

Время выполнения заданий — 240 минут.

Пишите разборчиво. В работе не должно быть никаких пометок, не относящихся к ответам на вопросы. Если Вы не знаете ответа, ставьте прочерк.

Максимальное количество баллов — 100.

Задание 1 (6 баллов). Видоизменением какого органа являются клубни картофеля? Приведите доказательства Вашего утверждения.

Ответ. Клубни картофеля являются видоизмененным побегом,

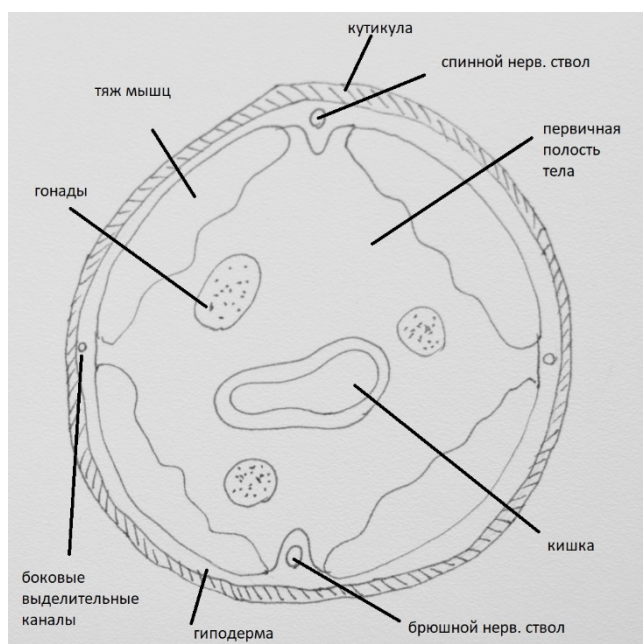
Это подтверждается следующими наблюдениями:

- клубни имеют пазушные почки, ниже которых расположены листовые следы (рубцы);
- листовые следы имеют определенное листорасположение (филлотаксис), что характерно для побегов;
- на свету клубни могут накапливать хлорофилл

Критерий: указано, что клубень - это видоизмененный побег - 3б. За каждое доказательство по 1 б. Всего не более 6 б.

Задание 2 (6 баллов). Схематично изобразите поперечный срез тела круглого червя. Подпишите основные детали строения животного.

Ответ.



Критерий. На срезе изображены, отмечены и подписаны:

кутикула; гиподерма; 2 нервных ствола; боковые выделительные каналы; 4 продольные мышцы; полый кишечник; первичная полость. Допустимы синонимы названий.

По 1 баллу за каждую верно нарисованную, отмеченную и подписанную структуру, но не более 6 баллов.

Задание №3 (6 баллов). Опишите по порядку структуры глаза, сквозь которые будет проходить свет по пути к зрительным рецепторам и путь нервного импульса от зрительных рецепторов.

Ответ.

Роговица - передняя камера глаза - хрусталик - стекловидное тело - сетчатка со зрительными рецепторами - зрительный нерв - зрительные ядра таламуса - зрительная кора, расположенная в затылочной доле больших полушарий.

Критерий. По 1 б. за каждое верно названное и расположенное в нужном порядке звено, но не более 6 баллов.

Задание №4 (6 баллов). Какие типы экологических пирамид вы знаете? Могут ли они быть перевернутыми? Если да, поясните, почему, и приведите три примера ситуации, когда соотношение двух любых уровней оказывается перевернутым.

Ответ. Типы экологических пирамид:

- Пирамида биомассы
- Пирамида численности
- Пирамида энергии

Экологически пирамиды могут быть перевернутыми.

Например:

- Экологическая пирамида биомассы.

В водных экосистемах на уровне продуцентов может находиться меньше биомассы, чем на уровне консументов. Это объясняется тем, что в данном случае продуценты представлены фитопланктоном, для которого характерна высокая скорость размножения и короткая продолжительность жизни отдельной особи.

- Экологическая пирамида численности.

В лесу за счет большой биомассы древесных растений на уровне продуцентов может находиться меньшее число особей, чем на уровне консументов первого порядка (на одной ели живет большое количество жуков-короедов).

Межрегиональная олимпиада школьников "Высшая проба" 2019, 2 этап

На уровне консументов может находиться больше особей, чем на уровне консументов следующего порядка. Например, когда на одном животном обитает большое количество паразитов.

- Экологическая пирамида энергии

не может быть перевернута

Критерий оценки. По 1 б. за правильное упоминание каждого типа экологических пирамид и по 1б. за каждый пример. Сумма 6 баллов.

Раздел №2. Задачи.

Пишите подробное решение. Внимание! Черновики не оцениваются.

Задание №5 (11 баллов). Частота встречаемости фенилкетонурии у новорожденных младенцев отличается в разных странах. Известно, что в Китае это 1 на 18000, а в Турции - 1 на 2600. Женщина-турчанка очень переживает за своих будущих детишек, т.к. ее отец был болен фенилкетонурией. Она думает, не выйти ли ей замуж за китайца: возможно, это снизит вероятность проявления болезни. На сколько процентов доля турок-носителей фенилкетонурии выше, чем доля носителей-китайцев?

Решение: В данном случае следует применить закон Харди-Вайнберга: численность населения высока и нет (по крайней мере, явных) ограничений к свободному выбору полового партнера (т.е. популяция панмиксная). Вообще, хотя идеальных популяций, о которых говорится в этом законе, в природе не существует, практика показывает, что для больших популяций человека он вполне работает.

Отметим также, что в наши дни больные фенилкетонурией вполне могут вести нормальный образ жизни, придерживаясь диеты. Только в младенчестве и во время вынашивания своего ребеночка людям, больным фенилкетонурией, обязательно нужна строгая диета и специализированная белковая смесь без фенилаланина.

Закон Харди - Вайенберга: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$

где p^2 — доля гомозигот по одному из аллелей; p — частота этого аллеля; q^2 — доля гомозигот по альтернативному аллелю; q — частота соответствующего аллеля; $2pq$ — доля гетерозигот.

Введем обозначения: A – доминантный "здоровый" аллель с частотой p ,
 a – рецессивный аллель с поврежденным геном фенилаланингидроксилазы, и его частота q .

Люди с генотипом Aa также здоровы, и их количество – это $2pq$.

Сначала разберемся с ситуацией в Турции. Что значит «частота встречаемости фенилкетонурии у младенцев в Турции - 1 на 2600»? Это значит, что доля больных младенцев равна $1:2600 = 0.000385$ или 0,04%. Все они гомозиготы aa , т.е. 0.0004 - это q^2 . Остальные - здоровые, с генотипами AA и Aa .

Теперь рассчитаем частоту аллеля a , обозначаемую q : $q = \sqrt{0.0004} = 0.02$.

Отсюда мы можем рассчитать p , т.к. $q+p=1$. Итак, $p=1 - 0.02 = 0.98$

Нам нужно посчитать долю мужчин-носителей, т.е. обладателей генотипа Aa . Их количество по закону Харди-Вайенберга составляет $2pq$. Считаем!

Доля гетерозигот: $2pq=2 \times 0.98 \times 0.02 = 0.0392$. Если выразить в процентах, то 3.92 % мужчин в Турции (и женщин, кстати, тоже) – это гетерозиготы, носители гена болезни фенилкетонурии.

Также считаем и для Китая. Там доля больных фенилкетонурией младенцев составляет 1 на 18000. Из этих данных рассчитываем долю гомозигот $q^2 = 1:18000 = 0.000056$.

Отсюда $q = \sqrt{0.000056} = 0.0075$.

Рассчитываем p : $p=1 - 0.0075 = 0.9925$

Нам нужно посчитать долю мужчин-носителей, т.е. обладателей генотипа Aa , а их количество по закону Харди-Вайенберга составляет $2pq$. Считаем!

Доля гетерозигот $2pq=2 \times 0.9925 \times 0.0075 = 0.01489$. Если выразить в процентах, то 1,49 % мужчин в Китае (и женщин, кстати, тоже) – это гетерозиготы, носители гена болезни фенилкетонурии.

Теперь посчитаем, насколько процентов больше носителей-турок по сравнению с китайцами: $3.92\% - 1,49\% = 2,43\%$

Ответ. Мужчин-турок, носителей гена фенилкетонурии, больше на 2,43% , чем носителей-китайцев.

Критерий оценки. Идея применить закон Харди-Вайнберга - 1б. Правильная формулировка закона - 1б. Правильно подсчитанная доля гетерозигот в Турции - 4б., правильно посчитанная доля гетерозигот в Китае - 4б. Правильно определенная разница в количестве носителей в Турции и Китае -1 б. Допускаются расхождения с ответом, возникшие при округлении результатов действий.

Задание №6 (11 баллов).

Доктор наук Иван Петрович Чебурков собрался проводить интересный эксперимент. Он решил выяснить, к каким последствиям приведет вставка пяти аминокислот в фермент многооксигеназу, который недавно открыл. Он подготовил все необходимое, но вдруг вспомнил, что должен срочно уезжать на конференцию. Поэтому он попросил своего ученика поставить эксперимент без него.

У ученика есть схема плазмиды (рисунок 1) и последовательности трех вставок (рисунок 2). Одна вставка используется собственно для опыта, две другие вставки - контрольные. То есть при их использовании нужный белок заведомо не получится. Профессор успел сказать ученику, что и плазмиду, и вставки нужно разрезать рестриктазами *Bam*HI и *Eco*RI. Но прежде, чем ставить эксперимент, ученику нужно найти вставку для опыта и отличить ее от контрольных. И понять, в чем же заключаются контроли. Помогите ему. Нарисуйте вставки после их обработки рестриктазами. Для каждой из вставок объясните подробно, используется она для опыта или контроля и почему.

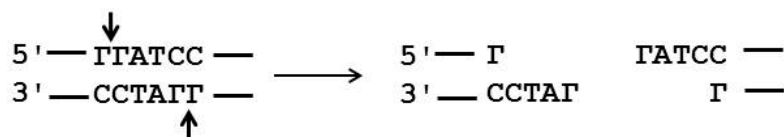
Справочная информация.

Плазида - это небольшая кольцевая ДНК длиной несколько тысяч пар нуклеотидов, способная к самостоятельной репликации в клетке. Плазмиду можно разрезать и вставить любой нужный исследователю фрагмент ДНК. Например, ген белка. Плазмиду с нужным геном помещают в клетку. Клетки размножают в питательной среде. С гена, встроенного в плазмиду, синтезируется белок. Этот белок можно выделить из клетки и изучить дополнительными методами. А еще можно изучить, как синтез этого дополнительного белка влияет на жизнедеятельность клетки.

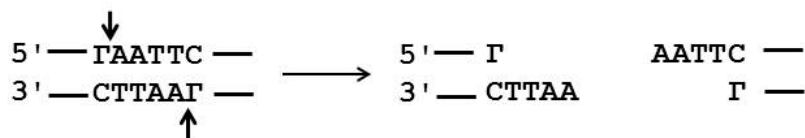
Чтобы выяснить роль отдельных участков белка, в ген этого белка вносят искусственные изменения (именно это хочет сделать профессор Чебурков). Затем вставляют измененный ген в плазмиду и изучают как описано выше.

Разрезают плазмиды, ДНК нужного гена и ДНК вставок, которые хотят в этот ген поместить с помощью ферментов-рестриктаз. Каждая рестриктаза узнает строго определенный участок ДНК и вносит в него разрыв.

Например, рестриктаза *Bam*HI режет ДНК так (знаком 5' обозначается конец ДНК, несущий фосфат, знаком 3' - несущий рибозу со свободной 3'-гидроксильной группой):



Рестриктаза *Eco*RI режет ДНК вот так:



Образуются концы с выступающими нуклеотидами (их называют "липкие концы"). С их помощью можно "склеивать" разные молекулы. Необходимые для прочного соединения фосфоэфирные связи затем вносит фермент лигаза, так что "склеенные" молекулы становятся полноценными цепями ДНК (или кольцами ДНК, как в нашем случае). Если обработать рестриктазами плазмиду и добавить к ней фрагмент ДНК, обработанный этими же рестриктазами, он "вклеится" в плазмидную ДНК.

Рисунок 1. Плазмида с геном многооксигеназы, обработанная рестриктазами BamHI и EcoRI.

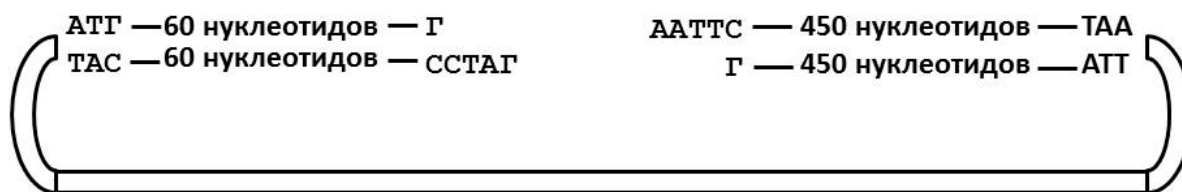


Рисунок 2. Последовательности вставок.

№1 : 5' ТАТТСАГГАТССГГТССАТТГГАТСТАГААТТСТГСТТС
3' АТААГТСССТАГТССАГГТААССТАГАТСТТААГАСГААГ

№2 : 5' ТАССТАГГАТССГАСГГАААТТГАГАСГААТТСАСГАГС
3' АТГГСТСССТАГТСТГССТТТААСТТГСТТААГТГСТСГ

№3 : 5' СТТСТСГГАТССАТСАСААГСССАТАТСГААТТСАТСССГ
3' ГААГСТСССТАГГТАГТГТТСТГГТТАТАГСТТААГТАГТТС

Ответ. Во вставках присутствуют участки узнавания рестриктазами: в левой части BamHI, в правой части - EcoRI. Эти участки расположены на расстоянии 6 нуклеотидов от концов вставок. Это делается потому, что, если поместить их прямо на краях, рестриктаза не узнает и не разрежет их. Такова особенность этих ферментов, которую учитывают в реальных экспериментах. Учли и мы в данной задаче.

Вставка №1 содержит последовательность пяти аминокислот. Именно она используется для опыта профессора Чебуркова.

Вставка №2 содержит стоп-кодон ТГА. Это значит, что трансляция остановится на этом месте, и полноценный белок синтезирован не будет. Следовательно, эта вставка используется в контрольном эксперименте.

Вставка №3 содержит дополнительный нуклеотид, который сдвинет рамку считывания. В результате с этого места начнет синтезироваться совсем другой белок. Поэтому эта вставка тоже используется в контрольном эксперименте.

Контрольные эксперименты ставят для того, чтобы отличить истинный результат от фонового шума. Например, в нашем случае помещение в клетку любой плазмиды может вызвать метаболические сдвиги. Поэтому в качестве контрольных используют плазмиды с неработающими генами белков. Изменения в метаболизме, вызванные этими контрольными плазмидами, считают фоновым шумом.

Критерий оценки. Правильно нарисованные вставки после обработки рестриктазами - 2 б. Подробное объяснение для каждой из трех вставок - 3б.

Раздел №3. Научные и творческие задачи.

Особенность этих задач - наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка.

ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Задание №7 (18 баллов). Живорождение обычно рассматривается как крупный ароморфоз, дающий много преимуществ. Однако у млекопитающих всегда есть обратная сторона. В чем, по вашему мнению, могут заключаться недостатки живорождения? Приведите как можно больше вариантов ответа, объяснив каждый.

Ответ.

1. Вынашивание потомства увеличивает размер и массу родительского организма что требует больших затрат энергии на перемещение и затрудняет:
 - охоту;
 - полёт (вовсе не встречается у птиц);
 - избегание хищников (особенно критично для короткоживущих животных, существующих под мощным давлением со стороны хищников).
2. Для живорождения необходимо наличие внутреннего оплодотворения или специфических адаптаций (суринамская пипа).
3. Вынашивание потомства требует времени, которое можно было бы использовать для формирования и откладки новых яиц. Поэтому у видов с живорождением будет меньшее количество потомков по сравнению с близкими яйцекладущими видами (например, у близких видов ящериц).
4. Требуется относительно постоянной обеспеченности пищей для родительского организма (взрослая особь может пережить периоды голодания, а беременной самке это сделать сложнее).
5. Невозможно температурное определение пола (у теплокровных животных инкубация в родительском организме обеспечивает постоянную температуру).
6. В случае яйцеживорождения зародышевые оболочки затрудняют газообмен между эмбрионом и организмом матери.

Критерий оценки. За каждый подпункт 1 пункта и за каждый следующий пункт по 3 балла, но не более 18 баллов.

Задание №8 (18баллов). В природе существует удивительное явление - программируемая клеточная смерть (апоптоз). У клетки в какой-то момент запускается программа, приводящая к ее уничтожению. Как вы думаете, для каких целей может использоваться такой механизм у многоклеточных животных? Приведите как можно больше вариантов ответа. Если можете, приведите примеры.

Ответ. В многоклеточном организме апоптоз необходим для уничтожения поврежденных клеток и для поддержания постоянства клеточного состава, морфогенеза, эмбриогенеза,

клеточной дифференцировки.

Рассмотрим подробнее каждую из функций:

- с помощью апоптоза могут удаляться клетки, поврежденные при окислительном стрессе
- так могут удаляться опухолевые клетки
- так могут удаляться клетки, зараженные вирусом
- с помощью апоптоза происходит обновление клеток: старые клетки погибают таким способом, на их место приходят новые. Например, так обновляется эндотелий сосудов и эпителий кишечника.
- апоптозом уничтожаются клетки, которые были необходимы на определенной стадии и больше не нужны. Например, клетки молочных желез после окончания вскармливания детеныша, клетки тимуса у взрослого человека.
- апоптоз задействован в процессах развития организма. Таким способом разрушаются ненужные на данной стадии структуры. Например, хвост головастика или перепонки между пальцами у человека.
- апоптоз задействован в отборе Т- и В- лимфоцитов при созревании (позитивный и негативный): так выбраковываются аутореактивные клетки и отбираются антигенспецифичные

Критерий оценки. По 3 балла за каждую функцию апоптоза и по 1 баллу за каждый пример (в том числе не включенный в ответ), но не более 18 баллов.

Задание №9 (18 баллов). У вас есть гипотеза, что вещество X, встречающееся в ряде пищевых продуктов, нарушает внутриутробное развитие человека. Как можно экспериментально подтвердить или опровергнуть данную гипотезу?

Ответ: Во всех случаях, когда нужно установить нечто, касающееся биологии людей, возникает фундаментальная сложность: на людях нельзя ставить опыты. Поэтому используют другие подходы. Основных подходов всего два: сбор статистических данных и эксперименты на животных. Если с помощью этих подходов исходное предположение подтверждается, переходят к исследованию механизмов действия вещества с использованием арсенала методов молекулярной биологии. Так поступают в реальной жизни, и так же следует решать нашу задачу.

1. Сбор статистических данных

Нужно опросить беременных и недавно родивших мам с целью выяснить, насколько часто они употребляли в пищу вещество X. В идеале удастся выделить группу, которая по каким-то причинам вещество X не употребляла или употребляла в небольших количествах. С ней потом сравнивают тех, кто это вещество употреблял. Однако чаще получается выделить несколько (но не менее двух) групп, отличающихся по частоте употребления этого вещества (в простейшем случае их две: употребляющих очень часто и очень редко).

Следующий шаг: подсчет частоты нарушений развития детей в обеих группах (будем пока рассматривать самый простой вариант с двумя группами). Для этого собирают медицинские данные: частота и виды нарушений внутриутробного развития, родов; частота и виды нарушений здоровья родившихся детей.

Далее выясняют, существуют ли значимые различия между группами по отклонениям в развитии и здоровье детей. Для этого используют методы статистики. Если оказывается, что у мам, которые чаще употребляли вещество X в пищу, отклонения в развитии детей встречаются достоверно чаще, то делают вывод о том, что данное вещество скорее всего действительно опасно.

Однако надо понимать, что это - косвенное подтверждение гипотезы. Поэтому обязательно используют еще один путь: опыты на животных.

2. Эксперименты на животных

Общий методический подход тот же: нужно сделать группу животных (например, крыс), которая будет получать вещество X и другую группу (она называется контрольной), которая это вещество получать не будет. Можно повысить достоверность эксперимента, сделав несколько групп животных, которым будут скармливать вещество X в разных дозах (например, группы, получающие высокую, среднюю и низкую дозы вещества X), а также контрольную группу.

И точно также, как в случае с людьми, мы будем стараться увидеть, есть ли достоверная связь между употреблением вещества X и нарушениями в развитии. Только в этом случае мы будем точно знать, какие животные и сколько вещества X получали. Основные методические подходы для этих экспериментов перечислены ниже.

3. Исследования молекулярных механизмов действия вещества X

Надо понимать, что опыты на животных - тоже косвенный метод, ведь их метаболизм не полностью идентичен человеческому. Следующий пласт исследований, на которых мы не будем подробно останавливаться - это изучения молекулярных механизмов действия вещества X. Здесь используются культуры клеток и весь арсенал современной молекулярной биологии. Упомянем только самые очевидные эксперименты: на культуру клеток действуют веществом X и оценивают, например, скорость роста и уровень гибели клеток по сравнению с контрольными.

В итоге получается, что когда речь идет о людях, нам приходится довольствоваться совокупностью косвенных данных. Чем больше число путей, которыми эти данные получены, тем более они достоверны.

4. Общие замечания.

При использовании обоих подходов важно учитывать следующие моменты:

- численность всех групп должна быть достаточно высокой, чтобы свести к минимуму случайные отклонения;
- достоверность и информативность повышается при изучении разных рас и даже разных социальных слоев людей и при использовании нескольких разных видов модельных животных

Критерий оценки. Ответ оценивается следующим образом. За указание фундаментальных групп экспериментов (пункты 1-3) ставился высокий балл (3 б.). За каждый корректный эксперимент - 2 б., но не более 18 б. за вопрос.