

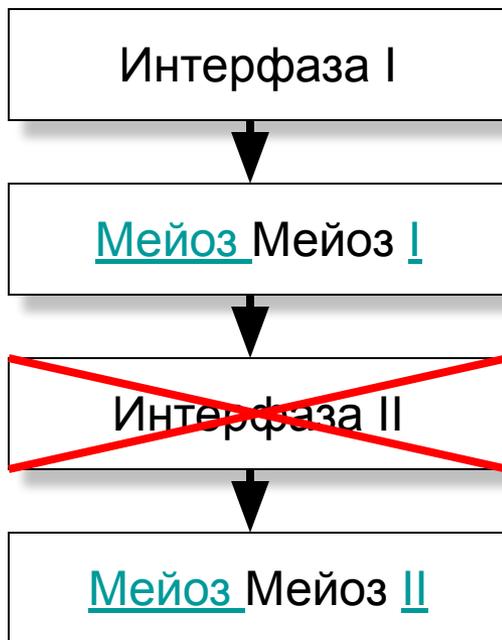
Мейоз

**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

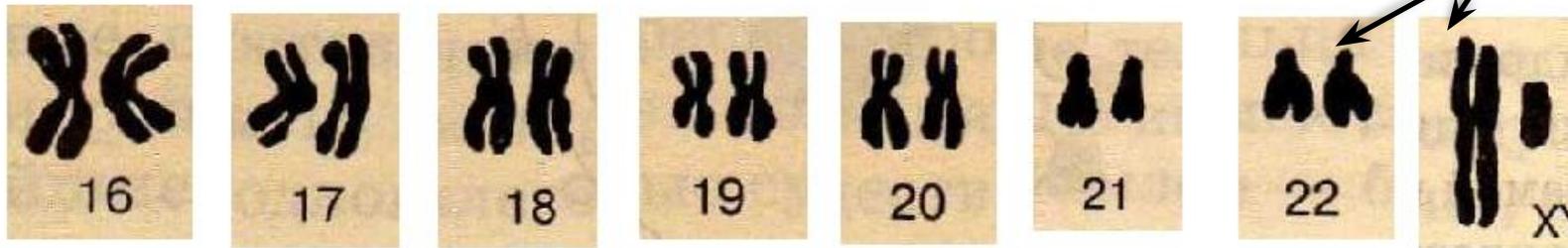
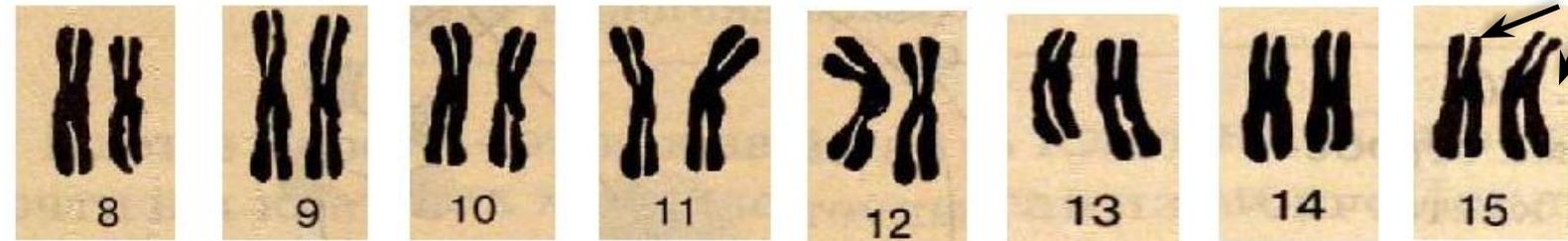
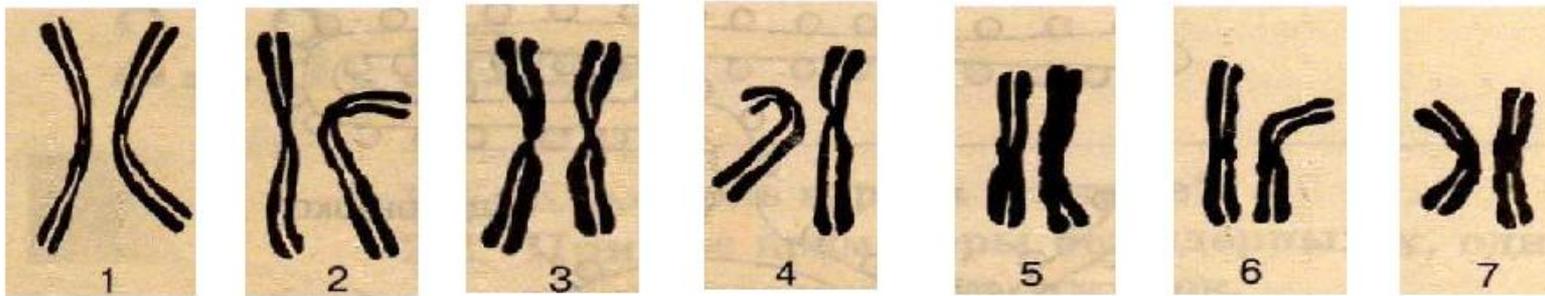


Накапливаются энергия и вещества необходимые для обоих делений мейоза

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**

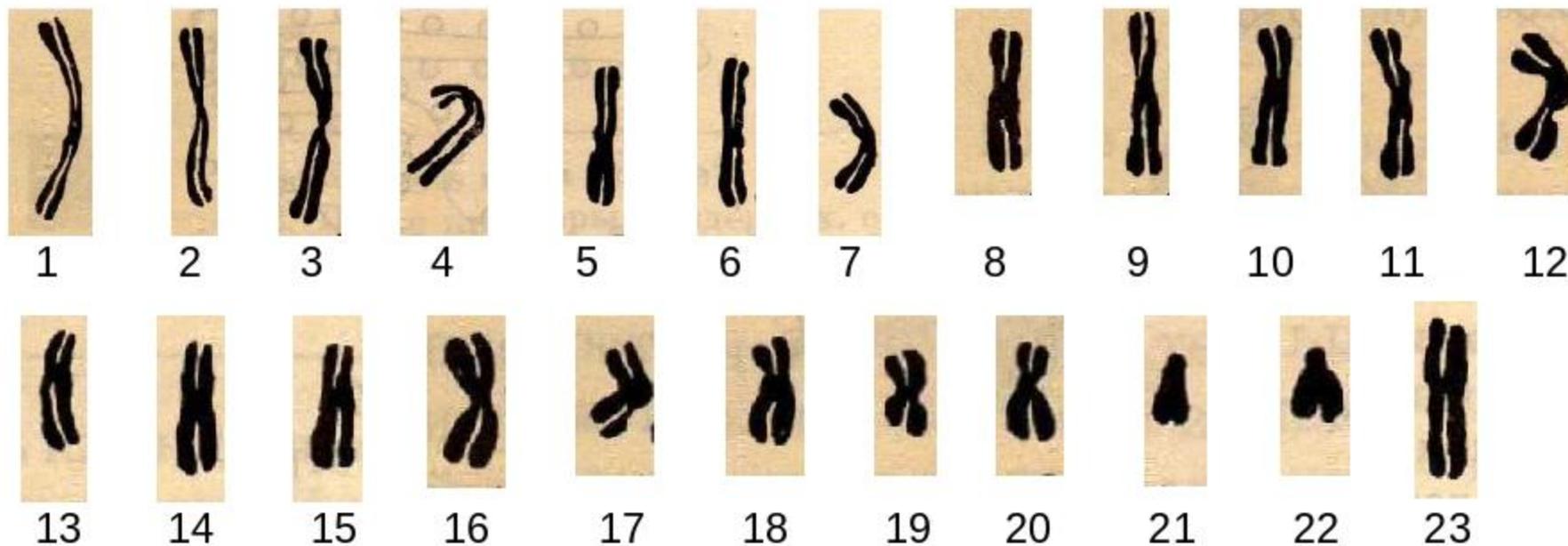
**(одна - от матери, другая – от отца)**

# ГАМЕТЫ

(ПОЛОВЫЕ КЛЕТКИ)



## ГАПЛОИДНЫЙ НАБОР



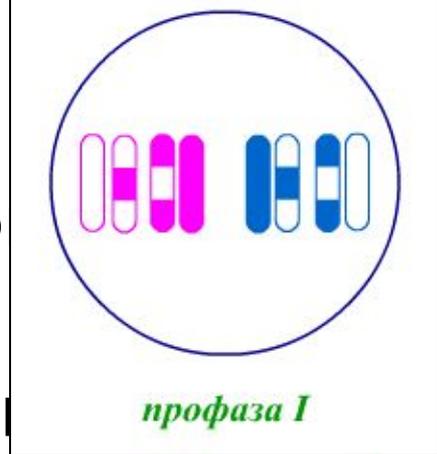
**23** хромосомы

# 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



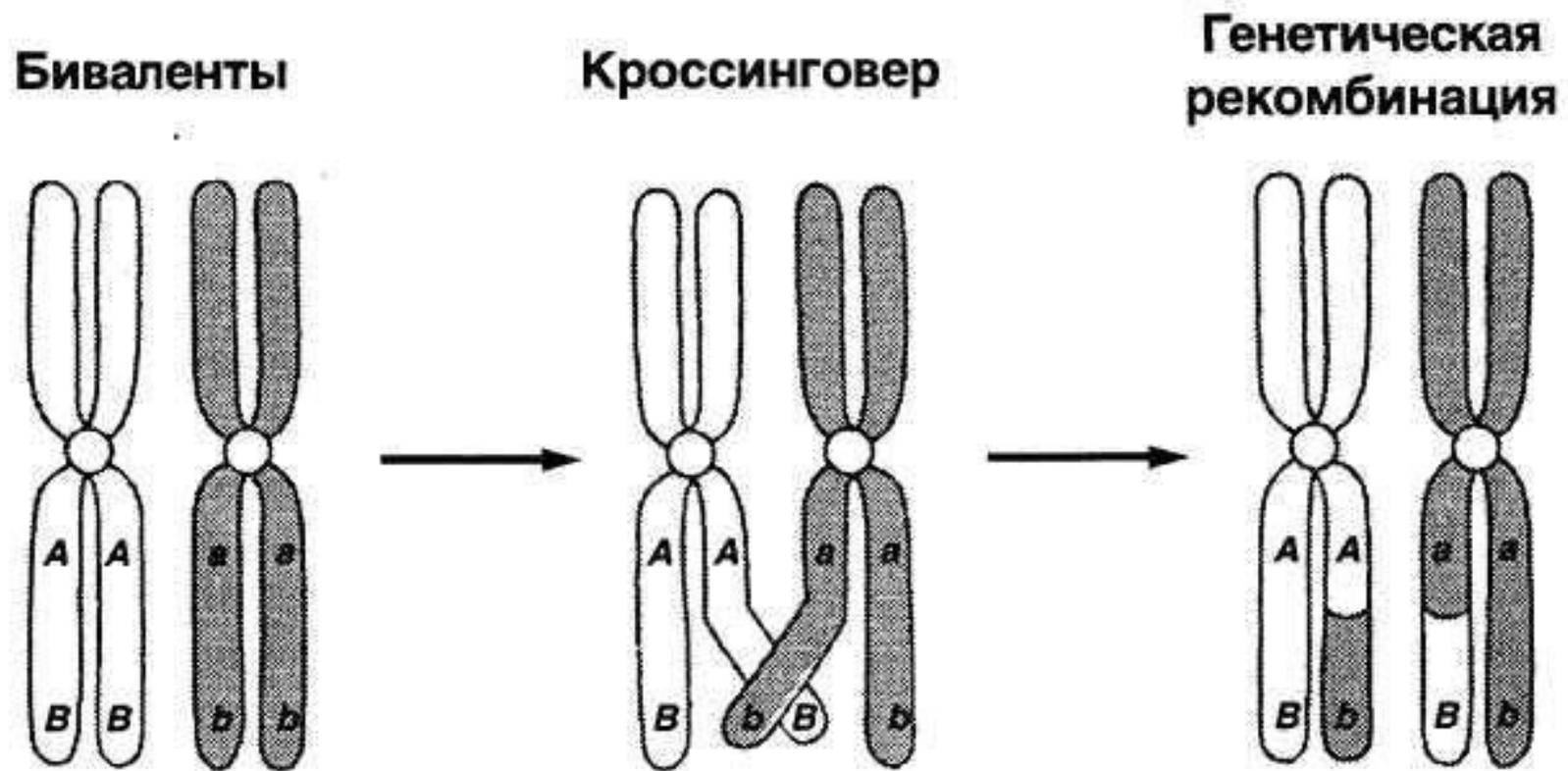


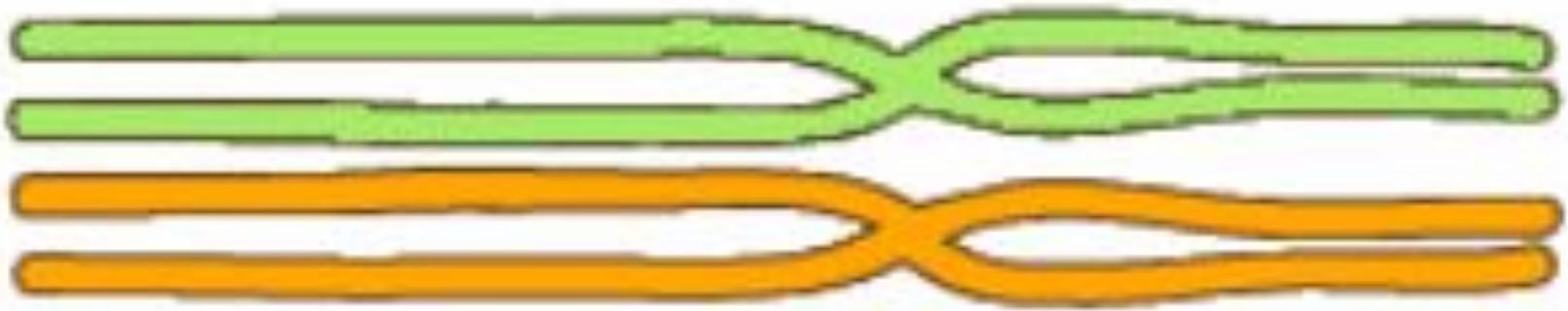
Рис. 56. Схема обмена генами двух хромосом (кроссинговер)  
(по Г. Тортора и С. Грабовски)

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**.

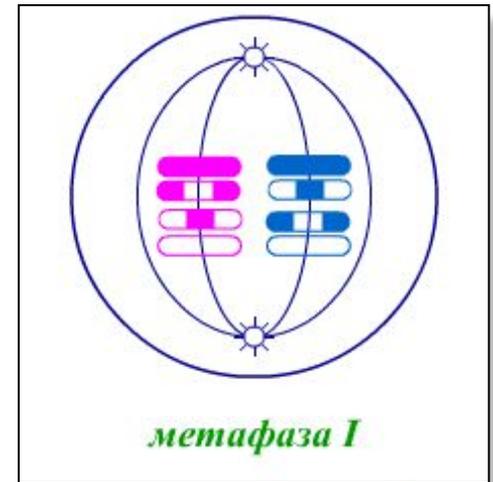
В одном биваленте содержится четыре молекулы ДНК, значит, в трёх бивалентах — 12 молекул ДНК (3 бивалента  $\times$  4 молекулы ДНК = 12 молекул ДНК).

# Схема кроссинговера



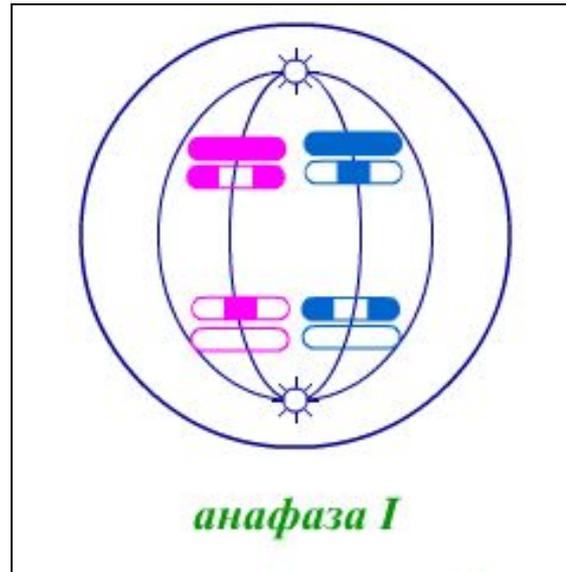
# Метафаза I

- 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



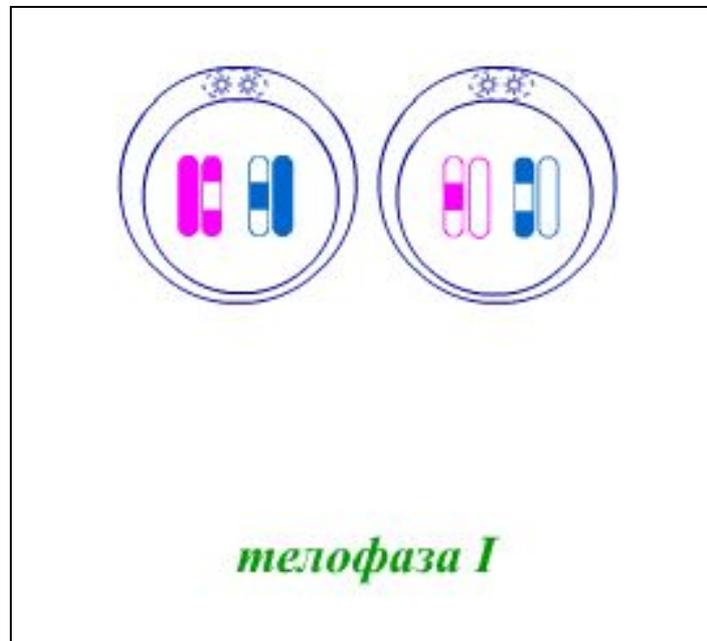
# *Анафаза I (n2c)*

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



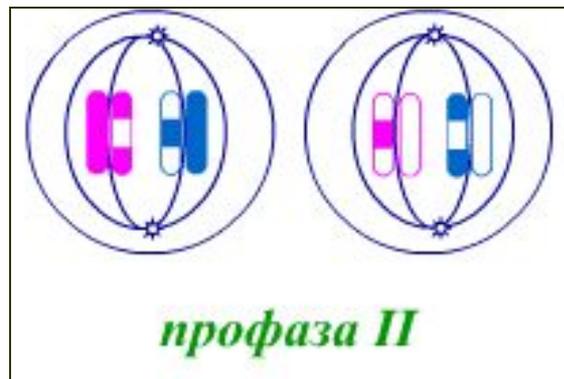
# Телофаза I

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



# Профаза II

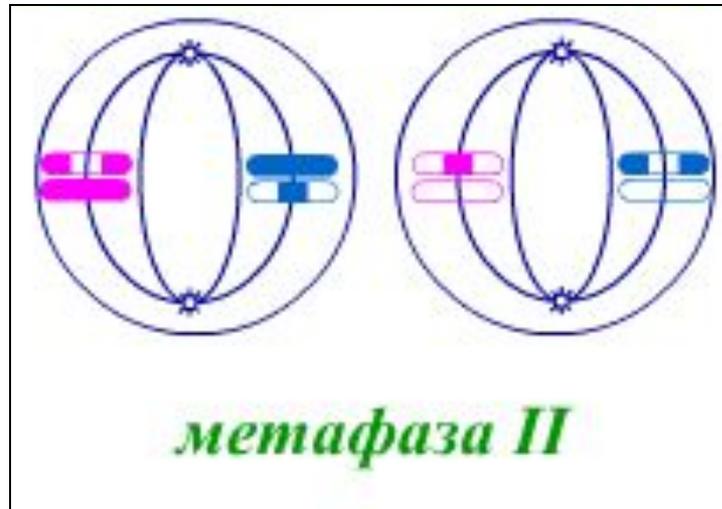
- Сильно укорочена
- Кроссинговер не происходит
- Проходит по принципу митоза, но при гаплоидном наборе хромосом
  - Растворение ядерной оболочки и ядрышка
  - Спирализация хромосом
  - Расхождение центриолей к полюсам клетки
  - Образование нитей веретена деления



# Метафаза II

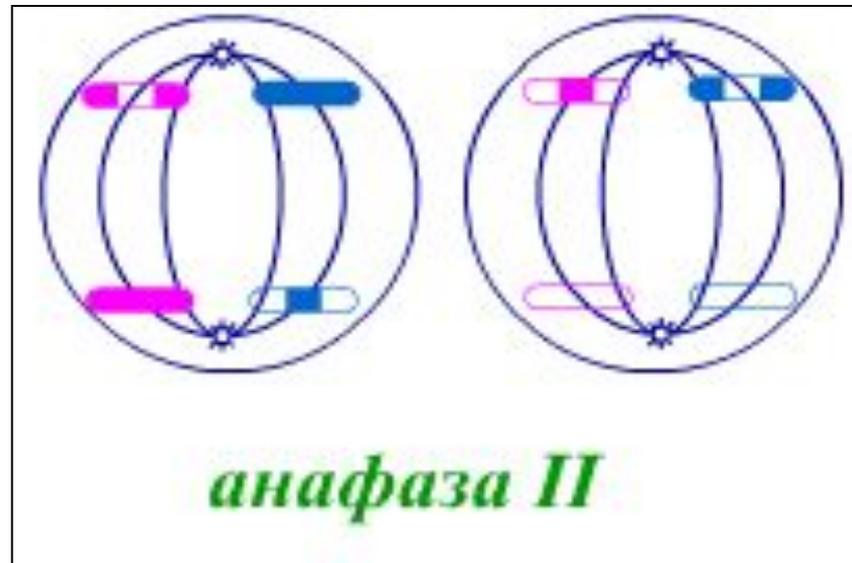
Происходит по принципу митоза, но при гаплоидном наборе хромосом:

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



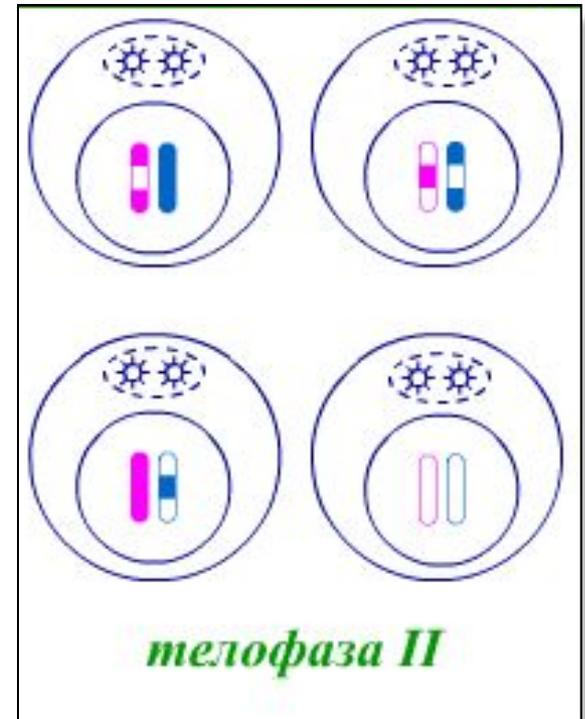
# *Анафаза II (nc)*

- 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  $6 \times 10^{-9}$  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  $12 \times 10^{-9}$  мг.**
- 2). После мейоза I  $6 \times 10^{-9}$  мг., число хромосом – гаплоидное, но масса, как в диплоидном ядре, так как разошлись двуххроматидные хромосомы.**
- 3). После мейоза II масса всех молекул ДНК  $3 \times 10^{-9}$  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.