



Всесибирская олимпиада по биологии 2023–2024.  
Заключительный этап. 3 марта 2024. 11 класс

Время выполнения задания – 4 часа.

**1. Гистология глазами студента (40 баллов)**

Внимательно слушая лекцию по гистологии, студент НГУ предпринимал старательные попытки вести конспект. У него получились схематичные рисунки и краткие описания структур, однако часть материала он не успел записать. Помогите студенту в работе над конспектом.

	Название	Описание из конспекта	Рисунок
А	Пигментные клетки	Содержат меланин.	
Б	Горизонтальные клетки	Крупные, сообщаются в пределах одного слоя. Оплетают места формирования синапсов рецепторов и биполярных клеток.	
В	Клетки Мюллера	Глиальные клетки: астроциты, олигодендроциты и микроглия. Сопровождают все нейроны органа.	
Г	Рецепторные клетки типа I	Клетки нервного происхождения с видоизмененным отростком, содержащим складки, в которых находится йодопсины.	
Д	Рецепторные клетки типа II	Содержат везикулы, в мембранах которых находятся родопсины.	
Е	Амакриновые клетки	Большая часть содержит везикулы с тормозными нейромедиаторами. Могут быть промежуточным или регулирующим звеном между биполярными и ганглиозными клетками.	
Ж	Ганглионарные клетки	Крупные мультиполярные клетки.	
З	Биполярные клетки	Клетки нервного происхождения, относятся к ассоциативным нейронам.	

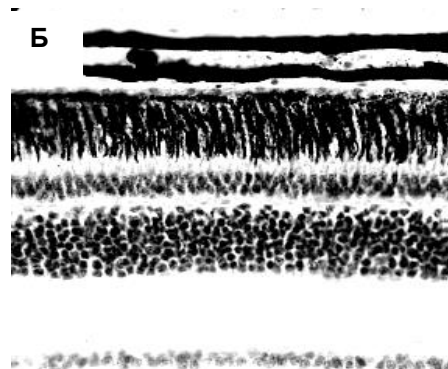
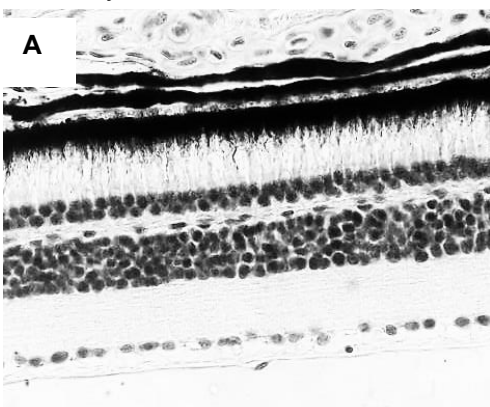
**Вопрос 1.** Как называется структура, изображенная на рисунке? К какому органу она относится?

**Вопрос 2.** С какой стороны (сверху/снизу) на рисунке должен находиться источник внешнего сигнала? К чему (название части органа) примыкает изображенная структура с другой стороны?

**Вопрос 3.** Дополните рисунок на бланке ответов подписями. Подпишите справа на рисунке буквы, соответствующие названиям клеток, а слева — цифры, соответствующие типам отростков, обозначенных стрелками.

**Вопрос 4.** Соотнесите клетки, обозначенные на рисунке буквами, с функциями, которые они выполняют в передаче сигнала.

**Вопрос 5.** В чем различие между рецепторами типа I и рецепторами типа II? Заполните сравнительную таблицу в бланке ответов.



**Вопрос 6.** На рисунке изображено два функциональных состояния описываемого в задаче органа. Для каких внешних условий характерно каждое из них? Что меняется в ткани в состоянии А и состоянии Б? Зачем происходят эти изменения?

## 2. Бактериография (40 баллов)

Многие микроорганизмы в процессе жизнедеятельности вырабатывают пигменты, придающие культурам разнообразный цвет.

**Вопрос 1.** В одной из микробиологических лабораторий выделяли штаммы бактерий, образующих пигменты, из разных сред. Результаты исследований представлены в таблице.

	Количество выделенных штаммов		
	Кремовые (бежевые)	Желтые	Оранжевые
Воздух	2	9	3
Вода	1	1	1
Почва	2	2	0
Растения	2	6	2

Сравните распространенность окрашенных бактерий в разных средах. Объясните полученные результаты (исходя из того, что основным действующим фактором является свет). Предположите, к какому классу химических соединений относятся пигменты, придающие подобную окраску бактериям?



**Вопрос 2.** С помощью бактерий можно создавать цветные картины. Самым известным таким художником был Александр Флеминг. Он использовал штаммы бактерий, образующих пигменты, и составлял картины в чашке Петри. Мы рассмотрим один из вариантов рисования бактериями — бактериографию, в которой используется только один штамм бактерии для создания изображения.

Давайте используем фотографический подход для создания бактериографии: чашку Петри засеем бактерией, а затем закроем ее прозрачной пленкой, на которой напечатана фотография Флеминга. Заштрихуйте в бланке ответов области, которые будут более темными. Ответ поясните.

**Вопрос 3.** Художник и микробиолог Закари Копфер рисует портреты с помощью бактерии *Serratia marcescens*, которая **постоянно** продуцирует красный пигмент продигозин. А просвечивает он пленку УФ-лучами. На рисунке вы видите портрет А.Энштейна, полученный Закари. Объясните, как получается такое изображение.



**Вопрос 4.** Многие бактерии при утилизации различных сахаров в процессе жизнедеятельности изменяют кислотность окружающей среды. Назовите процесс, в результате которого это происходит? В какую сторону изменяется pH?

Метаболическая активность бактерий часто используют для их идентификации. В таблице ниже представлен результат биохимического теста для бактерий *Escherichia coli* и *Salmonella enterica* (цвет среды, на которой выращивались бактерии, после добавления индикатора). Использовался индикатор нейтральный красный, изменяющий свой цвет от красного при pH=6.8 до янтарно-желтого при pH=8.4.

Сахара в составе среды	глюкоза	лактоза	мальтоза	маннит	сахароза
<i>Escherichia</i>	красный	красный	красный	желтый	желтый
<i>Salmonella</i>	красный	желтый	красный	красный	желтый

Проанализируйте результаты теста и ответьте на вопросы.

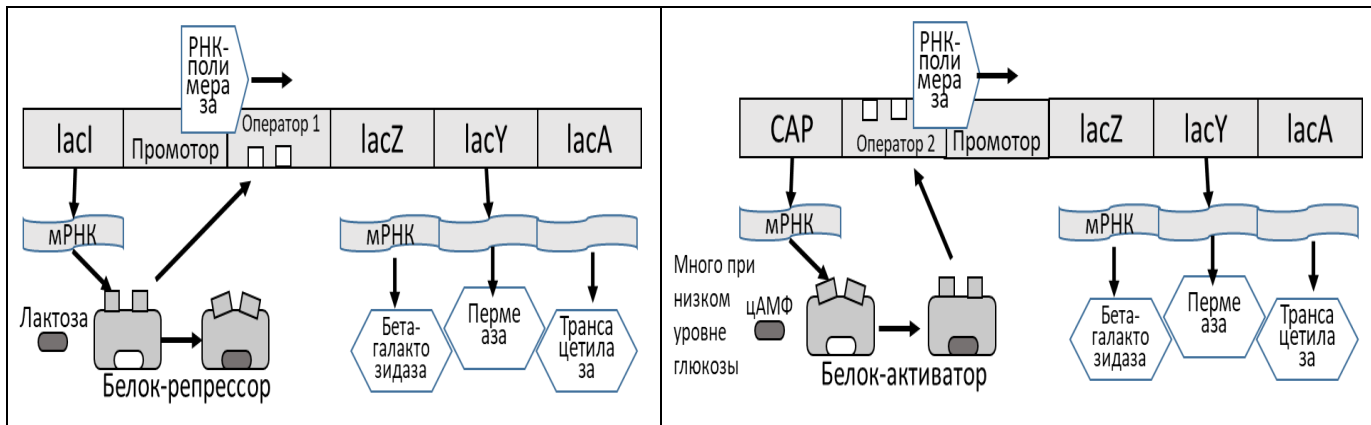
Какие сахара из представленных в таблице

может использовать *Escherichia coli*? Почему для разных бактерий мы видим разные результаты теста?

Предложите, как можно создать бактериографию с помощью *E.coli*, если насыщать отдельные участки чашки Петри разными источниками углерода.

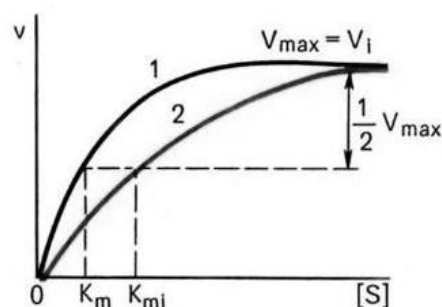
**Вопрос 5.** Для получения окраски в чашке Петри можно добавлять в питательную среду хромофор (это молекула, которая поглощает свет с определенной длиной волны и в результате излучает цвет). Обычно это индолилхромофоры, которые присоединены к какому-либо углеводу с помощью бета-гликозидной связи. В случае, если такой субстрат проникает в бактерию, происходит его расщепление с помощью фермента бета-галактозидазы, выделяется бесцветный индол. В присутствии кислорода он димеризуется с образованием пигмента индиго (или его модификаций).

На рисунках ниже приведены схемы регуляции работы лактозного оперона некоторой бактерии. Этот оперон содержит ген бета-галактозидазы, а также ген пермеазы, отвечающей за транспорт бета-галактозидов в клетку. Ориентируясь на эти схемы, предложите несколько вариантов бактериографии, включающих в себя регуляцию работы лактозного оперона (в разные участки чашки Петри можно добавлять различные вещества).



**Вопрос 6.** Александр Флеминг использовал ампициллин для разграничения областей роста различных бактерий на своих бактериографиях. Однако, с того времени многие бактерии приобрели резистентность к ампициллину, за счет приобретения гена бета-лактамазы, которая разрушает структуру антибиотика. В современные препараты к ампициллину добавляют ингибитор бета-лактамазы (например, клавулановую кислоту).

Предположите механизм действия клавулановой кислоты на бета-лактамазу, исходя из анализа представленного графика зависимости скорости реакции гидролиза субстрата бета-лактамазы от концентрации субстрата (1 – без добавления клавулановой кислоты, 2 – с добавлением клавулановой кислоты).



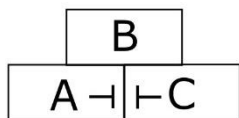
Предположим, мы используем для бактериографии штамм, резистентный к ампициллину, но можем добавлять в чашку Петри клавулановую кислоту в разных концентрациях. Как следует провести бактериографию в данном случае?

**Вопрос 7.** К сожалению, у бактерий достаточно часто случаются мутации, которые могут нарушить нашу бактериографию. Оцените, при каком из способов, которые мы рассматривали выше, художник с большей вероятностью столкнется с неудачной мутацией (предполагаем, что чем больше генов, кодирующих белки-участники, тем вероятнее будет происходить мутация, которая нарушит один из них)?

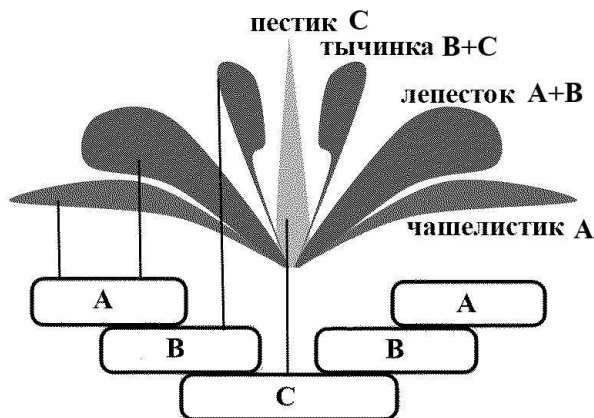
**3. Это еще цветочки (40 баллов)**

Для объяснения развития цветка из побега в 1988 г. была предложена ABC модель. Закладка органов цветка определяется активностью трех групп генов — A, B и C. Если в клетках работают только гены группы A, то образуются чашелистики, если только C — пестики. При совместной работе A и B образуются лепестки, а C и B — тычинки.

При этом гены A и C – взаимные антагонисты, т.е. не могут одновременно работать в одной клетке. (Подавление одним геном экспрессии другого на схемах изображается —|).



Для цветков капусты или шиповника ABC- модель будет выглядеть, как на рисунке слева.

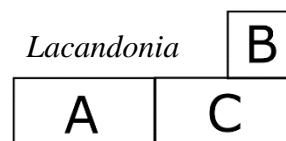


Модель действия генов групп A, B, C.

**Вопрос 1.** Нарисуйте, как будет выглядеть модель для тюльпана. Объясните ее отличия от модели выше.

**Вопрос 2.** Цветки бывают обоеполые и однополые. Нарисуйте ABC модели развития **однополого цветка** – мужского и женского, для однодольных и двудольных растений.

**Вопрос 3.** Некоторые растения имеют необычные цветки. Так, *Lacandonia* перепутала последовательность букв, поэтому модель развития ее цветка выглядит, как на представленном рисунке. Предположите, как выглядит цветок *Lacandonia*. К какому классу вы бы его отнесли?

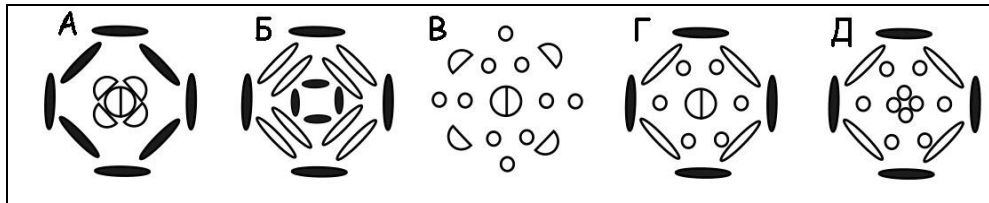


**Вопрос 4.** Для определения **роли генов в развитии органов** и взаимодействия генов друг с другом генетики анализируют фенотип одиночных и двойных мутантов генов, принадлежащих к группам A, B, C. Ниже описан фенотип некоторых одиночных мутантов (все мутации рецессивны, фенотип гомозигот).



- ✓ При мутации **sup** вместо пестиков образуются тычинки.
- ✓ При мутации **ap3** лепестки превращаются в чашелистики, а тычинки в пестики.
- ✓ При мутации **ap2** вместо лепестков образуются пестики, а вместо чашелистиков тычинки.
- ✓ При мутации **ag** вместо тычинок образуются лепестки, а вместо пестиков чашелистики.

Определите, функция белка какой группы генов (А, В или С) нарушена у мутантов **ap3**, **ap2** и **ag**.



**Вопрос 5.**

Определите, какая из диаграмм слева изображает нормальный цветок, и на каких показаны мутанты **sup**, **ap3**, **ap2** и **ag**.

**Вопрос 6.** Потомство от самоопыляющихся растений **sup / sup AP3 / ap3** (фенотип **sup**) имеет расщепление по фенотипу **sup : ap3 = 100 : 33**. Заглавными буквами обозначен нормальный (доминантный) аллель дикого типа. Составьте схему скрещивания. Подпишите генотипы и фенотипы потомков.

**Вопрос 7.** Исходя из результатов скрещивания в вопросе 6, определите, как взаимодействуют аллели **sup** и **ap3**. Объясните, почему взаимодействие именно такое, исходя из мутантных фенотипов одиночных и двойных мутантов и модели ABC. Дайте название этого типа взаимодействия.

**Вопрос 8.** Самоопыляется растение **SUP / sup AP3 / ap3**. Определите генотипы и фенотипы потомков и расщепление по генотипам и фенотипам. При определении фенотипов опирайтесь на свое решение вопросов 5 и 6.

**Вопрос 9.** Изучая пигменты цветков двух биологических видов, студент обратил внимание, что у вида 1 существуют белые, красные и синие цветки, а у вида 2 белые, красные, синие и фиолетовые.

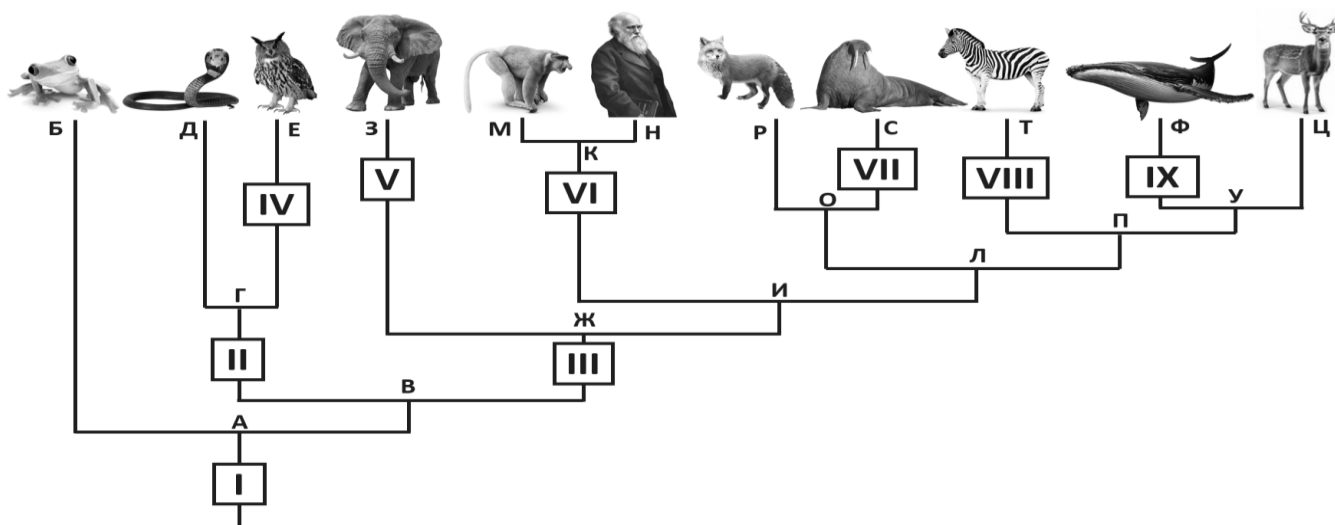
У обоих видов все окраски определялись комбинацией двух генов — **F** и **G**, как показано в таблице.

Генотип	Вид 1	Вид 2
<b>F_ G_</b>	Синий	Фиолетовый
<b>ff_ G_</b>	Белый	Синий
<b>F_ gg</b>	Красный	Красный
<b>ff gg</b>	Белый	Белый

Определите тип взаимодействия генов **F** и **G** в случае вида 1 и вида 2.

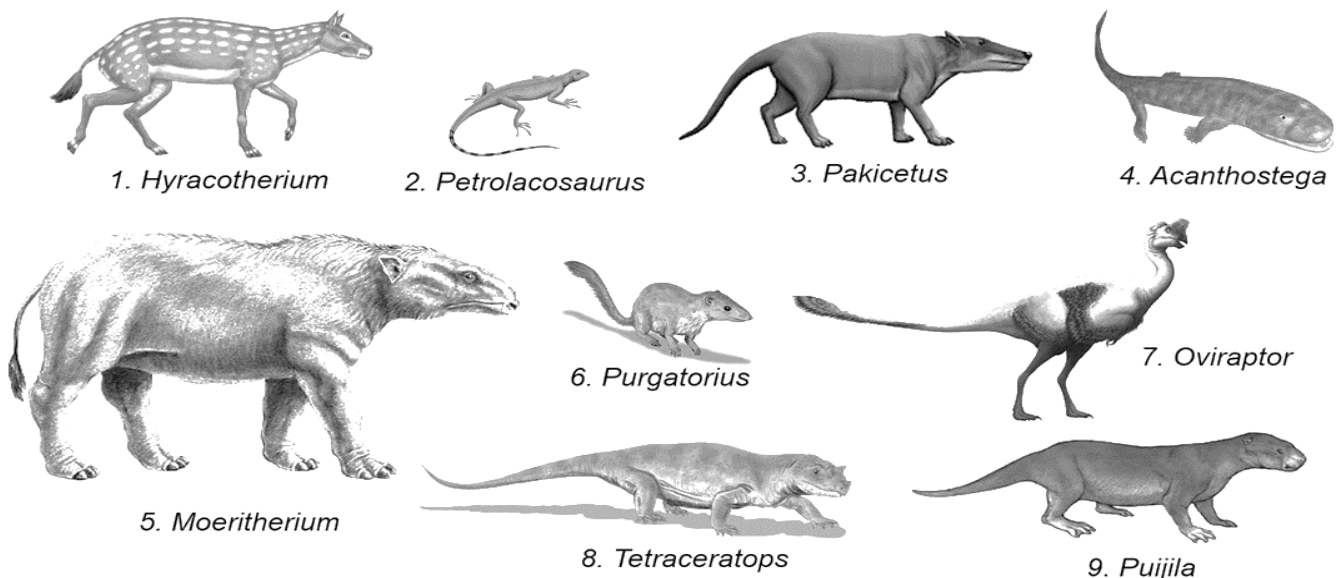
Нарисуйте схемы формирования окраски у каждого вида, которые бы описывали путь образования пигментов (каких?) и объясняли, как образуется конечная окраска и почему гены взаимодействуют именно таким образом. На схемах покажите роль белков генов **F** и **G** на конкретных этапах. Считайте, что доминантные аллели — это присутствие нормального белка, рецессивные — белок отсутствует. Помните, что в эволюции функция генов может меняться, поэтому роль белков **F** и **G** у этих двух видов (и на ваших схемах) может быть разной.

**4. Малоизвестный предшественник (40 баллов)**



До середины 19 века в мире преобладало мнение о божественном сотворении живых организмов и их неизменности. В 1859 году Чарльз Дарвин пошатнул это убеждение, опубликовав книгу "Происхождение видов путем естественного отбора", однако, как он упоминает в письмах, открытие могло не состояться, если бы эта же идея не пришла в голову еще одному человеку. За несколько месяцев до Дарвина те же принципы эволюции были изложены другим менее известным англичанином — Альфредом Уоллесом. Он

показал, что даже у внешне непохожих видов наблюдается множество общих черт, которые могут говорить о происхождении от общего предка. Однако, как Уоллесу, так и Дарвину не хватало данных палеонтологической летописи, что впоследствии исправили миллионы ископаемых находок.



Конечно, мы не можем уверенно назвать любой ископаемый вид с «подходящими» признаками предком какого-либо современного организма: часто это оказываются представители полностью вымерших таксонов, лишь похожие на настоящих предков. Но для примерного представления на крупных филогенетических деревьях такие виды часто помещают в начала ветвей.

Вам попала в руки современная кладограмма для нескольких животных и описания представителей девяти родов ископаемых организмов. Буквами обозначены общие предки и современные таксоны, цифрами — места, по которым нужно распределить ископаемых представителей.

Ископаемое животное/Некоторые морфологические признаки	
1	30-40 см в высоту. Коренные зубы с гребневидной поверхностью. 4 пальца на передних, 3 – на задних ногах, на среднем пальце утолщение в виде костной подушечки, остальные пальцы укороченные, пятый палец не касался земли.
2	30-40 см длиной. Острые зубы разного размера, но схожего строения. Челюсти длинные, ориентированные на быстрый, но слабый укус. 5 пальцев. В черепе два височных окна. Был пойкилотермным организмом.
3	40-50 см в высоту. Зубы конусовидные. Череп уплощенный и вытянутый, с мощными челюстями, шея короткая. Огромная барабанная полость, позволяющая воспринимать большой диапазон звуков. Кости скелета имеют повышенную плотность. На каждом из 5 пальцев твердое роговое образование. Хвост мускулистый, вкуче с развитыми мышцами корпуса позволял хорошо плавать.
4	50-60 см длиной. Зубы многочисленные, мелкие и острые. На передних конечностях по 8 пальцев. Конечности не могли сгибаться так, чтобы принять на себя вес тела.
5	70 см в высоту. Зубы приспособлены к питанию растительной пищей, вторые верхние резцы слегка загнуты. Длинная мускулистая верхняя губа помогала захватывать водную растительность. Ноги пятипалые с амортизирующей подушкой на подошве, на каждом пальце утолщенный ноготь.
6	10-15 см длиной. Передние зубы острые, задние уплощенные. Конечности адаптированы к прыжкам и повисанию. Зрение бинокулярное, обонятельные способности уменьшены.
7	150-200 см длиной. Челюсти без зубов. На передних конечностях по 3 пальца, на задних по 4.
8	60-80 см длиной. На верхней челюсти острая первая пара зубов, далее выраженные клыки и за ними мелкие моляры, на нижней все зубы примерно одинаковые. В черепе одно височное окно. Возможно, частично гомойотермный организм.
9	До 1 м длиной. Зубы с выраженными клыками. Шея относительно длинная, хвост неспециализированный, короче, чем у предковых форм. Конечности с удлинёнными пальцами, между которыми были небольшие перепонки.

**Вопрос 1.** Распределите вымерших организмов по позициям на кладограмме. Для животных, оказавшихся на позициях V-IX, укажите отряды.

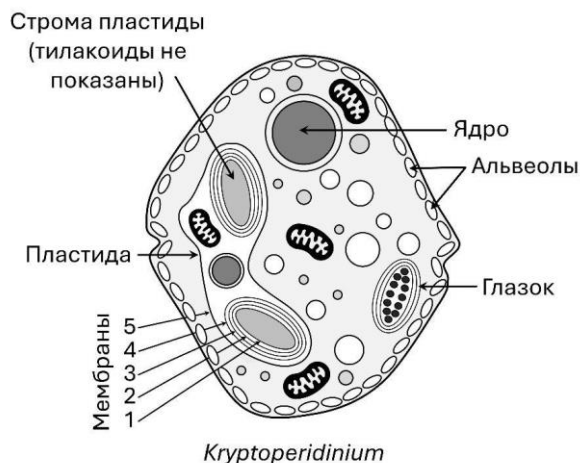
**Вопрос 2.** При анализе какого-либо признака на одной конкретной кладограмме выделяют следующие характеристики: **плезиоморфия** (признак унаследован от предков), **апоморфия** (признак приобретён в одной ветви в ходе эволюции) и **гомоплазия** (признак независимо приобретён в нескольких ветвях). Для каждого указанного в таблице признака укажите его характеристику с точки зрения данной кладограммы.

Для апоморфий укажите одну букву — место, где на этой кладограмме впервые появляется этот признак. Для гомоплазий укажите все такие места. Напротив плезиоморфий оставьте пустую ячейку.

**Вопрос 3.** Ещё Аристотель начал разбивать живых существ на группы по общим признакам, создав первую искусственную систематику и первые названия этих групп, некоторые из которых используются по сей день. Сейчас путём анализа нуклеотидных и аминокислотных последовательностей биологи пытаются выстроить естественную систематику, основанную на реальных эволюционных связях между организмами. Группы, в которые с современной точки зрения входит общий предок и все его известные потомки, называются **монофилетическими**. Группы, в которые попадает только часть потомков общего предка, называются **парафилетическими**. Группы, объединяющие потомков неродственных ветвей, развивших признак независимо, называются **полифилетическими**. Для каждой перечисленной в таблице группы укажите, моно-, пара- или полифилетической она является с точки зрения данной кладограммы. Для монофилетических групп отметьте место, где на этой кладограмме впервые появляется обсуждаемый признак. Для полифилетических отметьте все такие места. Напротив парафилетических оставьте пустую ячейку.

### 5. Пластидный переполох (40 баллов)

Известно, что пластиды исходно произошли в ходе первичного эндосимбиогенеза от свободноживущих цианобактерий, которые были поглощены более 1-1,5 млрд лет назад гетеротрофным эукариотом. Это дало начало трем линиям фотосинтетических организмов, составляющих супергруппу *Archaeplastida*: красная линия (красные водоросли), синяя линия (глаукофитовые водоросли) и зеленая линия (зеленые и харовые водоросли, а также высшие растения). Однако, помимо этого, были также обнаружены и другие случаи независимого приобретения «первичных» пластид. Более того, в эволюции различных групп эукариот зафиксированы случаи образования пластид в ходе серийного эндосимбиогенеза, при котором происходило поглощение одноклеточных водорослей с первичными/вторичными пластидами хищными гетеротрофными эукариотами. Одна из таких примечательных групп — динофитовые водоросли (*Dinophyta*). Они содержат трехмембранные пластиды, возникшие, согласно общепринятым данным, в результате вторичного эндосимбиогенеза от красных водорослей. Любопытно, что примерно половина представителей динофитовых вторично перешла к гетеротрофному образу жизни за счет полной или частичной утраты своих пластид. Интересно, что некоторая часть из таких вторичных гетеротрофов вернула себе пластиды в ходе эндосимбиогенеза от зеленых, гаптофитовых или даже охрофитовых водорослей. Самый удивительный пример — водоросль Криптоперидиниум (*Kryptoperidinium*), имеющая пластиды, происходящие от диатомовых водорослей. Эти пластиды состоят из пяти мембран и включают в себя ядро, эндоплазматическую сеть (ЭПС) и митохондрию, оставшиеся от клетки диатомовой водоросли! Рассмотрите схему строения клетки *Kryptoperidinium* и ответьте на вопросы.



**Вопрос 1.** В результате какого по счету эндосимбиоза произошло приобретение пятимембранных пластид у *Kryptoperidinium*?

**Вопрос 2.** Предполагают, что пятая (внешняя) мембрана пластиды *Kryptoperidinium* происходит от цитоплазматической мембраны диатомовой водоросли. Какое происхождение имеют оставшиеся четыре мембраны?

**Вопрос 3.** Предположите, из какой органеллы в ходе эволюции возник глазок у *Kryptoperidinium*? Ответ кратко обоснуйте.

**Вопрос 4.** Перечислите и назовите разновидности геномов, которые содержит в себе клетка *Kryptoperidinium*.

**Вопрос 5.** Динофитовые водоросли принадлежат к группе Альвеоляты (*Alveolata*) и под цитоплазматической мембраной содержат множество альвеол — мембранных пузырьков. Какую роль играют альвеолы у большинства динофитовых водорослей? Перечислите еще две крупные группы эукариот, относящиеся к Альвеолятам.

**Вопрос 6.** Другая яркая группа фотосинтетических эукариот, обладающая пластидами уникального строения, — Криптофитовые водоросли (*Cryptophyta*). Их клетки содержат четырехмембранные пластиды, внешняя мембрана которых сливается с ядерной мембраной через мембрану ЭПС, образуя при этом единую мембранную сеть, называемую хлоропластной ЭПС. В пластидах криптофитовых очень хорошо выражено перипластидное пространство, в котором располагается остаток ядра (нуклеоморф) несчастной красной водоросли, которую когда-то поглотил предок криптофитовых в ходе вторичного эндосимбиогенеза. На основании вышеуказанных данных схематично изобразите строение фрагмента клетки криптофитовой водоросли, на котором подпишите следующие структуры: 1, 2, 3 и 4 (внешняя) мембраны пластиды, строма, перипластидное пространство, нуклеоморф, ЭПС, внешняя и внутренняя мембраны клеточного ядра.