Всесибирская олимпиада по биологии 2026–2027
Отборочный этап. 1 ноября 2026 года

10 класс

Время выполнения задания – 4 часа

Новосибирский государственный университет
*НАСТОЯЩАЯ НАУКА

1. Вот такие дела, собачка (20 баллов)



Бордер-колли – это пастушьи собаки (Canis familiaris), выведенные на границе Англии и Шотландии. Самый распространённый и классический окрас этой породы – чёрно-белый. Белые пятна определяются отдельным геном, а цвет тёмных участков шерсти – локусом B (brown). От него зависит, каким будет эумеланин – чёрным (B) или шоколадным (b). Эумеланин – природный тёмный пигмент, который определяет цвет шерсти, кожи и глаз и защищает от солнечного УФ-излучения. В этой задаче ген белой пятнистости не рассматривается.

На фотографии чёрно-белый бордер-колли автора задачи – Рэй.

Вопрос 1. В одну ночь в питомнике родились щенки от двух собак одинакового окраса. У первой родились шесть чёрно-белых щенков, у второй – пять чёрно-белых и два шоколадно-белых. Обе самки были повязаны с одним и тем же чёрно-белым кобелём.

1.1. Восстановите генотипы родителей и их потомков в обоих скрещиваниях. К каждому генотипу подпишите его фенотип.

1.2. Каким был окрас сук-матерей – чёрным или шоколадным? Обоснуйте.

1.3. Объясните, почему у двух собак одинакового окраса от одного кобеля родилось разное потомство.

1.4. Можно ли по этим данным уверенно утверждать, что первая мать гомозиготна? С какой вероятностью все шесть щенков оказались бы чёрно-белыми, если бы она была гетерозиготной?

Вопрос 2. Говорят, что бордер-колли отличаются от других собак особым умом и быстрой сообразительностью. Предположим, что за ум отвечает ген I (*intelligence*), а за сообразительность (*quickness*) – ген Q. У двух бордер-колли, отличающихся особым умом и быстрой сообразительностью, родились щенки. В результате тестирования заводчик смог выделить следующие группы среди щенков: 1) особо умные и быстро соображающие; 2) особо умные и нормально соображающие; 3) просто умные и быстро соображающие; 4) просто умные и нормально соображающие. Гены I и Q находятся в разных хромосомах. Заполните таблицу.

Вопрос 3. Заводчик хочет вывести линию бордер-колли, у которых все щенки без исключения будут особо умными, быстро соображающими и высоко ориентированными на человека. Ориентированность на человека определяется геном H (human-directed sociability): доминантный аллель даёт высокую ориентированность. Оба родителя из вопроса 2 высоко ориентированы на человека, хотя их отцы были ориентированы низко. Все три гена находятся в разных хромосомах.

3.1. Какая доля щенков от этих родителей будет особо умной, быстро соображающей и высоко ориентированной на человека?

3.2. Какая доля этих щенков гомозиготна по всем трём генам?

3.3. Внешне все такие щенки одинаковы. Как заводчику выяснить, какие из них гомозиготны по всем трём генам? Какое потомство он получит от гомозиготного щенка, а какое от гетерозиготного?

3.4. На самом деле ум и сообразительность собак зависят от многих генов, а также от условий воспитания. Как в этом случае распределились бы щенки по уму? Можно ли было бы разделить их на чёткие группы, как в вопросе 2?

2. Ой-ой-ой не надо было есть острый китайский латяо (20 баллов)

Китайские снеки «латяо» популярны благодаря необычной текстуре и обжигающей остроте, за которую отвечает алкалоид капсаицин. Желая произвести впечатление на друзей, наш герой съел целую пачку латяо. Вода жжение не сняла, а только усилила; облегчение принесло молоко. А на следующий день жжение вернулось – уже в самом конце пищеварительного тракта. Герой решил разобраться, почему его организм реагировал именно так.

Вопрос 1. Почему попытка героя запить латяо водой не принесла облегчения, а лишь распространила жжение по всей полости рта? Опираясь на принцип «подобное растворяется в подобном» и структурную формулу капсаицина, а также вспомнив строение клеточных мембран эукариот, предположите, почему капсаицин так прочно связывается с рецепторами на языке и не смывается слюной?

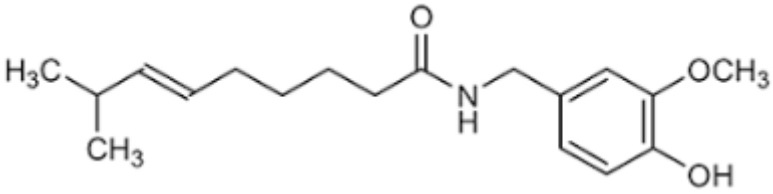


Рис 1. Структурная формула капсаицина

Вопрос 2. Вопрос 2.1 Известно, что холодное молоко помогает снять жжение лучше воды. Однако при экстремально высоких дозах капсаицина (как в случае с латяо) даже молоко перестает спасать. Почему так происходит?

Вопрос 2.2 Рецепторы, с которыми связывается капсаицин (TRPV1), называют ванилоидными: их активируют вещества-ванилоиды, в молекуле которых есть такой же фрагмент, как у ванилина (рис. 2). Сравните структурные формулы капсаицина и ванилина. Какой частью – ароматической или алифатической – капсаицин «узнаётся» рецептором? Почему ванилин, несмотря на этот фрагмент, не вызывает жжения?

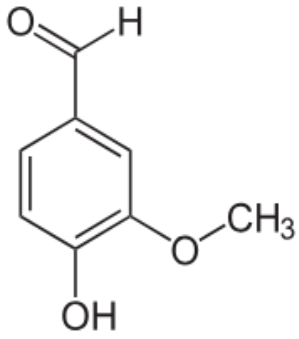


Рис 2. Структурная формула ванилина

Вопрос 3. *Капсаицин вызвал жжение во рту сразу, а на следующий день – при выходе остатков пищи из кишечника. Но пока латяо несколько часов проходили через пищевод, желудок и кишечник, герой ничего не чувствовал, хотя капсаицин всё это время был в пище. Почему жжение ощущается только на двух концах пищеварительного тракта? Ответ кроется в эмбриогенезе пищеварительной трубки.*

Вопрос 3.1 Из каких зародышевых листков формируются ротовая полость, анальный канал (нижняя треть, имеющая чувствительность к капсаицину) и средняя часть ЖКТ (пищевод, желудок, толстая и тонкая кишка)? Вопрос 3.2 Как это объясняет то, что соматические болевые и температурные рецепторы есть только на двух концах пищеварительной трубки?

Вопрос 4. Пока герой ел латяо, его лицо покраснело и он обильно вспотел, а через некоторое время почувствовал неожиданное расслабление и даже эйфорию. На следующий день всё повторилось, хотя и гораздо слабее.

Вопрос 4.1 Объясните физиологический смысл покраснения (почему оно происходит) и потоотделения в ответ на съеденную пачку латяо.

Вопрос 4.2 Какие вещества вырабатывает мозг в ответ на боль от капсаицина, вызывая эту «острую эйфорию»? К какому классу они относятся?

3. Свет чужой звезды. (20 баллов)

Экспедиция под руководством биолога Анны Северовой добралась до планеты Проксима b. Она обращается вокруг Проксимы Центавра – ближайшей к Солнцу звезды, которая относится к красным карликам. Предварительные данные показали, что на планете есть условия для жизни, а излучения звезды достаточно для фотосинтеза.

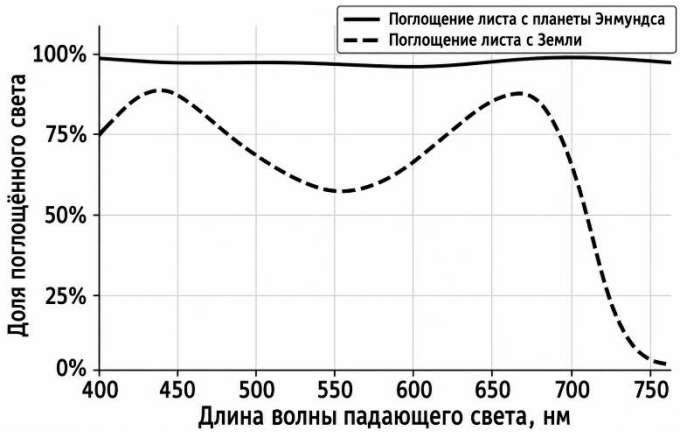


Рис. 1. Доля света, поглощённого листом, в зависимости от длины волны

Вопрос 1. На поверхности планеты экспедиция действительно обнаружила фотосинтезирующие растения. Их фотосинтез похож на земной, но окраска совсем не зелёная. Окраска непрозрачного тела определяется тем светом, который тело не поглощает, а отражает. Исследователи измерили, какую долю падающего света поглощает лист растения с Проксимы b и лист земного растения при разных длинах волн (рис. 1).

Цвет	Диапазон длин волн	Цвет	Диапазон длин волн
Красный	760-620 нм	Голубой	500-480 нм
Оранжевый	620-590 нм	Синий	480-450 нм
Желтый	590-560 нм	Фиолетовый	450-400 нм
Зеленый	560-500 нм		

Табл. 1. Цвета видимого света и соответствующие им длины волн

Вопрос 1.1 Используя рис. 1 и табл. 1, объясните, почему растения на Земле окрашены в зелёный цвет.

Вопрос 1.2 Какого цвета растения на Проксиме b? Обоснуйте ответ по рис. 1.

Вопрос 1.3. Представьте, что земное растение перенесли на Проксиму b. Хватит ли ему света звезды для нормального фотосинтеза? Используйте рис. 1 и то, что красный карлик холоднее и тусклее Солнца, а большая часть его излучения приходится на инфракрасную область.

Вопрос 2. Суммарное уравнение фотосинтеза на Проксиме b оказалось таким же, как на Земле: $6CO_2 + 6H_2O$ + энергия света → $C_6H_{12}O_6 + 6O_2$. Чтобы понять механизм фотосинтеза, нужно выяснить, из какой молекулы берутся атомы кислорода, образующие O_2. Для этого исследователи использовали молекулы, меченные тяжёлым изотопом кислорода ^{18}O. Три одинаковых фрагмента листа поместили в три закрытые камеры, куда подавали всё необходимое для фотосинтеза, но метку вносили в разные молекулы.

Масс-спектрометрия – метод, позволяющий определять молекулы по отношению их массы к заряду m/z (m – масса иона, z – заряд иона).

		Опыт №1 ($C^{16}O_2 + H_2{}^{18}O$)		Опыт №2 ($C^{18}O_2 + H_2{}^{16}O$)		Опыт №3 (контроль) $C^{16}O_2 + H_2{}^{16}O$	
Время (мин)	Свет (есть/нет)	Интенсивность сигнала (усл.ед.)					
		m/z=32	m/z=36	m/z=32	m/z=36	m/z=32	m/z=36
0	нет	3	1	3	1	3	1
1	нет	3	1	3	1	3	1
2	нет	2	1	2	1	2	1
3	нет	2	1	2	1	2	1
4	есть	1	18	16	1	17	1
6	есть	1	42	44	1	43	1
8	есть	1	67	70	1	68	1

Табл. 2. Результаты масс-спектрометрии

продолжение задачи 3 на странице 4

В опыте № 1 лист получал воду с тяжёлым изотопом кислорода $H_2{}^{18}O$ и обычный углекислый газ $C^{16}O_2$. В опыте № 2, наоборот, использовали обычную воду $H_2{}^{16}O$ и меченый углекислый газ $C^{18}O_2$. Опыт № 3 был контрольным: метки не было ни в воде, ни в углекислом газе. Первые три минуты листья находились в темноте, затем включали свет. Выделяющиеся молекулы O_2 ионизировали: каждая теряла один электрон и становилась ионом $O_2{}^+$. Масс-спектрометр регистрировал молекулы кислорода с разным изотопным составом при разных значениях m/z. Интенсивность сигнала прямо пропорциональна количеству соответствующих молекул в газовой смеси. Результаты приведены в табл. 2.

Вопрос 2.1. Какому изотопному составу молекул кислорода соответствуют значения m/z = 32 и m/z = 36? Обоснуйте ответ.

Вопрос 2.2. Из какой молекулы происходят атомы кислорода, образующие O_2 при фотосинтезе? Обоснуйте ответ данными табл. 2.

Вопрос 2.3. Сравните вывод из вопроса 2.2 с суммарным уравнением фотосинтеза. Согласуются ли они? Если нет, запишите уравнение так, чтобы оно соответствовало результатам опыта.

Вопрос 2.4. Почему в первые три минуты опыта сигнал m/z = 32 снижался во всех трёх камерах?

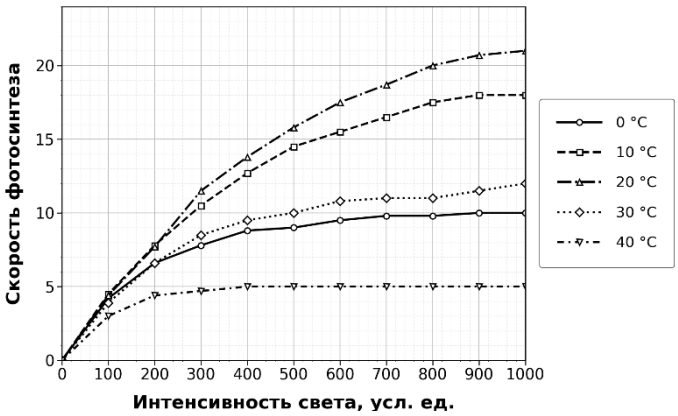


Рис. 2. Зависимость скорости фотосинтеза от интенсивности света при разной температуре

Вопрос 3. Дальнейшие исследования показали, что у растений Проксимы b, как и у земных, в световой фазе улавливаются кванты света и запасаются богатые энергией молекулы и восстановители, а в темновой фазе ферменты синтезируют органические вещества. Чтобы выращивать эти растения в теплицах будущей колонии, исследователи измерили скорость фотосинтеза при разной освещённости и температуре (рис. 2).

Вопрос 3.1. Почему при увеличении интенсивности света скорость фотосинтеза сначала возрастает, а затем рост замедляется и кривые приближаются к плато?

Вопрос 3.2. При освещённости 1000 усл. ед. определите температуру, при которой фотосинтез протекает наиболее активно. Объясните, почему при отклонениях от этой температуры интенсивность фотосинтеза уменьшается.

Вопрос 3.3. К каким отклонениям от наиболее благоприятной для протекания фотосинтеза температуры более устойчив фотосинтетический аппарат исследуемого растения? Свой ответ аргументируйте.

4. Больше – не значит лучше (20 баллов)

Исследовательница изучает размножение иглистых мышей – небольших ночных грызунов из жарких пустынь Африки и Ближнего Востока. Для работы ей нужно много ооцитов и ранних эмбрионов, поэтому самкам вводят гормоны, которые стимулируют созревание фолликулов и овуляцию. Ооцитов действительно становится больше, но многие эмбрионы останавливаются в развитии на первых делениях. Кроме того, одна из клеточных культур в лаборатории растёт заметно хуже другой.

Вопрос 1. Исследовательница сравнила три варианта гормональной стимуляции (рис. 1).

Вопрос 1.1. В какой группе сильнее всего расходятся число полученных ооцитов и число нормально развивающихся эмбрионов?

продолжение задачи 4 на странице 5

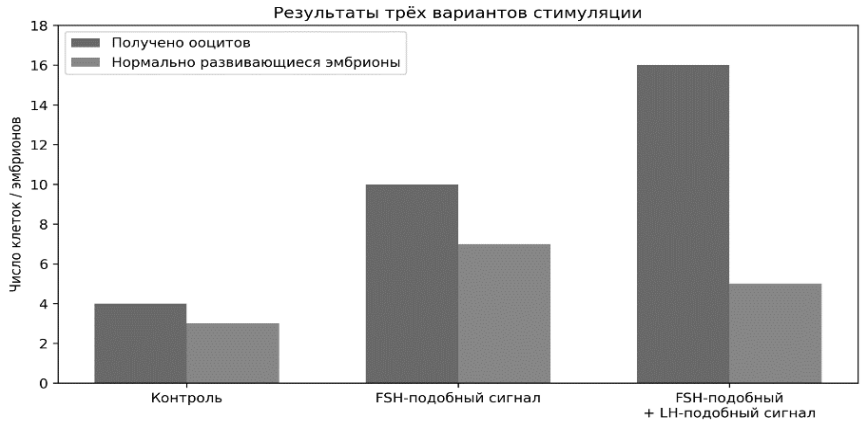


Рис 1. Результаты вариантов стимуляции (FSH - фолликулостимулирующий гормон, LH - лютеинизирующий гормон)

Вопрос 1.2. Какая клетка выходит из фолликула при овуляции у млекопитающих, и в какой фазе мейоза остановлено её деление? Когда мейоз завершается? При сильной стимуляции овулируют и ооциты из фолликулов, которые не успели полностью созреть. Почему из таких ооцитов часто получаются эмбрионы, которые останавливаются в развитии на первых делениях?

Вопрос 1.3. Какую схему стимуляции вы посоветуете исследовательнице и почему? Как проверить вашу гипотезу из вопроса 1.2?

Вопрос 2. Чтобы оценить состояние двух клеточных культур, А и Б, исследовательница смешала каплю суспензии клеток каждой культуры с красителем трипановым синим и рассмотрела препараты под микроскопом (рис. 2). Трипановый синий проникает только в мёртвые клетки и окрашивает их в синий цвет, живые клетки остаются неокрашенными.

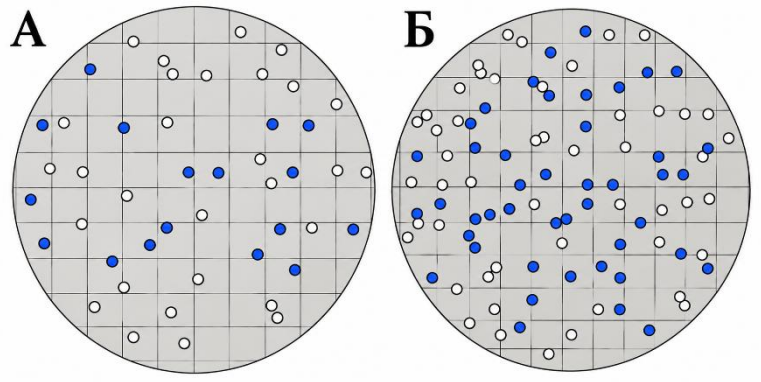


Рис. 2. Клетки культуры А (а) и культуры Б (б) после окраски трипановым синим

Вопрос 2.1 Определите долю (%) живых клеток в каждой культуре.

Вопрос 2.2 Почему трипановый синий проникает в мёртвые клетки, но не проникает в живые?

Вопрос 2.3 На препарате культуры Б клеток в поле зрения больше, чем на препарате культуры А. Можно ли по этим препаратам сделать вывод, в какой культуре больше клеток? Если нет, что нужно изменить в методике, чтобы это сравнить?

Показатель	**Культура А**	**Культура Б**
Число клеток через несколько дней	1,0 млн → 4,2 млн	1,0 млн → 1,8 млн
Форма клеток	обычная	изменённая
Среда	цвет не меняется	быстро меняет цвет

Табл 1. Сравнение культур А и Б

Вопрос3. В начале опыта культуры А и Б содержали одинаковое число клеток. Через несколько дней их сравнили (табл. 1). Цвет среды меняется из-за содержащегося в ней pH-индикатора, который реагирует на повышение кислотности. При окраске ДНК флуоресцентным красителем в культуре Б, помимо ядер клеток, обнаружили многочисленные мелкие светящиеся точки одинакового размера. Они расположены вне ядер, в основном на поверхности клеток и между ними, и их гораздо больше, чем погибших клеток.

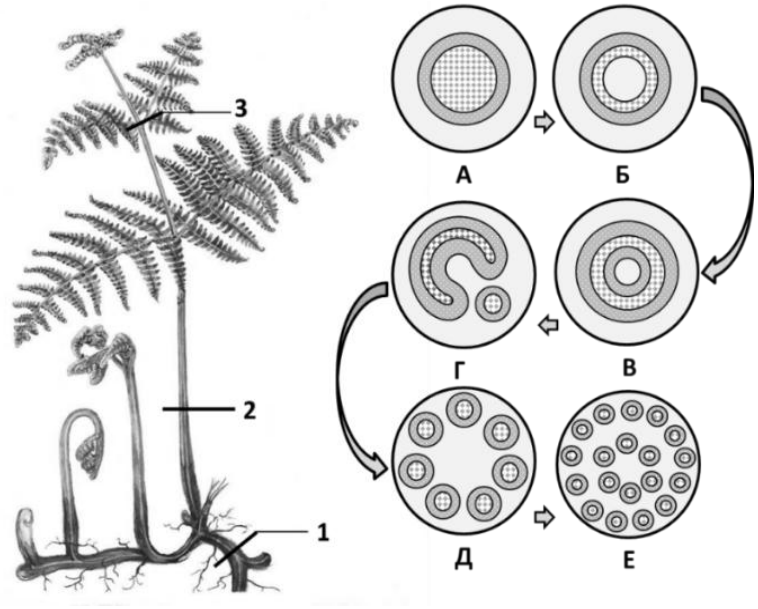
Вопрос 3.1. О чём свидетельствует наличие мелких светящихся точек?

Вопрос 3.2. Сравните долю живых клеток в культурах А и Б (вопрос 2.1) с ростом культур (табл. 1). Почему гибель клеток не объясняет такой разницы в росте? Что ещё замедляет рост культуры Б и меняет форму её клеток?

Вопрос 3.3. Лаборант предложил заменить среду в культуре Б на свежую. Почему это, скорее всего, не решит проблему?

5. В споре рождается истина (20 баллов)

Папоротники – одни из самых древних сосудистых растений на Земле. За 400 млн лет своей истории они освоили самые разные местообитания, и в современной флоре можно встретить великое множество их жизненных форм. Ответьте на ряд вопросов, чтобы разобраться в строении и эволюции этих удивительных растений.



Вопрос 1. Стела – это система проводящих и окружающих их тканей в осевых органах растения. В ходе эволюции высших растений стела постепенно усложнялась (схемы А–Е, стрелки показывают последовательность). Интересно, что у одного папоротника – орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum*) – в разных частях растения можно встретить проводящую систему, похожую на разные ступени этого ряда.

Вопрос 1.1. Каждому анатомическому уровню орляка (цифры 1–3 на рисунке) соответствует только один тип стелы (буквы А–Е). Установите соответствие между анатомическими уровнями и типами стел.

Вопрос 1.2. Какие ткани обозначены на схемах стел разной штриховкой? Впишите их названия в бланк ответов.

Вопрос 1.3. Как называется осевая часть вайи папоротника?

Вопрос 2. Папоротниковидные – споровые растения, по числу видов это вторая группа сосудистых растений после цветковых. Прочитайте утверждения (А–Г) о четырёх группах растений и расставьте группы на кладограмме.

А – Обладают ксилемой и флоэмой. С придаточными корнями, вильчато ветвящимися стеблями, вечнозелёными мелкими, спирально расположенными листьями.

Б - Растения обладают сосудистой системой. Стебли обладают выраженной метамерией. Представители макрофильной линии эволюции, однако, листья редуцированы до чешуй и располагаются мутовками в узлах.

В – Сосудистой системы у растений нет. Есть мелкие листоподобные структуры, настоящих корней нет

Г – Сосудистые растения. Побеговая система, как правило, представлена корневищем и крупными листоподобными структурами.

Вопрос 3. Рассмотрите поперечный срез корневища орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum*). Справа увеличен один проводящий пучок. Сопоставьте обозначенные на срезе ткани и структуры (1–9) с названиями из списка. Каждое название можно использовать только один раз, среди них есть лишние.

Список: эпидерма; гиподерма (механическая ткань под эпидермой); основная паренхима; колленхима; тяжи склеренхимы; эндодерма; перицикл; камбий; флоэма; метаксилема; протоксилема; перидерма.

Вопрос 4. Рассмотрите эволюционный ряд стел на рисунке к вопросу 1. У древнейших сосудистых растений ксилема располагалась сплошным тяжем в центре стебля (тип А). Почему у более крупных растений выгоднее, чтобы ксилема лежала кольцом вокруг сердцевины (типы Б и В)? Приведите два довода.

