

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

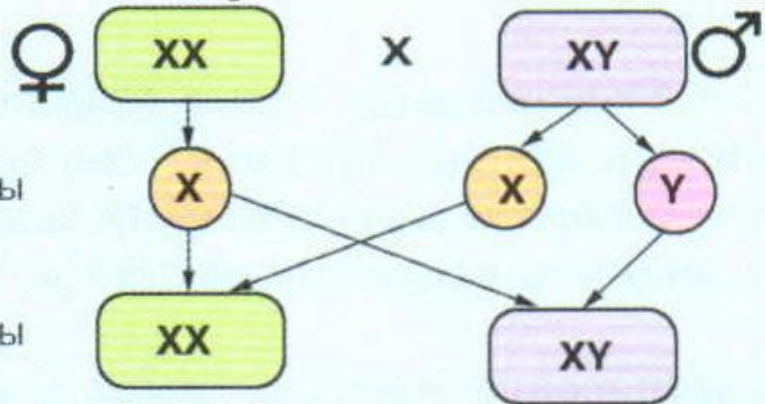
- **1.** При помощи одного гена (бешеный огурец).
- **2.** До оплодотворения в зависимости от величины яиц (коловратки, тли).
- **3.** После оплодотворения (у морского кольчатого червя *Bonellia viridis*, крокодила) в зависимости от условий среды.
- **4.** В зависимости от факта оплодотворения (пчелы, 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.



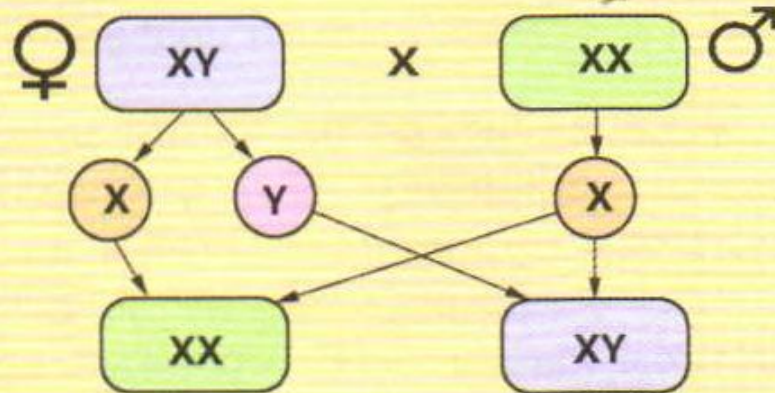
- До оплодотворения в зависимости от величины яиц (коловратки, тли) определение пола происходит еще до оплодотворения в процессе созревания яйцеклеток. У этих организмов развиваются два сорта яйцеклеток: крупные и мелкие. В дальнейшем из крупных яйцеклеток появляются самки, а из мелких — самцы. Такое 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.



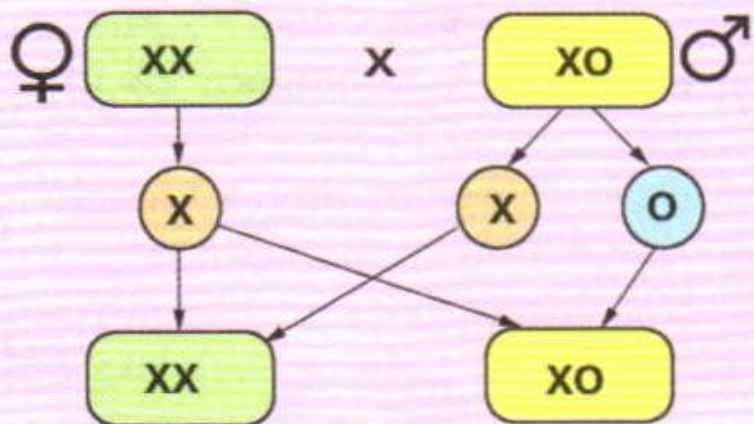
Человек



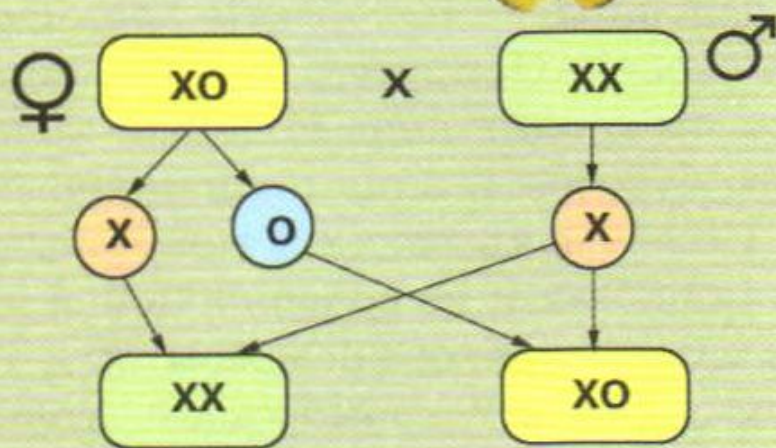
Птица



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.) |

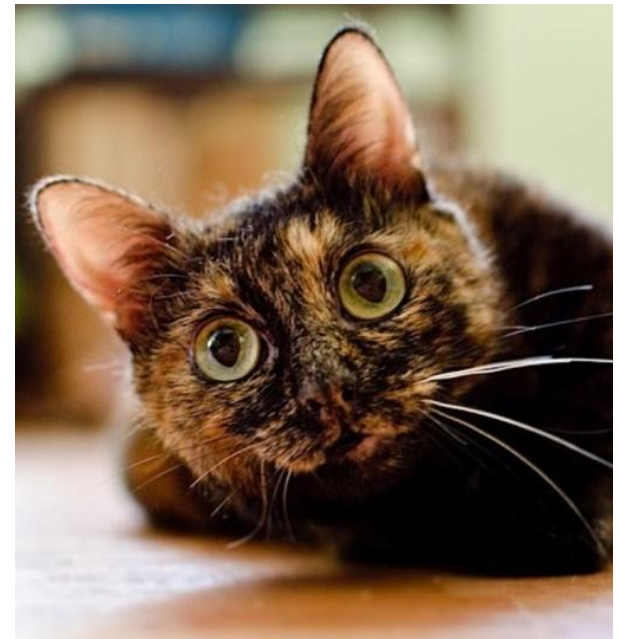
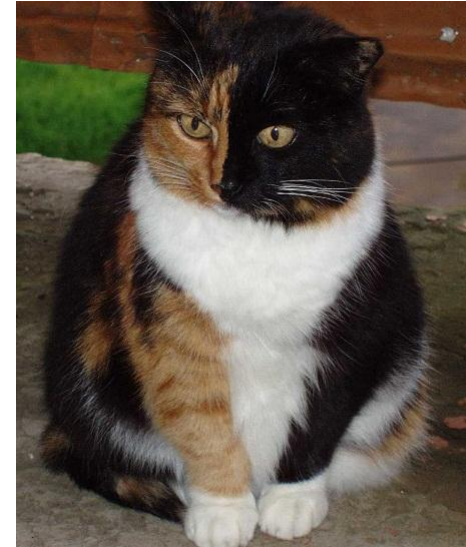
Наследование признаков, сцепленных с полом

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**.

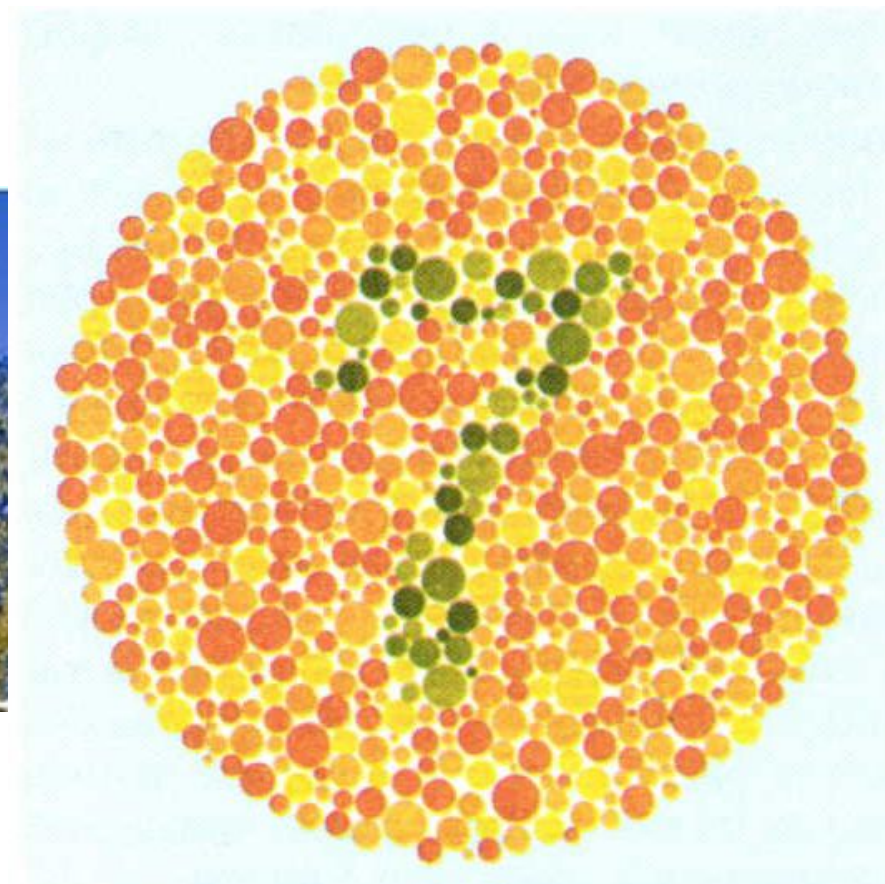


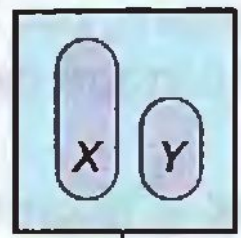
Рис. 200. Цветная таблица для тестирования дальтонизма (дальтоник не видит цифру на рисунке)

- 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

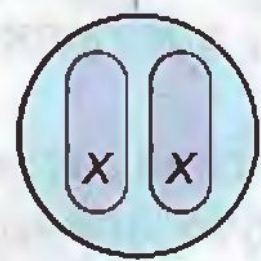


Здоровый
мужчина

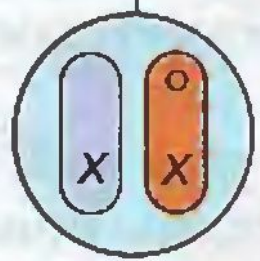


Женщина — носительница
гена гемофилии

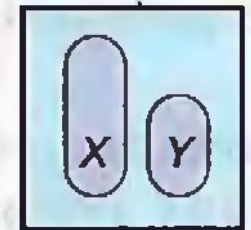
F₁



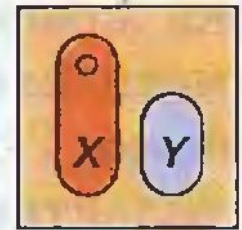
Здоровая
женщина



Женщина — носительница
гена гемофилии



Здоровый
мужчина



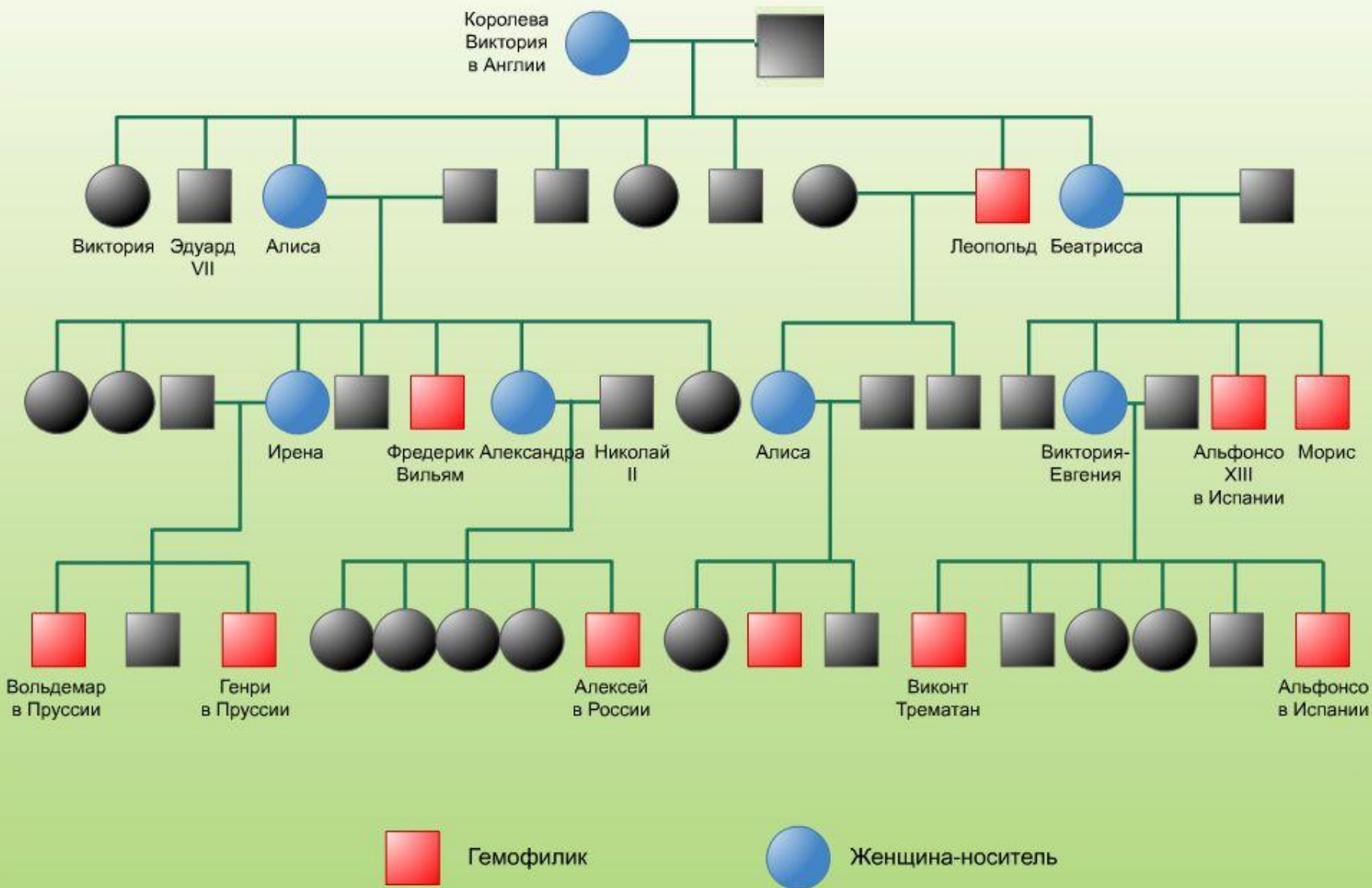
Мужчина, больной
гемофилией



— X-хромосома с геном,
приводящим к гемофилии



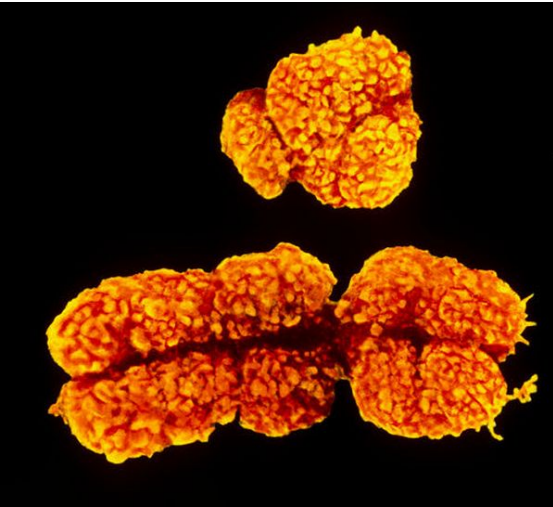
— X-хромосома с нормальным
геном свертываемости крови



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.

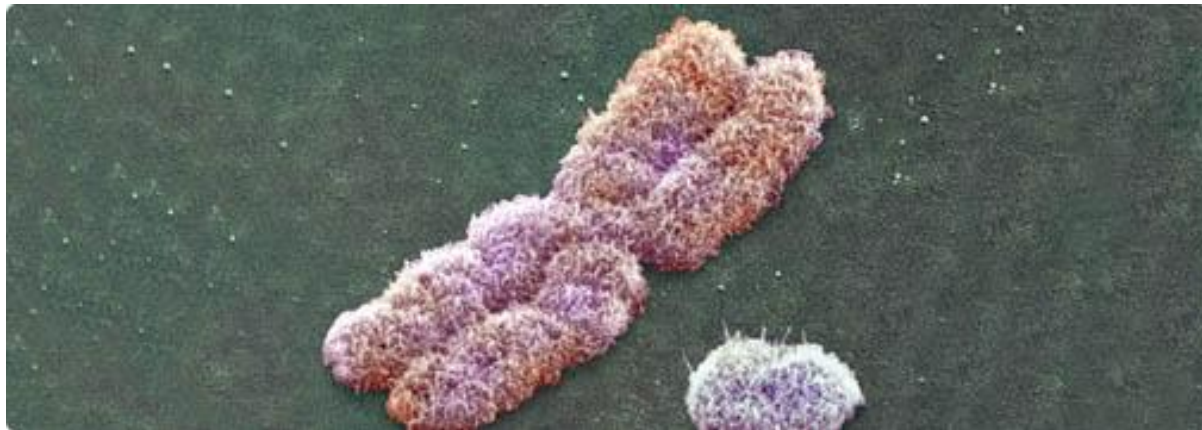


Задача 2

- 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?



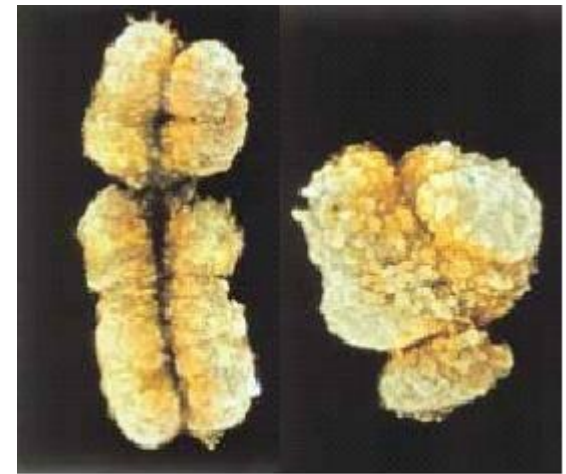
Задача 4

- 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.

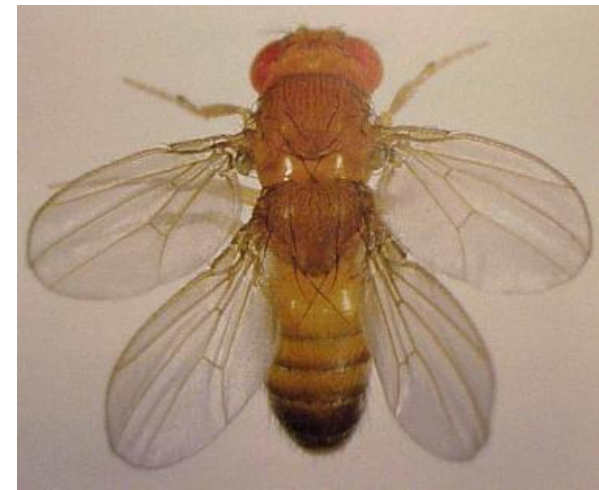






Задача 7

- 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 — b. 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 F₁ и F₂? 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 (a), 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**