

# *Тема: «Мейоз»*

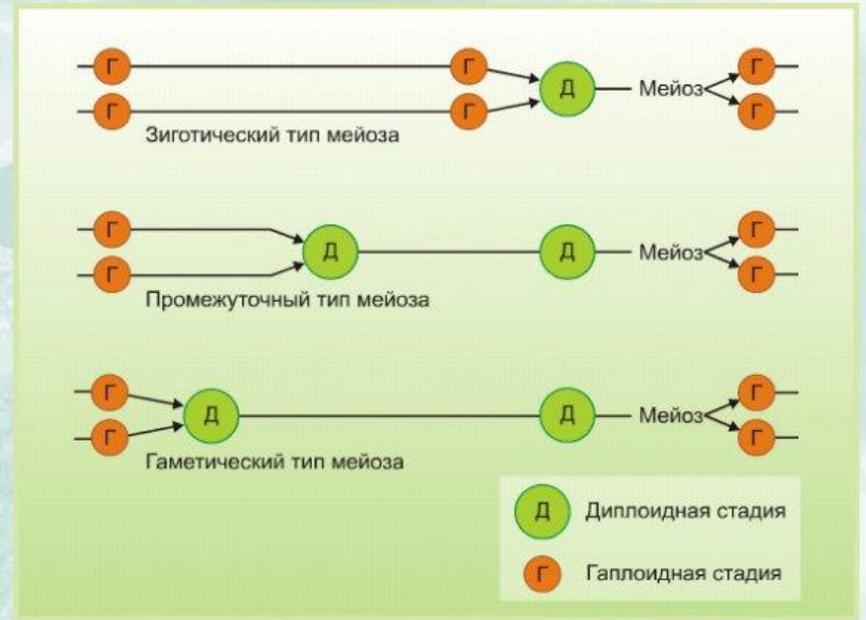
Задачи:

Дать характеристику первому и второму делениям мейоза, значению мейоза.

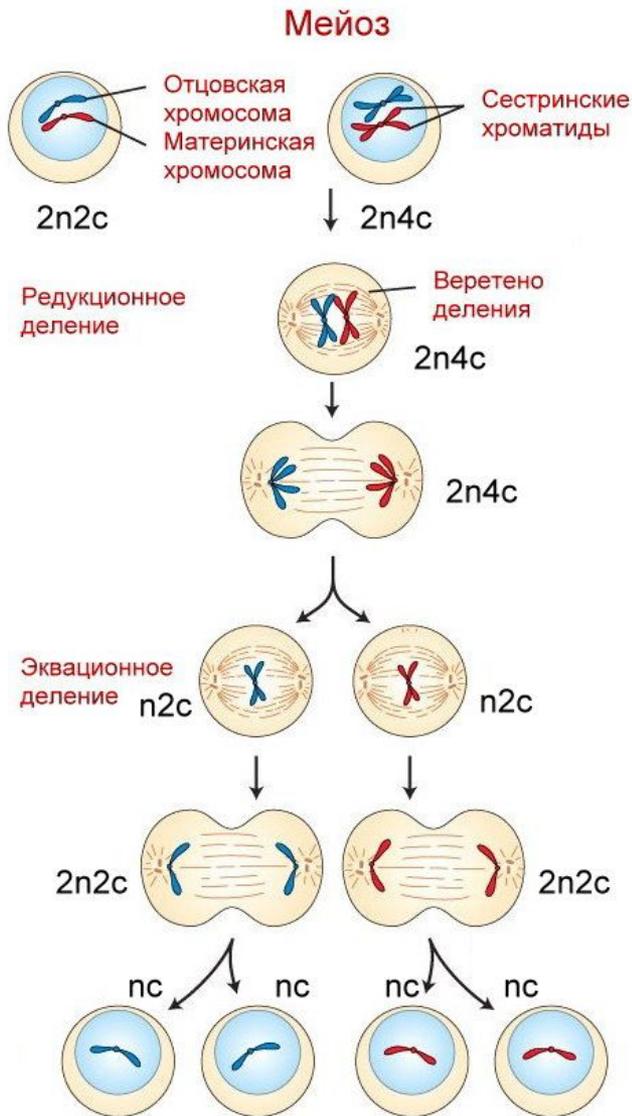
## Типы мейоза

Различают три типа мейоза:

- *зиготический*, или начальный, при котором в результате слияния гаплоидных спор образуется диплоидная зигота, которая сразу вступает в мейоз;
- *споровой*, или промежуточный, когда в результате мейоза образуются микро- и макроспоры (высшие растения);
- *гаметический*, или конечный, в результате которого образуются гаметы (у животных, человека).



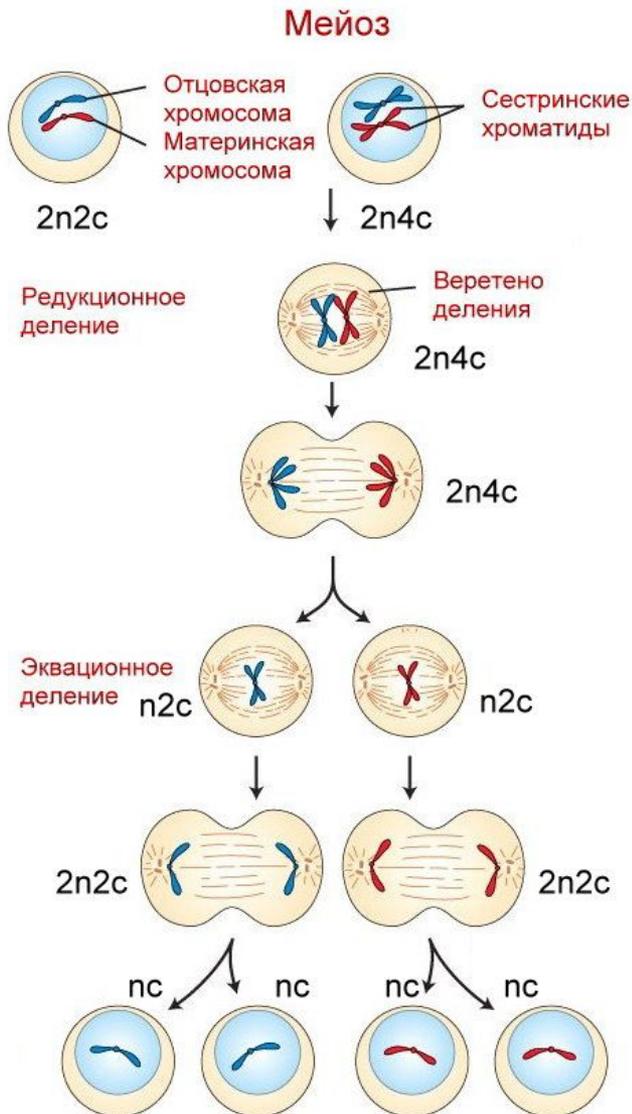
# Первое деление мейоза (редукционное)



**Мейоз — это особый вид деления клетки, при котором число хромосом в дочерних клетках становится гаплоидным.** Это необходимо для сохранения постоянства числа хромосом при половом размножении.

Для примера рассмотрим созревание половых клеток у человека. В каждой клетке человеческого тела диплоидный набор хромосом ( $2n$ ) составляет 46. Следовательно, при «производстве» яйцеклеток и сперматозоидов необходим особый тип деления клеток, при котором в дочерних клетках будет гаплоидный набор хромосом. Такой тип деления, во время которого из одной диплоидной ( $2n$ ) клетки образуются четыре гаплоидные ( $n$ ), и получил название мейоза.

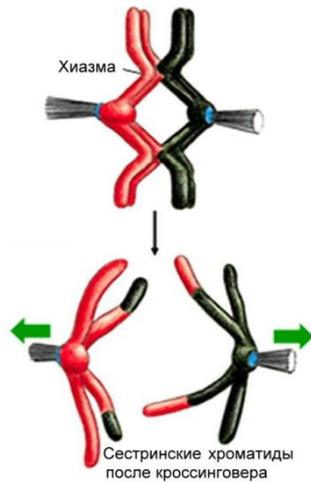
# Первое деление мейоза (редукционное)



Мейоз представляет собой два следующих одно за другим деления генетического материала и цитоплазмы, перед которыми репликация происходит только один раз. Энергия и вещества, необходимые для обоих делений мейоза, накапливаются во время интерфазы I, при этом интерфаза II практически отсутствует.

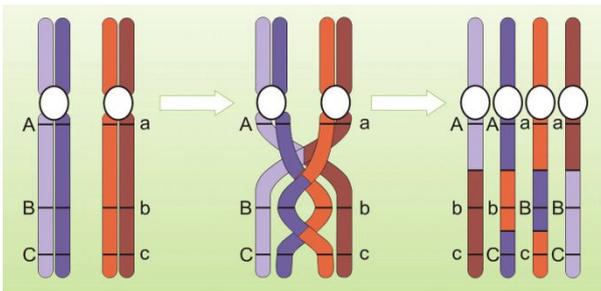
Во время первого деления мейоза (*редукционного*) к полюсам клетки расходятся гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид (рис. 48): у человека — 23 к одному полюсу и 23 к другому. В профазу I ( $2n4c$ ) происходит *конъюгация* хромосом, т. е. каждая хромосома «находит» гомологичную себе и сближается с ней.

# Первое деление мейоза (редукционное)



Во время этого контакта между отцовской и материнской хромосомами может происходить обмен идентичными участками. Это явление получило название **кроссинговера**.

Пару конъюгирующих хромосом называют **бивалентом**. Биваленты продолжают укорачиваться и утолщаться. Каждый бивалент образован четырьмя хроматидами. Поэтому его называют **тетрадой**.



Важнейшим событием является **кроссинговер** — обмен участками хромосом. Кроссинговер приводит к первой во время мейоза рекомбинации генов. В конце профазы I исчезают ядерная оболочка и ядрышко.

## Первое деление мейоза (редукционное)



### Профаза 1 ( $2n4c$ )

Самая продолжительная и сложная фаза мейоза. Состоит из ряда последовательных стадий.

**Лептотена ( $2n; 4c$ )**. Стадия тонких нитей. Хромосомы слабо конденсированы. Они уже двуххроматидные, но настолько сближены, что имеют вид длинных одиночных тонких нитей. Теломеры хромосом прикреплены к ядерной мембране с помощью особых структур — *прикрепительных дисков*.

**Зиготена ( $2n; 4c$ )**. Стадия сливающихся нитей. Гомологичные хромосомы начинают притягиваться друг к другу сходными участками и конъюгируют. *Конъюгацией* называют процесс тесного сближения гомологичных хромосом. (Процесс конъюгации также называют *синапсисом*.)

## Первое деление мейоза (редукционное)



Полагают, что каждый ген приходит в соприкосновение с гомологичным ему геном другой хромосомы. Пару конъюгирующих хромосом называют **бивалентом**, или **тетрадой** – четыре хроматиды удерживаются вместе, количество бивалентов равно гаплоидному набору хромосом.

**Пахитена ( $2n; 4c$ ).** Стадия толстых нитей. Процесс спирализации хромосом продолжается, причем в гомологичных хромосомах он происходит синхронно. Становится хорошо заметно, что хромосомы двуххроматидные. В пахитене наблюдается особенно тесный контакт между хроматидами. Важнейшим событием пахитены является **кроссинговер** — обмен участками гомологичных хромосом.

## Первое деление мейоза (редукционное)

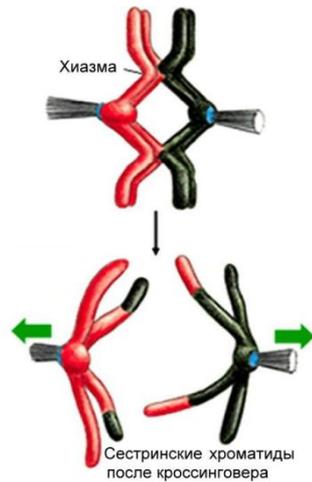


Кроссинговер приводит к первой во время мейоза рекомбинации генов.

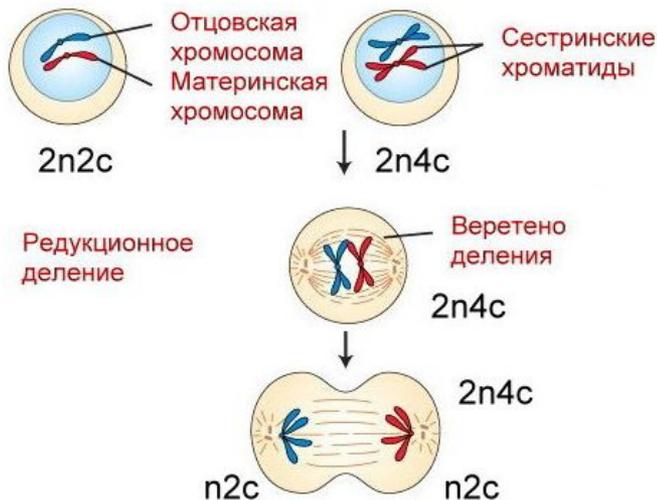
**Диплотена ( $2n; 4c$ ).** Хромосомы в бивалентах перекручиваются и начинают отталкиваться друг от друга. Процесс отталкивания начинается в области центromеры и распространяется по всей длине бивалентов. Однако они все еще остаются связанными друг с другом в некоторых точках. Их называют **хиазмы**. Эти точки появляются в местах кроссинговера. В ходе гаметогенеза у человека может образовываться до 50 хиазм.

**Диакинез ( $2n; 4c$ ).** Хромосомы сильно укорачиваются и утолщаются за счет максимальной спирализации хроматид, а затем отделяются от ядерной оболочки. Происходит сползание хиазм к концам хроматид.

# Первое деление мейоза (редукционное)



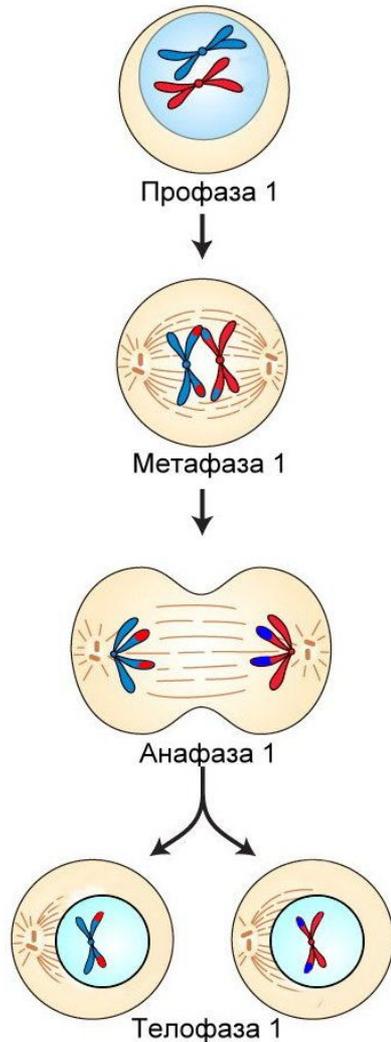
## Мейоз



Биваленты перемещаются в экваториальную плоскость образуя метафазную пластинку ( $2n4c$ ). Центриоли (если они есть) перемещаются к полюсам клетки, и формируется веретено деления.

**Метафаза I ( $2n4c$ ).** Заканчивается формирование веретена деления. Спирализация хромосом максимальна. Биваленты располагаются в плоскости экватора. Расположение бивалентов в экваториальной плоскости равновероятное и случайное, то есть каждая из отцовских и материнских хромосом может быть повернута в сторону того или другого полюса. Это создает предпосылки для второй за время мейоза рекомбинации генов. Нити веретена прикрепляются к центромерам хромосом.

# Первое деление мейоза (редукционное)



**Анафаза I ( $2n4c$ ).** К полюсам расходятся целые хромосомы, а не хроматиды, как при митозе. У каждого полюса оказывается половина хромосомного набора. Причем, пары хромосом расходятся так, как они располагались в плоскости экватора во время метафазы. В результате возникают самые разнообразные сочетания отцовских и материнских хромосом, **происходит вторая рекомбинация** генетического материала.

**Телофаза I ( $n2c$ ).** У животных и некоторых растений хроматиды деспирализуются, вокруг них формируется ядерная оболочка. Затем происходит деление цитоплазмы (у животных) или образуется разделяющая клеточная стенка (у растений).

## Подведем итоги:

Мейоз:

*Особый вид деления клеток, при котором число хромосом в дочерних клетках уменьшается в два раза.*

Конъюгация:

*Процесс тесного сближения гомологичных хромосом в профазу I.*

Перекрест хромосом, кроссинговер:

*Во время конъюгации в гомологичных хромосомах могут происходить поперечные разрывы и хромосомы обмениваются одинаковыми участками. Это явление получило название перекрест хромосом, или кроссинговер.*

Набор хромосом в клетках после 1-го деления мейоза:

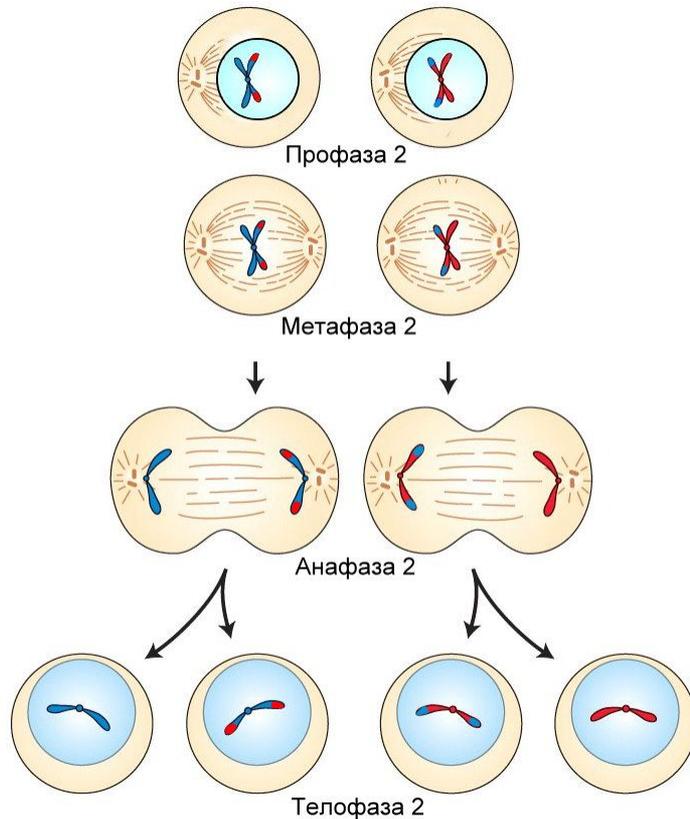
*Образуются две клетки с гаплоидным набором хромосом, но хромосомы из двух хроматид.*

Когда в первом делении мейоза происходит рекомбинация генетического материала?

*Во время профазы I, при перекресте хромосом, и во время анафазы I, когда к каждому полюсу отходит гаплоидный, но случайный набор отцовских и материнских хромосом.*

# Второе деление мейоза (эквационное)

**Второе деление мейоза (эквационное)** включает также профазу, метафазу, анафазу и телофазу. Она протекает так же, как обычный митоз.



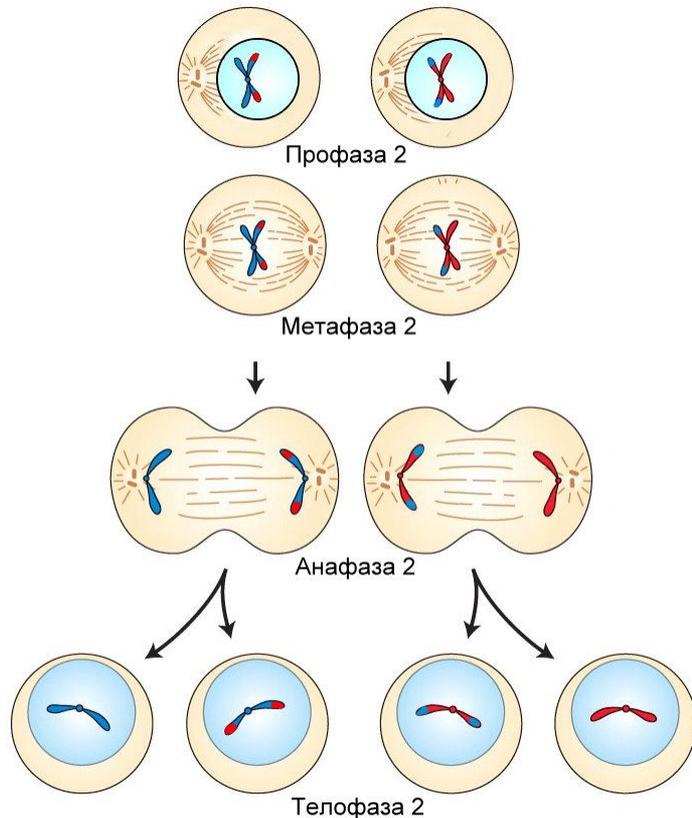
**Интерфаза II ( $n2c$ ).** Репликации ДНК не происходит.

**Профаза II ( $n2c$ ).** Хромосомы спирализуются, ядерная мембрана и ядрышки разрушаются, центриоли, если они есть, перемещаются к полюсам клетки, формируется веретено деления.

**Метафаза II ( $n2c$ ).** Формируются метафазная пластинка и веретено деления, нити веретена деления прикрепляются к центромерам.

## Второе деление мейоза (эквационное)

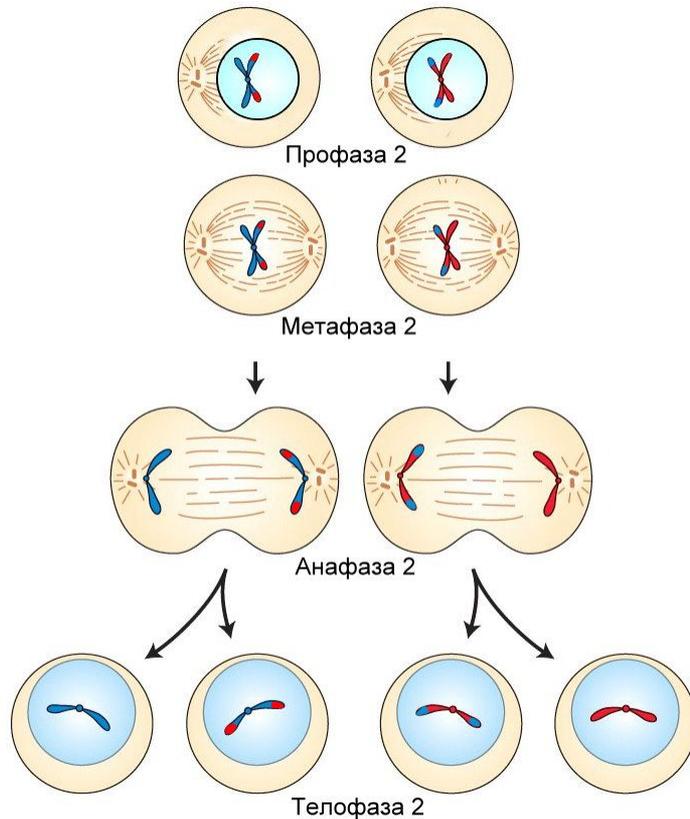
**Анафаза II ( $2n2c$ ).** Центромеры хромосом делятся, хроматиды становятся самостоятельными хромосомами, и нити веретена деления растягивают их к полюсам клетки. Число хромосом в клетке становится диплоидным, но на каждом полюсе формируется гаплоидный набор.



Поскольку в метафазе II хроматиды хромосом располагаются в плоскости экватора случайно, **в анафазе происходит третья рекомбинация генетического материала клетки**, так как в результате кроссинговера хроматиды стали отличаться друг от друга и к полюсам отходят дочерние хроматиды, но отличные друг от друга.

## Второе деление мейоза (эквационное)

**Телофаза II (nc).** Нити веретена деления исчезают, хромосомы деспирализуются, вокруг них восстанавливается ядерная оболочка, делится цитоплазма.



В результате мейоза из одной диплоидной клетки ( $2n$ ) образуется четыре гаплоидных ( $n$ ). Очень важное значение имеет кроссинговер. Он увеличивает генетическое разнообразие половых клеток, так как в результате этого процесса образуются хромосомы, несущие гены и отца, и матери.

**Таким образом, мейоз лежит в основе комбинативной изменчивости.**

## Подведем итоги:

Какой набор хромосом и ДНК у клеток перед вторым делением мейоза?

$n2c$

Какой набор хромосом и ДНК у клеток в различные периоды второго деления мейоза:

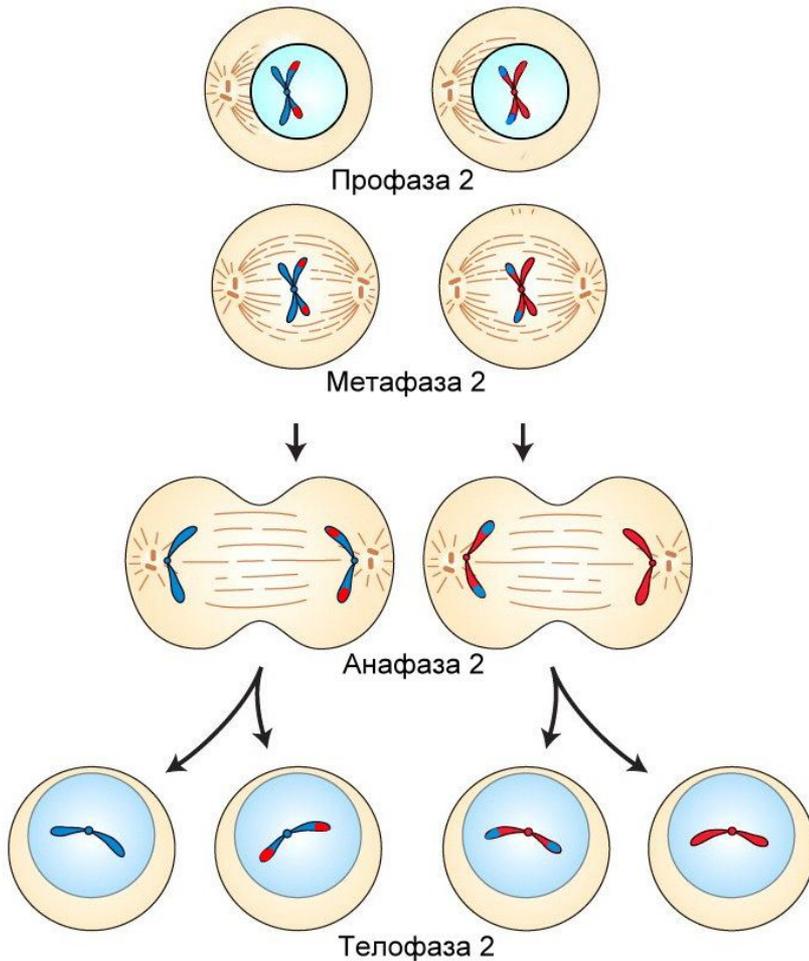
профазу 2,  
метафазу 2,  
анафазу 2,  
телофазу 2?

$n2c$

$n2c$

$2n2c$

$nc$



## Подведем итоги:

Когда во время второго деления мейоза происходит рекомбинация генетического материала? Ответ поясните.

*Во время анафазы II, к полюсам отходят сестринские хроматиды, неодинаковые после кроссинговера.*

Во время мейоза трижды происходит рекомбинация генетического материала. Когда?

*Во время профазы I, в результате кроссинговера, во время анафазы I, при случайном расхождении отцовских и материнских хромосом к разным полюсам клетки и во время анафазы II.*

В чем биологическое значение мейоза?

*В результате мейоза происходит редукция хромосомного набора, что сохраняет неизменным хромосомный набор организма, мейоз лежит в основе комбинативной изменчивости.*