

Filozofia przyrody (nauki)

Wykład XIX: Popper, (Morin), Heisenberg
Gadamer, Feyerabend

Filozofia nauki XX wieku

Część II: Mechanika kwantowa, teorie i dydaktyka

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Karwasz
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

https://scholar.google.com/citations?user=z-gn_IsAAAAJ&hl=en

<https://www.researchgate.net/profile/Grzegorz-Karwasz>

<https://orcid.org/0000-0001-7090-3123>

„Filozofia nauki”

„W poprzednich okresach, filozofowie uważali, że istnieje metafizyka przyrody, dział wiedzy głębszy i bardziej zasadniczy niż każda z nauk empirycznych. [...] Dziś filozof nauki nie wierzy już w istnienie tego rodzaju metafizyki; stara filozofia przyrody została zastąpiona przez filozofię nauki, i ta najnowsza filozofia nie interesuje się odkrywaniem faktów i praw (co dziś jest zadaniem naukowca empiryka) ani metafizyką świata. Filozofia nauki zwraca uwagę na samą naukę, studiując pojęcia, które owa stosuje, metody które używa, jej możliwe rezultaty, formy jej stwierdzeń i typy logiki, które są stosowane.” (R. Carnap, *Philosophical Foundations of Physics*)

„Ale obszerna literatura [...] obejmuje również rozważania metafizyczne na temat odpowiedniości przedstawień naukowych świata i ich relacji z wyobrażeniami powszednimi, rozważania nt. aktualności i praktyczności; w świetle nauki obecnej znaczenie pojęć, jak „substancja” (Whitehead), materia i przyczynowość (Bertrand Russell); i w końcu rozważania etyczne nt. konsekwencji odkryć naukowych i ich zastosowań, jak też rozważania nt. „wplywowych metafizyk”, wizji świata i ich założeń kategorialnych, wpływających na jej rozwój.

Karl Popper: stolarz, nauczyciel, filozof

Urodzony w Wiedniu w 1902 r. Ojciec Simon był znanym prawnikiem oraz działaczem społecznym o poglądach liberalnych i antyklerykalnym, a także mistrzem loży masońskiej. Matka była uzdolnioną pianistką. Rodzice Karla byli Żydami, którzy przeszli na protestantyzm, „religię niemieckiego Oświecenia”. [...] skutki przegranej wojny [...] W szczególności inflacja pozbawiła ich rodzinę wszelkich oszczędności.

W 1918 r. Karl opuścił dom, imał się różnych zajęć, w tym praktyki czeladniczej u stolarza i pracy opiekuńczej nad zaniedbanymi dziećmi. Przystąpił też do ruchu socjaldemokratycznego [...] młody Popper na trwale zwrócił się przeciw komunizmowi.

W latach 1918-22 na Uniwersytecie Wiedeńskim [...] a następnie na Pädagogischen Universität, gdzie spotkał swoją przyszłą żonę Hennie.

[...] Do końca życia nie znosił dymu tytoniowego ani alkoholu. Studiował do 1928 r., gdy uzyskał doktorat z pedagogiki u Moritza Schilicka, założyciela Koła Wiedeńskiego (str. 282)

A. Chmielewski, *Karl Popper – twórca krytycznego racjonalizmu*, w: *Filozofia XX wieku*, Wiedza Powszechna, Warszawa, 2002

Karl Popper: „Wiedza obiektywna”

W 1919 r. Popper wysłuchał wykładu Alberta Einsteina, z którego, jak przyznał, niewiele zrozumiał, zapamiętał jednak stwierdzenie Einsteina, że uzna swoją teorię za fałszywą, gdy wynikające z niej przewidywanie przesunięcia spektralnego ku czerwieni nie zostanie potwierdzone. Był poruszony jego postawą. Uznał ją za radykalnie odmienną od znanej sobie postawy zwolenników psychoanalizy i marksizmu, którzy każde wydarzenie uznawali za potwierdzenie ich teorii i dla których nie było faktu nie dającego się wyjaśnić w zgodzie z ich teorią.

W 1929 r. Popper przedstawił pracę *Axiome, Definitionem und Postulat der Geometrie*, na podstawie której uzyskał kwalifikacje nauczyciela przedmiotów ścisłych w szkołach podstawowych. W 1930 r. otrzymał pierwsze stanowisko i ożenił się z Hennie (ich bezdzietne małżeństwo przetrwało do 1985 r., tj. do śmierci Hennie).

Na rok przed aneksją Austrii wyemigrował do Nowej Zelandii, jak mówiła Hennie „w połowie drogi na księżyc”. W styczniu 1946 objął stanowisko profesora logiki i metody naukowej w London School of Economics.

tamże

Karl Popper: tworzenie nauki

Swoją koncepcję rozwoju nauki Popper rozpoczyna od rozróżnienia na stadium początkowego, w którym uczony wpada na pomysł teoretyczny, i etap sprawdzania, czy pomysł ten (domysł, hipoteza, przypuszczenie – *conjecture*) jest dobry. Jest to innymi rozróżnienie na „kontekst odkrywania” i „kontekst uzasadniania”. Popper świadomie pomija kontekst odkrywania teorii, a więc różne możliwe kulturowe i inne czynniki, które mogą stanowić bodźce nasuwające uczonemu pomysł teorii, twierdząc, że tą sferą ludzkiej twórczości może się zająć psychologia empiryczna, nie zaś metodologia. [...]

„Nie istnieje nic takiego, jako logiczna metoda wpadania na nowe pomysły lub logiczna rekonstrukcja tego procesu. Stanowisko moje mogę ująć mówiąc, że każde odkrycie kryje element irracjonalny lub intuicję twórczą w sensie Bergsona. A zatem metoda nauki, jako metoda dochodzenia do nowych idei w nauce, nie istnieje”. (tamże, str. 291)

„Swoje wykłady na temat metody naukowej rozpoczynam od powiadomienia moich studentów, że metoda naukowa nie istnieje. Dodaję również, że mogą mi pod tym względem zaufać, ponieważ jestem jedynym profesorem tego nie istniejącego przedmiotu we Wspólnocie Brytyjskiej.” (K. Popper, *Realism and the Aim of Science*, New Jersey, 1983, s. 5-6)

Karl Popper: tworzenie nauki

„Ze stanowiska Poppera wynika, że metafizyki nie należy się lękać i od niej stronić, przeciwnie, może się ona okazać bardzo płodnym źródłem pomysłów dających się przekształcić w teorie naukowe:

«Kopernikańska idea ustanowienia w centrum wszechświata Słońca raczej niż Ziemi [błąd, drogi Karolu: Kopernik nie pisał, że Słońce stanowi środek świata, ale jedynie, że „planety krążą dookoła środka Słońca, lub punktu, który od tego środka jest niedaleko”] nie była rezultatem nowych obserwacji [błąd, drogi Karolu: w Padwie, w 1501 roku Kopernik z kolegą, Domenico di Novara, przeprowadził obserwację decydującą o obaleniu modelu Ptolemeusza; z modelu tego wynikało, że w nowiu Księżyc jest znacznie bliżej Ziemi niż w pełni, czyli powinien wyglądać na większy; jak zmierzyć średnicę Księżyca w nowiu, czyli kiedy jest ciemny? Przez zaćmienie jakiejś jasnej gwiazdy, np. Aldebarana.]

lecz nowej interpretacji starych i dobrze znanych faktów w świetle na poły religijnych, platońskich i neoplatońskich idei. Za tą rozstrzygającą ideą można posuwać się wstecz aż do 6-tej księgi *Państwa* Platona [...] Zatem ta platońska idea formułuje historyczne tło rewolucji kopernikańskiej. Rozpoczyna się nie od obserwacji, lecz od religijnej czy mitologicznej idei. Tak piękne, choć niezwykle pomysły wielcy myśliciele przedstawiają równie często jak szaleńcy».

K. Popper, *Conjectures and Refutations*, s. 187, wyd. pol. *Droga do wiedzy*, s.317

Oj, Karol, Karol, teraz do przesadziłeś! Zaraz się zajmujemy Kopernikiem...

Karl Popper: kryterium falsyfikacji

„Jednak nawet takie „szaleńcze” pochodzenie idei czy pomysłu nie dyskwalifikuje go jako hipotezy potencjalnie naukowej [GK: hipotezy roboczej]

Następnym krokiem, aby pomysł taki stał się pełnowartościową teorią naukową jest jego ścisłe i wyraźne sformułowanie i wyprowadzenie z niego konsekwencji logicznych i przewidywań oraz poddanie go rygorystycznemu sprawdzeniu za pomocą kontroli empirycznej.” (str. 292-3)

Albert Einstein: „ostatecznym sprawdzianem każdej teorii fizycznej jest doświadczenie.” On sam, w każdym artykule podawał sposób doświadczalny na sprawdzenie teorii, zob. dalej.

„Kontrola empiryczna winna zaś polegać na porównaniu przewidywań z uznanymi zdaniem empirycznymi. [...] Gdy zaś konsekwencje logiczne naszej hipotezy okazują się zgodne z danymi doświadczenia, należy kontynuować proces sprawdzania, nie zadowolając się początkowym sukcesem i poddawać ją nowym testom. [A, tak?]

Prawdziwe naukowe sprawdzanie teorii polega więc nie na poszukiwaniu potwierdzenia dla takiej idei, lecz na wystawianiu jej na możliwe najtrudniejsze próby, tj. na dążeniu do jej obalenia – **falsyfikacji.**” (str. 293)

Karl Popper: tworzenie nauki

Swoją koncepcję rozwoju nauki Popper rozpoczyna od rozróżnienia na stadium początkowego, w którym uczony wpada na pomysł teoretyczny, i etap sprawdzania, czy pomysł ten (domysł, hipoteza, przypuszczenie – *conjecture*) jest dobry.

Nie jest tak jak pisze Popper.

Na początku jest pomysł: co w fizyce „nie gra”? co jest „podejrzane”? co jest zaskakujące? co nie zostało zmierzone przez innych?

Później jest ocena możliwości: jakie doświadczenie/ obliczenia trzeba przeprowadzić? Jaka aparatura lub aparat matematyczny jest potrzebny?

Później ocena pobieżna: doświadczenie „na oko” dla oceny efektu

Później długoletnie cykle pomiarowe/ powtórzenie/ zmiana parametrów pomiarowych/ rozstrojenie aparatury itd. (poszukiwania falsyfikacji)

Później: - porównanie z różnymi, alternatywnymi, komplementarnymi teoriami

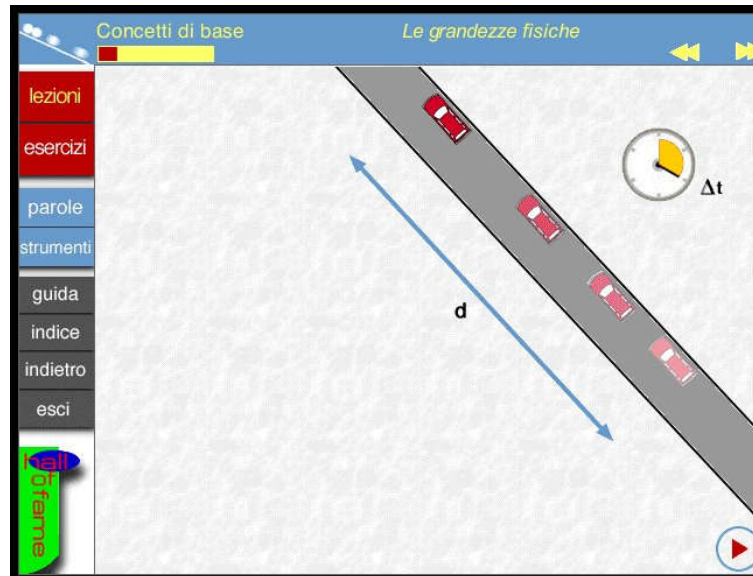
- rozszerzenie wniosków na inne, niezmierzone obiekty,
- podniesienie o stopień wyżej techniki pomiarowej
- dalsze wytyczne dla doświadczeń i teorii – wnioski dla innych dziedzin

GK, ok. 250 artykułów naukowych w dorobku

Pojęcia podstawowe

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

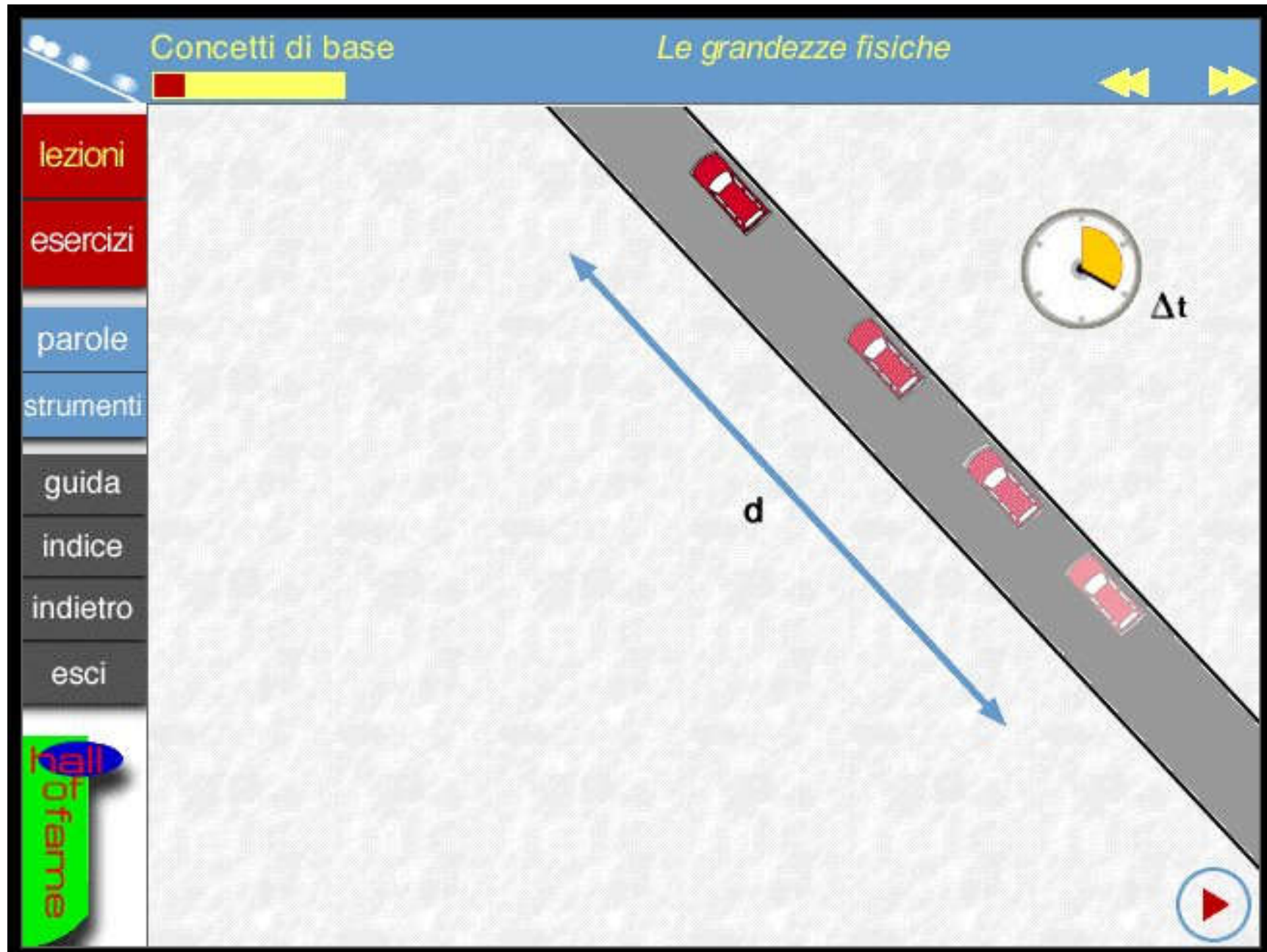
Są to raczej wytwory (konceptcje) naszego umysłu, czyli wielkości abstrakcyjne, które jednak pozostają w ścisłej relacji z systemami materialnymi, które chcemy badać.



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.

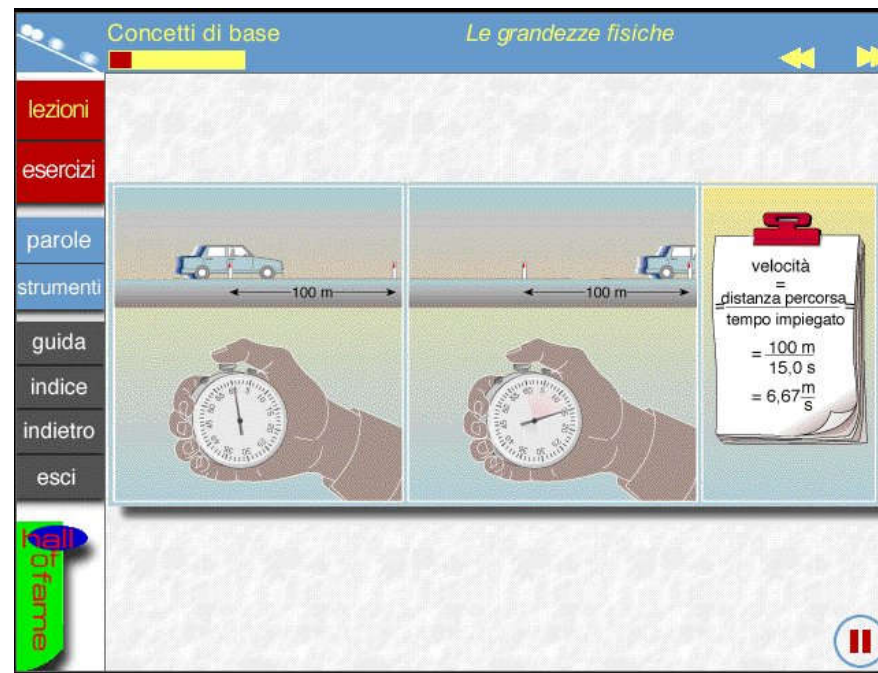
Aby na przykład wyjaśnić komuś, co uważamy za prędkość, trzeba podać jakich przyrządów używamy i w jaki sposób je używamy oraz jakie przeprowadzamy obliczenia.

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 delle grandezze fisiche

Concetti di base

Le grandezze fisiche

lezioni

esercizi

parole

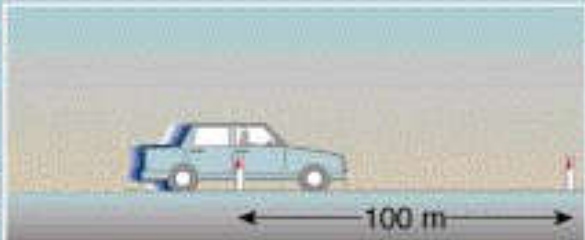
strumenti

guida

indice

indietro

esci





velocità

=

distanza percorsa

tempo impiegato

=

$\frac{100 \text{ m}}{15,0 \text{ s}}$

=

$6,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

hall

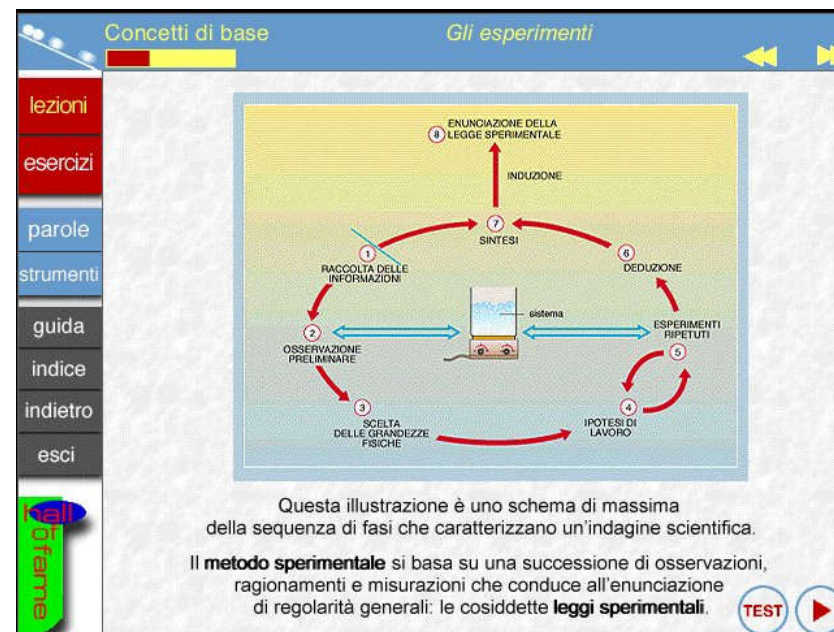
off

frame



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

Concetti di base

Gli esperimenti

lezioni

esercizi

parole

strumenti

guida

indice

indietro

esci

hall

offame

Questa illustrazione è uno schema di massima della sequenza di fasi che caratterizzano un'indagine scientifica.

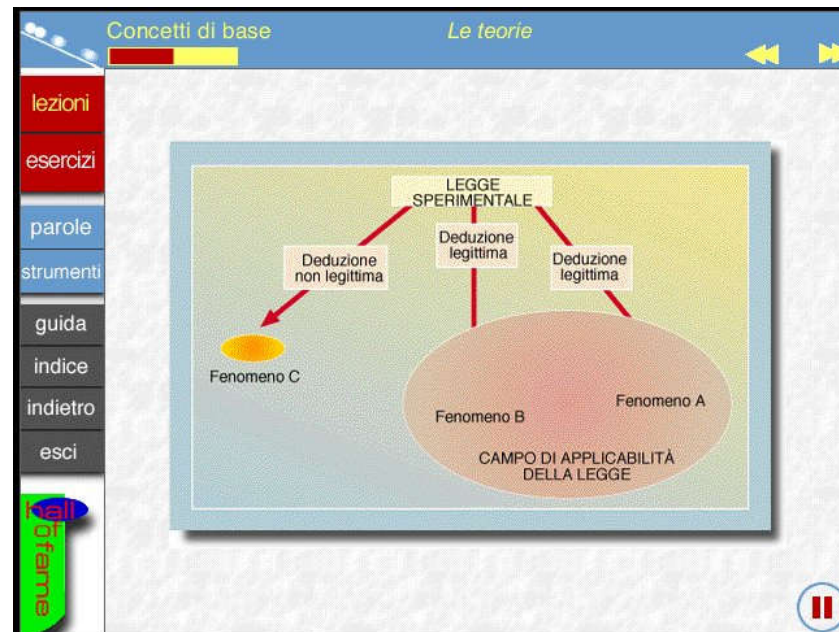
Il **metodo sperimentale** si basa su una successione di osservazioni, ragionamenti e misurazioni che conduce all'enunciazione di regolarità generali: le cosiddette **leggi sperimentali**.

TEST

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

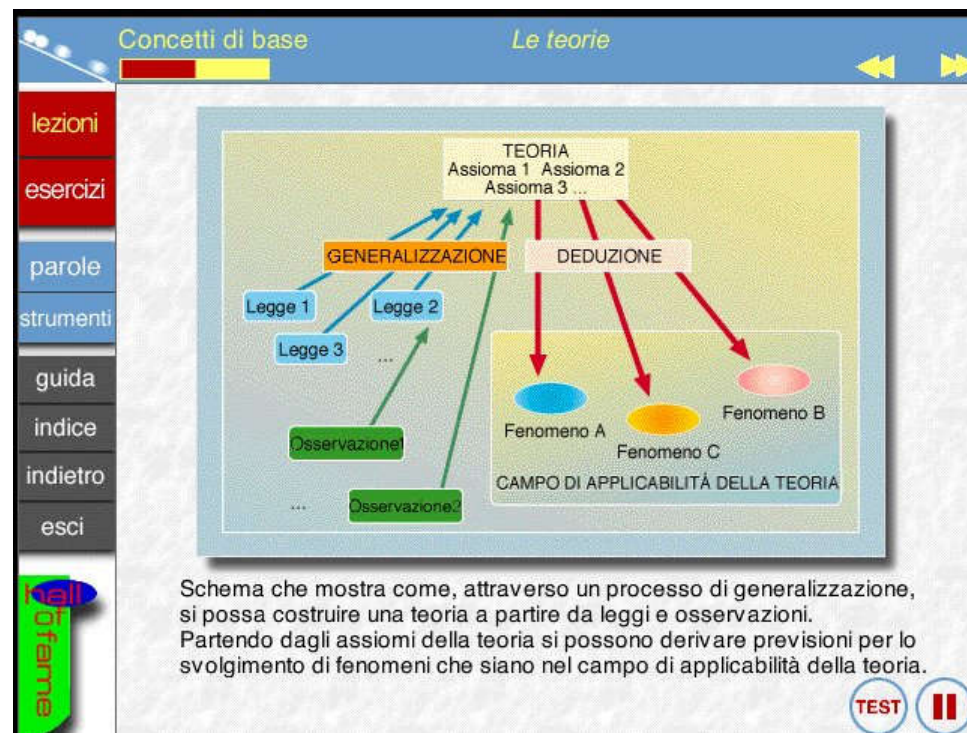
Wnioskowanie słuszne/ Wnioskowanie niesłuszne

Zakres stosowalności prawa

Prawa doświadczalne a teoria

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 fenomenach 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

Concetti di base

Le teorie

lezioni

esercizi

parole

strumenti

guida

indice

indietro

esci

Schema che mostra come, attraverso un processo di generalizzazione, si possa costruire una teoria a partire da leggi e osservazioni. Partendo dagli assiomi della teoria si possono derivare previsioni per lo svolgimento di fenomeni che siano nel campo di applicabilità della teoria.

TEST

II

```
graph TD; subgraph "TEORIA"; A1[Assioma 1]; A2[Assioma 2]; A3[Assioma 3 ...]; end; subgraph "GENERALIZZAZIONE"; L1[Legge 1]; L2[Legge 2]; L3[Legge 3]; end; subgraph "DEDUZIONE"; F1(Fenomeno A); F2(Fenomeno B); F3(Fenomeno C); end; subgraph "CAMPO DI APPLICABILITÀ DELLA TEORIA"; F1; F2; F3; end; O1[Osservazione1]; O2[Osservazione2]; O1 --> L1; O1 --> L2; O1 --> L3; O2 --> L2; O2 --> L3; L1 --> A1; L1 --> A2; L1 --> A3; L2 --> A1; L2 --> A2; L2 --> A3; L3 --> A1; L3 --> A2; L3 --> A3; A1 --> F1; A1 --> F2; A1 --> F3; A2 --> F1; A2 --> F2; A2 --> F3; A3 --> F1; A3 --> F2; A3 --> F3;
```

Karl Popper: „Wiedza obiektywna”

„Zdroworozsądkowa teoria wiedzy brała za pewnik, że istnieje tylko jeden rodzaj wiedzy – wiedza będąca w posiadaniu określonego podmiotu poznającego. Ten typ wiedzy określam mianem „wiedzy subiektywnej”. [...] Przykładem wiedzy obiektywnej są teorie opublikowane w czasopismach i książkach.

Świat fizyczny nazywam „światem 1”, świat doświadczeń świadomościowych „światem 2”, zaś świat logicznych *treści* książek, [...] „światem 3”.

Mam kilka tez na temat świata „No. 3”:

- 1) możemy w tym świecie odkrywać nowe problemy. *Przykład*: odkryliśmy liczby pierwsze, co miało tę konsekwencję, że powstał problem Euklidesa, czy ciąg liczb pierwszych jest nieskończony [nadal jest to jeden z głównych problemów kryptologii].
- 2) świat ten jest autonomiczny – możemy w nim dokonywać odkryć jak w świecie fizycznym
- 3) nasza świadoma wiedza subiektywna (wiedza świata 2) zależy od świata „3” to znaczy od (przynajmniej potencjalnie) *sformułowanych językowo* teorii.”

[Jest to w języku współczesnym rozwinięcie koncepcji Kanta sądów syntetycznych *a priori*, bardzo dobrze oddająca metodologię pracy naukowej.]

Popper: Realizm i subiektywizm w fizyce

„W dwóch ważnych obszarach badań fizycznych fizycy nie tylko dopuścili subiektywizm, ale nadali mu specjalną rangę. Jest to Boltzmannowa teoria subiektywności upływu czasu oraz Heisenberga interpretacja formuł nieoznaczoności jako określających dolną granicę skutku interferencji obserwatora wobec obserwowanego obiektu.

[Po czym następuje dość ryzykowna interpretacja zasady Heisenberga, ale wnioski są sensowne.]

Eksperymenty tego typu są przeprowadzane codziennie we wszystkich laboratoriach fizycznych. Obalają one [?] interpretację indeterministyczną Heisenberga, ponieważ pomiary (choć nie przewidywania oparte na nich oparte) są bardziej precyzyjne, niż na to pozwala ta interpretacja. [...]

Podsumowując: nie ma żadnych powodów, aby wątpić w realistyczny i obiektywistyczny charakter całej fizyki. Rola obserwatora w fizyce współczesnej nie jest wcale odmienna od roli w dynamice Newtona czy w teorii Maxwella: obserwator jest zasadniczo człowiekiem dokonującym sprawdzenia teorii [ale czasem również odkrywcą zjawisk nieprzewidzianych]. W tym celu potrzebuje on wielu innych teorii, teorii konkurencyjnych i teorii dodatkowych. Wszystko to dowodzi, że jesteśmy nie tyle obserwatorami, co myślicielami.”

K. Popper, *Wiedza obiektywna* str. 360)

Karl Popper: Empiryzm należy rozumieć jako...

„Empiryzm w wersji Locke’a, Berkeley’a i Hume’a należy rozumieć w jego historycznym kontekście. Głównym problemem empiryzmu była po prostu kontrowersja pomiędzy religią i niereligijnością czy, ściślej: racjonalne uzasadnienie i w ogóle problem uzasadnialności chrześcijaństwa w porównaniu z wiedzą naukową [przywołujemy tu zdanie Messoriego o nie-możliwości definitywnego uzasadnienia wiary]. Wyjaśnia to, dlaczego empiryzm traktuje wiedzę przez cały czas jako rodzaj wiary – wiary uzasadnionej przez doświadczenie, zwłaszcza doświadczenie postrzegawcze, doświadczenie naszych zmysłów.

Jakkolwiek ich stanowiska różnią się między sobą znacznie, gdy idzie o stosunek do nauki, zasadniczo każdy z nich zgadzał się z wymogiem, że powinniśmy odrzucać wszelkie zdania – w szczególności zdania o znaczeniu egzystencjalnym – jeśli nie są one dostatecznie uzasadnione, i przyjmować tylko te zdania, dla których mamy dostatecznie zweryfikowane dane, tj. te, które można udowodnić lub zweryfikować za pomocą danych zmysłowych.”

(K. Popper, *Wiedza obiektywna*, PWN, 2012, str. 164)

Zobaczmy, co trzysta lat później wynikło z takiego podejścia do nauki...

*La tête bien faite**

Teaching Science in XXI Century

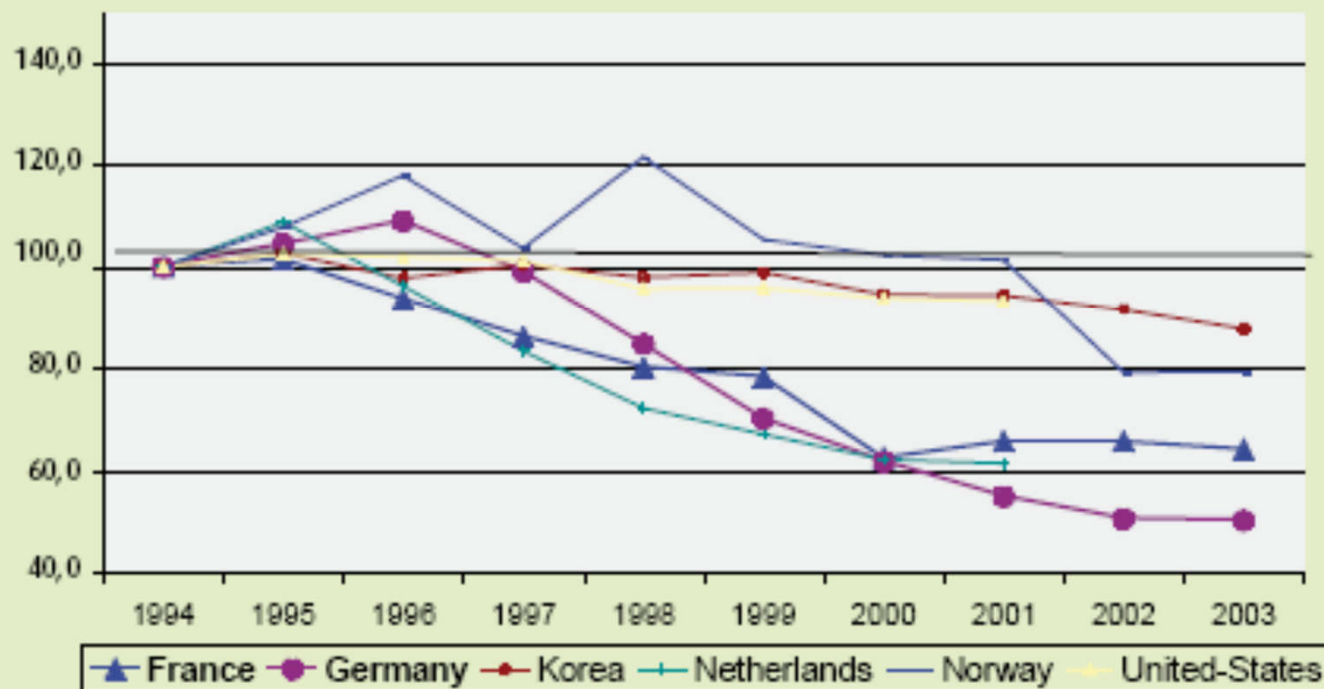
Grzegorz Karwasz

Zakład Dydaktyki Fizyki UMK

*Edgar Morin, *La tête bien faite*
„Głowa dobrze zrobiona. Reforma edukacji i reforma myślenia” Seuil, Paris, 1999

EU (2007) „Rocards’ Report”

Total number of physical science graduates
in selected countries index 100: 1994



ISBN – 978-92-79-05659-8

ISSN 1018-5593

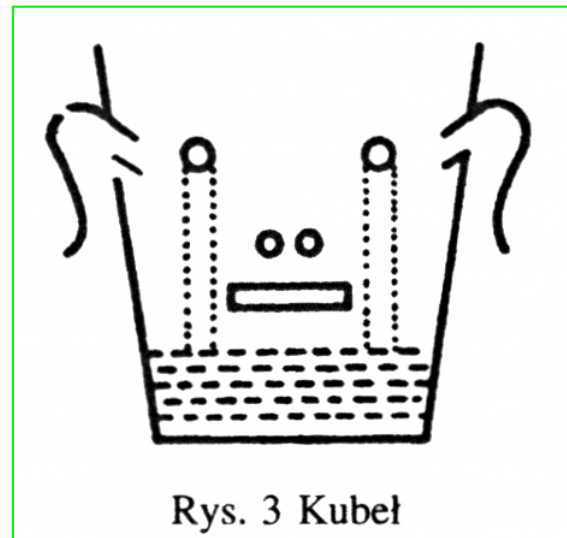
© European Communities, 2007

Reproduction is authorised provided the source is acknowledged.

Printed in Belgium

Karl Popper: Kubłowa teoria umysłu

„Nasze różne zmysły są więc *źródłem naszej wiedzy* – są one źródłami albo wejściami do naszego umysłu. Teorii tej nadałem nazwę kubłowej teorii umysłu. Kubłową teorię umysłu najlepiej przedstawia poniższy rysunek.



„Nasz umysł jest kubłem z początku pustym albo prawie pustym, do którego wpada poprzez zmysły (albo poprzez lejek do napełniania go od góry [zwany szkołą]) materiał, który gromadzi się tam i podlega procesowi trawienia.

Edgar Morin (1999): „Głowa dobrze zrobiona”

- Nasz [tj. francuski] uniwersytet przygotowuje na całym świecie wielką ilość specjalistów w ściśle i z góry określonych dziedzinach, a więc sztucznie ograniczonych, natomiast zasadnicza część aktywności społecznej, jak nawet sam rozwój nauki, wymaga ludzi o szerokim polu widzenia a jednocześnie o umiejętności ogniskowania uwagi na sednie problemów - wymaga nowego postępu, przekraczającego tradycyjne podziały dyscyplin naukowych.
- Powstaje niedopasowanie - ciągle coraz głębsze, szersze i poważniejsze – pomiędzy naszą wiedzą rozcłódkowaną, oddzieloną, nieciągłą z jednej strony, a istotą problemów, ciągle coraz bardziej poli-dyscyplinarnych, poprzecznych, wielowymiarowych, ponad-narodowych, globalnych, planetarnych - z drugiej. [...] I tak, hyper-specjalizacja uniemożliwia tak wizję globalną problemów (którą to rozcłódkuje na pojedyncze części) jak i wizję dogłębną (którą to rozmywa). Natomiast problemy zasadnicze nie są nigdy rozcłódkowane, a problemy globalne są zawsze zasadnicze. I coraz częściej, wszystkie problemy szczegółowe mogą zostać sformułowane i prawidłowo rozstrzygane jedynie w ich szerszym kontekście, i sam ten kontekst musi coraz częściej być umiejscawiany w kontekście planetarnym.
- „Podejście redukcyjne, które polega na poszukiwaniu szeregu czynników dla zdefiniowania całości problemów, z którymi obecnie się borykamy, jest bardziej problemem samym w sobie niż ich rozwiązaniem.”



Edgar Morin: „Głowa dobrze zrobiona”

- „„Uczymy, począwszy od szkoły podstawowej, izolowania obiektów (z ich środowiska) [np. spadek ciał], dzielenia dyscyplin naukowych (zamiast przyznawania się do ich solidarności), wydzielania problemów, zamiast ich łączenia i integrowania. Dochodzi się do redukowania złożonego na proste, to znaczy oddzielania tego co jest połączone, rozkładania zamiast składania, i eliminowania wszystkiego, co powoduje nieporządek lub sprzeczności w naszym umyśle.
- W tych warunkach młodzi tracą swoje naturalne skłonności do *kontestualizacji* (umiejscawianie w kontekstach) wiedzy i jej integracji w większe zbiory.” (s. 7)
- „[...] I tak, nauka ekonomiczna jest najbardziej wyrafinowaną i sformalizowaną. Ale nawet ekonomiści nie są w stanie porozumieć się w sprawie własnych przewidywań, które często są błędne. Wynika to z tego, że ekonomia jest wyizolowana z innych dziedzin humanistycznych i społecznych, od których są nieseparowane. [...] Ekonomia jest coraz bardziej niezdolna do rozważania tego, co jest niemierzalne, to znaczy pasji i potrzeb ludzkich. W ten sposób ekonomia jest jednocześnie nauką najbardziej zaawansowaną matematycznie a najbardziej zacošana pod względem ludzkim. Hayek napisał: „Nikt kto jest tylko ekonomistą może być wielkim ekonomistą.” I dodawał również, że „ekonomista, który jest jedynie ekonomistą, staje się szkodliwy i może stanowić prawdziwe niebezpieczeństwo.” (s.8)

Edgar Morin, *La tête bien faite*, (Głowa dobrze zrobiona. Reforma edukacji i reforma myślenia) Seuil, Paris, 1999

Edgar Morin: „Głowa dobrze zrobiona”: wieża Babel wiedzy



„Bezustanne narastanie wiedzy buduje gigantyczną wieżę Babel, hałaśliwą wieloma, niezgodnymi językami. Wieża góruje na nami, bo my nie jesteśmy w stanie górować nad naszą wiedzą. Eliot pisał: **Gdzie jest wiedza, którą gubimy w informacji?**

Co więcej, wiedze fragmentaryczne służy jedynie zastosowaniom technicznym. Nie potrafią łączyć się, aby stać się pożywką dla myśli, która potrafi rozważać sytuację człowieka, w łonie życia, na Ziemi, na świecie, i która potrafi sprostać wielkim wyznanom naszych czasów.

Nie jesteśmy w stanie zintegrować naszej wiedzy, aby ukierunkować nasze życie. Z tego wynika sens drugiego zdania Eliota: **Gdzie mądrość, którą gubimy w wiedzy?**

Edgar Morin, *La tête bien faite*, (Głowa dobrze zrobiona. Reforma edukacji i reforma myślenia) Seuil, Paris, 1999, wyd. włoskie Raffaello Cortina, Milano, 2000, str. 9 (tłum. GK)

Strategie dydaktyczne na XXI wiek: Hyper-konstruktywizm



(a) Zasada hyper-konstruktywizmu przypomina dojście do chaty przez pomost zbudowany na palach. (b) W neolicie wbijanie pali w dno jeziora i konstruowanie na niej chat było sposobem na zapewnienie osadzie bezpieczeństwa (Lago di Ledro, Trentino, foto MK).

Hyper-konstruktywizm

- Wiadomości są powszechnie dostępne
- Sumę wiedzy indywidualnej uważamy za dane wyjściowe
- Nauczyciel definiuje (w sposób ukryty) cel poznawczy dla danej grupy wiekowej
- Cel poznawczy odpowiada na określoną *kategorię* pojęciową
- Kategorię tę nauczyciel *wywołuje* u odbiorcy
- W zależności od stanu wiedzy grupy odbiorców nauczyciel konstruuje ścieżkę przejścia do celu
- W konstruowaniu ścieżki dojścia nauczyciel opiera się na wiedzy dostępnej w grupie i na doświadczeniach *ad hoc*

Strategie dydaktyczne na XXI wiek: Neo-realizm



Wszystko, co można pokazać, należy pokazać, a nawet więcej

Wróćmy jeszcze do Poppera i empiryzmu...

powinniśmy odrzucać wszelkie zdania – w szczególności zdania o znaczeniu egzystencjalnym – jeśli nie są one dostatecznie uzasadnione, i przyjmować tylko te zdania, dla których mamy dostatecznie zweryfikowane dane, tj. te, które można udowodnić lub zweryfikować za pomocą danych zmysłowych.” (K. Popper, *Wiedza obiektywna*, PWN, 2012, str. 164)

Tak, to prawda: kanon nauki to stwierdzenia, na dzień dzisiejszy, udowodnione według (aktualnie) obowiązującego paradygmatu [czyli metodologii] danej dziedziny naukowej. Inne są te paradygmaty w poszukiwaniu nowego gatunku żaby na Madagaskarze, inne w przypadku odkrycia bozonu Higgsa (tzw. „boskiej cząstki” w tytule książki W. Ledermana).

„Stanowisko to można analizować na wiele różnych sposobów. Dosyć śmiałą analizę stanowiłby następujący ciąg równań lub równoważności, większość których ma poparcie w tekstach empiryków brytyjskich, a nawet Bertranda Russela.

p jest zweryfikowane lub udowodnione [?] przez doświadczenie zmysłowe, [czyli] istnieją racje dostateczne lub dostatecznie udowodnione abyśmy *wierzyli* że p , [czyli] = wierzymy lub sądzimy albo twierdzimy, przyznajemy lub wiemy, że p jest prawdziwe, [czyli] = p jest prawdziwe, [czyli] = p .”

Niby dowód, ale jak w każdym ludzkim rozumowaniu, musi zawierać „**wierzymy**”

(K. Popper, *Wiedza obiektywna*, PWN, 2012, str. 165)

Wróćmy jeszcze do Poppera i empiryzmu...

„Cechy takiego stanowiska, które utożsamia *dowód* czy uzasadnienie z twierdzeniem *do udowodnienia*, jest to, że każdy, kto je podtrzymuje, musi odrzucać prawo wyłączonego środka.

[Prawo wyłączonego środka ([łac. tertium non datur](#), dosł. trzecie nie będzie dane, trzeciej możliwości nie ma) – jedno z podstawowych praw klasycznego [rachunku zdań](#). Prawo to mówi, że dla dowolnego [zdania logicznego](#) albo ono samo jest [prawdziwe](#), albo prawdziwe jest jego zaprzeczenie. Takie sformułowanie obowiązuje jednak tylko w logice dwuwartościowej. (<https://pl.wikipedia.org/wiki/>)]

Albowiem jest oczywiste, że musi zaistnieć sytuacja (byłaby to w praktyce sytuacja normalna) że ani *p* ani *nie-p* nie mogłoby być w pełni uzasadnione przez dostępne dane doświadczenia.” (K. Popper, *Wiedza obiektywna*, PWN, 2012, str. 165)

W rzeczywistości, w rozwoju nauki (czyli w naszej Filozofii przyrody) jest to sytuacja jak najbardziej normalna, powiedziałbym *salutare* (zdrowa). Nie jesteśmy istotami wszechwiedzącymi: przytaczam tu genialne stwierdzenie genialnego fizyka, Lwa Pitajevskiego, który mi kiedyś powiedział – „Czy my musimy wszystko wiedzieć?”

I chyba natura „zabrania” nam wszystko wiedzieć. Liczne przykłady dyskutuję w „Nauka i wiara”: ograniczona prędkość światła, skończony czas życia Wszechświata, II prawo dynamiki Newtona, zasada Heisenberga, „kot” Schrödingera itd.

Heisenberg: Pojęcia w fizyce

Właśnie w fizyce atomu nauka pouczyła nas na nowo o tym, jak ograniczony bywa zakres stosowalności pojęć wydających się ma dotąd całkowicie określonymi i bezproblemowymi. Wystarczy pomyśleć przecież tylko o pojęciach takich, jak „położenie” i „prędkość”

Oczywiście wielkie było również odkrycie Arystotelesa i starożytnych Greków, że język można idealizować i precyzować tak dalece, że możliwe stają się łańcuchy wnioskowań logicznych. Taki precyzyjny język jest znacznie węższy od języka potocznego, ale ma nieocenioną wartość dla nauki.

Zwolennicy pozytywizmu mają rację mocno podkreślając wartość takiego języka i energicznie ostrzegają, że język może stać się pusty treściowo, gdy opuści się obszar ścisłych sformułowań. Przeoczyli jednak chyba przy tym to, że w naukach przyrodniczych w najlepszym razie *zbliżamy się* do tego ideału, ale z pewnością nie możemy go osiągnąć. Już bowiem język używany przez nas do opisu eksperymentów zawiera pojęcia, dla których nie możemy podać dokładnego zakresu stosowalności [np. prędkość „chwilowa”].

Można oczywiście powiedzieć, że schematy matematyczne, za pomocą których jako fizycy teoretycy *odtworzymy* przyrodę, mają lub powinny mieć ten stopień czystości i ścisłości logicznej. Cała ta problematyka pojawia się jednak znowu tam, gdzie porównujemy schemat matematyczny z przyrodą. Musimy bowiem w którymś miejscu przejść od języka matematycznego do potocznego, jeśli chcemy powiedzieć coś o przyrodzie, To ostatnia jest przecież zadaniem nauk przyrodniczych. (str. 176)

Heisenberg: Pojęcia w fizyce

Określenia (terminy) w każdym okresie/ w każdym języku/ w każdym kontekście mają inne znaczenia.

Arystoteles mówił o „ruchu”. Buridan (1300) wprowadził pojęcie „Impuls”
Kartezjusz użył pojęcia, *les mouvements*, podobnie jak Newton (*motus*), choć sformułował już matematyczną zależność dla pędu $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$

Dziś, po angielsku, pęd nazywa się „momentum”, co jest nazwą trochę nieszczęśliwą, jako że „moment” oznacza czas.

W mechanice kwantowej Schrödingera jest to operator matematyczny $i\hbar d/dt$

Heisenberg przytacza Arystotelesa i Greków: jak dyskutowaliśmy w pierwszych wykładach, najpierw w filozofii uzgodniono pewne terminy – jak *arche*, *element*, przyczyna itd. Lista dzieł do przywołania jest długa – od *Kategorii* Arystotelesa, poprzez *Sumę Logiczną* Ockhama aż do współczesnych filozofów zajmujących się znaczeniem słów – czyli *hermeneutyką*

Zresztą, i św. Augustyn mówił, że każde pokolenie musi na nowo odczytać znaczenie tych samych słów - niezmiennym w zapisie ale o nowych kontekstach. Takim słowem jest np. *substancja*

„Substancja”

W języku polskim (i włoskim) „substancja” to jest termin chemiczny, który ma znaczenie bardzo ogólne: wodór wybuchający z tlenem to dwie substancje, guma i siarka to substancje, itd. W języku angielskim użylibyśmy słowa „*stuff*” – czyli trociny do wypychania zabalsamowanych zwierząt, w języku polskim. Chemicy mówią też o *substratach*, co ma podobny źródłosłów: „pod warstwą”.

U Arystotelesa oznaczało to: coś pod tym, co widać. Na stole leży książka, ale pod tym stołem „coś stoi”: sub-stancja

W *Credo* mówimy po polsku „współistotny Ojcu, zrodzony a nie stworzony” – używając słowa „istota”, czyli własność zasadnicza, ale też – „stworzenie”. Ten sam fragment po włosku mówi: „*generato*” (generować po polsku ma znaczenie np. w fizyce – wytworzenia par elektron+dziura w półprzewodniku pod wpływem kwantów światła o odpowiednio dużej energii), i kontunuuje: „*della stessa sostanza*”

W teologii ma więc to słowo niezwykle ważne znaczenie. Odsyłam do mojego wykładu „Nauka i wiara”, część VII „Cuda”

I wreszcie Hania (prawie 4 lata) pyta tatę: -Co to jest substancja? Tata opowiada „taki płyn”, Hanie więc pyta: czy jest on trujący?” (pociąg „Witkacy” 20/01/2025)

Równanie falowe

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}.$$

Rozwiązanie:

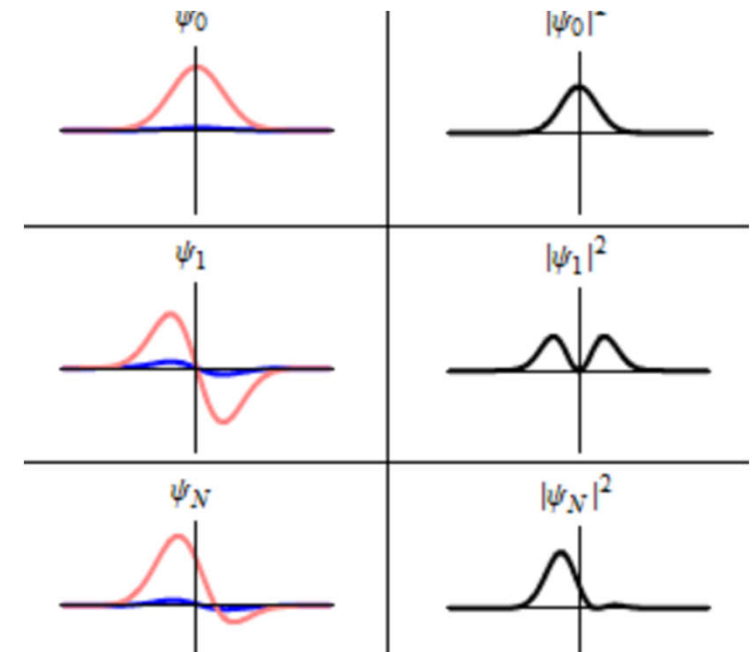
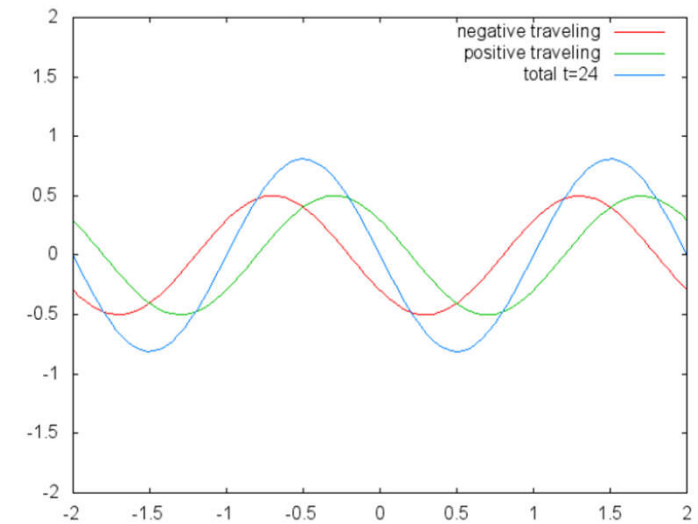
$u(x, t) = A \sin(\omega t - kx)$, gdzie A to amplituda fali
 ω – częstość kołowa, $\omega = 2\pi/T$, gdzie T to okres
 k – wektor falowy, $k = 2\pi/\lambda$, gdzie λ – długość fali

Równanie Schrödingera

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(x, t) = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right] \Psi(x, t)$$

$\Psi(x, t)$ – funkcja falowa: jej kwadrat to prawdopodobieństwo znalezienia elektronu w miejscu x w momencie t

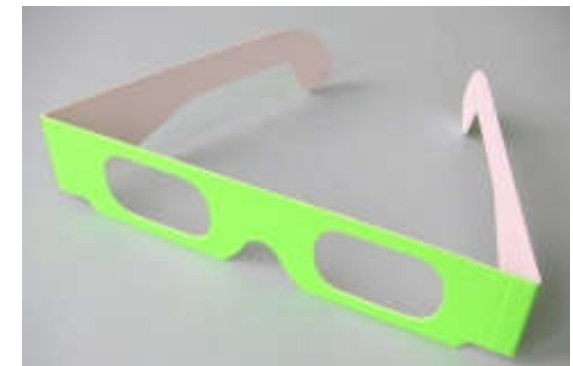
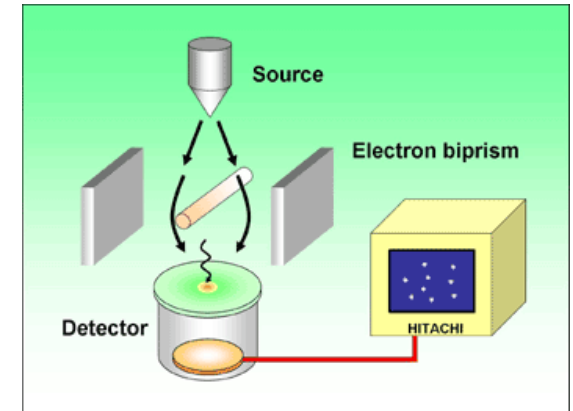
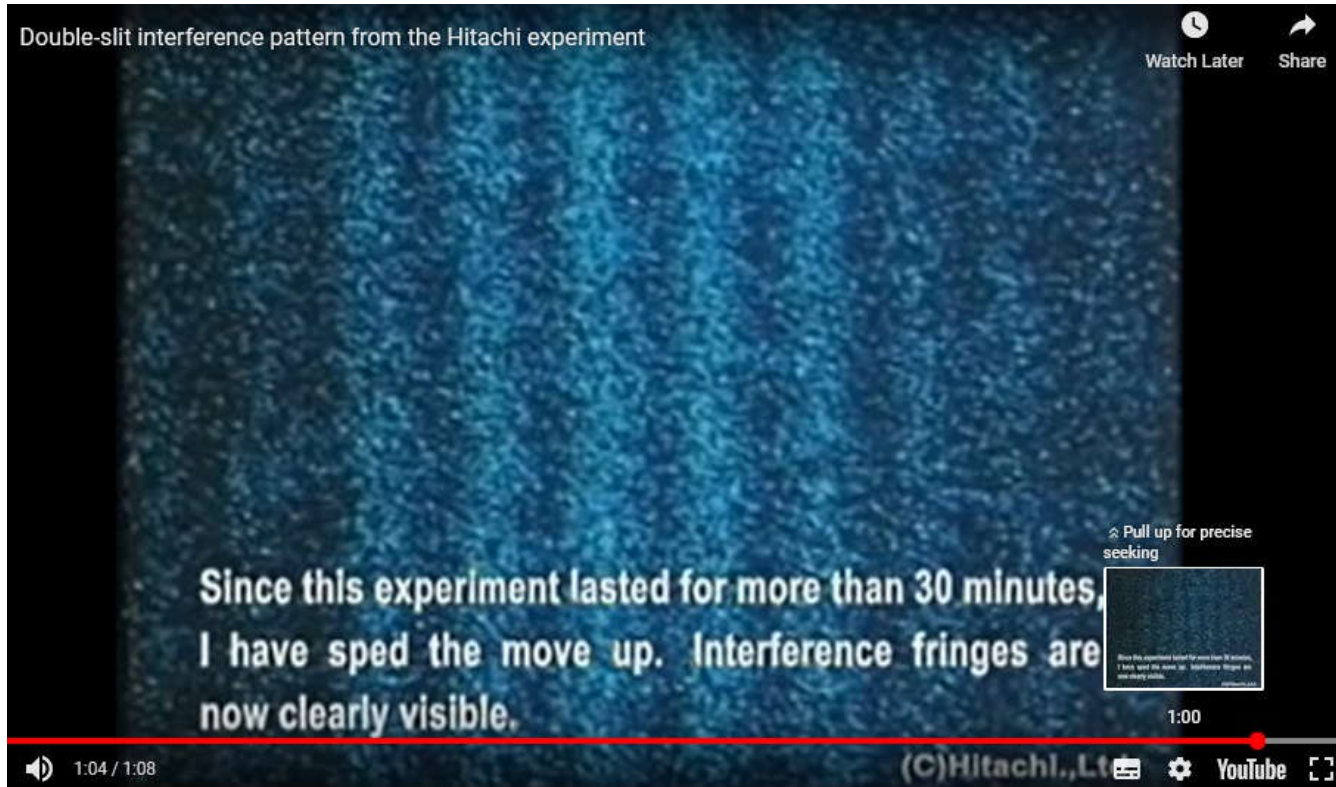
i – jednostka urojona, h – stała Plancka



https://en.wikipedia.org/wiki/Wave_equation

https://en.wikipedia.org/wiki/Schrodinger_equation

Elektron: cząstka czy fala?



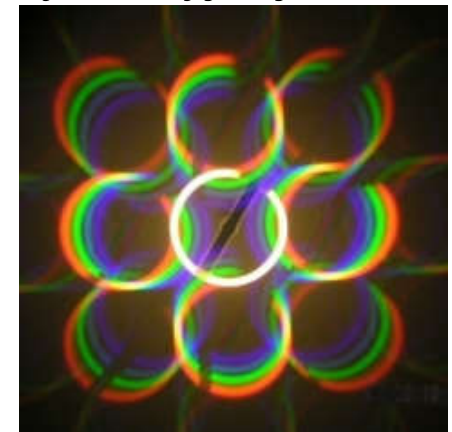
Obraz interferencyjny, jak prążki światła obserwowane w siatce dyfrakcyjnej

Elektrony, czyli cząstki, zachowują się jak światło, czyli fala?
A może elektron *jest* falą?

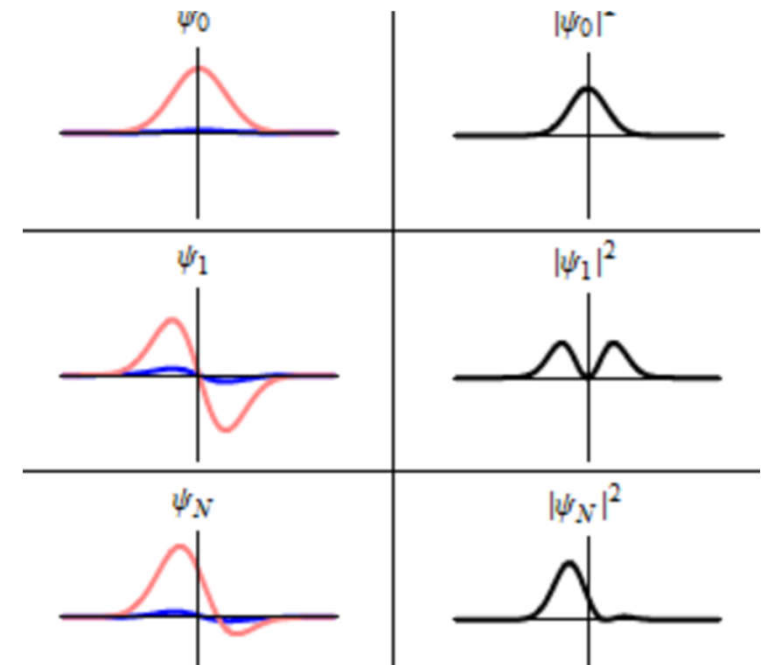
https://www.youtube.com/watch?v=PanqoHa_B6c

<https://www.hitachi.com/rd/research/materials/quantum/doubleslit/index.html>

<https://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/optyka/okulary.html>



„Falowa natura elektronu”



Innymi słowy, według równania Schrödingera nie *wiemy*, gdzie znajduje się obecnie pojedynczy elektron; znamy jedynie *prawdopodobieństwo*, że jeżeli zmierzymy jego położenie, to wynik będzie taki, jak to wynika z rozwiązania równania Schrödingera.

Prawdopodobieństwo to rozkład wyników, przy dużej liczbie

Innymi słowy, natura „broni się”, aby nie dostarczyć nam pełni informacji (= prawdy). I jest to stwierdzenie fizyki, nie filozofii.

Hans-Georg Gadamer: *Prawda i metoda*

Istotnie, gdy cofnąć się do początków nowożytnej nauki i logiki, natrafimy na ten sam problem, czy w ogóle może istnieć czyste używanie naszego rozumu, pozwalające postępować wedle metodycznych reguł i być wolnym od wszelkich przesądów i uprzedzeń – przede wszystkim „werbalnych”. Szczególnie zasłużył się na tym polu Bacon. Jego metoda indukcji chce wyjść poza pozbawiony reguł i przypadkowy charakter codziennego doświadczenia. [...] Bacon temu pospiesznemu uogólnieniu codziennego doświadczenia przeciwstawia *interpretatio naturae*, fachową wykładnię prawdziwego bytu przyrody. Ma ona przez metodycznie zaprojektowane eksperymenty pozwolić na stopniowe wznoszenie się ku prawdziwym, akceptowalnym ogólnościom, prostym formom przyrody [zob. Amaldi].

W sumie trzeba się zgodzić z typową krytyką Bacona i przyznać, że jego propozycje metodyczne rozczarowują. Są zbyt nieokreślone i ogólne, a zastosowanie do badań przyrody, jak to dziś jasno widzimy, wniosły niewiele. [więcej wniósł Galileusz] [...]

Już te dwa przykłady mogą pokazać, że aspekt *teleologiczny*, który dominuje u Bacona w tym problemie, nie jest jedynym możliwym. Tutaj Husserl, zresztą [...] str. 476

Stosunek doświadczenia, zapamiętywania i płynącej stąd jedności doświadczenia pozostaje przy tym uderzająco niejasny. Arystoteles opiera się na pewnym rozumowaniu, które w jego czasach uchodziło za klasyczne. Najstarszy jego ślad znajdujemy u Anaksagorasa, o którym opowiedział nam Plutarch, że odróżnił człowieka od zwierzęcia za pomocą pojęć *empeiria*, *mneme* [pamięć], *sofia* i *techne*.

Innymi słowy: dzisiejszy filozof musi się odnieść do całej przeszłości – od Anaksagorasa do Husserla. A fizyk doświadczalny i tak ma zdanie odmienne.

Paul Feyerabend (Wiedeń 1924 - Genolier 1994)

„ Na bazie analizy głównie historycznej nauki chce wykazać, że **reguły metodologiczne** zaproponowane przez różne teorie epistemologiczne były systematycznie **łamane** w praktyce naukowej, ale również to łamanie było zasadnicze dla rozwoju nauki. [...] nie ma **żadnej metody ogólnej**, żadnego „systemu” reguł które rządzą konstruowaniem i rozwojem dzieła naukowego. Co jednak nie oznacza, że nauka postępuje bez reguł, ale po prostu, że korzysta ona za każdym razem z reguł, **które uważa za stosowne** dla realizacji swoich celów, bez korzystania a jakiejś jednaj metody generalnej i z góry ustalonej.

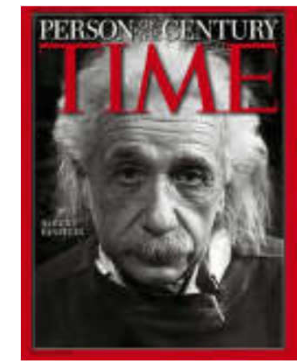
Tak! Działalność odkrywczą to przejaw ludzkiego, wolnego i kreatywnego intelektu, aby nie wspominać o Keplerze i jego wizji pracy naukowej.

Odrzucając identyfikację racjonalności i metody, Feyerabend uważa, że nie jest możliwe rozróżnienie między nauką a nie-nauką; nie jest możliwe stwierdzenie, że nauka dzięki swej metodzie jest najlepszą formą wiedzy [zob. E. Morin, a także moje stwierdzenia, że w przypadku spraw trudnych jak powstanie świata, umysł naukowca i wyobraźnia artysty są równie cenne]; i w końcu uzasadnić dominującą pozycję jaką nauka zajmuje we współczesnym systemie społecznym i kulturowym.” *Tutto filosofia*, DeAgostini, Novara, 1997, str. 317-8

Olga Tokarczuk: „Dziś, również uniwersytety nie spełniają funkcji kulturotwórczej. **Naukowcy** zamienili się w wyrobników goniących za punktami i grantami.”

Falsyfikowalność teorii?

Einstein we wszystkich znaczących pracach podawał sposoby na doświadczalne sprawdzenie swoich prac. Mawiał: „to doświadczenie jest ostatecznym sprawdzianem teorii”. Z drugiej strony, jako doświadczalnik, nauczyłem się dopiero w USA, korzystać z teorii *przed* rozpoczęciem doświadczenia.



5. *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen;* *von A. Einstein.*

In dieser Arbeit soll gezeigt werden, daß nach der molekularkinetischen Theorie der Wärme in Flüssigkeiten suspendierte Körper von mikroskopisch sichtbarer Größe infolge der Molekularbewegung der Wärme Bewegungen von solcher Größe ausführen müssen, daß diese Bewegungen leicht mit dem Mikroskop nachgewiesen werden können. Es ist möglich, daß die hier zu behandelnden Bewegungen mit der sogenannten „Brownschen Molekularbewegung“ identisch sind: die mir

560 *A. Einstein. Bewegung etc.*

Umgekehrt läßt sich die gefundene Beziehung zur Bestimmung von N benutzen. Man erhält:

$$N = \frac{t}{\lambda_x^2} \cdot \frac{RT}{3\pi k P}.$$

Möge es bald einem Forscher gelingen, die hier aufgeworfene, für die Theorie der Wärme wichtige Frage zu entscheiden!

Bern, Mai 1905.

(Eingegangen 11. Mai 1905.)

13. *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?* *von A. Einstein.*

Die Resultate einer jüngst in diesen Annalen von mir publizierten elektrodynamischen Untersuchung¹⁾ führen zu einer sehr interessanten Folgerung, die hier abgeleitet werden soll.

Ich legte dort die Maxwell-Hertz'schen Gleichungen für den leeren Raum nebst dem Maxwellschen Ausdruck für die elektromagnetische Energie des Raumes zugrunde und außerdem das Prinzip:

Die Gesetze, nach denen sich die Zustände der physikalischen Systeme ändern, sind unabhängig davon, auf welches von zwei relativ zueinander in gleichförmiger Parallel-Translationsbewegung befindlichen Koordinatensystemen diese Zustandsänderungen bezogen werden (Relativitätsprinzip).

Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energieinhalt; ändert sich die Energie um L , so ändert sich die Masse in demselben Sinne um $L/9 \cdot 10^{20}$, wenn die Energie in Erg und die Masse in Grammen gemessen wird.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß bei Körpern, deren Energieinhalt in hohem Maße veränderlich ist (z. B. bei den Radiumsalzen), eine Prüfung der Theorie gelingen wird.

Wenn die Theorie den Tatsachen entspricht, so überträgt die Strahlung Trägheit zwischen den emittierenden und absorbierenden Körpern.

Bern, September 1905.

(Eingegangen 27. September 1905.)

Max Planck: Fizyka i filozofia

Fizyka jest Nauką ścisłą i w ten sposób zależy od pomiaru, zaś wszystkie pomiary z kolei wymagają percepcji zmysłowej. W konsekwencji, wszystkie idee Fizyki wynikają z percepcji zmysłowej świata. Wynika z tego, że prawa Fizyki w ostateczności odnoszą się do zdarzeń w świecie zmysłów; i w świetle tego fakty wielu naukowców i filozofów wierzy tendencyjnie, że Fizyka w swym fundamencie dotyczy tego, szczególnego świata. [...]

W Fizyce, jednakże, jak w każdej innej nauce, powszechne poglądy (*common sense*) nie są najważniejsze; musi się tam znaleźć również miejsca dla Rozumu. Co więcej, sam brak niezgodności logicznej nie oznacza, że wszystko jest racjonalne. I tak rozum mówi nam że jeśli odwrócimy się plecami do tzw. obiektu i przestaniemy się nim zajmować, obiekt nadal będzie istniał. [sprzeciw do solipsyzmu]

Rozumu mówi nam ponadto, że zarówno pojedynczy człowiek jak i ludzkość jako całość, razem z całym światem, który poznajemy przez nasze zmyły, nie jest niczym więcej niż drobnym fragmentem wielkości Natury, której prawa w żaden sposób nie zależą od ludzkiego umysłu. (str. 8)

Kontynuuje w ten sposób Planck, twórca w 1900 r. mechaniki kwantowej „patron” współczesnej niemieckiej nauki. Już z tych pierwszy zdań wynika jego przekonanie o rzeczywistym istnieniu świata, obiektywności świata (niezależności jego od istnienia lub nie badacza) , jego poznawalności przez zmysły i rozum człowieka, a także wielkości tego świata – zgodnie ze słowami Kopernika, Pascala, Einsteina itd.

Popper, Einstein etc.: podsumowanie

- Wkład Poppera w filozoficzne rozumienie współczesnej nauki jest znaczny.
- Wkład ten nie zmienił zapatrywań fizyków, ani ich metodologii naukowych
- Pozwolił, raczej, lepiej filozofom zrozumieć działania naukowców
- Jednakże, lektura dzieł Poppera może być pożyteczna również dla naukowców: uświadamia im, że praca naukowa jest odkrywaniem świata, intelektualną przygodą, społeczną odpowiedzialnością (jak pisał Kepler – odkrywaniem Boga, i jak pisał Einstein – odkrywaniem zamysłu Boga).
- Filozofia pomaga zrozumieć świat, ale fizycy, koniec końców, muszą sobie jakoś radzić mimo/ na przekór/ dzięki filozofii.
- I kończąc tę przydługą „wycieczkę” po filozofii przyrody, rozpoczętą od jońskich filozofów, a kończąc na wiedeńsko-londyńskich, przyznajemy rację genialnemu prof. Władysławowi Tatarkiewiczowi, że filozofia jest nauką najogólniejszą, i dążącą do udzielenie odpowiedzi na najważniejsze pytania człowieka.

Nasze granice poznania

Już u Keplera mieliśmy przekonanie, że natura „broni się” przed wyjawianiem nam swoich tajemnic (i że praca naukowa jest *również* powołaniem).

Fizyka XX wieku wydatnie nam to potwierdziła. Dlaczego są takie, a nie inne masy kwarków? nie wiemy. Co było przed Wielkim Wybuchem? nie wiemy. Gdzie znajduje się elektron? nie wiemy.

Nie wiemy, czy nie możemy wiedzieć? Tego też fizycy **nie wiedzą**.

W kwestii, czy elektron znajduje się jednocześnie w dwóch miejscach, czy tylko my nie wiemy (nie możemy) wiedzieć, stu najwybitniejszych fizyków kwantowych świata w 2015 roku udzieliło odpowiedzi „fifty-fifty: połowa z nich twierdziła, że nieokreśloność położenia elektronu jest *ontologiczna* (elektron „sam w sobie” jest w położeniu nieokreślonym, połowa – że jest to nieokreśloność *epistemiczna*, nawet nie *epistemologiczna* – po prostu, *nie istnieje* metodologia, która pozwoliłaby **nam** znać położenie *instantaneo* pojedynczego elektronu.

„Ja jestem drogą, prawdą, i życiem”

Literatura

Karl R. Popper, *Wiedza obiektywna. Ewolucyjna teoria epistemologiczna*, PWN Warszawa, 2012

Werner Heisenberg, *Część i całość. Rozmowy o fizyce atomu*, Przeł. Kazimierz Napiórkowski, Państwowy Instytut Wydawniczy, 1987

Hans-Georg Gadamer, *Prawda i metoda. Zarys hermeneutyki filozoficznej*, Tübingen 1975, przeł. Bogdan Baran, PWN 2007.

Max Planck, *The Universe in the Light of Modern Physics*, George Allen & Unwin Ltd, London, 1931.