

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



ОТВЕТЫ НА ЗАДАНИЯ ДЛЯ 10 КЛАССА

Задания олимпиады разделены на три части:

Часть А: Задания с несколькими верными ответами (всего 13 заданий, сумма 39 баллов)

Часть В: Задания на сопоставления (всего 8 заданий, сумма 40 баллов)

Часть С: Задачи со свободным ответом (всего 6 заданий, сумма 50 баллов)

Максимум: 129 баллов

Часть 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

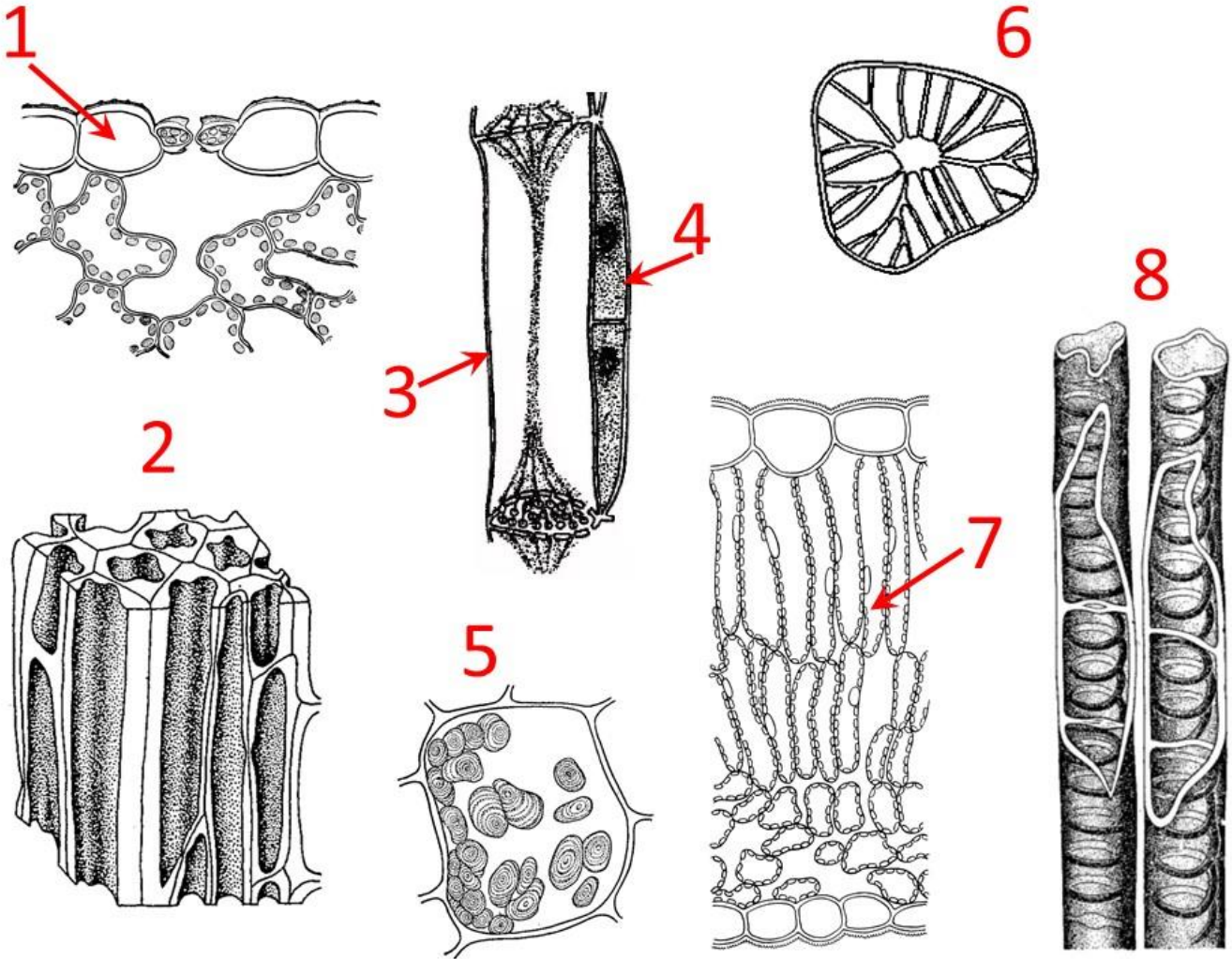
За каждое неправильно отмеченное утверждение – 0 баллов

Ответы «верно» подчеркнуты

Задание 1 (ID 2) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На приведенной ниже картинке изображены клетки различных растительных тканей (а также структуры и срезы, на которых необходимые клетки показаны стрелками).



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

Вариант 1:

- A) к механическим тканям (sclerenchyma tissue, collenchyma tissue) относятся клетки 2, 6;
- B) в зрелом состоянии протопласт (protoplast) отмирает у клеток 3, 6, 8;
- C) в состав проводящих тканей входят клетки 2, 3, 4, 8;
- D) элементы, показанные на рисунке 3 встречаются только у цветковых растений (Angiospermae);
- E) основная функция клеток, обозначенных цифрой 7 – фотосинтез;
- F) покрыты кутикулой (cuticle) клетки 1;

Вариант 2:

- A) к паренхимным тканям (parenchyma tissue) относятся клетки 4, 5, 7;
- B) имеют изодиаметрическую форму клетки 2, 5, 7;
- C) элементы, показанные на рисунке 3 встречаются только у цветковых растений (Angiospermae);
- D) основная функция клеток, обозначенных цифрой 7 – фотосинтез;
- E) покрыты кутикулой (cuticle) клетки 1;

F) могут быть производными камбия (cambium) клетки 1, 3, 4, 8;

Вариант 3:

A) к механическим тканям (sclerenchyma tissue, collenchyma tissue) относятся клетки 2, 6;

B) в зрелом состоянии протопласт (protoplast) отмирает у клеток 3, 6, 8;

C) имеют изодиаметрическую форму клетки 2, 5, 7;

D) элементы, показанные на рисунке 3 встречаются только у цветковых растений (Angiospermae);

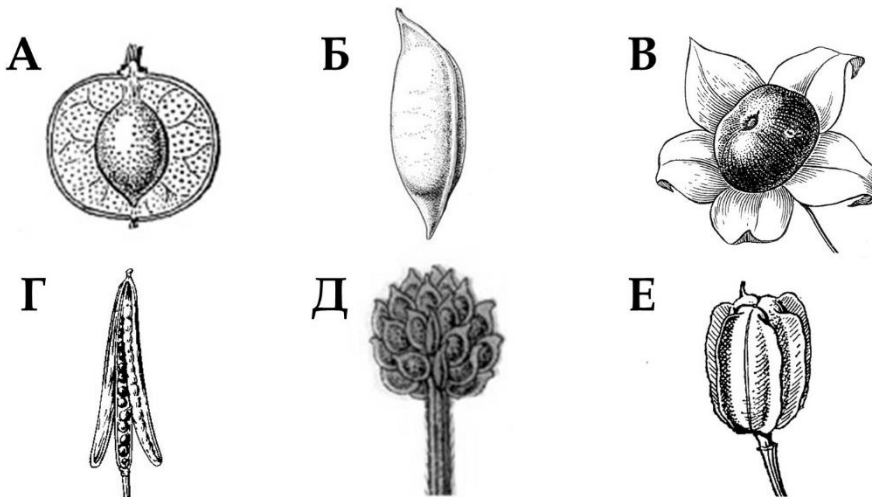
E) покрыты кутикулой (cuticle) клетки 1;

F) выполняют запасную функцию клетки обозначенные цифрой 5;

Задание 2 (ID 4) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Ниже представлены изображения типичных цветков (под цифрами 1-6) и плодов (под буквами А-Е), характерных для шести различных семейств Цветковых растений.



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

Вариант 1:

- А) для семейства Розоцветные (*Rosaceae*) характерен цветок 4 и плод А;
- В) для семейства Лютиковые (*Ranunculaceae*) характерен цветок 6 и плод многоорешек Е;
- С) для семейства Бобовые (*Leguminosae*) характерен цветок 3 и плод боб Г;
- Д) для семейства Крестоцветные (*Brassicaceae*) характерен цветок 6 и плод стручок Г;
- Е) для семейства Пасленовые (*Solanaceae*) характерен цветок 3 и плод ягода В;
- Ф) для семейства Лилейные (*Liliaceae*) характерен цветок 4 и плод Д;

Вариант 2:

- А) для семейства Розоцветные (*Rosaceae*) характерен цветок 2 и плод многоорешек Д;
- В) для семейства Лютиковые (*Ranunculaceae*) характерен цветок 2 и плод многоорешек Д;
- С) для семейства Бобовые (*Leguminosae*) характерен цветок 5 и плод боб Б;
- Д) для семейства Крестоцветные (*Brassicaceae*) характерен цветок 2 и плод стручок Б;
- Е) для семейства Пасленовые (*Solanaceae*) характерен цветок 1 и плод ягода Е;
- Ф) для семейства Лилейные (*Liliaceae*) характерен цветок 4 и плод Д;

Вариант 3:

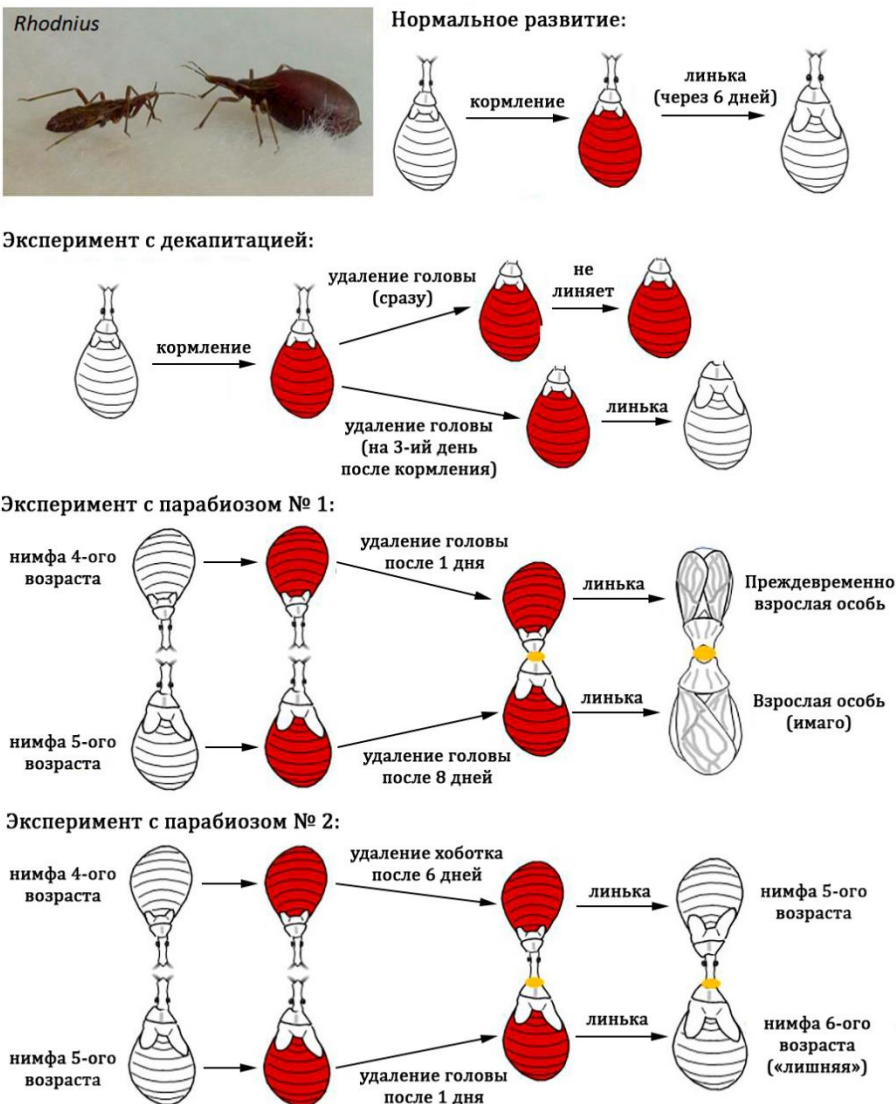
- A) для семейства Розоцветные (*Rosaceae*) характерен цветок 4 и плод А;
- B) для семейства Лютиковые (*Ranunculaceae*) характерен цветок 2 и плод многоорешек Д;
- C) для семейства Бобовые (*Leguminosae*) характерен цветок 5 и плод боб Б;
- D) для семейства Крестоцветные (*Brassicaceae*) характерен цветок 6 и плод стручок Г;
- E) для семейства Пасленовые (*Solanaceae*) характерен цветок 3 и плод ягода В;
- F) для семейства Лилейные (*Liliaceae*) характерен цветок 1 и плод коробочка Е;

Задание 3 (ID 6) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Винсент Брайан Уиглсуорт (Vincent Brian Wigglesworth) занимался исследованиями метаморфоза у насекомых, используя в качестве экспериментального объекта Южно-Американских поцелуйных клопов (*Rhodnius prolixus*). Данные клопы очень удобны для изучения метаморфоза из-за своих особенностей: (1) они линяют через шесть дней только после того, как напьются крови; (2) их можно парабиозировать – соединять вместе двух особей передними концами так, чтобы у них была общая циркуляция гемолимфы.

В эксперименте по декапитации он заметил, что если особь обезглавить сразу после кормления кровью, то она не линяет, а если голову удалить спустя три дня после кормления, то линька ее происходит на шестой день. В экспериментах по парабиозу объединяли нимф четвертого возраста (предпоследняя стадия) и нимф пятого возраста (последняя стадия). В эксперименте с парабиозом № 1 удаляли обеим особям головы целиком и получали метаморфоз во взрослую стадию (имаго) обеих особей – в случае нимфы четвертого возраста такой метаморфоз был преждевременным (с пропуском стадии). В эксперименте с парабиозом № 2 нимфе пятого возраста удаляли голову, а нимфе четвертого возраста только кончик хоботка (для объединения циркуляции гемолимфы), но не голову, что приводило к остановке метаморфоза во взрослую особь – возникала нимфа шестого возраста (дополнительная стадия, в природе не встречается).



Какие из перечисленных ниже заключений можно сделать на основании приведенных экспериментов:

Вариант 1:

- A) для запуска процесса линьки необходим стимул гормональной природы («гормон линьки»), который вырабатывается в голове и накапливается в гемолимфе к третьему дню после кормления кровью;
- B) кроме стимула, запускающего линьку («гормон линьки»), в данном опыте обнаруживается наличие стимула, блокирующего метаморфоз нимфы во взрослую стадию – имаго («гормон молодости»);
- C) парабриоз двух особей с удалением головы у обоих всегда будет приводить к линьке;
- D) парабриоз двух особей с удалением головы только у одной из них всегда будет блокировать протекание линьки и метаморфоз из нимфы в имаго;
- E) стимул, блокирующий метаморфоз нимфы во взрослую стадию – имаго («гормон молодости») почти не вырабатывается у нимфы 5-ого возраста и парабриоз ее с нимфой 4-ого возраста в эксперименте № 1 приводит к метаморфозу обеих особей в имаго;
- F) эксперимент № 2 демонстрирует, что стимул, запускающий метаморфоз в имаго («гормон метаморфоза») вырабатывается у нимфы 4-ого возраста в голове, поэтому ее парабриоз с нимфой 5-ого возраста приведет к очередной линьке и появлению дополнительной стадии нимфы 6-ого возраста;

Вариант 2:

- A) для запуска процесса линьки необходим стимул гормональной природы («гормон линьки»), который вырабатывается в голове и накапливается в гемолимфе к третьему дню после кормления кровью;
- B) удаление головы на третий день после кормления кровью стимулирует запуск процессов линьки, однако если удалить голову сразу, то особь не успевает понять, что она покушала и запуск линьки не происходит;
- C) кроме стимула, запускающего линьку («гормон линьки»), в данном опыте обнаруживается наличие стимула, блокирующего метаморфоз нимфы во взрослую стадию – имаго («гормон молодости»);
- D) парабриоз двух особей с удалением головы у обоих всегда будет приводить к линьке;
- E) стимул, блокирующий метаморфоз нимфы во взрослую стадию – имаго («гормон молодости») почти не вырабатывается у нимфы 5-ого возраста и парабриоз ее с нимфой 4-ого возраста в эксперименте № 1 приводит к метаморфозу обеих особей в имаго;
- F) эксперимент № 2 демонстрирует, что стимул, блокирующий метаморфоз нимфы во взрослую стадию – имаго («гормон молодости») вырабатывается у нимфы 4-ого возраста в голове, поэтому ее парабриоз с нимфой 5-ого возраста приведет к очередной линьке и появлению дополнительной стадии нимфы 6-ого возраста;

Вариант 3:

- A) для запуска процесса линьки необходим стимул гормональной природы («гормон линьки»), который вырабатывается в голове и накапливается в гемолимфе к третьему дню после кормления кровью;
- B) удаление головы на третий день после кормления кровью стимулирует запуск процессов линьки, однако если удалить голову сразу, то особь не успевает понять, что она покушала и запуск линьки не происходит;
- C) кроме стимула, запускающего линьку («гормон линьки»), в данном опыте обнаруживается наличие стимула, блокирующего метаморфоз нимфы во взрослую стадию – имаго («гормон молодости»);
- D) парабриоз двух особей с удалением головы только у одной из них всегда будет блокировать протекание линьки и метаморфоз из нимфы в имаго;

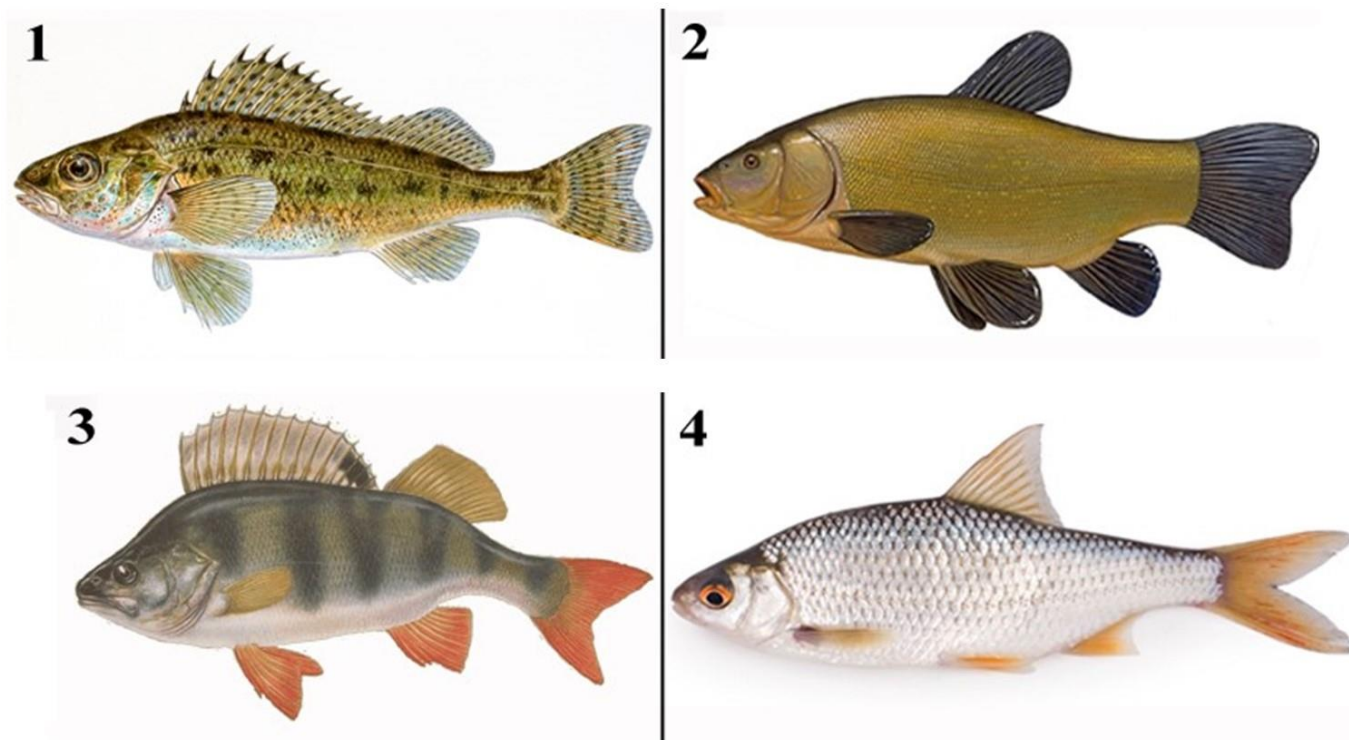
Е) только у нимфы 4-ого возраста синтезируется специальный стимул, запускающий метаморфоз в имаго («гормон метаморфоза»), поэтому в эксперименте № 1 парабиоз с нимфой 5-ого возраста приводит к метаморфозу обеих особей в имаго;

Г) эксперимент № 2 демонстрирует, что стимул, запускающий метаморфоз в имаго («гормон метаморфоза») вырабатывается у нимфы 4-ого возраста в голове, поэтому ее парабиоз с нимфой 5-ого возраста приведет к очередной линьке и появлению дополнительной стадии нимфы 6-ого возраста;

Задание 4 (ID 8) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На приведённом ниже рисунке изображены представители костных рыб.



Используя картинку и Ваши теоретические знания укажите для каждого из следующих суждений является оно верным или нет:

Вариант 1:

- A) у всех приведённых рыб по одному спинному плавнику;
- B) все имеют жаберную крышку;
- C) особи с номерами 1 и 3 относятся к отряду Окунеобразные (Perciformes);
- D) у всех изображённых рыб промысловая длина тела больше его высоты;
- E) у особи 2 хвостовой плавник выпуклый;
- F) особь 4 имеет ктеноидную чешую.

Вариант 2:

- A) у всех рыб имеются брюшные плавники;
- B) все приведённые представители имеют плавательный пузырь;
- C) особь 2 относится к отряду Лососеобразные (Salmoniformes);
- D) у особи 1 брюшные плавники находятся далеко позади грудных;
- E) особь 4 имеет циклоидную чешую;
- F) у особи 1 и 4 анальное отверстие находится позади последнего луча анального плавника.

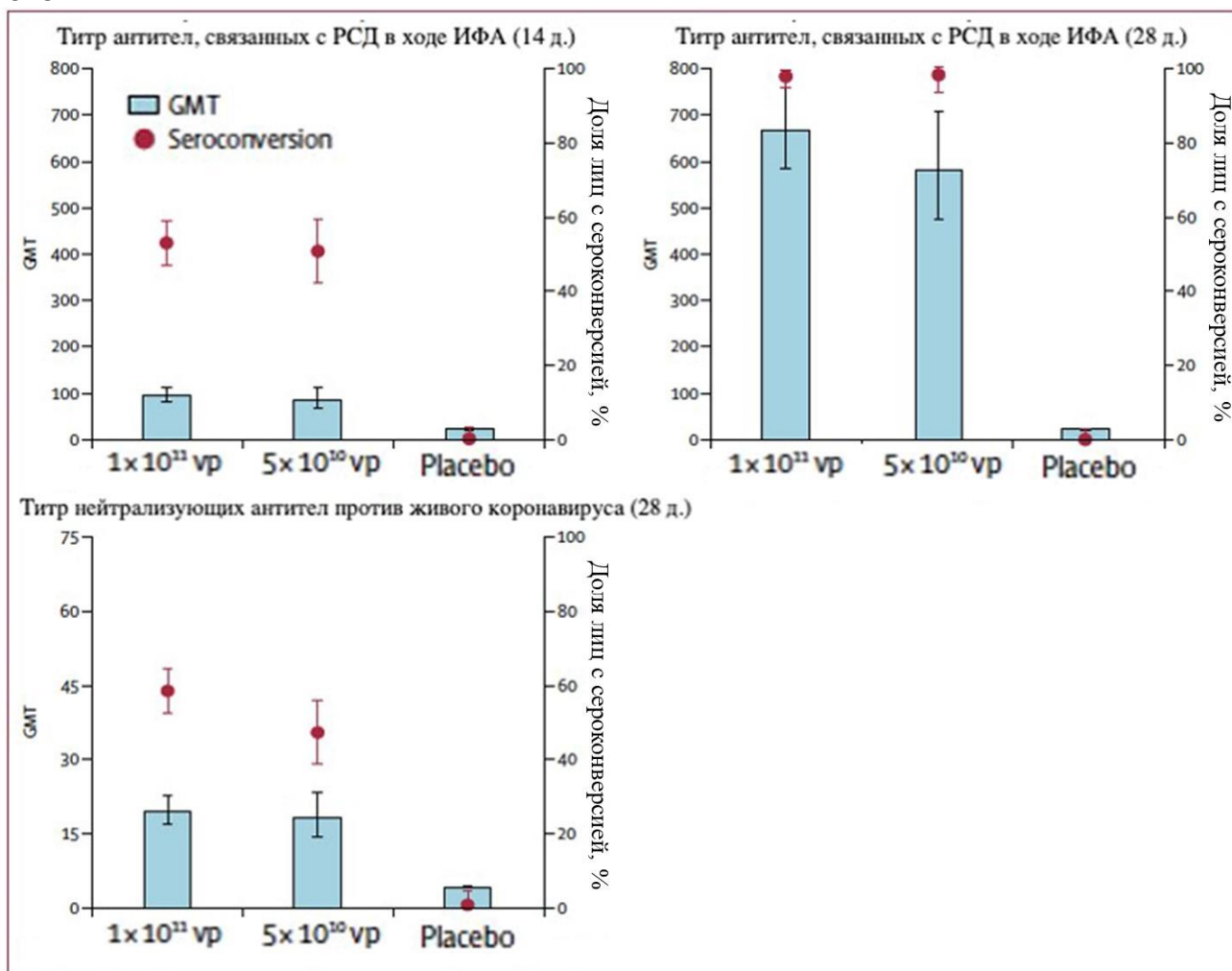
Вариант 3:

- A) у всех изображённых рыб имеется парный анальный плавник;
- B) у особи 3 имеется клоака;
- C) особи 2 и 4 относятся к отряду Карпообразные (Cypriniformes);
- D) у особи 4 брюшные плавники находятся значительно позади грудных;
- E) у особи 3 желудок выражен более сильно, чем у особи 4;
- F) из приведенных на изображениях видов хищными считаются особи 2 и 3.

Задание 5 (ID 9) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Перед Вами результаты применения одной из экспериментальных вакцин против новой коронавирусной инфекции в трех популяциях испытуемых. Первой группе проводилась внутримышечная инъекция в дозе 1×10^{11} вирусных частиц (vp) на мл раствора, второй группе — 5×10^{10} вирусных частиц на мл, а третья группа получила плацебо (раствор - «пустышка», не содержащий вирусных частиц). Иммуногенность введённого препарата оценивалась через 14 и 28 дней путем подсчета титра антител (GMT), полученного в ходе реакций иммуноферментного анализа (ИФА) при их взаимодействии с рецептор-связывающим доменом (РСД — Receptor binding domain, RBD) вирусного гликопротеина и в ходе реакции нейтрализации вирусов в культуре клеток.



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

Вариант 1:

- Доля вакцинированных лиц, у которых была зарегистрирована сероконверсия (здесь: рост титра антител в 4 и более раз по сравнению с исходными значениями), выросла примерно в 2 раза с 14-го по 28-ой дни;
- Титры нейтрализующих антител против живого коронавируса на 28-й день оказались в среднем выше, чем титры антител, полученные в ходе ИФА на 14-й день;
- Иммуногенность внутримышечно введенного раствора не различалась среди участников всех трех групп;
- Титры антител в двух вакцинированных против вируса группах выросли значительно сильнее, чем в группе плацебо;
- Титры IgG в ответ на инфекцию в организме начинают расти раньше, чем титры IgM;

F) Следует ожидать, что в группах лиц, которым была введена вакцина с вирусными частицами, будет чаще регистрироваться такое нежелательное явление вследствие введения вакцины, как лихорадочный синдром, чем в группе плацебо;

Вариант 2:

A) Доля вакцинированных лиц, у которых была зарегистрирована сероконверсия (здесь: рост титра антител в 4 и более раз по сравнению с исходными значениями), за 2 недели не изменилась;

B) Иммуногенность вакцины оказалась выше в группе лиц, которые получили инъекцию препарата, содержащего 5×10^{10} вирусных частиц на мл;

C) Титры антител в двух вакцинированных против вируса группах выросли значительно сильнее, чем в группе плацебо;

D) Титры IgM в ответ на инфекцию в организме начинают расти раньше, чем титры IgG;

E) Следует ожидать, что в группах лиц, которым была введена вакцина с вирусными частицами, будет чаще регистрироваться такое нежелательное явление вследствие введения вакцины, как лихорадочный синдром, чем в группе плацебо;

F) Следует ожидать, что больше всего нежелательных явлений вследствие инъекции препарата будет зарегистрировано в группе плацебо.

Вариант 3:

A) Доля вакцинированных лиц, у которых была зарегистрирована сероконверсия (здесь: рост титра антител в 4 и более раз по сравнению с исходными значениями), за 2 недели не изменилась;

B) Титры нейтрализующих антител против живого коронавируса на 28-й день оказались в среднем выше, чем титры антител, полученные в ходе ИФА на 14-й день;

C) Иммуногенность вакцины оказалась выше в группе лиц, которые получили инъекцию препарата, содержащего 5×10^{10} вирусных частиц на мл;

D) Титры антител в двух вакцинированных против вируса группах выросли значительно сильнее, чем в группе плацебо;

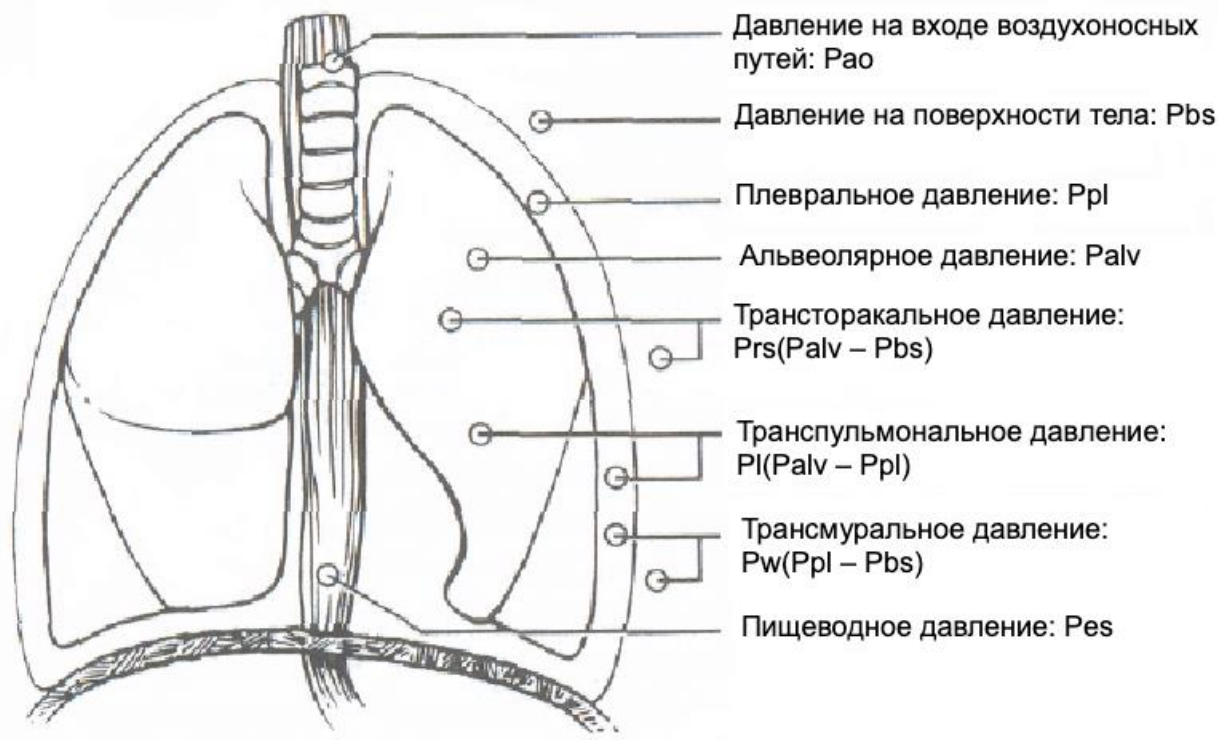
E) Титры IgM в ответ на инфекцию в организме начинают расти раньше, чем титры IgG;

F) Следует ожидать, что больше всего нежелательных явлений вследствие инъекции препарата будет зарегистрировано в группе плацебо.

Задание 6 (ID 10) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Схематически можно выделить несколько видов давлений, создающих поток воздуха во время акта дыхания:



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

Вариант 1:

- A) Альвеолярное давление отрицательное (по отношению к атмосферному) во время вдоха и положительное — во время выдоха.
- B) Главной движущей силой, позволяющей сделать вдох, является разность давлений на входе в дыхательные пути (P_{ao}) и в альвеолах (P_{alv}).
- C) Давление, свойственное дыхательной системе в целом, равняется сумме альвеолярного (P_{alv}) и внешнего (атмосферного, P_{bs}) давлений.
- D) Помимо давления в плевральной полости (P_{pl}), альвеолярное давление (P_{alv}) зависит от эластической тяги легких.
- E) Изменения пищеводного давления (P_{es}) во время дыхания при условии отсутствия перистальтики отражают изменения альвеолярного давления.
- F) У здорового человека в положении стоя имеется градиент плеврального давления (P_{pl}) между верхушкой и основанием легкого.

Вариант 2:

- A) При отсутствии воздушного потока (в конце вдоха или выдоха) P_{ao} равно нулю.
- B) Альвеолярное давление отрицательное (по отношению к атмосферному) во время вдоха и положительное — во время выдоха.
- C) Главной движущей силой, позволяющей сделать вдох, является сумма плеврального (P_{pl}) и пищеводного (P_{es}) давлений.
- D) Помимо давления в плевральной полости (P_{pl}), альвеолярное давление (P_{alv}) зависит от эластической тяги легких.
- E) С увеличением давления в плевральной полости (P_{pl}) альвеолярное давление (P_{alv}) падает.

F) Изменения пищеводного давления (P_{es}) во время дыхания при условии отсутствия перистальтики отражают изменения альвеолярного давления.

Вариант 3:

A) Альвеолярное давление отрицательное (по отношению к атмосферному) во время вдоха и положительное — во время выдоха.

B) При отсутствии воздушного потока (в конце вдоха или выдоха) P_{ao} равно нулю.

C) Главной движущей силой, позволяющей сделать вдох, является сумма плеврального (P_{pl}) и пищеводного (P_{es}) давлений.

D) Помимо давления в плевральной полости (P_{pl}), альвеолярное давление (P_{alv}) зависит от эластической тяги легких.

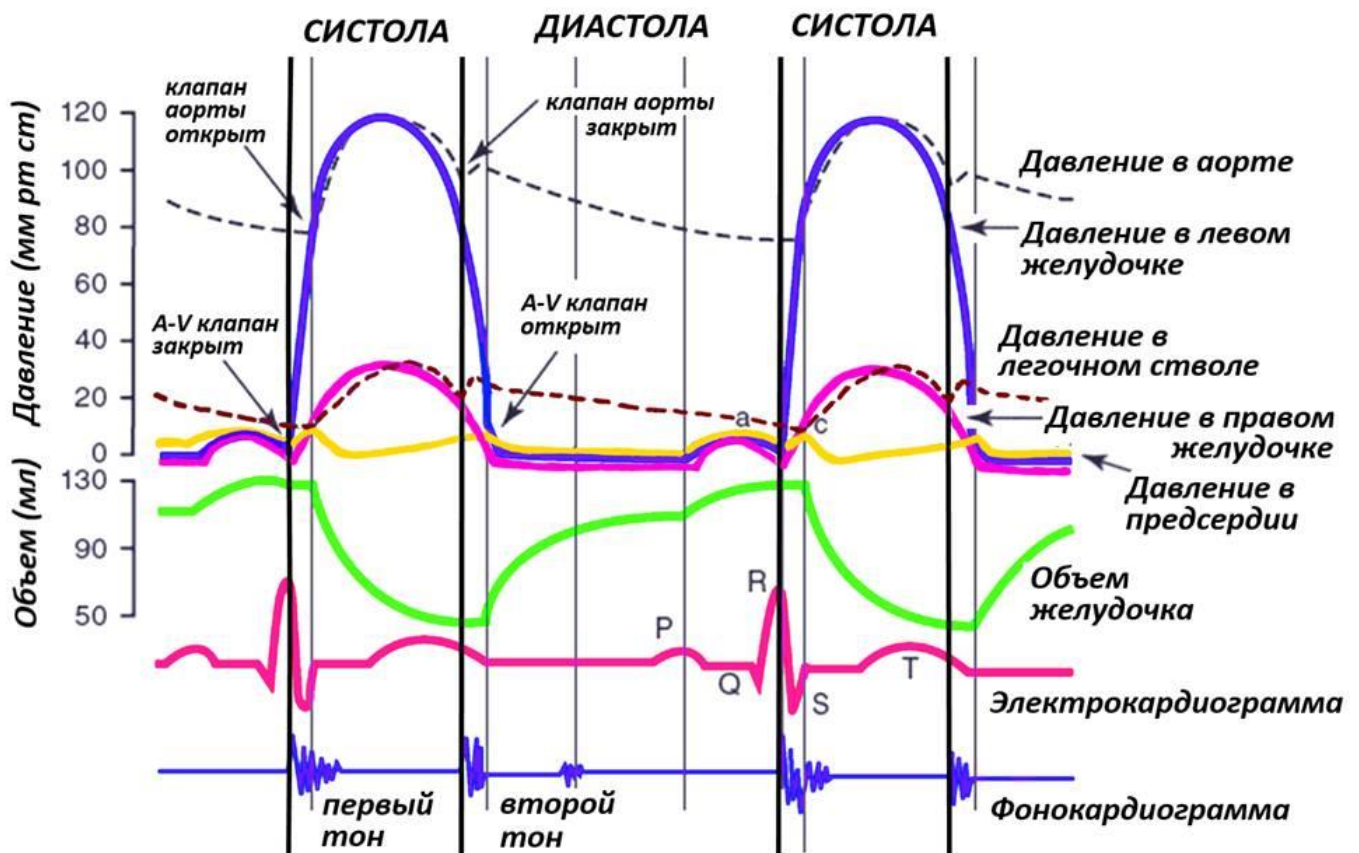
E) С увеличением давления в плевральной полости (P_{pl}) альвеолярное давление (P_{alv}) падает.

F) У здорового человека в положении стоя имеется градиент плеврального давления (P_{pl}) между верхушкой и основанием легкого.

Задание 7 (ID 11) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Внизу представлена диаграмма Уиггера, наглядно отображающая работу правых и левых камер сердца в систолу и диастолу:



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

Вариант 1:

- A) миокард правого желудочка страдает от ишемии чаще, чем миокард левого желудочка;
- B) неэффективное сокращение предсердий при их фибрилляции незначительно влияет на конечный диастолический объем крови в желудочках;
- C) фракция выброса на приведенной диаграмме составляет около 60%;
- D) при недостаточном смыкании створок митрального клапана шум на фонокардиограмме отмечается во время диастолы;
- E) во время внутриутробного развития давление в правых отделах сердца плода выше, чем в левых отделах;
- F) основная доля конечного диастолического объема желудочков поступает из предсердий пассивно;

Вариант 2:

- A) фракция выброса на приведенной диаграмме составляет около 60%;
- B) минутный объем крови правого желудочка меньше, чем левого;
- C) увеличение частоты сердечных сокращений происходит за счет укорочения диастолы;
- D) систолическое давление в легочном стволе на приведенной диаграмме составляет около 30 мм рт ст;

Е) основная доля конечного диастолического объема желудочков поступает из предсердий пассивно;

Ф) при развитии инфаркта миокарда желудочков значимые изменения на электрокардиограмме возникнут в R зубце.

Вариант 3:

А) неэффективное сокращение предсердий при их фибрилляции незначительно влияет на конечный диастолический объем крови в желудочках;

В) увеличение частоты сердечных сокращений происходит за счет укорочения диастолы;

С) фракция выброса на данном графике составляет около 40%;

Д) систолическое давление в легочном стволе на приведенной диаграмме составляет около 30 мм рт ст;

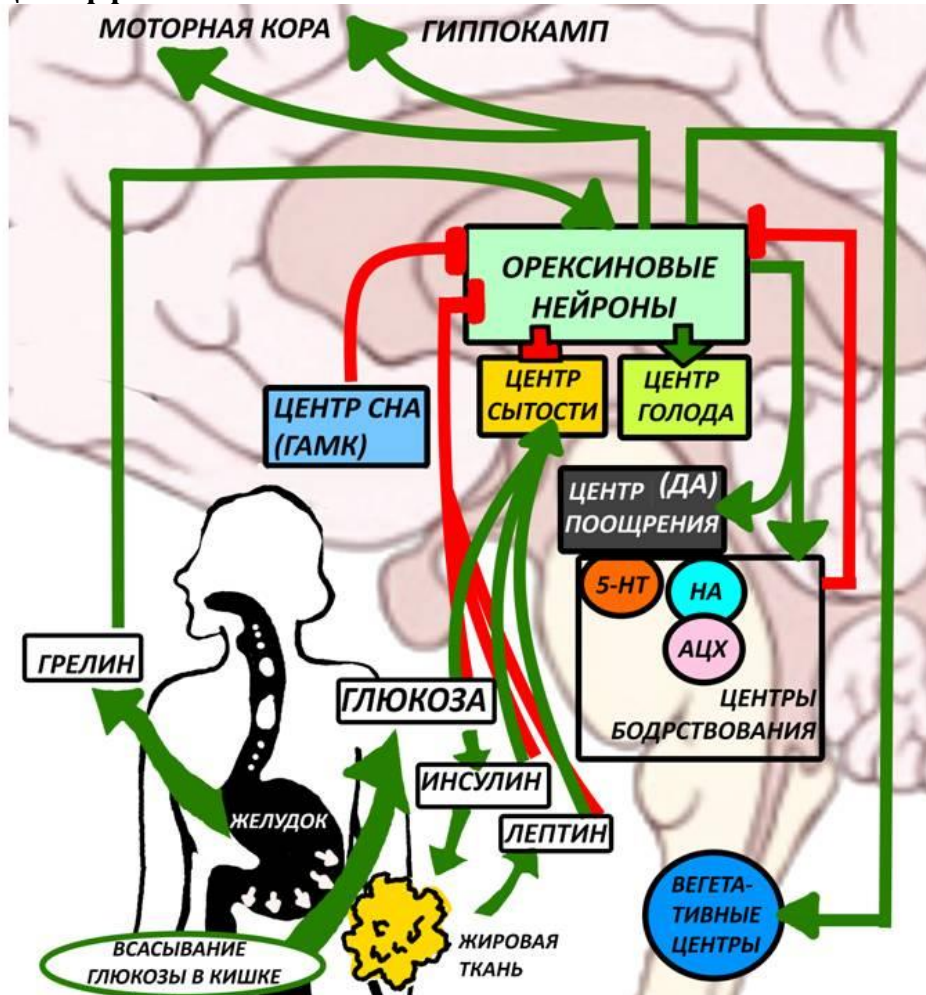
Е) во время внутриутробного развития давление в правых отделах сердца плода выше, чем в левых отделах;

Ф) у людей с повышенным артериальным давлением 2 тон звучит слабее, чем у здоровых людей;

Задание 8 (ID 12) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Известно, что у людей, страдающих нарколепсией, т.е. патологической дневной сонливостью, снижена активность орексиновых нейронов. На рисунке внизу схематично представлена роль орексиновых нейронов латерального гипоталамуса в регуляции аппетита, бодрствования, эмоционального фона и спонтанной физической активности. Зеленые стрелки обозначают активирующие эффекты, красные линии – ингибирующие эффекты.



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

Вариант 1:

- А) инъекция орексина в желудочки мозга повышает аппетит;
- В) активирующее действие на центр насыщения у инсулина более длительное, чем у лептина;
- С) антагонисты рецепторов орексина используют в качестве снотворного;
- Д) орексин угнетает пространственную память;
- Е) орексин способствует понижению артериального давления и частоты сердечных сокращений;
- Ф) аденозин как продукт энергетического метаболизма АТФ угнетает орексиновые нейроны.

Вариант 2:

- А) если у пациента удалить часть желудка, он будет чаще испытывать голод;
- В) активирующее действие на центр насыщения у инсулина более длительное, чем у лептина;

- С) антагонисты рецепторов орексина используют в качестве снотворного;
- D) орексин повышает эффективный расход потребляемых калорий за счет повышения спонтанной физической активности;
- E) у людей с нарколепсией чаще развивается зависимость от наркотических препаратов;
- F) у людей с сахарным диабетом второго типа уровень орексина в плазме крови повышен;

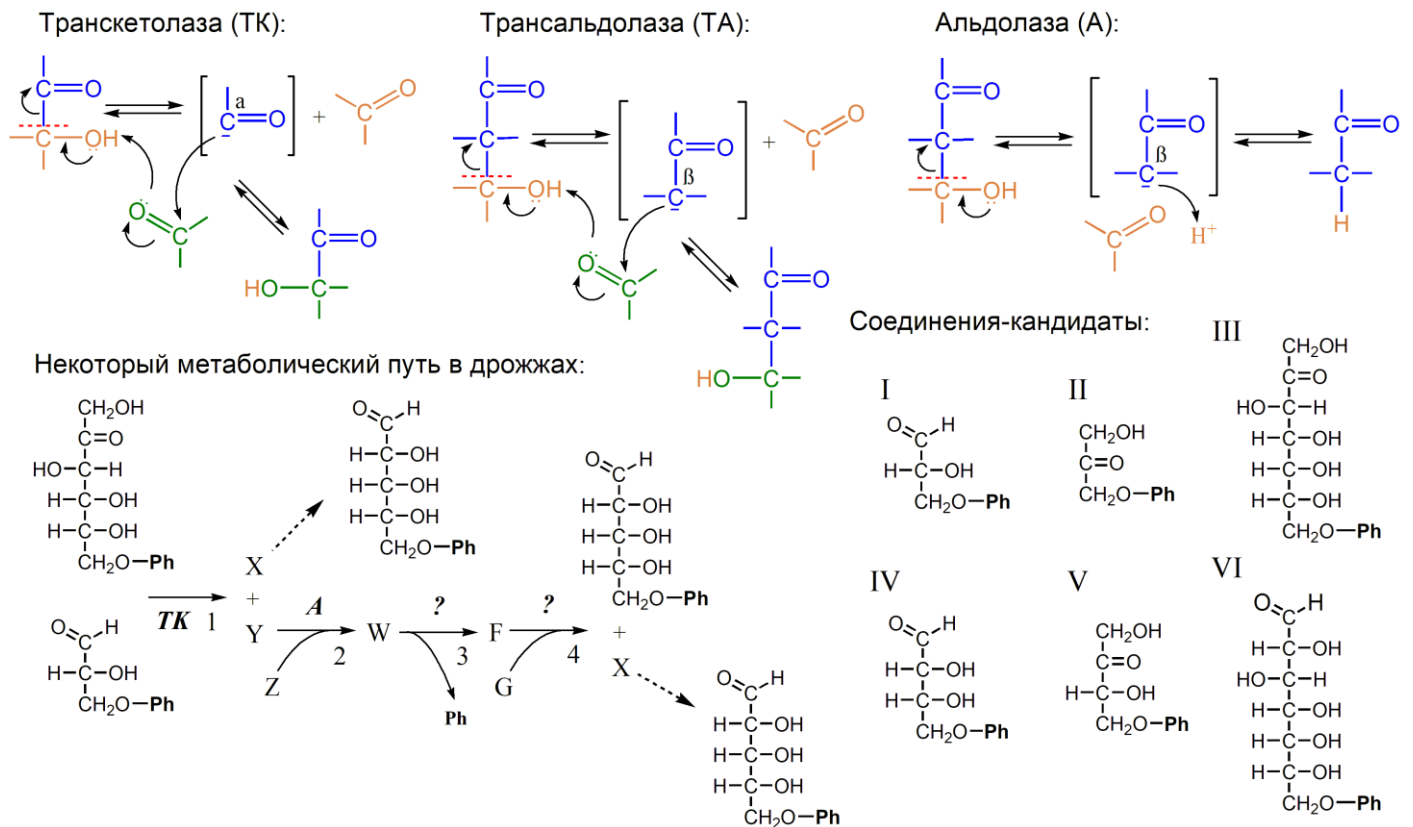
Вариант 3:

- A) если у пациента удалить часть желудка, он будет чаще испытывать голод;
- B) у людей с ожирением гипоталамические центры голода и насыщения более чувствительны к лептину, чем у здоровых людей;
- С) орексин повышает эффективный расход потребляемых калорий за счет повышения спонтанной физической активности;
- D) в чрезмерно высоких концентрациях активирующий эффект орексина на серотониновые ядра снижается, что может стать причиной депрессии;
- E) орексин угнетает пространственную память;
- F) аденозин как продукт энергетического метаболизма АТФ угнетает орексиновые нейроны.

Задание 9 (ID 13) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Зачастую в метаболических путях возникает необходимость в осуществлении перестройки углеродного скелета соединения. В ряде случаев данный процесс катализируют ферменты, называемые транскетолазами (ТК), трансальдолазами (ТА) и альдолазами (А). В верхней части рисунка вы можете видеть упрощенные механизмы функционирования данных белков. Изогнутыми стрелками обозначена миграция пары электронов. Обратите внимание на то, что транскетолазы стабилизируют отрицательный заряд на α-углероде карбонильной группы, а трансальдолазы и альдолазы – на β-углероде.



Также на рисунке представлен некоторый метаболический путь, протекающий в дрожжах (*Saccharomyces cerevisiae*). Пунктирные стрелки обозначают серии реакций изомеризации. Ph соответствует фосфатной группе. Для реакций 3 и 4 мы умышленно не указали названия ферментов, которые их катализируют. X, Y, Z, W, F и G представляют собой зашифрованные соединения, некоторые из которых могут быть представлены в правой части рисунка. Известно, что количество атомов углерода в соединениях Z и G идентично. Внимательно рассмотрите все схемы и выберите верные утверждения:

Вариант 1:

- A) Соединение Z – это соединение-кандидат I;
- B) Соединение Y – это соединение-кандидат IV;
- C) Соединение F – это соединение-кандидат III;
- D) Соединение G – это метаболит гликолиза;
- E) Реакцию 4 катализирует трансальдолаза;
- F) Представленный метаболический путь частично дублирует функции пентозофосфатного пути, а именно – поставляет субстраты для синтеза нуклеотидов.

Вариант 2:

- A) Соединение Z – это соединение-кандидат II;
- B) Соединение Y – это соединение-кандидат IV;

- C) Соединение F – это соединение-кандидат VI;
- D) Соединение G – это метаболит гликолиза;
- E) Реакцию 4 катализирует трансальдолаза;
- F) Представленный метаболический путь частично дублирует функции пентозофосфатного пути, а именно – поставляет субстраты для синтеза нуклеотидов.

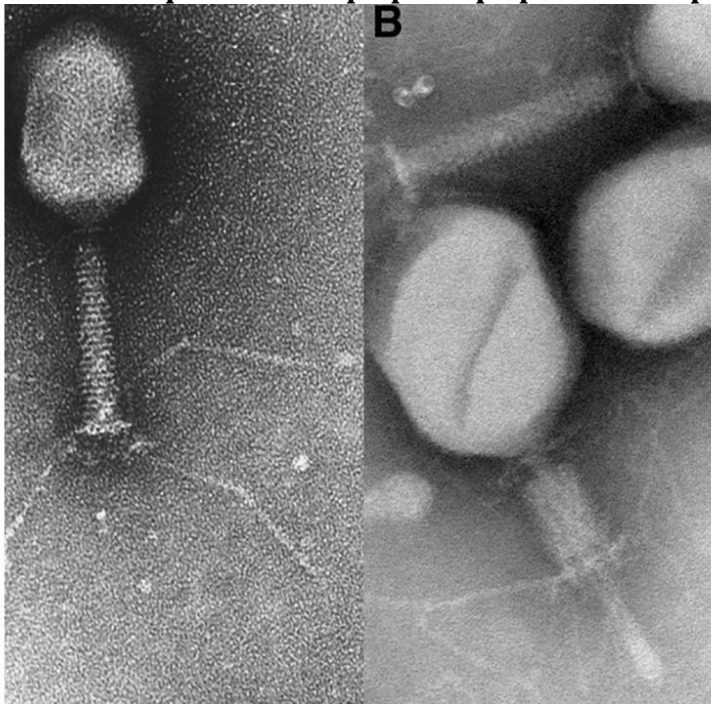
Вариант 3:

- A) Соединение G – это соединение-кандидат I;
- B) Соединение Y – это соединение-кандидат V;
- C) Соединение F – это соединение-кандидат III;
- D) Соединение Z – это метаболит гликолиза;
- E) Реакцию 4 катализирует трансальдолаза;
- F) Представленный метаболический путь частично дублирует функции пентозофосфатного пути, а именно – поставляет субстраты для синтеза нуклеотидов.

Задание 10 (ID 15) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Перед вами электронная микрофотография некоторого организма.



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

Вариант 1:

- A) На рисунке показан прокариотический организм;
- B) Для своего развития этот организм нуждается в клетке бактерии;
- C) Для своего развития этот организм нуждается в эукариотической клетке;
- D) Этот организм не содержит ДНК;
- E) В геноме этого организма закодированы ферменты цикла Кребса;
- F) Оболочка этого организма образована белками;

Вариант 2:

- A) На рисунке показан прокариотический организм;
- B) Этот организм имеет рибосомы;
- C) Для своего развития этот организм нуждается в клетке бактерии;
- D) Этот организм способен самостоятельно синтезировать белки;
- E) В геноме этого организма закодированы ферменты гликолиза;
- F) Оболочка этого организма образована липидами;

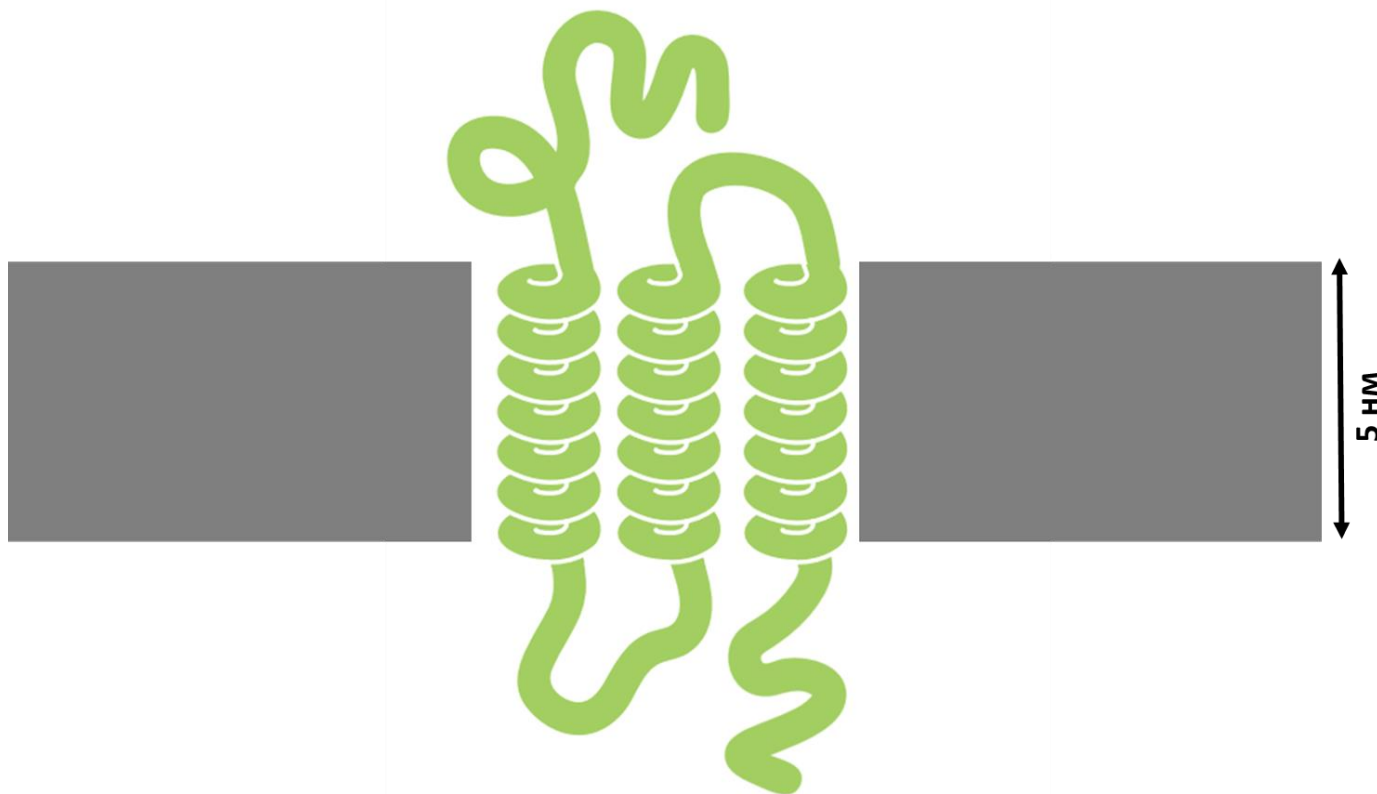
Вариант 3:

- A) Этот организм имеет рибосомы;
- B) Для своего развития этот организм нуждается в клетке бактерии;
- C) Для своего развития этот организм нуждается в эукариотической клетке;
- D) Этот организм не содержит ДНК;
- E) В геноме этого организма закодированы ферменты гликолиза;
- F) Оболочка этого организма образована белками;

Задание 11 (ID 17) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На приведенной ниже схеме изображен трансмембранный белок.



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

Вариант 1:

- А) каждый трансмембранный участок белка состоит из 200 аминокислотных остатков;
- В) в состав трансмембранных участков белка входят преимущественно положительно заряженные аминокислотные остатки лизина и аргинина;
- С) изображенный на схеме белок может выполнять функцию рецептора;
- Д) в состав трансмембранных участков белка входят преимущественно гидрофобные аминокислотные остатки;
- Е) данный белок относится к группе белков-гистонов, связывающих ДНК в ядре;
- Ф) данный белок мог быть синтезирован рибосомой шероховатого ЭПР;

Вариант 2:

- А) каждый трансмембранный участок белка состоит из 200 аминокислотных остатков;
- В) изображенный на схеме белок может выполнять функцию рецептора;
- С) в состав трансмембранных участков белка входят преимущественно гидрофобные аминокислотные остатки;
- Д) данная мембрана окружает липосому и сложена из гидрофильных молекул жирных кислот;
- Е) данный белок относится к группе белков-гистонов, связывающих ДНК в ядре;
- Ф) в изображенном белке присутствуют участки, вовлеченные в образование вторичной структуры;

Вариант 3:

- А) каждый трансмембранный участок белка состоит из 2 аминокислотных остатков;
- В) в состав трансмембранных участков белка входят преимущественно положительно заряженные аминокислотные остатки лизина и аргинина;

- С) трансмембранный домен белка сложен в структуру типа « β -бочонок»;
- D) данная мембрана окружает липосому и сложена из гидрофильных молекул жирных кислот;
- E) данный белок мог быть синтезирован рибосомой шероховатого ЭПР;
- F) в изображенном белке присутствуют участки, вовлеченные в образование вторичной структуры;

Задание 12 (ID 19) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

В ходе экспериментов по одомашниванию Американской норки (*Mustela vison*) с вероятностью $1 \cdot 10^{-3}$ рождались детеныши, имеющие крупные белые пятна на животе и белые лапы. Животных такого окраса называли пегие.

При скрещивании пегих особей между собой за 39 скрещиваний было получено 159 норчат, из которых 38 имели стандартную коричневую окраску (окрас дикого типа), 77 были пегими и 44 помимо белого живота и лап имели отдельные седые волоски на спине и боках. Такой окрас называли серебристым.

При скрещивании пегих особей с особями дикого типа за 15 скрещиваний было получено 62 потомка, из которых 29 имели окрас дикого типа и 33 были пегими.

Проанализируйте результаты скрещиваний и укажите верные утверждения.

Вариант 1:

- A) В ходе эксперимента по одомашниванию ученые обнаружили новый аллель окраски меха у норок;
- B) По результатам скрещиваний можно предположить, что аллель пегости доминирует над аллелем дикого типа;
- C) От скрещивания серебристых особей с пегими можно ожидать рождение серебристых и пегих потомков в соотношении 1 : 1;
- D) От скрещивания серебристых особей между собой невозможно получить потомков дикого типа;
- E) При скрещивании серебристых особей с особями дикого типа будет выполняться Закон единообразия гибридов первого поколения;
- F) Получить чистую породу пегих норок нельзя.

Вариант 2:

- A) В ходе эксперимента по одомашниванию ученые обнаружили новый ген окраски меха у норок;
- B) По результатам скрещиваний можно предположить, что аллель серебристой окраски меха неполно доминирует над аллелем дикого типа;
- C) От скрещивания серебристых особей с пегими можно ожидать рождение серебристых и пегих потомков в соотношении 1 : 1;
- D) От скрещивания серебристых особей между собой невозможно получить потомков дикого типа;
- E) При скрещивании серебристых особей с особями дикого типа будет выполняться Закон единообразия гибридов первого поколения;
- F) Путем дальнейших скрещиваний можно получить две новые породы – пегих и серебристых норок;

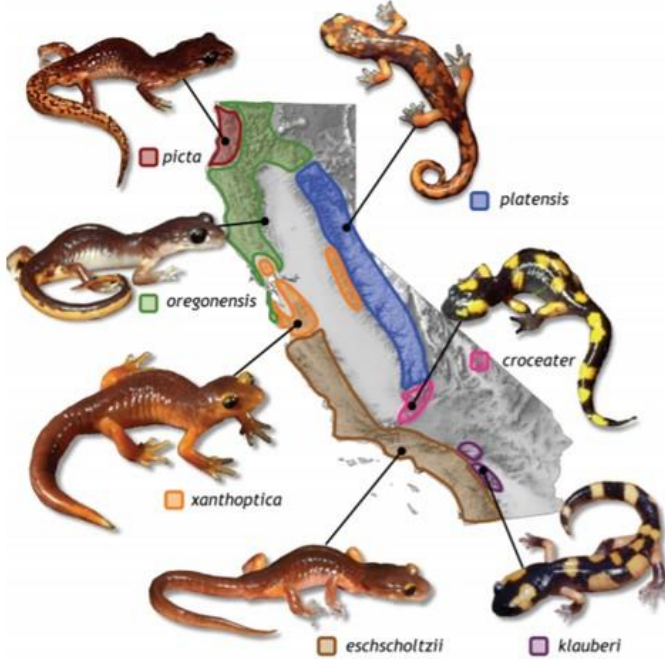
Вариант 3:

- A) В ходе эксперимента по одомашниванию ученые обнаружили новый аллель окраски меха у норок;
- B) По результатам скрещиваний можно предположить, что появление серебристых детенышей является результатом эпистатического действия генов;
- C) От скрещивания серебристых особей между собой невозможно получить потомков дикого типа;
- D) При скрещивании серебристых особей с особями дикого типа будет выполняться Закон единообразия гибридов первого поколения;
- E) Путем дальнейших скрещиваний можно получить две новые породы – пегих и серебристых норок;
- F) Получить чистую породу пегих норок нельзя.

Задание 13 (ID 21) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Тихоокеанская саламандра (*Ensatina eschscholtzii*) имеет сложную структуру популяций. Предполагается, что предковая форма (подвид *E. e. oregonensis*) при расширении своего ареала на юг огибала Центральную долину, в результате чего разделилась на 2 параллельных направления: прибрежное и материковое. За этой долиной популяции с разных направлений снова встретились. На рисунке показаны ареалы обитания подвидов, а в таблице – попарное сравнение представителей подвидов по различным параметрам. Генетическое различие выражено в условных единицах, где 0 – различий нет, а 1 – различия максимальны.



ПОДВИДЫ		I	II	III	IV
<i>platensis</i>	<i>croceater</i>	89%	0,11	52%	83%
<i>oregonensis</i>	<i>picta</i>	57%	0,39	93%	48%
<i>oregonensis</i>	<i>xanthoptica</i>	100%	0,31	80%	29%
<i>xanthoptica</i> побережье	<i>xanthoptica</i> материк	75%	0,12	100%	14%
<i>xanthoptica</i>	<i>platensis</i>	36%	0,40	86%	5%
<i>eschscholtzii</i>	<i>klauberi</i>	11%	0,60	95%	60%
<i>croceater</i>	<i>klauberi</i>	76%	0,34	100%	76%

- I – эффективность скрещивания
- II – генетическое различие
- III – различие в климате
- IV – различие в растительности

Исходя из представленных данных, можно заключить:

Вариант 1:

- A) *E.e. klauberi* эволюционно более близки к *E.e. eschscholtzii*, чем к *E.e. croceater*;
- B) популяции подвида *E.e. xanthoptica* по разные стороны долины скорее всего имеют различное происхождение от *E.e. oregonensis* с одной стороны и от *E.e. platensis* с другой;
- C) ген из генофонда *E.e. croceater* из-за генетических барьеров никоим образом не может попасть в генофонд *E.e. eschscholtzii*;
- D) ген из генофонда популяции *E.e. xanthoptica* из ареала на побережье из-за географических барьеров никоим образом не может попасть в генофонд популяции того же подвида на материковом направлении;
- E) генетически близкие представители вида могут иметь сильно отличающиеся экологические предпочтения;
- F) *E.e. xanthoptica* и *E.e. platensis* скорее симпатрические подвиды, чем аллопатрические;

Вариант 2:

- A) *E.e. klauberi* эволюционно более близки к *E.e. croceater*, чем к *E.e. eschscholtzii*;
- B) популяции подвида *E.e. xanthoptica* по разные стороны долины скорее всего имеют различное происхождение от *E.e. oregonensis* с одной стороны и от *E.e. platensis* с другой;
- C) ген из генофонда *E.e. croceater* из-за генетических барьеров никоим образом не может попасть в генофонд *E.e. eschscholtzii*;

- D) степень различия в экологии подвидов хорошо коррелирует со степенью генетического различия;
- E) генетически близкие представители вида могут иметь сильно отличающиеся экологические предпочтения;
- F) *E.e. oregonensis* и *E.e. picta* скорее симпатрические подвиды, чем аллопатрические;

Вариант 3:

- A) *E.e. klauberi* эволюционно более близки к *E.e. eschscholtzii*, чем к *E.e. croceater*;
- B) подвид *E.e. xanthoptica* первоначально возник на побережье и лишь потом его ареалы появились на материковом направлении;
- C) ген из генофонда популяции *E.e. xanthoptica* из ареала на побережье из-за географических барьеров никоим образом не может попасть в генофонд популяции того же подвида на материковом направлении;
- D) степень различия в экологии подвидов хорошо коррелирует со степенью генетического различия;
- E) генетически близкие представители вида могут иметь сильно отличающиеся экологические предпочтения;
- F) *E.e. xanthoptica* и *E.e. platensis* скорее симпатрические подвиды, чем аллопатрические;

Часть 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.

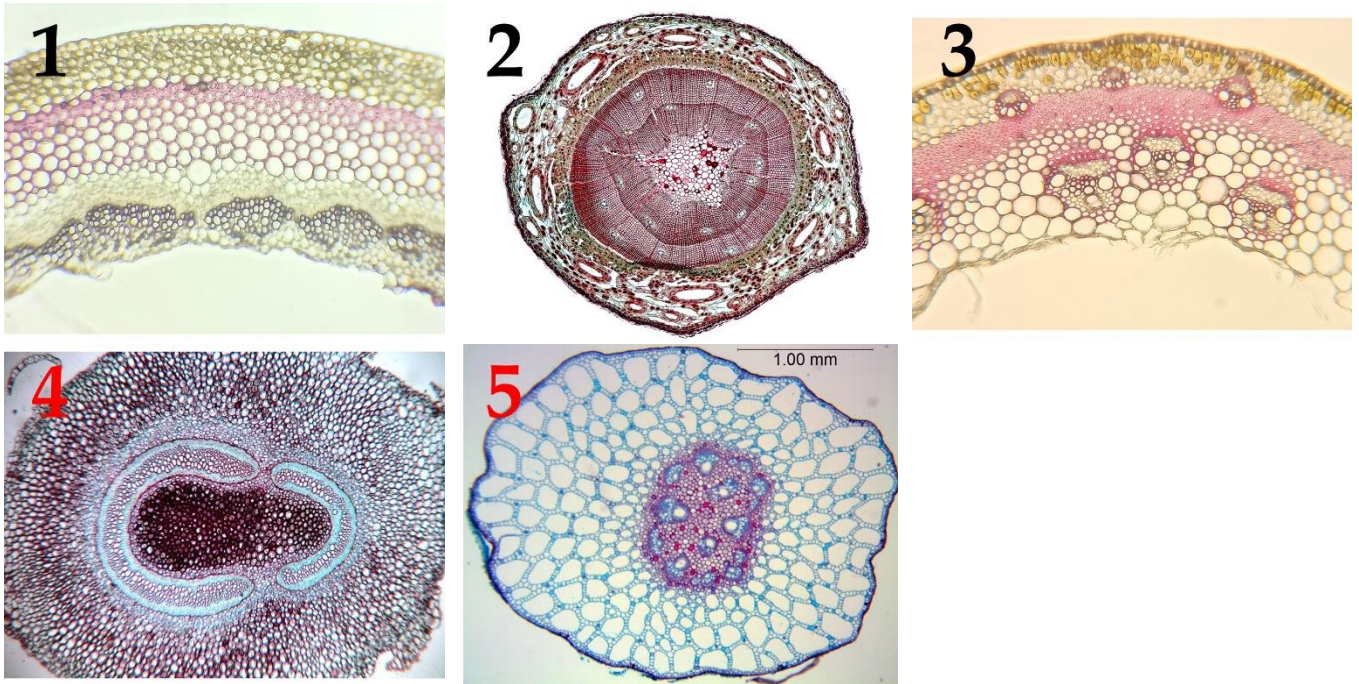
За каждое неверное соответствие – 0 баллов.

Задание 14 (ID 23) – 5 баллов

Вариант 1

Органы растений, обладают анатомическими особенностями, которые позволяют определить систематическое положение растения. Большое значение имеет организация проводящих тканей (vascular tissue) их строение и взаимное расположение.

В данном задании приведены фотографии поперечных срезов (или фрагментов срезов) растений различных таксонов. В этом задании необходимо соотнести фотографию среза с подходящей ему характеристикой и таксоном.



Список таксонов (список избыточен – в нем есть лишние таксоны, также один таксон может встретиться несколько раз):

- A) Однодольные (*Angiospermae, Monocotyledones*);
- B) Двудольные (*Angiospermae, Dicotyledones*);
- C) Папоротниковидные (*Pteridophytina*);
- D) Хвощевидные (*Equisetophytina*);
- E) Сосновые (*Pinopsida*);
- F) Плауновидные (*Lycopodiophyta*).

Список характеристик (список избыточен):

- I) в первичной коре хорошо развита воздухоносная паренхима – аэренхима (aerenchyma); ксилема (xylem) выражена очень слабо;
- II) проводящие пучки (vascular bundle) открытые, располагаются кольцом; межпучковый камбий (interfascicular cambium) откладывает мелкие добавочные пучки;
- III) для растения характерна плектостела (plectostele): ксилема (xylem) расчленена на отдельные иногда соединяющиеся тяжи, между которыми и вокруг них расположена флоэма (phloem); сердцевина (pith) не выражена;
- IV) для растения характерна сифоностела (siphonostele); в области узлов образуются крупные листовые прорывы (leaf gap), заполненные паренхимой (parenchyma);
- V) под первичной корой (cortex) расположен мощный слой механической ткани – склеренхимы (sclerenchyma), развит камбий (cambium);
- VI) хорошо развиты смоляные ходы (resin duct); основные водопроводящие элементы ксилемы – трахеиды (tracheids), располагающиеся радиальными рядами;

- VII) проводящие пучки закрытые, расположены на поперечном срезе хаотично: некоторые непосредственно под эпидермой (epidermis), другие глубже в стебле;
- VIII) строение пучковое; межпучковый камбий (interfascicular cambium) не закладывается, пучковый (fascicular cambium) малоактивен.

Ответ:

Вариант 1

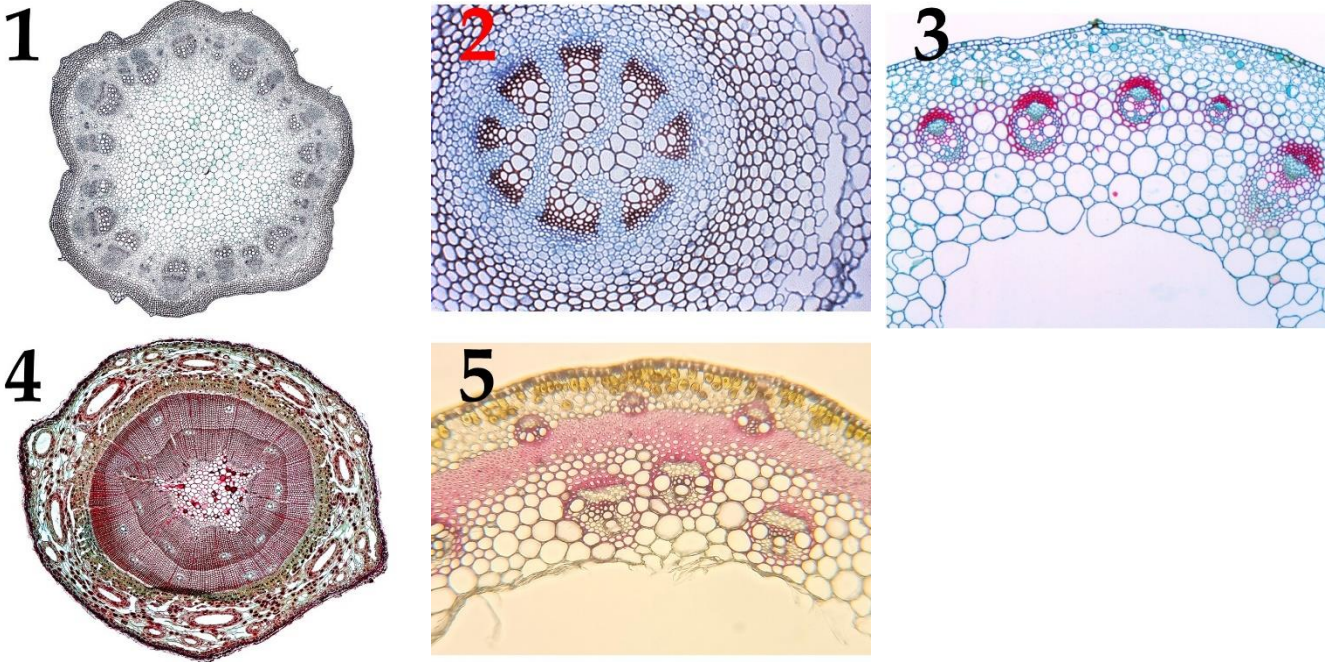
Картинка	1	2	3	4	5
Таксон	B	E	A	C	A
Характеристика	V	VI	VII	IV	I

Задание 14 (ID 23) – 5 баллов

Вариант 2

Органы растений, обладают анатомическими особенностями, которые позволяют определить систематическое положение растения. Большое значение имеет организация проводящих тканей (vascular tissue) их строение и взаимное расположение.

В данном задании приведены фотографии поперечных срезов (или фрагментов срезов) растений различных таксонов. В этом задании необходимо соотнести фотографию среза с подходящей ему характеристикой и таксоном.



Список таксонов (список избыточен – в нем есть лишние таксоны, также один таксон может встретиться несколько раз):

- A) Однодольные (*Angiospermae, Monocotyledones*);
- B) Двудольные (*Angiospermae, Dicotyledones*);
- C) Папоротниковидные (*Pteridophytina*);
- D) Хвощевидные (*Equisetophytina*);
- E) Сосновые (*Pinopsida*);
- F) Плауновидные (*Lycopodiophyta*).

Список характеристик (список избыточен):

- I) в первичной коре хорошо развита воздухоносная паренхима – аэренхима (aerenchyma); ксилема (xylem) выражена очень слабо;
- II) проводящие пучки (vascular bundle) открытые, располагаются кольцом; межпучковый камбий (interfascicular cambium) откладывает мелкие добавочные пучки;
- III) для растения характерна плектостела (plectostele): ксилема (xylem) расчленена на отдельные иногда соединяющиеся тяжи, между которыми и вокруг них расположена флоэма (phloem); сердцевина (pith) не выражена;
- IV) для растения характерна сифоностела (siphonostele); в области узлов образуются крупные листовые прорывы (leaf gap), заполненные паренхимой (parenchyma);
- V) под первичной корой (cortex) расположен мощный слой механической ткани – склеренхимы (sclerenchyma), развит камбий (cambium);
- VI) хорошо развиты смоляные ходы (resin duct); основные водопроводящие элементы ксилемы – трахеиды (tracheids), располагающиеся радиальными рядами;

- VII) проводящие пучки закрытые, расположены на поперечном срезе хаотично: некоторые непосредственно под эпидермой (epidermis), другие глубже в стебле;
- VIII) строение пучковое; межпучковый камбий (interfascicular cambium) не закладывается, пучковый (fascicular cambium) малоактивен.

Ответ:

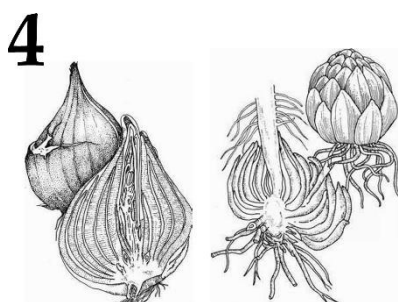
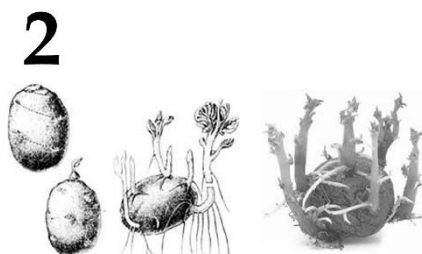
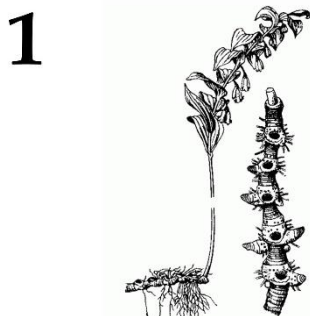
Вариант 2

Картинка	1	2	3	4	5
Таксон	B	F	B	E	A
Характеристика	II	III	VIII	VI	VII

Задание 15 (ID 24) – 5 баллов

Вариант 1

В задании приведены пять рисунков на которых изображены различные видоизменения основных органов растений. Установите, что изображено на каждом рисунке. Сопоставьте каждый рисунок с соответствующим названием видоизменения органа и укажите происхождение данного видоизменения:



Названия видоизменений органов растений (список избыточен – в нем есть лишние названия):

- A) Луковица;
- B) Воздушные корни эпифитов;
- C) Корневище;
- D) Бактериальные клубеньки (бактероиды);
- E) Колючки;
- F) Усики, зацепки;
- G) Корнеплод;
- H) Клубень;
- I) Филлокладии;
- J) Микориза.

Происхождение видоизменений органов:

- I) Видоизменение корня;
- II) Видоизменение побега;

Ответ:

Вариант 1

Рисунок	1	2	3	4	5
Название	C	H	J	A	G
Происхождение	II	II	I	II	I

Задание 15 (ID 24) – 5 баллов

Вариант 2

В задании приведены пять рисунков на которых изображены различные видоизменения основных органов растений. Установите, что изображено на каждом рисунке. Сопоставьте каждый рисунок с соответствующим названием видоизменения органа и укажите происхождение данного видоизменения:

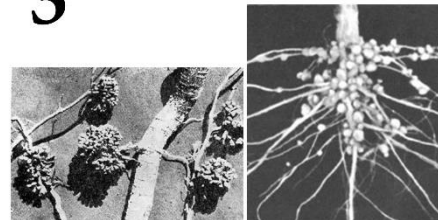
1



2



3



4



5



Названия видоизменений органов растений (список избыточен – в нем есть лишние названия):

- A) Луковица;
- B) Воздушные корни эпифитов;
- C) Корневище;
- D) Бактериальные клубеньки (бактероиды);
- E) Колючки;
- F) Усики, зацепки;
- G) Корнеплод;
- H) Клубень;
- I) Филлокладии;
- J) Микориза.

Происхождение видоизменений органов:

- I) Видоизменение корня;
- II) Видоизменение побега;

Ответ:

Вариант 2

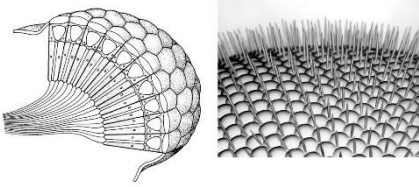
Рисунок	1	2	3	4	5
Название	B	I	D	F	E
Происхождение	I	II	I	II	II

Задание 16 (ID 25) – 5 баллов

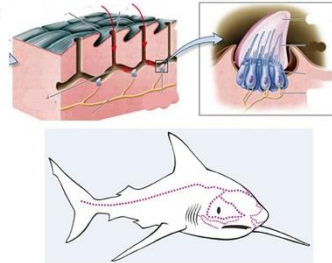
Вариант 1:

В задании приведены пять рисунков на которых изображены органы и системы органов животных. Установите, что изображено на каждом рисунке. Сопоставьте каждый рисунок с соответствующим названием органа или системы органов и укажите для представителей какого таксона характерно его (ее) наличие:

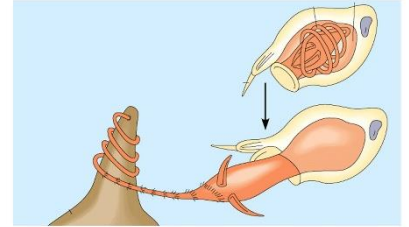
1



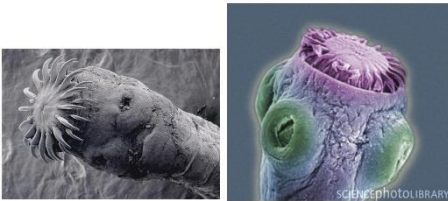
2



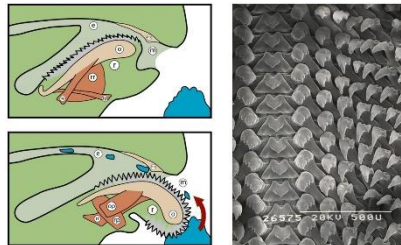
3



4



5



Названия органов или систем органов животных (список избыточен – в нем есть лишние названия):

- A) Двухветвистая членистая конечность;
- B) Сколекс;
- C) Хелицеры;
- D) Сложный фасеточный глаз;
- E) Параподии;
- F) Радула (терка);
- G) Слуховые косточки;
- H) Боковая линия;
- I) Книдоцит (стрекающая клетка);
- J) Амбулакральная система.

Названия таксонов (список избыточен – в нем есть лишние названия):

- I) Группа Рыбы (*Pisces*);
- II) Тип Иглокожие (*Echinodermata*);
- III) Тип Стрекающие (*Cnidaria*);
- IV) Класс (Подтип) Ракообразные (*Crustacea*) и Класс (Надкласс) Насекомые (*Insecta*);
- V) Класс Млекопитающие (*Mammalia*);
- VI) Класс (Подтип) Ракообразные (*Crustacea*);
- VII) Класс Многощетинковые черви (*Polychaeta*);
- VIII) Класс Ленточные черви (*Cestoda*);
- IX) Подтип Хелицероные (*Chelicerata*);
- X) Тип Моллюски (*Mollusca*);

Ответ:

Вариант 1

Рисунок	1	2	3	4	5
Название органа	D	H	I	B	F
Название таксона	IV	I	III	VIII	X

Задание 16 (ID 25) – 5 баллов

Вариант 2:

В задании приведены пять рисунков на которых изображены органы и системы органов животных. Установите, что изображено на каждом рисунке. Сопоставьте каждый рисунок с соответствующим названием органа или системы органов и укажите для представителей какого таксона характерно его (ее) наличие:

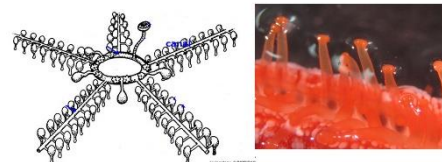
1



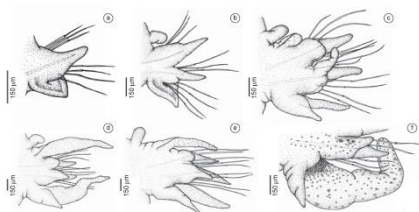
2



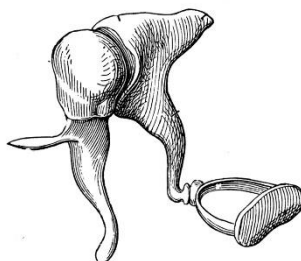
3



4



5



Названия органов или систем органов животных (список избыточен – в нем есть лишние названия):

- A) Двухветвистая членистая конечность;
- B) Сколекс;
- C) Хелицеры;
- D) Сложный фасеточный глаз;
- E) Параподии;
- F) Радула (терка);
- G) Слуховые косточки;
- H) Боковая линия;
- I) Книдоцит (стрекающая клетка);
- J) Амбулакральная система.

Названия таксонов (список избыточен – в нем есть лишние названия):

- I) Группа Рыбы (*Pisces*);
- II) Тип Иглокожие (*Echinodermata*);
- III) Тип Стрекающие (*Cnidaria*);
- IV) Класс (Подтип) Ракообразные (*Crustacea*) и Класс (Надкласс) Насекомые (*Insecta*);
- V) Класс Млекопитающие (*Mammalia*);
- VI) Класс (Подтип) Ракообразные (*Crustacea*);
- VII) Класс Многощетинковые черви (*Polychaeta*);
- VIII) Класс Ленточные черви (*Cestoda*);
- IX) Подтип Хелицерообразные (*Chelicerata*);
- X) Тип Моллюски (*Mollusca*);

Ответ:

Вариант 2

Рисунок	1	2	3	4	5
Название органа	A	C	J	E	G
Название таксона	VI	IX	II	VII	V

Задание 17 (ID 26) – 5 баллов

Вариант 1

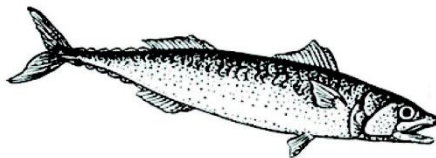
Известно, что приспособления к определённым условиям и образу жизни ярко проявляются во внешней морфологии живых организмов.

На рисунках приведены пять видов рыб. Вам необходимо по рисунку определить название вида (рода, подотряда) и соотнести данный вид с подходящими к нему характеристиками из списка.

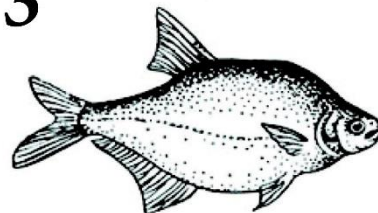
1



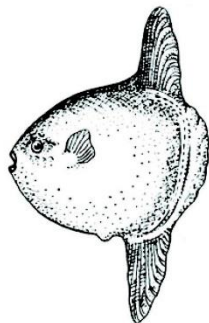
2



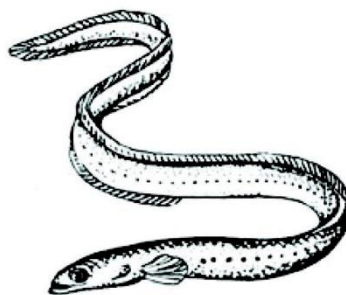
3



4



5



Названия видов (родов) рыб (список избыточен – в нем есть лишние названия):

- A) сарган;
- B) скумбриевые (пелагида);
- C) камбала;
- D) луна-рыба;
- E) лещ;
- F) угорь;
- G) змея;
- H) акула;
- I) сельдяной король;
- J) кит;
- K) скат.

Список характеристик (список избыточен):

- I) принадлежат к отряду Карпообразные;
- II) взрослые особи живут в реках Северной Европы, а икру откладывают в Саргассовом море;
- III) имеет хрящевой скелет в течение всей жизни;
- IV) плавают на одном из боков;
- V) брюшные плавники отсутствуют, хвостовой плавник расположен в горизонтальной плоскости;
- VI) имеется «якобсонов орган»;
- VII) длина тела практически равна его высоте, хвостовой плавник в процессе эволюции исчезает;
- VIII) первые несколько лучей спинного плавника сильно удлинены, брюшные плавники представлены одним удлинённым лучом;

- IX) брюшные плавники расположены очень далеко позади грудных, хвостовой стебель хорошо выражен;
- X) имеется два крупных спинных плавника, хвостовой плавник сильно вырезанный;
- XI) челюсти удлинены, тело стреловидное.

Ответ:

Вариант 1

Рисунок	1	2	3	4	5
Название рыбы	A	B	E	D	F
Характеристика	XI	X	I	VII	II

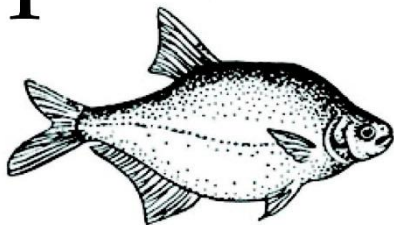
Задание 17 (ID 26) – 5 баллов

Вариант 2

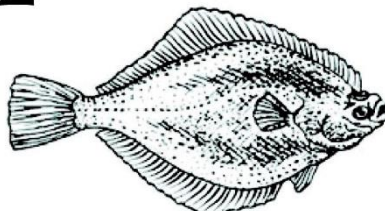
Известно, что приспособления к определённым условиям и образу жизни ярко проявляются во внешней морфологии живых организмов.

На рисунках приведены пять видов рыб. Вам необходимо по рисунку определить название вида (рода, подотряда) и соотнести данный вид с подходящими к нему характеристиками из списка.

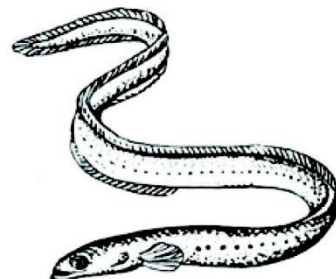
1



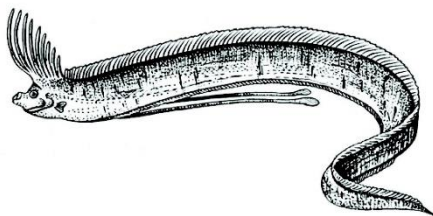
2



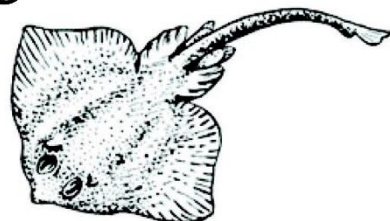
3



4



5



Названия видов (родов) рыб (список избыточен – в нем есть лишние названия):

- A) сарган;
- B) скумбриевые (пелагида);
- C) камбала;
- D) луна-рыба;
- E) лещ;
- F) угорь;
- G) змея;
- H) акула;
- I) сельдяной король;
- J) кит;
- K) скат.

Список характеристик (список избыточен):

- I) принадлежат к отряду Карпообразные;
- II) взрослые особи живут в реках Северной Европы, а икру откладывают в Саргассовом море;
- III) имеет хрящевой скелет в течение всей жизни;
- IV) плавает на одном из боков;
- V) брюшные плавники отсутствуют, хвостовой плавник расположен в горизонтальной плоскости;
- VI) имеется «якобсонов орган»;
- VII) длина тела практически равна его высоте, хвостовой плавник в процессе эволюции исчезает;
- VIII) первые несколько лучей спинного плавника сильно удлинены, брюшные плавники представлены одним удлинённым лучом;

- IX) брюшные плавники расположены очень далеко позади грудных, хвостовой стебель хорошо выражен;
- X) имеется два крупных спинных плавника, хвостовой плавник сильно вырезанный;
- XI) челюсти удлинены, тело стреловидное.

Ответ:

Вариант 2

Рисунок	1	2	3	4	5
Название рыбы	Е	С	F	I	К
Характеристика	I	IV	II	VIII	III

Задание 18 (ID 28) – 5 баллов

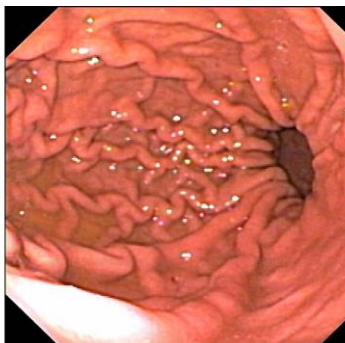
Вариант 1

Благодаря созданию оптических волокон было разработано эндоскопическое видеоборудование диаметром менее 1 мм! Теперь врач может получать видеоизображения самых труднодоступных и темных уголков нашего организма. Вам предлагается по-новому взглянуть на анатомию человека – в этом задании необходимо определить название органа по эндоскопическому изображению его внутренней поверхности и соотнести каждый орган с подходящей ему структурно-функциональной характеристикой из списка. Все изображения получены у здоровых пациентов.

1



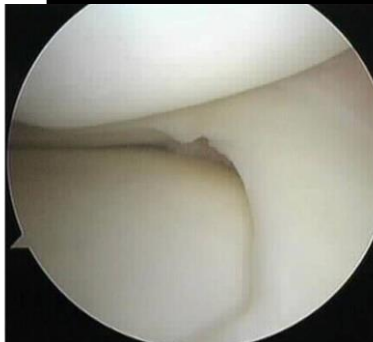
2



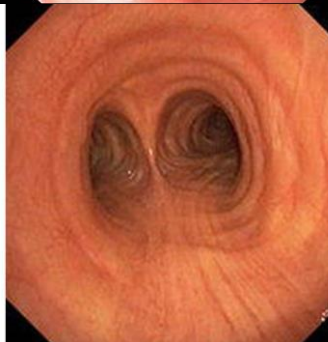
3



4



5



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

- A) пищевод;
- B) ухо;
- C) трахея;
- D) нос;
- E) гортань;
- F) сустав;
- G) толстая кишка;
- H) глаз;
- I) желудок;
- J) матка.

Список характеристик (список избыточен):

- I) в состав этого органа входит эластический хрящ;
- II) в этом органе присутствует и поперечно-полосатая, и гладкая мышечная ткань;
- III) в этом органе происходит синтез фермента для всасывания витамина B12;
- IV) эпителий этого органа претерпевает циклические гормон-зависимые изменения;
- V) для полноценной работы этого органа требуется витамин А;
- VI) в состав этого органа входит гиалиновый и волокнистый хрящ;
- VII) в этом органе происходит синтез витамина К;
- VIII) в этом органе нервные клетки активно делятся и обновляются каждый месяц;
- IX) эпителий этого органа снабжен ресничками, которые однонаправленно перемещают поверхностную текучую слизь.

Ответ:

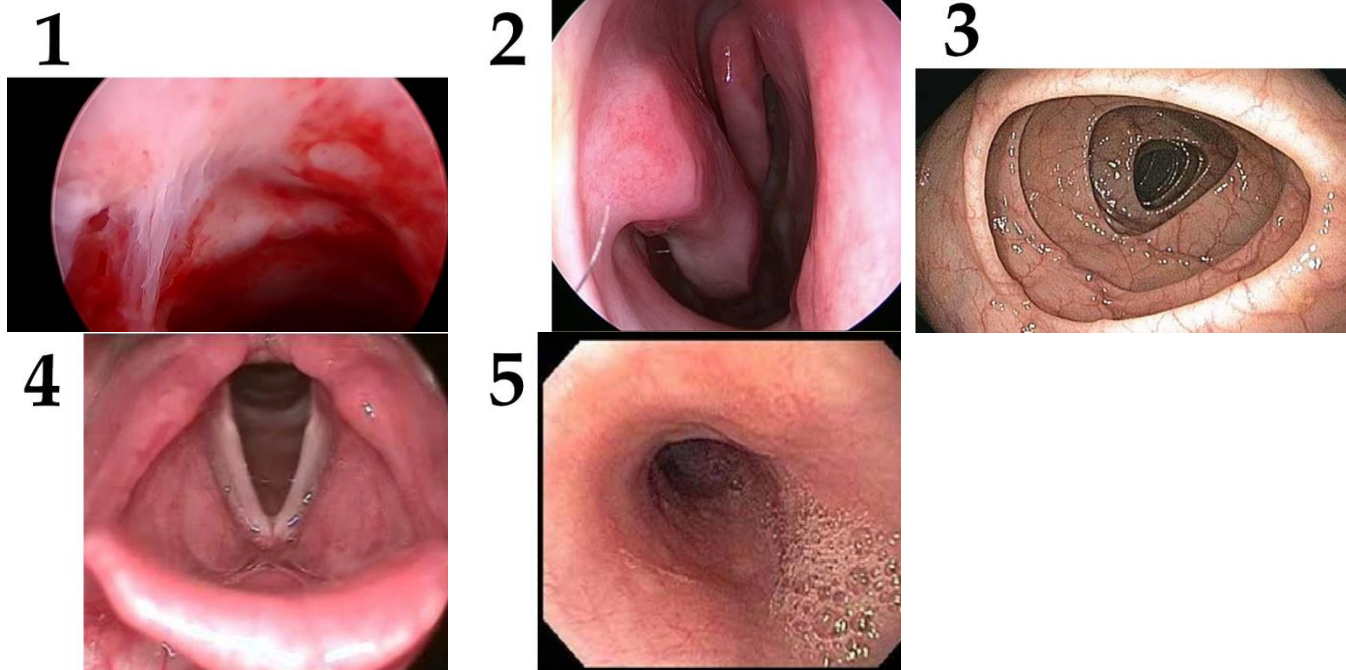
Вариант 1

Картинка	1	2	3	4	5
Орган	H	I	B	F	C
Характеристика	V	III	I	VI	IX

Задание 18 (ID 28) – 5 баллов

Вариант 2

Благодаря созданию оптических волокон было разработано эндоскопическое видеоборудование диаметром менее 1 мм! Теперь врач может получать видеоизображения самых труднодоступных и темных уголков нашего организма. Вам предлагается по-новому взглянуть на анатомию человека – в этом задании необходимо определить название органа по эндоскопическому изображению его внутренней поверхности и соотнести каждый орган с подходящей ему структурно-функциональной характеристикой из списка. Все изображения получены у здоровых пациентов.



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

- A) пищевод;
- B) ухо;
- C) трахея;
- D) нос;
- E) гортань;
- F) сустав;
- G) толстая кишка;
- H) глаз;
- I) желудок;
- J) матка.

Список характеристик (список избыточен):

- I) в состав этого органа входит эластический хрящ;
- II) в этом органе присутствует и поперечно-полосатая, и гладкая мышечная ткань;
- III) в этом органе происходит синтез фермента для всасывания витамина B12;
- IV) эпителий этого органа претерпевает циклические гормон-зависимые изменения;
- V) для полноценной работы этого органа требуется витамин A;
- VI) в состав этого органа входит гиалиновый и волокнистый хрящ;
- VII) в этом органе происходит синтез витамина K;
- VIII) в этом органе нервные клетки активно делятся и обновляются каждый месяц;
- IX) эпителий этого органа снабжен ресничками, которые однонаправленно перемещают поверхностную текучую слизь.

Ответ:

Вариант 2

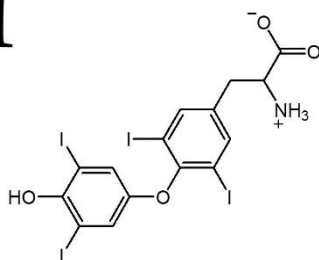
Картинка	1	2	3	4	5
Орган	J	D	G	E	A
Характеристика	IV	VIII	VII	I	II

Задание 19 (ID 29) – 5 баллов

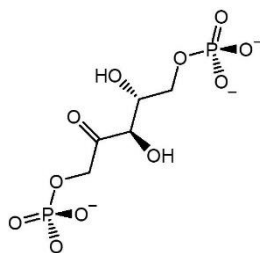
Вариант 1

Современной науке хорошо известно, что различные виды живых организмов могут быть опознаны по наличию уникальных белков и фрагментов ДНК в исследуемых образцах. Однако даже некоторые низкомолекулярные соединения являются достаточно специфичными для относительно узких систематических категорий. Рассмотрите представленные соединения (или фрагменты более крупных молекул), после чего сопоставьте их с организмами, в которых они могут быть синтезированы, а также с некоторыми химическими и физиологическими характеристиками.

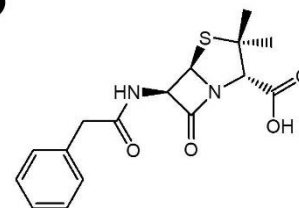
1



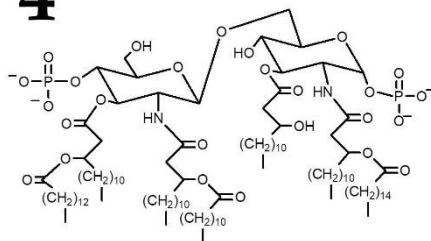
2



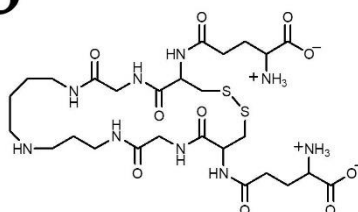
3



4



5



Список организмов:

- A) *Monodon monoceros* (нарвал);
- B) *Penicillium chrysogenum*;
- C) *Trypanosoma brucei*;
- D) *Salmonella enterica*;
- E) *Cucurbita maxima* (тыква гигантская).

Список характеристик:

- I) Вызывает мощный иммунный ответ у человека за счет активации Toll-like рецепторов лейкоцитов;
- II) Содержит β -лактамное кольцо, которое участвует в ковалентном присоединении молекулы к DD-транспептидазе;
- III) Образуется из белка-предшественника в ходе сложного процессинга с участием фермента тиреопероксидазы;
- IV) Является субстратом фермента, который состоит из субъединиц двух типов: одни закодированы в ядре, а другие – во внеядерной ДНК;
- V) Участвует в антиоксидантной защите клетки.

Ответ:

Вариант 1

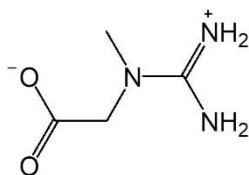
Структура	1	2	3	4	5
Организм	A	E	B	D	C
Характеристика	III	IV	II	I	V

Задание 19 (ID 29) – 5 баллов

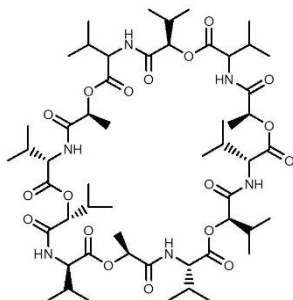
Вариант 2

Современной науке хорошо известно, что различные виды живых организмов могут быть опознаны по наличию уникальных белков и фрагментов ДНК в исследуемых образцах. Однако даже некоторые низкомолекулярные соединения являются достаточно специфичными для относительно узких систематических категорий. Рассмотрите представленные соединения (или фрагменты более крупных молекул), после чего сопоставьте их с организмами, в которых они могут быть синтезированы, а также с некоторыми химическими и физиологическими характеристиками.

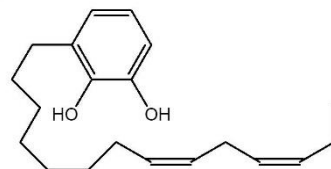
1



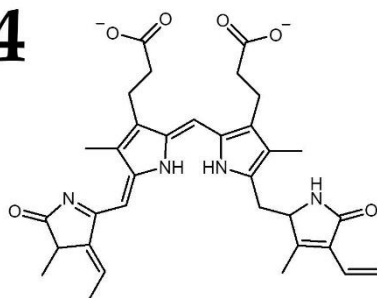
2



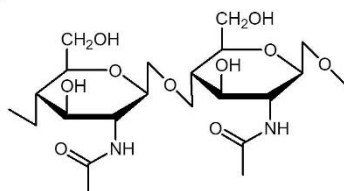
3



4



5



Список организмов:

- A) *Streptomyces fulvissimus*;
- B) *Panthera tigris* (тигр);
- C) *Suillus luteus* (масленок обыкновенный);
- D) *Toxicodendron radicans* (ядовитый плющ);
- E) *Porphyra purpurea*.

Список характеристик:

- I) Эффективно окисляется атмосферным воздухом с образованием продукта, который способен присоединяться к белкам в ходе конденсации Михаэля;
- II) Входит в состав свето-собирающих комплексов;
- III) В присутствии NaOH и CuSO₄ дает фиолетовую окраску;
- IV) Синтезируется с участием УТФ на одном из этапов;
- V) В физиологических условиях может быть фосфорилировано с образованием макроэргического соединения с целью накопления энергии в клетке.

Ответ:

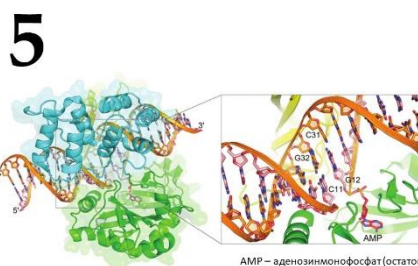
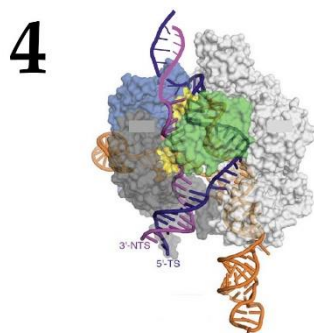
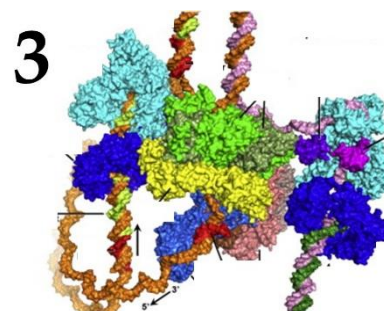
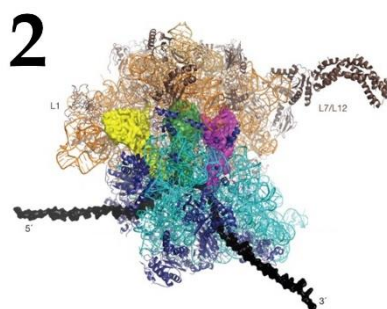
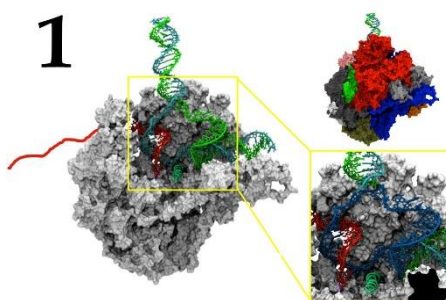
Вариант 2

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

Задание 20 (ID 30) – 5 баллов

Вариант 1

На рисунках ниже (1-5) изображены структуры комплексов белков и нуклеиновых кислот. Сопоставьте эти структуры с названиями изображенных молекул (А-Е) и с информацией об этих комплексах (I-V).



Названия комплексов:

- A) Реплисома (комплекс репликативной вилки);
- B) ДНК-лигаза;
- C) РНК-полимераза;
- D) Рибосома;
- E) Нуклеаза Cas9;

Информация о комплексах:

- I) В этом комплексе встречаются три основных типа РНК: мРНК, тРНК и рРНК;
- II) Этот комплекс осуществляет синтез ДНК;
- III) Этот белок является удобным инструментом для редактирования геномов;
- IV) Этот белок необходим для соединения фрагментов Оказаки;
- V) Субстратами для этого фермента служат рибонуклеозидтрифосфаты;

Ответ:

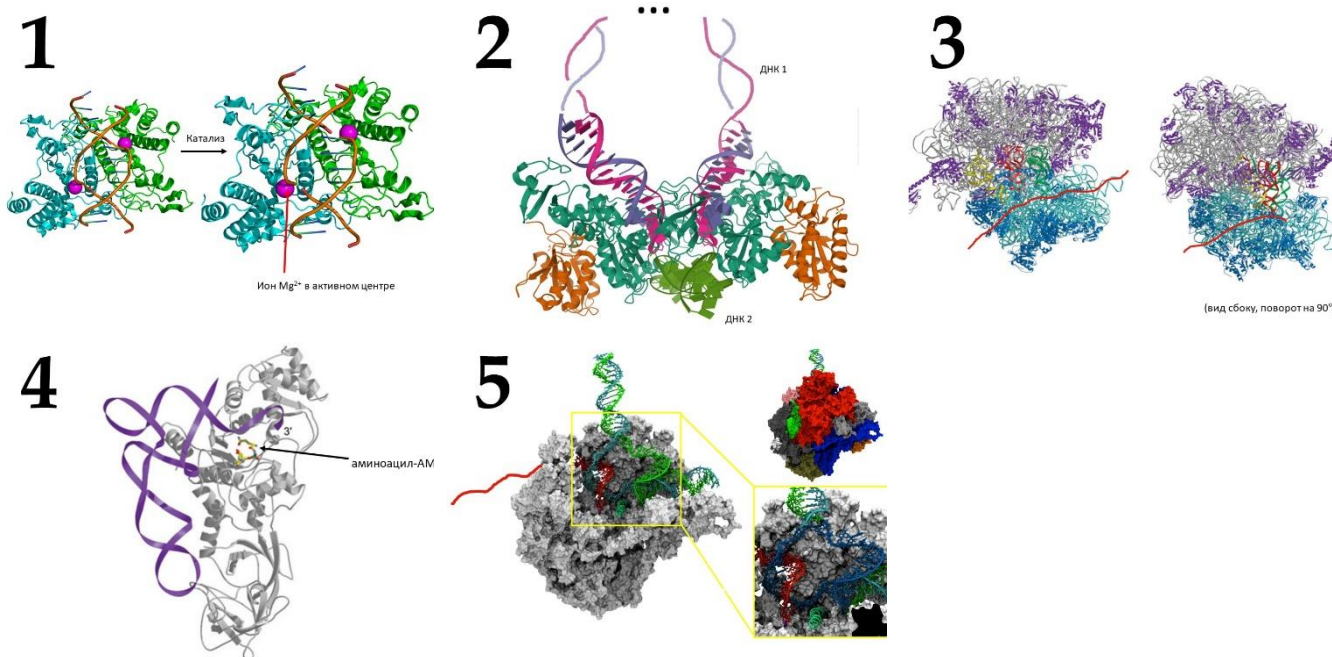
Вариант 1

Изображение	1	2	3	4	5
Название комплекса	C	D	A	E	B
Информация	V	I	II	III	IV

Задание 20 (ID 30) – 5 баллов

Вариант 2

На рисунках ниже (1-5) изображены структуры комплексов белков и нуклеиновых кислот. Сопоставьте эти структуры с названиями изображенных молекул (А-Е) и с информацией об этих комплексах (I-V).



Названия комплексов:

- А) РНК-полимераза;
- В) Аминоацил-тРНК-синтетаза;
- С) Эндонуклеаза рестрикции (рестриктаза);
- Д) Интеграза ретровируса;
- Е) Рибосома;

Информация о комплексах:

- I) Этот комплекс осуществляет синтез белков;
- II) Ферменты этого типа широко используются в генной инженерии;
- III) Этот фермент присоединяет аминокислоту к тРНК;
- IV) Этот фермент добавляет нуклеотиды к 3'-концу молекулы РНК;
- V) Этот фермент осуществляет встраивание генома ретровируса в геном клетки-хозяина;

Ответ:

Вариант 2

Изображение	1	2	3	4	5
Название комплекса	С	Д	Е	В	А
Информация	II	V	I	III	IV

Задание 21 (ID 32) – 5 баллов

Вариант 1

При разведении Американских норок (*Mustela vison*) на зверофермах были обнаружены и переведены в гомозиготу рецессивные мутации порядка 30 различных генов, затрагивающих окрас меха. В настоящее время в питомниках поддерживаются чистые линии норок различных окрасов, путем скрещивания которых можно получить новые сочетания аллелей и новые варианты окраса меха. Ниже приведены расщепления полученные у гибридов второго поколения (F2). В первом списке перечислены возможные родительские пары, а во втором гибриды первого поколения (F1). Вам необходимо соотнести родителей, потомков F1 и F2. Обратите внимание, что список родительских пар избыточен, т.е. содержат лишние элементы.

<u>Расщепление в F2 №1</u> 3A_ : 1 aa 3 дикий тип : 1 алеутская	<u>Расщепление в F2 №2</u> 9A_M_ : 3aaM_ : 3A_mm : 1aamm 9 дикий тип : 3 алеутская : 3 мойл : 1 лавандовая	<u>Расщепление в F2 №3</u> 1S ^{RSR} : 3S ^{Rs} : 1ss 1 горностаевая : 2 черный хрусталь : 1 дикий тип
<u>Расщепление в F2 №4</u> 1Ss : 1ss 1 крестовка : 1 дикий тип	<u>Расщепление в F2 №5</u> 3C_ : 1cc 3дикий тип : 1 белые	

Список родительских пар (список избыточен – в нем есть лишние родительские пары):

- A) PP (дикий тип) × pp (серебристо-голубая);
- B) aaMM (алеутская) × AAmm (мойл);
- C) MMpp (серебристо-голубая) × mmPP (мойл);
- D) S^{RSR} (горностаевая) × ss (дикий тип);
- E) Ss (крестовка) × ss (дикий тип);
- F) Nn (ждет) × nn (дикий тип)
- G) Rr(дикий тип) × rr (янтарь)
- H) S^{RSR} (горностаевая) × S^{Rs} (черный хрусталь)
- I) AA (дикий тип) × aa (алеутская);
- J) CC (альбино) × cc (дикий тип);

Список гибридов F1:

- I) Aa (дикий тип);
- II) 1Ss (крестовка) : 1ss (дикий тип);
- III) Cc (дикий тип);
- IV) S^{Rs} (черный хрусталь);
- V) AaMm (дикий тип);

Ответ:

Вариант 1

Расщепление F2	1	2	3	4	5
Родительские пары	I	B	D	E	J
Гибриды F1	I	V	IV	II	III

Задание 21 (ID 32) – 5 баллов

Вариант 2

При разведении Американских норок (*Mustela vison*) на зверофермах были обнаружены и переведены в гомозиготу рецессивные мутации порядка 30 различных генов, затрагивающих окрас меха. В настоящее время в питомниках поддерживаются чистые линии норок различных окрасов, путем скрещивания которых можно получить новые сочетания аллелей и новые варианты окраса меха. Ниже приведены расщепления полученные у гибридов второго поколения (F2). В первом списке перечислены возможные родительские пары, а во втором гибриды первого поколения (F1). Вам необходимо соотнести родителей, потомков F1 и F2. Обратите внимание, что список родительских пар избыточен, т.е. содержат лишние элементы.

<u>Расщепление в F2 №2</u> 3P_ : 1pp 3 дикий тип : 1 серебристо-голубая	<u>Расщепление в F2 №2</u> 9M_P_ : 3M_pp : 3mmP_ : 1mmpp 9 дикий тип : 3 серебристо-голубая : 3 мойл : 1 шалфейная	<u>Расщепление в F2 №3</u> 1Rr(дикий тип) : 1rr(янтарь)
<u>Расщепление в F2 №4</u> 1S ^R S ^R : 3S ^R s : 1ss 1 горностаевая : 3 черный хрусталь : 1 дикий тип	<u>Расщепление в F2 №5</u> 1Nn : 1nn 1 джет : 1 дикий тип	

Список родительских пар (список избыточен – в нем есть лишние родительские пары):

- A) PP (дикий тип) × pp (серебристо-голубая);
- B) aaMM (алеутская) × AAmm (мойл);
- C) MMpp (серебристо-голубая) × mmPP (мойл);
- D) S^RS^R (горностаевая) × ss (дикий тип);
- E) Ss (крестовка) × ss (дикий тип);
- F) Nn (ждет) × nn (дикий тип)
- G) Rr(дикий тип) × rr (янтарь)
- H) S^RS^R (горностаевая) × S^Rs (черный хрусталь)
- I) AA (дикий тип) × aa (алеутская);
- J) CC (альбино) × cc (дикий тип);

Список гибридов F1:

- I) Pp дикого типа;
- II) 1Rr (дикий тип) × 1rr (янтарь);
- III) MmPp (дикий тип);
- IV) S^Rs (черный хрусталь);
- V) 1 Nn (джет) : 1 nn (дикий тип)

Ответ:

Вариант 2

Расщепление F2	1	2	3	4	5
Родительские пары	A	C	G	D	F
Гибриды F1	I	III	II	IV	V

Часть С. Задачи со свободным ответом

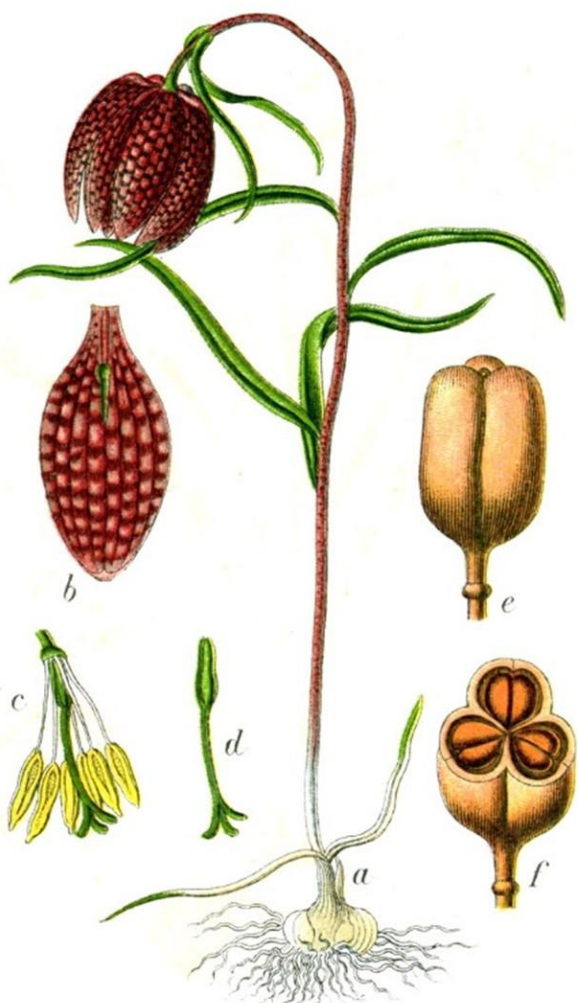
Во всех заданиях данной части в начале идет условие задачи, а затем к нему задается несколько вопросов. Ответы на вопросы должны быть записаны в виде текста. Обратите внимание, что ответы на вопросы должны быть максимально краткими и полными, следует избегать больших объемов текста не по сути заданного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

Система оценки:

Приведена в ответе для каждого задания отдельно.

Задание 22 (ID 35) – Максимум 8 баллов

Перед вами рисунок и фотографии растения, проанализируйте их и попробуйте ответить на ниже следующие вопросы.



1. К какому отделу, классу и семейству принадлежит данное растение?
2. Определите тип околоцветника и симметричность цветка; тип завязи данного растения.
3. Определите формулу цветка данного растения по фотографии. (Укажите количество чашелистиков – Са, лепестков – Со, частей простого околоцветника – Р, тычинок – А и плодолистиков – G).
4. Определите соцветие; плод данного растения по морфологической классификации; охарактеризуйте положение и форму нектарников.
5. Определите тип корневой системы; наличие видоизменений побега; жилкование листьев; жизненную форму по Раункиеру.

Ответ:

1. К какому отделу, классу и семейству принадлежит данное растение?

Отдел Покрытосеменные растения; Класс – однодольные; семейство – лилейные (отдел, класс, семейство – по 0,5 балла, всего – 1,5 балла) Род: Рябчик

2. Определите тип околоцветника и симметричность цветка; тип завязи данного растения.

Простой околоцветник; актиноморфный цветок; завязь верхняя; (за правильное указание типа околоцветника, симметричности цветка и типа завязи по 0,5 баллов, всего 1,5 балла)

3. Определите формулу цветка данного растения по фотографии. (Укажите количество чашелистиков – Ca, лепестков – Co, частей простого околоцветника – P, тычинок – A и плодолистиков – G).

$P_{3+3}A_{3+3}G_{(3)}$ Чашелистиков – нет; лепестков – нет, листочки собраны в простой околоцветник 3+3 в два круга; тычинок – 3+3; пестиков – 3. (за правильное количество элементов цветка по 0,5 балла, за указание сростного гинецея, если верно указано количество плодолистиков – 0,5 балла, всего 2 балла). Так как околоцветник простой, то в формуле цветка важно, чтобы было отмечено именно количество листочков (P), а не лепестков (Co), поэтому если указано и то, и другое одновременно, то такой вариант не зачитывался.

4. Определите соцветие; плод данного растения по морфологической классификации; охарактеризуйте положение и форму нектарников.

Одноцветковое соцветие; плод – шестигранная коробочка, трёхгнездная, крылатая или бескрылая, с многочисленными плоскими семенами, при основании каждого листка находится нектарник в виде треугольного, овального или круглого углубления, часто выпячивающегося наружу; (за правильно указанное соцветие, тип плода, особенности нектарников по 0,5 балла, всего 1,5 балла)

5. Определите тип корневой системы; наличие видоизменений побега; жилкование листьев; жизненную форму по Раункиеру.

Гоморизная (Мочковатая корневая система, подземный побег обычно видоизменённый, имеющий вид луковицы, все корни - придаточные); жилкование дуговое (параллельное жилкование не засчитывалось); криптофит (геофит); (за правильно указанный тип корневой системы, листорасположение, жизненную форму по 0,5 балла, всего 1,5 балла)

Задание 23 (ID 36) – Максимум 11 баллов

Галловые клещи (*Eriophyidae*) — семейство мельчайших членистоногих, размеры которых составляют от 100 до 300 микрометров. Все галловые клещи паразитируют на листьях травянистых или древесных растений, в том числе выращиваемых человеком в декоративных или пищевых целях. Представители этого семейства питаются, высасывая содержимое отдельных клеток эпидермиса или мезофилла и вызывая у растения различные аномалии развития: курчавость листьев, образование на них галлов и волосистых подушек (эриневумов), формирование «ведьминых метел» и др.



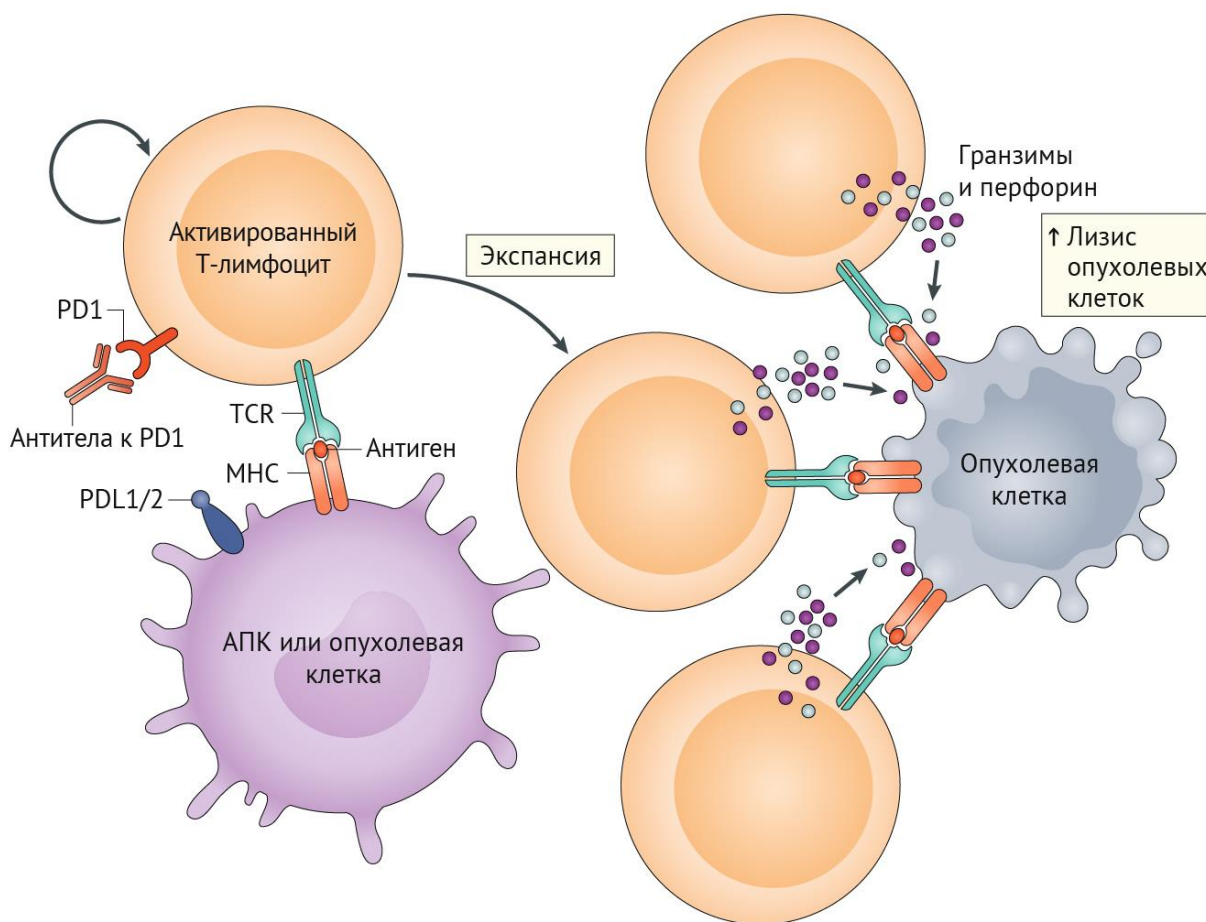
1. Каким количеством парных конечностей обладает изображённый на иллюстрации липовый галловый клещ? Назовите эти пары конечностей.
2. Необычные размеры и строение галловых клещей традиционно трактуют как результат выхода зародыша из яйца на ранних стадиях развития и перехода к размножению без метаморфоза. Как называется это явление? Какие другие организмы характеризуются сходной особенностью (всегда или при обитании в определённых условиях)? Приведите названия не менее двух родов из разных типов многоклеточных животных.
3. Мелкие личинки галловых клещей, выходящие из яйца, не способны колонизировать лист, если не находятся непосредственно на его поверхности. В умеренных широтах перед холодным временем года большинство древесных растений сбрасывают листья, у двулетних и многолетних трав отмирают надземные органы, однолетние травы сохраняются только в виде спор или семян. Где и каким образом могут переносить неблагоприятные условия виды галловых клещей, паразитирующие на листьях древесных растений и однолетних травянистых растениях (дайте отдельные ответы)?
4. Среди галловых клещей есть вредители, снижающие урожай культурных растений. Предложите не менее трёх механизмов нанесения клещом прямого или косвенного ущерба растению-хозяину.
5. Среди многоклеточных животных паразитический образ жизни и питание растениями по отдельности — не редкость. Гораздо реже зоологи говорят о животных-паразитах растений. Приведите не менее 2 примеров паразитов растений из разных типов многоклеточных животных и хотя бы один пример свободноживущих или паразитических многоклеточных животных, питающихся отдельными клетками растений.

Ответ:

1. Каким количеством парных конечностей (включая ротовые придатки) обладает изображённый на иллюстрации липовый галловый клещ? Назовите эти пары конечностей.
4 пары. Хелицеры, педипальпы, две пары ходных ног (по 0,5 балла за число и каждое название). Всего 2 балла.
2. Необычные размеры и особенности строения галловых клещей зоологи традиционно трактуют как результат выхода зародыша из яйца на ранних стадиях развития и переход к размножению без завершения метаморфоза. Как называется это явление? Какие другие организмы характеризуются сходной особенностью (всегда или при обитании в определённых условиях)? Приведите названия не менее двух родов из разных типов.
Неотения/дезэмбрионизация — 0,5 балла. За каждый пример по 0,5 балла. Всего 1,5 балла.
3. В умеренных широтах перед холодным временем года большинство древесных растений сбрасывают листья, у двулетних и многолетних трав отмирают надземные органы, однолетние травы сохраняются только в виде спор или семян. При этом мелкие личинки галловых клещей, выходящие из яйца, не способны колонизировать лист, если не находятся непосредственно на его поверхности. Где и каким образом могут переносить неблагоприятные условия виды галловых клещей, паразитирующие на надземных листьях древесных растений и паразитирующие на однолетних травянистых растениях (дайте отдельные ответы)?
Покоящиеся взрослые стадии, впадающие в зимнее оцепенение (дейтогинные самки) — 0,5 балла. Почка и трещины в коре древесных растений — 0,5 балла. Почва, мёртвые остатки травянистых растений — 0,5 балла. Всего 1,5 балла.
4. Среди галловых клещей есть вредители, с которыми агротехники ведут непримиримую борьбу из-за снижения урожайности культурных растений. Предложите не менее трёх механизмов нанесения прямого или косвенного ущерба растению-хозяину.
Выкачивание питательных веществ при питании; снижение площади фотосинтеза в результате повреждения листьев; отвлечение питательных веществ (например, при развитии «ведьминых мётел»); перенос вирусов растений — по 1 баллу за ответ. Всего 3 балла.
5. Среди многоклеточных животных паразитический образ жизни и питание растениями по отдельности — не редкость. Гораздо реже зоологи говорят о животных-паразитах растений. Приведите не менее 2 примеров паразитов растений из разных типов многоклеточных животных и хотя бы один пример свободноживущих или паразитических многоклеточных животных, питающихся отдельными клетками растений.
Насекомые, круглые черви — по 1 баллу. Наиболее ожидаемы тихоходки, могут быть какие-нибудь остроумные варианты, вроде поедателей сифоновых водорослей — 1 балл. Всего 3 балла.

Задание 24 (ID 38) – Максимум 7 баллов

В последние годы линия фармакологических агентов против онкологических заболеваний всё больше расширяется в ряду иммунопрепаратов. Центральное место в иммунотерапии занимают препараты на основе антител, направленных на ингибирование контрольных точек иммунного ответа — молекул, отвечающих за тонкие механизмы настройки иммунитета и предотвращающие гиперактивацию Т-лимфоцитов. Одним из наиболее ярких примеров этих молекул служит белок PD1 (programmed cell death 1). При выраженном инфекционном процессе активированные Т-лимфоциты экспрессируют белок PD1, который взаимодействует со своим специфическим лигандом (PDL1/2) на поверхности антиген-презентирующей клетки (АПК) и, тем самым, препятствует нежелательной гиперактивации Т-клеток. В случае развития онкологического заболевания с Т-лимфоцитом вместо АПК может связаться опухолевая клетка, вызывая схожие реакции. Блокада рецептора PD1 препаратами антител против PD1 (или против PDL1/2) вызывает следующие процессы:



1. Опишите поэтапно явления, изображенные на рисунке.
2. Какую роль выполняют гранзимы?
3. Исходя из механизма действия PD(L)1-ингибиторов, как Вы считаете, какие нежелательные явления чаще всего возникают в организме при их применении? Почему?
4. К чему может привести одномоментный массивный лизис опухолевых клеток в организме?

Ответ:

1. Опишите поэтапно явления, изображенные на рисунке.

- 1) стимуляция активации и пролиферации Т-лимфоцитов;
- 2) нарастание количества взаимодействий между Т-лимфоцитами и опухолевыми клетками;
- 3) реализация клеточного иммунного ответа в виде высвобождения цитолитических медиаторов, что ведет к уничтожению опухолевых клеток. (2 балла)

Пояснение:

Блокада рецептора PD1 стимулирует противоопухолевую активность Т-лимфоцитов, способствуя повышенной активации и пролиферации Т-клеток, усиливая их эффекторные функции и поддерживая формирование Т-клеток памяти. Следовательно, большое количество Т-лимфоцитов связывается своими Т-клеточными рецепторами (TCR) с опухолевыми антигенами, представленными на опухолевых клетках молекулами МНС. В конечном итоге это приводит к высвобождению цитолитических медиаторов, таких как перфорин и гранзим, что приводит к интенсивному уничтожению опухолевых клеток.

2. Какую роль выполняют гранзимы?

Молекулы, индуцирующие апоптоз в клетке (1 балл).

3. Исходя из механизма действия PD(L)1-ингибиторов, как Вы считаете, какие нежелательные явления чаще всего возникают в организме при их применении? Почему?

Аутоиммунные реакции и заболевания в различных системах органов (2 балла: просто упоминание аутоиммунных реакций – 1 балл, пояснение сути и симптомов – 1 балл).

Наиболее часто засчитывались следующие симптомы: диарея (в связи с колитом), кашель и одышка (в связи с пневмонитом), кожная сыпь, зуд.

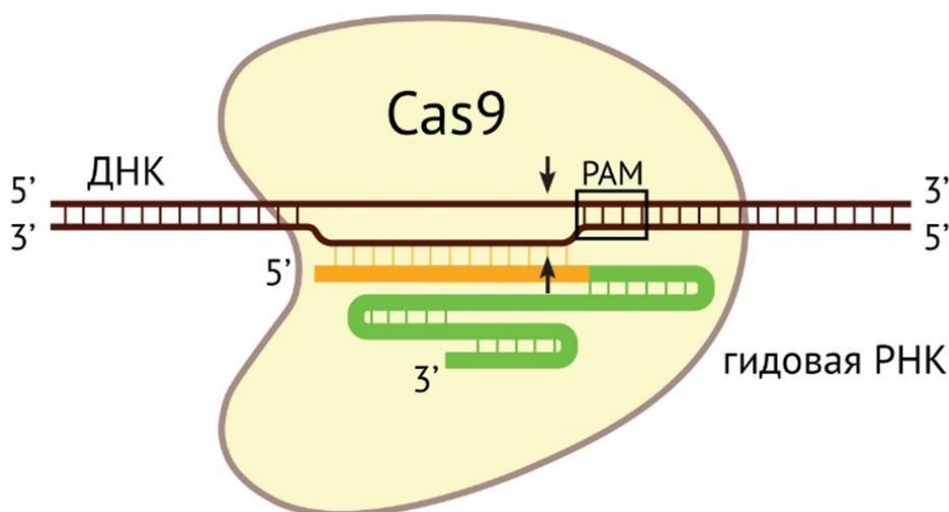
4. К чему может привести одномоментный массированный лизис опухолевых клеток в организме?

Синдром лизиса опухоли может привести к тромбозу сосудов, острой почечной недостаточности, аритмии сердца (вследствие, прежде всего, гиперкалиемии) (2 балла: просто упоминание синдрома лизиса – 1 балл, пояснение сути и физиологических проявлений – 1 балл).

Задание 25 (ID 41) – Максимум 8 баллов

Для изучения роли белка X ученый решил получить культуру фибробластов человека с инактивированным геном белка X (генный нокаут). Ген X расположен на аутосоме.

Для получения нокаута ученый решил использовать популярный инструмент редактирования генома – систему CRISPR/Cas. Принцип работы этой системы состоит в следующем. Белок Cas9 формирует комплекс с так называемой гидовой РНК (гРНК), которая комплементарно взаимодействует с ДНК мишенью (см. рис. ниже). Cas9 разрезает двойную спираль ДНК. Чтобы Cas9 смогла внести разрыв, в ДНК-мишени должна присутствовать последовательность PAM (Protospacer adjacent motive). PAM должна примыкать к 3'-концу участка, комплементарного распознаваемой последовательности (см. рис. ниже). Cas9 вносит двуцепочечный разрыв, отступив 3 нуклеотида от PAM в направлении 5'-конца цепи ДНК. Для нуклеазы Cas9 из бактерии *Streptococcus pyogenes*, которая используется чаще всего, последовательность PAM – это NGG, где N – любой нуклеотид.



Клетка пытается соединить концы разрыва ДНК в ходе процесса репарации двуцепочечного разрыва. Однако иногда при соединении концов разрыва вставляются или удаляются несколько нуклеотидов.

Исследователь ввел в клетку нуклеазу Cas9 и две гидовые РНК к концам кодирующей части гена X. После успешного внесения двух разрывов в гене X из него выпадает фрагмент, расположенный между сайтами узнавания гидовых РНК.

Ниже показана кодирующая последовательность гена X. Места, узнаваемые гидовыми РНК, выделены жирным (учтите, что сайт узнавания может находиться на комплементарной цепи). Старт кодон рамки считывания белка X подчеркнут.

Ниже последовательность гена X показана в виде картинки:

```

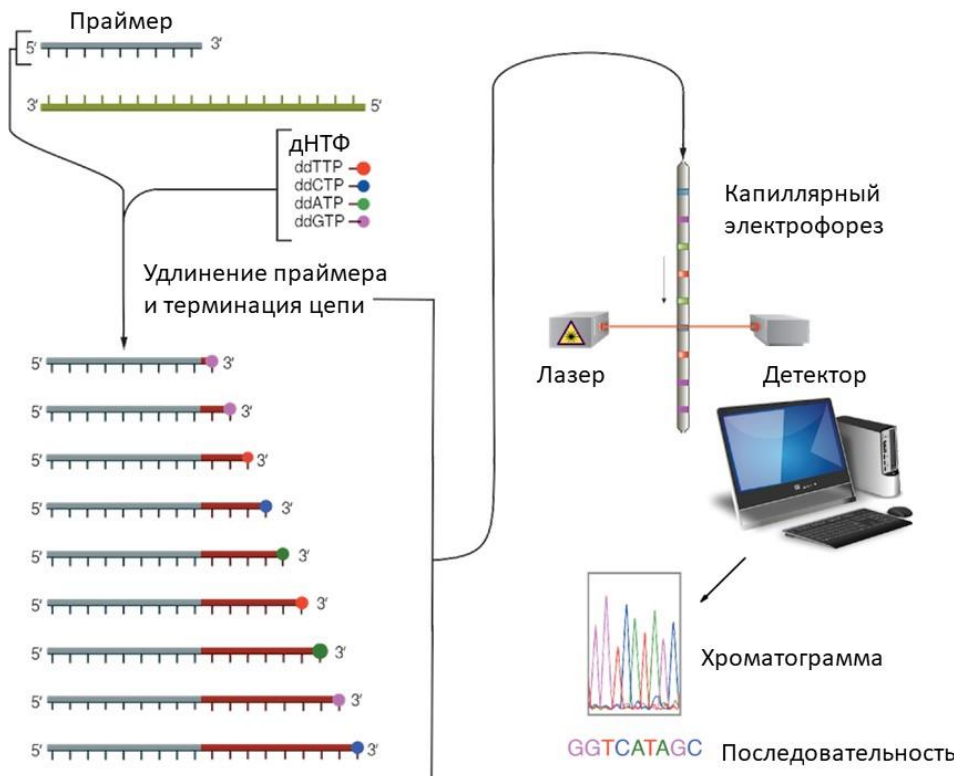
AGAAGACACTCTGGACACCACTATGGACAGCCTCTTGATGAACCGGAGGAAGTTTCTTTACCAATTCAAA
AATGTCCGCTGGGCTAAGGGTCGGCGTGAGACCTACCTGTGCTACGTAGTGAAGAGGCGTGACAGTGCTAC
ATCSTTTTCACTGGACTTTGGTTATCTTCGCAATAAGAACGGCTGCCACGTGGAATTGCTCTTCTCCGCT
ACATCTCGGACTGGGACCTAGACCCTGGCCGCTGCTACCGCGTCACCTGGTTACCTCCTGGAGCCCCTGCT
ACGACTGTGCCCGACATGTGGCCGACTTTCTGCGAGGGAACCCCAACCTCAGTCTGAGGATCTTACCCGCG
CGCCTCTACTTCTGTGAGGACCGCAAGGCTGAGCCCAGGGGCTGCGGCGGCTGCACCCGCGCCGGGTGCA
AATAGCCATCATGACSTTCAAAGAAAACCACGAAAGAACTTTCAAAGCCTGGGAAGGGCTGCATGAAAAT
TCAGTTCGTCTCTCCAGACAGCTTCGGCGCATCSTTTTGGCCCTGTATGAGGTTGATGACTTACGAGACG
CATTTTCGTACTTTGGGACTTTGATAG
    
```

Ниже последовательность гена X приведена в виде текста, чтобы было удобно копировать необходимые для ответа фрагменты последовательности:

AGAAGACACTCTGGACACCACTATGGACAGCCTCTTGATGAACCGGAGGAAGTTTCTTTACCAATTCAAA
 AATGTCCGCTGGGCTAAGGGTCGGCGTGAGACCTACCTGTGCTACGTAAGAGGCGTGACAGTGCTAC
 ATCSTTTTCACTGGACTTTGGTTATCTTCGCAATAAGAACGGCTGCCACGTGGAATTGCTCTTCCTCCGCT
 ACATCTCGGACTGGGACCTAGACCCTGGCCGCTGCTACCGCGTCACCTGGTTACCTCCTGGAGCCCCTGCT
 ACGACTGTGCCCGACATGTGGCCGACTTTCTGCGAGGGAACCCCAACCTCAGTCTGAGGATCTTCACCGCG
 CGCCTCTACTTCTGTGAGGACCGCAAGGCTGAGCCCAGGGGCTGCGGCGGCTGCACCGCGCCGGGGTGCA
 AATAGCCATCATGACCTTCAAAGAAAACCACGAAAGAACTTTCAAAGCCTGGGAAGGGCTGCATGAAAAT
 TCAGTTCGTCTCTCCAGACAGCTTCGGCGCATCCTTTTGCCCCTGTATGAGGTTGATGACTTACGAGACG
 CATTCGTACTTTGGGACTTTGATAG

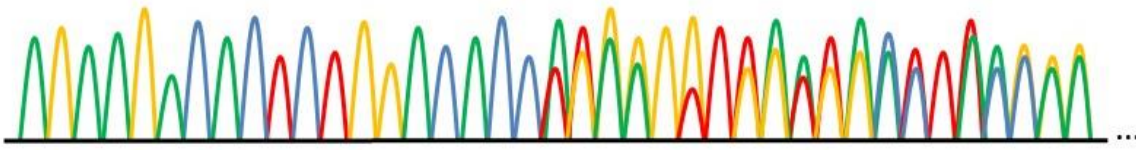
После проведения нокаута ученый получил линию клеток (популяцию клеток, произошедших из одной клетки). Для подтверждения нокаута ученый определил последовательность гена X с помощью секвенирования по Сэнгеру.

Принцип секвенирования по Сэнгеру состоит в следующем. В пробирку вносится образец ДНК, праймер, комплементарный этому образцу, смесь из четырех дезоксирибонуклеозидтрифосфатов (дНТФ) и фермент – ДНК-полимераза. Кроме того, в реакцию добавляется небольшое количество модифицированных нуклеотидов – дидезоксирибонуклеозидтрифосфатов (ддНТФ). ддНТФ блокируют синтез ДНК после присоединения к 3'-концу растущей цепочки. Каждый из четырех ддНТФ ковалентно соединен с флуоресцентной молекулой (своей для каждого ддНТФ). После проведения реакции в пробирке оказывается смесь цепочек ДНК разной длины, комплементарных определяемой последовательности. Далее эти молекулы ДНК разделяются по длине с помощью капиллярного электрофореза. На конце капилляра находится детектор флуоресценции. Результат секвенирования представляет собой хроматограмму, по которой определяется последовательность нуклеотидов в изучаемой молекуле ДНК.



На рисунке ниже показана хроматограмма, полученная после секвенирования гена X в линии клеток после проведения геномного редактирования. Праймер расположен в той же цепи ДНК, что и кодирующая последовательность гена X, слева от нее.

G ■
 A ■
 T ■
 C ■



1. Как называется мутация, которая возникает в гене X при успешном редактировании генома в описанном эксперименте?
2. Выпишите последовательность гена X после успешного нокаута при соединении концов разрывов стык в стык (без выпадения или добавления нуклеотидов).
3. Почему некоторые пики на хроматограмме «двоят»?
4. Выпишите последовательность (последовательности) гена X в полученной линии клеток.
5. Будет ли в такой клеточной линии синтезироваться белок X?

Ответ:

1. Как называется мутация, которая возникает в гене X при успешном редактировании генома в описанном эксперименте?

Делеция (1 балл)

Пояснение: из гена X выпадает большая кодирующая последовательность. Такая мутация, состоящая в выпадении нуклеотидов, называется делецией.

2. Выпишите последовательность гена X после успешного нокаута при соединении концов разрывов стык в стык (без выпадения или добавления нуклеотидов).

AGAAGACACTCTGGACACCAATGAGGTTGATGACTTACGAGACGCATTTCTACTTTGGGACTTTGATAG

(2 балла)

Пояснение: РАМ для первой гидовой РНК находится справа от узнаваемой последовательности – следовательно, разрыв будет вноситься за 3 нуклеотида до РАМ – после аденина. РАМ для второй гидовой РНК находится слева в комплементарной цепи – следовательно, разрыв будет вноситься за 3 нуклеотида до РАМ – после аденина. Убираем фрагмент между двумя разрывами и получаем последовательность гена X после успешного редактирования.

**AGAAGACACTCTGGACACCACTATGGACAGCCTCTTGATGAACCGGAGGAAGTTTCTTTACCAATTCAAA
 AATGTCCGCTGGGCTAAGGGTCGGCGTGAGACCTACCTGTGCTACGTAAGAGGCGTGACAGTGCTAC
 ATCCTTTTCACTGGACTTTGGTTATCTTCGCAATAAGAACGGCTGCCACGTGGAATTGCTCTTCCTCCGCT
 ACATCTCGGACTGGGACCTAGACCCTGGCCGCTGCTACCGCGTCACCTGGTTTACCTCCTGGAGCCCCTGCT
 ACGACTGTGCCGACATGTGGCCGACTTTCTGCGAGGGAACCCCAACCTCAGTCTGAGGATCTTCACCGCG
 CGCCTCTACTTCTGTGAGGACCGCAAGGCTGAGCCCAGGGGCTGCGGCGGCTGCACCGCGCCGGGGTGCA
 AATAGCCATCATGACCTTCAAAGAAAACCACGAAAGAACTTTCAAAGCCTGGGAAGGGCTGCATGAAAAT
 TCAGTTCGTCTCTCCAGACAGCTTCGGCGCATCCTTTTGCCCTGTATGAGGTTGATGACTTACGAGACG
 CATTTCTACTTTGGGACTTTGATAG**

3. Почему некоторые пики на хроматограмме двоят?

Полученная линия клеток оказалась гетерозиготной. Одна аллель полностью соответствует ожидаемой (см. предыдущий пункт). Во второй аллели в ходе репарации удалился один аденин на конце «левого» фрагмента разрыва. При секвенировании по Сенгеру прочитываются сразу все молекулы ДНК, которые есть в образце. Если эти молекулы

различаются, как это происходит в нашем случае, разные сиквенсы (последовательности, определенные секвенированием) накладываются друг на друга (2 балла).

4. Выпишите последовательность (последовательности) гена X в полученной линии клеток.

Две аллели – две последовательности:

AGAAGACACTCTGGACACCA TGAGGGTTGATGACTTACGAGACGCATTTCTACTTTGGGACTTTGATAG

AGAAGACACTCTGGACACCTGAGGGTTGATGACTTACGAGACGCATTTCTACTTTGGGACTTTGATA

2 балла (по 1 баллу за каждую последовательность).

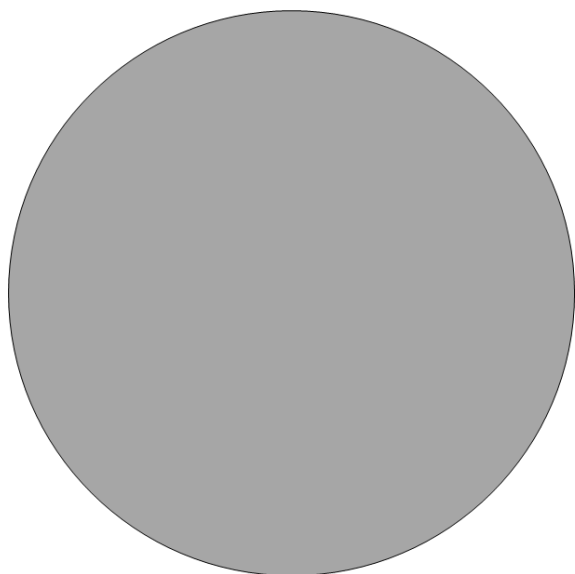
5. Будет ли в такой клеточной линии синтезироваться белок X?

Не будет, так как обе аллели являются нефункциональными. В одном случае удалена почти вся последовательность гена X, и в другом также удалена почти вся кодирующая последовательность, но также и происходит сдвиг рамки считывания (1 балл).

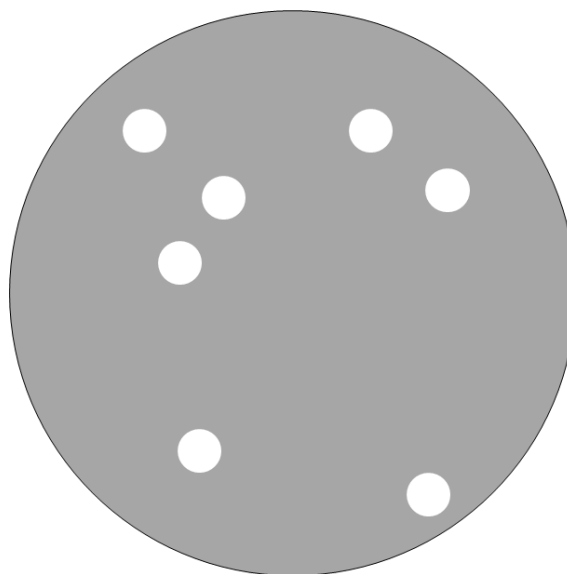
Задание 26 (ID 42) – Максимум 8 баллов

Бактериофаги – широко распространенная в природе форма существования. Бактериофаги 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. Бактериофагов несложно обнаружить во внешней среде, например, в ручье. Для этого достаточно смешать пробу воды из ручья с культурой интересующего вас бактериального штамма. Если рост культуры после этого прекратится и бактериальные клетки разрушатся – значит, Вы скорее всего обнаружили бактериофага, заражающего данный штамм. Следующий шаг – понять, какая концентрация способных к заражению фаговых частиц в вашей пробе. Для этого Вы смешиваете 100 мкл разведенной в 100 раз пробы из ручья с бактериальной культурой и высеваете на питательную среду в чашке Петри. Результаты изображены ниже. В контрольном эксперименте бактерии полностью покрыли чашку, а в присутствии бактериофага Вы заметили некоторое количество зон, свободных от бактерий («фаговых бляшек», plaques).

Контроль



+ Бактериофаг



1. Объясните принцип формирования фаговых бляшек.
2. Посчитайте «титр фага» (количество способных к инфекции фаговых частиц в 1 мл пробы, PFU – plaque forming units) в воде из ручья.
3. Можно ли посчитать титр фага в этой пробе, используя в эксперименте не 100-кратное разведение, а 10000-кратное?
4. Можно ли посчитать титр фага в этой пробе, используя в эксперименте не 100-кратное разведение, а исходную пробу?

Ответ:

1. Объясните принцип формирования фаговых бляшек.

Каждая активная фаговая частица порождает одну бляшку: она заражает клетку, потомки этого фага заражают соседние клетки и т.д. (2 балла, если без пояснения – 1 балл).

2. Посчитайте «титр фага» (количество способных к инфекции фаговых частиц в 1 мл пробы, PFU – plaque forming units) в воде из ручья.

7 бляшек с правой чашки умножаем на 100 (разведение) и на 10 (переход от 100 мкл к 1 мл), получаем 7000 (2 балла, если без пояснения – 1 балл).

3. Можно ли посчитать титр фага в этой пробе, используя в эксперименте не 100-кратное разведение, а 10000-кратное?

Нельзя, поскольку тогда на чашке скорее всего не будет фаговых бляшек (2 балл, если без пояснения – 1 балл).

4. Можно ли посчитать титр фага в этой пробе, используя в эксперименте не 100-кратное разведение, а исходную пробу?

Нельзя, так как тогда на чашке должно быть около 700 бляшек. При таком соотношении размера бляшки и чашки высока вероятность получить заниженное значение, потому что бляшки начнут сливаться. Посчитать в таком случае можно, но это будет значительно менее точно (2 балла, если без пояснения – 1 балл).

Задание 27 (ID 43) – Максимум 8 баллов

У Американской норки (*Mustela vison*) описана мутация окраса меха шедоу (S^H) (североамериканское название Heggedal). Такие животные имеют темную с вкраплениями светлых волосков спину и белый живот. Уже на ранних этапах изучения новой мутации стало понятно, что она обладает плеiotропным (множественным) эффектом: носители мутации помимо окраса шедоу имеют пониженную плодовитость. В дальнейшем, выяснилось, что вывести чистую линию норок шедоу невозможно. При скрещивании животных окраса шедоу между собой в первом поколении гибридов (F1) 2/3 потомков имеют окрас шедоу, а 1/3 стандартный коричневый окрас (окрас дикого типа). Во втором поколении гибридов коричневые норки при скрещивании между собой никогда не дают расщепления по окрасу.

1. Какой генотип имеют норки окраса шедоу?
2. Какой генотип имеют коричневые норки?
3. Какое расщепление по окрасу можно ожидать от скрещивания коричневой норки с норкой окраса шедоу?
4. Почему у норок шедоу снижена плодовитость?
5. С самцом какого окраса следует скрещивать самку окраса шедоу, чтобы получить от нее как можно больше детенышей? Поясните свой ответ.
6. Что наиболее вероятно произойдет с носителями мутации шедоу, если она возникнет в дикой природе? Почему?

Ответ:

1. Какой генотип имеют норки окраса шедоу?

S^Hs , гетерозигота о гену S^H (1 балл)

2. Какой генотип имеют коричневые норки?

ss , рецессивная гомозигота (1 балл, засчитывался только если однозначно сказано, что рецессивная)

3. Какое расщепление по окрасу можно ожидать от скрещивания коричневой норки с норкой окраса шедоу?

1 (S^Hs) : 1 (ss), 50% шедоу и 50% коричневых (1 балл)

4. Почему у норок шедоу снижена плодовитость?

Аллель S^H летален, доминантные гомозиготы погибают до рождения (обычно до имплантации) (1 балл). Обратите внимание, что утверждения о том, что у таких особей «недоразвита» половая система не засчитывались, т.к. гомозиготные особи погибают не родившись.

5. С самцом какого окраса следует скрещивать самку окраса шедоу, чтобы получить от нее как можно больше детенышей? Поясните свой ответ.

С самцом дикого типа, в таком случае не будет доминантных гомозигот по гену S^H и все детеныши выживут (2 балла, если нет пояснения 1 балл);

6. Что наиболее вероятно произойдет с носителями мутации шедоу, если она возникнет в дикой природе? Почему?

Поскольку мутация доминантная и снижающая приспособленность (белые пятна делают норку заметной) она не сможет сохраняться в популяции в гетерозиготе. С большой вероятностью норка с данной мутацией погибнет, не дожив до размножения, либо мутантные

особи будут проигрывать в борьбе за существование особям дикого типа (2 балла, если есть рассуждение, если нет 1 балл). Обратите внимание, что варианты ответов «генотип исчезнет, так как все особи вымрут из-за сниженной плодовитости» не засчитывался.