

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



ОТВЕТЫ НА ЗАДАНИЯ ДЛЯ 11 КЛАССА

Задания олимпиады разделены на три части:

Часть А: Задания с несколькими верными ответами (всего 16 заданий, сумма 48 баллов)

Часть В: Задания на сопоставления (всего 10 заданий, сумма 50 баллов)

Часть С: Задачи со свободным ответом (всего 6 заданий, сумма 53 балла)

Максимум: 151 балл

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

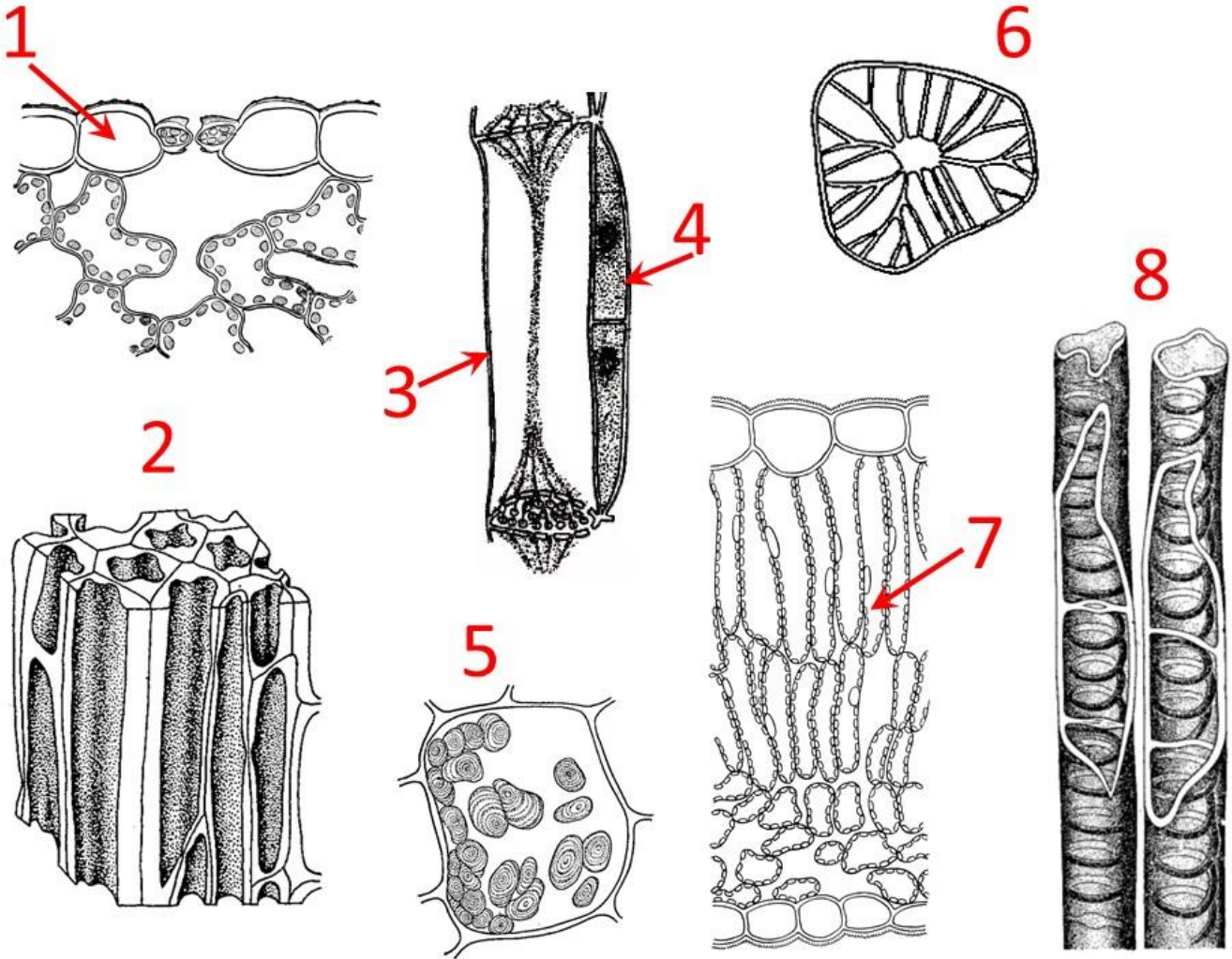
За каждое неправильно отмеченное утверждение – 0 баллов

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;

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

Вариант 3:

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

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

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

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

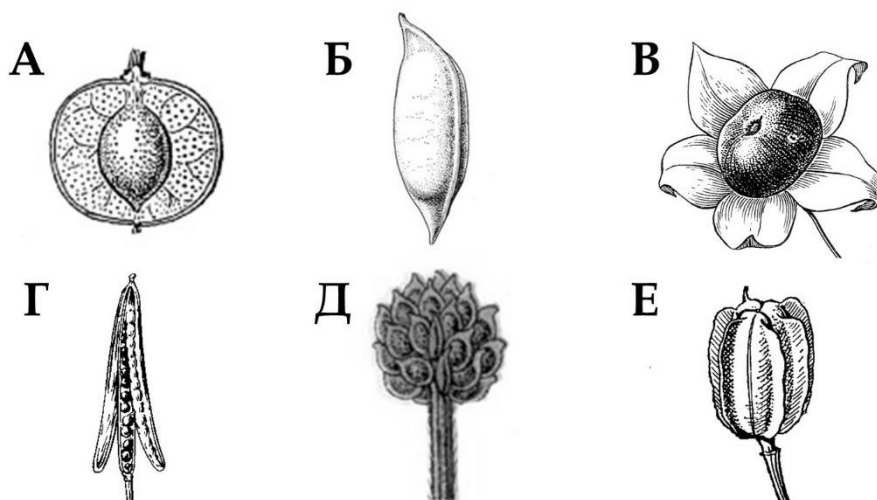
Е) покрыты кутикулой (cuticle) клетки 1;

Г) 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:

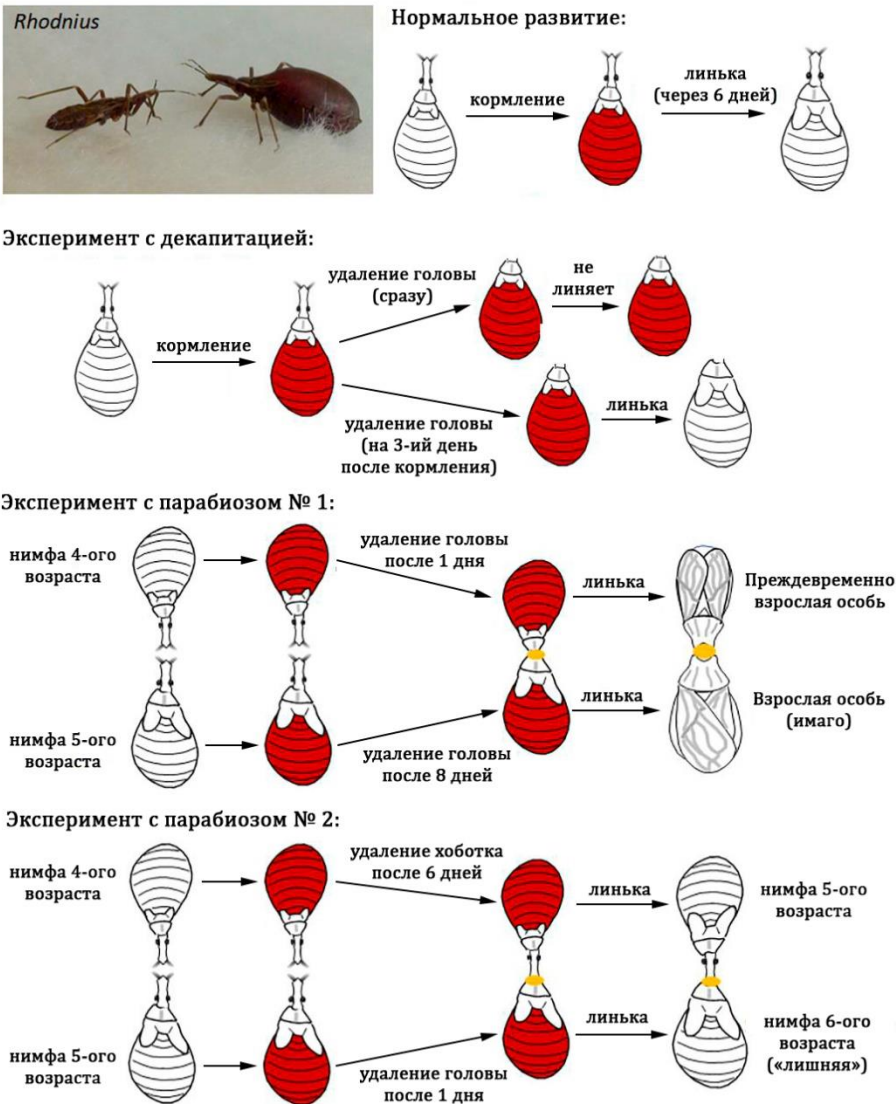
- A) для семейства Розоцветные (*Rosaceae*) характерен цветок 4 и плод А;
- B) для семейства Лютиковые (*Ranunculaceae*) характерен цветок 2 и плод многоорешек Д;
- C) для семейства Бобовые (*Leguminosae*) характерен цветок 5 и плод боб Б;
- D) для семейства Крестоцветные (*Brassicaceae*) характерен 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;

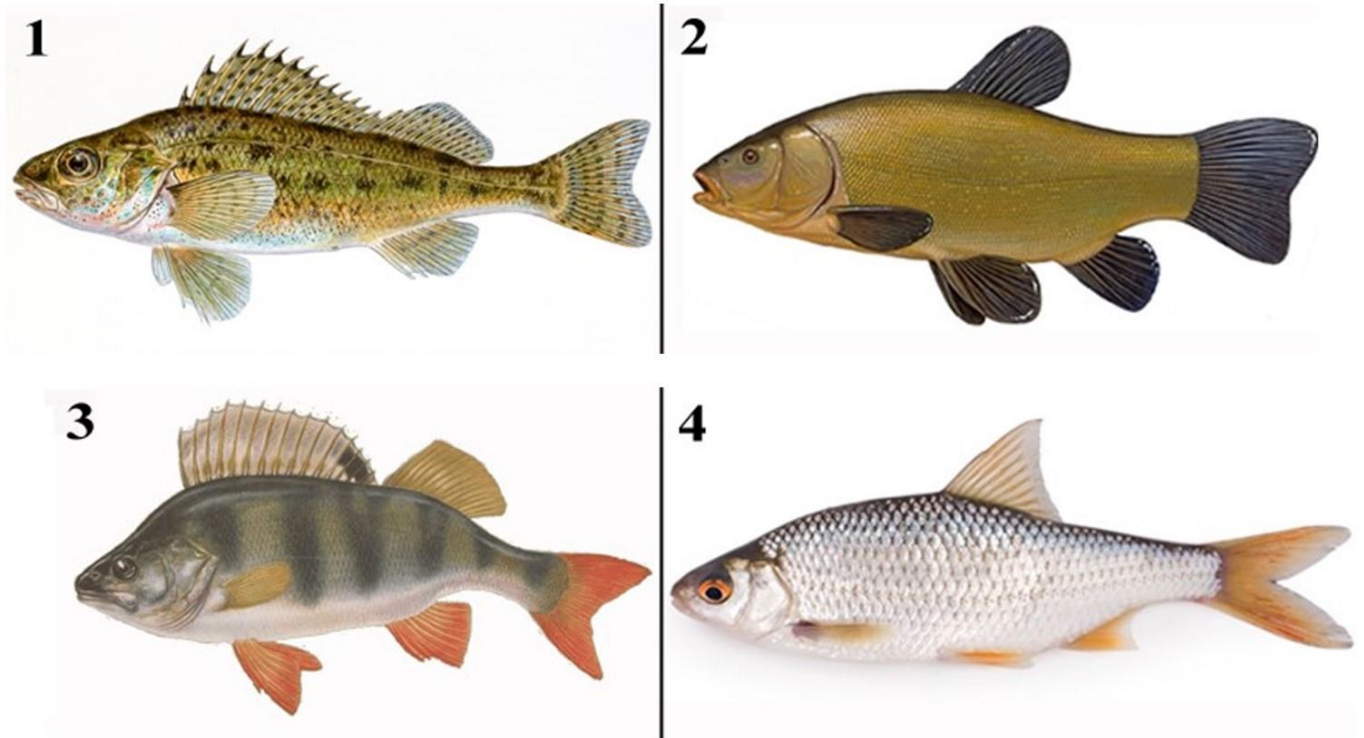
Е) только у нимфы 4-ого возраста синтезируется специальный стимул, запускающий метаморфоз в имаго («гормон метаморфоза»), поэтому в эксперименте № 1 парабиоз с нимфой 5-ого возраста приводит к метаморфозу обеих особей в имаго;

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 изображенных 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.

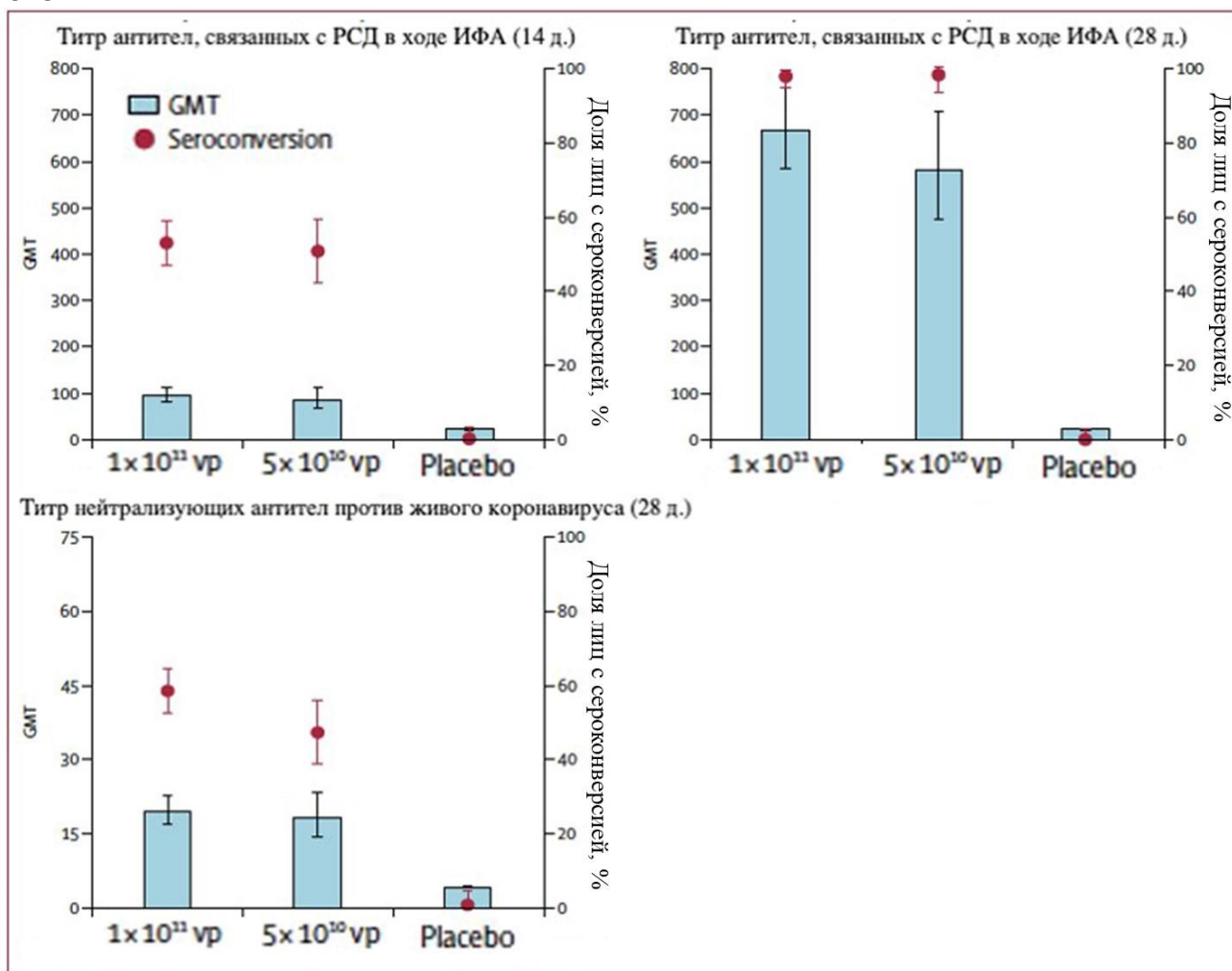
Вариант 3:

- A) у всех изображенных 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:

- А) 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;
- В) 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;
- С) Иммуногенность внутримышечно введенного раствора не различалась среди участников всех трех групп;
- Д) Титры антител в двух вакцинированных против вируса группах выросли значительно сильнее, чем в группе плацебо;
- Е) 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;

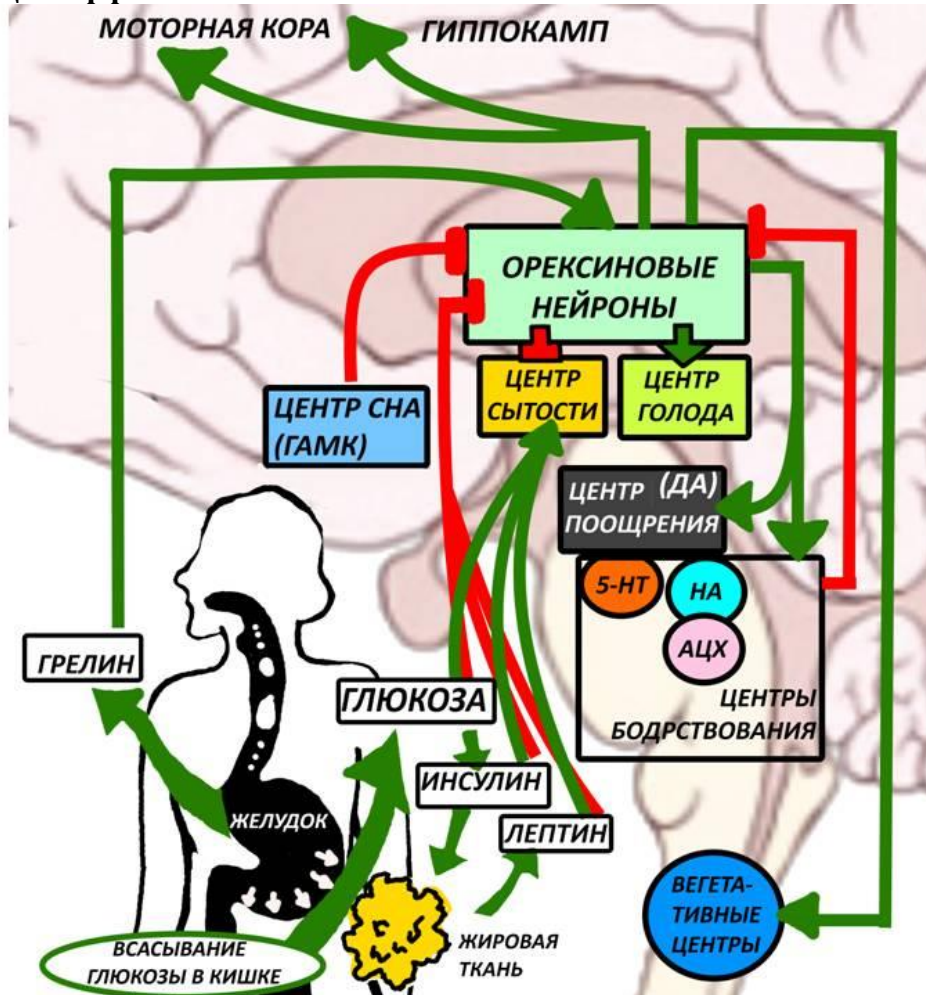
E) Титры IgM в ответ на инфекцию в организме начинают расти раньше, чем титры IgG;

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

Задание 6 (ID 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;

- C) 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;

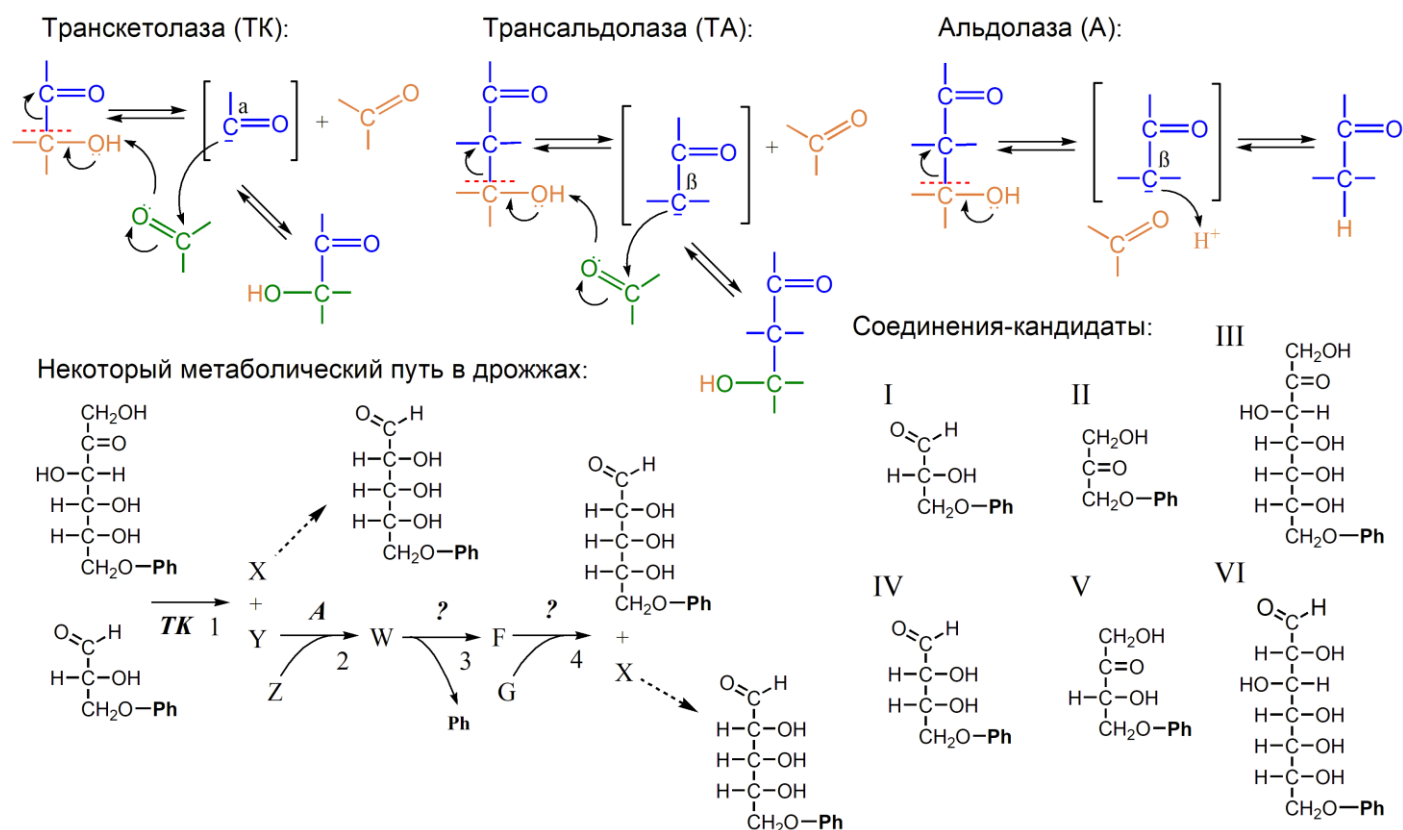
Вариант 3:

- 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;
- C) 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 7 (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;

- С) 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.

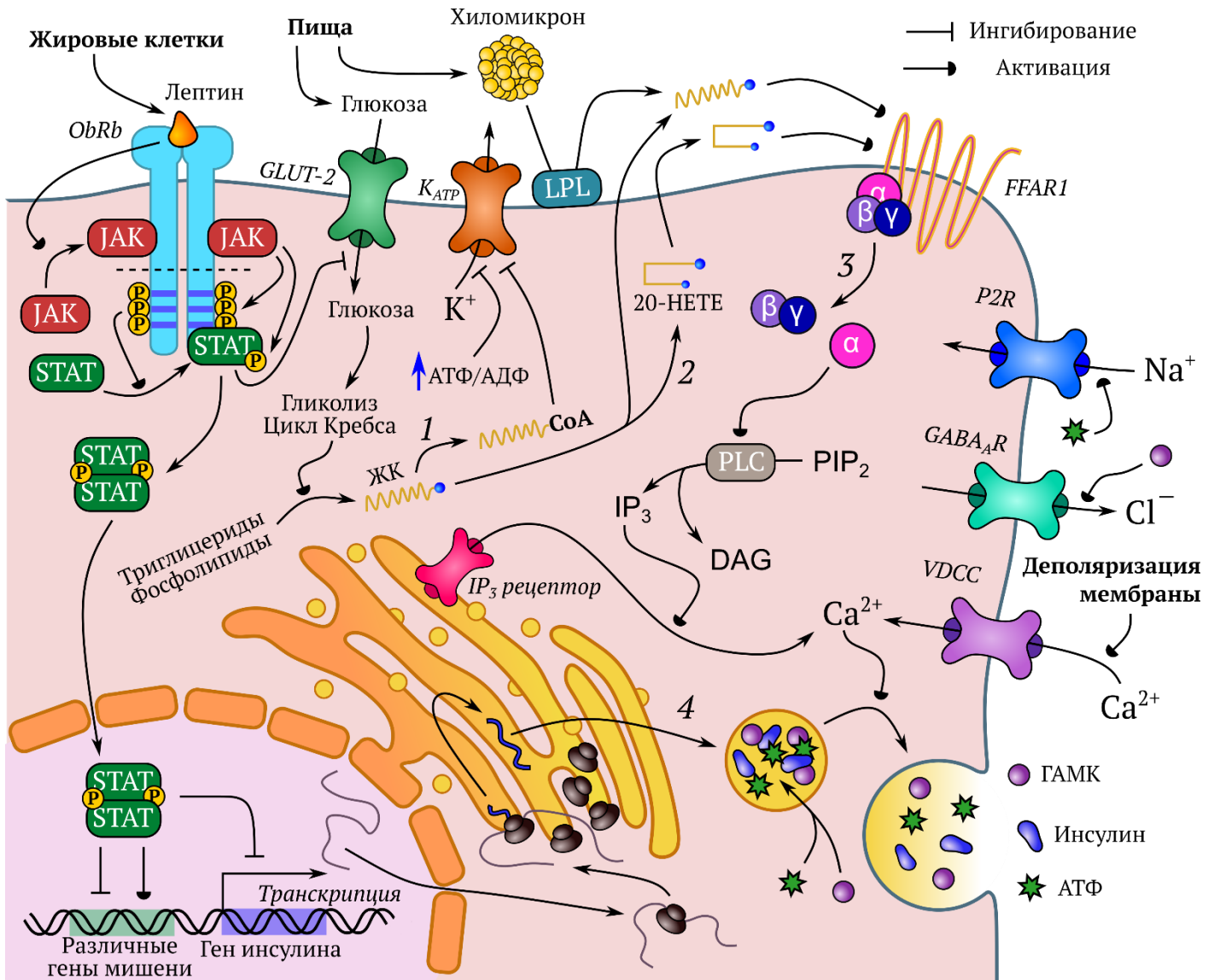
Вариант 3:

- 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 8 (ID 14) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На рисунке изображена крайне упрощенная схема некоторых процессов, протекающих в β -клетках поджелудочной железы мыши (*Mus musculus*). Сокращения: P – фосфатная группа; ЖК – жирная кислота; CoA – кофермент А; 20-НЕТЕ – гидроксированное производное арахидоновой кислоты; PIP₂ – фосфатидилинозитол бисфосфат; IP₃ – инозитолтрисфосфат; DAG – диацилглицерол; ГАМК – γ -аминомасляная кислота. Названия белков мы умышленно не расшифровываем.



Внимательно рассмотрите рисунок, после чего выберите верные утверждения:

Вариант 1:

- А) Слияние везикул, несущих инсулин, с клеточной мембраной ингибирует выброс инсулина с целью обеспечения отрицательной обратной связи;
- В) При длительном голодании у животного усиливается липолиз в жировой ткани, что приводит к росту концентрации свободных жирных кислот в крови и, соответственно, к активации FFAR1 и последующему выбросу инсулина;
- С) Реакция 1 требует затрат энергии АТФ;
- Д) В процессе 2 участвуют оксидоредуктазы;
- Е) Белок Катр осуществляет активный перенос K⁺ через мембрану;

Г) Увеличение жировой массы требует повышения концентрации инсулина в крови с целью обеспечить базовый метаболизм адипоцитов, именно поэтому лептин усиливает выброс инсулина;

Вариант 2:

А) Употребление концентрированного раствора глюкозы приведет к деполяризации клеточной мембраны;

В) При добавлении апо-формы бычьего сывороточного альбумина к первичной культуре β -клеток секреция инсулина снижается;

С) В процессе 2 участвуют оксидоредуктазы;

Д) В некоторых клетках человека присутствуют варианты белка ObR, у которых внутриклеточный домен укорочен по пунктирной линии, - в отличие от ObRb они не обладают киназной активностью;

Е) Эффект ГАМК на выброс инсулина проявляется быстрее, нежели эффект лептина;

Ф) Процесс 4 сопровождается частичным протеолизом.

Вариант 3:

А) Слияние везикул, несущих инсулин, с клеточной мембраной ингибирует выброс инсулина с целью обеспечения отрицательной обратной связи;

В) При добавлении апо-формы бычьего сывороточного альбумина к первичной культуре β -клеток секреция инсулина снижается;

С) В процессе 3 участвует ГТФ;

Д) В некоторых клетках человека присутствуют варианты белка ObR, у которых внутриклеточный домен укорочен по пунктирной линии, - в отличие от ObRb они не обладают киназной активностью;

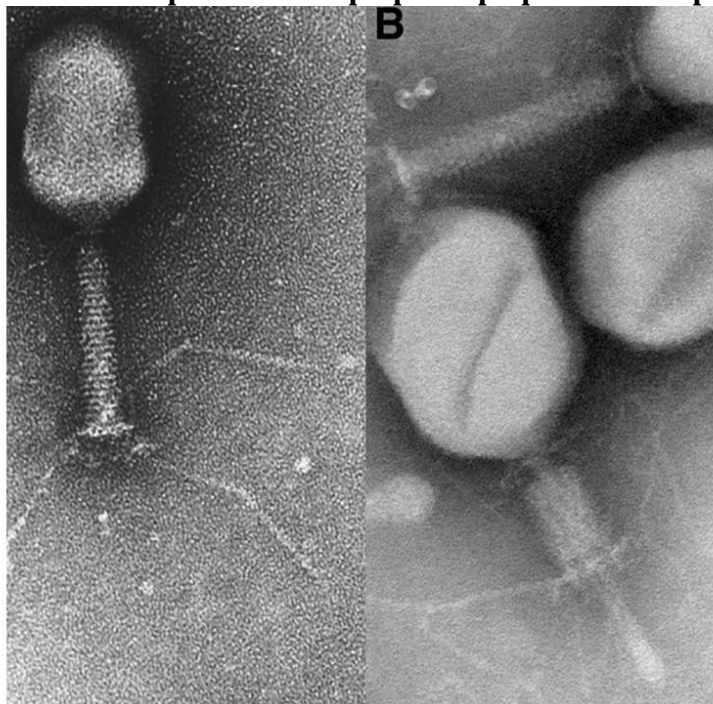
Е) Белок K_{ATP} осуществляет активный перенос K^+ через мембрану;

Ф) Эффект ГАМК на выброс инсулина проявляется быстрее, нежели эффект лептина;

Задание 9 (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 10 (ID 16) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

TAL-белки – это факторы транскрипции фитопатогенных бактерий, с помощью которых эти бактерии регулируют экспрессию генов растения-хозяина. ДНК-связывающие домены TAL-белков построены из повторяющихся блоков по 34 аминокислоты. Существует несколько типов таких повторов, которые различаются аминокислотными остатками в 12ом и 13ом положениях каждого повтора. Основные повторы называются HD, NG, NS, NI, NN и IG. Ваше задание – расшифровать код TAL-белков – понять, к каким нуклеотидам (или последовательностям из нескольких нуклеотидов) специфичен каждый тип повторов.

Для расшифровки был поставлен следующий эксперимент. В клетки листа табака вводили генетические конструкции, содержащие ген бета-глюкуронидазы (*uidA*) под контролем слабого (минимального) промотора *pBs4*, транскрипция с которого в отсутствие TAL-белков идет на низком (базовом) уровне. Фермент бета-глюкуронидаза превращает бесцветный субстрат в продукт синего цвета. Кроме минимального промотора в генетические конструкции добавляли предполагаемые сайты связывания TAL-белков *Нах2*, *Нах3* и *Нах4* (по одному сайту на каждую конструкцию). Кроме генетических конструкций с геном бета-глюкуронидазы в листья табака вводили гены этих TAL-белков. Затем к листьям добавляли субстрат бета-глюкуронидазы и следили за изменением окраски листьев.

Ниже показаны последовательности сайтов связывания TAL-белков (*Нах box A-C*), а также последовательности повторов в каждом из TAL-белков. Каждый из сайтов связывания начинается с нуклеотида Т.

TAL-белки	Повторы																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<i>Нах2</i>	NN	IG	NG	NI	NG	NG	HD	NG	HD	NI	HD	NI	HD	NG	HD	NG	HD	HD	NG	NG	NI	NG
<i>Нах3</i>	NI	HD	NI	HD	HD	HD	NS	NS	NS	HD	NI	NG										
<i>Нах4</i>	NI	HD	HD	NG	NS	NS	NI	HD	NG	NI	NS	NI	NG	NI	NG							

Сайты связывания TAL-белков

<i>Нах box A</i>	TACACCCAAACAT
<i>Нах box B</i>	TACCTAAACTAAATAT
<i>Нах box C</i>	TGTTATTCTCACACTCTCCTTAT

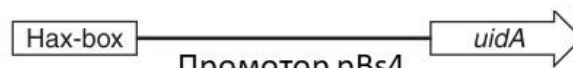
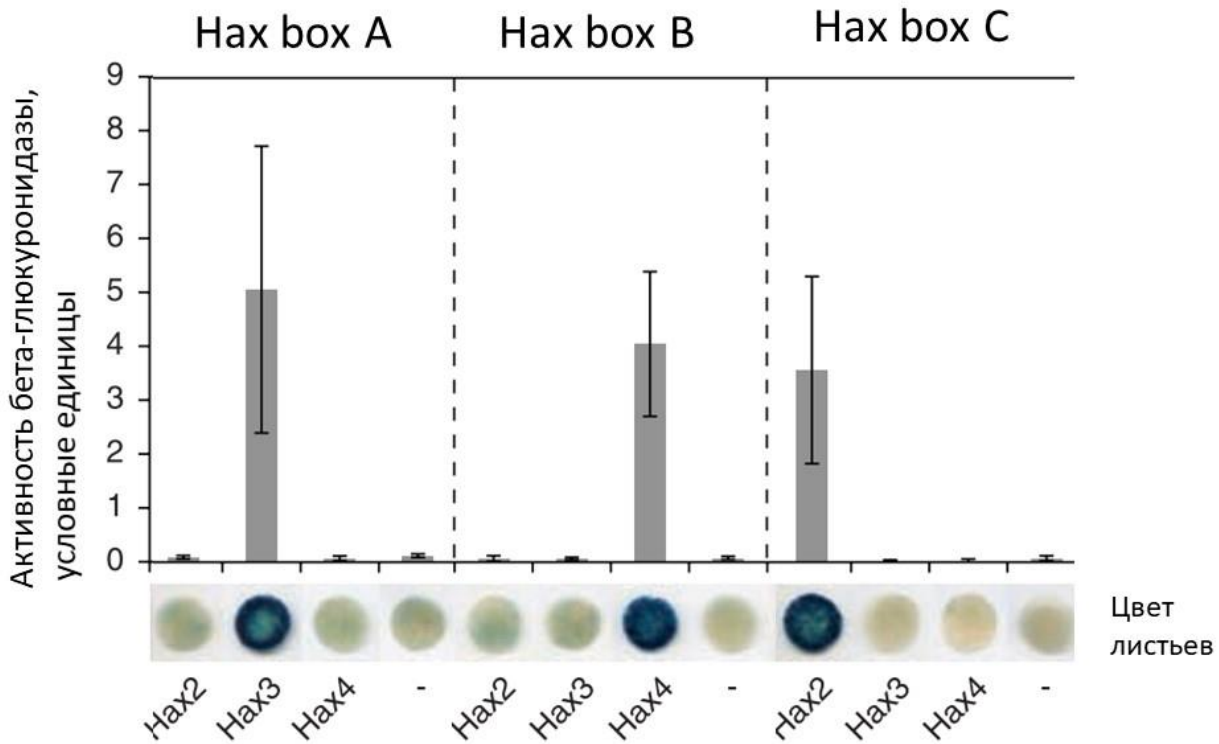


Схема экспериментальной генетической конструкции

На графике ниже показаны результаты описанного опыта. Над графиком подписаны использованные сайты связывания, а под графиком – использованные TAL-белки. «-» – отрицательный контроль – в листья вводилась только конструкция с геном *uidA*.



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

Вариант 1:

- A) TAL-белок NaX2 специфичен к последовательности NaX box A;
- B) TAL-белок NaX4 специфичен к последовательности NaX box B;
- C) Каждый TAL-повтор узнает один нуклеотид;
- D) Повтор типа NG специфичен к тимину;
- E) Повтор типа NI специфичен к цитозину;
- F) TAL-белки – это активаторы транскрипции;

Вариант 2:

- A) TAL-белок NaX4 специфичен к последовательности NaX box B;
- B) Каждый TAL-повтор узнает один нуклеотид;
- C) Повтор типа NI специфичен к цитозину;
- D) Повтор типа ND специфичен к цитозину;
- E) Каждый TAL-повтор узнает последовательности из трех нуклеотидов;
- F) TAL-белки – это репрессоры транскрипции;

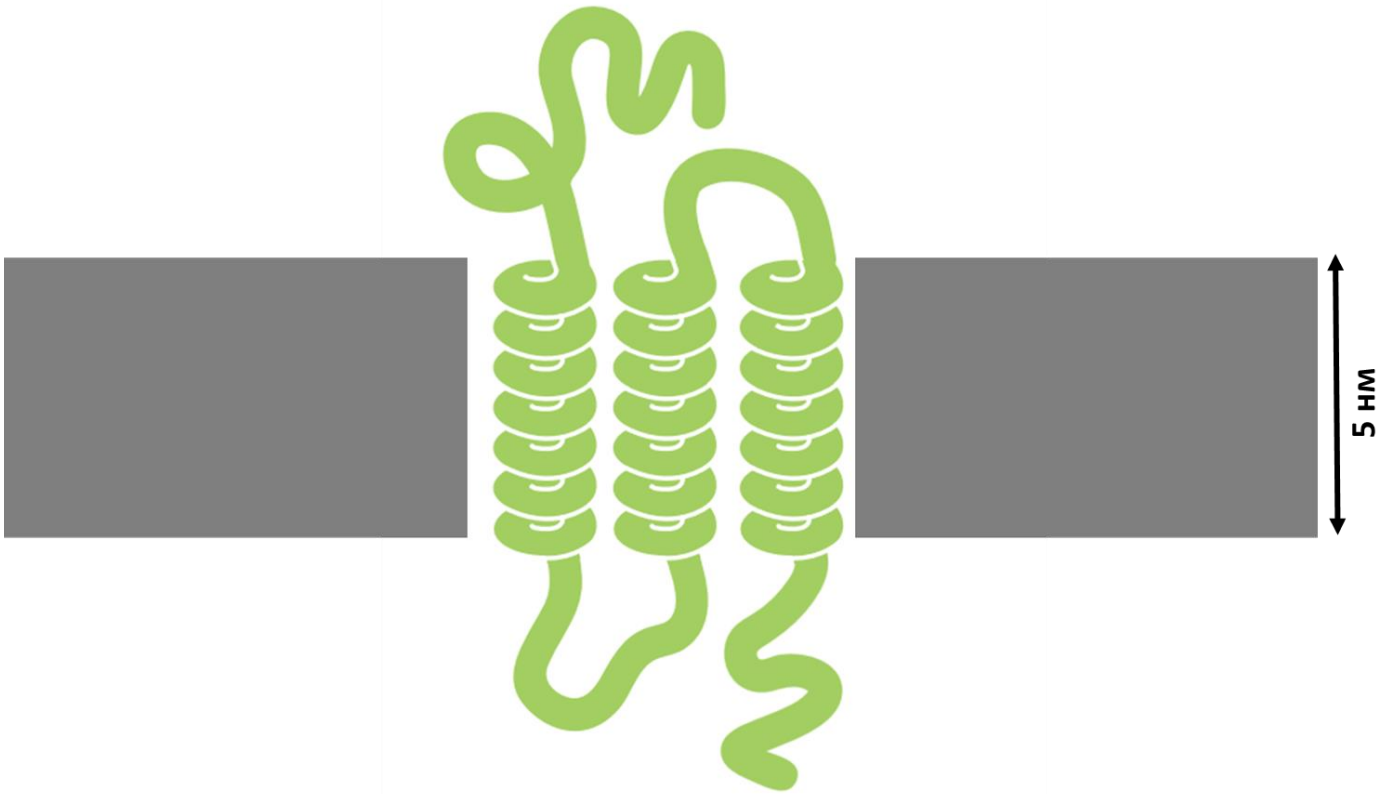
Вариант 3:

- A) TAL-белок NaX4 специфичен к последовательности NaX box B;
- B) Повтор типа NG специфичен к тимину;
- C) Повтор типа NI специфичен к цитозину;
- D) Повтор типа NS может узнавать как аденин, так и цитозин;
- E) Каждый TAL-повтор узнает последовательности из трех нуклеотидов;
- F) TAL-белки – это активаторы транскрипции;

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 18) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Для определения взаимодействий белков в клетках используют различные методы. Один из них основан на явлении FRET (Фёрстеровский резонансный перенос энергии, Förster resonance energy transfer), которое заключается в безызлучательном переносе энергии с возбужденного флуорофора-донора на расположенный в непосредственной близости флуорофор-акцептор. Таким образом, если уровень флуоресценции донора ниже ожидаемого, а уровень флуоресценции акцептора выше ожидаемого, то говорят о регистрации «сигнала FRET». Если эту пару флуорофоров связать с двумя белками, то по наличию сигнала FRET можно судить о взаимодействии этих белков. С помощью этого метода ученые решили установить, как глюкагон влияет на контакты между несколькими белками гепатоцита. В таблице ниже знак «+» обозначает наличие сигнала FRET в случае, когда флуорофоры находились на указанной паре белков.

без глюкагона

Белок	α	β	γ	H3	H4
α		+	+	-	-
β			+	-	-
γ				-	-
H3					+
H4					

в присутствии глюкагона

Белок	α	β	γ	H3	H4
α		-	-	-	-
β			+	-	-
γ				-	-
H3					+
H4					

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

Вариант 1:

- A) в присутствии глюкагона нарушаются контакты белков α и β ;
- B) белки H3 и H4 взаимодействуют друг с другом вне зависимости от наличия глюкагона;
- C) при добавлении глюкагона белок γ теряет контакты с белком β , но они оба остаются связаны с белком α ;
- D) из эксперимента следует, что белок H4 существует в виде димера;
- E) дизайн этого эксперимента не позволяет определить, димеризуется ли белок γ в ответ на добавление глюкагона;
- F) дизайн этого эксперимента не позволяет определить, димеризуется ли белок H3;

Вариант 2:

- A) α взаимодействует с H4 независимо от присутствия глюкагона;
- B) α связывается с γ в присутствии глюкагона;
- C) белки H3 и H4 взаимодействуют друг с другом вне зависимости от наличия глюкагона;
- D) глюкагон стимулирует связывание γ с H4;
- E) дизайн этого эксперимента не позволяет определить, димеризуется ли белок γ в ответ на добавление глюкагона;
- F) дизайн этого эксперимента не позволяет определить, димеризуется ли белок H3;

Вариант 3:

- A) α связывается с γ в присутствии глюкагона;
- B) в присутствии глюкагона нарушаются контакты белков α и β ;
- C) H3 связывается с H4 только в отсутствие глюкагона;
- D) при добавлении глюкагона белок γ теряет контакты с белком β , но они оба остаются связаны с белком α ;
- E) из эксперимента следует, что белок H4 существует в виде димера;
- F) дизайн этого эксперимента не позволяет определить, димеризуется ли белок γ в ответ на добавление глюкагона;

Задание 13 (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 14 (ID 20) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Американские норки (*Mustela vison*) линии серебристо-голубая (Platinum) при скрещивании с норками линии кобальтовая (Cobalt) в F1 всегда дают потомков стандартной коричневой окраски (окрас дикого типа). Во втором поколении гибридов (F2) получают потомки дикого типа, серебристо-голубые, кобальтовые, а также рождаются норчата нового окраса американский топаз (american topaz). Причем, при скрещивании животных окраса американский топаз между собой потомство всегда единообразно и имеет окрас американский топаз.

Проанализируйте результат скрещиваний и укажите верные утверждения.

Вариант 1:

- A) Окрасы линий серебристо-голубая и кобальтовая обусловлены действием разных аллелей одного гена;
- B) От возвратного скрещивания гибридов F1 с родителем породы кобальтовая можно ожидать норчат дикого типа и кобальтовых в соотношении 1 : 1;
- C) В F2 детеныши серебристо-голубого и кобальтового окраса могут родиться с равной вероятностью;
- D) При скрещивании норок окраса американский топаз с чистопородными кобальтовыми все потомки будут иметь окрас американский топаз;
- E) Потомки дикого типа из F2 могут быть как гомо- так и гетерозиготами по генам, определяющим окрас;
- F) Потомки от скрещивания гибридов F1 с норками американский топаз никогда не будут иметь окрас американский топаз.

Вариант 2:

- A) Окрасы линий серебристо-голубая и кобальтовая обусловлены действием разных генов;
- B) От возвратного скрещивания гибридов F1 с родителем серебристо-голубого окраса можно ожидать норчат дикого типа и серебристо-голубых в соотношении 1 : 1;
- C) В F2 детеныши серебристо-голубого и кобальтового окраса могут родиться с равной вероятностью;
- D) При скрещивании норок окраса американский топаз с чистопородными серебристо-голубыми все потомки будут иметь окрас американский топаз;
- E) При скрещивании норок окраса американский топаз с чистопородными кобальтовыми все потомки будут иметь окрас американский топаз;
- F) Потомки дикого типа из F2 могут быть как гомо- так и гетерозиготами по генам, определяющим окрас;

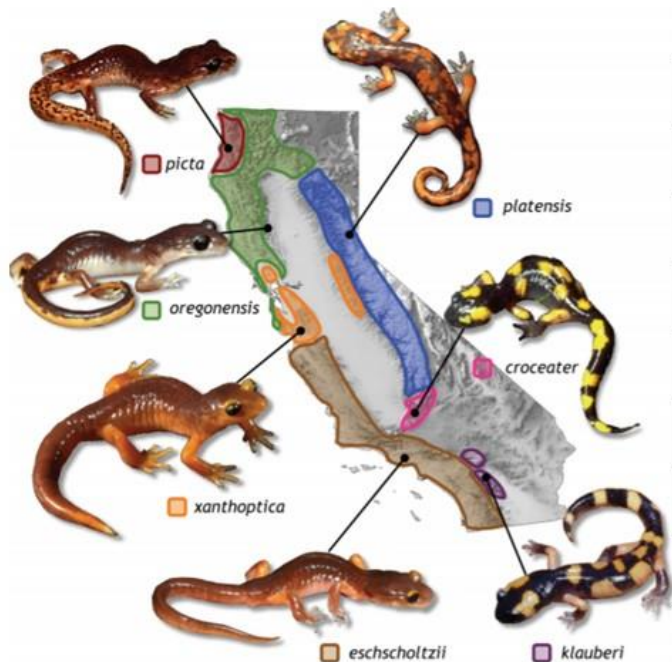
Вариант 3:

- A) Окрасы линий серебристо-голубая и кобальтовая обусловлены действием разных аллелей одного гена;
- B) От возвратного скрещивания гибридов F1 с родителем серебристо-голубого окраса можно ожидать норчат дикого типа и серебристо-голубых в соотношении 1 : 1;
- C) В F2 детеныши с окрасом дикого типа рождаются чаще детенышей других окрасов;
- D) При скрещивании норок окраса американский топаз с чистопородными серебристо-голубыми все потомки будут иметь окрас американский топаз;
- E) Потомки дикого типа из F2 могут быть как гомо- так и гетерозиготами по генам, определяющим окрас;
- F) Потомки от скрещивания гибридов F1 с норками американский топаз никогда не будут иметь окрас американский топаз.

Задание 15 (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:

- А) *E.e. klauberi* эволюционно более близки к *E.e. eschscholtzii*, чем к *E.e. croceater*;
- В) 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;
- С) ген из генофонда *E.e. croceater* из-за генетических барьеров никоим образом не может попасть в генофонд *E.e. eschscholtzii*;
- Д) 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;
- Е) генетически близкие представители вида могут иметь сильно отличающиеся экологические предпочтения;
- Ф) *E.e. xanthoptica* и *E.e. platensis* скорее симпатрические подвиды, чем аллопатрические;

Вариант 2:

- А) *E.e. klauberi* эволюционно более близки к *E.e. croceater*, чем к *E.e. eschscholtzii*;
- В) 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;
- С) 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;

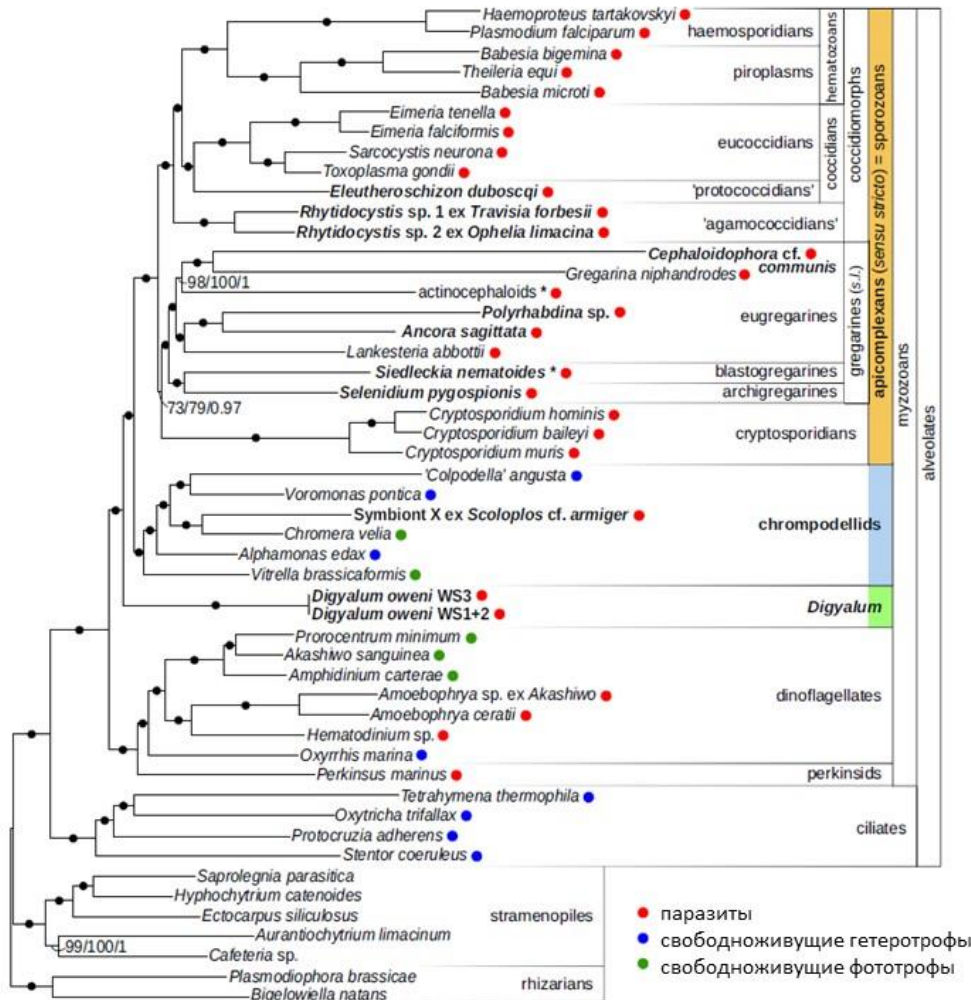
Вариант 3:

- 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;

Задание 16 (ID 22) – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Вам представлено филогенетическое древо апикомплексов (паразитических протистов) в окружении родственных групп. Справа указаны организмы, от них отходят ветви. Схождение ветвей показывает родство. В современной систематике для классификации предпочитают использовать лишь группы организмов, которые включают в себя всех потомков выбранного предка. Такие группы называют монофилетическими.



Вам нужно проанализировать древо и выбрать соответствующие ему гипотезы, которые ранее были предложены учеными.

Вариант 1:

- A) паразитические альвеоляты (alveolates) образуют монофилетическую группу;
- B) древо поддерживает гипотезу о монофилии гregarин (gregarines s.l.);
- C) паразиты человека из родов *Plasmodium*, *Toxoplasma*, *Babesia*, *Cryptosporidium* более родственны друг к другу, чем к гregarинам (gregarines)
- D) фототрофные альвеоляты из родов *Prorocentrum*, *Akashiwo*, *Amphidinium* более родственны некоторым паразитическим альвеолятам, чем фототрофным *Chromera* и *Vitrella*;
- E) группы dinoflagellates и perkinsids вместе формируют монофилетическую группу;
- F) инфузории (ciliates) более родственны представителем из группы alveolates, а не группы stramenopiles.

Вариант 2:

- A) паразитические альвеоляты (alveolates) образуют монофилетическую группу;

- В) древо поддерживает гипотезу о монофилии свободно живущих фототрофов среди альвеолят (alveolates)
- С) паразиты человека из родов *Plasmodium*, *Toxoplasma*, *Babesia*, *Cryptosporidium* более родственны друг к другу, чем к грегаринам (gregarines)
- Д) группы eugregarines и archigregarines вместе формируют монофилетическую группу;
- Е) группы dinoflagellates и perkinsids вместе формируют монофилетическую группу;
- Ф) инфузории (ciliates) более родственны представителем из группы alveolates, а не группы stramenopiles.

Вариант 3:

- А) паразитические альвеоляты (alveolates) не образуют монофилетическую группу;
- В) древо поддерживает гипотезу о монофилии грегаринов (gregarines s.l.);
- С) паразиты человека из родов *Plasmodium*, *Toxoplasma*, *Babesia*, *Cryptosporidium* более родственны друг к другу, чем к грегаринам (gregarines)
- Д) фототрофные альвеоляты из родов *Prorocentrum*, *Akashiwo*, *Amphidinium* более родственны некоторым паразитическим альвеолятам, чем фототрофным *Chromera* и *Vitrella*;
- Е) группы eugregarines и archigregarines вместе формируют монофилетическую группу;
- Ф) инфузории (ciliates) более родственны представителем из группы stramenopiles, а не группы alveolates;

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.

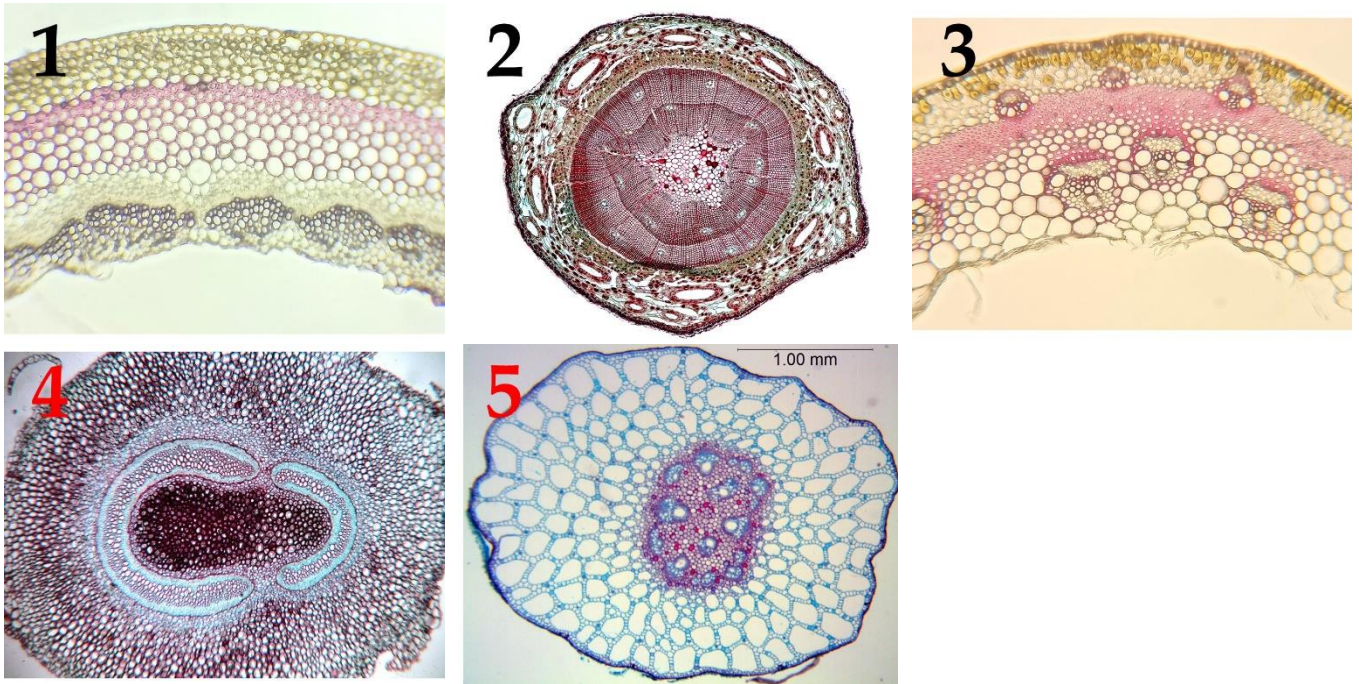
За каждое неверное соответствие – 0 баллов.

Задание 17 (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

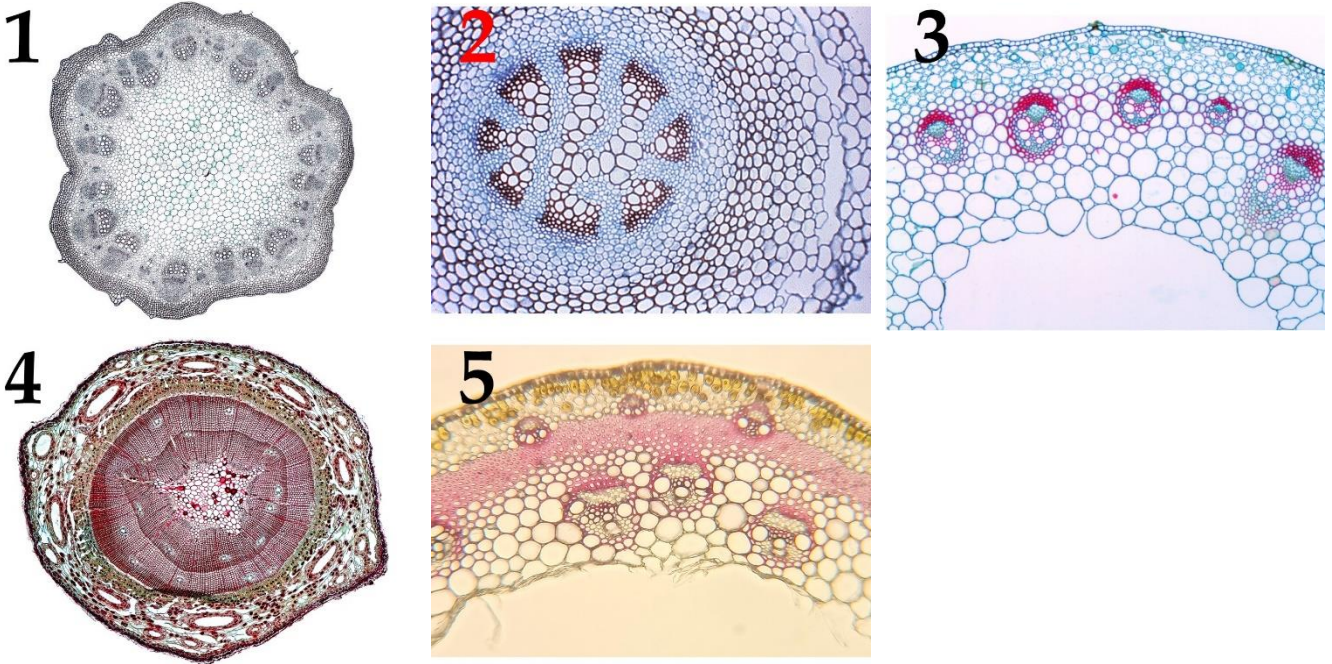
Картинка	1	2	3	4	5
Таксон	B	E	A	C	A
Характеристика	V	VI	VII	IV	I

Задание 17 (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:

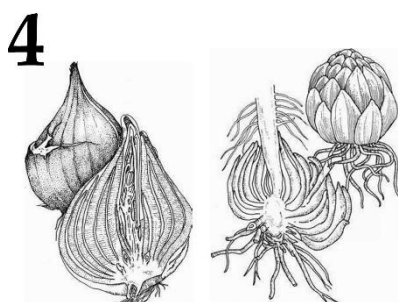
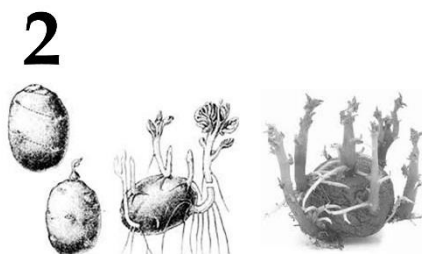
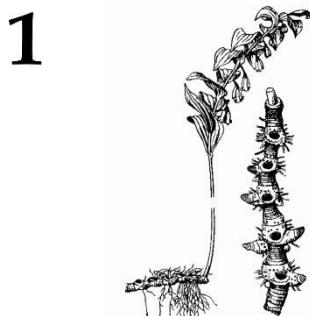
Вариант 2

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

Задание 18 (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 18 (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:

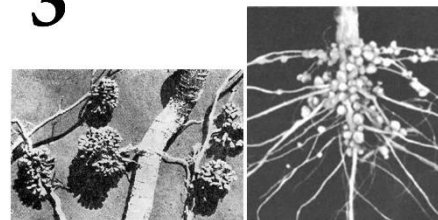
1



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

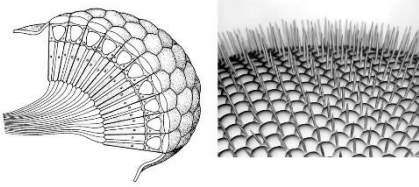
Рисунок	1	2	3	4	5
Название	B	I	D	F	E
Происхождение	I	II	I	II	II

Задание 19 (ID 25) – 5 баллов

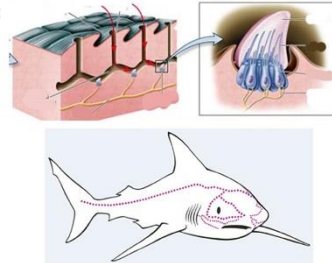
Вариант 1:

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:

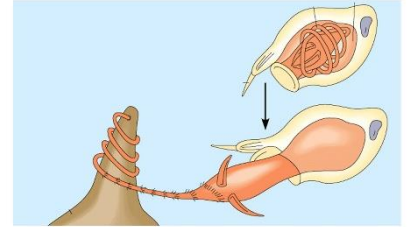
1



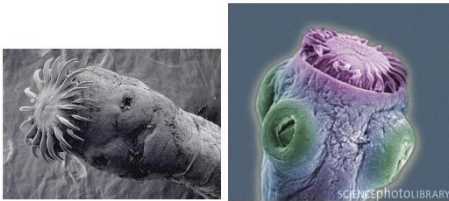
2



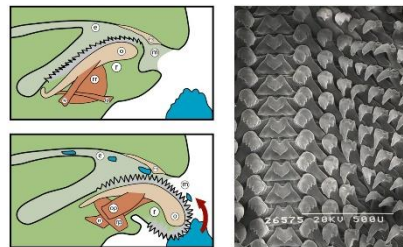
3



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 Хелицерные (*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 19 (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:

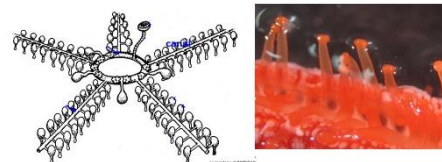
1



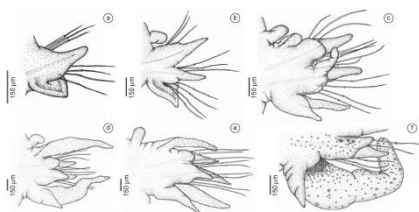
2



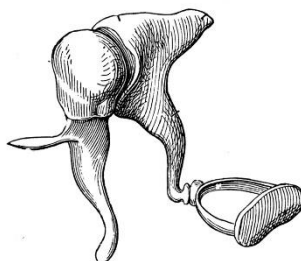
3



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 20 (ID 26) – 5 баллов

Вариант 1

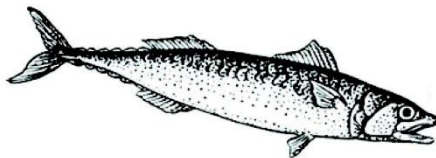
Известно, что приспособления к определённым условиям и образу жизни ярко проявляются во внешней морфологии живых организмов.

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.

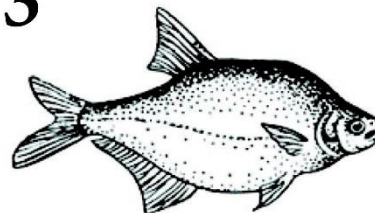
1



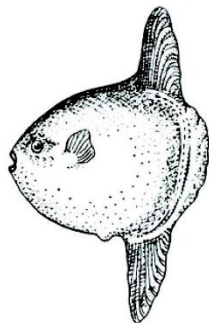
2



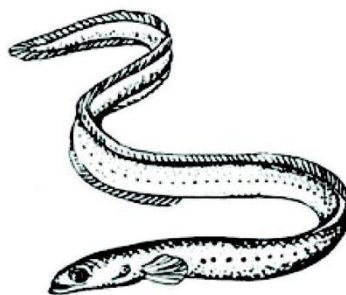
3



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) 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 1

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

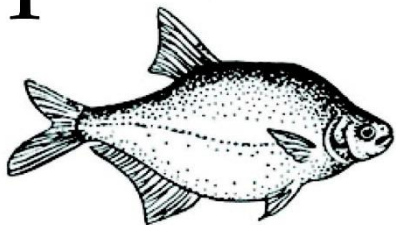
Задание 20 (ID 26) – 5 баллов

Вариант 2

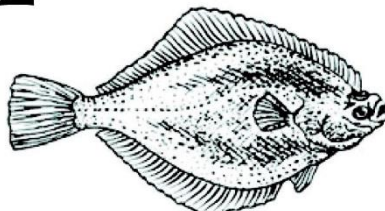
Известно, что приспособления к определённым условиям и образу жизни ярко проявляются во внешней морфологии живых организмов.

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.

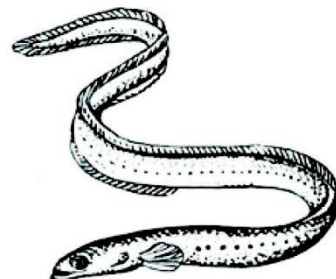
1



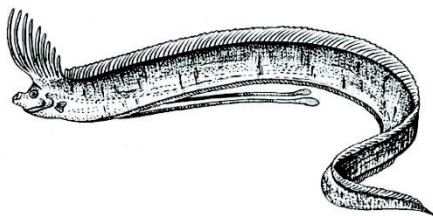
2



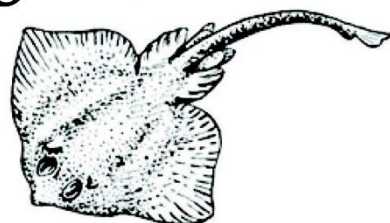
3



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 21 (ID 28) – 5 баллов

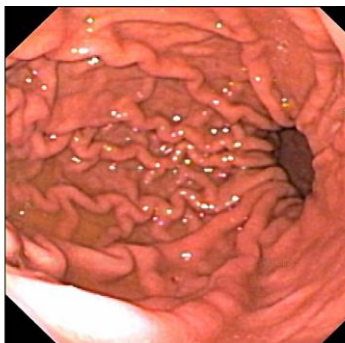
Вариант 1

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



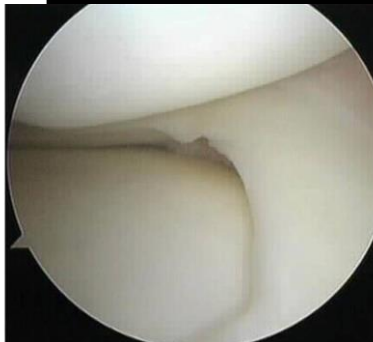
2



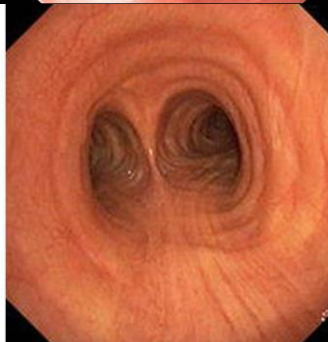
3



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:

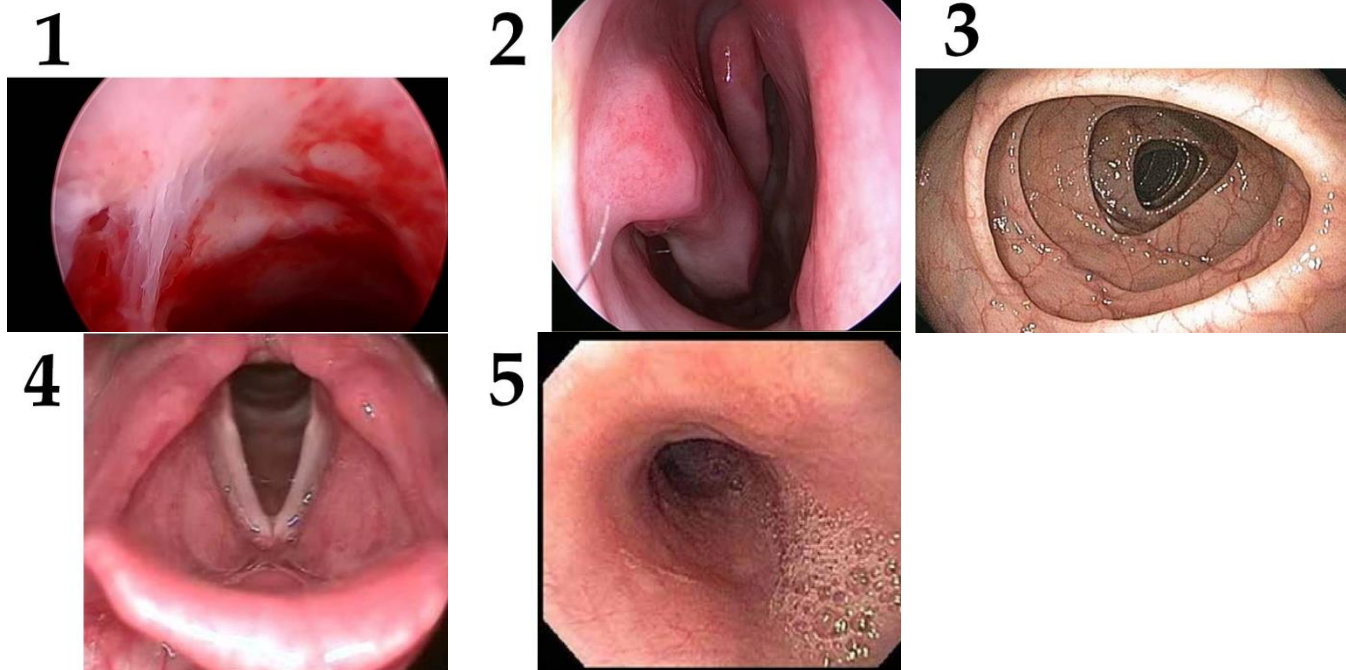
Вариант 1

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

Задание 21 (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

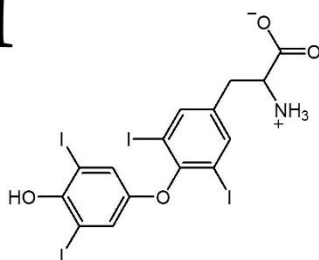
Картинка	1	2	3	4	5
Орган	J	D	G	E	A
Характеристика	IV	VIII	VII	I	II

Задание 22 (ID 29) – 5 баллов

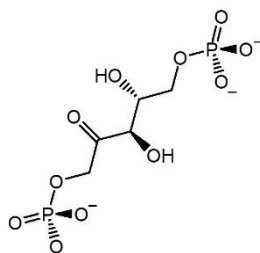
Вариант 1

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.

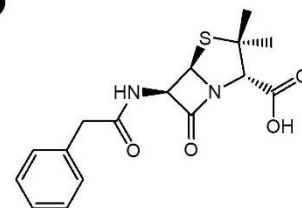
1



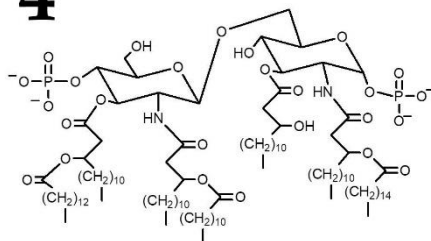
2



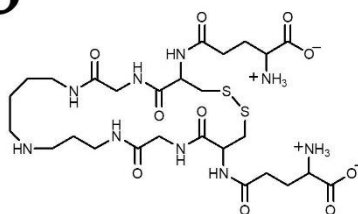
3



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

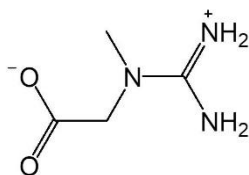
Структура	1	2	3	4	5
Организм	A	E	B	D	C
Характеристика	III	IV	II	I	V

Задание 22 (ID 29) – 5 баллов

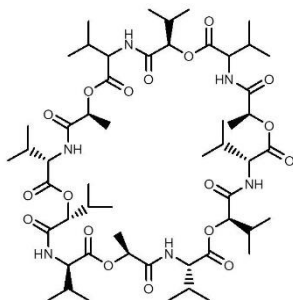
Вариант 2

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.

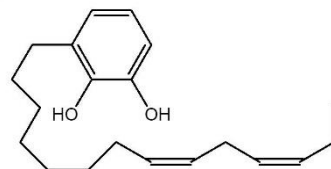
1



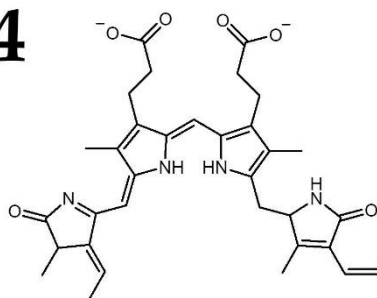
2



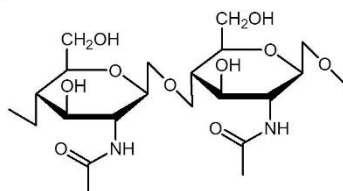
3



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:

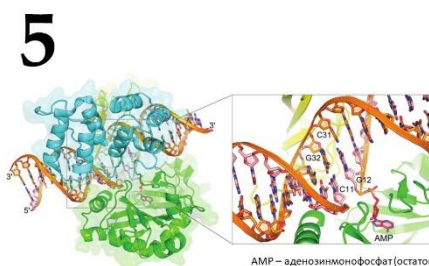
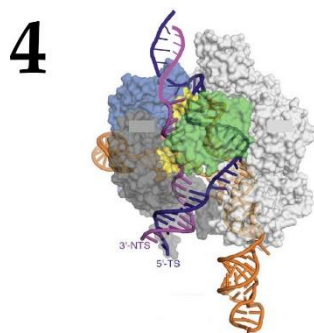
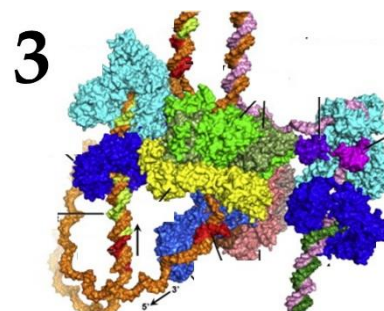
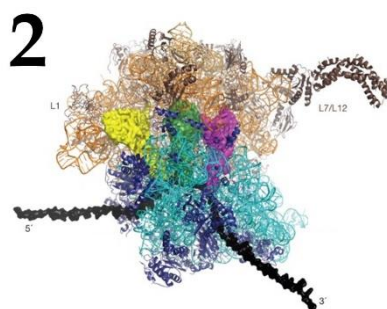
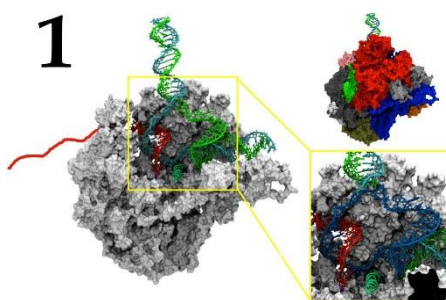
Вариант 2

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

Задание 23 (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:

- А) Реплисома (комплекс репликативной вилки);
- В) ДНК-лигаза;
- С) РНК-полимераза;
- Д) Рибосома;
- Е) 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:

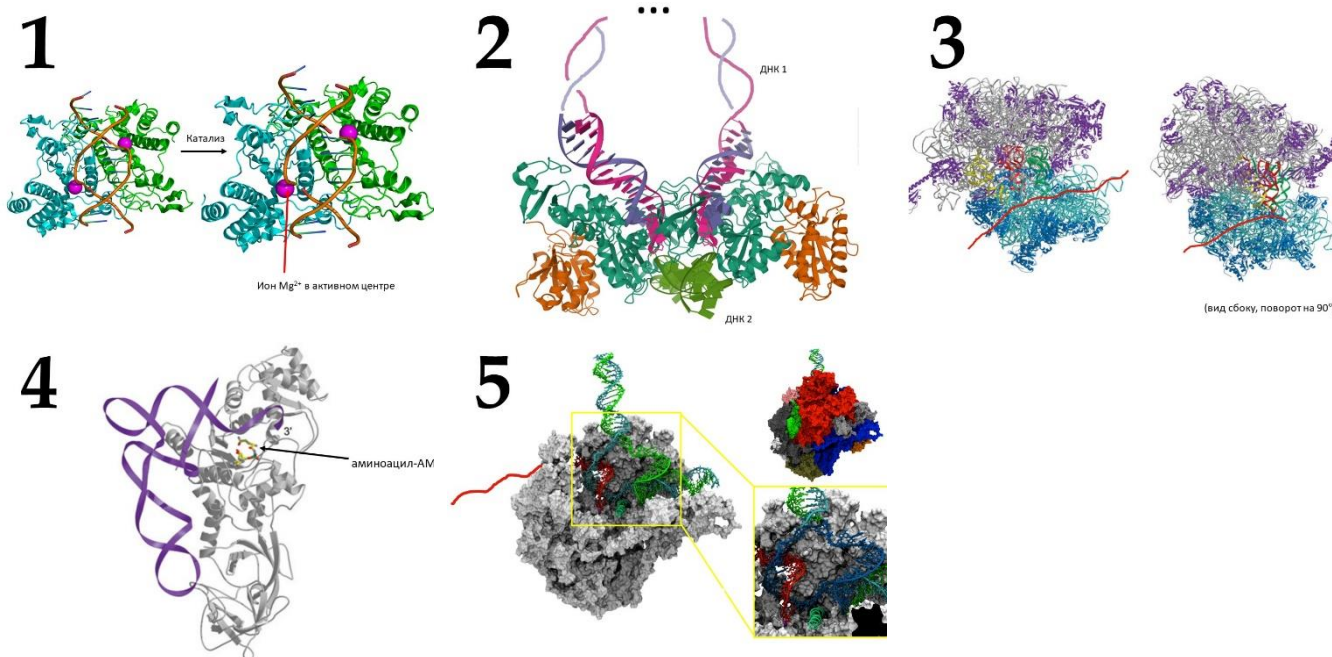
Вариант 1

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

Задание 23 (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:

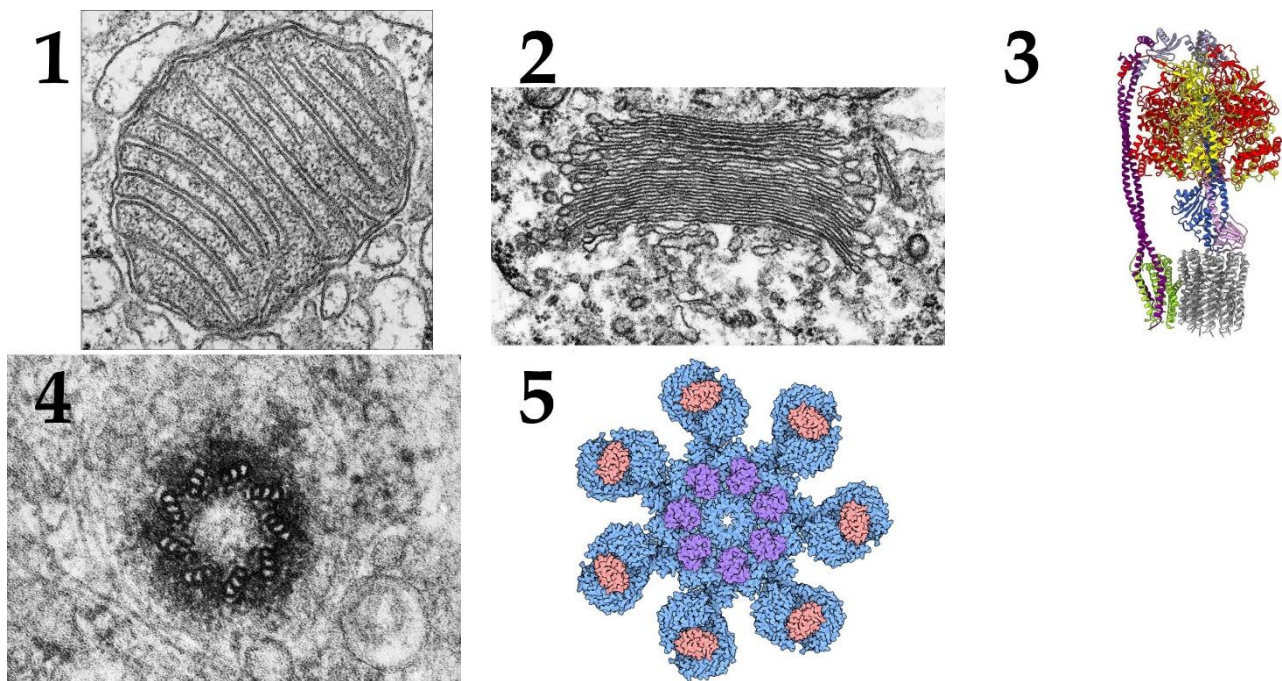
Вариант 2

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

Задание 24 (ID 31) – 5 баллов

Вариант 1

В данном задании изображены различные субклеточные структуры. Вам необходимо определить названия этих структур и соотнести каждую с подходящей ей функциональной характеристикой из списка.



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

- A) Ядро;
- B) Митохондрия;
- C) Десмосома;
- D) Нуклеосома;
- E) Жгутик;
- F) АТФ синтаза;
- G) Центриоль;
- H) Комплекс Гольджи;
- I) Хромосомы;
- J) Апоптосома;

Список характеристик:

- I) Белковый комплекс, играющий ключевую роль в созревании эффекторных каспаз при апоптозе.
- II) Белковый комплекс, использующий энергию химического градиента ионов для синтеза АТФ.
- III) Находящаяся в центре клетки, состоящая из микротрубочек структура.
- IV) Система одномембранных цистерн и везикул, играющая важную роль во внутриклеточном транспорте.
- V) Двумембранная органелла, в которой протекают окислительные процессы.

Ответ:

Вариант 1

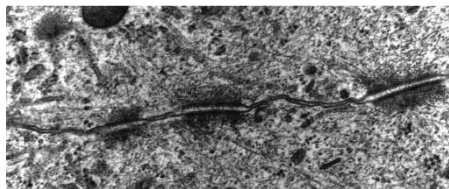
Изображение	1	2	3	4	5
Структура	B	H	F	G	J
Характеристика	V	IV	II	III	I

Задание 24 (ID 31) – 5 баллов

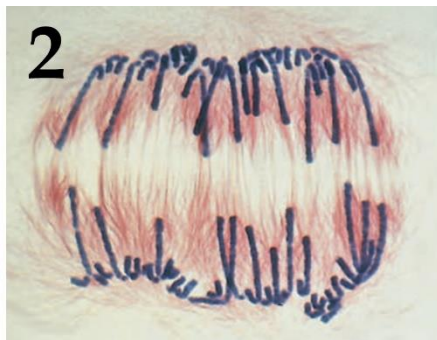
Вариант 2

В данном задании изображены различные субклеточные структуры. Вам необходимо определить названия этих структур и соотнести каждую с подходящей ей функциональной характеристикой из списка.

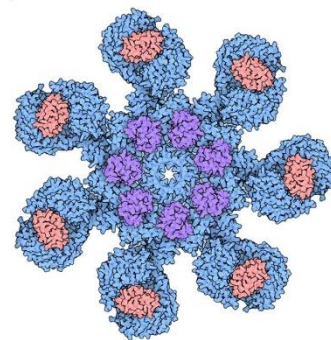
1



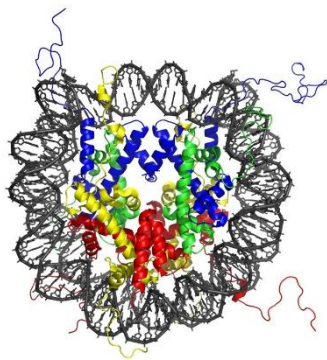
2



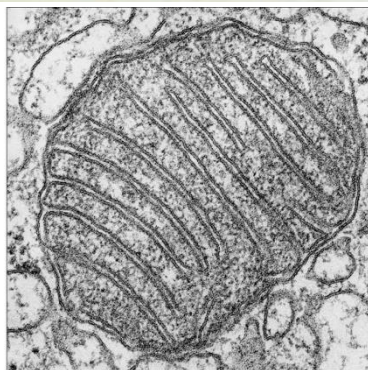
3



4



5



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

- A) Ядро;
- B) Митохондрия;
- C) Десмосома;
- D) Нуклеосома;
- E) Жгутик;
- F) АТФ синтаза;
- G) Центриоль;
- H) Комплекс Гольджи;
- I) Хромосомы;
- J) Апоптосома;

Список характеристик:

- I) Двумембранная органелла, в которой функционирует дыхательная электрон-транспортная цепь.
- II) Прочный межклеточный контакт, заякоренный на промежуточные филаменты.
- III) Белковый комплекс, играющий ключевую роль в созревании эффекторных каспаз при апоптозе.
- IV) Компактизованные молекулы ДНК.
- V) ДНК-белковый комплекс участвующий в компактизации и регуляции экспрессии генома.

Ответ:

Вариант 2

Изображение	1	2	3	4	5
Структура	С	I	J	D	B
Характеристика	II	V	III	IV	I

Задание 25 (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 25 (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

Задание 26 (ID 33) – 5 баллов

Вариант 1:

Сходство структур и свойств двух организмов может быть обусловлено как их общим происхождением, так и различным происхождением в результате параллельной эволюции. В первом случае такие структуры и свойства называются гомологичными, а во втором – аналогичными. Сопоставьте структуры и свойства, характерные для пары организмов (1-5), аналогичному или гомологичному характеру их происхождения (I или II), а также дополнительным фактам (A-F):

- 1) спинной плавник дельфина-белобочки (*Delphinus delphis*) и тигровой акулы (*Galeocerdo cuvier*)
- 2) хождение на двух конечностях большого рыжего кенгуру (*Macropus rufus*) и человека разумного (*Homo sapiens*)
- 3) амнион у домового воробья (*Passer domesticus*) и человека разумного (*Homo sapiens*)
- 4) клеточная стенка у клеток кукурузы (*Zea mays*) и кишечной палочки (*Escherichia coli*)
- 5) органы полёта летучей мыши большой ночницы (*Myotis myotis*) и птерозавра сордеса (*Sordes pilosus*)

Список дополнительных фактов (список избыточен):

- A) один из организмов является вымершим;
- B) оба организма – млекопитающие;
- C) у одного из организмов ни одна клетка не содержит ядра;
- D) признак описывает эмбриональную структуру, характерную лишь для рептилий, птиц и млекопитающих;
- E) у одного из организмов 3 пары конечностей;
- F) у одного организма в отличие от другого отсутствует костный скелет, причём у обоих хотя бы на одном из этапов онтогенеза присутствует хорда.

Характер сходства:

- I) аналогия;
- II) гомология.

Ответ:

Вариант 1

Пара	1	2	3	4	5
Дополнительный факт	F	B	D	C	A
Характер сходства	I	I	II	I	I

Задание 26 (ID 33) – 5 баллов

Вариант 2:

Сходство структур и свойств двух организмов может быть обусловлено как их общим происхождением, так и различным происхождением в результате параллельной эволюции. В первом случае такие структуры и свойства называются гомологичными, а во втором – аналогичными. Сопоставьте структуры и свойства, характерные для пары организмов (1-5), аналогичному или гомологичному характеру их происхождения (I или II), а также дополнительным фактам (A-F):

- 1) алланотис у миссисипского аллигатора (*Alligator mississippiensis*) и человека разумного (*Homo sapiens*)
- 2) органы полёта летучей мыши большой ночницы (*Myotis myotis*) и птерозавра сордеса (*Sordes pilosus*)
- 3) наружное ухо кошки (*Felis silvestris*) и человека разумного (*Homo sapiens*)
- 4) органы для рецепции инфракрасного света у змеи полосатого гремучника (*Crotalus horridus*) и стрекозы *Anax junius*
- 5) клеточная стенка у клеток овёса (*Avena fatua*) и кишечной палочки (*Escherichia coli*)

Список дополнительных фактов (список избыточен):

- A) один из организмов является вымершим;
- B) оба организма – млекопитающие;
- C) у одного из организмов ни одна клетка не содержит ядра;
- D) признак описывает эмбриональную структуру, характерную лишь для рептилий, птиц и млекопитающих;
- E) у одного из организмов 3 пары конечностей;
- F) у одного организма в отличие от другого отсутствует костный скелет, причём у обоих хотя бы на одном из этапов онтогенеза присутствует хорда.

Характер сходства:

- I) аналогия;
- II) гомология.

Ответ:

Вариант 2

Пара	1	2	3	4	5
Дополнительный факт	D	A	B	E	C
Характер сходства	II	I	II	I	I

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 27 (ID 39) – Максимум 12 баллов

В 1976 г. Карлтон Гайдушек получил Нобелевскую премию по медицине за изучение фатальной болезни «куру», поражающей мозг аборигенов Новой Гвинеи. После ритуального поедания мозгов умерших сородичей представители племени Форе страдали от бессонницы и головокружения, развивались прогрессирующее нарушение ходьбы, дрожь и судороги в конечностях, тотальное слабоумие с бессмысленной улыбкой и слепота. Наблюдения Гайдушека и его коллег привели к открытию патологических инфекционных белков – прионов.

Структура изоформы PrP^C приона, функционирующего в организме в норме, содержит 40% альфа-спиралей и 3% бета-складок, в то время как патологическая изоформа PrP^{Sc} приона на 45% состоит из бета-складок, и на 30% - из альфа-спиралей. Эта патологическая изоформа крайне стабильна - ее невозможно обезвредить ни антисептиками, ни формалином, ни кипячением, ни заморозкой, ни ферментами, ни УФ-излучением, ни радиацией. PrP^{Sc} образует плотные высокоупорядоченные депозиты в тканях. Инкубационный период после инфицирования прионами может длиться больше 30 лет, но после появления первых симптомов болезнь вызывает смерть в течение нескольких месяцев.

1. Прионные белки – единственные инфекционные частицы, не требующие для размножения нуклеиновых кислот. Каким образом происходит размножение PrP^{Sc} в организме?
2. Ген прионного белка, расположенный у человека на 20 хромосоме, обладает высокой консервативностью среди млекопитающих – какой вывод можно сделать о функциях приона?
3. К.Гайдушек отмечал, что при куру у пациентов не наблюдается температуры и других признаков воспаления. Почему прионный белок, будучи инфекционным возбудителем, накапливающимся в клетках в виде аномальных депозитов, не вызывает иммунной реакции организма?
4. Какой метод световой микроскопии позволяет обнаружить депозиты прионного белка в тканях и почему?
5. При прионных болезнях развивается губчатая энцефалопатия. На основе описанных выше клинических признаков определите наиболее частые зоны поражения ЦНС.
6. Белки со сверхстабильной третичной структурой редко используются в организме, однако, в ЦНС белки с «памятью формы» нашли свое применение. Предположите, каким образом в ЦНС используются такие белки.

Ответ:

1. Прионные белки – единственные инфекционные частицы, не требующие для размножения нуклеиновых кислот. Каким образом происходит размножение PrP^{Sc} в организме?

Патологическая изоформа PrP^{Sc} является более энергетически выгодной с точки зрения термодинамики (1 балл), поэтому при непосредственном контакте заставляет физиологичный PrP^C белок перестраивать свою вторичную и третичную структуры - этот процесс называется конверсией прионов (1 балл).

2. Ген прионного белка, расположенный у человека на 20 хромосоме, обладает высокой консервативностью среди млекопитающих – какой вывод можно сделать о функциях приона?

Мутации в консервативных участках генома приводят к нежизнеспособности организма, поэтому они быстро отсеиваются естественным отбором (0,5 балла). Это означает, что консервативные гены, в том числе гены прионных белков, сохраняют в процессе эволюции свою исходную последовательность, так как они ответственны за ключевые функции в клетке, такие как деление, защита от кислородного стресса, контроль апоптоза, дифференцировки и регенерации (0,5 балла).

3. К.Гайдушек отмечал, что при куру у пациентов не наблюдается температуры и других признаков воспаления. Почему прионный белок, будучи инфекционным возбудителем, накапливающимся в клетках в виде аномальных депозитов, не вызывает иммунной реакции организма?

Важно отметить, что переход от PrP^C к PrP^{Sc} приведет к образованию новой конформации прионного белка, которая будет распознаваться антителами, как чужеродный белок (т.к. когда шла селекция В-лимфоцитов, то с данным прионным белком в его паталогической изоформе клетки не встречались). Показано, что В-лимфоциты с помощью антител способны узнавать PrP^{Sc}, расположенный на мембране клеток (да, он трансмембранный белок, характерный не только для нервных клеток). Такие В-лимфоциты даже могут активироваться (с помощью TLR-рецепторов), но попадая внутрь В-лимфоцита, PrP^{Sc} нарушает его работу, поэтому эффективная продукция антител становится невозможной (1 балл)

Кроме того, прион в нормальной изоформе, которого становится все меньше, участвует в активации иммунных клеток в ответ на распознавание чужеродных агентов (1 балл).

4. Какой метод световой микроскопии позволяет обнаружить депозиты прионного белка в тканях и почему?

Депозиты прионного белка состоят из высокоупорядоченных элементов, поэтому при прохождении через них поляризованного света они, как многие кристаллы, проявляют свойство двойного лучепреломления (анизотропии) (1 балл) – при использовании поляризационного светового микроскопа (1 балл) депозиты будут светиться, отражая поляризованный свет под углом, который может зафиксировать анализирующий световой фильтр микроскопа, а окружающие ткани будут темными, так как поляризованный свет в них рассеивается под разными углами.

Примечание: в данном случае речь идет именно о методе световой микроскопии, а не о методе окрашивания (например, с помощью флуоресцентных антител или слияния PrP^C с флуоресцентными белками). Поэтому вариант флуоресцентной микроскопии не засчитывался. Так же не засчитывались другие методы, не связанные со световой микроскопией (ЯМР, криоЭМ и т.д.)

5. При прионных болезнях развивается губчатая энцефалопатия. На основе описанных выше клинических признаков определите наиболее частые зоны поражения ЦНС.

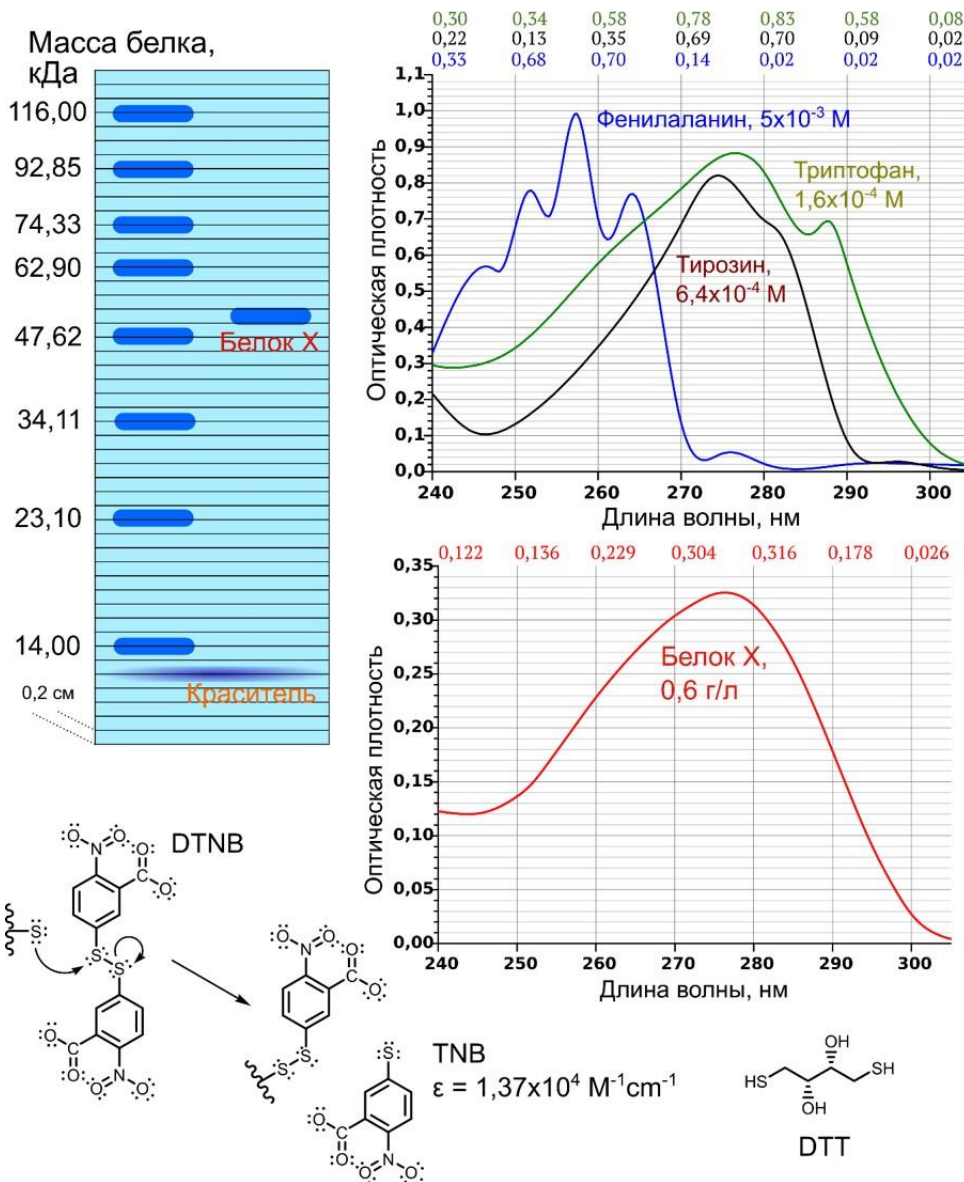
Развитие бессонницы связано с поражением гипоталамических ядер в области перекреста зрительных нервов – так называемых центров сна и светозависимой регуляции цикла сна-бодрствования (0,5 балла). Развитие дрожи в конечностях и нарушения походки указывает на повреждение экстрапирамидной системы – мозжечка и базальных ядер (0,5 балла). Судороги и прогрессирующее слабоумие, слепота связаны с дегенерацией коры больших полушарий (1 балл). Более общие варианты ответа «головной мозг» или «спинной мозг» не засчитывались.

6. Белки со сверхстабильной третичной структурой редко используются в организме, однако, в ЦНС белки с «памятью формы» нашли свое применение. Предположите, каким образом в ЦНС используются такие белки.

Белки с памятью формы – это молекулярная основа долговременной памяти, так стабильная форма прионных белков позволяет надежно закрепить синаптические контакты между клетками (1 балл). Также прионные белки используются в супрахиазмальном ядре для светозависимой регуляции цикла сна-бодрствования, так как цикл синтеза и разрушения белков со стабильной структурой в СХЯ соответствует земным суткам (1 балл). Так же засчитывались (0,5 балла) любые другие варианты не противоречащие биологической логике.

Задание 28 (ID 40) – Максимум 9 баллов

Исследователи изучают некий чистый белок X из бактерий *Salmonella enterica* серовара *Typhimurium*. Первым делом препарат, инкубированный в присутствии 5 мМ (ммоль/литр) DTT, подвергли SDS-электрофорезу по Лэммли, результаты которого представлены в верхней левой части рисунка. Далее ученые прописали спектр поглощения белка X, также обработанного 5 мМ DTT, в присутствии 8 М мочевины в слабокислых условиях (pH = 6.5). На рисунке также представлены спектры трех индивидуальных ароматических аминокислот в той же системе. Известно, что белок X не содержит гистидина, а поглощением цистеинов в данных условиях можно пренебречь. Наконец, к 2 мл белка X с концентрацией 0,7 г/л в специальном деоксигенированном буфере, содержащем 6 М гуанидин хлорид, добавили 200 мкл 10 мМ DTNB. Препарат инкубировали 5 минут, после чего измерили поглощение при длине волны 412 нм против контроля, содержавшего все компоненты системы кроме белка. Полученная величина составила 0,67. Наконец, ученые провели аналогичный эксперимент за тем исключением, что белок X предварительно инкубировали в присутствии 5 мМ DTT с последующей отмывкой при помощи диализа. В этом варианте опыта поглощение оказалось равным 1,01. Во всех случаях ширина кювет для спектрофотометрических измерений была равна 1 см. ϵ соответствует коэффициенту молярного поглощения.



1. Постройте зависимость десятичного логарифма молярной массы $\lg(M, \text{г/моль})$ белков-маркеров (кДа соответствует 1000 г/моль) от относительной электрофоретической подвижности R_f . Данная величина равняется расстоянию, которое преодолел белок в геле, деленному на расстояние, которое преодолел краситель. При анализе картинки ориентируйтесь на центры пятен. Запишите полученное уравнение регрессии $\lg(M) = a \cdot R_f + b$. Укажите значения коэффициентов a и b с точностью до двух знаков после запятой.
2. Какова молярная масса белка X? Ответ укажите с точностью до тысяч Да.
3. Зачем буфер для измерения поглощения белка X содержал мочевины?
4. Рассчитайте количество остатков фенилаланина, тирозина и триптофана в белке X. При анализе спектров поглощения используйте только те длины волн, для которых на графики нанесены опорные линии.
5. (вопрос снят)
6. Каков формальный заряд молекулы TNB, изображенной на рисунке?

Ответ:

1. Постройте зависимость десятичного логарифма молярной массы $\lg(M, \text{г/моль})$ белков-маркеров (кДа соответствует 1000 г/моль) от относительной электрофоретической подвижности R_f . Данная величина равняется расстоянию, которое преодолел белок в геле, деленному на расстояние, которое преодолел краситель. При анализе картинки ориентируйтесь на центры пятен. Запишите полученное уравнение регрессии $\lg(M) = a \cdot R_f + b$. Укажите значения коэффициентов a и b с точностью до двух знаков после запятой.

$\lg(M) = 5,14 - R_f \cdot 1,04$. Задание специально составлено так, что точки идеально ложатся на прямую, потому при аккуратных вычислениях разночтений быть не может. (2 балл)

2. Какова молярная масса белка X? Ответ укажите с точностью до тысяч Да.

52 кДа. (1 балл, если масса посчитана без ответа на 1 вопрос, то 0 баллов)

3. Зачем буфер для измерения поглощения белка X содержал мочевины?

Для того чтобы развернуть белок X. (1 балл) В противном случае коэффициенты поглощения свободных аминокислот могут не совпадать с коэффициентами поглощения остатков аминокислот в белковом окружении, что сделает невозможной их количественную оценку (1 балл).

4. Рассчитайте количество остатков фенилаланина, тирозина и триптофана в белке X. При анализе спектров поглощения используйте только те длины волн, для которых на графики нанесены опорные линии.

13-18 фенилаланинов, 5-7 тирозинов, 3-5 триптофана (по 1 баллу, всего 3 балла)

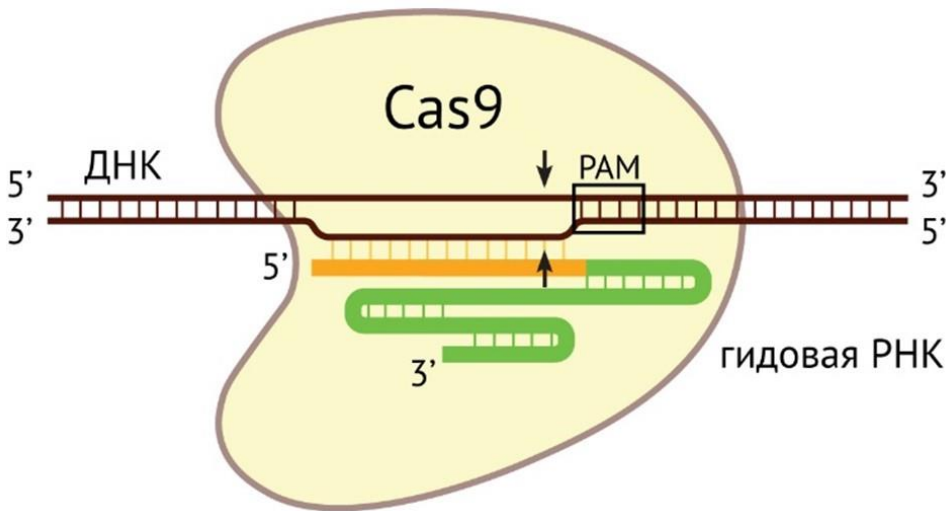
5. Вопрос снят

6. Каков формальный заряд молекулы TNB, изображенной на рисунке?

Формальный заряд равен -2. Заряд есть у сульфгидрильной и карбоксильной групп (1 балл).

Задание 29 (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:

```

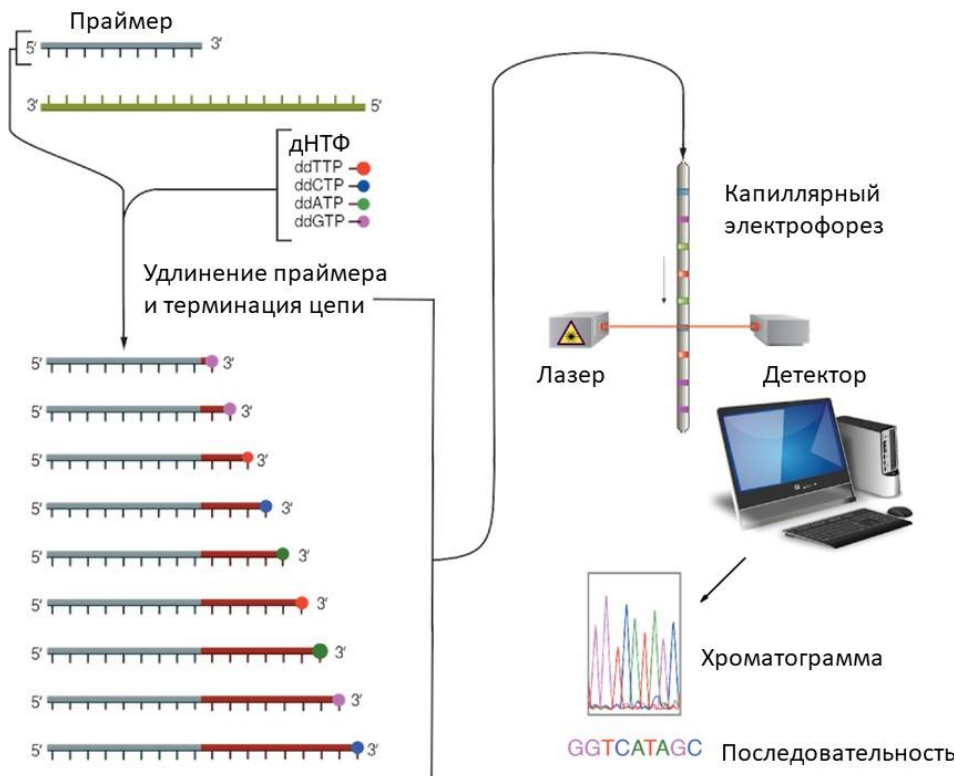
AGAAGACACTCTGGACACCACTATGGACAGCCTCTTGATGAACCGGAGGAAGTTTCTTTACCAATTCAAA
AATGTCCGCTGGGCTAAGGGTCGGCGTGAGACCTACCTGTGCTACGTAGTGAAGAGGCGTGACAGTGCTAC
ATCSTTTTCACTGGACTTTGGTTATCTTCGCAATAAGAACGGCTGCCACGTGGAATTGCTCTTCTCCGCT
ACATCTCGGACTGGGACCTAGACCCTGGCCGCTGCTACCGCGTCACCTGGTTACCTCCTGGAGCCCCTGCT
ACGACTGTGCCCGACATGTGGCCGACTTTCTGCGAGGGAACCCCAACCTCAGTCTGAGGATCTTACCCGCG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


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

AGAAGACACTCTGGACACCACTATGGACAGCCTCTTGATGAACCGGAGGAAGTTTCTTTACCAATTCAAA
 AATGTCCGCTGGGCTAAGGGTCGGCGTGAGACCTACCTGTGCTACGTAAGAGGCGTGACAGTGCTAC
 ATCCTTTTCACTGGACTTTGGTTATCTTCGCAATAAGAACGGCTGCCACGTGGAATTGCTCTTCCTCCGCT
 ACATCTCGGACTGGGACCTAGACCCTGGCCGCTGCTACCGCGTCACCTGGTTACCTCCTGGAGCCCCTGCT
 ACGACTGTGCCCGACATGTGGCCGACTTTCTGCGAGGGAACCCCAACCTCAGTCTGAGGATCTTCACCGCG
 CGCCTCTACTTCTGTGAGGACCGCAAGGCTGAGCCCAGGGGCTGCGGCGGCTGCACCGCGCCGGGGTGCA
 AATAGCCATCATGACCTTCAAAGAAAACCACGAAAGAACTTTCAAAGCCTGGGAAGGGCTGCATGAAAAT
 TCAGTTCGTCTCTCCAGACAGCTTCGGCGCATCCTTTTGCCCCTGTATGAGGTTGATGACTTACGAGACG
 CATTCGTACTTTGGGACTTTGATAG

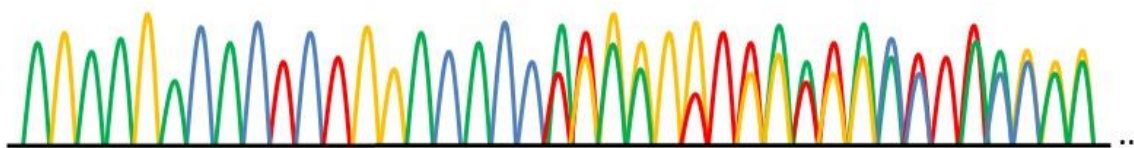
После проведения нокаута ученый получил линию клеток (популяцию клеток, произошедших из одной клетки). Для подтверждения нокаута ученый определил последовательность гена X с помощью секвенирования по Сэнгеру.

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).

AGAAGACACTCTGGACACCAATGAGGGTTGATGACTTACGAGACGCATTTCTGACTTTGGGACTTTGATAG

(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
 ACATCTCGGACTGGGACCTAGACCCTGGCCGCTGCTACCGCGTCACCTGGTTACCTCCTGGAGCCCCTGCT
 ACGACTGTGCCGACATGTGGCCGACTTTCTGCGAGGGAACCCCAACCTCAGTCTGAGGATCTTCACCGCG
 CGCCTCTACTTCTGTGAGGACCGCAAGGCTGAGCCCGAGGGGCTGCGGCGGCTGCACCGCGCCGGGGTGCA
 AATAGCCATCATGACCTTCAAAGAAAACCACGAAAGAACTTTCAAAGCCTGGGAAGGGCTGCATGAAAAT
 TCAGTTCGTCTCTCCAGACAGCTTCGGCGCATCCTTTTGCCCTGTATGAGGTTGATGACTTACGAGACG
 CATTTCTGACTTTGGGACTTTGATAG**

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 TGAGGTTGATGACTTACGAGACGCATTTCTACTTTGGGACTTTGATAG

AGAAGACACTCTGGACACCTGAGGTTGATGACTTACGAGACGCATTTCTACTTTGGGACTTTGATA

2 балла (по 1 баллу за каждую последовательность).

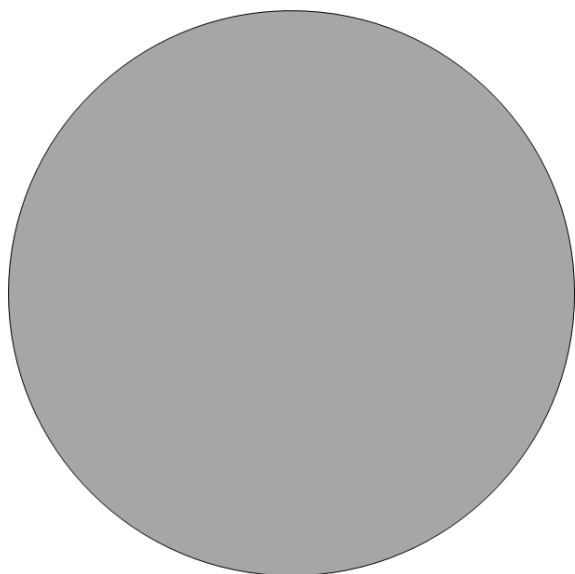
5. Будет ли в такой клеточной линии синтезироваться белок X?

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).

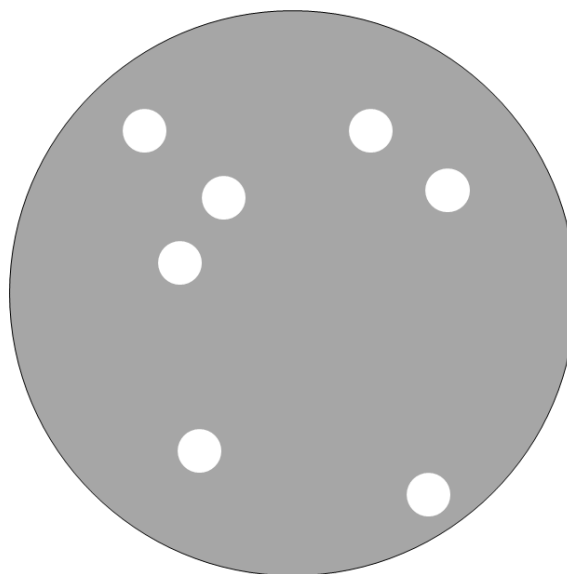
Задание 30 (ID 42) – Максимум 8 баллов

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 31 (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 плейотропным (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.

Задание 32 (ID 44) – Максимум 8 баллов

Митохондриальная ДНК людей в подавляющем большинстве случаев не рекомбинирует, изменения происходят в ней лишь за счет мутаций. Более того, скорость мутаций в геноме митохондрий на порядок больше, чем в ядерном геноме. Ученые во главе с Аланом Уилсоном (Allan Wilson) построили генеалогическое древо генотипов митохондрий и реконструировали исходный генотип митохондрий, от которого произошли все встречающиеся ныне у людей генотипы (mtDNA most recent common ancestor (MRCA)). Обладающая таким генотипом женщина называется Митохондриальной Евой (Mitochondrial Eve).

1. Какую роль играют генотипы митохондрий мужчин в общей генеалогии митохондрий человечества?
2. Корректно ли отождествлять Митохондриальную Еву с первой женщиной, потомками которой являются все люди?
3. Обязательно ли у 2 случайно взятых ныне живущих людей ближайшим общим предком их генотипов митохондрий будет генотип Митохондриальной Евы?
4. Аналогично Митохондриальной Еве можно выявить Y-хромосомного Адама (Y-chromosomal Adam). Обязательно ли они жили в одно время? Ответ поясните.

Ответ:

1. Какую роль играют генотипы митохондрий мужчин в общей генеалогии митохондрий человечества?

В подавляющем большинстве случаев потомкам передаются митохондрии от матери (1 балл), то есть генотип митохондрий отца будет лишь у него и потомком не передастся – будет являться тупиковой линией генеалогии митохондрий (1 балл).

2. Корректно ли отождествлять Митохондриальную Еву с первой женщиной, потомками которой являются все люди?

Нет, Митохондриальная Ева – описательный образ женщины, владеющий генотипом MRCA (1 балл). Одновременно с ней в популяции существовали и другие женщины, генотипы митохондрий которых не дошли до наших дней (1 балл).

3. Обязательно ли у 2 случайно взятых ныне живущих людей ближайшим общим предком их генотипов митохондрий будет генотип Митохондриальной Евы?

Нет (1 балл), ближайший общий предок митохондрий между 2 случайными людьми может находиться гораздо раньше, например, в пределах какой-либо крупной географической группы (данное пояснение – 1 балл).

4. Аналогично Митохондриальной Еве можно выявить Y-хромосомного Адама (Y-chromosomal Adam). Обязательно ли они жили в одно время? Ответ поясните.

Нет (1 балл), генеалогия митохондрий и Y-хромосомы различна, скорость мутаций, эффективность дрейфа и отбора также могут отличаться, это означает, что положение последних общие предков митохондрий и Y-хромосом не зависят друг от друга (данное пояснение – 1 балл).