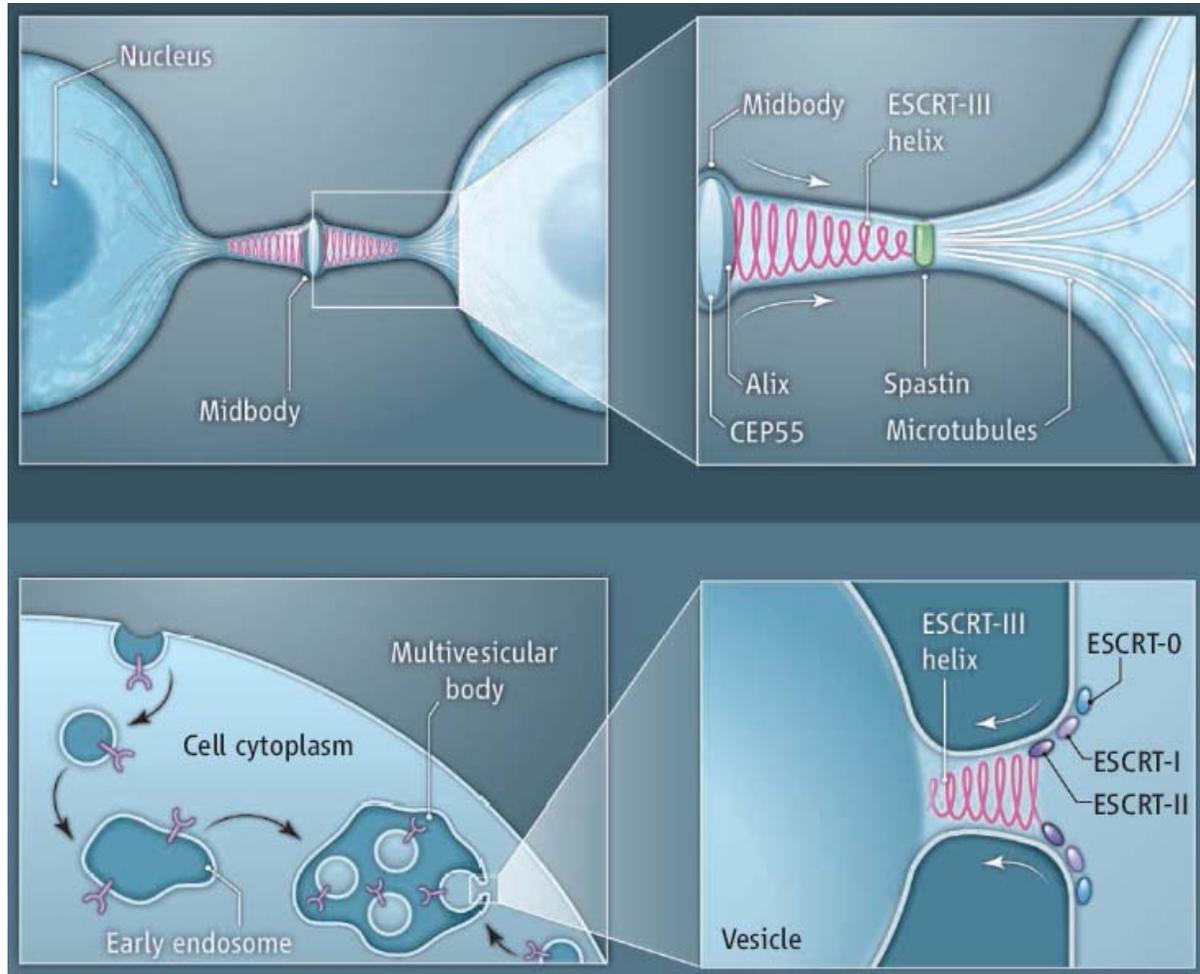


Riferimento bibliografico :

**A Helix for the Final Cut**  
Camilla Raiborg and Harald Stenmark  
*Science 25 March 2011: 1533-1534.*



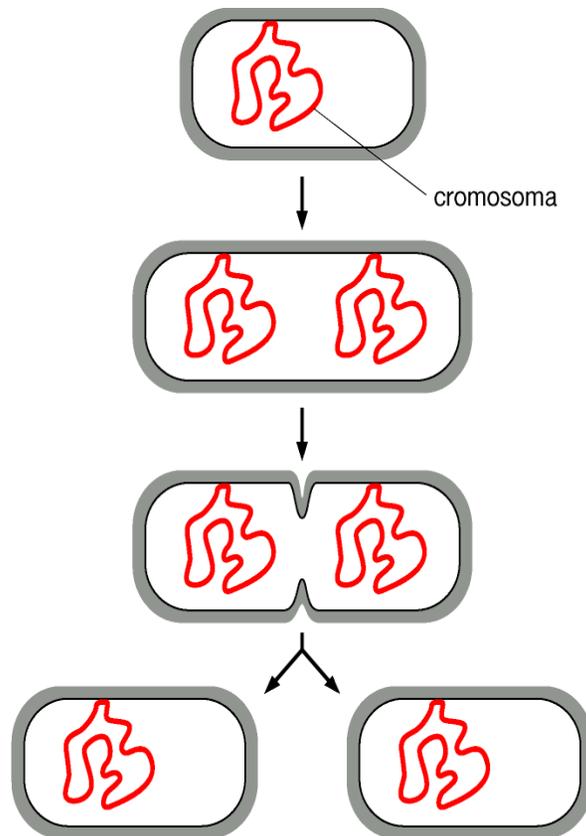
# La Meiosi

**Un processo di divisione cellulare indispensabile  
per la riproduzione sessuata**



**Attraverso la meiosi si ottengono, da una cellula di  
partenza, quattro cellule con numero di cromosomi  
dimezzato**

I batteri e molti altri organismi unicellulari si riproducono per divisione cellulare (riproduzione asessuata)



La maggior parte degli organismi pluricellulari si riproduce grazie a speciali cellule che prendono il nome di **gameti**, e che hanno il compito di trasportare e far confluire parti del genoma di due individui



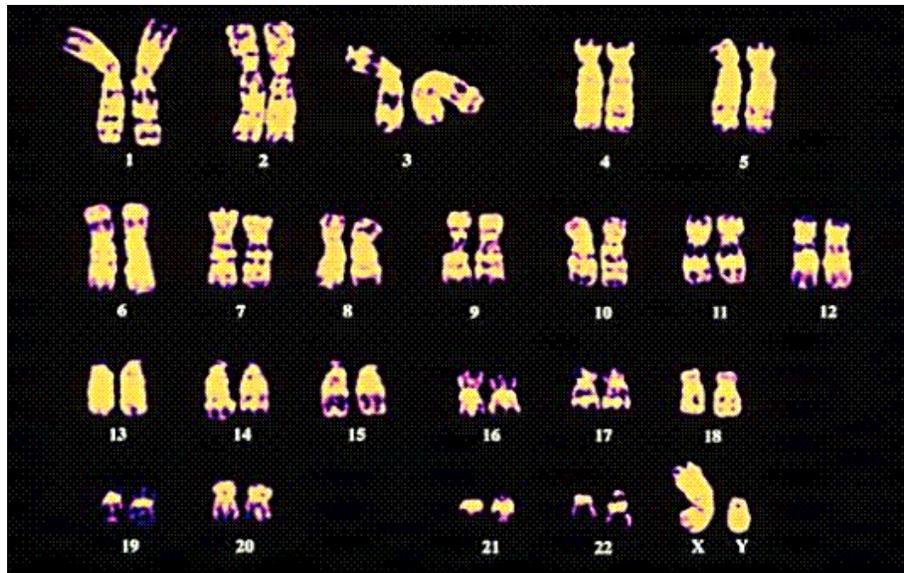
25 μm

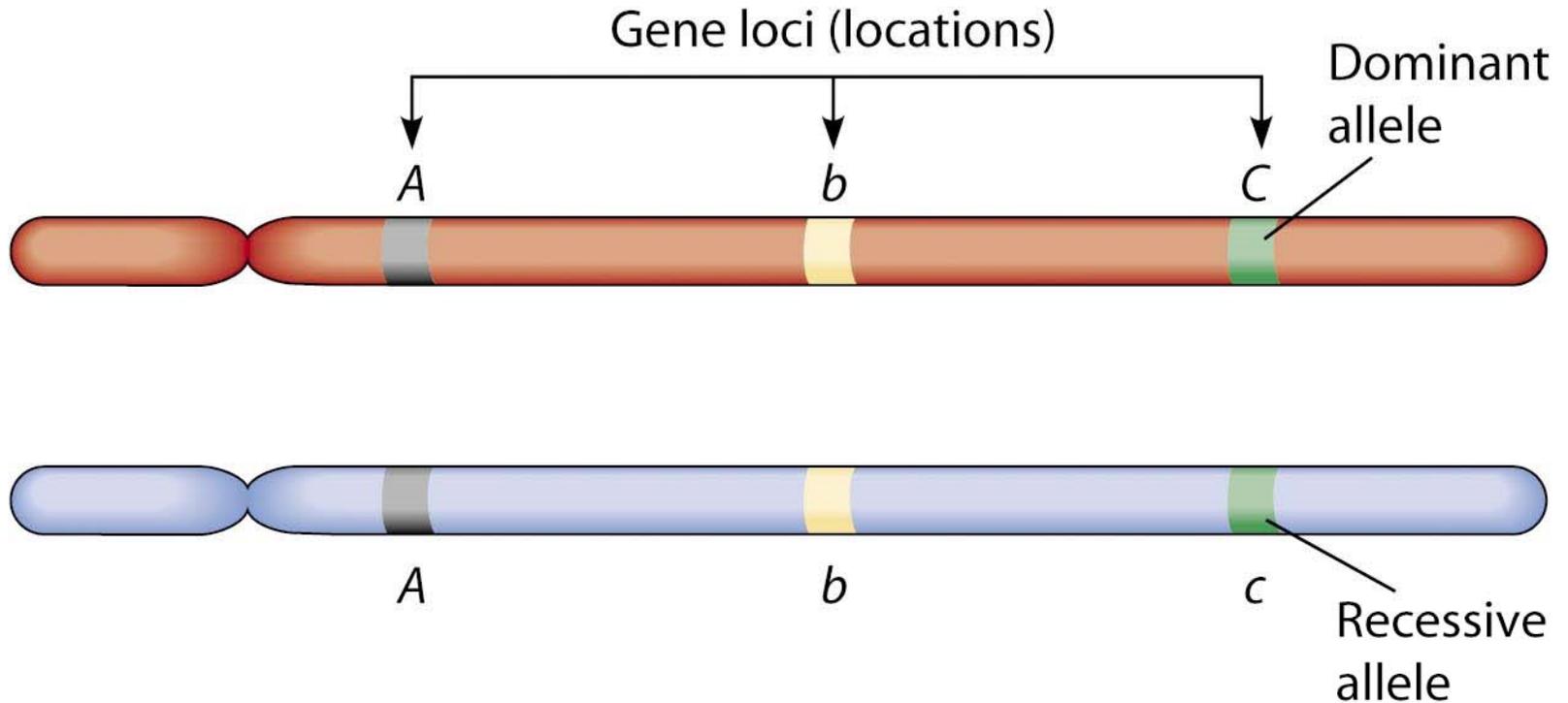
## Qual è il cariotipo normale di un individuo?

Ognuno di noi possiede **46 cromosomi**, di cui:

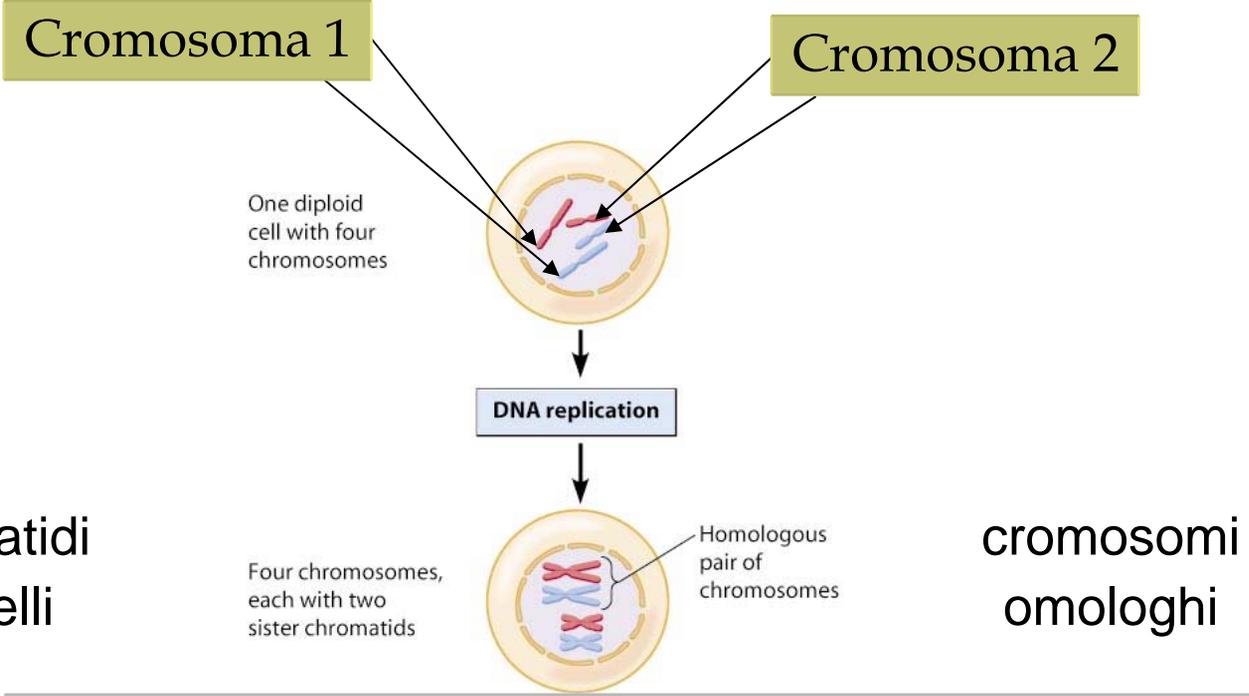
- **2 cromosomi sessuali**: il cromosoma X e il cromosoma Y; le femmine possiedono 2 copie del cromosoma X (XX), i maschi possiedono 1 cromosoma X e 1 cromosoma Y (XY).

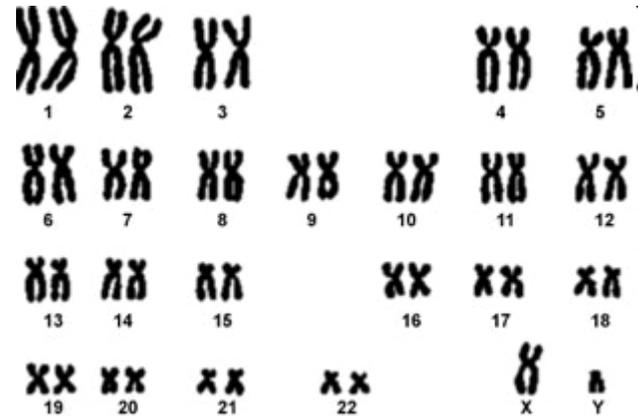
- **44 cromosomi “non sessuali” (autosomi)** uguali 2 a 2. In altre parole, **22 coppie di autosomi**.





<b>Genotype:</b>	<i>AA</i>	<i>bb</i>	<i>Cc</i>
	Homozygous for the dominant allele	Homozygous for the recessive allele	Heterozygous
<b>Phenotype:</b>	Dominant trait A	Recessive trait b	Dominant trait C





## CROMOSOMI OMOLOGHI:

*due cromosomi della stessa coppia, uno di origine materna e l'altro paterna, portano informazioni genetiche per gli stessi caratteri.*

*Corredo diploide di una cellula somatica normale durante la divisione cellulare (materiale genetico duplicato)*

## CELLULE DIPLOIDI:

*cellule i cui nuclei contengono due serie di cromosomi omologhi. Il numero totale dei cromosomi è detto diploide e si abbrevia con la sigla  $2n$ .*

*SI TRATTA DI CELLULE SOMATICHE*

## CELLULE APLOIDI:

*cellule i cui nuclei possiedono un numero di cromosomi pari alla metà dei cromosomi tipici della specie. Il numero totale di cromosomi è detto aploide e si abbrevia con la sigla  $n$ .*

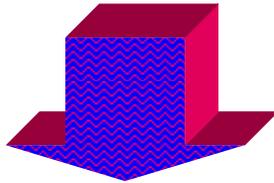
*SI TRATTA DI CELLULE GERMINALI, dette GAMETI (es. cellule uovo e spermatozoi), preposte alla RIPRODUZIONE SESSUATA.*

**I GAMETI sono prodotti grazie al processo di MEIOSI**

In un organismo pluricellulare sono presenti:

Cellule somatiche:

ne costituiscono i tessuti e il corpo .

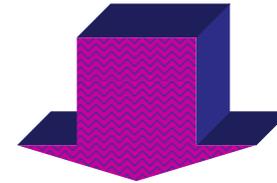


Vanno incontro al processo di  
Mitosi

*riparazione di tessuti danneggiati,  
crescita dell'individuo*

Cellule germinali:

specializzate nella funzione  
riproduttiva.

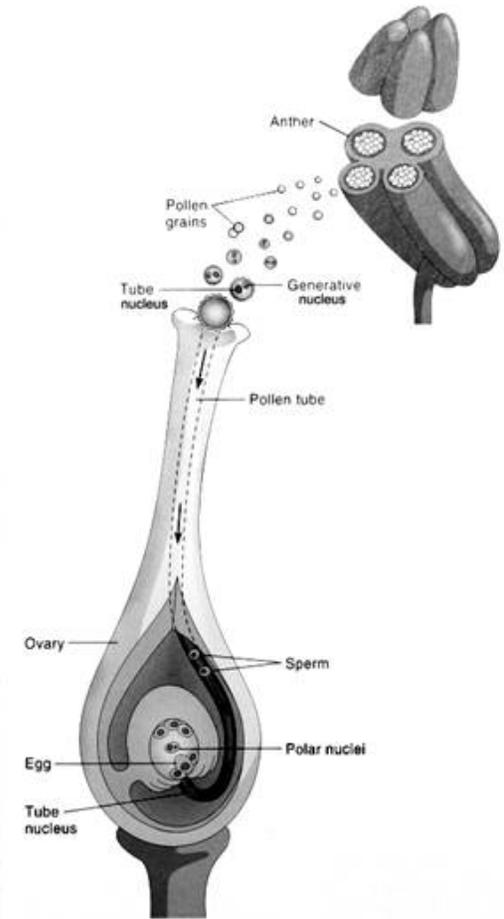
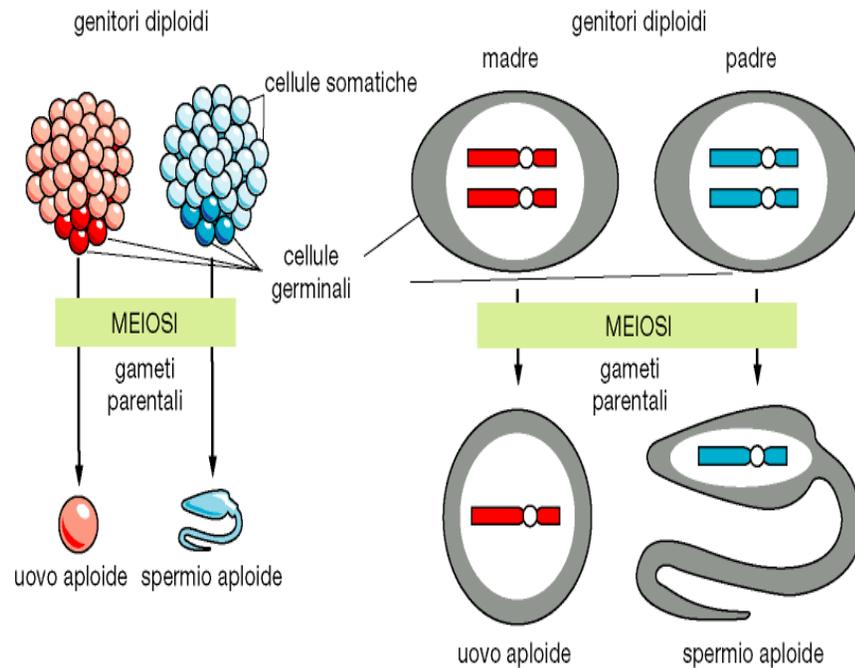


Vanno incontro al processo di  
Meiosi

*produzione di gameti  
maschili o femminili*

La meiosi è caratteristica delle cellule germinali e risulta nella produzione dei gameti con un corredo cromosomico aploide che presenta un diverso assortimento.

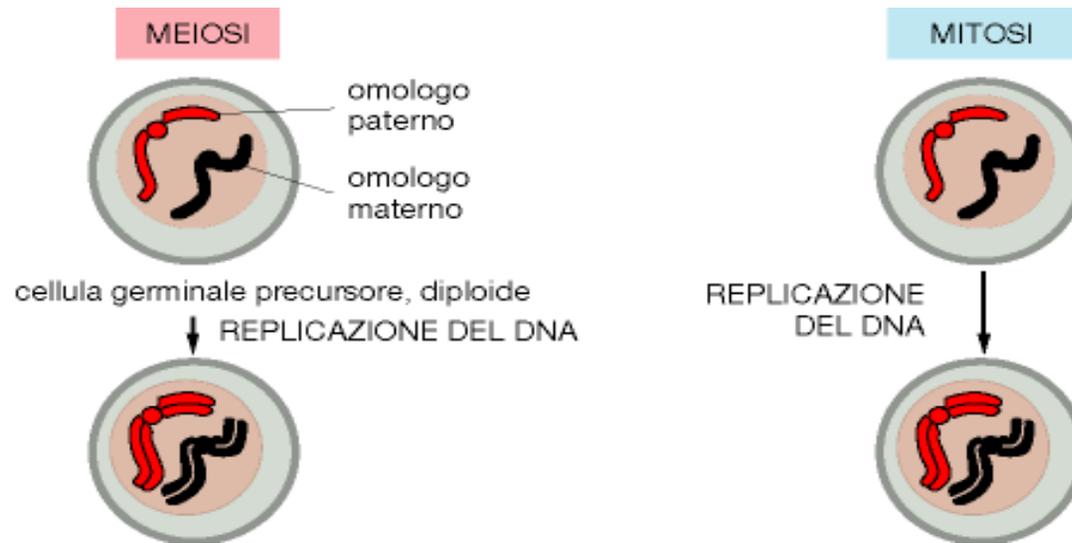
Sia negli animali che nei vegetali, un gamete è solitamente grande ed immobile, la cellula uovo, mentre l'altro è piccolo ed estremamente mobile.



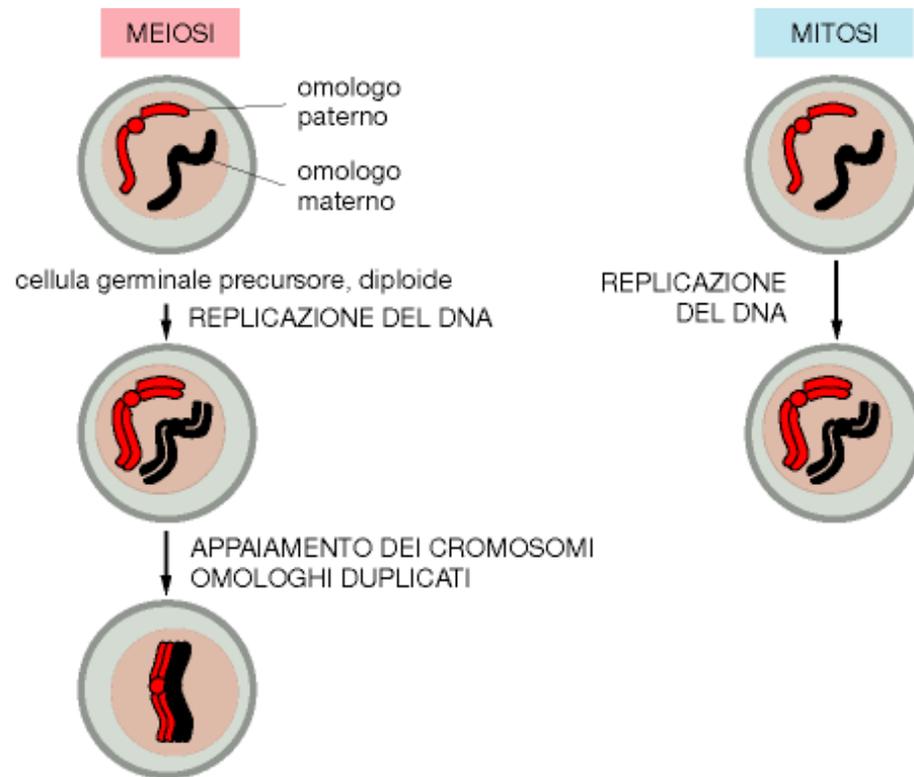
# 1. Replicazione del DNA

Prima di iniziare il processo di divisione la cellula germinale duplica il proprio DNA, così come avviene nelle cellule somatiche in divisione mitotica.

Si avranno i due cromosomi omologhi ciascuno con i due cromatidi fratelli.



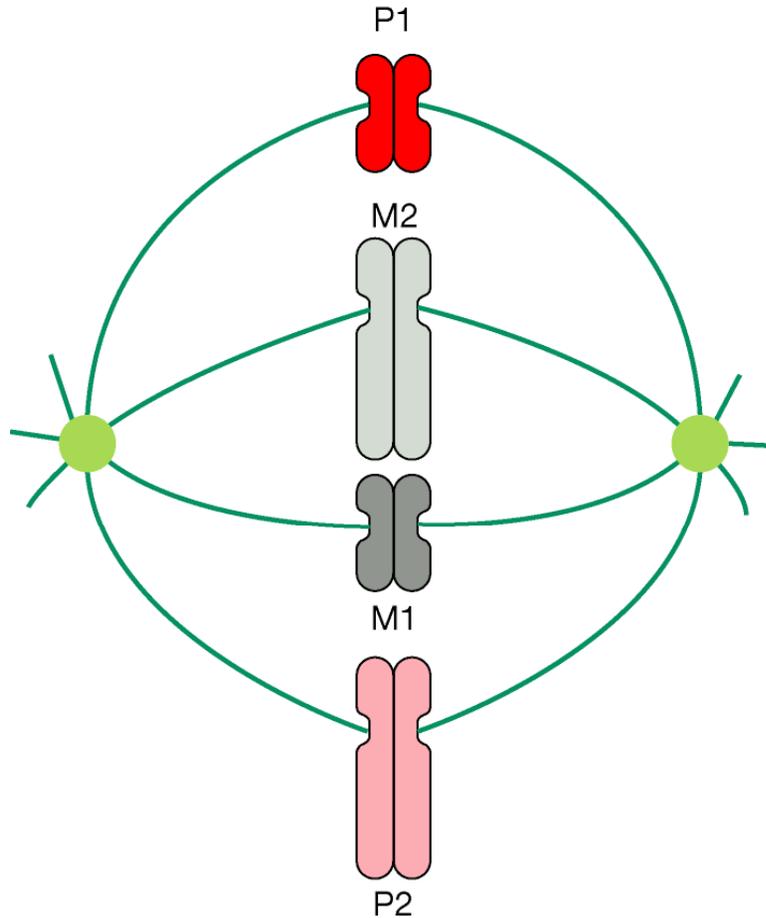
## 2. Appaiamento dei cromosomi omologhi duplicati



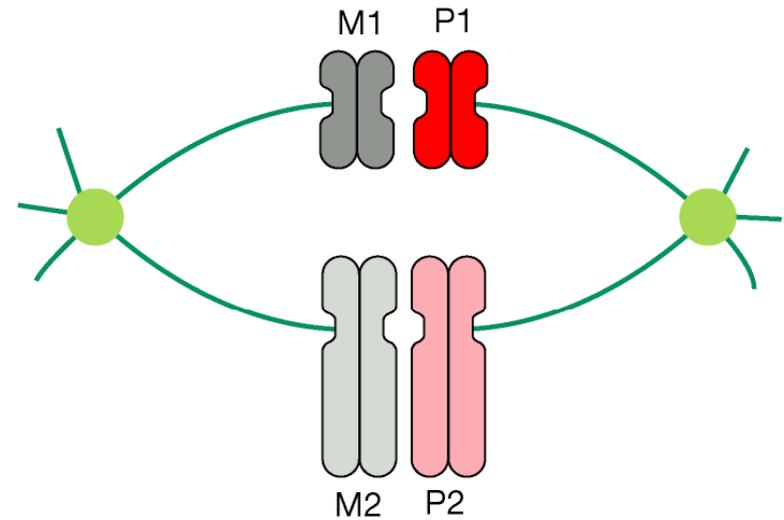
Durante la meiosi i cromosomi omologhi si appaiano sul piano equatoriale del fuso mitotico.

Tale appaiamento non avviene nel processo mitotico.

Il risultato è che le cellule figlie avranno un solo cromosoma omologo di origine paterna o materna.

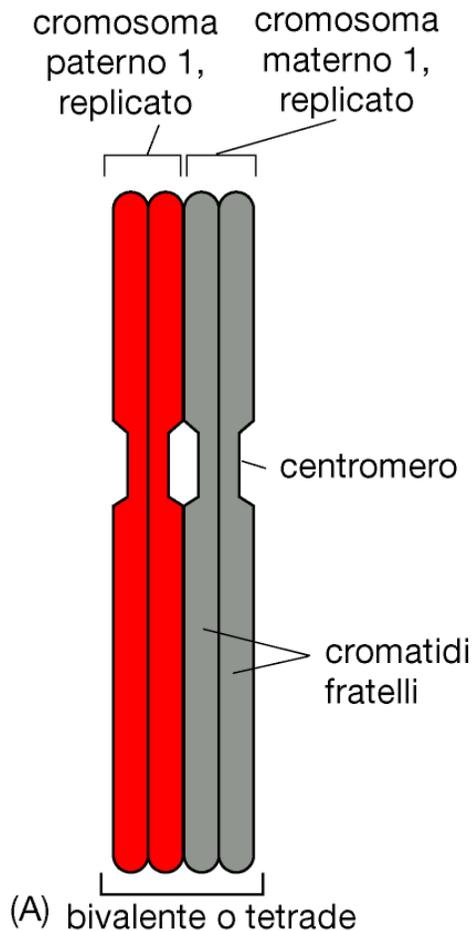


(A) Piastra metafase in **mitosi**: i cromosomi omologhi si muovono indipendentemente



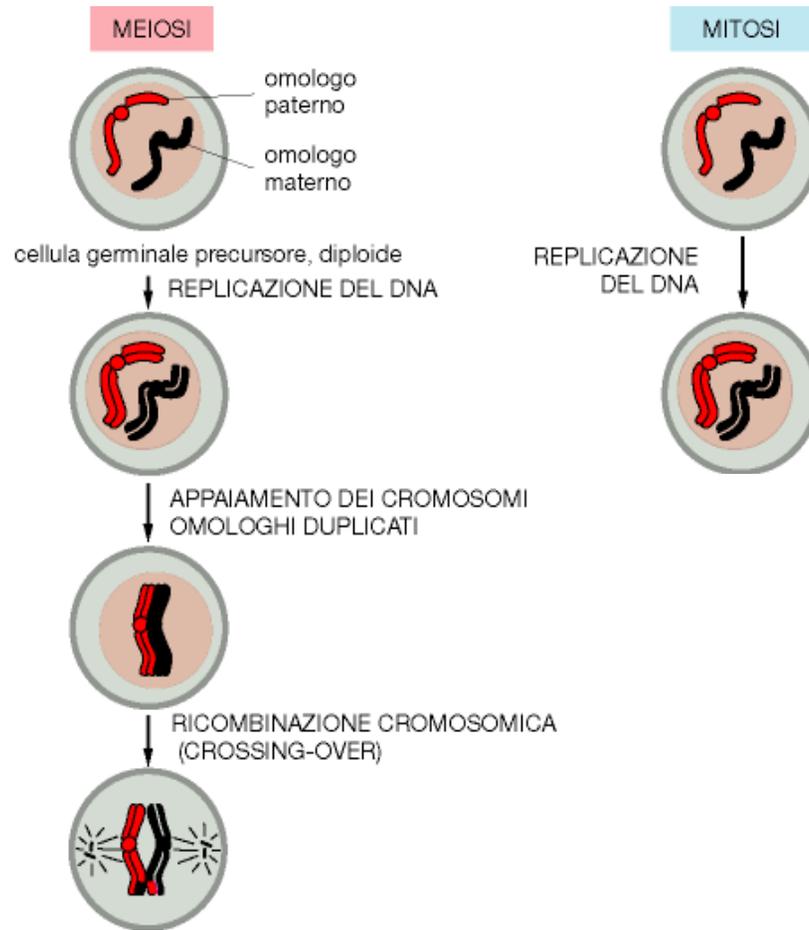
(B) Piastra metafase in **meiosi**: i cromosomi omologhi sono appaiati

L'appaiamento dei cromosomi omologhi sembrerebbe mediato dall'interazione tra sequenze di basi complementari.  
Tale struttura prende il nome di bivalente o tetrade.



L'appaiamento dei cromosomi omologhi favorisce lo scambio di tratti cromosomici.

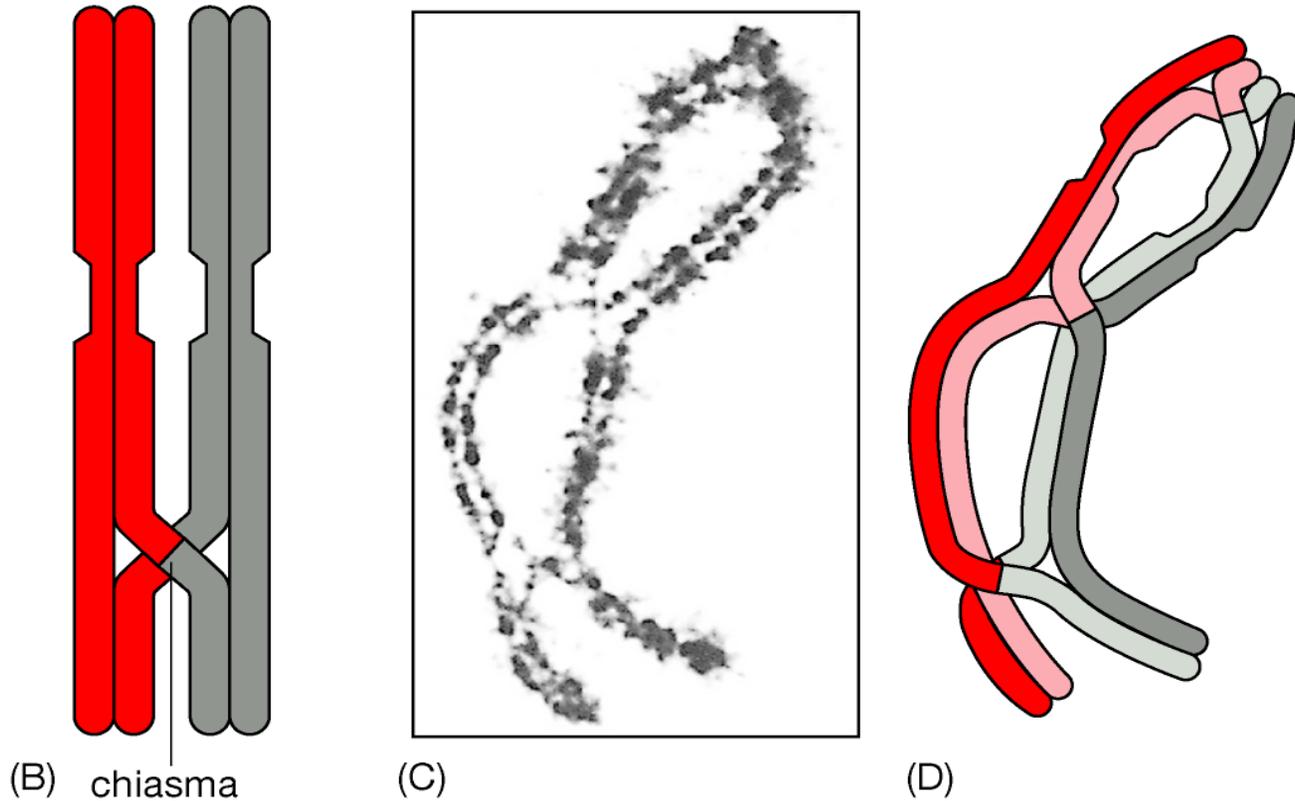
Questo processo prende il nome di ricombinazione o crossing-over.



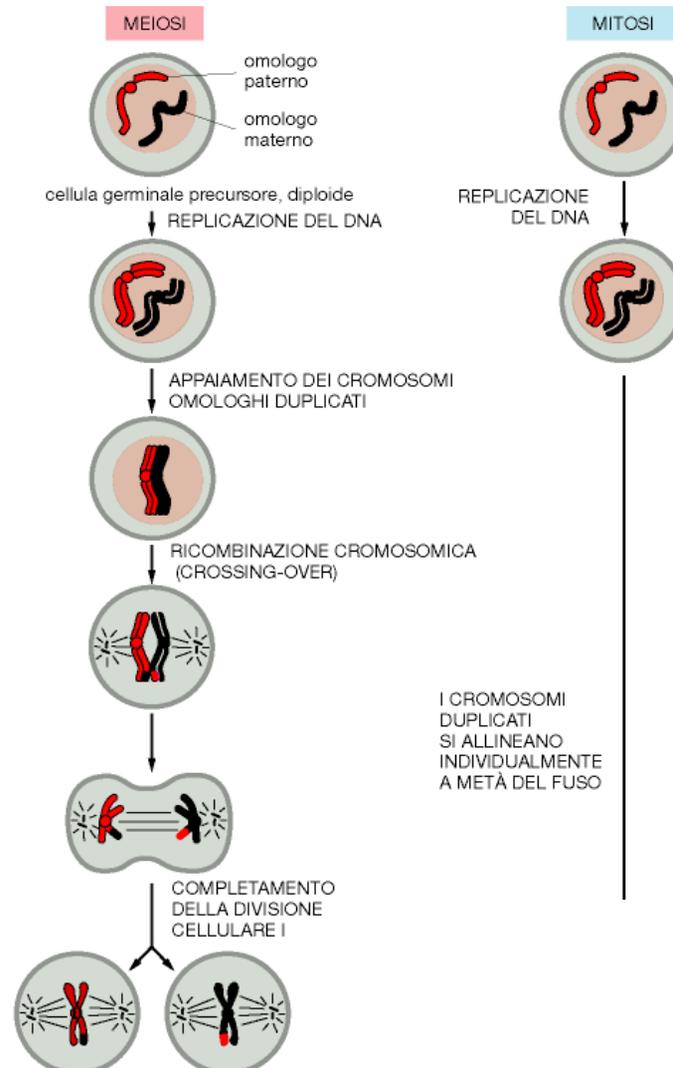
Durante il crossing-over tratti di DNA vengono scambiati tra cromatidi omologhi.

Più eventi di scambio possono osservarsi all'interno della tetrate

Tale fenomeno genera variazione genica.

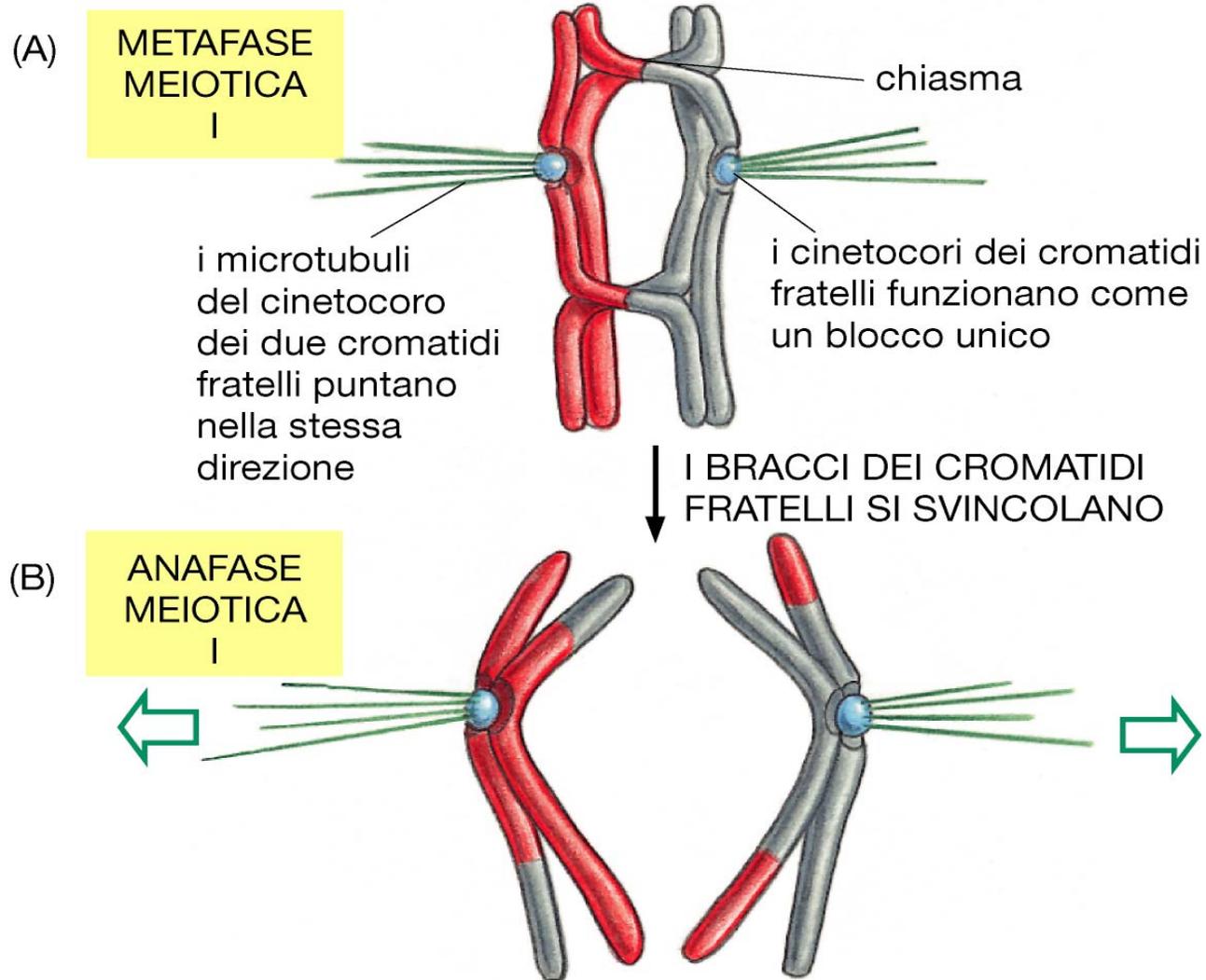


Con la I divisione meiotica le due cellule figlie contengono ciascuna uno dei due cromosomi omologhi, costituiti dai due cromatidi fratelli, riorganizzati a seguito di eventi di crossing-over.

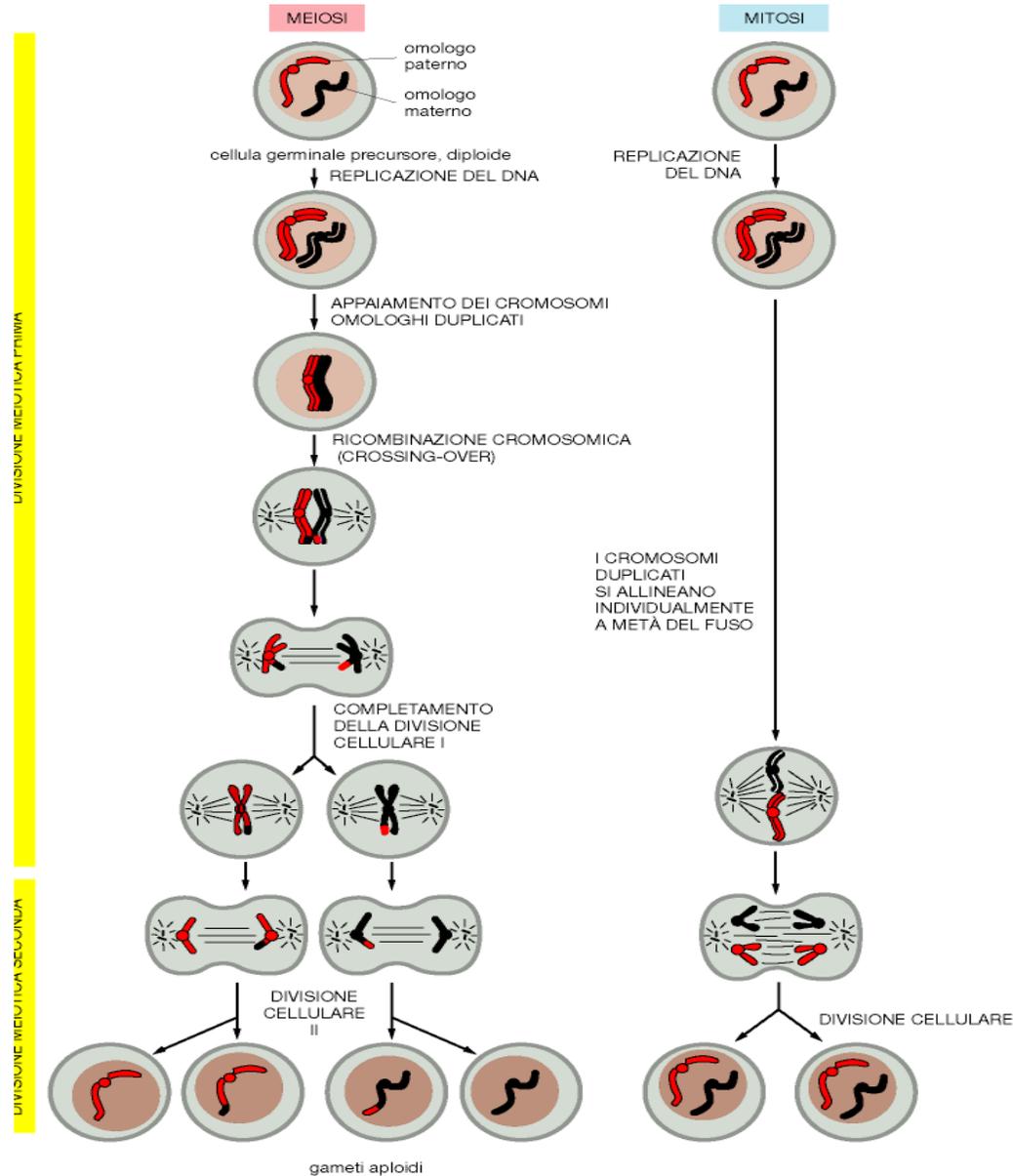


Nella I divisione meiotica i cromosomi omologhi appaiati vengono tirati ai poli opposti del fuso mitotico.

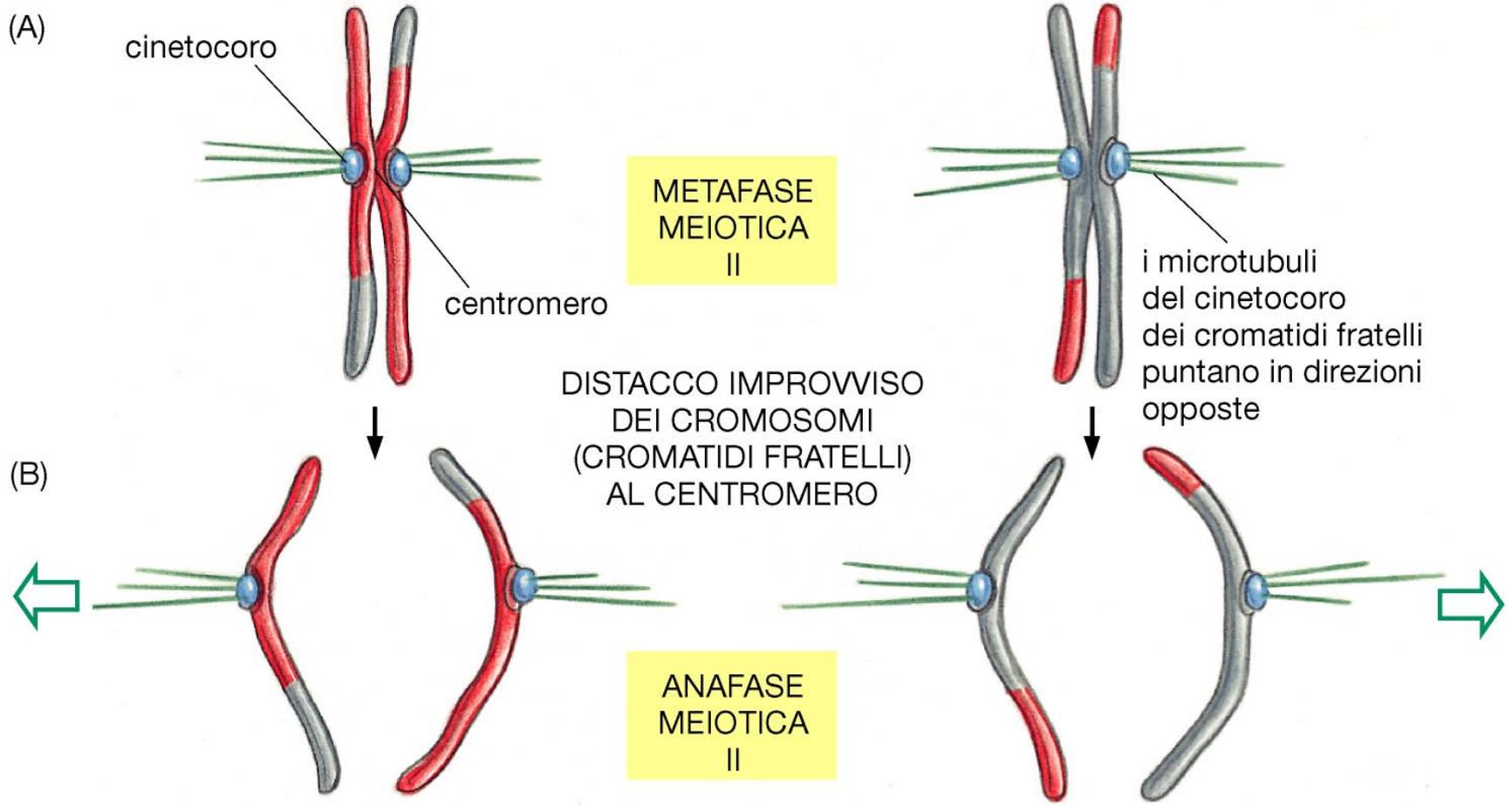
Le due cellule figlie avranno ciascuna una copia dei due cromosomi omologhi della cellula madre.



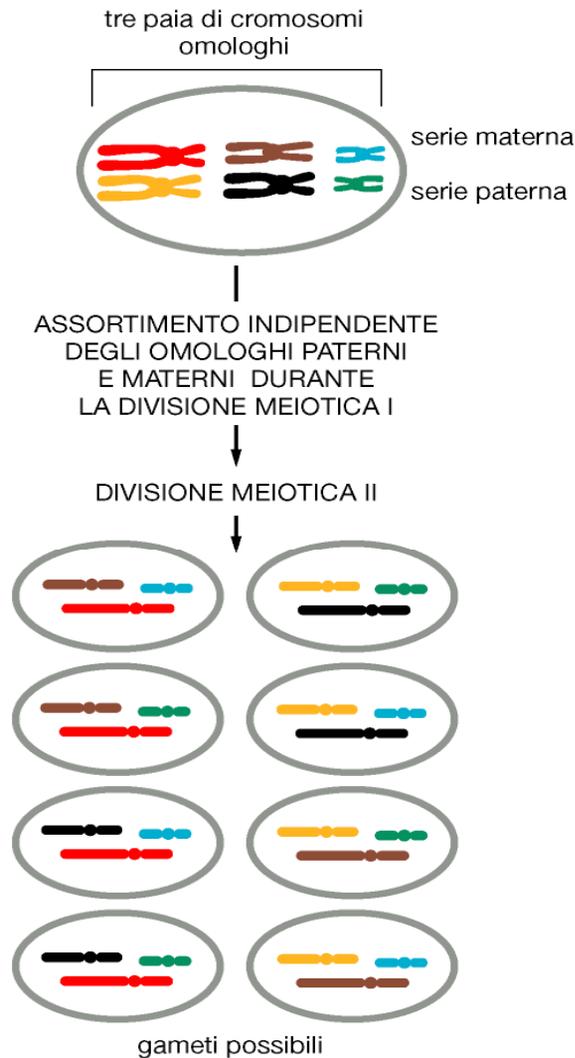
# La II divisione meiotica risulta in quattro cellule figlie aploidi con cromosomi riarrangiati.



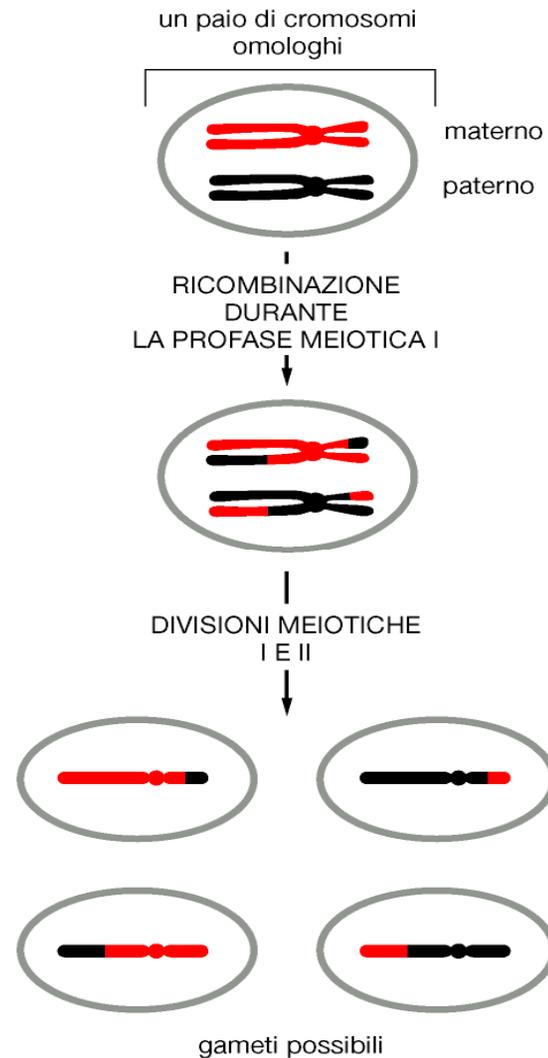
**Nella seconda divisione meiotica i cromatidi fratelli riarrangiati sono portati ai poli opposti del fuso mitotico.**



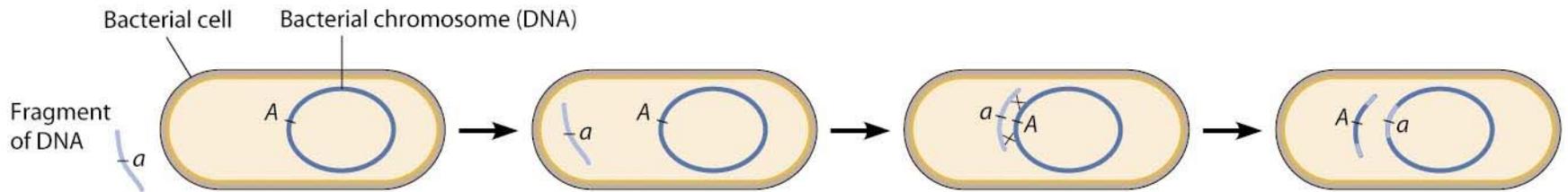
# L'assortimento indipendente dei cromosomi omologhi durante la I divisione meiotica e gli eventi di crossing-overs contribuiscono notevolmente alla variabilità genetica



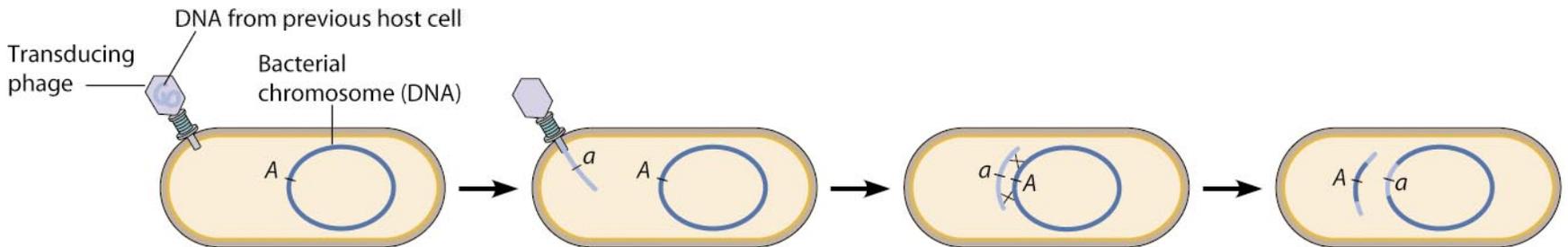
(A)



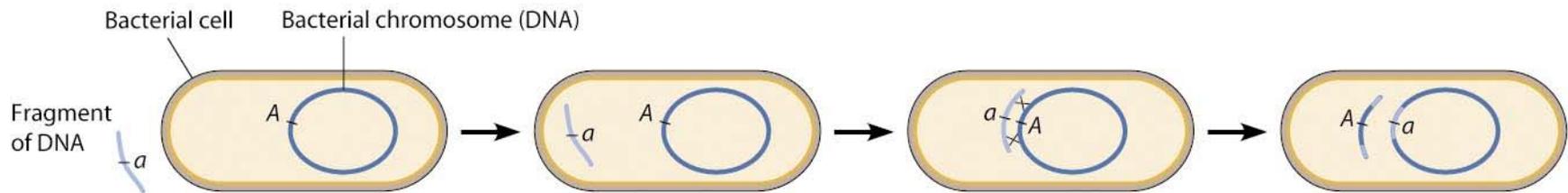
(B)



**(a) Transformation.** Transformation involves uptake by the bacterial cell of exogenous DNA, which occasionally becomes integrated into the bacterial genome by two crossover events (indicated by X's). The exogenous DNA will be detectable in progeny cells only if integrated into the bacterial chromosome, because the fragment of DNA initially taken up does not normally have the capacity to replicate itself autonomously in the cell. (The main exception is an intact plasmid.)



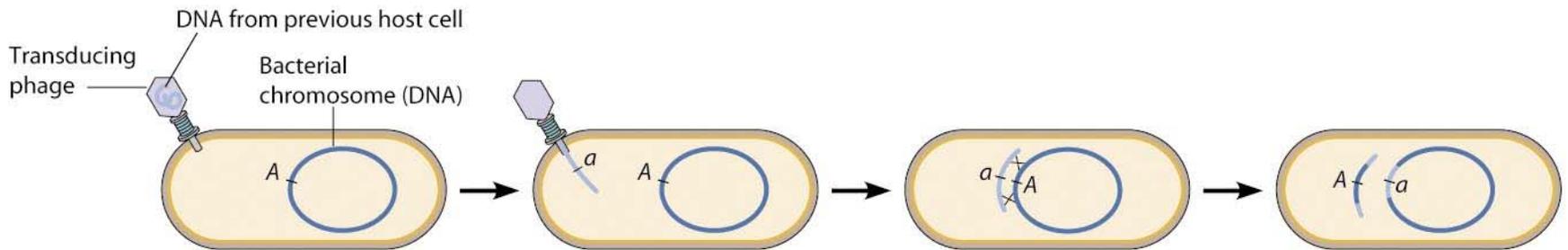
**(b) Transduction.** Transduction involves the introduction of exogenous DNA into a bacterial cell by a phage. Once injected into the host cell, the DNA can become integrated into the bacterial genome in the same manner as in transformation. In both cases, linear fragments of DNA that end up outside the bacterial chromosome are eventually degraded by nucleases.



**(a) Transformation.** Transformation involves uptake by the bacterial cell of exogenous DNA, which occasionally becomes integrated into the bacterial genome by two crossover events (indicated by X's). The exogenous DNA will be detectable in progeny cells only if integrated into the bacterial chromosome, because the fragment of DNA initially taken up does not normally have the capacity to replicate itself autonomously in the cell. (The main exception is an intact plasmid.)

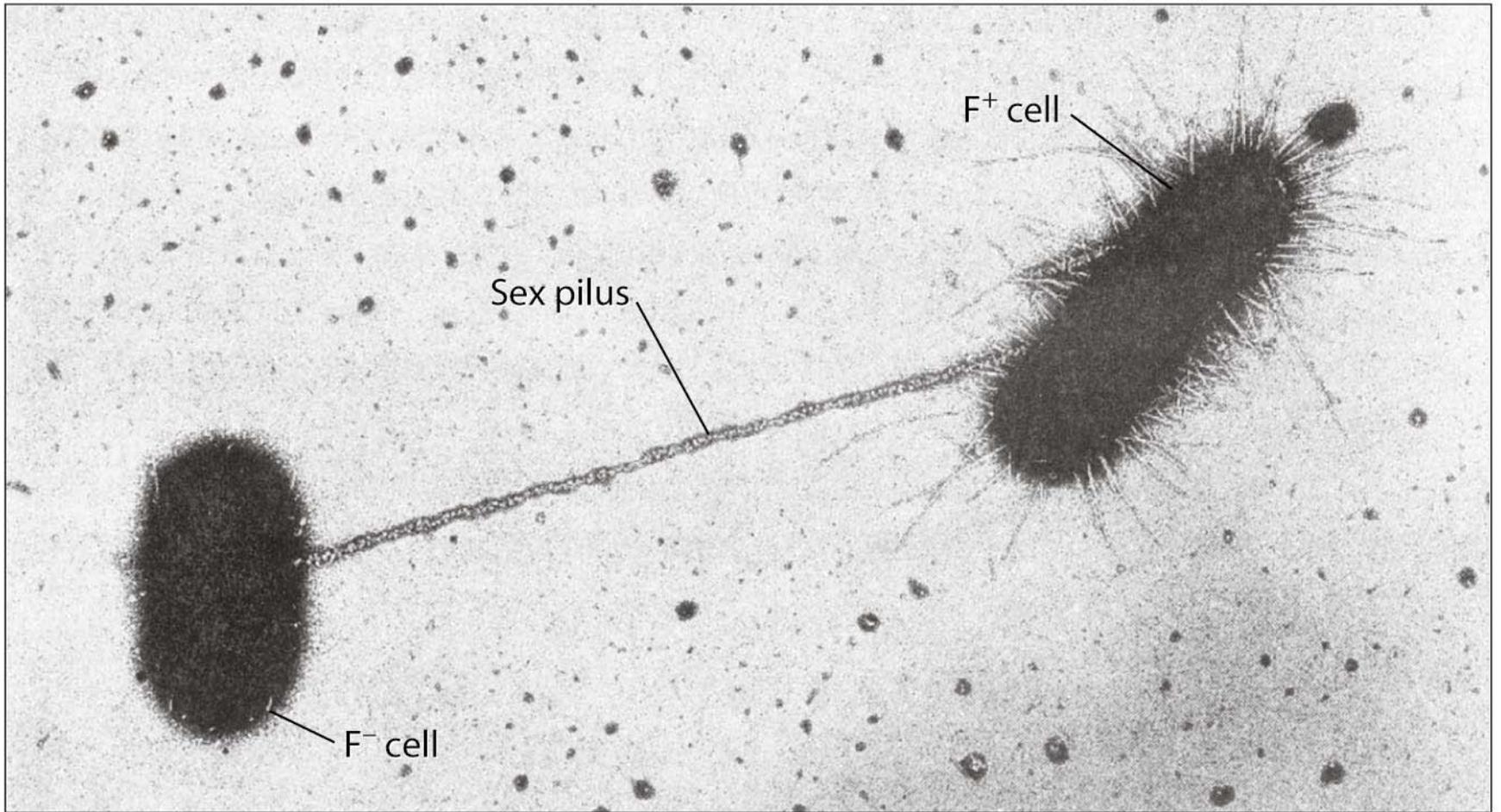
Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Figure 20-18a



**(b) Transduction.** Transduction involves the introduction of exogenous DNA into a bacterial cell by a phage. Once injected into the host cell, the DNA can become integrated into the bacterial genome in the same manner as in transformation. In both cases, linear fragments of DNA that end up outside the bacterial chromosome are eventually degraded by nucleases.

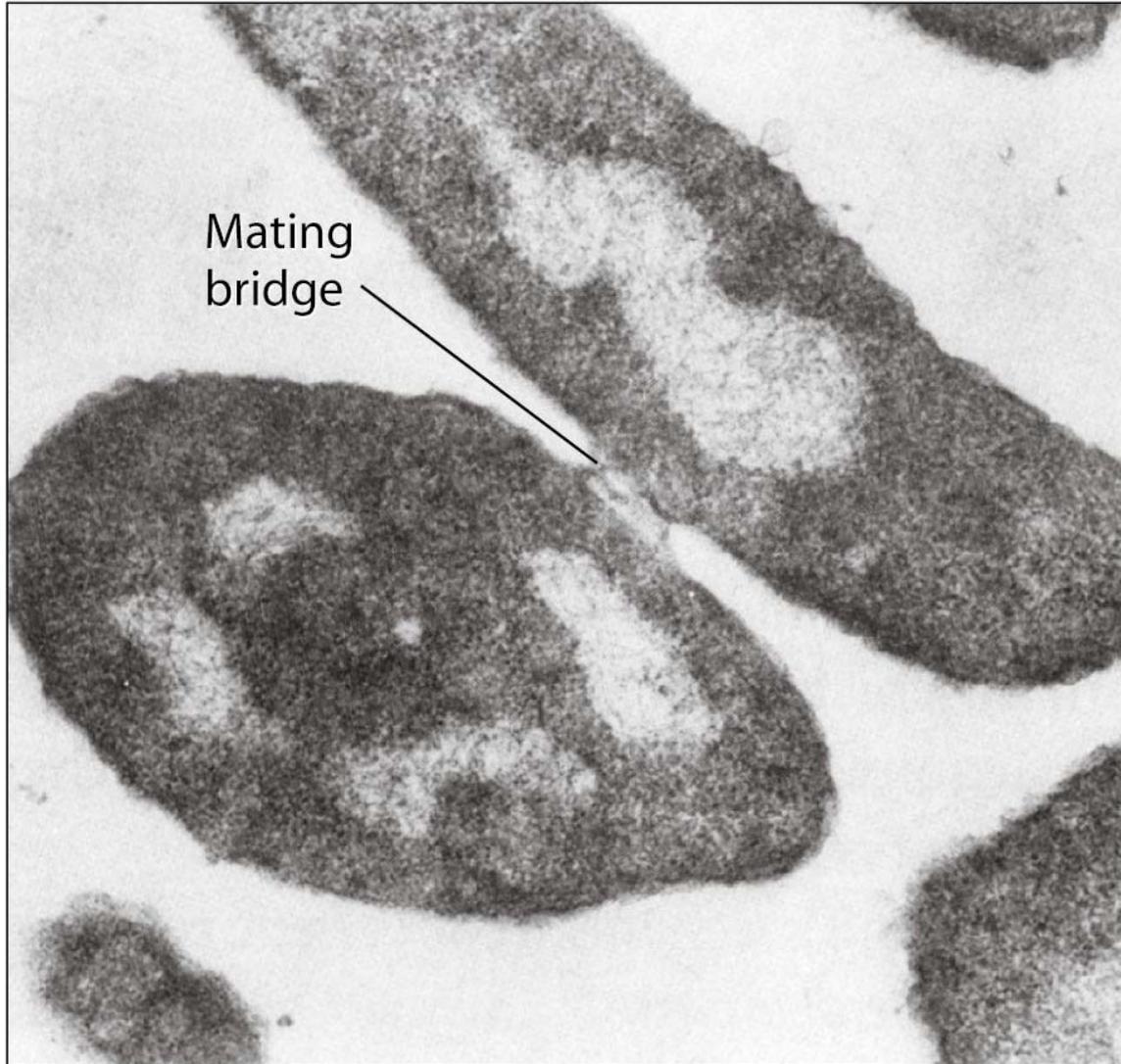
Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.



**(a)** Sex pilus

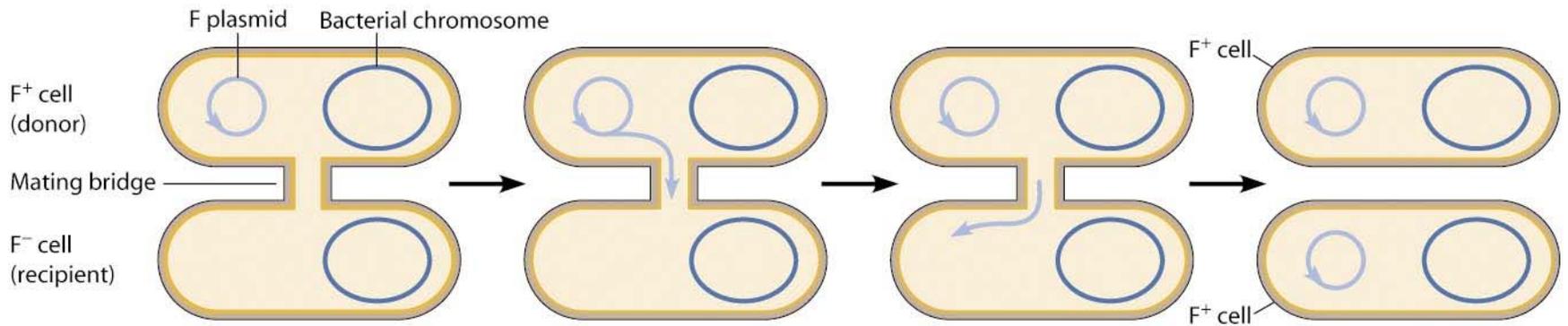
1  $\mu\text{m}$

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.



**(b)** Mating bridge

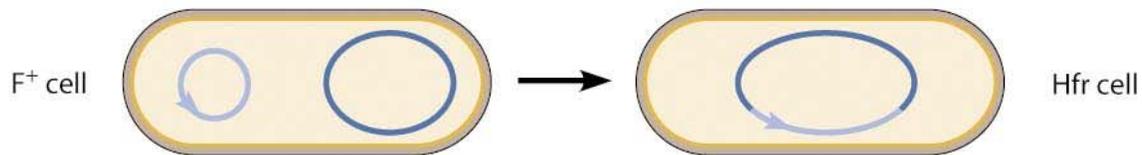
0.5  $\mu\text{m}$



**(a) Conjugation between  $F^+$  and  $F^-$  cells.** The transfer of a copy of the F factor plasmid from an  $F^+$  donor bacterium to an  $F^-$  recipient converts the  $F^-$  cell into an  $F^+$  cell. Plasmid transfer occurs through a mating bridge and begins at the F factor's origin of transfer, indicated by the arrowhead.

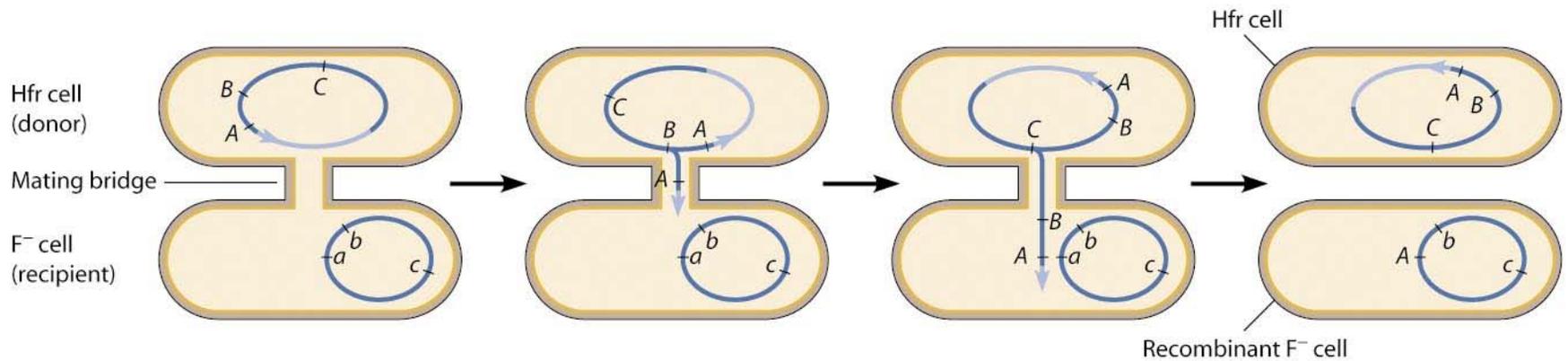
Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

*Hfr: High Frequency of Recombination*



**(b) Conversion of an F<sup>+</sup> cell into an Hfr cell.** Integration of the F factor into the bacterial chromosome converts an F<sup>+</sup> cell into an Hfr cell.

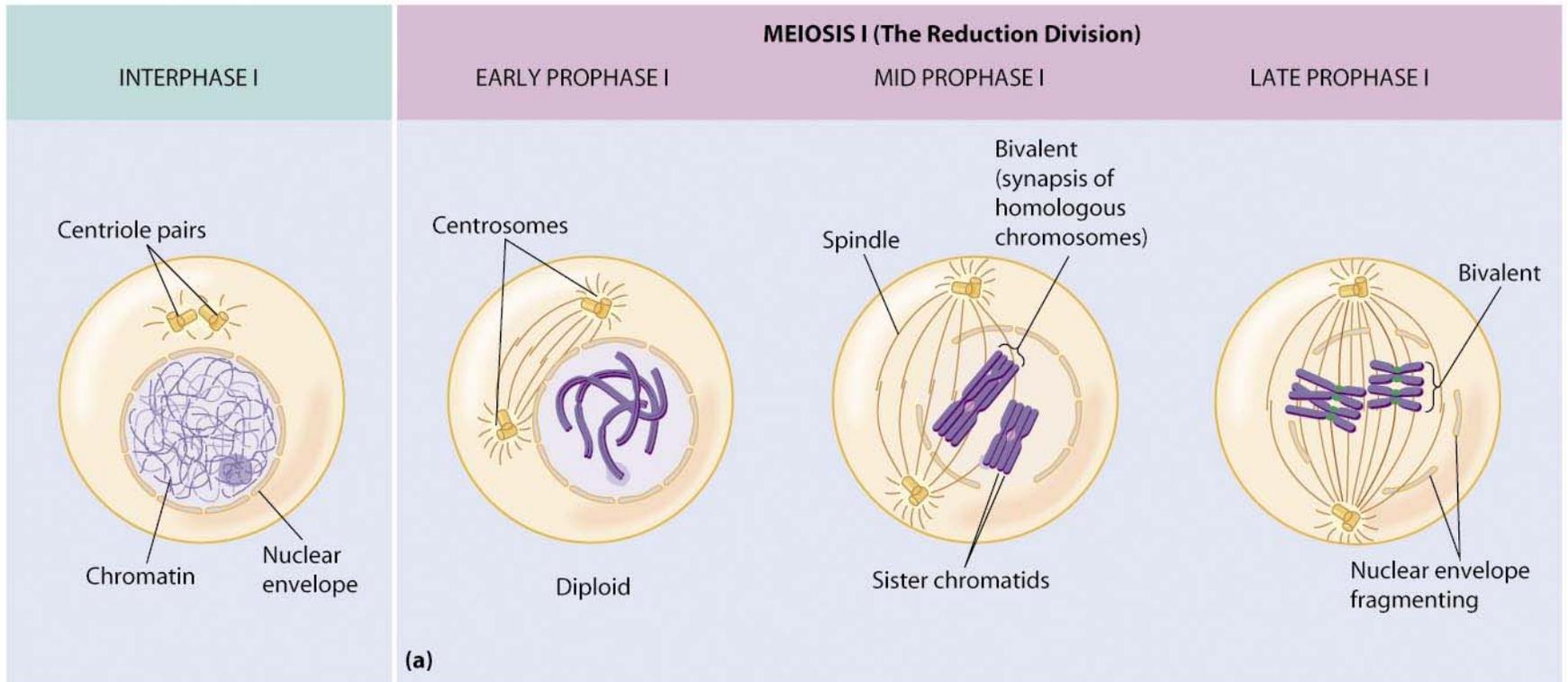
Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.



**(c) Conjugation between an Hfr cell and an F<sup>-</sup> cell.** Transferring a copy of the Hfr genome into an F<sup>-</sup> cell begins with the origin of transfer on the integrated F factor. Cells rarely remain in contact long enough for the entire bacterial chromosome to be transferred. Once inside the F<sup>-</sup> cell, parts of the Hfr DNA recombine with the DNA of the F<sup>-</sup> cell. Uppercase letters represent alleles carried by the Hfr; lowercase letters represent corresponding alleles in the F<sup>-</sup> cell. In the last step, allele A from the Hfr is recombined into the F<sup>-</sup> cell's DNA in place of its *a* allele.

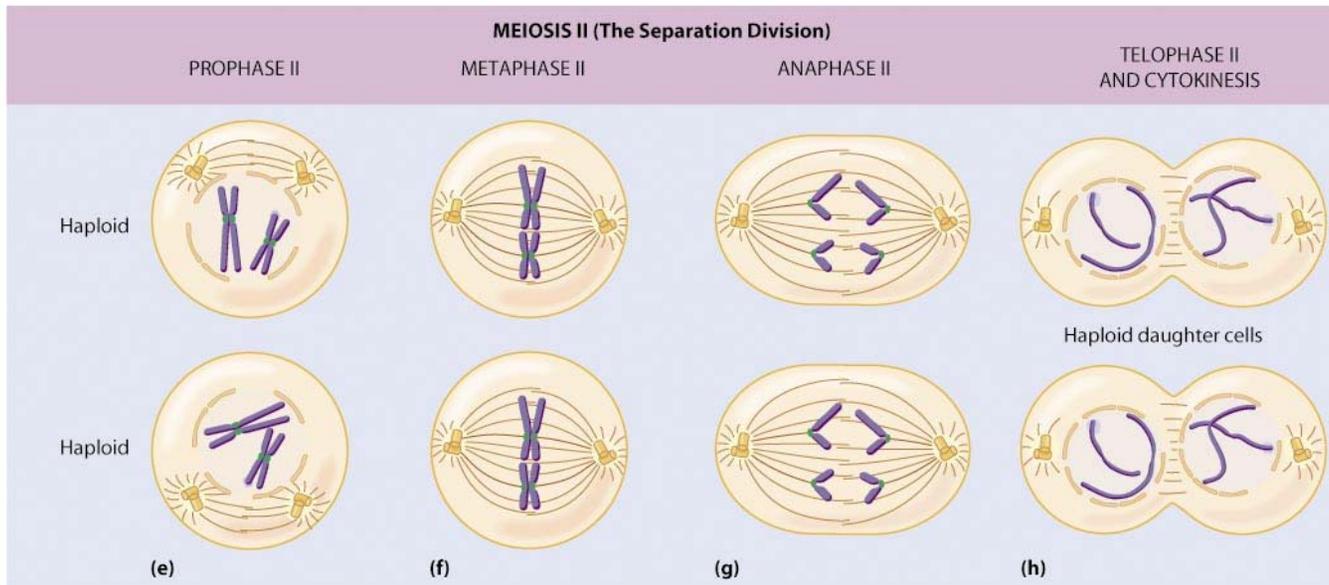
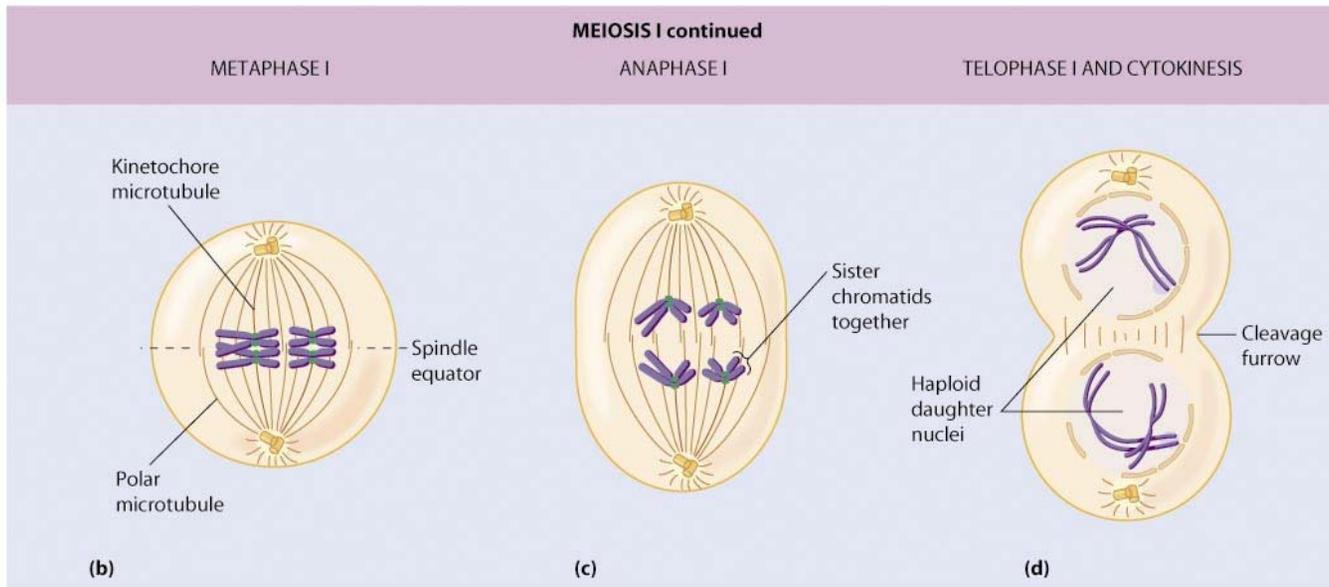
Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

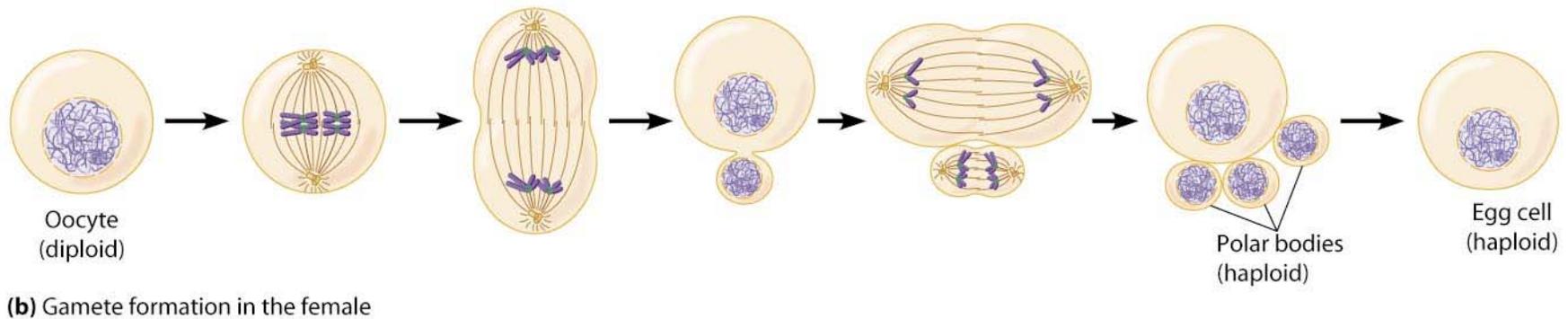
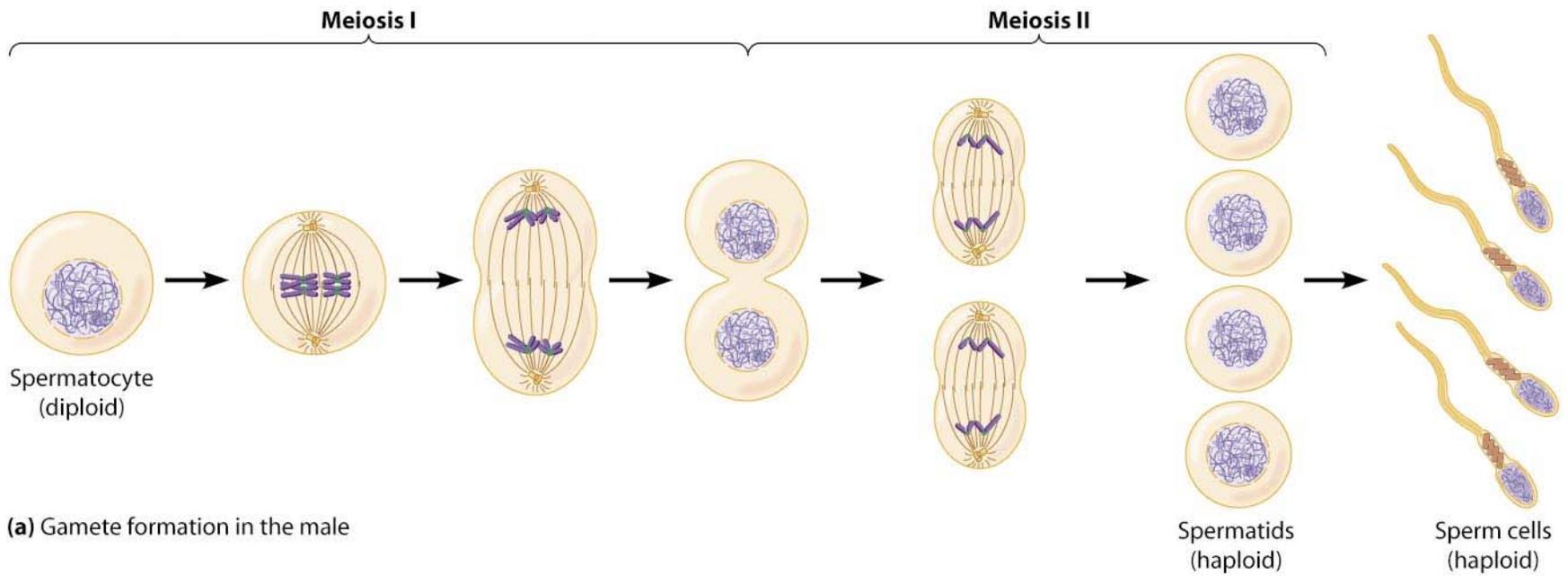
# Le due divisioni meiotiche



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Figure 20-5-1



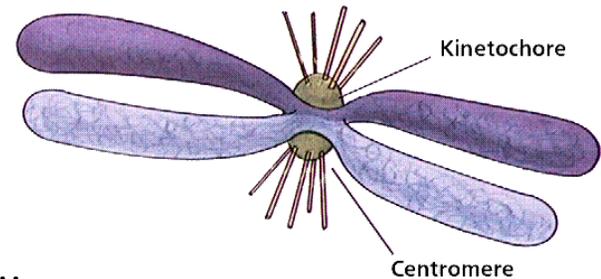


Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

**Figure 20-9**

# Fasi della meiosi I

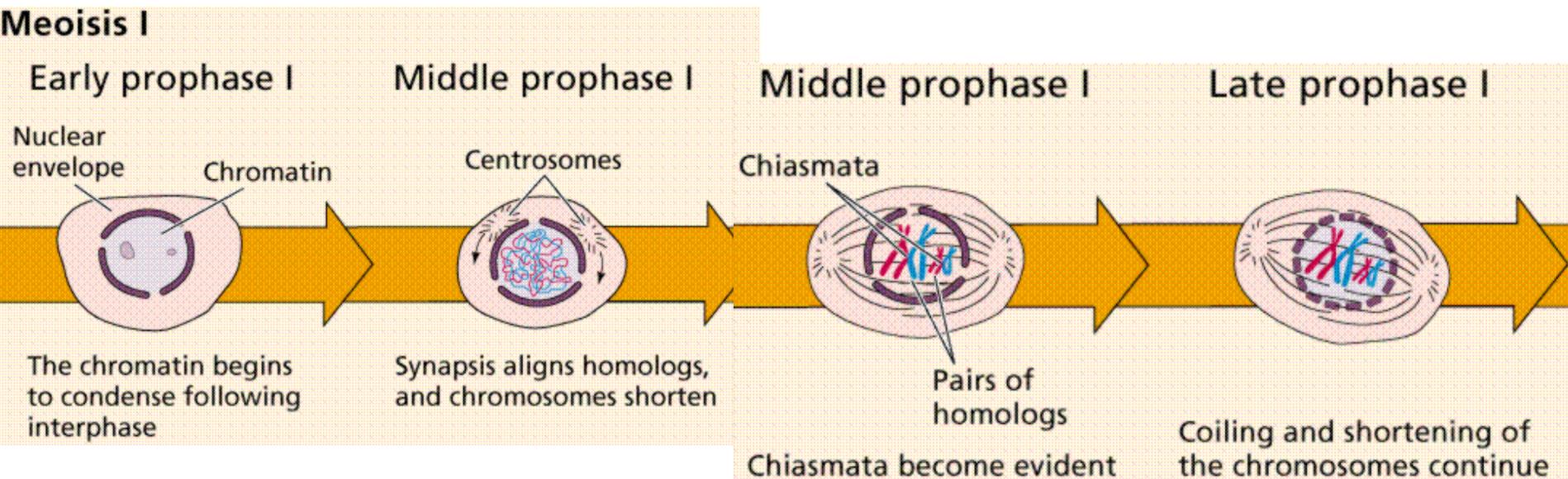
Come in preparazione alla mitosi, il DNA si duplica, e si organizza in due cromatidi fratelli (due molecole di DNA identiche)



i due cromatidi fratelli sono attaccati a livello del centromero e tenuti assieme dalle coesine

## Inizia la meiosi I

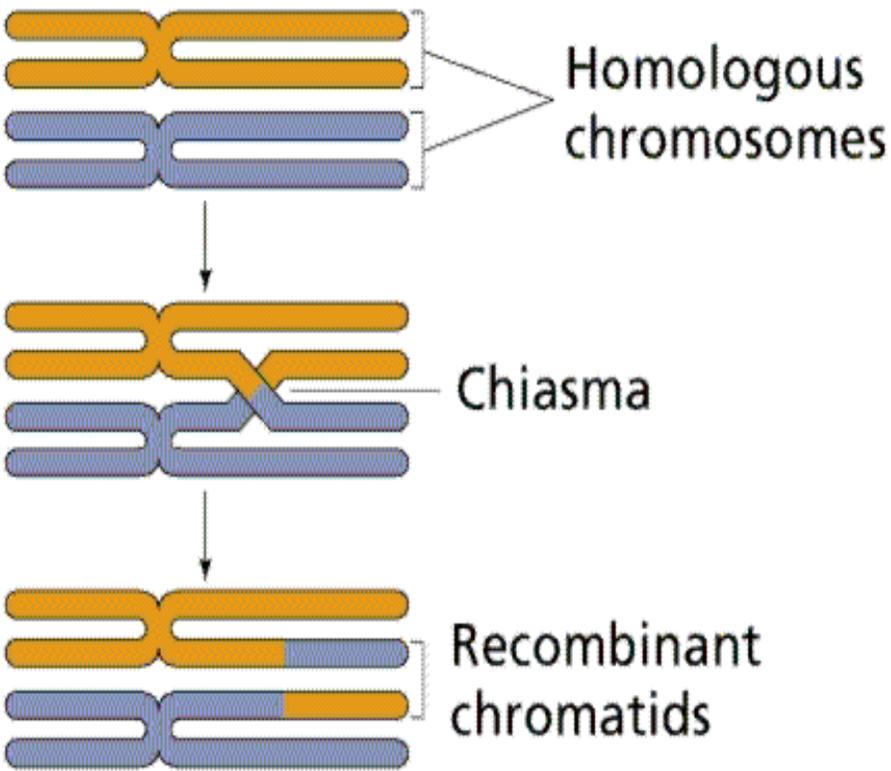
le molecole di DNA si compattano e i cromosomi omologhi si appaiano



# metafase I

durante la formazione della tetrade **PUÒ** avvenire il **crossing-over**

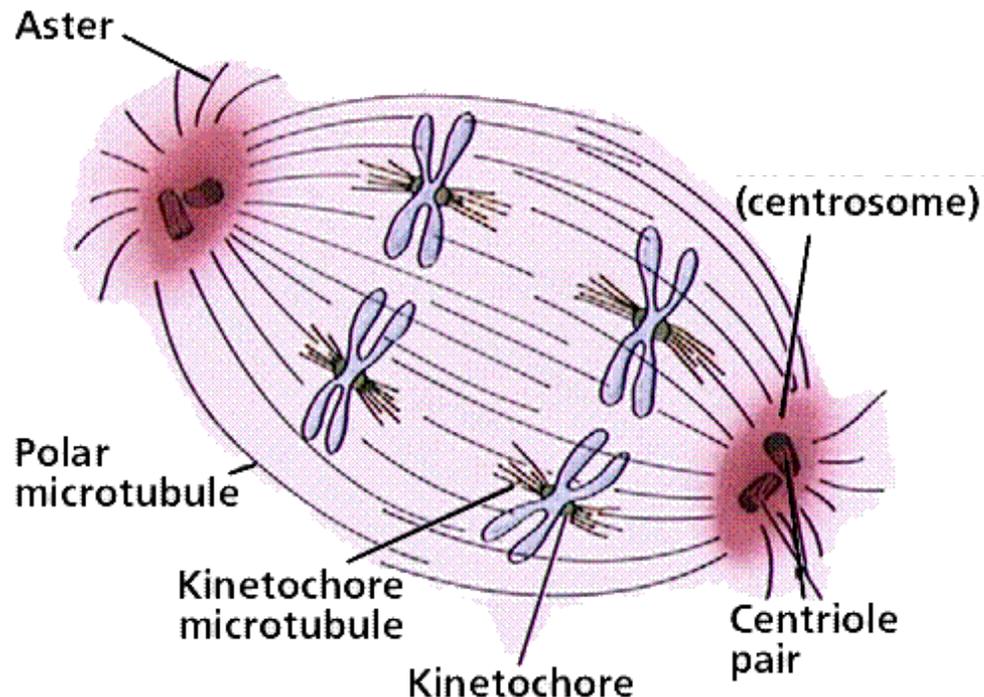
Quindi, cromosomi omologhi si **POSSONO** scambiare tratti di DNA



le tetradi si allineano sul piano equatoriale

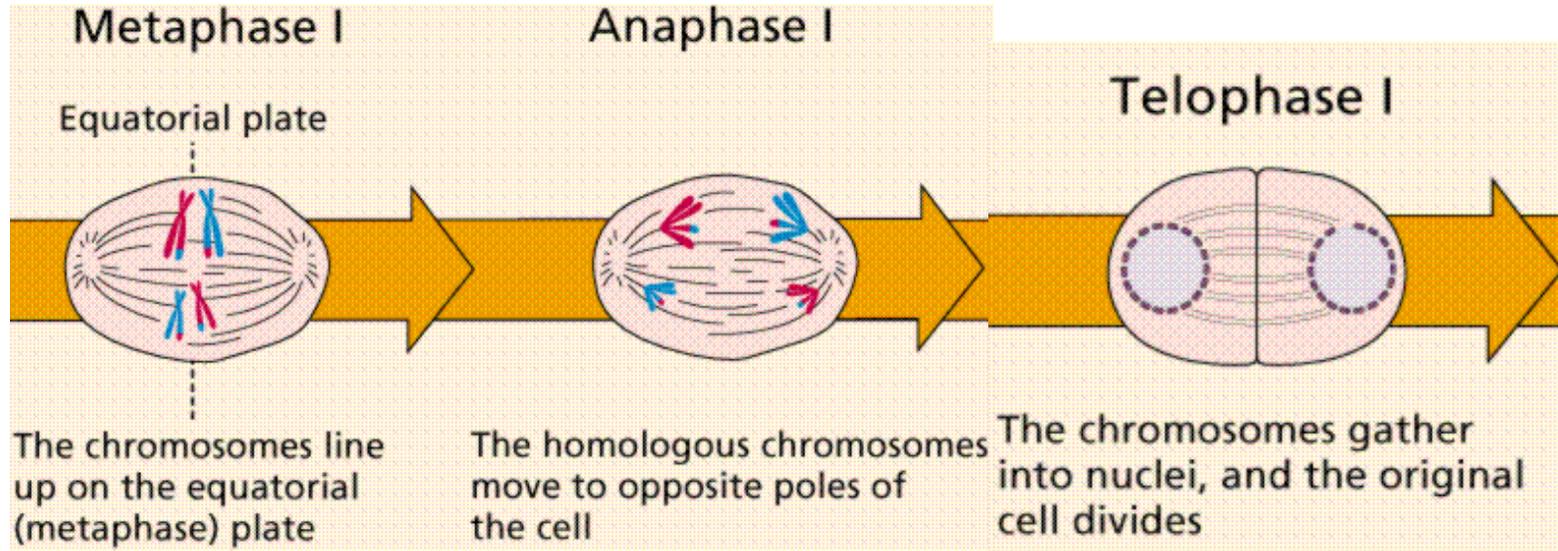
i cromosomi omologhi di ciascuna tetrade si separano e si allontanano

una metà del corredo cromosomico migra verso ciascun polo



# meiosi I e II

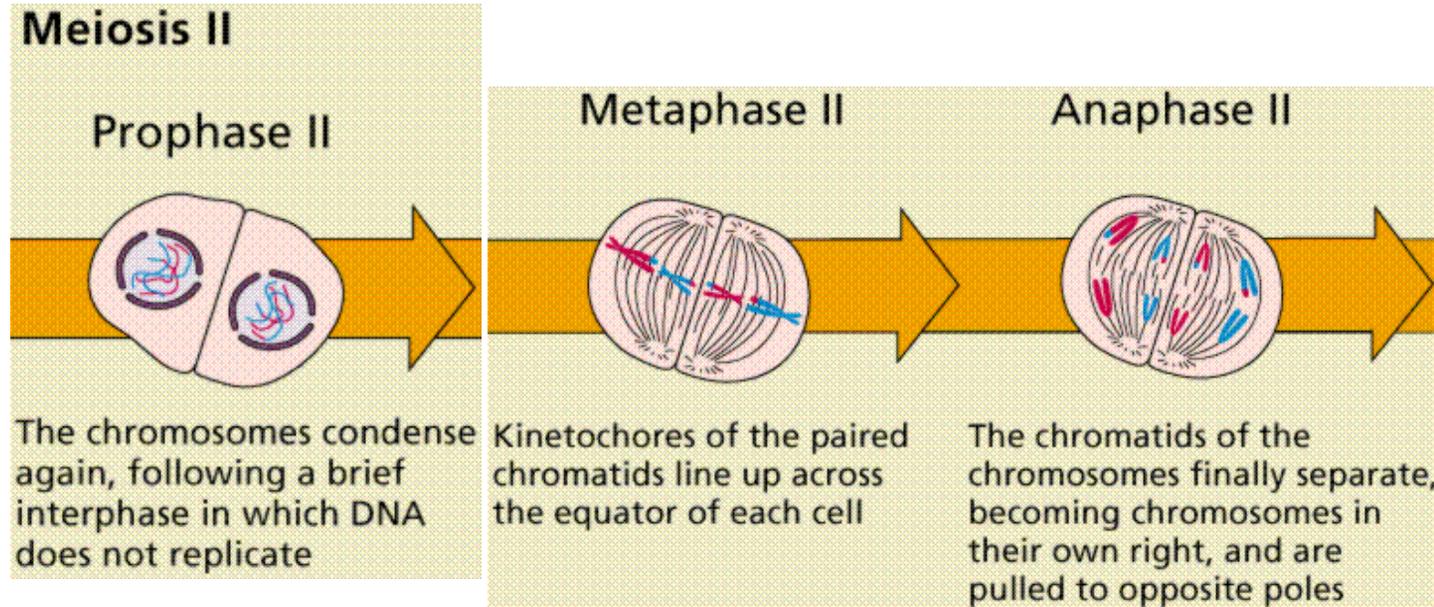
i centromeri si allineano sul piano equatoriale



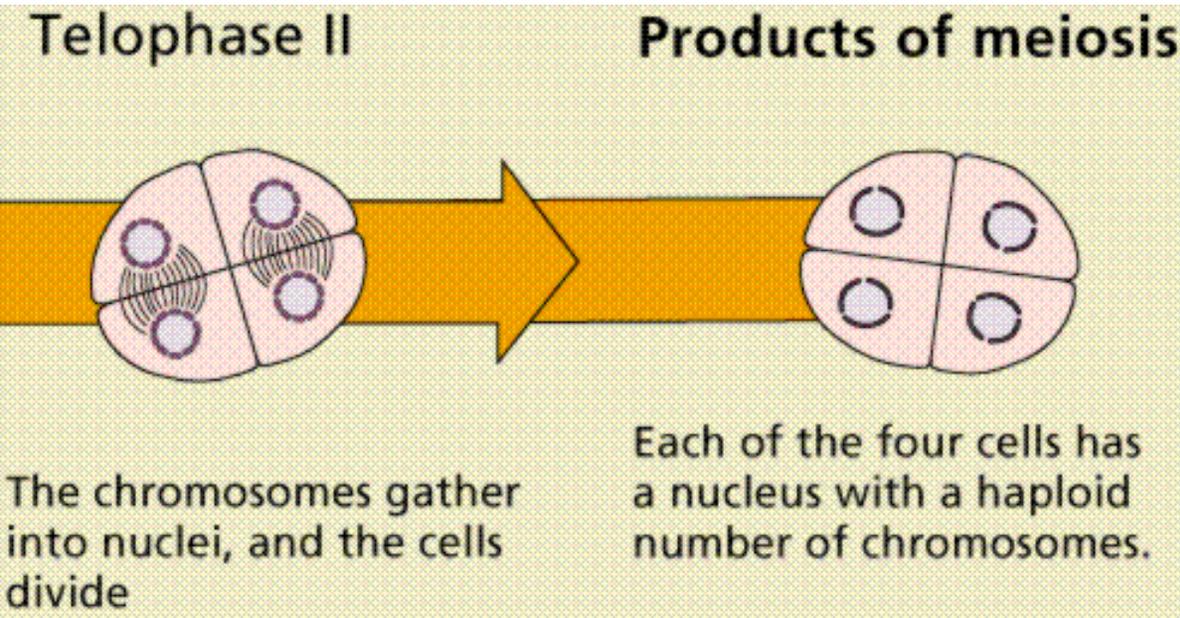
Segue la II divisione, senza ulteriore duplicazione del DNA

Nella meiosi II i cromatidi fratelli si separano e si allontanano

la stessa metà del corredo cromosomico migra verso ciascun polo



# Risultato della meiosi



LE QUATTRO  
CELLULE FIGLIE  
SONO DIVERSE  
DALLA CELLULA  
MADRE

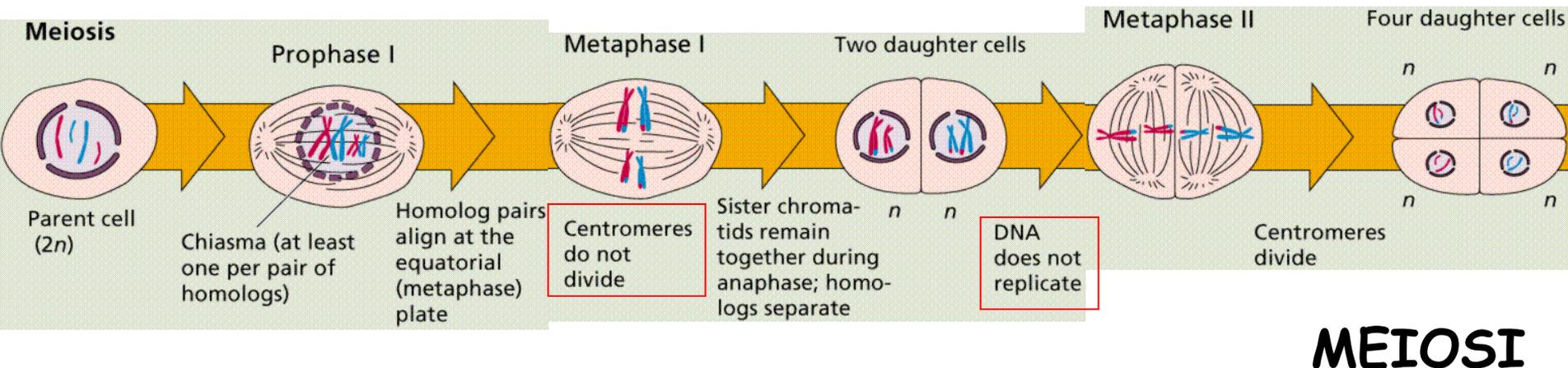
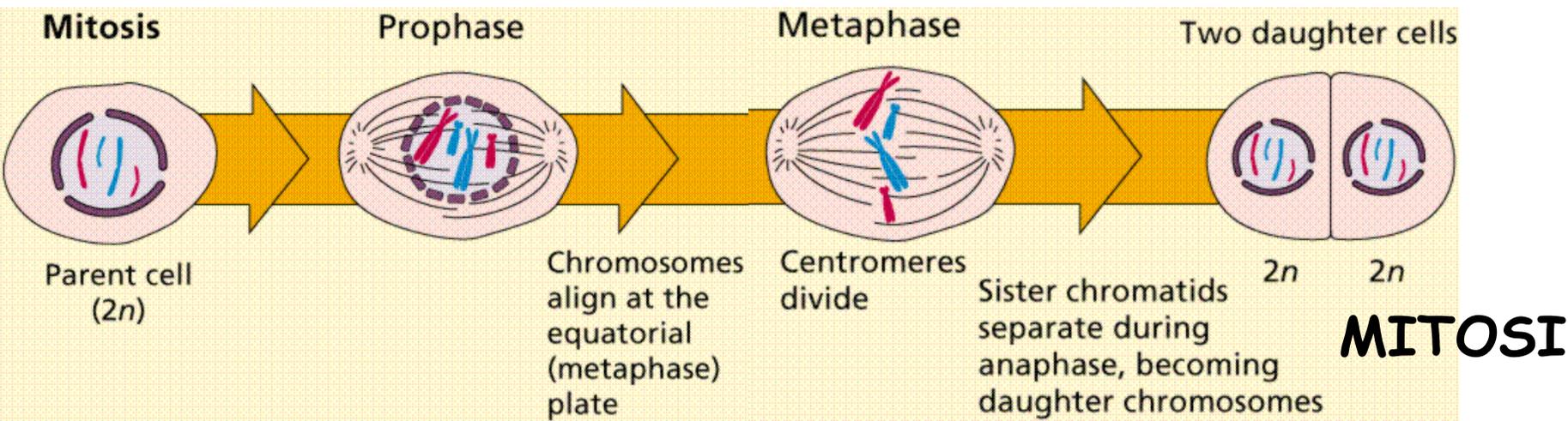
*perché*

hanno la metà del numero dei cromosomi della cellula madre:  
sono APLOIDI

sono diverse tra di loro per:

- ✓ separazione casuale degli omologhi alla I divisione meiotica
- ✓ eventuale crossing-over

# Confronto mitosi - meiosi



**MEIOSI = modalità di divisione cellulare esclusiva dei GAMETI**

**1 SOLA DUPLICAZIONE del DNA e**

**2 DIVISIONI cellulari SUCCESSIVE che producono**

**4 cellule APLOIDI a partire da 1 cellula DIPLOIDE**

**1° DIVISIONE = *divisione riduzionale***

è preceduta dalla replicazione del DNA ,

**RIDUCE a META' il NUMERO CROMOSOMICO** nelle 2 cellule che si ottengono

da 1 cellula  $2n \rightarrow 2$  cellule  $n \rightarrow$  separazione cromosomi **OMOLOGHI**

**2° DIVISIONE = *divisione equazionale***,

non è preceduta dalla replicazione del DNA , non comporta alcuna variazione del numero cromosomico.

**Ripartisce alle cellule figlie i CROMATIDI di ogni cromosoma** (simile a una mitosi) si ottengono **4 cellule APLOIDI, diverse tra LORO e diverse anche dalla cellula di partenza  $\rightarrow$  separazione CROMATIDI FRATELLI**

**Meiosi**

I due gameti aploidi, grazie al processo della fecondazione, daranno origine allo zigote, che è una cellula diploide.

Ripetute divisioni mitotiche porteranno allo sviluppo di un organismo pluricellulare con gran parte delle cellule che saranno somatiche ed alcune si differenzieranno in cellule germinali

