

Оренбургский государственный медицинский университет

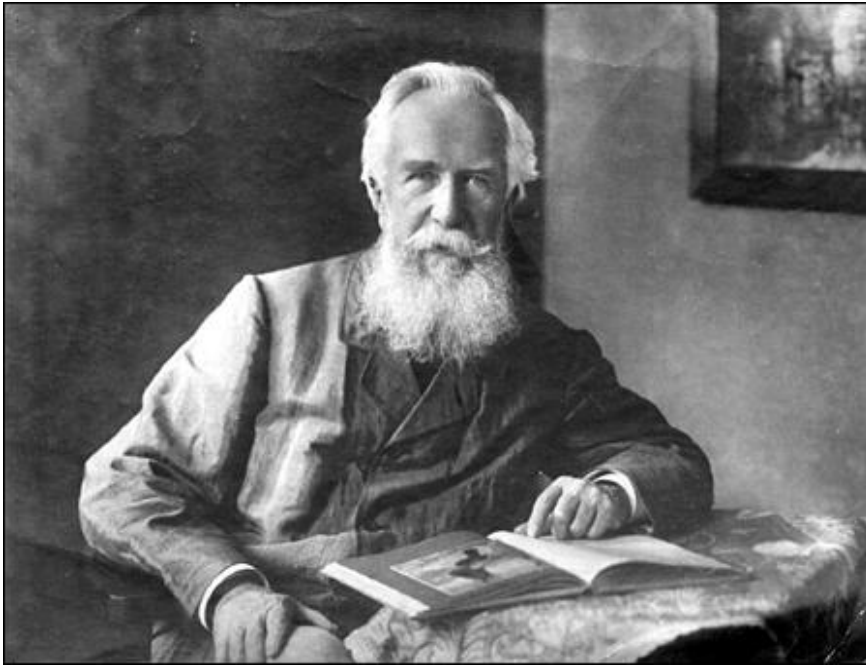
Кафедра Биологии

Дисциплина Биология

Лекция № 8.

**Прогиenez – процесс формирования половых
клеток. Осеменение. Оплодотворение.
Биологическая роль процессов.**

**Доцент кафедры биологии, к.б.н.
Тихомирова Галина Михайловна**



Э.Геккель

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

Индивидуальное развитие организма:

1. Антенатальное (внутриутробное) развитие

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

Б) плодный, или фетальный период

2. Постнатальное (внеутробное) развитие:

А) дорепродуктивный период

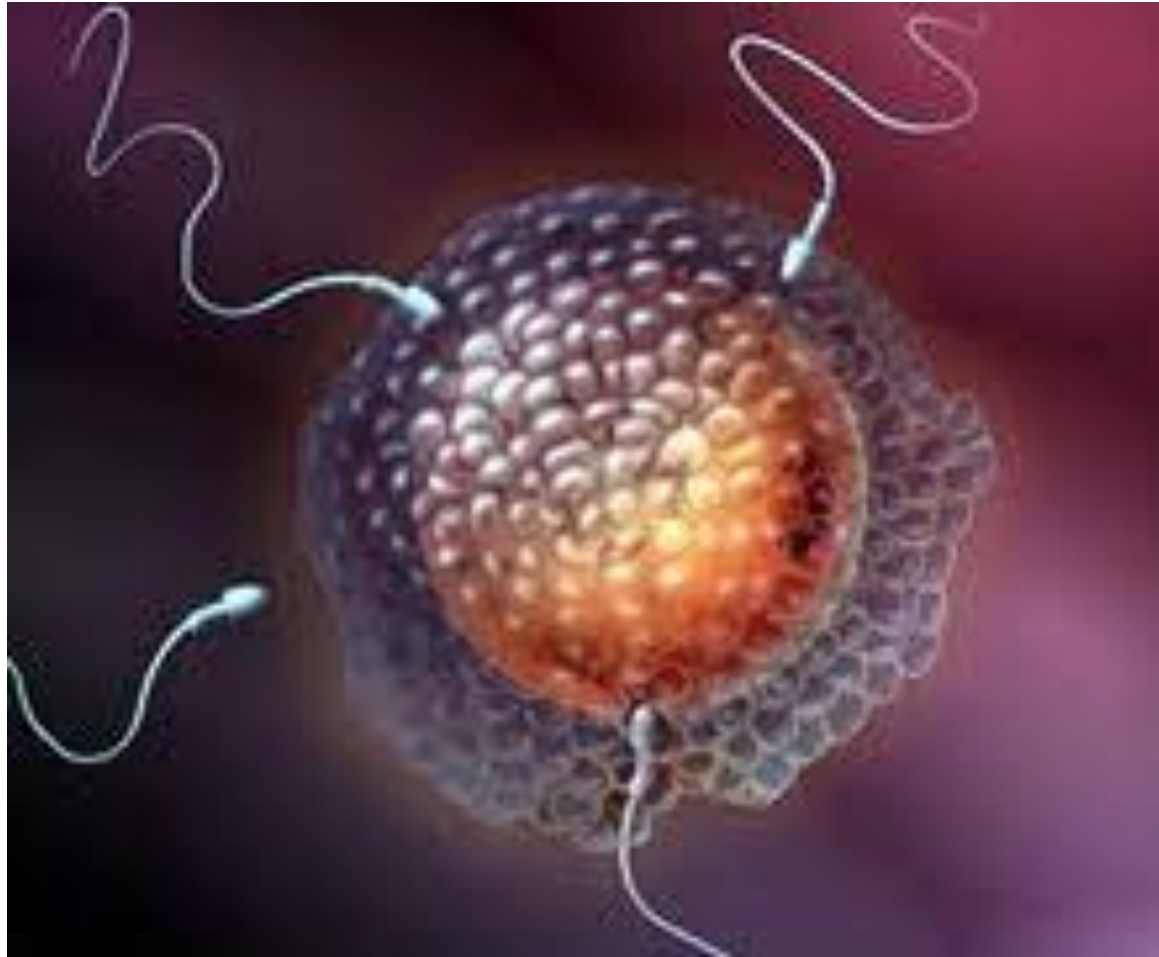
Б) репродуктивный период

В) пострепродуктивный период.

Проигенез – процесс, предшествующий образованию нового организма:

- Гаметогенез (процесс образования половых клеток)
- Осеменение (встреча половых клеток)
- Оплодотворение (образование зиготы)

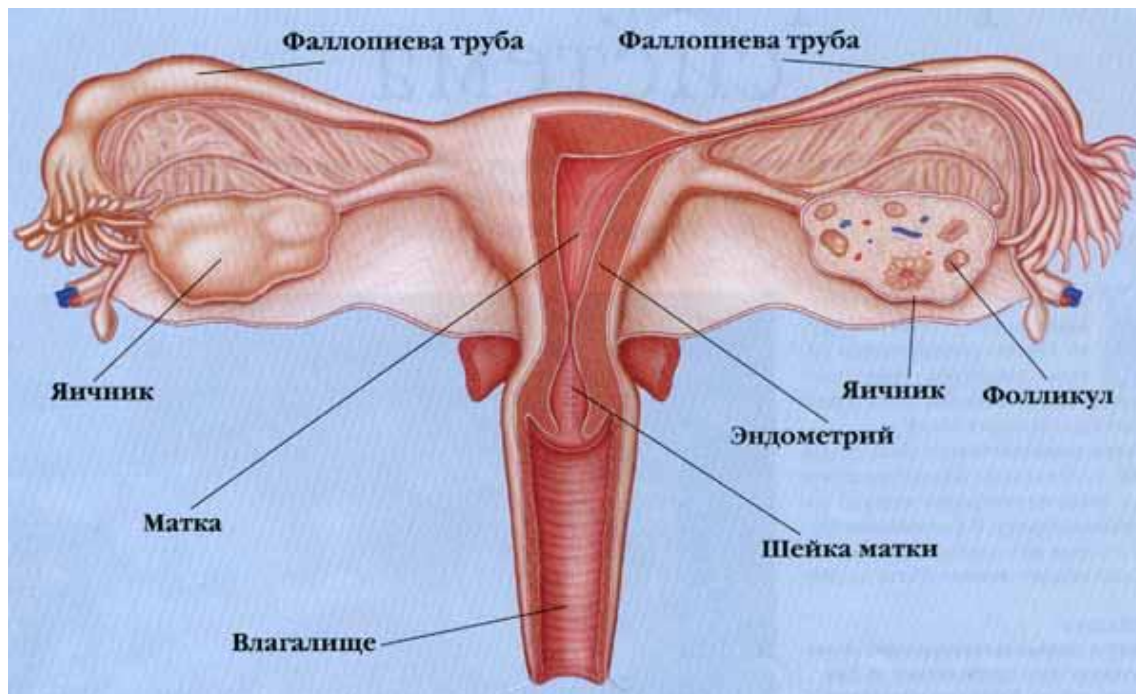
Гаметогенез и гаметы



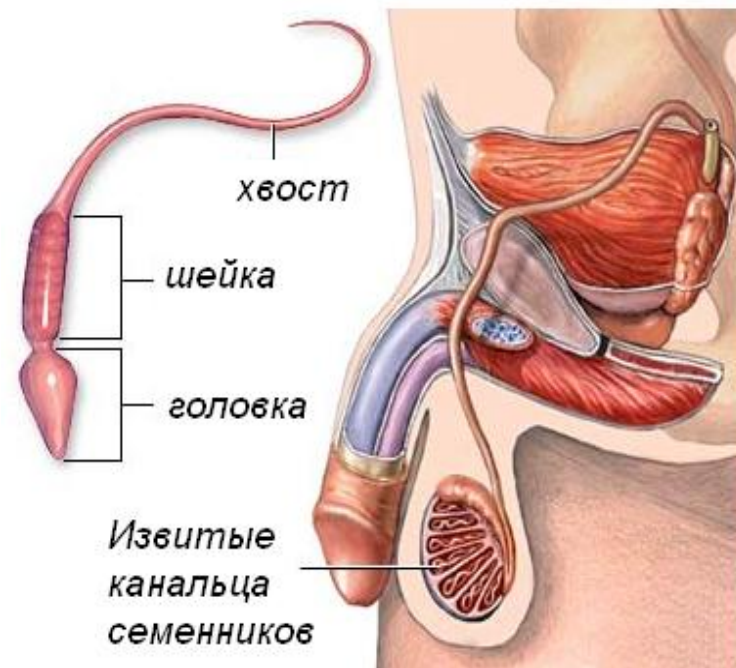
Гаметогенез - это процесс образования половых клеток (гамет).

Овогенез – образование яйцеклеток в яичниках (гонадах).

Сперматогенез – образование сперматозоидов в стенках извитых канальцев семенников.



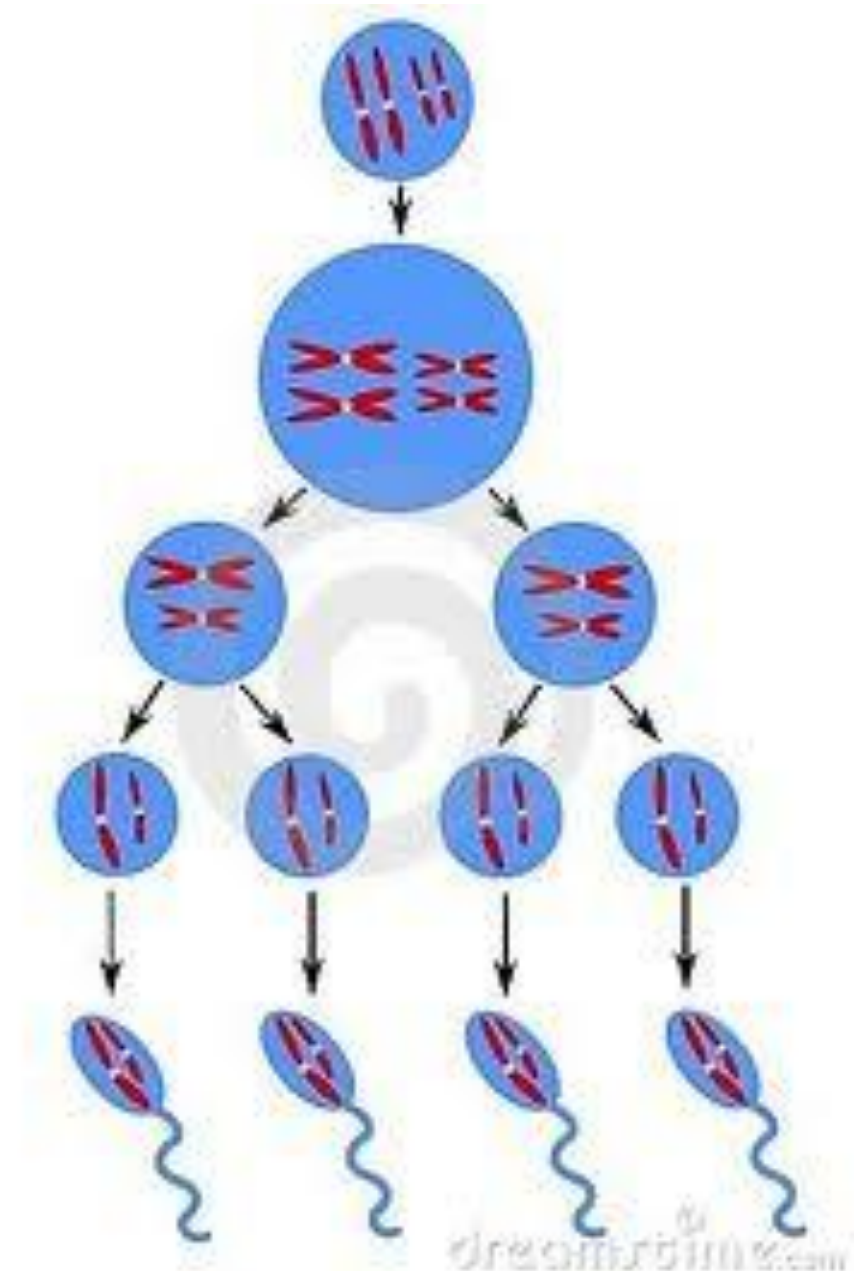
Женская половая система



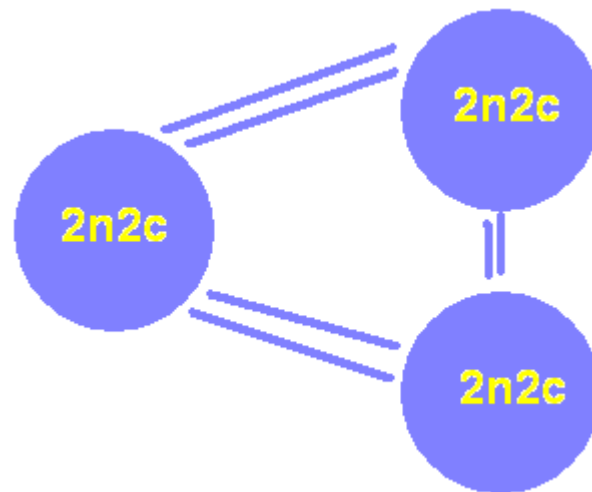
Мужская половая система

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

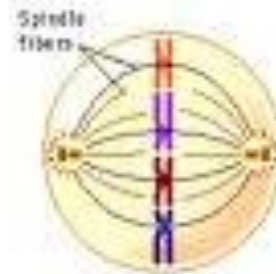
II. цитокинез

Стадии кариокинеза

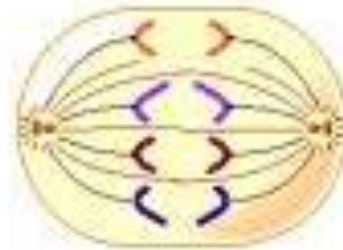
1. профаза
2. метафаза
3. анафаза
4. телофаза



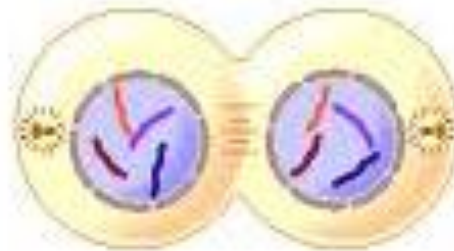
профаза



метафаза



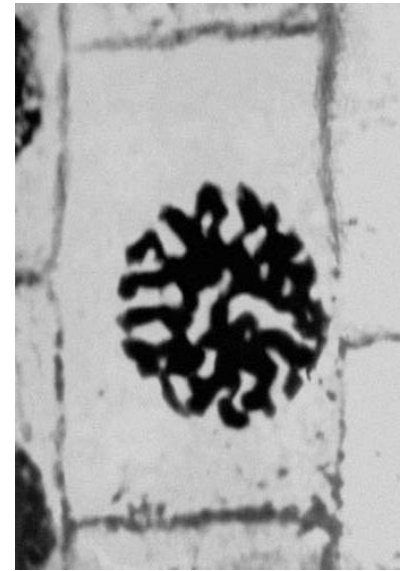
анафаза



телофаза

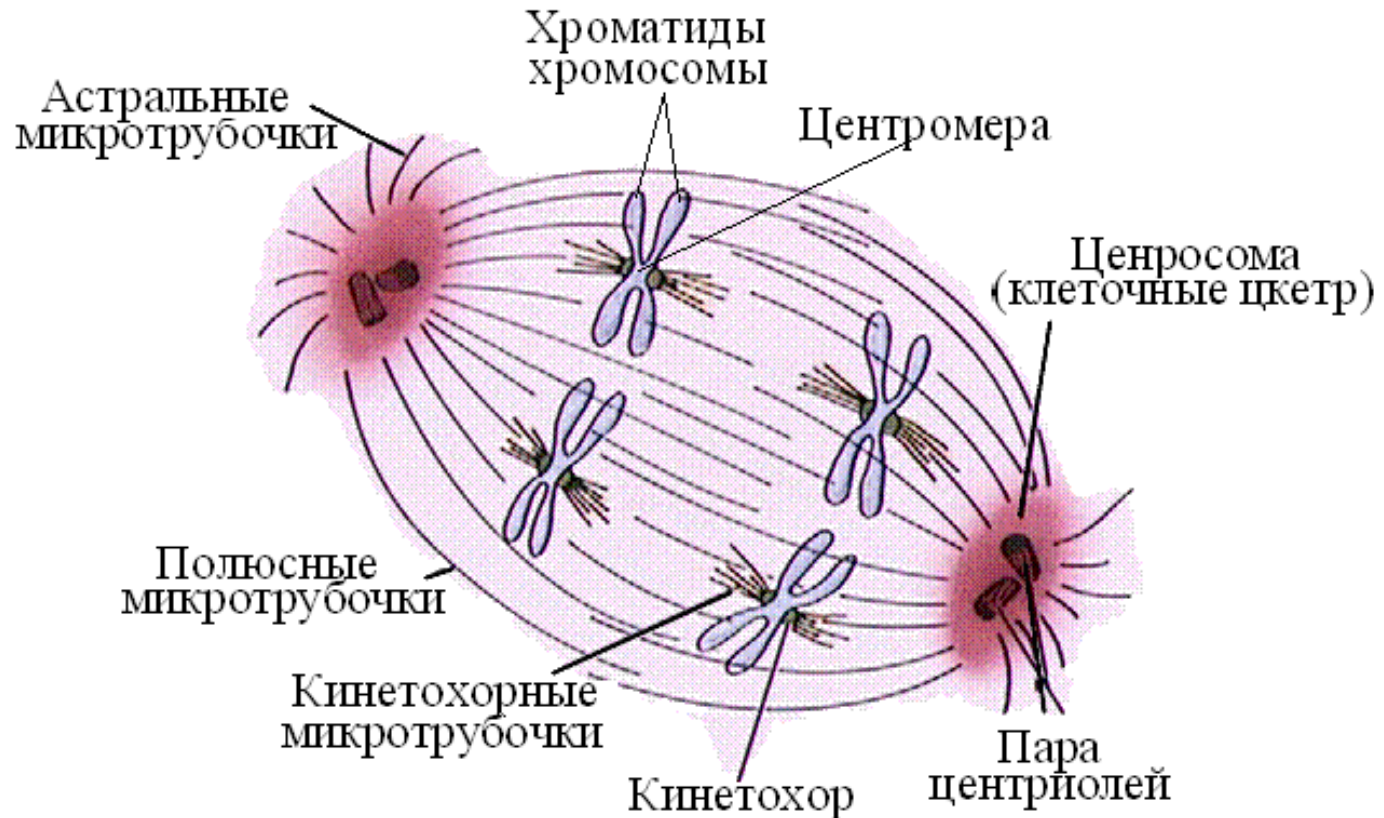
Профаза

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



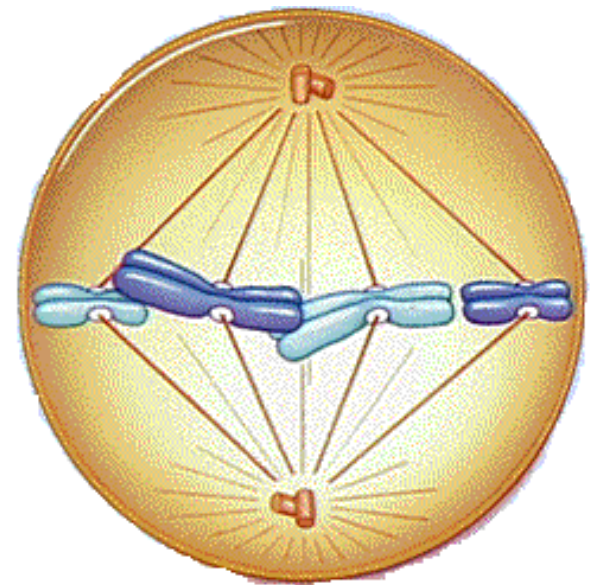
Микротрубочки веретена деления

1. Кинетохорные
2. Полюсные
3. Астральные



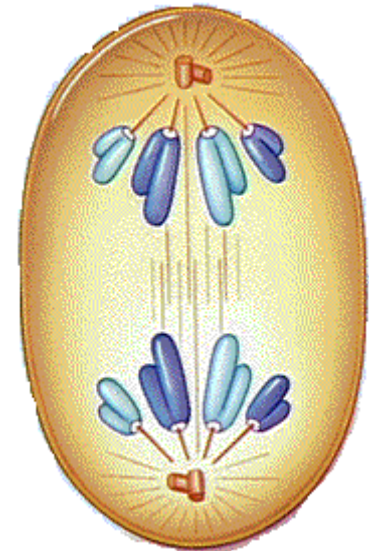
Метафаза.

- 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».



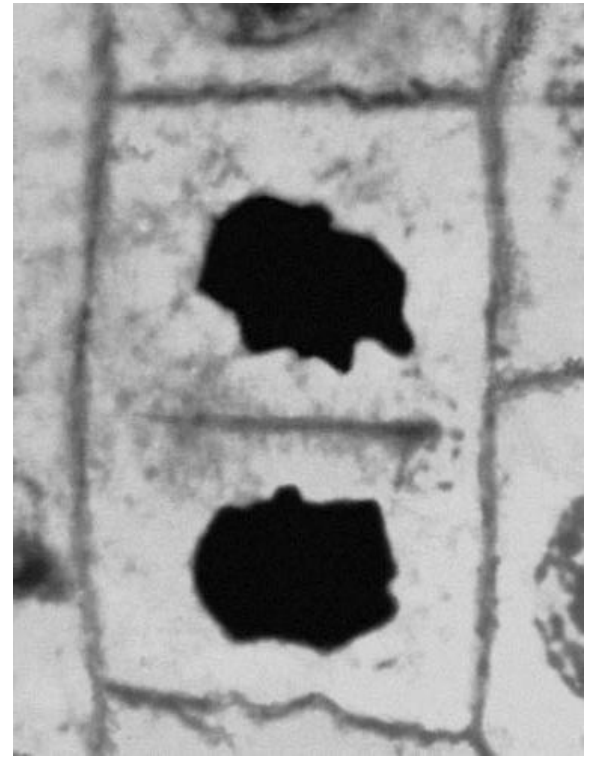
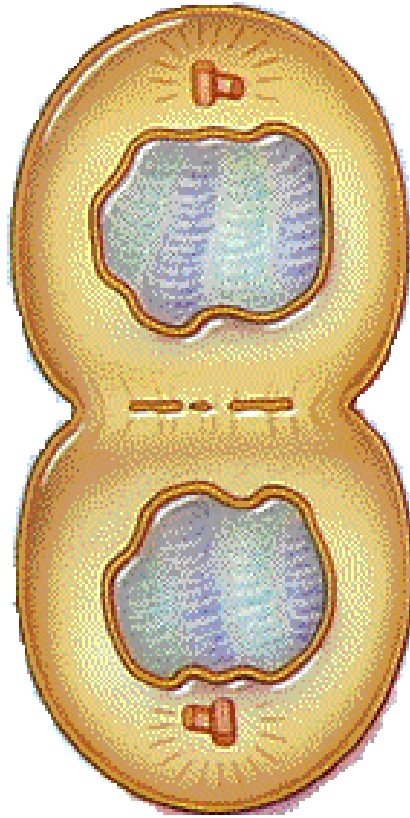
Анафаза

- **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 однохроматидных набор хромосом - **$2n2c$** .

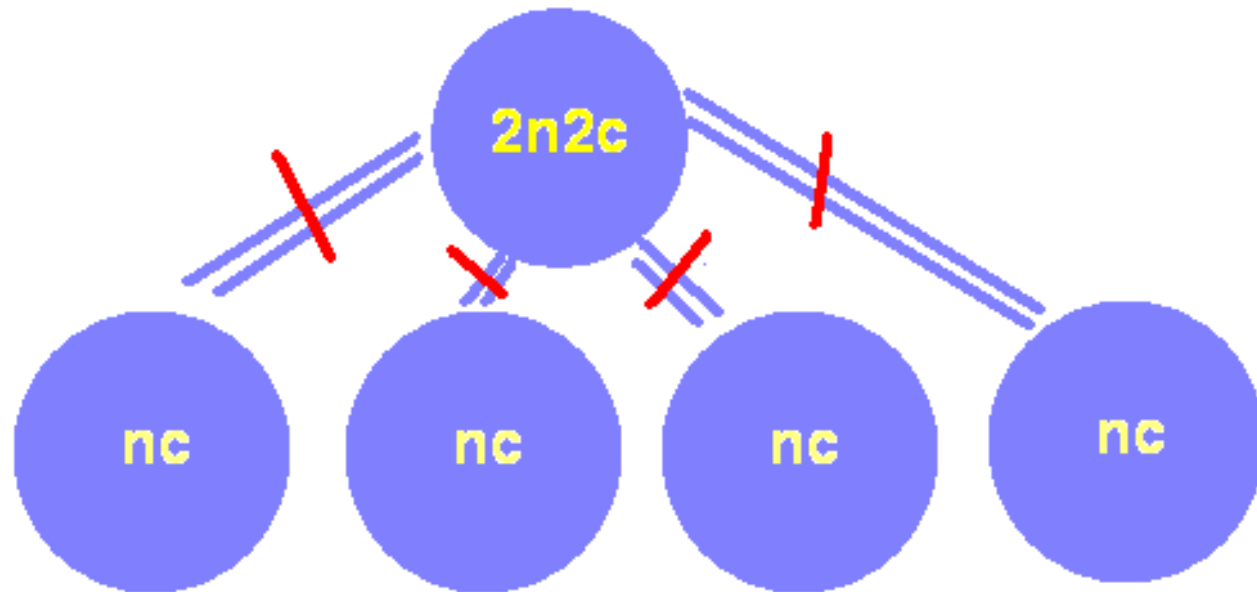


Телофаза.

- 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)

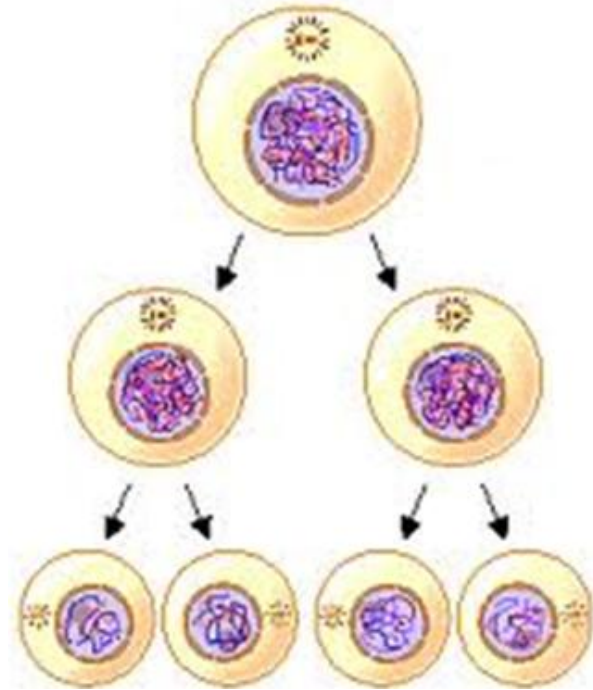
Мейоз II

Профаза II

Метафаза II

Анафаза II

Телофаза II



Профаза I мейоза

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

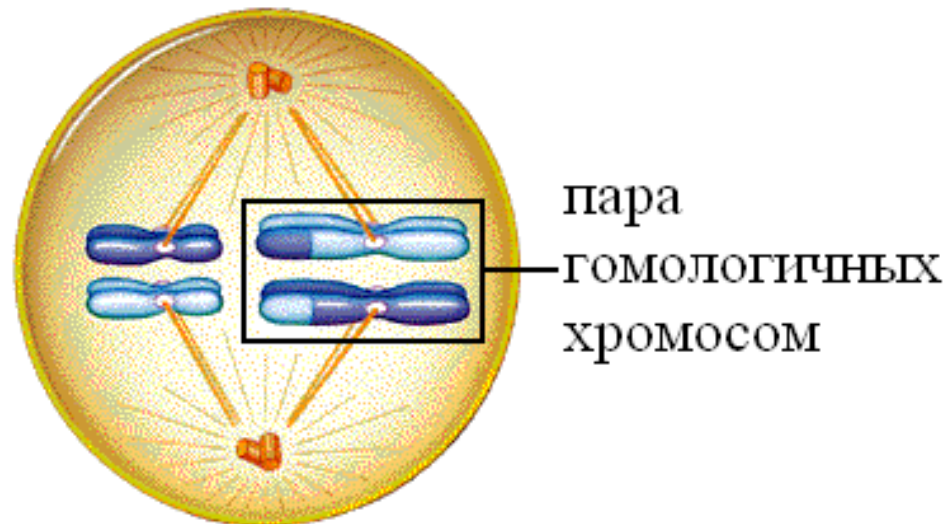
Отличия профазы I мейоза :

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



Метафаза I

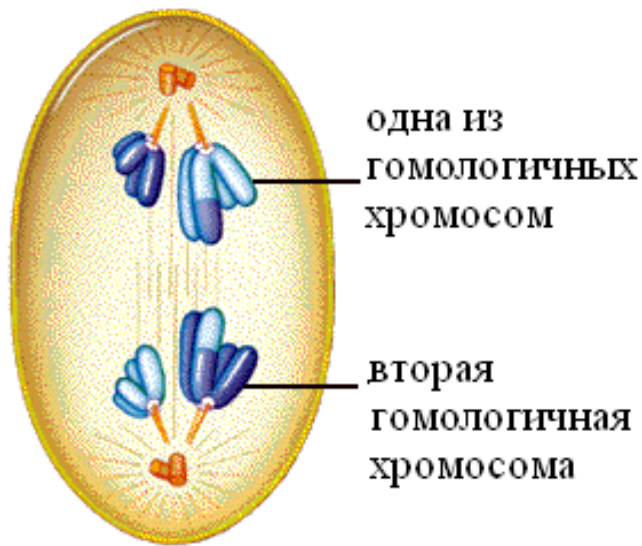
- спирализация хромосом максимальна.
- Тетраплоидные биваленты располагаются в экваториальной зоне клетки, образуя метафазную пластинку.
- К гомологичным хромосомам присоединяются нити веретена деления.



Анафаза I

к полюсам расходятся
гомологичные
хромосомы
состоящие из двух
хроматид.

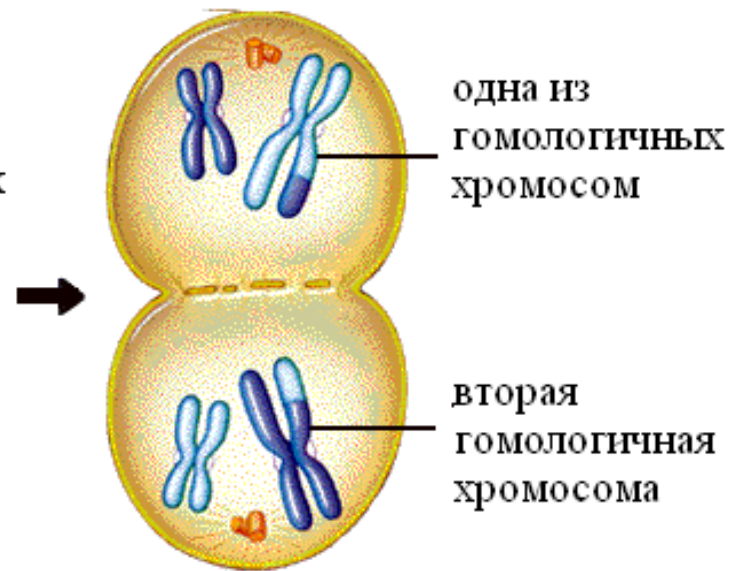
n2c



анафаза I

Телофаза I

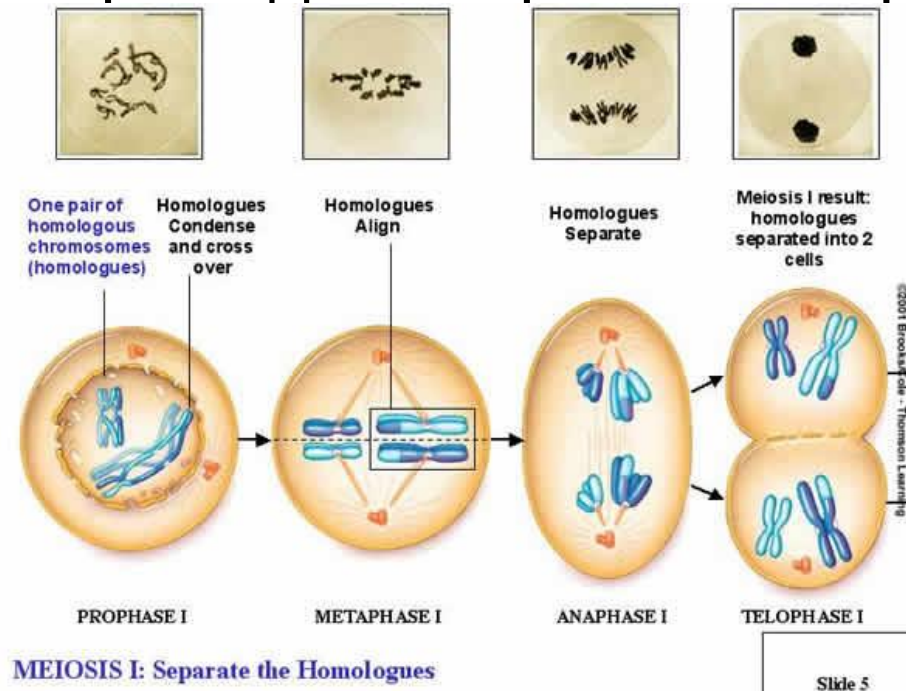
Восстанавливаются
структуры ядра.
Хромосомы остаются
конденсированными.



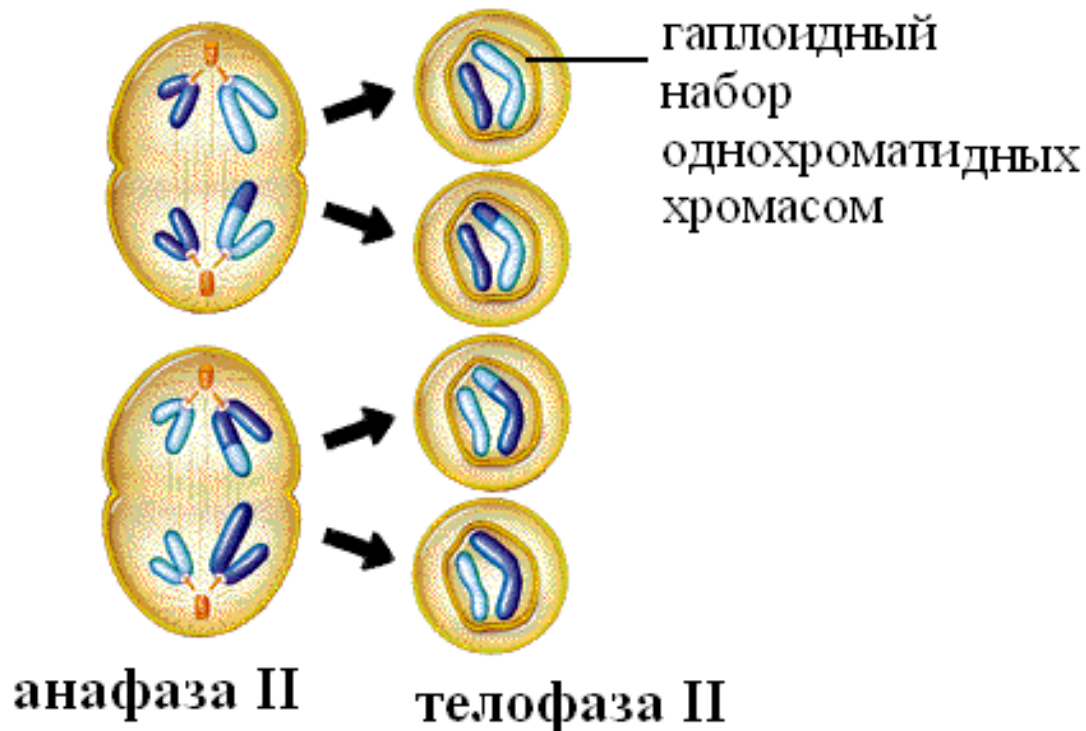
телофаза I

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 прошедшего кроссинговера.

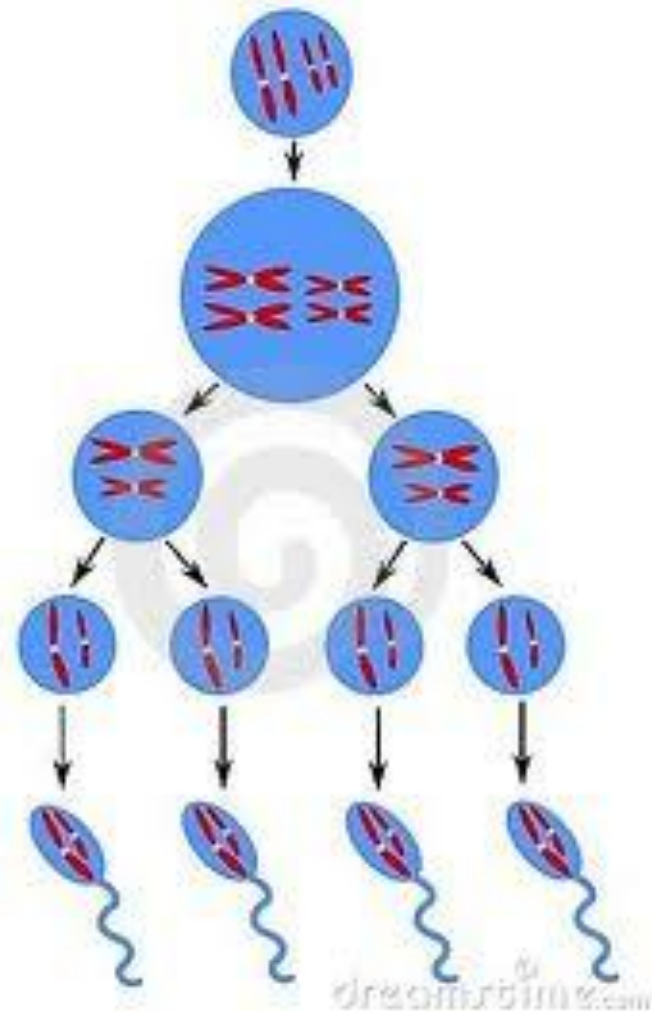


- Профаза II
- Метафаза II - на экваторе клетки выстраиваются двухроматидные хромосомы ($n2c$).
- В анафазе II - к полюсам расходятся хроматиды.
- Во время телофазы II - образуются ядра дочерних клеток, с гаплоидным набором однохроматидных хромосом - **nc**.



Стадии гаметогенеза:

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

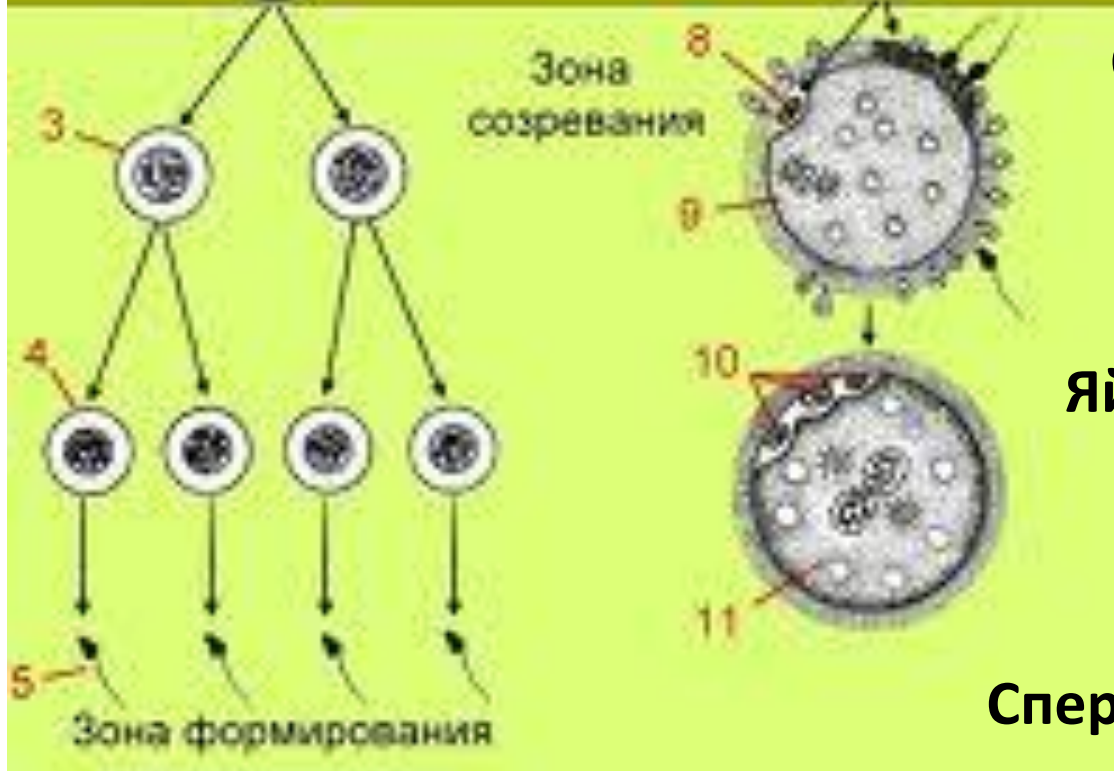




**Овогонии и
сперматогонии
($2n2c$)**



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



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

**Яйцеклетка (овотида)
и сперматиды
(nc)**

Сперматозоиды (nc)

I стадия – РАЗМНОЖЕНИЯ

- Из нефрогонанодотома (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 .
- 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 стадия 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.

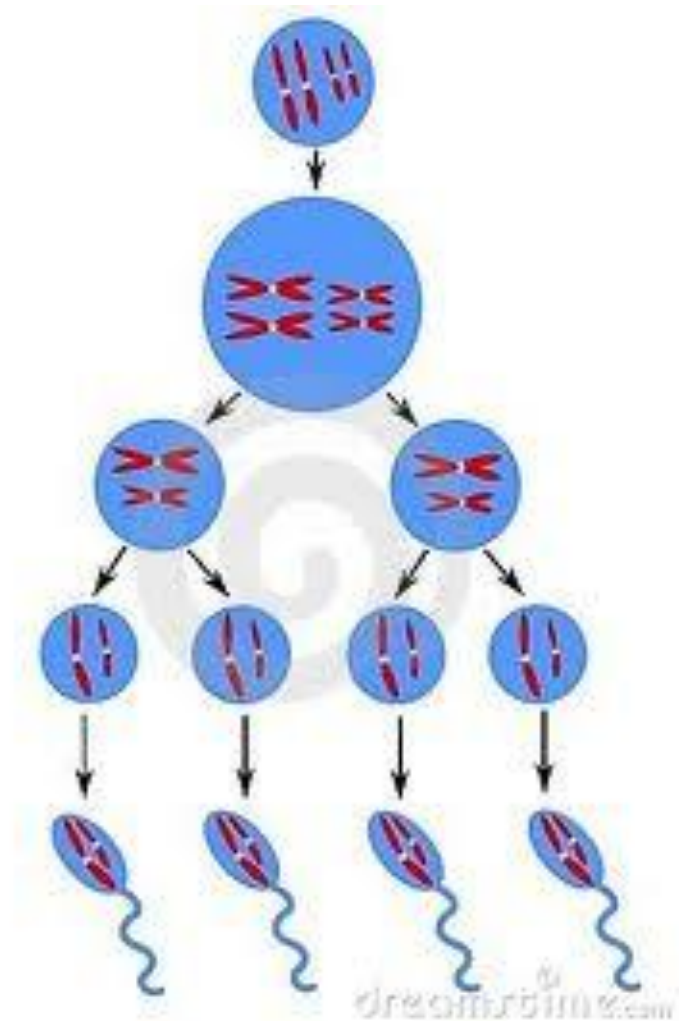
Первое (редукционное) деления мейозом

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.**

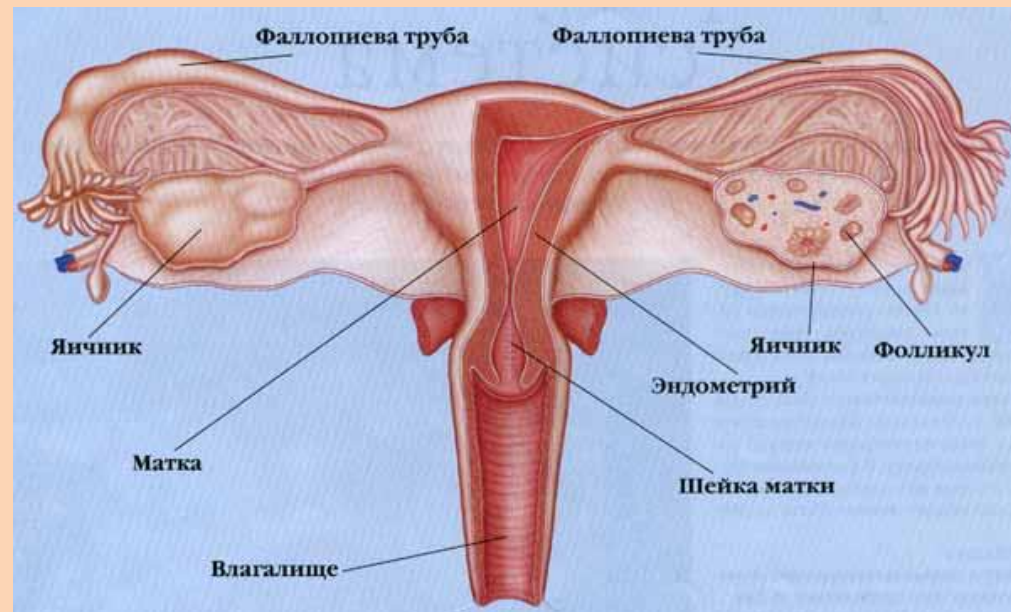
- Из каждой клетки вступившей в первое мейотическое деление образуются **два сперматоцита II порядка**, с набором **n2c**



- 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 двухроматидных 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:

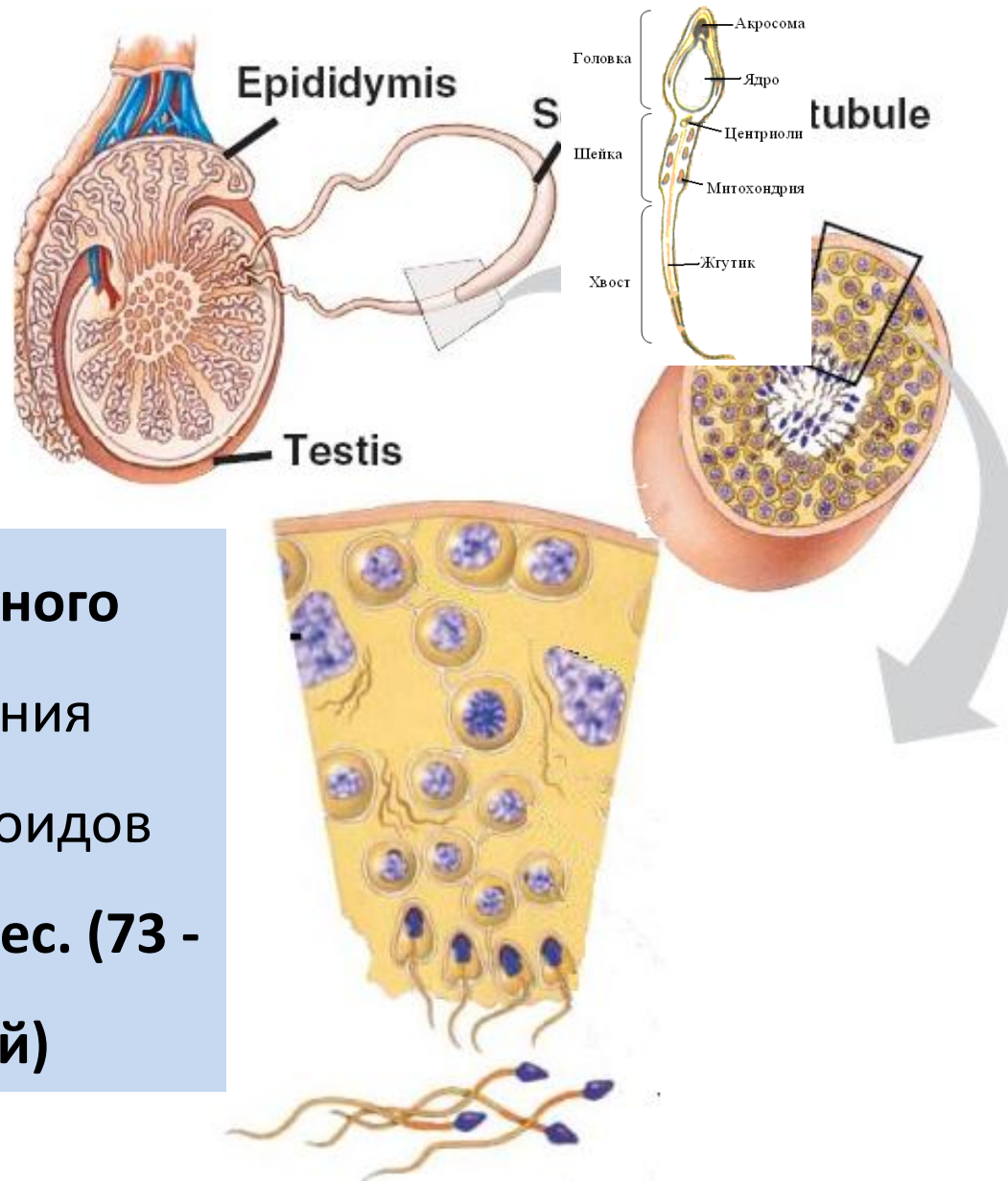
- **1 яйцеклетка** (овотида), ядро которой при оплодотворении сольется с ядром сперматозоида,
- и **3 направительных тельца.**

- 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.

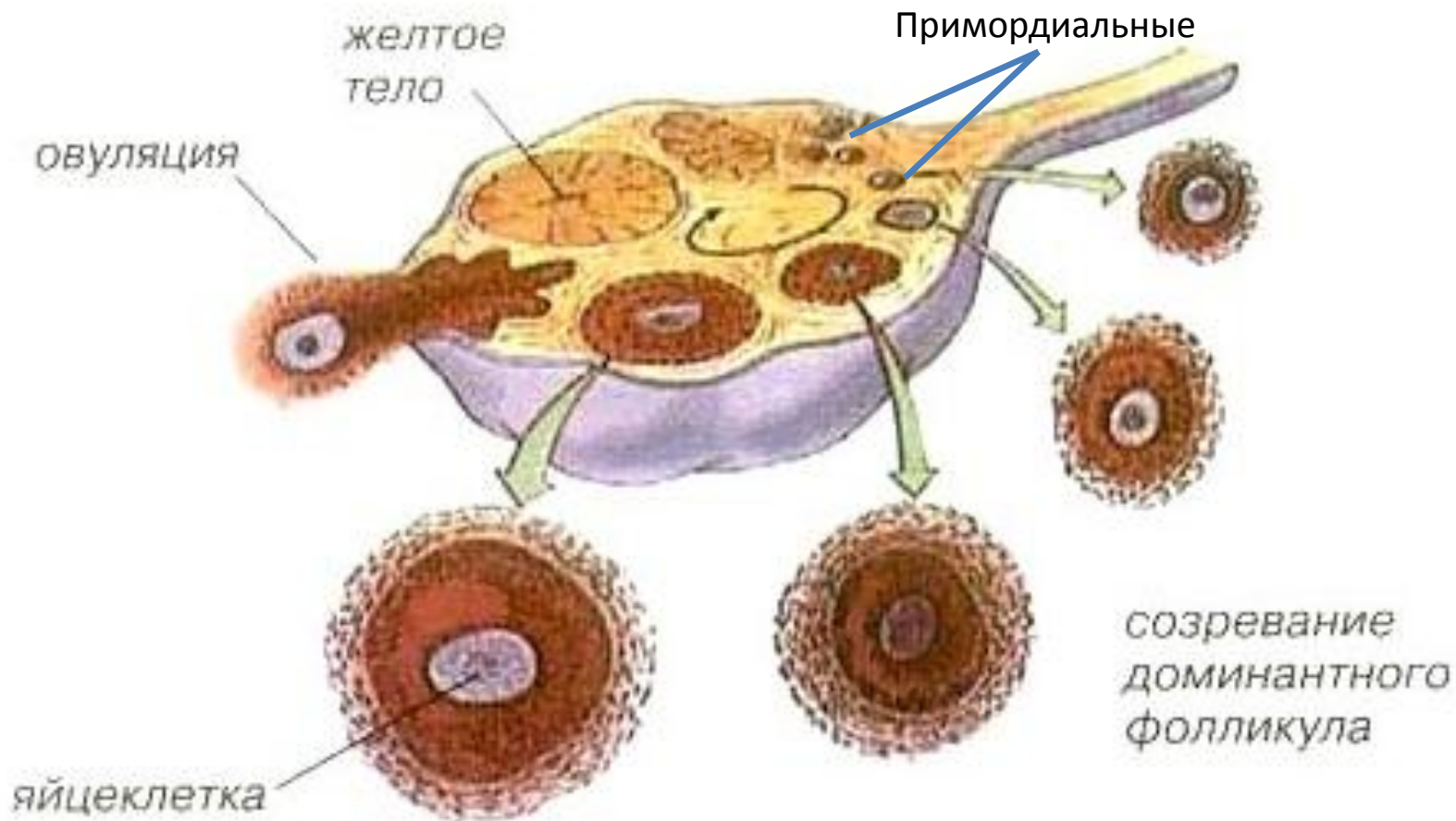
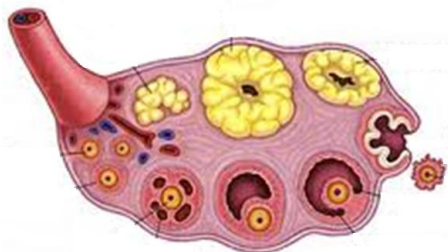
Сперматогенез



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



Овогенез



Желтое тело

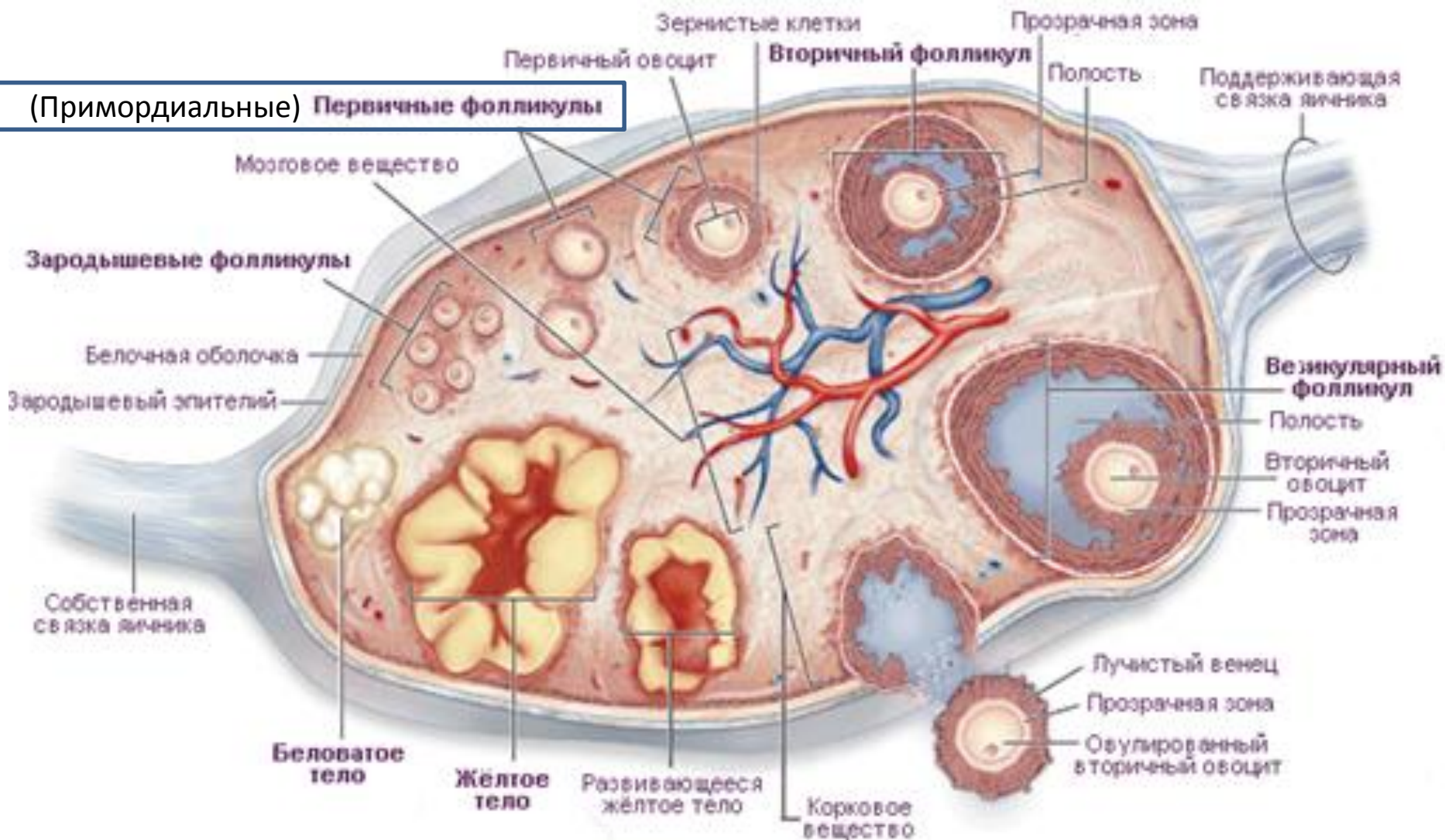
Временная железа внутренней секреции, образующаяся **после овуляции и вырабатывающая гормон прогестерон.**

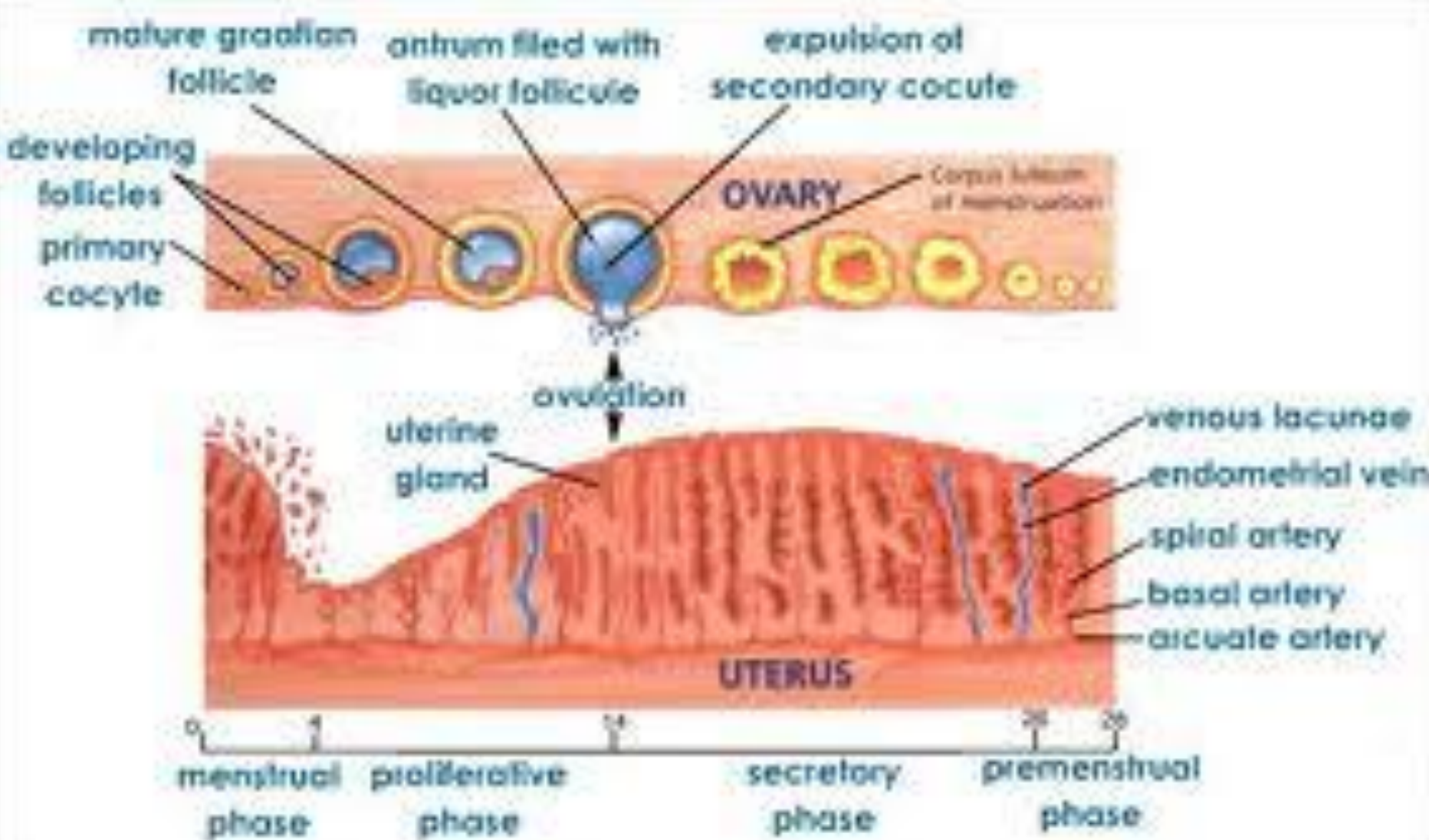
- При наступлении беременности
 - функционирует 10-12 нед. Вырабатывая необходимый для развития и сохранения беременности прогестерон, который стимулирует рост эндометрия и предотвращает выход новых яйцеклеток и менструацию.
 - Жёлтое тело сохраняется до тех пор, пока плацента не будет в состоянии самостоятельно вырабатывать эстроген и прогестерон.

белое тело

- 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



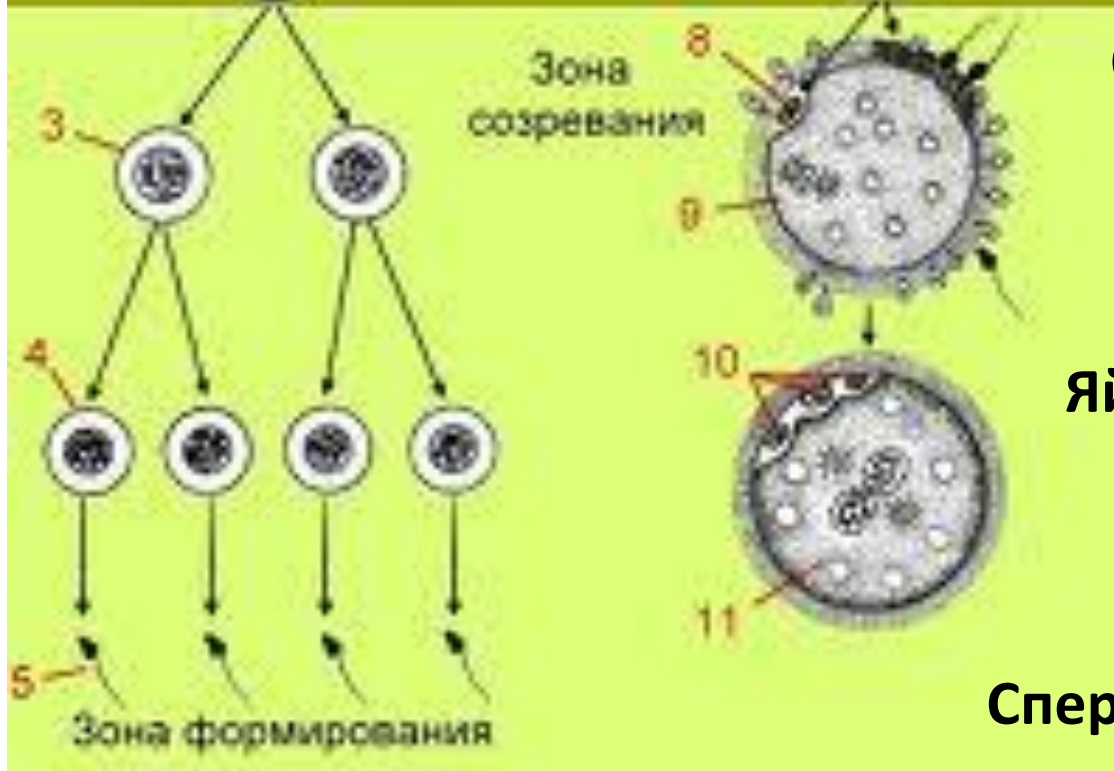




**Овогонии и
сперматогонии
($2n2c$)**



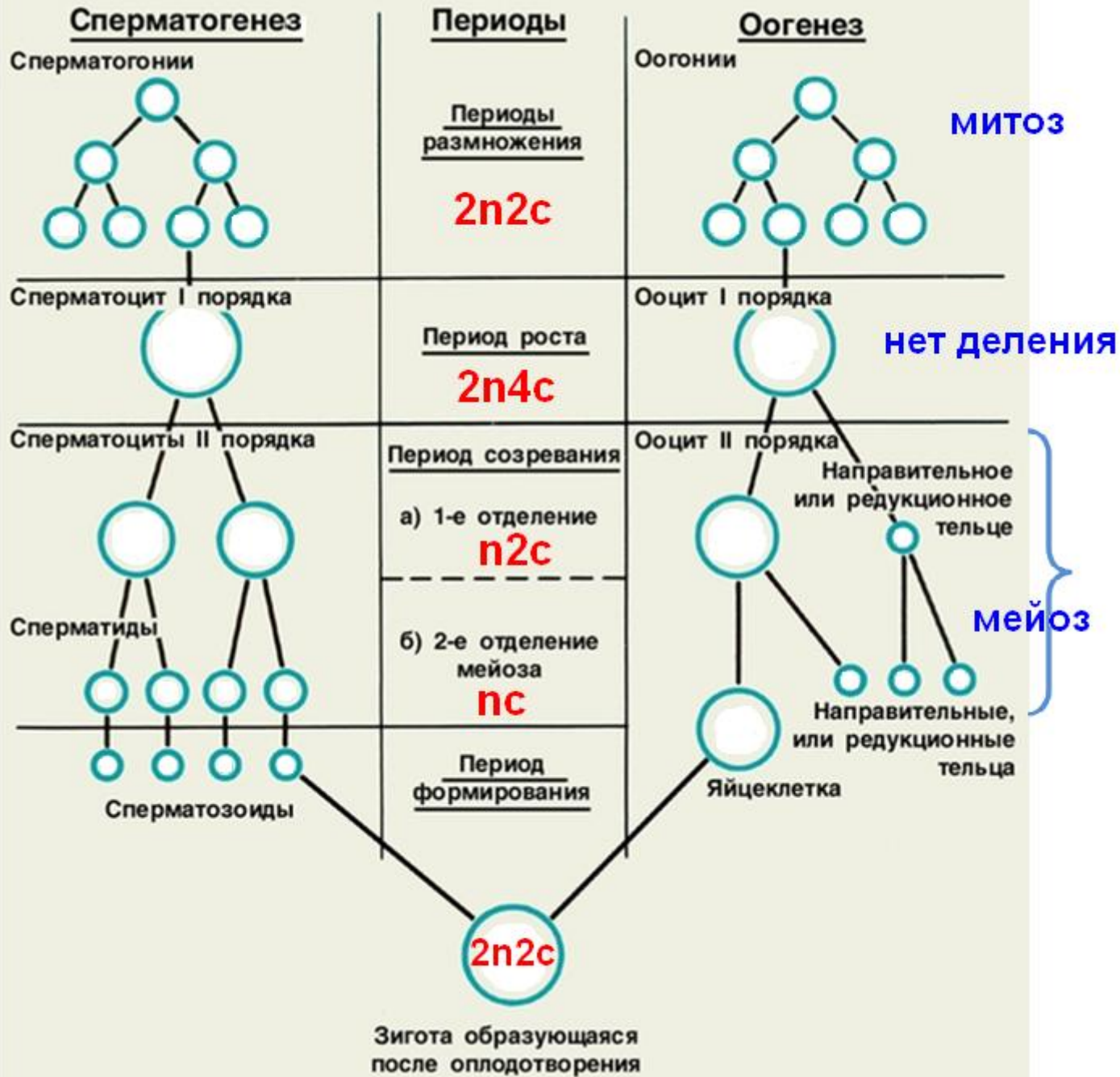
**Ооциты и сперматоциты
I порядка
($2n4c$)**



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

**Яйцеклетка (овотида)
и сперматиды
(nc)**

Сперматозоиды (nc)

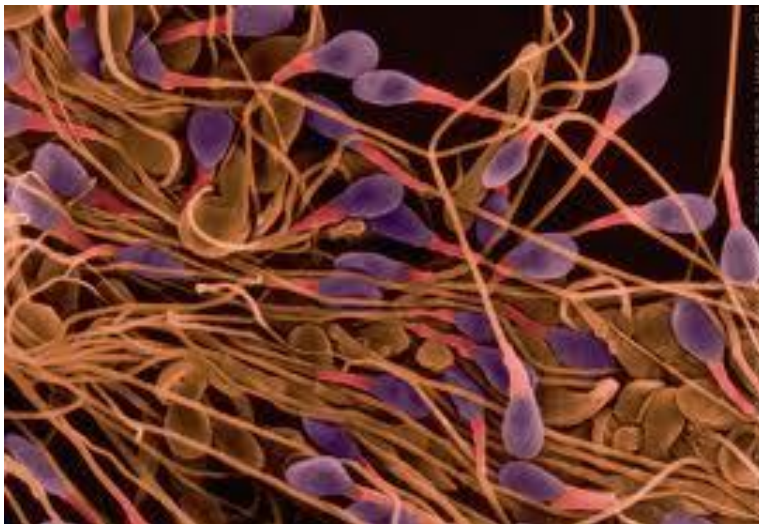


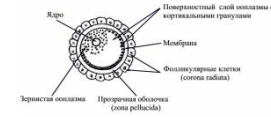
Мужские гаметы – сперматозоиды

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

Строение

- головка, шейка и хвост



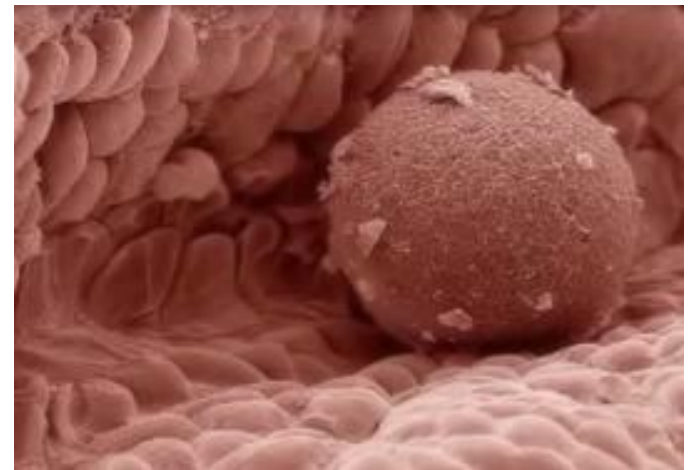
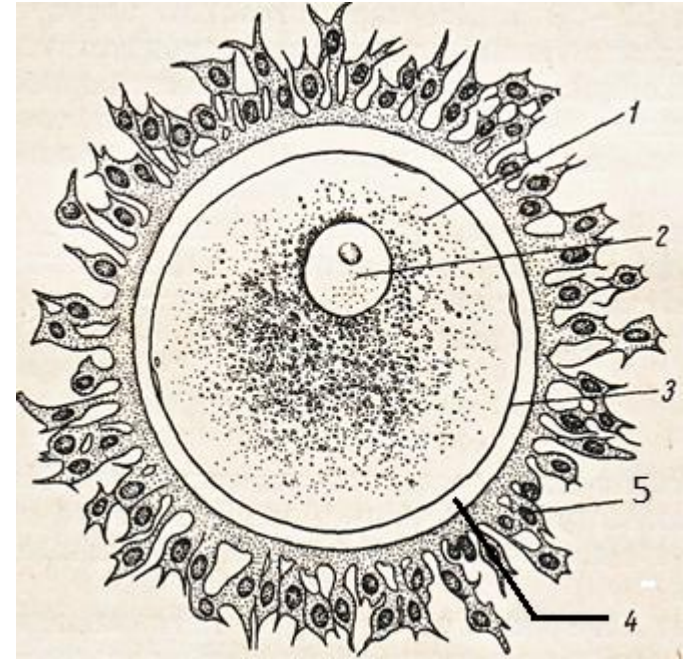


Женские гаметы - яйцеклетки

- 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)

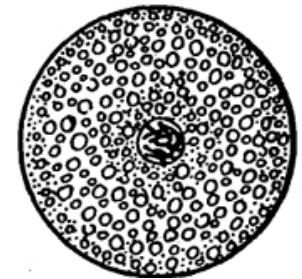
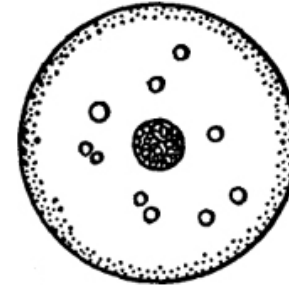


Сравнение яйцеклеток

по содержанию и распределению желтка

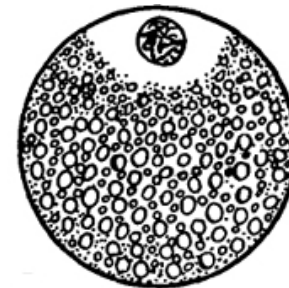
По количеству желтка:

- Алецитальные
- Олиголецитальные (первично и вторично)
- Полилецитальные



По распределению желтка

- Изолецитальные
- Телolecитальные (умеренно и резко)

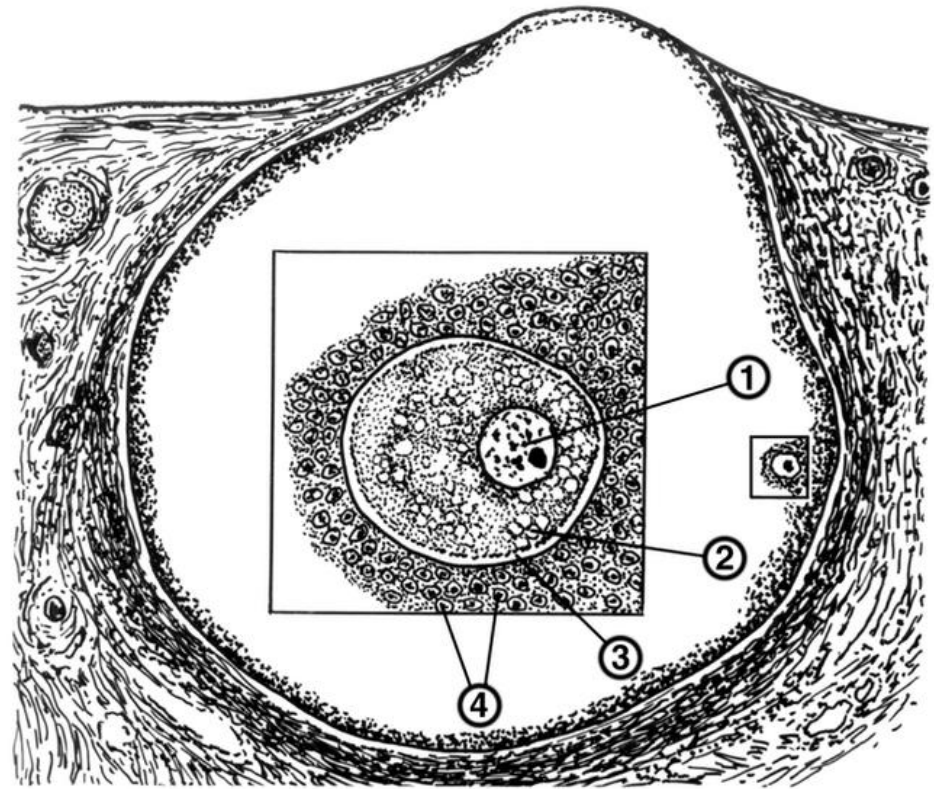


Два полюса телолецитальной яйцеклетки

- Анимальный полюс
- Вегетативный полюс

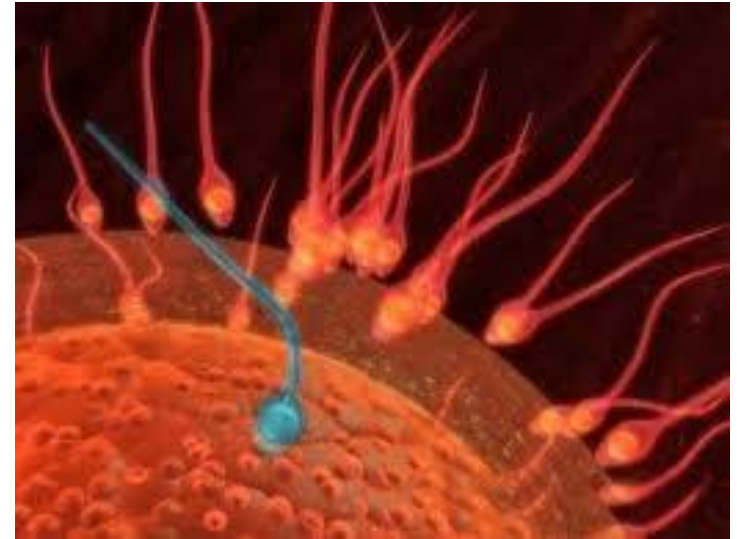
Эволюция гамет:

- изогамия
- анизогамия
- овогамия



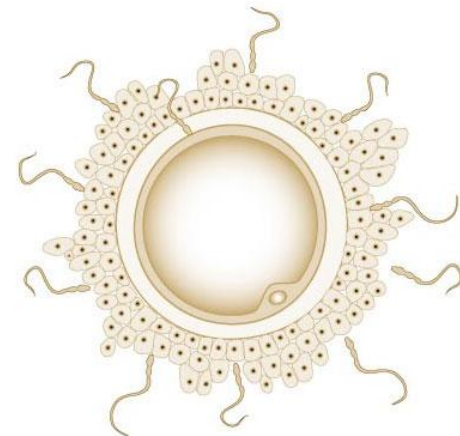
- 1 — ядро яйцеклетки;
- 2 — цитоплазма яйцеклетки;
- 3 — блестящая оболочка;
- 4 — фолликулярные клетки.

- **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**
 - Акросомальная реакция
- **Проникновение сперматозоида в яйцеклетку**
 - Пенетрация
 - Кортикальная реакция
- **Подготовка зиготы к дроблению**
 - Стадия пронуклеусов →
 - Синкарион →
 - Сингамия



Зрелый ооцит [5.org.ru](http://www.5.org.ru)

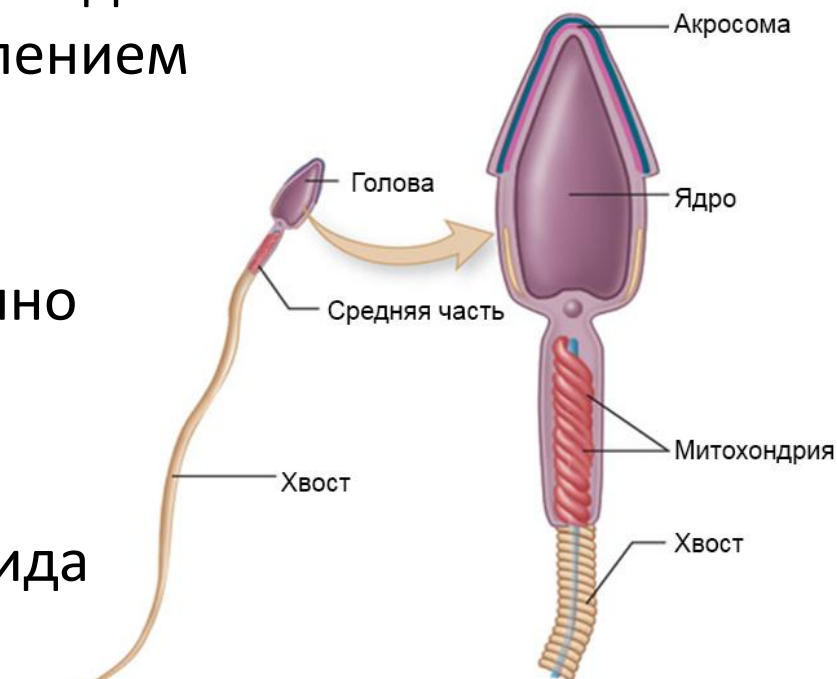


Оплодотворенный ооцит

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.

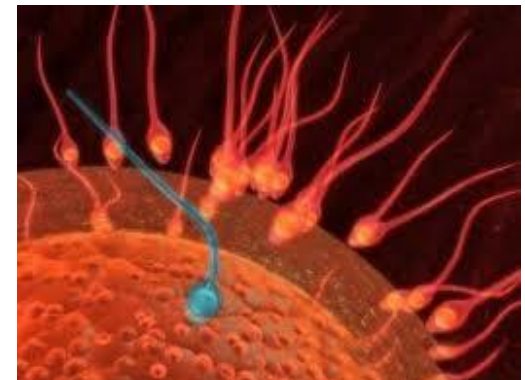
Этот путь может длиться более 10 часов.



Контактное взаимодействие гамет

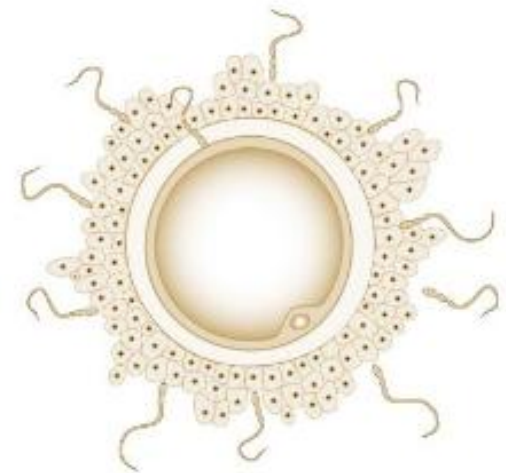
- Достигая яйцеклетки, большое количество сперматозоидов (полиспермия на этапе осеменения) связывается с её внешней (зернистой) оболочкой, что приводит к разрыву мембраны акросомы - **Акросомальная реакция**
- В местах слияния ___ выделяются **протеолитические ферменты** (гиалуронидаза), которые расплавляют 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 _сперматозоид (*моноспермия* на этапе оплодотворения) первым разрушает лучистый венец и блестящую зону яйцеклетки - **пенетрация**.
- Происходит слияния оболочек (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 180⁰
- 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** зиготы



Эмбриональный (зародышевый) период (первые 8 нед)

