



Лекцію підготував  
кандидат біологічних наук  
доцент  
Павліченко Віктор Іванович  
[medbio@zsmu.zp.ua](mailto:medbio@zsmu.zp.ua)

Запоріжжя  
2016

# Лекція 3

## Розмноження на клітинному рівні

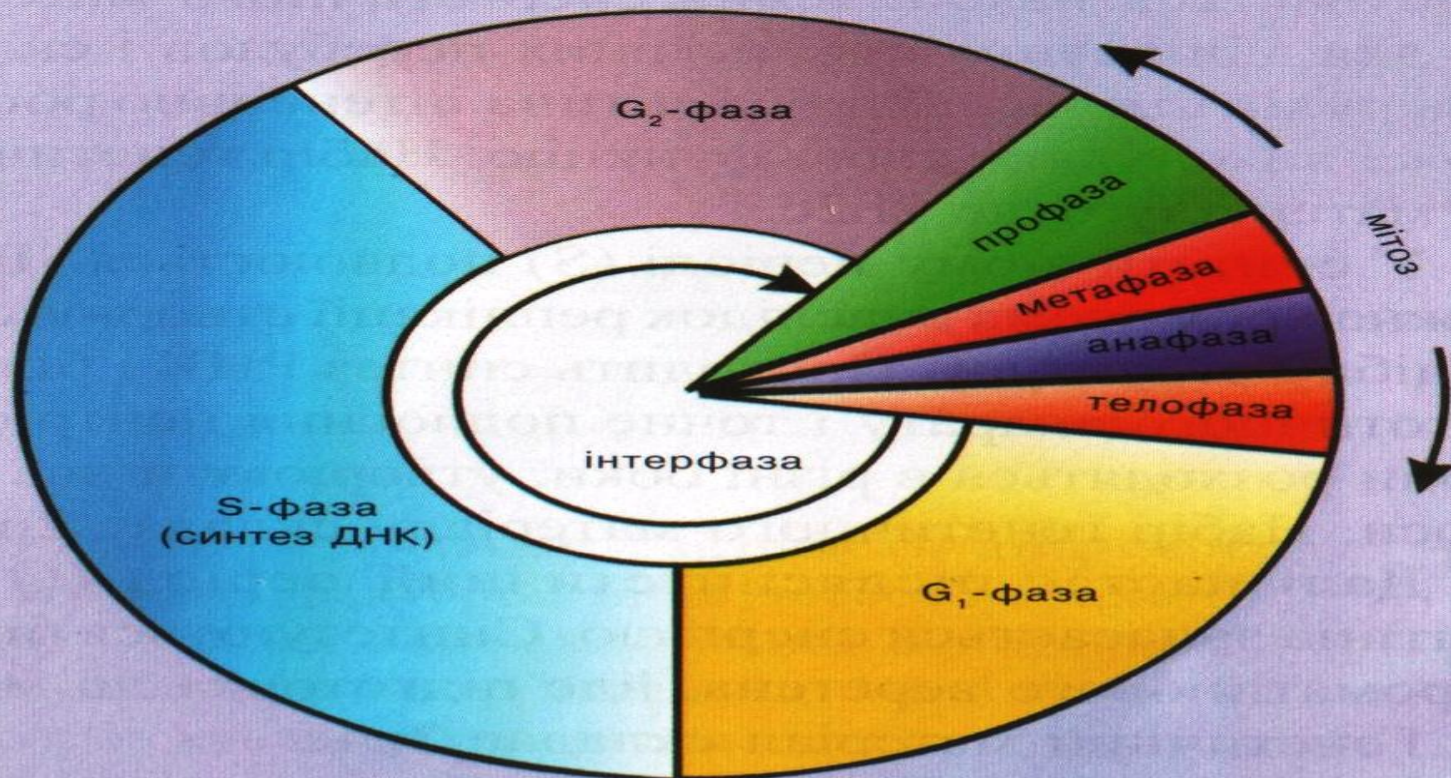
1. Клітинний цикл
2. Хроматин та хромосоми
3. Мітоз
4. Мейоз

## Клітинний цикл та його періоди – інтерфаза

У житті клітини розрізняють життєвий цикл і клітинний цикл. Життєвий цикл значно довший. Це тривалість від утворення клітини внаслідок поділу материнської клітини і до наступного поділу або до смерті клітини. Впродовж життя клітини ростуть, диференціюються, виконують специфічні функції.

Клітинний цикл значно коротший. Це власне процес підготовки до поділу (інтерфаза) і сам поділ (мітоз). Тому цей цикл називають ще **мітотичним**

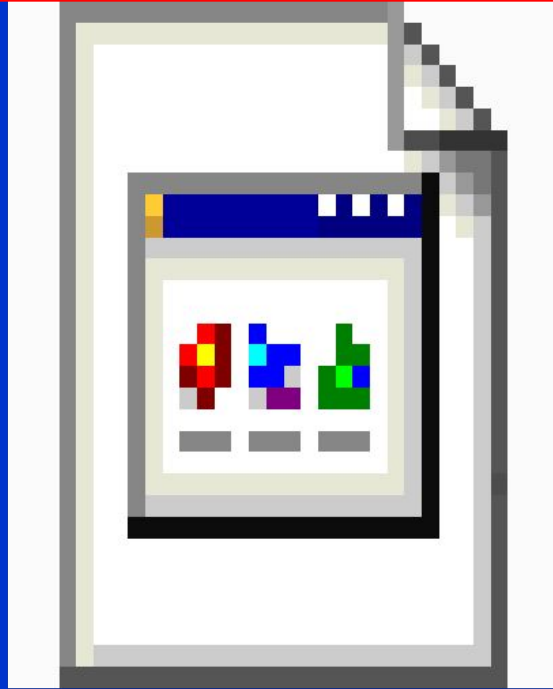
# Фази клітинного циклу



Клітинний цикл складається з чотирьох періодів: пресинтетичного ( $G_1$ ), синтезу ДНК (S), післясинтетичного ( $G_2$ ) і мітозу. Три перших періоди відносяться до так званої інтерфази. Це період найбільш активних метаболічних (обмінних) процесів. Пресинтетичний період ( $G_1$  – від англ. *gap* – інтервал) настає зразу за поділом. Тут відбуваються синтез макромолекулярних сполук, необхідних для побудови хромосом і ахроматинового апарату (ДНК, РНК, гістонів та інших білків), зростає кількість рибосом і мітохондрій. Клітина інтенсивно росте і може виконувати свою функцію. Набір генетичного матеріалу буде  $2n2c$ . У синтетичному періоді (S) подвоюється ДНК, кожна хромосома внаслідок реплікації створює собі подібну структуру. Проходить синтез РНК і білків, мітотичного апарату і точне подвоєння центріолей. Вони розходяться в різні боки, утворюючи два полюси. Набір генетичного матеріалу складає  $2n4c$ .

Далі настає післясинтетичний період ( $G_2$ ) – клітина запасає енергію. Синтезуються білки ахроматинового веретена, іде підготовка клітини до поділу. Генетичний матеріал складає  $2n4c$ .

# КЛІТИННИЙ ЦИКЛ



cell\_cycle[1].swf

# ХРОМОСОМИ

Хромосоми є носіями спадкової інформації . Але більшу частину свого існування вони знаходяться в неконденсованому стані і мають вигляд тоненьких ниток ,які дуже важко вивчати. Ці нитки конденсуються й утворюють чітко окреслені хромосоми лише під час клітинного поділу. Найбільш зручним для дослідженням хромосом є метафаза мітозу. Метафазні хромосоми утворені двома хроматидами.

Хромосоми від (грецького «chroma» - колір і «soma» - тіло) – це найважливіший органоїд ядра, утворений у комплексі з основними білками – гістонами (*Гістони - невеликі, сильно основні білки, що зв'язуються безпосередньо з ДНК. Гістони беруть участь у структурній організації хроматину, нейтралізуючи за рахунок позитивних зарядів амінокислотних залишків негативно заряджені фосфатні групи ДНК, що робить можливою щільну упаковку ДНК в ядрі*). Цей комплекс становить приблизно 90 % речовин хромосом. До складу хромосом входять також РНК, білки, ліпіди, мінеральні речовини і фермент ДНК – полімераза. .



Існують різні рівні (і різні назви) упакування молекули ДНК (виділяють від 3 до 5)

1) Перший рівень – нуклеосомний – утворює структуру у вигляді «намистинок на нитці», при цьому відбувається укорочення ДНК приблизно у сім разів.

2) Другий рівень – нуклеомерний, де відбувається об'єднання 8-10 нуклеосом у вигляді глобули.

3) Третій рівень – хромомерний, де нуклеомери формують численні петлі, об'єднанні скріпками із негістонових білків.

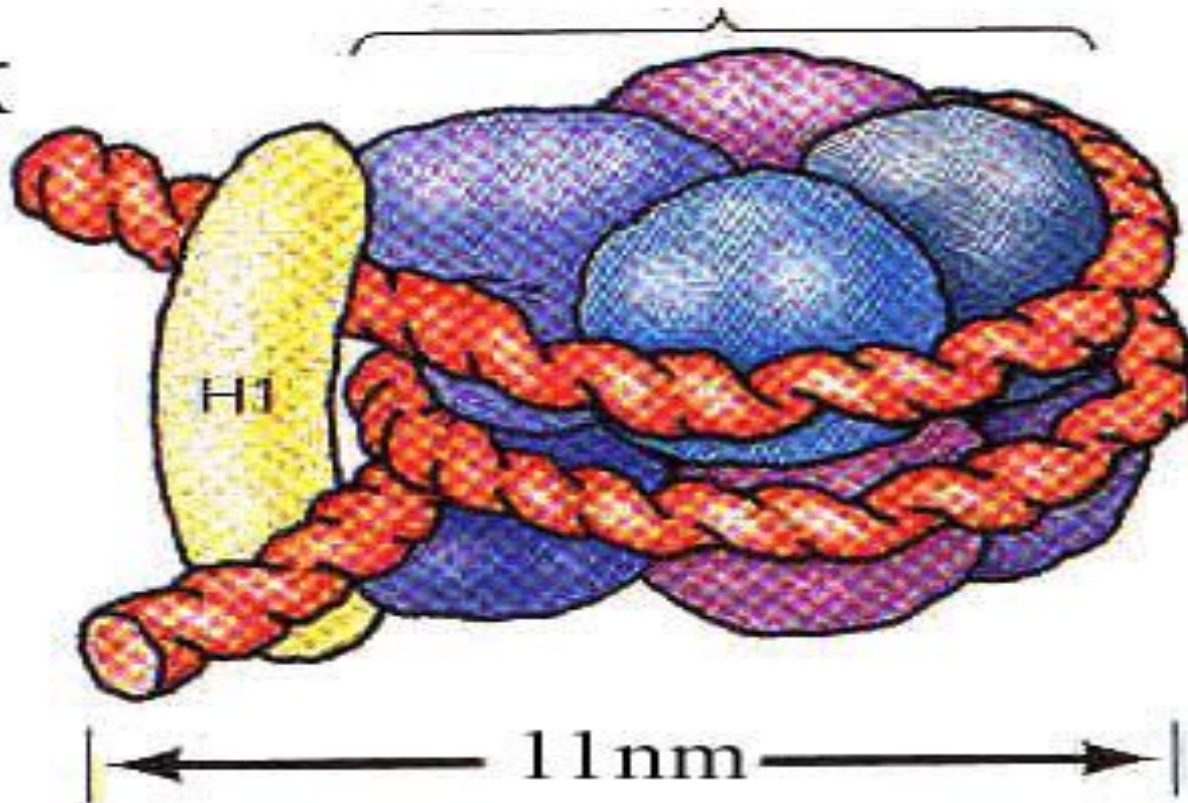
4) Четвертий етап – хромонемний, утворюється за рахунок зближення у лінійному порядку хромомерних петель з утворенням хромонемної нитки.

5) П'ятий рівень – хромосомний - утворюється в результаті спірального вкладання хромонеми, або хроматиди.

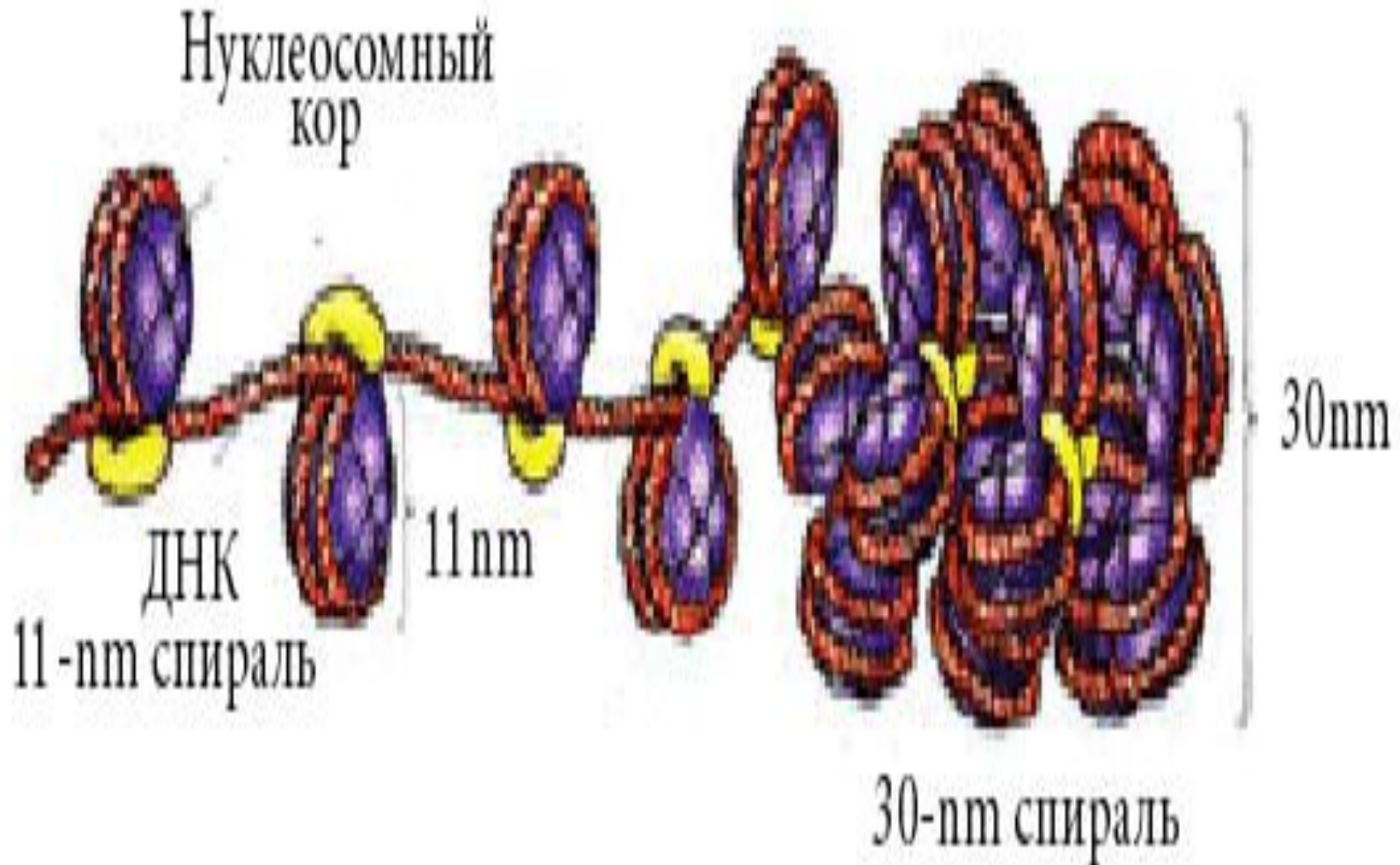
# Нуклеосомний рівень (ДНК вкорочується в 7разів)

по 2 молекулы каждого из  
H2A, H2B, H3, H4

ДНК



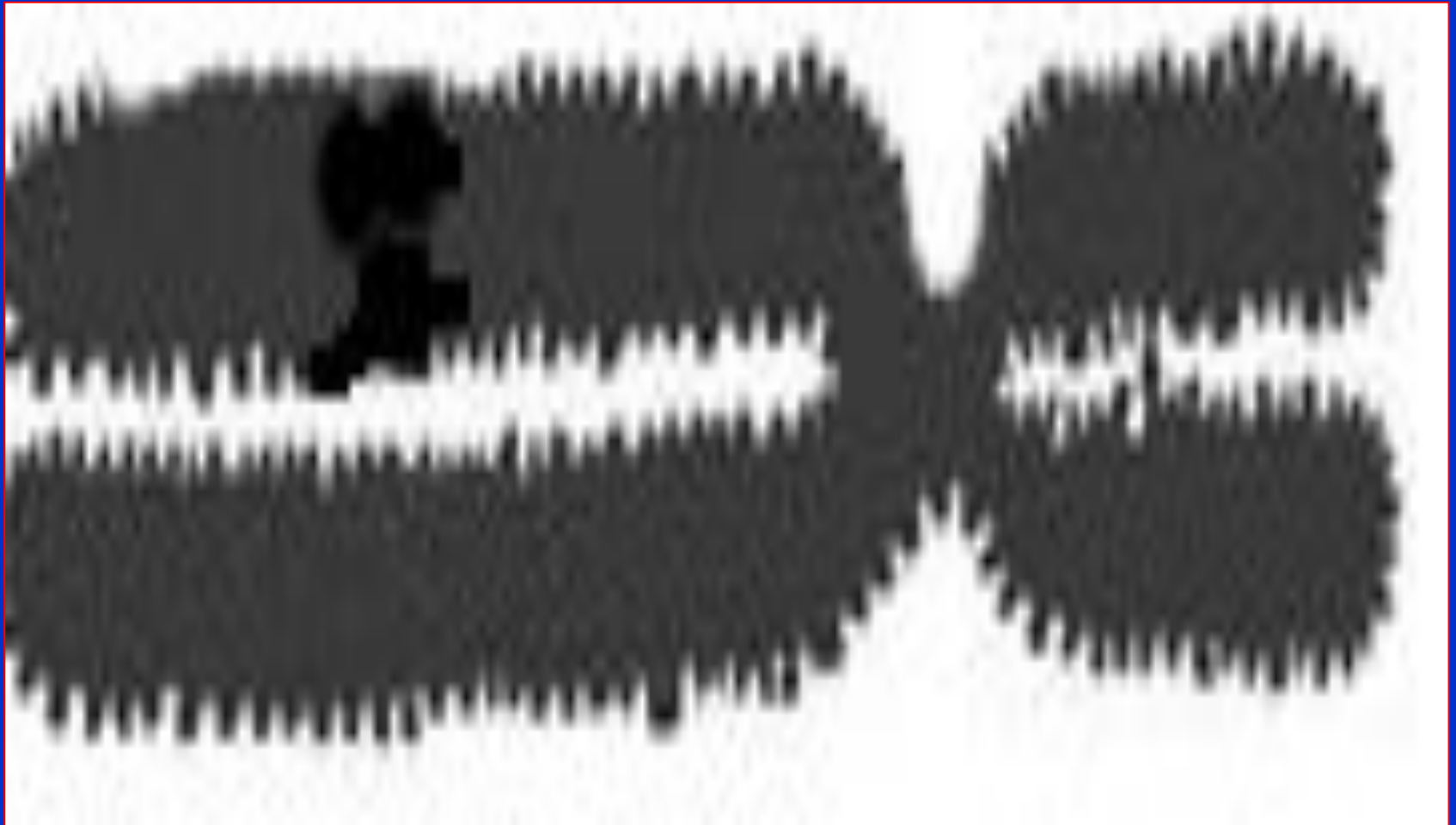
# Соленоїдний рівень (ДНК < в 6-10 разів)



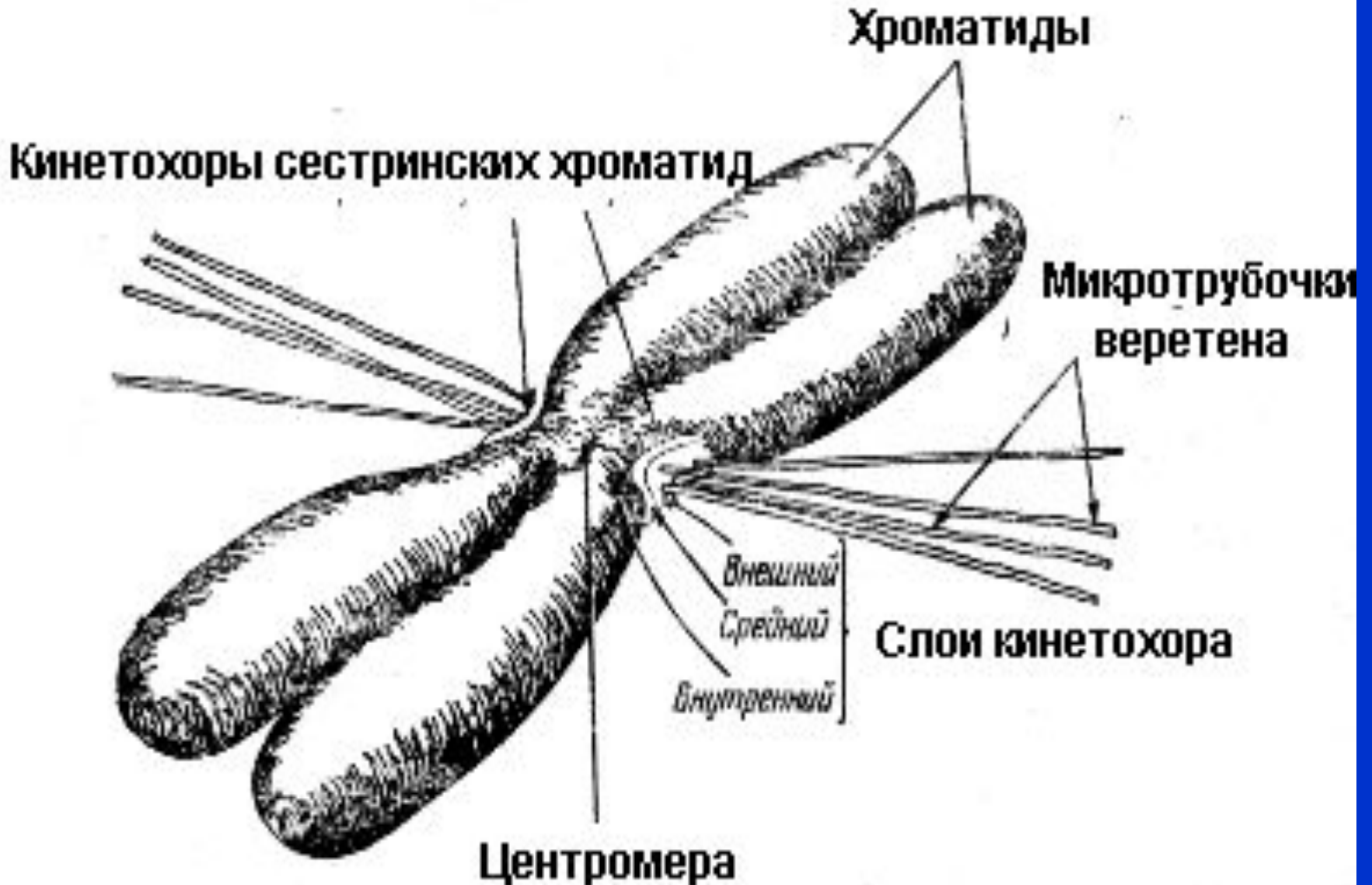
Петлевий рівень (ДНК < в  
20-30 разів)

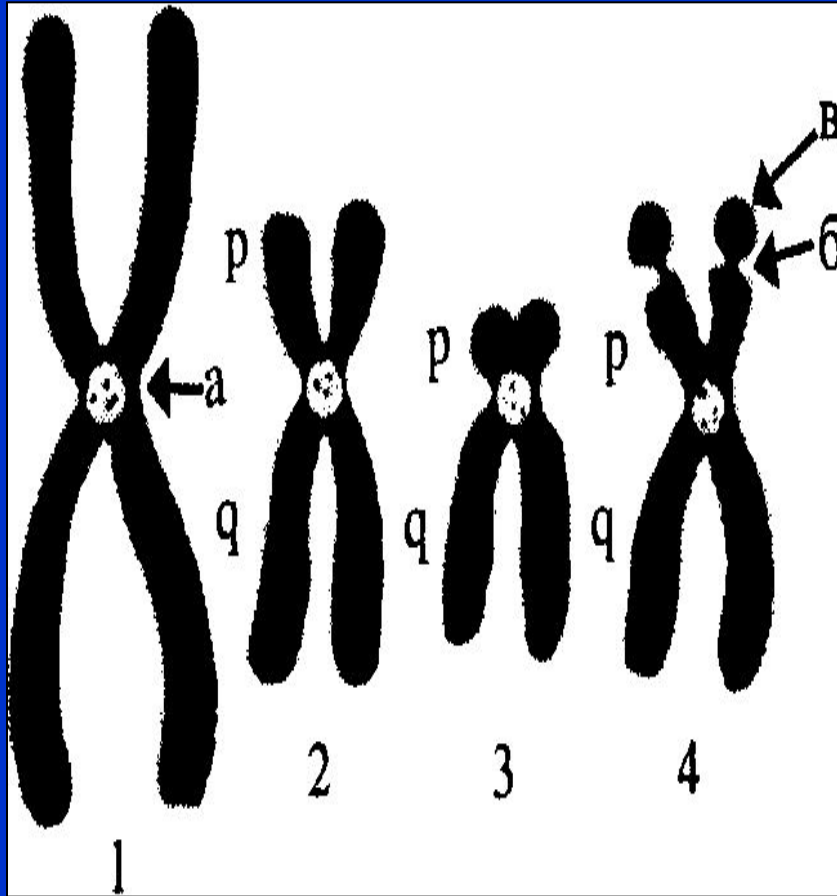


Метафазний рівень (ДНК < в 10 тис. разів)



# Будова хромосоми





## • Форми хромосом людини в метафазі:

- 1. Метацентрична
- 2. Субметацентрична
- 3. Акроцентрична
- 4. Акроцентрична із супутником

а – центромера  
(первинна перетяжка);

б – вторинна  
перетяжка;

в – сателіт;

q – довге плече;

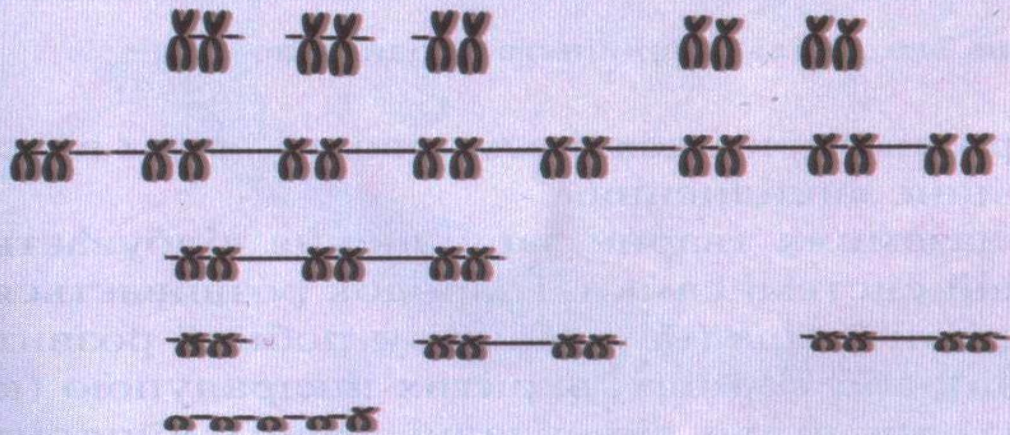
p – коротке плече

# КАРІОТИП ЛЮДИНИ

а



б





## ***СПОСОБИ ПОДІЛУ СОМАТИЧНИХ КЛІТИН***

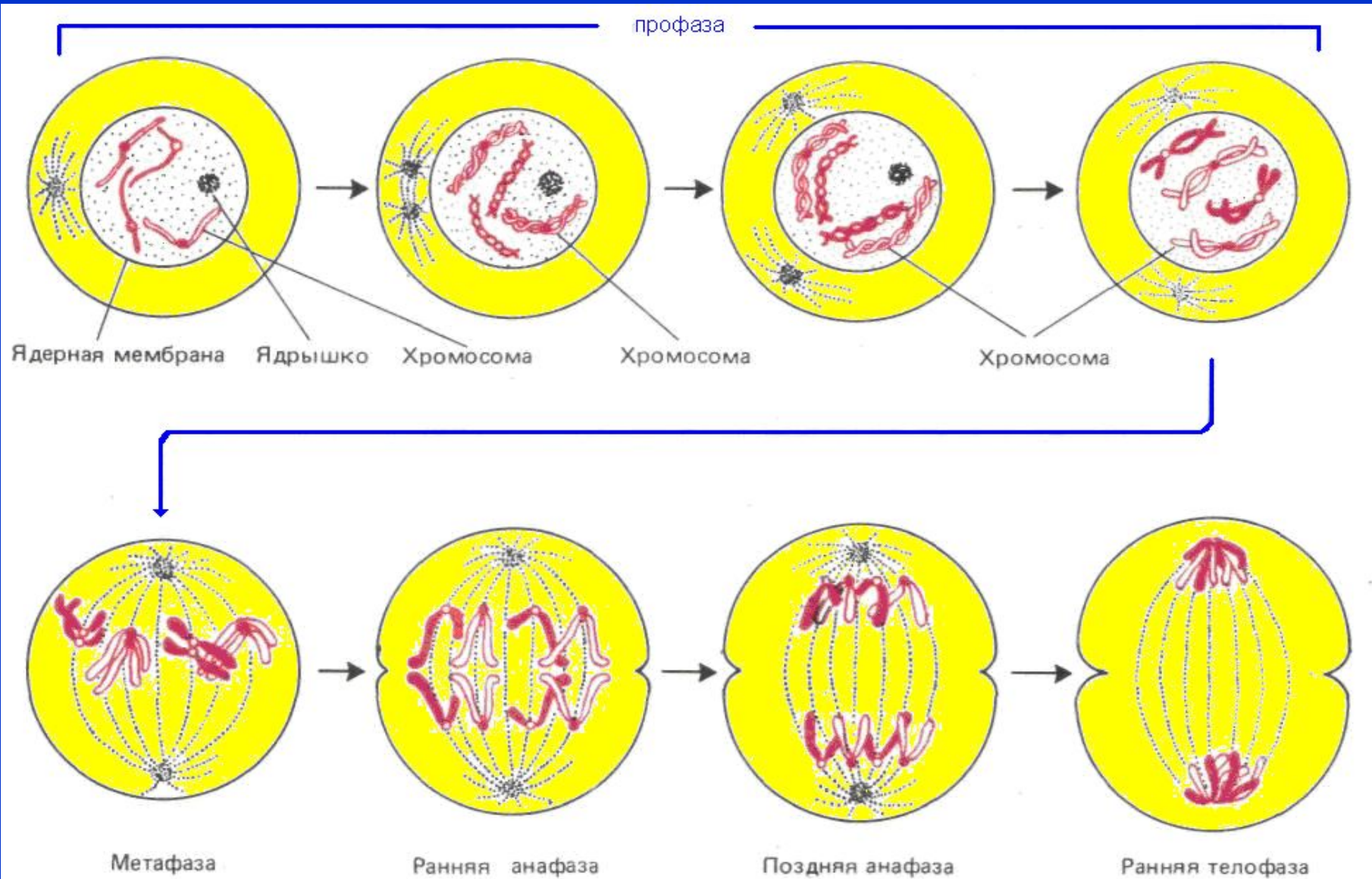
Передавання ознак і властивостей через спадковість нерозривно пов'язане з розмноженням організмів, а останнє – з поділом клітин. Основні типи поділу клітин: мітоз, амітоз і мейоз. Мітотичний поділ клітин завжди відбувається при рості організмів і нестатевому розмноженні. Мейоз, або редукційний поділ, у різних групах організмів проходить на різних, але завжди точно визначених, стадіях розвитку: при утворенні гамет у тварин, спор – у спорових рослин. Основою як мітозу, так і мейозу є редукція всіх елементів клітини, головним чином хромосом, і їх розподіл при поділі ядра.

# ***МІТОЗ***

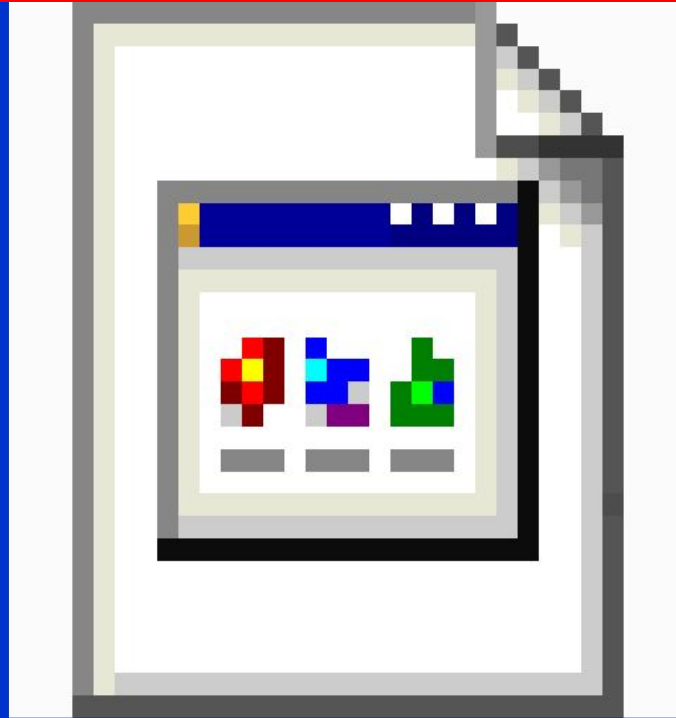
Мітотичний поділ клітин завжди відбувається при рості організмів і безстатевому розмноженні. Мітозом діляться соматичні клітини, у результаті чого дочірні клітини отримують точно такий набір хромосом, який мала материнська клітина. Мітоз настає після інтерфази й умовно поділяється на такі фази: 1)профаза, 2) метафаза, 3) анафаза, 4) телофаза. *Біологічне значення мітозу*

Мітоз – найбільш поширений спосіб репродукції клітин тварин, рослин, найпростіших. Це основа росту і вегетативного розмноження всіх еукаріот – організмів, які мають ядро. Основна його роль полягає у точному відтворенні клітин, забезпеченні рівномірного розподілу хромосом материнської клітини між виникаючими з неї двома дочірніми клітинами і підтриманні сталості числа і форми хромосом у всіх клітинах рослин і тварин. Мітоз сприяє росту організму в ембріональному і постембріональному періодах, копіюванню генетичної інформації і утворенню генетично рівноцінних клітин.

# МИТОЗ



# MITO3



mitosis[1].swf

Організми, які розмножуються статевим шляхом, утворюють статеві клітини, або гамети. Цьому передуює особливий спосіб поділу клітинного ядра їх попередників – м е й о з (від грец. *μείωσις* – зменшення). З допомогою мейозу утворюються і дозрівають статеві клітини (сперматозоїди і яйцеклітини). Мейотичний поділ вперше описано в 1888р. Він лежить в основі редукції числа хромосом (зменшення вдвоє):  $2n \rightarrow n$ . Із диплоїдних клітин утворюються гаплоїдні.

У тварин мейоз відбувається при утворенні гамет, а у квіткових рослин – раніше: при утворенні пилкових зерен і зародкових мішків. У мейоз вступають незрілі статеві клітини, які досягли певного диференціювання.

Мейоз складається з двох швидких у часі послідовних поділів клітин: першого і другого, причому подвоєння ДНК відбувається тільки перед першим поділом. Один з них називається редукційним або першим мейотичним поділом, при якому число хромосом зменшується в два рази; інший – екваційний (рівний) або другий екваційний поділ, який нагадує мітотичний поділ.

- МЕЙОЗ – перший поділ
- Профаза I. На відміну від мітозу, де кожна окрема хромосома поводить себе незалежно від інших і не впливає на їх поведінку, у профазі I мейозу гомологічні хромосоми об'єднуються, формуючи парні утворення. Це тривала і складна фаза, вона характеризується певними послідовними стадіями залежно від стану хромосом.
- Лептонема, або стадія довгих, тонких, слабоспіралізованих ниток. З'являються помітні тонкі нитки. Це хромосоми, кількість їх диплоїдна.
- Зигонема, або стадія з'єднаних ниток. Гомологічні (однакові за будовою) хромосоми зближуються, попарно утворюючи біваленти. Число їх вдвоє менше, ніж вихідна кількість хромосом. Взаємне притягування хромосом отримало назву кон'югація або синапсис. Кон'югація відбувається дуже точно, з'єднуються кінці хромосом або по всій довжині хромосом.

- Пахінема, або стадія товстих ниток. Процес об'єднання гомологічних хромосом повністю завершується. Вони мають бути настільки зближені, що їх легко прийняти за одну. Кожна хромосома в складі бівалента подвоєна і складається з двох сестринських хроматид. Біваленти іноді називають тетрадами. Відбувається кросинговер.
- Диплонема, або стадія подвійних ниток. Хромосоми, які були об'єднані в біваленти, розпочинають поступово відштовхуватися одна від одної, залишаючись з'єднаними між собою в окремих ділянках (хіазмах). Кожна хромосома складається із двох хроматид, а кожний бівалент утворює тетраду. Переплетена одна навколо одної хромосома (біваленти) поступово розкручуються і зменшується число хіазм.
- Діакінез – заключна стадія профазы I. У діакінезі біваленти різко вкорочені, потовщені дочірні хроматиди кожної хромосоми малопомітні. Хіазми поступово зміщаються на кінці хромосом. Завершується профазы I зруйнуванням ядерної оболонки, формуванням ахроматинового веретена.

- Метафаза I. Число бівалентів вдвічі менше диплоїдного набору хромосом. Вони (біваленти) значно коротші, ніж хромосоми в метафазі соматичного мітозу і розміщуються в екваторіальній площині. Центромери хромосом з'єднуються з нитками фігури веретена. У цю фазу мейозу можна підрахувати кількість хромосом.
  - Анафаза I. До протилежних полюсів веретена розходяться гомологічні хромосоми. Кожна з них складається із двох дочірніх хроматид, з'єднаних своїми центромерами. У цьому полягає істотна відмінність від анафази мітозу. Відбувається редукція центромер.
  - Телофаза I. Розпочинається, коли анафазні хромосоми досягли полюсів клітини, на кожному полюсі знаходиться гаплоїдне число хромосом. Характеризується утворенням ядерної мембрани і відновленням структур ядра. Утворюються дві дочірні клітини.
- Інтерфаза між I і II поділом мейозу буває дуже короткою, тут відсутня репродукція хромосом.



- Мейоз II відбувається за типом звичайного мітозу.
- Профаза II. Нетривала, хромосоми добре помітні.
- Метафаза II. Добре помітна подвійна структура хромосом і значний ступінь їх спіралізації.
- В анафазі II відбувається розходження подвоєних центромер, внаслідок чого дочірні хроматиди рухаються до різних полюсів.
- У телофазі II утворюються чотири клітини з гаплоїдним набором хромосом.

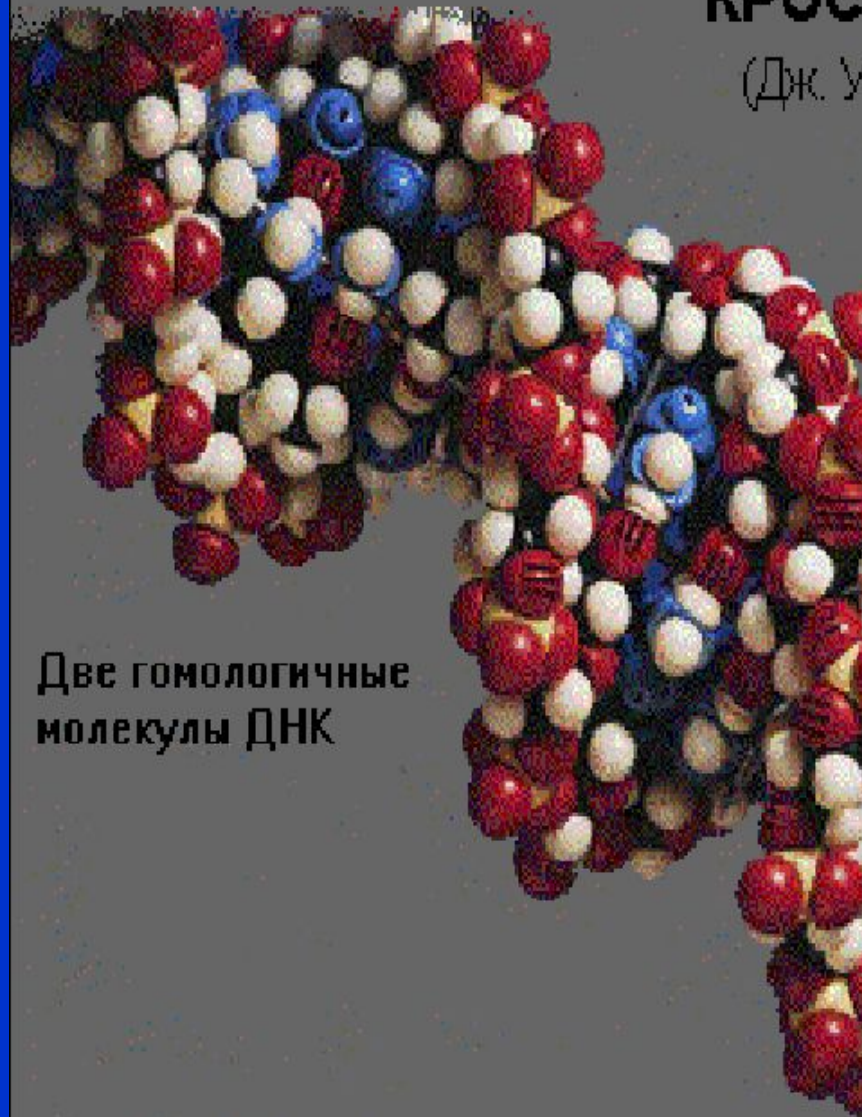
Для мейозу характерні три основних явища:

- кон'югація гомологічних хромосом;
- утворення хіазм;
- редукція числа хромосом рівно вдвоє.

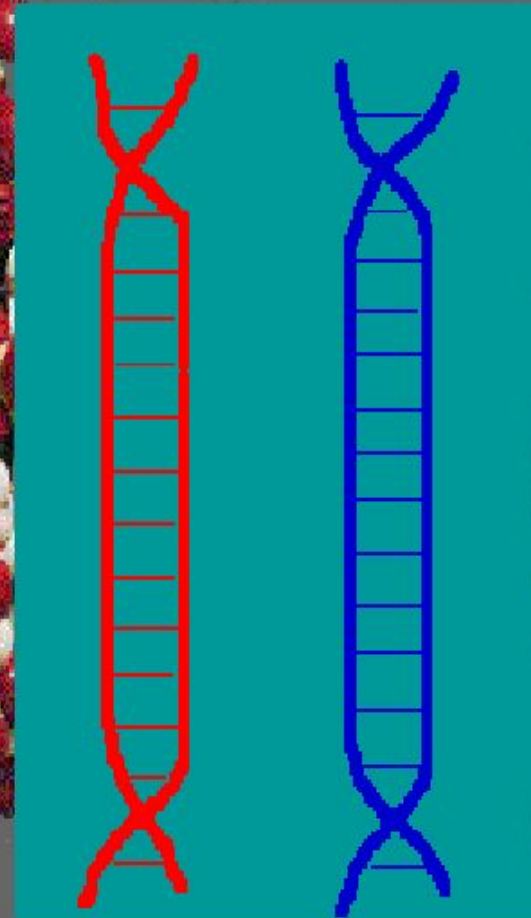
Суть мейозу полягає в утворенні чотирьох різних ядер, а потім і клітин, які містять по одній гомологічній хромосомі від кожного з батьків. Внаслідок кросинговеру відбувається поєднання генетичного матеріалу батьків у межах окремих хромосом.

# КРОССИНГОВЕР

(Дж. Уотсон, 1978)

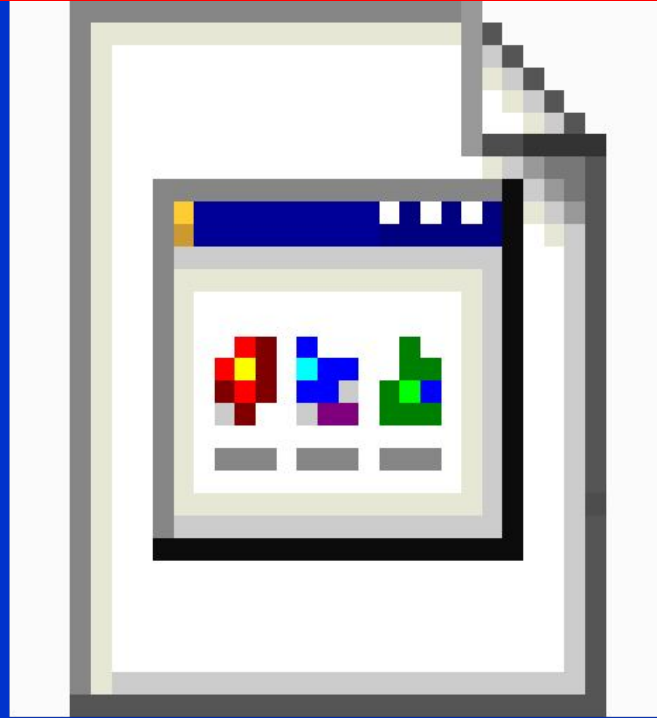


Две гомологичные  
молекулы ДНК

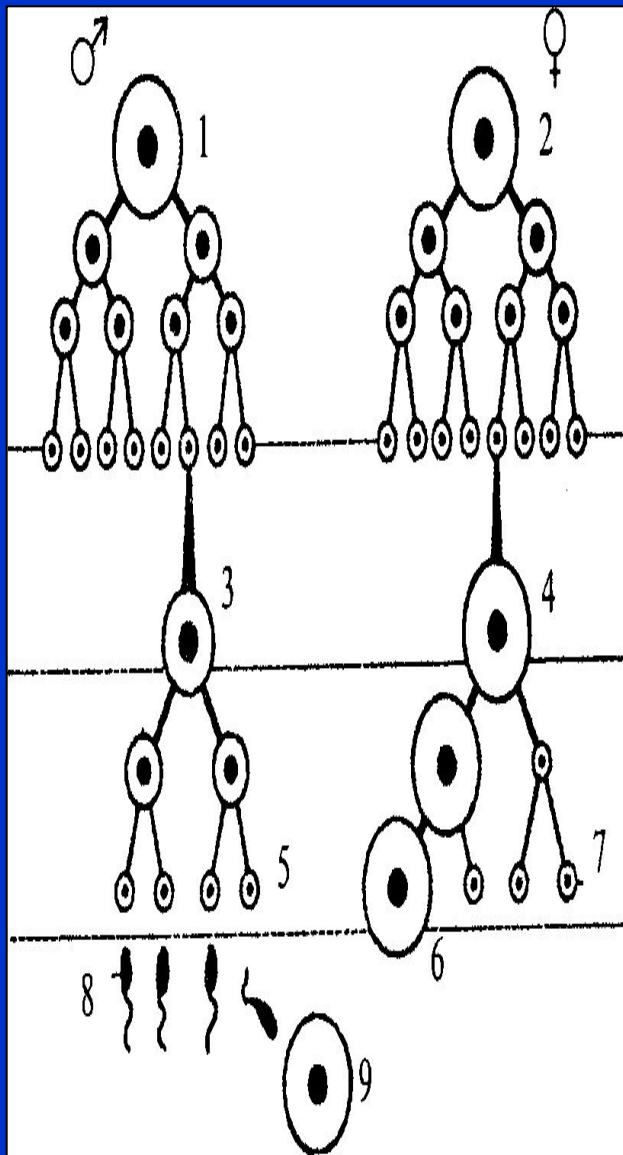


CROSSING

# МЕЙОЗ



meiosis[1].swf



## Спермато- й оогенез:

зона розмноження  
 сперматогоніїв (1) та  
 овогоніїв (2) шляхом мітозу;

II II – зона росту;

III III – зона  
 дозрівання;

3,4 – поділ  
 первинних сперматоцитів і  
 III овоцитів шляхом  
 мейозу;

5 – сперматиди;

6 – недозріла яйцеклітина;

7 – полоцити  
 (напрямні тільця);

8 – сперматозоони;

9 – яйцеклітина

**Бажаю успіху!**