

Южно-Российская олимпиада школьников
«Будущий врач» (биология, 2018 год)
ЗАДАЧА № 5

Вариант 1. Между рецессивными генами гемофилии и дальтонизма расстояние равно 9,8 морганиды, оба гена лежат в X хромосоме. Девушка, отец которой страдает гемофилией и дальтонизмом, а мать здорова и происходит из благополучной по этим аномалиям семьи, выходит замуж за здорового мужчину. Определите вероятности фенотипов детей в этой семье:

- А) с учетом пола
Б) без гендерных различий.
В) дайте теоретическое обоснование решения задачи.

Решение.

Девушка является носителем (гетерозиготой) двух рецессивных аномальных генов – гемофилии и дальтонизма, которые она получила от отца с X-хромосомой, в другой X-хромосоме находятся доминантные аллели, определяющие нормальную свертываемость крови и зрение. У здорового мужчины в X-хромосоме доминантные гены, в Y-хромосоме их нет. Поэтому, с учетом сцепленности и расстояния 9,8 морганид, вычисляем типы и вероятность образования гамет у девушки.

Кроссоверные гаметы: X^{Hd} и X^{hD} 9,8: 2= 4,9, по 4,9% каждого сорта.

Некроссоверные гаметы X^{HD} и X^{hd} (100-9,8): 2=45,1, по 45,1% каждого сорта.

Мужчина образует 2 типа гамет X^{HD} и Y

В этой семье сыновья получают от отца Y-хромосому, в которой нет аномальных генов, и вероятность фенотипов сыновей будет такая же, как и вероятность типов гамет, образующихся у матери:

Решение задачи:

$$P: \begin{array}{l} \text{♀ } X^{HD} X^{hd} \\ \text{♂ } X^{HD} Y \end{array} \times$$

$$G: \begin{array}{l} X^{Hd} \quad X^{hD} \quad X^{HD} \quad X^{hd} \quad X^{HD} \quad Y \end{array}$$

♀ \ ♂	X^{HD} (45,1%)	X^{hd} (45,1%)	X^{Hd} (4,9%)	X^{hD} (4,9%)
X^{HD} (50%)	$X^{HD} X^{HD}$	$X^{HD} X^{hd}$	$X^{HD} X^{Hd}$	$X^{HD} X^{hD}$
Y (50%)	$X^{HD} Y$	$X^{hd} Y$	$X^{Hd} Y$	$X^{hD} Y$

$$F_1: \begin{array}{l} \text{♂ } X^{HD} Y \quad X^{hd} Y \quad X^{hD} Y \quad X^{Hd} Y \\ \text{♀ } X^{HD} X^{HD} \quad X^{HD} X^{hd} \quad X^{HD} X^{Hd} \quad X^{HD} X^{hD} \end{array}$$

Южно-Российская олимпиада школьников
«Будущий врач» (биология, 2018 год)
ЗАДАЧА № 5

Фенотипическое проявление признаков возможно только у мальчиков

Процентное соотношение проявления признаков у мальчиков

$\overset{HD}{X} \overset{hd}{Y}$ - 45,1% здоровых, $\overset{hd}{X} \overset{hd}{Y}$ 45,1% гемофиликов и дальтоники одновременно,
 $X^{HD}Y$ 4,9% только гемофиликов, $X^{hd}Y$ 4,9% только дальтоники

Девочки - носители признаков и фенотипически здоровы, их генотипы :

$X^{HD}X^{HD}$, $X^{HD}X^{hd}$, $X^{hd}X^{HD}$, $X^{hd}X^{hd}$

По условию задачи необходимо найти вероятность фенотипов детей без различия полов.

Вероятность рождения девочек 0,5

Вероятность рождения мальчиков тоже 0,5.

Поэтому вычисленное соотношение среди мальчиков необходимо умножить на 0,5.

Получим 22,55% здоровых, 22,55% гемофиликов-дальтоники, 2,45% гемофиликов, 2,45% дальтоники.

Окончательную вероятность фенотипов детей в этой семье определяем путем сложения процентов здоровых мальчиков и здоровых девочек, получаем

72,55% здоровых, 22,55% гемофиликов-дальтоники ,
2,45% гемофиликов и 2,45% дальтоники.

Южно-Российская олимпиада школьников
«Будущий врач» (биология, 2018 год)
ЗАДАЧА № 5

Вариант 2. При скрещивании двух форм индийского дубового шелкопряда, у одной из которых окраска гусениц была желтая, а у другой – миндалевидная, гибридные гусеницы были зеленые. Во втором поколении произошло расщепление: 27 зеленых, 21 желтых, 9 голубых, 7 миндалевидных.

А) Объясните появление 4 фенотипических групп во втором поколении

Б) Определите сочетание аллелей, определяющих окраску гусениц.

В) Определите возможные генотипы родителей, дающих поколение зеленых гусениц, напишите схемы скрещивания.

Г) Дайте теоретическое обоснование решения задачи.

Решение.

Общее количество потомков 2-го поколения гибридов равно 64 и четыре фенотипические группы указывает на то, что исходные родительские организмы различались по трем парам альтернативных признаков окраски гусениц. Это характерно для тригибридного скрещивания ($4^3 = 64$).

по решетке Пеннета имеем следующую формулу расщепления по фенотипу: **24/64 ABC;**
9/64 ABc; 9/64 AbC; 9/64 aBC;
3/64 Авс; 3/64 аВс; 3/64 авС; 1/64 авс

- зеленая окраска определяется наличием в генотипе всех 3 доминантных генов.
- желтая окраска – наличием двух любых доминантных генов,
- миндалевидная – наличием двух любых рецессивных генов.
- Голубая окраска – определяется тремя рецессивными аллелями

Критерии оценивания: Определен тип скрещивания и установлены сочетания гамет, определяющие фенотип 15 баллов. В решении данной части задачи ошибки не допускаются,

В этом случае возможны 2 варианта сочетания аллелей у родительских форм, скрещивание которых приводит к появлению потомков с зелеными гусеницами

Схема скрещивания 1 .

P ₁	AABVcc	x	aaVVCC
	Желтые гусеницы		Миндалевидные гусеницы
G:	ABc		abC
F ₁	AaBvCc		
	Зеленые гусеницы		

Схема скрещивания 2

P ₁ :	AAvvCC	x	aaBVcc
	Желтые гусеницы		Миндалевидные гусеницы
G:	AbC		aBc
F ₁	AaBvCc		
	Зеленые гусеницы		

P ₂	AaBvCc	x	AaBvCc
G:	ABC ABc AbC Abc		ABC ABc AbC Abc
	aBC aBc abC abc		aBC aBc abC abc
F ₂	27/64 зеленые, 21/64 желтые, 9/64 голубые, 7/64 миндалевидн.		

Южно-Российская олимпиада школьников
«Будущий врач» (биология, 2018 год)
ЗАДАЧА № 5

Вариант 3. У одного из видов рыб-меченосцев (*Xiphophorus maculatus*) обнаружено три варианта половых хромосом: X, Y и W. Активные гены, определяющие мужской пол в развитии, находятся на Y-хромосоме. При этом на хромосоме W есть гены-супрессоры мужского развития, а на X-хромосоме таких генов-супрессоров нет. Гомогаметные особи по любой из половых хромосом жизнеспособны.

А. Приведите варианты всех возможных генотипов и укажите, какие из генотипов будут определять развитие мужских, а какие – женских особей.

Б. В аквариуме плавают 2 рыбы с генотипами YW и XY соответственно. После выметывания и оплодотворения икринок, родительские особи были отсажены в другой аквариум. Каким будет соотношение самцов и самок среди выросших мальков первого поколения?

В. Рассчитайте соотношение по генотипам и по полу в популяции рыб второго поколения, при условии, что особи первого поколения свободно скрещиваются друг с другом.

Дайте теоретическое обоснование решения задачи.

Решение:

А. Возможны следующие сочетания половых хромосом: **XX, XY, XW, YY, YW, WW.**

Во всех случаях, когда присутствует W-хромосома, мужское развитие подавляется генами-супрессорами, и будет развиваться женская особь. Это генотипы XW, YW, WW.

Кроме того, у особей XX нет генов, отвечающих за развитие мужского организма. Они также будут самками. Оставшиеся два генотипа (XY и YY) будут соответствовать мужским особям.

Ответ: самки – XX, XW, YW, WW; самцы – XY, YY.

Б. Из части А задачи следует, что XY – это меченосец-самец, а YW – самка.

Р: Р: ♀ YW x ♂ XY
G : Y W X Y

F1: XY (♂); XW (♀); YY (♂) YW (♀).

Таким образом, в первом поколении будет 50% самцов (25% с генотипом XY и 25% с генотипом YY) и 50% самок (25% с генотипом XW и 25% с генотипом YW).

соотношение полов: 50% самок; 50% самцов (или 1 : 1).

Критерии оценивания: правильно указаны генотипы родителей, гаметы, определено соотношение полов 1 поколения – 10 баллов. Не указаны генотипы родителей, или гаметы, - 0 баллов

В. Для определения генотипов потомков второго поколения воспользуемся решеткой Пеннета, объединив в ней все варианты скрещиваний.

гаметы ♂► ▼♀		самцы XY		самцы YY	
		X	Y	Y	Y
самки XW	X	XX (самки)	XY (самцы)	XY (самцы)	XY (самцы)
	W	XW (самки)	YW (самки)	YW (самки)	YW (самки)
самки YW	Y	XY (самцы)	YY (самцы)	YY (самцы)	YY (самцы)
	W	XW (самки)	YW (самки)	YW (самки)	YW (самки)

Везде, где от матери досталась W-хромосома, потомки окажутся женскими особями (8 вариантов сочетаний). Кроме того, XX-особи также будут самками (1 вариант сочетаний).

Южно-Российская олимпиада школьников
«Будущий врач» (биология, 2018 год)
ЗАДАЧА № 5

В остальных случаях у потомков будет активная Y-хромосома, которая определит развитие самцов (7 вариантов сочетаний).

Таким образом, соотношение по полу во втором поколении будет 9/16 самок к 7/16 самцов.

Ответ: во втором поколении соотношение будет 9/16 (56,25%) самок к 7/16 (43,75%) самцов

Южно-Российская олимпиада школьников
«Будущий врач» (биология, 2018 год)
ЗАДАЧА № 5

Вариант 4. Сирл в 1949 г. нашел, что среди 691 кошки, получавших лечение в 1947 г. в трёх ветеринарных лечебницах Лондона, частота рыжих, черепаховых и других мастей была следующей :

кошки – 277 нерыжие, 54 черепаховые, 7 рыжие;

коты – 311 нерыжие, 42 рыжие.

Определите частоты аллелей b (рыжие) и B (нерыжие) в Лондонской популяции кошек в 1947 году. Дайте теоретическое обоснование решения задачи.

Решение.

Поскольку расщепление среди кошек и котов различно, то можно сделать вывод, что ген окраски шерсти находится в X-хромосоме (сцеплен с полом).

Общее количество обследованных кошек -338 (277+54+7) ,

а котов-353 (311+42)

Так как у кошек 2 X-хромосомы, то каждая кошка содержит по два аллеля гена окраски шерсти.

У котов одна X-хромосома, поэтому они имеют по одному аллелю этого гена.

Таким образом, общее число аллелей в обследованной популяции равнялось

$(338 \times 2) + 353 = 1029$.

Черепаховая окраска характерна для гетерозигот, поэтому встречается только у кошек. Коты по сцепленным с полом генам не могут быть гетерозиготными, т.к. у них одна X-хромосома.

Следовательно, черепаховые кошки(Bb) имели 54 аллеля b ,

рыжие кошки – $(7 \times 2) = 14$ аллелей b и

рыжие коты 42 аллеля, т.е.

все обследованные животные имели **$54 + 14 + 42 = 110$ аллелей b ,**

Это составляет **$110 / 1029 \times 100 = 10,7\%$ от общего числа аллелей.**

Частота доминантного аллеля B соответственно составила

$100 - 10,7 = 89,3\%$.

Используя обозначения, принятые для формулы Харди-Вайнберга, эти частоты могут быть представлены в таком виде:

$$pB = 0,893; qb = 0,107.$$

Вычисленные частоты можно проверить, определив ожидаемое распределение генотипов среди кошек по формуле Харди-Вайнберга. Распределение среди котов по этой формуле нельзя рассчитывать, т.к. коты не могут быть гетерозиготными по данному гену.

Ожидаемые частоты генотипов кошек:

$$p^2BB + 2pqBb + q^2bb = 338 \times [0,893^2 + 2(0,893 \times 0,107) + 0,107^2] = 269,5 + 64,6 + 3,9$$

или округленно 269 нерыжих, 65 черепаховых и 4 рыжих. В общем отклонения небольшие, что может быть вызвано случайными причинами.