Всесибирская олимпиада по биологии 2026–2027

Отборочный этап. 1 ноября 2026 года

11 класс

Время выполнения задания – 4 часа

Новосибирский государственный университет
*НАСТОЯЩАЯ НАУКА

1. Семейное сходство (20 баллов)



Художница-аниматор придумывает героев для нового мультсериала. Она хочет, чтобы внешность членов одной семьи подчинялась законам генетики. Главные герои – братья Миша и Ваня. У старшего, Миши, прямоугольная форма головы, а волосы он по сюжету перекрасил в зелёный цвет. У младшего, Вани, треугольная голова и рыжие волосы. У их старшей сестры Кати овальная голова и рыжие волосы. У мамы овальная голова и рыжие волосы, у папы – прямоугольная голова и каштановые волосы.

Вопрос 1. Считайте, что в мире мультсериала форма головы определяется одним геном с тремя аллелями (множественный аллелизм): прямоугольная форма доминирует над овальной, а овальная – над треугольной. Цвет волос наследуется по типу неполного доминирования: доминантная гомозигота имеет чёрные волосы, рецессивная – рыжие, гетерозигота – каштановые. Оба гена не сцеплены с полом и находятся в разных хромосомах.

Вопрос 1.1. Составьте схему скрещивания родителей Миши, Вани и Кати. Укажите генотипы родителей, их гаметы, все возможные генотипы детей с фенотипами и отметьте, какие генотипы могут быть у каждого из троих детей.

Вопрос 1.2. С какой вероятностью до окрашивания у Миши были каштановые волосы?

Вопрос 1.3. С какой вероятностью Миша несёт аллель треугольной формы головы?

Вопрос 1.4. В следующем сезоне мультсериала художница хочет показать повзрослевшего Мишу с семьёй. Его жена – с треугольной головой и рыжими волосами. С какой вероятностью их первый ребёнок будет с треугольной головой и рыжими волосами?

Вопрос 2. По соседству с братьями художница поселила семью изобретателя Германа Карловича. У него треугольная голова и каштановые волосы, у его жены – овальная голова и чёрные волосы. У их дочери Веры овальная голова и чёрные волосы.

Вопрос 2.1. Составьте схему скрещивания родителей Веры. Если вариантов несколько, приведите все.

Вопрос 2.2. В городе, где живут обе семьи, частоты аллелей формы головы такие: аллель прямоугольной формы – 0,2, овальной – 0,3, треугольной – 0,5. Считая, что популяция находится в равновесии Харди – Вайнберга, определите, какая доля жителей города имеет прямоугольную, овальную и треугольную форму головы.

Вопрос 2.3. Прямоугольная форма головы доминирует над остальными. Почему же она встречается в городе реже овальной?

Вопрос 2.4. Жена Германа Карловича – уроженка этого города.

а) С какой вероятностью она несёт аллель треугольной формы головы, если судить только по её фенотипу?

б) Как изменится эта вероятность, если учесть, что у неё и Германа Карловича родилась дочь с овальной головой? Какой вариант схемы скрещивания из вопроса 2.1 вероятнее?

Вопрос 2.5. По сюжету следующего сезона в городе распространилось поверье, что треугольная голова приносит несчастье, и жители с треугольной головой перестали создавать семьи и оставлять потомство. Все остальные выбирают супругов случайно. Какой станет частота аллеля треугольной формы головы в следующем поколении?

2. Хвойный пациент (20 баллов)

В 2009 году широко обсуждался медицинский случай. Мужчина обратился к врачам с жалобами на сильные боли в правой половине грудной клетки, кровохарканье и общее недомогание. На рентгенограмме в нижней доле правого лёгкого обнаружили плотное затемнение. Врачи заподозрили злокачественную опухоль или распад туберкуломы (одна из форм туберкулёза) и назначили операцию. Перед удалением доли лёгкого хирург сделал надрез, чтобы взять ткань на срочное гистологическое исследование, и неожиданно обнаружил в бронхе зелёную еловую веточку длиной около 5 см. Журналисты сообщили, что семя ели проросло прямо в лёгком. Проверим, возможно ли это.

Вопрос 1. Для прорастания семенам ели нужны вода, кислород и подходящая температура.
Вопрос 1.1. Есть ли эти условия в просвете бронха? Ответ поясните.
Вопрос 1.2. Могло ли семя, попавшее в бронх, прорасти и превратиться в побег длиной 5 см? Обоснуйте ответ, назовите не менее двух доводов.

Вопрос 2. Представим, что семя всё же начало прорастать в бронхе и избежало иммунного ответа.
Вопрос 2.1. За счёт чего питался бы росток на стадиях семени, проростка и молодого растения? Смог бы он дожить до стадии молодого растения? Если нет, на какой стадии и почему он погиб бы?
Вопрос 2.2. Проростки фасоли, выросшие в полной темноте, бледно-жёлтые, а проростки ели в темноте зеленеют. Объясните это различие. Помог бы зелёный цвет ростку выжить в бронхе?
Вопрос 2.3. Какие ещё внешние особенности имел бы побег, выросший в полной темноте?

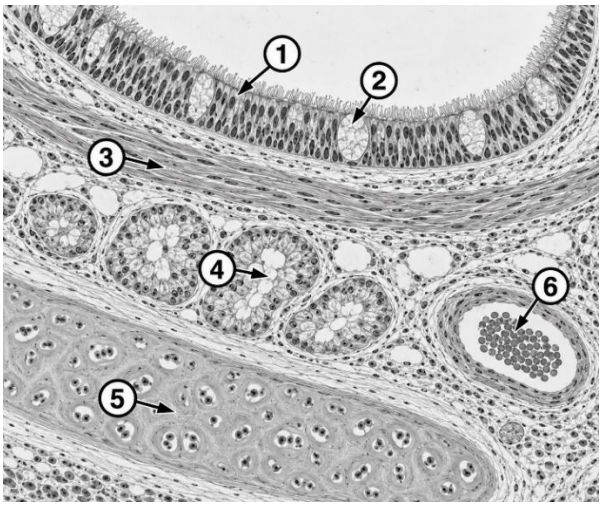


Рис. 1. Схема поперечного среза стенки бронха

Вопрос 3. На срочное гистологическое исследование отправили участок стенки бронха рядом с веточкой.

Вопрос 3.1. На рис. 1 показан срез стенки здорового бронха. Сопоставьте обозначенные структуры (1–6) с названиями из списка. Каждое название можно использовать один раз, среди них есть лишние.

Список: многорядный мерцательный эпителий; многослойный плоский эпителий; бокаловидная клетка; железа подслизистой основы; гладкая мышечная ткань; поперечнополосатая мышечная ткань; гиалиновый хрящ; эластический хрящ; кровеносный сосуд.

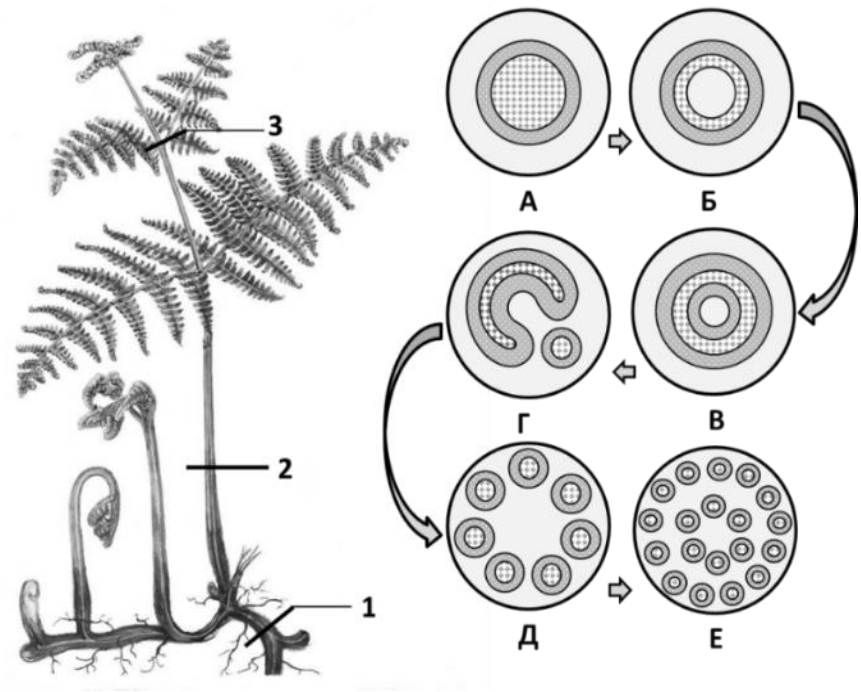
Вопрос 3.2. В участке, где веточка пролежала долгое время, гистологи обнаружили, что мерцательный эпителий заменился многослойным плоским. Чем такая замена полезна для стенки бронха? Чем она опасна для лёгкого?

Вопрос 4. Как бы веточка ни оказалась в лёгком, нашли её в нижней доле правого лёгкого. Инородные тела вообще чаще всего попадают именно в правое лёгкое, а у стоящего или сидящего человека – в его нижнюю долю. Объясните это особенностями строения дыхательных путей.

Вопрос 5. В норме попадание инородного тела в дыхательные пути вызывает немедленный защитный рефлекс.
Вопрос 5.1. Назовите этот рефлекс.
Вопрос 5.2. Опишите его рефлекторную дугу: афферентный путь, нервный центр, эфферентный путь и эффекторы (рецепторы уже указаны в бланке ответов).

3. О вкусах не спорят (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.

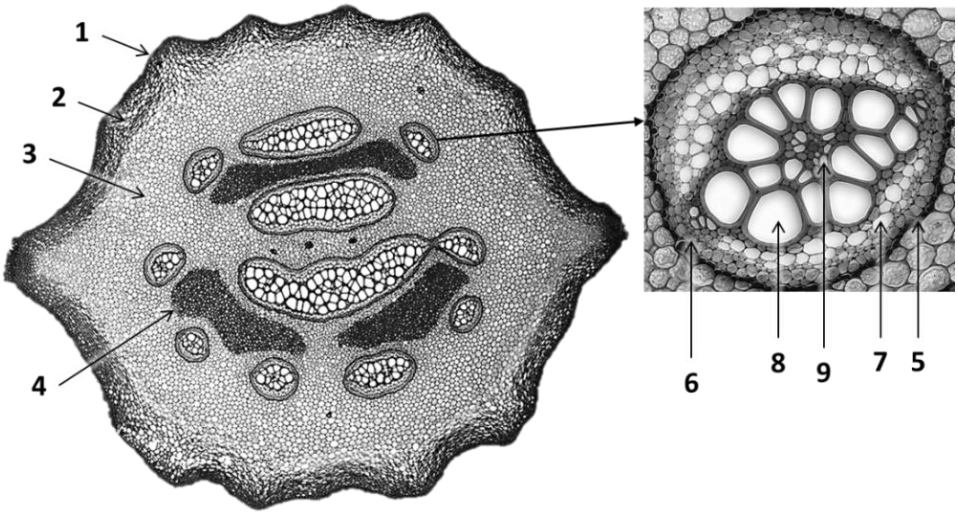
Вопрос 1.1. Каждому анатомическому уровню орляка (цифры 1–3 на рисунке) соответствует только один тип стелы (буквы А–Е). Установите соответствие между анатомическими уровнями и типами стел.
Вопрос 1.2. Какие ткани обозначены на схемах стел разной штриховкой? Впишите их названия в бланк ответов.
Вопрос 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.

продолжение задачи 2 на странице 2

Вопрос 4. Время расхождения эволюционных линий можно оценить по числу различий в последовательности одного и того же гена: чем дольше линии развиваются независимо, тем больше различий в них накапливается. Учёные сравнили участок одного гена у папоротника, голосеменного растения (сосна) и цветкового растения (табл. 1). По ископаемым остаткам известно, что линии голосеменных и цветковых разошлись около 300 млн лет назад. Считайте, что различия накапливаются с постоянной скоростью.



Сравниваемые растения	**Число различий**
Сосна – цветковое растение	30
Папоротник – сосна	40
Папоротник – цветковое растение	40

Табл. 1. Число различий в последовательности гена (условные данные)

Вопрос 4.1. Сколько миллионов лет назад разошлись линии папоротников и семенных растений? Покажите расчёт.

Вопрос 4.2. Почему папоротник отличается от сосны и от цветкового растения одинаковым числом различий, хотя сосна и цветковое растение – совсем разные растения? Изобразите схему родства трёх растений.

Вопрос 4.3. Почему такая оценка времени может оказаться неточной? Приведите два довода.

4. По ту сторону иммунной изгороди (20 баллов)

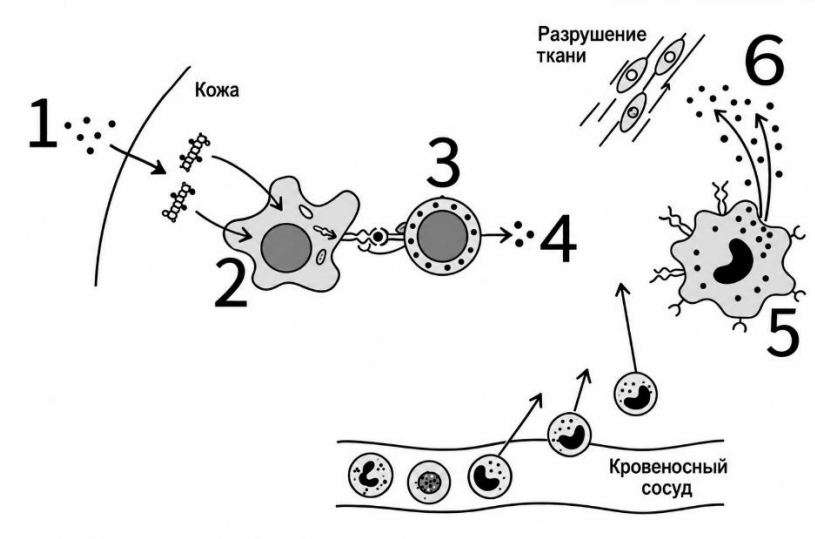
Маленький Грег и его старший брат Вирт жили в небольшой деревне в Северной Америке. Однажды Грег весь день играл в лесу, а спустя сутки у него на ногах появились красные зудящие пятна и пузырьки. Вирт осмотрел их и понял, что брат обжёгся ядовитым плющом (*Toxicodendron radicans*). Такие «ожоги» – это аллергическая реакция **на урушиол**, вещество из сока растения.

Вирт вспомнил, что когда Грег впервые играл в этом месте, никакой сыпи не было. Зато после следующих прогулок пятна появлялись каждый раз спустя один-два дня.

Справка. Различают два типа аллергических реакций. Аллергия немедленного типа развивается в течение нескольких минут: антитела к аллергену, закреплённые на тучных клетках, вызывают выброс гистамина, который расширяет сосуды и вызывает отёк и зуд. Аллергия замедленного типа развивается за 1–3 суток: её вызывают Т-лимфоциты, которые распознают аллерген и выделяют сигнальные вещества (цитокины), привлекающие в ткань макрофаги.

Вопрос 1. Какой тип аллергической реакции развился у Грега? Обоснуйте ответ. Почему при первом контакте с плющом сыпи не было, а при повторных она появлялась?

продолжение задачи 2 на странице 2



Вопрос 2. На схеме показано, как развивается реакция на урушиол. Аллерген проникает в кожу. Клетка кожи захватывает его и «показывает» Т-лимфоциту. Т-лимфоцит выделяет сигнальные вещества, которые привлекают из крови клетки, выделяющие вещества, разрушающие ткань. Подберите к пронумерованным элементам схемы (1–6) названия из списка. Каждое название можно использовать один раз, среди них есть лишние.

Список: антигенпредставляющая клетка; Т-лимфоцит; макрофаг; цитокины; эритроцит; гистамин; антитела; аллерген; адреналин; литические ферменты.

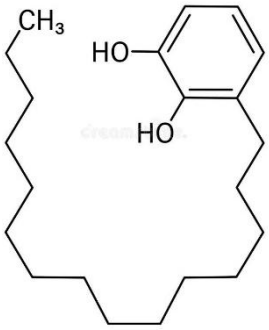


Рис. 2. Структурная формула урушиола

Вопрос 3. Урушиол (рис. 2) – небольшая молекула. Иммунная система распознаёт в основном крупные молекулы, прежде всего белки, а такие маленькие молекулы сами по себе иммунного ответа не вызывают.

Вопрос 3.1. Предположите, как урушиол всё же вызывает иммунный ответ.

Вопрос 3.2. Опираясь на строение молекулы, объясните, почему урушиол легко проникает в кожу и почему его плохо смывать одной водой.

Вопрос 4. Т-лимфоцитов, способных распознать урушиол, в организме очень мало – единицы среди миллиардов. Чтобы возникла заметная реакция, такие клетки должны сначала размножиться.

Вопрос 4.1. Каким способом делятся лимфоциты? Почему все дочерние клетки распознают тот же аллерген, что и исходная клетка?

Вопрос 4.2. Активированный Т-лимфоцит делится примерно каждые 8 часов. Сколько клеток образуется из одного лимфоцита за 3 суток?

Вопрос 4.3. Почему даже при повторном контакте с урушиолом сыпь появляется через 1–2 дня, а не через несколько минут, как при аллергии немедленного типа?

Вопрос 5. Чтобы облегчить состояние брата, Вирт отправился в лес к ведьме Аделаиде за лекарством. Она предложила ему на выбор несколько средств:

– мазь, усиливающую выработку антител;
– мазь с гормоном, подавляющим воспаление и активность иммунных клеток;
– микстуру, блокирующую рецепторы гистамина;
– капли с антибиотиком.

Однако ведьма была немолода и забыла, как действуют многие лекарства, поэтому наравне с полезными могла предложить бесполезные или даже вредные.

Вопрос 5.1. Какое средство лучше выбрать Вирту?

Вопрос 5.2. Почему не подходят остальные? Почему микстура, блокирующая рецепторы гистамина, поможет Грегу лишь слабо?

Вопрос 6. Заполните таблицу: укажите, к какому иммунитету (врождённому или приобретённому) относятся клетки, и назовите их основную функцию.

5. Проклятые места (20 баллов)

Аграрная планета Сант-Белла гибнет: урожаи падают, скот болеет. В донесениях губернатора «гнёздами слуг тьмы» названы гейзеры, солёные равнины, кислое озеро у вулкана, содовые озёра, вечные льды и океанские впадины. Разобраться в происходящем поручили биологу Дарию.

Вопрос 1. Досье проклятых мест. Вопрос 1.1. Сопоставьте «проклятые» места Сант-Беллы с группами микроорганизмов, которые там обитают. Каждую группу можно использовать только один раз, среди них есть лишние.
Места: кипящие гейзеры и горячие источники; солёные равнины и озёра; кислое озеро у вулкана; содовые озёра; вечная мерзлота и ледники; дно океанских впадин.
Группы: термофилы; психрофилы; ацидофилы; алкалофилы; галофилы; барофилы; мезофилы; ксерофилы.
Вопрос 1.2. Почему в самых горячих, солёных и кислых местах среди микроорганизмов часто преобладают археи, а не бактерии?

Вопрос 2. Экспертиза образцов. В полевой лаборатории Дарий выращивает две культуры микроорганизмов: культуру А – термофила из гейзера при 70 °C и культуру Б – психрофила из вечной мерзлоты при 10 °C. Мутность среды ($ОП_{600}$) измеряли каждые 30 минут (данные условные).

Время, мин	0	30	60	90	120	150	180	210
$ОП_{600}$, культура А	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80	1,60	1,60	1,60
$ОП_{600}$, культура Б	0,05	0,05	0,10	0,14	0,20	0,28	0,40	0,57

Вопрос 2.1. Постройте на одном чертеже графики зависимости $ОП_{600}$ от времени для обеих культур (подпишите оси, нанесите точки, обозначьте кривые А и Б).
Вопрос 2.2. Рассчитайте время удвоения каждой культуры. Как называется фаза роста, на которой вы его определили?
Вопрос 2.3. За какое время культура Б достигнет $ОП_{600}$ = 1,60, если продолжит расти с той же скоростью? Покажите расчёт.
Вопрос 2.4. Определите по графику, на какой минуте культура А вышла в стационарную фазу. Почему её мутность перестала расти?

Вопрос 3. Молекулы, которые не боятся жары и холода.
Вопрос 3.1. Дарий по ошибке поменял термостаты: культура А оказалась при 10 °C, а культура Б – при 70 °C. Через сутки не росла ни одна из них. Объясните, что произошло с белками каждой культуры.
Вопрос 3.2. В генах рибосомальной РНК термофилов доля нуклеотидов Г и Ц заметно выше, чем у психрофилов. Как это помогает термофилам?
Вопрос 3.3. Из бактерии Thermus aquaticus, найденной в горячем источнике, выделили фермент ДНК-полимеразу (Taq-полимеразу). Сегодня его используют в полимеразной цепной реакции (ПЦР) – методе многократного копирования участка ДНК. Почему для ПЦР нужна именно полимераза термофила, а не, например, кишечной палочки?

Вопрос 4. Ледяная луна. У Сант-Беллы есть ледяная луна: под многокилометровым панцирем льда находится тёмный солёный океан с гидротермальными источниками на дне.
Вопрос 4.1. Какие группы экстремофилов, известные на Земле, могли бы обитать в подлёдном океане? Укажите не менее двух групп и объясните, благодаря чему каждая из них может там жить.
Вопрос 4.2. Чем в такой экосистеме заменяется солнечный свет как источник энергии для пищевой цепи? Сравните этот процесс с фотосинтезом: что у них общего и чем они различаются?