

## Деление клетки. Мейоз

Биология. 10 класс. Базовый уровень. В. В. Пасечник, А. А. Каменский, А. М. Рубцов и др., под ред. В. В. Пасечника, § 27.



### Результат

**Ты узнаешь:** как происходит деление половых клеток.

**Ты научишься:** характеризовать стадии деления клетки и объяснять важность процесса мейоза для передачи наследственной информации.

### Вспомни:

1. Как происходит половое размножение у растений и животных?
2. В каких случаях происходит мейоз?
3. Какой набор хромосом называют диплоидным?



### Запомни. Важно

**Мейоз** — это особый вид деления клетки, при котором число хромосом в дочерних клетках становится гаплоидным, т. е. одинарным. Такое деление необходимо для сохранения постоянства числа хромосом при половом размножении. В качестве примера рассмотрим созревание половых клеток у человека. В каждой соматической клетке человеческого тела диплоидный набор хромосом ( $2n$ ) составляет 46 — 23 от отца и столько же от матери. Новый человеческий организм возникает в момент оплодотворения, т. е. слияния яйцеклетки матери, содержащей 23 хромосомы, и сперматозоида отца, также содержащего 23 хромосомы. В момент оплодотворения в зиготе — первой клетке будущего человека — восстанавливается свойственный клеткам человеческого тела диплоидный набор хромосом:  $23 + 23 = 46$ . Следовательно, при «производстве» яйцеклеток и сперматозоидов необходим особый тип деления клеток, при котором в дочерних клетках будет гаплоидный набор хромосом. Именно такой **способ деления, во время которого из одной диплоидной ( $2n$ ) клетки образуются четыре гаплоидные ( $1n$ ), и получил название мейоза.**

**Механизм мейоза.** Мейоз представляет собой два следующих одно за другим деления генетического материала и цитоплазмы, при которых репликация происходит только один раз (рис. 96). Энергия и вещества, необходимые для обоих делений, накапливаются во время интерфазы I, а интерфаза II практически отсутствует.

Во время **первого деления** мейоза к полюсам клетки *расходятся гомологичные хромосомы*, каждая из которых состоит из двух хроматид (см. рис. 96): у человека — 46 к одному полюсу и 46 к другому. В *профазе I* происходит **конъюгация** хромосом, т. е. каждая из них «находит» гомологичную и сближается с ней. Во время такого контакта между отцовской и материнской хромосомами может произойти обмен идентичными

участками. Это явление получило название **кроссинговер** (рис. 97). Затем пары гомологичных хромосом выстраиваются в цитоплазме на экваторе клетки, образуя *метафазную* пластинку. В *анафазе I*, следующей за метафазой, к противоположным полюсам клетки расходятся гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид.

Таким образом, **после первого деления мейоза образуются две диплоидные клетки, которые продолжают деление**, поскольку *телофаза I* является очень короткой и во время неё *не происходит деспирализации ДНК*.

**Второе деление** интересно тем, что перед ним *не происходит репликации ДНК* и, следовательно, удвоения хромосом. Как было сказано выше, *интерфаза II* практически отсутствует, поэтому телофаза I сразу же переходит в *профазу II*. Далее следует *метафаза II*, *анафаза II* и *телофаза II*. **В результате мейоза из одной диплоидной клетки ( $2n$ ) образуется четыре гаплоидные ( $1n$ ).**

Большое значение для получившихся в результате мейоза клеток 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.**

**Подробнее:** Биология. 10 класс. Базовый уровень. В. В. Пасечник, А. А. Каменский, А. М. Рубцов и др., под ред. В. В. Пасечника, § 27, с. 190—192, рис. 96, 97.



### Обрати внимание

**Яйцеклетки.** Яйцеклетки животных формируются в женских половых железах — **яичниках**. Обычно они представляют собой округлые, относительно крупные клетки, содержащие в цитоплазме запас питательных веществ в виде желтка. В ядрах яйцеклеток, помимо ДНК, находятся также запасные иРНК, в которых записана структура ряда важнейших белков будущего зародыша.

**Сперматозоиды.** Эти гаметы у животных формируются в мужских половых железах — **семенниках**. Сперматозоиды состоят из головки (длина таковой у сперматозоида человека всего 4,5—5,5 мкм), которая почти полностью занята ядром с гаплоидным набором хромосом; шейки, в которой находятся структура, сходная по строению с центриолями, митохондрии; а также хвоста, образованного микротрубочками и обеспечивающего подвижность всего сперматозоида. В передней части головки находится видоизменённый комплекс Гольджи, называемый акросомой. В этой структуре запасается особый фермент, который необходим для растворения оболочки яйцеклетки, без чего невозможно оплодотворение.

**Гаметогенез.** Процесс формирования половых клеток (гамет) получил название **гаметогенеза**. Если речь идёт о яйцеклетках, тогда этот процесс называют **оогенезом**, а если о сперматозоидах — **сперматогенезом**. Между ними имеется много общего (рис. 99) — в частности то, что они распадаются на одинаковые фазы.

**Подробнее:** Биология. 10 класс. Базовый уровень. В. В. Пасечник, А. А. Каменский, А. М. Рубцов и др., под ред. В. В. Пасечника, § 27, с. 192–195, рис. 98, 99.



## Разбираем вместе

**Фазы гаметогенеза.** Первая фаза гаметогенеза называется **фазой размножения**. Во время неё клетки — предшественники гамет многократно делятся посредством митоза, сохраняя диплоидный набор хромосом в ядрах. Таким образом увеличивается количество потенциальных гамет. У самцов млекопитающих (в том числе и у человека) этот процесс идёт с момента наступления половой зрелости до глубокой старости. А вот у самок первичные половые клетки делятся только в период внутриутробного развития плода и до наступления полового созревания сохраняются в покое. Вторая фаза гаметогенеза называется **фазой роста**. В этот период будущие сперматозоиды и яйцеклетки увеличиваются в размерах, происходит репликация ДНК, запасаются вещества, необходимые для последующих делений. Третью фазу гаметогенеза называют **фазой созревания**. Во время неё будущие гаметы делятся посредством мейоза, в результате которого из каждой диплоидной клетки получается четыре гаплоидных.

**Особенности сперматогенеза и оогенеза.** Как было сказано выше, при образовании сперматозоидов каждая из четырёх дочерних клеток полноценна и способна оплодотворить яйцеклетку. А вот при созревании яйцеклеток мейотическое деление протекает иначе: цитоплазма распределяется между дочерними клетками неравномерно. При этом только одна из образовавшихся четырёх клеток становится жизнеспособной яйцеклеткой, а три остальные дочерние клетки превращаются в так называемые **направительные тельца** (рис. 99), которые затем разрушаются. Смысл образования направительных телец заключается в уменьшении количества зрелых, способных к оплодотворению яйцеклеток. Ещё одним отличием сперматогенеза от оогенеза является то, что в этом процессе выделяют ещё одну, заключительную, **фазу формирования**. Её сущность заключается в том, что у сперматозоидов возникают полового созревания, а затем под действием гормонов начинают ежемесячно выходить в просвет яйцеводов и продвигаться к матке. Именно в этот момент может произойти оплодотворение. Первое деление мейоза у яйцеклетки заканчивается непосредственно перед выходом её из яичника, а второе начинается после выхода яйцеклетки из фолликула. Однако после оно замирает на стадии метафазы II. Завершается же это деление только после того, как яйцеклетка встречается со сперматозоидом, но перед слиянием гамет. Если же оплодотворения не произошло, то яйцеклетка деградирует, так и не успев до конца сформироваться.

В момент деления половые клетки особенно чувствительны к действию различных вредных факторов: радиации, алкоголя, наркотиков, ядов и т. п. Особенно опасны неблагоприятные воздействия для яйцеклеток, поскольку они начинают формироваться ещё в эмбрионе и их запас не может пополниться в течение жизни. Поэтому с каждым повреждающим воздействием на женские гаметы увеличивается вероятность появления генетических отклонений у потомства.



## Сделай сам

1. Какое строение имеют яйцеклетки и сперматозоиды?
2. В какую фазу мейоза происходит кроссинговер?
3. В чём отличие мейоза от митоза?
4. Каково биологическое значение мейоза?
5. К чему приводит химическое и радиационное повреждение генетического аппарата половых клеток?
6. При кроссинговере происходит обмен идентичными участками гомологичных хромосом. Какое значение может иметь это явление?