



Задача 6. На далеком острове (20 баллов)

система крови АВ у кошек

группа крови		генотип аллель/аллель	антиген <i>a</i> ▼ антиген <i>b</i> ▽
A		A/A A/AB A/B	A доминантен по отношению к АВ и В АВ доминантна по отношению к В АВ ≠ А/В !
АВ очень редкая		АВ/АВ АВ/В	
В		В/В	

На заочном туре вы уже встречались с системами групп крови у кошек. Данная задача посвящена наиболее изученной у кошек системе крови АВ. Напомним, что она отличается от наиболее распространенной человеческой с почти таким же названием. В этой системе есть три группы крови, содержащие аллели А, В и АВ, которые кодируются в одном гене. Особенности взаимодействия аллелей между собой приведены на рисунке.

На одном относительно небольшом острове процветала достаточно большая изолированная популяция одичавших кошек. Было установлено (после взятия крови у большого количества кошек, составивших достоверную выборку), что на острове обитают кошки, имеющие все три группы крови А, АВ и В (81, 9 и 10 %, соответственно). Любопытно, что в популяции кошек, обитавшей на участке материка, наиболее близко расположенном к острову, наблюдалось только две группы крови – А и В (75 и 25%, соответственно).

1. Оцените частоту аллелей в популяциях кошек на острове (**10 баллов**) и материке (**5 баллов**). (**всего 15 баллов**)
2. Как вы думаете, почему соотношение групп крови на острове и материке различается? (**5 баллов**)

Задача 7. ПЦР для тигрокрыса (20 баллов)

Космобиолог профессор Селезнев обнаружил на Третьей планете новый вид тигрокрысов. Для того, чтобы установить его родство с известными видами тигрокрысов, он собрался провести анализ ДНК, для чего ему необходимо сначала амплифицировать (увеличить количество) взятую у тигрокрыса ДНК.

Описание методики, используемой для амплификации ДНК.

Для расшифровки неизвестной последовательности ДНК необходимо, чтобы исследуемого фрагмента было достаточно много. Если его недостаточно, то обычно поступают так: к малому количеству исследуемой ДНК добавляют нуклеотиды, которые необходимы для синтеза комплементарных цепей, фермент ДНК-полимеразу, устойчивую к высоким температурам, праймер — короткую последовательность (олигонуклеотид), комплементарную началу интересующего нас участка ДНК.

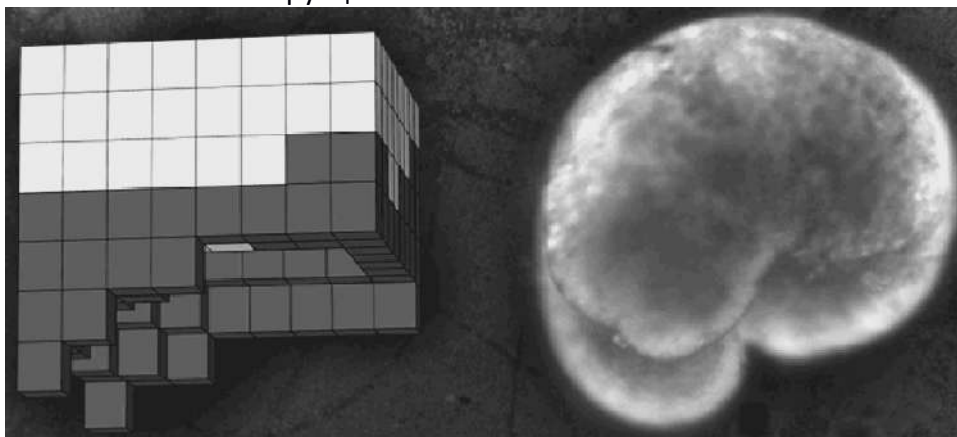
Праймеры бывают разные — они комплементарны разным последовательностям ДНК матрицы, у них разная температура отжига (температура, при которой они присоединяются к ДНК-матрице). В нашем задании мы взяли 2 праймера, имеющих температуру отжига 68 °С, которые комплементарны начальным участкам на одной и второй нитях ДНК соответственно. С праймером связывается ДНК-полимераза, чтобы начать репликацию. К нему последовательно присоединяются нуклеотиды, из которых строится синтезируемая нить ДНК, включающая сам праймер.

После добавления всех компонентов температуру реакционной смеси увеличивают до 95 °С, ДНК распадается на 2 отдельные нити. Затем температуру понижают до 68 °С, и с отдельными нитями ДНК связываются праймеры. После этого присоединяется ДНК-полимераза и достраивает к праймеру из свободных нуклеотидов комплементарную цепь на обеих цепях исходной ДНК. Затем цикл повторяют: повышают температуру, ДНК распадается на отдельные нити, понижают температуру, связываются праймеры, синтезируются новые комплементарные цепи ДНК. Так делают до тех пор, пока не синтезируется необходимое количество двухцепочечных молекул ДНК.

1. Описанная реакция сокращенно называется ПЦР. Расшифруйте это название. **(1 балл)**
 - а. Первичная циклическая развертка
 - б. Полимеразная цепная реакция
 - в. Полифазный циклический реактор
 - г. Поворот центральной рамки
2. Для чего в начале цикла ПЦР повышают температуру реакционной смеси? **(3 балла)**
 - а. Для того, чтобы реакция шла быстрее
 - б. Для того, чтобы праймер распался на отдельные нуклеотиды
 - в. Для того, чтобы ДНК денатурировала, распалась на 2 отдельные цепочки
 - г. Для того, чтобы праймер присоединился к двухцепочечной молекуле ДНК
3. У профессора Селезнева есть все необходимое оборудование и компоненты — нуклеотиды, праймеры, ДНК-полимераза. Количество исходного образца ДНК тигрокрыса составляет 1 нмоль. Сколько циклов реакции ПЦР нужно провести, чтобы получить 250 нмоль ДНК? **(8 баллов)**
4. У профессора Селезнева в его экспедиционной лаборатории осталось только по 150 нмоль каждого из 2 праймеров. Хватит ли этого, чтобы получить 250 нмоль ДНК? Объясните. **(8 баллов)**

Задача 8. Ксенобот (20 баллов)

В 2019 году учеными был создан совершенно новый тип «живого робота» – Ксенобот. Это организм, сконструированный из стволовых клеток лягушки, размером около 700 мкм, способный самостоятельно передвигаться и даже восстанавливаться после повреждений. Из стволовых клеток вырастили клеточные культуры эпителиальных клеток и кардиомиоцитов, а потом собрали несколько сотен клеток по заранее смоделированному при помощи суперкомпьютера плану. В результате Ксенобот может передвигаться – по прямой или кругами, в зависимости от конструкции.



На рисунке – план строения и внешний вид Ксенобота. Светлым показаны эпителиальные клетки, темным – кардиомиоциты.

Эпителиальные клетки поддерживают структуру Ксенобота, кардиомиоциты – обеспечивают движение.

1. Из каких компонентов должна состоять среда обитания Ксенобота, чтобы он мог функционировать, передвигаться в пространстве? Постарайтесь описать состав среды как можно более полно, напишите, для чего необходим ксеноботу каждый из компонентов. Оценка зависит от степени детализации и обоснованности ответа. **(4 балла)**
2. В качестве эксперимента для сборки Ксенобота использовали модифицированные кардиомиоциты, в которых отсутствуют:
 - А. миоглобин
 - Б. миозин
 - В. белки кальциевых каналовКаковы функции этих белков в кардиомиоцитах? Как повлияет на движение Ксенобота отсутствие каждого из этих белков? (За максимально полные ответы относительно каждого белка – по 4 балла.) **(12 баллов)**
3. Почему для создания Ксенобота ученые использовали именно кардиомиоциты, а не скелетные мышечные клетки? Оценка зависит от степени детализации и обоснованности ответа. **(4 балла)**



Биология для школьников 7 – 11 класса (заключительный этап)
Сложные задачи. Решения

Решение задачи 6. На далеком острове (20 баллов)

1. Легче оценить частоту аллелей в популяции живущей на материке. **(5 баллов)** Там обнаружили только две группы крови А (с генотипами АА и АВ) и В (с генотипом ВВ). Согласно закону Харди-Вайнберга:

$$P_A^2 + 2 P_A P_B + P_B^2 = 1, \text{ а } P_A + P_B = 1,$$

где P_A – частота встречаемости аллели А; P_B - частота встречаемости аллели В.

P_B^2 – доля гомозигот (ВВ), соответствует доли кошек в популяции с группой крови В (0,25). Откуда частота встречаемости аллеля В, P_B , составляет 0,5 (50%). Зная P_B , можно рассчитать P_A . $P_A = 1 - P_B = 0,5$ или 50%.

Также можно пойти более сложным путем и, зная величину P_B , рассчитать величину P_A из квадратного уравнения $P_A^2 + 2 P_A P_B + P_B^2 = 1$.

На острове (**правильный ответ – 10 баллов**) обнаружено в популяции кошек обнаружены три аллельных гена, кодирующие эту систему крови: А, В и АВ. Закон Харди-Вайнберга также распространяется и на такую ситуацию. В этом случае закон Харди-Вайнберга выглядит так:

$$P_A^2 + P_{AB}^2 + P_B^2 + 2 P_A P_B + 2 P_A P_{AB} + 2 P_{AB} P_B = 1, \text{ а } P_A + P_{AB} + P_B = 1.$$

Также эту формулу можно вывести из возможных сочетаний гамет в популяции:

	А	АВ	В
А	АА	ААВ	АВ
АВ	ААВ	АВАВ	АВВ
В	АВ	АВВ	ВВ

Далее рассчитываем также, как и в случае популяции на материке:

$$P_B^2 = 0,1, \text{ соответственно } P_B \approx 0,32.$$

Группа крови АВ проявляется в случае наличия генотипов АВАВ и АВВ, соответственно:

$$P_{AB}^2 + 2 P_{AB} P_B = 0,09.$$

Подставим значение P_B и решим квадратное уравнение. Дискриминант уравнения вида $ax^2 + vx + c$, равен $D = v^2 - 4ac$, а x в таком случае равен:

$$x_1 = \frac{-b+\sqrt{D}}{2a} \text{ и } x_2 = \frac{-b-\sqrt{D}}{2a} \text{ (} x_2 \text{ в этой ситуации меньше нуля и нами не рассматривается).}$$

$$P_{AB} \approx 0,12.$$

$$\text{Рассчитаем } P_A \text{ как } P_A = 1 - P_{AB} - P_B \quad P_A \approx 0,56.$$

2. Что касается различий между популяциями. Из представленных данных нет оснований утверждать, что кошки на острове - это потомки популяции с материка. Возможно, они оказались на острове каким-то другим путем. Соответственно, у них может быть изначально различный генофонд. Отличия в генофонде различных популяций могут быть обусловлены, как вы знаете, разными факторами, например, дрейфом генов. Засчитываются разные варианты ответов при условии их обоснованности. Наличие такого фактора, как дрейф генов, в ответе ожидается. **(5 баллов)**

Решение задачи 7. ПЦР для тигрокрыса (20 баллов)

1. б. полимеразная цепная реакция. **(1 балл)**
2. в. для того, чтобы ДНК денатурировала, распалась на 2 отдельные цепочки. **(3 балла)**
3. Исходное количество двухцепочечной ДНК 1 нмоль, в первом цикле ПЦР образует 2 нмоль ДНК, во втором — 4, и т. д., количество ДНК= 2^n , где n — число циклов. Для того, чтобы синтезировать 250 нмоль ДНК нужно 8 циклов, т. к. за 7 циклов синтезируется только 128 нмоль. **(8 баллов)**
4. Праймер в ходе реакции расходуется, в 1 цикле будет израсходовано по 1 нмоль каждого праймера, во 2 — еще по 2 и т. д.
 $1+2+4+8+16+32+64+128=255$ — столько каждого праймера нужно для прохождения всех 8 циклов. Ответ — праймеров не хватит. **(8 баллов)**

Решение задачи 8. Ксенобот (20 баллов)

1. Среда должна быть жидкой, желательна изотоническая, содержать кислород для дыхания (в эпителиальных клетках и кардиомиоцитах есть митохондрии), ионы натрия, кальция для генерации возбуждения и мышечного сокращения (и остальные ионы для поддержания ионного баланса), питательные вещества (глюкозу). **(4 балла в зависимости от детализации ответа)**
2. А. Миоглобин выполняет функцию запасания кислорода, обеспечивает мышцы кислородом при гипоксии (недостаточном кровоснабжении, интенсивной работе). В данном случае его отсутствие не должно играть существенной роли, т.к. обеспечение кислородом происходит за счет диффузии, Ксенобот достаточно маленький, во внешней среде как правило содержится достаточно растворенного кислорода. Движение не изменится.

Б. Миозин — белок, обеспечивающий сокращение мышц. При его отсутствии сокращение невозможно, Ксенобот не будет двигаться

В. Кальциевые каналы — в кардиомиоцитах имеется несколько типов каналов, кальций играет важную роль как в генерации ПД и явлении автоматии, обеспечивает медленную деполяризацию, так и в самом акте мышечного сокращения. Не будет деполяризации, не будет сокращения волокон, двигаться не будет.
(по 4 балла за каждый подпункт)

3. Кардиомиоциты использовали из-за наличия у них явления автоматии – генерации ПД и сокращения без внешнего раздражителя. В случае автономного организма это важно, т.к. нет внешней иннервации. **(4 балла в зависимости от детализации ответа)**