

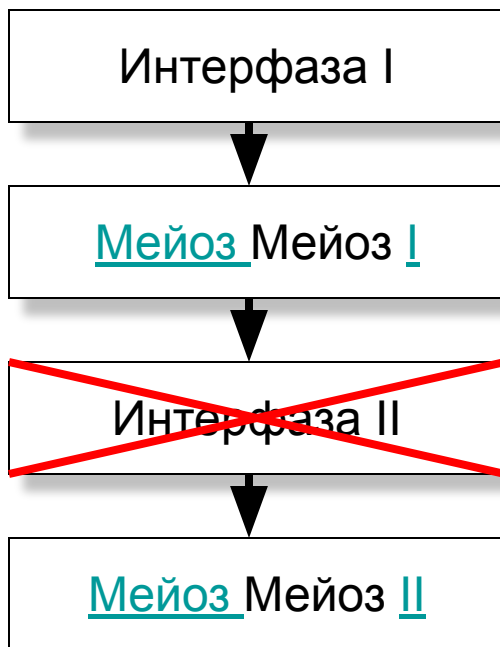
Мейоз

Мейоз - особый вид деления клетки, при котором число хромосом в дочерних клетках становится гаплоидным

- Происходит при образовании половых клеток
- В 1882 г. *Вальтер Флемминг* открыл мейоз у животных
- В 1888 г. *Эдвард Страсбургер* открыл мейоз у растений

Механизм мейоза

- Включает два последовательных деления клетки, следующих друг за другом

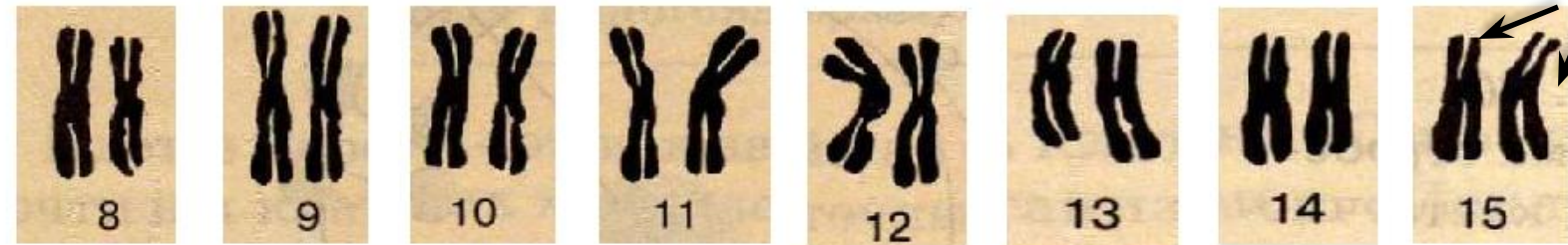


Накапливаются энергия и вещества необходимые для обоих делений мейоза

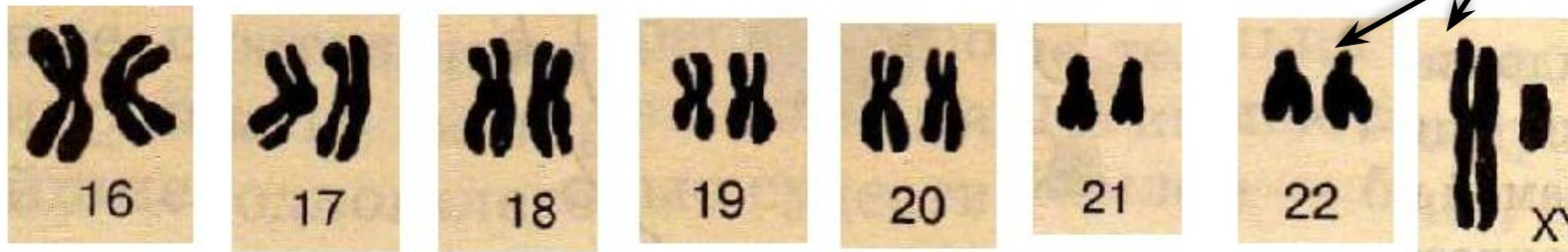
Редукционное деление

Практически отсутствует; не происходит репликация ДНК

Происходит по принципу митоза, но при гаплоидном наборе хромосом



ГОМОЛОГИЧНЫЕ



НЕГОМОЛОГИЧНЫЕ



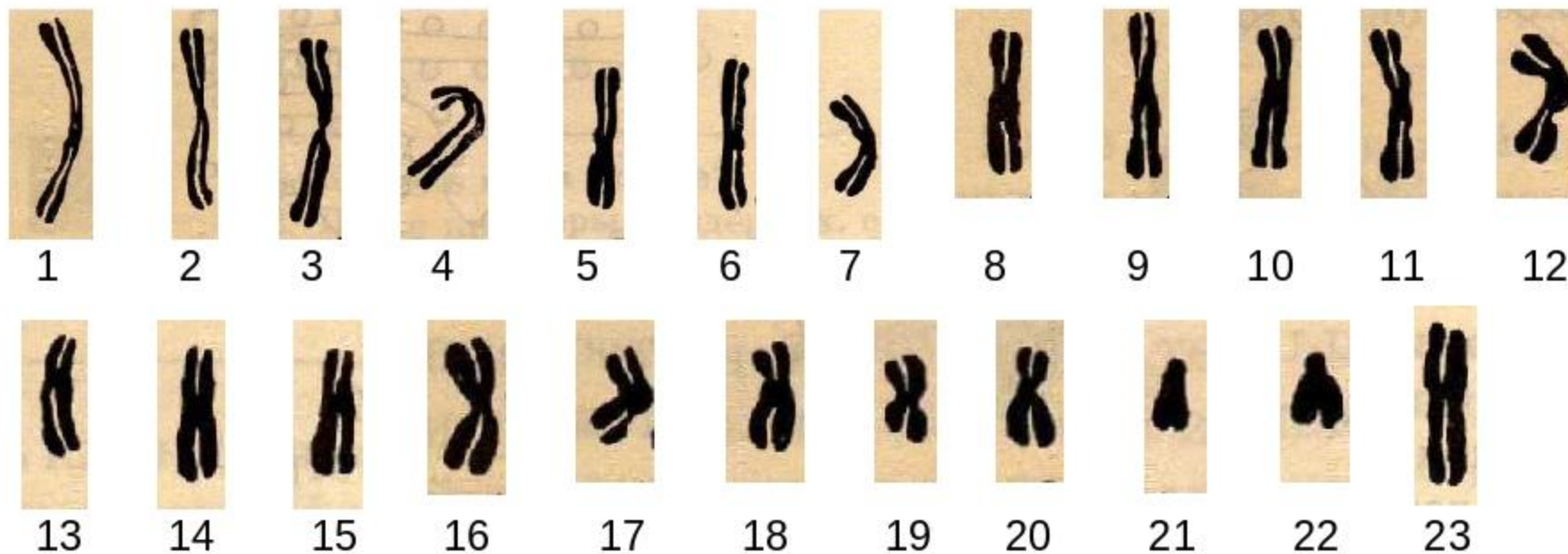
Соматические клетки: диплоидный набор – 46 хромосом
ГОМОЛОГИЧНЫЕ ХРОМОСОМЫ –
одинаковые по форме и размеру, несущие одинаковые гены
(одна - от матери, другая – от отца)

ГАМЕТЫ

(ПОЛОВЫЕ КЛЕТКИ)



ГАПЛОИДНЫЙ НАБОР



23 хромосомы

Мейоз - первое деление

- **Интерфаза 1.**
- Происходят процессы, аналогичные процессам в интерфазе митоза: активный синтез и накопление белков, РНК и других, необходимых для деления, компонентов. В конце интерфазы происходит удвоение хромосом и начинается их спирализация.
- Удвоенные хромосомы при мейозе принято обозначать как **$2n4c$** , где $2n$ показывает степень ploидности клетки, а $4c$ указывает на количество хромосомного материала (нитей ДНК).

Профаза I (2n4c)

- Растворение ядерной оболочки и ядер
- Спирализация хромосом
- Расхождение центриолей к полюсам клетки
- Образование нитей веретена деления
- Конъюгация (лат. conjugatio – соединение) – сближение гомологичных хромосом, образование хромосомных пар - бивалент
- Кроссинговер ((англ. crossing-over – перекрест) – обмен участками между гомологичными хромосомами



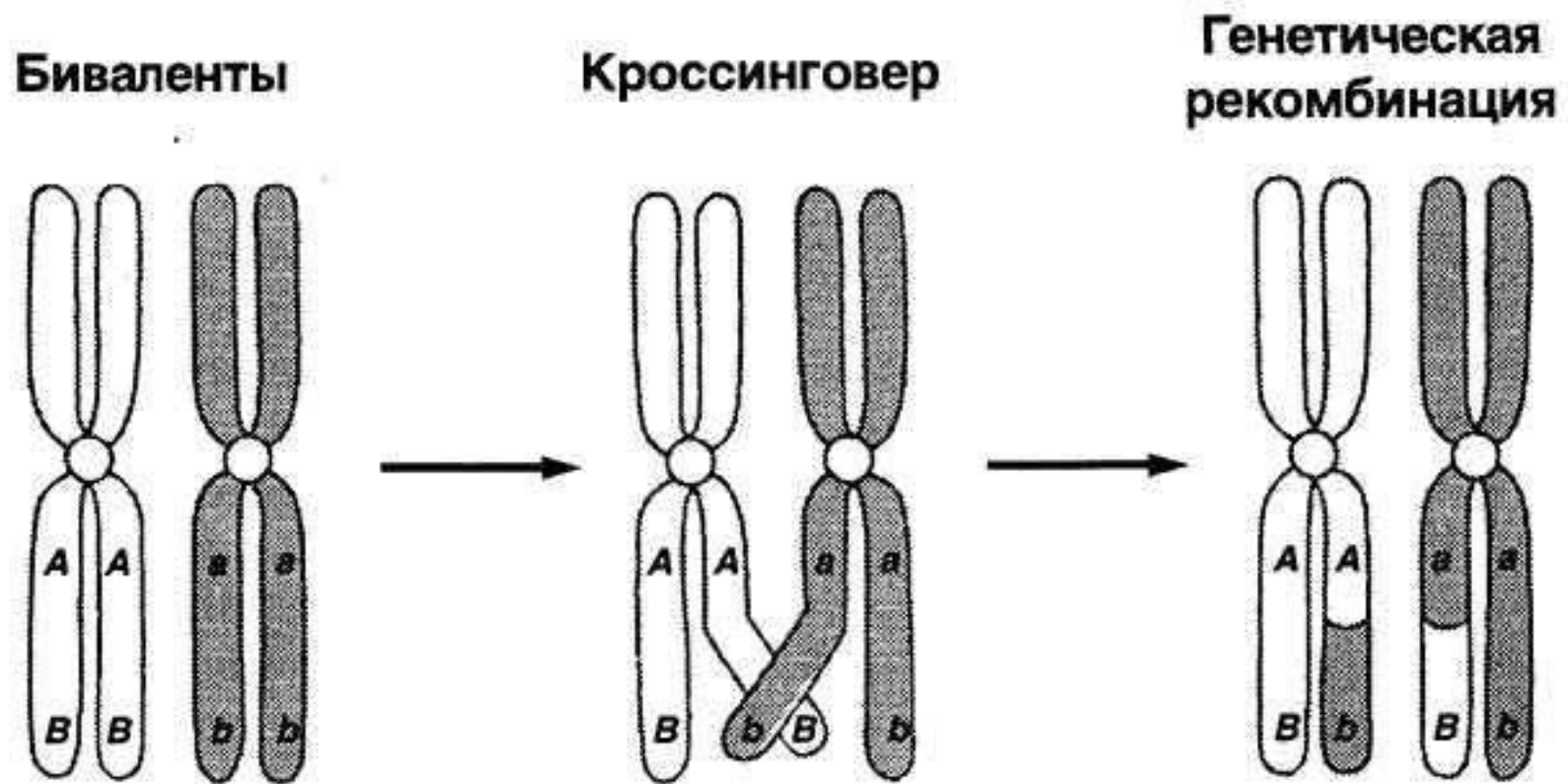


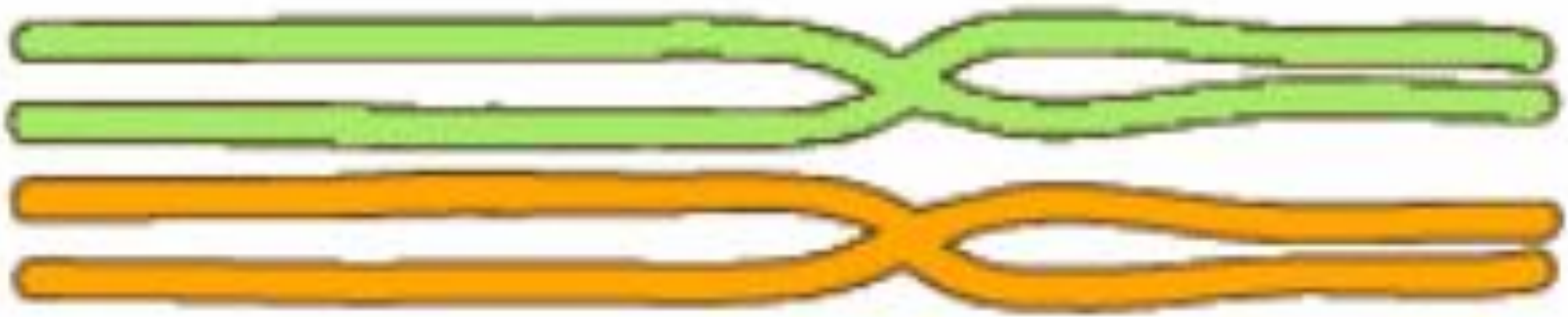
Рис. 56. Схема обмена генами двух хромосом (кроссинговер)
(по Г. Тортора и С. Грабовски)

Сколько молекул ДНК содержится в трёх бивалентах, образованных тремя парами гомологичных хромосом?

Бивалент — это пара гомологичных (двухроматидных) хромосом, соединенных в результате конъюгации. Биваленты образуются в профазе первого деления мейоза. Каждая хромосома в этот период состоит из двух молекул ДНК (двухроматидная), поэтому **бивалент**, состоящий из двух двухроматидных гомологичных хромосом, **содержит четыре молекулы ДНК**.

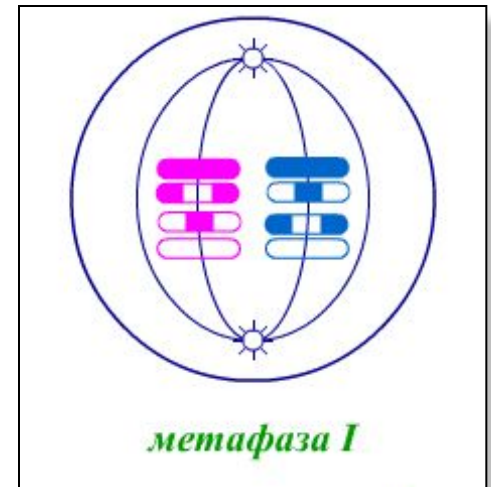
В одном биваленте содержится четыре молекулы ДНК, значит, в трёх бивалентах — 12 молекул ДНК (3 бивалента \times 4 молекулы ДНК = 12 молекул ДНК).

Схема кроссинговера



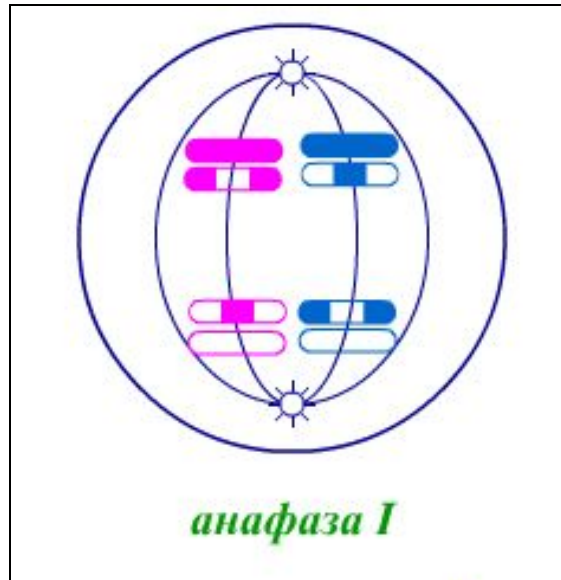
Метафаза I

- Расположение пар гомологичных хромосом (бивалент) по экватору клетки
- К каждой хромосоме присоединяется нить веретена деления только от одного полюса
- Материнские и отцовские по происхождению хромосомы ориентированы к полюсам произвольно



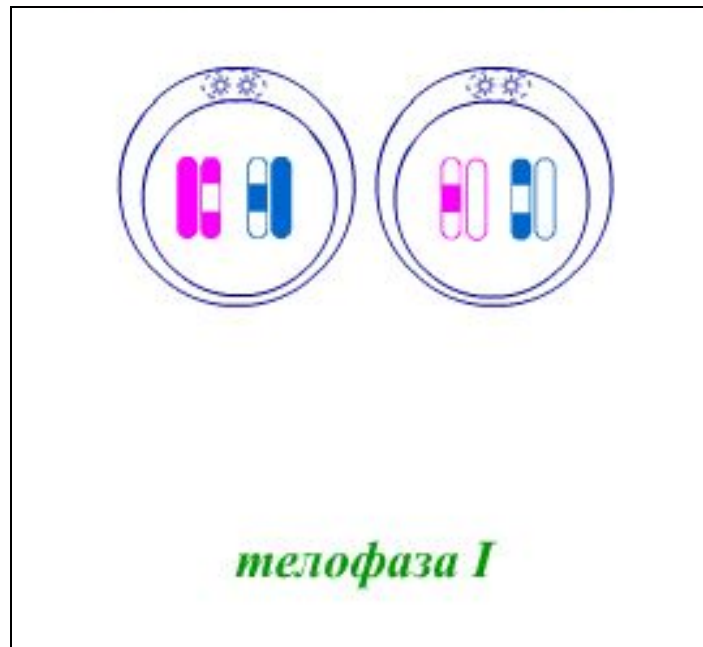
Анафаза I (n2c)

- Биваленты распадаются на две хромосомы
- Целые хромосомы конкретной пары расходятся к разным полюсам
- Каждая хромосома состоит из двух хроматид



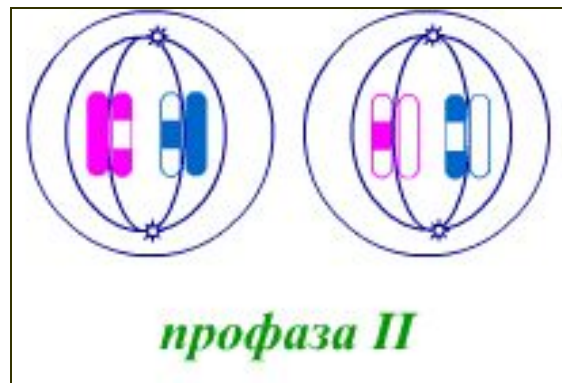
Телофаза I

- Образование двух дочерних клеток, имеющих гаплоидный набор хромосом
- Каждая хромосома состоит из двух хроматид



Профаза II

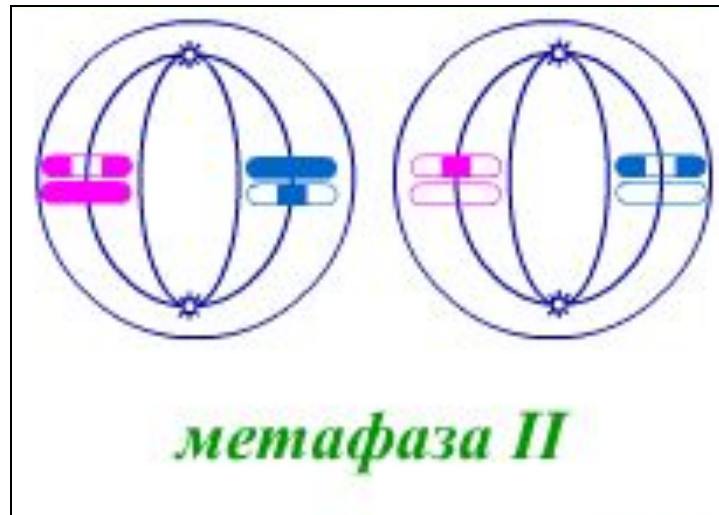
- Сильно укорочена
- Кроссинговер не происходит
- Проходит по принципу митоза, но при гаплоидном наборе хромосом
 - Растворение ядерной оболочки и ядрышка
 - Спирализация хромосом
 - Расхождение центриолей к полюсам клетки
 - Образование нитей веретена деления



Метафаза II

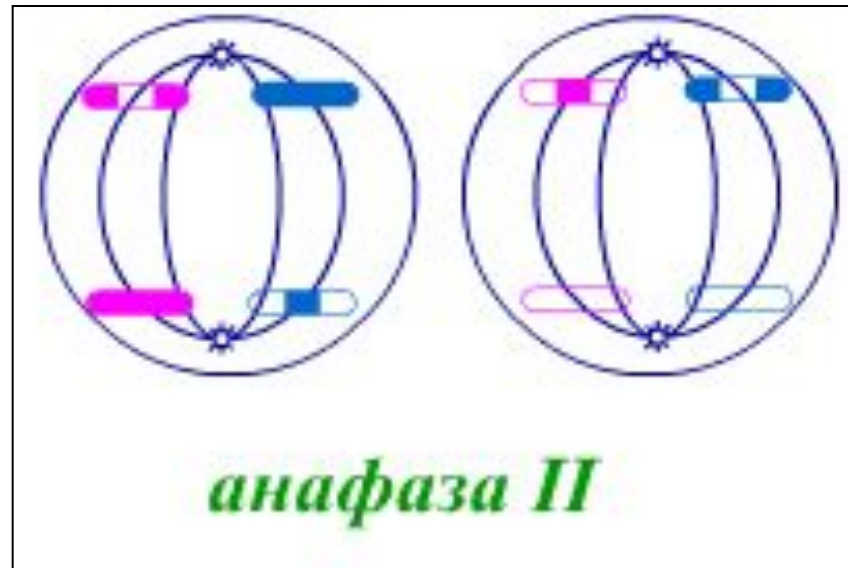
Происходит по принципу митоза, но при гаплоидном наборе хромосом:

- Хромосомы, состоящие из 2 хроматид располагаются по экватору клетки
- Нити веретена присоединяются к центромерам (по одной с разных сторон)



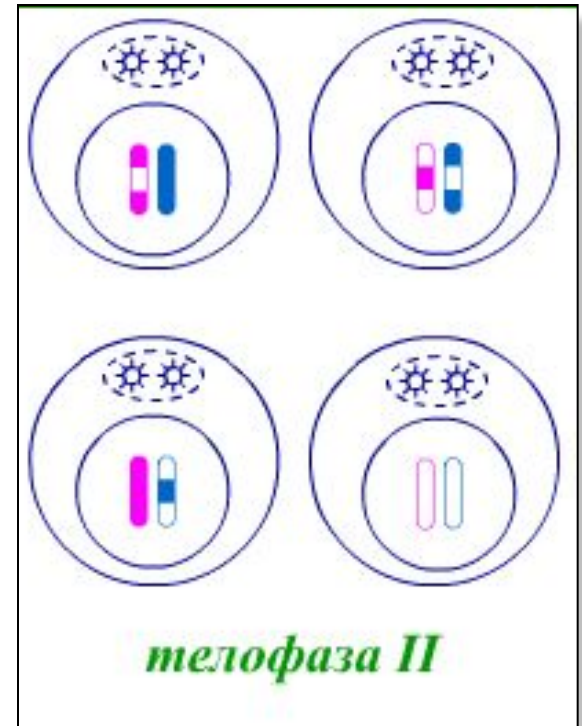
Анафаза II (nc)

- Происходит по принципу митоза
- К полюсам расходятся дочерние хромосомы, состоящие из одной хроматиды



Телофаза II

- Происходит по принципу митоза
- Образуются 4 гаплоидные клетки
- Хромосомы в каждой из клеток однохроматидные



Биологическое значение мейоза

- Поддерживает определенное и постоянное число хромосом во всех поколениях каждого вида живых организмов
- Обеспечивает многообразие генетического состава гамет в результате кроссинговера и произвольного расхождения различных по происхождению хромосом в анафазе I
- Появляется разнообразное и потомство, что имеет большое значение для эволюции

Сравнительная характеристика митоза и мейоза

Признаки	Митоз	Мейоз
В каких клетках происходит?		
Фазы деления		
Сколько делений включает?		
Что происходит с ДНК в интерфазе перед началом деления?		
Что происходит между делениями?		
Происходит конъюгация?		
Происходит кроссинговер?		
Хромосомы или хроматиды расходятся при делении?		
Сколько дочерних клеток образуется в результате деления?		

Сравнительная характеристика митоза и мейоза

Признаки	Митоз	Мейоз
В каких клетках происходит?	В соматических	В половых
Фазы деления	Профаза, метафаза, анафаза, телофаза	
Сколько делений включает?	1 деление	2 деления
Что происходит с ДНК в интерфазе перед началом деления?	Происходит удвоение ДНК (репликация)	
Что происходит между делениями?	В интерфазе происходит репликация ДНК	Интерфаза перед 2 делением практически отсутствует, репликация ДНК не происходит
Происходит конъюгация?	Нет	Да, в профазе 1
Происходит кроссинговер?	Нет	Да, в профазе 1
Хромосомы или хроматиды расходятся при делении?	Хроматиды	Гомологичные хромосомы
Сколько дочерних клеток образуется в результате деления?	2	4

При решении задач на определение числа хромосом и числа молекул ДНК нужно помнить:

- 1) До начала мейоза в интерфазе происходит удвоение ДНК, поэтому число хромосом $2n$, число ДНК- $4c$.
- 2) В профазе, метафазе I, анафазе I – **$2n$ $4c$** - так как деления клетки не происходит.
- 3) в телофазе - остается **$n2c$** , так как после расхождения гомологичных хромосом в клетках остается гаплоидный набор, но хромосомы двуххроматидные.
- 4) В профазе II, метафазе II так же как и телофазе I - **$n2c$** .
- 5) Особое внимание обратить на анафазу II, так как после расхождения хроматид число хромосом увеличивается в 2 раза (хроматиды становятся самостоятельными хромосомами, но пока они все в одной клетке) **$2n$ $2c$**
- 6) в телофазе I- **nc** (в клетках остаются однохроматидные хромосомы).

Хромосомный набор соматических клеток пшеницы равен 28.

Определите хромосомный набор и число молекул ДНК в одной из клеток семязачатка перед началом мейоза, в анафазе мейоза 1 и в анафазе мейоза 2. Объясните, какие процессы происходят в эти периоды и как они влияют на изменение числа ДНК и хромосом.

Ответ:

Клетки семязачатка содержат диплоидный набор хромосом – 28 ($2n2c$).

Перед началом мейоза в S-периоде интерфазы — удвоение ДНК: 28 хромосом, 56 ДНК ($2n4c$).

В анафазе мейоза 1 – к полюсам клетки расходятся хромосомы, состоящие из двух хроматид. Генетический материал клетки будет ($2n4c = n2c+n2c$) — 28 хромосом, 56 ДНК .

В мейоз 2 вступают 2 дочерние клетки с гаплоидным набором хромосом ($n2c$) — 14 хромосом, 28 ДНК .

В анафазе мейоза 2– к полюсам клетки расходятся хроматиды. После расхождения хроматид число хромосом увеличивается в 2 раза (хроматиды становятся самостоятельными хромосомами, но пока они все в одной клетке) – ($2n2c = nc+nc$) – 28 хромосом, 28 ДНК

Общая масса всех молекул ДНК в 46 хромосомах одной соматической клетки человека составляет около 6×10^{-9} мг. Определите, чему равна масса всех молекул ДНК в ядре перед началом мейоза, после мейоза I и мейоза II. Объясните полученные результаты.

Ответ:

1) перед делением произошла репликация 12×10^{-9} мг.

2). После мейоза I 6×10^{-9} мг., число хромосом – гаплоидное, но масса, как в диплоидном ядре, так как разошлись двуххроматидные хромосомы.

3). После мейоза II масса всех молекул ДНК 3×10^{-9} мг.

В соматических клетках дрозофилы содержится 8 хромосом.

Какое число хромосом и молекул ДНК содержится в ядре перед началом мейоза, в профазе мейоза I и мейоза II.

Объясните полученные результаты.

Ответ:

**1). перед началом мейоза
хромосомы удваиваются в
результате репликации ДНК $2n$
 $4c$ (8 хромосом, 16 молекул ДНК)**

**2). в профазе мейоза I $2n$ $4c$
(8 хромосом, 16 молекул ДНК).**

**3). В профазе мейоза II $1n$ $2c$
(число хромосом – гаплоидное,
каждая хромосома состоит из
двух хроматид).**

Фаза мейоза	Набор хромосом	Характеристика фазы
Профаза 1	$2n4c$	Демонтаж ядерных мембран, расхождение центриолей к разным полюсам клетки, формирование нитей веретена деления, "исчезновение" ядрышек, конденсация двухроматидных хромосом, конъюгация гомологичных хромосом и кроссинговер.
Метафаза 1	$2n4c$	Выстраивание бивалентов в экваториальной плоскости клетки, прикрепление нитей веретена деления одним концом к центриолям, другим – к центромерам хромосом.
Анафаза 1	$2n4c$	Случайное независимое расхождение двухроматидных хромосом к противоположным полюсам клетки (Телофаза 1 в обеих клетках по $1n2c$ Образование ядерных мембран вокруг групп двухроматидных хромосом, деление цитоплазмы.
Телофаза 1	$1n2c$	Образование ядерных мембран вокруг групп двухроматидных хромосом, деление цитоплазмы.

Профаза 2	1n2c	Демонтаж ядерных мембран, расхождение центриолей к разным полюсам клетки, формирование нитей веретена деления.
Метафаза 2	1n2c	Выстраивание двуххроматидных хромосом в экваториальной плоскости клетки (метафазная пластинка), прикрепление нитей веретена деления одним концом к центриолям, другим – к центромерам хромосом
Анафаза 2	2n2c	Деление двуххроматидных хромосом на хроматиды и расхождение этих сестринских хроматид к противоположным полюсам клетки (при этом хроматиды становятся самостоятельными однохроматидными хромосомами), перекомбинация хромосом.
Телофаза 2	1n1c	Деконденсация хромосом, образование вокруг каждой группы хромосом ядерных мембран, распад нитей веретена деления, появление ядрышка, деление цитоплазмы (цитотомия) с образованием двух, а в итоге обоих мейотических делений – четырех гаплоидных клеток.