

**Время выполнения заданий — 240 минут.
Максимальное количество баллов — 100.**

Пишите разборчиво. Ответ пишите на странице с соответствующим номером вопроса. Если используете дополнительный лист, обязательно напишите об этом на основном листе ответа. Если не знаете ответа, ставьте прочерк. Черновики не оцениваются.

Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.

Внимательно прочитайте текст задания. Найдите ошибки, допущенные при постановке эксперимента. Перечислите их и объясните, почему Вы считаете, что это ошибки. Для каждой ошибки объясните, как нужно было действовать, чтобы получить достоверный ответ на поставленный Мишей вопрос.

Миша хотел стать врачом и решил исследовать, как влияют занятия спортом на показатели дыхательной системы у школьников. Он прочитал, что для получения достоверных результатов необходимо проводить исследование не на двух-трех индивидах, а на группе. Миша решил набрать среди своих знакомых две группы: не занимающихся и занимающихся активными видами спорта. Для этого он предложил ребятам заполнить анкеты и, используя полученную информацию, сформировал две группы из 15 человек каждая. В группу учеников, занимавшихся спортом, вошли 7 девочек из 4 и 5 классов, 2 мальчика из 9 класса, 3 девочки из 8 класса и 3 мальчика из 10 класса. Группу не занимающихся спортом составили 4 девочки из 5 и 7 классов, 6 мальчиков из 9 класса и 5 мальчиков из 11 класса. Миша измерял максимальное время задержки дыхания на вдохе (проба Штанге) и на выдохе (проба Генчи) по секундомеру у каждого школьника однократно - сначала первый показатель, а через 30 секунд второй.

Затем Миша определил средние значения пробы Штанге и пробы Генчи для каждой из групп и сравнил их. Каково же было его удивление, когда оказалось, что у ребят, не занимавшихся спортом, эти показатели были в среднем выше, чем у тех, кто спортом занимался.

Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача.

Напишите подробное решение и поясните Ваши действия.

Самый длинный ген белка в геноме человека - это ген регулятора альтернативного сплайсинга RBFOX1. 1 моль белка RBFOX1 весит 50 кг 600 г. Какова длина гена RBFOX1, если его экзоны составляют 0,0552% от полной последовательности гена? Длиной некодирующих частей мРНК RBFOX1 пренебречь. Ответ выразите в миллиметрах.

Справочная информация. Средняя масса аминокислотного остатка в белке составляет 110 Да; средняя масса нуклеотида ДНК составляет 345 Да; размер отрезка ДНК длиной 10 пар нуклеотидов составляет 34 ангстрем; 1 ангстрем = 10^{-10} м.

Задание № 3 (11 баллов). Расчетная задача.

Напишите подробное решение и поясните Ваши действия.

Окраску шерсти у кошек определяет один ген, локализованный в уникальной части X-хромосомы. Его доминантный аллель (назовём его X^A) определяет рыжую окраску, рецессивный (X^a) – чёрную.

Для млекопитающих характерно явление так называемой дозовой компенсации. Оно заключается в том, что одна из двух X-хромосом в ходе развития женского организма подвергается инактивации, и большинство её генов перестаёт экспрессироваться. В разных клетках тела инактивируются X-хромосомы, полученные от разных родителей. У кошек, в отличие от многих других млекопитающих, это можно увидеть невооружённым глазом. Гетерозиготы $X^A X^a$ имеют чёрно-рыжую окраску, потому что в одних клетках активен аллель X^A , а в других X^a .

Исследователи провели подсчёт кошек в городе N, всего насчитав 3054 особи обоего пола. Среди них было 138 рыжих кошек (самок). Предполагая, что популяция кошек города N находится в состоянии генетического равновесия, определите, каковы доли (в процентах) всех остальных групп, различающихся по полу и окраске.

Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.

Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.

Иммунная система человека способна решать уникальную задачу - распознавать и уничтожать зараженные вирусами клетки до того, как вирусы покинут их. Практически все клетки организма имеют в своей наружной мембране рецепторы - белки главного комплекса гистосовместимости I (major histocompatibility complex I, МНСI).

Белки МНСI умеют связывать и презентовать (показывать) на внешней мембране клетки короткие пептиды, образовавшиеся внутри клетки. Однако каким образом внутриклеточные белки попадают на поверхность клеток? Дело в том, что в клетке существуют большие комплексы - протеасомы, разрезающие уже не нужные клетке или неправильно свернутые белки на короткие пептиды. И эти короткие "обрезки" белков связываются с МНСI и через ЭПР транспортируются к плазматической мембране. Обычно МНСI заполнены фрагментами собственных белков клетки. Однако если клетка заражена вирусом и синтезирует вирусные белки, то они также подвергаются разрушению в протеасомах и попадают с МНСI на поверхность клетки.

Таким образом, клетки организма все время показывают, какие белки они синтезируют внутри себя. Но кому они это показывают? Постоянное сканирование комплексов МНСI осуществляет отдельный класс Т-лимфоцитов, называемых цитотоксическими Т-

лимфоцитами или Т-киллерами. Они, как дозорный отряд, обходят все клетки организма, проверяя, нет ли среди выставленных ими на МНСI кусочков чужеродных белков.

Т-киллеры имеют на мембране антиген-распознающий рецептор, который состоит из двух функциональных частей: белок-рецептор CD8, который узнает МНСI и присоединяется к нему, и Т-клеточный рецептор - специфичный иммуноглобулин. Таким образом, происходят одновременно два процесса: связывание CD8 с МНСI и распознавание иммуноглобулиновым Т-клеточным рецептором пептида, презентованного МНСI. Это явление получило название «двойного распознавания», а за его открытие была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине 1996 года.

Имуноглобулины имеют переменную часть, способную связываться с различными антигенами. Каждый Т-киллер в процессе своего развития приобретает способность синтезировать только один вариант иммуноглобулина, входящего в состав антиген-распознающего рецептора и распознавать только один антиген. Таким образом, каждый Т-киллер проверяет встречающиеся ему клетки своим собственным вариантом Т-клеточного рецептора. В организме существует настолько много Т-киллеров с антиген-распознающими рецепторами, что они способны опознать практически любой фрагмент любого чужеродного белка.

Когда Т-киллер обнаруживает клетку, которая презентует фрагмент чужеродного белка в комплексе с МНСI, то он запускает механизм убийства этой клетки. Таким образом, зараженная клетка не успеет сделать много новых вирусов. Этот механизм срабатывает для защиты организма от вирусов и внутриклеточных бактериальных инфекций.

Задания.

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения. Запишите их в таблицу к вопросу №4 в бланке ответов.

1. Распознавание Т-киллером зараженной вирусом клетки – это сложный многоступенчатый процесс. Расположите события в правильной последовательности:

А. Синтез вирусного белка – связывание белка с МНСI – разрушение его в протеасоме на пептиды - транспортировка на мембрану клетки в комплексе с МНСI – связывание МНСI с CD8 рецептором – распознавание пептида иммуноглобулином антиген-распознающего рецептора Т-киллера – запуск механизма убийства этой клетки.

Б. Синтез вирусного белка – связывание белка с МНСI – разрушение его в протеасоме на пептиды - транспортировка на мембрану клетки в комплексе с МНСI – распознавание пептида иммуноглобулином антиген-распознающего рецептора Т-киллера - связывание МНСI с CD8 Т-клеточного рецептора — запуск механизма убийства этой клетки.

В. Синтез вирусного белка – разрушение его в протеасоме на пептиды - связывание пептида с МНСI – транспортировка на мембрану клетки в комплексе с МНСI – связывание

МНСI с CD8 рецептором Т-киллера – распознавание пептида иммуноглобулином антиген-распознающего рецептора Т-киллера – запуск механизма убийства этой клетки.

Г. Синтез вирусного белка – связывание пептида с МНСI - разрушение его в протеасоме на пептиды – транспортировка на мембрану клетки в комплексе с МНСI – распознавание пептида иммуноглобулином антиген-распознающего рецептора Т-киллера - связывание МНСI с CD8 Т-клеточного рецептора — запуск механизма убийства этой клетки.

2. Если клетка печени заражена вирусом гепатита В, и фрагмент его капсидного белка презентуется на МНСI, то:

- А. Большинство Т-киллеров не опознают этот сигнал, т.к. иммуноглобулиновая часть их антиген-распознающего рецептора не связывается с этим пептидом.
- Б. Любой Т-киллер узнает чужеродный белок и убьет эту зараженную клетку
- В. Любой Т-киллер с нормальным антиген-распознающим рецептором может опознать и убить такую клетку при наличии в крови антител к вирусу гепатита В.

3. Если пораженная вирусом клетка вообще утратила МНСI на мембране, то:

- А. Эту клетку может убить любой Т-киллер.
- Б. Эту клетку может распознать только тот Т-киллер, антиген-распознающий рецептор которого узнает презентованные на мембране фрагменты вирусных белков.
- В. Ни один Т-киллер не способен опознать эту клетку.

4. Выберите те структуры, которые могут взаимодействовать с МНСI.

- А. CD8 рецепторы.
- Б. Короткие фрагменты вирусных белков из протеасом.
- В. Короткие фрагменты капсидных белков в плазме крови.
- Г. Короткие фрагменты собственных белков клетки из протеасом.
- Д. Растворимые антитела, которые вырабатывают В-лимфоциты.

5. Из перечисленных заболеваний и ситуации, направленной на предотвращение заболевания, выберите случаи, при которых иммунный ответ включает в себя работу Т-киллеров:

- А. Грипп
- Б. Краснуха
- В. Дизентерия
- Г. Прививка от столбняка

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 (15 баллов). Хорошо известно, что представители китообразных могут оставаться под водой без газообмена между легкими и атмосферой от нескольких минут до 1,5 – 2 часов. Какие морфологические, физиологические и биохимические адаптации позволяют им так долго обходиться без газообмена с атмосферой?

Задание № 6 (18 баллов). Какими способами растения защищаются от патогенных грибов, бактерий и вирусов? Если можете, приведите примеры (не более одного примера для каждой версии)

Задание №7 (18 баллов). Ареал возделывания многих культурных растений гораздо шире, чем ареал обитания их дикорастущих предков. В ходе селекции специалисты выводят сорта растений, адаптированные к условиям различных широт и даже других континентов. Какие сложности могут возникнуть при выращивании культурного растения за пределами первоначального ареала данного вида?