

Лекционный курс

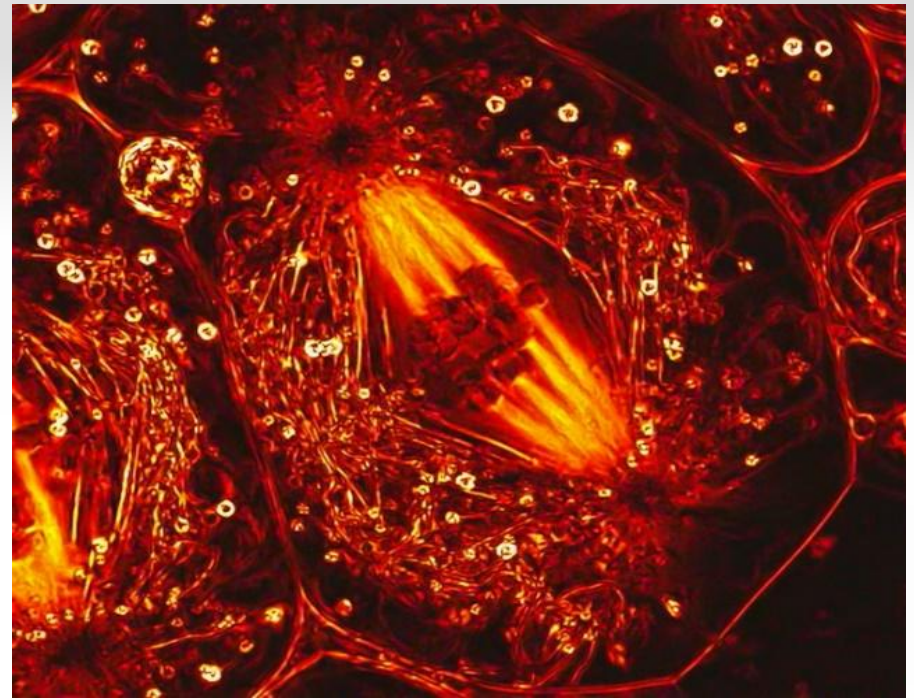
по биологии



для студентов специальности  
«Лечебное дело».

Профессор кафедры биологии, д.б.н.  
Корытина Гульназ Фаритовна

# Лекция № 2.



**Тема: Жизненный цикл клетки.  
Способы деления клеток (митоз,  
мейоз). Гаметогенез. Способы  
размножения организмов.**

# План

- Жизненный цикл клетки. Контроль клеточного цикла.
- Способы репродукции соматических клеток: митоз, амитоз, эндомиоз, эндоредупликация
- Способы размножения организмов (бесполое и половое).
- Типы бесполого размножения.
- Мейоз.
- Гаметогенез. Сперматогенез. Оогенез. Морфология половых клеток.
- Типы полового размножения

# Жизненный цикл клетки

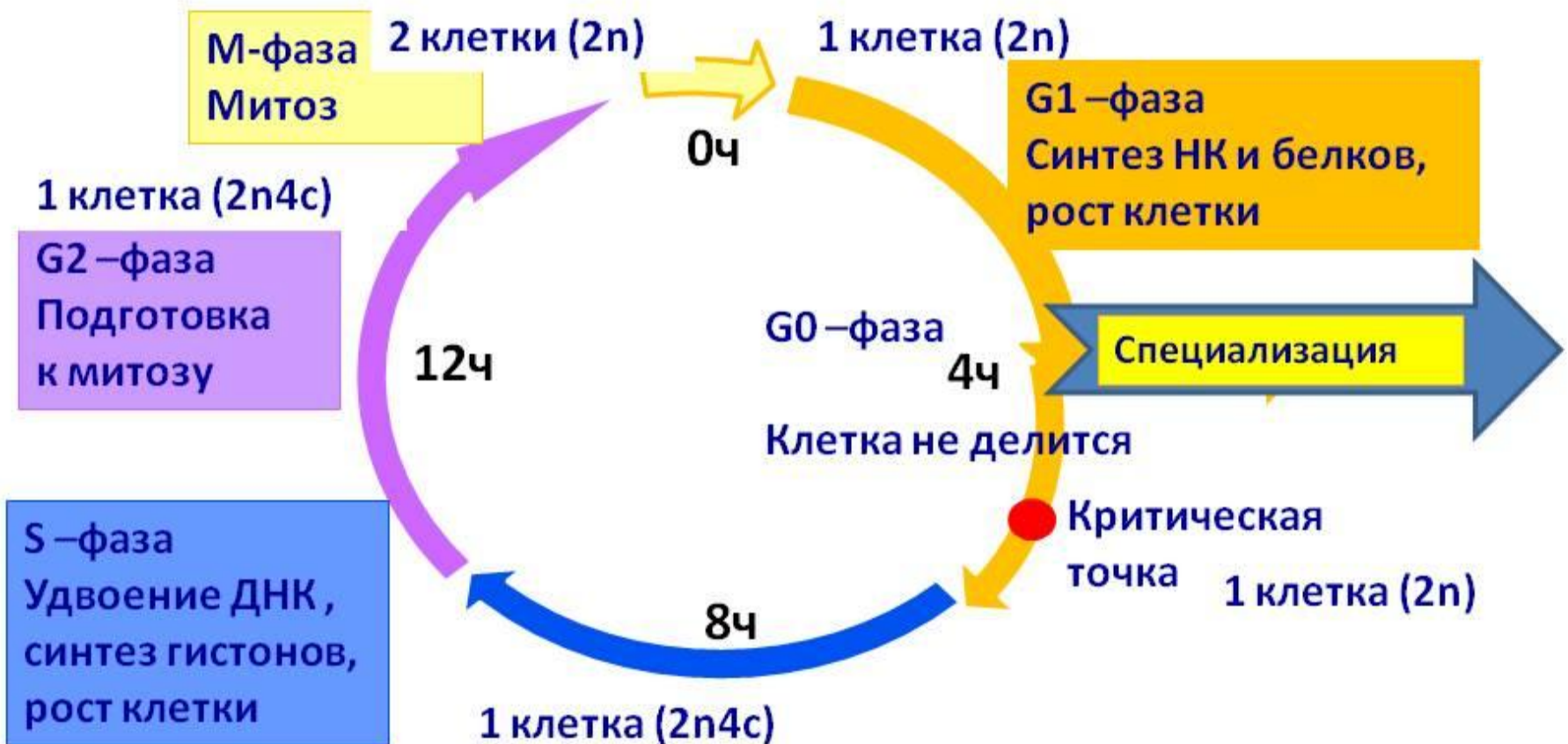
Период жизни клетки от ее образования до собственного деления или гибели



Он включает два важных периода - **интерфазу** и **МИТОЗ** или **мейоз**.

# Клеточный цикл

Клеточный цикл - это период существования клетки от момента ее образования путем деления материнской клетки до собственного деления или смерти.



Хромосомный набор в процессе ЖЦК  
подвергается изменениям.

Обозначим как  $n$ -гаплоидный набор хромосом,  
 $c$  – количество копий ДНК. Тогда в

$$G_0 - 2n2c$$

$$G_1 - 2n2c$$

$$S - 2n4c$$

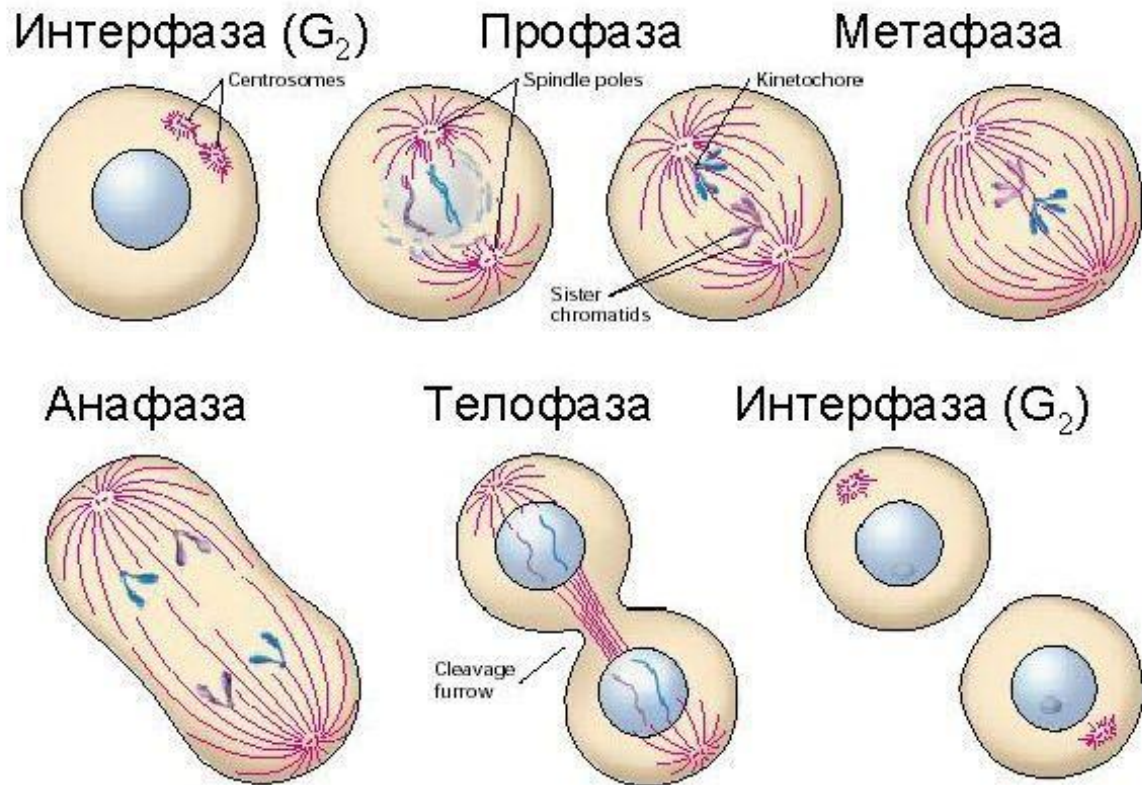
$$G_2 - 2n4c$$

$$M - 2n4c - 4n4c - 2n2c$$



# МИТОЗ

- **Митоз** – непрямо́е деление клетки.
- Основной способ деления эукариотических клеток,
- сопровождается сложной реконструкцией ядерного аппарата.



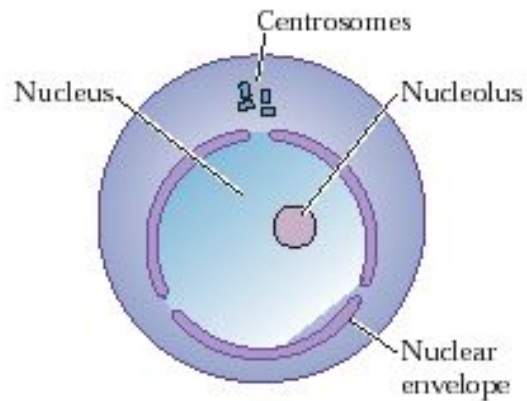




# МИТОЗ

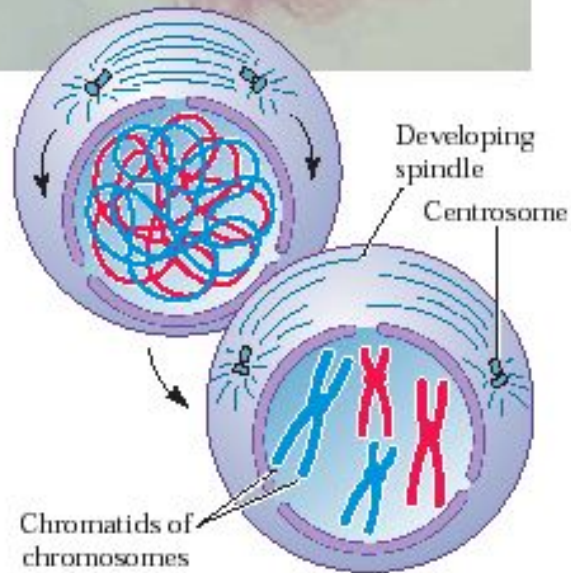
Interphase

**2n4c**



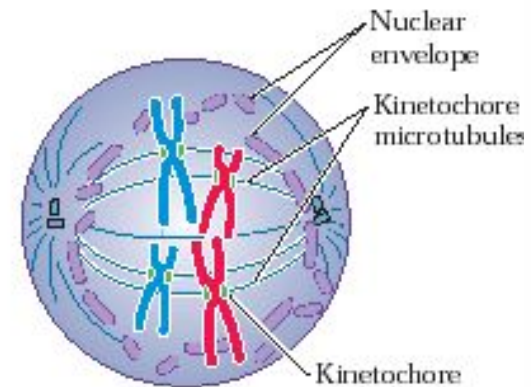
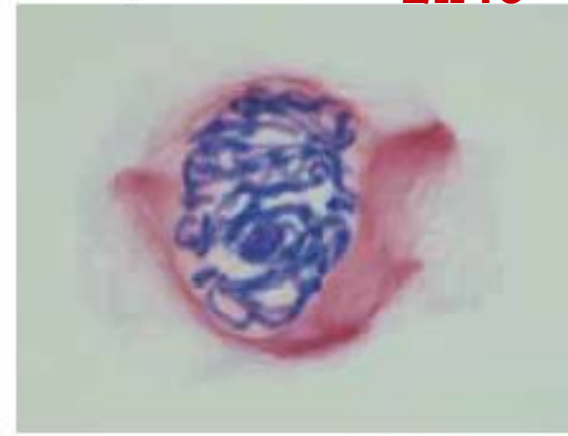
Prophase

**2n4c**

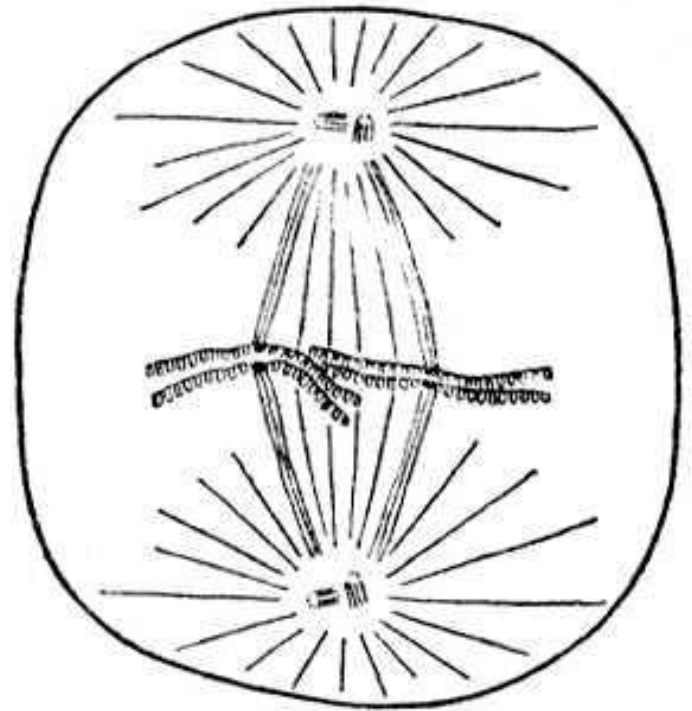
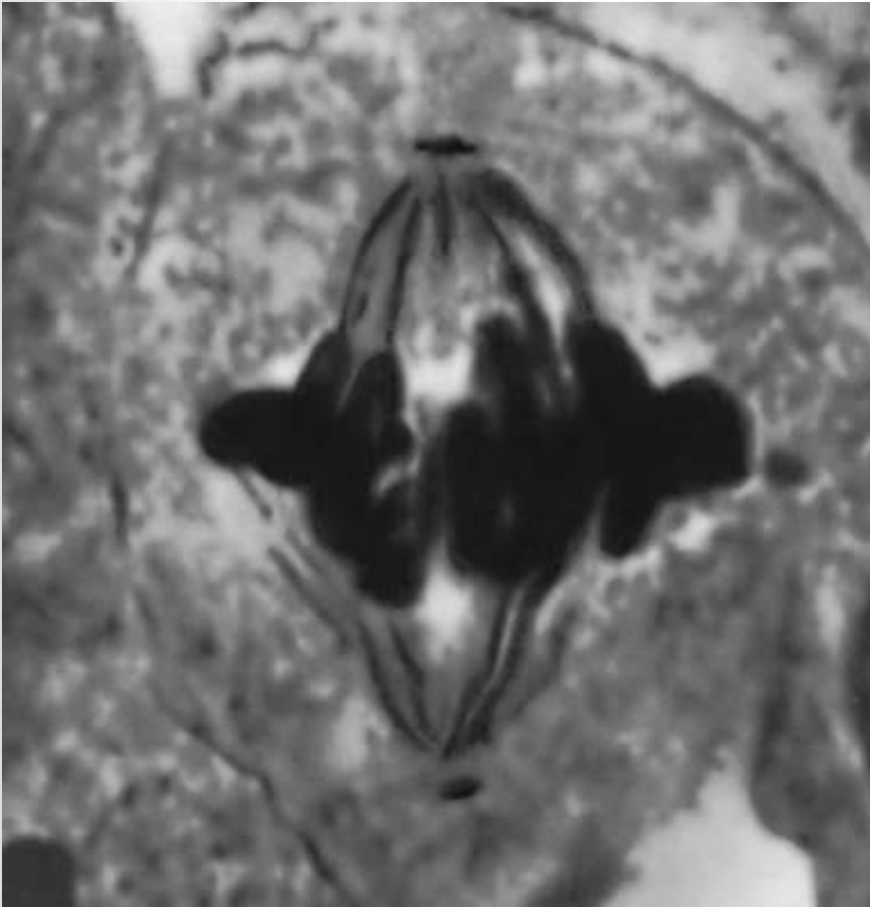


Prometaphase

**2n4c**

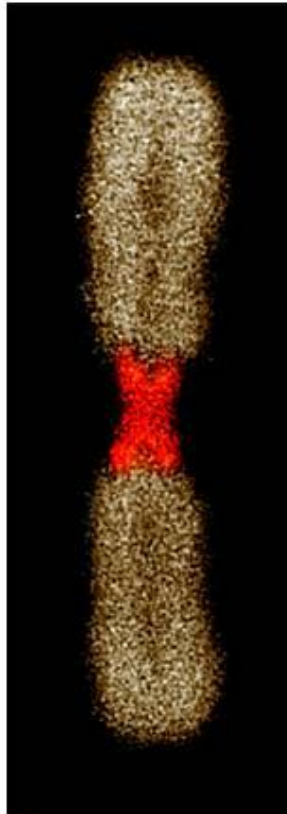


# Веретено деления

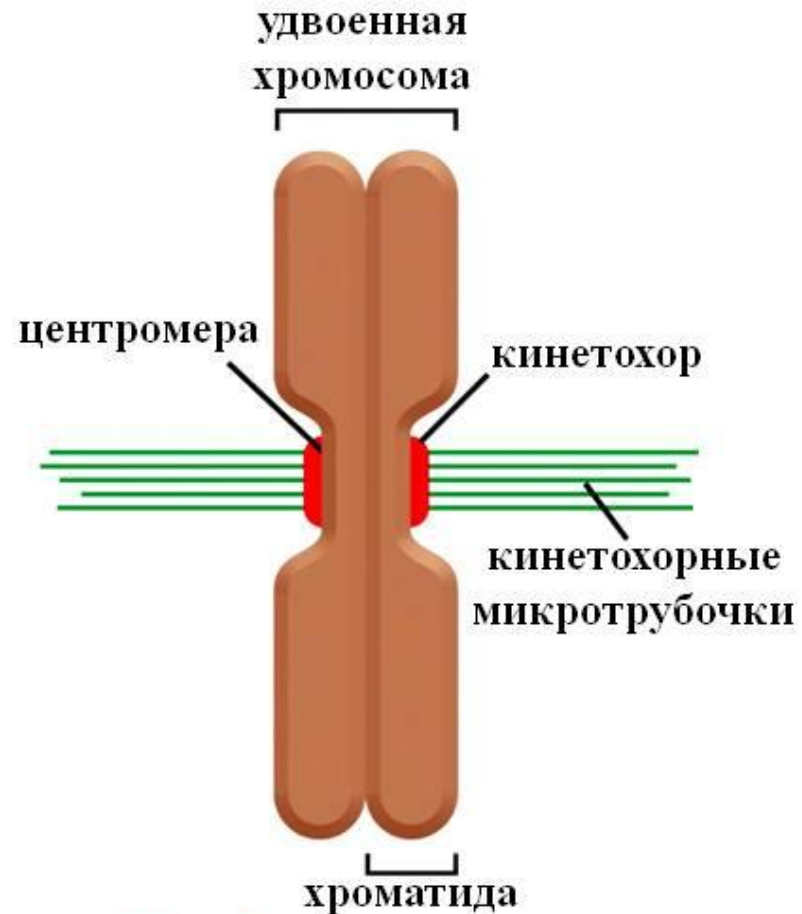


# КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ

## Участие кинетохора в расхождении хромосом



Метафазная хромосома,  
микрофотография



Метафазная хромосома,  
схема

# МИТОЗ

Metaphase

**2n4c**



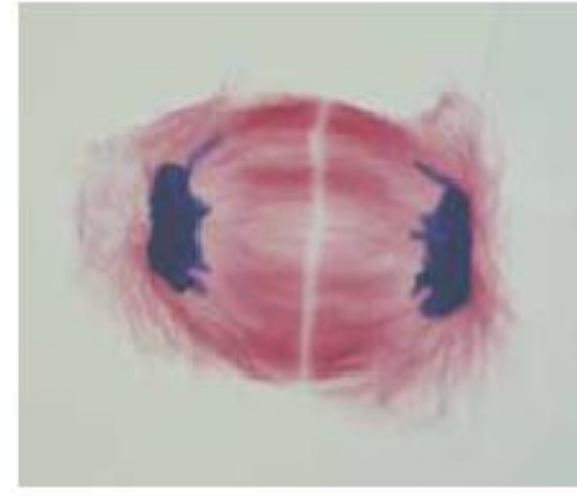
Anaphase

**4n4c**

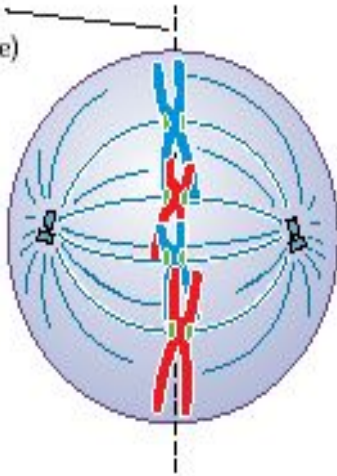


Telophase

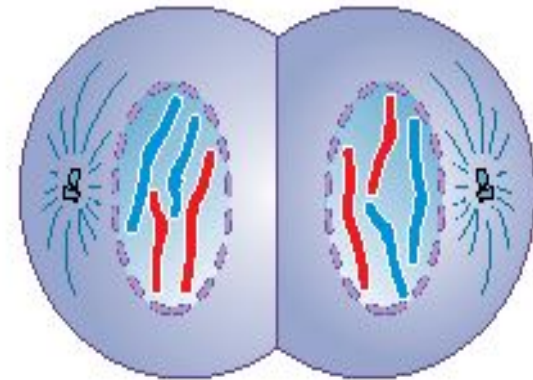
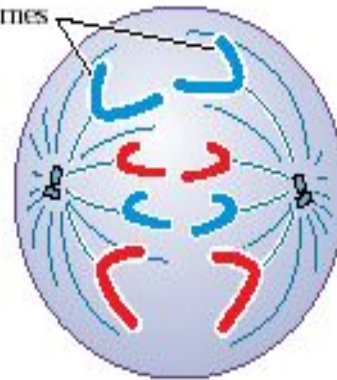
**2n2c**



Equatorial  
(metaphase)  
plate

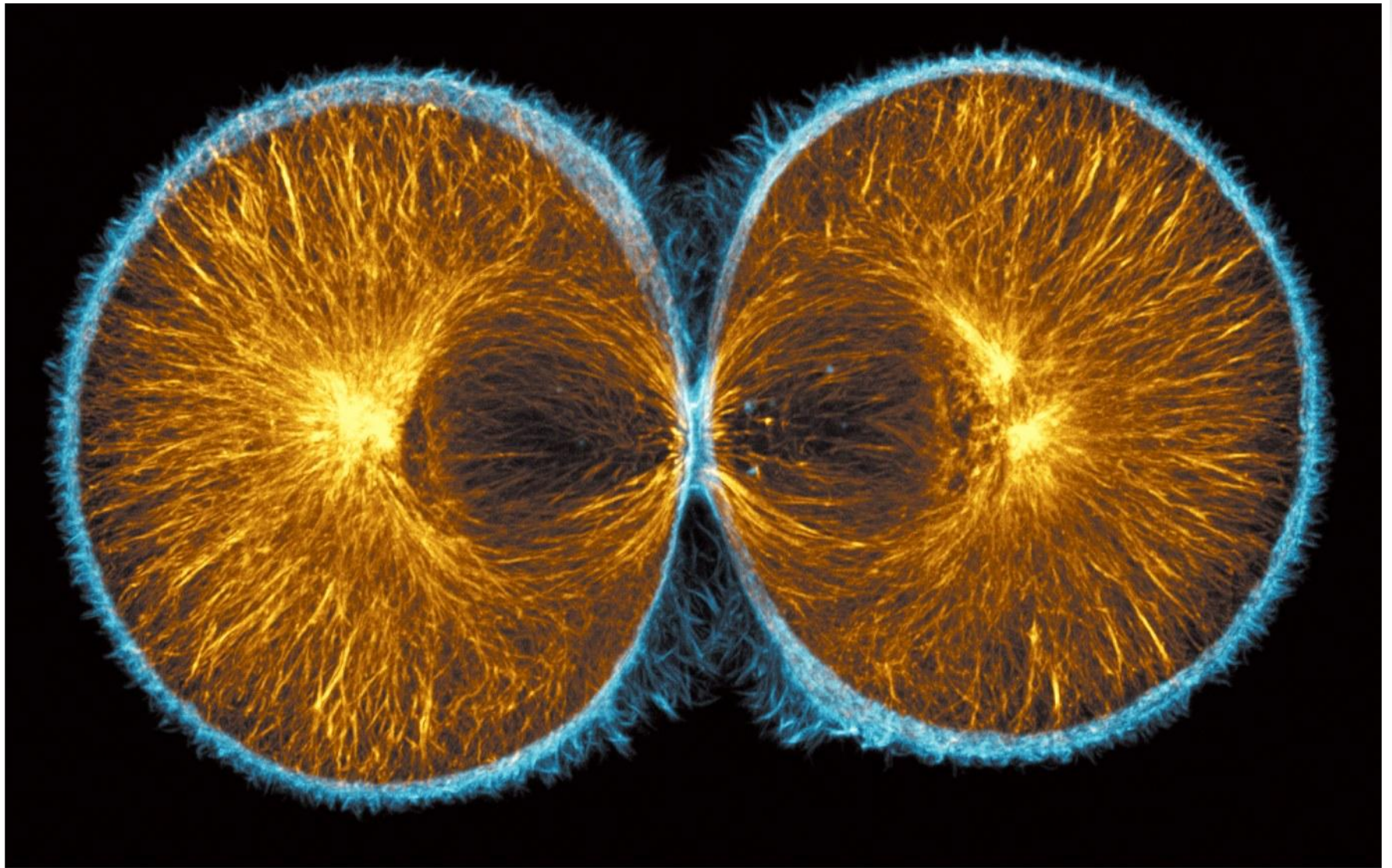


Daughter  
chromosomes





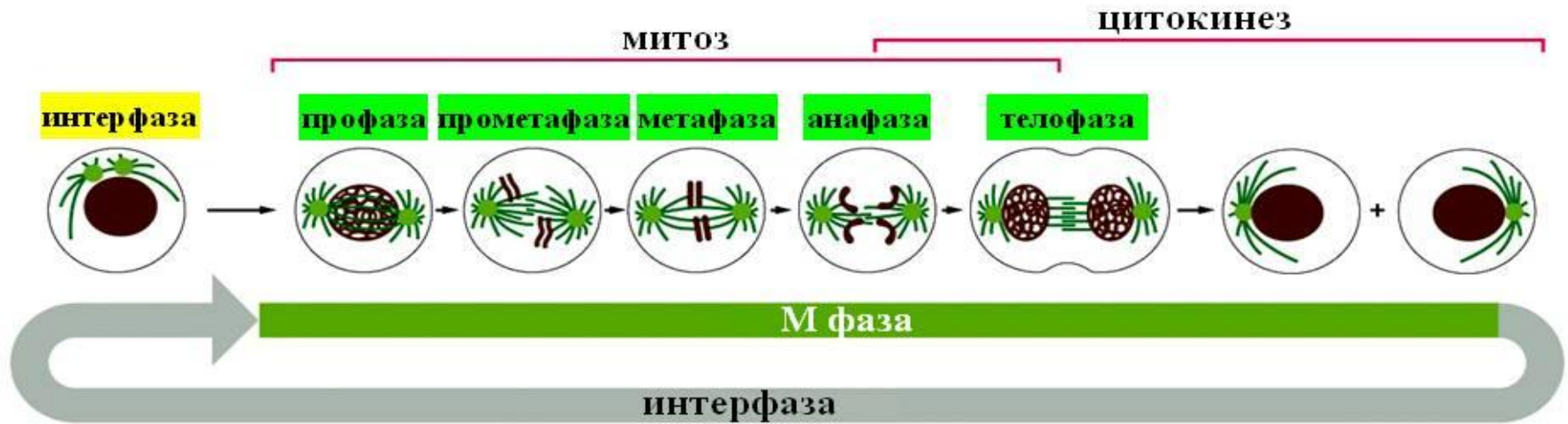
# Цитокинез животной клетки

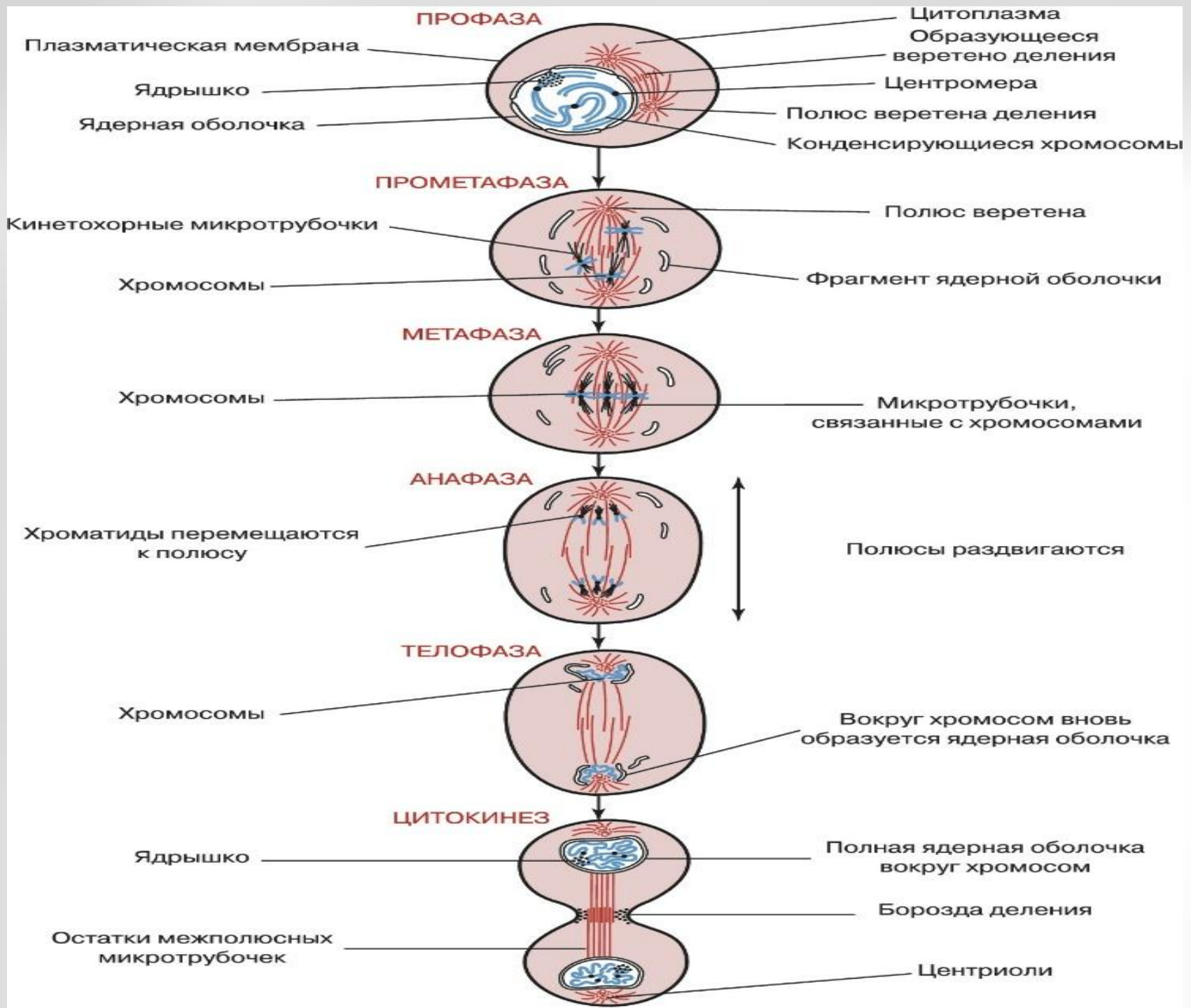




# КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ

Соотношение митоза и цитокinesis в М фазе клеточного цикла





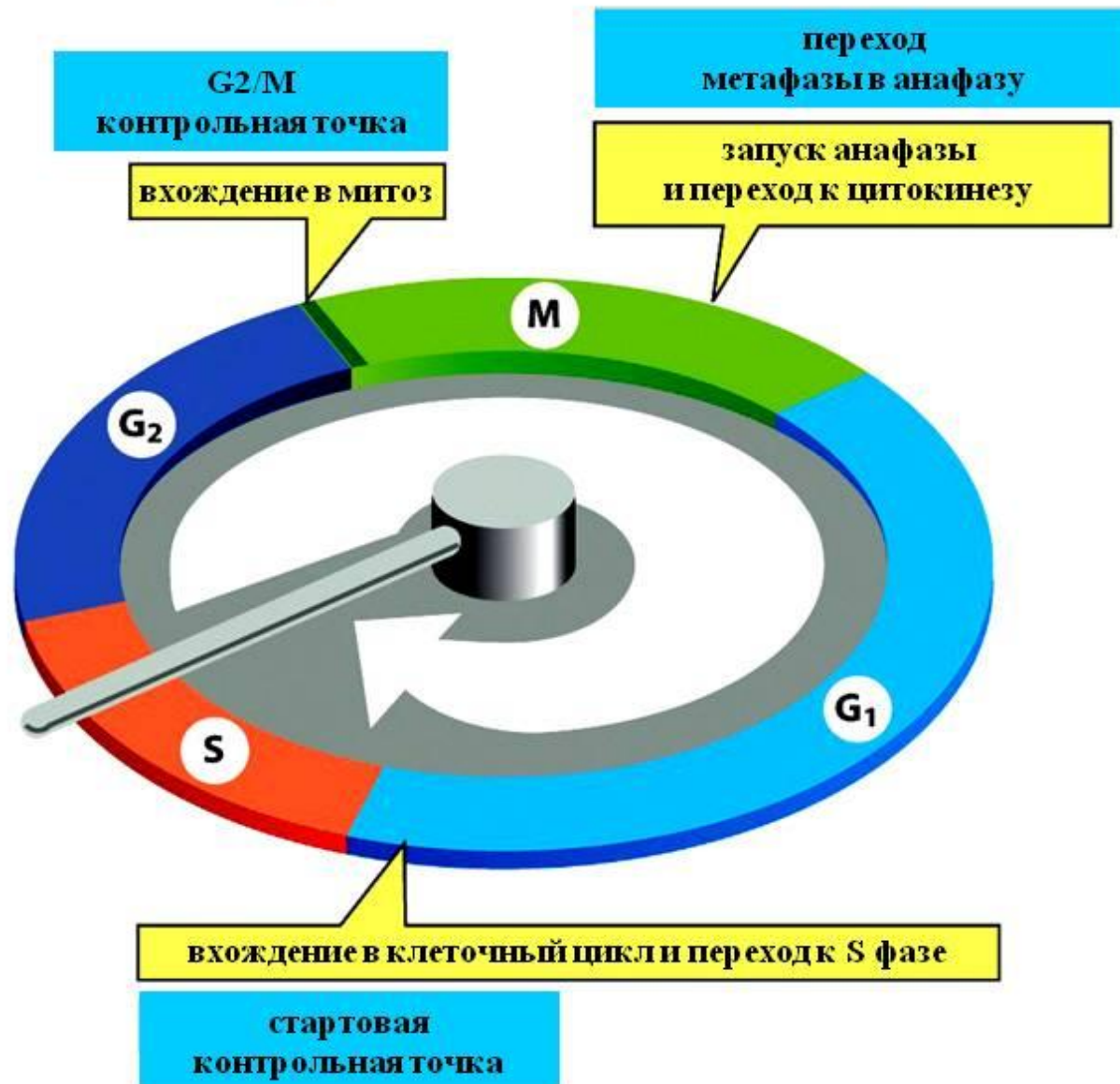
□ **Биологическое значение митоза**  
заключается в точном равномерном  
распределении дочерних молекул ДНК -  
хроматид с содержащейся в них  
генетической информацией между  
дочерними клетками.

Так поддерживается постоянство кариотипа (т. е. набора хромосом) в поколениях клеток, и все клетки организма содержат одинаковый по количеству и качеству набор хромосом.



# КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ

## Контрольные точки клеточного цикла





**Размножение** - это способность организмов производить себе подобных

**Молекулярные основы** размножения:

- репликация - удвоение молекулы ДНК
- равномерное распределение генетического материала между дочерними клетками при их делении.

**Основные способы размножения:**  
**бесполое и половое.**

# Формы размножения организмов

## Бесполое

- деление (бинарное, митотическое, шизогония, амитоз)
- почкование
- фрагментация
- полиэмбриония
- спорообразования (споруляция)
- вегетативное
- клонирование

## Половое

### с участием гамет

#### без оплодотворения

- партеногенез
- гиногенез
- андрогенез

### без участия гамет

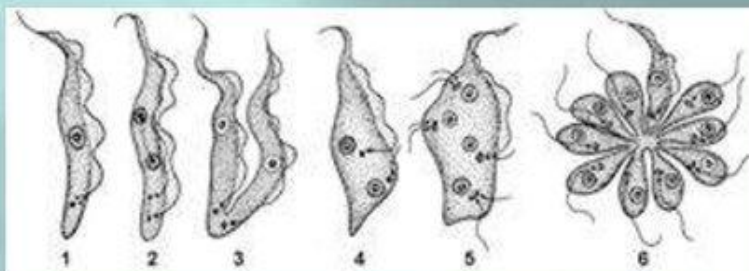
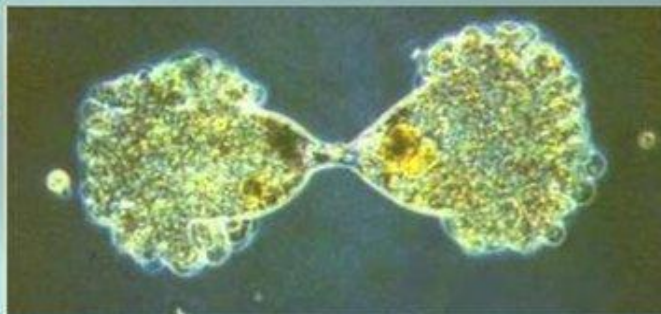
- конъюгация
- копуляция

#### с оплодотворением

- изогамия
- гетерогамия
- оогамия

# Формы бесполого размножения у одноклеточных

## 1. бинарное деление

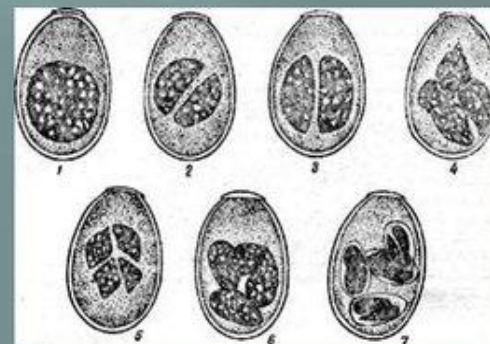


## 2. шизогония, или множественное деление

## 3. почкование



## 4. спорогония

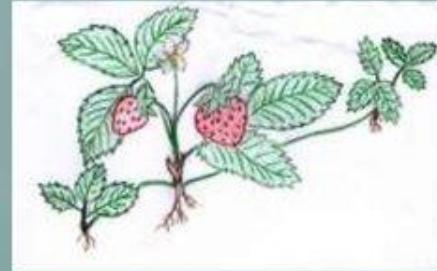


## 5. Другие формы встречаются редко



# Формы бесполого размножения у многоклеточных

1. вегетативное размножение



2. почкование



3. спорообразование



4. фрагментация

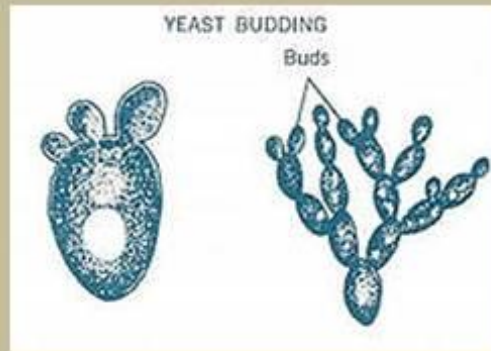


5. полиэмбриония

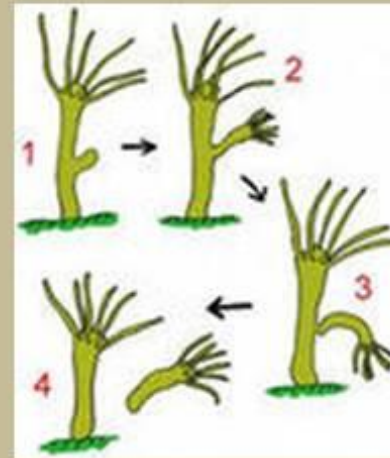


# Почкование

Дочерние особи формируются из выростов тела материнского организма (почек). Почкование характерно для многих грибов, печёночных мхов и животных (простейшие, губки, кишечнополостные, некоторые черви, оболочники, некоторые жгутиковые, инфузории, споровики)



дрожжи



гидра

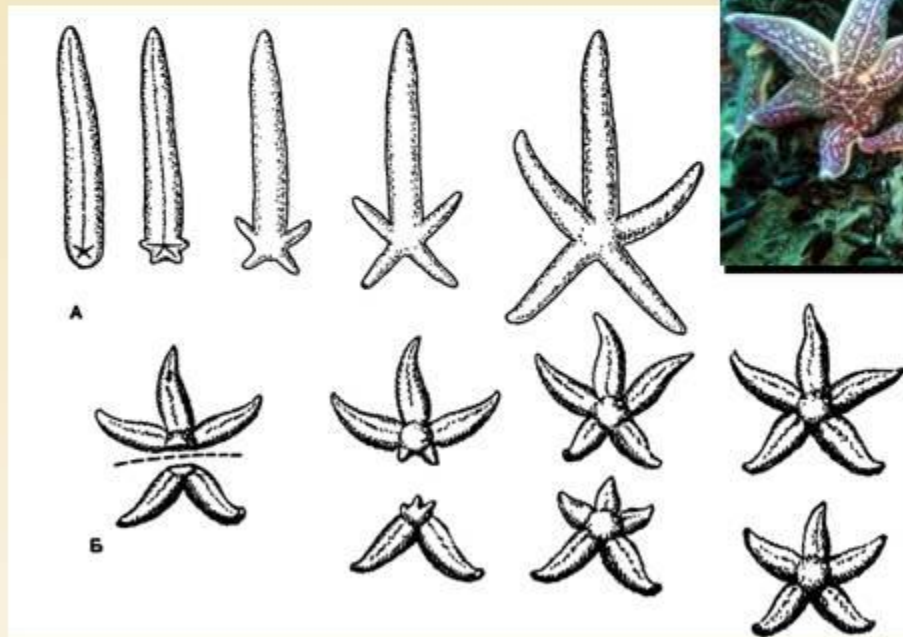


Необычна форма почкования присуща Bryophyllum – перистому. Вдоль краев листьев растения развивается множество миниатюрных растеньиц - почек



# Фрагментация

**Фрагментация** — способ бесполого размножения, при котором особь делится на две или несколько частей (фрагментов), каждая из которых растет и образует новый организм; основана на способности некоторых живых существ восстанавливать утраченные органы или части тела (регенерация).



Фрагментация  
водоросли  
клатофоры



Схема фрагментации у морских звезд

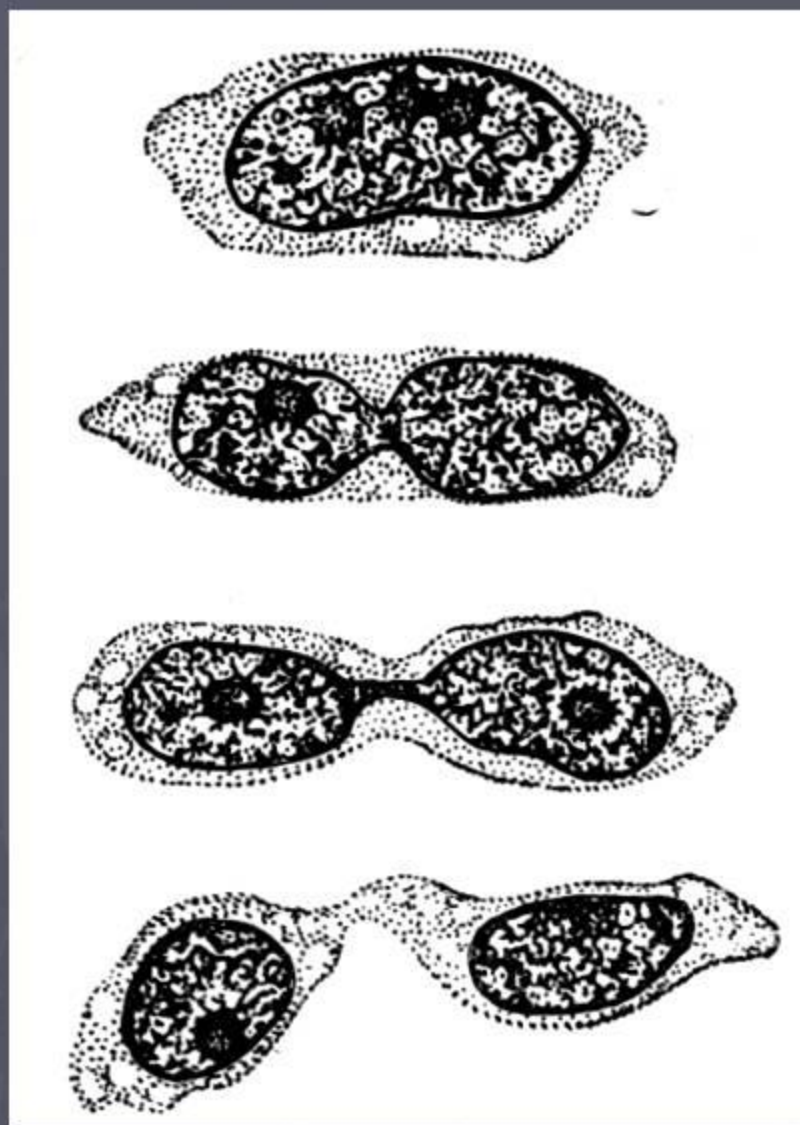
# Полиэмбриония как разновидность вегетативного размножения

- Полиэмбриония – развитие нескольких зародышей (близнецов) из одной зиготы. Это т.н. однояйцевые близнецы - всегда одного пола.
- У некоторых наездников (перепончатокрылые) из одной зиготы развивается до 3 тысяч личинок!
- Разделение зародышей происходит до или в начале гастрюляции.





# АМИТОЗ или прямое деление



- ▶ Амитоз – это деление интерфазного ядра путем перетяжки без образования веретена деления.

- ▶ **Распространенность в природе:**

## Норма

1. Амебы
2. Большое ядро инфузорий
3. Эндосперм
4. Клубень картофеля
5. Роговица глаза
6. Хрящевые и печеночные клетки

## Патология

1. При воспалениях
2. Злокачественные новообразования

## Значение:

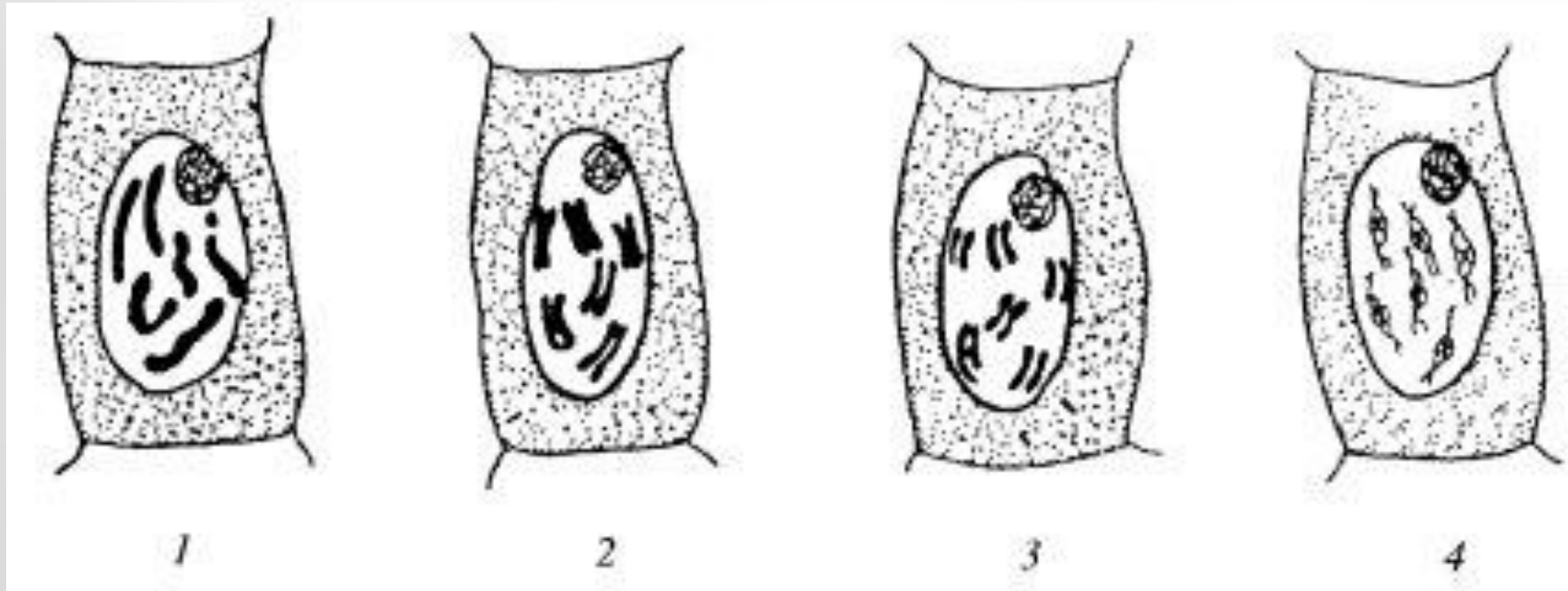
экономичный (мало энергозатрат) процесс воспроизводства клеток

# Эндомитоз

- кратное увеличение числа хромосом в ядрах клеток без образования веретена деления, разрушения ядерной оболочки и последующего деления ядра и самой клетки
- приводит к полиплоидии
- встречается у растений и у некоторых беспозвоночных животных

# Схема эндомитоза в клетках шпината

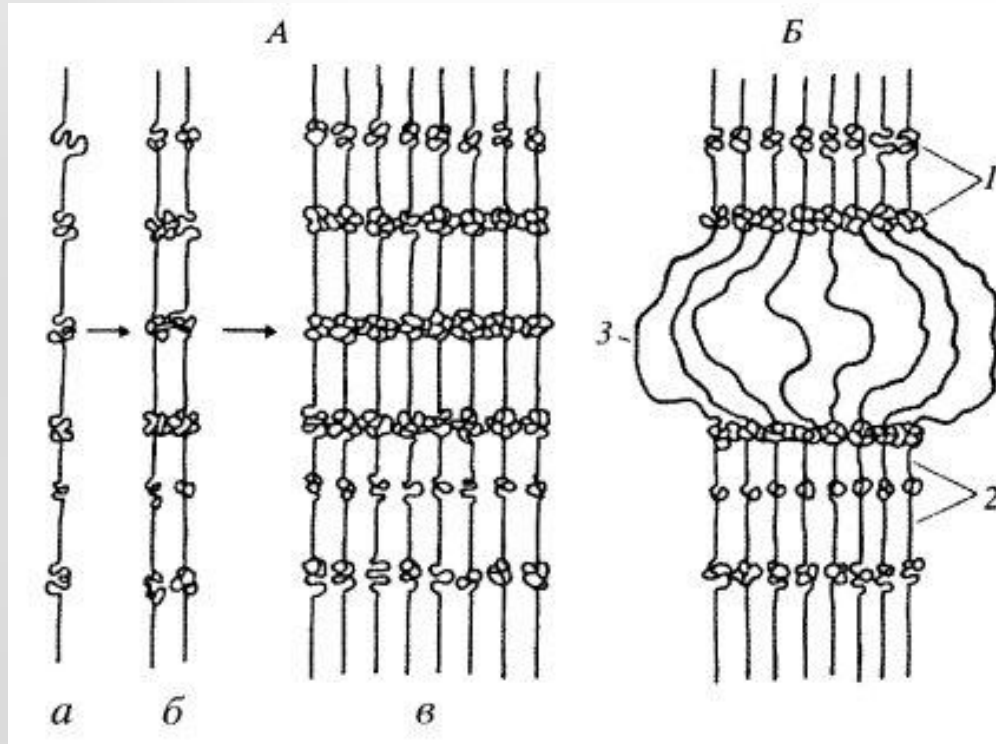
- ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОЛИПЛОИДНЫХ КЛЕТОК



1 — эндопрофаза; 2 — эндомиетафаза;  
3 — эндоанафаза; 4 — эндотелофаза



# Эндоредупликация



**Схема строения  
политенной хромосомы  
(А) и ее участков (Б)**



**Набор политенных хромосом  
из гигантских клеток  
слюнных желез дрозофилы  
(а) в сравнении с размером  
митотических хромосом в  
делящихся клетках (б)**

Основа бесполого размножения - **репликация ДНК и митоз**.

Основа полового размножения - **образование и слияние гаплоидных гамет** (гаметогенез и оплодотворение).

При образовании гамет некоторые клетки делятся особым способом - **мейозом**, в результате которого формируется **гаплоидный** набор хромосом.

Половое размножение возникло позднее бесполого, на его основе, около 1,5 млрд. лет назад.

Главное **преимущество полового размножения** - появление генетически и фенотипически разнообразного потомства.

# МЕЙОЗ

Мейоз состоит из 2 делений.

Первое деление мейоза (I) называется *редукционным*.

Второе деление мейоза (II) называется *эквационное*.

Каждое деление мейоза состоит из 4 фаз:

I деление:

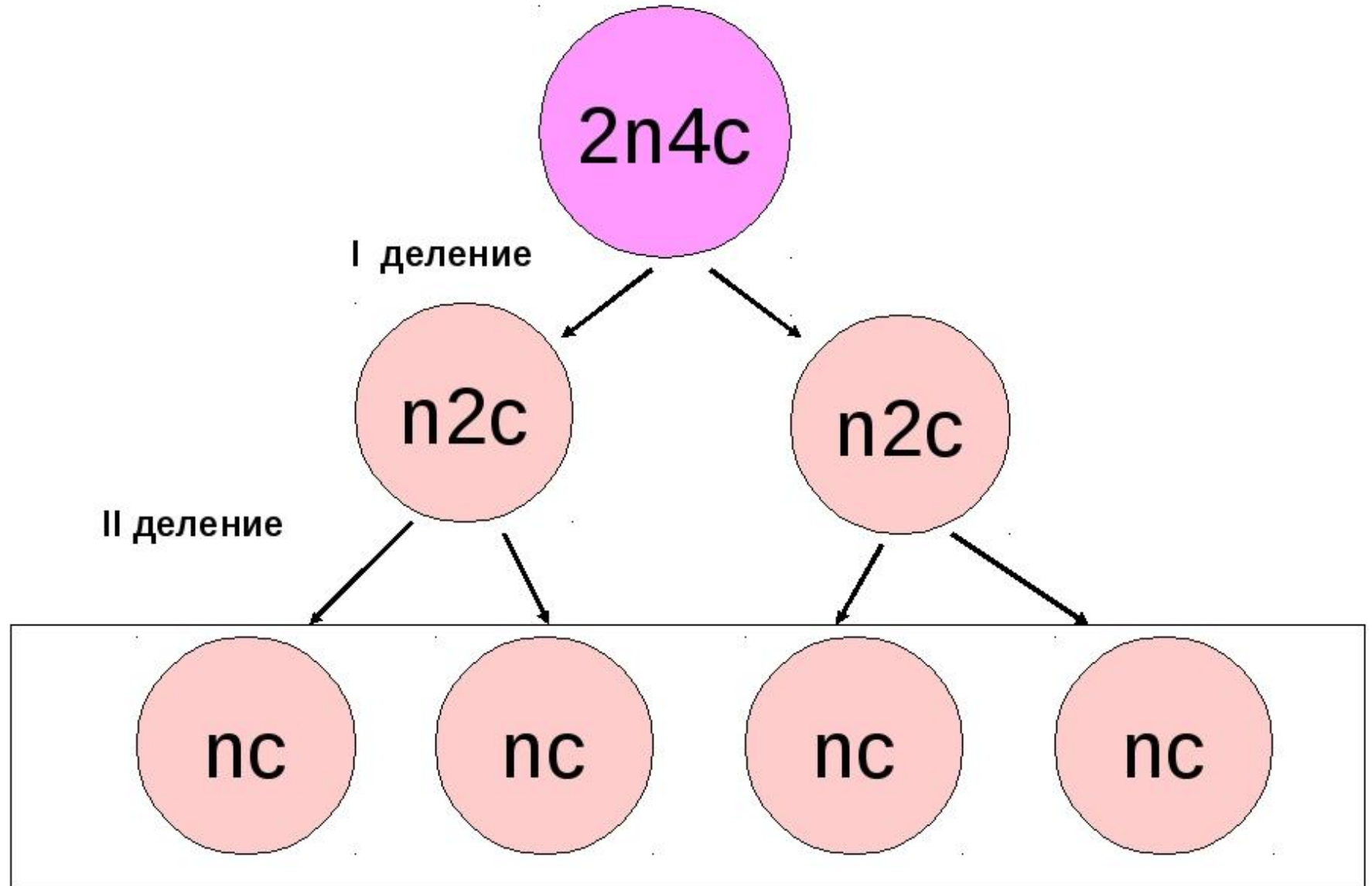
- Профаза I
- Метафаза I
- Анафаза I
- Телофаза I

II деление:

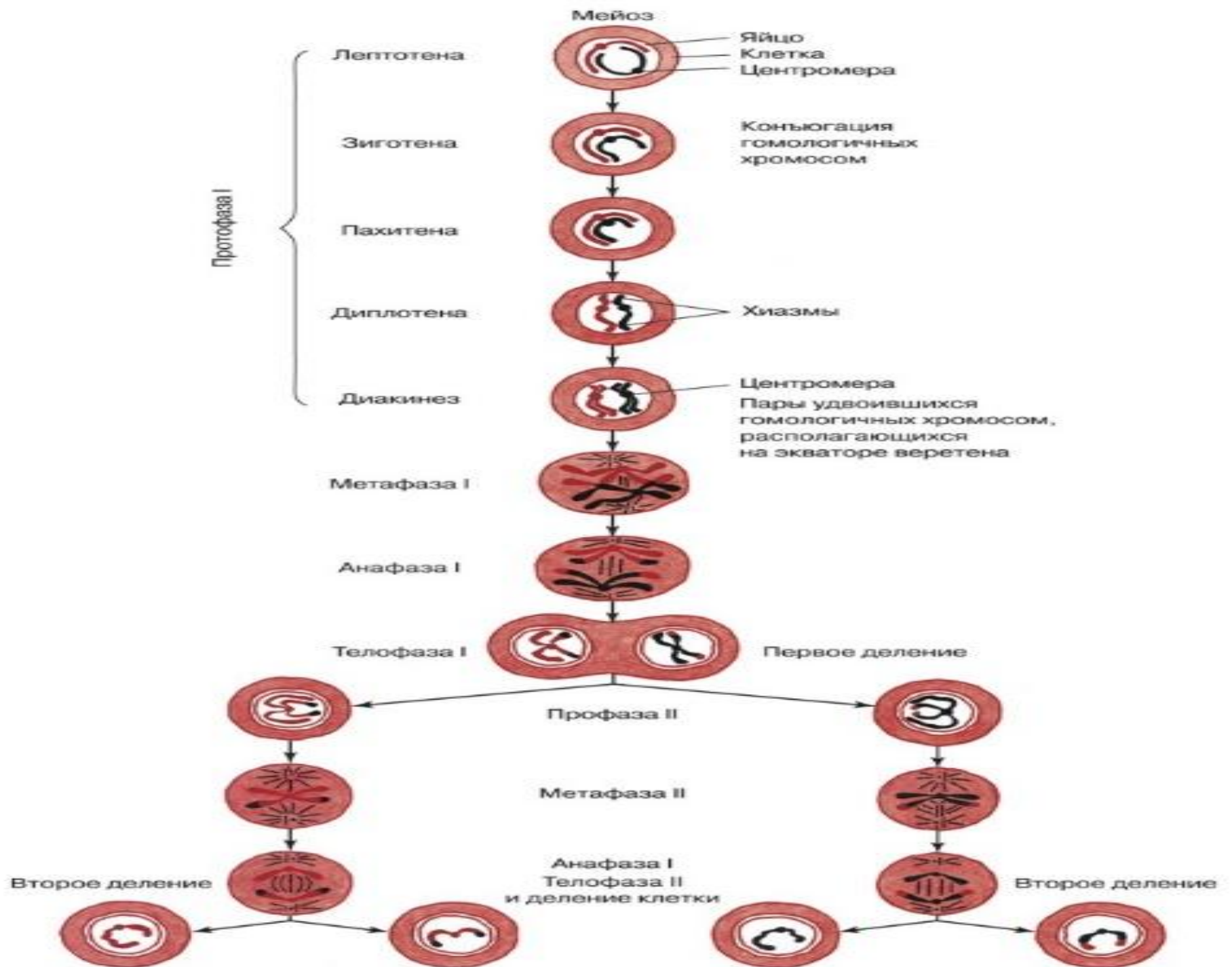
- Профаза II
- Метафаза II
- Анафаза II
- Телофаза II



# Мейоз – редукционное деление клетки





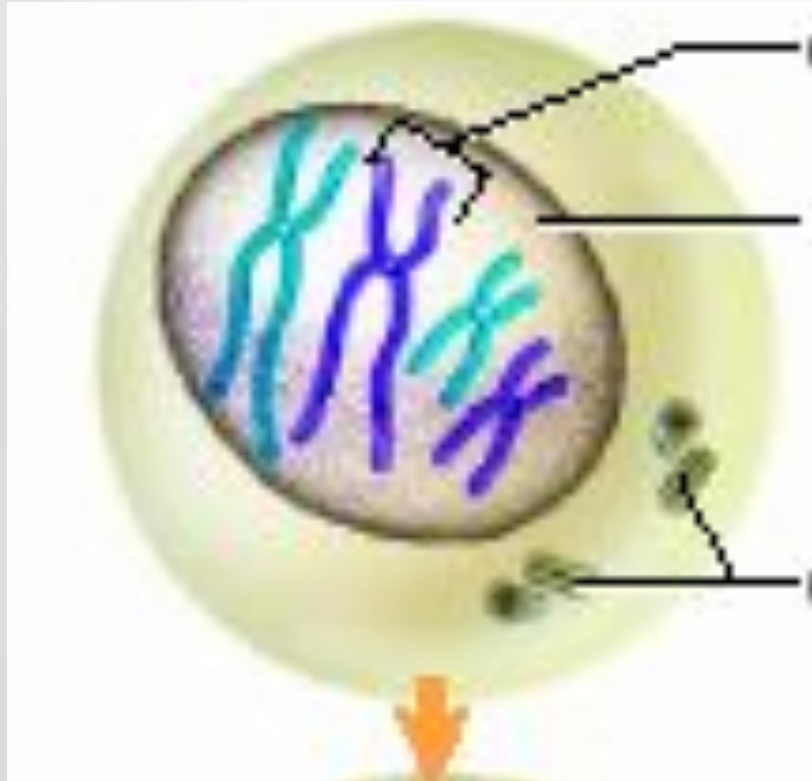


# Профаза I



- ◆ **Лептотена** - стадия тонких нитей
- ◆ **Зиготена** - стадия слияния нитей
- ◆ **Пахитена** - стадия толстых нитей
- ◆ **Диплотена** - стадия двойных нитей
- ◆ **Диакинез** - стадия отталкивания нитей

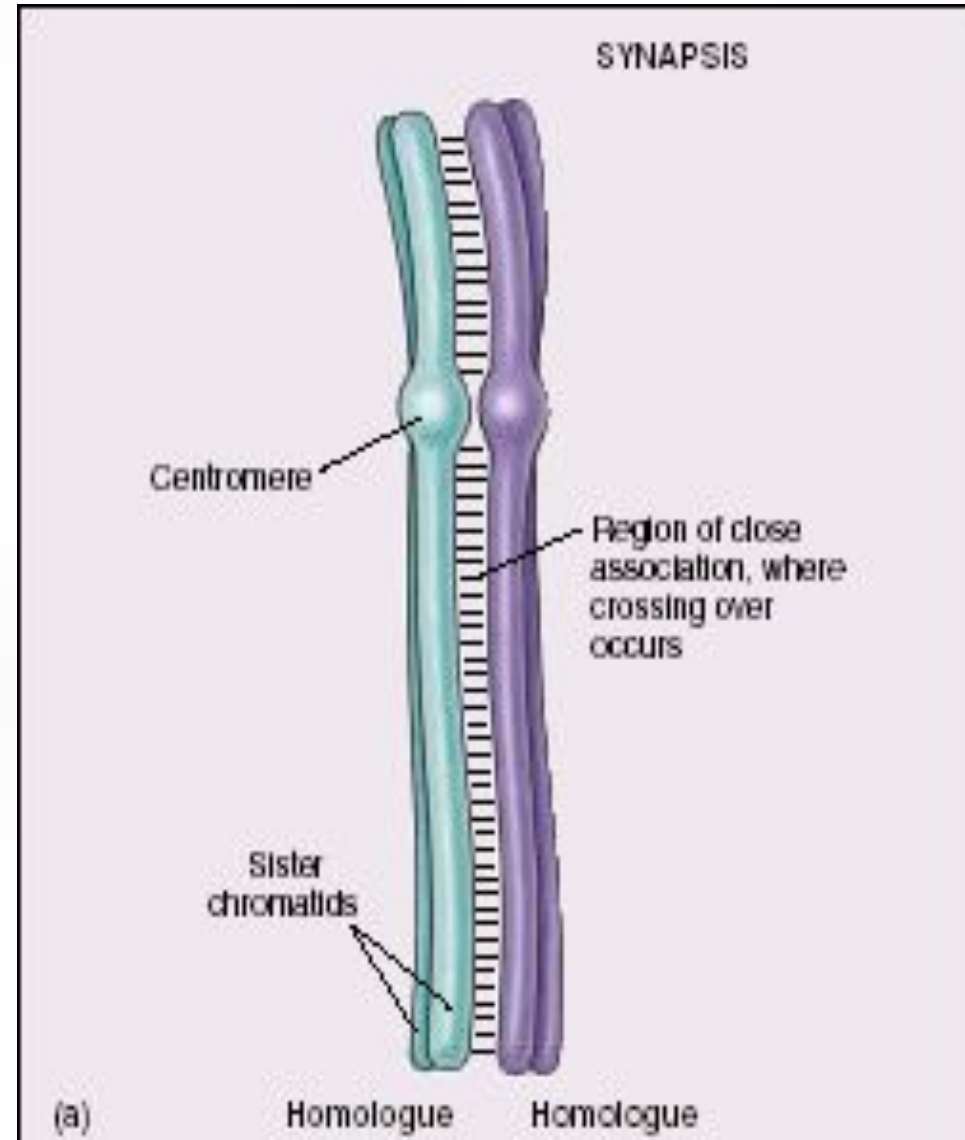
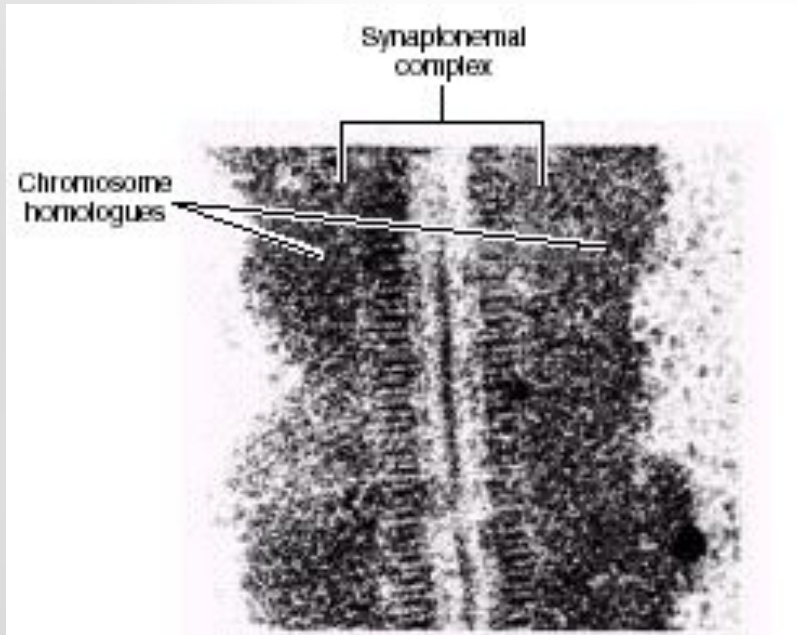
# Мейоз I Профаза I. Лептотена – тонкие нити



А. Ранняя профаза I

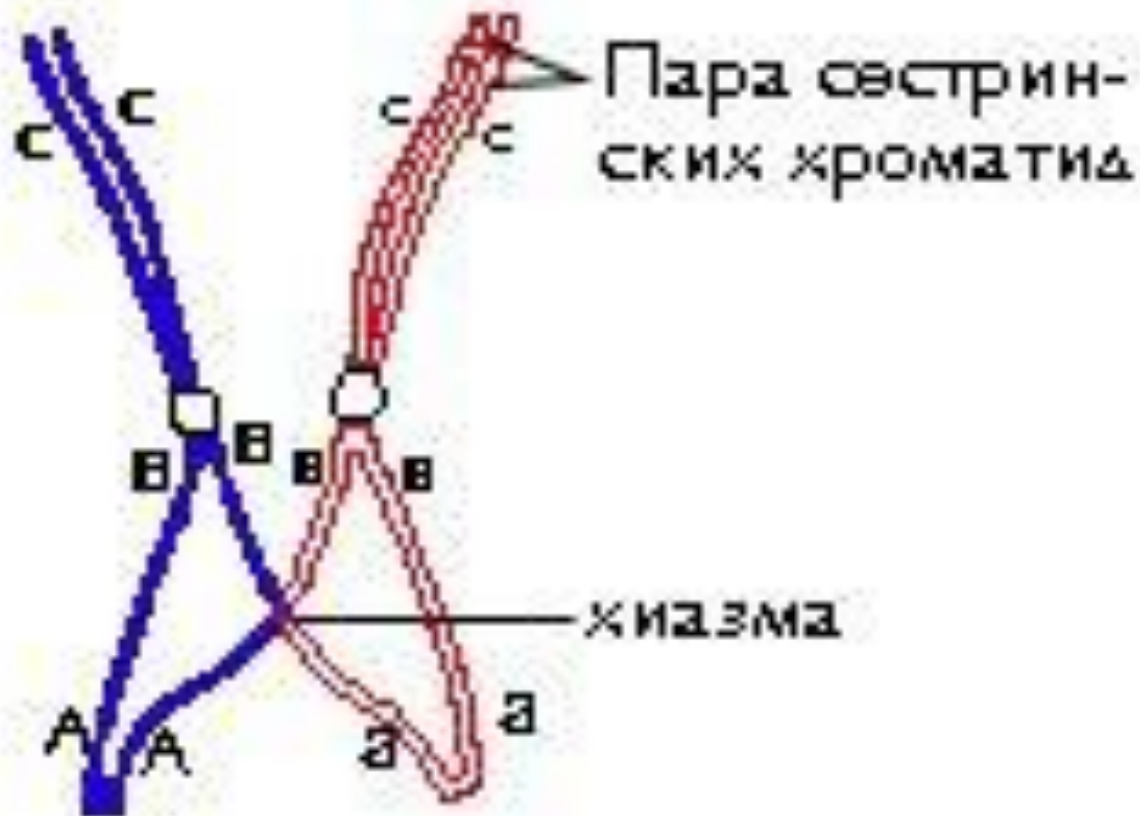
# Мейоз I Профаза I. Зиготена

Формирование синаптонемального комплекса (образование бивалентов или тетрад – комплексы из пары гомологичных хромосом)





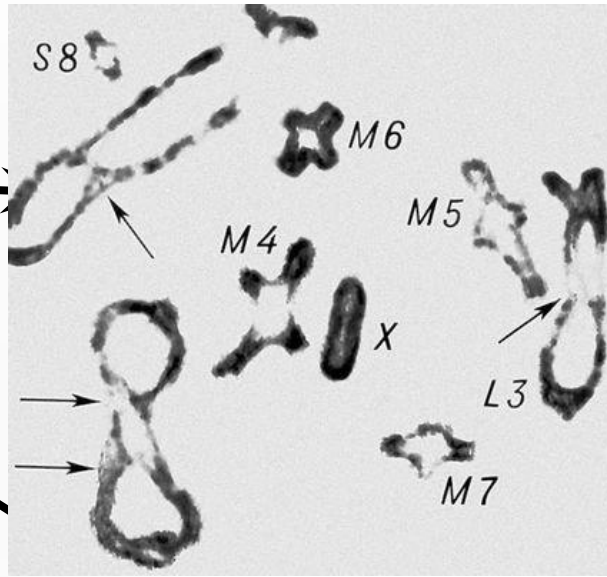
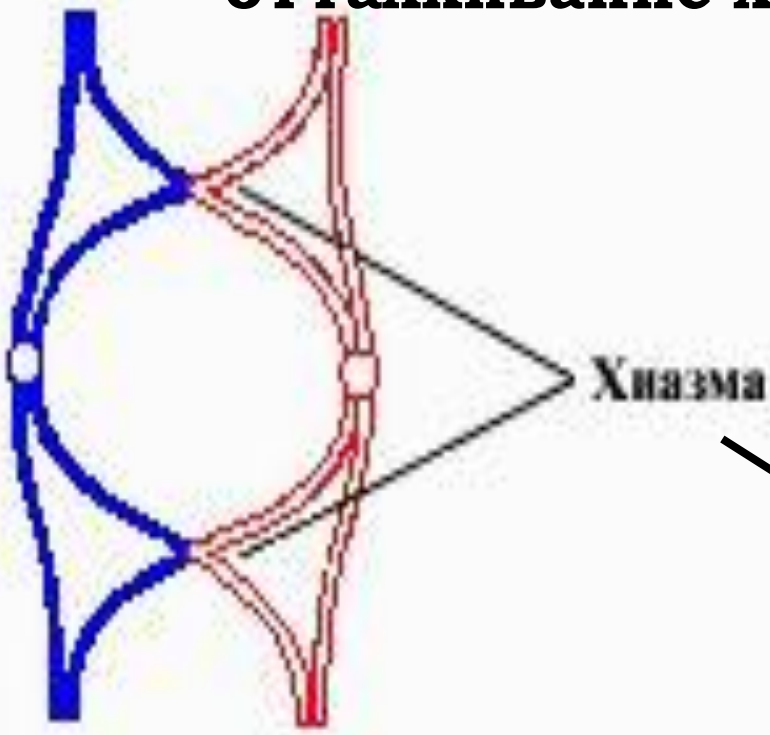
# Мейоз I Профаза I. Пахитена (стадия толстых нитей, образования хиазм и кроссинговера)



В. Кроссинговер во время профазы I

# Мейоз I Профаза I. Диплотена

(диплонема) (стадия двойных нитей, оттакивание хромосом в бивалентах)

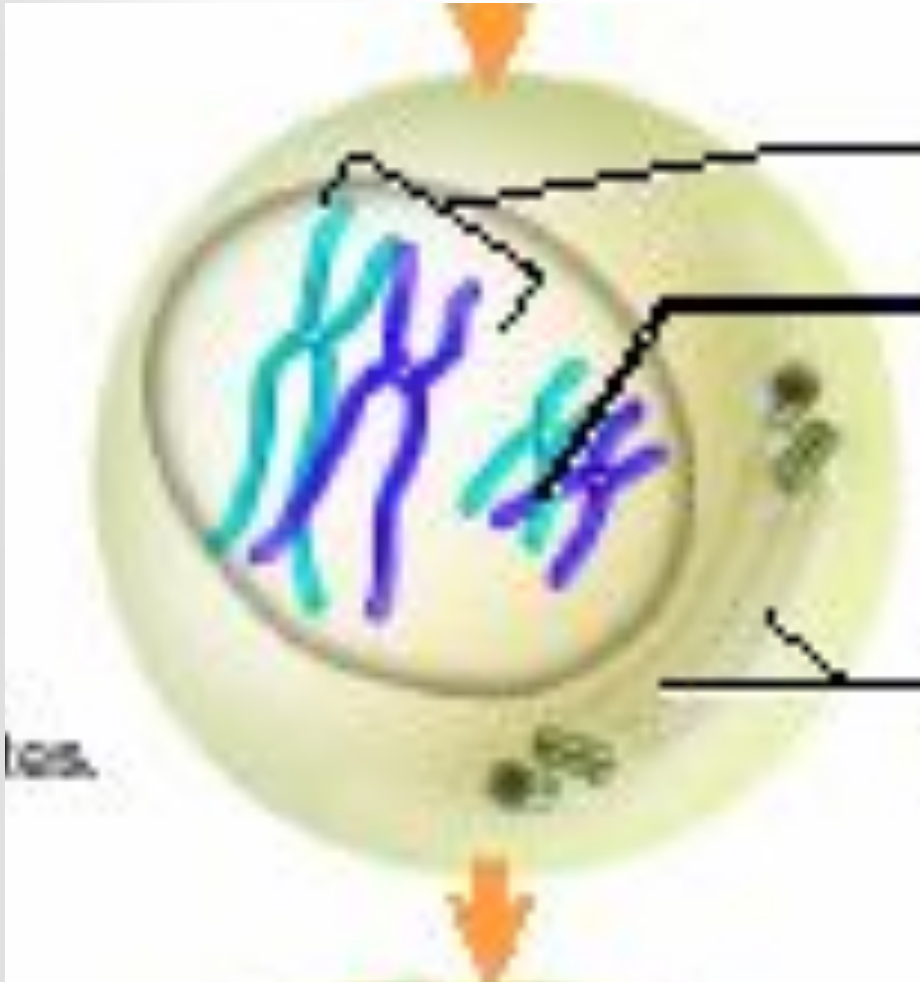


Г(II) Бивалент с двойной хиазмой.  
В результате поворота плеч хромосом образуется кольцевая структура

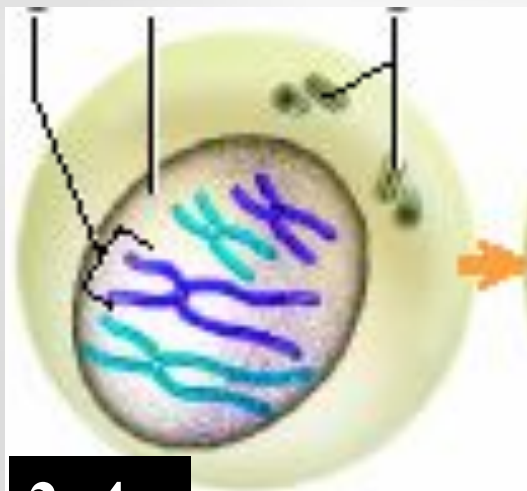


# Мейоз I

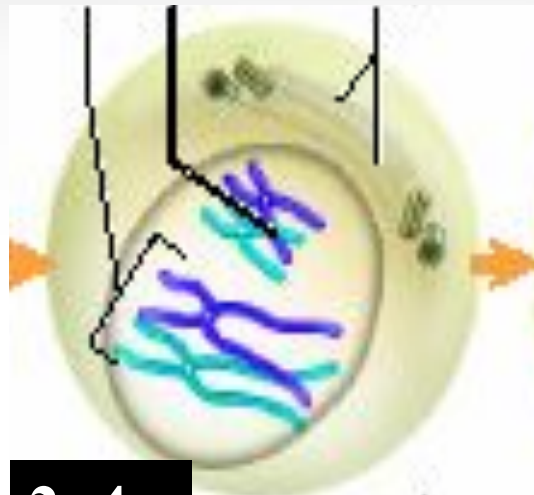
## Профаза I. Диакинез расхождение бивалентов



# Мейоз I Профаза I

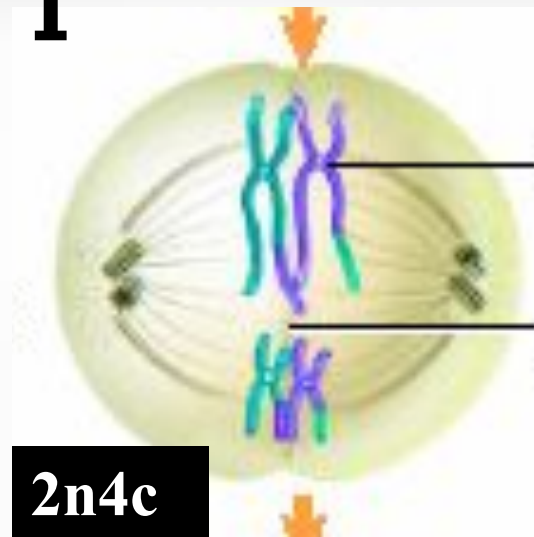


$2n4c$

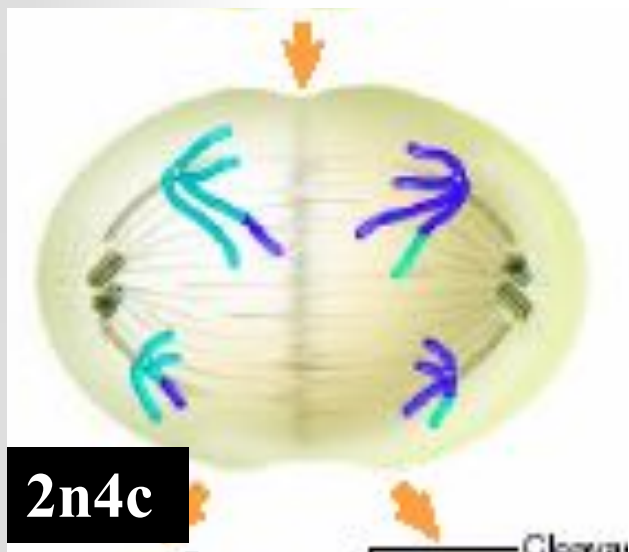


$2n4c$

# Метафаза I

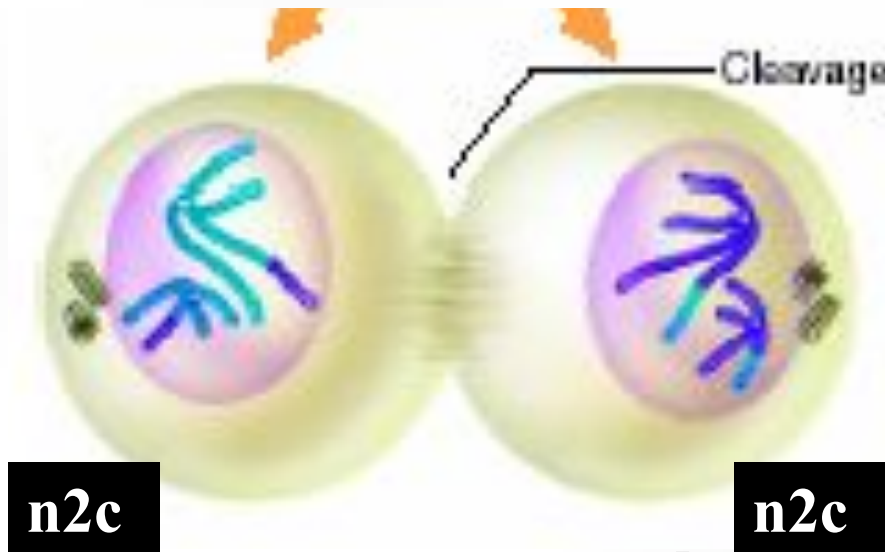


$2n4c$



$2n4c$

Анафаза



$n2c$

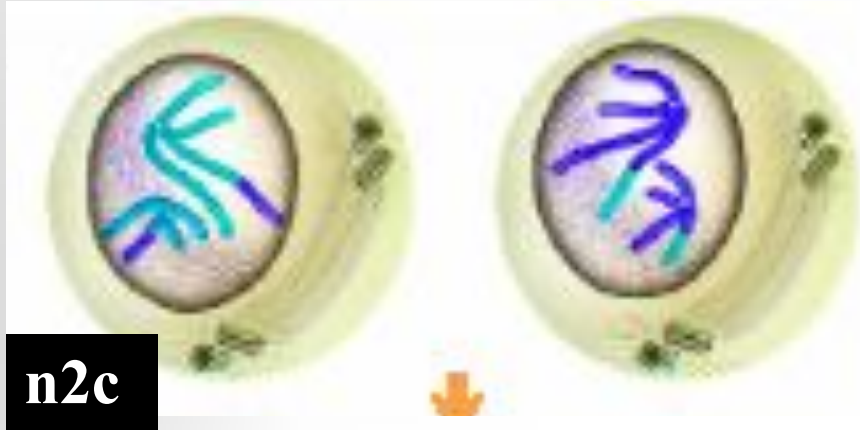
$n2c$

Телофаза

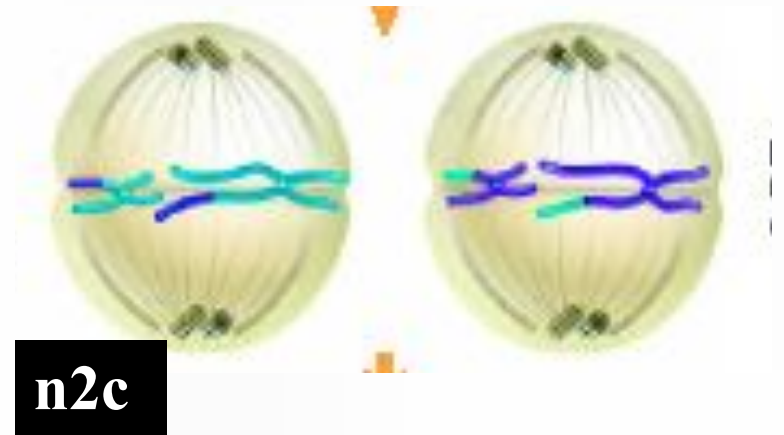


# Мейоз II

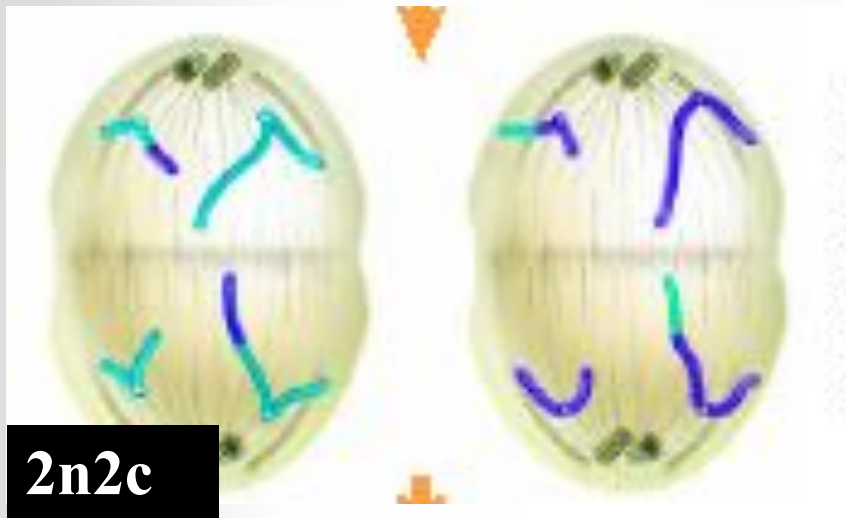
## Профаза II



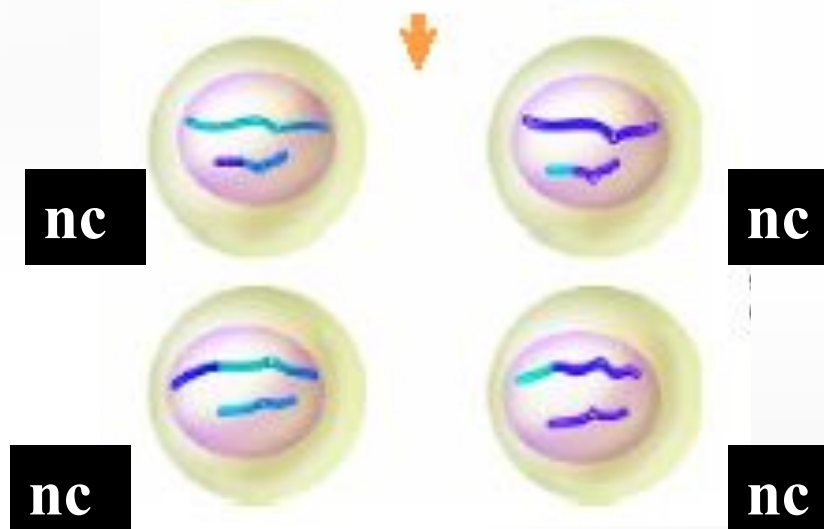
## Метафаза II

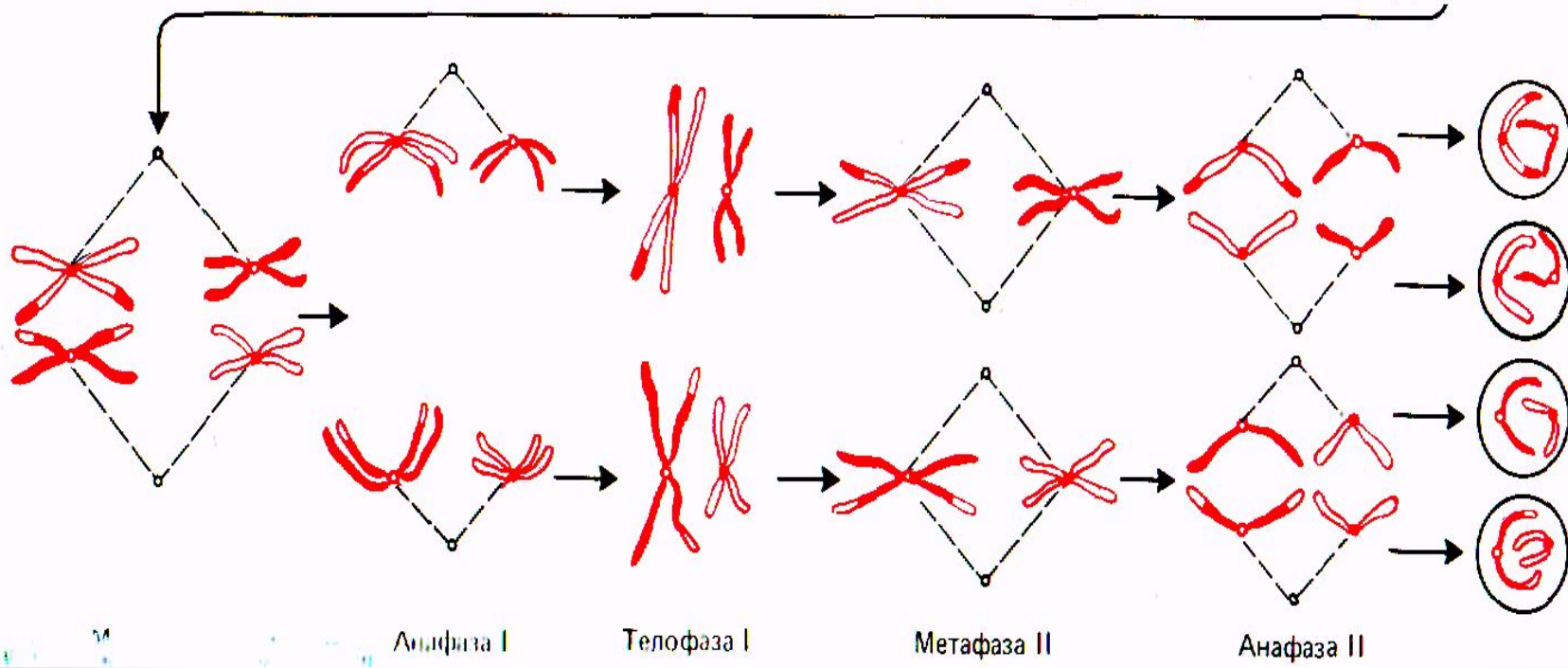
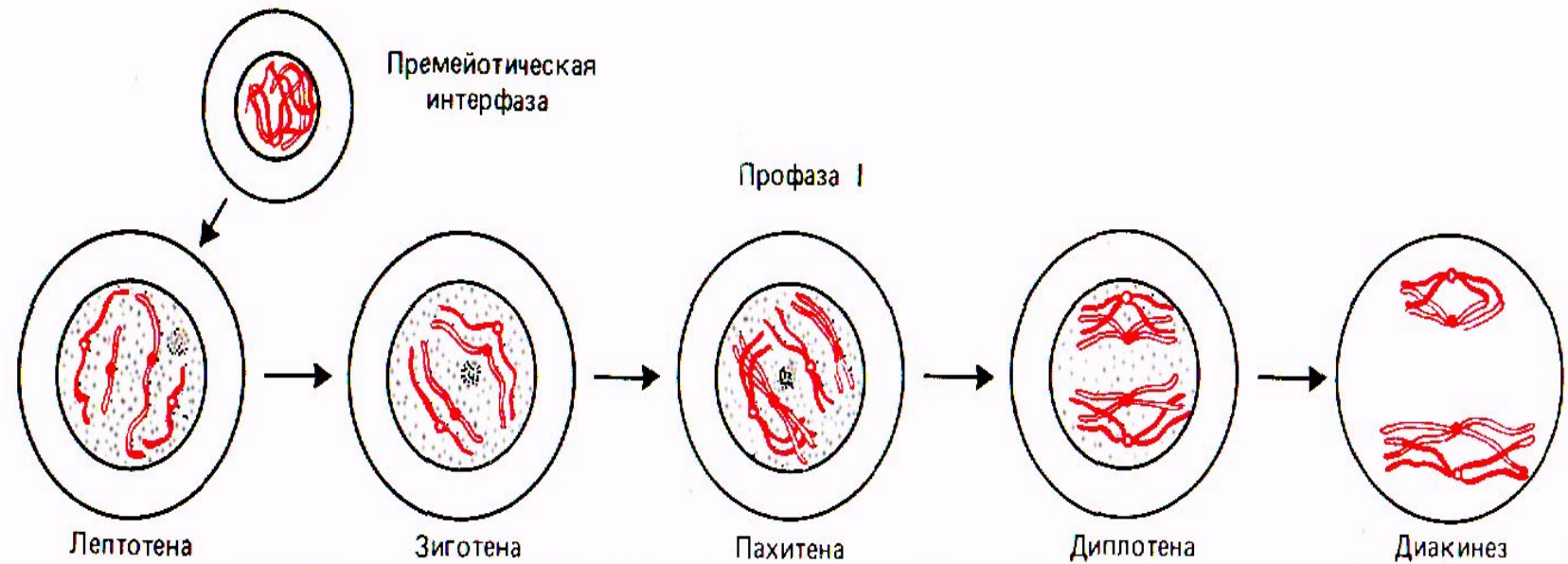


## Анафаза II



## Телофаза II





# Биологическое значение мейоза

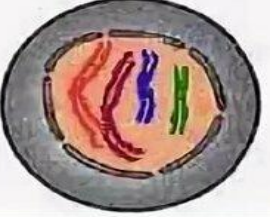

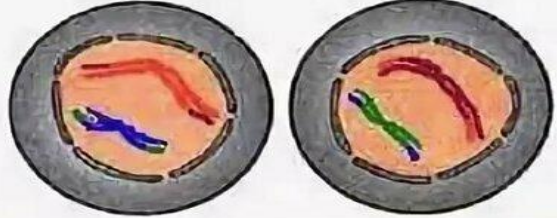
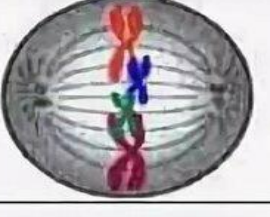
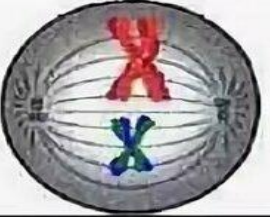
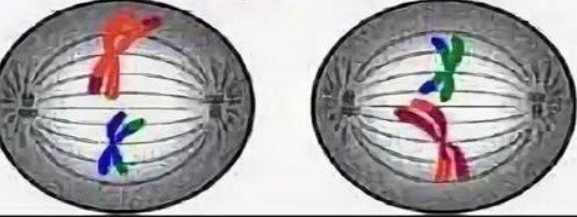
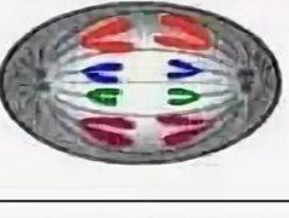
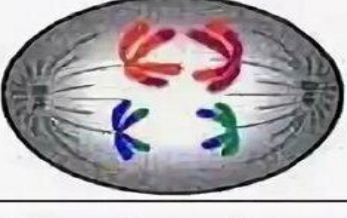
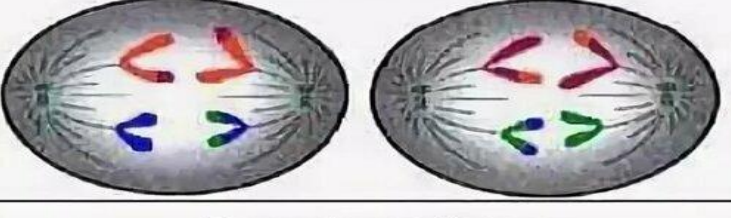



- Благодаря мейозу во всех живых организмах при половом размножении поддерживается постоянство числа хромосом (кариотипа) в поколениях организмов.
  
- Мейоз - мощный фактор комбинативной изменчивости. Механизмы комбинативной изменчивости:
  - а. Благодаря кроссинговеру происходит рекомбинация генов гомологичных хромосом (отцовской и материнской). В результате образуются качественно новые, рекомбинантные хромосомы.
  
  - б. В связи с независимым расхождением отцовских и материнских хромосом в анафазе 1 деления происходит рекомбинация на уровне целых хромосом - рекомбинация отцовских и материнских хромосом в гаметах. Благодаря такому механизму достигается большое число новых сочетаний наследственной информации.
  
- 3. Независимое сочетание хромосом в зиготе при оплодотворении

Митоз	Мейоз
1. Происходит в <b>соматических</b> клетках	1. Происходит в <b>созревающих</b> половых клетках
2. Лежит в основе <b>бесполого</b> размножения	2. Лежит в основе <b>полового</b> размножения
3. <b>Одно</b> деление	3. <b>Два</b> последовательных деления
4. Удвоение молекул ДНК происходят в <b>интерфазе</b> перед делением	4. Удвоение молекул ДНК происходит только перед <b>первым</b> делением, перед вторым делением <b>интерфазы нет</b>
5. <b>Нет</b> конъюгации	5. <b>Есть</b> конъюгация
6. В метафазе удвоенные хромосомы выстраиваются по экватору <b>отдельно</b>	6. В метафазе удвоенные хромосомы выстраиваются по экватору <b>парами (бивалентами)</b>
7. Образуются <b>две</b> диплоидные клетки ( <b>соматические</b> клетки)	7. Образуются <b>четыре</b> гаплоидные клетки ( <b>половые</b> клетки)



# Размножение клеток **митоз** и образование гаплоидных клеток **мейоз**

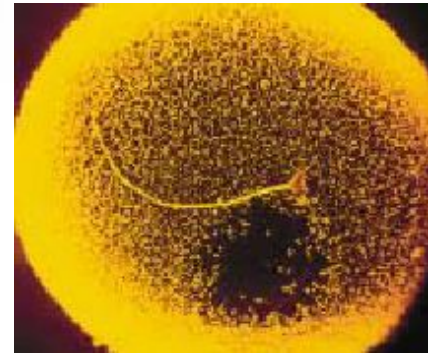
( $n$  - набор хромосом = 2;  $c$  - количество ДНК в хромосоме)

<b>Митоз</b>	<b>М е й о з</b>	
	<i>Первое деление</i>	<i>Второе деление</i>
<b>ПРОФАЗА</b> $2n4c$	<b>Профаза I</b> $2n4c$	<b>Профаза II</b> , $1n2c$
		
<b>МЕТАФАЗА</b> $2n4c$	<b>Метафаза I</b> $2n4c$	<b>Метафаза II</b> $1n2c$
		
<b>АНАФАЗА</b> $4n4c$	<b>Анафаза I</b> $2n4c$	<b>Анафаза II</b> $2n2c$
		
<b>ТЕЛОФАЗА</b> $2n2c$	<b>Телофаза I</b> $1n2c$	<b>Телофаза II</b> $1n1c$
		

# Типы гамет



- **Микрогаметы или спермии** – мелкие подвижные клетки, образуются в результате **сперматогенеза** в репродуктивных органах – гонадах – **семенниках**.
- **Макрогаметы или яйцеклетки** – обычно крупные, сферической формы неподвижные, образуются в результате **овогенеза** в **яичниках**.





# Сперматогенез

# Овогенез (Оогенез)

фаза  
РАЗМНОЖЕНИЯ

МИТОЗ

сперматогонии

$2n2c$

овогонии

$2n2c$

сперматоцит  
I порядка

$2n4c$

фаза  
РОСТА

рост клетки,  
репликация ДНК

овоцит  
I порядка

$2n4c$

сперматоцит  
II порядка

$n2c$

фаза  
СОЗРЕВАНИЯ

мейоз

$n2c$

овоцит  
II порядка

сперматиды

$nc$

$nc$

сперматозоиды

фаза  
ФОРМИРОВАНИЯ

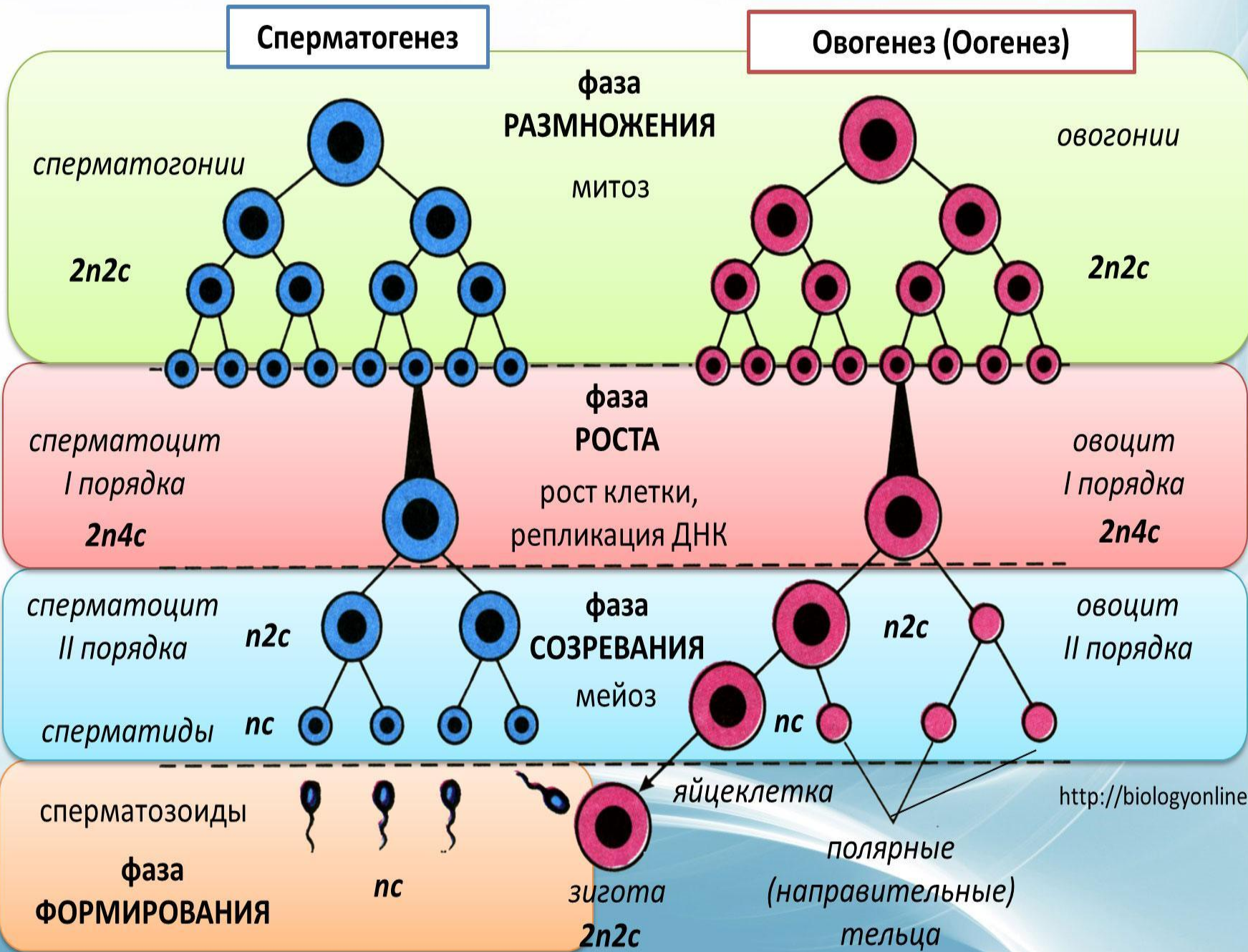
$nc$

зигота  
 $2n2c$

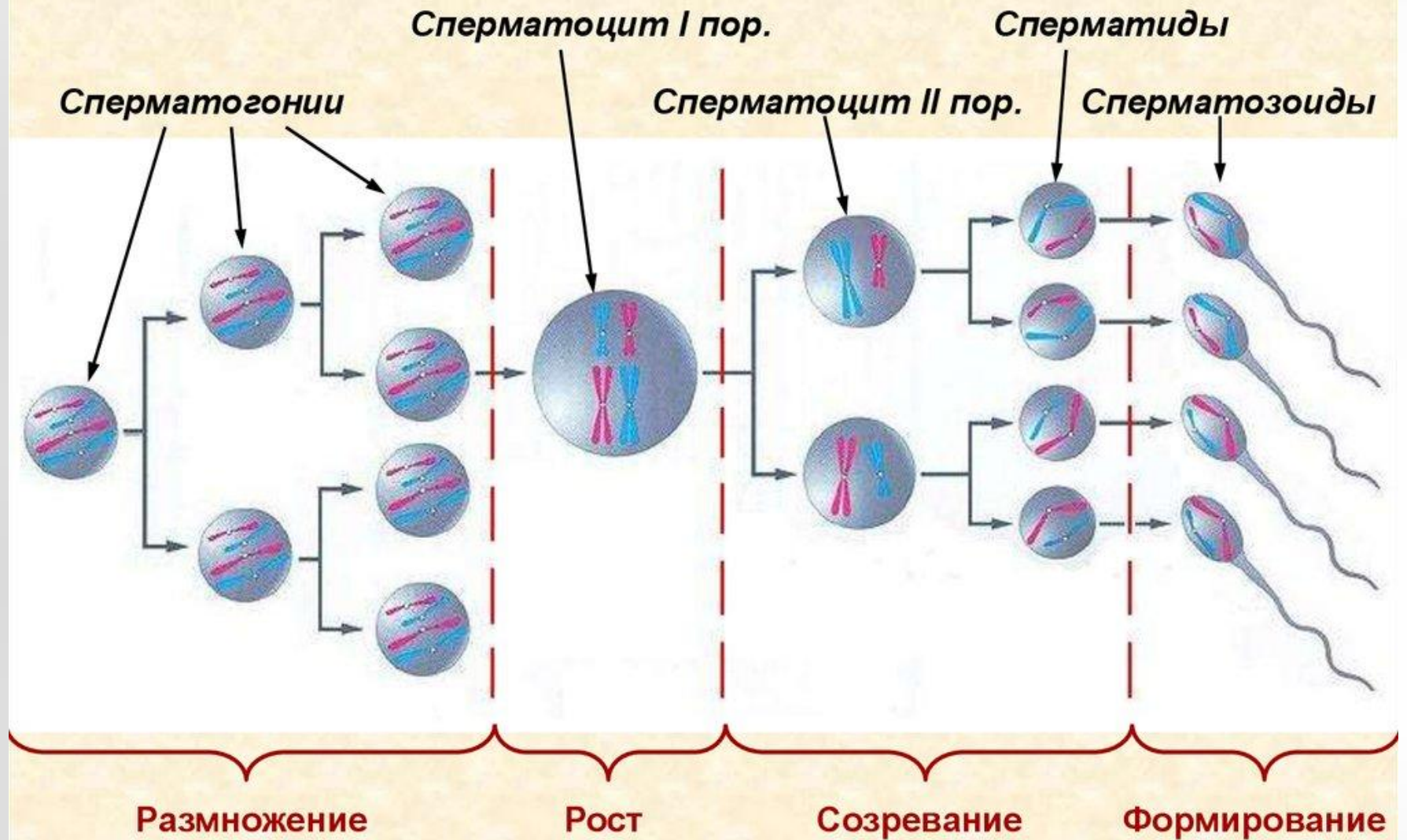
яйцеклетка

полярные  
(направительные)  
тельца

<http://biologyonline.ru>

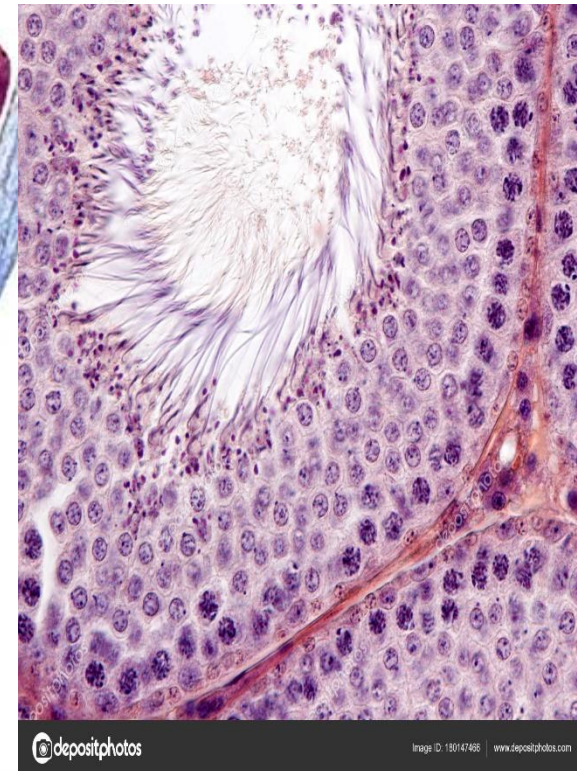
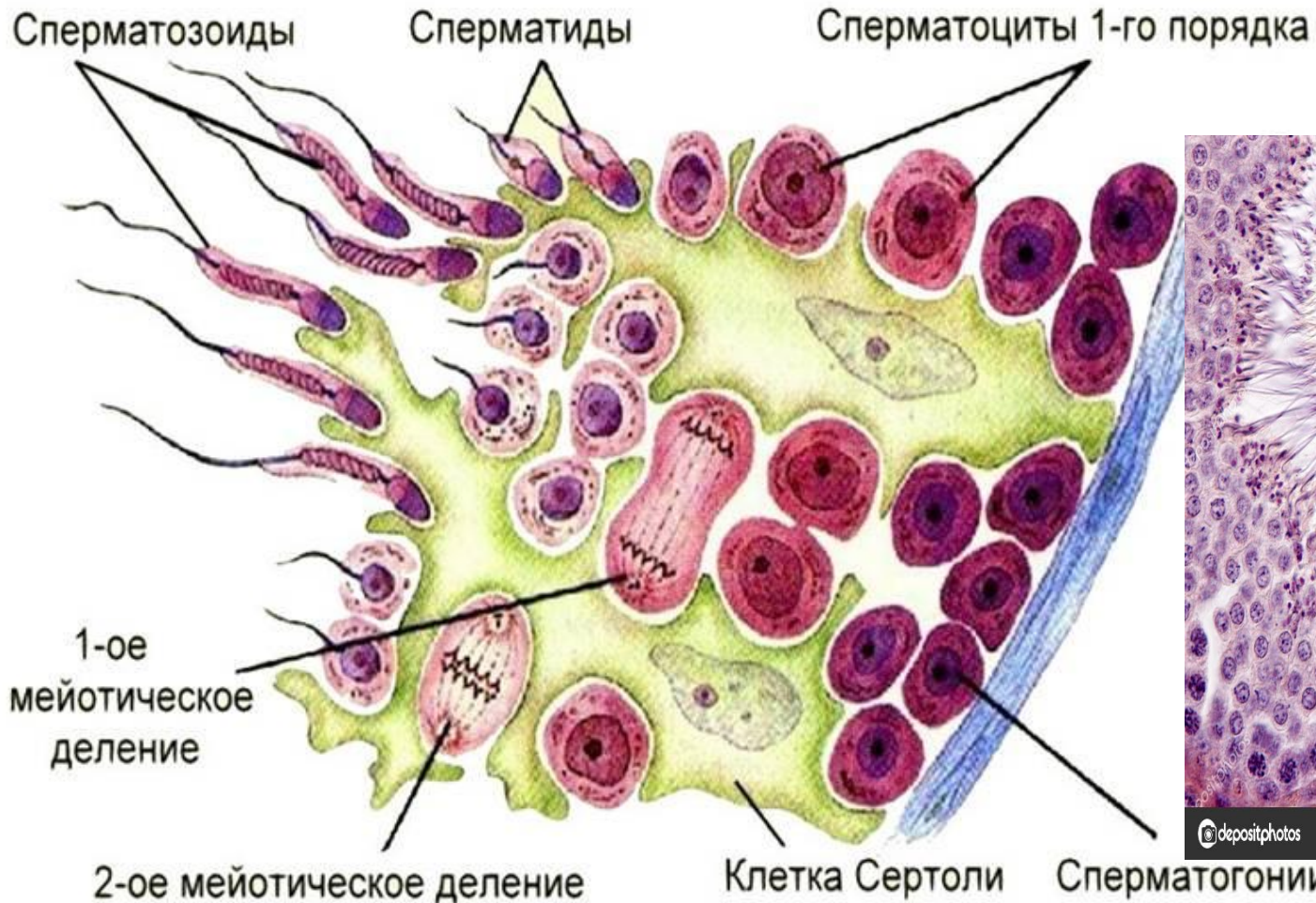


# Сперматогенез

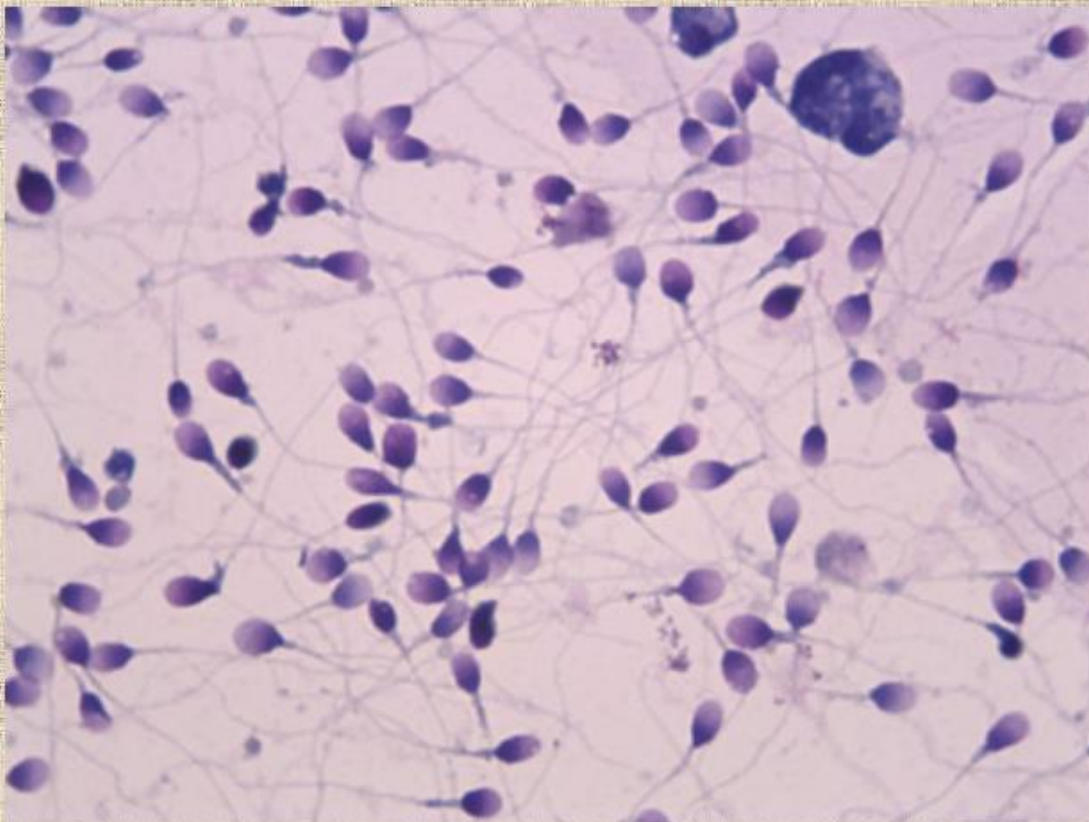




# СПЕРМАТОГЕНЕЗ - ЭТО РАЗВИТИЕ МУЖСКИХ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК (СПЕРМАТОЗОИДОВ), ПРОИСХОДЯЩЕЕ ПОД РЕГУЛИРУЮЩИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГОРМОНОВ.







## **СПЕРМАТОЗОИД МЛЕКОПИТАЮЩИХ**



# Сперматогенез

# Овогенез (Оогенез)

фаза  
РАЗМНОЖЕНИЯ

МИТОЗ

сперматогонии

овогонии

$2n2c$

$2n2c$

сперматоцит  
I порядка

$2n4c$

фаза  
РОСТА

рост клетки,  
репликация ДНК

овоцит  
I порядка

$2n4c$

сперматоцит  
II порядка

$n2c$

фаза  
СОЗРЕВАНИЯ

мейоз

$n2c$

овоцит  
II порядка

сперматиды

$nc$

$nc$

сперматозоиды

фаза  
ФОРМИРОВАНИЯ

$nc$

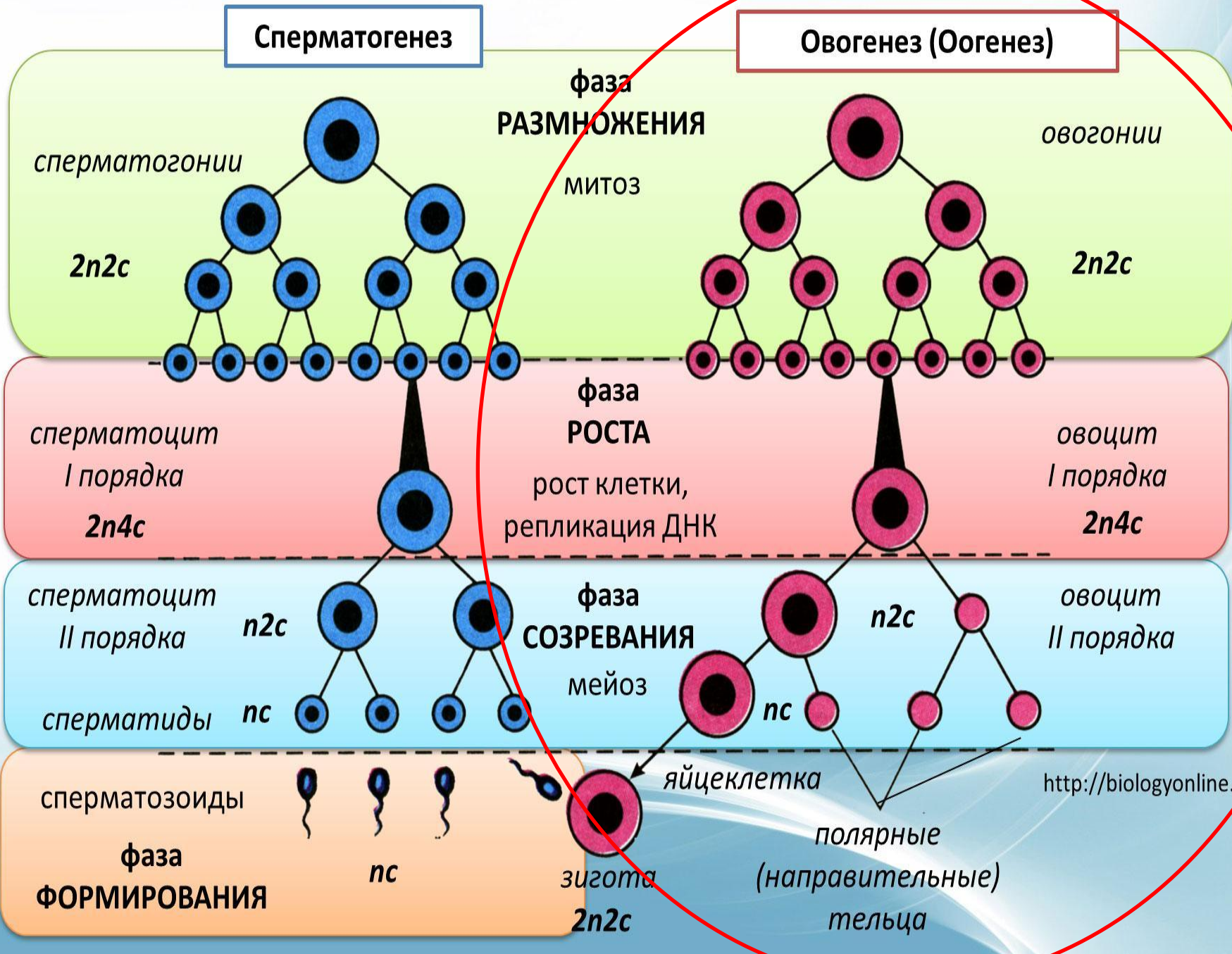
яйцеклетка

зигота

$2n2c$

полярные  
(направительные)  
тельца

<http://biologyonline.ru>



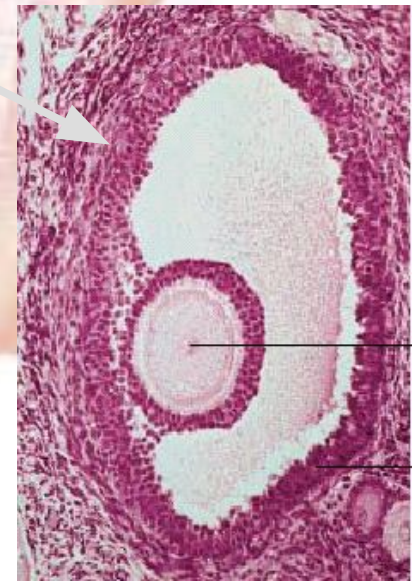
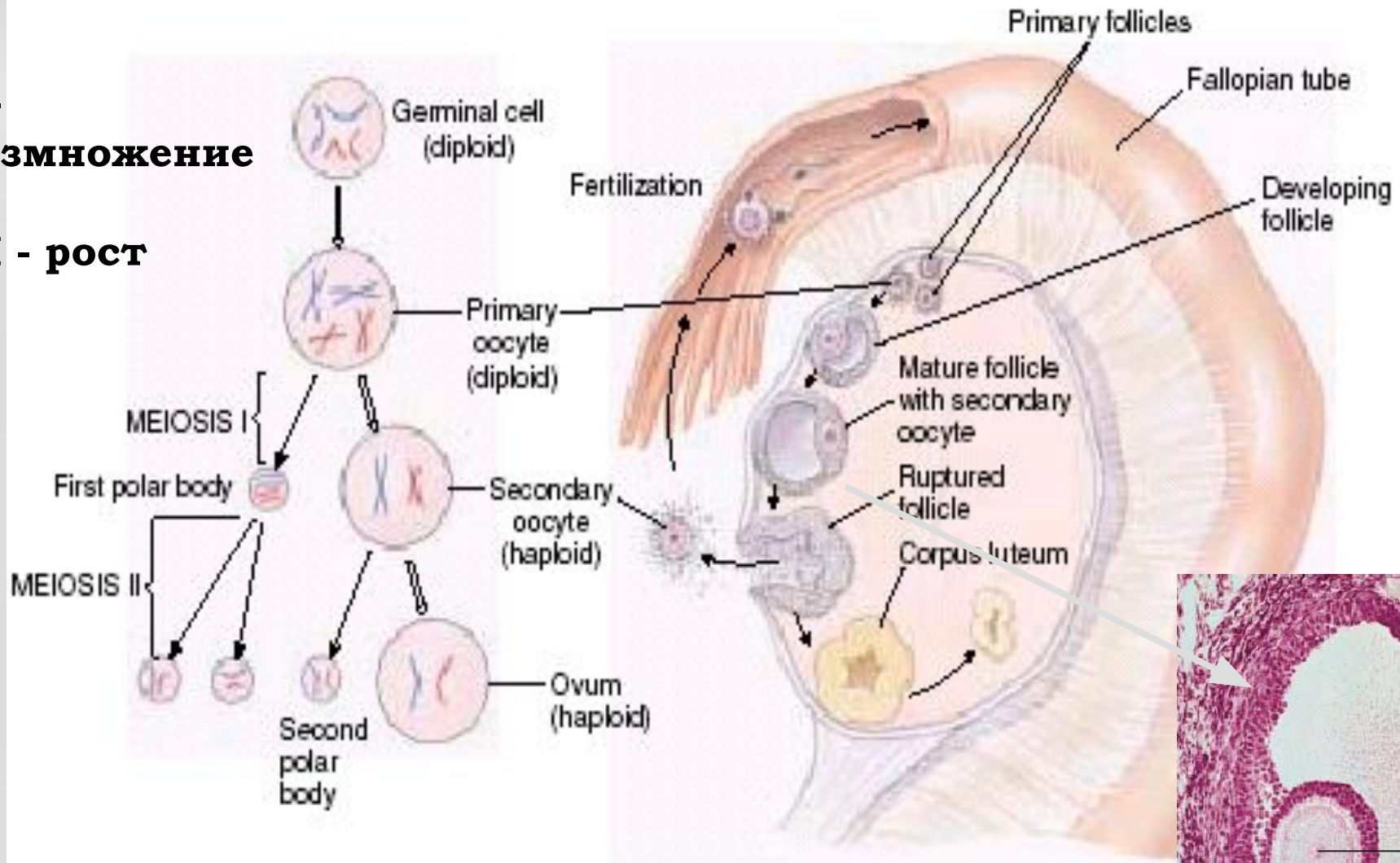


# Этапы овогенеза

I - размножение

II - рост

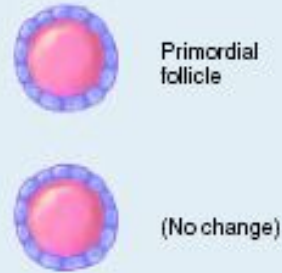
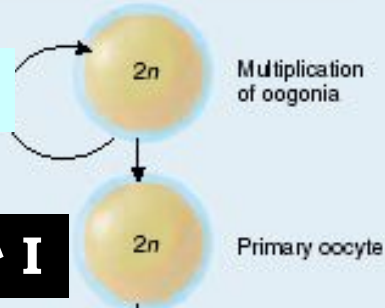
III - созревание





Development of the egg (oogenesis)

Development of the follicle



До рождения

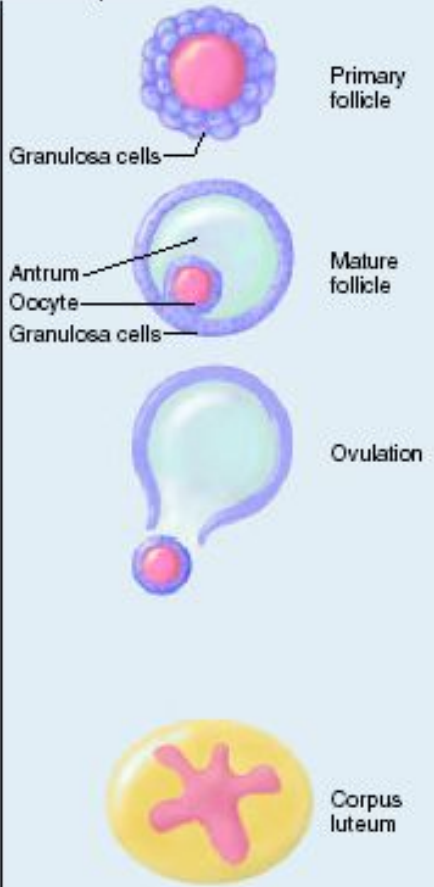
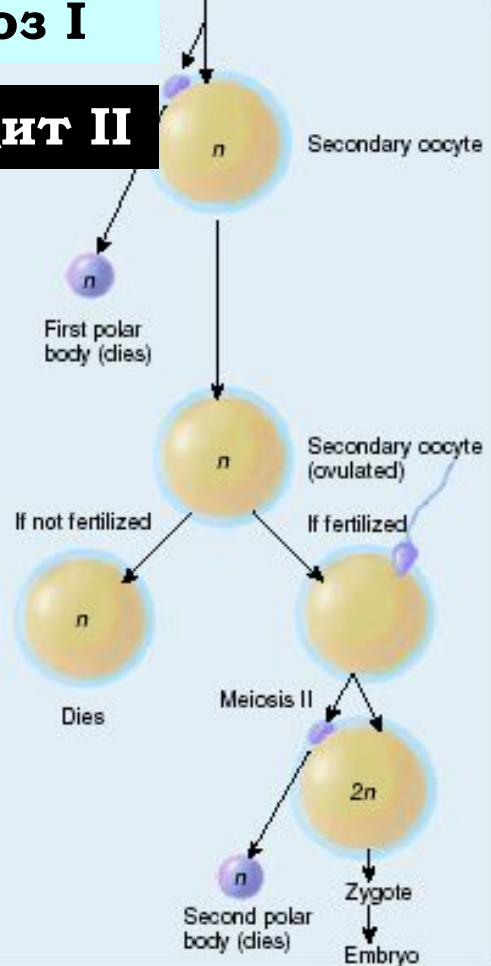
Митоз

Ооцит I

Мейоз I

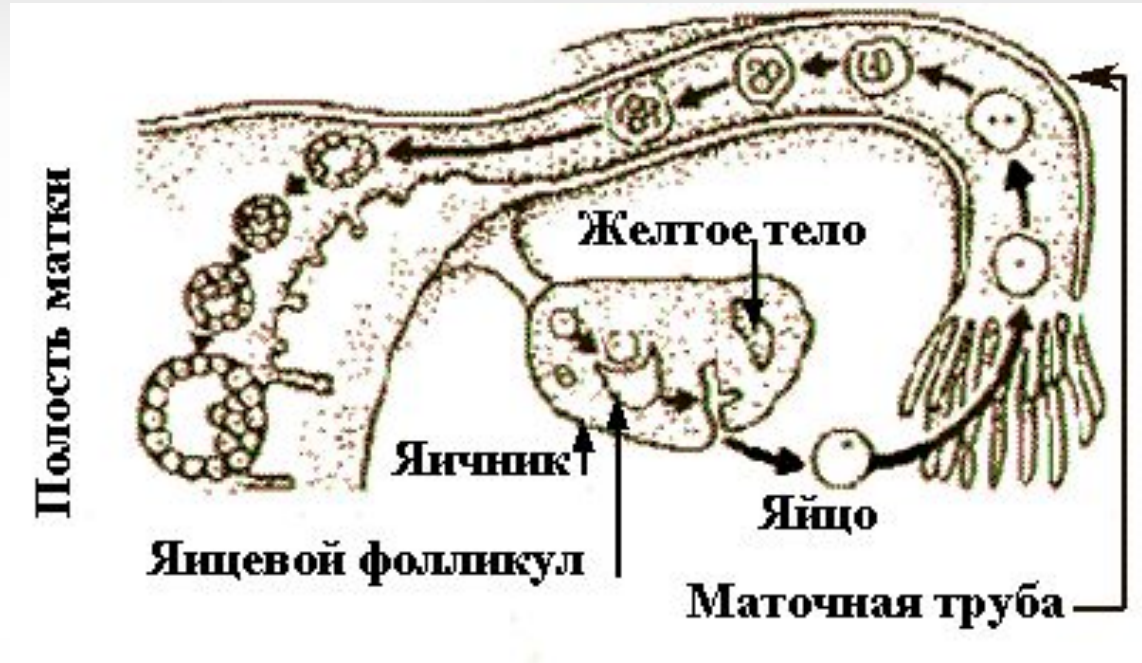
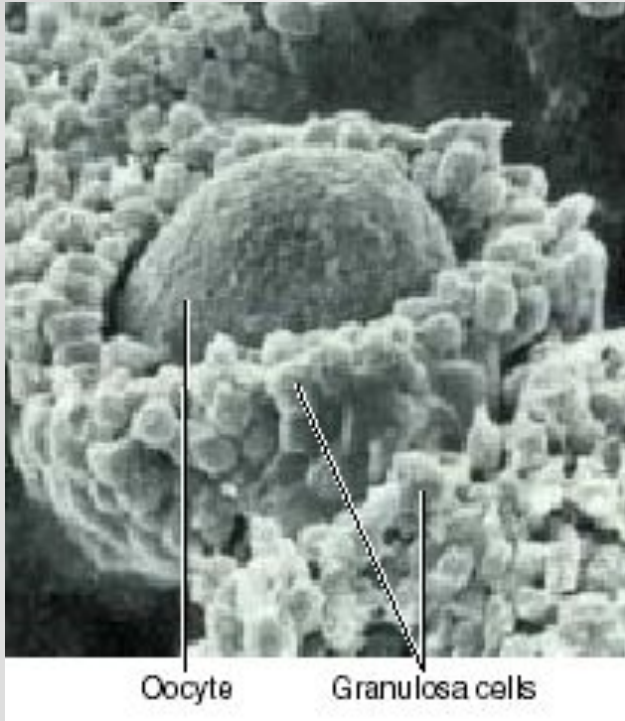
Ооцит II

Adolescence to menopause



После полового созревания

# Строение яйцеклетки



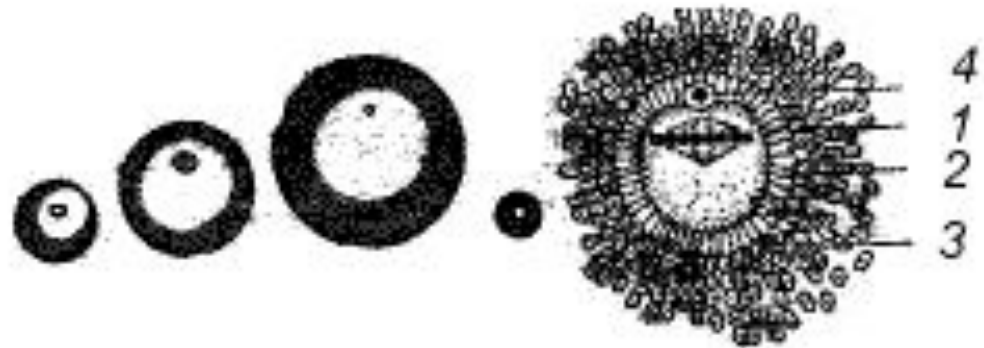
У человека – около 0,1 мм.

1 – хромосомы на стадии  
метафазы II;

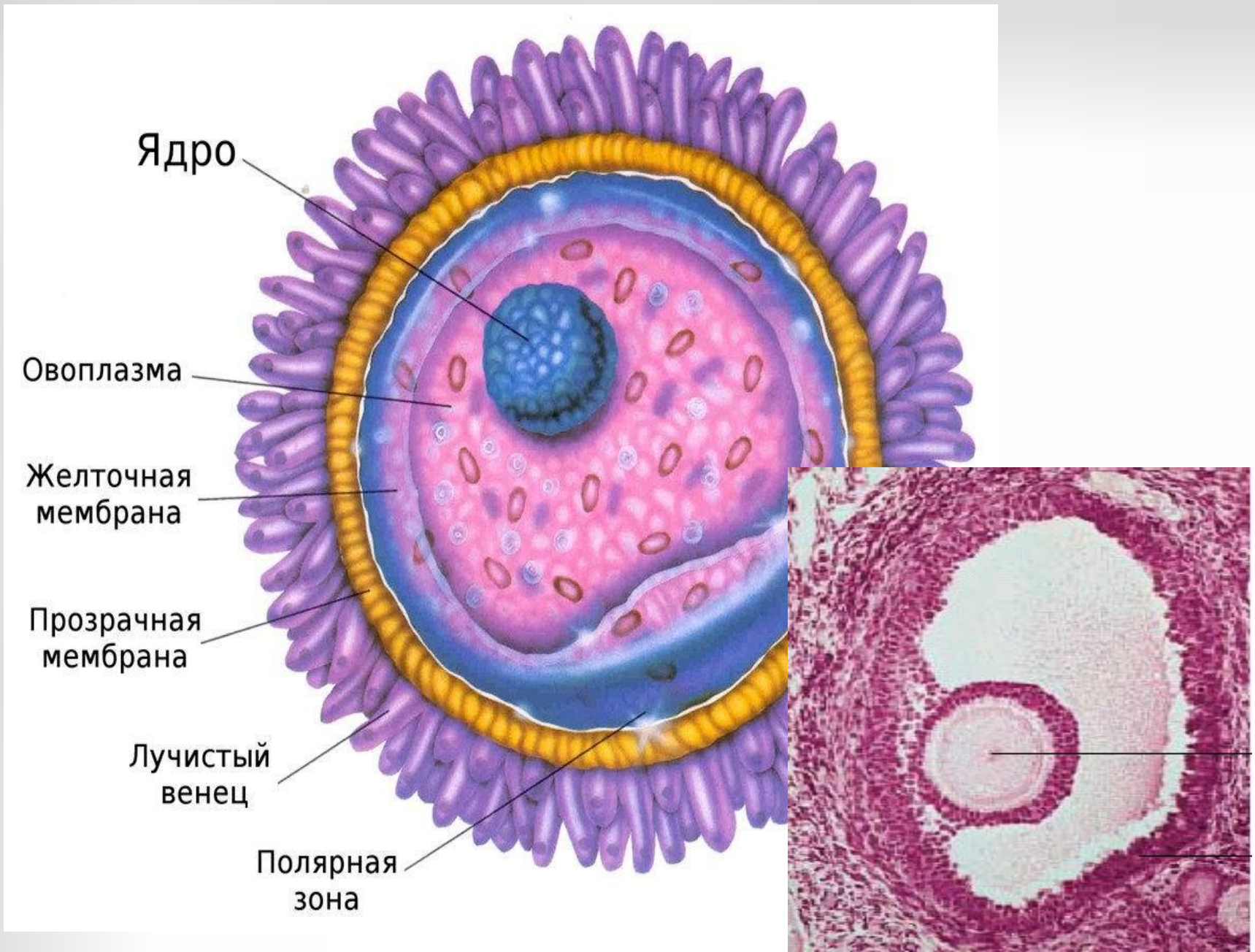
2 – блестящая оболочка;

3 – лучистая оболочка;

4 –направительное тельце.







## Классификация яйцеклеток

**А. По количеству желтка** яйцеклетки подразделяются на:

- 1. Алецитальные** (млекопитающие, в том числе и человек) – практически лишены желтка.
- 2. Олиголецитальные** (ланцетник) – содержат небольшое количество желтка.
- 3. Мезолецитальные** (амфибии и некоторые рыбы) – содержат среднее количество желтка.
- 4. Полилецитальные** (пресмыкающиеся и птицы) – содержат много желтка.



## **Б. По распределению желтка**

различают яйцеклетки:

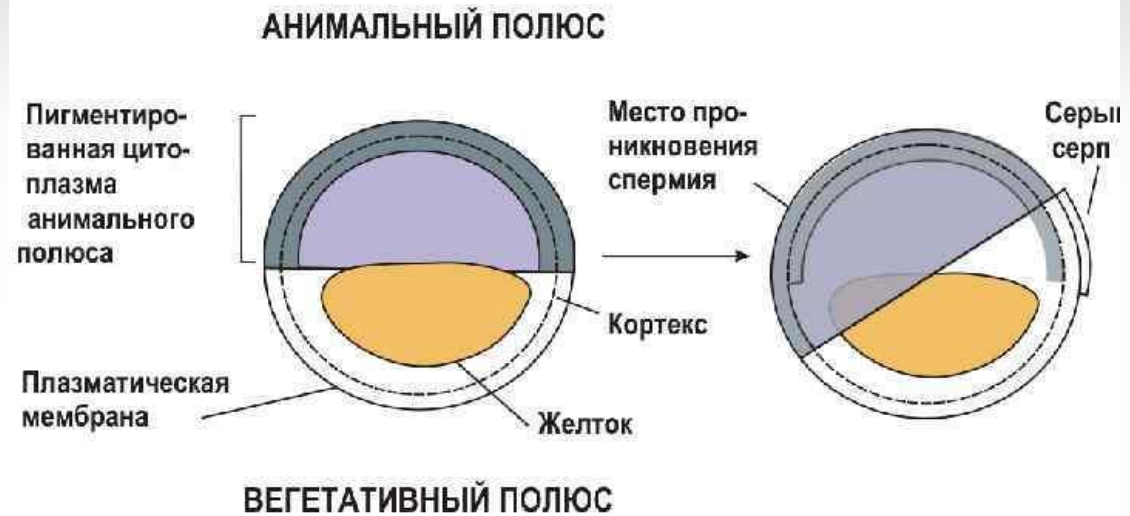
- 1. Изолецитальные** (ланцетник, черви) – содержат небольшое количество равномерно распределенного желтка.
- 2. Умеренно телолецитальные** (амфибии) – содержат среднее количество желтка, который сосредоточен на одном полюсе клетки; на другом полюсе располагается ядро.

*Б. По распределению желтка*

**3. Резко телолецитальные** (птицы) – содержат много желтка, занимающего почти весь объем цитоплазмы.

**4. Центролецитальные** (насекомые) – содержат много желтка, который окружает ядро толстым слоем.

Распределение желтка обуславливает появление **анимального** (с ядром) и **вегетативного** (с желтком) **полюсов** яйцеклетки и будущую пространственную организацию зародыша.



- **Овоплазматическая сегрегация** – явление внутренней неравнозначности цитоплазмы яйцеклетки.
- От типа яйцеклетки зависит тип дробления будущей зиготы.
- **Зигота** – оплодотворенная диплоидная клетка.



# Формы размножения организмов

## Бесполое

- деление (бинарное, митотическое, шизогония, амитоз)
- почкование
- фрагментация
- полиэмбриония
- спорообразования (споруляция)
- вегетативное
- клонирование

## Половое

### с участием гамет

#### без оплодотворения

- партеногенез
- гиногенез
- андрогенез

#### с оплодотворением

- изогамия
- гетерогамия
- оогамия

### без участия гамет

- конъюгация
- копуляция



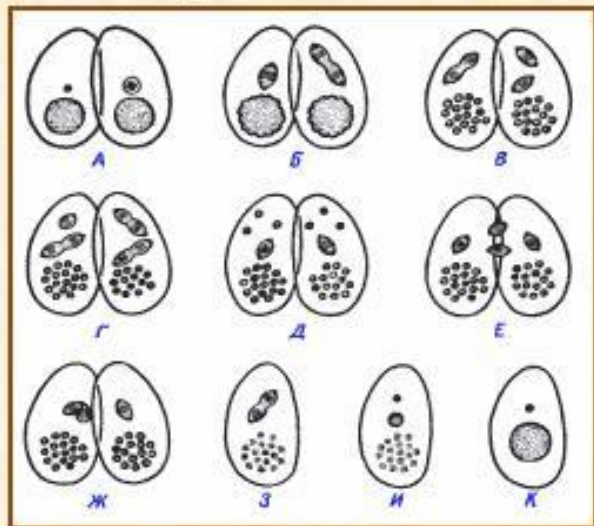
# Половое

## Одноклеточные

## Многоклеточные

### Конъюгация

- форма полового процесса, при которой оплодотворение происходит путем взаимного обмена мигрирующими ядрами, перемещающимися по ЦПМ, между особями. При конъюгации не происходит увеличения числа особей, но происходит обмен ген. материалом, что обеспечивает рекомбинацию наследственных свойств.



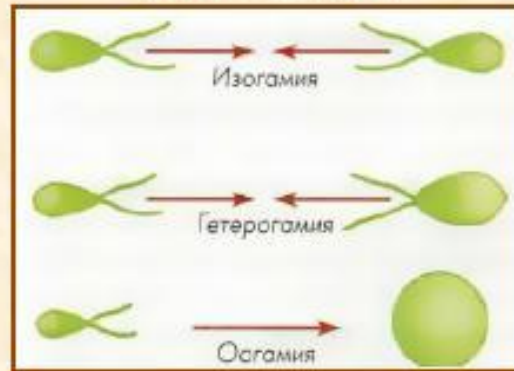
### Копуляция

(гаметогамия) — форма полового процесса, при которой две различающиеся по полу клетки — гаметы — сливаются и образуют зиготу. При этом ядра гамет образуют одно ядро зиготы.

### Изогамия

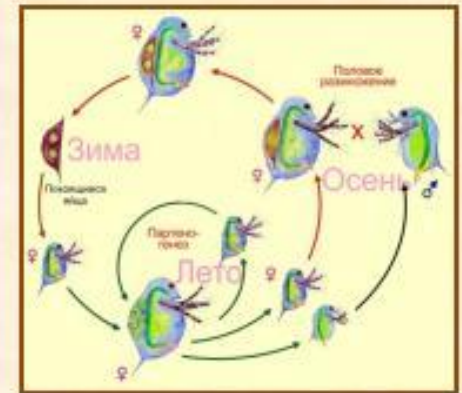
### Оогамия

### Анизогамия



### Партеногенез

«девственное размножение», при котором яйцеклетки развиваются во взрослом организме без оплодотворения.



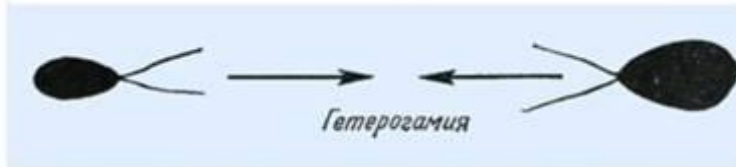
# Типы копуляции гамет

## 1. **Изогамная** (изогамия, равногаметность).



Обе гаметы мелкие и подвижные

## 2. **Анизогамная** (анизогамия, разногаметность). *Копуляция*



Обе гаметы подвижные  
яйцеклетка крупнее

## 3. **Оогамная** (оогамия).



Спермий мелкий подвижный,  
яйцеклетка крупная неподвижная

# Половое размножение

**Гетерогамия** – слияние двух подвижных клеток разных размеров

**Изогамия** – слияние двух подвижных, одинаковых по величине гамет

**Оогамия** – слияние крупной, неподвижной яйцеклетки и мелкого, подвижного сперматозоида

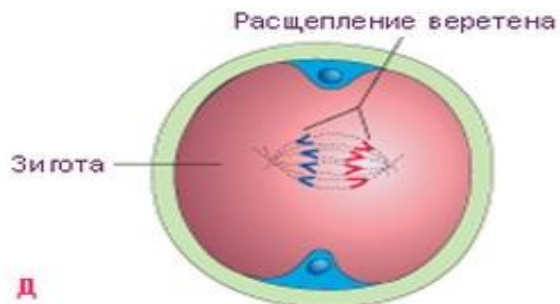
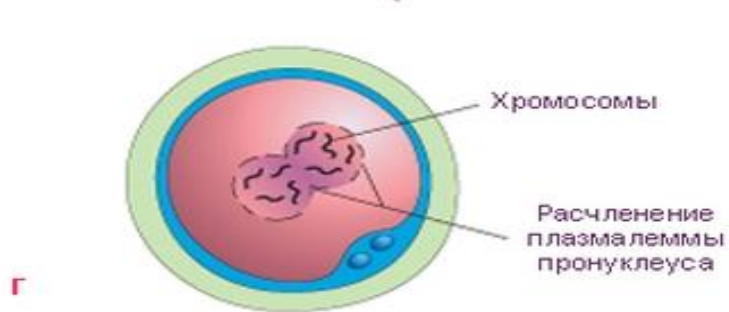
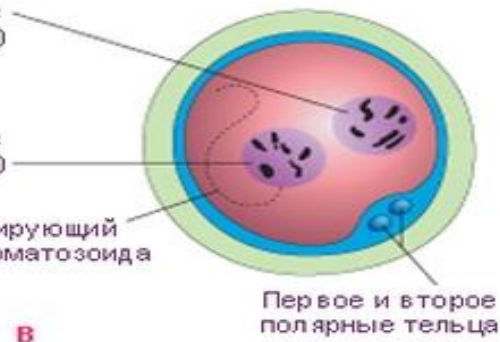
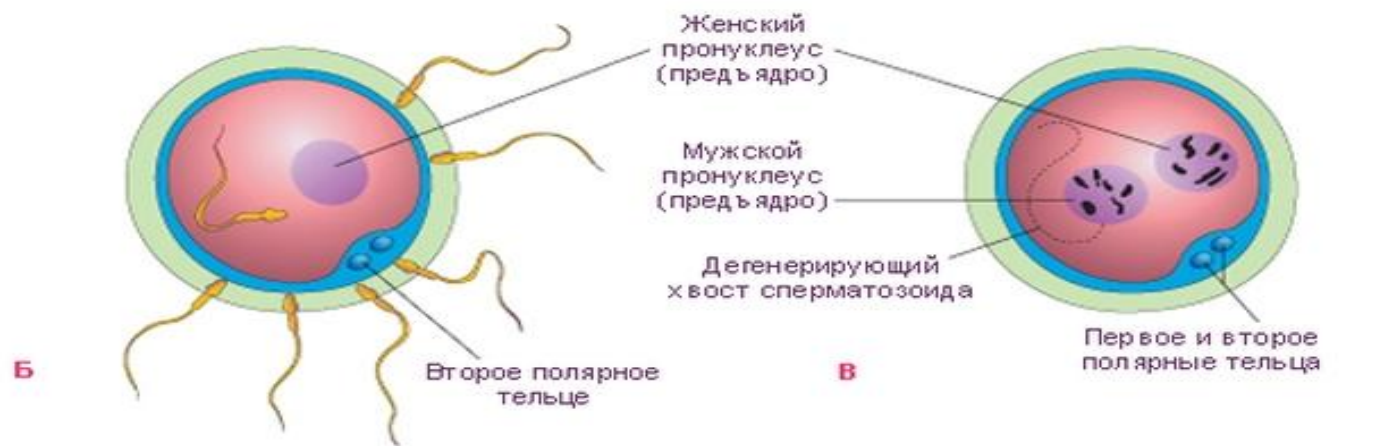
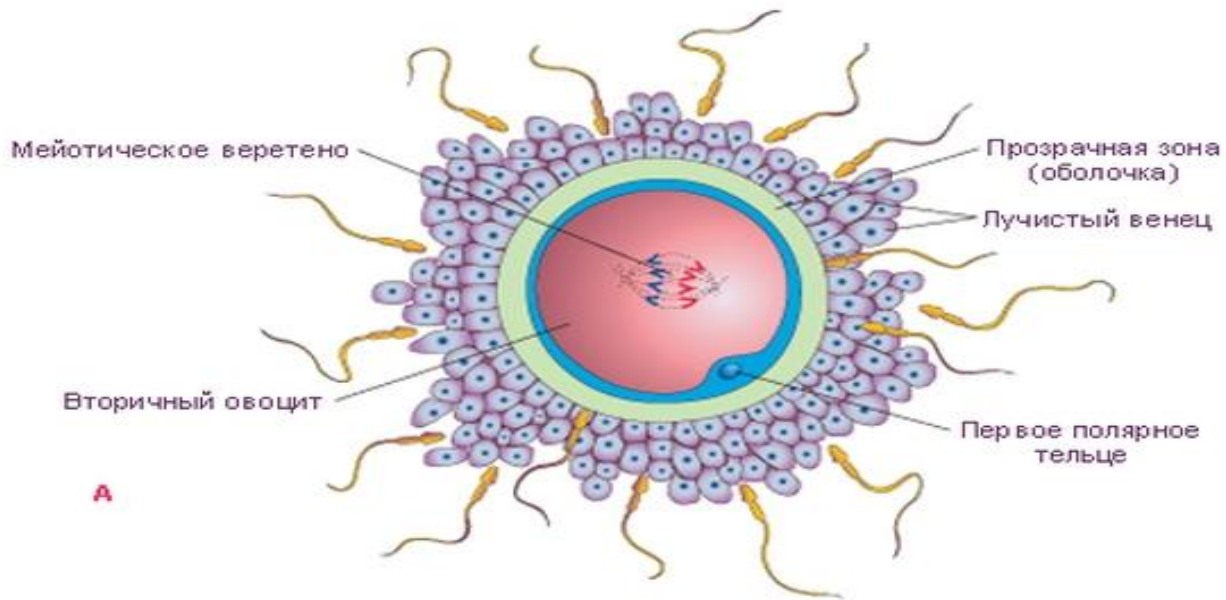
**Партеногенез** – развитие из неоплодотворенной яйцеклетки



# Стадии оплодотворения

1. Движение сперматозоида к яйцеклетке, рецепторное узнавание
2. Акросомная реакция сперматозоида
3. Слияние мембран двух гамет
4. Проникновение ядра сперматозоида в яйцеклетку
5. Активация яйцеклетки - кортикальная реакция, завершения деления мейоза II, запуск первого деления митоза
6. Кариогамия - объединение отцовского и материнского материала





## **Биологическое значение полового размножения.**

**Половое размножение приводит к огромной изменчивости, образованию форм с новыми наследственными свойствами в результате рекомбинации различных свойств обоих родителей**

**Благодаря изменчивости возрастает жизнеспособность потомков и их способность приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающей среды, что подхватывается естественным отбором и ведет к прогрессивной эволюции.**

# Партеногенез.

Девственное развитие. Новый организм развивается из неоплодотворенной яйцеклетки.



Тля



Дафния



Тутовый  
шелкопря  
д



Ящерицы



Пчела



# Партеногенез

**Партеногенез** – половое размножение, при котором развитие нового организма происходит из неоплодотворенной яйцеклетки.

## Партеногенез

### Факультативный

Как без оплодотворения, так и после него: пчелы, муравьи, коловратки

♂ + ♀ = самки

♀ → самцы

Возник как способ регуляции соотношения полов

### Циклический

У дафний, тлей

♀ → ♀ - летом

♂ + ♀ - осенью

Возник как способ выживания из-за большой гибели особей

### Обязательный (облигатный)

Все особи – самки (Кавказская скалистая ящерица)

Возник как способ выживания вида из-за трудностей встречи особей друг с другом

У растений (крестоцветные, сложноцветные, розоцветные и др.) партеногенез называется *апомиксис*.

# Гиногенез

- (греч.gyne – женщина);
- Сперматозоид является активатором развития;
- Ядро сперматозоида не участвует в оплодотворении:
- Гиногенез встречается у некоторых видов рыб (например, серебрястый карась). Их потомство состоит из одних самок.



# Андрогенез

- (греч. andros – мужчина, genesis – рождение);
- развитие зародыша происходит за счет ядер одной или двух мужских гамет, проникших в яйцеклетку с разрушенным ядром. Такие особи получены у тутового шелкопряда и некоторых ос. Все они имели лишь отцовские признаки.



## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:**

- 1. Что такое клеточный цикл?**
- 2. Как происходит регуляция клеточного цикла?**
- 3. Назовите и охарактеризуйте периоды митоза. Какие преобразования хромосом характерны для митоза (формула хромосом)?**
- 4. В чем заключается биологическое значение митоза?**
- 5. Что такое амитоз, эндомиоз и эндоредупликация?**
- 6. Назовите и охарактеризуйте периоды мейоза.**
- 7. В чем заключается биологическое значение мейоза?**
- 8. Что такое гаметогенез?**
- 9. Охарактеризуйте сперматогенез и овогенез.**
- 10. Перечислите и охарактеризуйте основные способы бесполого и полового размножения организмов.**

Благодарю за внимание!

