*Кафедра биофизики*
*физического факультета*
*МГУ имени М.В. Ломоносова*

a

# ХИРАЛЬНОСТЬ – ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ СВОЙСТВО ПРИРОДЫ

*В.А.Твердислов*

БИОФИЗИКА, *2013,* том *58,* вып. *1, с. 159–164*

# ХИРАЛЬНОСТЬ КАК ПЕРВИЧНЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ В МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**© 2013** г. В.А. Твердислов

Физический факультет Московского государственного университета им. М .*В.* Ломоносова,

*119991,* М осква, Воробьевы горы *E-mail: tverdislov@mail.ru*

Выявлена синергетическая закономерность, имеющая общий физико-химический и биологический смысл: эволюционирующая система, обладающая запасом свободной энергии и харак- теризующаяся элементами хиральной асимметрии, находясь в пределах одного иерархического уровня, способна в процессе самоорганизации изменять тип симметрии, повышая свою «слож- ность», но сохраняя знак преобладающей хиральности («правой» – D или «левой» – L закрученности). Та же система имеет тенденцию к спонтанному формированию последова- тельности иерархических уровней с чередующимся знаком хиральности заново образующихся структур и с увеличением их относительного масштаба. В живых системах иерархичность сопряженных уровней макромолекулярных структур, начинающаяся с «нижнего» асимметрич- ного углерода, служит антиэнтропийным фактором, а также структурной основой «выделенных механических» степеней свободы» в молекулярных машинах. Прослеживается закономерное чередование знака хиральности D-L-D-L при переходе на более высокий уровень структур- но-функциональной организации ДНК, так же как и смена знака хиральности L-D-L-D при переходе на более высокий уровень структурно-функциональной организации белковых струк- тур. Знакопеременные хиральные иерархии ДНК и белков в свою очередь образуют компле- ментарно сопряженную хиральную пару, которая представляет собой ахиральный инвариант, «замыкающий» молекулярно-биологический блок живых систем. Способность атома углерода образовывать хиральные соединения является существенным фактором, определившим угле- родную основу живых систем на Земле, а также их развитие через череду хиральных бифуркаций. Разграниченная знаком хиральности иерархичность макромолекулярных структур предопре- делила возможность «блочного» характера биологической

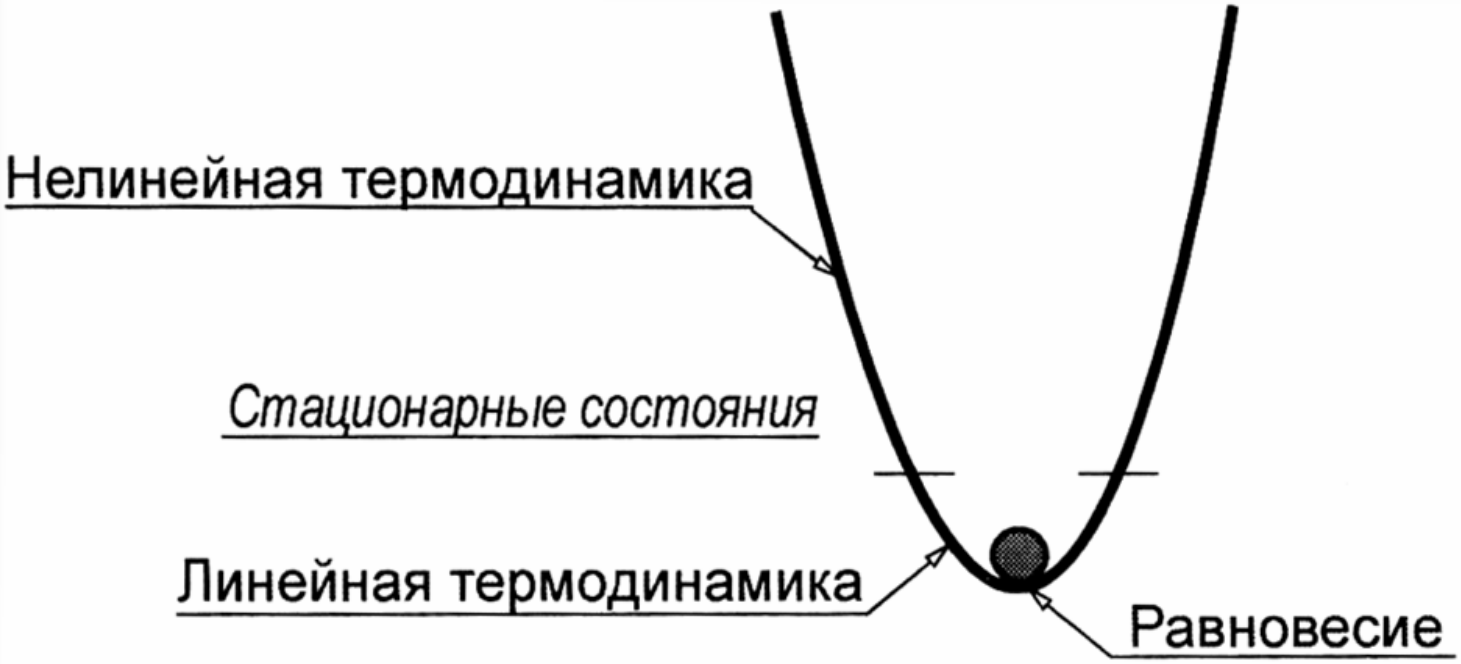
*«Through the Looking-Glass, and What Alice Found There»*
*Lewis Carroll (1871)*

Хиральность (***χειρ*** = *рука*) — свойство молекулы или объекта быть несовместимым со своим зеркальным отображением при любых комбинациях перемещений и вращений в трёхмерном пространстве.

В энантиомере (энантиоморфе) отсутствует симметрия относительно сторон и осевая симметрия.

IX=IV+V

V+VI=XI




# ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ

**Концентрические структуры, возникающие в ходе физико-химической колебательной реакции Белоусова-Заикина-Жаботинского**

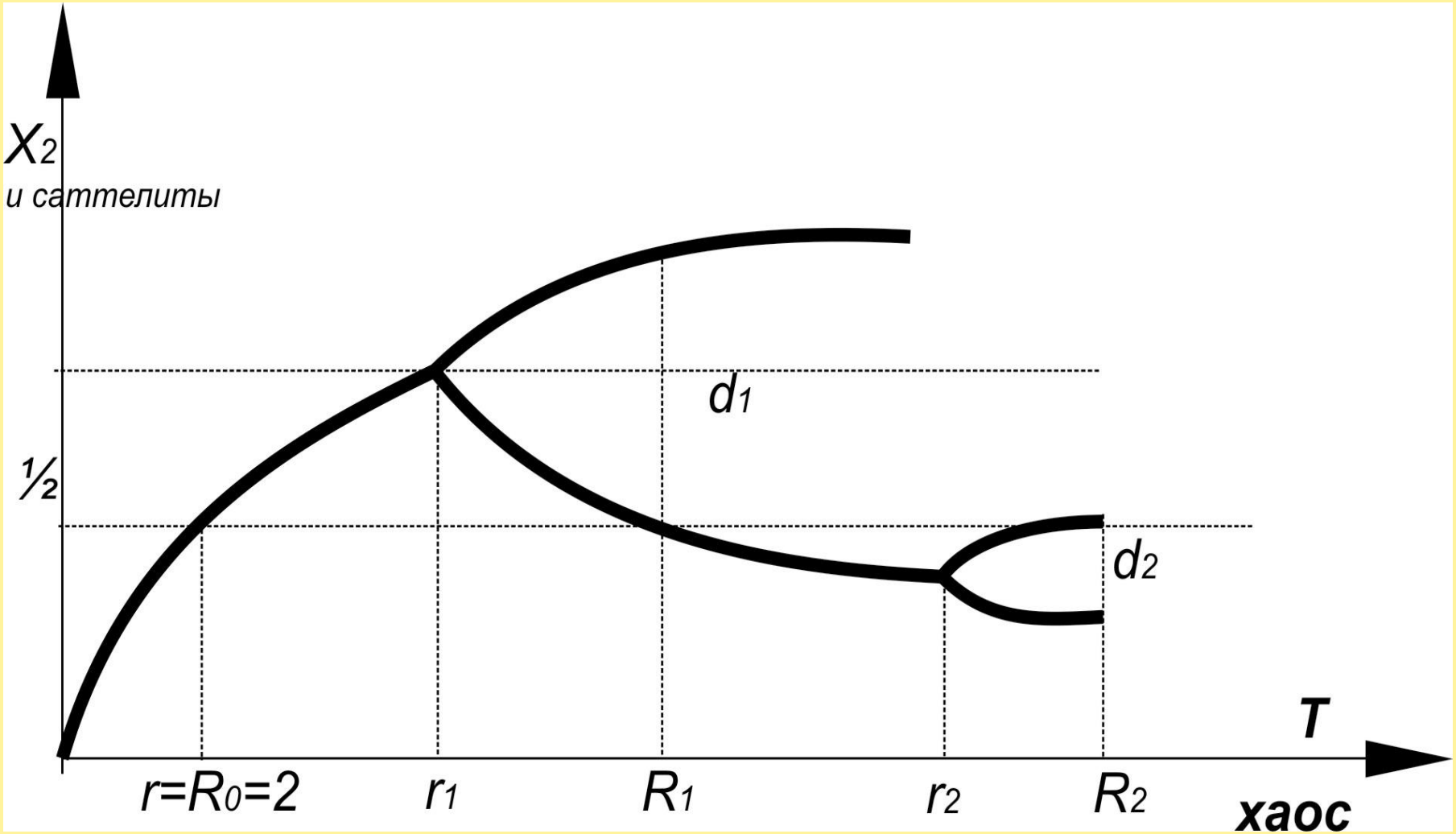
Концентрические структуры, возникающие в процессе роста лишайника.

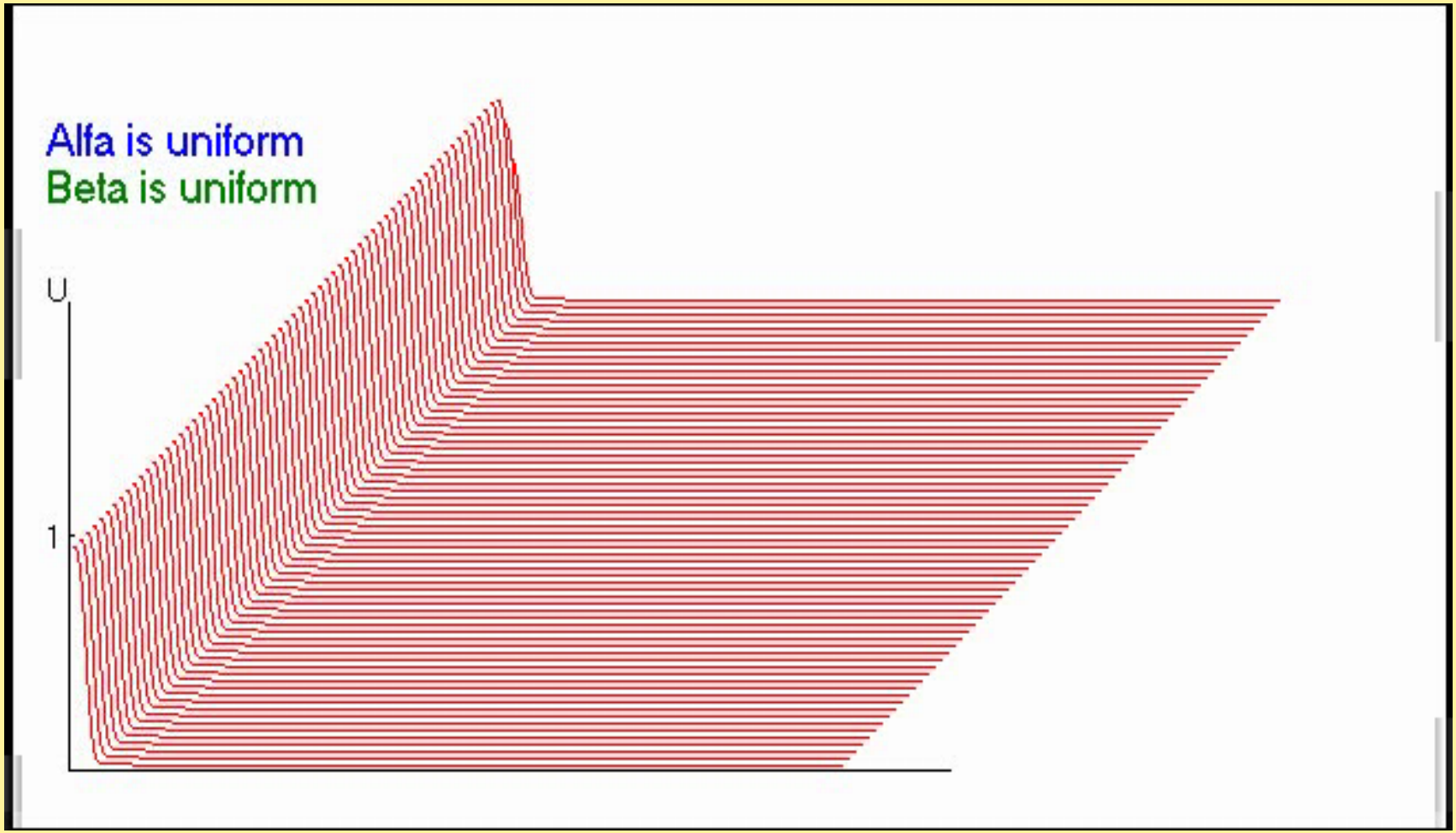
***Развитие Вселенной с момента ее возникновения выглядит как непрерывная последовательность нарушений симметрии…***

***Феномен жизни естественно вписывается в эту картину.***

**Фриман Дж. Дайсон**

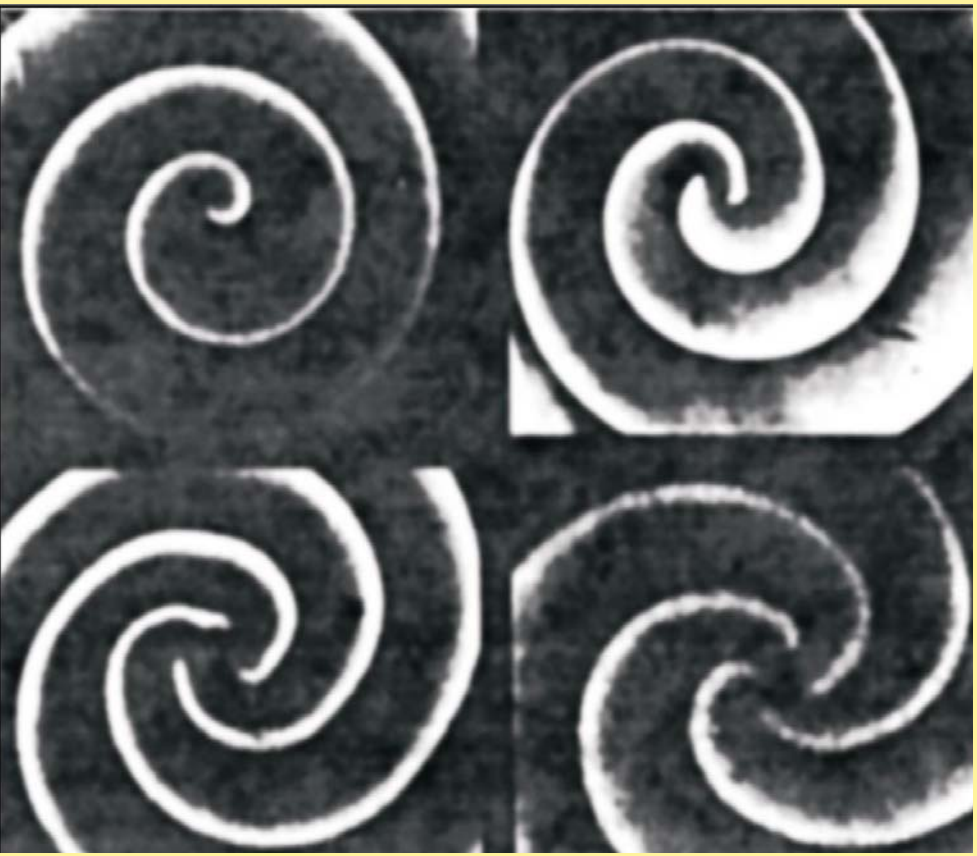
# Траектория развития нелинейной системы с удвоением в точке бифуркации






Формирование спиральной автоволны при наложении неоднородности на плоскую автоволну

**М.С. Попцова**



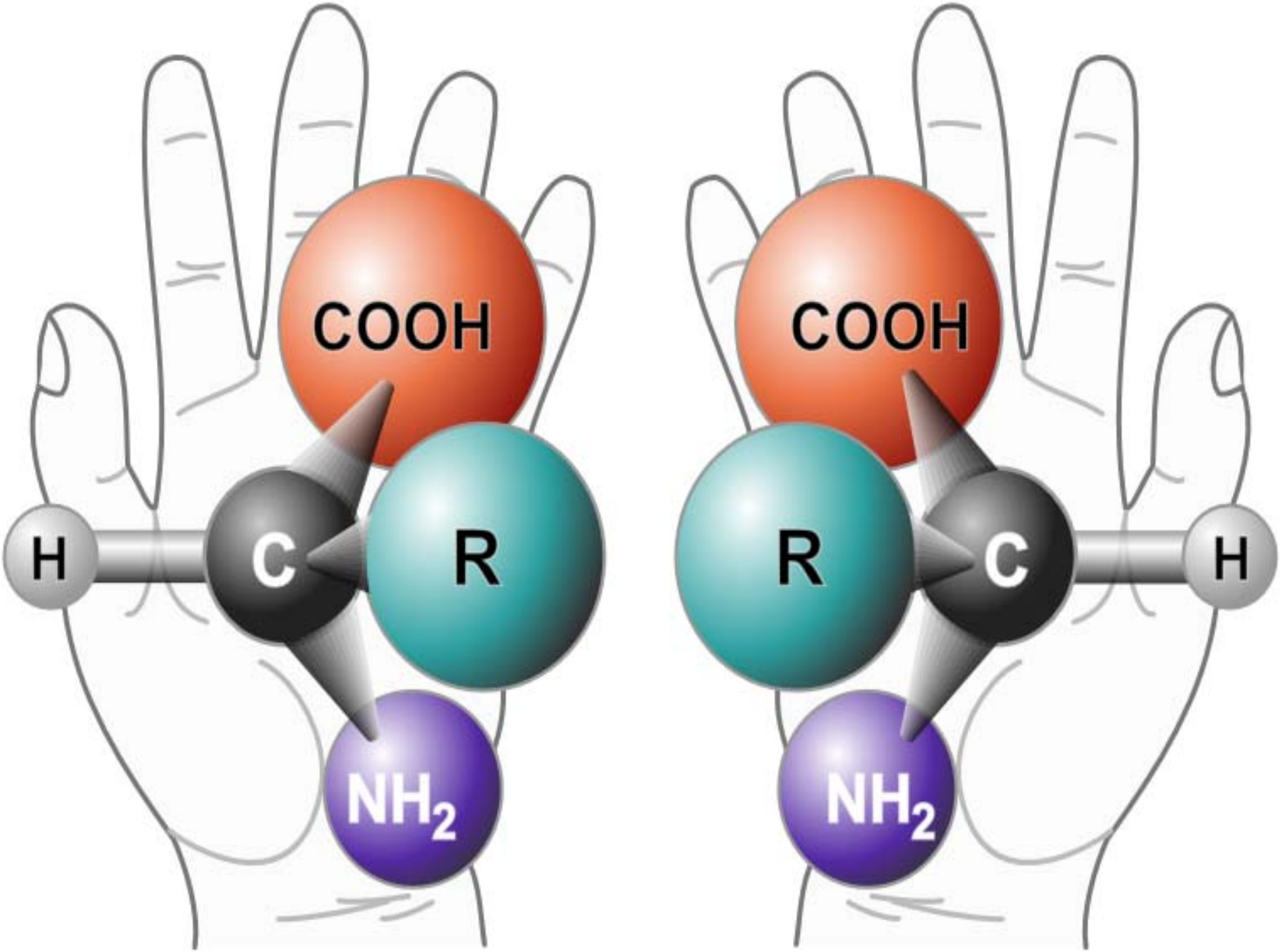
**Реверберaторы, возникающие в ходе физико-химической колебательной реакции Белоусова-Заикина-Жаботинского**

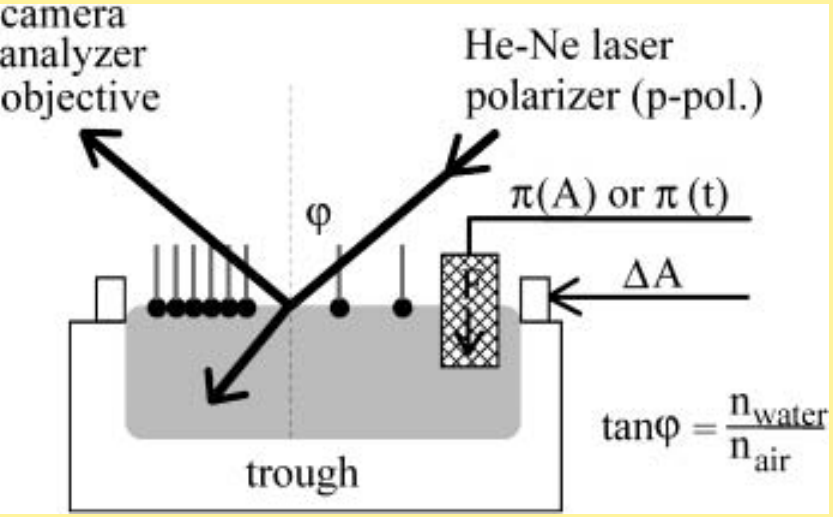
**Вложенные спирали микротрубочек на срезе аксоподии солнечника**

Циклон

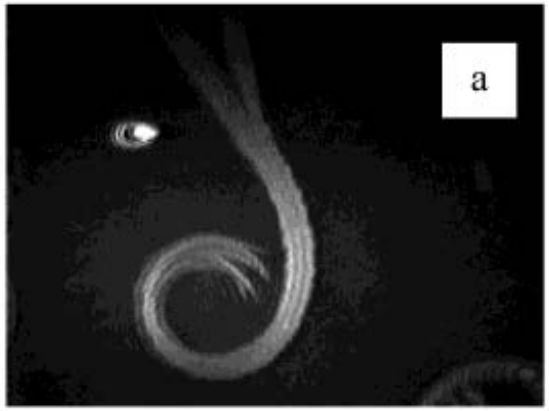
***<u>Правило 1.</u>*** ***Эволюционирующая система, обладающая запасом свободной энергии и элементами хиральной асимметрии, находясь в пределах одного иерархического уровня, способна в процессе самоорганизации изменять тип симметрии, повышая свою «сложность», но сохраняя знак преобладающей хиральности («правой» - D или «левой» - L закрученности).***

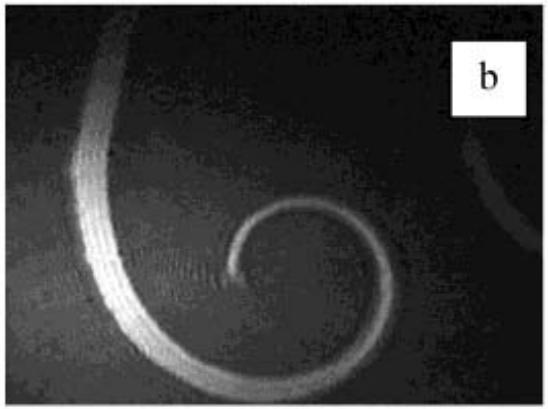
***<u>Правило 2.</u>*** ***Эволюционирующая система, обладающая запасом свободной энергии и элементами хиральной асимметрии, имеет тенденцию к спонтанному формированию через ряд бифуркаций последовательности иерархических уровней с чередующимся знаком хиральности заново образующихся структур и с увеличением их относительного масштаба.***

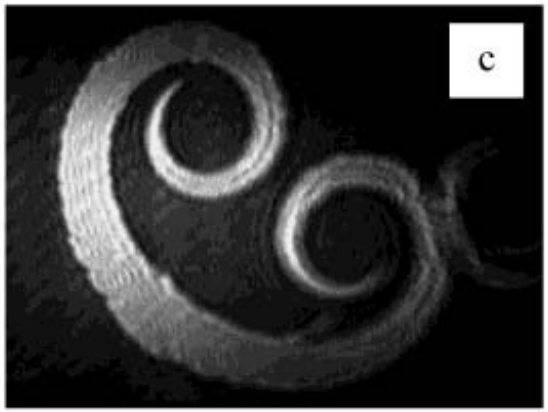

COOH
H
C
R
NH2
COOH
R
C
H
NH2




Поляризационная микроскопия поверхностного слоя (φ – угол Брюстера)



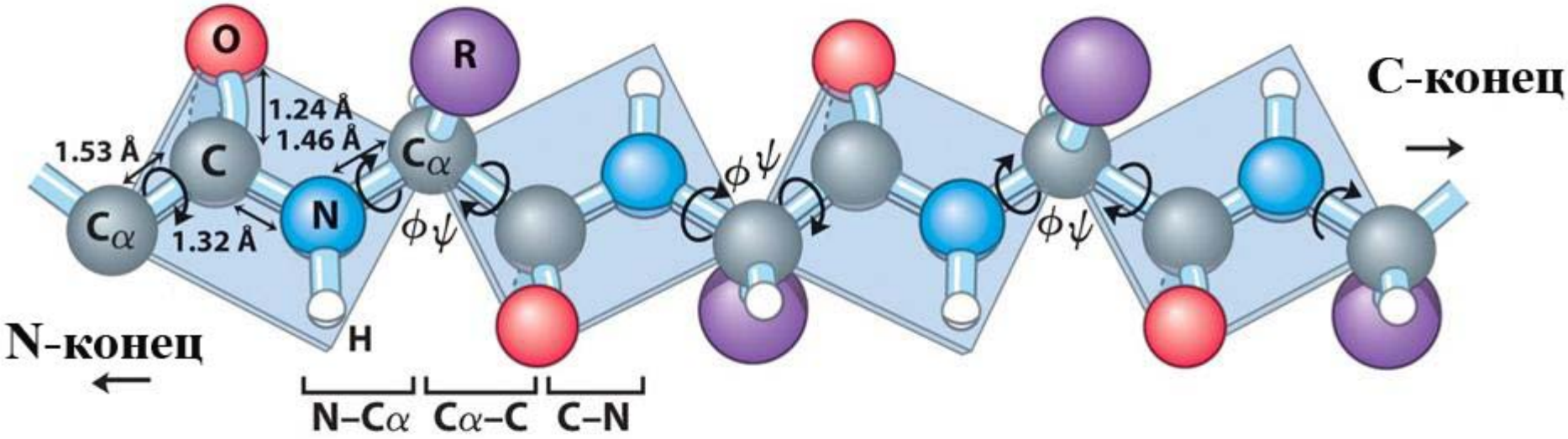



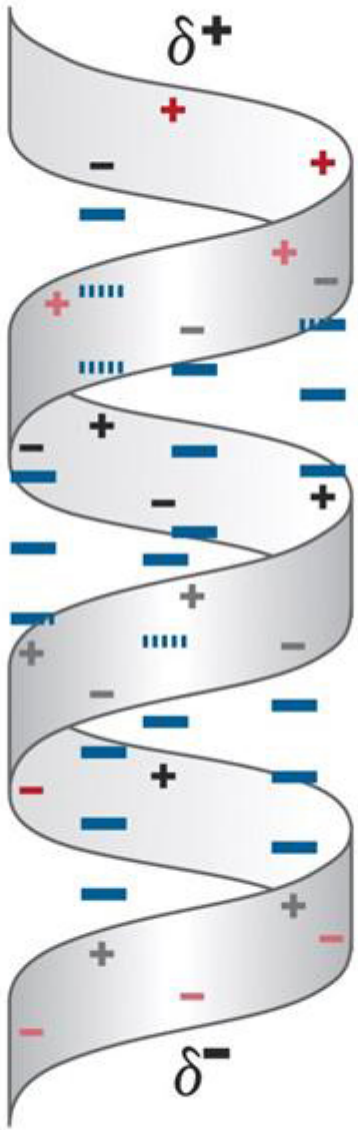

Домены конденсированной фазы, формируемые в монослоях энантиомеров и рацемата N-R-пальмитоилтреонина, имеют вид спиралей, закрученных в противоположные стороны:
(a) – D-энантиомер, (b) – L-энантиомер, (c) – рацемат. Размер изображения 350 × 350 мкм.

100 µm

# УГЛЕРОД - ПЕРВООСНОВА ХИРАЛЬНОГО ДУАЛИЗМА В БИОСФЕРЕ


O
R
1.24 Å
1.46 Å
1.53 Å
C
Cα
N
Cα
1.32 Å
ϕ ψ
ϕ ψ
ϕ ψ
H
C-конец
N-конец
N–Cα
Cα–C
C–N

**N-конец**

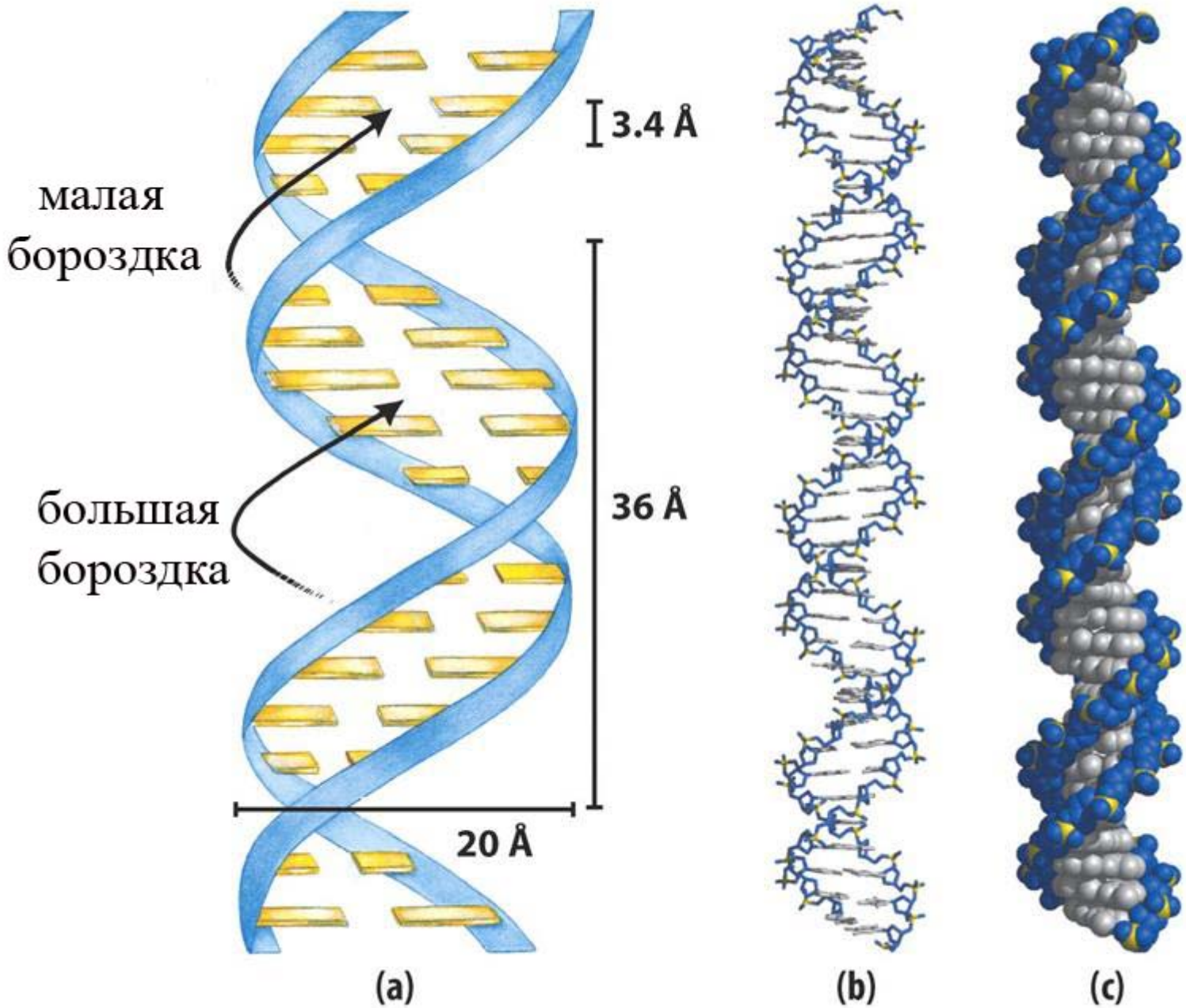


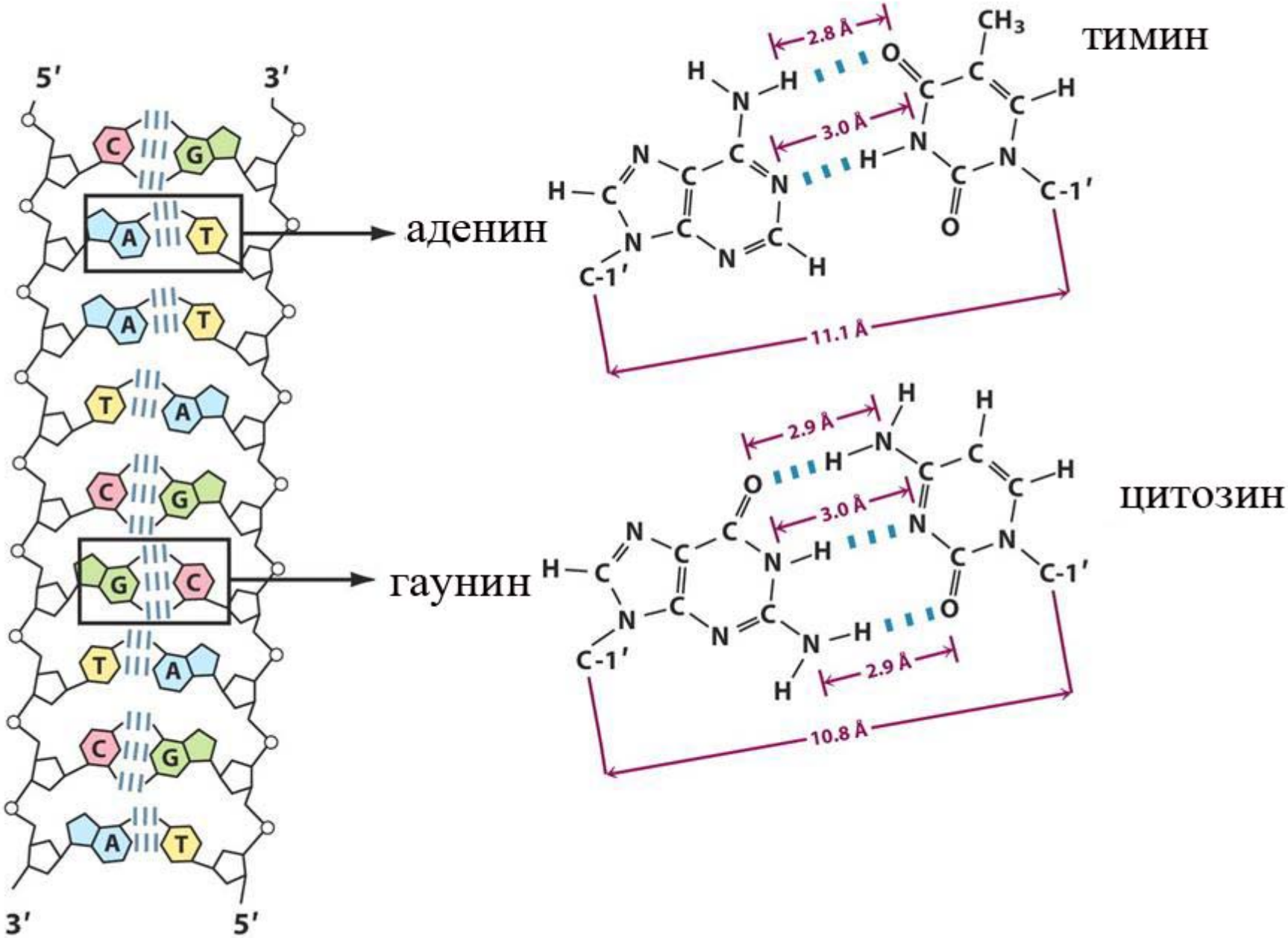

**C-конец**

***Просматривается закономерная смена знака хиральности***

# ***L-D-L-D***

***при переходе на более высокий уровень структурно-функциональной организации белковых структур***

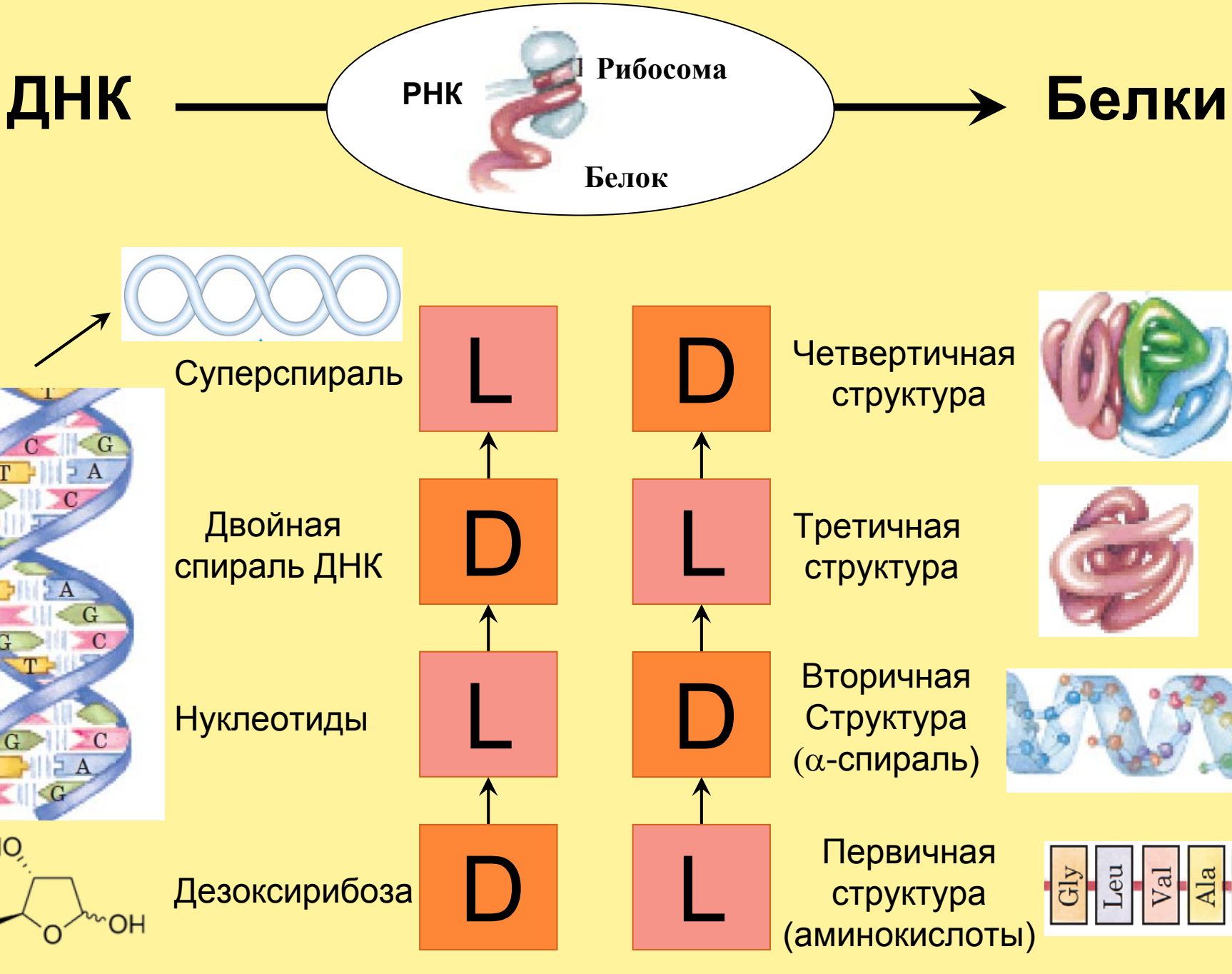

малая
бороздка
большая
бороздка
3.4 Å
36 Å
20 Å
(a)
(b)
(c)


5′
3′
C
G
A
T
аденин
тимин
2.8 Å
3.0 Å
11.1 Å
C-1′
CH3
гаунин
цитозин
2.9 Å
3.0 Å
2.9 Å
10.8 Å
3′
5′

***Просматривается закономерное чередование знака хиральности***

***D-L-D-L***

***при переходе на более высокий уровень структурно-функциональной организации ДНК.***


ДНК
РНК
Рибосома
Белок
Белки
Суперспираль
Двойная спираль ДНК
Нуклеотиды
Дезоксирибоза
L
D
L
D
D
L
D
L
Четвертичная структура
Третичная структура
Вторичная Структура (α-спираль)
Первичная структура (аминокислоты)
Gly
Leu
Val
Ala
His
HO
OH
O
HO

| *Земля* | | *Зазеркалье* | |
|---|---|---|---|
| **ДНК** | **белок** | **белок** | **ДНК** |
| **L** | **D** | **L** | **D** |
| **D** | **L** | **D** | **L** |
| **L** | **D** | **L** | **D** |
| **D** | **L** | **D** | **L** |

Еще одно подтверждение правила смены знака хиральности:

*«правая» D-глюкоза образует «левую» спираль амилозы*

***Активные среды генерируют симметрии.***

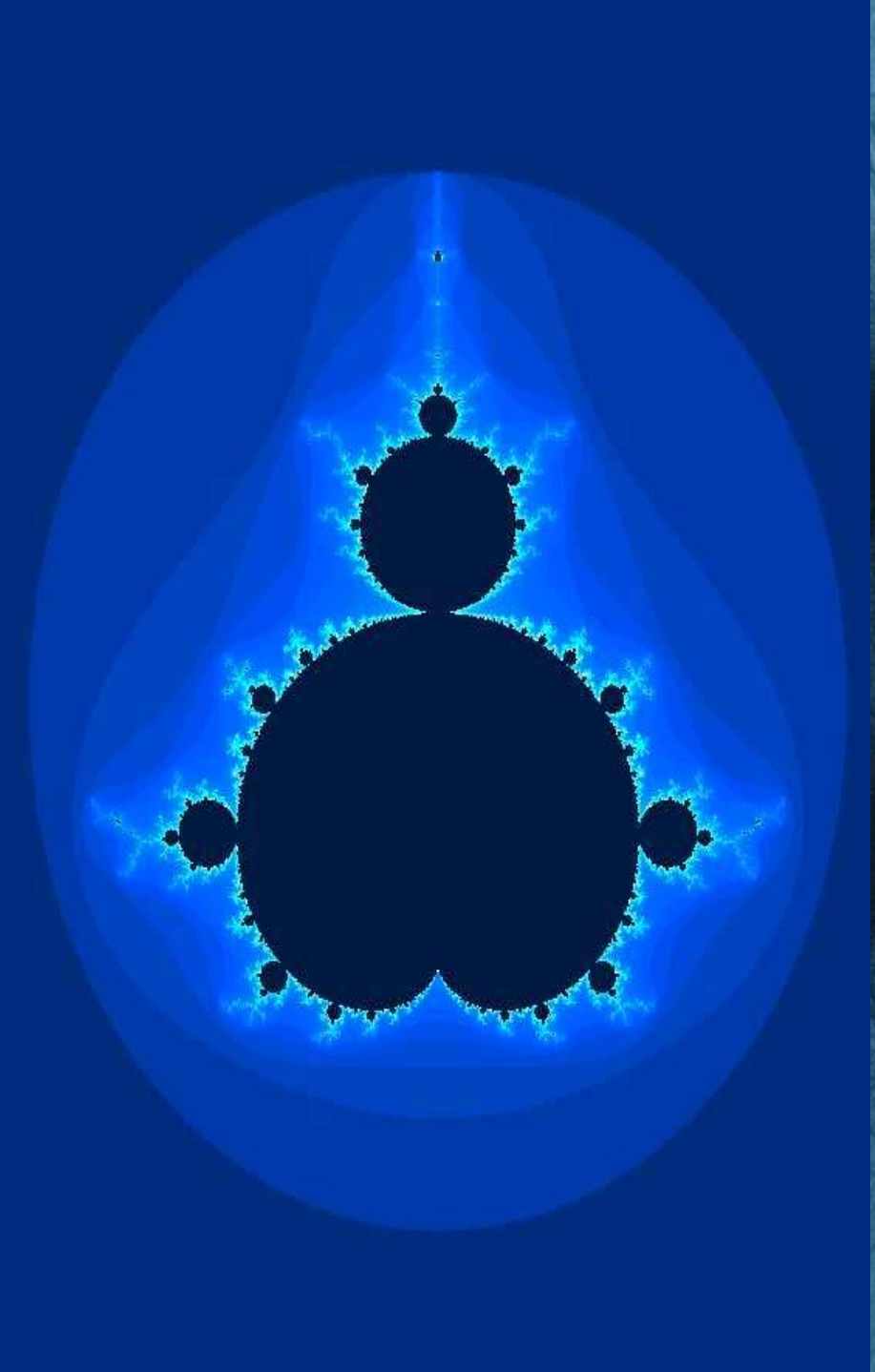
***Машины используют симметрии.***

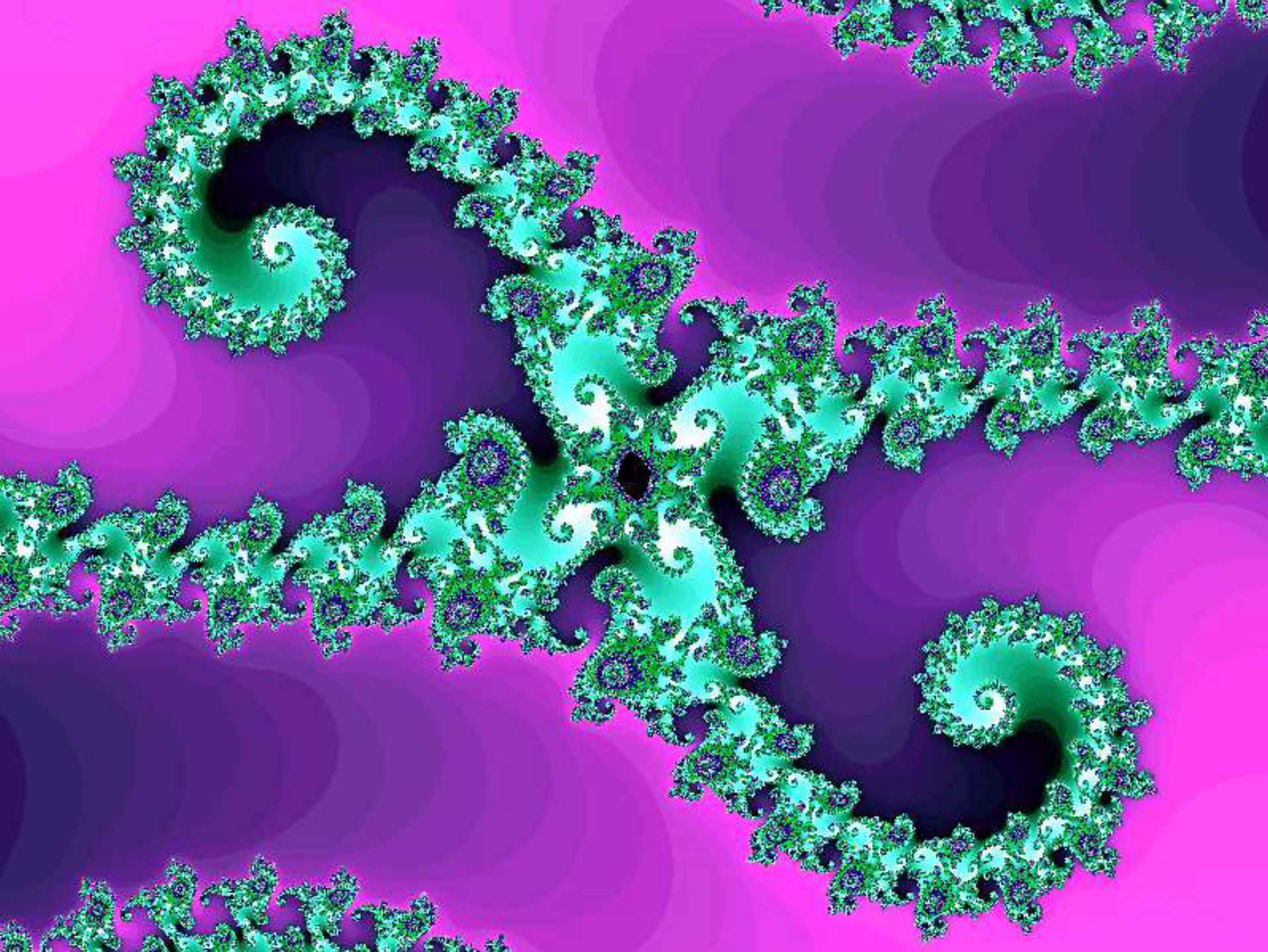
***Хиральность – вентиль, «собачка» в знакопеременных хиральных иерархиях, антиэнтропийный фактор***

***Машиной можно назвать устройство (конструкцию), которое способно в циклическом режиме преобразовывать форму энергии, совершая «полезную» работу, благодаря наличию «выделенных механических степеней свободы» (поступательных, вращательных), кинетически разделяющих работу и диссипацию.***

***Для реализации цикличности как принципиальной временной характеристики «машина» предполагает обязательное наличие симметрий в конструкции, а для движения по контуру цикла в «правильном» направлении – несимметричного элемента, обладающего свойством «вентиля» или «защелки». Любая машина является хиральным объектом - энантиоморфом.***

***Принципиально важной особенностью молекулярных машин является кооперативное участие вторичных, третичных (при наличии надмолекулярных комплексов - четвертичных) макромолекулярных структур в циклической работе машин, что в значительной степени обеспечивается иерархическим сопряжением соответствующих «хиральных» степеней свободы.***





БЛАГОДАРЮ
ЗА
ВНИМАНИЕ!