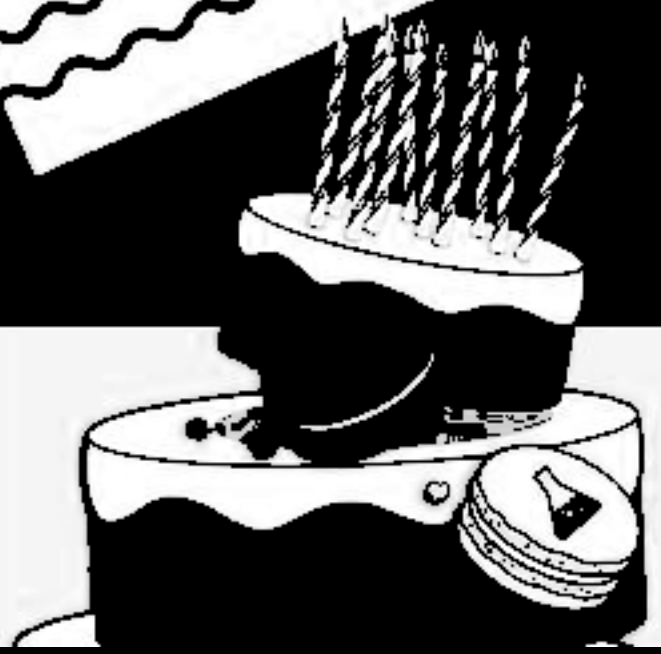
UNIWERSYTET WARSZAWSKI

23 MARCA 2024

DZIEŃ ODKRYWCÓW KAMPUSU OCHOTA

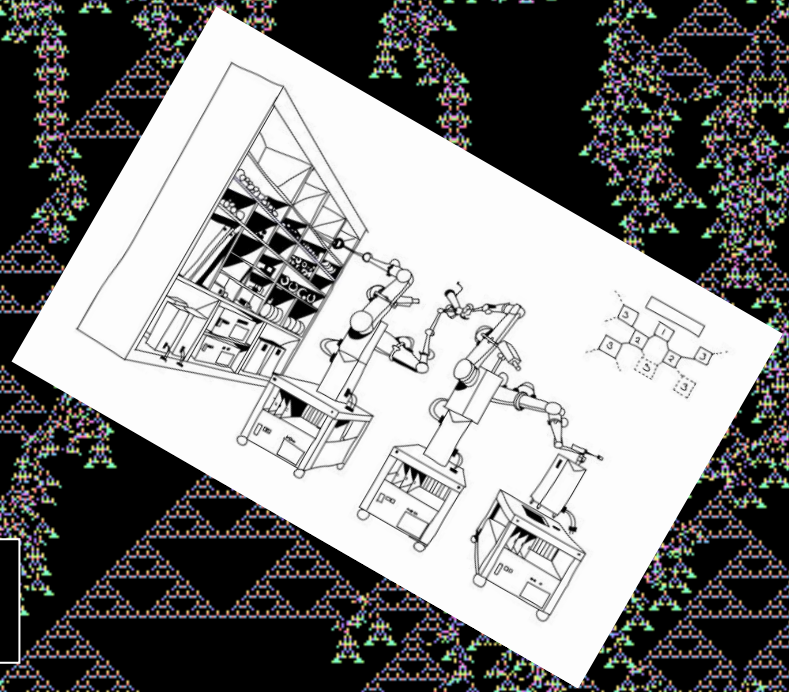
10 EDYCJA!







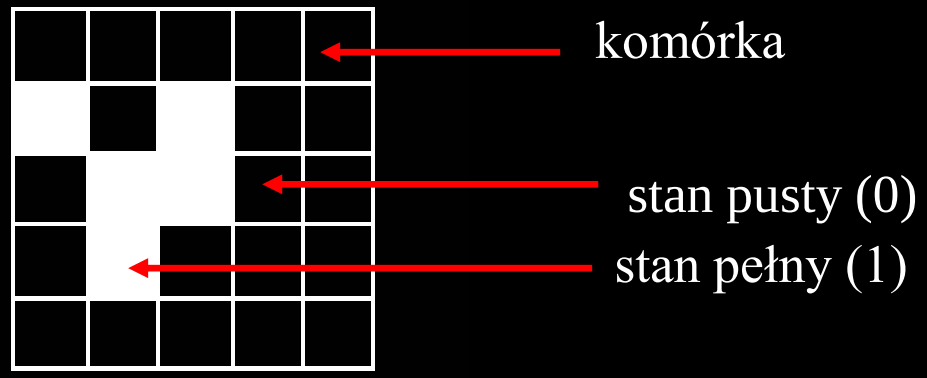




Automaty komórkowe

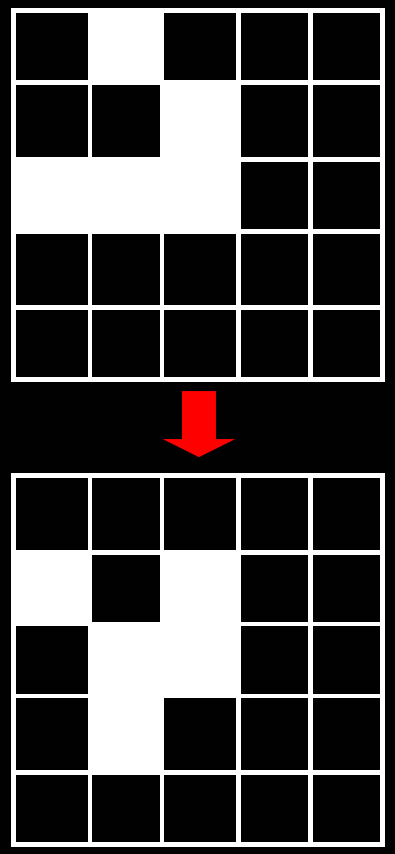


Automaty komórkowe



Automat składa się z siatki komórek, z których każda może znajdować się w jednym ze skończonej liczby stanów.

Ewolucja



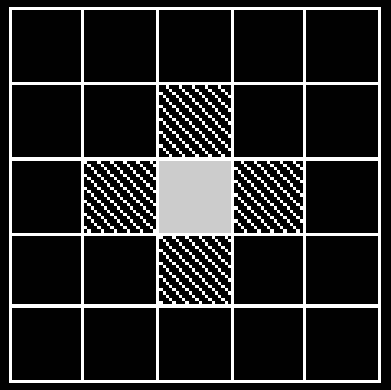
Automat komórkowy ewoluuje zmieniając stany swoich komórek zgodnie z *regułami przejścia*, które określają przyszły stan komórki w zależności od stanu obecnego jej i jej sąsiedztwa.

Sąsiedztwo

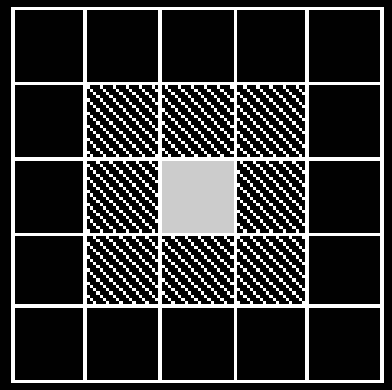
- określa stopień sprzężenia między komórkami wewnątrz siatki

- dwa najpopularniejsze sąsiedztwa (w 2 wymiarach):

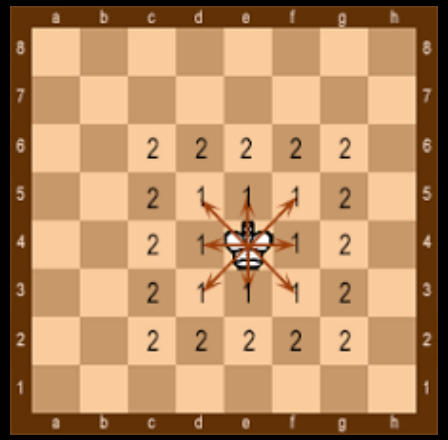




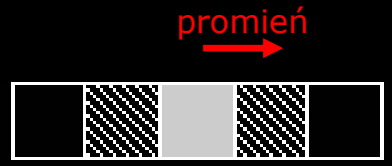
von Neumann Neighbourhood



Moore Neighbourhood



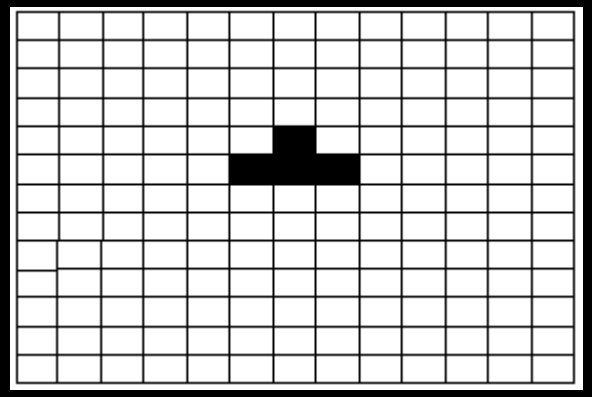
-w jednym wymiarze:



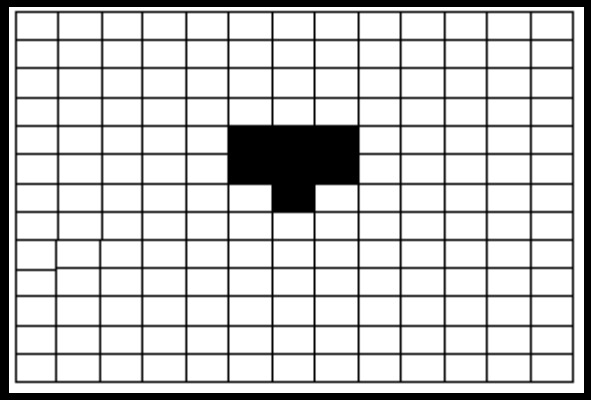
Gra w życie Conwaya

Rozpatrzmy następujące reguły przejścia:

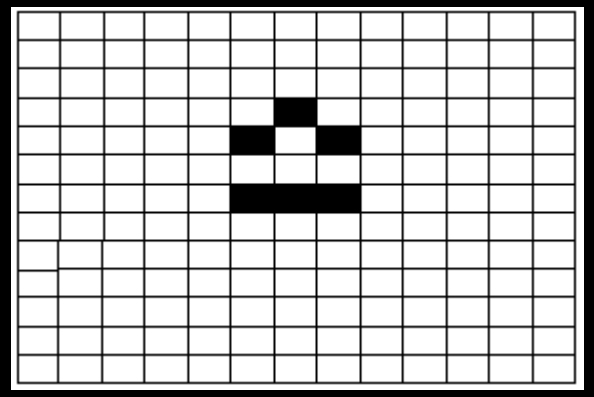
- komórka pozostaje w stanie 1 (czarnym), jeśli ma dwóch lub trzech czarnych sąsiadów (Moore'a),
- komórka zmienia się na czarną, jeśli ma dokładnie 3 czarnych sąsiadów,
- w pozostałych przypadkach komórka będzie biała.



stan początkowy

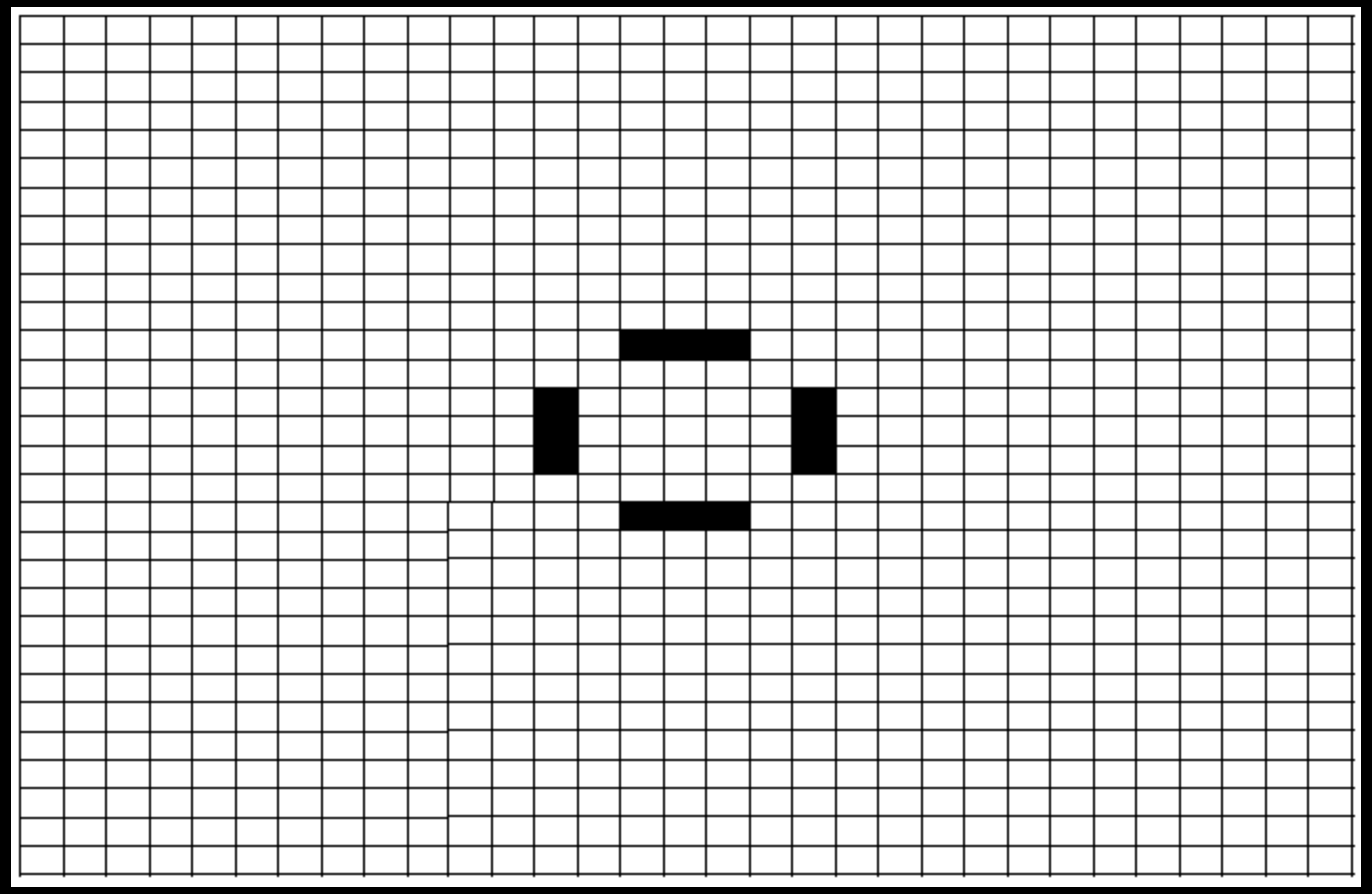


krok 1



krok 2

Ewolucja...

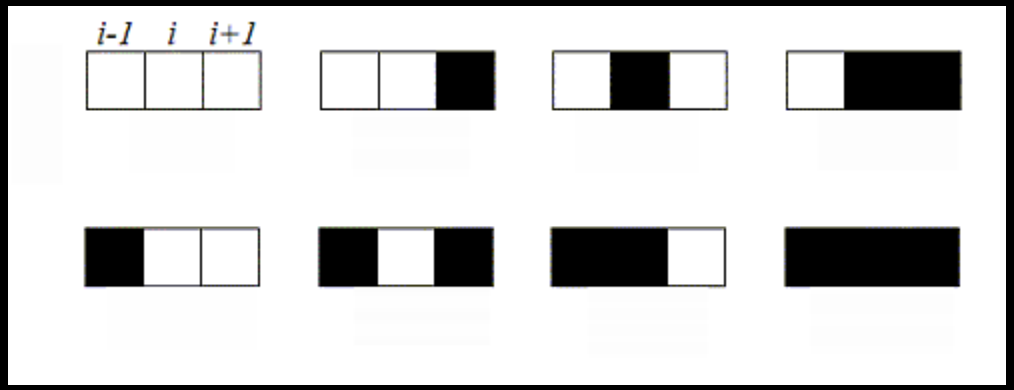


Automaty jednowymiarowe

Rozpatrzmy automaty jednowymiarowe z sąsiedztwem o promieniu 1.

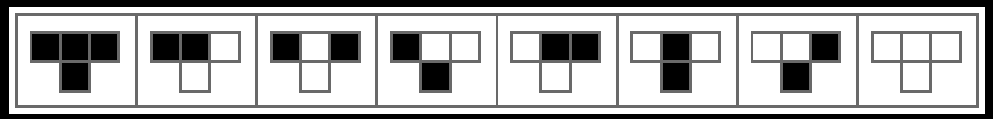


Sąsiedztwo takie może być w jednym z 8 stanów:



Reguła przejścia musi mówić, co zrobić w każdym z tych przypadków.

Przykład

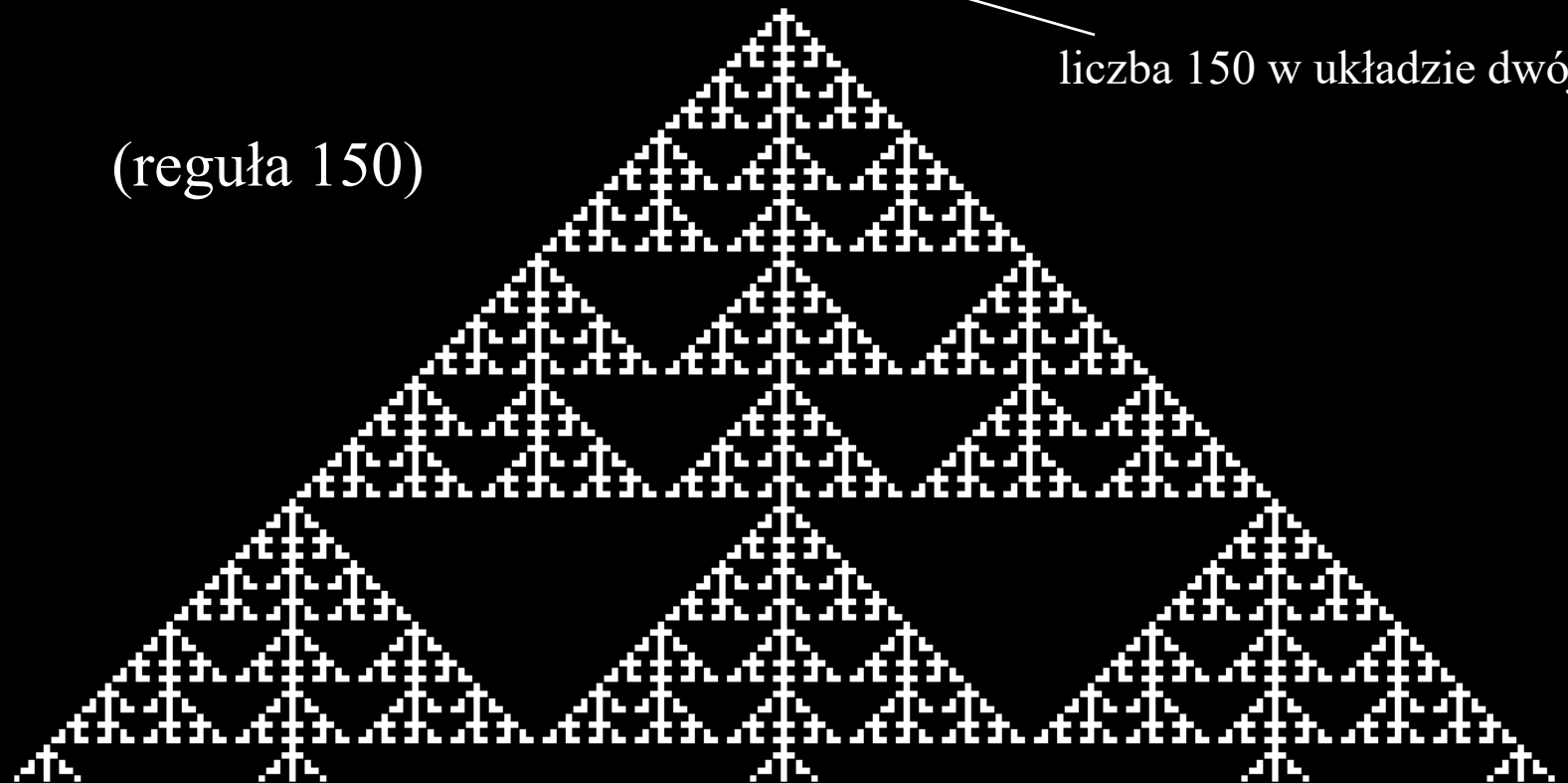


111	110	101	100	011	010	001	000
1	0	0	1	0	1	1	0

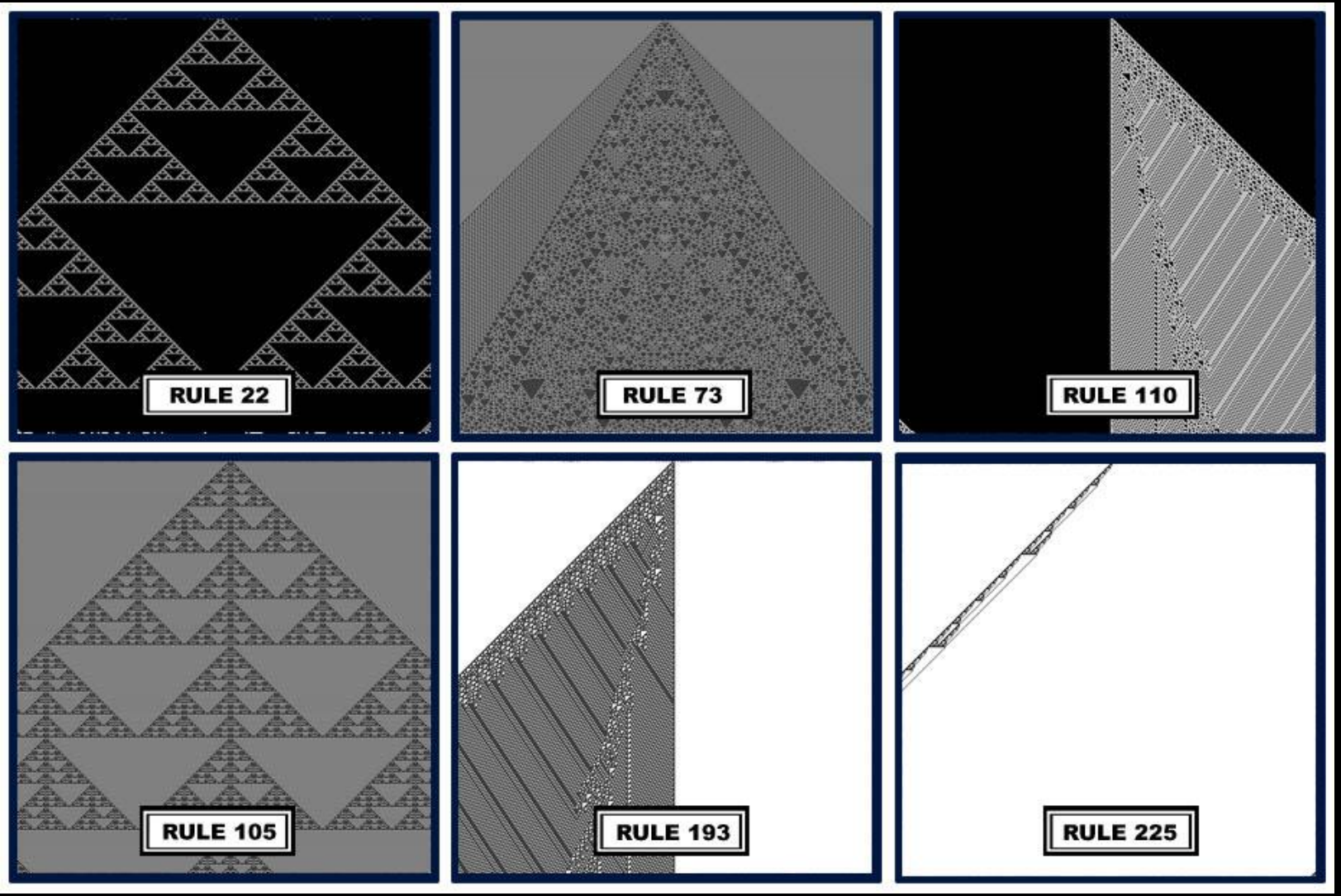
liczba 150 w układzie dwójkowym

w sumie 256 różnych reguł!

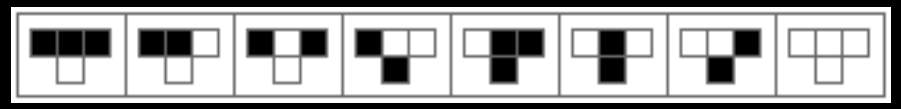
(reguła 150)

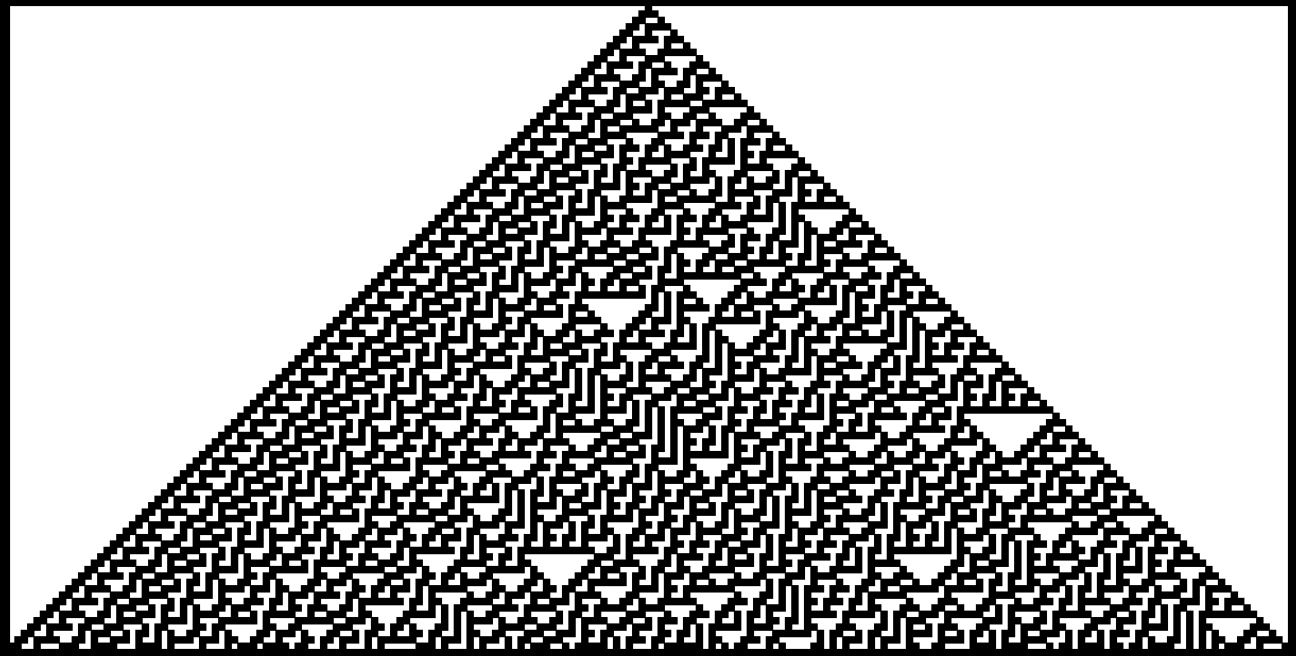


Dalsze przykłady



Reguła 30

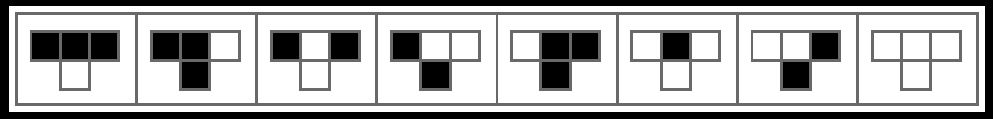


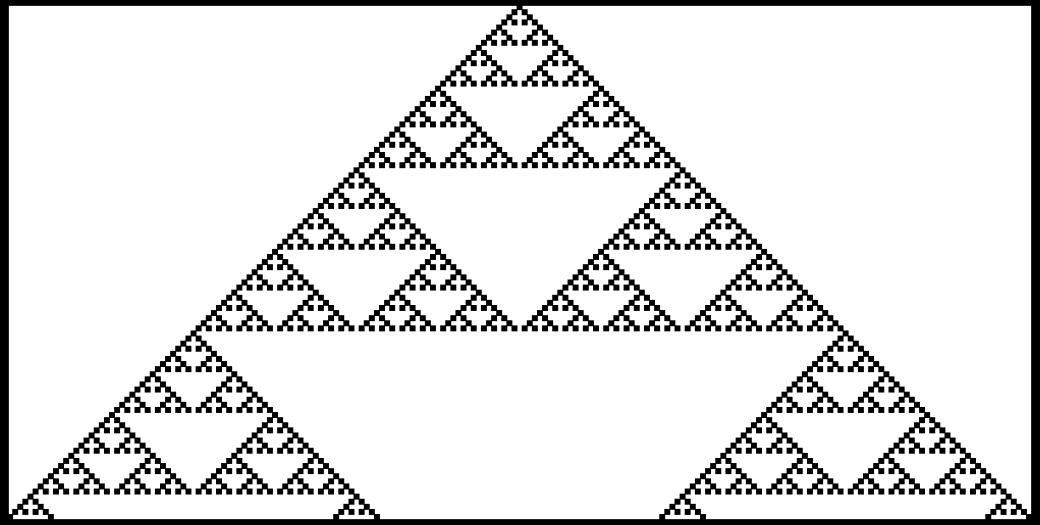


centralna kolumna: 1001110011... ⟵ znakomicie przypadkowa

Perrenoud, M. et al., *On the generation of high-quality random numbers by two-dimensional cellular automata (2000).*

Reguła 90





trójkąt Pascala:

1
1 1
1 2 1
1 3 3 1
1 4 6 4 1
1 5 10 10 5 1
1 6 15 20 15 6 1

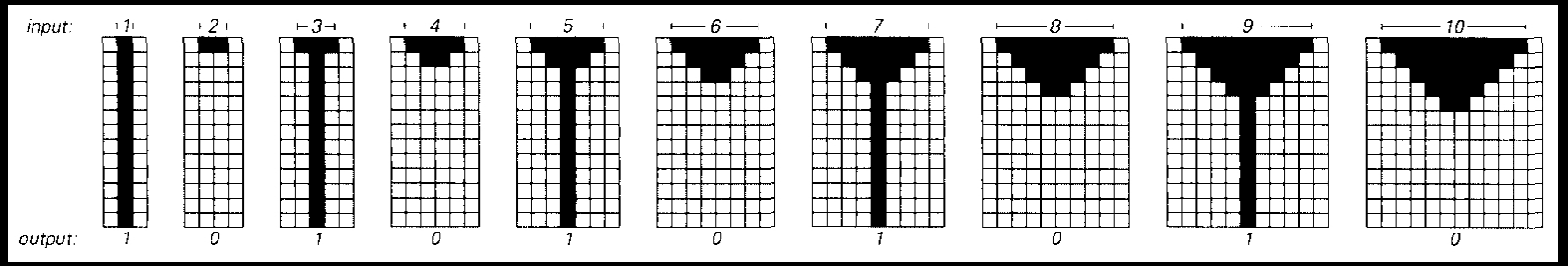
reguła 90 pokazuje nieparzyste współczynniki

Obliczenia na automatach

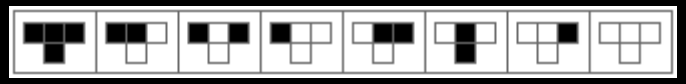
stan początkowy – input

stan końcowy – output

Przykład – sprawdzanie parzystości liczb:

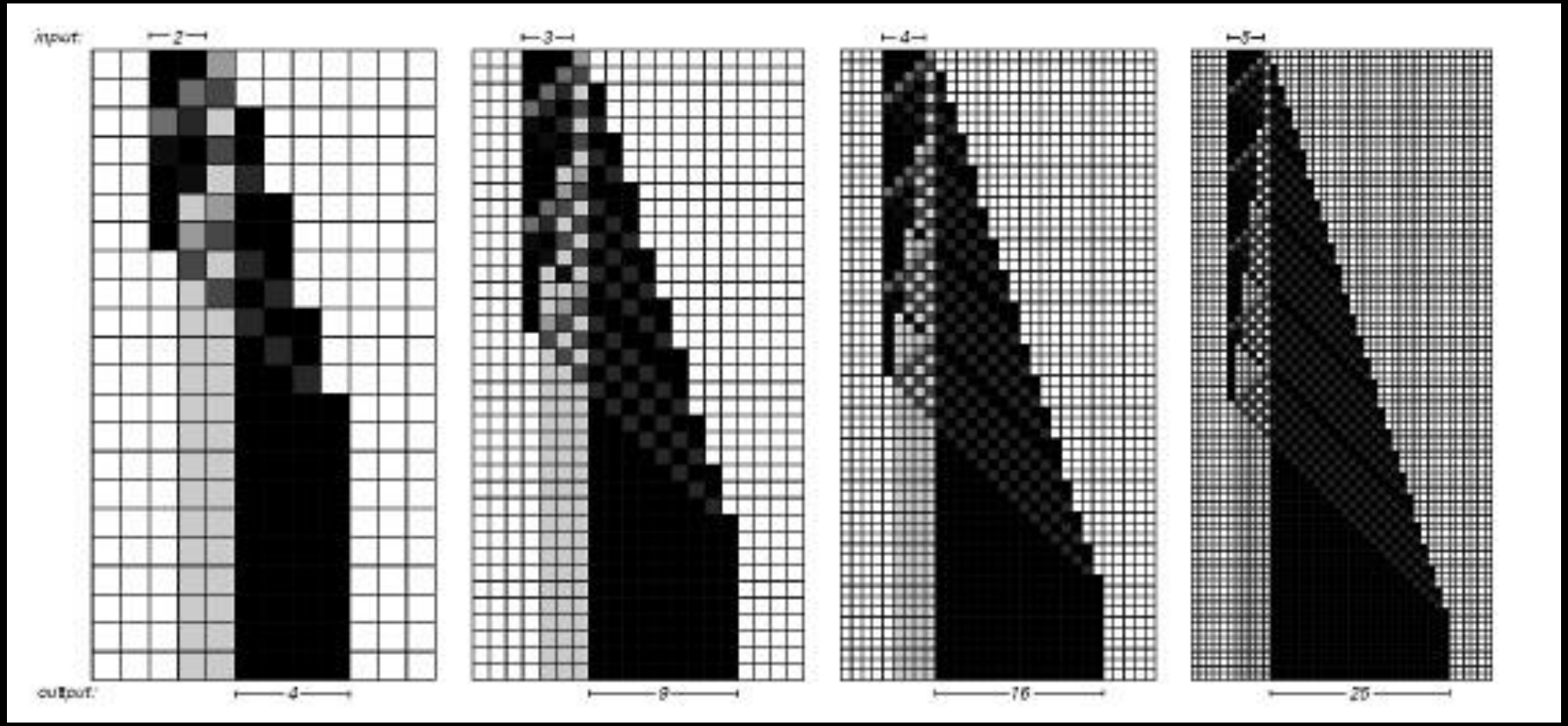


reguła 132:



Podnoszenie do kwadratu...

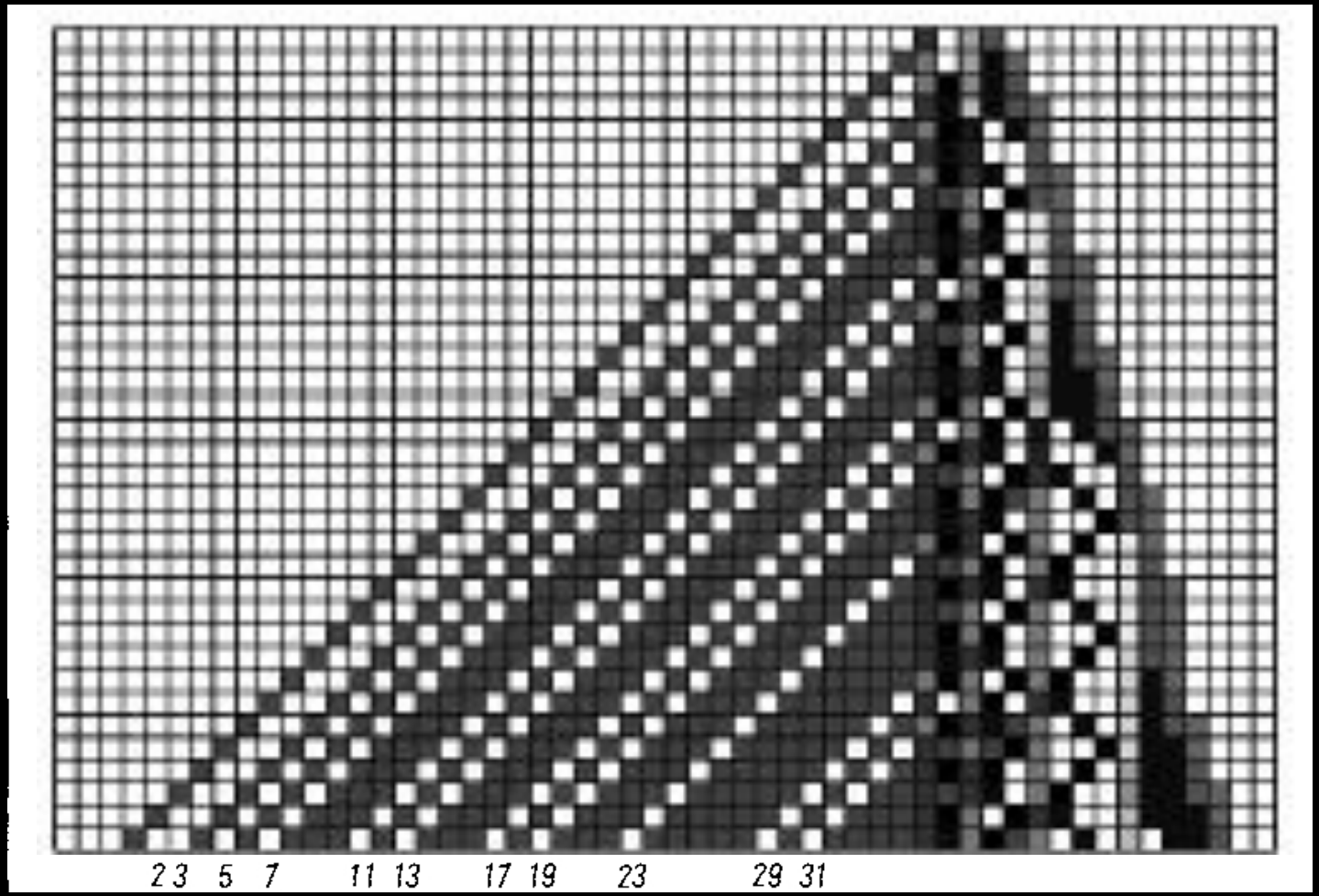
2 3 4 5



4 9...

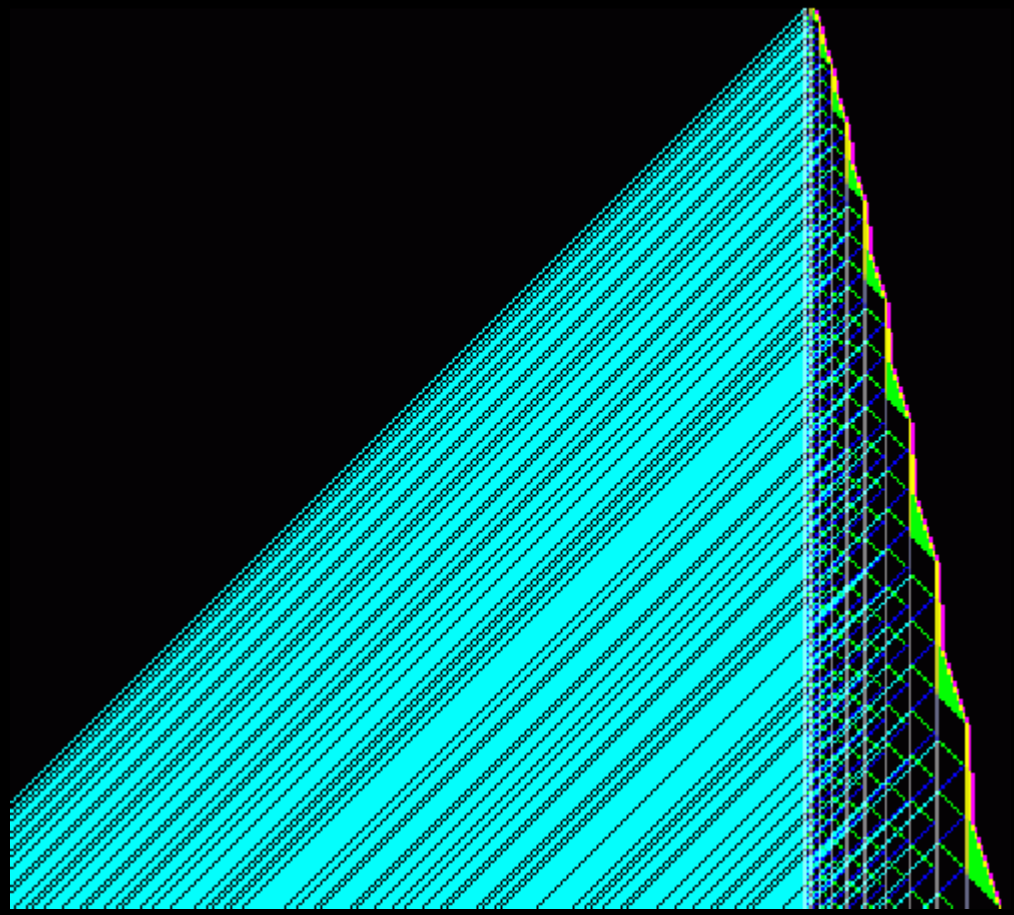
(8 kolorów na komórkę)

Wyliczanie liczb pierwszych



do 31...

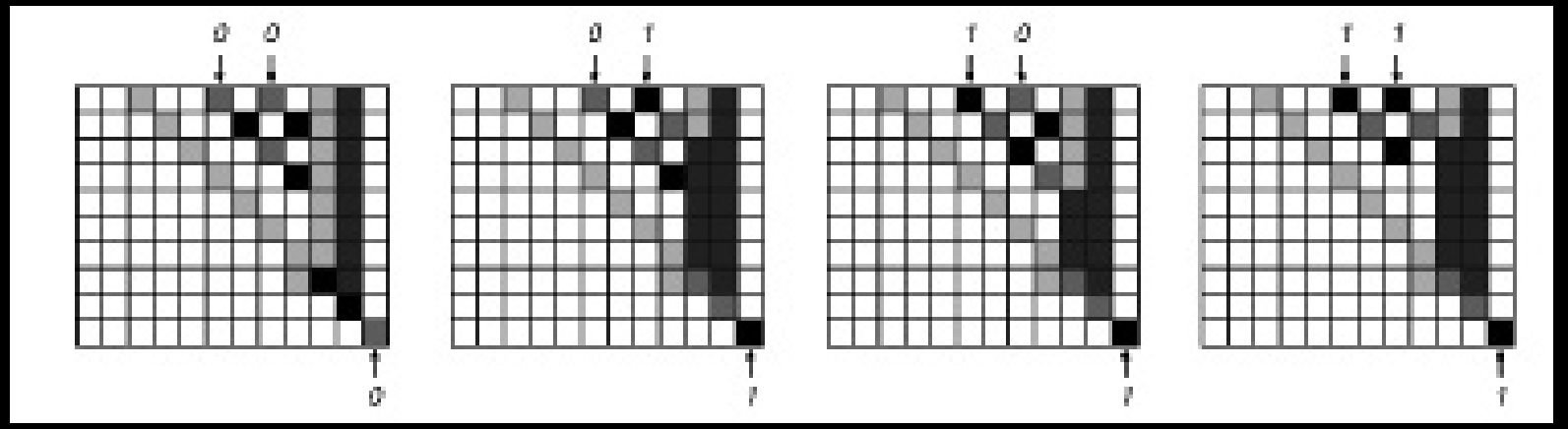
Wyliczanie liczb pierwszych



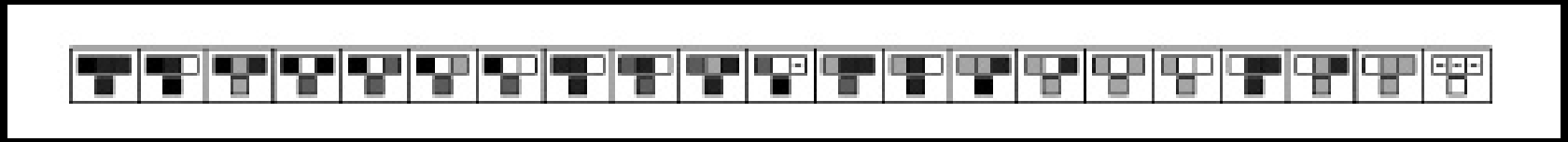
… i do 821

Operacje logiczne

OR:



reguły (działają też dla innych operacji logicznych):



Uniwersalny komputer?

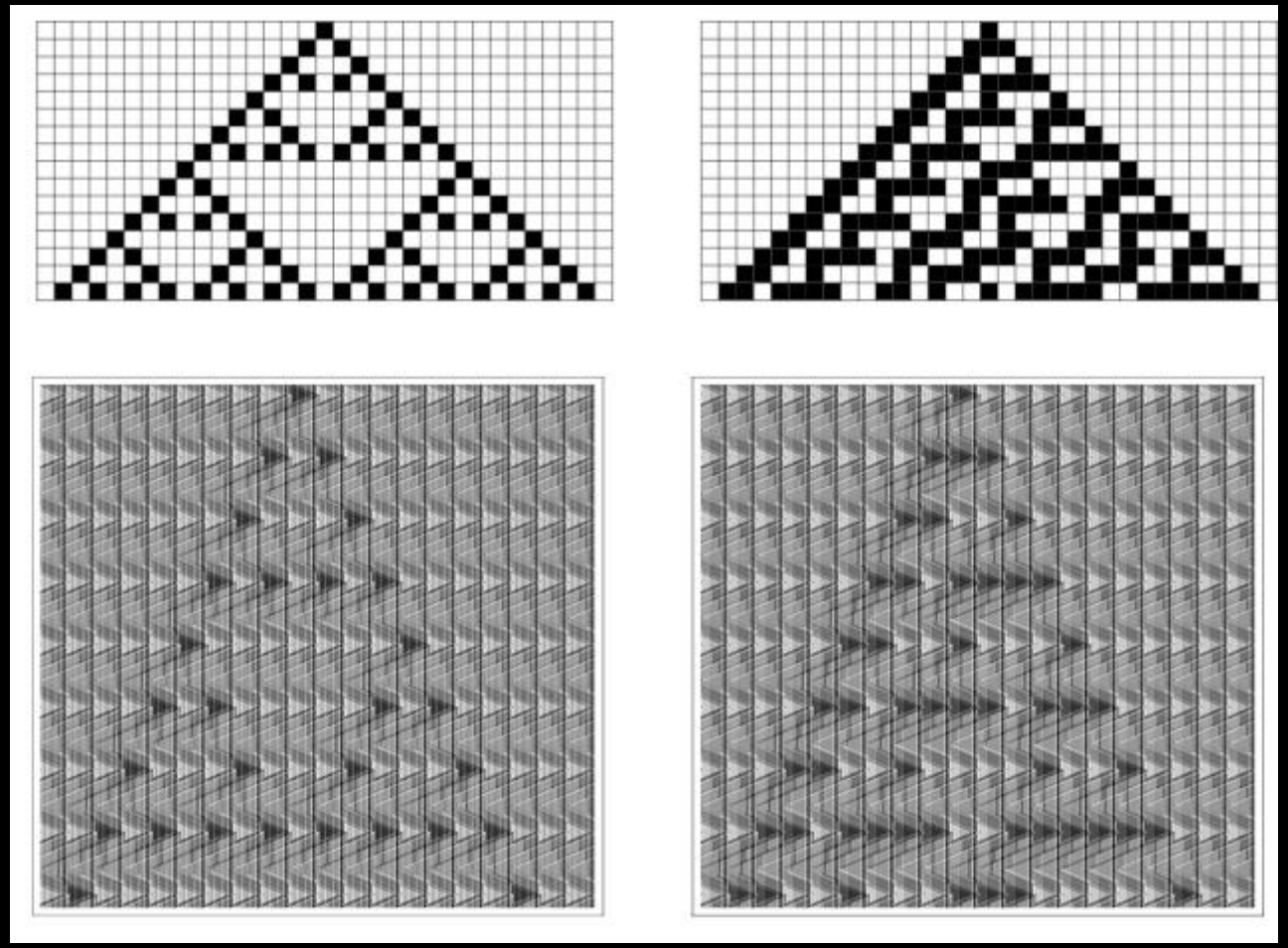
W powyższych przykładach do różnego rodzaju obliczeń używaliśmy różnych automatów.



Univerzální kuchyňský robot / Kompaktný kuchynský robot
Uniwersalny robot kuchenny / Multipurpose Food Processor

Chciałoby się mieć jednak
automat uniwersalny
–
„do wszystkiego”.

Uniwersalna maszyna Turinga

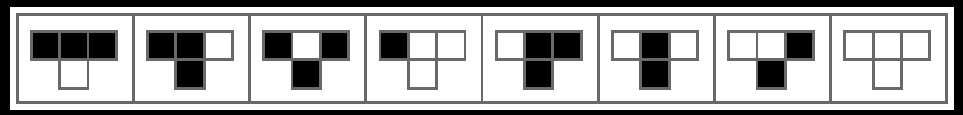


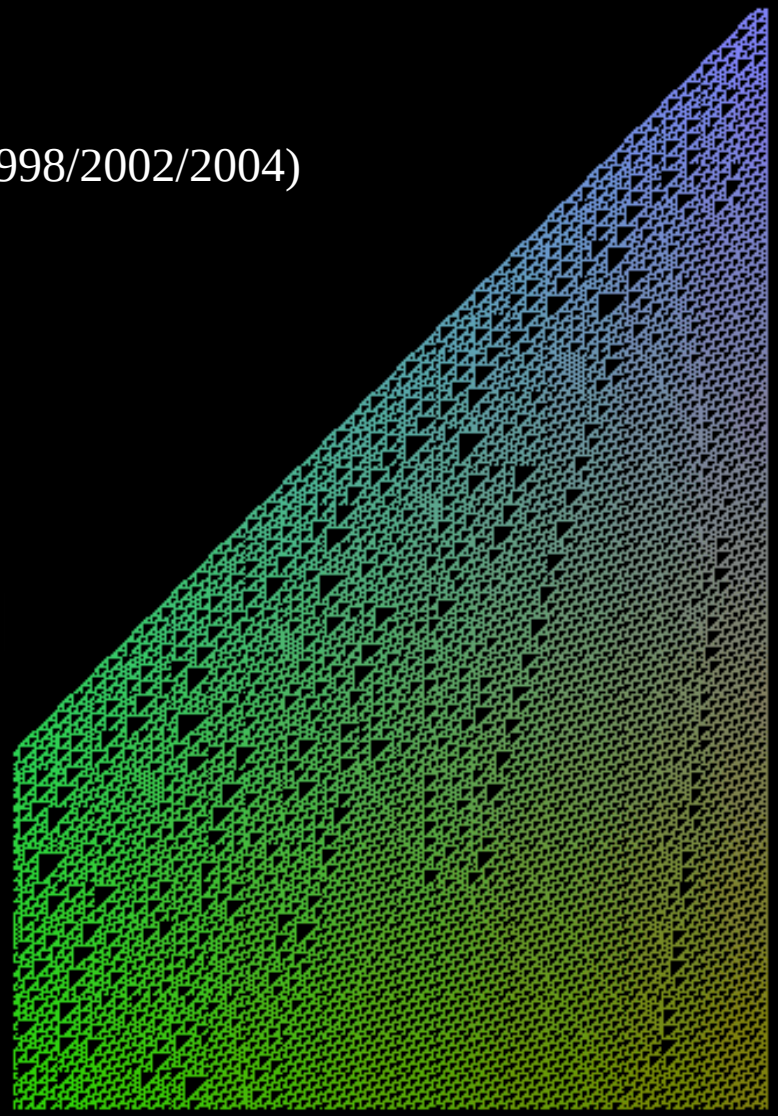
Automat 110 jest uniwersalną maszyną Turinga

Matthew Cook i Stephen Wolfram (1985/1994/1998/2002/2004)



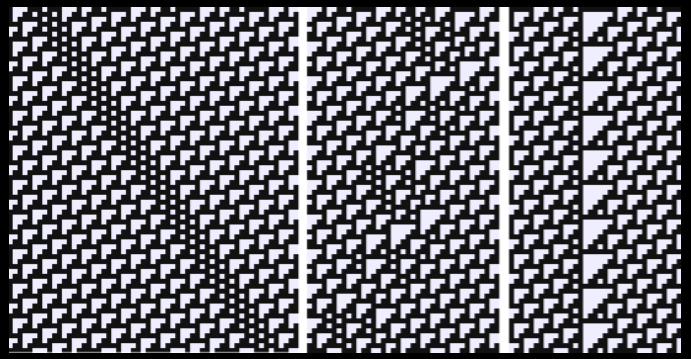
http://web.mit.edu/cfox/www/knitting/f.html





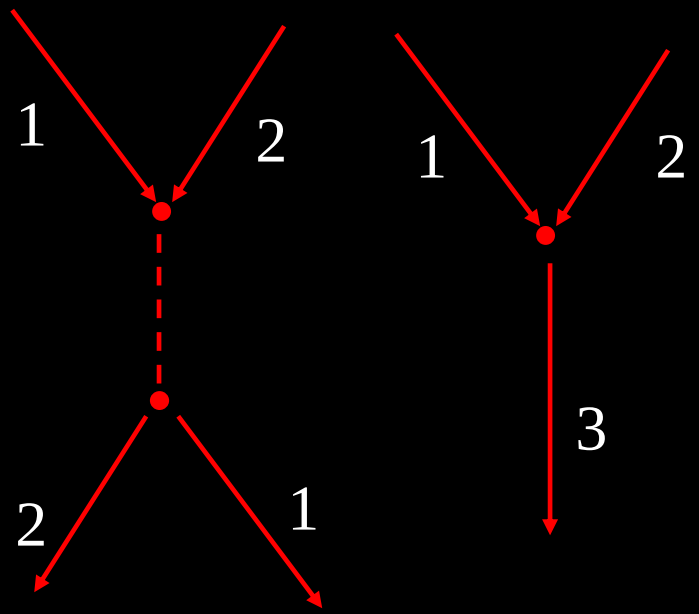
reguła 110 wykiełkowana z 11011

Ślizgacze

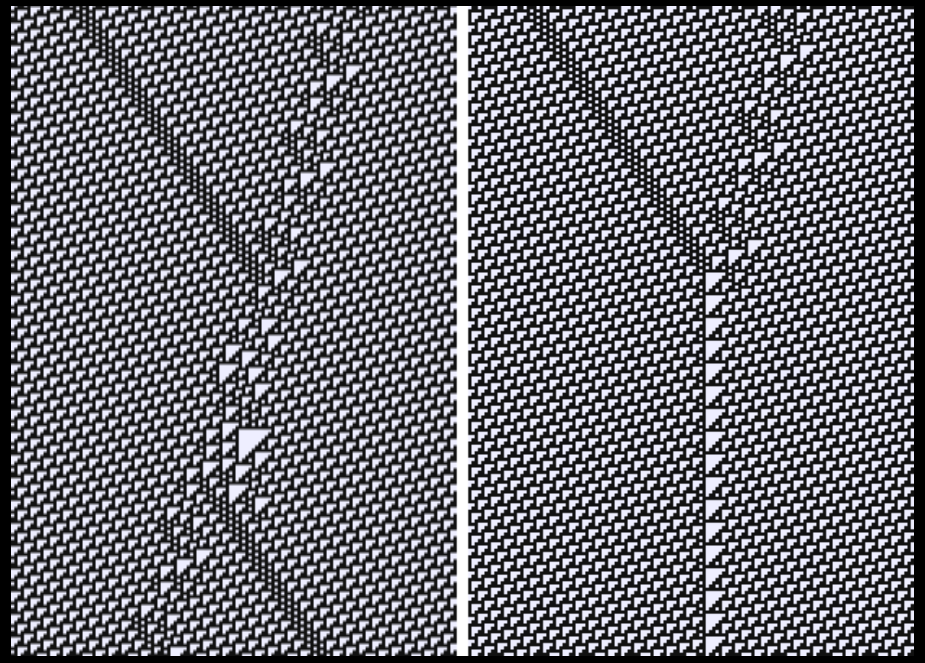


typ 1 typ 2 typ 3

obliczenia emulujące maszynę Turinga opierają się na oddziaływaniach między tymi strukturami



oddziaływanie:



Znaczenie uniwersalności

(według Wolframa)

- układy uniwersalne są w stanie emulować dowolne inne układy, łącznie z ich (dowolnie złożonymi) zachowaniami

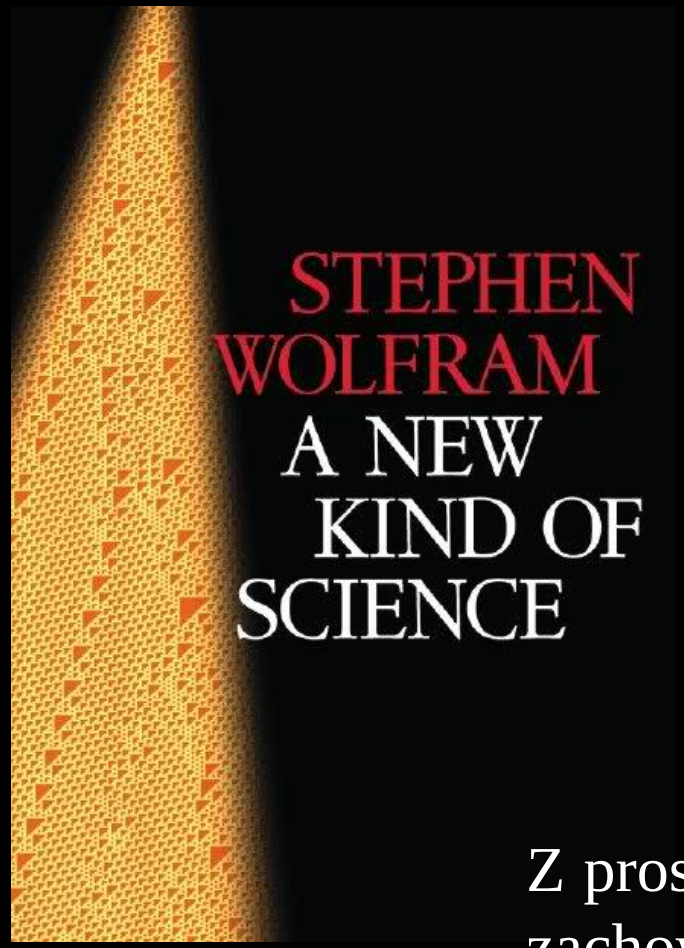
- dalsze komplikowanie ich własności nie prowadzi zatem do wzrostu złożoności

- można mówić o pewnym „progu złożoności”, w którym układ staje się uniwersalny

- okazuje się, że ten próg może być osiągany przez układy o bardzo prostych regułach (automat 110, gra w życie etc.)



Nowa nauka?





Stephen Wolfram

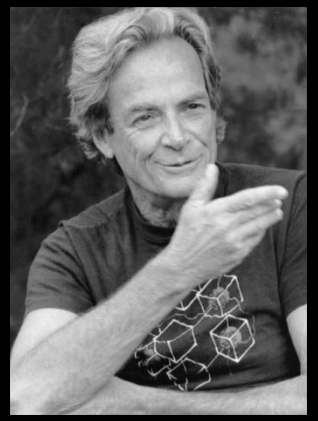
Z prostych reguł wynika złożone, nieprzewidywalne zachowanie, a niemożność przewidzenia ewolucji jest własnością fundamentalną.

Równania czy algorytmy?



Edward Fredkin

„Wszechświat jest komputerem a informacja jest bardziej podstawowa niż materia i energia”



Richard Feynman

„So I have often made the hypothesis that ultimately physics will not require a mathematical statement, that in the end the machinery will be revealed, and the laws will turn out to be simple, like the chequerboard with all its apparent complexities”



Konrad Zuse

„Wszechświat to jedno, wielkie, nieustanne obliczenie”

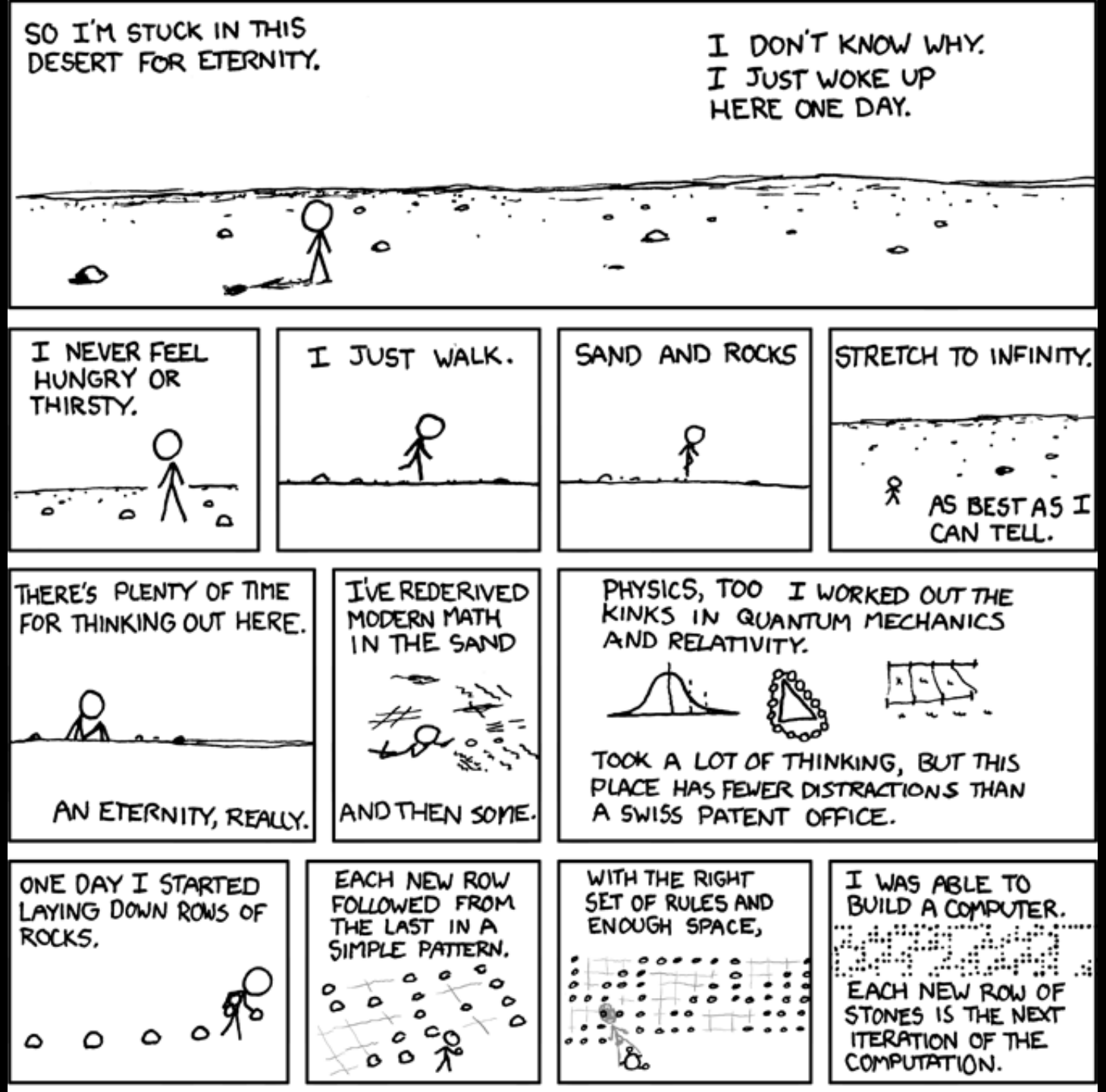
Wszechświat to „cztery linijki kodu”?



"How long do you envision this rule of the universe to be?"
"I'm guessing it's really very short."
"Like how long?"
"I don't know. In Mathematica, for example, perhaps three, four lines of code."
"Four lines of code?"
"That's what I'm guessing. (...) We're looking at a handful of lines of code."
"So it's not like Windows?"
"No. It's not like Windows. It's going to be something small, I think."

Stephen Wolfram, 2002

Dawno, dawno temu w odległej galaktyce...


SO I'M STUCK IN THIS DESERT FOR ETERNITY.
I DON'T KNOW WHY. I JUST WOKE UP HERE ONE DAY.
I NEVER FEEL HUNGRY OR THIRSTY.
I JUST WALK.
SAND AND ROCKS
STRETCH TO INFINITY.
AS BEST AS I CAN TELL.
THERE'S PLENTY OF TIME FOR THINKING OUT HERE.
AN ETERNITY, REALLY.
I'VE REDERIVED MODERN MATH IN THE SAND
AND THEN SOME.
PHYSICS, TOO I WORKED OUT THE KINKS IN QUANTUM MECHANICS AND RELATIVITY.
TOOK A LOT OF THINKING, BUT THIS PLACE HAS FEWER DISTRACTIONS THAN A SWISS PATENT OFFICE.
ONE DAY I STARTED LAYING DOWN ROWS OF ROCKS.
EACH NEW ROW FOLLOWED FROM THE LAST IN A SIMPLE PATTERN.
WITH THE RIGHT SET OF RULES AND ENOUGH SPACE,
I WAS ABLE TO BUILD A COMPUTER.
EACH NEW ROW OF STONES IS THE NEXT ITERATION OF THE COMPUTATION.

xkcd.com

SURE, IT'S ROCKS INSTEAD OF ELECTRICITY, BUT IT'S THE SAME* THING. JUST SLOWER.



* TURING-COMPLETE

AFTER A WHILE, I PROGRAMMED IT TO BE A PHYSICS SIMULATOR.



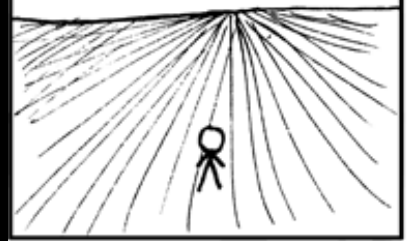
EVERY PIECE OF INFORMATION ABOUT A PARTICLE WAS ENCODED AS A STRING OF BITS WRITTEN IN THE STONES.



WITH ENOUGH TIME AND SPACE, I COULD FULLY SIMULATE TWO PARTICLES INTERACTING.



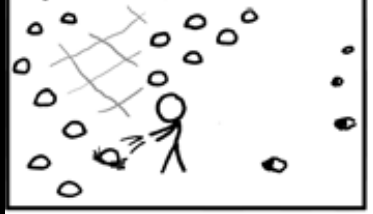
BUT I HAVE INFINITE TIME AND SPACE.



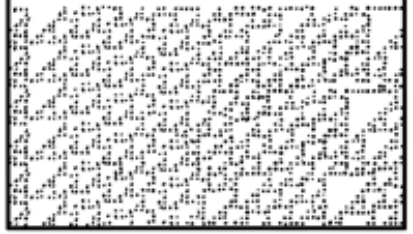
SO I DECIDED TO SIMULATE A UNIVERSE.



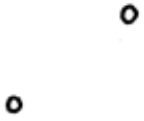
THE EONS BLUR PAST AS I WALK DOWN A SINGLE ROW.



THE ROWS BLUR PAST TO COMPUTE A SINGLE STEP.



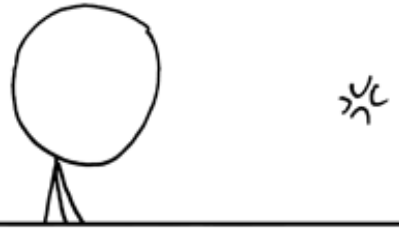
AND IN THE SIMULATION



ANOTHER INSTANT TICKS BY.



SO IF YOU SEE A MOTE OF DUST VANISH FROM YOUR VISION IN A LITTLE FLASH OR SOMETHING



I'M SORRY. I MUST HAVE MISPLACED A ROCK



SOMETIME IN THE LAST FEW BILLIONS AND BILLIONS OF MILLENNIA.

xkcd.com