

Генетическое определение пола

Варианты определения пола

- Еще Мендель обратил внимание на то, что соотношение 1:1 по половой принадлежности напоминает расщепление, которое получается при анализирующем скрещивании, если исследуемая особь имела гетерозиготный генотип ($Aa \times aa$). Логично было предположить, что один пол гетерозиготен, а второй гомозиготен по гену, который определяет пол организма. Но все оказалось гораздо сложнее.
- Однако, существуют некоторые виды покрытосеменных растений, у которых пол действительно определяется одним геном, который наследуется по законам Менделя.
- У растения, известного, как «бешеный огурец», серия множественных аллелей определяет пол цветков: a^M – мужской пол, a^J – женский пол, a^G - обоеполые цветки, способные к самоопылению ($a^M > a^G > a^J$).
- Таким образом, пол растения зависит от одного гена.



Варианты определения пола

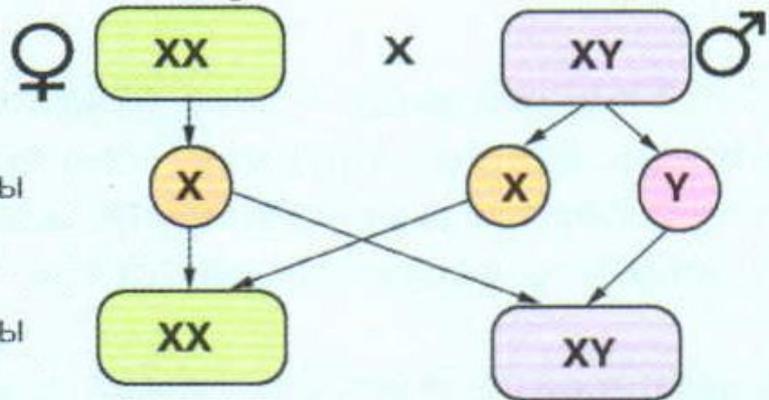
- **1.** При помощи одного гена (бешеный огурец).
- **2.** До оплодотворения в зависимости от величины яиц (коловратки, тли).
- **3.** После оплодотворения (у морского кольчатого червя *Bonellia viridis*, крокодила) в зависимости от условий среды.
- **4.** В зависимости от факта оплодотворения (пчелы, муравьи - особи женского пола развиваются из диплоидных оплодотворенных яйцеклеток, а мужские особи из неоплодотворенных (партеногенез)).
- **5.** У большинства живых организмов пол формируется в момент оплодотворения и зависит от баланса хромосом. Это **хромосомное определение** пола.



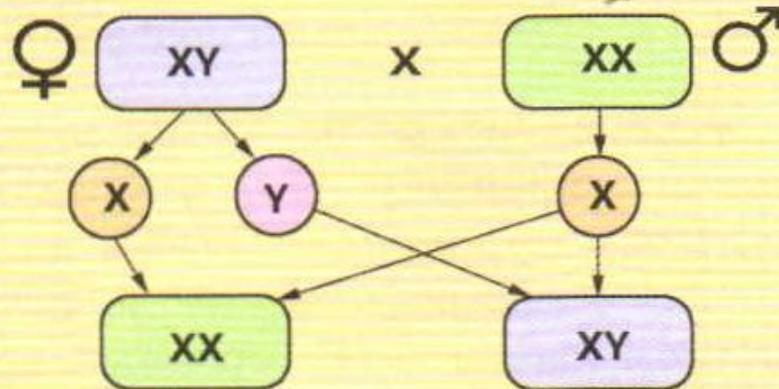
- До оплодотворения в зависимости от величины яиц (коловратки, тли) определение пола происходит еще до оплодотворения в процессе созревания яйцеклеток. У этих организмов развиваются два сорта яйцеклеток: крупные и мелкие. В дальнейшем из крупных яйцеклеток появляются самки, а из мелких — самцы. Такое определение пола называют **прогамным** (т. е. перед оплодотворением до слияния гамет). Самцы и самки бонеллии имеют одинаковый генотип. У самки значительно крупнее, с раздвоенным хоботком ведут сидячий образ жизни, самцы — микроскопические. Пол личинки зависит от условий, в которые она попадает после окончания периода свободного плавания. Если она, оседая на дно, попадает на тело взрослой самки, из нее под действием химических веществ, выделяемых самкой, сформируется самец. Он мигрирует в половые пути самки, где и продолжает свое существование в качестве микроскопического паразита. Если же рядом не окажется взрослой половозрелой особи, то сформируется самка.



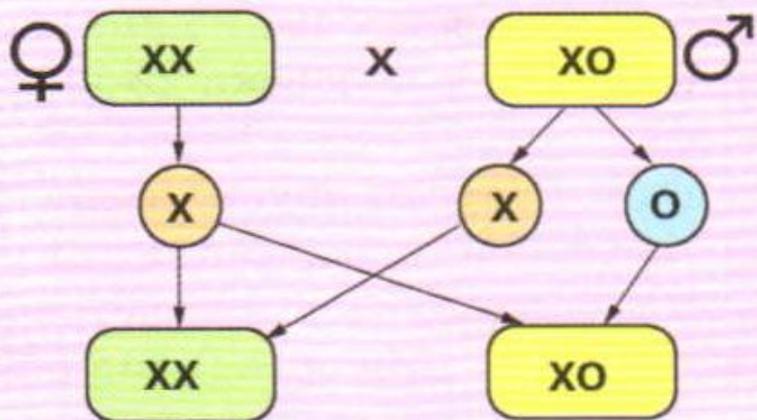
Человек



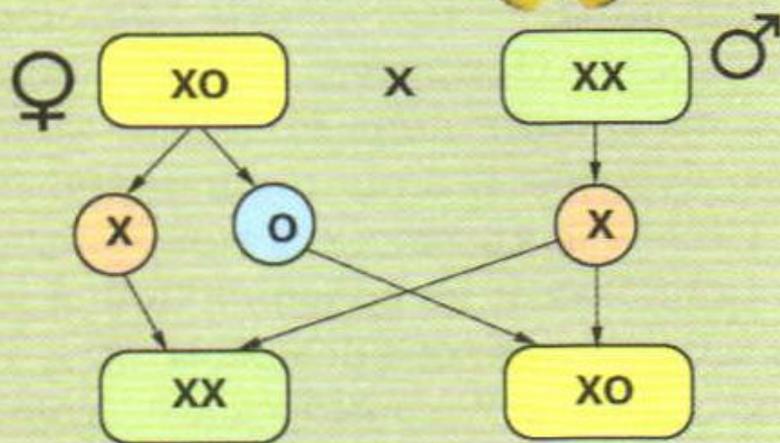
Птица



Кузнечик



Бабочка



Хромосомное определение пола

- **1. XY - тип.** У мухи-дрозофилы и некоторых других насекомых, ракообразных, земноводных, рыб, млекопитающих и растений гетерогаметный пол – мужской, а гомогаметный – женский.
- **2. ZW – тип.** У птиц, пресмыкающихся и некоторых насекомых (чешуекрылые) женский пол – гетерогаметен (ZW), а мужской – гомогаметен (ZZ).
- **3. XO – тип.** У некоторых мух, клопов, жуков, пауков и кузнечиков у самцов только одна половая хромосома (XO), самки гомогаметны (XX).
- **4. ZO – тип.** У моли, наоборот, самцы гомогаметны (ZZ), а самки имеют только одну половую хромосому (ZO).
- **5. $2n - 1n$ – тип.** У пчел и муравьев самки диплоидны, самцы гаплоидны.

ТИПЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛА

Группы организмов	Определение пола		
	Женский	Мужской	Тип
Некоторые отряды насекомых (мухи и др.)	XX	XO	XO (мужск.)
Некоторые отряды насекомых, млекопитающих (в том числе человек), большинство рыб, растений	XX	XY	XY (мужск.)
Бабочки, птицы, пресмыкающиеся, некоторые виды растений	ZW	ZZ	ZW (женск.)
Некоторые виды насекомых (например, моль)	ZO	ZZ	ZO (женск.)
Перепончатокрылые (пчелы и др.)	2n	n	n-2n (и мужск. и женск.)

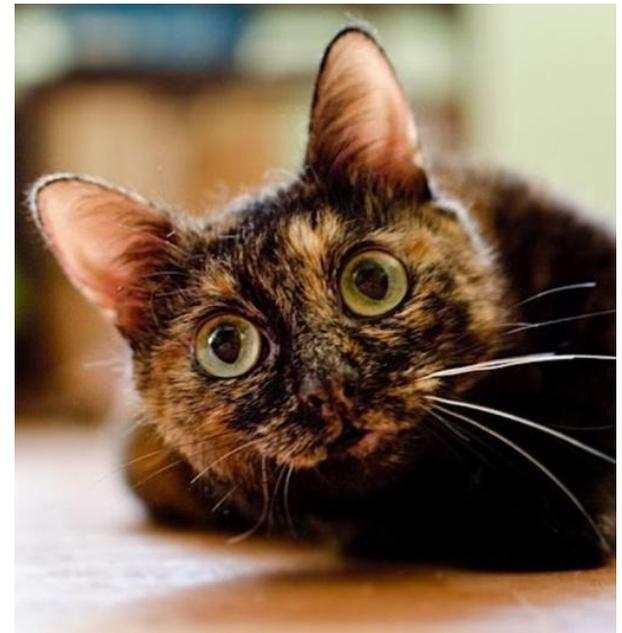
Наследование признаков, сцепленных с полом

Сцепленное наследование генов

- Х и Y – хромосомы несут не только гены, отвечающие за формирование половых признаков, но и других - соматических признаков.
- Признаки, за развитие которых отвечают гены, расположенные в половых хромосомах, называются сцепленными с полом.
- Особенно много таких генов в X-хромосоме. По сравнению с ней Y-хромосома генетически инертна, иногда других признаков она вообще не несет.
- Гетерогаметный организм XY – мужской – имеет сцепленные с полом гены в единственном экземпляре – либо в X-хромосоме, либо в Y-хромосоме (в отличие от аутосом, где каждый ген представлен парой – по одному в каждой из гомологичных хромосом).

Сцепленное наследование генов

- У кошек гены, отвечающие за рыжую и черную окраску шерсти расположены только в X-хромосоме.
- X^c – черная окраска;
- X^p – рыжая окраска;
- Гомозиготная кошка может быть рыжей ($X^p X^p$) или черной ($X^c X^c$), гетерозиготная - несущая в своих X-хромосомах оба эти гена ($X^c X^p$), имеет т.н. «черепаховый» окрас.
- Коты же могут быть или рыжими ($X^p Y$) или черными ($X^c Y$), т.к. несут в кариотипе только одну X-хромосому, а Y-хромосома этого гена не имеет.



Сцепленное наследование генов

- У мухи-дрозофилы X-хромосома несет 1/5 часть всего генетического материала, и с полом у нее связано много признаков: размеры и цвет тела, размеры, форма, цвет глаз и другие. У мыши, напротив, известно мало связанных с полом признаков.
- У человека найдено около **150** признаков, сцепленных с полом (цветовое зрение и его аномалию - дальтонизм, атрофия зрительного нерва, темная эмаль зубов, гемофилия – в X-хромосоме, Y-хромосома несет гены, определяющие величину зубов, наличие волос на ушной раковине, ихтиоз, наличие перепонки между 2 и 3 пальцами ног и другие).



Одна из наследственных аномалий у человека, сцепленная с полом, – **дальтонизм**.

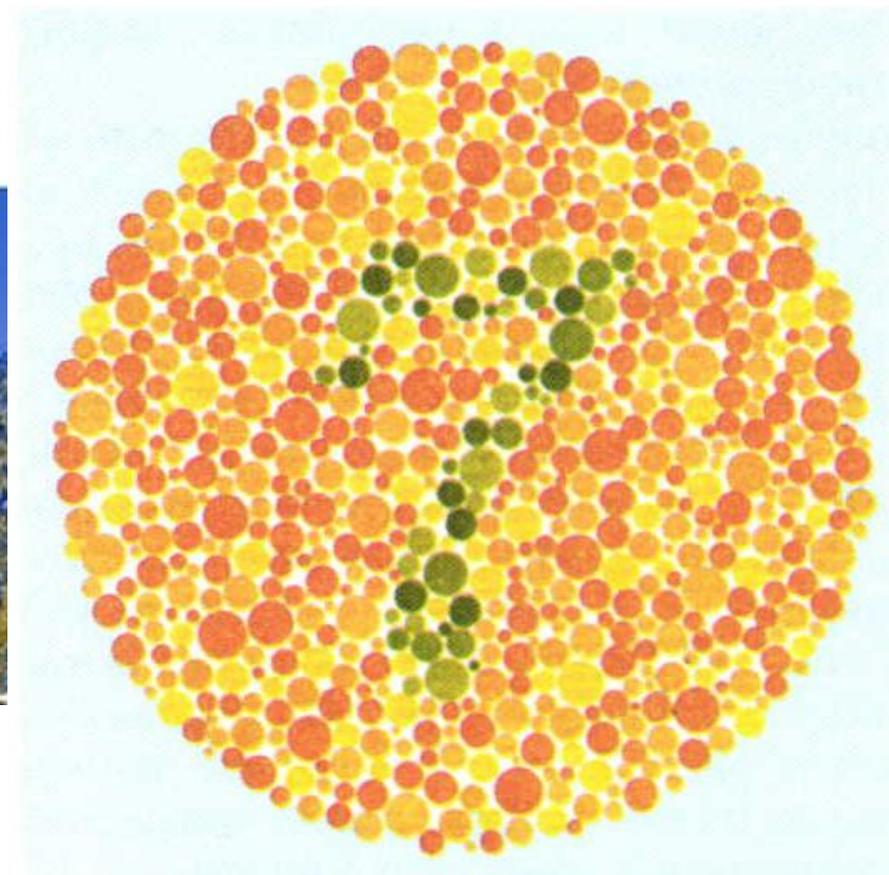


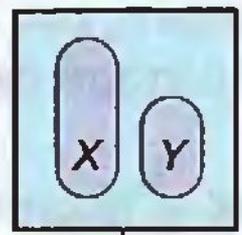
Рис. 200. Цветная таблица для тестирования дальтонизма (дальтоник не видит цифру на рисунке)

- Желтый и синий цвета дальтоники различают, но красный и зеленый им кажутся одинаковыми.

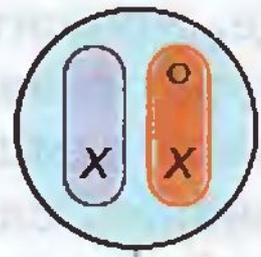
Сцепленное наследование генов

- Ген, отвечающий за цветное зрение, находится в X-хромосоме, в Y-хромосоме его нет. Ген дальтонизма является рецессивным, и, как правило, заболеванием этим страдают только мужчины. Мужчина имеет генотип XY, ген дальтонизма находится в X-хромосоме, а поскольку Y-хромосома не несет аллельного гена, то заболевание проявляется в отсутствие доминантного гена.
- В этом случае становится ясным, что ген дальтонизма мужчина получает от своей матери, у которой, как правило, фенотипически болезнь не выражена.
- Женщина называется носителем гена. Половина сыновей женщины-носителя являются дальтониками, все ее дочери здоровы. У женщин дальтонизм встречается реже: в том случае, если она дочь дальтоника-мужчины и носителя-женщины.

P

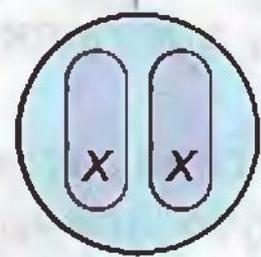


Здоровый
мужчина

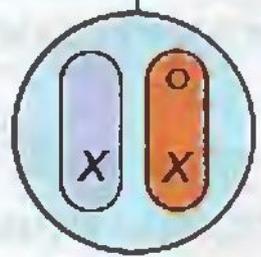


Женщина — носительница
гена гемофилии

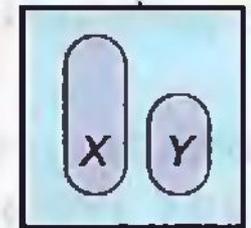
F₁



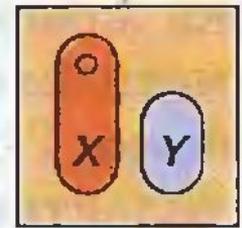
Здоровая
женщина



Женщина — носительница
гена гемофилии



Здоровый
мужчина



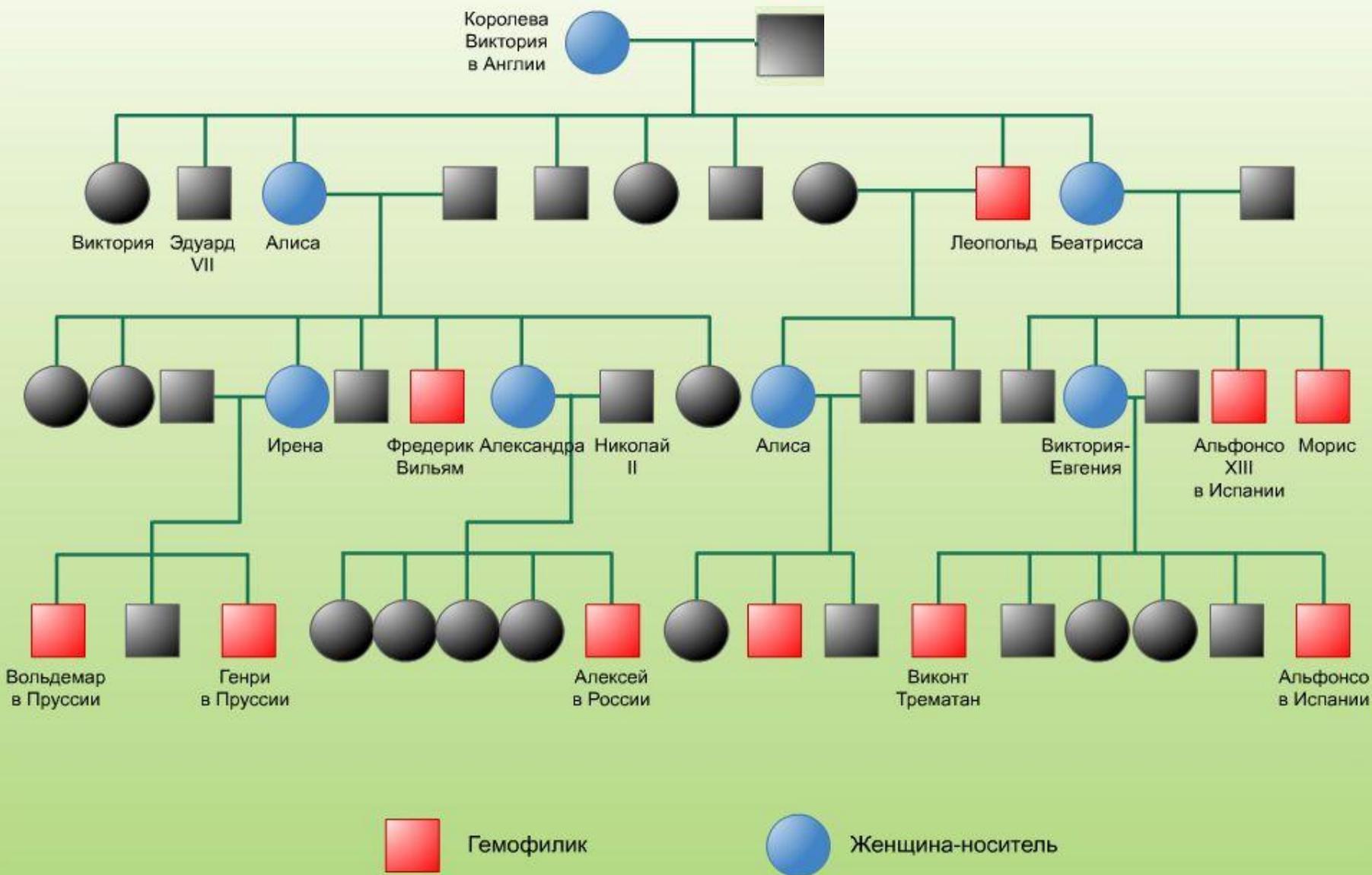
Мужчина, больной
гемофилией



— X-хромосома с геном,
приводящим к гемофилии



— X-хромосома с нормальным
геном свертываемости крови



Наследование гемофилии на примере генеалогического дерева королевской династии в Англии.

Задача 1

- Отсутствие потовых желез у человека наследуется как рецессивный признак (а), сцепленный с X-хромосомой. В семье муж и жена здоровы, а отец жены был лишен потовых желез.
- Составьте схему решения задачи, определите генотипы мужа и жены, возможного потомства, пол и вероятность рождения детей, обладающих этим признаком.

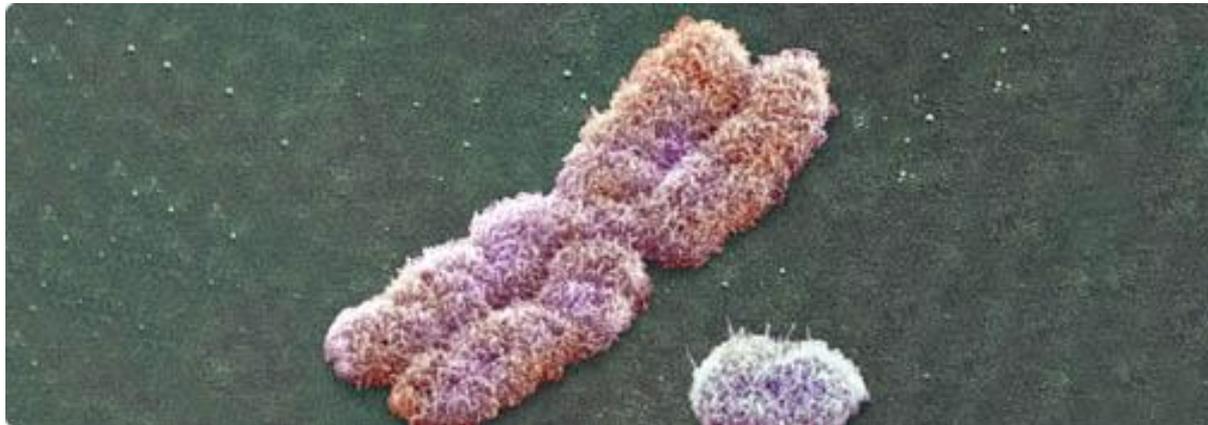


Задача 2

- У человека болезнь мышечная дистрофия (рецессивный признак) связана с X-хромосомой. Здоровая женщина, отец которой страдал мышечной дистрофией, и здоровый мужчина вступили в брак. Каким будет потомство?

Задача 3

- У мужчины-дальтоника и здоровой женщины родился сын-дальтоник. Правильно ли утверждать, что этот признак мальчик унаследовал от отца?
- Мужчина-дальтоник вступает в брак с нормальной женщиной, отец которой был дальтоником. Какова вероятность рождения в этой семье здорового мальчика? Девочки-дальтоника?



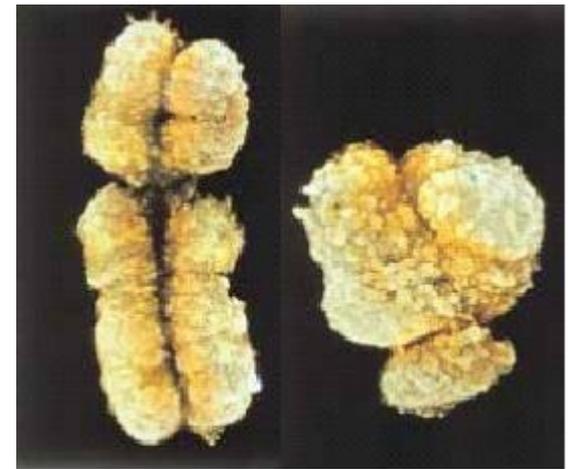
Задача 4

- Гены «зеленой слепоты» и «красной слепоты» у человека сцеплены с X-хромосомой и расположены на расстоянии, например, 12 морганид. Оба гена рецессивны по отношению к генам нормального зрения. Какое потомство и в каком соотношении можно ожидать, если в брак вступят здоровый по зрению мужчина и нормальная по обоим признакам женщина? Известно, что мать женщины страдала «зеленой слепотой», а ее отец – «красной слепотой».

- Все девочки – здоровы, мальчики в 22% случаев будут страдать либо «красной», либо «зеленой» слепотой, 3% мальчиков будут здоровы, 3% будут страдать обеими аномалиями.

Задача 5

- У мужчины, больного гемофилией, и здоровой женщины родились здоровые дети: дочь и трое сыновей. Дочь вышла замуж за здорового мужчину. Какова вероятность рождения у них сына, больного гемофилией?



Микрофотография X-хромосомы (слева) и Y хромосомы (справа).

Задача 6

- От черной кошки родились один черепаховый и несколько черных котят. Определите фенотип и генотип кота и пол черепахового и черных котят.

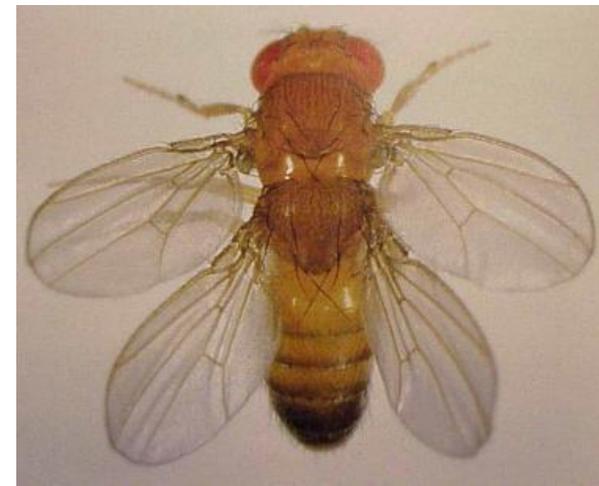






Задача 7

- У дрозофил признак цвета глаз сцеплен с X-хромосомой. От пары мух получено потомство: все самки красноглазые, все самцы белоглазые. Какой цвет глаз доминирует, и каковы генотипы родительской пары?



Задача 8

- У человека классическая гемофилия наследуется как сцепленный с X-хромосомой рецессивный признак. Альбинизм обусловлен аутосомным рецессивным геном. У одной супружеской пары, нормальной по обоим признакам, родился сын с обеими аномалиями. Какова вероятность того, что у второго сына в этой семье проявятся также обе аномалии?

Задача 9

- При скрещивании белых кур с полосатыми петухами получили полосатых курочек и петушков. При скрещивании этого потомства между собой было получено 594 полосатых петушка и 607 полосатых и белых курочек. Объясните полученные результаты.

Задача 9

- При скрещивании белых кур с полосатыми петухами получили полосатых курочек и петушков. При скрещивании этого потомства между собой было получено 594 полосатых петушка и 607 полосатых и белых курочек. Объясните полученные результаты.
- * Справка: у птиц женский пол – гетерогаметен (ZW), а мужской – гомогаметен (ZZ).

Задача 10

119. У азиатской щучки (*Aplocheilus*) коричневая окраска определяется геном В, а голубая — в. Ген В может находиться в X- и Y-хромосомах, а его аллель никогда не встречается в Y-хромосоме. Если скрещивается голубая самка с гомозиготным коричневым самцом, то какое потомство будет в F_1 и F_2 ? Самки у этой аквариумной рыбки являются гомогаметным полом.



Задача 11

- У канареек наличие хохолка — аутосомный ген, ген окраски оперения сцеплен с X-хромосомой. Гетерогаметным у птиц является женский пол.
- Хохлатую коричневую самку канарейки скрестили с хохлатым (А) зелёным (В) самцом, в результате получилось потомство: хохлатые коричневые самцы, коричневые самцы без хохолка, хохлатые зелёные самки, коричневые самки без хохолка. Получившихся коричневых самцов без хохолка скрестили с получившимися гетерозиготными хохлатыми зелёными самками. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родительских особей, генотипы и фенотипы потомства. Какие законы наследственности проявляются в данном случае? Ответ обоснуйте.

Задача 12

- При скрещивании растения кукурузы с гладкими окрашенными семенами и растения с морщинистыми неокрашенными семенами все гибриды первого поколения имели гладкие окрашенные семена. От анализирующего скрещивания гибридов F_1 получено: 3800 растений с гладкими окрашенными семенами; 150 — с морщинистыми окрашенными; 4010 — с морщинистыми неокрашенными; 149 — с гладкими неокрашенными. Определите генотипы родителей и потомства, полученного в результате первого и анализирующего скрещиваний. Составьте схему решения задачи. Объясните формирование четырёх фенотипических групп в анализирующем скрещивании.

Задача 13

- Скрестили низкорослые (карликовые) растения томата с ребристыми плодами и растения нормальной высоты с гладкими плодами. В потомстве были получены две фенотипические группы растений: низкорослые с гладкими плодами и нормальной высоты с гладкими плодами. При скрещивании низкорослых растений томата с ребристыми плодами с растениями, имеющими нормальную высоту стебля и ребристые плоды, всё потомство имело нормальную высоту стебля и ребристые плоды. Составьте схемы скрещиваний. Определите генотипы родителей и потомства растений томата в двух скрещиваниях. Какой закон наследственности проявляется в данном случае?

Задача 14

- При скрещивании гомозиготной пёстрой хохлатой (В) курицы с таким же по генотипу петухом было получено восемь цыплят: четыре цыплёнка пёстрых хохлатых, два белых (а) хохлатых и два чёрных хохлатых. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и потомства, объясните характер наследования признаков и появление особей с пёстрой окраской. Какие законы наследственности проявляются в данном случае?

Задача 15

- У человека ген нормального слуха (В) доминирует над геном глухоты и находится в аутосоме; ген цветовой слепоты (дальтонизма — d) рецессивный и сцеплен с X-хромосомой. В семье, где мать страдала глухотой, но имела нормальное цветовое зрение, а отец — с нормальным слухом (гомозиготен) и дальтоник, родилась девочка-дальтоник с нормальным слухом. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, дочери, возможные генотипы детей и вероятность в будущем рождения в этой семье детей-дальтоников с нормальным слухом и глухих.

Задача 16

- У мужа и жены нормальное зрение, несмотря на то что отцы обоих супругов страдают цветовой слепотой (дальтонизмом). Ген дальтонизма рецессивен и сцеплен с X-хромосомой (X^d). Определите генотипы мужа и жены. Составьте схему решения задачи. Какова вероятность рождения у них сына с нормальным зрением, дочери с нормальным зрением, сына-дальтоника, дочери-дальтоника?

Задача 17

- Скрестили дигетерозиготных самцов мух дрозофил с серым телом и нормальными крыльями (признаки доминантные) с самками с чёрным телом и укороченными крыльями (рецессивные признаки). Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, а также возможные генотипы и фенотипы потомства F_1 , если доминантные и рецессивные гены данных признаков попарно сцеплены, а кроссинговера при образовании половых клеток не происходит. Объясните полученные результаты.

Задача 18

- У кур встречается сцепленный с полом летальный ген (а), вызывающий гибель эмбрионов, гетерозиготы по этому гену жизнеспособны. Скрестили нормальную курицу с гетерозиготным по этому гену петухом (у птиц гетерогаметный пол — женский). Составьте схему решения задачи, определите генотипы родителей, пол и генотип возможного потомства и вероятность гибели эмбрионов.

Задача 19

- У человека наследование альбинизма не сцеплено с полом (A — наличие меланина в клетках кожи, a — отсутствие меланина в клетках кожи — альбинизм), а гемофилии — сцеплено с полом (X^H — нормальная свёртываемость крови, X^h — гемофилия). Определите генотипы родителей, а также возможные генотипы, пол и фенотипы детей от брака дигомозиготной нормальной по обоим аллелям женщины и мужчины-альбиноса, больного гемофилией. Составьте схему решения задачи.

Задача 20

- В семье, где родители имеют нормальное цветовое зрение, сын — дальтоник. Гены нормального цветового зрения (D) и дальтонизма (d) располагаются в X-хромосоме. Определите генотипы родителей, сына-дальтоника, пол и вероятность рождения детей — носителей гена дальтонизма. Составьте схему решения задачи.

Задача 21

- От скрещивания белоглазых самцов дрозофилы с красноглазыми самками в первом поколении все потомство красноглазое. Признак сцеплен с полом. Какое расщепление следует ожидать в следующем поколении?



- **Домашнее задание § 35**