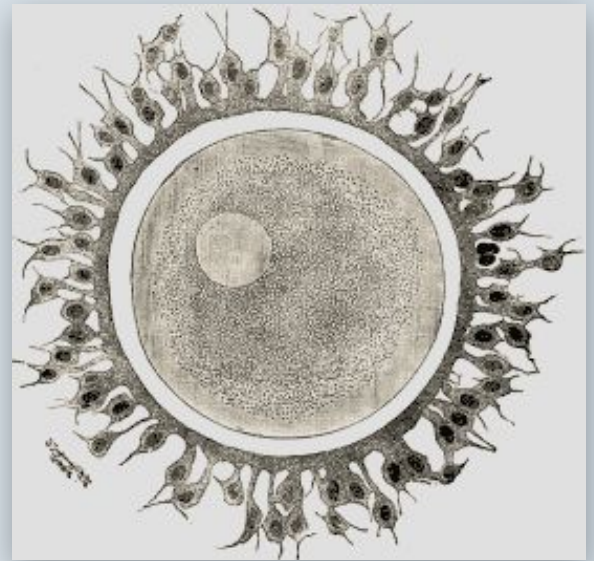
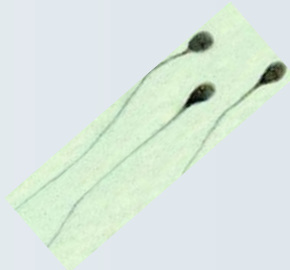




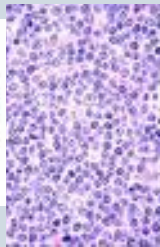
Гаметогенез



Клетки

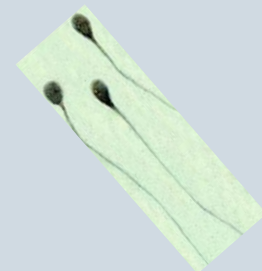
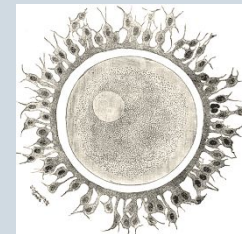
Соматические

$2n$



Половые

$1n$

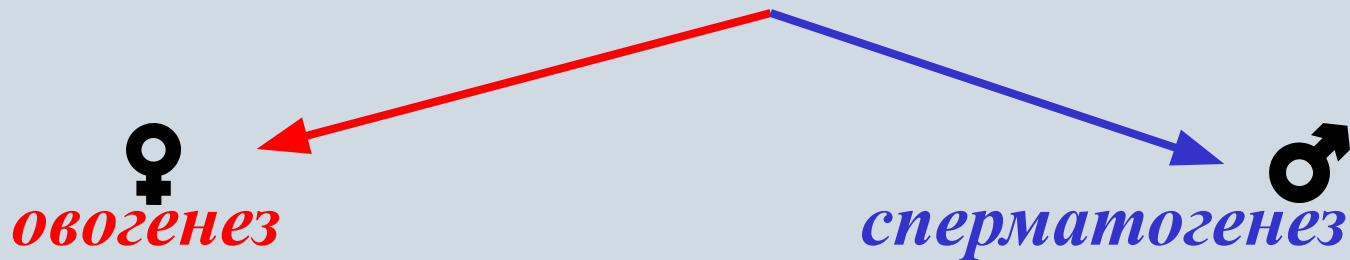


- **Гаметы** – половые клетки

♀ - женские половые клетки – $1n$

♂ - мужские половые клетки – $1n$

- **Гаметогенез** – процесс образования половых клеток



СТРОЕНИЕ СПЕРМИИ

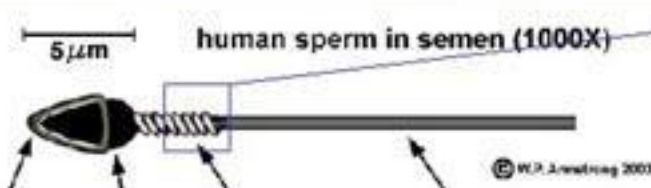
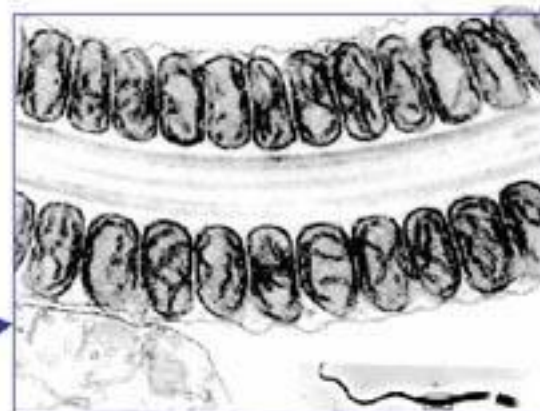
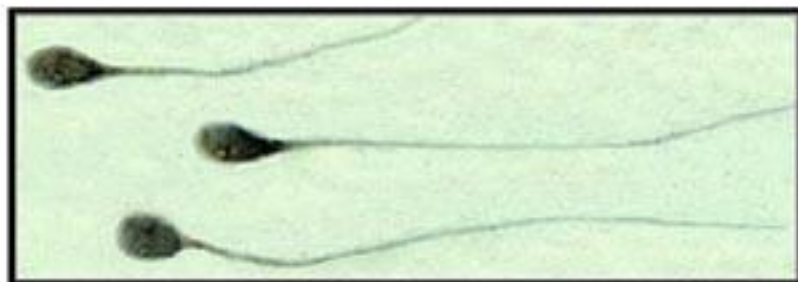
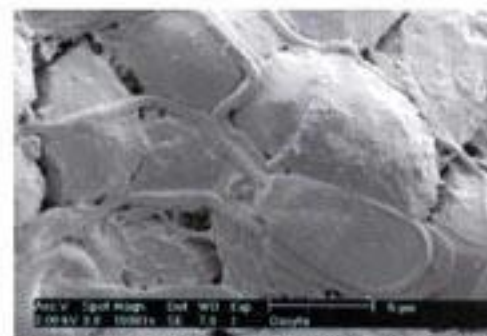
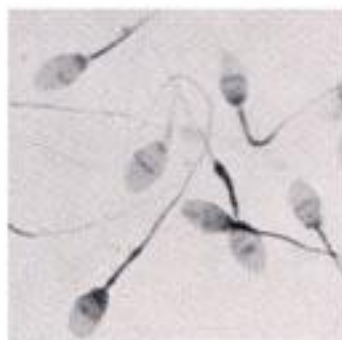


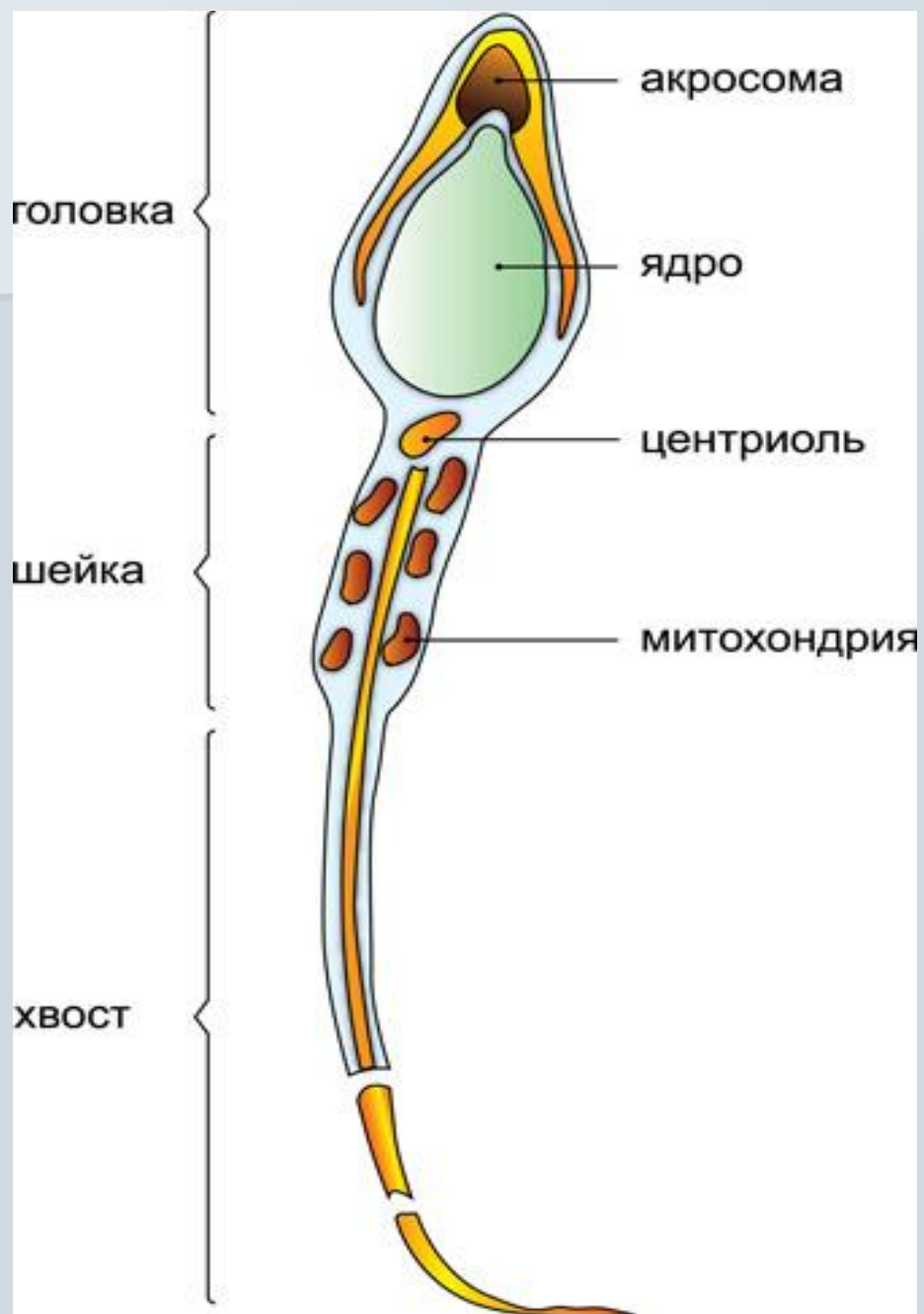
Figure 3.6 Microscopic view of a sperm cell (Robert, et al., 1998, p. 100)

Акросома Головка Шейка Хвост

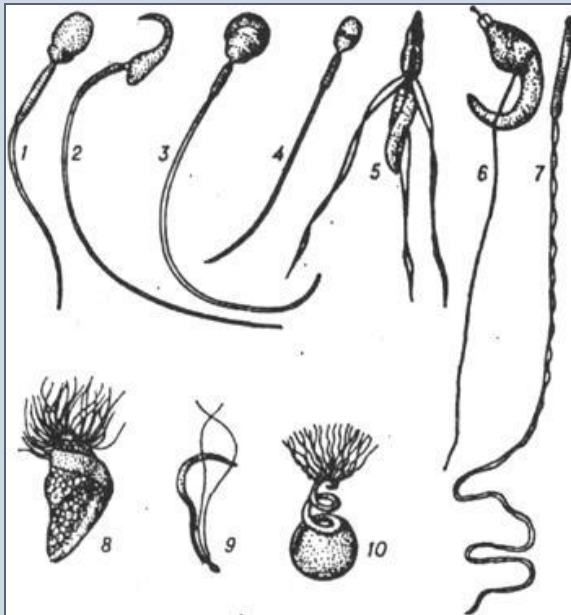
Спермии человека, быка и крысы



Sperm and egg (cattle) <http://www.gala-instruments.de/images/01/pent/20acd/20egg/20cattle/202.jpg>

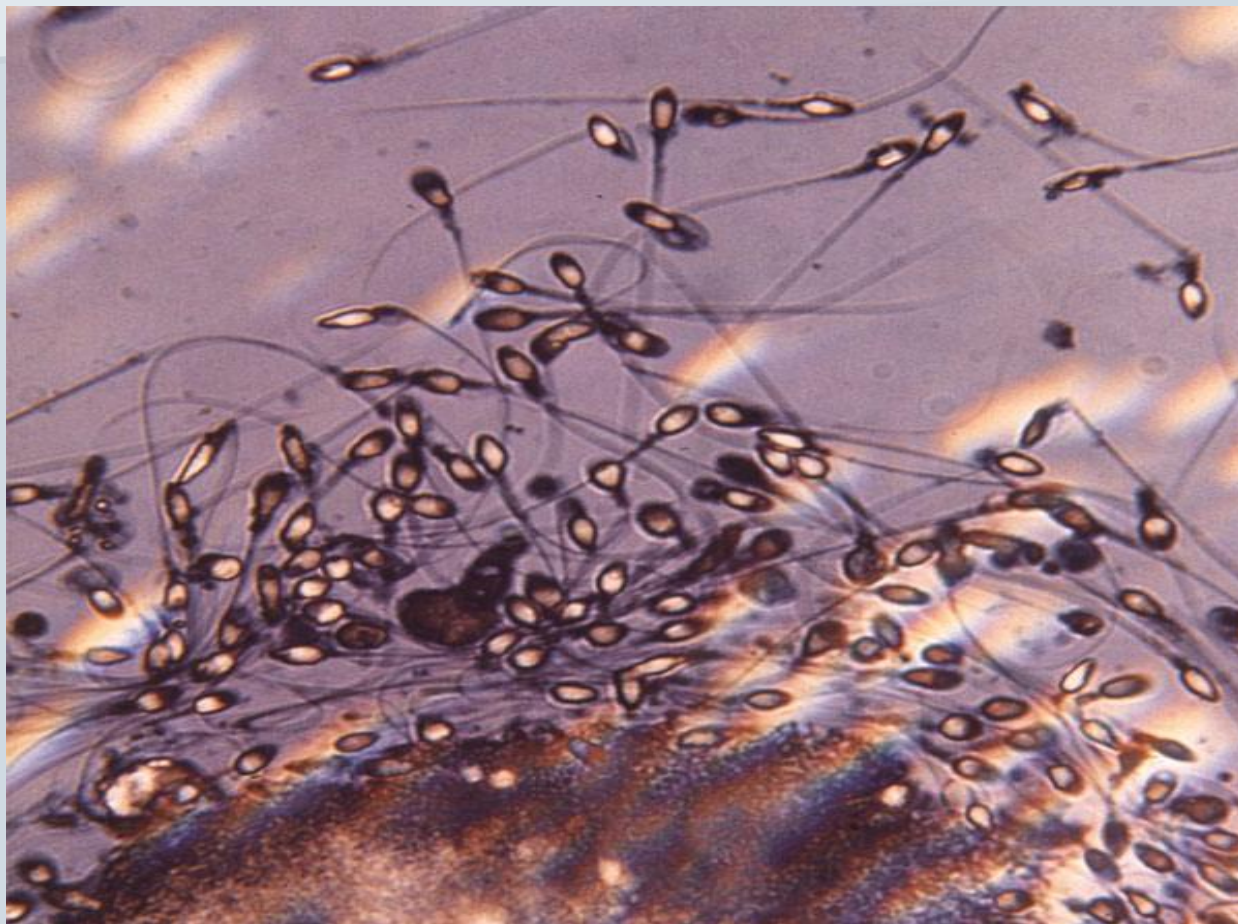


- Сперматозоид млекопитающих имеет форму длинной нити. Длина сперматозоида человека 50–60 мкм. В строении сперматозоида можно выделить «головку», «шейку», промежуточный отдел и хвостик. В головке находится ядро и акросома. Ядро содержит гаплоидный набор хромосом. Акросома — мембранный органоид, содержащий ферменты, используемые для растворения оболочек яйцеклетки. В шейке расположены две центриоли, в промежуточном отделе — митохондрии. Хвостик представлен одним, у некоторых видов — двумя и более жгутиками. Жгутик является органоидом движения и сходен по строению со жгутиками и ресничками простейших. Для движения жгутиков используется энергия макроэргических связей АТФ, синтез АТФ происходит в митохондриях.
- Сперматозоид открыт в 1677 году А. Левенгуком. Термин введен Бэром в 1827 году.



Сперматозоиды: 1 - кролика; 2 - крысы; 3 - морской свинки; 4 - человека; 5 - десятиногого рака; 6 - паука; 7 - жука; 8 - хвоща; 9 - мха; 10 - папоротника.

Сперматозоиды человека



Строение яйцеклетки

- Наружные оболочки
- Клеточная мембрана
- Цитоплазма
- Митохондрии
- ЭПС, КГ, рибосомы
- Пронуклеус (1n1c)
- Запас питательных веществ (желточное тело)
- *От чего зависит количество питательных веществ в яйцеклетке?*

(от условий, в которых происходит развитие зародыша;

вне организма – до 95% объема яйцеклетки; млекопитающие – 5%)

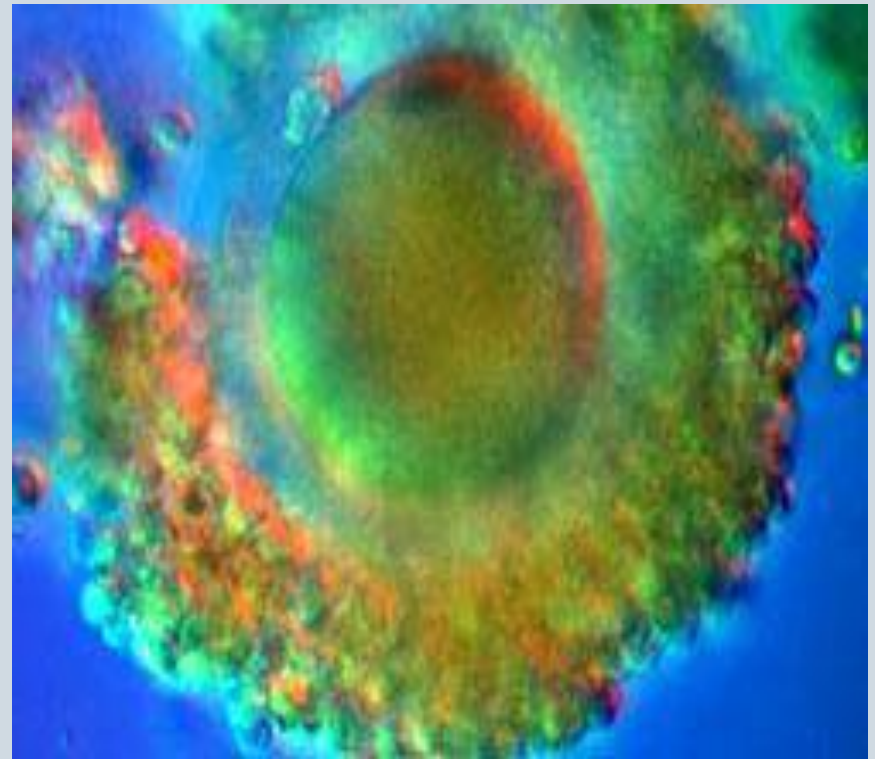
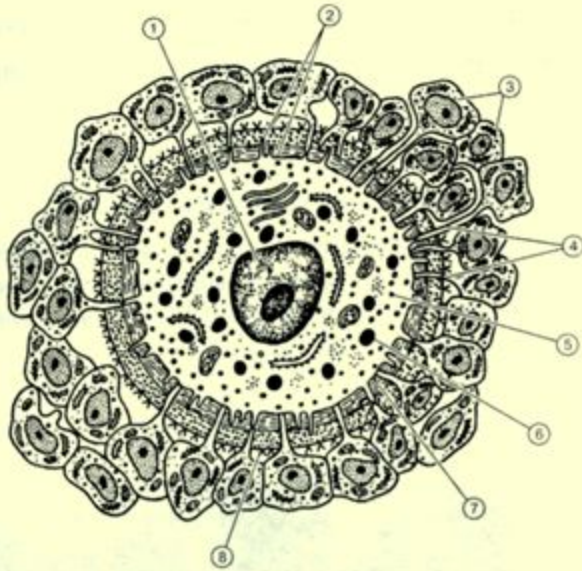
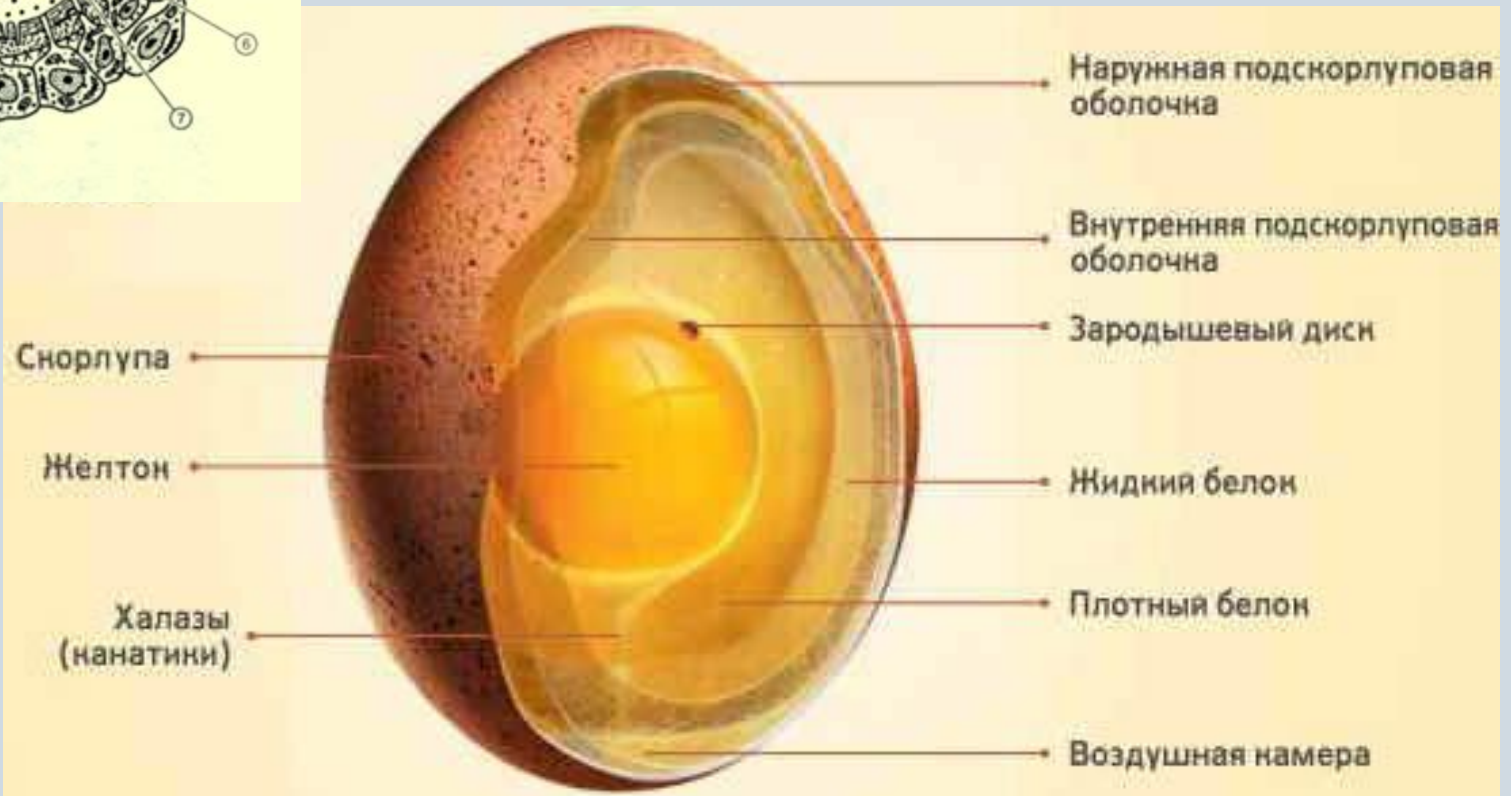


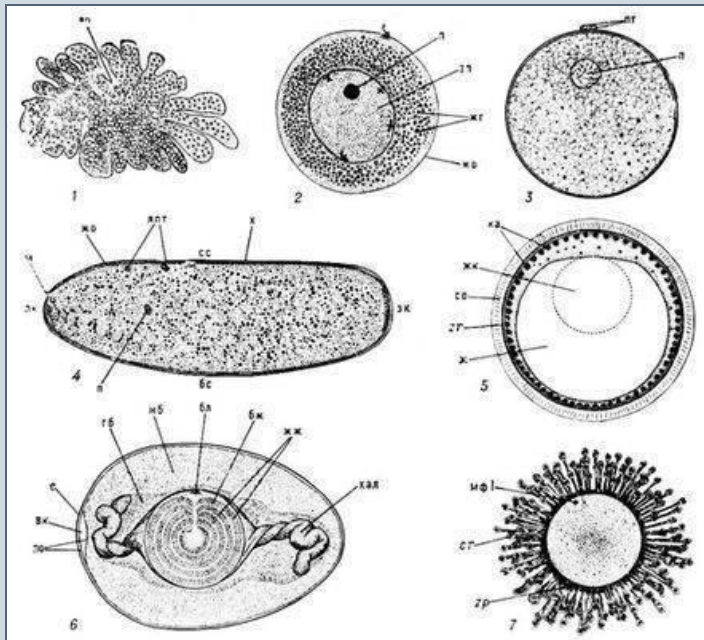
Схема строения яйцеклетки



Строение яйцеклетки



- В связи с накоплением питательных веществ, у яйцеклеток появляется полярность. Противоположные полюсы называются **вегетативным** и **анимальным**. Поляризация проявляется в том, что происходит изменение местоположения ядра в клетке (оно смещается в сторону анимального полюса), а также в особенностях распределения цитоплазматических включений (во многих яйцах количество желтка возрастает от анимального к вегетативному полюсу).
- Яйцеклетка человека была открыта в 1827 году К.М. Бэр.



Строение яйца у гидры (1), кольчатого червя из рода *Urechis* (2), морского ежа (3), дрозофилы (4, яйцо вскоре после оплодотворения), окуня (5), курицы (6), человека (7)

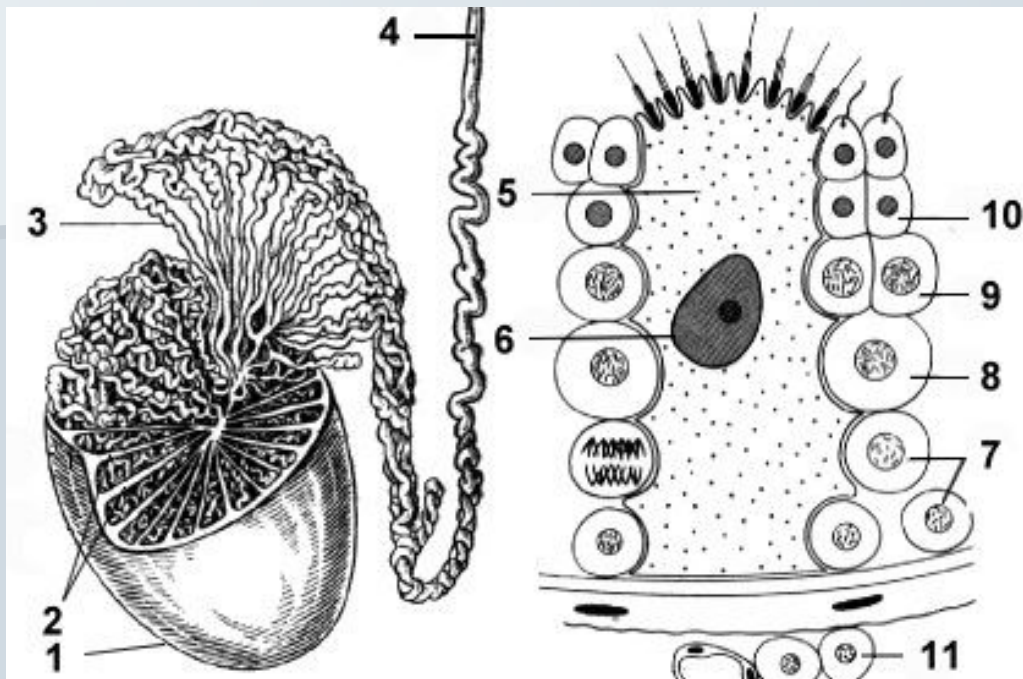
Размеры яйцеклеток

1.Треска	0,13 мм
2. Колюшка	2,0 мм
3. Лососевые рыбы	6-9 мм
4.Кошачья акула	15 мм
5.Травяная лягушка	2 мм
6. Прыткая ящерица	8,0 мм
7. Курица	35,0 мм
8. Страус	155 мм
9. Млекопитающие	0,06 – 2мм
10.Человек	0,1 мм

Типы яйцеклеток (по содержанию желтка):

- **Алецитальная** – без желтковая или содержащая мало желтка яйцеклетка (у млекопитающих);
- **Гомолецитальная** – содержит небольшое кол-во желтка, который равномерно распределен по цитоплазме (у ланцетника);
- **Телолецитальная** – содержит много желтка, который сосредоточен в одном полюсе (у птиц, пресмыкающихся);
- **Центролецитальная** – содержит много желтка который расположен в центре (у насекомых).

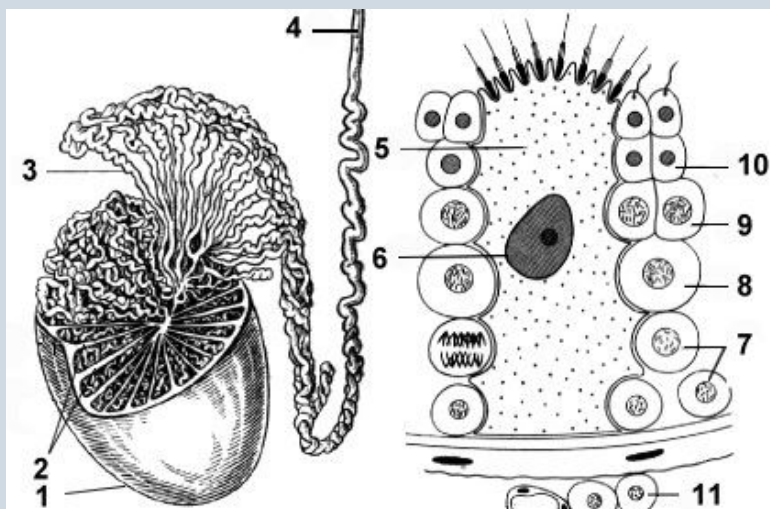
Строение семенников



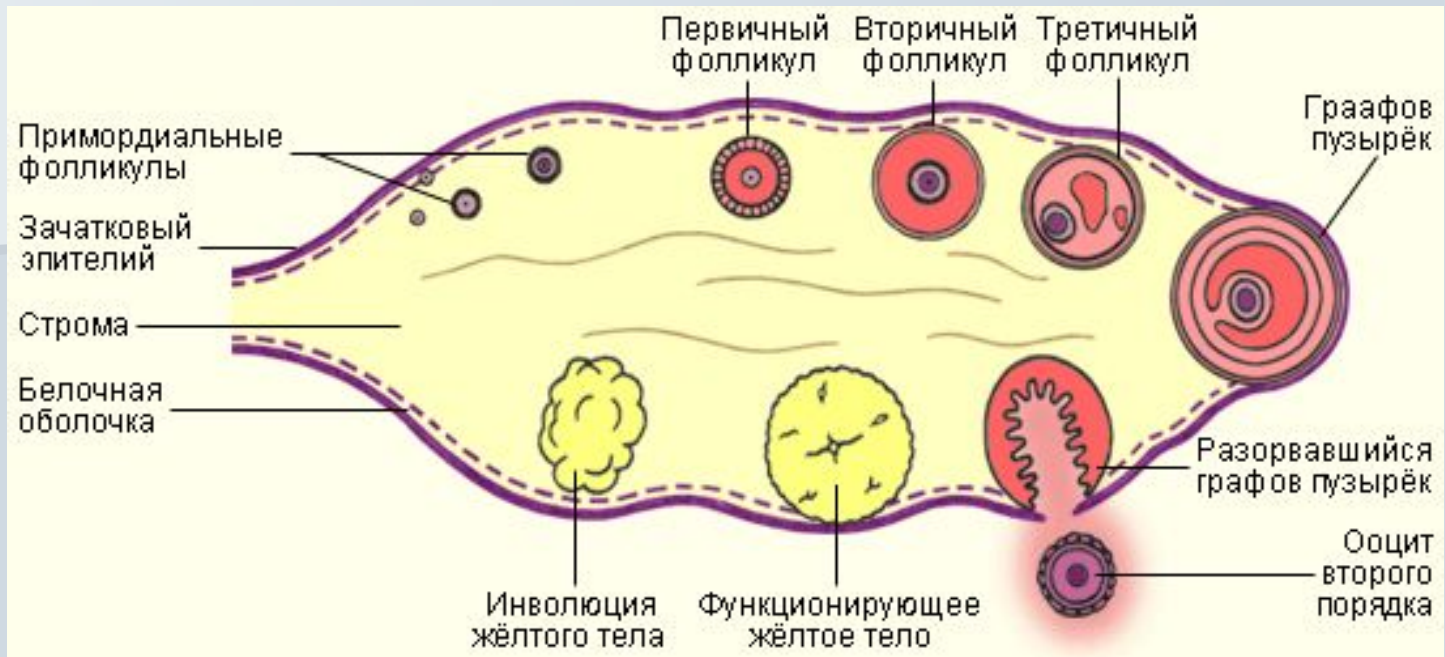
Семенники — округлые образования. Семенники покрыты плотной оболочкой, на задней части утолщение — средостение, от которого отходят перегородки, делящие семенник на дольки. Структурно-функциональной единицей семенника являются семенные канальцы.



В каждом семеннике около 1000 *семенных канальцев*, в зачатковом эпителии которых образуются сперматозоиды. Есть и эндокринные, *лейдиговы клетки*, образующие половые гормоны: *тестостерон*, *андростерон* и небольшое количество эстрогенов.



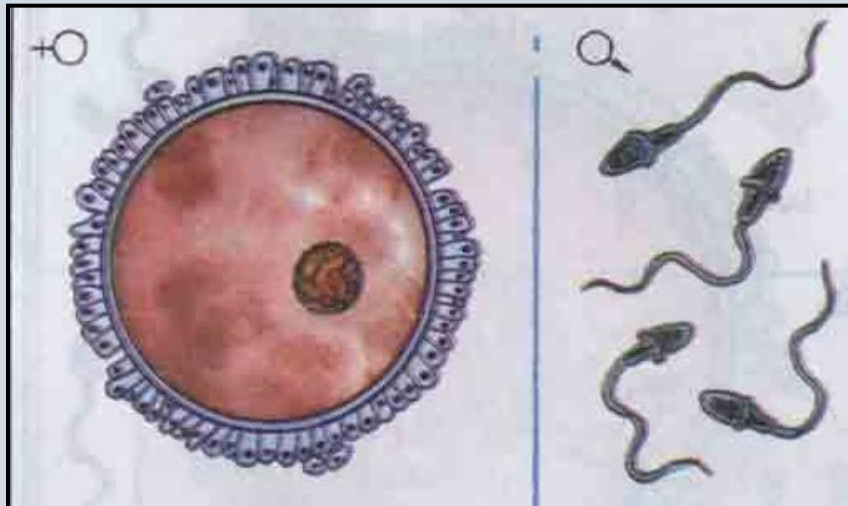
Гормоны влияют на развитие вторичных половых признаков и половое поведение человека и животных.



Яичники — парные образования у большинства животных (искл. птицы — левый яичник и левый яйцевод). В них образуются яйцеклетки и гормоны.

Гаметогенез или предзародышевое развитие — процесс созревания половых клеток, или гамет. Поскольку в ходе гаметогенеза специализация яйцеклеток и спермиев происходит в разных направлениях, обычно выделяют овогенез и сперматогенез соответственно.

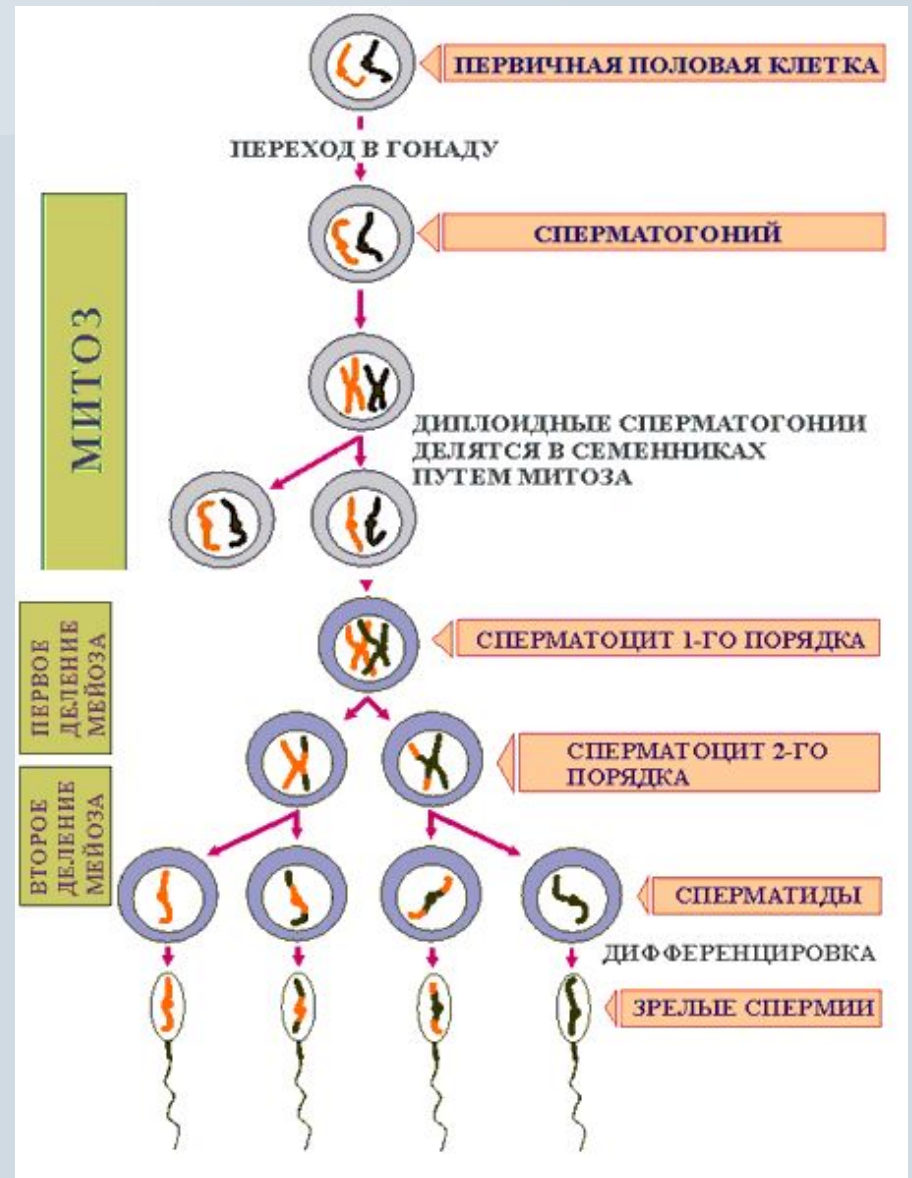
Гаметогенез закономерно присутствует в жизненном цикле ряда простейших, водорослей, грибов, споровых и голосеменных растений, а также многоклеточных животных. В некоторых группах гаметы вторично редуцированы (сумчатые и базидиевые грибы, цветковые растения). Наиболее подробно процессы гаметогенеза изучены у многоклеточных животных.



Сперматогенез

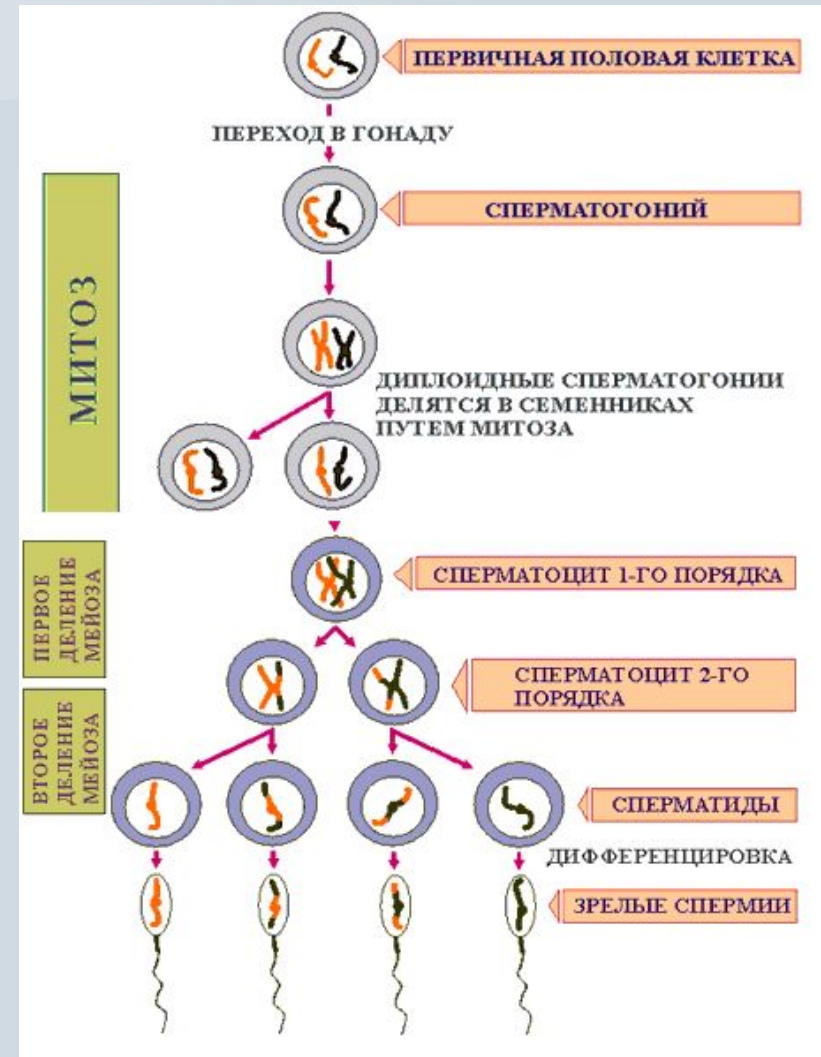
Сперматогенез осуществляется в семенниках и подразделяется на четыре фазы:

- 1) размножения,
- 2) роста,
- 3) созревания,
- 4) формирования.



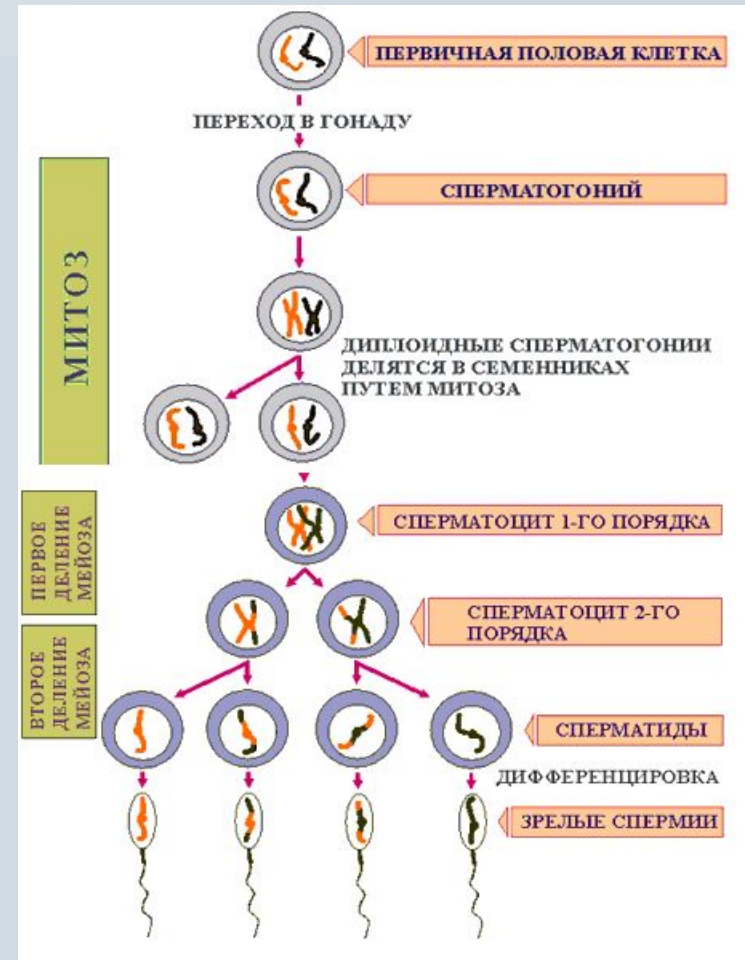
Сперматогенез

Фаза роста в сперматогенезе выделяется в определенной степени условно, поскольку она не связана, как в женском гаметогенезе, с накоплением питательных веществ для будущего зародыша, и по этой причине ее часто объединяют с третьей фазой сперматогенеза (фазой созревания) в одну, так называемую, мейотическую фазу. В мейотической фазе половая клетка (именуемая первичным сперматоцитом, или сперматоцитом 1-го порядка) проходит длинную профазу первого мейотического деления, которая у человека продолжается около 22 суток. Рост характеризуется небольшим увеличением объема сперматоцитов



Сперматогенез

Фаза роста соответствует интерфазе 1 мейоза, т. е. во время нее происходит подготовка клеток к мейозу. Главным событием фазы роста является репликация ДНК. Во время фазы созревания клетки делятся мейозом; во время первого деления мейоза они называются **сперматоцитами 1-го порядка**, во время второго - **сперматоцитами 2-го порядка**. Из одного сперматоцита 1-го порядка возникают четыре гаплоидные сперматиды. Фаза формирования характеризуется тем, что первично шаровидные сперматиды подвергаются ряду сложных преобразований, в результате которых образуются сперматозоиды. В нем участвуют все элементы ядра и цитоплазмы.



- Фаза созревания — наиболее продолжительная фаза гаметогенеза. В овогенезе она начинается в эмбриогенезе (практически одновременно с началом малого роста половых клеток). К рождению девочки фаза созревания половых клеток (овоцитов) в ее яичниках приостанавливается и возобновляется лишь после наступления половой зрелости. В фазе созревания как мужские, так и женские половые клетки проходят мейоз — особый вид деления, в ходе которого содержание хромосом в их ядрах сокращается наполовину и составляет 23.

Сперматогенез у человека

У человека сперматогенез начинается в период полового созревания; срок формирования сперматозоида — три месяца, т.е. каждые три месяца сперматозоиды обновляются. Сперматогенез происходит непрерывно и синхронно в миллионах клеток.

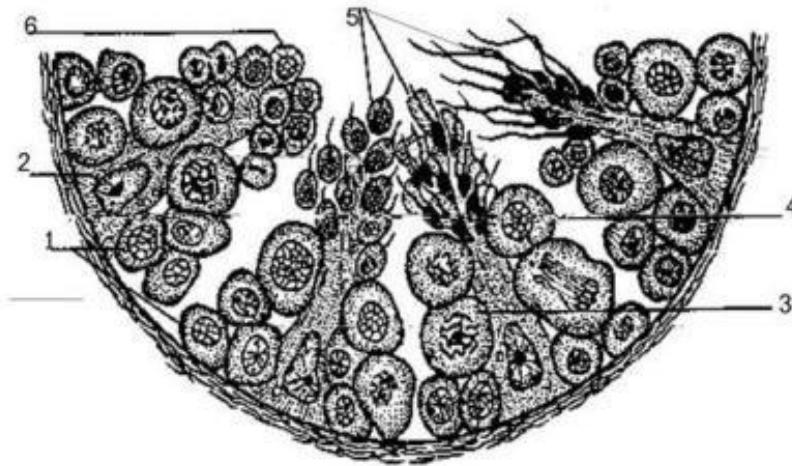


Схема среза извитого семенного канальца.
1 – сперматогенный эпителий; 2 – клетка Сертоли; 3 – сперматоцит 1 порядка; 4 – сперматоцит 2 порядка; 5 – сперматозоиды в разной стадии созревания; 6 – сперматиды

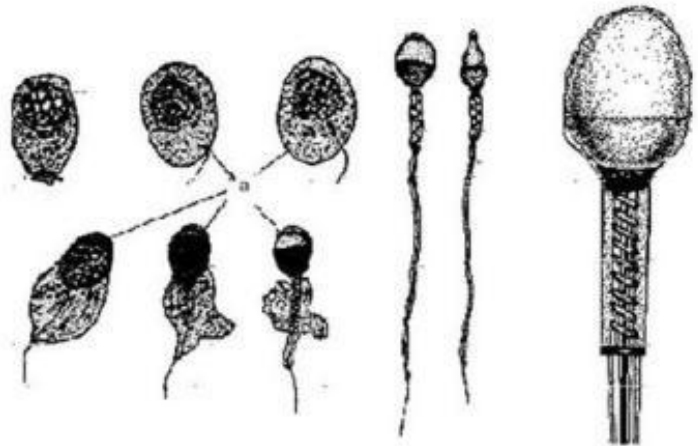
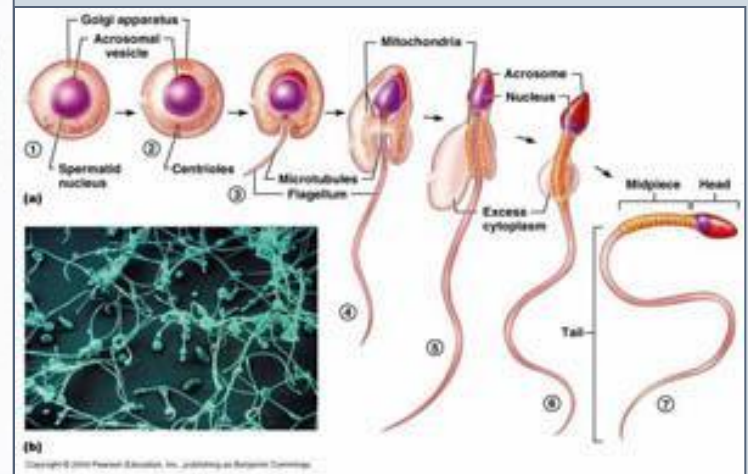
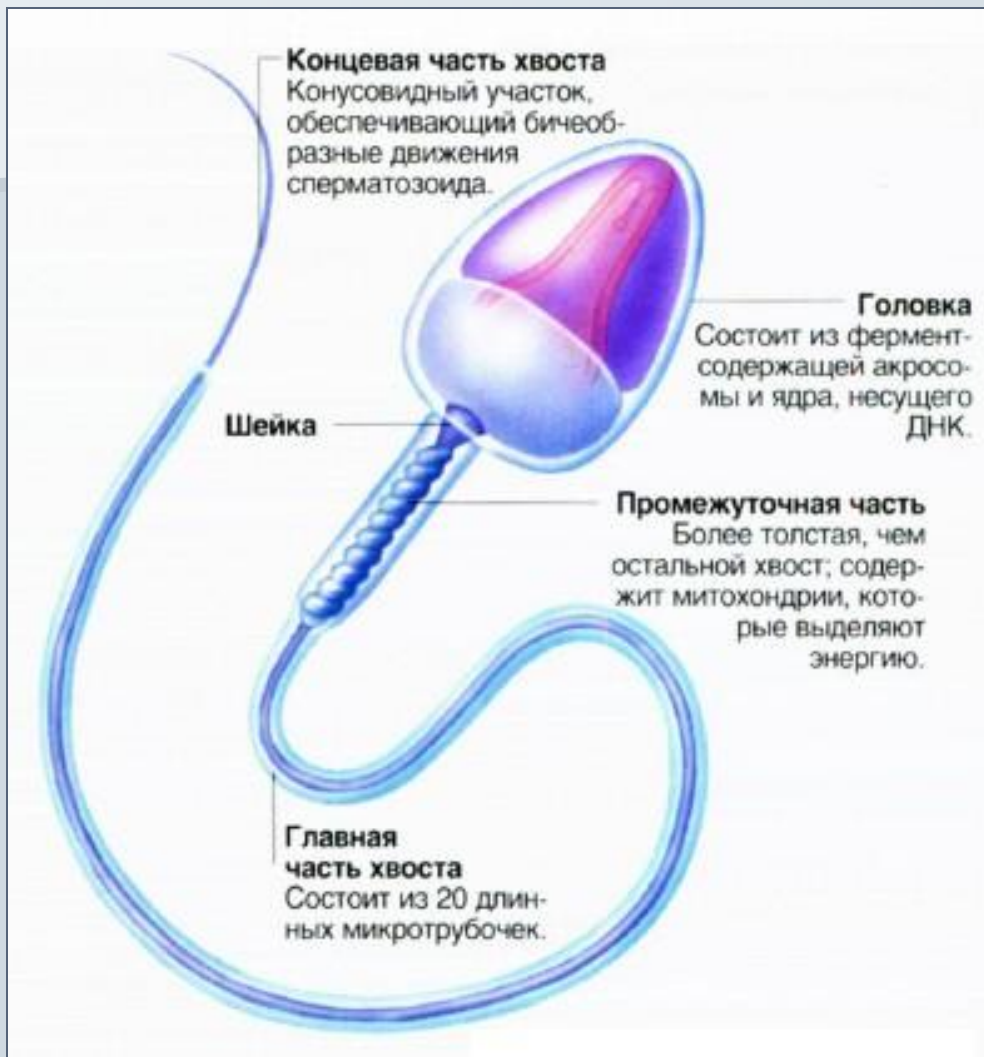


Схема строения сперматозоидов
а - процесс формирования сперматозоидов

Строение сперматозоида



Овогенез

Овогенез — это процесс образования женских половых гамет, идет по той же схеме, что и сперматогенез, но с некоторыми существенными отличиями.

В результате неравномерного распределения цитоплазмы как при первом, так и при втором делениях мейоза только в одной клетке оказывается большой запас питательных веществ, необходимых для развития будущего зародыша. Следовательно, образуется только одна зрелая яйцеклетка с гаплоидным набором хромосом (n) и три маленькие клеточки, которые впоследствии исчезают. При овогенезе наряду с мейозом происходит так называемое созревание яйцеклетки, во время которого значительно увеличивается ее объем.

Овогенез

Овогенез(лат. ovum — яйцо + греч. genesis—зарождение, происхождение, развитие), процесс развития женских половых клеток (гамет), заканчивающийся формированием яйцеклеток. У женщины в течение менструального цикла созревает лишь одна яйцеклетка. Процесс овогенеза имеет принципиальное сходство со сперматогенезом и также проходит через ряд стадий: размножения, роста и созревания. При этом, период формирования не выражен. Яйцеклетки образуются в яичнике, развиваясь из незрелых половых клеток —овогониев, содержащих диплоидное число хромосом. Овогонии, подобно сперматогониям, претерпевают последовательные митотические деления, которые завершаются к моменту рождения плода. Затем наступает период роста овогониев, когда их называют овоцитами I порядка. Они окружены одним слоем клеток — гранулёзной оболочкой — и образуют так называемые примордиальные фолликулы. Плод женского пола накануне рождения содержит около 2 млн. этих фолликулов, но лишь примерно 450 из них достигают стадии овоцитов II порядка и выходят из яичника в процессе овуляции. Созревание овоцита сопровождается двумя последовательными делениями, приводящими к уменьшению числа хромосом в клетке вдвое. В результате первого деления, мейоза, образуется крупный овоцит II порядка и первое полярное тельце, а после второго деления — зрелая, способная к оплодотворению и дальнейшему развитию яйцеклетка с гаплоидным набором хромосом и второе полярное тельце. Полярные тельца, представляющие собой мелкие клетки, не играют роли в овогенезе и в конечном счёте разрушаются. В отличие от образования спермиев у мужчин, которое начинается только в период полового созревания, образование яйцеклеток у женщин начинается ещё до их рождения и завершается для каждой данной яйцеклетки только после её оплодотворения. Поэтому любые неблагоприятные факторы внешней среды, начиная со стадии внутриутробного развития девочки, могут повлечь за собой генетические аномалии у её потомства.

Овогенез

- Во время фазы размножения диплоидные овогонии многократно делятся митозом. Фаза роста соответствует интерфазе 1 мейоза, т.е. во время нее происходит подготовка клеток к мейозу: клетки значительно увеличиваются в размерах вследствие накопления питательных веществ. Главным событием фазы роста является репликация ДНК. Во время фазы созревания клетки делятся мейозом. Во время первого деления мейоза они называются **овоцитами 1-го порядка**. В результате первого мейотического деления возникают две дочерние клетки: мелкая, называемая первым **полярным тельцем**, и более крупная — **овоцит 2-го порядка**. Во время второго мейотического деления овоцит 2-го порядка делится с образованием яйцеклетки и второго полярного тельца, а первое полярное тельце — с образованием третьего и четвертого полярных телец. Таким образом, в результате мейоза из одного овоцита 1-го порядка образуются одна яйцеклетка и три полярных тельца.



Овогенез

Зона размножения

митоз (3) – 8 клеток – $2n4c$

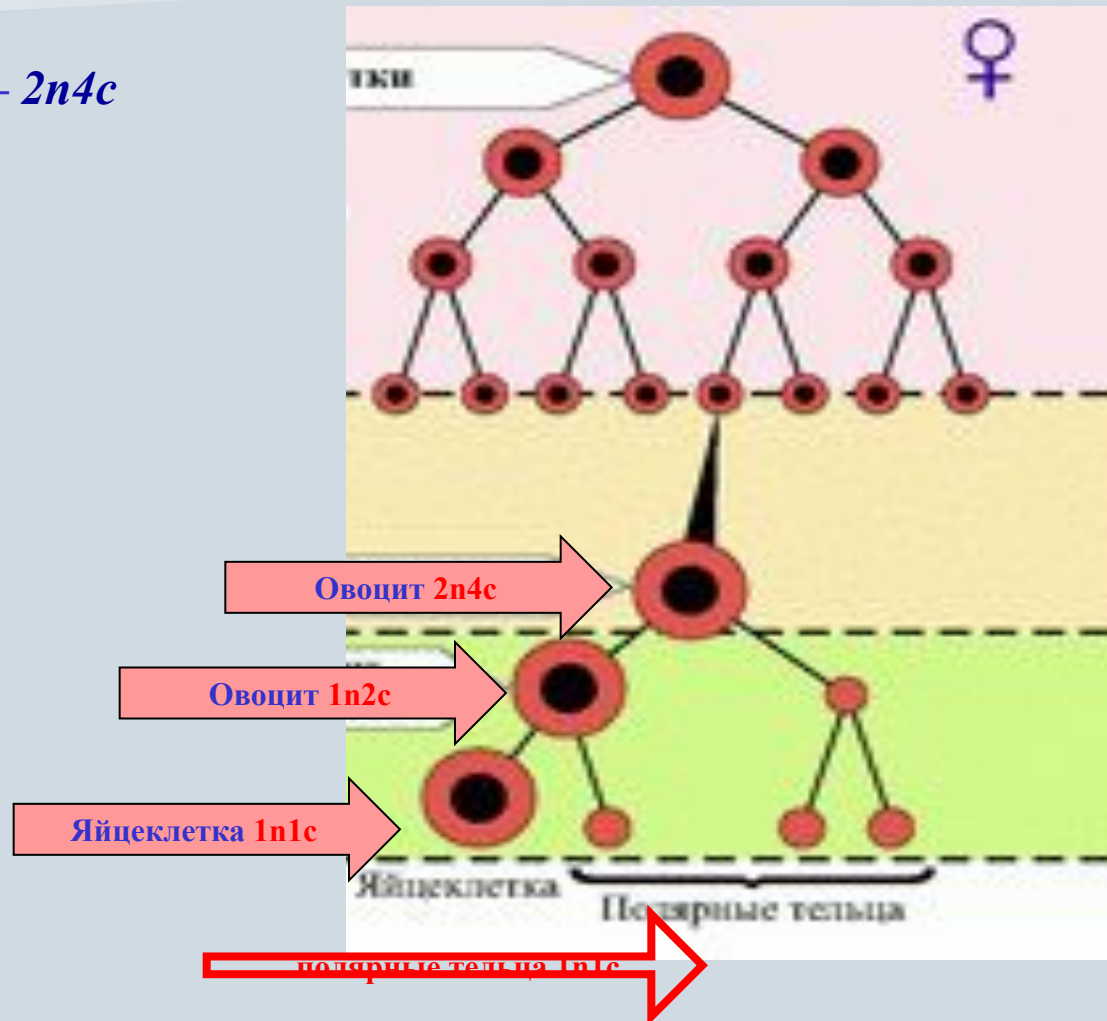
Зона роста

рост клеток

Зона созревания

мейоз

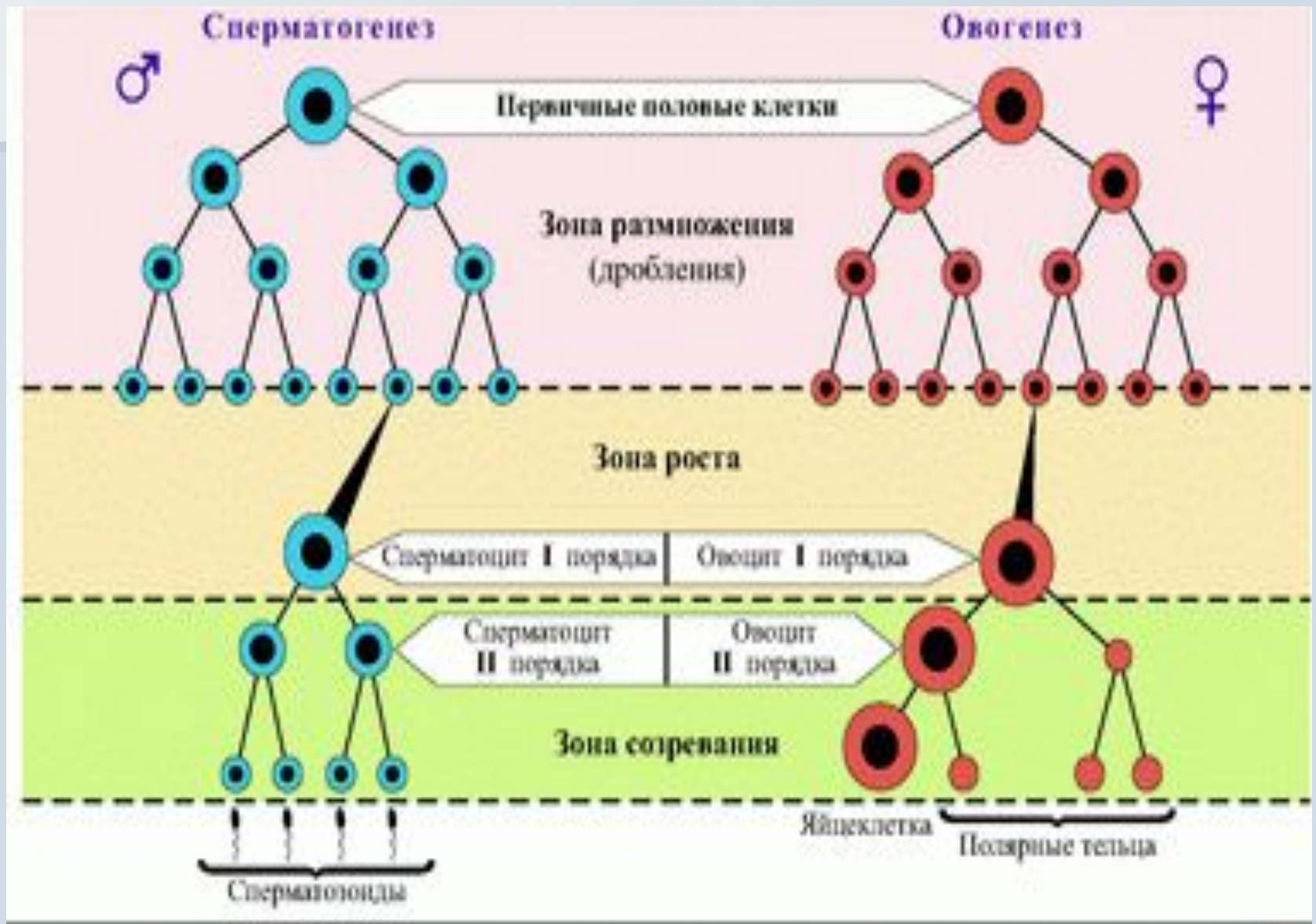
4 клетки – $1n1c$



Основные отличия сперматогенеза от овогенеза у человека

Характеристика	Сперматогенез	Овогенез
Период образования гамет	Постоянно после полового созревания	В эмбриогенезе
Период созревания и формирования гамет	74 дня	13-50 лет
Деление гаметоцитов	Равномерное, из 1 сперматоцита образуется 4 спермия	Неравномерное, из 1 овоцита образуется 1 яйцеклетка и 3 полярных тельца
Кол-во созревающих и сформированных гамет	~120 млн.каждый день	1 клетка в 28 дней
Длительность мейоза	Несколько дней	До 40-50 лет
Остановка гаметогенеза	Процесс существенно замедляется в старости	Останавливается после 40-50 лет
Размеры и формы гамет	Маленькие, удлинённые, подвижные	Большие, шарообразные, неподвижные

Сравните процессы сперматогенеза и овогенеза



Оплодотворение

- Процесс слияния мужской и женской половых клеток, приводящий к образованию зиготы, которая дает начало новому организму, называется **оплодотворением**.
- Собственно процесс оплодотворения начинается с момента контакта сперматозоида и яйцеклетки. В момент такого контакта плазматическая мембрана акросомального выроста и прилежащая к ней часть мембраны акросомального пузырька растворяются, фермент гиалуронидаза и другие биологически активные вещества, содержащиеся в акросоме, выделяются наружу и растворяют участок яйцевой оболочки.
- Чаще всего сперматозоид полностью втягивается в яйцо, иногда жгутик остается снаружи и отбрасывается. С момента проникновения сперматозоида в яйцо гаметы перестают существовать, так как образуют единую клетку — зиготу.

Оплодотворение - процесс слияния двух половых клеток



$$\text{♀ } 1n2c + \text{♂ } 1n2c = 2n4c$$

$$\text{♀ гамета} + \text{♂ гамета} = \text{зигота } 2n4c$$

Оплодотворение

- Ядро сперматозоида набухает, его хроматин разрыхляется, ядерная оболочка растворяется, и он превращается в **мужской пронуклеус**.
- Это происходит одновременно с завершением второго деления мейоза ядра яйцеклетки, которое возобновилось благодаря оплодотворению.
- Постепенно ядро яйцеклетки превращается в **женский пронуклеус**. Пронуклеусы перемещаются к центру яйцеклетки, происходит репликация ДНК, и после их слияния набор хромосом и ДНК зиготы становится « $2n\ 4c$ ». Объединение пронуклеусов и представляет собой **собственно оплодотворение**.
- Таким образом, оплодотворение заканчивается образованием зиготы с диплоидным ядром.

Оплодотворение

- **Оплодотворение — необратимый процесс, то есть однажды оплодотворенное яйцо не может быть оплодотворено вновь.**

В зависимости от количества особей, принимающих участие в половом размножении, различают:

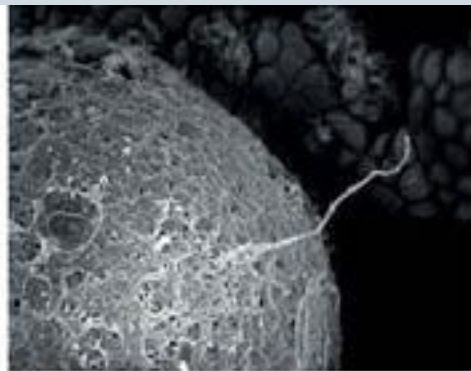
оперекрестное оплодотворение - оплодотворение, в котором принимают участие гаметы, образованные разными организмами;

осамооплодотворение - оплодотворение, при котором сливаются гаметы, образованные одним и тем же организмом (ленточные черви).





Яйцеклетка перед оплодотворением
"лучистый венец" и одно полярное тельце.



**Оплодотворяемая
яйцеклетка**



Яйцеклетка и сперматозонды моллюска

иллюстрация с сайта www.unr.edu