Урок 12. Хромосомная теория и сцепление

Задания с ответами и объяснениями

60 заданий: по 20 начального, среднего и высокого уровня.

Из официальных материалов ЕГЭ: 40 заданий. Авторских: 20. Подборка включает открытые варианты, демоверсии и официальные методические материалы. Конкретный источник указан в версии с решениями. Уровни сложности - учебные, внутри этого урока.

Содержание

01. Начальный уровень: задания 1-20

02. Средний уровень: задания 21-40

03. Высокий уровень: задания 41-60

Источники заданий

Решайте без подсказок. Условия, генотипы, единицы измерения и форма записи ответа имеют значение. В задачах с развёрнутым ответом запишите обозначения, родителей, гаметы, потомство и вывод.

01. Начальный уровень

Задание 1. Экзаменационный источник

Сколько типов гамет формируются у родительского организма с генотипом aaBb при сцепленном наследовании?

1) 1
2) 2
3) 3
4) 4

Правильный ответ. 2

Объяснение. Организм гомозиготен по первому гену и гетерозиготен по второму. Его хромосомы несут сочетания aB и ab. Поэтому образуются два различимых типа гамет: aB и ab. Обмен между этими локусами не создаёт дополнительных сочетаний, поскольку аллель a одинаков в обоих гомологах. Верный вариант - 2.

Источник задания 1: Официальная демоверсия ЕГЭ-2011, задание A7; страница PDF 3.

Задание 2. Экзаменационный источник

Благодаря оплодотворению и мейозу

1) поддерживается постоянное число хромосом в поколениях
2) снижается вероятность проявления мутаций в потомстве
3) изменяется число хромосом из поколения в поколение
4) сохраняется фенотип особей в популяциях вида

Правильный ответ. 1

Объяснение. В типичном диплоидном жизненном цикле мейоз уменьшает число наборов хромосом с 2n до n, а слияние двух гаплоидных гамет при оплодотворении восстанавливает 2n. Эти процессы поддерживают постоянство числа хромосом в поколениях. Они не обеспечивают неизменность фенотипов: рекомбинация и случайное сочетание гамет создают новые комбинации аллелей.

Источник задания 2: Официальная демоверсия ЕГЭ-2012, задание $A_2$9; страница PDF 5.

Задание 3. Экзаменационный источник

Частота нарушения сцепления между генами зависит от

1) структуры хромосомы
2) расстояния между ними
3) числа групп сцепления
4) доминантности или рецессивности генов

Правильный ответ. 2

Объяснение. В стандартной картирующей модели при прочих равных чем больше расстояние между двумя локусами, тем выше вероятность обмена между ними. Поэтому выбирают расстояние между генами - вариант 2. Доминантность определяет проявление аллеля, а не вероятность кроссинговера. В реальных хромосомах на рекомбинацию влияют также перестройки и другие факторы; вопрос проверяет базовую зависимость, используемую при построении генетической карты.

Источник задания 3: Официальная демоверсия ЕГЭ-2012, задание A30; страница PDF 5.

Задание 4. Экзаменационный источник

Альбинизм определяется рецессивным аутосомным геном, а гемофилия - рецессивным геном, сцепленным с полом. Укажите генотип женщины-альбиноса, гемофилика.

1) AaX^HY или AAX^HY
2) AaX^HX^H или AAX^HX^H
3) aaX^hY
4) aaX^hX^h

Правильный ответ. 4

Объяснение. В экзаменационной модели альбинизм проявляется при aa. У женщины две X-хромосомы; для проявления X-сцепленного рецессивного признака обе несут h. Поэтому требуется aaX^hX^h. Варианты с Y относятся к мужчинам, а вариант с H не соответствует гемофилии. Обозначения описывают модель задачи, а не все возможные клинические формы заболеваний.

Источник задания 4: Официальная демоверсия ЕГЭ-2004, A_10, страница PDF 3 (копия оригинала).

Задание 5. Экзаменационный источник

Количество групп сцепления генов у организмов зависит от числа

1) пар гомологичных хромосом
2) аллельных генов
3) доминантных генов
4) молекул ДНК в ядре клетки

Правильный ответ. 1

Объяснение. Группа сцепления объединяет гены одной хромосомы. В стандартной школьной модели число групп соответствует гаплоидному числу хромосом n, то есть числу пар гомологичных хромосом диплоидного набора. Репликация увеличивает число молекул ДНК, но не число групп сцепления; количество аллелей и их доминантность также не определяют это число.

Источник задания 5: Официальная демоверсия ЕГЭ-2007, A30, страница PDF 8.

Задание 6. Экзаменационный источник

Парные гены гомологичных хромосом называют

1) аллельными
2) сцепленными
3) рецессивными
4) доминантными

Правильный ответ. 1

Объяснение. Аллели - варианты одного гена, расположенные в соответствующих локусах гомологичных хромосом. В старой формулировке использовано выражение «парные гены». Сцепленными называют разные гены, расположенные в одной хромосоме. Доминантность и рецессивность описывают проявление аллелей, а не их положение.

Примечание редакции. Повторение базового понятия из урока 11; внутри теста урока 12 задание встречается один раз.

Источник задания 6: Официальная демоверсия ЕГЭ-2009, A7, страница PDF 5.

Задание 7. Экзаменационный источник

Сколько половых хромосом содержится в соматической клетке человека, если в его диплоидном наборе 46 хромосом? В ответе запишите только соответствующее число.

Правильный ответ. 2

Объяснение. В типичной соматической клетке человека 44 аутосомы и 2 половые хромосомы: XX или XY. Диплоидное число 46 включает обе эти группы. Ответ - 2, а не 23: 23 - число хромосом в гамете, а не число половых хромосом в соматической клетке.

Источник задания 7: Официальный открытый КИМ ЕГЭ-2021, задание 3, страница 2 (копия оригинала).

Задание 8. Экзаменационный источник

Дочерние хроматиды в процессе мейоза расходятся к полюсам клетки в

1) метафазе первого деления
2) профазе второго деления
3) анафазе второго деления
4) телофазе первого деления

Правильный ответ. 3

Объяснение. В первом делении мейоза расходятся гомологичные двухроматидные хромосомы. Во втором делении разделяются центромеры, и сестринские хроматиды становятся самостоятельными дочерними хромосомами. Они движутся к полюсам в анафазе II. В метафазе хромосомы располагаются на экваторе, а в профазе и телофазе указанного расхождения нет.

Источник задания 8: Официальная демоверсия ЕГЭ-2009, задание $A_2$9, страница PDF 9.

Задание 9. Экзаменационный источник

Что характерно для соматических клеток позвоночных животных?

1) имеют диплоидный набор хромосом
2) при слиянии образуют зиготу
3) участвуют в половом размножении
4) имеют одинаковую форму

Правильный ответ. 1

Объяснение. В школьной модели соматические клетки позвоночных имеют диплоидный набор: каждая пара включает материнскую и отцовскую хромосомы. Зиготу при оплодотворении образуют гаметы. Форма соматических клеток зависит от их функции и не одинакова. Правило о диплоидности относится к типичным ядросодержащим клеткам; например, зрелые эритроциты млекопитающих ядра не имеют.

Источник задания 9: Официальная демоверсия ЕГЭ-2012, задание А4, страница PDF 2.

Задание 10. Экзаменационный источник

Причиной какого вида изменчивости является случайное сочетание хромосом при оплодотворении?

1) определённой
2) фенотипической
3) мутационной
4) комбинативной

Правильный ответ. 4

Объяснение. При слиянии гамет объединяются разные родительские наборы хромосом и возникают новые сочетания уже существующих аллелей. Это комбинативная изменчивость. Она сама по себе не требует изменения последовательности ДНК или числа хромосом, поэтому её нельзя отождествлять с мутационной изменчивостью.

Источник задания 10: Официальная демоверсия ЕГЭ-2013, задание А9, страница PDF 3.

Задание 11. Экзаменационный источник

Диплоидный набор хромосом в дочерних клетках сохраняется в результате

1) оплодотворения
2) спорообразования
3) мейоза
4) митоза

Правильный ответ. 4

Объяснение. Перед митозом ДНК удваивается, затем сестринские хроматиды равномерно расходятся к двум полюсам. Каждая дочерняя клетка получает такой же набор, как исходная, - 2n. Мейоз уменьшает число хромосом, а оплодотворение восстанавливает диплоидность слиянием двух клеток, а не образованием дочерних клеток при делении.

Источник задания 11: Официальная демоверсия ЕГЭ-2014, задание А4, страница PDF 2.

Задание 12. Экзаменационный источник

С помощью какого метода была изучена хромосомная болезнь человека - синдром Дауна?

1) генеалогического
2) близнецового
3) цитогенетического
4) биохимического

Правильный ответ. 3

Объяснение. Цитогенетический метод позволяет исследовать кариотип - число и строение хромосом. Так выявляют дополнительный материал 21-й хромосомы при синдроме Дауна. Генеалогический метод анализирует родословные, близнецовый - влияние наследственности и среды, биохимический - вещества и реакции обмена.

Источник задания 12: Официальная демоверсия ЕГЭ-2004, А9, страница PDF 3 (копия оригинала).

Задание 13. Экзаменационный источник

Половые клетки человека содержат 23 хромосомы, а соматические клетки женщины -

1) 46 + XX
2) 44 + XX
3) 23 + X
4) 22 + X

Правильный ответ. 2

Объяснение. Типичный женский диплоидный набор содержит 44 аутосомы и две X-хромосомы: 44 + XX = 46. Запись 46 + XX ошибочно прибавляет половые хромосомы второй раз. Запись 22 + X соответствует яйцеклетке, а не соматической клетке.

Источник задания 13: Официальная демоверсия ЕГЭ-2016, задание 4, страница PDF 3.

Задание 14. Экзаменационный источник

В соматической клетке тела рыбы 56 хромосом. Какой набор хромосом имеет сперматозоид рыбы? В ответе запишите только количество хромосом.

Правильный ответ. 28

Объяснение. Соматическая клетка содержит диплоидный набор 2n = 56. При нормальном мейозе гомологичные хромосомы расходятся, и зрелый сперматозоид получает одинарный набор n = 56 / 2 = 28. Считают хромосомы, а не хроматиды. Оплодотворение затем восстанавливает 56 хромосом.

Источник задания 14: Официальная демоверсия ЕГЭ-2017, задание 3 (хромосомный набор), страница PDF 3.

Задание 15. Авторское задание

Сформулируйте два положения хромосомной теории наследственности.

Правильный ответ. Гены расположены в хромосомах в определённых локусах; гены одной хромосомы образуют группу сцепления и имеют тенденцию наследоваться совместно.

Объяснение. Хромосома служит материальным носителем множества генов. Положение гена в ней называется локусом. Совместное перемещение локусов объясняет сцепление, а обмен участками между гомологичными хромосомами способен его нарушить. Поэтому слово «совместно» не означает, что кроссинговер никогда не разъединяет аллели.

Задание 16. Авторское задание

Чем отличаются цис-фаза и транс-фаза сцепления двух генов? Запишите обе фазы для дигетерозиготы AaBb.

Правильный ответ. Цис-фаза - AB/ab; транс-фаза - Ab/aB.

Объяснение. Общая запись AaBb сообщает, что по каждому локусу есть два разных аллеля, но не показывает их распределение между гомологами. В цис-фазе A и B находятся на одном гомологе, a и b - на другом. В транс-фазе вместе находятся A с b и a с B. Эта разница определяет состав родительских и рекомбинантных гамет.

Задание 17. Авторское задание

Дайте определение локусу гена. Чем локус отличается от аллеля?

Правильный ответ. Локус - положение гена или другого генетического маркера в хромосоме; аллель - вариант гена в данном локусе.

Объяснение. В гомологичных хромосомах соответствующие локусы обычно расположены в одинаковом порядке. В одном локусе на двух гомологах могут находиться одинаковые или разные аллели, например A и a. Поэтому локус указывает место, а аллель - вариант наследственной информации.

Задание 18. Авторское задание

Между какими структурами и на какой стадии мейоза происходит обычный кроссинговер?

Правильный ответ. Между несестринскими хроматидами гомологичных хромосом в профазе I мейоза.

Объяснение. После репликации каждый гомолог состоит из двух сестринских хроматид. Гомологи сближаются и образуют бивалент, что позволяет несестринским хроматидам обменяться соответствующими участками. В школьной схеме обмен относят к пахитене профазы I; видимые хиазмы сохраняют связь гомологов на более поздних стадиях.

Задание 19. Авторское задание

Чем родительские гаметы отличаются от рекомбинантных? Приведите пример для AB/ab.

Правильный ответ. Родительские гаметы сохраняют сочетания AB и ab, рекомбинантные имеют сочетания Ab и aB.

Объяснение. Названия определяются фазой конкретного родителя. Для AB/ab совместно пришли A с B и a с b. Обмен между локусами даёт новые пары Ab и aB. Если исходная фаза Ab/aB, названия меняются местами: AB и ab будут рекомбинантными. Нельзя определять тип гаметы только по наличию двух заглавных букв.

Задание 20. Авторское задание

Что называют гомогаметным и гетерогаметным полом? Укажите их в системе XX/XY.

Правильный ответ. Гомогаметный пол образует один тип гамет по половой хромосоме - XX; гетерогаметный образует два - XY.

Объяснение. В системе XX/XY особь XX даёт гаметы с X, а особь XY - с X или Y. У человека это соответственно женский и мужской пол. Определение относится к типам половых хромосом в гаметах, а не к числу всех возможных аллельных сочетаний.

02. Средний уровень

Задание 21. Экзаменационный источник

При скрещивании растения гороха с гладкими семенами и усиками с растением с морщинистыми семенами без усиков всё поколение было единообразно и имело гладкие семена и усики. При скрещивании другой пары растений с такими же фенотипами (гороха с гладкими семенами и усиками и гороха с морщинистыми семенами без усиков) в потомстве получили половину растений с гладкими семенами и усиками и половину растений с морщинистыми семенами без усиков. Составьте схему каждого скрещивания. Определите генотипы родителей и потомства. Объясните полученные результаты. Как определяются доминантные признаки в данном случае?

Правильный ответ. Первое скрещивание: AABB × aabb → AaBb. Второе: AB/ab × ab/ab → 1/2 AaBb и 1/2 aabb. Доминантны гладкие семена и наличие усиков; сцепление полное в модели задачи.

Объяснение. Обозначим A - гладкие семена, a - морщинистые; B - усики, b - отсутствие усиков. В первом скрещивании гомозиготы AABB и aabb образуют гаметы AB и ab; все гибриды AB/ab имеют гладкие семена и усики. Именно проявление этих признаков у единообразных гетерозигот позволяет назвать их доминантными. Во втором скрещивании дигетерозигота AB/ab образует только родительские гаметы AB и ab по 1/2; анализатор aabb - только ab. Получаются AaBb с гладкими семенами и усиками и aabb с морщинистыми семенами без усиков в отношении 1:1. В рамках задания отсутствие рекомбинантных классов объясняется полным сцеплением. В реальном опыте отсутствие редкого класса в конечной выборке само по себе не доказывает физическую невозможность кроссинговера.

Источник задания 21: Официальная демоверсия ЕГЭ-2012, задание С6; страница PDF 10.

Задание 22. Экзаменационный источник

Анализ результатов нарушения сцепленного наследования генов позволяет определить последовательность расположения генов в хромосоме и составить генетические карты. Результаты многочисленных скрещиваний мух дрозофил показали, что частота нарушения сцепления между генами A и B составляет 5%, между генами A и C - 11%, между генами C и B - 6%. Изобразите фрагмент хромосомы, отметьте взаимное расположение генов A, B, C и расстояния между ними. Какая величина принята за единицу расстояния между генами?

Правильный ответ. A - 5 сМ - B - 6 сМ - C; допустима обратная ориентация. В учебной модели 1 сМ соответствует примерно 1% рекомбинантных гамет.

Объяснение. Наибольшая величина 11% для A-C равна сумме 5% и 6%. Следовательно, между крайними A и C расположен B. Карта: A-5-B-6-C, суммарно 11 сМ. Разворот C-6-B-5-A описывает ту же карту. Сантиморган - единица генетического расстояния; прямое соответствие 1 сМ и 1% рекомбинантов используют для коротких интервалов. Это не один процент клеток с хиазмой и не фиксированное число пар нуклеотидов.

Примечание редакции. Пустая линия для нанесения карты заменена инструкцией изобразить фрагмент; все исходные расстояния и вопросы сохранены. Повторы этой задачи в следующих демоверсиях не считать новыми заданиями.

Источник задания 22: Официальная демоверсия ЕГЭ-2018, задание 22 (генетическая карта); страница PDF 14.

Задание 23. Экзаменационный источник

Для соматической клетки животного характерен диплоидный набор хромосом. Определите хромосомный набор (n) и число молекул ДНК (c) в клетке при гаметогенезе в метафазе II мейоза и анафазе II мейоза. Объясните полученные результаты.

Правильный ответ. Метафаза II - n2c; анафаза II до разделения клетки - 2n2c.

Объяснение. После первого деления мейоза в клетке остаётся по одной хромосоме из каждой гомологичной пары, но каждая ещё двухроматидная. Поэтому метафаза II соответствует n2c. В анафазе II сестринские хроматиды расходятся и становятся самостоятельными хромосомами: во всей ещё не разделившейся клетке число хромосом временно равно 2n, а количество ДНК остаётся 2c. У каждого полюса находится nc. Различайте всю клетку и один полюс.

Примечание редакции. Альтернативное задание28 демоверсии; не является частью задания29.

Источник задания 23: Официальная демоверсия ЕГЭ-2023, задание 28 (альтернативное задание о мейозе); страница PDF 20.

Задание 24. Экзаменационный источник

Скрестили самку дрозофилы с короткими крыльями и с пятном на крыле и самца с нормальными крыльями, без пятна на крыле. Все полученные гибриды в F_1 имели нормальные крылья с пятном. Для анализирующего скрещивания взяли самца из F_1. В полученном потомстве (F_2) оказалось 50% особей с нормальными крыльями, без пятна на крыле и 50% с короткими крыльями, с пятном на крыле. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и потомков в двух скрещиваниях. Объясните формирование двух фенотипических групп во втором скрещивании.

Правильный ответ. P: ♀aaBB × ♂AAbb; F_1: Ab/aB. Тесткросс: ♀aabb × ♂Ab/aB → 1/2 Aabb и 1/2 aaBb.

Объяснение. A - нормальные крылья, a - короткие; B - наличие пятна, b - отсутствие. Единообразные гибриды имеют нормальные крылья с пятном, поэтому эти признаки доминантны. Исходные родители aaBB и AAbb дают гаметы aB и Ab, все F_1 - Ab/aB. Самца F_1 скрещивают с рецессивной самкой aabb. Самка даёт ab, самец - Ab и aB по 1/2. Поэтому Aabb имеют нормальные крылья без пятна, aaBb - короткие крылья с пятном; каждого класса 50%. В стандартной модели у самцов дрозофилы мейотического кроссинговера нет, и сцепление полное. Одно лишь единообразие F_1 ещё не доказывает сцепление.

Источник задания 24: Официальные рекомендации ФИПИ для подготовки к ЕГЭ-2023, страница 39.

Задание 25. Экзаменационный источник

У кошек гетерогаметными являются самцы. Какое потомство по окраске следует ожидать от скрещивания чёрной (B) кошки и рыжего (b) кота? Аллели гена окраски шерсти сцеплены с X-хромосомой; гетерозиготные самки имеют черепаховую окраску. Какова вероятность рождения котят с черепаховой окраской от всего возможного потомства?

Правильный ответ. X^BX^B × X^bY → черепаховые самки X^BX^b и чёрные самцы X^BY. Черепаховых котят - 50% при равной вероятности полов.

Объяснение. Чёрная самка X^BX^B образует только гаметы X^B, рыжий самец X^bY - X^b и Y. Дочери X^BX^b гетерозиготны и имеют черепаховую окраску, сыновья X^BY чёрные. При равновероятном образовании половых хромосом это 1/2 черепаховых котят. Пятнистость у гетерозиготной кошки объясняется клеточной мозаикой из-за инактивации разных X-хромосом, а не равномерным промежуточным смешением двух пигментов.

Примечание редакции. В источнике черепаховая окраска названа неполным доминированием. Научно неточная фраза заменена прямым указанием фенотипа гетерозиготы; родители и искомая вероятность сохранены. Задание обозначать как официальное с уточнённой формулировкой, а не дословную цитату.

Источник задания 25: Официальные рекомендации ФИПИ для подготовки к ЕГЭ-2023, страница 41.

Задание 26. Экзаменационный источник

Какие процессы происходят в профазе первого деления мейоза? Выберите три верных ответа.

1) образование двух ядер
2) расхождение гомологичных хромосом
3) образование метафазной пластинки
4) сближение гомологичных хромосом
5) обмен участками гомологичных хромосом
6) спирализация хромосом

Правильный ответ. 456

Объяснение. В профазе I хромосомы спирализуются, гомологичные хромосомы сближаются и образуют биваленты; между несестринскими хроматидами возможен кроссинговер. Это пункты 4, 5 и 6. Метафазная пластинка формируется в метафазе I; гомологи расходятся в анафазе I; образование двух ядер относится к телофазе I.

Источник задания 26: Официальная демоверсия ЕГЭ-2012, задание B1, страница PDF 6.

Задание 27. Экзаменационный источник

Установите последовательность процессов, происходящих в ходе мейоза.

1) расположение пар гомологичных хромосом в экваториальной плоскости
2) конъюгация, кроссинговер гомологичных хромосом
3) расхождение сестринских хромосом
4) образование четырёх гаплоидных ядер
5) расхождение гомологичных хромосом

Правильный ответ. 21534

Объяснение. Сначала в профазе I происходят конъюгация и кроссинговер (2). В метафазе I пары гомологов располагаются на экваторе (1), затем гомологи расходятся в анафазе I (5). В анафазе II расходятся сестринские хроматиды, ставшие самостоятельными хромосомами (3). После второго деления образуются четыре гаплоидных ядра (4).

Источник задания 27: Официальная демоверсия ЕГЭ-2014, задание B8, страница PDF 7.

Задание 28. Экзаменационный источник

Какие признаки характерны для мейоза? Выберите три верных ответа.

1) наличие двух следующих одно за другим делений
2) образование двух клеток с одинаковой наследственной информацией
3) расхождение гомологичных хромосом в разные клетки
4) образование диплоидных дочерних клеток
5) отсутствие интерфазы перед первым делением
6) конъюгация и кроссинговер хромосом

Правильный ответ. 136

Объяснение. Мейоз включает два последовательных деления после одной репликации ДНК (1). В первом делении гомологичные хромосомы расходятся в разные клетки (3), а в профазе I происходят конъюгация и кроссинговер (6). Обычно образуются четыре гаплоидных продукта с различающимися сочетаниями аллелей. Интерфаза с удвоением ДНК предшествует первому делению; повторной репликации перед вторым нет.

Источник задания 28: Официальная демоверсия ЕГЭ-2016, задание 26, страница PDF 5.

Задание 29. Экзаменационный источник

Цитогенетический метод используют для определения каких характеристик? Выберите два верных ответа из пяти.

1) степени влияния среды на формирование фенотипа
2) наследования сцепленных с полом признаков
3) кариотипа организма
4) хромосомных аномалий
5) возможности проявления признаков у потомков

Правильный ответ. 34

Объяснение. Цитогенетика непосредственно исследует хромосомы: их число, размеры, форму и крупные структурные изменения. Поэтому определяют кариотип (3) и хромосомные аномалии (4). Передачу конкретных признаков в семье и вероятности их проявления анализируют с помощью родословных и генетических моделей; влияние среды требует других методов.

Источник задания 29: Официальная демоверсия ЕГЭ-2017, задание 2, страница PDF 2.

Задание 30. Экзаменационный источник

Все перечисленные ниже признаки, кроме двух, можно использовать для описания молекулы ДНК. Определите два признака, «выпадающих» из общего списка.

1) состоит из двух полинуклеотидных цепей, закрученных в спираль
2) переносит информацию к месту синтеза белка
3) в комплексе с белками строит тело рибосомы
4) способна самоудваиваться
5) в комплексе с белками образует хромосомы

Правильный ответ. 23

Объяснение. Молекула ДНК имеет две полинуклеотидные цепи, может реплицироваться и в комплексе с белками входит в состав хромосом. Перенос информации из ядра к рибосомам - функция информационной РНК (2), а рибосома содержит рибосомную РНК и белки (3). Поэтому исключают 2 и 3. Самоудвоение означает ферментативную репликацию, а не самостоятельное действие молекулы без участия клетки.

Источник задания 30: Официальная демоверсия ЕГЭ-2017, задание 4 (альтернативное задание о ДНК), страница PDF 3.

Задание 31. Экзаменационный источник

Верны ли следующие суждения о генетической информации? А. Прокариоты и многие вирусы содержат генетическую информацию в молекуле ДНК. Б. В эукариотических клетках генетический материал распределён в нескольких хромосомах.

1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны

Правильный ответ. 3

Объяснение. Суждение А верно: наследственная информация прокариот хранится в ДНК, а среди вирусов есть как ДНК-содержащие, так и РНК-содержащие. Слово «многие» не означает «все». Суждение Б описывает типичную организацию ядерного генома эукариот: он распределён по нескольким хромосомам. В школьной модели оба суждения верны. Наличие ДНК в митохондриях и пластидах не отменяет хромосомной организации ядерного генома.

Источник задания 31: Официальная демоверсия ЕГЭ-2015, задание 25, страница PDF 5.

Задание 32. Экзаменационный источник

Какие из перечисленных ниже процессов служат основой формирования комбинативной изменчивости у животных и человека? Выберите три верных ответа.

1) вегетативное размножение
2) репликация ДНК
3) дробление зиготы
4) гаметогенез
5) обмен участками гомологичных хромосом
6) оплодотворение

Правильный ответ. 456

Объяснение. При гаметогенезе мейоз создаёт разные сочетания родительских хромосом (4); обмен участками гомологичных хромосом даёт новые сочетания аллелей внутри хромосомы (5); случайное оплодотворение объединяет разные гаметы (6). Репликация копирует ДНК, дробление состоит из митотических делений, а вегетативное размножение обычно сохраняет генотип. Возникающие при этих процессах ошибки были бы мутациями, а не механизмом комбинативной изменчивости.

Источник задания 32: Официальный открытый КИМ ЕГЭ-2026, задание 7, страница 3.

Задание 33. Экзаменационный источник

При скрещивании дигетерозиготного растения китайской примулы с фиолетовыми цветками, овальной пыльцой и растения с красными цветками, круглой пыльцой в потомстве получилось: 51 растение с фиолетовыми цветками, овальной пыльцой, 15 - с фиолетовыми цветками, круглой пыльцой, 12 - с красными цветками, овальной пыльцой; 59 - с красными цветками, круглой пыльцой. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и потомства F_1. Объясните формирование четырёх фенотипических групп.

Правильный ответ. P: AB/ab × ab/ab. Потомки: 51 AaBb, 15 Aabb, 12 aaBb, 59 aabb. Родительские сочетания AB и ab; рекомбинантные Ab и aB.

Объяснение. A - фиолетовые цветки, a - красные; B - овальная пыльца, b - круглая. Гетерозигота имеет оба доминантных фенотипа. Рецессивный анализатор aabb образует ab, поэтому каждый генотип потомка показывает гамету дигетерозиготы. Гаметы AB дают 51 AaBb с фиолетовыми цветками и овальной пыльцой, Ab - 15 Aabb с фиолетовыми и круглой, aB - 12 aaBb с красными и овальной, ab - 59 aabb с красными и круглой. Два крупных класса соответствуют родительским сочетаниям AB и ab, значит фаза цис. Малочисленные классы появляются при кроссинговере. Проверка: всего 137 растений, рекомбинантов 27, r = 27/137 × 100% ≈ 19,7%. Небольшие различия чисел взаимных классов закономерны для конечной выборки.

Источник задания 33: ФИПИ, материалы для экспертов ПК, 2016, задание 40 (3), страница 71 локального PDF.

Задание 34. Экзаменационный источник

Форма крыльев у дрозофилы - аутосомный ген, ген окраски глаз находится в Х-хромосоме. Гетерогаметным у дрозофилы является мужской пол. При скрещивании самок дрозофил с нормальными крыльями, красными глазами и самцов с редуцированными крыльями, белыми глазами всё потомство имело нормальные крылья и красные глаза. Получившихся в F_1 самцов скрещивали с исходной родительской самкой. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомства в двух скрещиваниях. Какие законы наследственности проявляются в двух скрещиваниях?

Правильный ответ. P: ♀AAX(B)X(B) × ♂aaX(b)Y. F_1: ♀AaX(B)X(b), ♂AaX(B)Y. Второе скрещивание даёт AAX(B)X(B), AaX(B)X(B), AAX(B)Y, AaX(B)Y по 1/4; все нормальнокрылые, красноглазые.

Объяснение. A - нормальные крылья, a - редуцированные; B - красные глаза, b - белые. По стандартной модели единообразия всего F_1 исходная самка гомозиготна AAX(B)X(B), самец aaX(b)Y. Её гамета AX(B), его - aX(b) и aY. Все F_1 Aa, дочери X(B)X(b), сыновья X(B)Y. Самец F_1 даёт AX(B), aX(B), AY, aY по 1/4; исходная самка по-прежнему даёт AX(B). Поэтому получаются два типа дочерей AAX(B)X(B), AaX(B)X(B) и два типа сыновей AAX(B)Y, AaX(B)Y. Все имеют нормальные крылья и красные глаза. Прослеживаются единообразие F_1, независимое наследование аутосомного и Х-сцепленного локусов, а также Х-сцепленная передача окраски глаз: отец передаёт свою Х только дочерям.

Источник задания 34: ФИПИ, материалы для экспертов ПК, 2016, задание 40, страницы 99-100 локального PDF.

Задание 35. Авторское задание

Гетерозигота AB/ab образует 18% рекомбинантных гамет. Найдите частоты четырёх типов гамет, если взаимные продукты образуются поровну.

Правильный ответ. AB и ab - по 41%; Ab и aB - по 9%.

Объяснение. Общая доля рекомбинантов Ab и aB равна 18%, значит каждый взаимный тип составляет 9%. На родительские сочетания остаётся 100 − 18 = 82%, по 41% на AB и ab. Проверка: 41 + 41 + 9 + 9 = 100%.

Задание 36. Авторское задание

Для дигетерозиготы Ab/aB частота рекомбинации равна 24%. Найдите частоты гамет при равенстве взаимных продуктов.

Правильный ответ. Ab и aB - по 38%; AB и ab - по 12%.

Объяснение. В транс-фазе родительские сочетания - Ab и aB, а рекомбинантные - AB и ab. Доля каждого рекомбинантного типа 24/2 = 12%, каждого родительского (100 − 24)/2 = 38%. Именно фаза определяет, каким буквенным сочетаниям присвоить эти проценты.

Задание 37. Авторское задание

В анализирующем скрещивании получено 420 потомков, отражающих гамету AB, 400 - ab, 90 - Ab и 90 - aB. При одинаковой жизнеспособности классов определите фазу родителя, частоту рекомбинации и приближённое расстояние между локусами.

Правильный ответ. Фаза AB/ab; частота рекомбинации 18%; приближённое расстояние 18 сМ.

Объяснение. Две большие взаимные группы AB и ab указывают на родительские сочетания. Всего 420 + 400 + 90 + 90 = 1000 потомков. Рекомбинантов 90 + 90 = 180; 180/1000 = 0,18. В учебной двухточечной модели это около 18 сМ. Неучтённые множественные обмены могут делать генетическое расстояние больше прямой оценки по доле рекомбинантов.

Задание 38. Авторское задание

Носительница X^AX^a и мужчина X^AY не проявляют рецессивный Х-сцепленный признак. Какова вероятность сына с признаком среди сыновей и среди всех детей? Вероятности полов равны, пенетрантность полная.

Правильный ответ. Среди сыновей - 1/2; среди всех детей - 1/4.

Объяснение. Сын получает Y от отца и одну из двух Х матери. Половина её Х несёт a, поэтому среди сыновей вероятность признака 1/2. Для рождения сына с признаком среди всех детей одновременно нужны мужской пол и передача X^a: 1/2 × 1/2 = 1/4. Дочери получают отцовскую X^A и в этой модели признак не проявляют.

Задание 39. Авторское задание

При полностью пенетрантном Х-сцепленном доминантном признаке отец имеет признак, а мать не имеет. Как распределится признак среди дочерей и сыновей?

Правильный ответ. Все дочери имеют признак; все сыновья не имеют.

Объяснение. Пусть D - доминантный аллель: отец X^DY, мать X^dX^d. Дочери получают X^D от отца и X^d от матери, то есть X^DX^d. Сыновья получают отцовскую Y и материнскую X^d, то есть X^dY. Результат зависит от полной пенетрантности и Х-специфической локализации, указанных в условии.

Задание 40. Авторское задание

Может ли аллель псевдоаутосомного гена передаваться от отца сыну? Объясните два возможных пути.

Правильный ответ. Да: с отцовской Y непосредственно или после перехода аллеля с Х на Y при кроссинговере в PAR.

Объяснение. Локус PAR представлен и на Х, и на Y. Сын получает от отца Y, поэтому аллель, находящийся на этой хромосоме, может перейти сыну. Если аллель исходно находился на Х, обмен в соответствующем псевдоаутосомном интервале способен перенести его на Y. Это отличается от Х-специфического локуса, которого на Y нет.

03. Высокий уровень

Задание 41. Экзаменационный источник

У человека ген нормального слуха (B) доминирует над геном глухоты и находится в аутосоме; ген цветовой слепоты (дальтонизма - d) рецессивный и сцеплен с Х-хромосомой. В семье, где мать страдала глухотой, но имела нормальное цветовое зрение, а отец - с нормальным слухом (гомозиготен), дальтоник, родилась девочка с нормальным слухом, но дальтоник. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, дочери, возможные генотипы детей и их соотношение. Какие закономерности наследственности проявляются в данном случае?

Правильный ответ. Мать bbX^DX^d, отец BBX^dY; дочь BbX^dX^d. Возможны по 1/4: BbX^DX^d, BbX^dX^d, BbX^DY, BbX^dY.

Объяснение. Дочь-дальтоник получила X^d от обоих родителей. Мать с нормальным цветовым зрением поэтому носительница X^DX^d, а по слуху bb. Отец по условию BBX^dY. Гаметы матери bX^D и bX^d; отца BX^d и BY. Дочери: BbX^DX^d - нормальные слух и цветовое зрение; BbX^dX^d - нормальный слух, дальтонизм. Сыновья: BbX^DY - нормальные слух и цветовое зрение; BbX^dY - нормальный слух, дальтонизм. Каждый класс имеет вероятность 1/4 при равновероятном образовании гамет. Аутосомный локус слуха и Х-сцепленный локус цветового зрения наследуются независимо; дальтонизм наследуется сцепленно с полом. Это условная моногенная модель задачи.

Примечание редакции. В официальном критерии опечатка: BbX^dY назван мальчиком с нормальным зрением. Здесь фенотип исправлен на дальтонизм; генотипы и условие сохранены.

Источник задания 41: Официальная демоверсия ЕГЭ-2014, задание С6; страница PDF 12.

Задание 42. Экзаменационный источник

При скрещивании растения кукурузы с гладкими неокрашенными семенами и растения с морщинистыми окрашенными семенами всё потомство получилось с гладкими окрашенными семенами. В анализирующем скрещивании гибридного потомства получилось четыре разные фенотипические группы: 250, 247, 103, 101. Составьте схемы скрещиваний. Определите генотипы родительских особей, а также генотипы, фенотипы и количество особей потомства каждой группы в двух скрещиваниях. Объясните формирование четырёх фенотипических групп в анализирующем скрещивании.

Правильный ответ. P: AAbb × aaBB; F_1: Ab/aB (AaBb), все гладкие окрашенные. Тесткросс Ab/aB × ab/ab: Aabb и aaBb - 250 и 247; AaBb и aabb - 103 и 101. Перестановка чисел внутри каждой взаимной пары допустима.

Объяснение. A - гладкие семена, a - морщинистые; B - окрашенные, b - неокрашенные. Исходные родители AAbb и aaBB дают гаметы Ab и aB, поэтому фаза гибридов - Ab/aB. В тесткроссе анализатор aabb даёт только ab. Родительские гаметы Ab и aB образуют Aabb (гладкие неокрашенные) и aaBb (морщинистые окрашенные); им отвечают две большие группы 250 и 247 в любом порядке. Кроссинговер создаёт гаметы AB и ab, поэтому меньшие группы 103 и 101 - AaBb (гладкие окрашенные) и aabb (морщинистые неокрашенные), также в любом порядке. Всего 701 потомок; проверочная доля рекомбинантов 204/701 ≈ 29,1%. Не следует приписывать условию точное соответствие 250 конкретному фенотипу: это не задано.

Примечание редакции. Условие на PDF-странице21; критерии и допустимые перестановки численностей визуально сверены на странице22.

Источник задания 42: Официальная демоверсия ЕГЭ-2022, задание 28; страница PDF 22.

Задание 43. Экзаменационный источник

У человека между аллелями генов ихтиоза (заболевание кожи) и красно-зелёного дальтонизма происходит кроссинговер. Не имеющая указанных заболеваний женщина, у матери которой был красно-зелёный дальтонизм, а у отца - ихтиоз (a), вышла замуж за мужчину, не имеющего этих заболеваний. Родившаяся в этом браке моногомозиготная здоровая дочь вышла замуж за мужчину, не имеющего этих заболеваний, в этой семье родился ребёнок-дальтоник. Составьте схемы решения задачи. Укажите генотипы, фенотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства в двух браках. Возможно ли в первом браке рождение больного этими двумя заболеваниями ребёнка? Ответ поясните.

Правильный ответ. Первый брак: $X^{Ad}X^{aD} \times X^{AD}Y$. Второй: $X^{Ad}X^{AD} \times X^{AD}Y$. В первом браке возможен сын $X^{ad}Y$ с обоими заболеваниями.

Объяснение. A - отсутствие ихтиоза, a - ихтиоз; D - нормальное цветовое зрение, d - дальтонизм. Здоровая первая женщина получила d от матери и a от отца, поэтому её фаза $X^{Ad}X^{aD}$. Её гаметы: родительские X^{Ad} и X^{aD}, рекомбинантные X^{AD} и X^{ad}; у здорового мужа X^{AD} и Y. Все четыре возможных типа дочерей ($X^{Ad}X^{AD}$, $X^{aD}X^{AD}$, $X^{AD}X^{AD}$, $X^{ad}X^{AD}$) не имеют этих заболеваний. Сыновья: $X^{Ad}Y$ - дальтонизм; $X^{aD}Y$ - ихтиоз; $X^{AD}Y$ - без обоих заболеваний; $X^{ad}Y$ - оба заболевания. Моногомозиготная дочь во втором браке имеет $X^{Ad}X^{AD}$: гомозиготна AA и несёт d, что следует из рождения ребёнка-дальтоника. Её гаметы X^{Ad} и X^{AD}; у мужа X^{AD} и Y. Возможные дочери $X^{Ad}X^{AD}$ и $X^{AD}X^{AD}$ здоровы; сыновья $X^{Ad}Y$ - дальтоник и $X^{AD}Y$ - здоровый. В первом браке сын $X^{ad}Y$ получает рекомбинантную X от матери и Y от отца. Численная частота кроссинговера не задана, поэтому восемь исходов первого брака нельзя объявлять равновероятными.

Примечание редакции. Повтор в демоверсии2024 и аналогичная схема с другими заболеваниями требуют проверки дублирования; не считать повтор автоматически новым заданием.

Источник задания 43: Официальная демоверсия ЕГЭ-2023, задание 29; страница PDF 20.

Задание 44. Экзаменационный источник

На X- и Y-хромосомах человека существуют псевдоаутосомные участки, которые содержат аллели одного гена, и между ними может происходить кроссинговер. Один из таких генов вызывает аномалии в развитии кисти. Аллель гена образования перепонок между пальцами (перепончатые пальцы) наследуется голандрически (наследование по гетерогаметному полу). Женщина с нормальным развитием кисти и нормальными пальцами вышла замуж за мужчину с аномалией развития кисти и перепончатыми пальцами, гомозиготная мать которого не имела аномалии в развитии кисти. Родившаяся в этом браке дочь с аномалией развития кисти вышла замуж за мужчину без названных аномалий. Определите генотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства. Возможно ли рождение в первом браке ребёнка с нормальным развитием кисти и перепонками между пальцами? Ответ поясните.

Правильный ответ. Первый брак: $X^aX^a \times X^aY^{Ab}$; второй: $X^AX^a \times X^aY^a$. В первом браке возможен сын X^aY^{ab} с нормальной кистью и перепонками.

Объяснение. Обозначим A - аномалия кисти, a - нормальная кисть; b на Y - перепончатые пальцы. Отец первого брака получил X^a от гомозиготной матери без аномалии, значит вызывающий аномалию доминантный A расположен у него на Y: X^aY^{Ab}. Мать первого брака X^aX^a. Без обмена мужчина образует X^a и Y^{Ab}, при обмене в PAR дополнительно X^A и Y^{ab}; b остаётся в Y-специфической области. Дочери X^aX^a имеют нормальную кисть, X^AX^a - аномалию кисти; пальцы обеих нормальные. Сыновья X^aY^{Ab} имеют аномалию кисти и перепонки, X^aY^{ab} - нормальную кисть и перепонки. Во втором браке $X^AX^a \times X^aY^a$ возможны дочери X^AX^a и X^aX^a, сыновья X^AY^a и X^aY^a. Первые из каждой пары имеют аномалию кисти, вторые - нормальную кисть; перепонок нет ни у кого. Поэтому искомый сын первого брака возможен благодаря рекомбинантной Y^{ab}. Это модель условия, а не универсальное описание наследования всех аномалий кисти и пальцев. Частота обмена не дана; четыре гаметы первого отца не следует считать равновероятными.

Примечание редакции. Повтор в демоверсии2026 и методических рекомендациях2026 считать тем же заданием, а не дополнительными.

Источник задания 44: Официальная демоверсия ЕГЭ-2025, задание 28; страница PDF 19.

Задание 45. Экзаменационный источник

При скрещивании мышей с извитой шерстью нормальной длины и мышей с прямой длинной шерстью все гибриды первого поколения имели прямую шерсть нормальной длины. В анализирующем скрещивании этих гибридов получено четыре фенотипические группы потомков: 27, 99, 98 и 24. Составьте схемы скрещиваний. Определите генотипы родительских особей, генотипы и фенотипы потомства в каждой группе в двух скрещиваниях, численность каждой группы во втором скрещивании. Объясните формирование четырёх фенотипических групп в анализирующем скрещивании.

Правильный ответ. P: aaBB × AAbb; F_1: Ab/aB. В тесткроссе Aabb и aaBb - 99 и 98 особей; AaBb и aabb - 27 и 24. Числа внутри каждой пары можно переставить.

Объяснение. A - прямая шерсть, a - извитая; B - нормальная длина, b - длинная. Единообразие F_1 даёт генотипы исходных линий aaBB и AAbb. Их гаметы aB и Ab образуют дигетерозиготу Ab/aB с прямой шерстью нормальной длины. В тесткроссе с aabb родительские гаметы Ab и aB дают большие группы Aabb (прямая длинная) и aaBb (извитая нормальной длины), 99 и 98 в любом порядке. Рекомбинантные AB и ab дают малые группы AaBb (прямая нормальной длины) и aabb (извитая длинная), 27 и 24 в любом порядке. Сумма 248; рекомбинантов 51, проверочная доля 51/248 ≈ 20,56%. Различие больших и малых пар объясняется неполным сцеплением и кроссинговером, а не независимым наследованием.

Примечание редакции. Порядок чисел в исходном условии не задаёт соответствие отдельным фенотипам; обе перестановки внутри взаимных пар допустимы.

Источник задания 45: Официальные рекомендации ФИПИ для подготовки к ЕГЭ-2023, страница 40.

Задание 46. Экзаменационный источник

У человека аллели генов куриной слепоты (ночной слепоты) и гемофилии типа A находятся в одной хромосоме. Моногомозиготная, не имеющая указанных заболеваний женщина, у матери которой была ночная слепота, а отец не имел указанных заболеваний, вышла замуж за мужчину с гемофилией. Родившаяся в этом браке здоровая дочь вышла замуж за не имеющего этих заболеваний мужчину. В этой семье родился ребёнок с ночной слепотой и гемофилией. Составьте схемы решения задачи. Укажите генотипы, фенотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства в двух браках. Объясните рождение больного этими двумя заболеваниями ребёнка в семье у здоровых родителей.

Правильный ответ. Первый брак: $X^{AH}X^{aH}$ × $X^{Ah}Y$. Дочь второго брака: $X^{aH}X^{Ah}$; её муж $X^{AH}Y$. Ребёнок с обоими заболеваниями - сын $X^{ah}Y$, получивший рекомбинантную X^{ah} от матери.

Объяснение. A - нормальное ночное зрение, a - ночная слепота; H - отсутствие гемофилии, h - гемофилия. Первая женщина получила a от матери и A от здорового отца. Она моногомозиготна и здорова, поэтому HH: $X^{AH}X^{aH}$. Её муж $X^{Ah}Y$. Дочери первого брака: $X^{AH}X^{Ah}$ и $X^{aH}X^{Ah}$, обе без указанных заболеваний. Сыновья: $X^{AH}Y$ - без этих заболеваний, $X^{aH}Y$ - ночная слепота без гемофилии. Дочь, у которой затем родился ребёнок с обоими заболеваниями, должна нести a и h, то есть $X^{aH}X^{Ah}$. Во втором браке её гаметы X^{aH}, X^{Ah}, X^{AH}, X^{ah}; у мужа X^{AH} и Y. Все возможные дочери $X^{aH}X^{AH}$, $X^{Ah}X^{AH}$, $X^{AH}X^{AH}$, $X^{ah}X^{AH}$ не имеют этих заболеваний. Сыновья $X^{aH}Y$ имеют только ночную слепоту, $X^{Ah}Y$ - только гемофилию, $X^{AH}Y$ - ни одного заболевания, $X^{ah}Y$ - оба. Последний исход возможен после кроссинговера между локусами у матери. Частота рекомбинации не дана, поэтому численные вероятности четырёх материнских гамет не определяются.

Примечание редакции. Начало условия на странице41, продолжение на42. Используется рецессивная X-сцепленная модель указанных заболеваний, заданная контекстом официального раздела; не обобщать её на все формы ночной слепоты.

Источник задания 46: Официальные рекомендации ФИПИ для подготовки к ЕГЭ-2023, страница 42.

Задание 47. Экзаменационный источник

При скрещивании растения томата с нормальными листьями, гладкими плодами и растения с пятнистыми листьями, опушёнными плодами всё потомство получилось с нормальными листьями, опушёнными плодами. В анализирующем скрещивании гибридного потомства получилось четыре разные фенотипические группы, две из них составили по 13% от общего количества потомков. Составьте схемы скрещиваний. Укажите генотипы родительских особей и генотипы, фенотипы, долю каждой группы потомков в анализирующем скрещивании. Постройте генетическую карту для указанных выше генов, укажите на ней местоположение каждого гена и расстояние между ними (в %), определите тип наследования генов указанных выше признаков.

Правильный ответ. P: AAbb × aaBB → F_1 Ab/aB. Тесткросс: Ab/aB × ab/ab. Aabb и aaBb - по 37%; AaBb и aabb - по 13%. Карта: A - 26 cM - B; неполное сцепление.

Объяснение. A - нормальные листья, a - пятнистые; B - опушённые плоды, b - гладкие. Единообразие F_1 указывает на доминирование нормальных листьев и опушённости. Исходные родители дают Ab и aB, поэтому дигетерозигота находится в транс-фазе. В тесткроссе второй родитель aabb даёт только ab. Рекомбинантные гаметы AB и ab встречаются по 13% и образуют AaBb (нормальные, опушённые) и aabb (пятнистые, гладкие). Родительские гаметы Ab и aB встречаются по (100−26)/2 = 37%; потомки Aabb - нормальные, гладкие, aaBb - пятнистые, опушённые. Частота рекомбинации r = 13 + 13 = 26%. В принятом экзаменационном приближении это 26 морганид (cM). Для точной физической карты такое равенство не универсально: повторные кроссинговеры могут занижать двухточечную оценку.

Источник задания 47: Рекомендации ФИПИ для подготовки к ЕГЭ-2026, раздел 3, задание 10, страница 27.

Задание 48. Экзаменационный источник

На X- и Y-хромосомах человека существуют псевдоаутосомные участки, которые содержат аллели одного гена, и между ними может происходить кроссинговер. Один из таких генов вызывает пигментную ксеродерму (повышенную чувствительность к ультрафиолетовому облучению). Аллель гена избыточного роста волос на средних фалангах пальцев кистей наследуется голандрически (наследование по гетерогаметному полу). Женщина с пигментной ксеродермой и отсутствием избыточного роста волос вышла замуж за мужчину без пигментной ксеродермы и с избыточным ростом волос на средних фалангах пальцев кистей, гомозиготная мать которого страдала пигментной ксеродермой. Родившаяся в этом браке дочь без указанных аномалий вышла замуж за мужчину с пигментной ксеродермой и отсутствием избыточного роста волос на средних фалангах пальцев кистей. Определите генотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства. Возможно ли рождение в первом браке ребёнка с двумя названными аномалиями? Ответ поясните.

Правильный ответ. Первый брак: X(a)X(a) × X(a)Y(A,B). Второй: X(A)X(a) × X(a)Y(a,b). В первом браке возможен сын X(a)Y(a,B) с обеими аномалиями вследствие кроссинговера у отца.

Объяснение. Решаем именно заданную учебную модель. A - отсутствие ксеродермы, a - ксеродерма; B - Y-сцепленный избыток волос, b - его отсутствие. Мужчина получил от больной гомозиготной матери X(a), но здоров по первому признаку, значит его Y несёт A и A доминирует. Мать первого брака даёт X(a). Отец даёт некроссоверные X(a), Y(A,B) и кроссоверные X(A), Y(a,B). Возможны дочери X(a)X(a) с ксеродермой и X(A)X(a) без аномалий; сыновья X(a)Y(A,B) без ксеродермы, с избытком волос и X(a)Y(a,B) с обеими аномалиями. B остаётся в специфическом участке Y при обмене в псевдоаутосомной области. Здоровая дочь X(A)X(a) вступает во второй брак с X(a)Y(a,b). Её гаметы X(A), X(a); гаметы мужа X(a), Y(a,b). Потомки по 1/4: X(A)X(a) - здоровая дочь; X(a)X(a) - дочь с ксеродермой; X(A)Y(a,b) - здоровый сын; X(a)Y(a,b) - сын с ксеродермой. Избыточного роста волос во втором браке нет. Частоты четырёх типов потомков первого брака без частоты рекомбинации не определяются.

Примечание редакции. Сохранена экзаменационная модель локализации генов; она не описывает всё разнообразие клинических причин этих признаков.

Источник задания 48: Рекомендации ФИПИ для подготовки к ЕГЭ-2026, раздел 3, задание 9, страница 27.

Задание 49. Экзаменационный источник

Форма крыльев у дрозофилы - аутосомный ген, ген формы глаз находится в Х-хромосоме. Гетерогаметным у дрозофилы является мужской пол. При скрещивании двух дрозофил с нормальными крыльями и нормальными глазами в потомстве появился самец с редуцированными крыльями и щелевидными глазами. Этого самца скрестили с родительской особью. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и потомства F_1, генотипы и фенотипы потомства F_2. Какая часть самок от общего числа потомков во втором скрещивании фенотипически сходна с родительской самкой? Определите их генотипы.

Правильный ответ. P: ♀AaX(B)X(b) × ♂AaX(B)Y. Обратное скрещивание: ♀AaX(B)X(b) × ♂aaX(b)Y. Нужные самки AaX(B)X(b) составляют 1/8 всех потомков.

Объяснение. A - нормальные крылья, a - редуцированные; B - нормальные глаза, b - щелевидные. Появление aa у нормальных родителей требует Aa × Aa; сын получает X(b) от матери, следовательно она X(B)X(b), отец X(B)Y. Гаметы матери AX(B), AX(b), aX(B), aX(b); отца AX(B), aX(B), AY, aY. Полный набор генотипов F_1 получается сочетанием каждого из AA, Aa, aa (доли 1/4, 1/2, 1/4) с каждым из X(B)X(B), X(B)X(b), X(B)Y, X(b)Y (по 1/4); это 12 генотипических классов. aa имеют редуцированные крылья; щелевидные глаза в F_1 только у X(b)Y. Выбранный самец aaX(b)Y скрещивается с исходной матерью. В F_2 восемь равновероятных классов: AaX(B)X(b), AaX(B)Y - нормальные крылья и глаза; AaX(b)X(b), AaX(b)Y - нормальные крылья, щелевидные глаза; aaX(B)X(b), aaX(B)Y - редуцированные крылья, нормальные глаза; aaX(b)X(b), aaX(b)Y - редуцированные крылья и щелевидные глаза. В каждой паре первый генотип - самка, второй - самец. Единственный класс нужных самок - AaX(B)X(b), то есть 1/8 всех потомков (или 1/4 только среди самок).

Источник задания 49: ФИПИ, материалы для экспертов ПК, 2016, задание 40 (2), страница 68 локального PDF.

Задание 50. Экзаменационный источник

При скрещивании растения кукурузы с нормальными блестящими листьями и растения с надрезанными матовыми листьями всё потомство получилось с нормальными матовыми листьями. В анализирующем скрещивании гибридного потомства получилось четыре разные фенотипические группы: 128, 131, 40, 38. Составьте схемы скрещиваний. Укажите генотипы, фенотипы родительских особей и генотипы, фенотипы потомства в каждой группе. Объясните формирование четырёх фенотипических групп во втором скрещивании.

Правильный ответ. P: AAbb × aaBB → Ab/aB. Тесткросс: Ab/aB × ab/ab. Aabb и aaBb - группы 128 и 131; AaBb и aabb - 40 и 38. Внутри каждой пары численности можно переставить.

Объяснение. A - нормальные листья, a - надрезанные; B - матовые, b - блестящие. Исходные родители AAbb (нормальные, блестящие) и aaBB (надрезанные, матовые) дают Ab и aB. Все F_1 - AaBb, нормальные матовые. Анализатор aabb имеет надрезанные блестящие листья и даёт ab. Наиболее частые гаметы Ab и aB образуют Aabb (нормальные блестящие) и aaBb (надрезанные матовые), 128 и 131 растение. Рекомбинантные AB и ab дают AaBb (нормальные матовые) и aabb (надрезанные блестящие), 40 и 38 растений. Условие не привязывает число к фенотипу, поэтому 128/131 и 40/38 внутри соответствующих пар допускают перестановку - это не ошибка ответа. Всего 337, рекомбинантов 78: r ≈ 23,15%. Четыре группы при неравной численности отражают неполное сцепление в транс-фазе.

Источник задания 50: ФИПИ, материалы для предметных комиссий ЕГЭ-2022, линия 28, пример 1, страница 46.

Задание 51. Экзаменационный источник

На X- и Y-хромосомах человека существуют псевдоаутосомные участки, которые содержат аллели одного гена, и между ними может происходить кроссинговер. Один из таких генов вызывает нарушения в развитии скелета. Рецессивный аллель одной из форм катаракты (патологии органа зрения) наследуется сцепленно с X-хромосомой. Женщина, имеющая нарушения в развитии скелета и страдающая катарактой, родители которой имели нормально развитый скелет, вышла замуж за мужчину без этих заболеваний, мать которого страдала нарушениями в развитии скелета. Родившаяся в этом браке дочь без указанных заболеваний вышла замуж за мужчину, страдающего нарушениями в развитии скелета и не имеющего катаракты. Составьте схемы решения задачи. Определите генотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства. Возможно ли рождение в первом браке ребёнка, страдающего двумя названными заболеваниями? Ответ поясните.

Правильный ответ. Первый брак: X(ab)X(ab) × X(aB)Y(A). Здоровая дочь X(AB)X(ab). Второй брак: X(AB)X(ab) × X(aB)Y(a). В первом браке возможен сын X(ab)Y(a) с обеими болезнями.

Объяснение. A - нормальный скелет, a - нарушение скелета; B - отсутствие катаракты, b - катаракта. Больная женщина от здоровых по скелету родителей имеет aa, значит нарушение рецессивно. Её генотип X(ab)X(ab). Первый муж получил от больной матери X с a, но здоров, поэтому имеет X(aB)Y(A). Его некроссоверные гаметы X(aB), Y(A); при обмене в псевдоаутосомном участке - X(AB), Y(a). При единственной гамете матери X(ab) возможны дочери X(ab)X(aB) - нарушение скелета без катаракты, X(ab)X(AB) - здоровая; сыновья X(ab)Y(A) - нормальный скелет, катаракта, X(ab)Y(a) - обе болезни. Здоровая дочь X(AB)X(ab) вступает в брак с X(aB)Y(a). Её гаметы AB, ab, Ab, aB на X-хромосомах; гаметы мужа X(aB), Y(a). Дочери: X(AB)X(aB), X(Ab)X(aB) - здоровы; X(ab)X(aB), X(aB)X(aB) - нарушение скелета, без катаракты. Сыновья: X(AB)Y(a) - здоров; X(ab)Y(a) - обе болезни; X(Ab)Y(a) - только катаракта; X(aB)Y(a) - только нарушение скелета. Частоты без частоты рекомбинации не вычисляются; перечислены возможные классы. X-сцепленный локус B/b за пределами псевдоаутосомного участка не переносится на Y.

Примечание редакции. Условия локализации и доминирования применяются как учебная модель данного КИМ.

Источник задания 51: Официальный открытый КИМ ЕГЭ-2026, задание 28, страница 9.

Задание 52. Экзаменационный источник

У человека ген карих глаз (A) доминирует над голубым цветом глаз, а ген цветовой слепоты рецессивен (дальтонизм - d) и сцеплен с X-хромосомой. Кареглазая женщина с нормальным зрением, отец которой имел голубые глаза и страдал цветовой слепотой, выходит замуж за голубоглазого мужчину с нормальным зрением. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и возможного потомства, вероятность рождения в этой семье детей-дальтоников с карими глазами и их пол.

Правильный ответ. P: AaX(D)X(d) × aaX(D)Y. Кареглазые дальтоники - мальчики AaX(d)Y, вероятность 1/8 = 12,5% всех детей.

Объяснение. Отец женщины aaX(d)Y передал ей a и X(d). При карих глазах и нормальном зрении она AaX(D)X(d). Муж aaX(D)Y. Гаметы женщины AX(D), AX(d), aX(D), aX(d) по 1/4; мужчины aX(D), aY по 1/2. Восемь равновероятных генотипов: AaX(D)X(D), AaX(D)X(d) - кареглазые дочери с нормальным зрением; aaX(D)X(D), aaX(D)X(d) - голубоглазые дочери с нормальным зрением; AaX(D)Y - кареглазый сын с нормальным зрением; AaX(d)Y - кареглазый сын-дальтоник; aaX(D)Y - голубоглазый сын с нормальным зрением; aaX(d)Y - голубоглазый сын-дальтоник. Нужен один класс из восьми: 1/2 (карие глаза) × 1/2 (сын) × 1/2 (X(d) от матери) = 1/8. Среди сыновей его доля была бы 1/4; условие спрашивает всех детей. Одногенная модель цвета глаз принята только для этой задачи.

Источник задания 52: Официальная демоверсия ЕГЭ-2009, С6, страница PDF 14.

Задание 53. Авторское задание

В тесткроссе получены 366 ABC, 354 abc, 82 Abc, 78 aBC, 55 ABc, 45 abC, 11 AbC и 9 aBc. При стандартных предпосылках трёхточечного картирования назовите родительские и двойные кроссоверные классы, установите порядок генов и расстояния между соседними локусами. Определите также наблюдаемую долю рекомбинантов по крайним локусам.

Правильный ответ. Родительские ABC и abc; двойные AbC и aBc; карта A - 18 cM - B - 12 cM - C. Наблюдаемая рекомбинация A-C - 26%.

Объяснение. Всего 1000 потомков. Наиболее многочисленны ABC и abc, наименее - AbC и aBc. При сравнении ABC с AbC меняется только B, поэтому B находится посередине. Интервал A-B: Abc, aBC, AbC, aBc - 82 + 78 + 11 + 9 = 180, или 18%. Интервал B-C: ABc, abC, AbC, aBc - 55 + 45 + 11 + 9 = 120, или 12%. Двойные кроссоверы составляют 20/1000 = 2% и входят в оба интервала. Крайние A-C рекомбинируют только в четырёх классах одиночных обменов: 82 + 78 + 55 + 45 = 260, то есть 26%. Проверка: 18 + 12 − 2 × 2 = 26%.

Задание 54. Авторское задание

У мужчины аллель P псевдоаутосомного локуса находится на X, а p - на Y. Укажите типы сперматозоидов без обмена и дополнительные типы после обмена в PAR, меняющего связь аллеля с X или Y. Может ли P перейти сыну?

Правильный ответ. Без обмена X^P и Y^p; дополнительные рекомбинантные типы X^p и Y^P. Аллель P может перейти сыну с Y^P.

Объяснение. X и Y имеют гомологичный участок с этим локусом. Обмен между локусом и границей X/Y-специфической части может изменить сочетание аллеля и хромосомы. При этом не весь геном X превращается в Y: меняется только участок с маркером. Сперматозоид Y^P даёт сына, получившего P от отца. Без численной частоты обмена четыре типа нельзя считать равновероятными.

Задание 55. Авторское задание

Почему мужчина обычно не гемизиготен по гену псевдоаутосомного участка, хотя гемизиготен по большинству X-специфических генов? Сравните возможные записи генотипов.

Правильный ответ. По гену PAR есть две копии - на X и Y; по X-специфическому локусу одна копия на X.

Объяснение. Например, для PAR мужчина может быть X^AY^a - гетерозиготным по этому локусу, поскольку A и a занимают гомологичные позиции на двух хромосомах. Для X-специфического гена запись X^aY означает, что у Y нет соответствующего локуса: это гемизиготность, а не гомозиготность по рецессивному аллелю. Наличие двух копий PAR позволяет анализировать их взаимодействие как взаимодействие аллелей одного гена.

Задание 56. Авторское задание

У особи с аутосомной фазой AB/ab рекомбинация между A и B составляет 10%. Независимый X-сцепленный аллель h передаётся в гамету с вероятностью 1/2. При равенстве взаимных продуктов найдите вероятность гаметы Ab, затем гаметы AbX^h.

Правильный ответ. P(Ab) = 5%; $P(AbX^h)$ = 2,5%.

Объяснение. Ab - один из двух взаимных рекомбинантных типов, поэтому его доля 0,10/2 = 0,05. Условие прямо задаёт независимость X-локуса от аутосомного блока. Следовательно, $P(AbX^h)$ = 0,05 × 0,5 = 0,025. Умножать вероятности внутри сцепленного блока как независимые было бы ошибкой: 1/2 × 1/2 вместо 5% здесь неприменимо.

Задание 57. Авторское задание

В тесткроссе четыре фенотипических класса приблизительно равны - по 25%. Назовите две возможные ситуации расположения генов и исследование, которое поможет различить их.

Правильный ответ. Гены могут находиться в разных хромосомах или далеко друг от друга в одной. Поможет молекулярная/цитогенетическая локализация либо картирование с промежуточными маркерами.

Объяснение. Независимое расхождение разных пар хромосом даёт четыре равновероятных сочетания. Далёкие локусы одной хромосомы тоже могут иметь наблюдаемую рекомбинацию около 50% из-за множественных обменов. Поэтому одна таблица частот не устанавливает физическую принадлежность к разным хромосомам. Промежуточные маркеры могут выявить цепочку коротких интервалов в одной группе сцепления.

Задание 58. Авторское задание

У отца проявляется предполагаемый Х-сцепленный доминантный признак, но одна дочь не имеет его проявлений. Назовите ожидаемый результат простой модели и предложите направления проверки расхождения, не делая вывода о родстве людей.

Правильный ответ. При полной пенетрантности все дочери должны получить аллель отца и проявить признак. Проверяют пенетрантность, возраст проявления, фенотипирование, мозаицизм и альтернативный тип наследования.

Объяснение. Отец передаёт Х всем дочерям; поэтому отсутствие проявления противоречит совокупности предпосылок простой модели, но не автоматически самой передаче хромосомы. Нужно уточнить полноту и возрастную зависимость проявления, подтвердить вариант молекулярно, проверить мозаицизм и правильность локализации признака. Одной записи в родословной недостаточно для выводов о биологическом родстве.

Задание 59. Авторское задание

Предложите план анализирующего скрещивания для картирования двух генов и контроль, позволяющий обнаружить искажение из-за разной жизнеспособности потомков.

Правильный ответ. Дигетерозиготу с известной фазой скрестить с двойной рецессивной гомозиготой; учесть четыре класса и проверить их выживаемость на разных стадиях.

Объяснение. Сначала получают AB/ab или Ab/aB из подтверждённых линий. Её скрещивают с aabb; при однозначных фенотипах каждый потомок отражает гамету дигетерозиготы. Собирают достаточную выборку, выделяют взаимные родительские и рекомбинантные пары, вычисляют r = R/N. Затем сравнивают генотипные доли ранних эмбрионов и выживших потомков либо проводят контрольное скрещивание, дающее подозрительный генотип без необходимости рекомбинации. Уменьшение класса после образования зигот указывает на отбор, а не только на частоту гамет.

Задание 60. Авторское задание

Почему генетические расстояния одной и той же пары локусов могут различаться у самцов и самок, хотя физическое расположение генов одинаково? Что нужно учитывать при сравнении карт?

Правильный ответ. Генетическая карта отражает частоту рекомбинации, которая может зависеть от пола; сравнивают один вид, локусы, метод и условия измерения.

Объяснение. Мейоз у двух полов может различаться по наличию, числу и распределению кроссоверов. Поэтому одинаковый участок ДНК даёт разные доли рекомбинантов. У самцов дрозофилы в стандартной модели мейотического кроссинговера нет, что особенно резко отличает их от самок. При сравнении проверяют также возраст, условия среды, жизнеспособность классов, объём выборки и метод перевода рекомбинационной частоты в расстояние.

Источники заданий

Демонстрационные варианты и официальные методические задания отмечены своими названиями. Их наличие в подборке не означает, что они использовались на состоявшемся экзамене. Решения и пояснения подготовлены для этого урока.

1. Официальная демоверсия ЕГЭ-2011, задание A7; страница PDF 3. Открыть документ.

2. Официальная демоверсия ЕГЭ-2012, задание $A_2$9; страница PDF 5. Открыть документ.

3. Официальная демоверсия ЕГЭ-2012, задание A30; страница PDF 5. Открыть документ.

4. Официальная демоверсия ЕГЭ-2004, $A_1$0, страница PDF 3 (копия оригинала). Открыть документ.

5. Официальная демоверсия ЕГЭ-2007, A30, страница PDF 8. Открыть документ.

6. Официальная демоверсия ЕГЭ-2009, A7, страница PDF 5. Открыть документ.

7. Официальный открытый КИМ ЕГЭ-2021, задание 3, страница 2 (копия оригинала). Открыть документ.

8. Официальная демоверсия ЕГЭ-2009, задание $A_2$9, страница PDF 9. Открыть документ.

9. Официальная демоверсия ЕГЭ-2012, задание A4, страница PDF 2. Открыть документ.

10. Официальная демоверсия ЕГЭ-2013, задание A9, страница PDF 3. Открыть документ.

11. Официальная демоверсия ЕГЭ-2014, задание A4, страница PDF 2. Открыть документ.

12. Официальная демоверсия ЕГЭ-2004, A9, страница PDF 3 (копия оригинала). Открыть документ.

13. Официальная демоверсия ЕГЭ-2016, задание 4, страница PDF 3. Открыть документ.

14. Официальная демоверсия ЕГЭ-2017, задание 3 (хромосомный набор), страница PDF 3. Открыть документ.

21. Официальная демоверсия ЕГЭ-2012, задание C6; страница PDF 10. Открыть документ.

22. Официальная демоверсия ЕГЭ-2018, задание 22 (генетическая карта); страница PDF 14. Открыть документ.

23. Официальная демоверсия ЕГЭ-2023, задание 28 (альтернативное задание о мейозе); страница PDF 20. Открыть документ.

24. Официальные рекомендации ФИПИ для подготовки к ЕГЭ-2023, страница 39. Открыть документ.

25. Официальные рекомендации ФИПИ для подготовки к ЕГЭ-2023, страница 41. Открыть документ.

26. Официальная демоверсия ЕГЭ-2012, задание B1, страница PDF 6. Открыть документ.

27. Официальная демоверсия ЕГЭ-2014, задание B8, страница PDF 7. Открыть документ.

28. Официальная демоверсия ЕГЭ-2016, задание 26, страница PDF 5. Открыть документ.

29. Официальная демоверсия ЕГЭ-2017, задание 2, страница PDF 2. Открыть документ.

30. Официальная демоверсия ЕГЭ-2017, задание 4 (альтернативное задание о ДНК), страница PDF 3. Открыть документ.

31. Официальная демоверсия ЕГЭ-2015, задание 25, страница PDF 5. Открыть документ.

32. Официальный открытый КИМ ЕГЭ-2026, задание 7, страница 3. Открыть документ.

33. ФИПИ, материалы для экспертов ПК, 2016, задание 40 (3), страница 71 локального PDF. Открыть документ.

34. ФИПИ, материалы для экспертов ПК, 2016, задание 40, страницы 99-100 локального PDF. Открыть документ.

41. Официальная демоверсия ЕГЭ-2014, задание C6; страница PDF 12. Открыть документ.

42. Официальная демоверсия ЕГЭ-2022, задание 28; страница PDF 22. Открыть документ.

43. Официальная демоверсия ЕГЭ-2023, задание 29; страница PDF 20. Открыть документ.

44. Официальная демоверсия ЕГЭ-2025, задание 28; страница PDF 19. Открыть документ.

45. Официальные рекомендации ФИПИ для подготовки к ЕГЭ-2023, страница 40. Открыть документ.

46. Официальные рекомендации ФИПИ для подготовки к ЕГЭ-2023, страница 42. Открыть документ.

47. Рекомендации ФИПИ для подготовки к ЕГЭ-2026, раздел 3, задание 10, страница 27. Открыть документ.

48. Рекомендации ФИПИ для подготовки к ЕГЭ-2026, раздел 3, задание 9, страница 27. Открыть документ.

49. ФИПИ, материалы для экспертов ПК, 2016, задание 40 (2), страница 68 локального PDF. Открыть документ.

50. ФИПИ, материалы для предметных комиссий ЕГЭ-2022, линия 28, пример 1, страница 46. Открыть документ.

51. Официальный открытый КИМ ЕГЭ-2026, задание 28, страница 9. Открыть документ.

52. Официальная демоверсия ЕГЭ-2009, С6, страница PDF 14. Открыть документ.