



# Обзор и ключевые темы: мейоз

Мейоз – процесс, создающий генетическое разнообразие через половое размножение.



## Исторический контекст открытия мейоза

В XIX веке Эдуард ван Бенеден впервые описал мейоз в клетках круглых червей. В 1905 году Жан Белларм ввёл термин «мейоз» для особого двойного клеточного деления, предотвращающего удвоение хромосом у потомства, исследование охватывало животных и растения.

# Определение и биологическое значение мейоза

Мейоз — это двухступенчатое клеточное деление, образующее четыре гаплоидные клетки из одной диплоидной, каждая с уникальным генетическим набором.

Процесс снижает число хромосом наполовину, формируя гаметы у животных и споры у растений и грибов, что важно для полового размножения.

Генетическое разнообразие обеспечивается благодаря случайному распределению хромосом и обмену участками ДНК между гомологами — кроссинговеру.

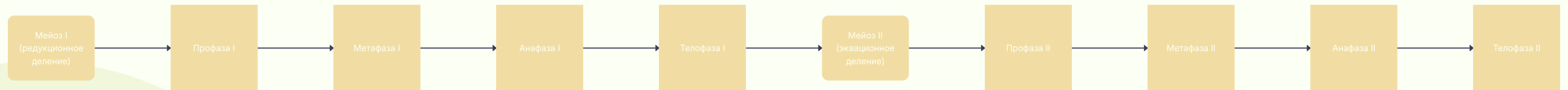
# Организмы, в которых происходит мейоз

- Мейоз протекает у всех эукариот: животных, растений, грибов и некоторых протистов, выступая главным механизмом формирования половых клеток и спор.
- Генетическая рекомбинация и независимое распределение хромосом во время мейоза увеличивают адаптационный потенциал и способствуют выживанию видов.



# Общий ход мейоза: схема стадий

Последовательное деление клеток с ключевыми этапами мейоза



# Профаза I: структурные изменения и события

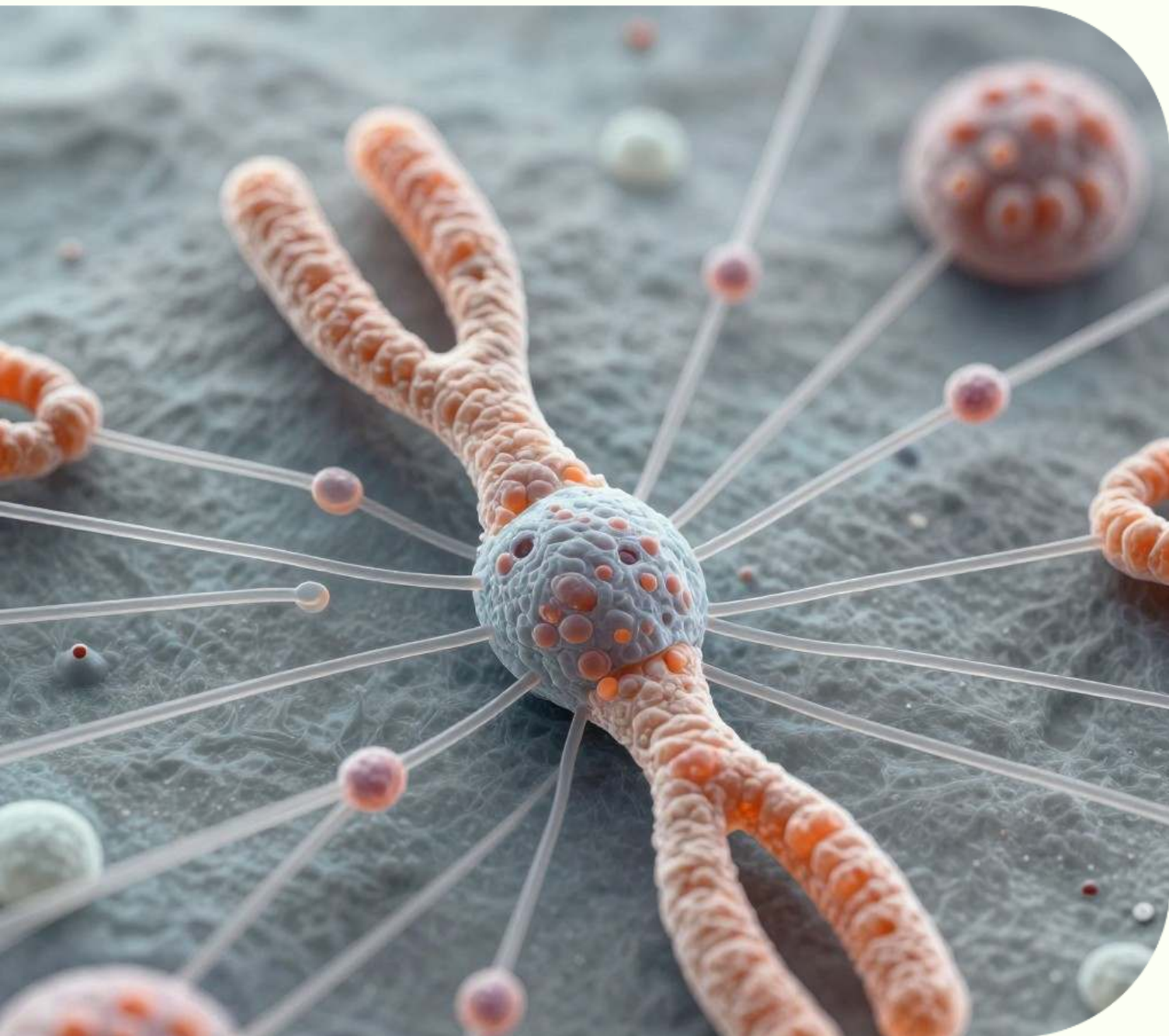
Профаза I состоит из пяти этапов — лептотена, зиготена, пахитена, диплотена и диакинез — с характерными изменениями ядра.

Ключевой процесс — кроссинговер: обмен участками ДНК между гомологичными хромосомами приводит к генетической рекомбинации.

В период профазы I происходит сближение гомологичных хромосом и формирование бивалентов, обеспечивающих их правильное парное расположение.

Каждая фаза профазы I сопровождается отчетливыми морфологическими признаками хромосом, отражающими динамику структурных изменений.

# Метафаза I и особенности расположения хромосом



В метафазе I биваленты хромосом выстраиваются по экватору клетки, прикрепляясь к веретену деления через центромеры. Такое расположение обеспечивает правильное распределение генетического материала.

Произвольное ориентирование бивалентов на веретене деления создаёт разнообразные сочетания аллелей, увеличивая вариабельность гамет и генетическое разнообразие потомства.

# Анафаза I: разделение гомологичных хромосом

1

Во время анафазы I гомологичные хромосомы расходятся к противоположным полюсам клетки под действием веретена деления, в отличие от митоза разделяются не сестринские хроматиды.

2

Каждая дочерняя клетка получает гаплоидный набор хромосом, содержащий уникальные комбинации генов благодаря ранее произошедшему кроссинговеру.

3

Это редукционное деление снижает число хромосом вдвое, что критично для поддержания постоянства кариотипа при половом размножении.

## Телофаза I и цитокинез: формирование двух клеток

- В телофазе I формируются два ядра с гаплоидным набором хромосом, которые частично разгущаются, готовясь к следующему циклу деления.
- Цитокинез делит цитоплазму, образуя две отдельные клетки, каждая из которых содержит хромосомы, состоящие из двух сестринских хроматид.



# Мейоз II: сходство с митозом

Мейоз II начинается без репликации ДНК и включает деление сестринских хроматид, полученных после мейоза I.

В результате каждого деления формируются две гаплоидные клетки, в сумме — четыре функционально уникальных гаметы.

Стадии мейоза II — профаза II, метафаза II, анафаза II и телофаза II — аналогичны митозу, но происходят в гаплоидных клетках.

Этот процесс обеспечивает окончательное распределение генетического материала и подготовку к оплодотворению.

# Количество хромосом на этапах мейоза (человек)

Число хромосом уменьшается вдвое после мейоза I и остаётся постоянным при завершении мейоза II, что обеспечивается делением сестринских хроматид.

Уменьшение числа хромосом вдвое после первого деления указывает на редукционный характер мейоза, необходимый для поддержания стабильного кариотипа вида.

Изменение числа хромосом в ходе мейоза человека



Обобщённые данные из учебников цитологии и генетики, 2023

# Генетические последствия кроссинговера

1

Кроссинговер способствует обмену участками ДНК между гомологичными хромосомами, создавая новые комбинации аллелей, которые не встречаются в родительских хромосомах.

2

Этот процесс происходит в профазе I, усиливая генетическое разнообразие за счёт произвольного распределения отдельных генетических сегментов между гомологами.

3

В результате формируются уникальные гаметы, что повышает популяционную чувствительность к изменениям окружающей среды и способствует эволюционному прогрессу.

# Сравнение митоза и мейоза: ключевые различия

| Параметр              | Митоз       | Мейоз        |
|-----------------------|-------------|--------------|
| Число делений         | 1           | 2            |
| Итоговое число клеток | 2           | 4            |
| Плоидность клеток     | Диплоидные  | Гаплоидные   |
| Кроссинговер          | Отсутствует | Присутствует |

Основные различия между митозом и мейозом в количестве делений, образовании клеток, плоидности и рекомбинации генетического материала.

Мейоз обеспечивает образование четырёх гаплоидных клеток с генетической вариабельностью, в отличие от митоза, где образуются две идентичные диплоидные клетки.

Учебники по клеточной биологии и генетике, 2023

# Биологическая роль мейоза у многоклеточных организмов

Мейоз предотвращает удвоение числа хромосом при оплодотворении, обеспечивая постоянство кариотипа в поколениях.

Процесс играет ключевую роль в жизненных циклах животных, растений и грибов, формируя гаметы и споры.

Рекомбинация и случайное распределение хромосом создают генетическое разнообразие, способствуя эволюционной адаптации.

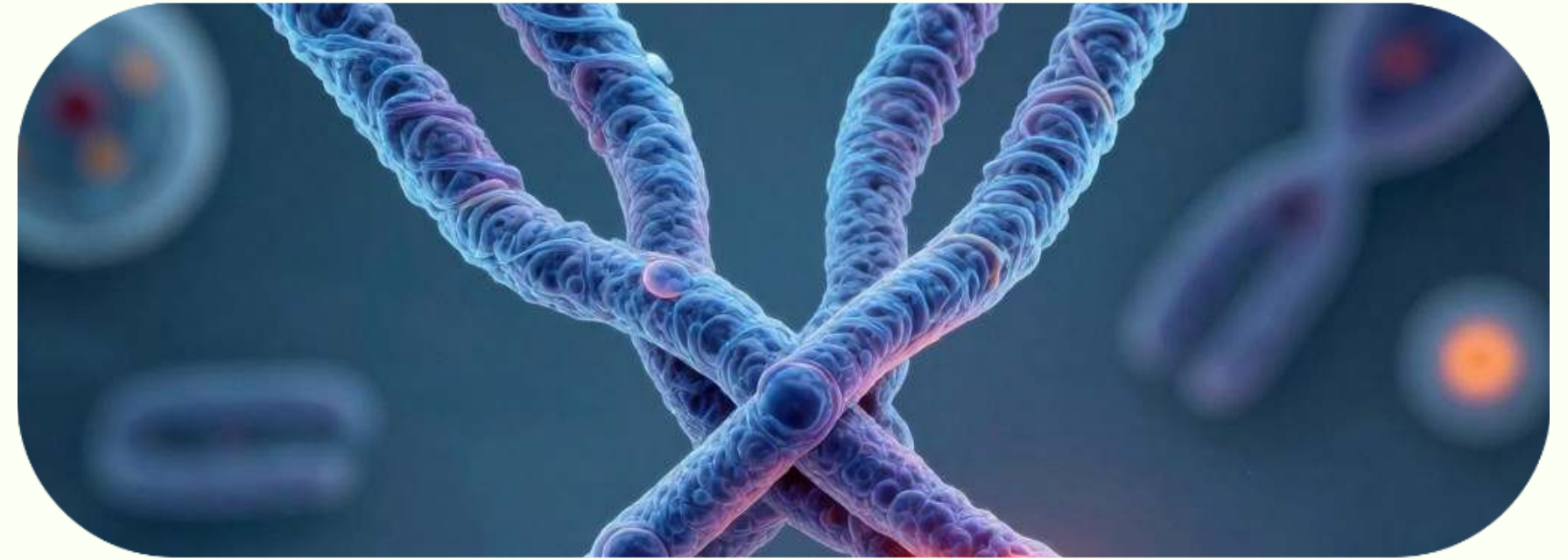
Наличие мейоза позволяет популяциям сохранять устойчивость и гибкость в изменяющихся условиях окружающей среды.

# Мутации при мейозе и их последствия



## Анеуплодия и её влияние на здоровье

Нерасхождение хромосом в анафазе I или II может вызывать анеуплоидии, приводящие к генетическим синдромам. Например, синдром Дауна вызывается трисомией 21-й хромосомы, поражая развитие и здоровье человека.



## Хромосомные перестройки как фактор эволюции

Ошибки кроссинговера вызывают делеции, дупликации и инверсии хромосом, что приводит к наследственным заболеваниям, но также способствует формированию новых генетических вариантов и видообразованию.

# Примеры проявления мейоза: сперматогенез и овогенез

В процессе сперматогенеза из одной клетки образуются четыре функциональных сперматозоида, каждый с гаплоидным набором хромосом.

Во время овогенеза формируется одна полноценная яйцеклетка и три полярных тела, которые обычно не участвуют в оплодотворении.

Различия в распределении цитоплазмы отражают адаптивную стратегию обеспечения яйцеклетки ресурсами для раннего развития.

# Мейоз у растений: образование спор и чередование поколений



## Формирование микроспор и мегаспор

В покрытосеменных мейоз даёт микроспоры, из которых развивается пыльца, и мегаспоры — основу женского гаметофита. Эти процессы обеспечивают половое размножение и генетическое разнообразие растений.



## Чередование генераций в жизненном цикле

У мхов и папоротников гаметофит является доминирующей стадией, тогда как у цветковых растений преобладает спорофит. Мейоз обеспечивает переход между этими поколениями.

# Значение мейоза для эволюции

1

Мейоз создаёт генетическую вариабельность, необходимую для естественного отбора и адаптации к изменяющимся условиям среды.

2

Генетическая изменчивость ускоряет формирование новых признаков и повышает приспособленность популяций.

3

Процесс способствует видообразованию и биологической пластичности, укрепляя эволюционную динамику видов.

# Применение мейоза в биотехнологиях и медицине



## Генетические карты

Исследования мейоза позволяют создавать точные генетические карты, раскрывая расположение генов и их взаимодействия.



## Диагностика наследственных болезней

Анализ мейозных процессов помогает выявлять генетические нарушения, повышая эффективность диагностики и



## Селекция и гибридизация растений

Использование знаний о мейозе способствует созданию новых сортов растений с улучшенными свойствами и повышенной устойчивостью.



## Разработка ГМО

Манипуляции мейотическими процессами ускоряют создание генетически модифицированных организмов для медицины и сельского

# Мейоз: фундамент наследственной изменчивости и адаптации

Мейоз — ключевой биологический процесс, обеспечивающий передачу и разнообразие наследственной информации, поддерживающий эволюцию и адаптацию видов. Его изучение важно для науки и практики генетики.

