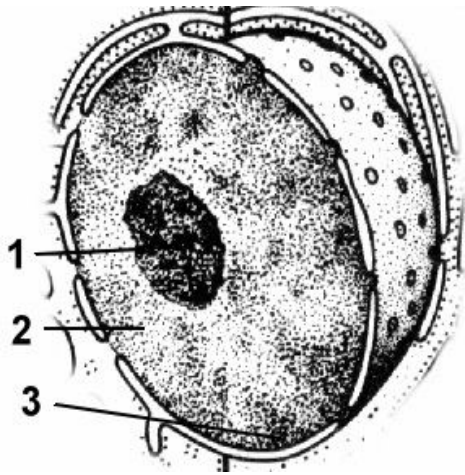


# Деление клетки. Митоз

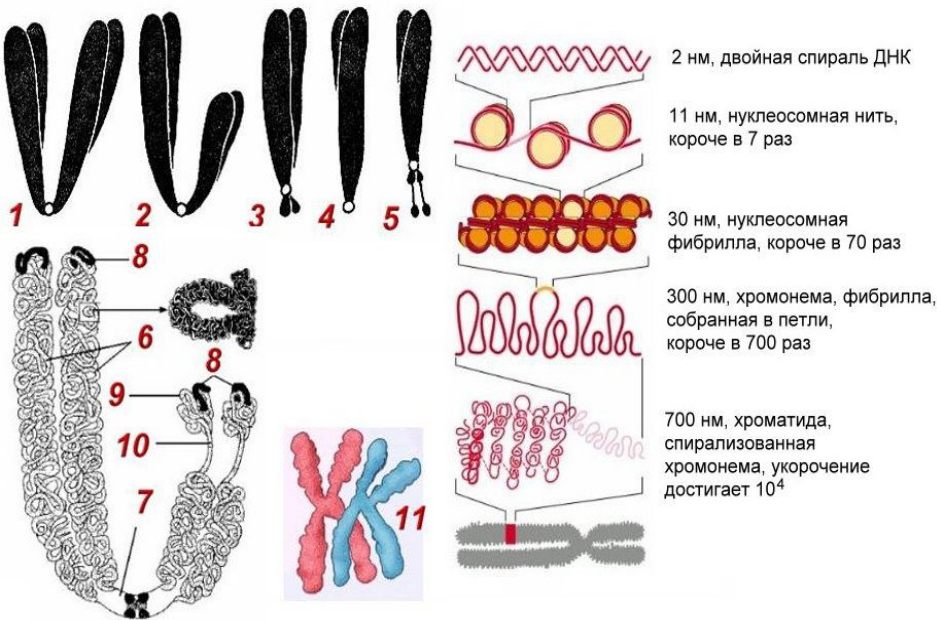
# Организация генетического материала

**Хроматин** – внутренние нуклеопротеидные структуры ядра, окрашивающиеся некоторыми красителями и отличающиеся по форме от ядрышка. Хроматин имеет вид глыбок, гранул и нитей. Химический состав хроматина: ДНК (30-45%), гистоновые белки (30-50%), негистоновые белки (4-33%), т.о. хроматин является дезоксирибонуклеопротеидным комплексом (ДНП).

В зависимости от функционального состояния хроматина различают: **гетерохроматин** и **эухроматин**. Эухроматин – генетически активные, гетерохроматин – генетически неактивные участки хроматина. Эухроматин при световой микроскопии не различим, слабо окрашивается и представляет собой деконденсированные (деспирализованные, раскрученные) участки хроматина. Гетерохроматин под световым микроскопом имеет вид глыбок или гранул, интенсивно окрашивается и представляет собой конденсированные (спирализованные, уплотненные) участки хроматина. **Хроматин – форма существования генетического материала в интерфазных клетках.** Во время деления клетки (митоз, мейоз) хроматин преобразуется в хромосомы.



# Организация генетического материала



1 – равноплечая (метацентрическая) хромосома; 2 – неравноплечая (субметацентрическая) хромосома; 3 – резко неравноплечая (acroцентрическая) хромосома; 4 – одноплечая (телоцентрическая) хромосома; 5 – спутничная хромосома; 6 – хроматиды; 7 – центромера; 8 – теломеры; 9 – спутники; 10 – ядрышковые организаторы; 11 – гомологичные хромосомы.

**Хромосомы – органоиды ядра, представляющие собой конденсированный хроматин и появляющиеся в клетке во время митоза или мейоза. Химический состав хромосом такой же, как у хроматина: ДНК до 40%, белки до 60%. Основу хроматиды составляет одна непрерывная двухцепочечная молекула ДНК, длина ДНК одной хроматиды может достигать нескольких сантиметров. Понятно, что молекула такой длины не может располагаться в клетке в вытянутом виде, а подвергается укладке, приобретая определенную трехмерную структуру, или конформацию.**

# Организация генетического материала



1 – равноплечая (метацентрическая) хромосома; 2 – неравноплечая (субметацентрическая) хромосома; 3 – резко неравноплечая (ацентрическая) хромосома; 4 – одноплечая (телоцентрическая) хромосома; 5 – спутничная хромосома; 6 – хроматиды; 7 – центромера; 8 – теломеры; 9 – спутники; 10 – ядрышковые организаторы; 11 – гомологичные хромосомы.

Выделяют следующие уровни пространственной укладки ДНК и ДНП:

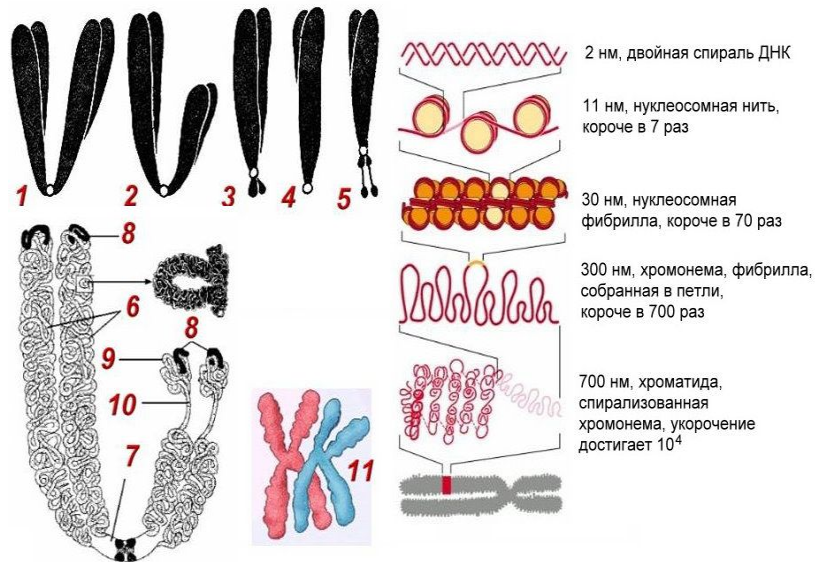
**нуклеосомный** (накручивание ДНК на белковые глобулы – нуклеосомы). Каждая глобула, нуклеосома состоит из 8 гистоновых белковых молекул, ДНК делает вокруг нуклеосомы 1,75 оборота.

Нуклеосомы спирально закручиваются, образуя **нуклеосомную фибриллу**.

Нуклеосомная фибрилла собирается в крупные сближенные петли, образуя **хромонему**.

Хромонема закручивается в суперспираль, образуя **хроматиду**. Хромосома перед делением клетки состоит из двух хроматид.

# Организация генетического материала



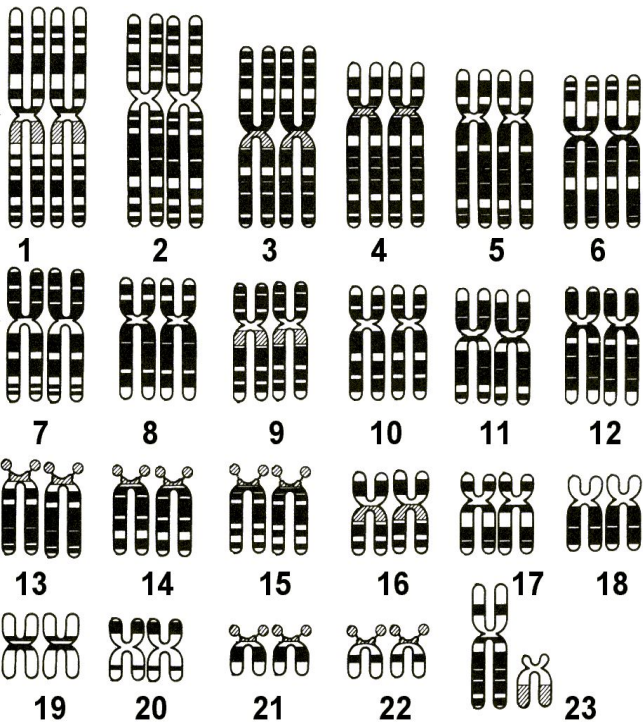
1 – равноплечая (метацентрическая) хромосома; 2 – неравноплечая (субметацентрическая) хромосома; 3 – резко неравноплечая (acroцентрическая) хромосома; 4 – одноплечая (телоцентрическая) хромосома; 5 – спутничная хромосома; 6 – хроматиды; 7 – центромера; 8 – теломеры; 9 – спутники; 10 – ядрышковые организаторы; 11 – гомологичные хромосомы.

В хромосоме различают первичную перетяжку, плечи, теломеры (концевые участки плеч, защищающие хромосомы от слипания). Некоторые хромосомы имеют вторичные перетяжки, отделяющие часть хромосомы, называемую спутником (у человека пять пар хромосом имеют вторичные перетяжки). В области вторичных перетяжек копии генов, несущих информацию о строении рРНК, поэтому эти хромосомы называются **ядрышкообразующими**.

По положению центромеры хромосомы делят на **метацентрические (равноплечие)**, **субметацентрические (неравноплечие)**, **acroцентрические (резко неравноплечие)**, **телоцентрические (одноплечие)** и **спутничные**.



# Организация генетического материала



В процессе преобразования хроматина в хромосомы ДНП образует не только спирали и суперспирали, но еще петли и суперпетли. Поэтому процесс формирования хромосом, который происходит в профазу митоза или профазу 1 мейоза, лучше называть не спирализацией, а **конденсацией** хромосом.

Соматические клетки содержат **диплоидный, двойной –  $2n$**  набор хромосом. Половые клетки – **гаплоидный, одинарный –  $n$** .

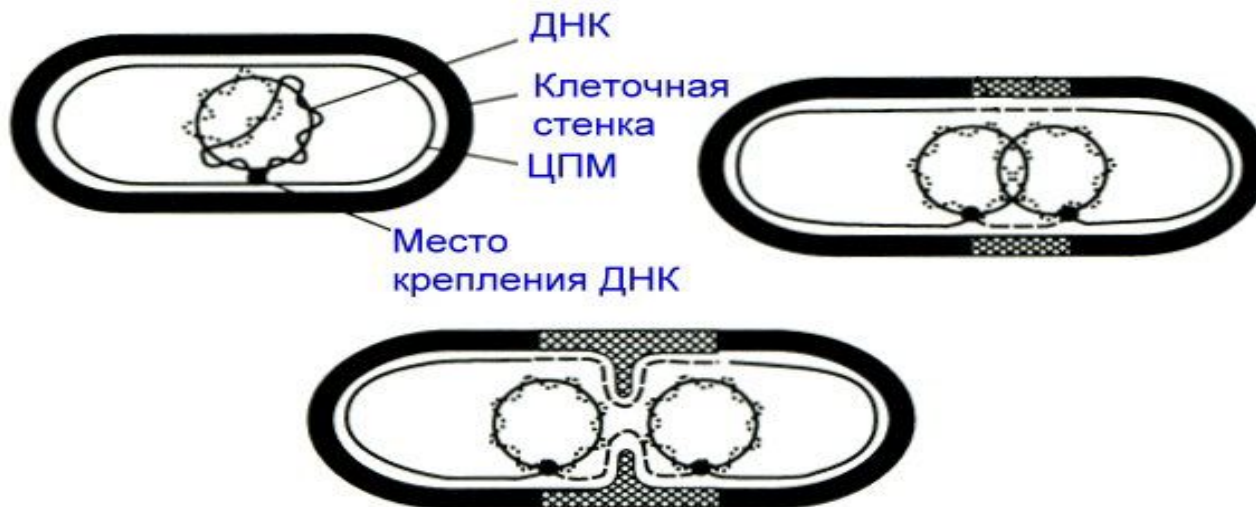
Хромосомы диплоидного набора разбиваются на пары, хромосомы одной пары имеют одинаковое строение, размеры, набор генов и называются **гомологичными**.

**Кариотип – совокупность хромосом, характерных для вида.**

## Деление клеток

**Деление клеток.** В настоящее время известно несколько способов деления клетки: **прямое бинарное деление, amitoz, митоз и мейоз.**

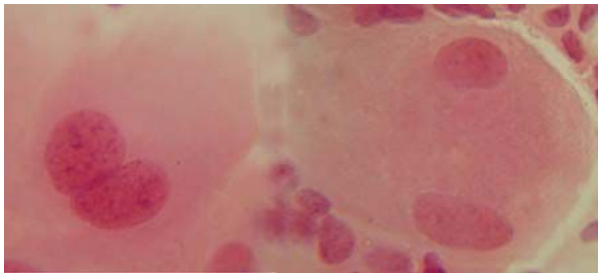
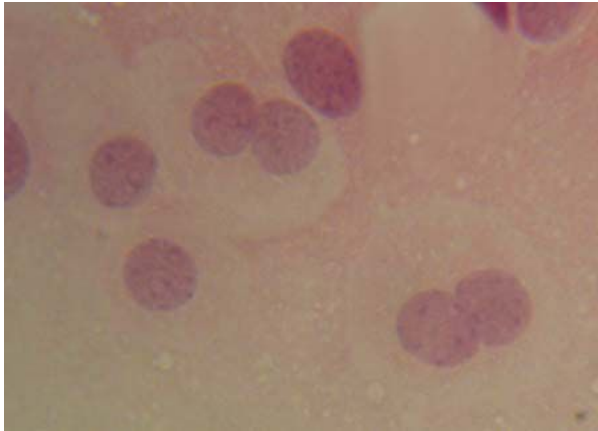
Бактериальные клетки содержат только одну кольцевую молекулу ДНК, прикрепленную к клеточной мембране. Перед делением клетки ДНК реплицируется и образуются две идентичные молекулы ДНК, каждая из которых также прикреплена к клеточной мембране. При делении клетки мембрана врастает между двумя молекулами ДНК так, что в конечном итоге в каждой дочерней клетке оказывается по одной идентичной молекуле ДНК. Такой процесс получил название **прямого бинарного деления.**



## Деление клеток

**Амитоз или прямое деление**, - это деление интерфазного ядра путем перетяжки. При амитозе веретено деления не образуется и хромосомы в световом микроскопе неразличимы.

Такое деление встречается у одноклеточных организмов (например, так делятся большие полиплоидные ядра инфузорий), а также в некоторых высокоспециализированных с ослабленной физиологической активностью, дегенерирующих, обреченных на гибель клетках растений и животных либо при различных патологических процессах.



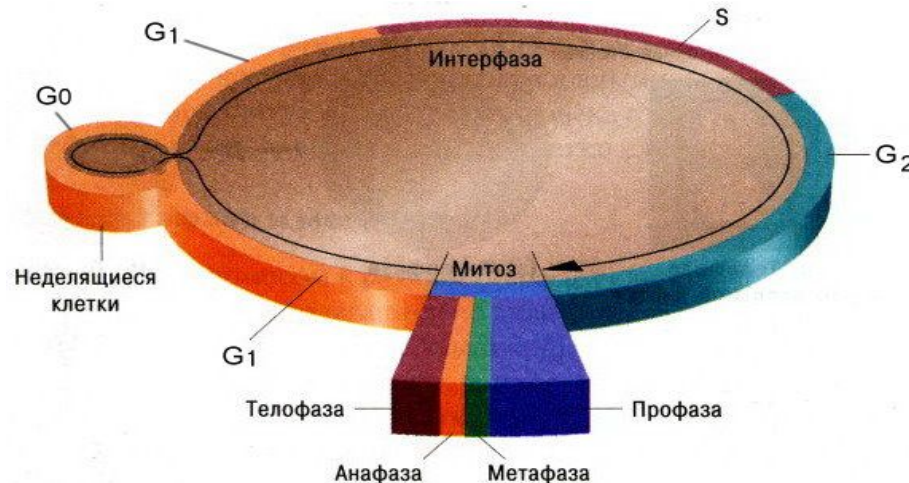
У животных и человека такой тип деления характерен для клеток печени, хрящей, роговицы глаза. При амитозе часто наблюдается только деление ядра: в этом случае могут возникнуть двух- и многоядерные клетки. Если же за делением ядра следует деление цитоплазмы, то распределение клеточных компонентов, как и ДНК, осуществляется произвольно.



# Жизненный цикл клетки. Интерфаза

Согласно клеточной теории, возникновение новых клеток происходит только путем деления предыдущей, материнской клетки. Естественно, что у подавляющего большинства клеток перед делением происходит удвоение генетического материала, т. е. ДНК.

**Жизнь клетки от момента ее появления в процессе деления материнской клетки и до ее собственного деления, включая это деление, или гибели получила название клеточного, или жизненного, цикла. В течение этого цикла клетка растет, выполняет свои функции в организме (этот процесс называется дифференцировкой клетки), затем или делится, образуя новые клетки, или погибает.**

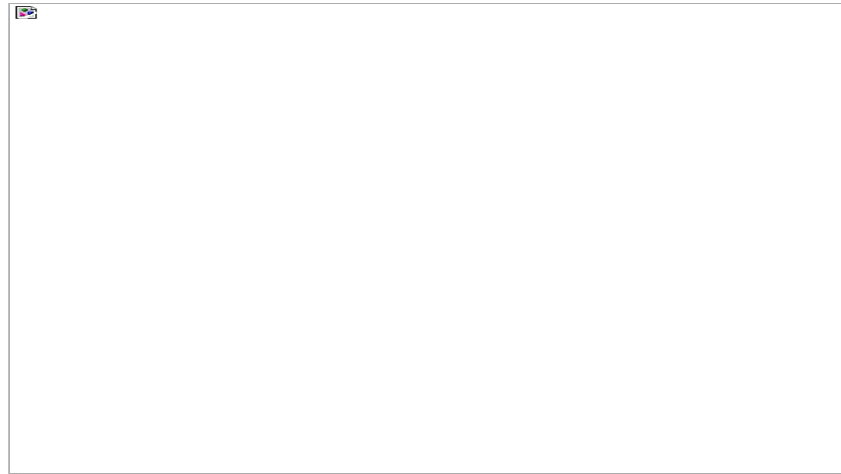
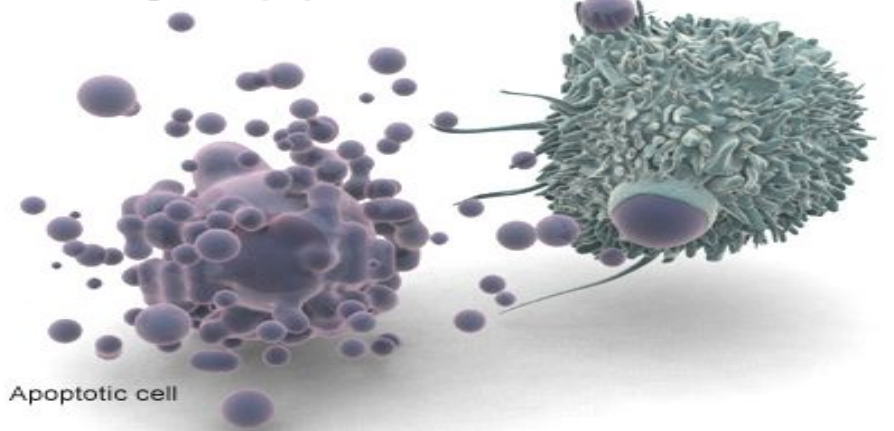


# Жизненный цикл клетки. Интерфаза

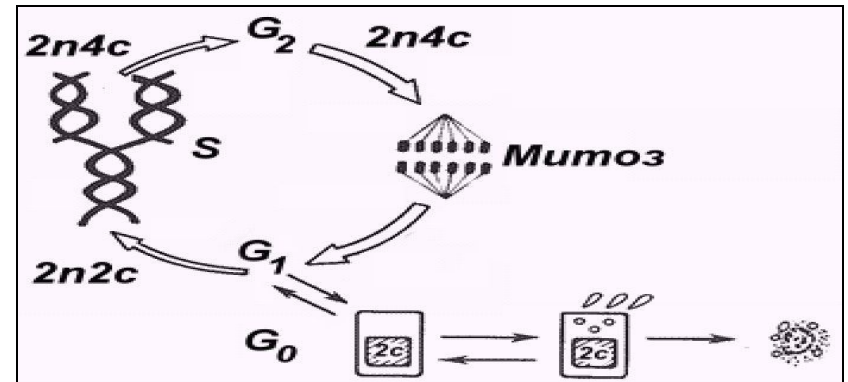
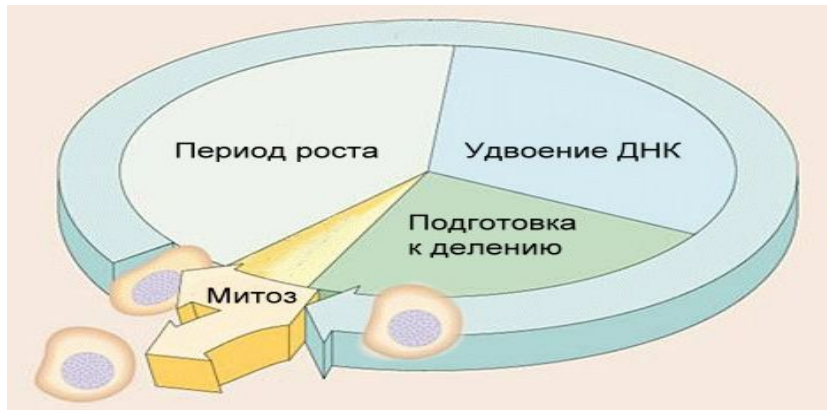
У простейших и бактерий деление клетки - основной способ размножения. Амеба, например, не подвергается естественной смерти, и вместо гибели она просто делится на две новые клетки. Понятно, что клетки многоклеточного организма не могут делиться бесконечно, иначе все существа, и люди в том числе, стали бы бессмертными. Этого не происходит потому, что ДНК клетки содержит особые «гены смерти», которые рано или поздно активируются. Это приводит к синтезу особых белков, которые убивают эту клетку: она сжимается, ее органоиды и мембраны разрушаются, но таким образом, чтобы их части можно было использовать вторично.

**Такая «запрограммированная» клеточная смерть называется апоптозом.**

Final stage of apoptosis



# Жизненный цикл клетки. Интерфаза

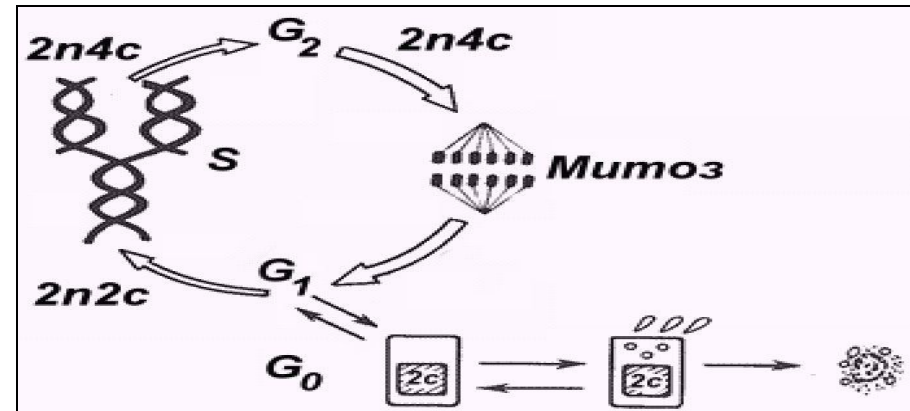
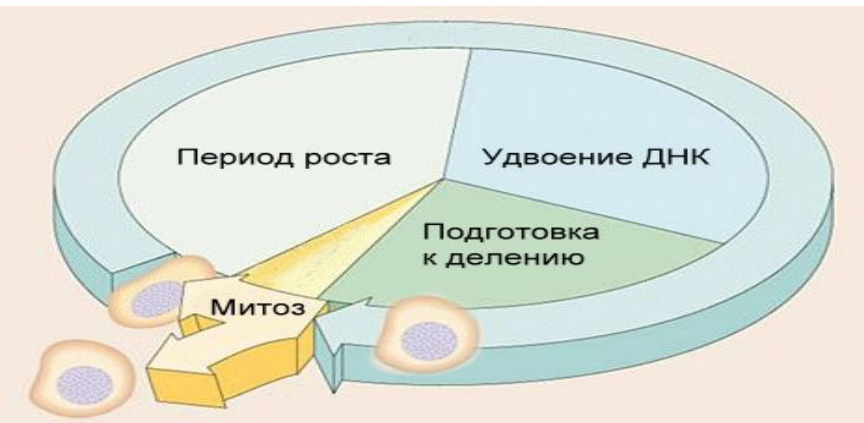


**Митотический цикл** включает в себя подготовку клетки к процессу деления и само деление. В **жизненный цикл** входят длинные или короткие периоды покоя  $G_0$ , когда клетка выполняет свои функции в организме. После каждого из таких периодов клетка должна перейти либо к митотическому циклу, либо к апоптозу.

**Интерфаза.** Подготовка клетки к делению получила название **интерфазы**. Она состоит из трех периодов. **Пресинтетический период ( $G_1$ )** - наиболее продолжительная часть интерфазы, период роста.

Он может продолжаться у различных видов клеток от 2-3 ч до нескольких суток. Этот период следует сразу же за предшествующим делением, во время него клетка растет, накапливая энергию и вещества для последующего удвоения ДНК. **Набор хромосом и ДНК  $2n2c$** , где  $n$  - количество хромосом,  $c$  - количество ДНК.

# Жизненный цикл клетки. Интерфаза



У большинства клеток многоклеточного организма клетки  $G_1$  включает  $G_0$  период, когда выросшая клетка или находится в состоянии покоя, или дифференцируется, превращается, например, в клетку печени и функционирует как клетка печени, а затем отмирает.

**Синтетический период (S)**, который обычно длится 6—10 ч, включает в себя удвоение ДНК, белков, необходимых для формирования хромосом, а также увеличение количества РНК.

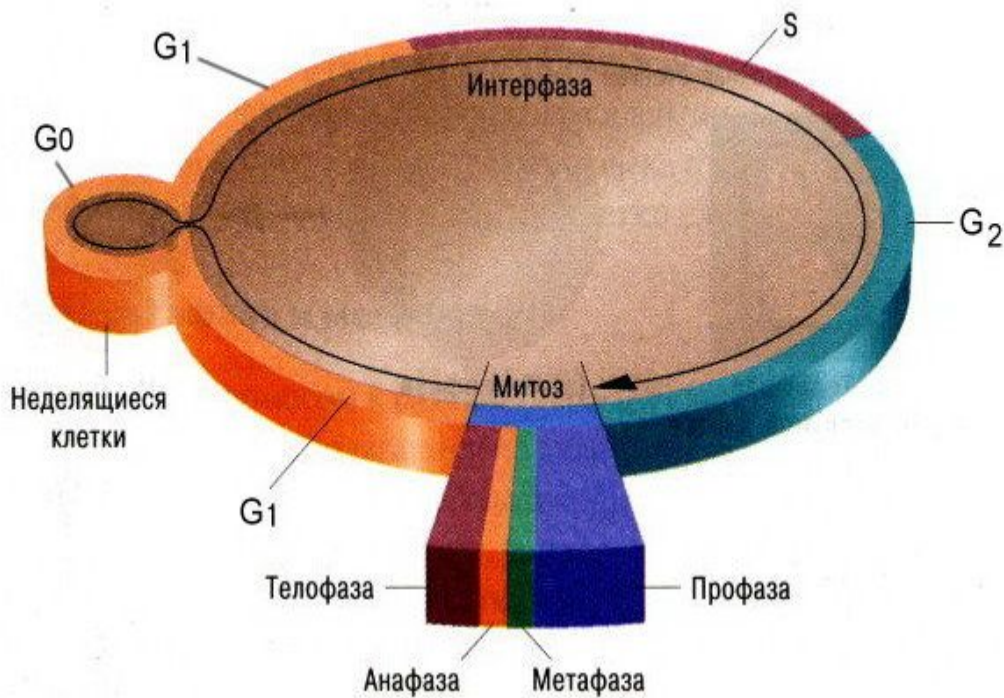
К концу этого периода каждая хромосома уже состоит из двух идентичных молекул ДНК, двух хроматид, соединенных друг с другом в области центромеры.

В этот же период удваиваются центриоли.

**В конце S-периода набор хромосом и ДНК  $2n4c$ .**



# Жизненный цикл клетки. Интерфаза



**Постсинтетический период ( $G_2$ )** наступает после удвоения хромосом. Он длится 2—5 ч; за это время накапливается энергия для предстоящего митоза и синтезируются белки микротрубочек, которые впоследствии образуют веретено деления. Теперь клетка может приступить к митозу. **Набор хромосом и ДНК остается  $2n4c$ .**

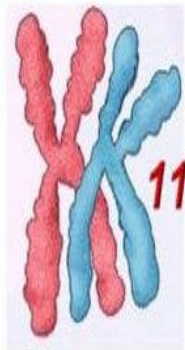
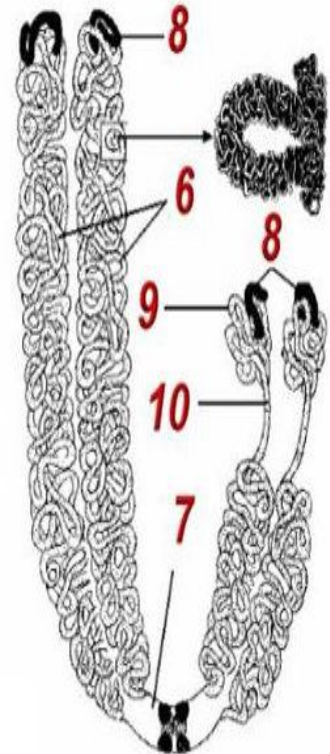
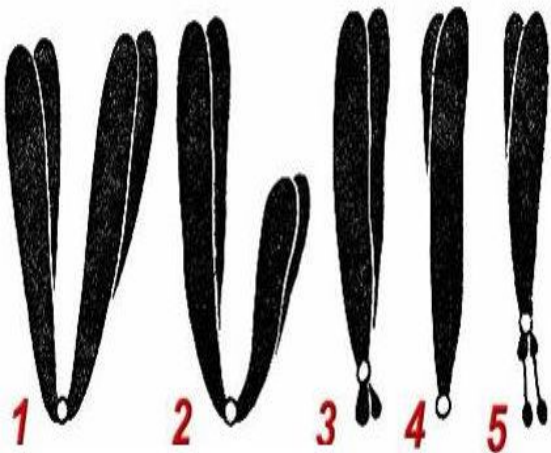
Интерфаза			Митоз
G1	S	G2	M
5	7	3	1
Часы			

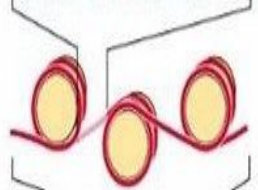
Про	Мет	Ана	Тел
36	3	3	18
Минуты			



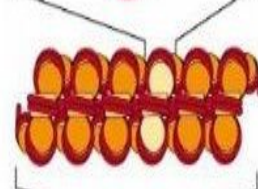
# ХРОМОСОМЫ



2 нм, двойная спираль ДНК



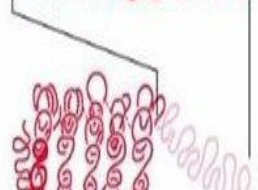
11 нм, нуклеосомная нить, короче в 7 раз



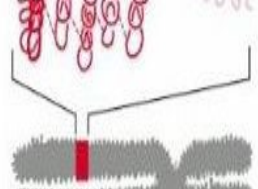
30 нм, нуклеосомная фибрилла, короче в 70 раз



300 нм, хромонома, фибрилла, собранная в петли, короче в 700 раз



700 нм, хроматида, спирализованная хромонома, укорочение достигает  $10^4$



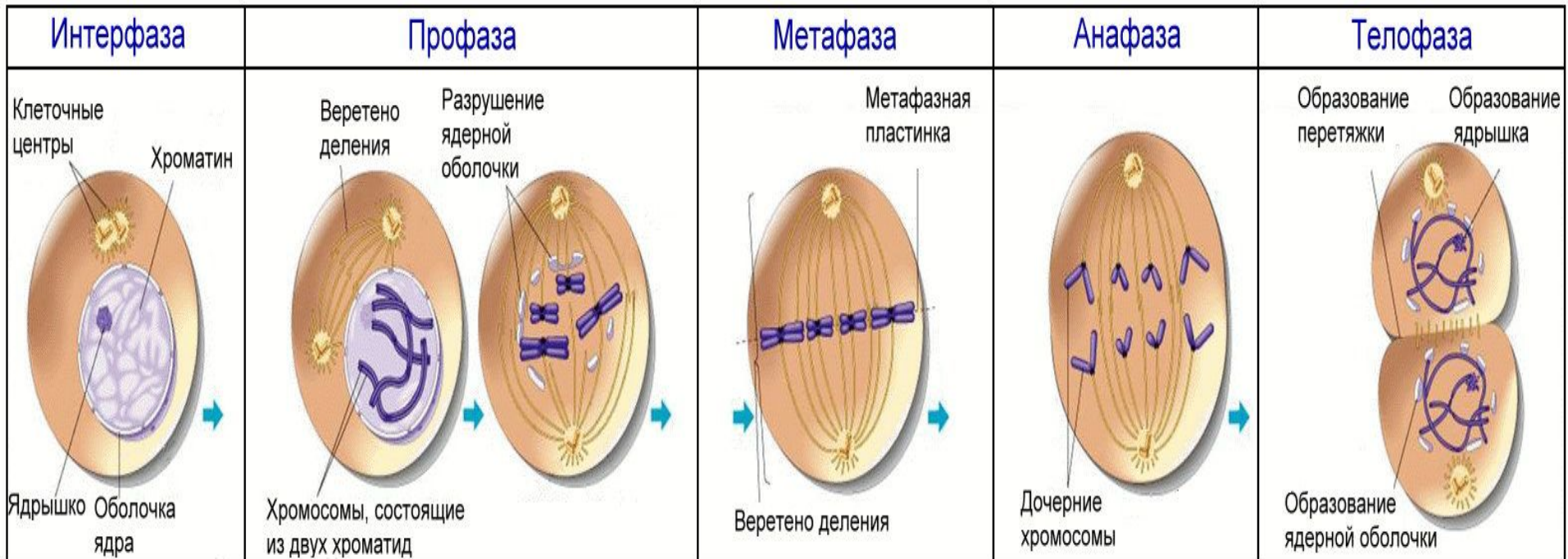
- 1 – равноплечая (метацентрическая) хромосома;
- 2 – неравноплечая (субметацентрическая) хромосома;
- 3 – резко неравноплечая (ацентрическая) хромосома;
- 4 – одноплечая (телоцентрическая) хромосома;
- 5 – спутничная хромосома;
- 6 – хроматиды;
- 7 – центромера;
- 8 – теломеры;
- 9 – спутники;
- 10 – ядрышковые организаторы;
- 11 – гомологичные хромосомы.

# Митоз

**Митоз** - это процесс непрямого деления соматических клеток эукариот, в результате которого наследственный материал сначала удваивается, а затем равномерно распределяется между дочерними клетками.

Он является основным способом деления клеток эукариот.

Продолжительность митоза у животных клеток составляет 30-60 мин, а у растительных – 2-3 ч. Митоз включает в себя два процесса - деление ядра (**кариокинез**) и деление цитоплазмы (**цитокинез**).



# Митоз

**Фазы митоза. Митоз подразделяют на четыре последовательные фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.**

## Профаза.

**1** В ядре происходит спирализация ДНК; в микроскоп хорошо видны туго скрученные хромосомы.

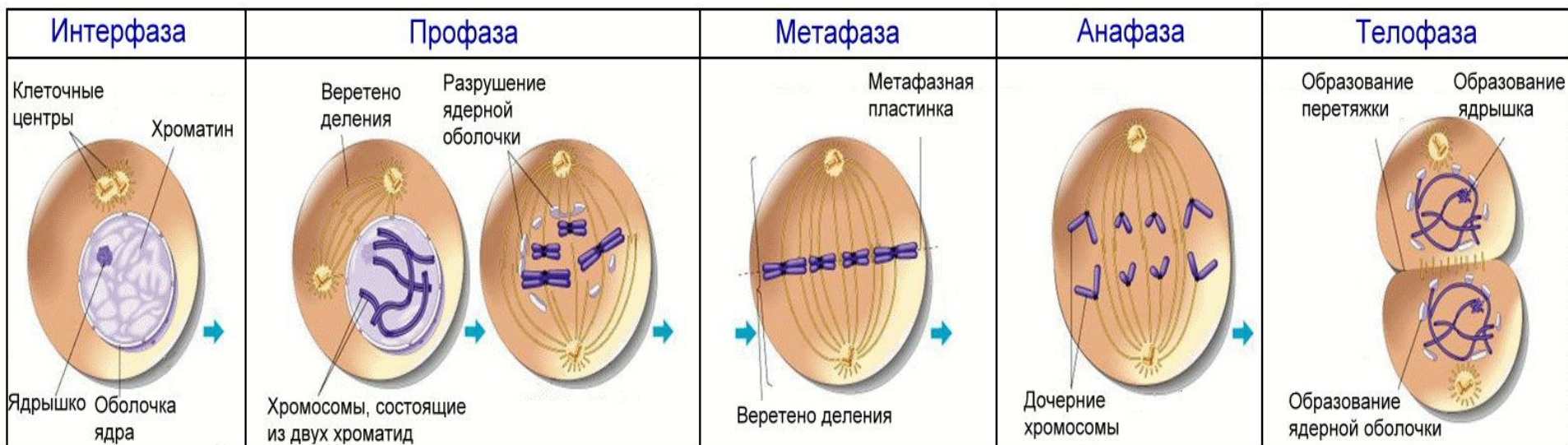
**2** Заметно, что каждая хромосома состоит из двух хроматид, объединенных в области центромеры.

**3** Набор хромосом и ДНК  $2n4c$ .

**4** Ядрышки исчезают, пары центриолей расходятся к полюсам клетки.

**5** Отходящие от них микротрубочки начинают образовывать веретено деления.

**6** Ядерная оболочка разрушается.





# Митоз

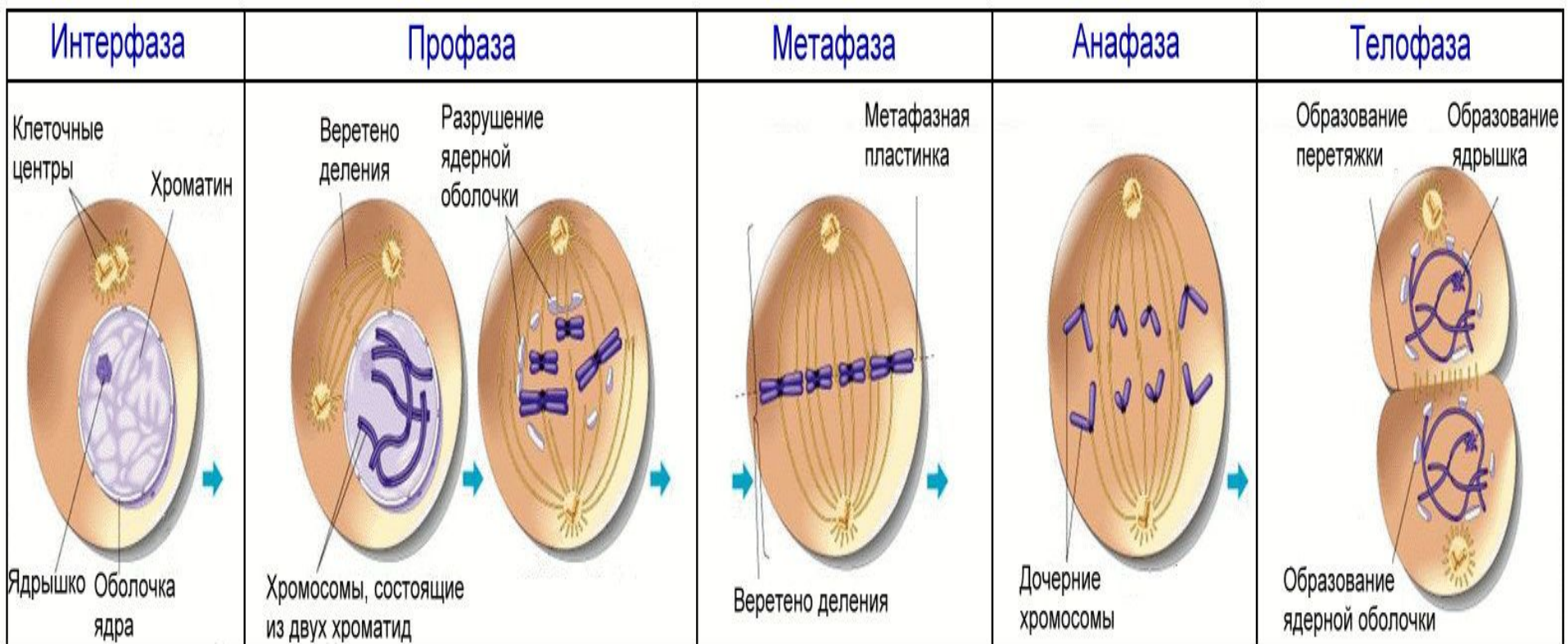
## Метафаза.

1 Хромосомы располагаются таким образом, что их центромеры находятся в плоскости экватора клетки.

2Образуется так называемая метафазная пластинка, состоящая из хромосом.

3Нити веретена деления от centrosом прикрепляются к центромере каждой хромосомы.

4Набор хромосом и ДНК  $2n4c$ .



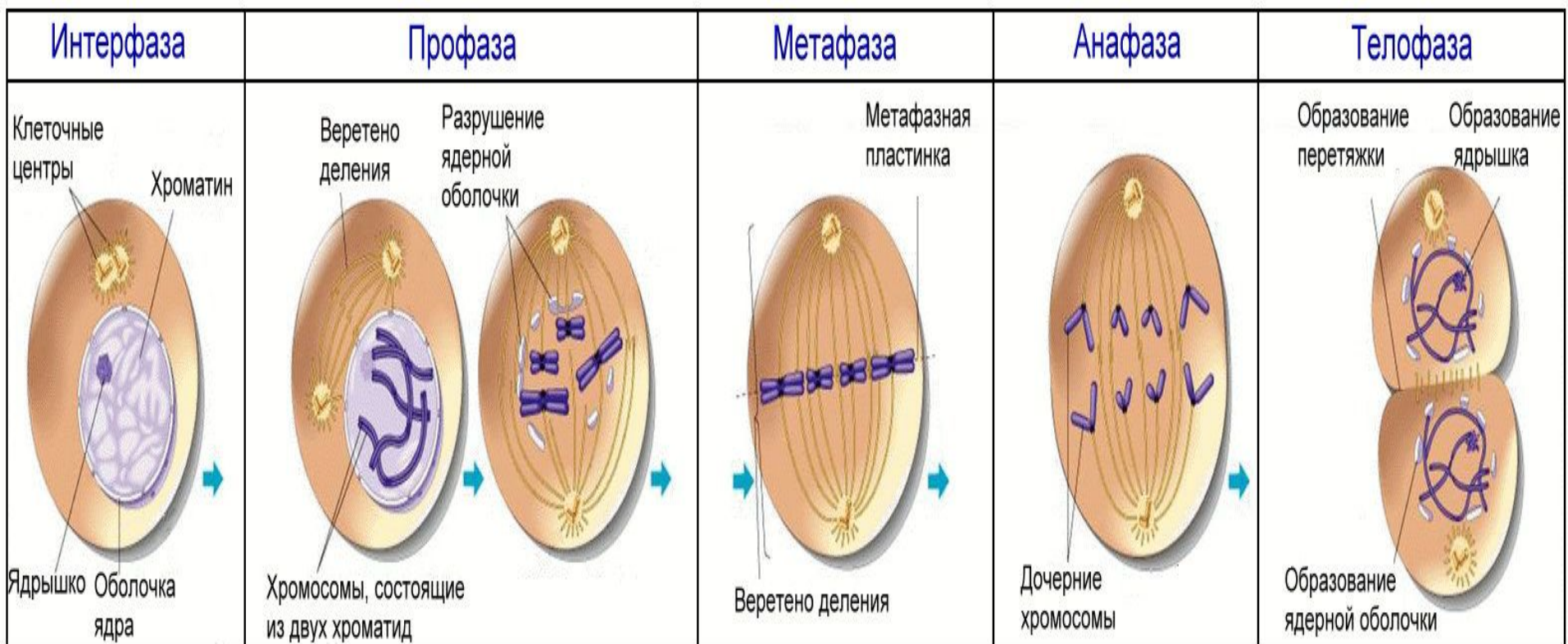
# Митоз

## Анафаза.

1 Каждая хромосома продольно расщепляется на две идентичные хроматиды, которые расходятся к противоположным полюсам клетки.

2 За счет идентичности дочерних хроматид у двух полюсов клетки оказывается одинаковый генетический материал: такой же, какой был в клетке до начала митоза.

3 Набор хромосом и ДНК  $4n4c$ .





# Митоз



## Телофаза.

1 Дочерние хромосомы деспирализуются у полюсов клетки и становятся доступными для транскрипции.

2 Формируются ядерные оболочки и ядрышки.

3 Нити веретена деления распадаются.

4 Набор хромосом и ДНК в дочерних клетках  $2n2c$ .

На этом кариокинез заканчивается, и начинается цитокинез.

При этом у животных клеток в экваториальной плоскости возникает перетяжка.

Она углубляется до тех пор, пока не происходит разделения двух дочерних клеток.

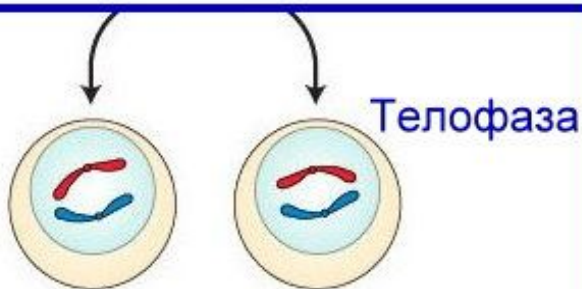
Растительные клетки не могут делиться таким образом, так как имеют жесткую клеточную стенку.

В них образуется внутриклеточная перегородка.

## Интерфаза



## МИТОЗ



## МИТОЗ

**Биологическое значение митоза заключается**

**1** Воспроизводстве клеток с количественно и качественно одинаковой генетической информацией.

**2** Митоз необходим для нормального развития и роста многоклеточного организма.

**3** Митоз лежит в основе процессов заживления повреждений

**4** Митоз механизм бесполого размножения.

Продолжительность митоза в клетках различных видов живых существ различается очень сильно. Например, клетки зародыша плодовой мушки дрозофилы делятся за 6 мин, а клетки эндосперма семени гороха - за 180 мин!

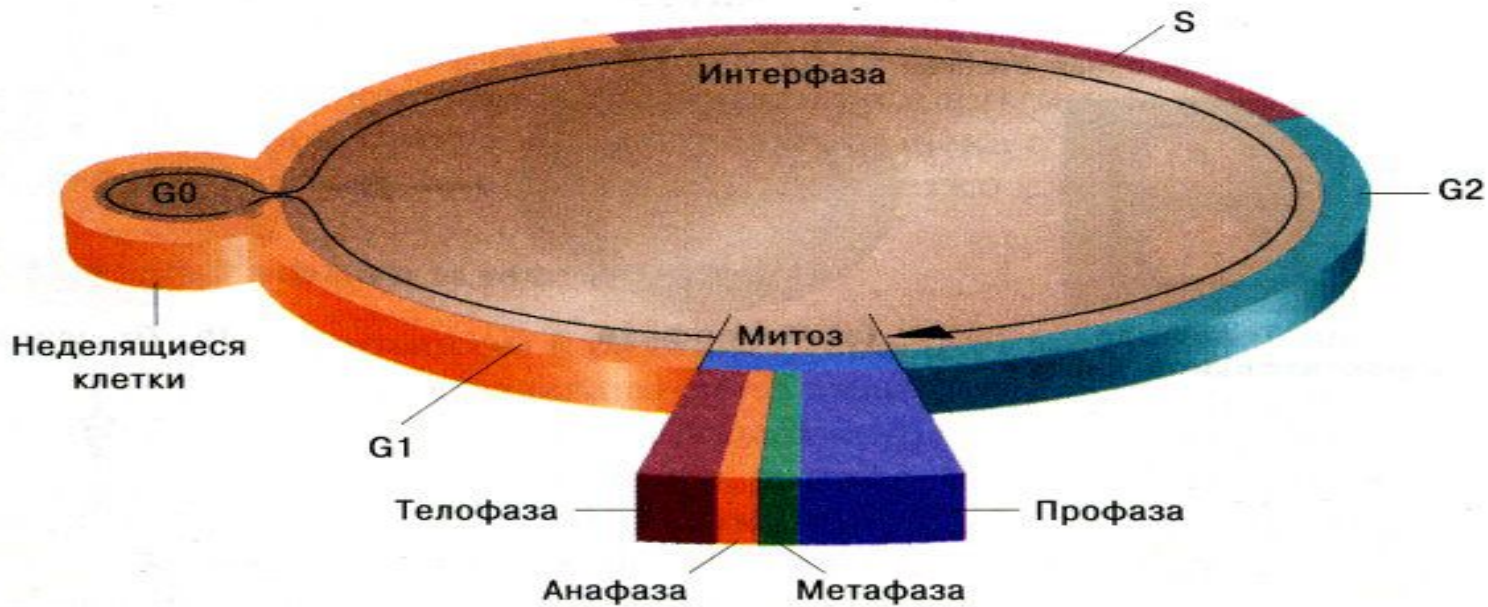


Схема клеточного цикла. Вслед за митозом (М) клетки вступают в фазу интерфазы, с которой начинается новый цикл. Клетки могут находиться в состоянии покоя (G0) или вступать в фазу G1, переходя затем в S-фазу, когда происходит репликация ДНК хромосом, а затем наступает фаза G2 и новый митоз.

Интерфаза			Митоз
G1	S	G2	M
5	7	3	1
Часы			

Про	Мет	Ана	Тел
36	3	3	18
Минуты			

Длительность фаз клеточного цикла в культуре клеток человека. В зависимости от типа клеток и условий их роста длительность фаз различна.