

Эволюция как Закон Природы



Наука XIX века принесла две новости глобального масштаба

1. Теория эволюции Дарвина
2. II закон термодинамики – закон о неизбежном приросте энтропии.

Весь наш жизненный опыт говорит в пользу второго пункта. (Бейтсон «Экология разума», металогис с дочерью)

Вся окружающая действительность ему противоречит – нас повсюду окружает порядок в самых разных его проявлениях, а история говорит нам о том, что мир со временем становится все более сложным.

Видео-презентация курса «**Big History**»

https://www.youtube.com/watch?v=F_BI7rBhfos

Курс онлайн: <https://school.bighistoryproject.com/bhplive>

Что такое эволюция?

Эволюция – это всегда появление в мире какой-то новой информации.

«Переход от простой однородности к сложной неоднородности» (Спенсер)

Каждый эволюционный этап представляет базу для следующего этапа: продукт предыдущего этапа или включается в следующий как составная часть, или подталкивает дальнейшую эволюцию «от противного» (в т. ч. революции).

Эволюция – это нечто удивительное...

...и манящее для любого ученого

- **История** (+ социология, лингвистика и пр.) – как наука об эволюции человеческого общества.
- **Астрономия** – как наука об эволюции космических миров: звездных систем, галактик, вселенных.
- **Биология** – как наука об эволюции мира живых организмов

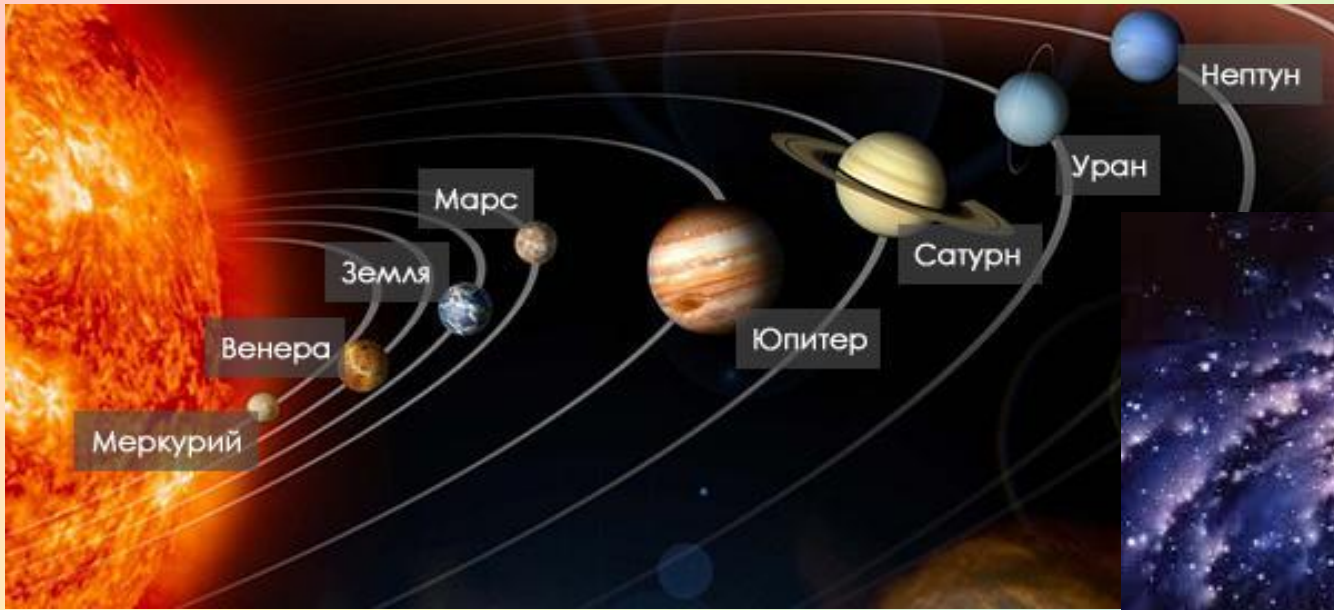
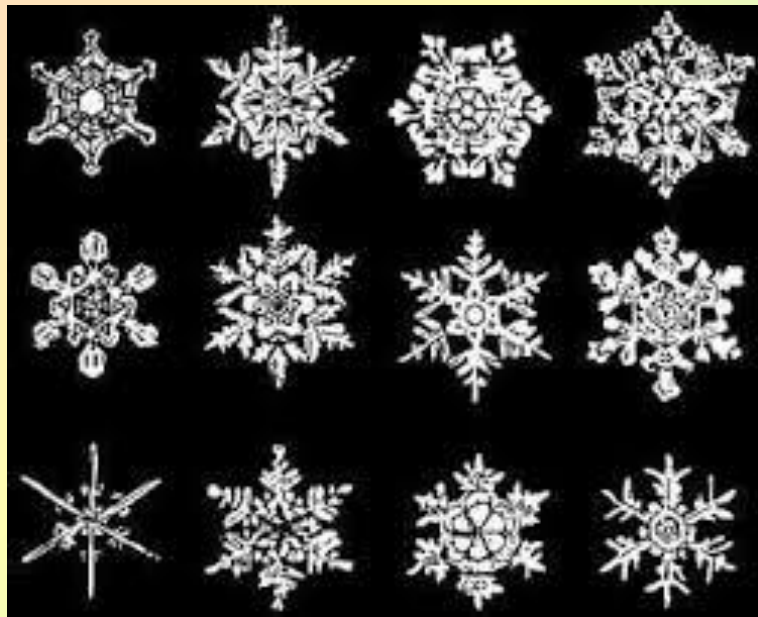
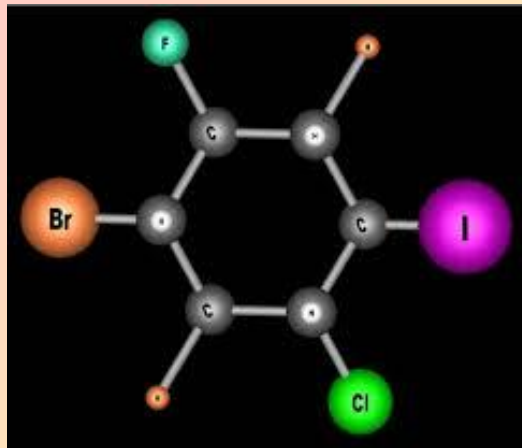
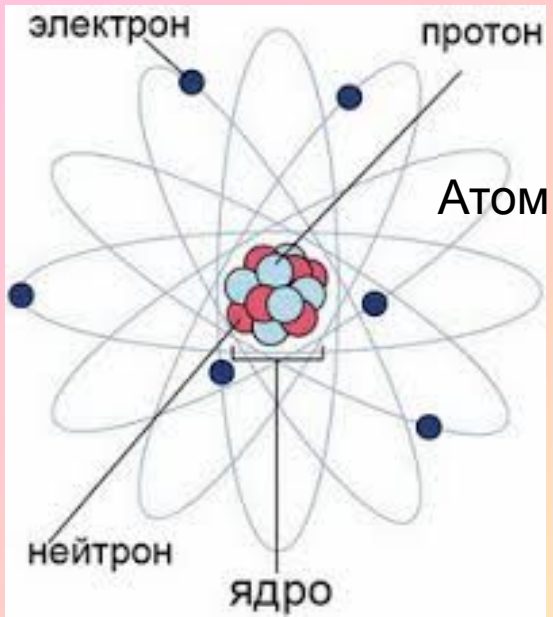
Но является ли эволюция чудом?

...то есть можем ли мы сказать, что эволюция происходит в противовес естественным законам природы?

- **Физика** – в ней тоже есть раздел, посвященный исследованию эволюции – **синергетика**.

Синергетика – наука о самоорганизации систем; о самопроизвольном возникновении неоднородной сложности из однородной простоты.

Оказывается, **сложные системы возникают практически неизбежно**, если вы имеете дело с открытой системой, в которой одни объекты определенным образом (специфически) взаимодействуют с другими объектами.



Жизнью недавно договорились считать любые химические системы, участвующие в дарвиновской эволюции. (НАСА).

Это значит, что они:

- Размножаются посредством самокопирования (репликаторы)
- Это самокопирование происходит с некоторыми неточностями, так что со временем репликаторы становятся разными.
- Разные репликаторы имеют разный успех размножения, так что со временем «полезные» мутации накапливаются, а «проигрывающие» варианты исчезают.

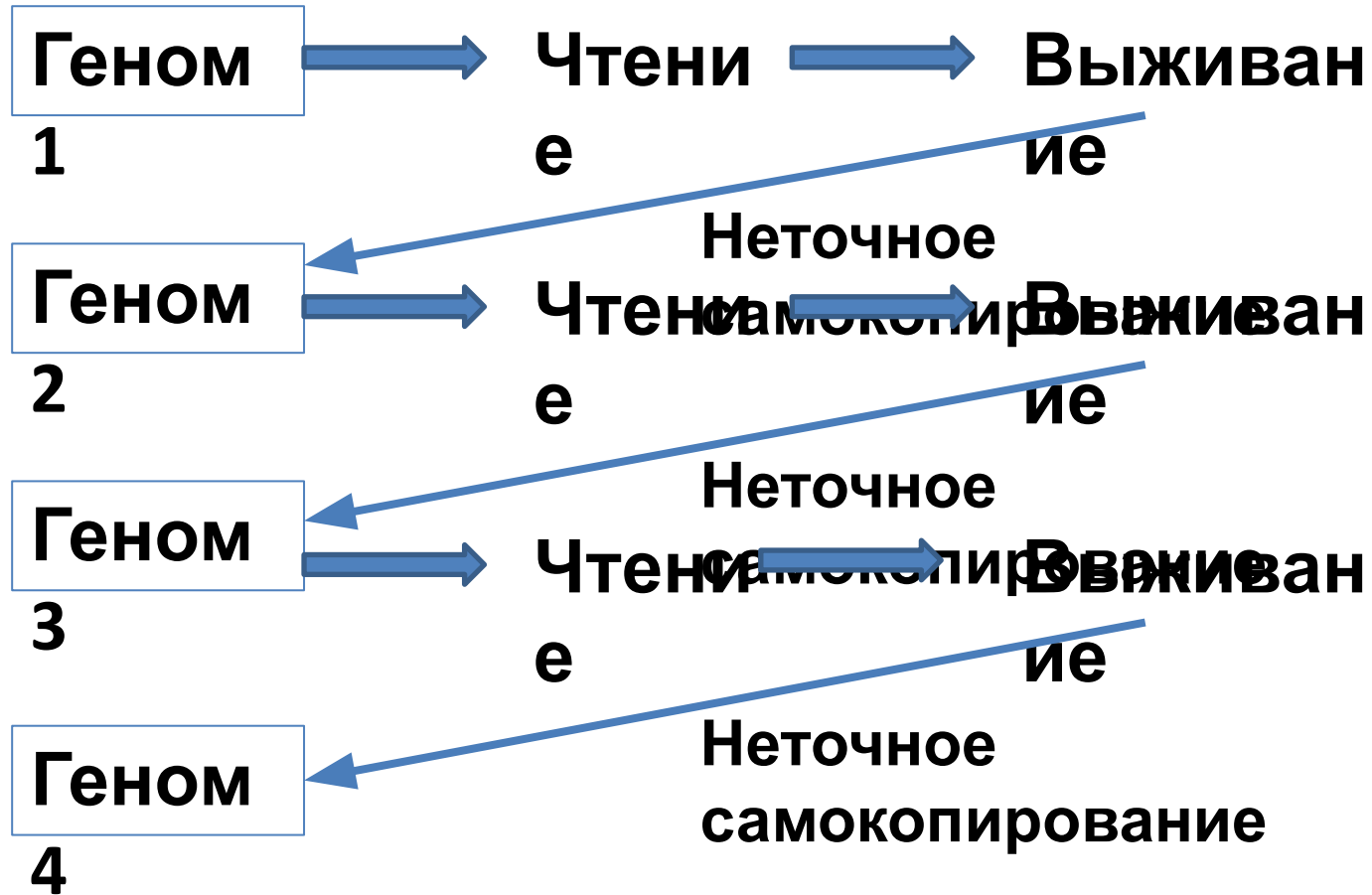
Где можно увидеть своими глазами, как это работает?

- **Эволюция языков.**
- **Эволюция научного знания, искусства, философии.**
- **Наш мозг и научение решению новых задач.**
В первый год жизни у ребенка формируется много-много синапсов, которые связаны со всеми получаемыми из внешнего мира впечатлениями. Затем эти синапсы проходят отсев, их становится меньше, но работают они все более четко – и без этого невозможно научение ребенка необходимым навыкам.
- **Эволюция бактерий и вирусов, которые приспособляются к создаваемым против них лекарствам – это можно наблюдать напрямую, просматривая геномы каждого следующего поколения бактерий в пробирке.**

Итак, **принцип биологической эволюции:** новая информация создается совершенно автоматически, и вся она может быть передана следующим поколениям путем самокопирования, но не вся она одинаково долгоживущая, и в следующем эволюционном этапе будет участвовать только та информация, которая успешно прошла отбор.

Это и есть суть Дарвиновского процесса

Наглядная схема



Наш собственный геном наглядно демонстрирует эту схему

Лишь 10% всей нашей ДНК зачем-то используются организмом. 90% - «чердачный хлам».

Вообразите писательский стол



Ящик для чистовиков

Ящик для хлама (черновики и неразобранная почта)

Время от времени этот хлам может

пригодиться для вдохновения

«Черновики» – поломанные старые гены, лишние копии генов, «неразобранная почта» – куски генома, полученные нами от древних вирусов.

Есть ли закономерности у биологической эволюции?

Есть, и они вытекают из тех взаимодействий, которые лежат в основе организации биологических систем:

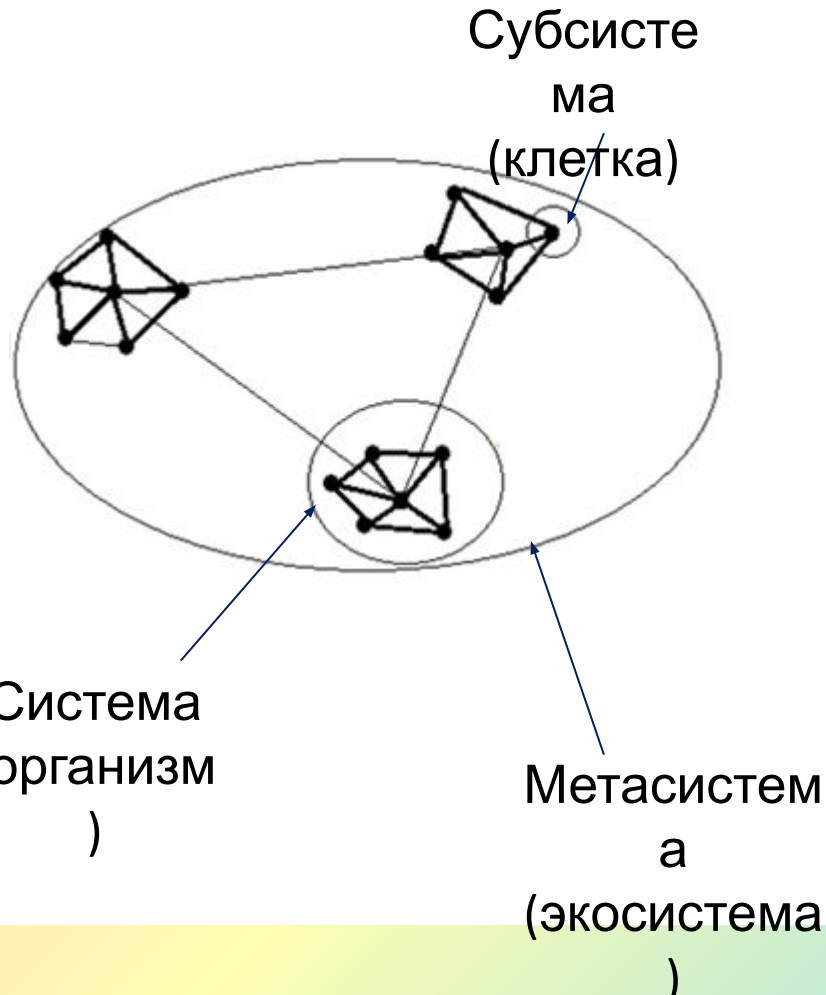
- Взаимодействия клеток, органов, частей тела внутри каждого организма: они должны быть организованы так, чтобы организм мог выполнять все обязательные биологические функции: расти и созревать, дышать, питаться, избавляться от отходов, размножаться.
- Взаимодействия организмов с окружающей средой, включающей неживую природу и другие живые организмы – некоторые из них того же вида, а некоторые – других видов. Взаимодействия опять же должны быть организованы так, чтобы обеспечить возможность выживания и

- Все организмы – заложники предшествующей эволюционной истории: не все лучшие решения могут быть реализованы, если ты уже устроен так, как устроен.

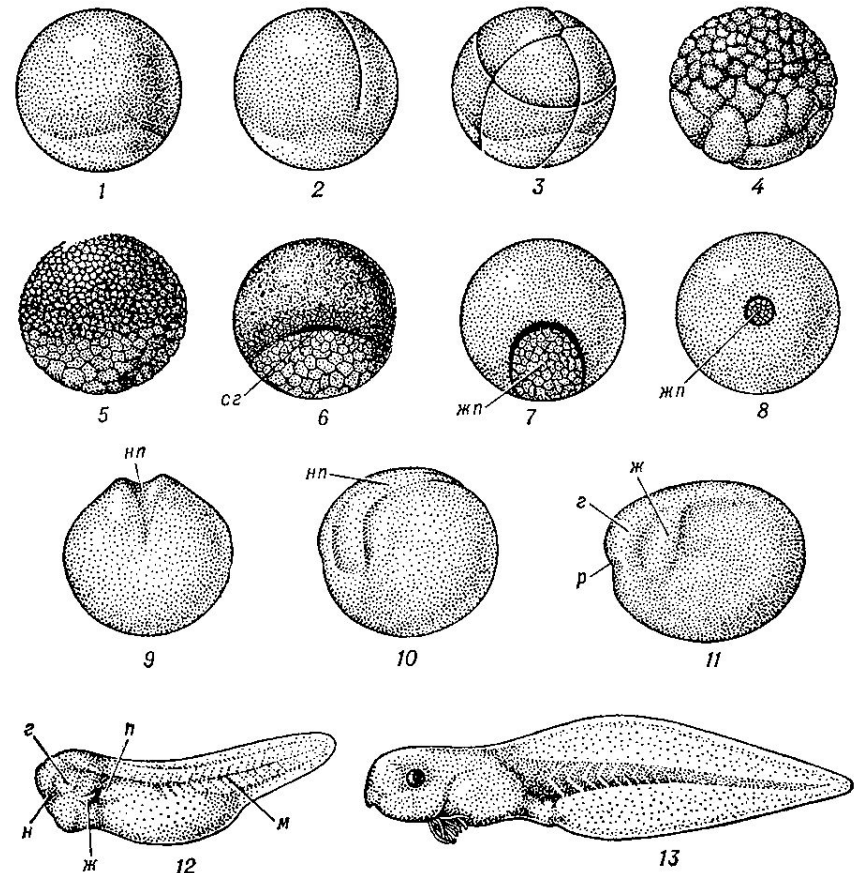


Каждый организм вписан в иерархию биологических систем и развития

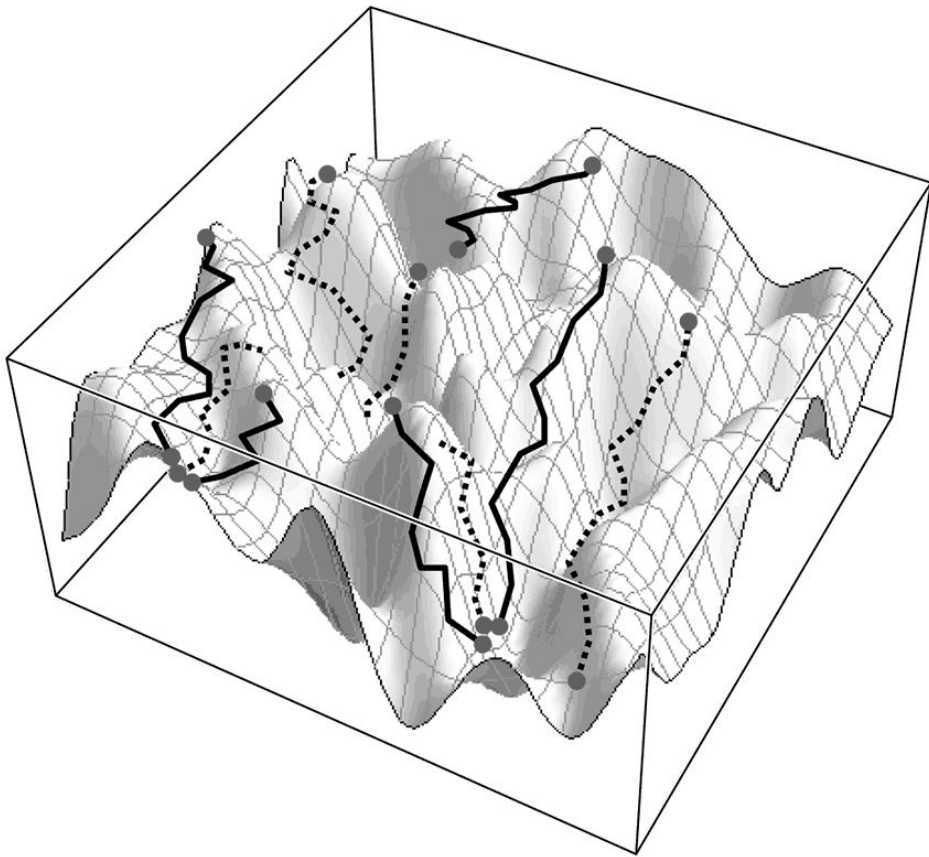
А) иерархичная структура
=> системные ограничения



Б) иерархичный процесс
=> развитийные ограничения



Адаптивный ландшафт (структурированное пространство эволюционных возможностей)



**Перемещения
возможны только по
хребтам.**
Замечательное
свойство адаптивного
ландшафта – текучесть.
Причем его
трансформации зависят
и от внешних
обстоятельств, и от
предшествующей
эволюции организмов.

1. Правило адаптивной направленности эволюции

- Главное направление эволюции живых организмов – адаптация. Нахождение «гармоничных» способов реализации жизненно важных функций.
- Решений для адаптации много, и одно из них – это усложнение («прогресс»), во многом поэтому (но не только) за время существования Земли на ней постоянно появлялись все более и более сложные организмы.

Стратегии адаптации

Классификация в современной англоязычной литературе	Классификация по Северцову
<p>Общие адаптации (General adaptations) т.е. расширяющие адаптивную зону</p> <ul style="list-style-type: none">• Реализуются как правило посредством дифференциации тканей, органов и частей тела <p><i>Этот тип адаптаций имеет наиболее широкие эволюционные перспективы, порождая целые классы животных и растений.</i></p>	<ul style="list-style-type: none">• Ароморфозы (эволюция с усложнением)
<p>Специальные адаптации (Special adaptations) т.е. адаптирующие к конкретной экологической нише.</p> <p>Реализуются в основном посредством:</p> <ul style="list-style-type: none">• видоизменений органов или частей тела• вторичного упрощения или редукции органов или частей тела. <p>Наиболее выраженное упрощение характерно</p>	<ul style="list-style-type: none">• Алломорфозы• Катаморфозы (эволюция с упрощением)

Малощетинковый червь *Olavius algarvensis* - образец редуционной ЭВОЛЮЦИИ

Открыт в 2006 г около подводных горячих серных источников Тихого океана. Полностью лишен органов для пищеварения и выделения. Питание получает благодаря четырем видам симбиотических хемоавтотрофных бактерий, живущих под кутикулой, получающих энергию для синтеза органики благодаря окислению CO и H₂S.



Однако нередко бывает, что усложнение организации в целом требует и влечет определенные упрощения в частных аспектах. Мы утратили инстинкты, променяв их на пожизненное обучение.

2. Правило интеграции биологических систем (Шмальгаузен)

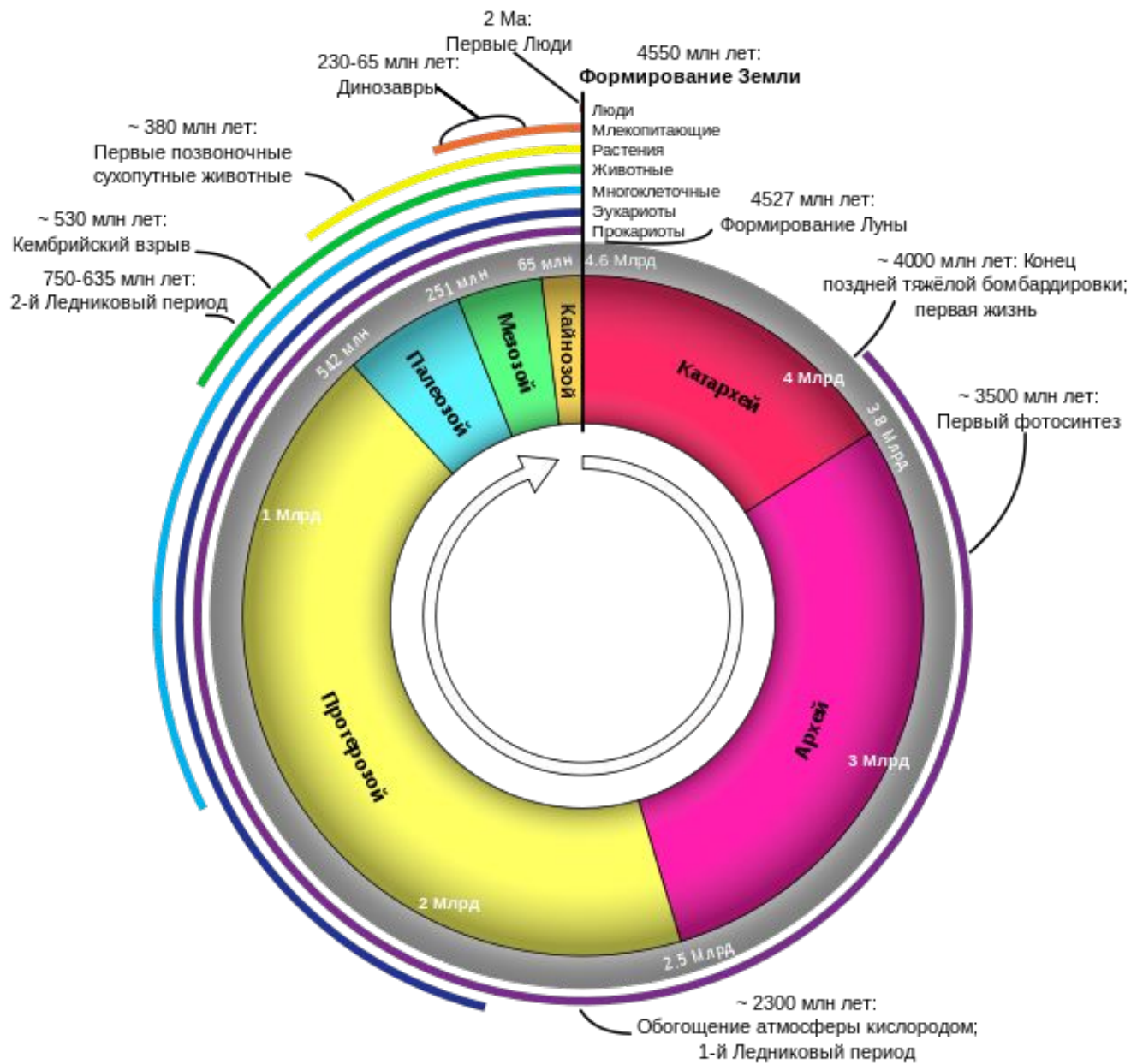
В ходе эволюции живых организмов формируются все более сложные системы саморегуляции, обеспечивающие надежное функционирование биологических систем на всех уровнях организации (клетка, организм, биоценоз).

Это правило имеет 3 важных следствия:

1. Именно благодаря такой интеграции оказывается возможной устойчивая реализация общего тренда эволюции, выражающегося в появлении все более сложноорганизованных и лучше адаптированных организмов.

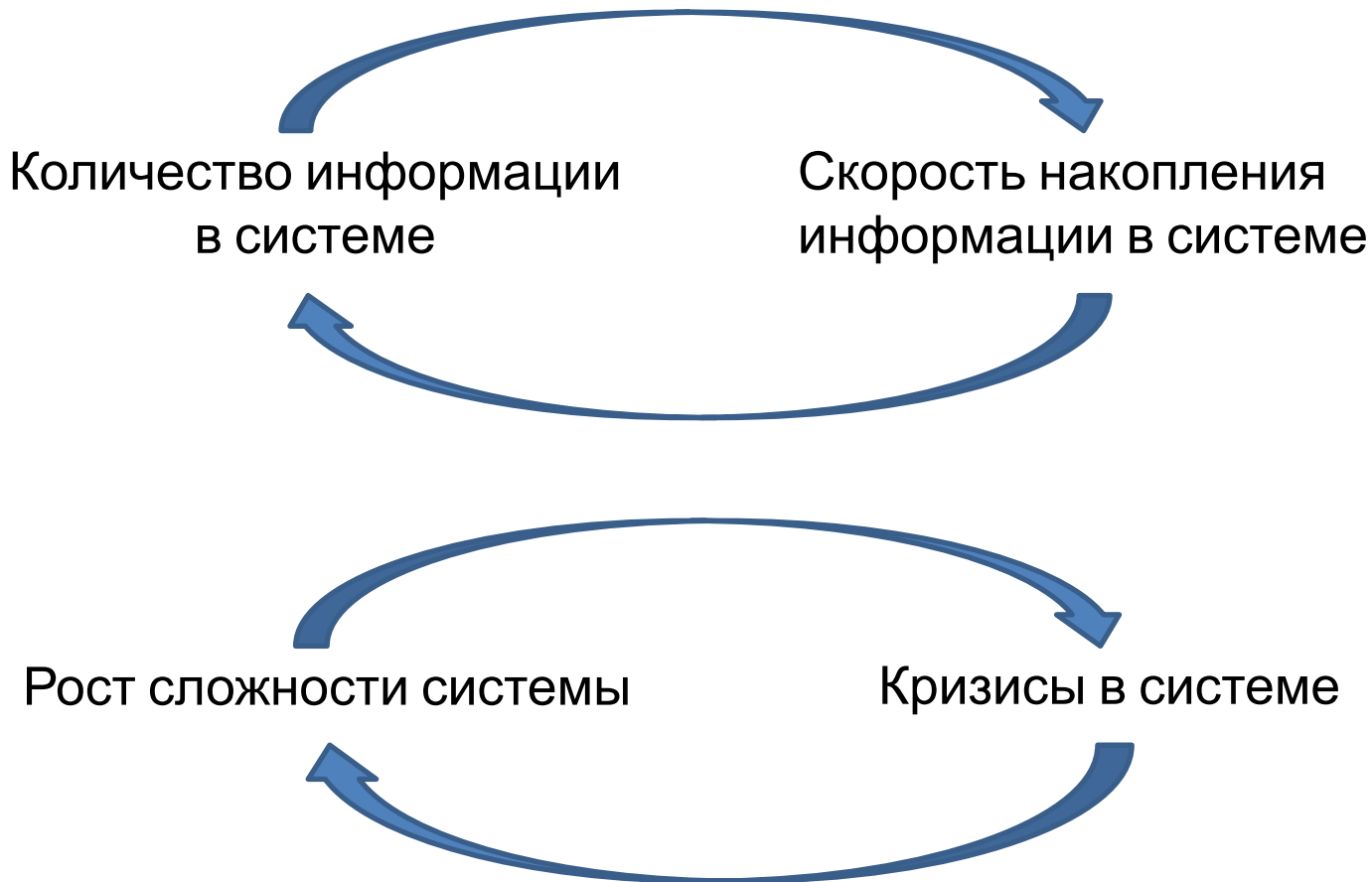
2. Сложные механизмы саморегуляции обеспечивают устойчивость онтогенеза, и тем самым, устойчивость признаков типа (признаки типа почти не изменяются в процессе эволюции).

3. Усовершенствование механизмов регуляции приводит к дальнейшему ускорению прогрессивной эволюции.



3. Ускорение прогрессивной эволюции

Можно предположить два взаимодополняющих механизма положительной обратной связи, которые вызывают ускорение прогрессивной эволюции.



4. Правило преимущества

Любая новая структура организма (ткань, орган, часть тела, особенность поведения) возникает как преобразование (видоизменение, дифференциация) ранее существующих структур.



Плавники → Руки, ноги

Плавательные пузыри → Легкие

Чешуя → Шерсть, волосы, зубы

Жаберные щели → Ухо

Жабры → Паращитовидная железа

Кожные железы → Молочные железы



5. Правило необратимости эволюции

Формы организмов, ранее существовавшие и вымершие или видоизмененные в ходе эволюции, не могут появиться повторно.

Если какая-то группа организмов в процессе эволюции вновь «возвращается» в адаптивную зону существования ее предков, то приспособление к этой зоне у «вернувшейся» группы будет неизбежно иным (сравните рыб и дельфинов).

Объяснение: пространство эволюционных возможностей очень широкое, и приход в одно и то же место этого пространства из разных исходных точек во-первых, маловероятен, а во-вторых, часто просто невозможен (см. адаптивный ландшафт).

В то же время реверсии некоторых признаков и возникновения схожих адаптаций (через параллелизмы и конвергенции) при освоении схожих стратегий выживания в разных группах организмов не являются невозможными, а, напротив, достаточно обычны.

Реверсии (фенотип, но не генотип!)



Спинальный плавник дельфина –
частичная реверсия?

Чешуя рыб – чешуя рептилий?

Было показано, что применив
некоторые стимулы-индукторы
можно стимулировать процессы
регенерации конечностей у
видов, которые потеряли эту
способность много миллионов
лет назад.

Гоацин: реверсия когтей на
пальцах передней конечности (у
птенцов)



Жук-листоед – иммигрант из Америки в
Европу (реверсия способности к

6. Правило параллельной и конвергентной эволюции сходных признаков

«Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости сводится к следующему: близкие виды благодаря большому сходству их генотипов (почти идентичные наборы генов) обладают сходной потенциальной наследственной изменчивостью (сходные мутации одинаковых генов); по мере эволюционно-филогенетического удаления изучаемых групп (таксонов), в связи с появляющимися генотипическими различиями, параллелизм наследственной изменчивости становится менее полным.» Вавилов, 1968 г.

Конвергенция признаков происходит тогда, когда виды осваивают схожие среды и стратегии выживания. Конвергенция – демонстрация возможности прийти к схожему решению разными путями. Особенно это касается выработки схожих стратегий поведения.

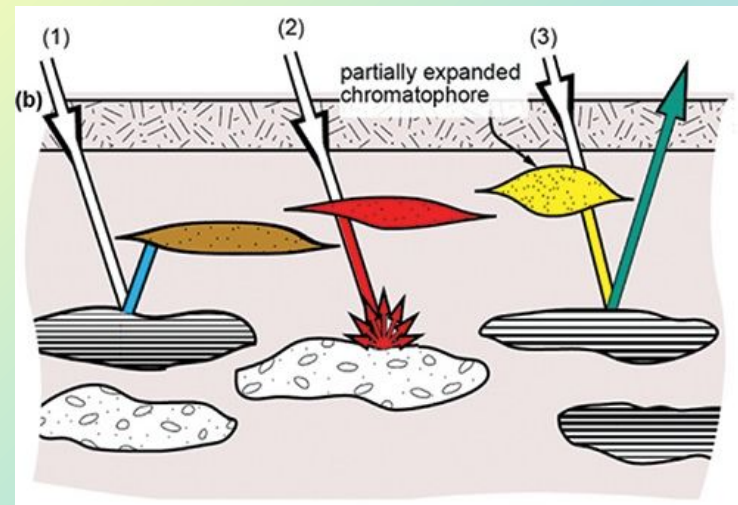
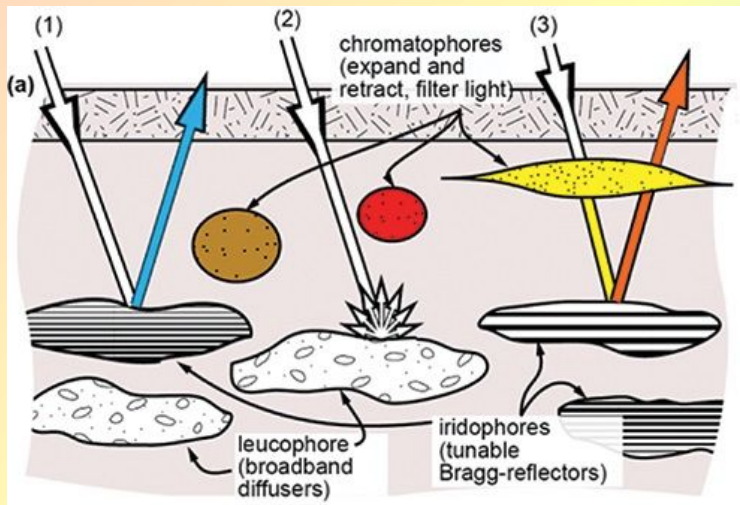
Летуны 1 (параллельная эволюция)



Летуны 2 (конвергенция)



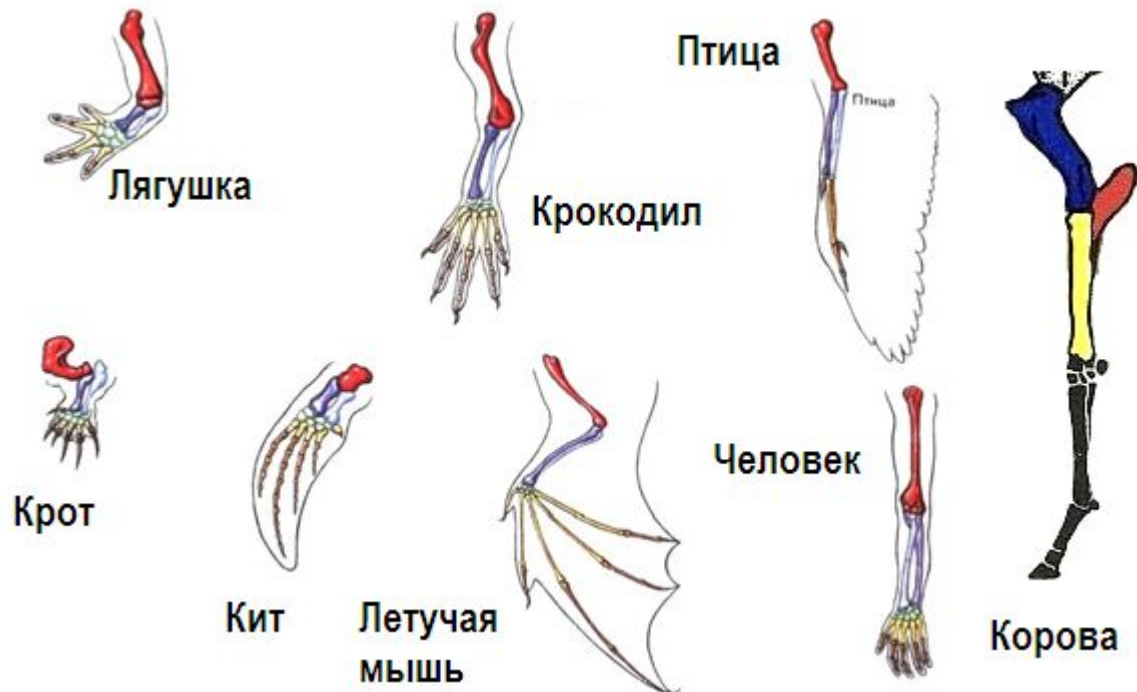
Каракатица и хамелеон: изменение цвета



7. Правило происхождения от неспециализированного предка

Новые крупные и прогрессивные группы организмов возникают, как правило, от сравнительно слабо специализированных предковых групп.

Объяснение можно дать исходя из того, что по мере углубления специализации часто наблюдается утрата некоторых (ненужных) функций и как следствие, снижение эволюции



8. Правило прогрессирующей специализации

Группа, вступившая на путь специализации, как правило, в дальнейшем развитии будет идти по пути все более глубокой специализации в том же направлении.

Объяснение – высокая вероятность снижения адаптивности при попытке смены специализации (запрет на движение вниз по адаптивному ландшафту).

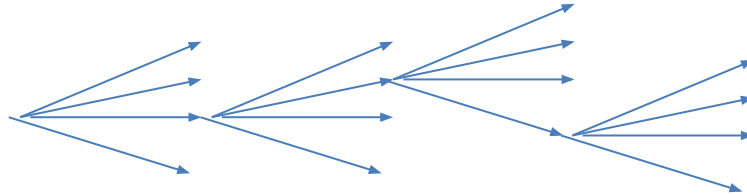
Согласно этому правилу, **деспециализация и переспециализация являются редкими событиями в эволюции**, но тем не менее они все же возможны, особенно в условиях значительных перестроек экосистем, и в случае прогрессивного развития группы организмов с расширением адаптивной зоны (освоение суши древними земноводными).

Углубленная специализация (сопровождающаяся увеличением размеров тела и переходом к K-стратегии) может приводить группу в эволюционный тупик и нередко завершается ее биологическим регрессом, вплоть до вымирания.

Человек – специализированный вид или нет?

9. Правило адаптивной радиации

Разнообразие жизни растет всюду, где для этого есть возможность.



В основе адаптивной радиации – освоение новых экологических ниш. В то же время интенсивность адаптивной радиации далеко не одинакова в разных ветвях и в разные периоды времени.

Повышению интенсивности адаптивной радиации благоприятствуют:

- 1) морфо-физиологический прогресс (появление новых ароморфозов) – вследствие расширения адаптивной зоны. Пример: формирование разнообразия отрядов амфибий и рептилий после выхода на сушу.**
- 2) Массовые вымирания – вследствие освобождения экологических ниш, которые осваиваются другими видами, обитающими в том же биогеоценозе**

**Адаптивная
радиация
млекопитающих
в Африке**



Даман



Прыгунчик



Ламантин



Трубказуб



Тенрек



Десмостил



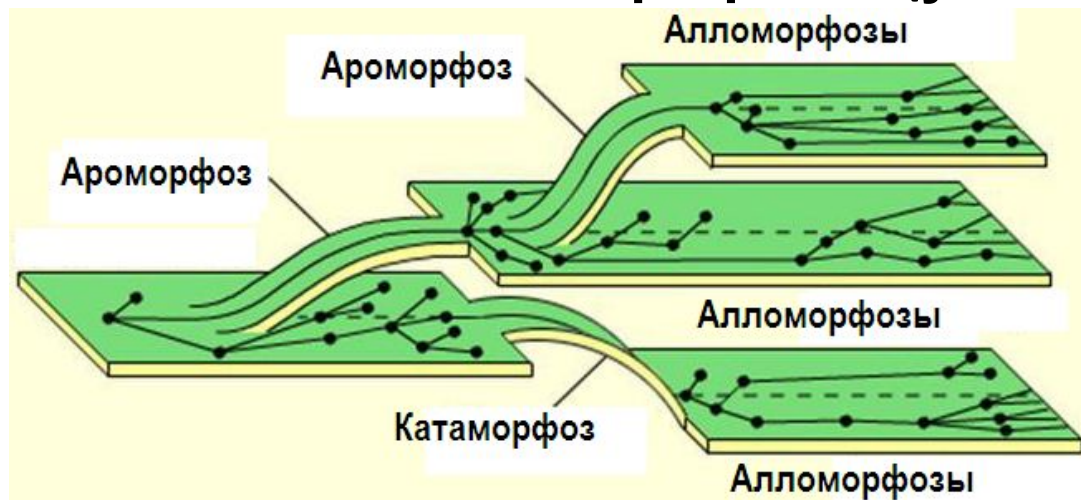
Златокрот



Ежовый тенрек

10. Правило смены фаз эволюции

Различные направления (аро-, алло-, катагенез) эволюции закономерно сменяют друг друга. Группы организмов проходят через сменяющиеся стадии биологического прогресса (расцвета), стазиса и биологического регресса (упадка).



11. Правило неравномерности темпов эволюции

В ходе эволюционного времени происходит чередование этапов медленного и быстрого эволюционного преобразования фенотипов организмов, а также чередование этапов низкой и высокой частоты возникновения новых видов и надвидовых

- **Объяснение:** правила неравномерности темпов и смены фаз эволюции хорошо согласуются с представлением о роли кризисов в эволюционной динамике (**точки бифуркации**).
- В то же время отдельно требует объяснения различие скоростей эволюции в разных эволюционных линиях. Почему одни амфибии дали начало пресмыкающимся, а другие так и сохранили свою организацию, одни пресмыкающиеся дали начало теплокровным, а другие – остаются холоднокровными и т.д.?

Ответ 1 – более консервативные группы обитают в той же среде, что и предки, поэтому не изменяются.

Неудовлетворителен

Ответ 2 – Иорданский предложил концепцию «**ключевого ароморфоза**». Это такое значимое изменение какой-то особенности анатомии, которое снимает некоторые адаптивные конфликты и влечет за собой каскадные преобразования во многих системах органов. Само исходное

Концепция ключевого ароморфоза на примере появления нагнетательного типа дыхания у рептилий (по Иорданскому)



Жевание – ключевой ароморфоз в предыстории млекопитающих?

Жевание стало возможным благодаря образованию вторичного более подвижного межчелюстного сустава.

Следствия:

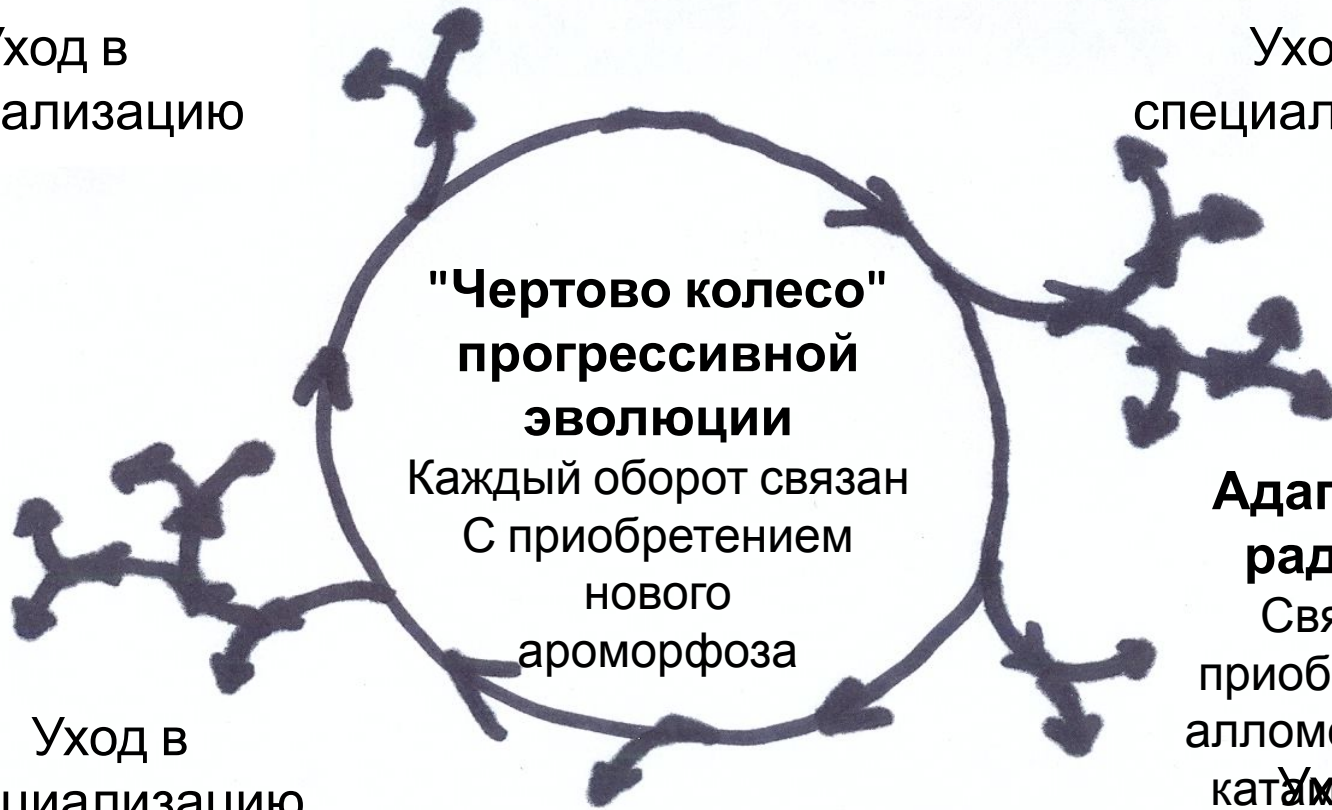
1. Освободившиеся косточки первичного сустава переходят в слуховую систему (молоточек, стремечко, наковальня во внутреннем ухе).
2. Более эффективная переработка пищи – повышение КПД метаболизма.
3. Это влечет возможность увеличения относительного размера



Собираем цельную картинку

Уход в
специализацию

Уход в
специализацию



Уход в
специализацию

Адаптивная радиация
Связана с приобретением алломорфозов и каталоморфозов
Уход в специализацию

Виды, вращающиеся в колесе прогрессивной эволюции подобны плюрипотентным стволовым клеткам, а вылетающие из него - дифференцирующимся клеткам организма.

Прогрессивная эволюция закономерна



Прогрессивная эволюция запускается снова и снова в разных ветвях эволюционного дерева, так что получается целый "парк аттракционов". Если ты вылетел с одного колеса, можно пересесть на другое, но по мере специализации шансы

И еще пару слов о красоте



Радиолярии

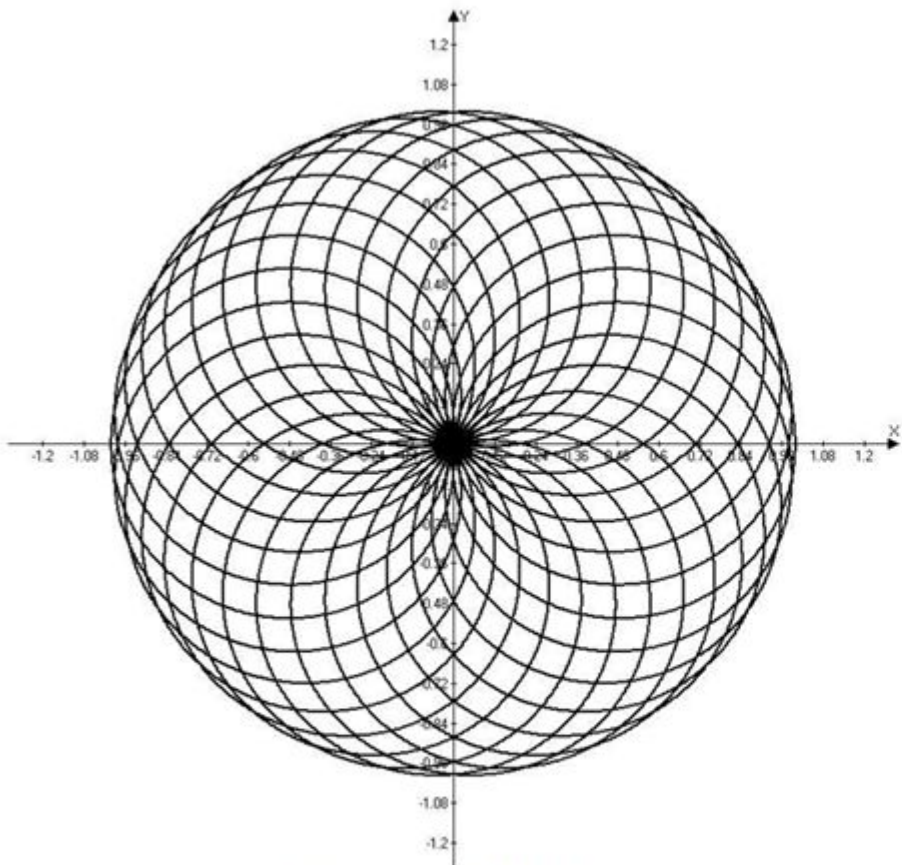
Зачем природе красота?

А что нам кажется красивым? Почему красивы фигуры в калейдоскопе? Нам нравится симметрия и фракталы

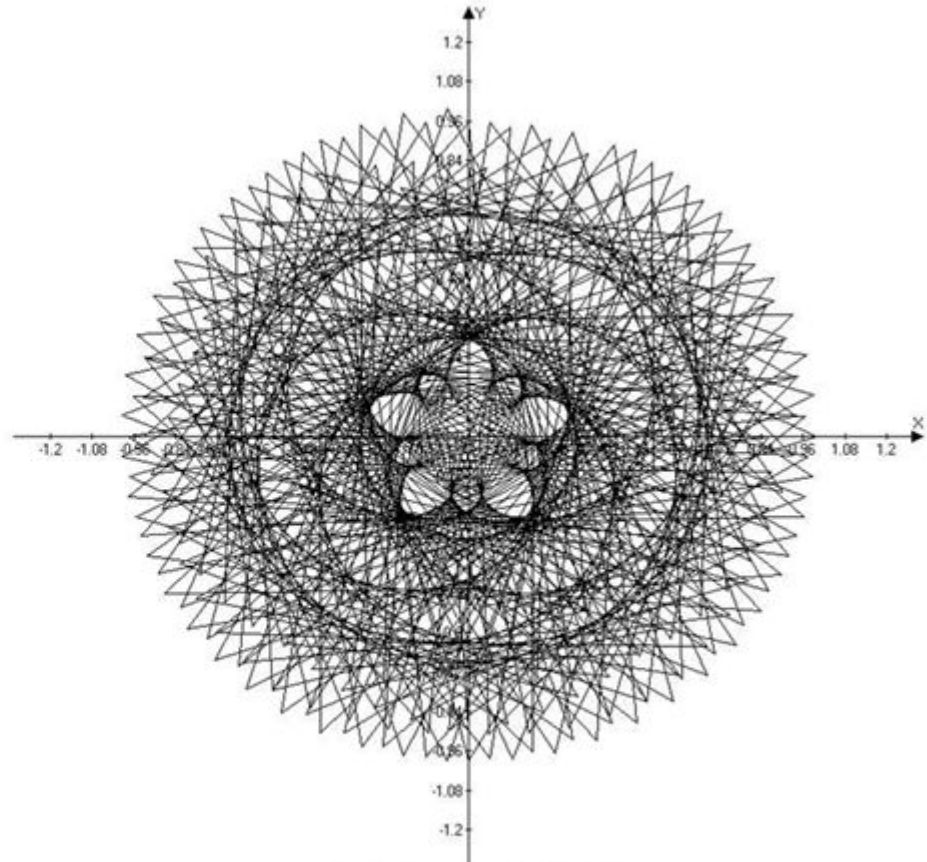


Ответ: красота получается вследствие выполнения простых правил организации процесса развития – чистая математика

Это просто красивые математические функции...



$$R(a) = \sin(0,9375a)$$



$$R(a) = \sin(0,99a)$$

но вообще-то, синусоиды описывают колебательные процессы, которые широко распространены в регуляции процессов онтогенеза. Меняем немного константу – и вуаля!

Закономерности биологической эволюции

- Правило самопроизвольного роста количества информации.
- Правило адаптивной направленности эволюции.
- Правило интеграции биологических систем.
- Ускорение прогрессивной эволюции.
- Правило необратимости эволюции.
- Правило преемственности.
- Правило параллельной и конвергентной эволюции сходных признаков.
- Правило происхождения больших групп от неспециализированного предка.
- Правило углубления специализации.
- Правило роста разнообразия (адаптивной радиации).
- Правило смены фаз («режимов») эволюции.
- Правило неравномерности темпов эволюции.



Спасибо за внимание