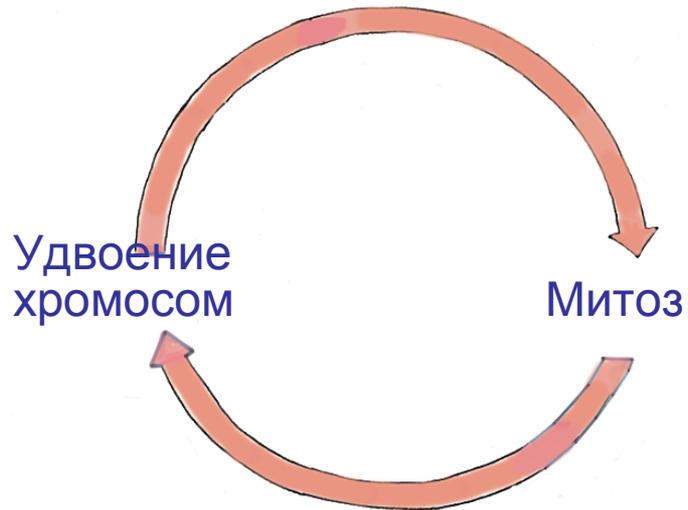


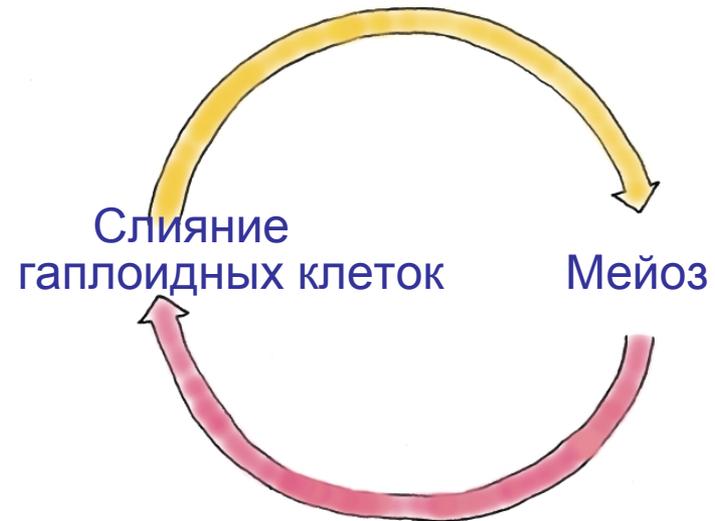
# Тема 4. 6. Мейоз.

## Сравнение мейоза с митозом

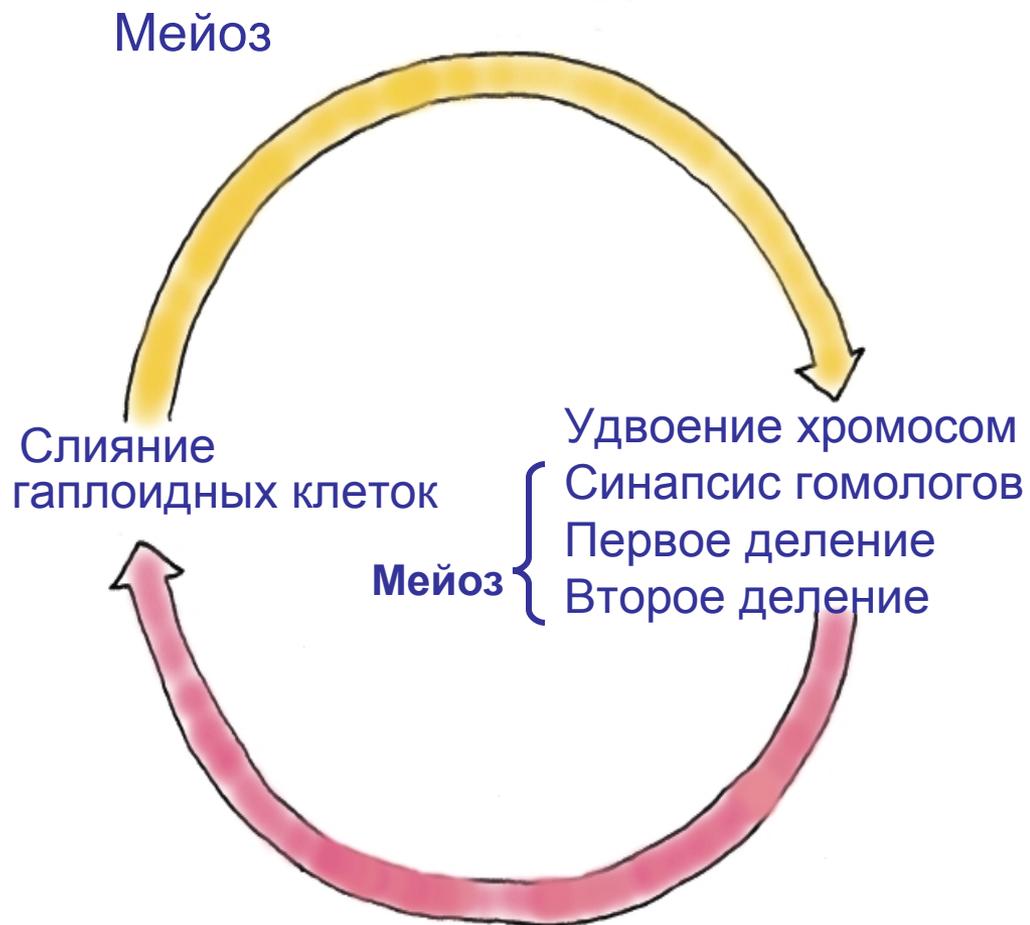
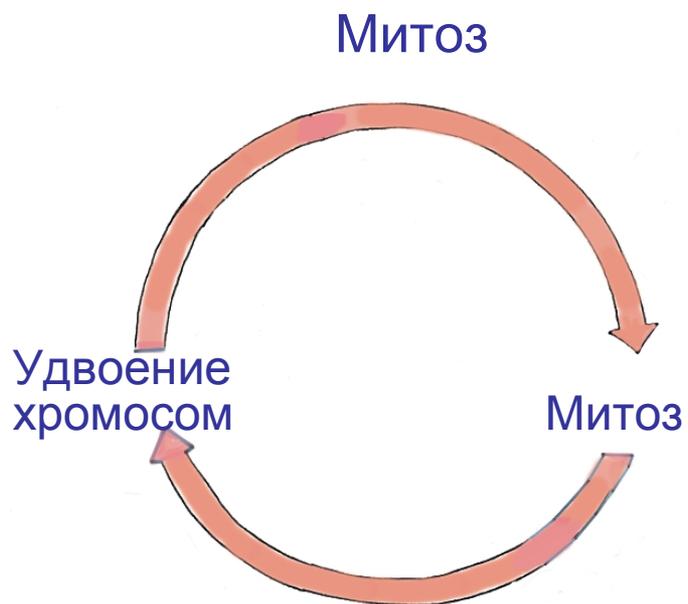
Митоз



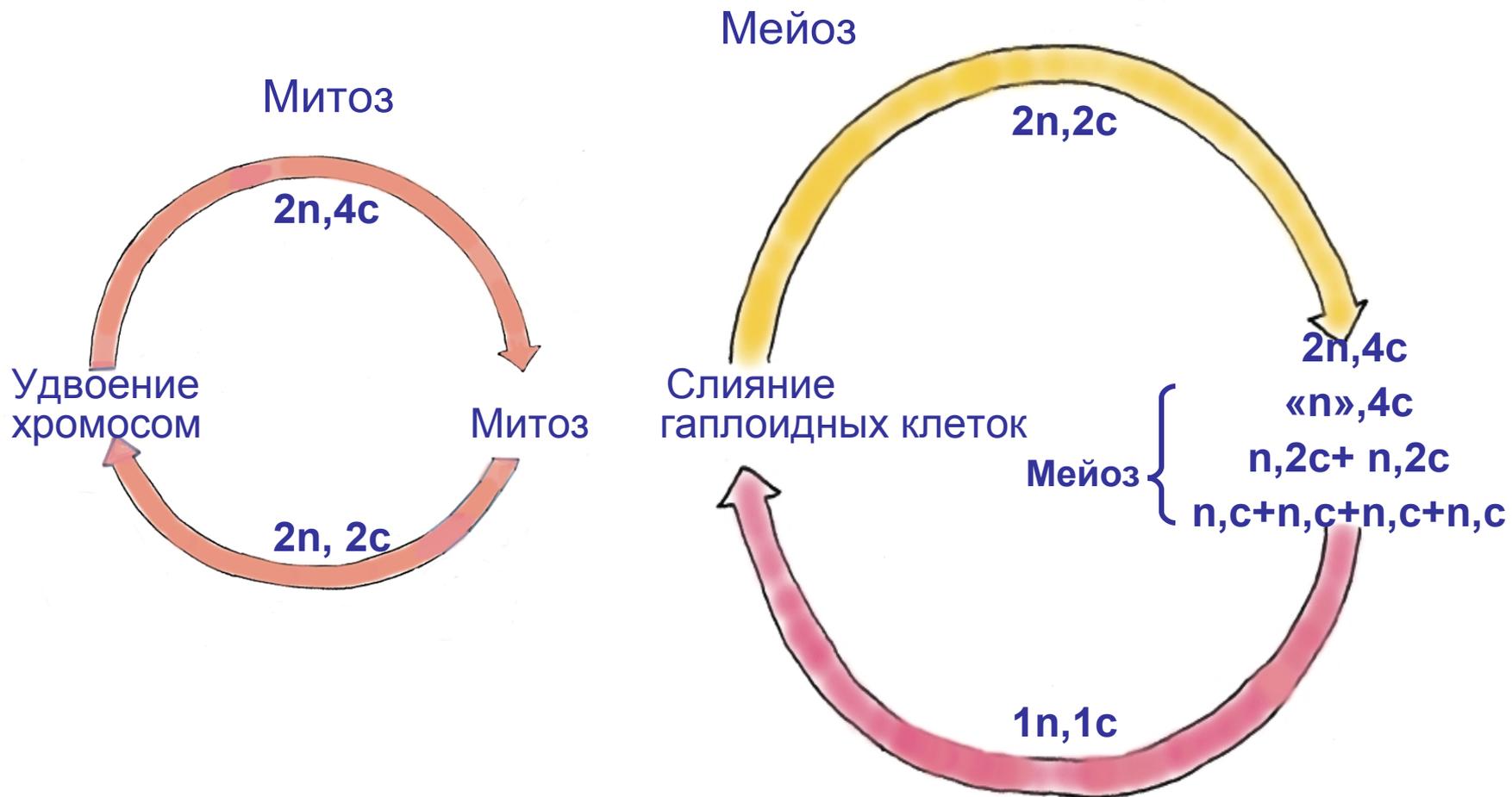
Мейоз



# Сравнение мейоза с митозом



# Сравнение мейоза с митозом



# Сравнение мейоза с митозом

Мейоз  $2n=4$    $2n=4$   Митоз

Удвоение хромосом в интерфазе

Синапсис гомологичных хромосом

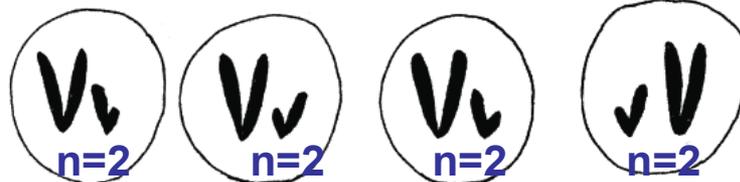
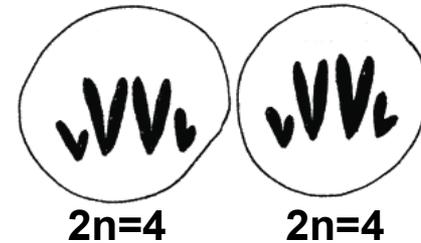
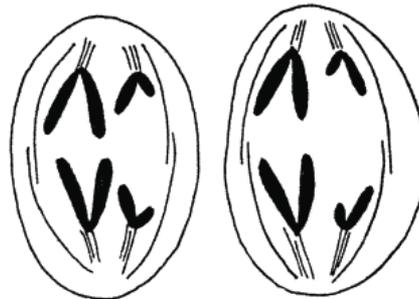
Расхождение гомологичных хромосом в первом делении



Расхождение сестринских хроматид

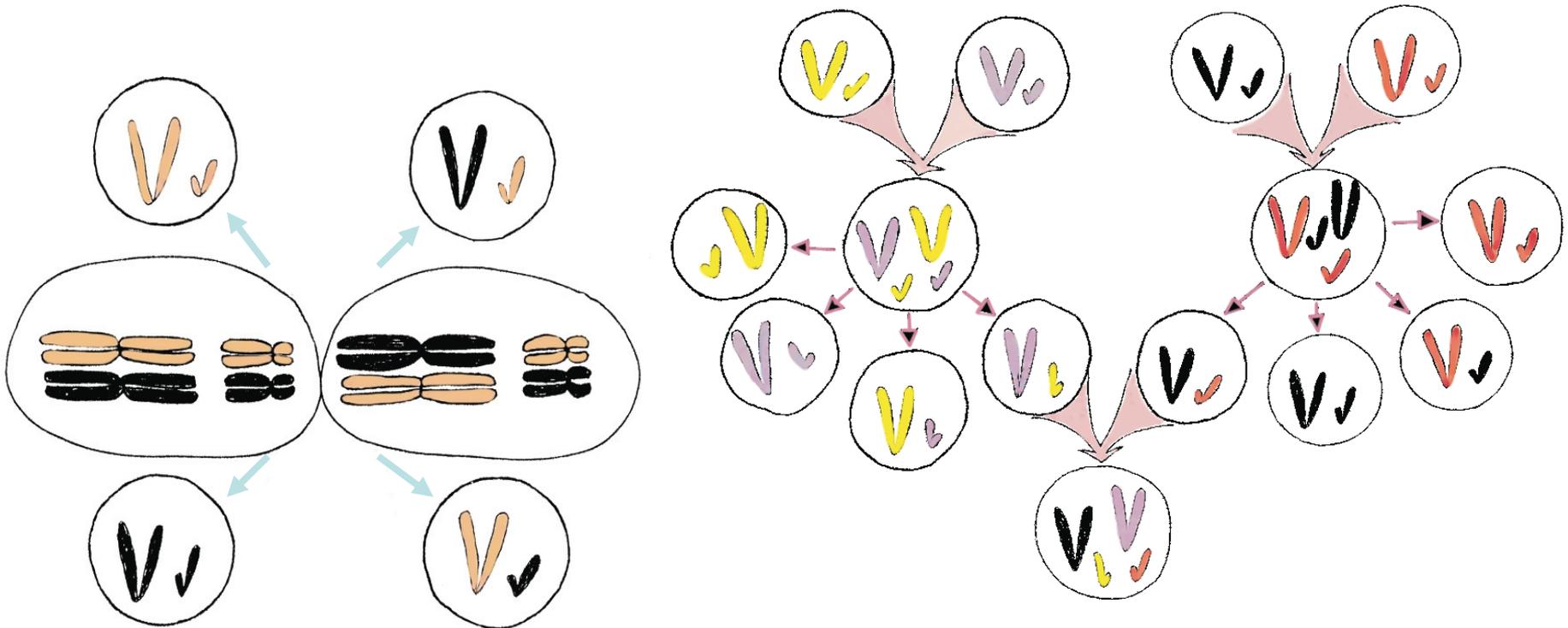


Расхождение сестринских хроматид во втором делении



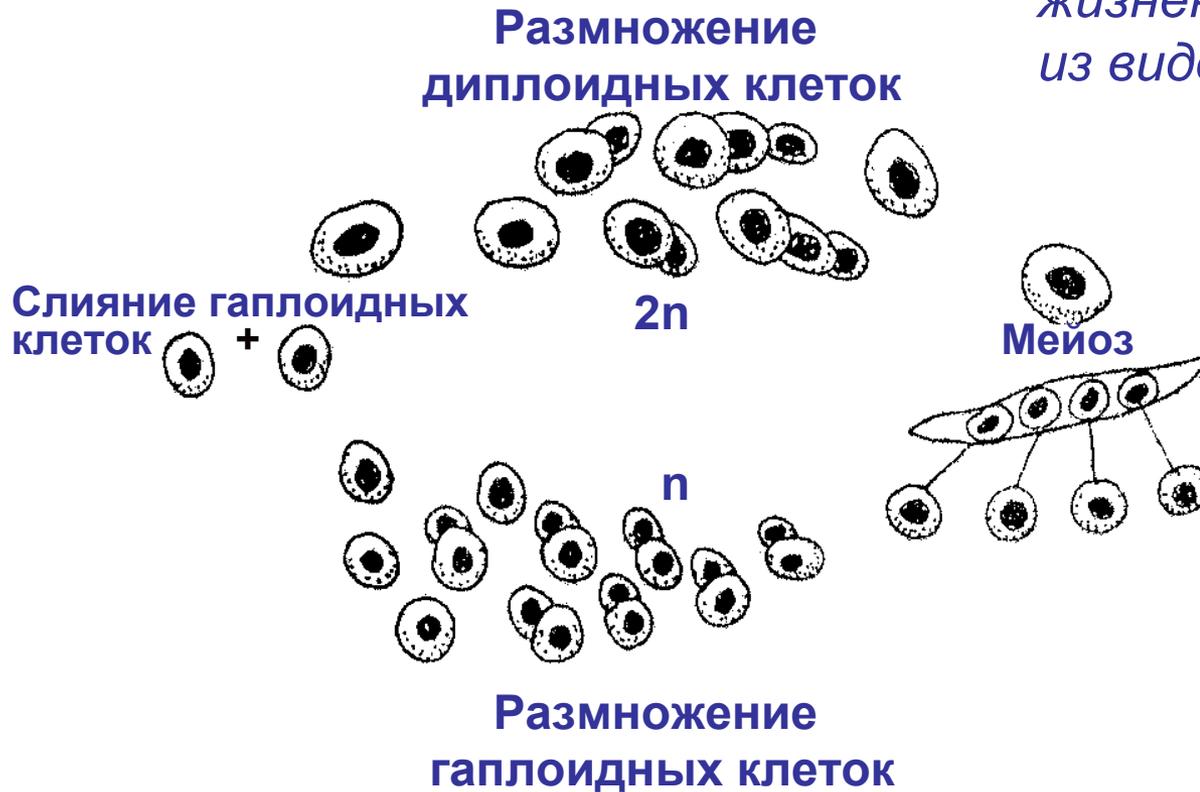
## Главные особенности мейоза:

- Синапсис (образование бивалентов) и последующее расхождение гомологичных хромосом ведут к уменьшению числа хромосом вдвое
- Независимое расхождение к полюсам негомологичных хромосом ведет к перекомбинированию генетического материала



# Мейоз в жизненном цикле организмов

*Чередование гаплоидной и диплоидной стадии в жизненном цикле одного из видов дрожжей*

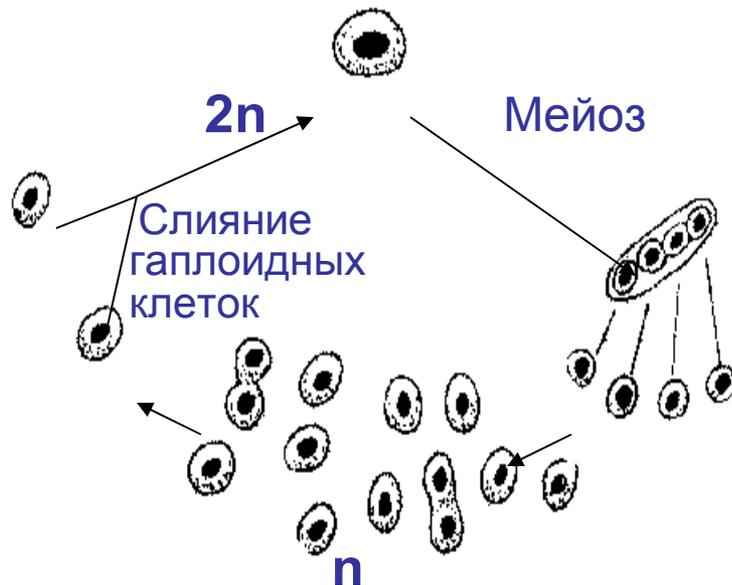


# Мейоз в жизненном цикле организмов

Чередование полового процесса и бесполого размножения у двух видов дрожжей:

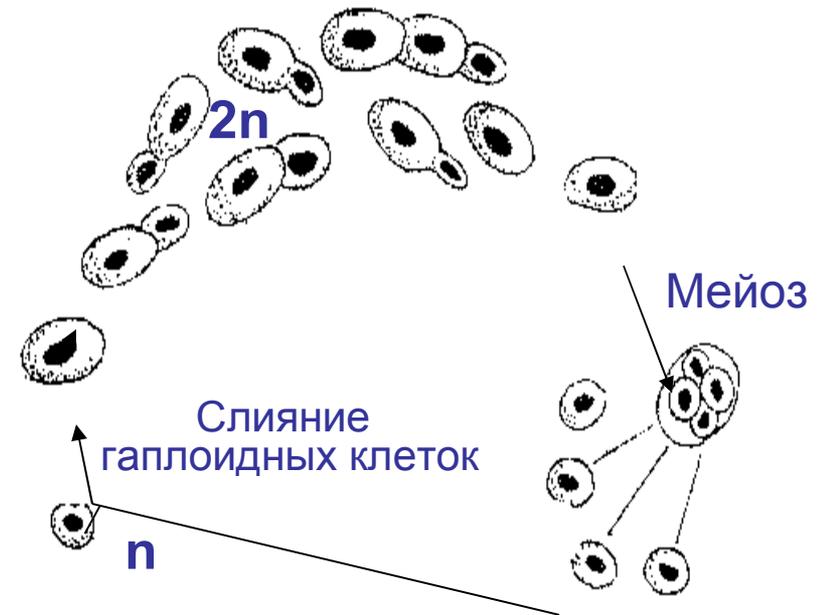
Пивные дрожжи (гаплоидные)

*Schizosaccharomyces pombe*



Пекарские дрожжи (диплоидные)

*Saccharomyces cerevisiae*



# Мейоз в жизненном цикле организмов



Размножение  
диплоидных клеток  
(образование  
многоклеточного  
организма)

Слияние гаплоидных клеток

Размножение клеток  
перед мейозом

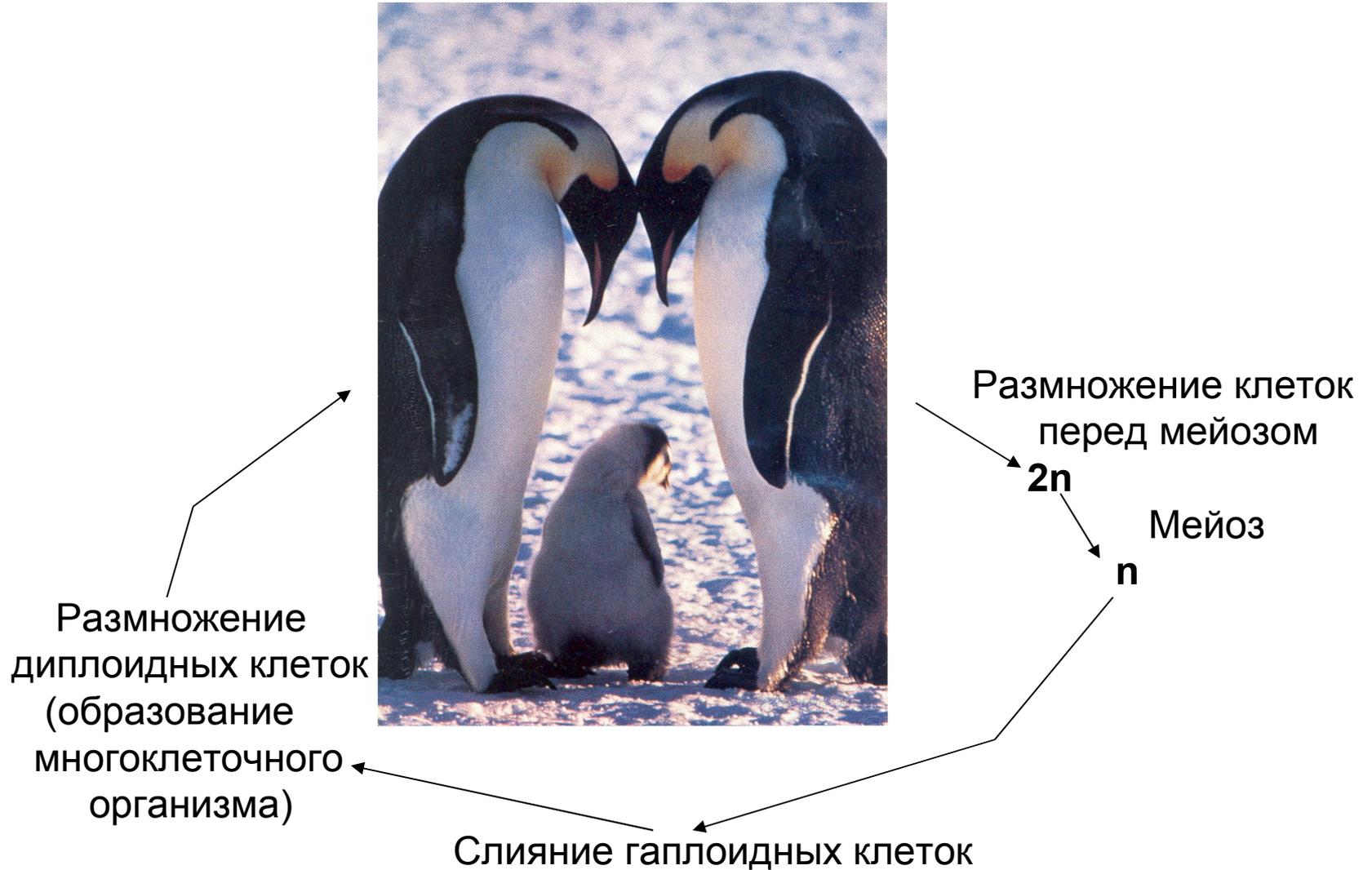
$2n$

Мейоз

$n$

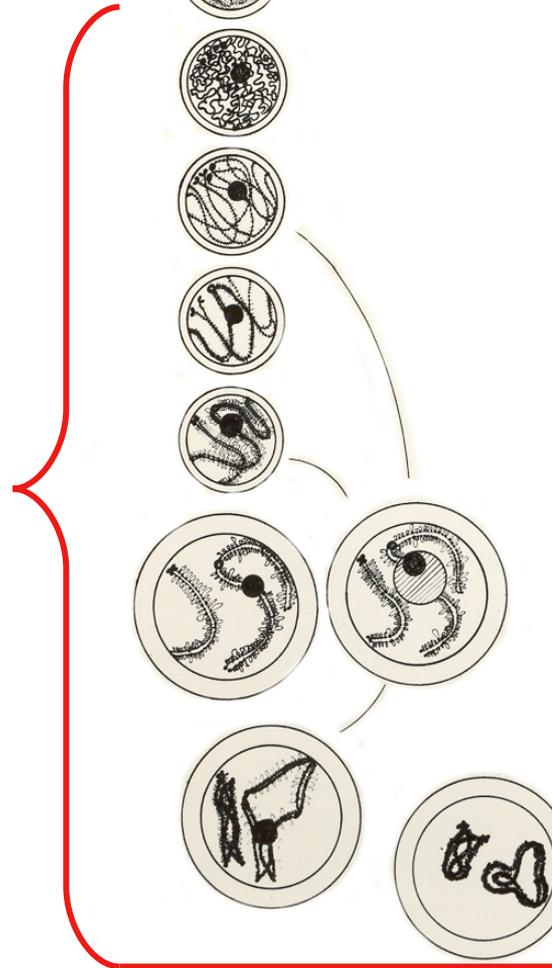
Размножение  
гаплоидных клеток

# Мейоз в жизненном цикле организмов

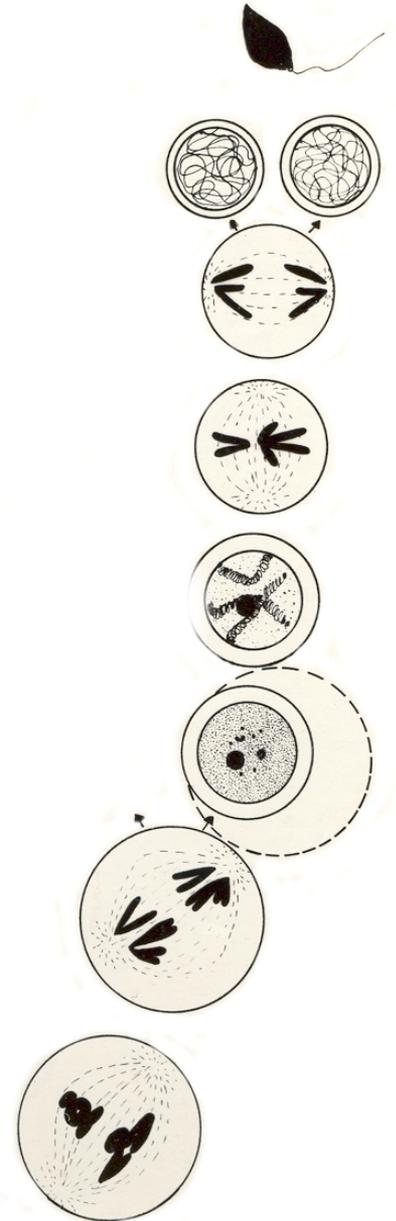


# Ход мейоза

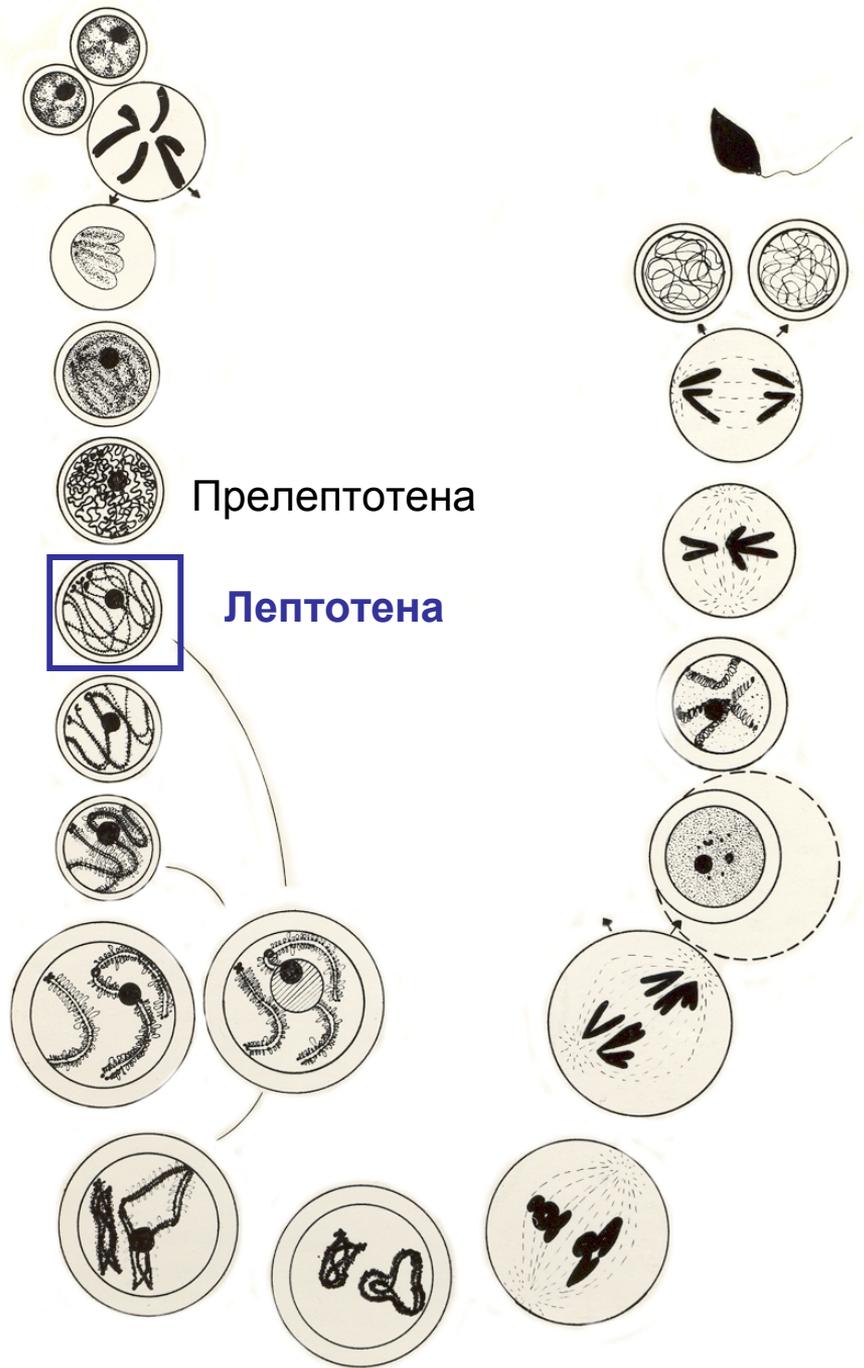
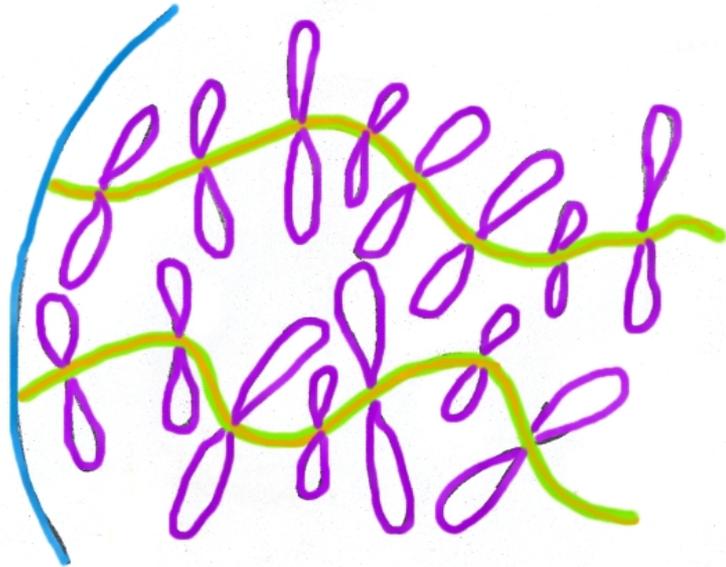
Профаза I  
мейоза



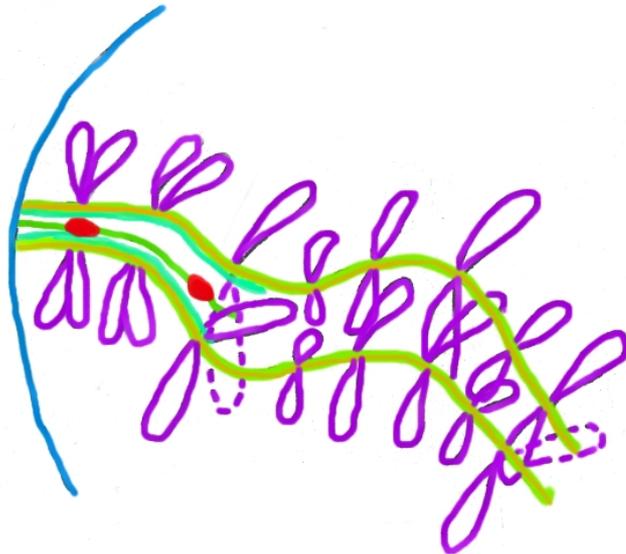
Митоз



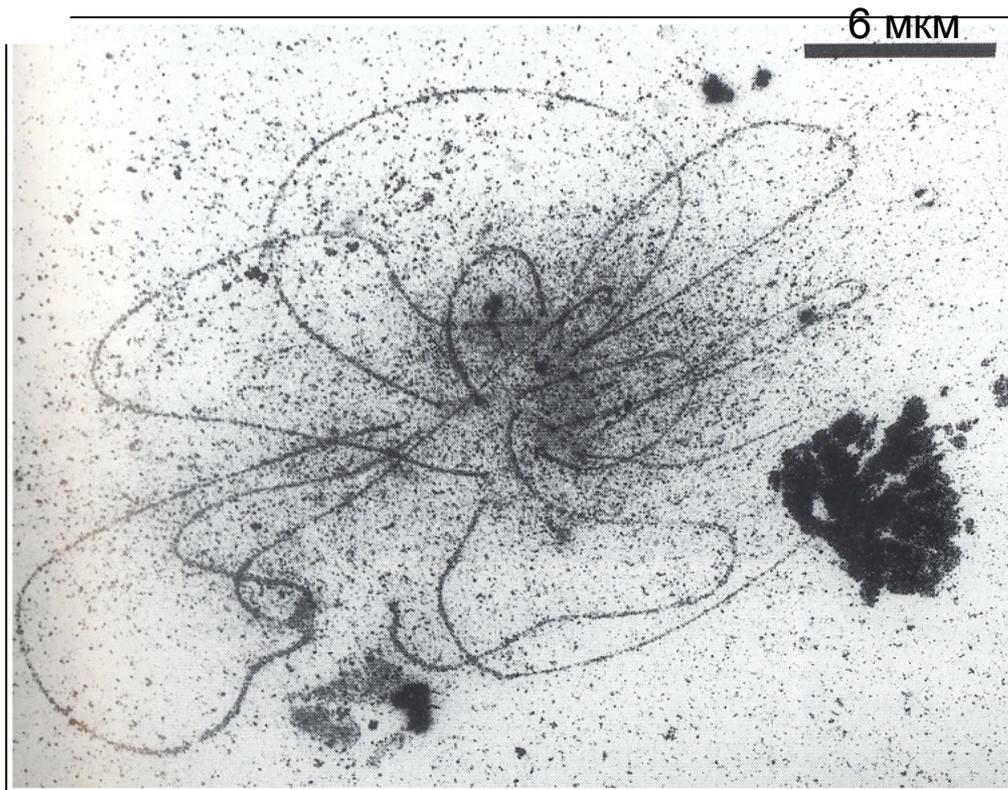
Образование оси хромосомы,  
или осевого элемента (ОС).  
Образование хроматиновых  
петель



Образование **бивалентов** -  
**синапсис** (спаривание)  
гомологичных хромосом =  
Образование  
**синаптонемного комплекса**

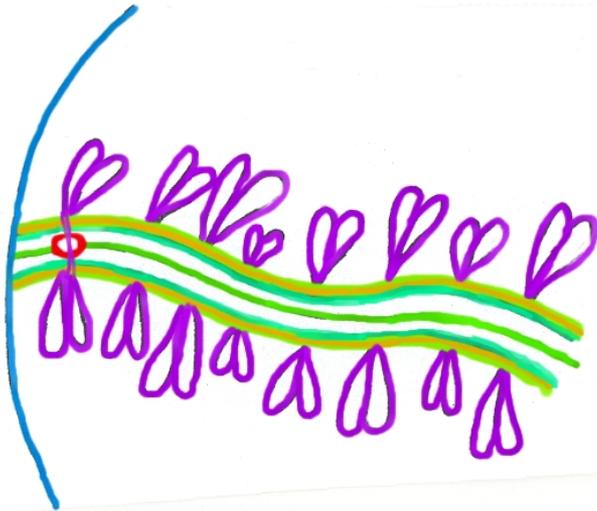


Стадия «букета» у клопа  
*Pyrhocoris apterus*



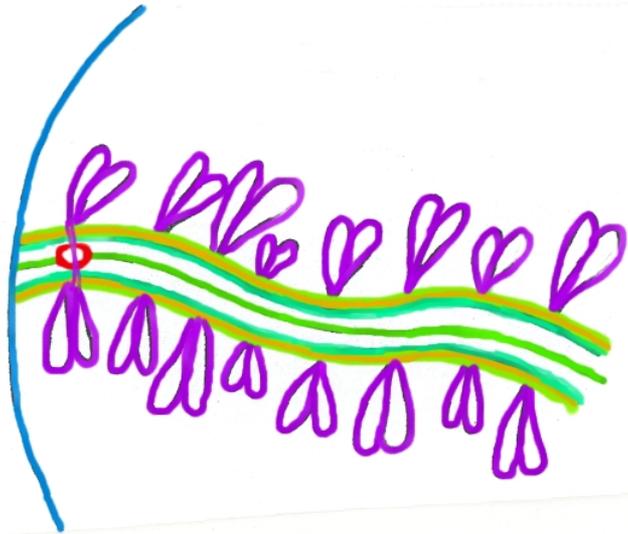
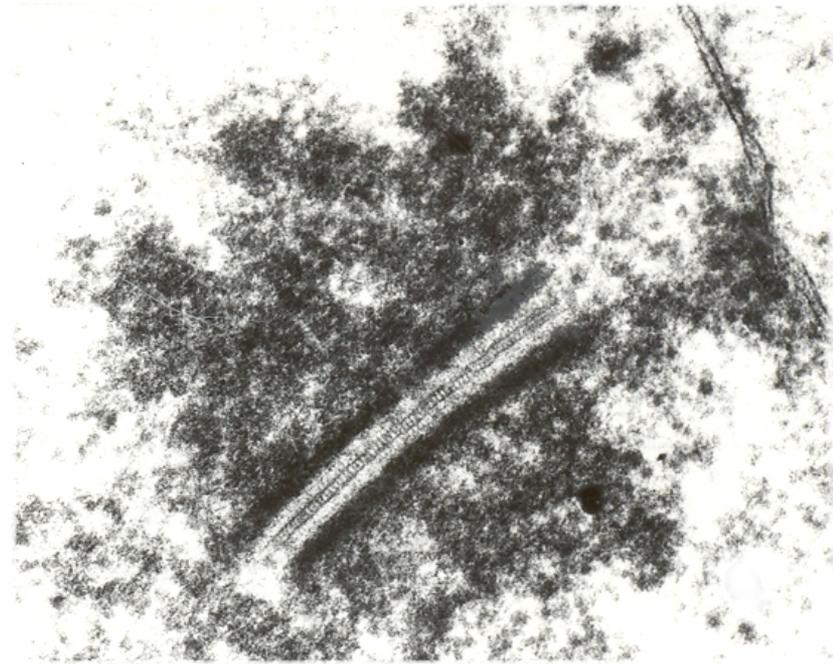
# Ход мейоза

Образование **бивалентов** - **синапсис** (спаривание) гомологичных хромосом =  
Образование **синаптонемного комплекса**



Боковой, или латеральный элемент (ЛЭ), бывший осевой элемент

Образование **бивалентов** -  
**синапсис** (спаривание)  
гомологичных хромосом =  
Образование  
**синаптонемного комплекса**



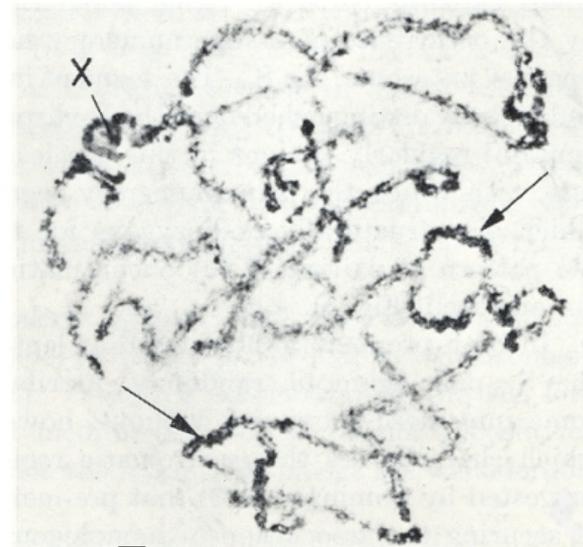
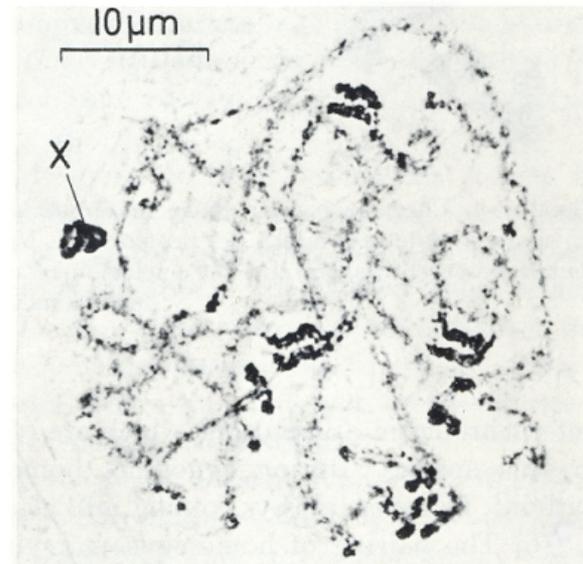


Сперматогониальная  
метафаза у  
*Stauroderus scalaris*

Лептотена

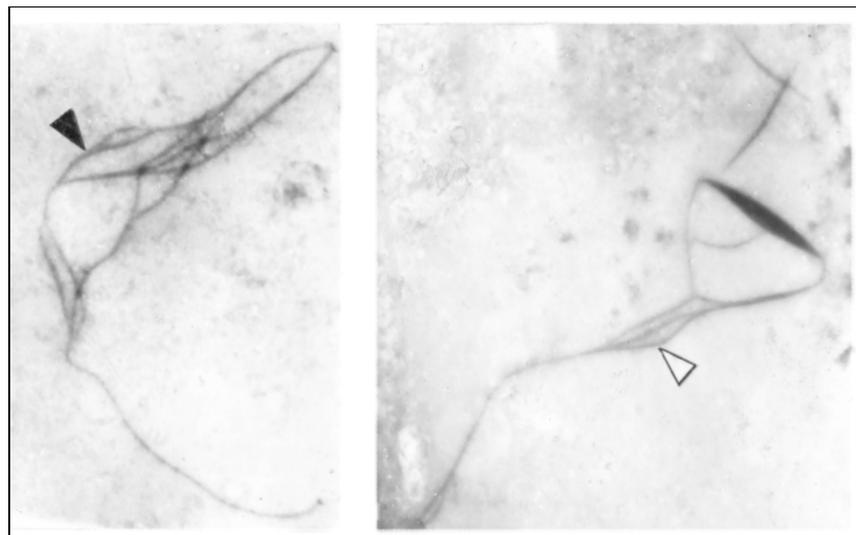
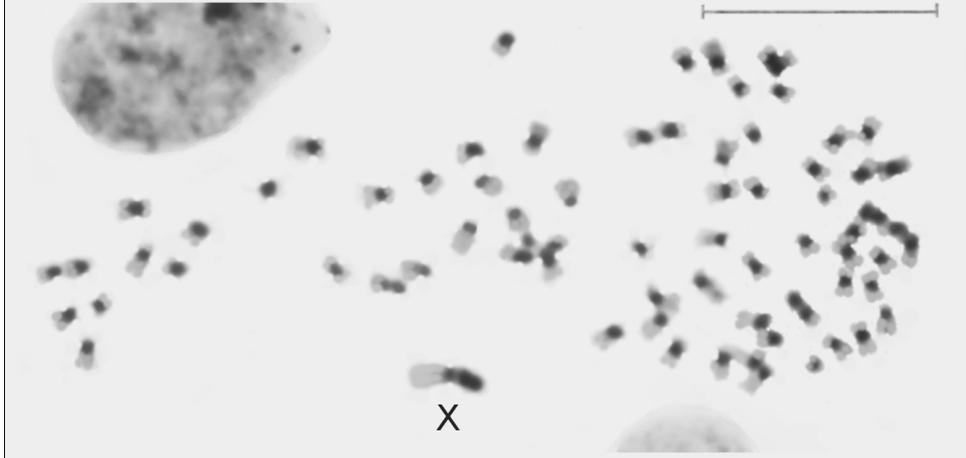


Ранняя пахитена



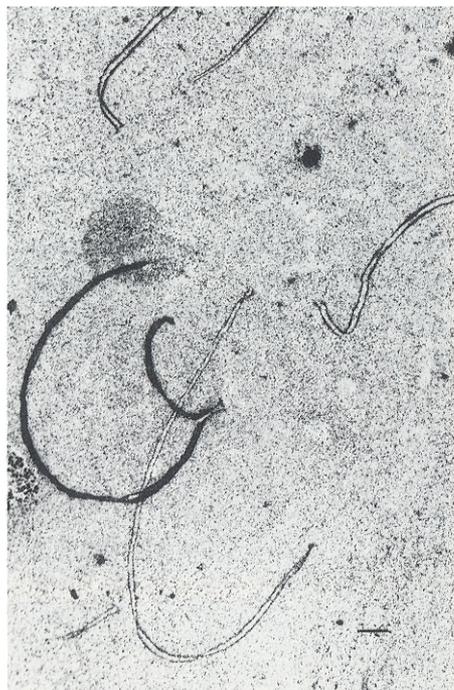
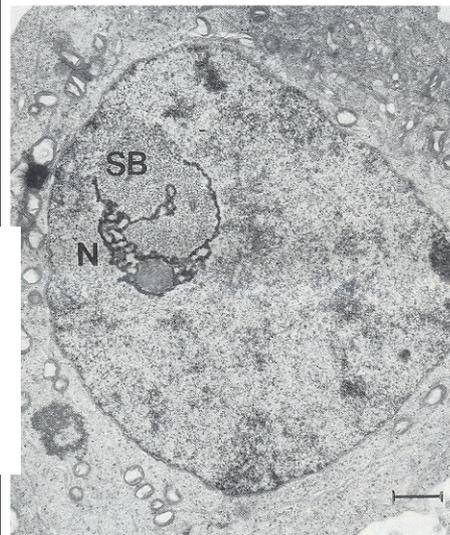
Зиготена

Поздняя пахитена



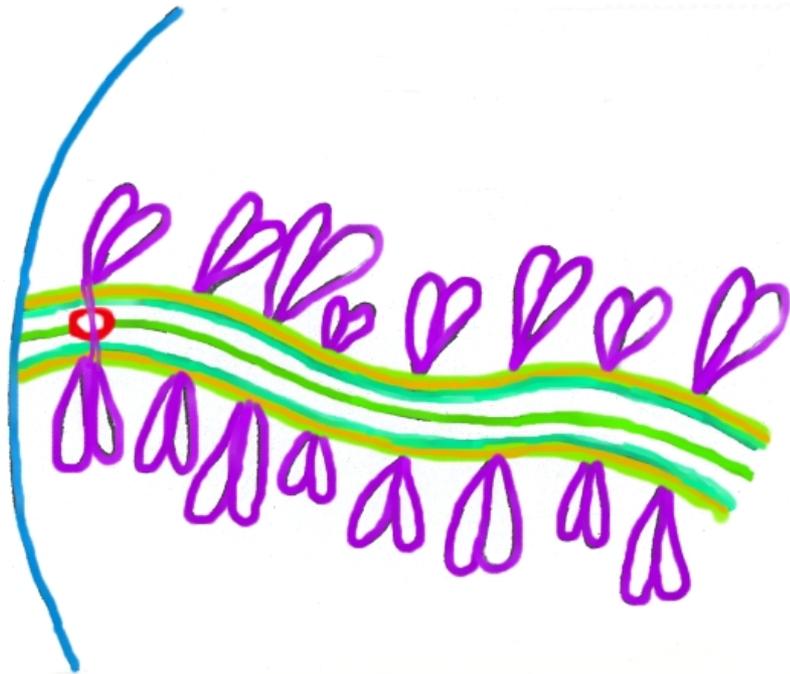
*Половой унивалент в области С-гетерохроматина образует сложную структуру оси*

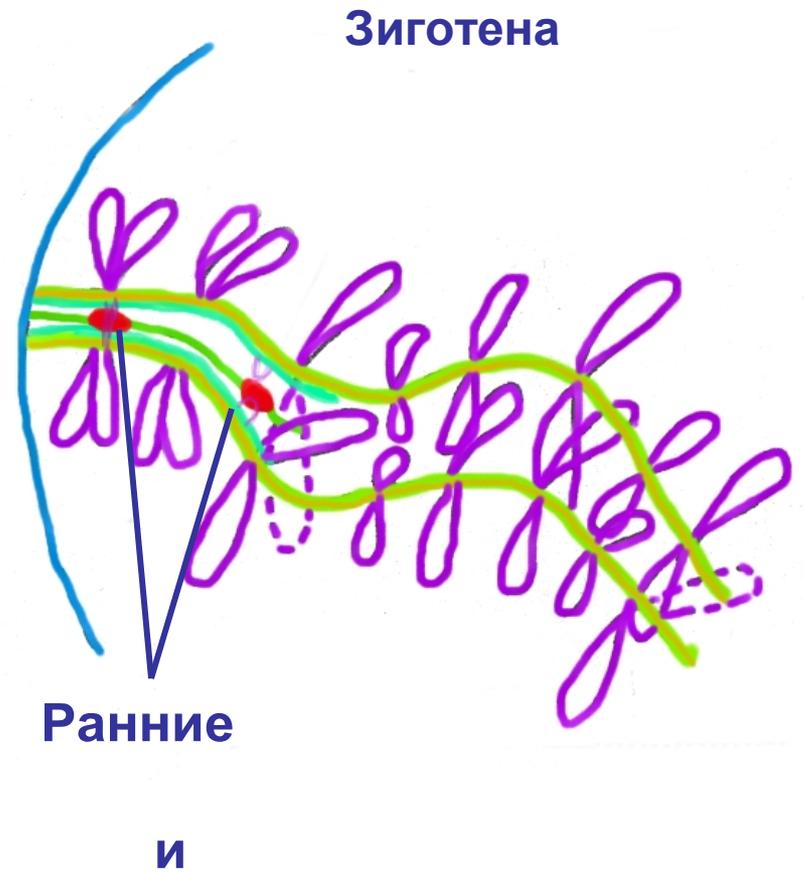
Половой пузырьк и  
ядрышко в  
сперматоците  
млекопитающего



Оси половых  
хромосом  
утолщены  
по сравнению  
с осями аутосом

Кроссинговер -  
внутрихромосомная  
рекомбинация

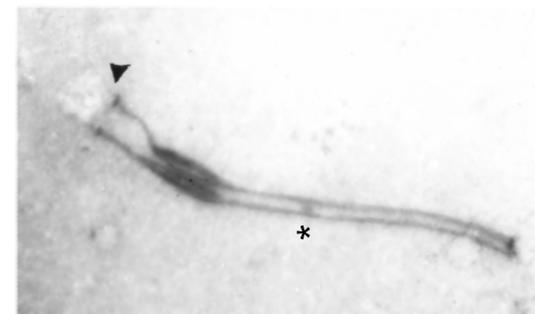
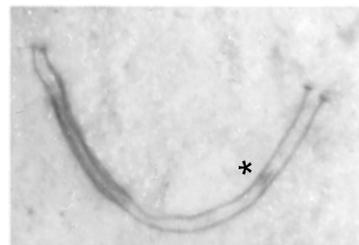
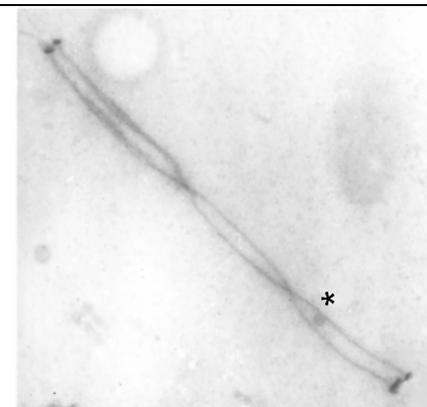
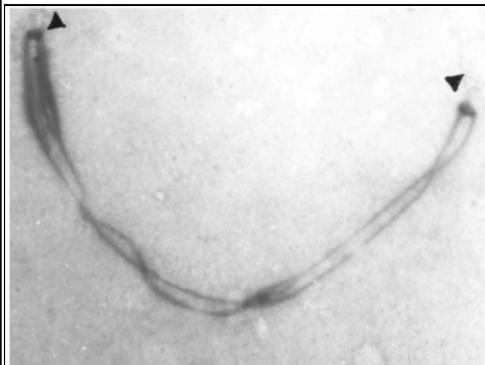
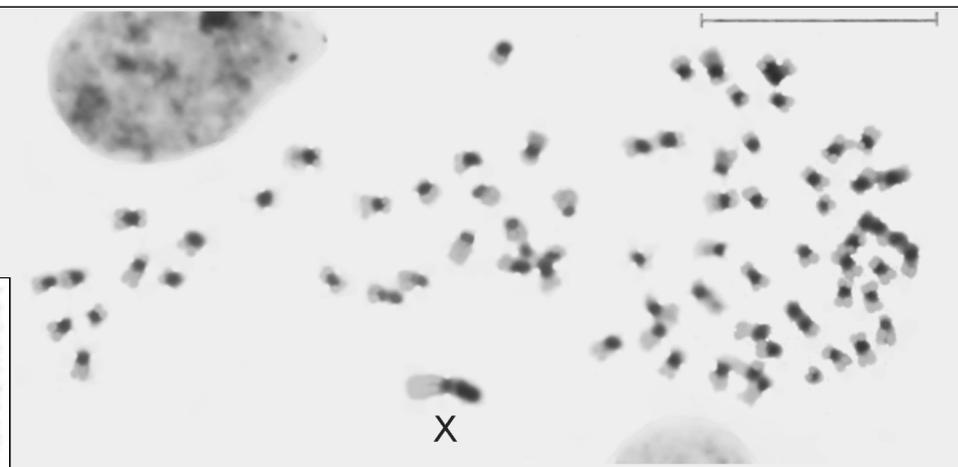


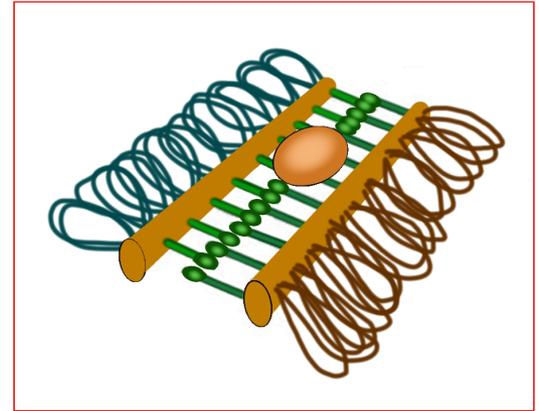
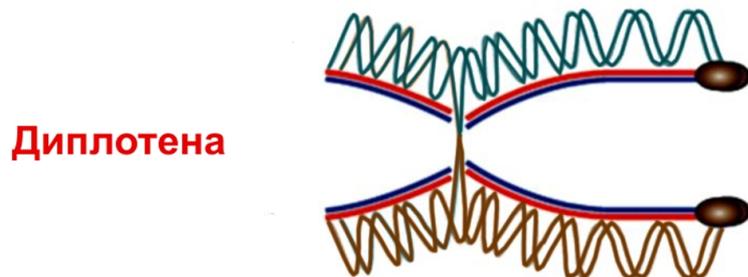
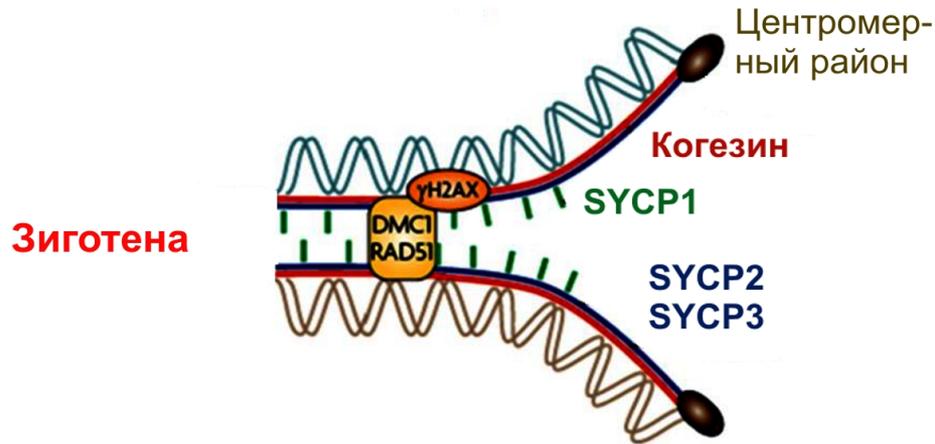
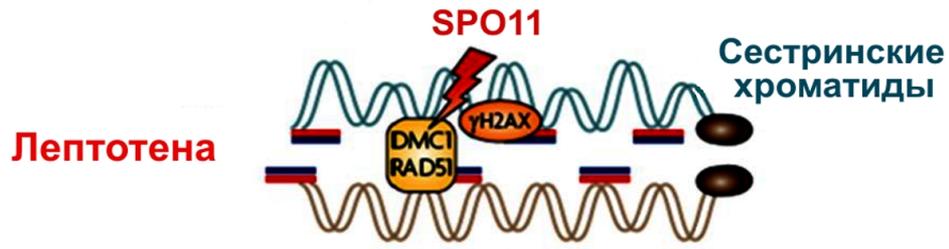


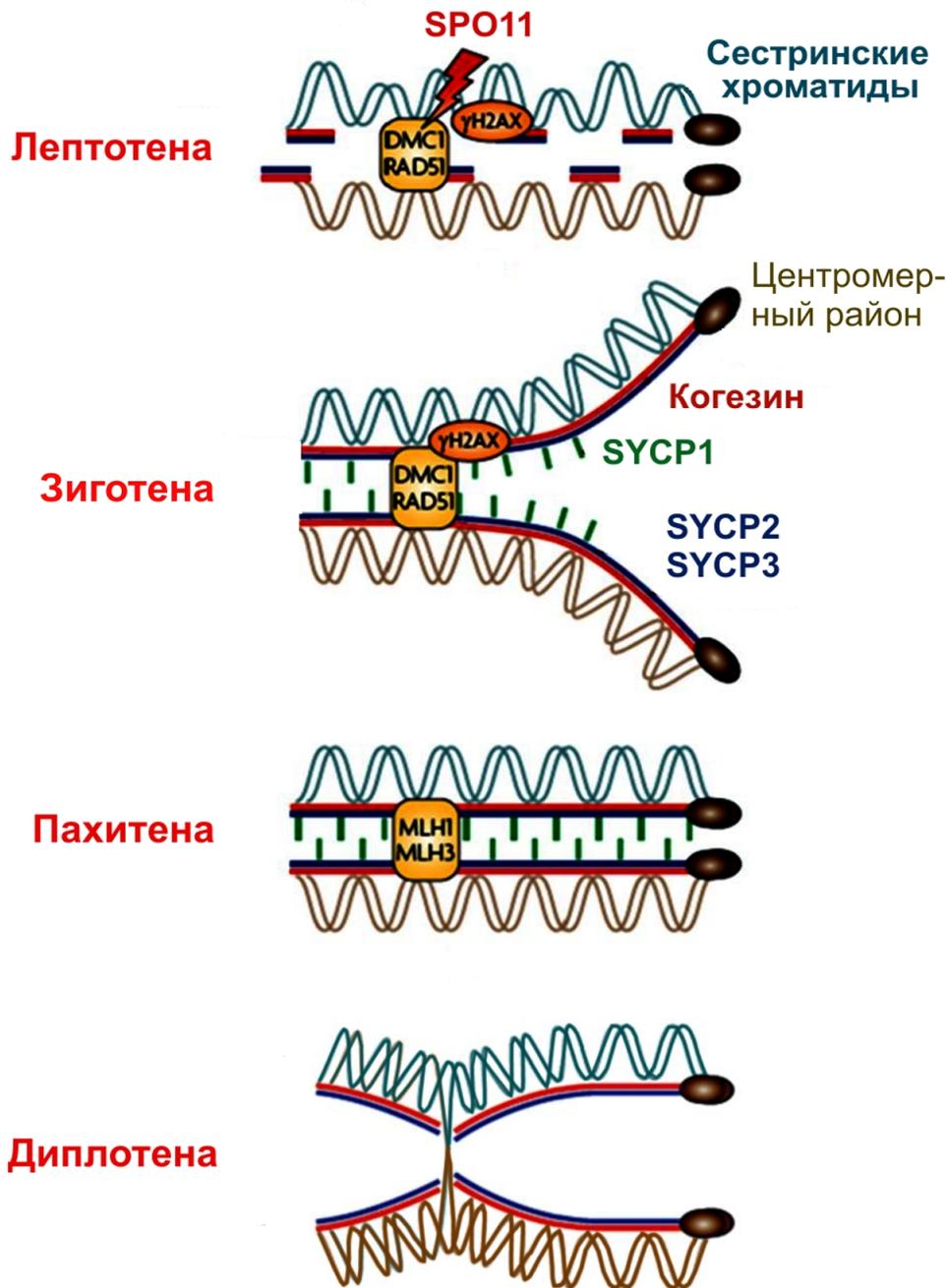
Поздние рекомбинационные узелки

*Хромосомы и СК*  
*Blaberus sp.*

Рекомбинационные узелки  
отмечены звездочками







**SPO11** создает двунитевые разрывы в ДНК

**DMC1** направляет 3'-концы к хроматиде другого гомолога

**RAD51** взаимодействует с белками, которые вызывают деградацию 5'-концов

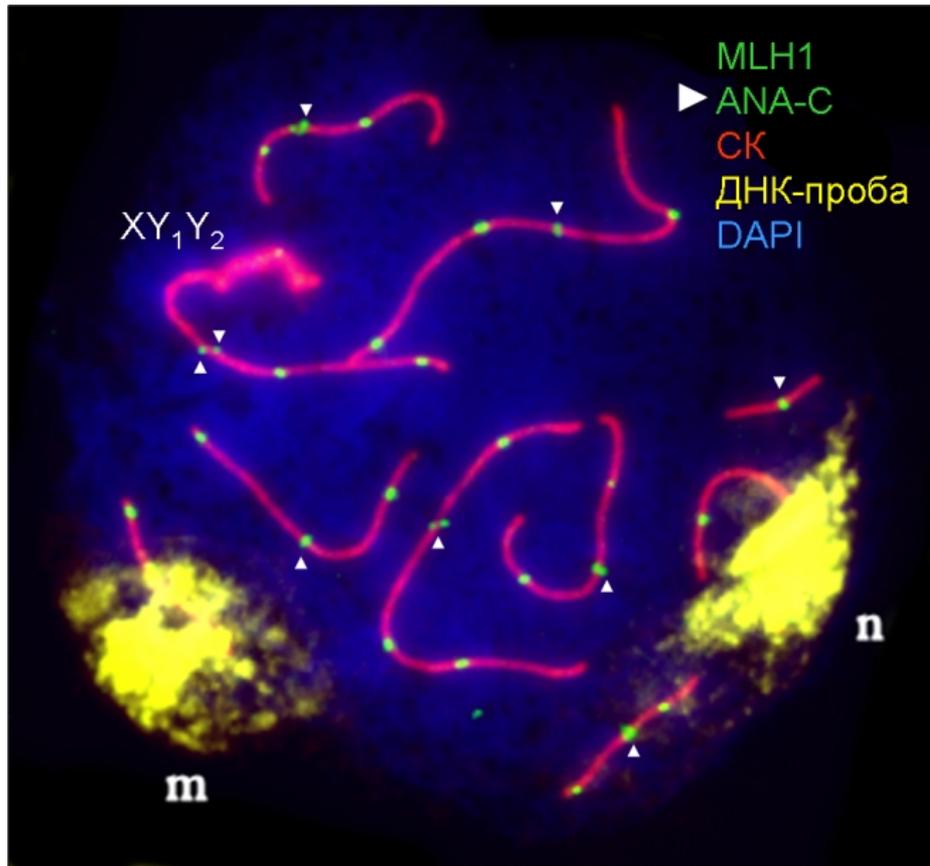
**Когезин** – комплекс белков (мейотический вариант)

**SYCP1** соединяет латеральные элементы

**SYCP2, SYCP3** входят в состав латерального элемента

**MLH1** – белок репарации ДНК

Иммунофлуоресцентное выявление белков в пахитене у бурозубки (Белоногова Н.М., 2006)



**SPO11** создает двунитевые разрывы в ДНК

**DMC1** направляет 3'-концы к хроматиде другого гомолога

**RAD51** взаимодействует с белками, которые вызывают деградацию 5'-концов

**Когезин** – комплекс белков (мейотический вариант)

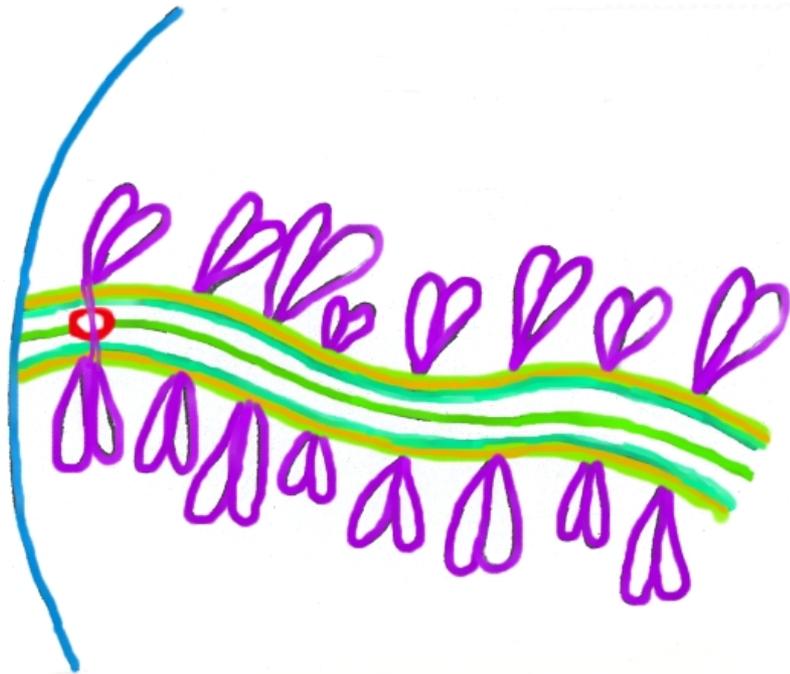
**SYCP1** соединяет латеральные элементы

**SYCP2, SYCP3** входят в состав латерального элемента

**MLH1** – белок репарации ДНК

**Пахитенный арест – гибель мейоцитов,  
в которых к началу пахитены остались  
неспаренные участки хромосом**

Кроссинговер -  
внутрихромосомная  
рекомбинация



# Кроссинговер - внутрихромосомная рекомбинация



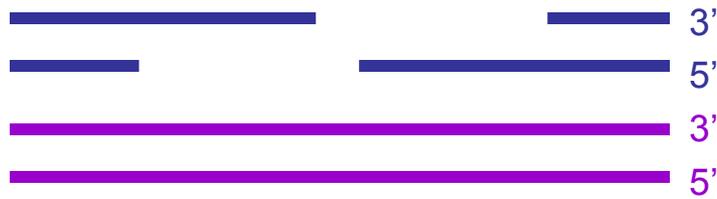
В кроссинговере участвуют две хроматиды, по одной от каждого гомолога

# Кроссинговер - внутрихромосомная рекомбинация



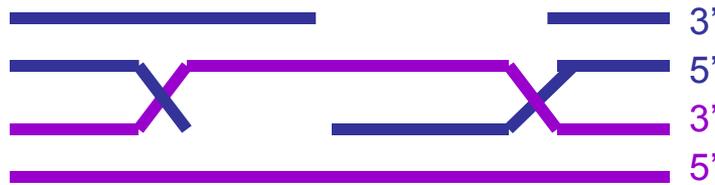
Двунитевой разрыв молекулы ДНК  
(участвуют белки: Spo11 (ТОРО II))

# Кроссинговер - внутрихромосомная рекомбинация



5'-3' Экзонуклеазный гидролиз нитей

# Кроссинговер - внутрихромосомная рекомбинация



Инвазия нити, образование D-петли  
(DMC1, RAD51/54)

# Кроссинговер - внутрихромосомная рекомбинация



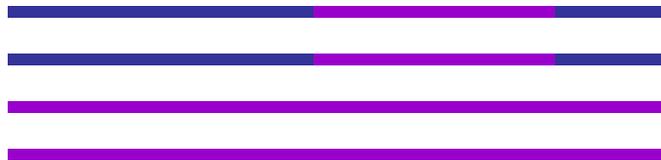
Миграция нити и  
репарационный синтез

# Кроссинговер - внутрихромосомная рекомбинация



Нарушение спаривания цепей ДНК исправляется ферментами репарации

A B



*Конверсия*

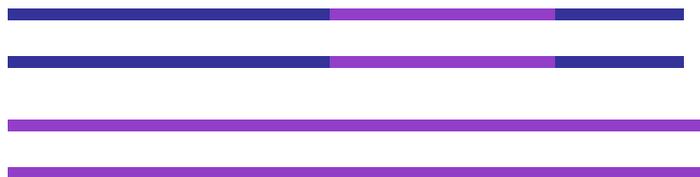
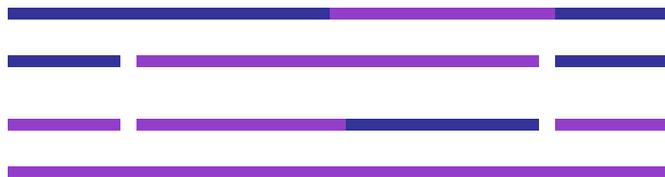
a  
b  
A b



*Кроссинговер*

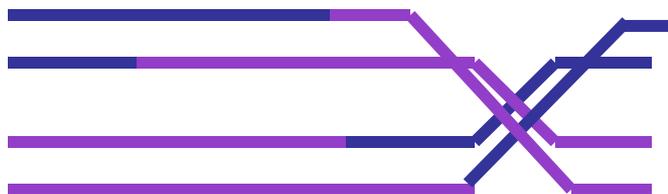
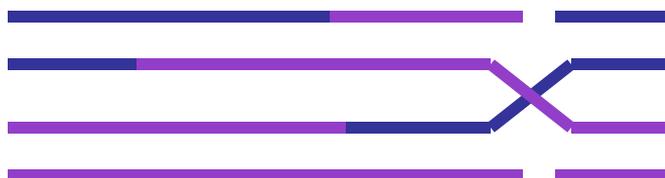
a B

# Кроссинговер - внутрихромосомная рекомбинация



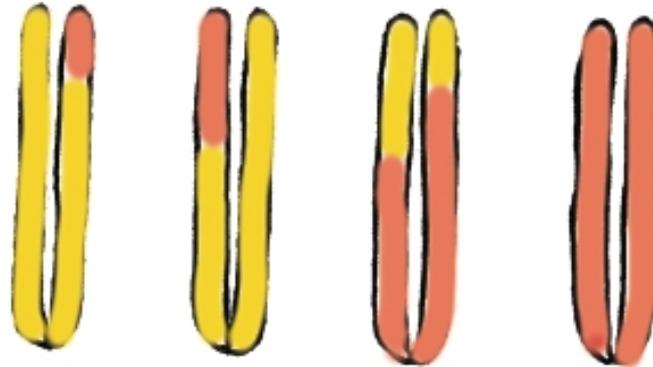
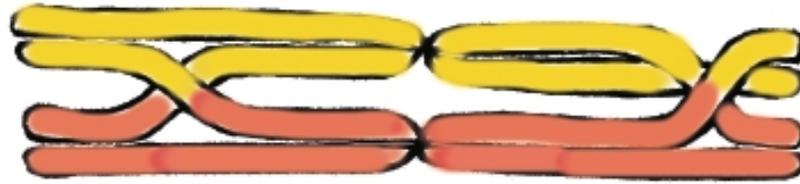
Конверсия

# Кроссинговер - внутрихромосомная рекомбинация



Кроссинговер

*В результате одного акта кроссинговера две хроматиды гомологов из четырех обмениваются участками*



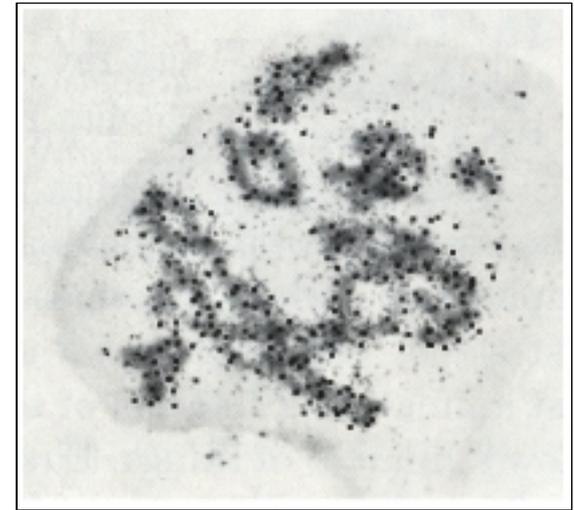
# Процессы первой профазы мейоза



# Процессы первой профазы мейоза



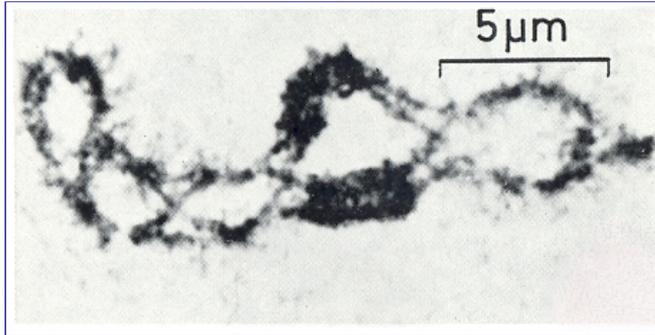
«Ламповые щетки» в ооцитах амфибии.  
Биваленты на стадии диплотены



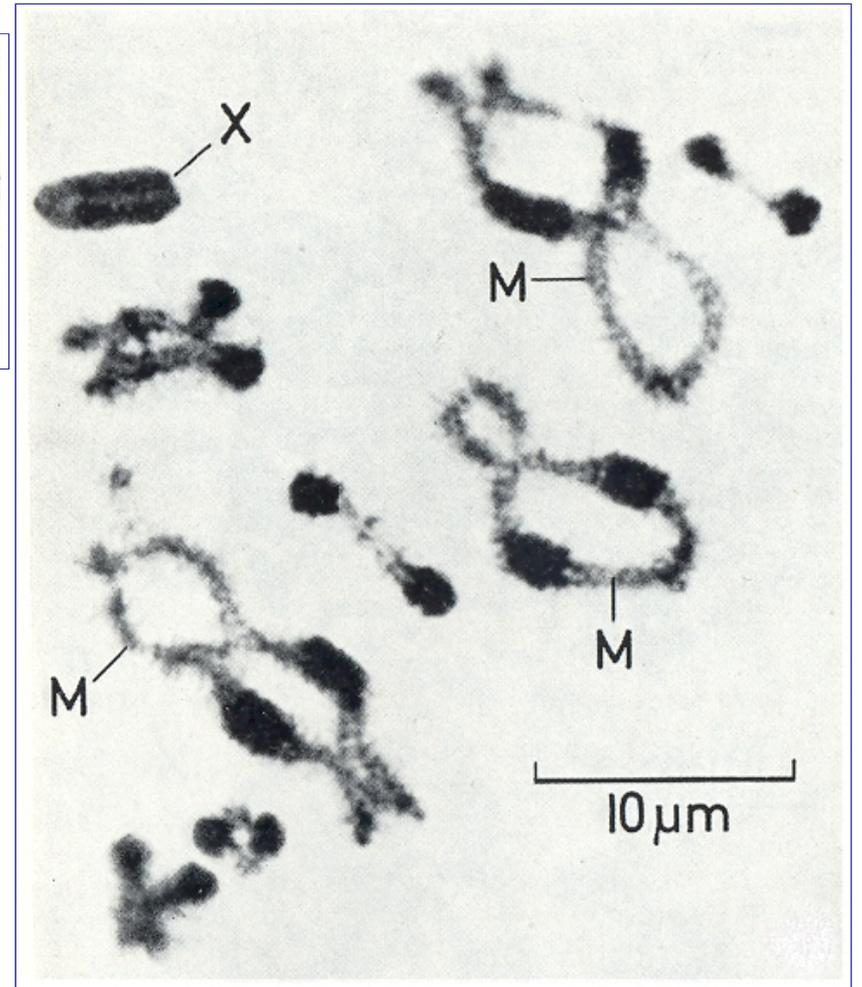
Включение меченого уридина в клетки на стадии диплотены (сперматогенез)

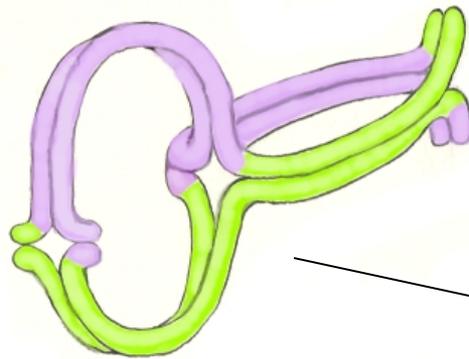
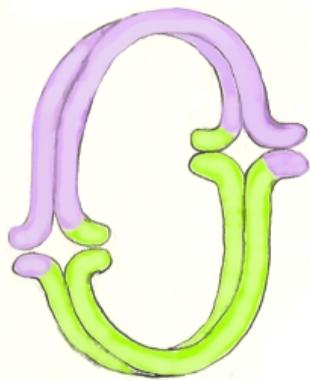
*Конденсация хромосом после исчезновения СК и сокращения транскрипционной активности*



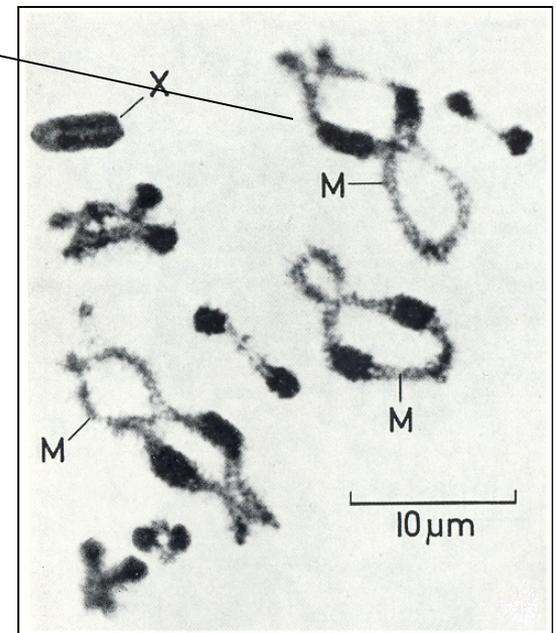
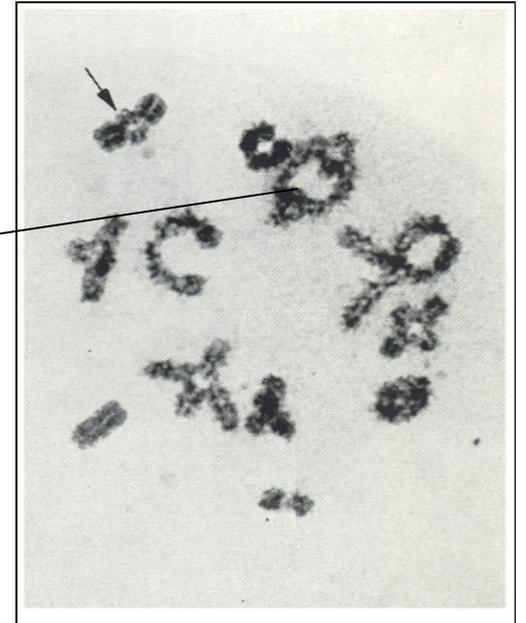


*Диплотенный бивалент  
и клетка на стадии  
диакинеза у *Stauroderus scalaris**

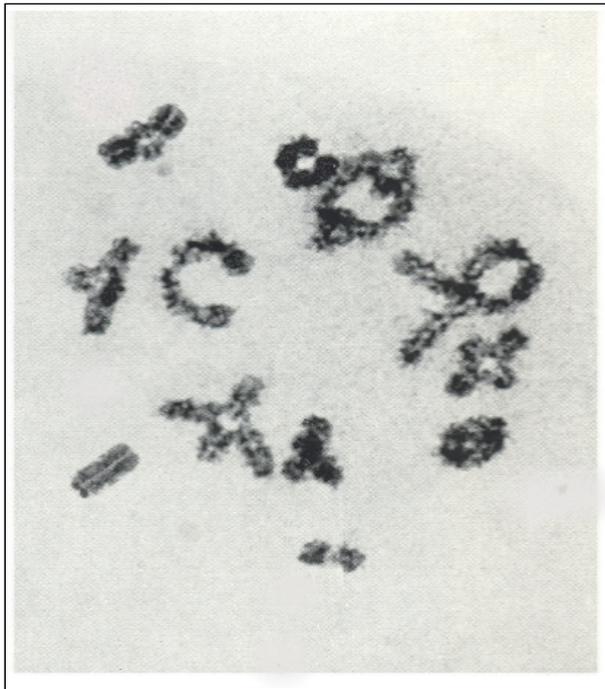




*Морфология бивалентов  
с двумя и тремя хиазмами*



*Морфология бивалентов с одной хиазмой в диаканезе-метафазе I зависит от ее локализации*



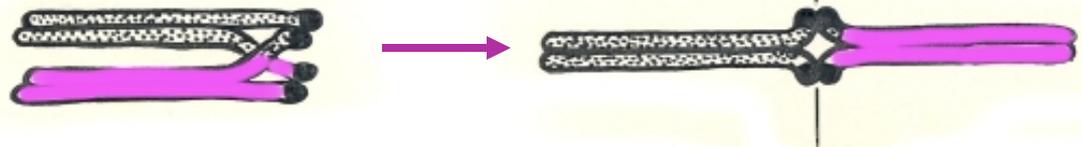
Срединное  
положение  
хиазмы



Дистальное  
положение  
хиазмы

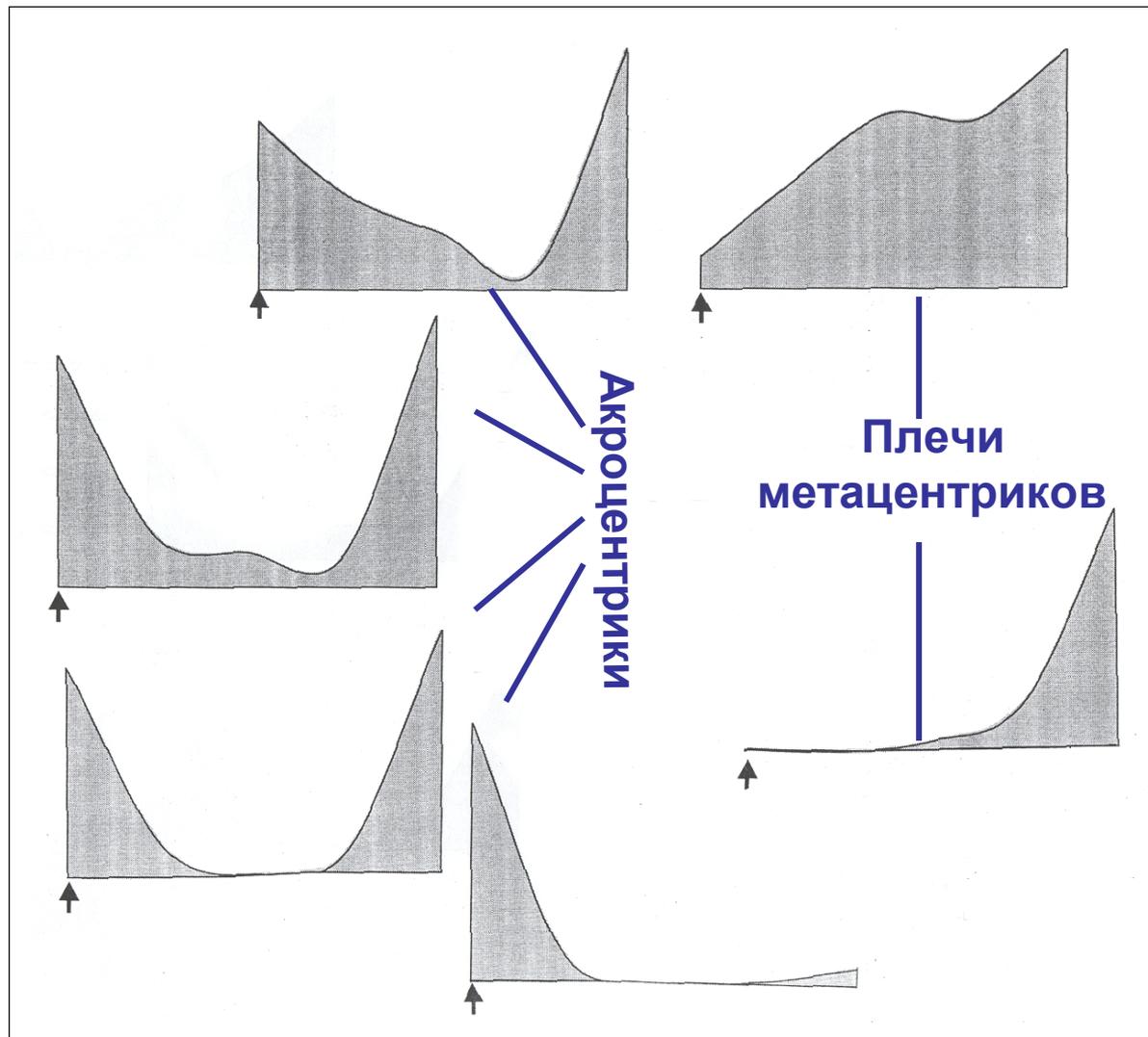


Проксимальное  
положение  
хиазмы

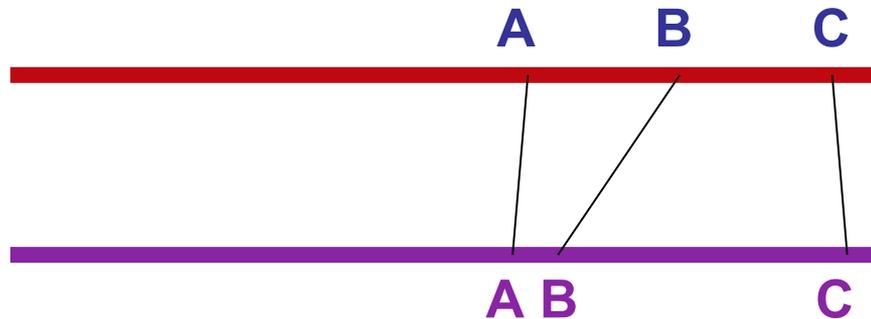
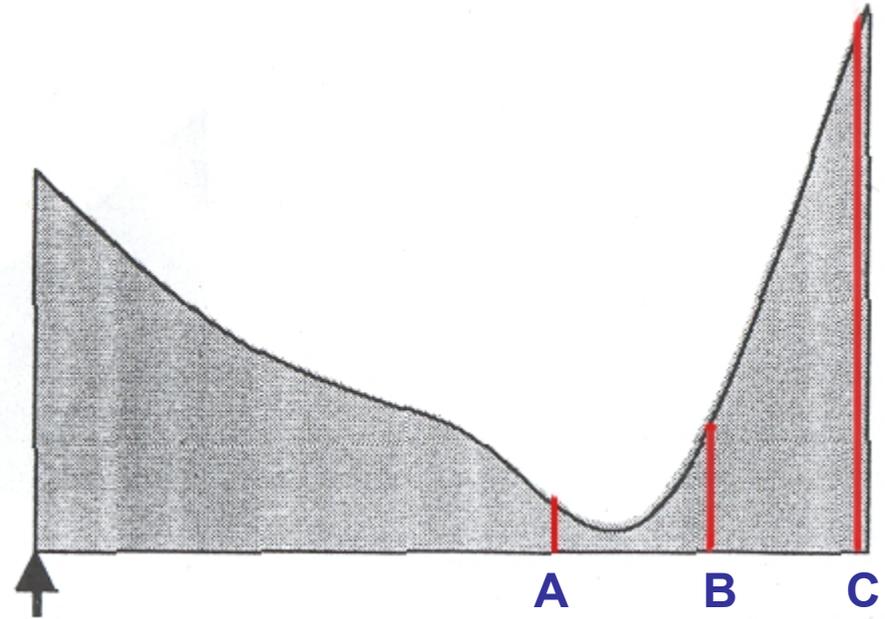


*Распределение  
рекомбинационных  
обменов по длине  
хромосомы не  
равномерно и  
имеет свои  
закономерности*

*Стрелки указывают  
положение центромеры*



Генетические и физические карты совпадают по порядку расположения генов, но отличаются по относительным расстояниям между ними. Причина этого - в неравномерном распределении кроссоверных обменов по длине хромосомы

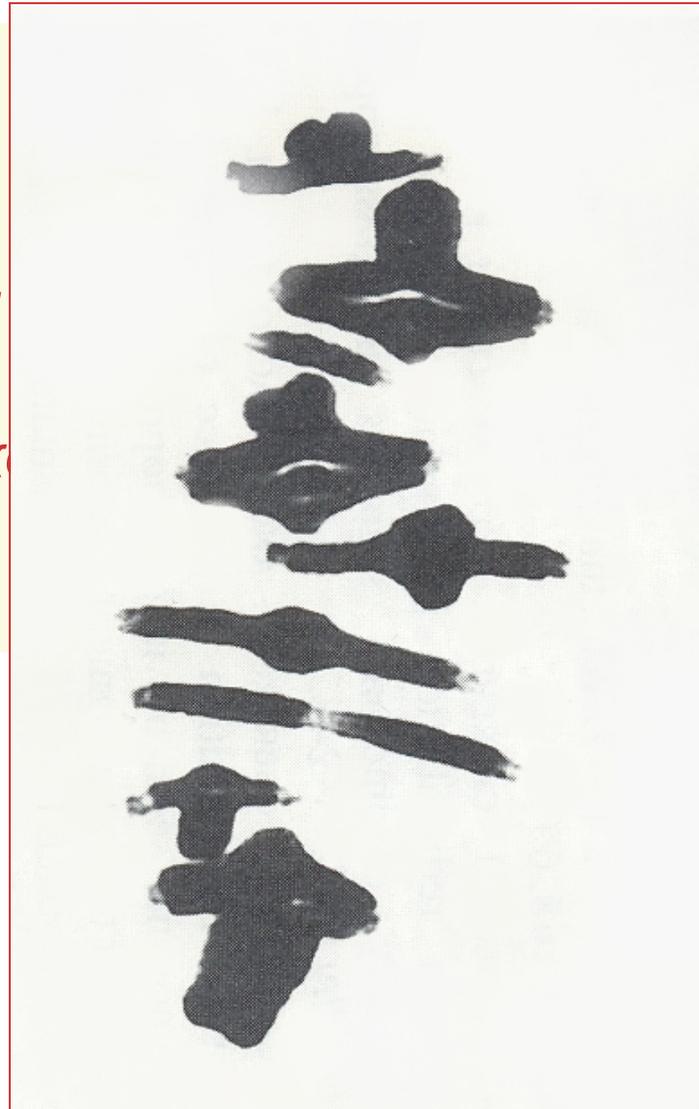


Сопоставление положения генов на **физической** и **генетической** карте

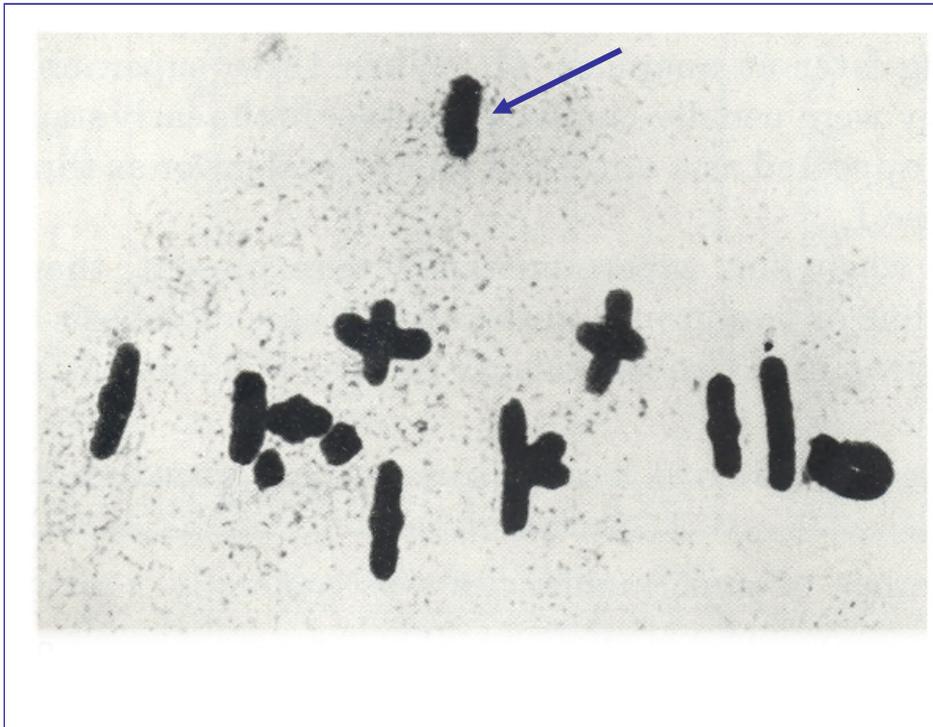
# Ход м



*Центромерный район хромосомы, состоящей из двух хроматид, действует как единый и связывается с микротрубочками только одного полюса (монополины).*



*Униваленты в первой  
метафазе  
прикрепляются только к  
одному полюсу*



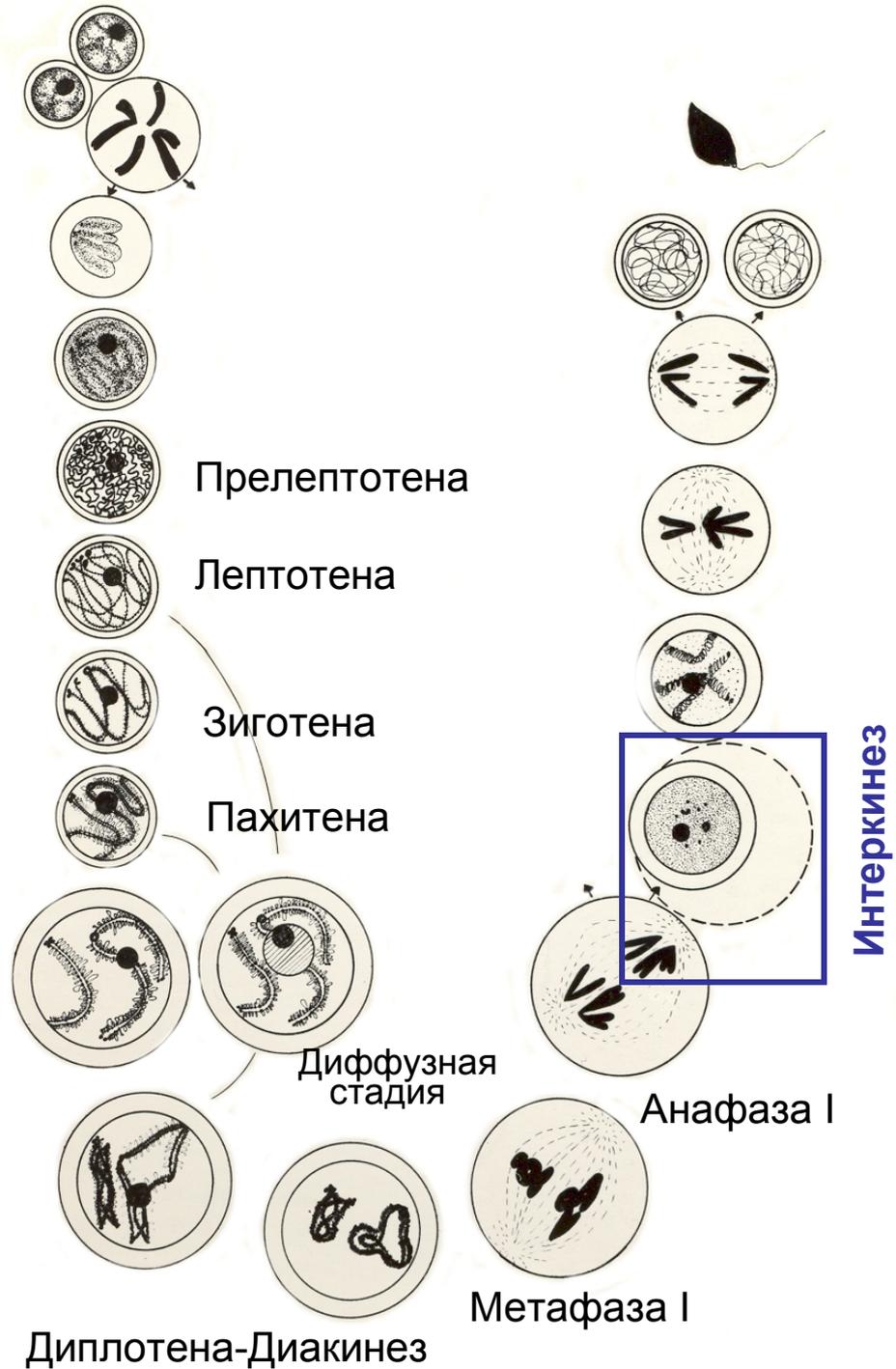
Расхождение гомологичных хромосом к полюсам происходит только после диссоциации **когезинов**, расположенных в плечах хромосом, после их фосфорилирования.

В центромерных районах хромосом когезины сохраняют целостность до начала анафазы II благодаря белку **шугошину**, который привлекает к когезинам фосфатазу, препятствующую их фосфорилированию.

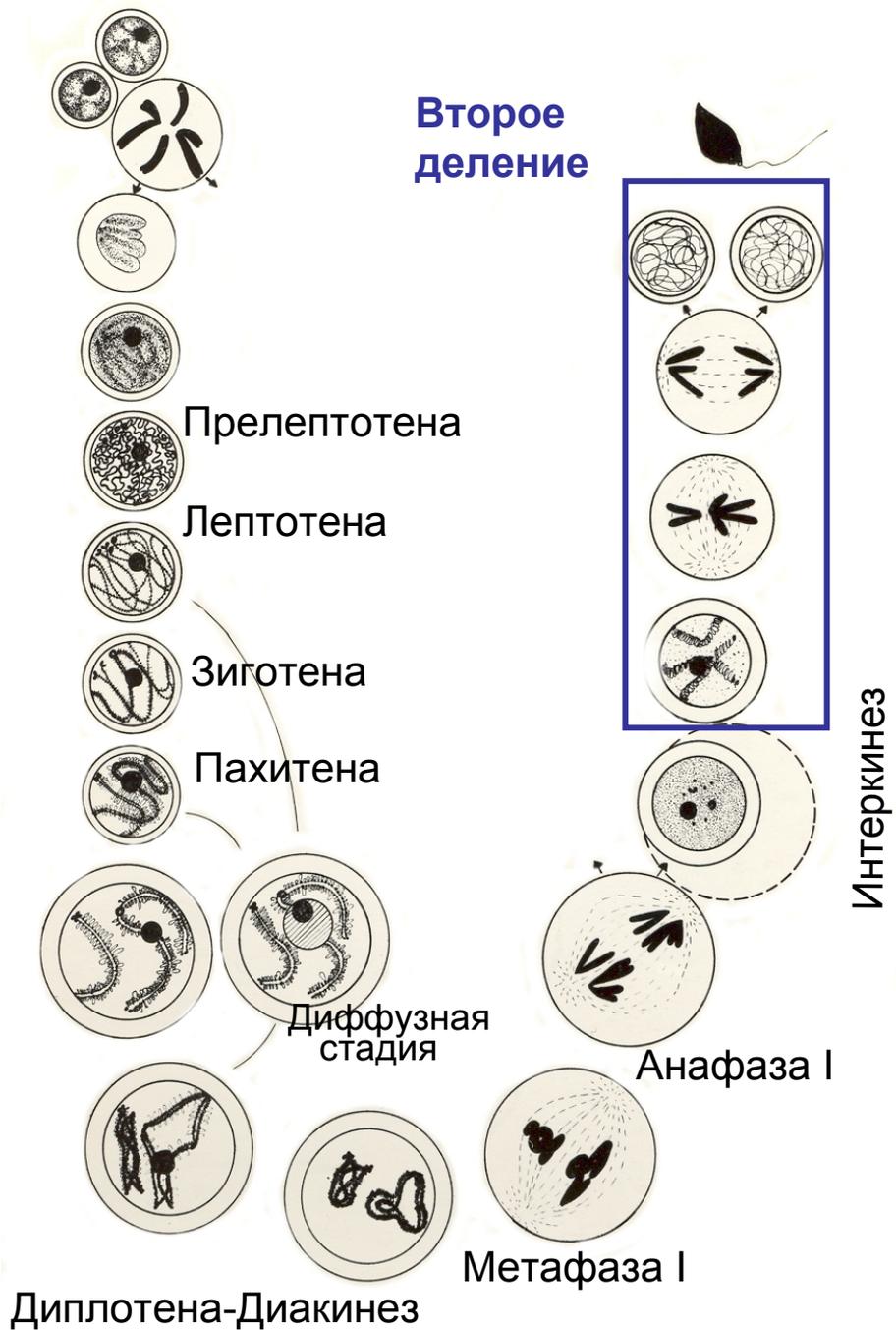
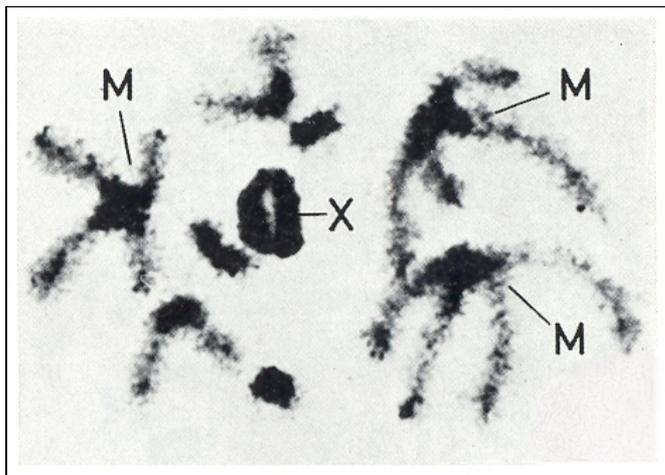


*В интеркинезе  
не происходит  
репликации ДНК.*

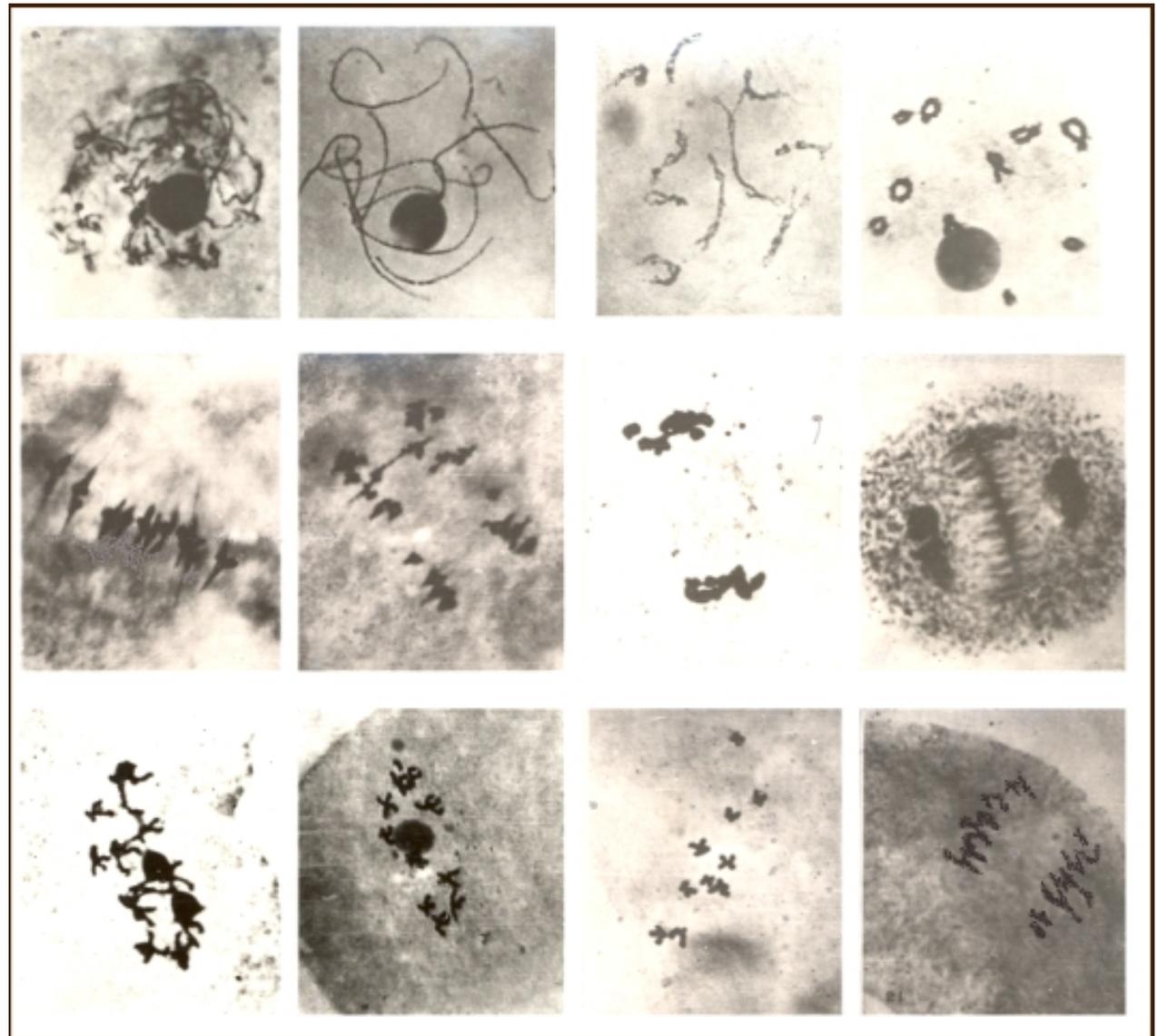
*У некоторых  
видов после  
анафазы I сразу  
наступает  
прометафаза II.*



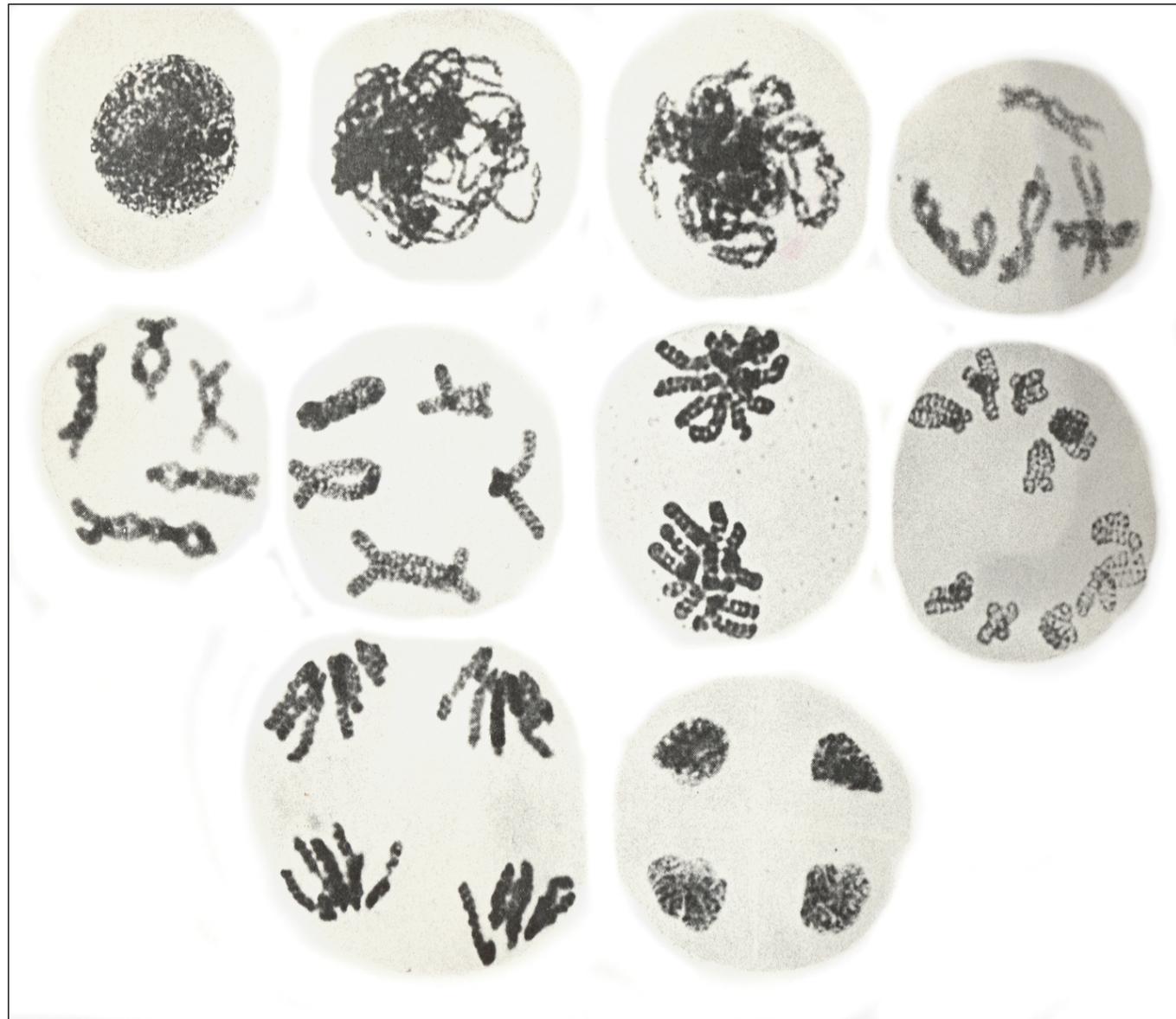
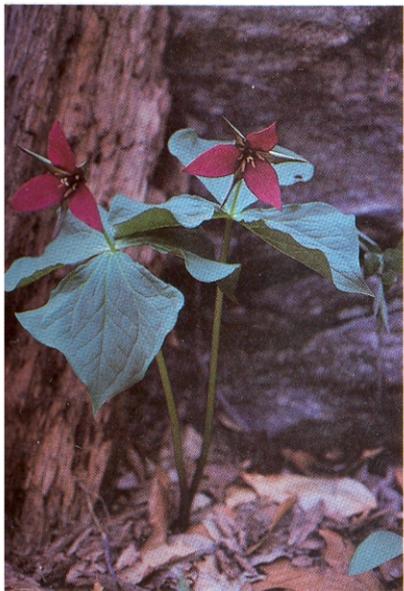
Сперматогониальная метафаза  
и метафаза II мейоза отличаются  
по морфологии хромосом  
(*Stauroderus scalaris*)



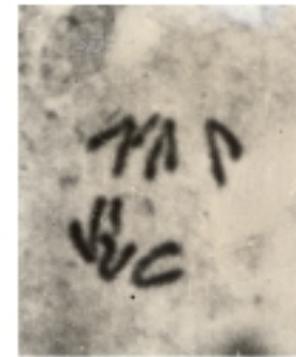
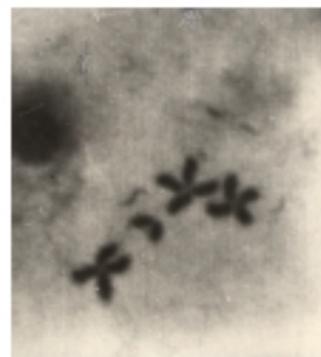
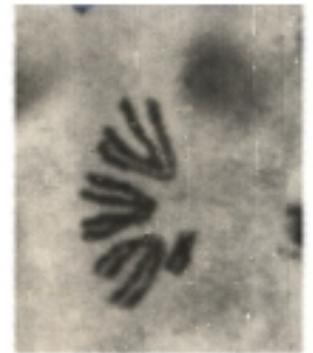
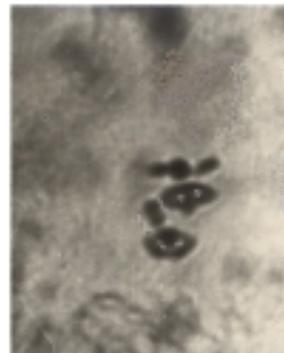
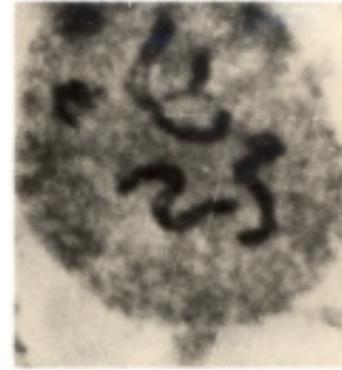
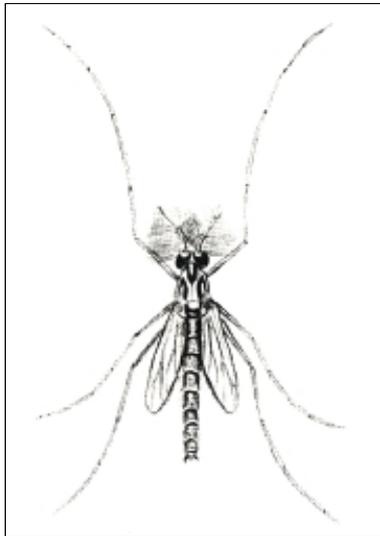
Ход  
мейоза  
у  
кукурузы



Ход мейоза у  
трилистника  
*Trillium erectum*



Ход мейоза  
у мотыля  
*Chironomus  
riparius*



# Длительность мейоза (в сутках)

