

E LA VITA CONTINUA.....



La continuità della vita è
garantita dai processi di
divisione cellulare

Divisione cellulare

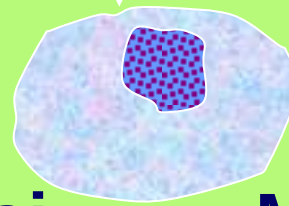
■ Cellule procariote



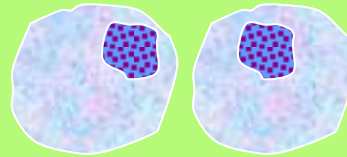
■ Scissione binaria



■ Cellule eucariote



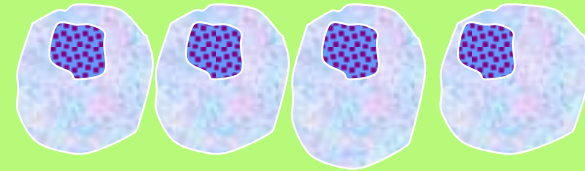
■ Mitosi



■ diploide

$2n$

Meiosi

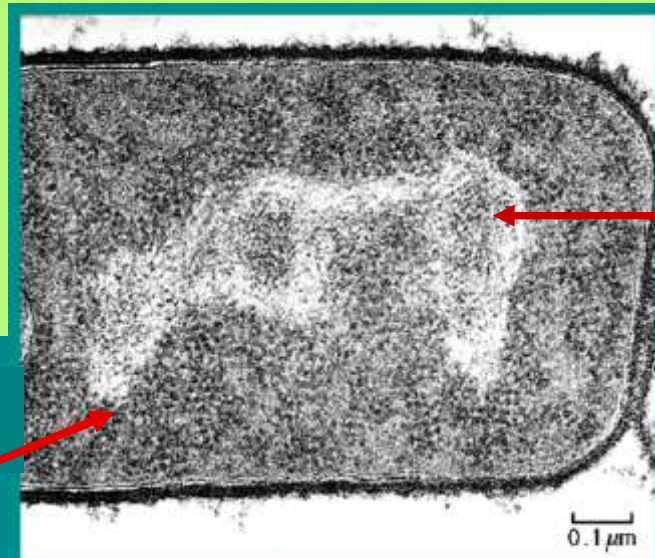


aploide

n

Cellule procariote (batteri)

Immagine al microscopio
elettronico a trasmissione (TEM)



DNA

bacilli



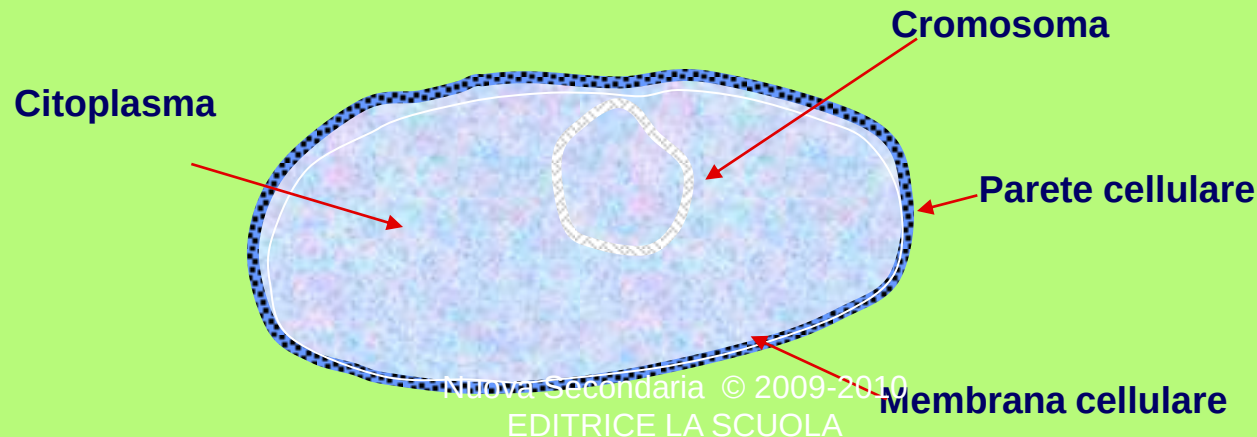
cocchi



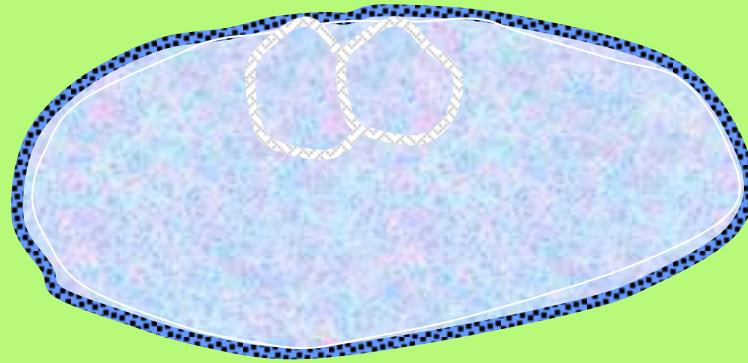
Immagini al microscopio
elettronico a scansione (SEM)

Scissione binaria

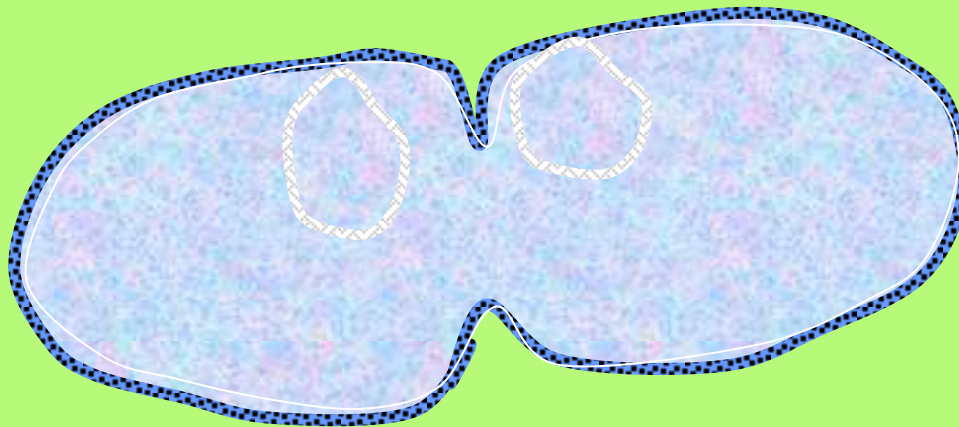
- La cellula procariota è sprovvista di nucleo possiede un solo cromosoma circolare che si trova inserito in un punto particolare della membrana citoplasmatica.
- La zona in cui troviamo il cromosoma è detta nucleotide.



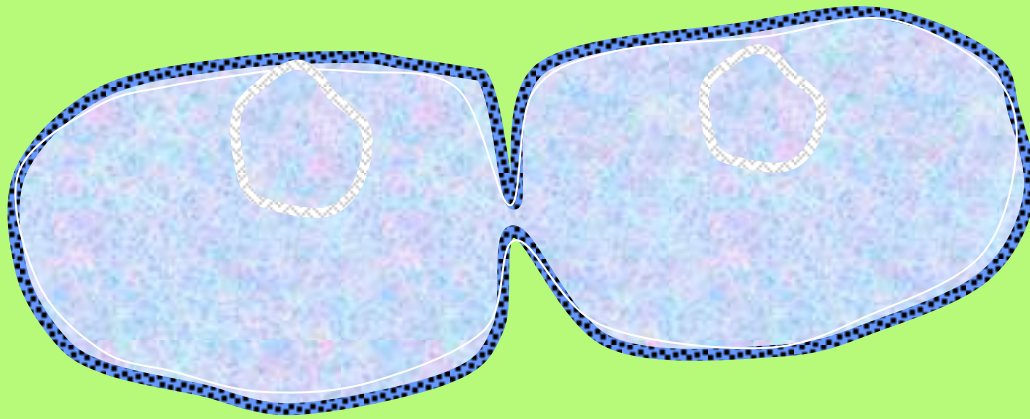
- La cellula procariota prima di dividersi duplica il suo cromosoma



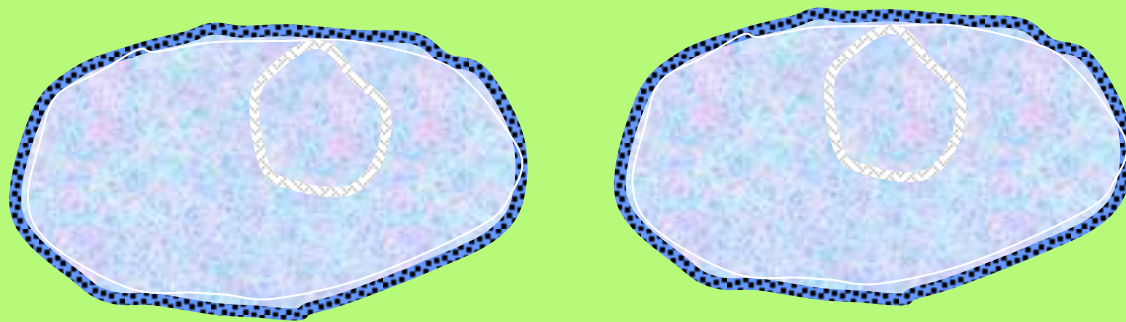
- La membrana cellulare comincia ad accrescersi allontanando tra di loro i due cromosomi che si portano alle due estremità della cellula madre



- L'allungamento della membrana prosegue fin a trasportare i due cromosomi ai poli opposti della cellula separando il citoplasma in due zone



- La riproduzione si conclude con la separazione in due cellule figlie di dimensioni inferiori rispetto alla cellula madre, ciascuna ha una copia esatta delle informazioni ereditarie e circa metà del citoplasma. Esse aumenteranno successivamente di volume prima di duplicarsi



Scissione binaria nei procarioti

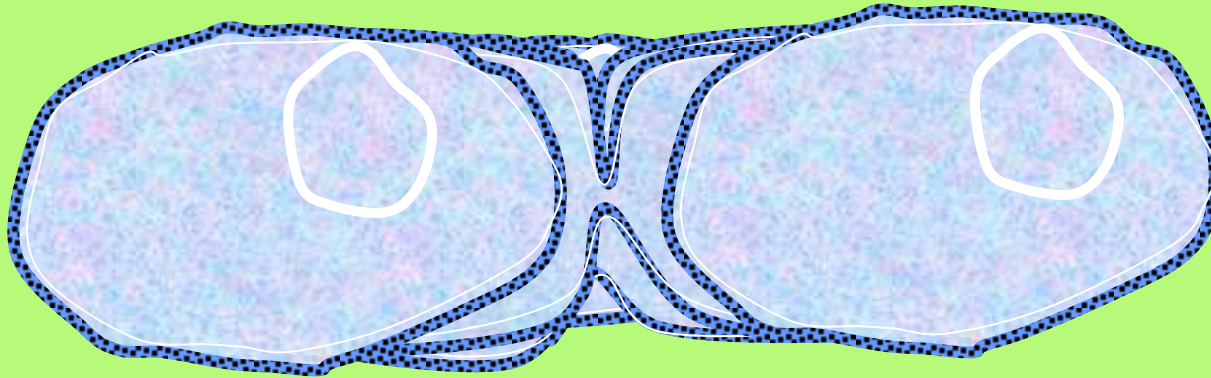
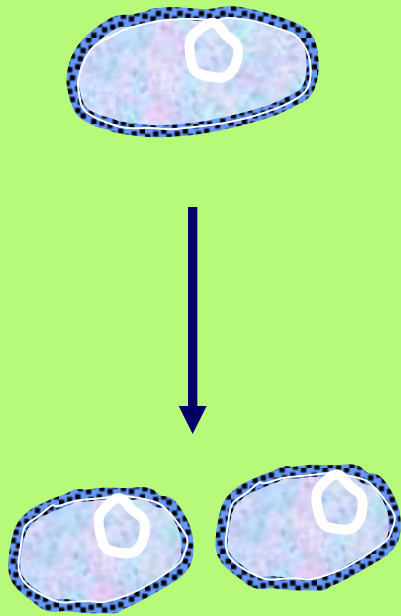


Immagine al microscopio elettronico a trasmissione (TEM)



Riepilogando

Scissione binaria



- Riproduzione cellulare asexuata
 - Aumento del numero degli individui → identici tra loro
 - Crescita esponenziale della popolazione (n^2)
- colonie batteriche
- cloni



Divisione delle cellule eucariote

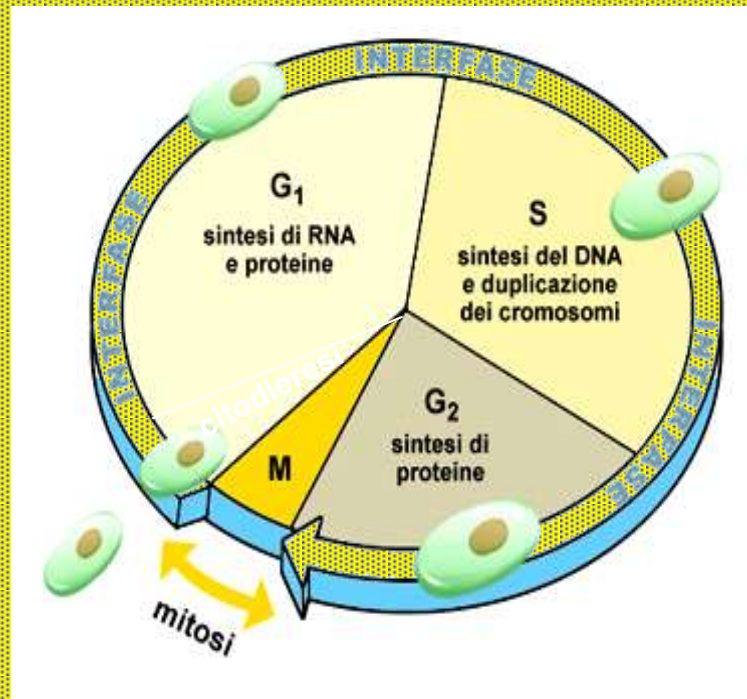
- Le cellule eucariotiche, avendo il materiale ereditario organizzato in più cromosomi raccolti in un nucleo, hanno bisogno di un processo di divisione più complesso che tenga conto della necessità che ogni cellula figlia riceva una copia di tutte le informazioni ereditarie.

I processi di divisione sono di due tipi: mitosi e meiosi

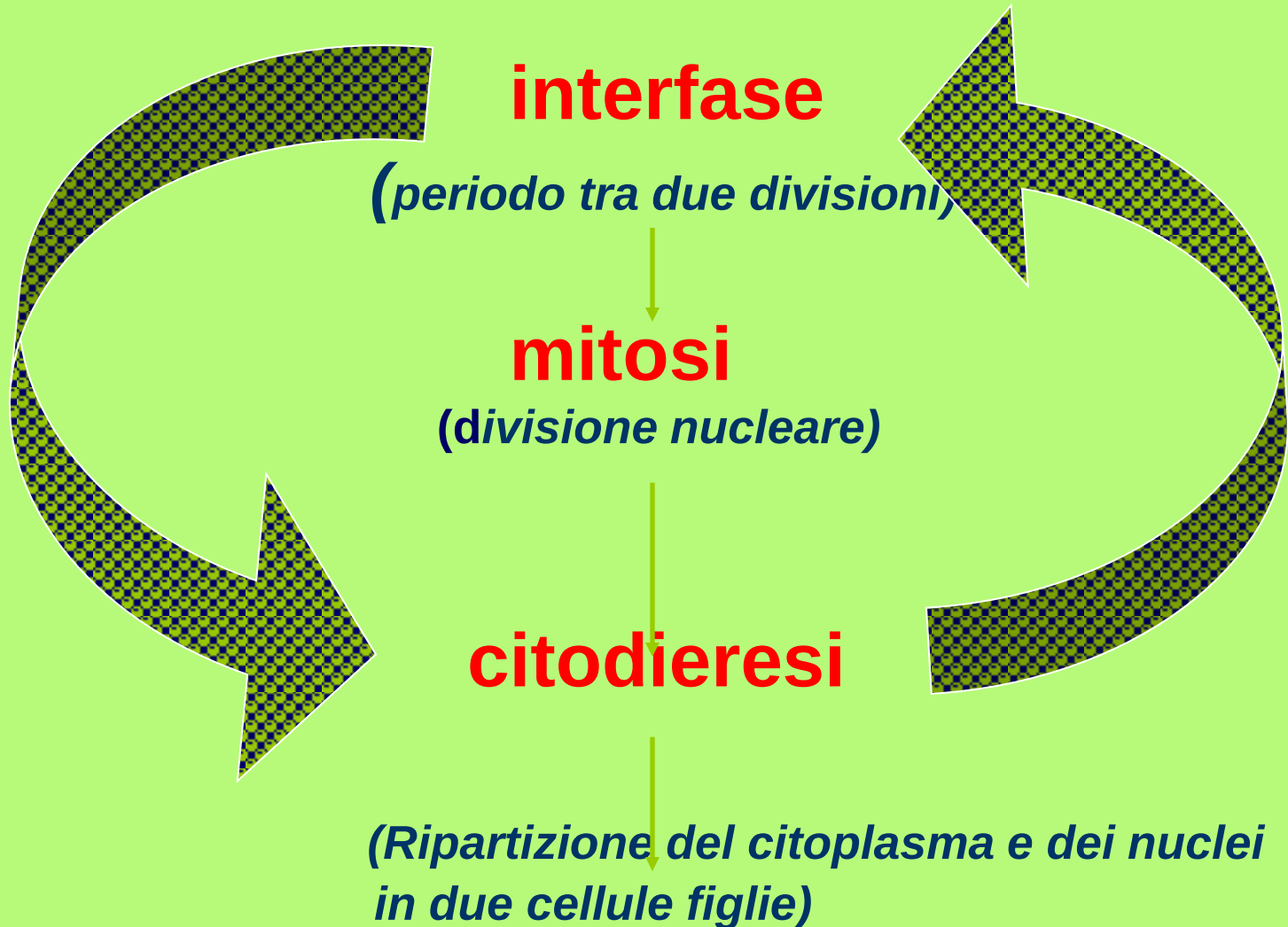
- Mitosi produce cellule con lo stesso corredo cromosomico della cellula madre (diploidi $2n$)
- Meiosi produce cellule (gameti) con il corredo cromosomico dimezzato (aploidi n)

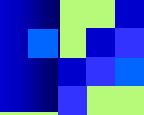
■ Ciclo cellulare

La divisione cellulare è solo una piccola parte di quella che viene definito il ciclo vitale di una cellula



Ciclo cellulare



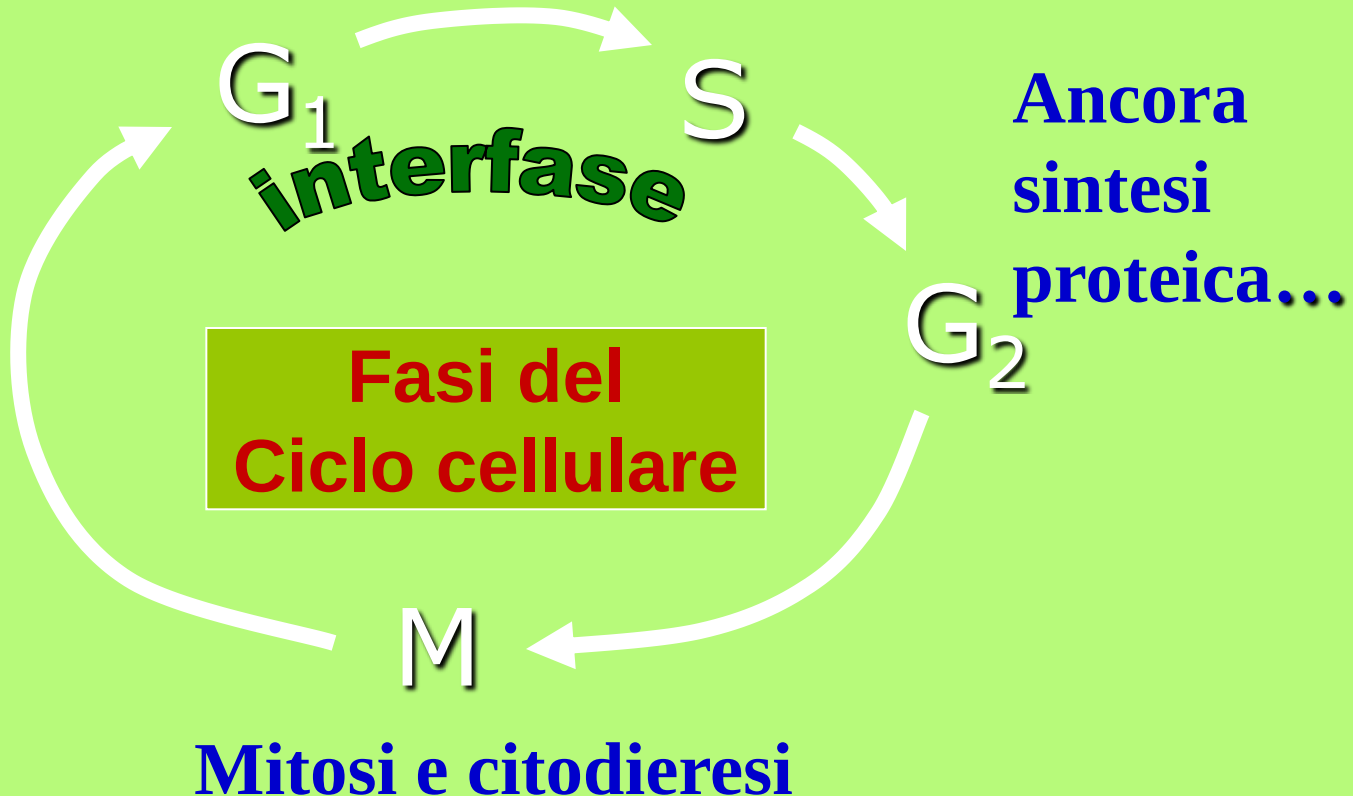


**Crescita
duplicazione
organuli...**

**Replicazione
DNA...**

**Cellula che
non si
riproduce**

G₀



**Tempo
indefinito**

G_0

**8 o piu'
ore**

G_1

interfase

6-8 ore

S

G_2

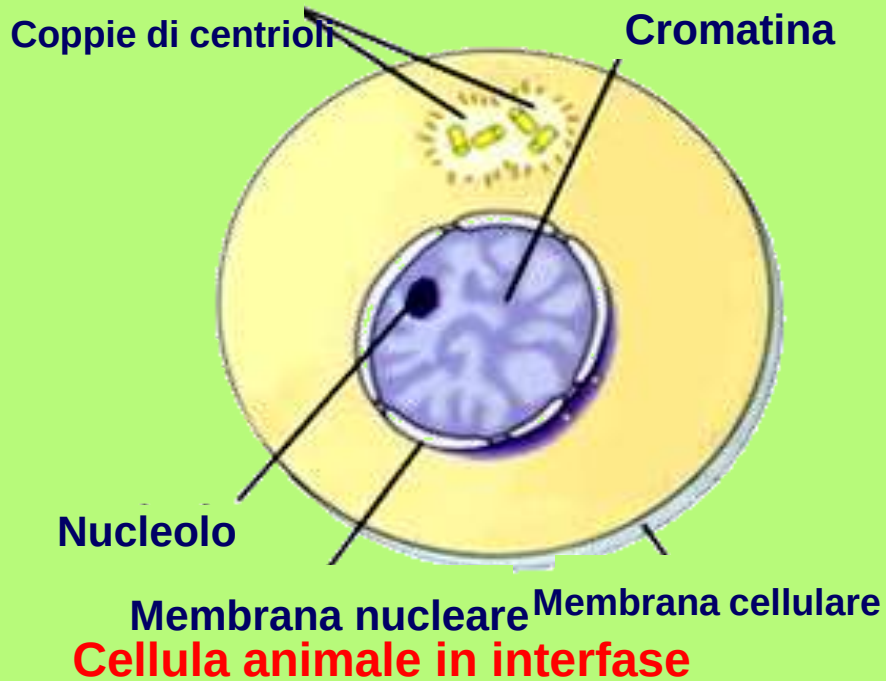
**2-5
ore**

mitosi

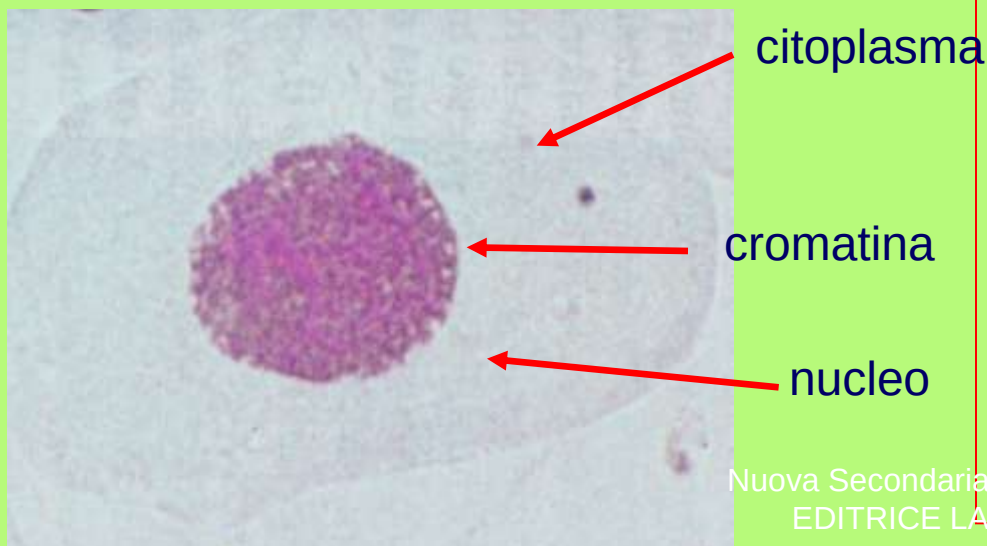
1-3 ore

**Tempi del
Ciclo cellulare**

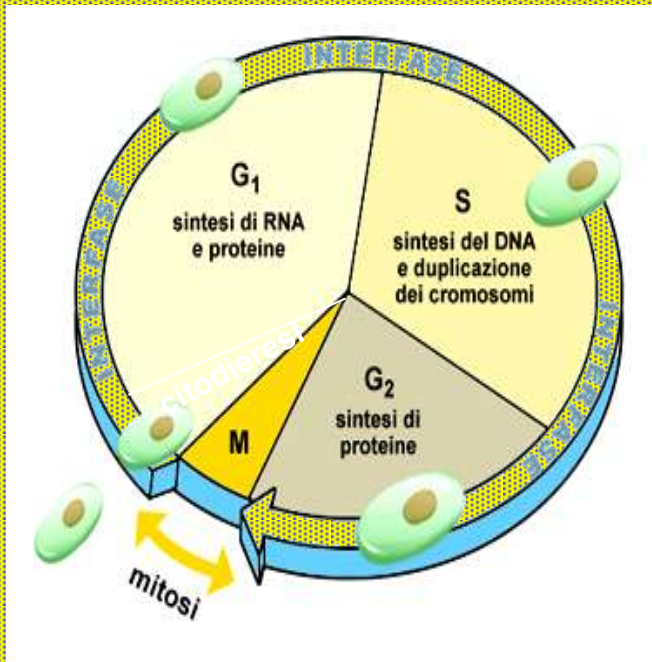
Interfase



- L'interfase è la fase più lunga del ciclo cellulare ed è il periodo che intercorre tra una divisione cellulare e l'altra
- Apparentemente la cellula sembra inattiva in realtà in questa fase della sua vita è in piena attività sintetica



L'interfase può essere suddivisa in 3 momenti



- **G₁**: periodo (in inglese gap) di crescita cellulare, con sintesi di RNA e proteine
- **S**: periodo di sintesi (cioè avviene la duplicazione del DNA)
- **G₂**: periodo durante il quale la cellula prepara le strutture che servono per la successiva duplicazione

Mitosi

- La mitosi è solo una piccola parte del *ciclo cellulare*.
- La mitosi è un meccanismo di divisione nucleare alla base della riproduzione asessuata degli eucarioti unicellulari e del processo di crescita corporea e di sostituzione delle cellule degli eucarioti pluricellulari.

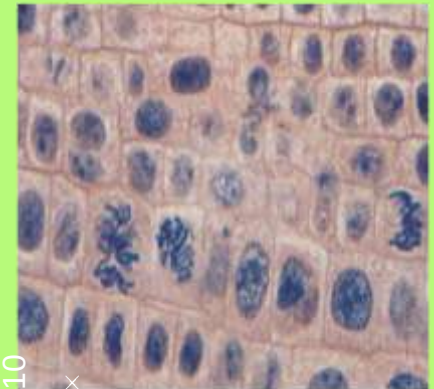


Nuova Secondaria © 2009-2010
EDITRICE LA SCUOLA

- Alla fine di questo processo si ottengono due nuclei con lo stesso numero e lo stesso tipo di cromosomi della cellula madre.



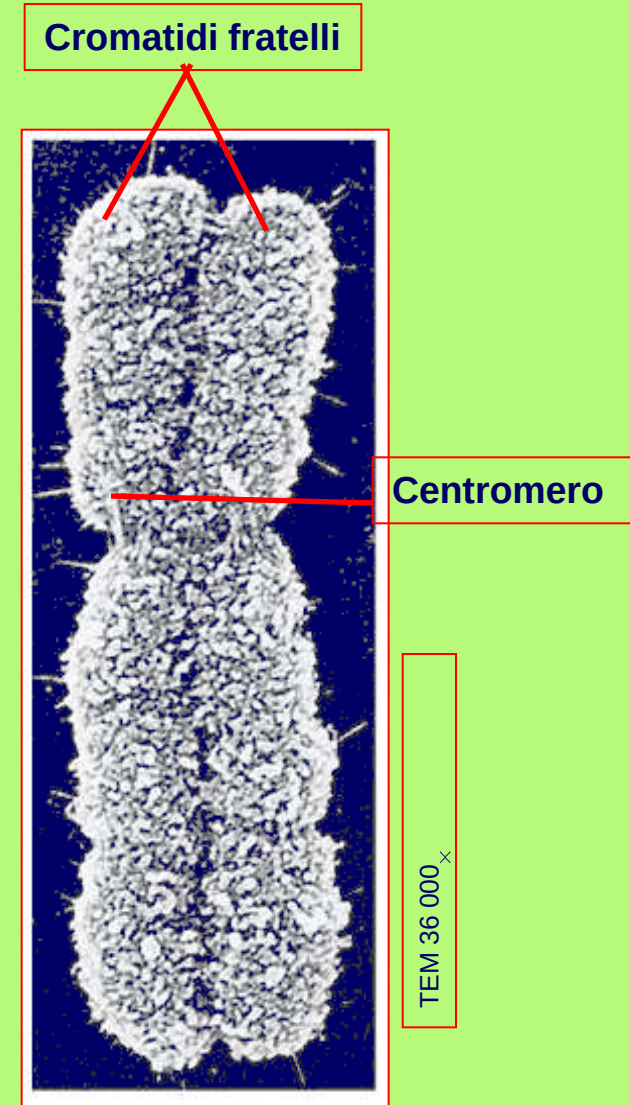
LM
10^x



LM 500^x

□ Prima della divisione,
la cellula duplica i suoi cromosomi,
formando **cromatidi fratelli**
(due copie che contengono
geni identici).

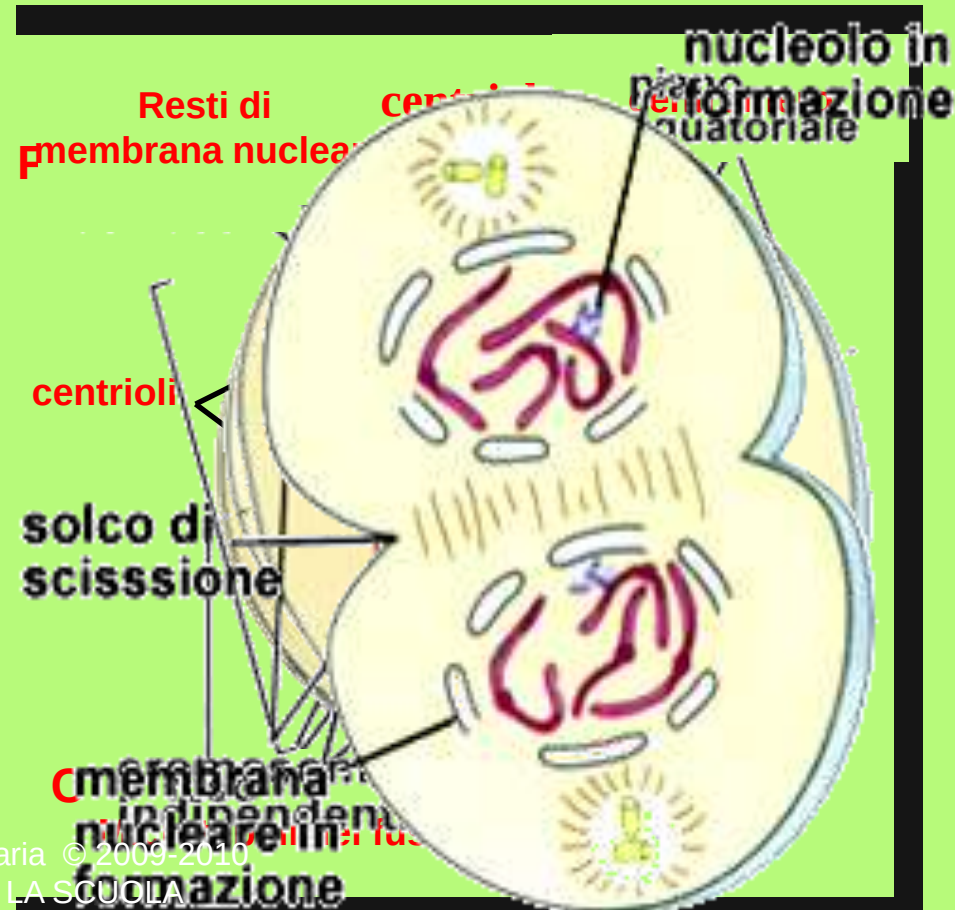
□ I due cromatidi sono uniti
in corrispondenza
di una regione chiamata
centromero.



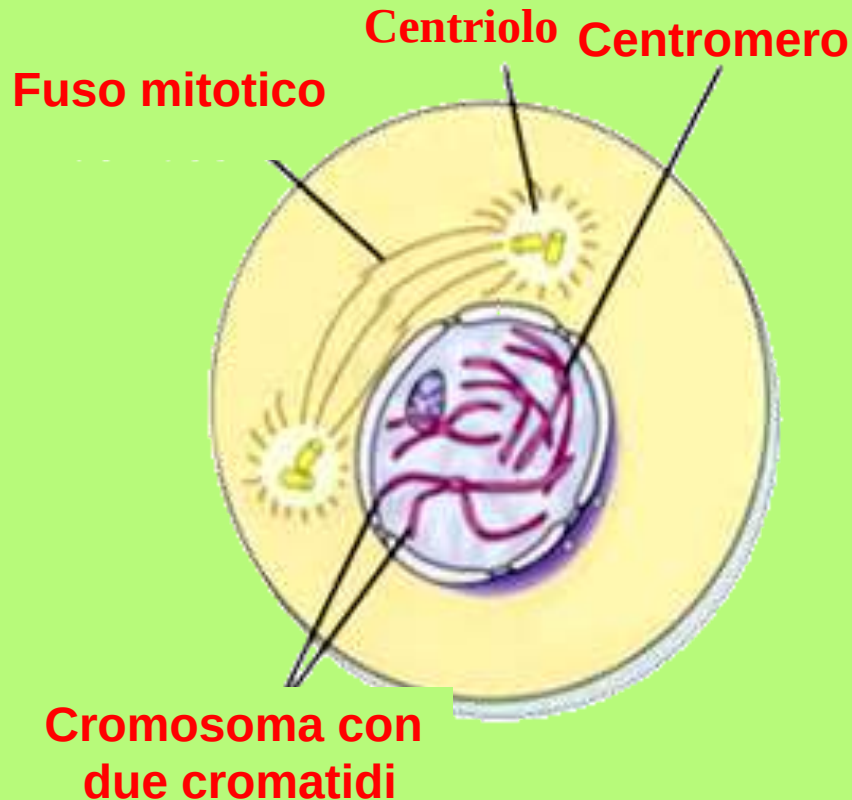
Le fasi della mitosi

La **mitosi** è una divisione nucleare che avviene in quattro stadi che formano una sequenza continua

- **Profase e tarda profase**
- **Metafase**
- **Anafase**
- **Telofase e citodieresi**



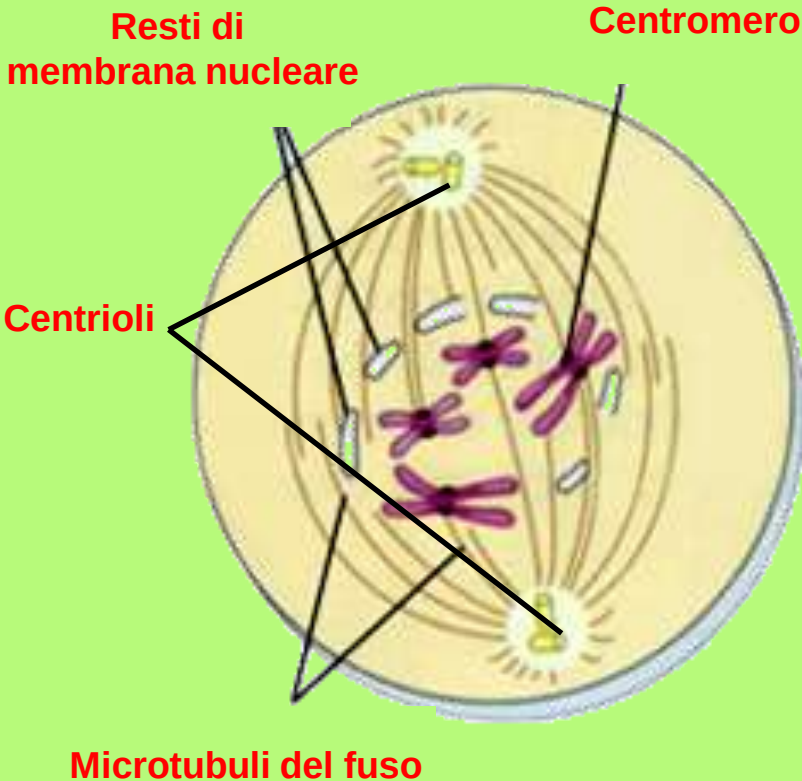
Profase



*cellula diploide con 4 cromosomi :
due coppie di cromosomi omologhi*

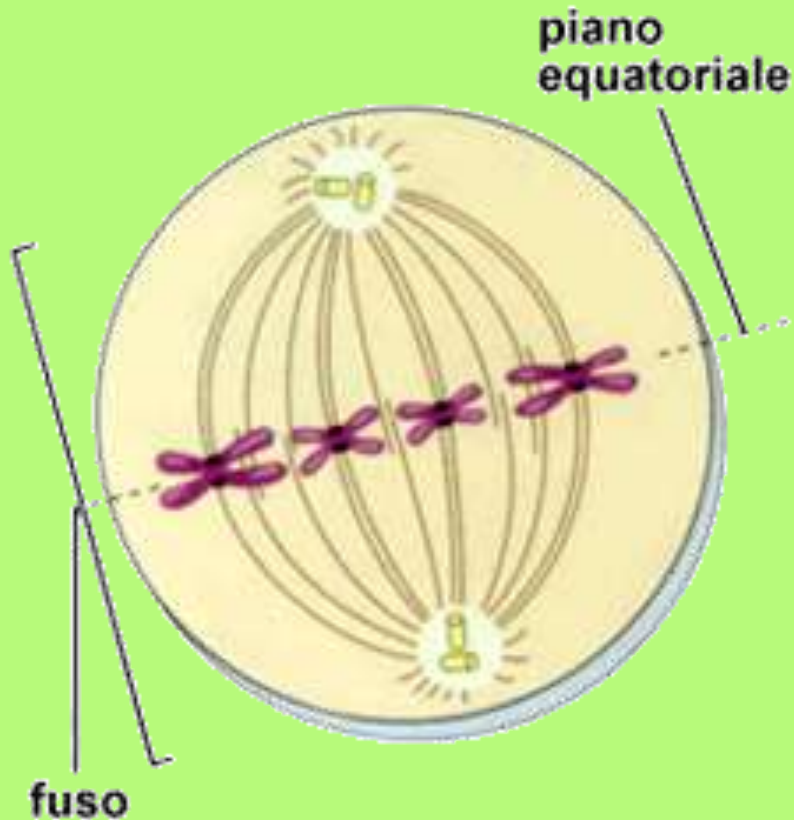
- Il DNA si è duplicato in interfase e i filamenti di cromatina, spiralizzandosi e ripiegandosi, si accorciano progressivamente diventando visibili microscopicamente dando origine ai cromosomi.
- Ogni cromosoma è costituito da due cromatidi identici uniti tra loro da una struttura chiamata centromero.
- Contemporaneamente si organizza l'apparato mitotico, sono ben evidenti i centrioli, le strutture alla base del complesso dei microtubuli del fuso mitotico.

Tarda profase



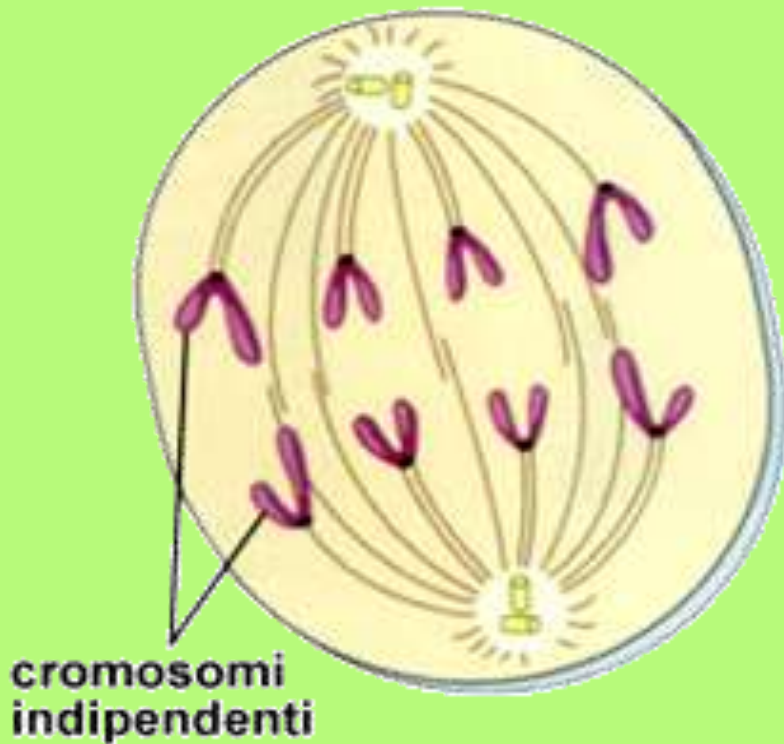
- Scompare l'involucro nucleare e le fibre del fuso possono attraversare liberamente la regione nucleare
- I centrioli si sono spostati ai poli opposti della cellula
- I due cromatidi uniti all'altezza del centromero, si stanno spostando verso l'equatore cellulare
- Ogni cromatidio è agganciato da numerose fibre del fuso mitotico
- Ogni fibra è collegata da una parte al centromero dei cromosomi dall'altra parte ad un centriolo

Metafase



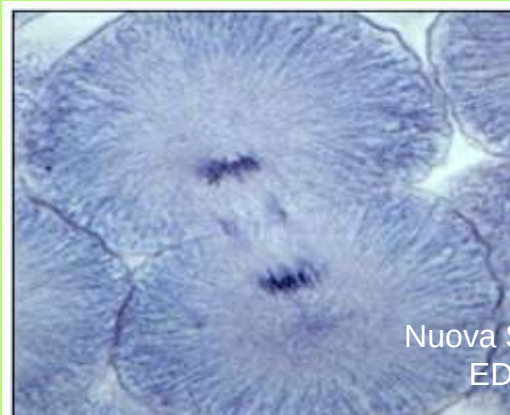
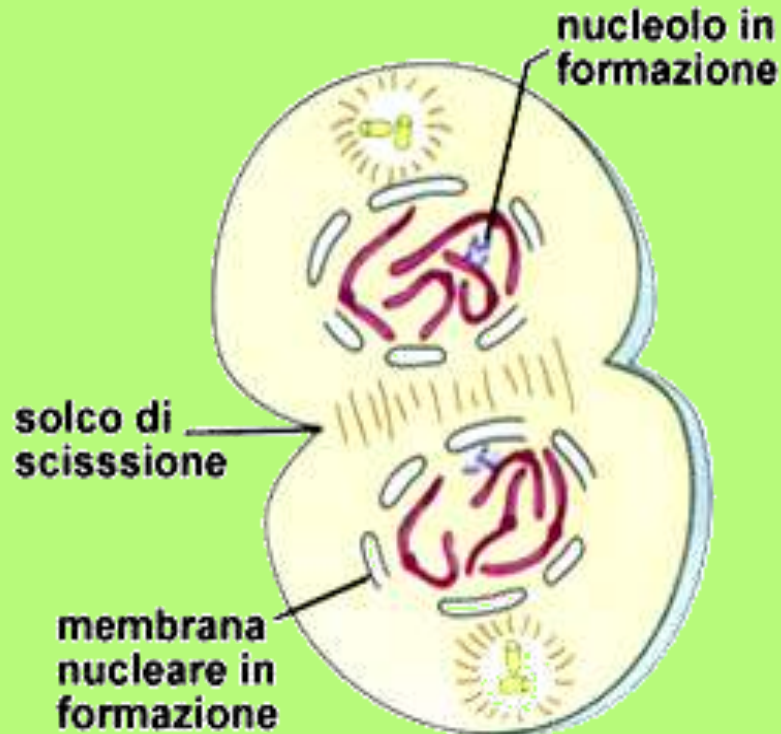
- i cromatidi si dispongono sul piano equatoriale della cellula, ciascuno orientato verso un polo del fuso, formando la piastra equatoriale

Anafase



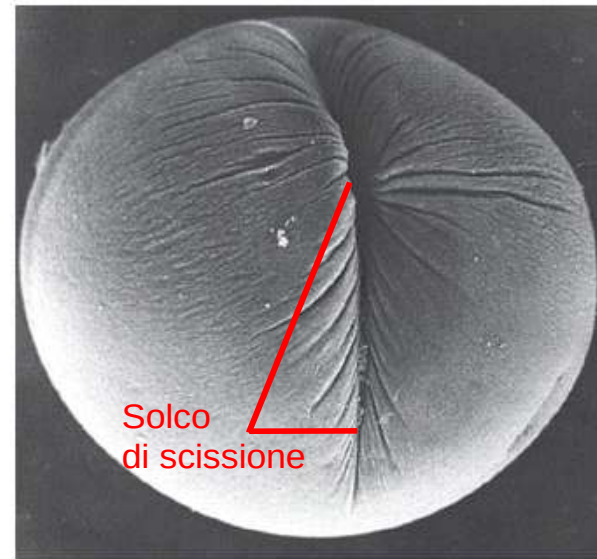
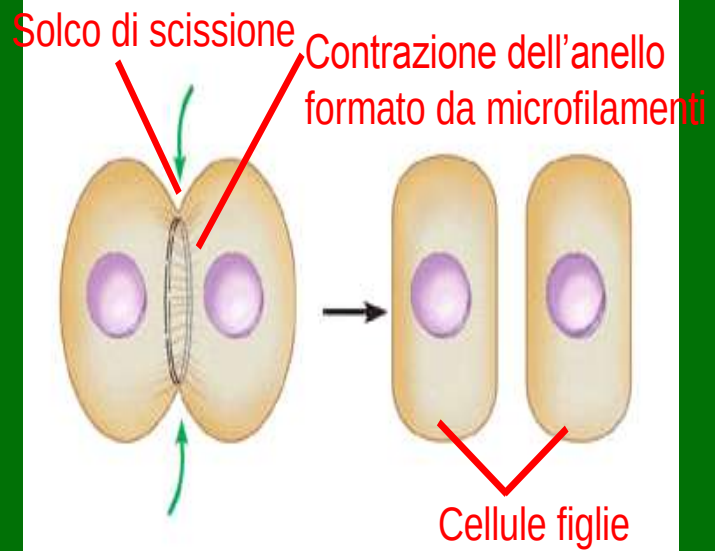
- Le fibre del fuso mitotico si accorciano tirando ai poli opposti ciascun cromatidio dei singoli cromosomi. Ciascun cromatidio è detto adesso cromosoma

Telofase e citodieresi

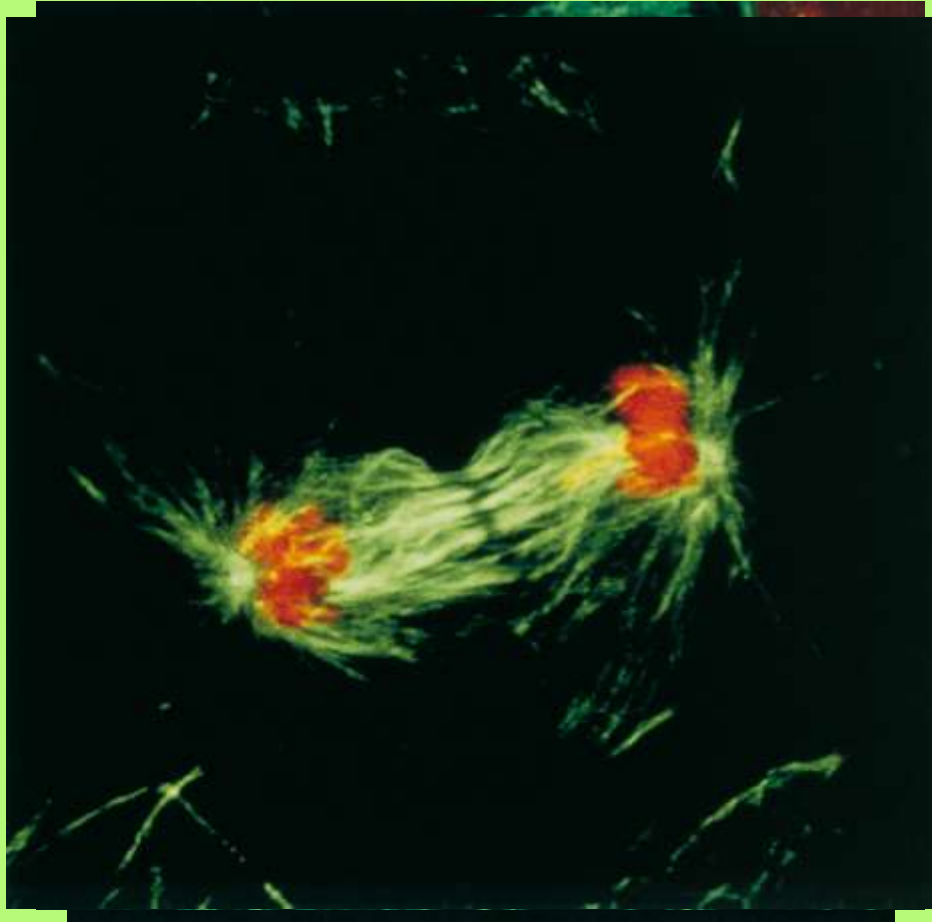


- Le fibre del fuso si sono disgregate e i cromosomi liberi dai microtubuli si despiralizzano trasformandosi in cromatina
- Le vescicole del vecchio involucro nucleare fondendosi tra loro riformano il nuovo involucro
- La mitosi è conclusa quando si sono formati i due nuovi nuclei delle cellule figlie
- Compare un solco equatoriale che si restringe progressivamente finché la cellula si divide in due cellule figlie ciascuna con un nucleo
- I componenti citoplasmatici vengono distribuiti più o meno ugualmente nelle due cellule figlie

Citodieresi nelle cellule animali

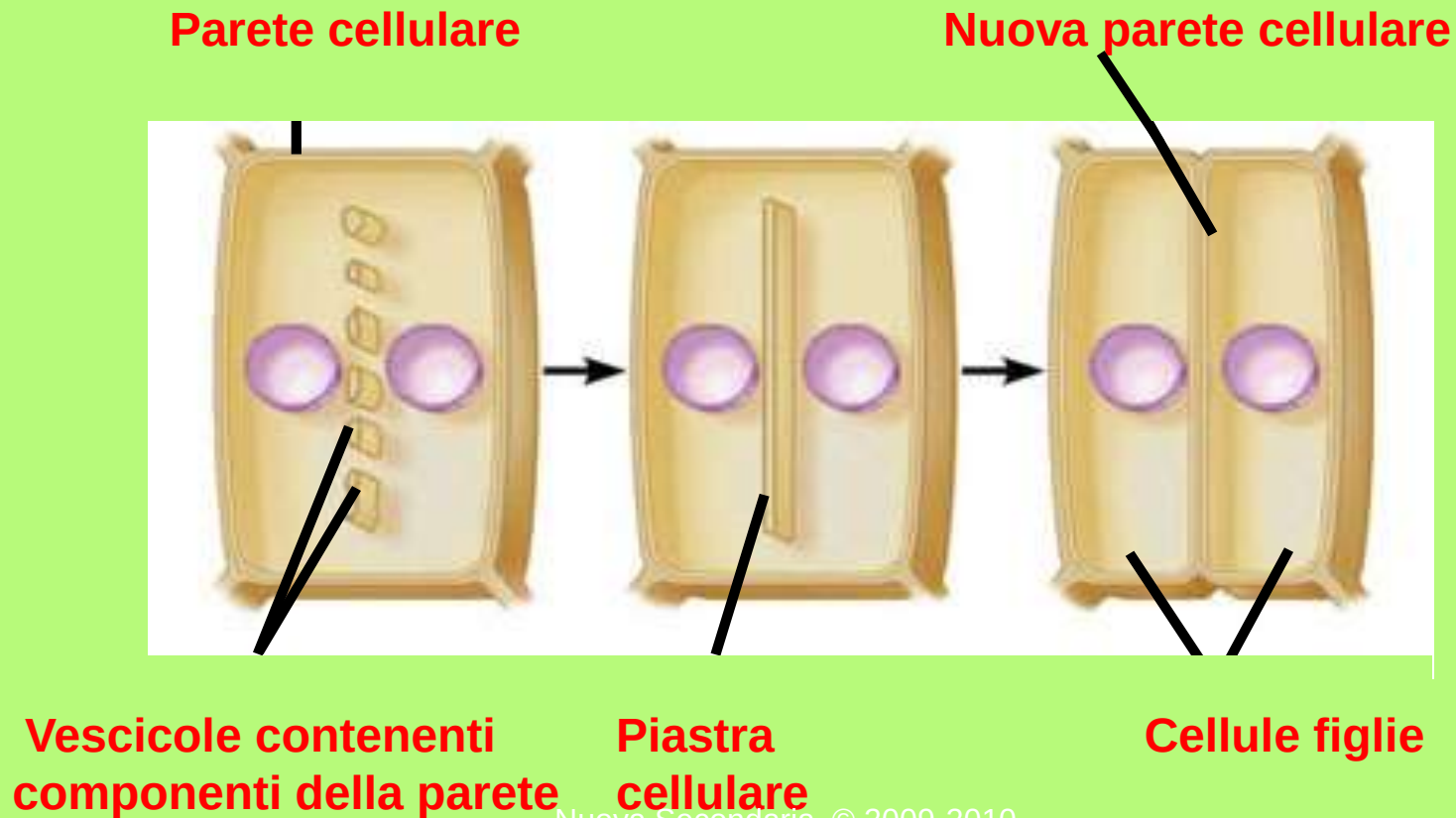


Citodieresi in una cellula animale



Citodieresi nelle piante

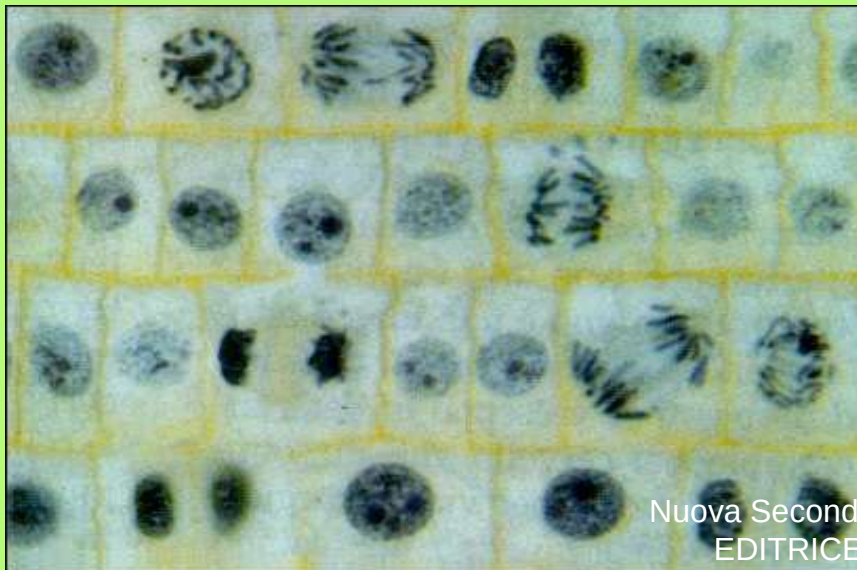
- Nelle piante la citodieresi avviene con la formazione di una struttura detta piastra cellulare e la formazione di una parete trasversale.



Piastra cellulare

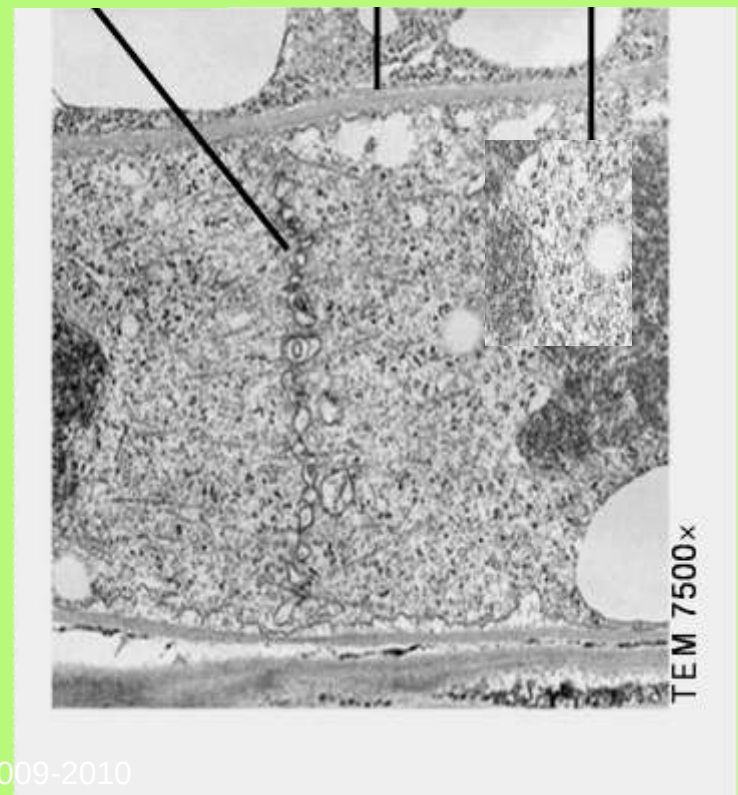
- Vescicole ripiene di un materiale per la costruzione della parete cellulare si fondono tra loro e insieme ai residui del fuso mitotico formano una struttura detta piastra cellulare .
- Ai lati di essa si accumula la cellulosa fino a dare origine ad una parete trasversale che separa le due cellule figlie

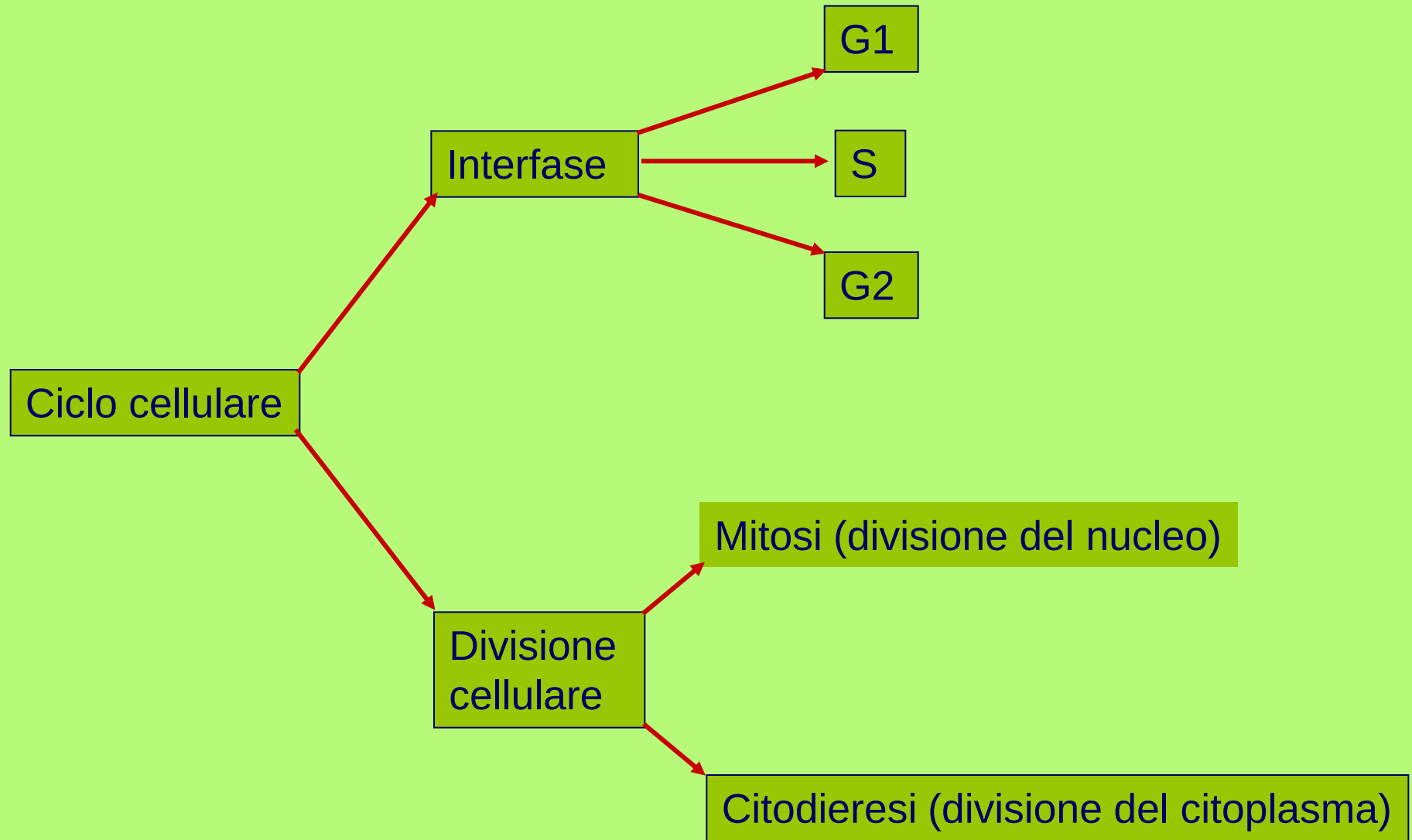
Cellule vegetali in varie fasi della mitosi



Formazione
della piastra

Parete della
cellula madre





Cromatina, cromosomi, cromatidi

Il patrimonio genetico di una cellula è costituito da un insieme di DNA e proteine chiamato **cromatina**.

Il DNA contiene le informazioni per il funzionamento della cellula; le proteine, chiamate istoni, servono invece solo a sostenere il DNA stesso.

La cromatina è suddivisa in un insieme di frammenti, chiamati **cromosomi**, il cui numero è caratteristico di ciascuna specie.

Nella fase S ogni cromosoma viene ricopiato. Ciascuna delle due copie prende il nome di **cromatidio**; le due copie restano unite nel centromero. Un cromatidio viene detto tale fintanto che rimane associato ad un *cromatidio fratello* (a lui identico).

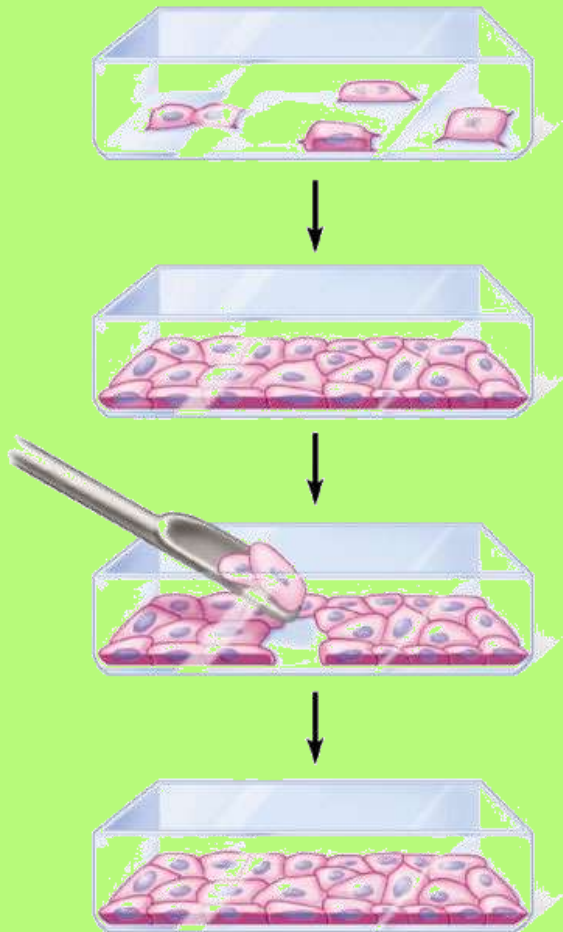
Quando, nella mitosi, i due cromatidi si dividono, ciascuno di essi torna ad essere un semplice **cromosoma**.

Fattori che influenzano la divisione cellulare

La divisione cellulare è influenzata da fattori di crescita, l'ancoraggio ad una superficie solida e dal contatto con altre cellule.

La maggior parte delle cellule animali si divide solo quando stimolata.

Alcune cellule non si dividono mai.



Le cellule, se ancorate a una superficie rigida si dividono.

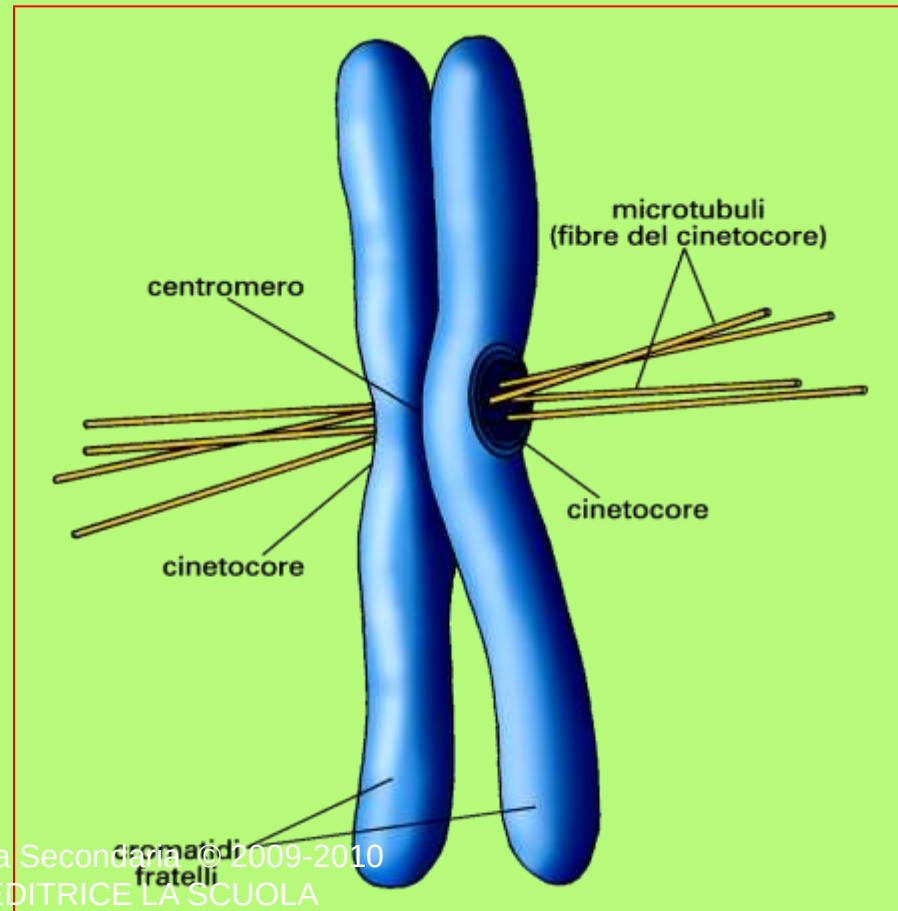
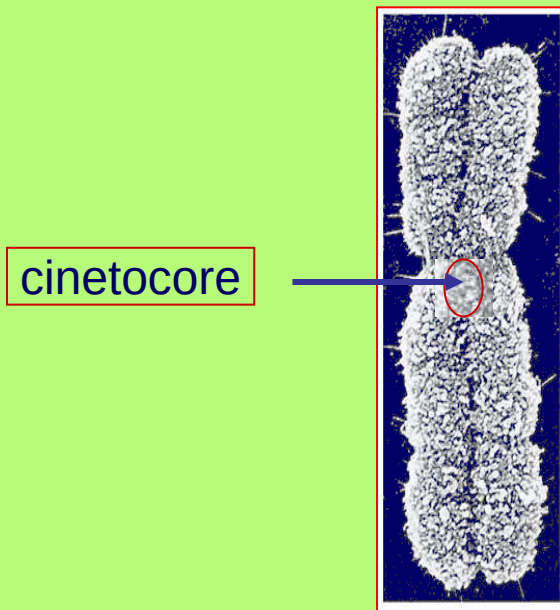
Le cellule smettono di dividersi dopo aver formato uno strato singolo completo (**inibizione da contatto**).

Se alcune cellule vengono eliminate, quelle che restano cominciano a dividersi per riempire lo spazio vuoto, ripristinando lo strato di cellule rimosse; In seguito le divisioni si bloccano nuovamente (**inibizione da contatto**).

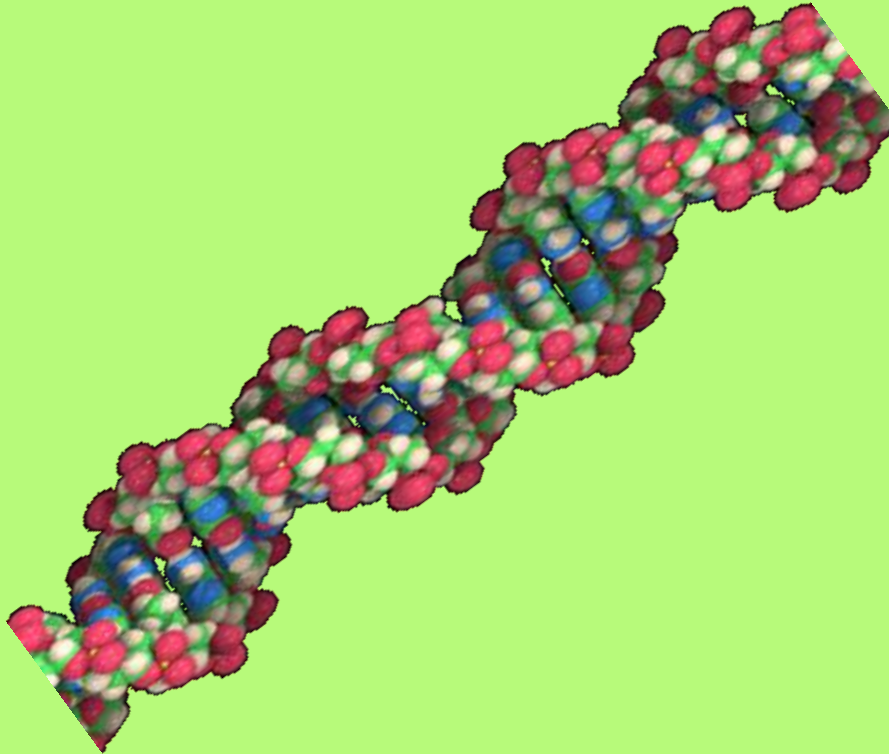
L'aggiunta di **fattori di crescita** in una coltura cellulare stimolano la divisione di altre cellule.

Organizzazione strutturale di un cromosoma

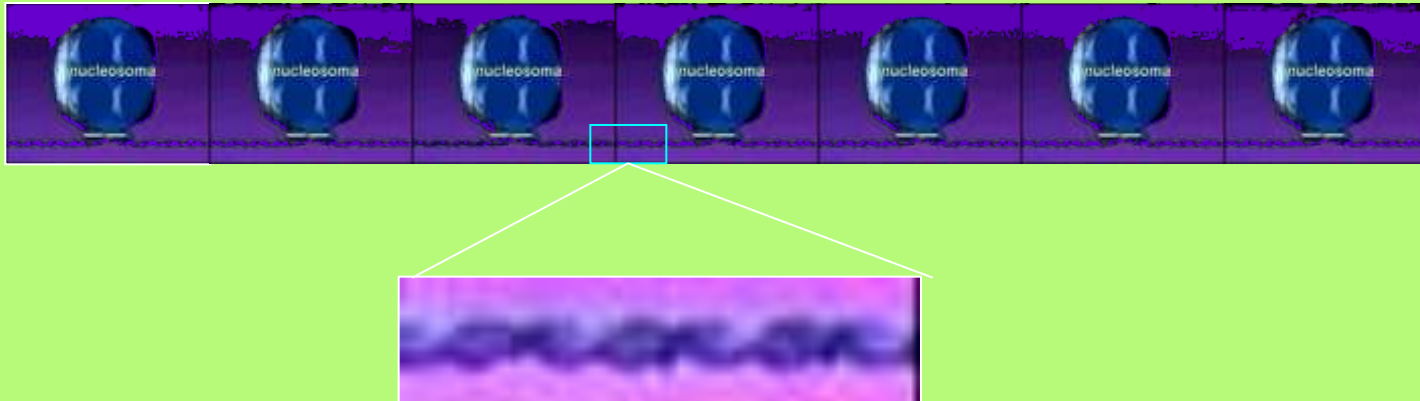
- L'immagine mostra un cromosoma in metafase, già duplicato e al massimo grado di condensazione .
- In realtà la spirale a sua volta è avvolta a spirale in una superspirale.



- La spirale è costituita da una fibra cilindrica di DNA e proteine del diametro di 30 nm (nanometri)



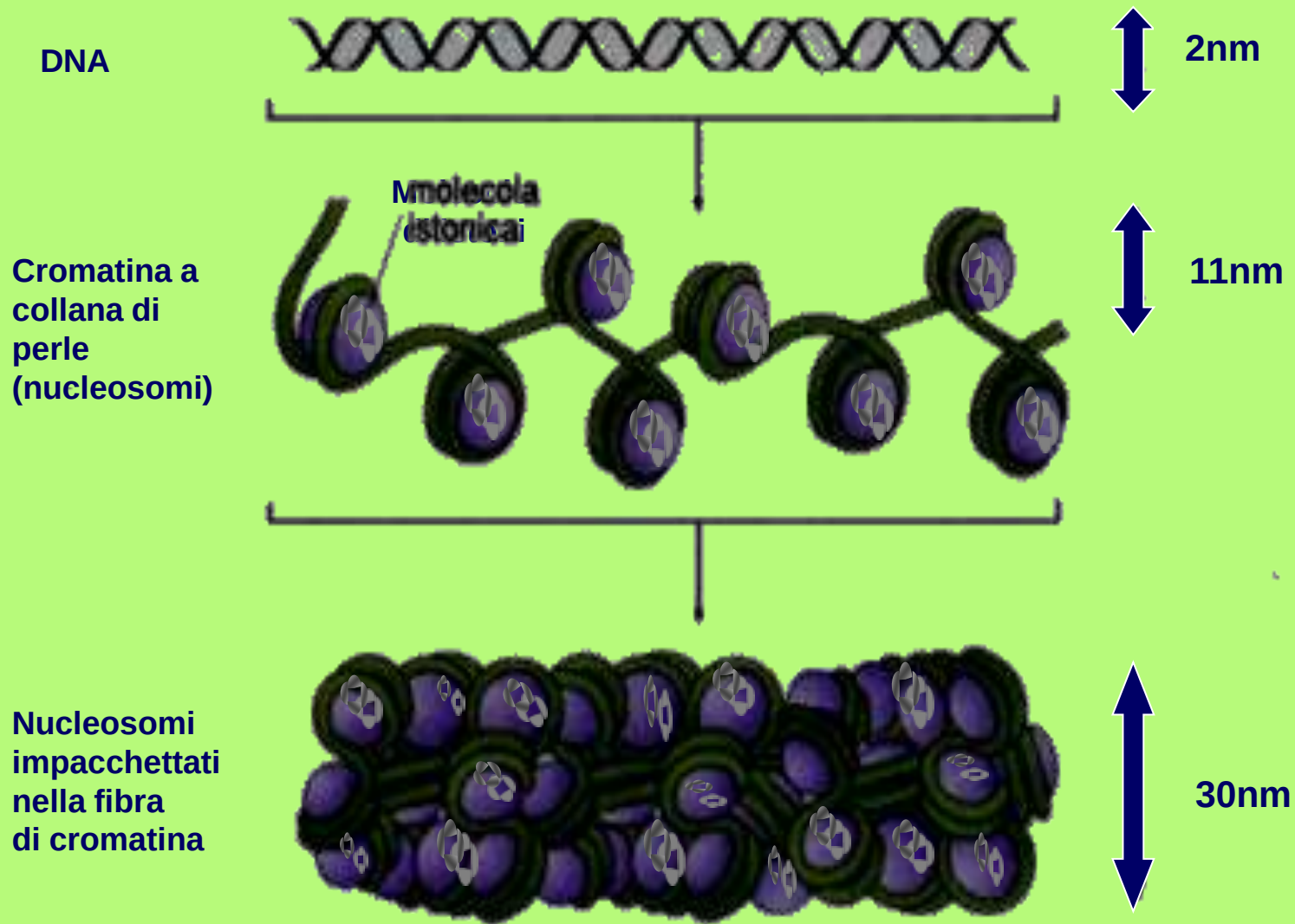
- Se si immerge il cromosoma in una soluzione salina, la spirale si svolge dando origine ad una struttura lineare simile ad un filo di perle.
- Il filo è costituito da DNA mentre ogni perla è un nucleosoma.



Nucleosoma

- Il DNA strettamente associato a numerose proteine (istoni), forma delle unità strutturali dette nucleosoma.
- Ogni **nucleosoma** è formato da una doppia ansa di DNA avvolta attorno ad un nucleo di otto istoni.
- Il nucleosoma è una struttura a forma di sferetta che impacchetta il **DNA** in una cellula eucariote; è visibile al microscopio elettronico in cellule in **interfase**.
- L'avvolgimento attorno al nucleo del nucleosoma contribuisce al compattamento della molecola del DNA e quindi ne diminuisce l'ingombro in lunghezza.

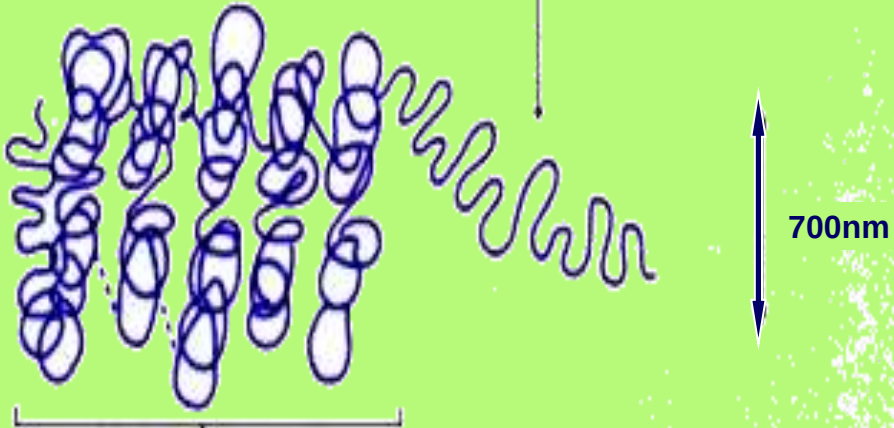




Cromosoma disteso



Cromosoma condensato

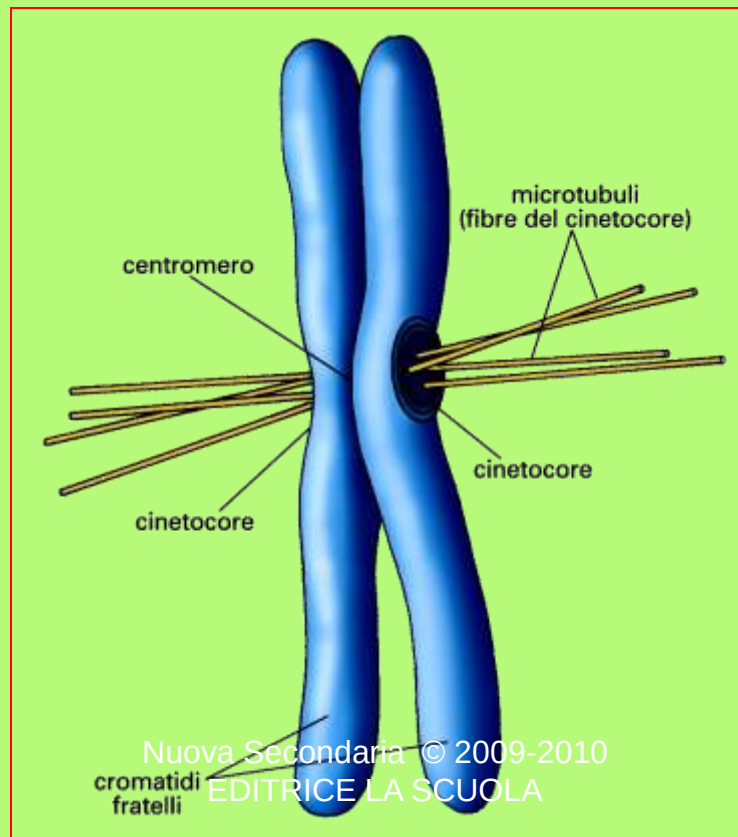


Cromosoma metafaseico



Centromero

- Nel cromosoma duplicato c'è una breve regione in cui i due cromatidi restano uniti detta centromero.
- A livello del centromero si trovano delle strutture dette cinetocoro che servono come punto di ancoraggio per i microtubuli del fuso mitotico.



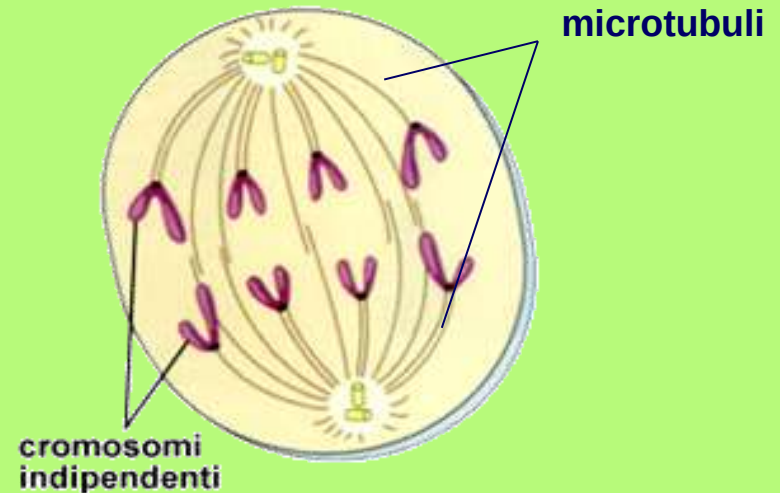
microtubuli

I microrotubuli

- I microrotubuli durante l'anafase mantengono le posizioni di ancoraggio ma si accorciano man mano che il cinetocoro scorre su di essi disgregandoli.
- In tal modo i cromosomi vengono trascinati ai poli opposti della cellula



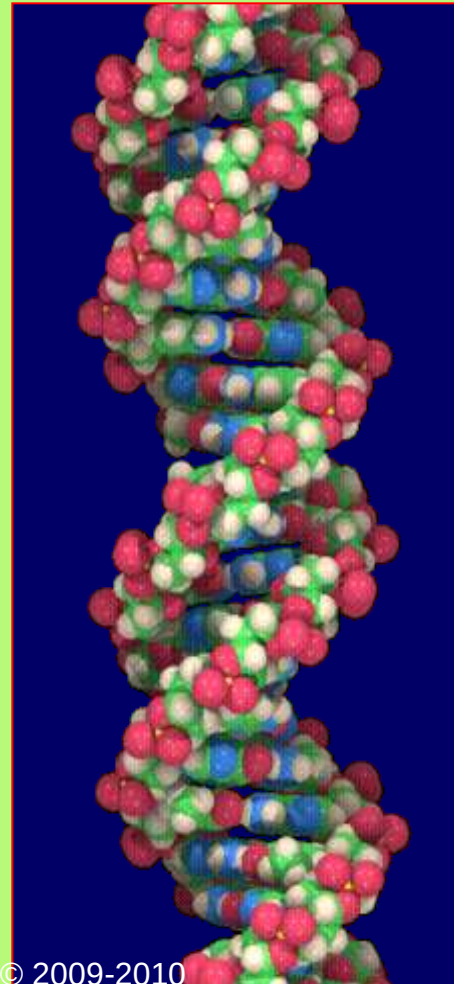
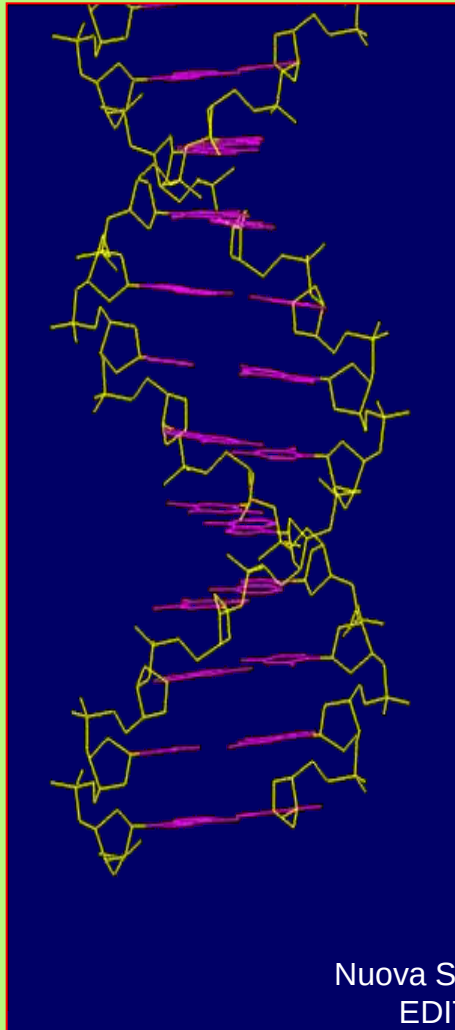
microtubuli



Struttura del DNA

- Il DNA contiene le istruzioni per sintetizzare le proteine.

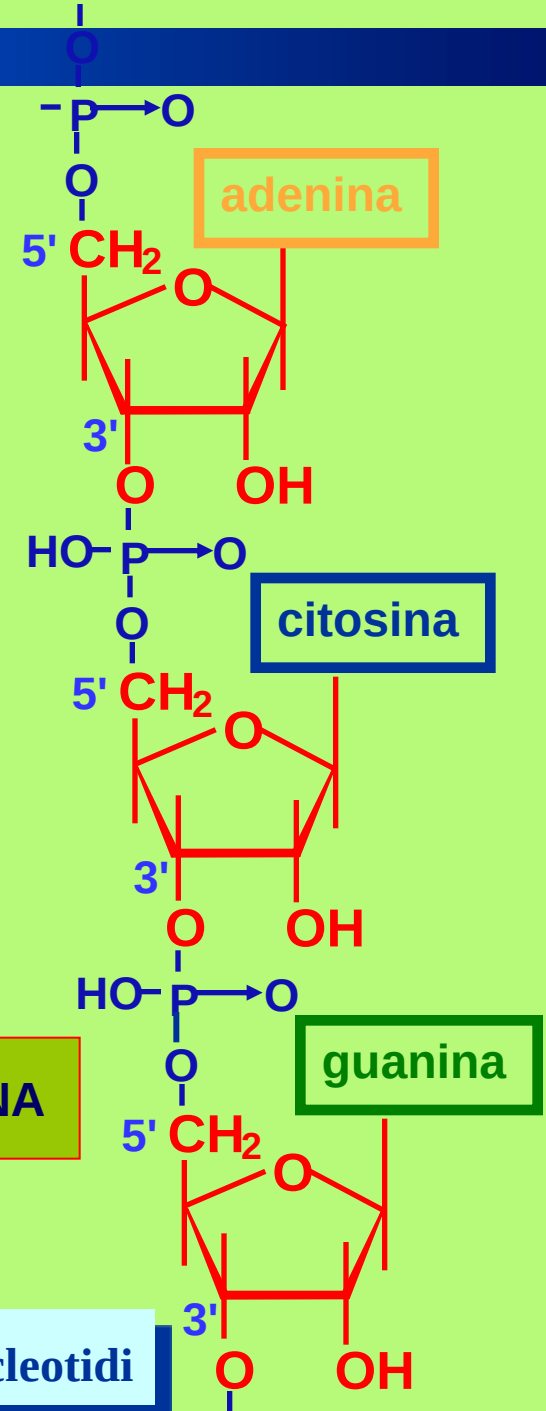
Esso è costituito da due filamenti polinucleotidici avvolti uno sull'altro in una doppia elica.



Polinucleotide

Polimero formato da unità strutturali dette nucleotidi. Il gruppo fosfato di un nucleotide si lega allo zucchero del nucleotide successivo andando a costituire uno scheletro zucchero-fosfato con le basi azotate collocate all'esterno di questa impalcatura

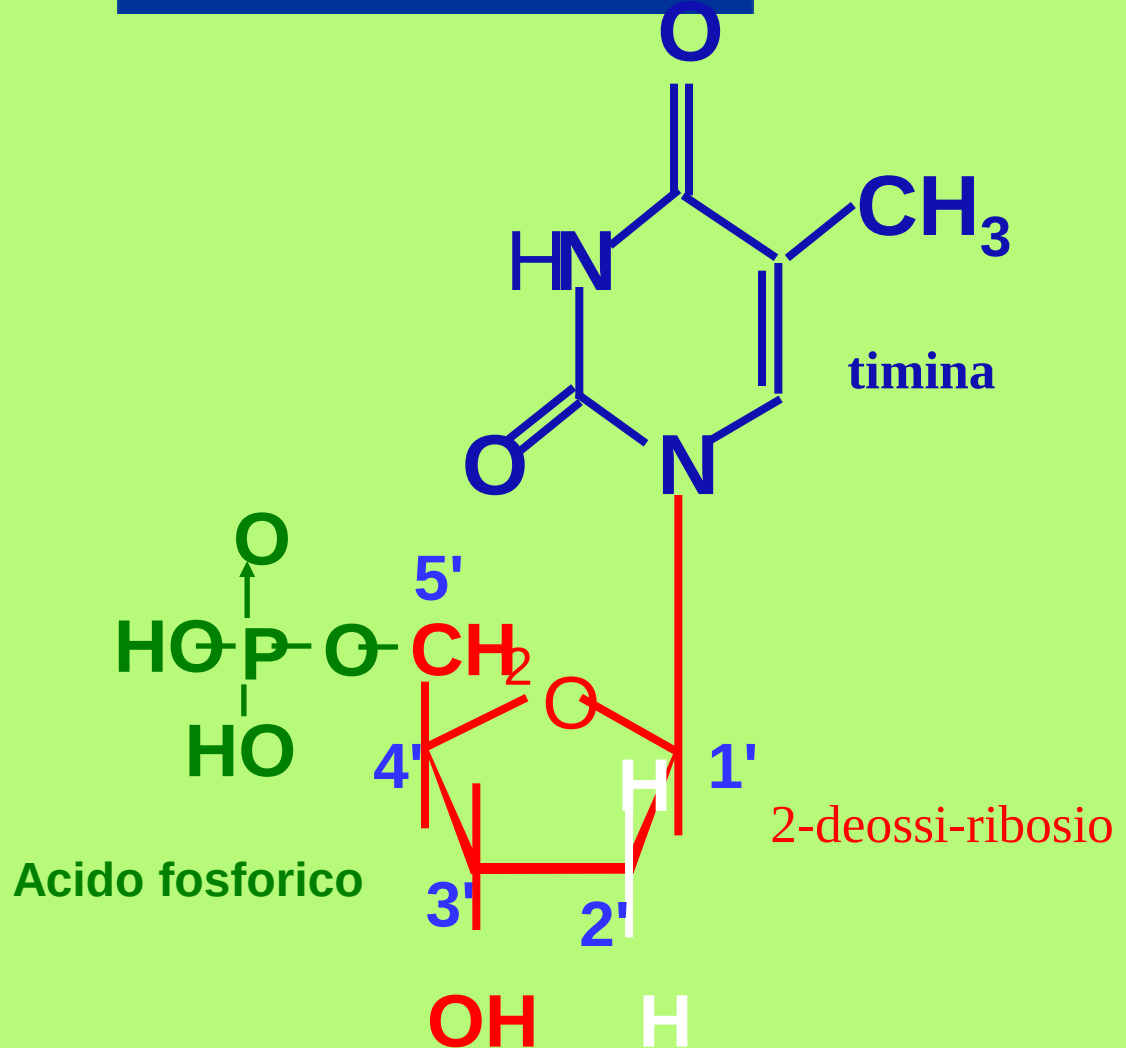
Filamento di DNA



Un polinucleotide si forma per condensazione a partire dai suoi monomeri, i nucleotidi.

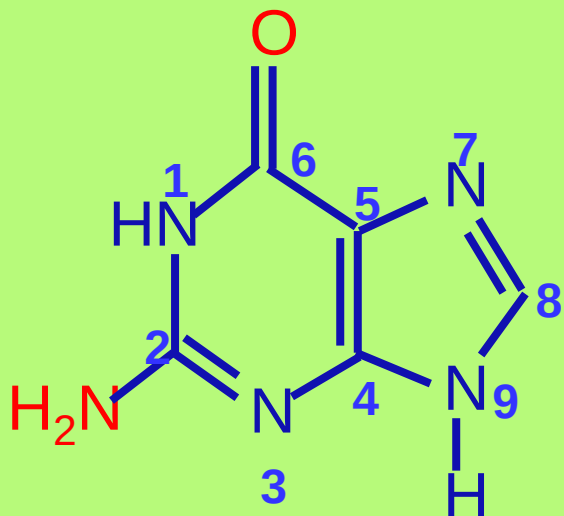
Ogni nucleotide è costituito da una molecola di acido fosforico uno zucchero pentoso (deossiribosio) e una delle quattro basi azotate : Adenina, Citosina, Timina e Guanina.

nucleotide

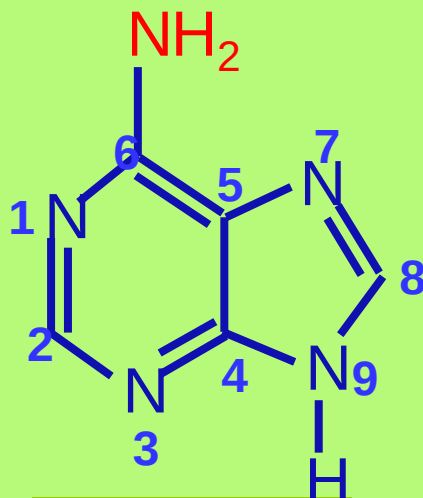


Basi azotate

basi puriniche

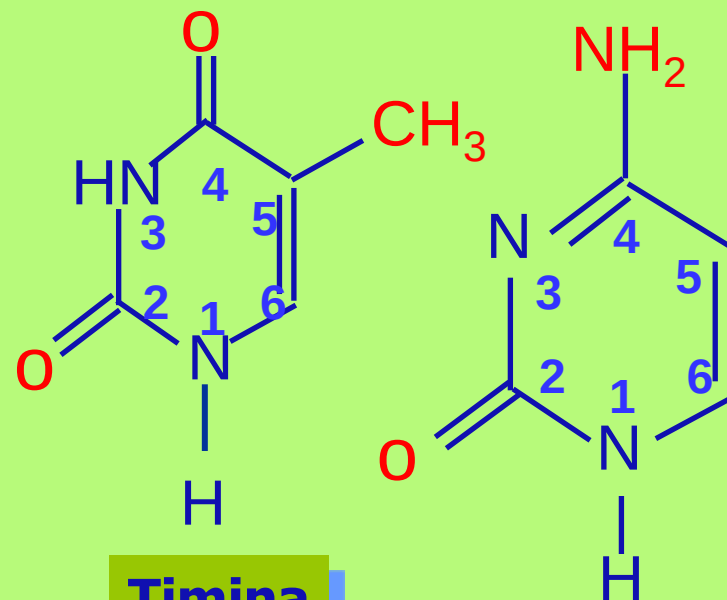


Guanina



Adenina

basi pirimidiniche

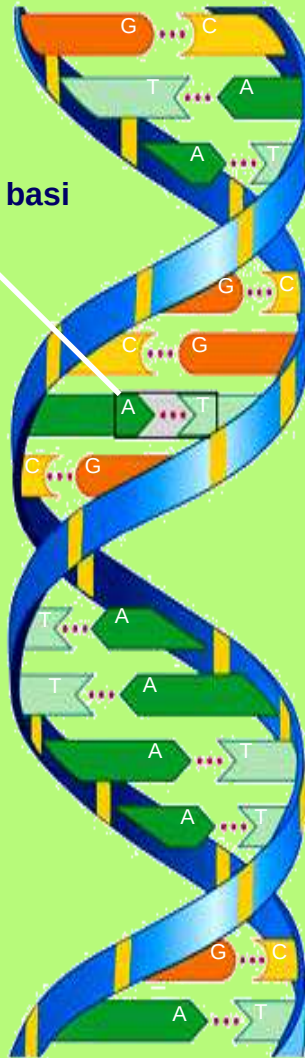


Timina

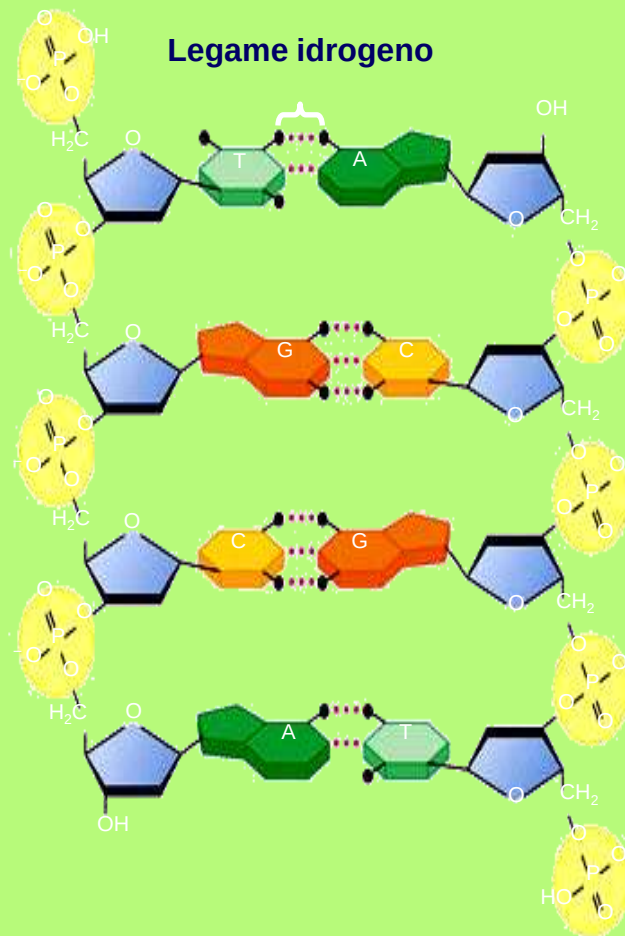
Citosina

Filamenti polinucleotidici legati tra loro da legami idrogeno e avvolti a spirale che costituiscono il DNA

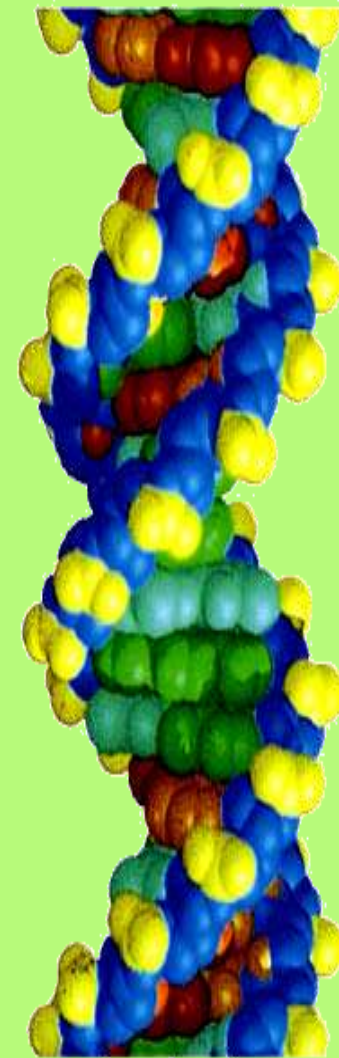
Coppie di basi appaiate



Modello a nastro

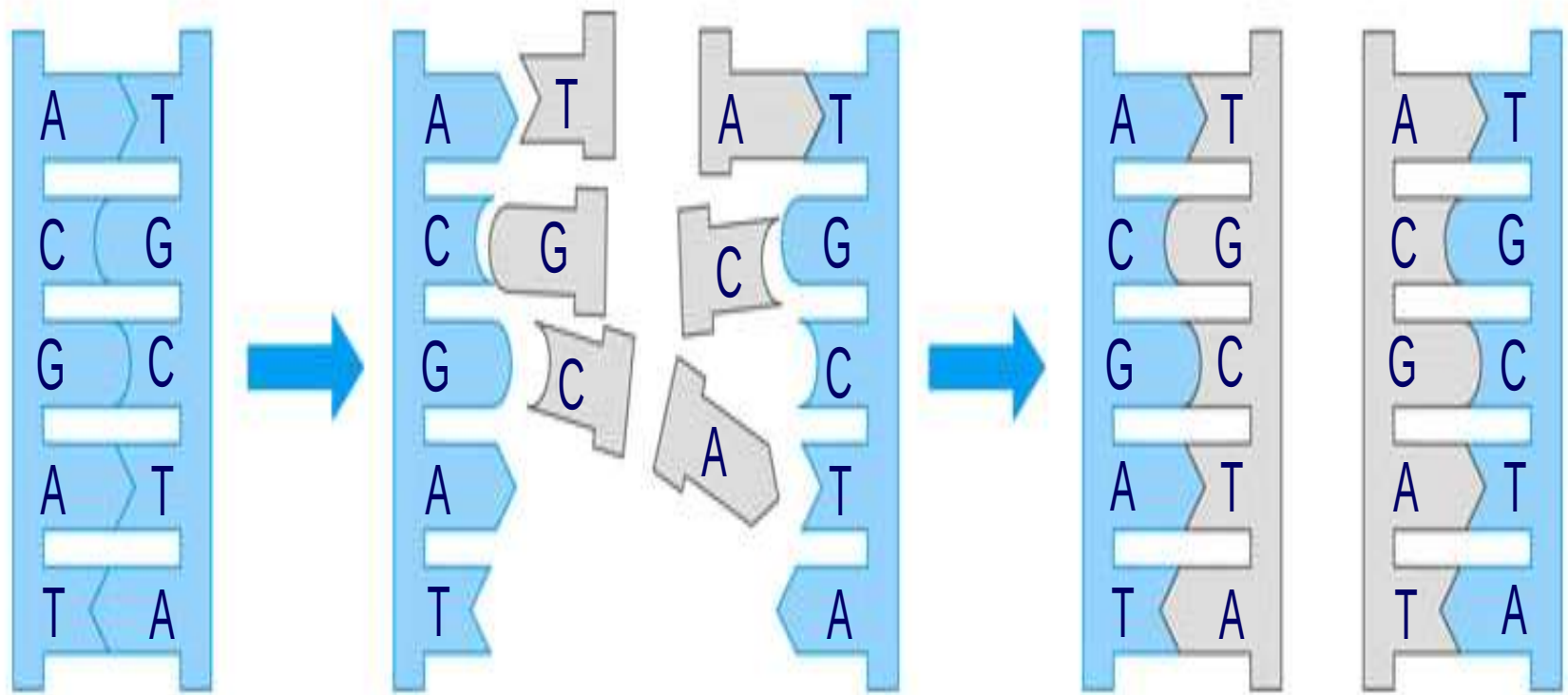


Nuova Secondaria © 2009-2010
Struttura chimica
EDITRICE LA SCUOLA



Modello computerizzato

Duplicazione del DNA



Molecola originaria
del DNA.

Entrambi i filamenti originali
si comportano da stampo.

Due nuove molecole
di DNA identiche.

Mitosi e numero di cromosomi

- Gli individui appartenenti alla stessa specie nelle cellule somatiche hanno lo stesso numero di cromosomi e alla fine della mitosi esso resta invariato.

Per esempio nella specie umana sono 46, nel gorilla 48, nella pianta di pisello 14.

- Immaginiamo che i nostri 46 cromosomi siano numerati, ogni tipo di cromosoma è presente in doppia copia quindi abbiamo 23 coppie di cromosomi.

Si dice che la cellula è **diploide** cioè con il corredo cromosomico doppio.

DNA umano in ciascuna cellula:
è lungo complessivamente **2,5 m**
è ripartito in 46 cromosomi

DNA di ciascun cromosoma:
è lungo diversi **cm** è spesso
2 nm



Tutte le cellule somatiche di un organismo possiedono lo stesso numero di cromosomi che è caratteristico della propria specie

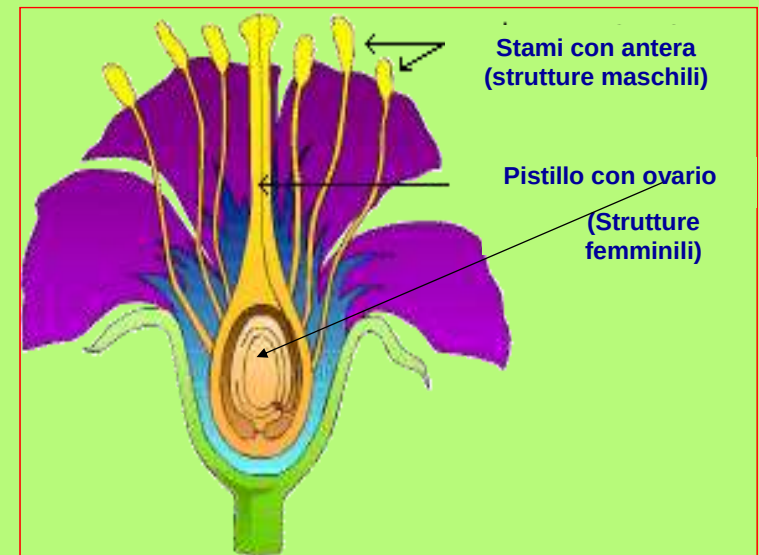
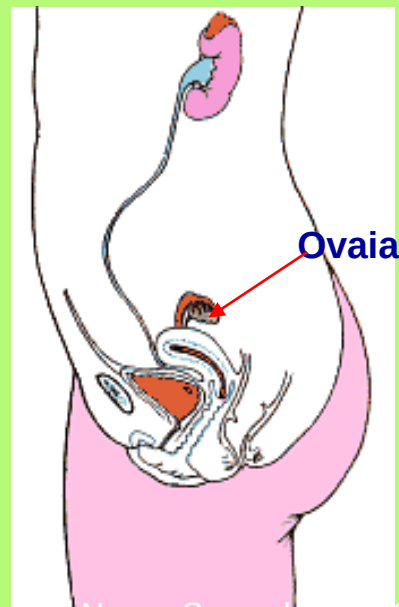
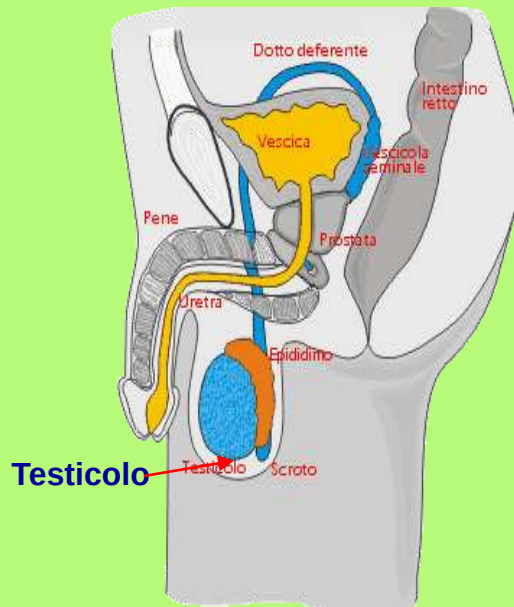


Meccanismi di controllo del ciclo cellulare

- Il ciclo cellulare ha dei meccanismi di controllo interni che permettono ad una cellula di bloccarsi anche per lungo tempo nella fase G1, durante questa fase vengono prodotti carboidrati, lipidi e proteine per i fabbisogni della cellula.
- Quando il blocco viene disattivato il ciclo prosegue.
- Il ciclo cellulare viene controllato attivando o disattivando i geni che servono per la sintesi delle proteine (*protochinasi*) coinvolte nella attività del ciclo cellulare.
- I prodotti di tali geni possono a loro volta controllare altri geni che regolano l'attività cellulare. Per esempio esistono alcuni geni che sintetizzano enzimi, detti *proteasi*, che sono responsabili del <<suicidio>> cellulare, cioè della morte spontanea cui vanno incontro alcune cellule.

Meiosi

- La meiosi è un meccanismo di riproduzione nucleare che riguarda le cellule germinali cioè le cellule che danno origine ai gameti (spermatozoi e cellule uovo) che servono per la riproduzione sessuata.
- I gameti si sviluppano all'interno di organi o apposite strutture che sono deputate per la riproduzione e che hanno normalmente lo stesso numero di cromosomi delle cellule del corpo (cellule somatiche).

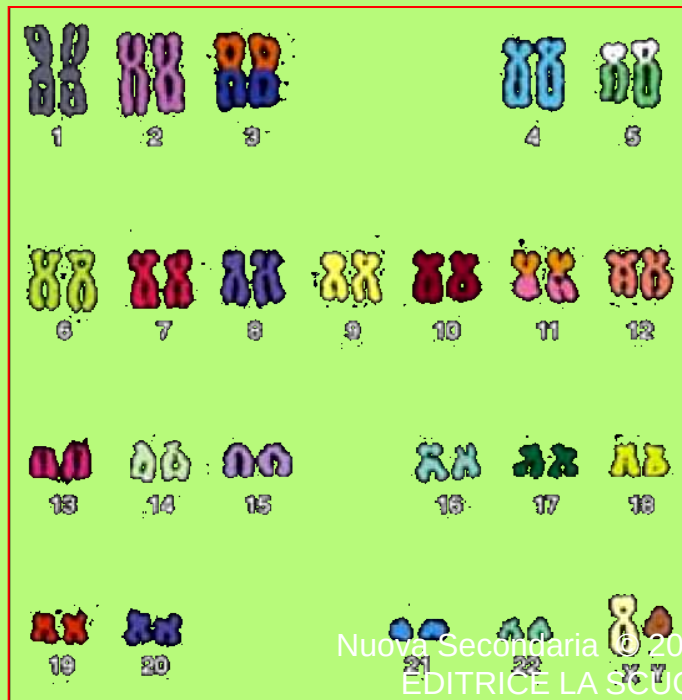


Cromosomi omologhi

- Generalmente le cellule somatiche hanno un numero di cromosomi tipico della specie dato dalla somma di tutti i cromosomi, detto diploide e indicato con $2n$, che significa che ogni cellula possiede due esemplari (una coppia) di ciascun tipo di cromosomi.
- I due cromosomi di ogni coppia sono detti **cromosomi omologhi**.

Generalmente due cromosomi omologhi hanno la stessa forma e la stessa lunghezza contengono alleli degli stessi geni.

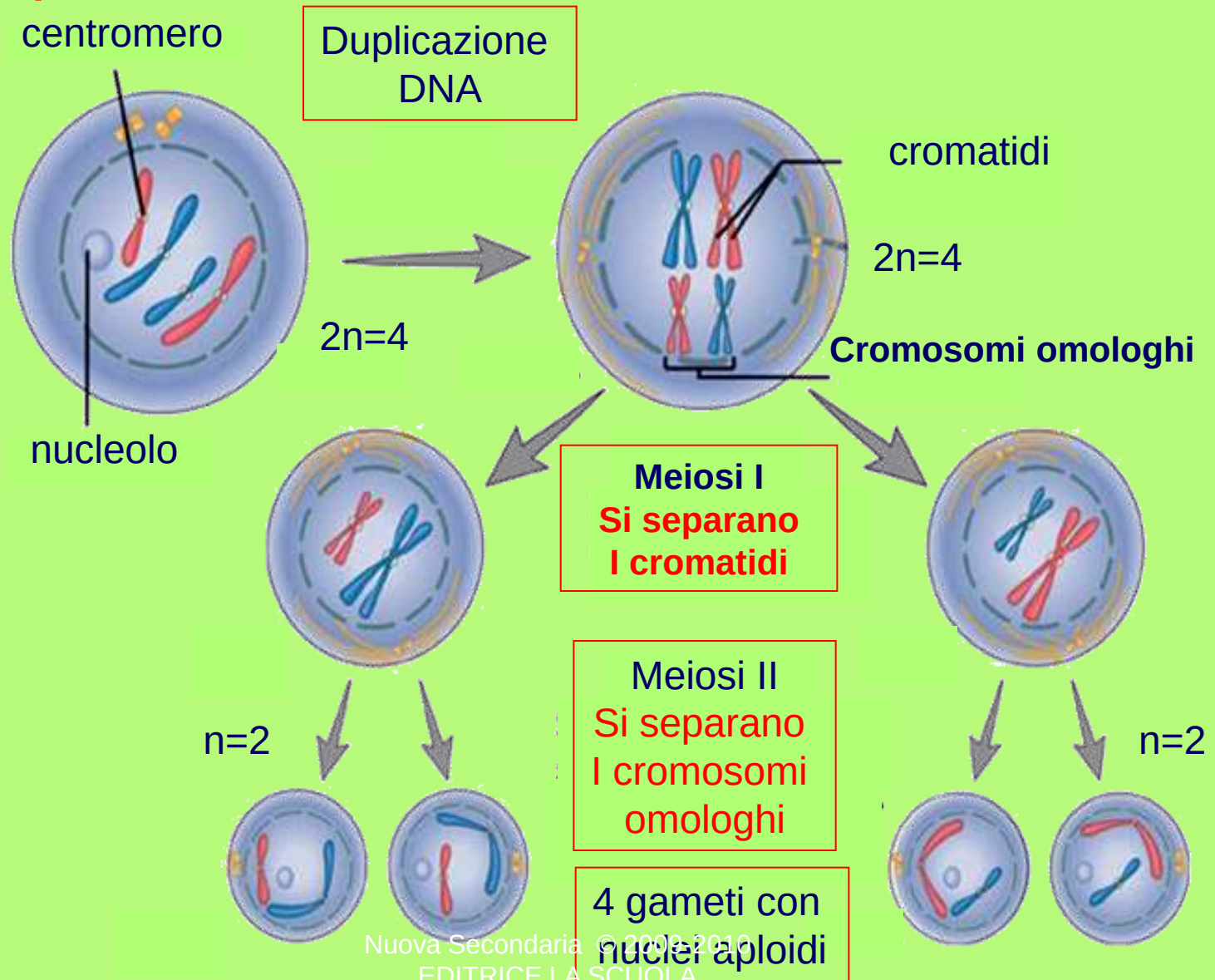
Soltanto due cromosomi, i **cromosomi sessuali**, indicati con X e Y differiscono per forma e dimensioni, nonostante ciò si comportano come se fossero omologhi.



**Le 23 coppie
di cromosomi
omologhi
dell'Uomo**

cromosomi sessuali

La meiosi è costituita da due divisioni cellulari senza l'interposizione di una duplicazione del DNA



LE FASI DELLA MEIOSI

La meiosi si suddivide in due parti: **meiosi I** e **meiosi II**, ciascuna ulteriormente suddivisa in quattro fasi simili a quelle della mitosi.

Nella meiosi I si generano due nuclei; gli omologhi di ogni coppia si separano, restando ciascuno formato da due cromatidi.

Nella meiosi II si separano i cromatidi, generando quattro nuclei aploidi.

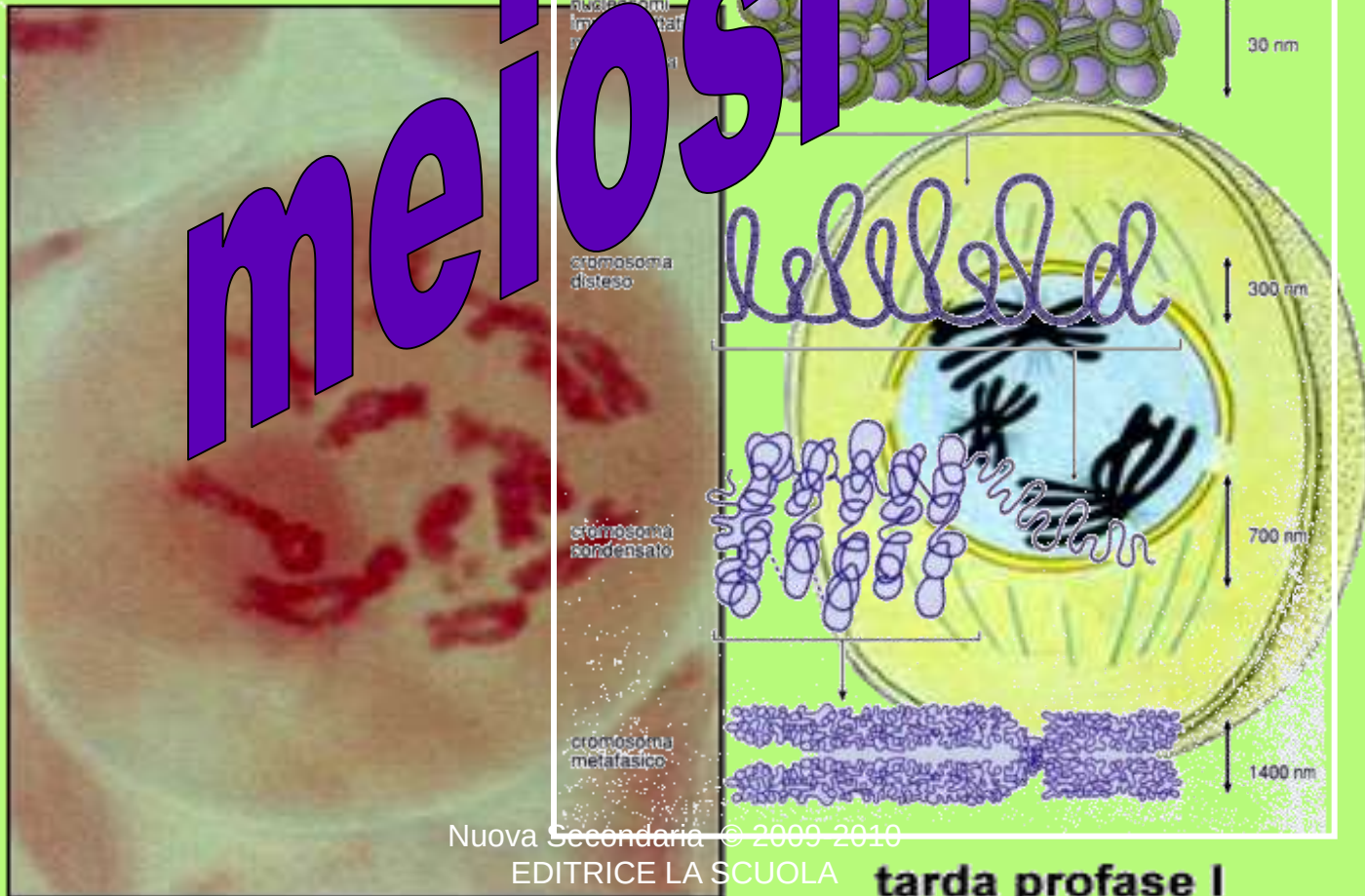


Profase I

I cromosomi si spiralizzano.

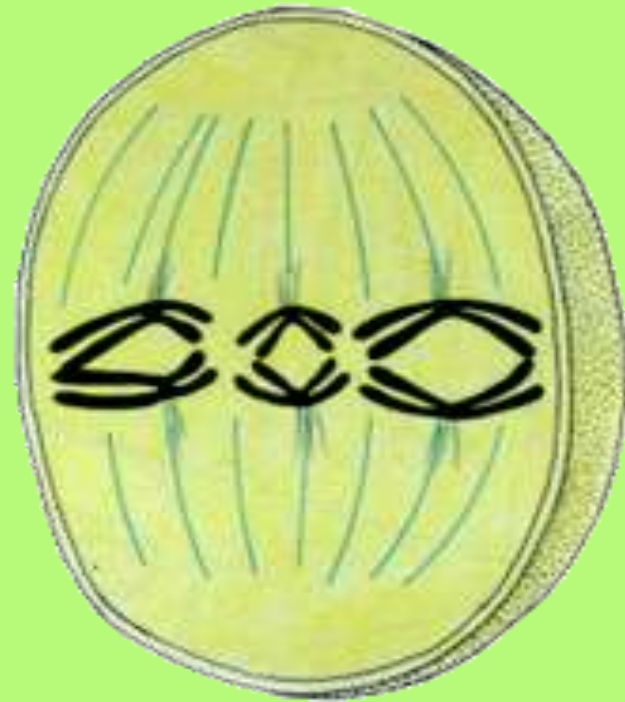
Si forma il fuso meiotico.

Scompaiono il nucleolo e l'involucro nucleare



Metafase I

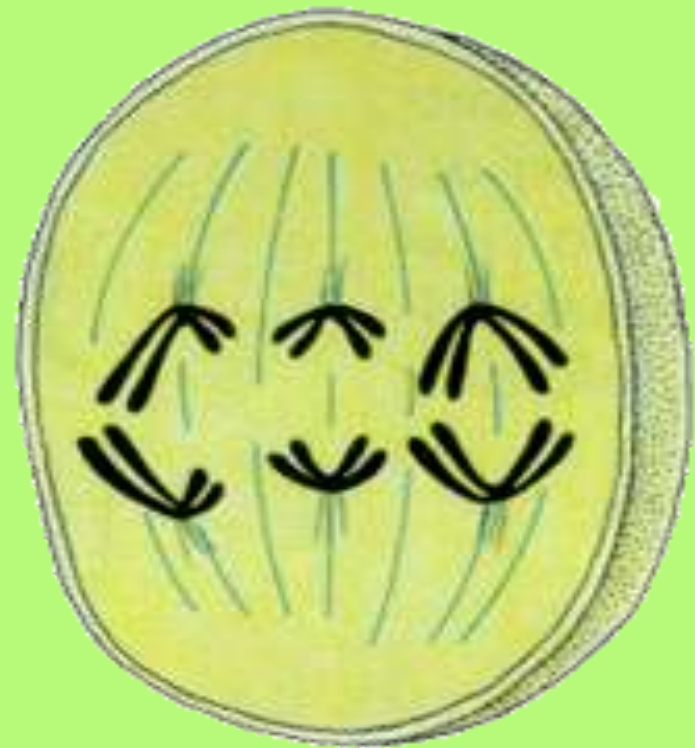
Le coppie di omologhi si allineano nel piano equatoriale della cellula.



metafase I

Anafase I

Gli omologhi, ognuno formato da due cromatidi, si separano.



anafase I

Telofase I

Gli omologhi giungono ai poli opposti del fuso.

Ciascuno dei due nuclei ha un numero aploide di cromosomi, ognuno formato da due cromatidi.

Che si formino le membrane nucleari o no, si effettui o no la citodieresi, si despiralizzino o no i cromosomi, dipende dalla specie.

fine meiosi I



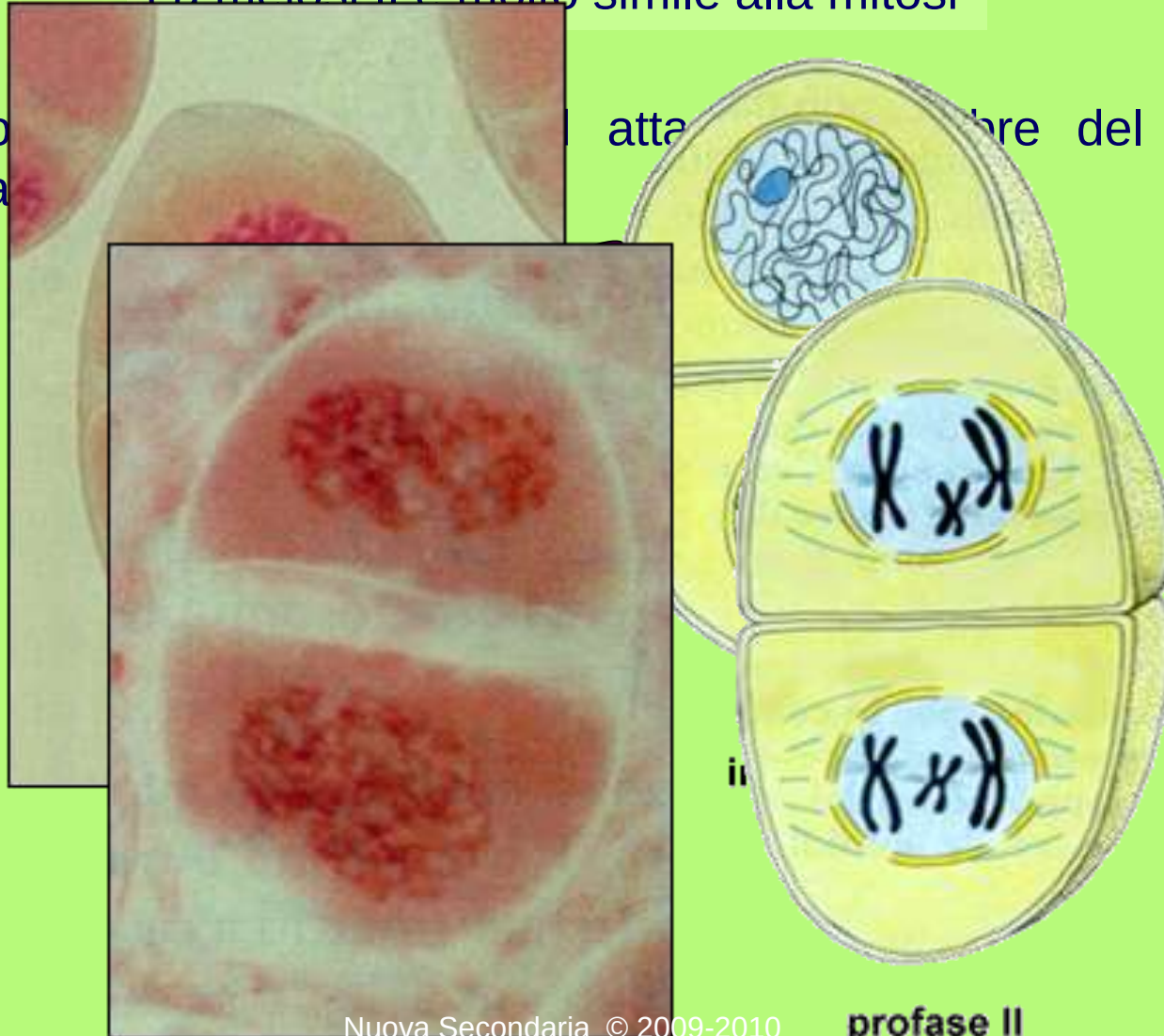
Tra le due divisioni meiotiche i cromosomi **non** si duplicano

La meiosi II è molto simile alla mitosi

Profase II

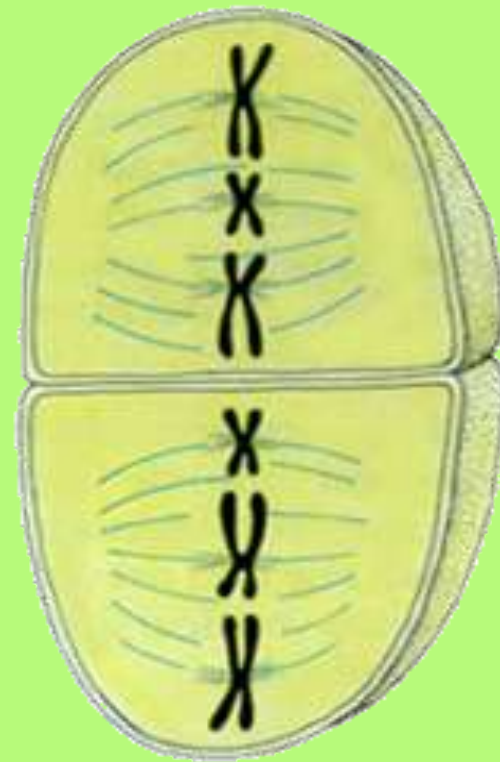
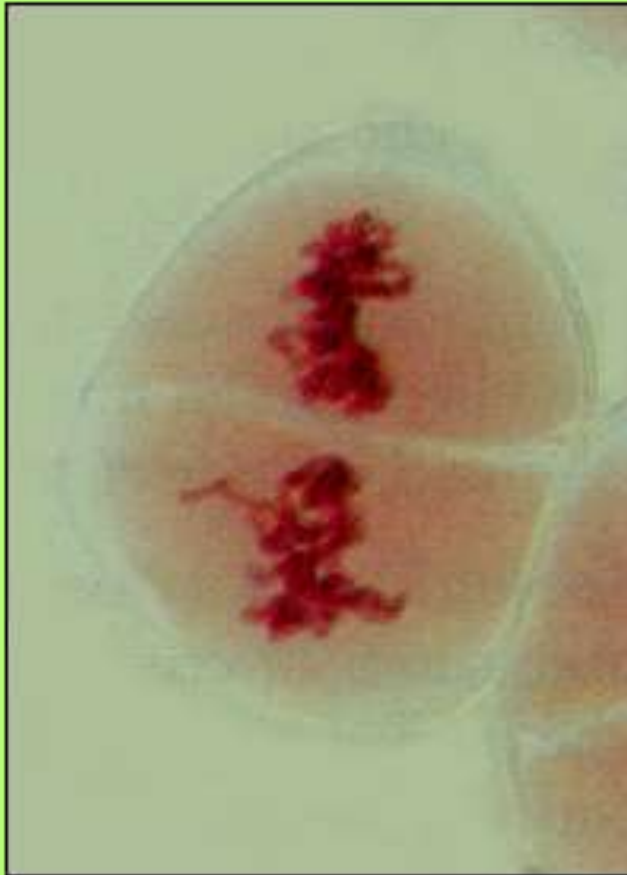
I cromosomi
membrana

Il centro
del fuso; la



Metafase II

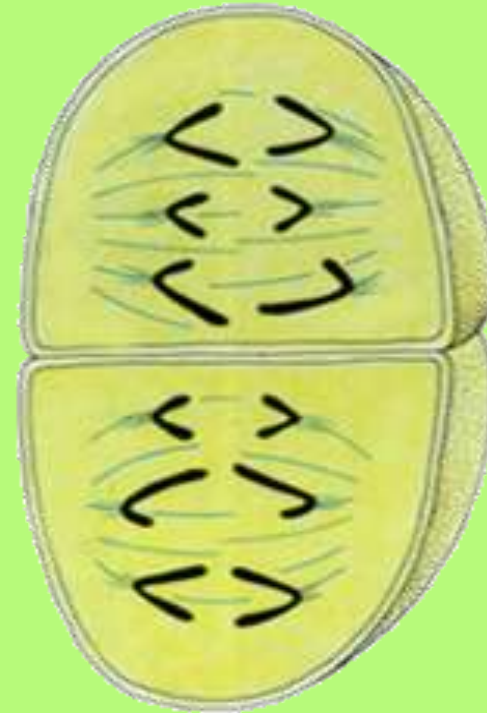
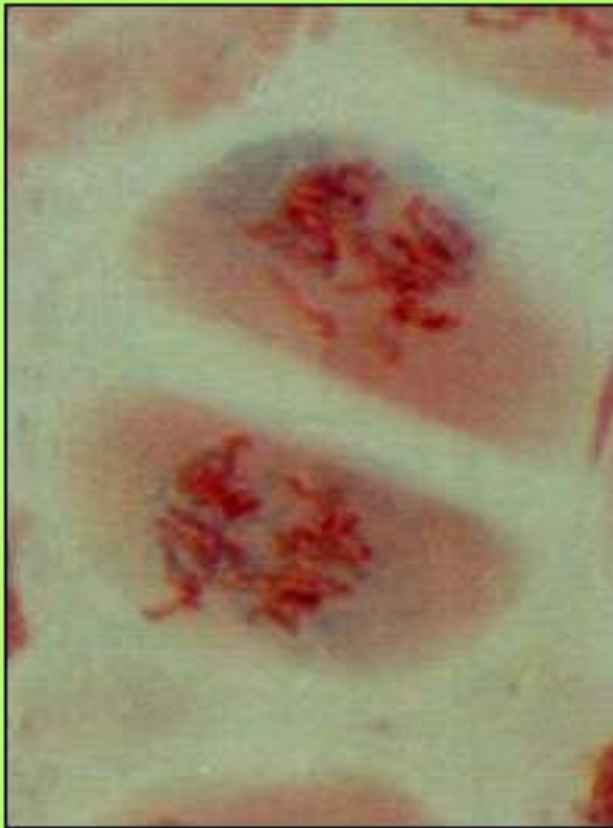
In ogni nucleo le coppie di cromatidi di ciascun cromosoma si allineano nel piano equatoriale del fuso.



metafase II

Anafase II

In ogni nucleo i due cromatidi di ciascun cromosoma si separano.



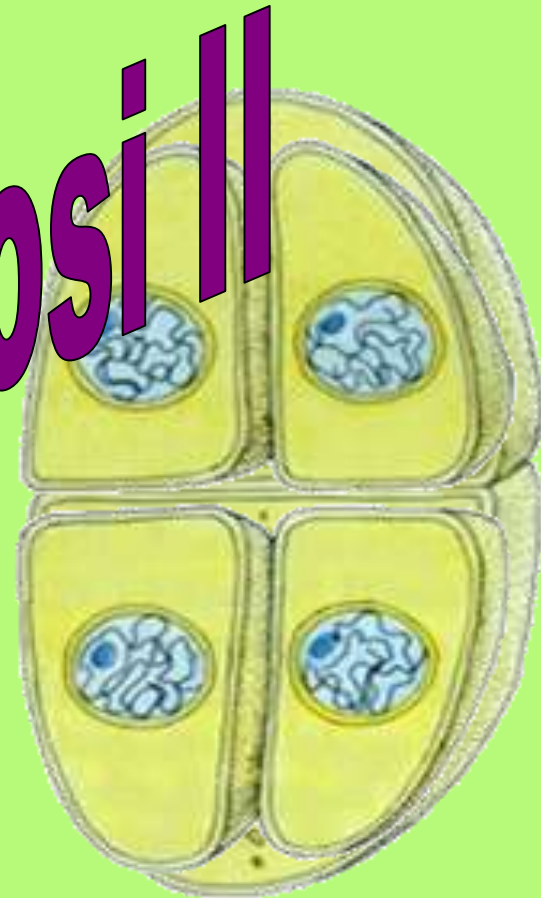
anafase II

Telofase II

I cromatidi giungono ai poli opposti del fuso.

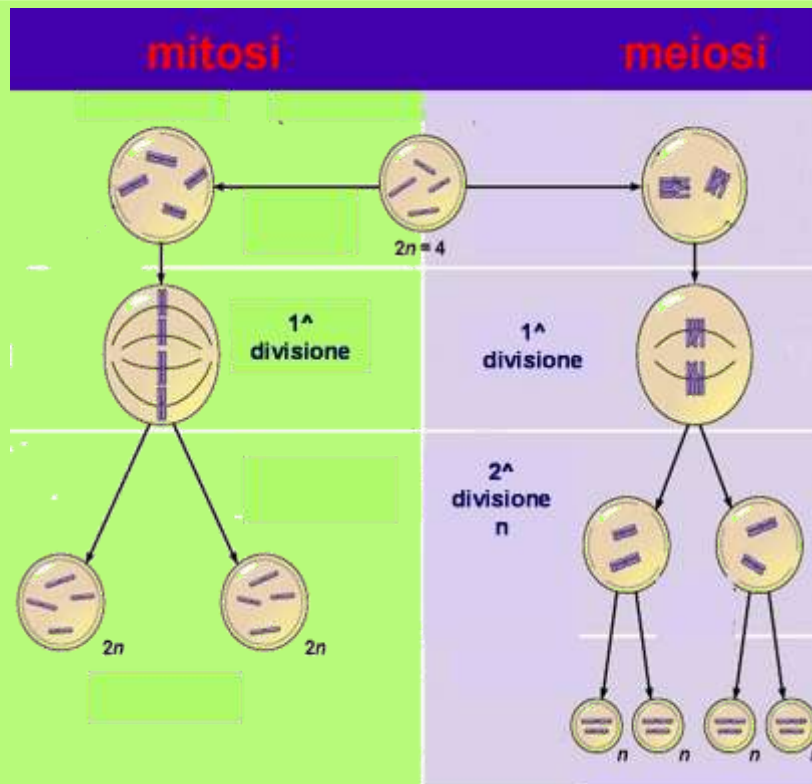
Scompare il fuso, si riforma la membrana cellulare, i cromosomi si despiralizzano ed avviene la citodieresi.

Si hanno ora quattro cellule, ciascuna con un numero aploide di cromosomi.



fine meiosi II

Confronto mitosi e meiosi



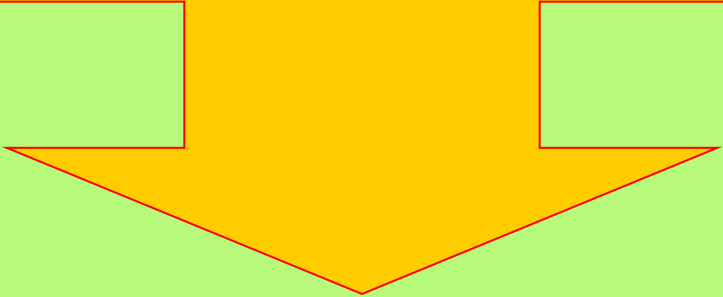
La **mitosi** consiste in un sola divisione cellulare, che produce due nuclei diploidi.

La **meiosi** consiste in due successive divisioni cellulari senza una seconda duplicazione del DNA, che producono quattro nuclei aploidi.

Nell'interfase che precede la meiosi i cromosomi si duplicano, generando due cromatidi uniti nel centromero.

Ricombinazione genetica

assicura la variabilità genetica:
il principale vantaggio adattativo
della riproduzione sessuata



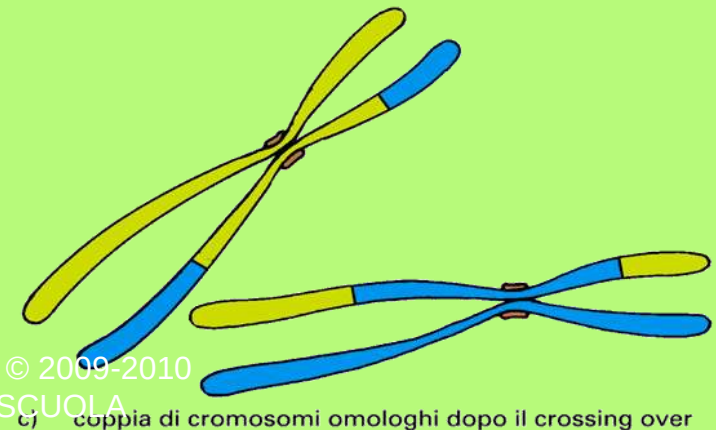
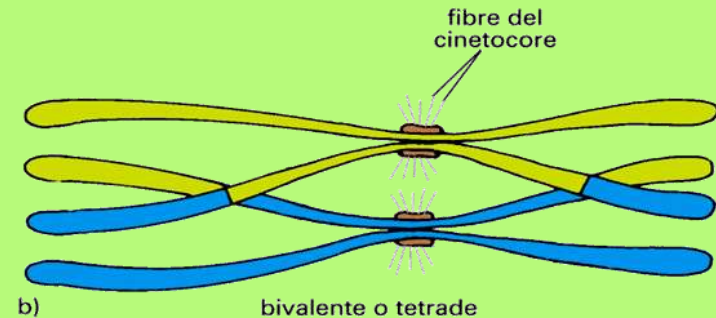
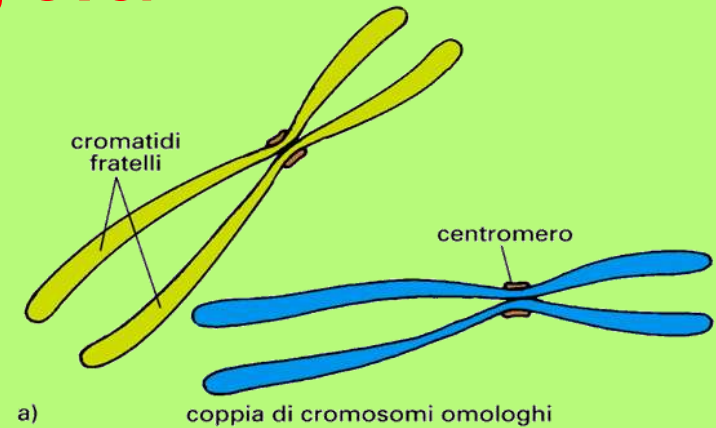
crossing over e assortimento
indipendente dei cromosomi
omologhi

Crossing-over

In **Profase I** cromosomi si spiralizzano e si appaiano (**sinapsi**).

Può avvenire il **crossing-over**, cioè scambio di tratti corrispondenti tra cromosomi omologhi.
Il punto in cui avviene lo scambio si chiama **chiasma**.

I caratteri paterni e materni si mescolano sullo stesso cromosoma e questo **aumenta la variabilità genetica**.

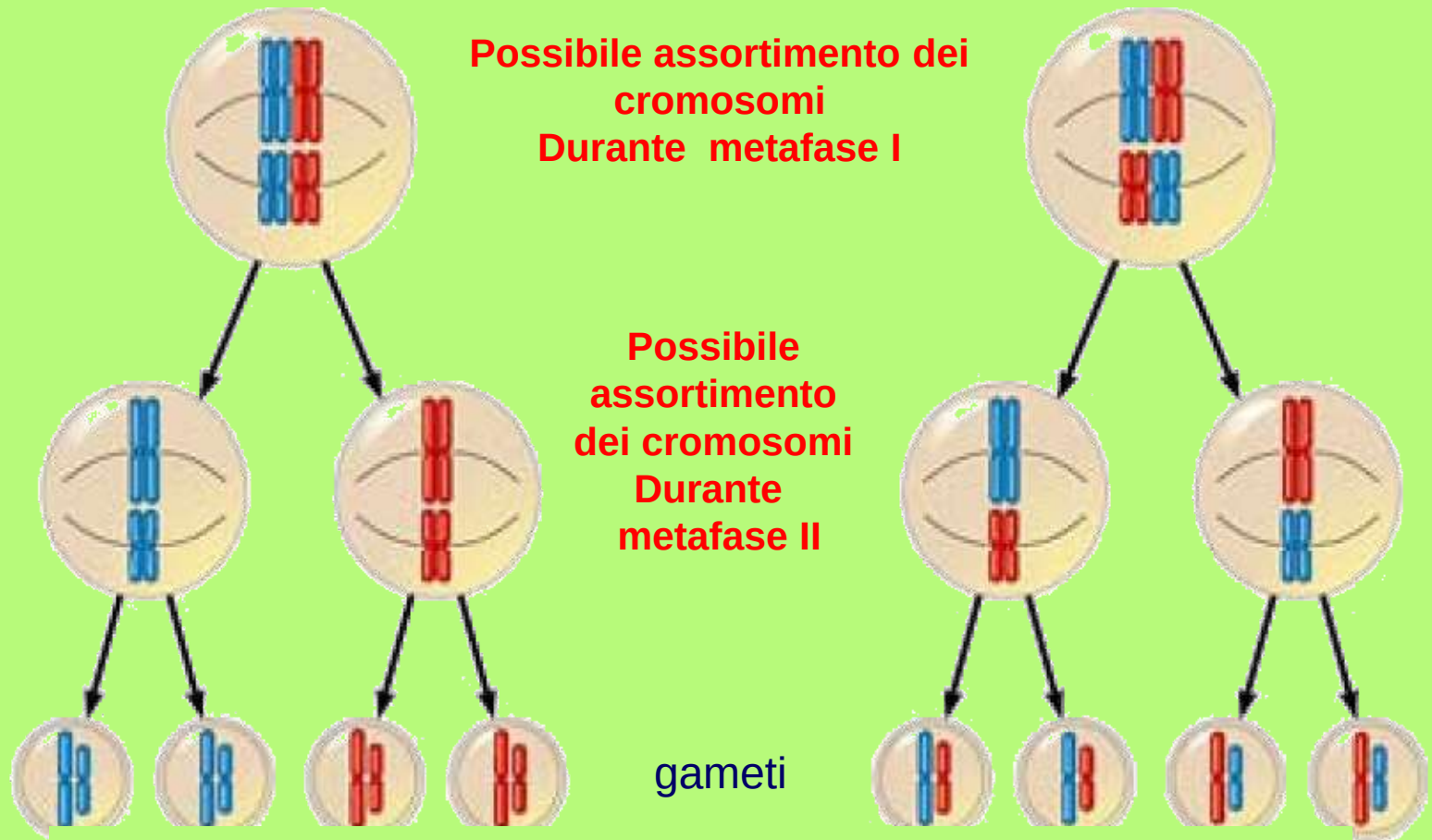


Approfondimento

Assortimento indipendente: i cromosomi omologhi di una coppia si distribuiscono tra le due cellule in modo indipendente dai cromosomi omologhi delle altre coppie

I cromosomi paterni e materni si mescolano nelle cellule;

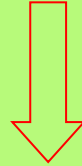
aumenta la variabilità genetica



2^n possibilità (n = numero aploide dei cromosomi)

Specie umana: $n=23$ 2^{23} possibilità=8.388.608!

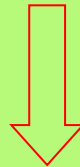
Riproduzione asessuata



**Tutti i discendenti sono identici al progenitore
(cloni)**

La diversità è ricchezza

Riproduzione sessuata



Tutti i discendenti sono diversi

Riproduzione sessuata

Nella specie umana, senza contare il rimescolamento dovuto al crossing over, ogni individuo può generare 2^{23} (oltre 8 milioni) di gameti differenti, nei quali ricombina i caratteri ereditati dai propri genitori.

Nella fecondazione la variabilità dei due genitori si incontra e si sovrappone.

Senza contare l'effetto del crossing over all'interno della stessa coppia le combinazioni possibili sono 2^{46} (circa 70.000 miliardi).

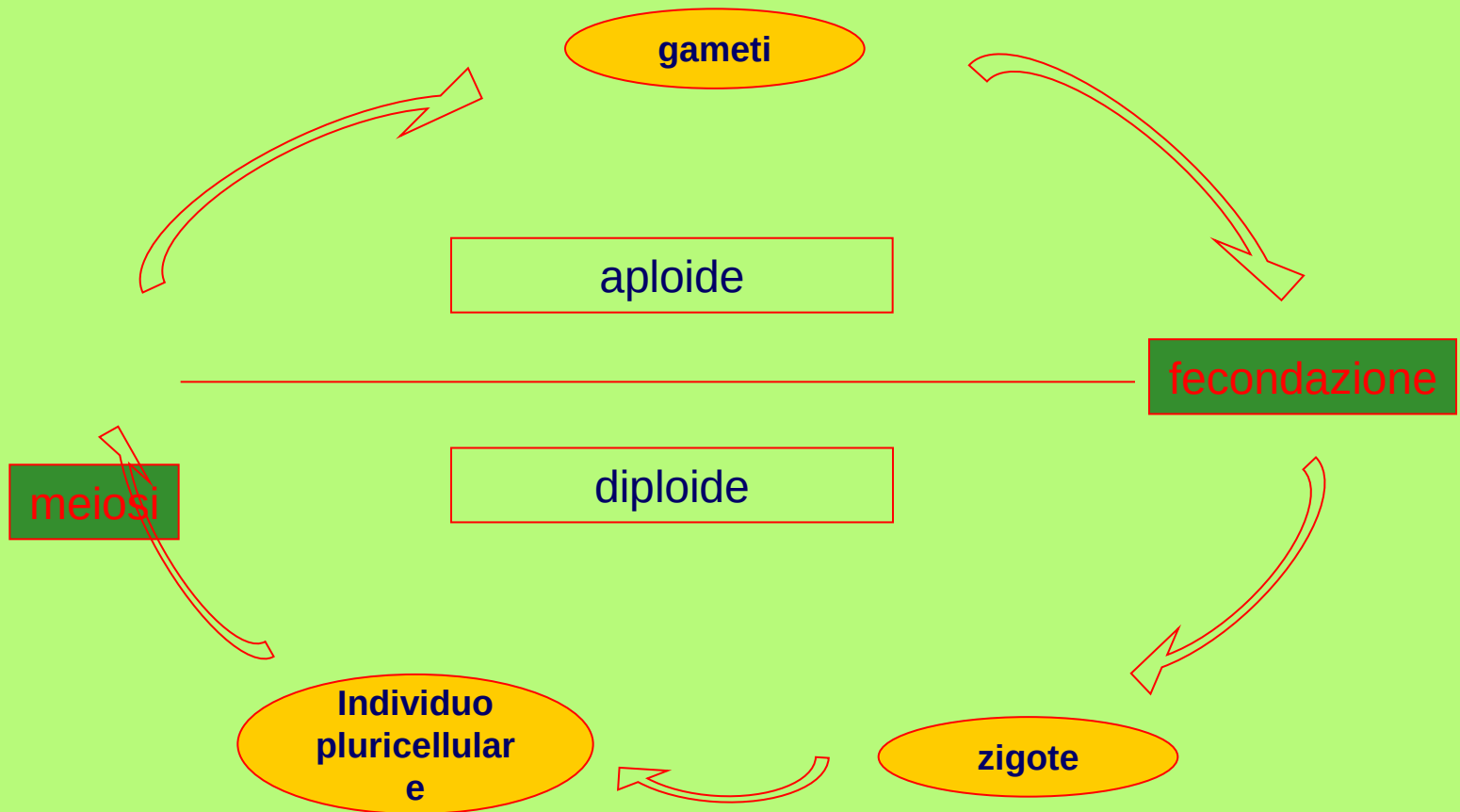
Contando anche l'effetto del crossing over le combinazioni possibili salgono a $6 \cdot 10^{46}$ (un numero superiore a quello di tutti gli uomini finora vissuti sulla Terra).

La riproduzione sessuata mantiene elevata la diversità biologica.

Riproduzione sessuata: dai gameti allo zigote

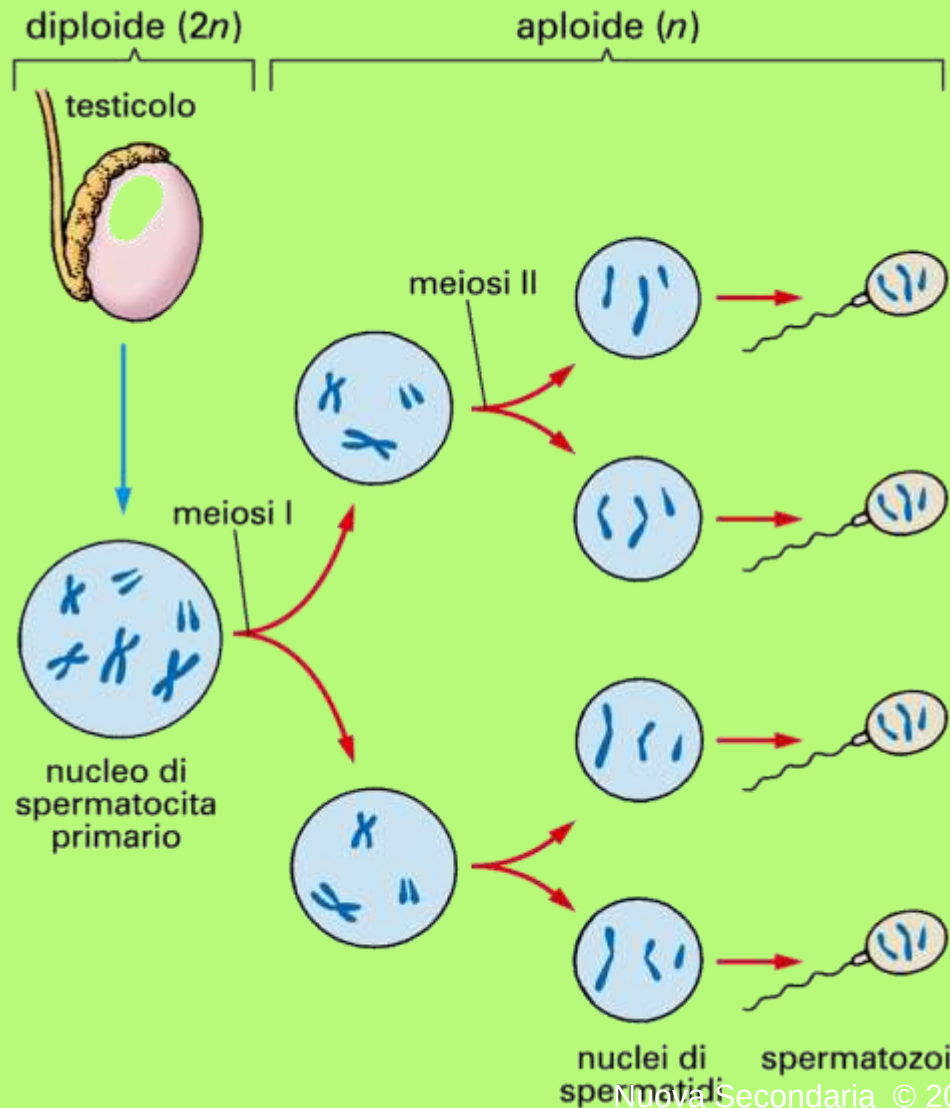
- Il ciclo vitale degli animali e delle piante comprende un periodo della loro vita in cui, in seguito alla meiosi, vengono prodotti i gameti, **aploidi**. Il numero **diploide** si ripristina al momento della **fecondazione**, quando i nuclei dei due gameti si fondono e si forma lo **zigote**, che rappresenta la prima cellula del nuovo individuo pluricellulare.

Ciclo vitale generico di un animale



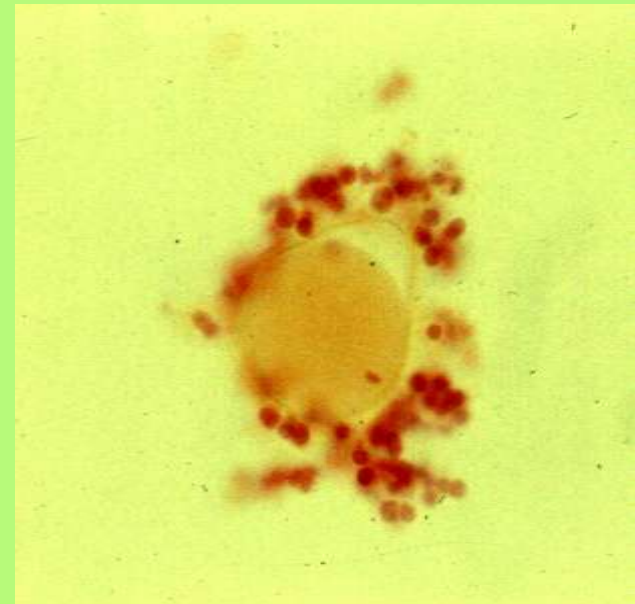
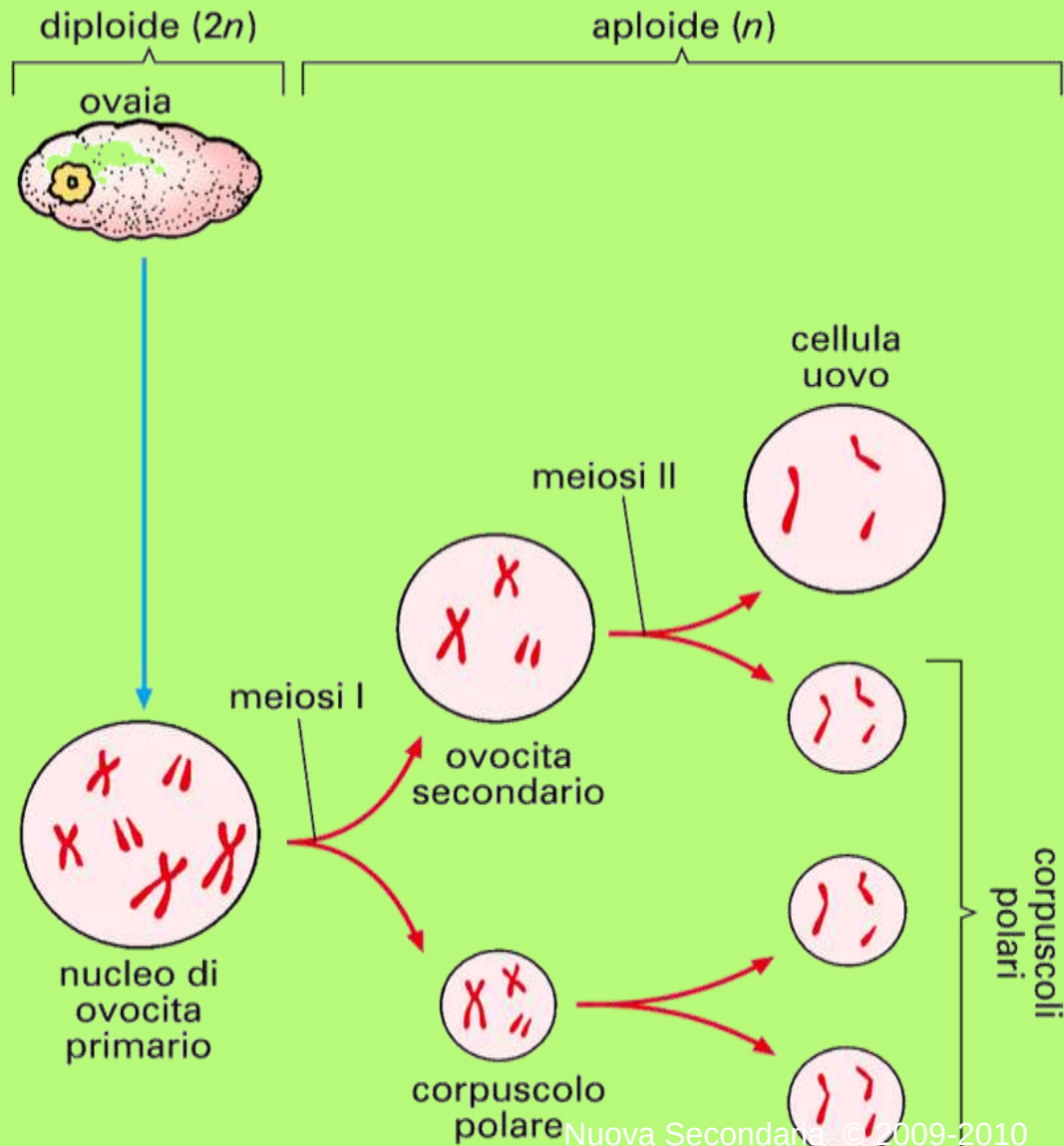
Nel ciclo vitale degli animali la formazione di gameti maschili è detta **spermatogenesi** quella dei gameti femminili **oogenesi**.

Spermatogenesi nella specie umana



Spermatozoi
Gameti maschili

Oogenesi nella specie umana

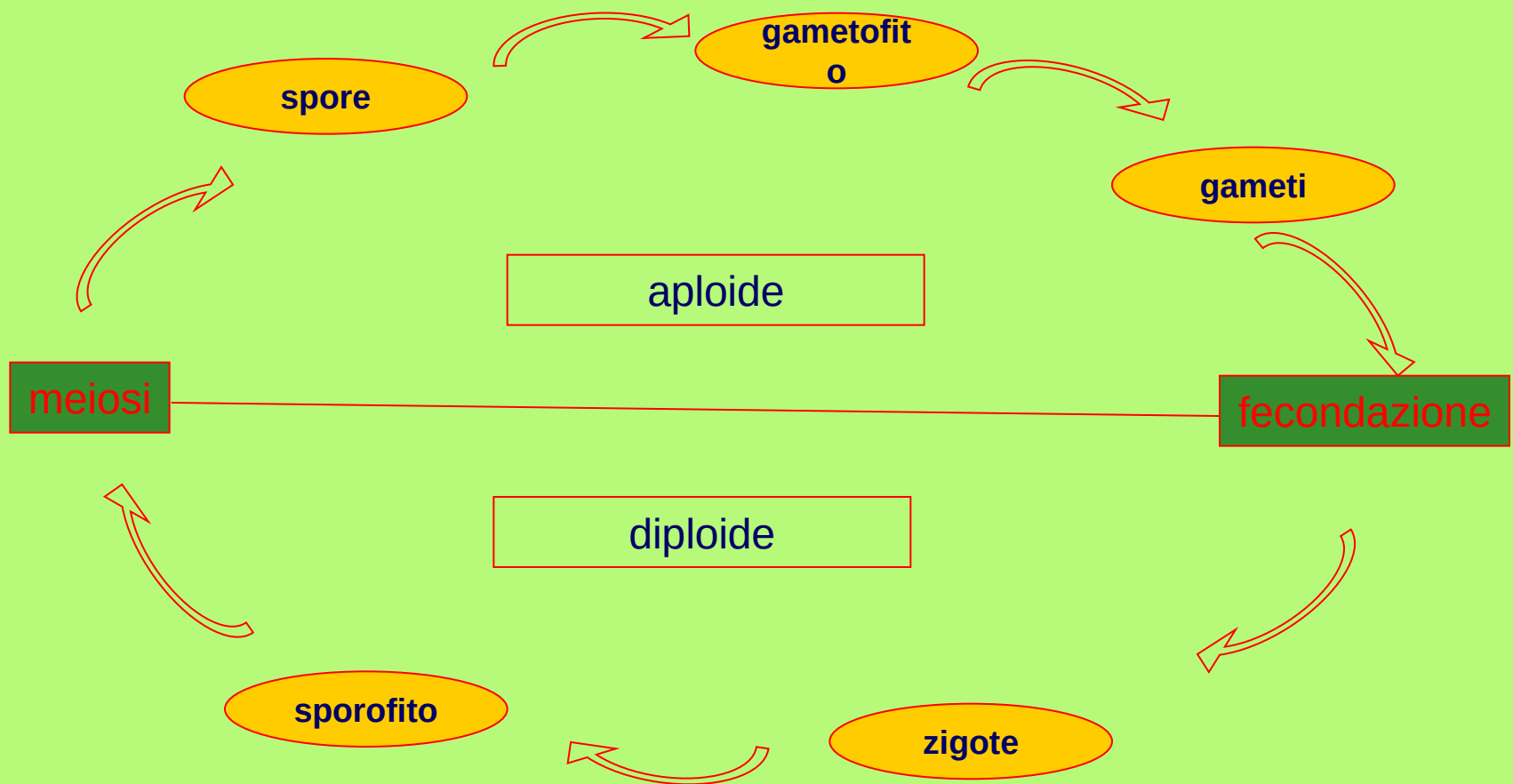


Cellula uovo
Gamete femminile

Ciclo vitale nelle piante

- Nel ciclo vitale delle piante la produzione dei gameti non sempre è conseguente alla meiosi, in alcuni casi prima della fecondazione si possono formare le spore.
- Le spore sono cellule quiescenti aploidi, spesso resistenti a condizioni ambientali avverse, che geminando danno origine ad un individuo aploide, il gametofito, che a sua volta darà origine ai gameti .
- Dopo la fecondazione si forma un nuovo individuo diploide che viene detto sporofito e che produce le spore aploidi per meiosi.

Ciclo vitale generico di una pianta



Anomalie della meiosi

Alterazioni nella struttura o nel numero dei cromosomi

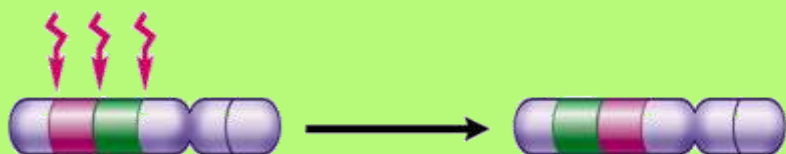
Delezioni



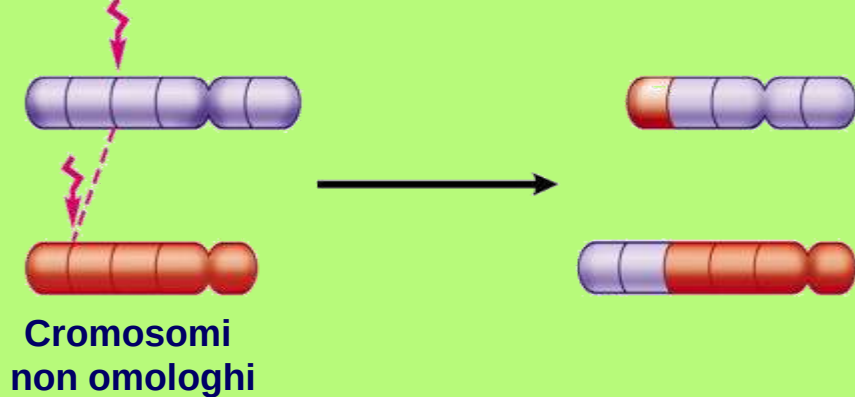
Duplicazioni



Inversioni



Traslocazioni



Non-disgiunzione

Durante la meiosi il numero dei cromosomi può variare a causa di una non-disgiunzione.

Tale fenomeno può aver luogo in due modi:

- i cromosomi omologhi di una coppia non si separano durante la prima divisione meiotica
- la meiosi I avviene regolarmente, ma cromatidi di una coppia non si dividono in una delle cellule durante la seconda divisione meiotica

La **sindrome di Down** è causata da una non disgiunzione della coppia 21 (presenza di un cromosoma in più nella ventunesima coppia).



Anomalie dei cromosomi sessuali nella specie umana:

Tipo di cromosomi

Sindrome

Origine della non disgiunzione

■ **XXY**

klinefelter
(maschio)

meiosi durante la formazione
dei gameti in entrambi i sessi

XYY

nessuna
(maschio normale)

meiosi nella formazione
degli spermatozoi

■ **XXX**

nessuna
(femmina normale)

meiosi nella formazione
della cellula uovo

■ **XO**

Turner
(femmina)

meiosi nella formazione
degli spermatozoi