



МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ

***олимпиады школьников
«ЛОМОНОСОВ»
по биологии***

2014/2015 учебный год

Ответы на задание отборочного этапа Олимпиады «Ломоносов-2015» по биологии 10–11 классы

Тестовая часть

Разминочное задание состоит из одного случайного вопроса из базы данных, правильное решение которого оценивалось в 1 балл. После отправки разминочного задания участнику становилось доступным основное задание. Основное задание открывается в любом случае: как в случае отправки правильного, так и неправильного ответа.

Далее правильные ответы выделены красным цветом.

Пример разминочного задания

У растения, представленного на фотографии, соцветие – это:



- а) Тирс
- б) Корзинка
- в) Головка**
- г) Початок

Первые 19 вопросов представляют собой тест с выбором одного правильного решения из 4 возможных. За каждый правильный ответ участник получает 1 балл. Вопросы для каждого из участников подбираются индивидуально – случайным образом из общей базы данных.

Ниже даны примеры тестов из основного задания (правильный ответ показан красным цветом).

Тест 1

Представленное на фотографии растение относится к семейству:



- а) Норичниковые
- б) Бобовые (Мотыльковые)
- в) Яснотковые (Губоцветные)
- г) какому-то другому семейству**

Тест 2

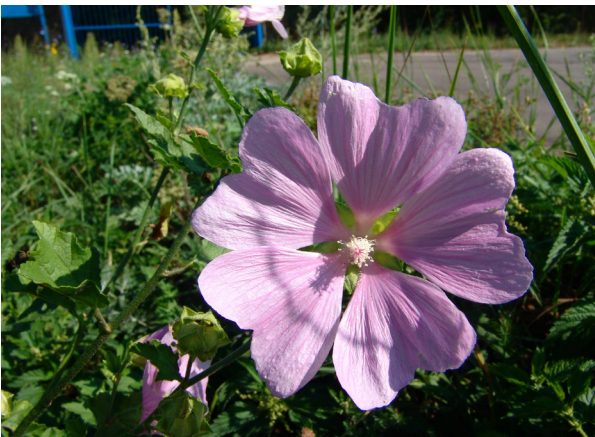
У растения, представленного на фотографии, цветок соответствует формуле:



- а) $\uparrow \text{Ч}_{(5)} \text{Л}_{1,2,(2)} \text{Т}_{(5+4),1} \text{П}_1$**
- б) $\uparrow \text{Ч}_{(5)} \text{Л}_{1,2,(2)} \text{Т}_{(5+5)} \text{П}_1$
- в) $\uparrow \text{Ч}_{(5)} \text{Л}_{(1,2,2)} \text{Т}_{(5+4),1} \text{П}_1$
- г) $\uparrow \text{Ч}_{(5)} \text{Л}_{1,2,(2)} \text{Т}_{(5+4),1} \text{П}_2$

Тест 3

Выберите правильное описание цветка, представленного на фотографии:



- а) Зигоморфный, с двойным околоцветником
- б) Актиноморфный, с простым околоцветником
- в) Зигоморфный, с простым околоцветником
- г) Актиноморфный, с двойным околоцветником**

Тест 4

К какому отряду принадлежит животное, представленное на фотографии (см. след стр.)?

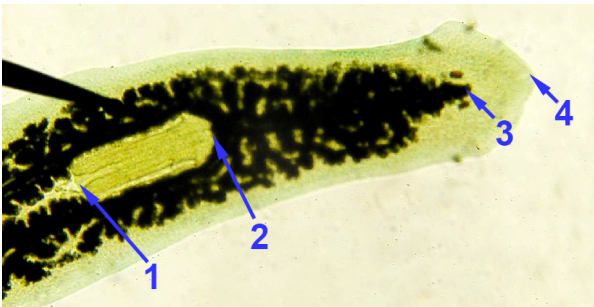
Выберите один ответ:

- а. Полужесткокрылые
- б. Чешуекрылые
- с. Двукрылые**
- д. Перепончатокрылые



Тест 5

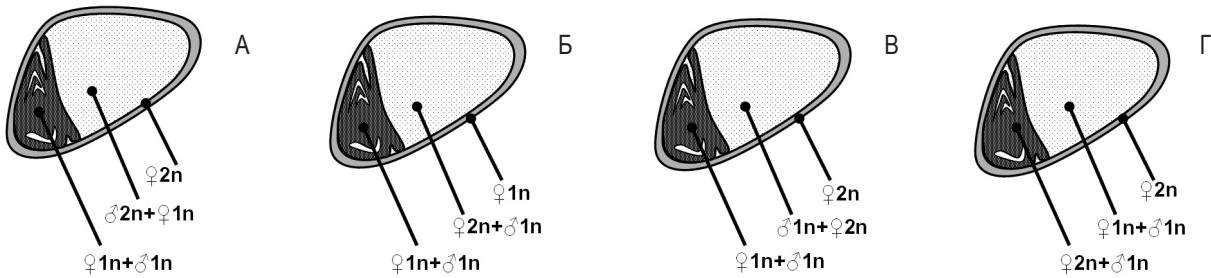
Какой цифрой обозначено ротовое отверстие?



- A – 1**
- Б – 2
- В – 3
- Г – 4

Тест 6

Из представленных рисунков выберите тот, на котором плоидность и генетический материал от каждого родителя обозначен верно.



- A – 1
- Б – 2
- В – 3**
- Г – 4

Тест 7

Мягкая пшеница является аллогексаплоидом. Допустим, что в каждом наборе хромосом у неё есть генетический локус, определяющий красную окраску покровов зерновки. Взаимоотношение между аллелями – кодоминирование. Сколько градаций красной окраски возможно в этой системе:

- А – три: белая – розовая – красная;
- Б – пять: белая – розовая – светло-красная – красная – темно-красная;
- В – шесть: белая – розовая – светло-красная – красная – темно-красная – бордовая;

Г – семь: белая – розовая – светло-красная – красная – темно-красная – бордовая – черно-красная.

Тест 8

Со стартового кодона начинается синтез:

- А – полипептидной цепи;**
- Б – цепи РНК;
- В – как цепи РНК, так и полипептидной цепи;
- Г – цепи ДНК.

Тест 9

К полимерам НЕ относится:

- А – вазопрессин;
- Б – соматотропин;
- В – ацетилхолин;**
- Г – инсулин.

Тест 10

Внутриклеточную подвижность обеспечивают:

- 1) актин;
- 2) пепсин;
- 3) миозин;
- 4) овальбумин;
- 5) коллаген;
- 6) тубулин.

Варианты ответов:

- А – 1, 3, 5;
- Б – 2, 3, 4;
- В – 1, 3, 6;**
- Г – 1; 2, 6.

Тест 11

Организмы, расселяющиеся пассивно, часто имеют:

- а) многочисленные выросты тела**
- б) тело гладкое, обтекаемой формы
- в) мощные крылья
- г) маленький размер

Тест 12

В свободное поле впишите одно слово, являющееся правильным ответом.

Связь строения тела и местообитания млекопитающих и птиц, которая выражается в уменьшении поверхности выступающих частей тела для северных животных и увеличение тех же частей для южных видов, отражена в правиле **Аллена**.

Тест 13

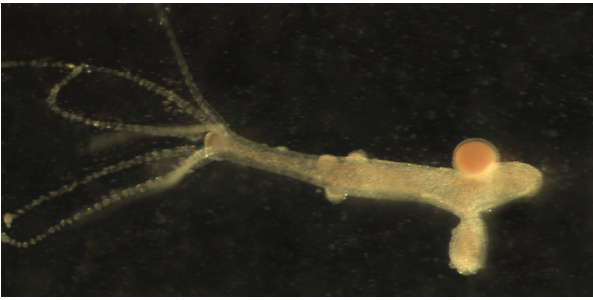
Фрагмент поперечного среза какого животного изображён на этой фотографии?



- А – планарии
- Б – свиного цепня
- В – печёночного сосальщика**
- Г – медузы

Тест 14

Животное поймали в Подмоскowie и сфотографировали в тот же день. В какое время года это было?



- А – зимой
- Б – весной
- В – летом
- Г – осенью**

Тест 15

Что изображено на этой фотографии?



- А – два животных, относящихся к разным типам**
- Б – две стадии жизненного цикла одного и того же вида животных
- В – два животных, относящихся к разным классам из одного и того же типа
- Г – два животных, относящихся к разным типам; одно из них паразитирует на другом

Тест 16

Что изображено на этой фотографии?



- А – два животных, относящихся к разным классам из одного и того же типа
- Б – два животных, относящихся к разным типам
- В – два животных, относящихся к разным классам из одного и того же типа; одно из них паразитирует на другом
- Г – два животных, относящихся к одному и тому же классу

Тест 17

Заболевание пеллагра, которое еще до середины XX века было характерно для жителей южных штатов США, питающихся в основном кукурузой, вызвано дефицитом:

- 1) цинка;
- 2) никотиновой кислоты;**
- 3) липоевой кислоты;
- 4) холина.

Тест 18

Выберите правильное продолжение высказывания.

Восстановление нитрата

- 1) осуществляется растениями;**
- 2) происходит в митохондриях;
- 3) катализируется ферментом нитрогеназой;
- 4) известно как процесс фиксации азота.

Тест 19

Кристы митохондрий представляют собой:

- 1) сложные белковые комплексы;
- 2) комплексы белков с РНК;
- 3) складки внутренней мембраны;**
- 4) складки наружной мембраны.

Задание по ботанике

Участнику предлагается четыре случайно выбранных фотографии плодов. По прилагаемому в задании ключу необходимо определить букву шифра и вписать ее в поле ответа. За каждый правильный ответ участник получал 4 балла (16 за все задание).

Допустим, что из базы данных участнику предложена следующая фотография (см. ниже) Это растение – Гранат обыкновенный (*Punica granatum*). Знать название растения для успешного прохождения теста не обязательно. Предполагается, что строение плода граната известно школьникам из бытового опыта, и, опираясь на эти знания, можно ответить на вопросы теста. Это достаточно специфичный тип плода – гранатина. Название типа плода также не важно для выполнения задания, но оно может помочь. Например, в справочниках можно найти строение для такого плода, из верхней или из нижней завязи он развивается и т.п.



Правильный ход определения показан красным цветом.

1. Околоплодник, возникший из стенки завязи, при полном созревании имеет сочные ткани ... 2
- + Околоплодник при полном созревании состоит только из сухих или кожистых тканей (без сочной мякоти) ... 11**

2. Некоторые ткани околоплодника при созревании становятся твёрдыми за счёт сильного одревеснения или склерификации ... 3
- + Все части околоплодника остаются либо сочными, либо кожистыми, но не одревесневают и не склерифицируются ... 6
3. Плод развивается из нижней завязи **Буква шифра А.**
- + Плод развивается из верхней завязи ... 4
4. Каждая часть, развившаяся из отдельного пестика, содержит одно семя ... 5
- + Каждая часть, развившаяся из отдельного пестика, содержит несколько семян ... **Буква шифра Б.**
5. Цветоложе при плоде сильно разрастается ... **Буква шифра В.**
- + Цветоложе при плодах не разрастается **Буква шифра Г.**
- 6(2). В построении плода участвует один плодолистик 7
- + Плод составлен из нескольких плодолистиков ... 8
7. Плод многосемянный ... **Буква шифра Д.**
- + Плод односемянный ... **Буква шифра Е.**
- 8(6). Гинецей синкарпный. Сочные ткани развиваются в виде выростов эндокарпа ... **Буква шифра Ж.**
- + Гинецей паракарпный. Мезокарп превращается в сочные ткани... 9
9. Плод развивается из нижней завязи ... **Буква шифра З.**
- + Плод развивается из верхней завязи ... 10
10. Зона опадения плода расположена на цветоножке. Чашечка при плоде сильно разрастается ... **Буква шифра И.**
- + Зона опадения плода находится между чашечкой и плодолистиками. Чашечка при плоде не разрастается ... **Буква шифра К.**
- 11(1). При зрелых плодах остаются видоизменённые листья, окружающие цветок: прицветники, прицветнички или листочки обёртки. Эти листья способствуют распространению плодов ... 12
- + **Обычно при зрелых плодах листья, окружающие цветок, не сохраняются. В том случае, когда эти листья сохраняются, они не несут функции распространения плодов ... 14**
12. Распространение плодов зоохорное ... **Буква шифра Л.**
- + Распространение плодов анемохорное ... 13
13. Цветки сидячие ... **Буква шифра М.**
- + Цветки на более-менее длинных цветоножках ... **Буква шифра Н.**
- 14(11). Околоплодник, развившийся из стенки завязи, снабжён выростами, которые приспособлены для распространения ветром ... **Буква шифра О.**
- + **Околоплодник без таких выростов ... 15**
15. Каждая часть плода, возникшая из отдельного пестика, содержит одно семя. Плоды всегда невскрывающиеся ... 16
- + **Каждая часть плода, возникшая из отдельного пестика, содержит несколько семян. Плоды как правило вскрывающиеся, в редких случаях – невскрывающиеся ... 20**
16. При зрелых плодах всегда есть сильно разросшиеся части цветка ... 17
- + При плодах если и сохраняются части цветка, то они не разрастаются ... 18
17. При плодах сохраняется чашечка с подчашием. Разросшаяся часть цветка – цветоложе ... **Буква шифра П.**
- + При плодах сохраняется чашечка без подчашия. Разросшаяся часть цветка – гипантий ... **Буква шифра Р.**
- 18(16). Плоды заключены внутри камеры, образованной разросшимися осями соцветия ... **Буква шифра С.**
- + Плоды лежат свободно, оси соцветия не разрастаются при плодах ... 19
19. Семенная кожура в процессе развития прирастает к стенке завязи и в зрелых плодах не отделяется от околоплодника ... **Буква шифра Т.**
- + В процессе развития покровы семени не прирастают к стенке завязи, в зрелых плодах легко отделяются от околоплодника ... **Буква шифра У.**
- 20(15). В процессе развития внешний покров семязачатка (наружный интегумент) и/или семяножка образуют многочисленные очень длинные мягкие тонкие выросты, которые сохраняются при семенах ... **Буква шифра Ф.**

+ Покровы семени без длинных выростов ... 21

21. Ткани, развившиеся из внешнего покрова семязачатка (наружного интегумента), в зрелых плодах ярко окрашены, поскольку обильно синтезируют антоцианы или каротиноиды ... Буква шифра Х.

+ Семенная кожура серой, коричневой или чёрной окраски, без яркой пигментации ... 22

22. Экзокарп покрыт более-менее выраженными шипами ... **Буква шифра Ц.**

+ Экзокарп без шипов ... 23

23. Каждый пестик образован одним плодолистиком ... 24

+ Каждый пестик составлен из двух и более плодолистиков ... 25

24. Семена снабжены мирмекохорным придатком (элайосомой) ... **Буква шифра Ч.**

+ Семена без мирмекохорного придатка ... **Буква шифра Ш.**

25. Плод разламывается поперечными трещинами на односемянные фрагменты ... **Буква шифра Ц.**

+ Плод вскрывается продольными швами, при этом семена высвобождаются ... **Буква шифра Э.**

Ответ: **Буква шифра Х.**

Задание по зоологии позвоночных

Это задание очень похоже на задание по ботанике. Оно индивидуально. Из общей базы данных для участника случайно подобраны 4 фотографии птиц, иллюстрирующие наиболее характерные признаки этой птицы. Ответ представляет собой одну из букв, набранную в русской раскладке клавиатуры. За каждый правильно определенный образец участник получает по 4 балла, суммарный балл за это задание не превышает 16 баллов.

Задание по зоологии построено на том, чтобы в определительном ключе правильным образом расставить фотографии представителей класса Птиц. При создании фотографий использованы тушки птиц из музейной коллекции. На фотографиях изображены такие части тела птицы, как клюв и задние конечности. Эти части тела отражают особенности экологии птиц, и по ним можно определить отряд представленного объекта. В большинстве случаев для правильного расположения объекта в определительном ключе не требуется знать вид животного. В то же время элементы окраски головы, хвоста и тела птицы в ряде случаев достаточно точно позволяют определить и вид птицы. Стоит отметить, что использованные в задании виды птиц обитают на территории России, а большинство являются типичными для европейской части нашей страны. Экзотические тропические виды в задании не представлены.

В качестве важных признаков, на которые стоит обратить внимание при выполнении задания, можно отметить следующие. Для клюва - его пропорции (удлинённый, расширенный в основании и т.п.), наличие загнутого конца, зубцов, поперечных пластин, трубкообразных структур на надклювье, присутствие ямок для механорецепторов. Многие из этих признаков связаны с определённым типом кормодобывания птиц. Для задних конечностей – охват пальцев плавательной перепонкой (все пальцы охвачены общей перепонкой, либо каждый палец по отдельности и т.п.), оперённость ног, форма когтей, общее количество пальцев на конечностях, взаимное расположение пальцев. Эти признаки отражают, как среду обитания птиц, так и способы их кормодобывания. После определения отряда, а в некоторых случаях и вида птицы, может потребоваться знание некоторых особенностей поведения этой группы птиц или характера её пения. Для представления о размере птицы на фотографиях имеется мерная линейка. Для успешного выполнения задания стоит также поинтересоваться, что такое кинетизм черепа.

Допустим, что из базы данных участник получил следующую фотографию (см. след. стр.).

Это Овсянка обыкновенная (*Emberiza citrinella*). Далее красным цветом выделен правильный ход определения данной птицы. Правильный ответ – **буква шифра Ф.**

1. Для черепа характерен ринхокинетизм. Клюв усажен большим количеством механорецепторов ... **Буква шифра А.**

+ Череп не обладает такой подвижностью ... 2.



2. Ротовой аппарат приспособлен для сбора воздушного планктона ... 3.
- + Ротовой аппарат приспособлен для питания более крупной или более грубой пищей ... 4.**
3. Ведут дневной образ жизни. Пальцы задних конечностей приспособлены для удержания на вертикальных поверхностях ... **Буква шифра Б.**
 - + Ведут ночной образ жизни. Очень крупные глаза. Гнездо устраивают на земле ... **Буква шифра В.**
- 4(2). Водоплавающие птицы ... 5.
- + Птицы наземных биотопов ... 10.**
5. Задние конечности приспособлены преимущественно для плавания. В некоторых странах этих птиц используют для охоты на рыбу ... **Буква шифра Г.**
 - + Задние конечности приспособлены как для плавания, так и для хождения по твёрдому субстрату ... 6.
6. Ноги птиц относительно длинные и приспособлены для передвижения по топкому грунту. На каждом пальце задних конечностей имеется своя фестончатая оторочка ... **Буква шифра Д.**
 - + Три из четырёх пальцев задних конечностей одеты в общую плавательную перепонку ... 7.
7. Эти птицы обладают неплохим обонянием и способны по запаху крупных скоплений планктона предвидеть появление рыбы в районе охоты ... **Буква шифра Е.**
 - + Обоняние не играет в жизни этих птиц такого большого значения ... 8.
8. На клюве имеются различные выросты в виде роговых зубчиков или поперечных пластин для удержания пищи ... 9.
 - + Роговых зубчиков и пластин на клюве птиц нет. Питаются преимущественно рыбой, выхватывая её из воды с лёту ... **Буква шифра Ж.**
9. Птицы питаются рыбой или крупными беспозвоночными ... **Буква шифра З.**
 - + Птицы питаются как животными, так и растительными кормами значительно меньшего размера, которые могут отфильтровывать из воды ... **Буква шифра И.**
- 10(4). Хищники, питающиеся позвоночными ... 11.
- + Преимущественно насекомоядные или растительноядные птицы ... 15.**
11. Имеется подобие наружного уха из перьев ввиду ночного образа жизни ... **Буква шифра К.**
 - + Подобие наружного уха из перьев отсутствует ... 12.
12. Охотятся на открытых пространствах ... 13.
- + Охотятся в лесу ... **Буква шифра Л.**
13. Охотятся преимущественно на птиц в полёте ... **Буква шифра М.**
 - + Охотятся преимущественно на наземных позвоночных ... 14.
14. Высматривая добычу, используют парящий полёт ... **Буква шифра Н.**
 - + Высматривая добычу, часто используют зависающий полёт ... **Буква шифра О.**
- 15(10). Кроме крупных насекомых, могут охотиться и на мелких позвоночных ... **Буква шифра П.**
 - + Иной тип питания. Специально на позвоночных не охотятся ... 16.
16. Преимущественно насекомоядные птицы ... 17.

+ Преимущественно растительноядные птицы ... 20.

17. На задних конечностях два пальца развёрнуты вперёд, и два - назад ... 18.

+ На задних конечностях три пальца развёрнуты вперёд, и один - назад ... 19.

18. Жёсткие перья хвоста помогают при передвижении по вертикальным стволам деревьев ...

Буква шифра Р.

+ Перья хвоста относительно мягкие. Развита гнездовая паразитизм ... Буква шифра С.

19(17). В летний период питается преимущественно насекомыми. Имеет сильные ноги, на которых может подвешиваться вниз головой к тонким концевым ветвям деревьев, собирая таким образом насекомых ... **Буква шифра Т.**

+ В летний период питается не только насекомыми, но и ягодами. Насекомых собирает преимущественно на земле ... **Буква шифра У.**

20(16). Преимущественно зерноядная птица, размером с воробья. Песню сравнивают иногда с фразой: «Мужик, мужик, вези сено, не тряси» ... **Буква шифра Ф.**

+ Растительноядные птицы, размером с голубя или крупнее ... 21.

21. Цевка оперена до пальцев. Имеются все 4 пальца задних конечностей. Размер – крупнее голубя ... **Буква шифра Х.**

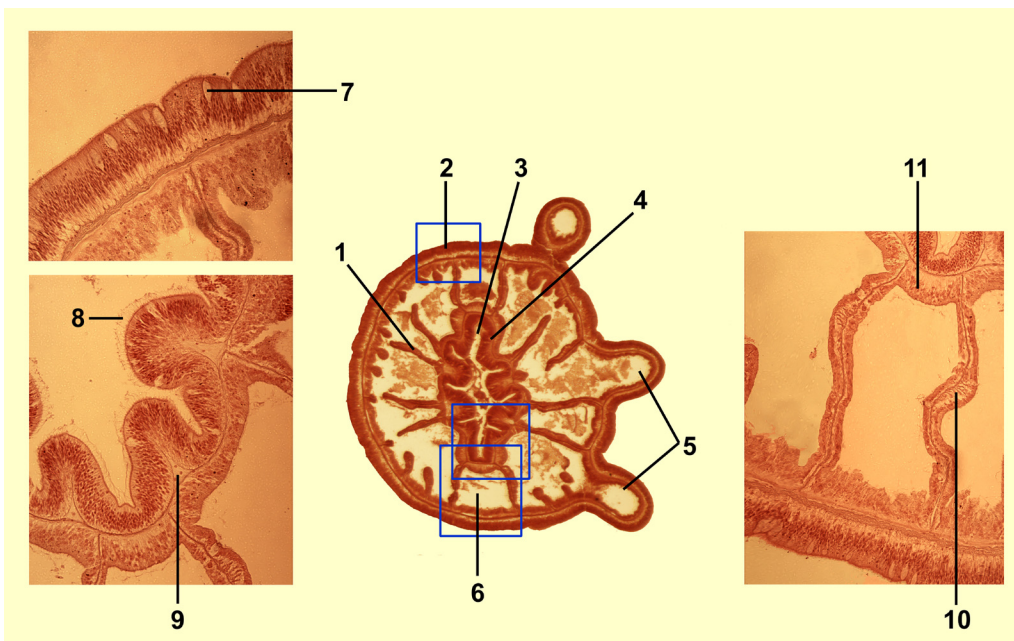
+ Цевка оперена, но первый палец полностью редуцирован, а третий и четвёртый срастаются в основании. Ранее этих птиц относили к голубеобразным ... **Буква шифра Ц.**

Ответ: **Буква шифра Ф.**

Задание 1 по зоологии беспозвоночных

Максимальный балл за задание – 10.

В задании представлен срез актинии

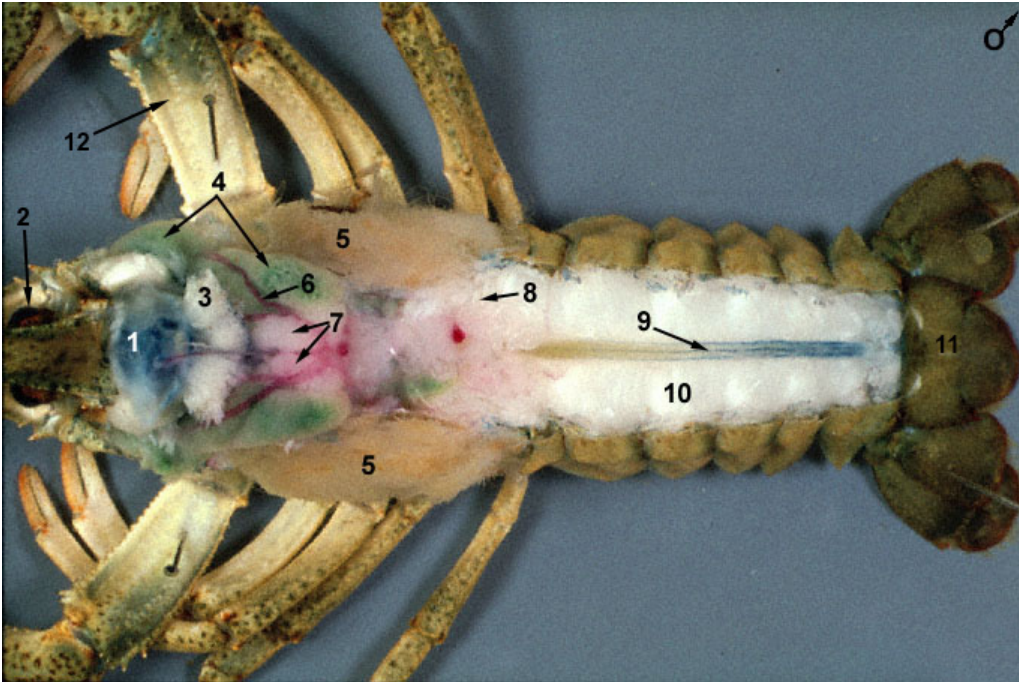


Правильные ответы:

- 1 – продольная перегородка
- 2 – эктодерма
- 3 – полость глотки
- 4 – стенка глотки
- 5 – щупальца
- 6 – гастральная полость
- 7 – стрекательная клетка
- 8 – жгутики
- 9 – мезогля
- 10 – мышечный пучок
- 11 – энтодерма

Задание 2 по зоологии беспозвоночных

Максимальный балл за задание – 6 баллов.

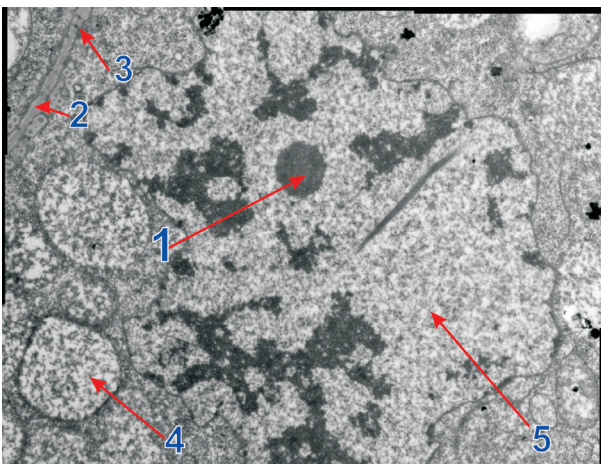


Правильные ответы:

- 1 – желудок
- 2 – глаз
- 3 – жевательные мышцы
- 4 – печень
- 5 – жабры
- 6 – кровеносный сосуд
- 7 – семенник
- 8 – семяпровод
- 9 – задняя кишка
- 10 – мышцы
- 11 – тельсон
- 12 – ходильная нога

Задание по цитологии

Максимальный балл за задание – 5 баллов.



На фотографии представлена меристематическая клетка растения, для которой характерны только формирующиеся вакуоли, пока еще богатые органическими веществами. Необычно строение ядра – оно имеет лопастную форму и довольно рыхлый хроматин.

Правильные ответы:

- 1 – ядрышко
- 2 – клеточная стенка
- 3 – плазмодесма
- 4 – вакуоль
- 5 – ядро

Задание по физиологии животных (эксперимент)

Это задание индивидуально. Из базы данных для вас подбирается 5 случайных высказываний, которые нужно распределить по трём группам.

Максимальный балл за задание – 5 баллов.

А.Ходжкин и А.Хаксли провели серию экспериментов с гигантским аксоном кальмара. Это действительно гигантское нервное волокно с диаметром 0,5–1,0 мм и длиной в несколько десятков сантиметров, что было удобно для различных манипуляций. Учёные измеряли разность потенциалов между внутренней и наружной стороной мембраны гигантского аксона. В качестве регистрирующих электродов они использовали тоненькие проволочки – одну вставляли внутрь волокна, а другую помещали в омывающий раствор (морскую воду). Присоединив провода к усилителю и выведя сигнал на осциллограф (или другой потенциограф), они определяли величину разности потенциалов. Она оказалась равна примерно 60 мВ с отрицательным зарядом внутри аксона (это так называемый потенциал покоя – ПП). Если содержимое аксона заменяли на морскую воду, то никакой разности потенциалов зарегистрировать не удалось. В морской воде много ионов натрия и мало ионов калия. Если аксон наполняли морской водой, а омывающий солевой раствор готовили так, чтобы в нем было много ионов калия, то полярность мембранного потенциала менялась на противоположную. Отрицательный заряд был снаружи, а положительный – внутри. Величина разности потенциалов при этом была пропорциональна разнице в концентрации ионов калия в растворе. Если раздражали аксон электрическим током стимулами маленькой продолжительности, то регистрировали скачки потенциала, которые отличались по форме от раздражающих стимулов, но имели свою характерную форму, которая оставалась неизменной при многочисленных повторяющихся стимуляциях (это потенциал действия – ПД). Мембрана аксона на короткое время меняла заряд с отрицательного (внутри) на положительный, затем исходные значения мембранного потенциала (МП) восстанавливались. В случае замены растворов внутри и снаружи аксона также можно было зарегистрировать скачки МП, но в противоположном направлении – внутренняя сторона из положительной превращалась в отрицательную на столь же короткое время.

Из этих экспериментов можно сделать следующие выводы, которые справедливы и для других нервных клеток.

Все приведённые ниже высказывания разделите на три группы:

- 1 – относятся к проведённому опыту;
- 2 – в принципе верны, но не относятся к поставленному опыту;
- 3 – не верны и не имеют отношения к указанному опыту.

Пример высказываний и правильных ответов:

2 – Токи ионов натрия внутрь клетки, а калия из нее зависят как от концентрационного градиента этих ионов, так и от заряда на мембране (**в принципе верно, но не относится к поставленному опыту**).

1 – Для формирования ПП важно, чтобы клетка омывалась солевым раствором с низким содержанием калия (сходным по составу с морской водой) (**относится к проведённому опыту**).

2 – Восстановление ПП после генерации ПД обусловлено выходом ионов калия из клетки (**в принципе верно, но не относится к поставленному опыту**).

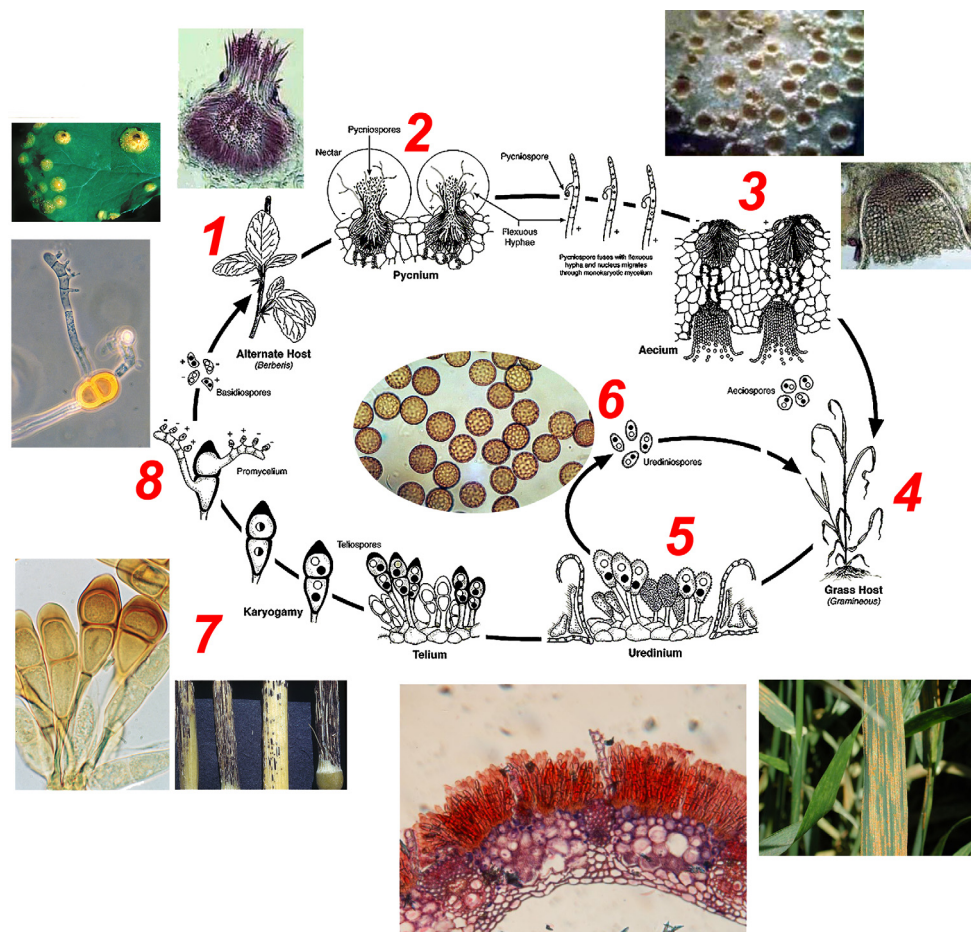
3 – Аксоны нервных клеток способны подобно электрическому кабелю проводить электрический сигнал, подаваемый на них, на большие расстояния без искажений (**не верно и не имеет отношения к указанному опыту**).

3 – Мембранные натриевые и калиевые каналы нуждаются в энергии для переноса ионов через мембрану (**не верно и не имеет отношения к указанному опыту**).

Задача по генетике

Максимальный суммарный балл за задание – 22 балла.

Эта задача требует анализа смены ядерных фаз в жизненном цикле и оценки взаимодействия гриба-паразита с растением-хозяином, которое зависит от генотипов обоих участников. При эффективном иммунном ответе происходит отрицательный отбор некоторых генотипов гриба – они становятся летальными. Решать задачу надо последовательно, продумывая и отвечая на вопросы задания в том порядке, в котором они представлены. Правильные ответы выделены красным цветом.



Жизненный цикл ржавчинных грибов протекает со сменой хозяев (см. рис.). Рассмотрим жизненный цикл *Puccinia graminis*. Ранней весной покоящиеся телиоспоры (7) прорастают в базидию (8). На ней формируется четыре базидиоспоры, которые заражают первого хозяина – барбарис (виды рода *Verberis*). Внутри листа развивается первичный мицелий, а затем на его верхней стороне – пикнидии (1) с новыми спорами (пикниоспорами). Для формирования вторичного мицелия необходимо слияние гифы одного пикнидия со спорой из другого (2). Только после этого из вторичного мицелия с нижней стороны листа образуются эциоспоры (3), которые могут заражать следующего хозяина – различные злаки (4). На злаках в течение лета образуются урединиоспоры, которые могут повторно заражать злаки (5,6). К концу сезона на злаках образуются зимующие телиоспоры (7), и цикл замыкается.

Если на ранних этапах поражения растение-хозяин смогло распознать метаболиты гриба, то возникает **реакция сверхчувствительности**: клетки в зоне заражения погибают вместе с гифами гриба, и растение оказывается устойчивым к болезни.

Среди всех веществ грибного происхождения учёные выделяют **элиситоры** – именно их может распознать растение-хозяин. Клетки растения-хозяина имеют рецепторы, которые связываются со своим элиситором. После связывания в клетку поступает сигнал о заражении, и начинается реакция сверхчувствительности. Если в среде нет элиситора (или у данного растения нет к нему

рецептора), то происходит успешное заражение растения.

Предположим, что один из элизиторов *Puccinia graminis* синтезируется грибом в два этапа.

Предшественник 1 → Предшественник 2 → Элизитор

За превращение предшественника 1 в предшественник 2 отвечает ген **A**. За превращение предшественника 2 собственно в элизитор отвечает ген **B**.

Среди рас *Puccinia graminis* есть такие, которые несут функциональный аллель **A**, а также такие, которые несут мутантный нефункциональный аллель **a**. Аналогично есть расы с функциональным аллелем **B** и с мутантным аллелем **b**. Допустим также, что ген **A** и ген **B** находятся на одной хромосоме на расстоянии 20 морганид.

Среди растений также наблюдается генотипическая изменчивость: они могут нести аллель функционального рецептора **R** (узнаёт элизитор) и нефункциональный мутантный аллель **r** (не узнаёт элизитор).

На лист злака с генотипом **rr** исследователь поместил одну эциоспору с генотипом **AaBb**. В эксперименте удалось получить телиоспоры, базидиоспоры, заразить барбарис и добиться образования пикниоспор и вторичного мицелия [Считайте, что барбарис был полностью восприимчив к инфекции]. Далее новыми эциоспорами заражали лист злака с генотипом **RR**. Выяснилось, что около половины спор не дали инфекции.

Как распределены аллели генов **A** и **B** по хромосомам в исходной эциоспоре?

Ответ (2,5 балла):

в одной из гомологичных хромосом ген **A** присутствует в форме **аллеля A**, а ген **B** – в форме **аллеля b**.

во второй из гомологичных хромосом ген **A** присутствует в форме **аллеля a**, а ген **B** – в форме **аллеля B**.

Рассчитайте более точно % успешных заражений эциоспорами нового поколения. Считайте, что на барбарисе все базидиоспоры дают успешное заражение, а продуктивность пикниоспор и вероятность участия в слиянии одинаковы и не зависят от генотипа.

Ответ: **49%**

Приведите обоснование ваших расчетов

(Эта часть задания оценивается экспертом. За правильный ход решения можно получить 5 баллов)

По условию исходная эциоспора несёт по два разных аллеля каждого гена. При этом функциональные аллели могут располагаться на одной и той же хромосоме (вариант I). Но есть и другая возможность: функциональные аллели находятся на разных хромосомах (вариант II). При образовании урединоспор и телиоспор аллели в хромосомах не могут рекомбинировать (происходит только митоз). Более того, хромосомы находятся в разных ядрах (фаза гетерокариона). Перед прорастанием телиоспор эти ядра сливаются и вступают в мейоз, образуя базидиоспоры. Для начала нужно рассчитать соотношение продуктов мейоза при сцепленном наследовании для двух вариантов и сравнить с наблюдаемыми результатами.

Вариант I.

До мейоза два функциональных аллеля находятся в одной из гомологичных хромосом (**AB**), а два нефункциональных – в другой (**ab**). Продуктов рекомбинации в сумме должно быть 20%. Половина из них (10%) придется на **Ab**, а вторая половина (еще 10%) - на **aB**. Остальные $100 - 20 = 80\%$ – это нерекомбинантные продукты: **AB** (40%) и **ab** (40%).

По условию задачи частота аллелей при образовании первичного мицелия, пикниоспор и эциоспор не должна измениться. Построим решетку для скрещивания в варианте I.

гаметы	40% <i>AB</i>	40% <i>ab</i>	10% <i>Ab</i>	10% <i>aB</i>
40% <i>AB</i>	16% <i>AABB</i>	16% <i>AaBb</i>	4% <i>AABb</i>	4% <i>AaBB</i>
40% <i>ab</i>	16% <i>AaBb</i>	16% <i>aaBb</i>	4% <i>Aabb</i>	4% <i>aaBB</i>
10% <i>Ab</i>	4% <i>AABb</i>	4% <i>Aabb</i>	1% <i>AAbb</i>	1% <i>AaBb</i>
10% <i>aB</i>	4% <i>AaBB</i>	4% <i>aaBb</i>	1% <i>AaBb</i>	1% <i>aaBB</i>

Жёлтой заливкой показаны варианты, в которых синтезируется элиситор (есть по одному функциональному аллелю каждого гена). Эти эциоспоры не будут давать эффективного заражения. Всего в варианте I будет $16 + 4 + 4 + 4 + 4 + 1 + 1 = 34\%$ успешных заражений, и $100 - 34 = 66\%$ неэффективных. Эти величины далеко отклоняются от 50% (в условии сказано – около половины). Следовательно, предположение о том, что оба функциональных аллеля находятся на одной хромосоме, неверное.

Вариант II.

До мейоза функциональные аллели находятся в разных гомологичных хромосомах (*Ab* и *aB*). Продуктов рекомбинации в сумме должно быть 20%. Половина из них (10%) придется на *AB*, а вторая половина (еще 10%) – на *ab*. Остальные $100 - 20 = 80\%$ – это нерекомбинантные продукты: *Ab* (40%) и *aB* (40%).

По условию задачи частота аллелей при образовании первичного мицелия, пикниоспор и эциоспор не должна измениться. Построим решетку для скрещивания в варианте I.

гаметы	40% <i>Ab</i>	40% <i>aB</i>	10% <i>AB</i>	10% <i>ab</i>
40% <i>Ab</i>	16% <i>AAbb</i>	16% <i>AaBb</i>	4% <i>AABb</i>	4% <i>Aabb</i>
40% <i>aB</i>	16% <i>AaBb</i>	16% <i>aaBB</i>	4% <i>AaBB</i>	4% <i>aaBb</i>
10% <i>AB</i>	4% <i>AABb</i>	4% <i>AaBB</i>	1% <i>AABB</i>	1% <i>AaBb</i>
10% <i>ab</i>	4% <i>Aabb</i>	4% <i>aaBb</i>	1% <i>AaBb</i>	1% <i>aabb</i>

Жёлтой заливкой показаны варианты, в которых синтезируется элиситор (есть по одному функциональному аллелю каждого гена). Эти эциоспоры не будут давать эффективного заражения. Всего в варианте II будет $16 + 16 + 4 + 4 + 4 + 4 + 1 = 49\%$ успешных заражений, и $100 - 49 = 51\%$ неэффективных. Эти величины очень близки к 50% (в условии сказано – около половины). Следовательно, функциональные аллели находятся на разных гомологичных хромосомах.

Далее в расчетах будем использовать только вариант II.

04

Какая доля эциоспор (и развившихся из них мицелиев) может синтезировать:

(4,5 балла)

а) только предшественник 1? Ответ: **25%**

б) только предшественник 2? Ответ: **0%**

в) как предшественник 1, так и предшественник 2 (без элиситора)? Ответ: **24%**

г) предшественник 1, предшественник 2 и элиситор? Ответ: **51%**

Приведите обоснование ваших расчетов

(Эта часть задания оценивается экспертом. За правильный ход решения можно получить 10 баллов)

а) Предшественник 1 без остальных продуктов биосинтеза должен накапливаться в случае нефункционального аллеля *a*. Это соответствует генотипам *aaBB* (16%), *aaBb* ($4 + 4 = 8\%$) и *aabb* (1%). В сумме **25%**.

б) Предшественник 2 образуется из предшественника 1, поэтому не будет эциоспор, у которых

есть только предшественник 2. Ответ: **0%**.

в) Как предшественник 1, так и предшественник 2 образуются в случае нефункционального аллеля *b* при нормально работающем аллеле *A*. Т.е. при генотипах эциоспор *AAbb* (16%) и *Aabb* ($4 + 4 = 8\%$). Итого – **24%**.

г) Полностью синтез элиситора состоится в том случае, если оба аллеля функциональны, т.е. при генотипах *A-B-*. Таких эциоспор образуется 51%. Поскольку генотип растения-хозяина *RR*, лист злака сможет развить реакцию сверхчувствительности в зоне попадания таких эциоспор. Т.е. в **51%** случаев заражение эциоспорами будет неэффективным.