



Биология для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап) Решение задачи 1. Авиакатастрофа в Боливии

1. Параметры изменяются следующим образом:

- количество эритроцитов
В результате пребывания в высокогорье (город Оруро находится на высоте 3700 м над уровнем моря) у пилота и пассажиров с первых же дней начинает повышаться количество эритроцитов за счет их выхода из депо крови – селезенки и печени. Это значит, что количество эритроцитов у пилота и пассажиров будет расти.
- количество гемоглобина в эритроците
Количество гемоглобина в эритроците отражает, сколько гемоглобина в среднем содержится в одном эритроците. Общее количество гемоглобина в крови вырастет ко второй неделе пребывания в высокогорье, а вот количество гемоглобина в эритроците, которое рассчитывается как отношение гемоглобина к количеству эритроцитов, согласно экспериментальным данным, не изменяется.
- парциальное давление углекислого газа
Парциальное давление углекислого газа в крови в первые дни в условиях гипоксии падает.
- сродство гемоглобина к кислороду
Падение парциального давления углекислого газа приводит к увеличению рН крови и как следствие тому, что гемоглобин прочнее связывается с кислородом и хуже отдает кислород в тканях, в дальнейшем из-за того, что активируется гликолиз и происходит накопление 2,3-дигидрофосфоглицерата в эритроцитах, что приводит снижению сродства гемоглобина к кислороду, облегчая отдачу O_2 тканям.
- активность фосфофруктокиназы
В результате, в первые дни адаптации начинается активация фосфофруктокиназы – чтобы ускорить анаэробный гликолиз и повысить образование в эритроцитах лактата, чтобы закислить цитоплазму.
- скорость кровотока
Из-за возникающей гипоксии частота сердечных сокращений увеличивается, что приводит к тому, что скорость кровотока возрастает.

2. Плазма крови может рассматриваться как дисперсная среда по отношению к форменным элементам крови, которые можно рассматривать, как дисперсную фазу.



Биология для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап) Решение задачи 2. Такая разная клеточная смерть

1. Рисунок 1 – апоптоз, рисунок 2 – аутофагия, рисунок 3 – энтоз, рисунок 4 – некроз.
2. Кроме некроза все остальные виды относятся к программируемой клеточной гибели, хотя есть и программируемые формы некроза – некроптозы – к ним, например, относится ферроптоз.
3. Внутренний апоптоз вызван выходом из митохондрий цитохрома С, что связано с изменением проницаемости мембраны митохондрий. Доставка в митохондрии Bcl-2-белков может как уменьшать, так и увеличивать проницаемость мембраны, таким образом, правильный ответ – адресная доставка Bcl-2-белков может как активировать, так и ингибировать внутренний апоптоз, в зависимости от того, какие белки этого семейства использовали для адресной доставки.



Биология для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап) Решение задачи 3. Магнетотактика

1. *с.* Плынут вниз вдоль линий магнитного поля Земли, в глубине донных осадков меньше кислорода. Линии магнитного поля в большинстве районов земного шара направлены перпендикулярно к поверхности, двигаясь вдоль них бактерии могут регулировать погружение в более бедные кислородом области донных осадков (часто магнитобактерии — анаэробы).
2. *б.* Актиноподобный белок цитоскелета, т. к. он может образовывать длинный прямой филамент.
3. Рис. 2. Последовательно, т.к. в результате образуется магнит, вытянутый в линию.
4. Длинный магнит поворачивается в магнитном поле как стрелка компаса, это обеспечивает поворот всей клетки. Короткий магнит поворачивался бы внутри клетки свободно и не влиял бы на ее ориентацию.
5. Нет, т.к. движутся бактерии за счет движения жгутика, а магнитосомы только изменяют ориентацию клетки в пространстве, выбирают направление движения.



Биология для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап) Решение задачи 4. Морковкин! Собери микроскоп!

- 1 – фотокамера для регистрации изображений
2 – зеленый светофильтр
3 – мощный источник белого света
4 – полупроницаемое зеркало
5 – синий светофильтр
6 – объектив
7 – объект исследования – клетки в чашке Петри
2. Синее – ядро с окрашенными флуоресцентным красителем молекулами ДНК (чаще всего используется краситель DAPI), зеленое – цитоскелет (скорее всего микротрубочки), красное – цитоскелет, актин (не плазматическая мембрана, т.к. видны продольные линии, пучки актиновых филаментов). Ядро ни с чем не спутать, элементы цитоскелета отличаются по расположению. Все окрашены флуоресцентными красителями.
3. Возможные варианты *b* и *c*.
4. На картинке результат трех смен светофильтров, т.к. мы видим три разных цвета. Если бы набор светофильтров был один, мы бы видели все элементы окрашенными в один цвет. Данное изображение является результатом наложения трех кадров.



Биология для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап) Решение задачи 5. Целевая и генная терапия – настоящее и будущее фармакологии

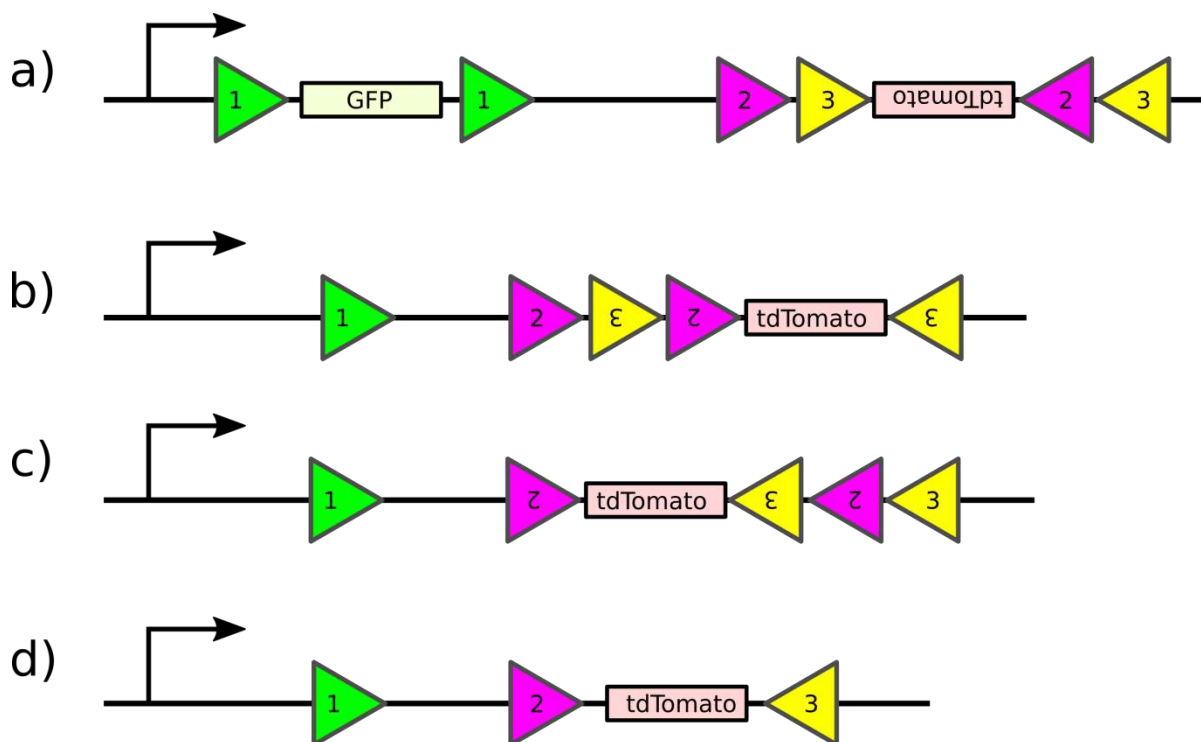
За каждый правильный ответ на подвопрос начисляется **1 балл**. В пунктах 1, 3 – 5, 7 – 10 балл начисляется, только если выбраны все утверждения, не противоречащие ответу на вопрос. В пунктах 2 и 6 необходимо выбрать одно правильное утверждение.

1. *a, d* – истинные; *b* – ложно, так как в настоящее время считается, что химиотерапия — это только лечение химически синтезированными препаратами; *c* – ложно, как и в пункте *b*, в настоящее время генная терапия является отдельной отраслью, хотя к ней применимы и некоторые утверждения, касающиеся таргетной терапии. Ответ также может быть зачтен как правильный, в случае наличия короткого обоснования, демонстрирующего что участник разобрался в сути вопроса.
2. Наиболее подробным и правильным будет ответ *c*.
3. *a* и *d* – ложные утверждения. *b* и *c* – истинные.
4. *a, b* и *c* – истинные.
5. *a* и *c* – истинные.
6. Наименее подробный ответ *c*. Из оставшихся, более подробным кажется пункт *b*. Ответ также может быть зачтен как правильный в случае наличия короткого обоснования, демонстрирующего, что участник разобрался в сути вопроса.
7. *b* – истинное.
8. *b* и *c* – истинные утверждения.
9. *a, b* и *c* – истинные.
10. *a* и *b* – истинные. *c* – ложно, на самом деле их немного больше (более 5).



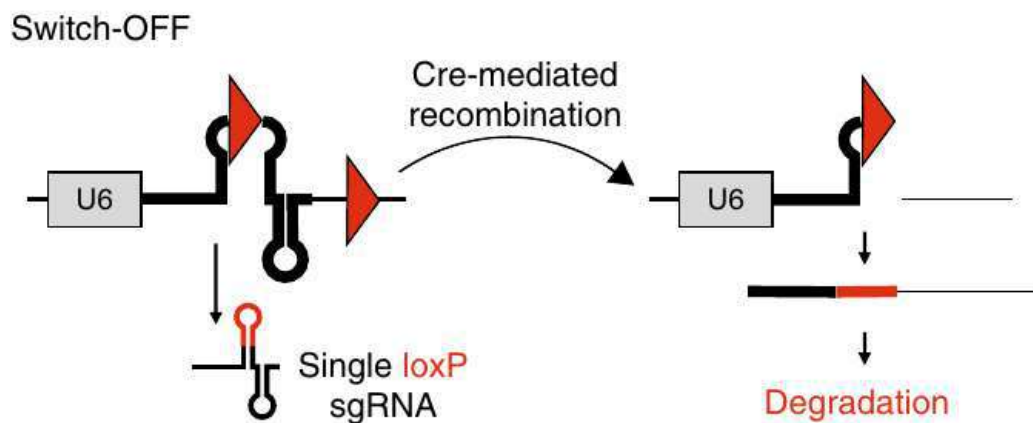
Биология для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап)
Решение задачи 6. Cre-Lox

1. Правильный ответ – *d*. Часть клеток не флуоресцировала, часть светилась зеленым. Ген, кодирующий tdTomato будет вырезаться всегда. Ген, кодирующий GFP, будет «разворачиваться» Cre-рекомбиназой, что сможет привести к его экспрессии. Но обратная последовательность тоже может разворачиваться обратно, прекращая синтез белка. После удаления тамоксифена и инактивации Cre-рекомбиназы в части клеток ген окажется в читаемом, а в части – в нечитаемом положении.
2. Направленные в одну сторону LoxP-сайты одного типа вокруг GFP, пары зеркальных LoxP-сайтов второго и третьего типа вокруг развернутого tdTomato (тогда разворот tdTomato в читаемое положение с использованием одной из пар LoxP-сайтов поставит один из этих сайтов между одинаково направленными LoxP-сайтами другой пары и он будет вырезан, останавливая развороты). Схема решения показана на рисунке: (a) исходная конструкция, (b, c) два возможных промежуточных варианта, (d) конечный продукт.



3. До включения Cre-рекомбиназы в последовательность sgRNA вставлен политимидиновый сигнал терминации транскрипции, функциональная sgRNA не образуется. Активная Cre вырезает политимидиновую последовательность и один из LoxP-сайтов, получается функциональная sgRNA. Показана шпилькой, потому что это палиндромная последовательность, части которой комплементарны друг другу.

4. Вариант из той же статьи, но будут рассмотрены и другие обоснованные варианты:





Биология для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап) Решение задачи 7. Зоркий Леголас

1. Птицы, особенно дневные хищные.
2. Прежде всего – плотностью расположения фоточувствительных клеток, которая, во-первых, не может быть бесконечно большой, во-вторых, при очень высокой плотности клеток уже достигается предел разрешения, определяемый длиной волны света и показателем преломления стекловидного тела.
3. Нет, не однородна, повышена в т.н. желтом пятне, в районе центра поля зрения. Метаболически слишком затратно иметь равномерно высокую плотность фоторецепторов на всей сетчатке. Неравномерность остроты зрения компенсируется саккадами.
4.
 - a. Большая плотность фоточувствительных клеток на сетчатке, меньшее количество фоточувствительных клеток, приходящихся на одну ганглионарную клетку, форма глазного яблока, работающая как телескопический объектив, что сузит поле зрения; увеличение объемов поступающей от сетчатки информации должно найти отражение в толщине зрительного нерва (и размеров слепого пятна), более развитых латеральных колленчатых тел таламуса и больших размеров зрительной коры в головном мозге.
 - b. Если поле зрения более узкое, то более быстрые и амплитудные саккады → более развитые мышцы, управляющие глазным яблоком; повышенная плотность палочек и колбочек требует большей метаболической поддержки → больше кровеносных сосудов в сетчатке, возможно, образование особых выростов (глазной гребень, *pecten oculi*) внутри глазного яблока, как у птиц.



Биология для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап) Решение задачи 8. Бабочки, осы и вирусы

1. Вирусы конкурируют с наездниками за хозяина. Для вирусов, которые распространяются орально, польза более очевидна. Некоторые наездники нечувствительны к РКФ, перенос вирусов с РКФ для них преимущество в конкуренции с другими наездниками.
2. Отсутствие корреляции между родственными группами бабочек и положением на кладограмме для rkf, наличие похожих rkf у неродственных вирусов.
3. Авторы проверяли это по фрагментации ДНК у личинок.
4. iRNA конъюгирует с таргетной, образуя двухцепочечную РНК, двухцепочечные РНК уничтожаются в цитоплазме (рибонуклеаза Dicer и комплекс RISC).
5. В смеси гемолимф есть и рабочий РКФ1 (от гусениц с выключенным rkf2), и рабочий РКФ2 (от гусениц с выключенным rkf1). Возможно, эти два белка могут усиливать действие друг друга.



Биология для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап) Решение задачи 9. Загадочные митохондрии

1. Потребление O_2 происходит для того, чтобы обеспечить работу дыхательной, или электронтранспортной цепи (ЭТЦ) в митохондриях. В ЭТЦ электроны поступают от молекул NADH (это донор электронов для комплекса I) или сукцината (донор электронов для комплекса II), а затем через убихиноны передаются на комплекс III, а оттуда при помощи цитохрома C переносятся на комплекс IV, в котором осуществляется финальный перенос электронов на молекулу O_2 с образованием H_2O . При переносе электронов по комплексам ЭТЦ осуществляется трансмембранный транспорт протонов H^+ из матрикса в межмембранное пространство митохондрий. Эти протоны использует АТФ-синтаза (ее еще называют комплексом V), чтобы синтезировать АТФ. Весь процесс образования АТФ в митохондриях носит название окислительного фосфорилирования.
2. Кроме функции образования АТФ митохондрии имеют многие другие функции: накопление и хранение избыточных ионов кальция, образование активных форм кислорода и их нейтрализация, синтез оксида азота, цитохром C-зависимый апоптоз и др.
3. В условиях, когда к митохондриям не будет поступать никакого O_2 , прекратится перенос электронов на O_2 в комплексе IV ЭТЦ и постепенно вся дыхательная цепь заполнится электронами, поскольку они по-прежнему будут поступать от молекул-первичных доноров электронов, но не будут переноситься на финальный акцептор – O_2 . Через некоторое время вся ЭТЦ заполнится электронами и остановится поступление протонов в межмембранное пространство митохондрий и, как следствие, прекратится работа АТФ-синтазы. После восстановления притока O_2 часть молекул O_2 уйдет на то, что на них произойдет перенос электронов из «неправильных» участков ЭТЦ – от комплексов III и I с образованием супероксид-анион радикала O_2^- . Это и были «лишние молекулы O_2 », не способствующие синтезу АТФ.
4. В клетках в условиях гипоксии процесс окислительного фосфорилирования будет остановлен, но образование АТФ будет продолжаться за счет гликолиза – анаэробного процесса, не требующего O_2 . При этом, как и в прошлом случае, при гипоксии дыхательная цепь митохондрий будет переполняться электронами, которые после восстановления подачи O_2 к клеткам, будут переноситься на O_2 не только в комплексе IV с образованием воды, но и к O_2 на комплексах III и I с образованием O_2^- . В дальнейшем O_2^- может переходить в перекись водорода, которая может давать другие активные формы кислорода, вызывая процессы окислительного стресса.
5. Методы абсорбционной спектроскопии (регистрация спектров поглощения различных компонентов дыхательной цепи), разновидности флуоресцентной микроскопии и спектроскопии с использованием флуоресцентных зондов на разность потенциалов на внутренней митохондриальной мембране, белки митохондрий, митохондриальный Ca^{2+} и т. д. Регистрация кинетик поглощения O_2 при ингибировании различных комплексов дыхательной цепи митохондрий. Просвечивающая электронная микроскопия и криоэлектронная микроскопия.



Биология для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап) Решение задачи 10. Светящиеся рыбки

1. Рыбки *Danio rerio* считаются одним из самых удобных подопытных животных, поскольку неприхотливы, легко и быстро размножаются, могут жить в небольших ёмкостях.
2. Морская медуза *Aequorea victoria*. Зелёный флуоресцентный белок (ЗФБ) (англ. Green fluorescent protein, GFP).
3. Были получены флуоресцентные рыбы. Флуоресценция и биолюминесценция – разные процессы. Рыб не используют в качестве биоиндикаторов, поскольку они не сменяют интенсивность своего свечения, как было задумано при их создании. Дело в том, что флуоресцентный белок находится не на поверхности рыб и его свечение не связано с процессами метаболизма и жизнедеятельностью рыб.
4. Рыбы светятся при освещении синим светом. Дело в том, что максимум поглощения флуоресцентного белка GFP приходится на 470-490 нм, поэтому наиболее интенсивное свечение будет наблюдаться у рыб при освещении синими диодными лампами или синими лазерами с длинами волн 473 или 488 нм. При освещении солнечным светом рыбки также будут светиться, но менее интенсивно, поскольку в солнечном свете есть доля синего света.
5. Нет, у GloFish наблюдается процесс флуоресценции. Пример биолюминесценции у рыб – рыба удильщик (морской черт), которая привлекает добычу свечением на конце «удочки». Возможны иные варианты. Кальмар, использующий биолюминесценцию бактерий (которых он заглатывает из воды) не засчитывается как правильный ответ.
6. Ответ считается засчитанным, если указаны такие биолюминесцентные растения или животные, как черви, грибы, светлячки, кораллы, метаболизм и биолюминесценция которых зависит от загрязнения окружающей среды. Баллы не начисляются, если указываются животные или растения, использующие флуоресценцию (например, белки-летяги, перья сов, флуоресцентные лягушки). **1 балл** начисляется за одно правильно указанное животное/растение. **2 балла** – за указание двух и более правильно указанных животных/растений.