

Нанотехнологии

Практика 1, 2

Размерная шкала природных и
синтетических объектов и материалов.

Фрактальные объекты

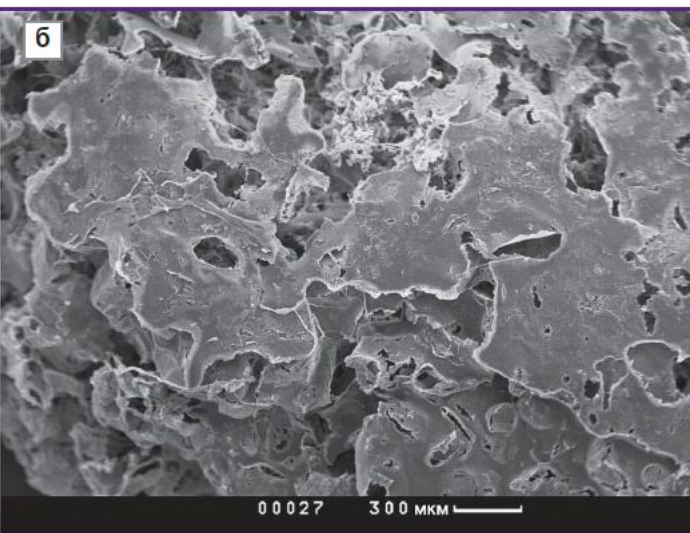
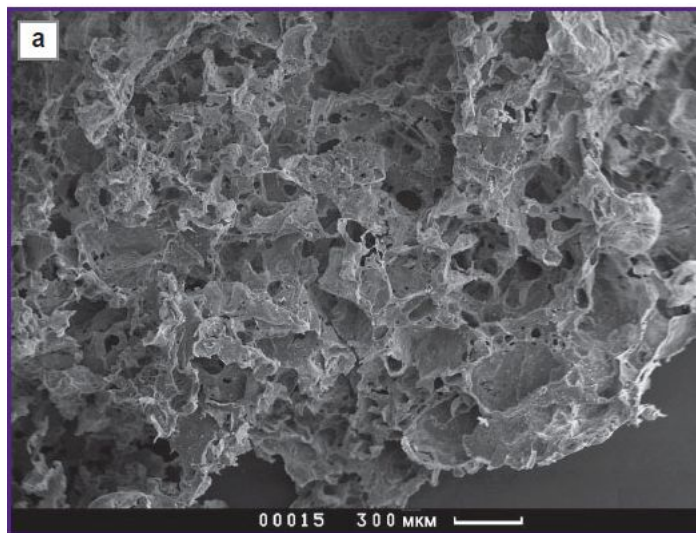
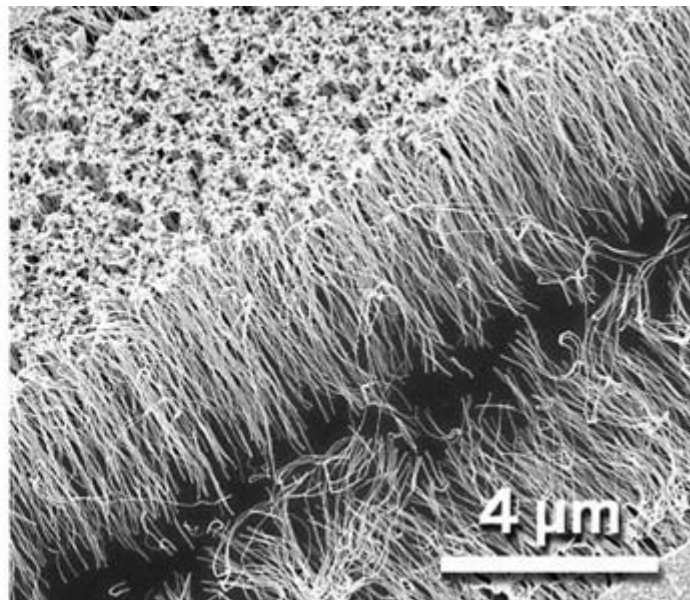
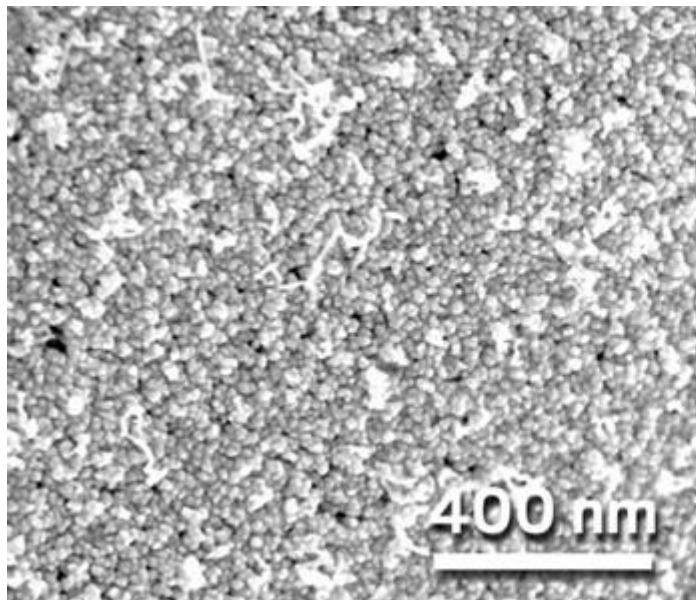
Основные единицы:

Величина	Обозначение	Размерность	Обозначение
Длина	L	Метр	М
Масса	M	Килограмм	Kг
Время	T	Секунда	C
Сила электрического тока	I	Ампер	A
Термодинамическая температура		Кельвин	K
Сила света	J	Кандела	Kд
Количество вещества		Моль	Моль

Дополнительные единицы:

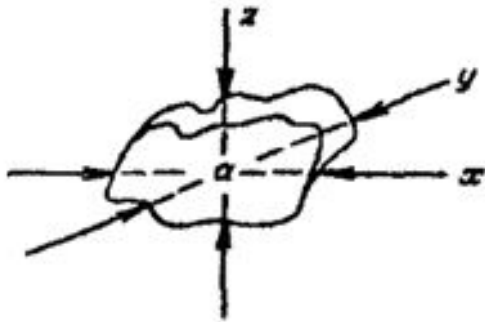
Плоский угол	----	радиан	рад
Телесный угол	----	стерадиан	ср

Множитель	Наименование	Обозначение	
		Русское	Международное
10^{-12}	Пико	П	p
10^{-9}	Нано	Н	n
10^{-6}	Микро	мк	μ
10^{-3}	Милли	М	m
10^{-2}	Сант	С	s
10^{-1}	Деци	Д	d
10^1	Дека	да	da
10^2	Гекто	г	h
10^3	Кило	К	k
10^6	Мега	М	M
10^9	Гига	Г	G
10^{12}	Тера	Т	T



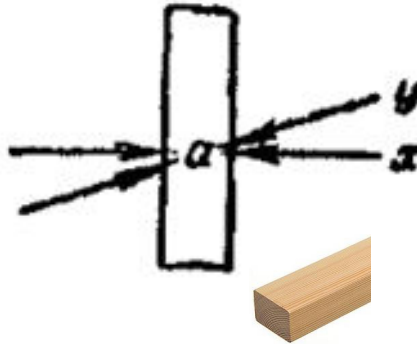
Нанообъекты (наноразмерные структуры) - это материальные объекты, образованные из связанных атомов, молекул или частиц, имеющие различную форму (дисперсные частицы, волокна, пленки и др.).

Линейный размер нанообъектов хотя бы в одном направлении лежит в нанодиапазоне.



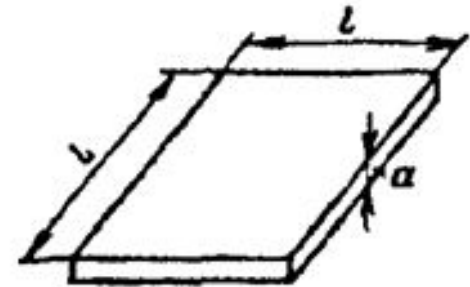
трехмерные

3 характерных размера
(длина, ширина, высота)



двумерные

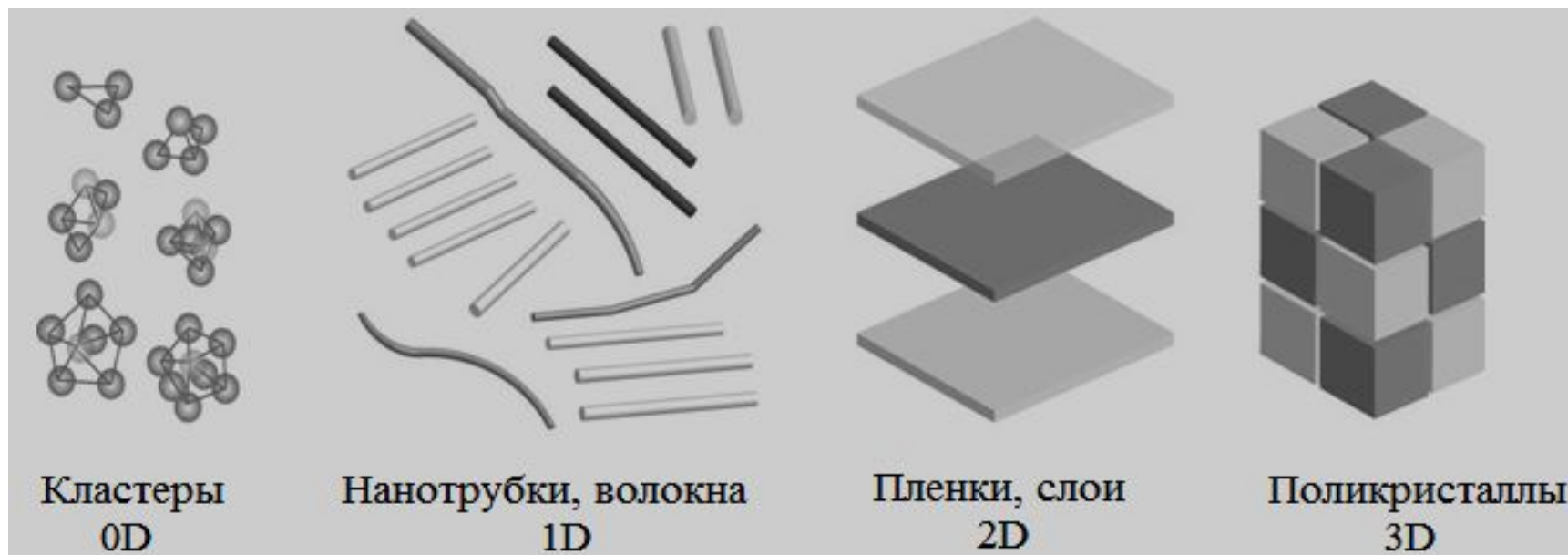
2 характерных размера
(ширина, высота)



одномерные

1 характерный размер
(высота)

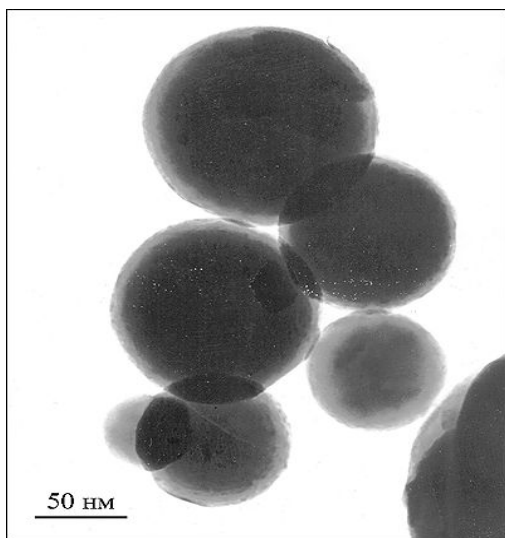
Классификация нанообъектов **«по наноразмерности»**



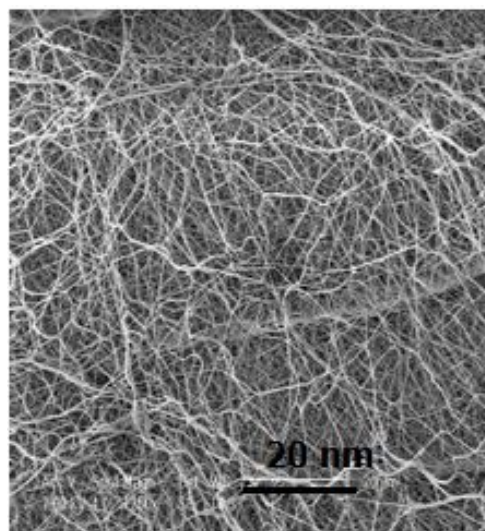
нульмерные 0D, одномерные 1D, двумерные 2D,
трехмерные 3D (объемные нанокристаллические объекты)

Классификация нанообъектов «**по макроразмерности**»
(по количеству измерений, превышающих
нанотехнологическую границу)

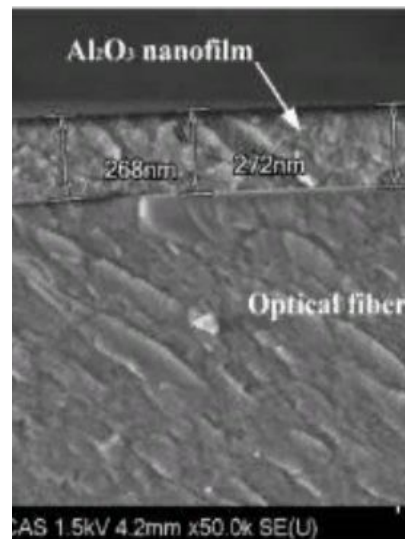
D – размерность, зависит от геометрической формой объекта,
может быть топологической (объекты Евклидовой геометрии) или фрактальной (объекты
фрактальной геометрии).



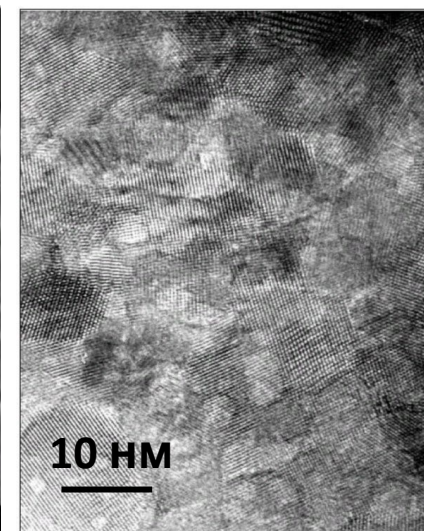
а



б



в



г

Электронные микрофотографии наноразмерных структур различной формы:

а - ПЭМ изображение сферических частиц металлического висмута (0D);

б - СЭМ изображение нановолокон оксида титана (1D);

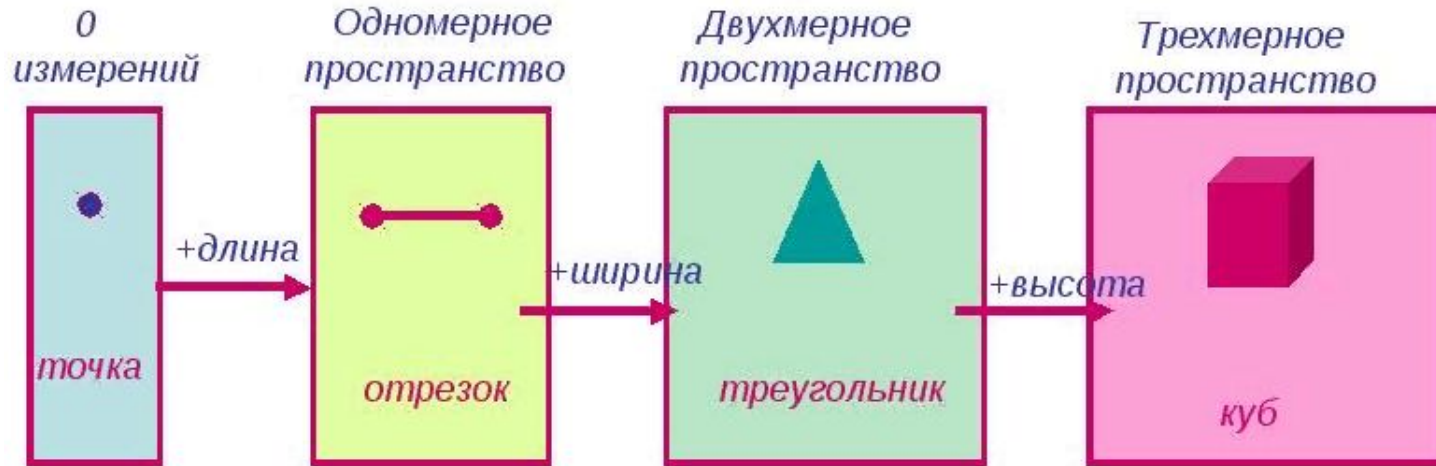
в - СЭМ изображение нанопленки оксида алюминия, нанесенная на оптическое волокно (2D);

г - поликристаллический нанообъект (3D).

Характеристика нанообъектов	Классификация		Примеры
	“по наноразмерности”	“по макроразмерности”	
Все три размера (длина, ширина, высота) менее 100 нм	3-мерный объект	0D – мерный объект	сферические наночастицы, фуллерены
Поперечные размеры менее 100 нм, а длина сколь угодно велика	2-мерный объект	1D – мерный объект	нанотрубки, нановолокна, нанопрутки
Только один размер (толщина) менее 100 нм, а длина и ширина сколь угодно велики	1-мерный объект	2D – мерный объект	наноплёнки, нанослои
Все три измерения превышают 100 нм		3D – мерный объект	поликристаллы

Топологическая размерность объекта D

Топологическая размерность объекта - это его «мерность», для «гладких» объектов принимает только целые значения **0, 1, 2, 3**



нульмерный объект (точка) топологическая размерность равна **0**

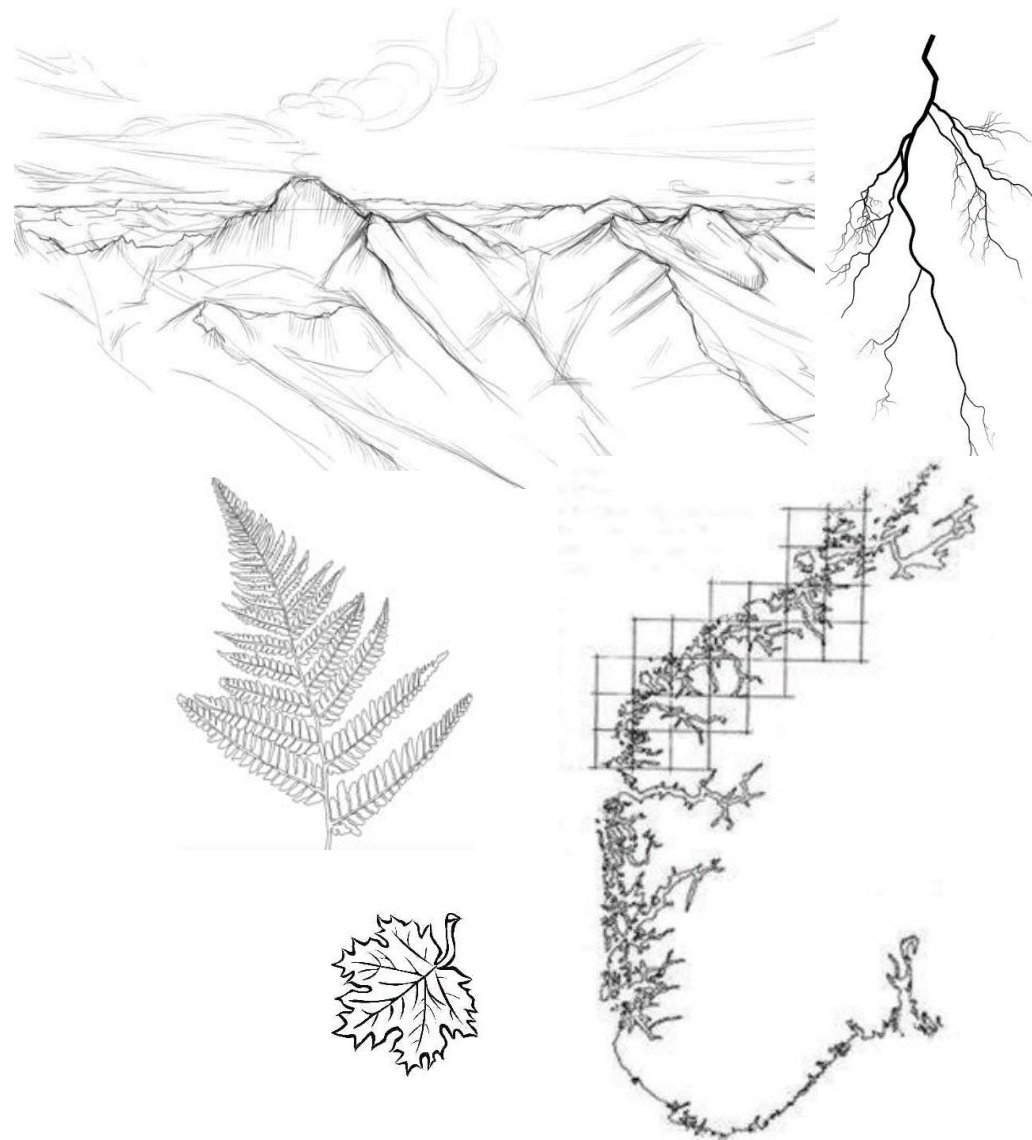
одномерный объект (линия) равна **1**,

двухмерный, плоский объект (квадрат, круг, прямоугольник и пр.) равна **2**

трехмерный объект (куб, сфера) равна **3**.

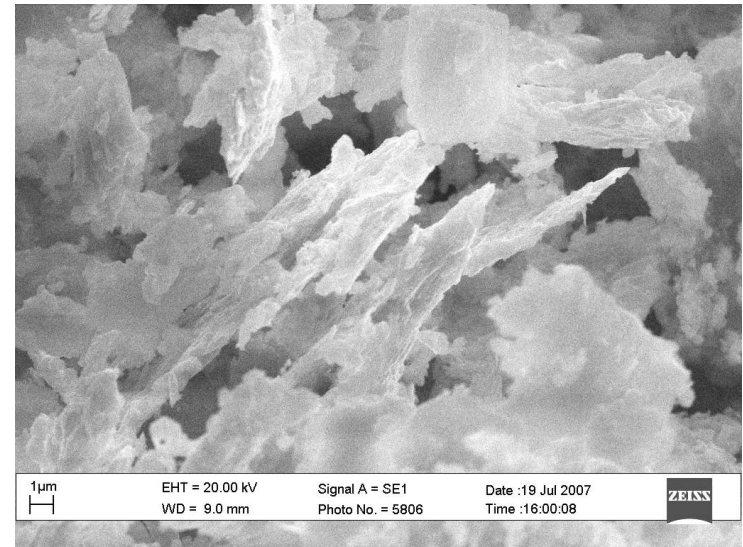
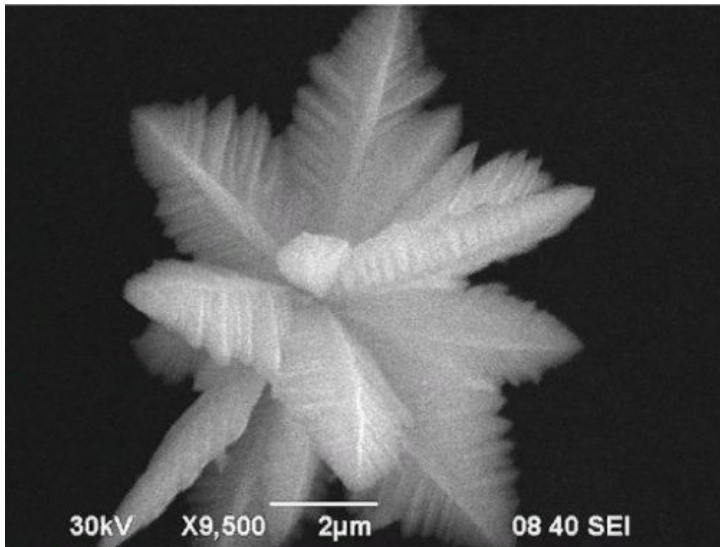


Объекты Евклидовой
геометрии



Объекты фрактальной
геометрии

Фрактальные объекты: вещество занимает пространство, но не заполняет его полностью.



Для описания фрактальных частиц используется **фрактальная размерность** позволяющая оценить степень «изрезанности» формы.

Фрактальная размерность - дробная размерность, изменяется в интервале

$2 < D < 3$ (для объемных, трехмерных)

$1 < D < 2$ (для плоских двумерных)



$D = 1,0$



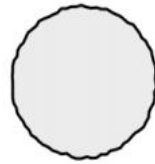
$D = 1,02$



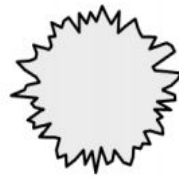
$D = 1,35$



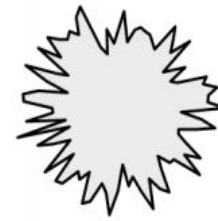
$D = 1,45$



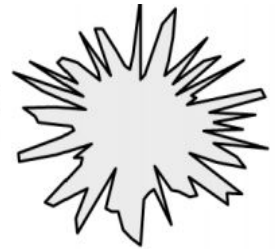
$D = 1.99$



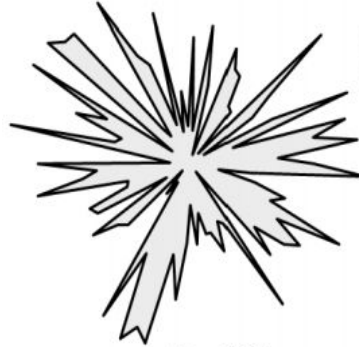
$D = 1.954$



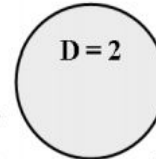
$D = 1.907$



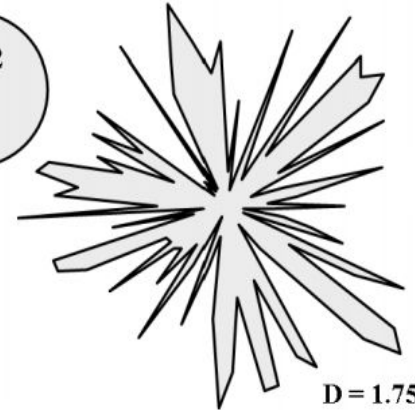
$D = 1.865$



$D = 1.84$



$D = 2$

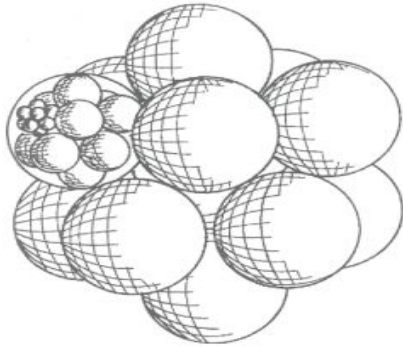


$D = 1.75$

Признаки фрактальных структур:

- ✓ Геометрическая изрезанность формы
- ✓ Свойство самоподобия в масштабе

Свойство самоподобия – нанообъекты, их агрегаты и агломераты состоят из фрагментов, структурный мотив которых повторяется при изменении масштаба.

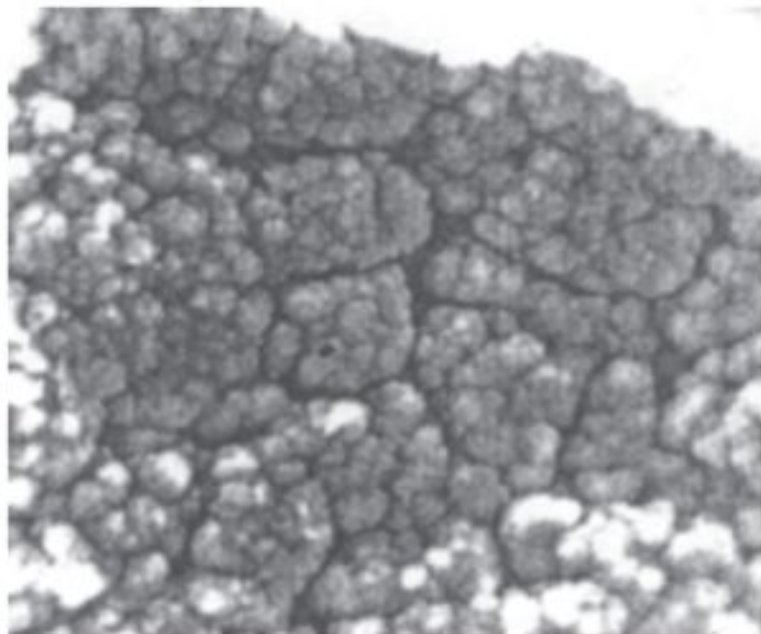


Трехмерная частица с фрактальной размерностью $2 < D < 3$, состоит из структурных элементов подобных целому

Фрактальные объекты (фракталы) - это «...структуры, состоящие из частей, которые, в каком то, смысле подобны целому» Бенуа Мандельброт (1975 г.).

«Фракталы подобны самим себе, они похожи сами на себя на всех уровнях (т.е. в любом масштабе)»

Фрактал - это геометрическая фигура, определенная часть которой повторяется снова и снова, изменяясь в размерах - это и есть принцип самоподобия.

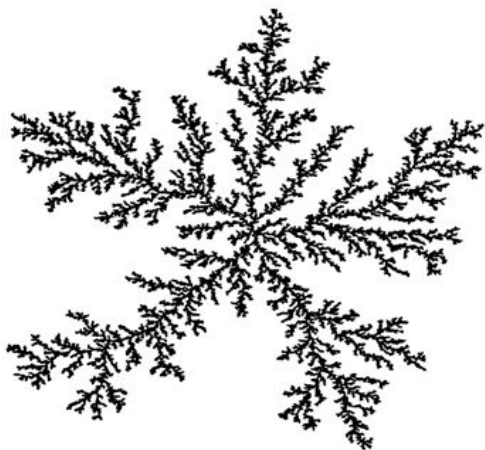


а

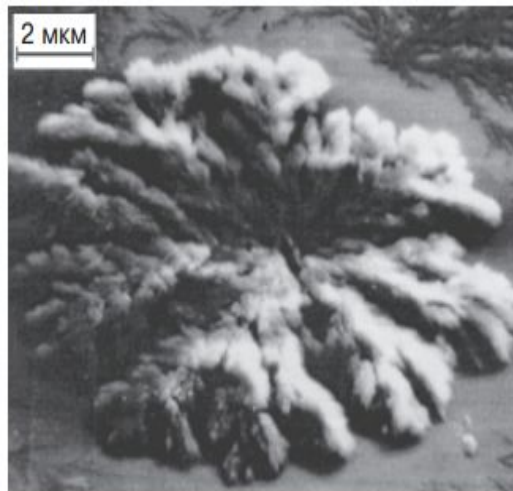


б

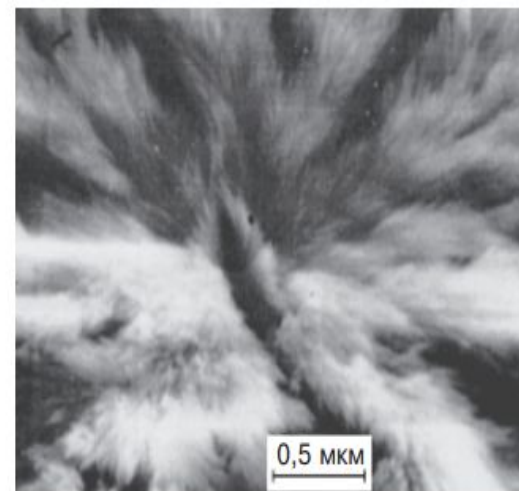
Электронные изображения структуры поверхности углеродного депозита,
полученного распылением графита в плазме электрической дуги
 $\times 580$ - а, $\times 5300$ - б. $D = 2,89$



а

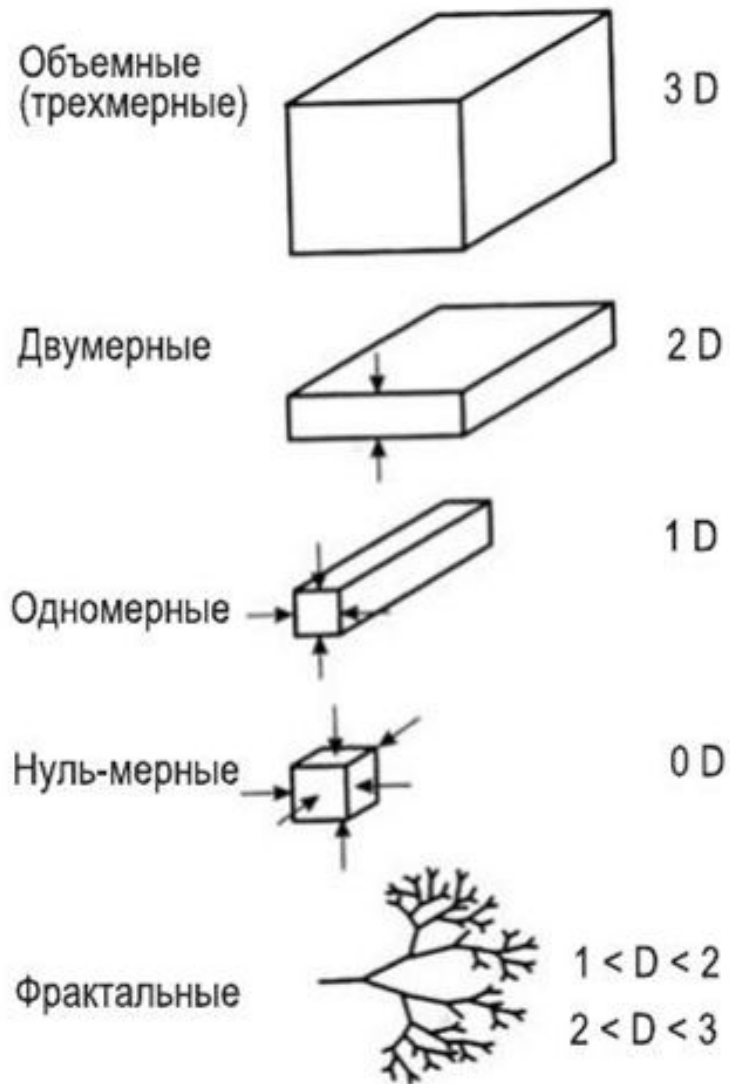


б

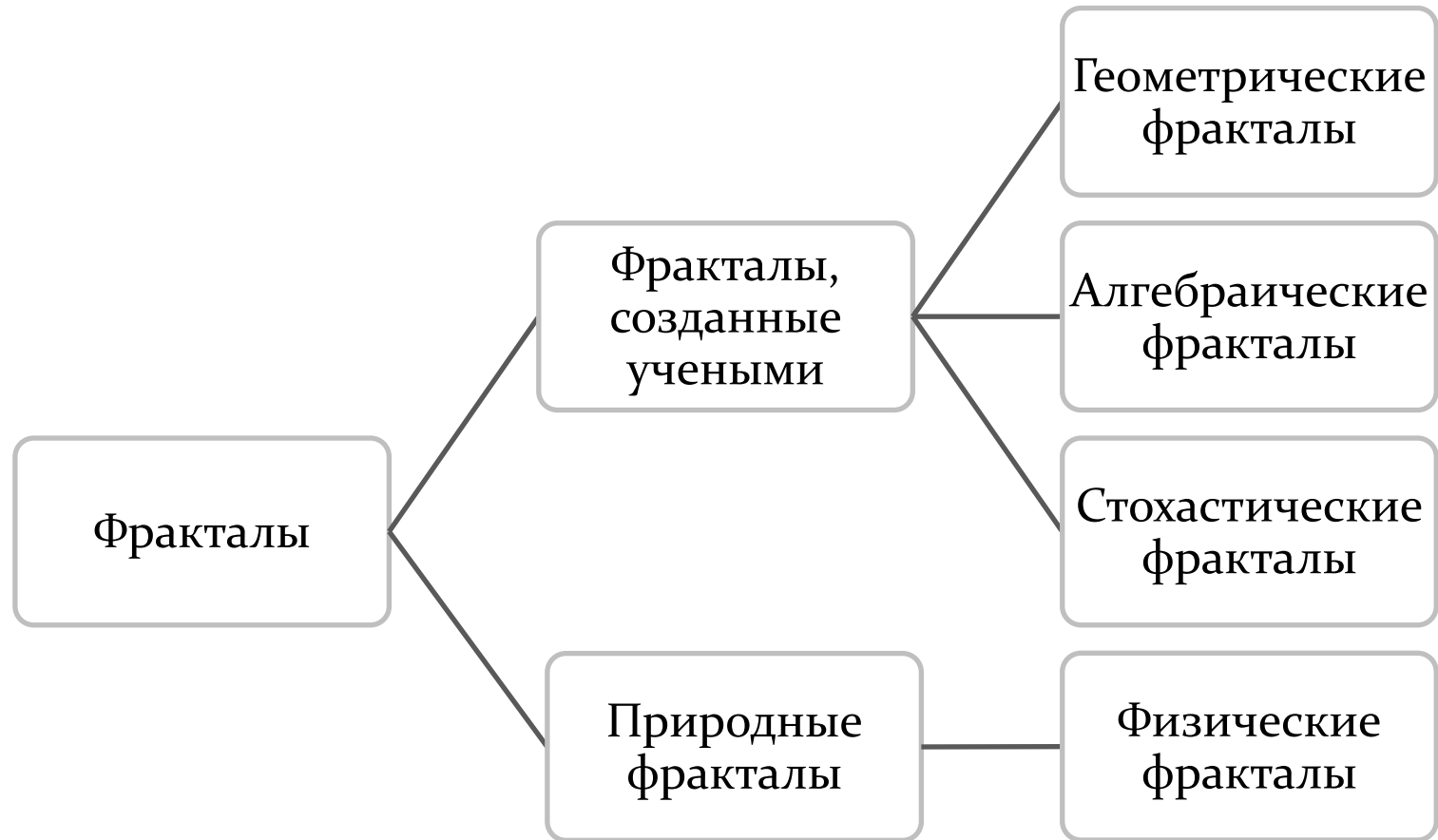


в

Схематическое представление частиц ветвистого строения (а), структура поверхности фрактальных агрегатов фуллерита C_{60} при различных увеличениях (б, в)



Классификация нанообъектов

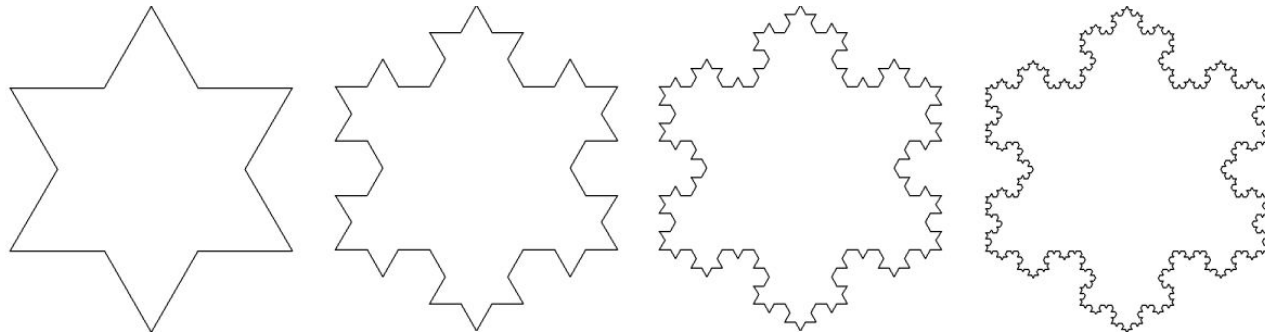
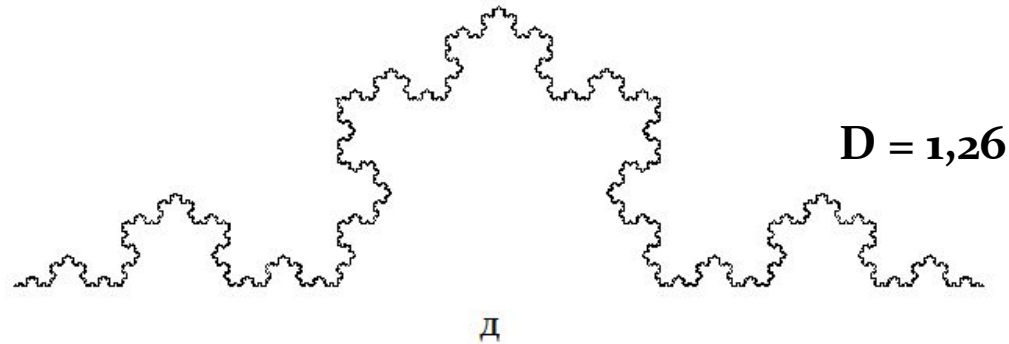
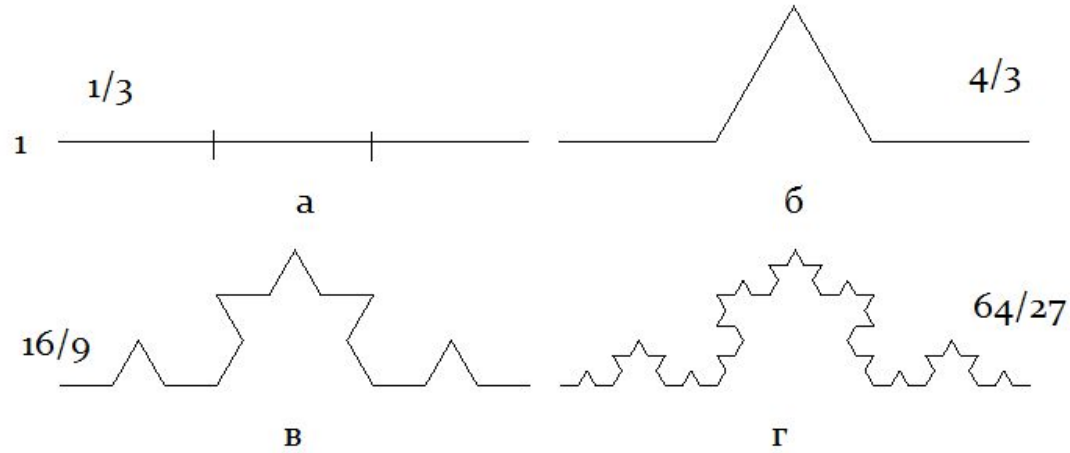


Классификация фрактальных объектов



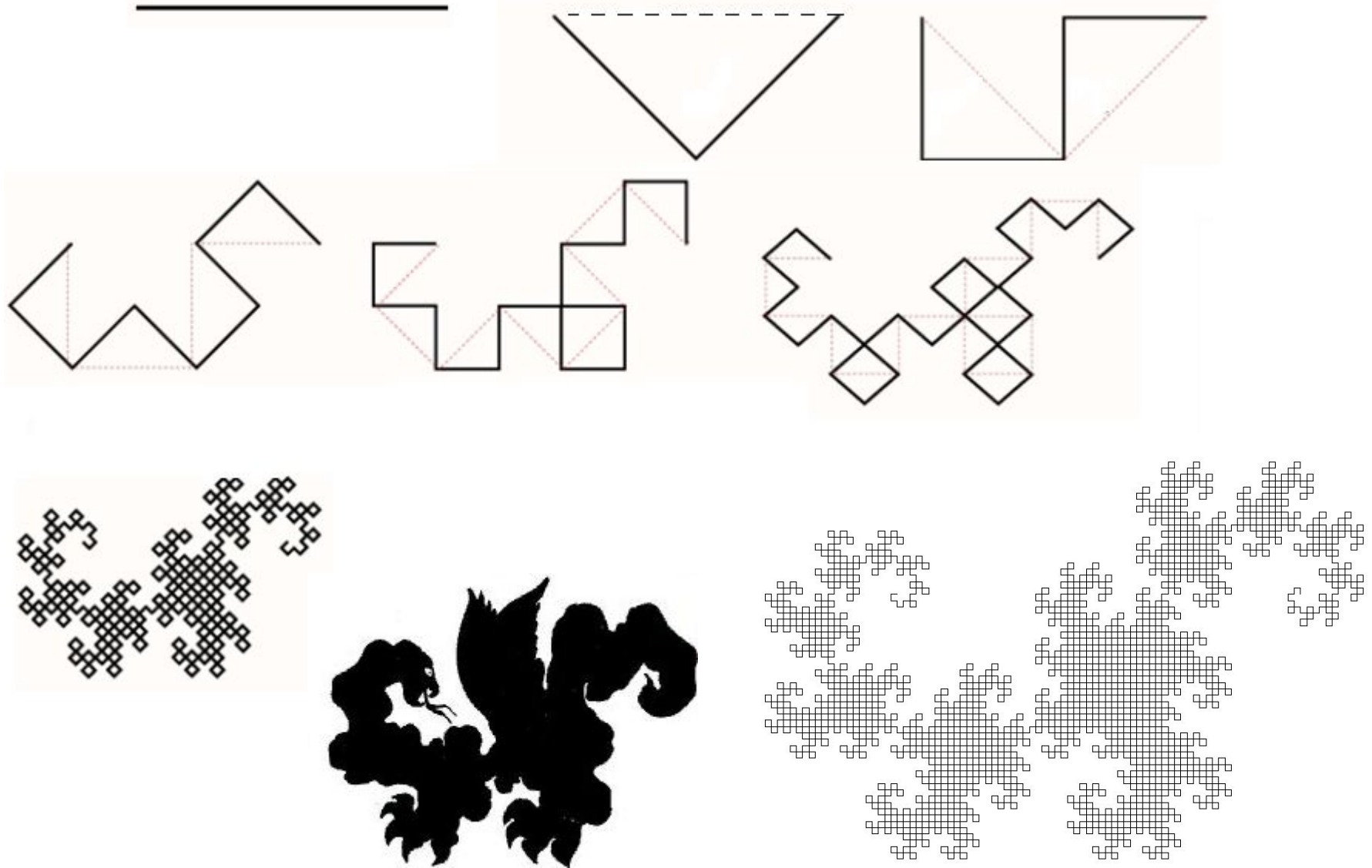
Геометрические фракталы

Кривая и звезда Коха (шведский математик Хельге фон Кох, 1904 г)



Геометрические фракталы

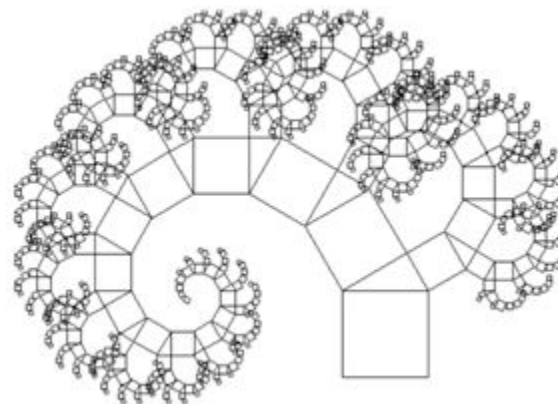
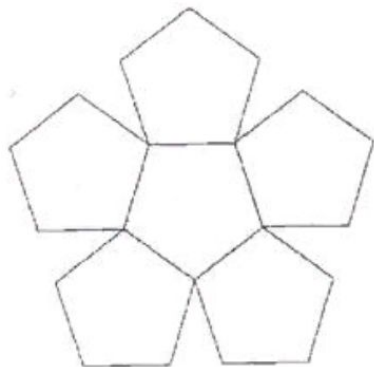
Дракон Хартера — Хейтуэя, описан в 1967 г в колонке «Математические игры» журнала «Scientific American»



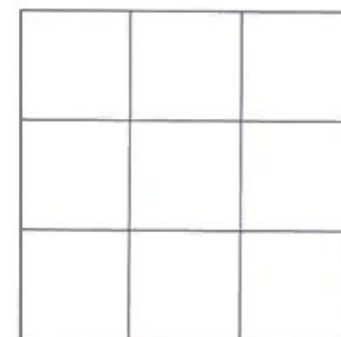
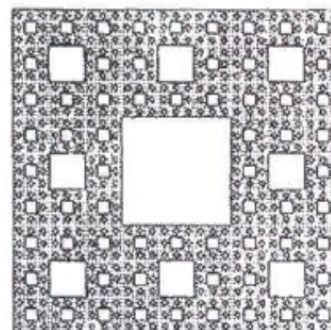
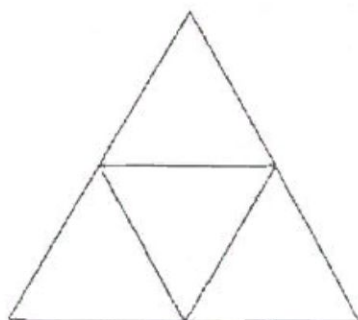
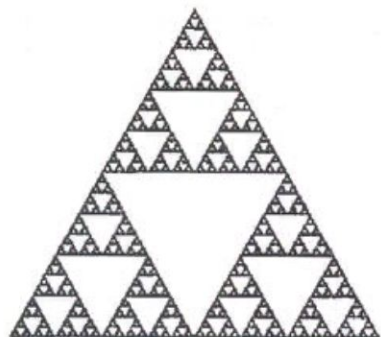
Геометрические фракталы



Пятиугольник Дерера



Дерево Пифагора



Треугольник и квадрат Серпинского

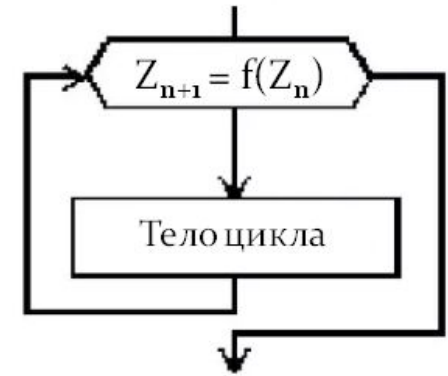
Алгебраические фракталы

множества Мандельброта, Жюлиа и др.

$$Z_{n+1} = f(Z_n),$$

где Z - комплексное число,

f - некая функция

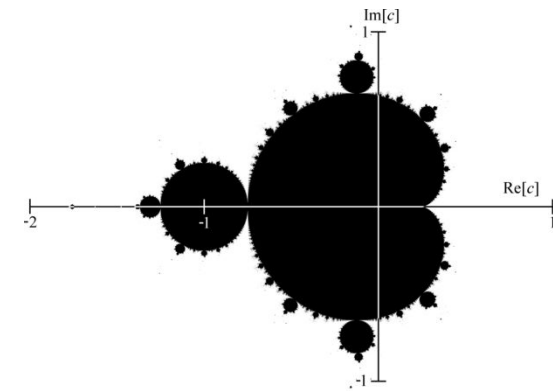


1. Выбирается формула (функция), в нее подставляется число, получается результат.
2. Полученный результат подставляется в эту же формулу, получается следующее число.
3. Повторение процедуры.
4. Множество точек, имеющих свои координаты.

Значение функции для разных точек может:

1. Стремится к бесконечности.
2. Стремится к нулю.
3. Лежит в пределах ограниченной области.

Множество Мандельброта впервые было построено Бенуа Мандельбротом весной 1980 г. в исследовательском центре фирмы IBM им. Томаса Дж. Уотсона



$$Z_{n+1} = Z_n \cdot Z_n + C,$$

где $n = 0, 1, 2, \dots$ $Z_0 = C$, где C комплексное число $C = C_a + iC_b$
 значение функции Z_n это точка на плоскости с координатами
 (a_n, b_n)

$$Z_0 = C = 1$$

$$Z_0 = 0^2 + 1 = 1$$

$$Z_1 = 1^2 + 1 = 2$$

$$Z_2 = 2^2 + 1 = 5$$

$$Z_3 = 5^2 + 1 = 26$$

$$Z_4 = 26^2 + 1 = 677$$

$$Z_5 = 677^2 + 1 = 458330$$

....

```

For a=-2 to 2 ' для всех действительных a от -2 до 2
For b=-2 to 2 ' для всех мнимых b от -2 до 2
C=a+bi
Z0=0+0i
'Принадлежит множеству Мандельброта
Lake=True
'Повторяем 255 раз (для режима 256 цветов)
For iteration=1 to 255
Zn=Z0*Z0+C
'Проверили - не принадлежит
If abs(Zn)>2 then Lake=False: Exit For
Z0=Zn
Next
'Нарисовали черную точку,принадлежащую "озеру" Мандельброта.
If Lake=True Then PutPixel(a,b,BLACK)
' Нарисовали точку не принадлежащую множеству или лежащую на границе.
Else PutPixel(a, b, iteration)
Next
Next
    
```

Ограничения
 последовательности:

$|Z_n| < 2$ принадлежит
 множеству Мандельброта

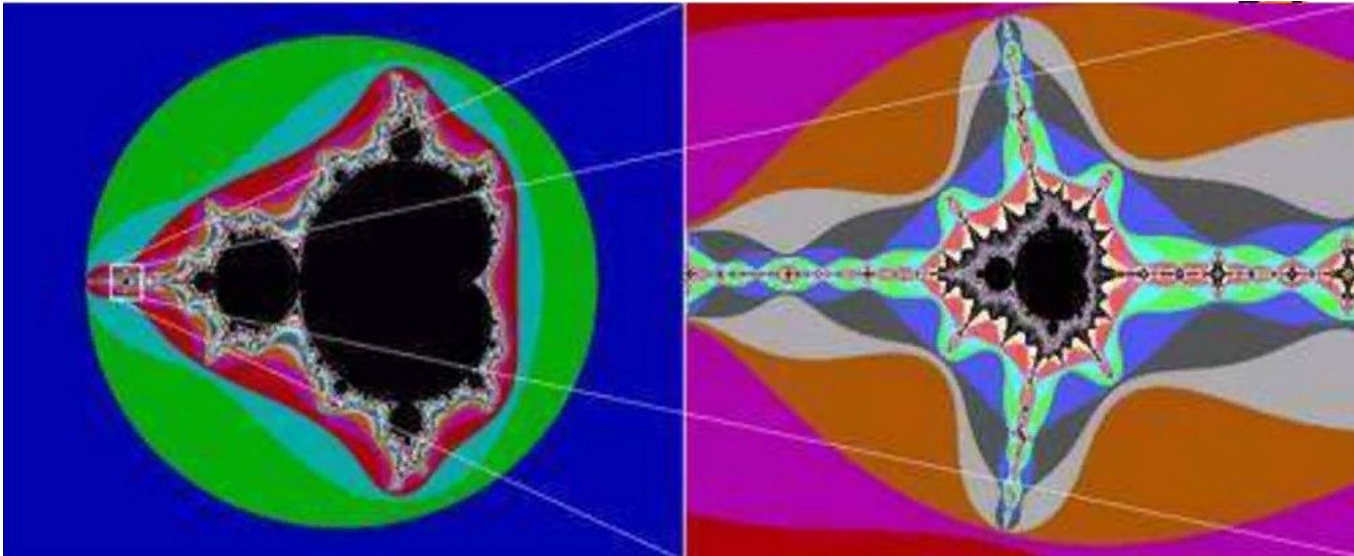
$|Z_n| > 2$ не принадлежит
 множеству Мандельброта

Множество Мандельброта

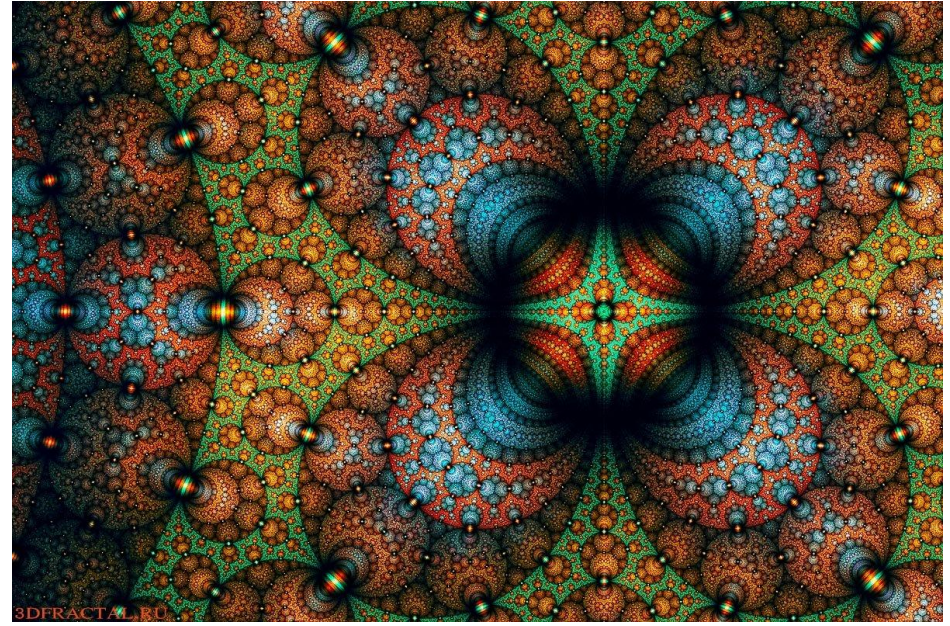
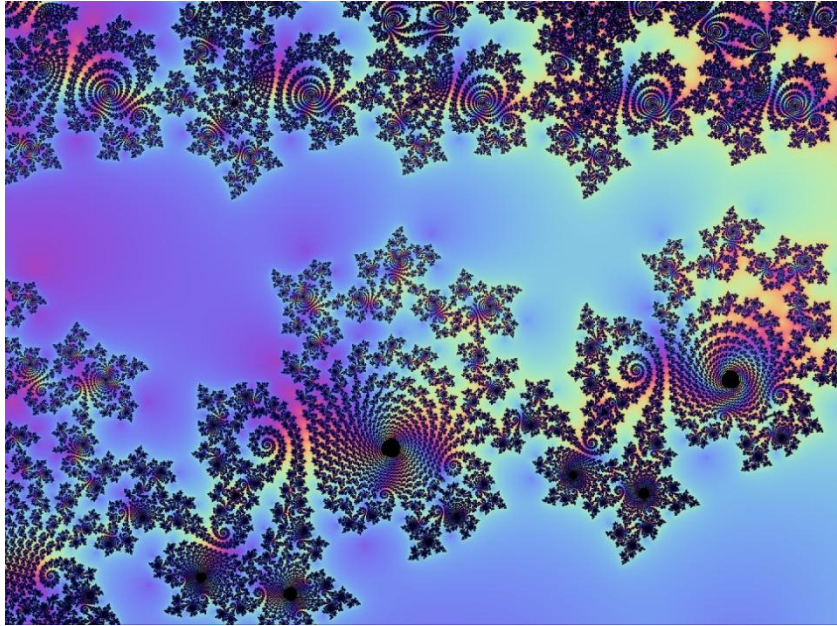
$Z_n < 2$ – на плоскости точка черным цветом.

$Z_n > 2$ – на плоскости точка с цветом, соответствующим номеру итерации на которой Z_n превысило 2.

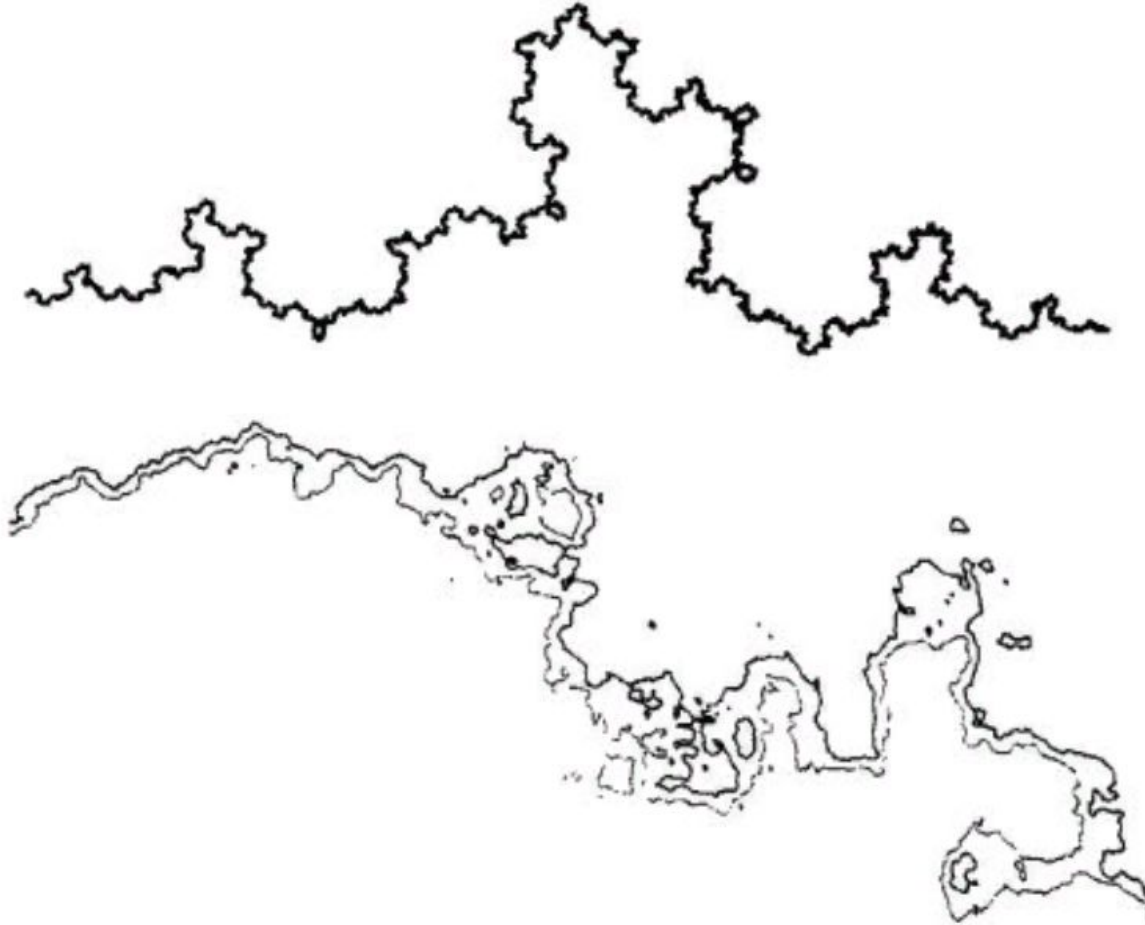
(каждая итерация имеет свой цвет: 255 итераций, 256 цветов, + черный)



Увеличенное изображение
выделенного квадрата



Стохастические фракталы – в итерационном процессе случайным образом меняют параметры.



фракталы в компьютерной графике

https://www.youtube.com/watch?v=Nx3_nX8UoMo

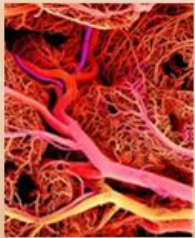


ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛОВ

☐ Физика и другие естественные науки



☐ Литература



☐ Медицина



☐ Информатика

☐ Биология

☐ Экономика. Анализ рынков



☐ Геология

☐ Компьютерная графика



☐ Радиотехника

<https://www.youtube.com/watch?v=pYHSNFnxy50>