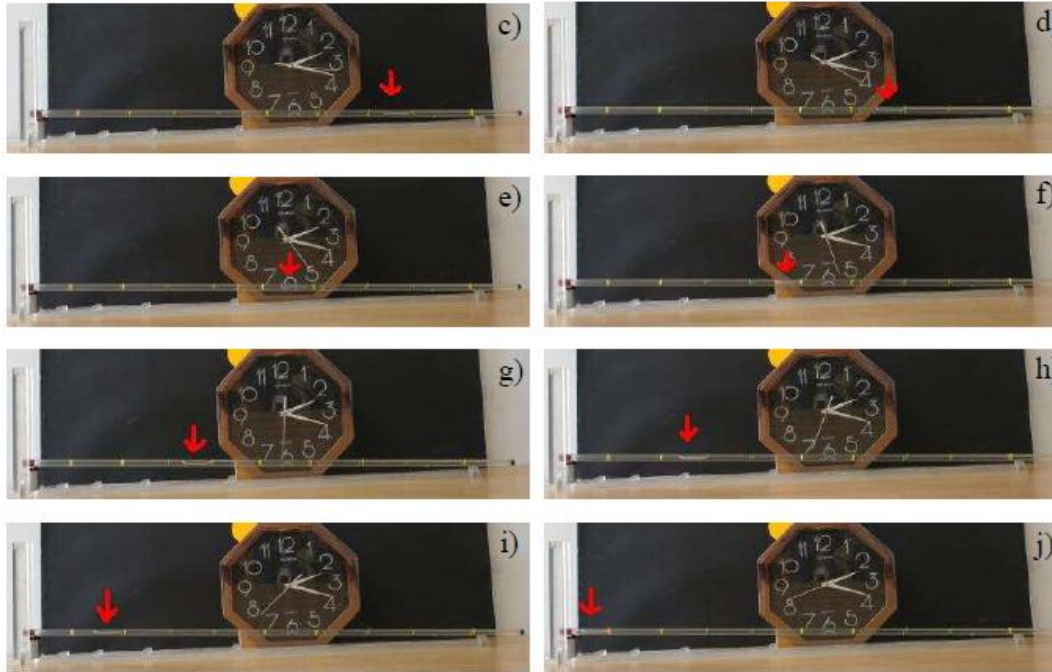
Stacja/przystanek	przyj.	odj.
<i>Gdańsk Główny</i>		06:59
<i>Tczew</i>	07:34	07:37
<i>Malbork</i>	07:59	08:00
<i>Iława Główna</i>	08:43	08:44
<i>Działdowo</i>	09:22	09:23
<i>Warszawa Wschodnia</i>	11:28	11:30
<i>Warszawa Centralna</i>		11:37

© PKP <http://rozklad-pkp.pl>

Rys. 3.2. „Graficzne przedstawienie nie potrafimy jeszcze wywnioskować”

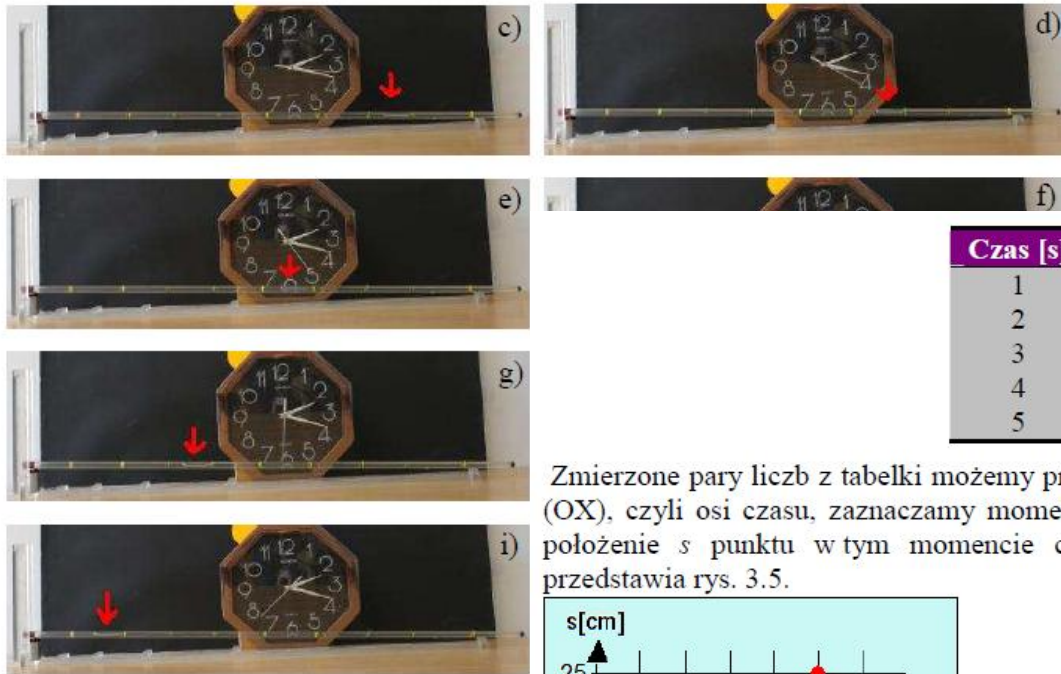
Czytamy z niej, że do Malborka, odległego od Gdańska o 51 km pociąg przyjeżdża po 60 minutach, a do Iławy, odległej od Gdańska o 120 kilometrów, po 104 minutach.

# Od doświadczenia, do uogólnienia



**Fot. 3.4.** Ruch bąbelka powietrza w lepkiej cieczy jest ruchem jednostajnym. W pokazanej sekwencji w ciągu 30 sekund bąbelek przebył drogę około 1 metra

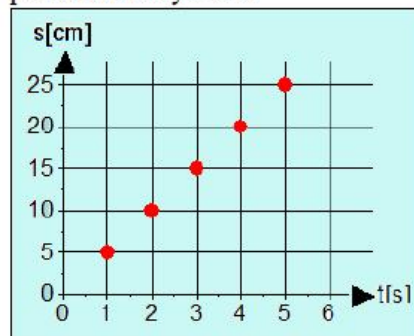
# Od doświadczenia, do uogólnienia



Fot. 3.4. Ruch bąbelka powietrza w lepkiej cieczy w ciągu 30 sekund bąbelki przebył drogę około 1 m

Czas [s]	Droga [cm]
1	5
2	10
3	15
4	20
5	25

Zmierzone pary liczb z tabelki możemy przedstawić na wykresie, w którym na osi poziomej (OX), czyli osi czasu, zaznaczamy momenty czasu  $t$ , a na osi pionowej (OY) zaznaczamy położenie  $s$  punktu w tym momencie czasu (innymi słowy, przebytą drogę). Wykres przedstawia rys. 3.5.



Rys. 3.5. Zależność czasowa –  $s(t)$ , przebytej drogi od czasu dla ruchu pęcherzyka w rurce na podstawie danych z tabelki 3.2

# Od doświadczenia, do uogólnienia

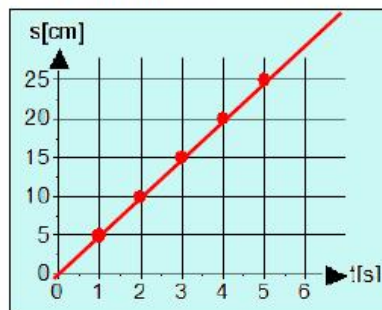


Fot. 3.5. Ruchem jednostajnym zsuwa się też neodymowy magnes po miedzianej płycie.

Tab. 3.3. Pomiar ruchu bąbelka w rurce z cieczą. Kolumna pierwsza oznacza czas w sekundach, który minął od początku ruchu. Kolumna druga oznacza drogę, którą przebył bąbelek do końca sekundy podanej w pierwszej kolumnie. Kolumnę trzecią otrzymujemy z podzielenia przebytej drogi przez zużyty czas.

Czas [s]	Droga [cm]	Droga/Czas [cm/s]
1	5	5
2	10	5
3	15	5
4	20	5
5	25	5

Znaleźliśmy kolejną właściwość ruchu bąbelka w cieczy: *przebyta droga jest wprost proporcjonalna do czasu*. Zależność proporcjonalna na wykresie  $s(t)$  jest linią prostą.



Rys. 3.6. W ruchu jednostajnym przebyta droga jest wprost proporcjonalna do czasu ruchu. Wykresem takiej zależności  $s(t)$  jest linia prosta.



# Prędkość: definicja, jaką lubimy

## 2. Prędkość w ruchu jednostajnym

Ruch *jednostajny* jest najprostszym przykładem ruchu. Jak widzieliśmy z tabeli 3.3., *przebyta droga* jest proporcjonalna do *czasu*, który upłynął. Ruch jednostajny możemy zdefiniować też inaczej – jako ruch o stałej *prędkości*.

Policzmy (tabela 3.4.) *poszczególne odcinki* drogi przebyte w *poszczególnych odcinkach* czasu. Innymi słowy pytamy teraz, jaką drogę przebył bąbelek w *pierwszej, drugiej, trzeciej* sekundzie ruchu w odróżnieniu od poprzedniej tabeli, gdzie badaliśmy *całkowitą drogę* przebytą od początku ruchu do *końca* określonej sekundy<sup>12</sup>.

**Tab. 3.4.** Pomiar ruchu bąbelka w rurce z cieczą. W trzeciej kolumnie zaznaczyliśmy drogi  $\Delta s$  przebyte w kolejnych sekundach: *pierwszej, drugiej, trzeciej* itd. W każdej sekundzie bąbelek przebywa taką samą drogę; mówimy, że *prędkość* ruchu jest *stała*.

Czas [s]	Droga [cm]	$\Delta s$ [cm]
0	0	
		5
1	5	
		5
2	10	
		5
3	15	
		5
4	20	
		5
5	25	

„Droga przebyta w ciągu drugiej sekundy”

„Droga przebyta od początku ruchu do końca drugiej sekundy”

„Droga przebyta w ciągu dwóch sekund”



# Prędkość: definicja „praktyczna”

Kierowca na autostradzie A1 ustawił automat na prędkość 120 km/h. Jaką drogę przebędzie samochód w ciągu 15 minut? Jeśli utrzyma tę prędkość przez 45 minut, jaką drogę przebędzie?

Fot. 3.6. Prędkościomierz samochodu (po prawej).  
Automat ustawił prędkość jazdy na 120 km/h.



Rozwiązanie:

Ponieważ prędkość pozostaje stała, możemy skorzystać ze wzoru na drogę  $s = v \cdot t$

$$\text{i) } t = 15 \text{ min} = \frac{1}{4} \text{ h,}$$

$$s = 120 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{4} \text{ h} = 30 \text{ km.}$$

W ciągu 15 minut samochód przebędzie 30 kilometrów.

$$\text{ii) } t = 45 \text{ min} = \frac{3}{4} \text{ h,}$$

$$s = 120 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{3}{4} \text{ h} = 90 \text{ km.}$$

W ciągu 45 minut samochód przebędzie 90 kilometrów.

Prędkość to ta wielkość, którą wskazuje „tachometr” (DE) w samochodzie twojego taty. Możesz to sprawdzić sam, jeśli masz w komórce stoper, licząc słupki na autostradzie.

# Prędkość: definicja „praktyczna”

Kierowca na autostradzie A1 ustawił automat na prędkość 120 km/h. Jaką drogę przebędzie samochód w ciągu 15 minut? Jeśli utrzyma tę prędkość przez 45 minut, jaką drogę przebedzi? Przykład 3.7.

Fot. 3.6.  
Automat

Przejazd z Gdańska do Torunia składa się z dwóch odcinków. Na autostradzie samochód jedzie z prędkością 120 km/h przez 1 godzinę, po czym przez kolejną godzinę po drodze zwykłej, z prędkością 60 km/h. Oblicz prędkość średnią samochodu na całej trasie.

Rozwiąz

Poniewa

i)  $t = 15$

$s = 120$

W ciągu

ii)  $t = 45$

$s = 120$

W ciągu

**Fot. 3.8.** Autostrada z Gdańska do Torunia kończy się w Świeciu (2010 r.), a dalej prowadzi zwykła droga. Średniej prędkości na całej trasie nie możemy obliczać jako średniej z prędkości na poszczególnych odcinkach – potrzebna jest informacja, ile te odcinki wynoszą, zob. rozwiązanie poniżej

Rozwiązanie:

Obliczmy najpierw całkowitą drogę przebytą. Składa się ona z dwóch odcinków,  $s_1$  przebytej z prędkością  $v_1 = 120$  km/h i odcinka  $s_2$  przebytego z prędkością  $v_2 = 60$  km/h. Czasy przejazdu obu odcinków  $t_1$  i  $t_2$  są takie same  $t_1 = t_2 = 1$  h.



Prędkość to ta wielkość, którą wskazuje „tachometr” (DE) w samochodzie twojego taty. Możesz to sprawdzić sam, jeśli masz w komórce stoper, licząc słupki na autostradzie.



# Prędkość: definicja „instrumentalna”

## Jak mierzy prędkość samochód, a jak samolot?

Aby zmierzyć prędkość chwilową, możemy skorzystać z tej samej metody do obliczenia prędkości średniej: zmierzyć przebytą drogę w określonym czasie. Tak to się robi na przykład w zawodach bicia rekordów szybkości na wyschniętym słonym jeziorze Bonneville Salt Flats w USA. Samochód (lub inny pojazd) najpierw się rozpędza na dystansie kilku mil, a samą prędkość mierzy się na odcinku jednej mili (1,6 km). Oczywiście, można by wybrać krótszy odcinek (i czas) pomiaru, jako że i na odcinku jednej mili prędkość może się zmieniać. Ale jak krótki?

Można liczyć czas przejazdu między słupkami na autostradzie (100 m), ale i na tak krótkim odcinku może zdarzyć się nagle hamowanie. Wyznaczenie prędkości przez pomiar odległości i czasu może nastroić pewnych trudności. Prędkościomierz samochodu działa więc na innej zasadzie. Poruszające się koło napędza urządzenie do wytwarzania prądu, małą prądnicę, wytworzony prąd przepływa przez nią, a ta z kolei powoduje odchylenie się wskazówki pomiaru prądu elektrycznego z prądnicy napędzanej przez obracające się koło. Nowoczesne prędkościomierze zliczają impulsy w określonym czasie z nacięć na obracającym się kole.

Prędkościomierz samolotu działa na jeszcze innej zasadzie. W powietrzu nie ma słupków kilometrowych, aby mierzyć odległość. Jedyńm ośrodkiem odniesienia jest właśnie powietrze. Czujnik prędkości w samolocie wykorzystuje obecność powietrza, a właściwie jego *ciśnienie*. Ciśnienie to jest inne, jeżeli mierzymy je w kierunku lotu, inne jeśli mierzymy je „z boku”. Urządzenie do pomiaru prędkości samolotu składa się z dwóch rurek mierzących ciśnienie, tzw. rurek Pitota. Prędkość wyznacza się z porównania ciśnień w obu rurkach.

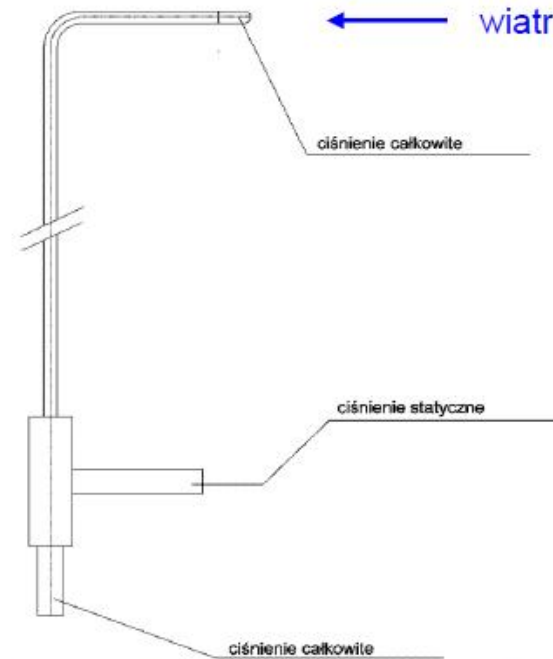
# Prędkość: definicja „instrumentalna”

## Jak mierzy prędkość

Aby zmierzyć prędkość średnią: zmierz rekordów szybkość (pojazd) najpierw s (1,6 km). Oczywiście prędkość może się

Można liczyć czas zdarzyć się nagle l pewnych trudności napędza urządzeni z kolei powoduje obracające się koła obracającym się ko

Prędkościomierz s aby mierzyć odle w samolocie wyko mierzymy je w kier składa się z dwócl ciśnien w obu rurkach.



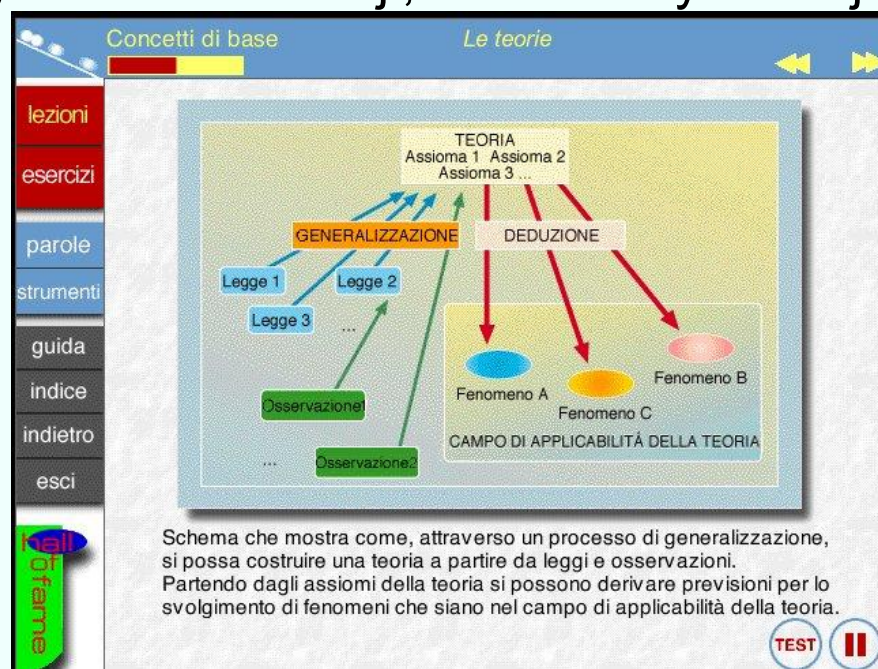
Rys. 3.9. Urządzenie do pomiaru prędkości samolotu (względem powietrza) – tzw. rurka Pitota. Zagięty koniec rurki, wychodzący na zewnątrz samolotu jest skierowany w kierunku lotu i mierzy całkowite ciśnienie (statyczne plus dodatkowe ciśnienie wynikające z prędkości lotu); ciśnienie statyczne jest natomiast mierzone w miejscu osłoniętym od wiatru. Awaria tego urządzenia (i w efekcie błędny pomiar prędkości lotu) były powodem katastrofy Airbusa lecącego z Paryża do San Paolo w 2008 roku



# Prawa doświadczalne a teoria

Sformułować teorię oznacza uogólnić to, czego się nauczyliśmy z eksperymentów, proponując schemat logiczny opierający się na pewnych założeniach lub aksjomatach.

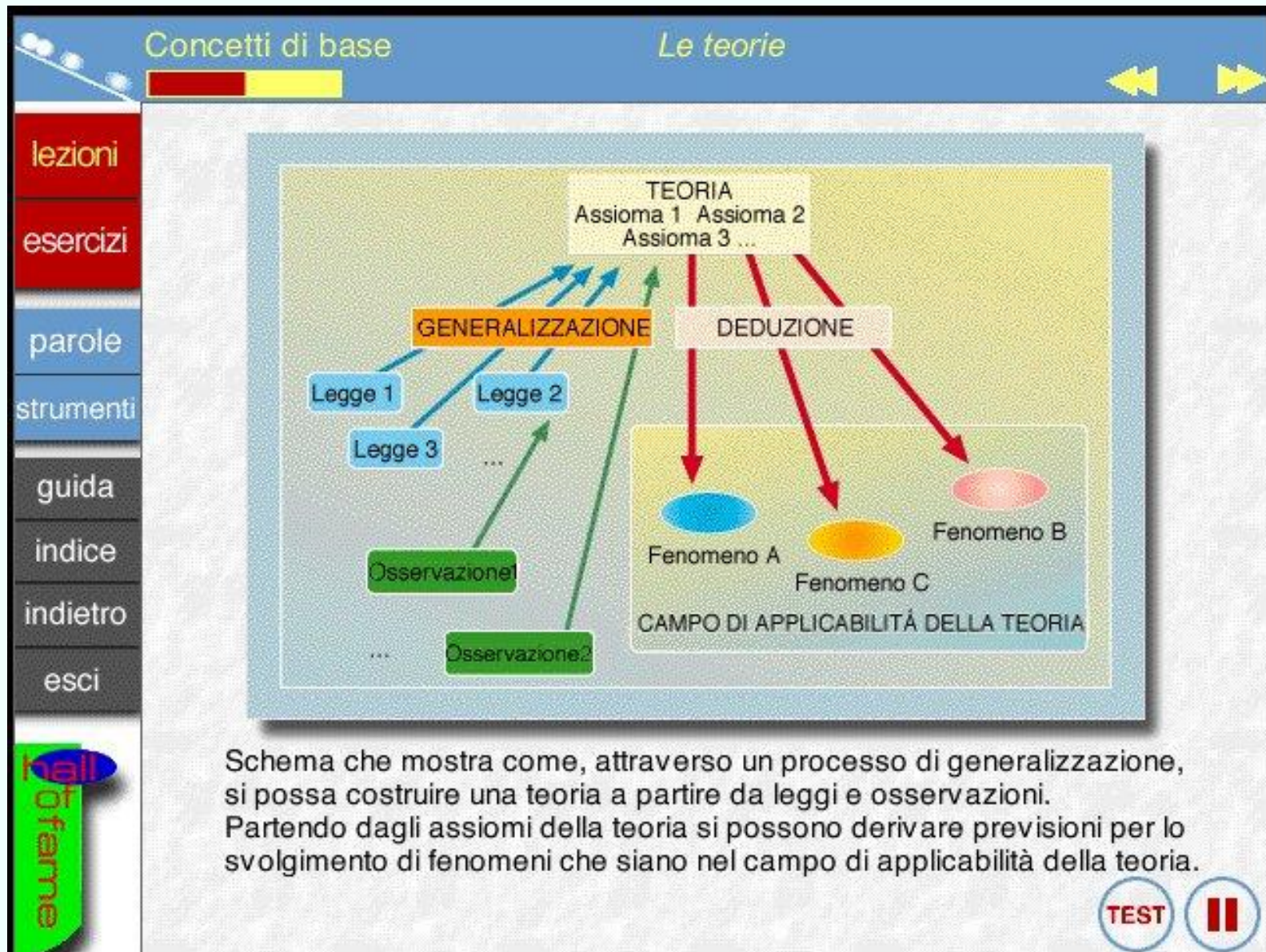
Teoria, która opiera się na danych doświadczalnych musi pozwolić na przewidywanie nowych konsekwencji, nie zawartych w zjawiskach już znanych.



Nie jest możliwe dowiedzenie, że teoria jest prawdziwa [w odróżnieniu od matematyki]. Teoria jest uważana za *tymczasowo* prawdziwą, **w ściśle określonych ramach stosowności.**



# Prawa doświadczalne a teoria



# Reasumując...

Reasumując, trudności uczniów, są jednocześnie trudnościami nauczycieli (i wykładowców uniwersyteckich) w takim formułowaniu lekcji, aby była ona zrozumiała (i przyjemna, cytując twórcę „Wielkiej Dydaktyki” J. Komeńskiego 1657) a jednocześnie odpowiadała *aksjomatycznej* i doświadczalnej strukturze teorii fizycznych.

Nauczyciel fizyki musi więc dysponować (swobodnie):

- umiejętnościami matematycznymi – myślenia ścisłego i dedukcyjnego
- umiejętnościami humanistycznymi – sprawnego operowania językiem ojczystym (i innymi, jeśli brakuje synonimów) oraz precyzyjnego i prostego wyrażania złożonych myśli
- umiejętnościami obserwacji świata zewnętrznego i kojarzenia analogii między zjawiskami/ obiektami
- umiejętnościami społecznymi i pedagogicznymi – szacunku dla ucznia i jego indywidualności

**Dziękuję za uwagę!**

To wszystko, od 1987 jest zawarte w koncepcji *Pedagogical Knowledge Contents* (Lee Shulman, Harvard, zob. wykłady GK z Dydaktyki Kognitywistycznej).