

# Лекция 4

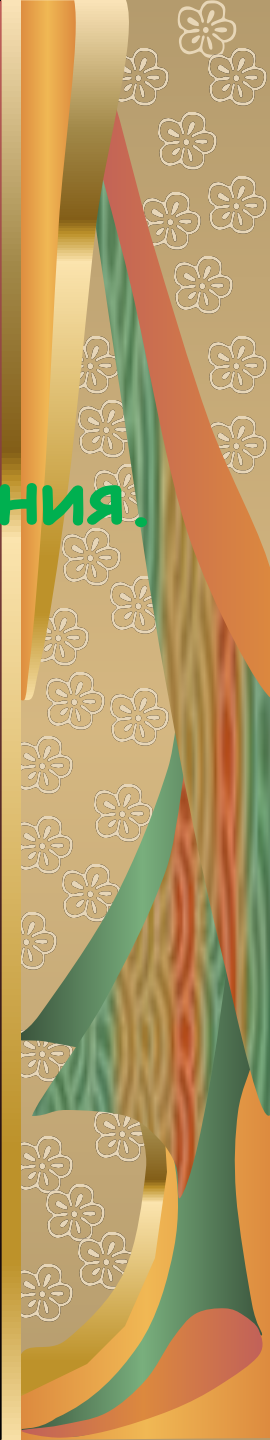


## Деление клеток, Мейоз. Гаметогенез.



# План лекции:

1. Деление клеток. Митоз. Амитоз.  
Эндомиоз.
2. Мейоз, его биологическое значение.
3. Половые клетки, особенности их строения.
4. Гаметогенез: спермато- и овогенез, их отличия.
5. Оплодотворение.
6. Виды размножения.



# Деление клеток. Митоз.

- Деление клеток – жизненно важная функция, обеспечивает репродукцию клеток, тканей организма.
- Рост и развитие организма.
- Регенерацию на уровне тканей и органов.
- При митозе происходит равномерное распределение генетического материала



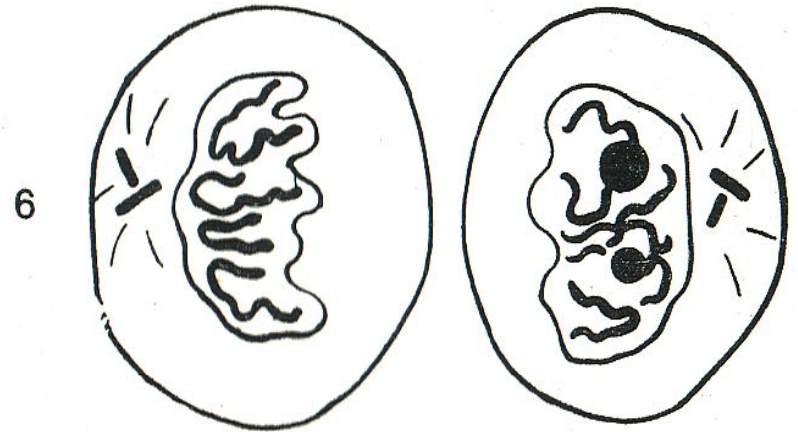
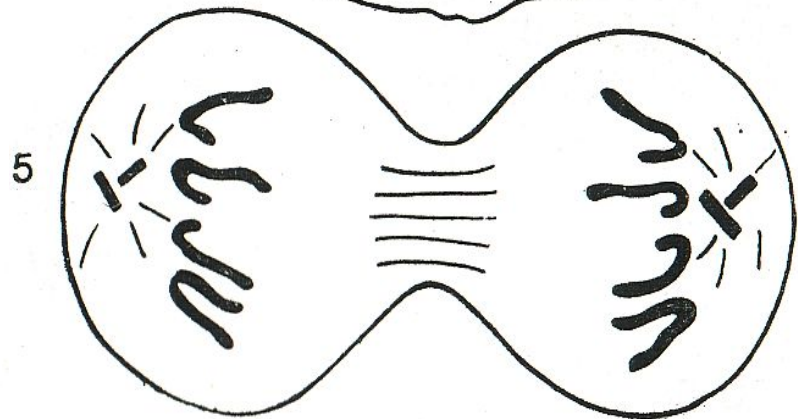
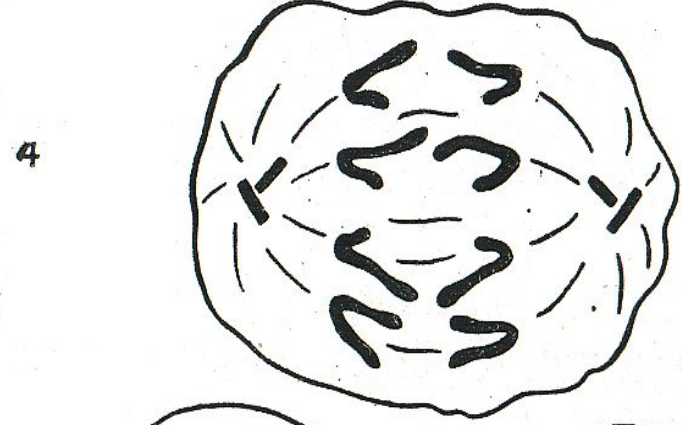
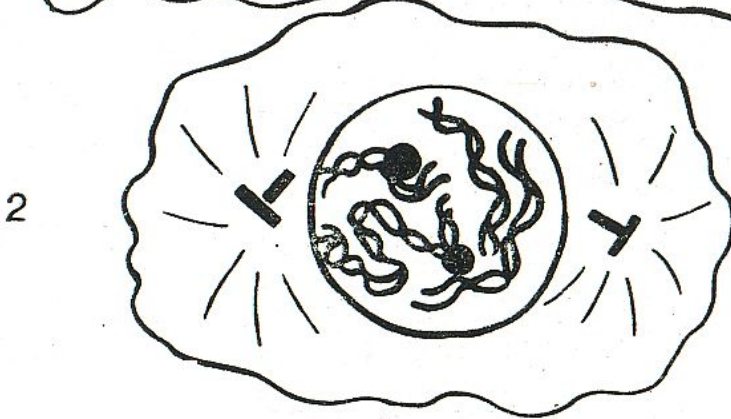
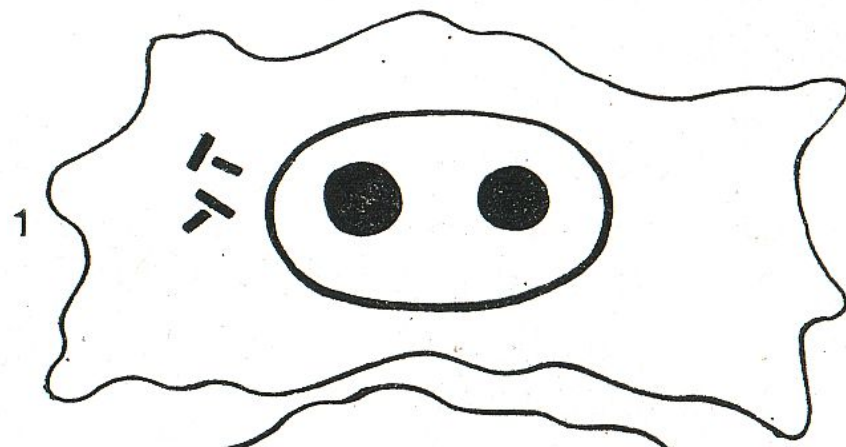
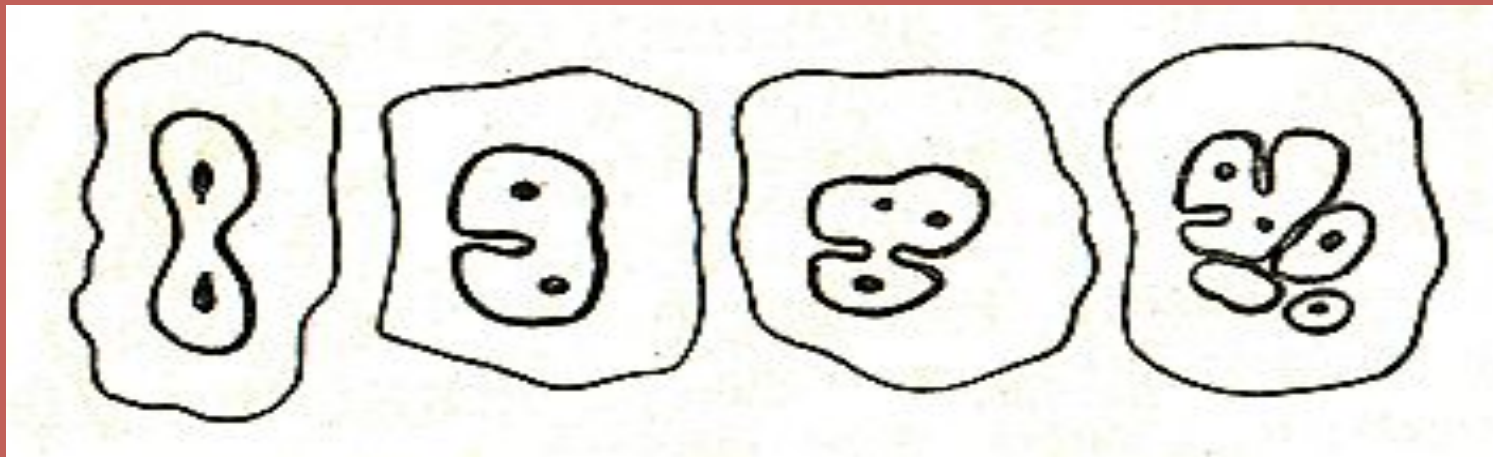


Схема митоза в животной клетке

# Амитоз (прямое деление)

Оно заключается в разделении ядра перетяжкой без сложной перестройки генетического материала и точного распределения между дочерними клетками. За ядром делится цитоплазма. Встречается в клетках отживающих, обреченных на гибель и дегенерирующих или стоящих в конце своего развития.

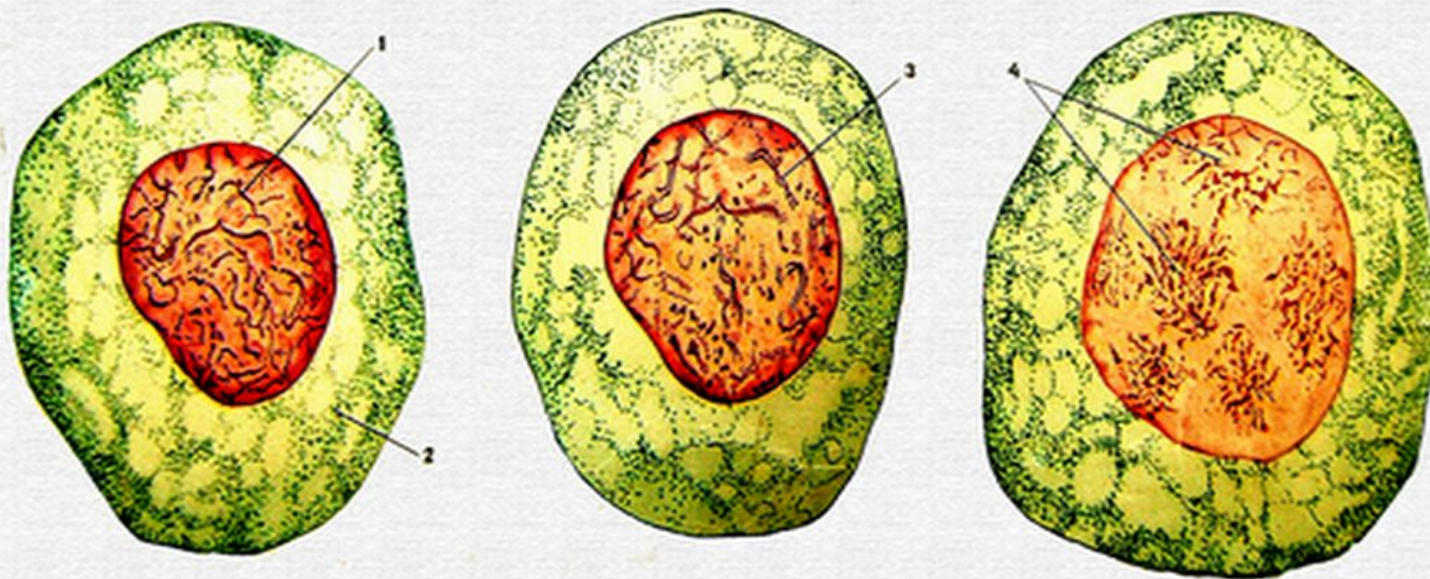
# Варианты амитоза – прямого деления



Часто разные формы  
**амитотического деления**  
ядер встречаются при  
различных процессах  
(воспаление,  
злокачественный  
рост и др.)



# ЭНДОМИТОЗ



Внутриядерное увеличение набора хромосом (эндомитоз)

1 - хромосомные нити в ядре; 2 - цитоплазма; 3 - удвоение хромосом в покое ядре;  
4 - группирование увеличенного набора хромосом.



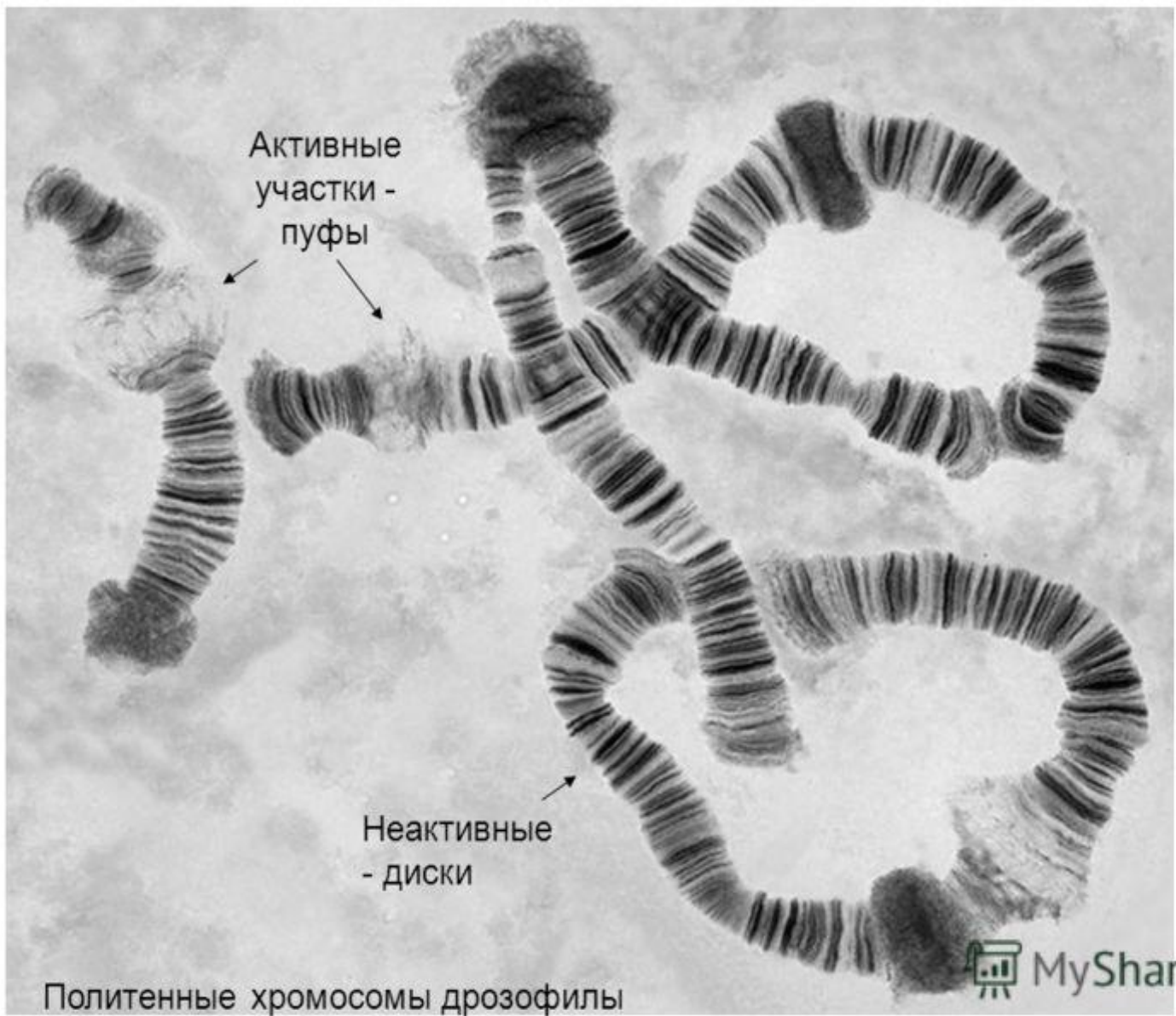
# Полиплоидность:

- Повторные эндомитозы приводят к возникновению полиплоидных ядер, отчего в клетке увеличивается содержание ДНК.
- Различают клетки гаплоидные (с одинарным набором непарных хромосом), диплоидные (с парными хромосомами), полиплоидные (три-, тетра-, гексаплоидными и т. д. в зависимости от того, сколько раз в ядре клетки повторяется гаплоидный набор)



- При эндомитозе. расхождение хромосом к полюсам клетки не осуществляется, вследствие чего в клетке происходит увеличение числа хромосом в несколько раз. В результате Э. в пределах одной и той же ткани организма могут одновременно находиться как диплоидные, так и полиплоидные клетки. Это явление получило название полисоматии. Если возникающие эндомитотическим путем хромосомные нити не разъединяются, имеет место **политения, т.е. образование в ядрах соматических клеток организма многонитчатых (политенных) гигантских хромосом.**





# Эндомиоз винограда:

- У винограда эндомиоз был обнаружен в кончиках молодых корней . По своему происхождению, большинство известных полиплоидных сортов винограда возникло на основе соматических мутаций в результате спонтанного образования полиплоидных клеток путем эндомиоза.
- «Рислинг крупноягодный»
- тетраплоидные сорта винограда:
- «Шасла гро Куляр белая»



Двойная  
спираль ДНК  
2 нм

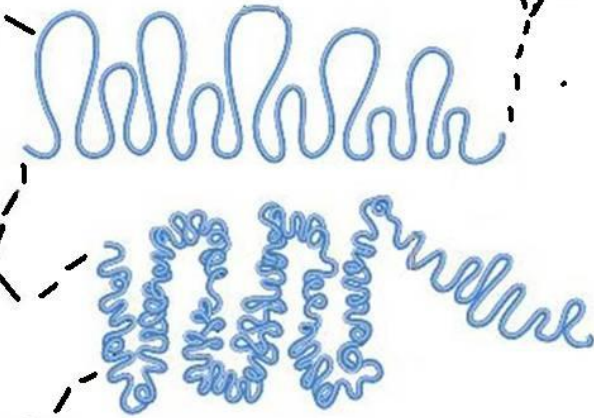
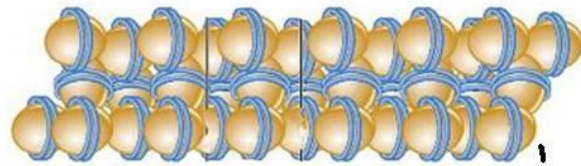
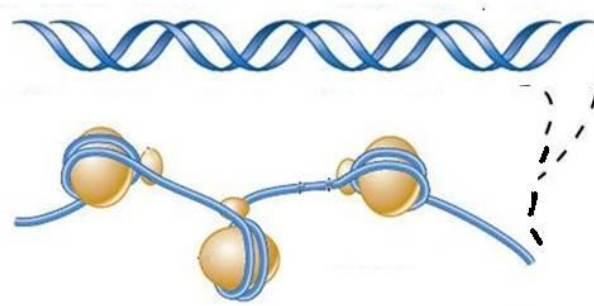
Нуклеосомная  
нить 11 нм

Хроматиновая  
нить 30 нм

Scaffold

Хроматиновые  
петли 300 нм

Хроматида  
700 нм



Метафазная хромосома



# I. Мейоз,

его биологические значения

1-е мейотическое деление -  
редукционное (уменьшительное)

## Профаза I:

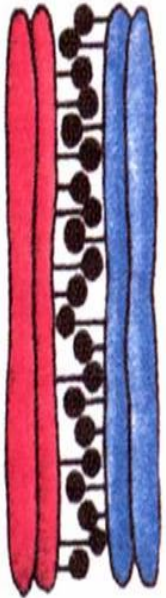
- лептонема
- зигонема
- пахинема
- диплонема
- диакинез

**Лептонема** – компактизация хромосом, хромосомы напоминают нитки бус, содержат утолщенные(хромомеры) и не утолщенные участки

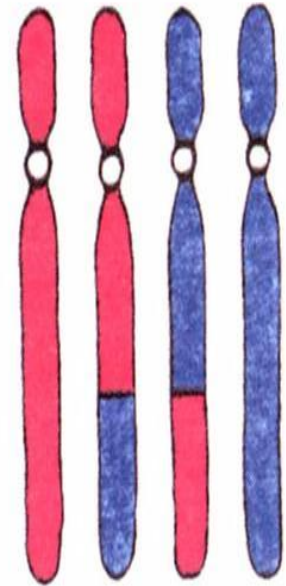
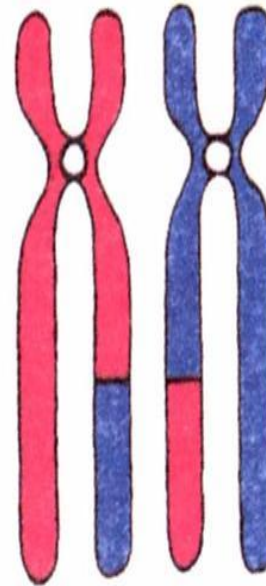
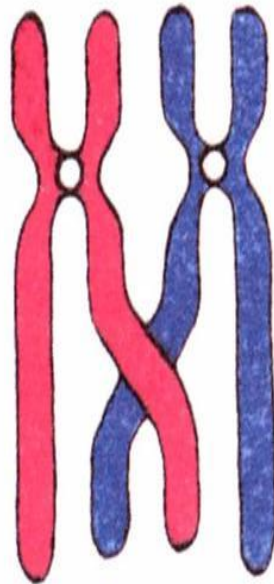
**Зигонема** – конъюгация гомологичных хромосом, образование синаптонемального комплекса и бивалентов.

**Пахинема** – дальнейшая компактизация хромосом в бивалентах, деление каждой хромосомы на 2 хроматиды, образование тетрад. Кроссинговер.

# Кроссинговер



Конъюгация



Кроссинговер — перекрест хромосом в мейозе

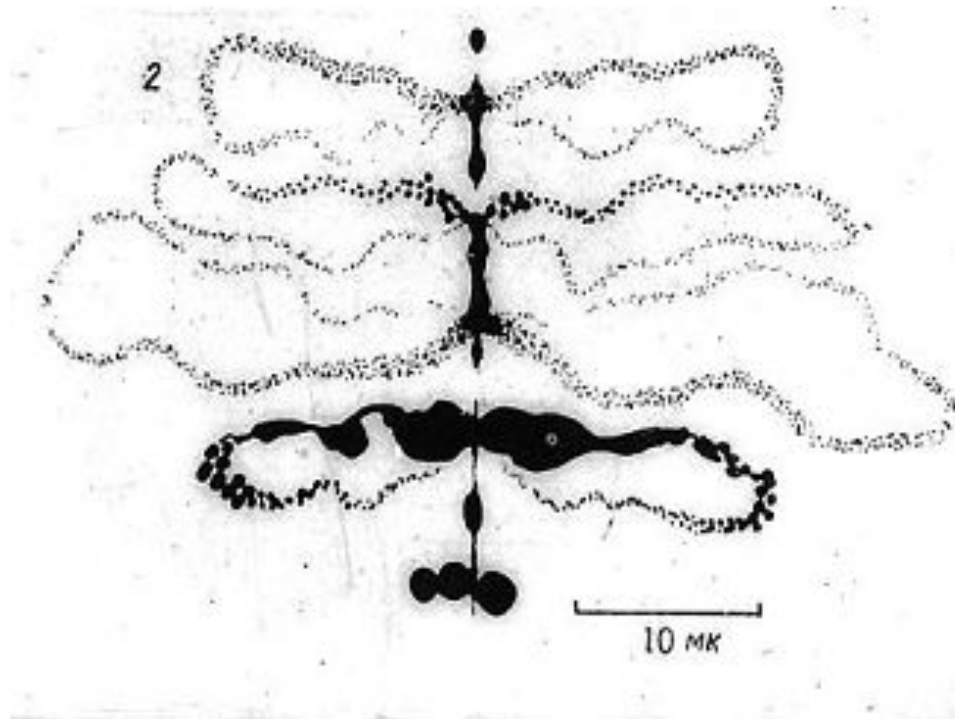


**Диплонема** - отталкивание конъюгирующих хромосом, образование **хиазм** между несестринскими хроматидами.

**Диакинез** - максимальная компактизация хромосом, исчезновение хиазм, приближение хромосом в виде бивалентов к плоскости экватора.

В овогенезе есть стадия **ДИКТИОНЕМЫ**-  
хромосомы в виде «ламповых  
спиралей»

Хромосома в виде ламповой спирали



К концу **профазы I** реорганизуется ядерная оболочка и ядрышко. Содержание хромосом **«2n»** и **«ДНК-4с»**.

В цитоплазме формируется аппарат деления.

## **Метафаза I.**

Хромосомы в виде бивалентов располагаются в плоскости экватора в виде **«материнской звезды»**. Содержание хромосом **«2n»** и **ДНК-4с**

## Анафаза I.

Гомологичные хромосомы

- **диады** - начинают расходиться к разным полюсам клетки. Содержание хромосом **<<n>>** и **ДНК-2С** у каждого полюса.

## Телофаза I.

На полюсах клетки из диад формируются новые дочерние ядра. Цитокинез.

Содержание хромосом **<<n>>** и содержание **ДНК-2С**.

Таким образом, в результате первого деления мейоза (редукционного):

- Образуются клетки с « $n$ » набором хромосом, т.е. происходит **уменьшение числа хромосом вдвое** (человек-23 хромосомы, дрозофила-4)
- Конъюгация гомологических хромосом
- Происходит **рекомбинация генетического материала** за счет **кроссинговера и рекомбинации хромосом в анафазе I.**
- Образование **хиазм.**

## 2-е мейотическое деление - эквационное (уравнительное).

Между первым и вторым делением мейоза у некоторых типов клеток есть период покоя - **интеркинез**-, который в отличие от интерфазы, не содержит **S**-периода. Имеются только периоды **G1** и **G2**.

**Профаза II** очень короткая, компактизация хромосом, реорганизация ядрышка и ядерной оболочки, формирование веретена деления. **«n2c»**

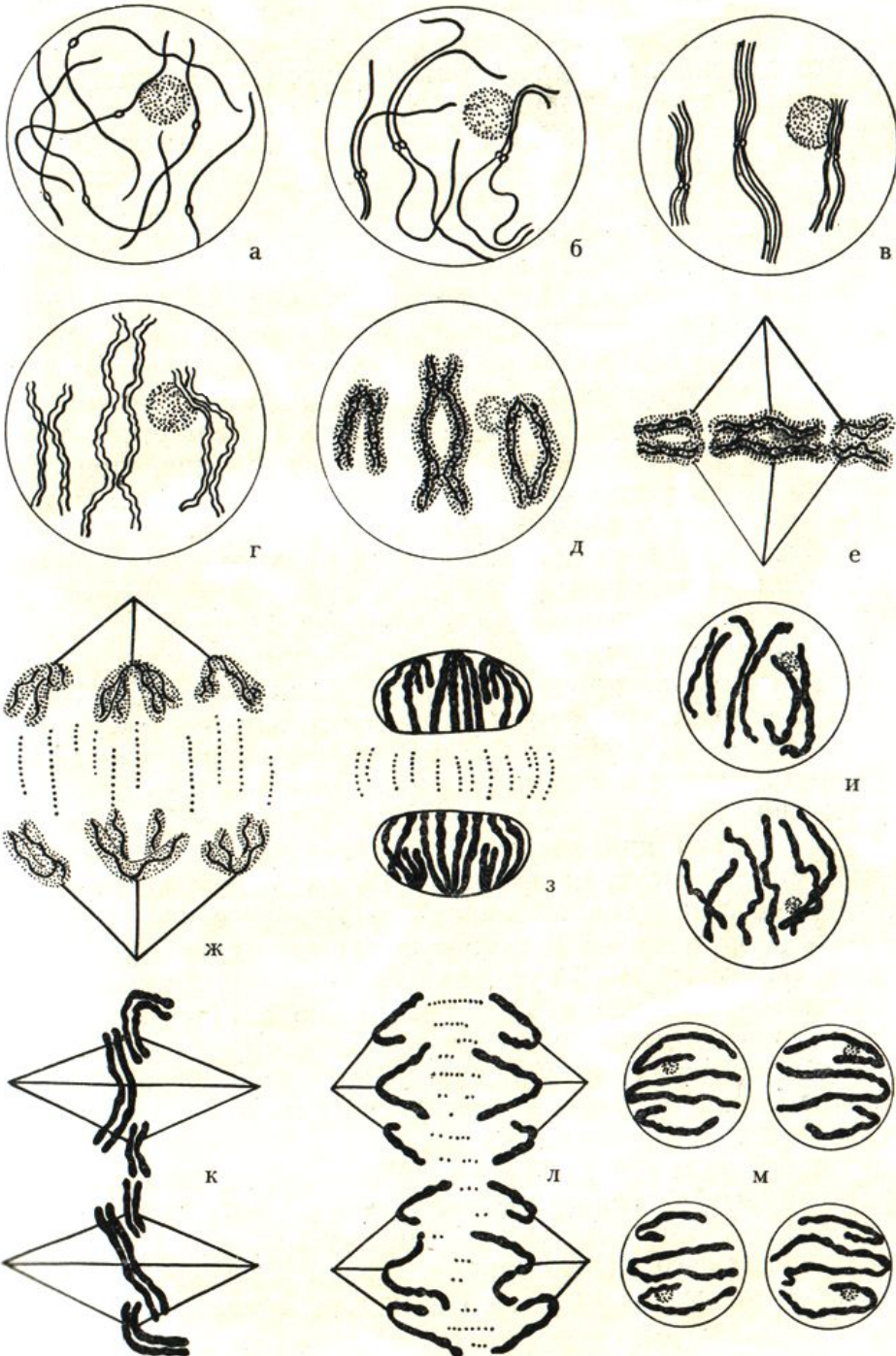
**Метафаза II** - образование «материнской звезды» из диад, т.е. по экватору выстраиваются одиночные хромосомы. **«n2c»**

**Анафаза II** - расхождение к полюсам клетки хроматид - (монад) **«nc»** у каждого полюса

**Телофаза II** - формирование ядер и дочерних клеток. **«nc»** .

# Последовательные стадии мейоза:

- а - лептотена,
- б - зиготена,
- в - пахитена,
- г - диплотена,
- д - диакинез,
- е - метафаза,
- ж - анафаза I,
- и - интеркинез,
- к - метафаза II,
- л - анафаза II,
- м - телофаза II.



# Биологическое значение мейоза:

1. Обеспечивает поддержание постоянства числа хромосом для каждого вида у организмов размножающихся половым путем, за счет образования клеток с « $n$ » набором хромосом.
2. Приводит к генетической неоднородности за счет:
  - а) кроссинговера,
  - б) случайного независимого расхождения хромосом и хроматид в анафазе I и II мейоза.



# Отличие мейоза от митоза

Критерий	Мейоз	Митоз
1. Число делений	2	1
2. Конъюгация хромосом	Есть	Нет
3. Кроссинговер	Есть	Нет
4. Дополнительный синтез ДНК	Нет	Нет
5. Комбинативная изменчивость	Есть	Нет
6. Число клеток, образовавшихся в результате деления	4	2
7. Редукция числа хромосом	Есть	Нет
8. Время	У дрозофил > 2 суток У мужчин ~ 3,5 недели	~ 1-2 часа

## II. Половые клетки, особенности их строения.

**Гаметы** - сперматозоиды и яйцеклетки.

**Отличия половых и соматических клеток:**

- 1) ядра содержат гаплоидный набор хромосом;**
- 2) иное ядерно-цитоплазматическое соотношение: у яйцеклеток снижено, у сперматозоидов повышено.**

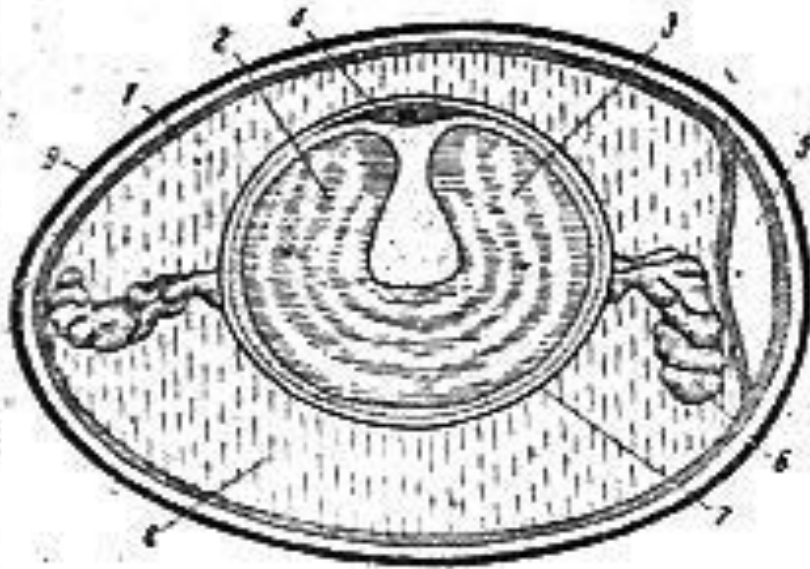
# Яйцеклетка:

- 1) крупная, шарообразная, диаметр 200 мкм (у человека);
- 2) оболочки:
  - внутренняя (зона пеллюцида);
  - наружная - фолликулярная.

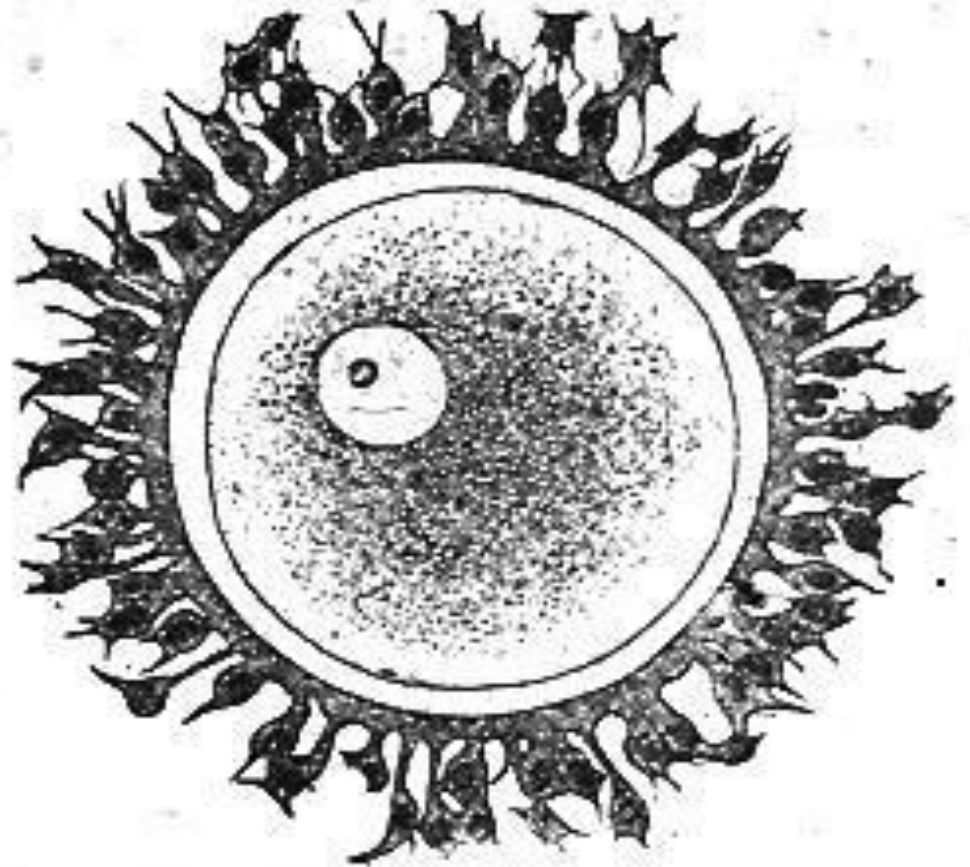
## Функции оболочек:

- а) защитная;
  - б) трофическая (фолликулярная);
  - в) препятствуют проникновению при оплодотворении более одного сперматозоида.
- 3) богата трофическими включениями;
  - 4) нет клеточного центра.

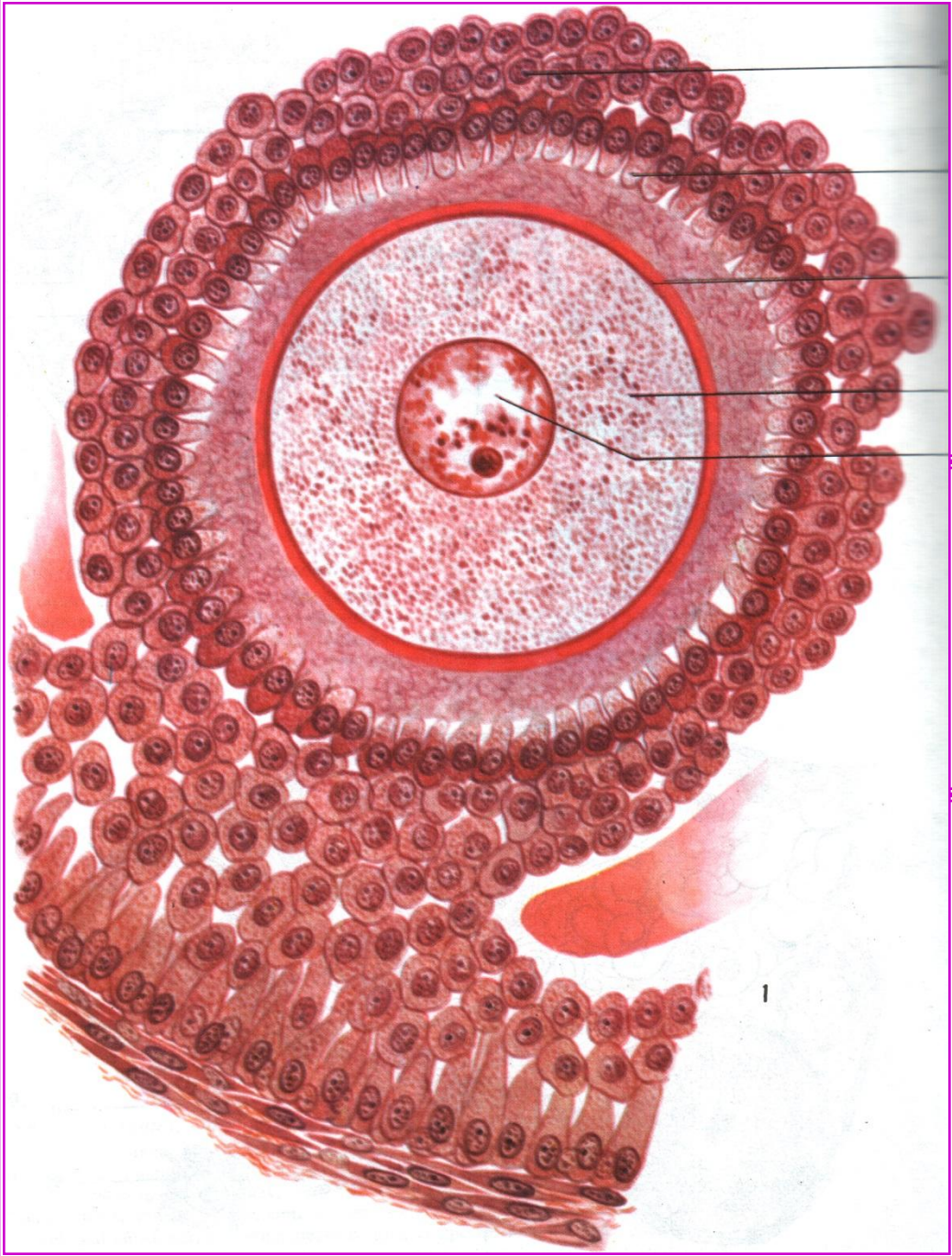
# Типы яйцеклеток



Продольный разрез  
куриного яйца.



Яйцо человека.



# Яйцеклетка млекопитающих

# Сперматозоид:

- 1) размеры **40-100** мкм, у человека **50-70** мкм;
- 2) подвижная клетка;
- 3) состоит из:
  - головки;
  - шейки;
  - жгутика (хвостовая нить) или жгутиков.

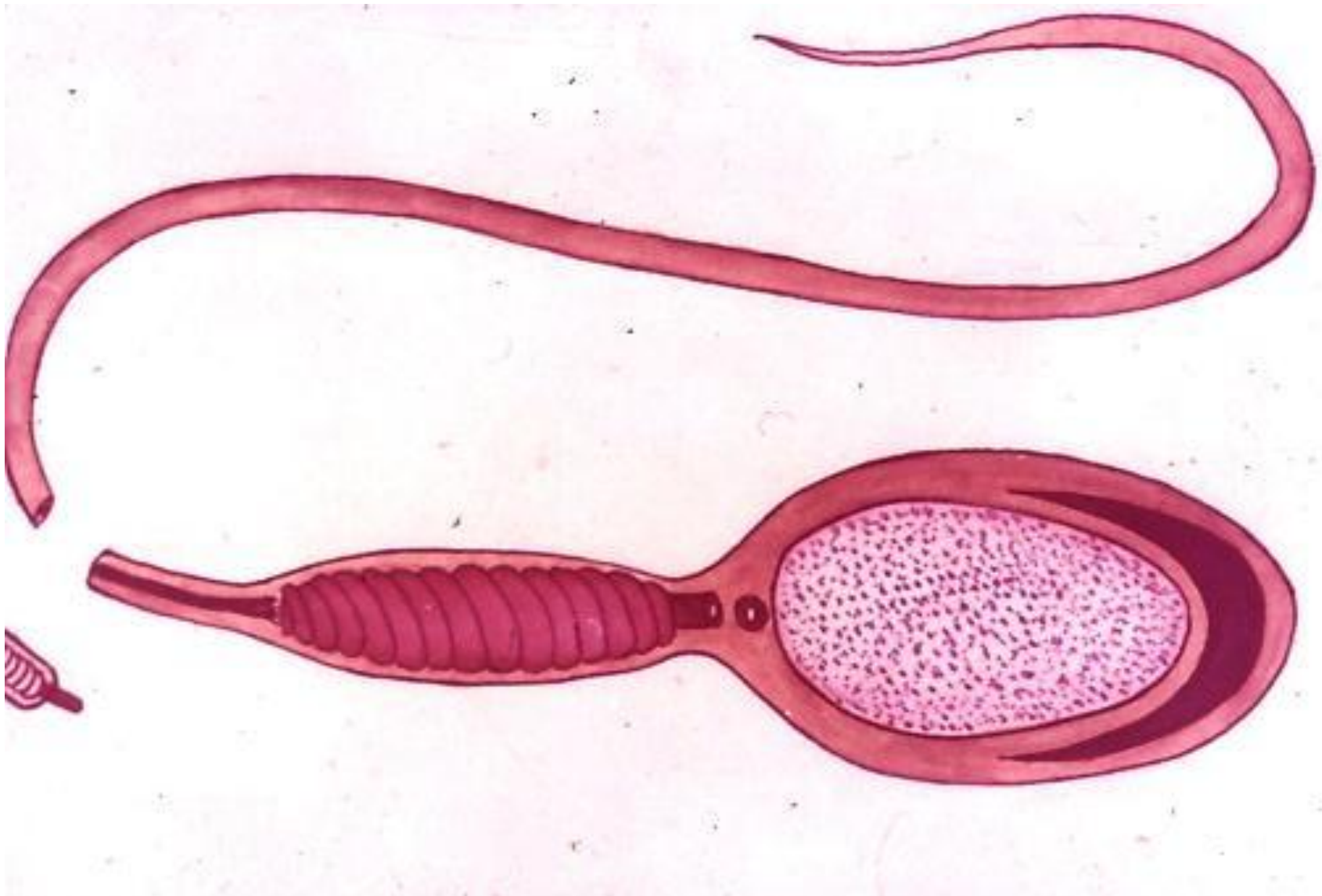
**Головка** - содержит:

- акросому (видоизмененный комплекс Гольджи);
- ядро

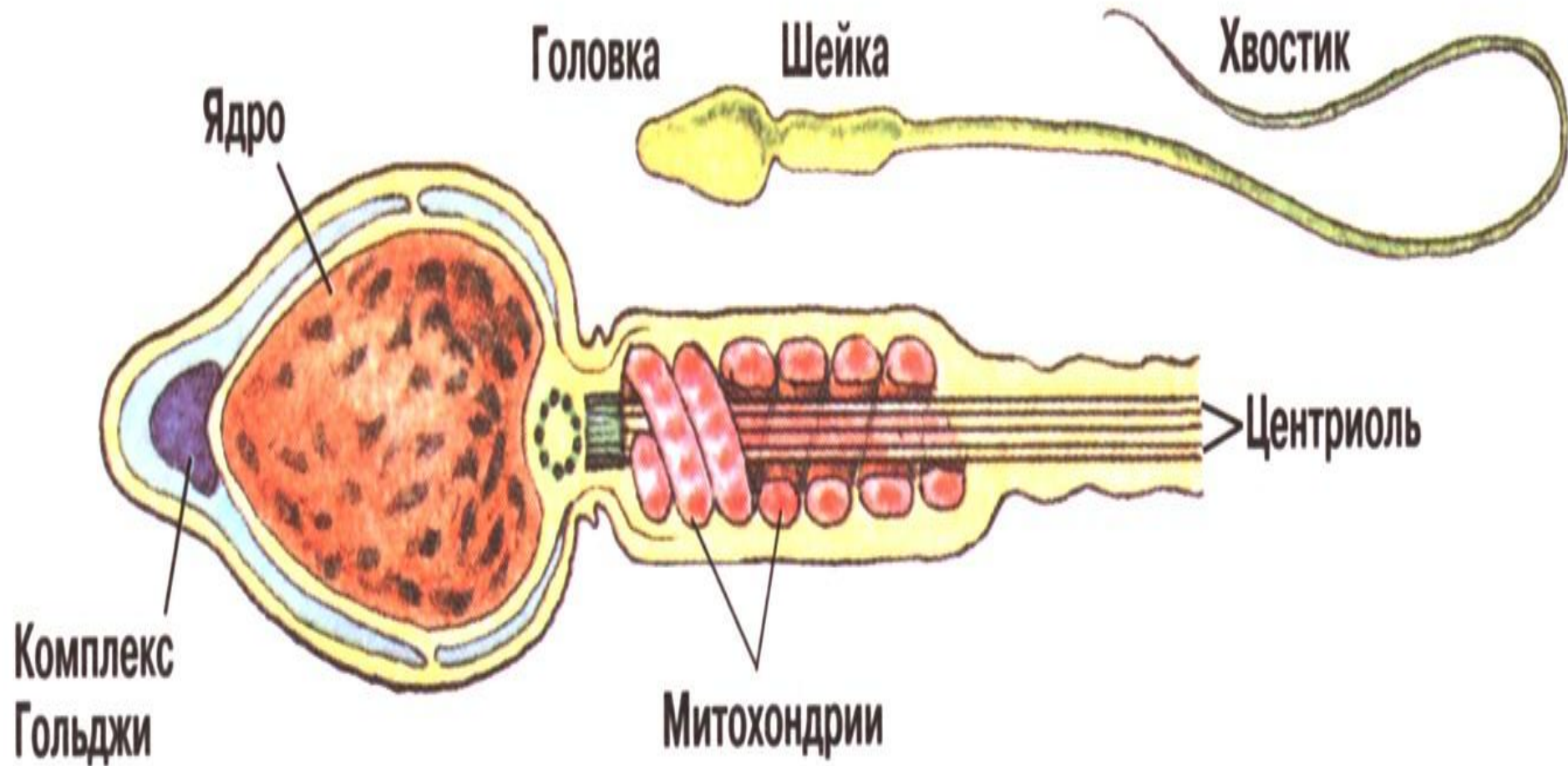
**Шейка** - находятся все органоиды

**Жгутики** - аппарат движения

# Схема строения сперматозоида

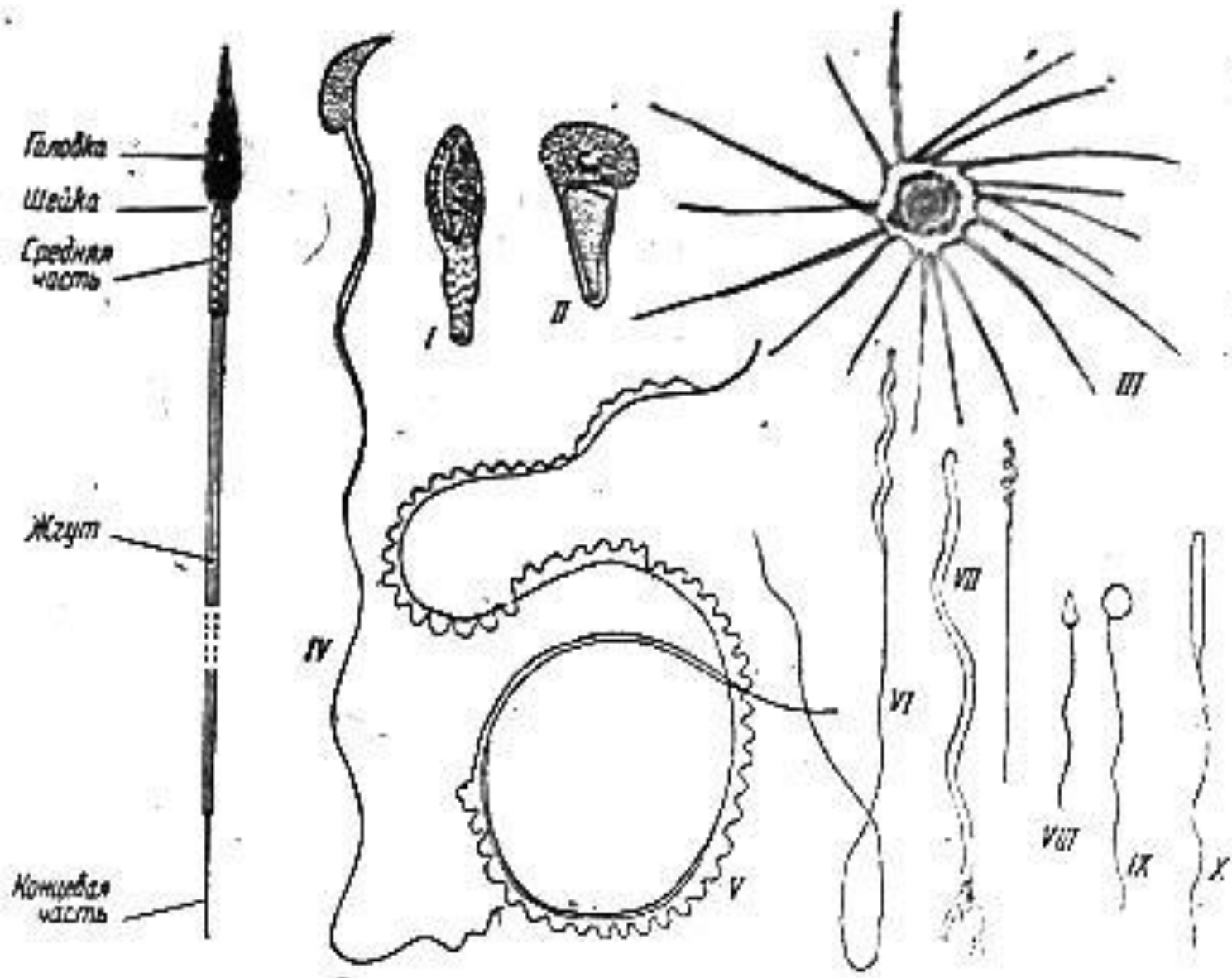


# Строение сперматозоида млекопитающих



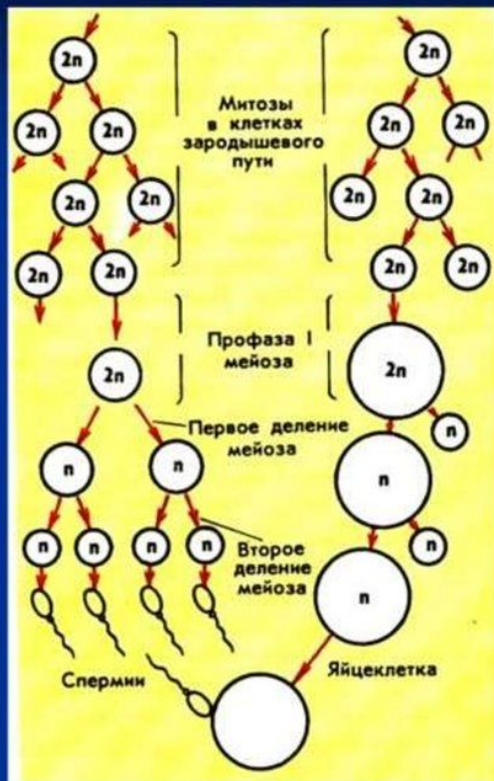


# Различные формы сперматозоидов



# Размножение организмов

## ГАМЕТОГЕНЕЗ



### ГАМЕТОГЕНЕЗ

- **Сперматогенез** ♂ (в семенниках)      **Овогенез** ♀ (в яичниках)
- Период размножения (МИТОЗ)
  - В репродуктивный период
  - В эмбриональный период
- Период роста (интерфаза)
  - Незначительный Спермацит 1-го порядка
  - Длительный период Овоцит 1-го порядка
- Период созревания (мейоз)
  - Первое и второе мейотическое деление
  - Первое и второе неравномерное мейотическое деление
- 4 сперматозоида      1 яйцеклетка

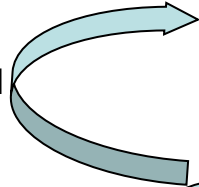
# Гаметогенез:

## сперматогенез и овогенез

**Сперматогенез** протекает в мужских половых железах – семенниках (яичках) **testis**. Образование сперматозоидов происходит в клетках сперматогенного эпителия извитых канальцев семенника. По прямым канальцам сперма выводится во внешнюю среду.

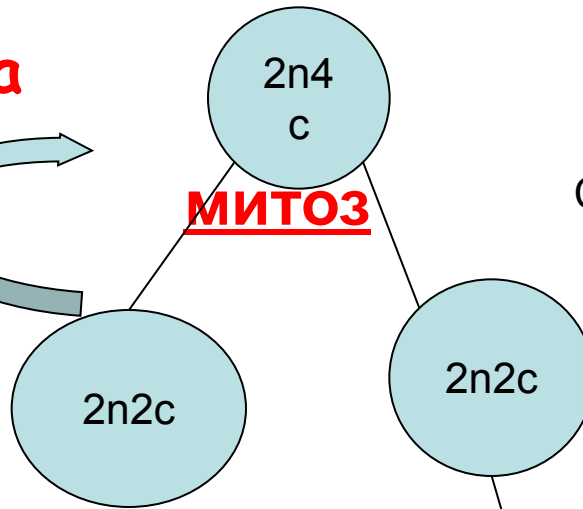
# Схема сперматогенеза

Период Размножения



МИТОЗ

Сперматогонии



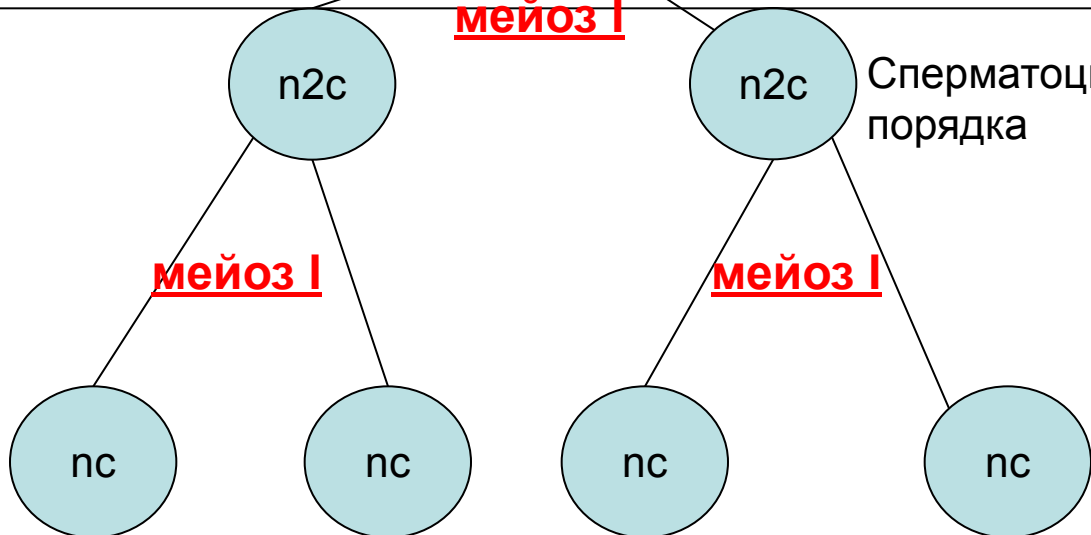
Период роста



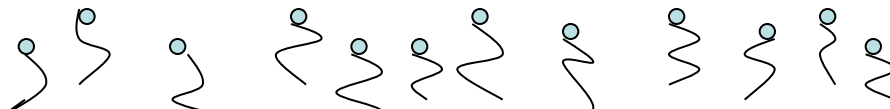
Период созревания

мейоз I

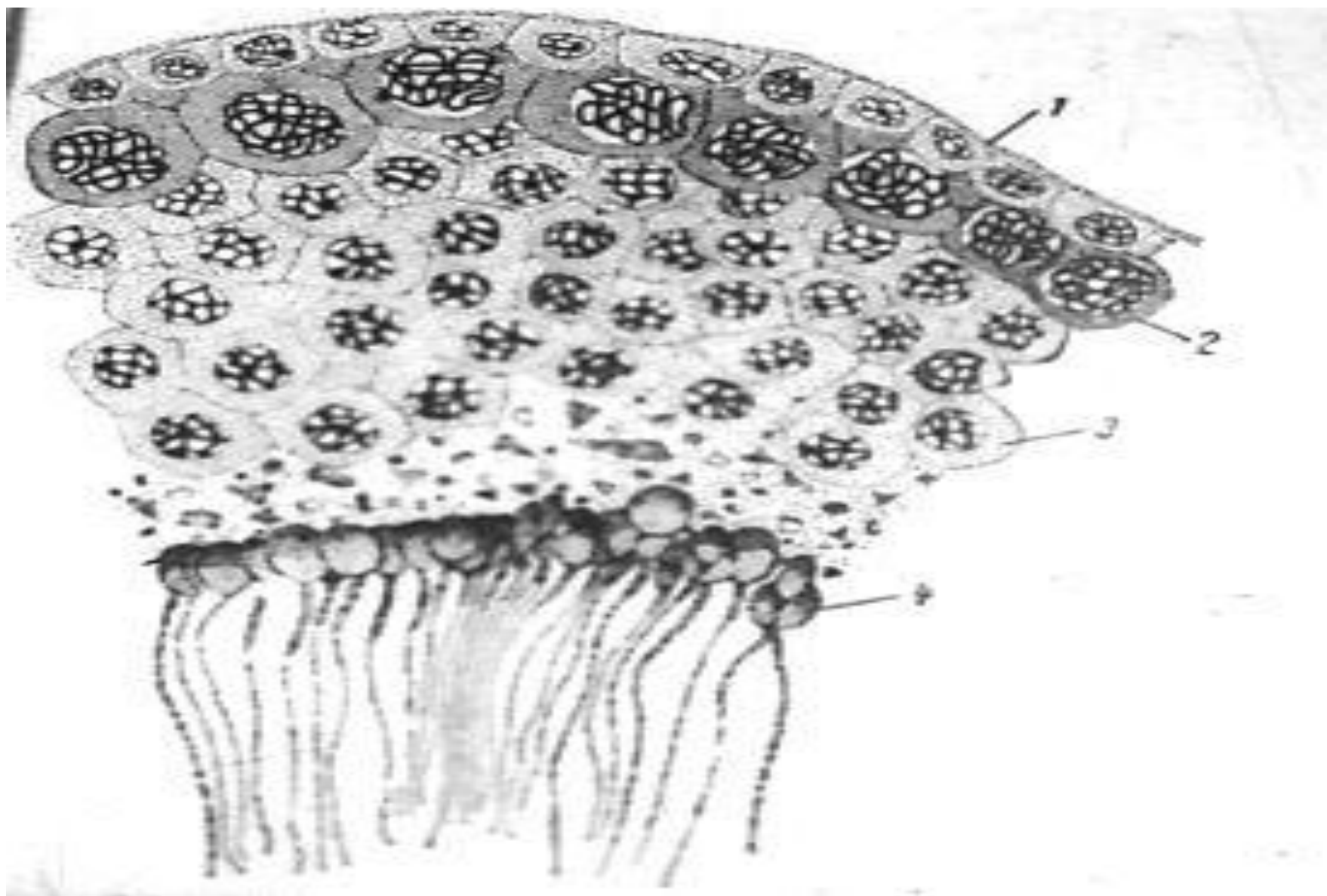
Сперматоцит II порядка



Период формирования



# Срез семенника

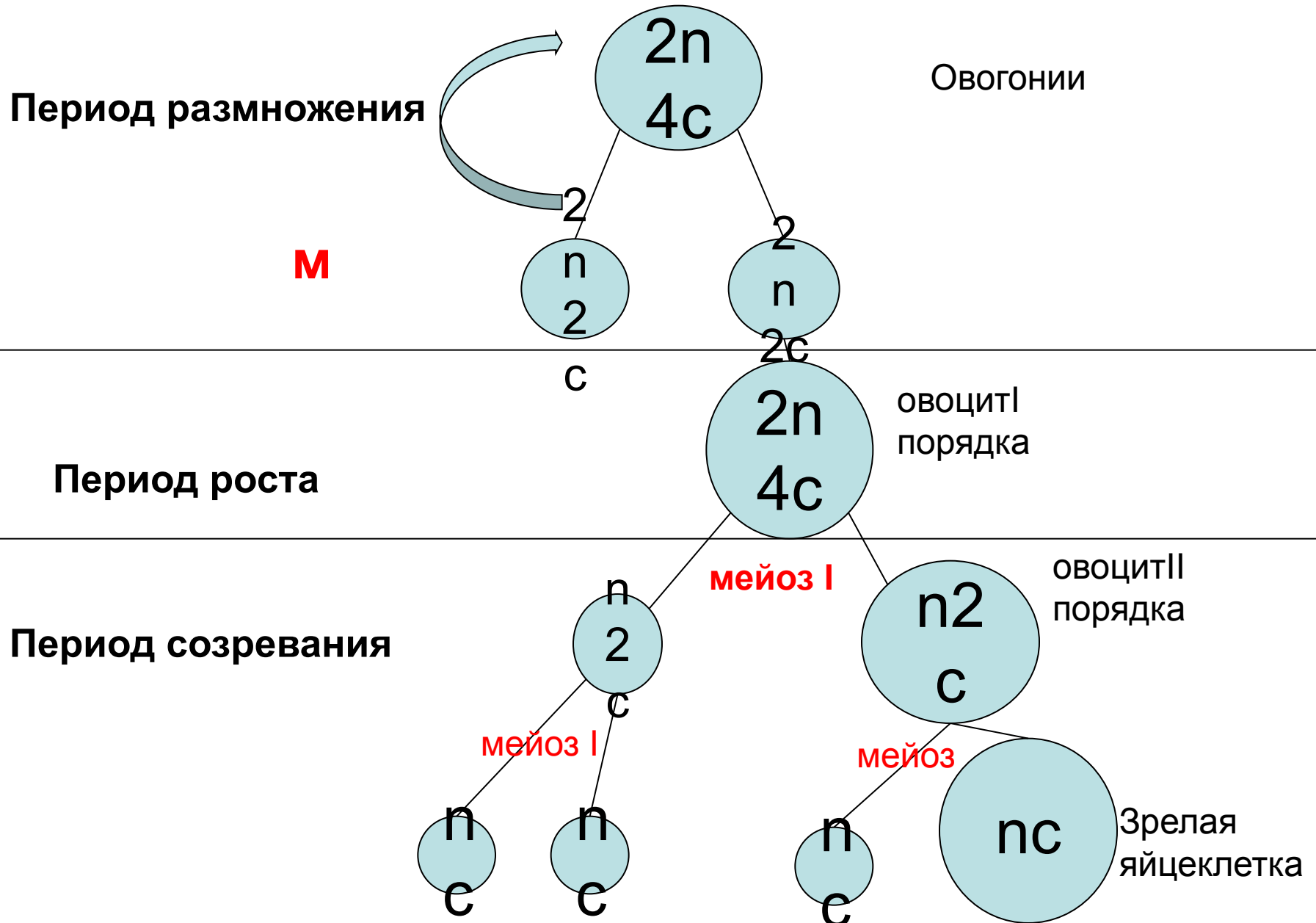


Местом образования  
женских половых клеток  
является женская половая  
железа - яичник-**ovarium**

# Овогенез протекает в 3 периода

	название клеток
<b>1) размножение</b>	<b>овогонии</b> <b>(первичные фолликулы)</b>
<b>2) роста</b>	<b>овоцит I</b>
<b>3) созревания</b>	<b>овоцит II (графов</b>
<b>пузырек) + редукционное</b>	<b>тельце</b>
	<b>овотида (яйцеклетка) +</b>
	<b>3 редукционных тельца</b>

# Овогенез





## **Период размножения**

**На 5 неделе эмбриогенеза человека первичные половые клетки превращаются в овогонии и вступают в фазу размножения митозом.**

**На 16 неделе эмбриогенеза в образовавшихся фолликулах начинается малый рост.**

## Особенности овогенеза:

- 1) Период размножения овогоний происходит в эмбриональный период;
- 2) Прекратившие делиться овогонии в яичниках в постнатальном периоде носят название первичные фолликулы, находятся до наступления половой зрелости в периоде роста.

# Период роста

Фаза роста складывается из двух периодов:  
**малого и большого роста.**

На 16 неделе эмбриогенеза в яичнике эмбриона овогонии прекращают делиться и вступают в **фазу роста (стадия «малого» роста)**, становясь **овоцитами I порядка**. С наступлением половой зрелости под влиянием гонадотропных гормонов гипофиза в яичнике девочки 1 раз в 28 дней несколько овоцитов I порядка вступают в стадию **«большого» роста**. В фазе роста овоцит I порядка увеличивается в размерах.

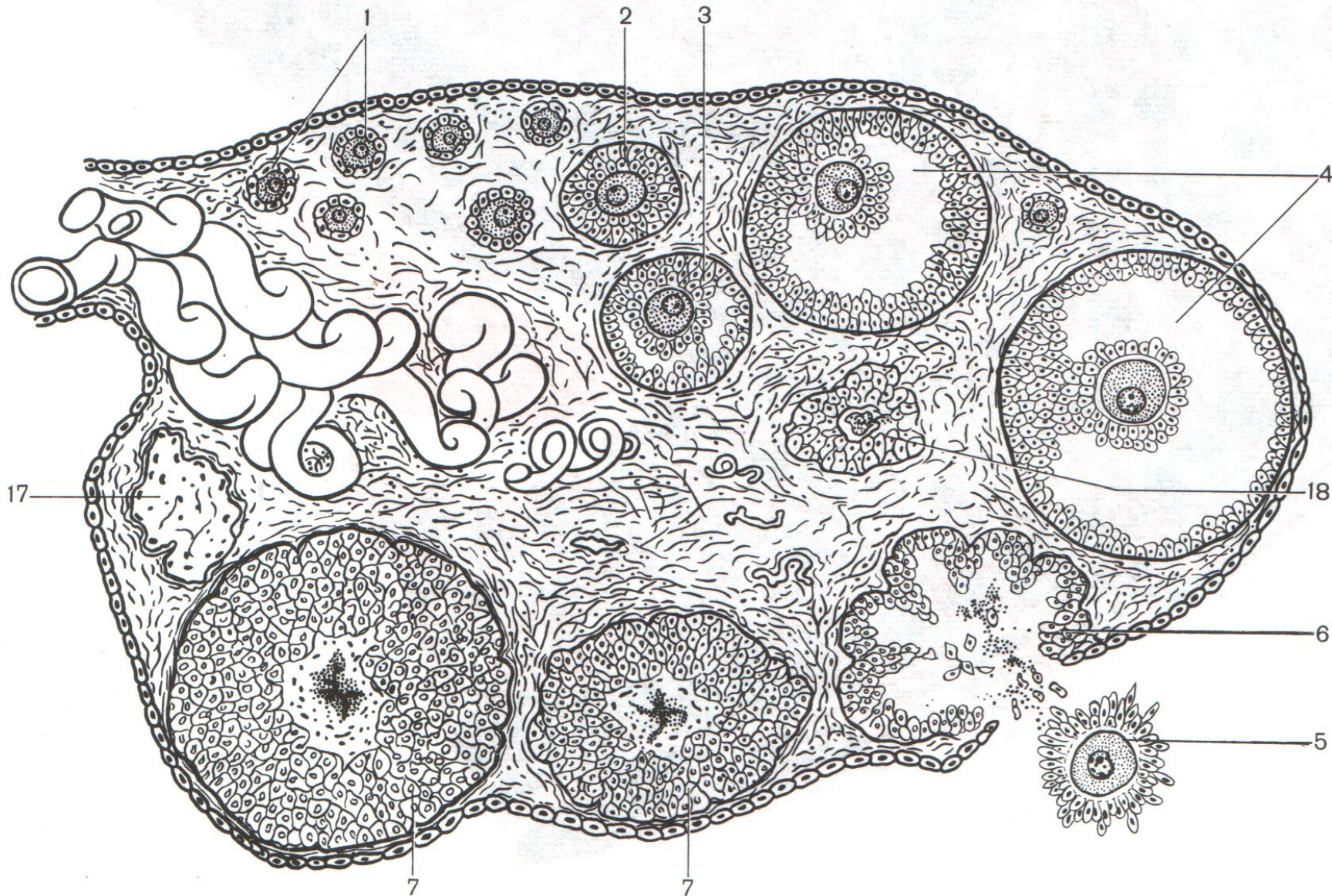
- Период малого роста отмечается до полового созревания в отсутствии гормональной стимуляции.
- Период большого роста происходит после него под действием ФСГ (гормона гипофиза) и характеризуется периодическим вовлечением фолликулов в циклическое развитие, которое завершается их созреванием.

# Период созревания

( мейотическое деление)

- 1) Овоцит I порядка делится и образует 2 неравные по объему клетки - овоцит II порядка и редукционное (полярное) тельце. Граафов пузырек перемещается на периферию яичника. Под влиянием нервного импульса и лютеинизирующего гормона гипофиза повышается давление фолликулярной жидкости, стенка граафова пузырька разрывается и овоцит II порядка выбрасывается в брюшную полость (овуляция), где он попадет в воронку яйцевода.
- 2) В просвете яйцевода овоцит II порядка завершает 2 мейотическое деление, мейоз прерывается на стадии метафаза II. Если произойдет оплодотворение на этой стадии, то завершается мейоз и образуется зрелая яйцеклетка и полярное тельце. Если нет оплодотворения, то яйцеклетка выводится из организма. В конечном итоге - из 1 овогония образуется 1 яйцеклетка и 3 полярных тельца.

# Срез яичника



# Особенности мейоза в овогенезе

- 1) период размножения проходит в яичнике эмбриона девочки, заканчивается в эмбриогенезе.
- 2) период роста начинается в яичнике девочки **«малым»** ростом, а затем продолжается после наступления полового созревания **«большим»** ростом.
- 3) период созревания начинается в яичнике и заканчивается на воронках яйцеводов.
- 4) Овогенез характеризуется цикличностью.

**5) Наличие в профазе I специальной стадии - ДИКТИОНЕМЫ.**

На этой стадии (у человека) еще в эмбриональный период хромосомы принимают особую форму «ламповых спиралей», прекращают структурные изменения на многие годы, т.е. прекращается мейоз.



**6)** С наступлением половой зрелости

под влиянием гормонов гипофиза:

фолликулостимулирующего и

лютеализирующего 1 раз в месяц в

овоците созревающей яйцеклетки

возобновляется мейоз. (I мейотическое деление и II мейотическое деление до метафазы II).

**7)** Завершается мейоз только после оплодотворения.

# Отличие овогенеза от сперматогенеза

Критерий	Овогенез	Сперматогенез
1.Период	3	4
2.Количество гамет	1	4
3.Места образования гамет	Яичник+брюшная полость	Семенники
4.Процесс	Циклический	Постоянный
5.Период размножения	В эмбриональном периоде	Всю жизнь
6.Период роста	Длительный, малый и большой рост	Короткий
7.Температура гаметогенеза	$>36^{\circ}\text{C}$	$<36^{\circ}\text{C}$
8.Особенности мейоза	1.Неравномерное деление клеток 2.Стадия диктионемы 3.Второе деление мейоза завершается после оплодотворения	

# Оплодотворение

слияние гамет, может быть:

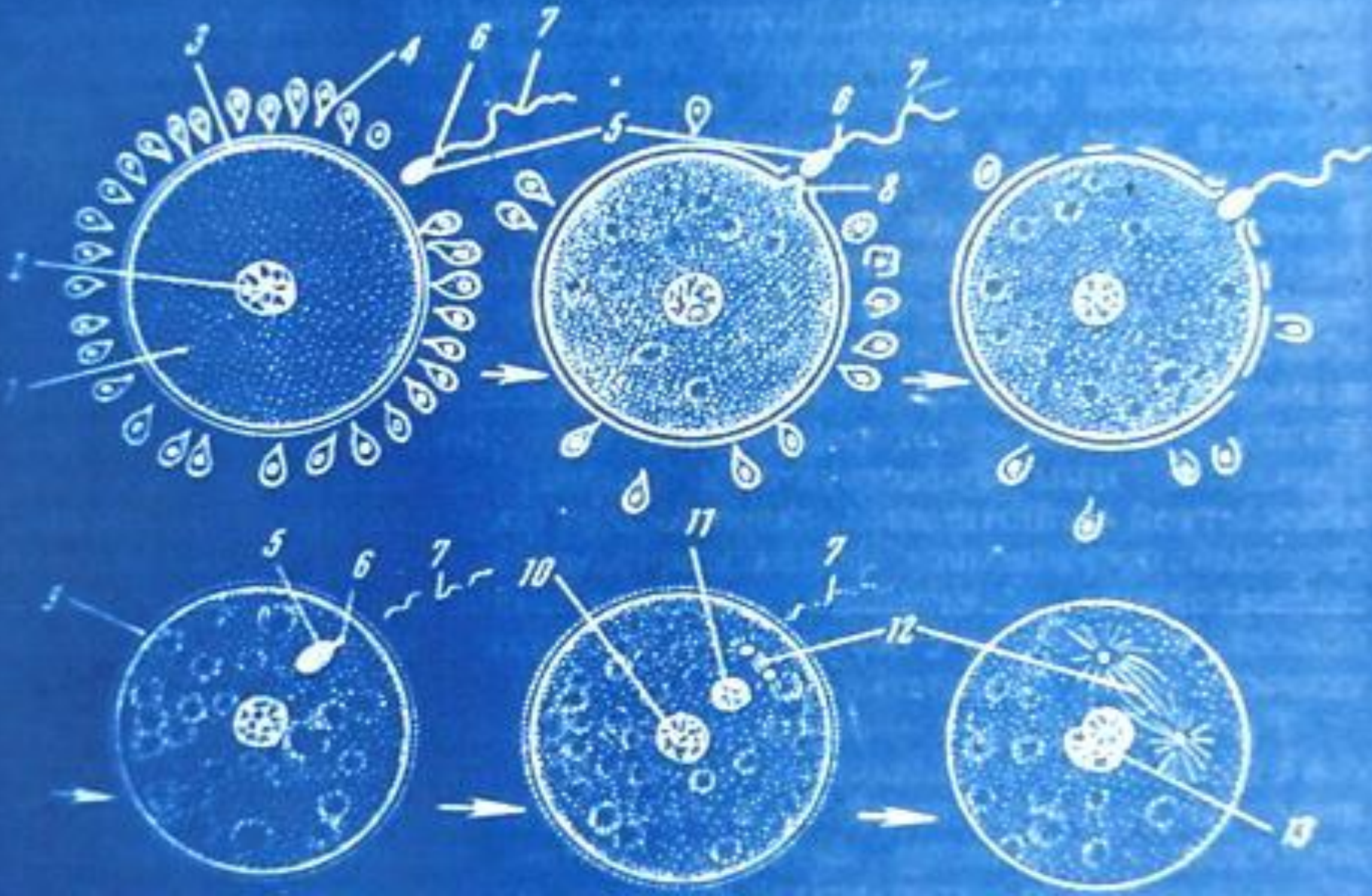
- **наружное** - у большинства водных животных

- **внутреннее** - у наземных животных

Оплодотворение состоит из 2 этапов:

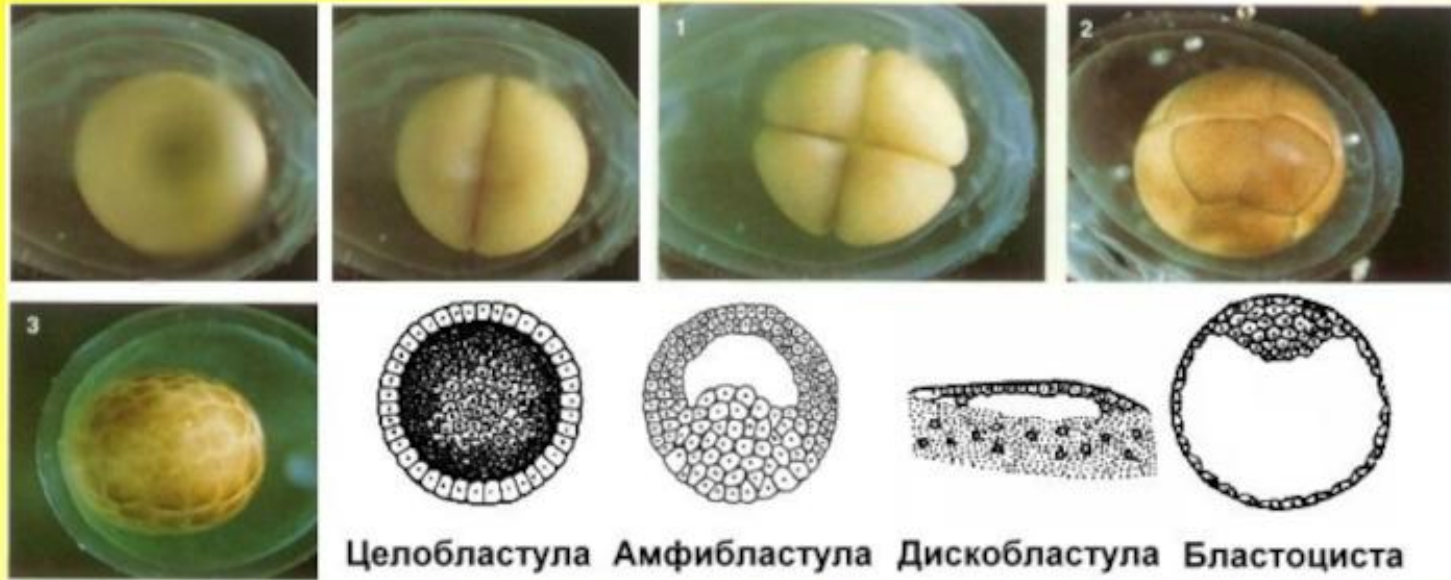
**1. Внешний** - характеризуется слиянием яйцеклетки и сперматозоида. В яйцеклетку проникает головка и шейка сперматозоида.

# Процесс оплодотворения



**2.** Внутренний -  
характеризуется слиянием  
ядер половых клеток и  
образовании ядра зиготы **(2n)**

## Бластуляция



*Частичное дробление* — тип дробления, при котором цитоплазма яйцеклетки не полностью разделяется на бластомеры. Одним из видов частичного дробления является *дискоидальное*, при котором дроблению подвергается только лишенный желтка участок цитоплазмы у анимального полюса, где находится ядро. Дробление завершается образованием *бластулы* – стадии, на которой у зародыша появляется первичная полость тела - *бластоцель*.

# Размножение как свойство живого.

## 1. Бесполое размножение:

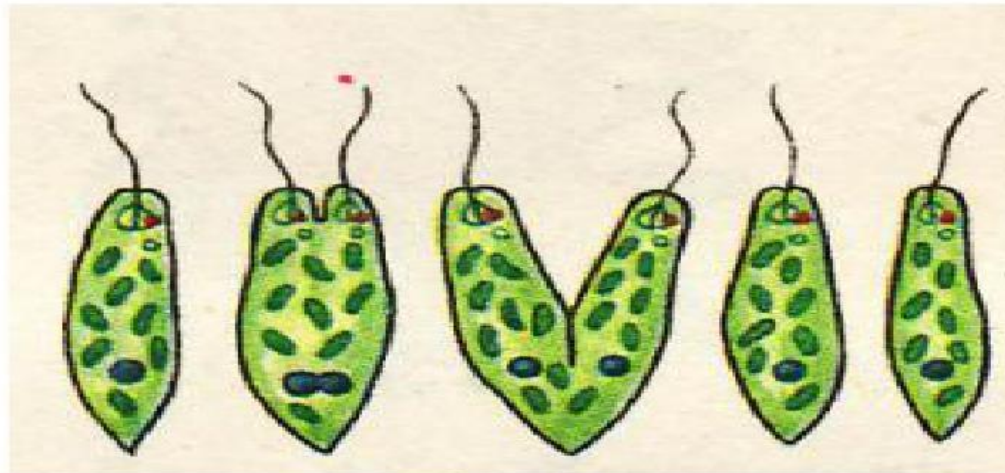
- а) формы бесполого размножения (простое деление, шизогония, спорообразование, вегетативное, почкование, фрагментация).
- б) отличия бесполого размножения у одноклеточных и многоклеточных.

## 2. Половое размножение:

- а) формы полового размножения (конъюгация, копуляция, партеногенез);
- б) отличие полового размножения у одноклеточных и многоклеточных.

# Продольное деление эвглени зеленой

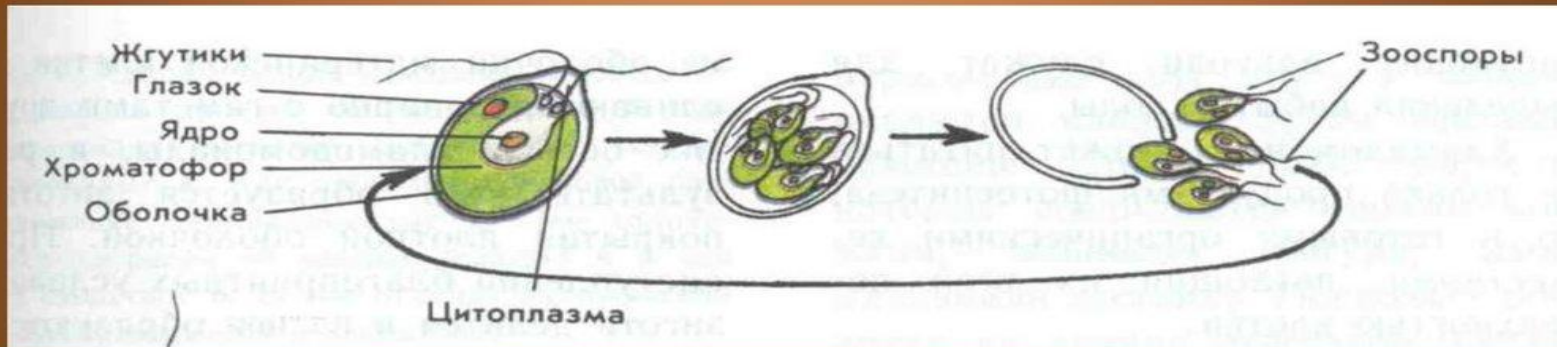
## БЕСПОЛОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ





# Образование зооспор у хламидомонады

## Бесполое размножение



# Виды бесполого размножения

## Бесполое размножение

**Бесполое** размножение — тип размножения, при котором следующее поколение развивается из **соматических** клеток без участия репродуктивных клеток — гамет. При этом дочерние организмы несут в клетках такой же набор хромосом как и материнские (гаплоидный или диплоидный).



# Размножение вегетативными органами у растений

## Вегетативное размножение

- Листовыми черенками
- Корневыми черенками
- Стеблевыми черенками
- Ползучими побегами
- Отводками
- Корневищами
- Клубнями
- Луковицами
- Прививкой



# Половое размножение

Половое размножение

## Партеногенез -

особый способ полового размножения при котором множественно делится неоплодотворенная яйцеклетка (пчелы, осы, муравьи, тля, дафнии, ящерица, карась...)



Тля



Оса



Пчела



Муравей



Дафния



Ящерица

# Гермафродитизм у обоеполых организмов

## Гермафродитизм.

Гермафродитизм – явление, при котором одна и та же особь способна производить и мужские и женские клетки.



Белая планария



Бычий цепень



Большой прудовик