

Время выполнения заданий — 240 минут.

**Пишите разборчиво. Если не знаете ответа, ставьте прочерк. Если используете дополнительный лист, обязательно напишите об этом на основном листе ответа, иначе дополнительный лист не будет проверен. Черновики не оцениваются.**

**Максимальное количество баллов — 100.**

**Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.**

*Внимательно прочитайте текст задания. Найдите ошибки, допущенные при постановке эксперимента. Перечислите их. Для каждой ошибки объясните, как нужно было действовать, чтобы получить достоверный ответ на поставленный Петей вопрос.*

Петя интересовался растениеводством и решил проверить, как влияют стимуляторы роста на прорастание семян. Он нашел оставшиеся с прошлого года семена гороха и купил препараты: "Гетероауксин", "Циркон" и "Корневин". Взял по 2 семени, в соответствии с методикой замочил их в растворах стимуляторов и поставил в чашках Петри на окно. Через два дня, когда из некоторых семян стали появляться корешки, Петя решил, что надо проверить и народные средства: сок алоэ и мед. Семена закончились, и Петя купил новый пакетик семян гороха в магазине. Замочив в стимуляторах новые семена, он поставил эти чашки на стол в комнате. "Лучшим будет тот стимулятор, где от момента замачивания до появления первых корешков у обоих семян в чашке пройдет меньше всего времени" - решил Петя.

**Ответ.**

1. Петя использовал семена, купленные в разное время, возможно, урожаях разных лет. Семена должны быть одного сорта и одной партии, купленные в одном магазине (т.е. хранившиеся в максимально идентичных условиях). И даже в этом случае рекомендуется перемешать семена из разных пакетиков.
2. В каждом варианте опыта должно быть не 2, а больше семян (например, 10), поскольку иначе слишком велик риск получить недостоверные результаты. Хорошо известно, что даже в одной партии семена имеют разную всхожесть вплоть до того, что некоторые могут не прорасти вообще.
3. Все семена в ходе опыта должны находиться в одинаковых условиях, тогда как у Пети одни стояли на подоконнике, другие - в комнате на столе. В данном случае велика вероятность, что на подоконнике и в комнате была разная температура.
4. Должна быть контрольная группа: семена, замоченные в воде без добавления стимуляторов. Это позволит определить, обладают ли стимуляторы хоть какой-то эффективностью.
5. Сравнить сразу различные препараты и народные средства некорректно, поскольку неизвестна их максимальная эффективная концентрация. Поэтому для народных средств нужно поставить предварительные опыты, взяв несколько различных концентраций.

Также следовало бы поступить и с покупными препаратами, поскольку инструкции по применению содержат общие усредненные концентрации, которые на самом деле могут значительно отличаться для разных видов растений. Таким образом, в предварительных опытах для каждого препарата будет определена наилучшая концентрация, а также время, за которое прорастают семена при ее использовании. В общем, на этом можно был бы остановиться, сравнив время прорастания для каждого препарата в наилучшей концентрации. Однако наиболее корректно было бы поставить финальный опыт, в котором одновременно будут испытаны все 5 препаратов. Это позволит учесть различные побочные факторы, которые также могут повлиять на результат. Например, качество воды и температуру в комнате.

**Критерий оценки.** 2б. за каждую из версий №1-4, 4 б. за версию №4. Эти баллы начисляются только в случае полного ответа. За неполный (но понятный) ответ - половина баллов. Например, если в пункте 4 названа только ошибка: "отсутствует контроль", но не сказано, каким он должен быть в данном опыте, ставится 1 б.

### **Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача.**

*Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.*

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.  $0.0004 = q^2$ . 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 - 1б. Допускаются расхождения с ответом, возникшие при округлении результатов действий.

**Задание №3 (14 баллов). Расчетная задача.**

*Пишите подробное решение и поясните Ваши действия.*

Новорождённый младенец переболел пневмонией и во время болезни не усваивал грудное молоко. В настоящее время, в возрасте 13 суток, он имеет массу 3000 г и начал усваивать молоко: его кормят сцеженным грудным молоком через зонд по 10 мл 8 раз в сутки. Однако этого количества недостаточно для обеспечения полноценного питания. Поэтому недостающие питательные вещества ему нужно вводить внутривенно. Для восполнения недостатка аминокислот имеется препарат "А", содержащий 6 г аминокислот в 100 мл (20 ккал/100 мл). Для восполнения недостатка жиров имеется препарат "Б", содержащий 20 г жиров в 100 мл (108 ккал/100 мл). Для восполнения недостатка углеводов имеется 20% раствор глюкозы (1 г глюкозы – 4 ккал). Для восполнения недостатка жидкости имеется физиологический раствор.

Используя приведенные ниже справочные данные, составьте для этого младенца программу внутривенного питания, то есть укажите, сколько мл препаратов "А", "Б" и, если необходимо, глюкозы, должен получать младенец ежедневно. Нужно ли вводить ему дополнительно ежедневно жидкость (физиологический раствор), и если да, то сколько?

Во всех действиях промежуточные результаты округляйте до целых чисел.

*Справочные данные:*

Состав грудного молока: 1% белков, 4% жиров, 7% углеводов, 70 ккал/100мл. Считать, что 100 мл молока имеют массу 100 г.

Объем жидкости, необходимый ребёнку в сутки: 160 мл/кг массы тела (жидкостью считаются все питательные растворы, а не отдельно вода, т.е., например, 100 мл грудного молока следует считать как 100 мл жидкости; также и все другие питательные растворы).

Суточная доза белков (в любом виде: белки или аминокислоты): 2 г/кг массы тела.  
Суточная доза жиров: 2 г/кг массы тела.

Суточная доза углеводов определяется после подсчета энергии, полученной с другими компонентами пищи.

Суточная потребность в энергии составляет 100 ккал/кг массы тела.

### **Решение.**

Определим сначала, сколько белков и жиров необходимо вводить ежедневно внутривенно.

#### 1. Определение количества белков.

Всего ребёнку массой 3 кг в сутки нужно  $3 \times 2 = 6$  г белков

С грудным молоком он получает  $80:100 = 0,8$  г белков.

Значит, дополнительно нужно ввести  $6 - 0,8 = 5,2$  г белков, которые вводятся в форме аминокислот.

Тогда препарата "А" нужно  $5,2 \times 100:6 = 86,66$  мл. После округления 87 мл.

#### 2. Определение количества жиров.

Всего ребёнку в сутки нужно  $3 \times 2 = 6$  г жиров.

С грудным молоком он получает  $4 \times 80:100 = 3,2$  г жиров

Значит, дополнительно нужно ввести  $6 - 3,2 = 2,8$  г жиров

Тогда препарата "Б" нужно  $2,8 \times 100 : 20 = 14$  мл.

### 3. Расчет количества энергии.

С грудным молоком ребенок получает  $70 \times 80 : 100 = 56$  ккал

С препаратом "А" ребенок будет получать  $87 \times 20 : 100 = 17,4$  ккал. При округлении получаем 17 ккал

С препаратом "Б" ребенок получает  $14 \times 108 : 100 = 15,12$  ккал. При округлении получаем 15 ккал

Суточная потребность в энергии младенца весом 3 кг составляет  $100 \times 3 = 300$  ккал

Итого, младенцу недостает  $300 - (56 + 17 + 15) = 212$  ккал.

Эту разницу необходимо восполнить введением углеводов.

### 4. Расчет количества углеводов.

В нашем распоряжении имеется 20% раствор глюкозы. Калорийность 100 мл этого раствора составляет  $20 \times 4 = 80$  ккал.

Чтобы ввести 212 ккал, нужно взять  $212 \times 100 : 80 = 265$  мл раствора глюкозы

### 5. Определение количества жидкости.

Ребенок массой 3 кг ежедневно должен получать  $160 \times 3 = 480$  мл жидкости.

С грудным молоком и препаратами он получает  $80 + 87 + 14 + 265 = 446$  мл

Значит, ему дополнительно нужно  $480 - 446 = 34$  мл жидкости

**Ответ:** для ежедневного внутривенного питания младенца нужно 87 мл препарата "А", 14 мл препарата "Б", 265 мл 20% раствора глюкозы и еще 34 мл жидкости (обычно в этих случаях используют физиологический раствор).

**Критерий оценки.** 3 б. - за правильный объем препарата "А"; 3 б. – за правильный объем препарата "Б"; 3 б. – за правильный объем раствора глюкозы 20%; 2 б. – за правильный объем недостающей жидкости.

### **Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.**

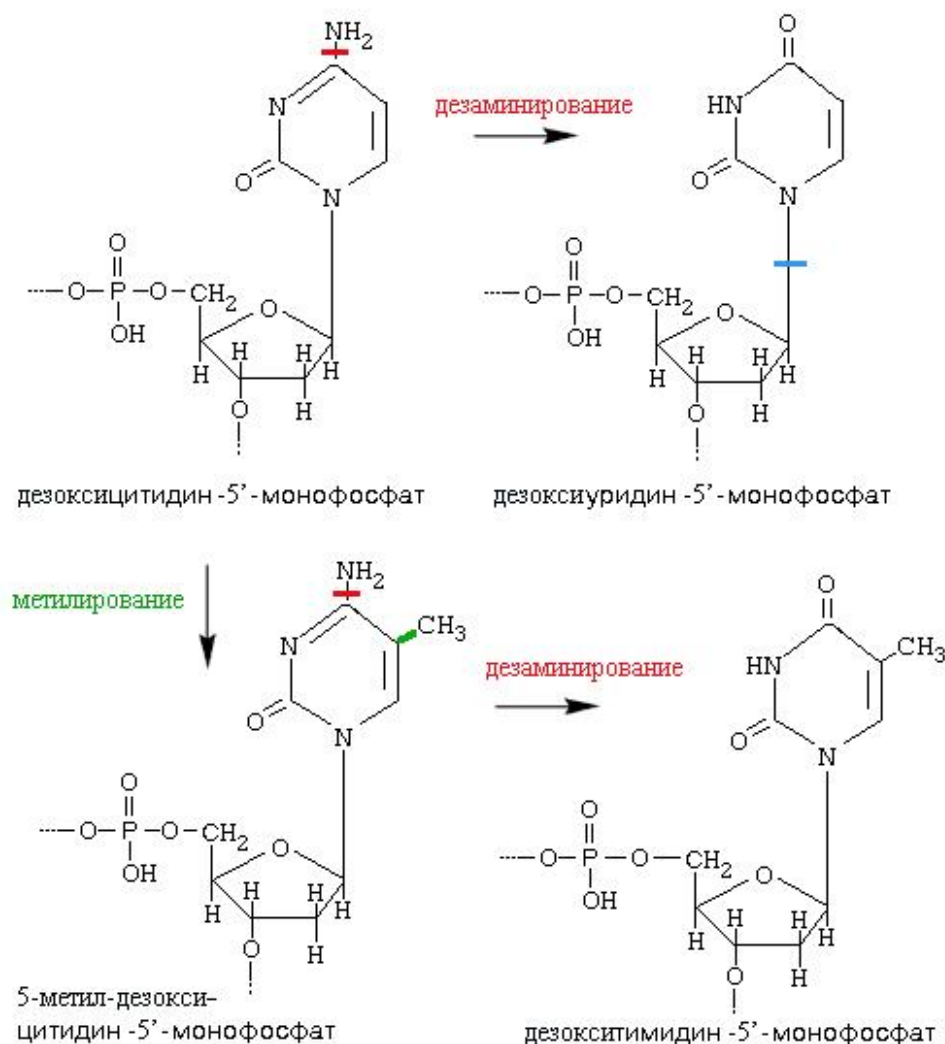
*Внимательно прочитайте текст и проанализируйте рисунок. Затем начинайте выполнять задания.*

В ДНК с течением времени накапливаются разнообразные поломки. Процесс их исправления называется репарацией. Если бы репарации не было, то все живые существа на планете давно бы погибли. В каждой клетке существуют несколько взаимодополняющих систем репарации. Одна из них называется эксцизионная репарация оснований (base excision repair). Эта система активируется, когда в ДНК возникают повреждения азотистых

оснований. Например, цитозин в результате спонтанного дезаминирования превращается в урацил (рис.1). Поскольку такого основания в ДНК в норме не содержится, то у эукариот его узнают и удаляют специальные ферменты - ДНК-гликозилазы. Для разных типов поврежденных оснований существуют ДНК-гликозилазы, специфически их узнающие и вырезающие. В результате образуется т.н. АП-сайт (apurinic/apurimidinic site) - сахарофосфатный остаток, лишенный азотистого основания. По существующим оценкам, в клетке за сутки образуется около 10 000 таких сайтов. АП-сайт узнается ферментом АП-эндонуклеазой, которая разрывает сложноэфирную связь в цепи ДНК рядом с поврежденным основанием и заодно удаляет 2-10 соседних нуклеотидов. Образовавшаяся брешь застраивается ДНК-полимеразой, а ДНК-лигаза затем восстанавливает сложноэфирную связь.

Но не всегда конец бывает таким хорошим. Когда в ДНК в направлении от 5'-конца к 3'-концу за дезоксицитидином следует дезоксигуанозин, то образуется т.н. ЦГ-островок (CpG island). Такие островки узнают ферменты метилтрансферазы и осуществляют метилирование цитозина (рис. 1). В этом случае при спонтанном дезаминировании цитозин превращается в тимин (рис.1). И тогда определить, в какой именно цепи произошла мутация, уже невозможно. Тем не менее, репарация все же происходит, но выбор удаляемого основания осуществляется случайным образом, что примерно в половине случаев приводит к мутации.

Однако метилирование ДНК имеет очень важное значение для жизни клетки, несмотря на такую подверженность мутациям. Помимо белок-кодирующих участков генов, ЦГ-динуклеотиды часто расположены в регуляторных областях генов, например, в промоторах. Метилирование входящих в них дезоксицитидинов приводит снижению транскрипции соответствующих генов. Напротив, удаление метильных групп приводит к активации транскрипции. Таким образом, метилирование ДНК позволяет регулировать активность генов. Метилирование обратимо и может изменяться в зависимости от внешних факторов. Самое интересное заключается в том, что уровень метилирования генов может наследоваться. Таким образом, по наследству могут передаваться приобретенные признаки, не закодированные в виде последовательности нуклеотидов. Такое наследование менее стабильно по сравнению с геным и может изменяться в течение жизни организма. Его закономерности изучает интенсивно развивающаяся область молекулярной биологии, получившая название "эпигенетика".



**Рисунок 1. Модификации дезоксицитидина, встречающиеся в ДНК.** Синей чертой обозначен разрыв N-гликозидной связи, который осуществляют ДНК-гликозилазы.

**Задания**

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом тесте содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения.

**1. При эксцизионной репарации оснований ДНК последовательность действия ферментов следующая:**

- А. ДНК-гликозилаза - АП-эндонуклеаза - ДНК-полимераза - ДНК-лигаза
- Б. ДНК-гликозилаза - ДНК-полимераза - АП-эндонуклеаза - ДНК-лигаза
- В. АП-эндонуклеаза - ДНК-гликозилаза - ДНК-полимераза - ДНК-лигаза
- Г. ДНК-гликозилаза - ДНК-полимераза - ДНК-лигаза - АП-эндонуклеаза

**2. ДНК-гликозилазы действуют следующим образом:**

Межрегиональная олимпиада школьников "Высшая проба" 2022, 2 этап

- А. Узнают поврежденный сахарофосфатный остов
- Б. Узнают нетипичные для ДНК азотистые основания
- В. Узнают разрывы нуклеотидной цепи
- Г. Удаляют поврежденное азотистое основание

удаляют поврежденное основание и несколько расположенных рядом нуклеотидов

**3. Из предложенных выберите все верные утверждения об эксцизионной репарации:**

- А. Эксцизионная репарация оснований происходит в клетках человека
- Б. Эксцизионная репарация оснований происходит в клетках дождевого червя
- В. Эксцизионная репарация оснований происходит ежедневно
- Г. Для эксцизионной репарации оснований необходима вторая цепь ДНК
- Д. Эксцизионная репарация оснований может происходить без использования второй цепи ДНК

**4. Онкологические заболевания, называемые также "рак" - это одна из наиболее частых причин смертности. Их причина заключается в том, что некоторые клетки организма в результате различных повреждений выходят из-под контроля и начинают неудержимо делиться и расти, образуя опухоли.**

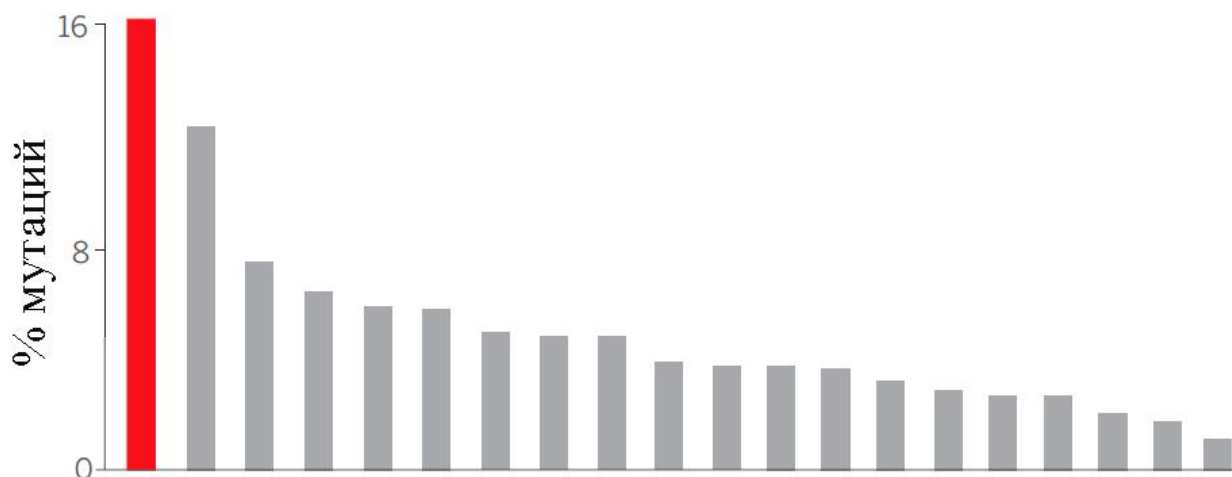
**Как вы думаете, какие изменения можно ожидать в клетках раковых опухолей?**

- А. Повышено метилирование регуляторных участков генов, запускающих деление клетки
- Б. Повышено метилирование регуляторных участков генов систем репарации ДНК
- В. Понижено метилирование регуляторных участков генов, отвечающих за инициацию S-фазы клеточного цикла
- Г. Понижено метилирование генов, которые в случае поломки ДНК запускают процесс программируемой клеточной смерти (апоптоза)

**5. Существует база данных, в которой собраны сведения о точечных мутациях, приводящих к различным заболеваниям человека. При ее анализе оказалось, что частота этих мутаций для разных аминокислот различается. То есть мутационные замены некоторых аминокислот встречаются существенно чаще других. Результаты этого анализа представлены на рис. 2 Используя информацию из задания и приложенную таблицу генетического кода, предположите, какая аминокислота мутирует наиболее часто. На рис. 2 ей соответствует красный столбик.**

**Впишите сюда название аминокислоты:** \_\_\_\_\_





**Рисунок 2. Частота мутаций различных аминокислот в генах, повреждения которых вызывают заболевания человека.** Столбиками обозначены отдельные аминокислоты. Все мутации, которые приводят к болезням человека, взяты за 100%. Для каждой аминокислоты посчитан вклад мутаций в ее кодонах в общее число мутаций.

		Второй нуклеотид кодона				
		У	Ц	А	Г	
Первый нуклеотид кодона	У	УУУ } Фенилаланин УУЦ } УУА } Лейцин УУГ }	УЦУ } УЦЦ } Серин УЦА } УЦГ }	УАУ } Тирозин УАЦ } УАА } УАГ }	УГУ } Цистеин УГЦ } УГА } УГГ } Триптофан	У Ц А Г
	Ц	УУУ } УУЦ } Лейцин УУА } УУГ }	ЦЦУ } ЦЦЦ } Пролин ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ } Гистидин ЦАЦ } ЦАА } Глутамин ЦАГ }	ЦГУ } ЦГЦ } Аргинин ЦГА } ЦГГ }	У Ц А Г
	А	УУУ } УУЦ } Изолейцин УУА } УУГ } Метионин	АЦУ } АЦЦ } Треонин АЦА } АЦГ }	ААУ } Аспаргин ААЦ } ААА } Лизин ААГ }	АГУ } Серин АГЦ } АГА } Аргинин АГГ }	У Ц А Г
	Г	УУУ } УУЦ } Валин УУА } УУГ }	ГЦУ } ГЦЦ } Аланин ГЦА } ГЦГ }	ГАУ } Аспаргин ГАЦ } ГАА } Глутамин ГАГ }	ГГУ } ГГЦ } Глицин ГГА } ГГГ }	У Ц А Г

*Генетический код*  
А — аденин, Г — гуанин, Ц — цитозин, У — урацил

**Рисунок 3.**  
Генетический код.

Использованы данные статьи "The origins, determinants, and consequences of human mutations". Shendure J., Akey J.M. Science. 2015, 349:1478-83.

- Ответ**  
 №1. А  
 №2. Б, Г  
 №3. А, Б, В, Г  
 №4. Б, В  
 №5. Аргинин

**Критерий оценки.**

Оцениваются только полностью правильно выполненные задания. №1-№3 2 б. за задание, №4 - 4 б., №5 -5 б.

**Особенность заданий № 5- №7 - 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 №5 (16 б.)** Как и зачем пойкилотермные животные изменяют свою температуру и температуру других организмов? Рассмотрите поведенческий, морфологический и физиологический аспекты этого вопроса. Приведите примеры животных, использующих эти механизмы повышения температуры.

**Ответ.**

Температура тела пойкилотермных (холоднокровных) животных как правило лишь на 1-2 градуса выше температуры окружающей среды. Холоднокровность имеет ряд преимуществ, поскольку не нужно тратить много энергии на активный обмен веществ и решать проблему теплоизоляции. Однако при низких температурах холоднокровность не позволяет поддерживать высокую активность, которая необходима в некоторых ситуациях. Как правило, высокая активность необходима для поиска добычи и для процессов, связанных с размножением. Именно в этих ситуациях холоднокровным животным чаще всего приходится повышать температуру тела. Рассмотрим различные примеры.

Поведенческие способы изменения температуры.

Многие холоднокровные животные выбирают теплые, прогреваемые солнцем участки рельефа, чтобы ускорить развитие зародыша в яйцах. Например, ящерицы откладывают яйца на песчаных пригорках. Морские черепахи преодолевают сотни километров для того, чтобы отложить яйца в теплый песок на пляжах.

Самки некоторых видов крокодилов, например, миссисипских аллигаторов, устраивают специальные гнезда-инкубаторы из травы. Гниение травы вызывает повышение температуры в гнезде и ускорение развития зародышей в яйцах. Самка регулирует температуру гнезда-инкубатора, откладывая слишком интенсивно разлагающуюся траву или принося дополнительную порцию.

Многие пойкилотермные животные используют солнечные лучи для дополнительного подогрева своего тела, перемещаясь на освещенные участки поверхности. Например, ящерицы в прохладную погоду перемещаются на солнечные участки. Такая способность обнаружена и у рыб: карпы, перемещавшиеся к освещенным солнцем участкам водоема, росли быстрее тех, кто оставался на глубине в тени.

Перемещение от прямых лучей солнца - это поведенческий механизм, препятствующих перегреву. Например, пустынные жуки зарываются в землю днем.

#### Морфологические адаптации.

Для насекомых, способных летать при низкой температуре, характерно опушение тела, которое помогает сохранить тепло, выделяющееся при работе мышц. Например, опушение имеют ночные бабочки, а густо опушенные шмели могут жить и летать даже в приарктических зонах.

Темная окраска тела способствует лучшему прогреванию. Например, карпы с более темной окраской нагреваются до более высоких температур и растут быстрее, чем более светлые карпы.

Физиологические способы изменения температуры в основном связаны с генерацией тепла при мышечной работе.

Для полета насекомым, особенно ночным, бывает необходима температура выше температуры окружающей среды. Для ее достижения они используют тепло, выделяющееся при мышечных сокращениях. Например, крупные бражники или жуки некоторое время перед полетом интенсивно работают крыльями в “разогревающем” режиме и не способны в этот момент взлететь.

Очень интенсивная работа мышц у пойкилотерных животных может приводить к локальному повышению температуры, что позволяет развивать высокую скорость. Например, крупные морские хищники тунец, марлин и некоторые виды акул разогреваются при охоте на более мелких рыб. Температура мышц тунца может быть на 20<sup>0</sup>С выше температуры окружающей среды, хотя остальная часть тела имеет низкую температуру. Недавно обнаружено, что крупная (до 250 кг) лучеперая рыба опак обыкновенный (называемый также солнечная рыба и океанский блин) фактически теплокровная: температура всего ее тела в среднем на 5<sup>0</sup>С выше температуры окружающей среды. Это достигается за счет интенсивной работы грудных плавников и системы противотока, когда холодная артериальная кровь, идущая от жабр, прогревается за счет вплотную расположенных сосудов с теплой венозной кровью (т.н. "чудесная сеть").

Высокая температура опасна для организмов, особенно если достигается порог физиологической устойчивости. Этот механизм можно использовать в “боевых” целях. Например, таким образом пчелы могут побеждать крупных шершней, разоряющих их ульи. Шершень покрыт хитином, который не протыкается жалами пчел, поэтому для них неуязвим. Однако пчелы окружают его плотным шаром, интенсивно работая мышцами и генерируя много тепла: центр шара нагревается до 40<sup>0</sup>С, что приводит к гибели шершня. Правда, часть пчел тоже гибнет при такой температуре.

Некоторые самки змей, например, питонов, охраняющие кладку яиц, могут повышать температуру путем мышечной дрожи или термостатического тонуса мышц.

Пчелы за счет быстрых мышечных сокращений и частых взмахов крыльями могут повышать температуру в улье при прохладной погоде, чтобы личинки развивались быстрее.

Зимой пчелы повышают свою температуру, собираясь вокруг матки плотным шаром и выделяя тепло мышечными сокращениями и увеличением биохимической термпродукции. Этот процесс весьма энергозатратный, поэтому для успешной зимовки пчелам требуется довольно много высококалорийного меда, около 10 кг на улей.

Пчелы могут охлаждать улей на несколько градусов в жаркую погоду, испаря принесенную ими воду. Также пчелы осуществляют вентиляцию улья, создавая охлаждающий поток воздуха.

У южноамериканских ящериц тегу обнаружена сезонная теплокровность, связанная с периодом размножения. Их температура тела в этот период примерно на 10°C выше температуры окружающей среды, что достигается за счет повышения уровня метаболизма (это определили по росту частоты сердечных сокращений) и уменьшения теплопроводности поверхностных слоев тела за счет механизмов, которые еще предстоит выяснить.

**Критерий оценки. Широта охвата.** Ответ включает все уровни адаптационной терморегуляции: поведенческий, морфологический и физиологический - 3б., любые два уровня - 2б., один уровень - 1б. **Количество версий независимо от широты охвата:** 1б. за каждую версию, но не более 6 б. **Примеры.** Правильно назван вид животного и он правильно иллюстрирует приведенную версию (например: опушение шмеля служит для снижения теплоотдачи) - 1 б. за каждый пример но не более 6 б. за примеры. Неверное и/или неподробное описание, из которого неясно, что иллюстрирует пример. Например: опушение шмеля (без пояснений) - 0 б. Однотипные примеры оцениваются как один. Например, опушение шмеля и опушение бабочки оценивается как один пример. Максимальная оценка 15 б.

**Задание №6 (16 баллов).** Живорождение обычно рассматривается как крупный ароморфоз, дающий много преимуществ. Однако у медуз 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 №7 (16 баллов).** 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 правильный пример, но не более 18 баллов.