

Krytyka filozofii przyrody Karla Poppera na przykładzie metod badawczych współczesnej fizyki morza

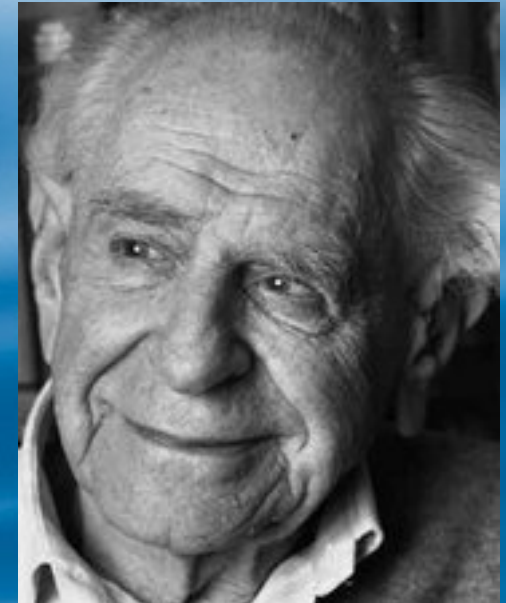
Jacek Piskożub – wykład habilitacyjny

IOPAN, Sopot, 29 września 2005

Sir Karl Popper (1902-1994)

Biografia naukowa:

- Doktorat na Uniwersytecie Wiedeńskim 1928
- “Koło Wiedeńskie” 1928-1936
- Nowa Zelandia (University of Canterbury) 1937-1946
- Anglia (London School of Economics & University of London) 1946-1969



Najważniejsze dzieła:

- *Logik der Forschung* (1934); *Logic of Scientific Discovery* (1959); *Logika odkrycia naukowego* (1977)
- *The Open Society and Its Enemies* (1945)

Racjonalizm krytyczny

Zasady epistemologii Karla Poppera:

- Falsyfikowalność : Jedynie hipotezy, które dają się falsyfikować są naukowe
- Rozwiązanie “problemu indukcji”: indukcja nie istnieje
- Nauka rozwija się dzięki kolejnemu odrzucaniu falsyfikowanych teorii

Epistemologia, z greckiego (*episteme* = wiedza oraz *logos* = słowo/mowa) jest działem filozofii zajmującym się naturą, pochodzeniem i zakresem wiedzy.

Falsyfikowalność

Fundament racjonalizmu krytycznego

- **Hipotezy naukowe** są falsyfikowalne, tzn. można podać potencjalny sposób empirycznego ich obalenia.
- Nauka rozwija się dzięki kolejnemu **odrzućaniu sfalsyfikowanych teorii**. Falsyfikowane teorie zastępowane są przez nowe, o większej mocy wyjaśniania.
- **Wiedza nigdy nie jest pewna**: teorie ugruntowane to takie, które pomyślnie przeszły przez wielokrotne próby falsyfikacji, jednak nie zwiększa to prawdopodobieństwa ich prawdziwości.
- W związku z powyższym wiedza nie rozwija się przez kumulowanie poszczególnych obserwacji: **indukcja nie istnieje**.

Falsyfikowalność

Przykład Poppera

Hipotezy “wszystkie łabędzie są białe” nie da się nigdy potwierdzić bez obejrzenia wszystkich łabędzi.



Łabędź niemy (*Cygnus olor*)



Łabędź czarny (*Cygnus atratus*)

Można ją jednak obalić (sfalsyfikować) jeśli odkryje się łabędzia w innym kolorze.

Kłopoty z falsyfikowalnością

Problemy racjonalizmu krytycznego (1/4)

Zarzuty wobec koncepcji falsyfikowalności:

- Istnieją hipotezy nefalsyfikowalne.
Odpowiedź Poppera: są to “zdania jednostkowe”.
- Istnieje wiedza bardzo mocna potwierdzona.
Odpowiedź Poppera: akceptuje to ale nie modyfikuje swej epistologii.
- Falsyfikacja może się opierać na fałszywych przesłankach/danych.
Odpowiedź Poppera: falsyfikacja powinna być powtarzalna.
- Falsyfikacja każdej hipotezy jest potwierdzeniem przeciwnej hipotezy.
Odpowiedź Poppera: to mało istotne.

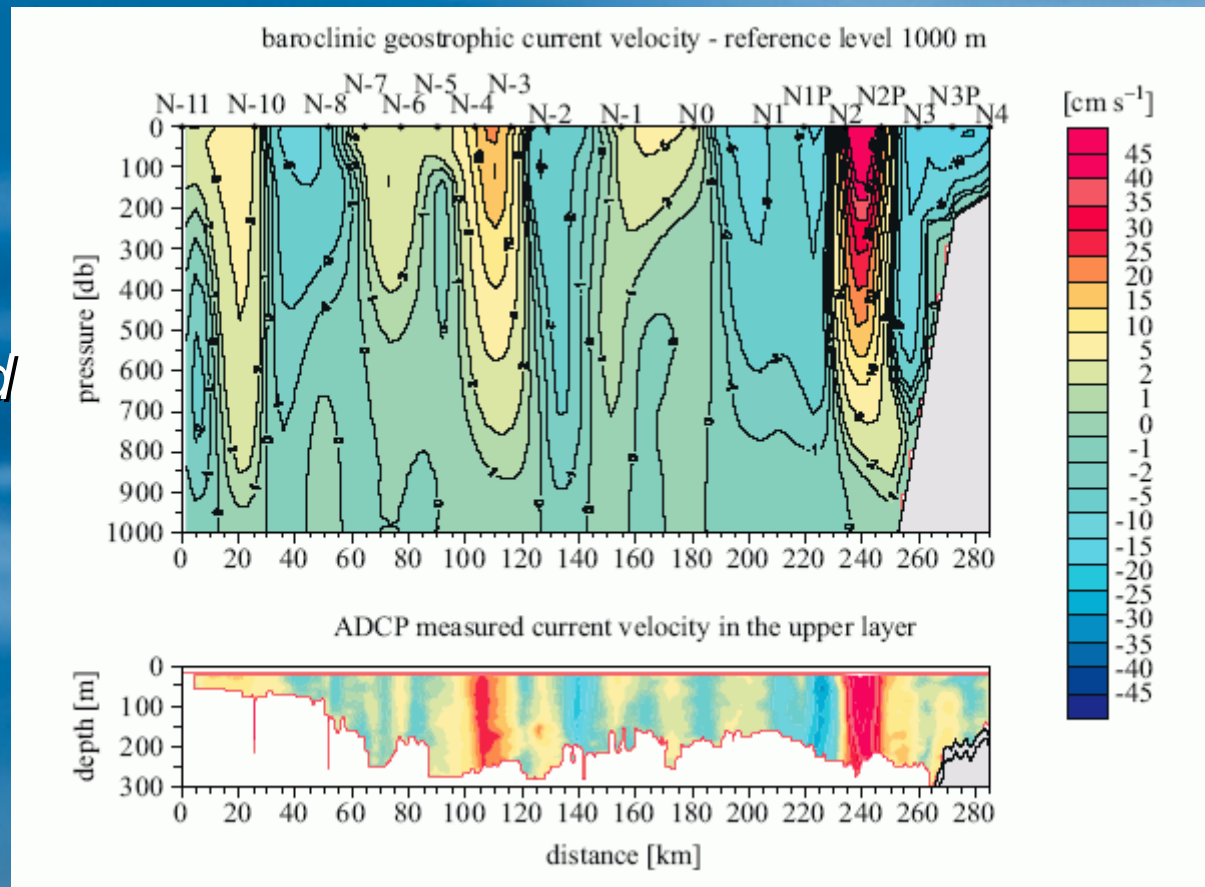
c.d.n.

Kłopoty z falsyfikowalnością

Problemy racjonalizmu krytycznego (2/4)

Zarzuty wobec koncepcji falsyfikowalności (c.d):

- Nie jest praktyczne falsyfikowanie każdej możliwej hipotezy, trzeba się koncentrować na weryfikacji obiecujących (*argument ekonomii*)
- Nie da się falsyfikować hipotez pojedynczo (każdy wynik pomiaru empiryczny jest zależny od splotu teorii, na podstawie których zbudowana jest aparatura pomiarowa i stworzona metodologia obróbki danych).



Porównanie prędkości prądów morskich zmierzonych ADCP i obliczonych (Osiński et al, 2003, Oceanologia, 45(3),425-435)

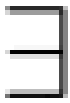
Kwantyfikatory

Problemy racjonalizmu krytycznego (3/4)



“dla każdego”

Hipotezy o charakterze uniwersalnym możliwe są do sfalsyfikowania, praktycznie niemożliwe do potwierdzenia.



“istnieje”

Hipotezy o istnieniu danego bytu/zjawiska możliwe są do potwierdzenia, praktycznie niemożliwe do sfalsyfikowania.

Wg Poppera nie są one hipotezami (*“zdaniem uniwersalnym”*), lecz *“zdaniem jednostkowym”*. Czy rzeczywiście?

Kryterium demarkacji

Problemy racjonalizmu krytycznego (4/4)

“Teorie naukowe są falsyfikowalne”

Wnioski:

- Matematyka nie jest nauką [?] wg. definicji Poppera.
- Filozofia nie jest nauką wg. definicji Poppera.
- Epistemologia, a w szczególności racjonalizm krytyczny nie jest nauką wg. definicji Poppera.

Indukcja

Definicja słownikowa:

“Metoda tworzenia uogólnień (teorii) na podstawie doświadczeń i obserwacji zdarzeń, nie zawsze daje poprawne rozwiązanie zgadnienia.”

- **Arystoteles** (384-322 p.n.e): wszelka wiedza pochodzi z indukcji
- **Francis Bacon** (1561-1626): indukcja jako metoda naukowa
- **David Hume** (1711-1776): *“How can induction be justified?”*
- **Karl Popper**: Rozwiązanie problemu Hume'a: indukcja nie istnieje

Problemy z indukcją

Jeśli odrzucimy indukcję jako metodę naukową:

- Czy wierzymy, że w przyszłym roku gruszki wyrosną na wierzbie? (tzw. problem identyczności)
- Czy niepełna wiedza jest gorsza niż żadna? (Nauka winna czynić przewidywania)
- Czy potwierdzanie teorii przez ich wielokrotną nieudaną falsyfikację nie jest indukcją *a rebour*?

Dedukcja, indukcja i... abdukcja



Charles S. Peirce
(1839 – 1914)

Oprócz **dedukcji** (wnioskowanie logiczne ze znanych faktów) i **indukcji** (wnioskowanie poprzez tworzenie uogólnień z przeszłych zdarzeń), Charles Peirce proponował trzecią metodę tworzenia hipotez, którą nazwał **abdukcją**.

“Istnieje bardziej znana nazwa [tej metody]. Jest nią nie mniej i nie więcej jak **zgadywanie**”

Charles Pierce

Czy artykuły są hipotezami?

Falsyfikowalność “naiwna”

- Wg Karla Poppera hipoteza jest naukowa jeśli jest falsyfikowalna.
- Społeczność naukowa poprzez próby obalenia (falsyfikacji) hipotez odsiewa nieprawdziwe.
- Nigdzie jednak Popper nie twierdzi, że samo stawianie hipotezy ma być próbą jej falsyfikacji.

Gdyby Popper postawił na konia i koń ten wygrałby, nie należałoby się spodziewać że zawoła “Świetnie! Nie udało się zaprzeczyć [hipotezie] że mój koń wygrał!”

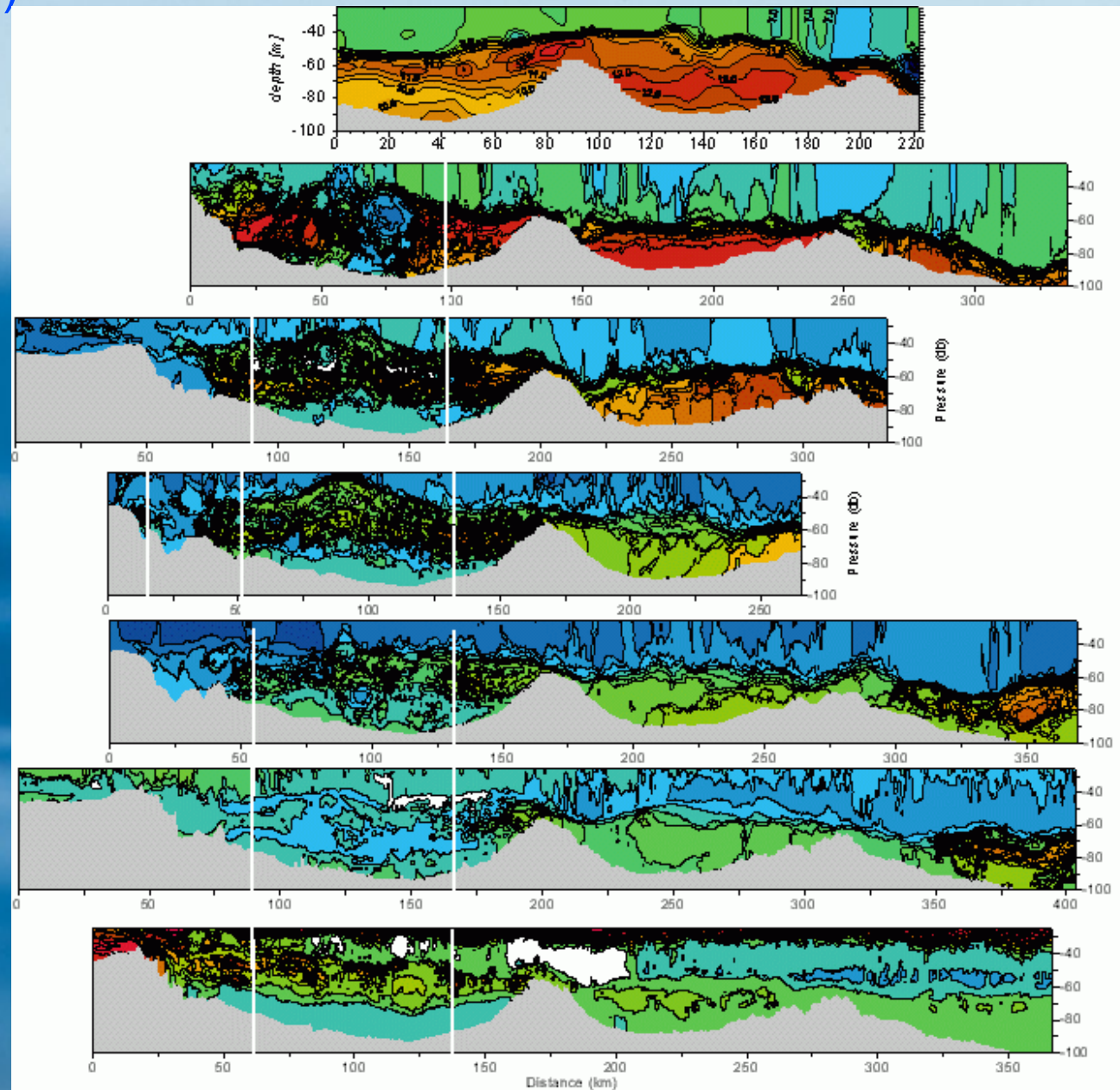
Martin Gardener, 2001, Skeptical Inquirer, 25(4)13-14,72

Fizyka morza a indukcja

Przykłady zastosowania (1/4)

Jaka jest rola indukcji w oceanografii?

Rozkład zasolenia od Głębi Bornholmskiej do Głębi Gdańskiej. Dane z 7 rejsów w okresie grudzień 2002 – sierpień 2003



Źródło rysunku: J. Piechura, A Beszczyńska Möller, "Saltwater Inflow, winter 2003", http://www.iopan.gda.pl/lastdata/03_saltwater_inflow.html

Modelowanie a wzory półempiryczne

Przykłady zastosowania (2/4)

$$C_a(z) = C_a(0) \frac{C_{\text{const}} + C_m \exp\{-[(z-z_{\text{max}})\sigma_z]^2\}}{C_{\text{const}} + C_m \exp\{-[(z_{\text{max}})\sigma_z]^2\}}, \quad (\text{A1.1})$$

where

- for Baltic waters – preliminary (Woźniak et al. 1995a):

$$C_{\text{const}} = \left[0.77 - 0.13 \cos \left(2\pi \frac{n_d - 74}{365} \right) \right] C_a(0),$$

$$C_m = \frac{1}{2M} \left[(0.36) C_a(0) + 1 \right] \left[M + 1 + (M - 1) \cos \left(2\pi \frac{n_d - 120}{365} \right) \right],$$

$$M = 2.25(0.765) C_a(0) + 1,$$

$$z_{\text{max}} = 9.18 - 2.43 \log(C_a(0)) + 0.213(\log(C_a(0)))^2 - 1.18(\log(C_a(0)))^3,$$

$$\sigma_z = 0.118 - 0.113 \log(C_a(0)) - 0.0139(\log(C_a(0)))^2 + 0.112(\log(C_a(0)))^3,$$

n_d – the day number of the year.

Indukcja czy falsyfikacja:

Czy wzory półempiryczne stworzone na podstawie dostępnych danych próbujemy falsyfikować czy poprawiać?

Modelowa zależność pionowego profilu koncentracji chlorofilu a w funkcji jego wartości powierzchniowej dla wód Bałtyku

Źródło wzoru: B. Woźniak, J. Dera, D. Ficek et al., 2003, “Modelling light and photosynthesis in the marine environment”, *Oceanologia* 45(2), 171-245

Reflektancja: historia jednego wzoru

Przykłady zastosowania (3/4)

$$R(z) = \frac{b_b}{a + b_b + \sqrt{a^2 + 2ab_b}}$$

Duntley 1942

Model dwustrumieniowy

$$R(z) = \frac{\sqrt{1 + 2b_b/a} - 1}{\sqrt{1 + 2b_b/a} + 1} \approx \frac{b_b}{2a + b_b} \approx \frac{b_b}{2a}$$

Joseph 1950

$$R(0) = 0.3244\omega_b + 0.1425\omega_b^2 + 0.1308\omega_b^3$$

gdzie

$$\omega_b = \frac{b_b}{a + b_b}$$

Gordon et al. 1975

$$R(0) = 0.33 \frac{b_b}{a} (1 + \Delta)$$

Morel & Prieur 1977

Monte Carlo

**Metoda kolejnych
przybliżeń**

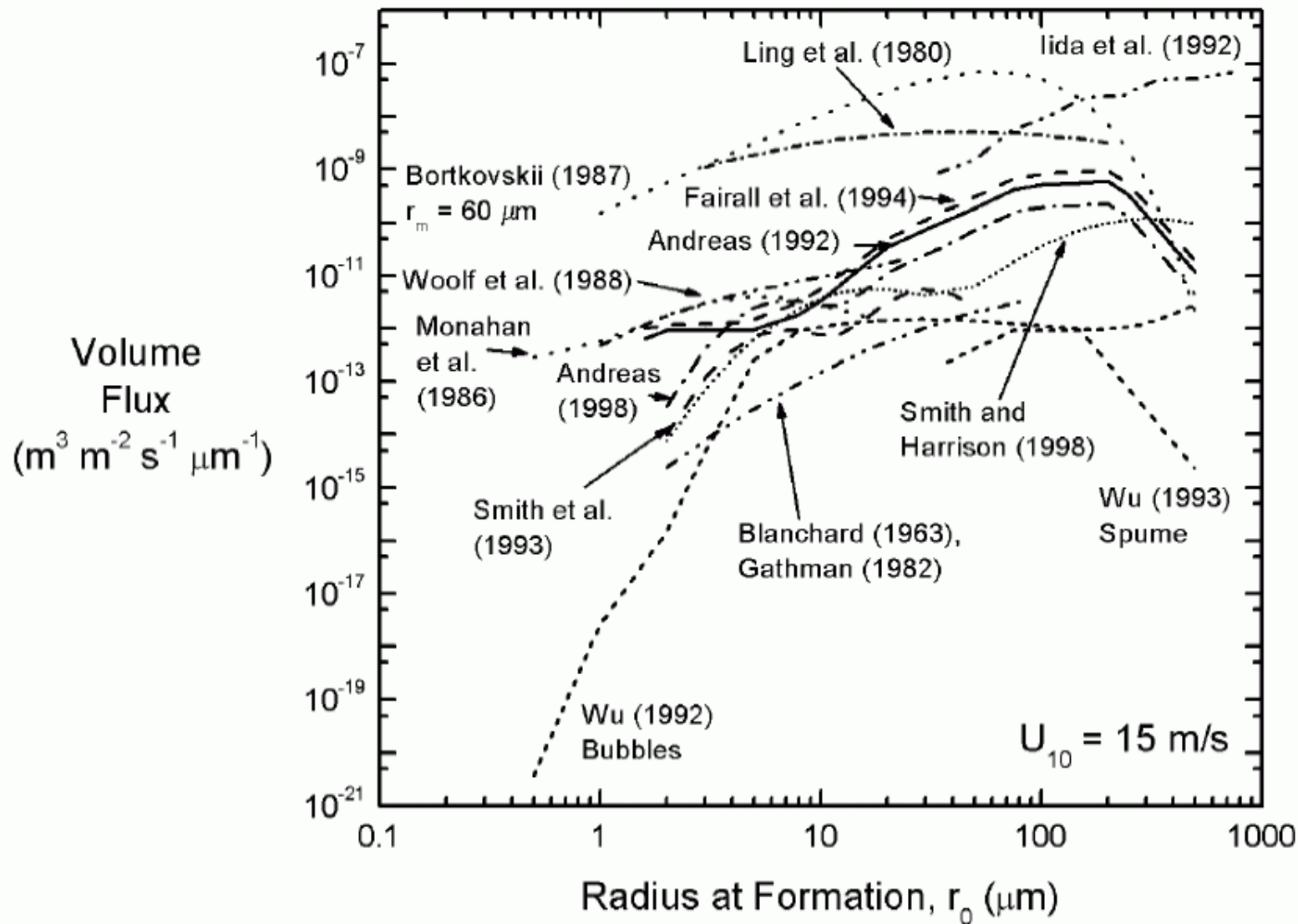
$$R(0) = (0.975 - 0.629\mu_0) \frac{b_b}{a}$$

Kirk 1984

Dedukcja czy indukcja?

W stronę dedukcji

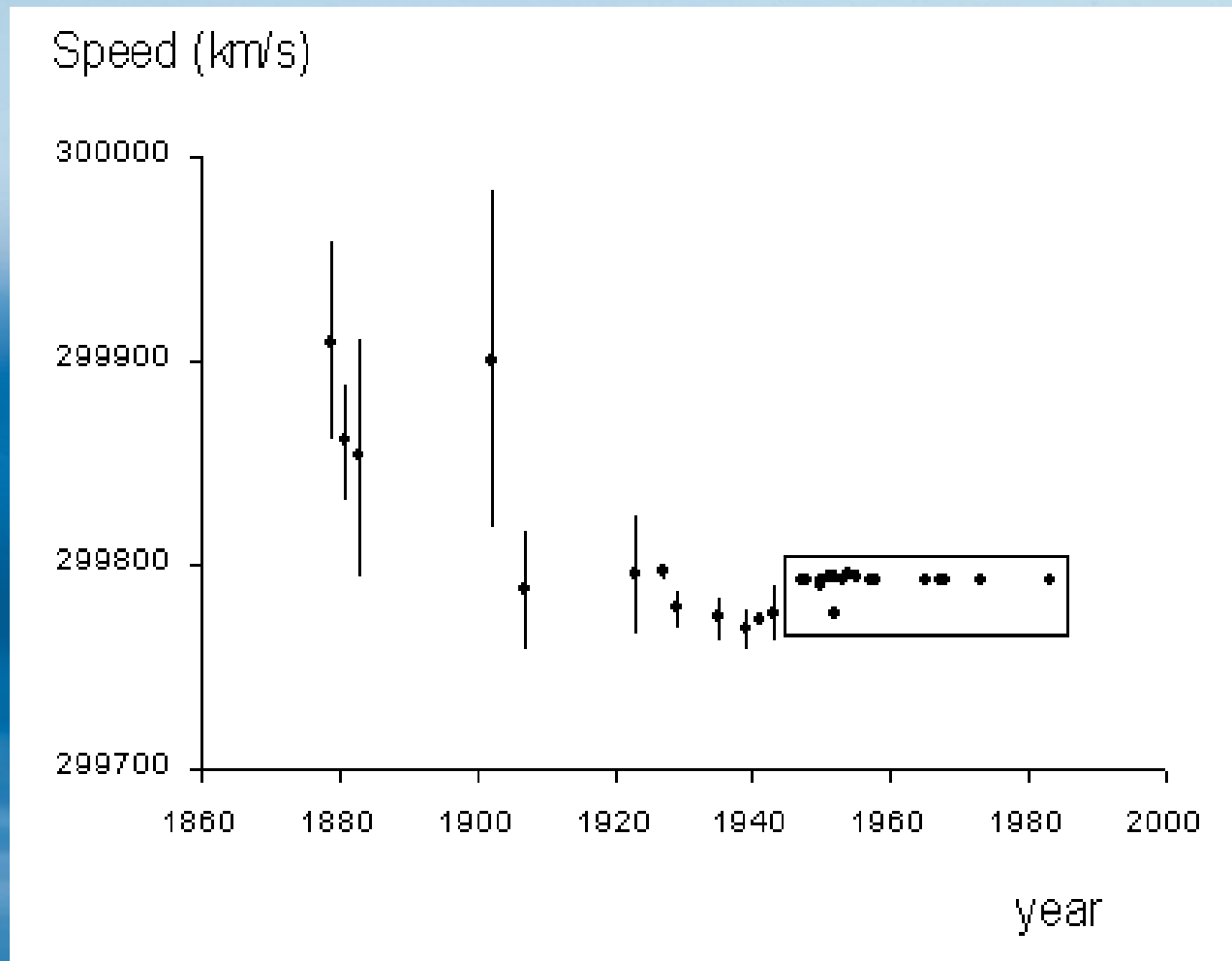
Przykłady zastosowania (4/4)



Jakie stosować kryteria weryfikacji hipotez gdy wyniki doświadczalne różnią się o kilka rzędów wielkości?

Przegląd empirycznych funkcji strumienia aerozolu morskiego ($U_{10}=15\text{m/s}$) w funkcji wielkości cząstki (Andreas, 2004, "A review of sea spray generation function for the open ocean", Konferencja "Towards a universal sea spray source function", Skipton, Anglia, maj 2004)

Przykład: Historia pomiaru prędkości światła



Badacze mierzący prędkość światła próbowali raczej potwierdzić (lub poprawić), a nie sfalsyfikować wyniki poprzedników.

Źródło rysunku: Shewhart, W. A., 1939, "Statistical Method from the viewpoint of Quality Control", Graduate School, Department of Agriculture, Washington, za <http://www.sigma-engineering.co.uk/light/lightindex.shtml>



William z Ockham
(1285 – 1349)

Brzytwa Ockhama

Alternatywne kryteria (1/3)

Najprostsze wyjaśnienie jest najlepsze

Przykłady:

- Teoria heliocentryczna a teoria Ptolemeusza
- Teoria względności a teoria eteru
- Ewolucyjne wyjaśnienie altruizmu: dobór grupowy → dobór osobniczy (*George Williams, 1966*) → dobór genetyczny (*Richard Dawkins, 1976*)

Piękno teorii jako kryterium

Alternatywne kryteria (2/3)



Paul Dirac
(1902 – 1984)

Teoria fizyczna musi posiadać matematyczne piękno

Paul Dirac, 1956

Przykłady:

- Kwarki (*Gell-Mann, 1964*)
- Teoria strun, supersymetria i M-Teoria
- Matematyka...

“Ten wynik jest zbyt piękny aby być fałszywym; ważniejsze jest aby uzyskać piękne równania, niż aby pasowały one do eksperymentu”

Paul Dirac, 1963, “The evolution of the Physicist's Picture of Nature” Scientific American 208 (5)

Moc przewidywania teorii

Alternatywne kryteria (3/3)



Albert Einstein
(1879 – 1955)

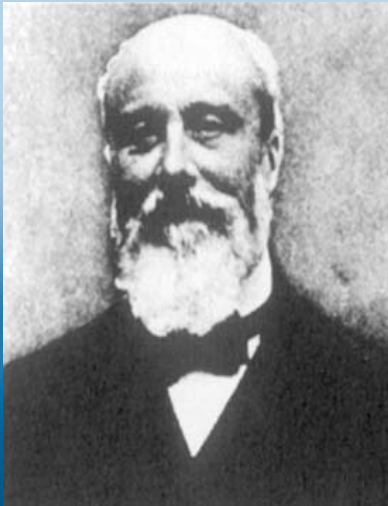
Karl Popper uznawał wynikanie nowych nieprzewidzianych zjawisk z teorii jako wskazówkę pozwalającą na jej potwierdzenie (“*corroboration*”). Jednak jest to u niego jedynie pomocnicze kryterium wobec falsyfikacji.

Pytanie - co jest ważniejsze: nowe przewidywania teorii czy wyjaśnienie znanych sprzeczności?

Przykład - Ogólna Teoria względności Einsteina (1916):

- wyjaśnienie niezrozumiałego zachowania orbity Merkurego
- przewidzenie ugięcia światła gwiazd przez Słońce

Twierdzenie Duhema-Quine'a



Pierre Maurice Marie Duhem
(1861 – 1916)

Następcy Poppera (1/4)

Twierdzenie (przyjęte przez Quine'a za Duhemem) mówi, że dla skończonej ilości obserwacji istnieje nieskończenie wiele teorii tłumaczących je.

Przykład: orbita Urana pozornie zaprzeczająca prawo grawitacji Newtona (odkrycie Neptuna).

Wnioski Quine'a:

Teorie nie mogą być testowane pojedynczo, a jedynie w grupach (tzw. “holizm”).



Willard Van Orman Quine
(1908 – 2000)



Paradygmaty nauki

Następcy Poppera (2/4)

Thomas Samuel Kuhn
(1922 – 1996)

W książce *“The structure of scientific revolutions”* (1962) Kuhn dowodzi, że **nauka nie rozwija się stopniowo, ale za pomocą gwałtownych rewolucji** (“zmian paradygmatu”).

Przykłady: teoria atomowa, rewolucja kopernikańska, teoria względności, fizyka kwantowa.

Wnioski Kuhna:

Uczni tylko w niewielkim stopniu stosują falsyfikację, a i to jedynie w ramach aktualnego paradygmatu. Paradygmat zmienia się gdy sprzeczności starego nie pozwalają go już utrzymać.



Programy badawcze

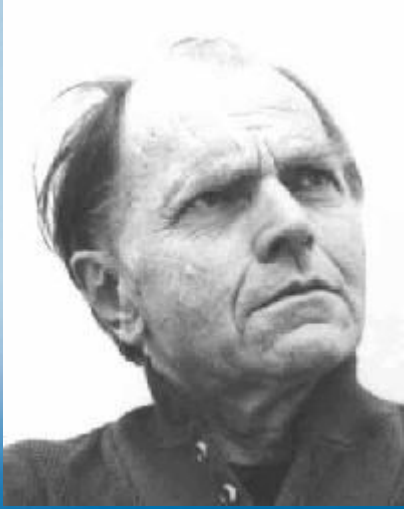
Następcy Poppera (3/4)

Imre Lakatos
(1922-1974)

Imre Lakatos w książce *“Criticism and the Growth of Knowledge”* (1970) próbował pogodzić falsyfikowalność Poppera i naukowe rewolucje Kuhna za pomocą koncepcji **programów badawczych**.

Program badawczy to grupa twierdzeń, w które uczeni wierzą tak mocno, że sprzeczności usuwają nie przez ich falsyfikacje, a dodawanie “twierdzeń pomocniczych”.

Test programu badawczego: czy jest postępowy (czy przynosi nowe teoretyczne i empiryczne wyniki).



Przeciw metodzie

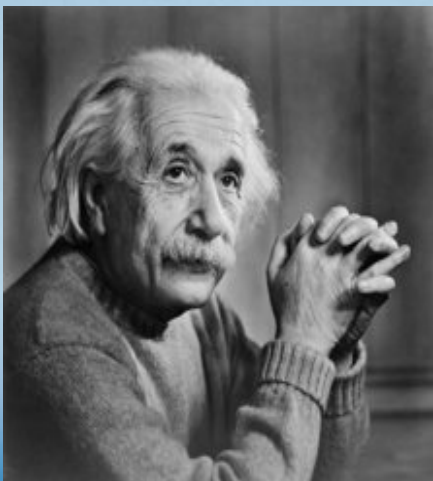
Następcy Poppera (4/4)

Paul Karl Feyerabend
(1924 - 1994)

W książkach “*Against method*” (1975) oraz “*Science in free society*” (1978) Feyerabend wypowiada się przeciwko jakimkolwiek metodologii badań naukowych:

każda metoda ogranicza inwencję, a zatem i postęp nauki.

Krytyka falsyfikowalności: żadna interesująca teoria nie jest zgodna z *wszystkimi* dostępnymi danymi.



Albert Einstein o epistemologii:

Nauka bez epistemologii jest - o ile w ogóle daje się pomyśleć - prymitywna i niejasna. Jednak gdy tylko jakiś epistemolog, który dąży do sformułowania jaśniejszego systemu, w końcu upora się z tym systemem, natychmiast skłonny jest do interpretacji nauki w świetle swego systemu i odrzuca wszystko, co do niego nie pasuje. Uczony natomiast nie może sobie pozwolić na to, by dążenie do systematycznej epistemologii opanowało go w takim stopniu [...]. Wobec tego w oczach systematycznego epistemologa uczony jest pozbawionym skrupułów oportunistą.

Albert Einstein, 1949 za A. Sokal, M. Bricamont *“Modne bzdury: O nadużywaniu pojęć z zakresu nauk ścisłych przez postmodernistycznych intelektualistów”*, Prószyński i s-ka, 1998

Wnioski:

propozycja “realistycznej” metody naukowej

- **Hipotezy naukowe są weryfikowalne (testowalne) - tzn. dadzą się zaprzeczać, potwierdzać lub udoskonalać dzięki nowym danym empirycznym.**
- **Nauka rozwija się dzięki wielu metodom: dedukcji, indukcji i innym [np. abdukcji ?]**
- **Kryteriami wyboru hipotez mogą być m.in. nowe przewidywane fakty, wewnętrzna elegancja, prostota (“brzytwa Okhama”).**
- **Wiedza nigdy nie jest pewna, jednak istnieją teorie ugruntowane, na podstawie których można testować nowe hipotezy.**

Jeszcze jeden głos naukowca



Steven Weinberg

Naukowcy sami sobie stwarzają trudności wierząc w jeden z nadmiernie uproszczonych modeli nauki, proponowanych przez filozofów od Francisa Bacona do Thomasa Kuhna i Karla Poppera. Najlepszym antidotum na filozofię nauki jest znajomość historii nauki.

Steven Weinberg, 2003, "Four golden lessons", Nature, 426, 389 (artykuł skierowany do młodych naukowców)

Dziękuję za uwagę

**Więcej jest rzeczy w niebie i na ziemi,
Niż się wydaje naszym filozofom**

*William Szekspir "Hamlet", Akt I, Scena 5,
tłumaczenie Stanisława Barańczaka*