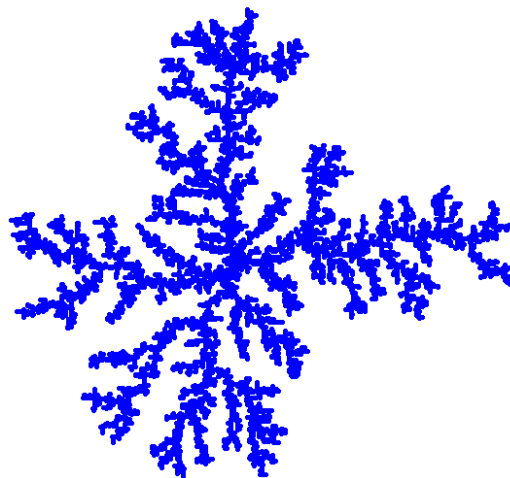


Wykład 3



DYFUZYJNY WZROST ZLEPKÓW



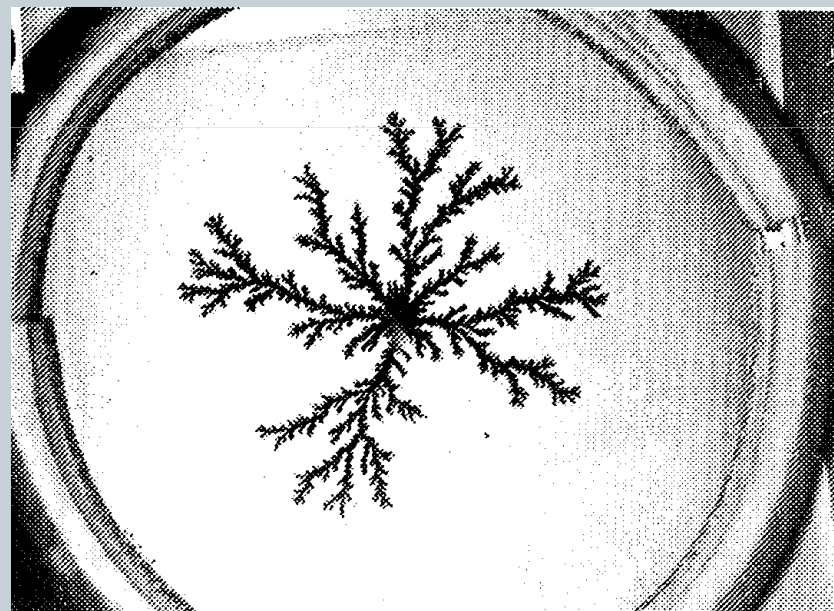
Fraktale w eksperymencie



- Zlepianie małych cząstek w wielkie grona może prowadzić do struktury fraktalnej, np. w osadzaniu elektrolitycznym może powstać dendrytyczny kryształ cynku (o strukturze drzewopodobnej)

Cylindryczne naczynie z roztworem wodnym ZnSO_4 , nad którym jest octan n-butyłu $\text{CH}_3\text{COO}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$. W środku cienka węglowa katoda, wokół której rośnie 2-wymiarowa fraktalna forma cynku.

Elektrolityczna depozycja cynku zaczyna się po przyłożeniu napięcia między katodą a anodą w kształcie pierścienia



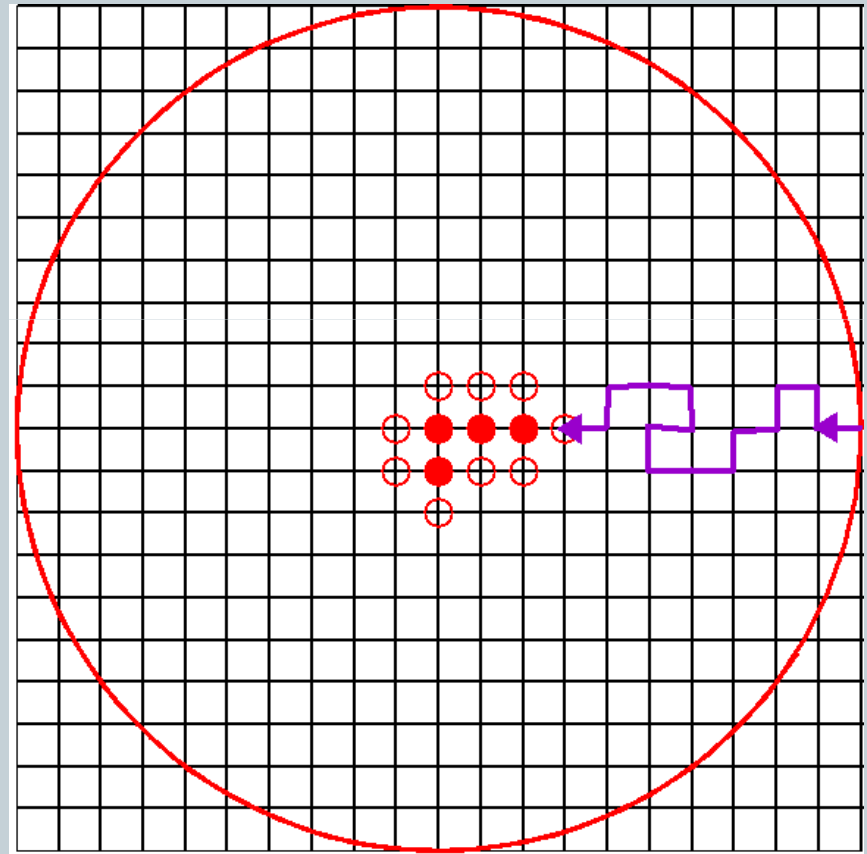
Model DLA



Modelowanie wzrostu
dendrytycznego:

jony cynku wędrują losowo w
roztworze aż zostaną
przyciągnięte przez katodę
- dyfuzyjny wzrost zlepków
(diffusion limited
aggregation).

T. A. Witten, Jr., L. M. Sander, *Phys.
Rev. Lett.* 47, 1400–1403 (1981)

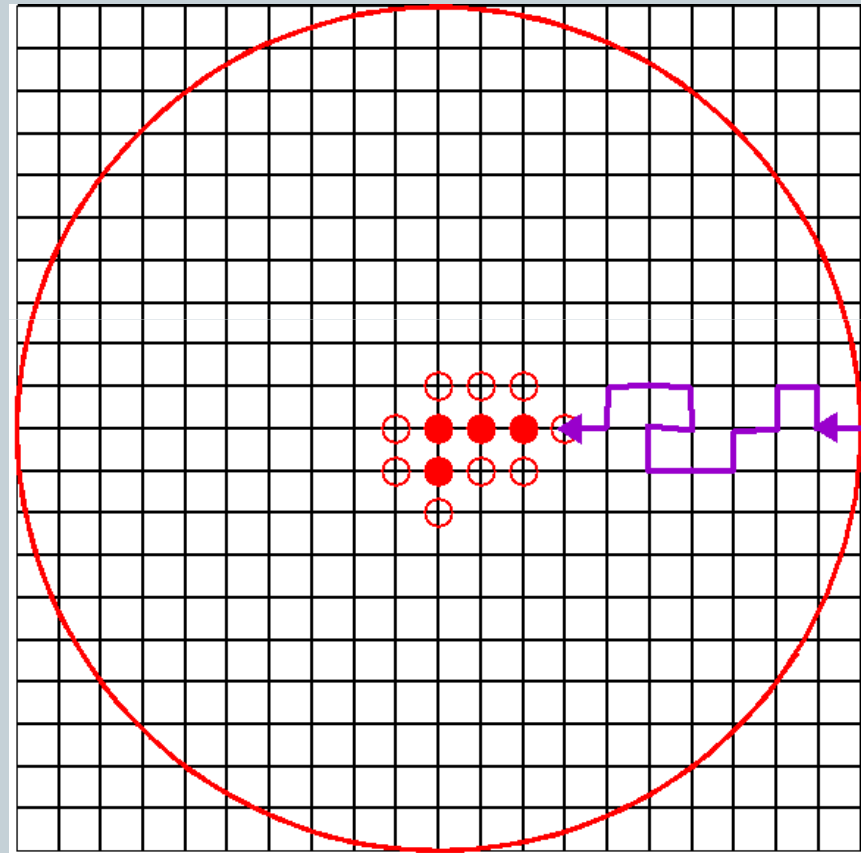


Model DLA



- Zarodek krystalizacji- nieruchomą cząstkę umieszczamy w środku układu współrzędnych.
- Z brzegu obszaru kołowego o promieniu R wypuszczamy cząstkę i pozwalamy jej poruszać się ruchem losowym.

Najprostsza realizacja takiego ruchu to błądzenie na sieci kwadratowej. W jednym kroku czasowym cząstka skacze do losowo wybranego jednego z 4 najbliższych węzłów.



Model DLA



- Jeśli cząstka opuści obszar kołowy to ją pomijamy i wypuszczamy nową cząstkę z brzegu tego obszaru.
- Jeśli cząstka dotrze do brzegu zarodka to zostaje do niego przyczepiona i staje się również zarodkiem.
- Przyłączenie cząstki może zachodzić z pewnym prawdopodobieństwem.

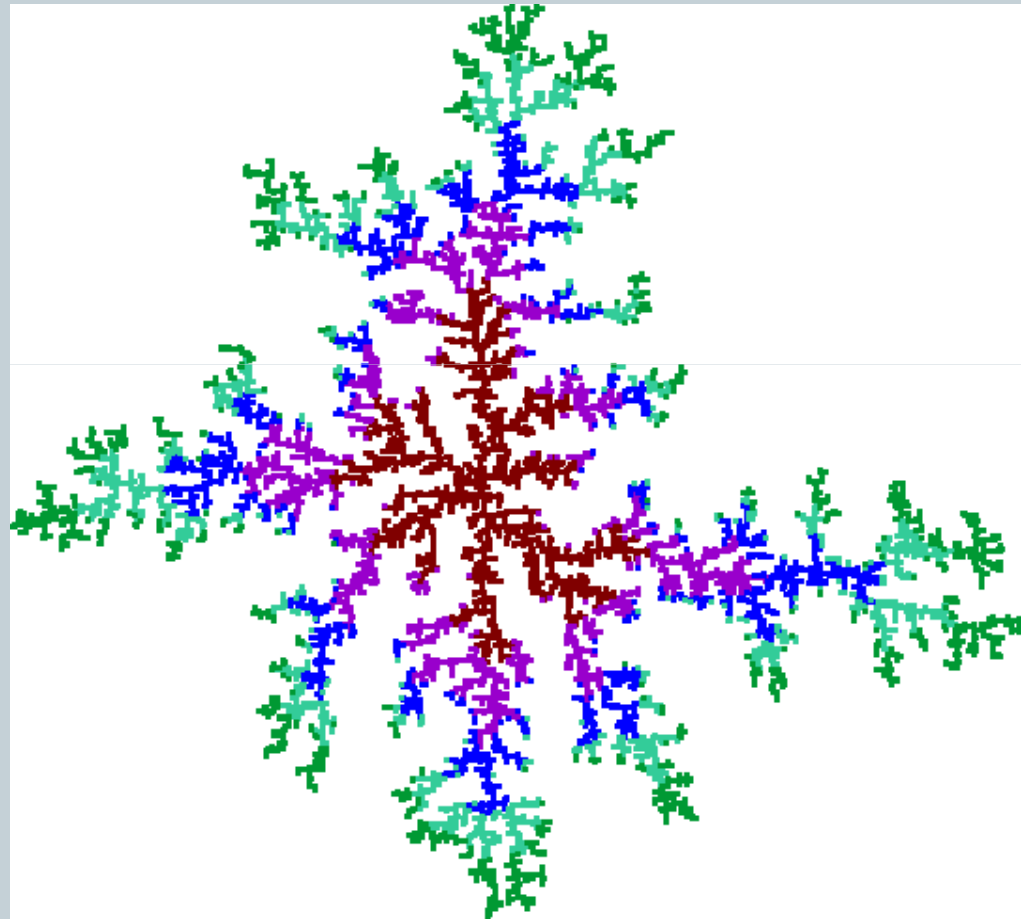
Symulacja DLA



Symulacja wzrostu 10^4 cząstek

Kolor zmienia się po przyłączeniu
2000 cząstek

Powstają głębokie „fiordy” -
bardzo mała szansa dotarcia tam
cząstki bez wcześniejszego
przyłączenia do zewnętrznych
gałęzi

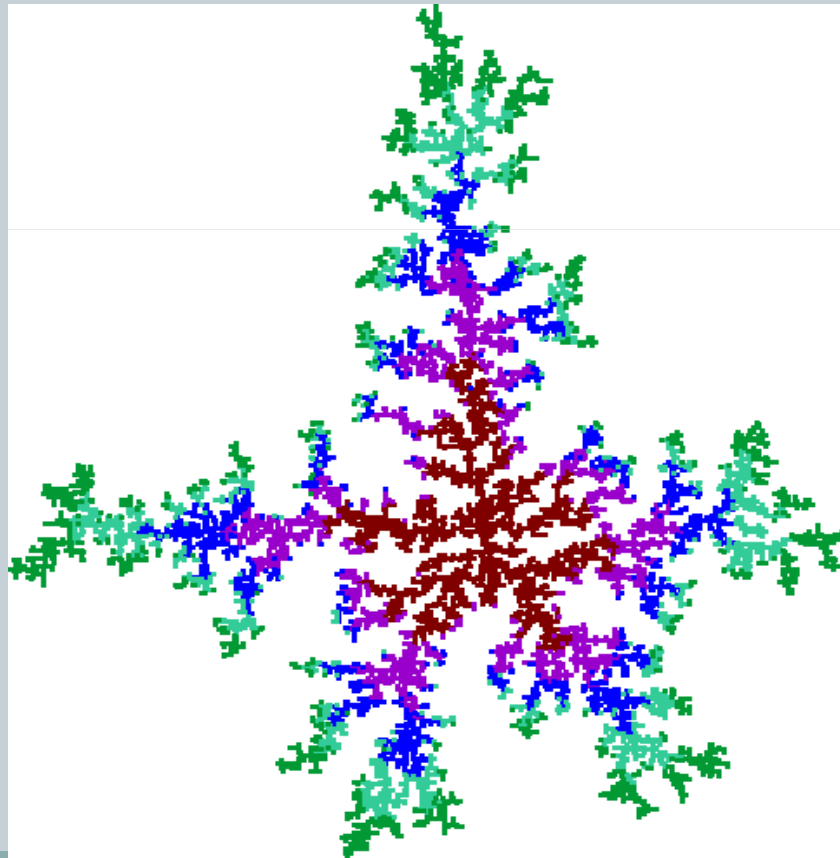


Symulacja DLA

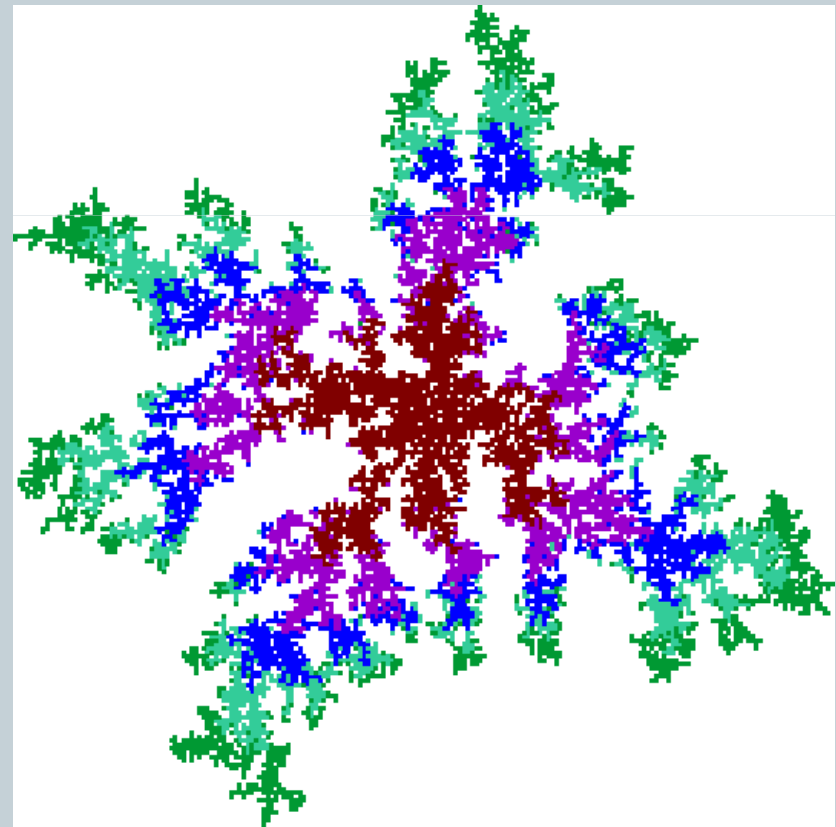


Prawdopodobieństwo przyłączenia cząstki do zlepka

$p=1/3$



$p=1/10$



Symulacje DLA

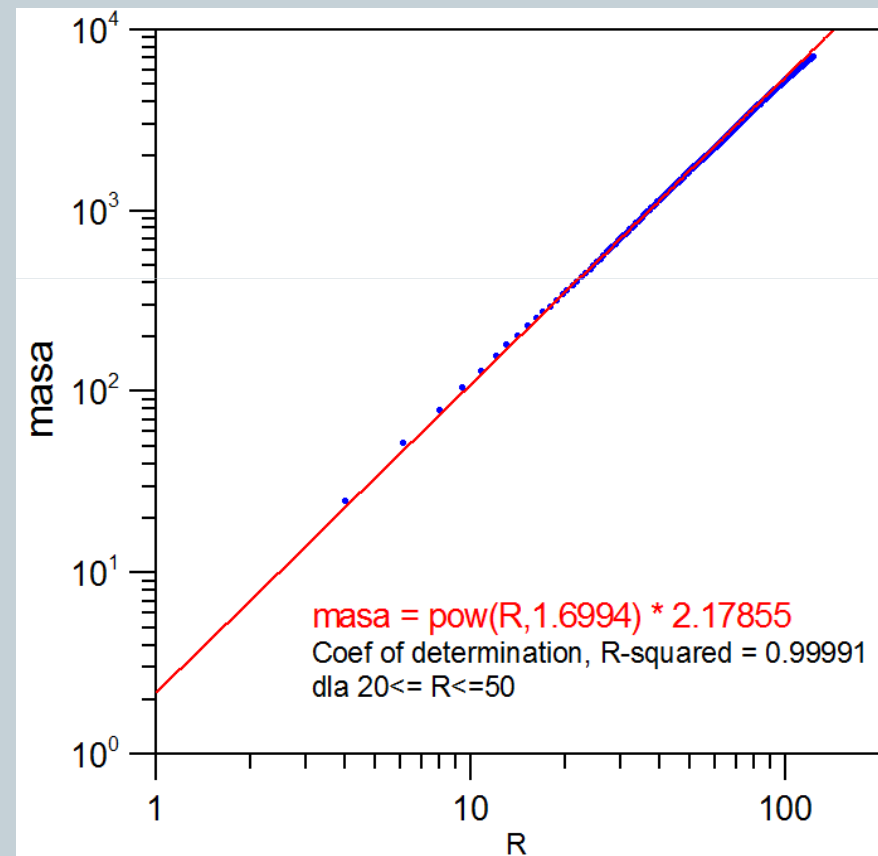


Jaka jest masa zlepka w kole o promieniu R

Zbadaliśmy tę zależność na próbie 10 zlepków z 10^4 cząstek każdy.

$$\text{masa} \sim R^{1.7}$$

Wymiar fraktalny zlepka - 1.7



Model DBM



- Elektroda w formie pierścienia o promieniu R i potencjale V_0
- Zarodek w środku pierścienia jest wewnętrzną elektrodą z potencjałem V_1
- Rozwiązujemy numerycznie równanie Laplacea, żeby znaleźć pole elektryczne na obwodzie zarodka.
- Przyłączenie jonu do zarodka w punkcie i jest proporcjonalne do wartości pola E_i .
- Po przyłączeniu nowej cząstki zmienia się kształt wewnętrznej elektrody. Rozwiązujemy zatem ponownie równanie Laplacea ze zmienionym warunkiem brzegowym, żeby znaleźć nowy rozkład pola wokół wewnętrznej elektrody. Procedurę tę powtarzamy aż dołączymy zadaną liczbę cząstek

Depozycja atomów na powierzchnię kryształu



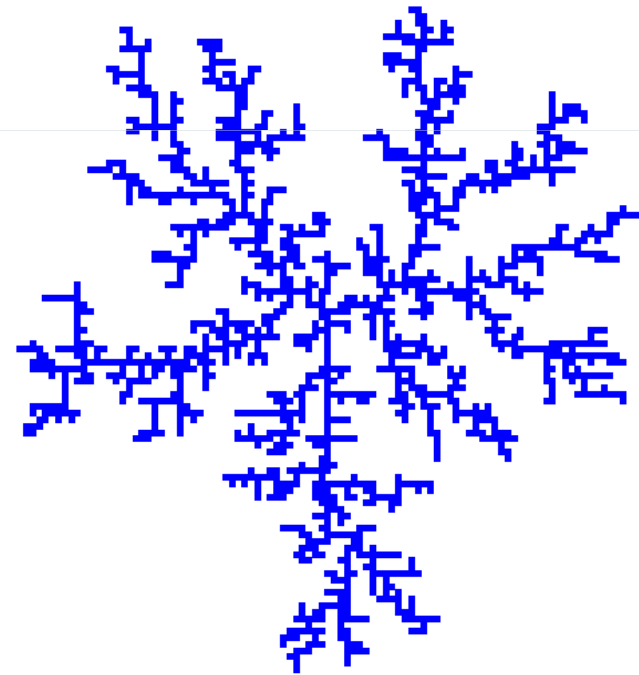
Strumień atomów F padających na powierzchnię – siatkę kwadratową, charakteryzuje się średnim czasem t_{dep} pomiędzy dodaniem kolejnych atomów

Atomy na sieci poruszają się ruchem losowym przeskakując do sąsiednich węzłów średnio co t_{dyf} .

Ruch atomu jest zakończony gdy znajdzie się w sąsiedztwie innego atomu.

Gdy $t_{dep} \gg t_{dyf}$ to mogą powstawać struktury fraktalne

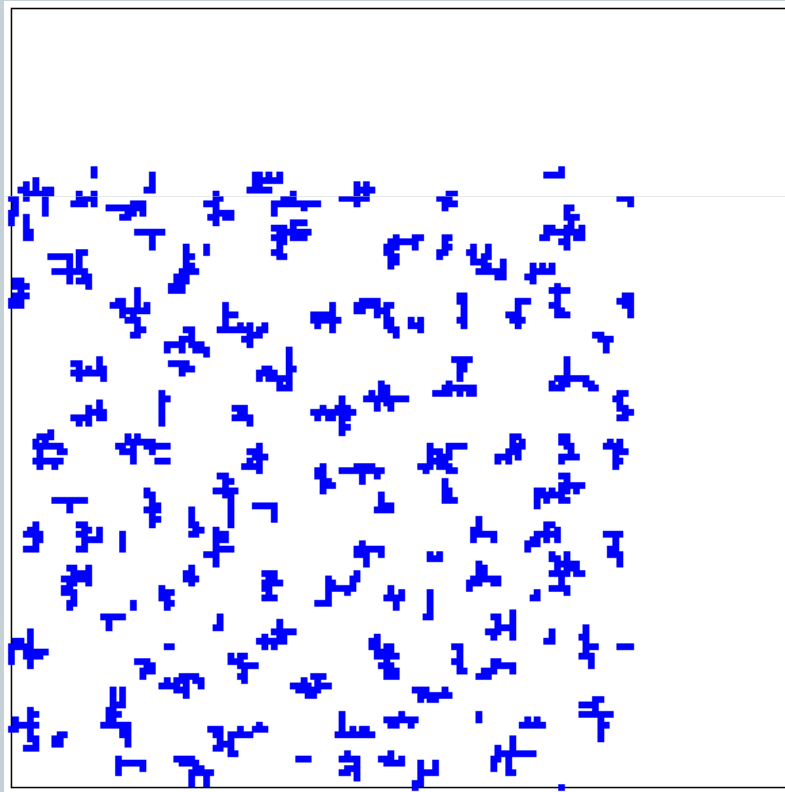
$$t_{dyf} = 3 \cdot 10^{-10} t_{dep}$$



Depozycja atomów na powierzchnię kryształu



$t_{\text{dyf}} = 2 \cdot 10^{-5} t_{\text{dep}}$



$t_{\text{dyf}} = 3 \cdot 10^{-10} t_{\text{dep}}$

