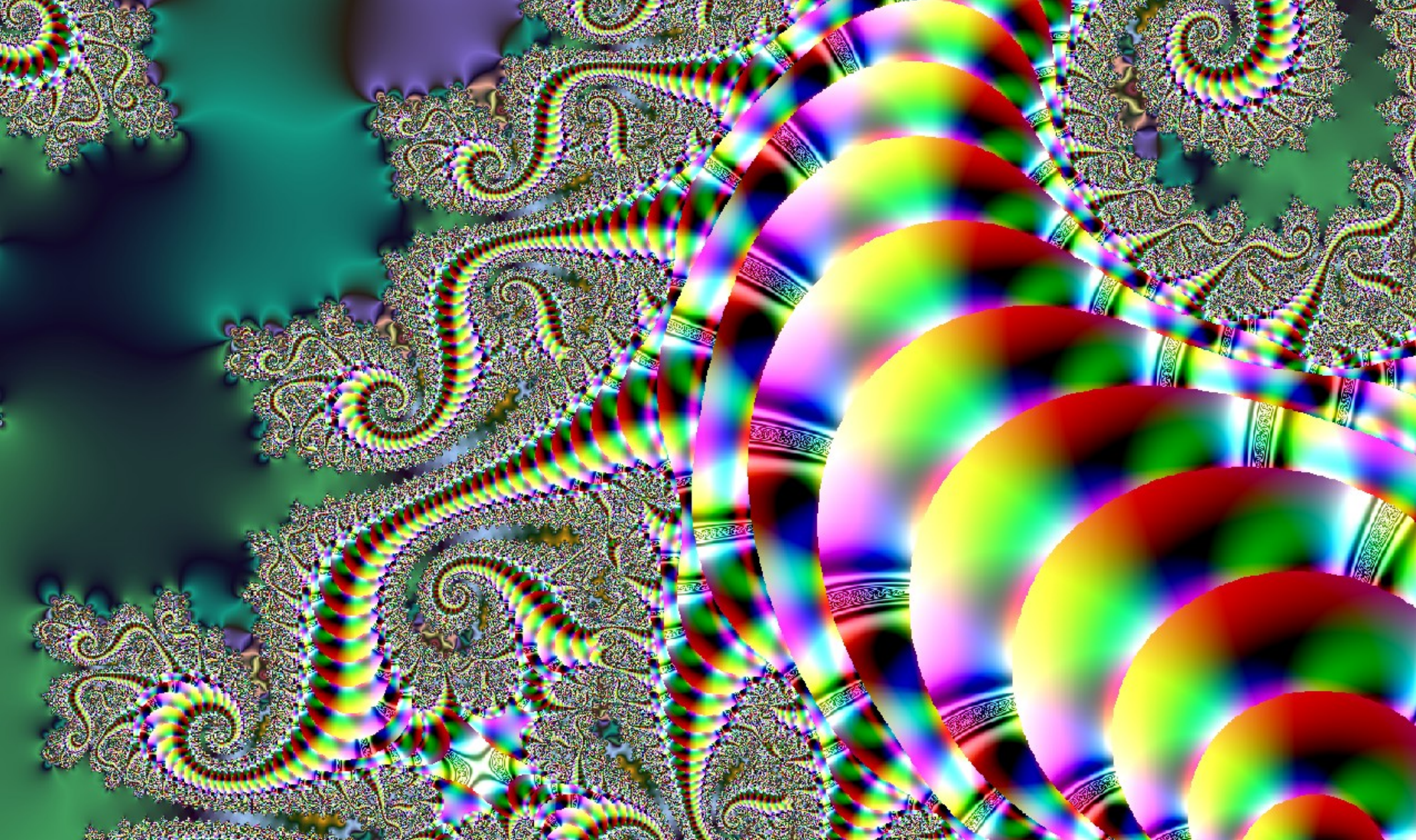


Муниципальное автономное образовательное учреждение "Физико-технический лицей №1"

Индивидуальный проект «Фракталы, их исследование, и почему самоподобие - это хорошо.»

Выполнил
Ученик 10-2 класса
Филиппов Андрей
Руководитель
Удалова Т.Л.

г. Саратов
2017-2018 год



Классический пример фрактала (этот фрактал создан в программе Хаос)

Ввод

Фрактáл (лат. Fractus — дроблёный, сломанный, разбитый) — множество, обладающее свойством самоподобия (объект, в точности или приближённо совпадающий с частью себя самого, то есть целое имеет ту же форму, что и одна или более частей).

Цели

- Изучить фракталы
- Научиться их строить
- Закрепить знания на практике

Задачи

- Узнать историю фракталов
- Изучение дополнительной математической теории (комплексные числа, производные и др.)
- Изучить основную теорию фракталов
- Создание прикладного приложения

Актуальность темы

Фрактал — это математический объект, который может выступать инструментом при решении различных задач. Кроме того, активным изучением этой темы занялись всего лишь несколько десятков лет назад, невозможно предугадать насколько полезны будут эти исследования, но область явно интересная.

Теория

Типы фракталов

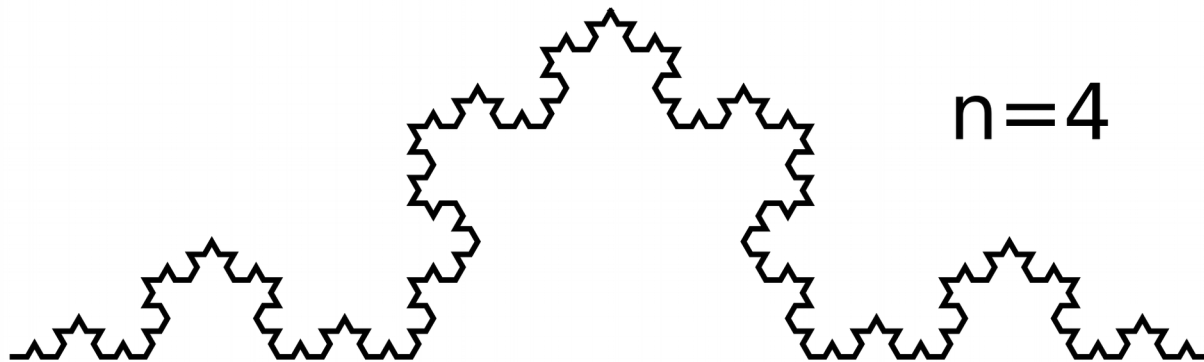
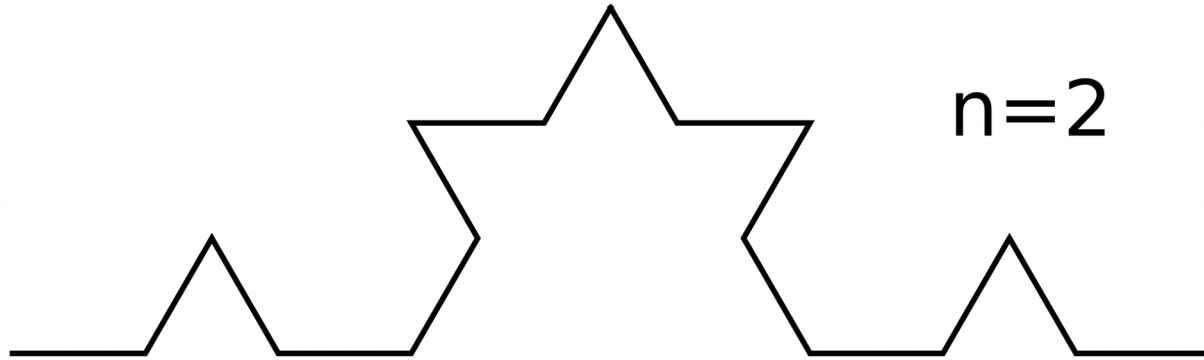
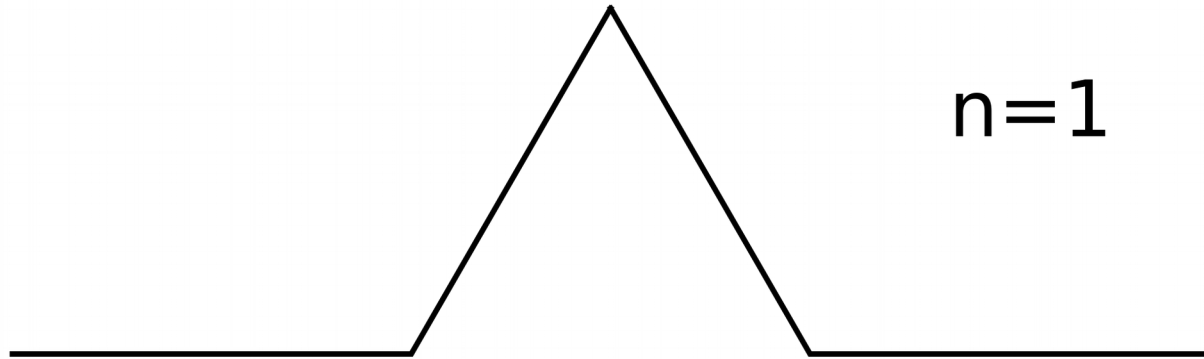
Фракталы делятся на группы. Самые большие группы это:

- Геометрические фракталы
- Алгебраические фракталы
- Стохастические фракталы
- Системы итерируемых функций

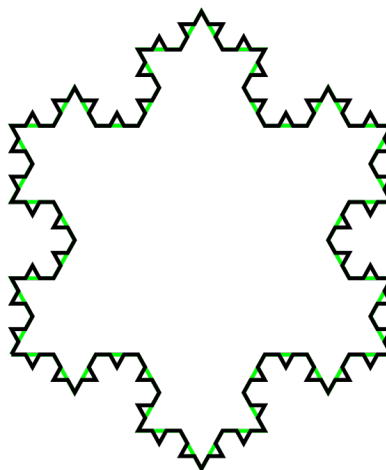
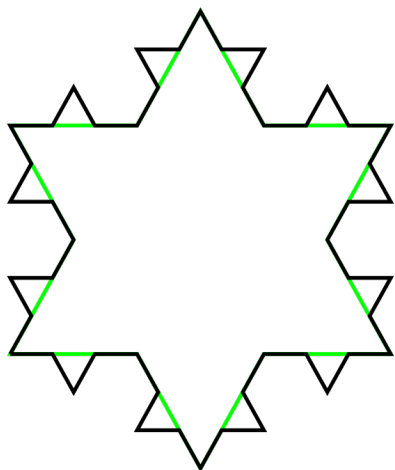
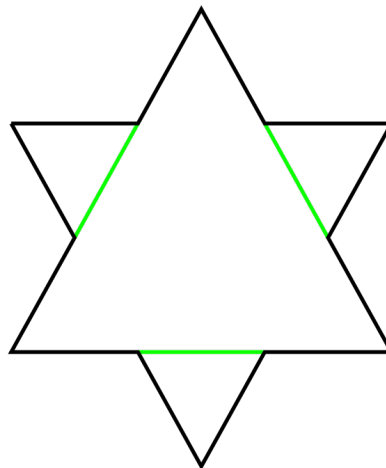
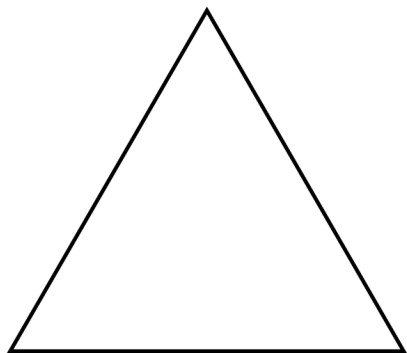
Применение фракталов

Построение фракталов

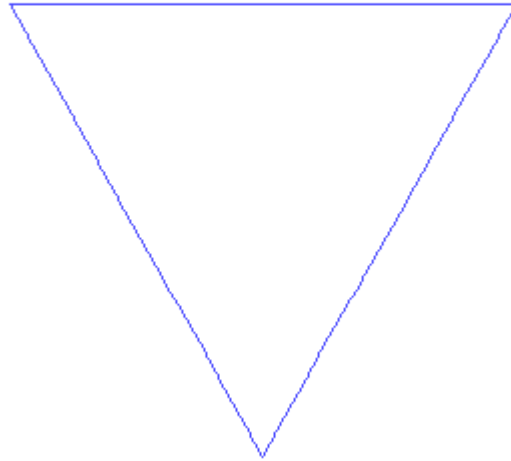
Кривая Коха



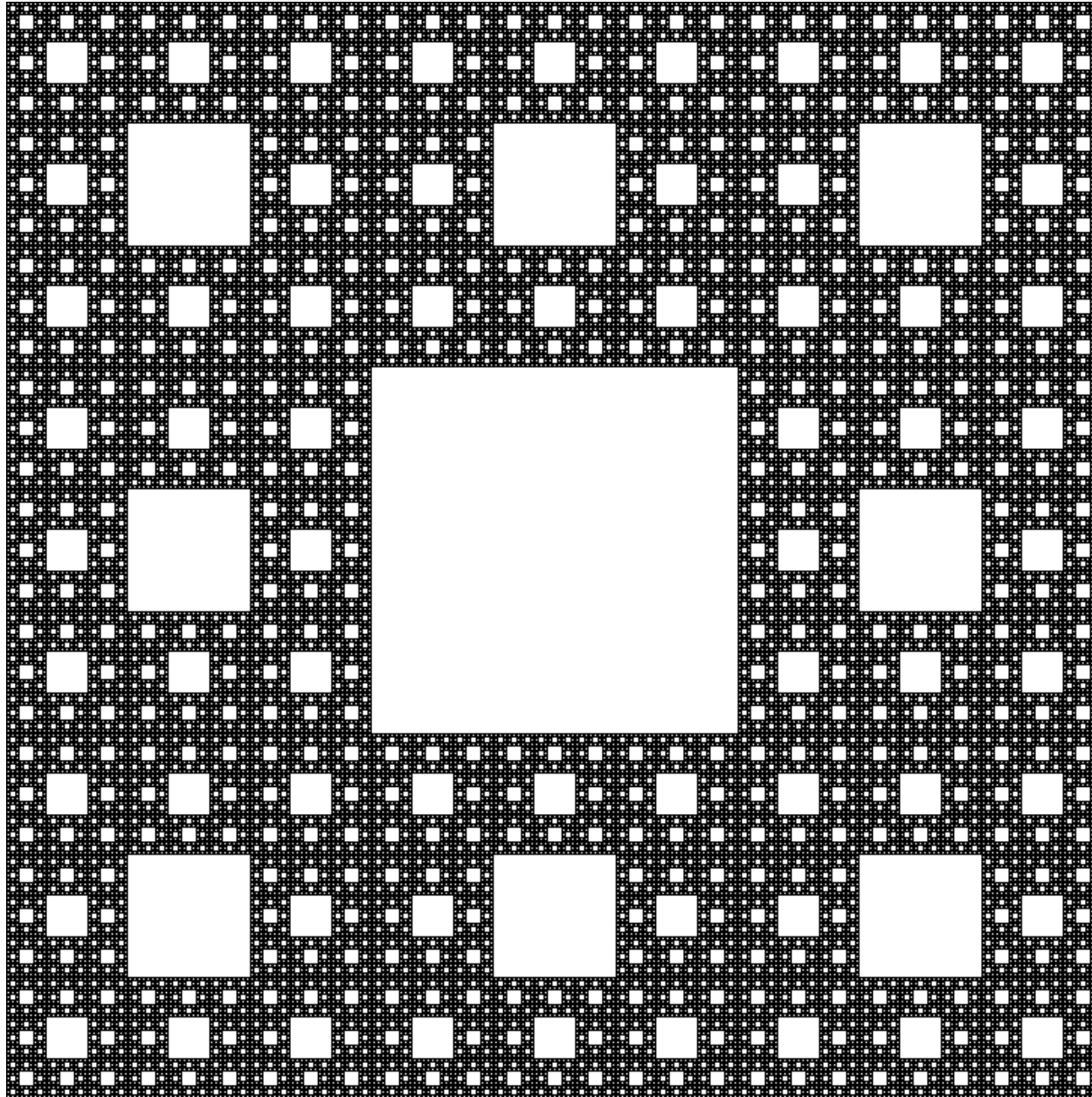
Снежинка Коха



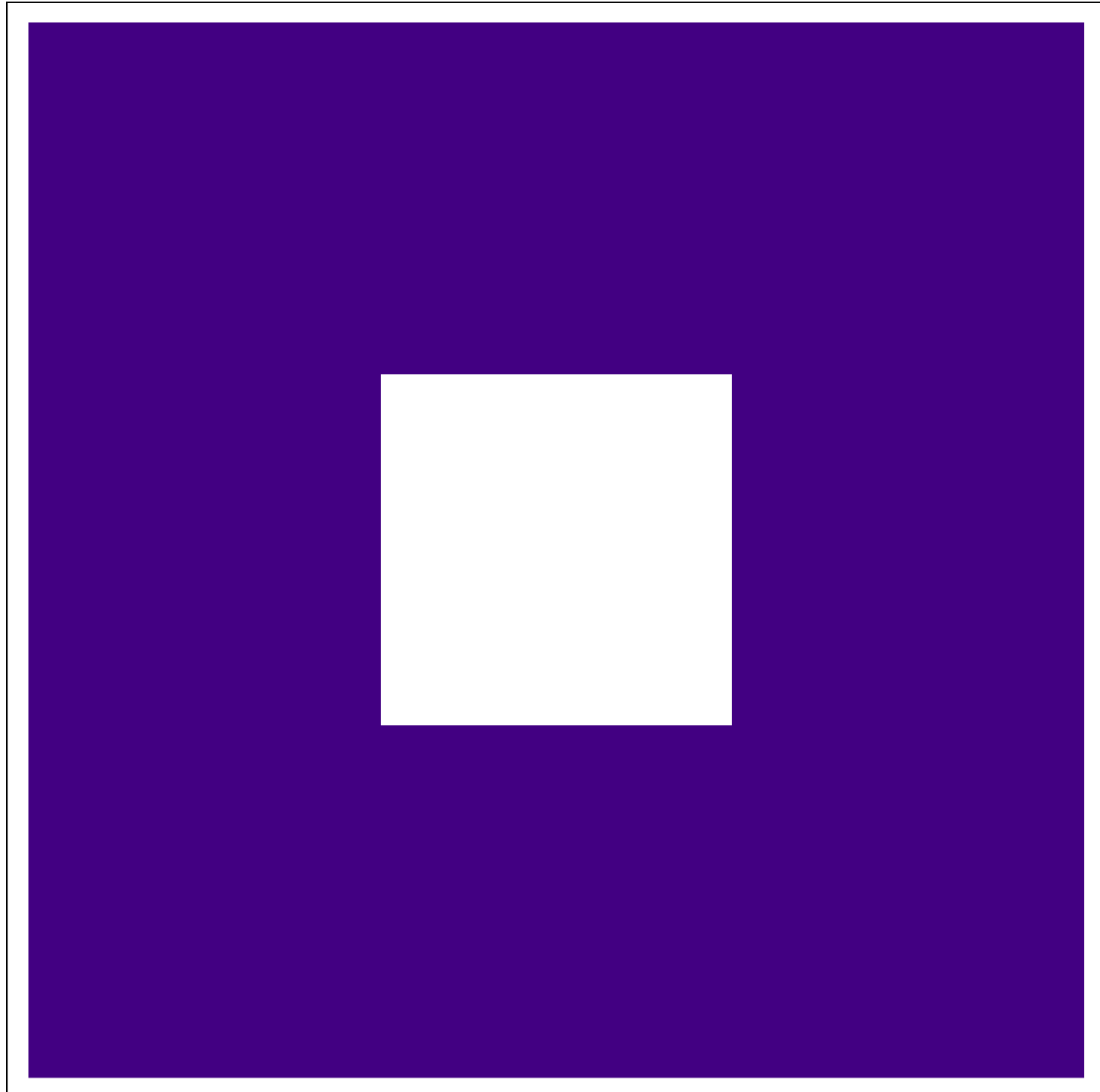
Снежинка Коха



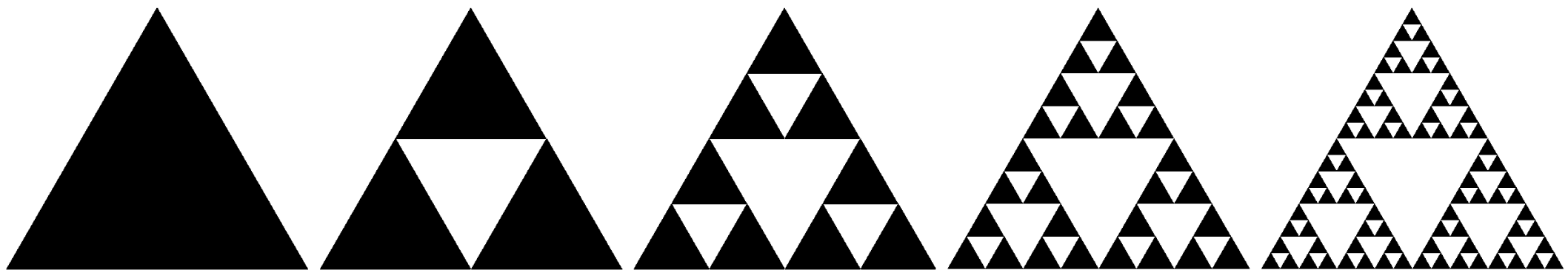
Ковёр Серпинского



Ковёр Серпинского

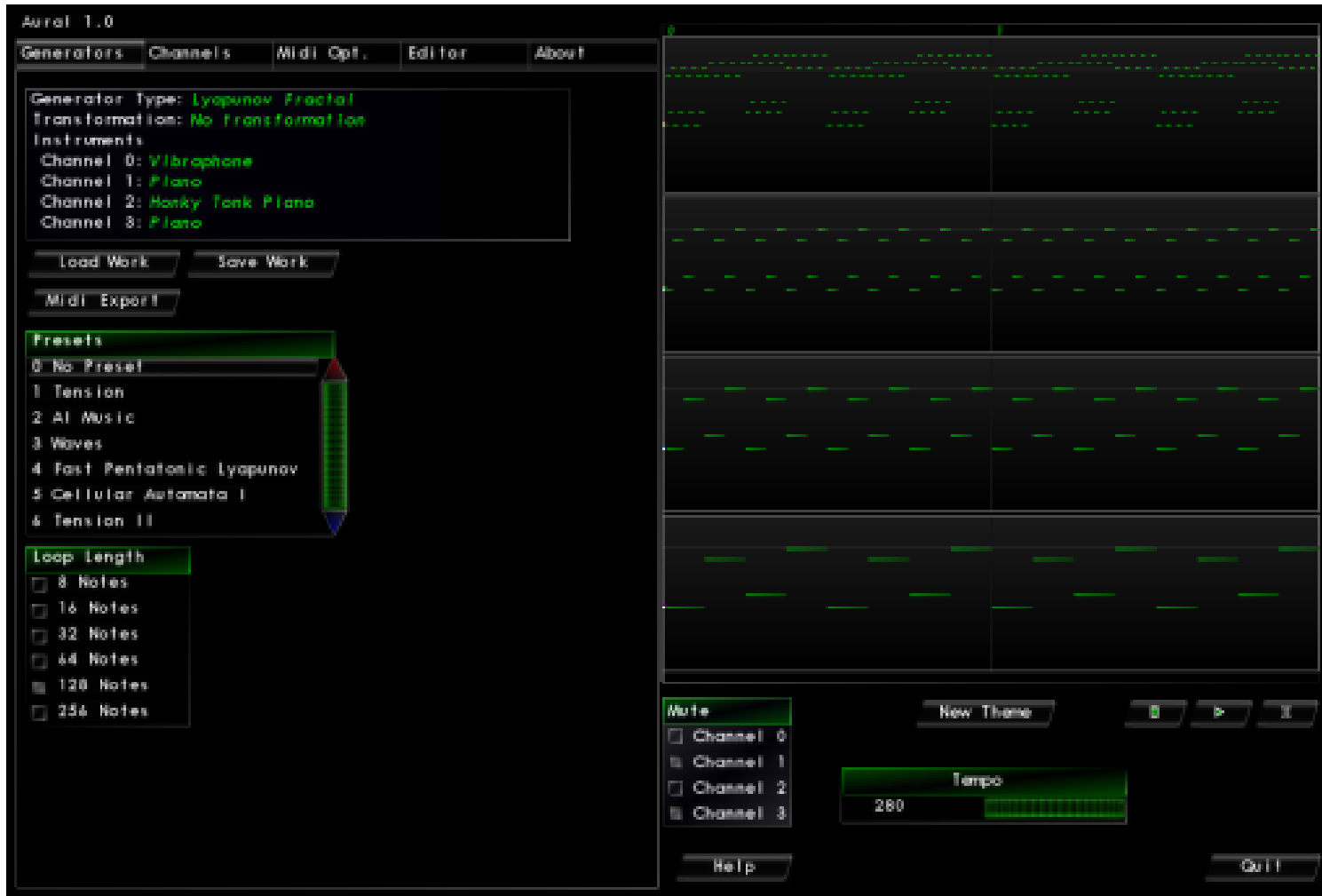


Треугольник Серпинского



Звуковые фракталы

Aural (<https://www.auralfractals.net/>)



Звуковые фракталы

Аудио файлы взяты отсюда:

https://soundcloud.com/fractal_hermit .

Послушать следующие файлы можно на сайте проекта в разделе „Gallery“.

Fractal_Hermit - Aural2048



Fractal_Hermit - Fast Pianos



Fractal_Hermit - Lyapunov Music



Генераторы фракталов

Генератор фракталов — это компьютерная программа, генерирующая изображения фракталов. Существует множество подобных программ, бесплатных и коммерческих, открытых и проприетарных.

Существующее ПО

Список генераторов фракталов (Wikipedia):

- Apophysis
- Chaoscope
- ChaosPro
- Electric Sheep
- Fractal Explorer
- Fractint
- Fractracer
- IFS Builder 3d
- Mandelbulb3D
- Mandelbulber
- Sterling
- SpangFract
- Ultra Fractal
- XaoS
- XenoDream
- FLAM3

Список генераторов фракталов от авторов программы ChaosPro

Program	Version	Program Actuality	Homepage Actuality
Apophysis	2.09/10 Sep 2009	10 Sep 2009	-
Chaoscope	V0.3.1/20 May 2006	5 Apr 2009	-
Double Fractal	V2.9/31 Oct 2006	21 May 2007	-
Fast Floating Fractal Fun (FFFF)	3.2.3/18 Mar 2006	23 May 2007	-
Fractal Explorer	V2.02/12 Jan 2005	26 Mar 2006	-
Fractal Forge	V2.8.2/25 Aug 2002	26 Mar 2006	-
FractInt	V20.0/9 Sep 1999	26 Mar 2006	-
IFS Lab	1.1/22 Apr 2006	8 Oct 2006	-
L-System	V4.01/25 Jan 2004	26 Mar 2006	-
Quat	V1.20/28 May 2002	26 Mar 2006	-
Ultra Fractal	V5.03/5 Aug 2009	31 Aug 2009	-
Visions Of Chaos	43.9/9 Sep 2009	9 Sep 2009	-
Xaos	3.5/17 Jul 2009	17 Jul 2009	-
XFrog	3.5/8 Aug 2005	26 Mar 2008	-

Drception

Демонстрационные материалы по Drception

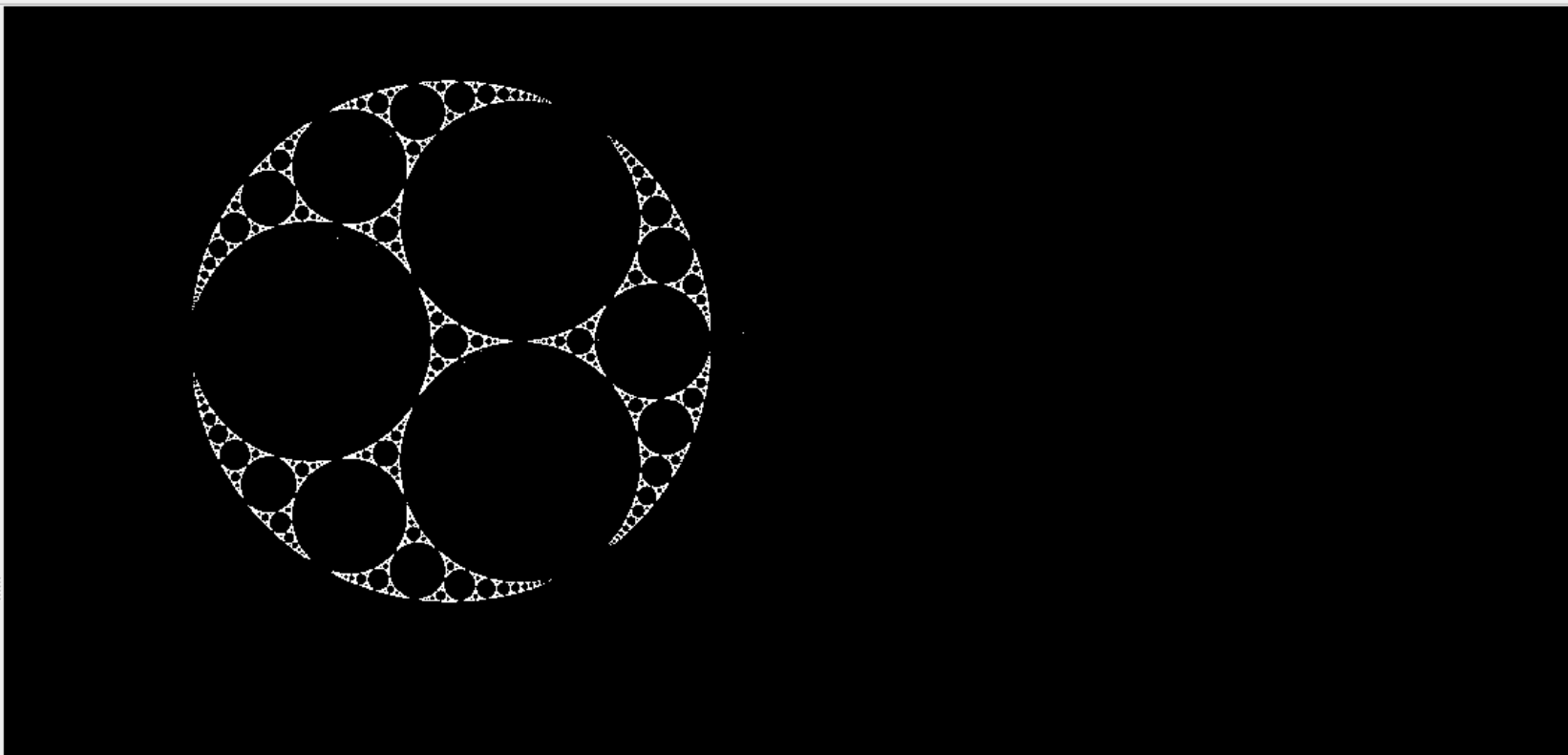
См. на сайте проекта в разделе „Demo“ :
<https://drception.sourceforge.io/>.

Файл Инструменты Задачи Скрипт Помощь



Список Фракталов

№	Заголовок
▼	def_fractals.ini
✓	1 Koch Curve
✓	2 Barnsley Fern
✓	3 Sierpinski Carpet
✓	4 Mandelbrot Set
✓	5 Julia Set
✓	6 Burning Ship
✓	7 Perlin Noise
✓	8 Minkowski Curve
✓	9 Hilbert Curve
✓	10 Gosper Curve
✓	11 Peano Curve
✓	12 Circular Fractal
✓	13 Apollonian Gasket
✓	14 Lyapunov Fractal
✓	15 Newton Fractal
✓	16 Sierpinski Triangle
✓	17 Heighway Dragon
✓	18 Cantor Set



Панель Задач

Состояние: Завершено

Время Старта: 27.03.2018 23:51:47.710

Длительность: 00.00.0000 00:00:08.166

100%

100% (1/1)

№	Состояние	Имя	Кол
x	Заверш...	Apollonian Gasket	1

Консоль Скрипта

```
Shell Commandline (FFmpeg Save GIF) StandardOutput:
Shell Commandline (FFmpeg Save GIF) StandardError:
Shell Commandline (FFmpeg Save FLV): bash -c "ffmpeg -f image2 -framerate 1000 -i
"/home/mazycrazy/Drception_build-970/SavedFractals/23-51-24-859_27-03-2018_
%d_i.png" -r 30 /home/mazycrazy/Drception_build-970/SavedFractals/
23-51-24-859_27-03-2018_a-ff_i.flv"
Shell Commandline (FFmpeg Save FLV) StandardOutput:
```

Консоль Скрипта

Аргументы Фракталя

Опис Фракталя

Apollonian Gasket

Редактирование Скрипта

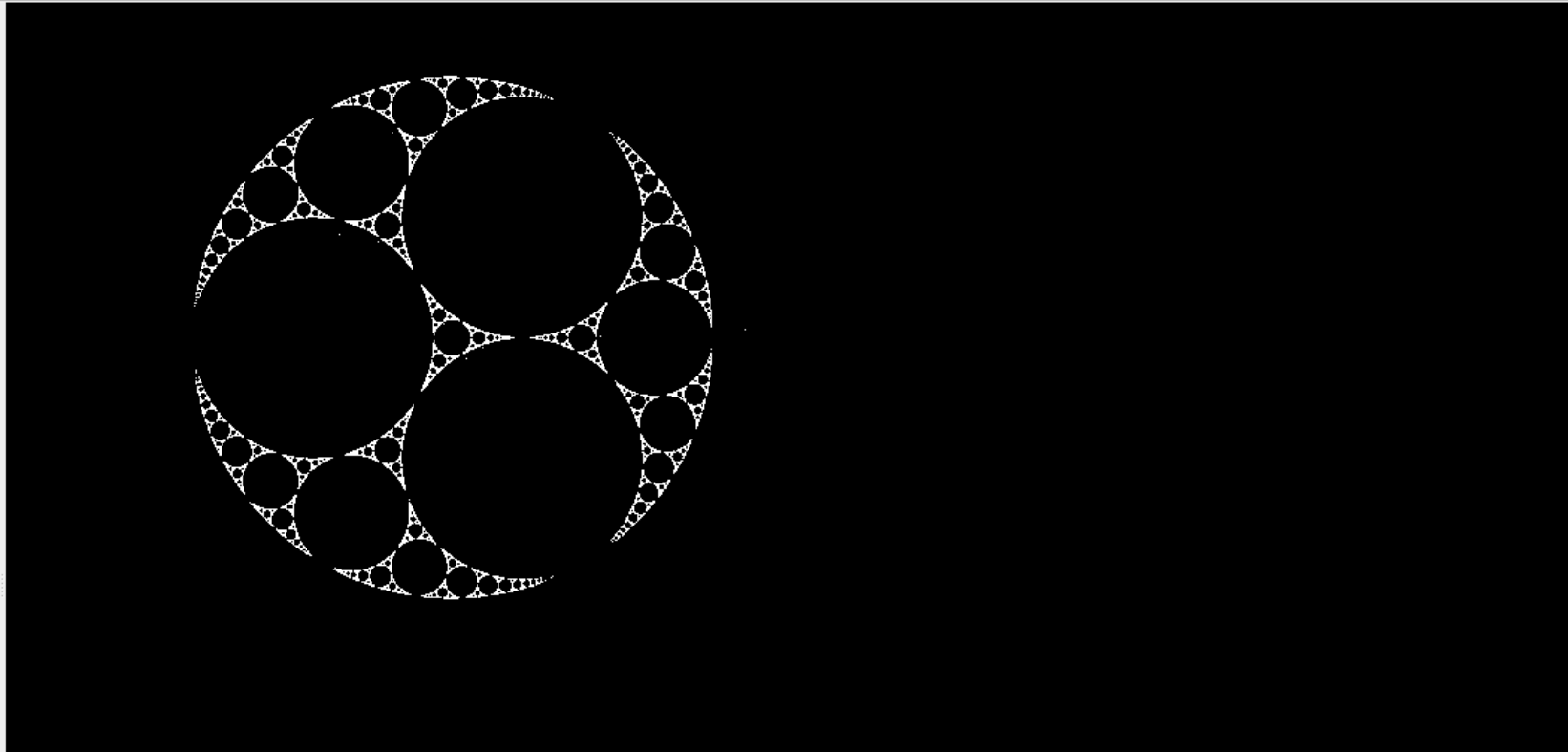
<Default>

```
1 function FractalDraw() {
2   var x = 0.2;
3   var y = 0.3;
4   var a = 0;
5   var b = 0;
6   var r = Math.sqrt(3);
7   for (var i = 0; i <= 1e6; ++i) {
8     a = RandomF(6);
9     var a0 = 3 * (1 + r - x) / (sqr(1 + r - x) + sqr(y)) - (1 + r) / (2 + r);
10    var b0 = 3 * y / (sqr(1 + r - x) + sqr(y));
11
12    var x1 = 0;
13    var y1 = 0;
14
```



Список Фракталов

№	Заголовок
▼	def_fractals.ini
✓	1 Koch Curve
✓	2 Barnsley Fern
✓	3 Sierpinski Carpet
✓	4 Mandelbrot Set
✓	5 Julia Set
✓	6 Burning Ship
✓	7 Perlin Noise
✓	8 Minkowski Curve
✓	9 Hilbert Curve
✓	10 Gosper Curve
✓	11 Peano Curve
✓	12 Circular Fractal
✓	13 Apollonian Gasket
✓	14 Lyapunov Fractal
✓	15 Newton Fractal
✓	16 Sierpinski Triangle
✓	17 Heighway Dragon
✓	18 Cantor Set



Панель Задач

Состояние: В процессе

Время Старта: 27.03.2018 23:54:42.155

Длительность: 00.00.0000 00:00:08.166

35%

0% (0/1)

№	Состояние	Имя	Кол-во Кадр
x	Никакое	Julia Set ?	

Консоль Скрипта

```
Shell Commandline (FFmpeg Save MP4) StandardError:
[Tasks Processor] Task 1 Finished
[Tasks Processor] End
[Tasks Processor] Start
[Tasks Processor] Task 1 Started
Command (JS): BuildFractalDefRect(0, 0, 1127, 539);
```

Консоль Скрипта

Аргументы Фрактала

Опис Фрактала

Julia Set

Редактирование Скрипта

<Default>

```
1 function FractalDraw(x1, y1, x2, y2, panx, pany, zoomx, zoomy, iters_cnt, thresh)
2   var c = {x: 0.11, y: -0.66};
3   for (var y = y1; y <= y2; ++y) {
4     for (var x = x1; x <= x2; ++x) {
5       var n = 0;
6       var z = {x: x * zoomx - panx, y: y * zoomy - pany};
7       var t = {x: 0, y: 0};
8       while ((sqr(z.x) + sqr(z.y) < threshold) && (n < iters_cnt)) {
9         t.x = z.x;
10        t.y = z.y;
11        z.x = sqr(t.x) - sqr(t.y) + c.x;
12        z.y = 2 * t.x * t.y + c.y;
13        ++n;

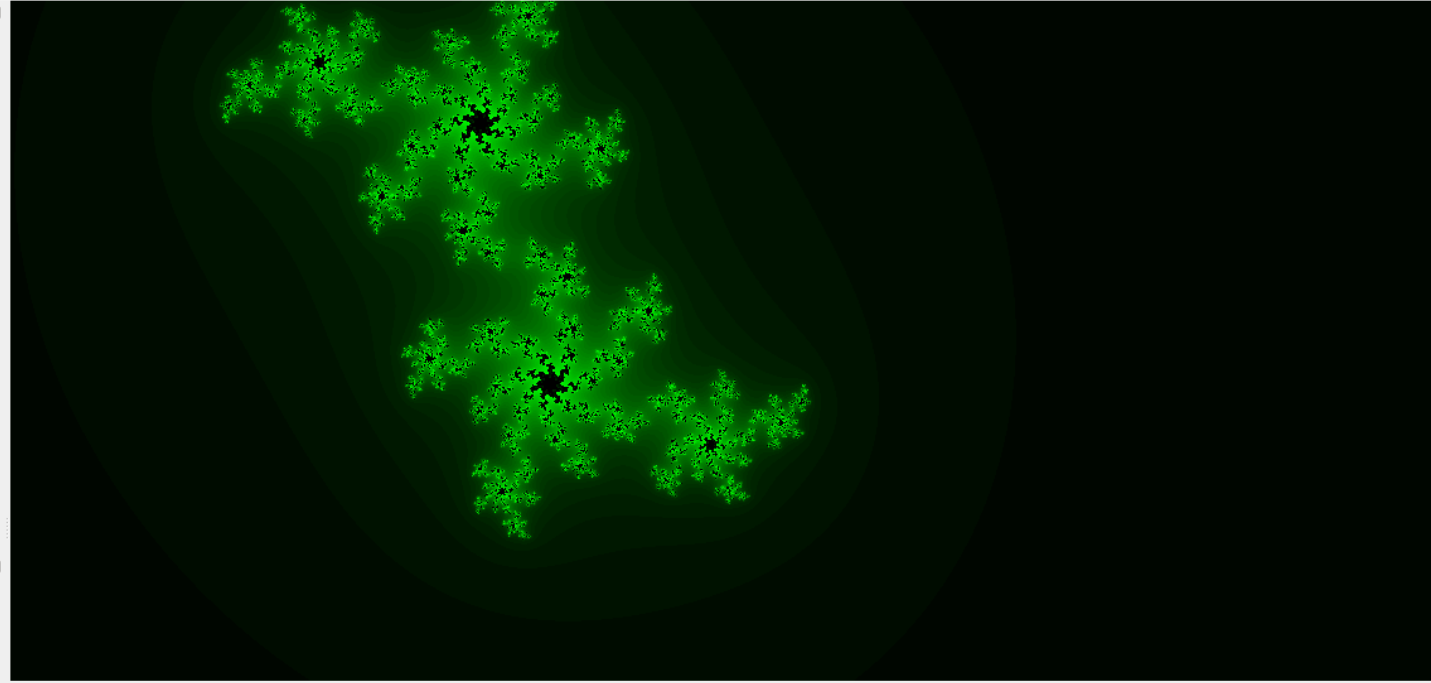
```


Drception - Julia Set

Файл Инструменты Задачи Скрипт Помощь



- Список Фракталов
- | № | Заголовок |
|------------------|---------------------|
| def_fractals.ini | |
| ✓ 1 | Koch Curve |
| ✓ 2 | Barnsley Fern |
| ✓ 3 | Sierpinski Carpet |
| ✓ 4 | Mandelbrot Set |
| ✓ 5 | Julia Set |
| ✓ 6 | Burning Ship |
| ✓ 7 | Perlin Noise |
| ✓ 8 | Minkowski Curve |
| ✓ 9 | Hilbert Curve |
| ✓ 10 | Gosper Curve |
| ✓ 11 | Peano Curve |
| ✓ 12 | Circular Fractal |
| ✓ 13 | Apollonian Gasket |
| ✓ 14 | Lyapunov Fractal |
| ✓ 15 | Newton Fractal |
| ✓ 16 | Sierpinski Triangle |
| ✓ 17 | Heighway Dragon |
| ✓ 18 | Cantor Set |



Панель Задач

Состояние: В процессе
 Время Старта: 27.03.2018 23:54:42.155
 Длительность: 00.00.0000 00:00:08.166

100%

0% (0/1)

№	Состояние	Имя	Кол-во Кадр
x	Никакое	Julia Set ?	

Консоль Скрипта

```
Shell Commandline (FFmpeg Save GIF): bash -c "ffmpeg -f image2 -framerate -1000 -i /home/mazycrazy/Drception_build-970/SavedFractals/23-55-00-284_27-03-2018_%d_i.png" -r 30 /home/mazycrazy/Drception_build-970/SavedFractals/23-55-00-284_27-03-2018_a-ff_i.gif"
Shell Commandline (FFmpeg Save GIF) StandardOutput:
Shell Commandline (FFmpeg Save GIF) StandardError:
```

Консоль Скрипта Аргументы Фракталя

Опис Фракталя

Julia Set

Редактирование Скрипта

```
<Default>
1 function FractalDraw(x1, y1, x2, y2, panx, pany, zoomx, zoomy, iters_cnt, thresh)
2   var c = {x: 0.11, y: -0.66};
3   for (var y = y1; y <= y2; ++y) {
4     for (var x = x1; x <= x2; ++x) {
5       var n = 0;
6       var z = {x: x * zoomx - panx, y: y * zoomy - pany};
7       var t = {x: 0, y: 0};
8       while ((sqr(z.x) + sqr(z.y) < threshold) && (n < iters_cnt)) {
9         t.x = z.x;
10        t.y = z.y;
11        z.x = sqr(t.x) - sqr(t.y) + c.x;
12        z.y = 2 * t.x * t.y + c.y;
13        ++n;

```

Новый Размер: 1127x539 px Рендеринг размер: ?x? px Измерения: ?D Кадр: 1/1 Длительность кадра: ? ms

Время: 27.03.2018 23:55:02.634 Состояние: Нет

Файловый менеджер

- gvfs
- gvfs
- MazyCrazy_D
- sda2
- Зарезервиро
- //
- drception_
- ./drception_s...
- Имя
- [-]
- [css]
- [images]
- [individual
- [js]
- [repository
- [vendor]
- about
- audio
- contact
- demo
- download
- drception_s
- gallery
- index
- template

Выделено: 0 из



Список Фракталов

№	Заголовок
▼ def_fractals.ini	
✓ 1	Koch Curve
✓ 2	Barnsley Fern
✓ 3	Sierpinski Carpet
✓ 4	Mandelbrot Set
✓ 5	Julia Set
✓ 6	Burning Ship
✓ 7	Perlin Noise
✓ 8	Minkowski Curve
✓ 9	Hilbert Curve
✓ 10	Gosper Curve
✓ 11	Peano Curve
✓ 12	Circular Fractal
✓ 13	Apollonian Gasket
✓ 14	Lyapunov Fractal
✓ 15	Newton Fractal
✓ 16	Sierpinski Triangle
✓ 17	Heighway Dragon
✓ 18	Cantor Set

Панель Задач

Состояние: Завершено

Время Старта: 27.03.2018 23:54:42.155

Длительность: 00.00.0000 00:00:21.746

100%

100% (1/1)

№	Состояние	Имя	Кол-во Кадр
x	Заверш...	Julia Set 1	

Консоль Скрипта

```
Shell Commandline (ImageMagick Save GIF): bash -c "convert -delay -1x1000 -loop 0 /
/home/mazycrazy/Drception_build-970/SavedFractals/23-55-00-284_27-03-2018_{0..0}
_i.png /home/mazycrazy/Drception_build-970/SavedFractals/
23-55-00-284_27-03-2018_a-im_i.gif"
Shell Commandline (ImageMagick Save GIF) StandardOutput:
Shell Commandline (ImageMagick Save GIF) StandardError:
Shell Commandline (FFmpeg Save GIF): bash -c "ffmpeg -f image2 -framerate 1000 -i "
```

Консоль Скрипта

Аргументы Фракталя

Опис Фракталя

Properties

Perimeter of the Koch snowflake

After each iteration, the number of sides of the Koch snowflake increases by a factor of 4, so the number of sides after n iterations is given by:

$$N_n = N_{n-1} \cdot 4 = 3 \cdot 4^n.$$

If the original equilateral triangle has sides of length s, the length of each side of the snowflake after n iterations is:

$$S_n = \frac{S_{n-1}}{3} = \frac{s}{3^n}.$$

the perimeter of the snowflake after n iterations is:

$$P_n = N_n \cdot S_n = 3 \cdot s \cdot \left(\frac{4}{3}\right)^n.$$

The Koch curve has an infinite length because the total length of the curve increases by a factor of four thirds with each iteration. Each iteration creates four times as many line segments as in the previous iteration, with the length of each one being one-third the length of the segments in the previous stage. Hence the length of the curve after n iterations will be $(4/3)^n$ times the original triangle perimeter, which is unbounded as n tends to infinity.

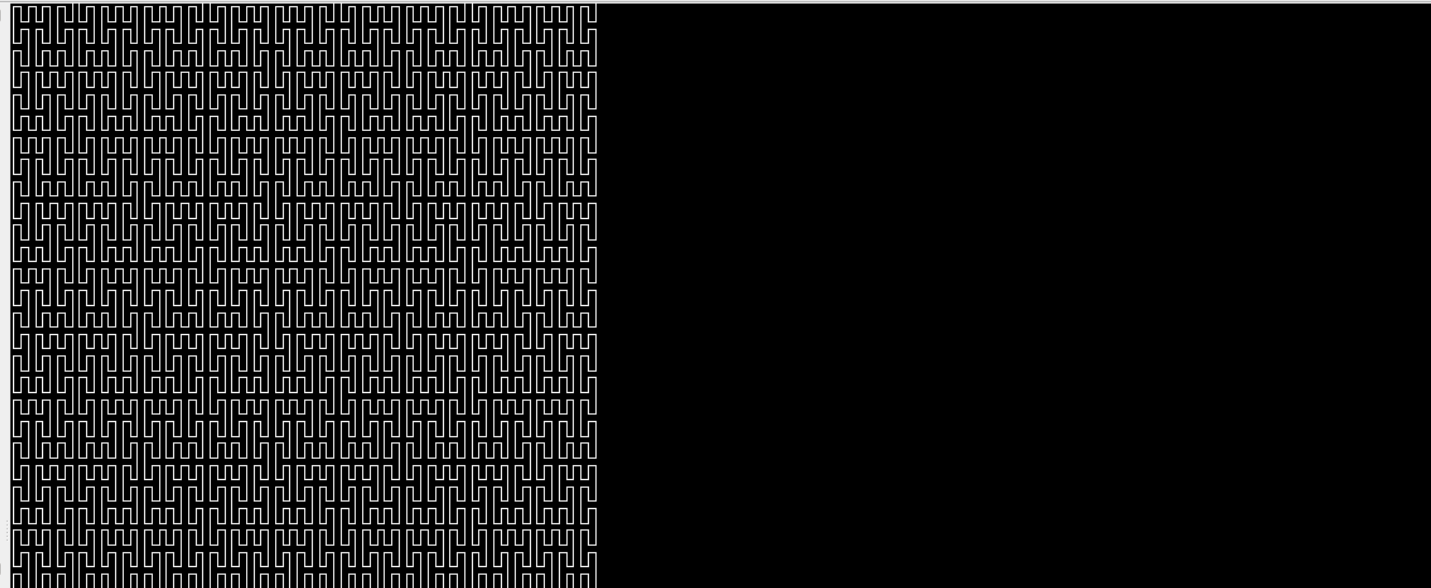
Редактирование Скрипта

Full

```
1 function KochCurveDraw(xa, ya, xe, ye, i) {
2   if (i == 0)
3     DrawLine(xa, ya, xe, ye);
4   else {
5     // C
6     // \
7     // A---B D---E
8
9     var xb = xa + (xe - xa) * 1/3;
10    var yb = ya + (ye - ya) * 1/3;
11
12    var xd = xa + (xe - xa) * 2/3;
13    var yd = ya + (ye - ya) * 2/3;
14
15    var cos60 = 0.5;
16    var sin60 = 0.866;
17    var xc = xb + (xd - xb) * cos60 - sin60 * (yd - yb);
18    var yc = yb + (xd - xb) * sin60 + cos60 * (yd - yb);
19
20    KochCurveDraw(xa, ya, xb, yb, i - 1);
21    KochCurveDraw(xb, yb, xc, yc, i - 1);
22    KochCurveDraw(xc, yc, xd, yd, i - 1);
23    KochCurveDraw(xd, yd, xe, ye, i - 1);
24  }
25 }
26
27 function BuildFractalDef() {
28   BuildFractalDefRect(0, 0, 500, 500);
29 }
30
31 function BuildFractalDefRect(x1, y1, x2, y2) {
32   BuildFractal(x1, y1, x2, y2, 11);
33 }
34
35 function BuildFractalAnimatedDefRect(x1, y1, x2, y2) {
36   BuildFractalAnimated(x1, y1, x2, y2, 9);
37 }
38
39 function BuildFractalSnowflakeDefRect(x1, y1, x2, y2) {
40   BuildFractalSnowflake(x1, y1, x2, y2, 9);
41 }
42
43 function BuildFractal(x1, y1, x2, y2, i) {
44   SetBuildProgress(0);
45   PenSetColor_Hsla(1, 1, 1, 1);
46   KochCurveDraw(x1, y1, x2, y2, i);
47   SetBuildProgress(100);
48   PainterEnd();
```



- Список Фракталов
- | № | Заголовок |
|------------------|---------------------|
| def_fractals.ini | |
| ✓ 1 | Koch Curve |
| ✓ 2 | Barnsley Fern |
| ✓ 3 | Sierpinski Carpet |
| ✓ 4 | Mandelbrot Set |
| ✓ 5 | Julia Set |
| ✓ 6 | Burning Ship |
| ✓ 7 | Perlin Noise |
| ✓ 8 | Minkowski Curve |
| ✓ 9 | Hilbert Curve |
| ✓ 10 | Gosper Curve |
| ✓ 11 | Peano Curve |
| ✓ 12 | Circular Fractal |
| ✓ 13 | Apollonian Gasket |
| ✓ 14 | Lyapunov Fractal |
| ✓ 15 | Newton Fractal |
| ✓ 16 | Sierpinski Triangle |
| ✓ 17 | Heighway Dragon |
| ✓ 18 | Cantor Set |



Панель Задач

Состояние: Завершено
 Время Старта: 27.03.2018 23:55:52.123
 Длительность: 00:00.0000 00:00:01.417

100%

100% (1/1)

№	Состояние	Имя	Кол-во К
x	Заверш...	Peano Curve	1

Консоль Скрипта

```
%d_i.png" -r 30 /home/mazycrazy/Drception_build-970/SavedFractals/
23-55-53-188_27-03-2018_a-ff_i.mp4"
Shell Commandline (FFmpeg Save MP4) StandardOutput:
Shell Commandline (FFmpeg Save MP4) StandardError:
[Tasks Processor] Task 1 Finished
[Tasks Processor] End
```

Консоль Скрипта Аргументы Фракталя

Опис Фракталя

Peano Curve

Programmer: MazyCrazy

Редактирование Скрипта

```
<Default>
1 function FractalDraw(x0, y0, a, dir, iter, ind, pdir) {
2   if (dir == 0) {
3     if (iter == 1) {
4       DrawPolyline([[x0 + a / 6, y0 + a * 5 / 6], [x0 + a / 6, y0 + a / 6],
5                   [x0 + a * 3 / 6, y0 + a * 5 / 6], [x0 + a * 5 / 6, y0 + a * 5 / 6]]);
6     } else {
7       FractalDraw(x0, y0 + a * 2 / 3, a / 3, 0, iter - 1, 1, dir); //1
8       FractalDraw(x0, y0 + a / 3, a / 3, 1, iter - 1, 2, dir); //2
9       FractalDraw(x0, y0, a / 3, 0, iter - 1, 3, dir); //3
10      FractalDraw(x0 + a / 3, y0, a / 3, 1, iter - 1, 4, dir); //4
11      FractalDraw(x0 + a / 3, y0 + a / 3, a / 3, 0, iter - 1, 5, dir); //5
12      FractalDraw(x0 + a / 3, y0 + a * 2 / 3, a / 3, 1, iter - 1, 6, dir); //6
13      FractalDraw(x0 + a * 2 / 3, y0 + a * 2 / 3, a / 3, 0, iter - 1, 7, dir);
14      FractalDraw(x0 + a * 2 / 3, y0 + a / 3, a / 3, 1, iter - 1, 8, dir); //8
15      FractalDraw(x0 + a * 2 / 3, y0, a / 3, 0, iter - 1, 9, dir); //9
16    }
17  } else if (dir == 1) {
18    if (iter == 1) {
```

Файловый менеджер с панелью навигации и списком папок:

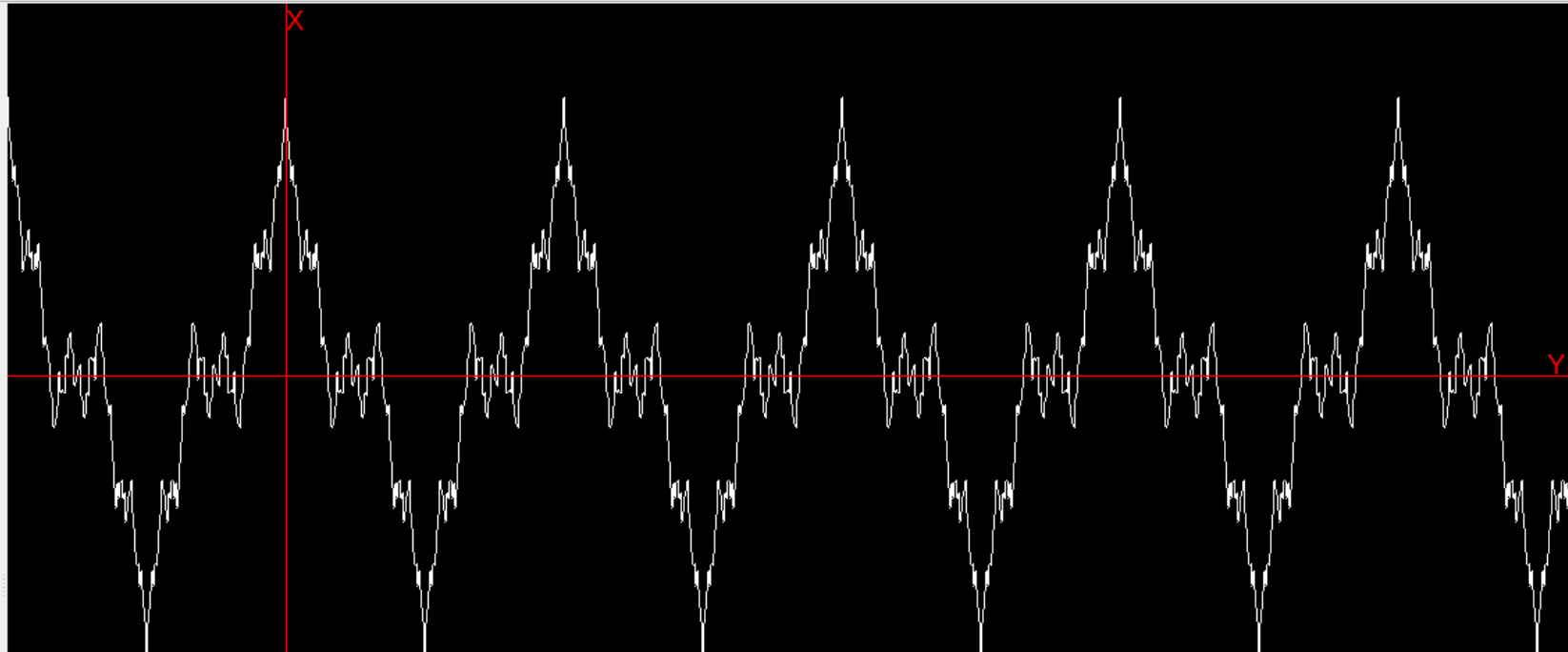
- Имя
- [.]
- [css]
- [images]
- [individual...]
- [js]
- [repository...]
- [vendor]
- about
- audio
- contact
- demo
- download
- drception_s...
- gallery
- index
- template

Выделено: 0 из



Список Фракталов

№	Заголовок
✓	15 Newton Fractal
✓	16 Sierpinski Triangle
✓	17 Heighway Dragon
✓	18 Cantor Set
✓	19 T-fractal
✓	20 H-fractal
✓	21 Durer Star
✓	22 Quasiclover Fractal
✓	23 Fibonacci Word Fractal
✓	24 Nested Spiral Squares
✓	25 Vicsek Fractal
✓	26 Pythagoras Tree Fractal
✓	27 Center of mass of a triangle
✓	28 Curlicue Fractal
✓	29 Levy C Curve
✓	30 Weierstrass Function
✓	31 Blancmange Curve
	32 Menger Sponge (3D Fractal)
	33 Sierpinski Carpet (3D Fractal)



Панель Задач

Состояние: Завершено

Время Старт: 27.03.2018 23:56:11.995

Длительность: 00.00.0000 00:00:02.120

100%

100% (1/1)

№	Состояние	Имя
x	Заверш...	Weierstrass Function

Консоль Скрипта

```
%d_i.png" -r 30 /home/mazycrazy/Drception_build-970/SavedFractals/
23-56-13-233_27-03-2018_a-ff_i.mp4"
Shell Commandline (FFmpeg Save MP4) StandardOutput:
Shell Commandline (FFmpeg Save MP4) StandardError:
[Tasks Processor] Task 1 Finished
[Tasks Processor] End
```

Консоль Скрипта

Аргументы Фрактала

Опис Фрактала

Weierstrass Function

Programmer: MazyCrazy

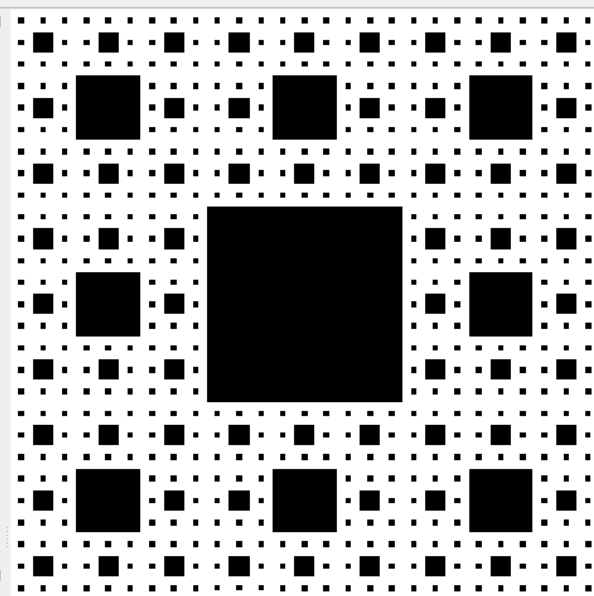
Редактирование Скрипта

Simple

```
1 const PI = 3.14159265359;
2
3 // Return a value of the Weierstrass function.
4 function F(x, a, b, iterations) {
5     var total = 0;
6     for (var n = 0; n < iterations; ++n) {
7         var cos = Math.cos(Math.pow(b, n) * PI * x);
8         /*if (cos > 1)
9             cos = 0;
10        else if (cos < -1)
11            cos = 0;*/
12        total += Math.pow(a, n) * cos;
13    }
14    return total;
15 }
16
17 function FractalDraw(w, h, a, b, iterations)
18 {
19     /*var wxmin = -2 * 100;
```



- Список Фракталов
- | № | Заголовок |
|----|---------------------|
| 1 | Koch Curve |
| 2 | Barnsley Fern |
| 3 | Sierpinski Carpet |
| 4 | Mandelbrot Set |
| 5 | Julia Set |
| 6 | Burning Ship |
| 7 | Perlin Noise |
| 8 | Minkowski Curve |
| 9 | Hilbert Curve |
| 10 | Gosper Curve |
| 11 | Peano Curve |
| 12 | Circular Fractal |
| 13 | Apollonian Gasket |
| 14 | Lyapunov Fractal |
| 15 | Newton Fractal |
| 16 | Sierpinski Triangle |
| 17 | Heighway Dragon |
| 18 | Cantor Set |



Панель Задач

Состояние: Завершено
 Время Старта: 27.03.2018 23:56:40.522
 Длительность: 00.00.0000 00:00:01.383

100%

100% (1/1)

№	Состояние	Имя	Кол-
x	Заверш...	Sierpinski Carpet	1

Консоль Скрипта

```
%d_i.png" -r 30 /home/mazycrazy/Drception_build-970/SavedFractals/
23-56-41-550_27-03-2018_a-ff_i.mp4"
Shell Commandline (FFmpeg Save MP4) StandardOutput:
Shell Commandline (FFmpeg Save MP4) StandardError:
[Tasks Processor] Task 1 Finished
[Tasks Processor] End
```

Консоль Скрипта Аргументы Фракталя

Опис Фрактала

Sierpinski Carpet

Programmer: MazyCrazy

Редактирование Скрипта

Simple

```
1 function SierpinskiCarpetDraw(x1, y1, x2, y2, i) {
2   SierpinskiCarpetDrawRec(x1, y1, x2, y2, i);
3 }
4
5 function SierpinskiCarpetDrawRec(xc, yc, xa, ya, i) {
6   if (i == 0) {
7     DrawSquare(xc, yc, xa, ya);
8     //DrawLine(xc, yc, xa, ya);
9   } else {
10    // B1 B1 B1
11    // B--*--*--A B2 B2 B2
12    // | | | |
13    // *--*--*--* B2 B2 B2
14    // | | | |
15    // *--*--*--* B2 B2 B2
16    // | | | |
17    // C--*--*--D
18
19    var xm = (xa + xc) / 2;
```

Файловый менеджер

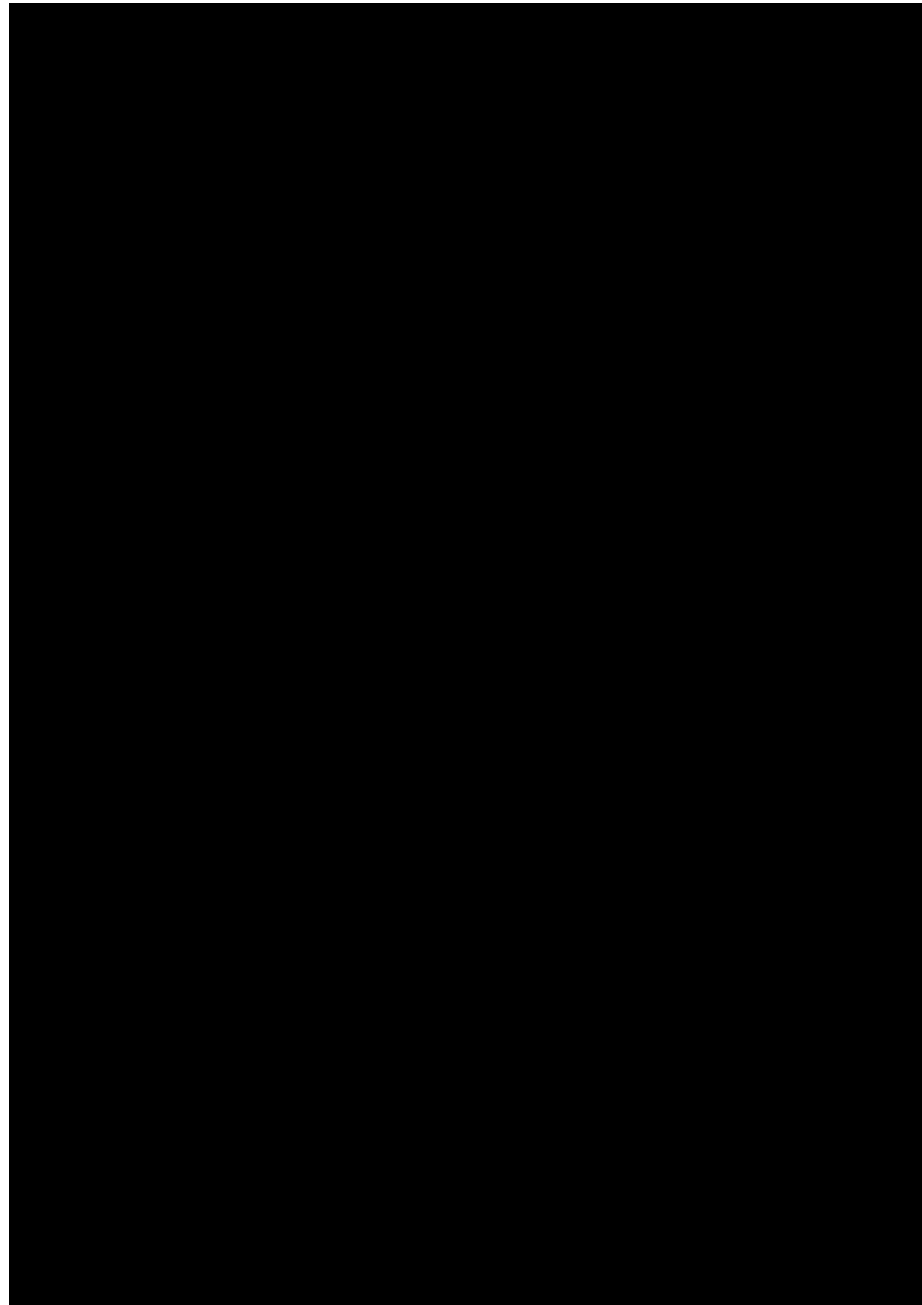
- gvfs
- gvfs
- MazyCrazy_D
- sda2
- Зарезерви
- //
- drception_
- ./drception_s...
- Имя
- [-]
- [css]
- [images]
- [individual_
- [js]
- [repository]
- [vendor]
- about
- audio
- contact
- demo
- download
- drception_s
- gallery
- index
- template

Выделено: 0 из

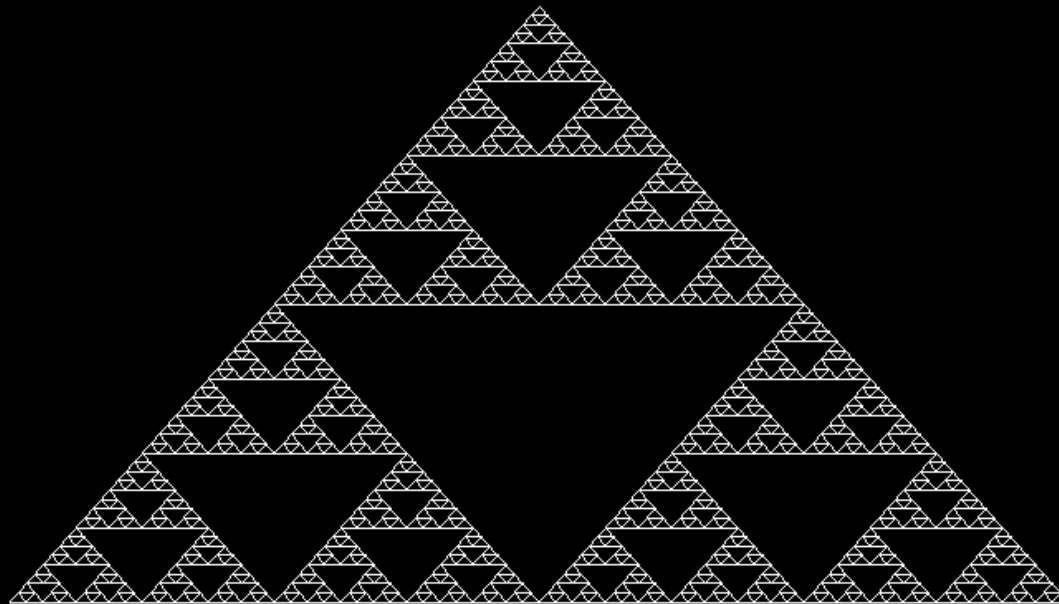
Изображения построенные в Drception

См. на сайте проекта в разделе „Gallery“ :
<https://drception.sourceforge.io/>.

Кривая Коха (анимация)

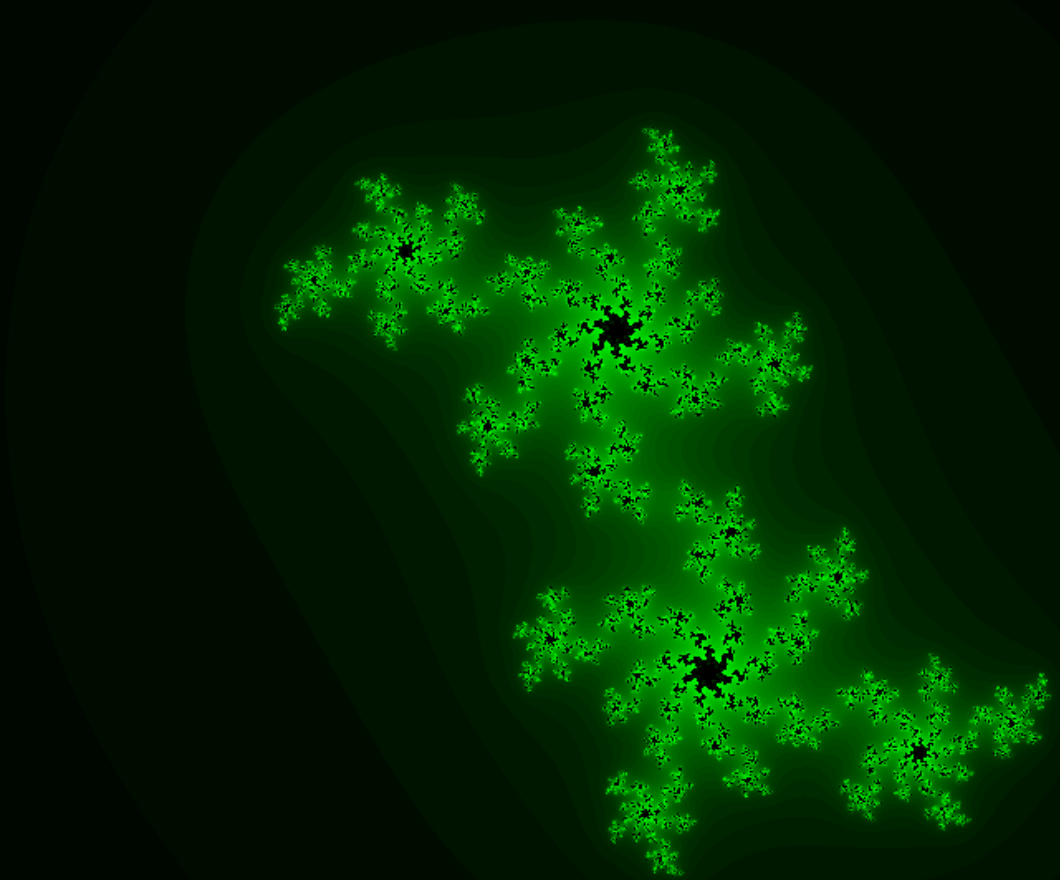


Треугольник Серпинского

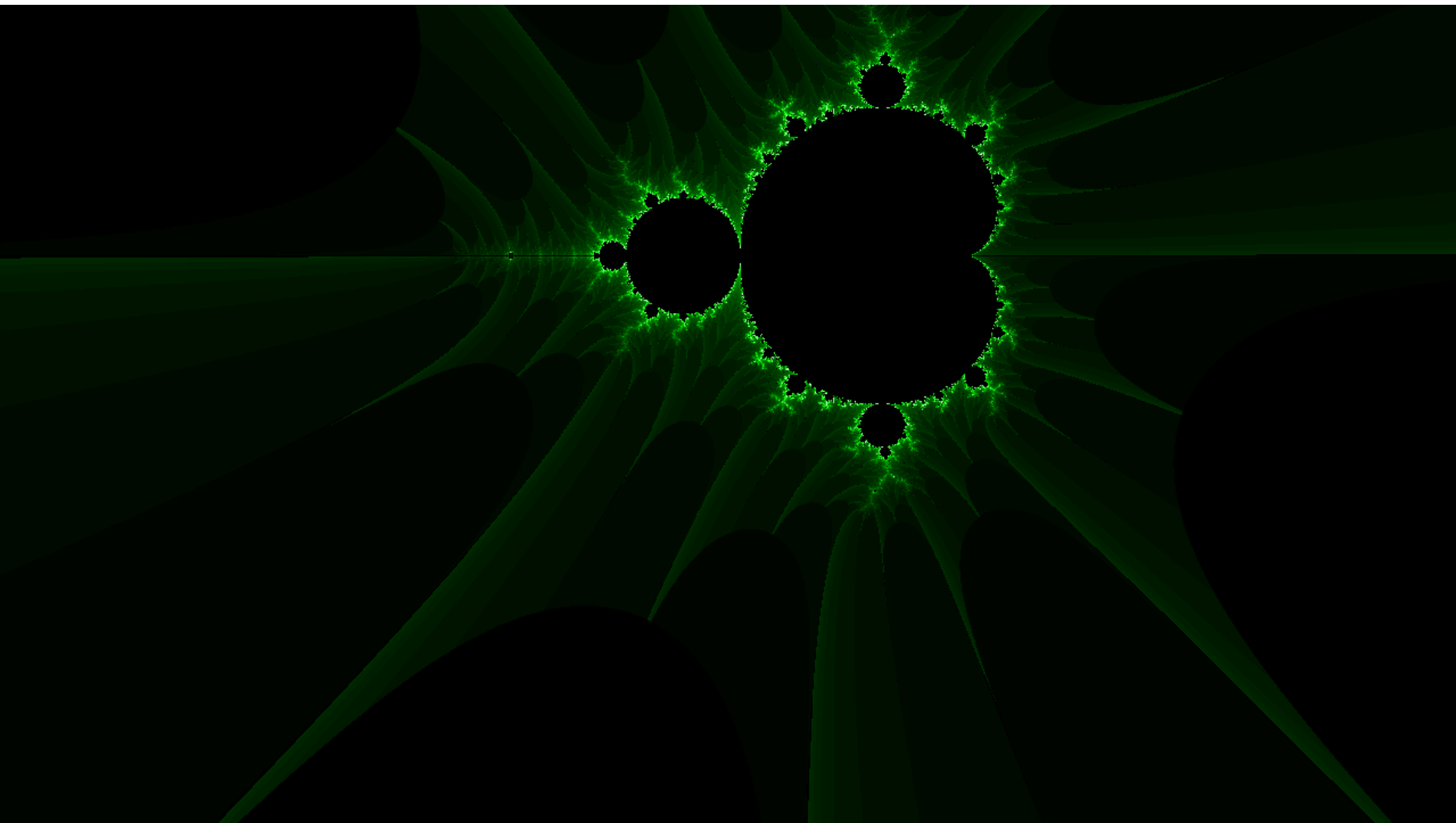


Треугольник Серпинского (анимация)

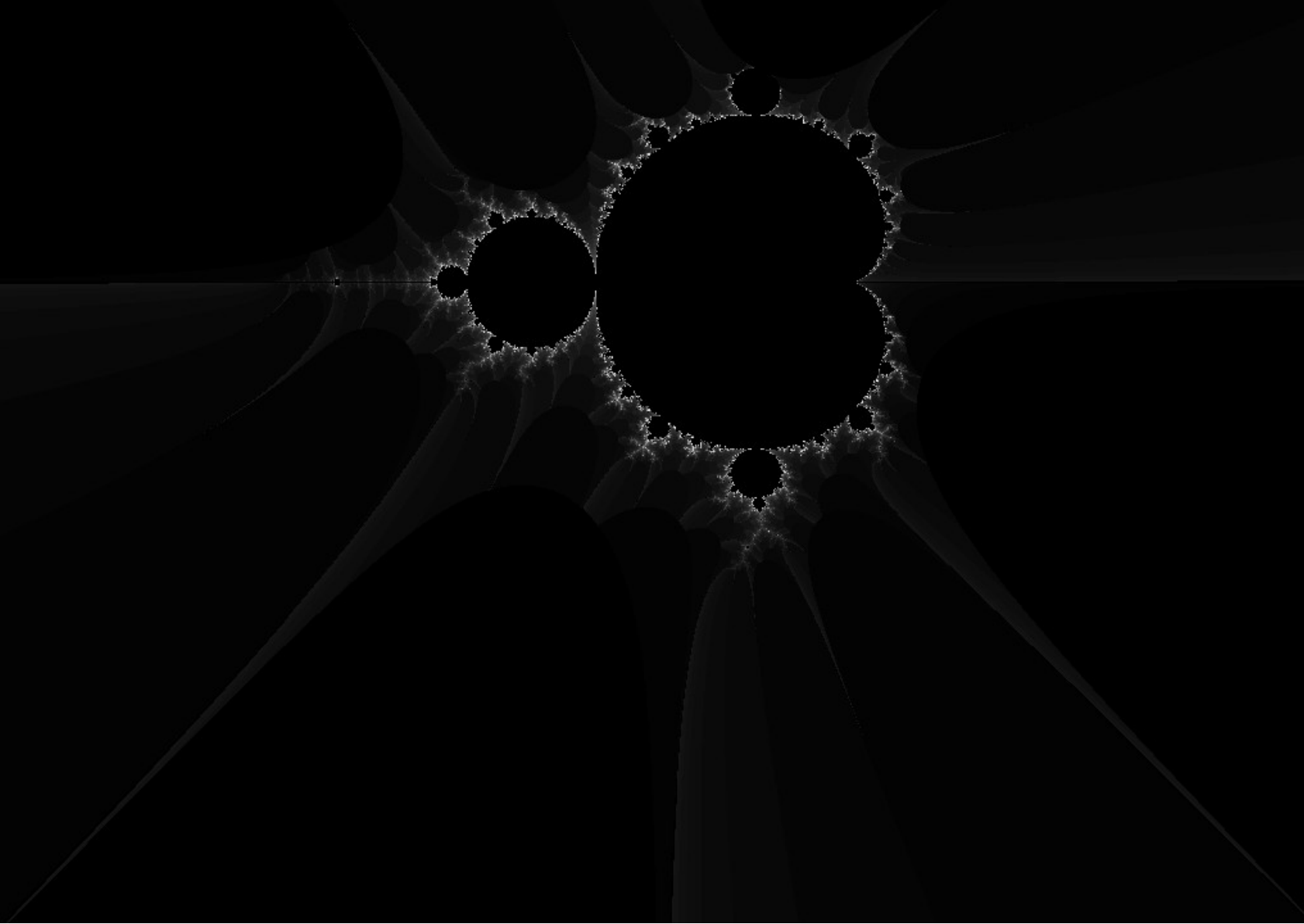
Множество Жюлиа



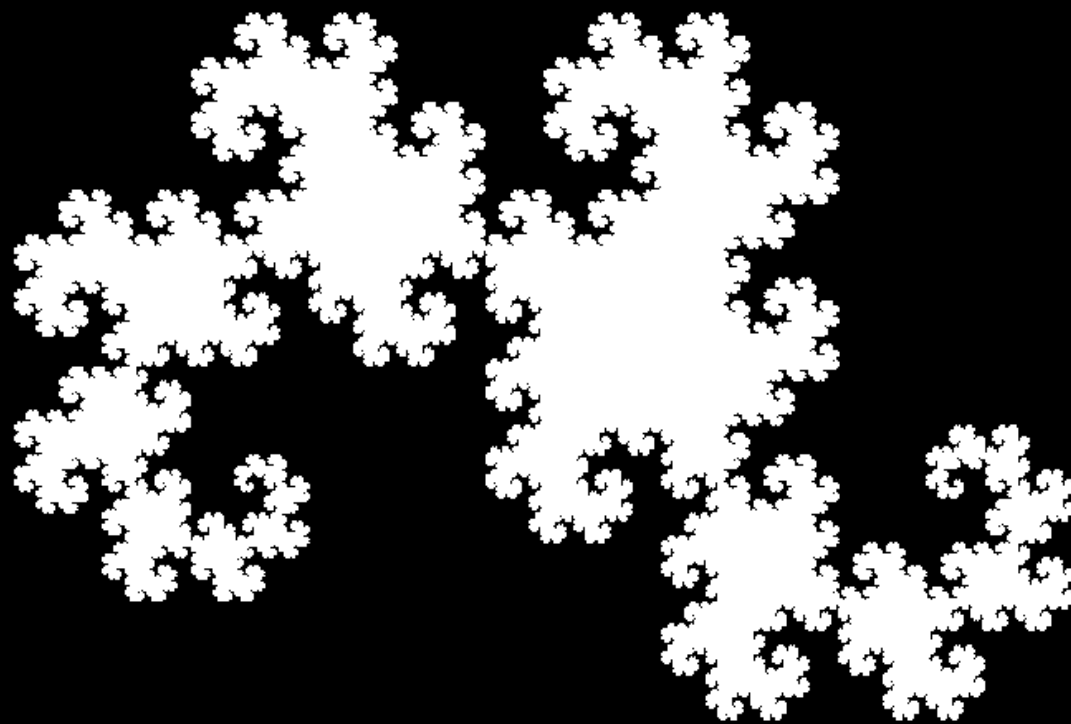
Множество Мандельброта



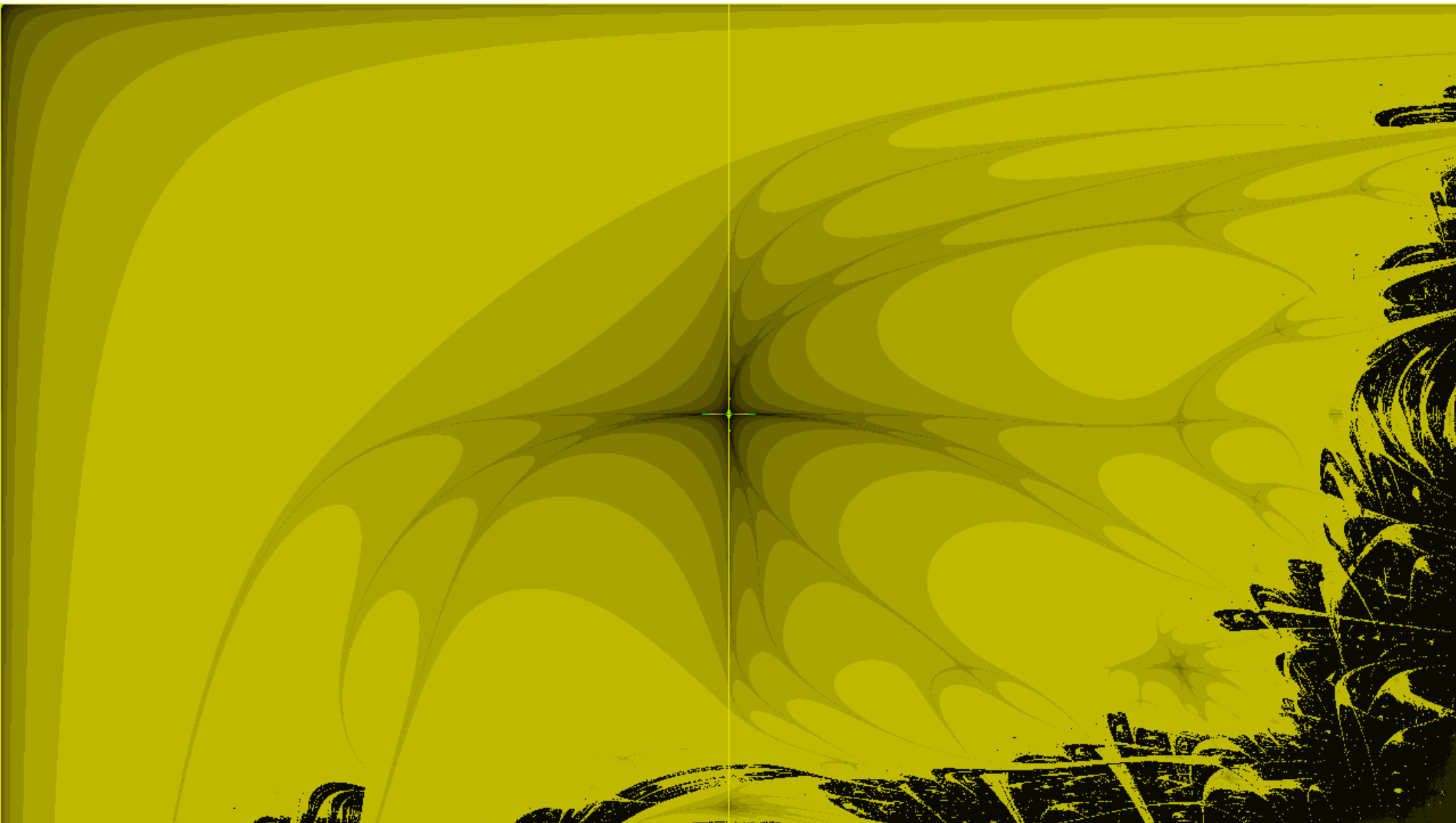
Множество Мандельброта (анимация)



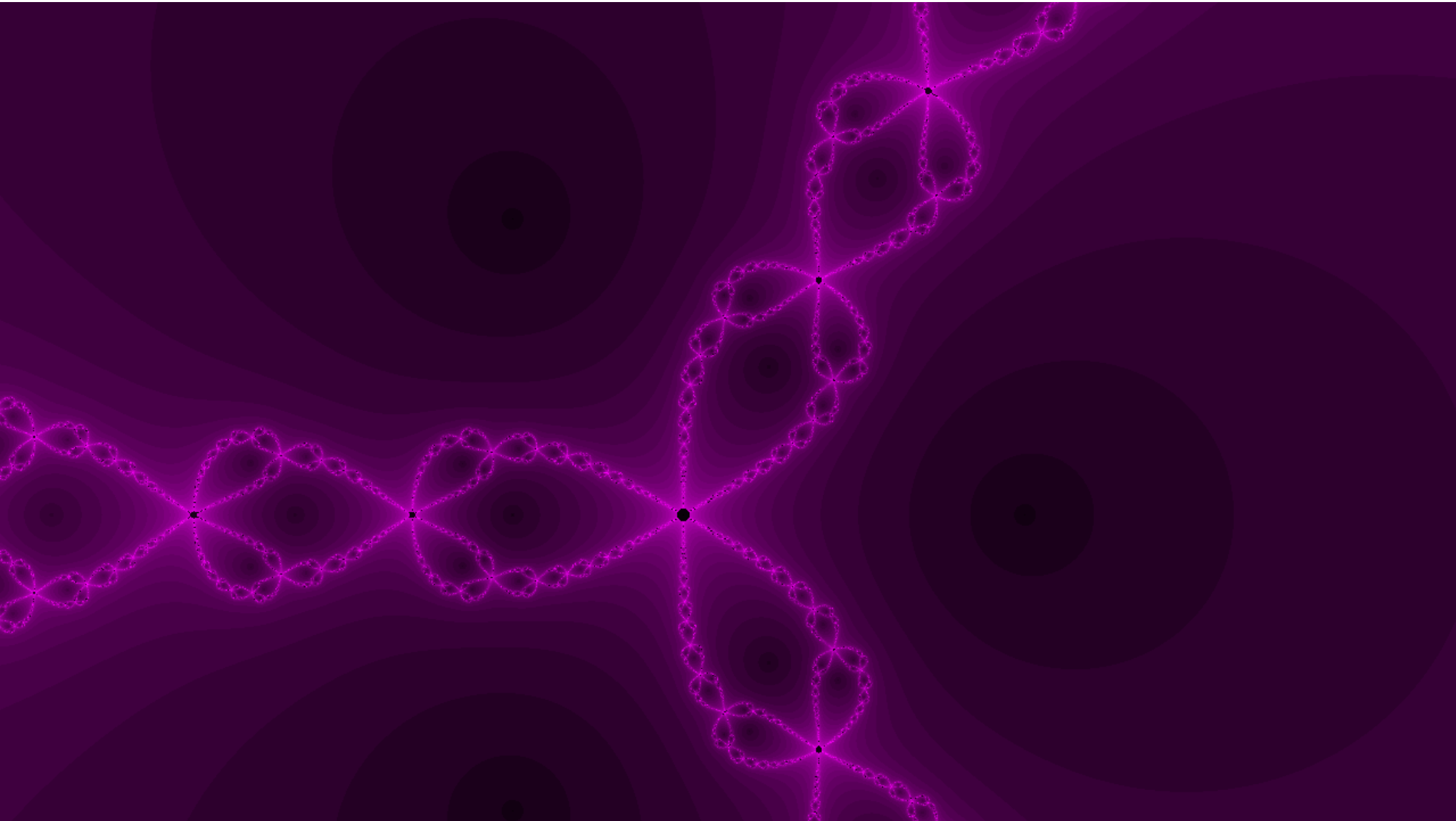
Кривая дракона



Фрактал Ляпунова



Бассейны Ньютона



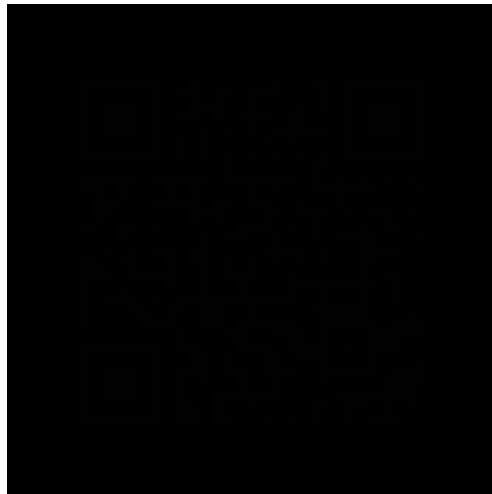
Ссылки проекта

- SourceForge.net:

<https://sourceforge.net/projects/drception/>

- Website (SourceForge.net):

<https://drception.sourceforge.io/>



Вопросы

Спасибо за внимание