

Московская олимпиада школьников. Генетика. 9 класс. Отборочный этап, 2025/26

22 ноя 2025 г., 10:00 — 23 ноя 2025 г., 23:59

Часть I

Вам предлагаются задания с выбором только **одного** верного ответа.

№ 1

1 балл

Задание 1.1 Ихтиоз — редкое рецессивное заболевание, сцепленное с X-хромосомой, характеризующееся нарушением ороговения кожи. Мужчина с ихтиозом вступает в брак со здоровой женщиной, в семье которой это заболевание никогда не встречалось. У этой пары рождается дочь, которая в будущем выходит замуж за здорового мужчину. Какова вероятность того, что первый ребенок этой дочери будет страдать ихтиозом?

а) 100%

б) 50%

в) 25%

г) 12,5%

№ 2

1 балл

Задание 1.2

Гены А, В, С, D и E наследуются независимо. Аллели в каждой паре взаимодействуют по типу полного доминирования. Выберите верное утверждение.

- Организм с генотипом $AaBBCCDdEE$ производит больше типов гамет, чем организм с генотипом $aaBbCcDdEE$;
- Организм с генотипом $AaBbCcDDEE$ производит 6 типов гамет;
- При скрещивании организмов с генотипами $aaBbCcDDEe$ и $AABBCcDdEe$ в потомстве наблюдается 4 фенотипа;
- При скрещивании организмов с генотипами $aaBbCcDDEe$ и $AABBCcDdEe$ в потомстве наблюдается 4 генотипа.

№ 3

1 балл

Задание 1.3

Мальчик Митя решил изучить наследование окраски шерсти у мышей (моногенный признак). Он скрещивал желтых мышей, обработав данные, Митя сделал вывод о расщеплении 2:1 (две желтых и одна черная). Предположите причину отклонения данного расщепления от менделевского.

- Ген сцеплен с полом;
- Ген находится в митохондриальной ДНК;
- Митя ошибся, и за окраску отвечают 2 гена;
- Рецессивные гомозиготы по этому гену летальны.

№ 4

1 балл

Задание 1.4 У диплоидного организма пол задаётся одним геном с пятью аллелями (A, B, C, D, E), где каждая из возможных гомо- и гетерозиготных комбинаций соответствует уникальному полу. Сколько всего различных полов существует в такой системе?

а) 5

б) 25

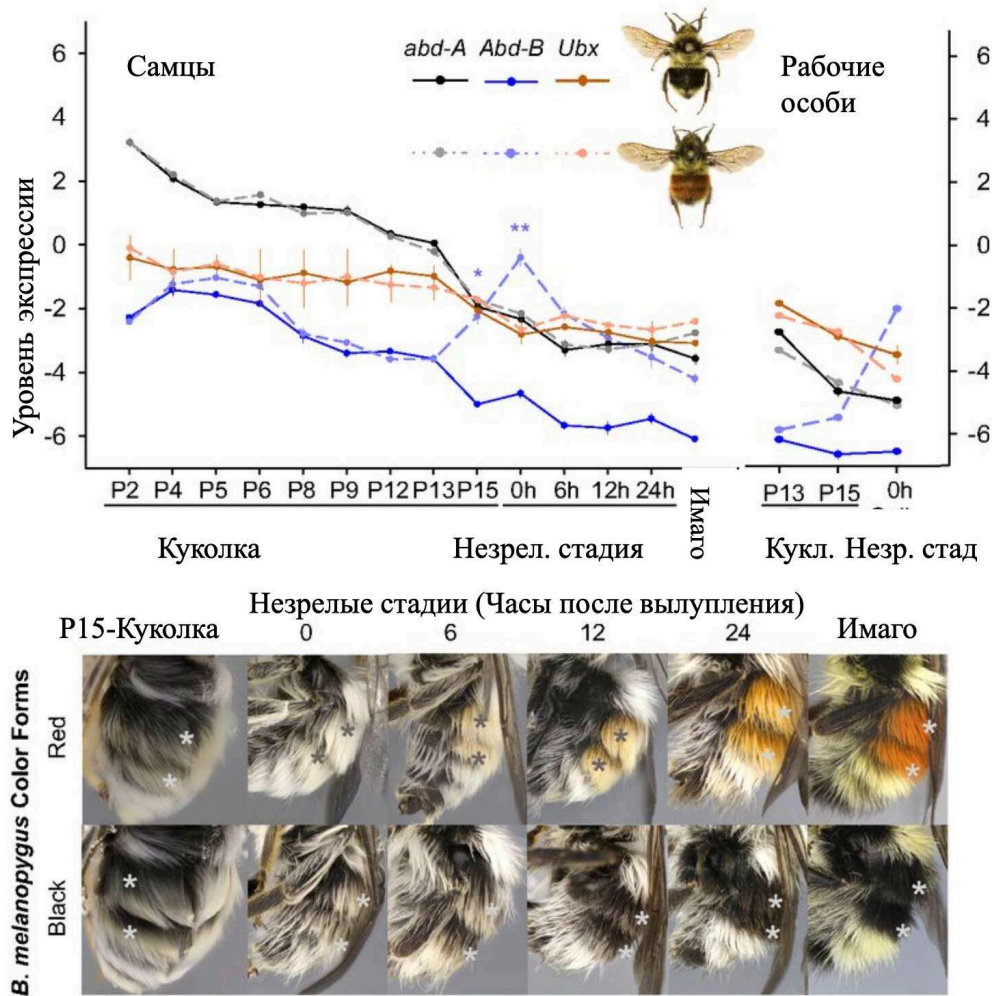
в) 15

г) 10

1 балл

Задание 1.5

Яркая окраска шмеля служит предупреждением для хищников (пример апосематизма). На рисунке представлены результаты исследования генетического контроля окраски брюшка у шмеля *Bombus melanopurugus*. У этих шмелей щетинки на определенных сегментах брюшка могут становиться либо чёрными, либо рыжими (оранжевыми). Известно, что за развитие и дифференцировку сегментов тела у насекомых отвечают гены комплекса *Vithorax*, в частности, гены *Ubx*, *abd-A* и *Abd-B*. На нижней панели показаны последовательные стадии развития. На графике отображена динамика экспрессии трёх генов комплекса *Vithorax* в ходе развития куколки и у взрослых особей.



Выберите верное утверждение.

- Подъём экспрессии гена *Abd-B* на завершающих стадиях развития куколки является причиной развития чёрной окраски щетинок на брюшке шмеля;
- Различия в окраске брюшка между разными особями шмелей проявляются только после завершения стадии куколки, в течение вторых суток жизни насекомого;
- Экспрессия гена *Ubx* находится на постоянно высоком уровне в течении всего развития и напрямую определяет характер пигментации сегментов брюшка;

- Решающую роль в определении будущей рыжей окраски сегментов брюшка играет резкое повышение экспрессии гена *Abd-B* непосредственно перед выуплением особи.

№ 6

1 балл

Задание 1.6

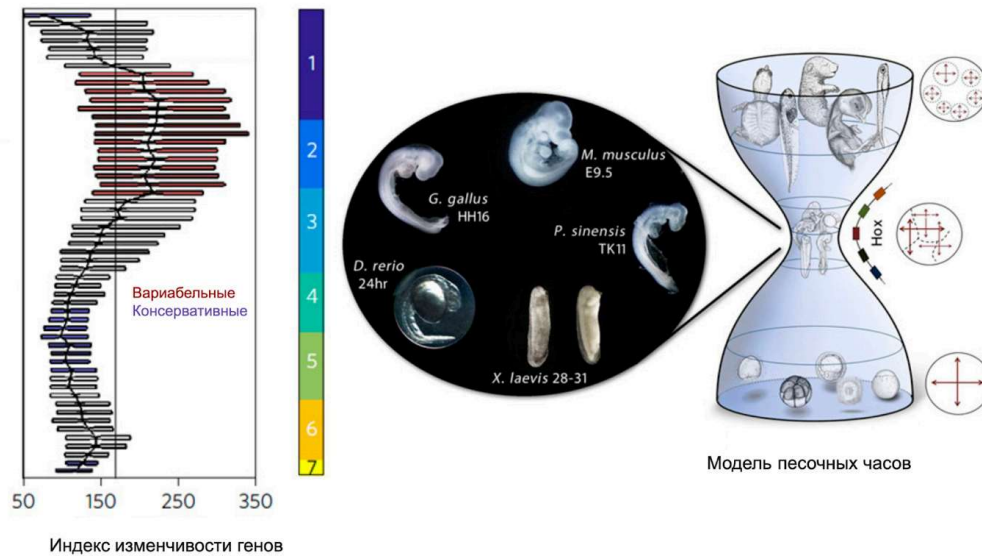
При изучении формирования передне-задней оси тела у комара-звонца (*Chironomus riparius*) и дрозофилы были проведены следующие эксперименты: Опыт 1: Отключение гена *panish* у комара приводило к развитию безголовых личинок с двумя хвостовыми отделами. Опыт 2: Введение мРНК гена *panish* в задний конец зародыша комара не вызывало формирования второй головы. Опыт 3: Отключение гена *tailless* у комара приводило к развитию уродливого двухголового эмбриона. Опыт 4: После отключения гена *panish* у зародыша комара экспрессия гена *tailless*, который в норме наблюдается только в задней части, начинала обнаруживаться по всему эмбриону. Опыт 5: У дрозофилы введение мРНК гена *bicoid* в задний конец зародыша приводит к формированию второй головы. Выберите верное утверждение, которое следует из результатов этих экспериментов.

- Ген *panish* у комара кодирует белок, который равномерно распределяется по всему эмбриону и активирует "головные" гены;
- Ген *tailless* у комара является ключевым активатором, необходимым для развития головного конца тела;
- Ген *panish* у комара функционирует как репрессор, подавляя экспрессию "хвостовых" генов (например, *tailless*) в передней части зародыша;
- Ген *bicoid* у дрозофилы и ген *panish* у комара идентичны по своей функции и механизму действия.

1 балл

Задание 1.7

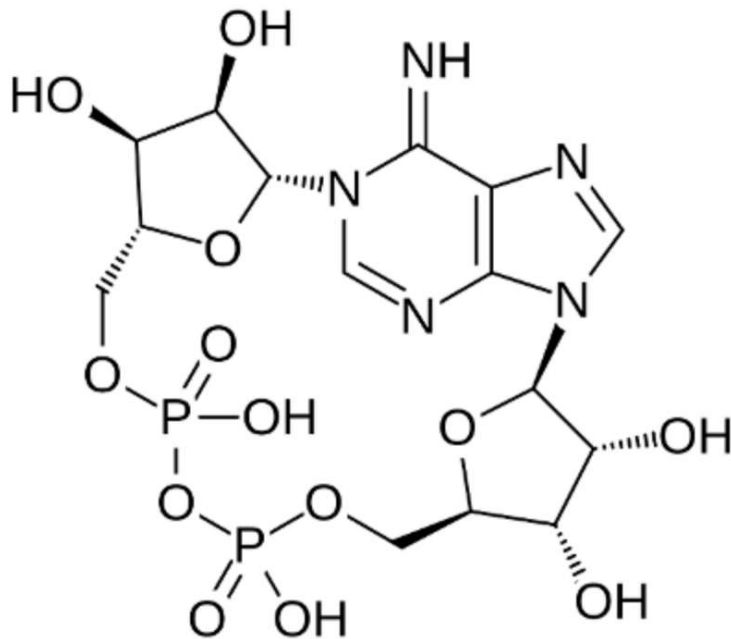
Филотипическая стадия — это период эмбриогенеза, на котором зародыши в пределах одного типа животных демонстрируют максимальное сходство. Согласно модели «песочных часов», изменчивость эмбрионов из разных таксонов на этой стадии минимальна. В эксперименте по проверке этой модели ученые вывели 19 линий нематоды *C. elegans*, в которых в течение 250 поколений накапливались случайные мутации при отсутствии давления отбора. Анализ изменчивости экспрессии генов показан на картинке. Наиболее консервативными оказались гены интеграции — гены, которые координируют совместное развитие зародышевых листков и не работают, если клетки этих листков культивировать по отдельности. Какое утверждение, объясняющее этот результат, является верным?



- Мутации не затрагивают гены, работающие на средних стадиях развития, так как эти гены защищены от повреждений особыми механизмами репарации ДНК;
- Филотипическая стадия (4-5 стадии у нематод) наиболее консервативна, потому что на ней наиболее активны гены интеграции, координирующие развитие зародышевых листков, и нарушение их работы критично для выживания даже в отсутствие отбора;
- Отсутствие отбора привело к тому, что все стадии развития стали одинаково изменчивыми, а наблюдаемый минимум на 6-7 стадиях является статистической погрешностью;
- Наибольшая консервативность филотипической стадии объясняется исключительно активностью НОХ-генов, тогда как гены, координирующие зародышевые листки, показали высокую изменчивость.

1 балл

Задание 1.8 Для передачи сигналов о различных абиотических стрессах в клетках растений важен вторичный посредник, структура которого изображена на рисунке ниже.

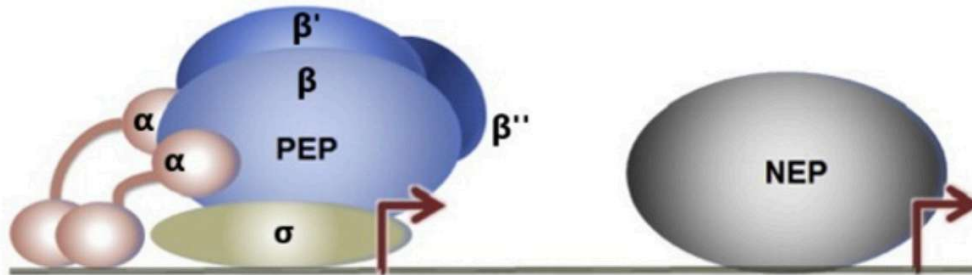


Данное соединение:

- а) Является динуклеотидом
- б) Содержит 2 N-гликозидные связи
- в) Содержит гуанин
- г) Синтезируется РНК-полимеразой

1 балл

Задание 1.9 В пластидах растений как правило функционируют две РНК-полимеразы. Одна (NEP) имеет фаговое происхождение, она является мономерным белком, кодируется ядерным геномом и транскрибирует гены домашнего хозяйства пластид. Другая (PEP) напоминает бактериальную РНК-полимеразу и состоит из нескольких субъединиц. Эта РНК-полимераза транскрибирует гены, связанные с выполнением пластидами своих функций, ее коровая часть закодирована в пластидном геноме.

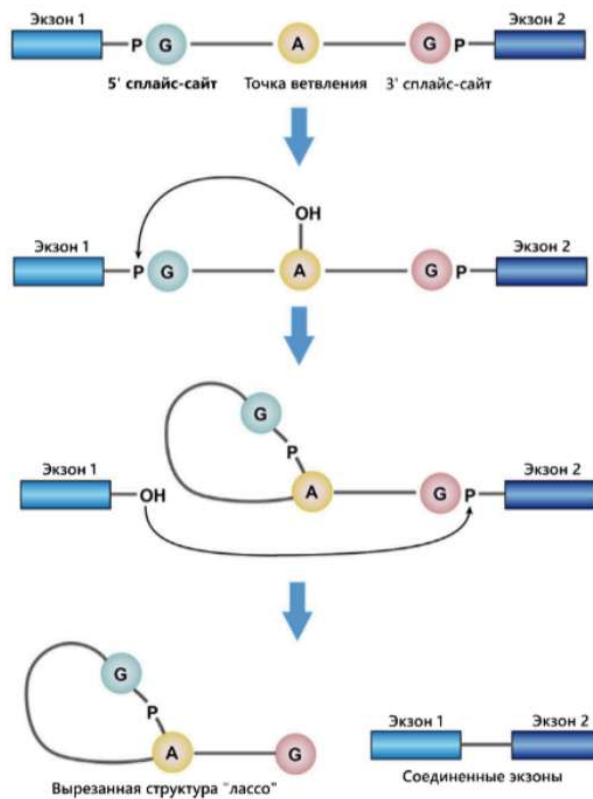


Что интересно, инициация транскрипции РНК-полимеразы PEP полностью зависит от ядерного генома. Это связано с тем, что:

- а) В ядре закодирована σ -субъединица (сигма-субъединица) этой полимеразы
- б) В ядре закодированы ферменты, вносящие в промоторы генов модификации, необходимые для связывания данной РНК-полимеразы
- в) Все пластидные белки транслируются цитоплазматическими 80S-рибосомами
- г) В ядре закодированы белки, вызывающие деградацию данной РНК-полимеразы

1 балл

Задание 1.10 Сплайсинг в эукариотических клетках — очень вариативный процесс (классический механизм сплайсинга приведен на рисунке ниже). Например, в растительных клетках распространено явление, при котором в результате сплайсинга образуются кольцевые молекулы ДНК.



На рисунке ниже изображена экзон-интронная структура некоторого гена.

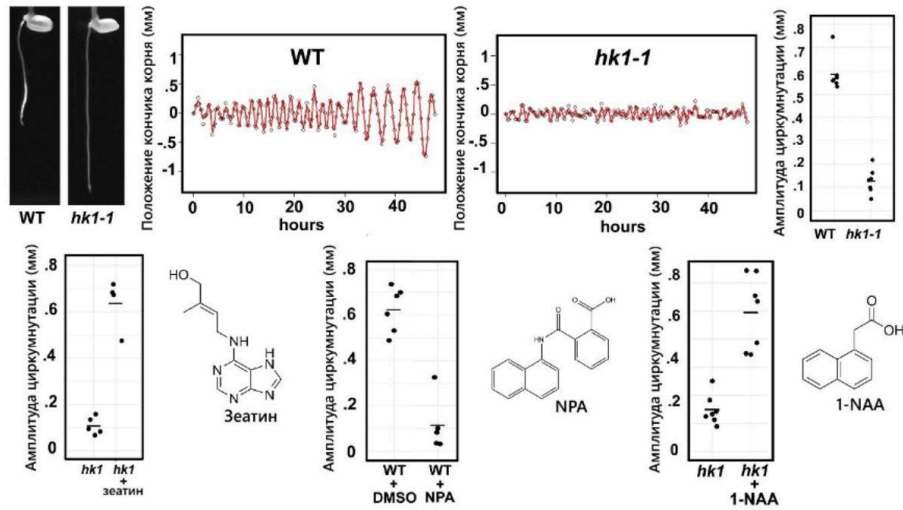


Выберите пару сплайс-сайтов, взаимодействие между которыми с наибольшей вероятностью приведет к образованию кольцевой РНК, если считать, что свободные структуры лассо быстро разрушаются.

- а) 5' сплайс-сайт интрона А и 3' сплайс-сайт интрона С
- б) 5' сплайс-сайт интрона В и 5' сплайс-сайт интрона А
- в) 5' сплайс-сайт интрона С и 3' сплайс-сайт интрона С
- г) 5' сплайс-сайт интрона D и 3' сплайс-сайт интрона В

1 балл

Задание 1.11 В процессе прорастания семян растений важную роль может играть циркумнутация — процесс спирального роста зародышевого корешка. В сигнальном каскаде, обеспечивающем циркумнутацию, ключевую роль играет этилен, а также другие фитогормоны, такие как ауксины и цитокинины. Известно, что у мутанта по гену НК1 — гистидинкиназы 1 (мутант обозначен, как *hk1*) не происходит циркумнутация. Для выяснения места гистидинкиназы 1 в сигнальном каскаде был проведен анализ эффектов от действия зеатина (один из цитокининов) и 1-NAA (аналог ауксина) на мутантов (*hk1*), а также NPA (антагонист ауксина) на растения дикого типа (WT, DMSO — отрицательный контроль).



Выберите из предложенных схем сигнального каскада ту, которая наилучшим образом описывает наблюдаемые эффекты:

- а) Этилен → Цитокинины → НК1 → Ауксин → Циркумнутация
- б) Этилен → Ауксин → Циркумнутация
Цитокинины → НК1 → Ауксин
- в) Цитокинины → Ауксин → Циркумнутация
Этилен → НК1 → Ауксин
- г) Цитокинины → Ауксин → НК1 → Циркумнутация
Этилен → Ауксин

а)

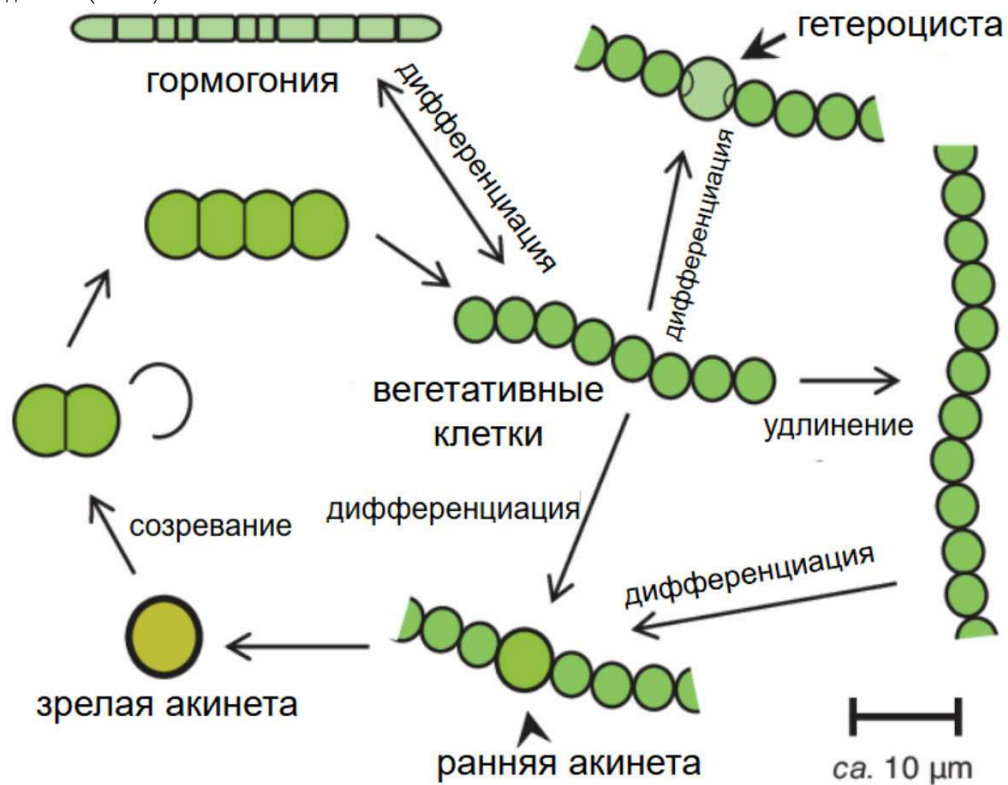
б)

в)

г)

1 балл

Задание 1.12 На рисунке ниже изображен жизненный цикл сине-зеленой водоросли ностока (*Nostoc* sp.). Внимательно изучив данный жизненный цикл, укажите, на каком его этапе происходит редукционное деление (мейоз):



- а) в процессе дифференциации вегетативных клеток в гормогонии
- б) в процессе созревания гетероцисты
- в) в процессе созревания акинеты
- г) редукционного деления в жизненном цикле нет

1 балл

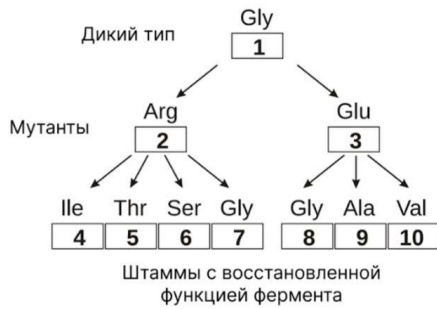
Задание 1.13

На изображении схематично представлен процесс конъюгации у бактерий. Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение, связанное с этим процессом.

- При конъюгации происходит однонаправленная передача одноцепочечной ДНК от донорской клетки к реципиентной;
- Конъюгация является механизмом горизонтального переноса генетического материала, повышающим генетическое разнообразие бактериальной популяции;
- Перенос гена, ответственного за устойчивость к антибиотику, с помощью конъюгации может быстро приводить к формированию устойчивой популяции бактерий;
- Для начала конъюгации донорская клетка синтезирует специфическую пилу, которая служит каналом для переноса хромосомной ДНК.

1 балл

Задание 1.14 Ученые изучали последовательность триптофансинтетазы *E. coli*. Белок дикого типа (1) имеет глицин в позиции 38. Ученые выделили два неактивных мутанта триптофансинтетазы: 2 и 3. У мутанта 2 в позиции 38 вместо глицина находился аргинин, а у мутанта 3 в позиции 38 — глутамин. Мутанты 2 и 3 были высеяны на минимальную среду (без триптофана). Появляющиеся колонии соответствуют спонтанным мутациям, которые восстановили функцию триптофансинтетазы. Аминокислота в позиции 38 была идентифицирована, как описано на рисунке. Предположим, что каждая замена аминокислоты происходит в результате замены одной пары оснований. Выберите верное утверждение о 38 кодоне триптофансинтетазы.



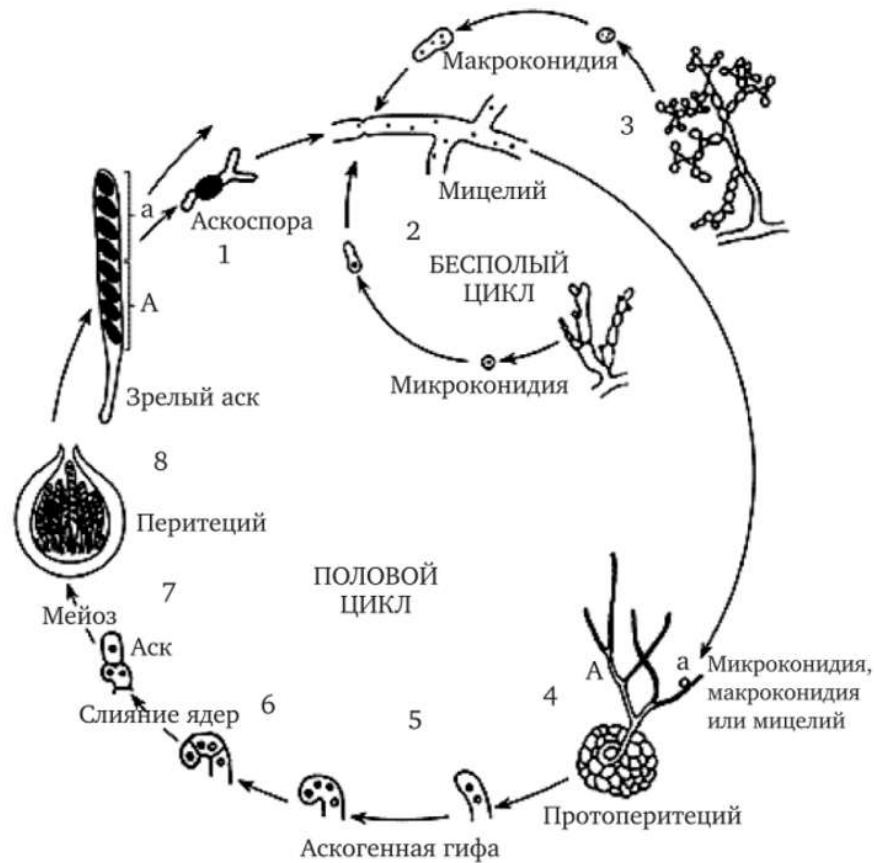
		Второе основание кодона				
		U	C	A	G	
Первое основание	U	UUU Phe UUC UUA Leu UUG	UCU Ser UCC UCA UCG	UAU Tyr UAC UAA Stop UAG Stop	UGU Cys UGC UGA Stop UGG Trp	U C A G
	C	CUU Leu CUC CUA CUG	CCU Pro CCC CCA CCG	CAU His CAC CAA Gln CAG	CGU Arg CGC CGA CGG	U C A G
	A	AUU Ile AUC AUA AUG Met	ACU Thr ACC ACA ACG	AAU Asn AAC AAA Lys AAG	AGU Ser AGC AGA Arg AGG	U C A G
G	GUU Val GUC GUA GUG	GCU Ala GCC GCA GCG	GAU Asp GAC GAA Glu GAG	GGU Gly GGC GGA GGG	U C A G	

- а) Мутант 2 произошел в ходе замены во втором положении кодона
- б) Штаммы 4 и 5, скорее всего, имеют ту же последовательность кодона, что и штамм дикого типа
- в) Кодон в мутанте 10 - 5'GUA3'
- г) Кодон в мутанте 6 - 5'AGC3'

1 балл

Задание 1.15

На рисунке представлен жизненный цикл сумчатого гриба. Внимательно проанализируйте его и выберите верное утверждение.



- Самой короткой стадией в жизненном цикле является гаплоидная;
- Мейоз происходит при образовании гамет (подвижных половых клеток, которые различаются по форме: мужские гаметы маленькие и несут жгутик, а женские гаметы – крупные и безжгутиковые);
- Плодовое тело гриба и его соматический мицелий обычно гаплоидные;
- Дикариотическая стадия ($n+n$) образуется при слиянии первичного гаплоидного мицелия и затем формирует плодовое тело.

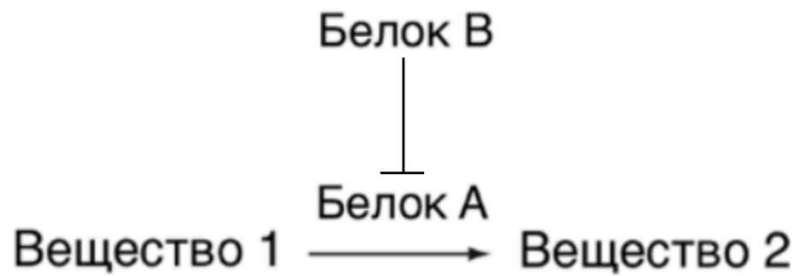
Часть II

Вам предлагаются задания с множественным выбором (0–5) верного ответа.

2.5 балла

Задание 2.1

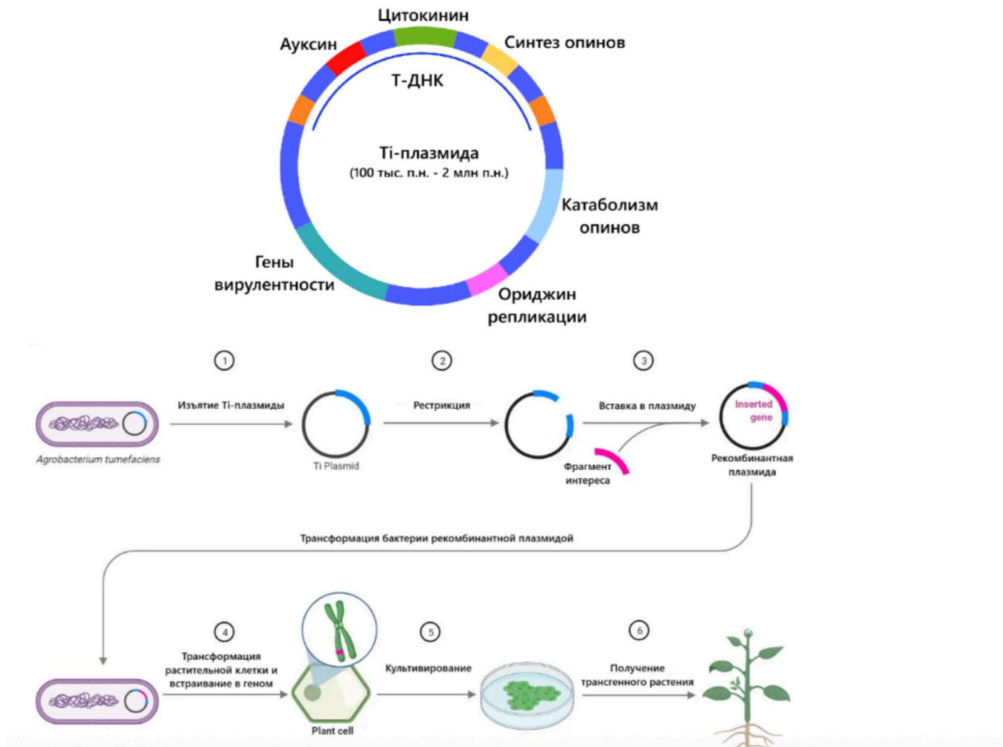
Исследуется биохимический путь пигмента: Белок А превращает бесцветный предшественник (вещество 1) в синий пигмент (вещество 2). Белок В полностью блокирует работу Белка А. Аллели А и В — доминантные и кодируют работающие белки. Мутантные аллели а и в — рецессивные, их белки полностью неактивны. Выберите верные утверждения:



- а) Подобное неаллельное взаимодействие генов описывается термином рецессивный эпистаз
- б) Скорее всего, Белок В является одним из ферментов метаболического пути синтеза Вещества 2
- в) Особи с генотипами $aabb$ и $AABB$ будут иметь одинаковый фенотип
- г) Генотипическое расщепление при скрещивании двух дигетерозигот ($AaBb \times AaBb$) составит 9:3:4
- д) Фенотипическое расщепление при скрещивании двух дигетерозигот ($AaBb \times AaBb$) составит 13:3

2.5 балла

Задание 2.2 Одним из популярнейших методов получения трансгенных растений является агробактериальная трансформация, для которой используются Тi-плазмиды бактерий рода *Agrobacterium*. Схема нативной Тi-плазмиды приведена на рисунке ниже, гены синтеза фитогормонов позволяют бактерии вызывать пролиферацию растительных клеток, что приводит к образованию корончатого галла, гены же синтеза и катаболизма опинов (специфических низкомолекулярных соединений) обеспечивают питание бактерии.



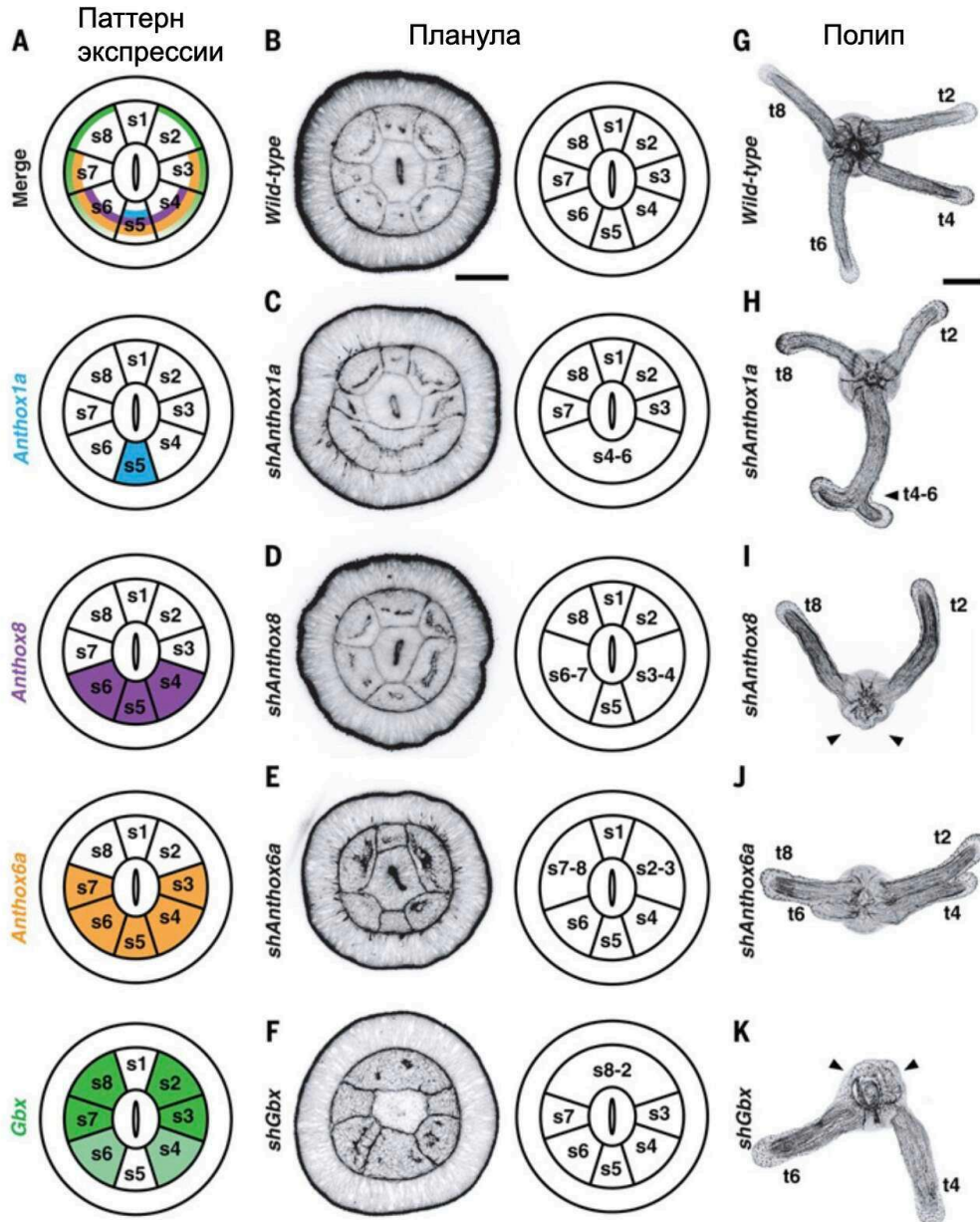
Внимательно изучите представленные схемы и выберите верные утверждения:

- а) Преимуществом Тi-плазмид является их относительно небольшой размер, что облегчает трансформацию растительных клеток
- б) Благодаря наличию генов синтеза опинов, в Тi-плазмиду можно не встраивать гены устойчивости к антибиотикам и/или гербицидам для селекции
- в) В Тi-плазмиду для трансфекции необходимо встроить центромерный регион, чтобы предотвратить потерю плазмиды при делениях растительной клетки
- г) В Тi-плазмиде для трансфекции должен иметься бактериальный ориджин репликации
- д) Оптимальным способом доставки Тi-плазмиды в растение является электропорация

2.5 балла

Задание 2.3

Нох-гены кодируют внутриклеточные регуляторные белки — факторы транскрипции, регулирующие активность многих других генов. У билатерий Нох-гены участвуют в передне-задней разметке различных эмбриональных структур, в том числе — в формировании сегментов и в определении их дальнейшей судьбы. У кишечнополостных тоже есть Нох-гены, однако их функции в онтогенезе слабо изучены. Известно, что у билатерий сбои в работе Нох-генов могут приводить к радикальным изменениям плана строения организма. Чтобы определить, произойдет ли что-то подобное с актинией, исследователи отключали гены (три Нох-гена (*Anthox1a*, *Anthox8*, *Anthox6a*) и близкого к ним по структуре (*Gbx*)) при помощи малых РНК. Результаты показаны на картинке (А: области экспрессии четырех генов; В – F: планула в поперечном разрезе; G – K: полип, развившийся из этой планулы). Выберите верные утверждения.



- Выход из строя любого из четырех генов приводит к тому, что в том месте, где в норме проходит передняя граница области экспрессии отключенного гена, не формируется септа (перегородка) между сегментами;

Результаты свидетельствуют, что, по-видимому, последний общий предок книдарий и билатерий мог иметь сегментацию, сформировавшуюся в онтогенезе под контролем Нох-генов;

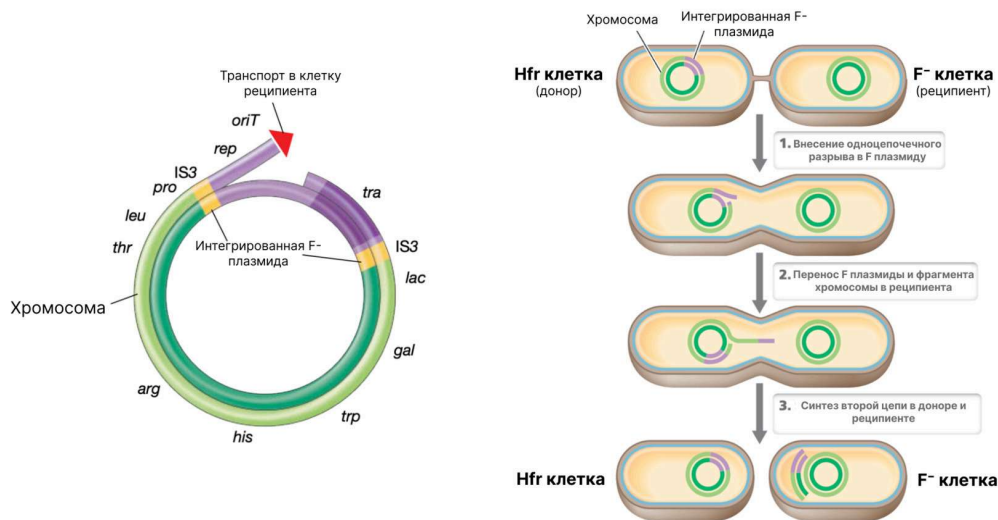
В норме из планулы развивается полип с четырьмя щупальцами, выросшими из сегментов №2, 4, 6 и 8;

Выход из строя любого из четырех генов приводит к тому, что в том месте, где в норме проходит задняя граница области экспрессии отключенного гена, не формируется перегородка между сегментами;

Мутант по гену Anthoxba имеет фенотип дикого типа, так как у него развиваются все 4 щупальца.

2.5 балла

Задание 2.4 F-плазмиды — это генетические элементы бактерий, которые способны передаваться между клетками в процессе конъюгации. Hfr-штаммы (штаммы с высокой частотой рекомбинации) образуются, когда F-плазида (фактор фертильности) интегрируется в бактериальную хромосому. Этот процесс интеграции часто опосредован гомологичной рекомбинацией между IS-элементами (Insertion Sequences), присутствующими как на плазмиде, так и на хромосоме. При конъюгации Hfr-клетка выступает в роли донора и способна передавать часть своей хромосомы реципиентной F⁻-клетке, начиная с точки интеграции плазмиды (*oriT*). Как правило, переносится только фрагмент хромосомы, так как время конъюгации ограничено и в какой-то момент контакт между клетками обрывается и цепь рвется. Рассмотрите схему и выберите верные ответы:



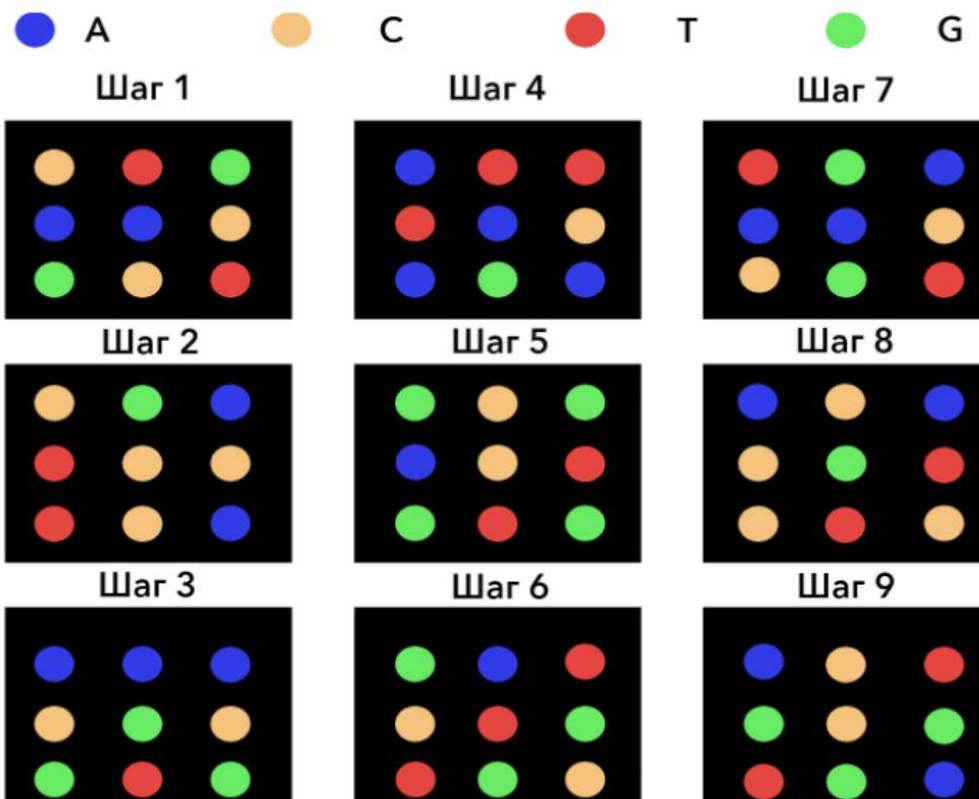
- а) С наибольшей частотой реципиентам будет передаваться локус *tra*
- б) Количество переданных геномных локусов будет зависеть от времени конъюгации между клетками донора и реципиента
- в) Локус *leu*, находящийся ближе к точке начала переноса (*oriT*), будет передаваться реципиенту с более высокой частотой, чем локус *trp*
- г) Хотя в процессе конъюгации происходит перенос одноцепочечной молекулы, в клетке-реципиенте на её основе достраивается комплементарная цепь, в результате чего образуется двухцепочечная ДНК
- д) При скрещивании Hfr × F⁻ реципиентные клетки практически никогда не приобретают донорский статус (не становятся Hfr)

Часть III

Вам предлагаются задания с открытым ответом

7 баллов

Задание 3.1. В лаборатории сломался секвенатор! Вместо того, чтобы выдавать последовательности нуклеотидов он выгружает на жесткий диск огромное количество высококачественных изображений процесса секвенирования. Ваш научный руководитель очень хочет как можно скорее получить от вас результаты секвенирования, поэтому вы решили вручную записать последовательности, используя фотографии. На изображении представлены последовательные снимки работы секвенатора второго поколения. Секвенирование происходит путём детекции цвета флуоресценции во время синтеза цепи ДНК, которая комплементарна изучаемой цепи. При этом цветными кружками показаны различные кластеры последовательностей (каждый кластер представляет из себя более миллиона копий одной исходной последовательности). Положение кластеров не меняется на каждом шаге секвенирования. Цвет кластера обозначает цвет флуорофора присоединившегося нуклеотида на каждом конкретном шаге!



1. Какое количество нуклеотидных последовательностей можно получить, обработав представленные данные?

Число или дробь

2. Зная, что для секвенирования использовался универсальный праймер TruSeq3 для одноконцевых прочтений: 5'-GCTATGAC-3'. Напишите итоговую последовательность, которая получилась в результате прочтения (вместе с праймером) верхнего левого кластера. Учитывайте, что секвенатор выдает в результате работы нуклеотидные последовательности ДНК, которые были загружены в него в качестве библиотеки. Последовательность запишите от 5' к 3'. В ответе укажите только нуклеотидную последовательность (без указания концов), которую хотел прочитать ученый (а не комплементарную ей последовательность).

Ответ

3. Представим, что вероятность ошибки при прочтении каждой конкретной позиции составляет 5%. Рассчитайте, какое количество нуклеотидов, в среднем, будет ошибочным (праймер не учитывайте!). Ответ округлите до целых.

Число или дробь

4. Алэн множество раз секвенировал данные последовательности и поэтому точно знает её нуклеотидный состав. Выравнивая последовательности, вы обнаружили 11 ошибок! Считая, что вероятность ошибки составляет 5%, рассчитайте вероятность получить результат с 11 ошибками (из всех прочитанных последовательностей). Ответ округлите до сотых долей процента.

Число или дробь

9 баллов

Задание 3.2 У растений существуют различные механизмы предотвращения самоопыления, два из которых представлены гаметофитной и спорофитной самонесовместимостью. При гаметофитной самонесовместимости пыльцевое зерно, несущее аллель отвечающего за несовместимость гена, не может прорасти на столбике растения, имеющего в генотипе тот же аллель. При спорофитной самонесовместимости пыльцевое зерно не может прорасти, если в генотипе столбика и в генотипе растения — источника пыльцы имеются одинаковые аллели. Пусть для некоторого растения локус S, отвечающий за самонесовместимость, может быть представлен четырьмя аллелями: S1, S2, S3, S4. Ученые предположили, что для данного растения характерна спорофитная самонесовместимость. Были собраны 5 экземпляров данного растения с цветами. В таблице ниже приведены предполагаемые вероятности того, что пыльца цветка с одним генотипом окажется совместима с рыльцем цветка с другим генотипом. К сожалению, данные о генотипах трех экземпляров (A–C) были утеряны.

		♂				
		S ₁ S ₁	S ₂ S ₄	A	B	C
♀	S ₁ S ₁		1	1	0	0
	S ₂ S ₄			1	1	1
	A				0	1
	B					0
	C					

После проведения эксперимента оказалось, что на самом деле для этого растения характерна гаметофитная самонесовместимость. Восстановите утерянные генотипы (A–C) и определите реальные вероятности совместимости пыльцевого зерна и рыльца для приведенных в таблице вариантов опыления. Ответы округлите до десятых.

		♂		
		A	B	C
♀	A			
	B			
	C			

Генотип экземпляра A:

Ответ

Генотип экземпляра B:

Ответ

Генотип экземпляра C:

Ответ

Вероятность при опылении A пыльцой B:

Число или дробь

Вероятность при опылении A пыльцой C:

Число или дробь

Вероятность при опылении В пыльцой С:

Число или дробь

Вероятность при опылении В пыльцой А:

Число или дробь

Вероятность при опылении С пыльцой А:

Число или дробь

Вероятность при опылении С пыльцой В:

Число или дробь