

**CZYM SĄ
OBLICZENIA
NATURALNE?**

Co to znaczy „obliczać” (to compute)?

Co to znaczy „obliczać” (to compute)?

- wykonywać operacje na **liczbach**... ?
(komputer = maszyna licząca)
- wyznaczać wartości pewnych **funkcji**...?
(program = funkcja)
- przetwarzać **dane** (kody) za pomocą określonych zestawów reguł...?
(dane > liczby, program > funkcja)
- realizować operacje zgodne z pewnym **modelem obliczeń**...?
(komputer $\equiv_{(np.)}$ uniwersalna maszyna turinga)

A zatem: co to znaczy „obliczać”?

- w sensie informatycznym -

- **OBLICZAĆ = PRZETWARZAĆ DANE**

- *przy założeniu jednak, że w matematycznej teorii danym odpowiadają pewne liczby, a programom – funkcje.*

Calculemus - czyli liczby i obliczenia wg. G.W. **LEIBNIZA**



- *O potędze obliczeń (w tym wypadku wytwarzanych przez człowieka) był przekonany XVII-wieczny uczyony G.W. Leibniz, który zarysował program **mechanizacji** rozumowań za pomocą **maszyn** operujących na **liczbowych** odpowiednikach myśli.*

CALCULEMUS !
OBLICZAJMY !

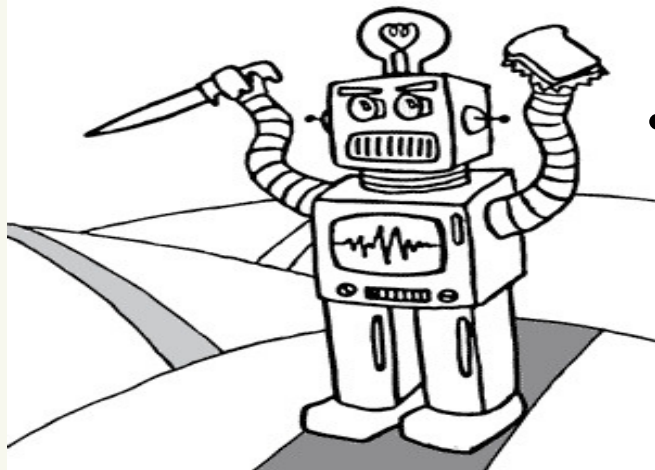


Calculemus!

jak to ma działać...



CALCULEMUS czyli
OBLICZAJMY!



zapiszmy myśli symbolicznie



zakodujemy symbole liczbowo



zlećmy obliczenia maszynie



zamieńmy wyniki na symbole



zinterpretujemy symbole

Obliczanie jako czynność umysłu

- wspomagana maszynowo -

- Pierwotnie i najbardziej naturalnie termin „**obliczanie**” stosuje się do tego typu aktywności ludzkiego umysłu, która ma charakter rachunkowy, polega zaś na wytwarzaniu i przetwarzaniu pewnych **symbolicznych kodów**.
- Urządzenia **obliczają**, o ile umysł je w tym celu zaprojektował.
- Obliczenia mogą służyć lepszemu **poznaniu** lub bardziej efektywnemu **wykorzystaniu** natury.
Czy **natura** jednak oblicza?

Obliczenia naturalne
- jak to rozumieć? -

Obliczenia naturalne

- jak to rozumieć? -



nie do końca sztuczne

nie do końca wytworzone przez człowieka

*występujące w sposób naturalny
w przyrodzie (naturze)*

*realizowane przez układy naturalne
(a nie sztuczne)*

Obliczenia naturalne

- trzy znaczenia -

- A) obliczenia sztuczne, lecz **inspirowane** obserwacją natury
(*z natury bierzemy ogólne zasady*)
- przykład: **algorytm genetyczny**
- B) obliczenia sztuczne, lecz **realizowane** za pomocą nośników i/lub procesów naturalnych
(*z natury bierzemy fizyczny substrat, + ewentualnie zasady*)
- przykład: **obliczenia (bio)molekularne**
- C) obliczenia **występujące** w przyrodzie
(*natura oblicza; można ją opisać w kategoriach informatycznych*)
- przykład: **mózg jako sztuczna sieć neuronowa**

Obliczenia inspirowane obserwacją natury

- kilka przykładów -

- 1) automaty **komórkowe** (J. von Neumann, S. Ulam)
(*idea: reprodukcja organizmów*)
- 2) sztuczne sieci **neuronowe** (W. McCulloch, W. Pitts)
(*idea: system nerwowy*)
- 3) algorytmy **genetyczne** (J. Holland)
(*idea: ewolucja gatunków*)
- 4) algorytmy **mrówkowe/rojowe**
(*idea: zachowania stadne*)
- 5) sztuczne systemy **immunologiczne**
(*idea: mechanizmy odpornościowe*)

Obliczenia realizowane naturalnie

- kilka przykładów -

1) obliczenia **analogowe**

(*substrat: fizyczne układy makroskopowe*)

2) obliczenia **kwantowe** (R. Feynmann)

(*substrat: mikro-układy kwantowe, cząstki elementarne*)

3) obliczenia **molekularne** (biomolekularne)

(*substrat: np. DNA*)

Natura... Ale jaka?

- Z powyższych przykładów wyłania się następująca **dychotomia** układów naturalnych będących punktem odniesienia dla obliczeń naturalnych.

układy **nieożywione**
(fizyczne)

- obl. analogowe
- obl. kwantowe
-

układy **ożywione**
(\geq biologiczne)

- obl. molekularne
- obl. ewolucyjne
-

Obliczenia quasi-naturalne?

Znaczenia A i B obliczeń naturalnych (obliczenia inspirowane lub realizowane „naturalnie”) **dobrze określa przymiotnik *quasi-naturalne*.**

- są to bowiem obliczenia sztuczne, projektowane przez ludzi, choć wykorzystujące nośniki i/lub reguły naturalne.

Przykład:

Obliczenia bio-molekularne polegają na stosowaniu pewnych mikro-układów biologicznych, w sztuczny dla nich sposób, w celach określonych przez człowieka.

Obliczenia quasi-naturalne - pierwotne założenie -

Wydaje się, że wytwarzanie przez człowieka (projektowanie i implementowanie) obliczeń **quasi-naturalnych** (zwłaszcza typu B)

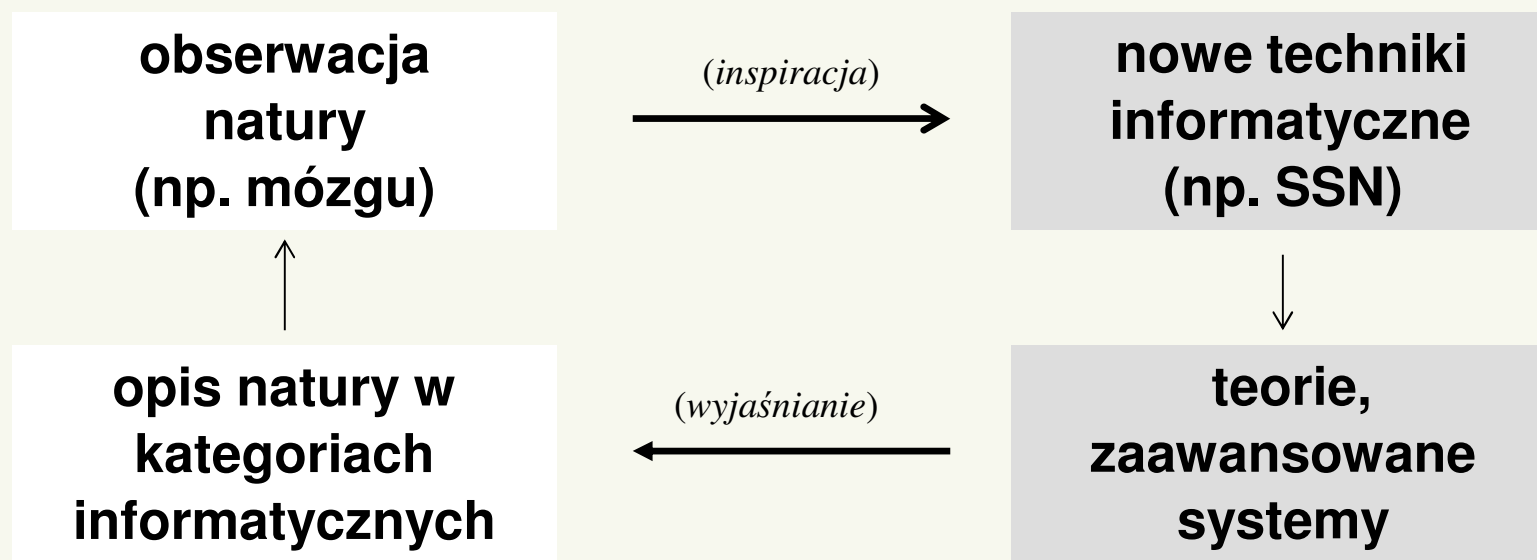
wymaga **pierwotnego założenia**

o **istnieniu** obliczeń naturalnych (a nie tylko pewnych opisów przyrody w kategoriach obliczeniowych).

Badania nad obliczeniami naturalnymi

- sprzężenie zwrotne -

- W praktyce badawczej znaczenia A i C obliczeń naturalnych są ze sobą mocno **splecione**.



Ożywione/Nieożywione – ponownie

- Z punktu widzenia metodologii istotna wydaje się **dychotomia** układów naturalnych, które stanowią punkt odniesienia dla obliczeń naturalnych.

układy **nieożywione**
(fizyczne)

- obl. analogowe
- obl. kwantowe
-

układy **ożywione**
(\geq biologiczne)

- obl. molekularne
- obl. ewolucyjne
-

Fizyka czy biologia?

- W kontekście powyższej dychotomii warto zastanowić się nad **pytaniem**:

*Czy chcąc projektować skuteczne (i możliwe do naukowej analizy) obliczenia **quasi-naturalne***

-- wystarczy odwołać się do natury nieożywionej (układy fizyczne),

-- czy też trzeba naśladować lub wykorzystywać naturę ożywioną (układy biologiczne)?

Obliczenia naturalne vs formalne

- I jeszcze jedno (luźne) **pytanie**:
 - Czy natura obliczeń **naturalnych** nie ujawnia się najlepiej w przeciwstawieniu ich obliczeniom czysto **formalnym**, to znaczy projektowanym przez ludzi jako dopełnienie (o element algorytmiczny) pewnych systemów formalnych (jak rachunki logiczne)?