**Хромосомная теория наследственности —** теория, согласно которой передача [наследственной](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) информации в ряду поколений связана с передачей [хромосом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%BC%D0%B0), в которых в определённой и линейной последовательности расположены [гены](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD). Эта теория сформулирована в начале XX века, основной вклад в её создание внесли американский [цитолог](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F) [У. Саттон](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A1%D0%B0%D1%82%D1%82%D0%BE%D0%BD,_%D0%A3%D0%BE%D0%BB%D1%82%D0%B5%D1%80&action=edit&redlink=1) немецкий [эмбриолог](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BC%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F) [Т. Бовери](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B8%2C_%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80) и американский генетик [Т. Морган](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%2C_%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%81_%D0%A5%D0%B0%D0%BD%D1%82) со своими сотрудниками [К. Бриджесом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D1%81%2C_%D0%9A%D1%8D%D0%BB%D0%B2%D0%B8%D0%BD), [А. Стёртевантом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%91%D1%80%D1%82%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%2C_%D0%90%D0%BB%D1%8C%D1%84%D1%80%D0%B5%D0%B4) и [Г. Мёллером](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%91%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80%2C_%D0%93%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BD_%D0%94%D0%B6%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D1%84).

В [1902](https://ru.wikipedia.org/wiki/1902_%D0%B3%D0%BE%D0%B4)-[1903 годах](https://ru.wikipedia.org/wiki/1903_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) У. Саттон и Т. Бовери независимо друг от друга выявили параллелизм в поведении [менделевских](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C%2C_%D0%93%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D1%80_%D0%98%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%BD) факторов наследственности (генов) и хромосом. Эти наблюдения послужили основой для предположения, что гены расположены в хромосомах. Экспериментальное доказательство локализации генов в хромосомах было получено позднее [Т. Морганом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%2C_%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%81_%D0%A5%D0%B0%D0%BD%D1%82) и его сотрудниками, работавшими с плодовой мушкой [*Drosophila melanogaster*](https://ru.wikipedia.org/wiki/Drosophila_melanogaster). Начиная с 1911 года, эта группа опытным путём доказала, что гены располагаются в хромосомах линейно; что находящиеся на одной хромосоме гены наследуются [сцепленно](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%86%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5); что сцепленное наследование может нарушаться за счёт [кроссинговера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80). Основные выводы сформулированной ими хромосомной теории наследственности были опубликованы в 1915 году в книге «Механизм менделевской наследственности».

В 1933 году Томасу Моргану за открытие роли хромосом в наследственности была присуждена [Нобелевская премия по физиологии и медицине](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D1%8F_%D0%BF%D0%BE_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B5).

По мнению [Н. В. Тимофеева-Ресовского](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%84%D0%B5%D0%B5%D0%B2-%D0%A0%D0%B5%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%2C_%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B9_%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87), высказанному им в 1964 году, «…вся экспериментальная генетика XX века была ничем иным, как развитием и анализом деталей хромосомной теории наследственности».

**Первые описания хромосом**

Начальным этапом создания хромосомной теории наследственности можно считать первые описания хромосом во время деления соматических клеток, сделанных во второй половине XIX века в работах И. Д. Чистякова (1873), А. Шнейдера (1873), а главным образом Э. Страсбургера (1875) и О. Бючли (1876). Термина «хромосома» тогда ещё не существовало, и вместо него говорили о «сегментах», на которые распадается хроматиновый клубок, или о «хроматиновых элементах». Термин «хромосома» был предложен позднее Г. Вальдейером в его сводной статье 1888 года.

Параллельно с изучением соматических митозов шло и изучение процесса оплодотворения, как в животном, так и в растительном царстве. Слияние семенного ядра с яйцевым впервые наблюдал у иглокожих О. Гертвиг (1876), а среди растений у лилейных Страсбургер (1884). Именно на основании этих наблюдений в 1884 году оба они пришли к выводу, что клеточное ядро является носителем наследственных свойств организма.

Центр внимания с ядра, как целого, на его отдельные хромосомы был перенесён лишь после того, как появилась чрезвычайно важная для того времени работа Э. ван Бенедена (1883). Ему при изучении процесса оплодотворения у аскариды, имеющей очень малое число хромосом — всего 4 в соматических клетках, удалось подметить, что хромосомы в первом делении оплодотворённого яйца происходят наполовину из ядра сперматозоида и наполовину — из ядра яйцеклетки. Таким образом, во-первых, был открыт факт, что половые клетки имеют вдвое меньшее количество хромосом по сравнению с соматическими клетками, а во-вторых, был впервые поставлен вопрос о хромосомах, как особых постоянных сущностях в клетке.

**Флемминг**

Он был одним из пионеров микроскопической цитологии. Применив новые материалы (анилиновые краски) он выявил структуры клеток, которые интенсивно окрашивались, и потому были названы им хроматин (от древнегреческого χρῶμα «насыщенность цвета»). Он обнаружил, что хроматин содержит нитевидные структуры, названные позднее хромосомами (название было опубликовано в 1888 году Генрихом Вальдейером). Примерно в то же время бельгийский ученый Эдуард ван Бенеден провёл аналогичные наблюдения. Флемминг исследовал процесс клеточного деления и подразделения хроматина, он использовал термин мейоз, впервые предложенный им в 1878 году. Он обобщил накопленные к тому времени результаты, дополнив их своими открытиями, и в 1882 году опубликовал в пионерской работе

**Индивидуальность хромосом. Работы Бовери**

Следующий этап связан с развитием концепции индивидуальности хромосом. Одним из первых шагов было установление того, что соматические клетки разных тканей одного и того же организма обладают одинаковым числом хромосом. Первым на это ясно и вполне определённо указал австрийский зоолог [Карл Рабль](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D1%8C%2C_%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BB) в 1885 году в своей статье «О клеточном делении». Экспериментальное обоснование закона индивидуальности хромосом было обеспечено работами немецкого зоолога Теодора Бовери, а именно — целым рядом классических исследований, посвящённых хромосомам: «Этюды о клетке» (1887—1890 и далее), «Данные о строении хроматинового вещества ядра» (1904) и др. Уже с самых первых работ, вышедших в 1887 и 1888 годах, Бовери решительно высказался в пользу того, что «хроматиновые элементы являются самостоятельными элементами, сохраняющими эту самостоятельность и в покоящемся ядре». Таким образом, согласно этому взгляду, хотя хромосомы ясно видны лишь во время митоза, но и на стадии интерфазы хромосомы не исчезают, а сохраняют свою обособленность и самостоятельность. Бовери также выдвинул гипотезу о качественном различии хромосом, согласно которой каждая хромосома отличается по своему внутреннему наследственному составу от других хромосом, входящих в состав того же ядр. В серии блестящих экспериментов (1902—1907) над яйцами [морских ежей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%B5%D0%B6%D0%B8), оплодотворённых двумя спермиями, Бовери продемонстрировал, что нарушения развития происходят при нарушении распределения хромосом. На большом статистическом материале Бовери показал, что для нормального развития требуется наличие всех хромосом, присущих виду.

**Исследования мейоза. Гипотеза Саттона. Теория хиазмотипии**

Необходимым этапом в формировании хромосомной теории наследственности было создание ясной картины преобразований хромосом в мейозе. Такая картина сложилась усилиями многих исследователей в конце XIX и в первом десятилетии XX века. Тогда же была создана и вся терминология, описывающая процесс мейоза, которой пользуются до сих пор.

Открывателем мейоза является упомянутый выше бельгийский исследователь Эдуард ван Бенеден, который, изучая процесс оплодотворения у аскариды лошади, в 1883 году детально описал два последовательных деления при [созревании яйцеклетки](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%B7) и сопутствующем формировании полярных телец. Благодаря малому числу хромосом у аскариды, диплоидный набор которой составляет 4 хромосомы, Э. ван Бенеден смог показать также, что у аскариды ядра гамет при оплодотворении вносят в зиготу по равному и гаплоидному набору хромосом. Феномен мейоза с его основным следствием — редукцией числа хромосом — был предсказан [А. Вейсманом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B9%D1%81%D0%BC%D0%B0%D0%BD%2C_%D0%90%D0%B2%D0%B3%D1%83%D1%81%D1%82) вскоре (1887) после этого открытия Э. ван Бенедена.

В 1901 году Томас Монтгомери (*Thomas H. Montgomery*), изучавший мейоз у онихофор [*Peripatus*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BF%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%81) и некоторых насекомых, пришёл к важному заключению, что конъюгирующие в профазе I мейоза хромосомы представляют собой пару гомологичных хромосом материнского и отцовского происхождения.

Спустя два года после переоткрытия [законов Менделя](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%8B_%D0%9C%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8F), в 1902 году, исследования процесса [сперматогенеза](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%B7) у кузнечика кобылки [*Brachystola magna*](https://en.wikipedia.org/wiki/Brachystola_magna) привели молодого американского зоолога [Уолтера Саттона](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A1%D0%B0%D1%82%D1%82%D0%BE%D0%BD,_%D0%A3%D0%BE%D0%BB%D1%82%D0%B5%D1%80&action=edit&redlink=1) к смелой гипотезе, что распределение по дочерним клеткам хромосом при гаметогенезе может представлять основу менделевского закона независимого наследования признаков.

 Однако предположение Саттона не встретило немедленного признания, прежде всего в силу спекулятивности его характера. Также считалось загадкой, как выйти из противоречия, связанного с ограниченностью числа пар хромосом и чрезвычайно большого числа признаков.

В 1909 году бельгийский цитолог Франс Янсенс ([*Frans Alfons Janssens*](https://en.wikipedia.org/wiki/Frans_Alfons_Janssens)) на основании своих наблюдений над первым делением мейоза у калифорнийской саламандры [*Batrachoseps attenuatus*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%B0) предложил теорию взаимообмена хромосом, названной им теорией хиазмотипии. Согласно этой теории, в профазе I мейоза бок о бок конъюгируют гомологичные хромосомы материнского и отцовского происхождения, каждая из которых состоит из двух хроматид. При этом хромосомы перекручиваются вокруг друг друга, рвутся и вновь соединяются в точке перекрёста (хиазмы) таким образом, что в двух хроматидах из четырёх реципрокно объединяются сегменты материнского и отцовского происхождения. Хиазмотипия, по мнению Янсенса, могла служить цитологическим основанием менделевского закона независимого наследования признаков.

**Открытие сцепленного наследования**

В своей статье 1903 года «Хромосомы в наследственности» У. Саттон предположил, что одна хромосома должна содержать несколько генов, называемых им аллеломорфами, которые должны наследоваться совместно. Такой вид наследования — [сцепленное наследование](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%86%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5) — открыли в 1905 году [Уильям Бэтсон](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%8D%D1%82%D1%81%D0%BE%D0%BD%2C_%D0%A3%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%8F%D0%BC) с учениками, назвав его «гаметическое сцепление» ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *gametic coupling*). В экспериментах с душистым горошком [*Lathyrus odoratus*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%83%D1%88%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%88%D0%B5%D0%BA) они, изучая наследование цвета лепестков и формы пыльцы, обнаружили, что для этой пары признаков не наблюдается независимого наследования, то есть пара признаков, характеризующее родительское растение, имеет тенденцию наследоваться совместно, однако эти признаки не являются полностью сцепленными. Для объяснения обнаруженного им явления Бэтсон создал крайне искусственную теорию редупликации, не приняв во внимание гипотезу, высказанную молодым У. Саттоном. Связь между хромосомами и явлением гаметического сцепления предположил в 1906 году английский ботаник Роберт Локк (*Robert Heath Lock*) в своей книге «*Recent Progress in the Study of Variation, Heredity, and Evolution*», которая послужила учебником генетики для многих учёных того времени, включая таких известных генетиков, как [Герман Мёллер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%91%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80%2C_%D0%93%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BD_%D0%94%D0%B6%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D1%84) и [Роберт Фишер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D1%88%D0%B5%D1%80%2C_%D0%A0%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%B4_%D0%AD%D0%B9%D0%BB%D0%BC%D0%B5%D1%80).

**Открытие половых хромосом**

Важным источником доказательства роли хромосом в наследственности явилось обнаружение особых, [«половых» хромосом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%BC%D1%8B), имеющих отношение к [определению пола](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B0). К началу XX века несколькими исследователями были описаны «добавочные» хромосомы у [насекомых](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D0%B5). Американский исследователь [Кларенс Мак-Кланг](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BA-%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B3%2C_%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%81) ([*C. E. McClung*](https://en.wikipedia.org/wiki/Clarence_Erwin_McClung)) в 1904 году высказал догадку, что эти хромосомы, наблюдавшиеся только у половины спермиев у самцов разных видов насекомых, являются «определителями пола». В 1905 году подтверждение этой догадки почти одновременно получили [Эдмунд Вильсон](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B8%D0%BB%D1%81%D0%BE%D0%BD%2C_%D0%AD%D0%B4%D0%BC%D1%83%D0%BD%D0%B4_%D0%91%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%80), обнаруживший у [клопа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%BE%D0%BF%D1%8B) *Protenor* различие в числе хромосом у самцов и самок (хромосомное определение пола, [тип XO/XX](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B0#X0-%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B0)), и [Нетти Стивенс](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%81%2C_%D0%9D%D0%B5%D1%82%D1%82%D0%B8), выявившая различия по одной паре хромосом между самцами и самками у [жука](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D1%83%D0%BA%D0%B8) [*Tenebrio*](https://ru.wikipedia.org/wiki/Tenebrio) (хромосомное определение пола, [тип XY/XX](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B0#XY-%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B0)). В своих работах Мак-Кланг, Вильсон и Стивенс установили наличие полной корреляции между поведением в мейозе половых хромосом и определением пола.

**Хромосомная теория наследственности**

Концепция данной теории заключается в том, что передача наследственной информации в ряду поколений осуществляется путем передачи хромосом, в которых в определенной линейной последовательности расположены гены.

Данная теория была сформулирована в начале XX века. Значительный вклад в ее развитие внес американский генетик Томас Морган.

1. Рекомендую осознать и запомнить следующие положения хромосомной теории:
2. Гены расположены в хромосомах в линейном порядке
3. Каждый ген занимает в хромосоме определенное место - локус
4. Гены, расположенные в одной хромосоме, образуют группу сцепления
5. Сцепление генов может нарушаться в результате кроссинговера
6. Частота кроссинговера между генами прямо пропорциональна расстоянию между ними
7. Расстояние между генами измеряется в морганидах (1 морганида - 1% кроссинговера)

**Группа сцепления** - совокупность всех генов, расположенных в одной хромосоме, вследствие чего они наследуются совместно. Число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом: у женщины 23 группы сцепления (23 пара - половые хромосомы XX), а у мужчины - 24 группы сцепления (X и Y представляют собой две отдельные группы).

**Что такое хромосома?**

Хромосомы представляют собой нитевидные структуры, состоящие из белков и несущие нить ДНК. Он находится в ядре [эукариотических клеток](https://www.geeksforgeeks.org/eukaryotic-cells/). Во время [клеточного деления](https://www.geeksforgeeks.org/cell-division/) хромосомы реплицируются и разделяются. Это гарантирует, что каждая дочерняя клетка получит полный набор генетического материала. Гены расположены на хромосомах в определенной последовательности. Наличие разных генов в одной и той же хромосоме называется [сцеплением](https://www.geeksforgeeks.org/genetic-linkage/). Половые хромосомы, X и Y, определяют биологический пол человека: XX у женщин и XY у мужчин у людей. Хромосомные аберрации возникают при изменении числа или структуры хромосом. Это может привести к генетическим нарушениям, таким как синдром Дауна или Тернера.

**Открытие хромосомы**

Хромосомы были открыты в конце XIX века. Немецкий биолог **Вальтер Флемминг в 1882 году** впервые наблюдал нитевидные структуры во время деления клеток в клеточном ядре, которые он назвал «хроматином». Термин «хромосома» был впервые введён **У.** **Вальдейером** в **1888 году**. Вальдейер внёс значительный вклад в изучение деления клеток и видимых нитевидных структур, которые он наблюдал во время [митоза](https://www.geeksforgeeks.org/mitosis/). В **1842 году** **Карл Нагели** наблюдал палочковидные хромосомы в **растительной клетке** и назвал их транзиторными цитобластами, которые позже были идентифицированы как хромосомы. Открытия заложили основу для понимания роли хромосом в генетике.

**Структура хромосомы**

Структура хромосом состоит из следующих частей:

* **Хроматида:** [хроматида](https://www.geeksforgeeks.org/chromatid/) - это одна из двух идентичных копий ДНК, которые образуют реплицированную хромосому. Хроматиды соединены в центромере до тех пор, пока они не разделятся во время клеточного деления. Формирование хроматид происходит в S-фазе.
* **Центромера:** [Центромера](https://www.geeksforgeeks.org/centromeres-types-functions/) - это особая область хромосомы, где сестринские хроматиды удерживаются вместе. Центромера необходима для движения хромосом к полюсу во время клеточного деления.
* **Теломеры:** Теломеры представляют собой защитные колпачки, расположенные на **концах хромосом**. Они состоят из области **повторяющихся последовательностей ДНК** ближе к концу хромосомы и помогают предотвратить потерю генетического материала во время деления клетки и защищают хромосомы от деградации.
* **Кинетохора:** Кинетохора состоит из **белка** ирасположена в центромере. Это облегчает прикрепление волокон веретена во время деления клетки, которые помогают в правильном разделении хроматид.
* **Хроматин: многочисленные волокна хроматина** соединяются и скручиваются, образуя хромосому.
* **Вторичное сужение**: обычно присутствует для организации ядрышка.

**Структурная организация хроматина**

Хромосомы находятся в ядре клетки. ДНК вместе с гистоновыми белками образует **нуклеосому,**а одна нуклеосома состоит из восьми **гистоновых белков.**Этинуклеосомы наматываются на ДНК, образуя структуру, похожую на «бусинки на нитке». Несколько нуклеосом соединяются, образуя хроматиновое волокно, а хроматиновые волокна вместе образуют хромосому

Хроматин и хромосомы — это две формы ДНК, которые встречаются на разных стадиях развития клеток человеческого организма. ДНК оборачивается вокруг гистоновых белков, что приводит к образованию нуклеосомы. Несколько нуклеосом соединяются вместе, образуя хроматин. Это наименее конденсированная форма ДНК.

Хромосома, с другой стороны, представляет собой наиболее уплотненную структуру двойной спирали ДНК, обнаруженную внутри ядра. ДНК в хромосомах намотана вокруг ядерных белков и гистонов, что позволяет ДНК конденсироваться.

**Число хромосом и их видовое постоянство. Соматические и половые клетки**

Согласно клеточной теории клетка является единицей строения, жизнедеятельности и развития организма. Таким образом, такие важнейшие функции живого, как рост, размножение и развитие организма обеспечиваются на клеточном уровне. Клетки многоклеточных организмов можно разделить на соматические и половые.

**Соматические клетки** — это все клетки тела, образующиеся в результате митотического деления.

Изучение хромосом позволило установить, что для соматических клеток организма каждого биологического вида характерно постоянное число хромосом. Например, у человека их 46. Набор хромосом соматических клеток называют диплоидным (2n), или двойным.

**Половые клетки, или гаметы**, — это специализированные клетки, служащие для полового размножения.

В гаметах содержится всегда вдвое меньше хромосом, чем в соматических клетках (у человека — 23), поэтому набор хромосом половых клеток называется гаплоидным (n), или одинарным. Его образование связано с мейотическим делением клетки.

Количество ДНК соматических клеток обозначается как 2c, а половых — 1с. Генетическая формула соматических клеток записывается как 2n2c, а половых — 1n1с.

В ядрах некоторых соматических клеток количество хромосом может отличаться от их количества в соматических клетках. Если это различие больше на один, два, три и т. д. гаплоидных набора, то такие клетки называют полиплоидными (три-, тетра-, пентаплоидными соответственно). В таких клетках процессы метаболизма протекают, как правило, очень интенсивно.

Количество хромосом само по себе не является видоспецифическим признаком, поскольку различные организмы могут иметь равное количество хромосом, а родственные — разное. Например, у малярийного плазмодия и лошадиной аскариды по две хромосомы, а у человека и шимпанзе — 46 и 48 соответственно.

Хромосомы человека делятся на две группы: аутосомы и половые хромосомы (гетерохромосомы). Аутосом в соматических клетках человека насчитывается 22 пары, они одинаковы для мужчин и женщин, а половых хромосом только одна пара, но именно она определяет пол особи. Существует два вида половых хромосом — X и Y. Клетки тела женщины несут по две X-хромосомы, а мужчин — X и Y.

**Кариотип** — это совокупность признаков хромосомного набора организма (число хромосом, их форма и величина).

Условная запись кариотипа включает общее количество хромосом, половые хромосомы и возможные отклонения в наборе хромосом. Например, кариотип нормального мужчины записывается как 46, XY, а кариотип нормальной женщины — 46, XX.

**Различные типы хромосом**

Хромосомы можно разделить на четыре типа в зависимости от расположения центромер.

**Метацентрическая хромосом**а: В этих хромосомах центромера находится посередине. Это дает V-образные хромосомы.

**Субметацентрическая хромосома**: в этих хромосомах центромера слегка смещена от центра. Это приводит к образованию L-образных хромосом.

**Акроцентрическая хромосома**: центромера расположена ближе к одному концу, что придаёт акроцентрическим хромосомам J-образную форму.

**Телоцентрические хромосомы:** В хромосомах этого типа центромера находится ближе к концу, или теломере хромосомы. Это придает хромосомам форму буквы I.

**Основные функции хромосом:**

* Экспрессия генов. В процессе транскрипции и трансляции гены в хромосомах считываются и используются для синтеза белков и других молекул, которые играют жизненно важную роль в клетках. 1
* Восстановление ДНК. Хромосомы активно участвуют в процессе восстановления ДНК: если она подвергается повреждению или мутации, активируются механизмы репарации ДНК для восстановления целостности генома. 1
* Регуляция активности генов. Трёхмерная структура хромосом оказывает влияние на активность генов: взаимодействия между хромосомами и факторами, регулирующими экспрессию генов, влияют на то, какие гены активируются или подавляются в определённых клеточных контекстах или во время развития. 1
* Разделение и распределение генетического материала. Во время деления клеток хромосомы удваиваются и разделяются на дочерние клетки. Это гарантирует, что каждая клетка получит точную копию генома, а значит, наследование признаков происходит корректно. 1
* Генетическая изменчивость. Благодаря таким процессам, как генетическая рекомбинация во время мейоза, хромосомы способствуют возникновению генетической изменчивости в популяциях, позволяя организмам развиваться и адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды.

**Хромосомная мутация** — это непредсказуемое изменение в структуре хромосом. Чаще всего они вызываются проблемами, возникающими в процессе деления клетки.

Хромосомные мутации бывают:

Внутрихромосомные — преобразование генетического материала в пределах одной хромосомы.

Межхромосомные — перестройки, в результате которых две негомологичные хромосомы обмениваются своими участками.

Некоторые виды внутрихромосомных мутаций:

Утрата — «отрыв» концевого участка у хромосомы.

Делеция — потеря промежуточного фрагмента.

Инверсия — разворот участка на 180°.

Дупликация — удвоение участка.

Инсерция — выпадение участка и «переброс» его на другое место в данной хромосоме.

Межхромосомная мутация — это транслокация, при которой фрагменты одной хромосомы или даже хромосома целиком переносится на совершенно другую, негомологичную хромосому.

Патологии, спровоцированные хромосомными мутациями, принадлежат к разряду хромосомных болезней. Это, например, транслокационный вариант синдрома Дауна, синдром Лежёна (болезнь кошачьего крика) и др..

**Пра́вила Ча́ргаффа** — система эмпирически выявленных правил, описывающих количественные соотношения между различными типами азотистых оснований в ДНК. Были сформулированы в результате работы группы биохимика Эрвина Чаргаффа в 1949—1951 гг.

До работ группы Чаргаффа господствовала так называемая «тетрануклеотидная» теория, согласно которой ДНК состоит из повторяющихся блоков по четыре разных азотистых основания (аденин, тимин, гуанин и цитозин). Чаргаффу и сотрудникам удалось разделить нуклеотиды ДНК при помощи бумажной хроматографии и определить точные количественные соотношения нуклеотидов разных типов. Они значительно отличались от эквимолярных, которых можно было бы ожидать, если бы все четыре основания были представлены в равных пропорциях. Соотношения, выявленные Чаргаффом для аденина (А), тимина (Т), гуанина (Г) и цитозина (Ц), оказались следующими:

Количество аденина равно количеству тимина, а гуанина — цитозину: А=Т, Г=Ц.

Количество пуринов равно количеству пиримидинов: А+Г=Т+Ц.

Количество оснований с аминогруппами в положении 6 равно количеству оснований с кетогруппами в положении 6: А+Ц=Т+Г.

Вместе с тем, соотношение (A+Т):(Г+Ц) может быть различным у ДНК разных видов. У одних преобладают пары АТ, в других — ГЦ.

Правила Чаргаффа, наряду с данными рентгеноструктурного анализа, сыграли решающую роль в расшифровке структуры ДНК Дж. Уотсоном и Фрэнсисом Криком.

В 1968 году Чаргафф выявил, что в каждой из нитей ДНК количество аденина приблизительно равно количеству тимина, а гуанина — цитозину: А~Т, Г~Ц. В 1990-х с развитием технологии секвенирования ДНК это правило было подтверждено