

# Физический факультет МГУ



Кафедра оптики, спектроскопии и физики наносистем



Короленко П.В.

Эстетическое содержание  
физической оптики



*...что есть красота  
И почему её обожествляют люди?  
Сосуд она, в котором пустота,  
Или огонь, мерцающий в сосуде?*

**Н.Заболоцкий**

*Научная красота – это обретение  
неочевидной истины.*

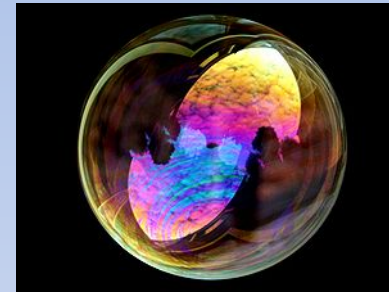
**Ф. Хатчесон**

*Проблеск прекрасного в точном естествознании позволяет  
распознать великую взаимосвязь еще до ее детального понимания,  
до того как она может быть рационально доказана.*

**В. Гейзенберг**



<http://www.wday.ru/deti/sovety-roditelyam/shou-mylnyih-puzyirey/>



<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D1%8C>

Эстетическая составляющая детских забав.  
Первое знакомство с явлением интерференции.



<http://colorsoflife.com.ua/baobab-life/most-beautiful-baobab-trees/>

Чарующая красота атмосферных явлений.



2krota.ru

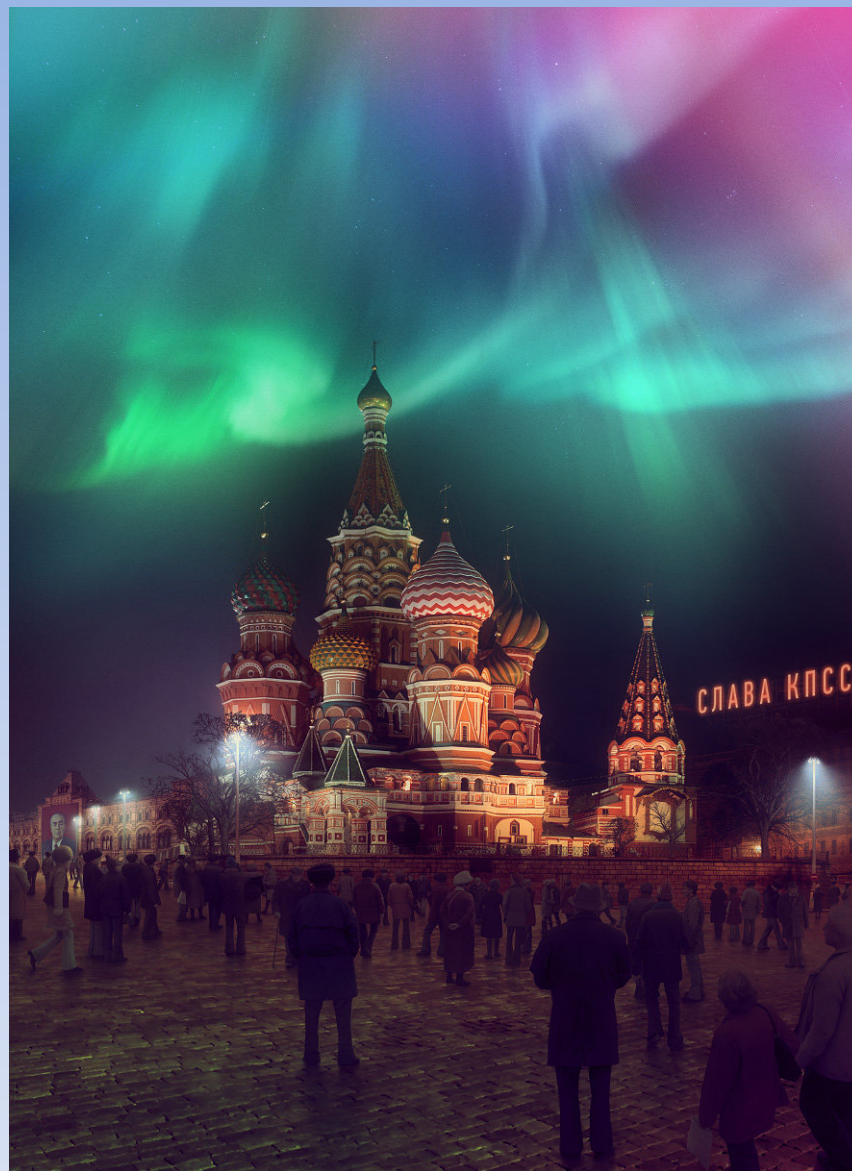
[https://wallpaperscraft.ru/download/niagarskiy\\_vodopad\\_kanada\\_raduga\\_turisty\\_iskarenie\\_8259/3840x2160](https://wallpaperscraft.ru/download/niagarskiy_vodopad_kanada_raduga_turisty_iskarenie_8259/3840x2160)

Радуга на Ниагаре.



<https://ru.wikipedia.org/wiki>

Сияние зимой на Аляске.



<https://www.artstation.com/artwork/ELXkN>

Северное сияние в Москве, 1970.





<https://masterok.livejournal.com/774164.html>

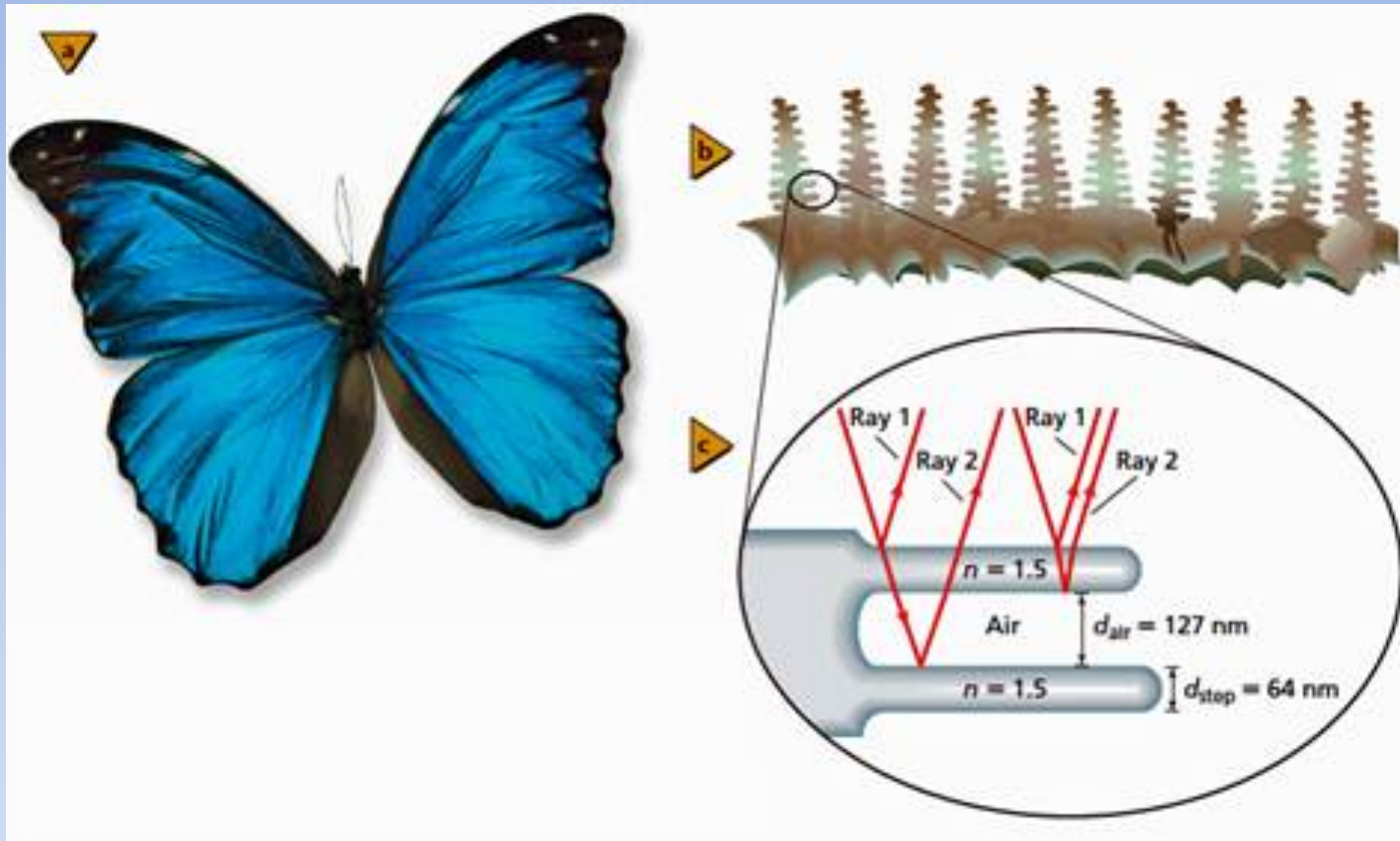
Дифракционная окраска птиц  
весьма распространена в природе.

# Интерференция света в природе



Радужная окраска  
крыльев и глаз  
насекомых.





[http://pochit.ru/pars\\_docs/refs/6/5191/5191\\_html\\_42bb96f5.jpg](http://pochit.ru/pars_docs/refs/6/5191/5191_html_42bb96f5.jpg)

Явления дифракции и интерференции света помогают Природе раскрашивать всё живое, не прибегая к использованию красителей.

# Кольца Ньютона



<https://i.ytimg.com/vi/OtEIPVJBpPY/maxresdefault.jpg>

The diagram on the left shows a cross-section of a plano-convex lens resting on a flat surface. Parallel light rays are incident from the top. Some rays reflect off the flat surface, while others pass through the lens, reflect off the bottom surface, and pass back through the lens. The path difference between these rays creates interference. The radius of curvature of the lens is labeled  $R$ .

The image on the right is a computer simulation of Newton's rings, showing concentric green and black rings. A vertical scale bar on the right indicates a radius of  $r_1$  and a distance of 1 mm.

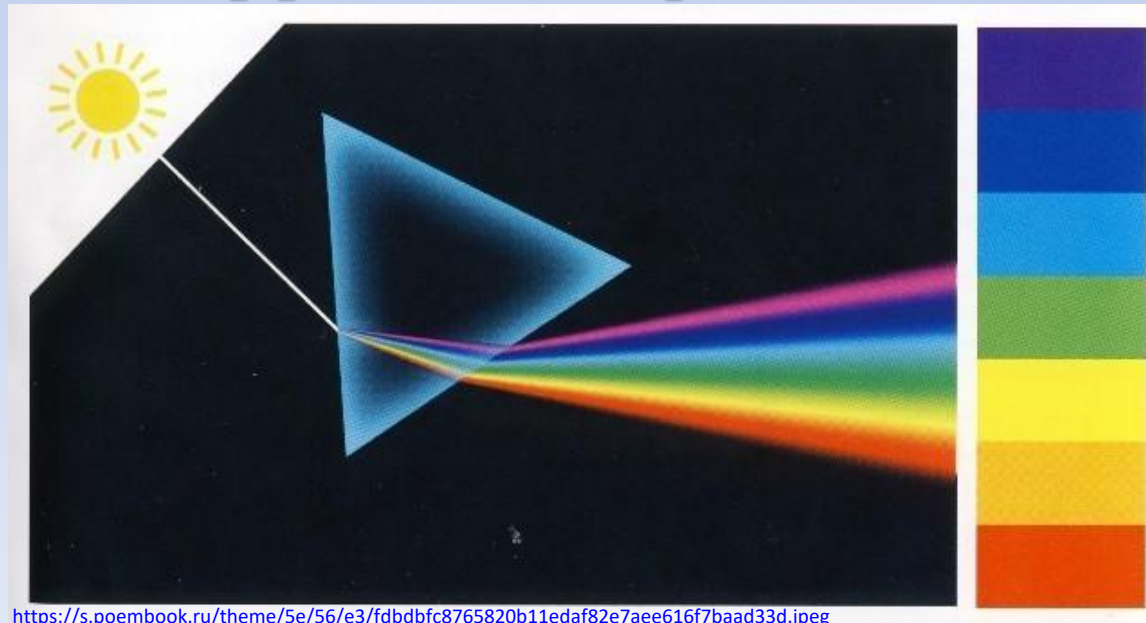
Below the simulation, there are control parameters and formulas:

$$r_1 = \sqrt{R\lambda} = 0,72 \text{ mm}$$
$$r_m = r_1 \sqrt{m}$$

Parameters:  $\lambda = 514$  nm,  $R = 100$  cm. A color scale bar is also present.

<http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/models/screensh/newtRings.jpg>

# Эффекты дисперсии света



<https://s.poembook.ru/theme/5e/56/e3/fdbdbfc8765820b11edaf82e7aee616f7baad33d.jpeg>

Несколько моделей понимания прекрасного.

- Идеалистическая модель. Прекрасное понимают как воплощение Бога или абсолютной идеи в конкретных вещах или явлениях.
- Субъективистская модель. Прекрасное не есть объективное. Источником прекрасного выступает сам человек, его сознание.
- Материалистическая модель. Прекрасное — естественное проявление объективных свойств действительности, наиболее близкое к природе.
- Релятивистская модель. Прекрасное — это соотношение объективных сторон бытия с человеком как мерой красоты.

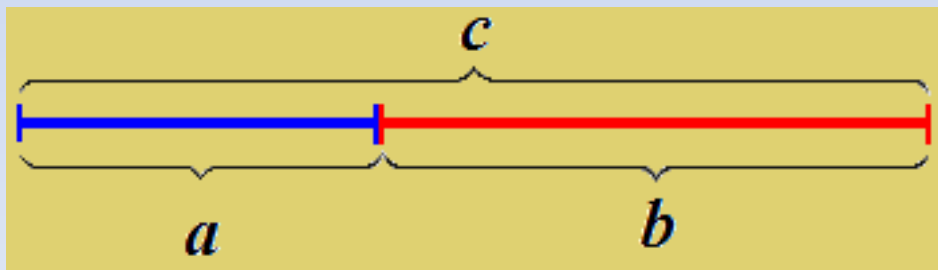
# Принцип Золотого сечения

## Алгебра и геометрия

### Золотых пропорций

«Целое так относится к большему,  
как большее относится к меньшему».

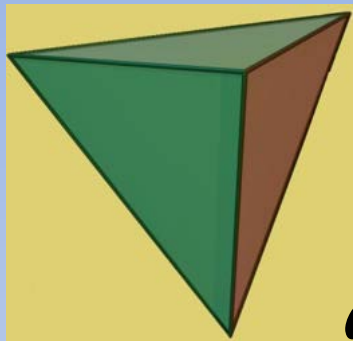
### Геометрический пример



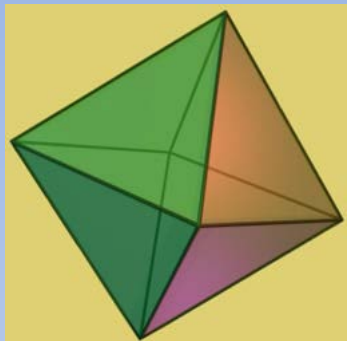
$$c/b = b/a =$$

$$= \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = 1,618... = \Phi$$

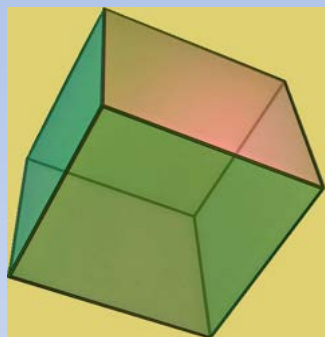
$$\Phi^{-1} = \varphi = 0,618...$$



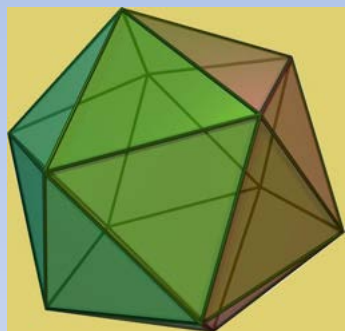
***а***



***б***



***в***



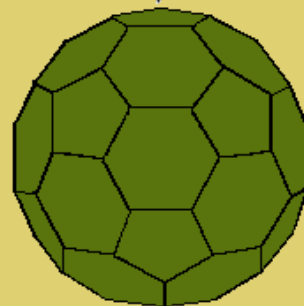
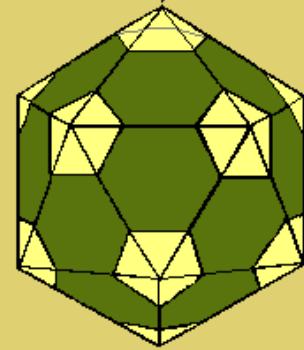
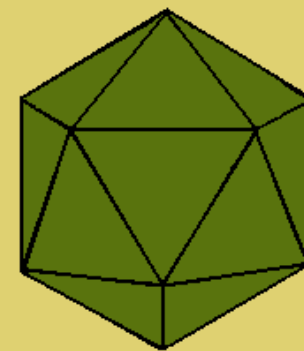
***г***



***д***

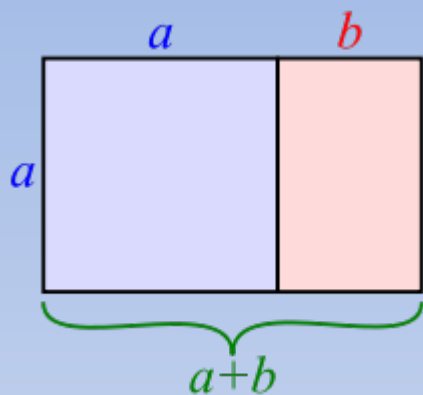
**Правильные  
многогранники  
(платоновы тела).**

***а*** – тетраэдр,  
***б*** – октаэдр,  
***в*** – гексаэдр,  
***г*** – икосаэдр,  
***д*** – додекаэдр.

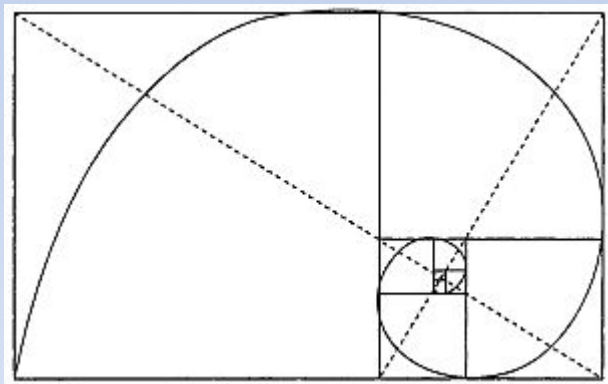


**Конструирование  
усеченного  
икосаэдра.**

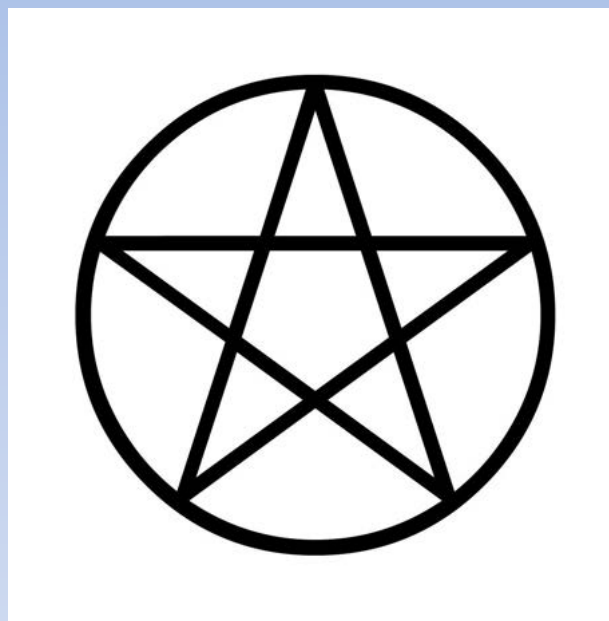
# Золотые фигуры



**Золотой прямоугольник.**



**Золотая спираль.**



**Пентаграмма.**

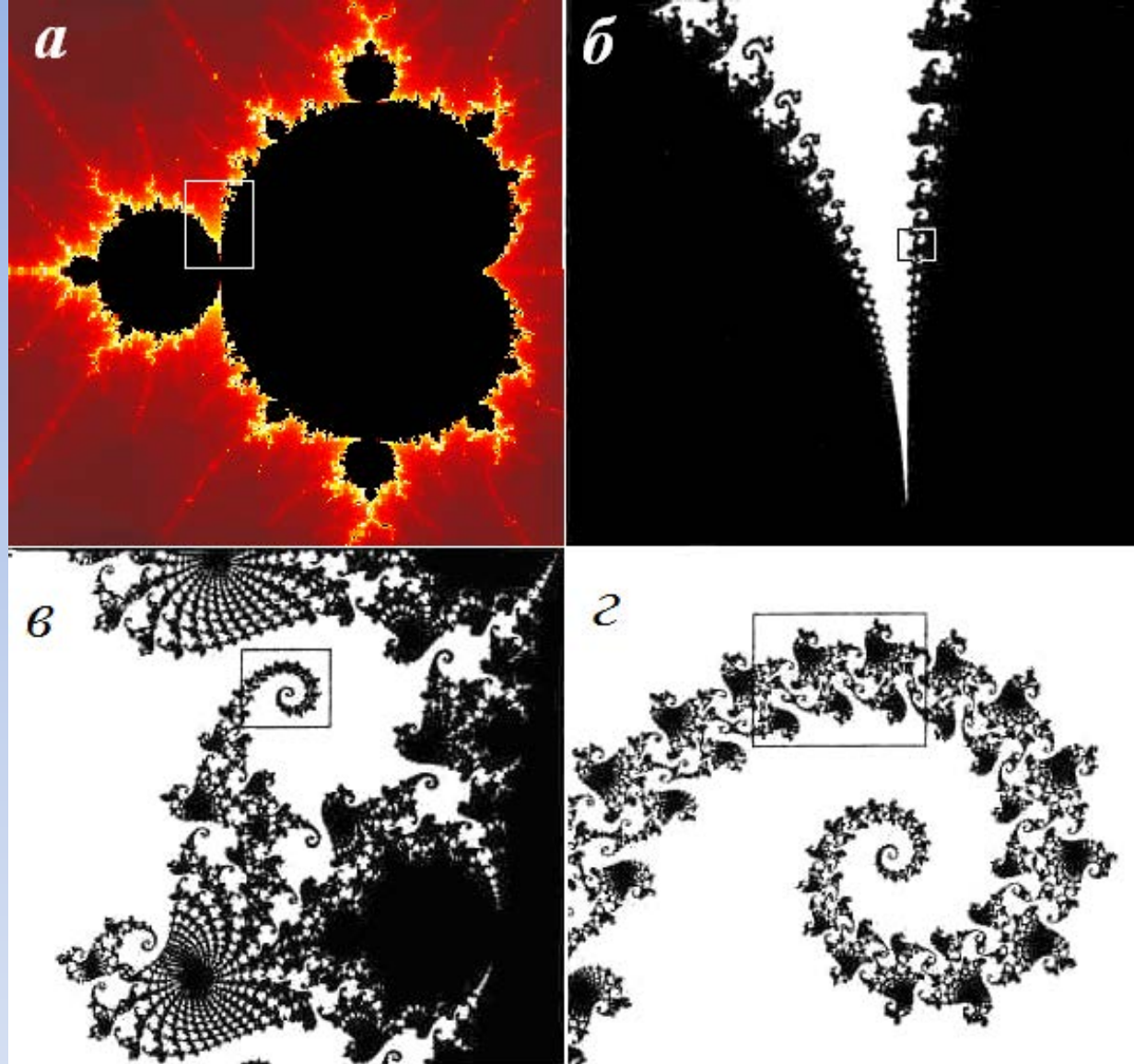


# Сальвадор Дали «Тайная вечеря»



Золотые  
спирали могут  
формироваться  
достаточно  
неожиданным  
образом во  
фрактальных  
множествах.

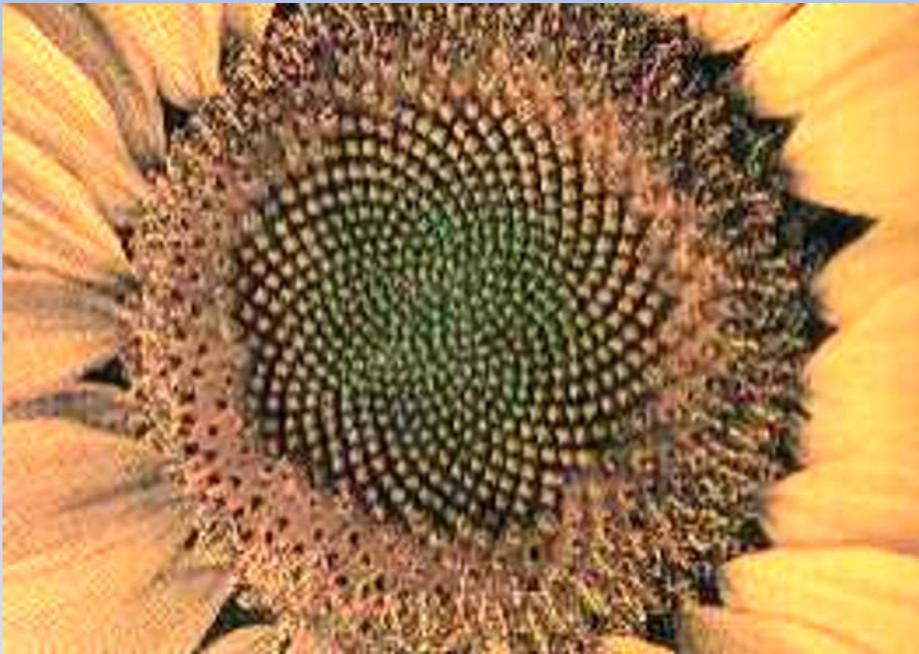
$$z_n = z_{n+1} + c$$



Множество Мандельброта.

*a – г* – последовательное увеличение  
первоначальной прямоугольной области.

# Растительный мир. Филлотаксис



**Головка подсолнечника.**



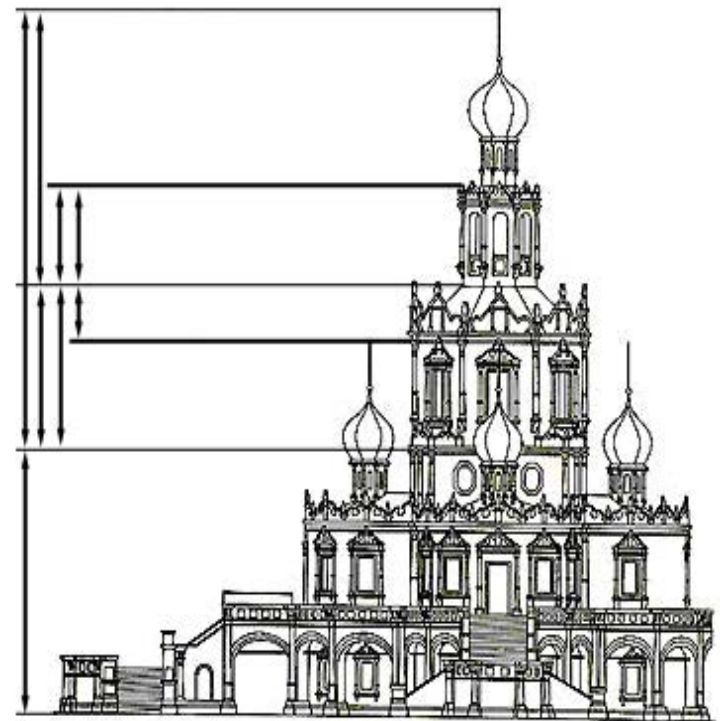
**Сосновая шишка.**



Агесандр  
«Афродита  
Милосская».

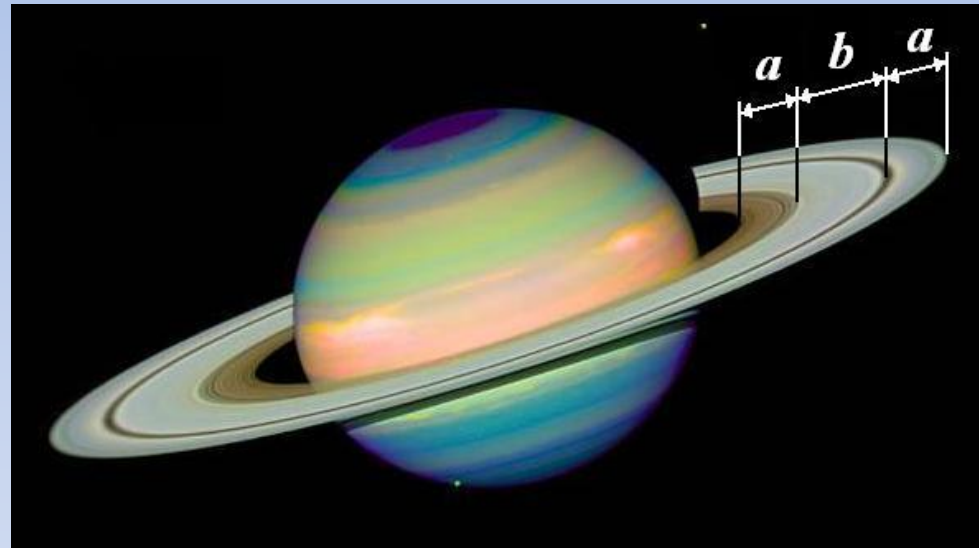
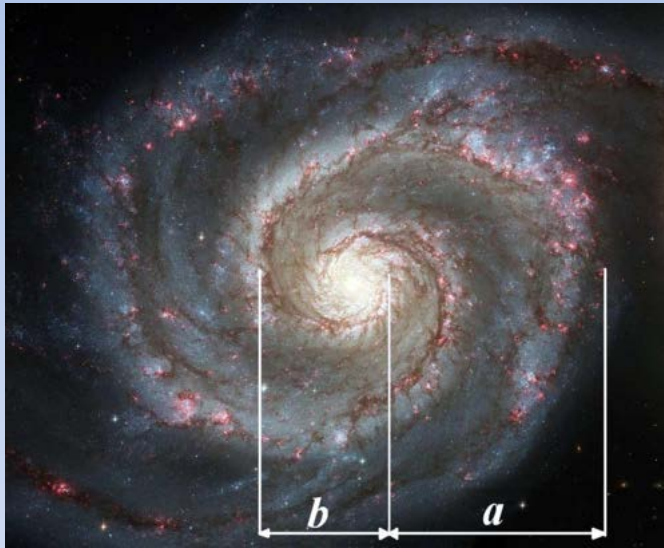


Главное  
здание МГУ.



Церковь  
Покрова в  
Филлях.

# Фрактальные образования в космосе



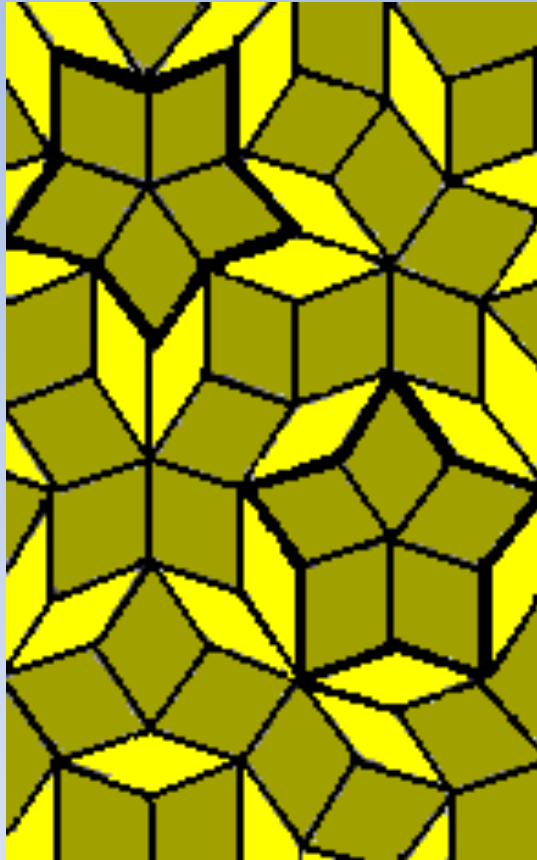
**Спиралевидная галактика.**

**Кольца Сатурна.**

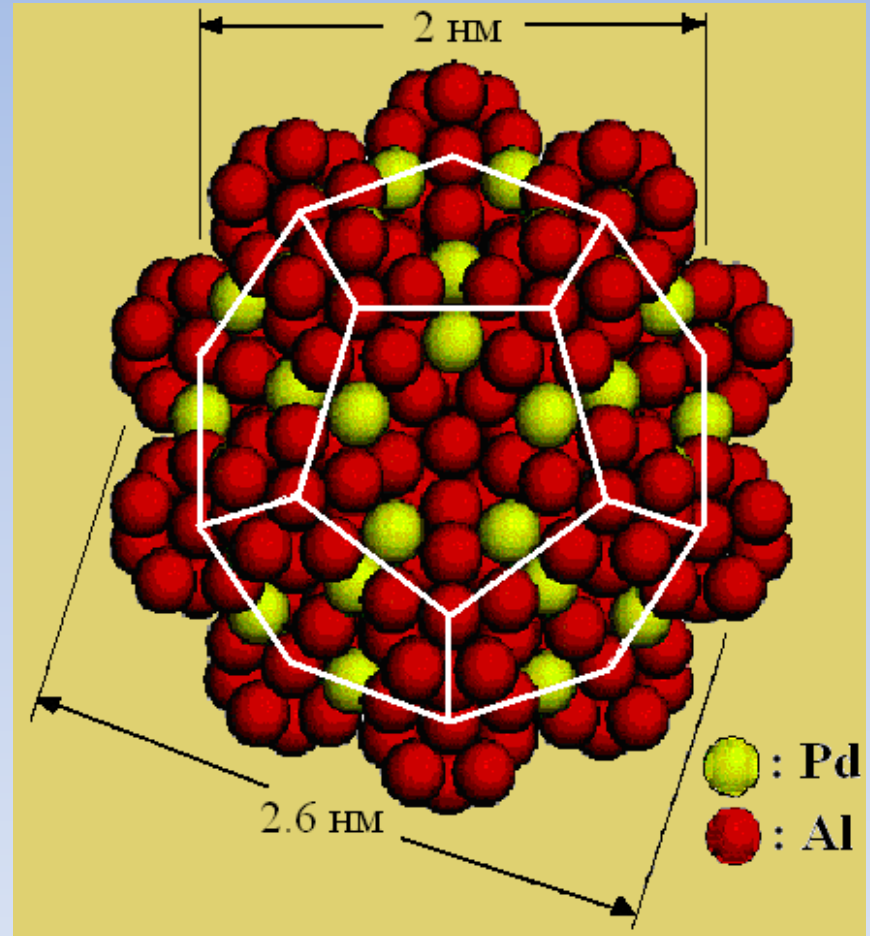
П.В. Короленко, Н.В. Грушина. Золотое сечение и самоподобные структуры в оптике. М.: Книжный дом «Либроком», 2009. Учебное пособие. 136 с.

# Открытие квазикристаллов

(Д.Шехтмен, 1984 г.)



Мозаика  
Пенроуза.



Расположение атомов  
в квазикристалле Pd-Al.

# Одномерная модель квазикристалла

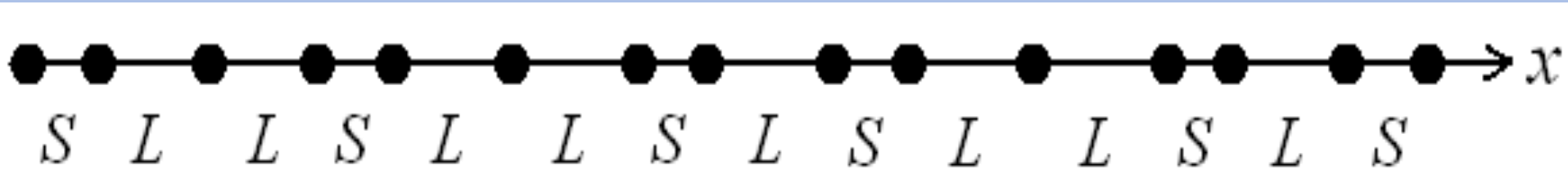


Схема построения  $S \rightarrow L, L \rightarrow LS$ .

$$x_n = (n + \alpha + \varphi \text{ceil}(\varphi n + \beta))l,$$

$$S_0 = L,$$

$$S_1 = S,$$

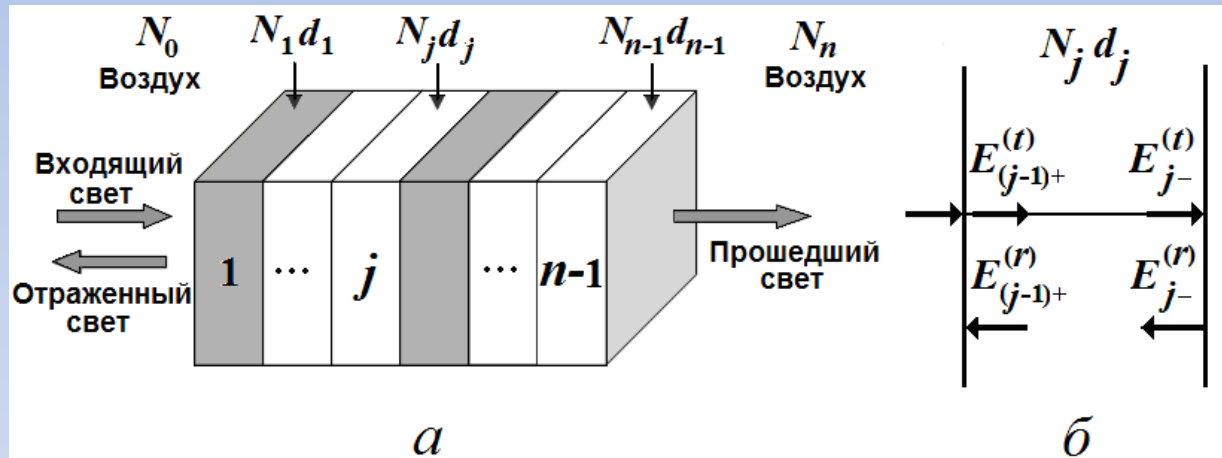
$$S_2 = SL,$$

$$S_3 = SLS,$$

$$S_4 = SLSSL,$$

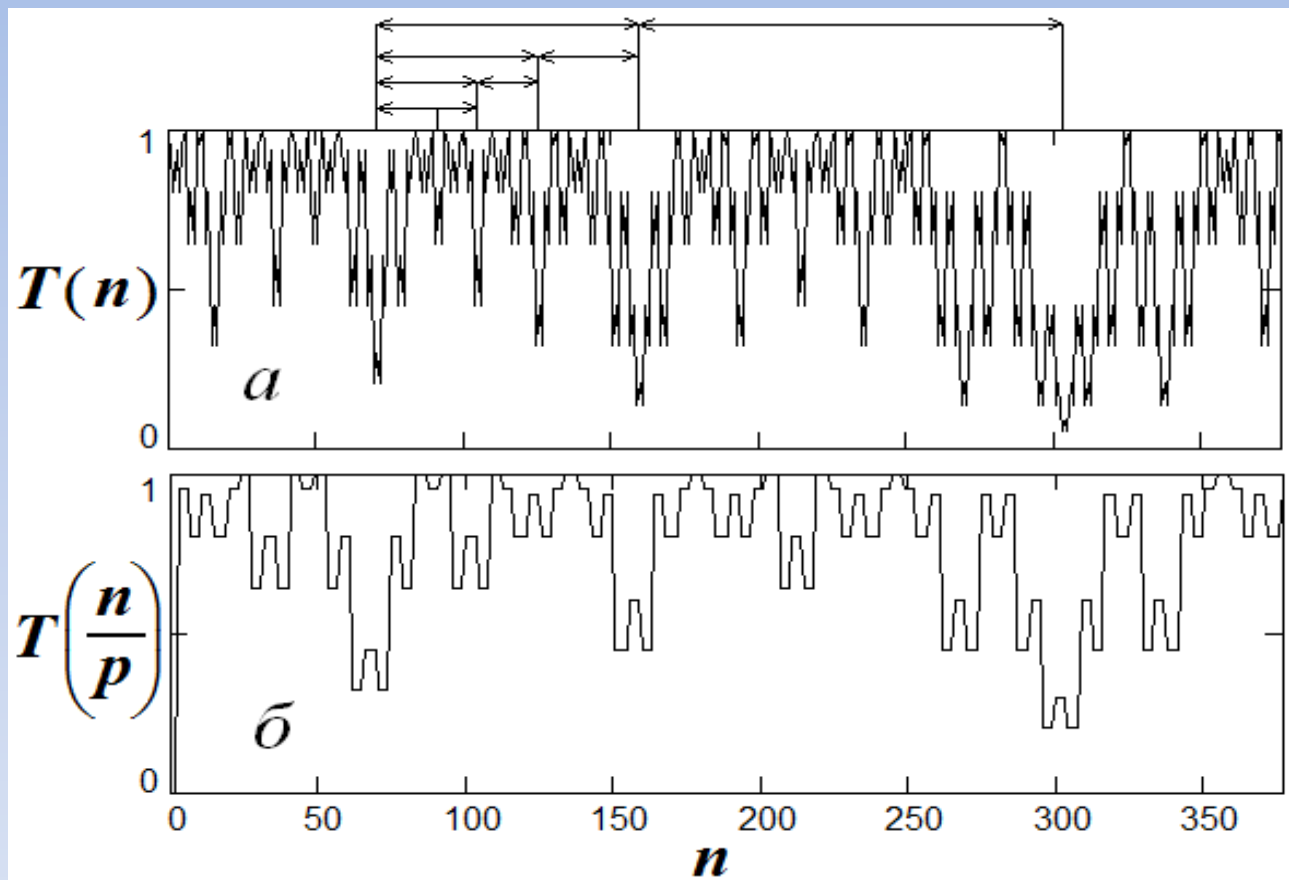
$$N_L/N_S = \Phi.$$

# Многослойная оптическая система



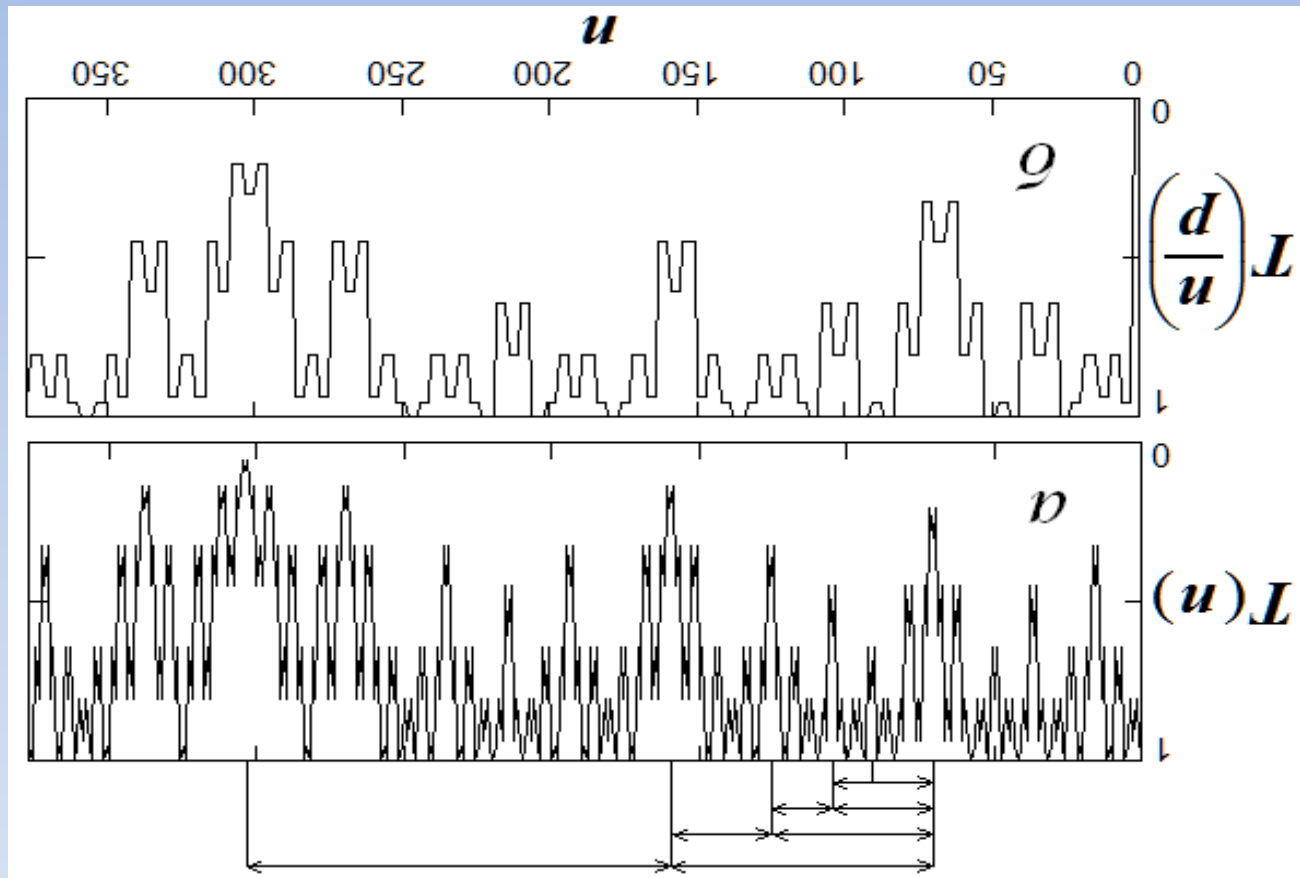


# Золотые пропорции и самоподобие в зависимости пропускания от числа слоев

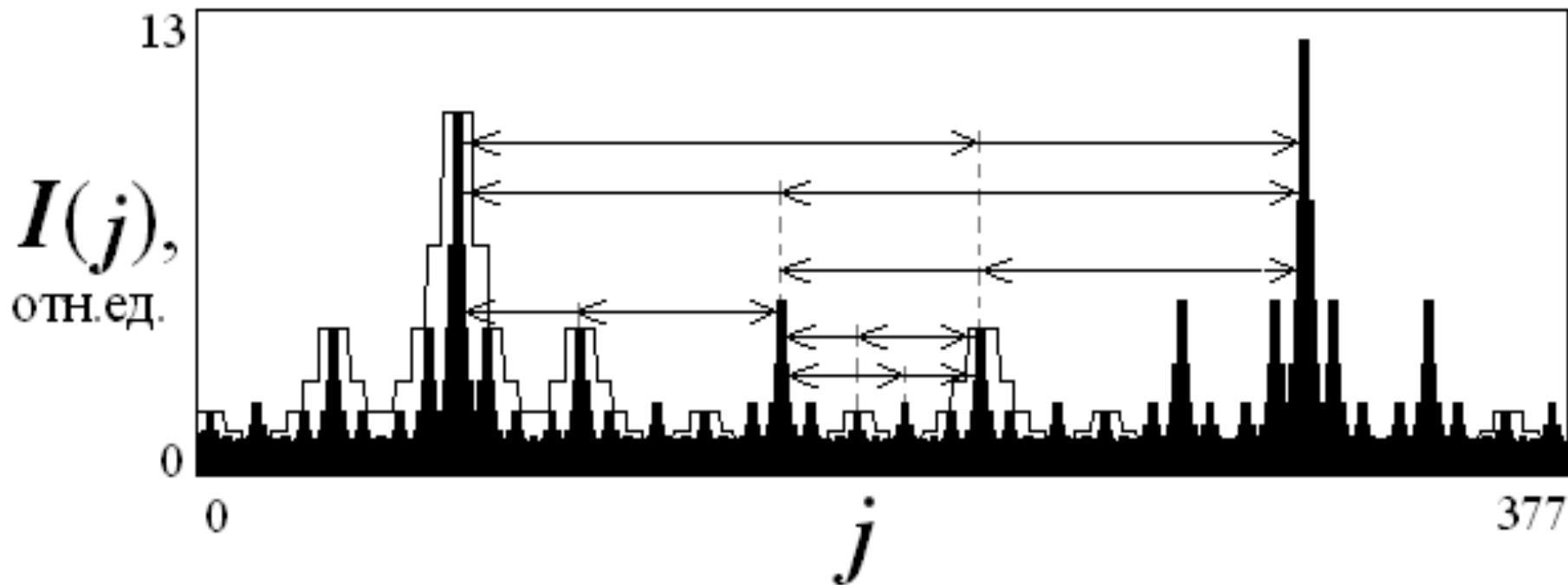


П.В. Короленко, Н.В. Грушина. Золотое сечение и самоподобные структуры в оптике. М.: Книжный дом «Либроком», 2009. Учебное пособие. 136 с.

# Перевернутый вариант.



# Золотые пропорции и самоподобие в распределении интенсивности по слоям

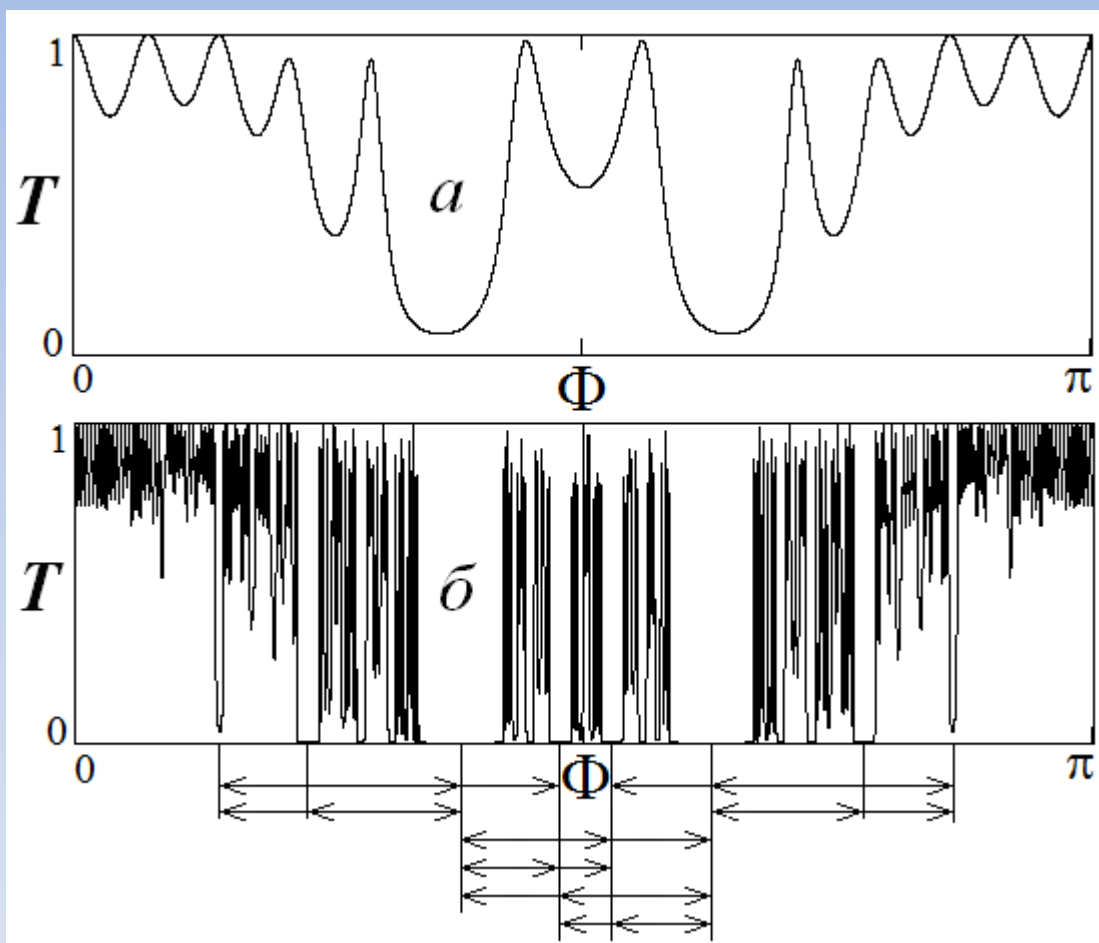


$I(j)$  – интенсивность (сплошной массив),

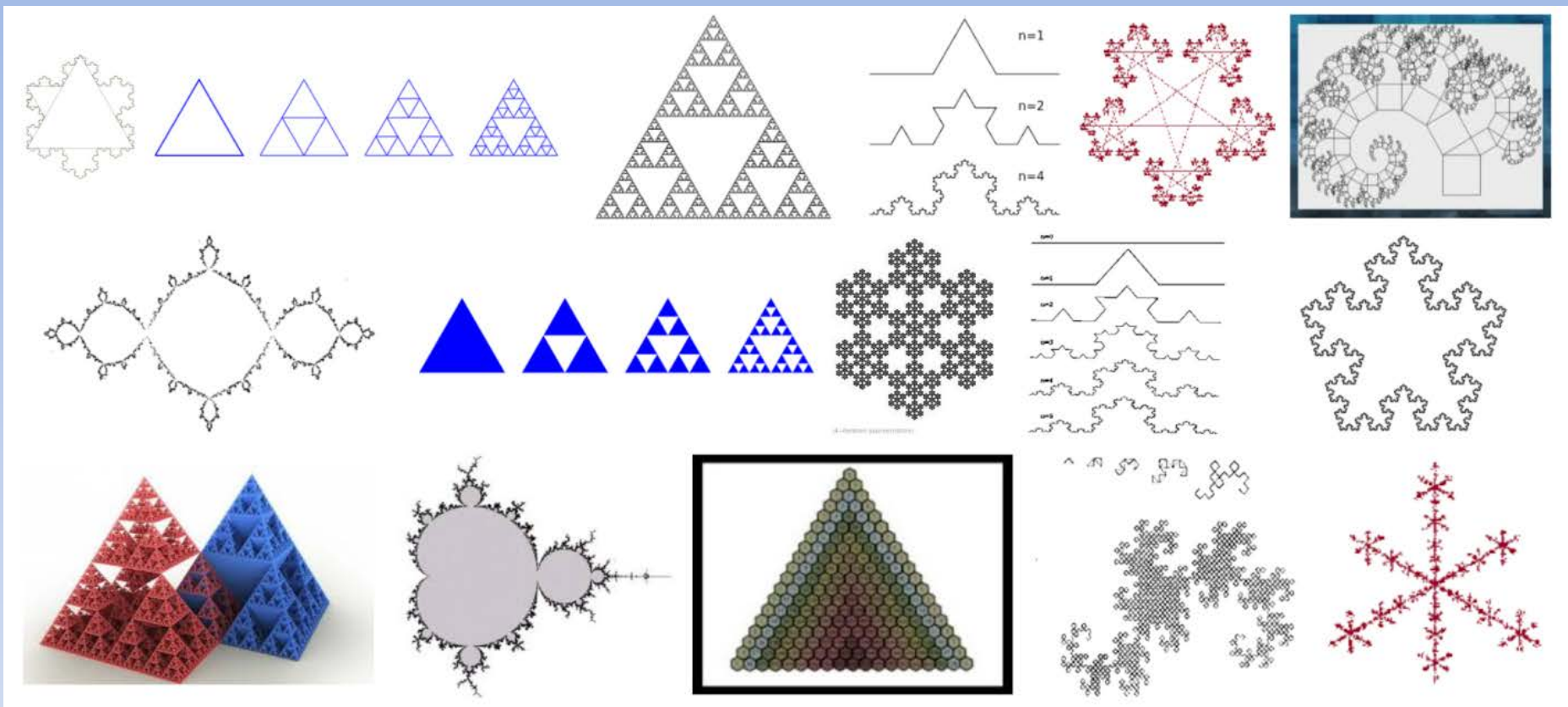
$j$  – номер слоя,  $\Theta = \Phi$ ,  $r = 4,2 \approx \Phi^3$ .

Тонкая линия – «растянутый» график.

# Структура спектров пропускания



*a* –  $S_6$  (13 слоев),  
*б* –  $S_{12}$  (233 слоя).



<https://www.google.ru/search>

# Фракталы в математике.



<https://www.google.ru/search>

Фракталы в компьютерной графике.



<http://zoozel.ru/gallery/fizicheskie-fraktaly/>

Фракталы в природе.



[http://picscreen.ru/photo/oboi\\_priroda/odinokoe\\_derevo\\_na\\_kholme/19-0-1171](http://picscreen.ru/photo/oboi_priroda/odinokoe_derevo_na_kholme/19-0-1171)

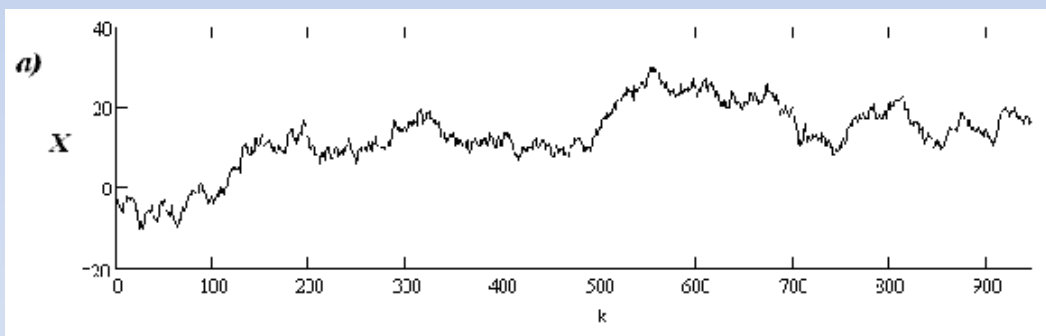
Фракталы в природе.





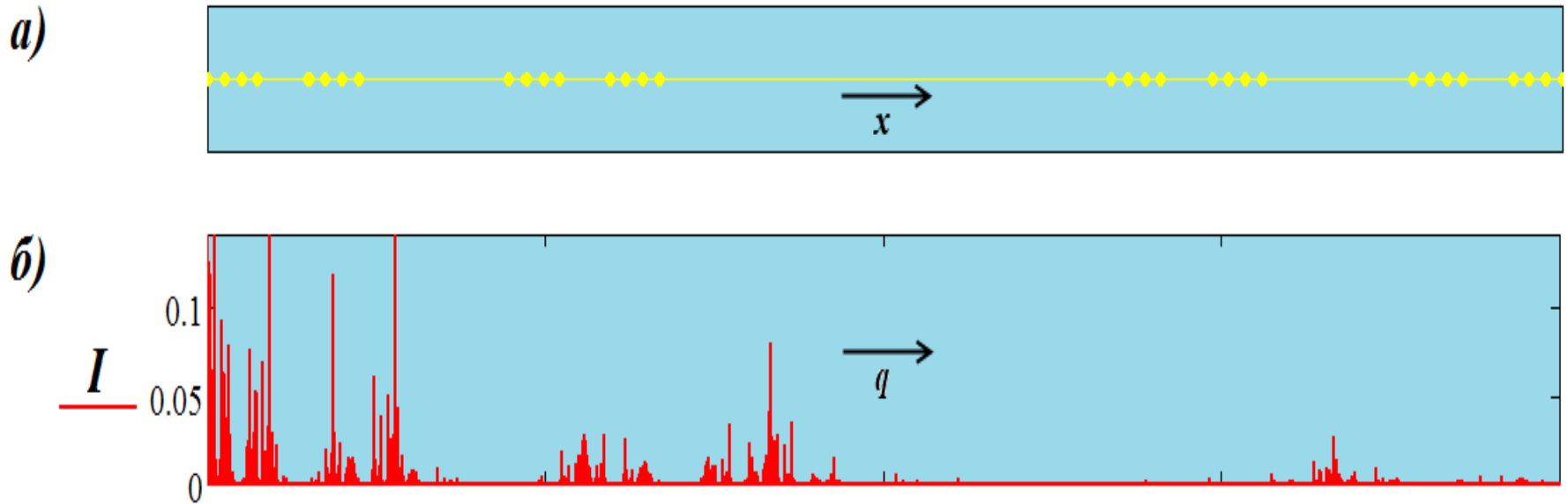
<http://www.niceimage.ru/download/15903/1920x1200/>

Фракталы в природе.



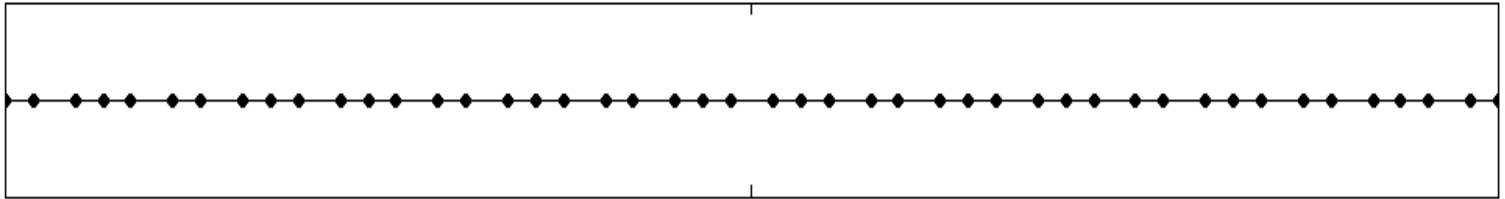
## Случайные фракталы во флуктуациях лазерного излучения.

Arsenyan T.I., Zotov A.M., Korolenko P.V., Maganova M.S. and V.G. Makarov  
Moscow University Physics Bulletin, Optics and Spectroscopy, 2000, v 55, №2, p. 41-45.



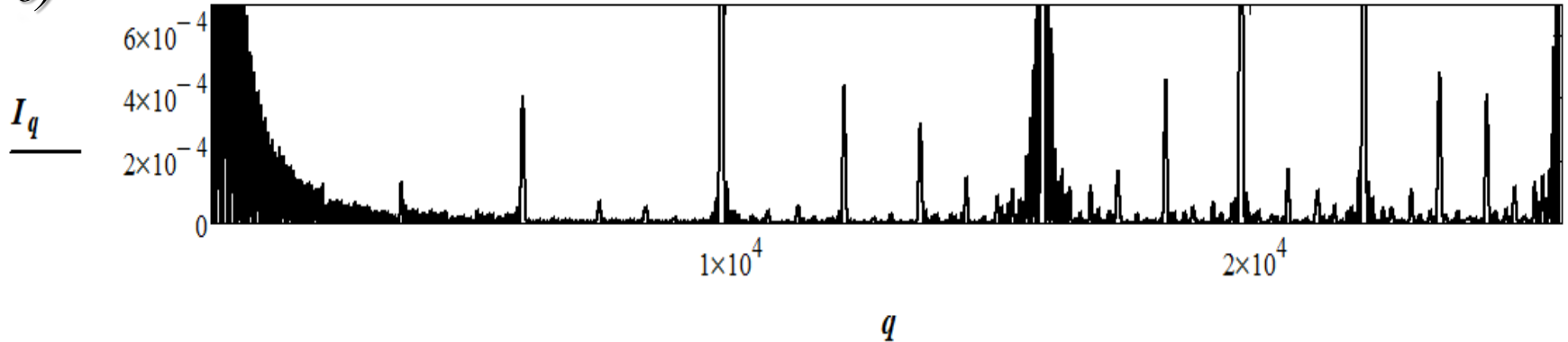
Характеристики канторовской фрактальной системы. а) – структура, б) – спектр Фурье.  $I$  – интенсивность пространственных гармоник (в отн.ед.),  $x$  – координата расположения рассеивающих центров,  $q$  – пространственная частота.

а)



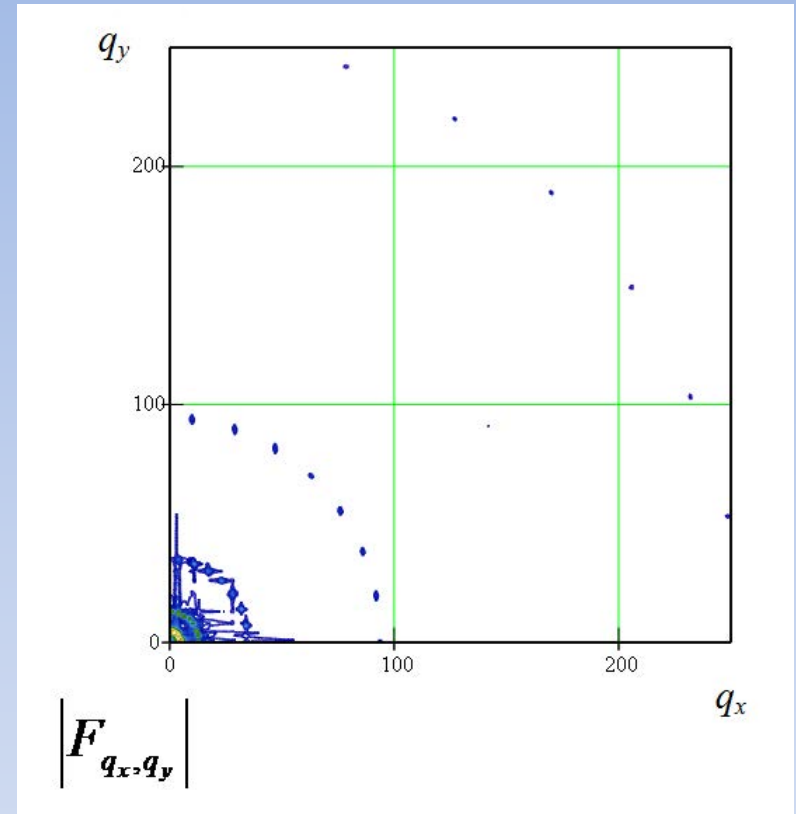
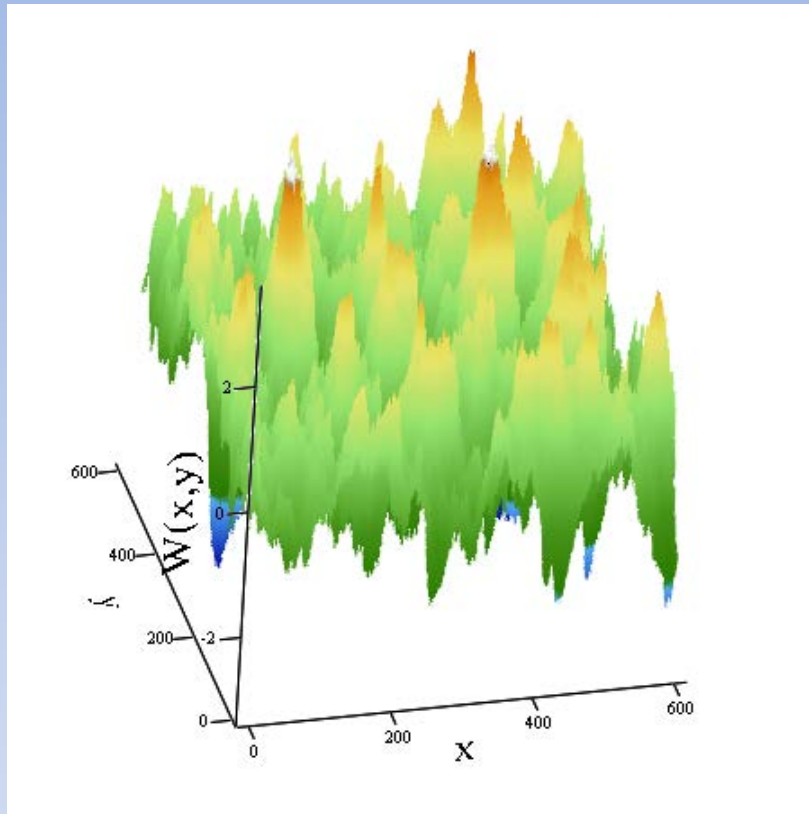
Fibonacci A=2 B=3

б)



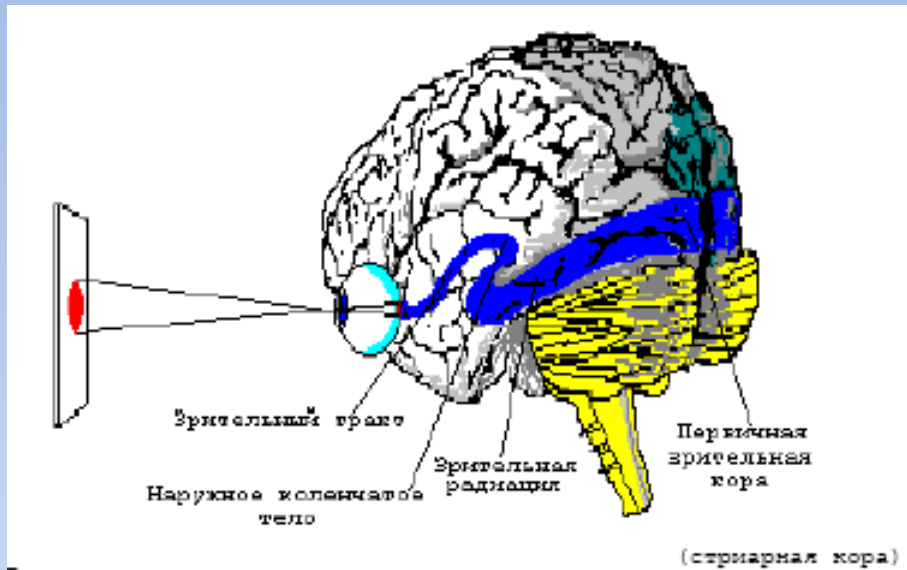
Характеристики фрактальной системы Фибоначи. а) – структура, б) – спектр Фурье.  $I$  – интенсивность пространственных гармоник (в отн.ед.),  $x$  – координата расположения рассеивающих центров,  $q$  – пространственная частота.

# Двумерная стохастическая функция Вейерштрасса и ее пространственный спектр.



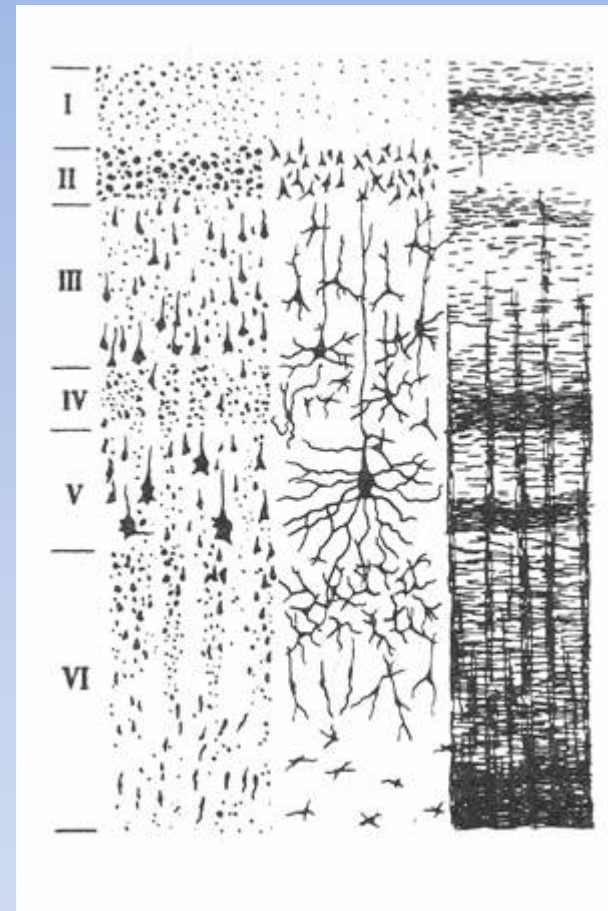
$$W(x, y) = C_w \cdot \sum_{n=0}^{N-1} b^{(D-3)n} \sum_{m=1}^M \sin \left[ K \cdot b^n \cdot \left( x \cdot \cos \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{M} \right) + y \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{M} \right) \right) + \phi_{n,m} \right]$$

A.V.Averchenko, P.V.Korolenko, A.Yu.Mishin  
Optical-physical aspects of fractal art therapy. PIERS, 2017. St.Petersburg



<http://www.socioniko.net/ru/articles/film-brain/2-4.gif>

## Оптический тракт зрительной системы.



<http://www.nedug.ru/upload/anat/50136.jpg>

## Многослойная структура зрительной коры.

# АРТ-ТЕРАПИЯ

**Арт-терапия** (от англ. *art*, искусство) — направление в психотерапии и психологической коррекции, основанное на применении для терапии искусства и творчества. В узком смысле слова, под арт-терапией обычно подразумевается терапия изобразительным творчеством, имеющая целью воздействие на психоэмоциональное состояние пациента.

1. Пайтген Х.-О. Рихтер П.Х. “Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем”, М.: Мир, 1993.
2. Л.О. Ткачева “Воздействие фрактальных динамических изображений на функциональное состояние человека”. Вестник СПбГУ. Сер. 12, 2010, вып. 2
3. Пьянкова С.Д. Фрактально аналитические исследования в психологии: особенности восприятия самоподобных объектов. Психологические исследования, 2016, 9(46), 12. <http://psystudy.ru>
4. Частоколенко Я.Б. Фрактальность спонтанного творчества // Сибирский психологический журнал, 2008, №30, с. 70-74.

# Творчество Джексона Поллака



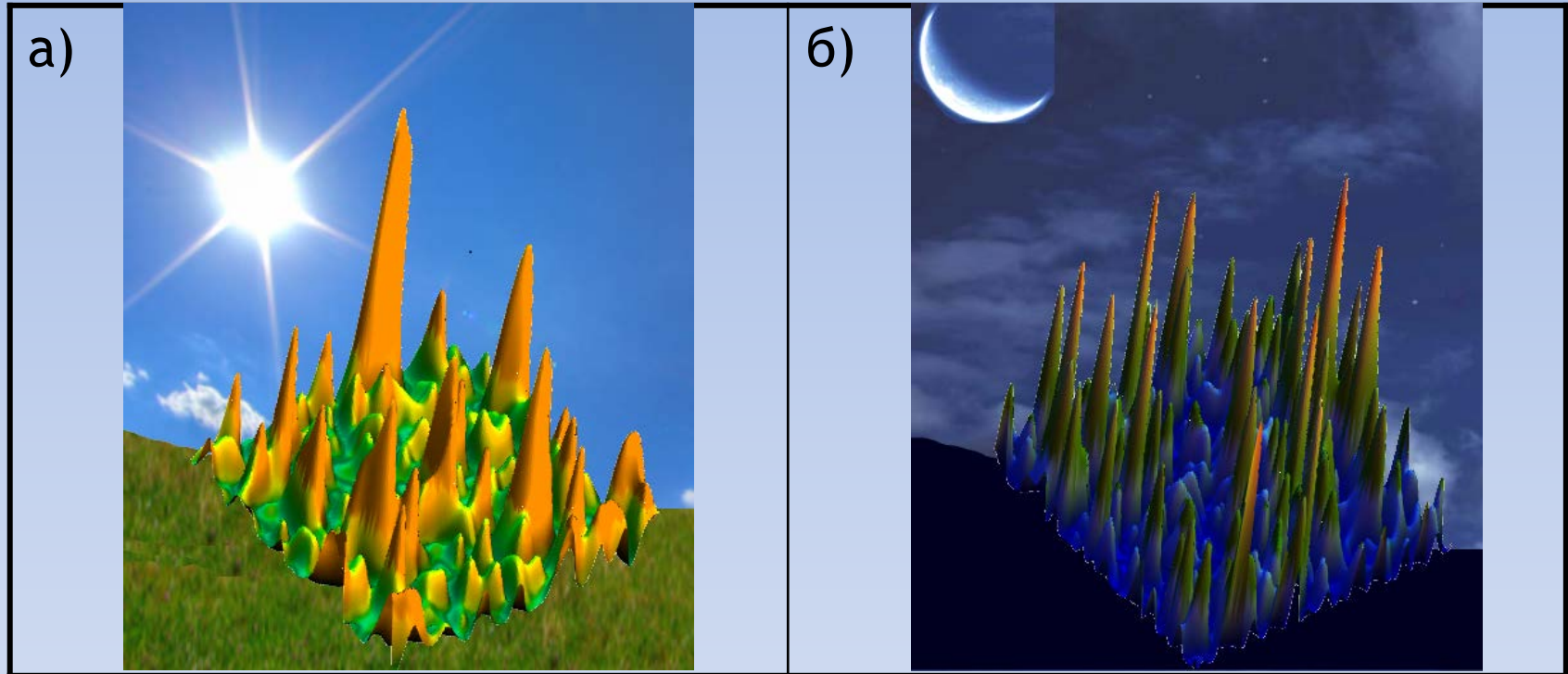
<https://medium.com/@annamartin/>

Продано за \$ 140 млн.





# Фрагменты структур для арт-терапии



© Фрагменты горных пейзажей.

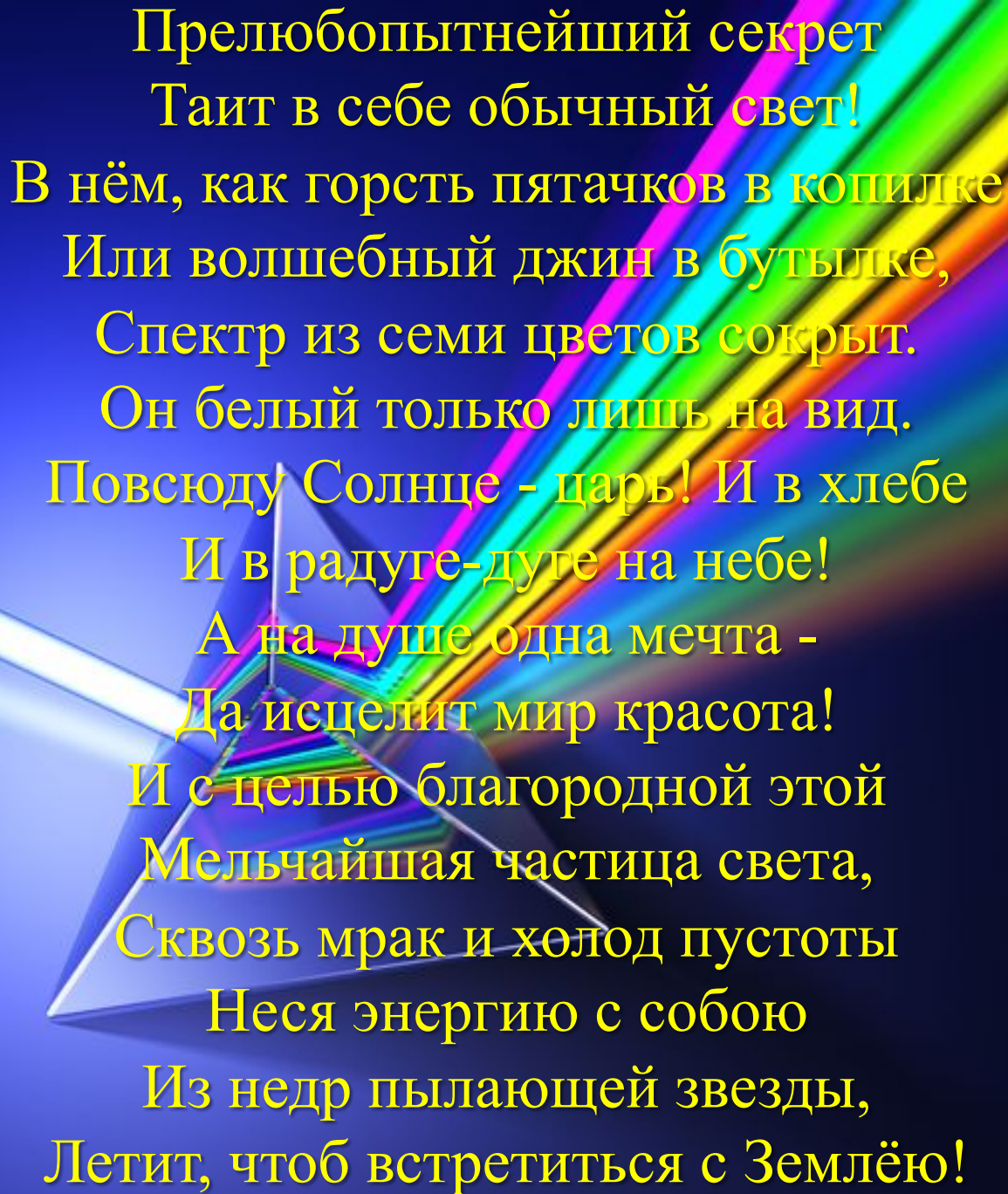
© а - горный массив с малой фрактальной размерностью  $D=2.11$  (день);

© б - горный массив с фрактальной размерностью  $D=2.75$  (ночь).

Автор: Конопальцева Н.Ю., кафедра ОСиФН

# Заключение

© К наиболее важным результатам, полученным в ходе моделирования фрактальных объектов, следует отнести установление фрактального характера их пространственных спектров. Самоподобие спектров приводит к совпадению формы распределений максимумов в низкочастотных и высокочастотных спектральных диапазонах. Это позволяет нейронным элементам, располагающимся в колонках коры головного мозга и отвечающих за спектральную фильтрацию низкочастотных и высокочастотных сигналов, осуществлять фурье-преобразование закодированных зрительных сигналов с использованием одинаковых алгоритмов. Тем самым, возникает возможность формировать представление о зрительном образе с максимальной экономией времени и энергии. Именно эти факторы являются определяющими для возникновения у человека, созерцающего фрактальные объекты, чувства красоты. Это чувство наряду с формирующимся общим положительным эмоциональным фоном создаёт предпосылки для успешного использования на практике методов фрактальной арт-терапии.



Прелюбопытнейший секрет  
Таит в себе обычный свет!  
В нём, как горсть пяточков в копилке  
Или волшебный джин в бутылке,  
Спектр из семи цветов сокрыт.  
Он белый только лишь на вид.  
Повсюду Солнце - царь! И в хлебе  
И в радуге-дуге на небе!  
А на душе одна мечта -  
Да исцелит мир красота!  
И с целью благородной этой  
Мельчайшая частица света,  
Сквозь мрак и холод пустоты  
Неся энергию с собою  
Из недр пылающей звезды,  
Летит, чтоб встретиться с Землёю!



**Спасибо за внимание!**