Доказательства эволюции

Кодификатор ЕГЭ: 6.3 · Линии ЕГЭ: 17, 19, 20, 26 · kursteam.ru/teoriya/evolyutsiya/dokazatelstva-evolyutsii

КОРОТКО

- Группы доказательств (они же методы изучения) эволюции: палеонтологические, сравнительно-анатомические, эмбриологические, биогеографические, молекулярно-генетические и биохимические.
- Палеонтология даёт ископаемые остатки, переходные формы (археоптерикс, ихтиостега) и филогенетические ряды (ряд лошади).
- Гомологичные органы имеют общий план строения и происхождение (результат дивергенции); аналогичные - общую функцию при разном происхождении (результат конвергенции).
- Рудименты - недоразвитые органы, есть у всех особей вида (аппендикс, копчик); атавизмы - возврат к признакам предков у отдельных особей (хвост, многососковость).
- Правила эволюции: необратимость, адаптивная радиация, неравномерность темпов; формы макроэволюции - дивергенция, конвергенция, параллелизм.

Эволюцию нельзя увидеть целиком - она идёт миллионы лет. О ней судят по следам, которые она оставила. Каждая группа доказательств - это одновременно и **метод изучения** эволюции.

Группа	Что изучает	Главные понятия
Палеонтологические	ископаемые остатки организмов	окаменелости, переходные формы, филогенетические ряды
Сравнительно-анатомические (морфологические)	строение современных организмов	гомологичные и аналогичные органы, рудименты, атавизмы
Эмбриологические	зародышевое развитие	закон Бэра, биогенетический закон
Биогеографические	распределение видов по Земле	дрейф континентов, эндемики, реликты
Молекулярно-генетические и биохимические	ДНК, белки, обмен веществ	универсальный генетический код, сходство последовательностей ДНК

Палеонтологические доказательства

Палеонтология - наука об ископаемых остатках организмов.

Ископаемые остатки

Скелеты, отпечатки, окаменелости, копролиты (ископаемые испражнения), инклюзы (остатки в янтаре). Расположение остатков в слоях земной коры показывает последовательность появления групп: чем глубже слой, тем древнее организмы.

Палеонтологическая летопись неполна, поэтому её данные относительны:

- организмы без скелета почти не сохраняются;
- многие остатки съедены или разрушены за миллионы лет.



1 - Окаменелость - раковина аммонита
2 - Отпечаток листа папоротника
3 - Инклюз - насекомое в янтаре
4 - Мамонтёнок, сохранившийся в вечной мерзлоте

Ископаемые остатки.

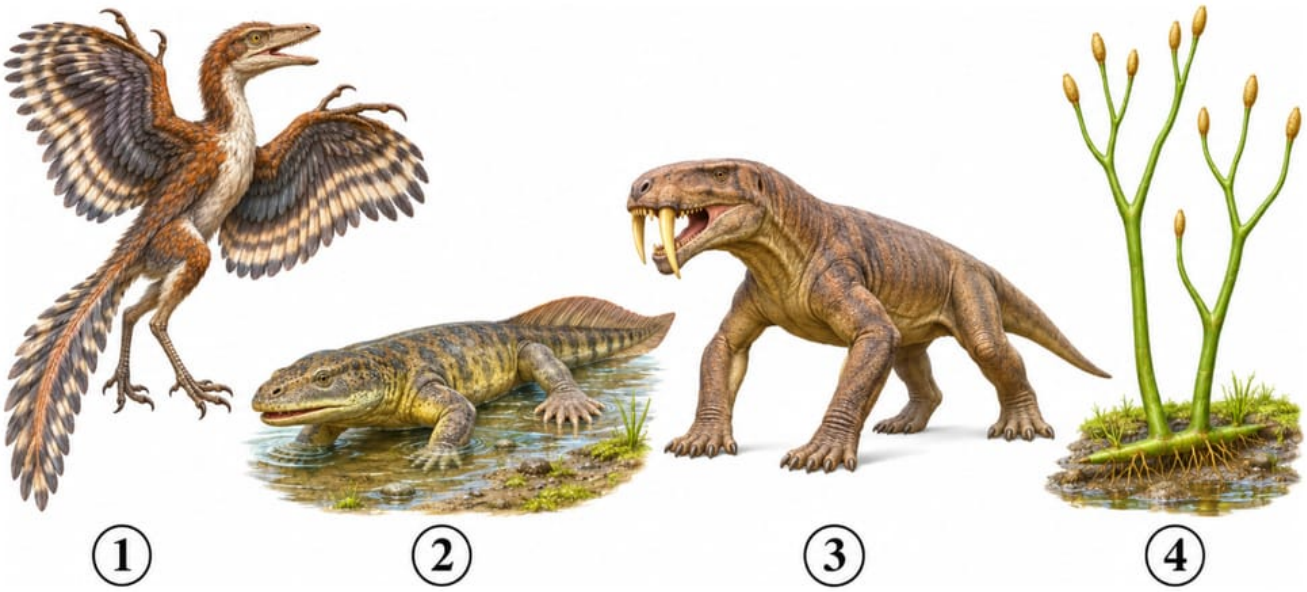
Переходные формы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Переходные формы

Вымершие организмы, сочетающие признаки двух групп - более древней (предковой) и более молодой. Доказывают происхождение одной группы от другой.

Переходная форма	Между кем	Признаки предков	Признаки потомков
Ихтиостега	рыбы - земноводные	обтекаемое тело с чешуёй, остаток хвостового плавника, боковая линия	пятипалые конечности наземного типа, лёгкие
Сеймурия	земноводные - пресмыкающиеся	икра в воде, личинки с наружными жабрами	строение позвоночника и конечностей как у рептилий, сухая кожа
Археоптерикс	пресмыкающиеся - птицы	зубы в клюве, длинный хвостовой отдел позвоночника, когти на крыльях, грудина без киля	перья, цевка, общий облик птицы
Зверощеры (иностранцевия)	пресмыкающиеся - млекопитающие	роговые чешуи, ноги по бокам туловища	дифференцированные зубы (клыки)
Псилофиты (риниофиты)	водоросли - высшие споровые растения	нет корней и листьев	стебель с покровной, проводящей и механической тканями, спорангии
Семенные папоротники	папоротники - семенные растения	листья-вайи	семена



1 - Археоптерикс: пресмыкающиеся - птицы **2** - Ихтиостега: рыбы - земноводные
3 - Иностранцевия (зверозубый ящер): пресмыкающиеся **4** - Псилофит: водоросли - высшие споровые растения - млекопитающие

Переходные формы.

Археоптерикса сейчас считают боковой (тупиковой) ветвью, но в заданиях он - классический пример переходной формы между пресмыкающимися и птицами.

Филогенетические ряды

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Филогенетический ряд

Последовательность ископаемых форм, отражающая ход эволюции группы. Классический пример - ряд лошади, изученный В. О. Ковалевским.



Филогенетический ряд лошади: от лесного четырёхпалого эогиппуса к степной однопалой лошади.

Эогиппус был мелким всеядным обитателем лесов с короткими многопалыми ногами. По мере выхода на открытые пространства отбор поддерживал крупных быстроногих травоядных: пальцы редуцировались до одного (копыто), конечности и зубы изменялись. Ряд показывает и ход, и направление эволюции.

Сравнительно-анатомические доказательства

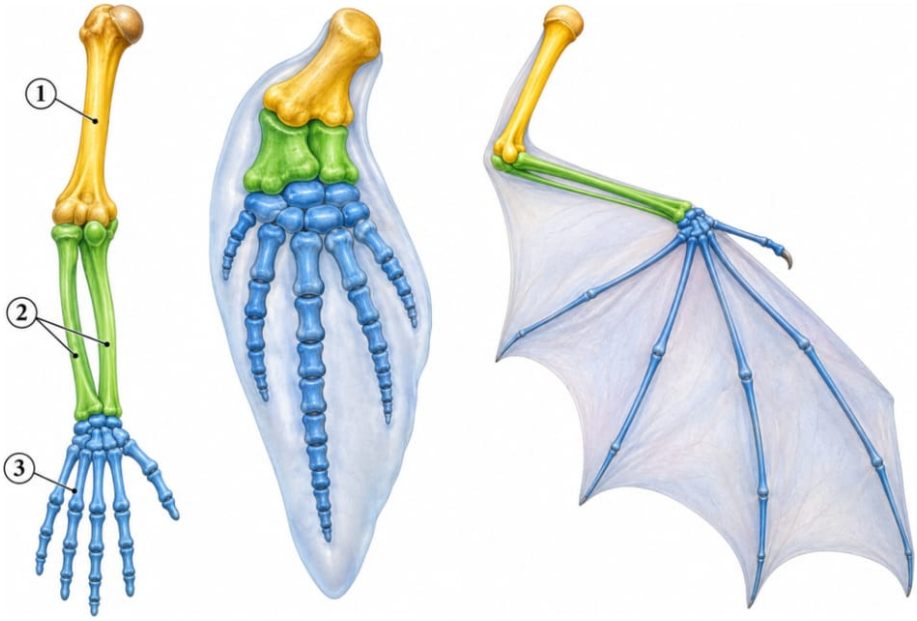
Общий план строения органов позволяет установить родство. О родстве позвоночных говорят двусторонняя симметрия, позвоночник, сходное строение конечностей, головного и спинного мозга.

Гомологичные органы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Гомологичные органы

Органы, которые имеют единый план строения и развиваются из одинаковых зародышевых зачатков, но могут выполнять разные функции. Возникают при дивергенции - расхождении признаков потомков одного предка в разных условиях.



1 - Плечевая кость
2 - Кости предплечья (локтевая и лучевая)
3 - Кости кисти

Гомологичные органы: один набор костей - разные функции (труд, плавание, полёт).

- У животных: рука человека, ласт кита, крыло летучей мыши, нога лошади; слуховые косточки среднего уха млекопитающих, образовавшиеся из костей черепа рыб и рептилий; чешуя ящерицы и перо птицы.
- У растений: колючки кактуса, усики гороха и обычный лист (видоизменения листа); клубень картофеля, луковица тюльпана и корневище ландыша (видоизменения побега).

Важный молекулярный аргумент: закладку гомологичных органов контролируют **гомологичные гены** - даже крылья насекомых развились из части конечности их ракообразных предков, то есть гомологичны конечностям членистоногих.

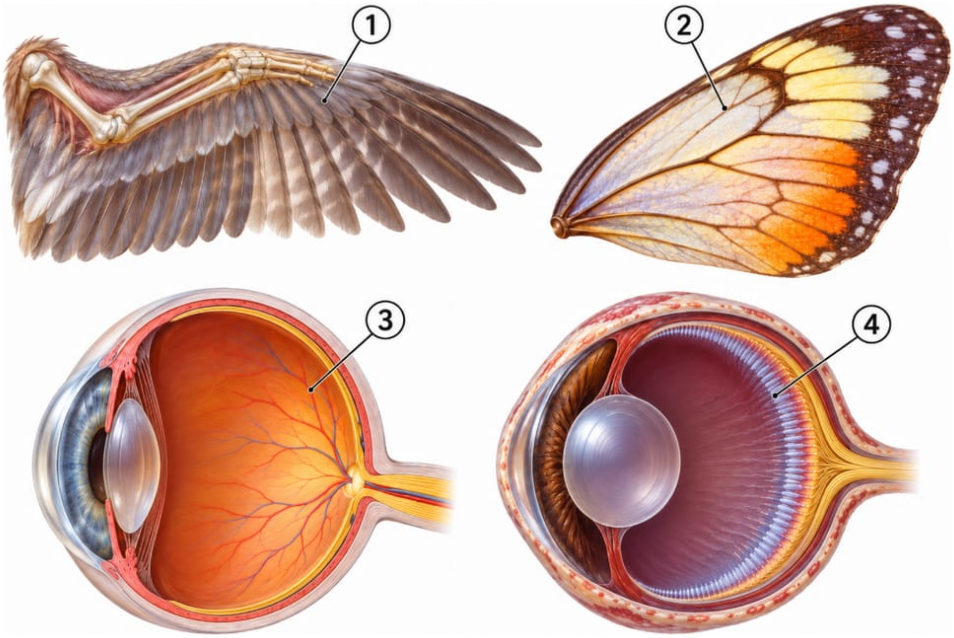
Аналогичные органы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Аналогичные органы

Органы, выполняющие одинаковую функцию, но не имеющие единого плана строения и развивающиеся из разных зародышевых зачатков. Возникают при конвергенции - когда далёкие группы живут в сходных условиях.

- У животных: крыло птицы и крыло бабочки; жабры рыбы и жабры рака; глаз человека и глаз осьминога (похожий план, но развиваются из разных зачатков); роющие конечности крота и медведки; спинной плавник акулы и касатки.
- У растений: колючки барбариса (лист), белой акации (прилистники) и боярышника (побег); усики гороха (лист) и усики винограда (побег).



1 - Крыло птицы - видоизменённая передняя конечность с костями
2 - Крыло бабочки - вырост покровов тела
3 - Глаз человека
4 - Глаз осьминога: похож на глаз человека, но развивается иначе

Аналогичные органы: одна функция, но разное строение и происхождение.

Рудименты

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

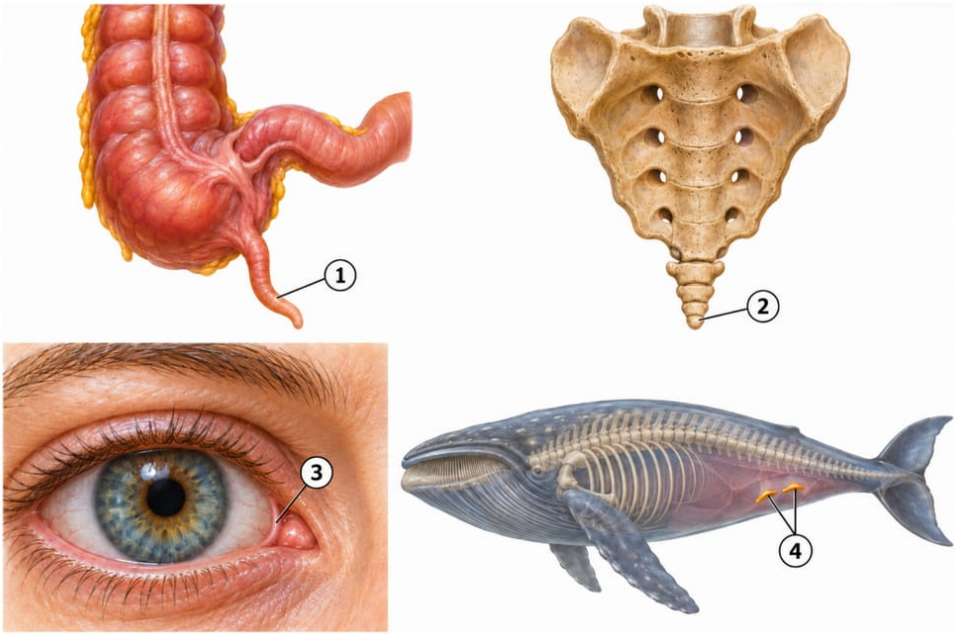
Рудименты

Упрощённые, недоразвитые органы, утратившие своё основное значение. Закладываются у зародыша, но полностью не развиваются. Есть у **всех** особей вида - это норма.

У человека: аппендикс (утратил пищеварительное значение, участвует в иммунной защите), копчик (остаток хвоста), третье веко (складка во внутреннем углу глаза), зубы мудрости, мышцы, двигающие ушную раковину, мышцы, поднимающие волосы на теле. У животных: рудименты тазового пояса кита и конечностей питона - доказательство происхождения от наземных четвероногих предков. У растений: чешуйки на корневище ландыша (рудиментарные листья), редуцированный околоцветник ветроопыляемых растений.

Рудимент может получить новую функцию: тазовые кости кита служат опорой мышцам.

Конспект скачан с сайта kursteam.ru



1 - Аппендикс (червеобразный отросток слепой кишки)
2 - Копчик - остаток хвостового отдела
3 - Полулунная складка - остаток третьего века
4 - Тазовые кости кита

Рудименты: орган есть у всех особей вида, но утратил прежнее значение.

Атавизмы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Атавизмы

Появление у отдельных особей признаков, которые были у предков, но утрачены видом. Причина - «пробуждение» древних генов, которые в норме заблокированы.

У человека: хвост, многососковость, гипертрихоз (сплошное оволосение тела), сильно развитые клыки. У животных: зубы у птиц, шерсть у китообразных, лишняя пара сосков у коровы, трёхпалость у современной лошади.



1 - Хвостовой придаток
2 - Многососковость
3 - Гипертрихоз - сплошное оволосение

Атавизмы: признаки предков у отдельных людей.

	Рудименты	**Атавизмы**
У кого встречаются	у всех особей вида	у отдельных особей
Что это	норма	отклонение в развитии
Примеры у человека	аппендикс, копчик, третье веко, зубы мудрости	хвост, многососковость, гипертрихоз

Эмбриологические доказательства

Закон зародышевого сходства К. Бэра: зародыши позвоночных сходны на ранних стадиях развития - все имеют хорду, жаберные щели, двухкамерное сердце. Чем раньше стадия, тем больше сходство; сначала появляются признаки типа, потом класса, отряда и вида. Значит, все позвоночные произошли от общих предков.



1 - Рыба
2 - Ящерица
3 - Курица
4 - Кролик
5 - Человек

Закон зародышевого сходства: на ранних стадиях у зародышей позвоночных есть хвост и жаберные дуги (щели).

Биогенетический закон Геккеля-Мюллера: онтогенез - краткое и быстрое повторение филогенеза. Зародыш в развитии как бы повторяет историю вида: зигота соответствует одноклеточным, бластула - колониальным формам, гаструла - двухслойным (кишечнополостным). Позднее закон уточнили: повторяются **зародышевые** стадии предков, а не взрослые формы.

А. О. Ковалевский и И. И. Мечников показали, что зародышевое сходство (дробление, зародышевые листки, формирование органов) характерно для всех многоклеточных животных, а не только позвоночных.

Биогеографические доказательства

Биогеография сравнивает флору и фауну материков и островов. Земля разделена на **биогеографические области** со своим составом видов.

- Материки - осколки древнего континента Пангея (распалась на Лавразию и Гондвану). Чем раньше разошлись территории, тем сильнее различаются их обитатели: флора и фауна Евразии и Северной Америки похожи (лоси, медведи, бобры; зубру соответствует бизон), а Южной Америки и Африки - различаются заметно сильнее.
- Австралия отделилась раньше всех, поэтому только там сохранились яйцекладущие (утконос, ехидна) и процветают сумчатые: без конкуренции с плацентарными они дали формы, параллельные «обычным» млекопитающим (сумчатый волк, сумчатая белка).
- **Эндемики** - виды, живущие только на ограниченной территории (следствие длительной изоляции): лемуры Мадагаскара, байкальская нерпа, утконос. Эндемика часто выдаёт географическое название: байкальский омуль, крымская сосна.
- **Реликты** («живые ископаемые») - современные виды с признаками вымерших групп: латимерия (кистепёрая рыба), гаттерия, гинкго двулопастный, секвойя.

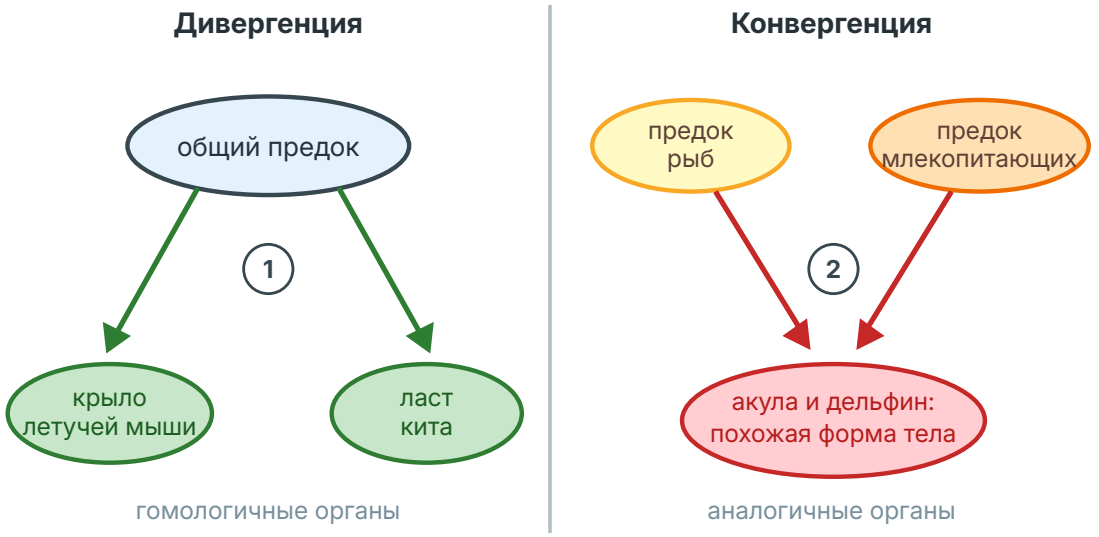
Молекулярно-генетические и биохимические доказательства

- **Клеточное строение** всех организмов и единый химический состав клеток (белки, нуклеиновые кислоты, АТФ).
- **Универсальность генетического кода**: у всех организмов одни и те же кодоны кодируют одни и те же аминокислоты - сильнейший аргумент единства происхождения всего живого.
- **Сходство последовательностей ДНК и белков**: чем ближе родство, тем больше совпадений. У человека и шимпанзе сходно более 90 процентов генов. По последовательностям гомологичных генов строят **филогенетические деревья** - такое задание есть в демоверсии-2027 (линия 26).
- Сходные продукты обмена: у головастика конечный продукт белкового обмена - аммиак (как у рыб), у взрослой лягушки - мочевина.
- **Математические методы**: по числу накопившихся различий в ДНК и белках рассчитывают, когда разошлись группы («молекулярные часы»), и моделируют изменение частот аллелей в популяциях.

Правила (закономерности) эволюции

- **Необратимость эволюции**: исчезнувший признак или вымершая группа не восстанавливаются в прежнем виде. Киты вернулись в воду, но стали не рыбами, а водными млекопитающими; их «плавники» - перестроенные конечности.
- **Адаптивная радиация**: от одной предковой группы веером расходится множество форм, осваивающих разные условия. Примеры: дарвиновы вьюрки на Галапагосских островах, сумчатые Австралии, разнообразие плацентарных млекопитающих.
- **Неравномерность темпов эволюции**: периоды быстрых перестроек (после ароморфозов, при освоении новых сред, после массовых вымираний) сменяются длительной стабильностью.
- **Чередование направлений**: ароморфозы открывают новую адаптивную зону, затем группа осваивает её через множество идиоадаптаций.

Формы эволюции групп:



1 - Дивергенция - расхождение признаков потомков общего предка

2 - Конвергенция - независимое сходство неродственных групп в одинаковых условиях

Дивергенция ведёт к гомологичным органам, конвергенция - к аналогичным.

- **Дивергенция** - расхождение признаков внутри родственной группы в разных условиях: передние конечности млекопитающих стали руками, ластами, крыльями, копытами. Результат - гомологичные органы.
- **Конвергенция** - схождение признаков у далёких групп в сходных условиях: форма тела акулы (рыба), ихтиозавра (рептилия) и дельфина (млекопитающее); редукция зубов у муравьеда и трубкозуба при питании термитами; резцы грызунов и бивни хоботных, растущие всю жизнь. Результат - аналогичные органы.
- **Параллелизм** - независимое развитие сходных признаков у родственных групп на общей наследственной основе: саблезубость у разных ветвей кошачьих, ласты у тюленей и моржей, независимое возникновение теплокровности у птиц и млекопитающих.

Как это спрашивают на ЕГЭ

- **Линия 17 - выбор трёх предложений из текста.** Самый частый формат по этой теме: найти в тексте примеры гомологичных органов, рудиментов, атавизмов или конвергенции. Решает точное знание определений: гомологи - общий план строения и общие зачатки; рудимент - у всех, атавизм - у отдельных особей; конвергенция - неродственные группы в сходных условиях.
- **Линия 19 - соответствие** «пример - группа доказательств»: кости динозавров и расположение находок в слоях - палеонтологические; рудименты, гомологичные органы, общий план строения - сравнительно-анатомические; признаки, проявляющиеся только у зародыша, - эмбриологические.
- **Линия 20 - таблица** с пропусками: «переходная форма - между какими группами - признаки».
- **Линия 26 - вторая часть.** Объяснить, что доказывает археоптерикс или рудименты кита; проанализировать филогенетическое дерево по последовательностям ДНК (демоверсия-2027).

Конспект скачан с сайта kursteam.ru

Ключевые слова: переходная форма, филогенетический ряд, гомологичные и аналогичные органы, рудимент, атавизм, закон Бэра, эндемик, реликт, дивергенция, конвергенция, параллелизм, необратимость эволюции.

Ловушки

ЛОВУШКА ЕГЭ

Гомологичные органы могут выполнять разные функции, аналогичные - всегда одну. Рука человека и ласт кита работают по-разному, но гомологичны (один план строения). Крыло птицы и крыло бабочки делают одно и то же, но аналогичны (разное происхождение).

ЛОВУШКА ЕГЭ

Крыло летучей мыши и крыло насекомого - аналогичные органы. А вот крыло летучей мыши и крыло птицы гомологичны как передние конечности позвоночных (хотя как «крылья» их несущие поверхности устроены по-разному: перепонка и перья).

ЛОВУШКА ЕГЭ

Рудимент - у всех, атавизм - у немногих. Копчик и аппендикс есть у каждого человека (рудименты), а хвост или многососковость появляются у отдельных людей (атавизмы). «Аппендикс - атавизм» - типичная ошибка.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Жаберные щели у зародыша - эмбриологическое доказательство, а их остатки у взрослого - сравнительно-анатомическое. Полость среднего уха - производное жаберной щели: у взрослого человека это анатомический след происхождения от рыбообразных предков.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Сходство сумчатого волка с собакой - конвергенция (параллельное развитие в изоляции), а не родство. Сумчатые Австралии дали формы, внешне похожие на плацентарных, независимо от них.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Эндемик и реликт - не одно и то же. Эндемик живёт только на ограниченной территории (байкальский омуль). Реликт сохранил признаки вымерших групп (латимерия). Реликты обычно эндемики, но большинство эндемиков - не реликты.

Как писать ответ

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Что доказывает существование рудиментов тазового пояса у китов?

1. Рудименты - недоразвитые органы, утратившие основное значение; они закладываются в эмбриогенезе, так как достались от предков.
2. Наличие тазовых костей у кита доказывает, что киты произошли от наземных четвероногих предков с развитыми задними конечностями.
3. В ходе эволюции при переходе к водному образу жизни задние конечности утратили значение и редуцировались; оставшиеся кости выполняют новую функцию - опоры для мышц.

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Докажите, что археоптерикс - переходная форма между пресмыкающимися и птицами

1. Переходная форма сочетает признаки предковой и более молодой групп.
2. Признаки пресмыкающихся у археоптерикса: зубы в клюве, длинный хвостовой отдел позвоночника, когти на передних конечностях, грудина без киля.
3. Признаки птиц: перьевой покров, крылья, цевка, общий облик. Сочетание этих признаков доказывает происхождение птиц от древних пресмыкающихся.

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Почему сходство в строении глаза человека и осьминога не считают доказательством их близкого родства?

1. Глаза человека и осьминога - аналогичные органы: при сходном плане работы они развиваются из разных зародышевых зачатков.
2. Сходство возникло в результате конвергенции: обе группы независимо приспосабливались к восприятию света в сходных условиях.
3. О родстве судят по гомологичным органам, эмбриональному развитию и сходству ДНК, а не по внешнему сходству отдельных органов.

Проверь себя

1. Чем гомологичные органы отличаются от аналогичных?

Ответ: Гомологичные имеют единый план строения и развиваются из одинаковых зародышевых зачатков, а функции могут различаться (рука человека и ласт кита). Аналогичные выполняют одну функцию, но различаются планом строения и происхождением (крыло птицы и крыло бабочки).

2. Почему аппендикс - рудимент, а хвост у человека - атавизм?

Ответ: Аппендикс недоразвит, но есть у всех людей - это норма. Хвост появляется лишь у отдельных людей как возврат к признаку предков - это атавизм.

3. Какие признаки рептилий и птиц сочетал археоптерикс?

Ответ: От рептилий - зубы в клюве, длинный хвостовой отдел позвоночника, когти на передних конечностях, грудина без киля. От птиц - перья, цевка, общий облик.

4. О чём говорит сходство зародышей позвоночных на ранних стадиях?

Ответ: По закону зародышевого сходства Бэра все классы позвоночных произошли от общих предков: ранние зародыши имеют хорду, жаберные щели и двухкамерное сердце, а различия появляются позже.

5. Почему в Австралии сохранились сумчатые и яйцекладущие млекопитающие?

Ответ: Австралия рано отделилась от южного материка, её фауна развивалась в длительной изоляции без конкуренции с плацентарными млекопитающими.

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ

Тестовая часть, развёрнутые задания и все задания по теме - на сайте, с проверкой и разбором: kursteam.ru/teoriya/evolyutsiya/dokazatelstva-evolyutsii

© 2026 Мустафаев Р. И. (Kursteam). Материал принадлежит автору и охраняется авторским правом. Копирование, перепечатка и распространение без письменного разрешения автора запрещены; при цитировании обязательна ссылка на kursteam.ru.