



## *Лекция 4*

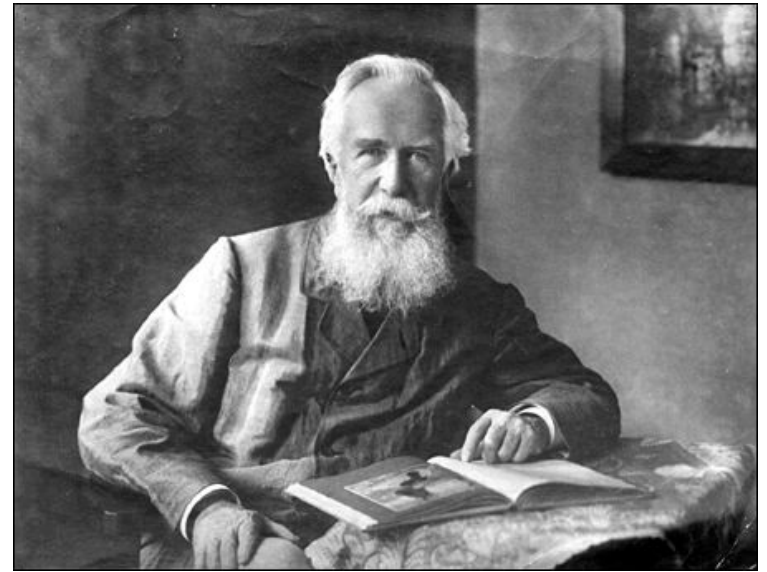


Индивидуальное развитие  
человека.

Этапы онтогенеза человека.

Про́генез: гаметогенез,  
осеменение, оплодотворение.  
Морфология половых клеток.

Онтогенез, или индивидуальное развитие — это совокупность процессов развития организма с момента слияния гамет с образования зиготы и до смерти.



Э.  
Геккель

## Прогенез :

- Гаметогенез
- Осеменение
- Оплодотворение

### 1. Антенатальное (внутриутробное) развитие

Длительность этого периода у человека 38-42 нед.

#### **А) эмбриональный (зародышевый) период (8 нед):**

- Дробление с образованием морулы
- Образование однослойного зародыша – бластулы
- Образование двух-, а затем трехслойного зародыша – гастрюла
- Образование осевых органов - нейруляция
- Образование тканей – гистогенез

**Б) *плодный, или фетальный период*** – с 9-ой недели, когда зародыш человека уже имеет все системы органов и его называют *плодом*.

## **2. Постнатальное (внеутробное) развитие:**

А) дорепродуктивный период

Б) репродуктивный период

В) пострепродуктивный период.

# Гаметы и гаметогенез

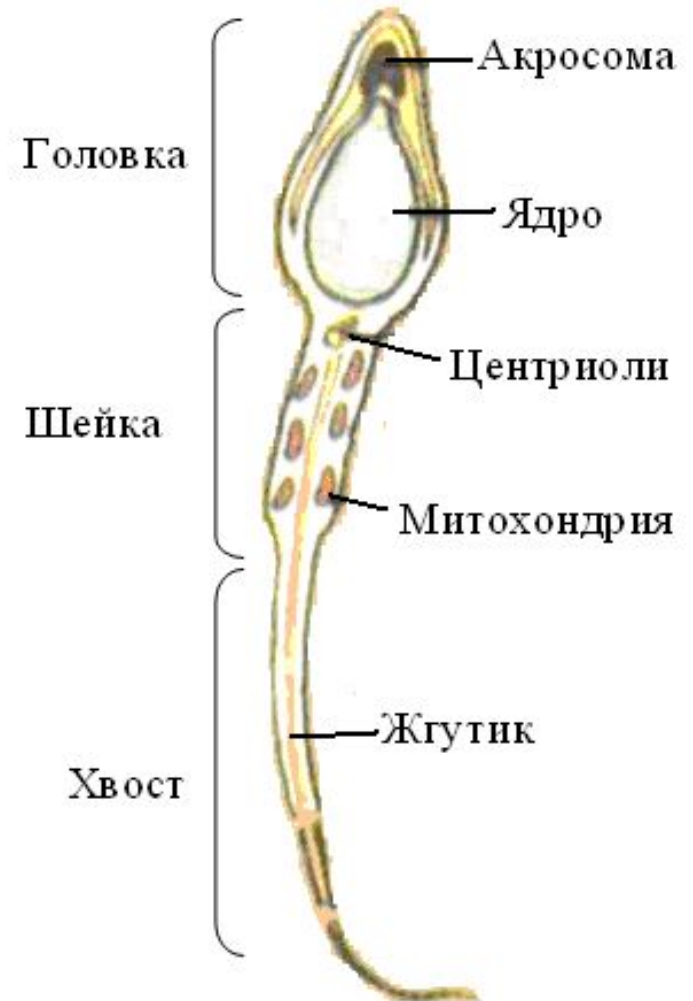
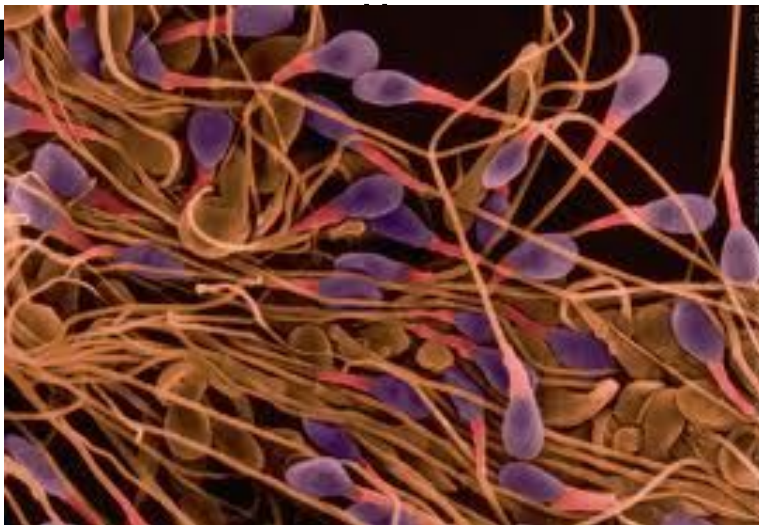


# Мужские гаметы – сперматозоиды

- Образуются у особей мужского пола в извитых канальцах **семенников** в процессе **сперматогенеза**.

## Строение

- ГОЛ



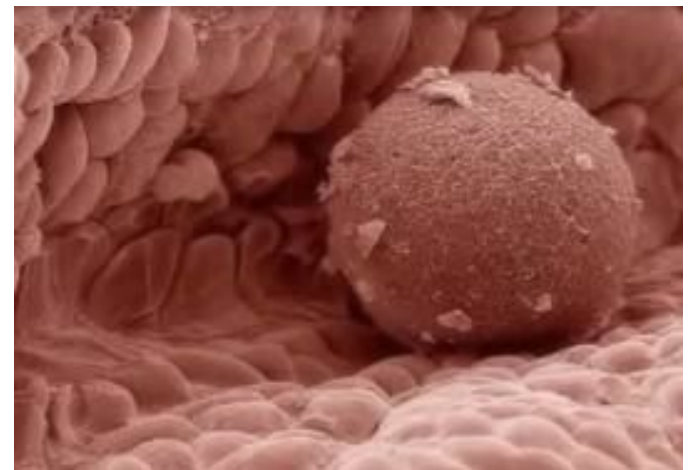
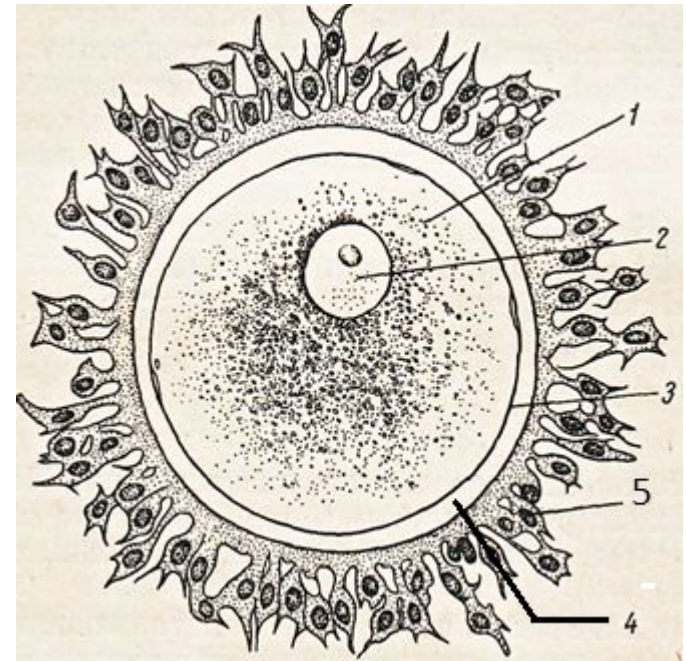
# Женские гаметы - яйцеклетки



- Образуются у особей женского пола в **яичниках**, в процессе **овогенеза**.

## Строение

- Ядро (2),
- цитоплазма с желтком (1),
- Прозрачная (блестящая) оболочка (zona pellucida) (3)
- цитоплазматическая мембрана (4),
- Зернистая оболочка из фолликулярных клеток (corona radiata) (5)

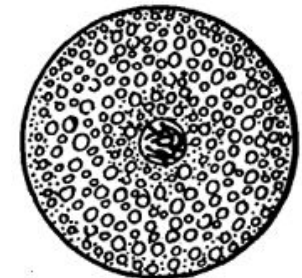
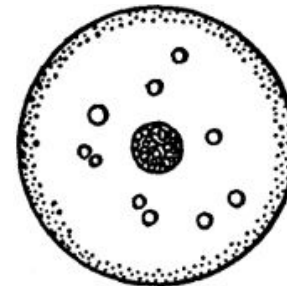




# Сравнение яйцеклеток по содержанию и распределению желтка

## По количеству желтка:

- Алецитальные
- Олиголецитальные (первично и вторично)
- Полилецитальные



## По распределению желтка

- Изолецитальные
- Телолецитальные (умеренно и резко)



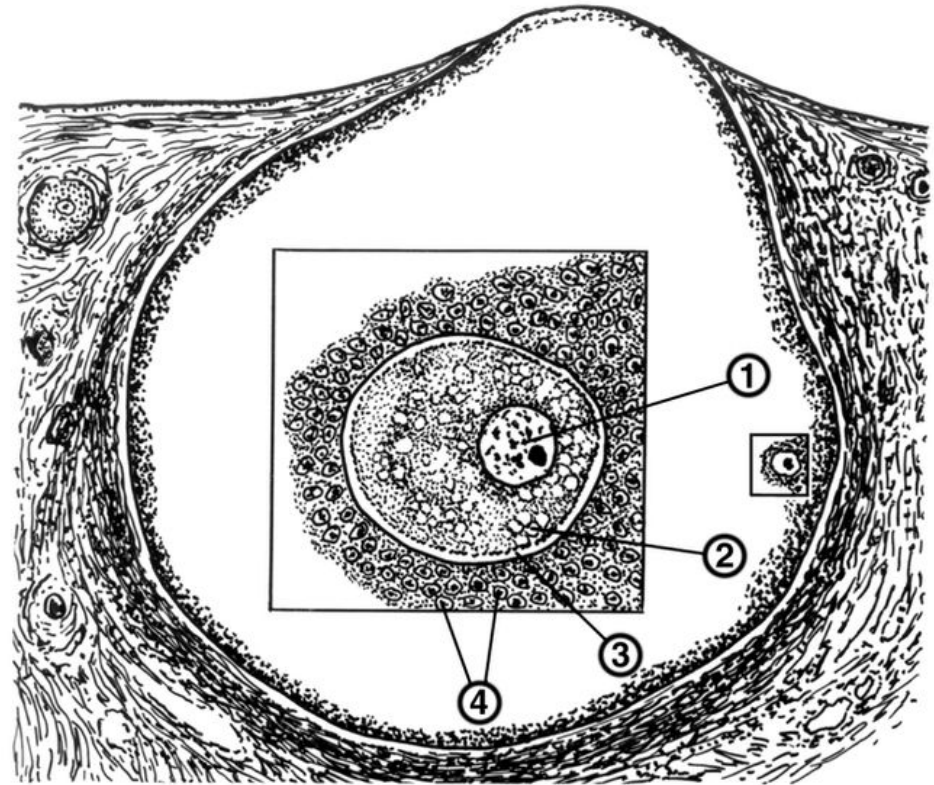


# Два полюса телолецитальной яйцеклетки

- Анимальный полюс
- Вегетативный полюс

## Эволюция гамет:

- изогамия
- анизогамия
- овогамия

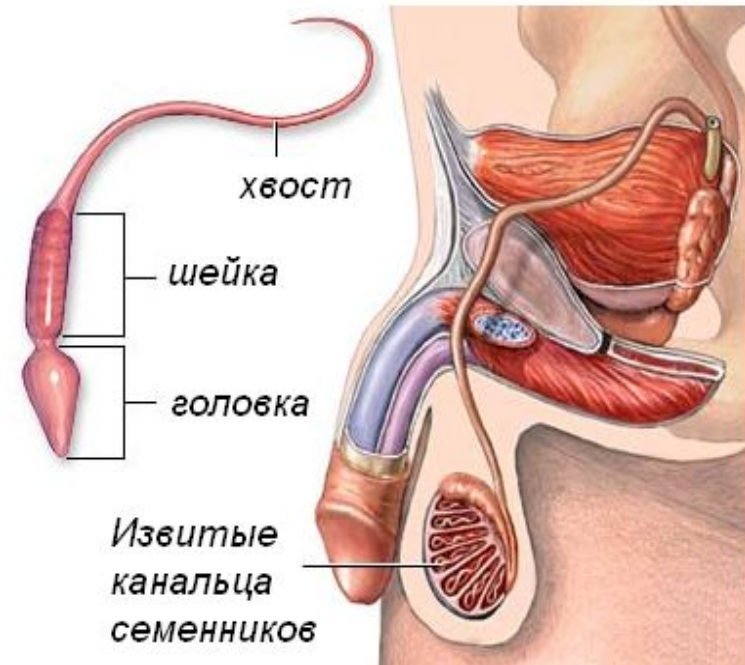
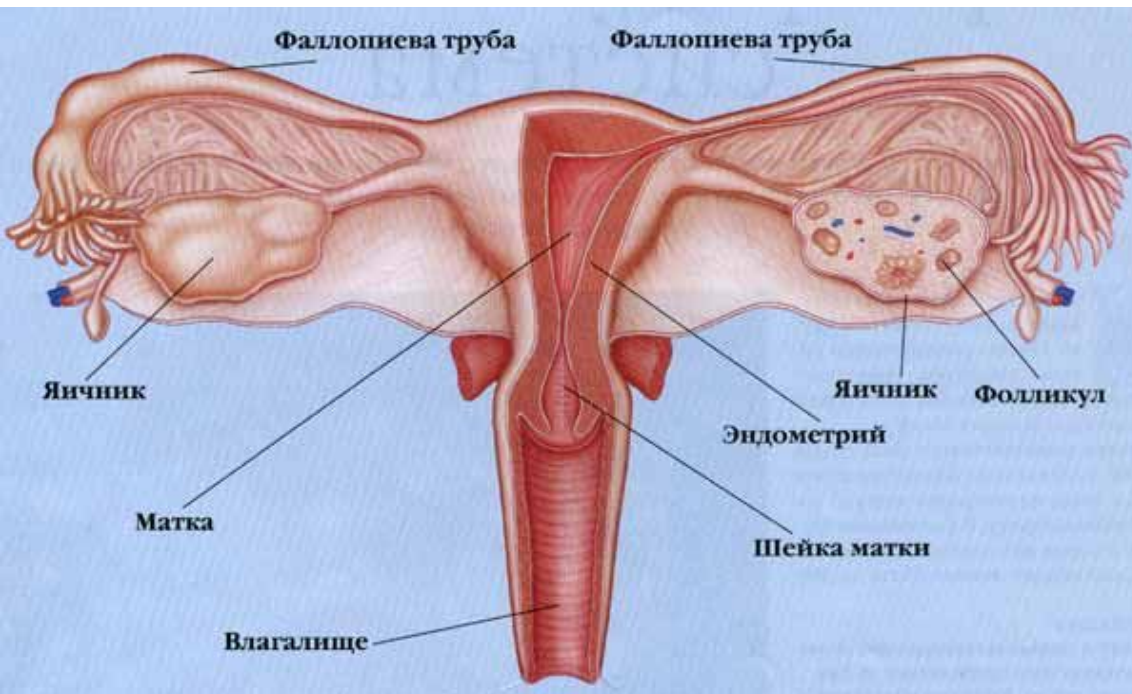


- 1 — ядро яйцеклетки;
- 2 — цитоплазма яйцеклетки;
- 3 — блестящая оболочка;
- 4 — фолликулярные клетки.

# Гаметогенез

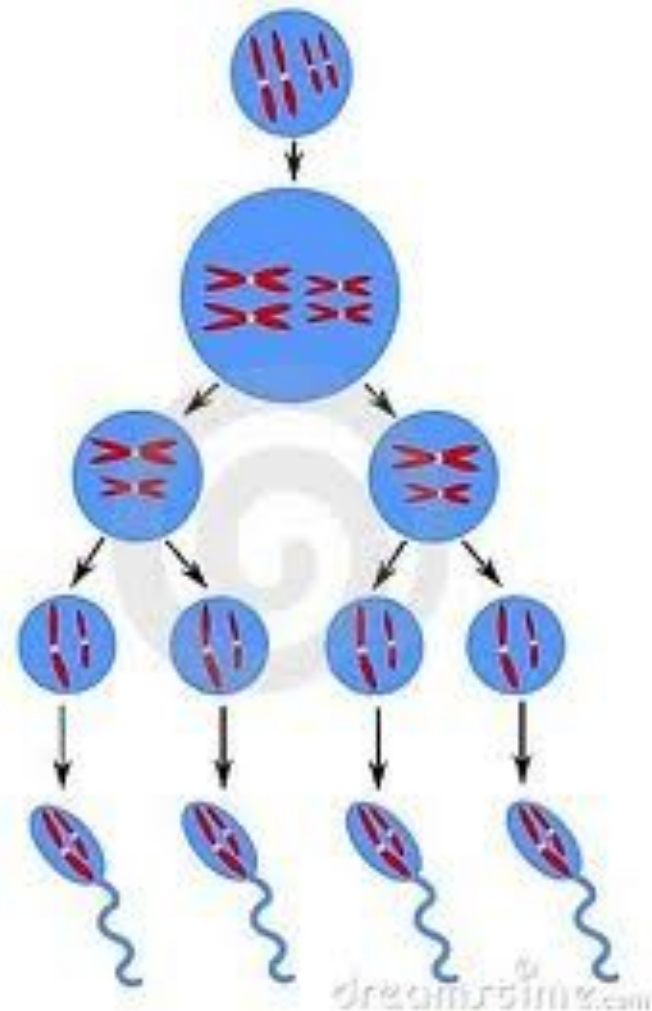
- это процесс образования половых клеток – гамет.

**Овогенез** – образование яйцеклеток в яичниках,  
**Сперматогенез** – образование сперматозоидов  
в стенках извитых канальцев семенников.

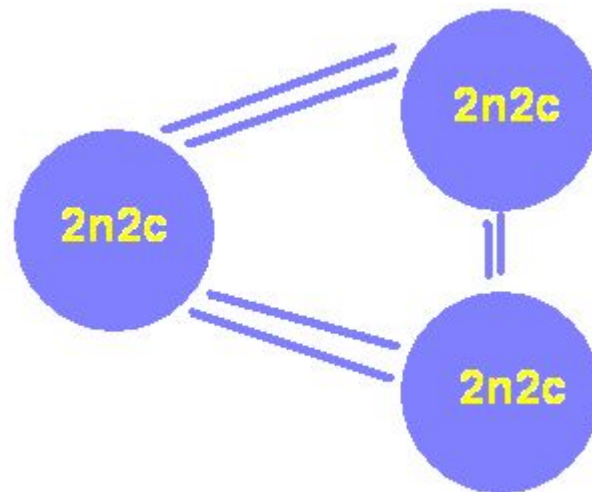


# Стадии гаметогенеза:

- Размножения (*митоз*)
- Роста
- Созревания (*мейоз*)
- Формирования



- **Митоз** - это непрямое деление эукариотических клеток, при котором происходит точное распределение генетического материала между двумя дочерними клетками, каждая из которых получает диплоидный набор хромосом, идентичный исходной клетке.



**Митоз включает в себя два процесса:**

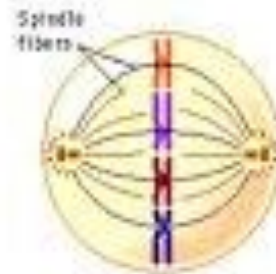
- I. кариокинез**
- II. цитокинез**

**Стадии кариокинеза**

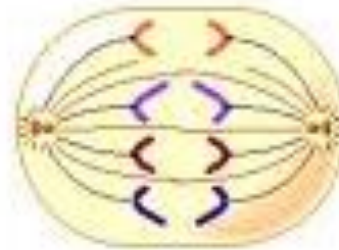
- 1. профаза**
- 2. метафаза**
- 3. анафаза**
- 4. телофаза**



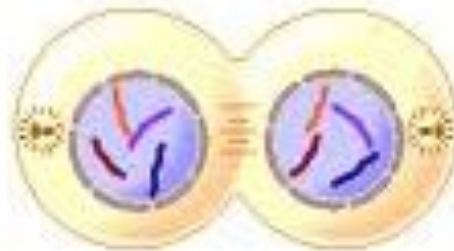
**профаза**



**метафаза**



**анафаза**

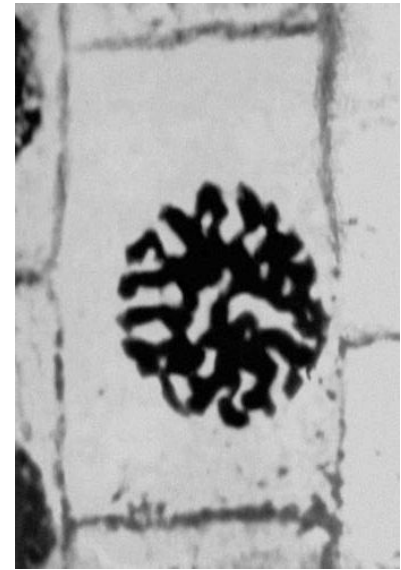


**телофаза**



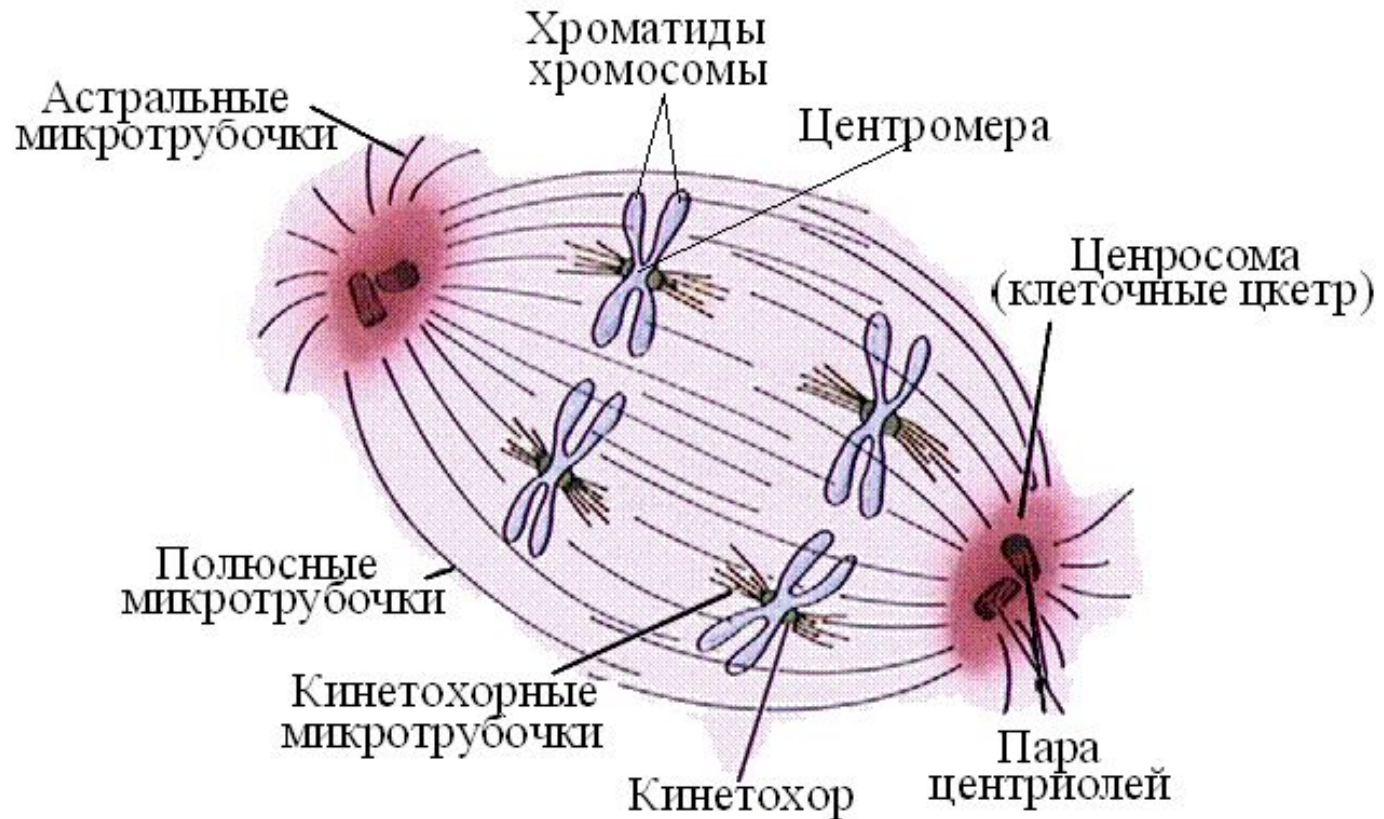
# Профаза

- Происходит спирализация хромосом.
- Исчезают ядрышки,
- Разрушается ядерная оболочка.
- К концу профазы центриоли расходятся к полюсам клетки.
- Образуется веретено деления.



# Микротрубочки веретена деления

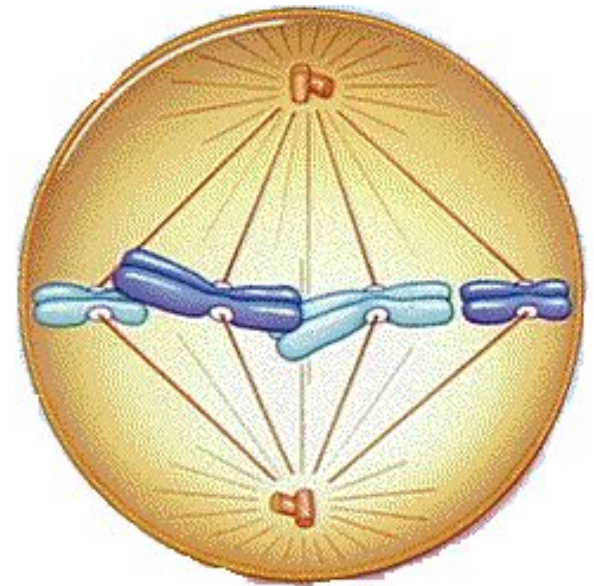
1. Кинетохорные
2. Полюсные
3. Астральные





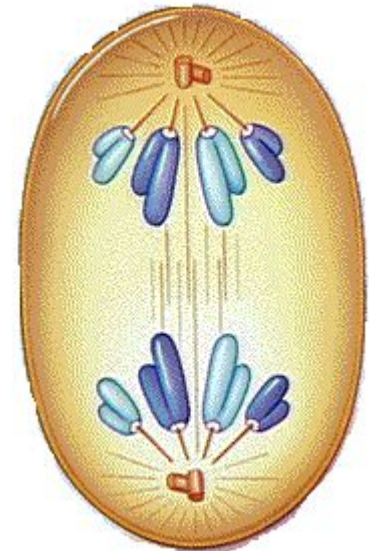
# Метафаза.

- Содержание генетического материала не изменяется - набор хромосом  $2n4c$ .
- Образуя хромосомы
- Двухроматидные хромосомы выстраиваются по экватору, образуя метафазную пластинку.
- К хромосомам прикрепляются нити веретена деления.
- Формирование «материнской звезды».



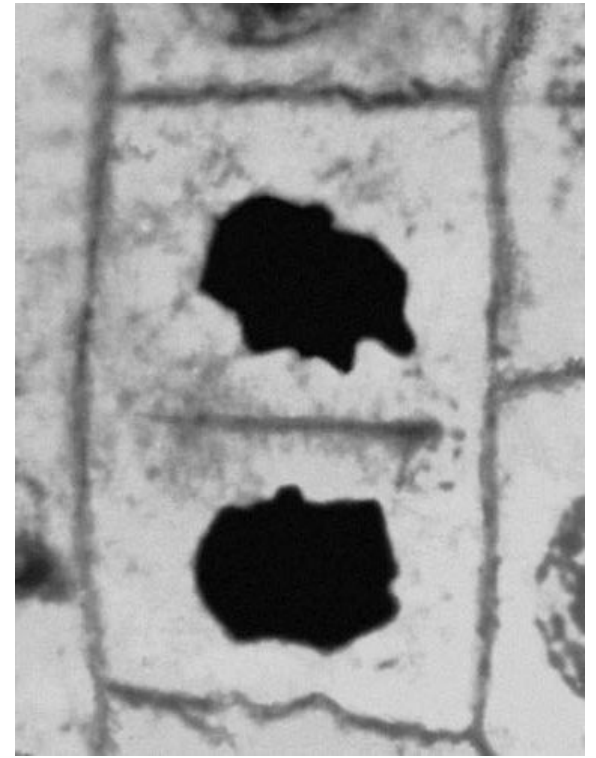
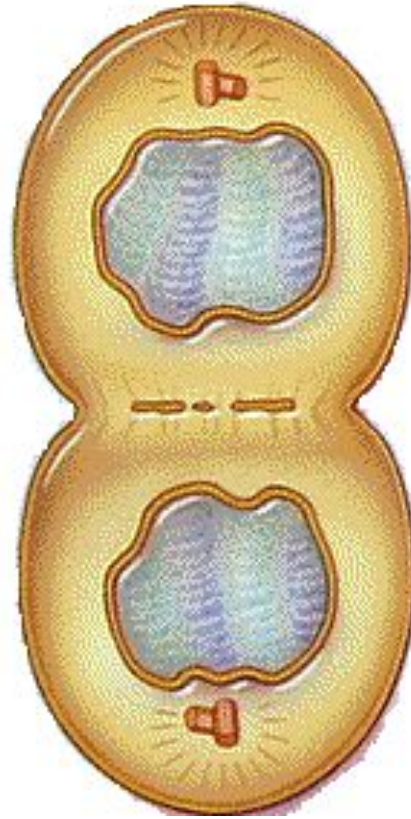
## Анафаза

- **Начинается внезапно.**
- **Сестринские хроматиды синхронно удаляются друг от друга к полюсам клетки**
- С этого момента **сестринские хроматиды называют дочерними хромосомами.**
- В результате анафазы на разных полюсах клетки оказываются два идентичных набора хромосом: диплоидный однохроматидный набор хромосом -  $2n2c$ .

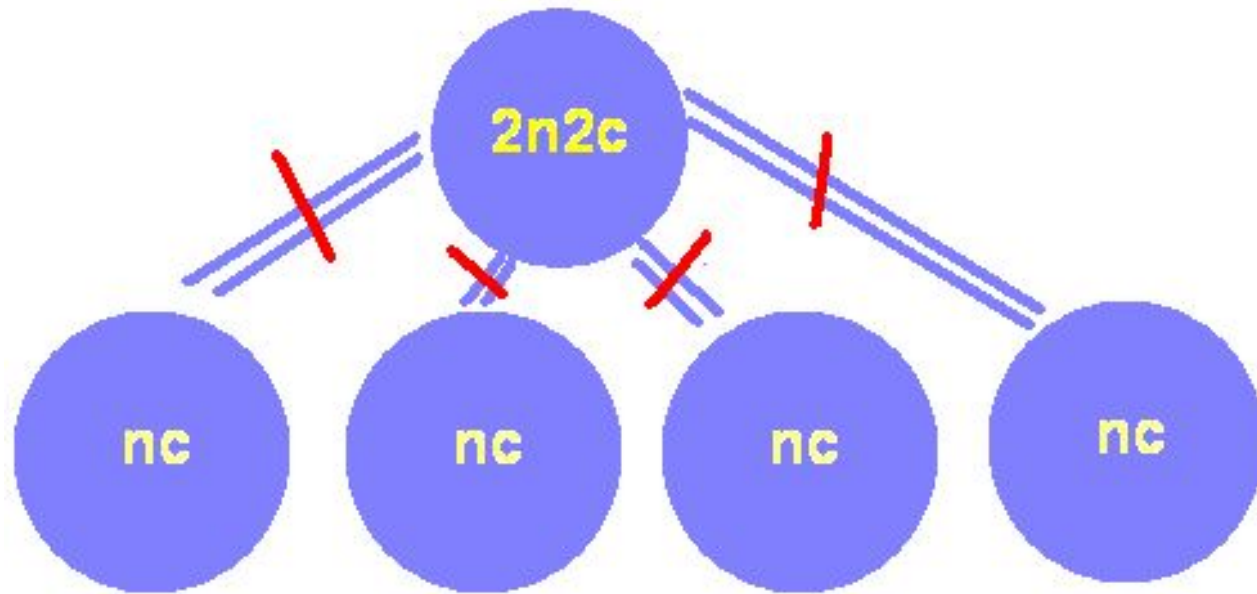


# Телофаза.

- Происходят процессы обратные процессам профазы.



**Мейоз** - это редукционное деление, которое **лежит в основе образования половых клеток – гамет** у животных и спор у растений.



## Последовательность стадий мейоза:

### Интерфаза

#### Мейоз I

Профаза I

1. Лептонема
2. Зигонема – конъюгация с образованием бивалентов
3. Пахинема - кроссинговер
4. Диплонема
5. Диакинез

Метафаза I

Анафаза I

Телофаза I

### Интерфаза (интеркинез)

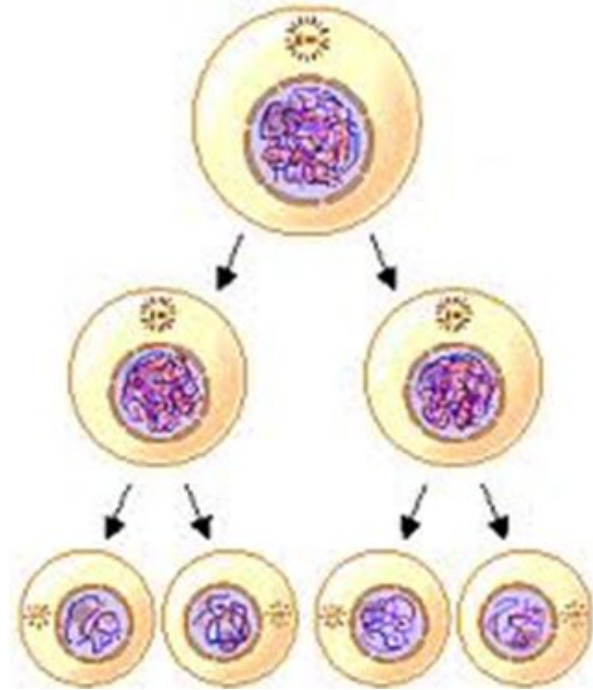
#### Мейоз II

Профаза II

Метафаза II

Анафаза II

Телофаза II





# Профаза I мейоза

5 стадий: 1) лептонему, 2) зигонему, 3) пахинему, 4) диплонему, 5) диакинез.

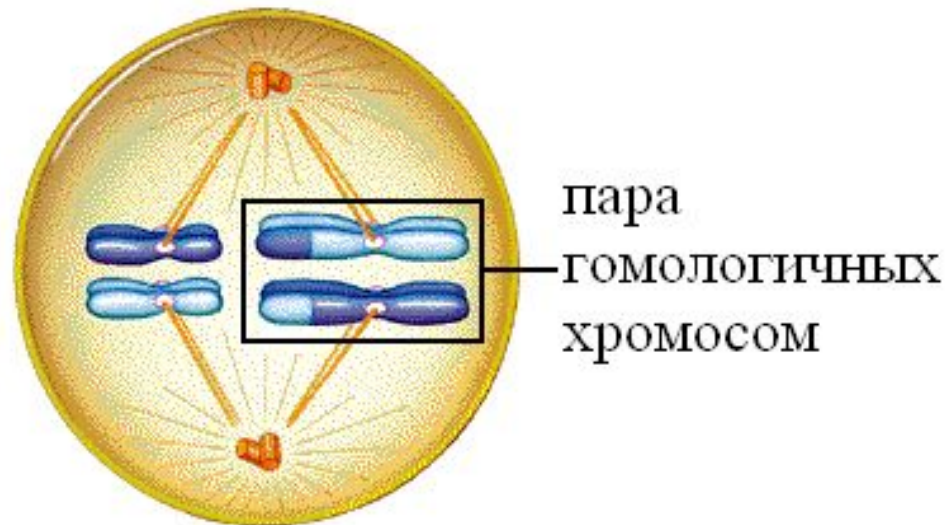
## Отличия профазы I мейоза :

1. Конъюгация с образованием тетраплоидных бивалентов (*зигонема*)
2. Кроссинговер (*пахинема*)



# Метафаза I

- спирализация хромосом максимальна.
- Тетраплоидные биваленты располагаются в экваториальной зоне клетки, образуя метафазную пластинку.
- К гомологичным хромосомам присоединяются нити веретена деления.

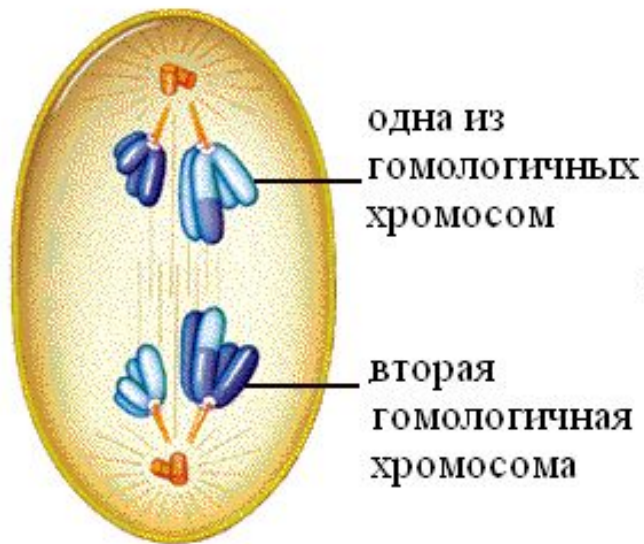




## Анафаза I

к полюсам расходятся  
гомологичные  
хромосомы  
состоящие из двух  
хроматид.

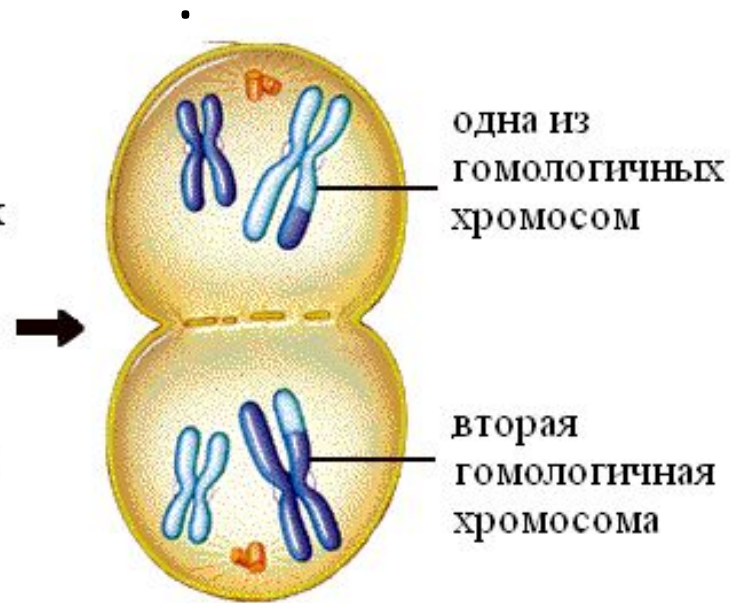
**n2c**



анафаза I

## Телофаза I

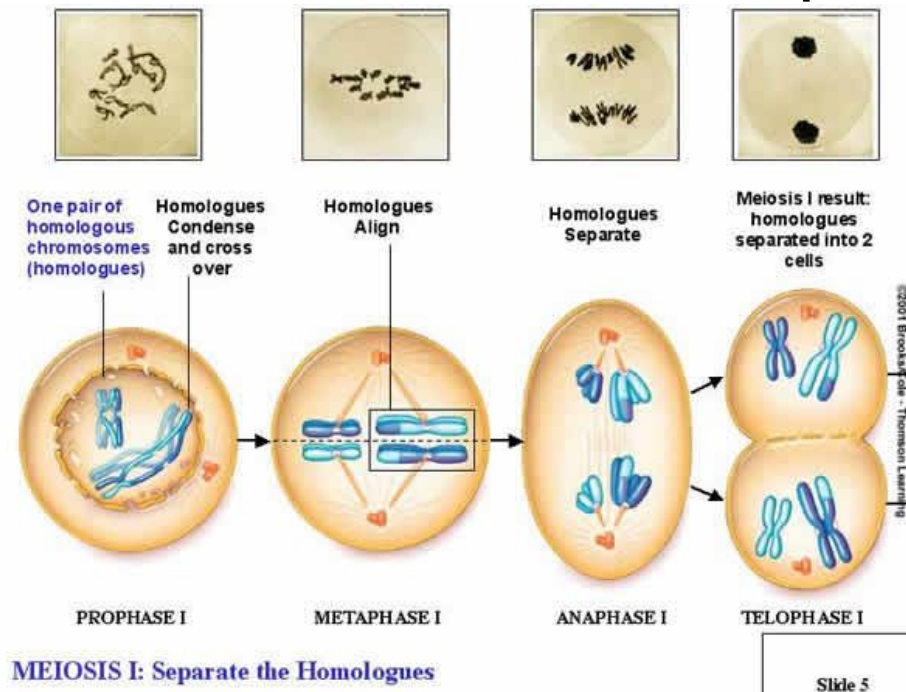
Восстанавливаются  
структуры ядра.  
Хромосомы остаются  
конденсированными



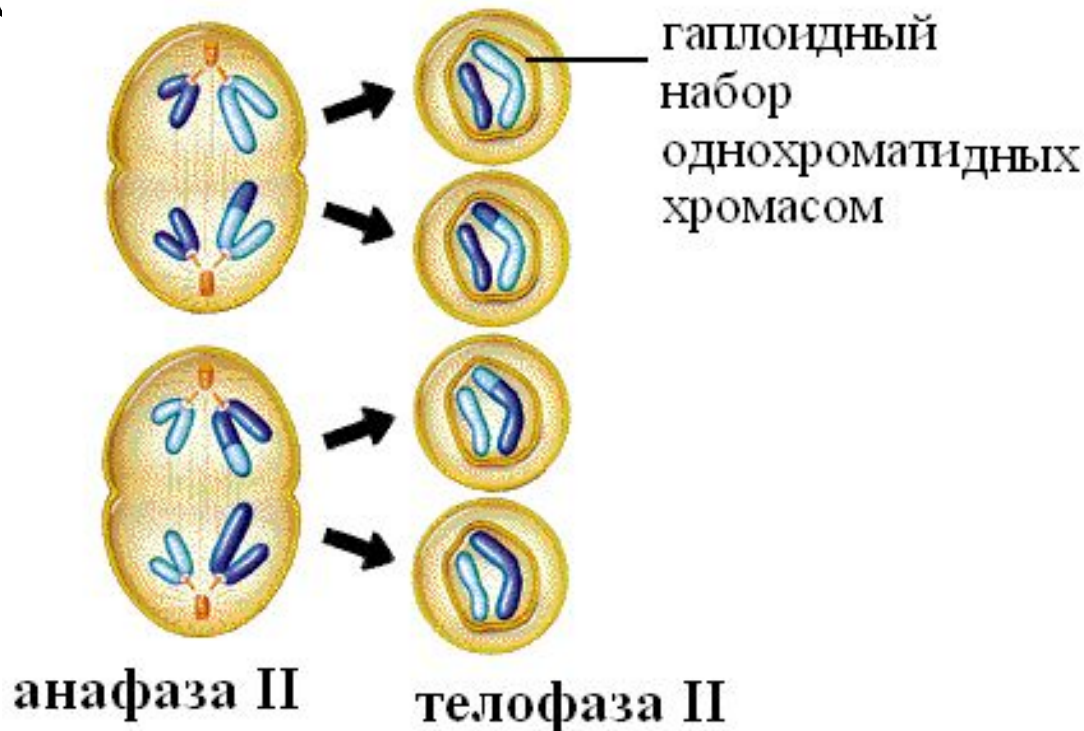
телофаза I

# ИТОГ I мейотического деления:

- Из одной диплоидной клетки с двуххроматидными хромосомами образуется 2 гаплоидные клетки с двуххроматидными хромосомами:  $n2c$  (произошла редукция хромосом),
- Хроматиды генетически не однородны, вследствие кроссинговера.

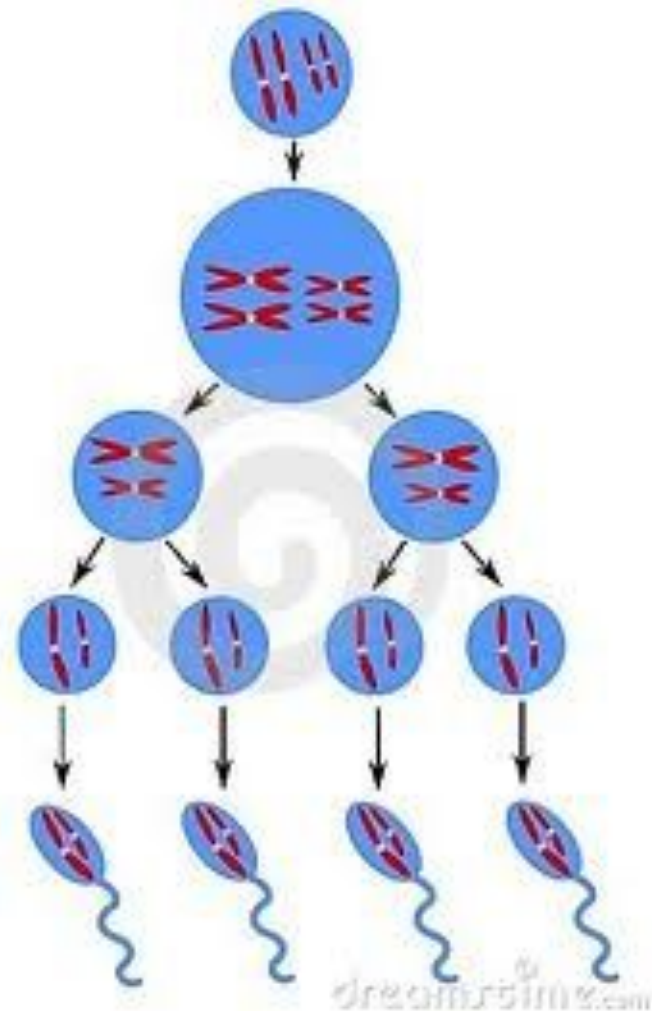


- Профаза II
- Метафаза II - на экваторе клетки выстраиваются двухроматидные хромосомы ( $n2c$ ).
- В анафазе II - к полюсам расходятся хроматиды.
- Во время телофазы II - образуются ядра дочерних клеток, с гаплоидным набором однохроматидных хромосом



# Стадии гаметогенеза:

- Размножения (*митоз*)
- Роста
- Созревания (*мейоз*)
- Формирования



# I стадия – РАЗМНОЖЕНИЯ

- Из нефрогонадотома (сомита мезодермы) формируются клетки **зачаткового эпителия половых желез** (первичные половые клетки или **первичные гоноциты**), являющиеся предшественниками половых клеток у зародышей млекопитающих.
- Они переходят в гонаду на ранних стадиях эмбрионального развития.
- И активно делятся МИТОЗОМ.

- Клетки называются **овогонии и сперматогони**.
- Набор хромосом **диплоидный** -  $2n2c$ , а после интерфазы  $2n4c$
- **При овогенезе** этот период протекает только во время внутриутробного (3-8 месяц).
- первичные половые клетки, мигрирующие в яичник на ранних стадиях эмбриогенеза, делятся *митозом*, их число увеличивается, а размеры прогрессивно уменьшаются - *дробление*.
- После ряда митотических делений овогонии вступают в I мейотическое деление (период внутриутробного развития).

- **При сперматогенезе** миграция первичных половых клеток в гонады приводит к росту семенников.
- В отличие от овогенеза, часть сперматогоний наружного слоя извитых канальцев семенников (*типа стволовых клеток*) сохраняет способность к непрерывному неограниченному делению в течение всего репродуктивного периода,
- а другая часть после ограниченного числа делений приступает к следующей стадии.
- Сперматогонии - округлые клетки с относительно большим ядром и значительным количеством цитоплазмы.



## II стадия – РОСТА

- Соответствует периоду интерфазы.
- Процессы деления останавливаются, а образовавшиеся до этого клетки начинают расти, в них происходит накопление питательных веществ, увеличиваются запасы энергии.
- В ходе синтетического периода интерфазы, удваивается (реплицируется) ДНК.
- Набор хромосом -  $2n4c$  – диплоидный двуххроматидный.
- Клетки называются: Овоцит I порядка и Сперматоцит I порядка.

- **В женском организме** они формируются еще на этапе внутриутробного развития (3-8 мес. эмбрионального развития).
- **В мужском организме** эта стадии наступает после наступления половой зрелости, когда некоторые сперматогонии перемещаются в следующую зону — зону роста, расположенную ближе к просвету канальца.
- Клетки увеличиваются в размерах за счет возрастания количества цитоплазмы и превращаются в первичные сперматоциты.

# III стадия – СОЗРЕВАНИЯ

- В процессе этой стадии клетки проходят **два** последовательных мейотических деления.

## *Первое (редукционное) деления мейозом*

После первого редукционного мейотического деления образуются:

- Ооциты и Сперматоциты II порядка
- с набором хромосом  $n2c$  – гаплоидный двуххроматидный.

- **При сперматогенезе** процесс вступления сперматоцитов I порядка в зону созревания происходит **постоянно с момента полового созревания.**
- Из каждой клетки вступившей в первое мейотическое деление образуются **два сперматоцита II порядка**, с набором  **$n2c$**

- При овогенезе эта стадия начинается также внутриутробно, но на этапе профазы I мейоза деление клеток останавливается (первый блок овогенеза). В таком состоянии клетки находятся до наступления половой зрелости.
- Вступление овоцитов I порядка в дальнейшее деление происходит циклично - 1 раз в месяц с момента полового созревания, когда под действием гормонов они продолжают деление.
- Из одной клетки, вступившей на стадию созревания овогенеза, после первого мейотического деления, образуются 2 клетки: один овоцит II порядка, и одно направительное (редукционное) тельце, с гаплоидным набором двуххроматидных хромосом ( $n2c$ ).

- После короткой интерфазы – интеркинез (без S периода, репликации) овоциты и сперматоциты II порядка вступают во второе мейотическое деление (эквационное).
- **При сперматогенезе** это приводит к образованию (из двух сперматоцитов II порядка) – 4-х сперматид с набором хромосом n – гаплоидный однохроматидный (генетически все различные).

- **При овогенезе** – деление овоцита II порядка (второе мейотическое деление) опять **останавливается, но на стадии метафазы II**.
- В таком виде овоцит выходит из яичника - **овуляция** (в середине менструального цикла) - в брюшную полость, захватывается бахромкой маточной трубы и движется по маточной трубе. В первой трети маточной трубы может произойти **соединение со сперматозоидом (оплодотворение)**.



**!** Завершение второго мейотического деления происходит только **после оплодотворения овоцита II порядка** сперматозоидом, когда женская гамета получает от мужской **недостающую центриоль.**

В результате второго деления (делятся и овоцит и направительное тельце) образуются:

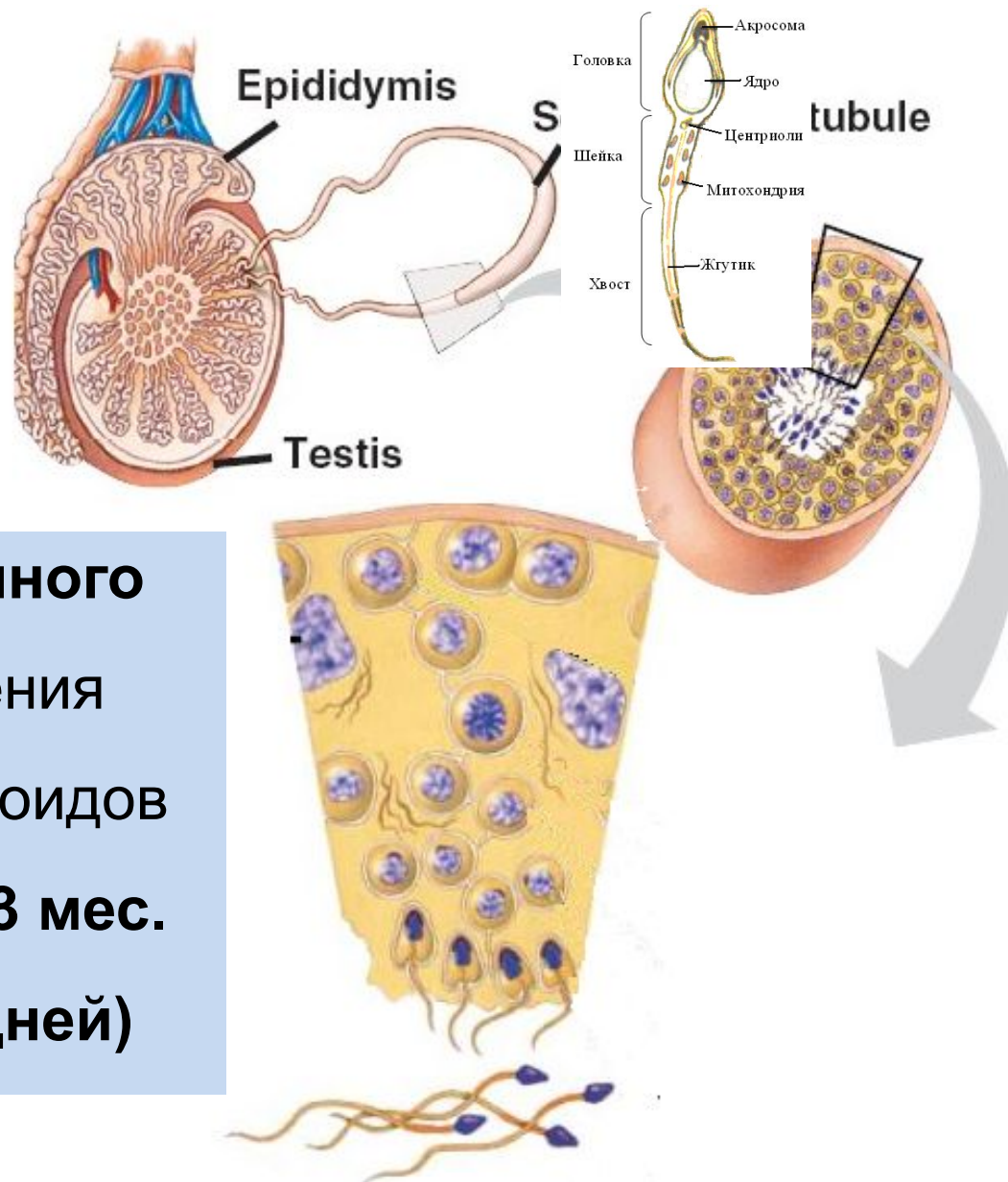
- **1 яйцеклетка** (овотида), ядро которой при оплодотворении сольется с ядром сперматозоида,

- Значение образования направительных телец, заключается в том, что они «отбирают лишний» генетический материал, при сохранении запаса питательного вещества (желтка).
- После оплодотворения яйцеклетки сперматозоидом:
  - овогенез опять останавливается - **второй блок овогенеза** и другие яйцеклетки в это время не образуются.

# IV стадия – ФОРМИРОВАНИЯ

- Характерна только для сперматозоидов.
- Сперматиды перемещаются в зону формирования, ближайшую к просвету канальца, где из них формируются сперматозоиды
- набор хромосом которых сохраняется пс.
- В ходе этого периода происходит сверхспирализация хромосом.
- Гамета приобретает вид сформированного сперматозоида с хвостиком, направленным в просвет канальца.

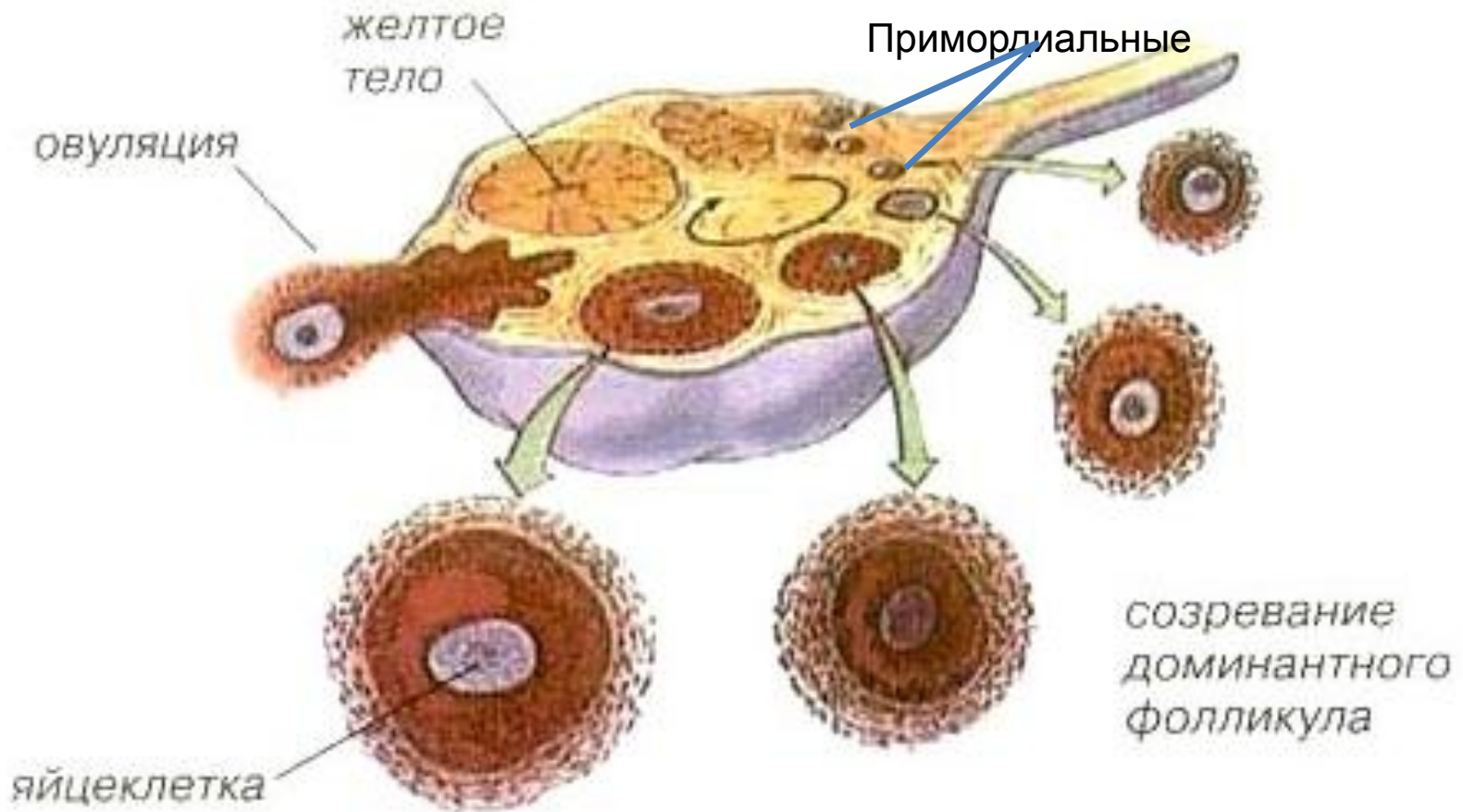
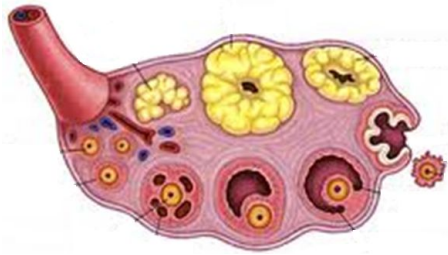
# Сперматогенез



**Цикл полного  
обновления  
сперматозоидов  
длится  $\approx$  3 мес.  
(73 - 75 дней)**



# Овогенез





## Желтое тело

Временная железа внутренней секреции, образующаяся **после овуляции и вырабатывающая гормон прогестерон.**

• При наступлении беременности

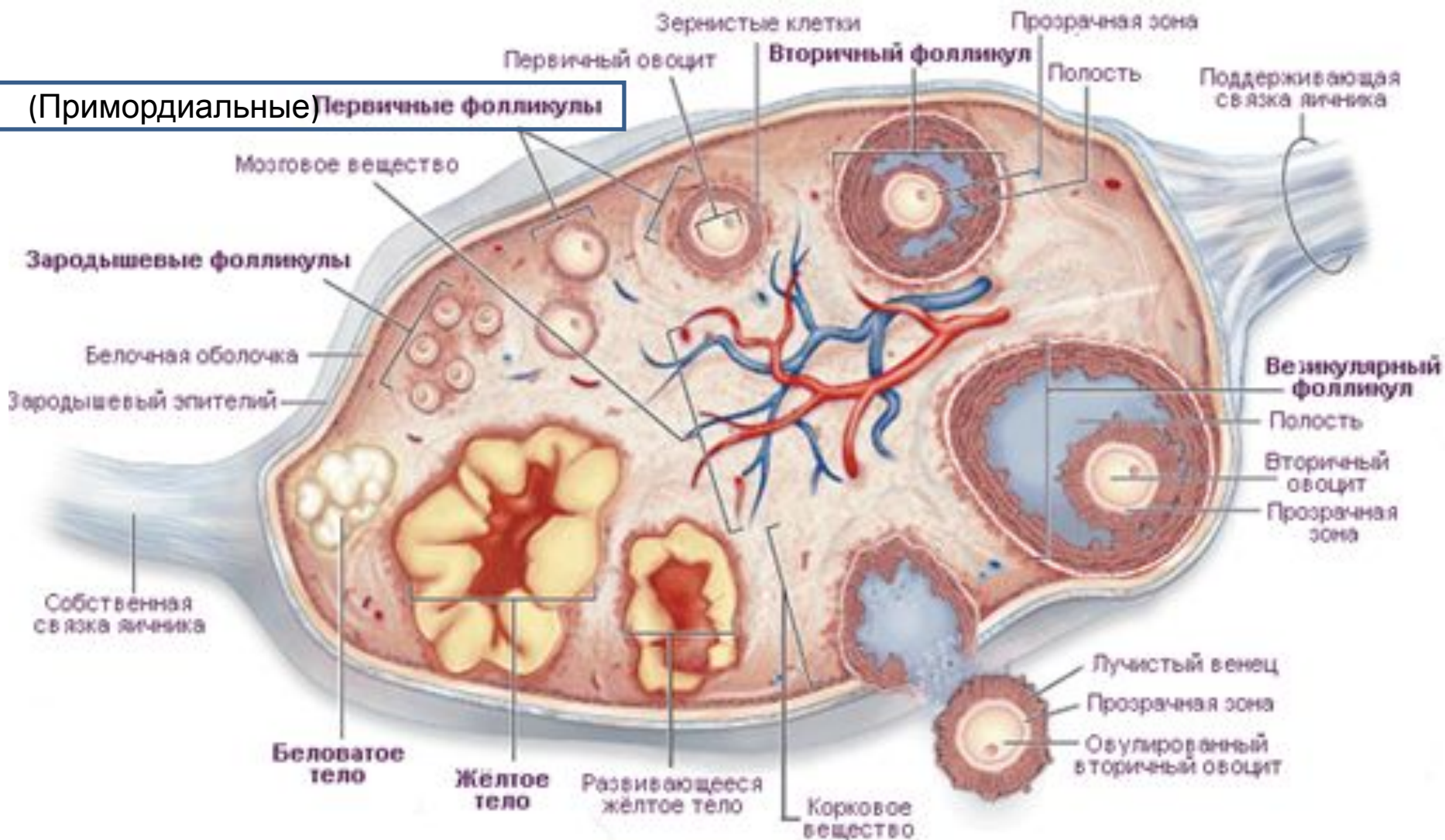
□ функционирует 10-12 нед. Вырабатывая необходимый для развития и сохранения беременности прогестерон, который стимулирует рост эндометрия и предотвращает выход новых яйцеклеток и менструацию.

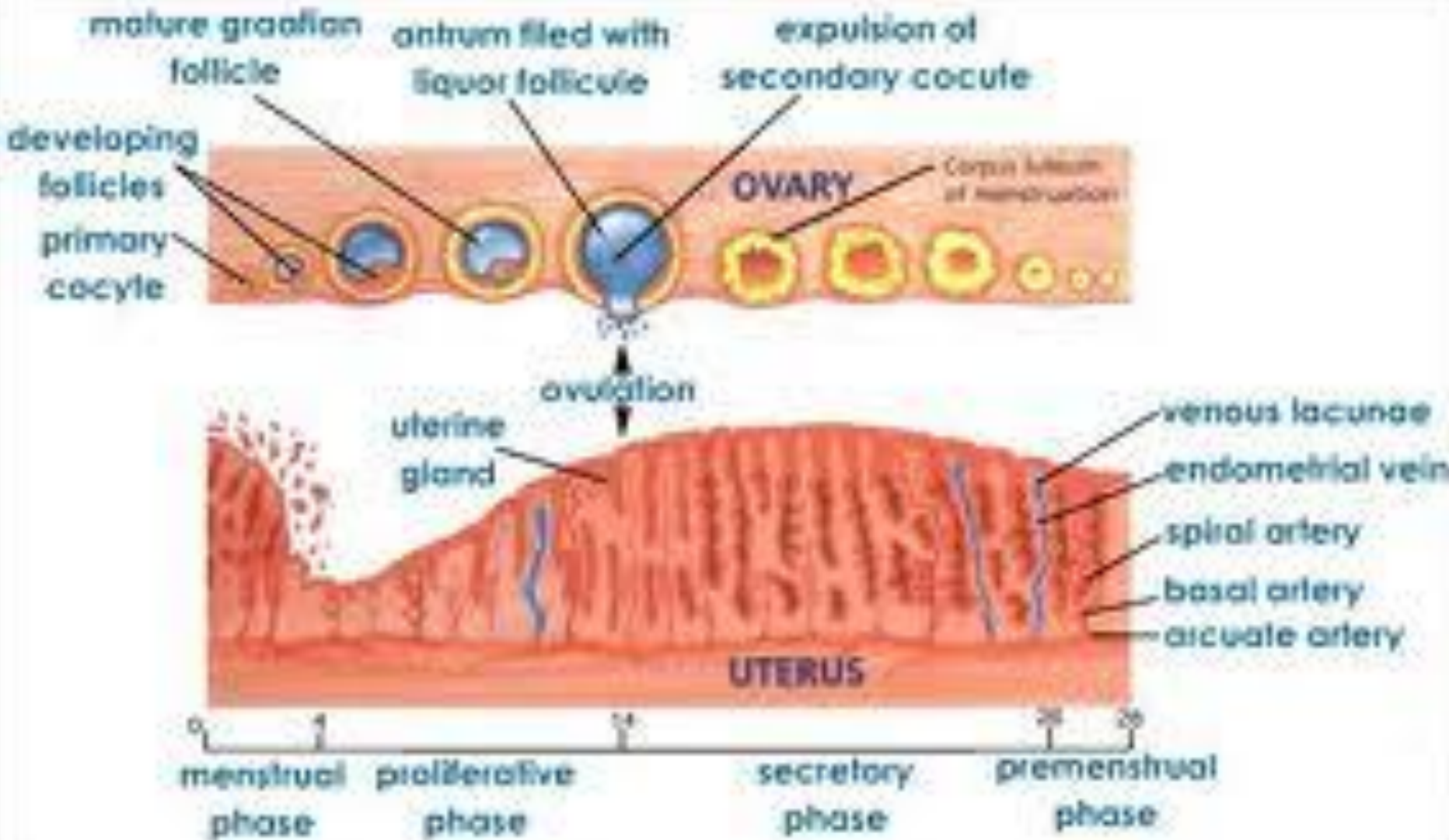
□ Жёлтое тело сохраняется до тех пор, пока плацента не будет в состоянии самостоятельно вырабатывать эстроген и прогестерон.

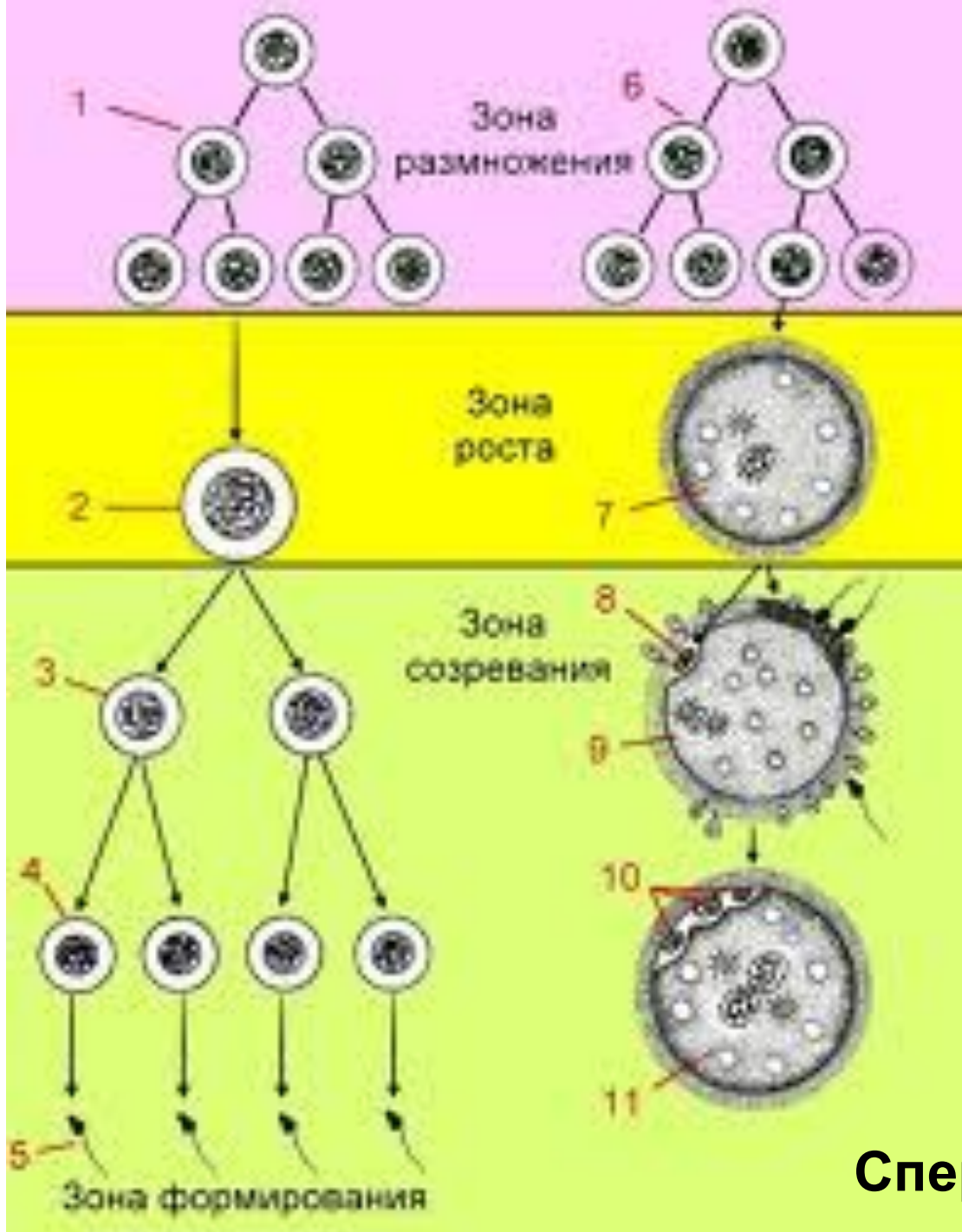
- Если оплодотворения не наступает,
  - происходит процесс регресса желтого тела, во время которого клетки желтого тела подвергаются дистрофическим изменениям, замещаются соединительной тканью.
  - В результате желтое тело превращается в белесоватое гиалиновое образование - белое тело (corpus albicans).



(Примордиальные) Первичные фолликулы







**Овогонии и  
сперматогонии  
( $2n2c$ )**

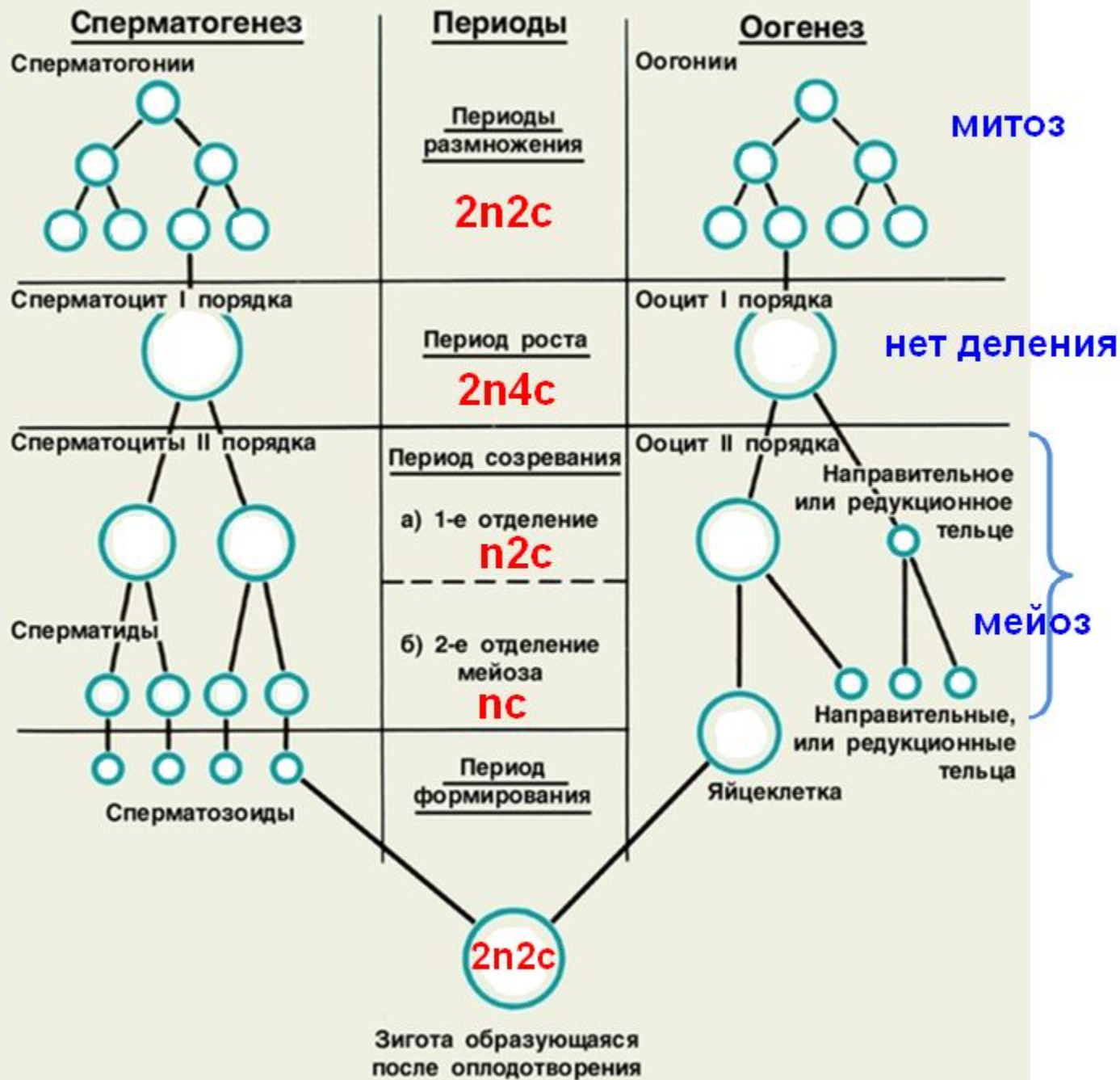
**Ооциты и  
сперматоциты  
I порядка  
( $2n4c$ )**

**Ооциты и  
сперматоциты  
II порядка  
( $n2c$ )**

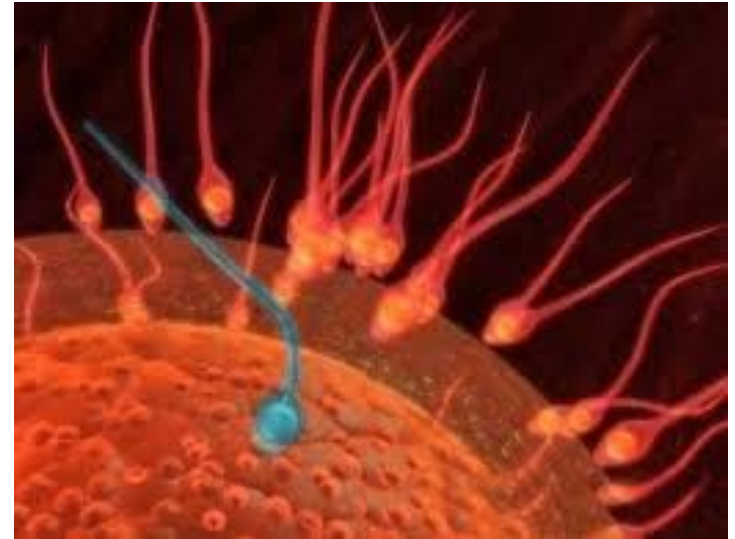
**Яйцеклетка  
(оотида)  
и сперматиды  
( $nc$ )**

**Сперматозоиды ( $nc$ )**





- **Осеменение** - ряд процессов, обуславливающих встречу мужских и женских гамет.

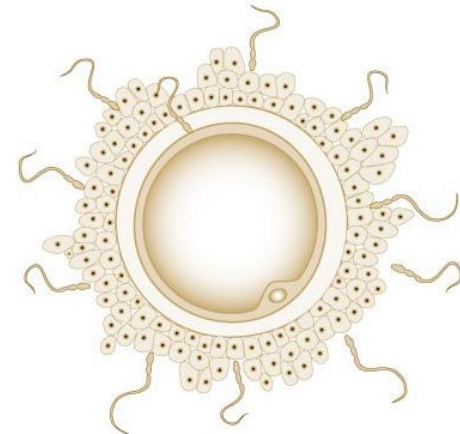


- **Оплодотворение** — соединение двух гамет, в результате чего восстанавливается диплоидный набор хромосом и образуется оплодотворенное яйцо - зигота



# ***Биологическое значение оплодотворения:***

1. Восстановление диплоидного набора хромосом.
2. Обеспечение материальной непрерывности между поколениями.
3. Объединение в одном индивидууме наследственных признаков материнского и отцовского организмов.



## Стадии оплодотворения:

- **Сближение и дистантное взаимодействие гамет:**

- Реотаксис
- Хемотаксис
- Электротаксис
- Капацитация

- **Контактное взаимодействие гамет**

- Акрсомальная реакция

- **Проникновение сперматозоида в яйцеклетку**

- Пенетрация
- Кортикальная реакция

- **Подготовка зиготы к дроблению**

- Стадия пронуклеусов →
- Синкарион →
- Сингамия



Зрелый ооцит [www.embryology.org.ru](http://www.embryology.org.ru)



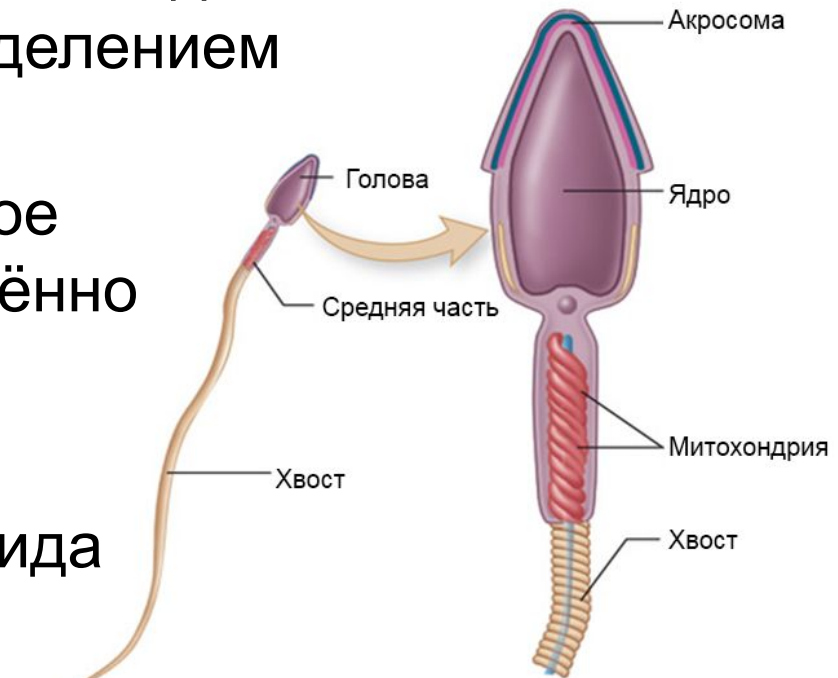
Оплодотворенный [www.embryology.org.ru](http://www.embryology.org.ru)



## Сближение и дистантное взаимодействие гамет:

- **Реотаксис** – способность сперматозоида двигаться против тока жидкости. Яйцеклетка движется пассивным путем.
- **Хемотаксис** – движение сперматозоидов к яйцеклетке. Обеспечивается выделением яйцеклеткой гиногамонов
- **Электротаксис** - электрическое взаимодействие между разноименно заряженными белками гамет.
- **Капацитация** - растворение гликокаликса головки сперматозоида (в области акросомы) при помощи щелочного секрета маточных труб. Сперматозоид приобретает подвижность.

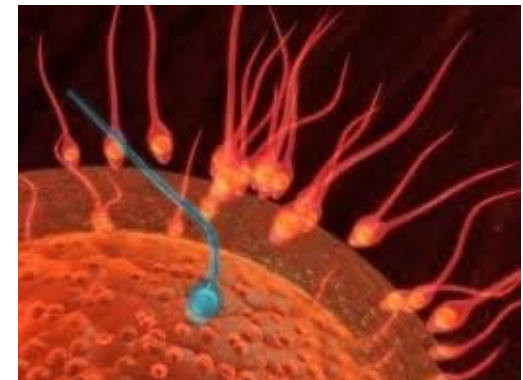
Этот путь может длиться более 10 часов.



## Контактное взаимодействие гамет

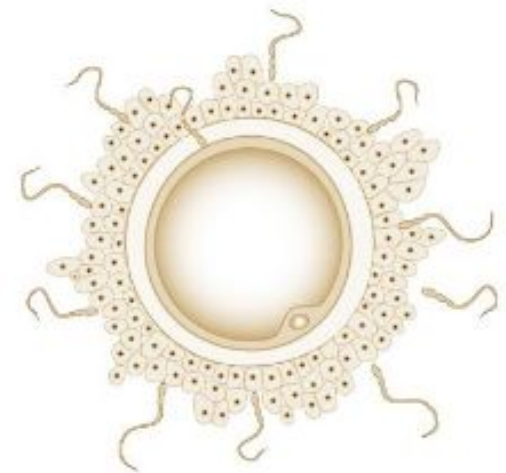
- Достигая яйцеклетки, большое количество сперматозоидов (полиспермия на этапе осеменения) связывается с её внешней (зернистой) оболочкой, что приводит к разрыву мембраны акросомы - **Акросомальная реакция**
- В местах слияния образуются микроканальцы, через которые выделяются **протеолитические ферменты**, которые расплавляют фолликулярную оболочку яйцеклетки (вызывают диссоциацию и удаление фолликулярных клеток, размягчение прилегающего участка блестящей оболочки).

60-100 млн.  
сперматозоидов  
требуется для  
осеменения



# Проникновение сперматозоида в яйцеклетку

- Один наиболее активный сперматозоид (**моноспермия** на этапе оплодотворения) первым разрушает лучистый венец и блестящую зону яйцеклетки - **пенетрации**.
- Происходит слияния цитолеммы сперматозоида с оволеммой яйцеклетки
- Сперматозоид проникает в яйцеклетку до главного хвостового отдела, но его мембрана остается на поверхности оволеммы.
- После проникновения в яйцеклетку сперматозоид поворачивается на  $180^{\circ}$
- Хвостовая часть с двумя центриолями оказывается в центре яйцеклетки
- После пенетрации главный отдел хвоста отпадает



# Предупреждение полиспермии

- **Образование оболочки**

- оплодотворения**

- В яйцеклетку начинают проникать ионы натрия, мембранный потенциал овоцита резко падает (0,1с)
    - Из цитоплазмы яйцеклетки в блестящую зону поступают гликозаминогликаны, мукопротеины, белки
    - Блестящая зона превращается в оболочку оплодотворения, непроницаемую для сперматозоидов
    - Она сохраняется до конца дробления



- **Кортикальная реакция**

- Кортикальные гранулы из цитоплазмы яйцеклетки поступают в пространство между оболочкой оплодотворения и мембраной яйцеклетки
    - Из кортикальных гранул выделяются ферменты
    - Происходит отделение (отслаивание) оболочки оплодотворения от оволеммы, образуется *перивителиновое пространство*.
    - В это пространство проникают гидрофильные белки, притягивающие воду

**Оболочка  
уплотняется  
и другие  
сперматозоиды  
не могут проникнуть  
в яйцеклетку**

- **Выделение яйцеклеткой гиногамона 2.**

## Подготовка зиготы к дроблению

- В образовавшейся зиготе происходит набухание ядер гамет (**пронуклеусы**)
- и их сближение с образованием **синкариона**,
- затем ядра сливаются – **сингамия**
- Когда пронуклеусы соприкасаются, их оболочки разрушаются и начинается **первое митотическое деление**





# Эмбриональный (зародышевый) период (первые 8 нед)

