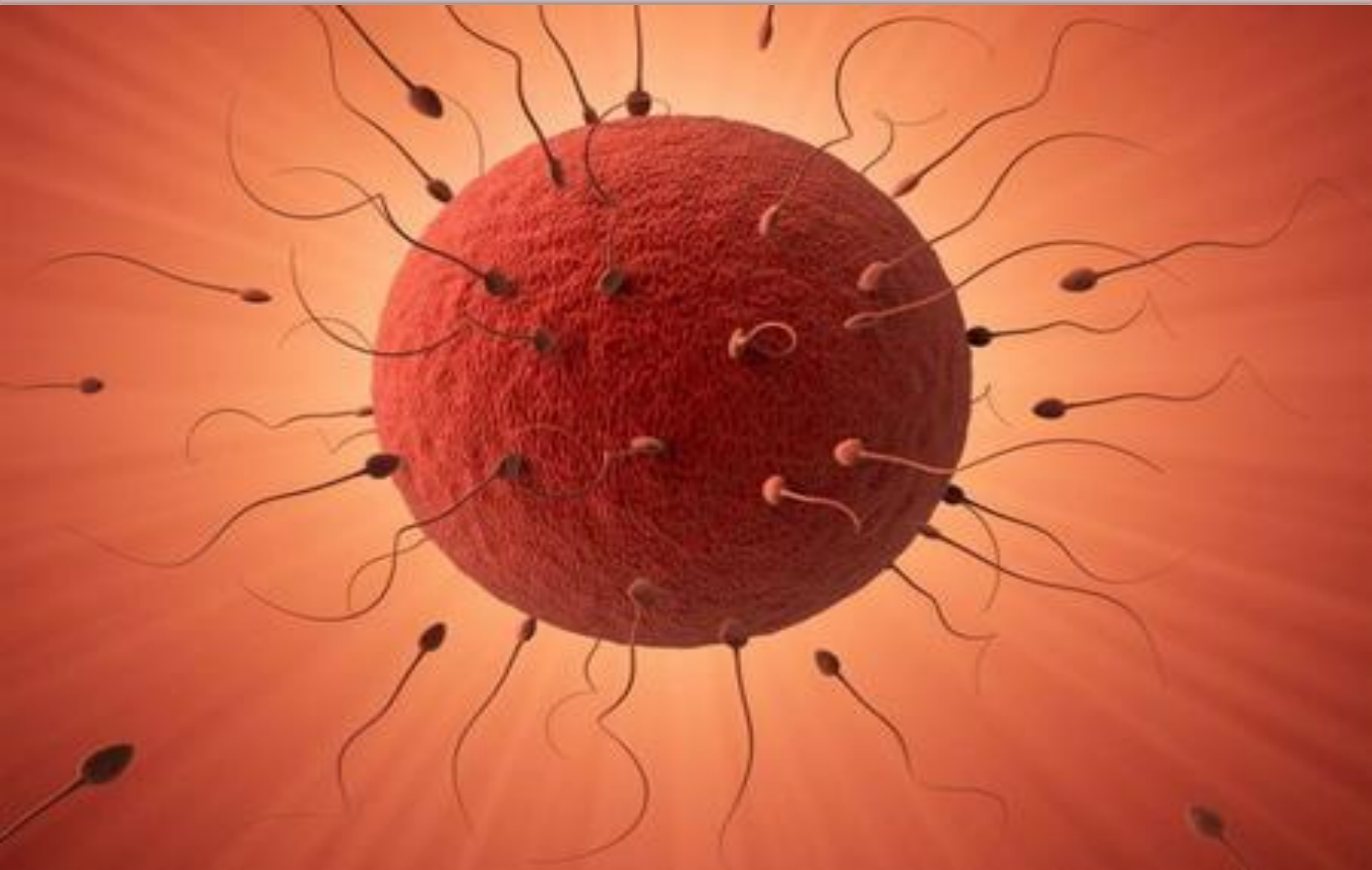


# Розмноження. Будова статевих клітин, гаметогенез, мейоз.



Розмноження або

репродукція – відтворення собі подібних. Здатість до розмноження – невідємна властивість живого. Завдяки розмноженню зберігаються всі біологічні види і саме життя. В процесі еволюції виникли різні форми розмноження, які можна об'єднати в два типи: **статеве і безстатеве.**

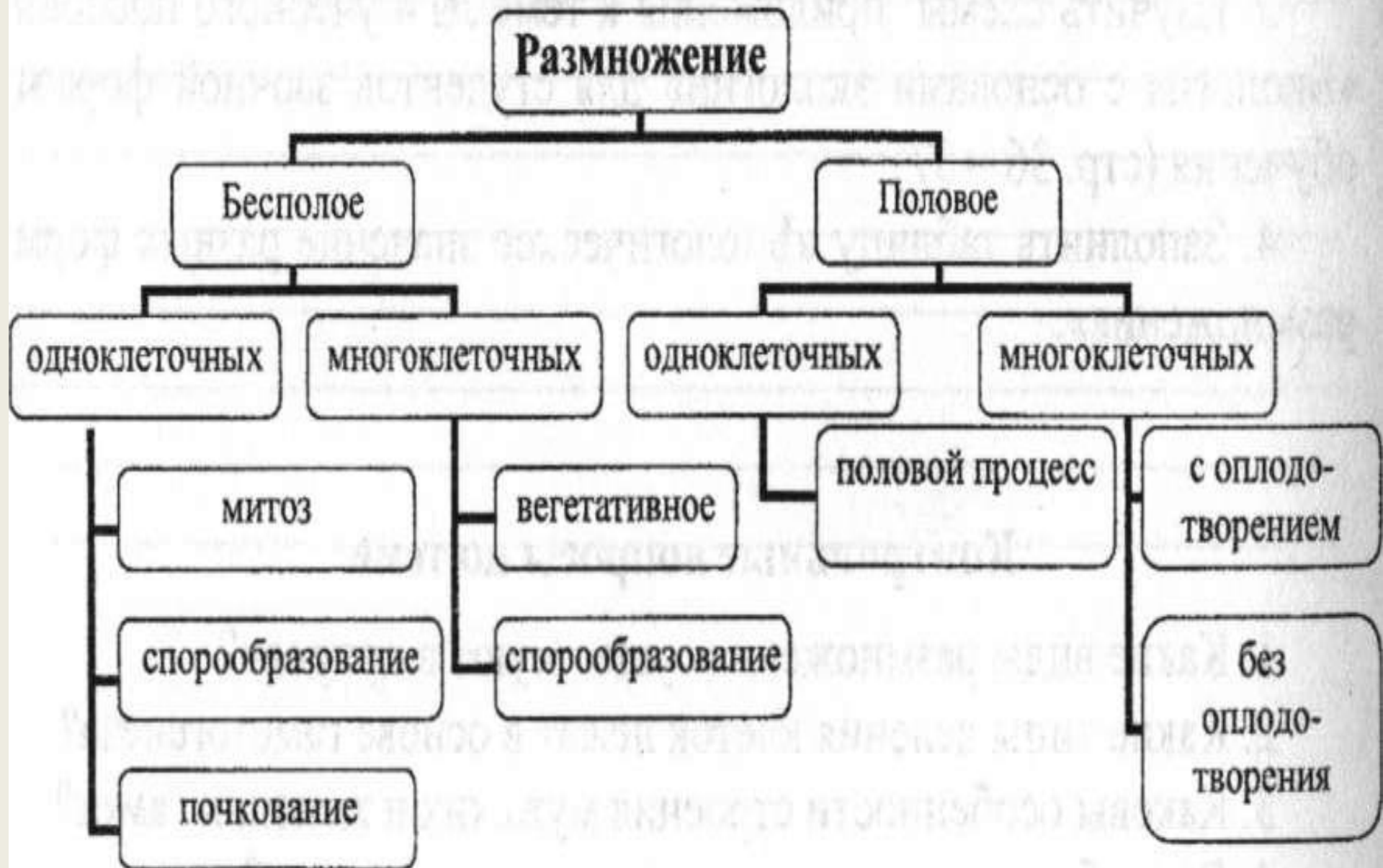


**Размноження – це процес, за допомогою якого Життя умудрюється обвести навкруги пальця Час**

## Загальна характеристика статевого і безстатевого розмноження

Показник	Типи розмноження	
	Безстатеве	Статеве
Клітинні джерела для розвитку нащадка	Багатоклітинні: соматичні клітини; одноклітинні: клітина – організм як ціле.	Батьки, які утворюють статеві клітини
Батьки	Одна особина	Дві особини
Нашадки	Генетично - копія батьківського організму	Генетично відрізняються від батьків
Клітинний механізм	Мітоз	Мейоз

# Схема видов и форм размножения



## Форми безстатевого розмноження:

***простий поділ*** - характерно для простейших организмов. Из одной клетки путем митоза образуются две дочерние, каждая из которых становится новым организмом;

***брунькування*** - форма бесполого размножения, при которой от родительской особи отделяется дочерний организм;

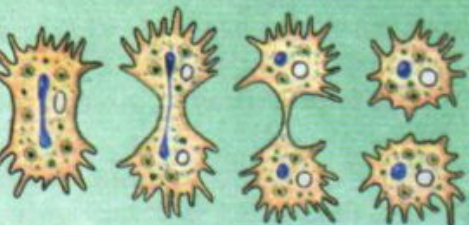
***утворення спор*** - форма бесполого размножения, при которой размножение происходит с помощью спор, специальных клеток, образующихся в материнском организме. Каждая спора, прорастая, дает начало новому организму;

***вегетативне розмноження*** -разновидность бесполого размножения отдельными органами, частями органов или тела. Оно основано на способности организмов восстанавливать недостающие части тела — **регенерации**.



## Бесполое размножение делением клетки

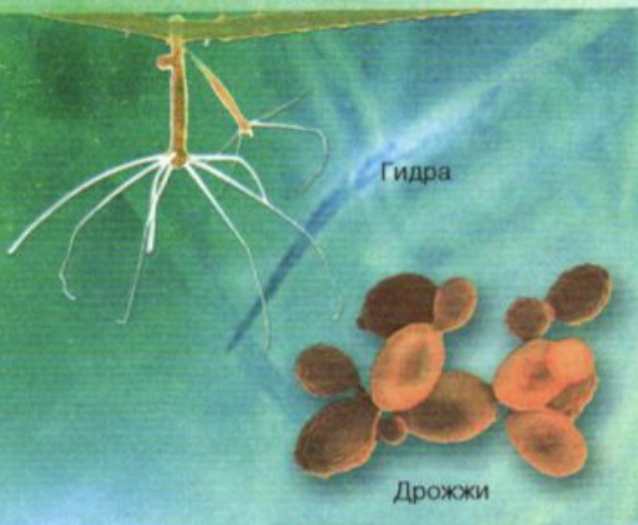
Амёба обыкновенная



Эвглена зеленая



Почкование



Размножение спорообразованием



## Вегетативное размножение растений

побегами



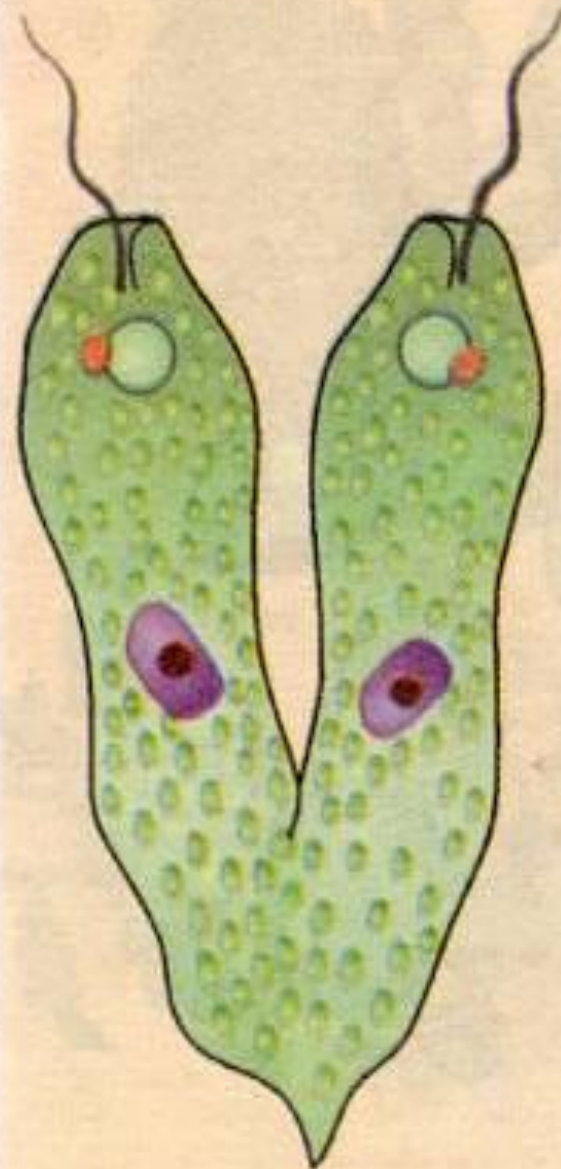
корневищем



клубнями



земляника



**Статеве розмноження** здійснюється при участі двох батьківських особин (чоловічої і жіночої), у яких в особливих органах утворюються спеціалізовані клітини – **гамети**. Процес формування гамет іменується гаметогенезом; основним етапом гаметогенезу є мейоз. Дочірнє покоління розвивається із **зіготи** – клітини, що утворилася в результаті злиття чоловічої і жіночої гамет. Процес злиття чоловічої і жіночої гамет називається **заплідненням**. Обов'язковим наслідком статевого розмноження є перекомбінація генетичного матеріалу у дочірнього покоління.

В залежності від особливостей побудови гамет, можна виділити наступні **форми статевого розмноження**: **ізогамію, гетерогамію і овогамію**.

**Ізогамія** – гамети (умовно жіночі і чоловічі) рухливі та мають однакові морфологію і розміри.

**Гетерогамія** – жіночі і чоловічі гамети рухливі, але жіночі більші і менше рухаються.

**Овогамія** – форма статевого розмноження, при якому жіночі гамети нерухомі і більші, ніж чоловічі гамети. В такому випадку жіночі гамети називаються **яйцеклітинами**, чоловічі гамети, якщо мають джгутики, – **сперматозоїдами**, якщо не мають, – **сперміями**.



**Партеногенез** (Parthenogenesis - від грецьк. parthenos - дівчина + genesis - зародження) - форма статевого розмноження, при якому розвиток організму відбувається із жіночої статевої клітини (яйцеклітини) без запліднення її чоловічою (сперматозідом). **Партеногенез слід відрізнити від безстатевого розмноження**, коли розвиток відбувається не із статевих, а із соматичних клітин або органів поділом, брунькуванням і т.п.

Це статеве, але **одностатеве розмноження**, яке виникло в процесі еволюції організмів у роздільностатевих форм. В тих випадках, коли партеногенетичні види представлені тільки самками, одна з головних біологічних переваг партеногенезу полягає в прискоренні темпу розмноження виду, тому що всі особини подібних видів здатні залишати потомство. У випадку, коли із запліднених яйцеклітин розвивається самка, а з незапліднених - самець, **партеногенез сприяє регуляції чисельності і співвідношення статів** (наприклад, у бджіл партеногенетично розвиваються самці - трутні, а із запліднених - самки - матки і робочі бджоли).

Партеногенез - природний **нормальний** спосіб розмноження деяких видів **тварин і рослин**. Повний природний партеногенез зустрічається у безхребтових тварин всіх типів, але частіше всього – у членистоногих. Із хребтових - риби, деякі види амфібій, рептилій, окремі види птахів (індички) розмножуються партеногенетично. У ссавців відомі тільки випадки зародкового партеногенезу, поодинокі випадки повного розвитку спостерігались у кролів при штучному партеногенезі. **У людини** відомі випадки, коли під впливом стресових ситуацій, високих температур та в інших екстремальних умовах жіноча яйцеклітина може почати ділитися, навіть якщо не запліднена, але в 99,9% випадків вона невдовзі гине (за деякими свідченнями в історії відомі 16 випадків непорочного зачаття, які мали місце в Африці та в країнах Європи).



# Партеногенез

**Партеногенез** (гр. девственное происхождение) – половое размножение, при котором развитие нового организма происходит из неоплодотворенной яйцеклетки.

## Партеногенез

### Факультативный

Как без оплодотворения, так и после него: пчелы, муравьи, коловратки

♂ + ♀ = самки

♀ → самцы

Возник как способ регуляции соотношения полов

### Циклический

У дафний, тлей

♀ → ♀ - летом

♂ + ♀ - осенью

Возник как способ выживания из-за большой гибели особей

У растений (крестоцветные, сложноцветные, розоцветные и др.) партеногенез называется **апомиксис**.

### Обязательный (облигатный)

Все особи – самки (Кавказская скалистая ящерица)

Возник как способ выживания вида из-за трудностей встречи особей друг с другом

## Статеве розмноження

### Переваги:

1. Початок новому організму (гибриду) дають два батьківських організма
2. Відбувається обмін генетичною інформацією
3. Дає різноманіття потомства

**Еволюційне значення - різноманіття потомства - матеріал для природнього відбору.**

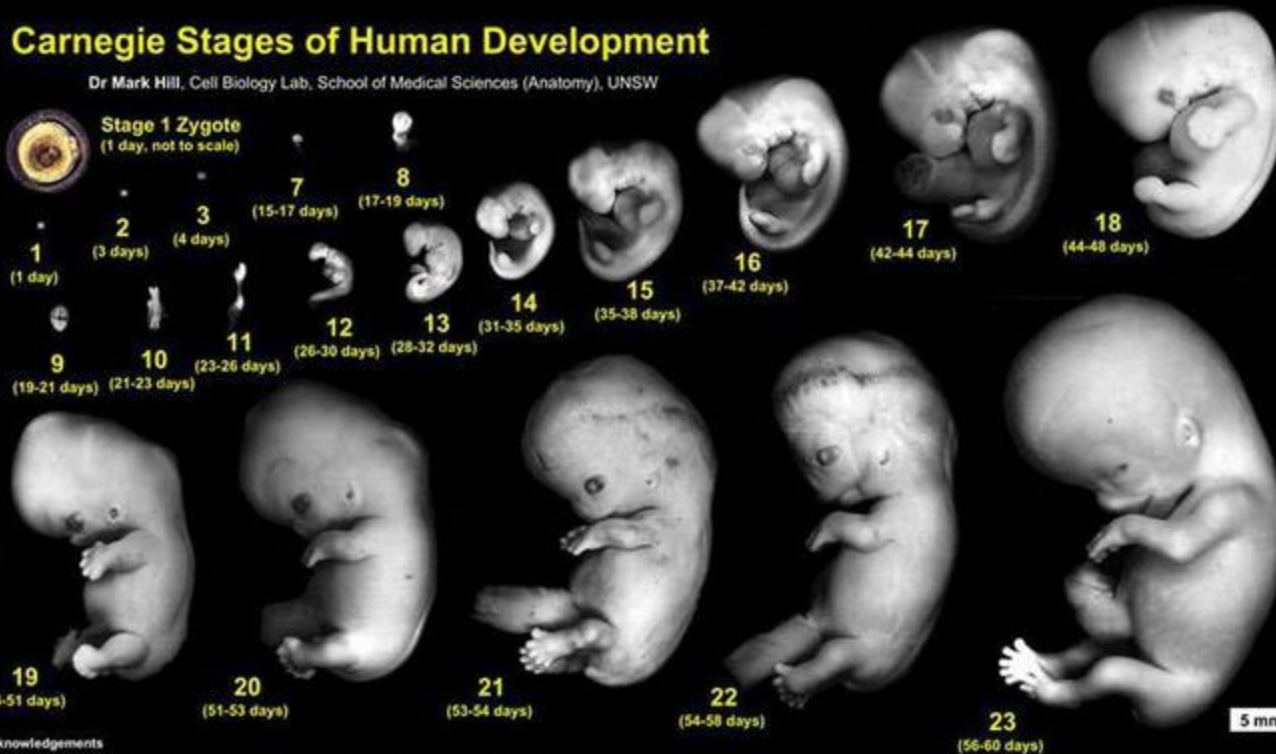


В організмі людини з однієї зіготи в результаті мітотичних циклів утворюється  $2^{47} = 10^{14}$  клітин



## Carnegie Stages of Human Development

Dr Mark Hill, Cell Biology Lab, School of Medical Sciences (Anatomy), UNSW





# МИТОЗ

Материнская клетка

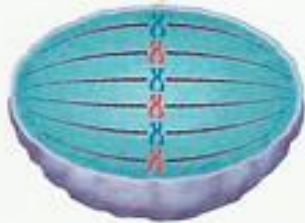
# МЕЙОЗ

Удвоение  
числа  
хромосом



Удвоение числа  
хромосом

Упорядочение  
удвоенных хромосом



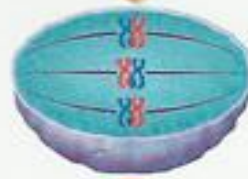
Обмен генетическим  
материалом



Расхождение  
хромосом



Упорядочение  
соответствующих пар  
удвоенных хромосом



Клетка делится  
на две части



Расхождение  
удвоенных пар



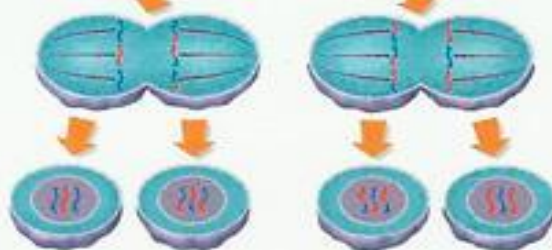
Образование двух  
новых клеток, каждая  
имеет 46 хромосом



Каждая новая клетка  
имеет полный набор  
из 46 хромосом



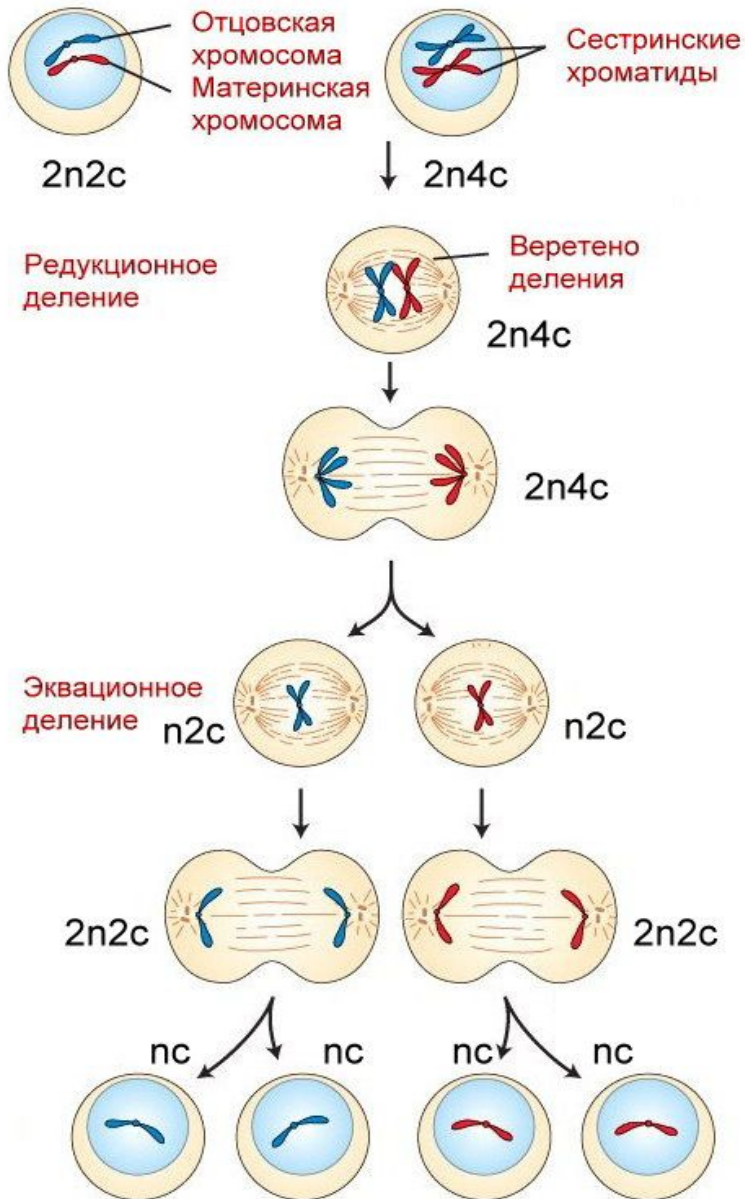
Повторное деление  
клеток



Образование четырех  
новых клеток, каждая  
имеет 23 хромосомы

# Перший поділ мейоза (редукційний)

## Мейоз

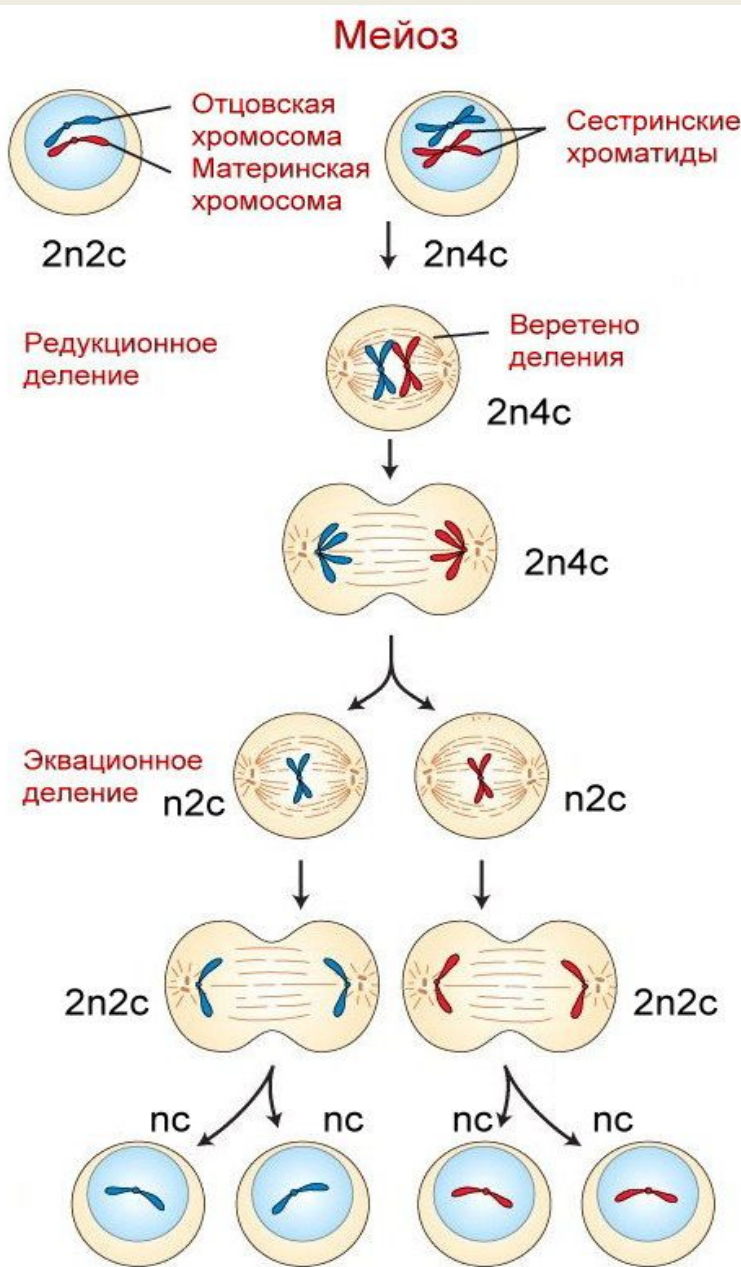


*Мейоз — особливий вид поділу клітини, при якому кількість хромосом в дочірніх клітинах стає гаплоїдним.*

Це необхідно для збереження сталості числа хромосом при статевому розмноженні.

Для прикладу розглянемо утворення статевих клітин людини. Кожна клітина людського тіла містить діплоїдний набір хромосом ( $2n$ ) – всього 46. При утворенні яйцеклітин і сперматозоїдів потрібне функціонування особливого типу поділу клітин, при якому в дочірніх клітинах буде гаплоїдний набір хромосом. Такий тип поділу, під час якого з одної діплоїдної ( $2n$ ) клітини утворюються чотири гаплоїдні ( $n$ ), отримав назву мейоза.

# Перший поділ мейоза (редукційний)

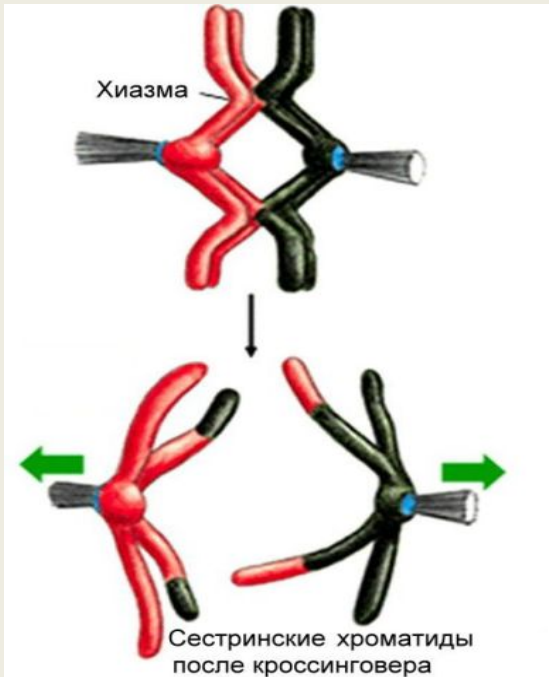


Мейоз являє собою два послідовних поділення генетичного матеріалу і цитоплазми, перед якими **реплікація відбувається тільки один раз**. Енергія і речовини, необхідні для обох поділів мейоза, накопичуються під час інтерфази I, при цьому інтерфаза II практично відсутня.

Під час першого поділу мейоза (**редукційного**) до полюсів клітини розходяться гомологічні хромосоми, кожна з яких складається з двох хроматид: у людини — 23 до одного полюсу і 23 до іншого. В профазу I ( $2n4c$ ) відбувається **кон'югація** хромосом, тобто кожна хромосома «знаходить» гомологічну собі і зближується з нею.

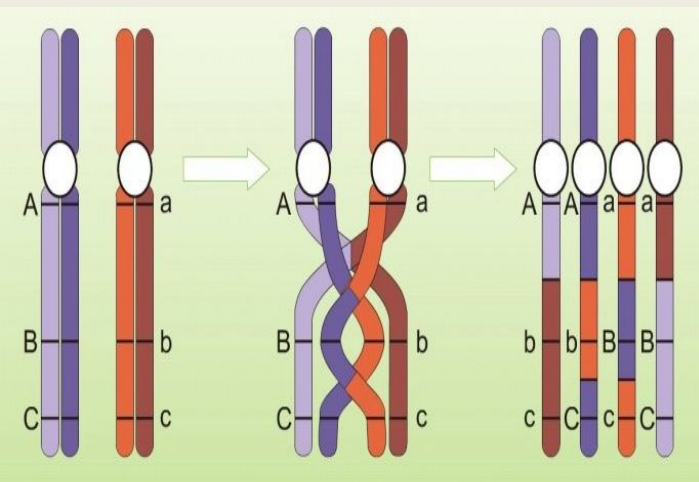


## Перший поділ мейоза (редукційний)



Під час цього контакту між батьківською та материнською хромосомами може відбуватися обмін ідентичними ділянками. Це явище отримало назву **кросінговера**.

Пару кон'югованих хромосом називають **бівалентом**. Біваленти продовжують скорочуватись і потовщуватись. Кожний бівалент утворений чотирма хроматидами. Тому його називають **тетрадою**.



Найважливішою подією є **кросінговер** — обмін ділянками хромосом. Кросінговер призводить до першої під час мейоза рекомбінації генів. В кінці профазі I щезає оболонка ядра і ядерце.

## Перший поділ мейоза (редукційний)



### Профаза 1 ( $2n4c$ )

Самая продолжительная и сложная фаза мейоза. Состоит из ряда последовательных стадий.

**Лептотена ( $2n; 4c$ ).** Стадия тонких нитей. Хромосомы слабо конденсированы. Они уже двуххроматидные, но настолько сближены, что имеют вид длинных одиночных тонких нитей. Теломеры хромосом прикреплены к ядерной мембране с помощью особых структур — *прикрепительных дисков*.

**Зиготена ( $2n; 4c$ ).** Стадия сливающихся нитей. Гомологичные хромосомы начинают притягиваться друг к другу сходными участками и конъюгируют. *Конъюгацией* называют процесс тесного сближения гомологичных хромосом. (Процесс конъюгации также называют *синапсисом*.)



## Перший поділ мейоза (редукційний)



Полагают, что каждый ген приходит в соприкосновение с гомологичным ему геном другой хромосомы. Пару конъюгирующих хромосом называют *бивалентом*, или *тетрадой* – четыре хроматиды удерживаются вместе, количество бивалентов равно гаплоидному набору хромосом.

**Пахитена ( $2n$ ;  $4c$ ).** Стадия толстых нитей. Процесс спирализации хромосом продолжается, причем в гомологичных хромосомах он происходит синхронно. Становится хорошо заметно, что хромосомы двуххроматидные. В пахитене наблюдается особенно тесный контакт между хроматидами. Важнейшим событием пахитены является *кроссинговер* — обмен участками гомологичных хромосом.

## Первый поділ мейоза (редукційний)

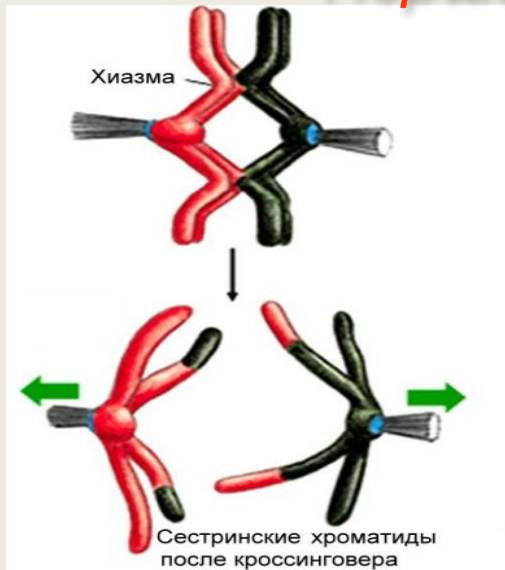


Кроссинговер приводит к первой во время мейоза рекомбинации генов.

**Диплотена ( $2n; 4c$ ).** Хромосомы в бивалентах перекручиваются и начинают отталкиваться друг от друга. Процесс отталкивания начинается в области центромеры и распространяется по всей длине бивалентов. Однако они все еще остаются связанными друг с другом в некоторых точках. Их называют *хиазмы*. Эти точки появляются в местах кроссинговера. В ходе гаметогенеза у человека может образовываться до 50 хиазм.

**Диакинез ( $2n; 4c$ ).** Хромосомы сильно укорачиваются и утолщаются за счет максимальной спирализации хроматид, а затем отделяются от ядерной оболочки. Происходит сползание хиазм к концам хроматид.

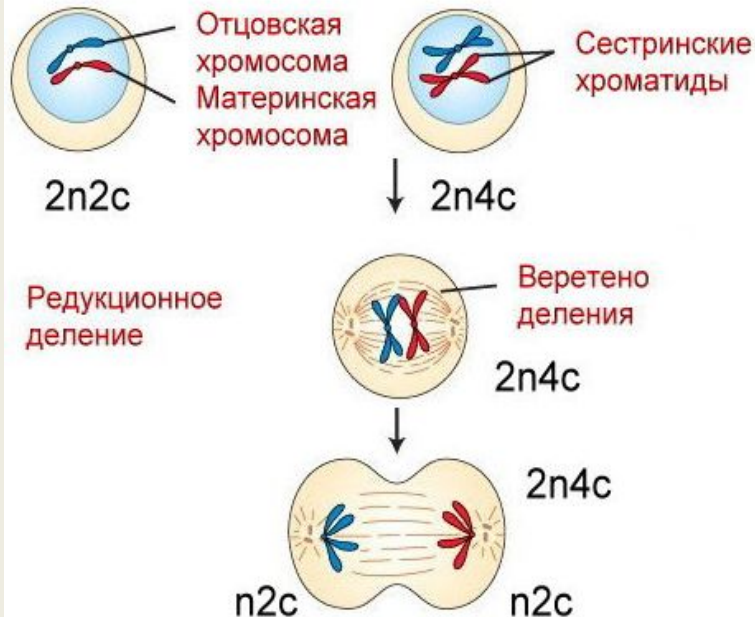
## Перший поділ мейоза (редукційний)



Біваленти переміщуються в екваторіальну площину утворюючи метафазну пластинку ( $2n4c$ ). Центріолі (якщо вони є) зміщуються до полюсів клітини і формується веретено поділу.

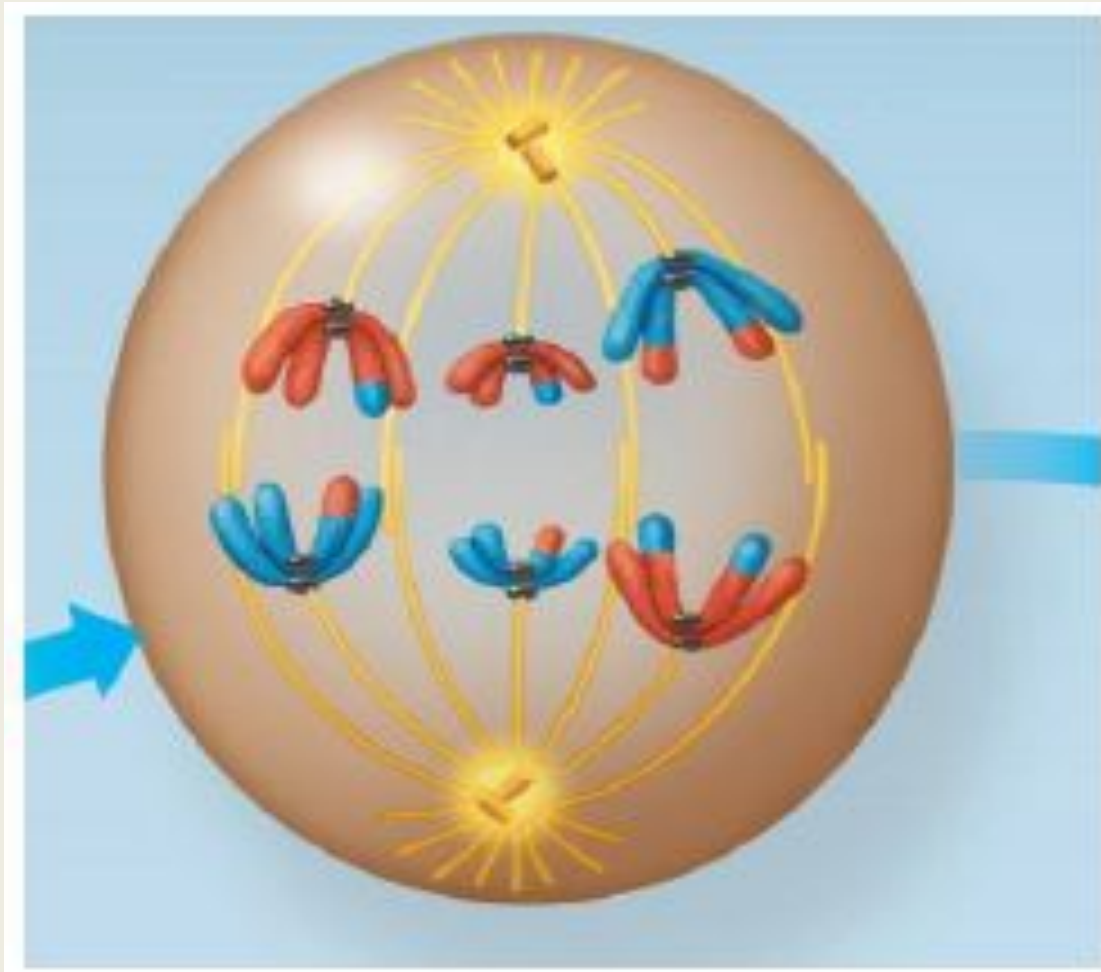
**Метафаза I ( $2n4c$ ).** Закінчується формування веретена поділу. Спіралізація хромосом максимальна. Біваленти розташовуються в площині екватора. Положення бівалентів в екваторіальній площині рівноймовірне і випадкове, тобто кожна з батьківських і материнських хромосом може бути обернена в бік того чи іншого полюса. Це створює передумови для другої за час мейозу рекомбінації генів. Нитки веретена приєднуються до центромерів хромосом.

### Мейоз



## Анафаза 1

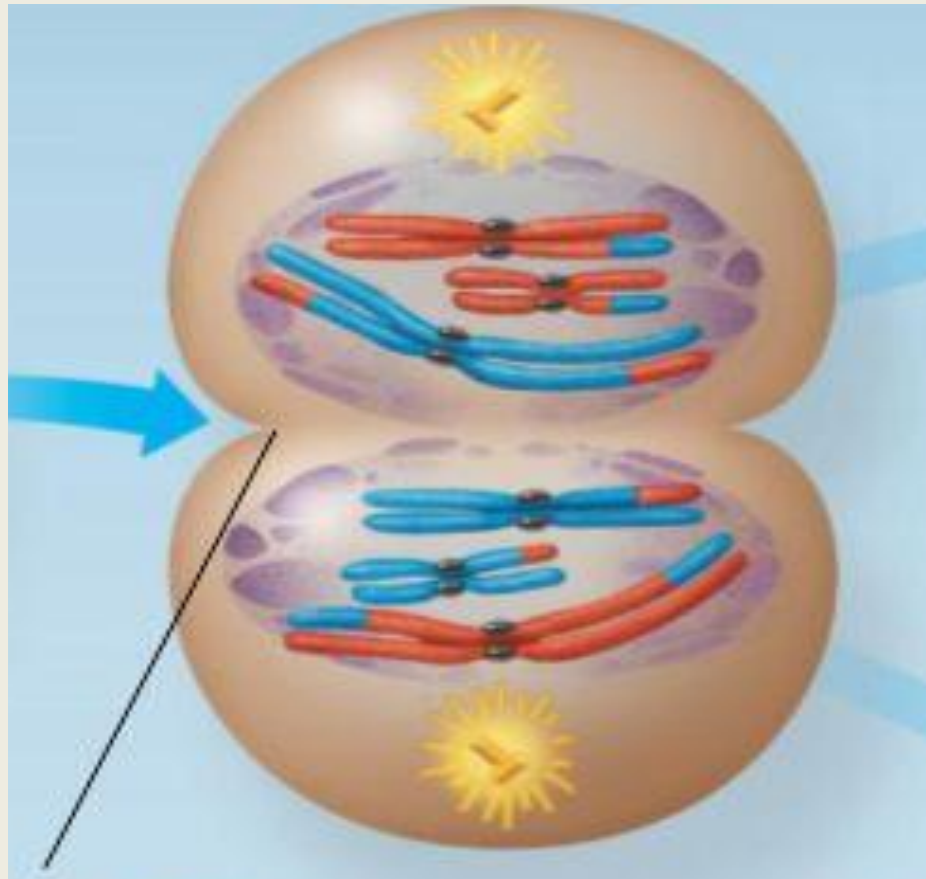
Имеющиеся у каждого бивалента две центромеры еще не делятся, но сестринские хроматиды уже не примыкают одна к другой. Нити веретена тянут центромеры, каждая из которых связана с двумя хроматидами, к противоположным полюсам веретена. В результате хромосомы разделяются на два гаплоидных набора, попадающих в дочерние клетки.





## Телофаза 1

Расхождение гомологичных центромер и связанных с ними хроматид к противоположным полюсам означает завершение первого деления мейоза. Число хромосом в одном наборе стало вдвое меньше, но находящиеся на каждом полюсе хромосомы состоят из двух хроматид. Вследствие кроссинговера при образовании хиазм эти хроматиды генетически неидентичны, и при втором делении мейоза им предстоит разойтись.





## Підсумки:

Мейоз:

*Особливий вид поділу клітин, при якому кількість хромосом в дочірніх клітинах зменшується в два рази.*

Кон'югація:

*Процес тісного наближення гомологічних хромосом в профазу I.*

Перехрест хромосом, кросінговер:

*Під час кон'югації в гомологічних хромосомах можуть відбуватися поперечні розриви і обмін однаковими ділянками хромосом. Це явище отримало назву перехрест хромосом, або кросінговер.*

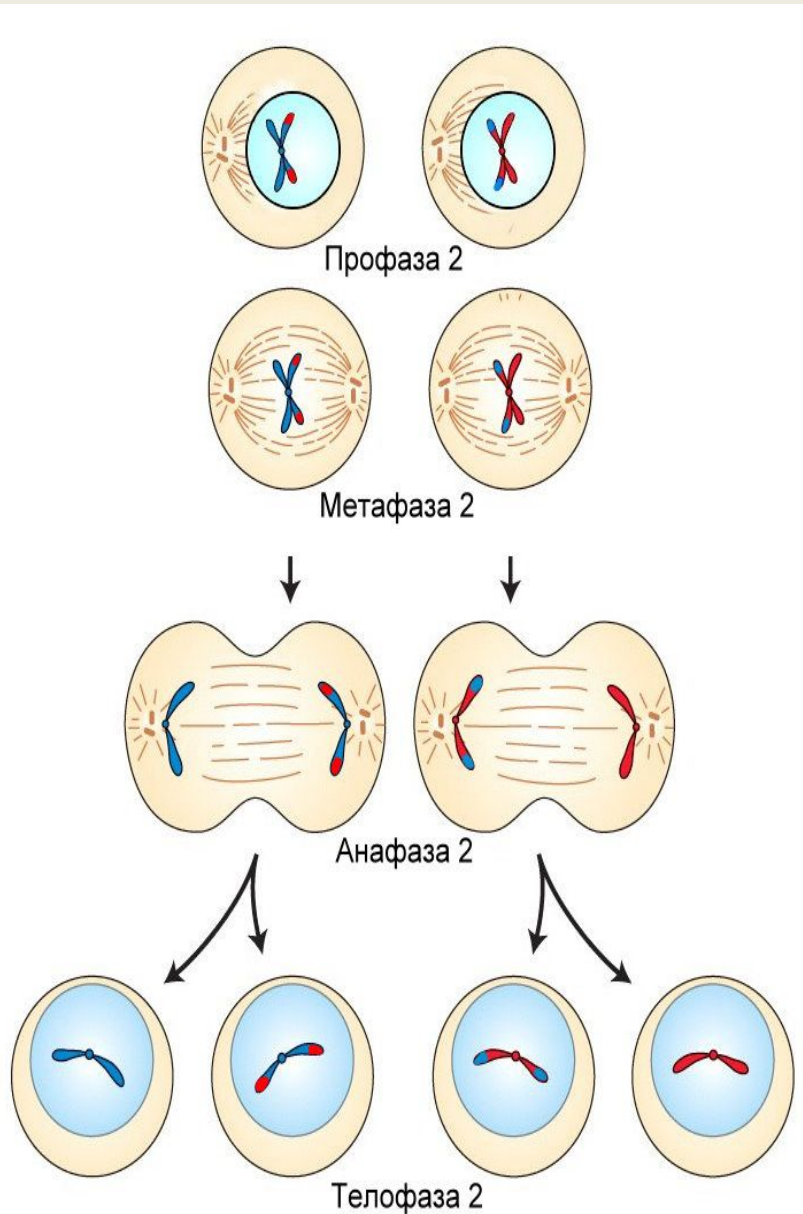
Набір хромосом в клітинах після 1-го мейотичного поділу:

*Утворюються дві клітини з гаплоїдним набором хромосом, які складаються з двох хроматид.*

Коли в першому поділі мейоза відбувається рекомбінація генетичного матеріалу?

*Під час профазу I, при перехресті хромосом, та під час анафазу I, коли до кожного полюса відходить гаплоїдний, але випадковий набір батьківських і материнських хромосом.*

## Другий поділ мейоза (екваційний)



**Второе деление мейоза (эквационное)** включает также профазу, метафазу, анафазу и телофазу. Она протекает так же, как обычный митоз.

**Интерфаза II ( $n2c$ ).** Репликации ДНК не происходит.

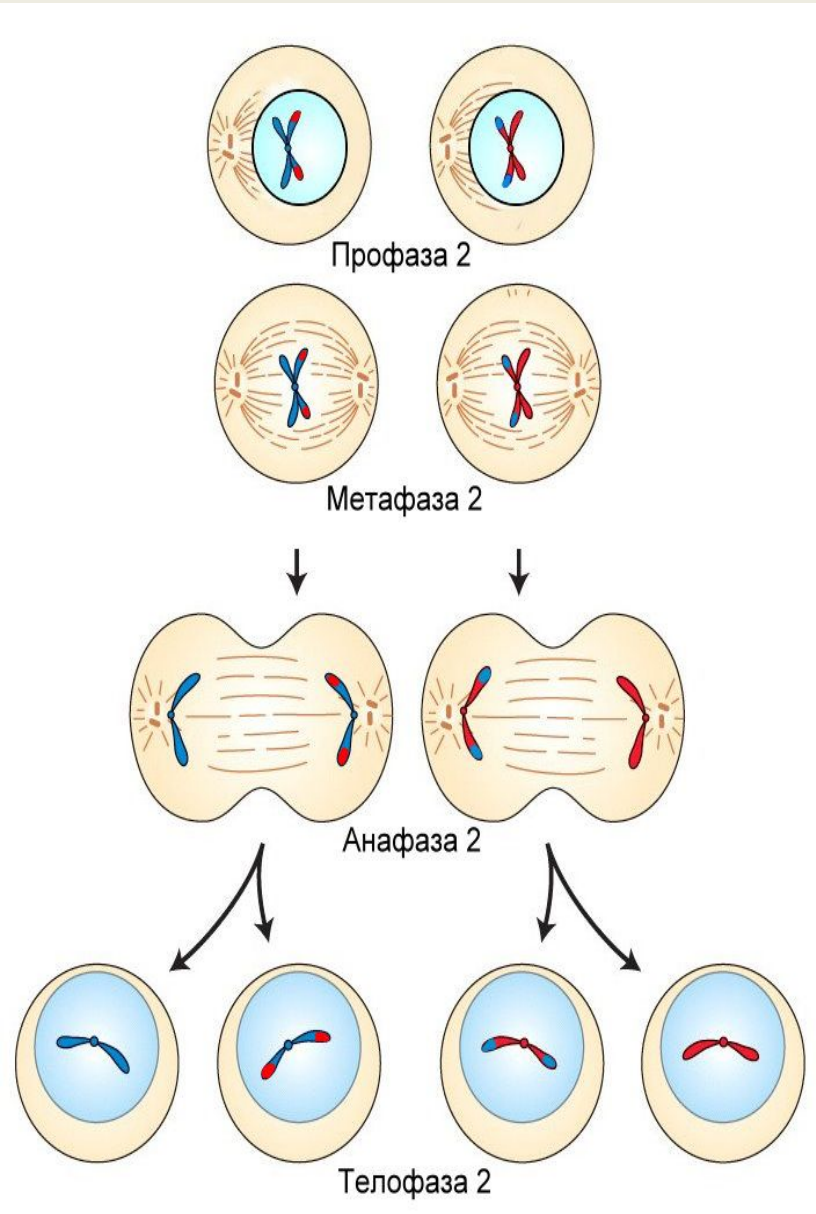
**Профаза II ( $n2c$ ).** Хромосомы спирализуются, ядерная мембрана и ядрышки разрушаются, центриоли, если они есть, перемещаются к полюсам клетки, формируется веретено деления.

**Метафаза II ( $n2c$ ).** Формируются метафазная пластинка и веретено деления, нити веретена деления прикрепляются к центромерам.

## Другий поділ мейоза (екваційний)

**Анафаза II ( $2n2c$ ).** Центромеры хромосом діляться, хроматиди стають самостійними хромосомами, і нити веретена ділення розтягують їх до полюсів клітки. Кількість хромосом в клітці стає диплоїдною, але на кожному полюсі формується гаплоїдний набір.

Оскільки в метафазі II хроматиди хромосом розташовані в площині екватора випадково, **в анафазі відбувається третя рекомбінація генетичного матеріалу клітки**, так як в результаті кроссинговера хроматиди стали відрізнятися однією від одної і до полюсів відходять дочірні хроматиди, але різні однією від одної.

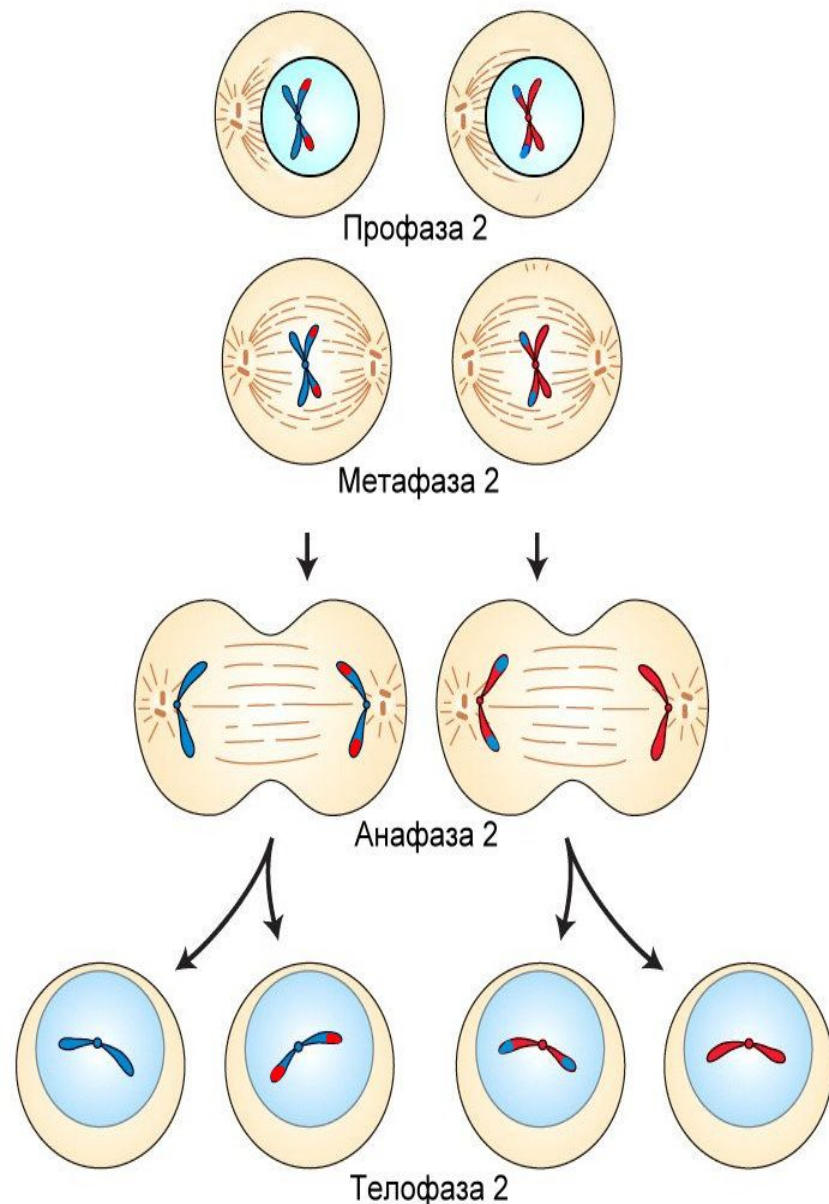


## Другий поділ мейоза (екваційний)

**Телофаза II (nc).** Нити веретена деления исчезают, хромосомы деспирализуются, вокруг них восстанавливается ядерная оболочка, делится цитоплазма.

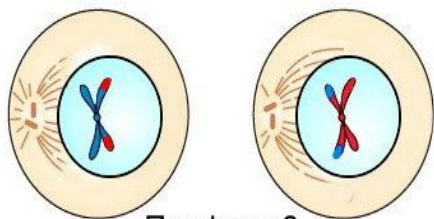
В результате мейоза из одной диплоидной клетки ( $2n$ ) образуется четыре гаплоидных ( $n$ ). Очень важное значение имеет кроссинговер. Он увеличивает генетическое разнообразие половых клеток, так как в результате этого процесса образуются хромосомы, несущие гены и отца, и матери.

**Таким образом, мейоз лежит в основе комбинативной изменчивости.**

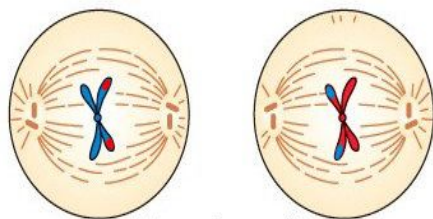




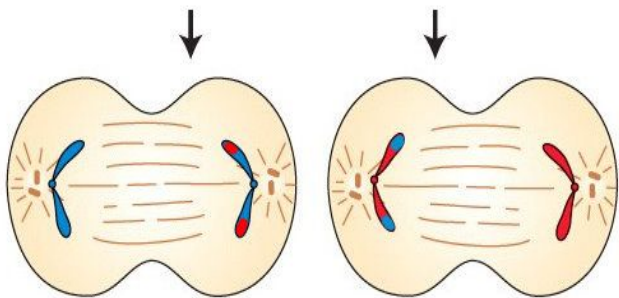
## Підсумки:



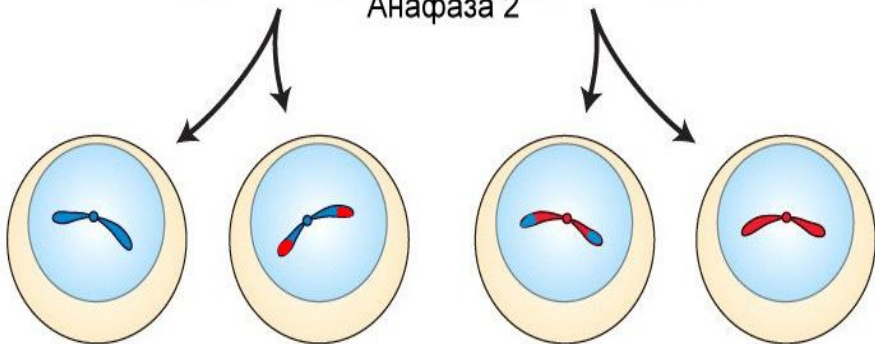
Профаза 2



Метафаза 2



Анафаза 2



Телофаза 2

Який набір хромосом і ДНК у клітин перед другим поділом мейоза?

$n2c$

Який набір хромосом і ДНК у клітин в різні періоди другого поділу мейоза:

профазу 2,

метафазу 2,

анафазу 2,

телофазу 2?

$n2c$

$n2c$

$2n2c$

$nc$

## *Підсумки:*

Коли під час другого поділу мейоза відбувається перекомбінація генетичного матеріалу?

*Під час анафази II до полюсів відходять сестринські хроматиди, неоднакові після кросінговера.*

Під час мейоза тричі відбувається перекомбінація генетичного матеріалу. Коли?

*Під час профазы I в результаті кросінговера, під час анафази I при випадковому розходженні батьківських і материнських хромосом до різних полюсів клітини і під час анафази II.*

Яке біологічне значення мейозу?

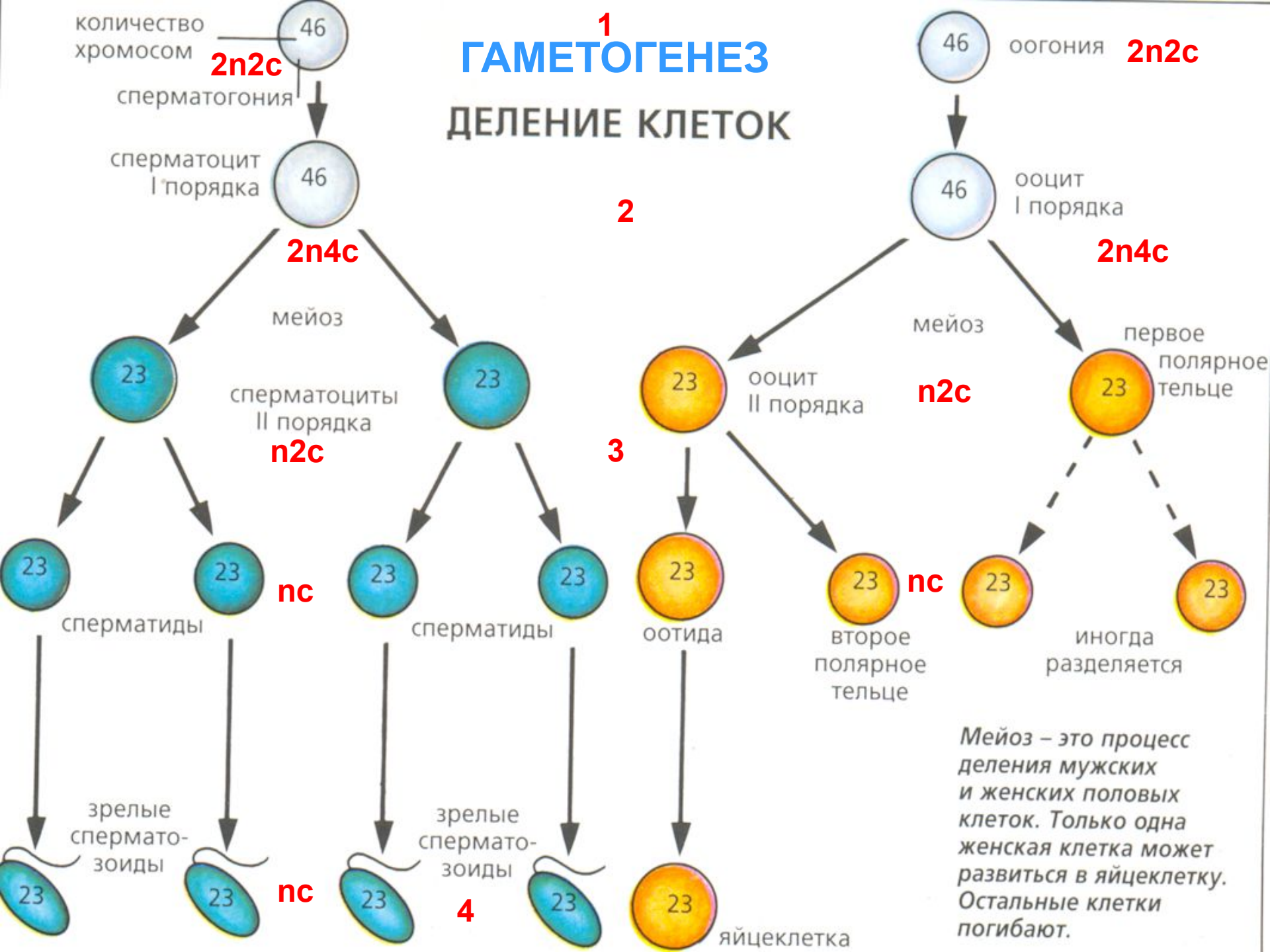
*В результаті мейоза відбувається редукція хромосомного набору, що зберігає незмінним хромосомний набір організму, мейоз лежить в основі комбінативної мінливості.*

# Механізми рекомбінації генів і хромосом

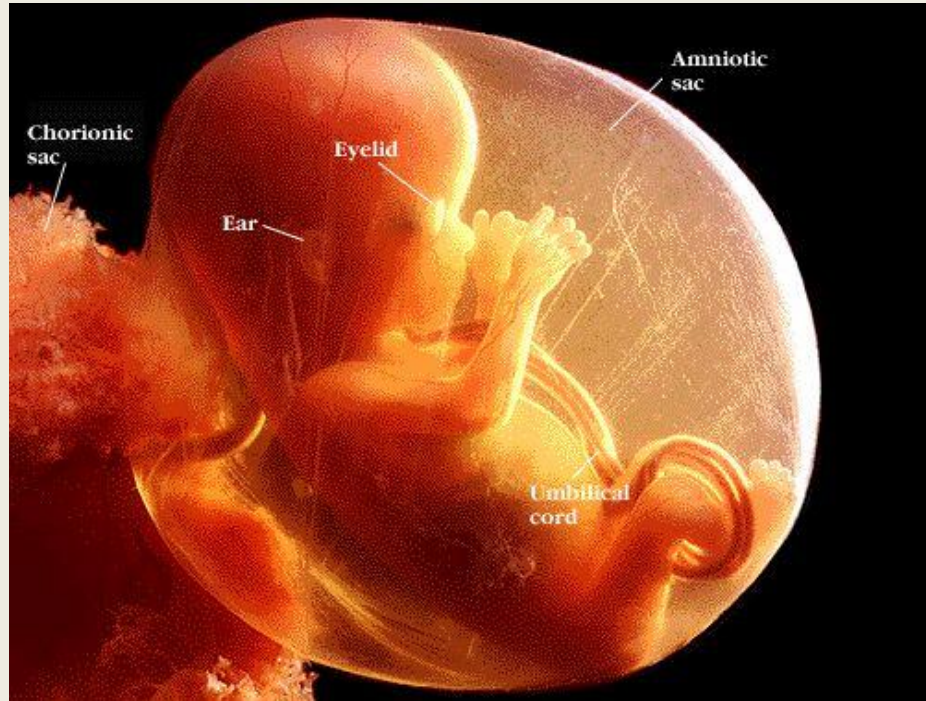
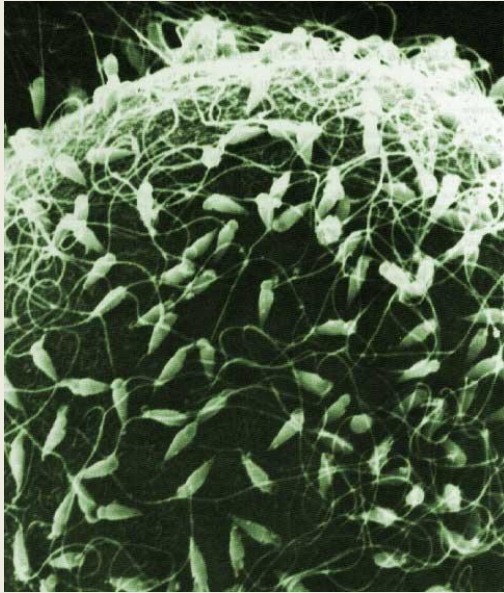
- Результат **випадкового розподілу** різних материнських і батьківських гомологів між дочірніми клітинами при першому поділі мейозу (8 млн. комбінацій)
- **Кросінговер** в профазі I мейозу ( у людини в кожній парі гомологічних хромосом кросінговер відбувається в середньому в 2-3 точках)

# 1 ГАМЕТОГЕНЕЗ

## ДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК







*“Багаточисельними є чудеса світу, але найбільше з них - людина”*

**(Софокл)**