

Молекулярная организация нервной системы

2: Эволюция нервной системы

**Казанский медицинский
университет**

Казань

Лекция

16 сентября 2015

П.Д. Брежестовский

Институт динамики мозга

Факультет медицины

Университет Aix-Marseille

Марсель, Франция

piotr.bregestovski@univ-amu.fr pbreges@gmail.com

Часть 2:
Общие представления об эволюции нервной
системы.

Геохронологическая шкала

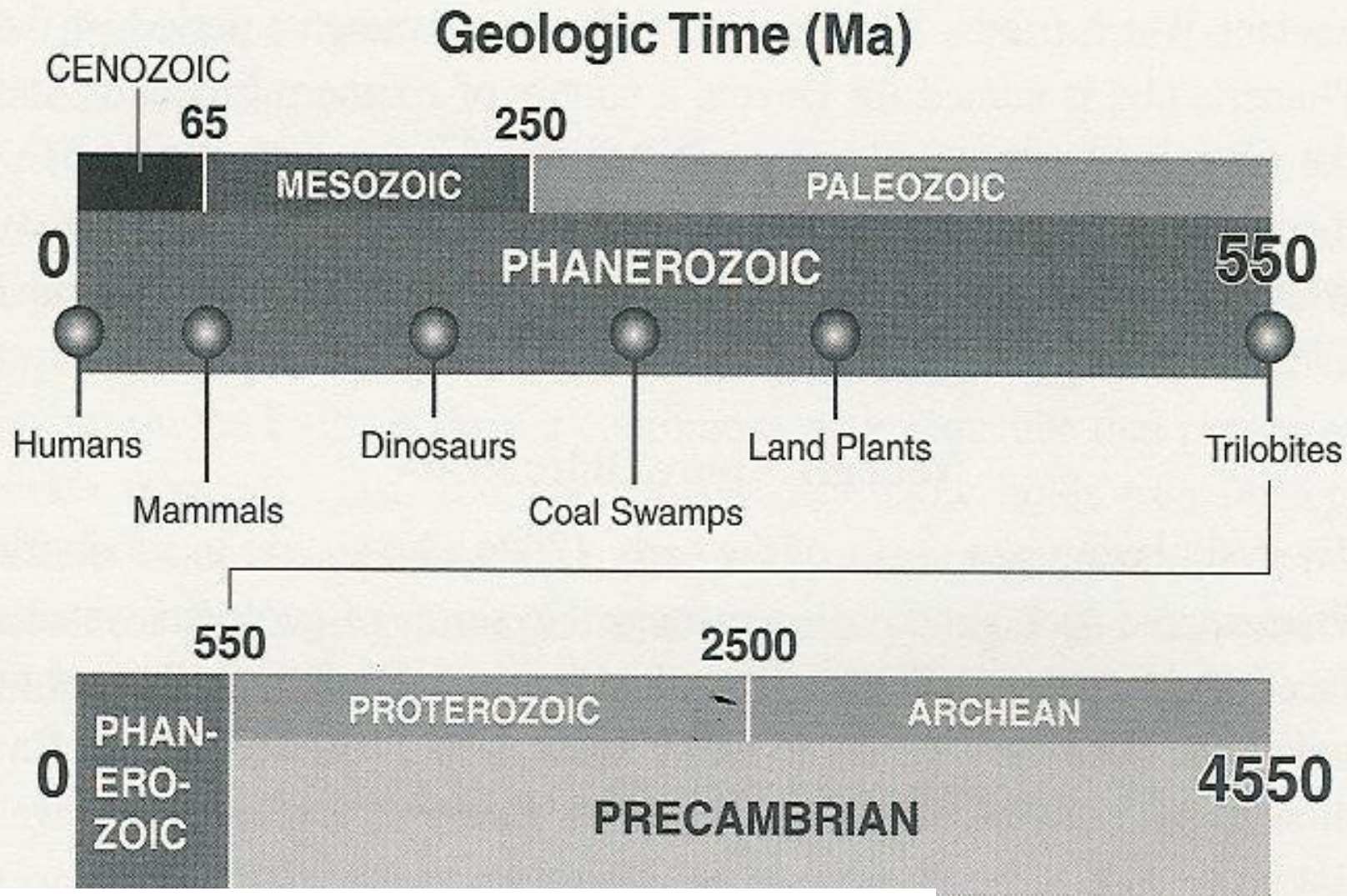
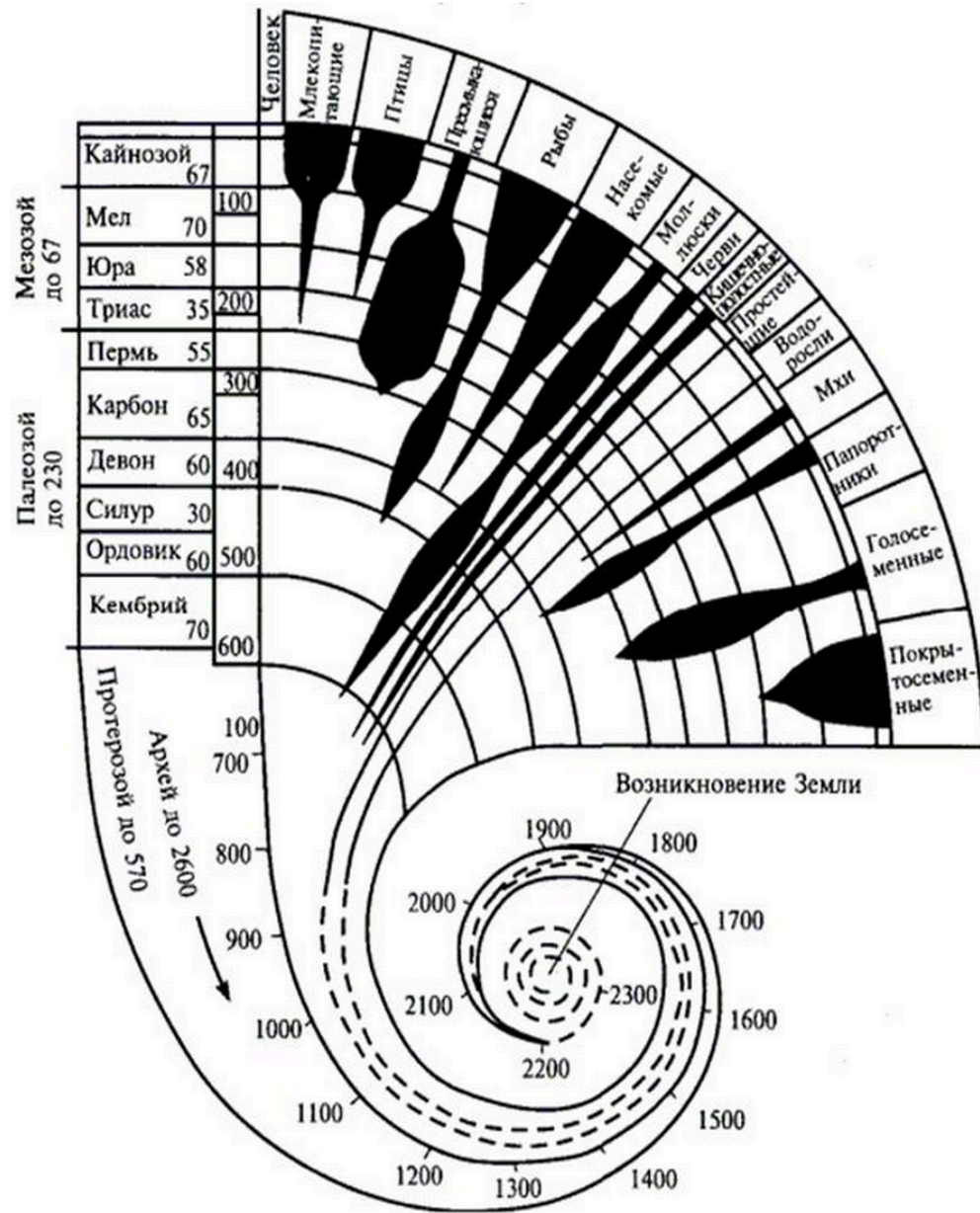
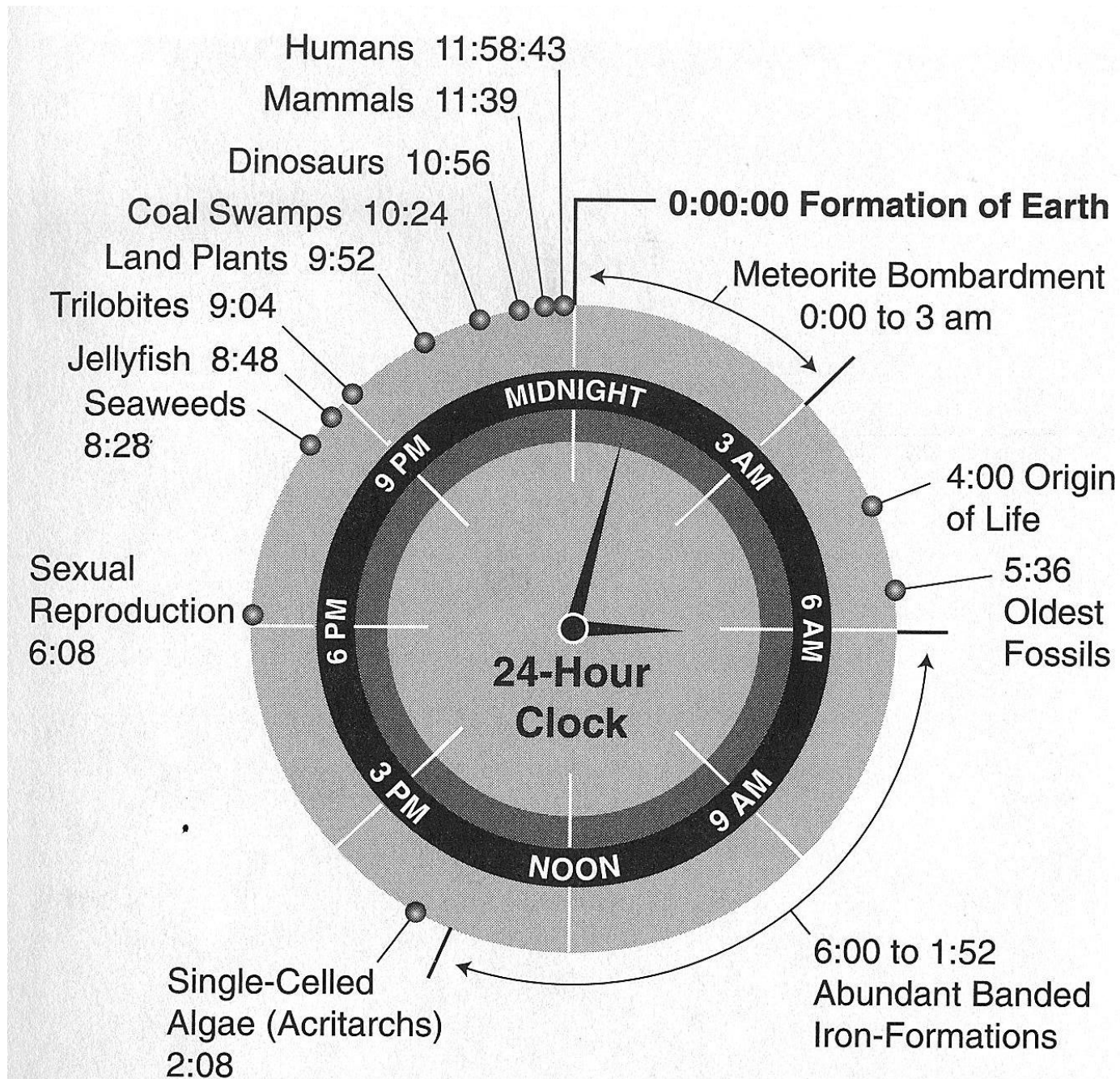


Figure 1.1 Principal divisions of geologic time.

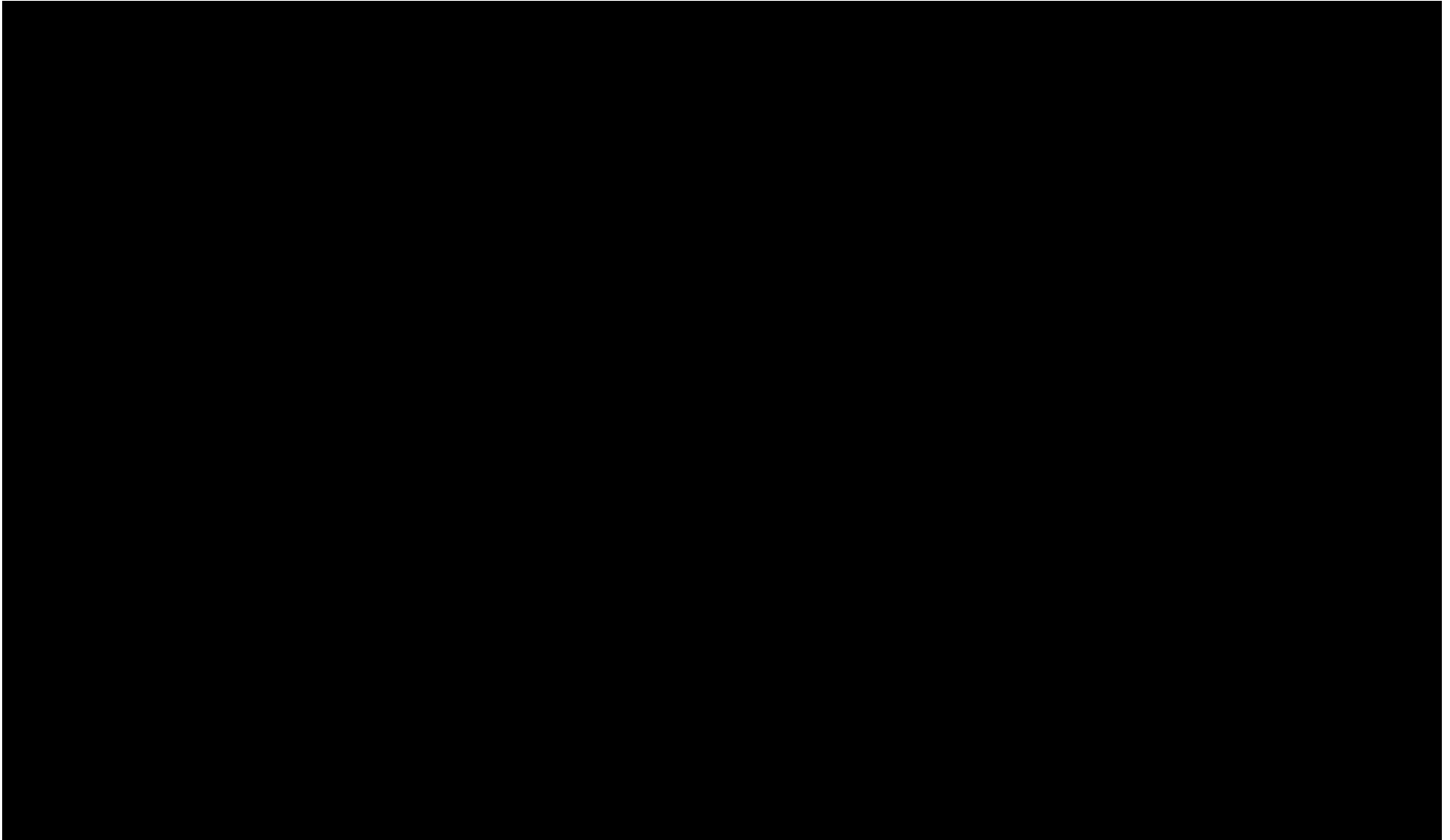
Схема эволюции





Геологическое время как 24-часовой день

4 млрд. лет эволюции за 40 сек



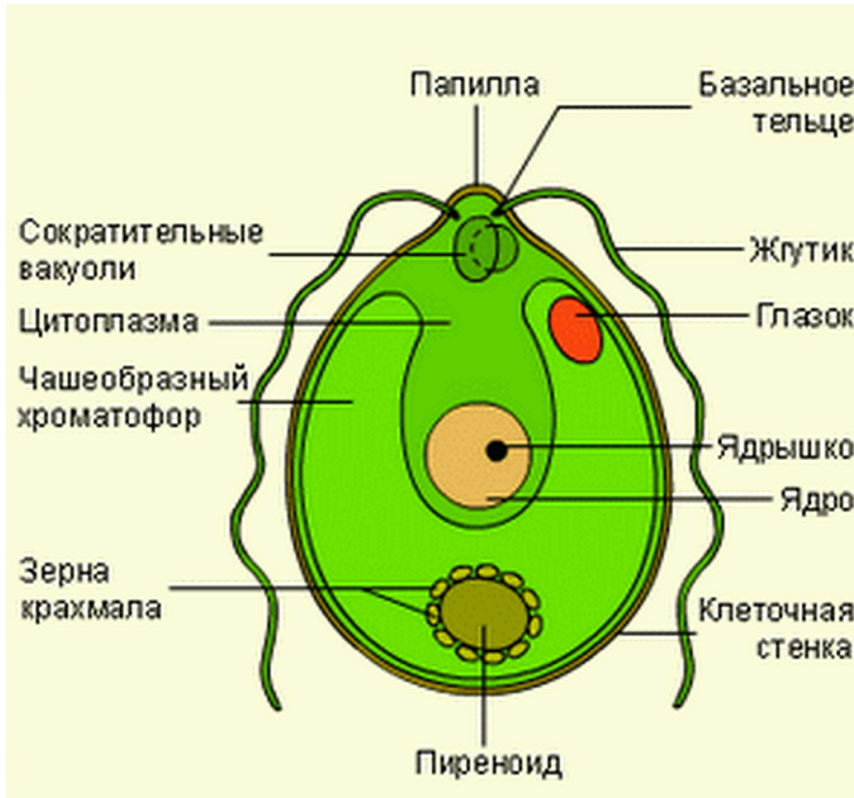
Этапы эволюции нервных клеток и мозга

Несмотря на то, что возраст Земли 4 500 млн.лет, нервные клетки и мозг появились сравнительно недавно:

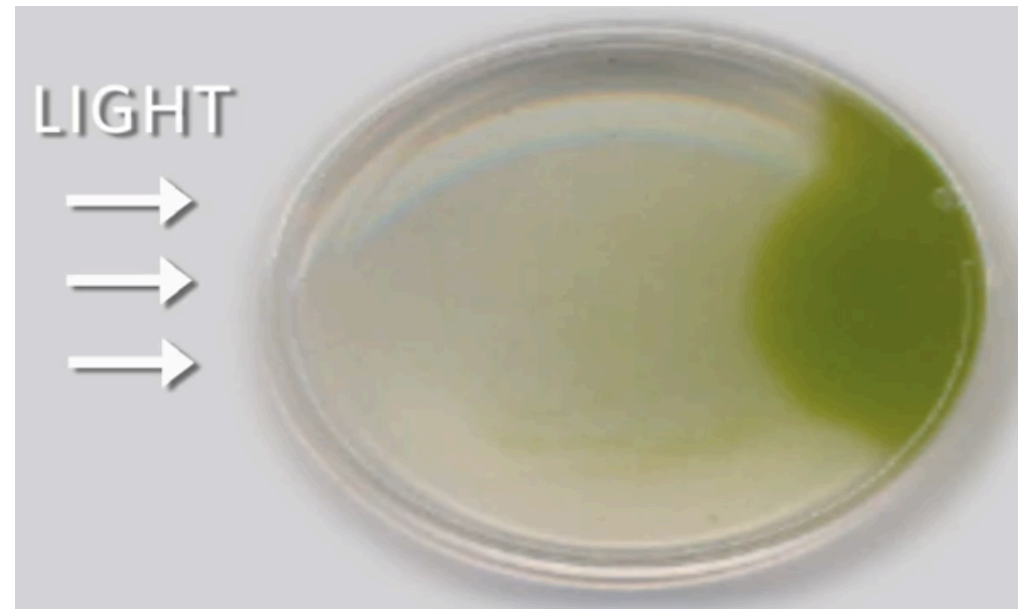
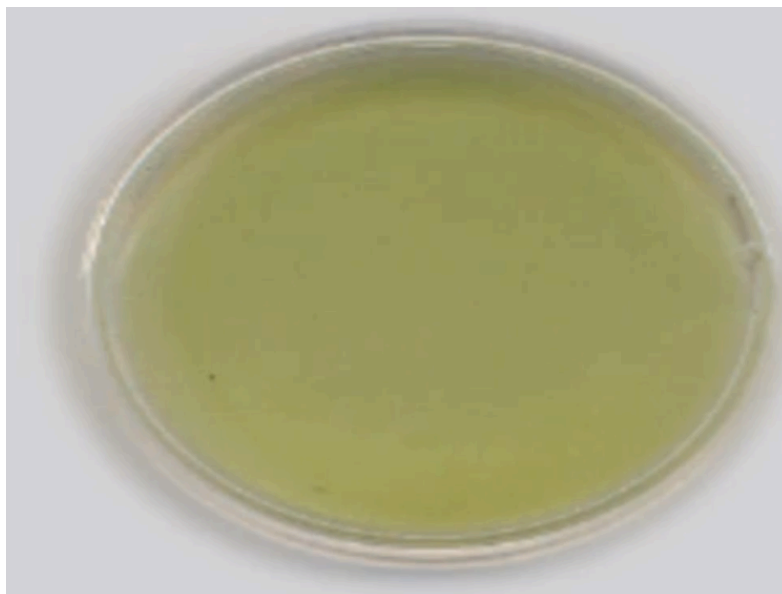
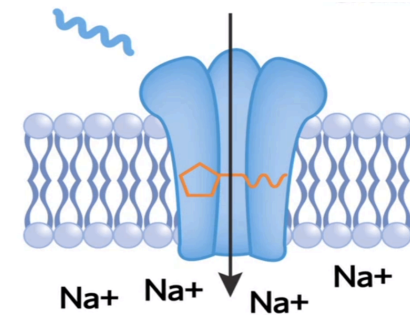
- Первые формы жизни: 3 500 млн.лет
- Первые нервные клетки: 700 млн.лет
- Первый мозг: 500 млн.лет
- Первый человеко-подобный: 3 - 4 млн.лет
- Современный мозг человека: 0.1-0.2 млн.лет

Способность клеток реагировать на окружающую среду эволюционировала на протяжении миллиардов лет

Зеленые водоросли Реагируют на свет

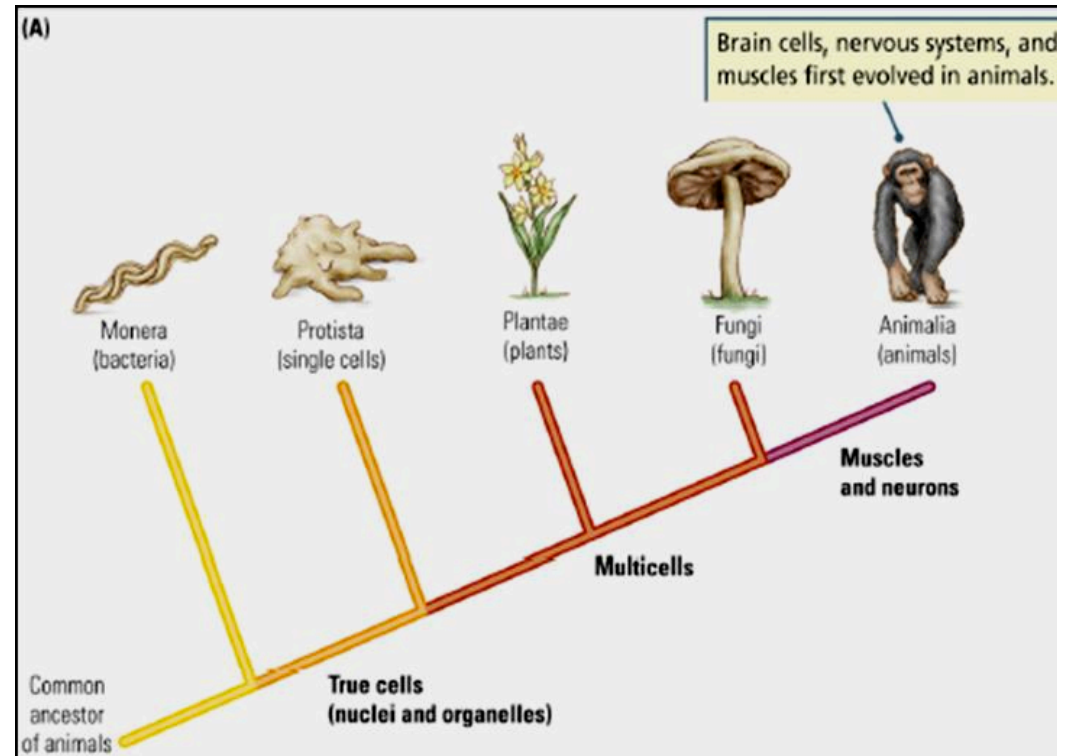


470 nm



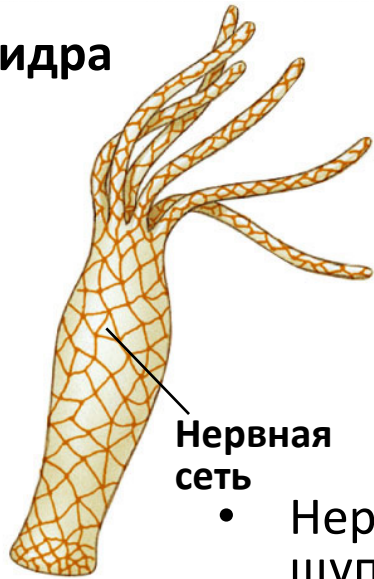
Царства биологической жизни:

- Monera (bacteria)
- Protista (single cells)
- Plantae (plants)
- Fungi (fungi)
- Animalia (animals)



▶ Единственное царство, организмы которого имеют нервные клетки и мозг

Гидра



Нервная сеть

Простейшая нервная система:
нет контроля очень сложных
действий

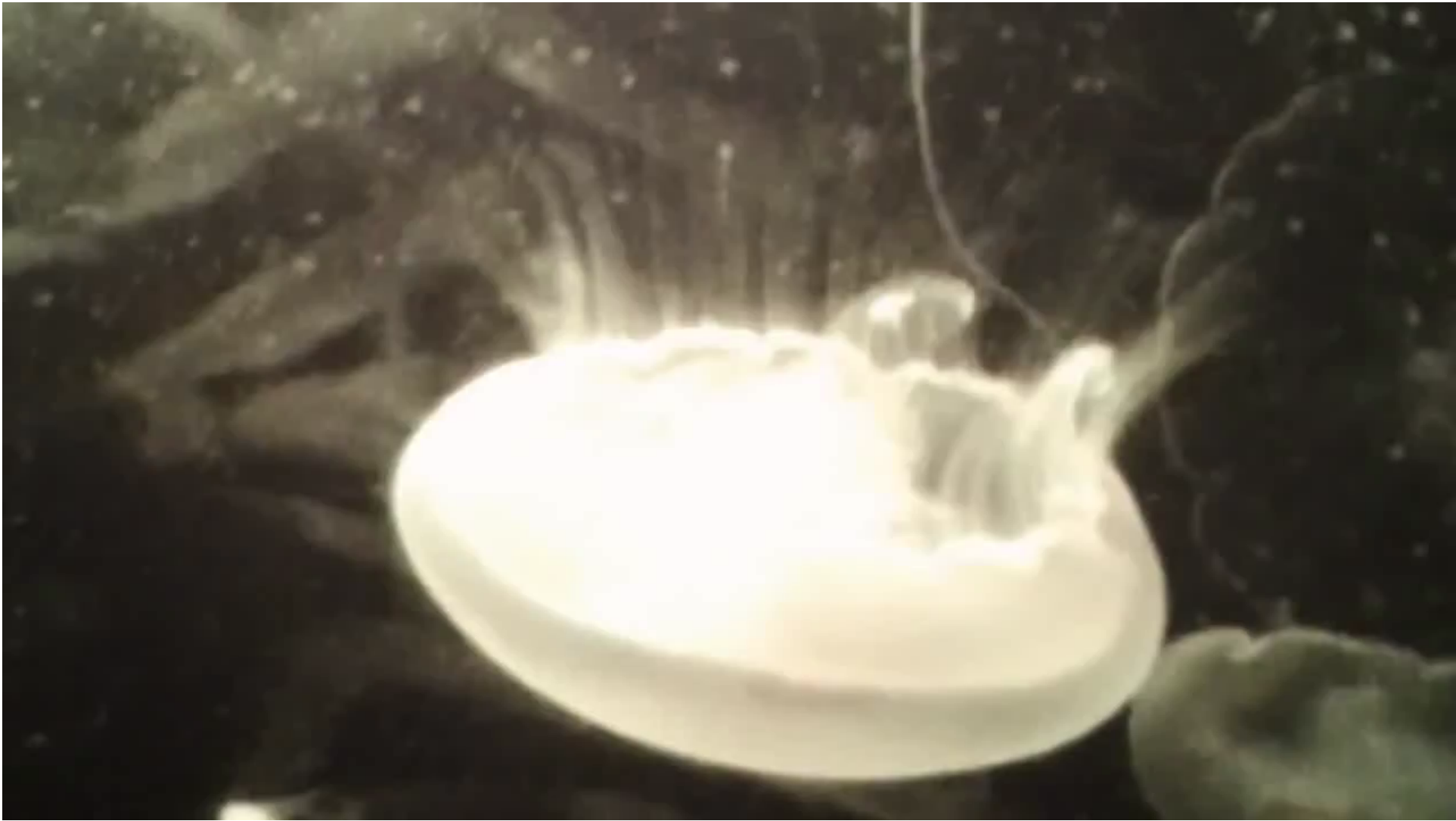
- Нервные сплетения на подошве, на щупальцах и вокруг рта (околоротовое нервное кольцо)
- Около 5000 нейронов
- Чувствительные клетки:
 - расположены поперек эпителиального пласта наружу;
 - имеют неподвижный жгутик, окруженный воротничком из микроворсинок, который способен воспринимать раздражение.
- Ганглиозные нервные клетки
 - расположены в основании эпителиально-мышечных клеток и не выходят во внешнюю среду.
- детектирование света, вибраций и химических соединений.



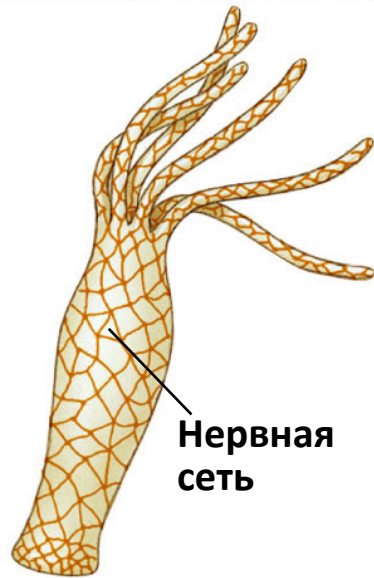
Гидра



Медуза

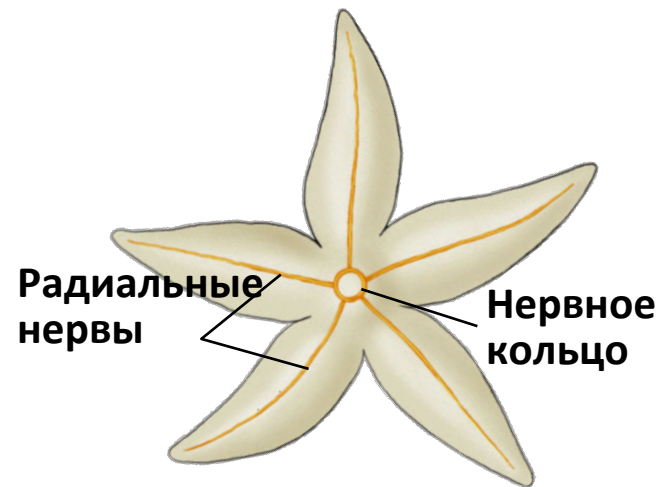


Эволюция мозга



Гидра

Простейшая нервная система: нет контроля сложных действий



Иглокожие

Организованная нервная сеть. Более сложные движения

Морская звезда переворачивается



Эволюция мозга - Цефализация

- Увеличение числа интернейронов в мозге

Уникальная система движений

Острое зрение

Быстрое и сложное изменение цвета кожи



Еще более сложный мозг,
у хищников -наиболее
сложная нервная система
среди беспозвоночных



Эволюция мозга - Цефализация

- Увеличение числа интернейронов в мозге

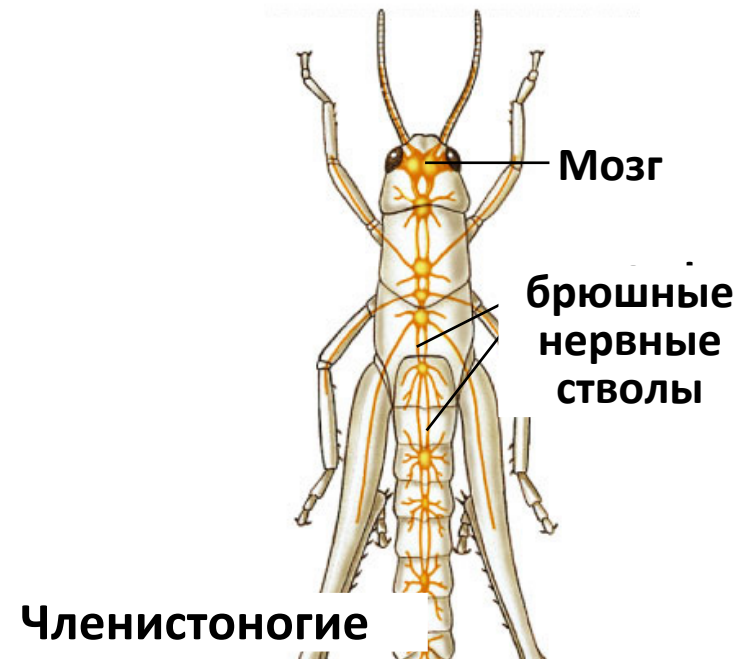
Уникальная система движений

Острое зрение

Быстрое и сложное изменение цвета кожи

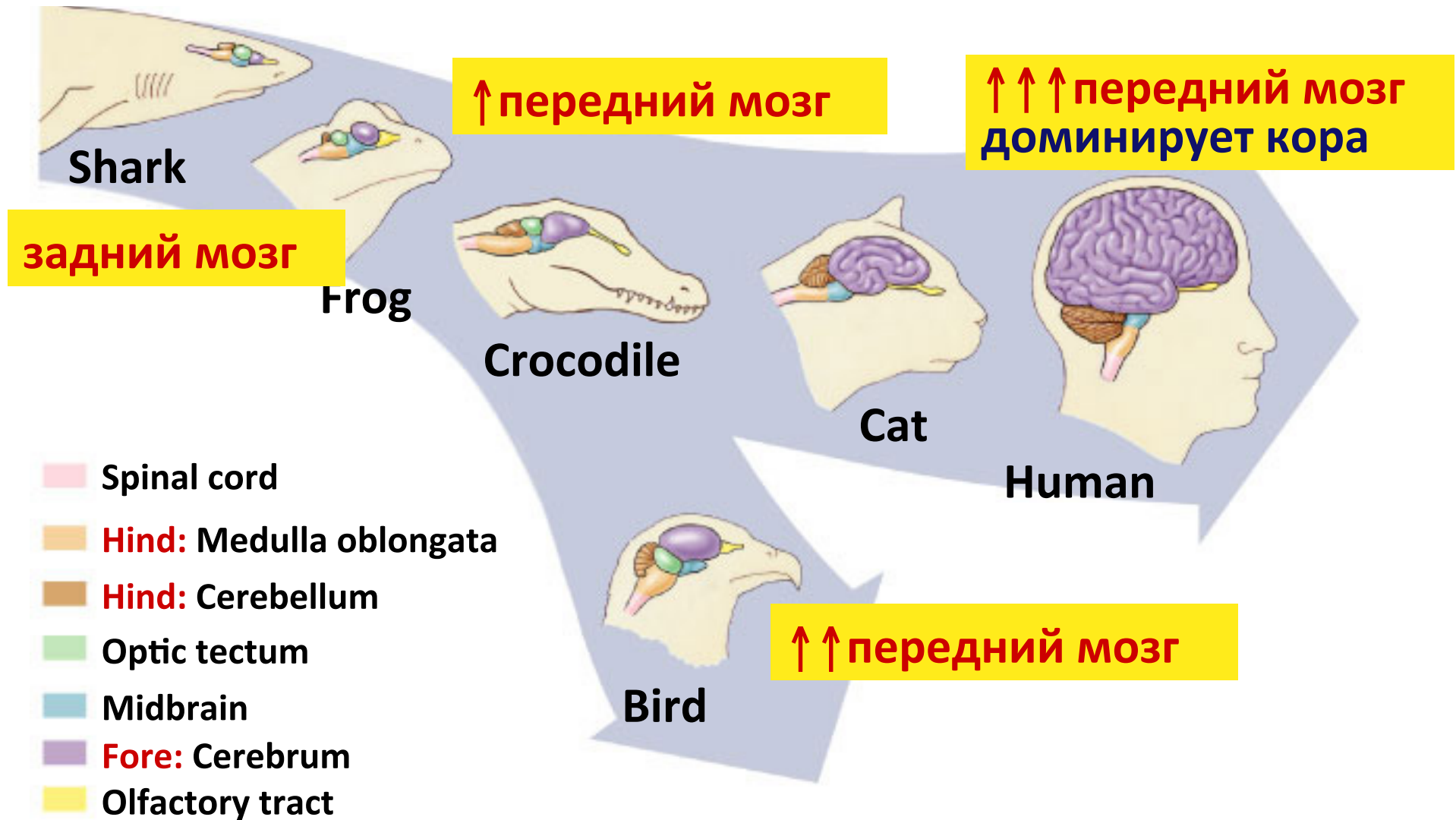


Еще более сложный мозг, у хищников -наиболее сложная нервная система среди беспозвоночных

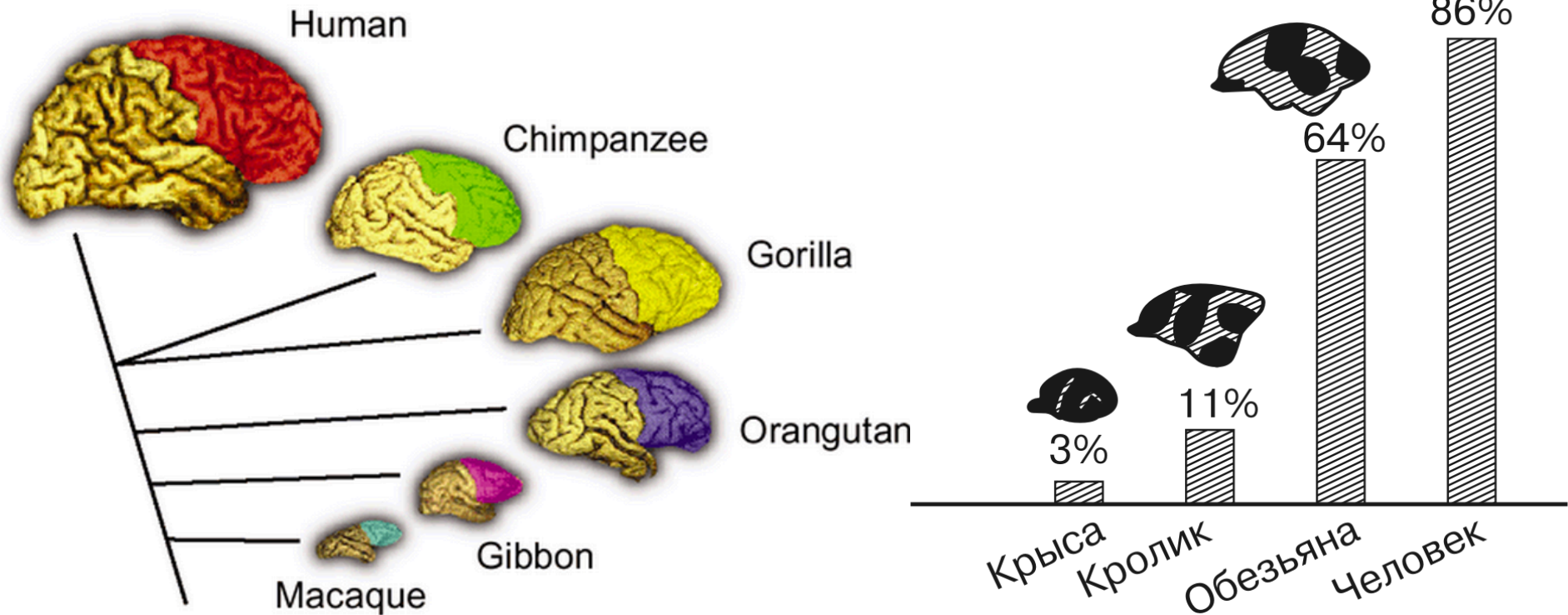


Дальнейшее развитие мозга ганглии - нейронные кластеры вдоль ЦНС

Evolution of vertebrate brain



Увеличение коры мозга в процессе эволюции примат

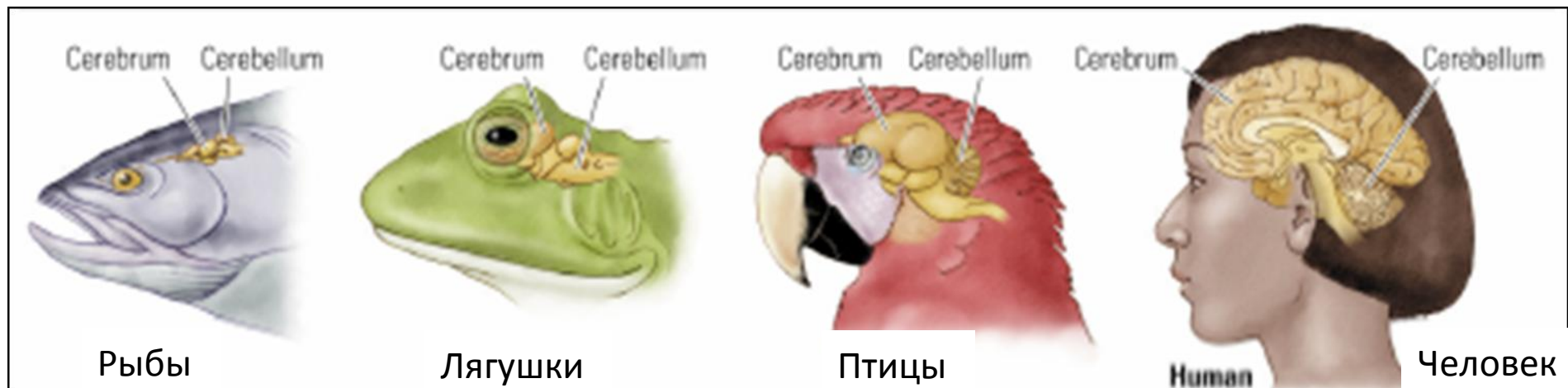


Увеличение доли зон новой коры (заштрихованная область) в эволюции млекопитающих в сравнении со старой корой (черные области)

Новая кора – это самостоятельный высший орган иерархии, обладающий особыми свойствами

Эволюция НС позвоночных

- Сложность поведения коррелирует:
 - с эволюцией коры и мозжечка:
- Мозжечок включен в координацию моторных функций и другие ментальные процессы;
- Увеличением мозга и извилистости коры (увеличить площадь ткани мозга)



Факты и мифы о мозге

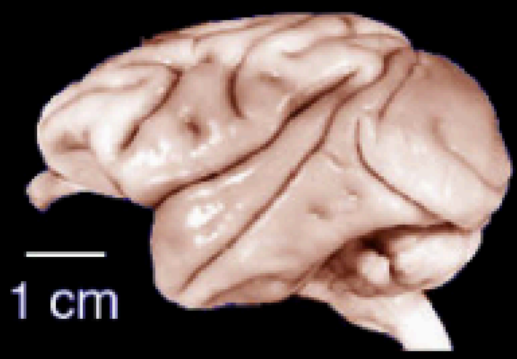


- Вес мозга человека – 2% от массы тела
- Мозг человека потребляет 20-25% энергии
- **Мозг человека содержит 100 млрд. нейронов???**
- Более половины всех нейронов сосредоточено в коре головного мозга.
-
-



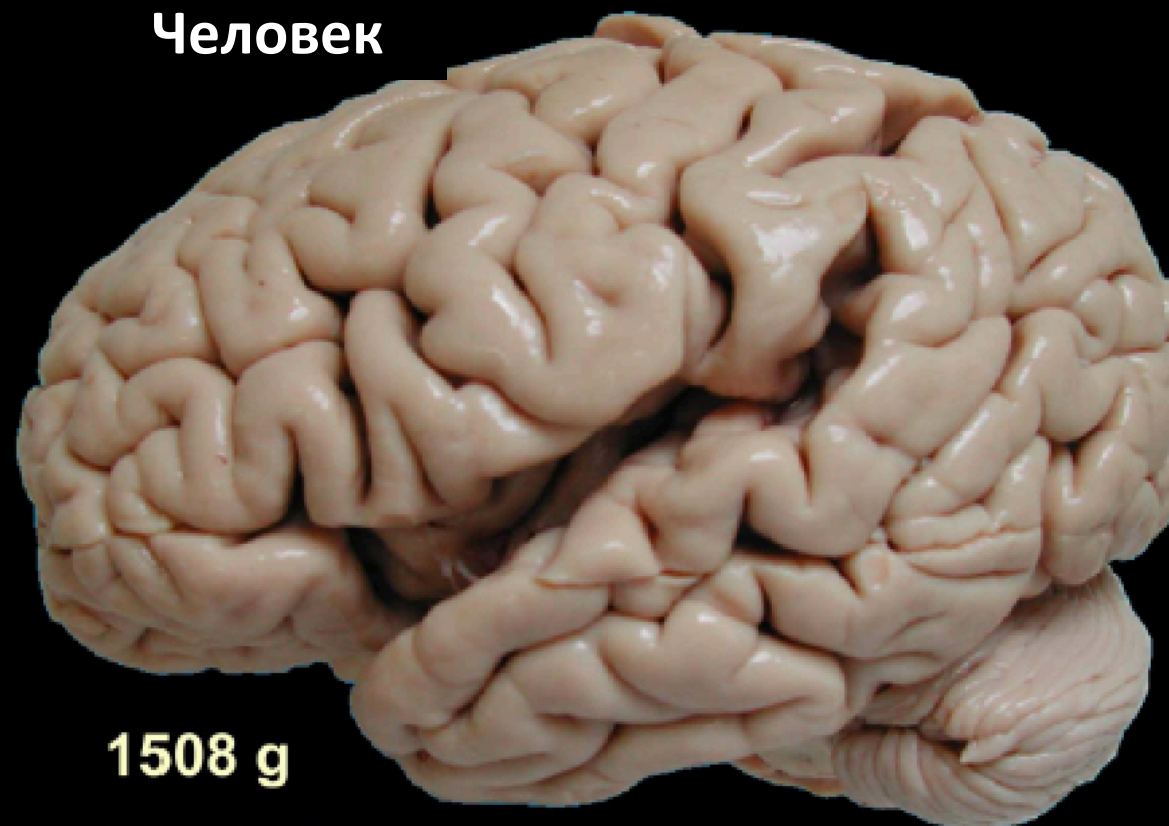
Мозг человека содержит 86, а не 100 млрд. нейронов
 Разве это большая разница?

**Обезьяна
(макака)**



87.35 g
6376 M

Человек

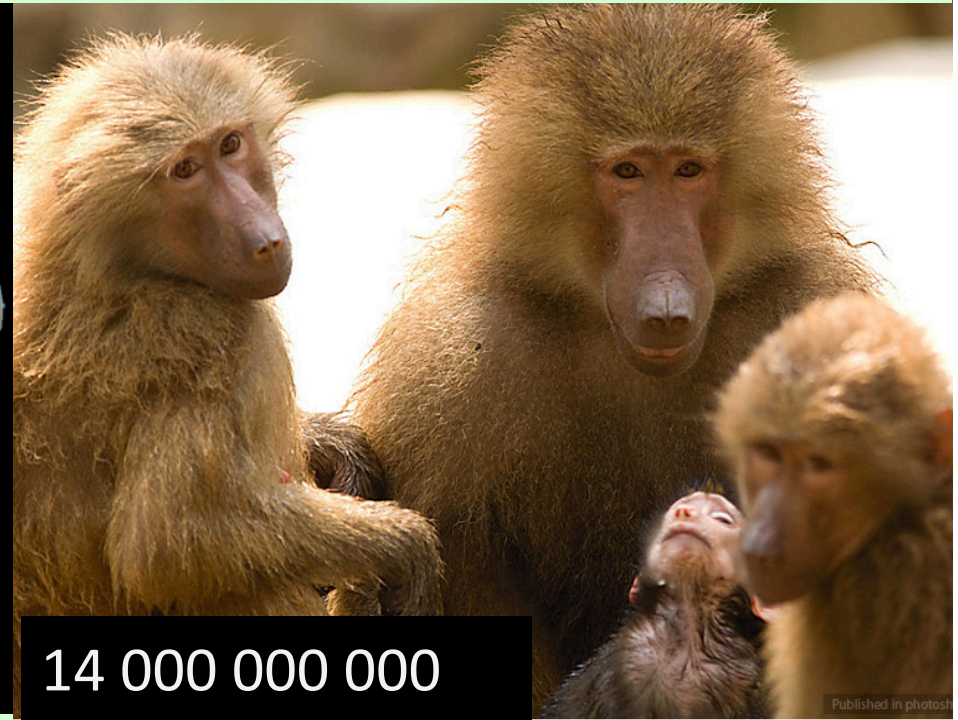
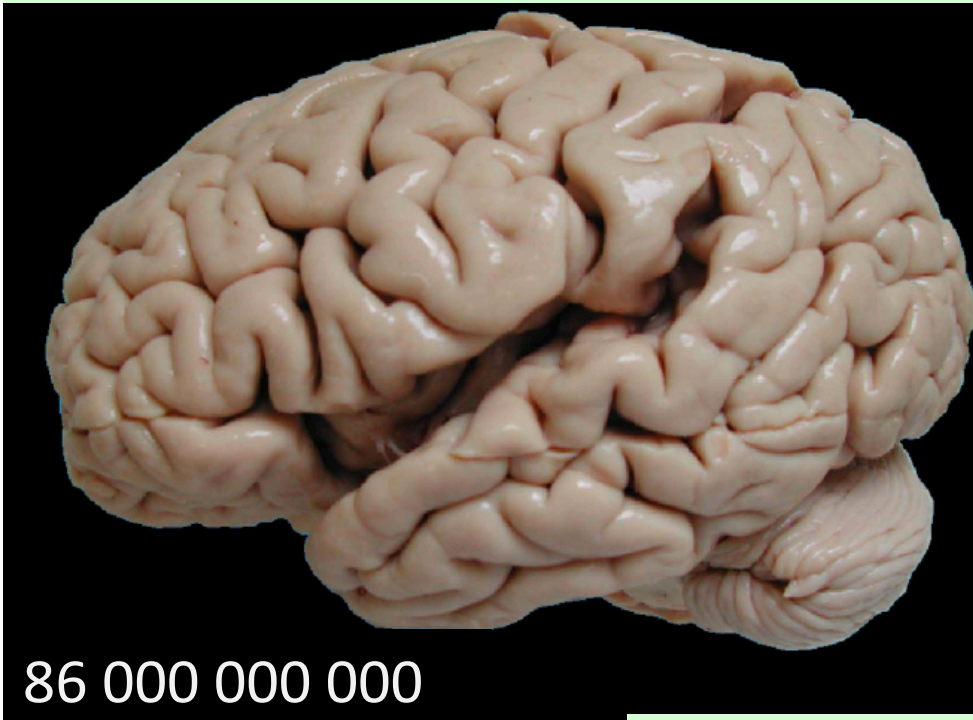


1508 g
86000 M

Herculano-Houzel, 2009

14 млрд. Разве это большая разница?

Африканские бабуины подобны человеку в плане поведения. У них сложные социальные системы, они могут испытывать стресс и умеют абстрактно мыслить.



Бабуины – входят в десятку самых умных животных планеты

Фильм: Лев и бабуин



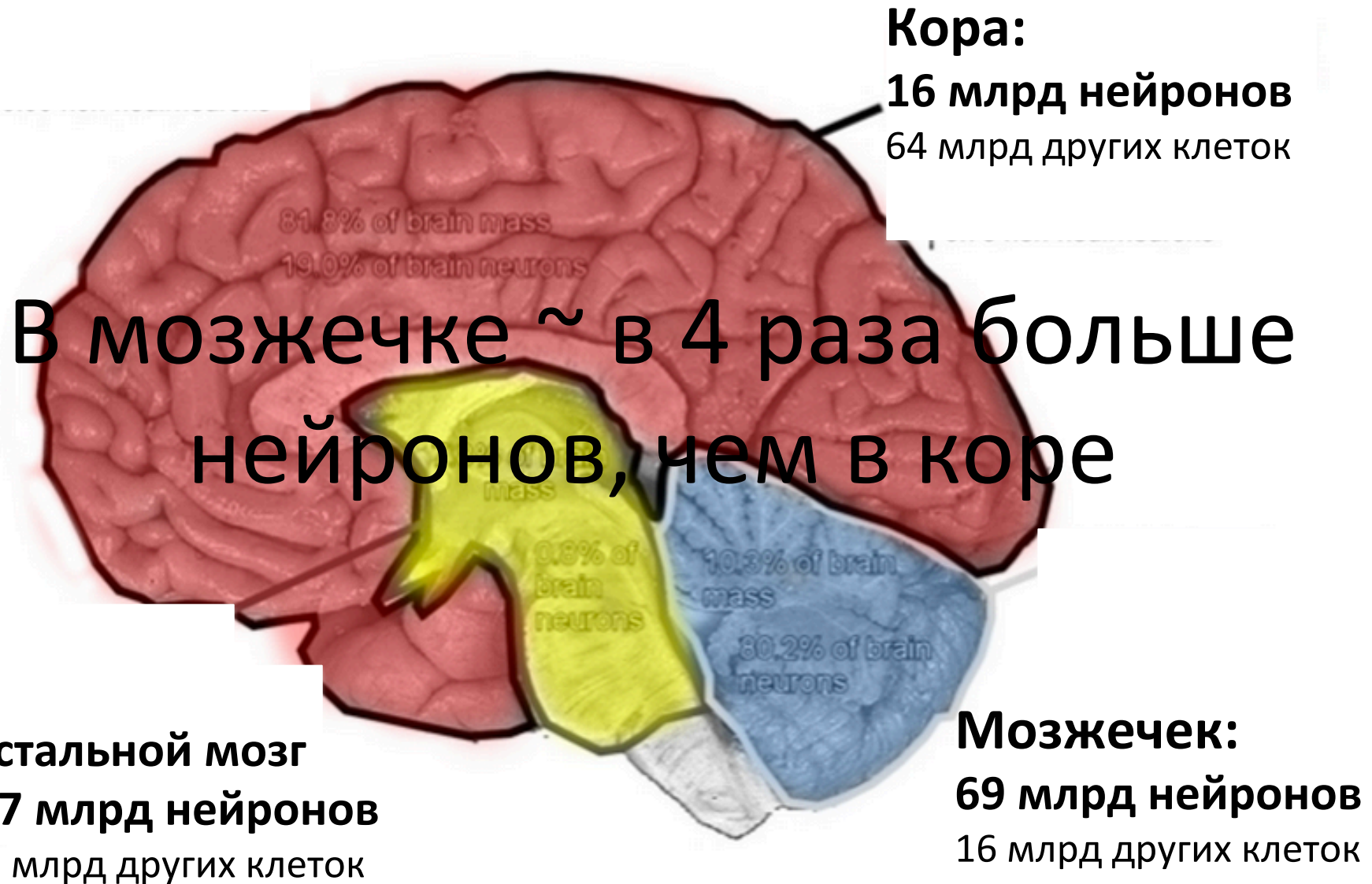
Факты и мифы о мозге



- Вес мозга человека – 2% от массы тела
- Мозг человека потребляет 20-25% энергии
- Мозг человека содержит 100 млрд. нейронов. Нет 86 млрд.: разница мозг бабуина

- **Более половины всех нейронов сосредоточено в коре головного мозга.**

Мозг в цифрах: где больше нейронов?

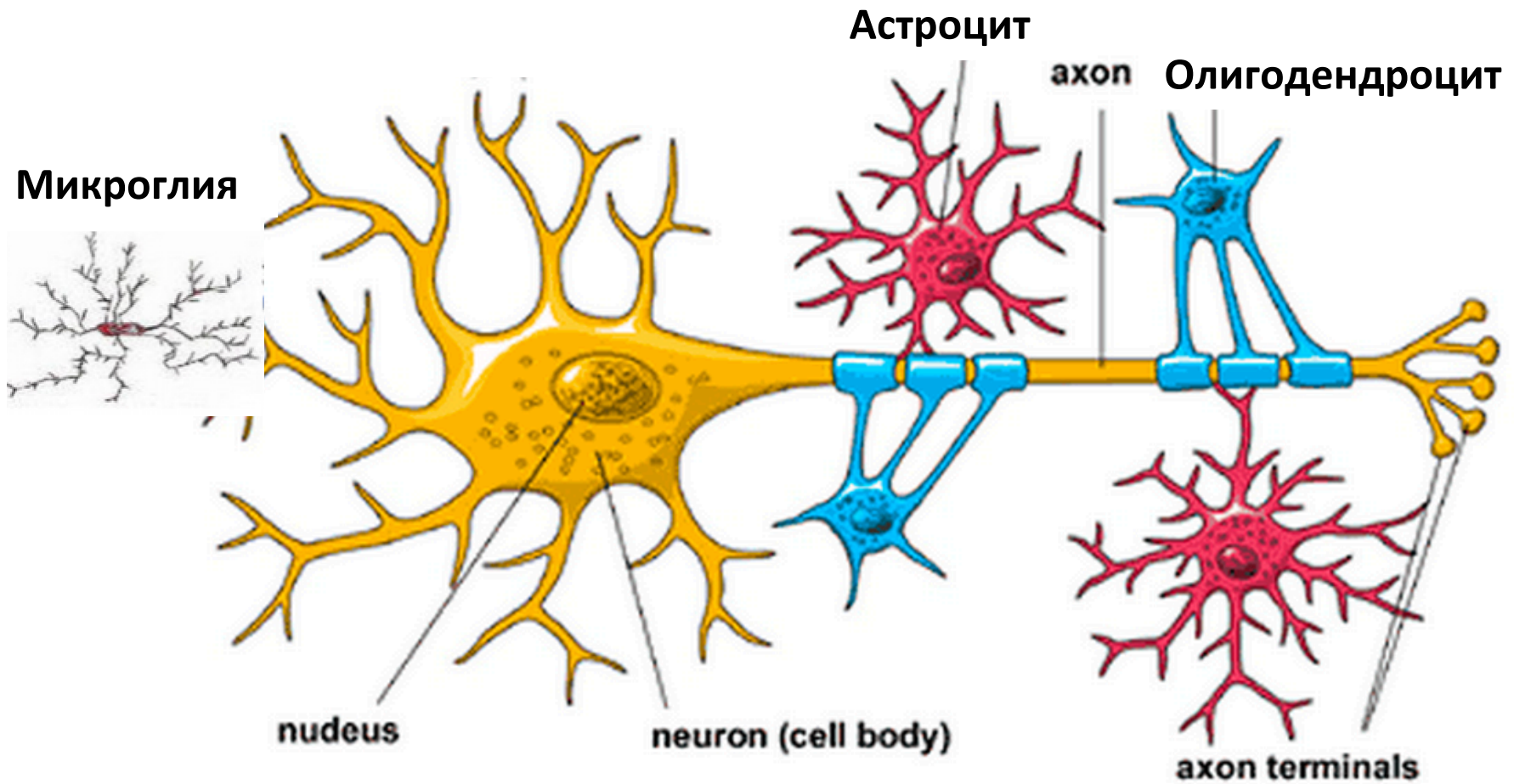


Факты и мифы о мозге



- Вес мозга человека – 2% от массы тела
- Мозг человека потребляет 20-25% энергии
- Мозг человека использует меньше энергии, чем лампочка
- Мозг человека содержит 100 млрд. нейронов.
- Более половины всех нейронов сосредоточено в коре мозга.
- **Глиальных клеток в 10 раз больше, чем нейронов???**
- Уровень интеллекта зависит от размера мозга
- Упражнения помогают держать мозг в форме.
- Человек может использовать только 10% своего мозга.

Нейроны и глия



Мозг в цифрах: нейроны и глия

Целый мозг: $\sim 1:1$

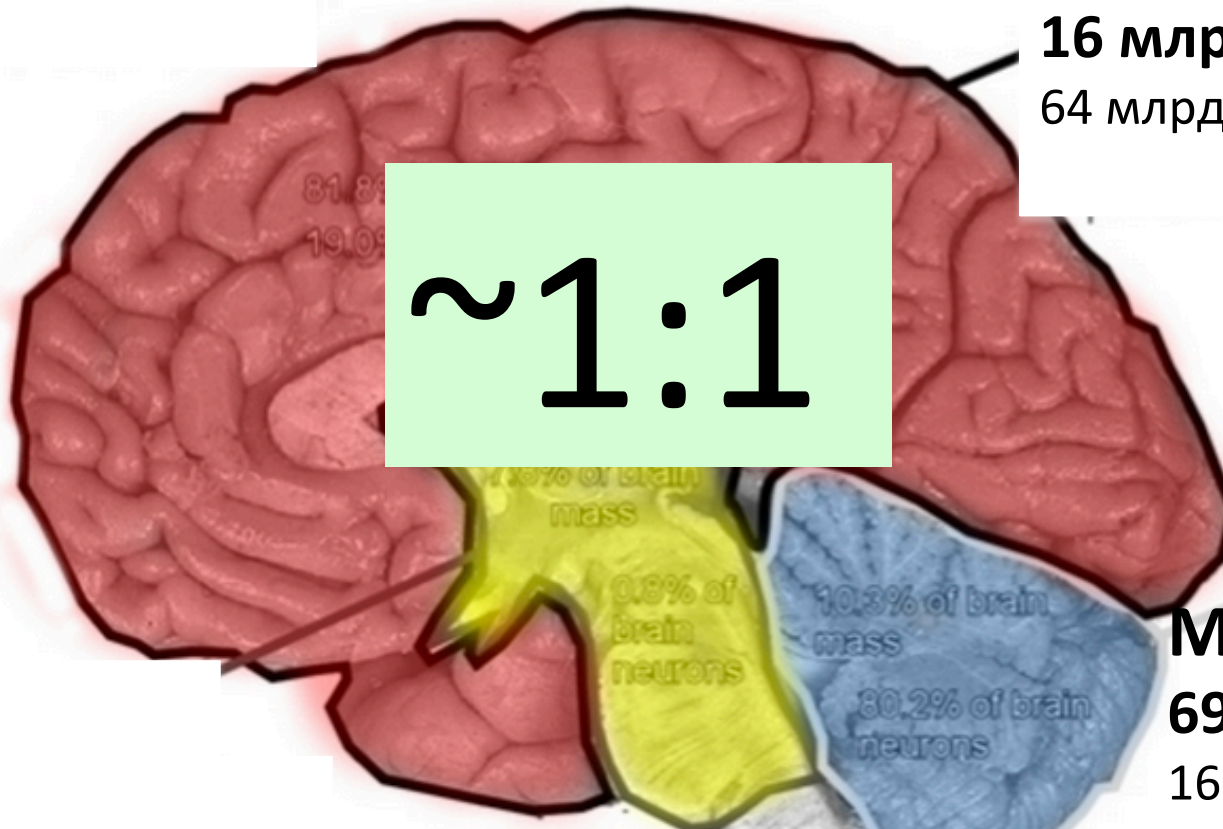
86 млрд нейронов

85 млрд других клеток

Кора: $\sim 1:4$

16 млрд нейронов

64 млрд других клеток



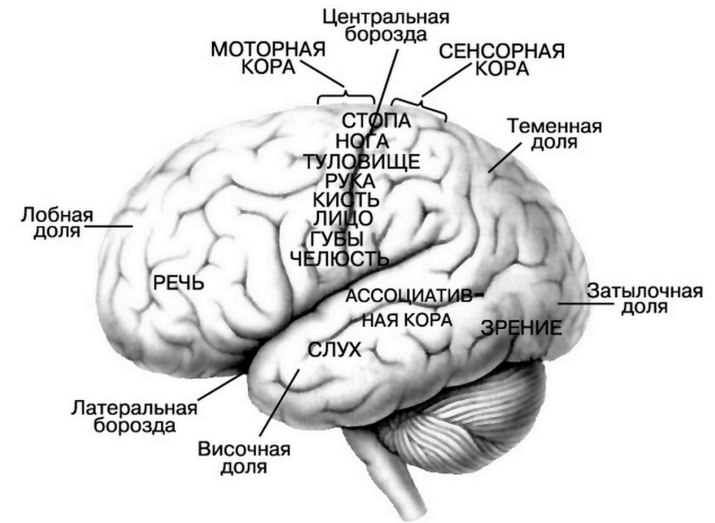
Мозжечек: $\sim 4:1$

69 млрд нейронов

16 млрд других клеток

В отличие от общепринятого утверждения, что в мозге глиальных клеток в 10 раз больше, чем нейронов, их реальное СРЕДНЕЕ отношение: $\sim 1:1$

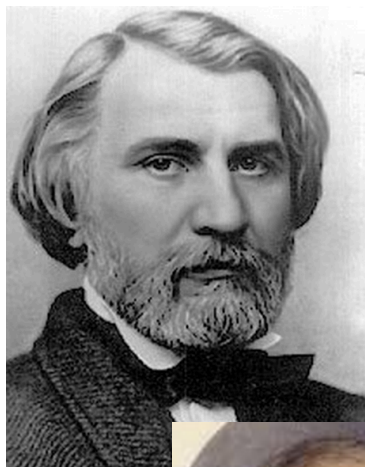
Факты и мифы о мозге



- Вес мозга человека – 2% от массы тела
- Мозг человека потребляет 20-25% энергии
- Мозг человека содержит 100 млрд. нейронов.
- Более половины всех нейронов сосредоточено в коре головного мозга.
- **Уровень интеллекта зависит от размера мозга**

•

Внутри вида - нет



Иван Сергеевич Тургенев

Вес мозга **2012 г**

Рост 192 см



Дмитрий Иванович Менделеев

Вес мозга **1540 г**

Был высокого роста, никогда не был полным



Владимир Ильич Ленин

Вес мозга **1340г**

Рост 164 см



Анатоль Франс

Вес мозга **1017г**

Рост 192 см

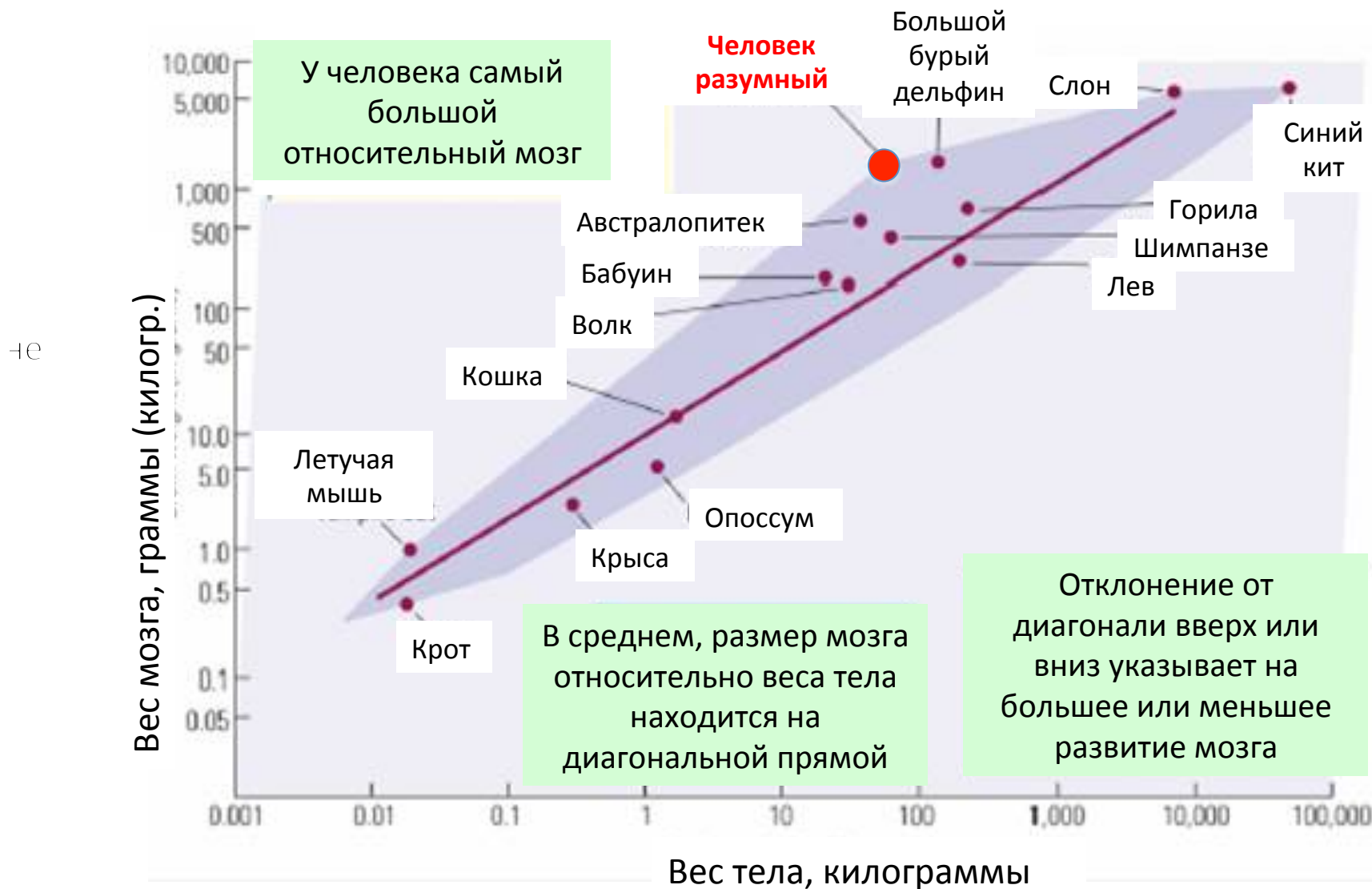
Водосвинка

мозг – 70 г

Обезьяна капуцин – мозг 50 г



Относительные размеры мозга у млекопитающих



Дельфин бутылконос - Афалина



Фильм - афалина



Интеллектуальные способности коррелируют, но строго не зависят от размера мозга

- мозг кита ~ 9 кг, около 200 млрд. нейронов
- мозг человека ~ 1,25-1,55 кг, ~ 85 млрд. нейронов
- мозг пчелы ~ 1 мг, около 1 млн. нейронов:
 - Множественные формы обучения
 - Избирательное внимание
 - классифицируют объекты (собака – человек)
 - различают формы (симметрич. – ассиметричные)
 - различают новизну предметов (тот же – другой)

И всё-таки, экспансия Homo sapiens
очевидна.

Главная причина?

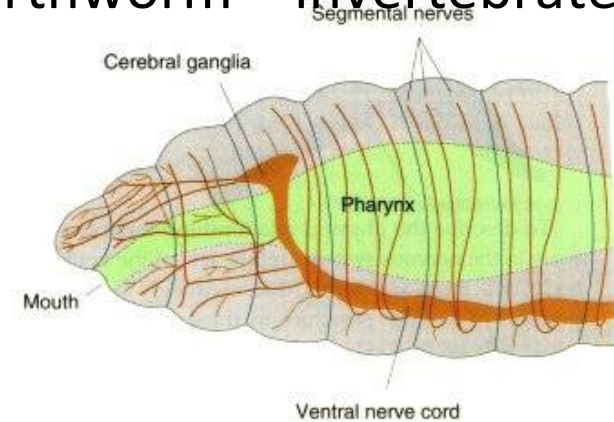
Творчество

НС позвоночных и беспозвоночных

Беспозвоночные:

- Нервные сети; сегментирован нервный ствол, ганглии
- Стимул / ответ, рецептор / эффектор
- Преимущественно безусловные рефлексы

Earthworm – invertebrate



Позвоночные:

- Головной и спинной мозг – внутри хряще или костной оболочки
- Перекрестная организация: каждое полушарие получает и контролирует противоположную сторону тела
- Спинной мозг расположен дорзально: вы или сзади сердца и желудка
- Условные и безусловные рефлексы

