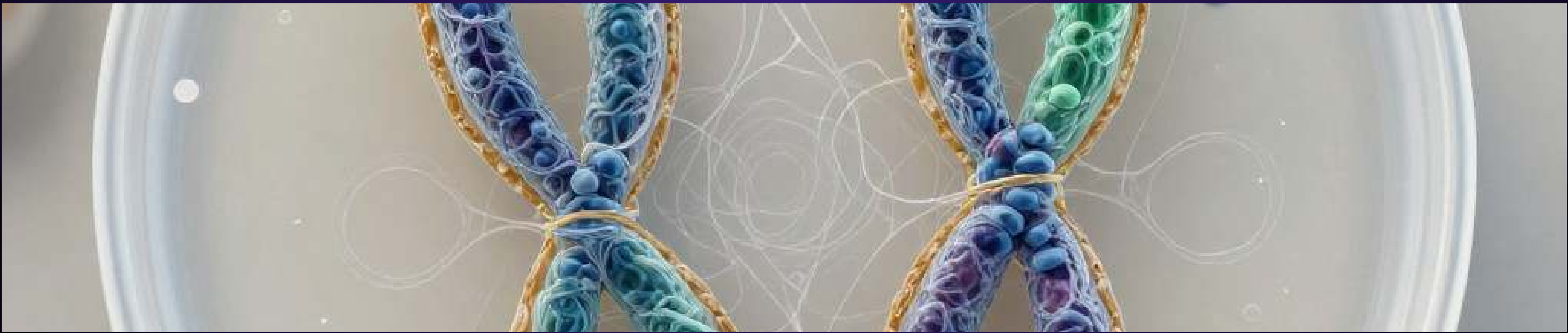




Мейоз: как клетки сохраняют число хромосом и создают наследственное разнообразие

Как одна клетка даёт начало четырём уникальным гамтам?

Зачем организму нужен мейоз

/2



Мейоз нужен, чтобы при половом размножении не удваивалось число хромосом, а потомство получало новые сочетания генов. Именно поэтому наследование остаётся стабильным, но не одинаковым у разных особей и поколений.

Где и у кого происходит мейоз

/3



Половые железы животных

У животных мейоз идёт в яичниках и семенниках. Здесь из клеток зародышевой линии формируются гаметы — яйцеклетки и сперматозоиды, необходимые для полового размножения.

Органы растений

У растений мейоз связан с образованием спор в специальных спороносных структурах. Из спор развивается гаплоидное поколение, которое затем участвует в дальнейшем жизненном цикле.

Грибы

У многих грибов мейоз также входит в жизненный цикл и помогает сохранять постоянство ядерных фаз. Он обеспечивает образование гаплоидных клеток, необходимых для размножения и развития.

Только зародышевые клетки

Мейоз не происходит в обычных соматических клетках. Его задача связана именно с размножением и наследованием, поэтому он ограничен клетками, из которых образуются новые поколения.

Основные этапы мейоза I и мейоза II

/4

Схема показывает последовательность двух делений после удвоения ДНК.



Профаза I: источник генетической рекомбинации

/5

Самая длительная стадия



Профаза I занимает больше времени, чем другие фазы мейоза, потому что в ней происходят ключевые перестройки хромосом, необходимые для точного последующего расхождения и формирования новых наследственных сочетаний.

Образование бивалентов



Гомологичные хромосомы сближаются и соединяются попарно, образуя биваленты. Такое сопоставление позволяет клетке выстроить хромосомы так, чтобы между ними стал возможен обмен участками.

Кроссинговер

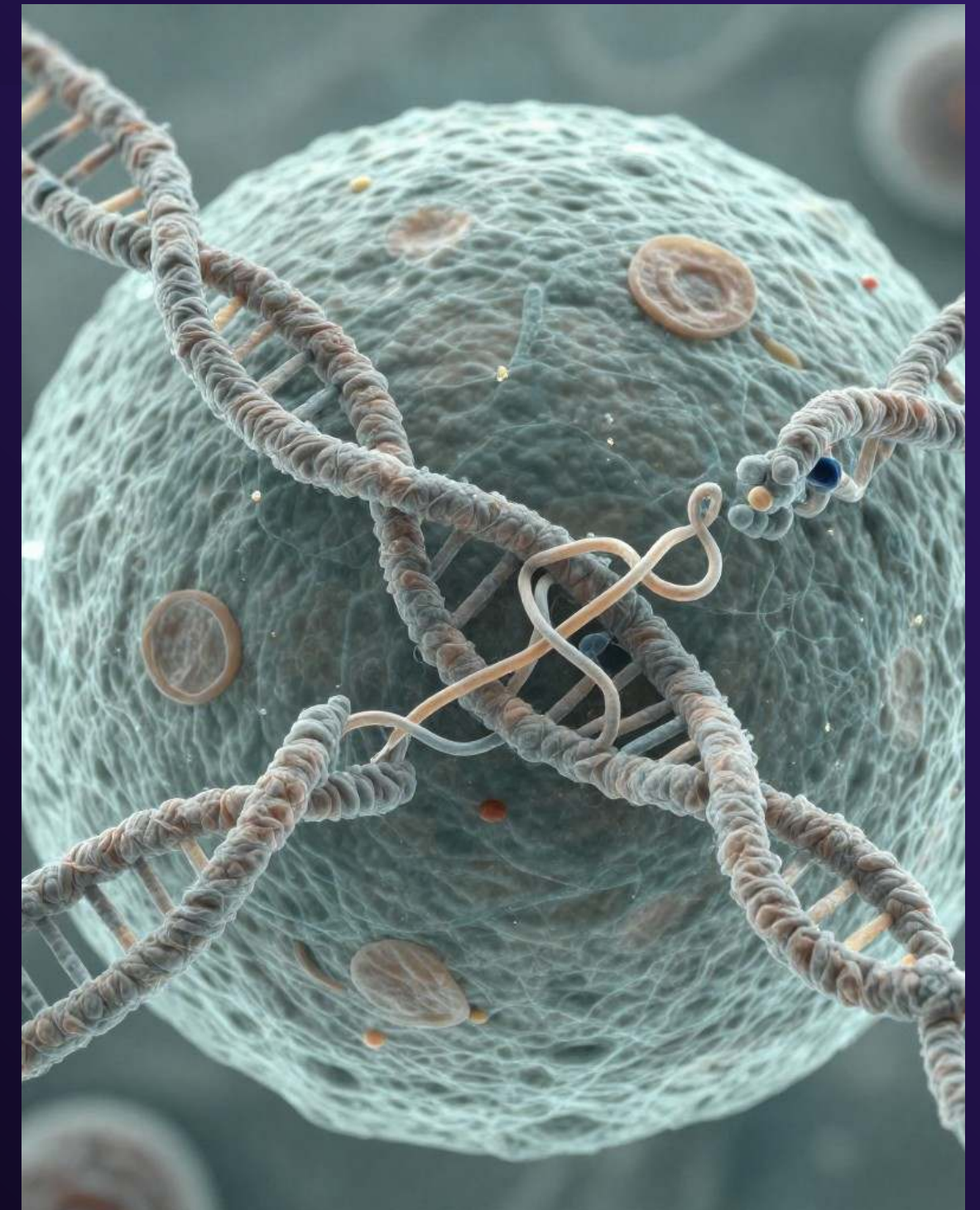


Между несестринскими хроматидами происходит обмен фрагментами ДНК. В результате формируются хиазмы, а в хромосомах появляются новые комбинации аллелей, которых не было у родителей.

Наследственная изменчивость



Итог профазы I — генетически более разнообразные хромосомы. Это увеличивает различия между потомками и создаёт материал для естественного отбора в популяциях.



Снижение числа хромосом: $2n \rightarrow n$

/6



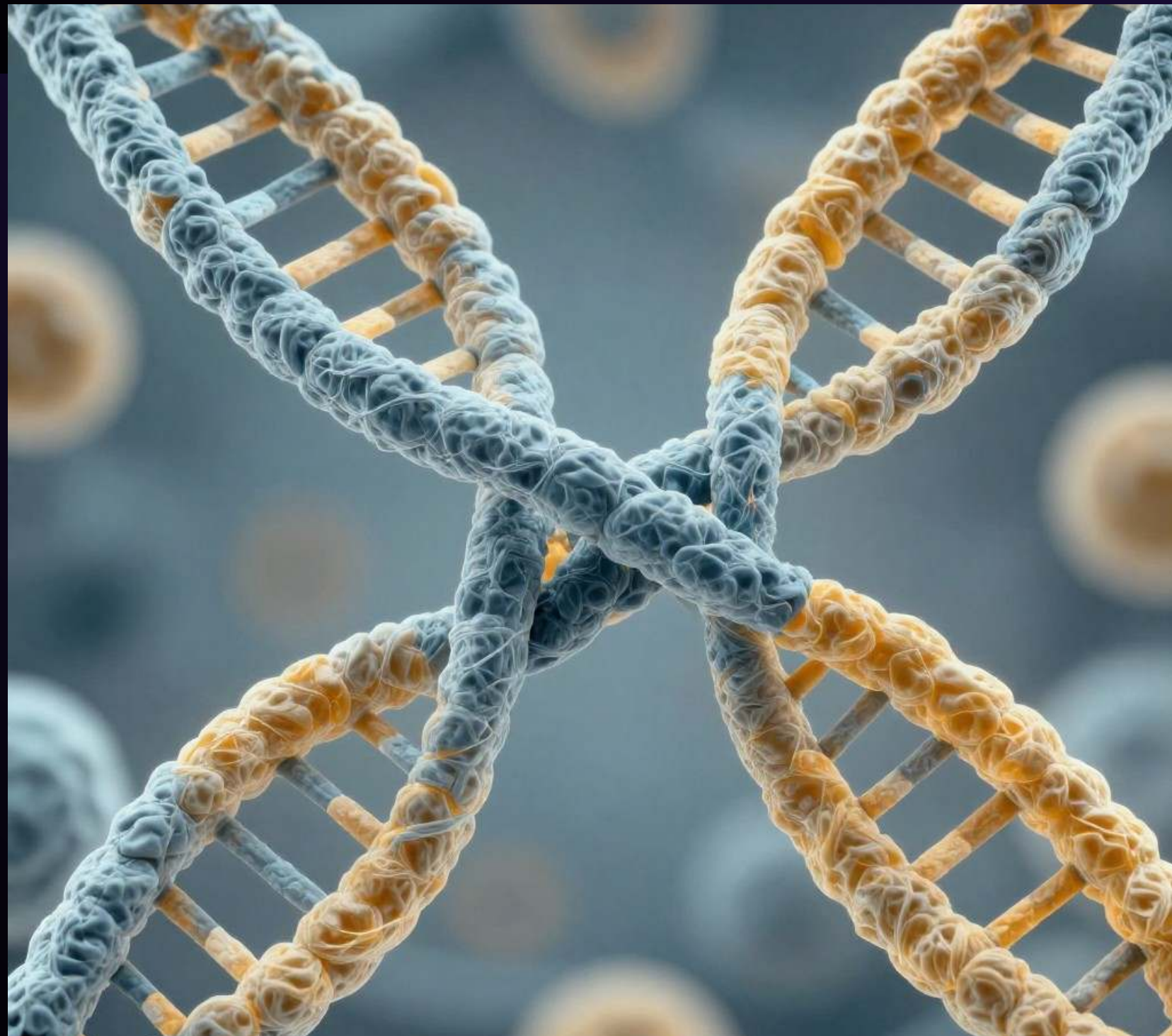
Первое деление уменьшает набор хромосом, а второе сохраняет его, разделяя уже не гомологичные хромосомы, а сестринские хроматиды.

Мейоз I обеспечивает редукцию набора, а мейоз II завершает формирование гаплоидных клеток без дальнейшего уменьшения числа хромосом.

Учебная схема мейоза; человек: $2n = 46$, $n = 23$

Кроссинговер как механизм наследственной уникальности

/7



Обмен участками

В профазе I несестринские хроматиды гомологичных хромосом обмениваются фрагментами. Этот процесс не случайная поломка, а точный механизм, который создаёт новые сочетания генов в одной хромосоме.

Новые комбинации аллелей

После кроссинговера одна хромосома может нести участки разного происхождения — материнского и отцовского. Из-за этого потомки получают признаки в неповторимых сочетаниях.

Значение для популяций

Кроссинговер повышает наследственную изменчивость, на которой основаны разнообразие признаков и действие естественного отбора. Чем больше вариантов генов, тем шире потенциальные адаптации вида.

Каждая пара гомологичных хромосом ориентируется в метафазе I независимо, поэтому число возможных комбинаций быстро возрастает даже без учёта кроссинговера.

2^{23}

вариантов гамет может образоваться у человека только за счёт независимого расхождения хромосом

Расчёт по правилу независимого расхождения хромосом у человека

Мейоз I и мейоз II: ключевые различия

/9

Признак	Мейоз I	Мейоз II
Тип деления	редукционное	эквационное
Что расходится	гомологичные хромосомы	сестринские хроматиды
Результат	n-клетки	4 гаплоидные клетки

Обобщение стадий мейоза I и II по школьному курсу биологии

Сравнение двух делений показывает, почему мейоз сначала уменьшает, а затем сохраняет гаплоидный набор хромосом.

Первое деление уменьшает число хромосом вдвое, а второе завершает распределение хроматид. Вместе они приводят к образованию гаплоидных клеток.

Анафаза I: редукционное деление

/10

01 Расхождение гомологов

В анафазе I к противоположным полюсам клетки расходятся целые гомологичные хромосомы. Сестринские хроматиды при этом остаются соединёнными, поэтому структура каждой хромосомы пока не разъединяется.

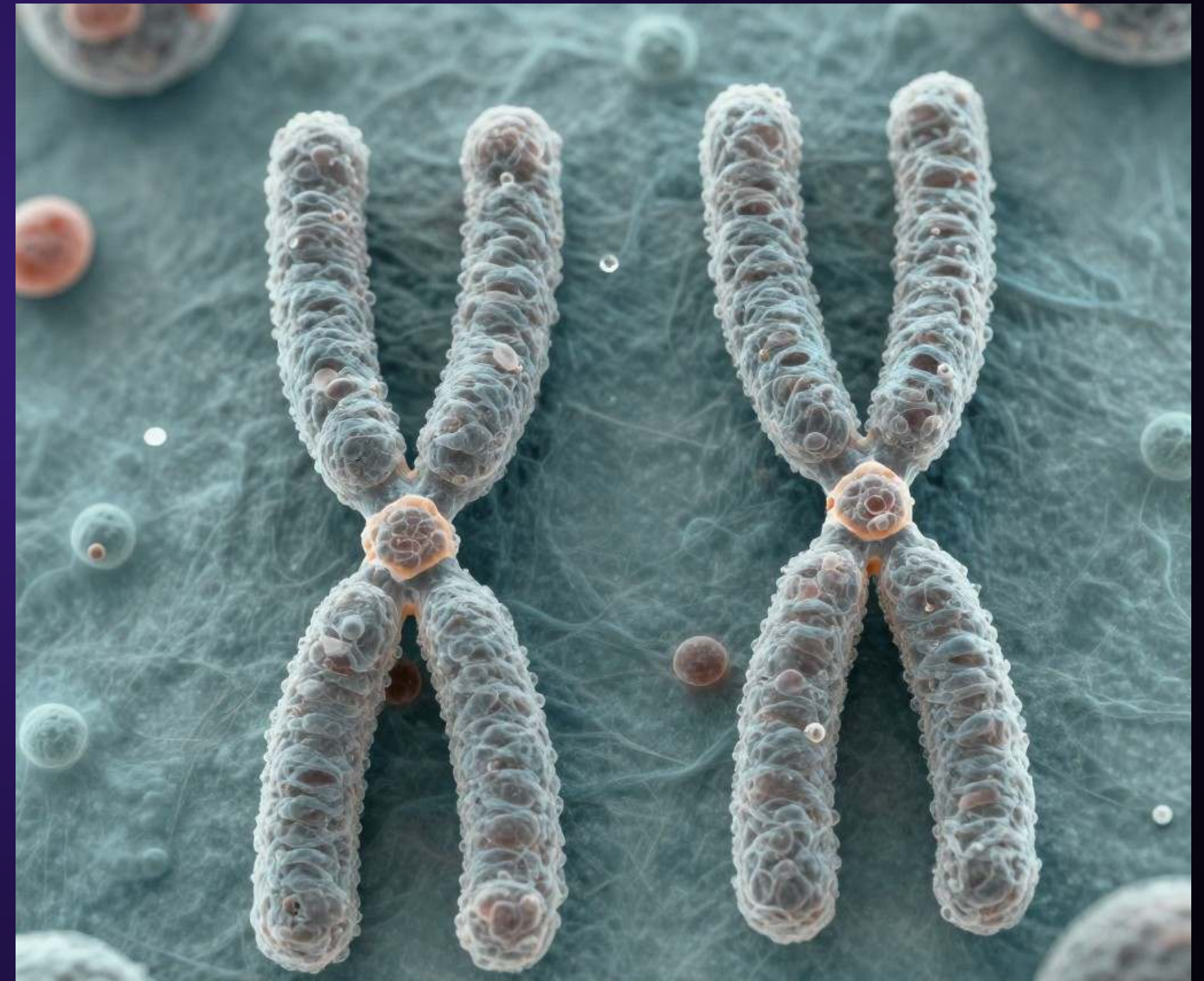
Уменьшение набора

Именно этот этап обеспечивает редукцию: после разделения гомологов будущие дочерние клетки получают вдвое меньше хромосом, чем исходная диплоидная клетка, но с сохранёнными хроматидами.

02

03 Отличие от митоза

В митозе расходятся сестринские хроматиды, а в анафазе I — гомологичные хромосомы. Поэтому мейоз I ведёт к уменьшению набора, тогда как митоз сохраняет его.



Мейоз II: СХОДСТВО С МИТОЗОМ

/11

01 Профаза II и метафаза II

Во второй части мейоза хромосомы снова собираются на веретене деления и выстраиваются по экватору клетки. Клетка уже гаплоидна, поэтому каждая хромосома представлена двумя сестринскими хроматидами.

Анафаза II

02

Центромеры делятся, и сестринские хроматиды расходятся к противоположным полюсам. По механизму этот этап очень похож на митоз, но он происходит в уже гаплоидной клетке.

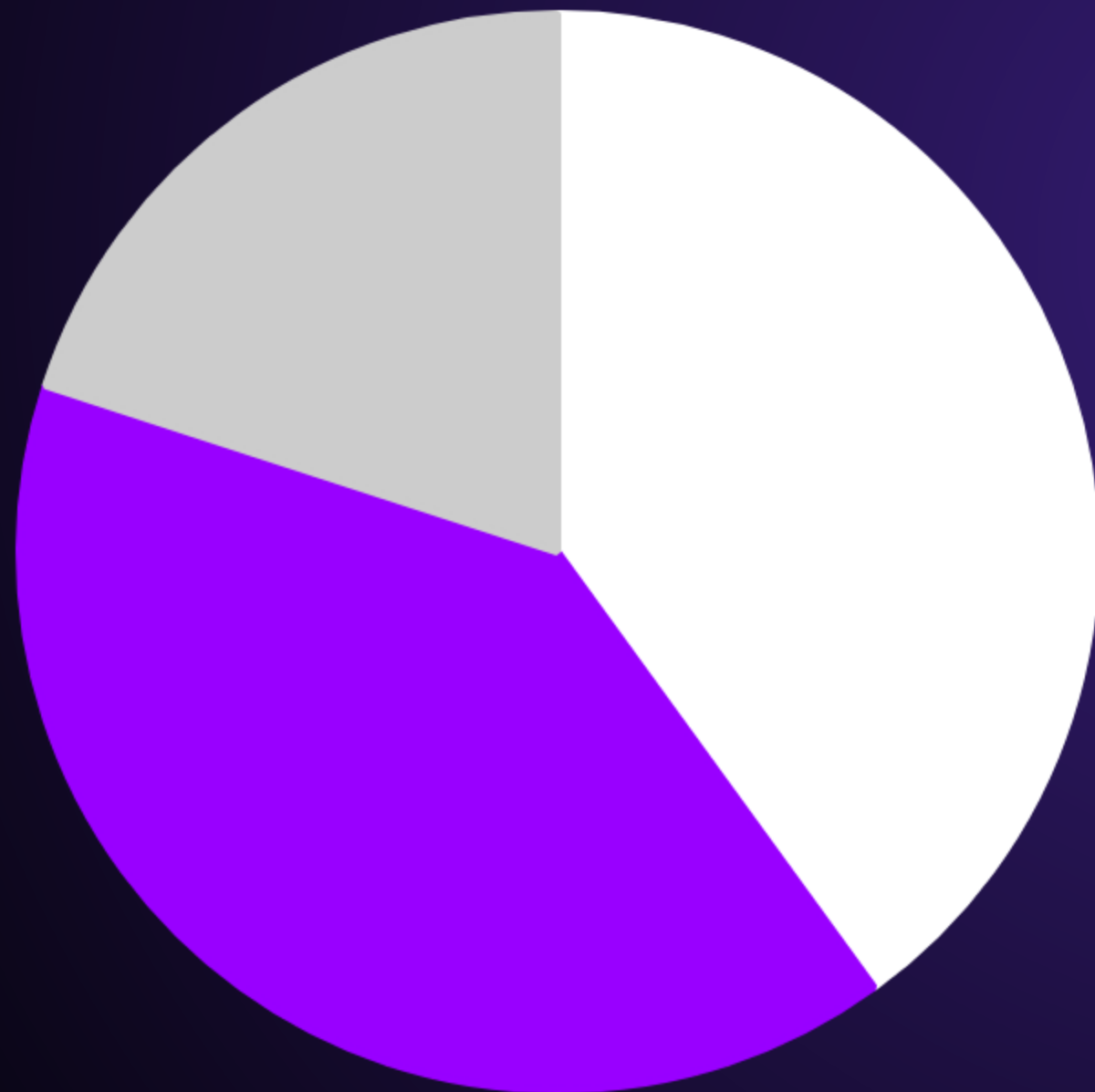
03 Телофаза II и итог

После завершения деления формируются четыре генетически различные гаплоидные клетки. Их наследственные различия связаны с кроссинговером и случайным распределением хромосом в первом делении.

Источники генетического разнообразия при мейозе

/12

Кроссинговер Независимое расхождение
Случайное оплодотворение



Два первых механизма работают уже в ходе мейоза, поэтому именно они формируют основную часть различий между гаметами до оплодотворения.

Кроссинговер и независимое расхождение дают наибольший вклад в разнообразие, а случайное слияние гамет ещё сильнее увеличивает число возможных комбинаций.

Учебная биология: обобщение механизмов наследственной изменчивости

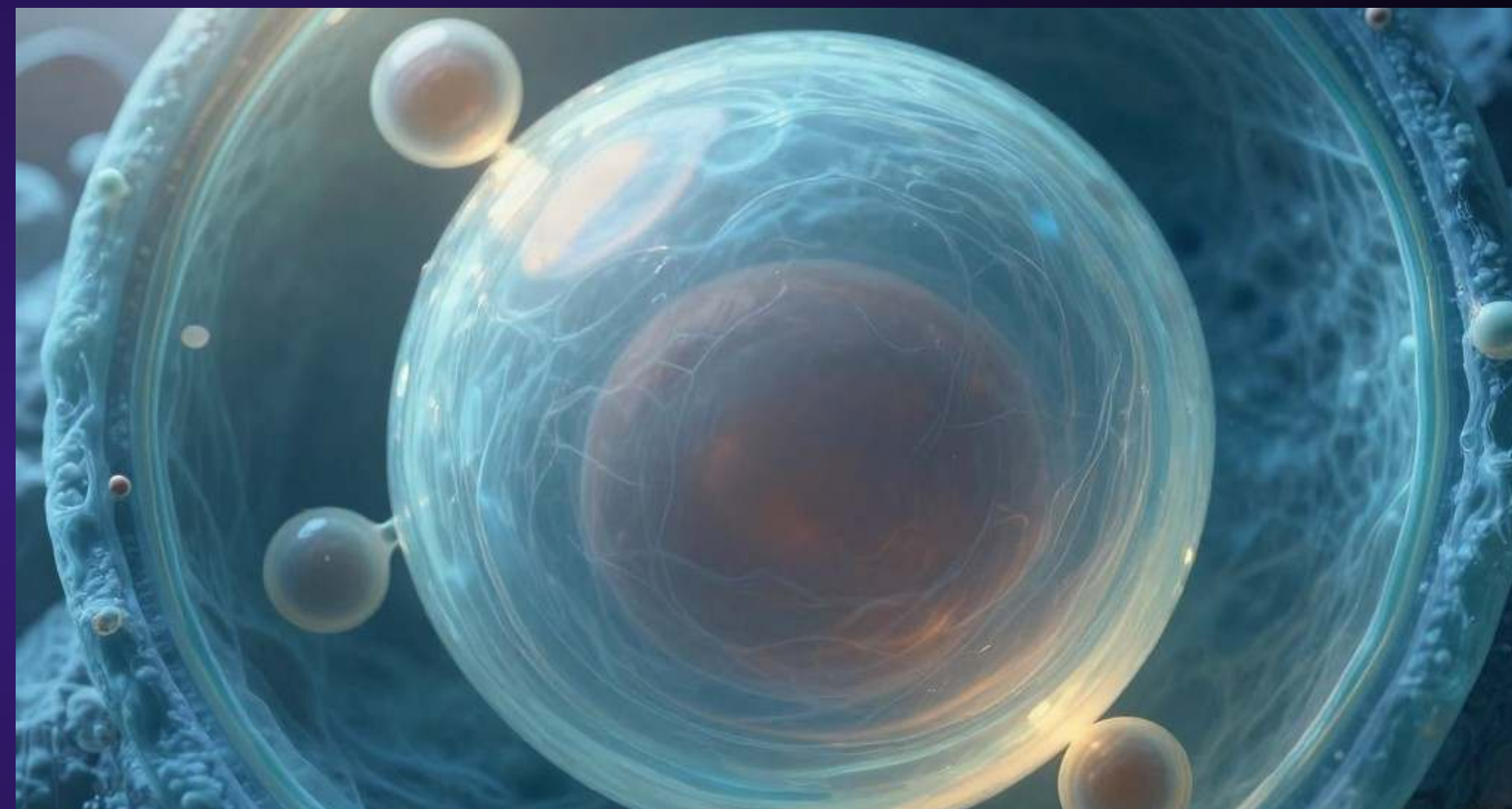
Сперматогенез и оогенез

/13



Четыре пути к одному результату

Сперматогенез напоминает массовое производство: из одной исходной клетки после мейоза формируются четыре сперматозоида. Все они малы, подвижны и приспособлены к доставке наследственного материала.



Одна крупная клетка и запас ресурсов

Оогенез устроен иначе: большая часть цитоплазмы сохраняется в одной яйцеклетке, а остальные клетки становятся полярными тельцами. Такой механизм помогает будущему зародышу получить питательные вещества и органеллы.

Мейоз у растений и грибов

/14

У растений — споры



У растений мейоз образует споры, а не гаметы. Из спор развивается гаплоидное поколение, которое затем уже митозом формирует половые клетки для дальнейшего размножения.

Чередование поколений



Споровое поколение помогает растениям сохранять жизненный цикл и быстро расселяться. Мейоз здесь поддерживает смену диплоидной и гаплоидной фаз, не нарушая постоянство вида.

У грибов — ядерные фазы

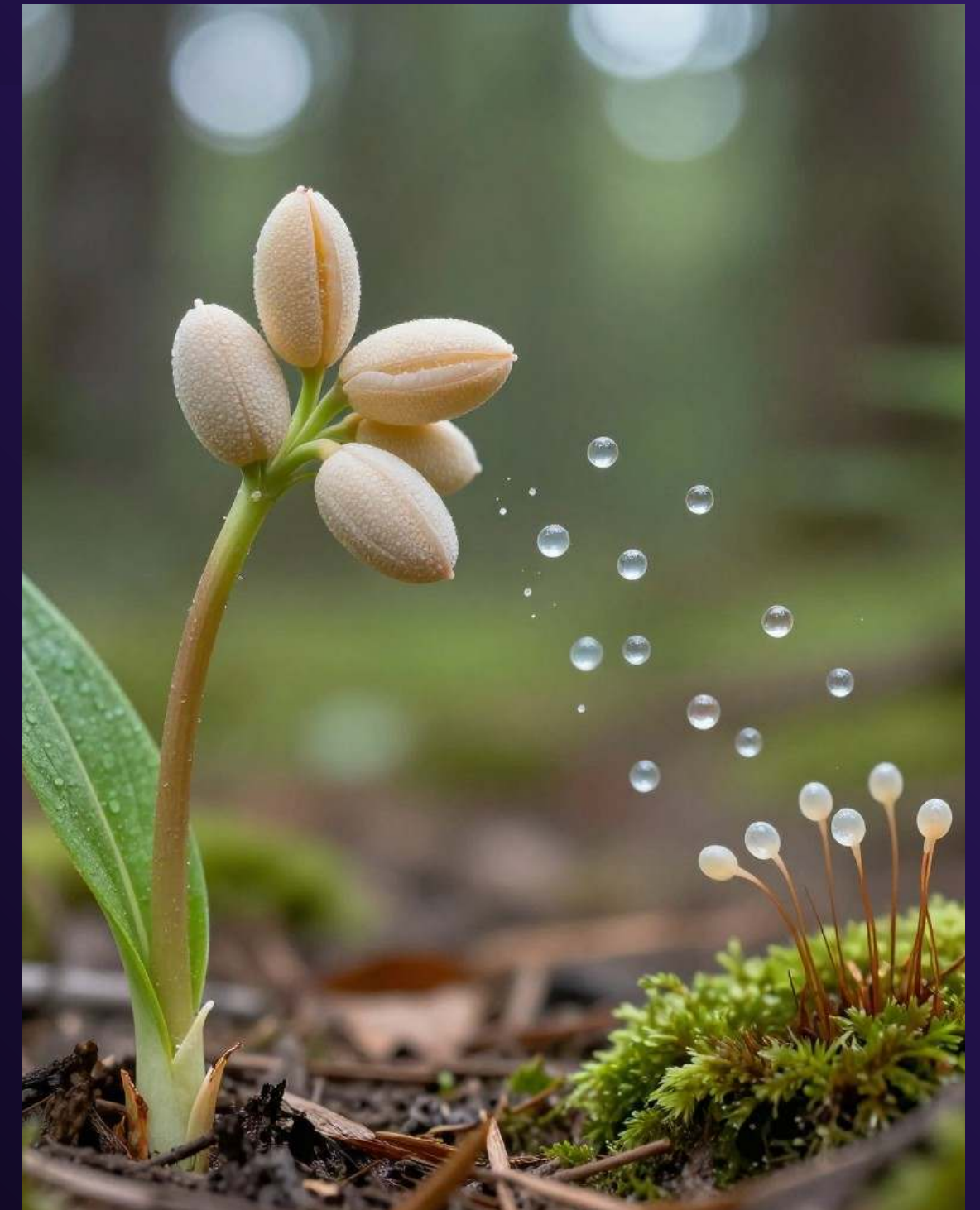


У грибов мейоз связан с чередованием гаплоидной и диплоидной стадий ядра. Он завершает процесс восстановления гаплоидного состояния и обеспечивает образование новых клеточных линий.

Общий биологический смысл



Несмотря на различия, у растений и грибов мейоз сохраняет одну главную функцию: уменьшает число хромосом и делает возможным продолжение жизненного цикла следующего поколения.



Как ошибки мейоза приводят к анеуплоидии

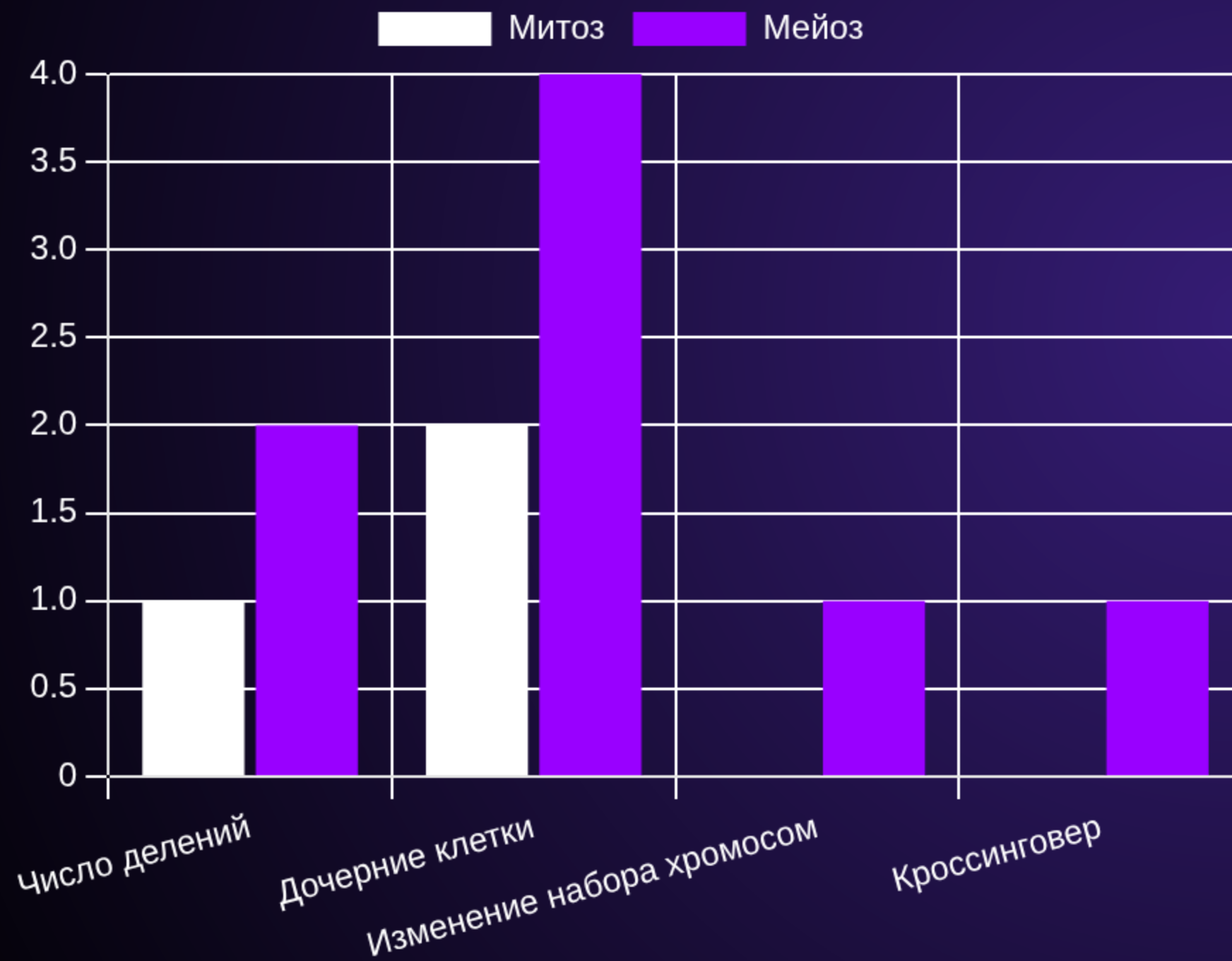
/15

Схема показывает последствия нерасхождения хромосом в анафазе I или II и связанные с этим изменения кариотипа.



Мейоз и митоз: сравнение двух типов деления

/16



Оба процесса связаны с точным распределением генетического материала, но работают для разных биологических задач и на разном уровне ploidy.

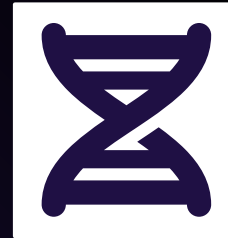
Митоз сохраняет исходный набор хромосом, а мейоз уменьшает его вдвое и одновременно создаёт наследственную вариативность.

Сравнительная характеристика митоза и мейоза по школьному курсу биологии

Биологическое значение мейоза

/17

Постоянство набора хромосом



Мейоз уменьшает число хромосом в гаметах, а оплодотворение восстанавливает диплоидный набор. Благодаря этому у вида сохраняется стабильный кариотип из поколения в поколение.

Наследственная изменчивость



Кроссинговер и независимое расхождение хромосом создают множество комбинаций аллелей. Именно поэтому даже дети одних родителей отличаются друг от друга по ряду признаков.

Приспособляемость популяций



Чем больше генетическое разнообразие, тем выше вероятность, что часть особей окажется устойчивой к изменяющимся условиям среды. Это повышает шансы популяции на выживание.

Основа полового размножения



Без мейоза гаметы не смогли бы иметь гаплоидный набор, а число хромосом в каждом поколении постоянно возрастало бы. Поэтому мейоз необходим для нормального полового размножения.

Термины мейоза, которые важно различать

/18

Термин	Определение
Гомологичные хромосомы	Парные хромосомы
Сестринские хроматиды	Копии одной хромосомы
Бивалент	Пара гомологов

Краткие определения помогают не путать структуры хромосом и события деления, особенно при разборе стадий мейоза и генетических задач.

Точные определения помогают правильно объяснять расхождение хромосом, кроссинговер и изменение ploidy на разных стадиях деления.

Школьный курс биологии, тема «Мейоз»

Мейоз в задачах генетики и наследования

/19

01 Решётки Пеннета

Понимание мейоза помогает предсказывать, какие гаметы образуют родители и какие сочетания аллелей могут появиться у потомства при скрещивании.

Расщепление признаков

Именно мейоз объясняет, почему у потомков проявляются разные варианты одного признака. Разделение аллелей в гаметах лежит в основе классических генетических закономерностей.

03 Сцепление и рекомбинация

Кроссинговер меняет сочетания генов в одной хромосоме и помогает объяснить, почему сцепленные признаки не всегда наследуются вместе без изменений.

Анализ кариотипов

Знание нормального хода мейоза необходимо для распознавания нарушений числа хромосом. Это важно при изучении наследственных заболеваний и интерпретации кариотипа человека.

02

04

**Мейоз — не просто
деление,
а механизм
наследственной
ЖИЗНИ**

Мейоз сохраняет число хромосом, создаёт гаметы и делает потомство генетически неповторимым. Именно поэтому он лежит в основе полового размножения, наследственности и эволюции.