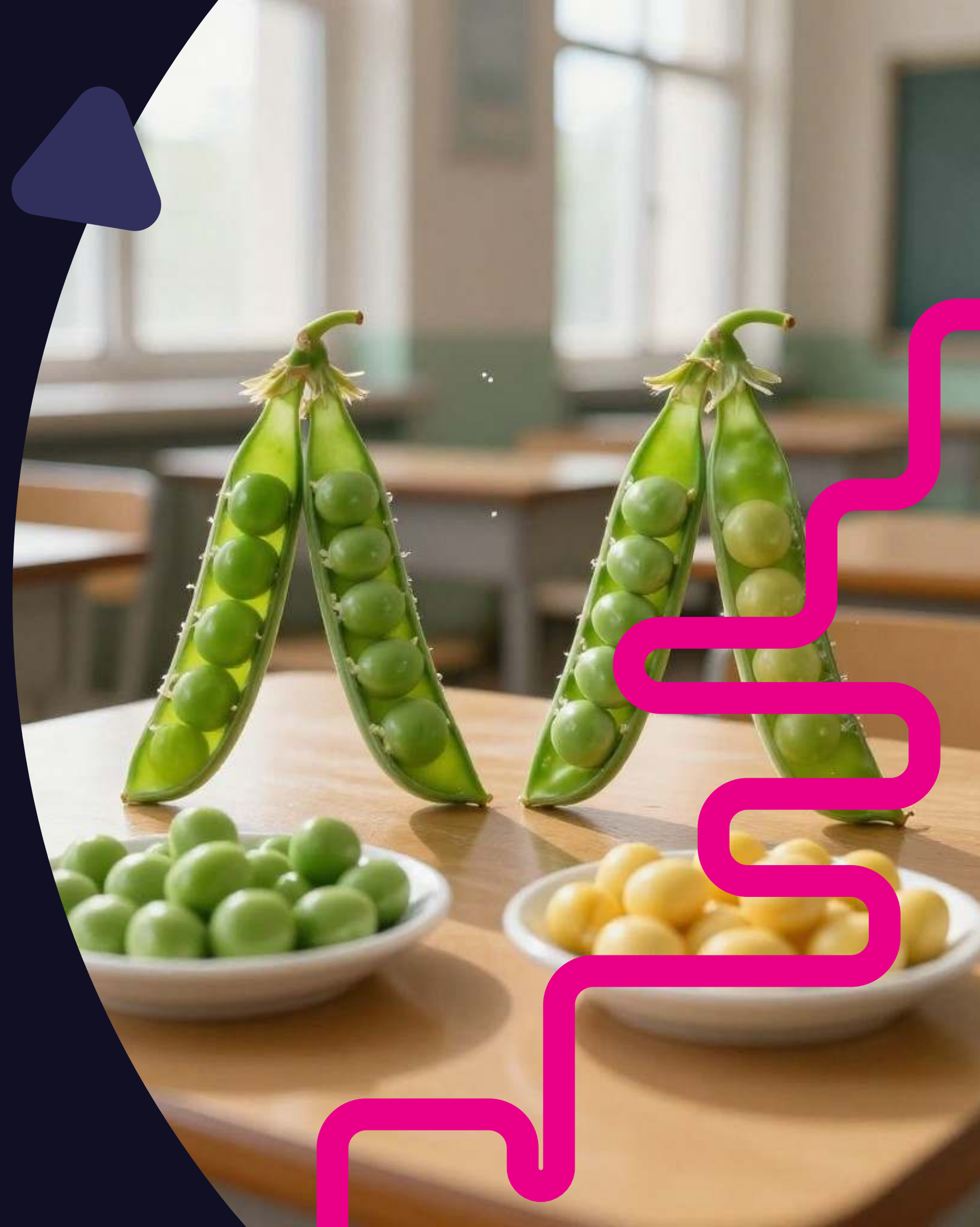


Дигибридное скрещивание: наследование двух признаков

Как два признака наследуются
одновременно?





От опытов Менделя к законам наследования

Опыты Грегора Менделя с горохом показали, что признаки передаются по устойчивым закономерностям. Позднее дигибридные скрещивания подтвердили независимое наследование несцепленных генов и стали основой современной школьной генетики.

Сущность дигибридного скрещивания

01

Два признака сразу

Дигибридное скрещивание рассматривает наследование двух пар альтернативных признаков одновременно, например цвета и формы семян. Это позволяет увидеть, как один организм передаёт потомству сразу несколько наследственных характеристик.

02

Две пары аллелей

В записи используют две аллельные пары, например A/a и B/b . Такое обозначение помогает проследить возможные сочетания наследственных факторов и заранее определить набор гамет каждого родителя.

03

Прогноз потомства

Основная задача анализа — установить вероятные генотипы и фенотипы потомков, а затем вычислить их доли. Это делает метод удобным для решения генетических задач и проверки независимого наследования.

04

Проверка закономерности

Если признаки наследуются независимо, результаты скрещивания подчиняются ожидаемым соотношениям. Именно поэтому дигибридный анализ используют как учебную модель для понимания мейоза и комбинирования аллелей.

Основные генетические термины в теме

Термины генетики помогают точно описывать результаты дигибридного анализа и не путать наследственные варианты с внешним проявлением признаков.

Для решения задач важно различать генотип и фенотип: одинаковый внешний признак может скрывать разные комбинации аллелей.

Школьный курс общей биологии, раздел «Генетика»

Термин	Значение	Пример
Ген	участок ДНК	окраска семян
Аллель	вариант гена	А и а
Генотип	набор аллелей	АаВв
Фенотип	внешний признак	жёлтые гладкие

Признаки гороха в опытах Менделя

Цвет семян

- ▼ Мендель изучал жёлтые и зелёные семена, потому что различие между ними легко заметить визуально. Такой признак удобно фиксировать в опыте и связывать с наследованием одного гена.

Форма семян

- ▼ Второй классический признак — гладкие и морщинистые семена. Он также хорошо различим и подходит для сопоставления с первым признаком в одном дигибридном скрещивании.

Чёткие комбинации

- ▼ Сочетание двух признаков даёт четыре фенотипические группы: жёлтые гладкие, жёлтые морщинистые, зелёные гладкие и зелёные морщинистые семена. Это делает опыт наглядным и удобным для анализа.

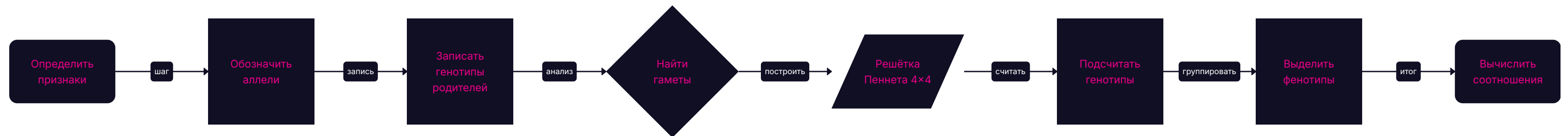
Удобство модели

- ▼ Горох посевной стал классическим объектом генетики, потому что его признаки легко учитывать, а результаты наследования выражаются достаточно ясно для учебного и исследовательского наблюдения.



Как решать задачу на дигибридное скрещивание

Последовательность анализа от условий задачи до ответа о генотипах и фенотипах потомства.

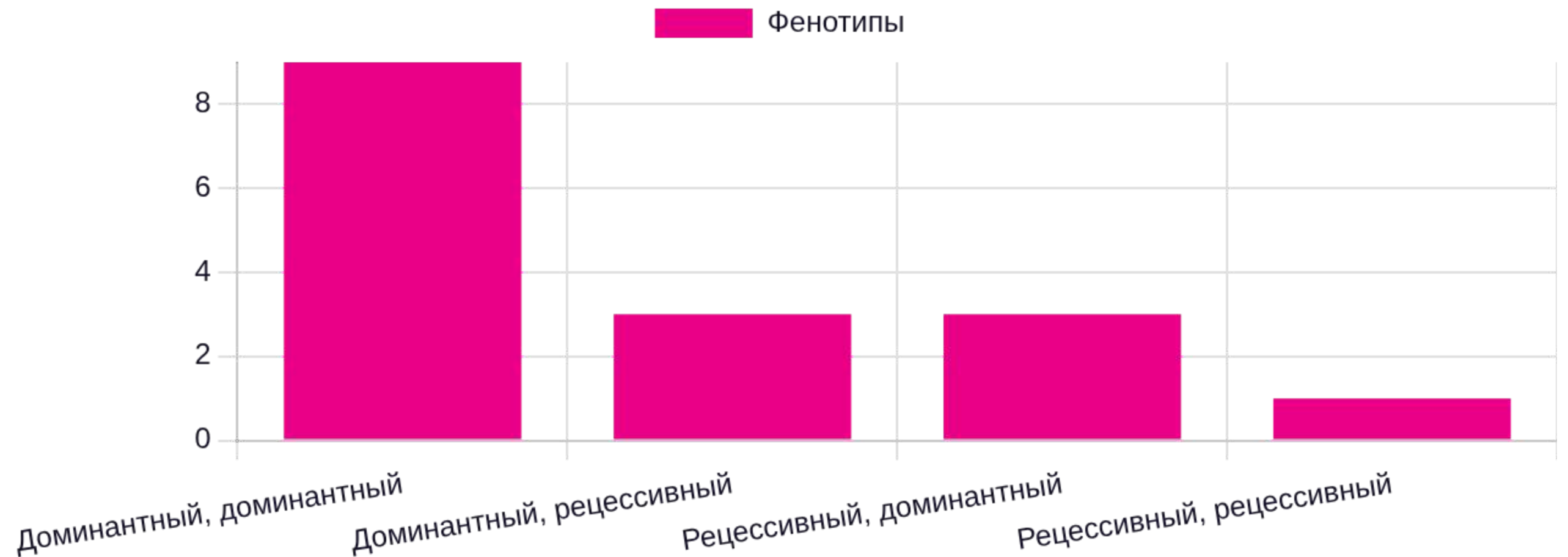


Классическое фенотипическое расщепление 9:3:3:1

Это соотношение удобно использовать как проверку: если условие задачи соответствует независимому наследованию, распределение фенотипов должно быть близким к этому шаблону.

Соотношение 9:3:3:1 показывает независимое комбинирование аллелей двух генов при скрещивании двух дигетерозигот.

Школьный курс генетики;
классическая схема
скрещивания $AaBb \times AaBb$



4

типа гамет образует дигетерозигота
 $AaBb$ при независимом
наследовании

Равное образование четырёх
типов гамет создаёт 16
возможных сочетаний
при оплодотворении и приводит
к классическому
фенотипическому расщеплению.

Школьный курс общей биологии;
закон независимого наследования

Типы гамет у дигетерозиготы AaBb

Тип	Аллели	Вероятность
AB	A + B	25%
Ab	A + b	25%
aB	a + B	25%
ab	a + b	25%

Дигетерозигота даёт четыре равновероятные гаметы; это объясняет, почему при независимом наследовании число сочетаний быстро возрастает.

При двух гетерозиготных парах образуется 4 типа гамет; в общем виде число типов равно 2^n .

Школьный курс генетики

Решётка Пеннета 4×4 как способ проверки результата

1. Записать гаметы

Сначала определяют все гаметы каждого родителя. Для AaBb их четыре: AB, Ab, aB и ab. Без этого невозможно корректно построить таблицу скрещивания.

2. Построить 16 клеток

Затем соединяют гаметы в решётке Пеннета 4×4. Каждая клетка показывает одну возможную зиготу и помогает не пропустить редкие сочетания аллелей.

3. Сгруппировать потомство

После заполнения таблицы одинаковые генотипы объединяют, а затем переводят их в фенотипические классы. Так становится видно, почему генотипов больше, чем внешних вариантов.

4. Проверить ответ

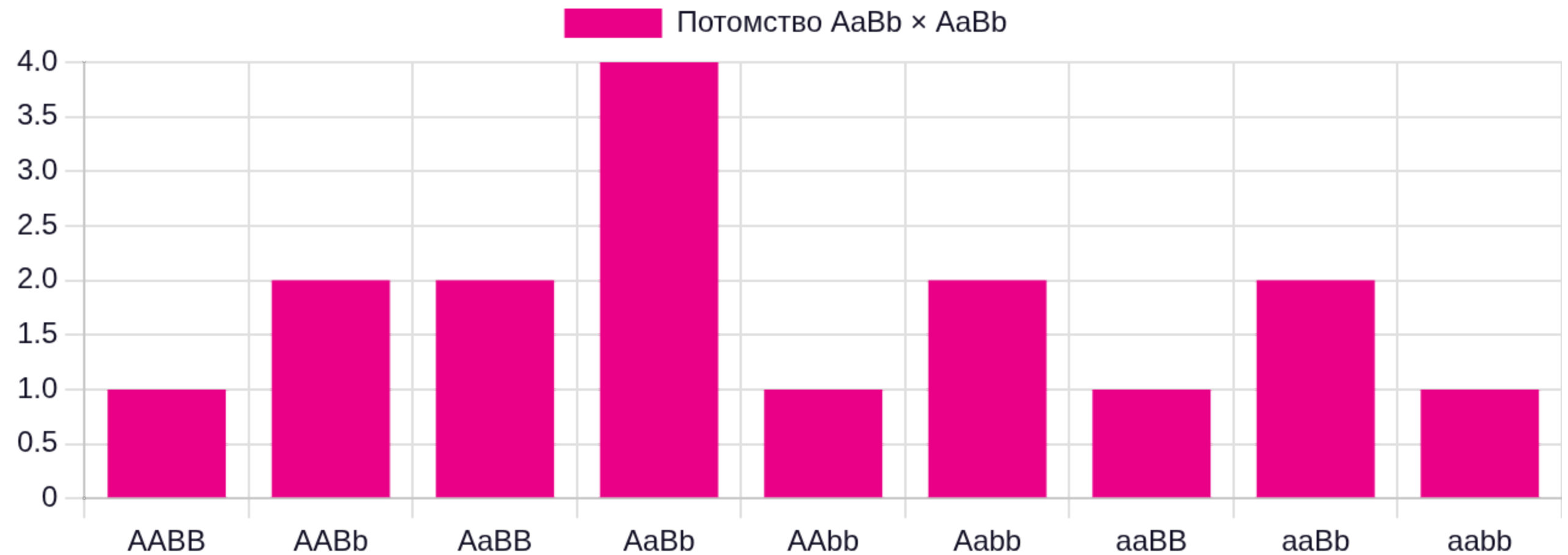
Последний шаг — сверить полученное соотношение с условием задачи. Решётка Пеннета служит удобной проверкой вероятностей и уменьшает риск вычислительных ошибок.

Генотипические классы потомства при $AaBb \times AaBb$

На диаграмме видно, что один и тот же фенотип может скрывать несколько генотипов с разными сочетаниями аллелей.

Наибольшую долю даёт $AaBb$; генотипическое разнообразие шире фенотипического из-за доминирования.

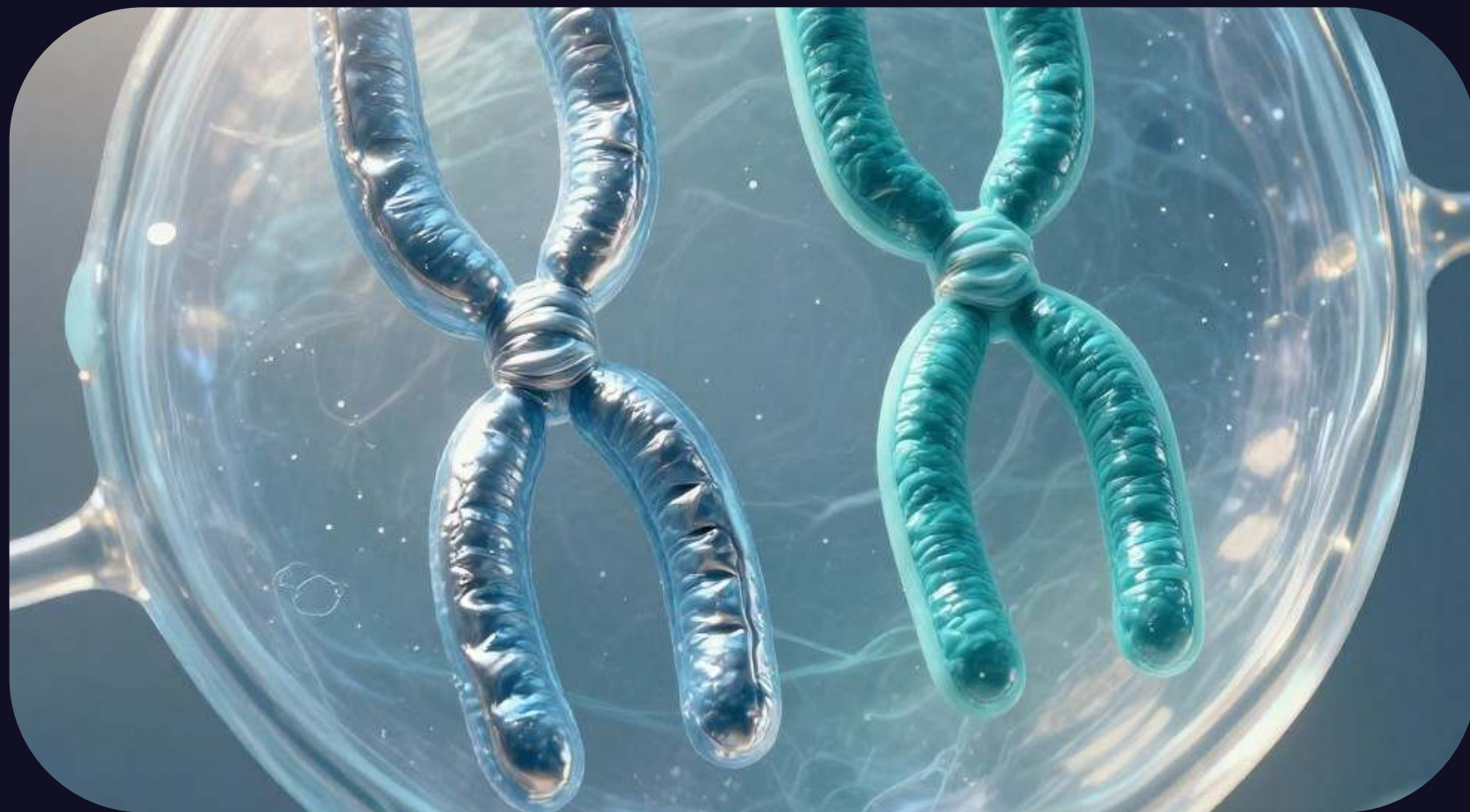
Школьный курс общей биологии, тема «Дигибридное скрещивание»



Независимое наследование и роль хромосом

Гомологичные хромосомы расходятся по разным клеткам

В мейозе I каждая пара гомологичных хромосом выстраивается независимо от других пар. Затем они расходятся к полюсам клетки, и будущие гаметы получают разные сочетания материнских и отцовских аллелей. Именно так возникает множество вариантов наследования.



Новые комбинации рождаются при оплодотворении

В мейозе II разделяются сестринские хроматиды, и каждая гамета становится носителем только одного набора аллелей. При случайном слиянии гамет в оплодотворении эти наборы соединяются заново, создавая неповторимые комбинации признаков у потомства.



Случаи, когда классическая схема нарушается



Сцепление генов

Если гены находятся в одной хромосоме, они чаще передаются вместе. Тогда потомство отклоняется от расщепления 9:3:3:1, а родительские сочетания признаков встречаются чаще ожидаемого.

Кроссинговер

Обмен участками между гомологичными хромосомами может разорвать сцепление и создать новые сочетания аллелей. Поэтому в потомстве появляются рекомбинантные классы, хотя их доля обычно меньше родительских.

Неполное доминирование

У гетерозиготы фенотип может быть промежуточным, а не доминантным. В этом случае внешний результат скрещивания меняется, и привычное соотношение фенотипов перестаёт быть применимым.

Летальные и взаимодействующие гены

Некоторые генотипы нежизнеспособны или изменяют проявление других генов. Из-за этого численное соотношение потомства смещается, и для ответа приходится анализировать конкретное условие задачи, а не шаблон.

Сравнение классического и отклоняющихся вариантов наследования

Ниже сведены основные случаи, с которыми встречаются в школьных задачах по генетике.

Классическое расщепление сохраняется только при независимом наследовании и полном доминировании без летальных эффектов.

Школьный курс общей биологии, раздел «Генетика»

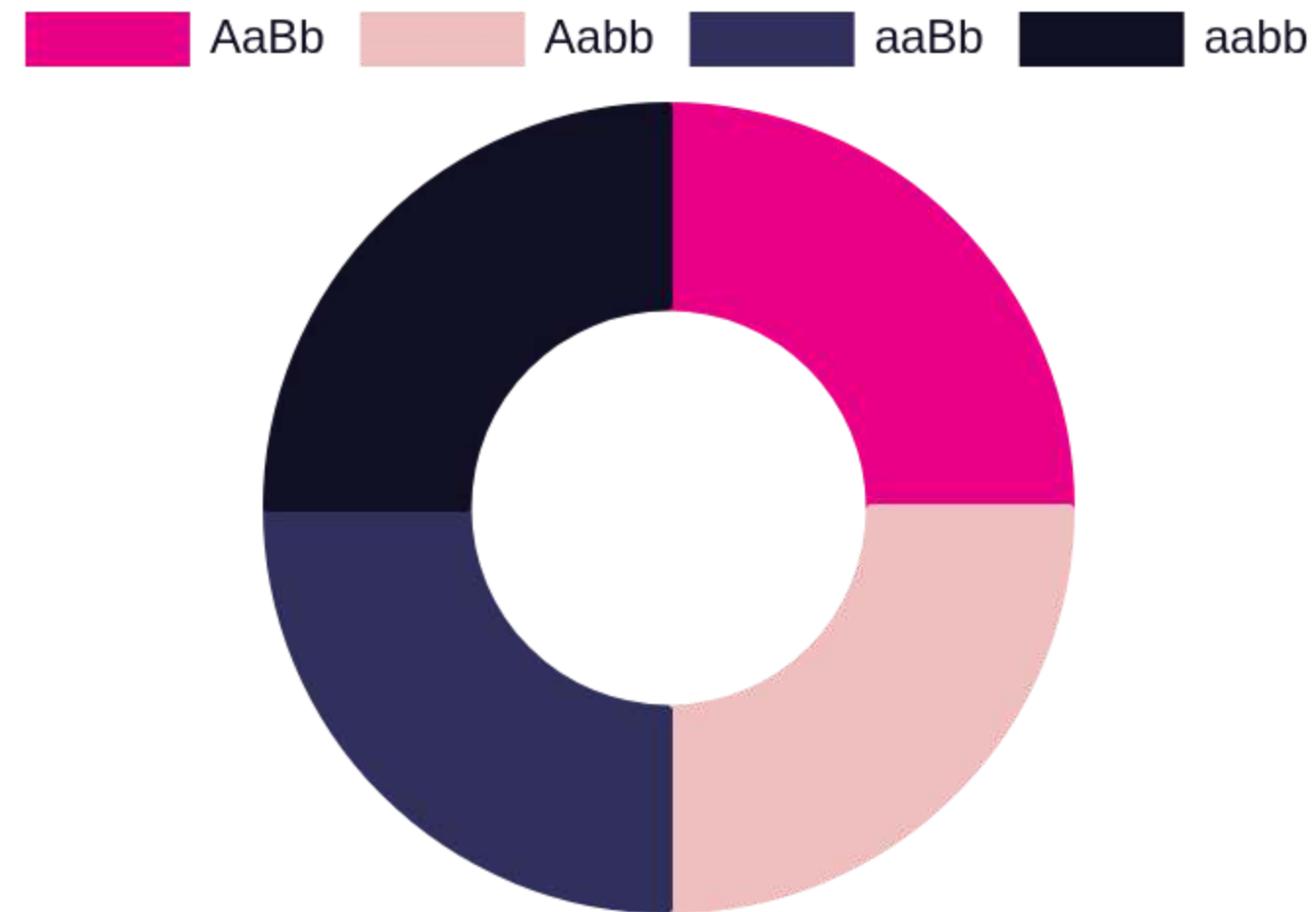
Тип наследования	Расщепление	Причина
Независимое	9:3:3:1	Разные хромосомы
Сцепление	Отклонение	Одна хромосома
Неполное доминирование	Промежуточный фенотип	Нет полного подавления
Летальные аллели	Смещение чисел	Часть генотипов нежизнеспособна

Анализирующее скрещивание как проверка генотипа

Равенство долей показывает, что тест-кросс особенно удобен для выявления скрытого генотипа особи с доминантным фенотипом.

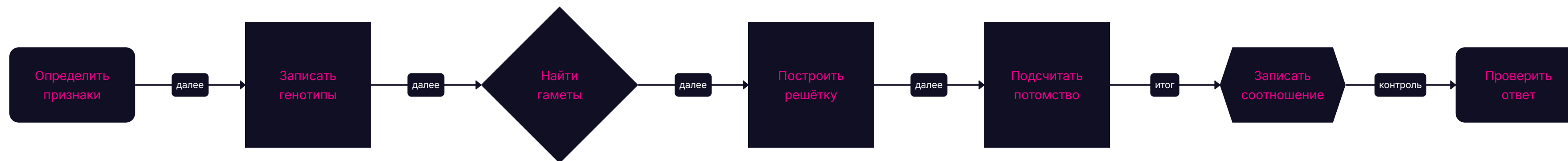
Если все классы равны, дигетерозигота подтверждается; отклонение указывает на иное сочетание аллелей.

Школьный курс общей биологии, тема «Анализирующее скрещивание»



Алгоритм решения задачи на дигибридное скрещивание

Последовательность действий при анализе наследования двух признаков



Практическое значение дигибридного скрещивания



Селекция растений

Метод помогает сочетать урожайность, форму плодов, окраску и устойчивость к неблагоприятным условиям, чтобы заранее оценить результат скрещивания и отобрать перспективные формы.



Разведение животных

В животноводстве дигибридный анализ позволяет учитывать сразу несколько наследственных признаков при подборе производителей и снижать риск случайных, малоценных комбинаций потомства.



Прогноз результата

Расчёт гамет и вероятностей делает селекционную работу более точной: специалист видит ожидаемые варианты потомства ещё до проведения реального скрещивания.

Типичные ошибки при решении задач на дигибридное скрещивание

01

Неверные гаметы

Часто забывают, что дигетерозигота даёт четыре типа гамет, и пропускают часть вариантов. Из-за этого решётка Пеннета оказывается неполной, а итоговое соотношение становится ошибочным.

02

Путаница в понятиях

Генотип и фенотип нередко смешивают в одном ответе. Однако внешний признак не всегда однозначно показывает набор аллелей, особенно если доминантный аллель скрывает рецессивный.

03

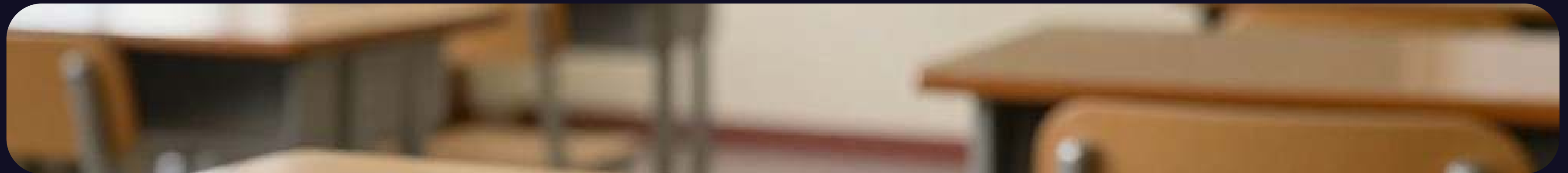
Шаблон без проверки

Соотношение 9:3:3:1 нельзя применять автоматически. Сначала нужно убедиться, что гены наследуются независимо и что в условии нет неполного доминирования, сцепления или летальных генотипов.

04

Потеря комбинаций

Ещё одна ошибка — не выписать все клетки решётки Пеннета или неверно подсчитать повторяемость генотипов. Тогда даже при правильной логике ответ будет численно искажён.

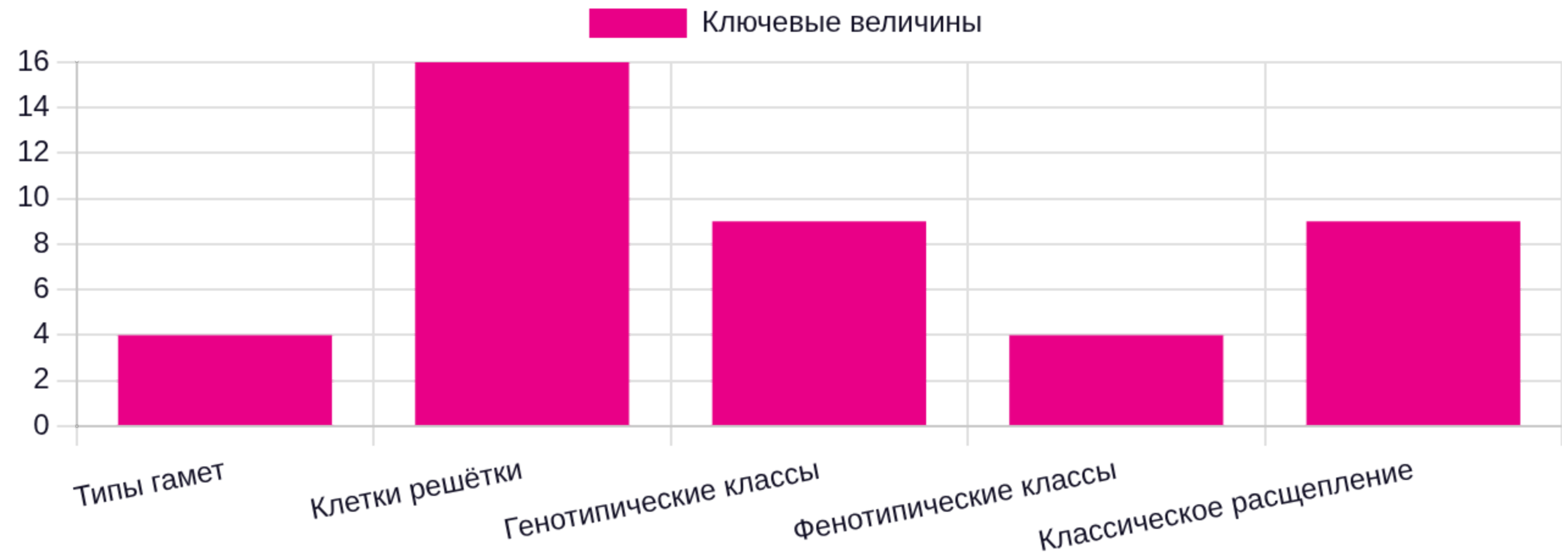


Ключевые числовые результаты темы

Эти величины удобно запоминать как проверочный набор: 4, 16, 9 и 4 помогают быстро сверить решение на каждом этапе.

Числа отражают структуру дигибридного анализа и позволяют быстро распознать правильную схему наследования.

Школьный курс общей биологии, тема «Дигибридное скрещивание»



Дигибридное скрещивание: от закона к практике

Дигибридное скрещивание показывает, как два признака наследуются одновременно, почему важны гаметический анализ и решётка Пеннета, и как генетика помогает предсказывать результат скрещивания в учебных и прикладных задачах.