

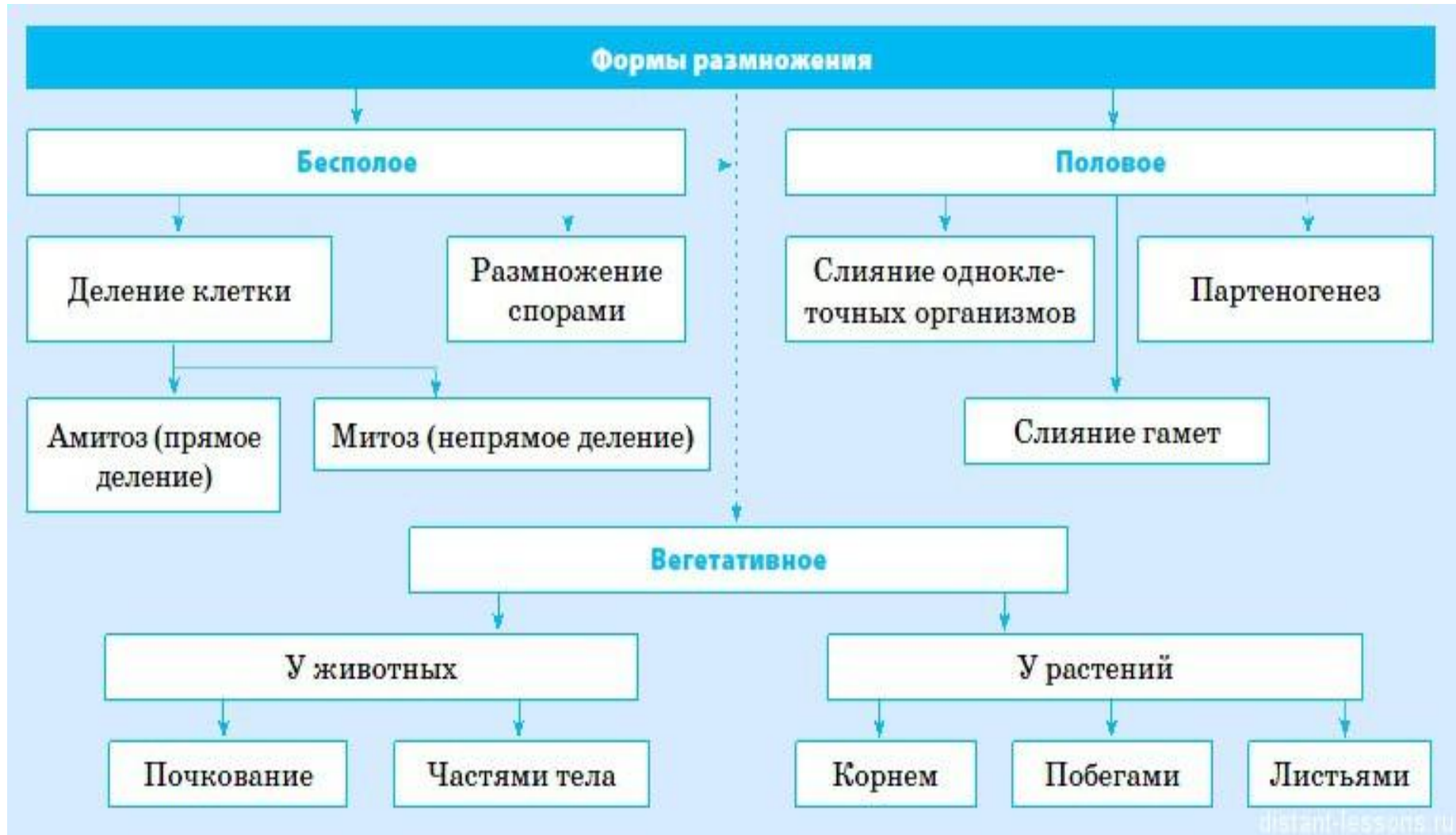
РАЗМНОЖЕНИЕ

- Размножение – проявление фундаментального свойства живой материи – **самовоспроизведения.**
- **Клеточная основа размножения :** митоз, мейоз и оплодотворение.

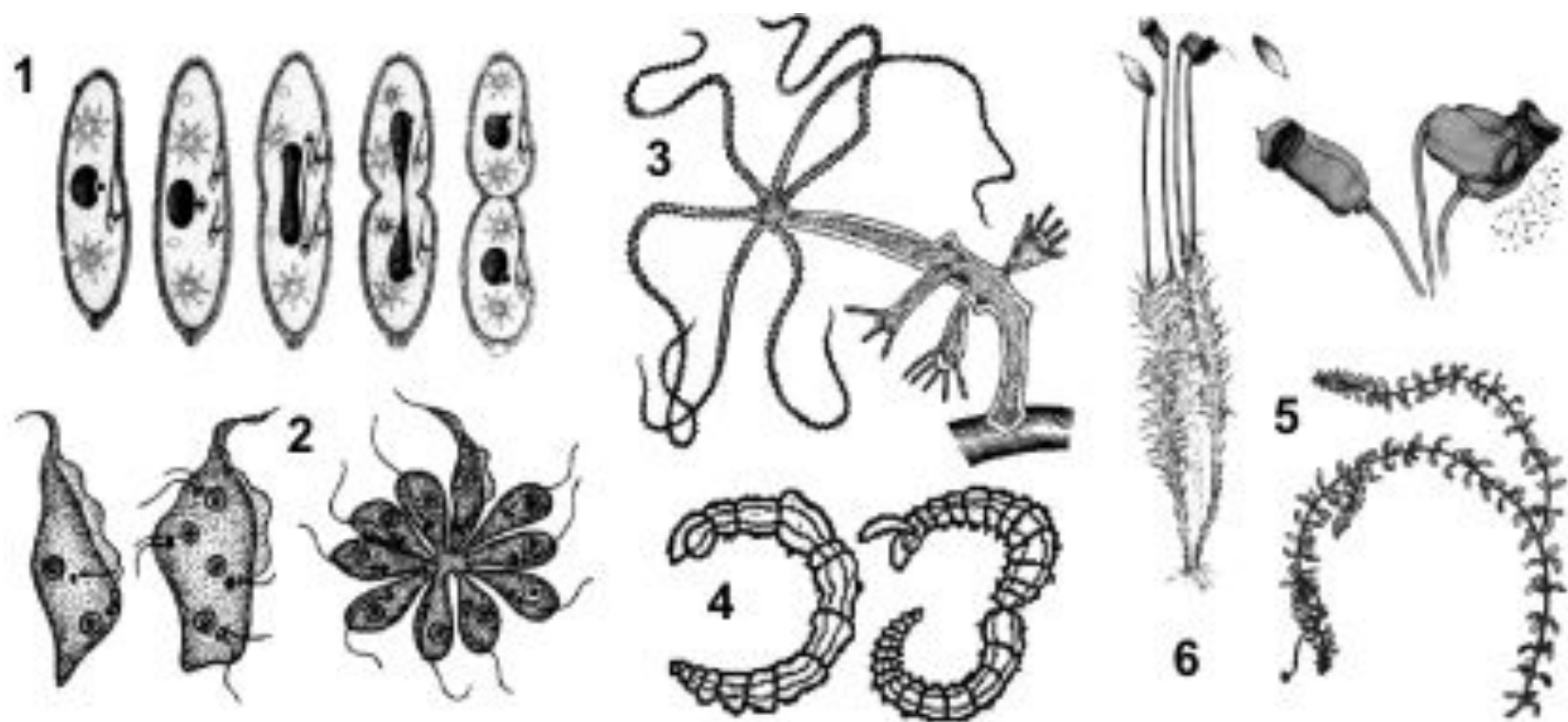
В зависимости от характера клеточного материала, используемого в размножении, различают **два способа размножения: бесполое и половое.**



СПОСОБЫ РАЗМНОЖЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ



- При бесполом размножении из одной соматической клетки (или группы соматических клеток у многоклеточных) родительского организма при ее **митотическом делении** образуется новая особь. Образующиеся дочерние организмы сходны друг с другом и со своим родителем по всем признакам.



Бесполое размножение:

1 – деление; 2 – шизогония; 3 – почкование; 4 – фрагментация;
 5 – вегетативное размножение; 6 – спорообразование.

- Для **бесполого размножения** характерно:
- - не образуются половые клетки;
- - в основе бесполого способа размножения организмов — митоз;
- - новые организмы — точная копия (генетически) исходной особи.
- Биологическим базисом бесполого размножения является митоз, как механизм воспроизведения в поколениях генетически сходных клеток и особей.

- **Непрямое деление клетки – митоз**
один из фундаментальных механизмов, обеспечивающих процесс размножения.
- *митотический цикл* — комплекс взаимосвязанных и согласованных во времени событий, происходящих в процессе подготовки клетки к делению и на протяжении самого деления.

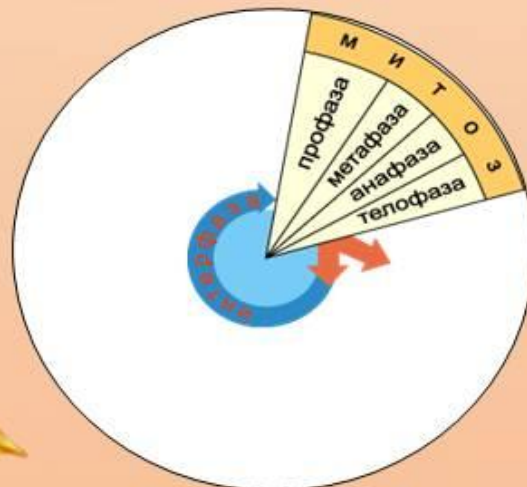
- -Нейроны человека, после достижения стадии терминальной дифференцировки прекращают свое деление вообще.
- -Клетки легких, почек или печени во взрослом организме начинают делиться лишь в ответ на повреждение соответствующих органов.
- -Клетки эпителия кишечника делятся на протяжении всей жизни человека.

- **Интерфаза** - это период между двумя делениями. Интерфаза занимает не меньше 90% времени всего клеточного цикла.
- **События, происходящие в клетке в интерфазу**
- G1-пресинтетический период
- Интенсивные процессы биосинтеза белка. Образование органоидов. На деспирализованных молекулах ДНК синтезируются и-РНК.
- Клетки со специализированными функциями, длительное время не вступающие в митоз или вообще утратившие способность к делению, находятся в состоянии, называемом периодом G0 .
- S -синтетический период
- Синтез ДНК - самоудвоение молекулы ДНК. Построение второй хроматиды. Получаются двуххроматидные хромосомы
- G2- постсинтетический период
- Синтез белка, накопление энергии, подготовка к делению.
- В конце интерфазы, перед началом деления клетки путем митоза, каждая хромосома состоит из двух хроматид, соединенных друг с другом перетяжкой - центромерой.

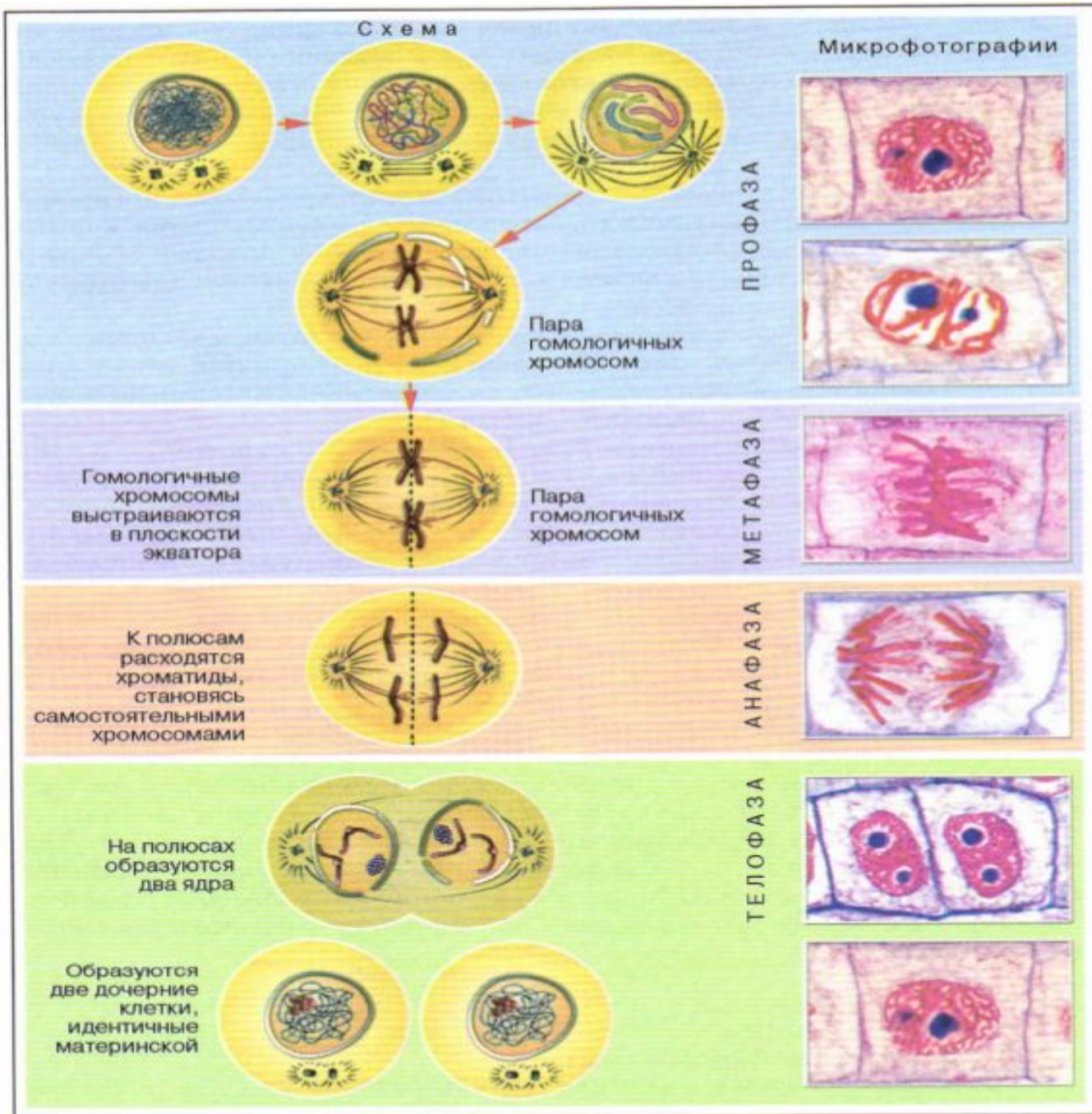
Интерфаза

ИНТЕРФАЗА-период подготовки клетки к делению, она включает следующие периоды:

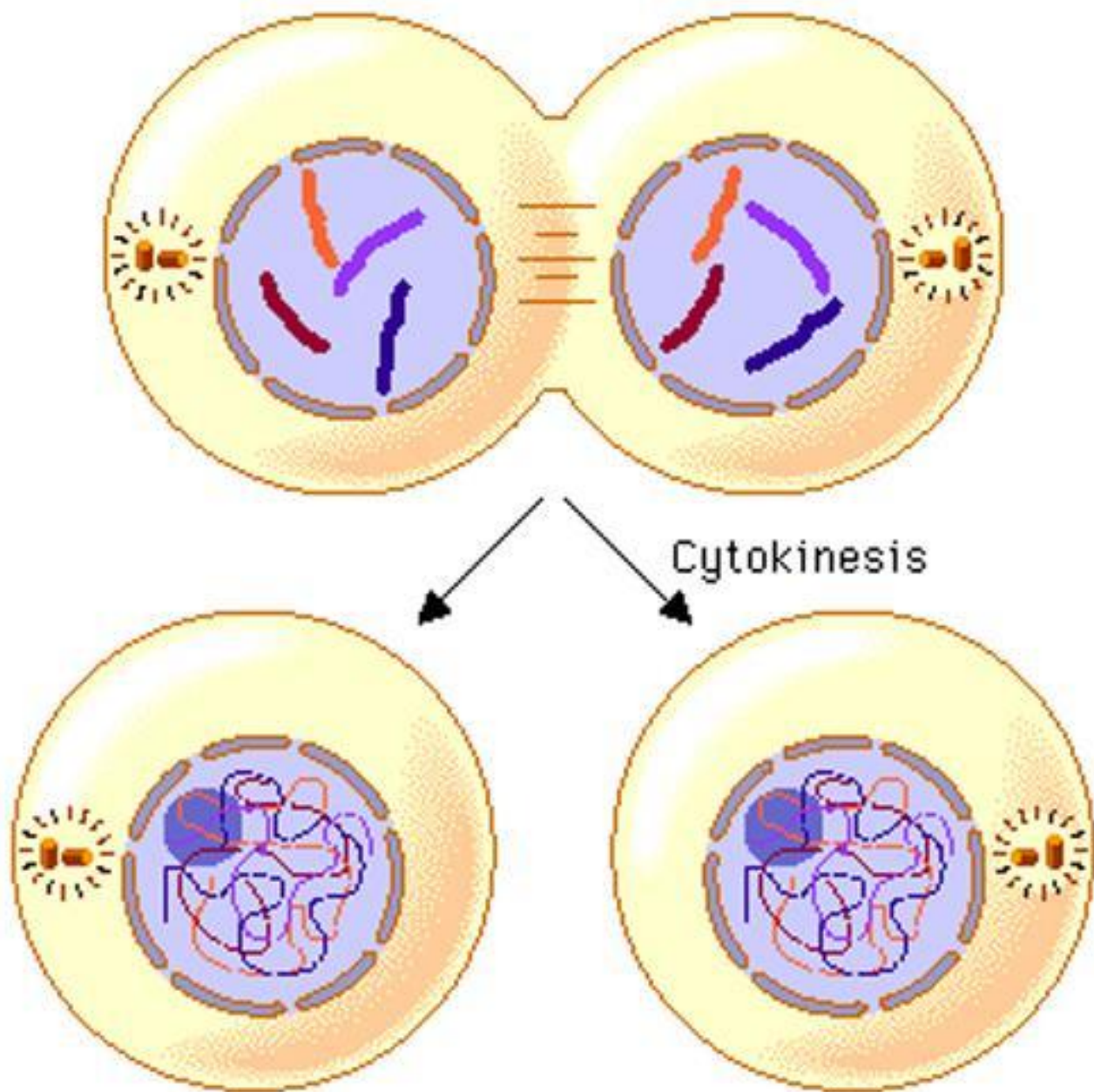
- **Пресинтетический период (G1)** - синтез РНК, формирование рибосом, синтез АТФ, белков, формирование одномембранных органоидов.
- **Синтетический период (S)** - удвоение ДНК (хромосомы состоят из 2-х хроматид), синтез белков.
- **Постсинтетический период (G2)** - синтез АТФ, удвоение массы цитоплазмы, увеличение объёма ядра.



- **Митоз**, или деление ядра (кариокинез), подразделяется на четыре фазы.
- **Фазы митоза**
- **профаза**
- Растворение ядерной оболочки (из двух мембран) и ядрышка
- Спирализация хромосом, приводящая к их утолщению и укорочению.
- Расхождение частей клеточного центра(центриолей) к разным полюсам клетки. Образование нитей веретена деления
- **метафаза**
- Хромосомы сосредотачиваются на экваторе клетки в одну линию.
- К каждой хромосоме присоединяются две нити веретена деления (по одной с разных сторон).
- **анафаза**
- Центромера каждой хромосомы делится на две части.
- Каждая хроматида становится самостоятельной дочерней хромосомой.
- Дочерние хромосомы каждой пары (бывшие хроматиды одной хромосомы) расходятся к разным полюсам клетки. Аналогичный процесс происходит с другими парами дочерних хромосом.
- **телофаза**
- Исчезновение нитей веретена деления. Возникновение новых ядерных оболочек вокруг разошедшихся хромосом. Раскручивание (деспирализация) нитей ДНК. Восстановление ядрышек.



- После телофазы происходит деление цитоплазмы – *цитокинез*.
- В клетках животных деление цитоплазмы осуществляется благодаря перетяжке, которая как поясок сжимает содержимое клетки от периферии к центру.
- В растительных клетках цитокинез происходит вследствие образования срединной пластинки (мембранного происхождения), разрастающейся от центра к периферии



Клеточный цикл

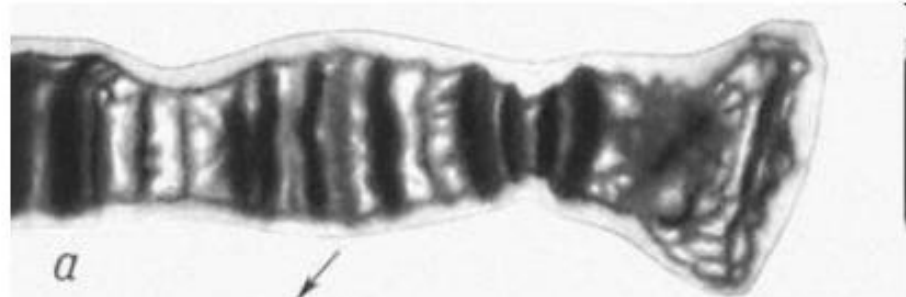
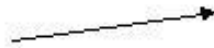


- **Биологическое значение митоза**
- 1. Генетическая стабильность – точное распределение наследственного материала между дочерними клетками.
- 2. Рост. В результате митозов число клеток в организме увеличивается, что представляет собой один из главных механизмов роста.
- 3. Митоз обеспечивает процессы бесполого размножения и регенерации.

- Митотический цикл, включающий в себя Редупликацию ДНК в ИНТЕРФАЗУ и КАРИОКИНЕЗ, не всегда завершается ЦИТОКИНЕЗОМ. Это явление получило название ЭНДОМИТОЗА.
- ЭНДОМИТОЗ является причиной:
 - 1. ПОЛИПЛОИДИИ
 - 2. Образования ПОЛИТЕННЫХ хромосом

Политенные хромосомы личинок некоторых насекомых

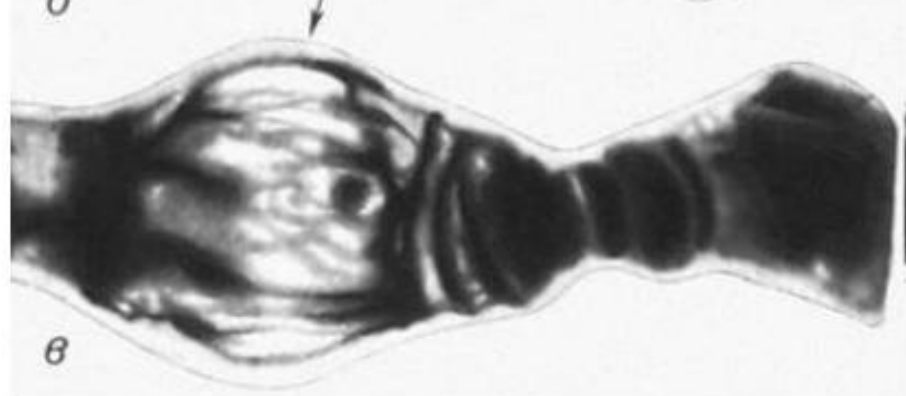
Нефункционирующая хромосома

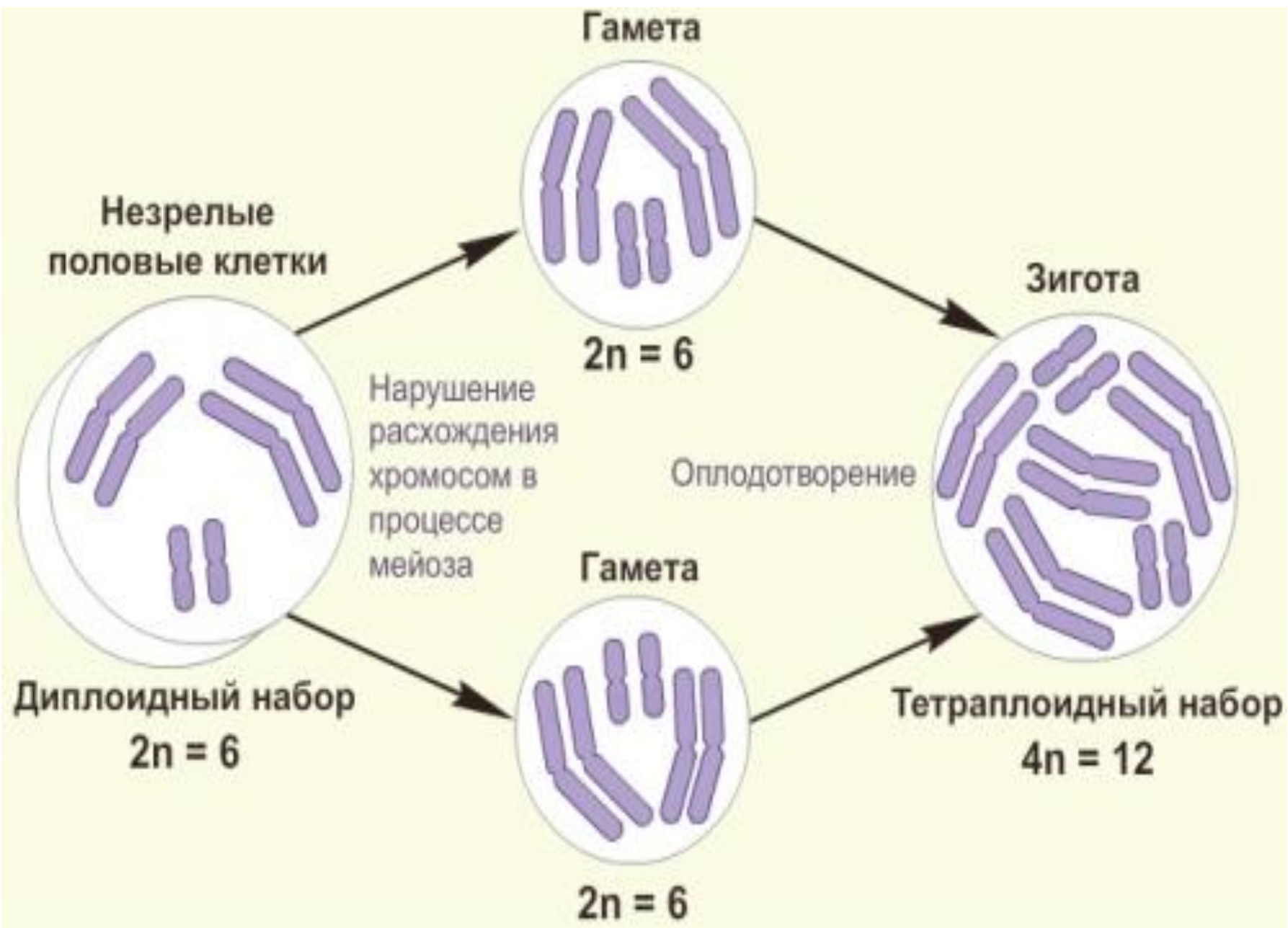


Начальное развитие пуфа



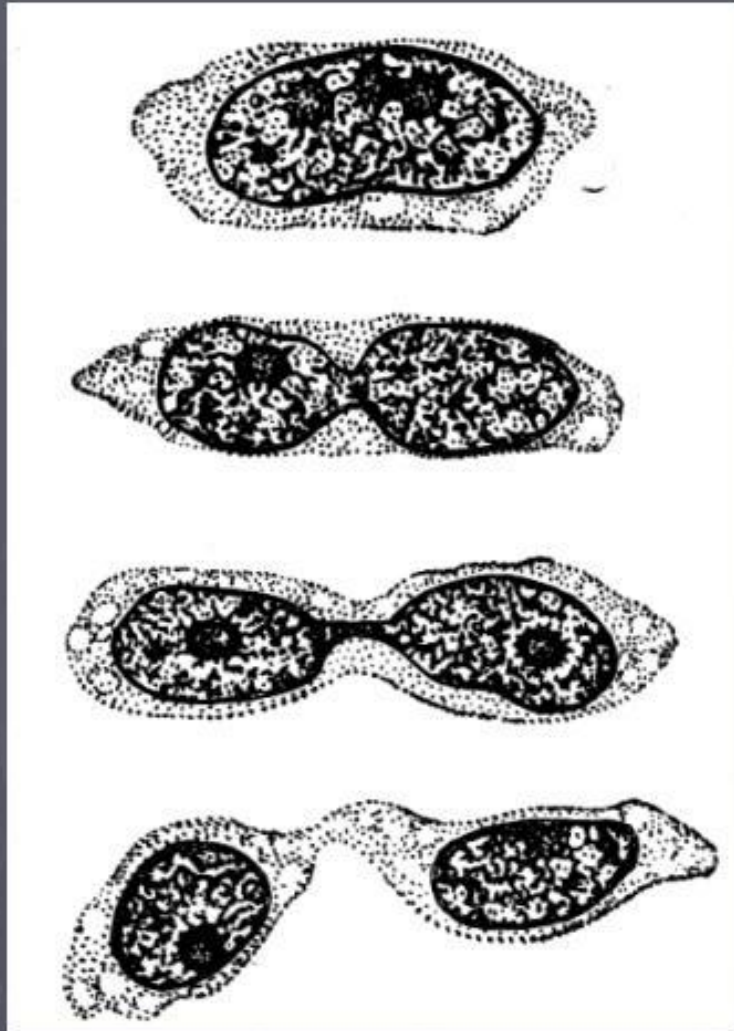
Максимально развитый пух





- Еще один тип деления соматических клеток – АМИТОЗ. Это прямое деление клетки или только ядра. При этом:
 - 1 - клетка не выходит из интерфазы;
 - 2 - конденсация хроматина не происходит;
 - 3 – наследственный материал распределяется между дочерними клетками случайным образом

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

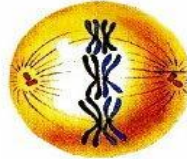
Значение:

экономичный (мало энергозатрат) процесс воспроизводства клеток

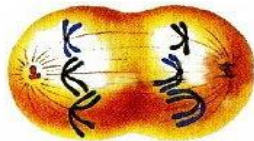
- Мейоз — особый способ деления клеток, необходимый для образования высокоспециализированных половых гаплоидных клеток – ГАМЕТ. Мейоз включает в себя два последовательных деления клетки РЕДУКЦИОННОЕ и ЭКВАЦИОННОЕ



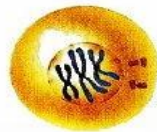
Профаза 1, $2n4c$,
конъюгация,
кроссинговер



Метафаза 1, $2n4c$



Анафаза 1, $2n4c$



Телофаза 1, $n2c$

Интерфаза 2



Профаза 2, $n2c$



Метафаза 2, $n2c$



Анафаза 2, $2n2c$



Телофаза 2, nc

МЕЙОЗ

```
graph TD; A[МЕЙОЗ] --> B[1-е деление (редукционное)]; A --> C[2-е деление (эквационное)]; B --> B1[Профаза I]; B --> B2[Метафаза I]; B --> B3[Анафаза I]; B --> B4[Телофаза I]; C --> C1[Профаза II]; C --> C2[Метафаза II]; C --> C3[Анафаза II]; C --> C4[Телофаза II];
```

1-е деление (редукционное)

Профаза I

Метафаза I

Анафаза I

Телофаза I

2-е деление (эквационное)

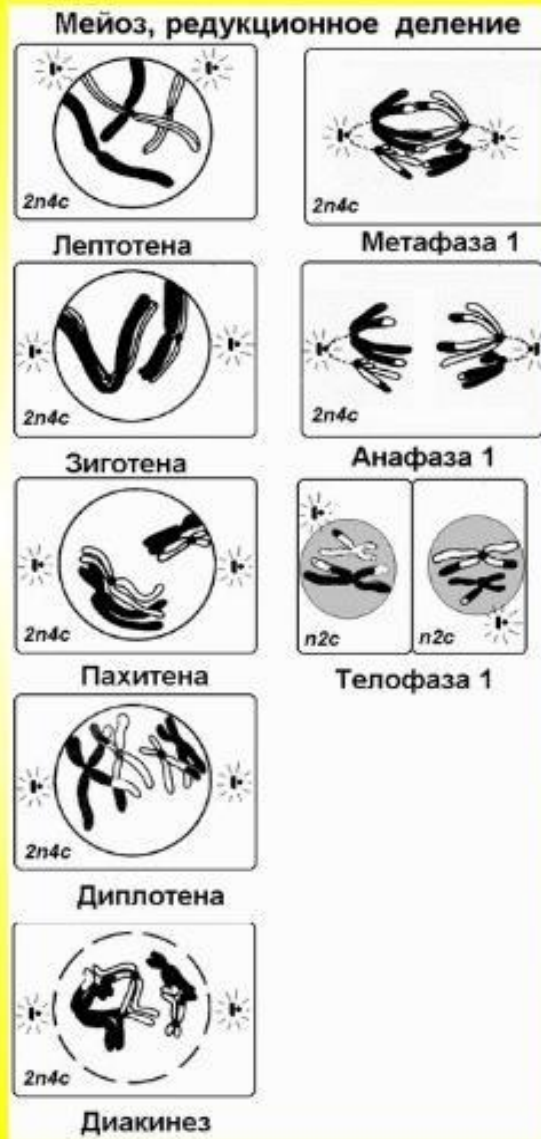
Профаза II

Метафаза II

Анафаза II

Телофаза II

Первое деление мейоза



Профаза 1 ($2n; 4c$)

Гомологичные хромосомы начинают притягиваться друг к другу сходными участками и конъюгируют.

Конъюгацией называют процесс тесного сближения гомологичных хромосом. (Процесс конъюгации также называют *синапсисом*.)

Пару конъюгирующих хромосом называют *бивалентом*, или *тетрадой* – четыре хроматиды удерживаются вместе, количество бивалентов равно гаплоидному набору хромосом.

Фазы мейоза I

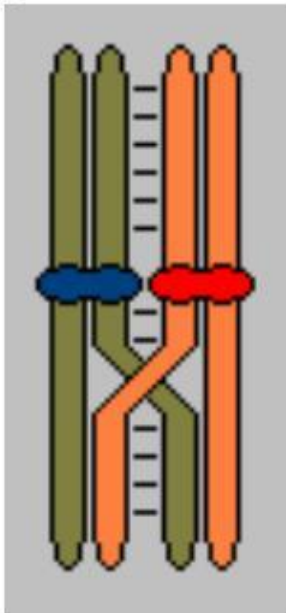
- **Профаза 1** ($2n\ 4c$) — демонтаж ядерных мембран, расхождение центриолей к разным полюсам клетки, формирование нитей веретена деления, «исчезновение» ядрышек, конденсация двуххроматидных хромосом, конъюгация гомологичных хромосом и кроссинговер.
- **Конъюгация** — процесс сближения и переплетения гомологичных хромосом. Пару конъюгирующих гомологичных хромосом называют **бивалентом**.
- **Кроссинговер** — процесс обмена гомологичными участками между гомологичными хромосомами.



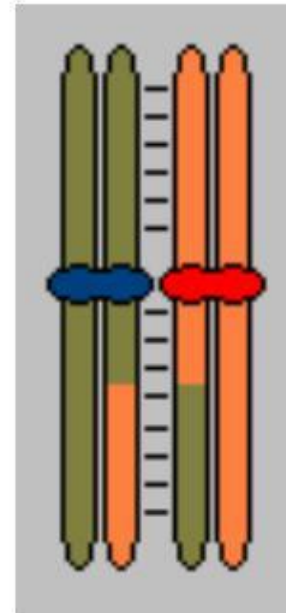
Кроссинговер – обмен участками между хроматидами гомологичных хромосом.

Кроссинговер приводит к первой во время мейоза рекомбинации генов.

- **Конъюгация** - соединение гомологичных хромосом.
- **Кроссинговер** – обмен гомологичными участками гомологичных хромосом.



Бивалент до кроссинговера



Бивалент после кроссинговера

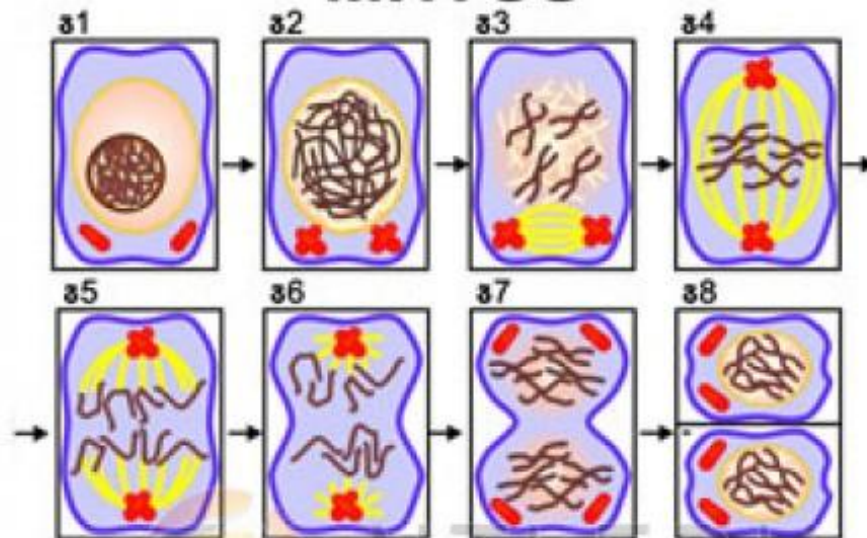
Значение кроссинговера

- Кроссинговер — широко распространенное явление
- Происходит практически у всех организмов, которые размножаются половым путем
- Этот процесс является молекулярной основой **комбинативной изменчивости**
- В результате рекомбинации генов **могут появляться новые полезные признаки и их сочетания**. Поэтому кроссинговер имеет большое значение для выживания и размножения
- Этот процесс также **увеличивает генетическое разнообразие потомков**, что очень важно для приспособления и эволюции
- **Определение частоты кроссинговера лежит в основе картирования генов хромосом**, то есть определения места расположения разных генов в хромосоме

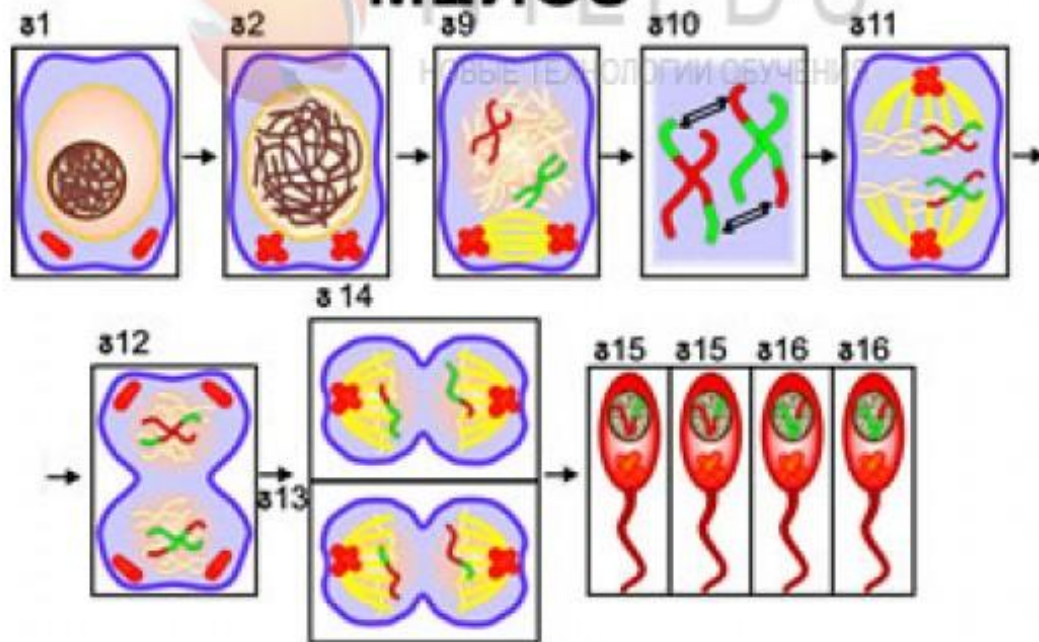
- **БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МЕЙОЗА**

- 1. Образуются гаметы с гаплоидным набором хромосом, что обеспечивает видовое постоянство кариотипа биологического вида.
- 2. Возникают новые комбинации нехомологичных хромосом.
- 3. Происходит рекомбинация генетического материала гомологичных хромосом

МИТОЗ



МЕЙОЗ



- **В сравнении с соматическими клетками гаметы характеризуются рядом отличий.**
- 1. Важнейшее из них — *гаплоидный набор хромосом* в ядрах, что обеспечивает воспроизведение в зиготе типичного для организмов данного вида диплоидного числа хромосом.
- 2. Гаметы отличаются необычным для других клеток значением *ядерно-цитоплазматического отношения*. У яйцеклеток оно снижено благодаря увеличенному объему цитоплазмы, в которой размещен питательный материал (желток) для развития зародыша. У сперматозоидов благодаря малому количеству цитоплазмы ядерно-цитоплазматическое отношение высокое.
- 3. Половые клетки отличаются *низким уровнем обменных процессов*, близким к состоянию анабиоза.
- 4. В результате кроссинговера гаметы характеризуются генетическим разнообразием. Кроме того, сперматозоиды и яйцеклетки имеют выраженные морфологические отличия.

- Процесс образования половых клеток называется гаметогенезом. Этот процесс протекает в половых железах (семенниках и яичниках) и подразделяется на сперматогенез – образование сперматозоидов и оогенез – образование яйцеклеток.

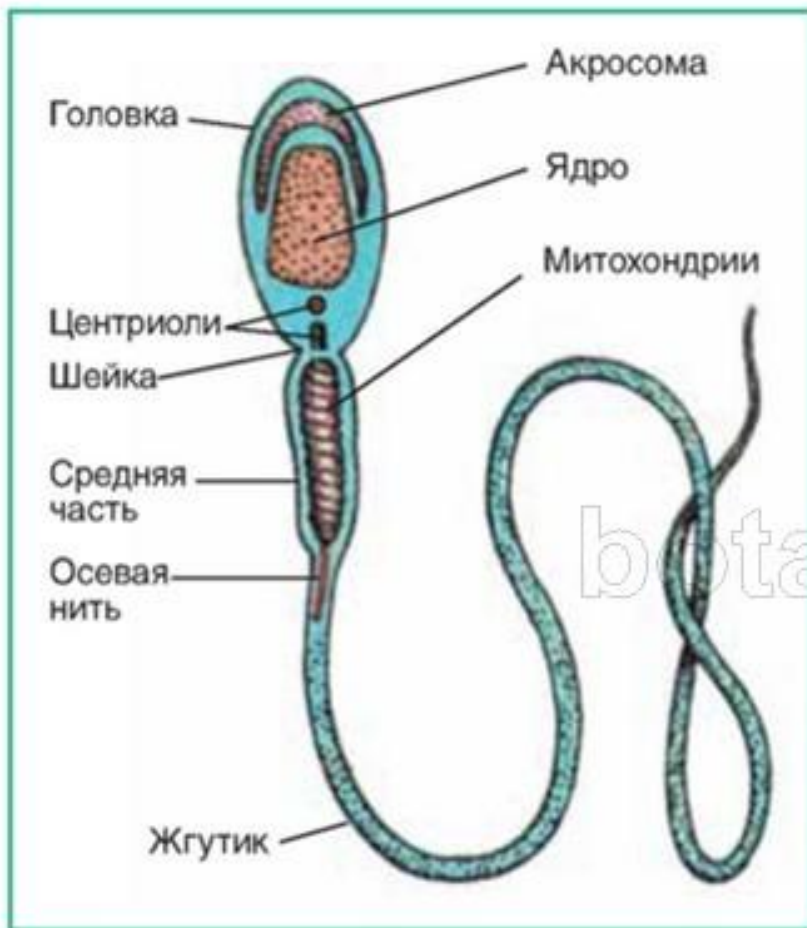


Рис. 79. Строение сперматозоида млекопитающих

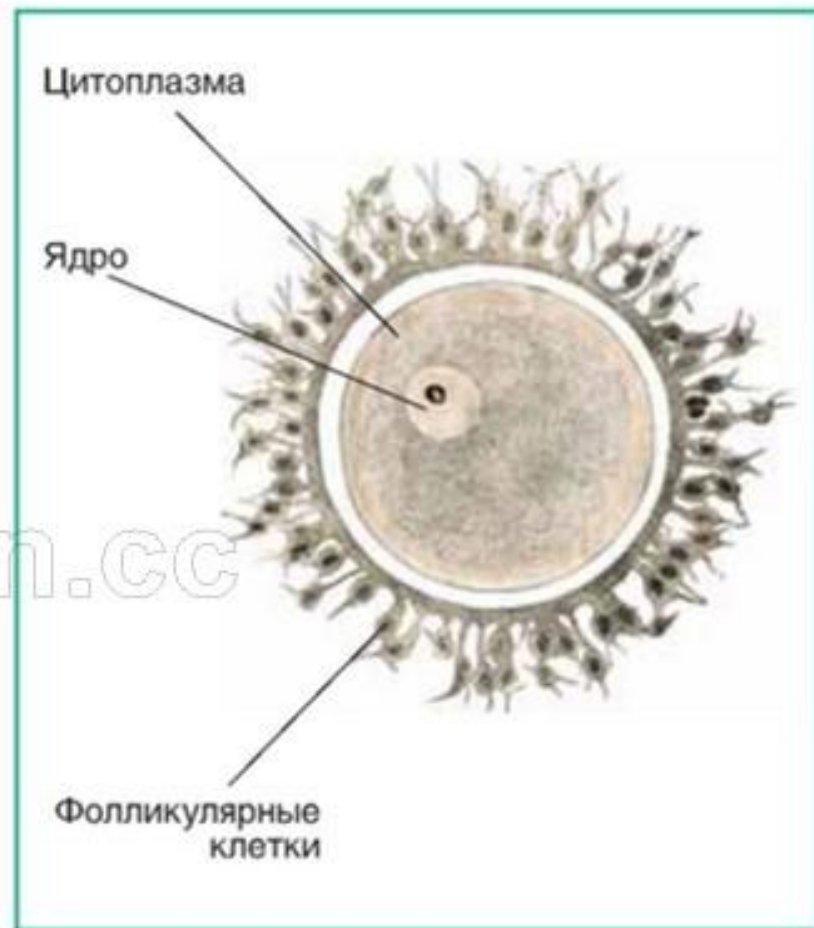


Рис. 80. Строение яйцеклетки млекопитающих

• **Этапы сперматогенеза**

- 1. Размножения Сперматогонии ($2n4C$)
- 2. Роста Сперматоциты I ($2n4C$)
- 3. Созревания - Мейоз I - Мейоз II Сперматоциты II ($1n2C$)
Сперматиды ($1n1C$)
- 4. Формирования Сперматозоиды

Сперматозоиды

Сперматиды

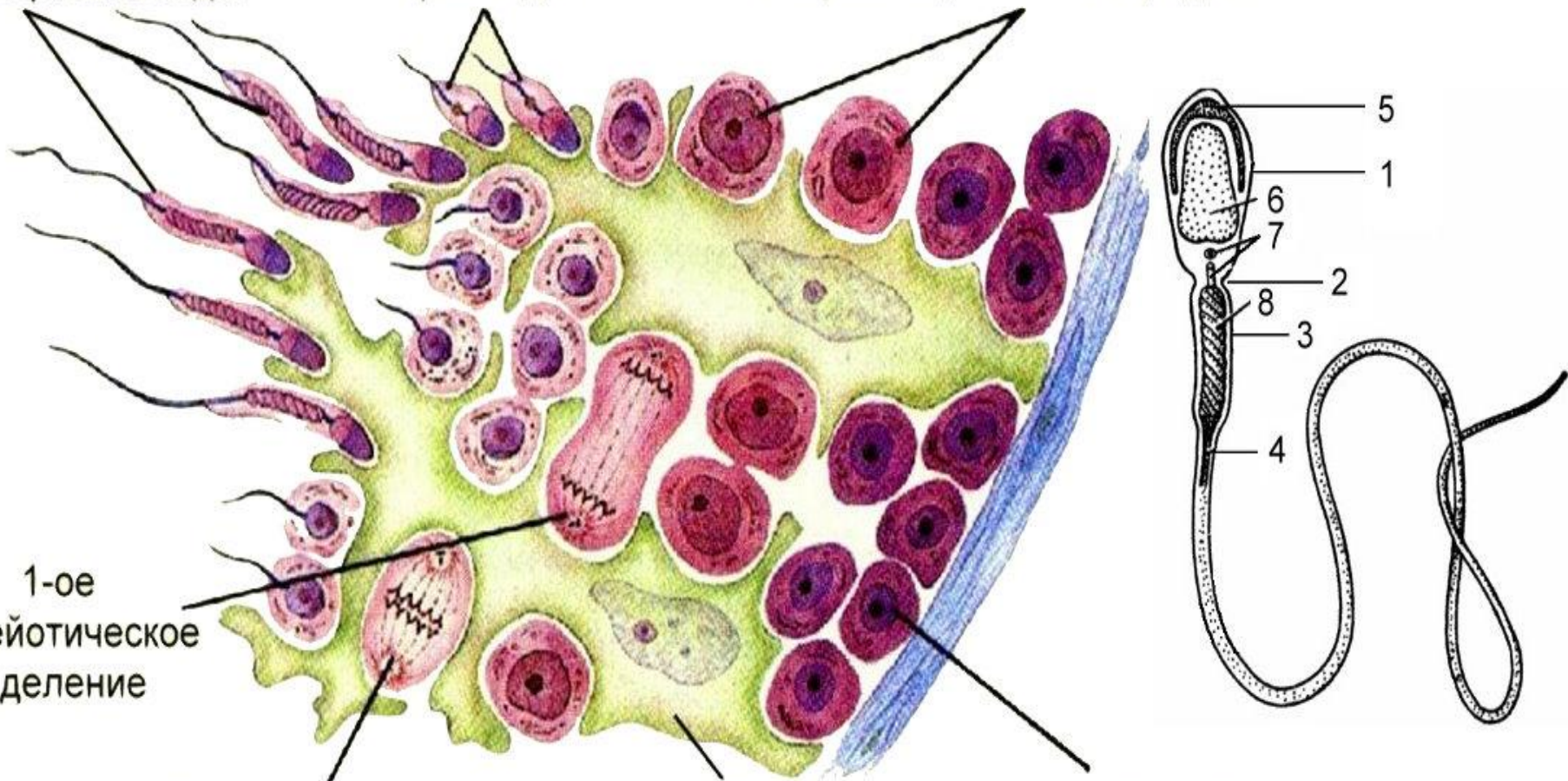
Сперматоциты 1-го порядка

1-ое
мейотическое
деление

2-ое мейотическое деление

Клетка Сертоли

Сперматогонии



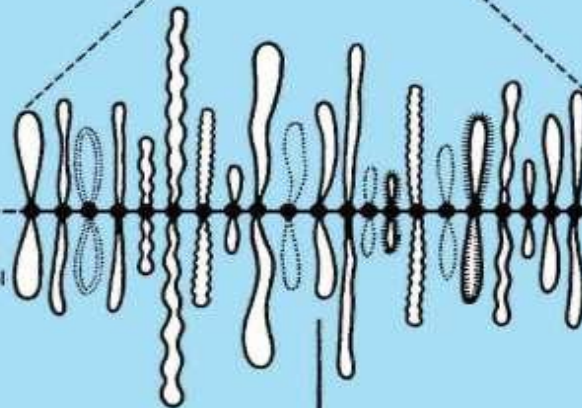
• Этапы оогенеза

- 1. Размножения Оогонии ($2n4C$)
- 2. Роста Ооцит I ($2n4C$)
- 3. Созревания - Мейоз I - Мейоз II Ооциты II + полярное тельце ($1n2C$);
Яйцеклетка + 3 полярных тельца ($1n1C$)

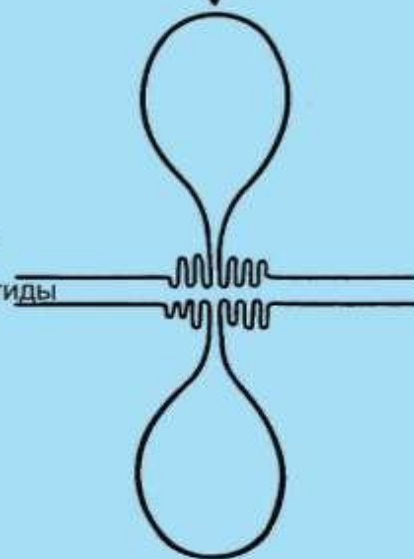
- Особенностью мейоза в овогенезе является наличие специальной стадии — ***диктиотены***, отсутствующей в сперматогенезе. На этой стадии, достигаемой у человека еще в эмбриогенезе, хромосомы, приняв особую морфологическую форму **«ламповых щеток»**, прекращают какие-либо дальнейшие структурные изменения на многие годы. По достижении женским организмом репродуктивного возраста под влиянием лютеинизирующего гормона гипофиза, как правило, один овоцит ежемесячно возобновляет мейоз.



Участок
одиночной
хромосомы



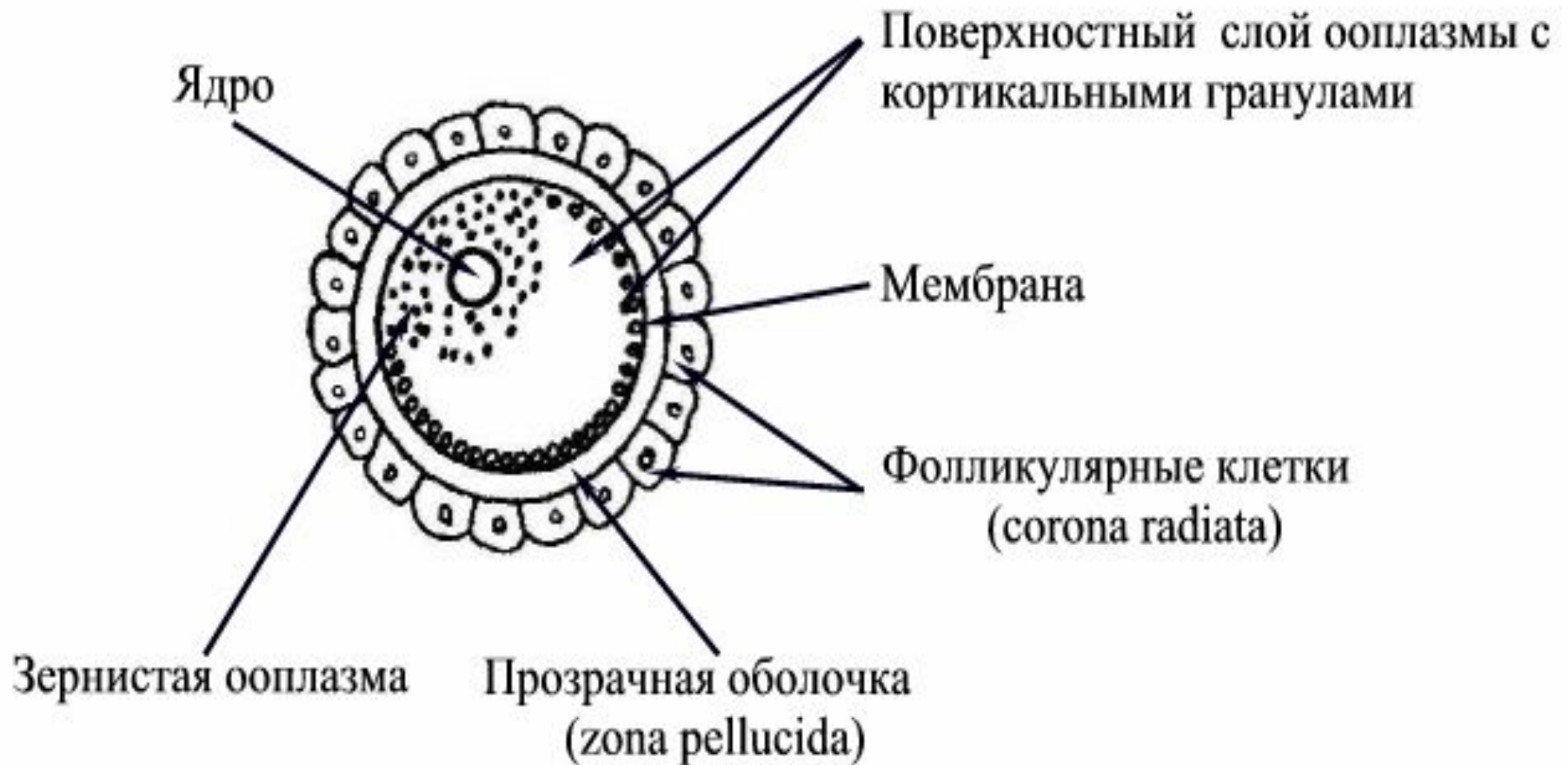
Маленький участок
хромосомы: видны
сестринские хроматиды



Морфология сперматозоида



МОРФОЛОГИЯ ЯЙЦЕКЛЕТОК

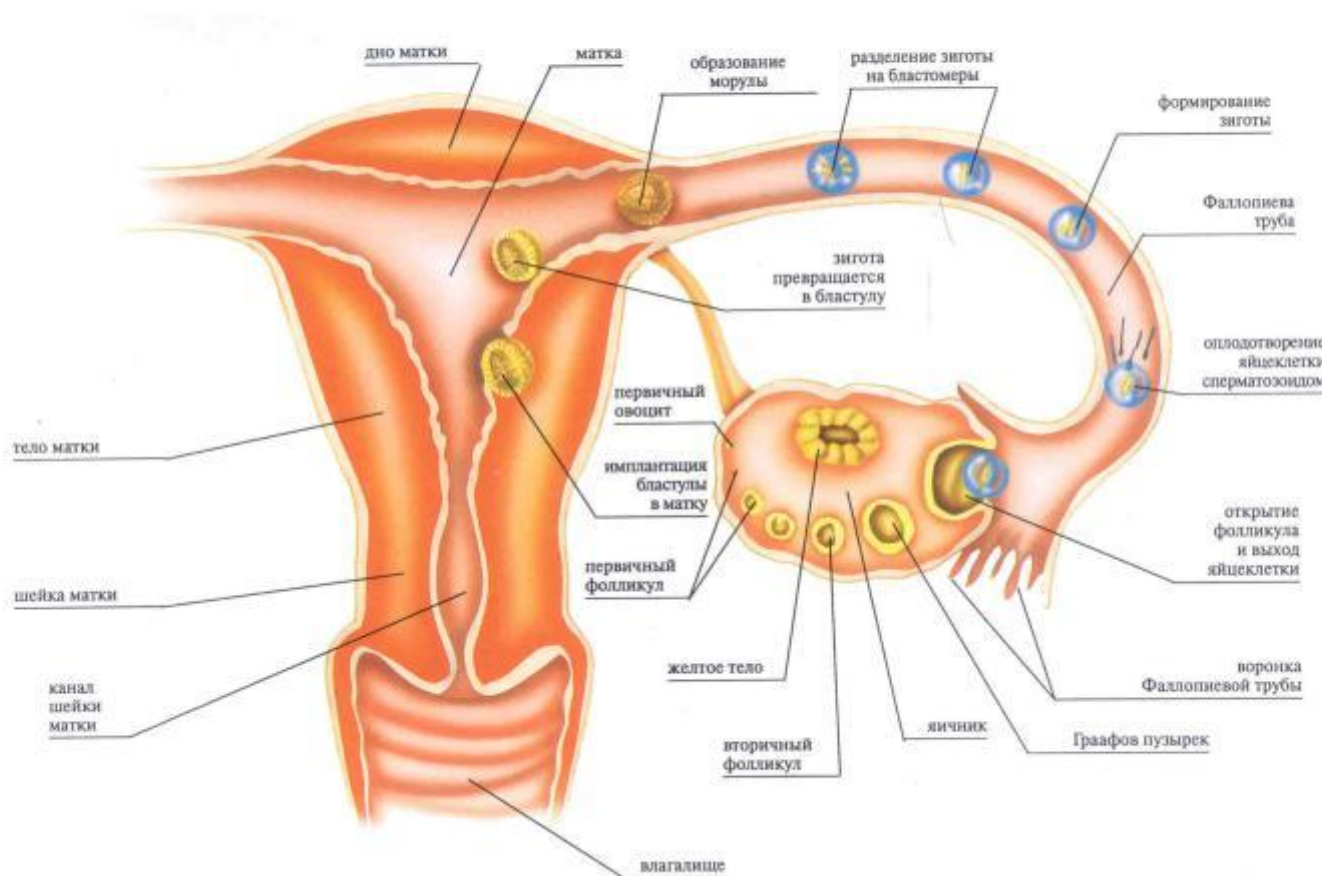


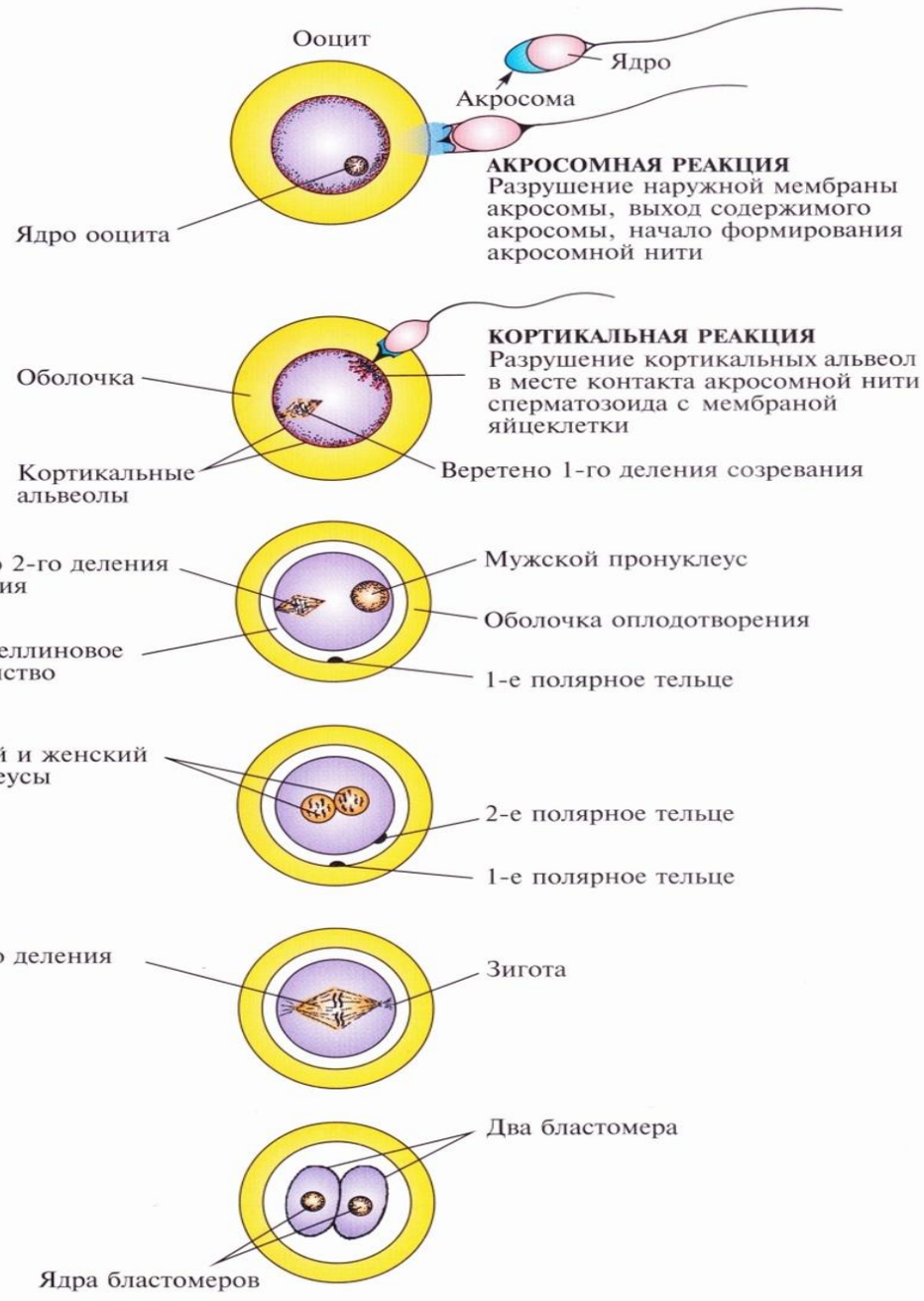
- В основу классификации яйцеклеток животных положены 2 признака: количество и распределение желтка в яйцеклетке.
- **По количеству желтка** различают следующие виды яйцеклеток.
- 1. Алецитальные (безжелтковые) – у видов, развитие которых протекает с метаморфозами и эмбриональный период очень короткий (у некоторых паразитарных червей).
- 2. Олиголецитальные (маложелтковые) – у видов развивающихся вне организма матери в относительно благоприятной водной среде, эмбриональный период относительно короткий (губки, иглокожие, круглоротые, ланцетник). А также у видов с внутриутробным развитием, зародыши которых питаются за счет матери (млекопитающие).
- 3. Мезолецитальные (среднее количество желтка) – развитие вне организма матери в водной среде (рыбы, земноводные), и у сумчатых млекопитающих.
- 4. Полилецитальные (многожелтковые) – развитие идет вне организма матери, причем на суше (птицы, пресмыкающиеся, яйцекладущие млекопитающие).

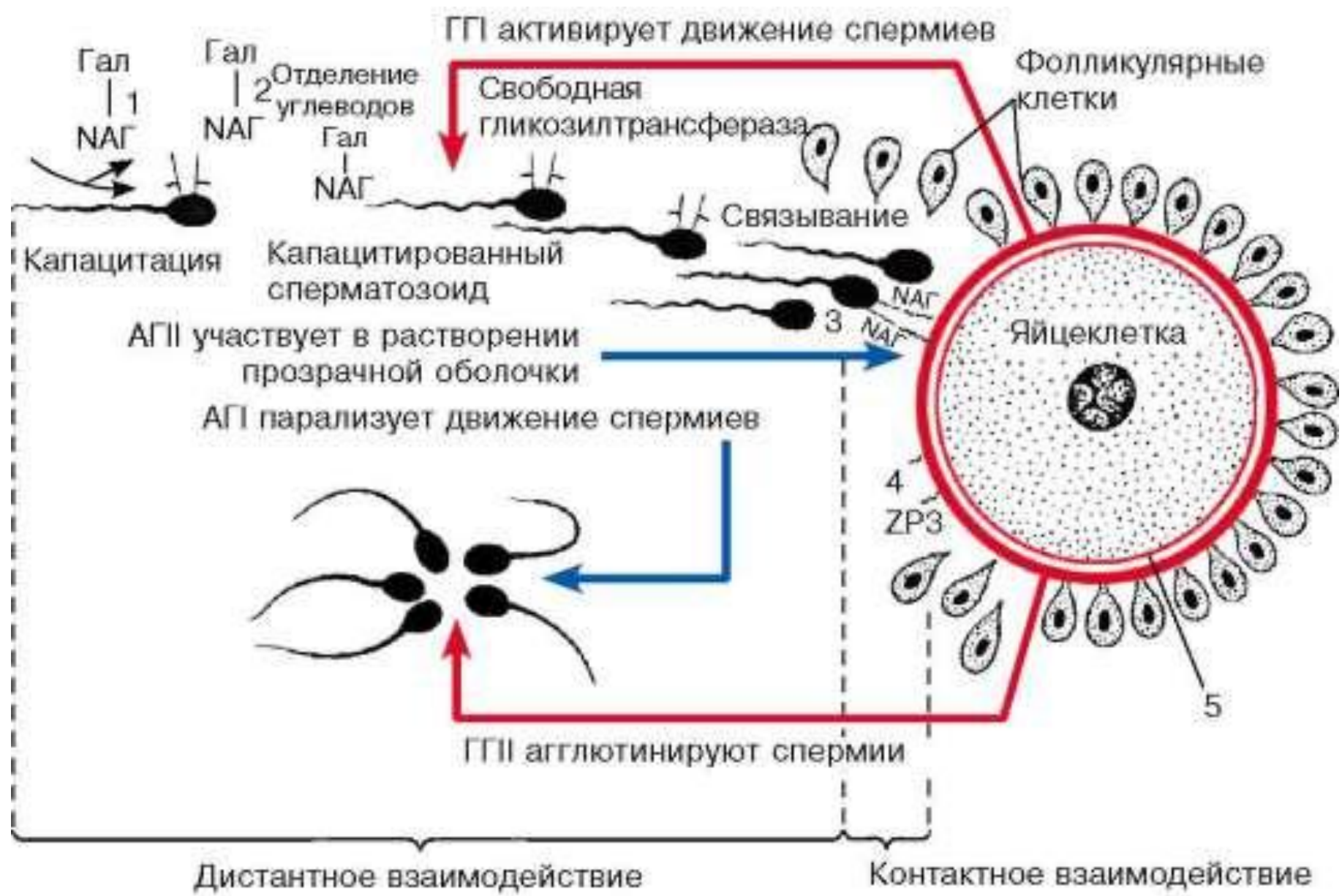
- **По распределению желтка в цитоплазме** различают следующие виды яйцеклеток.
- 1. **Изолецитальные** – равномерное распределение желтка по всей цитоплазме. Характерно для олиголецитальных яйцеклеток. Различают I (первично) изолецитальные (ланцетник) и II (вторично) изолецитальные яйцеклетки (плацентарные млекопитающие).
- 2. **Телolecитальные** – желток распределяется по цитоплазме неравномерно, полярно. На одном полюсе (вегетативном) располагается желток, а на другом полюсе (анимальном) – ядро и органоиды. Характерно для мезо- и полилецитальных яйцеклеток (земноводные, птицы, яйцекладущие и сумчатые млекопитающие). Среди телolecитальных яйцеклеток различают 2 подгруппы:
 - а) умеренно телolecитальные – полярность выражено умеренно, нерезко (мезolecитальная яйцеклетка лягушки);
 - б) резко телolecитальные – полярность ярко выражена (полилецитальная яйцеклетка птицы).
- 3. **Центролецитальные** – желток в виде узкого пояска сосредоточен вокруг ядра (насекомые).

Оплодотворение — это процесс слияния половых клеток. Образующаяся в результате оплодотворения диплоидная клетка — *зигота* — представляет собой начальный этап развития нового организма

Оплодотворение яйцеклетки и образование зародыша



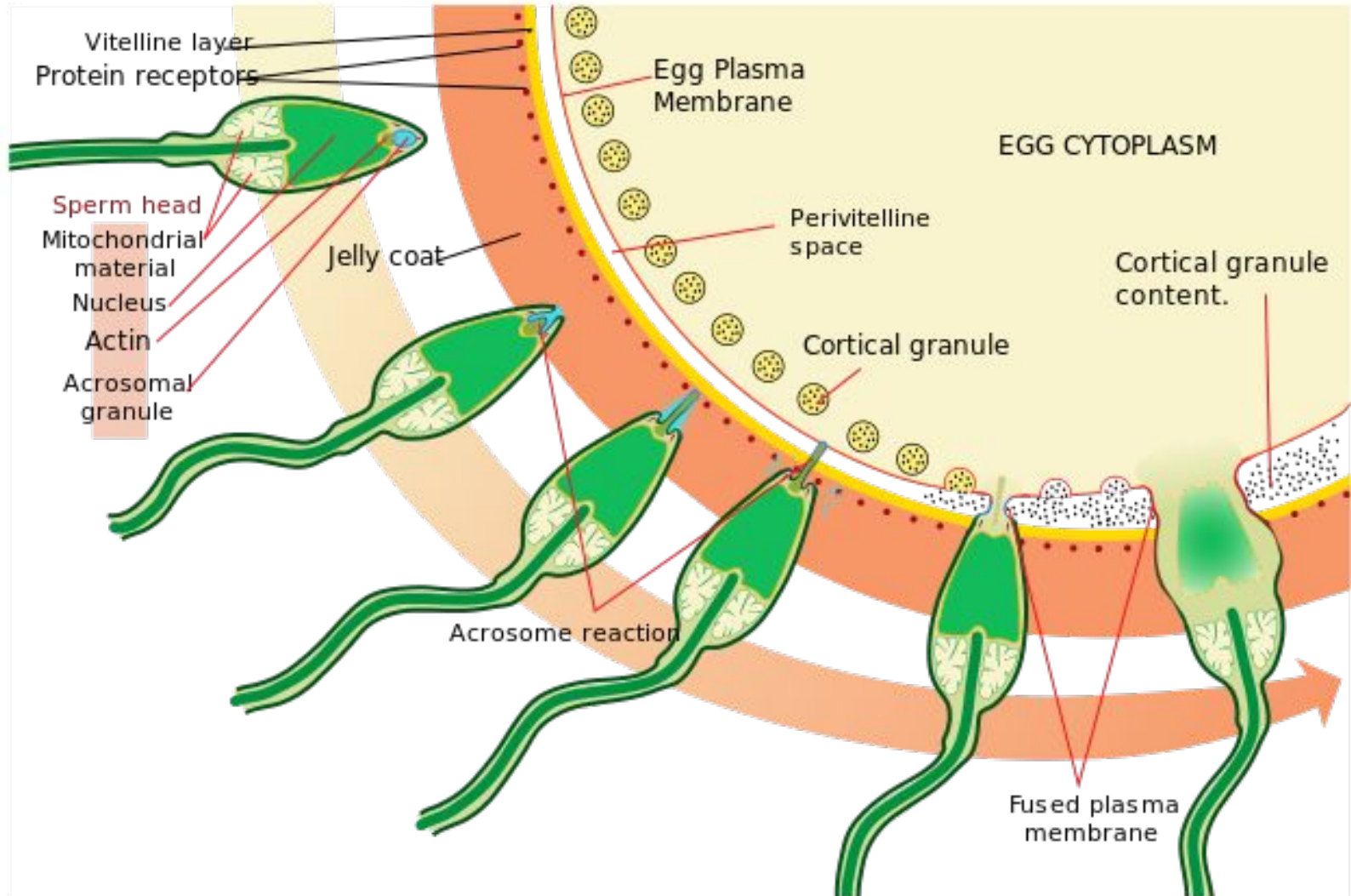




- **Капацитация**

- Спермии млекопитающий после эякуляции не способны к акросомной реакции
- КАПАЦИТАЦИЯ – приобретение спермием оплодотворяющей способности.
- Половые пути самки принимают активное участие в активации сперматозоидов.
- СУТЬ ПРОЦЕССА КАПАЦИТАЦИИ:
 - 1.Изменение структуры клеточной мембраны
 - -изменение соотношения холестерин:фосфолипиды мембраны сперматозоида;
 - -дестабилизация мембраны акросомы.
 - 2.Удаление с мембраны сперматозоида особых факторов, препятствующих оплодотворению.

Акрсомальная и Кортикальная реакции



- Процесс оплодотворения складывается из трех последовательных фаз: а) сближения гамет; б) активации яйцеклетки; в) слияния гамет, или сингамии.
- **1. Сближение сперматозоида с яйцеклеткой** обеспечивается совокупностью факторов, повышающих вероятность их встречи и взаимодействия. Крупные размеры яйцеклетки, а также вырабатываемые яйцеклетками химические вещества способствующие сближению и взаимодействию половых клеток. Эти вещества, называемые *гамонами*. У млекопитающих большое значение имеет пребывание сперматозоидов в половых путях самки, в результате чего мужские половые клетки приобретают оплодотворяющую способность (капацитация), т.е. способность к акросомной реакции. В момент контакта сперматозоида с оболочкой яйцеклетки происходит *акросомная реакция*, во время которой под действием протеолитических ферментов акросомы яйцевые оболочки растворяются. Далее плазматические мембраны яйцеклетки и сперматозоида сливаются и через образующийся вследствие этого цитоплазматический мостик цитоплазмы обеих гамет объединяются. Затем в цитоплазму яйца переходят ядро и центриоль сперматозоида, а мембрана сперматозоида встраивается в мембрану яйцеклетки.

- 2. В результате контакта сперматозоида с яйцеклеткой происходит ее *активация*. Увеличивается проницаемость мембраны для ионов натрия, затем кальция. Это приводит к растворению кортикальных гранул. Выделяемые при этом специфические ферменты способствуют отслойке желточной оболочки; она затвердевает, это *оболочка оплодотворения*. Все описанные процессы представляют собой так называемую *кортикальную реакцию*. Значение кортикальной реакции в предотвращении полиспермии.
- Активация яйцеклетки завершается началом синтеза белка на трансляционном уровне, поскольку мРНК, тРНК, рибосомы и энергия были запасены еще в овогенезе. Активация яйцеклетки может начаться и протекать до конца без ядра сперматозоида и без ядра яйцеклетки, что доказано опытами по энуклеации зиготы

- 3. Яйцеклетка в момент встречи со сперматозоидом находится на одной из стадий мейоза, заблокированной с помощью специфического фактора. У большинства позвоночных этот блок осуществляется на стадии метафазы II. Блок мейоза снимается после активации яйцеклетки вследствие оплодотворения. В яйцеклетке завершается мейоз. Ядро сперматозоида принимает вид интерфазного, а затем профазного ядра. За это время удваивается ДНК и *мужской пронуклеус* получает количество наследственного материала, соответствующего $n2c$, т.е. содержит гаплоидный набор редуцированных хромосом.
- Ядро яйцеклетки, закончившее мейоз, превращается в *женский пронуклеус*, также приобретая $n2c$. Оба пронуклеуса проделывают сложные перемещения, затем сближаются и сливаются (*синкарион*), образуя общую метафазную пластинку. Это, собственно, и есть момент окончательного слияния гамет — *сингамия*. Первое митотическое деление зиготы приводит к образованию двух клеток зародыша (бластомеров) с набором хромосом $2n2c$ в каждом.