

**Задания олимпиады школьников «Физтех» по биологии
2020/21 уч. год
Заключительный этап**



ОТВЕТЫ НА ЗАДАНИЯ ДЛЯ 11 КЛАССА

Задания олимпиады были разделены на две части
(время выполнения заданий каждой части - 120 минут, перерыв между частями - 1 час)
Максимум за всю олимпиаду: 180 баллов

В каждой части встречаются задания трех типов:

Тип А: Задания с несколькими верными ответами (всего 15 заданий, сумма 45 баллов)

Тип В: Задания на сопоставления (всего 5 заданий, сумма 25 баллов)

Тип С: Задачи со свободным ответом (всего 2 задания, сумма 20 баллов)

Максимум за одну часть: 90 баллов

Часть 1

(120 минут, 90 баллов)

Тип заданий А. Тестовые задания с множественным выбором (верно/неверно)

Во всех заданиях данной части в начале идет условие, а затем шесть вариантов ответа (под буквами от А до F). Участникам необходимо определить, является ли каждый из вариантов ответа верным (подходит под формулировку задания) или неверным (не подходит под формулировку задания). В каждом задании может быть от 0 до 6 верных вариантов ответа.

Система оценки:

За каждое правильно отмеченное утверждение можно получить 0,5 балла

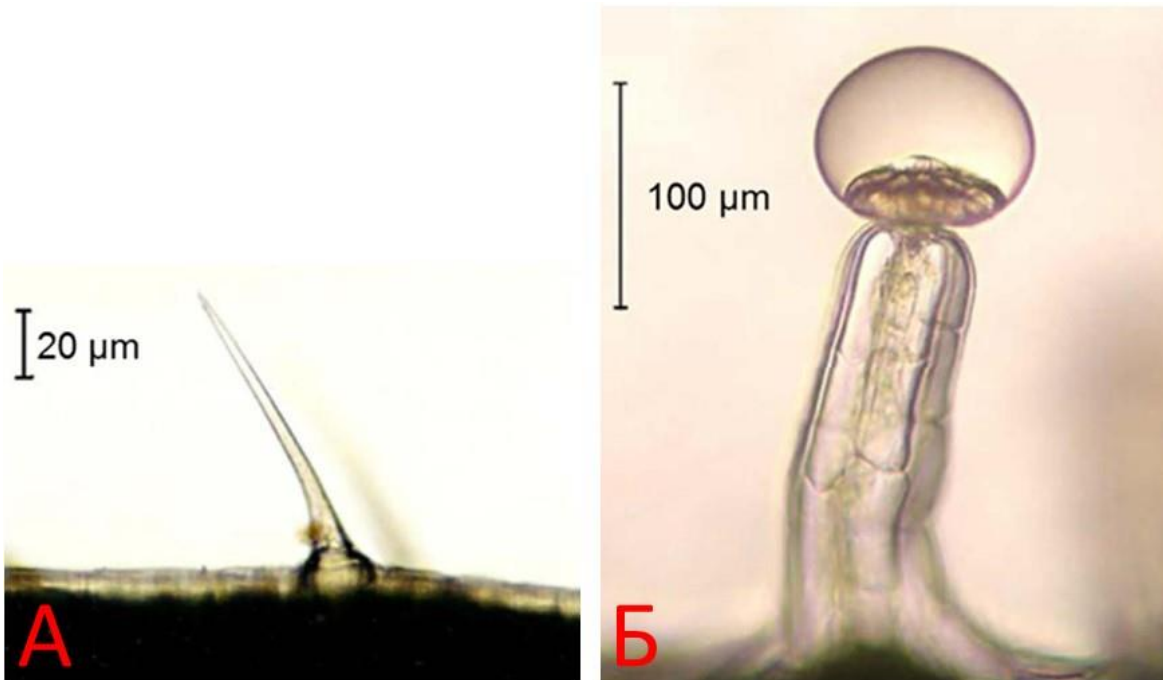
За каждое неправильно отмеченное утверждение – 0 баллов

Ответы «верно» подчеркнуты

Задание 1 (ID 2) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Разнообразие трихом в растительном мире чрезвычайно велико. Трихомы различаются по форме, размеру, структуре, местоположению, способности секретировать и т.д. На микрофотографиях ниже представлены два типа трихом.



Укажите для каждого из следующих утверждений, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Трихомы могут формироваться как на вегетативных, так и на генеративных органах;
- B) В образовании трихом принимают участие клетки эпидермиса и паренхимы первичной коры;
- C) У некоторых растений один орган могут покрывать несколько разных типов трихом;
- D) Трихомы могут защищать растения от насекомых-вредителей;
- E) На фотографии А кроющая одноклеточная трихома;
- F) На фотографии Б железистая трихома с многоклеточной головкой.

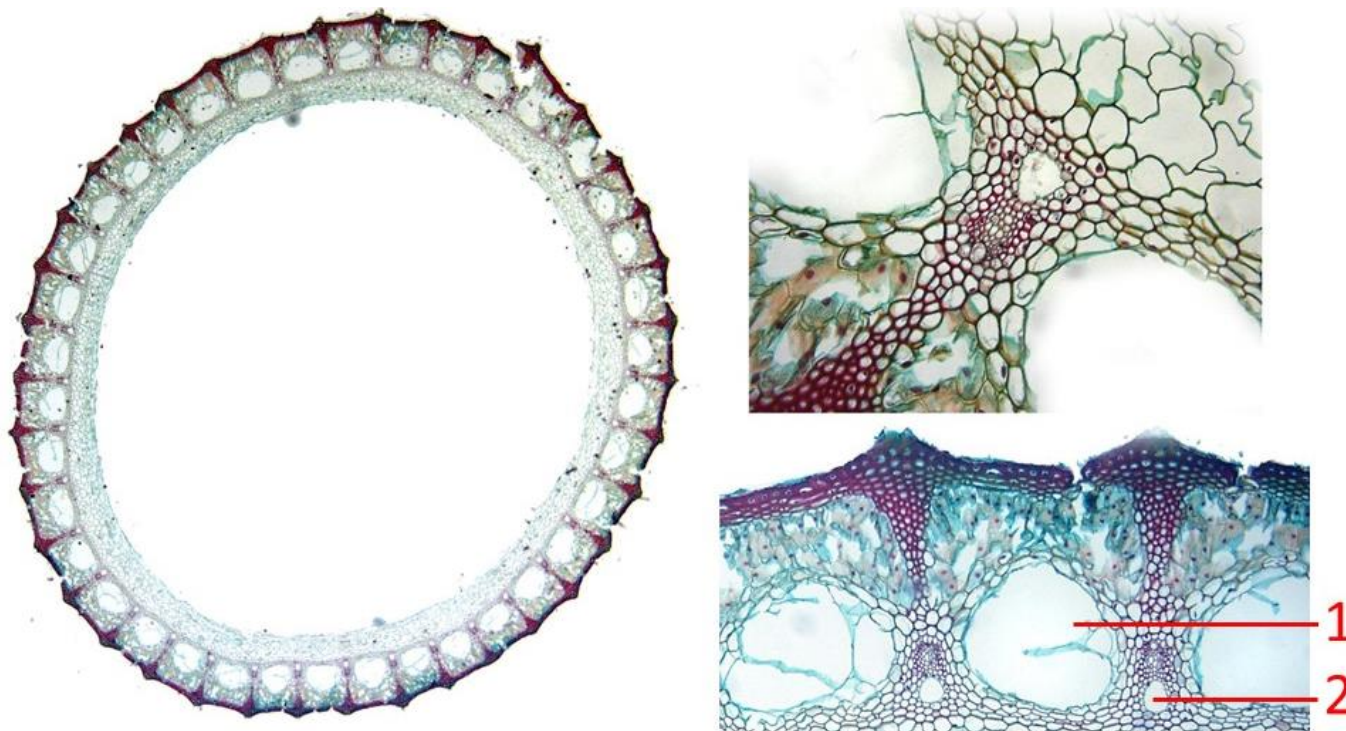
Вариант 2:

- A) Особенности трихом для некоторых групп растений являются важным таксономическим признаком;
- B) У некоторых растений один орган могут покрывать несколько разных типов трихом;
- C) Трихомы некоторых растений защищают их от избыточного ультрафиолетового излучения;
- D) Железистые трихомы располагаются только на надземной части растения;
- E) На фотографии А кроющая многоклеточная трихома;
- F) На фотографии Б железистая трихома с одноклеточной головкой;

Задание 2 (ID 3) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На фотографии ниже приведены поперечный срез (слева) и увеличенные фрагменты этого среза (два справа) одного сосудистого растения.



Основываясь на анатомическом строении этого растения, определите, является верным или неверным каждое из следующих утверждений:

Вариант 1:

- A) Представленный на фотографии срез принадлежит хвою;
- B) Для данного растения характерна атактостела;
- C) Полость, обозначенная цифрой 1 является воздухоносной;
- D) Полость, обозначенная цифрой 2 образуется в результате разрушения элементов протоксилемы;
- E) Проводящие пучки являются коллатеральными открытыми;
- F) Проводящие пучки, являются коллатеральными закрытыми.

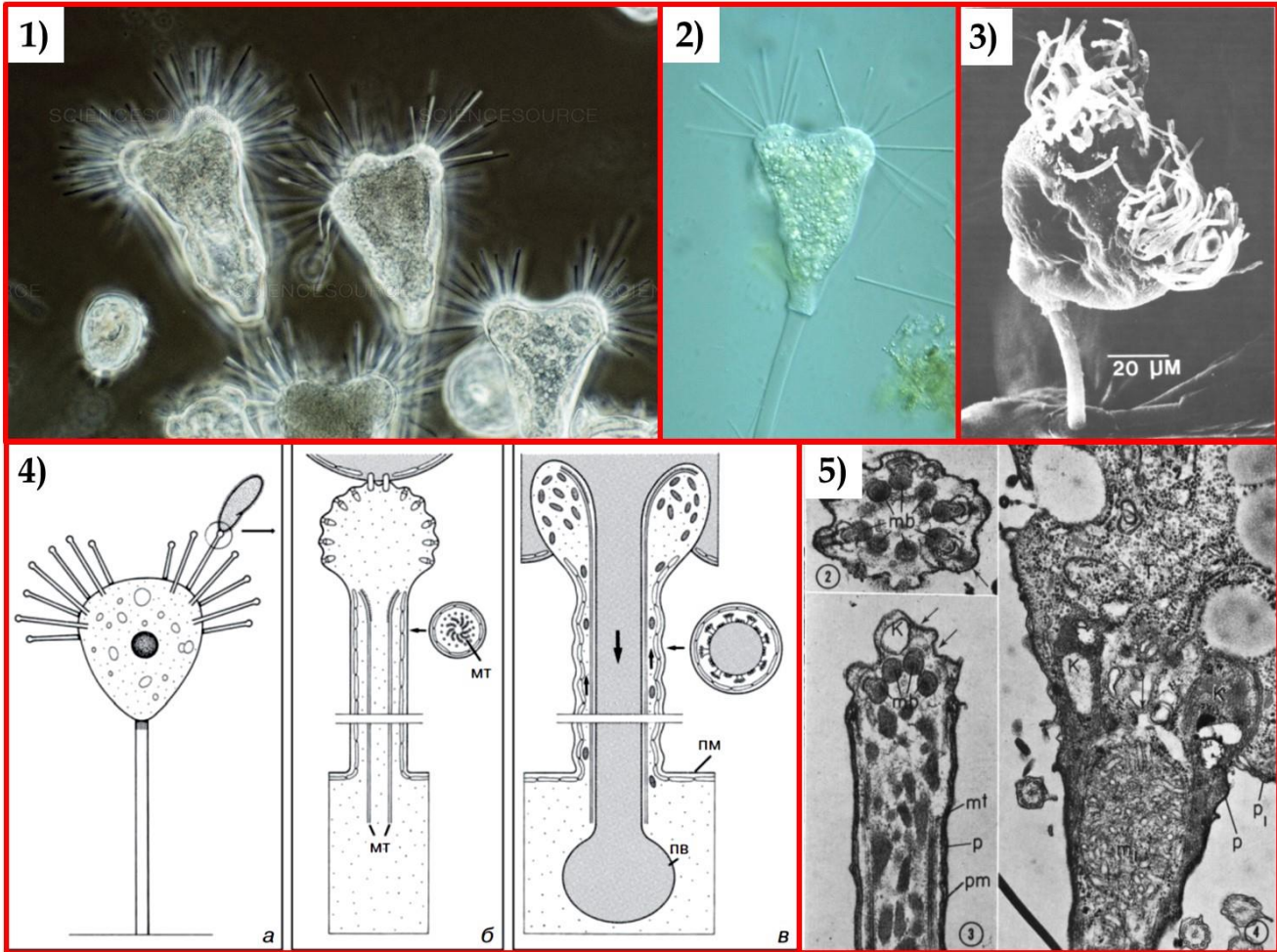
Вариант 2:

- A) Представленный на фотографии срез принадлежит цветковому растению;
- B) Для данного растения характерна артростела;
- C) Полость, обозначенная цифрой 2 образуется в результате разрушения элементов протоксилемы;
- D) Полость, обозначенная цифрой 1, образуется в результате разрушения целого проводящего пучка;
- E) Проводящие пучки, являются коллатеральными закрытыми;
- F) Полость, обозначенная цифрой 2 образуется в результате разрушения элементов вторичной ксилемы.

Задание 3 (ID 7) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На иллюстрациях ниже приведены пять рисунков и изображений протиста *Tokophrya* sp., а также процесса его питания.



Изучите приведенные иллюстрации и укажите для каждого из следующих утверждений, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Данный организм можно отнести к планктону;
- B) Данный организм питается, в основном, другими протистами;
- C) Данный организм имеет реснички;
- D) Данный организм можно отнести к супергруппе Alveolata;
- E) Иллюстрация 1 получена при помощи флуоресцентной микроскопии;
- F) Иллюстрация 3 получена при помощи сканирующей электронной микроскопии.

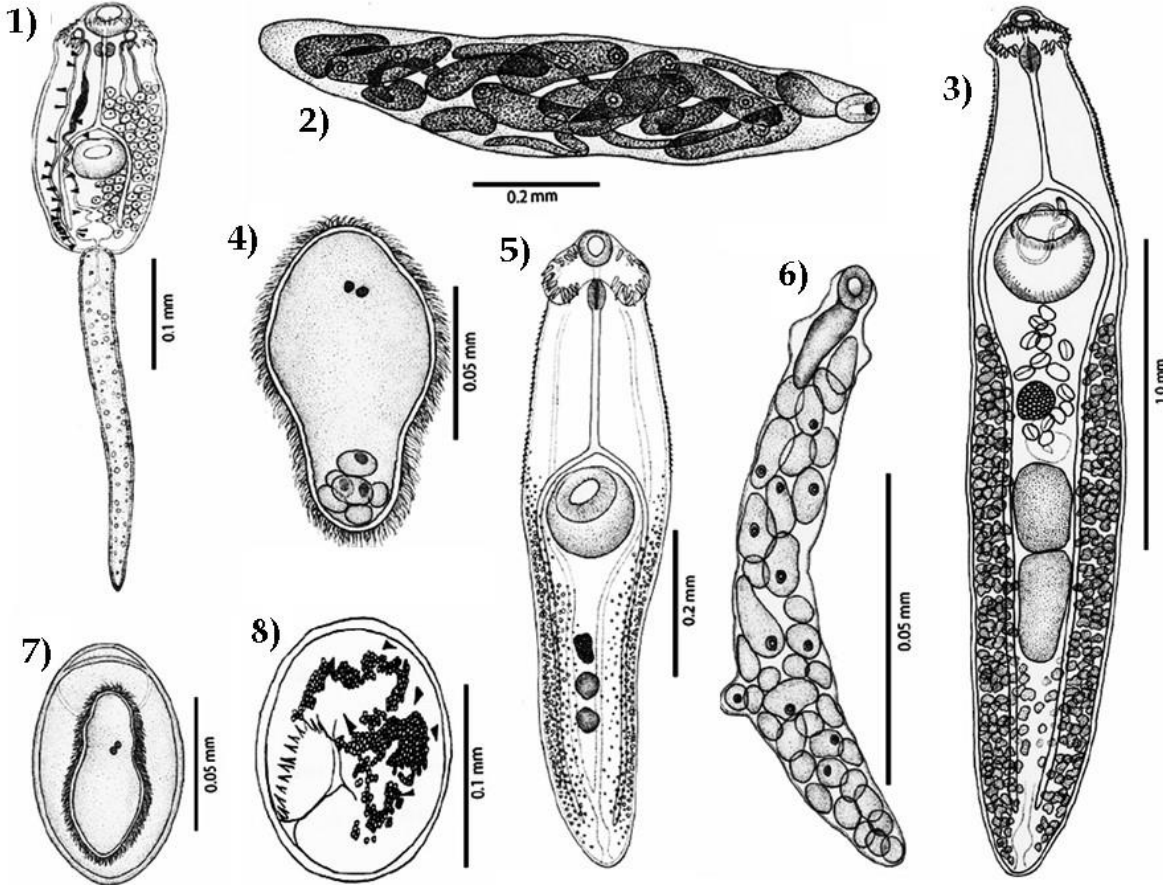
Вариант 2:

- A) Данный организм можно отнести к нектону;
- B) Данный организм питается, в основном, бактериями;
- C) Данный организм имеет экструсомы;
- D) Данный организм можно отнести к супергруппе Rhizaria;
- E) Иллюстрация 1 получена при помощи фазово-контрастной микроскопии;
- F) Иллюстрация 5 получена при помощи сканирующей электронной микроскопии.

Задание 4 (ID 8) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На рисунке ниже приведены различные стадии жизненного цикла паразитического плоского червя *Echinoparyphium recurvatum*. Этот червь имеет сложный жизненный цикл со сменой трёх хозяев. Стадии обозначены цифрами в порядке, отличающемся от того, в котором они идут в жизненном цикле червя.



Изучите рисунок и укажите для каждого из следующих утверждений, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Стадии 1 и 5 размножаются при помощи партеногенеза;
- B) Стадия 2 развивается в первом промежуточном хозяине;
- C) Стадия 8 носит название редия;
- D) Стадия 4 развивается в окончательном хозяине;
- E) Тело стадии 1 покрыто неодермисом;
- F) Верной является следующая последовательность смены стадий в жизненном цикле: 3, 8, 7, 4, 1, 6, 2, 5.

Вариант 2:

- A) Стадии 2 и 6 размножаются при помощи партеногенеза;
- B) Стадия 3 развивается в первом промежуточном хозяине;
- C) Стадия 8 носит название метацеркария;
- D) Стадия 6 развивается в окончательном хозяине;
- E) Тело стадии 4 покрыто неодермисом;
- F) Верной является следующая последовательность смены стадий в жизненном цикле: 4, 8, 5, 2, 7, 1, 6, 3.

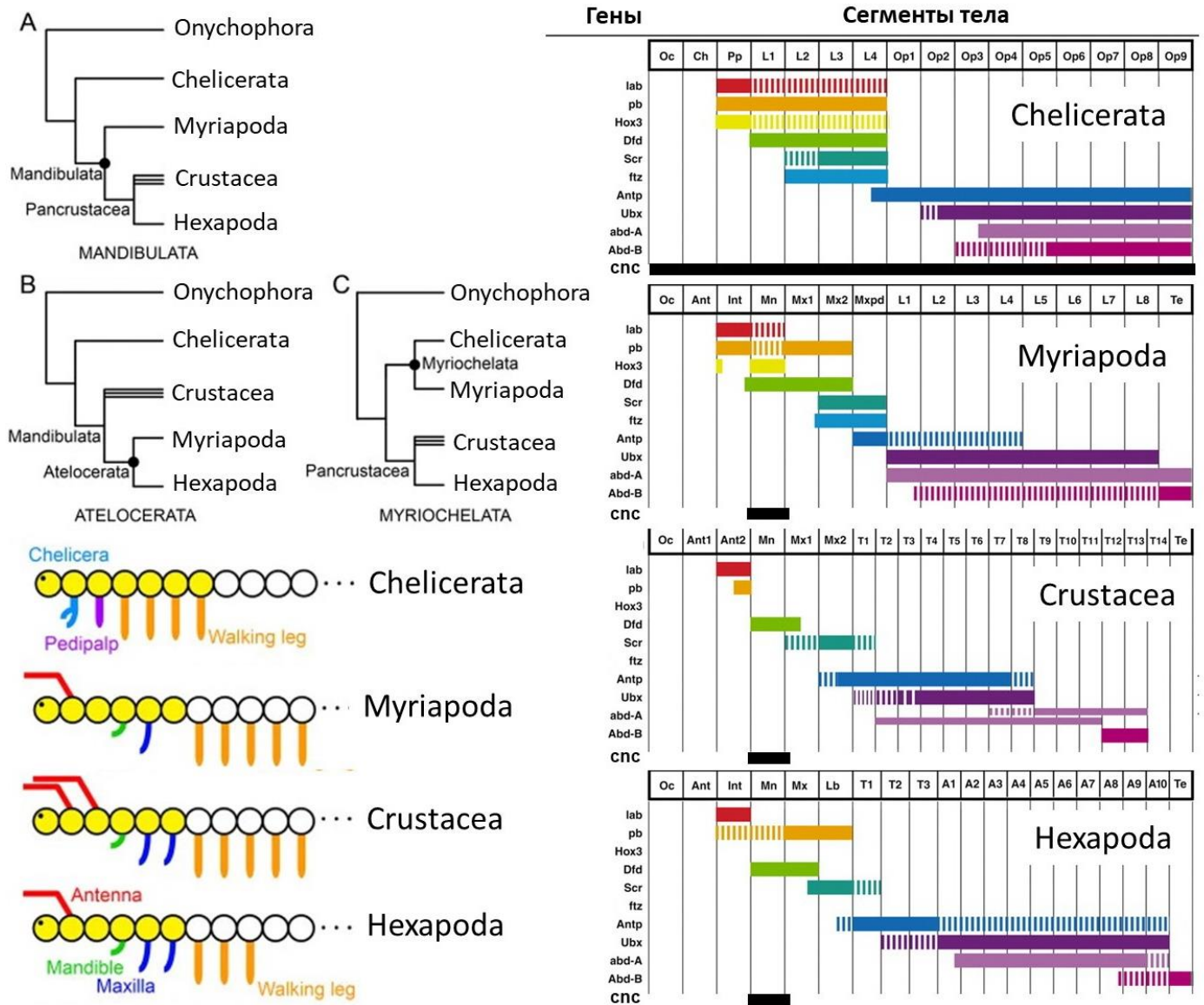
Задание 5 (ID 9) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

К типу членистоногие (Arthropoda) относятся группы хелицеровые (Chelicerata), многоножки (Myriapoda), ракообразные (Crustacea) и насекомые (Hexapoda). На данный момент наиболее популярной гипотезой о филогенетических отношениях между этими группами является гипотеза Mandibulata (кладограмма А, на рисунке ниже), но существуют и альтернативные гипотезы – Atelocerata (кладограмма В) и Myriochelata (кладограмма С).

Внизу слева показана наиболее вероятная картина гомологии сегментов передней части тела и их придатков между представителями этих групп (морфологические данные). Список обозначений: Antenna – антенны, Mandible – мандибулы, Maxilla – максиллы, Walking leg – ходные ноги, Chelicera – хелицеры, Pedipalp – педипальпы.

Правее показаны данные по экспрессии основных hox-генов (lab, pb, Hox3, Dfd, Scr, ftz, Antp, Ubx, abd-A и abd-B), а также гена cnc, управляющих развитием сегментов тела у представителей рассматриваемых групп. Данные по генам Hox3 и ftz неполные.



Изучите приведённые данные и укажите для каждого из следующих утверждений, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) В ходе эволюции членистоногих можно наблюдать постепенное «перекрытие» между хох-генами, распространение экспрессии каждого гена на всё большее количество сегментов;
- B) Если рассматривать только приведённые морфологические данные, то наиболее парсимоничной (соответствующей принципу максимальной экономии) окажется гипотеза Atelocerata;
- C) По современным представлениям хелицеры пауков гомологичны антеннам насекомых;
- D) Если придерживаться гипотезы Mandibulata, экспрессию гена Dfd только в пределах 4 и 5 сегментов можно считать синапоморфией Pancrustacea;
- E) Ген Antp участвует в дифференцировке груди у насекомых;
- F) В соответствии с гипотезой Atelocerata группа Pancrustacea будет считаться парафилетической.

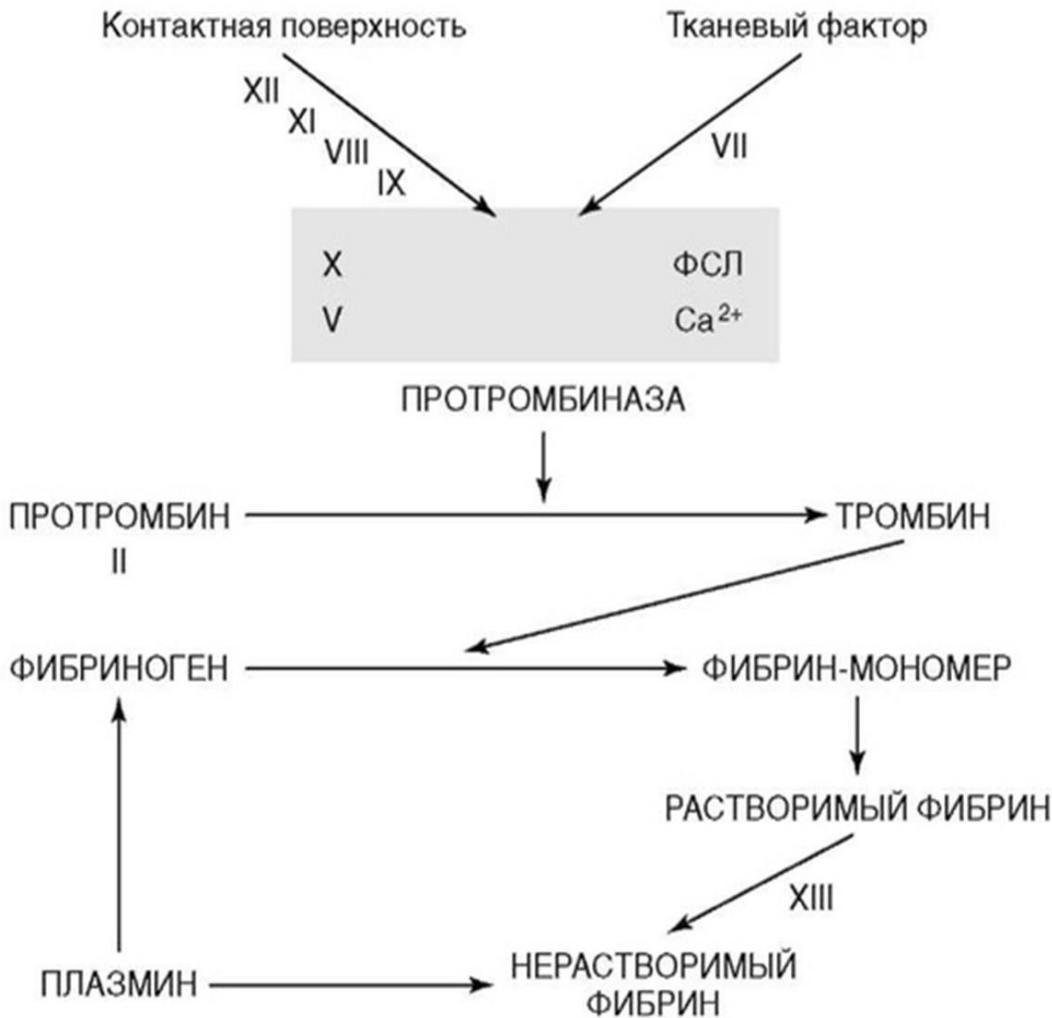
Вариант 2:

- A) В ходе эволюции членистоногих можно наблюдать постепенное «разделение функций» между хох-генами, закрепление каждого из генов за небольшим количеством специализированных сегментов;
- B) Если рассматривать только приведённые морфологические данные, то наиболее парсимоничной (соответствующей принципу максимальной экономии) окажется гипотеза Myriochelata;
- C) По современным представлениям педипальпы пауков гомологичны антеннам насекомых;
- D) Если придерживаться гипотезы Atelocerata, экспрессию гена lab только в пределах 3 сегмента можно считать синапоморфией данной клады;
- E) Ген Scr участвует в дифференцировке ногочелюстей у Crustacea;
- F) В соответствии с гипотезой Mandibulata группа Myriochelata будет считаться парафилетической.

Задание 6 (ID 14) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На рисунке ниже изображена упрощённая схема каскада свёртывания крови.



Проанализируйте схему и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) Клинически наиболее тяжело протекают коагулопатии, связанные с дефицитом факторов X, V или II (в отличие от дефицита факторов XII, IX или VIII);
- В) Гемофилия – группа наследственных заболеваний, обусловленных дефицитом факторов свёртывания;
- С) На конечном этапе образования факторов II, VII, IX и X при карбоксилировании остатков глутаминовой кислоты в этих белках необходим жирорастворимый витамин D;
- Д) При циррозе печени следует ожидать склонность циркуляторного русла к тромбообразованию;
- Е) Внутренний путь каскада коагуляции начинается с активации фактора VII;
- Ф) Ключевым ионом в каскаде свёртывания выступает Ca²⁺.

Вариант 2:

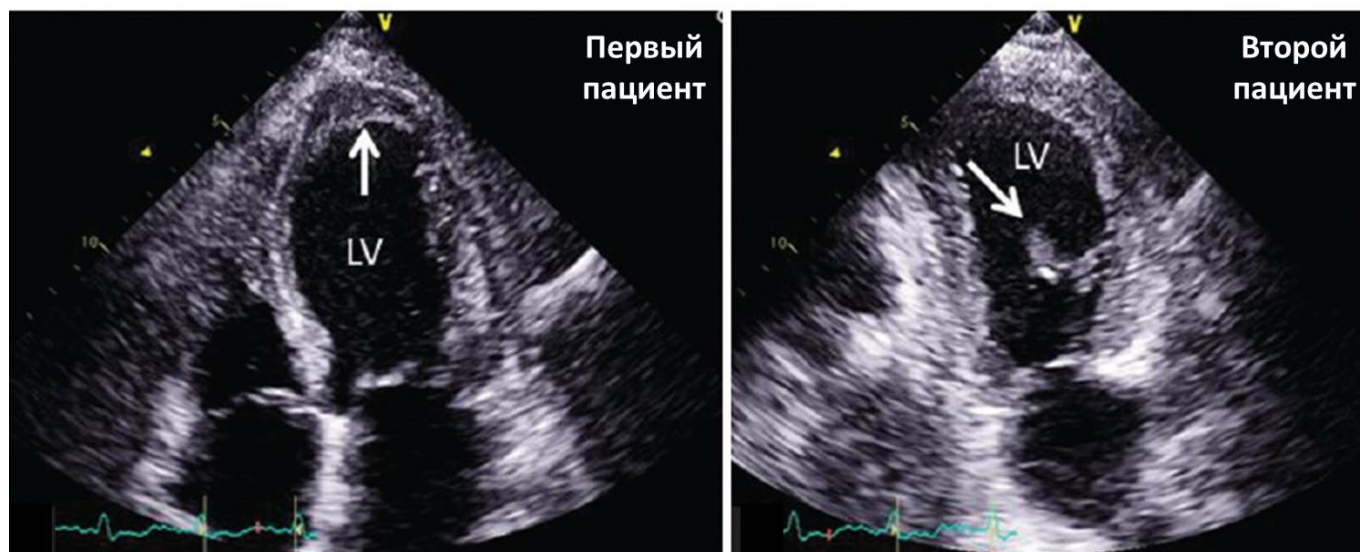
- А) На конечном этапе образования факторов II, VII, IX и X при карбоксилировании остатков глутаминовой кислоты в этих белках необходим жирорастворимый витамин K;

- В) При циррозе печени следует ожидать склонность циркуляторного русла к кровотечениям;
- С) Гемофилия – группа наследственных заболеваний, обусловленных дефицитом антикоагуляционных факторов;
- Д) Ключевым ионом в каскаде свёртывания выступает Ca^{2+} .
- Е) Внутренний путь каскада коагуляции начинается с активации фактора VII;
- Ф) Клинически наиболее тяжело протекают коагулопатии, связанные с дефицитом факторов X, V или II (в отличие от дефицита факторов XII, IX или VIII).

Задание 7 (ID 15) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Ниже приведены результаты ультразвукового исследования сердца (эхокардиографическое исследование, Эхо-КГ) двух разных пациентов. У обоих пациентов в полости камер выявлены тромбы, обозначенные белой стрелкой.



Для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

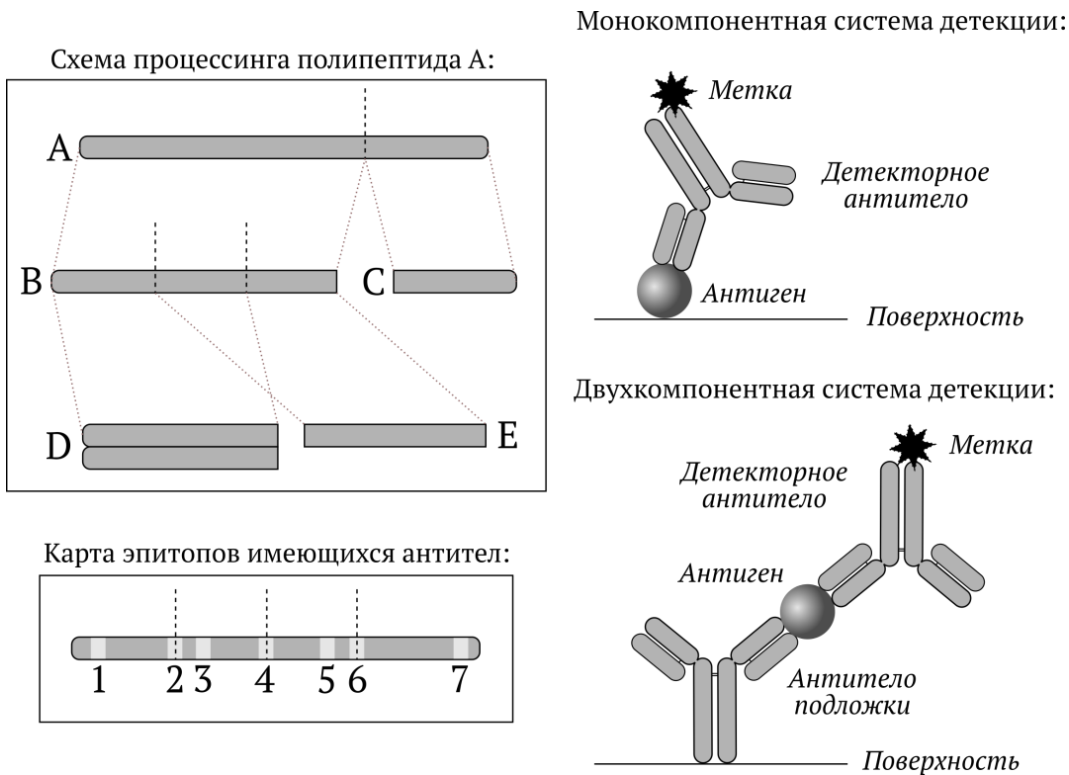
- A) У данных пациентов тромбы локализуются в разных полостях сердца;
- B) Тромботические массы у первого пациента более стабильны, чем у второго;
- C) У первого пациента наблюдается полная аплазия одного из створчатых клапанов;
- D) При отрыве тромба у первого пациента тромботические массы через левое предсердие и легочные вены попадут в малый круг кровообращения;
- E) У обоих пациентов высокий риск развития инсульта;
- F) Нарушения ритма сердца повышают риск тромбообразования в полостях сердца.

Вариант 2:

- A) У данных пациентов тромбы локализуются в одной и той же камере сердца;
- B) Тромботические массы у первого пациента более стабильны, чем у второго;
- C) При отрыве тромба у первого пациента тромботические массы попадут в большой круг кровообращения;
- D) При отрыве тромба у второго пациента может развиваться инсульт;
- E) Нарушения ритма сердца не влияют на риск тромбообразования в полостях сердца;
- F) У первого пациента наблюдается полная аплазия одного из створчатых клапанов.

Задание 8 (ID 19) – 3 балла

Известно, что в клетке некий полипептид А подвергается протеолитическому процессингу. Сначала в его первичной структуре возникает разрыв, который разделяет последовательность на две части (В и С). Второй разрыв затрагивает полипептид В, при этом существуют два конкурирующих пути, которые ведут к продуктам D и E, соответственно. Обратите внимание, что полипептид D образует димеры в физиологических условиях. В лаборатории имеется палитра из семи моноклональных антител, каждое из которых распознает один из линейных участков (1-7) полипептида А. Данные антитела могут быть использованы для создания иммунохимических систем детекции полипептида А и его производных (В, С, D, E). В случае монокомпонентной системы экстракт клеток наносят на связывающую поверхность, после чего ее обрабатывают раствором антител, сшитых с окрашенной меткой. Далее поверхность промывают буфером, чтобы избавиться от антител, не связавшихся с антигенами. Анализ завершают считыванием цветного сигнала. Двухкомпонентная система устроена схожим образом, однако в этом случае используют поверхность, заранее обработанную антителом. При наличии калибровочных стандартов оба метода могут давать количественные результаты.



Внимательно рассмотрите рисунок и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) Представленная палитра антител не позволяет определить суммарную концентрацию всех пептидов (А-Е) за одно измерение двухкомпонентным методом;
- В) Пептид А – единственный аналит, концентрацию которого можно определить за одно измерение с использованием двухкомпонентной системы;
- С) Концентрацию пептида С невозможно установить с использованием исключительно двухкомпонентных систем;
- Д) Концентрацию пептида D возможно установить с использованием исключительно однокомпонентных систем;

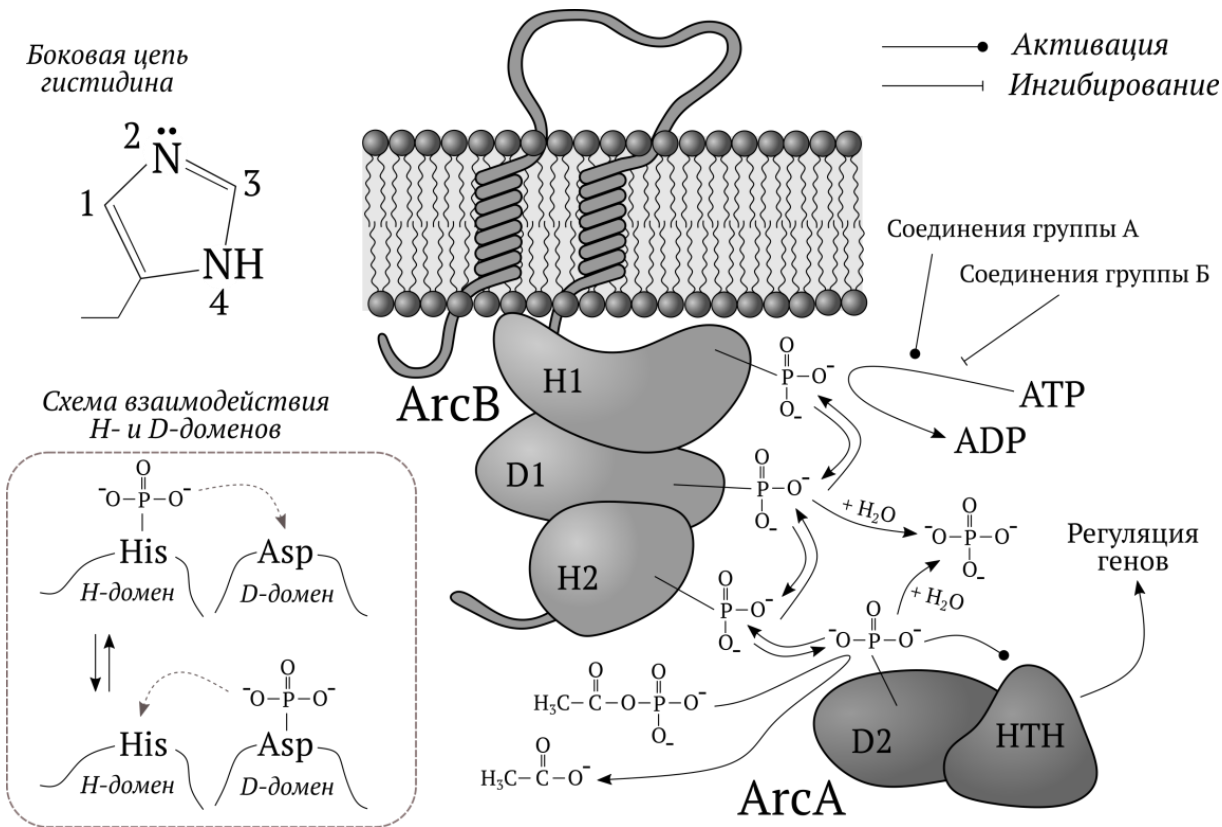
- Е) В общем случае двухкомпонентные системы позволяют достичь большей селективности по отношению к целевому аналиту;
- Ф) Антитела, связывающиеся с разными эпитопами одного белка, не могут быть получены от одного донора.

Вариант 2:

- А) Представленная палитра антител не позволяет определить суммарную концентрацию всех пептидов (А-Е) за одно измерение однокомпонентным методом;
- В) Пептид А – единственный аналит, концентрацию которого можно определить за одно измерение с использованием монокомпонентной системы;
- С) Концентрацию пептида Е невозможно установить с использованием исключительно однокомпонентных систем;
- Д) Для того чтобы установить концентрации всех пептидов необходимо использовать как монокомпонентные, так и двухкомпонентные системы;
- Е) В общем случае двухкомпонентные системы позволяют достичь большей селективности по отношению к целевому аналиту;
- Ф) Антитела, связывающиеся с разными эпитопами одного белка, не могут быть получены от одного донора.

Задание 9 (ID 20) – 3 балла

Живые организмы обладают способностью тонко регулировать свой метаболизм в зависимости от условий окружающей среды. У бактерий одним из инструментов, обеспечивающих данный процесс, являются так называемые двухкомпонентные системы. Они представляют собой комбинации гистидин(H)- и аспартат(D)-содержащих доменов, которые могут быть фосфорилированы. Присоединение фосфата к последнему D-домену (D2) изменяет активность НТН-домена, выполняющего роль регулятора генной активности. На рисунке представлена двухкомпонентная система ArcAB, которая активируется в условиях недостатка кислорода. Известно, что лактат, пируват, ацетат, NADH, а также окисленные хиноны влияют на ArcB.



Внимательно рассмотрите схему и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) Увеличение концентрации лактата стимулирует фосфорилирование D2;
- В) Увеличение концентрации ацетата стимулирует фосфорилирование D2;
- С) Увеличение концентрации окисленных хинонов стимулирует дефосфорилирование D2;
- Д) Соединения группы А стимулируют цикл Кребса;
- Е) Исходя из информации, представленной на картинке, Н-домены катализируют фосфорилирование D-доменов;
- F) Атом углерода в боковой цепи гистидина, отмеченный цифрой 3, выступает мишенью фосфорилирования в Н-доменах.

Вариант 2:

- А) Увеличение концентрации пирувата стимулирует дефосфорилирование D2;
- В) Увеличение концентрации NADH стимулирует дефосфорилирование D2;
- С) Увеличение концентрации окисленных хинонов стимулирует дефосфорилирование D2;

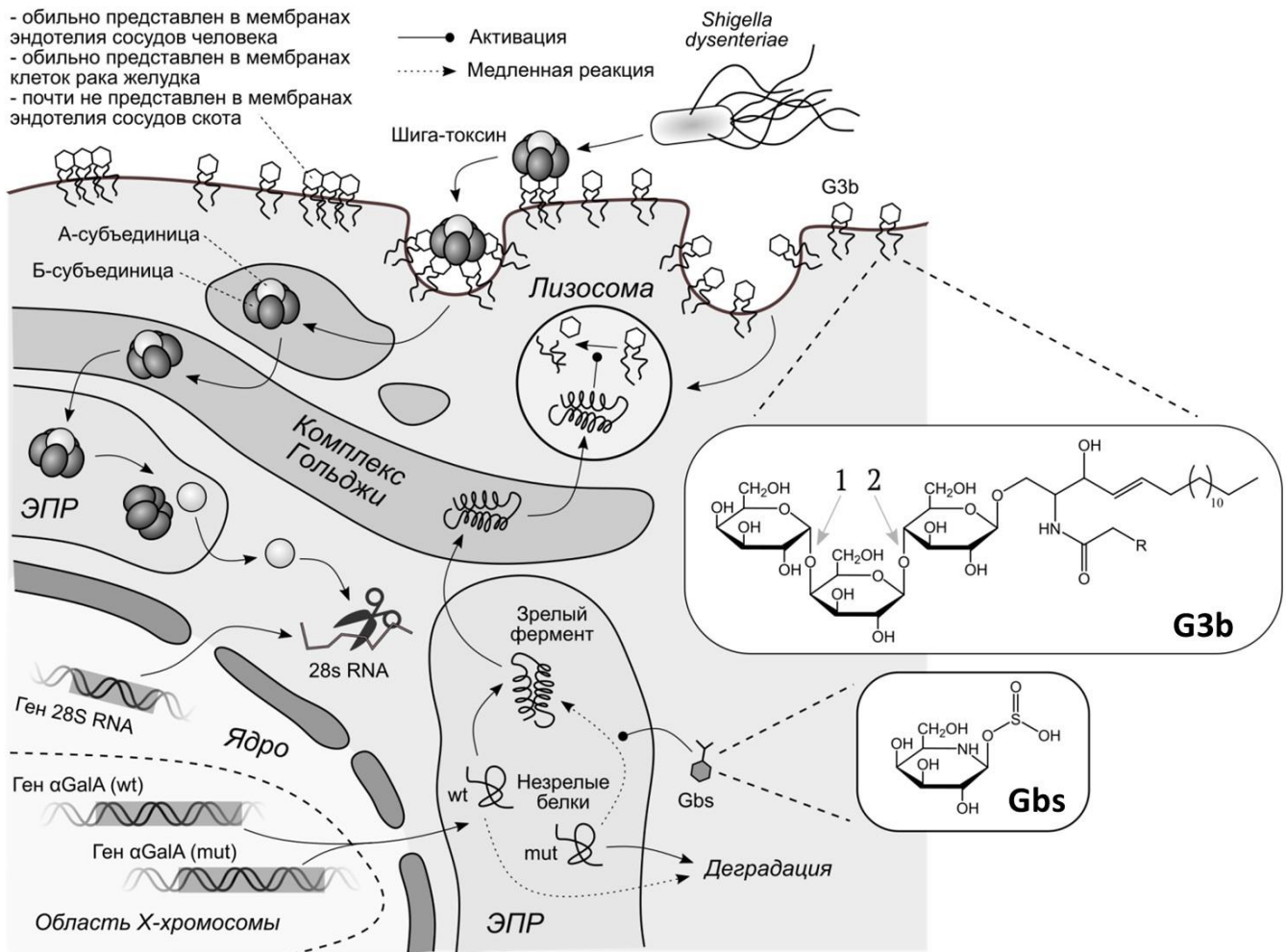
D) Соединения группы А стимулируют брожение;

E) Собственная гидролазная активность D-доменов участвует в регуляции продолжительности передачи сигнала;

F) Взаимодействие H- и D-доменов протекает аналогично взаимодействию тирозиновых протеинкиназ млекопитающих и их мишеней.

Задание 10 (ID 21) – 3 балла

На рисунке представлены некоторые аспекты метаболизма липида глоботриаозилцерамида (G3b). Известно, что G3b служит одним из основных рецепторов Шига-токсина – белкового комплекса, выделяемого бактериями *Shigella dysenteriae*. Данный патоген является возбудителем шигеллёза, который в наиболее тяжелых случаях сопровождается кровавой диареей и гемолитико-уремическим синдромом. В физиологических условиях катаболизм G3b протекает с участием фермента альфа-галактозидазы А (α GalA wt), функционирование которого нарушено у пациентов с болезнью Фабри (рецессивное моногенное наследование, α GalA mut). В ряду работ было показано, что применение соединений по типу галактостатин бисульфата (Gbs) способно улучшать показатели здоровья трансгенных мышей, экспрессирующих мутантную форму фермента.



Внимательно рассмотрите схему и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Альфа-галактозидаза А гидролизует связь, обозначенную цифрой 1 на структуре G3b;
- B) Шига-токсин реализует свой эффект через ингибирование трансляции в клетке;
- C) Домашний скот может выступать бессимптомным переносчиком шигеллёза;
- D) Терапевтический эффект Gbs при болезни Фабри может быть объяснен в рамках его способности связывать альфа-галактозидазу А и стабилизировать функциональную конформацию фермента;

- Е) Тестирование активности альфа-галактозидазы А в лейкоцитах крови может выступать надежным способом диагностики болезни Фабри у мужчин;
F) Тестирование активности альфа-галактозидазы А в лейкоцитах крови может выступать надежным способом диагностики болезни Фабри у женщин.

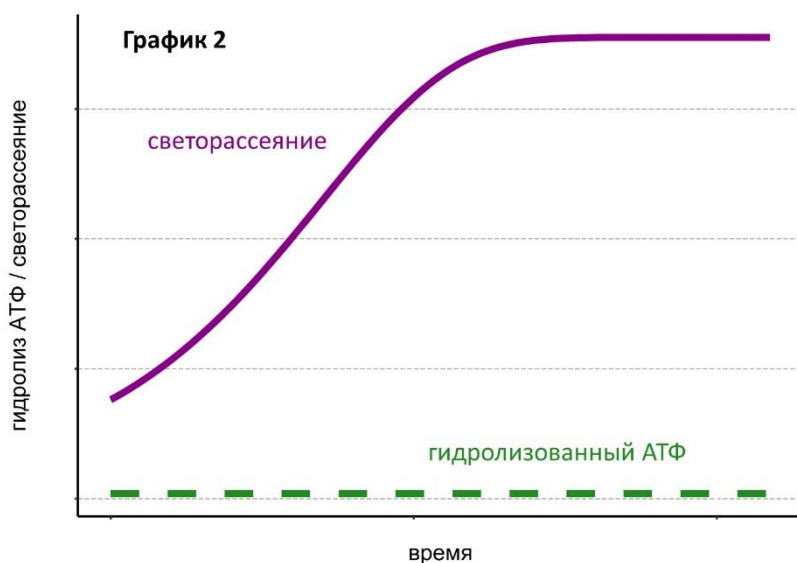
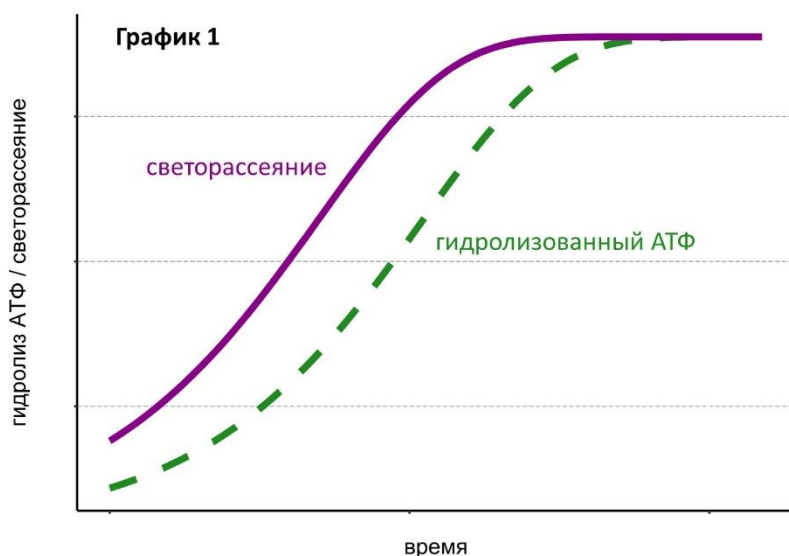
Вариант 2:

- A) Альфа-галактозидаза А гидролизует связь, обозначенную цифрой 2 на структуре G3b;
B) А-субъединицы Шига-токсина могут быть использованы для того, чтобы увеличивать селективность химиотерапевтических агентов в отношении рака желудка;
C) Болезнь Фабри вызвана нарушением активности альфа-галактозидазы А, в основе которого лежит замена одного из аминокислотных остатков, выполняющих ключевую роль в катализе;
D) Терапевтический эффект Gbs при болезни Фабри может быть лимитирован его способностью ингибировать работу альфа-галактозидазы А по конкурентному механизму;
E) Тестирование активности альфа-галактозидазы А в лейкоцитах крови может выступать надежным способом диагностики болезни Фабри у мужчин;
F) Тестирование активности альфа-галактозидазы А в лейкоцитах крови может выступать надежным способом диагностики болезни Фабри у женщин.

Задание 11 (ID 25) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Важнейший белок цитоскелета актин может существовать в мономерной и полимерной формах. За полимеризацией актина в пробирке можно наблюдать по увеличению светорассеяния. Вы смешиваете актин с АТФ и следите за расщеплением последнего. На первом графике приведено изменение светорассеяния (сплошная фиолетовая кривая) и количества гидролизованного АТФ (пунктирная зеленая кривая). Теперь вы смешиваете актин с негидролизующим аналогом АТФ. Результат показан на втором графике.



Проанализируйте графики и укажите для каждого из следующих утверждений, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) За время проведения эксперимента суммарная длина актиновых филаментов в пробирке возросла;
- В) Гидролиз АТФ препятствует полимеризации актина;
- С) Скорость гидролиза АТФ выше скорости полимеризации актина;
- Д) АТФ гидролизуется вследствие деполимеризации актина;
- Е) Скорость полимеризации актина прямо пропорциональна скорости гидролиза АТФ;

Г) Неорганический фосфат, высвобождаемый в процессе гидролиза АТФ, обладает эффектом светорассеяния.

Вариант 2:

А) За время проведения эксперимента суммарная длина актиновых филаментов в пробирке возросла;

В) За время проведения эксперимента суммарная длина актиновых филаментов в пробирке снизилась;

С) Гидролиз АТФ необходим для полимеризации актина;

Д) Полимеризация актина происходит быстрее, чем гидролиз АТФ;

Е) Скорость гидролиза АТФ ниже скорости деполимеризации актина;

Г) Неорганический фосфат, высвобождаемый в процессе гидролиза АТФ, обладает эффектом светорассеяния.

Задание 12 (ID 26) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Вы изучаете транспорт белка X, закодированного ядерным геномом дрожжевой клетки. Для этого вы получаете препараты различных дрожжевых органелл, добавляете к ним белок X, синтезированный в бесклеточной системе, после чего разрушаете органеллы, очищаете белок X и изучаете его свойства с помощью электрофореза в полиакриламидном геле в денатурирующих условиях. Эта процедура состоит из нескольких этапов.

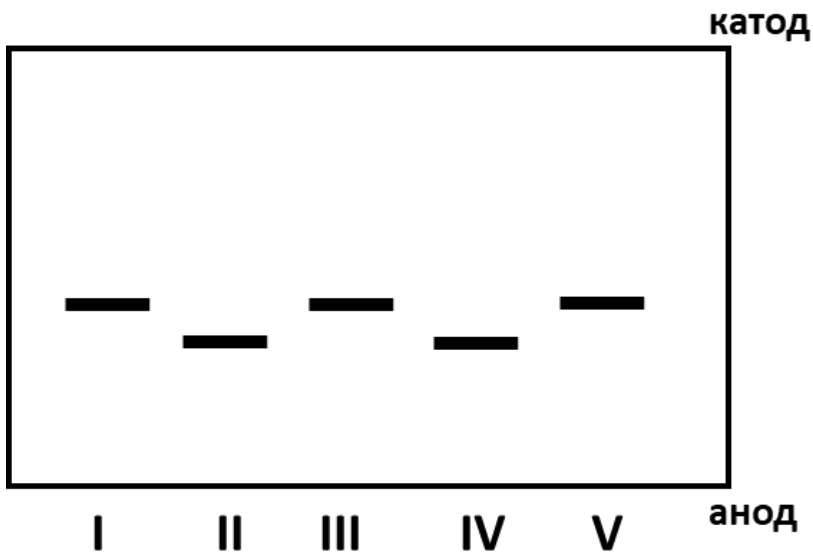
1) К белку добавляются додецилсульфат натрия (денатурирует белок, прочно с ним связываясь и придает получившемуся комплексу отрицательный заряд) и бета-меркаптоэтанол (разрушает дисульфидные связи в белке).

2) Получившаяся смесь вносится в полиакриламидный гель, находящийся в камере для электрофореза (заполнена специальным раствором и имеет два электрода: катод и анод).

3) Включают электрический ток. Заряженные белки под воздействием электрического поля перемещаются в толще полиакриламидного геля, причем подвижность белка зависит от его массы: чем она больше, тем медленнее перемещается белковая молекула.

4) Через некоторое время ток выключают, гель проявляют красителем, избирательно связывающим белки.

Вы вносите в гель пять образцов белка X: I – синтезированный в бесклеточной системе, II – выделенный из обычных дрожжевых клеток, III – синтезированный в бесклеточной системе белок X после инкубации с пероксисомами, IV – синтезированный в бесклеточной системе белок X после инкубации с митохондриями, V – синтезированный в бесклеточной системе белок X после инкубации с ядрами клеток.



Изучите результаты эксперимента и укажите для каждого из следующих утверждений, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Масса белка во всех дорожках одинаковая;
- B) Масса белка в дорожках II и IV меньше, чем в дорожках I, III и V;
- C) Скорее всего белок X имеет ядерную локализацию;
- D) Из эксперимента следует, что в пероксисоме белок X образует дисульфидные мостики;
- E) Из эксперимента следует, что в митохондрии белок X может подвергаться частичному протеолизу;
- F) Дизайн этого эксперимента не позволяет определить заряд белка в физиологическом pH.

Вариант 2:

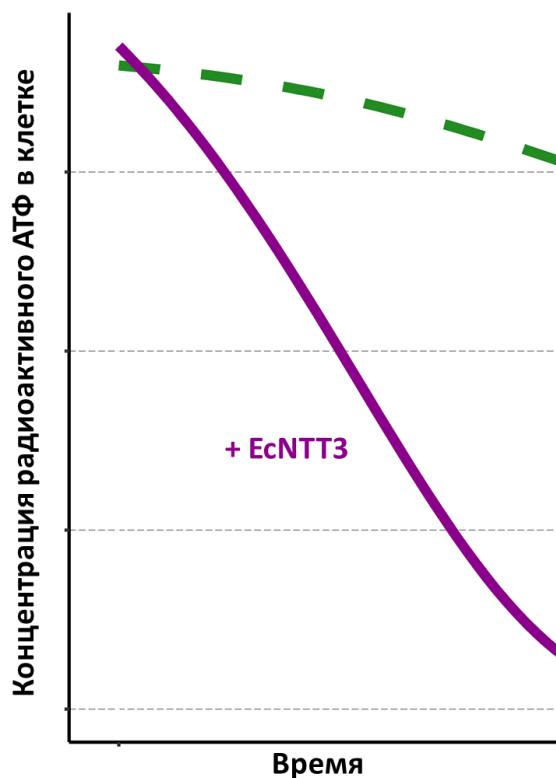
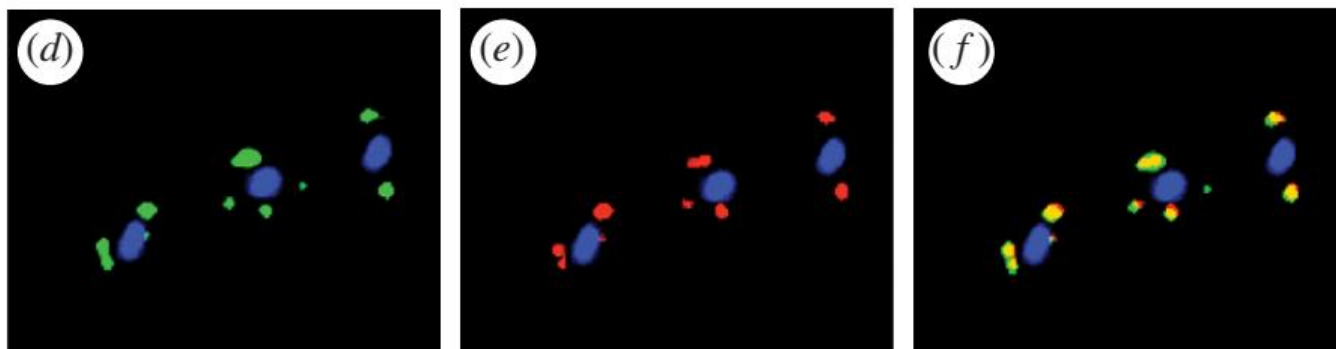
- A) Масса белка во всех дорожках одинаковая;
- B) Масса белка в дорожках II и IV больше, чем в дорожках I, III и V;
- C) Скорее всего белок X имеет митохондриальную локализацию;
- D) Из эксперимента следует, что в ядре белок X может подвергаться частичному протеолизу;
- E) Из эксперимента следует, что в митохондриях белок X может подвергаться частичному протеолизу;
- F) Попадая в ядро, белок X димеризуется.

Задание 13 (ID 27) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Ученые обнаружили у одноклеточной паразитической микроспоридии *Encephalitozoon cuniculi* органеллы, похожие на митохондрии, но меньшего размера и без крист. Исследователи предположили, что перед ними интересный пример редуцированных митохондрий – митосом. Чтобы проверить эту гипотезу, они изучили локализацию двух белков – mtHsp70, специфичного для митохондрий, и EcNTT3, обнаруженного в мембранах новых органелл. Для этого они специальным образом обрабатывали клетки антителами, узнающими эти белки. С антителами были ковалентно связаны флуорофоры, испускающие свет в красной или зеленой области спектра соответственно. Рассмотрите микрофотографии, сделанные с помощью флуоресцентного микроскопа. На первых двух микрофотографиях (d и e) флуорофоры визуализированы по отдельности, а третье изображение (f) – результат наложения первых двух друг на друга. Синим цветом окрашены ядра клеток.

Затем ученые решили выяснить функцию белка EcNTT3. Для этого они поместили его в мембрану клетки кишечной палочки (*Escherichia coli*), ввели в эти клетки радиоактивный АТФ и наблюдали, как быстро АТФ покинет клетку (фиолетовая кривая на графике). В качестве контроля они использовали обычные клетки кишечной палочки (зеленая пунктирная кривая на графике).



Проанализируйте приведенные эксперименты и укажите для каждого из следующих утверждений, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) mtHsp70 локализуется в ядре клетки *E. cuniculi*;
- B) mtHsp70 находится в одном клеточном компартменте с EcNTT3;
- C) EcNTT3 равномерно распределен по всей цитоплазме *E. coli*;
- D) EcNTT3 препятствует транспорту АТФ через мембрану;
- E) Поскольку EcNTT3 колокализуется с mtHsp70, скорее всего ученые действительно обнаружили органеллу, гомологичную митохондрии;
- F) EcNTT3 скорее всего участвует в гидролизе АТФ.

Вариант 2:

- A) Желтый цвет на третьем рисунке – результат наложения красного и зеленого;
- B) mtHsp70 находится в одном клеточном компартменте с EcNTT3;
- C) EcNTT3 равномерно распределен по всей цитоплазме *E. cuniculi*;
- D) EcNTT3 вероятно участвует в транспорте АТФ через мембрану;
- E) Поскольку EcNTT3 колокализуется с mtHsp70, скорее всего ученые действительно обнаружили органеллу, гомологичную митохондрии;
- F) EcNTT3 скорее всего участвует в гидролизе АТФ.

Задание 14 (ID 31) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Мичуринское учение - лженаучное направление в биологии, возникшее в середине 20-го века в СССР, продвигаемое Т.Д. Лысенко и государственной пропагандой. Многие воззрения этой концепции вытекают из постулатов ламаркизма. Для каждого из приведенных ниже положений, связанных с этим учением, отметьте верными те, которые соответствуют, а неверными те, которые НЕ соответствуют современным знаниям по цитологии, физиологии растений, генетике и теории эволюции:

Вариант 1:

- A) Основным механизмом изменения наследственности являются изменения в метаболических процессах организма, влияющие на формирование гамет;
- B) Наследственные признаки могут передаваться непосредственно от привоя к подвою (при так называемой "вегетативной гибридизации" растения, когда совмещаются части растений разных видов);
- C) Изменение организмов или их отдельных органов и свойств не всегда или не в полной степени передаётся потомству, но измененные зачатки новых организмов всегда получают только в результате изменения тела родительского организма, в результате прямого или косвенного воздействия условий жизни на развитие организма или отдельных его частей;
- D) Изменение наследственности, приобретение новых свойств и их усиление в ряде последовательных поколений всегда (стоит понимать, как "только"- прим.) определяется условиями жизни организмов;
- E) Существует не только межвидовая конкуренция;
- F) Современные виды способны превращаться один в другой под действием условий внешней среды.

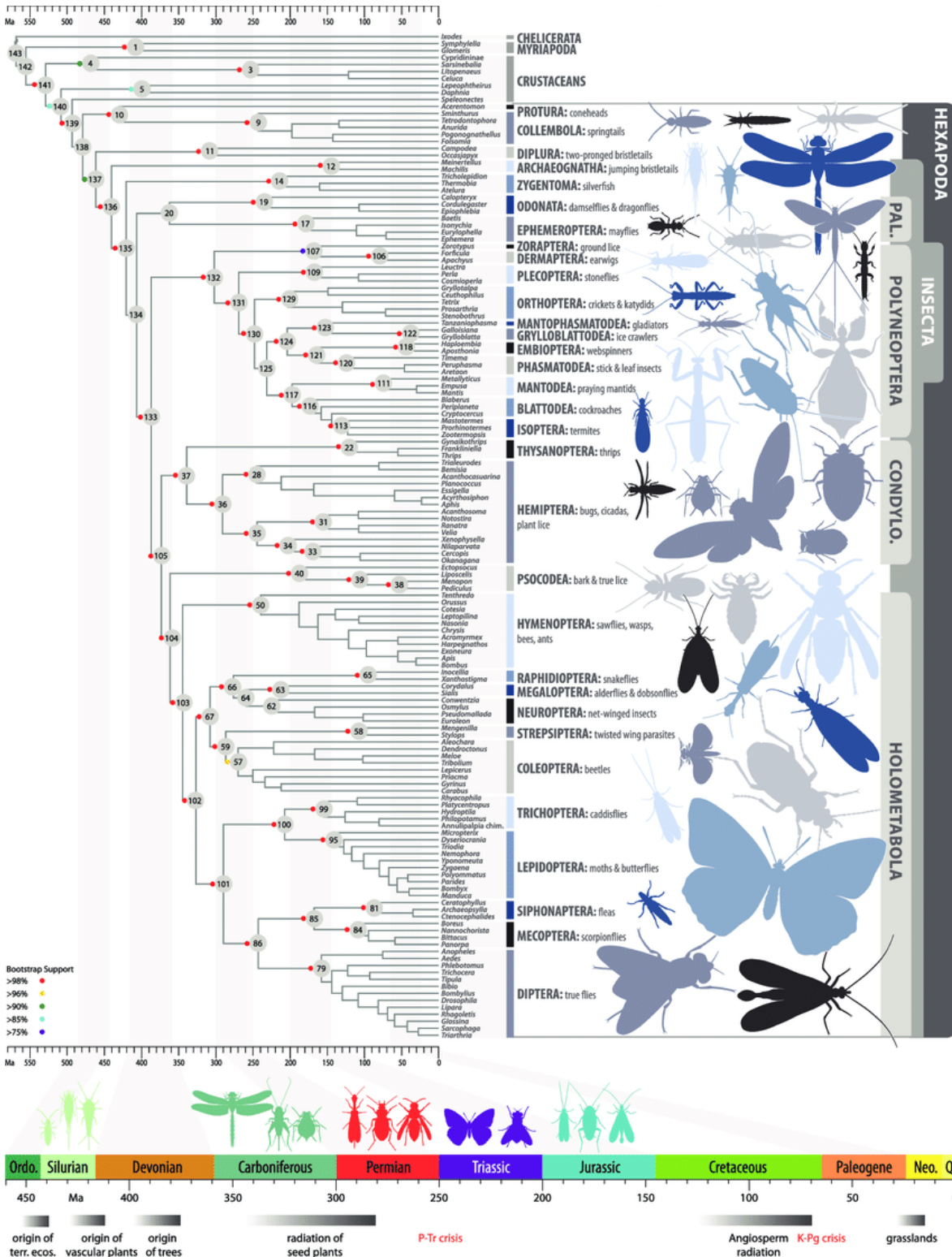
Вариант 2:

- A) Изменение организмов или их отдельных органов и свойств не всегда или не в полной степени передаётся потомству, но измененные зачатки новых организмов всегда получают только в результате изменения тела родительского организма, в результате прямого или косвенного воздействия условий жизни на развитие организма или отдельных его частей;
- B) Изменение наследственности, приобретение новых свойств и их усиление в ряде последовательных поколений всегда (стоит понимать, как "только"- прим.) определяется условиями жизни организмов;
- C) Хромосомы не являются носителями наследственности;
- D) Клетки способны самозарождаться из неклеточной массы;
- E) Существует не только межвидовая конкуренция;
- F) Современные виды способны превращаться один в другой под действием условий внешней среды.

Задание 15 (ID 33) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Изучите представленную ниже филогенетическую реконструкцию (Misof et al., 2014, published in Science). На филограмме представлены Шестиногие (Hexaroda): группа наземных членистоногих, включающая в себя Насекомых (Insecta) и несколько других, более скромных по числу видов классов, а также некоторые другие членистоногие в качестве внешних групп. Время расхождения узлов было оценено с помощью метода молекулярных часов, геохронологическая шкала приведена снизу. Ниже филограммы вы можете видеть небольшую схему, на которой сопоставлены значимые события в эволюции биосферы и время появления различных отрядов Насекомых по палеонтологическим данным.



Проанализируйте представленный рисунок и, для каждого из следующих утверждений, укажите, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) По палеонтологическим данным к началу Мелового периода (на схеме - *Cretaceous*, 145-65 млн. л. н.) уже появились все современные отряды Насекомых;
- B) Появление и диверсификация Цветковых растений (на схеме - *Angiosperm radiation*), предположительно, привела к появлению большого числа отрядов Насекомых, в частности, Чешуекрылых (*Lepidoptera*);
- C) Перепончатокрылые (*Hymenoptera*) – самая базальная группа насекомых с полным превращением (*Holometabola*);
- D) Шестиногих (*Hexapoda*) можно рассматривать как одну из ветвей Ракообразных (*Crustaceans*);
- E) Бессяжковые, или протуры (*Protura*) – самая древняя современная группа Шестиногих (*Hexapoda*);
- F) По данным филогенетической реконструкции, Насекомые (*Insecta*) появились около 490-480 млн. лет назад.

Вариант 2:

- A) Появление и диверсификация Цветковых растений (на схеме - *Angiosperm radiation*), предположительно, привела к появлению большого числа отрядов Насекомых, в частности, Чешуекрылых (*Lepidoptera*);
- B) Перепончатокрылые (*Hymenoptera*) – самая базальная группа насекомых с полным превращением (*Holometabola*);
- C) Исходя из палеонтологических данных, появление первых представителей Шестиногих можно связать с возникновением наземных экосистем (на схеме - *origin of terr. ecos.*);
- D) По данным филогенетической реконструкции, Насекомые (*Insecta*) появились не ранее 400 млн. лет назад;
- E) Ближайшие родственники Жесткокрылых (*Coleoptera*) – Вееркрылые (*Strepsiptera*);
- F) *Hexapoda* – полифилетическая группа.

Тип заданий В. Задания на сопоставление элементов

В заданиях данной части участникам необходимо проанализировать различные фотографии, рисунки, схемы (отмечены арабскими цифрами) и сопоставить им элементы из двух списков, приведенных ниже (отмечены латинскими буквами и римскими цифрами). В качестве ответа в каждом задании участники должны провести стрелки между сопоставляемыми элементами.

Система оценки:

За каждое верно указанное соответствие между элементами 1 и 2 рядов или 2 и 3 рядов участник получает 0,5 балла.

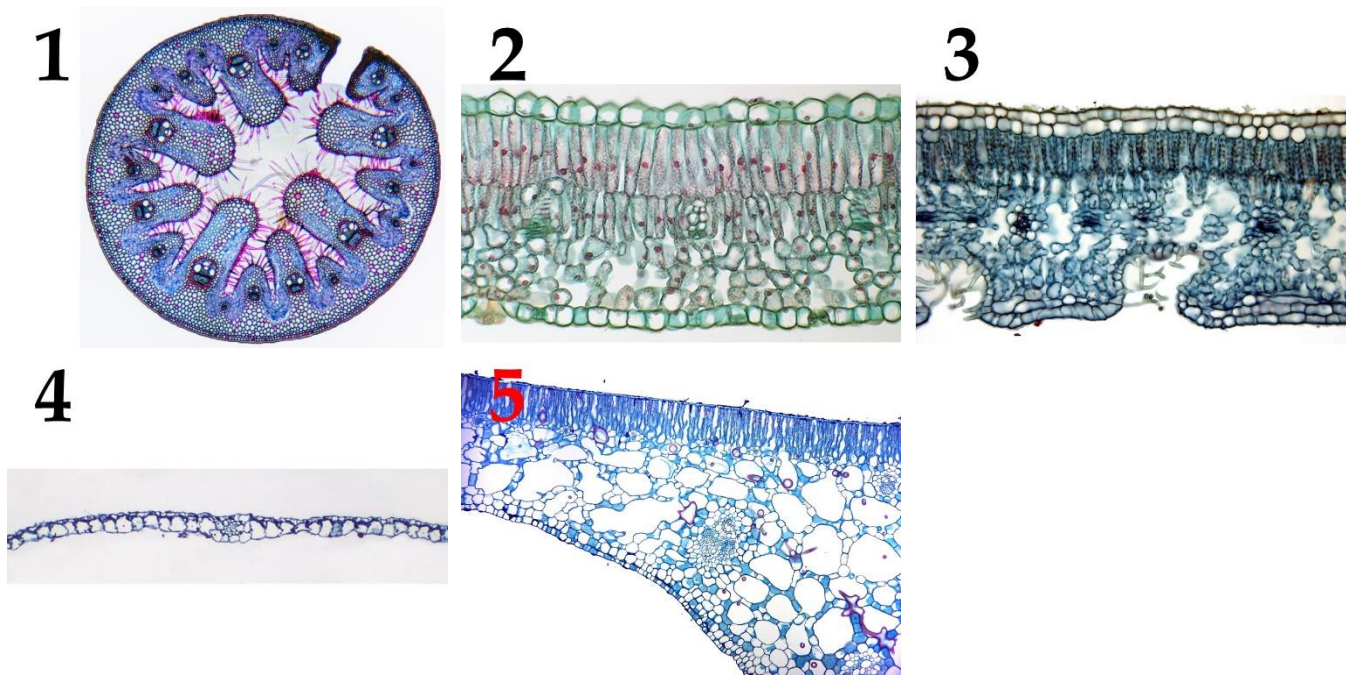
За каждое неверное соответствие – 0 баллов.

Задание 16 (ID 34) – 5 баллов

Вариант 1

Лист является наиболее пластичным органом растений. Анатомическое строение листьев очень сильно изменяется в зависимости от условий, в которых обитают растения.

В данном задании приведены фотографии поперечных срезов (или фрагментов срезов) листьев цветковых растений (обратите внимание масштаб неодинаков!). Необходимо соотнести фотографию среза с подходящей ему характеристикой и экологической группой:



Характеристики листьев (список избыточен – в нем есть лишние характеристики):

- A) Мезофилл дифференцирован на два типа – столбчатый и губчатый, тонкая однослойная кутикула;
- B) Устьица погруженные. Под эпидермой расположена гиподерма, состоящая из клеток с равномерно утолщенными одревесневающими клеточными стенками. Мезофилл однородный, складчатый;
- C) Лист гипостоматический. Устьица расположены в криптах, в которых также развиваются и одноклеточные трихомы;
- D) Лист эпистоматический, развита мощная кутикула. В мезофилле располагаются астроклереиды;
- E) Лист эпистоматический, ребристый с верхней стороны, большой его объем занимает одревесневшая склеренхима;
- F) Мощное развитие имеет водозапасающая паренхима;
- G) Эпидерма выполняет функцию фотосинтеза, устьиц нет;
- H) Лист гипостоматический, эпидерма покрыта тонкой кутикулой, устьица приподнятые.

Список экологических групп растений по отношению к воде (список избыточен, выберите наиболее точную характеристику!):

- I) Мезофит;
- II) Водные растения с полностью погруженными листьями;
- III) Водные растения с плавающими на поверхности воды листьями;
- IV) Суккулент;
- V) Склерофит;
- VI) Ксерофит.

Ответ:

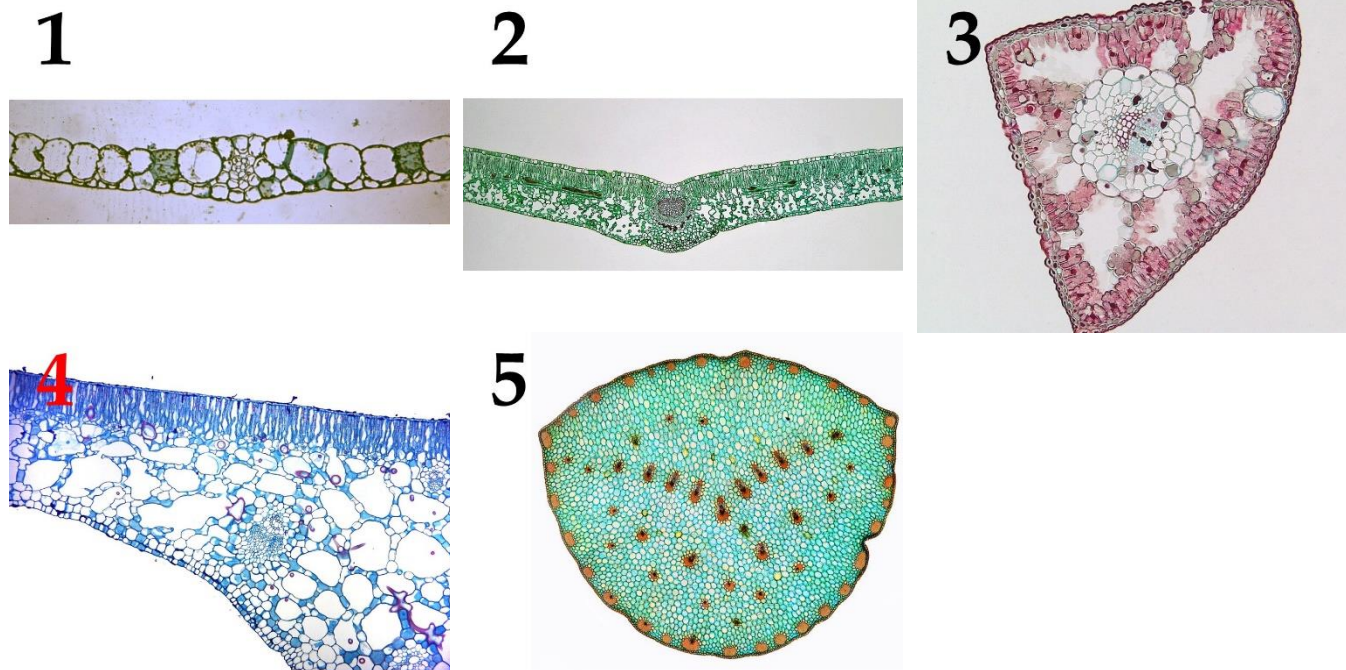
Картинка	1	2	3	4	5
Характеристика	E	A	C	G	D
Экологическая группа	V	I	VI	II	III

Задание 16 (ID 34) – 5 баллов

Вариант 2

Лист является наиболее пластичным органом растений. Анатомическое строение листьев очень сильно изменяется в зависимости от условий, в которых обитают растения.

В данном задании приведены фотографии поперечных срезов (или фрагментов срезов) листьев цветковых растений (обратите внимание масштаб неодинаков!). Необходимо соотнести фотографию среза с подходящей ему характеристикой и экологической группой:



Характеристики листьев (список избыточен – в нем есть лишние характеристики):

- A) Мезофилл дифференцирован на два типа – столбчатый и губчатый, тонкая однослойная кутикула;
- B) Устьица погруженные. Под эпидермой расположена гиподерма, состоящая из клеток с равномерно утолщенными одревесневающими клеточными стенками. Мезофилл однородный, складчатый;
- C) Лист гипостоматический. Устьица расположены в криптах, в которых также развиваются и одноклеточные трихомы;
- D) Лист эпистоматический, развита мощная кутикула. В мезофилле располагаются астроклереиды;
- E) Лист эпистоматический, ребристый с верхней стороны, большой его объем занимает одревесневшая склеренхима;
- F) Мощное развитие имеет водозапасающая паренхима;
- G) Эпидерма выполняет функцию фотосинтеза, устьиц нет;
- H) Лист гипостоматический, эпидерма покрыта тонкой кутикулой, устьица приподнятые.

Список экологических групп растений по отношению к воде (список избыточен, выберите наиболее точную характеристику!):

- I) Мезофит;
- II) Водные растения с полностью погруженными листьями;
- III) Водные растения с плавающими на поверхности воды листьями;
- IV) Суккулент;
- V) Склерофит;
- VI) Ксерофит.

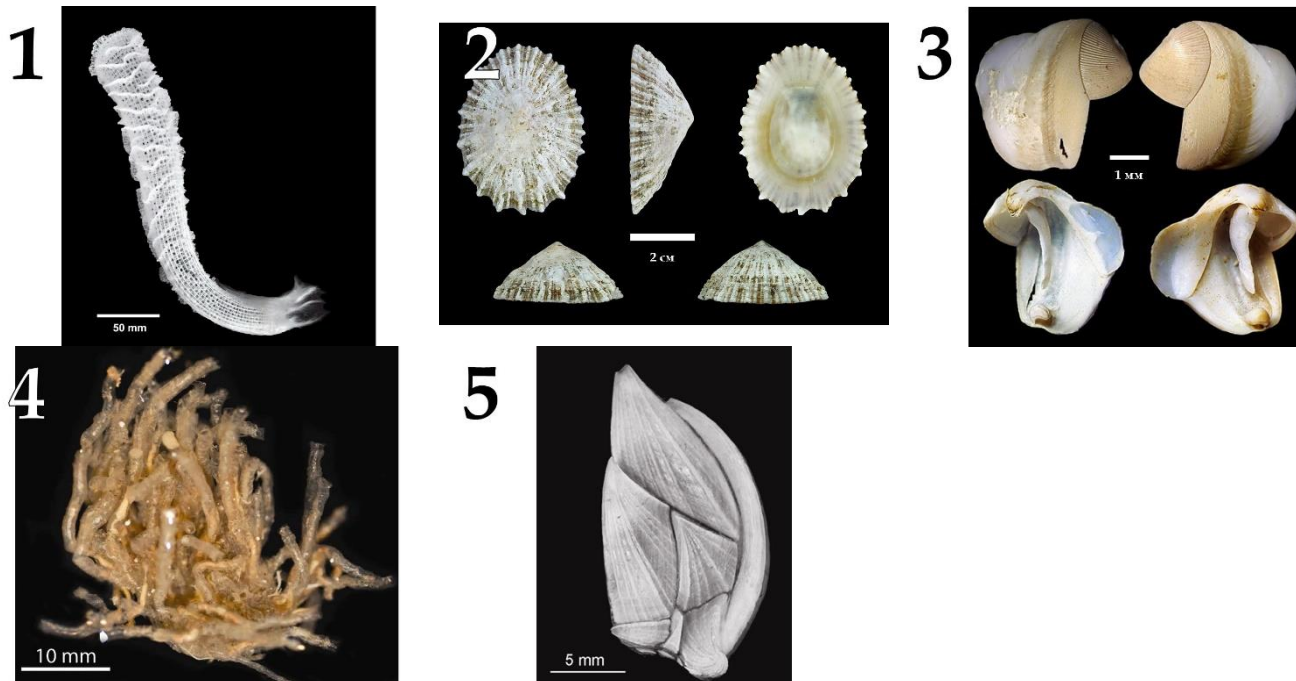
Ответ:

Картинка	1	2	3	4	5
Характеристика	G	A	B	D	F
Экологическая группа	II	I	VI	III	IV

Задание 17 (ID 36) – 5 баллов

Вариант 1

В прошлом году многим из нас пришлось провести дома недели или даже месяцы, но некоторые беспозвоночные не покидают свои домики всю жизнь. Сопоставьте представленные ниже изображения домиков/раковин/скелетов беспозвоночных с названиями их обладателей и некоторыми характеристиками, которые можно присвоить этим животным.



Список названий животных (список избыточен – в нем есть лишние названия):

- A) Шестилучевая губка *Euplectella sp.* (Hexactinellida);
- B) Брюхоногий моллюск *Patella ulyssiponensis* (Gastropoda);
- C) Двустворчатый моллюск *Teredo navalis* – «корабельный червь» (Bivalvia);
- D) Головоногий моллюск *Sepia bertheloti* (Cephalopoda);
- E) Перистожаберное *Spartobranchus tenuis* (Hemichordata: Pterobranchia);
- F) Ракушковый рак *Loxoconcha damensis* (Ostracoda);
- G) Усоногий рак *Teloscalpellum ecaudatum* (Cirrihipedia);
- H) Вестиментифера *Lamellibrachia sp.* (Annelida: «Vestimentifera»);
- I) Брахиопода *Rhynchonella peregrina* (Brachiopoda);
- J) Гидроидный полип *Oswaldella incognita* (Hydrozoa).

Список характеристик:

- I) Относятся к вторичноротым животным;
- II) Имеют копулятивный аппарат в несколько раз превышающий длину тела;
- III) Имеют эндосимбиотических бактерий, за счёт которых переваривают целлюлозу;
- IV) Имеют хоаносинцитий (слившийся внутренний слой воротничковых клеток);
- V) Анус, органы дыхания и отверстия выделительной и репродуктивной систем смещены к переднему концу тела в результате торсиона.

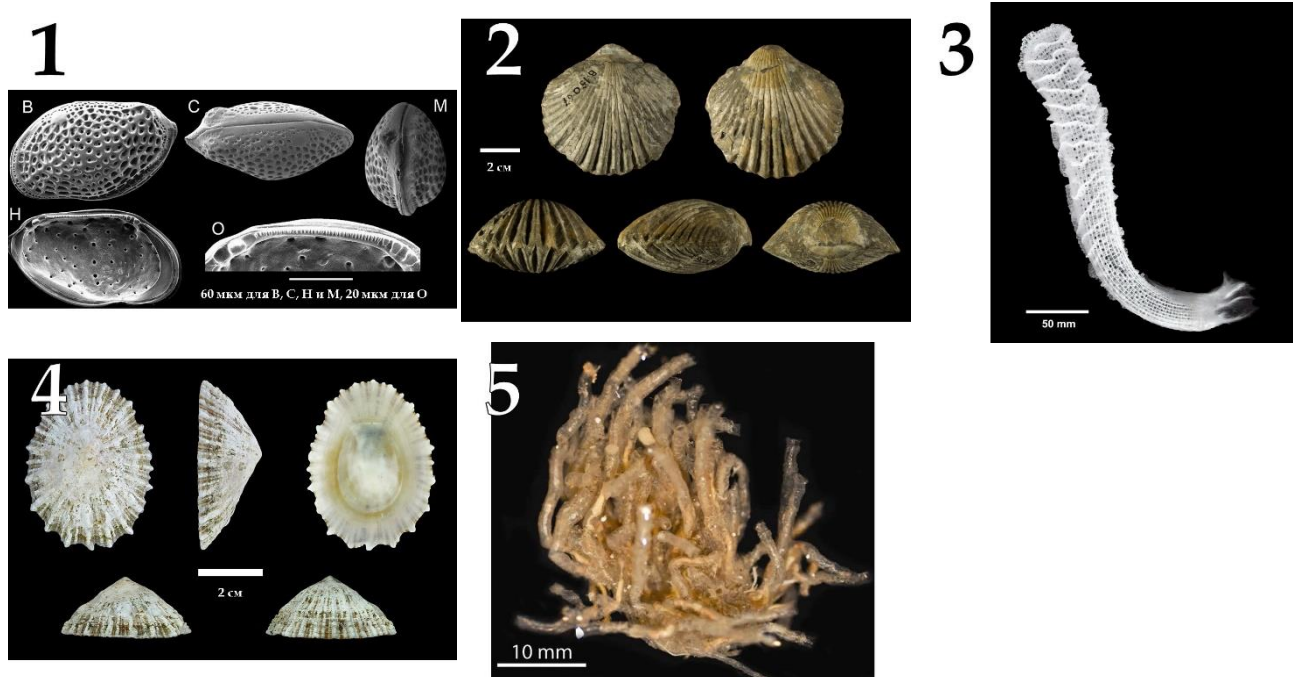
Ответ:

Микрофотография	1	2	3	4	5
Тип клеток	A	B	C	E	G
Характеристика	IV	V	III	I	II

Задание 17 (ID 36) – 5 баллов

Вариант 2

В прошлом году многим из нас пришлось провести дома недели или даже месяцы, но некоторые беспозвоночные не покидают свои домики всю жизнь. Сопоставьте представленные ниже изображения домиков/раковин/скелетов беспозвоночных с названиями их обладателей и некоторыми характеристиками, которые можно присвоить этим животным.



Список названий животных (список избыточен – в нем есть лишние названия):

- A) Шестилучевая губка *Euplectella sp.* (Hexactinellida)
- B) Брюхоногий моллюск *Patella ulyssiponensis* (Gastropoda)
- C) Двустворчатый моллюск *Teredo navalis* – «корабельный червь» (Bivalvia)
- D) Головоногий моллюск *Sepia bertheloti* (Cephalopoda)
- E) Перистожаберное *Spartobranchus tenuis* (Hemichordata: Pterobranchia)
- F) Ракушковый рак *Loxoconcha damensis* (Ostracoda)
- G) Усоногий рак *Teloscalpellum ecaudatum* (Cirripedia)
- H) Вестиментифера *Lamellibrachia sp.* (Annelida: «Vestimentifera»)
- I) Брахиопода *Rhynchonella peregrina* (Brachiopoda)
- J) Гидроидный полип *Oswaldella incognita* (Hydrozoa)

Список характеристик:

- I) Имеют хоаносинцитий (слившийся внутренний слой воротничковых клеток)
- II) Анус, органы дыхания и отверстия выделительной и репродуктивной систем смещены к переднему концу тела в результате торсиона.
- III) Имеют антенны, приспособленные для ползания и плавания
- IV) Относятся к вторичноротым животным
- V) Имеют лофофор (особый аппарат из щупалец, покрытых ресничками)

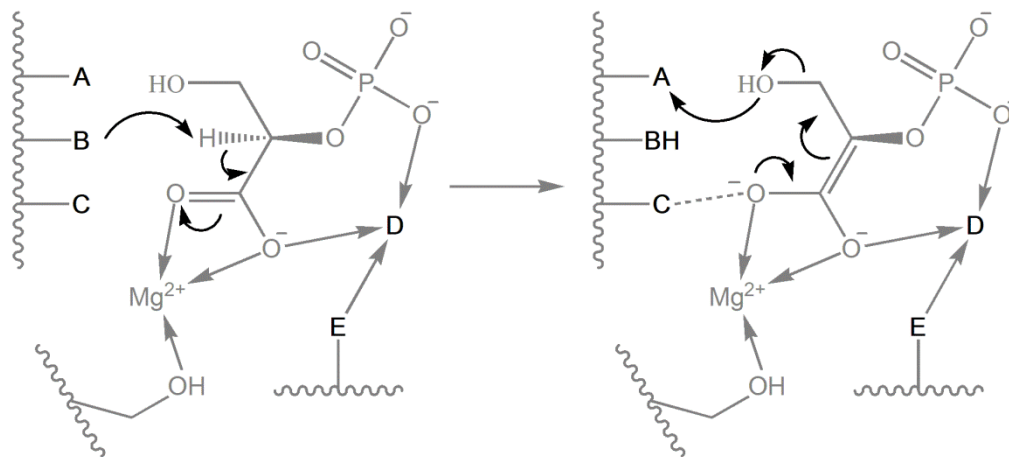
Ответ:

Микрофотография	1	2	3	4	5
Тип клеток	F	I	A	B	E
Характеристика	III	V	I	II	IV

Задание 18 (ID 40) – 5 баллов

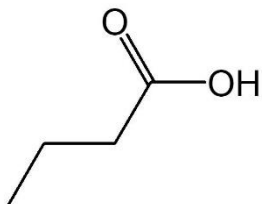
Вариант 1

На рисунке изображена упрощенная схема катализа фермента енолазы, участвующего в гликолизе. Ребристые линии обозначают остов белка, изогнутые стрелки отражают миграцию электронных пар, пунктирные прямые соответствуют ионным взаимодействиям, прямые стрелки соответствуют донорно-акцепторным связям. Мы зашифровали 5 участков активного центра енолазы буквами латинского алфавита (А-Е).

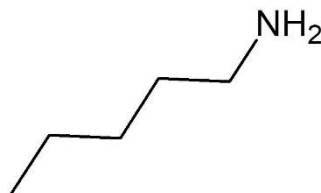


Рассмотрите рисунки, после чего установите, какие химические структуры соответствуют зашифрованным участкам, а также соотнесите их с функциональными характеристиками из списка. Общими кислотами называют соединения, способные выступать донорами протонов. Общие основания выступают в качестве акцепторов протонов.

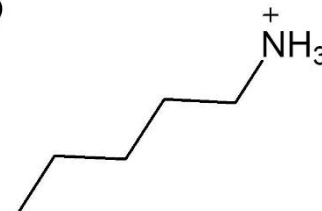
1



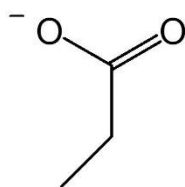
2



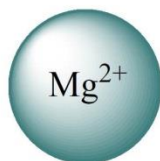
3



4



5



Список участков на схеме катализа:

- А) Участок А;
- В) Участок В;
- С) Участок С;
- Д) Участок D;
- Е) Участок Е.

Список функциональных характеристик:

- I) Общее основание;
- II) Электрофильный органический катализатор;
- III) Электрофильный неорганический катализатор;
- IV) Лиганд;
- V) Общая кислота.

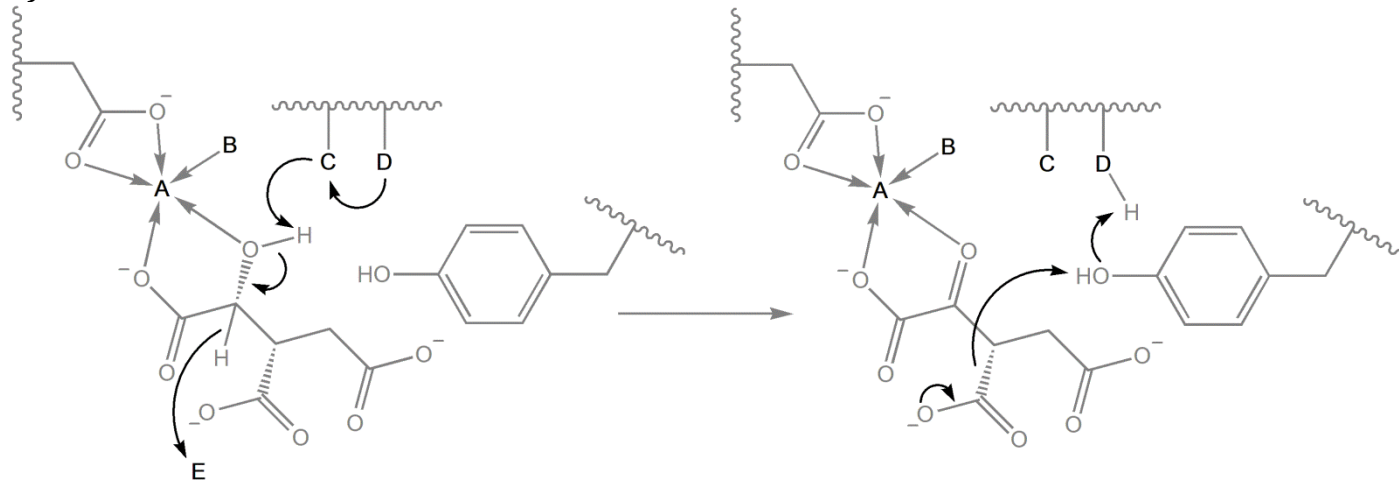
Ответ:

Структура	1	2	3	4	5
Участок	A	B	C	E	D
Характеристика	V	I	II	IV	III

Задание 18 (ID 40) – 5 баллов

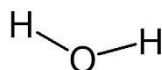
Вариант 2

На рисунке изображена упрощенная схема катализа фермента изоцитратдегидрогеназы, участвующего в цикле трикарбоновых кислот. Ребристые линии обозначают остов белка, изогнутые стрелки отражают миграцию электронных пар, прямые стрелки соответствуют донорно-акцепторным связям. Мы зашифровали 5 участков активного центра изоцитратдегидрогеназы буквами латинского алфавита (А-Е).

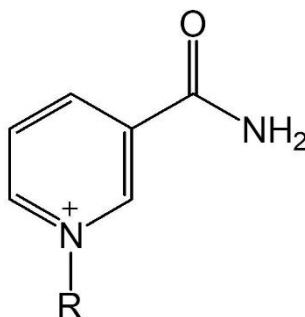


Рассмотрите рисунки, после чего установите, какие химические структуры соответствуют зашифрованным участкам, а также соотнесите их с функциональными характеристиками из списка. Общими кислотами называют соединения, способные выступать донорами протонов. Общие основания выступают в качестве акцепторов протонов.

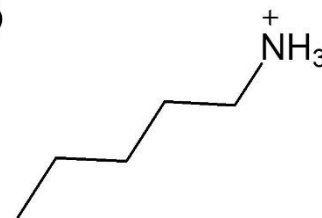
1



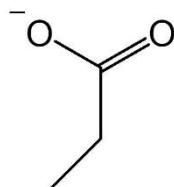
2



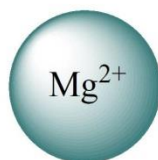
3



4



5



Список участков на схеме катализа:

- А) Участок А;
- В) Участок В;
- С) Участок С;
- Д) Участок D;
- Е) Участок Е.

Список функциональных характеристик:

- I) Окислитель;
- II) Электрофильный неорганический катализатор;
- III) Лиганд;
- IV) Сначала общее основание, затем общая кислота;
- V) Переносчик протона.

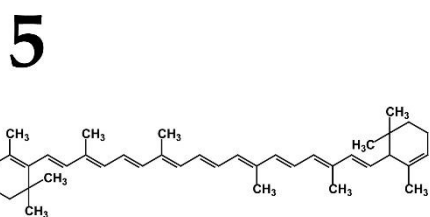
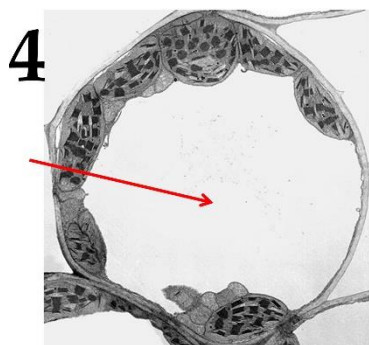
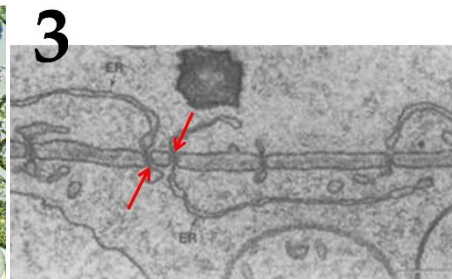
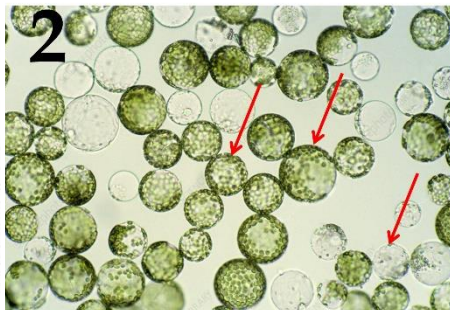
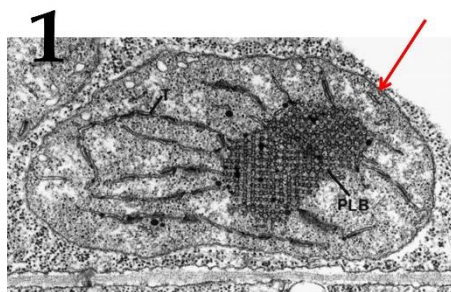
Ответ:

Структура	1	2	3	4	5
Участок	B	E	C	D	A
Характеристика	III	I	V	IV	II

Задание 19 (ID 42) – 5 баллов

Вариант 1

В данном задании изображены различные субклеточные структуры высших растений. Соотнесите изображения субклеточных структур (в некоторых случаях структуры о которых идет речь в задании отмечены красными стрелками) с их названиями и функциональными характеристиками:



Список названий структур (список избыточен – в нем есть лишние термины):

- A) Хлоропласт;
- B) Хромопласт;
- C) Этиопласт;
- D) Каротин;
- E) Протопласт;
- F) РуБисКО;
- G) Плазмодесма;
- H) Вакуоль;
- I) Целлюлозосинтазы;
- J) Хлорофилл.

Список функциональных характеристик:

- I) Красный светоулавливающий пигмент.
- II) Межклеточный контакт.
- III) Одномембранная органелла, часто занимающая большую часть растительной клетки.
- IV) Растительная клетка без клеточной стенки.
- V) Пластида, формирующаяся в фотосинтезирующих органах в условиях отсутствия освещения.

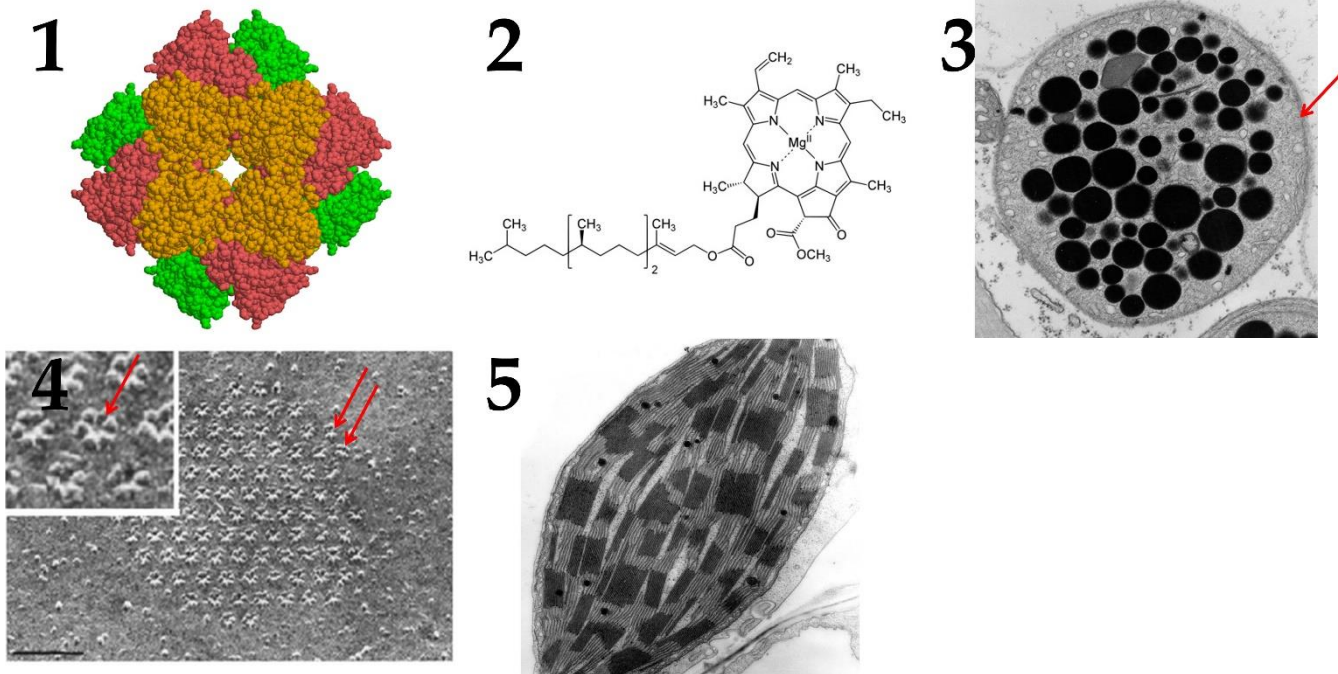
Ответ:

Изображение	1	2	3	4	5
Структура	C	E	G	H	D
Характеристика	V	IV	II	III	I

Задание 19 (ID 42) – 5 баллов

Вариант 2

В данном задании изображены различные субклеточные структуры высших растений. Соотнесите изображения субклеточных структур (в некоторых случаях структуры о которых идет речь в задании отмечены красными стрелками) с их названиями и функциональными характеристиками:



Список названий структур (список избыточен – в нем есть лишние термины):

- A) Хлоропласт;
- B) Хромопласт;
- C) Этиопласт;
- D) Каротин;
- E) Протопласт;
- F) РуБисКО;
- G) Плазмодесма;
- H) Вакуоль;
- I) Целлюлозосинтазы;
- J) Хлорофилл.

Список функциональных характеристик:

- I) Пластида, в которой протекают темновая и световая фазы фотосинтеза.
- II) Фермент цикла Кальвина.
- III) Пластида, заполненная жировыми каплями, содержащими большое количество каротиноидов.
- IV) Ферментативные комплексы, связанные с мембраной и участвующие в синтезе клеточной стенки.
- V) Зеленый светоулавливающий пигмент.

Ответ:

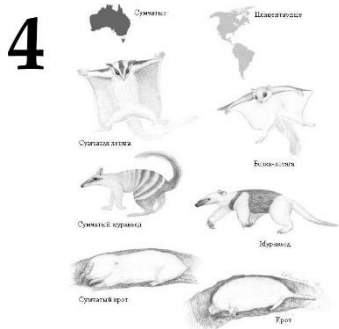
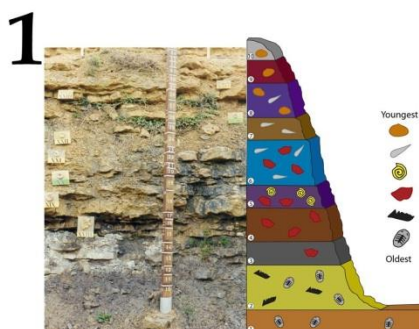
Изображение	1	2	3	4	5
Структура	F	J	B	I	A
Характеристика	II	V	III	IV	I

Задание 20 (ID 44) – 5 баллов

Вариант 1

Современная биология неотделима от концепции биологической эволюции. Как сказал один из крупнейших биологов-теоретиков XX века Феодосий Григорьевич Добржанский (1900–1975), «ничто в биологии не имеет смысла кроме как в свете эволюции» (nothing in biology makes sense except in the light of evolution) — так было озаглавлено его эссе, опубликованное в 1973 г. Многочисленные доказательства эволюции подтверждают эволюционное происхождение всех живых существ от общего предка. Однако, в общественной плоскости вопрос остается дискуссионным по многим причинам.

В этом задании необходимо сопоставить картинки, иллюстрирующие различные биологические явления с названиями этих явлений и категориями доказательств эволюции.



Категории доказательств эволюции:

- A) Палеонтологические доказательства;
- B) Морфологические доказательства;
- C) Эмбриологические доказательства;
- D) Молекулярно-генетические доказательства;
- E) Биогеографические доказательства;

Список названий биологических явлений, проиллюстрированных рисунками:

- I) Биостратиграфия;
- II) Гомеозисные мутации;
- III) Параллельная эволюция;
- IV) Сходство кариотипов близкородственных видов;
- V) Гомологичные органы;

Ответ:

Картинка	1	2	3	4	5
Доказательства	A	D	B	E	C
Явления	I	IV	V	III	II

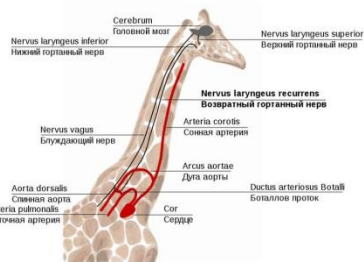
Задание 20 (ID 44) – 5 баллов

Вариант 2

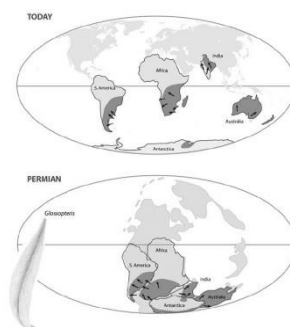
Современная биология неотделима от концепции биологической эволюции. Как сказал один из крупнейших биологов-теоретиков XX века Феодосий Григорьевич Добржанский (1900–1975), «ничто в биологии не имеет смысла кроме как в свете эволюции» (nothing in biology makes sense except in the light of evolution) — так было озаглавлено его эссе, опубликованное в 1973 г. Многочисленные доказательства эволюции подтверждают эволюционное происхождение всех живых существ от общего предка. Однако, в общественной плоскости вопрос остается дискуссионным по многим причинам.

В этом задании необходимо сопоставить картинки, иллюстрирующие различные биологические явления с названиями этих явлений и категориями доказательств эволюции.

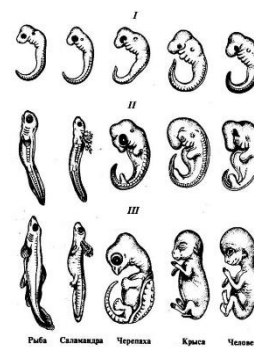
1



2



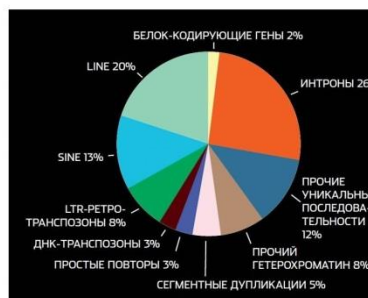
3



4



5



Категории доказательств эволюции:

- A) Палеонтологические доказательства;
- B) Морфологические доказательства;
- C) Эмбриологические доказательства;
- D) Молекулярно-генетические доказательства;
- E) Биогеографические доказательства;

Список названий биологических явлений, проиллюстрированных рисунками:

- I) Несовершенство строения живых организмов;
- II) Псевдогены, ретровирусы, «мусорная» ДНК в составе генома;
- III) Ареалы, объясняемые палеогеографическими реконструкциями;
- IV) «Промежуточные» формы;
- V) Сходство эмбрионов позвоночных;

Ответ:

Картинка	1	2	3	4	5
Доказательства	B	E	C	A	D
Явления	I	III	V	IV	II

Тип заданий С. Задачи со свободным ответом

Во всех заданиях данной части в начале идет условие задачи, а затем к нему задается несколько вопросов. Ответы на вопросы должны быть записаны в виде текста. Обратите внимание, что ответы на вопросы должны быть максимально краткими и полными, следует избегать больших объемов текста не по сути заданного вопроса.

Система оценки:

Приведена в ответе для каждого задания отдельно.

Задание 21 (ID 53) – Максимум 10 баллов

Бактериофаги (фаги) – широко распространенная в природе форма существования. Фаги специфически заражают клетки определенных штаммов бактерий, захватывают их системы синтеза нуклеиновых кислот и белков для своего воспроизведения, затем чаще всего убивают бактерию-хозяина и выходят во внешнюю среду в поисках новых жертв. Для борьбы с фагами бактерии обзавелись различными системами защиты. Можно выделить три различных подхода к защите от фагов:

1. Не позволить фагу проникнуть в клетку.
2. Заблокировать репликацию фага внутри клетки-хозяина.
3. Запустить клеточный суицид клетки-хозяина до того, как фаг успеет размножиться.

Чтобы определить механизм действия той или иной защитной системы, можно заразить клеточную культуру разным количеством активных фаговых частиц. Соотношение активных фаговых частиц к клеткам обозначают термином MOI (Multiplicity Of Infection).

За ростом культуры удобно следить по изменению оптической плотности среды при длине волны 600 нм (OD_{600}). По мере роста культуры количество бактериальных клеток в ней возрастает, среда становится более плотной, что отражается в возрастании OD_{600} .

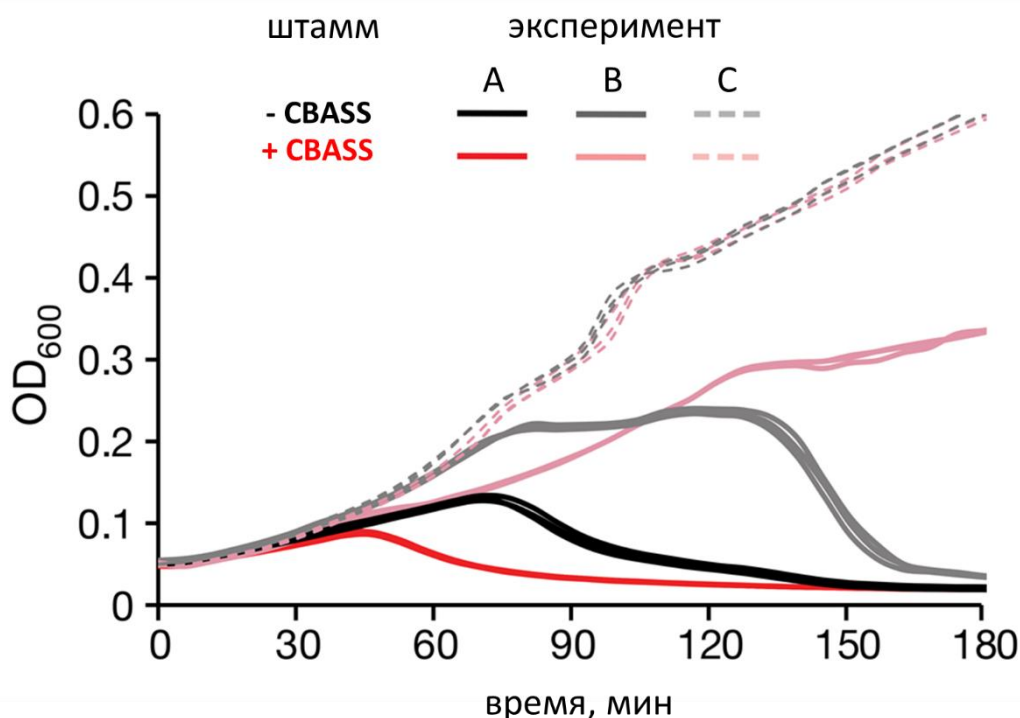
Ученые решили выяснить, каков механизм работы защитной системы CBASS. CBASS состоит из пары генов, и широко распространена в природе. Ученые взяли два штамма бактерии: один с системой CBASS, а другой – без, и провели с каждым три эксперимента:

А. К 50 мл бактериальной культуры с концентрацией клеток 10^3 /мл добавили 1 мл раствора фага с концентрацией активных фаговых частиц 10^5 /мл.

В. К 50 мл бактериальной культуры с концентрацией клеток 10^3 /мл добавили 1 мл раствора фага с концентрацией активных фаговых частиц 10^4 /мл.

С. К 50 мл бактериальной культуры с концентрацией клеток 10^3 /мл не добавляли фаговых частиц.

Все 6 колб с бактериальными культурами затем выращивались в одинаковых условиях при оптимальной температуре для роста бактерии. В результате ученые получили следующие ростовые кривые (изменение OD_{600} во времени).



Проанализируйте график и ответьте на следующие подвопросы:

1. Объясните, почему при заражении бактериальной культуры фагом снижается оптическая плотность культуры.
2. Посчитайте MOI для экспериментов А и В.
3. В каком эксперименте бактериальная популяция погибает быстрее всего?
4. Объясните, по какому из трех приведенных в условии механизмов работает система антифаговой защиты CBASS.

Ответ:

1. Объясните, почему при заражении бактериальной культуры фагом снижается оптическая плотность культуры.

Это происходит из-за того, что фаговые частицы при выходе из зараженных клеток лизируют их: буквально разрывают на мелкие кусочки. Мелкие компоненты клеток хуже препятствуют прохождению света, поэтому оптическая плотность падает по мере убийства фагом клеток бактерий. (1 балл)

2. Посчитайте MOI для экспериментов А и В.

А. Всего клеток $1000 \times 50 = 50000$. Добавляем 100000 фаговых частиц. Получаем соотношение $100000/50000 = 2$. MOI = 2. То есть, на одну бактерию приходится 2 фаговые частицы. (2 балла)

Б. Всего клеток $1000 \times 50 = 50000$. Добавляем 100000 фаговых частиц. Получаем соотношение $100000/50000 = 0,2$. MOI = 0,2. То есть, на одну фаговую частицу приходится 5 бактерий. (2 балла)

3. В каком эксперименте бактериальная популяция погибает быстрее всего?

Как видно из графика, быстрее всего погибает популяция штамма + CBASS в эксперименте А. (1 балл)

4. Объясните, по какому из трех приведенных в условии механизмов работает система антифаговой защиты CBASS.

CBASS работает по третьему механизму – запускает суицид зараженной бактерии (2 балла). В отсутствие фага оба штамма чувствуют себя прекрасно. При MOI 0,2, когда только максимум 20% клеток изначально заражаются фагом, популяция штамма без защитной системы погибает, а клетки с защитной системой CBASS выживают. При MOI 2, когда фаг проникает во все клетки, погибают оба штамма, но тот, что имеет CBASS, погибает быстрее. Это говорит о том, что эти клетки умирают не от лизиса фагом, а от работы защитной системы. Это позволяет спасти популяцию, если MOI ниже 1, а в естественных условиях это почти всегда так. За пояснение сути происходящего: 1 или 2 балла в зависимости от того, насколько подробное пояснение приведено. Всего за данный подвопрос можно получить 4 балла максимум.

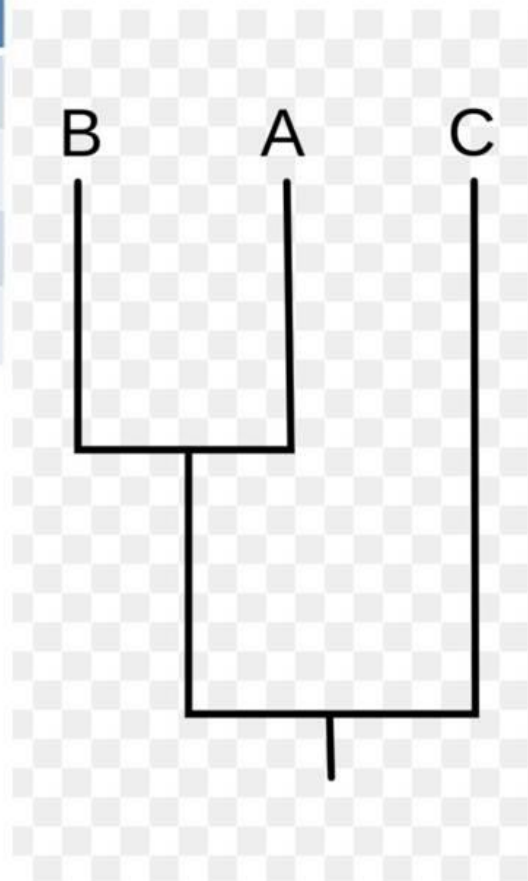
Задание 22 (ID 55) – Максимум 10 баллов

Кладистический анализ позволяет построить дерево эволюционной истории таксона. В рамках этого задания вы построите дерево гипотетического таксона. Пример простейшего дерева приведен на картинке ниже (справа).

Классические кладистические методы используют морфологические данные, закодированные в признаки. Удобнее всего выделять два значения признака: плезиоморфное, которое обозначается как «0» и апоморфное, обозначаемое как «1». Предположение о том, какое значение признака является плезиоморфным, строится на основе палеонтологических, эмбриологических и сравнительно-анатомических данных. Для упрощения рассуждения мы будем использовать таксон – внешнюю группу (A), чьи признаки мы *a priori* будем считать плезиоморфными. Ниже в таблице даны значения 4 признаков для 4 видов, а также раскрыты сами признаки.

Используйте метод максимальной парсимонии (максимальной экономии), который базируется на предположении, что эволюционные события (изменения значений признаков) происходят редко. Следовательно, самой вероятной будет являться топология, что описывается минимальным числом событий. Конечно, в реальности все далеко так не так просто.

	1	2	3	4
Вид А	0	0	0	0
Вид В	1	0	0	1
Вид С	1	0	0	0
Вид D	0	1	1	0



Параметризация:

1. Пушистость: слабая – 0, хорошая – 1;
2. Игривость: не выражена – 0, заметная – 1;
3. Кисточки на ушах: отсутствуют – 0, имеются – 1;
4. Количество хвостов: один – 0, семь и более – 1.

Ответьте на следующие подвопросы:

1. Запишите в строчном формате дерево, зная, что внешняя группа определена изначально, и пользуясь методом максимальной экономии. Пример строчной записи: (X, (Y, U)), где X, Y, U – обозначения таксонов.

2. Добавьте на нашу схему, записанную в строчном формате эволюционные события, обозначив номера признаков. Пример такой записи: (X, (Y/#1, U)/#2+3)).
3. Опишите словами эволюцию фенотипа в группе, начиная с фенотипа общего предка, затронув все известные преобразования.
4. Попробуем использовать простейшие методы кластерного анализа. Рассчитайте коэффициент сходства (доля сходных признаков от общего числа признаков) между видами D, B и C (внешнюю группу не рассматриваем) и запишите его. У вас должно получиться три числа: BC=x, BD=y, CD=z.
5. Теперь выберите два наиболее сходных вида. Они образуют первый кластер (X, Y), добавив к ним оставшийся, получим точно такую же топологию, как и ранее (но без внешней группы). Запишите ее в строчной форме.

Ответ:

1. Запишите в строчном формате дерево, зная, что внешняя группа определена изначально, и пользуясь методом максимальной экономии. Пример строчной записи: (X, (Y, U)), где X, Y, U – обозначения таксонов.

(A, (D, (B, C))) (2 балла).

Ответы (A, ((B, C), D)), (((B, C), D), A), (A, (D, (C, B))), (A, ((C, B), D)), (((C, B), D), A) равноценны и должны быть оценены также на 2 балла.

Пояснение: Формально возможно несколько последовательностей действий, которые в итоге равнозначны. На первом этапе нужны попарно сравнить последовательности и заметить, что дистанция минимальна между AC и CB (по одной замене). Вид D с двумя уникальными признаками получил их независимо от других видов, иначе получаем слишком много эволюционных событий. Можно решать и в лоб – построить 3 возможных дерева (на самом деле, деревьев бесконечное количество, но задача не подталкивает к пересчету всех вариантов) и посчитать для них число событий.

2. Добавьте на нашу схему, записанную в строчном формате эволюционные события, обозначив номера признаков. Пример такой записи: (X, (Y/#1, U)/#2+3)).

(A, (D/#2+3, (B/#4, C)/#1)) или (A, (D#2+3, (C#1, B#1+4))) (2 балла).

Если 1 ошибка в записи, то 1 балл, если 2 и более ошибок в записи, то 0 баллов.

3. Опишите словами эволюцию фенотипа в группе, начиная с фенотипа общего предка, затронув все известные преобразования.

Общий предок был слабопушистым, не игривым, без кисточек на ушах, имел только один хвост (1 балл). Этот же фенотип унаследовал вид A. В эволюционной линии «BC» сначала произошло увеличение пушистости (1 балл), а затем вид B приобрел новый признак – большее число хвостов (1 балл). Другая линия эволюция – вид D приобрела два уникальных признака: игривость и кисточки на ушах (1 балл). Всего за данный подвопрос можно получить 4 балла.

Баллы начисляются только в том случае, если схема в подвопросе 1 составлена верно. Если в ответе указывается просто перечисление/описание фенотипов или только описывается топология древа, то начисляется половинная стоимость (т.е. всего 2 балла за данный подвопрос).

4. Попробуем использовать простейшие методы кластерного анализа. Рассчитайте коэффициент сходства (доля сходных признаков от общего числа признаков) между видами D, B и C (внешнюю группу не рассматриваем) и запишите его. У вас должно получиться три числа: BC=x, BD=y, CD=z.

BC=0.75, BD=0, CD=0.25 (1 балл, если хоть одно из чисел неверно, то 0 баллов).

5. Теперь выберите два наиболее сходных вида. Они образуют первый кластер (X, Y), добавив к ним оставшийся, получим точно такую же топологию, как и ранее (но без внешней группы). Запишите ее в строчной форме.

[(B, C), D] (1 балл, если неверно, то 0 баллов. Без правильного подсчета при ответе на подвопрос 4 баллы не начисляются).

Часть 2

(120 минут, 90 баллов)

Тип заданий А. Тестовые задания с множественным выбором (верно/неверно)

Во всех заданиях данной части в начале идет условие, а затем шесть вариантов ответа (под буквами от А до F). Участникам необходимо определить, является ли каждый из вариантов ответа верным (подходит под формулировку задания) или неверным (не подходит под формулировку задания). В каждом задании может быть от 0 до 6 верных вариантов ответа.

Система оценки:

За каждое правильно отмеченное утверждение можно получить 0,5 балла

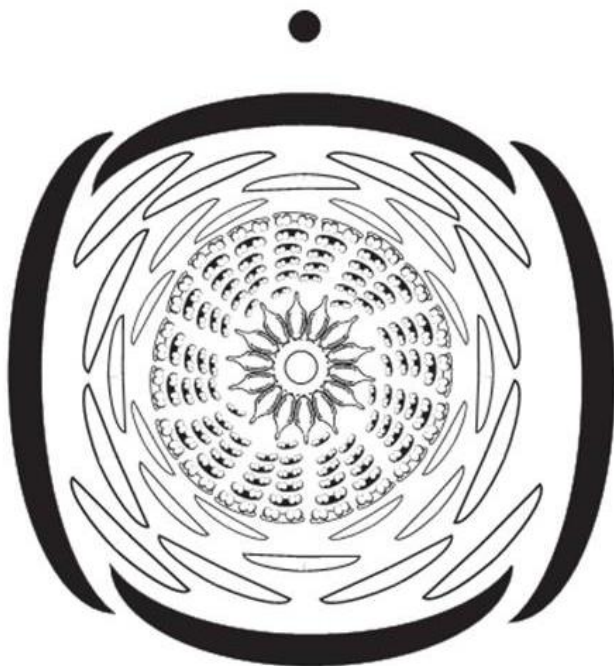
За каждое неправильно отмеченное утверждение – 0 баллов

Ответы «верно» подчеркнуты

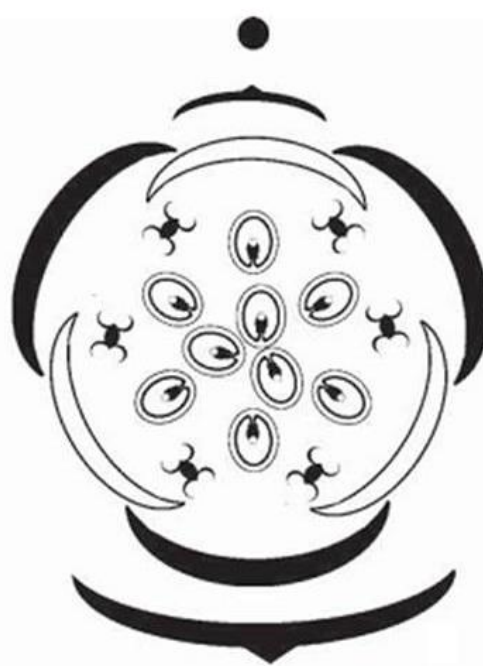
Задание 23 (ID 4) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На рисунке представлены диаграммы цветков двух водных растений (Ronse De Craene, 2010): кувшинки белой *Nymphaea alba* L. (Nymphaeaceae) и лурониума плавающего *Luronium natans* (L.) Raf. (Alismataceae).



Nymphaea alba L.



Luronium natans (L.) Raf.

Рассмотрите диаграммы и укажите для каждого из следующих утверждений, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Расположение элементов цветка кувшинки циклическое;
- B) Расположение элементов цветка кувшинки спиральное;
- C) Число лепестков во внутреннем круге венчика кувшинки больше, чем в наружном круге венчика;
- D) Элементы цветка лурониума расположены хаотично, невозможно выявить ни спиральных, ни круговых закономерностей;
- E) Расположение элементов цветка лурониума циклическое;
- F) Плодолистики цветка лурониума свободные.

Вариант 2:

- A) Расположение элементов цветка кувшинки спиральное;
- B) Гинецей цветка кувшинки апокарпный;
- C) Гинецей цветка кувшинки синкарпный;
- D) Расположение элементов цветка лурониума спиральное;
- E) Расположение элементов цветка лурониума циклическое;
- F) Плодолистики цветка лурониума сросшиеся.

Задание 24 (ID 5) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Большинство высших растений имеют 7-ми клеточный 8-ми ядерный зародышевый мешок (женский гаметофит), однако его формирование может проходить разными путями у разных систематических групп.

В таблице ниже представлено развитие зародышевых мешков трёх типов. Цифрами обозначены стадии: 1 – материнская клетка мегаспор; 2 – после первого деления мейоза; 3 – после второго деления мейоза; 4-6 – развитие женского гаметофита; 7 – сформированный гаметофит.

Типы женского гаметофита	Мегаспорогенез			Развитие женского гаметофита			
	1	2	3	4	5	6	7
Моноспорический (Polygonum-типа)							
Биспорический (Allium-типа)				×			
Тетраспорический (Adoxa-типа)				×	×		

Опираясь на данные из этой таблицы, укажите для каждого из следующих утверждений, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) В случае женского гаметофита Polygonum-типа при мегаспорогенезе оба деления мейоза сопровождаются цитокинезом;
- B) В случае женского гаметофита Adoxa-типа при мегаспорогенезе мейоз не сопровождается цитокинезом;
- C) При образовании биспорического женского гаметофита в ходе мегаспорогенеза образуются две двухядерные клетки, одна из которых отмирает;
- D) При образовании тетраспорического женского гаметофита в ходе мегаспорогенеза образуется одна четырёхядерная клетка;
- E) Все ядра на стадиях 2 и 3 являются гаплоидными;
- F) При двойном оплодотворении зародышевого мешка Polygonum-типа эндосперм будет триплоидным.

Вариант 2:

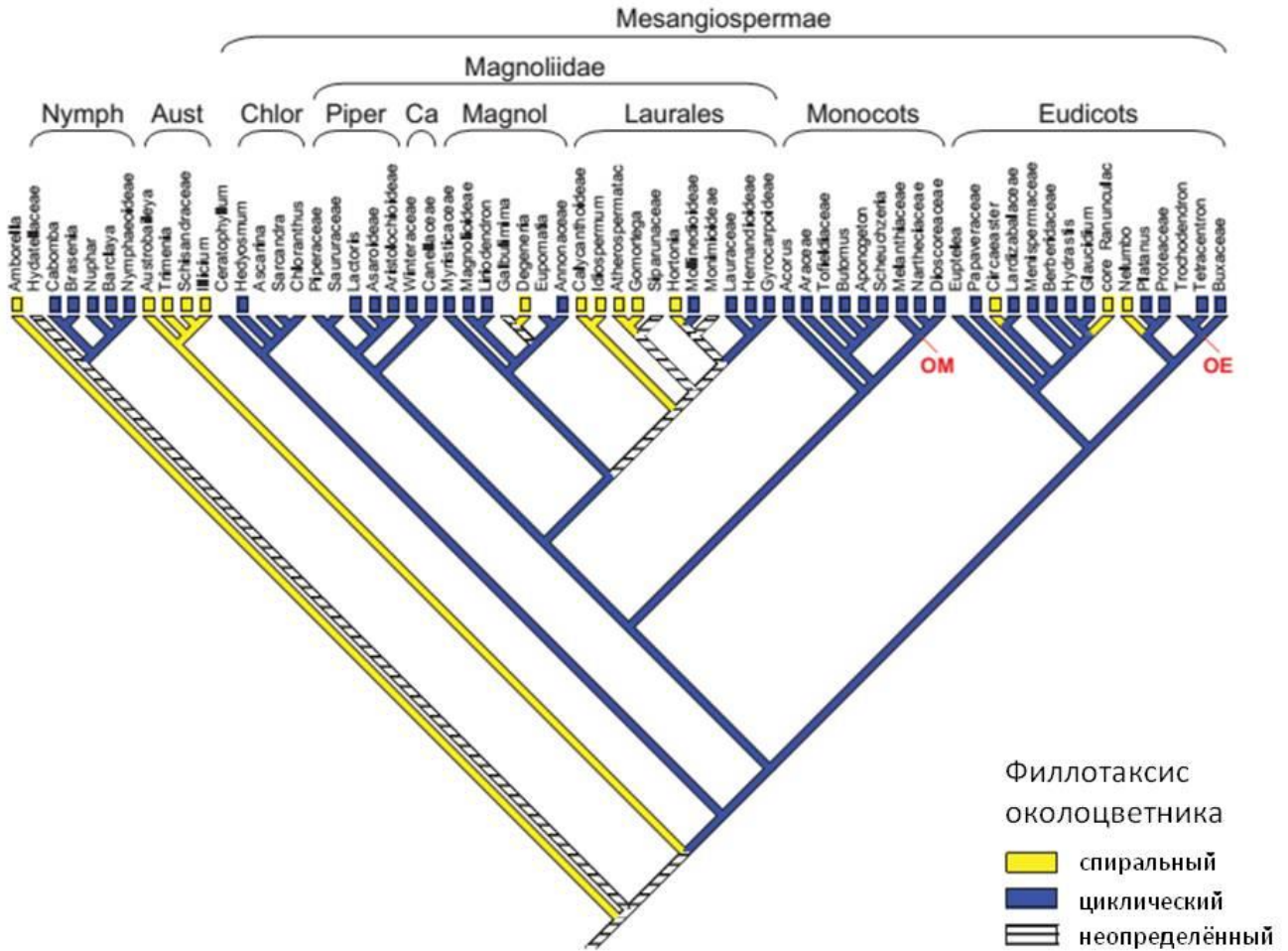
- A) В случае женского гаметофита Allium-типа при мегаспорогенезе оба деления мейоза сопровождаются цитокинезом;
- B) При образовании моноспорического женского гаметофита в ходе мегаспорогенеза образуются четыре одноядерные мегаспоры, из которых развивается одна, а три другие отмирают;
- C) При образовании биспорического женского гаметофита в ходе мегаспорогенеза образуются две четырёхядерные клетки, одна из которых отмирает;
- D) При образовании тетраспорического женского гаметофита в ходе мегаспорогенеза образуется одна четырёхядерная клетка;
- E) Все ядра на стадиях 2 и 3 являются диплоидными;
- F) Все ядра на стадии 7 являются гаплоидными.

Задание 25 (ID 6) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На рисунке представлено молекулярно-филогенетическое дерево цветковых растений, на которое наложен один из морфологических признаков цветка – филлотаксис околоцветника (Endress & Doyle, 2015).

Сокращения: Nymph = Nymphaeales, Aust = Austrobaileyales, Chlor = Chloranthaceae, Piper = Piperales, Ca = Canellales, Magnol = Magnoliales, OM = point of attachment of other monocots, OE = point of attachment of other eudicots.



Опираясь на данные этого дерева, укажите для каждого из следующих утверждений, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Группа Austrobaileyales является монофилетической;
- B) В группе Monocots все представители имеют цветки со спиральным филлотаксисом;
- C) В группу Magnoliidae входят порядки Piperales, Canellales, Magnoliales и Laurales;
- D) Все представители группы Eudicots имеют цветки с циклическим филлотаксисом;
- E) Порядок Laurales не является монофилетическим;
- F) Представители со спиральными цветками образуют одну монофилетическую группу.

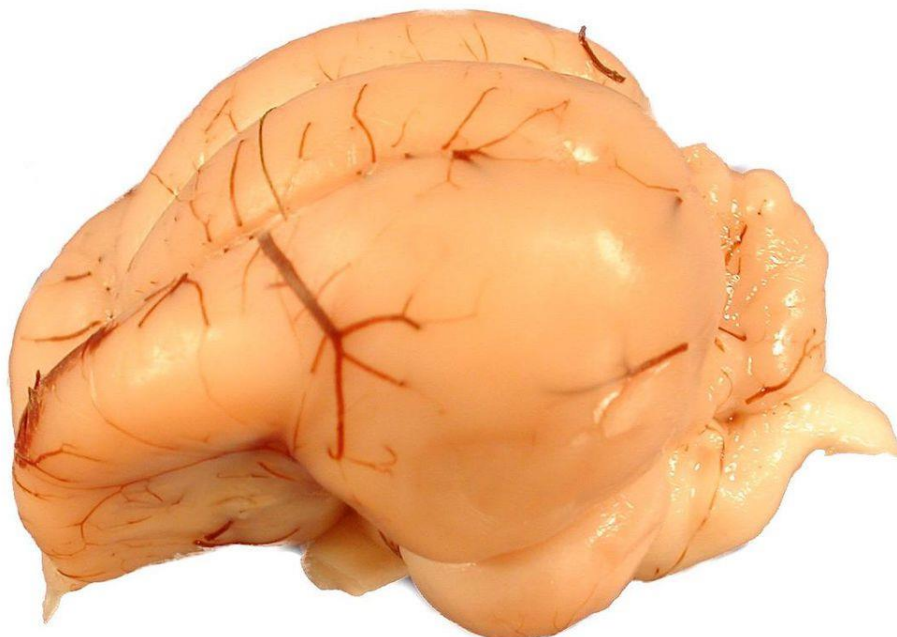
Вариант 2:

- A) Группа Austrobaileyales является полифилетической;
- B) Группа Austrobaileyales является парафилетической;
- C) В группе Monocots все представители имеют цветки с циклическим филлотаксисом;
- D) Порядок Nymphaeales входит в группу Magnoliidae;
- E) Все представители группы Eudicots имеют цветки со спиральным филлотаксисом;
- F) Представители со спиральными цветками образуют одну монофилетическую группу.

Задание 26 (ID 11) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На фото изображён мозг представителей одного из классов подтипа Позвоночные.



Проанализируйте фотографию и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Изображённый на фото объект принадлежит представителям класса Aves;
- B) Этот мозг включает в себя 4 отдела;
- C) На фото хорошо виден средний мозг;
- D) Этот мозг НЕ принадлежит представителям систематической группы с лиссэнцефалическим строением головного мозга;
- E) Подобный мозг характерен волнистому попугаю и домашней курице;
- F) Мозг подобного строения характерен всем представителям Mammalia, Carnivora.

Вариант 2:

- A) Изображённый на фото объект не принадлежит представителям класса Aves;
- B) Этот мозг включает в себя 5 отделов;
- C) На фото средний мозг не виден;
- D) Этот мозг принадлежит представителям систематической группы с лиссэнцефалическим строением головного мозга;
- E) Подобный мозг характерен сизому голубю и полевому воробью;
- F) Мозг подобного строения характерен всем представителям подтипа Acrania.

Задание 27 (ID 12) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На фото изображён мозг представителей одного из классов подтипа Позвоночные.



Проанализируйте фотографию и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Изображённый на фото объект принадлежит представителям класса Aves;
- B) Этот мозг включает в себя 5 отделов;
- C) На фото хорошо виден продолговатый мозг;
- D) Средний мозг не прикрыт передним мозгом;
- E) Хорошо развитый передний отдел закрывает все остальные отделы мозга;
- F) Мозжечок и средний мозг примерно равны по размеру.

Вариант 2:

- A) Изображённый на фото объект принадлежит представителям класса Mammalia;
- B) Этот мозг включает в себя 4 отдела;
- C) На фото продолговатый мозг не виден;
- D) Средний мозг не закрыт передним;
- E) Передний мозг не закрывает средний;
- F) Мозжечок значительно меньше по размеру, чем средний мозг.

Задание 28 (ID 16) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Представьте, что у пациента X. был неким образом выполнен забор первичной и вторичной мочи и проведен биохимический анализ веществ, содержащихся в них. Данные об изученных веществах были внесены в таблицу ниже. Процентное содержание веществ плазмы крови даны в норме для здорового человека.

Название вещества	Содержание, %		
	Плазма крови, в норме	Первичная моча пациента X.	Вторичная моча пациента X.
Мочевина	0,03	0,03	2,0
Мочевая кислота	0,004	0,004	0,05
Глюкоза	0,1	0,1	0,1
Белки	7	5,3	5,3
Жиры	0,8	Отсутствуют	Отсутствуют

Проанализируйте представленные в таблице данные и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Пациент X. здоров;
- B) Процентное содержание глюкозы во вторичной моче соответствует норме;
- C) Отсутствие жиров в первичной и вторичной моче говорит о наличии заболевания у пациента X. на уровне проксимальных извитых канальцев;
- D) У пациента нарушена фильтрационная функция почек;
- E) У пациента нарушена реабсорбционная функция почек;
- F) В норме белки фильтруются почечными клубочками.

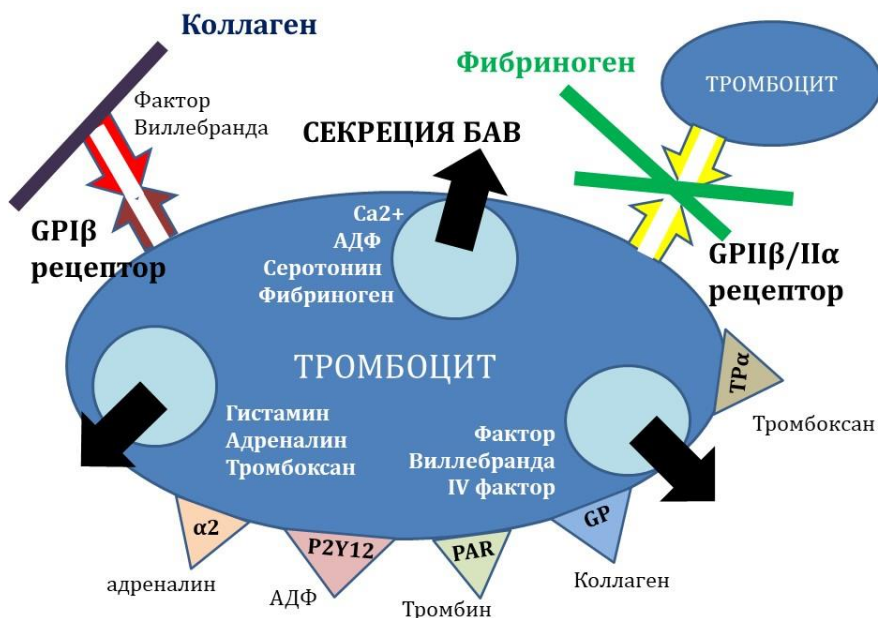
Вариант 2:

- A) Пациент X. здоров;
- B) В норме белки фильтруются почечными клубочками;
- C) У пациента нарушена концентрационная функция почек;
- D) Мочевая кислота образуется из аргинина в ходе одноименного метаболического цикла в печени;
- E) Мочевина является продуктом распада пуринов;
- F) Процентное содержание глюкозы во вторичной моче соответствует норме.

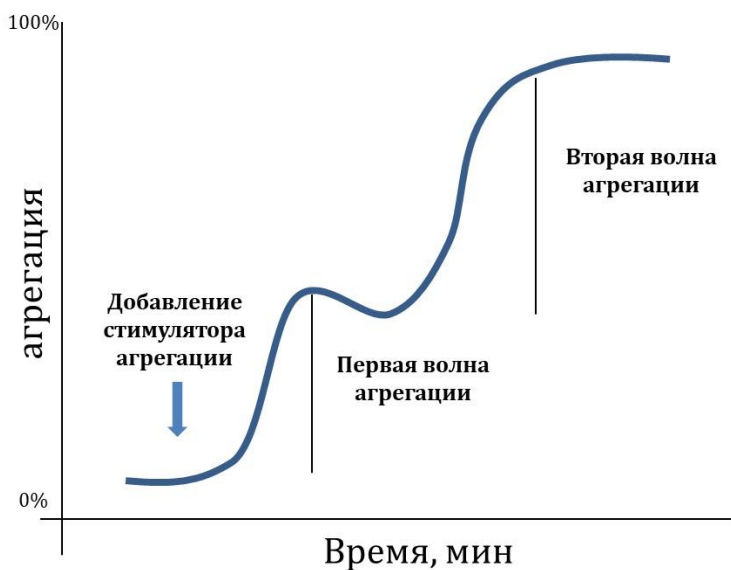
Задание 29 (ID 17) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Первым и важным звеном свертывания крови является агрегация тромбоцитов с формированием первичного тромба. Для эффективной агрегации тромбоцитов требуются внешние (плазменные, тканевые) и внутренние (тромбоцитарные) индукторы агрегации, а также специфические гликопротеиновые рецепторы (GP) для связывания фибриллярных белков (нити коллагена и фибриногена). Нарушение работы перечисленных элементов приводит к длительным кровотечениям.

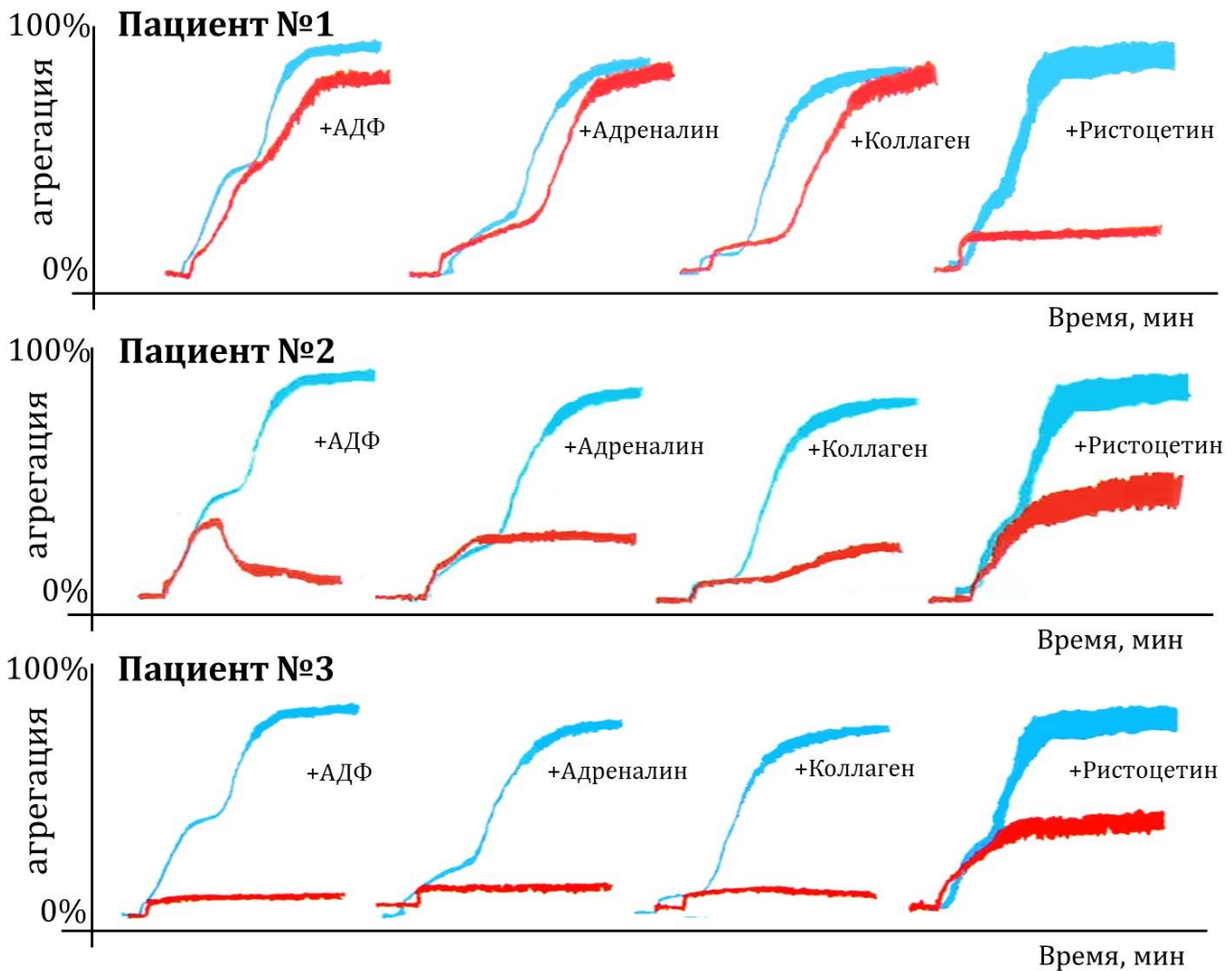


Для диагностики патологий агрегации тромбоцитов применяется метод агрегатометрии *in vitro* по Борну: регистрируется изменение светопропускания суспензии тромбоцитов во времени за счет формирования тромбоцитарных сгустков. Нормальная агрегатограмма выглядит так:



Самыми частыми индукторами, используемыми в агрегатометрии по Борну, являются АДФ, адреналин, коллаген и ристоцетин (антибиотик, стимулирующий присоединение фактора Виллебранда к GP1β рецептору).

Трем пациентам с повышенной кровоточивостью провели агрегатометрию по Борну (красный цвет) и сравнили с нормой (синий цвет).



Проанализируйте приведенные агрегатограммы и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) Первая волна агрегации обусловлена дегрануляцией тромбоцитов;
- В) У первого пациента может быть обнаружен дефицит фактора Виллебранда;
- С) У второго пациента наблюдается дефицит GPIIb/IIIa рецепторов;
- Д) У второго пациента наблюдается низкая степень дегрануляции тромбоцитов;
- Е) У третьего пациента наблюдается дефицит GPIIb/IIIa рецепторов;
- Ф) У третьего пациента может быть обнаружен дефицит GPIb рецепторов.

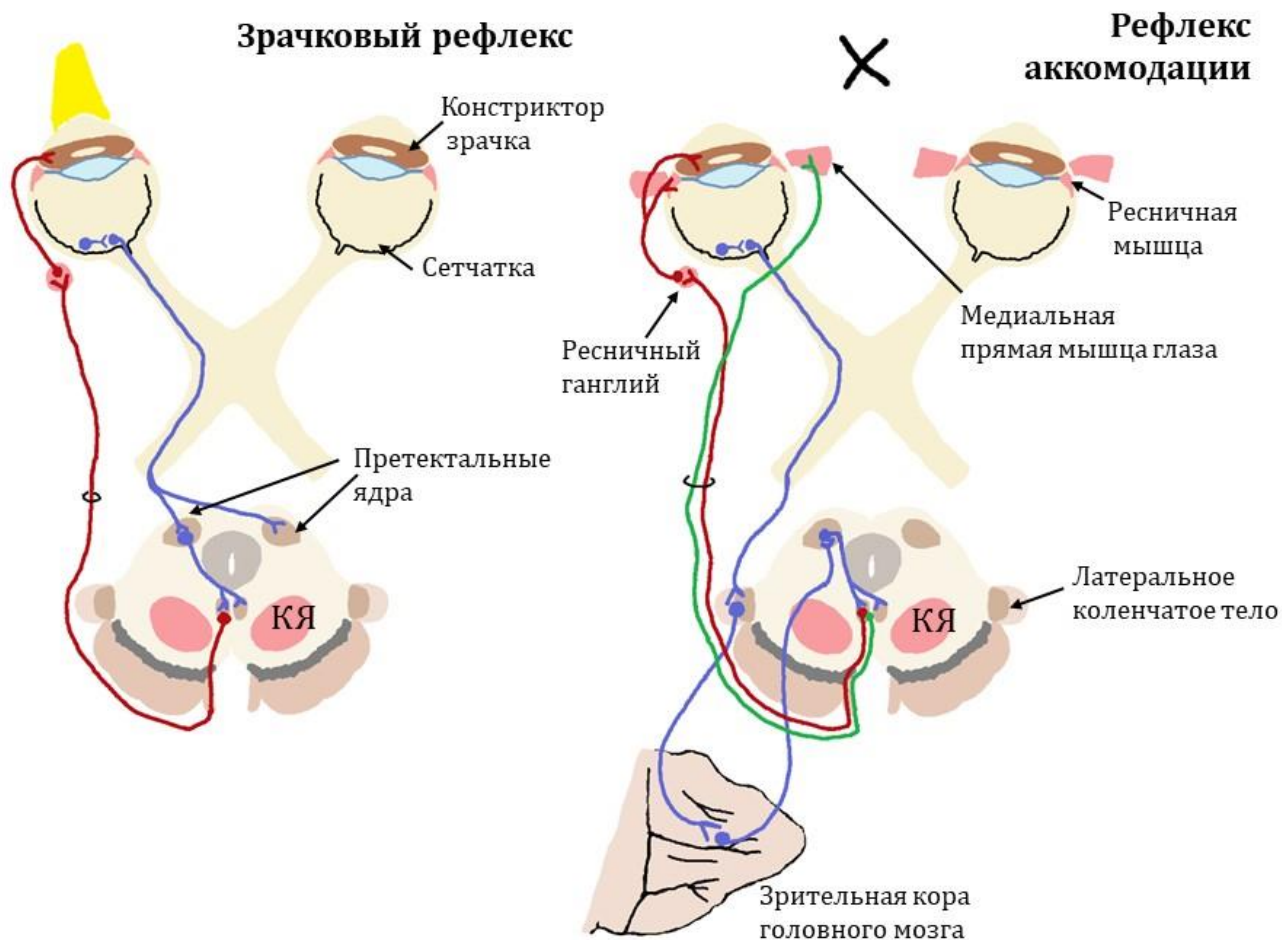
Вариант 2:

- А) Агрегация, индуцированная ристоцетином, наименее зависима от фазы дегрануляции тромбоцитов;
- В) У первого пациента может быть обнаружен дефицит GPIb рецепторов;
- С) У второго пациента может быть обнаружен дефицит фактора Виллебранда;
- Д) У второго пациента наблюдается низкая степень дегрануляции тромбоцитов;
- Е) У третьего пациента наблюдается низкая степень дегрануляции тромбоцитов;
- Ф) У третьего пациента наблюдается дефицит GPIIb/IIIa рецепторов.

Задание 30 (ID 18) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Исследование зрачкового и аккомодационного рефлекса – неотъемлемая часть неврологического осмотра, позволяющего установить локализацию и размер очага поражения в нервной системе. При проведении зрачкового рефлекса пучок яркого света направляют в поле зрения правого глаза, а затем – левого глаза. При проведении рефлекса аккомодации неврологический молоточек или ручку постепенно приближают к переносице пациента, фокусирующего взгляд на данный предмет.



Изучите схематичные изображения нервных контуров, обслуживающих зрачковый и аккомодационный рефлексы, и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) Тела эфферентных нейронов, обслуживающих эти рефлексы, расположены в покрышке моста;
- В) В норме при освещении правого глаза происходит прямое сужение правого зрачка и содружественное сужение левого зрачка;
- С) При правосторонней перерезке отростков афферентных нейронов, обслуживающих зрачковый рефлекс, левый зрачок будет сужаться только при прямом освещении левого глаза;
- Д) При поражении поверхностной (дорсальной) части претектальных ядер зрачки сужаются только в ответ на яркое освещение, но не на аккомодацию;
- Е) При отеке мозга сдавливание тел эфферентных нейронов, обслуживающих эти рефлексы, приведет к расходящемуся косоглазию и сужению зрачков;

Г) Повреждение красного ядра (на схеме обозначено как «КЯ») нередко сопровождается расходящимся косоглазием и односторонним мидриазом.

Вариант 2:

А) Отростки эфферентных нейронов, обслуживающих эти рефлексы, проходят в составе глазодвигательного нерва (III пара черепных нервов);

В) При правосторонней перерезке отростков эфферентных нейронов, обслуживающих зрачковый рефлекс, левый зрачок будет сужаться только при прямом освещении левого глаза;

С) При поражении зрительной коры головного мозга зрачки сужаются только в ответ на яркое освещение, но не на аккомодацию;

Д) При отеке мозга сдавливание тел эфферентных нейронов, обслуживающих эти рефлексы, приведет к сходящемуся косоглазию и расширению зрачков;

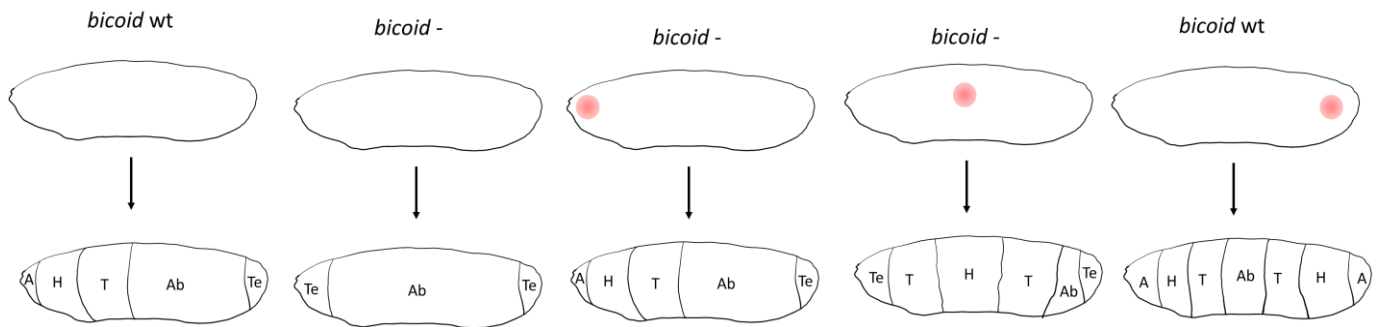
Е) При аккомодации происходит сокращение ресничной мышцы и напряжение цинновых связок;

Г) Одностороннее медленное сужение зрачка при освещении и аккомодации может быть связано с повреждением ресничного ганглия.

Задание 31 (ID 22) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

В эмбриональном развитии плодовой мушки *Drosophila melanogaster* большую роль играют гены с материнским эффектом. Эти гены транскрибируются в организме матери и их мРНК поступают в яйцеклетку. Один из таких генов – *bicoid*. Для определения функций этого гена ученые изучили развитие личинок *D.melanogaster*, полученных от самок с мутантным (нефункциональным) геном *bicoid*. Ученые вводили мРНК этого гена в разные участки личинок и следили за развитием сегментов тела. Рисунок ниже иллюстрирует результаты этого эксперимента. Красным кругом отмечено место введения мРНК *bicoid* в личинку. Обозначения: *bicoid wt* – личинки, полученные от самок дикого типа; *bicoid-* – личинки, полученные от самок с мутантным геном *bicoid*; А – акрон (головная лопасть), Н – голова, Т – грудь, Ab – брюшко, Те – тельсон (хвостовая лопасть).



Рассмотрите результаты этого эксперимента и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) Белковый продукт гена *bicoid* необходим для развития задней части тела;
- В) Специализация сегментов тела определяется градиентом концентрации мРНК *bicoid*;
- С) В области наибольшей концентрации мРНК *bicoid* образуется брюшко;
- Д) мРНК *bicoid* равномерно распределена по яйцеклетке дикого типа;
- Е) Белковый продукт гена *bicoid* необходим для развития тельсона;
- Ф) Введение мРНК *bicoid* в центральную часть личинки дикого типа не нарушит нормальную сегментацию тела.

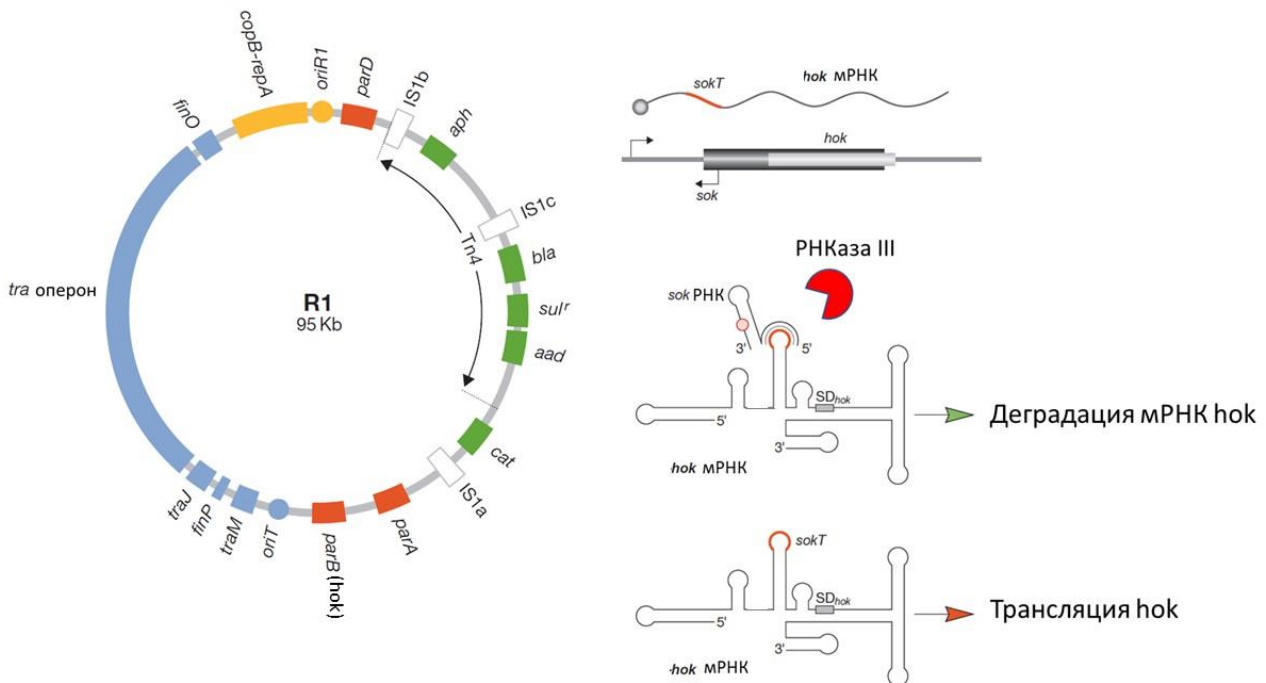
Вариант 2:

- А) Белковый продукт гена *bicoid* необходим для развития передней части тела;
- В) Специализация сегментов тела определяется градиентом концентрации мРНК *bicoid*;
- С) мРНК *bicoid* в норме концентрируется в задней части яйцеклетки;
- Д) мРНК *bicoid* необходима для развития всех сегментов тела *D.melanogaster*;
- Е) Белковый продукт гена *bicoid* необходим для развития тельсона;
- Ф) Белковый продукт гена *bicoid* определяет дорсо-вентральную (спина-брюхо) полярность эмбриона.

Задание 32 (ID 23) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На рисунке показана карта плазмиды R1, которую можно обнаружить в клетках бактерии *Escherichia coli*. Эта плазида имеет достаточно большой размер – 95 тысяч пар нуклеотидов, и содержит несколько генов. В частности, гены *bla*, *cat*, *aph*, *aad* и *sul* кодируют белки, обеспечивающие устойчивость к антибиотикам ампициллину, хлорамфениколу, канамицину, стрептомицину и сульфаниламидам, соответственно. В этой плазмиде закодирован ген белкового токсина *hok* (*parB*), который разрушает мембрану клетки, а также ген РНК *sok*, которая комплементарна участку мРНК *hok*. Двойная спираль между РНК *sok* и мРНК *hok* узнается РНКазой III, которая разрушает мРНК *hok*. РНК *sok* является нестабильной, ее время жизни в клетке невелико (в отличие от мРНК *hok*). Ген *gerA* кодирует белок, необходимый для запуска репликации плазмиды. Ген *sopB* кодирует белок, который подавляет транскрипцию гена *gerA*, удерживая ее на низком уровне. Синим цветом на карте отмечены гены, кодирующие белки, необходимые для конъюгации, а также последовательности, регулирующие конъюгацию.



Для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Гены устойчивости к антибиотикам дают эволюционное преимущество клеткам, обладающим данной плазмидой;
- B) Клетки, которые при делении потеряли данную плазмиду, погибают из-за действия токсина *hok*;
- C) В этой плазмиде должна быть закодирована собственная РНК-полимераза;
- D) Клетки, содержащие данную плазмиду, погибают от действия токсина *hok*;
- E) Клетки *E. coli*, не содержащие эту плазмиду, обладают устойчивостью к токсину *hok*;
- F) Данная плазида имеет модульное строение – гены, выполняющие сходные функции, расположены рядом друг с другом.

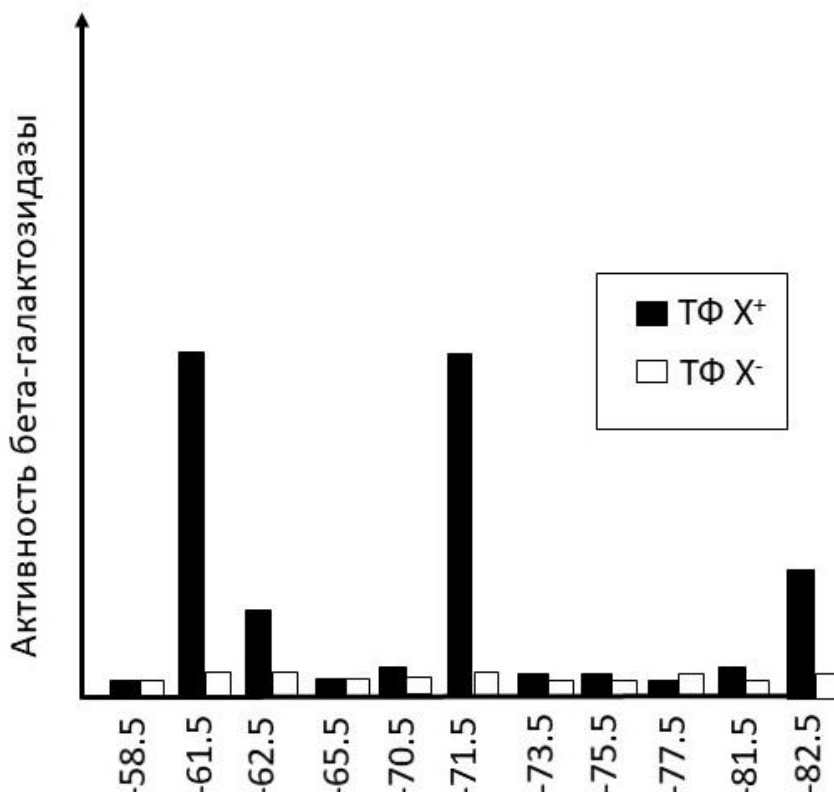
Вариант 2:

- A) Из-за низкого уровня экспрессии белка герА данная плазмида является низкокопийной – ее репликация не требует значительных ресурсов и не снижает жизнеспособность клеток *E.coli*, несущих эту плазмиду;
- B) После попадания в клетки *E.coli* данная плазмида не наследуется стабильно и в течении нескольких поколений исчезает из популяции;
- C) В этой плазмиде должны быть закодированы собственные рибосомальные РНК;
- D) В этой плазмиде должна быть закодирована собственная ДНК-полимераза;
- E) Клетки, содержащие данную плазмиду, погибают от действия токсина hok;
- F) Данная плазмида имеет модульное строение – гены, выполняющие сходные функции, расположены рядом друг с другом.

Задание 33 (ID 24) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Ученые исследовали механизм действия определенного активатора транскрипции бактерии *Escherichia coli* – транскрипционный фактор X. Они помещали последовательность (сайт), с которой связывается этот транскрипционный фактор, на разном расстоянии от промотора гена бета-галактозидазы и измеряли активность этого фермента в каждом случае. Результаты этого опыта показаны на графике. Обозначения: ТФ X⁺ (плюс) – клетки с транскрипционным фактором X; ТФ X⁻ (минус) – клетки с делецией транскрипционного фактора X. Цифры на оси абсцисс обозначают положение середины сайта связывания ТФ относительно +1 нуклеотида – то есть, первого нуклеотида, который появляется в составе синтезирующейся мРНК.



Проанализируйте этот эксперимент и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) Для активации транскрипции необходимо, чтобы транскрипционный фактор X оказывался в определенной ориентации относительно РНК-полимеразы – на той же стороне двойной спирали ДНК, что и РНК-полимераза;
- В) Активность промотора не зависит от расстояния до сайта связывания транскрипционного фактора;
- С) Скорее всего, активность бета-галактозидазы в клетках ТФ X⁺ (плюс) была значительно выше, чем в клетках ТФ X⁻ (минус), в случае, когда сайт связывания транскрипционного фактора располагался на позиции -85.5 нуклеотидов;
- Д) Чем ближе к промотору располагается сайт связывания транскрипционного фактора, тем выше активность бета-галактозидазы;
- Е) Результаты этого эксперимента объясняются характеристиками двойной спирали ДНК – на один виток приходится примерно 10 пар нуклеотидов;

Г) Транскрипционный фактор X привлекает белки, которые присоединяют ацетильные группы к гистонам.

Вариант 2:

А) Для активации транскрипции необходимо, чтобы транскрипционный фактор X оказывался в определенной ориентации относительно РНК-полимеразы – на той же стороне двойной спирали ДНК, что и РНК-полимераза;

В) Активность промотора не зависит от расстояния до сайта связывания транскрипционного фактора;

С) Скорее всего, активность бета-галактозидазы в клетках ТФ X⁺ (плюс) была значительно выше, чем в клетках ТФ X⁻ (минус), в случае, когда сайт связывания транскрипционного фактора располагался на позиции -55.5 нуклеотидов;

Д) Чем дальше от промотора располагается сайт связывания транскрипционного фактора, тем выше активность бета-галактозидазы;

Е) Результаты этого эксперимента объясняются характеристиками двойной спирали ДНК – на один виток приходится примерно 10 пар нуклеотидов;

Г) Транскрипционный фактор X привлекает белки, которые удаляют метильные группы у белков-гистонов.

Задание 34 (ID 28) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Юные натуралисты Петя и Катя изучали закономерности наследования признаков у драконов. Петя пытался найти зависимость между наследованием окраса и цвета пламени. А Катя изучала как связаны наследование окраса и цвета глаз. Ребята проанализировали данные о скрещивании драконов в питомнике за последние 5 лет и обнаружили следующее.

От скрещивания чистопородных красных драконов, имеющих красное пламя с чистопородными зелеными драконами, имеющими желтое пламя в F1 все потомки были красными и извергали желтое пламя. В анализирующем скрещивании получилось 4 фенотипических класса потомков в равных соотношениях.

От скрещивания красных драконов с карими глазами и зеленых с зелеными глазами в F1 также наблюдалось единообразие, все потомки были красными и имели карие глаза. В анализирующем скрещивании получалось 4 фенотипических класса потомков, но 90% из них имели такой же фенотип, как их родители и только 10% были либо красными с зелеными глазами, либо зелеными с карими глазами.

На основе выявленных закономерностей Петя и Катя сделали выводы и выступили с докладом на юннатской конференции, где выяснилось, что некоторые выводы ошибочны.

Укажите для каждого из следующих выводов, сделанных ребятами, является он верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Исследования однозначно показали, что аллель красного окраса доминантный;
- B) Извергать желтое пламя могут как доминантные гомозиготы, так и гетерозиготы, т.е. доминирование полное;
- C) Зеленые глаза наблюдаются только у рецессивных гомозигот;
- D) Гены, отвечающие за формирование окраса и цвета пламени, находятся в разных хромосомах;
- E) Четыре фенотипических класса в F2 обоих исследований являются результатом случайного расхождения хромосом в мейозе;
- F) В Катином исследовании для выявления причины появления 10% потомков, имеющих фенотип отличный от родительского необходимо скрестить их с доминантной гомозиготой и оценить расщепление.

Вариант 2:

- A) Извергать желтое пламя могут как доминантные гомозиготы, так и гетерозиготы, т.е. доминирование полное;
- B) Исследования однозначно показали, что окрас, цвет пламени и цвет глаз наследуются независимо друг от друга;
- C) Гены, отвечающие за формирование цвета пламени и цвета глаз, находятся в разных хромосомах;
- D) Четыре фенотипических класса в F2 обоих исследований являются результатом случайного расхождения хромосом в мейозе;
- E) В исследовании Кати 10% потомков, имеющих фенотип отличный от родительского это результат генных или хромосомных мутаций;
- F) Сделать верные выводы о характере наследования признаков можно только имея большую выборку.

Задание 35 (ID 29) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

У драконов белок, кодируемый геном X участвует в развитии роговых чешуек. Поскольку чешуи не только покрывают тело, но и формируют гребень и выросты на хвосте, мутации в гене X оказывают влияние сразу на три признака. Такое явление называется **плейотропным (множественным) эффектом гена**.

Особи дикого тип имеют крупные чешуи, прямой гребень и выросты на хвосте. Доминантный аллель гена X, летальный в гомозиготе, в гетерозиготе дает мелкие покровные чешуи, волнистый гребень и отсутствие выростов на хвосте. При этом вероятность проявления этих признаков разная. Мелкие чешуи формируются у всех без исключения драконов, имеющих доминантный аллель, волнистый гребень только у половины, а выросты на хвосте отсутствуют лишь у $\frac{1}{4}$ обладателей доминантного аллеля. Такая особенность называется **неполная пенетрантность плейотропного эффекта**.

Исследователи драконов скрестили самку с мелкими чешуями с самцом дикого типа. Укажите для каждого из следующих утверждений, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Самец является рецессивной гомозиготой по гену X;
- B) От данного скрещивания с вероятностью $\frac{1}{4}$ можно получить потомков с крупными чешуями и без выростов на хвосте;
- C) Половина потомков, полученных от данного скрещивания, будет иметь мелкие чешуи;
- D) Потомки, имеющие только мелкие чешуи имеют такой же генотип, как и потомки имеющие одновременно мелкие чешуи и волнистый гребень;
- E) От данного скрещивания потомки, обладающие одновременно мелкими чешуями, волнистым гребнем и отсутствием выростов на хвосте могут родиться с вероятностью $\frac{1}{16}$;
- F) У потомков от данного скрещивания может быть только два разных фенотипа.

Вариант 2:

- A) Самец является рецессивной гомозиготой по гену X;
- B) Самка с мелкими чешуями может быть только гетерозиготой по гену X;
- C) От данного скрещивания с вероятностью $\frac{1}{2}$ можно получить потомков с крупными чешуями и волнистым гребнем;
- D) Потомки, имеющие только мелкие чешуи имеют такой же генотип, как и потомки имеющие одновременно мелкие чешуи и волнистый гребень;
- E) От данного скрещивания потомки, обладающие одновременно мелкими чешуями и отсутствием выростов на хвосте, могут родиться с вероятностью $\frac{1}{8}$;
- F) У потомков от данного скрещивания может быть четыре разных генотипа.

Задание 36 (ID 30) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Во время исследовательской экспедиции были обнаружены три островные популяции карликовых драконов. На островах 1 и 2 обитают драконы имеющие белый окрас, а на острове 3 окрас у всех драконов красный. В естественной среде карликовые драконы из разных популяций никогда не скрещиваются, т.к. малые размеры не позволяют им летать на значительные расстояния. Однако в искусственных условиях драконы скрещиваются и оставляют плодовитое потомство. С целью выяснить характер наследования окраски у карликовых драконов было проведено два эксперимента.

Эксперимент 1. От скрещивания красных драконов из популяции 3 с белыми из популяций 1 или 2 в первом поколении все потомки красные. Во втором поколении гибридов наблюдается расщепление 1 часть белых и 3 части красных.

Эксперимент 2. От скрещивания белых драконов из популяций 1 и 2 между собой в первом поколении все потомки также красные. Во втором поколении наблюдается расщепление 9 частей красных и 7 частей белых.

Укажите для каждого из следующих утверждений, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- A) Наследование окраса у драконов связано с действием одного гена;
- B) Белые драконы из популяций 1 и 2 имеют разный генотип;
- C) Белая окраска формируется в результате эпистатического действия генов;
- D) Все белые драконы, полученные во втором скрещивании эксперимента 1, имеют одинаковый генотип;
- E) Белые драконы, полученные во втором скрещивании эксперимента 2, могут иметь разный генотип;
- F) Все красные драконы, полученные во втором скрещивании эксперимента 1, имеют одинаковый генотип.

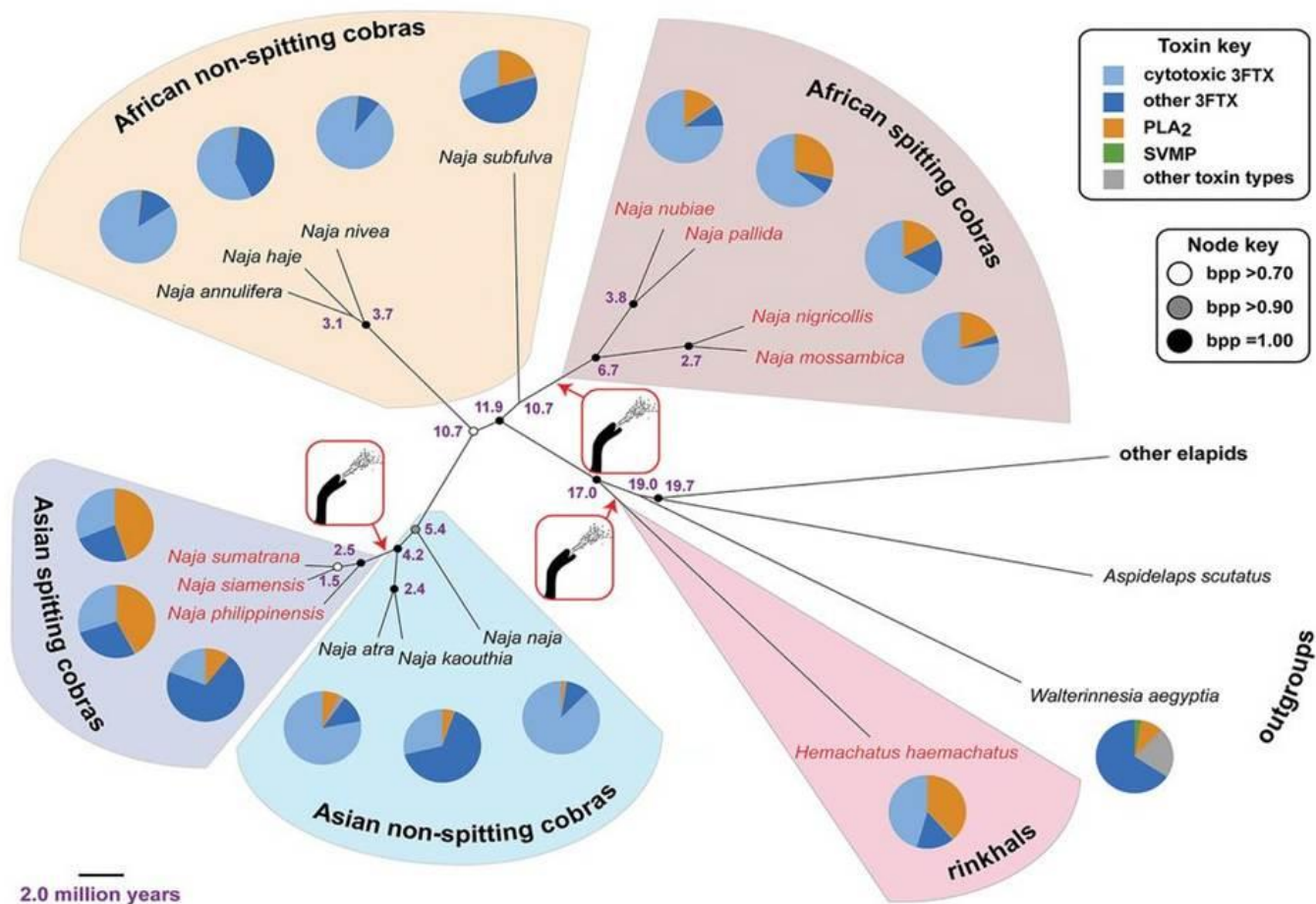
Вариант 2:

- A) Наследование окраса у драконов связано с действием двух генов;
- B) Белые драконы из популяций 1 и 2 имеют одинаковый генотип;
- C) Белые драконы могут быть только рецессивными гомозиготами;
- D) Белые драконы, полученные во втором скрещивании эксперимента 2, могут иметь разный генотип;
- E) Все красные драконы, полученные во втором скрещивании эксперимента 1, имеют одинаковый генотип;
- F) Все красные драконы, полученные во втором скрещивании эксперимента 2, имеют одинаковый генотип.

Задание 37 (ID 32) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Кобрами называют представителей нескольких родов семейства Аспиды (Elaphidae). Угрожающее поведение кобры хорошо известно: она приподнимается, раздувает капюшон и, если опасность не исчезает, бросается на противника и кусает. Но некоторые кобры научились не бросаться на врага, а выстреливать в него ядом. Ниже представлено филогенетическое дерево (Kazandjian et al., 2021) некоторых видов кобр. Круговыми диаграммами обозначено соотношение компонентов яда. Обозначения на древе: African – африканские, Asian – азиатские, non-spitting cobras – неплюющие кобры, spitting cobras – плюющие кобры, outgroups – внешние группы, Toxin key – компоненты токсинов.



Проанализируйте представленный рисунок и, для каждого из следующих утверждений, укажите, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- Способность плевать ядом кобры приобрели минимум трижды;
- У всех плюющих кобр повышена концентрация токсина PLA2 (фосфолипаза A2);
- Относительно примитивные кобры, близкие к общему предку группы, отличаются большим разнообразием токсинов в составе яда;
- В ходе эволюции у кобр появились новые компоненты яда, отсутствующие у ближайших родственников;
- Независимое развитие новой адаптации несколько раз в рамках одной группы может говорить о наличии изначальных предпосылок к эволюции в этом направлении;
- Развитие практически идентичного метода защиты у разных видов говорит о возможном наличии схожего вектора отбора в эволюционной истории этих видов.

Вариант 2:

- A) Способность плевать ядом кобры приобрели минимум трижды;
- B) Все плюющиеся ядом кобры обитают в Африке;
- C) Ошейниковая кобра (*Hemachatus haemachatus*) – единственный представитель аспидов (из рассмотренных в статье), не относящийся к роду Настоящие кобры (*Naja*) и способный плевать ядом;
- D) Относительно примитивные кобры, близкие к общему предку группы, отличаются большим разнообразием токсинов в составе яда;
- E) Африканские кобры – монофилетическая группа;
- F) Как в случае азиатских кобр, так и в случае африканских кобр, ближайšie родственники группы плюющихся видов отличаются повышенной концентрацией токсина PLA2 (фосфолипаза A2).

Тип заданий В. Задания на сопоставление элементов

В заданиях данной части участникам необходимо проанализировать различные фотографии, рисунки, схемы (отмечены арабскими цифрами) и сопоставить им элементы из двух списков, приведенных ниже (отмечены латинскими буквами и римскими цифрами). В качестве ответа в каждом задании участники должны провести стрелки между сопоставляемыми элементами.

Система оценки:

За каждое верно указанное соответствие между элементами 1 и 2 рядов или 2 и 3 рядов участник получает 0,5 балла.

За каждое неверное соответствие – 0 баллов.

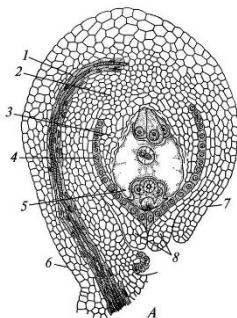
Задание 38 (ID 35) – 5 баллов

Вариант 1

В жизненном цикле высших растений присутствует чередование полового и бесполого поколений.

Соотнесите части растений, изображённые на рисунках, с таксонами, к которым они принадлежат. Определите, к какой фазе жизненного цикла относятся данные структуры (учитывать только то, что непосредственно видно на рисунках).

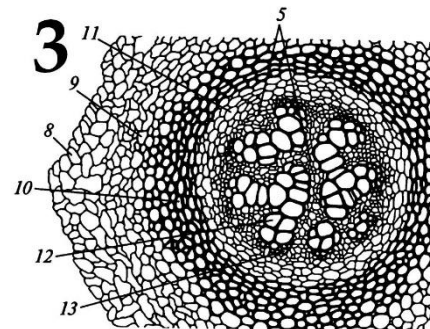
1



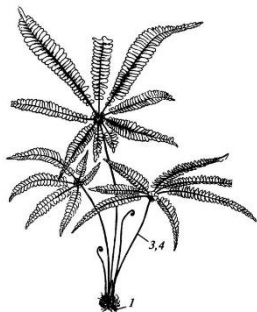
2



3



4



5



Список таксонов (список избыточен – есть лишние таксоны):

- A) Класс Покрытосеменные (Angiospermae);
- B) Класс Сосновые (Pinopsida);
- C) Подотдел Папоротники (Pteridophytina);
- D) Класс Хвощовые (Equisetopsida);
- E) Отдел Плауновидные (Lycopodiophyta);
- F) Отдел Мхи (Bryophyta);

Фазы жизненного цикла (список избыточен – есть лишние фазы):

- I) Только гаметофит (n);
- II) Только гаметофит (2n);
- III) Только спорофит (n);
- IV) Только спорофит (2n);
- V) Гаметофит (n) и спорофит (2n);
- VI) Гаметофит (2n) и спорофит (n);

Ответ:

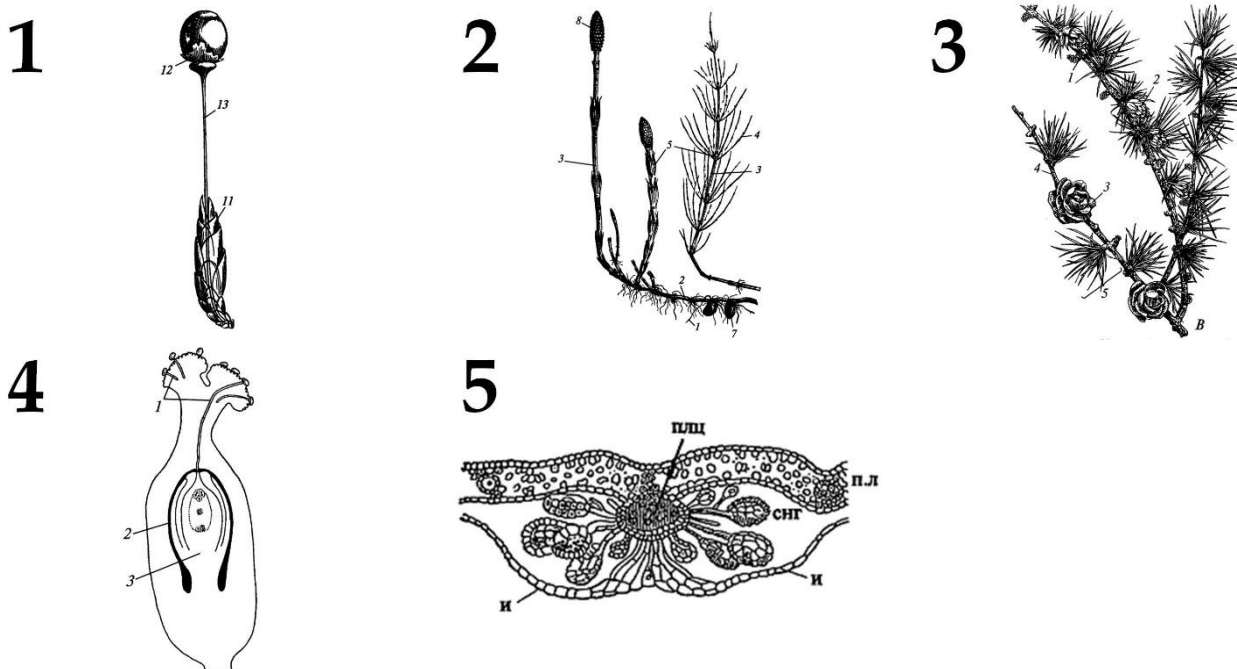
Картинка	1	2	3	4	5
Таксон	A	F	E	C	D
Фаза жизненного цикла	V	V	IV	IV	IV

Задание 38 (ID 35) – 5 баллов

Вариант 2

В жизненном цикле высших растений присутствует чередование полового и бесполого поколений.

Соотнесите части растений, изображённые на рисунках, с таксонами, к которым они принадлежат. Определите, к какой фазе жизненного цикла относятся данные структуры (учитывать только то, что непосредственно видно на рисунках).



Список таксонов (список избыточен – есть лишние таксоны):

- A) Класс Покрытосеменные (Angiospermae);
- B) Класс Сосновые (Pinopsida);
- C) Подотдел Папоротники (Pteridophytina);
- D) Класс Хвощовые (Equisetopsida);
- E) Отдел Плауновидные (Lycopodiophyta);
- F) Отдел Мхи (Bryophyta);

Фазы жизненного цикла (список избыточен – есть лишние фазы):

- I) Только гаметофит (n);
- II) Только гаметофит (2n);
- III) Только спорофит (n);
- IV) Только спорофит (2n);
- V) Гаметофит (n) и спорофит (2n);
- VI) Гаметофит (2n) и спорофит (n);

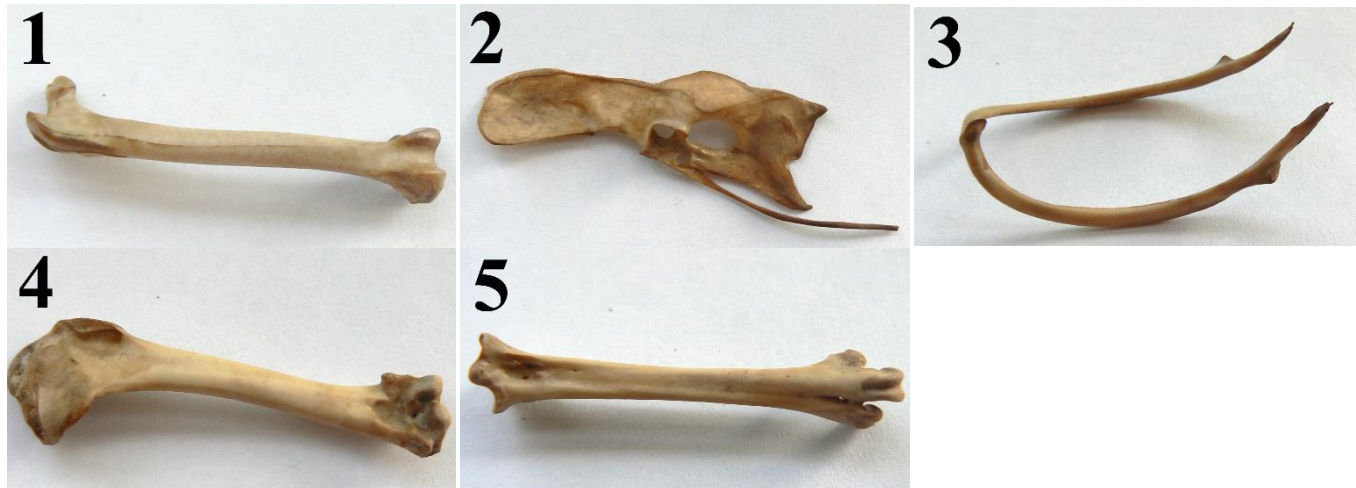
Ответ:

Картинка	1	2	3	4	5
Таксон	F	D	B	A	C
Фаза жизненного цикла	V	IV	IV	V	IV

Задание 39 (ID 37) – 5 баллов

Вариант 1

Скелетные элементы представителей класса Aves имеют хорошо известные особенности внешнего строения. В задании приведены фотографии некоторых костей. Вам необходимо определить название кости (в некоторых случаях — сложного костного образования) и соотнести с подходящей ей характеристикой из списка (масштаб на фото не выдержан):



Список названий костей или сложных костных образований (список избыточен – в нем есть лишние термины):

- A) Атлант;
- B) Бедренная кость;
- C) Плечевая кость;
- D) Грудные позвонки;
- E) Кости голени;
- F) Цевка;
- G) Сложный крестец;
- H) Безымянная кость;
- I) Лопатка;
- J) Ключицы;
- K) Локтевая кость;
- L) Типичный шейный позвонок.

Список характеристик костей (список избыточен – в нем есть лишние характеристики):

- I) Крепится непосредственно к черепу при помощи 1 мышелка;
- II) У птиц их может быть от 11 до 25;
- III) Головка этой кости входит в вертлужную впадину;
- IV) Является стилоподием на передней конечности;
- V) Срастаются вместе и являются частью пояса передних конечностей;
- VI) К ней крепятся второстепенные маховые перья;
- VII) Составляют часть осевого скелета, к элементам которой прикрепляются рёбра;
- VIII) Входит в состав пояса передних конечностей и располагается дорсально;
- IX) Является частью свободной задней конечности и носит научное название тибиятарзус;
- X) Состоит из подвздошной, седалищной и лобковой костей;
- XI) Часть осевого скелета, образованная в результате срастания нескольких его отделов;
- XII) Сложное образование свободной задней конечности, характерное исключительно птицам.

Ответ:

Картинка	1	2	3	4	5
Название кости, либо образования	В	Н	Ј	С	Ғ
Описание	III	X	V	IV	XII

Задание 39 (ID 37) – 5 баллов

Вариант 2

Скелетные элементы представителей класса Aves имеют хорошо известные особенности внешнего строения. В задании приведены фотографии некоторых костей. Вам необходимо определить название кости (в некоторых случаях — сложного костного образования) и соотнести с подходящей ей характеристикой из списка (масштаб на фото не выдержан):



Список названий костей или сложных костных образований (список избыточен – в нем есть лишние термины):

- A) Атлант;
- B) Бедренная кость;
- C) Плечевая кость;
- D) Грудные позвонки;
- E) Кости голени;
- F) Цевка;
- G) Сложный крестец;
- H) Безымянная кость;
- I) Лопатка;
- J) Ключицы;
- K) Локтевая кость;
- L) Типичный шейный позвонок.

Список характеристик костей (список избыточен – в нем есть лишние характеристики):

- I) Крепится непосредственно к черепу при помощи 1 мышелка;
- II) У птиц их может быть от 11 до 25;
- III) Головка этой кости входит в вертлужную впадину;
- IV) Является стилоподием на передней конечности;
- V) Срастаются вместе и являются частью пояса передних конечностей;
- VI) К ней крепятся второстепенные маховые перья;
- VII) Составляют часть осевого скелета, к элементам которой прикрепляются рёбра;
- VIII) Входит в состав пояса передних конечностей и располагается дорсально;
- IX) Является частью свободной задней конечности и носит научное название тибиятарзус;
- X) Состоит из подвздошной, седалищной и лобковой костей;
- XI) Часть осевого скелета, образованная в результате срастания нескольких его отделов;
- XII) Сложное образование свободной задней конечности, характерное исключительно птицам.

Ответ:

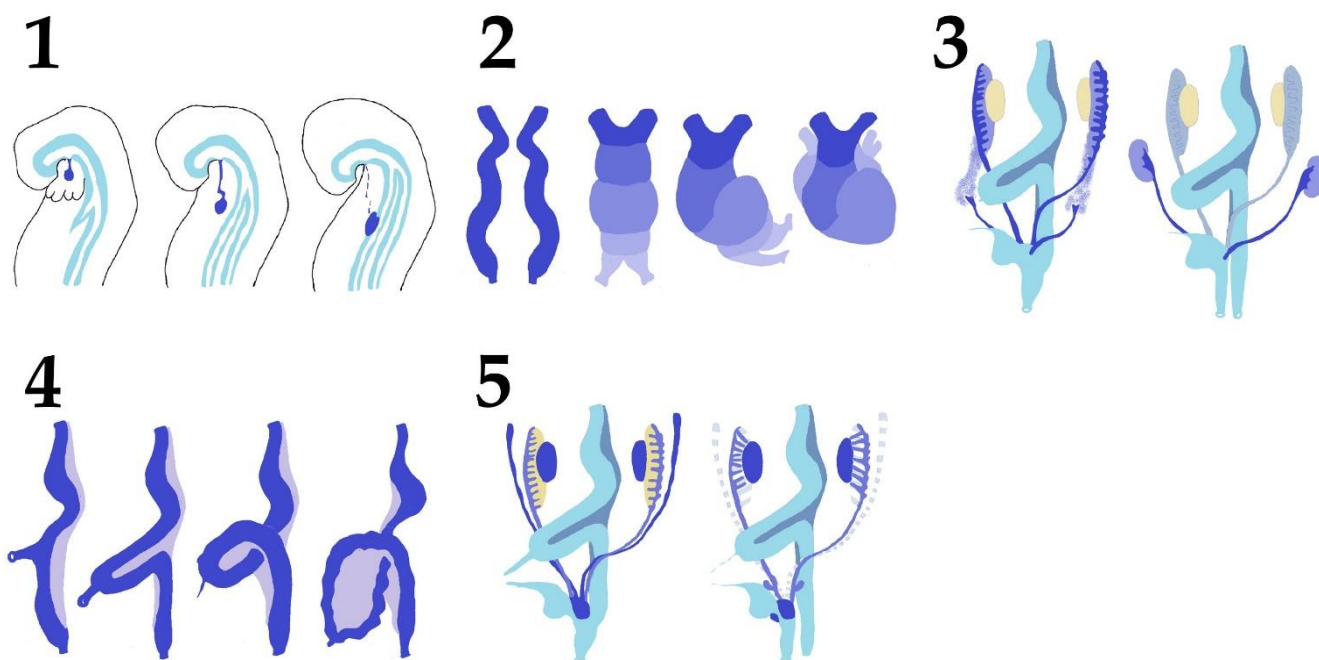
Картинка	1	2	3	4	5
Название кости либо образования	Е	К	І	G	A
Описание	IX	VI	VIII	XI	I

Задание 40 (ID 39) – 5 баллов

Вариант 1

Сложное анатомическое строение внутренних органов обусловлено, во многом, особенностями их развития в эмбриональном периоде (миграция клеток, повороты, апоптоз и другие механизмы).

Определите анатомическое образование по схематичному изображению его эмбрионального развития, а также укажите, основное биологически активное вещество, которое секретируется данным образованием. Обратите внимание, что образования о которых идет речь на схемах отмечены синим цветом. Если вы считаете, что данное анатомическое образование секретирует несколько биологически активных веществ, то нужно выбрать одно, которое выделяется в наибольших количествах или связано с основной функцией данного образования.



Список названий анатомических образований (список избыточен – в нем есть лишние термины):

- A) Женские внутренние органы репродуктивной системы;
- B) Мужские внутренние органы репродуктивной системы;
- C) Сердце;
- D) Надпочечники;
- E) Органы выделительной системы (почки и мочеточники);
- F) Щитовидная железа;
- G) Головной мозг;
- H) Печень;
- I) Поджелудочная железа;
- J) Селезенка;
- K) Желудочно-кишечный тракт;
- L) Легкие;

Список названий основных секретируемых биологически активных веществ (список избыточен – в нем есть лишние названия):

- I) Ангиотензиноген;
- II) Натрийуретический пептид;
- III) Энкефалин;
- IV) Кальцитонин;

- V) Секретин;
- VI) Альдостерон;
- VII) Эритропоэтин;
- VIII) Прогестерон;
- IX) Трипсин;
- X) Тестостерон;
- XI) Тимозин;
- XII) Сурфактантный белок А

Ответ:

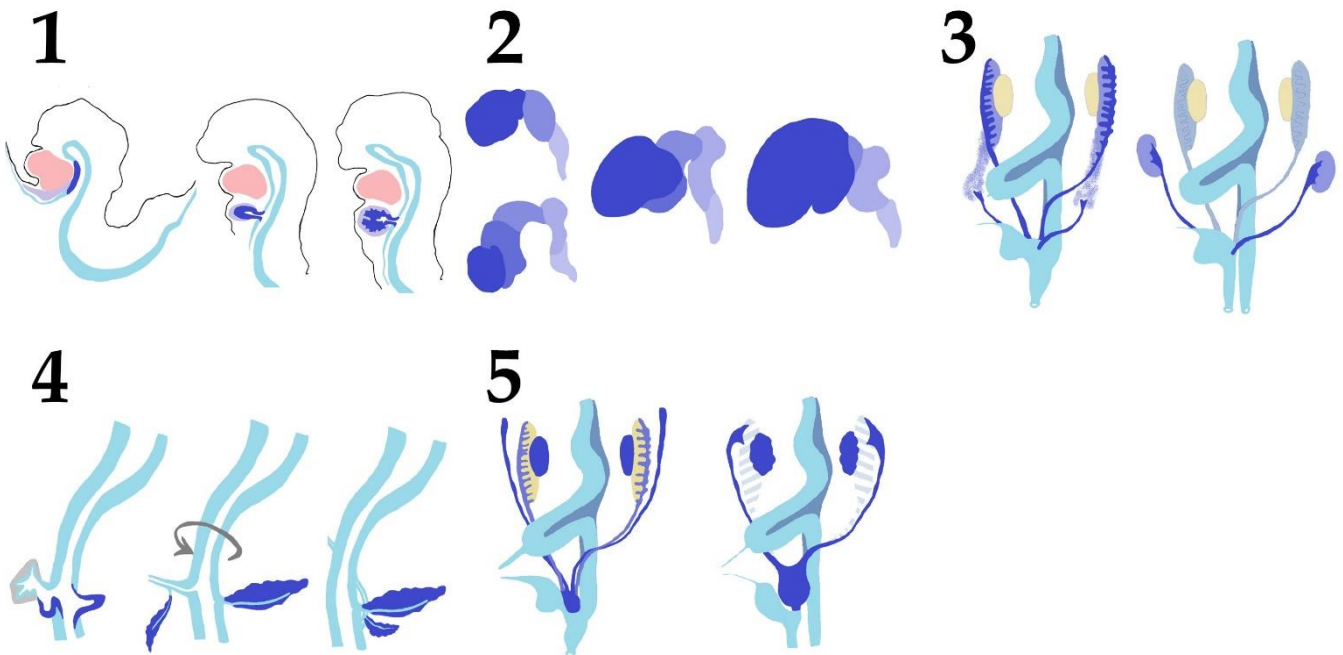
Картинка	1	2	3	4	5
Образование	F	C	E	K	B
Секретируемое вещество	IV	II	VII	V	X

Задание 40 (ID 39) – 5 баллов

Вариант 2

Сложное анатомическое строение внутренних органов обусловлено, во многом, особенностями их развития в эмбриональном периоде (миграция клеток, повороты, апоптоз и другие механизмы).

Определите анатомическое образование по схематичному изображению его эмбрионального развития, а также укажите, основное биологически активное вещество, которое секретируется данным образованием. Обратите внимание, что образования о которых идет речь на схемах отмечены синим цветом. Если вы считаете, что данное анатомическое образование секретирует несколько биологически активных веществ, то нужно выбрать одно, которое выделяется в наибольших количествах или связано с основной функцией данного образования.



Список названий анатомических образований (список избыточен – в нем есть лишние термины):

- A) Женские внутренние органы репродуктивной системы;
- B) Мужские внутренние органы репродуктивной системы;
- C) Сердце;
- D) Надпочечники;
- E) Органы выделительной системы (почки и мочеточники);
- F) Щитовидная железа;
- G) Головной мозг;
- H) Печень;
- I) Поджелудочная железа;
- J) Селезенка;
- K) Желудочно-кишечный тракт;
- L) Легкие;

Список названий основных секретируемых биологически активных веществ (список избыточен – в нем есть лишние названия):

- I) Ангиотензиноген;
- II) Натрийуретический пептид;
- III) Энкефалин;
- IV) Кальцитонин;

- V) Секретин;
- VI) Альдостерон;
- VII) Эритропоэтин;
- VIII) Прогестерон;
- IX) Трипсин;
- X) Тестостерон;
- XI) Тимозин;
- XII) Сурфактантный белок А

Ответ:

Картинка	1	2	3	4	5
Образование	Н	G	E	I	A
Секретируемое вещество	I	III	VII	IX	VIII

Задание 41 (ID 41) – 5 баллов

Вариант 1

С помощью генной инженерии можно создавать генетические контуры, которые будут выполнять простейшие логические операции. Генетический контур – группа генов, связанных друг с другом активирующими или репрессирующими связями. Перед вами пять генетических контуров (1-5), которые вводились в клетки бактерии *E.coli*.

Обозначения:

стрелка и Ps – сильный промотор (для транскрипции не требует присутствия белка-активатора);

стрелка и Pw – слабый промотор (для транскрипции требуется белок активатор);

GFP – ген зеленого флуоресцентного белка;

araC – ген белка-активатора, который связывается с последовательностью ara при добавлении арабинозы;

CAP – белок-активатор, связывается с последовательностью cap при наличие в клетке цАМФ;

LacI – ген белка-репрессора, который связывается с последовательностью lac в отсутствие лактозы;

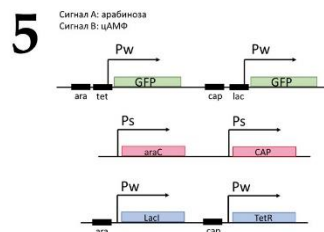
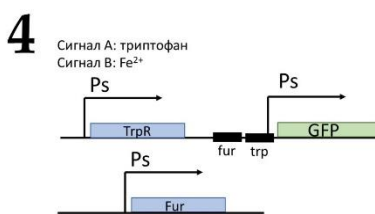
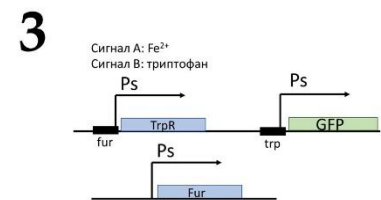
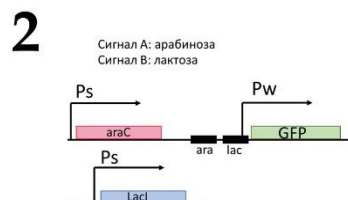
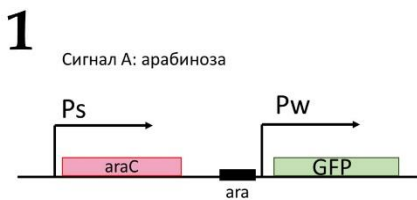
TetR – ген белка-репрессора, который связывается с последовательностью tet в отсутствие тетрациклина;

TrpR – ген белка-репрессора, который связывается с последовательностью trp при наличии в клетке триптофана;

Fur – ген белка-репрессора, который связывается с последовательностью fur при высокой концентрации ионов Fe²⁺.

В случае, если на промоторе одновременно присутствуют белки активатор и репрессор, то репрессия доминирует.

Сопоставьте показанные контуры с наиболее подходящим описанием механизма работы контура (список А - Е) и с типом ответа (список I - V):



Полное или частичное описание механизма:

А) AraC в присутствии арабинозы активирует транскрипцию GFP, а LacI в отсутствие лактозы подавляет транскрипцию GFP;

В) AraC в присутствии арабинозы активирует транскрипцию GFP и LacI, а CAP в присутствии цАМФ активируют экспрессию GFP и TetR;

С) Fur в присутствии Fe²⁺ или TrpR в присутствии триптофана подавляют экспрессию GFP;

D) Fur в присутствии Fe²⁺ подавляет экспрессию TrpR, а TrpR в присутствии триптофана подавляют экспрессию GFP;

E) AraC в присутствии арабинозы активирует экспрессию GFP;

Тип ответа. Экспрессия GFP наблюдается только в следующей (-их) комбинации (-ях) сигналов:

- I) В отсутствии сигналов, в присутствии только сигнала А, в присутствии обоих сигналов;
- II) В присутствии сигнала А (система с одним сигналом);
- III) В присутствии только сигнала А или в присутствии только сигнала В;
- IV) В присутствии обоих сигналов;
- V) В отсутствие обоих сигналов;

Ответ:

Картинка	1	2	3	4	5
Механизм	E	A	D	C	B
Тип ответа	II	IV	I	V	III

Задание 41 (ID 41) – 5 баллов

Вариант 2

С помощью генной инженерии можно создавать генетические контуры, которые будут выполнять простейшие логические операции. Генетический контур – группа генов, связанных друг с другом активирующими или репрессирующими связями. Перед вами пять генетических контуров (1-5), которые вводились в клетки бактерии *E.coli*.

Обозначения:

стрелка и Ps – сильный промотор (для транскрипции не требует присутствия белка-активатора);

стрелка и Pw – слабый промотор (для транскрипции требуется белок активатор);

GFP – ген зеленого флуоресцентного белка;

araC – ген белка-активатора, который связывается с последовательностью ара при добавлении арабинозы;

CAP – белок-активатор, связывается с последовательностью cap при наличие в клетке цАМФ;

LacI – ген белка-репрессора, который связывается с последовательностью lac в отсутствие лактозы;

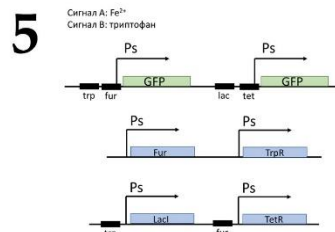
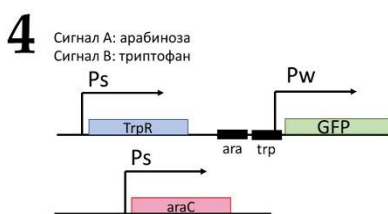
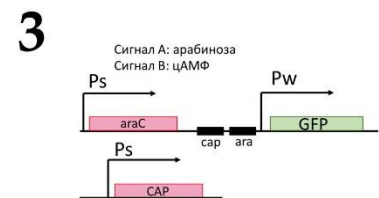
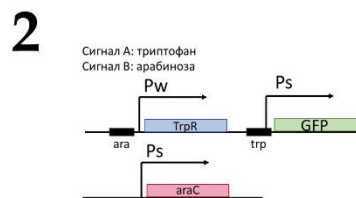
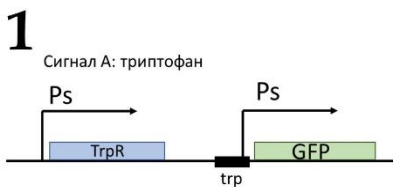
TetR – ген белка-репрессора, который связывается с последовательностью tet в отсутствие тетрациклина;

TrpR – ген белка-репрессора, который связывается с последовательностью trp при наличии в клетке триптофана;

Fur – ген белка-репрессора, который связывается с последовательностью fur при высокой концентрации ионов Fe²⁺.

В случае, если на промоторе одновременно присутствуют белки активатор и репрессор, то репрессия доминирует.

Сопоставьте показанные контуры с наиболее подходящим описанием механизма работы контура (список А - Е) и с типом ответа (список I - V):



Полное или частичное описание механизма:

- А) AraC в присутствии арабинозы активирует транскрипцию TrpR, который в присутствии триптофана подавляет транскрипцию GFP;
- В) AraC в присутствии арабинозы или CAP в присутствии цАМФ активируют экспрессию GFP;
- С) TrpR в присутствии триптофана подавляет транскрипцию GFP;

D) Fur в присутствии Fe^{2+} подавляет экспрессию GFP и TetR, а TrpR в присутствии триптофана подавляет экспрессию GFP и LacI;

E) AraC в присутствии арабинозы активирует транскрипцию GFP, а TrpR в присутствии триптофана подавляет транскрипцию GFP;

Тип ответа. Экспрессия GFP наблюдается только в следующей (-их) комбинации (-ях) сигналов:

- I) В отсутствие сигнала А (система с одним сигналом);
- II) В присутствии обоих сигналов или в отсутствие обоих сигналов;
- III) В отсутствие сигналов, в присутствии только сигнала А, в присутствии только сигнала В;
- IV) В присутствии только сигнала А, в присутствии только сигнала В, в присутствии обоих сигналов;
- V) В присутствии только сигнала А (система с двумя сигналами);

Ответ:

Картинка	1	2	3	4	5
Механизм	С	А	В	Е	Д
Тип ответа	I	III	IV	V	II

Задание 42 (ID 43) – 5 баллов

Вариант 1

У драконов в гаплоидном наборе 10 хромосом ($n=10$). Соотнесите фазы интерфазы и деления клеток, количество хромосом и нитей ДНК в конце каждой фазы и процессы, происходящими в эти фазы.

Ниже приведены названия различных фаз интерфазы и процесса деления клеток:

Фаза 1: Интерфаза S

Фаза 2: Анафаза митоза

Фаза 3: Профаза мейоза I

Фаза 4: Анафаза мейоза I

Фаза 5: Телофаза мейоза II

Процессы, происходящие с хромосомами в данную фазу (список избыточен – в нем есть лишние процессы):

- A) ДНК реплицируется, хромосомы становятся двуххроматидными;
- B) В диплоидной клетке каждая хроматида становится самостоятельной хромосомой, однохроматидные хромосомы расходятся к полюсам клетки;
- C) Формируются два ядра, содержащие диплоидный набор хромосом;
- D) Гомологичные хромосом вступают в конъюгацию и между ними происходит кроссинговер;
- E) Биваленты выстраиваются в области экватора клетки;
- F) Бивалент разрываются, двуххроматидные хромосомы отходят к полюсам клетки;
- G) Формируются клетки, ядра которых содержат гаплоидный набор двуххроматидных хромосом;
- H) В гаплоидной клетке двуххроматидные хромосомы выстраиваются в области экватора клетки;
- I) В гаплоидной клетке каждая хроматида становится самостоятельной хромосомой, однохроматидные хромосомы расходятся к полюсам клетки;
- J) Формируются клетки, ядра которых содержат гаплоидный набор однохроматидных хромосом.

Количество хромосом и нитей ДНК (список избыточен – в нем есть лишние термины. **НО, ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ**, что количество хромосом и нитей ДНК может совпадать в нескольких фазах, т.е. одна и та же цифра может использоваться несколько раз):

- I) 20 хромосом, 20 нитей ДНК;
- II) 20 хромосом, 40 нитей ДНК;
- III) 10 хромосом, 20 нитей ДНК;
- IV) 10 хромосом, 10 нитей ДНК;
- V) 40 хромосом, 40 нитей ДНК;

Ответ:

Фаза	1	2	3	4	5
Процессы, происходящие с хромосомами	A	B	D	F	J
Количество хромосом и нитей ДНК	II	V	II	II	IV

Задание 42 (ID 43) – 5 баллов

Вариант 2

У драконов в гаплоидном наборе 10 хромосом ($n=10$). Соотнесите фазы интерфазы и деления клеток, количество хромосом и нитей ДНК в конце каждой фазы и процессы, происходящими в эти фазы.

Ниже приведены названия различных фаз интерфазы и процесса деления клеток:

Фаза 1: Телофаза митоза

Фаза 2: Метафаза мейоза I

Фаза 3: Телофаза мейоза I

Фаза 4: Метафаза мейоза II

Фаза 5: Анафаза мейоза II

Процессы, происходящие с хромосомами в данную фазу (список избыточен – в нем есть лишние процессы):

- А) ДНК реплицируется, хромосомы становятся двуххроматидными;
- В) В диплоидной клетке каждая хроматида становится самостоятельной хромосомой, однохроматидные хромосомы расходятся к полюсам клетки;
- С) Формируются два ядра, содержащие диплоидный набор хромосом;
- Д) Гомологичные хромосомы вступают в конъюгацию и между ними происходит кроссинговер;
- Е) Биваленты выстраиваются в области экватора клетки;
- Ф) Бивалент разрываются, двуххроматидные хромосомы отходят к полюсам клетки;
- Г) Формируются клетки, ядра которых содержат гаплоидный набор двуххроматидных хромосом;
- Н) В гаплоидной клетке двуххроматидные хромосомы выстраиваются в области экватора клетки;
- И) В гаплоидной клетке каждая хроматида становится самостоятельной хромосомой, однохроматидные хромосомы расходятся к полюсам клетки;
- Ж) Формируются клетки, ядра которых содержат гаплоидный набор однохроматидных хромосом.

Количество хромосом и нитей ДНК (список избыточен – в нем есть лишние термины. **НО, ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ**, что количество хромосом и нитей ДНК может совпадать в нескольких фазах, т.е. одна и та же цифра может использоваться несколько раз):

- И) 20 хромосом, 20 нитей ДНК;
- II) 20 хромосом, 40 нитей ДНК;
- III) 10 хромосом, 20 нитей ДНК;
- IV) 10 хромосом, 10 нитей ДНК;
- V) 40 хромосом, 40 нитей ДНК;

Ответ:

Фаза	1	2	3	4	5
Процессы, происходящие с хромосомами	С	Е	Г	Н	И
Количество хромосом и нитей ДНК	I	II	II	III	I

Тип заданий С. Задачи со свободным ответом

Во всех заданиях данной части в начале идет условие задачи, а затем к нему задается несколько вопросов. Ответы на вопросы должны быть записаны в виде текста. Обратите внимание, что ответы на вопросы должны быть максимально краткими и полными, следует избегать больших объемов текста не по сути заданного вопроса.

Система оценки:

Приведена в ответе для каждого задания отдельно.

Задание 43 (ID 52) – Максимум 10 баллов

В расшифровке генетического кода большую роль сыграли опыты по трансляции искусственно синтезированных РНК. Такие РНК синтезировались из нуклеозиддифосфатов с помощью фермента полинуклеотидфосфорилазы. В пробирку добавлялись различные нуклеозиддифосфаты в известном соотношении, и далее полинуклеотидфосфорилаза случайным образом комбинировала добавленные нуклеотиды в полимерные цепочки. После этого полученные РНК транслировались в бесклеточной системе синтеза белка. Определяя, какие аминокислоты встречались в таких пептидах, можно было сделать вывод о нуклеотидном составе триплетов, кодирующих разные аминокислоты.

Генетический код (иРНК)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	—	—	А
	Лей	Сер	—	Трп	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

Ответьте на следующие подвопросы:

1. Какие триплеты можно обнаружить в РНК, синтезированных с помощью полинуклеотидфосфорилазы из смеси АДФ и УДФ в соотношении 3:1?
2. С какой частотой будут встречаться указанные в предыдущем пункте триплеты в РНК?
3. Какие аминокислоты будут обнаруживаться в полипептидах, образующихся при трансляции таких РНК?
4. В каком соотношении будут получаться указанные аминокислоты в пептидах? Ответ запишите в следующем виде: арг:гли:сер = 12:3:4 (данные аминокислоты и соотношение приведены для примера).

Ответ:

1. Какие триплеты можно обнаружить в РНК, синтезированных с помощью полинуклеотидфосфорилазы из смеси АДФ и УДФ в соотношении 3:1?

AAA, UUU, AAU, AUA, AUU, UAA, UAU, UUA (всего $2^3 = 8$ триплетов). 2 балла за перечисление триплетов. 1 балл, если перечислены только 6 или 7 из 8 триплетов. 0 баллов, если перечислены только 5 и меньше.

2. С какой частотой будут встречаться указанные в предыдущем пункте триплеты в РНК?

Вероятность встретить аденин в триплете составляет $3/4$, а вероятность встретить урацил составляет $1/4$. Таким образом, указанные триплеты будут встречаться в следующем соотношении:

AAA - $27/64 \sim 0,4218$

УУУ- 1/64 ~ 0,0156

ААУ- 9/64 ~ 0,1406

АУА- 9/64

УАА- 9/64

АУУ- 3/64 ~ 0,0468

УАУ- 3/64

УУА- 3/64

3 балла за правильно указанные частоты. Если 1 или 2 частоты указаны неправильно – 1 балл. Если больше – 0 баллов.

3. Какие аминокислоты будут обнаруживаться в полипептидах, образующихся при трансляции таких РНК?

При трансляции из указанных триплетов будут получаться аминокислоты:

ААА – лиз (лизин)

УУУ- фен (фенилаланин)

ААУ- асп (аспарагин)

АУА- иле (изолейцин)

АУУ- иле (изолейцин)

УАА- стоп-кодон

УАУ- тир (тирозин)

УУА- лей (лейцин)

2 балла за верно перечисленные аминокислоты (стоп-кодон можно не указывать, т.к. в вопросе спрашивается только про аминокислоты). Если 1 аминокислота указана неверно (или не указана) – 1 балл. Если 2 и более аминокислоты указаны неверно (или не указаны) – 0 баллов.

4. В каком соотношении будут получаться указанные аминокислоты в пептидах? Ответ запишите в следующем виде: арг:гли:сер = 12:3:4 (данные аминокислоты и соотношение приведены для примера).

Указанные аминокислоты будут получаться в следующих частотах:

Лизин 27/64 ~ 0,4218

Фенилаланин 1/64 ~ 0,0156

Аспарагин 9/64 ~ 0,1406

Изолейцин 9/64 + 3/64 = 12/64 ~ 0,198

Тирозин 3/64 ~ 0,0468

Лейцин 3/64 ~ 0,0468

Соответственно, соотношение будет: лиз:фен:асп:иле:тир:лей = 27:1:9:12:3:3

3 балла за верно рассчитанное соотношение. Если одна из долей определена неверно – 1 балл. Если две и более из долей определены неверно – 0 баллов.

Задание 44 (ID 54) – Максимум 10 баллов

Общая для всех вариантов часть вопроса:

У драконов гетерогамный пол мужской, однако половой диморфизм не выражен, что не дает возможности отличить самцов от самок при наблюдении на расстоянии. Изучив несколько популяций драконов, драконоведы обнаружили два признака по которым можно отличать самцов от самок без близкого контакта. Данные признаки встречаются далеко не у всех самцов в популяции и имеют разный механизм наследования.

Признак «синее пламя» встречается исключительно у самцов и никогда не был выявлен у самок. Причем, если самец обладает синим пламенем, все его сыновья обязательно унаследуют этот признак. Дочерям данный признак никогда не передается. Если самец не имеет данного признака, все его потомки всегда имеют обычное желтое пламя.

Признак «сияющая чешуя» также проявляется преимущественно у самцов, но было выявлено несколько самок с таким типом чешуи. От скрещивания данных самок с самцами, имеющими обычную матовую чешую все сыновья всегда имеют сияющую чешую, а самки обычную матовую.

Ответьте на следующие подвопросы:

1. Как наследуются признаки «синее пламя» и «сияющая чешуя»?
2. Сколько аллелей гена, обуславливающего развитие сияющей чешуи описано в задаче? Введите обозначения и назовите эти аллели, есть ли среди них доминантные и рецессивные?
3. Сколько аллелей гена, обуславливающего развитие синего пламени описано в задаче? Введите обозначения и назовите эти аллели, есть ли среди них доминантные и рецессивные?
4. От скрещивания самки с обычной матовой чешуей и самца с обычной матовой чешуей и синим пламенем получен детеныш, имеющий сияющую чешую и синее пламя одновременно. Определите генотипы родителей и потомка.

Ответ:

1. Как наследуются признаки «синее пламя» и «сияющая чешуя»?

«Синее пламя» сцеплен с Y-хромосомой (голандрическое наследование), «сияющая чешуя» сцеплен с X-хромосомой (сцеплен с полом).

(Всего 2 балла: по 1 баллу за каждый правильно описанный тип наследования, если указано, что оба сцеплены с полом и больше ничего, то 0 баллов т.к. сцепление с Y-хромосомой это голандрическое наследование).

2. Сколько аллелей гена, обуславливающего развитие сияющей чешуи описано в задаче? Введите обозначения и назовите эти аллели, есть ли среди них доминантные и рецессивные?

Два аллеля: X^A матовая (доминантный аллель), X^a сияющая (рецессивный аллель).

(Всего 2 балла: 1 балл за правильное написание, показывающее, что расположен в X-хромосоме, также засчитывалось указание на это, если оно было приведено в подвопросе 1 или 4; 1 балл на верное определение доминантного и рецессивного аллеля.)

3. Сколько аллелей гена, обуславливающего развитие синего пламени описано в задаче? Введите обозначения и назовите эти аллели, есть ли среди них доминантные и рецессивные?

Два аллеля: Y^{b1} , Y^{b2} , установить доминантный и рецессивный нельзя, т.к. они всегда в гемизиготе, в гетерозиготу поставить невозможно т.к. Y-хромосома не имеет гомологичной пары.

(Всего 3 балла: 1 балл за правильное написание в Y-хромосоме, также засчитывалось указание на это, если оно было приведено в подвопросе 1 или 4; 1 балл если обе буквы, обозначающие ген заглавные или строчные, если есть заглавная и строчная балл не даем, также засчитывалось прямое указание на отсутствие доминантности/рецессивности в тексте; 1

балл за указание термина «гемизиготность» или прямое указание, что Y – хромосома находится в клетках без гомолога.)

4. От скрещивания самки с обычной матовой чешуей и самца с обычной матовой чешуей и синим пламенем получен детеныш, имеющий сияющую чешую и синее пламя одновременно. Определите генотипы родителей и потомка.

Самка $X^A X^a$, самец $X^A Y^{B2}$, потомок $X^a Y^{B2}$

(Всего 3 балла: по 1 баллу за каждый генотип. В случае, если в подвопросах 2 или 3 были неверно охарактеризованы свойства аллелей, то за данный аллель в составе генотипа ставится 0 баллов, а второй верно охарактеризованный аллель в составе генотипа получает 0,5 балла, т.е. всего 6 аллелей по 0,5 балла в составе трех генотипов.)

Так же нужно обратить внимание, что признак «желтое пламя» никогда не встречается у самок в рамках данной задачи, но баллы за указание такого фенотипа не снижались.