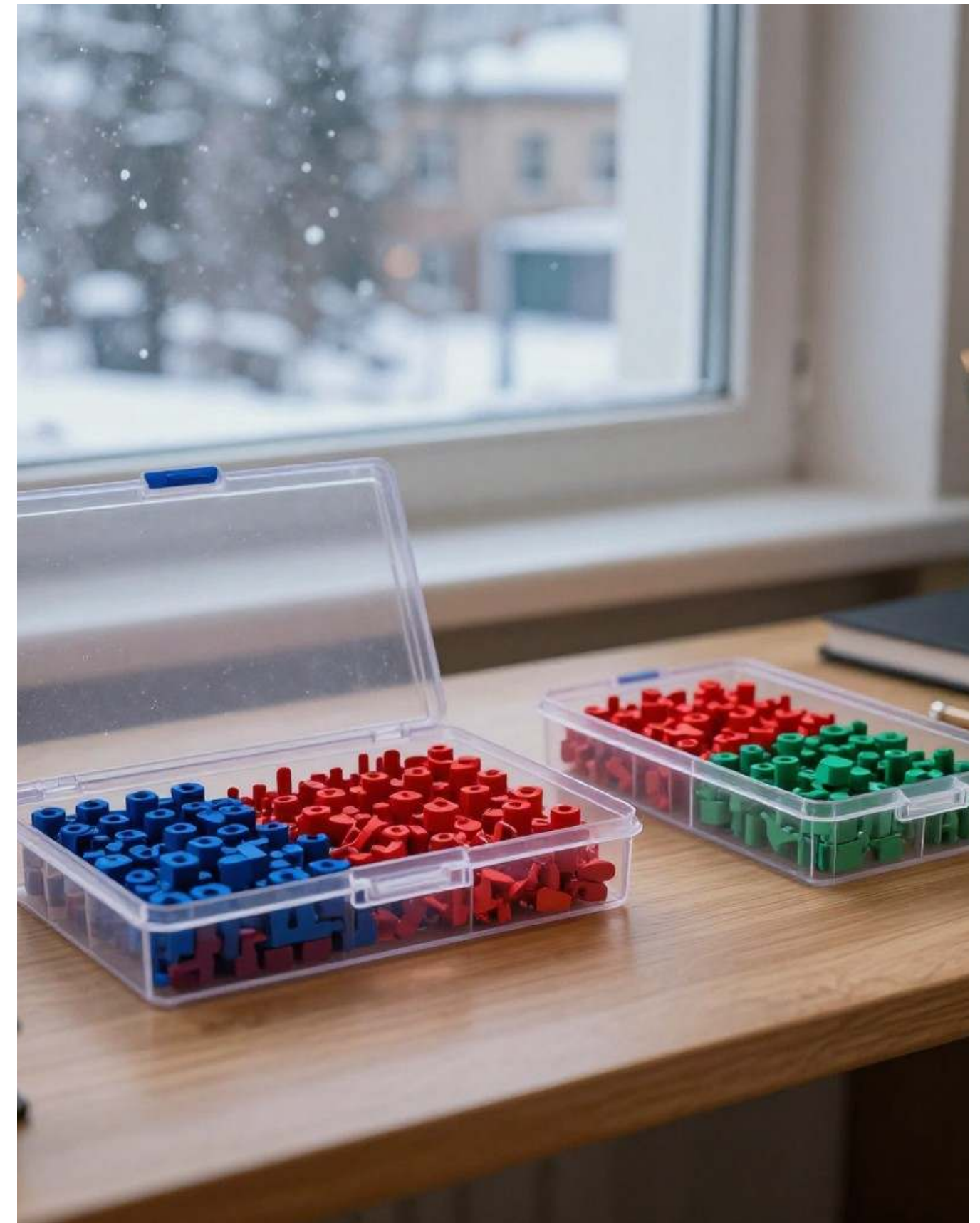


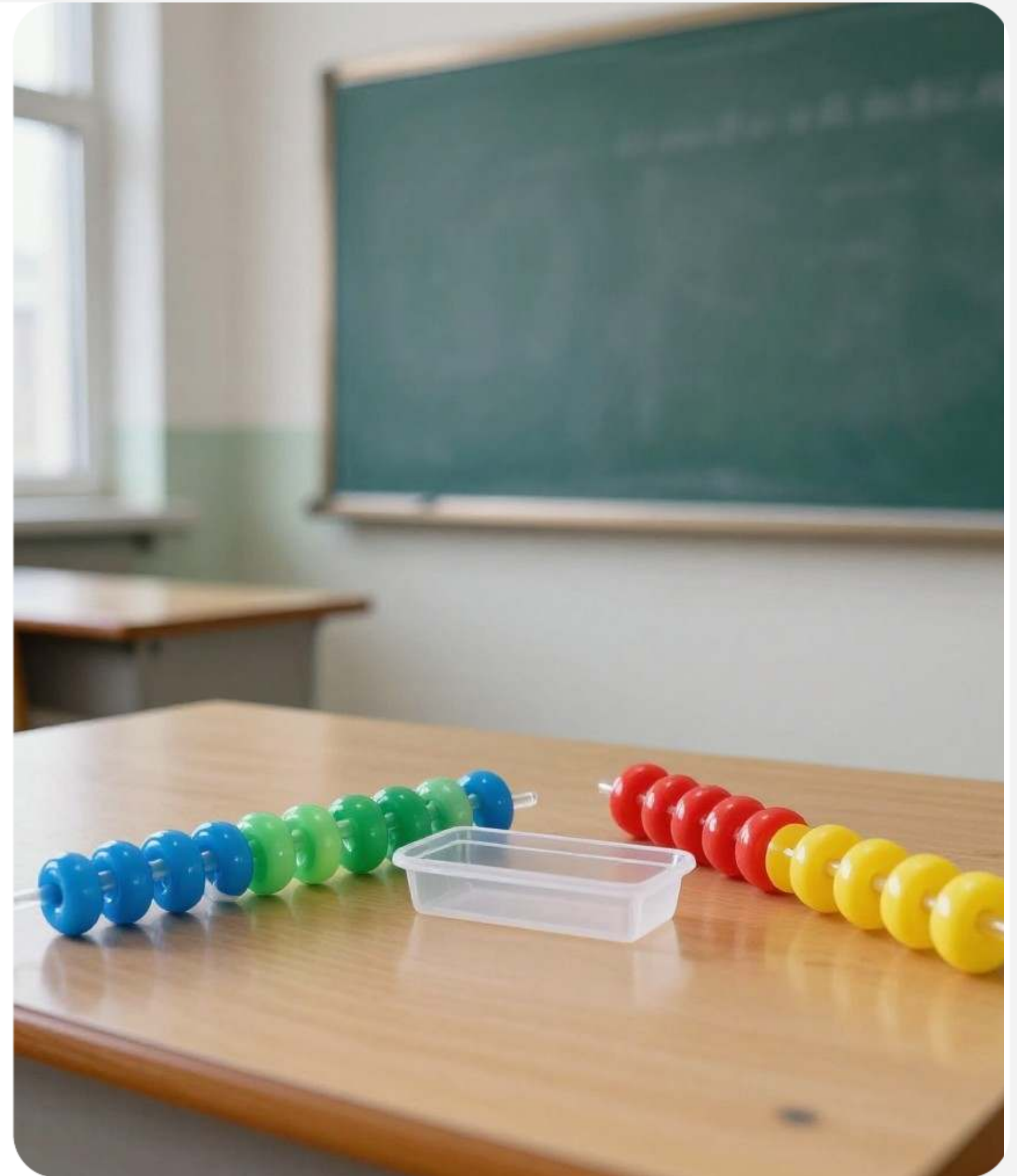
Комбинативная изменчивость: откуда берётся наследственное разнообразие

Почему дети одних родителей похожи,
но не одинаковы?



Почему это важно в школьной биологии

При половом размножении признаки наследуются через гены, но их сочетания каждый раз складываются по-новому. Поэтому у потомков появляются собственные особенности, а вид сохраняет богатое разнообразие.



Определение комбинативной изменчивости

Новые сочетания

Комбинативная изменчивость — это появление у потомков новых комбинаций уже имеющихся генов. Сами гены при этом не меняются, а лишь по-разному распределяются между организмами.

Без новых аллелей

При таком типе изменчивости не возникают новые аллели. Наследственная информация остаётся прежней, но из-за её перестановки каждый потомок получает свой набор признаков.

Связь с половым размножением

Комбинативная изменчивость характерна для организмов с половым размножением. Она особенно заметна там, где потомки получают гены сразу от двух родителей.

Примеры признаков

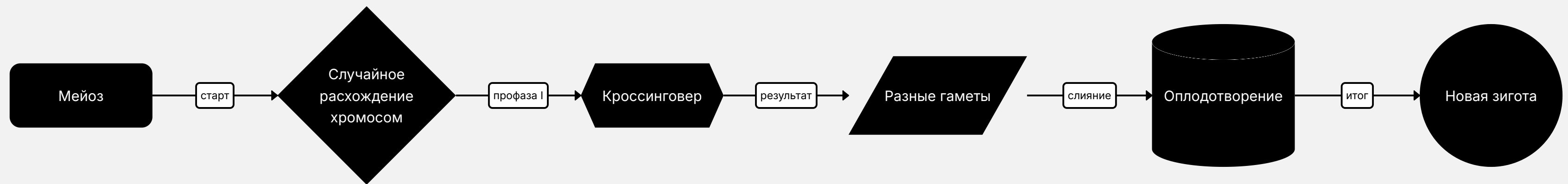
Именно она помогает объяснить различия по цвету глаз, росту, форме лица, группе крови и многим другим наследственным признакам у людей и животных.

Почему это важно

Благодаря ей внутри вида сохраняется большое разнообразие особей. Это делает потомков не одинаковыми и повышает шансы на выживание в разных условиях среды.

Как образуются новые сочетания признаков

Последовательность процессов в мейозе и при оплодотворении



Кроссинговер: обмен участками хромосом

Когда происходит

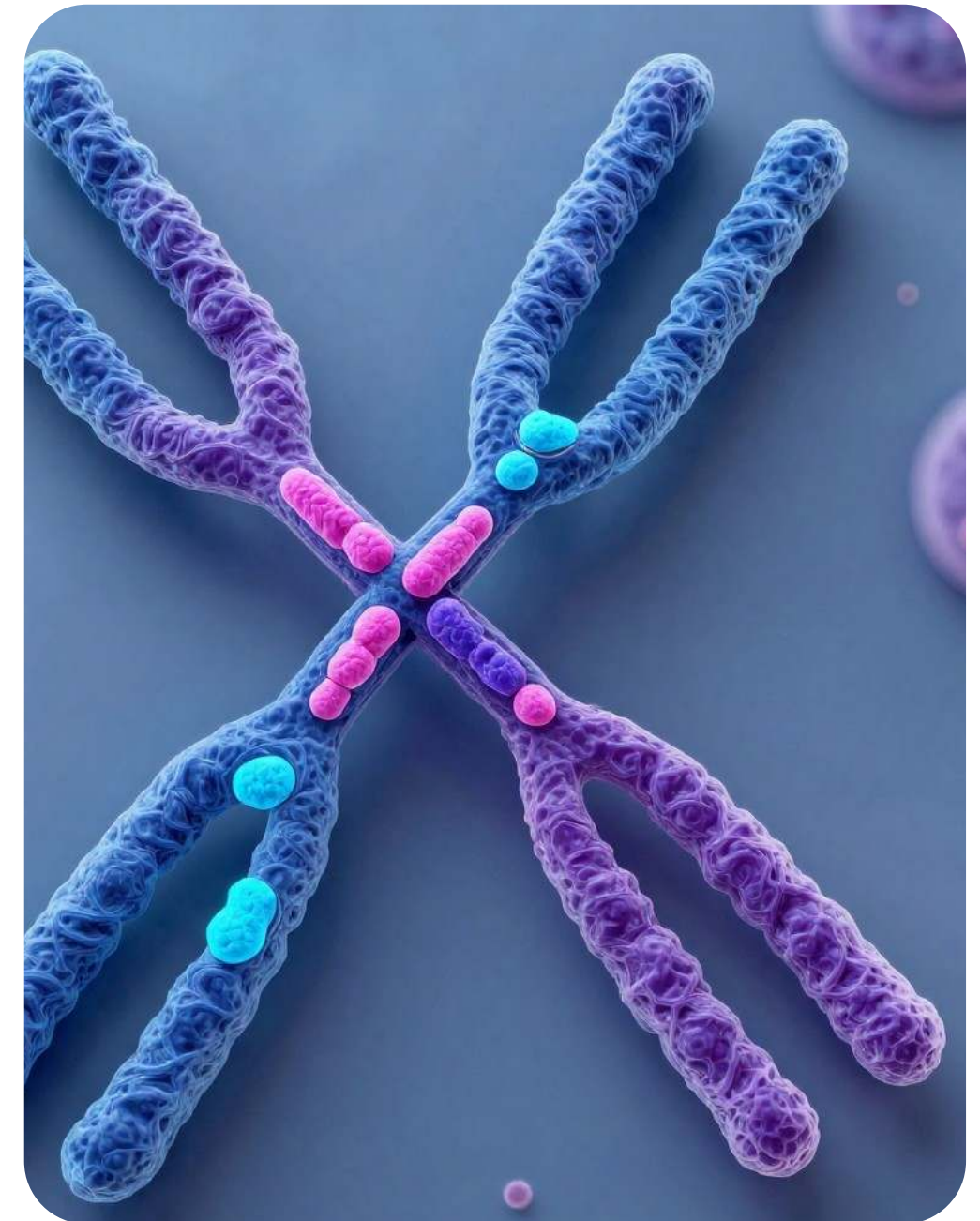
Кроссинговер идёт в профазе I мейоза, когда гомологичные хромосомы сближаются. В этот момент они могут обмениваться одинаковыми по длине участками.

Что меняется

После обмена каждая хромосома несёт уже не только исходные, но и полученные фрагменты. Это создаёт новые сочетания генов в будущих половых клетках.

Зачем он нужен

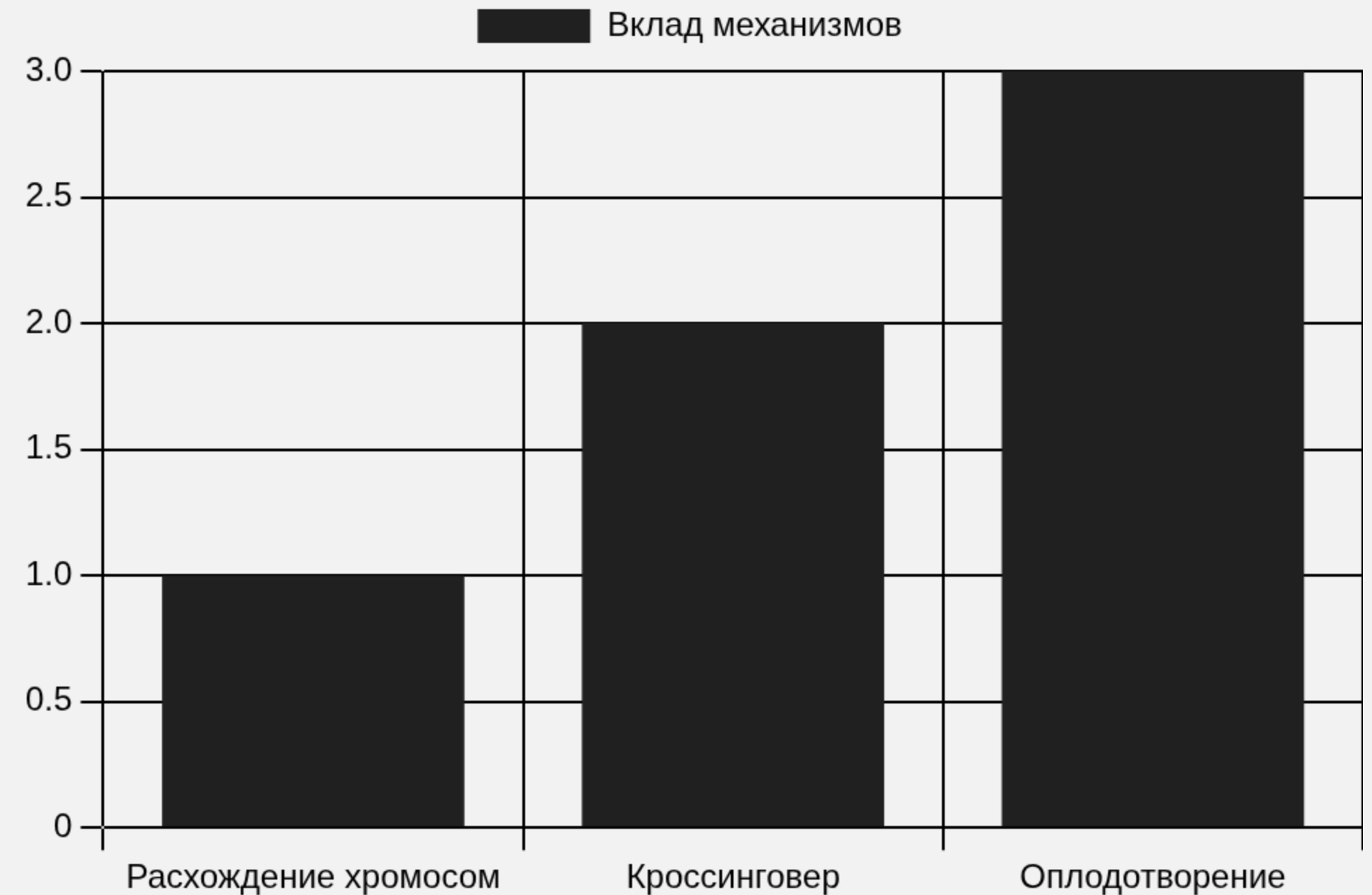
Кроссинговер увеличивает число вариантов признаков у потомков. Именно поэтому даже у детей одних родителей набор наследственных черт не бывает полностью одинаковым.



Три механизма, которые создают разнообразие

Эти процессы работают последовательно и усиливают друг друга, поэтому итоговое разнообразие потомков намного выше, чем вклад каждого механизма по отдельности.

Чем больше этапов участвует в образовании потомка, тем больше уникальных комбинаций генов может возникнуть.



$$2^{23}$$

ВОЗМОЖНЫХ СОЧЕТАНИЙ ХРОМОСОМ
ОБРАЗУЕТСЯ В ГАМЕТАХ ЧЕЛОВЕКА
БЕЗ УЧЁТА КРОССИНГОВЕРА.

Учебная биология: независимое расхождение
хромосом у человека (23 пары)

Каждая пара гомологичных хромосом
расходится независимо, поэтому уже один
этот механизм даёт очень много вариантов
половых клеток.

Сколько вариантов гамет образует человек

Даже без кроссинговера число возможных гамет у человека очень велико. Таблица показывает, как это считается.

Даже простое независимое расхождение хромосом создаёт миллионы вариантов; кроссинговер делает разнообразие ещё больше.

Показатель	Значение
Пар хромосом	23
Вариантов без кросс.	2^{23}
Итог	8 388 608
С кроссинговером	ещё больше

70 триллионов
и более возможных сочетаний
появляется при случайном
соединении гамет двух родителей.

Учебная биология: оценка числа комбинаций при 8 388
608 вариантах гамет у каждого родителя

Когда любая мужская гамета может слиться с любой женской, число комбинаций резко возрастает. Поэтому каждый ребёнок получает неповторимое сочетание признаков.

Почему братья и сёстры не одинаковы

Разные комбинации генов

У детей одних родителей совпадает часть наследственной информации, но её сочетания различаются. Поэтому каждый ребёнок получает свой набор признаков, даже если родители те же.

Внешние отличия

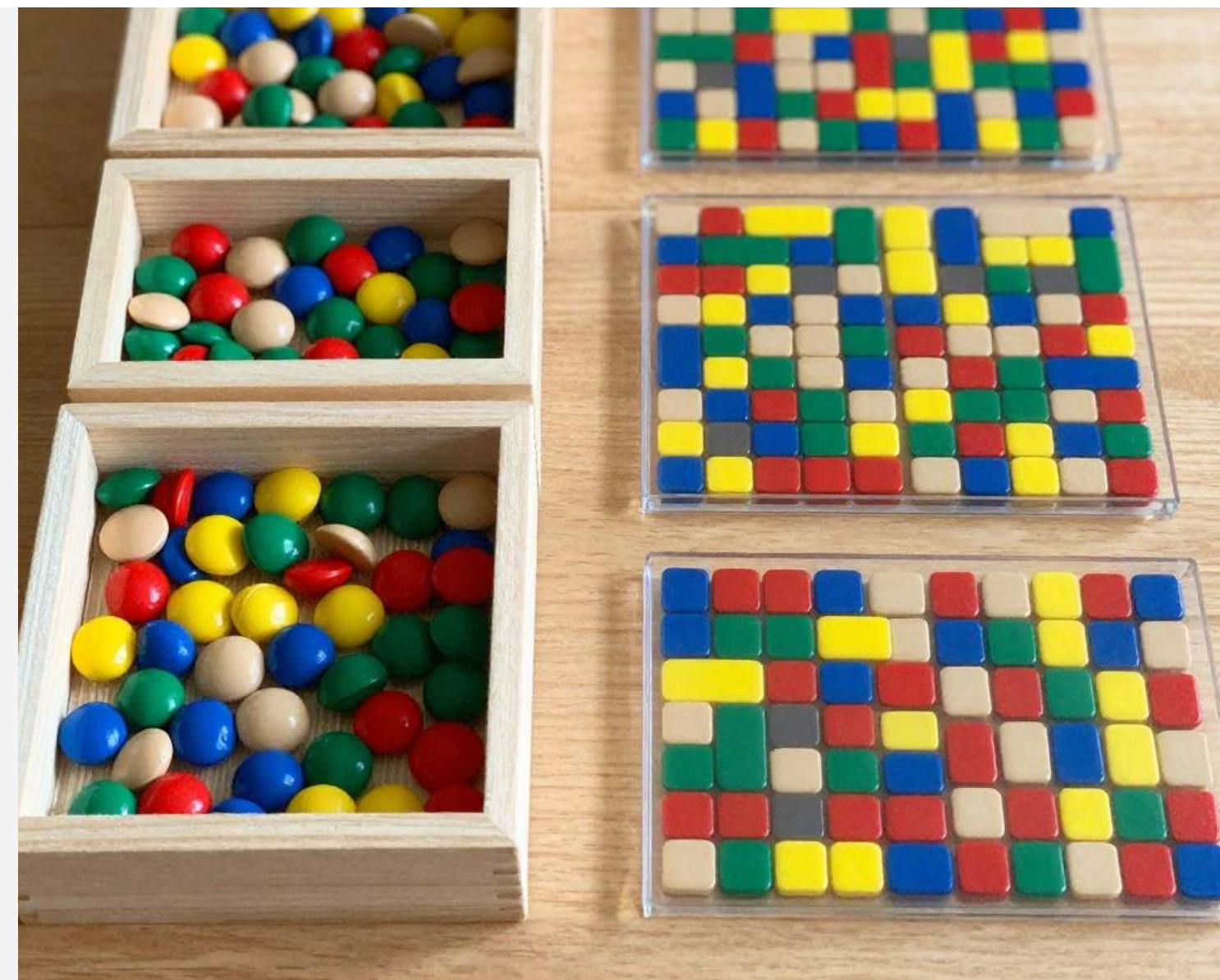
Братья и сёстры могут отличаться по цвету волос, росту, форме лица, чертам носа, группе крови и другим наследственным признакам. Различия заметны даже в одной семье.

Случайность при образовании гамет

У каждого родителя формируется множество разных гамет, и какая именно из них участвует в оплодотворении, заранее неизвестно. Это делает результат непредсказуемым.

Похожи, но не одинаковы

Дети наследуют признаки от тех же родителей, поэтому сходство между ними есть. Но комбинативная изменчивость не позволяет двум потомкам быть полностью одинаковыми.



Комбинативная изменчивость и мутационная изменчивость

1

Что меняется

Комбинативная изменчивость перестраивает уже имеющиеся гены в новые сочетания, не затрагивая их строение.

Мутационная изменчивость, напротив, связана с изменением самой молекулы ДНК и появлением новых наследственных вариантов.

2

Источник разнообразия

При комбинативной изменчивости разнообразие возникает из-за перемешивания родительских аллелей в мейозе и при оплодотворении. Мутации создают новые аллели, которых раньше в популяции не было.

3

Как проявляется

Комбинативная изменчивость заметна в различиях между потомками одних родителей: например, в группе крови, цвете глаз, росте и чертах лица. Мутации могут сразу затронуть строение белков и признаки организма.

4

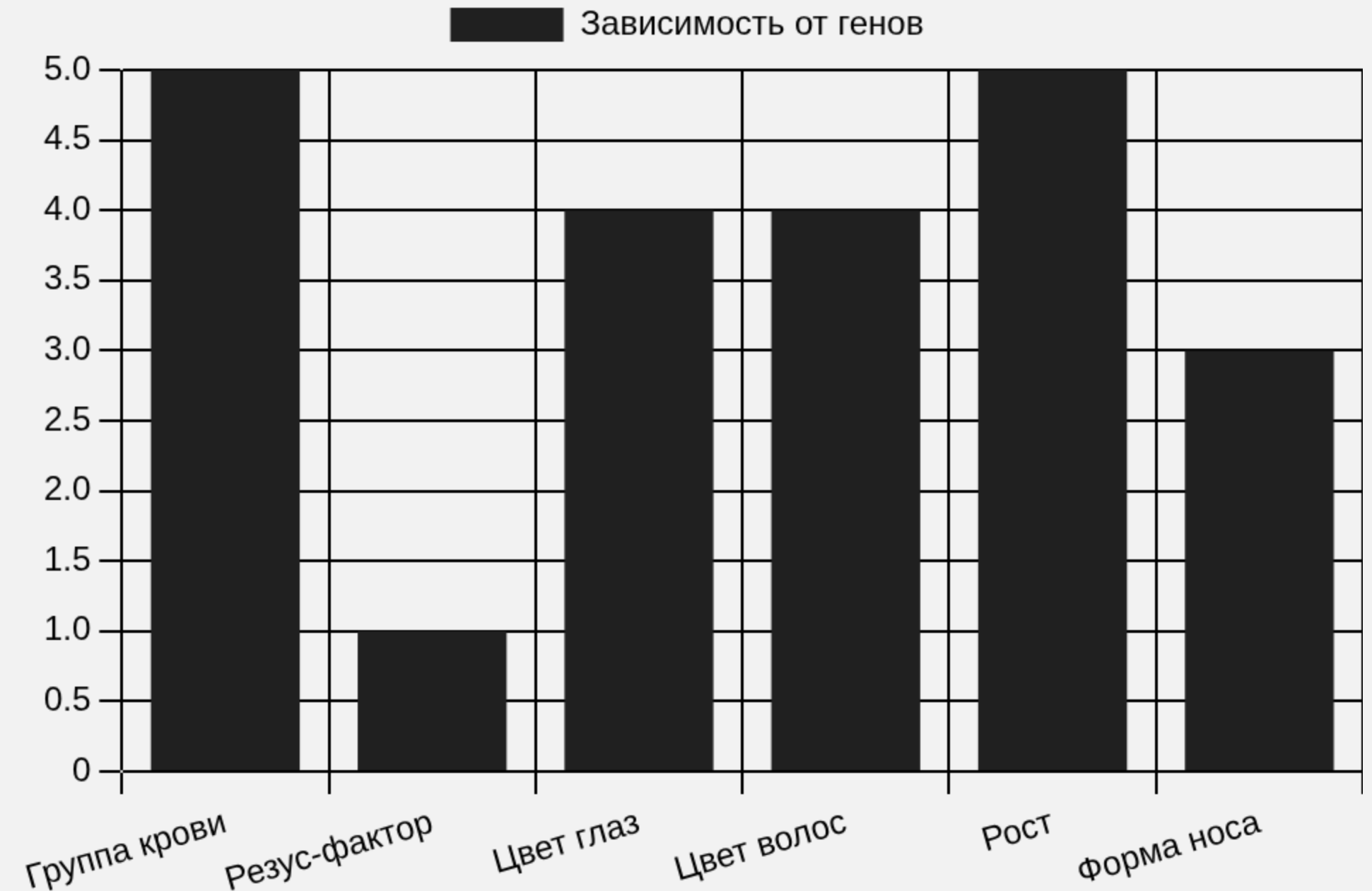
Роль в природе

Комбинативная изменчивость обычно безопаснее и чаще происходит постоянно при половом размножении. Мутации редки и могут быть полезными, нейтральными или вредными, поэтому их последствия менее предсказуемы.

Какие признаки у человека зависят от сочетания генов

Одни признаки определяются сравнительно просто, другие зависят от работы многих генов сразу. Поэтому наследственные варианты у людей очень разнообразны.

Чем больше генов участвует в формировании признака, тем больше возможных вариантов его проявления и тем заметнее комбинативная изменчивость.



Значение комбинативной изменчивости для вида



Лучше приспособление

Разные сочетания генов помогают части особей успешнее жить в новых условиях, когда меняются температура, влажность, питание или другие факторы среды.



Материал для отбора

Естественный отбор «выбирает» среди множества вариантов тех, кто лучше выживает и оставляет потомство. Без разнообразия отбору было бы не из чего выбирать.



Устойчивость к болезням

Если в популяции есть генетическое разнообразие, вероятность, что хотя бы некоторые особи будут менее уязвимы к инфекции, становится значительно выше.



Шанс пережить изменения

Генетически неоднородная популяция легче переносит засуху, похолодание, нехватку пищи и другие трудные периоды, потому что не все особи реагируют одинаково.

Как селекционер использует комбинативную изменчивость

Схема показывает последовательность отбора полезных сочетаний признаков при скрещивании растений и животных.



Примеры полезных сочетаний признаков в селекции

1

Растения с высокой урожайностью

Селекционеры стремятся соединить в одном сорте высокий урожай, устойчивость к болезням и хорошую всхожесть. Такие признаки редко встречаются сразу, поэтому особенно ценны удачные комбинации.

2

Крупные и качественные плоды

У плодовых и овощных культур важно получить не только крупный размер, но и хороший вкус, плотную мякоть, удобство хранения и транспортабельность без потери качества.

3

Животные с продуктивностью

В животноводстве отбирают особей, которые дают больше молока, мяса или яиц, но при этом сохраняют здоровье, выносливость и способность нормально размножаться.

4

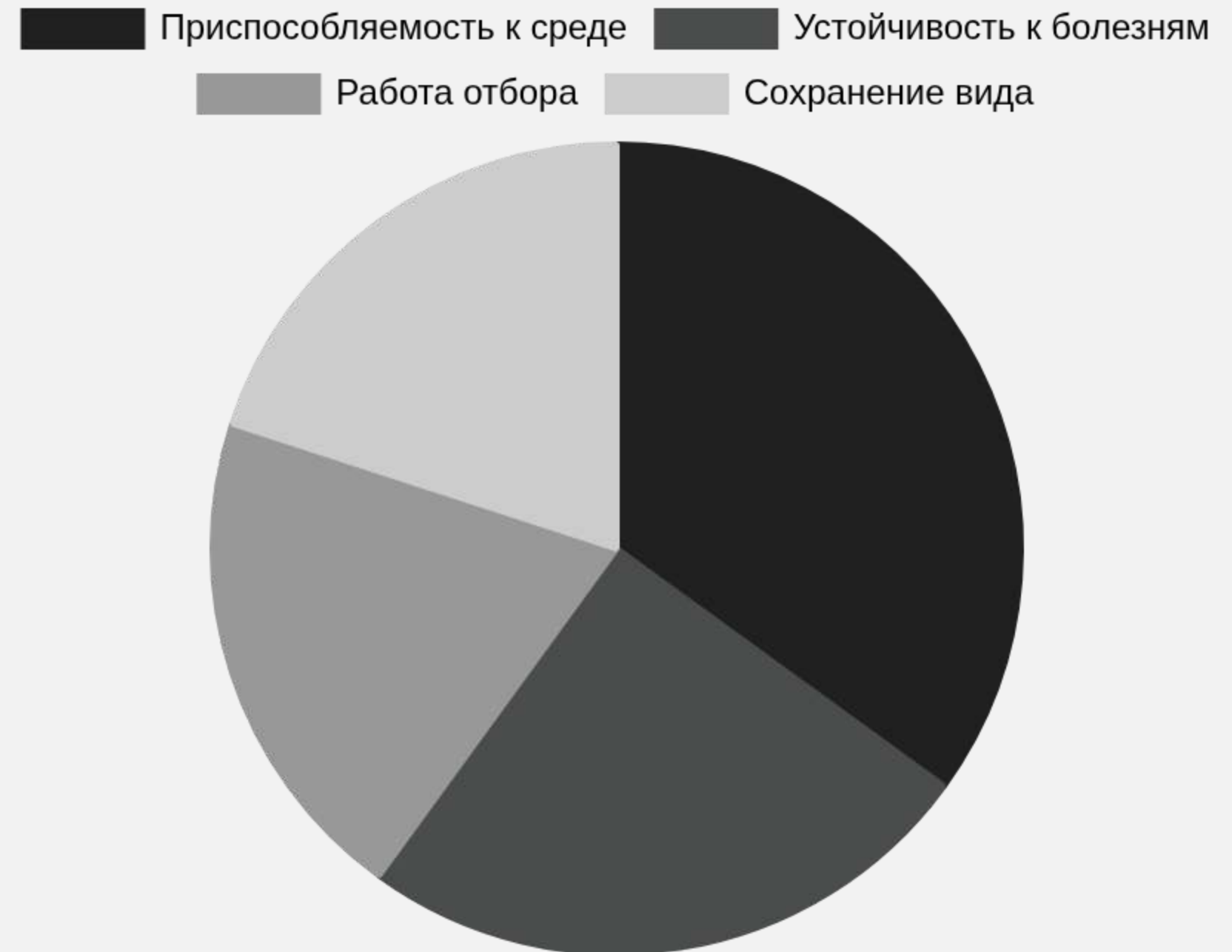
Сочетание полезных свойств

Комбинативная изменчивость позволяет объединять в потомстве признаки от разных родителей. Именно так появляются формы, которые по отдельности были у исходных линий, но не встречались вместе.

Почему генетическое разнообразие важно для выживания

Разнообразие не гарантирует успех каждой особи, но увеличивает вероятность, что часть популяции переживёт неблагоприятные изменения и даст потомство.

Чем больше разных генетических вариантов в популяции, тем выше её устойчивость к болезням и изменениям среды.



Ограничения комбинативной изменчивости

Нет новых генов

Комбинативная изменчивость не создаёт новых генов и не добавляет в популяцию признаков, которых не было среди исходных аллелей. Она лишь по-новому их сочетает.

Не всё можно получить

С помощью одного только перемешивания наследственной информации нельзя вывести признак, полностью отсутствующий у родителей. Для появления таких изменений нужны мутации.

Зависимость от исходного набора

Если в популяции мало наследственных вариантов, то и число возможных комбинаций у потомков будет невелико. Чем беднее исходный набор, тем слабее разнообразие.

Сравнение трёх типов изменчивости

Тип	Источник	Примеры
Комбинативная	перемешивание генов	группа крови
Мутационная	изменение ДНК	новый признак
Модификационная	влияние среды	загар

Таблица показывает, чем различаются основные типы изменчивости по происхождению, наследованию и примерам.

Комбинативная и мутационная изменчивость наследуются, а модификационная обычно не передаётся потомкам, потому что связана с условиями среды.

Как запомнить три причины комбинативной изменчивости

Расхождение хромосом

Запомните первое слово как движение хромосом в мейозе. Они расходятся независимо друг от друга, и именно поэтому образуются разные варианты гамет.

Обмен участками

Второй шаг — кроссинговер. Гомологичные хромосомы обмениваются одинаковыми участками, и в гаметах появляются новые сочетания уже имеющихся генов.

Случайное оплодотворение

Третий шаг — случайная встреча гамет. Любой сперматозоид может слиться с любой яйцеклеткой, поэтому итоговая комбинация генов становится уникальной.



Комбинативная изменчивость: маленькие различия, большое значение

Комбинативная изменчивость не меняет сами гены, но создаёт бесконечное множество их сочетаний. Именно поэтому потомки похожи на родителей, но не бывают одинаковыми, а вид сохраняет богатое наследственное разнообразие.