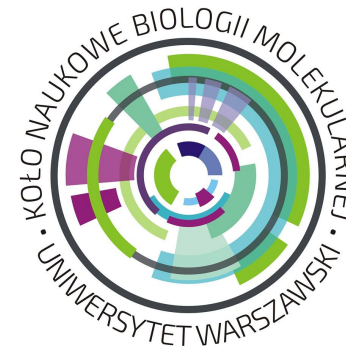


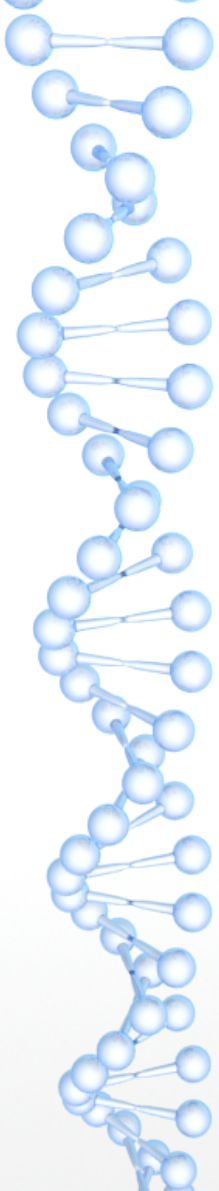
UNIwersytet
Warszawski



KOMPUTERY DNA

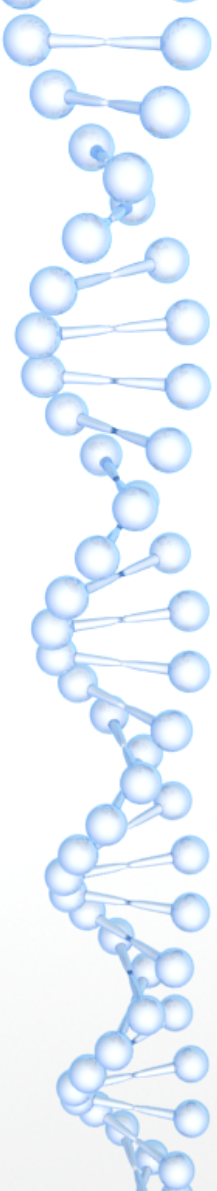
Macion Adrian
Zakład Genetyki Bakterii
Instytut Mikrobiologii
Wydział Biologii UW

Skąd taki (szalony) pomysł?



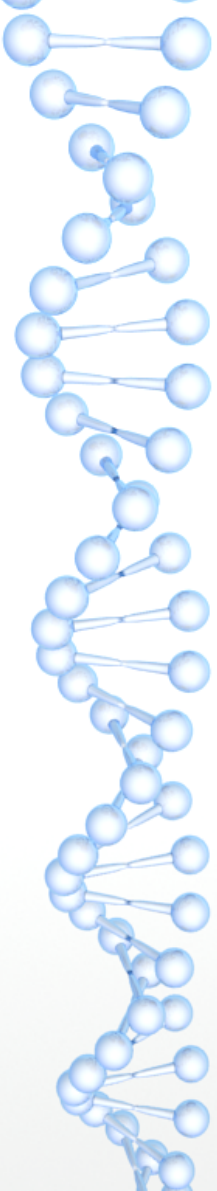
Skąd taki (szalony) pomysł?

- prawo Moore'a:

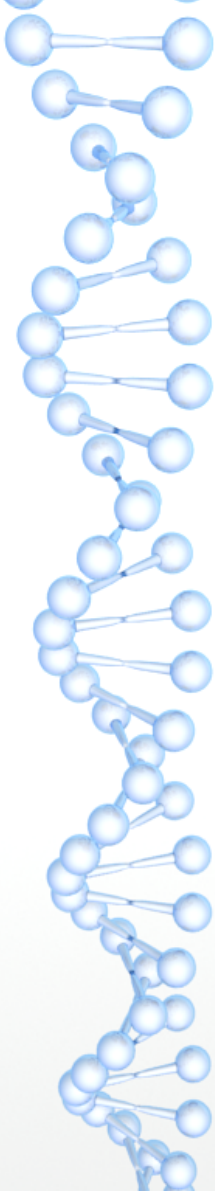
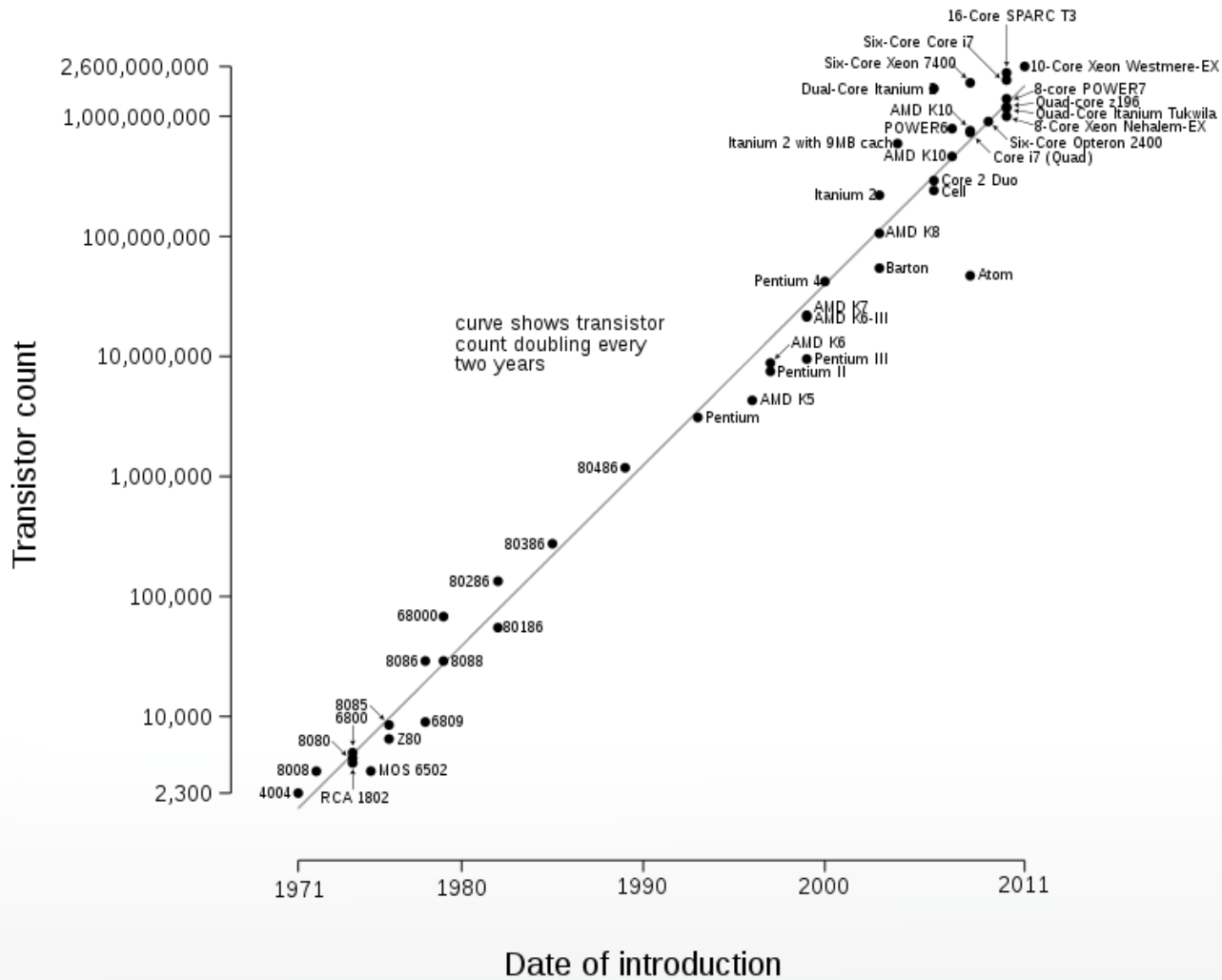


Skąd taki (szalony) pomysł?

- prawo Moore'a:
 - stosunek moc obliczeniowa-cena
 - liczba tranzystorów w stosunku do powierzchni układu scalonego
 - rozmiar pamięci RAM i dysków twardych
 - przepustowość sieci
 - rozmiar samych tranzystorów



Microprocessor transistor counts 1971-2011 & Moore's law





Skąd taki (szalony) pomysł?

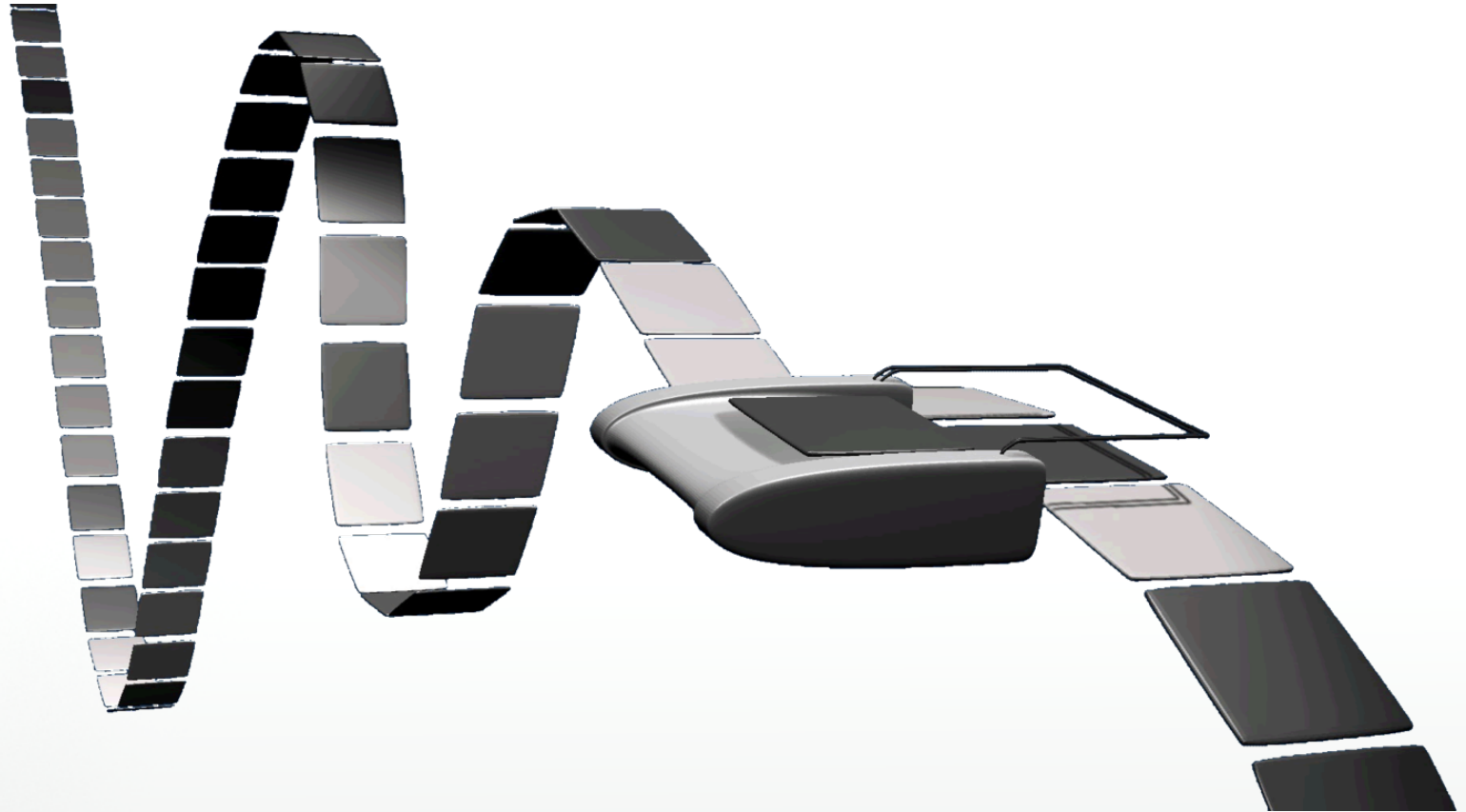
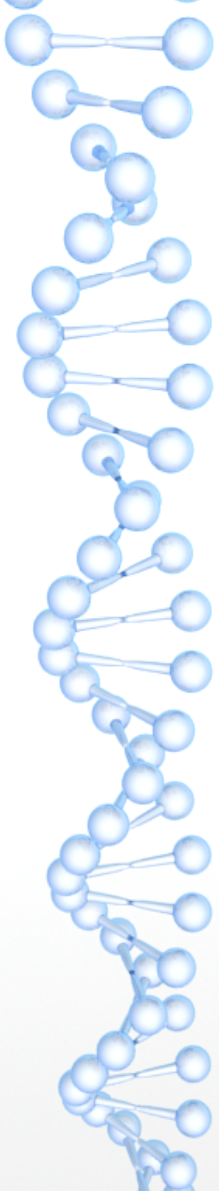
- prawo Moore'a – problemy:

Skąd taki (szalony) pomysł?

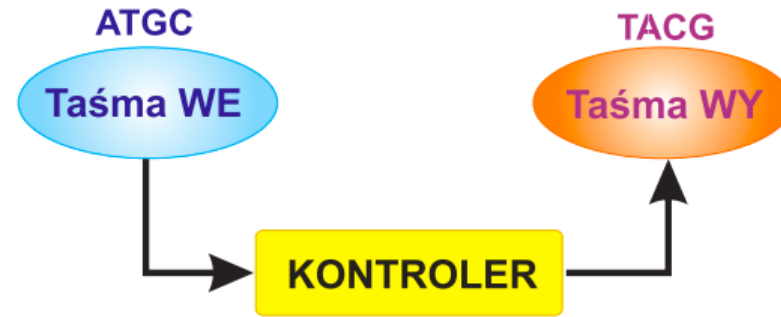
- prawo Moore'a – problemy:
 - pojedynczy atom i granica rozmiaru
 - technika druku „ścieżek” (litografia)
 - prędkość światła – granica prędkości przesyłu informacji
 - przegrzanie (straty energetyczne)
 - nieoznaczoność Heisenberga

$$\Delta\chi\Delta\rho \geq \frac{\hbar}{2}$$

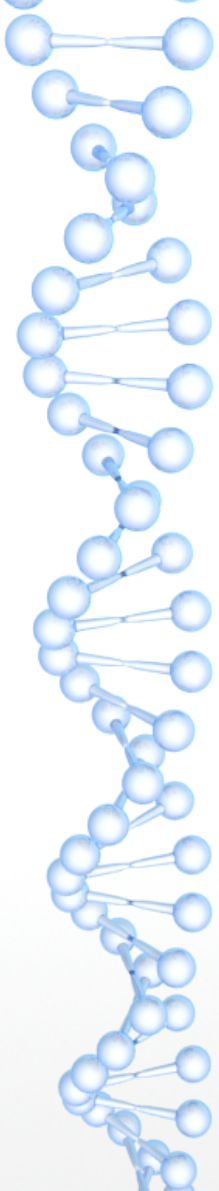
DNA i maszyna Turinga

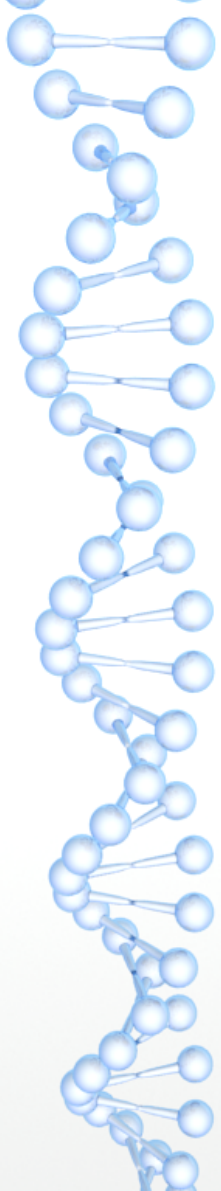


DNA - maszyna Turinga



Droga Hamiltona i model Adlemana



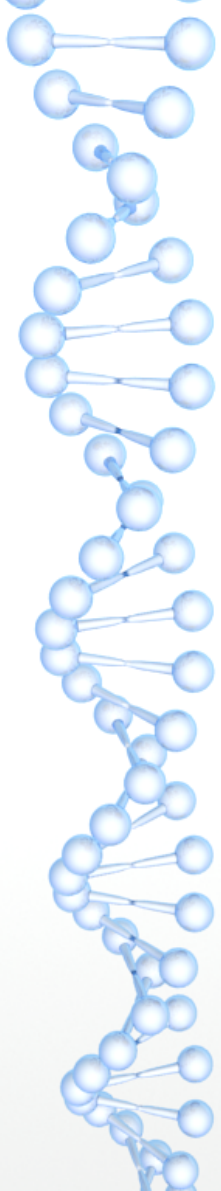


Barcelona

Berlin

Paryż

Rzym

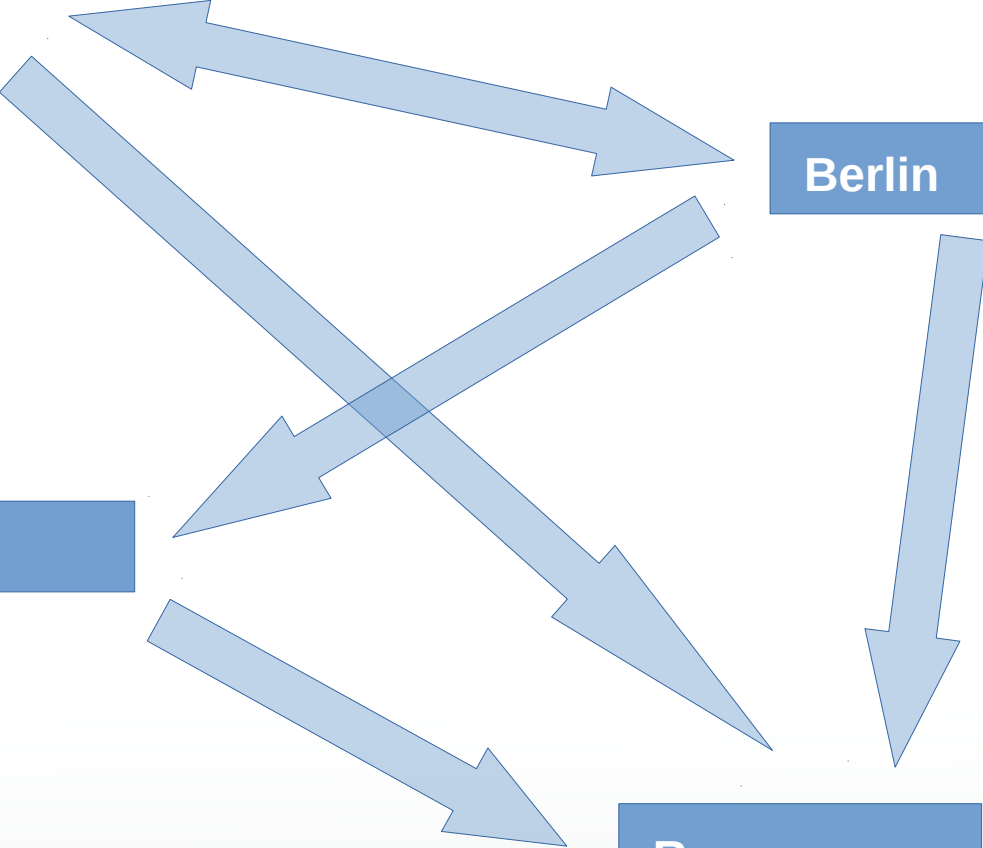


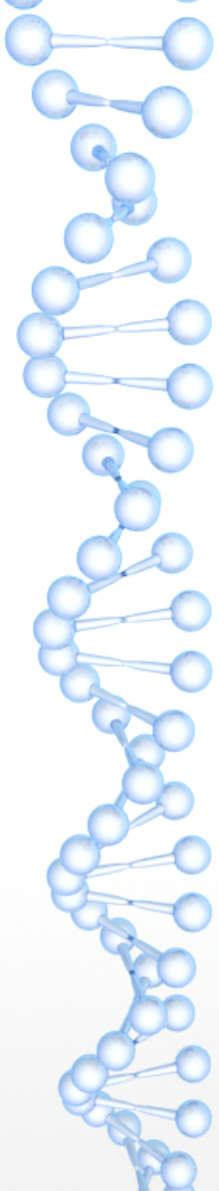
Barcelona

Berlin

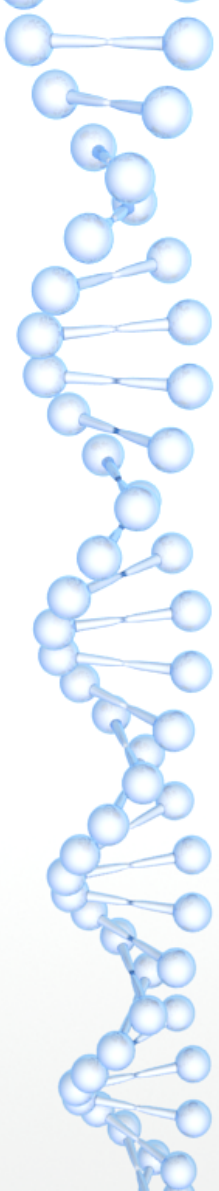
Paryż

Rzym





miasto	sekwencja DNA	sekwencja komplementarna
Barcelona	ACTT GCAG	TGAACGTC
Berlin	TCGG ACTG	AGCCTGAC
Rzym	GGCT ATGT	CCGATACA
Paryż	CCG AGGAA	GGCTCCTT

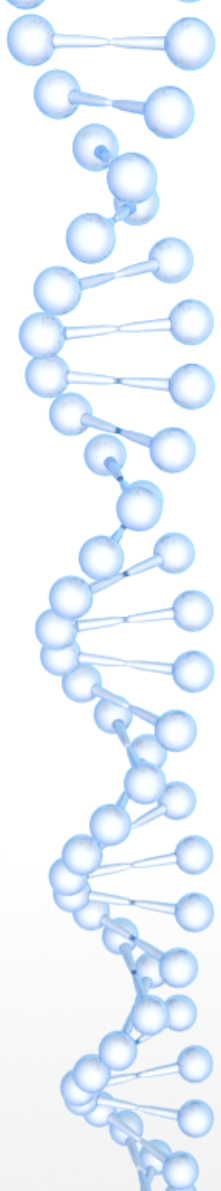


miasto	sekwencja DNA	sekwencja komplementarna
Barcelona	ACTT GCAG	TGAACGTC
Berlin	TCGG ACTG	AGCCTGAC
Rzym	GGCT ATGT	CCGATACA
Paryż	CCGAG GAA	GGCTCCTT

Barcelona → Rzym: ACTT-ATGT

Berlin → Rzym: TCGG-ATGT

Berlin → Paryż: TCGG-GGAA

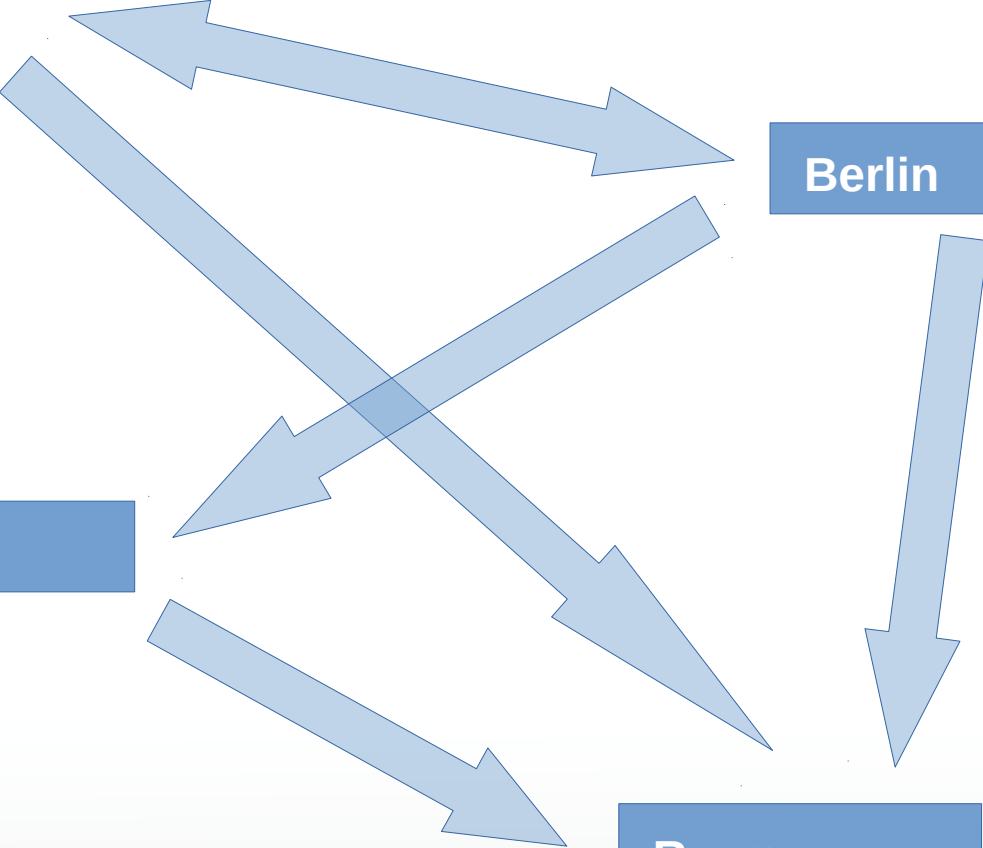


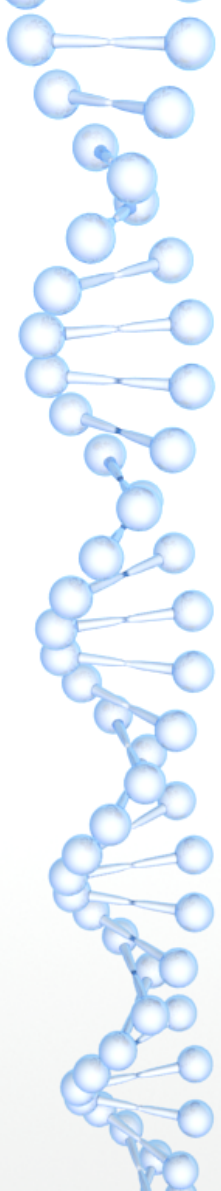
Barcelona

Berlin

Paryż

Rzym



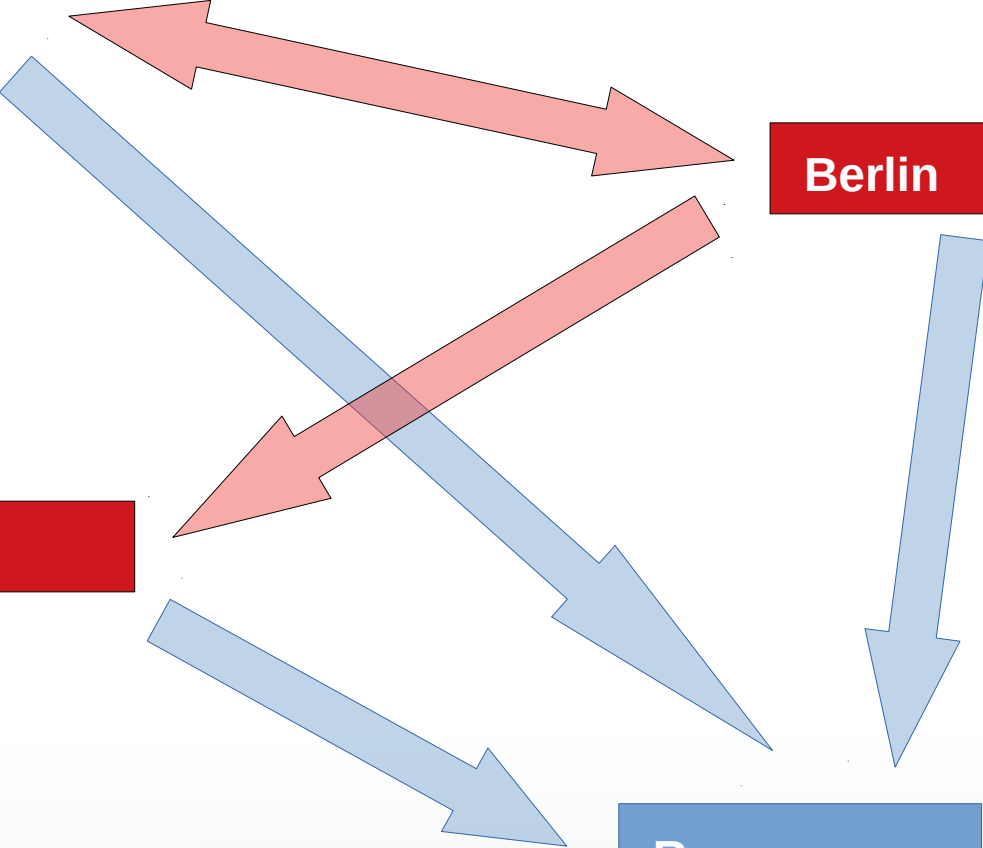


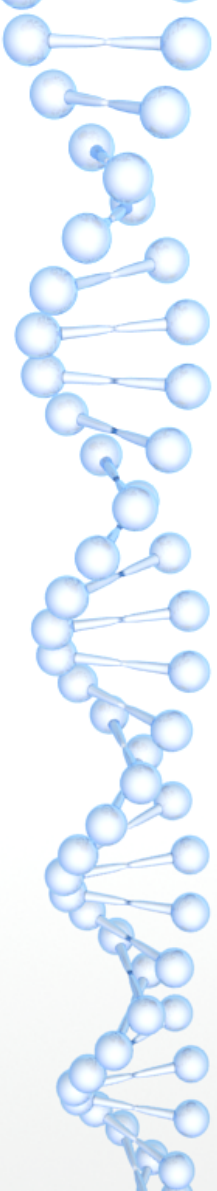
Barcelona

Berlin

Paryż

Rzym



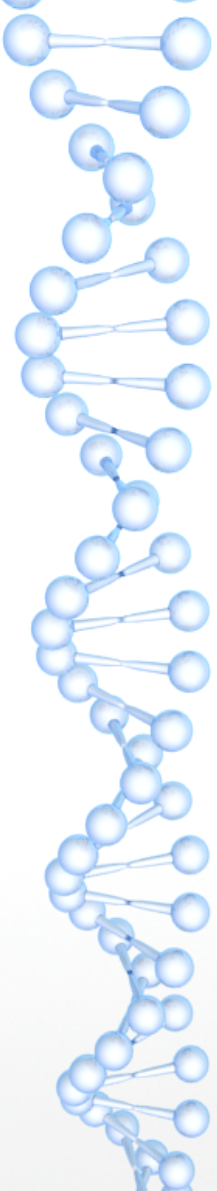


Barcelona → Berlin

ACTT-ACTG

Berlin → Paryż

TCGG-AAGG



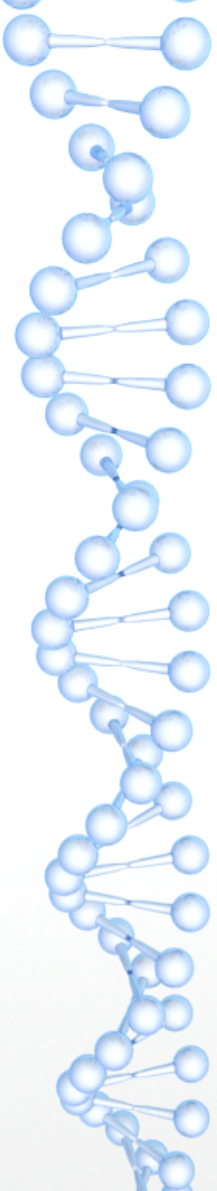
Barcelona → Berlin

ACTT-ACTG

Berlin → Paryż

TCGG-AAGG

ACTT-**ACTG** TCGG-AAGG



Barcelona → Berlin

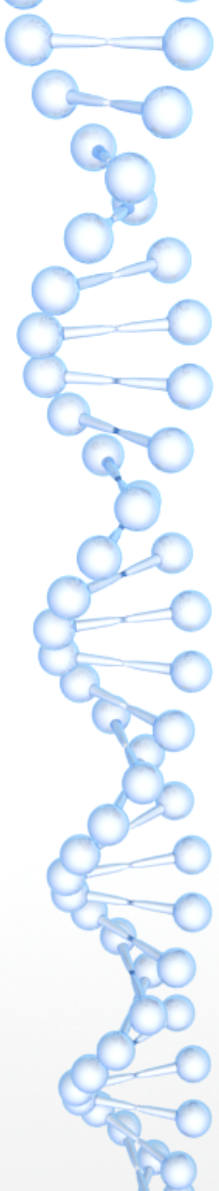
ACTT-ACTG

Berlin → Paryż

TCGG-AAGG



ACTT-**ACTG** TCGG-AAGG
TGAC-AGCC



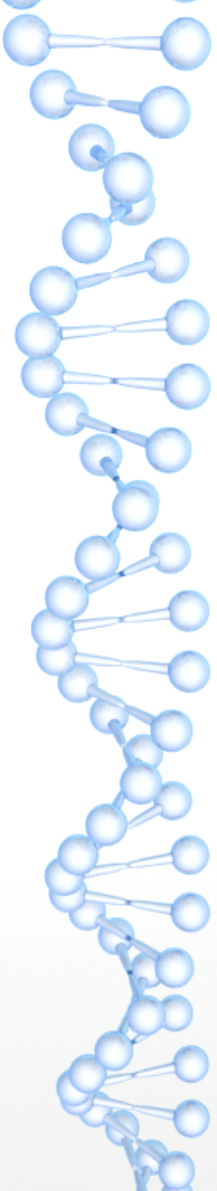
Barcelona → Berlin

ACTT-ACTG

Berlin → Paryż

TCGG-AAGG

ACTT-**ACTG**-**TCGG**-AAGG
TGAC-AGCC



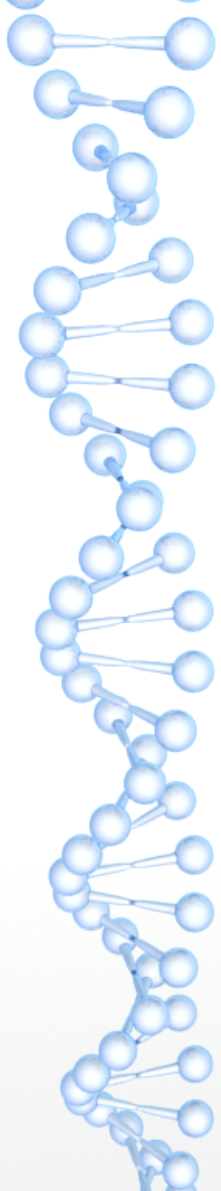
Barcelona → Berlin

ACTT-ACTG

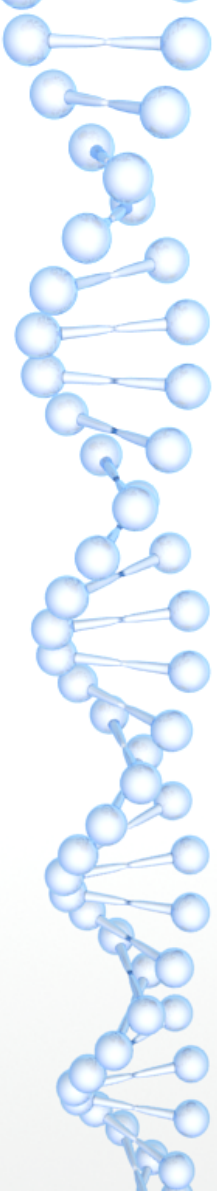
Berlin → Paryż

TCGG-AAGG

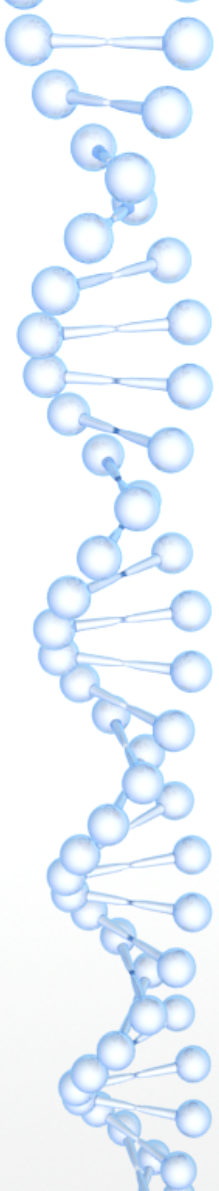
ACTT-**ACTG**-TCGG-AAGG



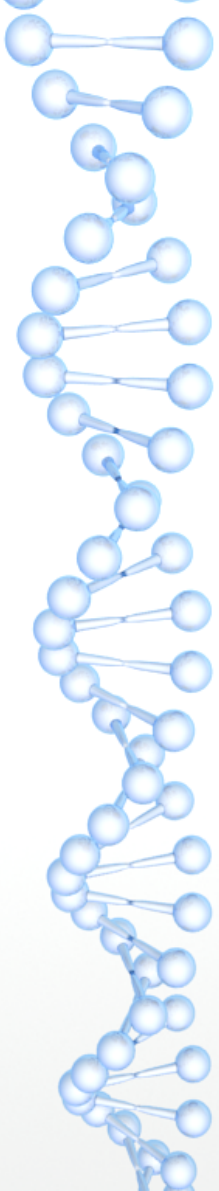
- reakcja jest szybka



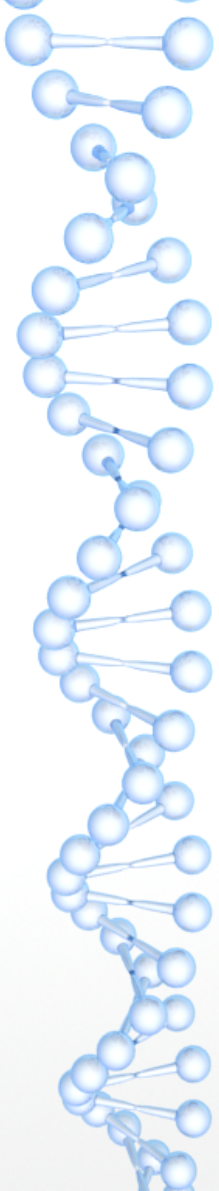
- reakcja jest szybka – komputery standardowe: przy grafie 12-węzłowym analiza $10!$ możliwości (3 628 800)



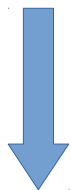
- reakcja jest szybka
- wysoka wydajność energetyczna



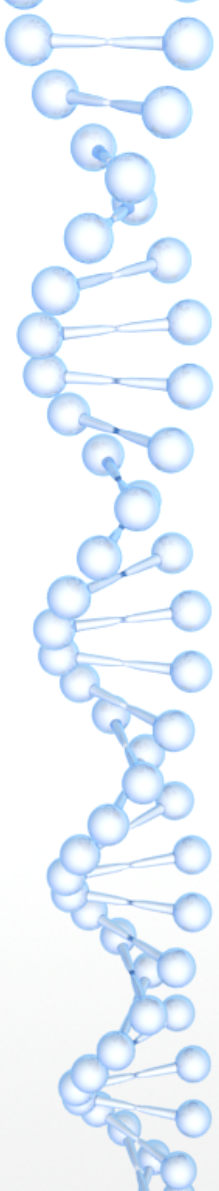
- reakcja jest szybka
- wysoka wydajność energetyczna - 1J dostarczonej energii pozwala na wykonanie 2×10^{12} reakcji łączenia cząsteczek DNA



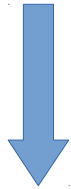
- reakcja jest szybka
- wysoka wydajność energetyczna - 1J dostarczonej energii pozwala na wykonanie 2×10^{12} reakcji łączenia cząsteczek DNA



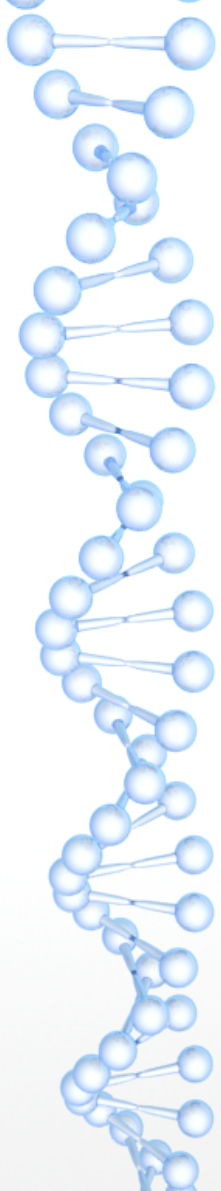
komputery standardowe



- reakcja jest szybka
- wysoka wydajność energetyczna - 1J dostarczonej energii pozwala na wykonanie 2×10^{12} reakcji łączenia cząsteczek DNA



komputery standardowe: 10^9 operacji na 1J



Gdzie jest „haczyk”?

Gdzie jest „haczyk”?



Gdzie jest „haczyk”?



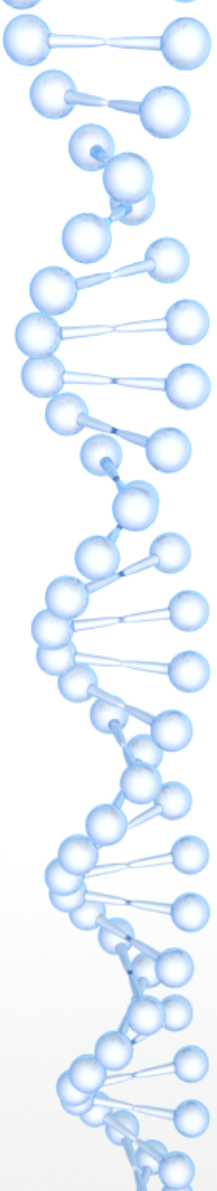
Gdzie jest „haczyk”?



Gdzie jest „haczyk”?



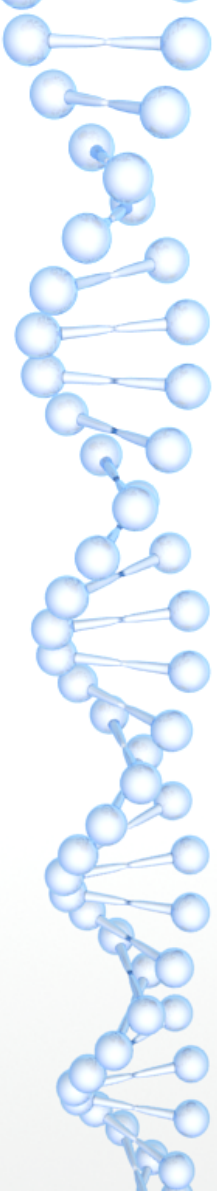
NETFLIX



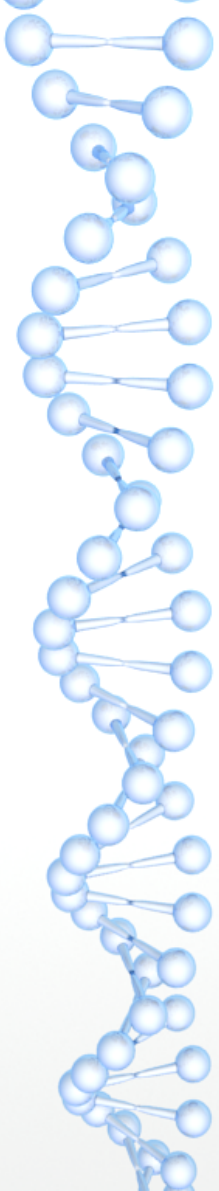
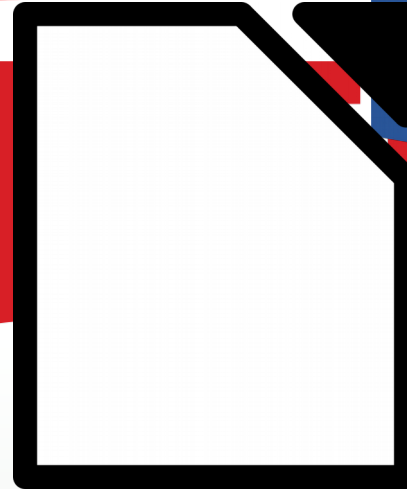
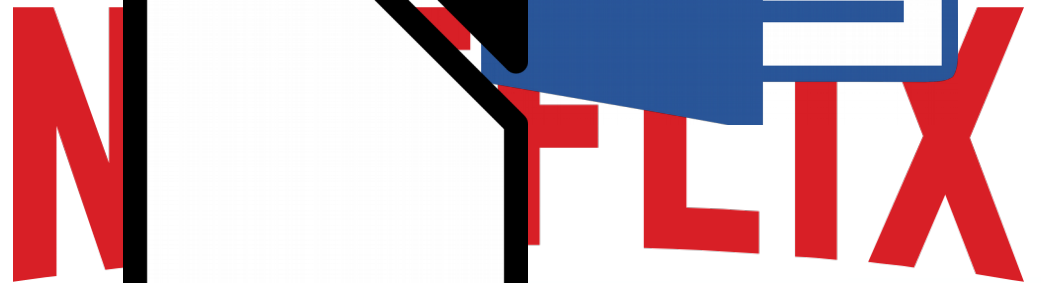
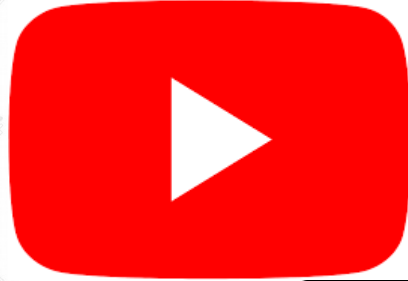
Gdzie jest „haczyk”?



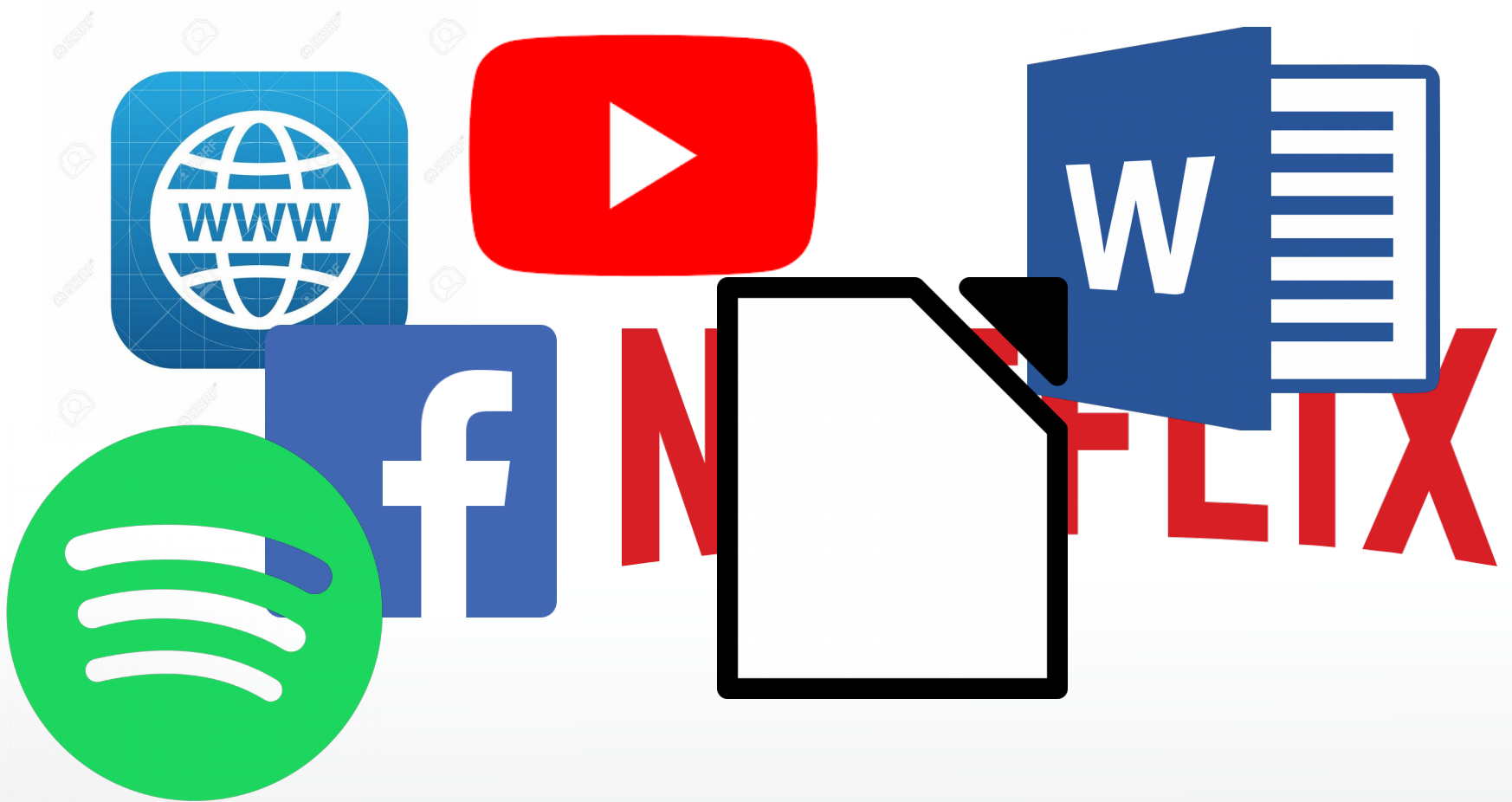
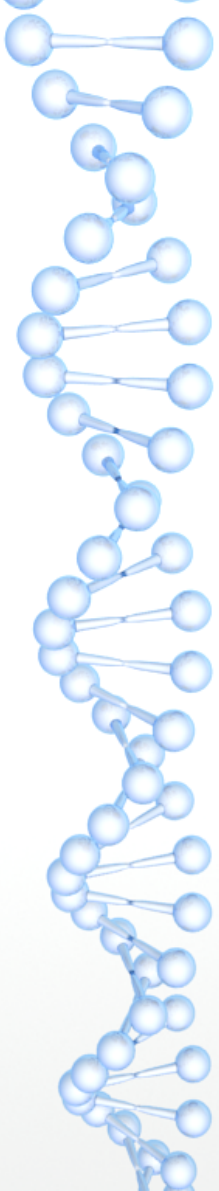
NETFLIX



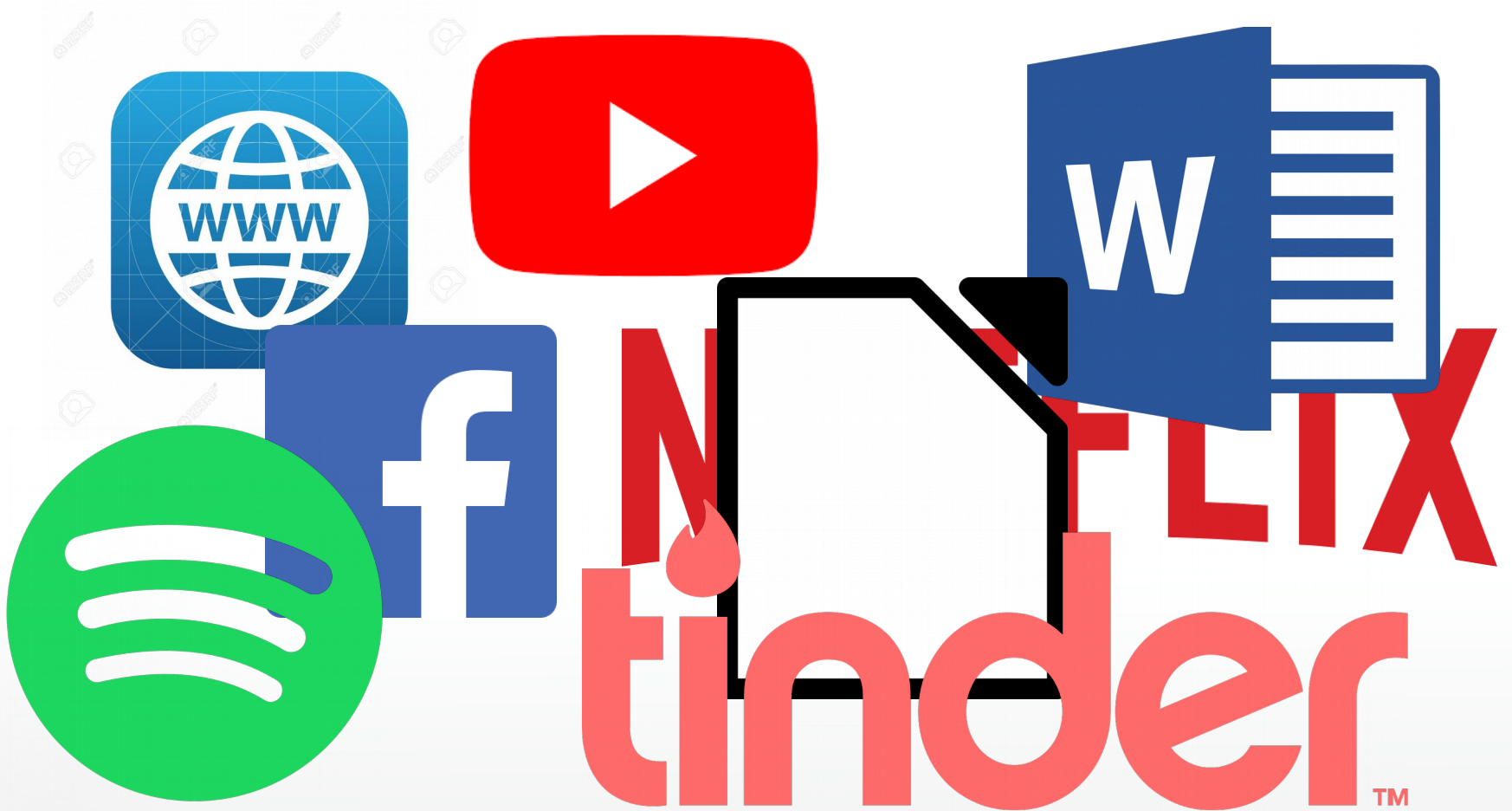
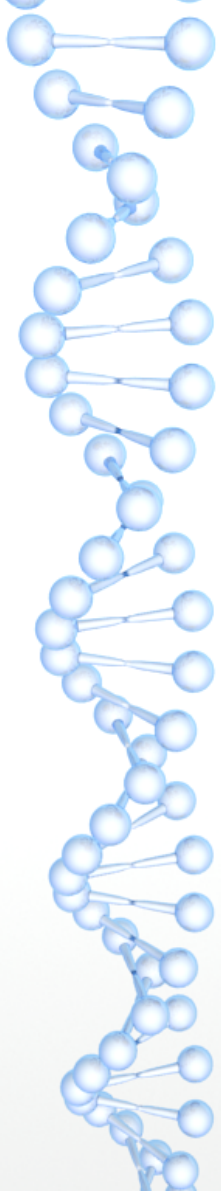
Gdzie jest „haczyk”?



Gdzie jest „haczyk”?

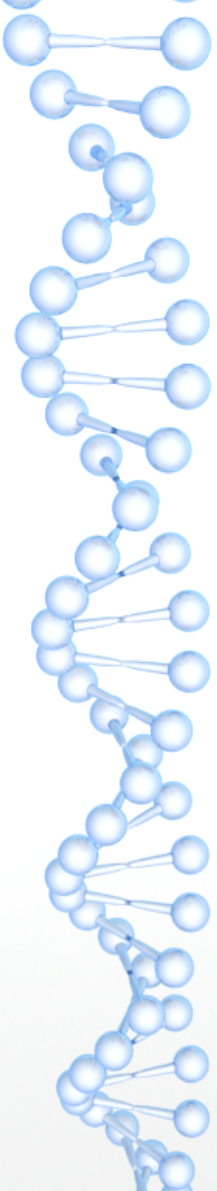


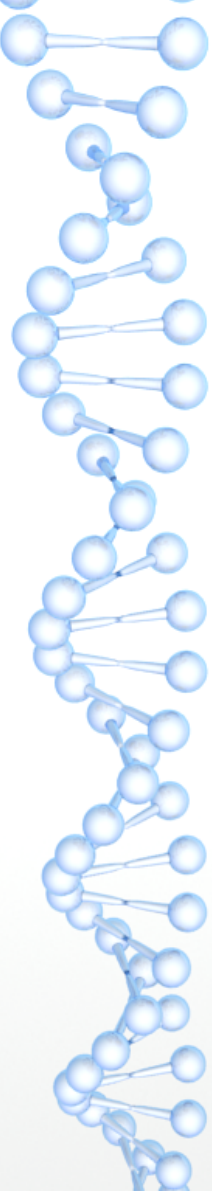
Gdzie jest „haczyk”?



Gdzie jest „haczyk”?

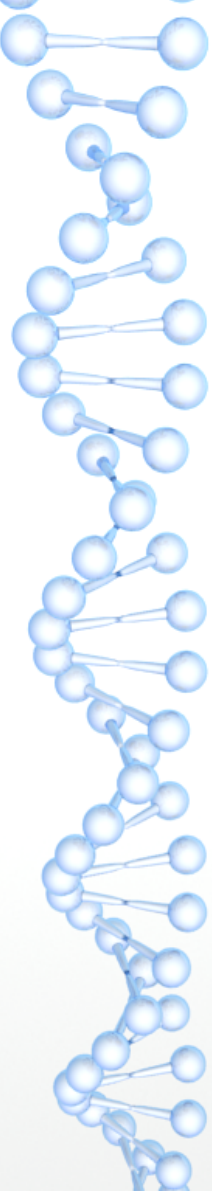
Czy komputery DNA „dadzą” nam to samo co komputery standardowe?





Gdzie jest „haczyk”?

NIE

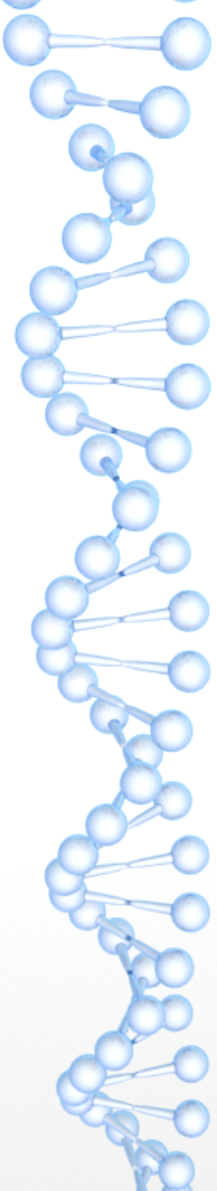


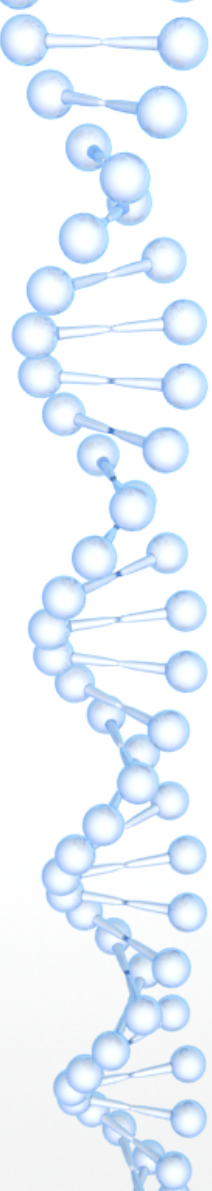
Gdzie jest „haczyk”?

NIE to samo

Gdzie jest „haczyk”?

odmienna budowa



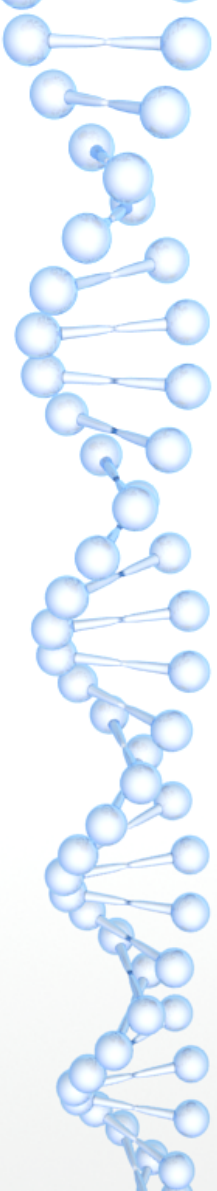


Gdzie jest „haczyk”?

odmienna budowa → odmienne działanie

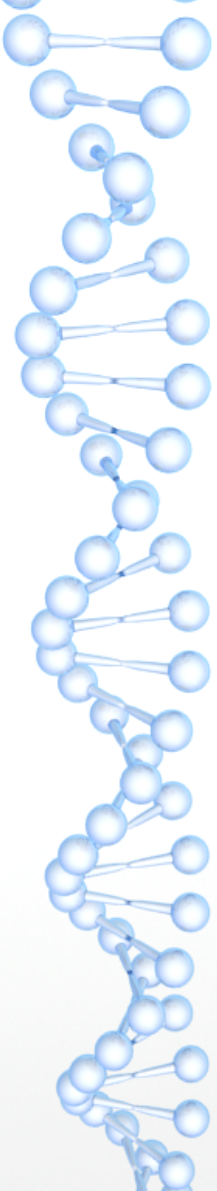
Gdzie jest „haczyk”?

odmienna budowa → odmienne działanie → odmienne funkcje WE i WY



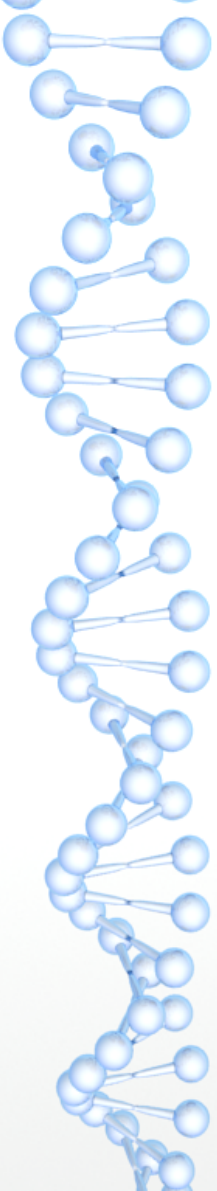
Gdzie jest „haczyk”?

odmienna budowa → odmienne działanie → odmienne funkcje WE i WY → odmienny potencjał

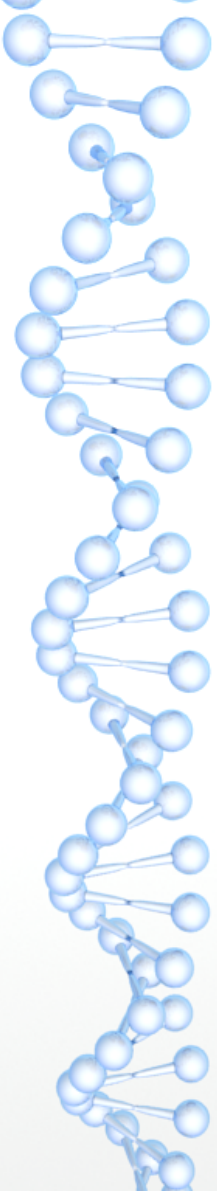


Gdzie jest „haczyk”?

odmienna budowa → odmienne działanie → odmienne funkcje WE i WY → **odmienny potencjał**

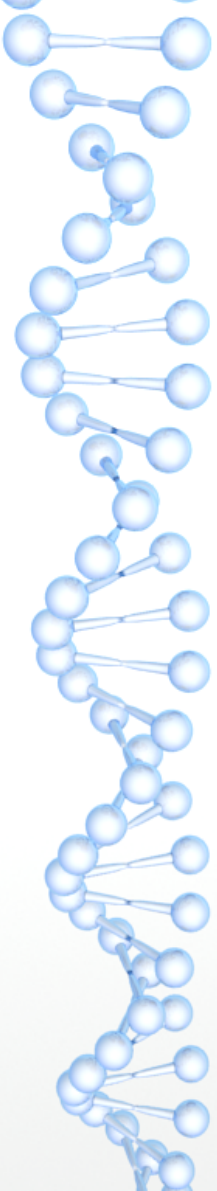


Zastosowanie



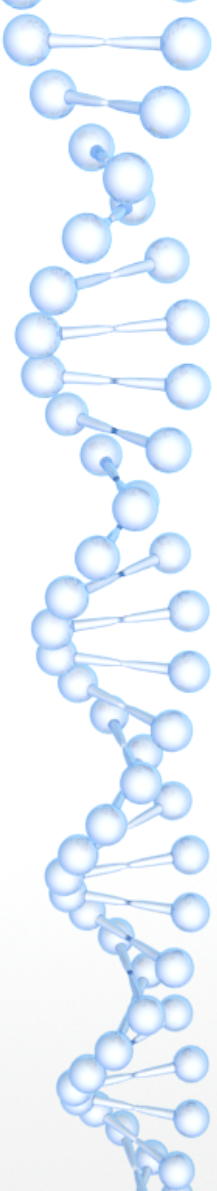
Zastosowanie

- automat dwustanowy



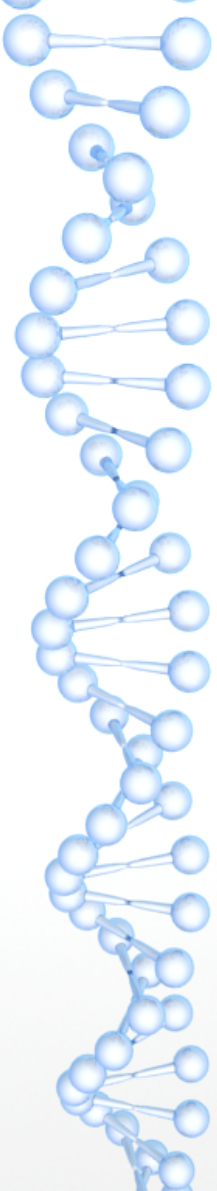
Zastosowanie

- automat dwustanowy: 1/0



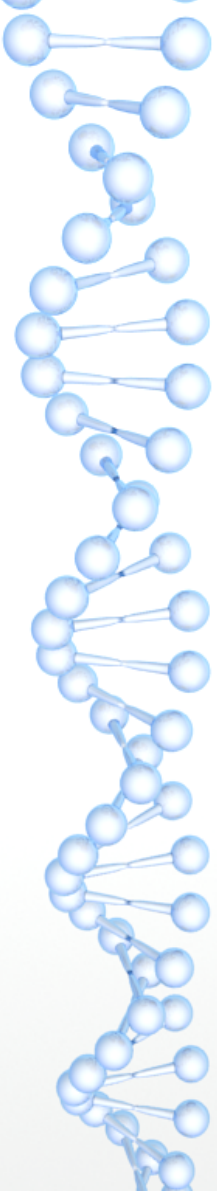
Zastosowanie

- automat dwustanowy: 1/0
1 – tak (stan wyjściowy)
0 – nie



Zastosowanie

- automat dwustanowy: 1/0
1 – tak (stan wyjściowy)
0 – nie
- pytanie





Zastosowanie

- automat dwustanowy: 1/0
1 – tak (stan wyjściowy)
0 – nie
- pytanie: „Czy pacjent jest chory?”



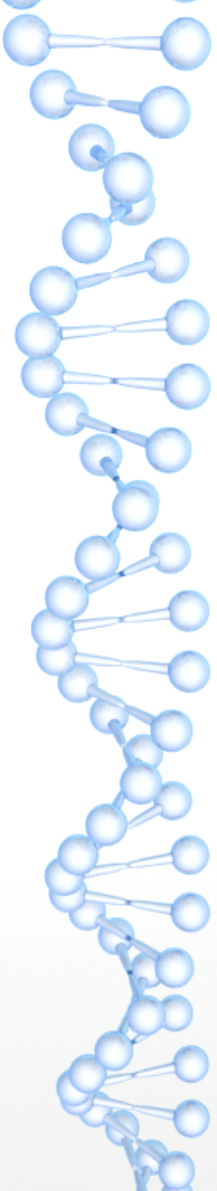
Zastosowanie

- automat dwustanowy: 1/0
1 – tak (stan wyjściowy)
0 – nie
- pytanie: „Czy pacjent jest chory?” - sprawdzanie obecności wyznaczonych markerów



Zastosowanie

- automat dwustanowy: 1/0
1 – tak (stan wyjściowy)
0 – nie
- pytanie: „Czy pacjent jest chory?” - sprawdzanie obecności wyznaczonych markerów **A-B-C**

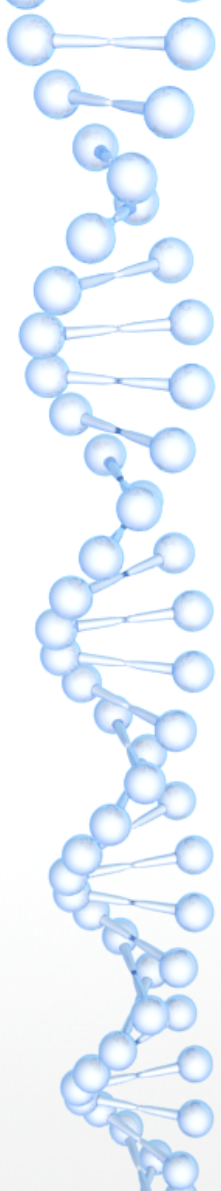


marker	stan markera	stan automatu
A		
B		
C		

Stan wyjściowy → 1

Stan markera 1 → zachowanie stanu (1 → 1)

Stan markera 0 → zmiana stanu i przerwanie działania (1 → 0)

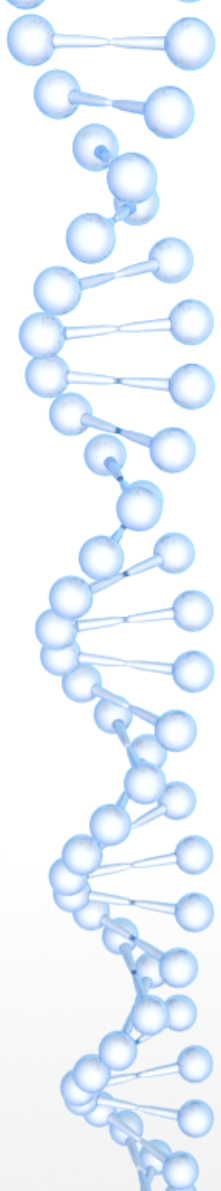


marker	stan markera	stan automatu
A	1	1 → 1
B	1	1 → 1
C	1	1 → 1

Stan wyjściowy → 1

Stan markera 1 → zachowanie stanu (1 → 1)

Stan markera 0 → zmiana stanu i przerwanie działania (1 → 0)

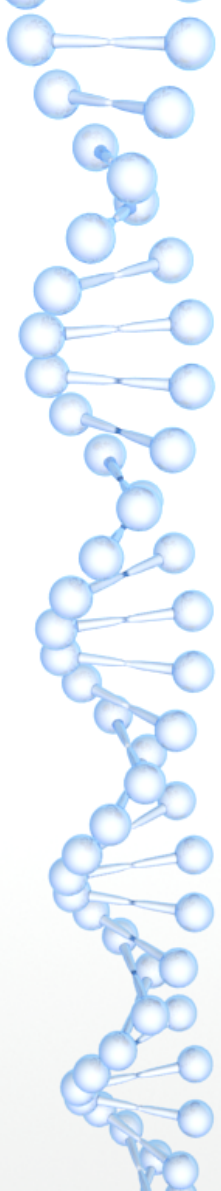


marker	stan markera	stan automatu
A	1	1 → 1
B	0	1 → 0
C	1	-

Stan wyjściowy → 1

Stan markera 1 → zachowanie stanu (1 → 1)

Stan markera 0 → zmiana stanu i przerwanie działania (1 → 0)

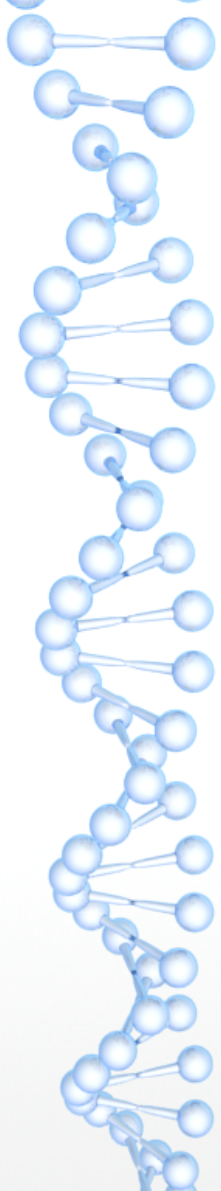


marker	stan markera	stan automatu
A	0	1 → 0
B	0	-
C	1	-

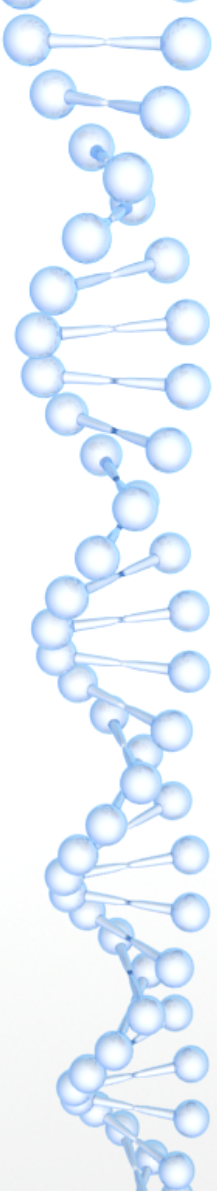
Stan wyjściowy → 1

Stan markera 1 → zachowanie stanu (1 → 1)

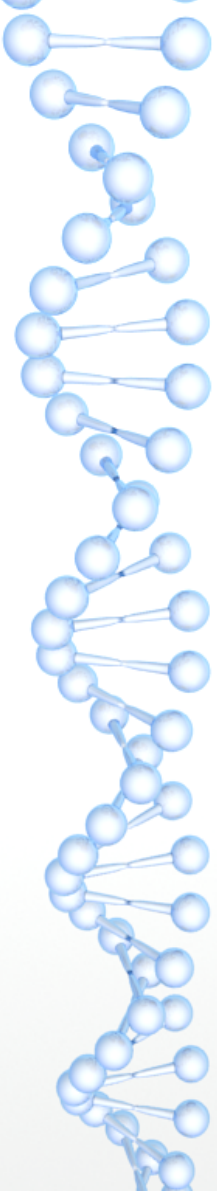
Stan markera 0 → zmiana stanu i przerwanie działania (1 → 0)



- marker?

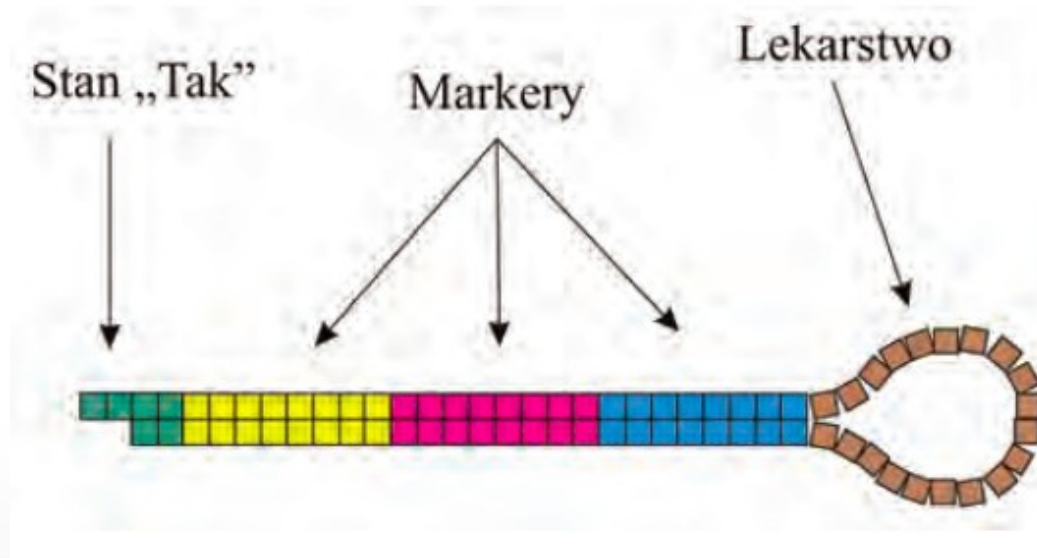


- marker – mRNA

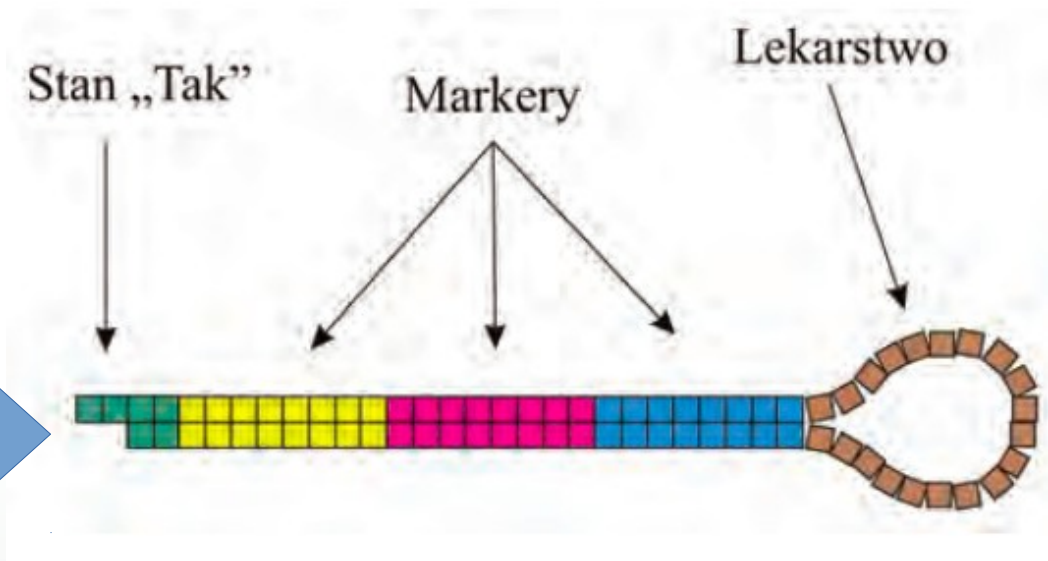
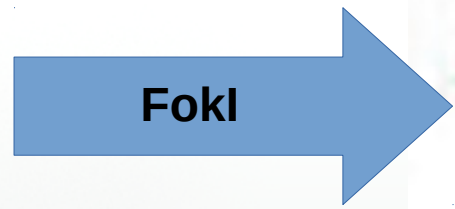


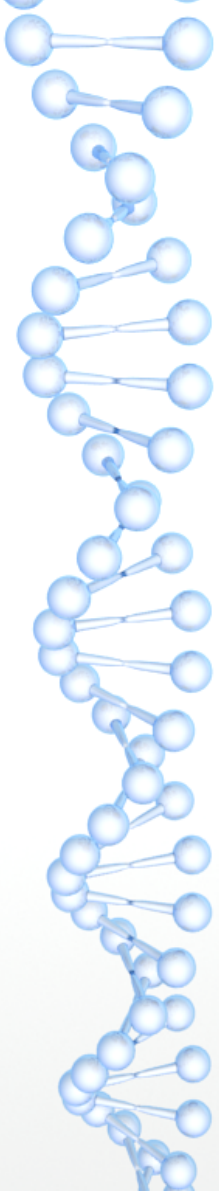
- marker – mRNA
- automat?

- marker – mRNA
- automat

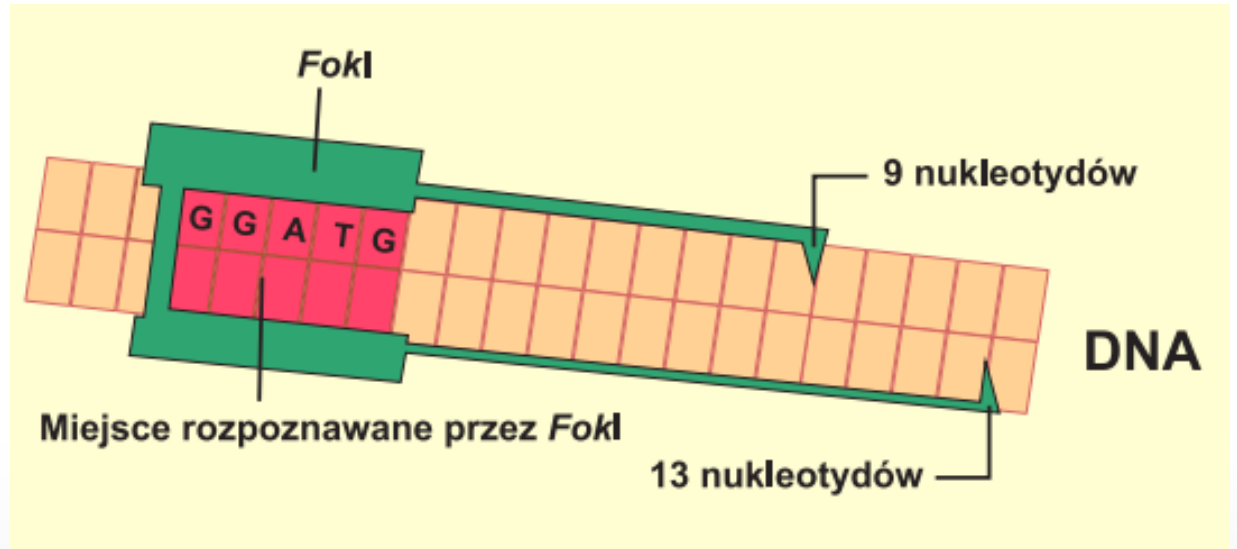


- marker – mRNA
- automat

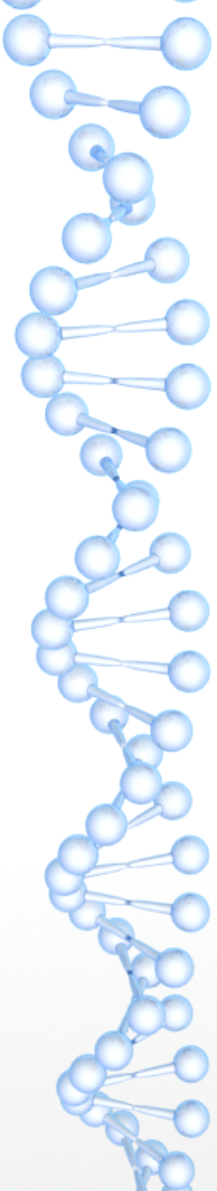




- marker – mRNA
- automat



Ryboprzełączniki (*Riboswitches*)





Ryboprzełączniki (*Riboswitches*)

- Aptamer

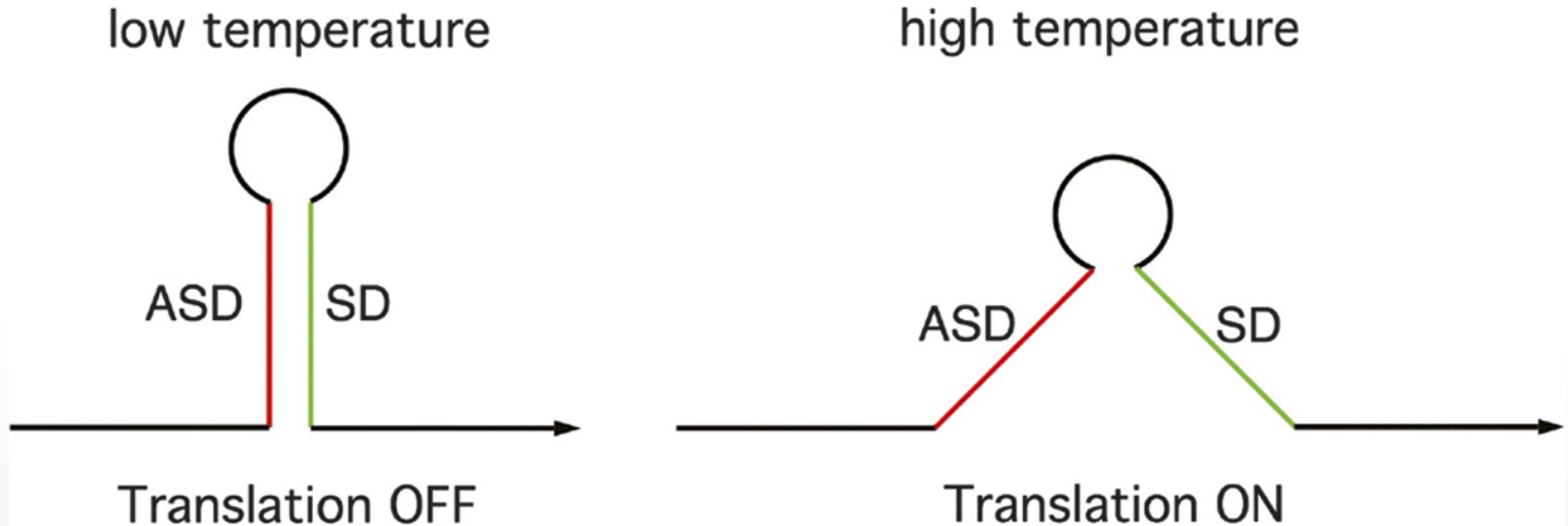


Ryboprzełączniki (*Riboswitches*)

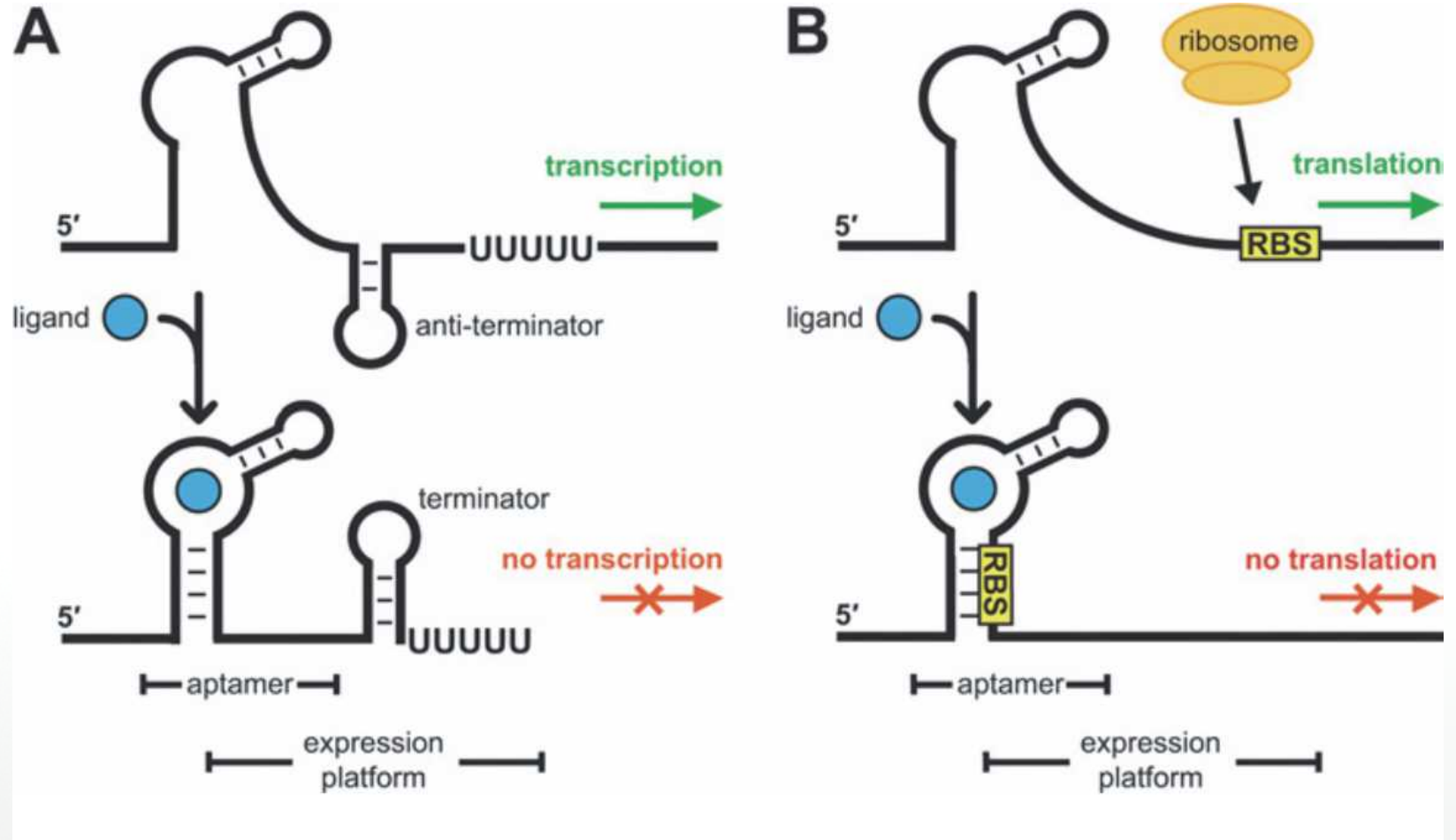
- Aptamer
- Platforma ekspresyjna

Ryboprzełączniki (*Riboswitches*)

- Aptamer
- Platforma ekspresyjna

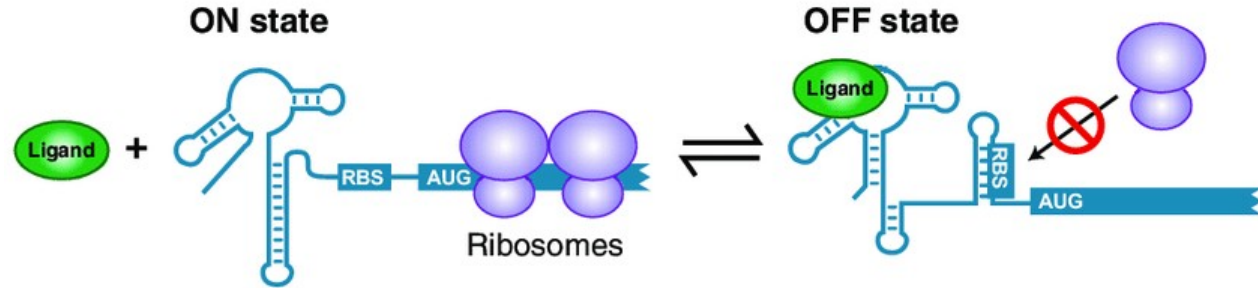


Ryboprzełączniki (*Riboswitches*)

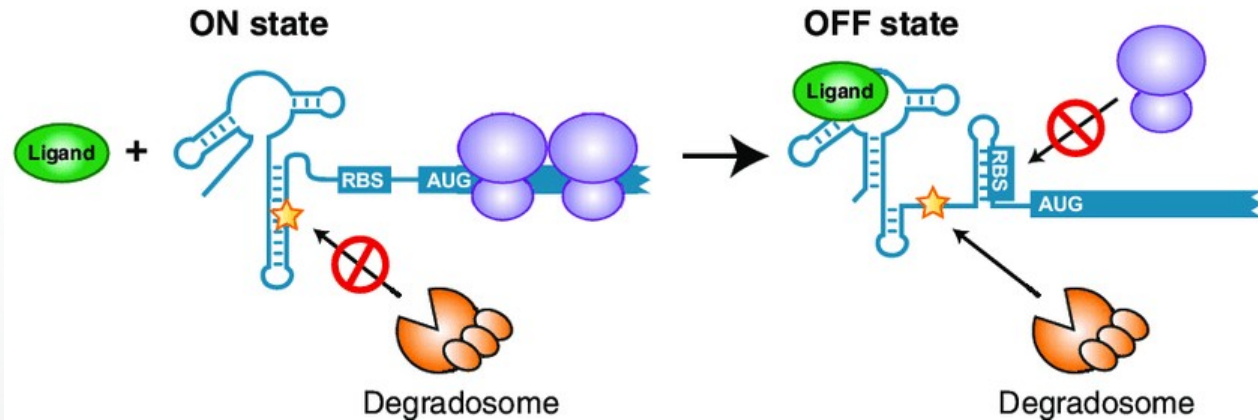


Ryboprzełączniki (*Riboswitches*)

A Non-Nucleolytic Repression Mechanism (*thiM* and *btuB* riboswitches)



B Nucleolytic Repression Mechanism (*lysC* riboswitch)





Bibliografia

- Janusz Błasiak, Tadeusz Krasiński, Tomasz Popławski, Sebastian Sakowski; Komputery DNA; Postępy Biochemii 57 (1) 2011
- McCown PJ, Corbino KA, Stav S, Sherlock ME, Breaker RR. Riboswitch diversity and distribution. RNA. 2017;23(7):995–1011. doi:10.1261/rna.061234.117
- Fu D., Shah S., Song T., Reif J. (2018) DNA Computing Analog Computing. W: Braman J. (red.) Synthetic Biology. Methods in Molecular Biology, tom 1772. Humana Press, New York, NY
- Nikolet Pavlova, Dimitrios Kaloudas, Robert Penchovsky, Riboswitch distribution, structure, and function in bacteria, Gene, Volume 708, 2019, Pages 38-48, ISSN 0378-1119, <https://doi.org/10.1016/j.gene.2019.05.036>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378111919304998>)