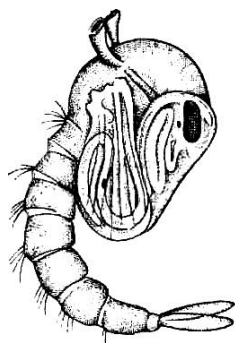


# Очный тур X Олимпиады «Покори Воробьёвы Горы» Вариант 1

## Блок 1. Тесты

- 1. Цветок с верхней завязью имеется у:**  
а) кабачка; б) одуванчика **в) гороха** г) груши.
- 2. У какого растения стержневая корневая система:**  
а) лилия; б) гиацинт; в) нарцисс; **г) петуния.**
- 3. Усики гороха — это видоизмененные:**  
а) прилистники; **б) листочки сложного листа;** в) боковые побеги; г) пазушные почки.
- 4. К покровным тканям относятся:**  
а) камбий; б) луб; **в) пробка;** г) ксилема.
- 5. Плод у репы называется:**  
а) клубень; **б) стручок;** в) корнеклубень; г) корнеплод.
- 6. У дождевого червя имеются специальные органы:**  
а) дыхания и выделения;  
б) только для дыхания;  
**в) только для выделения;**  
г) ни для дыхания, ни для выделения.
- 7. К одному типу принадлежат беспозвоночные:**  
а) морской жёлудь и морская оса;  
б) морской жёлудь и морская лилия;  
в) морская козочка и морской заяц;  
**г) морская лилия и морской огурец.**
- 8. В каком варианте членистоногие перечислены в порядке увеличения числа ходильных ног:**  
а) кожеед пятнистый – тигровая креветка – пёстрый скорпион;  
**б) гля – собачий клещ – травяной краб;**  
в) рак-отшельник – собачий клещ – постельный клоп;  
г) сенокосец – собачья блоха – омар.
- 9. На рисунке изображено:**



- а) куколка двукрылого;**
- б) куколка жесткокрылого;
- в) личинка перепончатокрылого;
- г) личинка прямокрылого.

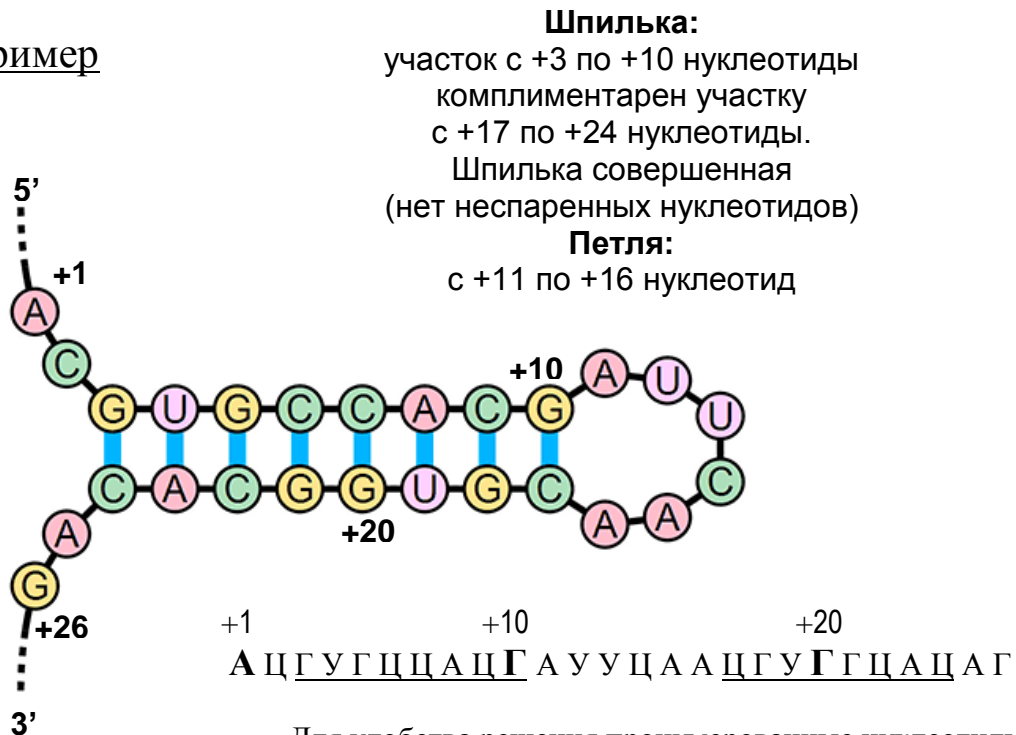
- 10. У яйцекладущих млекопитающих млечные железы:**
- а) отсутствуют совсем;
  - б) не имеют сосков;**
  - в) имеют одну пару сосков;
  - г) имеют несколько пар сосков.
- 11. При раздражении электрическим стимулом мотонейрона посредине нервный импульс:**
- а) будет распространяться в зависимости от полярности электродов – либо к телу нейрона, либо к аксонным терминалям;
  - б) будет распространяться от точки раздражения к аксонным терминалям;
  - в) и к телу нейрона, и к окончаниям аксона;**
  - г) не будет возникать.
- 12. Введение инсулина в кровь человека:**
- а) увеличивает синтез гликогена;**
  - б) увеличивает потребление глюкозы в мозге;
  - в) усиливает распад гликогена;
  - г) увеличивает концентрацию глюкозы в крови.
- 13. Гортань образована в основном:**
- а) хрящами;**
  - б) гладкими мышцами;
  - в) поперечно-полосатыми мышцами;
  - г) костными пластинками.
- 14. Учащение дыхания при физических нагрузках возникает в ответ на:**
- а) повышение концентрации  $O_2$  в крови;
  - б) повышение концентрации молочной кислоты в крови;
  - в) повышением концентрации  $CO_2$  в крови;**
  - г) понижением концентрации  $CO_2$  в крови.
- 15. В живых организмах наиболее разнообразны:**
- а) аминокислоты; б) углеводы; **в) нуклеиновые кислоты;** г) липиды.
- 16. Расхождение дочерних хроматид к полюсам происходит в митозе в:**
- а) профазе; б) метафазе; **в) анафазе;** г) телофазе.
- 17. В состав нуклеиновых кислот НЕ входят:**
- а) углеводы; б) аденин; в) остатки неорганических кислоты; **г) лизин.**
- 18. Кобальт входит в состав:**
- а) гемоглобина; **б) витамина  $B_{12}$ ;** в) инсулина; г) тРНК.
- 19. Кислород при фотосинтезе выделяется в процессе:**
- а) преобразования углекислоты в углеводы;
  - б) образования АТФ в хлоропластах;
  - в) работы электрон-транспортной цепи;**
  - г) реакций передачи энергии с возбуждённого хлорофилла на активные формы кислорода.
- 20. Фотосинтетическими пигментами высших растений не являются:**
- а) фикоэритрины;**
  - б) каротиноиды;
  - в) ксантофиллы;
  - г) хлорофиллы.

## Блок 2. Задачи

### Задача 1.

В эукариотической клетке важными регуляторами транскрипции генов являются малые интерферирующие РНК (siRNA). Они образуются в том случае, если в клетке появляется двуцепочечная РНК или шпилька РНК с комплементарными участками около 20 пар нуклеотидов. Шпилька может быть совершенной (все нуклеотиды комплементарны друг другу) или несовершенной (когда есть отдельные несовпадения). Предположим, что молекула РНК может «согнуться» и образовать шпильку только в том случае, если между комплементарными участками находится **не менее 6 нуклеотидов** (так называемая петля).

### Пример



Для удобства решения пронумерованные нуклеотиды выделены шрифтом

По представленной последовательности молекулы РНК из 56 нуклеотидов определите, может ли она «свернуться» в шпильку с комплементарной частью длиной **ровно 20** нуклеотидов. Если может, то укажите, каким номерам нуклеотидов соответствуют шпилька и петля. Совершенной или несовершенной будет эта шпилька?



Ответ.

Образование шпильки возможно: участок с +6 по +24 нуклеотид комплементарен участку с +33 по +51 нуклеотид. Длина шпильки – 19 нуклеотидов, что не соответствует условию. Шпилька несовершенная: есть одно несовпадение: в положениях +11 и +46 нуклеотиды не комплементарны. Петля с +25 по +32 нуклеотиды.

### Задача 2.

Пользуясь справочными данными, рассчитайте массу гемоглобина в 1 л крови у человека.

*Справочные данные:*

Число Авогадро.  $6,02 \cdot 10^{23}$

В 1 эритроците 30 пикограмм гемоглобина.

Молекулярный вес гемоглобина 64,5кД.

Атомарный вес железа 56.

Объем мирового океана = 1370 млн. куб.км

Решение:

1 л = 1000 мл =  $10^6$  микролитров.

1 мкл крови содержит  $5 \times 10^6$  эритроцитов.

Следовательно 1 л крови содержит:

$5 \times 10^6 \times 10^6 = 5 \times 10^{12}$  эритроцитов.

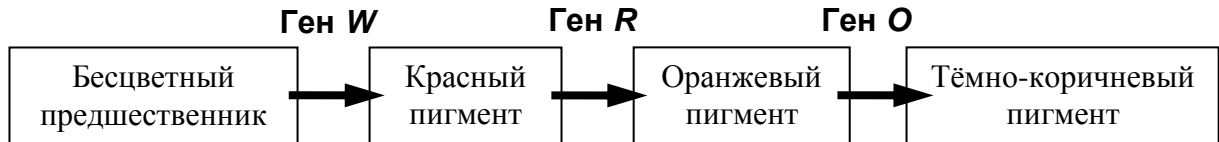
**Масса гемоглобина =  $5 \times 10^{12} \times 30 \times 10^{-12}$  г =  $5 \times 30 = 150$  г.**

Ответ:

В 1 литре крови содержится 150 г гемоглобина.

### Задача 3.

У некоторого вида пчёл синтез пигмента глаза происходит из бесцветного предшественника через красный, и далее – оранжевый продукт. Окончательный цвет глаз – тёмно-коричневый. За каждый из этапов биосинтеза отвечает определённый ген (см. схему).



Кареглазая царица-пчела встретила белоглазого трутня. При этом половина рабочих пчёл оказалась белоглазыми, а остальные – кареглазыми. Если бы та же царица встретила красноглазого трутня, то в потомстве рабочих пчёл половина оказалась бы красноглазыми, а вторая половина – кареглазыми. Известно, что гены  $R$  и  $W$  расположены на одной хромосоме на расстоянии 14 морганид.

А) Предложите все возможные генотипы родителей в каждом из скрещиваний.

Мутантные аллели обозначьте как  $r$  и  $w$ .

Б) Предскажите расщепление среди трутней при скрещивании той же царицы с белоглазым самцом.

В) Предскажите расщепление среди трутней при скрещивании с красноглазым самцом.

### Решение:

У пчёл царица и рабочие пчёлы являются диплоидными организмами (два набора хромосом, каждый ген представлен двумя аллелями). Трутни гаплоидны, поскольку они развиваются из неоплодотворенных яиц. У трутней один набор хромосом, и только по одному аллелю каждого гена. Поэтому любая мутация по генам из задачи проявится в фенотипе у трутней.

У белоглазых трутней обязательно должен быть аллель  $w$ .

Гены  $R$  и  $O$  могут быть представлены обоими вариантами аллелей ( $R$  или  $r$ ,  $O$  или  $o$ ).

Таким образом, можно предложить 4 варианта генотипов для белоглазого трутня:

- 1)  $w R O$
- 2)  $w r O$
- 3)  $w R o$
- 4)  $w r o$

Кареглазая царица-пчела несёт хотя бы по одному функциональному аллелю каждого из генов. Таким образом, её генотип  $W- R- O-$ .

Поскольку в скрещивании с белоглазым трутнем половина рабочих оказалась белоглазыми, это означает, что царица гетерозиготна по гену  $W$ :  $Ww R- O-$ .

Вторая половина рабочих пчёл кареглазая. Это возможно в нескольких случаях.

- 1) Царица гомозиготна по генам  $R$  и  $O$  (генотип  $Ww RR OO$ ), тогда генотип трутня может быть любым.
- 2) Царица гетерозиготна по гену  $R$  (генотип  $Ww Rr OO$ ), тогда в генотипе трутня должен оказаться доминантный аллель  $R$  (генотип  $w R O$  или  $w R o$ ).
- 3) Царица гетерозиготна по гену  $O$  (генотип  $Ww RR Oo$ ), тогда в генотипе трутня должен оказаться доминантный аллель  $O$  (генотип  $w R O$  или  $w r O$ ).
- 4) Царица гетерозиготна как по гену  $R$ , так и по гену  $O$  (генотип  $Ww Rr Oo$ ), тогда в генотипе трутня должны оказаться доминантные аллели  $R$  и  $O$  (генотип  $w R O$ ).

По условию если бы эта же царица встретила красноглазого трутня, в потомстве появились бы красноглазые рабочие.

Генотип у красноглазого трутня может быть либо  $W r O$ , либо  $W r o$ .

чтобы расщепление по цвету глаз оказалось 1 красных к 1 коричневым, в генотипе царицы должен присутствовать рецессивный аллель  $r$ . Учитывая результаты первого скрещивания, можно предложить следующие генотипы для родителей:

- 1) Кареглазая царица  $Ww Rr OO$ , красноглазый трутень  $W r O$  или  $W r o$ .
- 2) Кареглазая царица  $Ww Rr Oo$ , красноглазый трутень  $W r O$ .

Таким образом, перечень возможных генотипов белоглазого трутня сокращается до  $w R O$  или  $w R o$ .

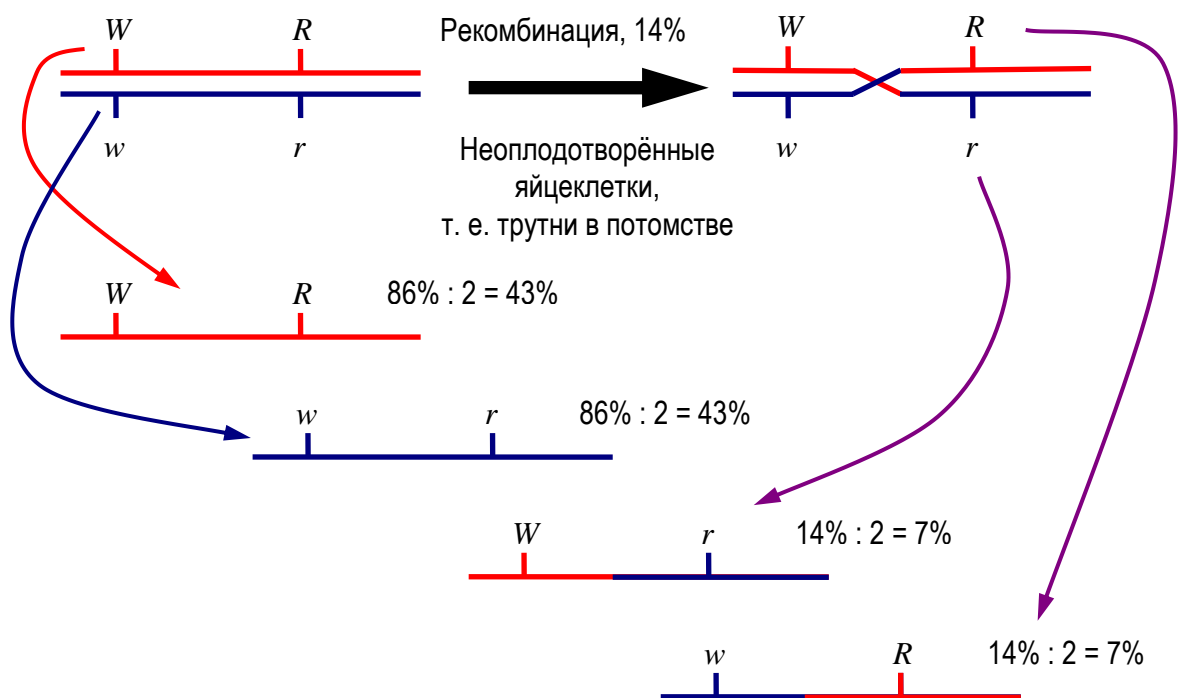
### Ответ А.

**Вариант 1.** Царица –  $Ww Rr OO$ ;  
Белоглазый трутень –  $w R O$  или  $w R o$ ;  
Красноглазый трутень –  $W r O$  или  $W r o$ .

**Вариант 2.** Царица –  $Ww Rr Oo$ ;  
Белоглазый трутень –  $w R O$ ;  
Красноглазый трутень –  $W r O$ .

Поскольку трутни развиваются из неоплодотворённых яиц, расщепление среди трутней следующего поколения не зависит от генотипа встреченного «родительского» трутня. Оно определяется только генотипом царицы. Поэтому ответ и для Б) и для В) будет одинаковым. Здесь нужно учесть два варианта генотипов царицы и два варианта сцепления аллелей.

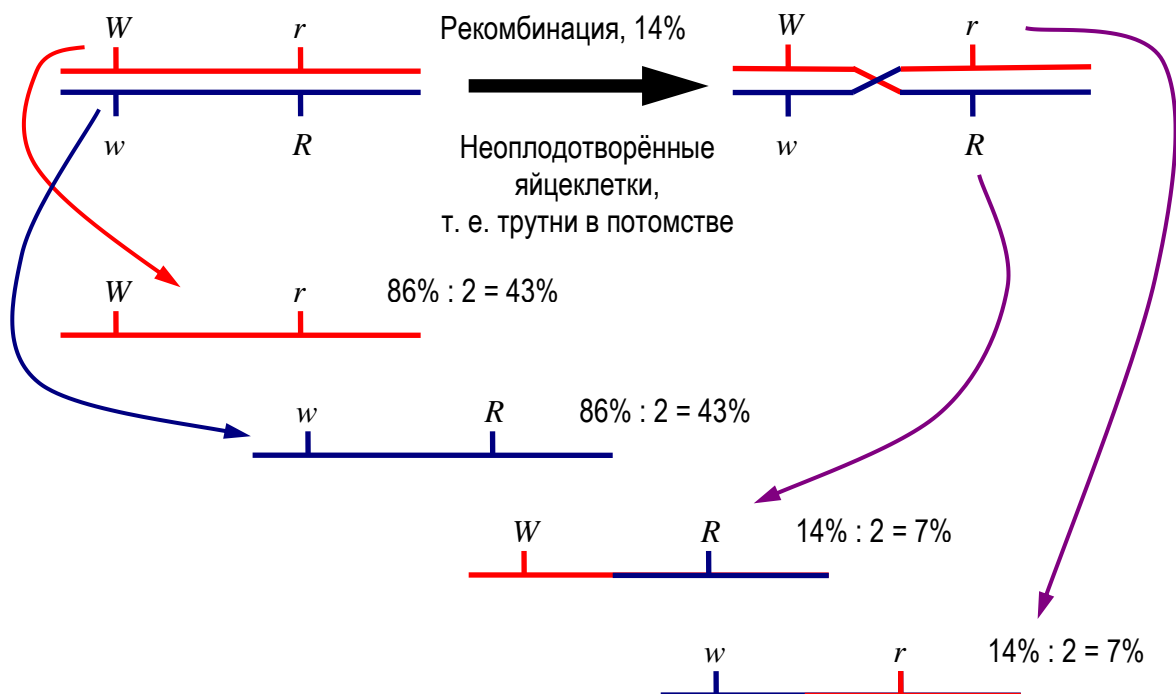
**Вариант 1а.** Царица –  $Ww Rr OO$ ; причём одна хромосома содержит все доминантные аллели, а вторая – все рецессивные. (Расщепления по гену  $O$  не будет – все потомки получат функциональный аллель.)



Таким образом, в **варианте 1а** будет следующее расщепление по генотипам:  
 $W R O$  – 43% (кареглазые);  $w r O$  – 43% (белоглазые);  $w R O$  – 7% (белоглазые) и  
 $W r O$  – 7% (красноглазые).

Суммируя по фенотипам, получим **50% белоглазых; 43% кареглазых и 7% красноглазых трутней.**

**Вариант 1б.** Царица –  $Ww Rr Oo$ ; причём одна хромосома содержит один доминантный  $W$  и один рецессивный аллель  $r$ , а вторая – наоборот  $w R$ . (Расщепления по гену  $O$  по-прежнему не будет – все потомки получают функциональный аллель.)



Таким образом, в **варианте 1б** будет следующее расщепление по генотипам:  $W r O$  – 43% (красноглазые);  $w R O$  – 43% (белоглазые);  $w r O$  – 7% (белоглазые) и  $W R O$  – 7% (кареглазые).

Суммируя по фенотипам, получим **50% белоглазых; 43% красноглазых и 7% кареглазых трутней.**

**Вариант 2а.** Царица –  $Ww Rr Oo$ ; причём одна хромосома содержит все доминантные аллели, а вторая – все рецессивные. При решении можно опереться на ответ **варианта 1а**, но при этом должно наблюдаться расщепление по гену  $O$ : 1  $o$  к 1  $O$  среди каждого генотипического класса.

- $W R O$  –  $43 : 2 = 21,5\%$  (кареглазые);
- $W R o$  –  $43 : 2 = 21,5\%$  (оранжевые глаза);
- $w r O$  –  $43 : 2 = 21,5\%$  (белоглазые);
- $w r o$  –  $43 : 2 = 21,5\%$  (белоглазые);
- $w R O$  –  $7 : 2 = 3,5\%$  (белоглазые);
- $w R o$  –  $7 : 2 = 3,5\%$  (белоглазые);
- $W r O$  –  $7 : 2 = 3,5\%$  (красноглазые) и
- $W r o$  –  $7 : 2 = 3,5\%$  (красноглазые).

Суммируя по фенотипам, получим **50% белоглазых; 7% красноглазых; 21,5% оранжевоглазых и 21,5% кареглазых трутней.**

**Вариант 2б.** Царица –  $Ww Rr Oo$ ; причём одна хромосома содержит один доминантный  $W$  и один рецессивный аллель  $r$ , а вторая – наоборот  $w R$ . При решении можно опереться на ответ *варианта 1а*, но при этом должно наблюдаться расщепление по гену  $O$ : 1  $o$  к 1  $O$  среди каждого генотипического класса.

$W r O - 43 : 2 = 21.5\%$  (красноглазые);

$W r o - 43 : 2 = 21.5\%$  (красноглазые);

$w R O - 43 : 2 = 21,5\%$  (белоглазые);

$w R o - 43 : 2 = 21,5\%$  (белоглазые);

$w r O - 7 : 2 = 3,5\%$  (белоглазые);

$w r o - 7 : 2 = 3,5\%$  (белоглазые);

$W R O - 7 : 2 = 3,5\%$  (кареглазые);

$W R o - 7 : 2 = 3,5\%$  (оранжевые глаза).

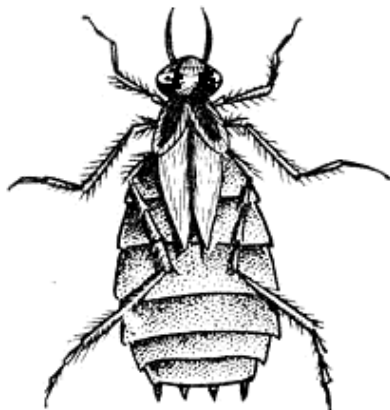
Суммируя по фенотипам, получим **50% белоглазых; 43% красноглазых; 3,5% оранжевоглазых и 3,5% кареглазых трутней.**



# Очный тур X Олимпиады «Покори Воробьёвы Горы» Вариант 2

## Блок 1. Тесты

1. **Однополые цветки характерны для:**  
а) кабачка; б) гороха; в) земляники; г) вишни.
2. **В каждом цветке гороха находится:**  
а) 3 тычинки;  
б) 5 тычинок;  
в) 6 тычинок;  
г) 10 тычинок.
3. **Клетки цветковых растений, в отличие от клеток животных, НЕ содержат:**  
а) аппарата Гольджи; б) микротрубочек; в) лизосом; г) центриолей.
4. **Для семейства злаковых характерны:**  
а) соцветие – корзинка, плод сухой – семянка;  
б) соцветие – кисть, плод сухой – стручок или стручочек;  
в) цветки одиночные, плод сухой – коробочка;  
г) соцветия – сложные, состоящие из простых колосков, плод сухой – зерновка.
5. **У гидры имеются специальные органы:**  
а) дыхания и выделения;  
б) только для дыхания;  
в) только для выделения;  
г) ни для дыхания, ни для выделения.
6. **На рисунке изображено:**



- а) личинка подёнки;  
б) имаго полужесткокрылого;  
в) личинка стрекозы;  
г) имаго блохи.
7. **К одному типу принадлежат:**  
а) морской жёлудь и морская оса;  
б) морской анемон и морская оса;  
в) морская лилия и морская капуста;  
г) морская мышь и морской ёж.

8. В каком варианте членистоногие перечислены в порядке уменьшения числа ходильных ног:
- а) паук-бокоход – краб-плавунец – жук-плавунец;
  - б) гля берёзовая – пылевой клещ – каменный краб;
  - в) креветка палемон – паутинный клещ – постельный клоп;
  - г) сенокосец – крысиная блоха – омар.
9. Тела чувствительных нейронов, возбуждающихся при надавливании на кожу, расположены:
- а) в коже;
  - б) в спинальных ганглиях;
  - в) в сером веществе спинного мозга;
  - г) в симпатических ганглиях.
10. Гормоном, взаимодействующим не с мембранными, а с ядерными рецепторами клетки-мишени является:
- а) адреналин;
  - б) инсулин;
  - в) гормон роста;
  - г) трийодтиронин.
11. Форменные элементы крови от общего объёма крови составляют:
- а) 15%; б) 30%; в) 45%; г) 60%
12. Оплодотворение яйцеклетки у человека происходит:
- а) в яичнике; б) в маточной трубе; в) в матке; г) во влагалище.
13. Соляная кислота, вырабатываемая стенкой желудка, служит главным образом:
- а) для создания рН, оптимальной для работы пищеварительных ферментов желудка;
  - б) для создания рН, оптимальной для гидролиза углеводов;
  - в) для создания рН, оптимальной для гидролиза жиров;
  - г) для нейтрализации щелочной среды пищи.
14. Сера не входит в состав:
- а) аминокислот; б) полисахаридов; в) белков; г) нуклеотидов.
15. Обмен участками гомологичных хромосом происходит в мейозе в:
- а) профазе I; б) метафазе II; в) анафазе I; г) анафазе II.
16. Оформленное ядро отсутствует в клетках:
- а) бактерий кишечной группы; б) дрожжей; в) хламидомонады; г) ламинарии.
17. Липазы в основном секретируются в составе
- а) слюны; б) желудочного сока; в) желчи; г) сока поджелудочной железы.
18. В состав ДНК не входит:
- а) урацил; б) цитозин; в) гуанин; г) тимин.
19. Лизосомы служат для:
- а) расщепления полимеров до мономеров;
  - б) синтеза полисахаридов;
  - в) образования АТФ;
  - г) клеточной подвижности.
20. Примерами гомологичных органов являются:
- а) легкие наземных моллюсков и пауков;
  - б) прыгательные ноги кузнечика и кенгуру;
  - в) щупальца кальмара и ласты дельфина;
  - г) крыло пингвина и ласты тюленя.

## Блок 2. Задачи

### Задача 1.

В эукариотической клетке важными регуляторами транскрипции генов являются малые интерферирующие РНК (siRNA). Они образуются в том случае, если в клетке появляется двуцепочечная РНК или шпилька РНК с комплементарными участками около 20 пар нуклеотидов. Шпилька может быть совершенной (все нуклеотиды комплементарны друг другу) или несовершенной (когда есть отдельные несовпадения). Предположим, что молекула РНК может «согнуться» и образовать шпильку только в том случае, если между комплементарными участками находится **не менее 6 нуклеотидов** (так называемая петля).

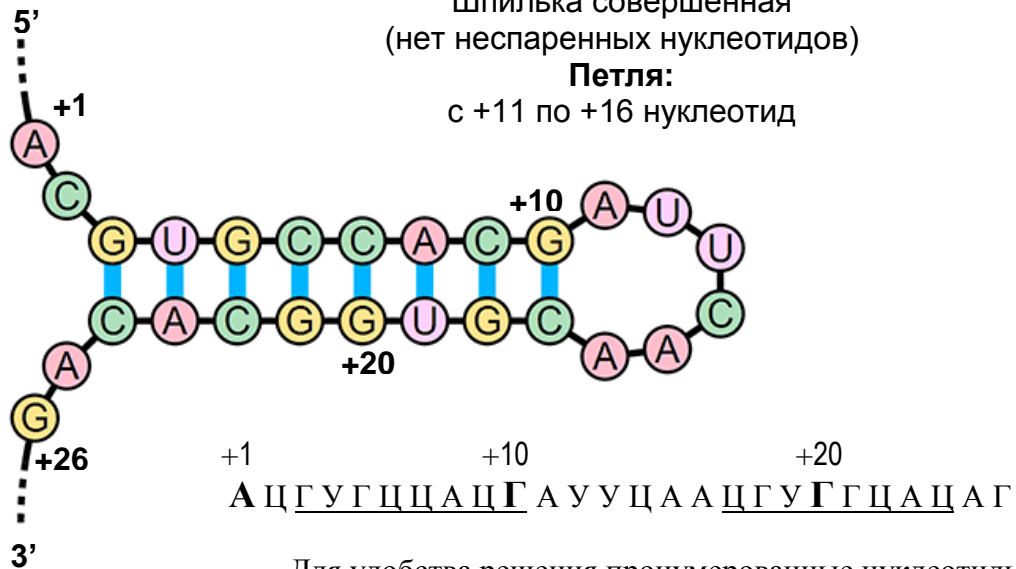
#### Шпилька:

участок с +3 по +10 нуклеотиды  
комплиментарен участку  
с +17 по +24 нуклеотиды.

Шпилька совершенная  
(нет неспаренных нуклеотидов)

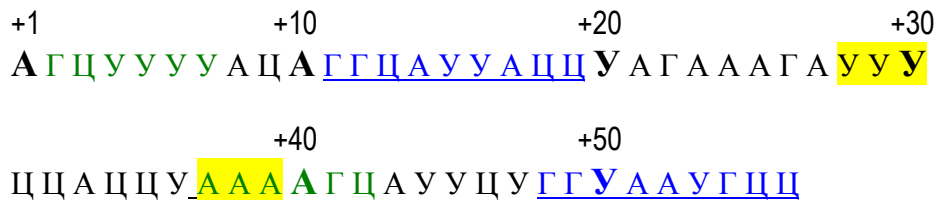
#### Петля:

с +11 по +16 нуклеотид



Для удобства решения пронумерованные нуклеотиды  
выделены шрифтом

По представленной последовательности молекулы РНК из 56 нуклеотидов определите, может ли она «свернуться» в шпильку с комплементарной частью ровно 20 нуклеотидов. Если может, то укажите, каким номерам нуклеотидов соответствуют шпилька и петля. Совершенной или несовершенной будет эта шпилька?



Ответ.

Образование шпильки в принципе возможно: участок с +11 по +19 нуклеотид комплементарен участку с +48 по +56 нуклеотид. Однако она не удовлетворяет условию: короче, чем нужно. Шпилька совершенная. Петля с +20 по +47 нуклеотиды. (Возможно, за 56 нуклеотидом есть продолжение комплементарного участка.) Есть и очень короткие участки гомологии.

### **Задача 2.**

Пользуясь справочными данными, рассчитайте, сколько кислорода (по массе) может перенести 1 л крови у человека.

*Справочные данные:*

Число Авогадро.  $6,02 \cdot 10^{23}$

В 1 эритроците 30 пикограмм гемоглобина.

Молекулярный вес гемоглобина 64,5кД.

Атомарный вес железа 56.

Объем мирового океана = 1370 млн. куб.км

### **Решение**

1 мкл ( $10^{-6}$  л) крови содержит 5 млн. эритроцитов ( $5 \times 10^6$ ).

В 1 литре  $10^6$  микролитров.

Следовательно 1 л крови содержит  $5 \times 10^6 \times 10^6 = 5 \times 10^{12}$  эритроцитов.

Масса гемоглобина в 1 литре =  $5 \times 10^{12}$  эритроцитов  $\times 30 \times 10^{-12}$  г/эритроцит =  
=  $5 \times 30 = 150$  г.

Молярная масса гемоглобина = 64500 г/моль

Количество молей гемоглобина в 1 литре крови =  $150 \text{ г} / 64500 \text{ г/моль} = 0,002325$  моль

1 молекула гемоглобина может нести 4 молекулы кислорода,

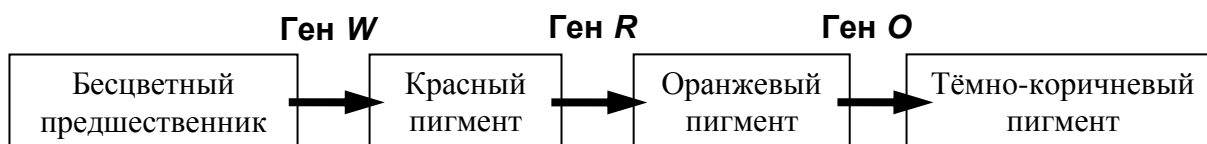
или  $4 \times 32 \text{ г/моль} = 128$  г кислорода /моль гемоглобина.

$0,002325$  моль гемоглобина  $\times 128$  г кислорода /моль гемоглобина =  $0,2976$  г  $\in 0,30$  г.

**Ответ: 1 литр крови может перенести 0,30 г кислорода.**

### Задача 3.

У некоторого вида пчёл синтез пигмента глаза происходит из бесцветного предшественника через красный, и далее – оранжевый продукт. Окончательный цвет глаз – тёмно-коричневый. За каждый из этапов биосинтеза отвечает определённый ген (см. схему).



Кареглазая царица-пчела встретила красноглазого трутня. При этом половина рабочих пчёл оказалась красноглазыми, 46% имели оранжевые глаза, и лишь 4% были кареглазыми. Если бы та же царица встретила трутня с оранжевыми глазами, то в потомстве рабочих пчёл половина оказалась бы с оранжевыми глазами, а вторая половина – с карими.

- А) Предложите все возможные генотипы родителей в каждом из скрещиваний. Мутантные аллели обозначьте как  $r$  и  $o$ .
- Б) Предскажите расщепление среди трутней при скрещивании той же царицы с белоглазым самцом.
- В) Определите расстояние в морганидах между генами  $O$  и  $R$ .

### Решение:

У пчёл царица и рабочие пчёлы являются диплоидными организмами (два набора хромосом, каждый ген представлен двумя аллелями). Трутни гаплоидны, поскольку они развиваются из неоплодотворенных яиц. У трутней один набор хромосом, и только по одному аллелю каждого гена. Поэтому любая мутация по генам из задачи проявится в фенотипе у трутней.

У красноглазых трутней обязательно должен быть аллель  $r$ , причем аллель  $W$  должен быть функциональным.

Гены  $O$  может быть представлен обоими вариантами аллелей ( $O$  или  $o$ ).

Таким образом, можно предложить 2 варианта генотипов для красноглазого трутня:

- 1)  $WrO$
- 2)  $Wro$

Кареглазая царица-пчела несёт хотя бы по одному функциональному аллелю каждого из генов. Таким образом, её генотип  $W-R-O$ .

Поскольку в скрещивании с красноглазым трутнем половина рабочих оказалась красноглазыми, это означает, что царица гетерозиготна по гену  $R$ :  $W-Rr-O$ .

Еще часть рабочих пчёл с оранжевыми глазами. Это возможно только в том случае, если от обоих родителей получен аллель  $o$ .

Гетерозиготность царицы по гену  $O$  также подтверждается условием: при скрещивании с трутнем с оранжевыми глазами было бы расщепление 1 (оранжевоглазые) к 1 (кареглазые).

По поводу гомозиготности или гетерозиготности по гену  $W$  нет определенных данных.

### **Ответ А.**

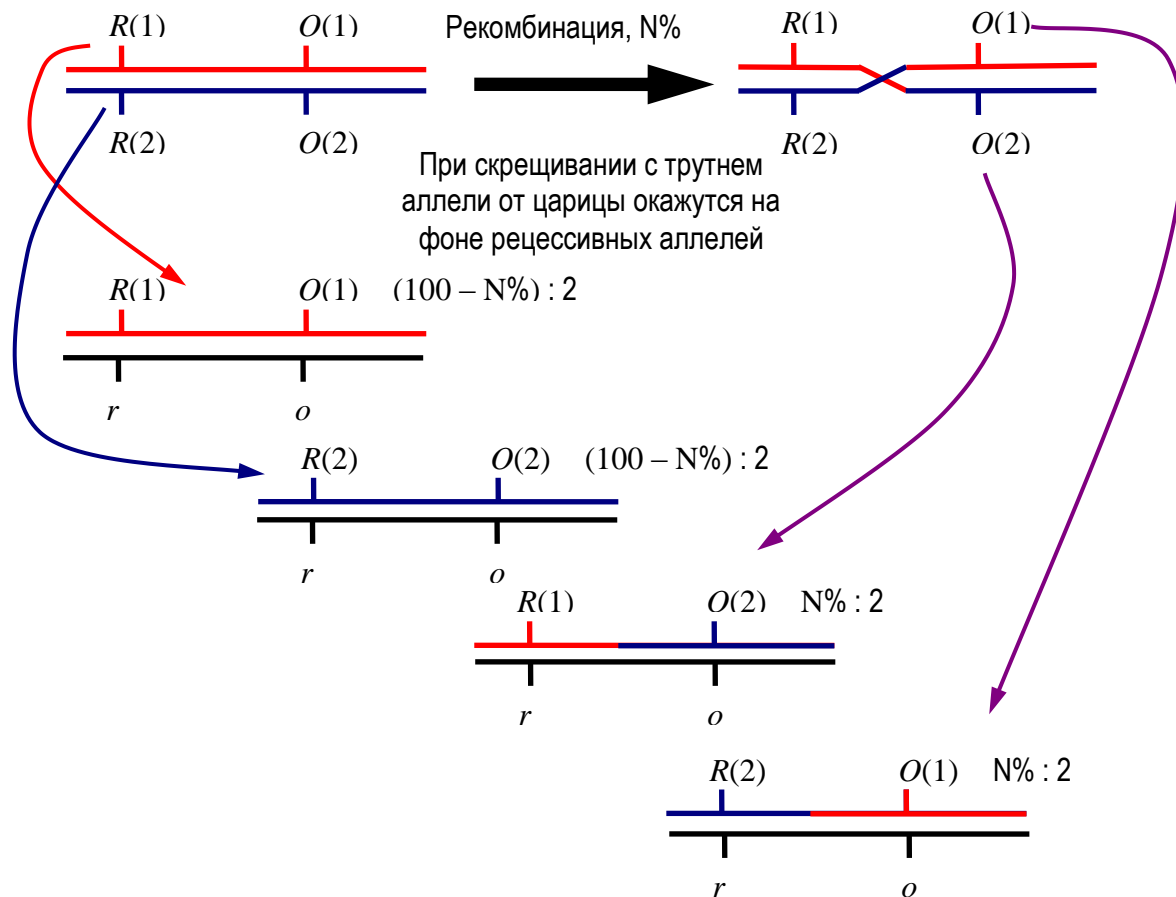
**Вариант 1.** Царица –  $WW Rr Oo$ ;

Красноглазый трутень –  $W r o$ ;

Трутень с оранжевыми глазами –  $W R o$ .

**Вариант 2.** Царица –  $Ww Rr Oo$ ;  
 Красноглазый трутень –  $W r o$ ;  
 Трутень с оранжевыми глазами –  $W R o$ .

Поскольку наблюдается заметное отклонение от соотношения  $2 : 1 : 1$  среди потомков от первого скрещивания, мы можем предположить, что гены наследуются сцеплено. Возьмём пару генов, представленных двумя аллелями. Допустим, что нам неизвестно распределение мутантных аллелей и расстояние между генами на хромосоме. Должна наблюдаться следующая картина (см. рисунок)



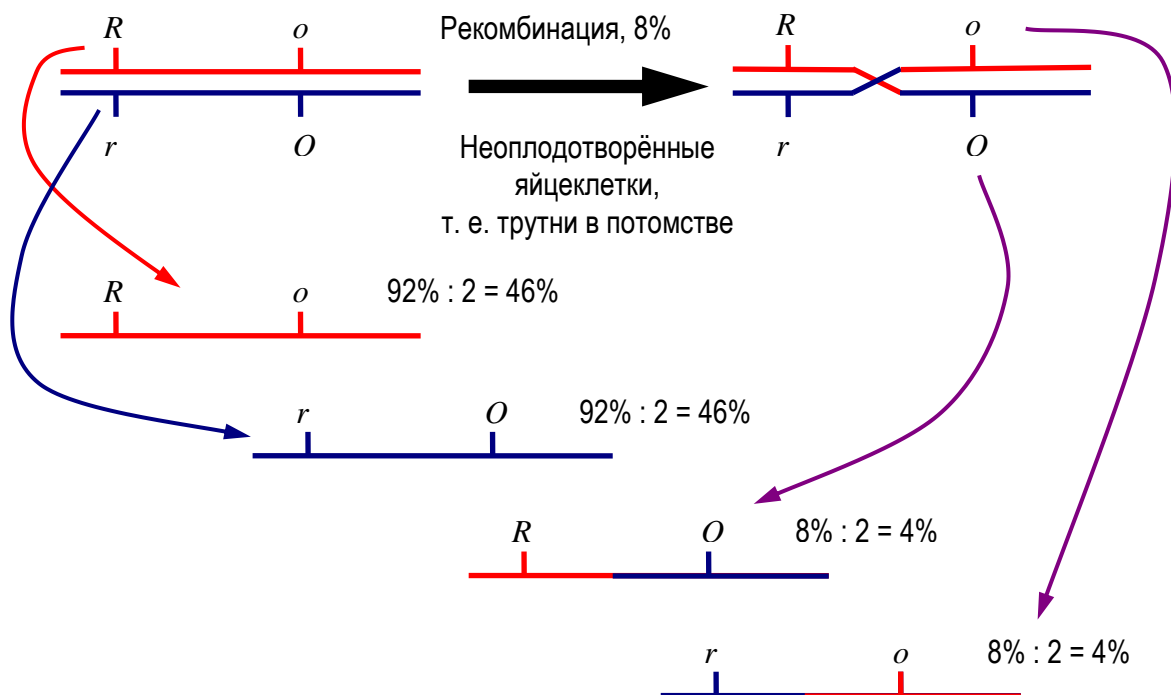
Принимая, что  $N\% : 2 = 4\%$ , а  $(100\% - N\%) : 2 = 46\%$ , найдём, что  $N = 8\%$ . Таким образом, расстояние от гена  $R$  до гена  $O$  равно 8 морганидам.

**Ответ В:** Расстояние между генами  $R$  и  $O$  составляет 8 морганид.

Для решения части Б потребуется узнать, какие аллели находились на одной хромосоме. Поскольку кареглазых особей было всего лишь 4%, они появлялись при рекомбинации (после кроссинговера). Таким образом,  $R(1)$  и  $O(2)$  – это доминантные аллели  $R$  и  $O$ , тогда как  $R(2)$  и  $O(1)$  – это рецессивные аллели  $r$  и  $o$ . Примем, что ген  $W$  наследуется независимо.

Поскольку трутни развиваются из неоплодотворённых яиц, расщепление среди трутней следующего поколения не зависит от генотипа встреченного «родительского» трутня. Оно определяется только генотипом царицы. Поэтому ответ и для Б) и для В) будет одинаковым. Здесь нужно учесть два варианта генотипов царицы и два варианта сцепления аллелей.

**Вариант 1.** Царица –  $WW Rr Oo$ ; причём одна хромосома содержит доминантный  $R$  и рецессивный  $o$  аллели, а вторая наоборот – аллели  $r$  и  $O$ . (Расщепления по гену  $W$  не будет – все потомки получают один функциональный аллель.)



Таким образом, в **варианте 1** будет следующее расщепление по генотипам:

$WR o$  – 46% (глаза оранжевые);

$Wr O$  – 46% (красноглазые);

$WR O$  – 4% (кареглазые) и

$Wr o$  – 4% (красноглазые).

Суммируя по фенотипам, получим **50% красноглазых трутней; 46% с оранжевыми глазами и 4% кареглазых.**

**Вариант 2.** Царица –  $Ww Rr Oo$ . При решении можно опереться на ответ **варианта 1**, но при этом должно наблюдаться расщепление по гену  $W$ : 1  $w$  к 1  $W$  среди каждого генотипического класса.

$WR o$  – 46 : 2 = 23% (оранжевые глаза);

$wR o$  – 46 : 2 = 23% (белоглазые);

$Wr O$  – 46 : 2 = 23% (красноглазые);

$wr O$  – 46 : 2 = 23% (белоглазые);

$WR O$  – 4 : 2 = 2% (кареглазые);

$wR O$  – 4 : 2 = 2% (белоглазые);

$Wr o$  – 4 : 2 = 2% (красноглазые) и

$wr o$  – 4 : 2 = 2% (белоглазые).

Суммируя по фенотипам, получим **50% белоглазых; 25% красноглазых; 23% оранжевоглазых и 2% кареглазых трутней.**

# Очный тур X Олимпиады «Покори Воробьёвы Горы»

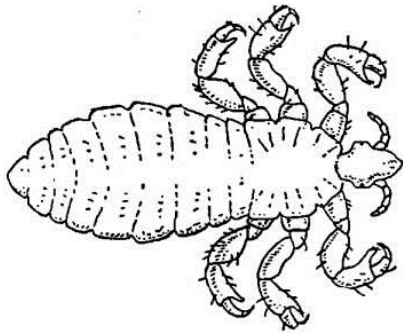
## Вариант 3

### Блок 1. Тесты

- Ограничивающим фактором для жизни растений на больших глубинах является недостаток:**  
а) пищи; б) тепла; **в) света;** г) кислорода.
- Наиболее сложным по строению соцветием является:**  
а) метелка сирени; б) кисть черемухи; в) головка люцерны; **г) метелка полыни.**
- Однополые цветки характерны для:**  
а) пшеницы; б) капусты; **в) кабачка;** г) редиса.
- Функции корневого чехлика у растений:**  
а) обеспечение роста корня в длину;  
б) проведение воды и растворов минеральных веществ;  
**в) защита верхушки корня от повреждений;**  
г) всасывание воды и растворов минеральных веществ.
- Плод у топинамбура называется:**  
а) клубень; б) корнеплод; **в) семянка;** г) корнеклубень.
- Хромопласты – это:**  
а) пластиды, развивающиеся из пропластид в темноте;  
б) пластиды, накапливающие крахмал;  
**в) пластиды, имеющие оранжевую или красную окраску;**  
г) пластиды, накапливающие соединения хрома.
- Фотосинтетическими пигментами высших растений НЕ являются:**  
а) каротиноиды **б) антоцианы;** в) ксантофиллы; г) хлорофиллы.
- У прудовика имеются специальные органы:**  
**а) дыхания и выделения;**  
б) только для дыхания;  
в) только для выделения;  
г) ни для дыхания, ни для выделения.
- К одному классу принадлежат беспозвоночные:**  
**а) морской жёлудь и морской таракан;**  
б) морской жёлудь и морская лилия;  
в) морская лилия и морской огурец;  
г) морская мышь и морская козочка.
- В каком варианте членистоногие перечислены в порядке уменьшения числа ходильных ног:**  
**а) сколопендра гигантская – мокрица – светлячок;**  
б) мокрица – обыкновенная козявка – сенокосец;  
в) краб-привидение – чесоточный зудень – мокрица;  
г) мраморный таракан – мраморный скорпион – мраморный краб.



11. На рисунке изображено:



- 1) личинка стрекозы; 2) личинка блохи; 3) куколка блохи; 4) имаго вши.
12. Двигательные нейроны (мотонейроны), активация которых вызывает сокращение скелетных мышц, расположены:
- а) в задних корешках спинного мозга;
  - б) в передних корешках;
  - в) в задних рогах спинного мозга;
  - г) в передних рогах.
13. Инсулин вырабатывается:
- а) альфа-клетками островков Лангерганса поджелудочной железы;
  - б) бета-клетками островков Лангерганса поджелудочной железы;
  - в) Д-клетками поджелудочной железы;
  - г) всеми клетками островков Лангерганса поджелудочной железы.
14. Соотношение объема первичной мочи и объема вторичной составляет приблизительно:
- а) 1:1;
  - б) 10:1;
  - в) 100:1;
  - г) 1000:1
15. Половые клетки отличаются от соматических:
- а) подвижностью;
  - б) проницаемостью мембраны;
  - в) запасом питательных веществ;
  - г) количеством ДНК.
16. Наиболее важной функцией печени является:
- а) пищеварительная;
  - б) барьерная;
  - в) выделительная;
  - г) теплообменная.
17. Из мезодермы развиваются:
- а) легкие;
  - б) спинной мозг;
  - в) мышцы;
  - г) органы зрения.
18. При расщеплении в гликолизе 1 молекулы глюкозы в анаэробных условиях образуется:
- а) 1 молекула АТФ;
  - б) 2 молекулы АТФ;
  - в) 6 молекул АТФ;
  - г) 10 молекул АТФ.
19. Плазматическая мембрана не участвует:
- а) во взаимодействии клеток;
  - б) в избирательном транспорте веществ;
  - в) хранении генетической информации;
  - г) фагоцитозе.
20. Рибосома состоит из:
- а) одной субъединицы;
  - б) двух субъединиц;
  - в) трёх субъединиц;
  - г) четырёх субъединиц.



## Задача 2.

Пользуясь справочными данными, рассчитайте, сколько нужно сделать вдохов человеку, чтобы организм использовал в метаболизме 1 тонну кислорода?

*Справочные данные:*

Число Авогадро.  $6,02 \cdot 10^{23}$ . В 1 эритроците 30 пикограмм гемоглобина. Молекулярный вес гемоглобина 64,5 кД. Атомарный вес железа 56. Объем мирового океана = 1370 млн. куб. км

### Решение:

Можно решать двумя способами – по дыханию и по крови.

#### **Вариант 1. Расчет по дыханию.**

Дыхательный объем в покое равен приблизительно 1 л.

Содержание кислорода во вдыхаемом воздухе равно 21%, в выдыхаемом – 16%.

Следовательно, поглощается приблизительно 5%.

$1 \text{ л} \times 0,05 = 50 \text{ мл}$  кислорода поглощается за один вдох / выдох.

Молярная масса кислорода – 32 г/моль.

1 тонна кислорода (=1 000 000 г) – это  $1\,000\,000 \text{ г} / 32 \text{ г/моль} = 31\,250$  моль кислорода.

1 моль газа при н. у. занимает объем 22,4 л.

Следовательно, 1 тонна кислорода занимает объём

$31\,250 \text{ моль} \times 22,4 \text{ л/моль} = 700\,000$  литров.

Отсюда искомая величина =  $700\,000\,000 \text{ мл} / 50 \text{ мл} = 14\,000\,000$  вдохов (=14 млн. вдохов).

**Ответ: 1 тонна кислорода поглотится за  $1,4 \times 10^7$  вдохов.**

#### **Вариант 2. Расчет по кровотоку.**

Минутный объем сердца равен примерно 5 л крови.

Столько крови переходит из правого желудочка в легочную артерию для насыщения кислородом. Предположим, что гемоглобин при этом насыщается полностью.

Рассчитаем, сколько кислорода при этом переносится каждую минуту.

1 мкл ( $10^{-6}$  л) крови содержит 5 млн. эритроцитов ( $5 \times 10^6$ ).

В 1 литре  $10^6$  микролитров.

Следовательно 5 л крови содержит  $5 \times 10^6 \times 5 \times 10^6 = 25 \times 10^{12}$  эритроцитов.

Масса гемоглобина в 1 литре =  $25 \times 10^{12}$  эритроцитов  $\times 30 \times 10^{-12}$  г/эритроцит =  
=  $5 \times 30 = 750$  г.

Молярная масса гемоглобина = 64500 г/моль

Количество молей гемоглобина в 5 литрах крови =  $750 \text{ г} / 64500 \text{ г/моль} = 0,01163$  моль

1 молекула гемоглобина может нести 4 молекулы кислорода,

или  $4 \times 32 \text{ г/моль} = 128$  г кислорода /моль гемоглобина.

$0,01163 \text{ моль гемоглобина} \times 128 \text{ г кислорода /моль гемоглобина} = 1,488 \text{ г} \in 1,5 \text{ г}.$

Частота дыхания равна примерно 15 – 18 вдохов / выдохов в минуту.

Таким образом, за один вдох в кровь попадает

$1,5 / 15 = 0,1$  г кислорода или  $1,5 \text{ г} / 18 = 0,083$  г

Чтобы поглотить 1 тонну кислорода потребуется:

$1 \text{ т} (=1000000 \text{ г}) / 0,083 \text{ г/вдох} \in 12\,048\,200$  вдохов [максимальная оценка]

или  $1 \text{ т} (=1000000 \text{ г}) / 0,1 \text{ г/вдох} = 10\,000\,000$  вдохов [максимальная оценка]

**Ответ: 1 тонна кислорода поглотится за  $1,0 - 1,2 \times 10^7$  вдохов.**

Примечание: 20 вдохов в минуту дают еще лучшее совпадение двух решений.

### Задача 3.

У некоторого вида пчёл синтез пигмента тела происходит из бесцветного предшественника через жёлтый промежуточный продукт. Далее в некоторых частях тела жёлтый предшественник превращается в тёмно-коричневый пигмент, и пчел приобретает полосатую окраску. За каждый из этапов биосинтеза отвечает определённый ген (см. схему).



На первый год полосатая царица-пчела встретила трутня с белым телом (P). При этом половина рабочих пчёл оказались с белым телом, а другая половина – с полосатым. На второй год из этого улья вылетела молодая полосатая царица (F1). Она встретила другого трутня с белым телом, но в потомстве (F2) от него оказались не только белые и полосатые, но и 48% жёлтых рабочих пчёл.

- А) Предложите все возможные генотипы родителей в обоих скрещиваниях. Мутантные аллели обозначьте как  $w$  и  $y$ .
- Б) Рассчитайте долю рабочих пчёл с белым и полосатым телом среди потомков F2.
- В) Определите расстояние в морганидах между генами  $W$  и  $Y$ .

### Решение:

У пчёл царица и рабочие пчёлы являются диплоидными организмами (два набора хромосом, каждый ген представлен двумя аллелями). Трутни гаплоидны, поскольку они развиваются из неоплодотворенных яиц. У трутней один набор хромосом, и только по одному аллелю каждого гена. Поэтому любая мутация по генам из задачи проявится в фенотипе у трутней.

У белого трутня обязательно должен быть аллель  $w$ , а второй ген может быть представлен как функциональным ( $Y$ ), так и мутантным ( $y$ ) аллелем.

Таким образом, можно предложить 2 варианта генотипов для белого трутня:

- 1)  $w Y$
- 2)  $w y$

Полосатая царица-пчела несёт хотя бы по одному функциональному аллелю каждого из генов. Таким образом, её генотип  $W- Y-$ .

Поскольку в скрещивании с белым трутнем половина рабочих оказалась белыми, это означает, что царица гетерозиготна по гену  $W$ :  $Ww Y-$ .

Еще часть рабочих пчёл были полосатыми. Это возможно только в том случае, если хотя бы от одного из родителей получен аллель  $Y$ .

- 1) Полосатая царица (P) –  $Ww Yy$ ; Белый трутень (P) –  $w Y$ .
- 2) Полосатая царица (P) –  $Ww YY$ ; Белый трутень (P) –  $w y$ .
- 3) Полосатая царица (P) –  $Ww YY$ ; Белый трутень (P) –  $w Y$ .

Поскольку сказано, что у царицы F1 в потомстве появились не только полосатые и белые, но и желтые рабочие пчелы, это означает, что она является носителем обоих мутантных аллелей:  $w$  и  $y$  (иначе хоть по какому-то из признаков не было бы

расщепления). Трутень F1 должен также нести аллель  $y$ , иначе желтых пчёл в потомстве не получится.

таким образом, генотипы особей в F1:

Царица –  $Ww Yy$ ; Белый трутень –  $w y$ .

Это позволяет уточнить генотипы родителей царицы F1. Хотя бы один из них должен нести аллель  $y$ .

**Ответ А.**

**Вариант 1.** Полосатая царица (P) –  $Ww Yy$ ;

Белый трутень (P) –  $w Y$ .

Полосатая царица (F1) –  $Ww Yy$ .

Белый трутень (F1) –  $w y$ .

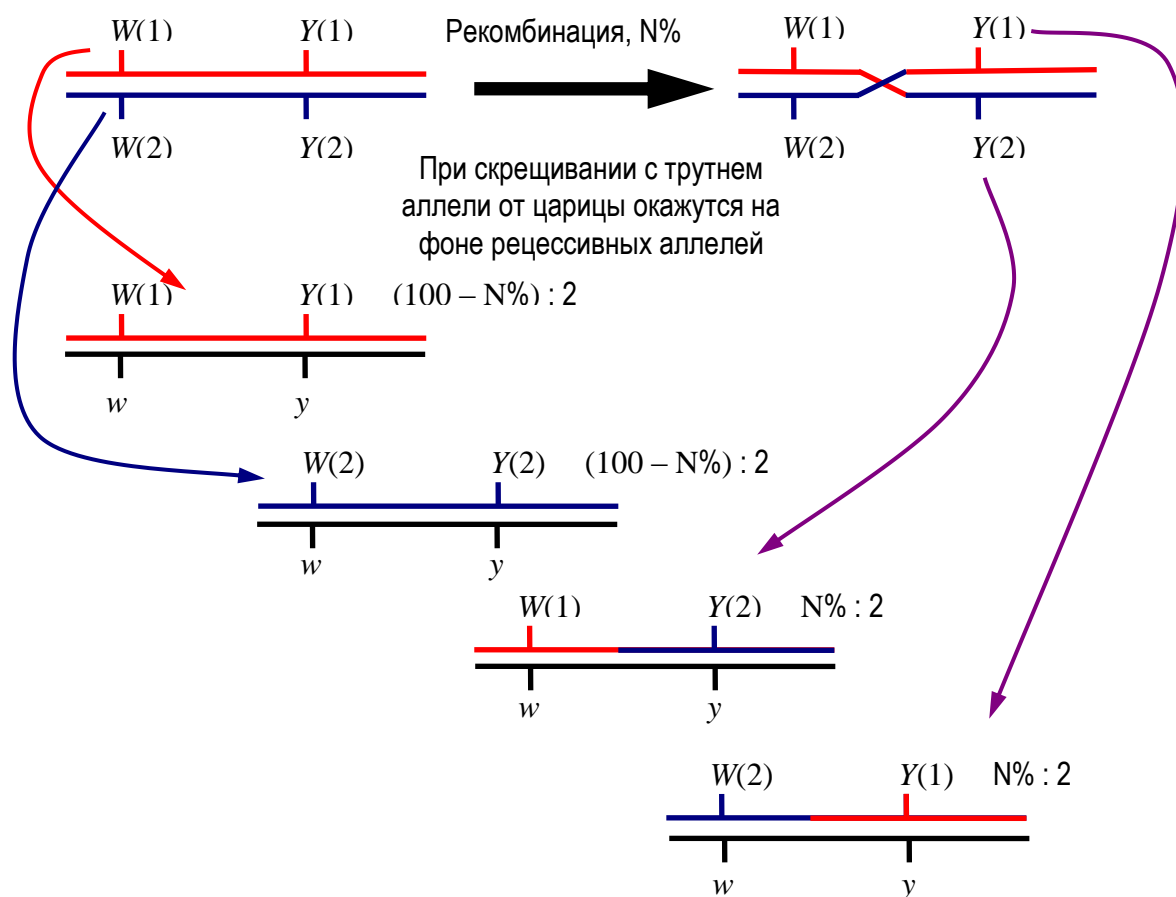
**Вариант 2.** Полосатая царица (P) –  $Ww YY$ ;

Белый трутень (P) –  $w y$ .

Полосатая царица (F1) –  $Ww Yy$ .

Белый трутень (F1) –  $w y$ .

Так как наблюдается заметное отклонение от соотношения 2 : 1 : 1 среди потомков от первого скрещивания, мы можем предположить, что гены наследуются сцеплено. Возьмём пару генов, представленных двумя аллелями. Допустим, что нам неизвестно распределение мутантных аллелей и расстояние между генами на хромосоме. Должна наблюдаться следующая картина (см. рисунок)



Принимая, что  $(100\% - N\%) : 2 = 48\%$ , найдём, что  $N = 4\%$ . Таким образом, расстояние от гена  $W$  до гена  $Y$  равно 4 морганидам.

**Ответ В: Расстояние между генами  $W$  и  $Y$  – 4 морганиды.**

Для решения части Б потребуется узнать, какие аллели находились на одной хромосоме. Поскольку желтых рабочих особей было 48%, они не являются рекомбинантными (см. рисунок). Таким образом,  $W(1)$  – ‘это доминантный аллель  $W$ , тогда как  $Y(1)$  – ‘это рецессивный аллель  $y$ .

Подставляя в схему соответствующие аллели и расстояние между генами, получим следующее расщепление по генотипам среди рабочих:

$Ww\ yu$  – 48% (желтое тело);

$ww\ Yu$  – 48% (белое тело);

$Ww\ Yy$  – 2% (полосатое тело);

$ww\ yy$  – 2% (белое тело).

**Ответ Б:**

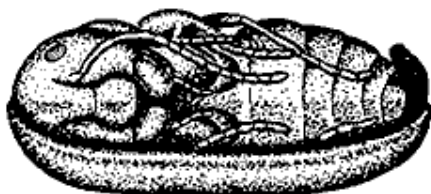
Суммируя по фенотипам, получим **50% с белым телом; 48% с желтым телом; 2% полосатых рабочих особей.**

# Очный тур X Олимпиады «Покори Воробьёвы Горы»

## Вариант 4

### Блок 1. Тесты

- 1. В состав клеточной стенки высших растений входит:**
  - а) только целлюлоза;
  - б) только целлюлоза и пектины;
  - в) целлюлоза и хитин;
  - г) целлюлоза, гемицеллюлозы, пектины, белки.
- 2. К сложным соцветиям относится:**
  - а) головка клевера;
  - б) кисть ландыша;
  - в) метелка овса;
  - г) початок каллы.
- 3. Плод у картофеля называется:**
  - а) клубень;
  - б) ягода;
  - в) корнеплод;
  - г) корнеклубень.
- 4. В пластидах цветковых растений могут откладываться:**
  - а) лигнин;
  - б) крахмал;
  - в) спорополленин;
  - г) суберин.
- 5. Однополые цветки характерны для:**
  - а) тыквы;
  - б) капусты;
  - в) ржи;
  - г) редиса.
- 6. Для семейства крестоцветных характерны:**
  - а) соцветие – корзинка, плод сухой – семянка;
  - б) соцветие – кисть, плод сухой – стручок или стручочек;
  - в) цветки одиночные, плод сухой – коробочка;
  - г) соцветия – сложные, состоящие из простых колосков, плод сухой – зерновка.
- 7. У бадаги имеются специальные органы:**
  - а) дыхания и выделения;
  - б) только для дыхания;
  - в) только для выделения;
  - г) ни для дыхания, ни для выделения.
- 8. К одному классу принадлежат беспозвоночные:**
  - а) морская лилия и морской огурец;
  - б) морская мышь и морской ёж;
  - в) морская козочка и морская уточка;
  - г) морская мышь и морская козочка.
- 9. На рисунке изображено:**



- а) личинка ручейника;
- б) куколка перепончатокрылого;
- в) личинка двукрылого;
- г) куколка чешуекрылого.

10. В каком варианте членистоногие перечислены в порядке увеличения числа усиков:
- а) северная креветка – мадагаскарский таракан – гваделупский птицеед;
  - б) кобальтовый птицеед – синий стеблевой долгоносик – голубой краб;
  - в) мраморный хрущ – мраморный скорпион – мраморный краб;
  - г) краб-паук – рак-богомол – скорпионозная муха.
11. При активации симпатической нервной системы не должно происходить:
- а) сужения бронхов;
  - б) сужения кровеносных сосудов;
  - в) расширения зрачков;
  - г) подавления пищеварения.
12. Причиной Базедовой болезни является нарушение работы:
- а) щитовидной железы;
  - б) вилочковой железы;
  - в) поджелудочной железы;
  - г) коры или мозгового слоя надпочечников.
13. Какое количество первичной мочи образуется почками человека за сутки:
- а) 180–200л;
  - б) 60–70л;
  - в) 15–20л;
  - г) 2–3л.
14. Какие из гормонов участвуют в регуляции репродуктивной функции у млекопитающих:
- а) тиреоидные гормоны;
  - б) андрогены;
  - в) соматогены
  - г) меланины.
15. При вдохе давление воздуха:
- а) в плевральной полости увеличивается, в альвеолах - уменьшается;
  - б) в плевральной полости уменьшается, в альвеолах - увеличивается;
  - в) увеличивается и в плевральной полости, и в альвеолах
  - г) и в плевральной полости, и в альвеолах уменьшается.
16. Ядерная оболочка в процессе митоза образуется в:
- а) анафазе;      б) метафазе;      в) профазе;      г) телофазе.
17. Вирус табачной мозаики:
- а) состоит из РНК и белковой оболочки в виде многогранника;
  - б) состоит из ДНК и белковой оболочки в виде многогранника;
  - в) состоит из РНК и оболочки из спирально уложенных белков;
  - г) состоит из ДНК и оболочки из спирально уложенных белков.
18. К абиотическим факторам относится:
- а) влияние паразитов; б) сбор ягод; в) конкуренция за пищу; г) состав почвы.
19. Органоид, активно окисляющий вещества в клетке:
- а) аппарат Гольджи; б) лизосомы; в) клеточные включения; г) митохондрии.
20. . Какие группы участвуют в образовании первичной структуры белка:
- а) CO—NH; б) 2. CO—CO; в) радикалы аминокислот; г) CO—COH.





### **Задача 2.**

Пользуясь справочными данными, рассчитайте, с какой средней скоростью движутся эритроциты в кровяном русле **у человека?**

*Справочные данные:*

Число Авогадро.  $6,02 \cdot 10^{23}$

В 1 эритроците 30 пикограмм гемоглобина.

Молекулярный вес гемоглобина 64,5 кД.

Атомарный вес железа 56.

Объем мирового океана = 1370 млн. куб. км

### **Решение.**

Минутный объем сердца равен примерно 5 л крови.

Столько крови переходит из правого желудочка в легочную артерию и столько же – из левого желудочка в аорту.

Объем крови у человека равен приблизительно 5 л.

Это означает, что в среднем за 1 мин каждый эритроцит проходит 2 раза через сердце: один раз через левую половину (далее – по большому кругу), второй раз – через правую (далее – по малому кругу).

Длина пути кровотока по приближенной оценке равна 2 м в большом круге и около 1 м – в малом круге кровообращения.

Суммарная средняя длина пути – около 3 м.

Отсюда средняя скорость = средняя длина / время =

$$= 3 \text{ м} / 1 \text{ мин.} = 300 \text{ см} / 60 \text{ сек.} = 5 \text{ см} / \text{сек}$$

**Ответ: Средняя скорость приблизительно равна 3 м / мин или 5 см / сек.**

Примечание: На самом деле скорость кровотока варьирует от максимума (в аорте) до минимума (почти 0) в капиллярах и венах.

### Задача 3.

У некоторого вида пчёл синтез пигмента тела происходит из бесцветного предшественника через жёлтый промежуточный продукт. Далее в некоторых частях тела жёлтый предшественник превращается в тёмно-коричневый пигмент, и пчел приобретает полосатую окраску. За каждый из этапов биосинтеза отвечает определённый ген (см. схему).



Царица-пчела с жёлтым телом встретила трутня с полосатым телом (P). При этом все рабочие пчёлы оказались полосатыми. На второй год из этого улья вылетела молодая полосатая царица (F1). Она встретила трутня с белым телом, и в потомстве (F2) от него оказались белые, полосатые, и жёлтые рабочие пчёлы.

- А) Предложите все возможные генотипы родителей в обоих скрещиваниях. Мутантные аллели обозначьте как  $w$  и  $y$ .
- Б) Рассчитайте долю рабочих пчёл с белым и полосатым телом среди потомков F2, если расстояние между генами  $W$  и  $Y$  равно 24 морганидам.
- В) Предложите альтернативный вариант генотипа белого трутня, если в потомстве от него не оказалось бы жёлтых рабочих пчёл.

### Решение:

У пчёл царица и рабочие пчёлы являются диплоидными организмами (два набора хромосом, каждый ген представлен двумя аллелями). Трутни гаплоидны, поскольку они развиваются из неоплодотворенных яиц. У трутней один набор хромосом, и только по одному аллелю каждого гена. Поэтому любая мутация по генам из задачи проявится в фенотипе у трутней.

У полосатого трутня оба гена представлены функциональными аллелями. Его генотип однозначен:  $WY$ .

Для царицы с желтым телом обязательно, чтобы оба аллеля  $y$  были мутантными. Второй ген обязательно должен быть представлен хотя бы одним функциональным аллелем  $W$ . При этом царица может быть как гомозиготной, так и гетерозиготной по этому гену. Её генотип может быть:

- 1)  $WWyy$
- 2)  $Wwyy$

Полосатая царица-пчела F1 несёт хотя бы по одному функциональному аллелю каждого из генов:  $W$ -  $Y$ -. Поскольку точно известно, что ее мать была с желтым телом, в генотипе царицы F1 присутствует рецессивный аллель  $y$ . Это подтверждается наличием желтых рабочих пчел в F2. Чтобы в потомстве присутствовали также и белые особи, они должны получить от обоих родителей по одному мутантному аллелю  $w$ . Таким образом, **царица F1** может быть только дигетерозиготной:  $WwYy$ . Отсюда же следует, что **белый трутень F1** также нес аллель  $y$ , и его генотип  $wy$ .

Это позволяет уточнить генотип родительской царицы с желтым телом. У нее должен был оказаться хотя бы один аллель  $w$ , чтобы он передался дочери.

**Ответ А.**

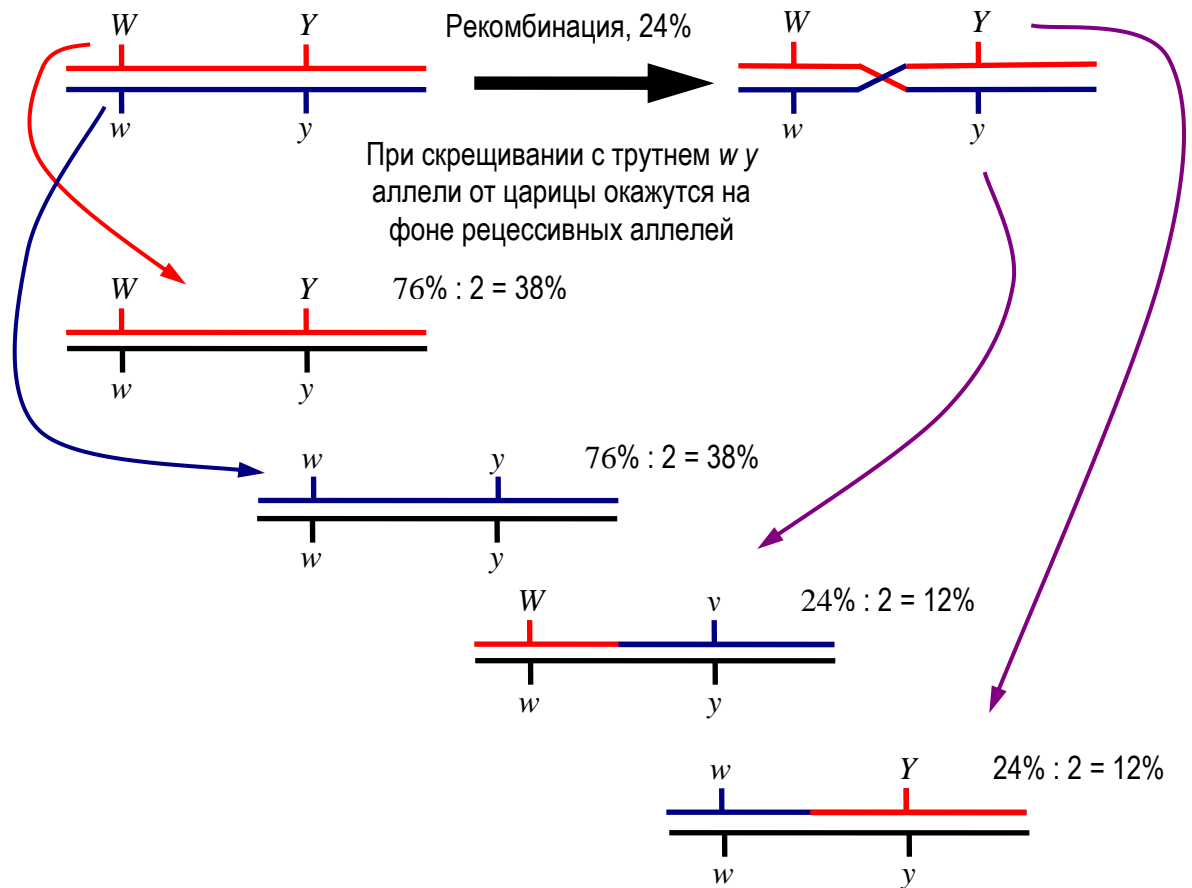
Царица с желтым телом (P) –  $Ww\ yу$ .

Полосатый трутень (P) –  $WY$ .

Полосатая царица (F1) –  $Ww\ Yу$ .

Белый трутень (F1) –  $w\ у$ .

Для расчета расщепления среди потомков нужно учесть два варианта сцепления аллелей у полосатой царицы F1 и расстояние между генами (24 морганиды). Поскольку генотип трутня (P)  $WY$ , и кроссинговер в силу гаплоидности трутня не мог произойти, дочь (царица F1) получила от отца два сцепленных функциональных аллеля. Т.е. одна хромосома содержит все доминантные аллели, а вторая – все рецессивные.



Таким образом, в силу того, что от трутня рабочим достаются только рецессивные аллели, расщепление по генотипам зависит только от гамет царицы и составит:

$Ww\ Yу$  – 38% (полосатые)

$ww\ yy$  – 38% (белые)

$Ww\ yy$  – 12% (желтые)

$ww\ Yу$  – 12% (белые)

**Ответ Б.**

Суммируя по фенотипам рабочих, получим: **50% белых; 38% полосатых; 12% желтых.**

Чтобы в потомстве от скрещивания с белым трутнем не оказалось желтых рабочих пчёл, он должен нести функциональный аллель  $Y$ . Тогда его генотип:  $w\ Y$ .

При скрещивании такого белого трутня с полосатой царицей  $Ww\ Yу$  будет наблюдаться расщепление 1 (белые) к 1 (полосатые) рабочих пчел.

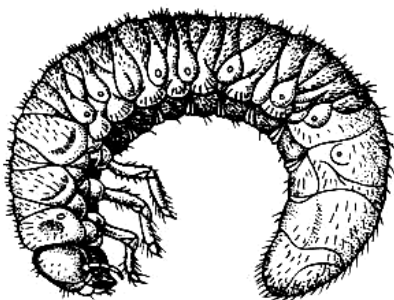
**Ответ В. Генотип трутня должен быть  $w\ Y$ .**

# Очный тур X Олимпиады «Покори Воробьёвы Горы»

## Вариант 5

### Блок 1. Тесты.

- 1. Устьица закрываются:**
  - а) при недостатке углекислого газа;
  - б) при недостаточном освещении;
  - в) при недостатке воды;**
  - г) при недостатке минеральных веществ.
- 2. К плотоядным растением относится:**
  - а) раффлезия;
  - б) росянка;**
  - в) ананас;
  - г) петров крест.
- 3. Назовите тип плода у капусты:**
  - а) коробочка;
  - б) стручок;**
  - в) кочан;
  - г) семянка.
- 4. У какого растения стержневая корневая система:**
  - а) пшеница;
  - б) подсолнечник;**
  - в) тюльпан;
  - г) лук.
- 5. У планарии имеются специальные органы:**
  - а) дыхания и выделения;
  - б) только для дыхания;
  - в) только для выделения;**
  - г) ни для дыхания, ни для выделения.
- 6. К одному типу, но к разным классам принадлежат:**
  - а) морской ангел и морской чёртик;
  - б) морская лилия и морской огурец;**
  - в) морской жёлудь и морской огурец;
  - г) морская козочка и морской конёк.
- 7. На рисунке изображено:**



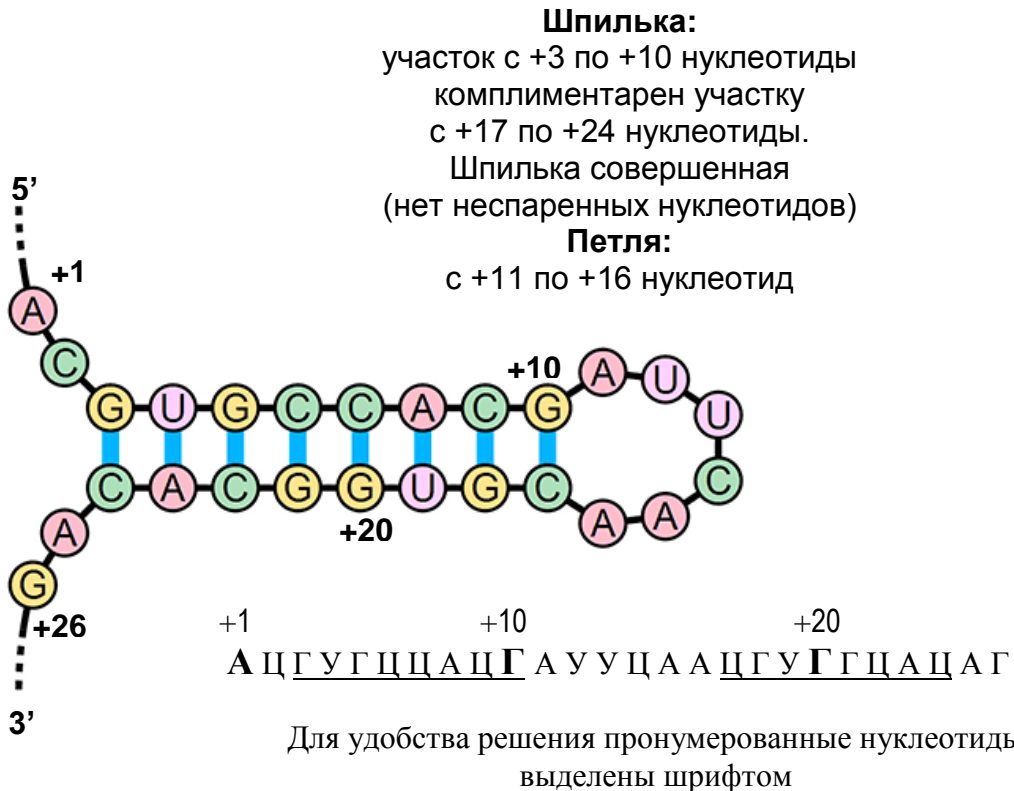
- а) личинка ручейника;
  - б) личинка стрекозы;
  - в) личинка чешуекрылого;
  - г) личинка жесткокрылого.**
- 8. В каком варианте членистоногие перечислены в порядке уменьшения числа усиков:**
    - а) королевская креветка – бабочка-монарх – императорский скорпион;**
    - б) паук-волк – жук-олень – рак-медведь;
    - в) вишнёвая креветка – тополевый листоед – травяной краб;
    - г) голубянка икар – кобальтовый птицеед – сиреневый краб.

9. Углеводы и другие органические вещества движутся от листьев к корням по:  
а) ситовидным трубкам; б) сосудам; в) клеточным стенкам; г) волокнам.
10. Основное положение принципа Дейла состоит в том, что:  
а) в каждом нейроне количество “входных” синапсов равно количеству “выходных”;  
б) нервный импульс возникает с наибольшей вероятностью в аксонном холмике нейрона;  
в) один нейрон может иметь только один аксон;  
г) во всех синаптических окончаниях нейрона выделяется один и тот же медиатор.
11. Поджелудочная железа вырабатывает гормоны:  
а) инсулин и глюкагон;  
б) тироксин и инсулин;  
в) глюкагон и эстроген;  
г) инсулин и кортизол.
12. Почки являются органом, которому принадлежит основная роль в выведении из организма:  
а) неперевариваемых углеводов (сахаров);  
б) непереваренных остатков белков (пептидов);  
в) продуктов белкового обмена (азотсодержащих соединений);  
г) непереваренных остатков жиров (глицеридов)
13. Какие из гормонов участвуют в регуляции репродуктивной функции у млекопитающих:  
а) нейрогормоны; б) иммуноглобулины; в) эстрогены; г) кортикостероиды.
14. Вторичная капиллярная сеть у млекопитающих есть в:  
а) печени; б) сердце; в) мозжечке; г) легких.
15. Оформленным ядром обладают:  
а) бактерии группы кишечной палочки;  
б) дрожжи;  
в) цианобактерии;  
г) пурпурные фотосинтезирующие бактерии.
16. Капсид – это:  
а) липидная оболочка вирусной частицы;  
б) белковая оболочка вирусной частицы;  
в) вирусная нуклеиновая кислота;  
г) вырост на липидной оболочке вируса.
17. Ядрышко в процессе митоза исчезает в:  
а) анафазе; б) метафазе; в) профазе; г) телофазе.
18. В состав РНК не входит:  
а) аденин; б) цитозин; в) урацил; г) тимин.
19. Естественный отбор оценивает организм по его:  
а) фенотипу; б) генотипу; в) кариотипу; г) полезным мутациям.
20. Примерами гомологичных органов являются:  
а) спинной плавник акулы и дельфина;  
б) копательная конечность крота и медведки;  
в) грудной плавник окуня и рука человека;  
г) панцирь черепахи и раковина улитки.

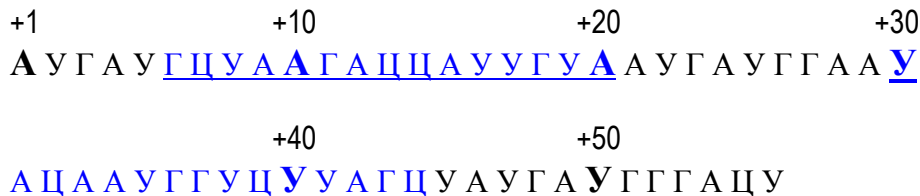
## Блок 2. Задачи

### Задача 1.

В эукариотической клетке важными регуляторами транскрипции генов являются малые интерферирующие РНК (siRNA). Они образуются в том случае, если в клетке появляется двуцепочечная РНК или шпилька РНК с комплементарными участками около 20 пар нуклеотидов. Шпилька может быть совершенной (все нуклеотиды комплементарны друг другу) или несовершенной (когда есть отдельные несовпадения). Предположим, что молекула РНК может «согнуться» и образовать шпильку только в том случае, если между комплементарными участками находится **не менее 6 нуклеотидов** (так называемая петля).



По представленной последовательности молекулы РНК из 56 нуклеотидов определите, может ли она «свернуться» в шпильку с комплементарной частью ровно 20 нуклеотидов. Если может, то укажите, каким номерам нуклеотидов соответствуют шпилька и петля. Совершенной или несовершенной будет эта шпилька?



### Ответ.

Образование шпильки в принципе возможно: участок с +9 по +20 нуклеотид комплементарен участку с +30 по +44 нуклеотид. Однако она не удовлетворяет условию: короче, чем нужно – 15 нуклеотидов длиной. Шпилька совершенная. Петля с +21 по +29 нуклеотиды.

## Задача 2.

Пользуясь справочными данными, рассчитайте, сколько железа (по массе) требовалось бы взрослому человеку ежедневно, если бы каждый атом железа использовался для синтеза гемоглобина лишь один раз? (Прочими потребностями организма в железе пренебречь.)

*Справочные данные:*

Число Авогадро.  $6,02 \cdot 10^{23}$

В 1 эритроците 30 пикограмм гемоглобина.

Молекулярный вес гемоглобина 64,5 кД.

Атомарный вес железа 56.

Объем мирового океана = 1370 млн. куб. км

## Решение

Если рассматривать, на какие процессы расходуется больше всего железа, поступающего в организм человека, то окажется, что основным «потребителем» железа в организме оказывается эритропоэз – процесс образования эритроцитов взамен погибшим. В эритроцитах атомы железа в основном сосредоточены в молекулах гемоглобина.

Средний срок жизни эритроцита составляет 3 – 4 месяца. Для расчетов можно взять округленно 100 суток.

Всего в теле человека около 5 л крови.

В 1 мкл ( $10^{-6}$  л) крови содержится 5 млн. ( $10^6$ ) эритроцитов.

Следовательно, в 5 л крови эритроцитов будет

$5 \times 10^6$  мкл  $\times 5 \times 10^6$  эритроцитов =  $25 \times 10^{12}$  эритроцитов.

(25 триллионов эритроцитов).

Эритроциты равномерно погибают и с той же средней скоростью образуются в процессе эритропоэза.

Это означает, что за 100 суток все эритроциты тела человека должны заменяться на новые.

Следовательно, каждые сутки погибает около 1/100 (1%) от общего числа эритроцитов.

$25 \times 10^{12}$  эритроцитов / 100 =  $25 \times 10^{10}$  или 250 млрд. эритроцитов. Именно на восполнение этих потерь уходит основная масса поступающего в организм человека железа.

1 эритроцит содержит 30 пикограмм ( $30 \times 10^{-12}$  г) гемоглобина.

Соответственно, ежедневно теряется  $25 \times 10^{10}$  эритроцитов  $\times 30 \times 10^{-12}$  г/эритроцит =  $= 750 \times 10^{-2}$  г или 7,5 г гемоглобина в сутки.

Молекулярная масса гемоглобина – 64 500 г/моль. Таким образом, ежедневно теряется:  $7,5 \text{ г} / 64\,500 \text{ г/моль} \in 0,116 \times 10^{-3} = 1,16 \times 10^{-4}$  моль гемоглобина.

Каждая молекула гемоглобина содержит 4 гема, т.е. в состав каждой молекулы гемоглобина входит 4 атома железа. Согласно полученной оценке, ежедневно теряется:  $4 \times 1,16 \times 10^{-4}$  моль =  $4,64 \times 10^{-4}$  моль Fe.

Теперь вычислим массу железа, необходимого для восполнения потерянного за день гемоглобина.

$4,64 \times 10^{-4}$  моль  $\times 56 \text{ г} / \text{моль} = 259,84 \times 10^{-4} \in 26 \times 10^{-3}$  г железа или 26 мг Fe.

**Ответ. Для восполнения утраченных эритроцитов ежедневно требуется 26 мг железа.**

Примечание. На самом деле суточная потребность человека в железе примерно в 2 раза меньше, так как ионы железа используются не один раз.



### Задача 3.

У некоторого вида пчёл синтез пигмента тела происходит из бесцветного предшественника через жёлтый промежуточный продукт. Далее в некоторых частях тела жёлтый предшественник превращается в тёмно-коричневый пигмент, и пчел приобретает полосатую окраску. За каждый из этапов биосинтеза отвечает определённый ген (см. схему).



На первый год полосатая царица-пчела встретила трутня с белым телом (P). При этом половина рабочих пчёл оказались с белым телом, а другая половина – с полосатым. На второй год из этого улья вылетела молодая полосатая царица (F1). Она встретила другого трутня с белым телом, но в потомстве (F2) от него оказались не только белые и полосатые, но и 34% жёлтых рабочих пчёл.

А) Предложите все возможные генотипы родителей в обоих скрещиваниях. Мутантные аллели обозначьте как  $w$  и  $y$ .

Б) Рассчитайте долю рабочих пчёл с белым и полосатым телом среди потомков F2.

В) Определите расстояние в морганидах между генами  $W$  и  $Y$ .

### Решение:

У пчёл царица и рабочие пчёлы являются диплоидными организмами (два набора хромосом, каждый ген представлен двумя аллелями). Трутни гаплоидны, поскольку они развиваются из неоплодотворенных яиц. У трутней один набор хромосом, и только по одному аллелю каждого гена. Поэтому любая мутация по генам из задачи проявится в фенотипе у трутней.

У белого трутня гена  $W$  представлен нефункциональным аллелем –  $w$ . Аллель гена  $Y$  при этом может быть любым. Его генотип может быть либо  $w y$ , либо  $W Y$ .

Для царицы с полосатым телом обязательно, чтобы оба гена были представлены хотя бы одним функциональным аллелем. Её генотип может быть:

- 1)  $Ww Yy$
- 2)  $WW Yy$
- 3)  $Ww YY$
- 4)  $WW YY$

После скрещивания среди рабочих наблюдалось расщепление по фенотипу: половина белых (гомозиготы по мутантному аллелю  $w$ ) и половина полосатых (генотип мог бы быть как у родительской пчелы).

Эти сведения позволяют уточнить генотип родительской пчелы: она была гетерозиготна по гену  $W$ . Желтые рабочие при скрещивании отсутствуют, значит, хотя бы от одного из родителей они получили функциональный аллель  $Y$ .

Это возможно при следующих генотипах родителей:

- 1) Царица  $Ww Yy$ , трутень  $w Y$ .
- 2) Царица  $Ww YY$ , трутень  $w Y$ .
- 3) Царица  $Ww YY$ , трутень  $w y$ .

Из этого улья происходит царица F1, в потомстве которой наблюдается появление как белых, так и желтых рабочих пчёл. Это означает, что она сама несет мутантные аллели  $w$  и  $y$ . Судя по фенотипу, царица F1 может иметь только генотип  $Ww Yy$ . Это позволяет дополнительно уточнить возможные генотипы родителей (P), исключив вариант «Царица  $Ww YY$ , трутень  $w Y$ ».

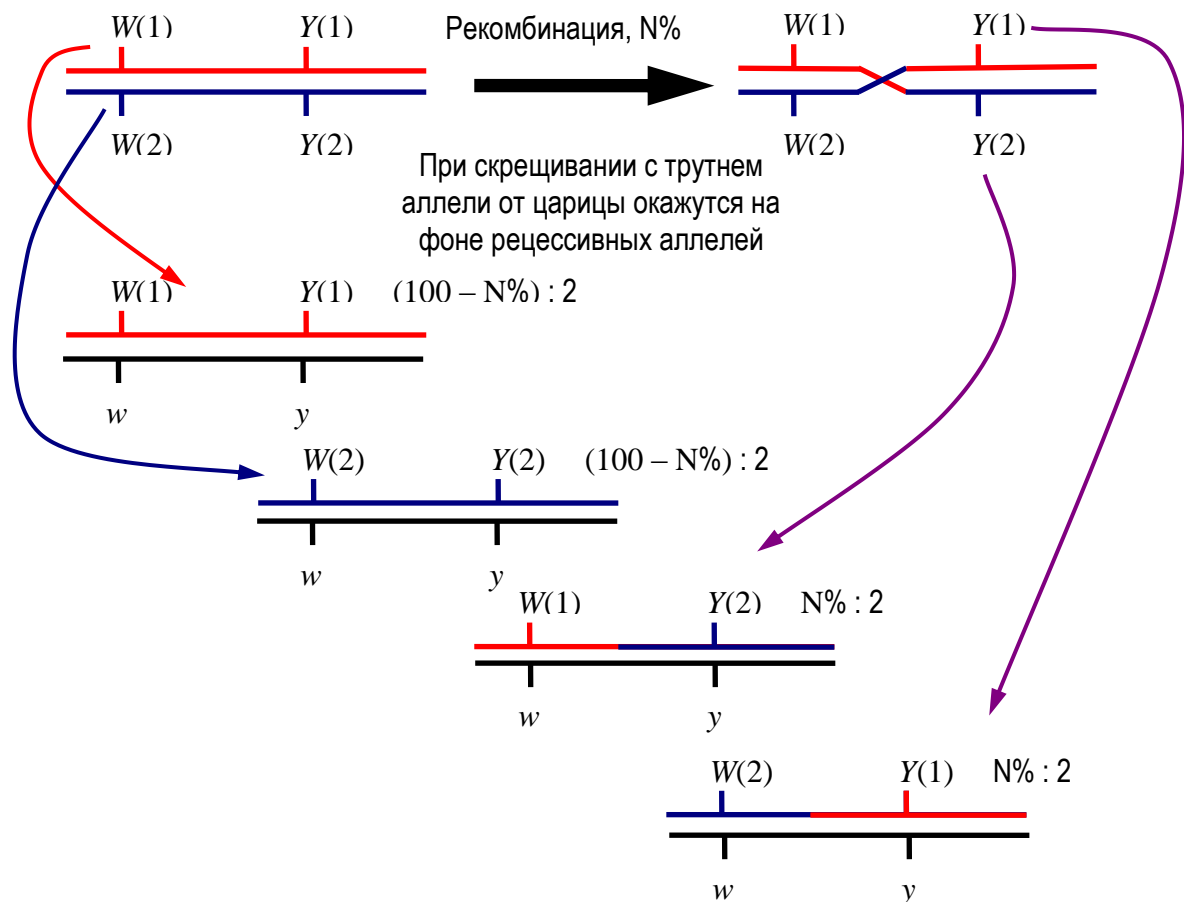
Поскольку среди потомков от белого трутня F1 наблюдаются не только белые, но и желтые рабочие пчелы, то, помимо мутантного аллеля  $w$ , он несет мутантный аллель  $y$ .

**Ответ А.**

**Вариант 1.** Полосатая царица (P) –  $Ww Yy$ .  
 Белый трутень (P) –  $w Y$ .  
 Полосатая царица (F1) –  $Ww Yy$ .  
 Белый трутень (F1) –  $w y$ .

**Вариант 2.** Полосатая царица (P) –  $Ww YY$ .  
 Белый трутень (P) –  $w y$ .  
 Полосатая царица (F1) –  $Ww Yy$ .  
 Белый трутень (F1) –  $w y$ .

Так как наблюдается заметное отклонение от соотношения 2 : 1 : 1 среди потомков от первого скрещивания, мы можем предположить, что гены наследуются сцеплено. Возьмём пару генов, представленных двумя аллелями. Допустим, что нам неизвестно распределение мутантных аллелей и расстояние между генами на хромосоме. Должна наблюдаться следующая картина (см. рисунок)



Принимая, что  $(100\% - N\%) : 2 = 34\%$ , найдём, что  $N = 32\%$ . Таким образом, расстояние от гена  $W$  до гена  $Y$  равно 32 морганидам.

**Ответ В.**

Расстояние между генами  $W$  и  $Y$  – 32 морганиды.

Для решения части Б потребуется узнать, какие аллели находились на одной хромосоме. Поскольку желтых рабочих особей было 34%, они не являются рекомбинантными (см. рисунок). Таким образом,  $W(1)$  – ‘это доминантный аллель  $W$ , тогда как  $Y(1)$  – ‘это рецессивный аллель  $y$ .

Подставляя в схему соответствующие аллели и расстояние между генами, получим следующее расщепление по генотипам:

$Ww\ yy$  – 34% (желтое тело);

$ww\ Yy$  – 34% (белое тело);

$Ww\ Yy$  – 16% (полосатое тело);

$ww\ yy$  – 16% (белое тело).

**Ответ Б.**

Суммируя по фенотипам, получим **50% с белым телом; 34% с желтым телом; 16% полосатых рабочих особей.**

# Очный тур X Олимпиады «Покори Воробьёвы Горы»

## Вариант 6

### Блок 1. Тесты

- 1. Белый цвет ствола березы определяется особенностями строения:**  
а) эпидермы; б) паренхимы; **в) перидермы;** г) луба (флоэмы).
- 2. Однополые цветки характерны для:**  
а) ячменя; б) ржи; **в) кукурузы;** г) смородины.
- 3. Фотосинтетическими пигментами высших растений НЕ являются:**  
а) ксантофиллы; **б) фикоэритрины;** в) хлорофиллы; г) каротиноиды.
- 4. В каждом цветке ржи находится:**  
а) 2 тычинки; **б) 3 тычинки;** в) 5 тычинок; г) 6 тычинок.
- 5. Водные растения с погруженными в воду листьями:**  
а) имеют устьица на верхней стороне листа;  
б) имеют устьица на нижней стороне листа;  
в) устьица распределены равномерно между верхней и нижней сторонами;  
**г) не имеют устьиц.**
- 6. У бычьего цепня имеются специальные органы:**  
а) дыхания и выделения;  
б) только для дыхания;  
**в) только для выделения;**  
г) ни для дыхания, ни для выделения.
- 7. К одному типу, но к разным классам принадлежат беспозвоночные:**  
**а) морской анемон и морская оса;**  
б) морской жёлудь и морской таракан;  
в) морской жёлудь и морская уточка;  
г) морская оса и морская уточка.
- 8. На рисунке изображено:**



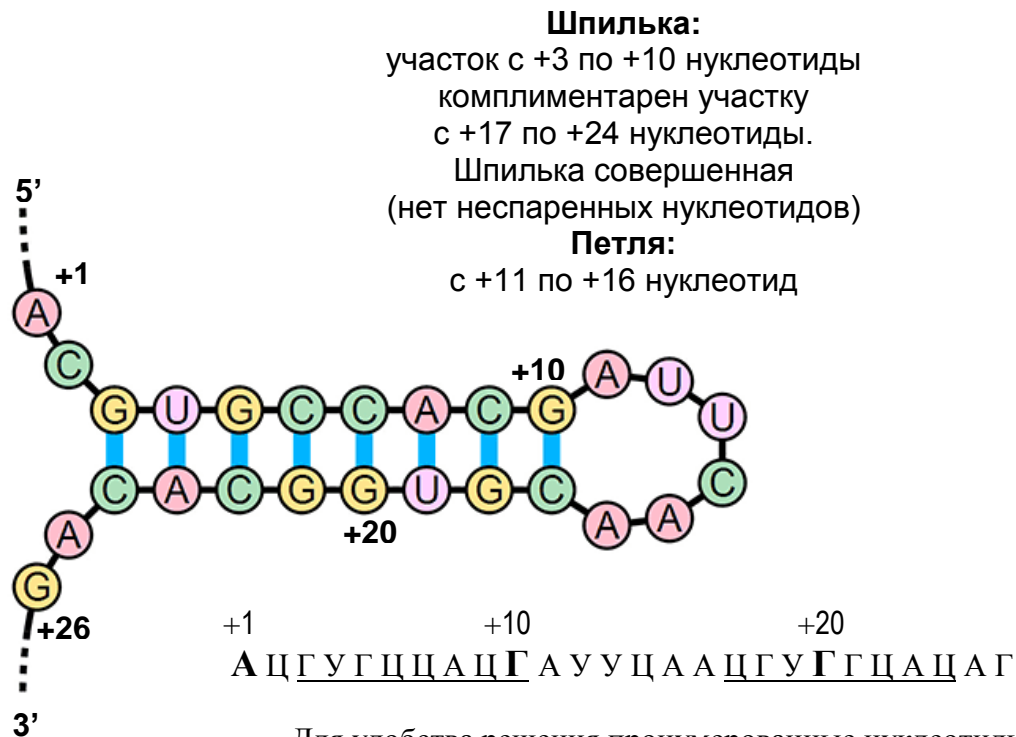
- а) имаго блохи;
- б) куколка двукрылого;
- в) куколка жесткокрылого;**
- г) имаго вши.

9. В каком варианте членистоногие перечислены в порядке уменьшения числа усиков:
- а) каменный скорпион – сколопендра – кивсяк обыкновенный;
  - б) златоглазка – пёстрый скорпион – краб-горошина;
  - в) жук-носорог – тигровая креветка – зебровый птицеед;
  - г) рак-отшельник – дорожная оса – бразильский странствующий паук.
10. Аfferентные окончания в мышечных веретенах возбуждаются:
- а) при растяжении мышечных элементов веретена;
  - б) при растяжении скелетной мышцы, в которой расположено веретено;
  - в) при сокращении скелетной мышцы, в которой расположено веретено;
  - г) при повреждении мышцы.
11. Половые гормоны являются:
- а) белками;
  - б) фосфолипидами;
  - в) гетероциклическими стероидами;
  - г) производными тирозина.
12. Концентрация каких из перечисленных ниже веществ выше во вторичной моче, чем в плазме крови у человека:
- а) глюкозы;
  - б) фенилаланина;
  - в) триглицеридов;
  - г) карбамида.
13. Млекопитающие отличаются от других животных:
- а) наличием плаценты;
  - б) внутриутробным развитием;
  - в) вскармливанием детёнышей грудным молоком;
  - г) заботой о потомстве.
14. Малый круг кровообращения у человека заканчивается в:
- а) левом предсердии;
  - б) правом предсердии;
  - в) верхней полой вене;
  - г) нижней полой вене.
15. Зародыш представляет собой однослойную сферу с полостью на стадии:
- а) бластулы;
  - б) гаструлы;
  - в) дробления;
  - г) нейрулы.
16. Из перечисленных веществ полимером является:
- а) глюкоза;
  - б) глицин;
  - в) гликоген;
  - г) гуанин.
17. В живых организмах наиболее разнообразны:
- а) минеральные вещества;
  - б) углеводы;
  - в) белки;
  - г) липиды.
18. В состав ДНК не входит:
- а) аденин;
  - б) цитозин;
  - в) урацил;
  - г) тимин.
19. Ядерная оболочка в процессе митоза образуется в:
- а) анафазе;
  - б) метафазе;
  - в) профазе;
  - г) телофазе.
20. Примерами гомологичных органов являются:
- а) легкие амфибий и пауков;
  - б) прыгательные ноги тушканчика и кенгуру;
  - в) китовый ус и усы сома;
  - г) щупальца кальмара и ноги таракана.

## Блок 2. Задачи

### Задача 1.

В эукариотической клетке важными регуляторами транскрипции генов являются малые интерферирующие РНК (siRNA). Они образуются в том случае, если в клетке появляется двуцепочечная РНК или шпилька РНК с комплементарными участками около 20 пар нуклеотидов. Шпилька может быть совершенной (все нуклеотиды комплементарны друг другу) или несовершенной (когда есть отдельные несовпадения). Предположим, что молекула РНК может «согнуться» и образовать шпильку только в том случае, если между комплементарными участками находится **не менее 6** нуклеотидов (так называемая петля).



Для удобства решения пронумерованные нуклеотиды  
выделены шрифтом

По представленной последовательности молекулы РНК из 56 нуклеотидов определите, может ли она «свернуться» в шпильку с комплементарной частью ровно 20 нуклеотидов. Если может, то укажите, каким номерам нуклеотидов соответствуют шпилька и петля. Совершенной или несовершенной будет эта шпилька?



### Ответ.

Образование шпильки возможно: участок с +1 по +20 нуклеотид комплементарен участку с +32 по +51 нуклеотид. Она удовлетворяет условию: ровно 20 нуклеотидов. Шпилька не совершенная: нуклеотид +3 не комплементарен нуклеотиду +49. Петля с +21 по +31 нуклеотиды.

## **Задача 2.**

Пользуясь справочными данными, рассчитайте, сколько эритроцитов образуется ежедневно в теле взрослого человека.

*Справочные данные:*

Число Авогадро.  $6,02 \cdot 10^{23}$

В 1 эритроците 30 пикограмм гемоглобина.

Молекулярный вес гемоглобина 64,5 кД.

Атомарный вес железа 56.

Объем мирового океана = 1370 млн. куб.км

## **Решение**

Средний срок жизни эритроцита составляет 3 – 4 месяца.

Всего в теле человека около 5 л крови.

В 1 мкл ( $10^{-6}$  л) крови содержится 5 млн. ( $10^6$ ) эритроцитов.

Следовательно, в 5 л крови эритроцитов будет

$5 \times 10^6$  мкл  $\times 5 \times 10^6$  эритроцитов =  $25 \times 10^{12}$  эритроцитов.

(25 триллионов эритроцитов).

Эритроциты равномерно погибают, и с той же средней скоростью образуются в процессе эритропоэза.

Это означает, что за 3 – 4 месяца все эритроциты тела человека должны заменяться на новые.

Следовательно, каждые сутки погибает:

$1/90$  или  $1/120$  от общего числа эритроцитов.

$25 \times 10^{12}$  эритроцитов / 120 €  $20,8 \times 10^{10}$  или 208 млрд. эритроцитов [минимальная оценка].

$25 \times 10^{12}$  эритроцитов / 90 €  $28 \times 10^{10}$  или 280 млрд. эритроцитов [максимальная оценка].

**Ответ: ежедневно организм человека должен восполнять потерю от 208 до 280 млрд . эритроцитов, или от  $2,1 \times 10^{11}$  до  $2,8 \times 10^{11}$  эритроцитов.**

### Задача 3.

У некоторого вида пчёл ген  $D$  отвечает за густоту расположения волосков. В случае мутации  $d$  в этом гене тело пчелы покрыто редкими волосками. Ген  $H$  отвечает за развитие волоска. В случае мутации  $h$  волоски на теле пчелы отсутствуют. Обе мутации рецессивные.

Царица с густыми волосками на теле встретила трутня с редкими волосками. При этом половина рабочих пчёл получилась с густыми волосками, а вторая половина – с редкими. На второй год из этого улья вылетела новая царица с редкими волосками.

А) Предложите все возможные генотипы родителей и молодой царицы.

Б) Каким может оказаться расщепление в потомстве от скрещивания молодой царицы и трутня без волосков на теле? Предложите все возможные варианты.

В) Предположим, что гены  $D$  и  $H$  сцеплены между собой. Можно ли в данной схеме скрещиваний установить расстояние между этими генами? Если это возможно, определите расстояние в морганидах.

### Решение:

У пчёл царица и рабочие пчёлы являются диплоидными организмами (два набора хромосом, каждый ген представлен двумя аллелями). Трутни гаплоидны, поскольку они развиваются из неоплодотворенных яиц. У трутней один набор хромосом, и только по одному аллелю каждого гена. Поэтому любая мутация по генам из задачи проявится в фенотипе у трутней.

У трутня с редкими волосками есть функциональный аллель  $H$  (иначе волосков бы совсем не было) и мутантный аллель  $d$  (из-за этого плотность волосков снижена). Генотип трутня (P) однозначен:  $H d$ .

Для царицы с густыми волосками обязательно, чтобы оба гена были представлены хотя бы одним функциональным аллелем. Её генотип может быть:

- 1)  $HH DD$
- 2)  $HH Dd$
- 3)  $Hh DD$
- 4)  $Hh Dd$

После скрещивания среди рабочих наблюдалось расщепление по фенотипу: половина с редкими волосками (гомозиготы по мутантному аллелю  $d$ ) и половина – с густыми (генотип мог бы быть как у родительской пчелы –  $DD$  или  $Dd$ ).

Эти сведения позволяют уточнить генотип родительской пчелы: она была гетерозиготна по гену  $D$ . Рабочие пчёлы без волосков на теле при скрещивании отсутствуют, значит, хотя бы от одного из родителей они получили функциональный аллель  $H$ .

Это возможно при следующих генотипах родителей:

- 1) Царица с густыми волосками (P)  $Hh Dd$ , трутень с редкими волосками (P)  $H d$ .
- 2) Царица с густыми волосками (P)  $HH Dd$ , с редкими волосками трутень  $H d$ .

### Ответ А.

**Вариант 1.** Густоволосая царица (P) –  $HH Dd$ .  
Редковолосый трутень (P) –  $H d$ .

**Вариант 2.** Густоволосая царица (P) –  $Hh Dd$ .  
Редковолосый трутень (P) –  $H d$ .

При таких генотипах родителей редковолосая царица F1 получит от отца аллели  $H$  и  $d$ , а от матери – либо  $H$  и  $d$ , либо  $h$  и  $d$ . В таком случае возможно два варианта генотипа для царицы F1: либо  $HH dd$  либо  $Hh dd$ .

Для безволосого трутня также возможно два генотипа: либо  $h D$ , либо  $h d$ .



Если гены  $H$  и  $D$  сцеплены, то для нахождения расстояния необходимы сведения о расщеплении по двум признакам: (1) наличию / отсутствию волосков и (2) густоте волосков. Эти данные в задаче не представлены, поэтому определить расстояние между генами невозможно.

**Ответ В.**

**Определить расстояние между сцепленными генами по данным условия невозможно (не достаточно информации).**

Теперь рассмотрим варианты скрещиваний молодой царицы  $F1$  и нового трутня  $F1$ .

**Вариант 1а.** Царица  $HH dd \times$  трутень  $h D$ .

Расщепления среди рабочих пчел не будет, поскольку от матери все они получают аллель  $H$ , а от отца –  $D$ . **Все рабочие будут с густыми волосками.**

Среди трутней также не будет наблюдаться расщепления: **все  $H d$  (с редкими волосками)**. Поскольку трутни  $F2$  развиваются из неоплодотворенных яиц, от генотипа трутня  $F1$  это расщепление не зависит.

**Вариант 1б.** Царица  $Hh dd \times$  трутень  $h d$ .

Расщепление среди рабочих пчел будет по признаку наличия / отсутствия волосков. У всех потомков волоски редкие, так как от обоих родителей они получают аллель  $d$ .

**Половина рабочих будут  $Hh dd$  (с редкими волосками), а вторая половина –  $hh dd$  (без волосков).**

Среди трутней, как и варианте 1, будет наблюдаться расщепление **1  $H d$  (с редкими волосками) : 1  $h d$  (без волосков)**. Поскольку трутни  $F2$  развиваются из неоплодотворенных яиц, от генотипа трутня  $F1$  это расщепление не зависит.

**Вариант 2а.** Царица  $HH dd \times$  трутень  $h D$ .

Расщепления по признаку густоты волосков среди рабочих пчел не будет, поскольку от отца все они получают аллель  $D$ . По признаку наличия волосков расщепления также не будет, поскольку от матери все они получают аллель  $H$ . **Все рабочие  $Hh Dd$  (с густыми волосками).**

Среди трутней по обоим признакам также не будет наблюдаться расщепления. **Все трутни  $H d$  (с редкими волосками).**

**Вариант 2б.** Царица  $Hh dd \times$  трутень  $h d$ .

В случае, когда трутень несет две мутации, у рабочих пчел аллели матери всегда оказываются на фоне рецессивных аллелей отца. Поэтому расщепление среди рабочих будет таким же, как среди трутней, и будет зависеть исключительно от соотношения аллелей в гаметах царицы  $F1$ .

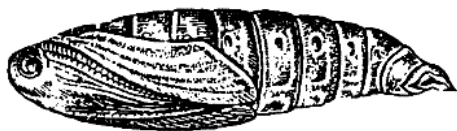
**Рабочие: 50%  $Hh dd$  (с редкими волосками) : 50%  $hh dd$  (без волосков).**

**Рабочие: 50%  $H d$  (с редкими волосками) : 50%  $h d$  (без волосков).**

# Очный тур X Олимпиады «Покори Воробьёвы Горы» Вариант 7

## Блок 1. Тесты

- 1. В каждом цветке лилии находится:**  
а) 2 тычинки; б) 3 тычинки; в) 5 тычинок; **г) 6 тычинок.**
- 2. Водные растения с плавающими листьями:**  
**а) имеют устьица на верхней стороне листа;**  
б) имеют устьица на нижней стороне листа;  
в) устьица распределены равномерно между верхней и нижней сторонами;  
г) не имеют устьиц.
- 3. При помещении растительной клетки в гипертонический солевой раствор:**  
а) протопласт увеличивает свой объем;  
**б) протопласт уменьшает свой объем, и отходит от клеточной стенки;**  
в) клеточная стенка расширяется, и отходит от протопласта;  
г) концентрация растворенных веществ в цитоплазме повышается за счет входа солей в клетку.
- 4. Где в растительной клетке находятся пигменты антоцианы?**  
а) в хлоропластах; б) в хромопластах; **в) в вакуолях;** г) в цитоплазме.
- 5. В прорастающей пыльцевой трубке у цветковых находится:**  
а) 1 спермий; **б) 2 спермия;** в) 3 спермия; г) 4 спермия
- 6. Растение, образующее споры, называется:**  
а) спорофилл; б) спорангий; **в) спорофит;** г) спорангиофор.
- 7. У печёночного сосальщика имеются специальные органы:**  
а) дыхания и выделения;  
б) только для дыхания;  
**в) только для выделения;**  
г) ни для дыхания, ни для выделения.
- 8. На рисунке изображено:**



- а) куколка чешуекрылого;**  
б) личинка двукрылого;  
в) куколка ручейника;  
г) личинка жесткокрылого.
- 9. К разным типам принадлежат беспозвоночные:**  
а) морской анемон и морская оса;  
б) морской ангел и морской чёртик;  
**в) морской заяц и морской ёж;**  
г) морская козочка и морская уточка.

- 10. В каком варианте членистоногие перечислены в порядке уменьшения числа сегментов, несущих ходильные ноги:**
- а) златка пожарная – перуанский золотой скорпион – бронзовка золотистая;
  - б) сколопендра гигантская – кивсяк обыкновенный – королевская креветка;
  - в) оса-гончар – креветка-чистильщик – паук-рыболов;
  - г) кивсяк обыкновенный – сколопендра гигантская – скорпион толстохвостый.
- 11. Ведущая роль в генерации потенциала действия нервного волокна (аксона) принадлежит:**
- а) натриевому и калиевому ионным каналам;
  - б) рецептору ацетилхолина;
  - в) натрий-калиевой АТФазе;
  - г) аденилатциклазе.
- 12. Гипофиз:**
- а) вырабатывает тропные гормоны, которые стимулируют работу периферических желез внутренней секреции;
  - б) вырабатывает ингибирующие гормоны, которые тормозят работу периферических желез внутренней секреции;
  - в) вырабатывают тропные и ингибирующие гормоны, которые регулируют работу периферических желез внутренней секреции;
  - г) посылает нервные импульсы к железам внутренней секреции и тем самым регулирует их секреторную активность.
- 13. Объем жидкой части крови регулируется в основном:**
- а) депонирующей функцией печени и селезенки;
  - б) дренирующей функцией лимфатической системы;
  - в) легкими за счет испарения влаги;
  - г) фильтрующей и реабсорбирующей функцией почек.
- 14. В эмбриональном развитии млекопитающих раньше других:**
- а) образуется нервная трубка;
  - б) определяются головной и каудальный отделы тела;
  - в) определяется пол эмбриона;
  - г) образуется бластула.
- 15. Сонные артерии млекопитающих получают кровь, особенно богатую кислородом потому что:**
- а) ответвляются от аорты;
  - б) ответвляются от легочных вен;
  - в) берут начало от левого желудочка;
  - г) соединяют малый и большой круг кровообращения.
- 16. Самой ранней из перечисленных этапов зародышевого развития является:**
- а) нейруляция; б) бластуляция; в) дробление; г) гастрюляция.
- 17. Хромосомы выстраиваются на экваторе в процессе митоза в:**
- а) анафазе; б) метафазе; в) телофазе; г) профазе.
- 18. В клетках кишечной палочки НЕ обнаружены:**
- а) мембраны; б) включения; в) лизосомы; г) рибосомы.
- 19. Кресты митохондрий представляют собой:**
- а) сложные белковые комплексы;
  - б) комплексы белков с РНК;
  - в) складки внутренней мембраны;
  - г) складки наружной мембраны.
- 20. При полном окислении белки распадаются до:**
- а)  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ; б)  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$ ; в)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_3$ ; г)  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_3$ .

## Блок 2. Задачи

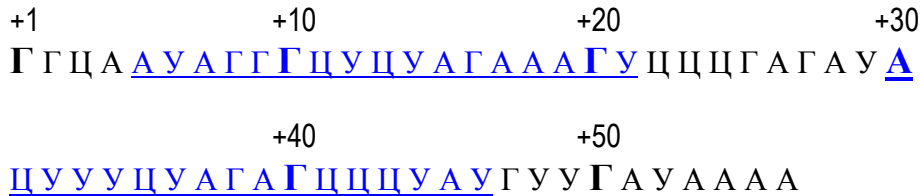
### Задача 1.

В эукариотической клетке важными регуляторами транскрипции генов являются малые интерферирующие РНК (siRNA). Они образуются в том случае, если в клетке появляется двуцепочечная РНК или шпилька РНК с комплементарными участками около 20 пар нуклеотидов. Шпилька может быть совершенной (все нуклеотиды комплементарны друг другу) или несовершенной (когда есть отдельные несовпадения). Предположим, что молекула РНК может «согнуться» и образовать шпильку только в том случае, если между комплементарными участками находится **не менее 6 нуклеотидов** (так называемая петля).



По представленной последовательности молекулы РНК из 56 нуклеотидов определите, может ли она «свернуться» в шпильку с комплементарной частью ровно 20 нуклеотидов. Если может, то укажите, каким номерам нуклеотидов соответствуют шпилька и петля. Совершенной или несовершенной будет эта шпилька?

Вариант 7



### Ответ.

Образование шпильки в принципе возможно: участок с +5 по +21 нуклеотид комплементарен участку с +30 по +47 нуклеотид. Однако она не удовлетворяет условию: короче, чем нужно – 17 нуклеотидов длиной. Шпилька совершенная. Петля с +22 по +29 нуклеотиды.

### **Задача 2.**

Пользуясь справочными данными, рассчитайте, сколько железа (по массе) необходимо, чтобы насытить 1 л крови **человека** полноценным гемоглобином.

*Справочные данные:*

Число Авогадро.  $6,02 \cdot 10^{23}$

В 1 эритроците 30 пикограмм гемоглобина.

Молекулярный вес гемоглобина 64,5 кД.

Атомарный вес железа 56.

Объем мирового океана = 1370 млн. куб. км

### **Решение**

1 мкл крови содержит 5 млн. ( $5 \times 10^6$ ) эритроцитов.

В 1 литре –  $10^3$  мл или  $10^6$  мкл.

Следовательно, 1 л содержит  $5 \times 10^6 \times 10^6 = 5 \times 10^{12}$  эритроцитов (или 5 трлн. эритроцитов).

В 1 эритроците содержится 30 пикограммов ( $30 \times 10^{-12}$  г) гемоглобина.

Соответственно,

в 1 литре крови содержится  $5 \times 10^{12}$  эритроцитов  $\times 30 \times 10^{-12}$  г/эритроцит =  
= 150 г гемоглобина.

Молекулярная масса гемоглобина – 64500 г / моль.

В 1 л крови содержится 150 г гемоглобина / 64500 г / моль = 0,002325 моль гемоглобина.

Каждая молекула гемоглобина содержит 4 гема, и, соответственно, столько же атомов Fe.

В 1 л крови содержится  $0,002325$  моль гемоглобина  $\times 4 = 0,0093$  моль Fe.

Атомная масса Fe – 56 г / моль. Соответственно, в 1 литре крови содержится:

$0,0093$  моль  $\times 56$  г / моль = 5,2 г железа.

**Ответ. Для полного насыщения 1 литра крови железом потребуется 5,2 г Fe.**

### Задача 3.

У некоторого вида пчёл ген  $D$  отвечает за густоту расположения волосков. В случае мутации  $d$  в этом гене тело пчелы покрыто редкими волосками. Ген  $H$  отвечает за развитие волоска. В случае мутации  $h$  волоски на теле пчелы отсутствуют. Обе мутации рецессивные.

Царица с густыми волосками на теле встретила трутня с редкими волосками. При этом половина рабочих пчёл получилась с густыми волосками, а вторая половина – с редкими. На второй год из этого улья вылетела новая царица с густыми волосками. После встречи с трутнем без волосков на теле получилось 15% рабочих пчёл с густыми волосками, 35 % с редкими волосками, а остальные рабочие пчёлы бели без волосков.

А) Предложите все возможные генотипы родителей в обоих скрещиваниях.

Б) Каким будет расщепление среди трутней, если для молодой царицы подобрать трутня с густыми волосками.

В) Предположим, что гены  $D$  и  $H$  сцеплены между собой. Можно ли в данной схеме скрещиваний установить расстояние между этими генами? Если это возможно, определите расстояние в морганидах.

### Решение:

У пчёл царица и рабочие пчёлы являются диплоидными организмами (два набора хромосом, каждый ген представлен двумя аллелями). Трутни гаплоидны, поскольку они развиваются из неоплодотворенных яиц. У трутней один набор хромосом, и только по одному аллелю каждого гена. Поэтому любая мутация по генам из задачи проявится в фенотипе у трутней.

У трутня с редкими волосками есть функциональный аллель  $H$  (иначе волосков бы совсем не было) и мутантный аллель  $d$  (из-за этого плотность волосков снижена). Генотип трутня (P) однозначен:  $Hd$ .

Для царицы с густыми волосками обязательно, чтобы оба гена были представлены хотя бы одним функциональным аллелем. Её генотип может быть:

- 5)  $HHDD$
- 6)  $HH Dd$
- 7)  $HhDD$
- 8)  $HhDd$

После скрещивания среди рабочих наблюдалось расщепление по фенотипу: половина с редкими волосками (гомозиготы по мутантному аллелю  $d$ ) и половина – с густыми (генотип мог бы быть как у родительской пчелы –  $DD$  или  $Dd$ ).

Эти сведения позволяют уточнить генотип родительской пчелы: она была гетерозиготна по гену  $D$ . Рабочие пчёлы без волосков на теле при скрещивании отсутствуют, значит, хотя бы от одного из родителей они получили функциональный аллель  $H$ .

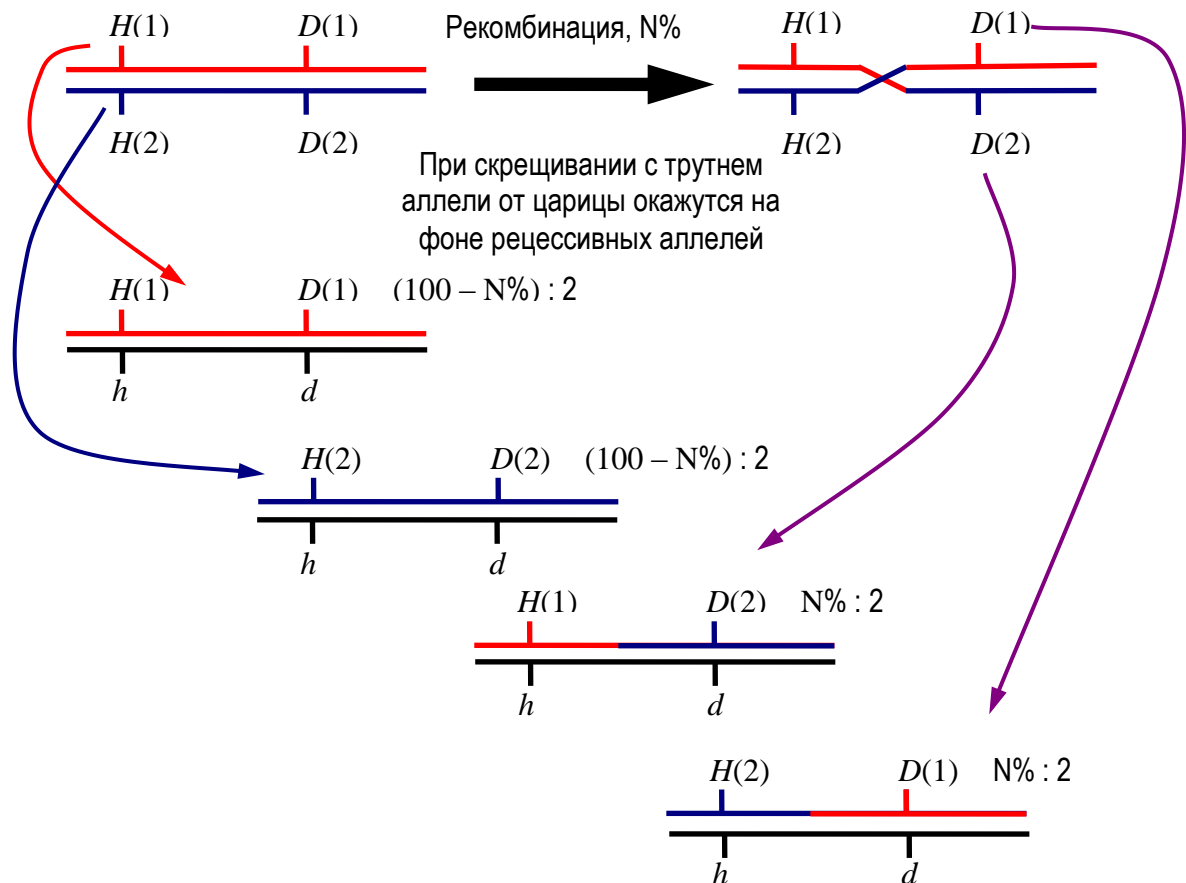
Это возможно при следующих генотипах родителей:

- 3) Царица с густыми волосками (P)  $HhDd$ , трутень с редкими волосками (P)  $Hd$ .
- 4) Царица с густыми волосками (P)  $HH Dd$ , с редкими волосками трутень  $Hd$ .

Из этого улья происходит царица F1 с густыми волосками, в потомстве которой от трутня без волосков (F1) наблюдается появление рабочих пчёл как с густыми волосками, так и с редкими волосками и вообще без волосков. Это означает, что безволосый трутень F1 несет не только мутантный аллель  $h$ , но и мутацию  $d$  (генотип  $hd$ ). Сама густоволосая царица F1 также несет мутантные аллели  $h$  и  $d$ . Судя по фенотипу, царица F1 может иметь только генотип  $HhDd$ . Это позволяет дополнительно уточнить возможные генотипы родителей (P), исключив вариант «Царица  $HH Dd$ , трутень  $Hd$ ».

**Ответ А.** Густоволосая царица (P) –  $Hh Dd$ .  
 Редковолосый трутень (P) –  $H d$ .  
 Густоволосая царица (F1) –  $Hh Dd$ .  
 Безволосый трутень (F1) –  $h d$ .

Так как наблюдается заметное отклонение от соотношения 2 : 1 : 1 среди потомков от первого скрещивания, мы можем предположить, что гены наследуются сцеплено. Возьмём пару генов, представленных двумя аллелями. Допустим, что нам неизвестно распределение мутантных аллелей и расстояние между генами на хромосоме. Должна наблюдаться следующая картина (см. рисунок)



Принимая, что  $(100\% - N\%) : 2 = 35\%$ , а  $N : 2 = 15\%$  найдём, что  $N = 30\%$ . Таким образом, расстояние от гена  $H$  до гена  $D$  равно 30 морганидам.

**Ответ В.**

**Расстояние между генами  $H$  и  $D$  – 30 морганид.**

Для решения части Б потребуется узнать, какие аллели находились на одной хромосоме. Поскольку густоволосых рабочих особей было 15%, они являются рекомбинантными (см. рисунок). Таким образом,  $H(1)$  – ‘это доминантный аллель  $H$ , тогда как  $D(2)$  – ‘это доминантный аллель  $D$ .

Подставляя в схему соответствующие аллели и расстояние между генами, получим следующее расщепление по генотипам:

$Hh dd$  – 35% (редкие волоски);  
 $hh Dd$  – 35% (волосков нет);  
 $Hh Dd$  – 15% (густые волоски);  
 $hh dd$  – 15% (волосков нет).

**Ответ Б.**

Суммируя по фенотипам рабочих особей, получим **50% без волосков; 35% с редкими волосками; 15% с густыми волосками.**

# Очный тур X Олимпиады «Покори Воробьёвы Горы»

## Вариант 8

### Блок 1. Тесты

- Молекула хлорофилла содержит в центре:**  
а) атом марганца; б) атом железа; **в) атом магния;** г) атом кобальта.
- Цветение растений хризантемы поздней осенью стимулируется:**  
а) понижением температуры воздуха;  
б) улучшением доступа воды;  
**в) сменой длинного светового дня на короткий;**  
г) повышенной выработкой гиббереллинов.
- В каждом цветке ландыша находится:**  
а) 2 тычинки; б) 3 тычинки; в) 5 тычинок; **г) 6 тычинок.**
- Однополые цветки характерны для:**  
а) земляники; б) крыжовника; **в) дыни;** г) ячменя.
- Растение, образующее гаметы, называется:**  
**а) гаметофитом;** б) гаметангием; в) гаметангиогамией; г) гаметогамией.
- У медузы крестовичка имеются специальные органы:**  
а) дыхания и выделения;  
б) только для дыхания;  
в) только для выделения;  
**г) ни для дыхания, ни для выделения.**
- К разным типам принадлежат беспозвоночные:**  
а) морская лилия и морской огурец;  
б) морской заяц и морской ангел;  
в) морской чёртик и морское блюдечко;  
**г) морской чёртик и морская оса.**
- В каком варианте членистоногие перечислены в порядке увеличения числа сегментов, несущих ходильные ноги:**  
а) краб-паук – рак-богомол – муха-скорпионница;  
б) паук-серебрянка – сиреневый краб – голубянка приятная;  
**в) каменный краб – сколопендра гигантская – кивсяк обыкновенный;**  
г) тигровая креветка – обыкновенная косянка – мокрица.
- На рисунке изображено:**



- а) личинка двукрылого;**
- б) личинка жесткокрылого;
- в) куколка жесткокрылого;
- г) куколка перепончатокрылого.

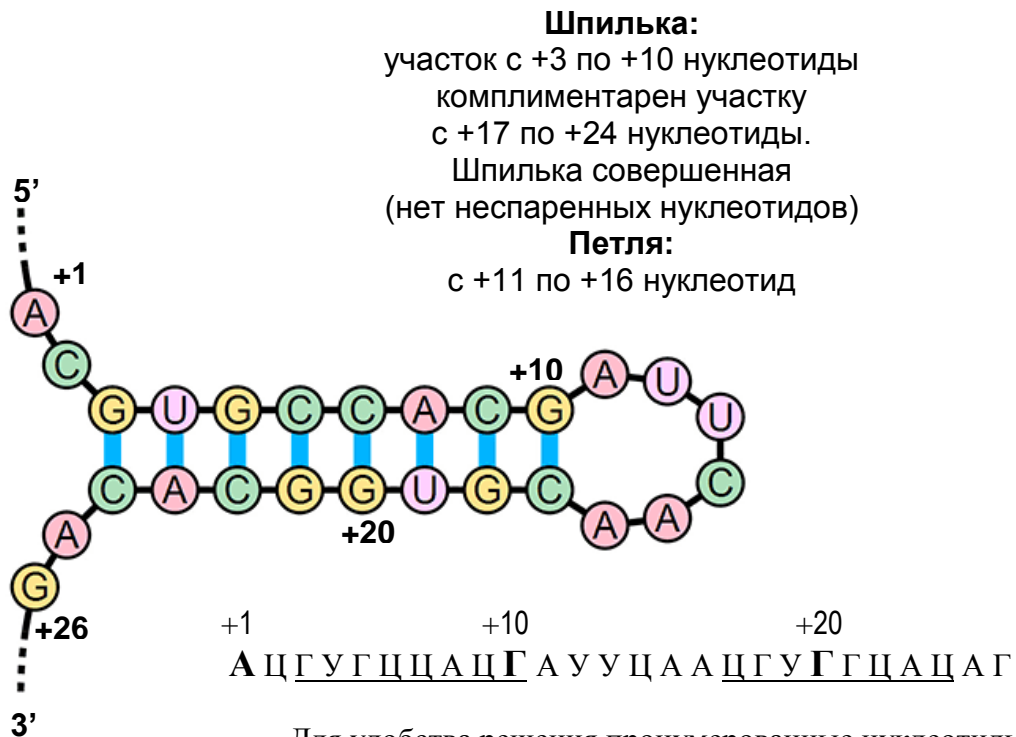


10. Основными ионами, участвующими в генерации возбуждения (импульса) в нервной клетке являются следующие:
- а)  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ;
  - б)  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ;
  - в)  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ;
  - г)  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ .
11. Гормон, который стимулирует кроветворение, вырабатывается в:
- а) сердце;
  - б) печени;
  - в) почках;
  - г) селезенке.
12. Концентрация какого из нижеприведенных катионов наибольшая в моче у человека:
- а) железа;
  - б) калия;
  - в) кальция;
  - г) аммония.
13. В эмбриональном развитии млекопитающих раньше других:
- а) образуется нервная трубка;
  - б) образуется бластопор;
  - в) образуются жаберные щели;
  - г) образуется бластоцель.
14. У человека стенка левого желудочка сердца толще, чем стенка правого:
- а) потому что он выбрасывает больше крови, чем правый;
  - б) потому что сопротивление сосудов большого круга больше, чем малого;
  - в) потому что вязкость артериальной крови больше, чем венозной;
  - г) потому что частота его сокращений выше, чем частота сокращений правого желудочка.
15. Обмен участками гомологичных хромосом происходит в мейозе в:
- а) профазе I;
  - б) метафазе II;
  - в) анафазе I;
  - г) анафазе II.
16. Модификационная изменчивость:
- а) необратима;
  - б) возникает под действием условий существования организма;
  - в) связана с изменением генотипа;
  - г) вызвана изменением последовательности нуклеотидов в ДНК.
17. Фосфор НЕ входит в состав :
- а) белков;
  - б) липидов;
  - в) аминокислот;
  - г) нуклеиновых кислот.
18. Фактором, ограничивающим рост деревьев на болоте, является недостаток:
- а) тепла;
  - б) воды;
  - в) кислорода в почве;
  - г) света.
19. Для вирусов характерны:
- а) рост;
  - б) раздражимость;
  - в) самосборка;
  - г) развитие из споры
20. В синтезе белка НЕ участвует:
- а) фактор элонгации;
  - б) аминоацил-т-РНК;
  - в) и-РНК;
  - г) НАДФ\*Н

## Блок 2. Задачи

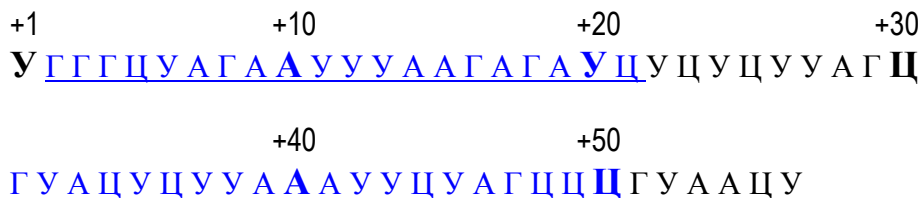
### Задача 1.

В эукариотической клетке важными регуляторами транскрипции генов являются малые интерферирующие РНК (siRNA). Они образуются в том случае, если в клетке появляется двуцепочечная РНК или шпилька РНК с комплементарными участками около 20 пар нуклеотидов. Шпилька может быть совершенной (все нуклеотиды комплементарны друг другу) или несовершенной (когда есть отдельные несовпадения). Предположим, что молекула РНК может «согнуться» и образовать шпильку только в том случае, если между комплементарными участками находится **не менее 6 нуклеотидов** (так называемая петля).



Для удобства решения пронумерованные нуклеотиды  
выделены шрифтом

По представленной последовательности молекулы РНК из 56 нуклеотидов определите, может ли она «свернуться» в шпильку с комплементарной частью ровно 20 нуклеотидов. Если может, то укажите, каким номерам нуклеотидов соответствуют шпилька и петля. Совершенной или несовершенной будет эта шпилька?



### Ответ.

Образование шпильки возможно: участок с +2 по +21 нуклеотид комплементарен участку с +31 по +50 нуклеотид. Она удовлетворяет условию: 20 нуклеотидов длиной. Шпилька совершенная. Петля с +22 по +30 нуклеотиды.

## Задача 2.

Предположим, что за каждый цикл переноса кислорода в эритроците разрушается 1000 молекул гемоглобина. Пользуясь справочными данными, рассчитайте, сколько молекул гемоглобина останется в эритроците к моменту его гибели.

*Справочные данные:*

Число Авогадро.  $6,02 \cdot 10^{23}$

В 1 эритроците 30 пикограмм гемоглобина.

Молекулярный вес гемоглобина 64,5 кД.

Атомарный вес железа 56.

Объем мирового океана = 1370 млн. куб. км

## Решение

Продолжительность жизни эритроцита от 3 до 4 месяцев (90 – 120 суток).

В одном эритроците – 30 пикограмм ( $30 \times 10^{-12}$  г) гемоглобина.

Это соответствует  $30 \times 10^{-12}$  г / 64500 г/моль  $\in$   $4,65 \times 10^{-16}$  моль гемоглобина в одном эритроците.

Теперь рассчитаем число молекул гемоглобина в одном эритроците.

$4,65 \times 10^{-16}$  моль  $\times$   $6,02 \times 10^{23} = 27,99 \times 10^7 \in 2,8 \times 10^8$  молекул гемоглобина.

(280 млн. молекул).

Рассчитаем количество циклов переноса кислорода.

Объем крови у человека приблизительно равен 5 л.

Минутный объем крови также составляет около 5 л. Это означает, что в среднем эритроцит 1 раз в минуту проходит через легкие и большой круг кровообращения (один цикл переноса кислорода).

90 – 120 суток = 2160 – 2880 часов = 129 600 – 172 800 минут

(примерно  $1,3 \cdot 10^5$  –  $1,7 \cdot 10^5$  минут, каждая минута соответствует одному циклу переноса кислорода).

Значит, за время жизни эритроцита разрушится  $1,3 - 1,7 \times 10^5 \times 10^3 = 1,3 - 1,7 \times 10^8$  молекул гемоглобина.

Т.е. к моменту гибели эритроцита в нем останется

от  $(2,8 - 1,7) \times 10^8 = 1,1 \times 10^8$  молекул гемоглобина [минимальная оценка]

до от  $(2,8 - 1,3) \times 10^8 = 1,5 \times 10^8$  молекул гемоглобина [максимальная оценка].

**Ответ. К моменту гибели в эритроците останется  $1,1 \times 10^8$  –  $1,5 \times 10^8$  молекул гемоглобина.**

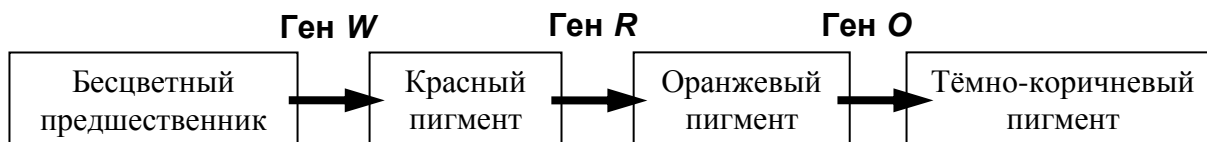
Примечание: Это примерно половина от исходного количества молекул гемоглобина – примерно 140 млн. молекул.

**Примечание для проверяющих.** В задании дано ошибочное значение числа Авогадро –  $9,02 \times 10^{23}$ . Если школьник воспользовался этой величиной, то ответ получится в диапазоне от  $2,7$  до  $3,1 \times 10^8$  молекул

Расхождение начнется с момента оценки числа молекул гемоглобина в одном эритроците:  $4,2 \times 10^8$  молекул гемоглобина!

### Задача 3.

У некоторого вида пчёл синтез пигмента глаза происходит из бесцветного предшественника через красный, и далее – оранжевый продукт. Окончательный цвет глаз – тёмно-коричневый. За каждый из этапов биосинтеза отвечает определённый ген (см. схему).



Кареглазая царица-пчела встретила белоглазого трутня. При этом половина рабочих пчёл оказалась белоглазыми, и лишь 1/8 – кареглазыми. В семье были также рабочие пчёлы с красными и оранжевыми глазами. Известно, что гены  $R$ ,  $O$  и  $W$  расположены на разных хромосомах.

А) Предложите все возможные генотипы родителей в данном скрещивании. Мутантные аллели обозначьте как  $r$ ,  $o$  и  $w$ .

Б) Каким должен быть генотип белоглазого трутня, чтобы при скрещивании с той же царицей красноглазых рабочих пчёл в потомстве не было, а особи с белыми, коричневыми и оранжевыми глазами были представлены в потомстве? Каким при этом будет расщепление среди рабочих пчёл?

В) Предскажите расщепление среди трутней при скрещивании той же царицы с красноглазым самцом.

### Решение:

У пчёл царица и рабочие пчёлы являются диплоидными организмами (два набора хромосом, каждый ген представлен двумя аллелями). Трутни гаплоидны, поскольку они развиваются из неоплодотворенных яиц. У трутней один набор хромосом, и только по одному аллелю каждого гена. Поэтому любая мутация по генам из задачи проявится в фенотипе у трутней.

У белоглазых трутней обязательно должен быть аллель  $w$ .

Гены  $R$  и  $O$  могут быть представлены обоими вариантами аллелей ( $R$  или  $r$ ,  $O$  или  $o$ ).

Таким образом, можно предложить 4 варианта генотипов для белоглазого трутня:

- 1)  $w R O$
- 2)  $w r O$
- 3)  $w R o$
- 4)  $w r o$

Кареглазая царица-пчела несёт хотя бы по одному функциональному аллелю каждого из генов. Таким образом, её генотип  $W- R- O-$ .

Поскольку в скрещивании с белоглазым трутнем половина рабочих оказалась белоглазыми, это означает, что царица гетерозиготна по гену  $W$ :  $Ww R- O-$ .

1/8 часть рабочих пчёл оказались кареглазыми. Если все рассматриваемые гены наследуются независимо, такая низкая частота признака, определяемого сочетанием доминантных аллелей, говорит о высокой гетерозиготности матери. Кроме того, в потомстве появились рабочие особи с красными и оранжевыми глазами. Это было бы невозможно, если бы трутень нёс обе доминантные аллели  $R$  и  $O$ .

Теперь допустим, что кареглазая царица гетерозиготна по всем генам: генотип  $Ww Rr Oo$ , а белоглазый трутень несёт все рецессивные аллели: генотип  $w r o$ .

Расщепление определяется аллелями, представленными у царицы, поскольку после оплодотворения они оказываются на фоне рецессивных аллелей трутня (фактически - анализирующее скрещивание).

Возможные генотипы рабочих при этом будут:

- 1/8  $Ww Rr Oo$  – кареглазые.
- 1/8  $ww Rr Oo$  – белоглазые
- 1/8  $Ww rr Oo$  – красноглазые
- 1/8  $Ww Rr oo$  – с оранжевыми глазами
- 1/8  $Ww rr oo$  – красноглазые
- 1/8  $ww Rr oo$  – белоглазые
- 1/8  $ww rr Oo$  – белоглазые
- 1/8  $ww rr oo$  – белоглазые

Суммируя по фенотипам, получим:

1/8 + 1/8 + 1/8 + 1/8 = 1/2 белоглазые.

1/8 + 1/8 = 1/4 красноглазые.

1/8 с оранжевыми глазами.

1/8 кареглазые.

Это полностью соответствует условию.

Если предположить, что царица гомозиготна хотя бы по одному из генов, разнообразие генотипических классов потомков станет меньше, а доля кареглазых особей увеличится.

Например, если царица  $Ww RR Oo$ , то рабочие в данном скрещивании получатся:

- 1/4  $Ww Rr Oo$  – кареглазые.
- 1/4  $Ww Rr oo$  – с оранжевыми глазами.
- 1/4  $ww Rr Oo$  – белоглазые.
- 1/4  $ww Rr oo$  – белоглазые.

Это не соответствует условию, поскольку доля кареглазых повысилась до 1/4, а фенотипический класс особей с красными глазами исчез.

Если же царица  $Ww Rr OO$ , то рабочие в данном скрещивании получатся:

- 1/4  $Ww Rr Oo$  – кареглазые.
- 1/4  $Ww rr Oo$  – красноглазые.
- 1/4  $ww Rr Oo$  – белоглазые.
- 1/4  $ww rr Oo$  – белоглазые.

Это также не соответствует условию, поскольку доля кареглазых повысилась до 1/4, а фенотипический класс особей с оранжевыми глазами исчез.

Теперь, точно установив генотип царицы, подберем такой генотип для белоглазого трутня, чтобы среди его потомства не оказалось красноглазых рабочих особей.

Очевидно, что в этом случае он должен нести функциональный аллель  $R$ : генотип  $w R o$ .

Тогда получим: **Кареглазая царица  $Ww Rr Oo$  × Белоглазый трутень  $w R o$**

Гаметы	$w R o$
$W R O$	$Ww RR Oo$ – кареглазые
$w R O$	$ww RR Oo$ – белоглазые
$W r O$	$Ww Rr Oo$ – кареглазые
$W R o$	$Ww RR oo$ – с оранжевыми глазами
$W r o$	$Ww Rr oo$ – с оранжевыми глазами
$w R o$	$ww RR oo$ – белоглазые
$w r O$	$ww Rr Oo$ – белоглазые
$w r o$	$ww Rr oo$ – белоглазые

Итого, соотношение рабочих пчёл составит:

1/2 белоглазых ( $ww RR Oo$ ,  $ww RR oo$ ,  $ww Rr Oo$  и  $ww Rr oo$ ).

1/4 с оранжевыми глазами ( $Ww RR oo$  и  $Ww Rr oo$ ).

1/4 кареглазых ( $Ww RR Oo$  и  $Ww Rr Oo$ ).

Поскольку трутни развиваются из неоплодотворённых яиц, расщепление среди трутней следующего поколения не зависит от генотипа встреченного «родительского» трутня. Оно определяется только генотипом царицы. Это похоже на расщепление среди гамет той же царицы (см. решетку Пеннета выше):

1/8  $WR O$  – кареглазые трутни.

1/8  $wR O$  – белоглазые трутни.

1/8  $Wr O$  – красноглазые трутни.

1/8  $WR o$  – с оранжевыми глазами трутни.

1/8  $Wr o$  – красноглазые трутни.

1/8  $wR o$  – белоглазые трутни.

1/8  $wr O$  – белоглазые трутни.

1/8  $wr o$  – белоглазые трутни.

Суммируя по фенотипам, получим:

$1/8 + 1/8 + 1/8 + 1/8 = 1/2$  белоглазые трутни.

$1/8 + 1/8 = 1/4$  красноглазые трутни.

1/8 с оранжевыми глазами трутни.

1/8 кареглазые трутни.

Т.е., расщепление получилось практически таким же, как в условии задачи среди рабочих пчёл.

**Ответ А.**

Кареглазая царица –  $Ww Rr Oo$ .

Белоглазый трутень –  $wr o$ .

**Ответ Б.**

Белоглазый трутень –  $wR o$ .

Расщепление среди рабочих:

**1/2 белоглазых; 1/4 с оранжевыми глазами; 1/4 кареглазых.**

**Ответ В.**

Расщепление среди трутней:

**1/2 белоглазых; 1/4 красноглазых; 1/8 с оранжевыми глазами; 1/8 кареглазых.**