

Cuprins

1. Materialul genetic celular
2. Replicarea materialului genetic
3. Organizarea materialului genetic la eukariote
4. Diviziunea celulară
5. Cariotipul uman normal
6. Bibliografie

1. Materialul genetic celular
Acid DeoxiriboNucleic = ADN

– localizarea materialului genetic în celulă –

La organisme procariote (PK) (de ex. bacterii)
direct în CITOPLASMĂ, fără să fie
delimitat de vreo membrană
organismele PK nu au nucleu

La organisme eucariote (EK)
(de ex. plante, animale, om)
în NUCLEU, delimitat de membrana
nucleară
organismele EK au nucleu

În fiecare celulă (PK și EK) există 2 tipuri de acizi nucleici:

ADN = acid deoxiribonucleic

↙ **ARN = acid ribonucleic**

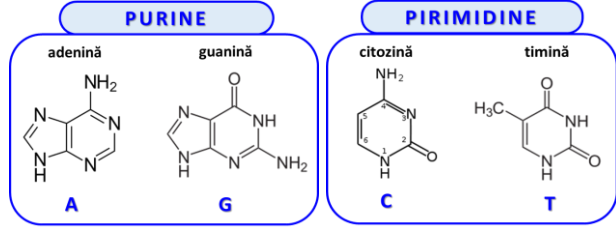
Acizii nucleici = structuri polimerice – conțin elemente/unități care se repetă
Unitățile care se repetă = NUCLEOTIDE

NUCLEOTIDA =

1 bază azotată

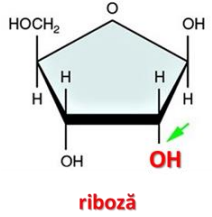
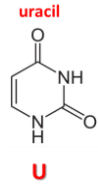
1 pentoză

1 radical fosforic



ADN conține A, G, C, T

ARN conține A, G, C, U

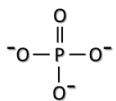
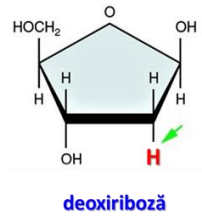


ADN conține deoxiriboză

→ acid deoxiribonucleic

ARN conține riboză

→ acid ribonucleic



1 bază azotată (A, T, G, C, U)

+ 1 pentoză

= nucleosida

+ radical fosforic

= NUCLEOTIDA

În structura ADN, nucleotidele sunt legate între ele prin legături fosfodiesterice (= legături puternice, de tip covalent), care se formează între :

gruparea OH de la C^{3'} al unei deoxiriboze
și gruparea fosfat de la C^{5'} al deoxiribozei alăturate



un lanț / catenă polinucleotidică

La cele 2 capete, o catenă polinucleotidică are :

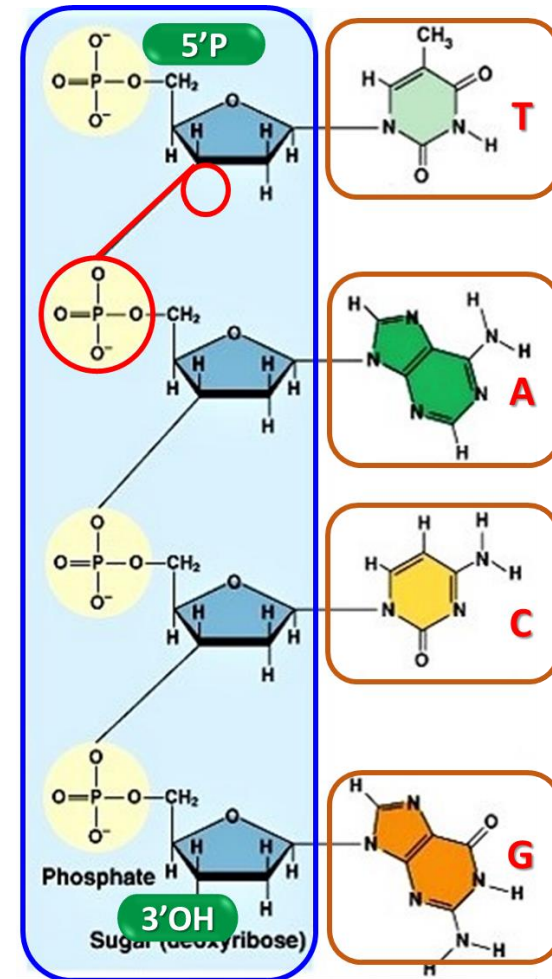
- la un cap: C^{5'} - fosfat = 5'P

5'P

- la celălalt cap: C^{3'} - OH = 3'OH

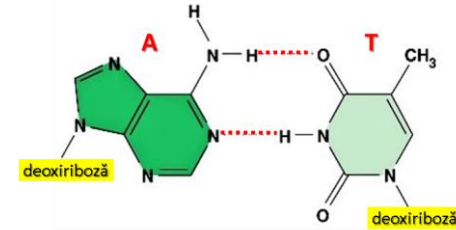
3'OH

**Majoritatea moleculelor de ADN
= 2 catene polinucleotidice
= ADN dublu-catenar = ADN d.c.**

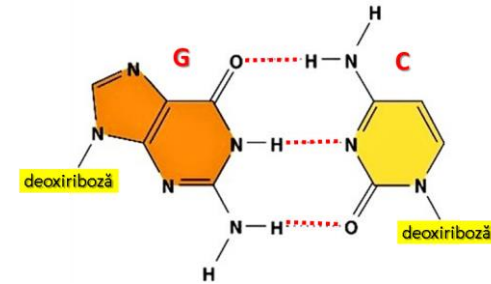


Întotdeauna : 1 purină de pe o catenă este complementară cu 1 pirimidină

2 legături de hidrogen între A și T

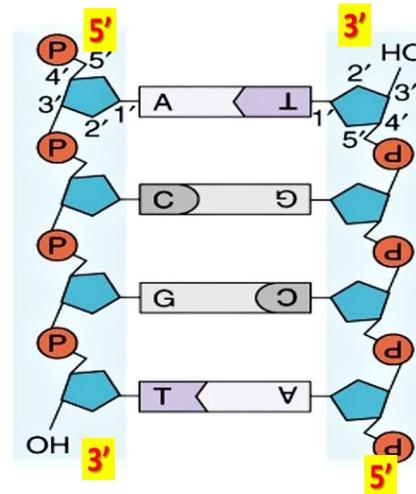


3 legături de hidrogen între G și C



Această "împerechere" = **COMPLEMENTARITATE**

Dpdv spațial, cele 2
catene ale unei
molecule ADN d.c.
sunt în orientare
inversă, deci sunt
antiparalele

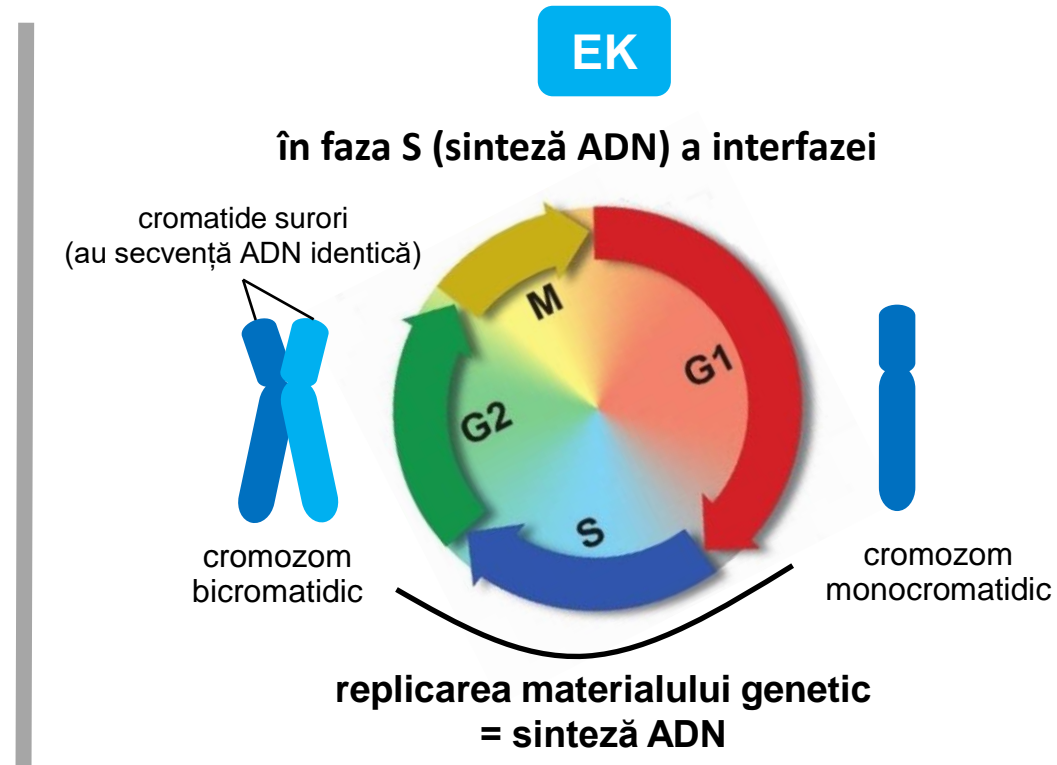
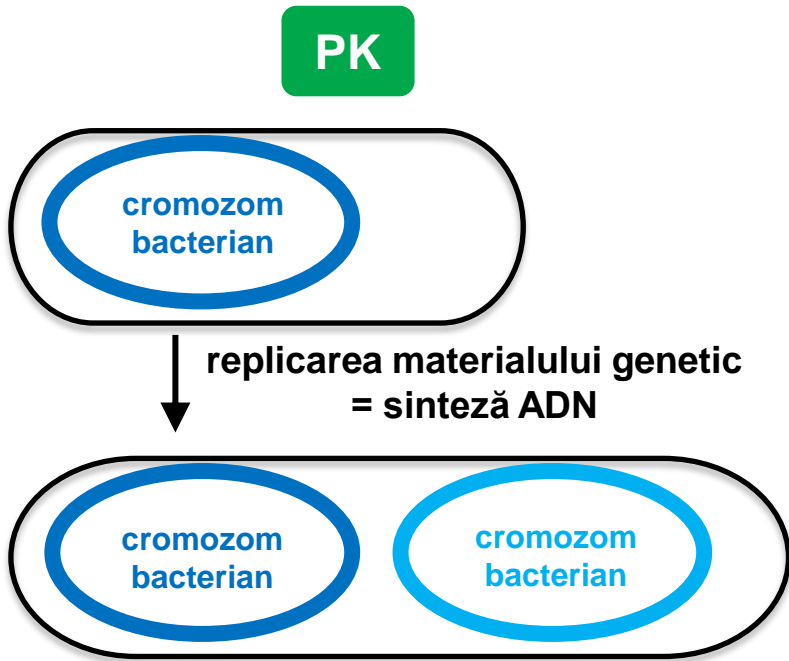


2. Replicarea materialului genetic

REPLICAREA ADN

Replicarea materialului genetic = procesul prin care fiecare celulă (PK sau EK) sintetizează o copie a propriului material genetic

În condiții fiziologice replicarea mat. genet. are loc o singură dată într-un ciclu celular.
La EK - în faza S este replicată o dată și doar o singură dată toată cantitatea de ADN



Toate moleculele de ADN, lineare sau circulare, se replică

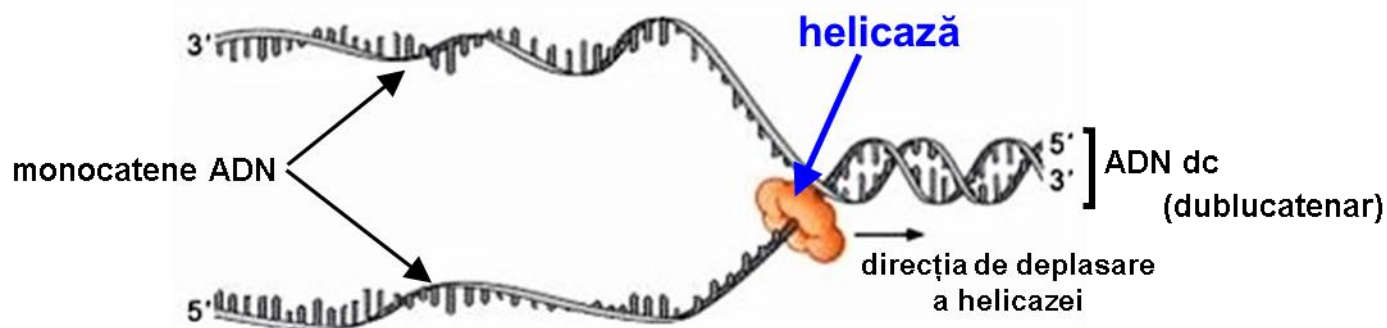
1 moleculă ADN dc $\xrightarrow{\text{replicare}}$ 2 molecule ADN dc

Etapele replicării ADN la o bifurcație de replicare și enzimele implicate

1. Desfacerea celor 2 catene ADN una de cealaltă

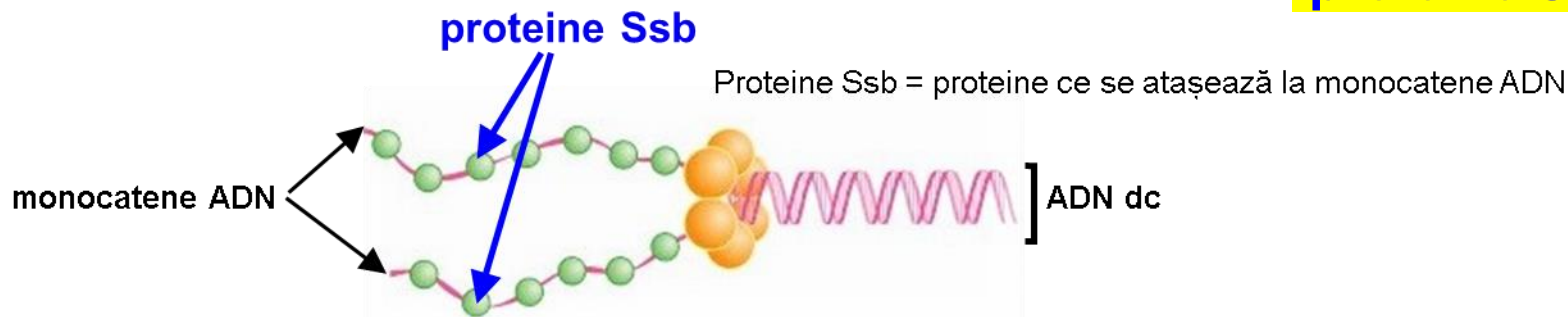
HELICAZE

= ruperea legăturilor de H
expunându-le astfel în formă monocatenară ptr a putea fi folosite ca matriță ptr sinteza catenelor ADN noi



2. Protejarea celor 2 monocatene parentale (față de acțiunea altor enzime), prin atașare de proteine de tip *single-stranded binding*

proteine SSB



3. Sinteza primerilor

PRIMAZĂ

Catenele ADN noi sunt sintetizate prin sinteza de legături fosfodiesterice între nucleotide, reacția fiind catalizată de către enzime numite ADN polimeraze

Dar ADN polimerazele nu pot sintetiza catenele noi *de novo* = nu pot atașa prima nucleotidă din catena nouă; pot doar să prelungească o catenă nucleotidică deja existentă, pornind de la un cap 3' OH

În contrast, ARN polimerazele pot atașa și prima nucleotidă din catena nouă

Ca urmare, *in vivo*, în procesul de replicare ADN, sinteza unei catene ADN noi

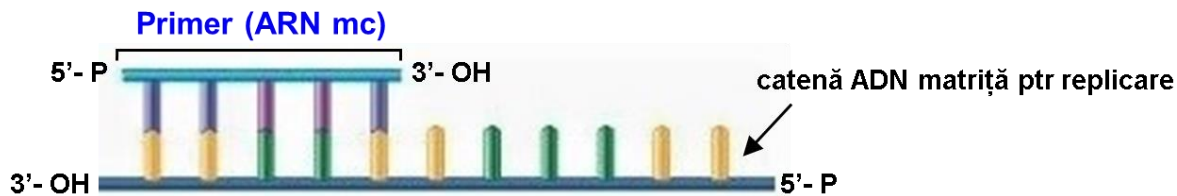
începe prin sinteza unei catene ARN scurte, denumită **PRIMER**,

realizată de către o ARN polimerază specială, denumită **PRIMAZĂ**

Primer

= fragment oligonucleotidic m.c. ce oferă ADN polimerazei un cap 3'-OH liber

În celule (*in vivo*) primerii = fragmente ARN mc, de 5-10 nucleotide



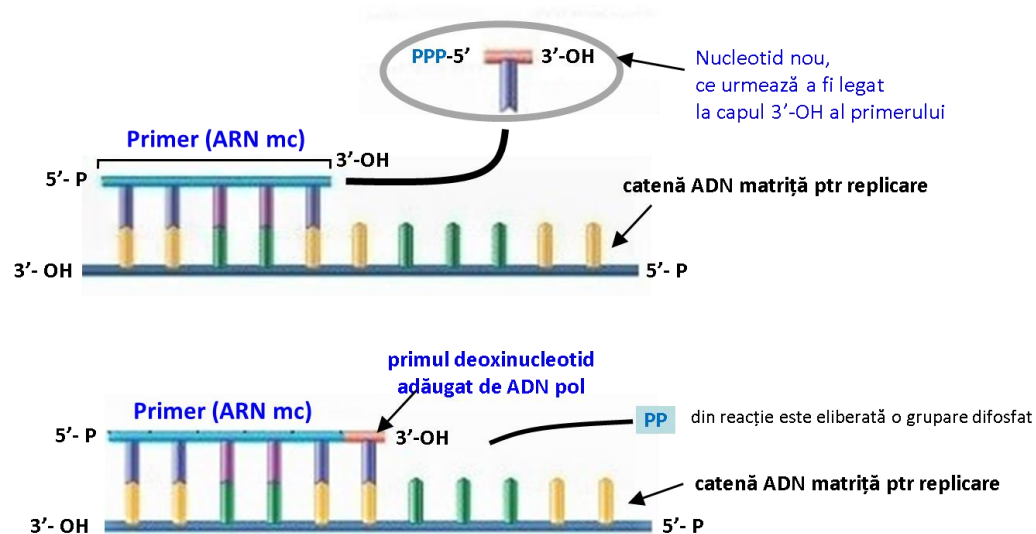
Primaza acționează atât pe catena conducătoare, cât și pe cea întârziată, dar :

-> catena conducătoare necesită un singur primer, de la el sinteza ADN mergând continuu

-> catena întârziată necesită mai mulți primeri, de la fiecare sintetizându-se câte un fragment Okazaki

- Acțiune:
- Sinteza catenei noi conducătoare
 - Sinteza catenei noi întârziate
 - Umplerea golurilor rămase după îndepărtarea primerilor

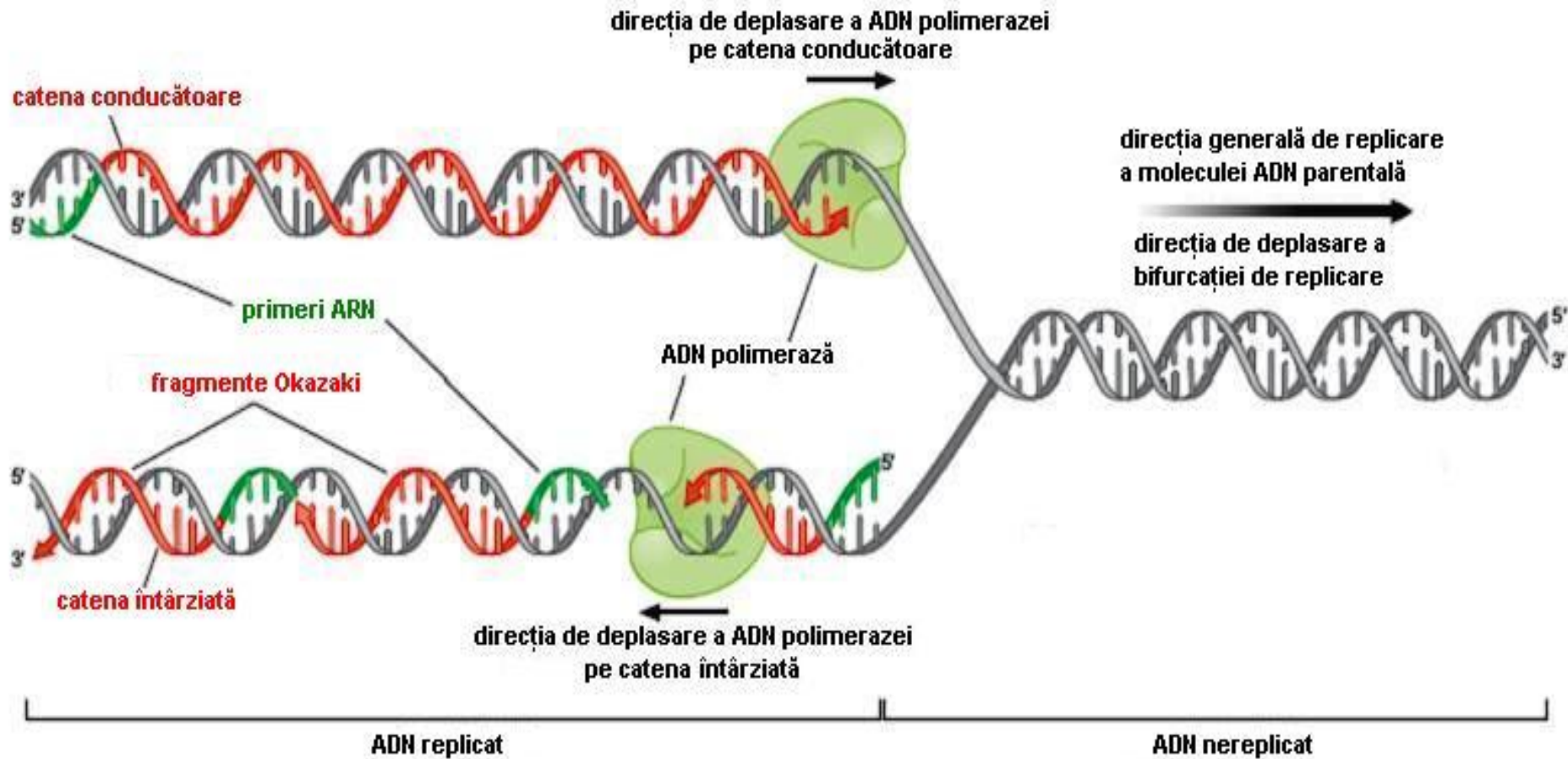
Toate catenele ADN se sintetizează în direcție chimică 5' - 3'



Orice ADN polimerază are **activitate polimerazică în direcție chimică 5' - 3'**

La o bifurcație de replicare, ambele catene ADN sunt sintetizate împreună

- în același timp-



5.

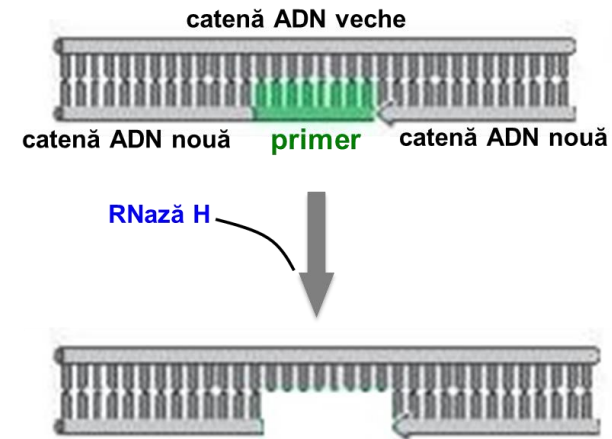
Eliminarea primerilor

RNază de tip H

După avansarea unei bifurcații de replicare, fragmentele de primeri – ce au structură ARN, trebuie îndepărtate.

Acest lucru este realizat de către enzime din clasa RNazelor – enzime ce taie legăturile fosfodiesterice dintre ribonucleotidele primerilor

O RNază de tip H taie legăturile fosfodiesterice dintr-o catenă ARN, în cadrul unui dublu helix hibrid ADN : ARN



6.

Umplerea golurilor după eliminarea primerilor

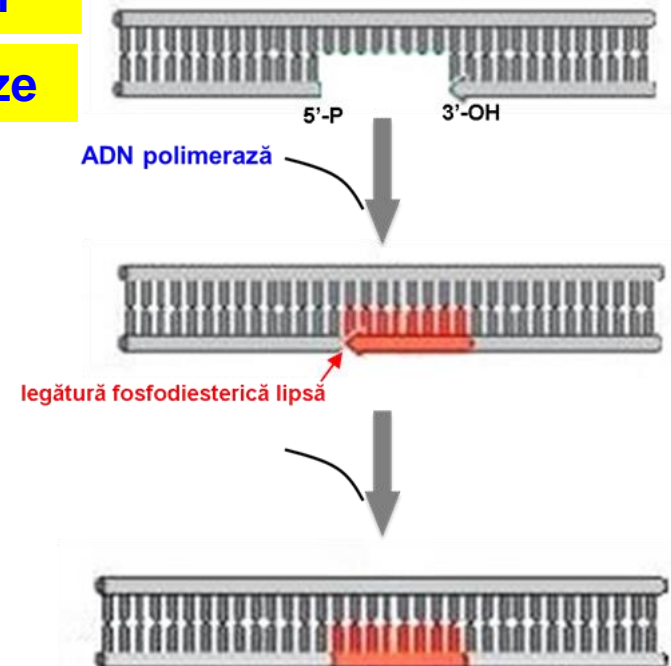
ADN polimeraze

Umplerea golurilor lăsate după îndepărtarea primerilor este realizată tot prin sinteză ADN, tot de către ADN polimeraze, pornind de la capul 3'OH al catenei anterioare

7. Legarea fragmentelor Okazaki

ADN ligază

Formarea ultimei legături fosfodiesterice, nu poate fi realizată de către o ADN polimerază, ci de către o enzimă de tip ADN ligază



3. Organizarea materialului genetic la eukariote

EK

materialul genetic = $\left[\begin{array}{l} \text{NUCLEU: } 2n \text{ molecule ADN dc LINEAR} + \text{proteine} \rightarrow 2n \text{ cromozomi} \\ \text{mitocondrii: } \sim 10 \text{ molecule ADN dc circular / mitocondrie} \end{array} \right.$

Homo sapiens- ADN nuclear este de 1 milion de ori mai lung decât diametrul nucleului
- ADN nuclear este înalt condensat

CROMOZOM = structură complexă alcătuită din : $\left[\begin{array}{l} \text{ADN condensat} \\ \text{Complexe proteice (histone, non-histone)} \\ \text{Molecule ARN} \end{array} \right.$

În microscopie optică, cromozomii - **NU** sunt vizibili în **INTERFAZĂ (cromatina)**,
(pentru că materialul genetic nu este suficient de condensat)

- **Sunt VIZIBILI** în timpul **DIVIZIUNII**

Gradul de condensare a materialului genetic variază în timpul unui ciclu celular

Interfază – condensare mai redusă a materialului genetic, permite transcriere, replicare, reparare

gradul de condensare a materialului genetic

- ✓ crește la sfârșitul interfazei
- ✓ atinge gradul de condensare maxim în metafază
- ✓ descrește treptat în anafază și telofază

Condensarea materialului genetic se realizează ierahic

Cromozomul la eucariote

Formarea nucleosomilor

Fibra de 10-11 nm



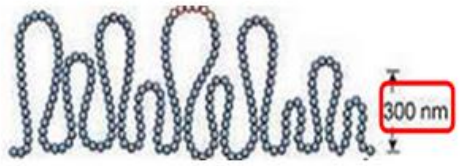
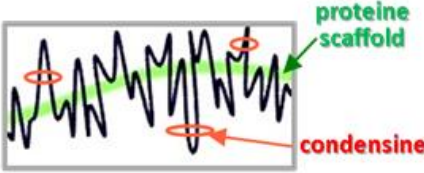
Ataşarea histonei H1 și suprarăsucire

Fibra de 30 nm solenoid / zig-zag



Ataşare proteine tip **condensine** și proteine tip **scaffold** clasa SMC (Structural Maintenance of Chromosomes)

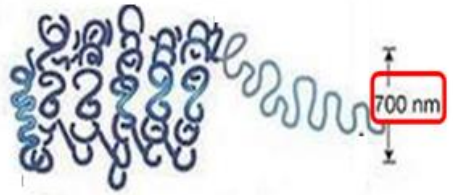
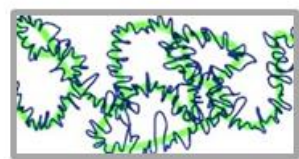
Fibra de 300 nm cu bucle de 40 – 100 kbp



Ataşare alte proteine condensine din clasa SMC

Fibra de 700 nm

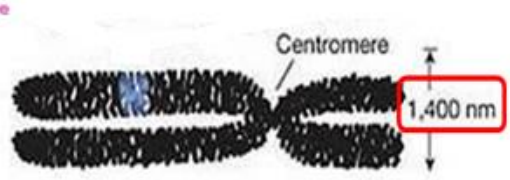
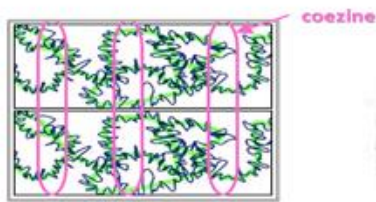
= cromatidă = crz monocromatidic



REPLICARE

Ataşare proteine tip **coezine** din clasa SMC, ce leagă cele 2 cromatide surori

Crz bicromatidic = 1400 nm

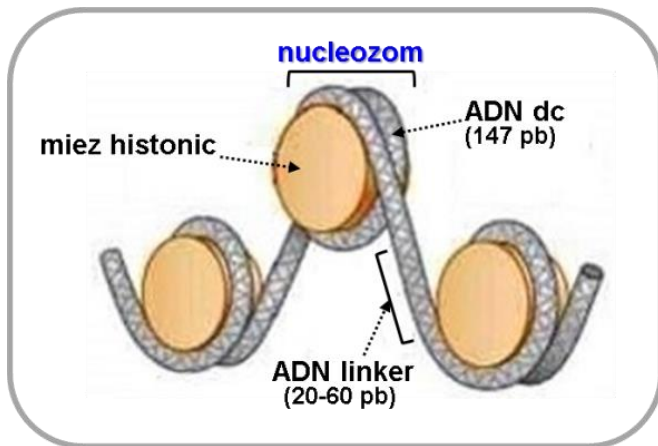


NUCLEOSOMUL și formarea fibrei de 10-11 nm

NUCLEOSOM = structură formată din: $\left\{ \begin{array}{l} \text{un miez de 8 proteine histonice (=octamer histonic)} \\ \text{ADN înfășurat în jurul lor} \end{array} \right.$

ADN linker (de legătură) = ADN-ul dintre 2 nucleosomi adiacenți

Prin asamblare/împachetare în nucleosomi, ADN-ul se scurtează de 6 ori



Histonele = proteine mici, încărcate pozitiv
cele mai abundente proteine asociate cu ADN la EK

5 tipuri: **H1, H2A, H2B, H3, H4**

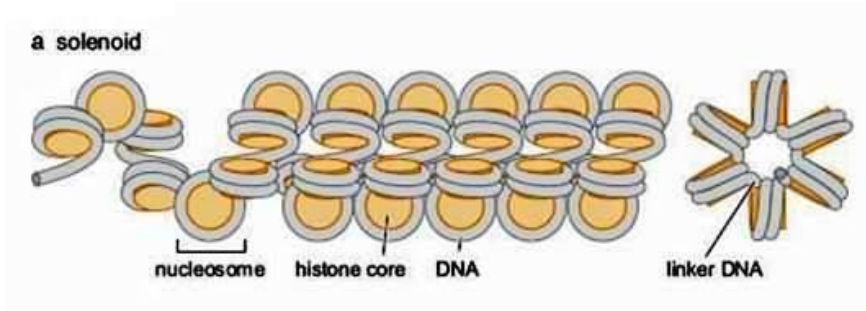
➔ $2 \times [\text{H2A, H2B, H3, H4}] = \text{MIEZUL NUCLEOSOMULUI}$
 $1 \times \text{H1 se leagă la ADN-ul linker, dintre 2 nucleosomi}$

Următoarea etapă de compactare = FIBRA DE 30 nm

2 modele de structură a fibrei de 30 nm

Modelul SOLENOID

Se formează un superhelix ce conține 6 nucleosomi /spiră



Modelul ZIGZAG

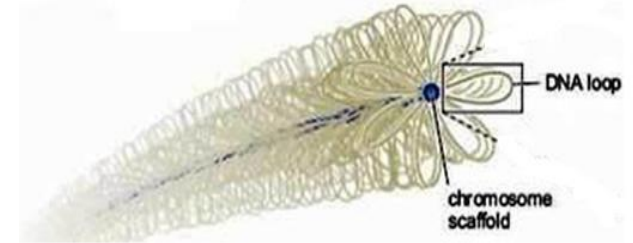
Se formează un superhelix ce conține 4 nucleosomi /spiră



Următoarea etapă în compactarea ADN = FORMAREA DE BUCLE MARI

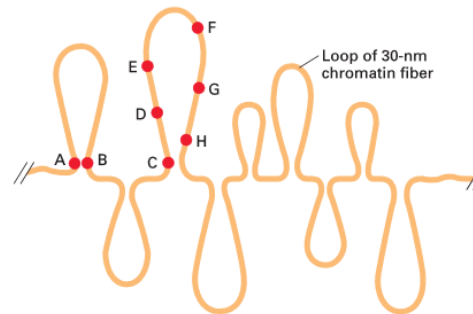
Formarea nucleosomilor + formarea fibrei 30 nm → compactarea ADN cu scurtare pînă la de 40 de ori

Fibra 30nm formează bucle mari, de 40-100 kbp, ținute de o structură proteică denumită **NUCLEAR SCAFFOLD**

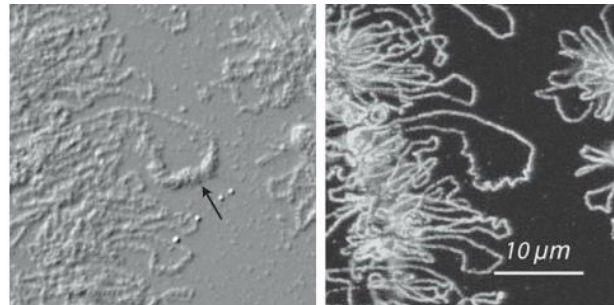


➡ Se formează **FIBRA DE CROMATINĂ** = structură de bază a materialului genetic nuclear în interfază

Fibra de 300 nm
cu bucle de 40 – 100 kbp



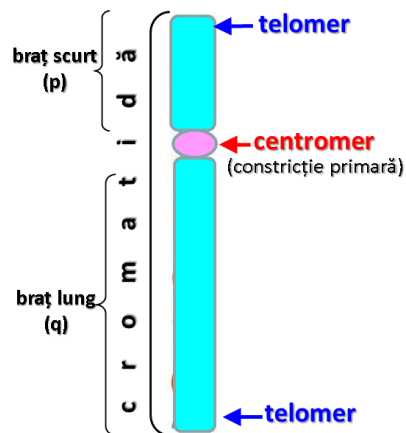
Fibra de 700 nm
= cromatidă
= crz monocromatidic



PRINCIPALELE ELEMENTE ALE UNUI CROMOZOM DE LA EK

CROMOZOM **MONO**CROMATIDIC

= 1 cromatidă = 1 moleculă ADN dc L



CROMOZOM **BI**CROMATIDIC

= 2 cromatide surori = 2 molecule ADN dc L,
cu aceeași secvență de nucleotide ptr că au rezultat în urma replicării



TELOMERE
= regiuni terminale ale cromozomului

Centromer

= regiune ADN bogată în AT, nr variabil de repetiții ale unei anumite secvențe de nucleotide

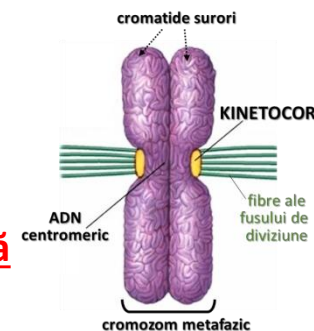
= zonă în care cele 2 cromatide surori sunt atașate una de cealaltă până în anafază

Kinetocor = complex proteic ce se formează în Prometafază și se asociază fiecărei regiuni centromerice

- **Atașarea** cromozomilor la fibrele fusului de diviziune
- **Deplasarea** cromozomilor în timpul metafazei și anafazei

- 1 cromozom bicromatidic are 2 centromeri și 2 kinetocori, câte unul ptr fiecare cromatidă

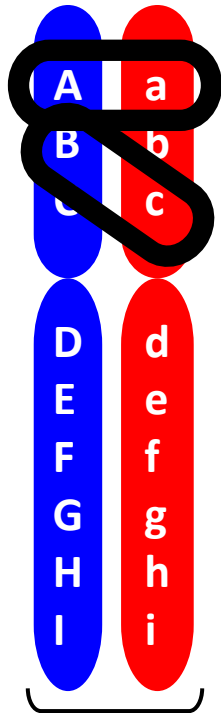
- cei 2 kinetocori ai unui cromozom bicromatidic vor fi atașați la fibre emise de poli opuși



CROMOZOMI OMOLOGI

Un set diploid = 2 seturi haploide de cromozomi

- provin din 2 seturi haploide distincte
- au aceeași dimensiune
- au aceeași morfologie (poziționarea centromerului)
- loci omologi (= aceeași poziție pe crz) au **GENE ALELE** = gene care codifică pentru un același "produs" și sunt localizate pe crz omologi în loci omologi



cromozomi omologi
în formă monocromatidică

genele A și a = gene alele

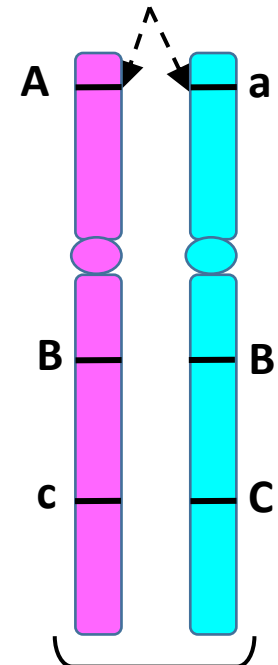
sunt pe cromozomi omologi
sunt în loci omologi
codifică ptr un același "produs" (ARN, proteină)

[restul perechilor de gene – B,b; C,c; D,d etc – similar]

genele B și c ≠ gene alele

sunt pe cromozomi omologi
NU sunt în loci omologi
NU codifică ptr un același "produs" (ARN, proteină)

loci omologi



cromozomi omologi
în formă monocromatidică
(altă reprezentare)

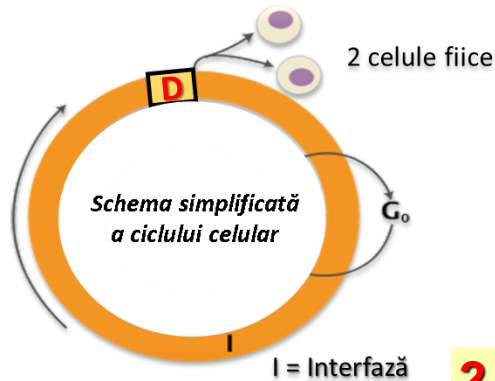
Într-o pereche de cromozomi omologi, unul este moștenit de la un organism parental (mamă)
unul este moștenit de la celălalt organism parental (tată)

EK Includ și specii unicelulare, dar și specii multicelulare

Ciclul de viață a unei celule = CICLU CELULAR = perioada dintre 2 diviziuni succesive

Principalele etape ale ciclului celular

1. INTERFAZA (I)



faza **G1** = "gap" = gol sintetic = ADN nu se replică

Metabolism celular → creștere celulară

faza **S** = "synthesis" = ADN se replică

faza **G2** = "gap" = gol sintetic = ADN nu se replică

Metabolism celular → creștere celulară

→ pregătire ptr diviziune

2. DIVIZIUNEA CELULARĂ

REGLAREA CICLULUI CELULAR LA EK

Principali parametri monitorizați

- ✓ Creșterea celulară- atingerea unei dimensiuni adecvate
- ✓ Integritatea materialului genetic
- ✓ Procesul de replicare a materialului genetic
- ✓ Integritatea cromozomilor
- ✓ Segregarea corectă a cromozomilor în mitoză

4. Diviziunea celulară

Sexualitatea

= fenomen complex care determină un grad ridicat de variabilitate genetică

➤ construit în esență din 2 procese:

MEIOZĂ

+

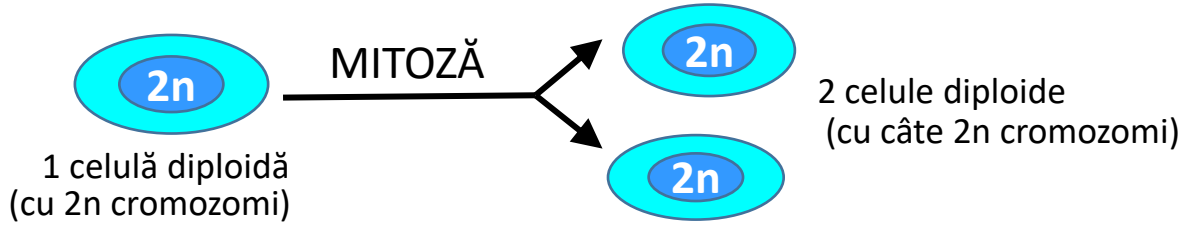
FECUNDAȚIE

Meioza reduce numărul de cromozomi la jumătate (de la $2n \rightarrow n$), cu formare de celule haploide (n cromozomi)

Fecundația reface numărul diploid ($2n$) prin unirea a 2 celule haploide (n)

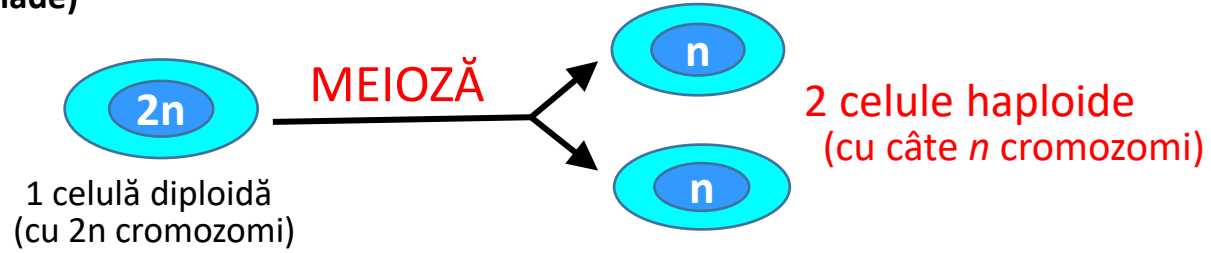
➤ Creșterea organismului :

Celulele corpului se multiplică prin diviziune ecvațională - mitoză ➔ celule **DIPLOIDE ($2n$)**



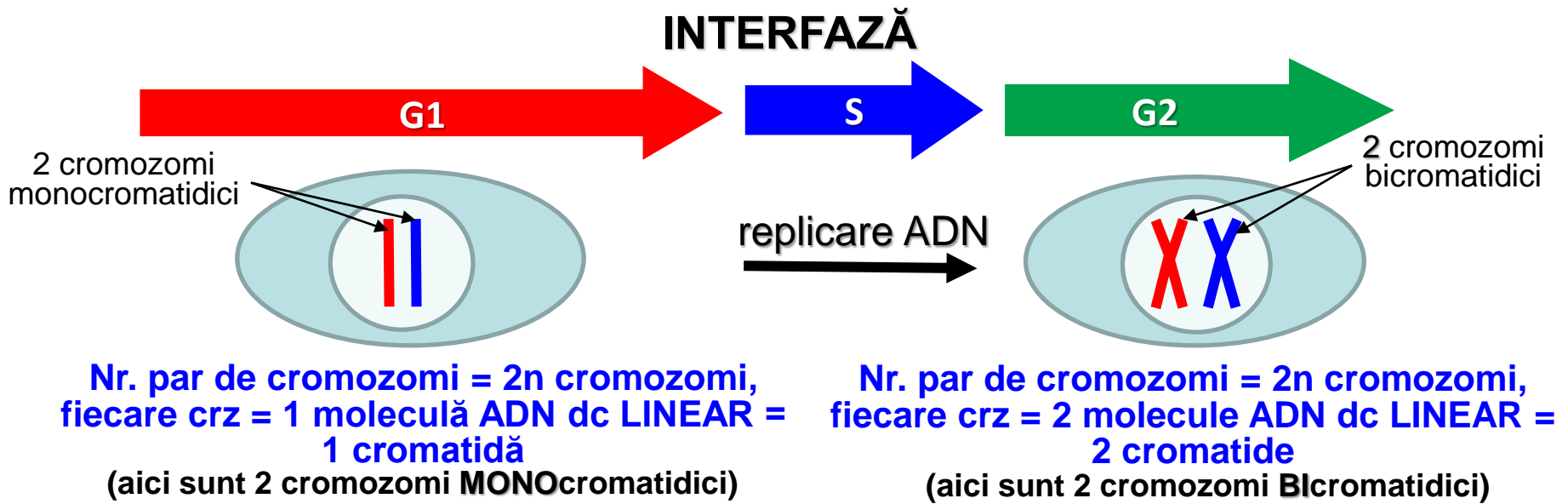
➤ Înmulțirea organismului :

O linie celulară intră în diviziune reduțională - meioză ➔ celule **HAPLOIDE (n)**
(existentă în gonade)



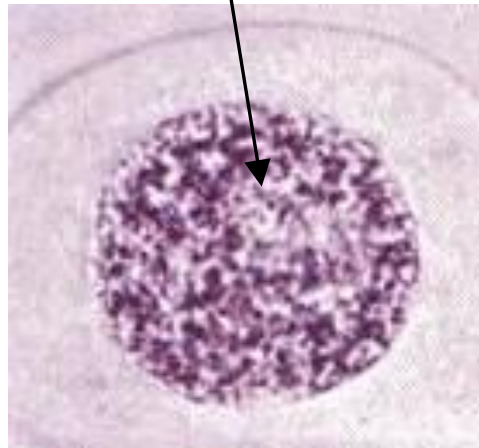
Mitoza

Diviziunea celulară ecvațională



În interfază, cromozomii NU sunt vizibili pentru că materialul genetic nu este suficient de condensat.

Materialul genetic apare sub formă de "pete de culoare" și este denumit generic **CROMATINĂ**



MITOZA = diviziune celulară ecvatională, specifică organismelor eucariote

Prin mitoză se divid celulele somatice,
dintr-o celulă cu $2n$ cromozomi rezultând 2 celule,
fiecare având câte $2n$ cromozomi

Pe parcursul mitozei, materialul genetic desfășoară 2 procese principale :

- un **CICLUL DE CONDENSARE - DECONDENSARE**
- un **PROCES CINETIC (DE DEPLASARE)**

Mitoza are 4 etape principale:

Profază

Metafază

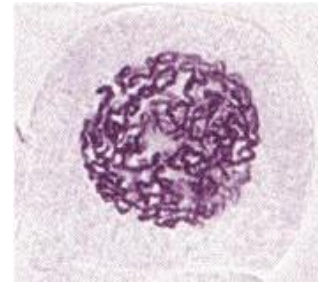
Anafază

Telofază

PROFAZĂ

➤ începe ciclul de condensare/decondensare a materialului genetic :

→ cromozomii apar ca firele unui ghem



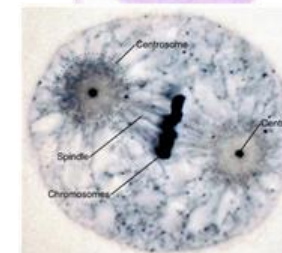
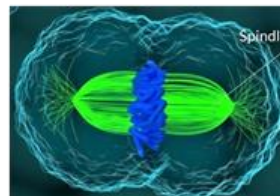
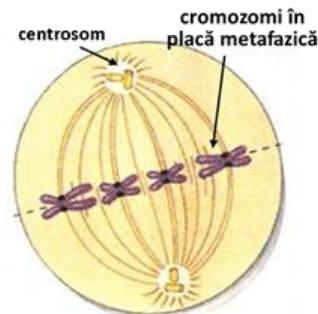
În citoplasmă, centrosomul s-a duplicat în G2, iar centriolii încep să migreze spre regiuni distincte ale celulei - spre cei 2 poli ai celulei

- din cei 2 centrioli ai fiecărui centrosom începe formarea fibrelor fusului de diviziune
- la sfârșitul profazei se dezorganizează membrana nucleară

METAFAZĂ

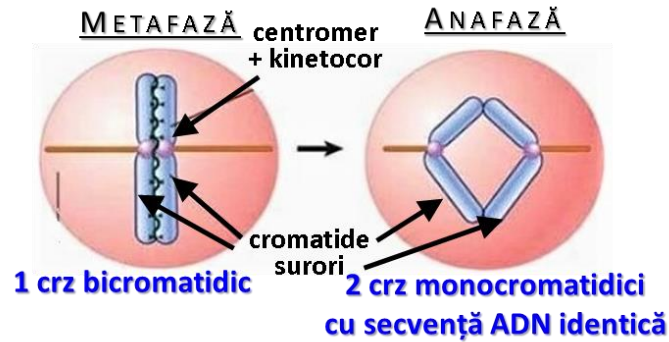
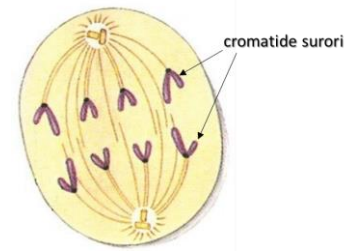
- materialul genetic atinge gradul maxim de condensare -> cromozom metafazic = 1400 nm grosime
- cromozomii ajung în regiunea ecuatorială
- cromozomii (sunt bicromatidici) se aliniază cu centromerii în același plan

-> **PLACA METAFAZICĂ**



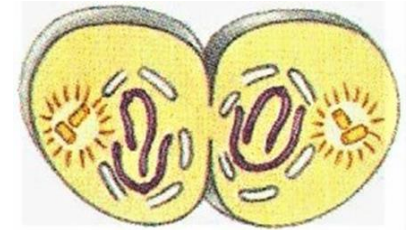
ANAFAZĂ

- **cromatidele surori se separă -> cromozomi monocromatidici**
- materialul genetic începe să se decondenseze
- cromozomii monocromatidici rezultați migrează către poli opuși, fiind atrași prin scurtarea fibrelor fusului de diviziune (depolimerizarea tubulinei)

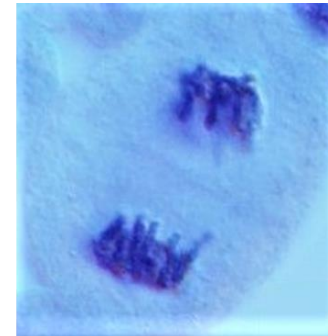
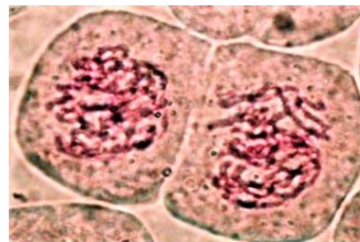
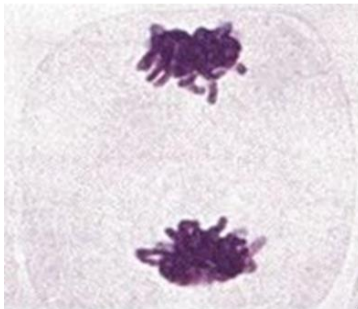


TELOFAZĂ

- cromozomii (monocromatidici) ajung la cei 2 poli
- se reformează membrana nucleară în jurul fiecărui set de cromosomi
- **materialul genetic continuă să se decondenseze până va atinge nivelul specific unei interfaze**
- fibrele fusului de diviziune se de-structurează prin depolimerizare în elementele componente



Diviziunea celulară se încheie cu separarea celor 2 celule fiice = CITOKINEZĂ



Meioza

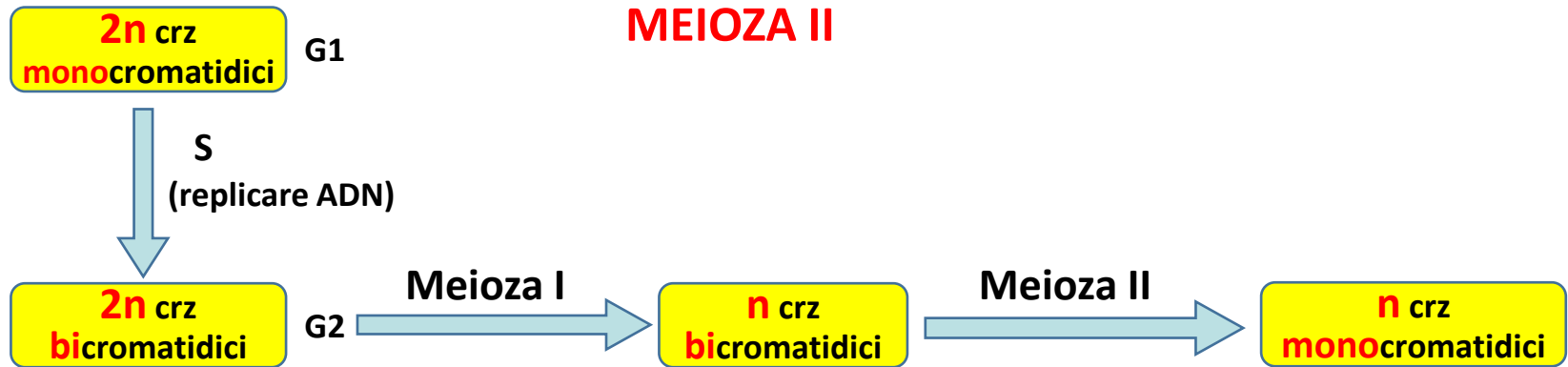
MEIOZA

= proces complex de diviziune celulară ptr formare de **gameți = celule haploide**

= 2 diviziuni celulare succesive **MEIOZA I**

Interfază meiotică: scurtă, fără replicare ADN

MEIOZA II



În prima diviziune meiotică: reducerea nr de cromozomi la jumătate, de la diploid la haploid ($2n \rightarrow n$)

Meioza I-a = diviziune celulară de tip reduțional

În cea de-a doua diviziune meiotică, cromozomii devin din bicromatidici - monocromatidici ($2C \rightarrow 1C$)

**Meioza a II-a = diviziune celulară de tip ecvațional
(= mitoză meiozei)**

MEIOZA I

- denumită și prima diviziune meiotică

PROFAZA I

- cea mai lungă fază a meiozei

- Etape
1. Leptoten
 2. Zigoten
 3. Pahiten
 4. Diploten
 5. Diakineză

METAFAZA I
ANAFAZA I
TELOFAZA I

MEIOZA II

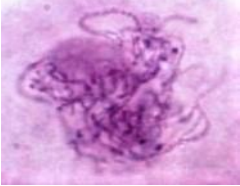
- denumită și a 2-a diviziune meiotică = mitoza meiozei

- Etape
1. Profaza II
 2. Metafaza II
 3. Anafaza II
 4. Telofaza II

PROFAZA I

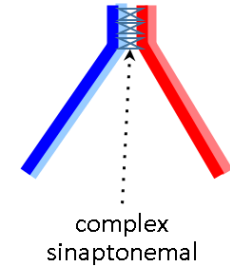
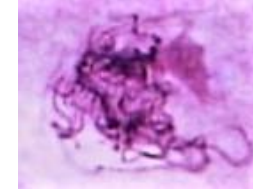
1. LEPTOTEN

Începe condensarea materialului genetic
- crz apar ca un ghem



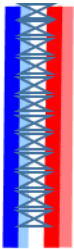
2. ZIGOTEN

Continuă condensarea materialului genetic
Crz omologi se apropie și încep să se împerecheze,
începe sinapsarea crz omologi



3. PAHITEN Crz omologi se apropie și se împerechează = **sinapsă cromozomială** - formarea bivalenților

BIVALENT structură formată din 2 crz omologi bicromatidici sinapsați pe toată lungimea

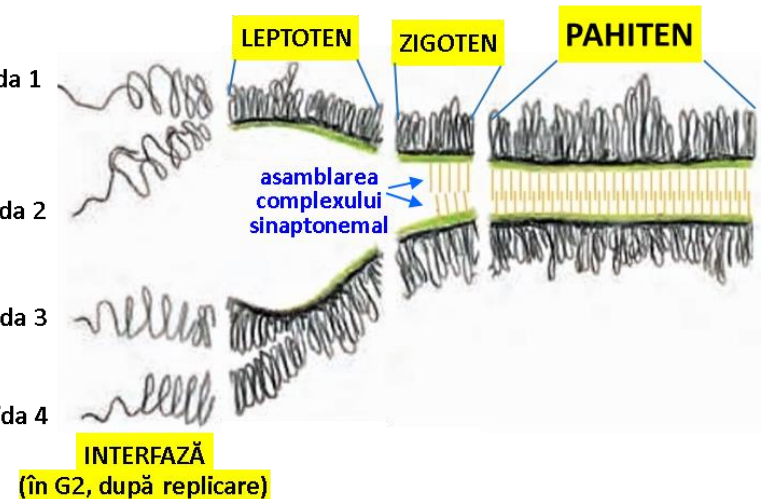


Cromatide surori
ale cromozomului
de origine **paternă**

cromatida 1
cromatida 2

Cromatide surori
ale cromozomului
de origine **maternă**

cromatida 3
cromatida 4



CROSSING-OVER

CO = **recombinare genetică INTRA-cromozomială**, specifică meiozei

= **schimb reciproc de fragmente cromatidice între cromozomi omologi**

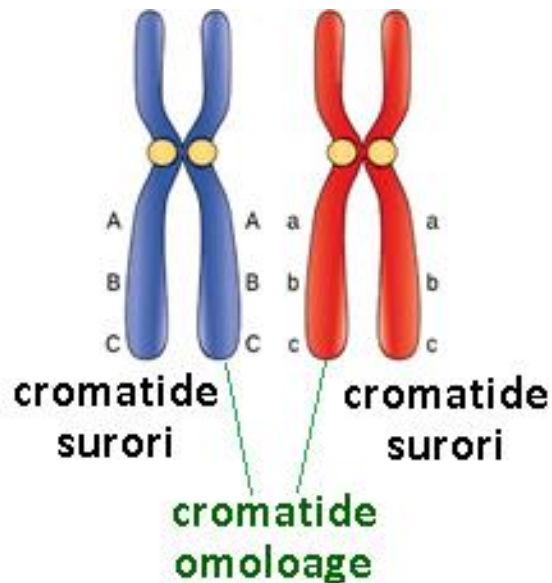
- are loc între cromozomi omologi, în etapa Pahiten din profaza I a meiozei, când cromozomii omologi sunt complet sinapsați

Deși are loc între 2 crz, este totuși denumită recombinare INTRA-cromozomială, ptr că:

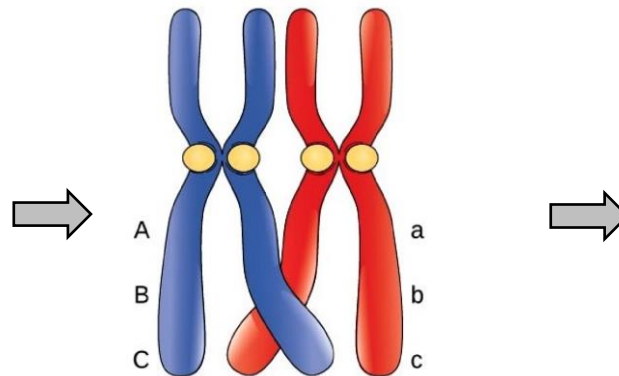
- are loc în aceeași pereche de cromozomi omologi
- ptr a o diferența de recombinarea intercromozomială – între perechi diferite de crz omologi

Schema unui proces de crossing over

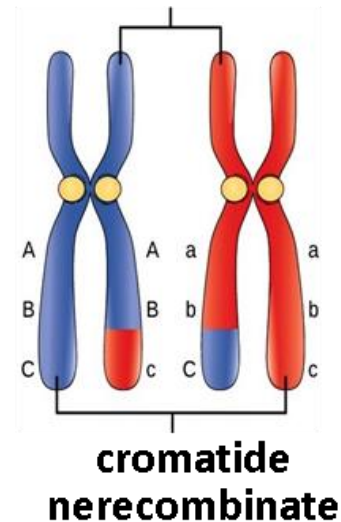
**cromozomi omologi
aliniați ptr împerechere**



proces de crossing-over

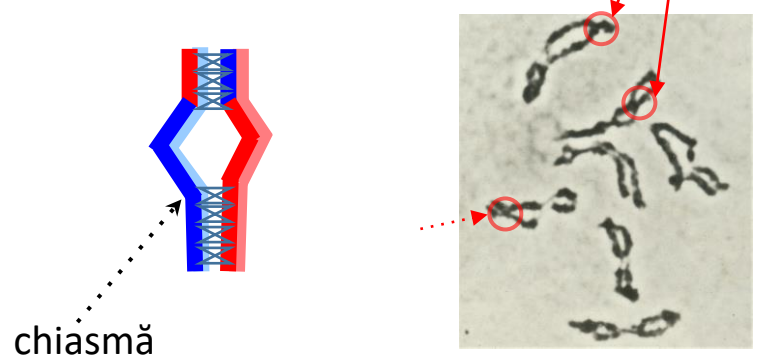


**cromatide
recombinante**



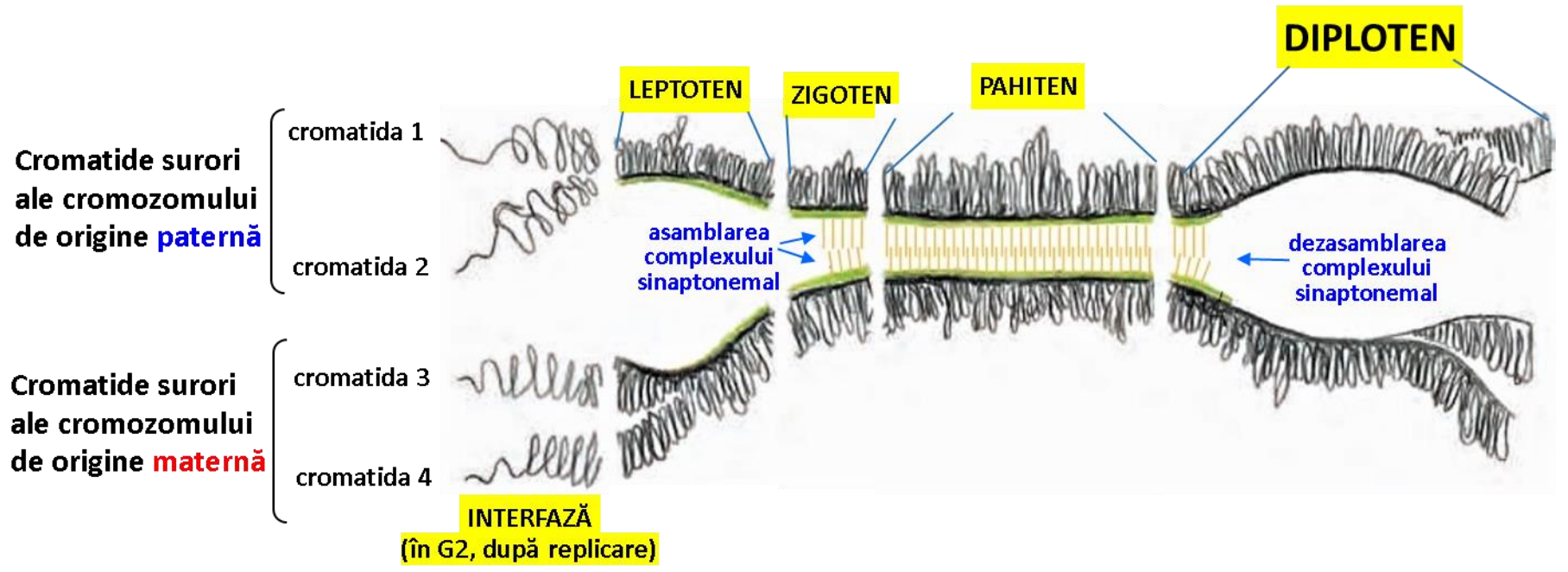
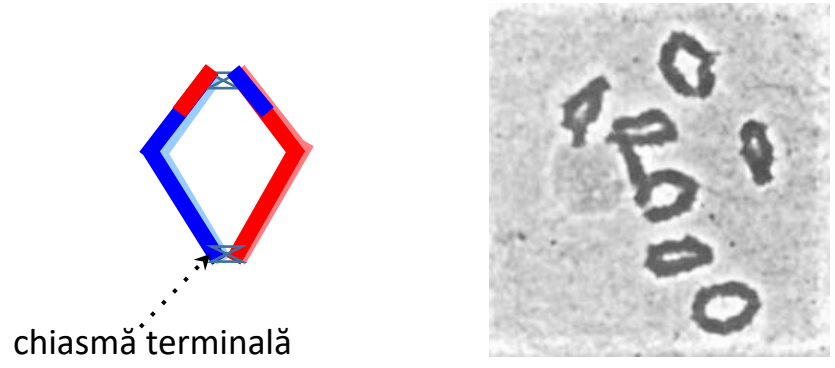
4. DIPLATEN

Bivalentii încep să se desfacă unul de celălalt prin destrucționarea complexului sinaptonemal
 Locurile în care rămân încă atașați = **chiasma**
 (plural: *chiasmata*)



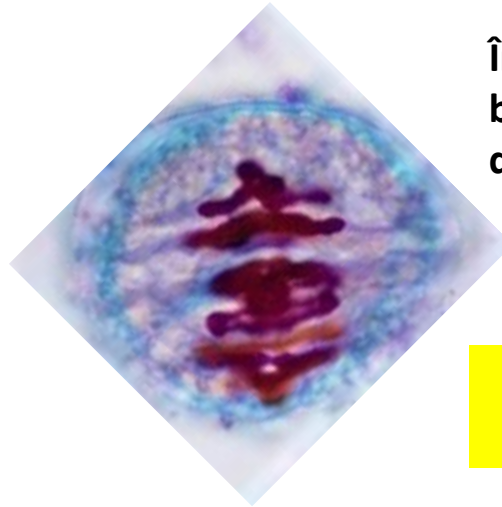
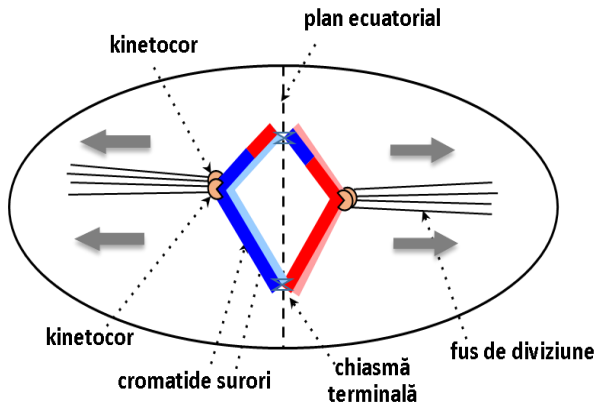
5. DIAKINEZĂ

Continuă desfacerea bivalentilor, care în final rămân atașați doar prin **chiasmele terminale**



METAFAZA I

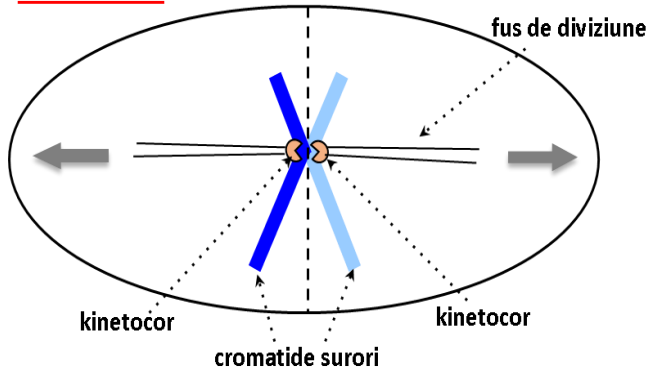
Crz se aliniază în plan ecuatorial cu chiasmele terminale, nu cu centromerii



În metafaza I cei 2 kinetocori ai unui crz bicromatidic sunt atașați de fibre emise de la un același pol celular

asigură reducerea numărului de cromozomi

Metafază mitotică

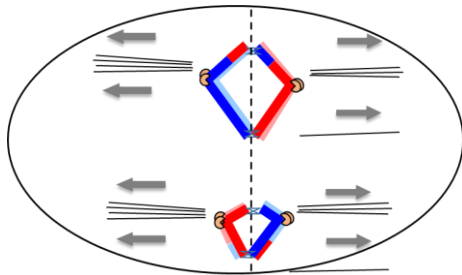


În metafaza mitotică, cei 2 kinetocori ai unui crz bicromatidic sunt atașați la fibre emise de la poli celulari diferiți

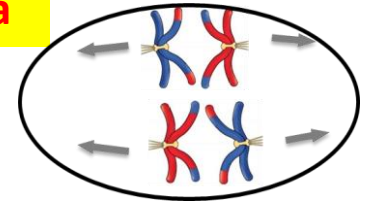
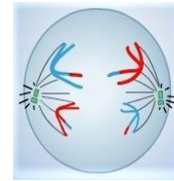
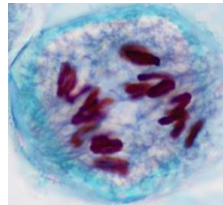
Pe acest fapt se bazează separarea cromatidelor surori

ANAFAZA I

- Nu se separă cromatidele surori
- Crz migrează spre poli în formă bicromatidică
Crz omologi migrează unul către un pol, celălalt către polul opus
Fiecare pereche de crz omologi se separă independent una de cealaltă
- O celulă primește câte 1 crz din fiecare pereche de omologi, dar unii de la mamă și alții de la tată
- Segregarea independentă a perechilor de crz omologi = o altă formă de recombinare genetică



Recombinare INTERcromozomială

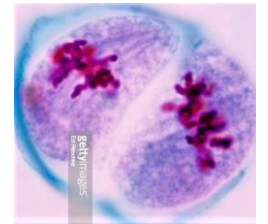
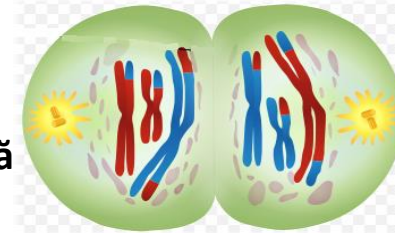


TELOFAZA I

- Cromozomii (bicromatidici) ajung la cei 2 poli
- În jurul fiecărui set de crz se formează membrană nucleară
- Materialul genetic începe să se decondense, dar nu total
- Se separă cele 2 celule fiice
- Fiecare din cele 2 celule au jumătate nr de crz față de celula mamă

= n = celule haploide

dar **cromozomii sunt Bicromatidici**



- Aceste celule **NU** sunt gameți

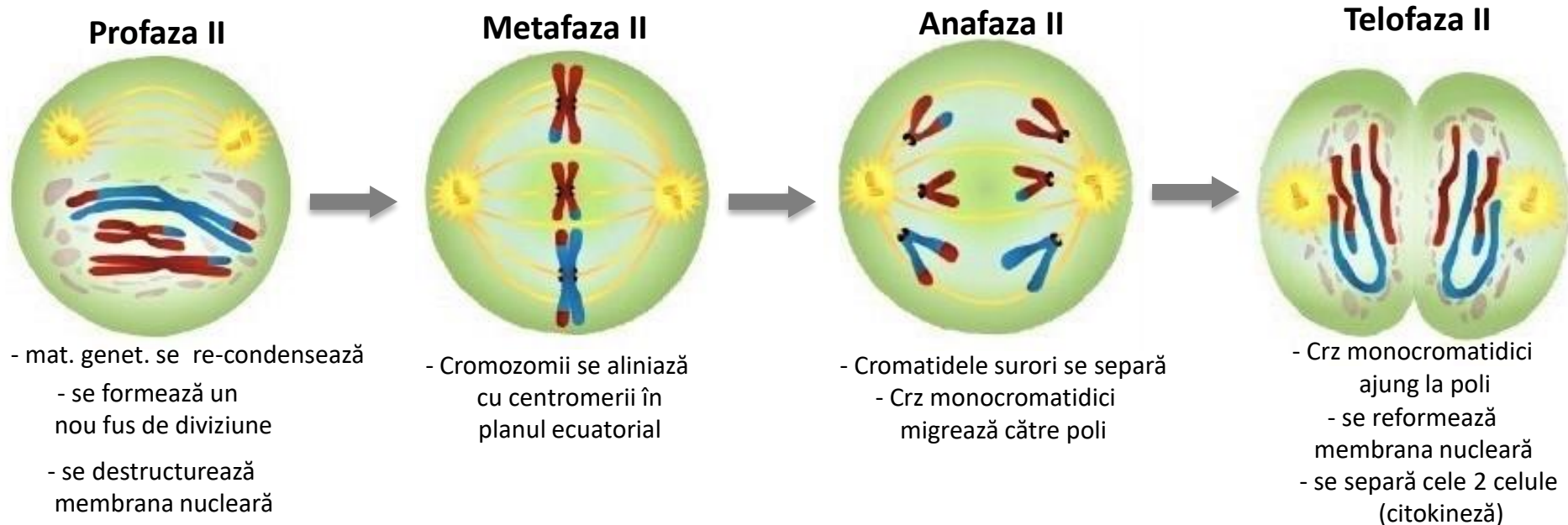
Interfaza meiotică

- Este scurtă ca durată
- Nu are loc replicarea materialului genetic \Leftrightarrow cromozomii sunt deja bicromatidici

MEIOZA a II-a

Pe parcursul lor, materialul genetic desfășoară aceleași procese ca și într-o mitoză

Schema meiozei a II-a ptr 1 celulă rezultată din meioza I



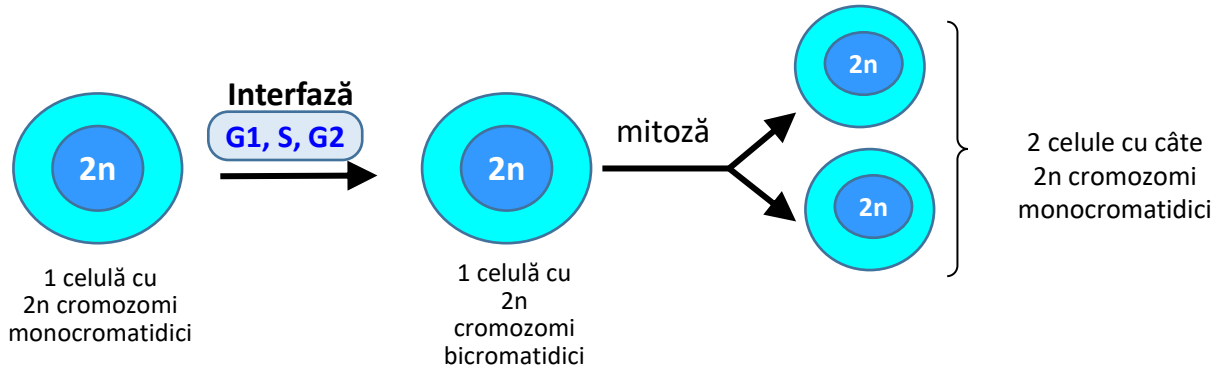
Schema este identică și pentru cealaltă celulă rezultată din meioza I-a

În final, din meioza a II-a rezultă 4 celule haploide = GAMEȚI

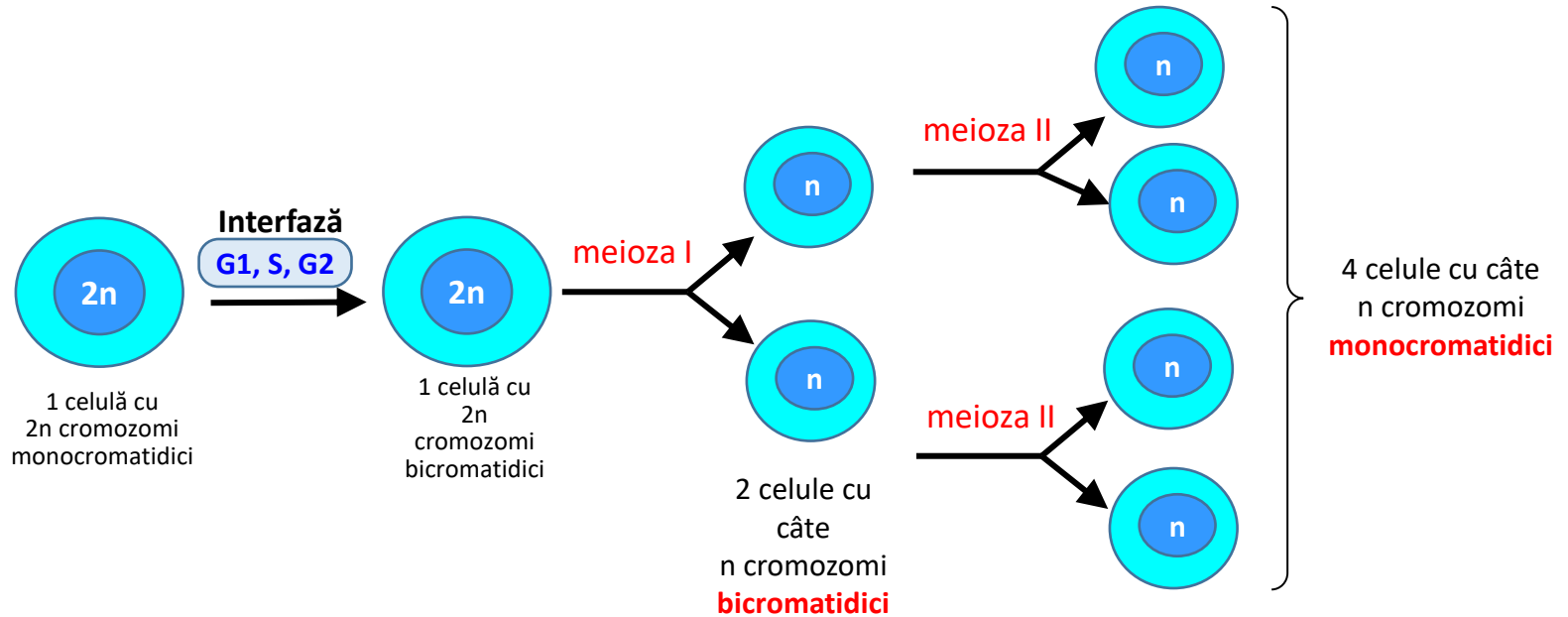
Meioza a II-a pleacă de la nr haploid de cromozomi (n) și are rolul de a aduce cromozomii la forma monocromatidică

SUMAR

MITOZA



MEIOZA



5. Cariotipul uman normal

❖ **Cariograma** - aranjarea ordonată a tuturor cromozomilor unei celule în perechi, în funcție de mărimea lor și de poziția centromerului.

❖ **Cariotip** - formula (scrisă cu cifre și litere) care descrie numărul cromozomal de baza (2n)

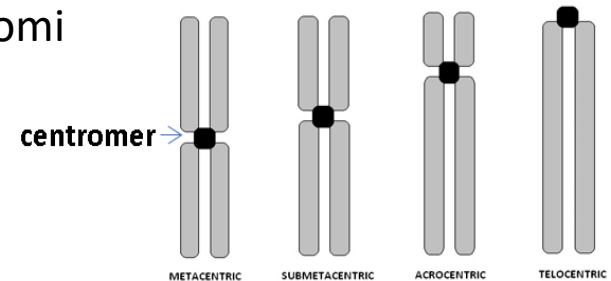
Homo sapiens - 46, XX (femei) și 46, XY (bărbați)

❖ **Idiograma** - reprezentarea grafica (desen) a cromozomilor bazata pe masuratori.

Aspecte vizate in realizarea cariotipului

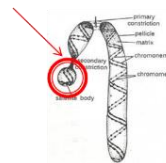
- ▶ stabilirea numărului cromozomal de bază (2n)
- ▶ dimensiunea absolută și relativă a cromozomilor
- ▶ localizarea **centromerului** și tipul morfologic de cromozomi

indicele centromeric = $lc = p / (p + q) \times 100$
metacentrici: $lc = 46 - 49 \%$
submetacentrici: $lc = 31 - 45 \%$
acrocentrici: $lc = 17 - 30 \%$
telocentrici: $lc < 17 \%$



Tipurile morfologice de cromozomi (în funcție de poziția centromerului)

▶ numărul și poziția **sateliților**



▶ gradul de condensare și distribuția regiunilor heterocromatinice (bandari)



Perechea 1 de cromozomi bandata G

Cariotipul uman normal

- 23 perechi de cromozomi (22 perechi autozomi + heterozomii XX sau XY)

Grupe de cromozomi:

• **Grupa A** - perechile 1, 2 și 3

- **cromozomi mari** *metacentrici* (perechile 1 și 3)

submetacentrici (perechea 2)

• **Grupa B** - perechile 4 și 5

- **cromozomi mari** *submetacentrici*.

• **Grupa C** - perechile 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

- **cromozomi mijlocii** *metacentrici* (perechile 6, 7, 8, 11)

submetacentrici (perechile 9, 10, 12)

• **Grupa D** - perechile 13, 14 și 15

- **cromozomi mijlocii** *acrocentrici* (cu sateliți pe bratele p)

• **Grupa E** - perechile 16, 17 și 18

- **cromozomi mijlocii** *-metacentrici* (perechea 16)

-submetacentrici (perechile 17 și 18).

• **Grupa F** - perechile 19 și 20

- **cromozomi mici** *metacentrici*.

• **Grupa G** - perechile 21, 22

- **cromozomi mici** *acrocentrici*, (cu sateliți pe bratele p)

cromozomul X - dimensiune similară cromozomilor grupa C

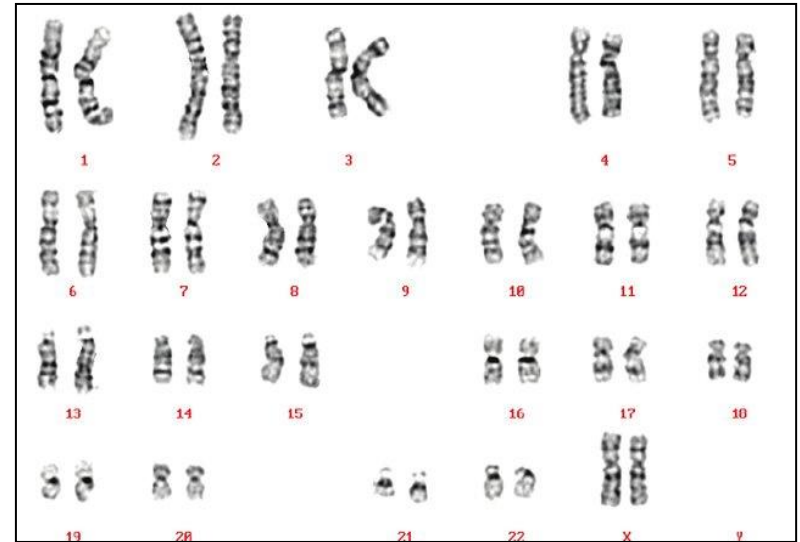
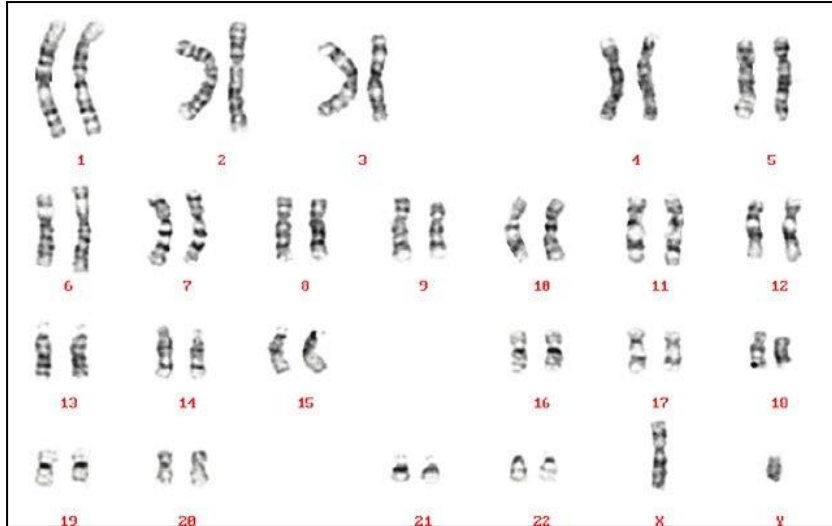
- metacentric mijlociu;

cromozomul Y - dimensiune similară cromozomilor grupa G

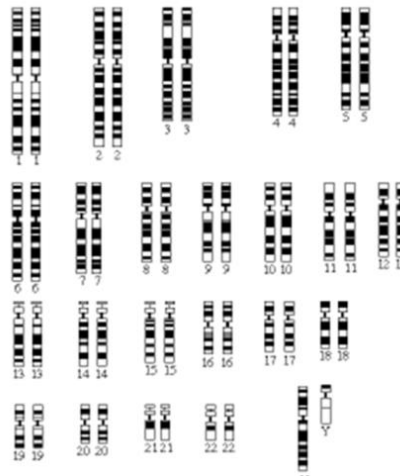
- acrocentric mic

Cromozomii - 1, 9, 16 au sateliți

Cariotipul uman normal



Cariogramă bărbat (46, XY)



Cariogramă femeie (46, XX)

Idiograma cromozomilor umani

6. Bibliografie

Krebs J.E., Goldstein E.S., Kilpatrick S.T., 2018, Lewin's Genes XII, Jones & Bartlett Learning, PA, USA.
SAU

Krebs J.E., Goldstein E.S., Kilpatrick S.T., 2014, Lewin's Genes XI, Jones & Bartlett Learning, PA, USA.

Watson J.D., Baker T.A., Bell S.P., Gann A., Levine M., Losick R., Harrison S.C., 2014, Molecular Biology of the Gene. 7th Edition., Cold Spring Harbor Laboratory Press, NY, USA.

Pollard T.D., Earnshaw W.C., Lippincott-Schwartz J., Johnson G.T., 2017, Cell Biology, Elsevier, Inc., USA.

Russell P.J., 2010, iGenetics – A Molecular Approach. 3rd Edition, Pearson Education Inc., Pearson Benjamin Cummings, CA, USA.

Lodish H., Berk A., Kaiser C.A., Krieger M., Bretscher A., Ploegh H., Amon A., Martin K.C., 2016, Molecular Cell Biology. 8th Edition, W.H. Freeman Macmillan Learning, NY, USA.

Alberts B., Johnson A., Lewis J., Morgan D., Raff M., Roberts K., Walter P., 2015, Molecular Biology of the Cell. 6th Edition, Garland Science, Taylor & Francis Group, NY, USA.