Возникновение и развитие жизни на Земле

Кодификатор ЕГЭ: 6.4 · Линии ЕГЭ: 17, 19, 20, 24, 26 · kursteam.ru/teoriya/evolyutsiya/gipotezy-vozniknoveniya-zhizni

КОРОТКО

- Три главные идеи о происхождении жизни: креационизм (жизнь создана), абиогенез (живое возникло из неживого), биогенез (живое - только от живого).
- Самозарождение жизни опровергли опыты Реди, Спалланцани и Пастера: в закрытых и прокипячённых сосудах жизнь не появляется.
- По гипотезе Опарина-Холдейна жизнь возникла путём химической эволюции: неорганические вещества → мономеры → биополимеры → коацерваты → протоклетка. Опыт Миллера и Юри подтвердил первый этап.
- Первые организмы были гетеротрофными анаэробами; кислород в атмосфере накопили фотосинтезирующие цианобактерии.
- Порядок эр: архей → протерозой → палеозой → мезозой → кайнозой. Выход растений на сушу - силур, расцвет динозавров - юра, покрытосеменные и вымирание динозавров - мел, человек - антропоген.

Три идеи о происхождении жизни

Вопрос «откуда взялась жизнь» люди решали задолго до науки. Все ответы сводятся к трём идеям.

Идея	Суть
Теология (креационизм)	жизнь - акт божественного творения
Абиогенез	живое возникло из неживого
Биогенез	всё живое происходит только от живого

Креационизм - не научная гипотеза: единожды свершившееся сотворение жизни нельзя наблюдать, доказать или опровергнуть, а наука исследует только наблюдаемые явления. На основе этих идей появились гипотезы происхождения жизни.

Гипотеза стационарного состояния

Жизнь и Земля существовали всегда, никогда не возникали. В доказательство сторонники приводили реликтовые виды, например кистепёрую рыбу латимерию. Гипотеза противоречит данным астрономии и геологии: у Земли есть возраст (около 4,6 млрд лет).

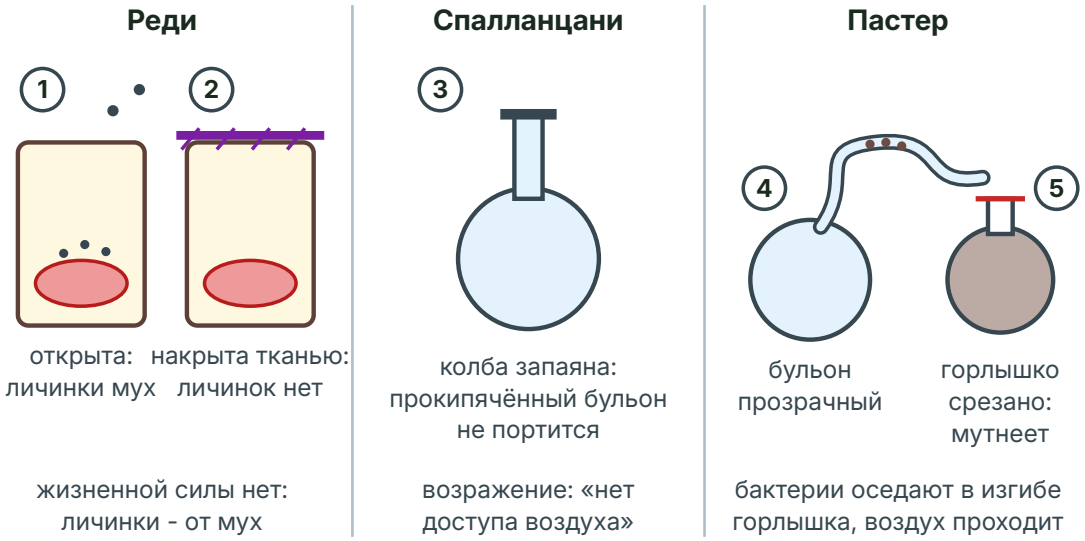
Гипотеза панспермии

Жизнь имеет внеземное происхождение: споры микроорганизмов устойчивы к радиации и низким температурам и могли быть занесены на Землю с метеоритами и космической пылью. В составе метеоритов действительно находят предшественники органических веществ. Главный недостаток: гипотеза не отвечает на вопрос, **как** возникла жизнь, а лишь переносит её возникновение в другое место Вселенной. Поиском жизни вне Земли и условий, пригодных для её возникновения, занимается наука **астробиология**.

Гипотеза самозарождения

Живое постоянно зарождается из неживого благодаря особой «жизненной силе»: мыши - из грязного белья, личинки мух - из гниющего мяса. Эта идея была популярна до XIX века, пока её не опровергли опытами.

Опыты против самозарождения



1 - Опыт Реди: в открытой банке с мясом появляются личинки мух
2 - Банка накрыта тканью - личинок нет
3 - Опыт Спалланцани: прокипячённый бульон в запаянной колбе не портится
4 - Опыт Пастера: S-образное горлышко, бактерии оседают в изгибе, бульон прозрачный
5 - Горлышко срезали - бактерии попали в бульон, он помутнел

Опыты Реди, Спалланцани и Пастера: жизнь появляется только там, куда могут попасть живые организмы.

- **Франческо Реди (XVII век).** Положил мясо в банки: одни оставил открытыми, другие накрыл тканью. Личинки мух появились только в открытых банках - значит, их откладывают мухи, а не создаёт «жизненная сила». Виталисты возразили: ткань не пропускает жизненную силу.
- **Ладзаро Спалланцани (XVIII век).** Прокипятил питательный бульон и запаял колбу: бульон не портился. В открытой колбе микроорганизмы появлялись. Возражение виталистов: в запаянную колбу нет доступа воздуха, а с ним и жизненной силы.
- **Луи Пастер (XIX век).** Поставил решающий опыт: прокипятил бульон в колбе с **S-образным горлышком**. Воздух в колбу проходит свободно, но бактерии оседают в изгибе горлышка - бульон остаётся прозрачным годами. Если горлышко срезать, бактерии попадают в бульон, и он мутнеет. Так Пастер опроверг самозарождение и доказал принцип «живое - от живого», не оставив виталистам возражений: доступ воздуха был.

ЗАПОМНИ

Пастер **опроверг самозарождение**, но не ответил, как появился самый первый организм. Наоборот, его опыт сделал этот вопрос острее: если живое - только от живого, откуда взялась первая жизнь?

В честь Пастера назван процесс пастеризации - нагревания (например, молока) примерно до 60 °C, при котором погибают бактерии, а свойства продукта сохраняются.

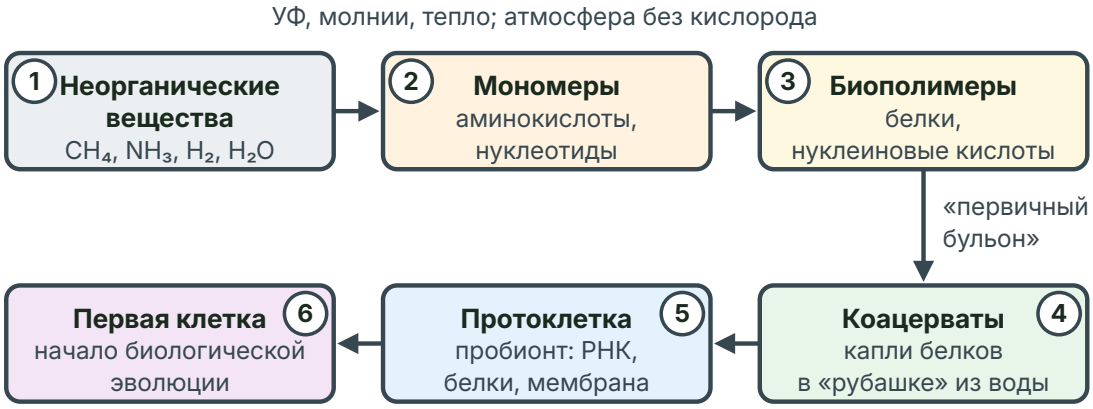
Гипотеза Опарина-Холдейна: химическая эволюция

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Гипотеза Опарина-Холдейна (коацерватная гипотеза, гипотеза биохимической эволюции)

Жизнь возникла на Земле абиогенно: биологической эволюции предшествовала химическая - постепенное усложнение веществ от неорганических молекул до первых клеток. А. И. Опарин предложил коацерватную гипотезу, Дж. Холдейн - идею «первичного бульона».

Химической эволюции предшествовала **планетарная (геологическая)**: формирование самой Земли, её атмосферы и первичного океана. Условия на древней Земле отличались от современных: атмосфера была **восстановительной**, без кислорода (CH_4, NH_3, H_2, CO_2, пары воды), не было озонового слоя, на поверхность действовали жёсткий ультрафиолет, высокая температура и грозовые разряды.



1 - Неорганические вещества первичной атмосферы и океана
2 - Абиогенный синтез мономеров (аминокислоты, нуклеотиды)
3 - Образование биополимеров (белки, нуклеиновые кислоты)
4 - Коацерваты в «первичном бульоне»
5 - Липидная мембрана и протоклетка (пробионт)
6 - Первая клетка - начало биологической эволюции

Химическая эволюция: от неорганических веществ до первой клетки.

Этапы по Опарину:

1. **Абиогенный синтез органических веществ.** В первичном океане («первичном бульоне») из неорганических веществ под действием ультрафиолета, температуры и молний образовались мономеры: аминокислоты, сахара, нуклеотиды.
2. **Образование биополимеров.** Мономеры соединялись в полимеры - белки и нуклеиновые кислоты.
3. **Появление коацерватов и протоклеток.** Белковые молекулы собирались в капли, отграниченные от воды, - коацерваты. После формирования липидной мембраны возникли протоклетки (пробионты), а из них - первые клетки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Коацерват

Капля из белковых молекул, окружённых «рубашкой» из молекул воды. Коацерваты могли избирательно поглощать вещества из раствора и расти, но не были живыми: они не имели генетического аппарата и не могли самовоспроизводиться.

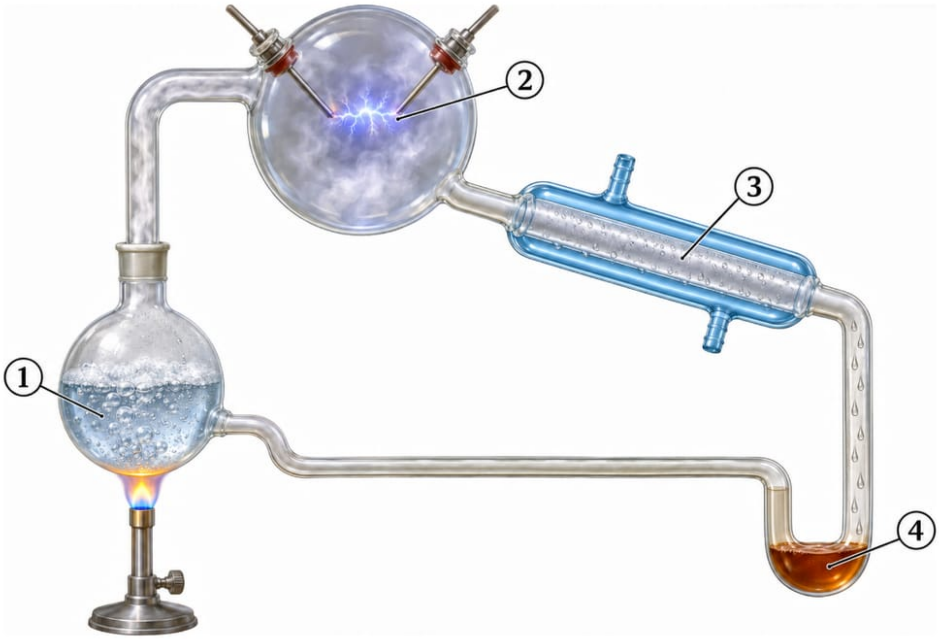
ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Протоклетка (пробионт)

Предшественник клетки: молекулы РНК, окружённые белками и липидной мембраной. Мембрана отделила внутреннюю среду от внешней и сделала возможным собственный обмен веществ. С появлением первой клетки химическая эволюция закончилась и началась биологическая.

Г. Мёллер предложил **генетическую гипотезу**: первичными были не белки, а молекулы, способные к самоудвоению и передаче наследственной информации. Её развитие - гипотеза «мира РНК»: первыми носителями наследственной информации и катализаторами были молекулы РНК, и лишь позже хранение информации перешло к ДНК, а катализ - к белкам.

Опыт Миллера и Юри



1 - Колба с кипящей водой - модель первичного океана

2 - Колба с газами и электрическими разрядами - модель атмосферы и молний

3 - Холодильник: пар конденсируется, как дождь

4 - Ловушка: собираются органические вещества, в том числе аминокислоты

Опыт Миллера и Юри: из неорганических газов в колбе образовались аминокислоты.

В 1953 году С. Миллер и Г. Юри воспроизвели условия древней Земли в колбе: взяли смесь газов (CH_4, NH_3, H_2) и пары воды, нагревали и пропускали электрические разряды - модель молний. Через неделю в колбе обнаружили органические вещества, в том числе **аминокислоты**. Так

был экспериментально подтверждён первый этап гипотезы Опарина-Холдейна: абиогенный синтез органических веществ в условиях древней Земли возможен.



Древняя Земля: вулканы, грозы, ультрафиолет и тёплый первичный океан - условия, в которых по гипотезе Опарина-Холдейна шла химическая эволюция.

ЗАПОМНИ

Почему жизнь не самозарождается сейчас: атмосфера стала окислительной - кислород разрушает органические вещества вне клеток, а любую абиогенно возникшую органику быстро поглощают гетеротрофы.

Первые организмы и кислородная революция

Первые организмы были **одноклеточными гетеротрофными анаэробами**: кислорода не было, а питались они готовыми органическими веществами «первичного бульона». Дальше способы питания усложнялись:

1. Запасы органики истощались - преимущество получили **автотрофы**.
2. Сначала возник **хемосинтез**: энергию для синтеза органических веществ давало окисление неорганических веществ.
3. Затем появился **фотосинтез без выделения кислорода**: источником водорода служил сероводород, а не вода.
4. Наконец цианобактерии освоили **фотосинтез с фотолизом воды** - в атмосферу стал выделяться кислород.

Накопление кислорода изменило всю дальнейшую эволюцию:

- появилось **аэробное дыхание** - оно даёт в разы больше энергии, чем брожение;
- из кислорода образовался **озоновый слой**, который задержал губительный ультрафиолет и открыл организмам путь на сушу.

Происхождение эукариот: симбиогенез

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Симбиогенез

Гипотеза происхождения эукариотической клетки: крупная клетка поглотила аэробные бактерии и фотосинтезирующие цианобактерии, но не переварила их. Поглощённые клетки стали митохондриями и пластидами - полуавтономными органоидами с собственной кольцевой ДНК и рибосомами 70S, размножающимися делением.



1 - Древняя клетка-хозяин
2 - Поглощение аэробной бактерии
3 - Аэробная бактерия стала митохондрией
4 - Поглощение цианобактерии
5 - Цианобактерия стала хлоропластом: в клетке митохондрии и хлоропласты

Симбиогенез: митохондрии и хлоропласты - потомки поглощённых бактерий.

Ядро, по одной из гипотез, образовалось впячиванием мембраны прокариотической клетки. Позднее возникли половой процесс и многоклеточность - важнейшие ароморфозы протерозоя: половой процесс дал комбинативную изменчивость, а многоклеточность - специализацию клеток.

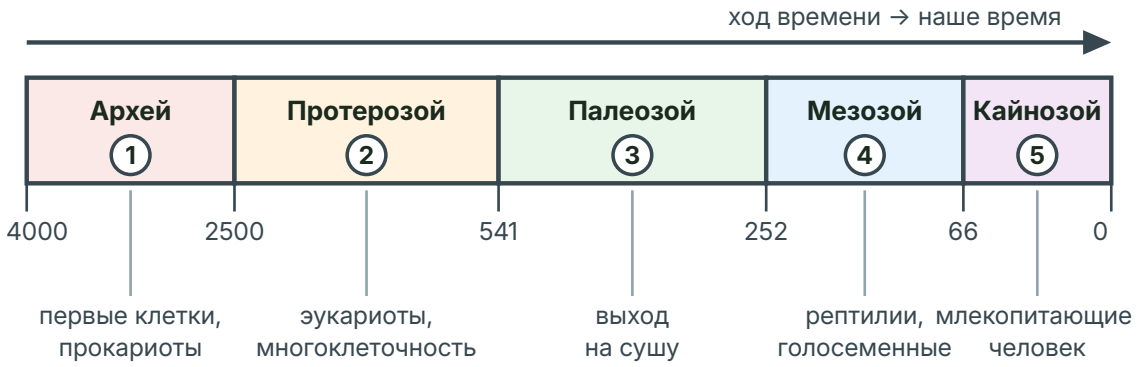
Развитие жизни по эрам

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Геохронологическая шкала

Деление истории Земли на отрезки: эоны, эры, периоды, эпохи. Границы между ними проводят по крупным геологическим событиям и сменам ископаемых флоры и фауны, в том числе по массовым вымираниям.

Возраст слоёв и находок определяют два подхода: **относительная геохронология** устанавливает, какой слой древнее, по порядку залегания слоёв (глубже - древнее), **абсолютная** - возраст в годах, например по распаду радиоактивных изотопов.



1 - Архей: первые клетки, прокариоты, цианобактерии

2 - Протерозой: эукариоты, многоклеточность, половой процесс

3 - Палеозой: выход растений и животных на сушу

4 - Мезозой: эра рептилий и голосеменных

5 - Кайнозой: эра млекопитающих, птиц и покрытосеменных

Лента времени: пять эр и их главные события (масштаб условный).

В заданиях ЕГЭ геохронологическую таблицу дают готовой: по ней нужно назвать эру и период. Но главные события каждой эры нужно помнить.

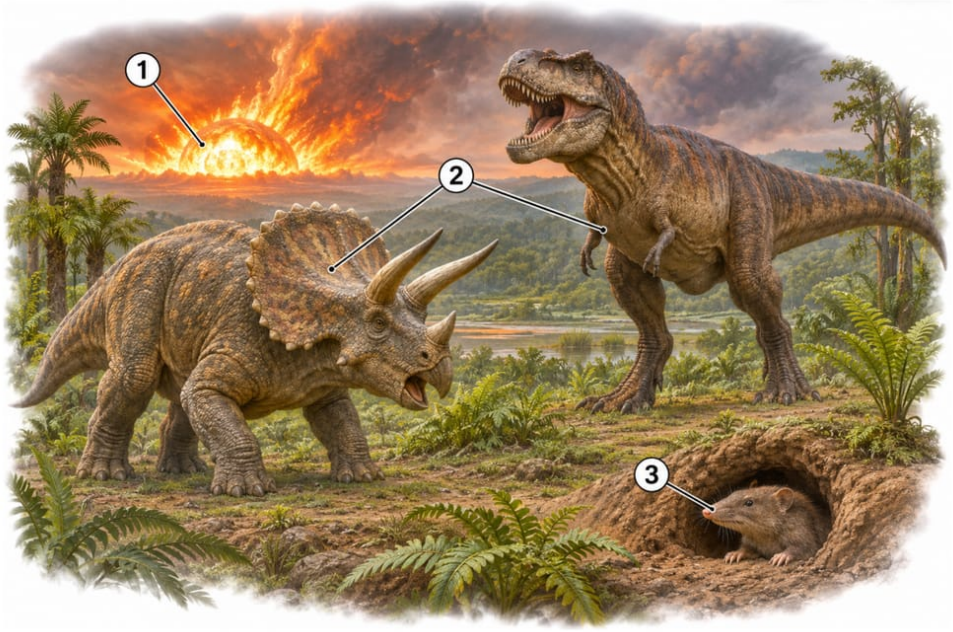
Эра, период (начало, млн лет назад)	Главные события	Важнейшие ароморфозы
Архей (4000)	первые живые организмы - гетеротрофные анаэробные прокариоты; зелёные и пурпурные бактерии, затем цианобактерии; строматолиты	клеточное строение, фотосинтез (сначала без выделения кислорода, затем с фотолизом воды), хемосинтез
Протерозой (2500)	господство водорослей; появление всех типов беспозвоночных; начало накопления кислорода и формирования почвы	эукариотическая клетка (симбиогенез), аэробное дыхание, половой процесс, многоклеточность
Палеозой: кембрий (541)	«кембрийский взрыв» - появились почти все современные типы животных; моря с трилобитами и иглокожими; расцвет водорослей	
Палеозой: ордовик (485)	первые хордовые - бесчерепные (ланцетникоподобные)	хорда, нервная трубка, замкнутая кровеносная система
Палеозой: силур (444)	выход растений на сушу - псилофиты; на сушу выходят паукообразные; древние бесчелюстные панцирные «рыбы»	у растений - ткани и органы; у позвоночных - череп, позвоночник, головной мозг
Палеозой: девон (419)	«век рыб»: хрящевые и костные, среди них кистепёрые и двоякодышащие; леса из папоротников, хвощей и плаунов; от водорослей - мхи; первые земноводные (стегоцефалы), переходная форма - ихтиостега	у рыб - челюсти; у папоротников - корни и настоящие ткани; у земноводных - пятипалые конечности, лёгкие, трёхкамерное сердце и два круга кровообращения

Палеозой: карбон (359)	влажный тёплый климат, леса из древовидных споровых - будущий каменный уголь; расцвет земноводных; крылатые насекомые; первые рептилии (котилозавры); семенные папоротники и первые голосеменные	у семенных растений - пыльцевая трубка (оплодотворение без воды) и семя; у рептилий - внутреннее оплодотворение, яйцо с оболочками, сухая кожа, ячеистые лёгкие
Палеозой: пермь (299)	сухой холодный климат; голосеменные вытесняют споровых; крупнейшее массовое вымирание (до 80 процентов видов); зверозубые ящеры - переходная форма к млекопитающим	
Мезозой: триас (252)	расцвет рептилий: динозавры, черепахи, крокодилы; костистые рыбы; первые млекопитающие от зверозубых рептилий	у млекопитающих - четырёхкамерное сердце, теплокровность, живорождение, вскармливание молоком, кора больших полушарий
Мезозой: юра (201)	господство динозавров на суше, в воде (ихтиозавры) и в воздухе (птерозавры); господство голосеменных; археоптерикс - сочетает признаки рептилий и птиц	у птиц - перья, теплокровность, четырёхкамерное сердце, двойное дыхание
Мезозой: мел (145)	появление покрытосеменных; распространение сумчатых и плацентарных млекопитающих; в конце - вымирание динозавров	у покрытосеменных - цветок, плод, двойное оплодотворение, сосуды древесины
Кайнозой: палеоген (66)	расцвет млекопитающих, птиц и насекомых-опылителей; господство покрытосеменных	крупных ароморфозов нет - идут идиоадаптации
Кайнозой: неоген (23)	формируются все современные семейства млекопитающих; степи и саванны; дриопитек - общий предок человекообразных обезьян и человека	
Кайнозой: антропоген (четвертичный) (2,58)	повторные оледенения; мамонтовая фауна и её вымирание; эволюция человека (началась в Африке)	

Подробно ароморфозы животных по группам разобраны в статье «Ароморфозы животных», этапы эволюции человека - в статье «Антропогенез».

Массовые вымирания

Массовые вымирания - экологические кризисы прошлого: за короткое время исчезала значительная часть видов. Причины - резкие изменения климата, вулканизм, падения астероидов, перестройка атмосферы и океана. Крупнейшее вымирание - пермское (исчезло до 80 процентов видов), самое известное - мел-палеогеновое (вымерли динозавры). Следствие каждого кризиса - освобождение экологических ниш и быстрая адаптивная радиация выживших групп: так после вымирания динозавров началась эпоха млекопитающих. Современное сокращение биоразнообразия называют новым экологическим кризисом; его особенность в том, что главный фактор - деятельность человека, а скорость исчезновения видов выше, чем в прошлых кризисах.



1 - Падение крупного астероида - одна из причин вымирания
2 - Вымерли динозавры и многие другие группы
3 - Мелкие млекопитающие пережили катастрофу и в кайнозое заняли освободившиеся ниши

Массовое вымирание в конце мелового периода, около 66 млн лет назад.

ЗАПОМНИ

Опорные привязки, которые чаще всего спрашивают: **силур** - выход растений на сушу (псилофиты); **девон** - век рыб, первые земноводные; **карбон** - леса из древовидных споровых, первые рептилии; **юра** - расцвет динозавров, археоптерикс; **мел** - покрытосеменные и вымирание динозавров; **кайнозой** - млекопитающие, птицы, человек.

Как это спрашивают на ЕГЭ

- **Линия 17 - работа с текстом**: выбрать три предложения, где верно описаны гипотеза Опарина-Холдейна, опыты Реди и Пастера или события эр. Следи за деталями: кто ставил опыт, была ли в атмосфере кислородная среда, что доказал эксперимент.
- **Линия 19 - соответствие**: событие → эра или период (выход растений на сушу → силур, покрытосеменные → мел); гипотеза → автор (коацерваты → Опарин, «первичный бульон» → Холдейн, опыт с колбой → Пастер, аминокислоты из газов → Миллер и Юри).
- **Линия 20 - таблица**: пропуски в строке «эра - период - событие».
- **Линия 24 - рисунок ископаемого организма + геохронологическая таблица**: назвать эру и период по возрасту находки, перечислить признаки двух классов у переходной формы (археоптерикс, ихтиостега, зверозубый ящер).
- **Линия 26** - объяснить, почему жизнь не самозарождается сейчас, какова роль фотосинтеза и озонового слоя, как симбиогенез объясняет строение митохондрий.

Конспект скачан с сайта kursteam.ru

Ключевые слова: абиогенез, биогенез, панспермия, коацерват, пробионт, «первичный бульон», восстановительная атмосфера, симбиогенез, псилофиты, стегоцефалы, котилозавры, зверозубые ящеры, археоптерикс.

Ловушки

ЛОВУШКА ЕГЭ

Пастер не объяснил происхождение жизни - он опроверг самозарождение. Гипотезу абиогенного возникновения жизни в ходе химической эволюции предложили Опарин и Холдейн, а Миллер и Юри подтвердили её первый этап экспериментом.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Первые организмы - гетеротрофные анаэробы, а не автотрофы. Кислорода в древней атмосфере не было, готовой органики в «первичном бульоне» хватало. Автотрофность (сначала хемосинтез, потом фотосинтез) возникла позже, когда запасы органики истощились.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Кислород в атмосфере - продукт фотосинтеза, а не исходное условие жизни. Его накопили цианобактерии. Именно поэтому аэробное дыхание появилось только после фотосинтеза, а выход на сушу стал возможен после образования озонового слоя.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Коацерваты - ещё не живые. У них не было генетического аппарата и самовоспроизведения. Живым считают организм начиная с клетки; пробионт - переходная ступень, а не клетка.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Растения вышли на сушу раньше позвоночных. Псилофиты - силур; первые наземные позвоночные (земноводные) - девон. На сушу животных «пустил» озоновый слой и наземная растительность как пища и укрытие.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Покрытосеменные появились в мезозое (мел), а не в кайнозое. В кайнозое они уже господствуют. Точно так же первые млекопитающие появились в триасе, а их расцвет - кайнозой.

Как писать ответ

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Почему в современных условиях невозможно абиогенное зарождение жизни?

1. Атмосфера стала окислительной: свободный кислород окисляет (разрушает) органические вещества вне живых клеток.
2. Абиогенно образовавшиеся органические вещества сразу поглощаются гетеротрофными организмами (бактериями, грибами).
3. Нет прежних условий абиогенного синтеза: жёсткий ультрафиолет задерживается озоновым слоем.

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

По рисунку ископаемого организма и геохронологической таблице определите эру и период (алгоритм линии 24)

1. Найди в условии возраст находки (например, «отложения возрастом около 180 млн лет»).
2. В таблице иди от самой древней эры: сравни возраст с началом каждой эры - 541 (палеозой), 252 (мезозой), 66 (кайнозой) млн лет назад. 180 млн лет попадает между 252 и 66 - эра мезозойская.
3. Внутри эры отсчитай периоды по их продолжительности от начала эры и выбери период (180 млн лет - юрский период).
4. В ответе назови **и эру, и период** - без одного из них элемент не засчитают.
5. Если организм переходная форма - перечисли признаки обеих групп (у археоптерикса признаки рептилий: зубы на челюстях, длинный хвост из несросшихся позвонков, пальцы с когтями на передних конечностях; признаки птиц: перья, крылья, цевка).

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Какую роль сыграли цианобактерии в эволюции жизни на Земле?

1. Цианобактерии - первые организмы с фотосинтезом, при котором происходит фотолиз воды: они начали выделять кислород и насытили им атмосферу.
2. Накопление кислорода сделало возможным аэробное (кислородное) дыхание - энергетически более выгодный обмен веществ.
3. Из кислорода сформировался озоновый слой, задержавший ультрафиолет, что позволило организмам выйти на сушу.
4. Как автотрофы цианобактерии создавали органические вещества, которыми питались гетеротрофы.

Проверь себя

1. Что доказал опыт Пастера с колбой с S-образным горлышком?

Ответ: Что самозарождения не происходит: бульон мутнеет только тогда, когда в него попадают бактерии из воздуха. Живое возникает от живого.

2. Какими были первые живые организмы Земли?

Ответ: Одноклеточными гетеротрофными анаэробами: кислорода в атмосфере не было, а готовые органические вещества они поглощали из «первичного бульона».

3. Откуда в атмосфере появился кислород?

Ответ: Его выделяли фотосинтезирующие организмы, прежде всего цианобактерии: при фотолизе воды кислород выходит как побочный продукт.

4. В какой эре и каком периоде растения вышли на сушу?

Ответ: В палеозойскую эру, в силурийском периоде; первые наземные растения - псилофиты.

5. Как возникли митохондрии и хлоропласты по гипотезе симбиогенеза?

Ответ: Крупная клетка поглотила аэробные и фотосинтезирующие прокариотические клетки, но не переварила их - они стали полуавтономными органоидами.

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ

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

© 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.