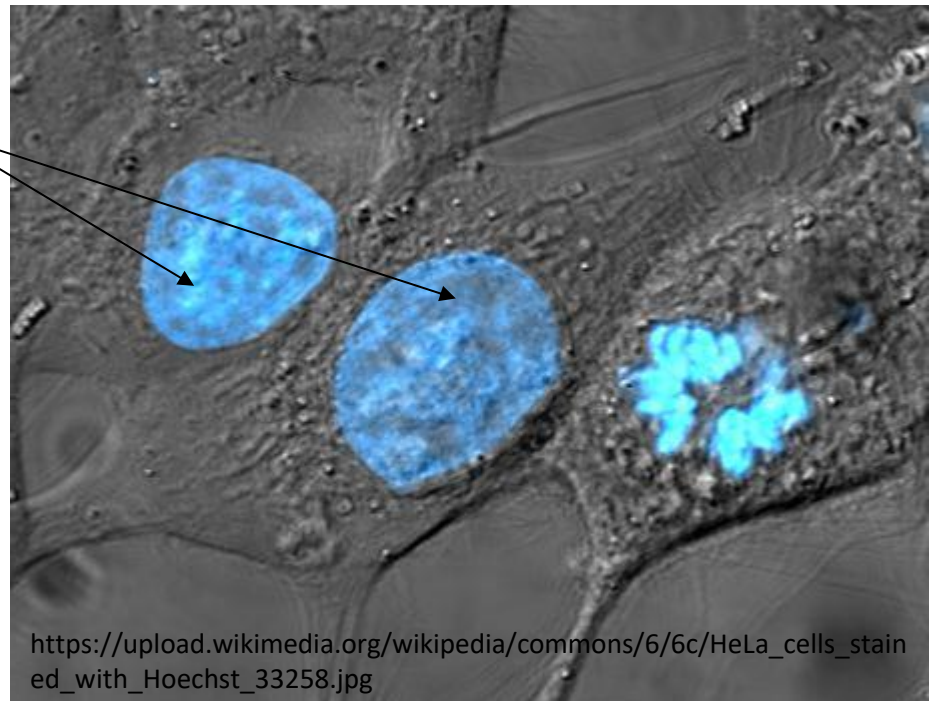


# **ULTRASTRUKTURA JĄDRA KOMÓRKOWEGO**

# Jądro komórkowe

- łac. *nucleus*, gr. *karyon*
- cecha charakterystyczna kom. eukariotycznej (ok. 99% informacji genetycznej w postaci DNA)
  - pozostały DNA znajduje się w macierzy mitochondriów
- obecne w komórce okresie między jej podziałami czyli w ...

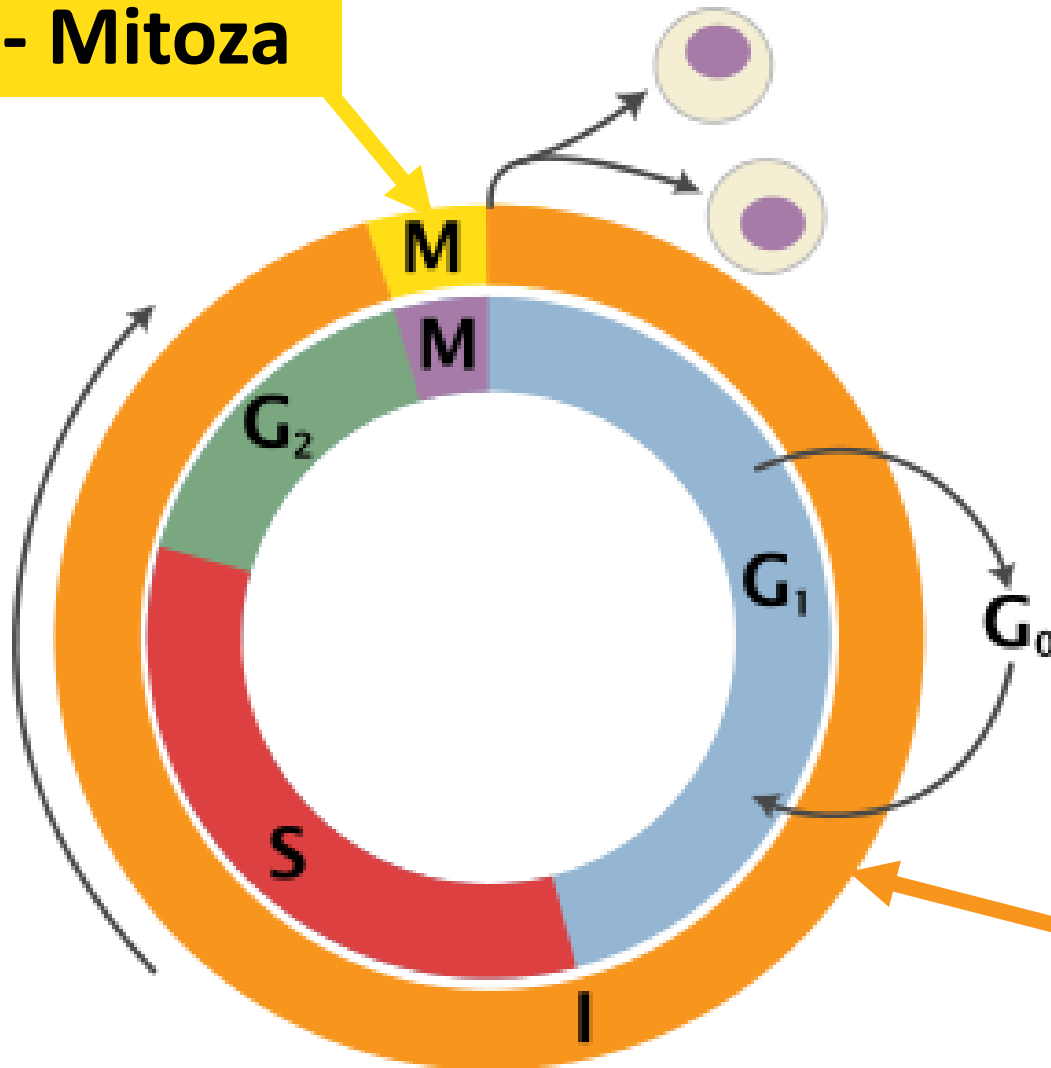
interfazie



[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6c/HeLa\\_cells\\_stained\\_with\\_Hoechst\\_33258.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6c/HeLa_cells_stained_with_Hoechst_33258.jpg)

# Cykl komórkowy

podział - Mitoza



Interfaza

# Jądro komórkowe cd.

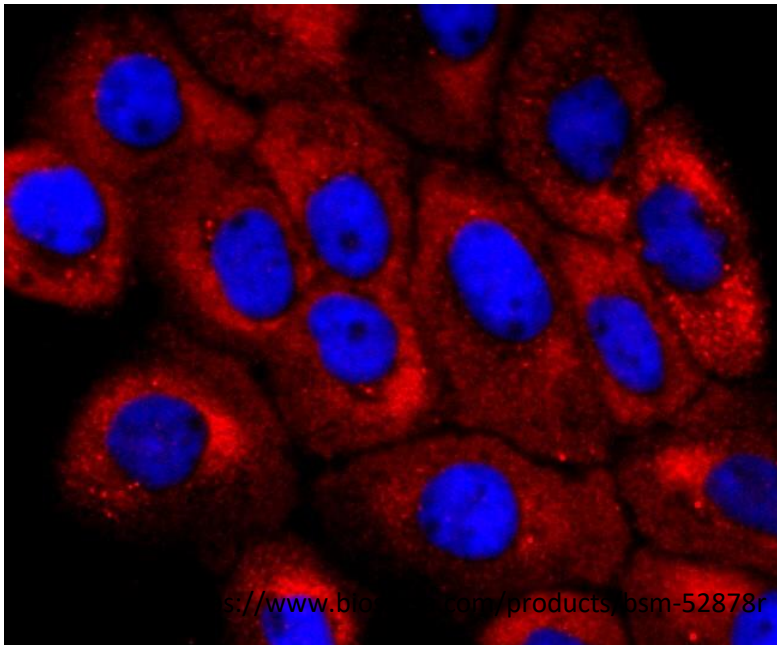
- liczba jąder w komórce:
  - 1 jądro - **monokariocyty** → większość komórek
  - 2 jądra – **bikariocyty** → hepatocyty
  - wiele jąder - **polikariocyty**
    - fuzja → komórki mięśni poprzecznie prążkowanych, osteoklasty
    - brak cytokinezy → megakariocyty
  - 0 jąder – **brak jądra** (wtórna utrata jądra)  
krwinki czerwone (erytrocyty)

# Jądro komórkowe cd.

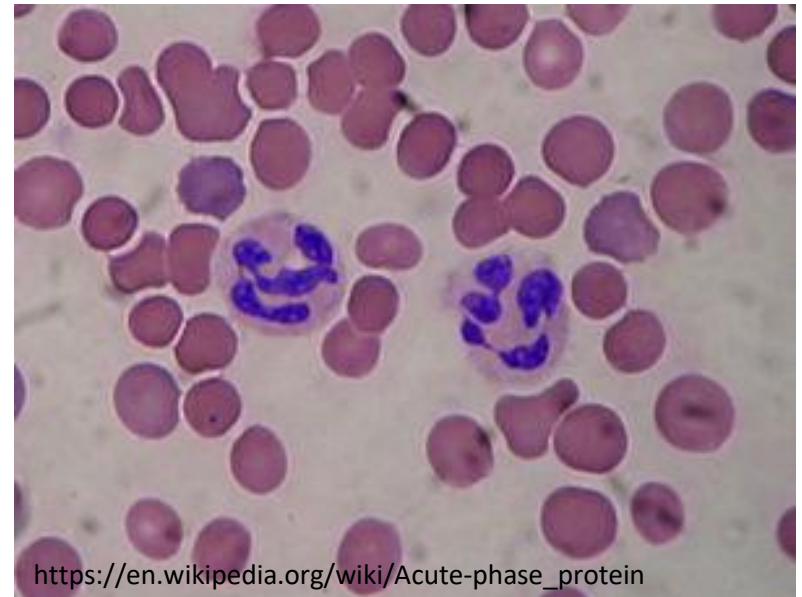
- wielkość
  - zależy od ilości DNA
    - jądro ludzkiej komórki somatycznej – diploidalnej
      - 6 pg DNA o łącznej długości 2 m przed syntezą
        - średnica jądra 5  $\mu\text{m}$
      - 12 pg DNA o łącznej długości 4 m po syntezie
        - średnica jądra 5 - 10  $\mu\text{m}$

# Jądro komórkowe cd.

- kształt jąder w komórce – bardzo różny
  - najczęściej owalny lub okrągły

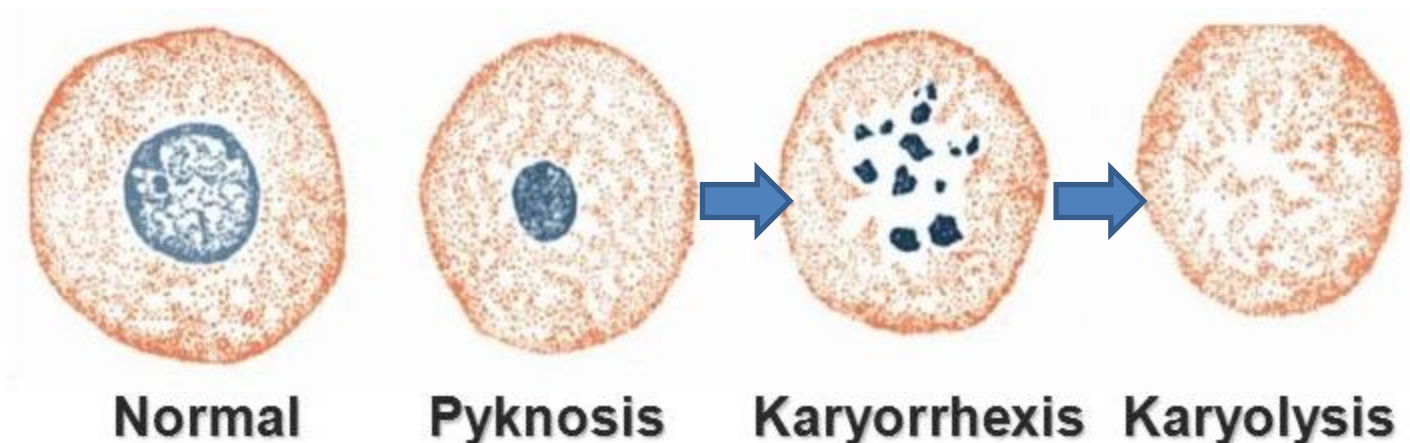


– nieregularny –  
segmenty

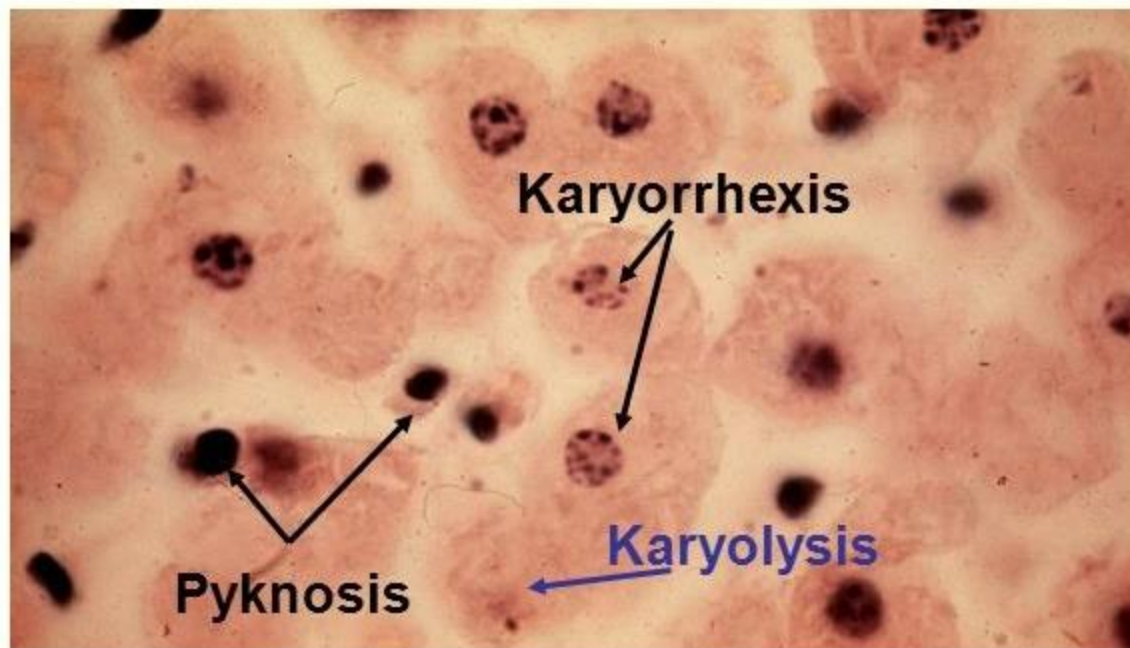
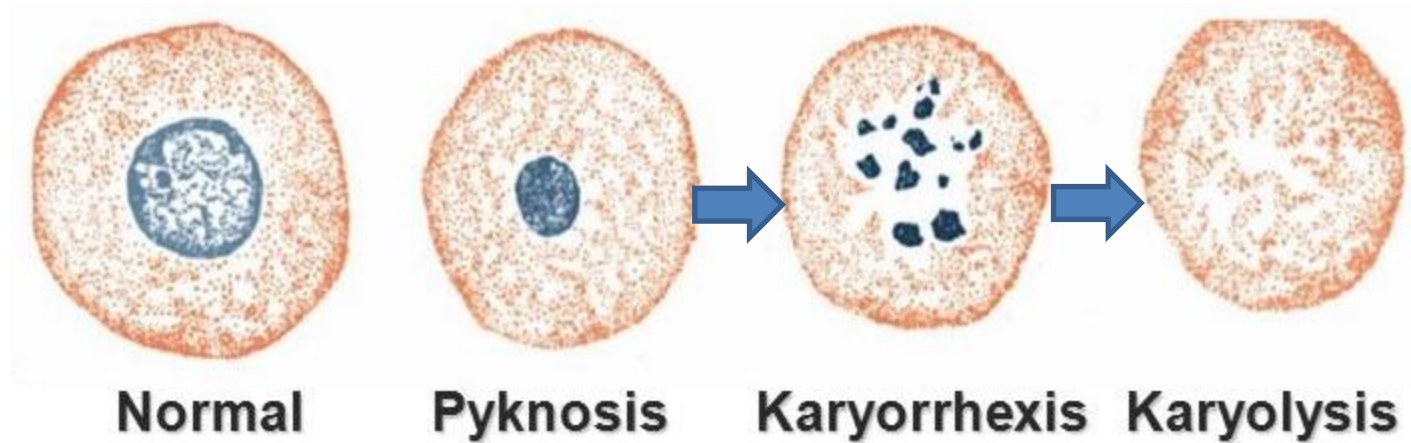


# Jądro komórkowe cd.

- kształt jąder w komórce cd.
  - w komórkach degenerujących
    - **piknoza** (*pyknosis*) – jądra małe, zbite, b.silnie wybarwione, okrągłe lub owalne
    - **karioreksis** (*karyorrhexis*) – jądro ulega pofragmentowaniu
    - **karioliza** (*karyolysis*) – jądro ulega strawieniu i przybiera postać cienia



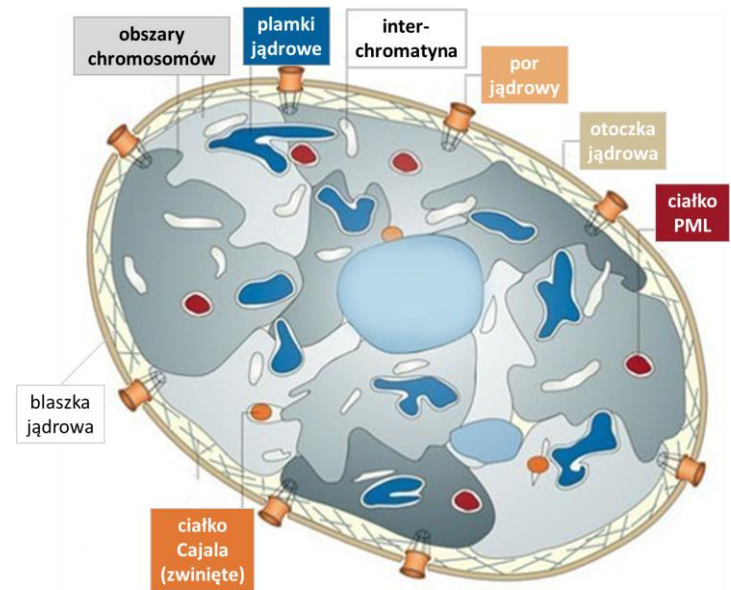
# Jądro komórkowe cd.



# Jądro komórkowe cd.

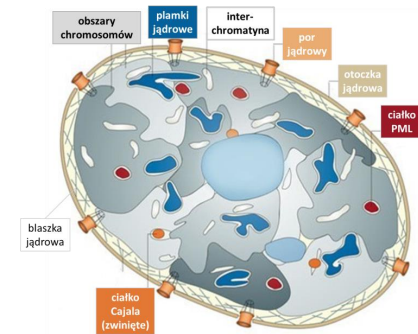
- ogólna budowa jądra komórkowego w interfazie:

- otoczka jądrowa**
- plazma jądrowa =  
**karioplazma =  
nukleoplazma**
- macierz jądra =  
nukleoskielet**

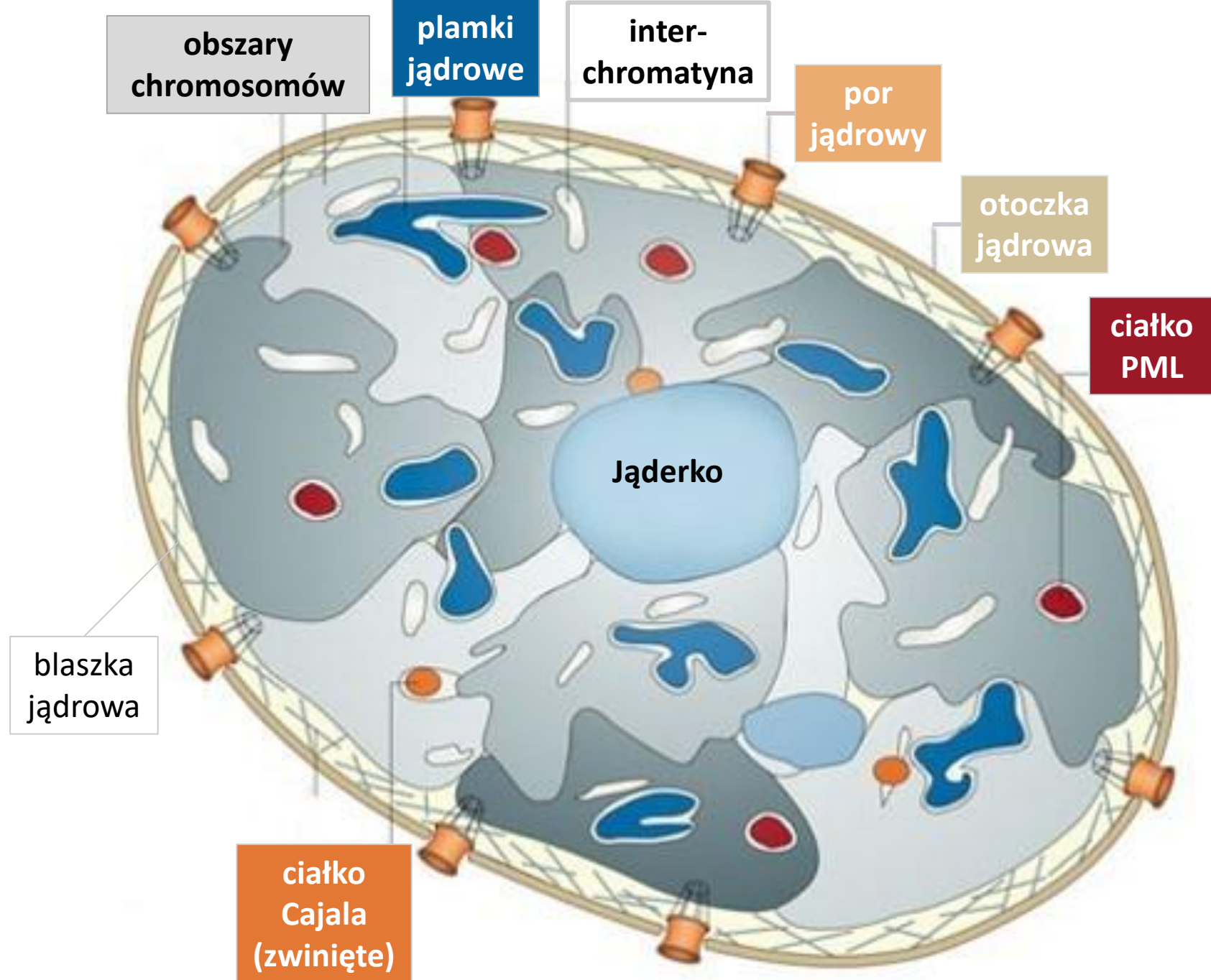


# Jądro komórkowe cd.

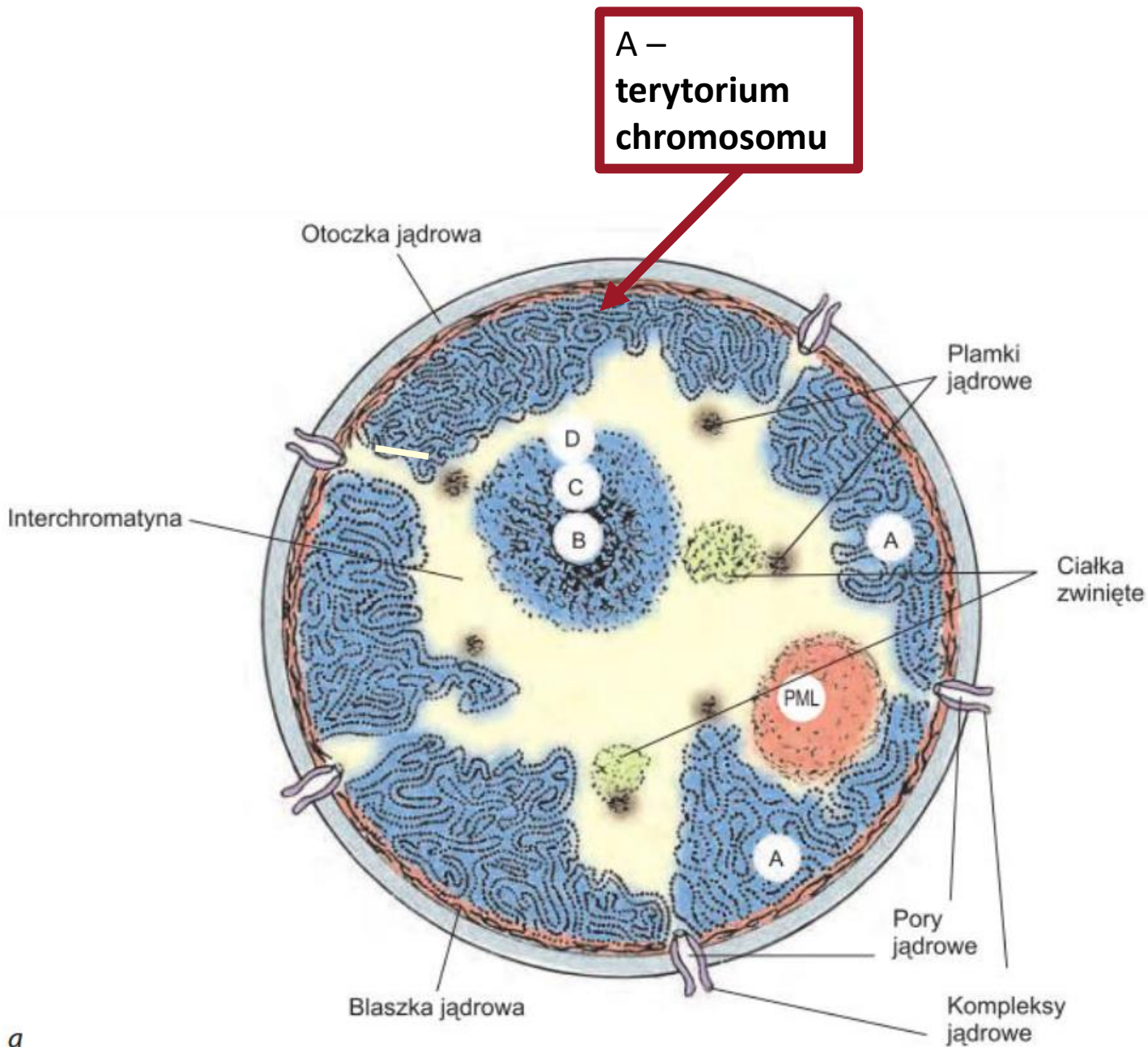
- ogólna budowa jądra komórkowego w interfazie:
  - otoczka jądrowa → podwójna błona białkowo-lipidowa + pory
  - plazma jądrowa = karioplazma = nukleoplazma
    - chromatyna → DNA + białka ← chromosomy
  - organelle jądrowe:
    1. jąderka
    2. ciałka
      1. ciałka zwinięte = Cajala
      2. ciałka PML
    3. plamki jądrowe
  - interchromatyna – karioplazma poza chromatyną i między organellami jądrowymi
  - kariolimfa = sok jądrowy – płyn przenikający składniki jądra
- macierz jądra = nukleoskielet
  - blaszka jądrowa → laminy
  - filamenty i ziarenka **wewnątrz jądra** – białka **matryny** i laminy
  - replisomy i splicesomy



# Ogólna budowa jądra - schemat



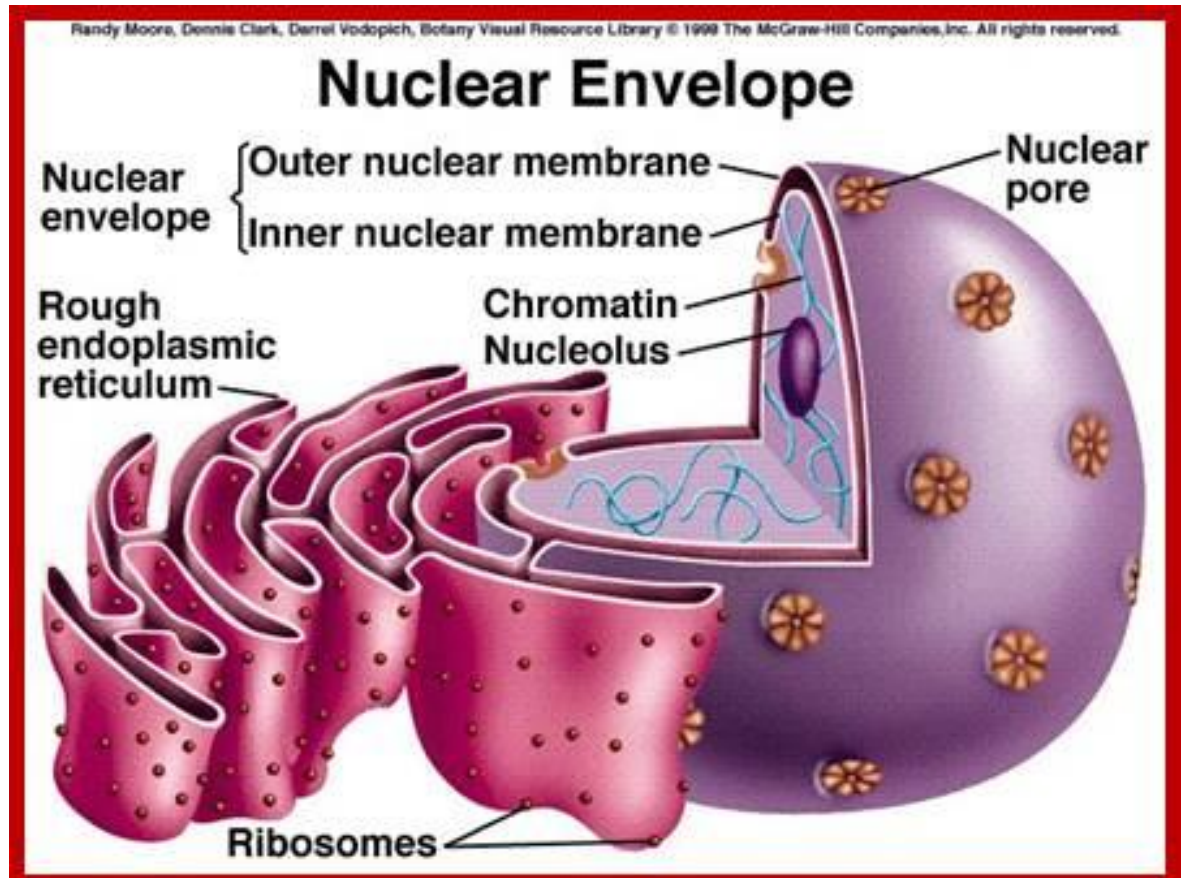
# Ogólna budowa jądra - schemat



a

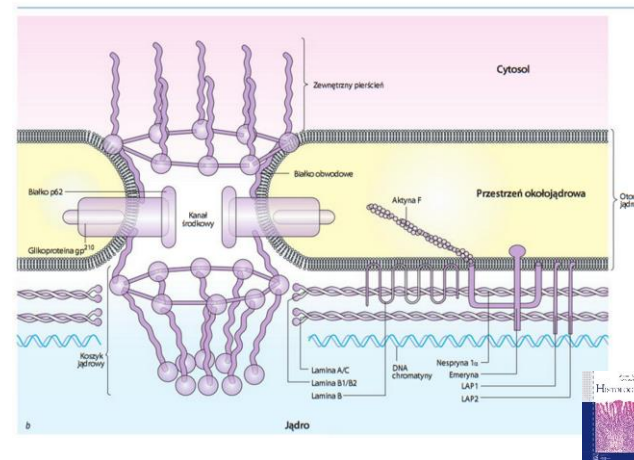
# Otoczka jądrowa

- ang. *nuclear envelope*
- **2 błony lipidowo-białkowe**
- **liczne pory jądrowe**

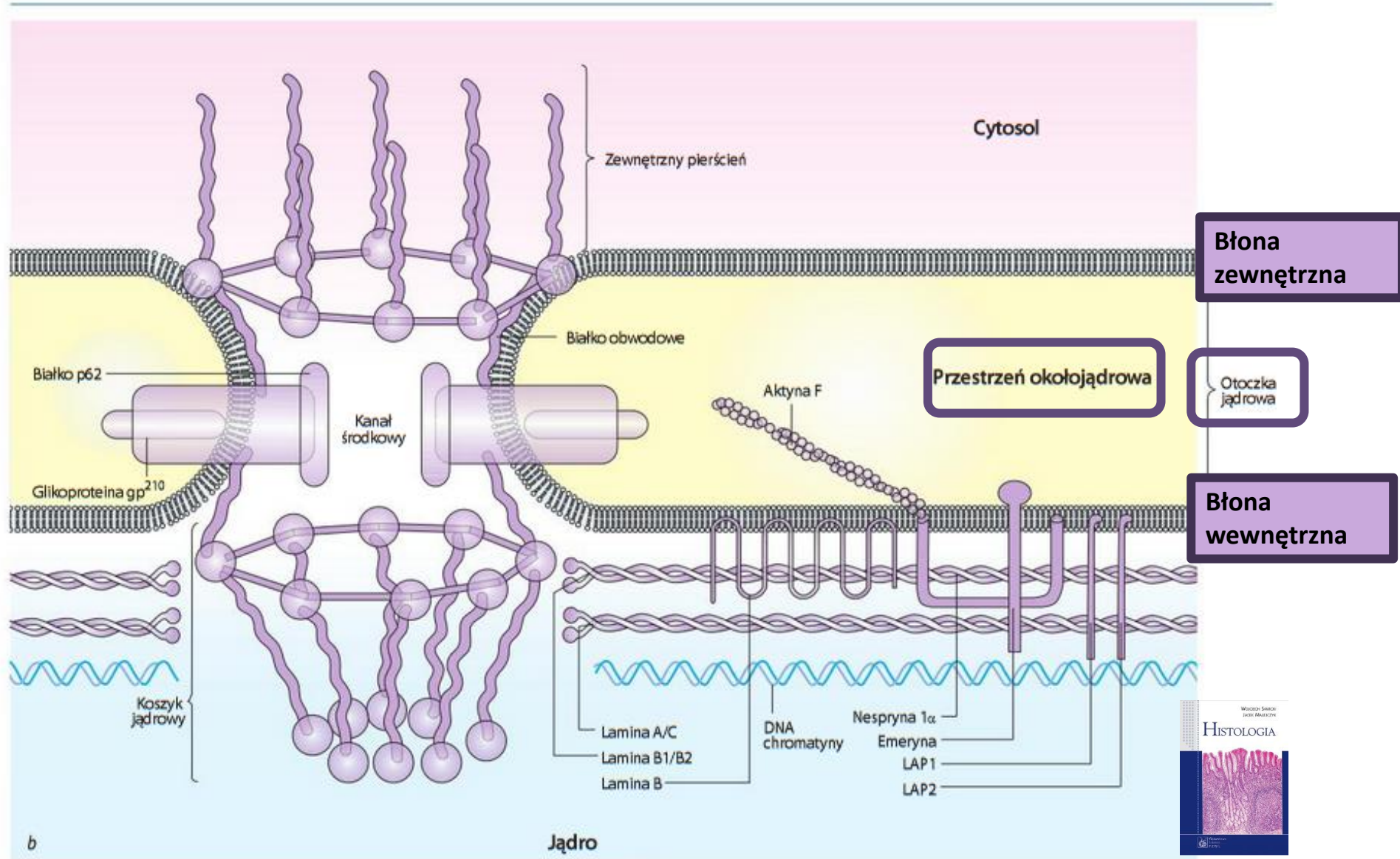


# błony lipidowo-białkowe

- **Dwie błony**
  - zewnętrzna i wewnętrzna
    - grubość 5-8 nm każda
- **łączą się** w obrębie kompleksów porowych
- pomiędzy błonami – **przestrzeń okołojądrowa**  
**/przestrzeń perinuklearna**
  - szerokość ok 30 nm
  - w pewnych miejscach ciągłość światła z RER



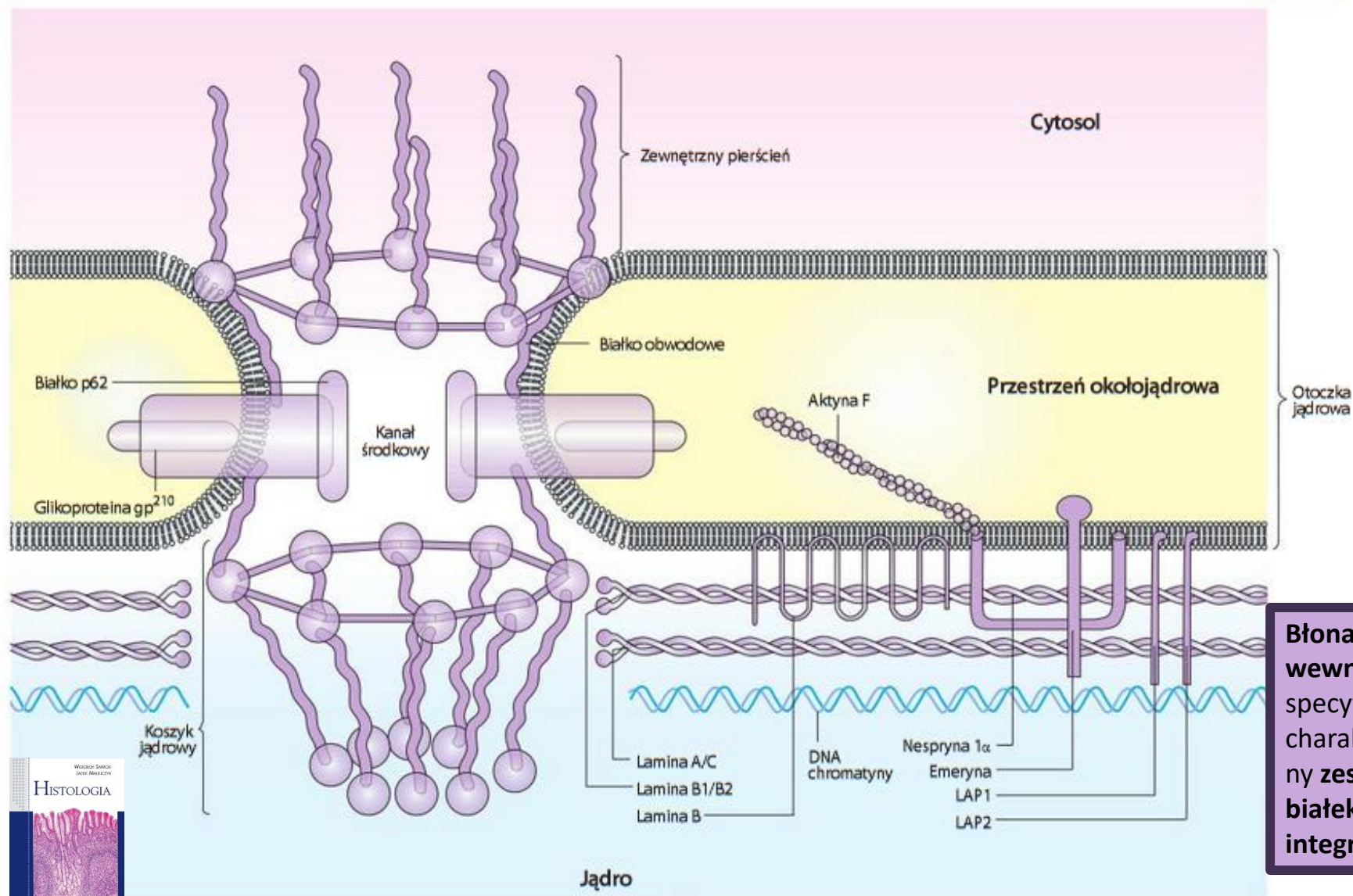
# błony lipidowo-białkowe (cd.)



# błony lipidowo-białkowe (cd.)

- **asymetryczne, funkcjonalnie i strukturalnie różne**
  - **zewnątrzna** (ang. *outer nuclear membrane*, ONM)
    - ‘płynnie’ przechodzi w RER
  - **wewnętrzna** (ang. *inner nuclear membrane*, INM) posiada specyficzny i charakterystyczny **zestaw białek integralnych**
    1. **białka z rodziny LAP1** (izoformy  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ ) (ang. *lamina associated polypeptide 1*)
    2. **białka z rodziny LAP2** (izoformy  $\beta$  i  $\gamma$ )
    3. **emeryna**
    4. **MAN1**
    5. **nespryny** (występują również w ONM)
    6. **kompleks białkowy związany z receptorem laminy B** (ang. LBR - lamin B receptor, p58, lamina B),
    7. **YA** (ang. young arrest)
    8. **otefina**
    9. **ryboforyna**

# błony lipidowo-białkowe (cd.)

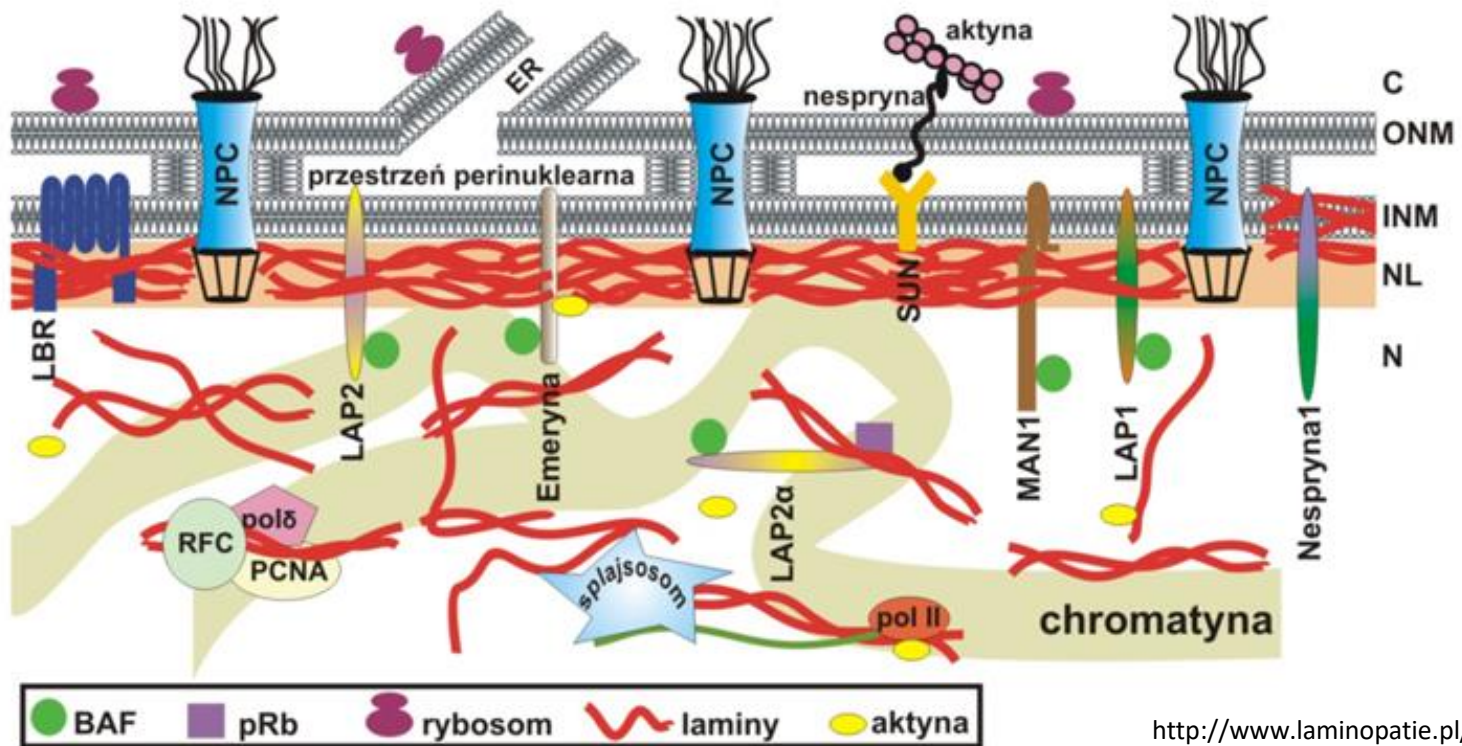


**Błona wewnętrzna-specyficzny i charakterystyczny zestaw białek integralnych**



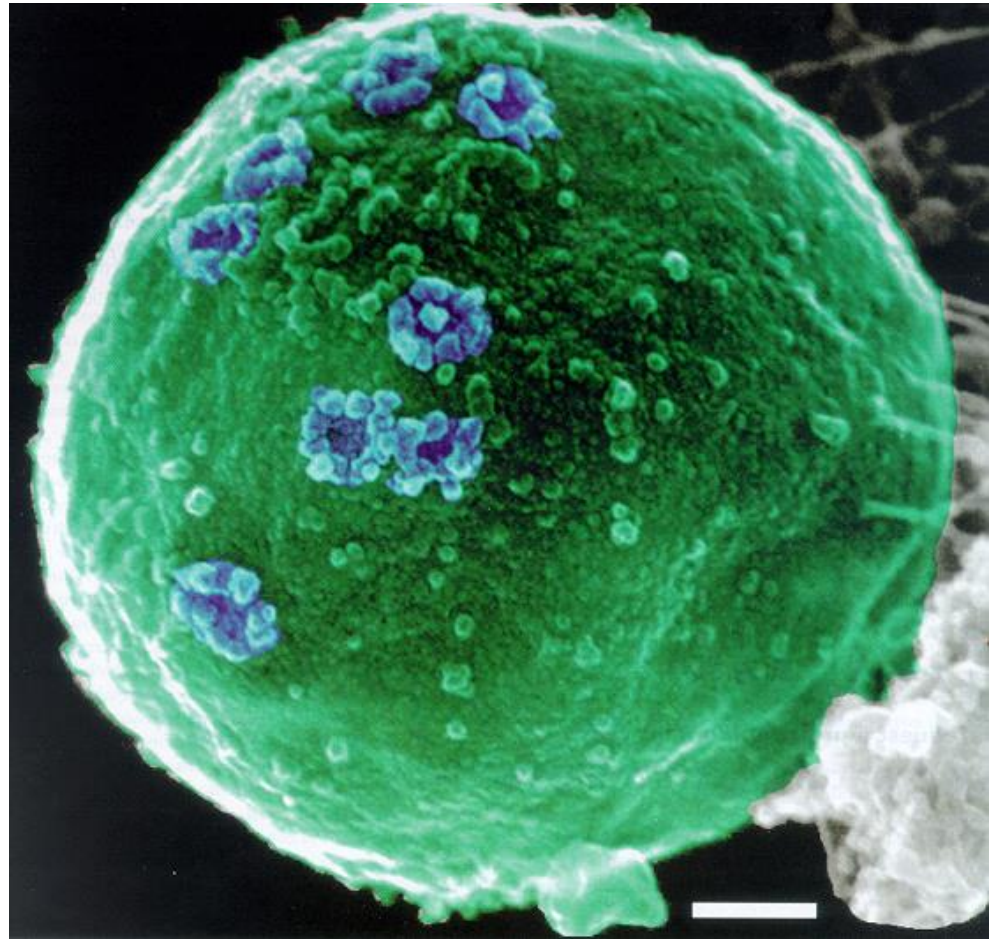
# Otoczka jądrowa (cd.)

- białka integralne:
  - białka z rodziny LAP1 (izoformy  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ ), LAP2 (izoformy  $\beta$  i  $\gamma$ ), emeryna, MAN1, nespryny, kompleks białkowy związany z receptorem laminy B, YA, otefina i ryboforyna



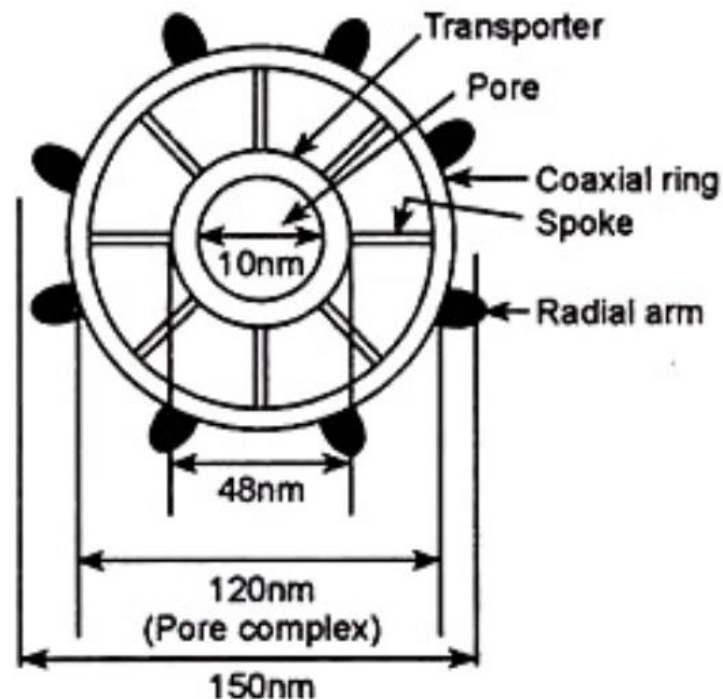
# Pory jądrowe

- w otoczce – liczne otwory →  
tzw. **pory jądrowe**
  - w obrębie porów **obie błony otoczki łączą się**
  - ok. 10-20 porów/ $\mu\text{m}^2$ ,
  - w hepatocytach ok. 3000-7000 porów

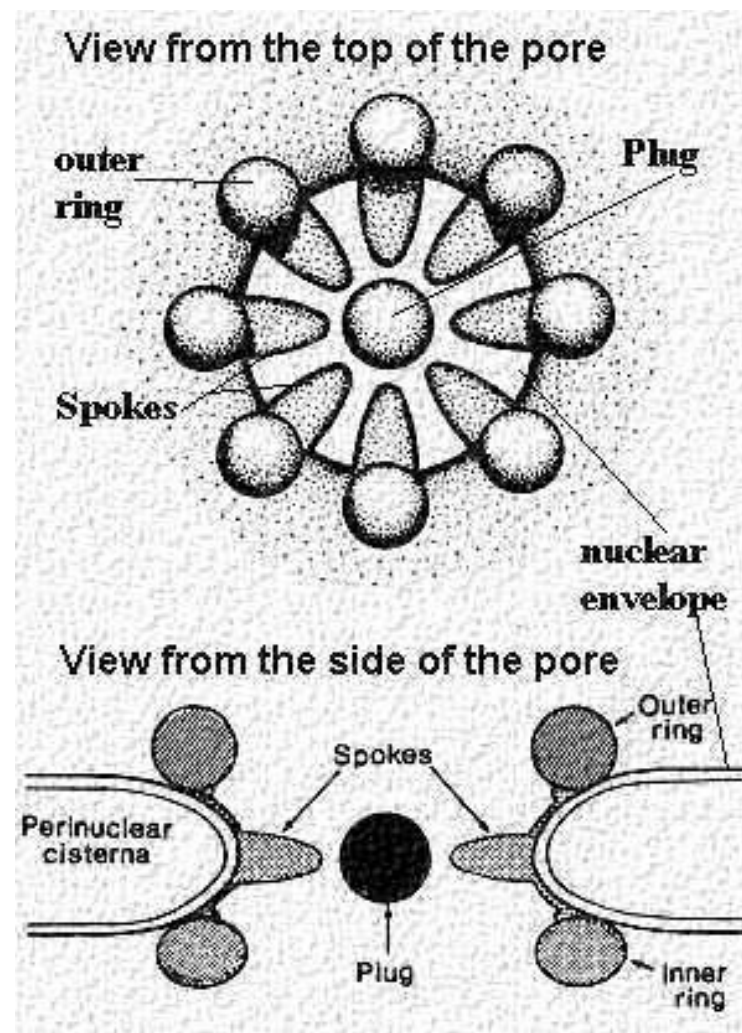
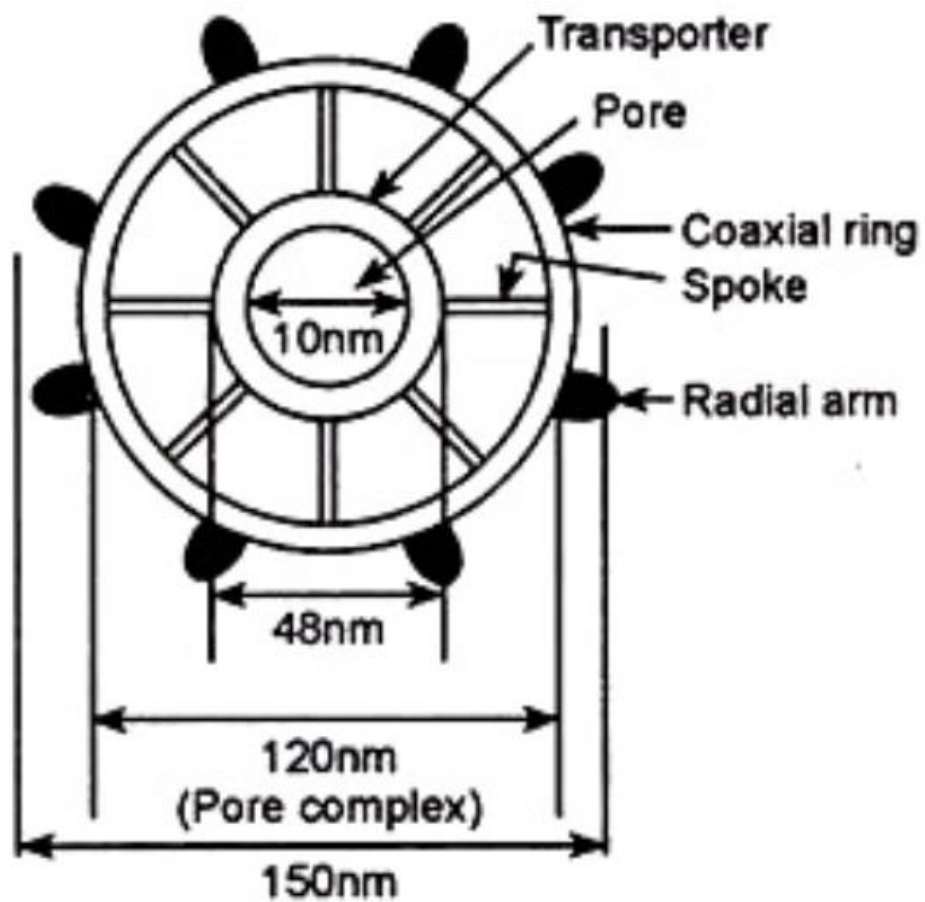


# Por jądrowy & kompleks pora

- w obrębie poru jądrowego → **kompleks pora = jądrowy kompleks porowy**
  - zbudowany z **nukleoporyn** i **wielu wielu innych białek**
  - o oktagonalnej (1-8) symetrii
  - o średnicy zewnętrznej  
→ **120-150 nm**,
  - (średnica wewnętrzna kompleksu - 80 nm)
  - zewnętrzna średnica transportera wewnątrz kompleksu → **48 nm**
  - wewnętrzna średnica kanału transportera → **10 nm**



widok z góry





# Jądrowy kompleks porowy

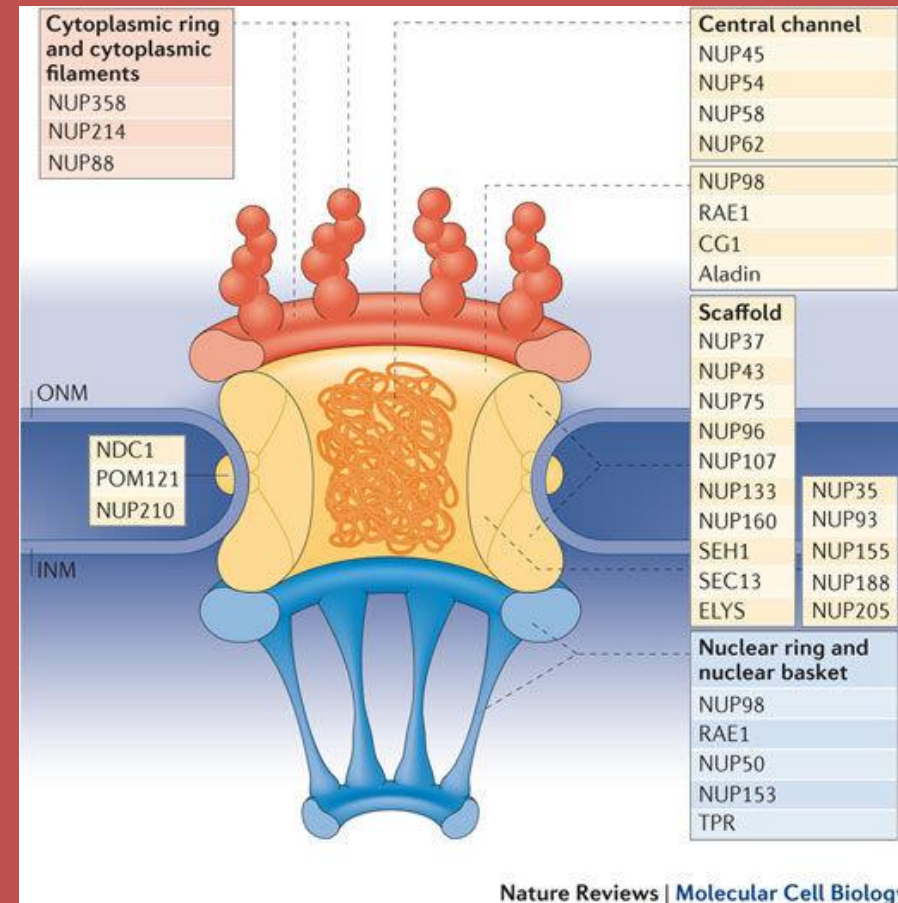
## • kanał pora

1. transport zgodnie z gradientem stężeń (dyfuzja) cząsteczek o średnicy do 9-10 nm, i o masie cząsteczkowej do 50kD

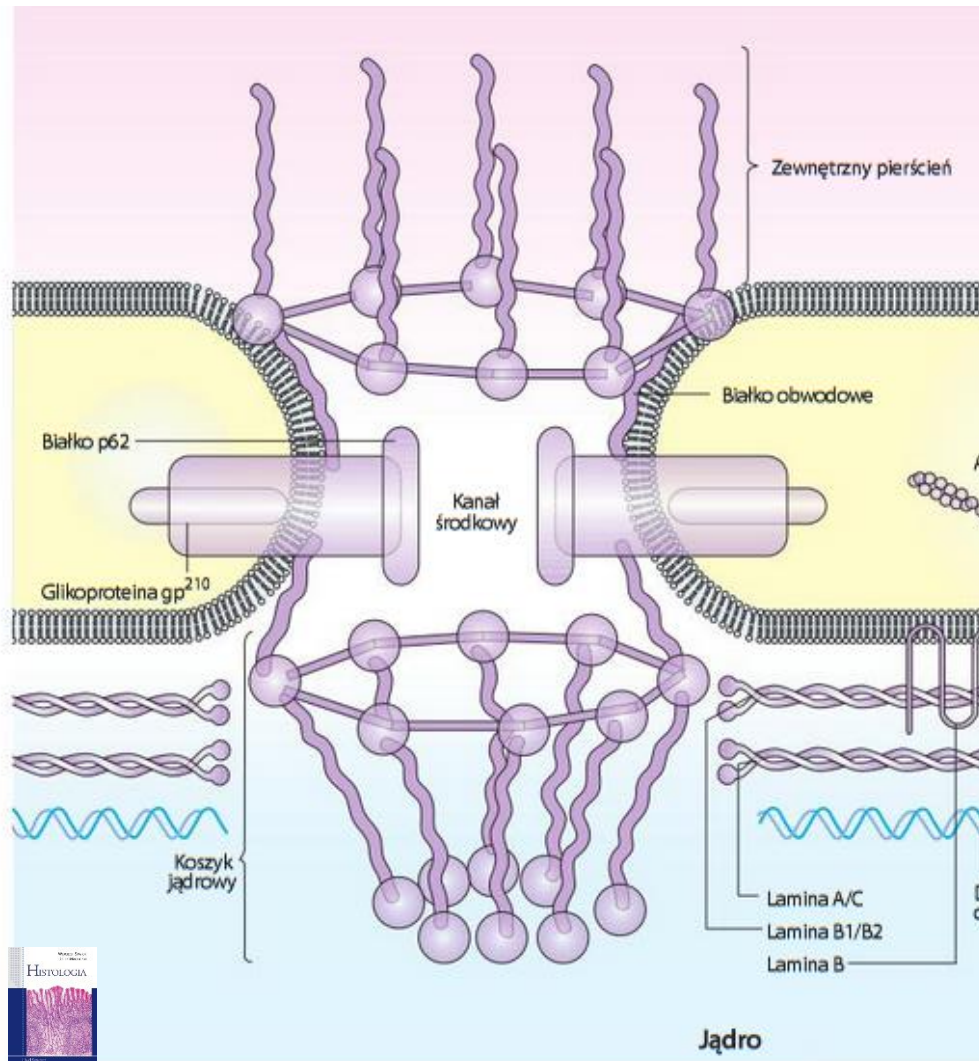
## 2. transport aktywny

### • karioferyny

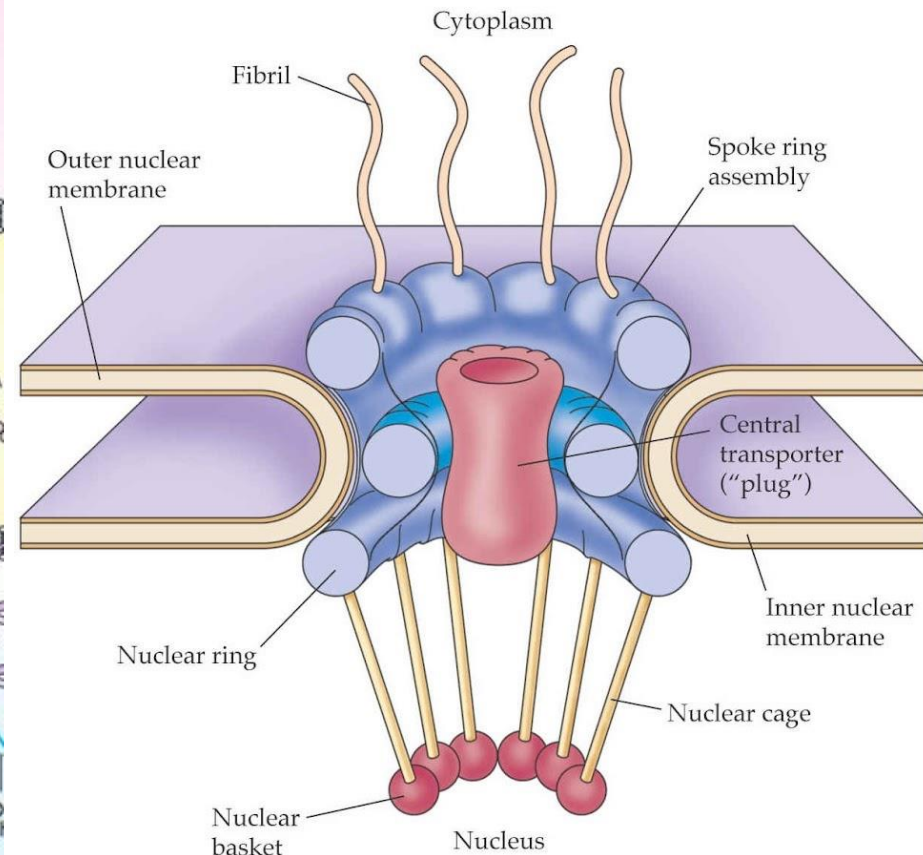
- eksportyny i importyny
- sekwencje sygnałowe (NES, NLS)
- GTP



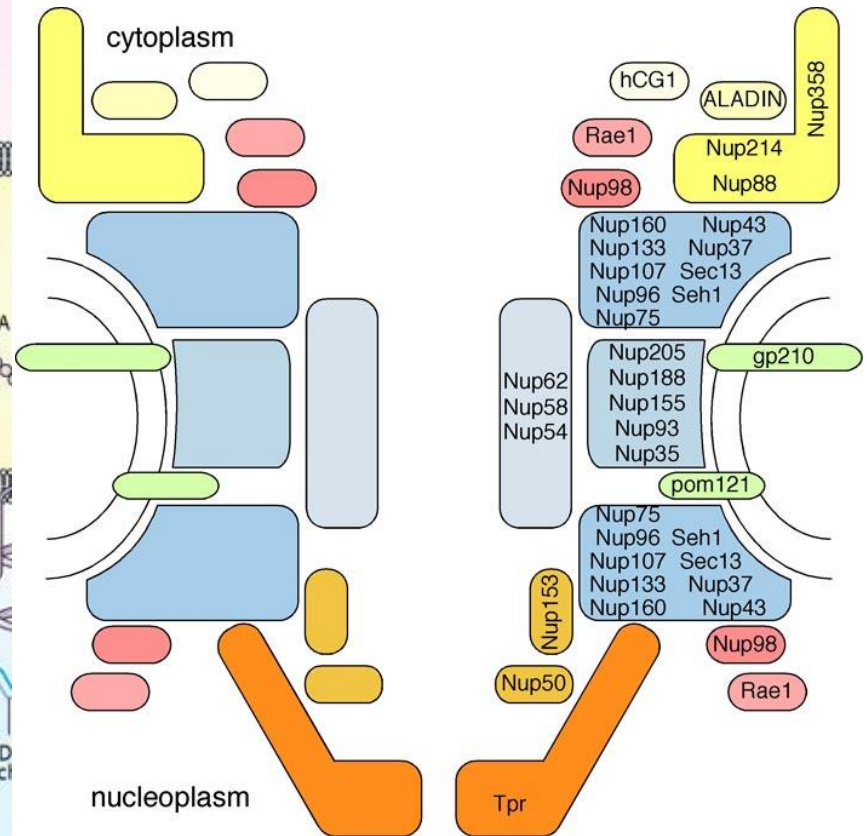
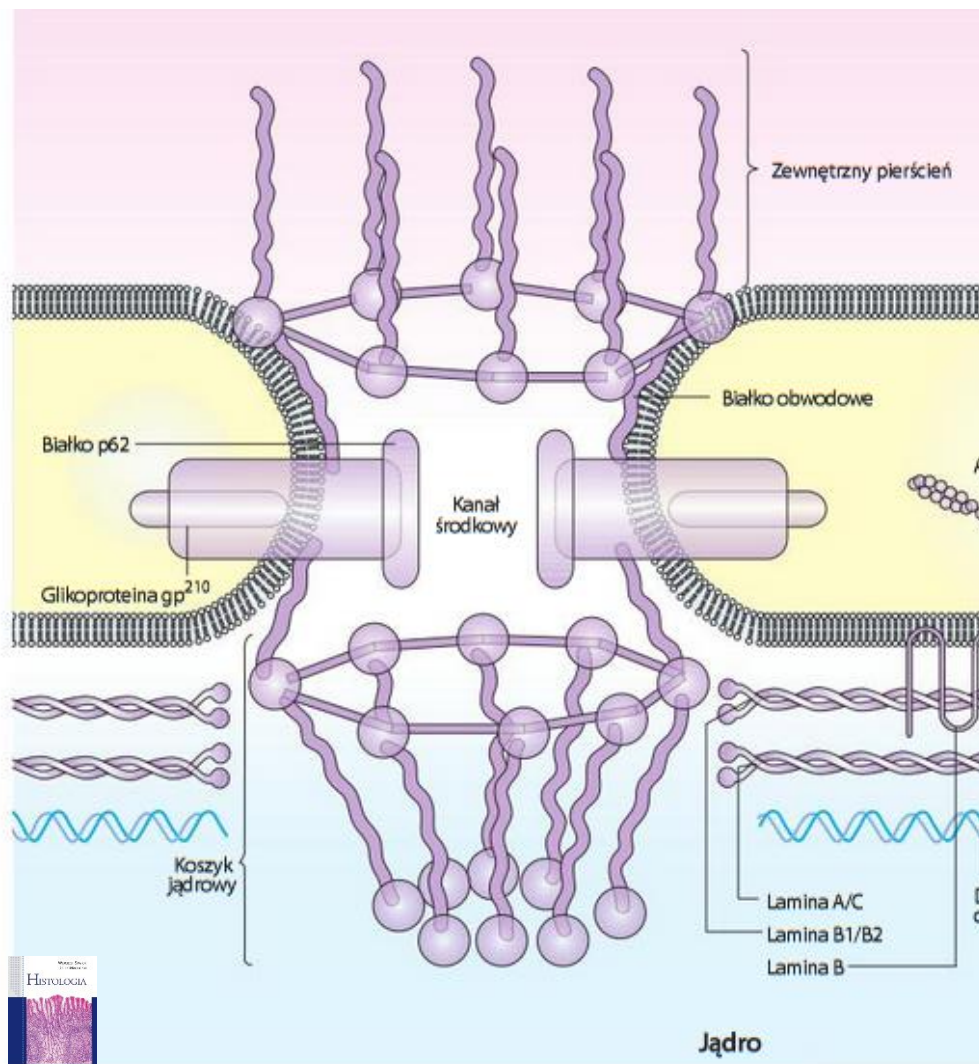
# Por jądrowy



(A)



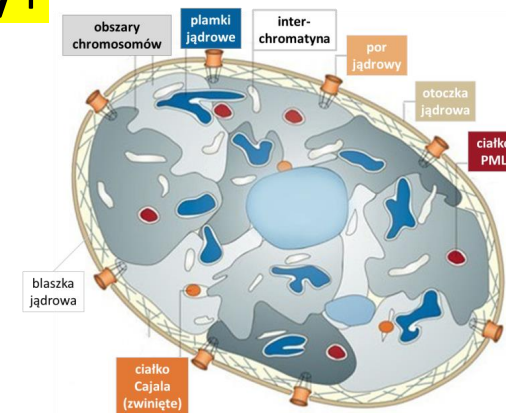
# Por jądrowy



<https://link.springer.com/article/10.1007/s10555-011-9287-y>

# Jądro komórkowe cd.

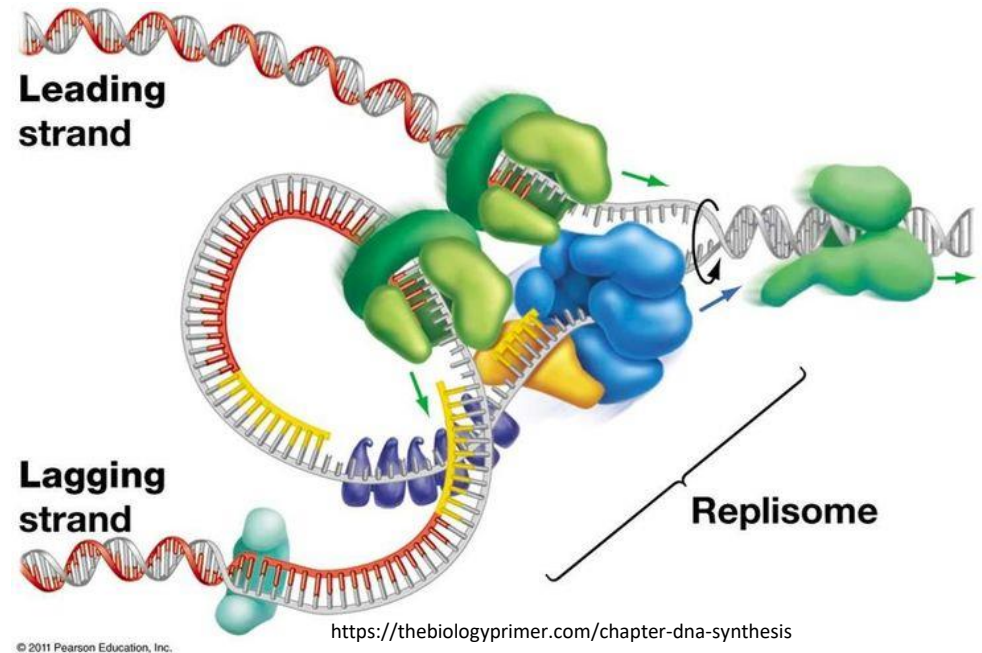
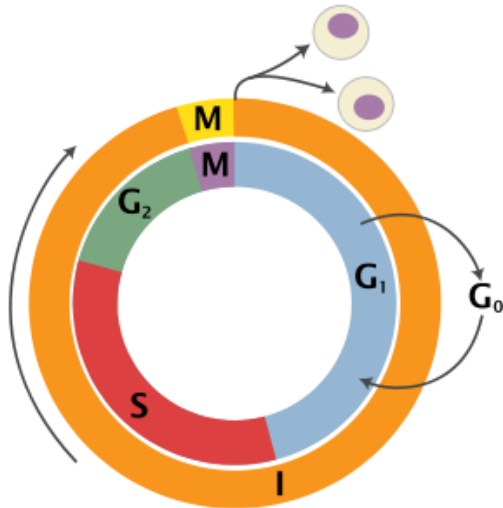
- ogólna budowa jądra komórkowego w interfazie:
  - otoczka jądrowa
  - plazma jądrowa = karioplazma = nukleoplazma
  - **macierz jądra = nukleoszkielelet**
    - blaszka jądrowa → laminy
    - filamenty i ziarenka **wewnątrz jądra** – białka **matryny** i laminy
    - replisomy i splicesomy



# Blaszka jądrowa

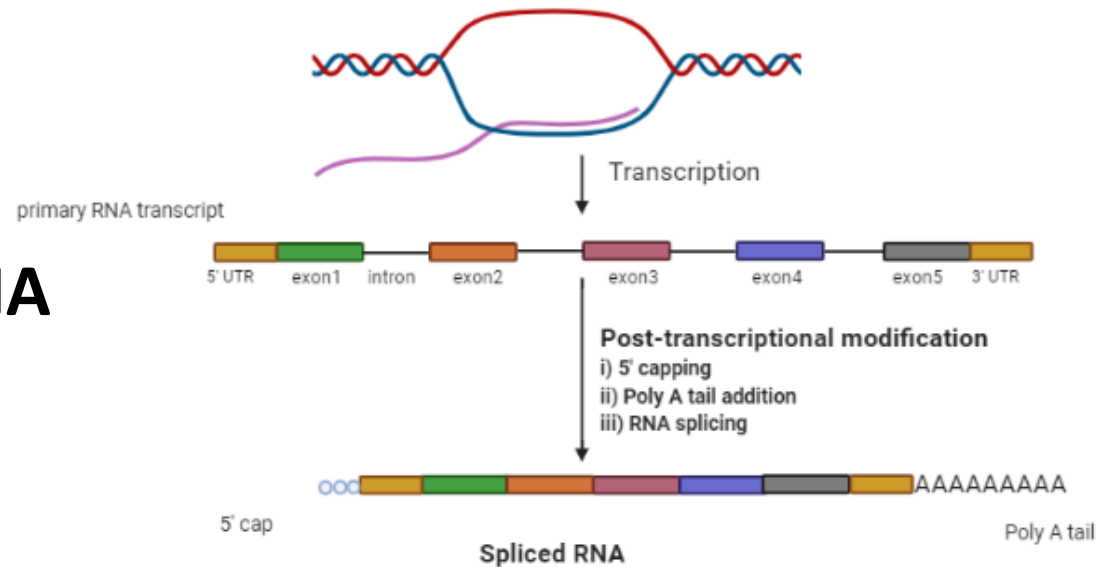
- → pod otoczką jądrową
  - **laminy** – filamenty **pośrednie** typu **V**
  - powierzchnia
    - **zewnątrzna**  
→ stabilizuje pory, odpowiada za kształt jądra
    - **wewnętrzna**  
→ stabilizuje włókienka chromatyny
  - **na początku fazy podziału → fragmentacja otoczki i blaszki jądrowej**
    - rola układu **dyneina – mikrotubule**
    - **fosforylacja** laminy blaszki jądrowej **przez kinazę fazy M (MPF)**

wieloenzymatyczne  
kompleksy, które  
przeprowadzają  
**syntezę DNA**

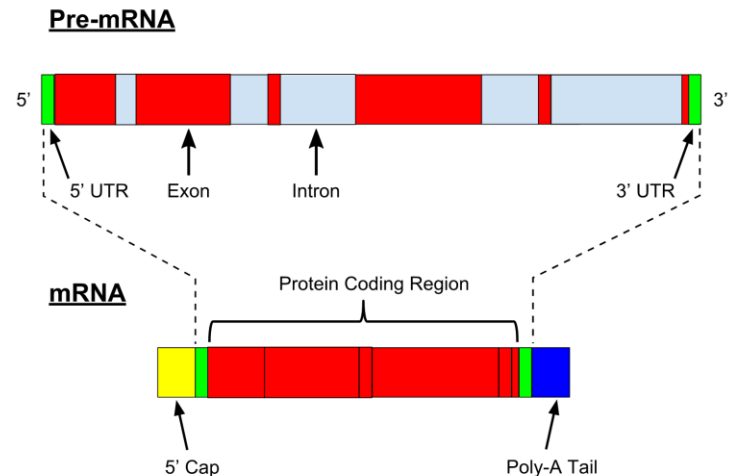


# Spliceosom

- kompleks białek i RNA, który bierze udział w wycinaniu intronów z **pre-mRNA** w procesie tzw. splicingu.
- 2 rodzaje spliceosomów
  - klasyczny
  - alternatywny



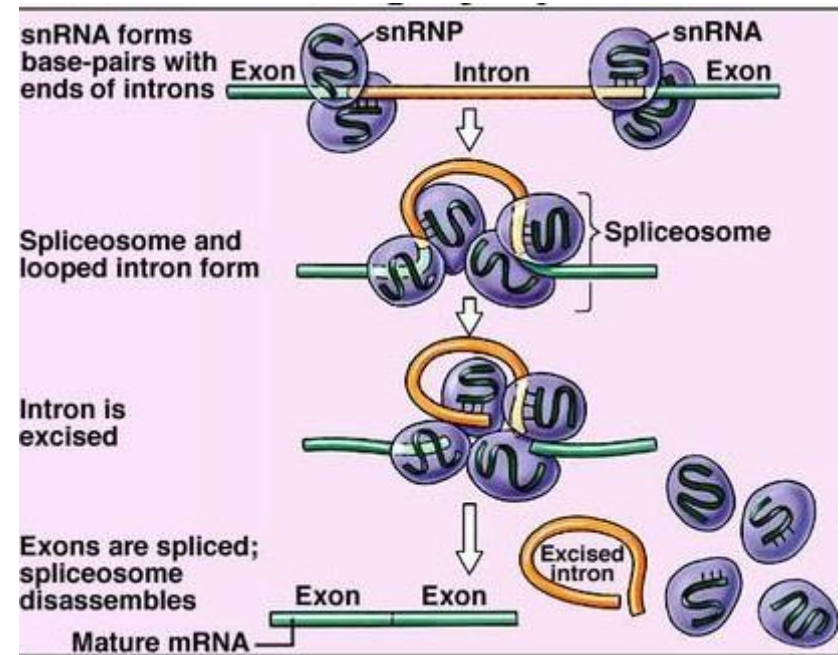
<https://www.onlinebiologynotes.com/rna-processing-in-eukaryotes/>



<https://biokimicroki.com/messenger-rna-processing-in-eukaryotes/>

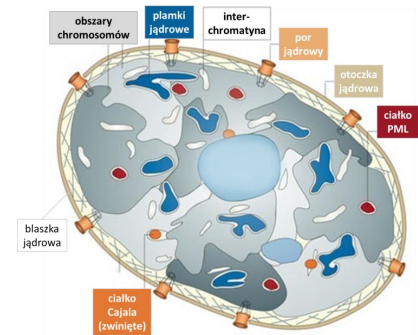
# Spliceosom

- klasyczny spliceosom
  - 5 małych jądrowych nukleoprotein (snRNP, czyli białka + snRNA), zwanych U1, U2, U4, U5 i U6.
  - wycina introny mające sekwencję GU na 5'-końcu i AG na 3'-końcu.



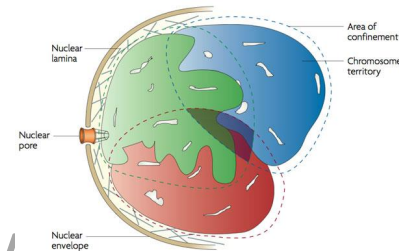
# Jądro komórkowe cd.

- ogólna budowa jądra komórkowego w interfazie:
  - otoczka jądrowa
  - plazma jądrowa = **karioplazma** = nukleoplazma
    - **chromatyna**
  - organelle jądrowe:
    1. jąderka
    2. ciałka
      1. ciałka zwinięte = Cajala
      2. ciałka PML
    3. plamki jądrowe
  - **interchromatyna** – karioplazma poza chromatyną i między organelami jądrowymi
  - **kariolimfa** = **sok jądrowy** – płyn przenikający składniki jądra
  - macierz jądra = nukleoskielet



# Chromatyna

- **liniowe** fragmenty **dsDNA + białka** zasadowe
- liczba liniowych fragmentów dsDNA w jądrze ludzkiej komórki somatycznej (diploidalnej) wynosi **46** czyli **23** pary
  - 22 pary (44 szt.) – ch. autosomalne
  - 1 para (2 szt.) – ch. płciowe (XX lub XY)
    - karyotyp – garnitur chromosomowy
- każda z par fragmentów dsDNA zajmuje określone terytorium (obszar) w jądrze komórkowym → pomiędzy terytoriami - **interchromatyna**

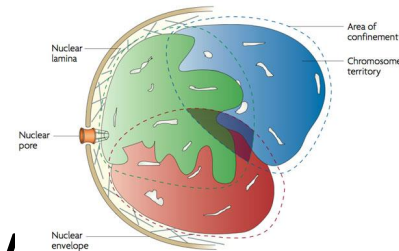


# Po co chromatyna?

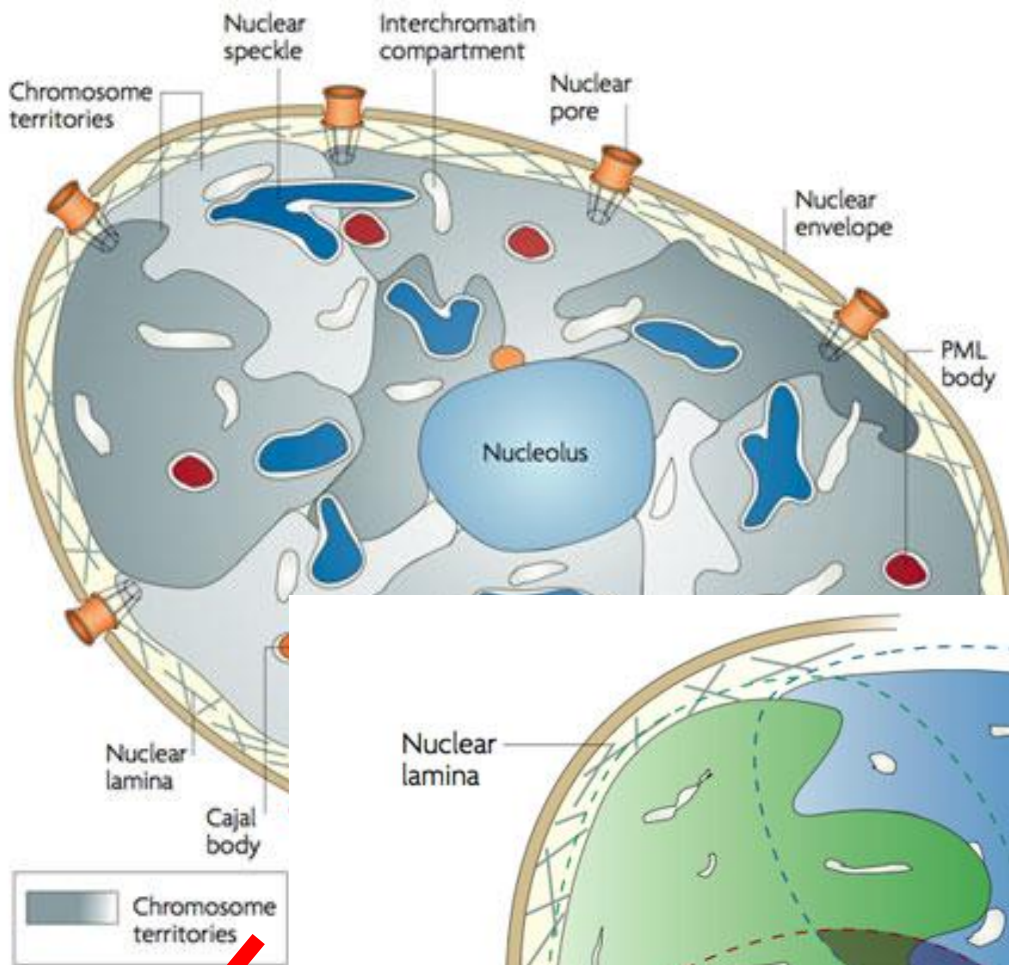
- Jedna komórka zawiera  $\sim 2$  m DNA
- Jądro komórki ludzkiej ma średnicę ok.  $6\text{ }\mu\text{m}$
- połączenie dsDNA z białkami
  - uporządkowane dynamiczne upakowanie DNA w jądrze interfazowym
  - zwiększa szansę prawidłowego rozdzielenia materiału genetycznego do jąder komórek potomnych w czasie podziału jądra (kariokinezy)

# Chromatyna

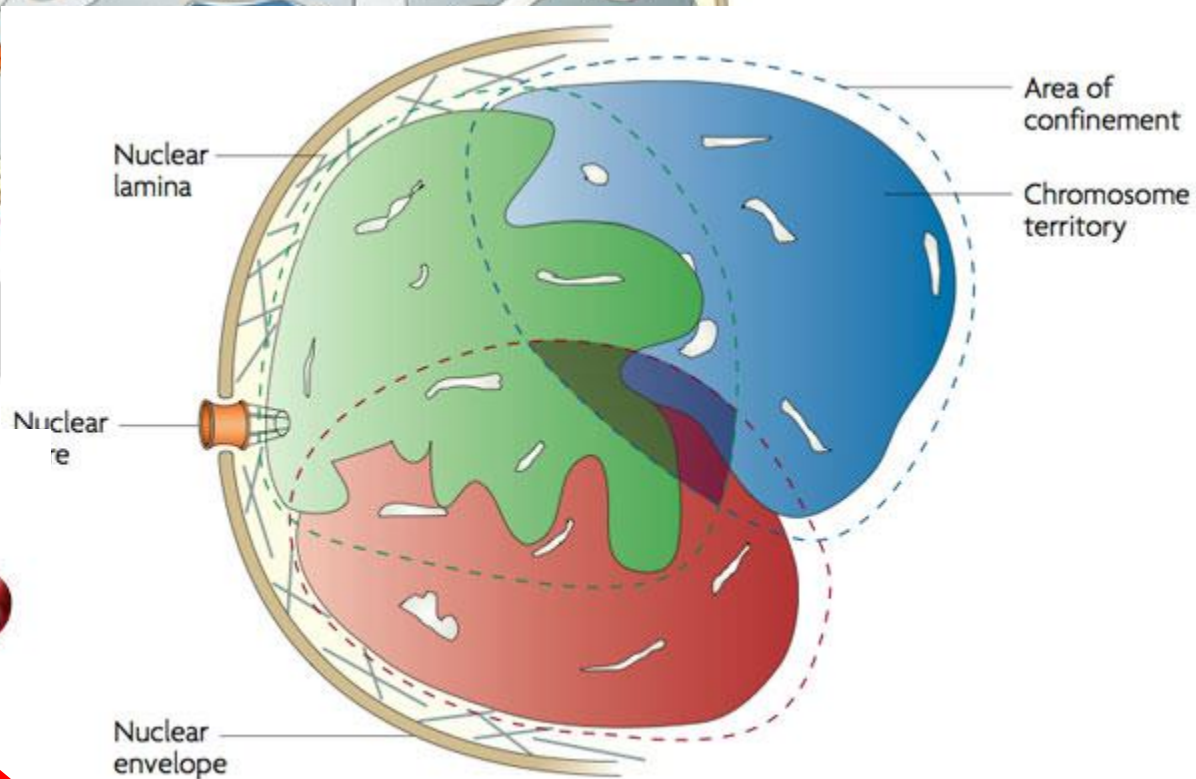
- liniowe fragmenty dsDNA + białka zasadowe
- liczba liniowych fragmentów dsDNA w jądrze ludzkiej komórki somatycznej (diploidalnej) wynosi **46** czyli **23** pary
  - 22 pary (44 szt.) – ch. autosomalne
  - 1 para (2 szt.) – ch. płciowe (XX lub XY)
    - karyotyp – garnitur chromosomowy
- każda z par fragmentów dsDNA zajmuje określone terytorium (obszar) w jądrze komórkowym → pomiędzy terytoriami - **interchromatyna**



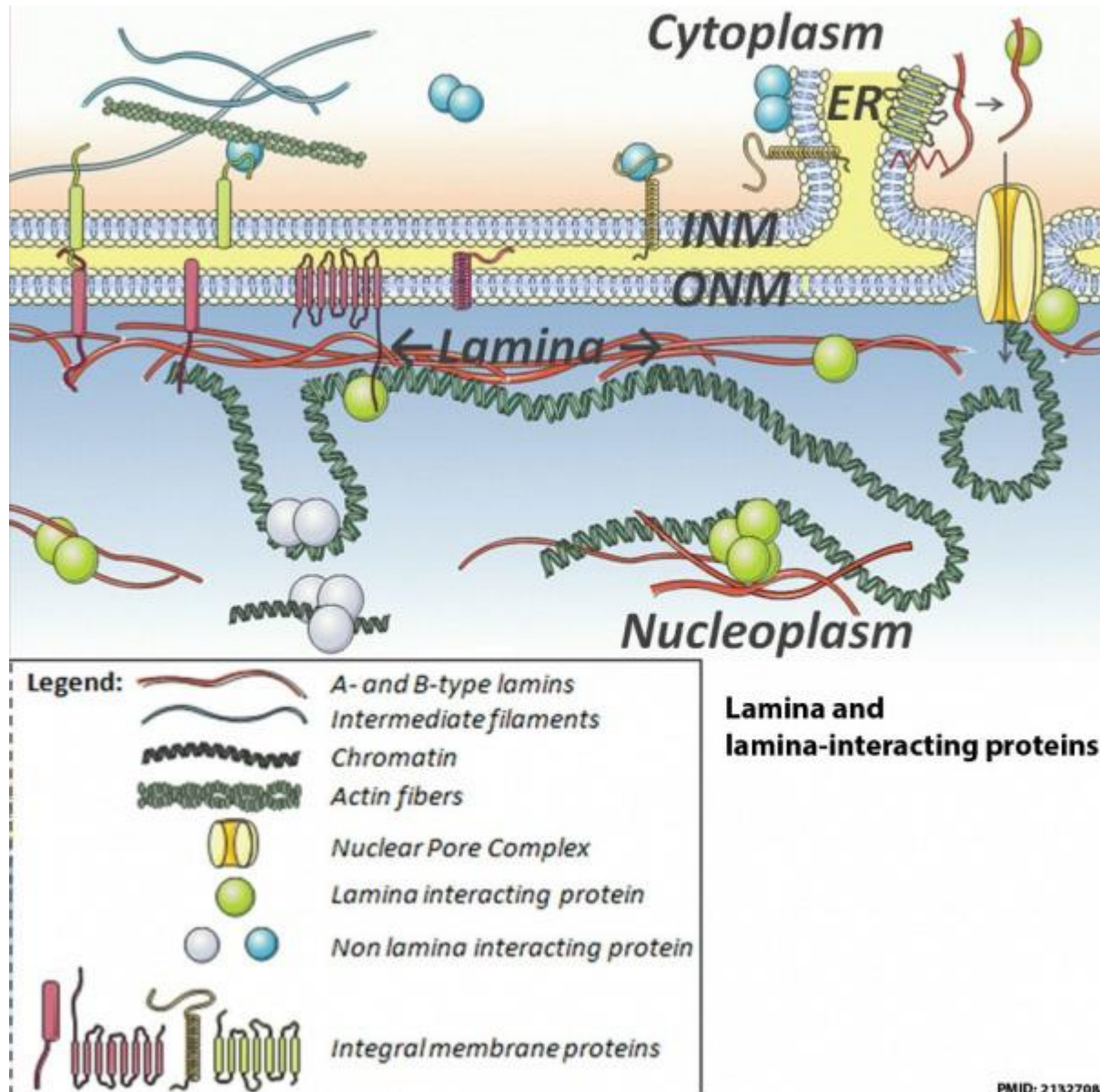
# Terytoria chromosomów



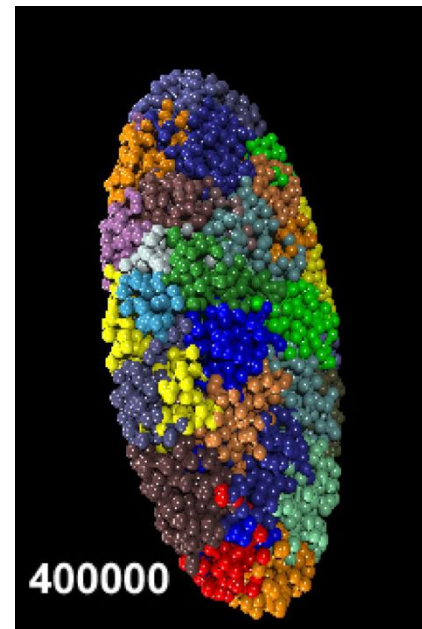
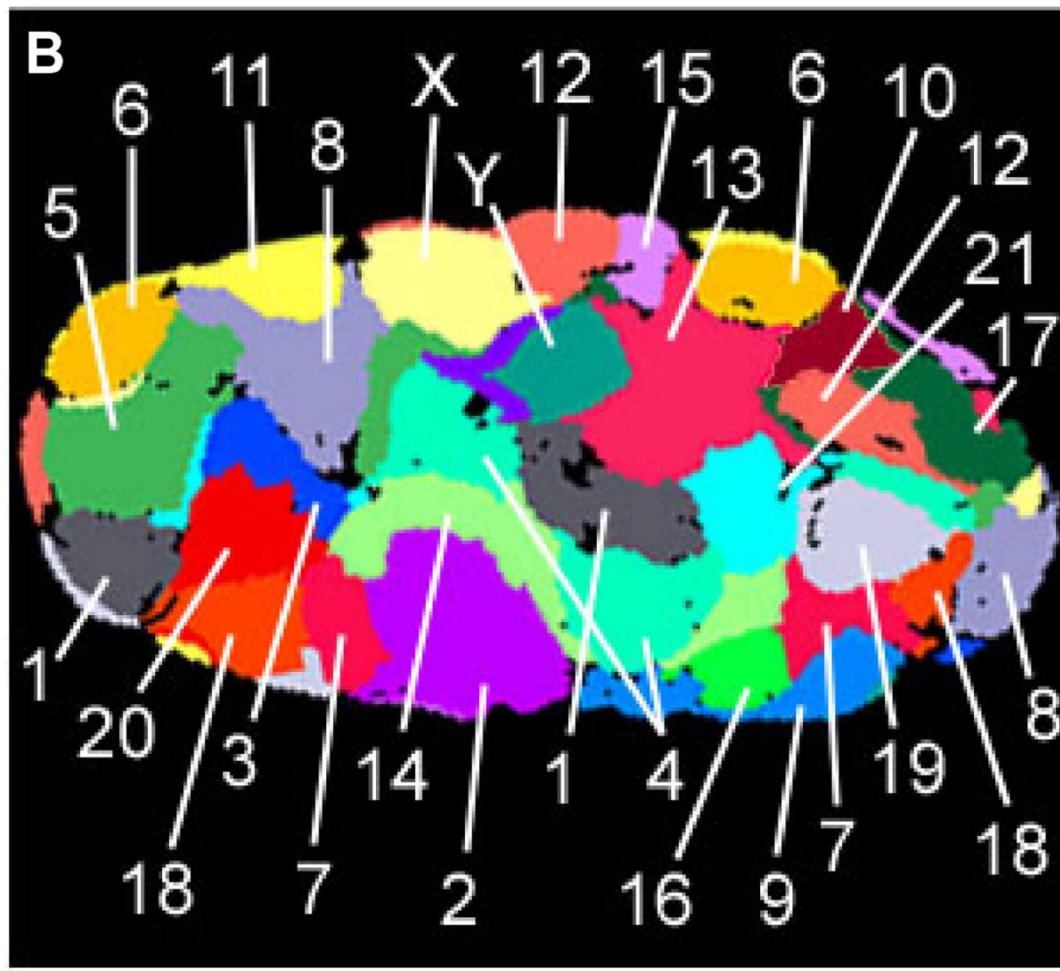
oddziaływanie  
chromatyna -  
nukleoskielet



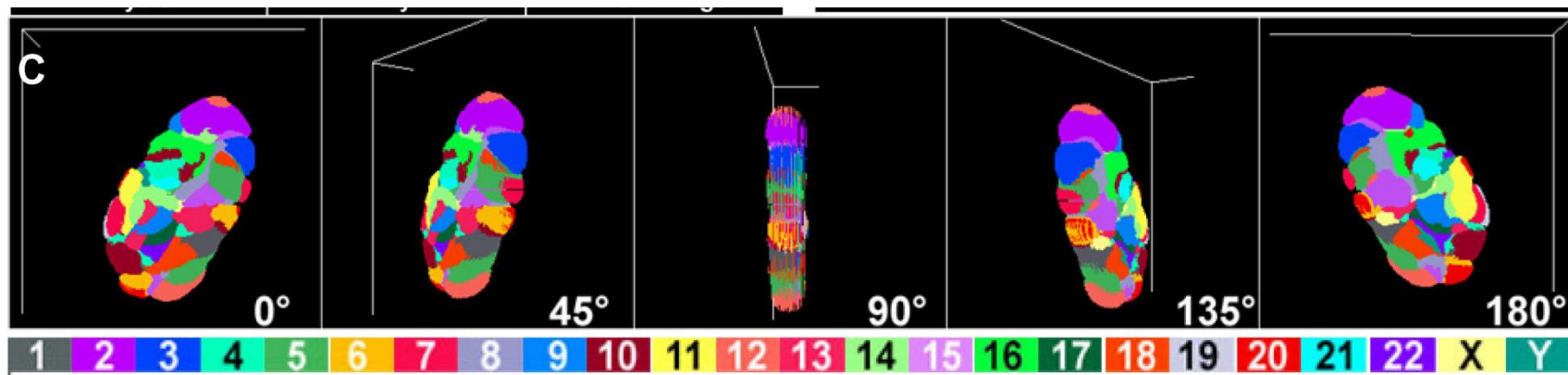
# Oddziaływanie chromatyny z nukleoszkieletem



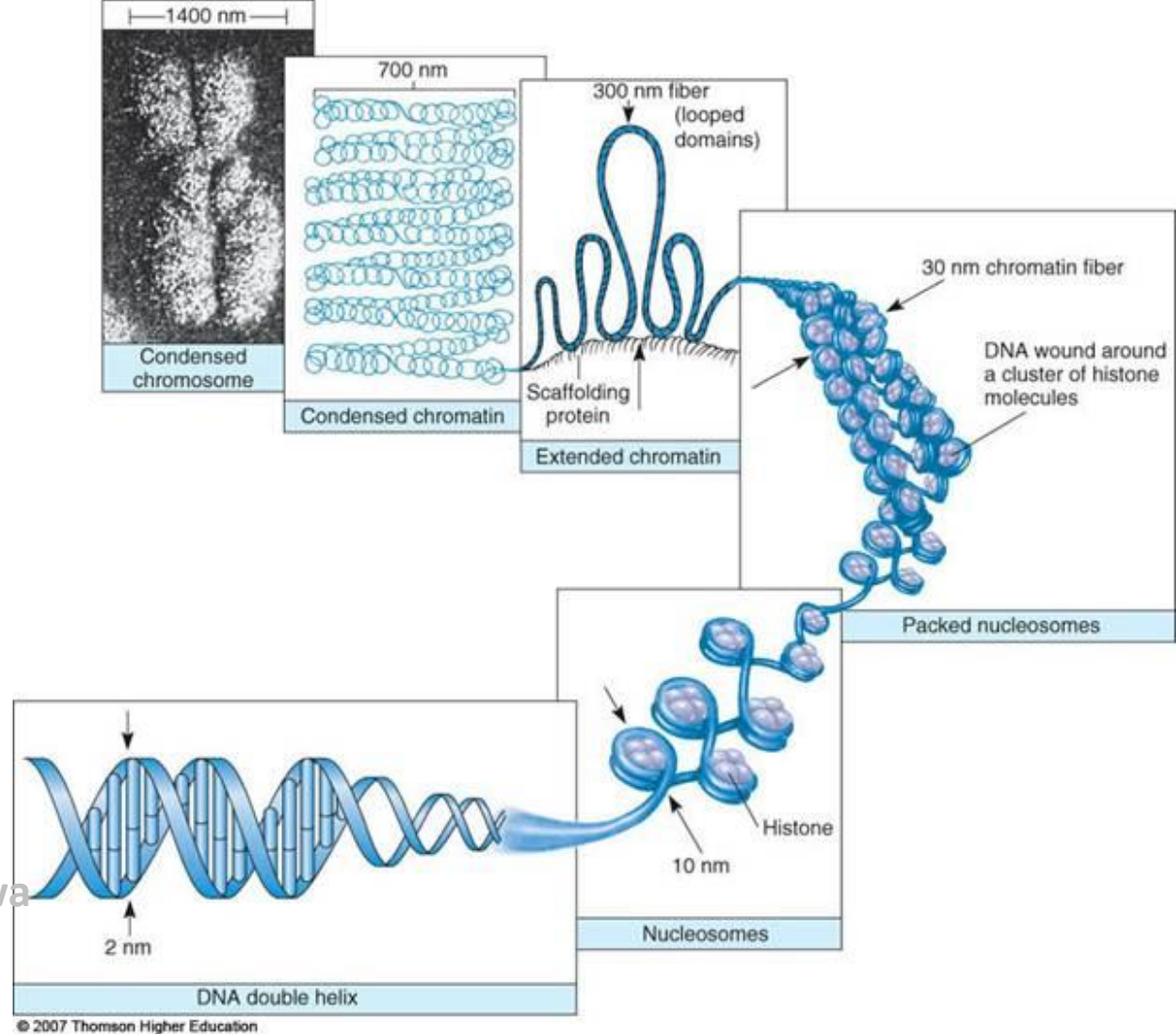
# Terytoria chromosomów



PLoS Biol 3(5): e157



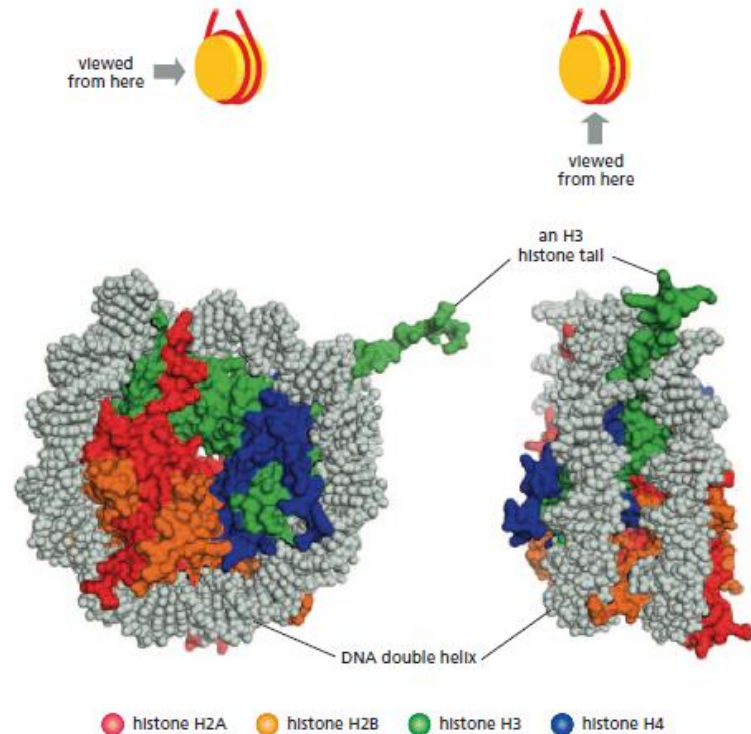
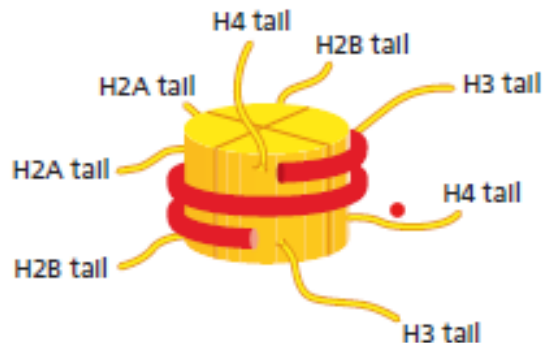
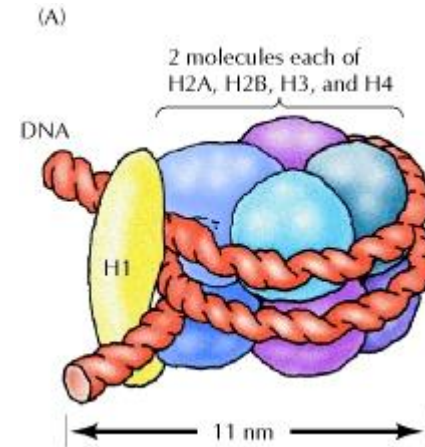
- Upakowanie DNA
  - nukleosomy  $\Rightarrow$  nukleofilament
    - włókienka podobne do sznura koralu = włókienka o szerokości **10 nm**
  - włókienka o szerokości **30 nm** (solenoid/zygzak)
  - pętle (300 nm) odchodzące od białek rusztowania macierzy jądra
    - jednostka czynnościowa jądra – transkrypcja i synteza DNA – niezależnie od innych pętli
  - ‘typowe’ chromosomy
    - 700 – 1400 nm



# • Upakowanie DNA

## – nukleosom

- rdzeń
  - **oktamer** z zasadowych, dodatnio naładowanych białek histonowych (**2x H2A, 2xH2B, 2xH3 i 2xH4**)
- **146 bp DNA, 1,65 obrotu**



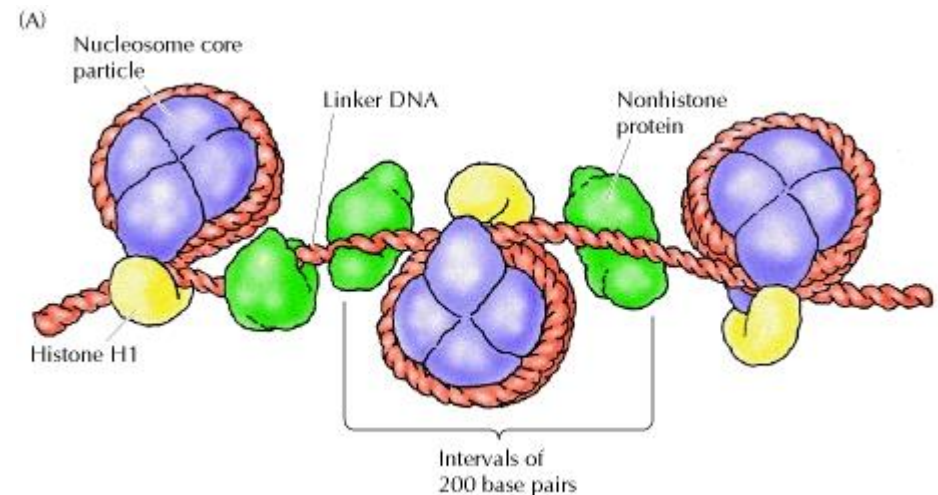
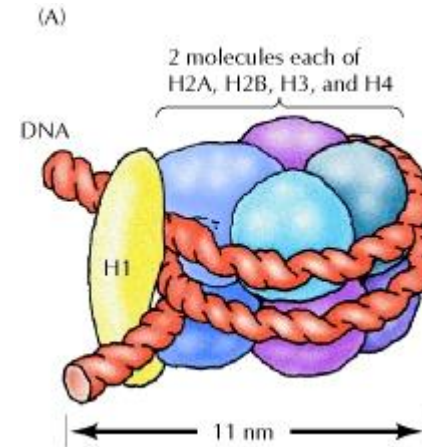
# • Upakowanie DNA

## – nukleosom

- rdzeń
  - **oktamer** z zasadowych, dodatnio naładowanych białek histonowych (**2x H2A, 2xH2B, 2xH3 i 2xH4**)
  - **146 bp DNA**, 1,65 obrotu

## – nukleofilamenty

- włókienka podobne do sznura koralu = włókienka o szerokości **10 nm**
- ‘korale’ – **nukleosomy**
- pomiędzy nienawinięte DNA - **DNA łącznikowe**
- **H1 – stabilizuje strukturę od zewnątrz**
- **białka niehistonowe**



- Upakowanie DNA

- nukleosomy  $\Rightarrow$  nukleofilament

- włókienka podobne do sznura koralu =  
włókienka o szerokości  
**10 nm**

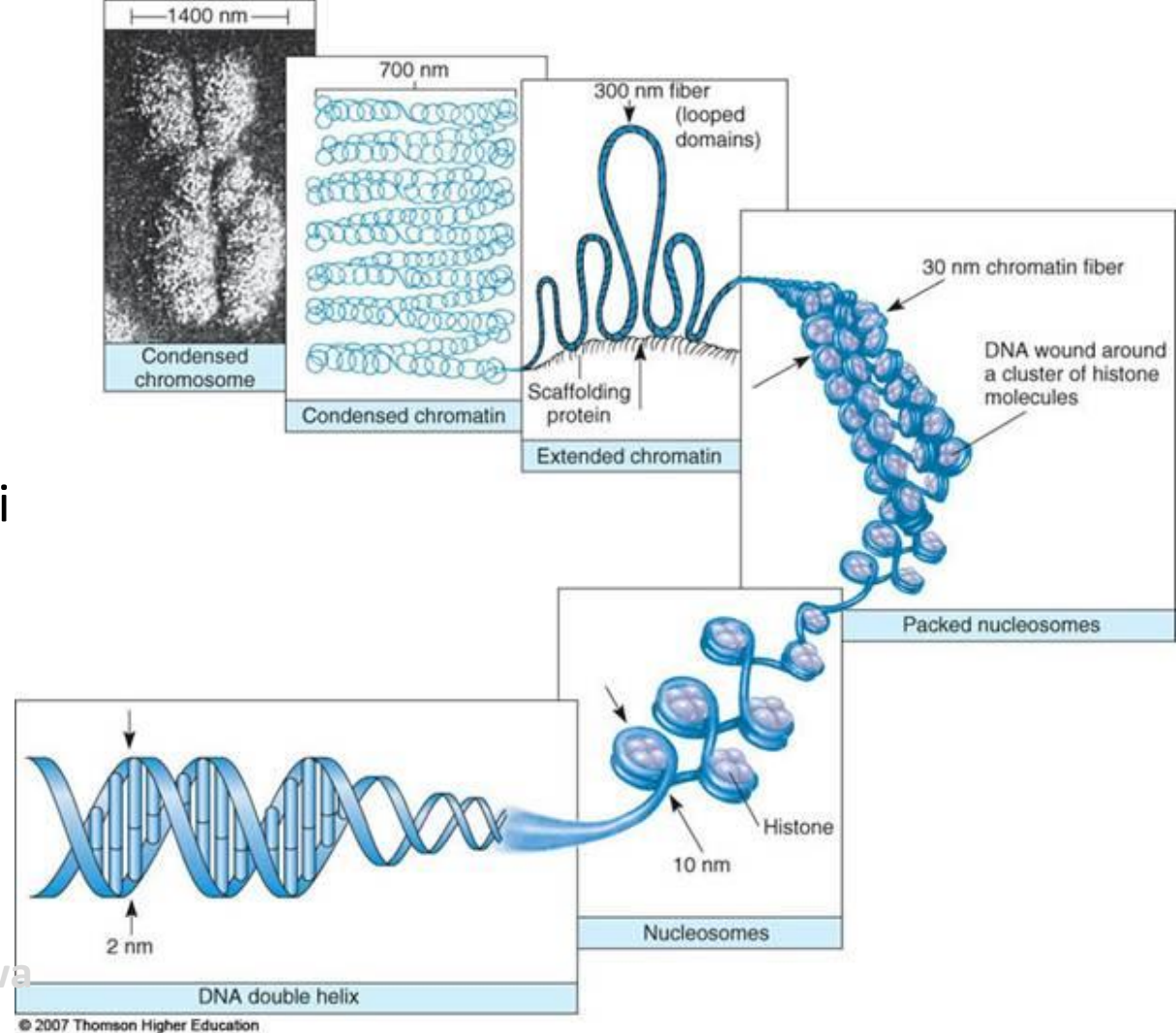
- włókienka o szerokości  
**30 nm** (solenoid /  
zygzak)

- pętle (300 nm)  
odchodzące od białek  
rusztowania **macierzy  
jądra**

- **jednostka czynnościowa  
jądra** – transkrypcja i  
synteza DNA –  
niezależnie od innych  
pętli

- ‘typowe’ chromosomy

- **700 – 1400 nm**



# Nukleosomy pakowane w 30-nanometrowe włókna chromatyny - „model solenoidu” i „model zygzaka”

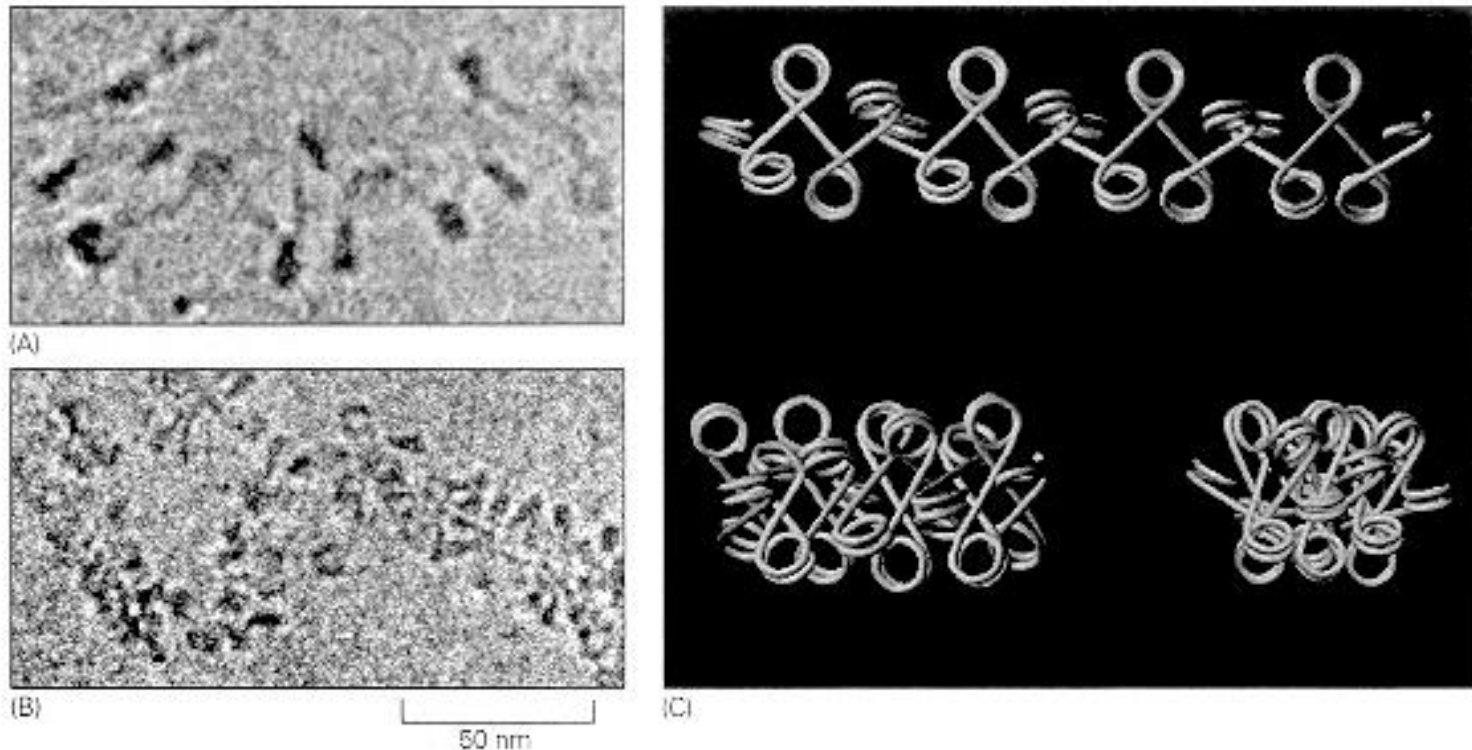


Fig. 5-25, Alberts i wsp., Podstawy Biologii Komórki, 2005

- Upakowanie DNA

- nukleosomy  $\Rightarrow$  nukleofilament

- włókienka podobne do sznura koralu = włókienka o szerokości 10 nm

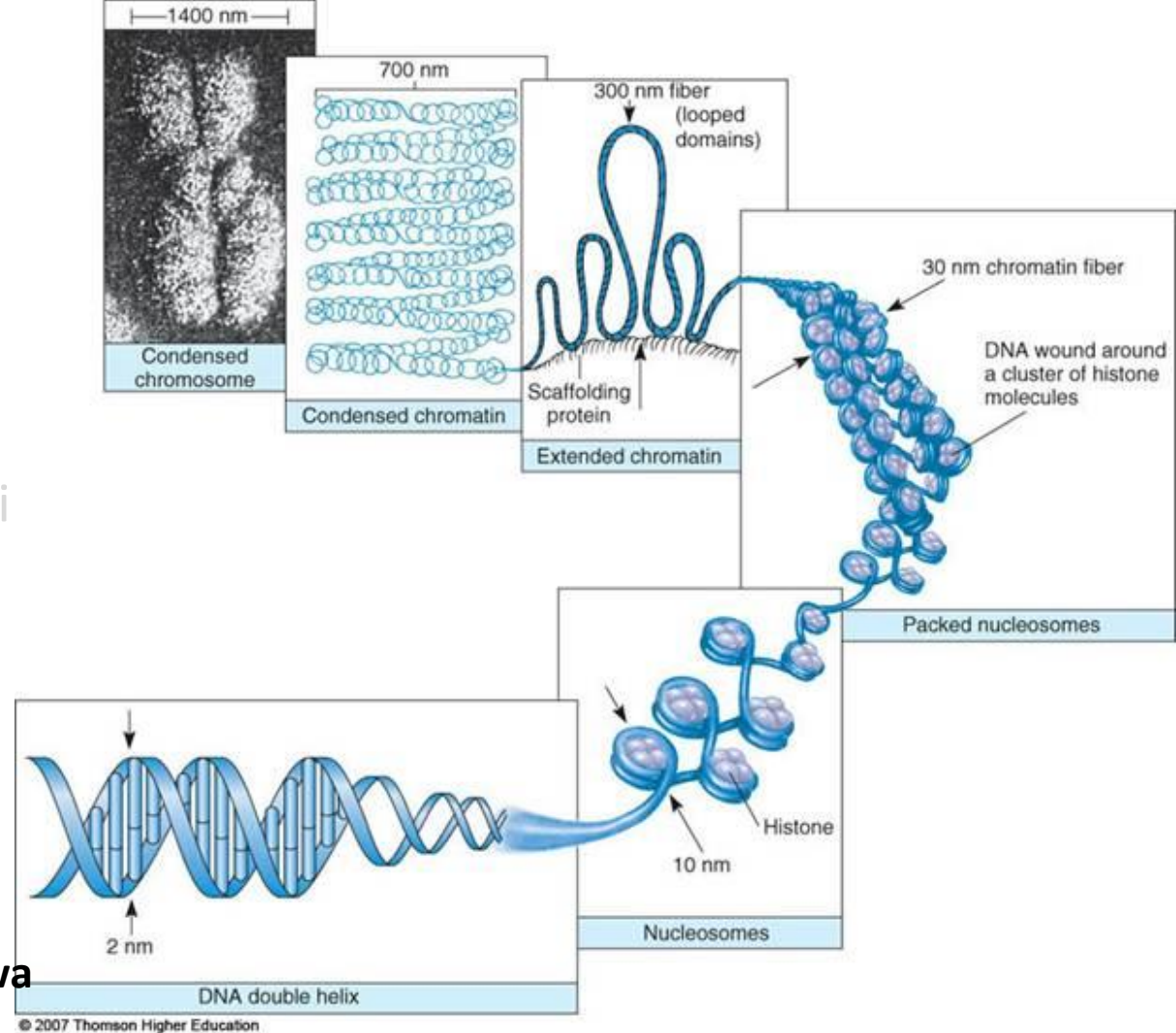
- włókienka o szerokości 30 nm (solenoid / zygzak)

- pętle (300 nm) odchodzące od białek rusztowania **macierzy jądra**

- **jednostka czynnościowa jądra** – transkrypcja i synteza DNA – niezależnie od innych pętli

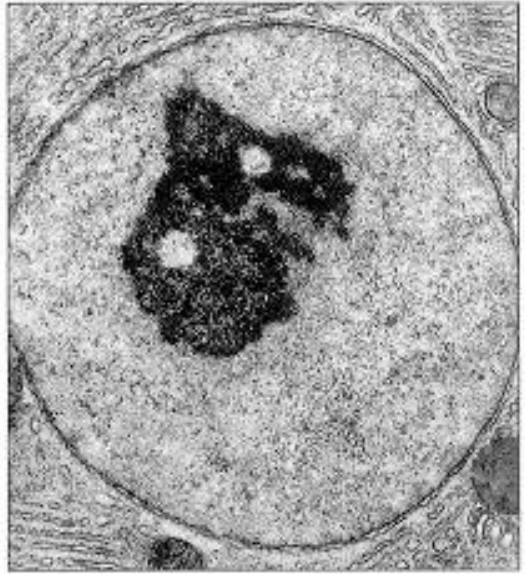
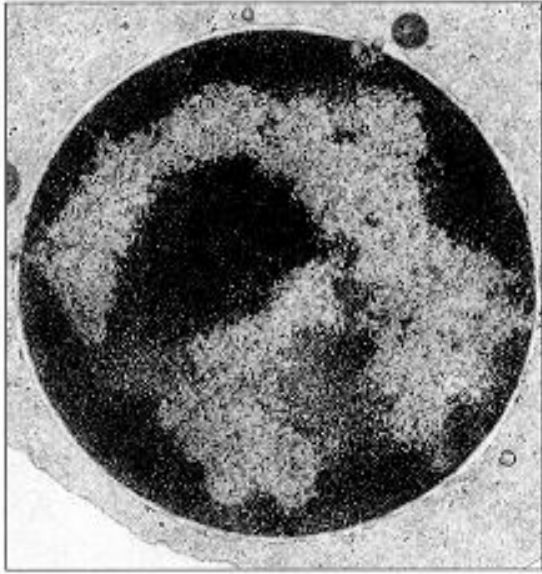
- ‘typowe’ chromosomy

- 700 – 1400 nm

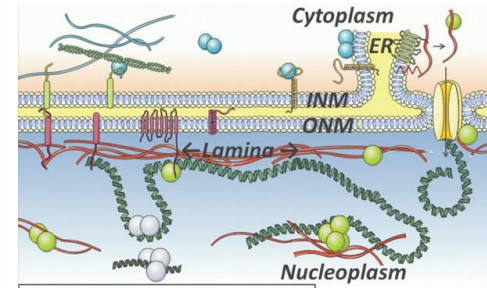


# Euchromatyna i heterochromatyna

Rys.P5-13 Alberts i wsp., Podstawy Biologii Komórki, 2005



w interfazie!



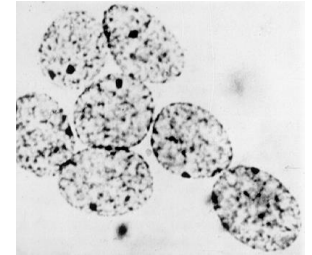
- **Heterochromatyna**

- ✓ najbardziej skondensowana forma chromatyny interfazowej – nieaktywna transkrypcyjnie
- ✓ stanowi ok. 10% chromosomu interfazowego; centromery, telomery, obszary bezgenowe lub nie podlegające ekspresji, dużo AT

- **Euchromatyna** (grec. *eu*, właściwa)

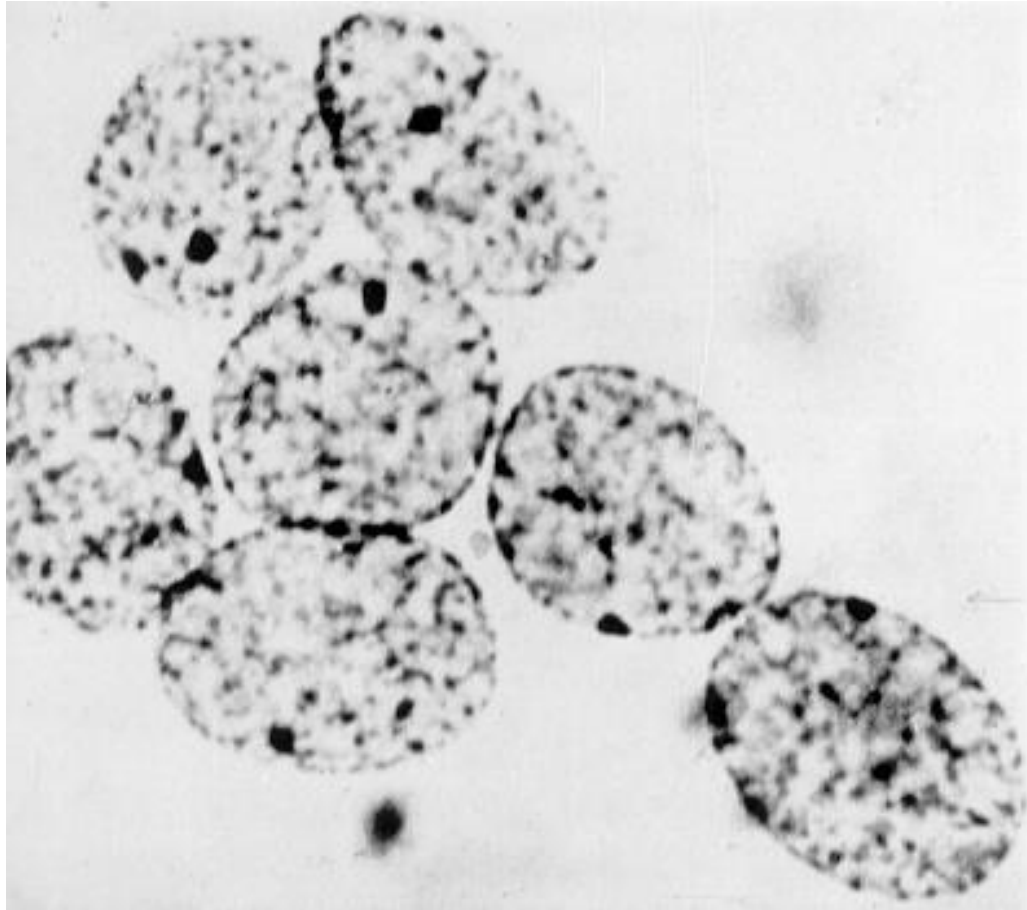
- ✓ różny stopień kondensacji chromatyny
- ✓ rozproszone obszary nieupakowanej chromatyny (często aktywnie transkrybowane)

# Chromatyna płciowa

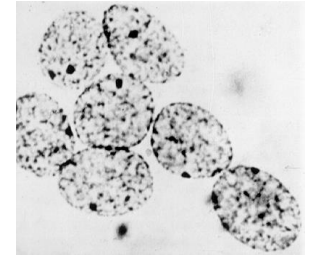


- inaktywowany losowo chromosom X
- = ciało Barra
- wygląd - grudka chromatyny w jądrze interfazowym przy błonie jądrowej
- więcej niż jeden chromosom X /aneuploidia/
- materiał diagnostyczny - komórki nabłonkowe jamy ustnej
- wykorzystanie kliniczne
  - diagnostyka zaburzeń różnicowania płci
  - sprawdzanie płci u sportowców
  - ← badanie zastępowane przez badania kariotypu

# Chromatyna płciowa



# Chromatyna płciowa



- inaktywowany losowo chromosom X
- = ciało Barra
- wygląd - grudka chromatyny w jądrze interfazowym przy błonie jądrowej
- więcej niż jeden chromosom X /aneuploidia/
- materiał diagnostyczny - komórki nabłonkowe jamy ustnej
- wykorzystanie kliniczne
  - diagnostyka zaburzeń różnicowania płci
  - sprawdzanie płci u sportowców
  - ← badanie zastępowane przez badania kariotypu

# • Upakowanie DNA

## – nukleosomy $\Rightarrow$ nukleofilament

- włókienka podobne do sznura koralu = włókienka o szerokości **10 nm**

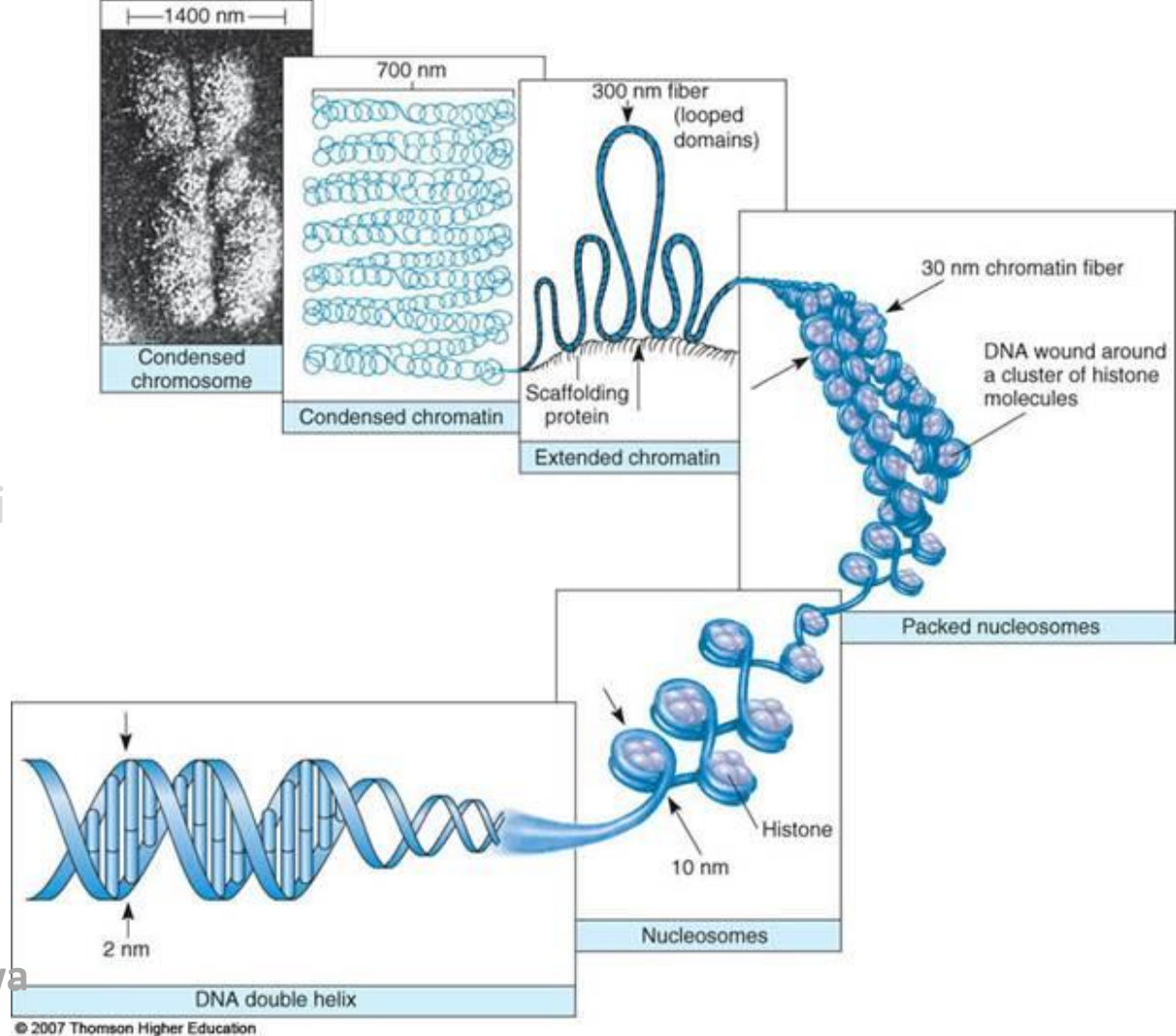
## – włókienka o szerokości **30 nm** (solenoid / zygzak)

## – pętle (300 nm) odchodzące od białek rusztowania **macierzy jądra**

- **jednostka czynnościowa jądra** – transkrypcja i synteza DNA – niezależnie od innych pętli

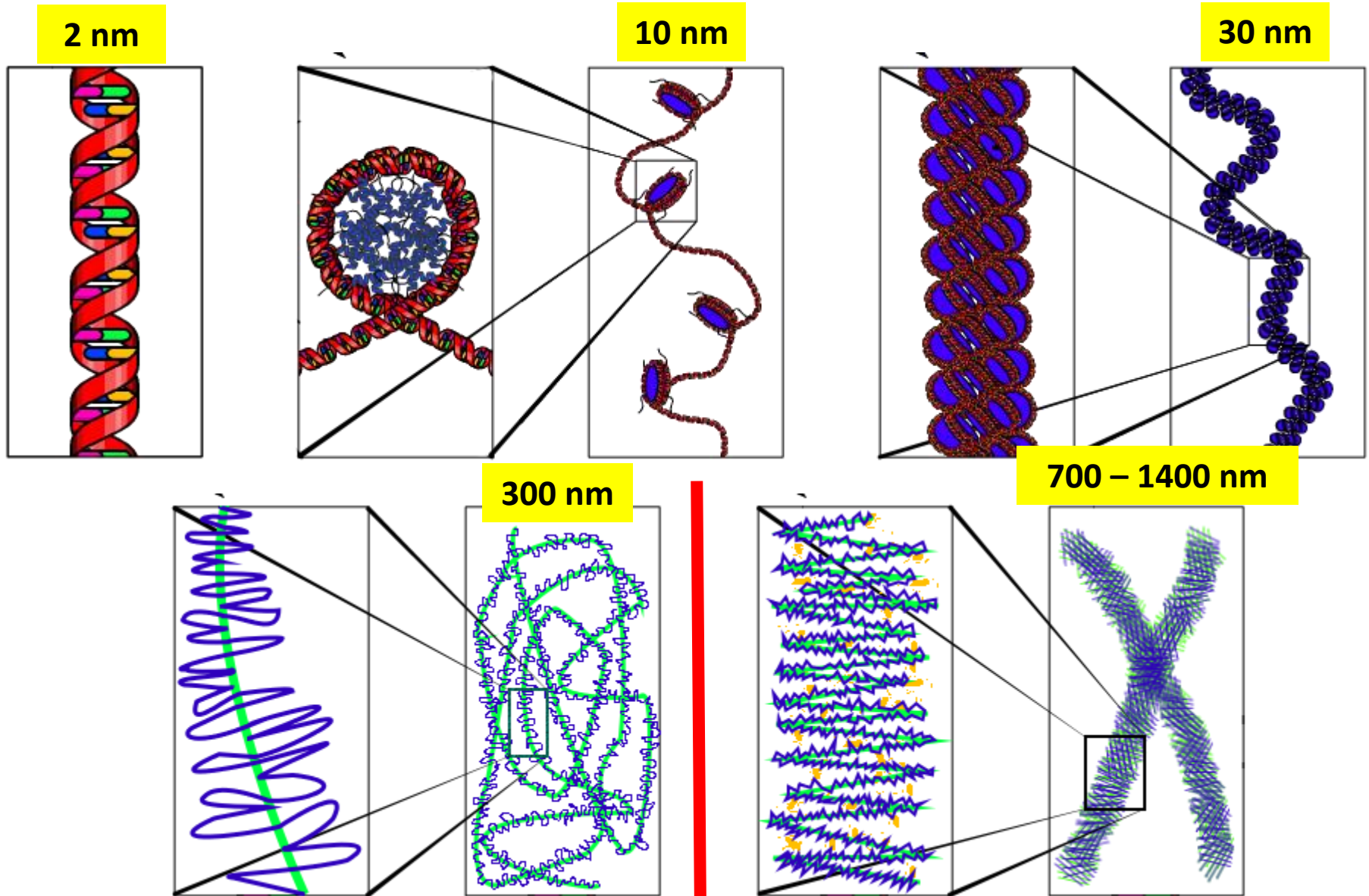
## – ‘typowe’ chromosomy

- **700 – 1400 nm**



Stopień upakowania DNA w chromosomach mitotycznych wynosi **1: 10 tys.**

# Upakowanie DNA



# Chromosomy

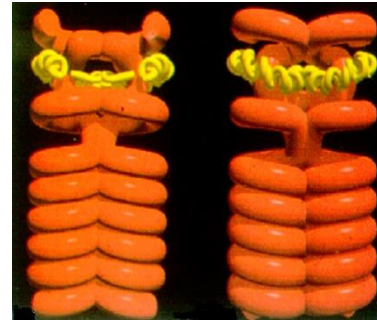
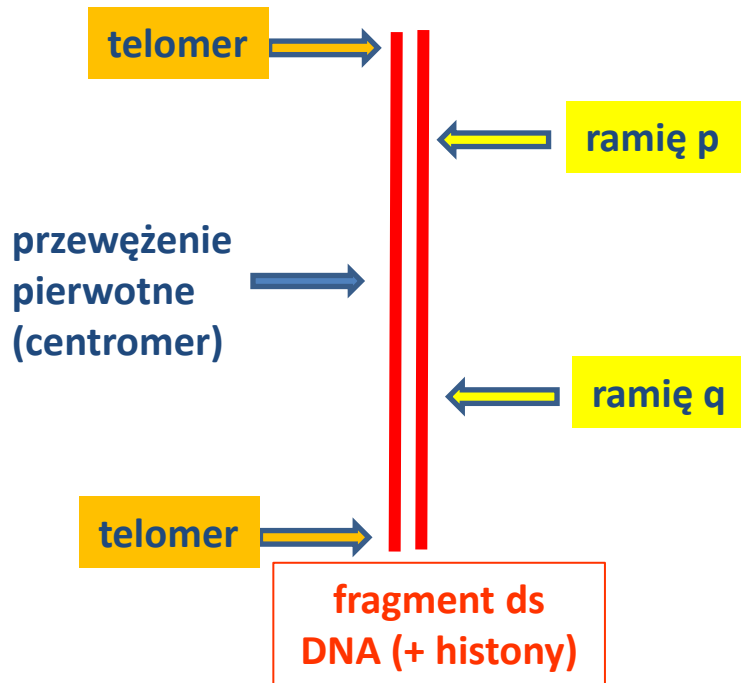
- rejony

- centromer

- przewężenie pierwotne
    - miejsce tworzenia kinetochoru

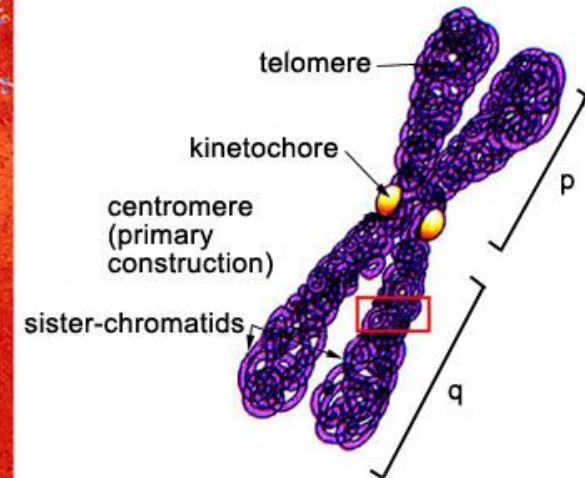
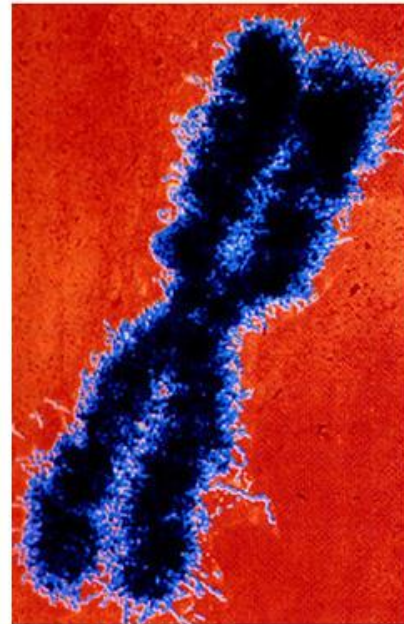
- 2 odcinki („ramiona”)

- telomery

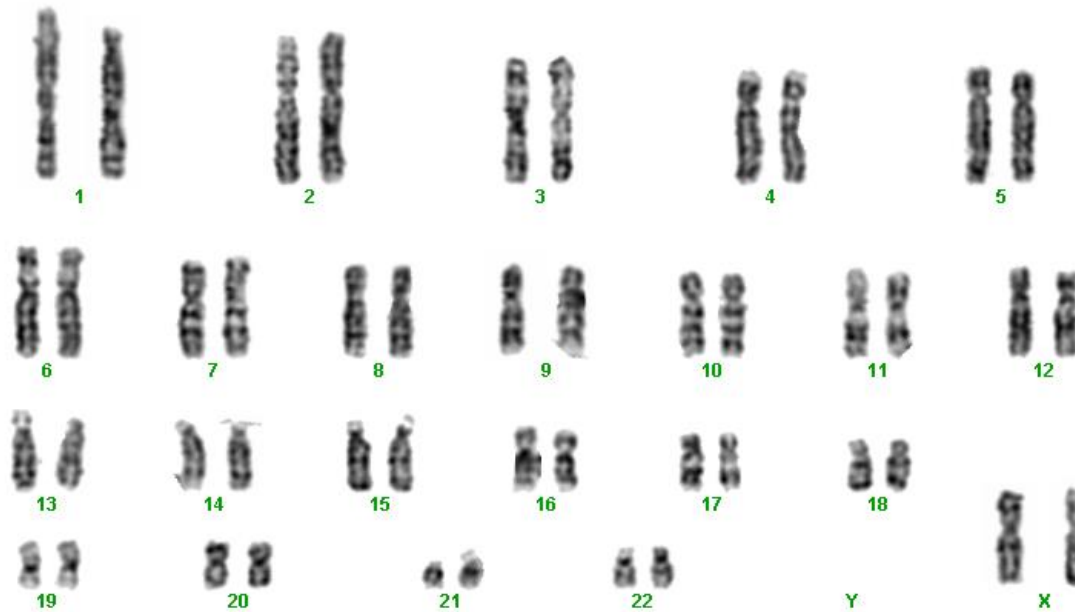


← przewężenie wtórne

← centromer

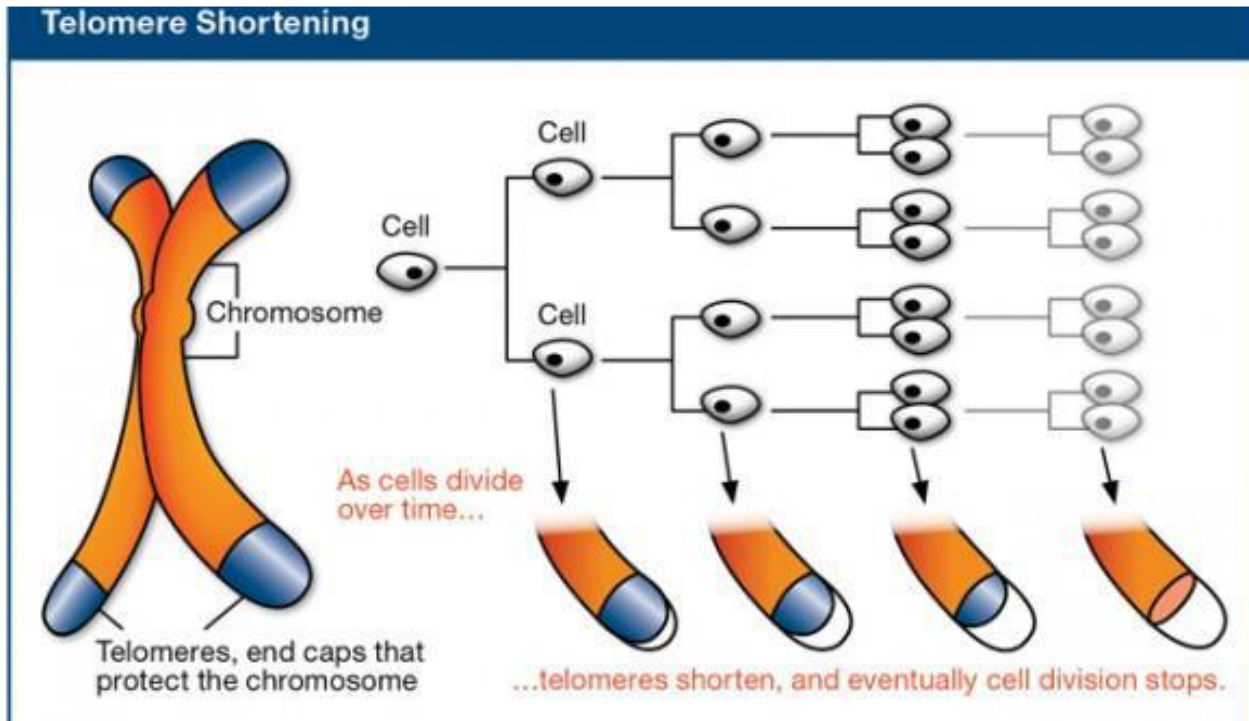


# Kariotyp vs. Kariogram

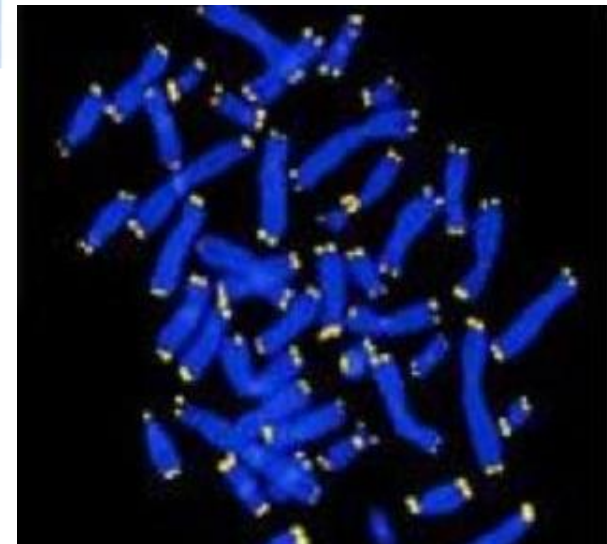


- **kariotyp (garnitur chromosomowy)** – kompletny zestaw chromosomów komórki somatycznej organizmu
- **kariogram - kariotyp przedstawiony w postaci graficznej**  
→ powyżej: zdjęcie ułożonych w kolejności chromosomów metafazowych danego osobnika płci żeńskiej
- w zależności od położenia centromeru - chromosomy metacentryczne, submetacentryczne, akrocentryczne
- barwienie pozwala uwidocznąć prążki na chromosomach

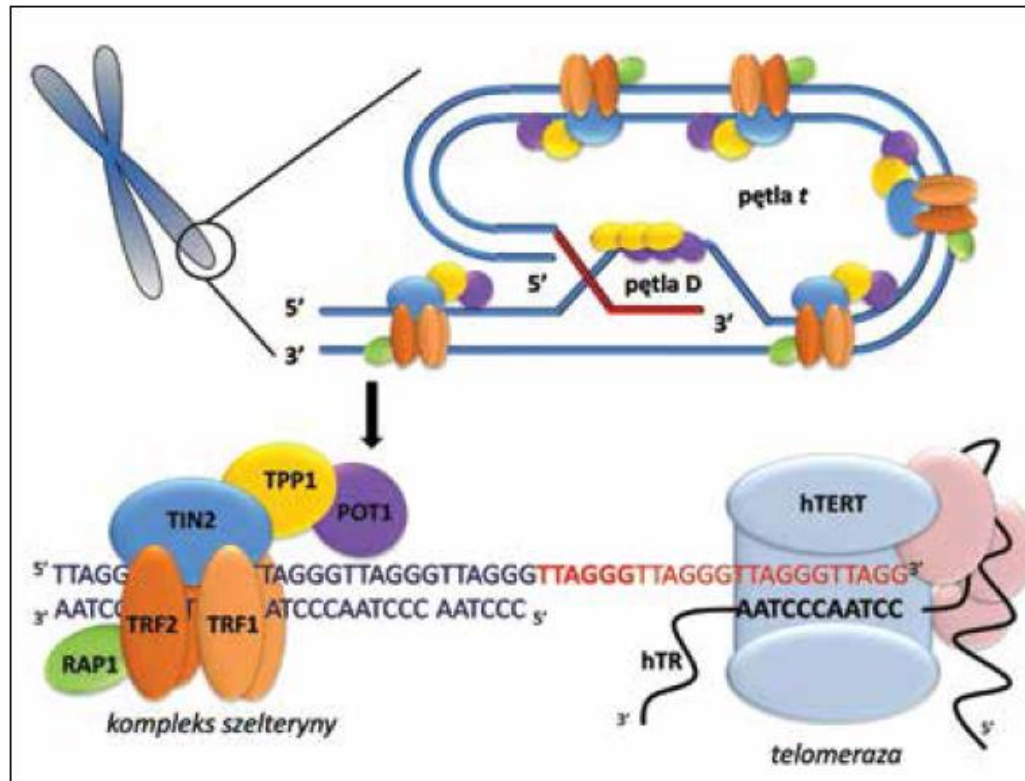
# Telomery



- Heksameryczne powtórzenia DNA [(TTAGGG) na końcach chromosomów, chronią chromosomy przed degradacją i sklejaniami
- Replikacyjne skracanie telomerów to główna przyczyna starzenia się człowieka i chorób związanych ze starzeniem się



# Telomery



Telomeraza  
rozwiązuje  
problem  
niekompletnej  
syntezy nici  
opóźnionej

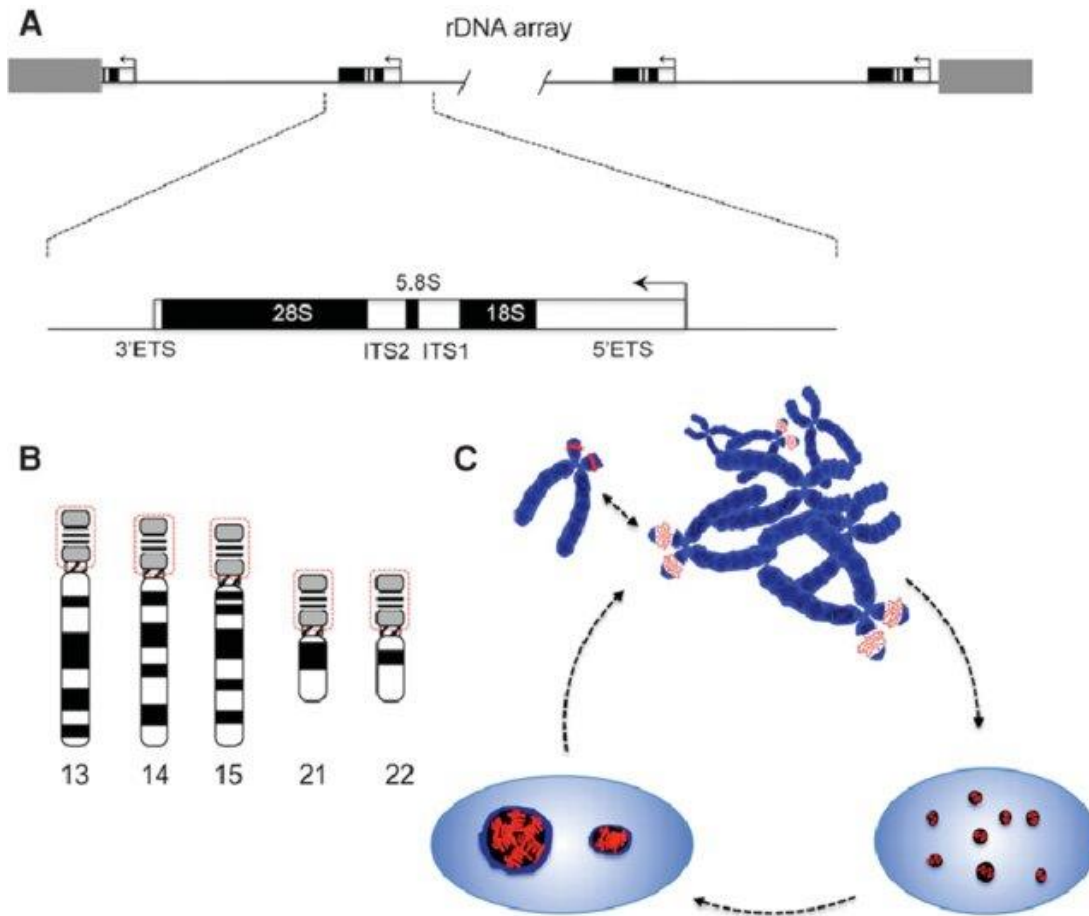
**szeltryna =  
szelteryna**

Telomery zbudowane są z powtórzonej ok. 150 – 2000 razy sekwencji 5'-TTAGGG-3' połączonej z białkami towarzyszącymi TBP (z ang. *telomere binding proteins*). Klasyczny model budowy telomeru zakłada jego liniową budowę, zakończoną sekwencją bogatą w nukleotydy guaninowe zwaną kwadruplexem G. Model przestrzenny składa się z dwóch pętli: mniejszej D i większej t, utworzonych przez białka kompleksu szeltery. Telomeraza wiąże się z bogatym w guaninę końcem 3' nici i dobudowuje do niego sekwencję terminalną.

# Jąderko

- → chromatyna jąderkowa
- 1 – 5 jąderek w jądrze
- tworzone przez **końcowe odcinki chromosomów (NORs, trabanty, satelity) 13., 14., 15., 21. i 22. pary**
- geny rybosomowe (**rDNA**): rRNA, tRNA, snoRNA, 5SRNA
- morfologicznie: 3 główne składniki: FC, DFC, GC
- białka: ok. 700 – nukleolina, B23, fibrylaryna

# NOR – regiony organizujące jąderko



- przewężenia wtórne →
- końcowe odcinki chromosomów (NORs, trabynty, satelity) 13., 14., 15., 21. i 22. pary
- odtwarzanie jąderek w telofazie

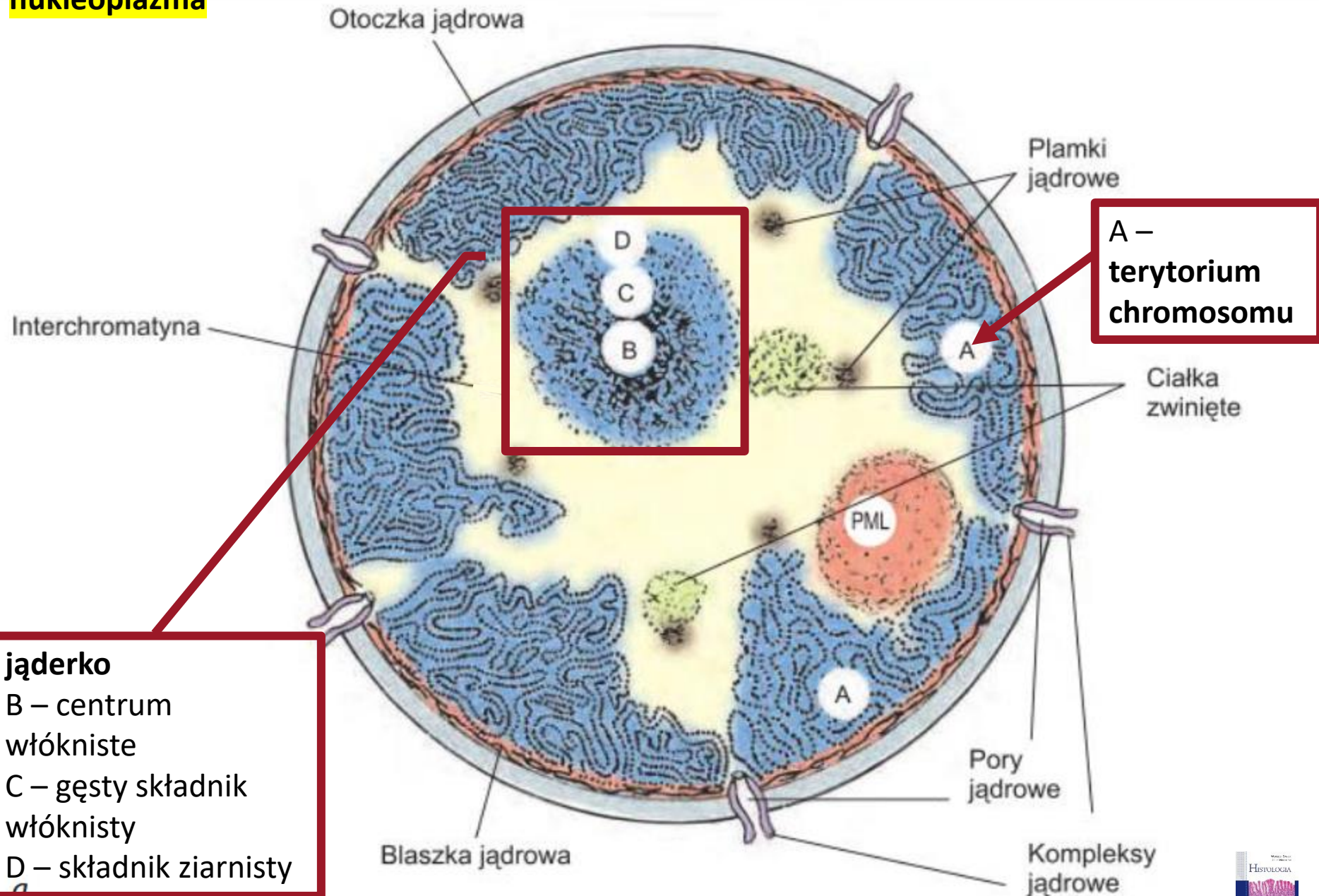
# Jąderko

- → chromatyna jąderkowa
- 1 – 5 jąderek w jądrze
- tworzone przez **końcowe odcinki chromosomów (NORs, trabanty, satelity) 13., 14., 15., 21. i 22. pary**
- **geny rybosomowe (rDNA): rRNA, tRNA, snoRNA, 5SRNA**
- morfologicznie: 3 główne składniki: FC, DFC, GC
- białka: ok. 700 – nukleolina, B23, fibrylaryna

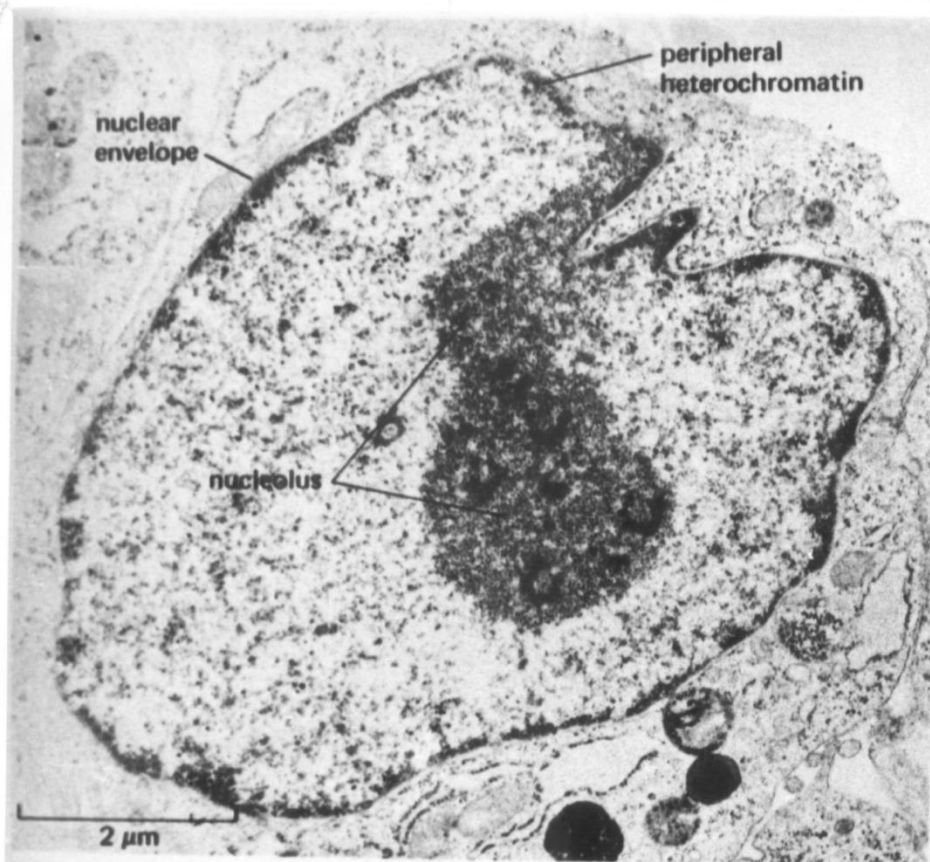
# Jąderko

- → chromatyna jąderkowa
- 1 – 5 jąderek w jądrze
- tworzone przez **końcowe odcinki chromosomów (NORs, trabanty, satelity) 13., 14., 15., 21. i 22. pary**
- geny rybosomowe (**rDNA**): rRNA, tRNA, snoRNA, 5SRNA
- morfologicznie: 3 główne składniki
  - centrum włókniste (**FC**)
  - gęsty składnik włóknisty (**DFC**) – pre rRNA
  - składnik ziarnisty (**GC**) – rybonukleoproteiny (rRNA+białka)
- białka: ok. 700 – **nukleolina, B23, fibrylaryna**

# nukleoplazma



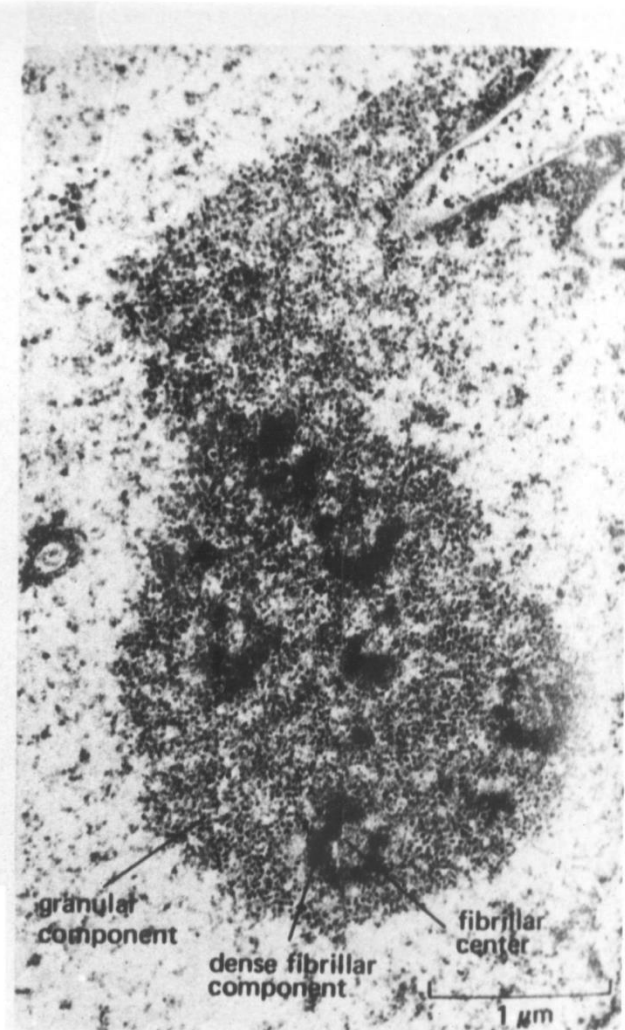
# Jądro i jąderko (EM52)



(A)

3 główne składniki

1. centrum włókniste (FC)
2. gęsty składnik włóknisty (DFC) – pre rRNA
3. składnik ziarnisty (GC) –  
rybonukleoproteiny (rRNA+białka)



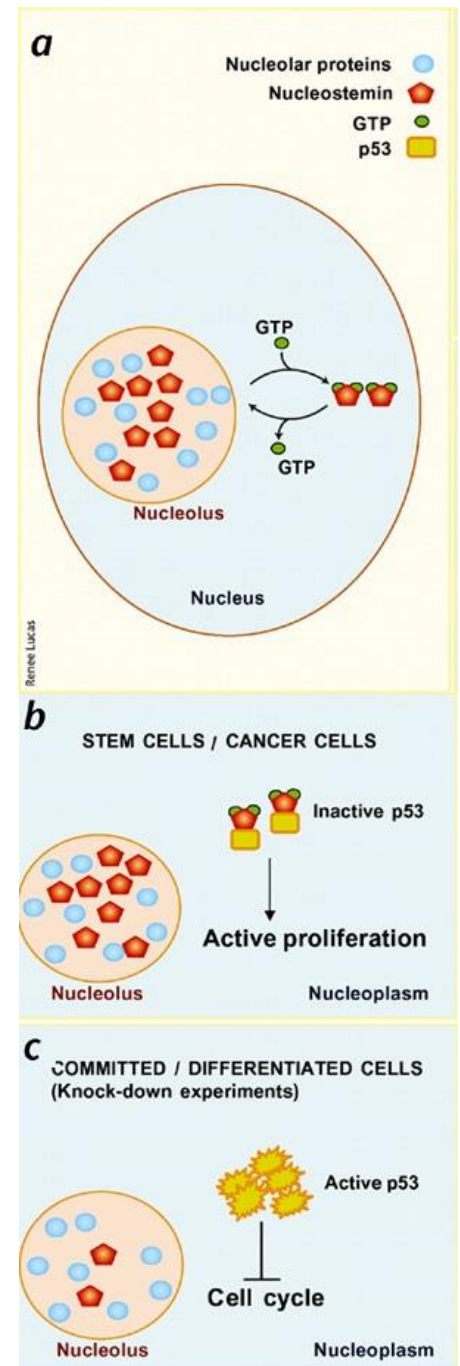
(B)

# Jąderko cd.

- → chromatyna jąderkowa
- 1 – 5 jąderek w jądrze
- tworzone przez końcowe odcinki chromosomów (NORs, trabanty, satelity) 13., 14., 15., 21. i 22. pary
- geny rybosomowe (rDNA): rRNA, tRNA, snoRNA, 5SRNA
- morfologicznie: 3 główne składniki: FC, DFC, GC
- **białka: ok. 700**
  - **nukleolina** – ulega fosforylacji w profazie → rozproszenie jąderka
  - **B23 (Ag-NOR)** – udział w transporcie prekursorów rybosomów do cytoplazmy
  - **fibrylaryna** – udział w obróbce prekursorowego RNA

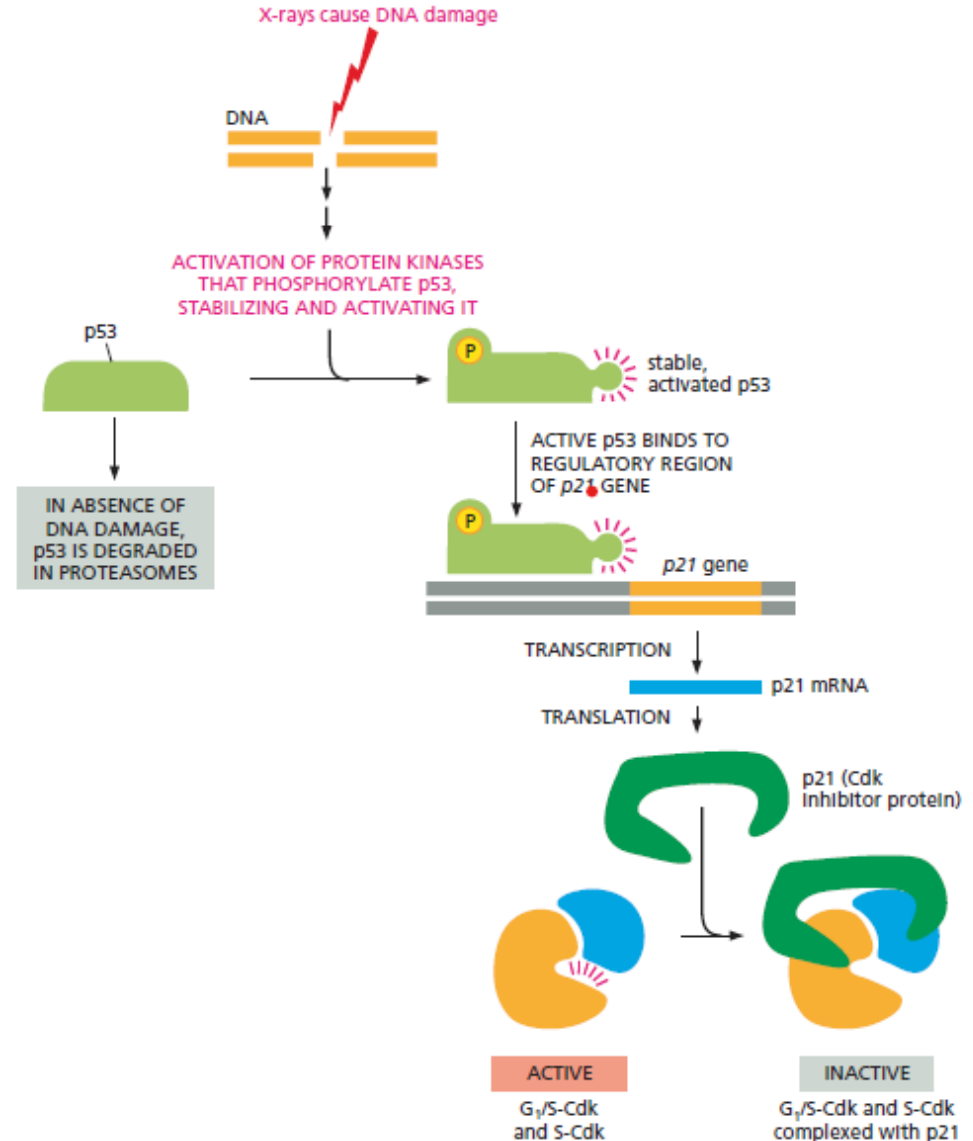
# Jąderko cd.

- funkcje:
  - transkrypcja (PolRNA I) i modyfikacja rRNA
  - składanie prekursorów rybosomów (z rRNA i białek)
  - prześciowe wiązanie i uwalnianie wielu białek jądrowych np.:
    - ADAR
    - telomeraza
    - nukleostemina (wiąże białko p53)
  - składanie SRP (cząstki rozpoznające sygnał)
  - RNA+białko → synteza białek w RER
  - rola w:
    - powstawaniu niejąderkowych rybonukleoprotein
    - obróbce mRNA
    - regulacji cyklu komórkowego



# 3 funkcje białka p53: Cycle

1. po uszkodzeniu DNA  
blokując aktywność CDK2  
hamuje cykl komórkowy w  
fazie G1/S ;
2. pobudza reperację DNA
3. w przypadku braku  
możliwości naprawy  
włącza program  
samobójczej śmierci  
komórki



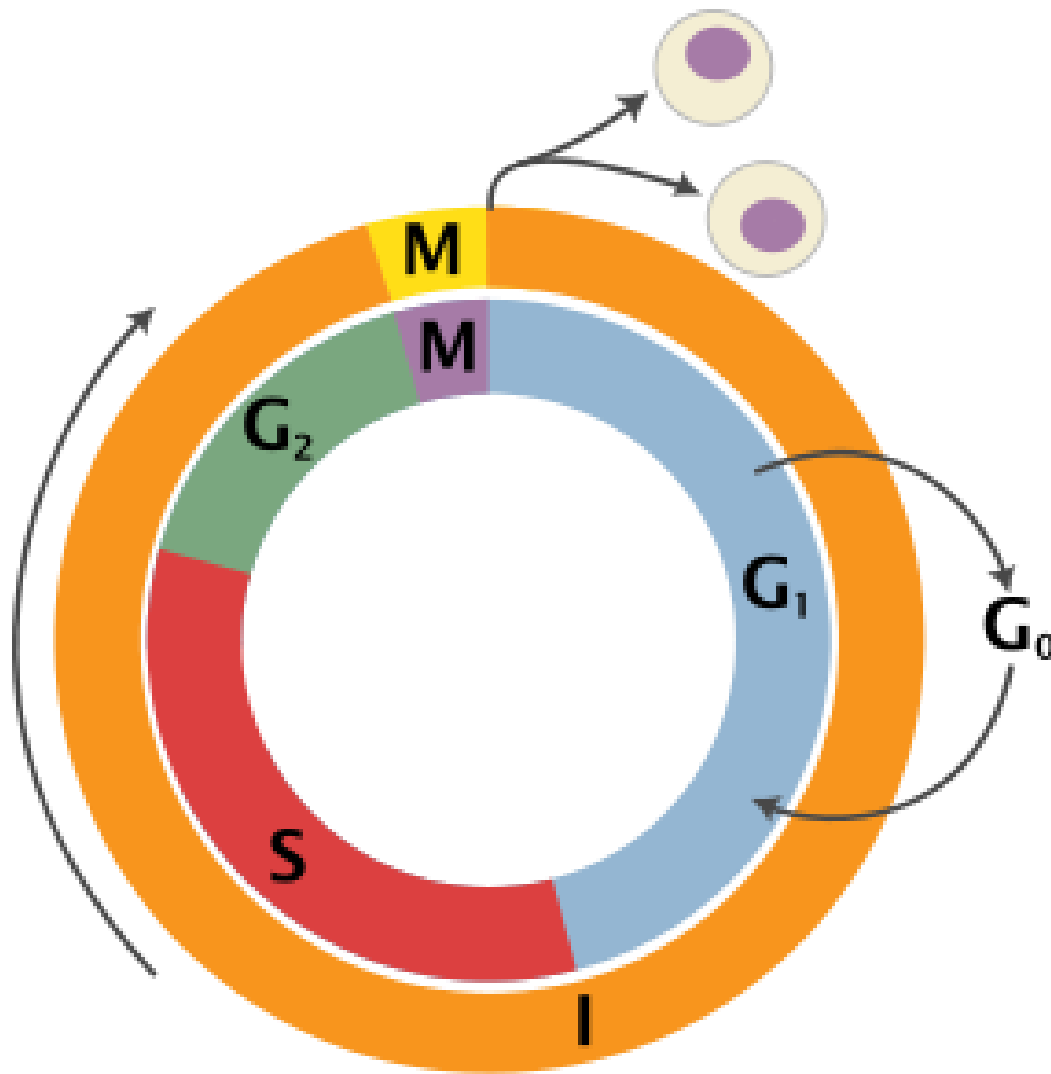
# Jąderko cd.

- funkcje:
  - transkrypcja (PolRNA I) i modyfikacja rRNA
  - składanie prekursorów rybosomów (z rRNA i białek)
  - przejściowe wiązanie i uwalnianie wielu białek jądrowych  
np.:
    - ADAR
    - telomeraza
    - nukleostemina (wiąże białko p53)
  - **składanie SRP (cząstki rozpoznające sygnał)** – RNA+białko → synteza białek w RER
  - rola w:
    - powstawaniu niejądrowych rybonukleoprotein
    - obróbce mRNA
    - regulacji cyklu komórkowego

# PODZIAŁ KOMÓRKI



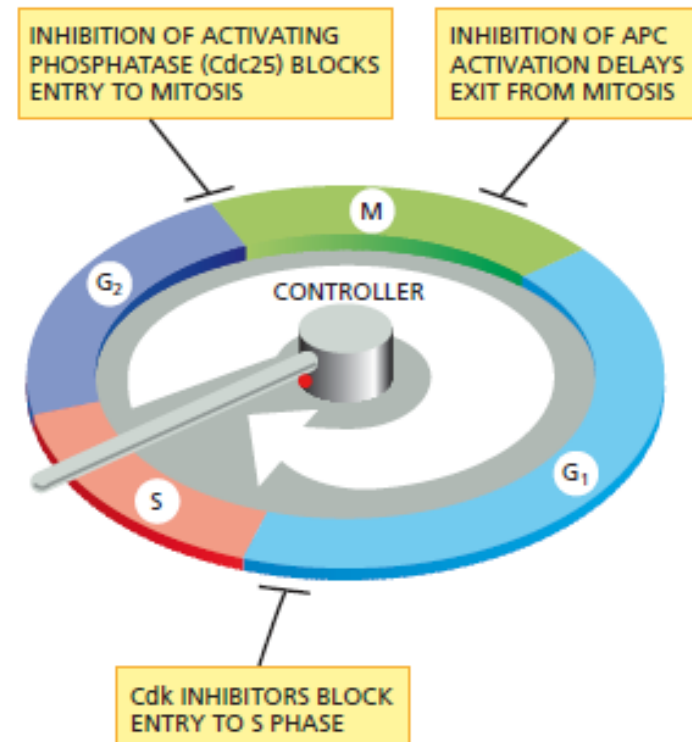
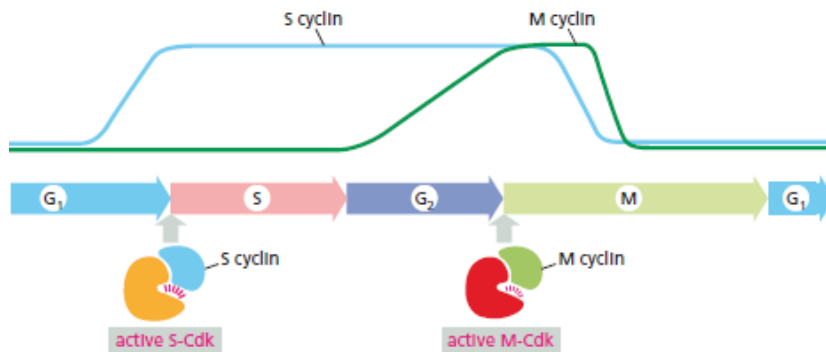
# Cykl komórkowy



**interfaza**

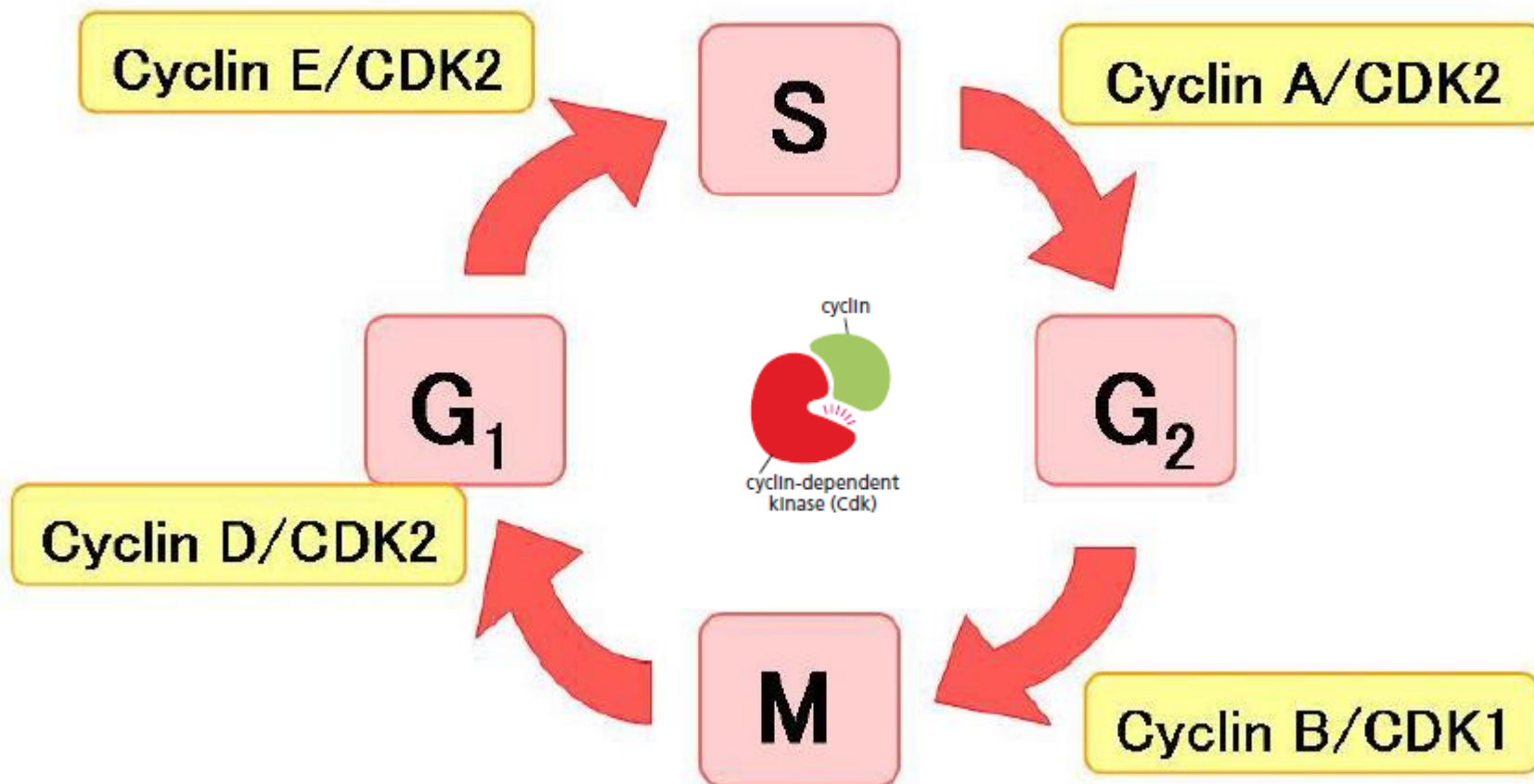
**podział**

# Cykl komórkowy – złożony system kontroli



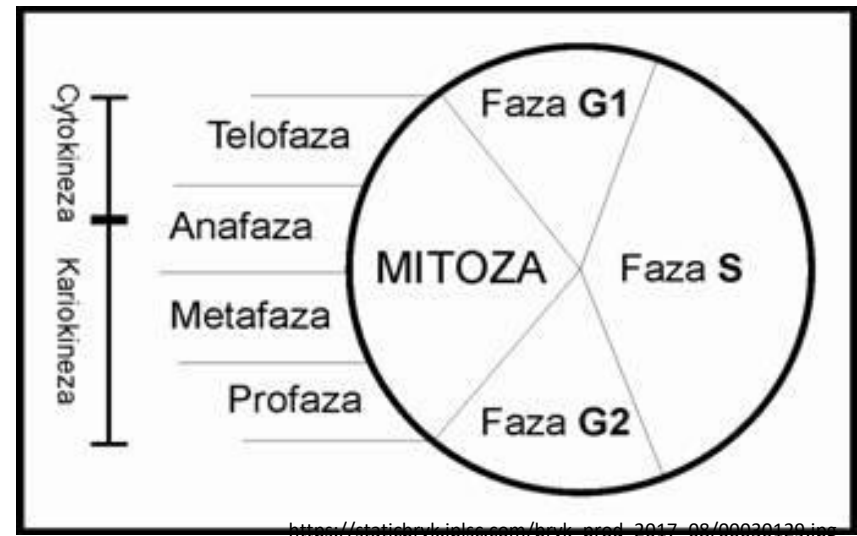
2 kluczowe klasy cząsteczek regulatorowych, (1) cykliny i (2) kinazy zależne od cyklin (CDK), określają postęp komórki w cyklu komórkowym.

## Cell Cycle and Cyclin-CDK complex

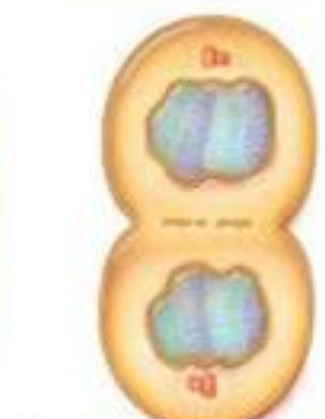
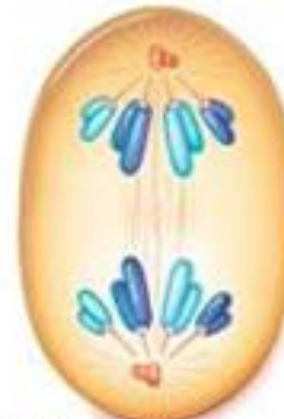
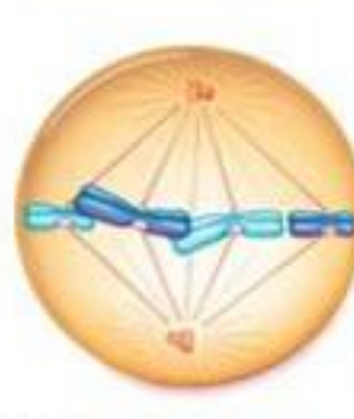
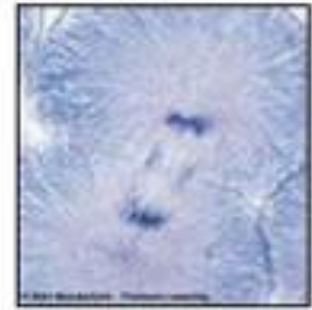
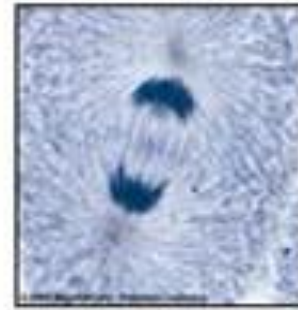
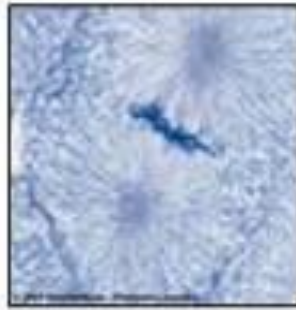
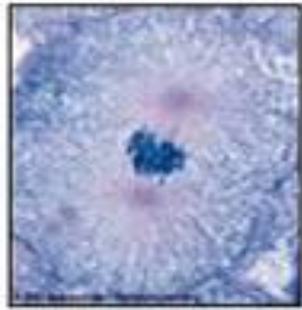


# Mitoza

- podział jądra komórkowego (**kariokineza**), w wyniku którego dochodzi również do podziału cytoplazmy (**cytokineza**) i powstają komórki potomne o jądrach zawierających taką samą liczbę chromosomów jak jądro komórki macierzystej.



# Mitoza cd.



© 2007 Brooks/Cole - Thomson Learning

© 2007 Brooks/Cole - Thomson Learning

© 2007 Brooks/Cole - Thomson Learning

© 2007 Brooks/Cole - Thomson Learning

© 2007 Brooks/Cole - Thomson Learning

**Prophase:**  
**Chromosomes Condense**

**Prometaphase:**  
**Chromosomes Attach**

**Metaphase:**  
**Chromosomes align**

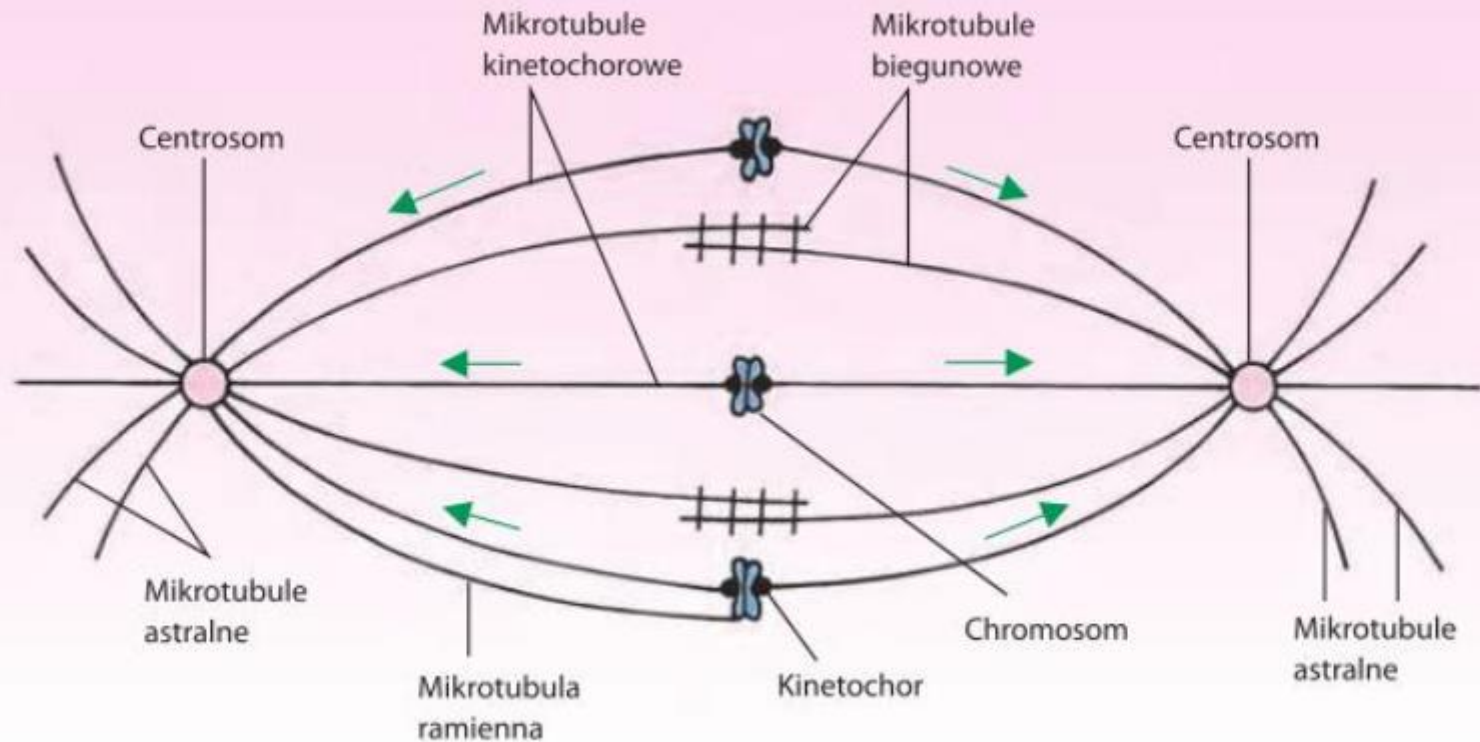
**Anaphase:**  
**Chromosomes separate**

**Telophase:**  
**Chromosomes relax**

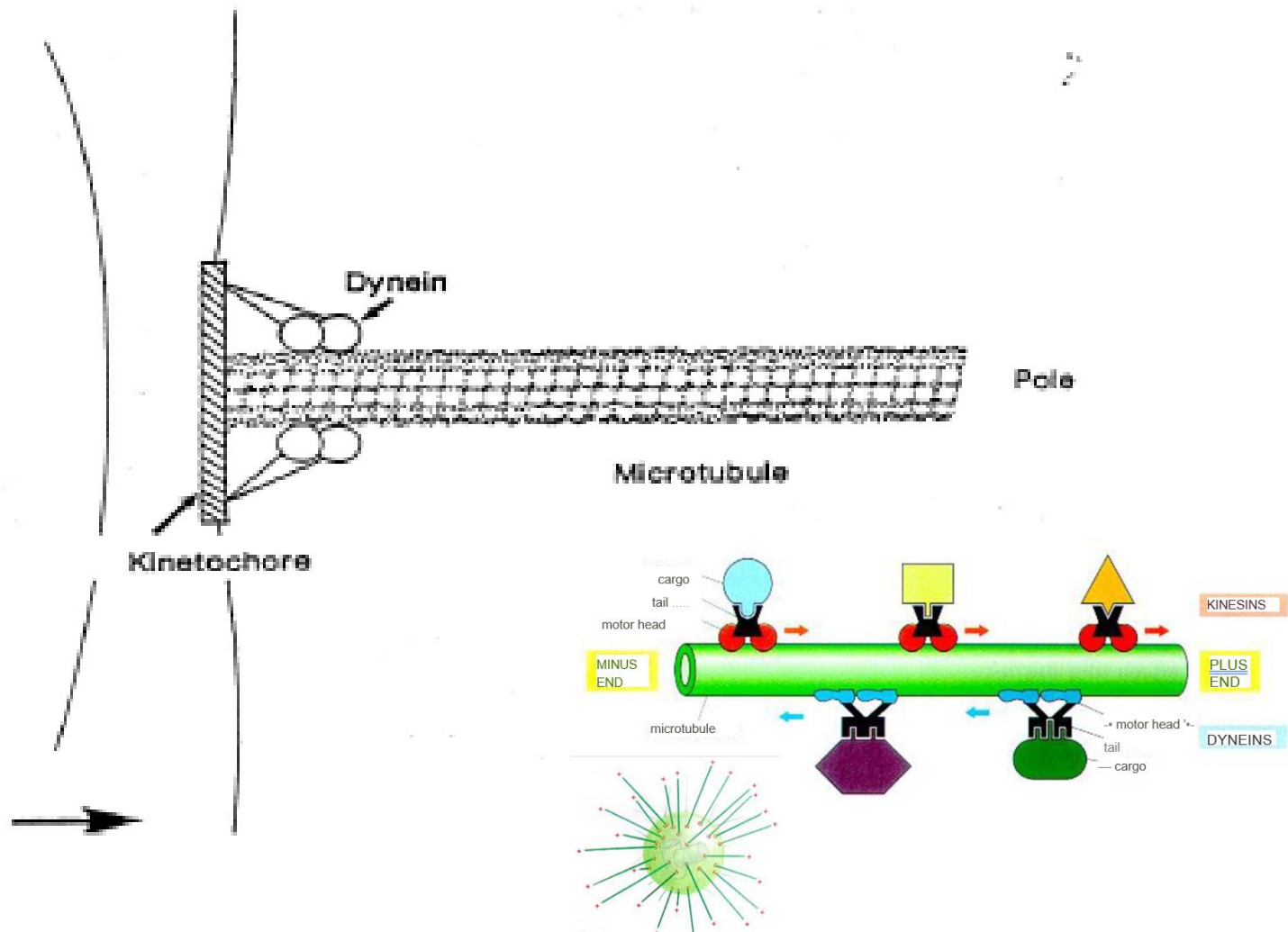
<https://guymonsbiology.weebly.com/mitosis-and-cytokinesis.html>

Gwiazda macierzysta  
i płytka równikowa (metafazowa) → terminy opisujące układ  
chromosomów w **metafazie**

# Budowa wrzeciona podziałowego



# Hipotetytyczny mechanizm ruchu chromosomów w czasie anafazy



# Mejoza

- podział jądra komórkowego (**kariokineza**), podczas którego następuje **redukcja liczby chromosomów**.
- Podczas mejozy zachodzą **dwa sprzężone ze sobą podziały**:
  - I (pierwszy) podział mejotyczny, zwany redukcyjnym;
  - II (drugi) podział mejotyczny o przebiegu podobnym do mitozy, stąd zwany też mitotycznym.

## INTERPHASE

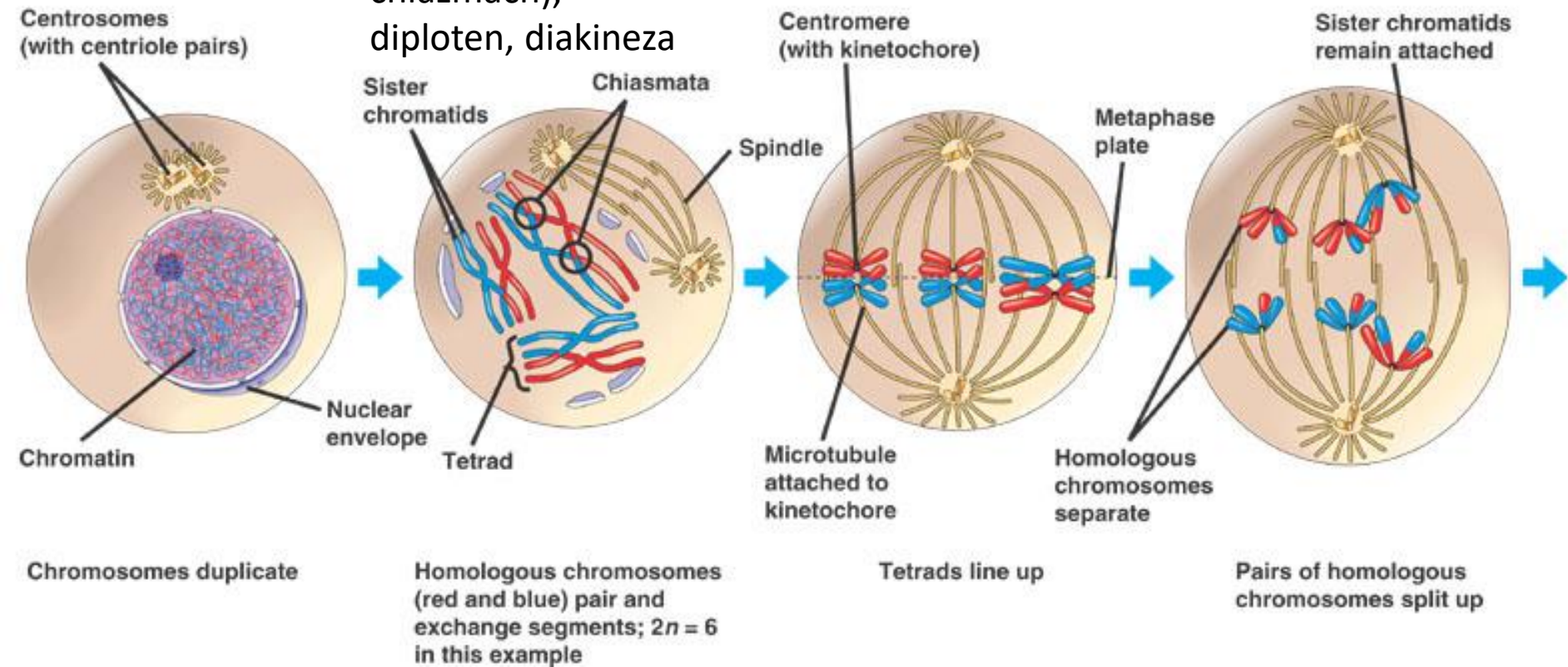
## MEIOSIS I: Separates homologous chromosomes

### PROPHASE I

### METAPHASE I

### ANAPHASE I

leptoten, zygoten (biwalenty-tetrad), pachyten (CR w chiasmach), diploten, diakineza



## MEIOSIS II: Separates sister chromatids

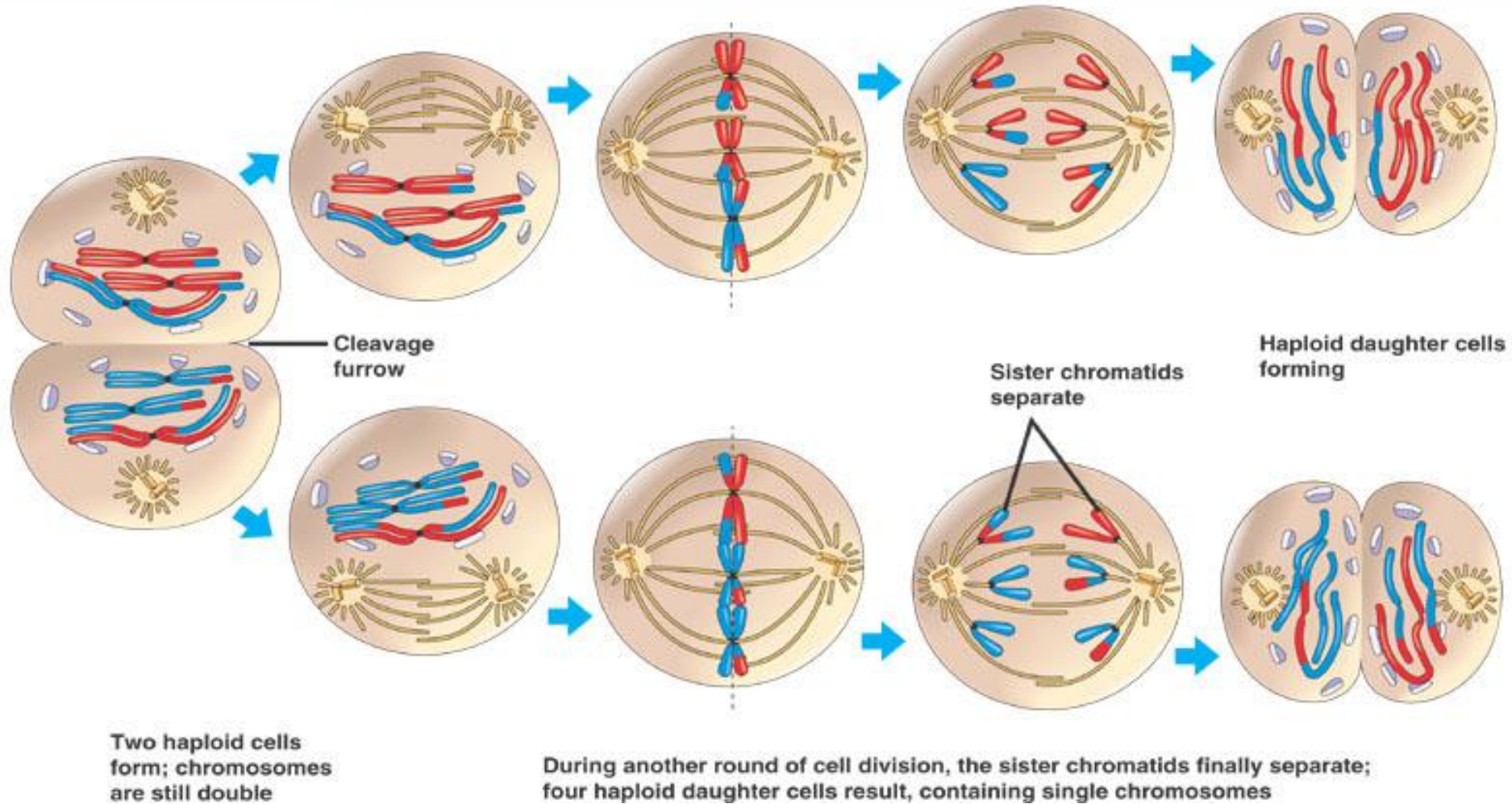
TELOPHASE I AND  
CYTOKINESIS

PROPHASE II

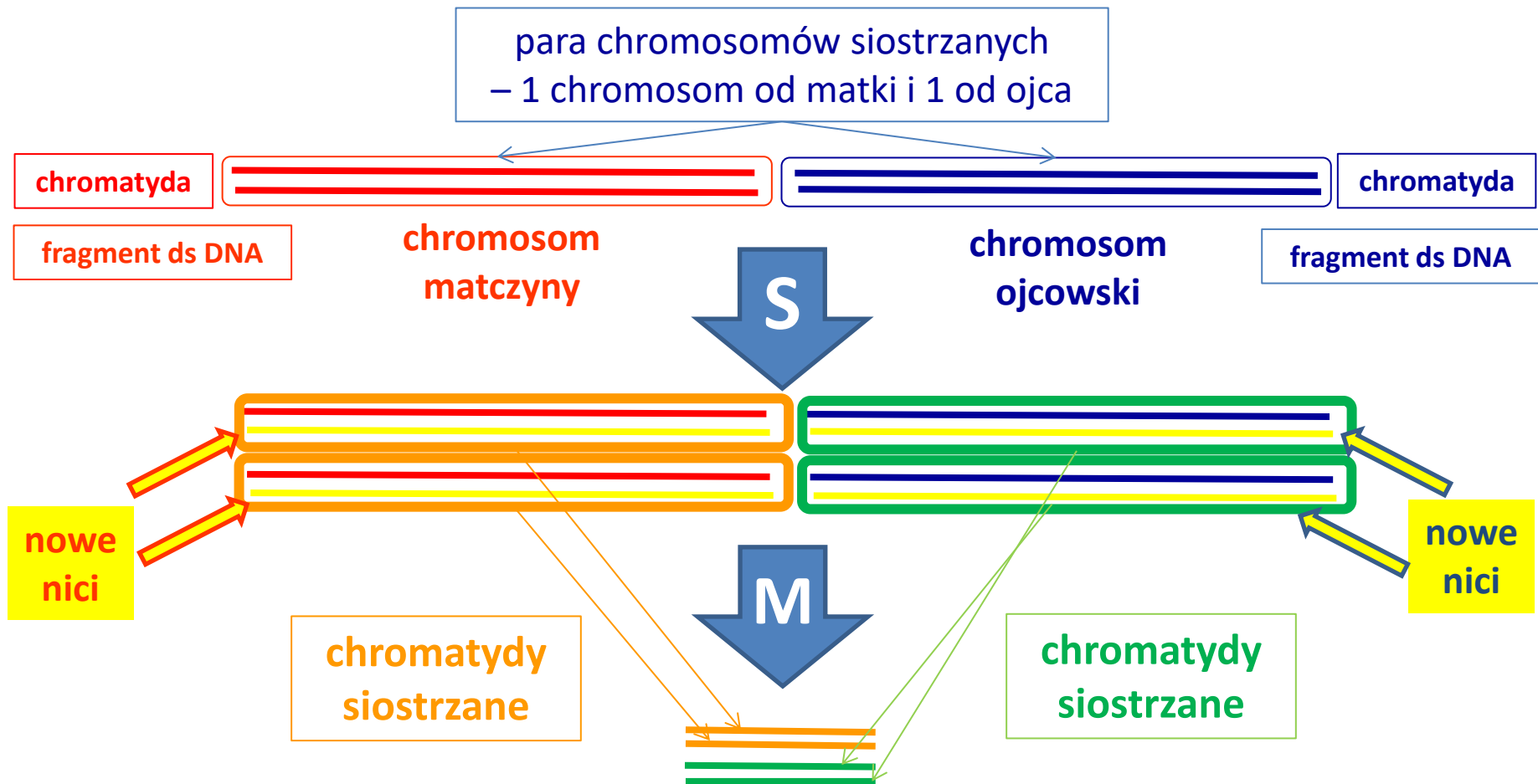
METAPHASE II

ANAPHASE II

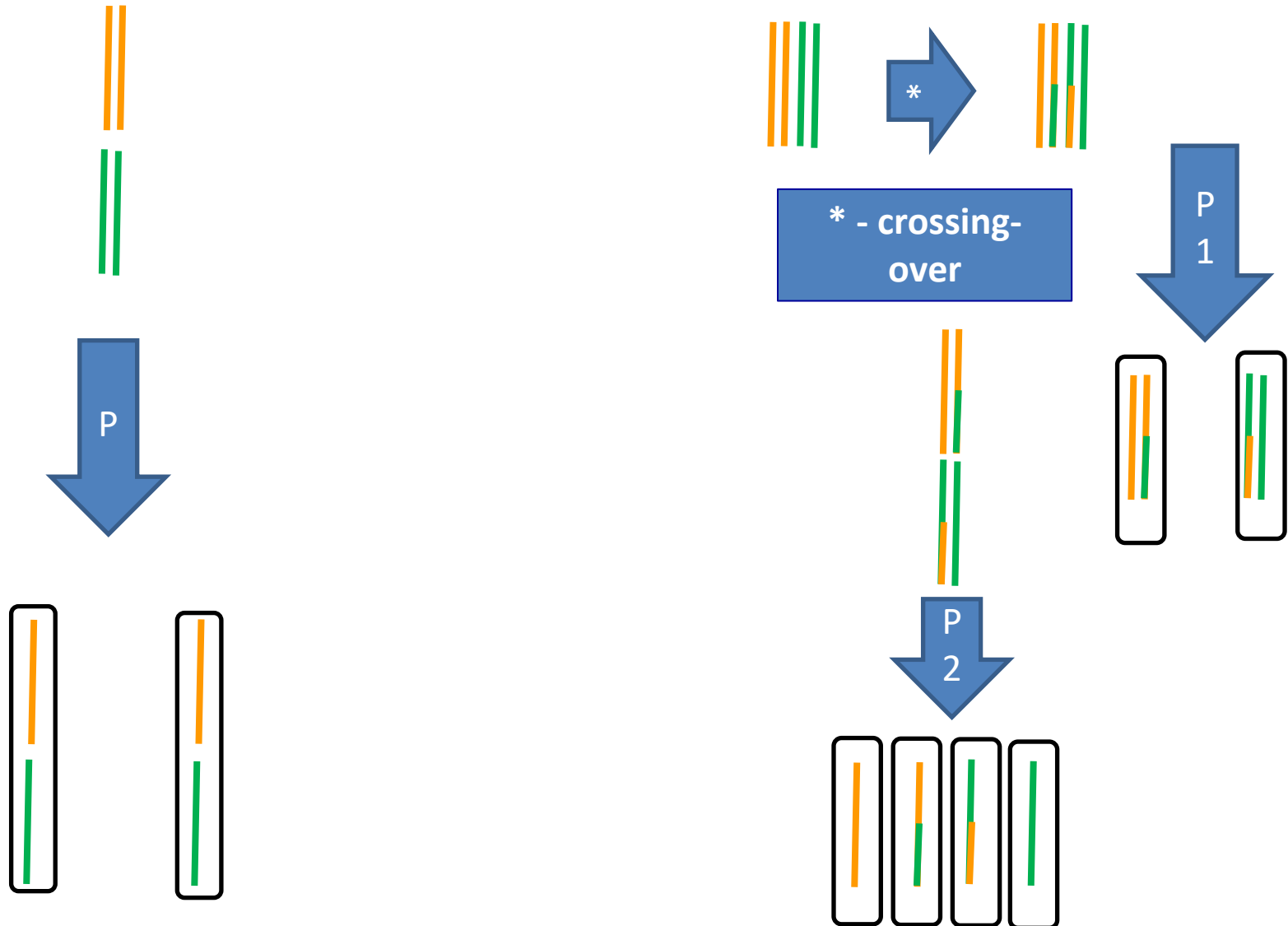
TELOPHASE II AND  
CYTOKINESIS



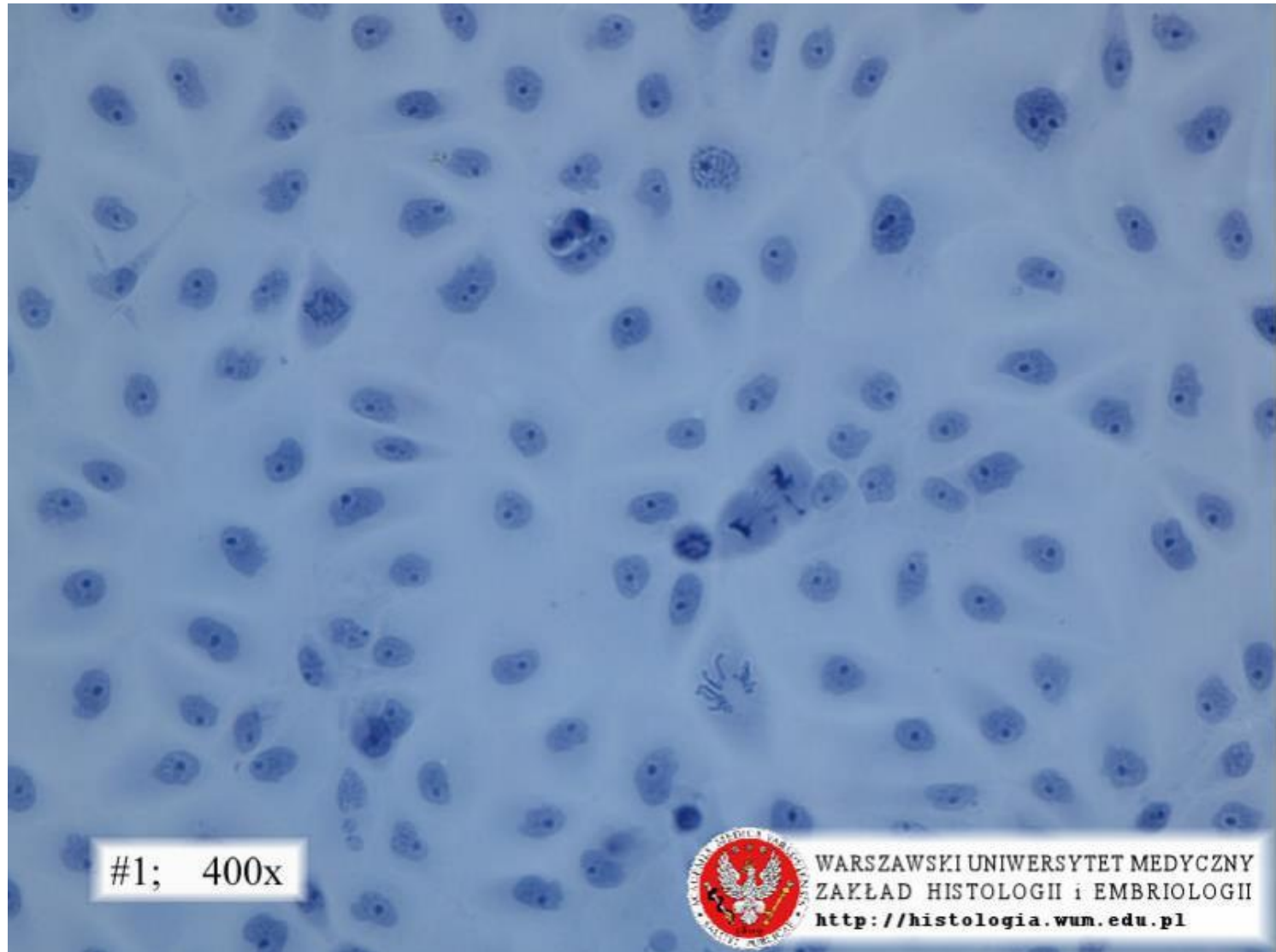
# Losy chromosomów homologicznych



# Mitoza vs. Mejoza



# Mitoza w komorkach nabłonka hodowanych in vitro [#1]

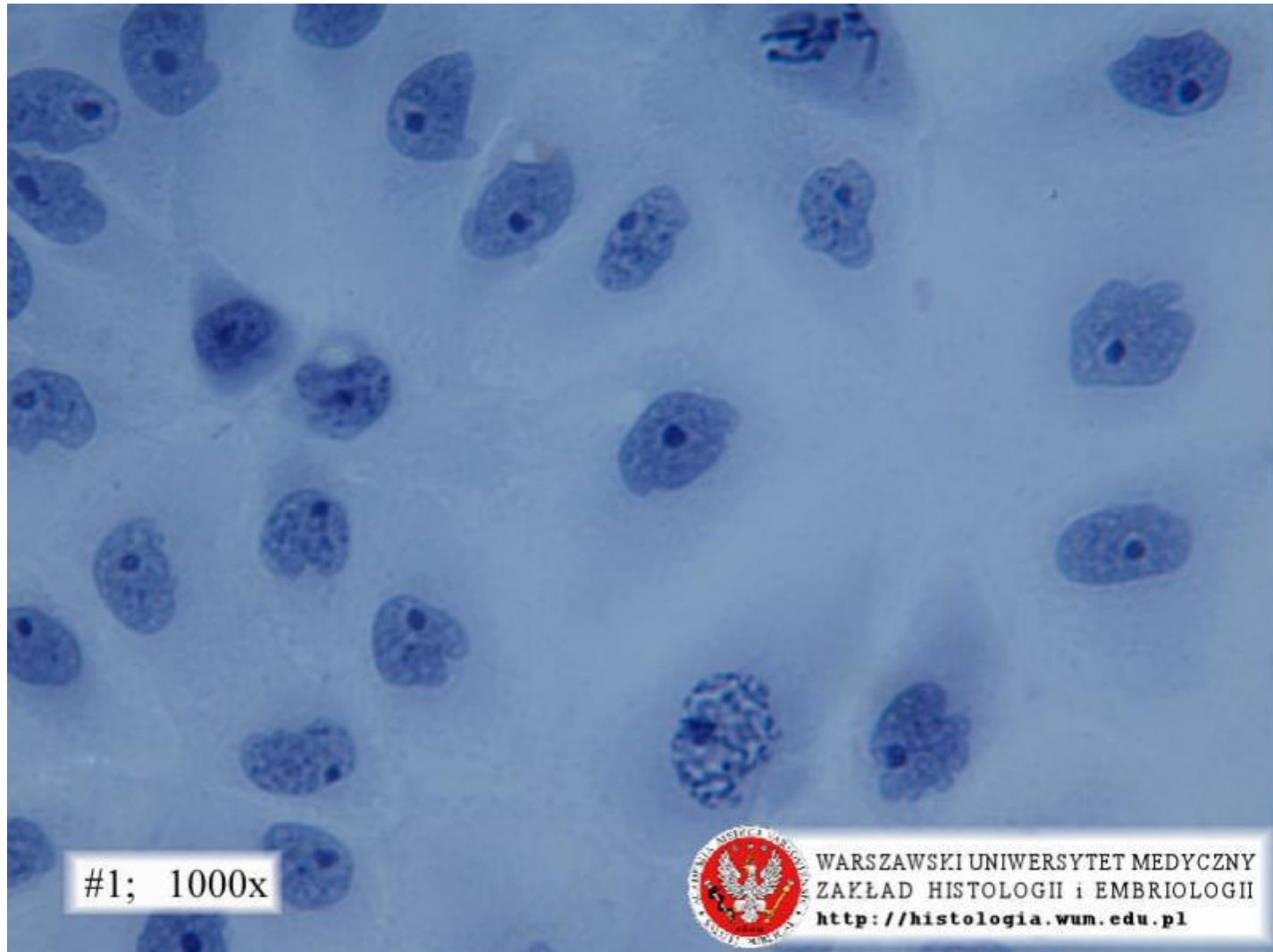


#1; 400x



WARSZAWSKI UNIWERSYTET MEDYCZNY  
ZAKŁAD HISTOLOGII i EMBRIOLOGII  
<http://histologia.wum.edu.pl>

# Mitoza w komorkach nabłonka hodowanych in vitro [#1]

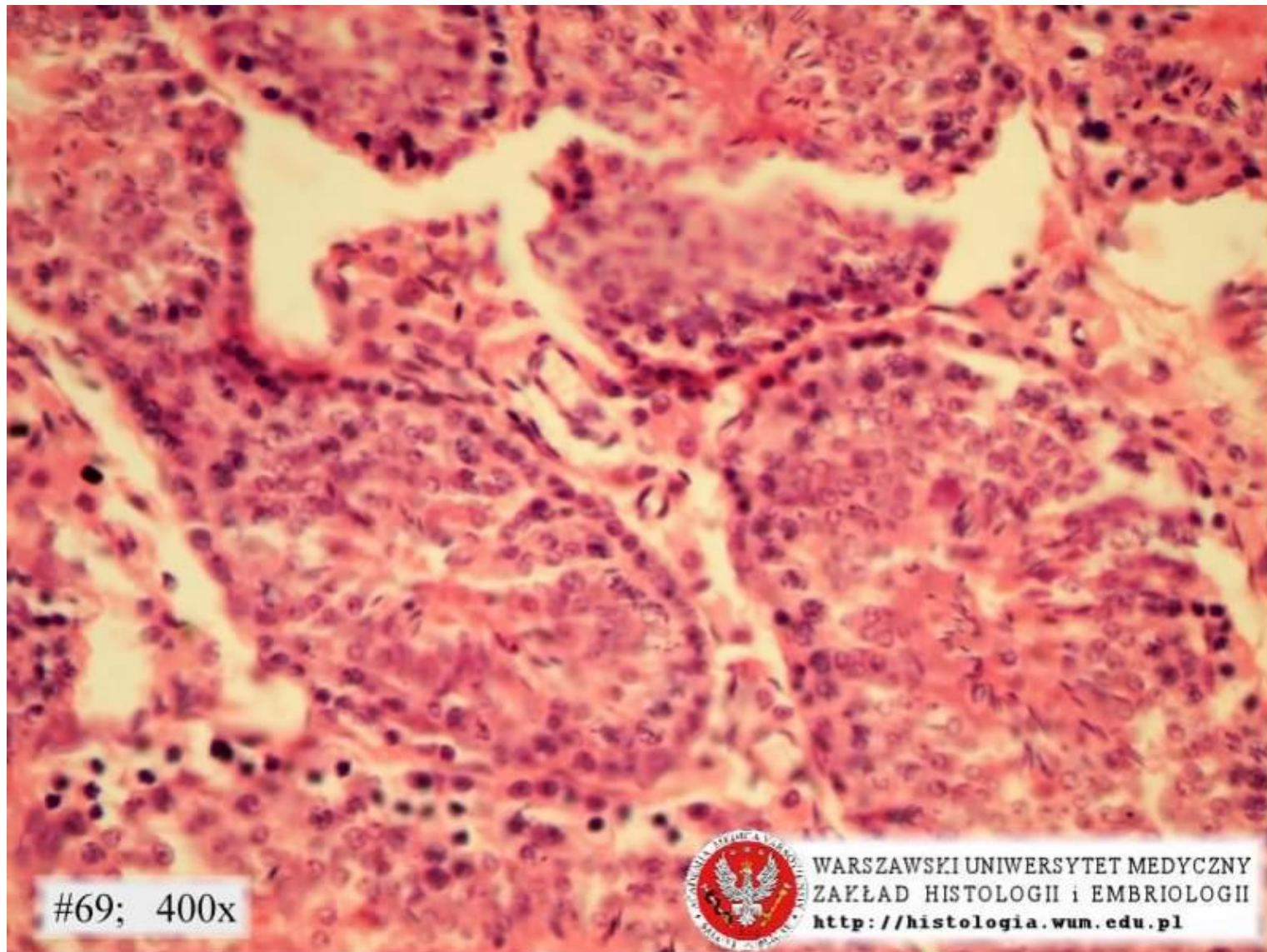


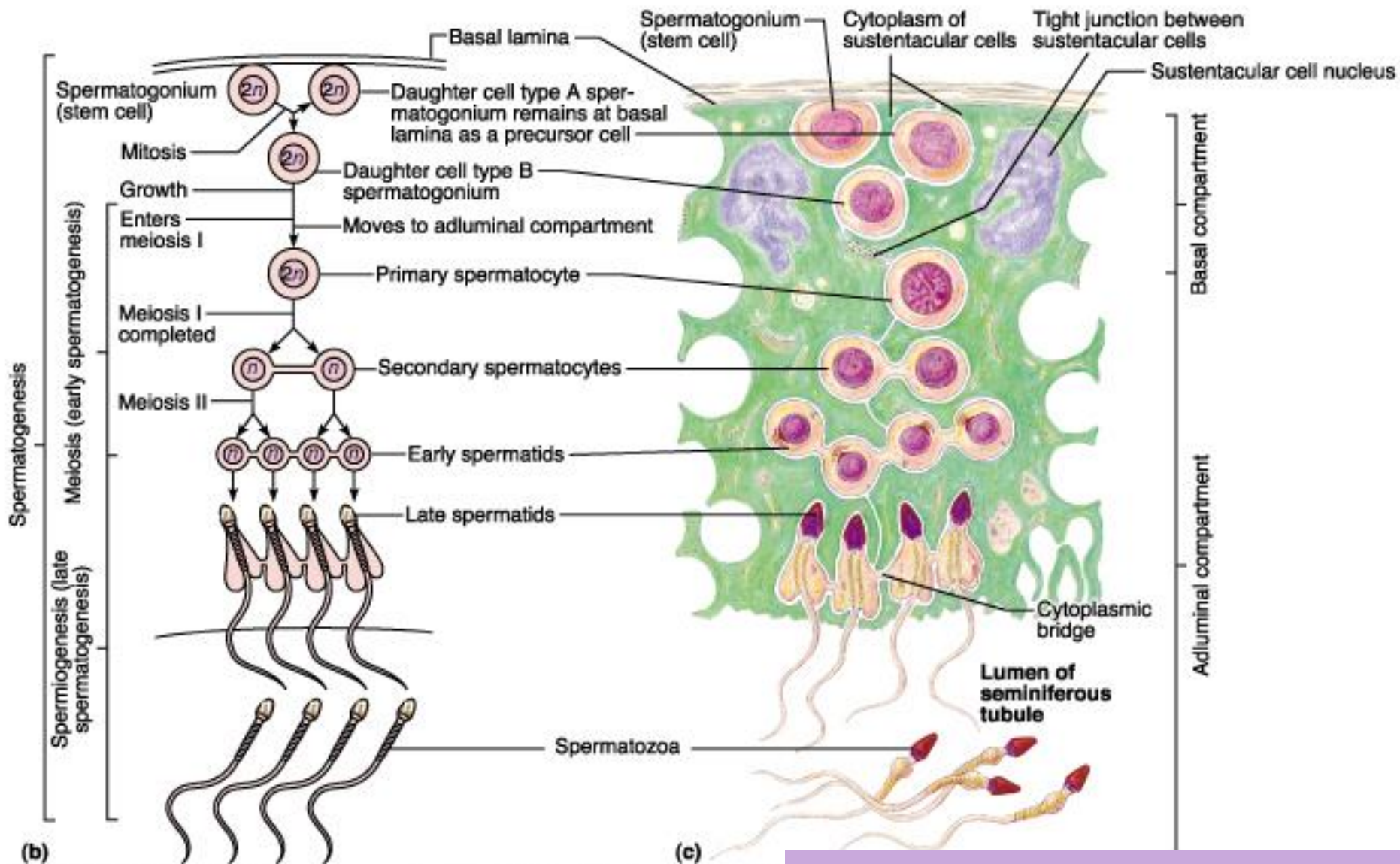
# Podziały mitotyczne w zawiązku kończyny płodu myszy [#4]



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Embryonic\\_foot\\_of\\_mouse.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Embryonic_foot_of_mouse.jpg)

# Podział mejotyczny [#69]





Leżące obok siebie helisy DNA w jądrze plemnika są łączone białkiem **protaminą**

# Chromosomy w płytkach metafazowych [#98]

