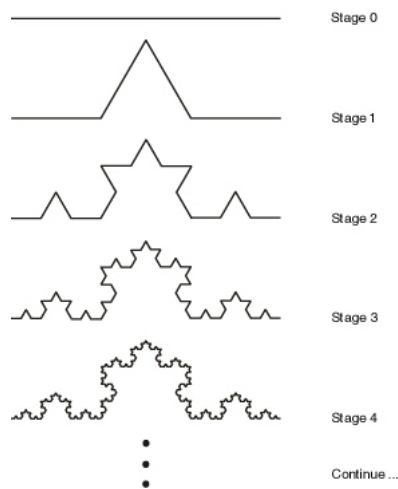


شبیه‌سازی رایانه‌ای در فیزیک

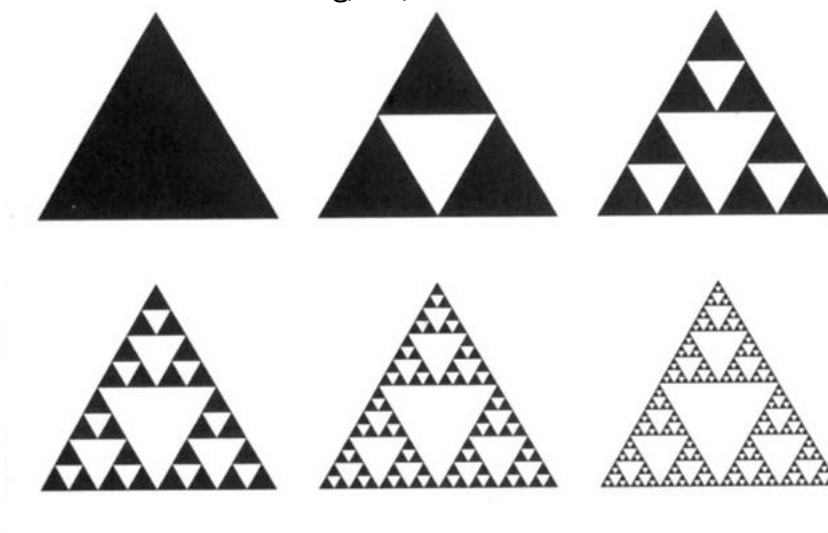
تمرین دوم: فراکتال، لایه‌نشانی و رشد فراکتالی

۱ مجموعه کوخ

ساختار فراکتالی شکل ۱- را پله به پله تولید کرده و تصویر آن را بر روی نمایشگر نشان دهید. توجه کنید که برای ساختن این فراکتال به چهار تابع نیاز دارید که هر چهار تابع با نسبت $\frac{1}{3}$ مجموعه اولیه را کوچک می‌کنند ولی در دو تابع بغیر از تجانس و انتقال، دوران نیز سهیم است. بهتر است که برای تبدیل نقاط مورد نظر از ماتریسهای انتقال استفاده کنید.



شکل ۱: مجموعه کوخ



شکل ۲: مثلث سرپینسکی

۲ مثلث سرپینسکی

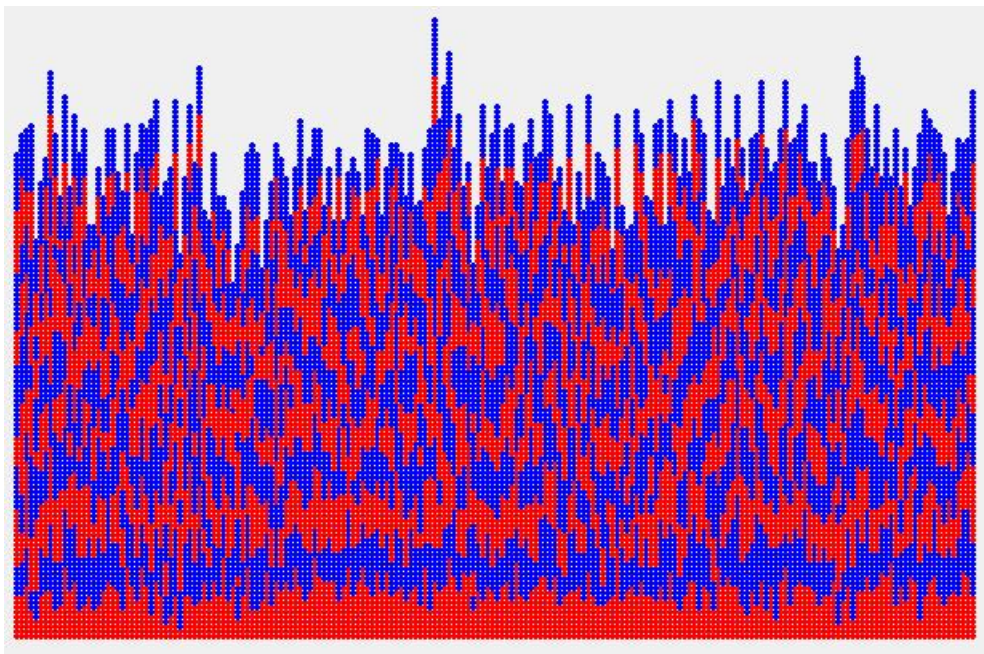
مثلث سرپینسکی را به استفاده از توابع خود تشابه تولید کنید. توجه کنید که در اینجا باید اول یاد بگیرید چگونه یک مثلث را با استفاده از مختصات رئوس آن تولید کنید.

۳ مثلث سرپینسکی (الگوریتم تصادفی)

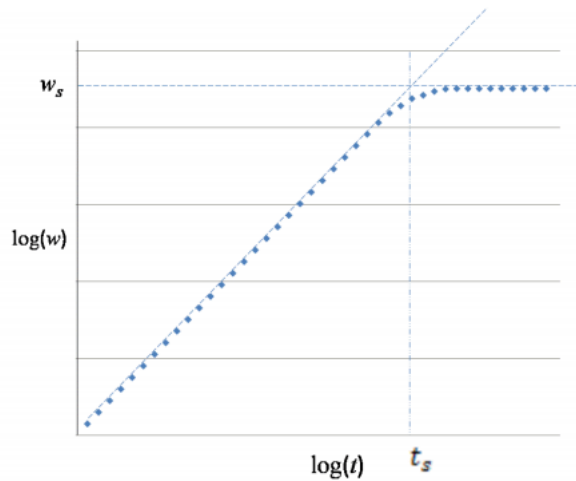
مثلث سرپینسکی را به استفاده از توابع خود تشابه و الگوریتم تصادفی معرفی شده تولید کنید.

۴ ولنشست

- مدل ولنشست را در یک بعد شبیه سازی کنید. برای این کار خطی افقی به طول ۲۰۰ واحد به عنوان زیر لایه در نظر بگیرید و ذرات را به طور کاتوره‌ای بر روی آن بنشانید.
- دینامیک مدل را بر روی نمایشگر نشان دهید. برای درک بهتری از رفتار زمانی رشد بهتر است که رنگ ذرات فرودی را با زمان (هر $10 \times L$) به طور تناوبی تغییر دهید.
- مقدار متوسط ارتفاع و ناهمواری را در بازه‌های زمانی متوالی محاسبه کنید.
- منحنی تغییرات ناهمواری بر حسب زمان را رسم کنید.
- β را برای ولنشست محاسبه و گزارش کنید.
- آیا تصویری از دقت عددی که در بالا گزارش کرده اید دارید؟



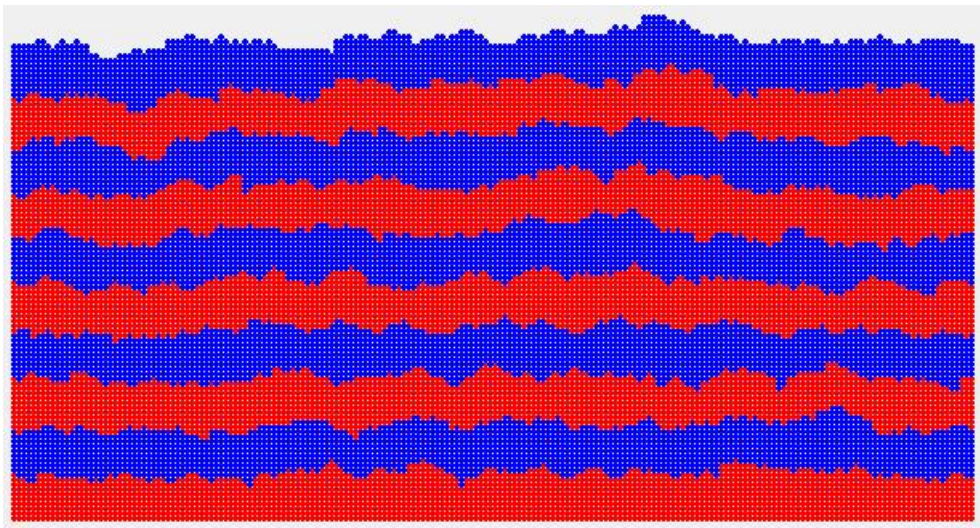
شکل ۳: ولنشست، اندازه زیرلایه ۲۰۰ است و به ازای هر ۲۰۰۰ ذره، رنگ ذرات فرودی عوض شده‌اند.



شکل ۴: اشباع شدن ناهمواری

۵ پایین نشست

- مدل پایین نشست را در یک بعد شبیه‌سازی کنید. برای اینکار خطی افقی به طول ۲۰۰ واحد با مرز متناوب به عنوان زیر لایه در نظر بگیرید و ذرات را بر روی آن بنشانید.
- دینامیک مدل را بر روی نمایشگر نشان دهید. برای درک بهتری از رفتار زمانی رشد بهتر است که رنگ ذرات فرودی را با زمان به طور تناوبی تغییر دهید. پس از مشاهده‌ی زیرلایه‌ها، بخش نمایش گرافیکی برنامه را غیرفعال کنید.
- مقدار متوسط ارتفاع و ناهمواری را در بازه‌های زمانی متوالی محاسبه کنید. برای مشاهده رفتار شکل-۴ چند ذره باید نشانده شود؟
- منحنی تغییرات ناهمواری بر حسب زمان را رسم کنید. برای مشاهده نقطه‌ی تغییر نما در شکل-۴ باید چند بار شبیه‌سازی را تکرار کرده و متوسط ناهمواری را در هر نقطه نمایش دهید.
- α ، β و z را برای پایین نشست محاسبه و گزارش کنید.
- آیا تصویری از دقت عددی که در بالا گزارش کرده‌اید دارید؟



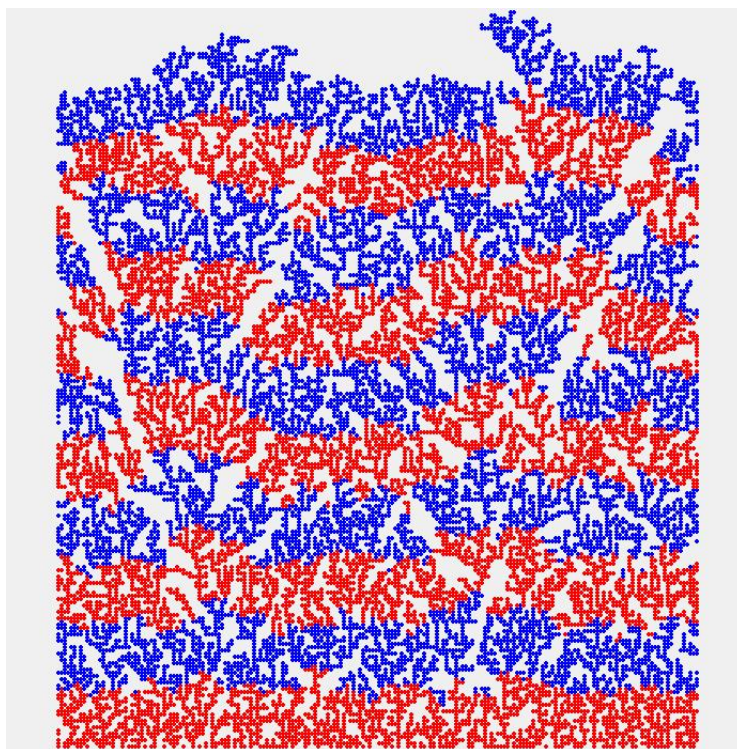
شکل ۵: ول‌نشست، اندازه زیرلایه ۲۰۰ است و به ازای هر ۲۰۰۰ ذره، رنگ ذرات فرودی عوض شده‌اند.

۶ کنارنشست

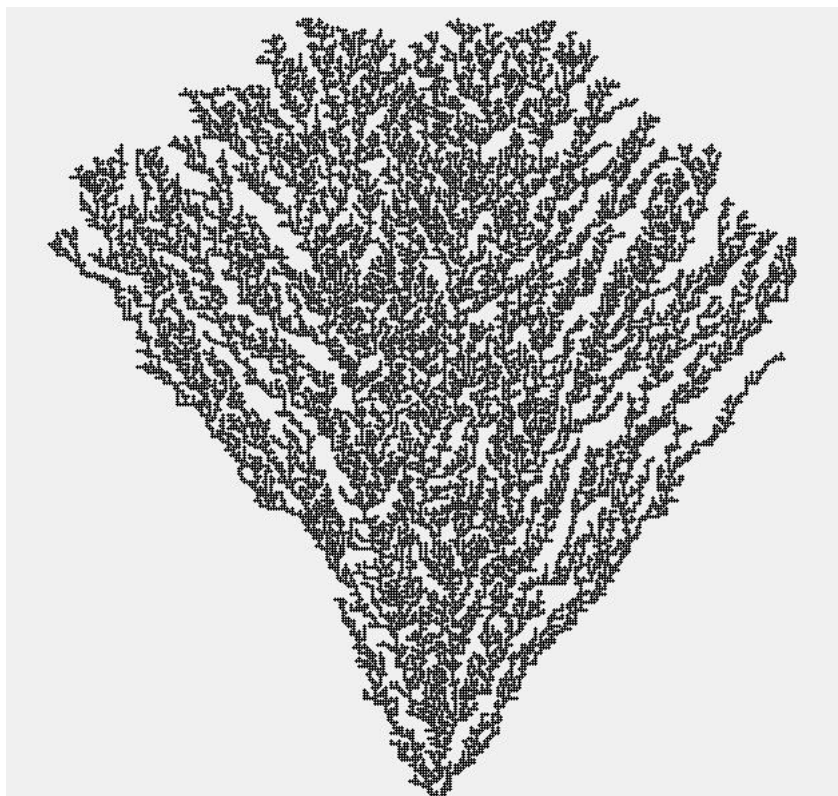
- مدل کنارنشست را در یک بعد شبیه‌سازی کنید. برای اینکار خطی افقی به طول ۲۰۰ واحد با شرایط مرزی متناوب به عنوان زیر لایه در نظر بگیرید و ذرات را بر روی آن بنشانید.
- دینامیک مدل را بر روی نمایشگر نشان دهید. برای درک بهتری از رفتار زمانی رشد بهتر است که رنگ ذرات فرودی را با زمان به طور تناوبی تغییر دهید. مشابه تمرین قبل پس از مشاهده‌ی رفتار لایه‌ها قسمت خروجی گرافیک برنامه را غیرفعال کنید.
- مقدار متوسط ارتفاع و ناهمواری را در بازه‌های زمانی متوالی محاسبه کنید. در این شبیه‌سازی نیز تعداد ذرات نشانده شده، همچنین متوسط‌گیری نتایج اجراهای متعدد بر نتیجه اثر می‌گذارد.
- منحنی تغییرات ناهمواری بر حسب زمان را رسم کنید.
- α ، β و z را برای کنارنشست محاسبه و گزارش کنید.

۷ ول نشست رقابتی (رشد سوزنی)

- در مدل ول نشست فرض کنید که ذراتی که برای نشستن بر روی زیر لایه به سمت آن حرکت می‌کنند به جای این که در راستای خط قائم (عمود بر زیر لایه) سقوط کنند در راستایی که با خط قائم زاویه می‌سازد حرکت می‌کنند. در این حرکت بعد از برخورد ذرات به اولین ستونی که در مسیر راهش قرار دارد جذب آن ستون شده و ارتفاع آن را یک واحد افزایش می‌دهد. توجه کنید که این ذره امکان دارد به میان یک ستون برخورد کند. در این حالت نیز فرض بر این است که ارتفاع ستون افزایش می‌یابد.
- نمایشی از سیستم ارایه کنید.
 - آیا رشد دینامیکی این سیستم با ول‌نشست مشابه است؟
 - در بازه‌های زمانی مختلف فاصله‌ی دورترین نقاطی که در سمت چپ و راست روی شاخه قرار دارند را بر حسب زمان رسم کنید.



شکل ۶: کنارنشست، اندازه زیرلایه ۲۰۰ است و به ازای هر ۲۰۰۰ ذره، رنگ ذرات فرودی عوض شده‌اند.



شکل ۷: ولنشست رقابتی، اندازه‌ی زیرلایه باید به گونه‌ای انتخاب شود تا رشد سطح به مرزها نرسد.