



SADAVA
HILLIS
HELLER
BERENBAUM

ביולוגיה 1

מחזור התא הפרוקריוטי והאוקריוטי

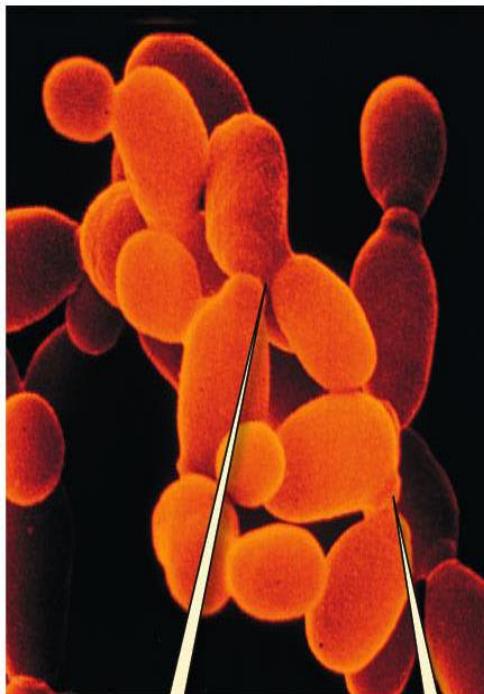
דרכ' אורנה עטאר

היחידה לנוער שוחר מדע

• באורגניזמים חד-תאיים, חלוקת התא הינה שלב מוקדם לפני התרכבות.

• באורגניזמים רב-תאיים, חלוקת התא הינה שלב בגדילה ובתיקון אברים (ריגרציה).

(A) Reproduction



Yeast cells divide by budding. This one has nearly divided...

...and this one is beginning to bud.

(B) Growth



Cell division contributes to the growth of this root tissue.

(C) Regeneration



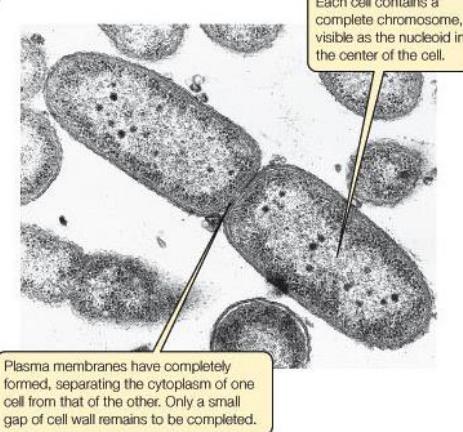
Cell division contributes to the regeneration of a lizard's tail.

ארבעה שלבים המתרכשים בכל חלוקת תא:

- **אות לחלוקת**
- **הכפלת DNA**
- **היפרדות (סרגציה) – הפרדה בין החומר שהוכפל**
- **цитוקנזה (נווצרת מהיצה שגדירה את שני התאים)**

פרוקריוטים

(B)

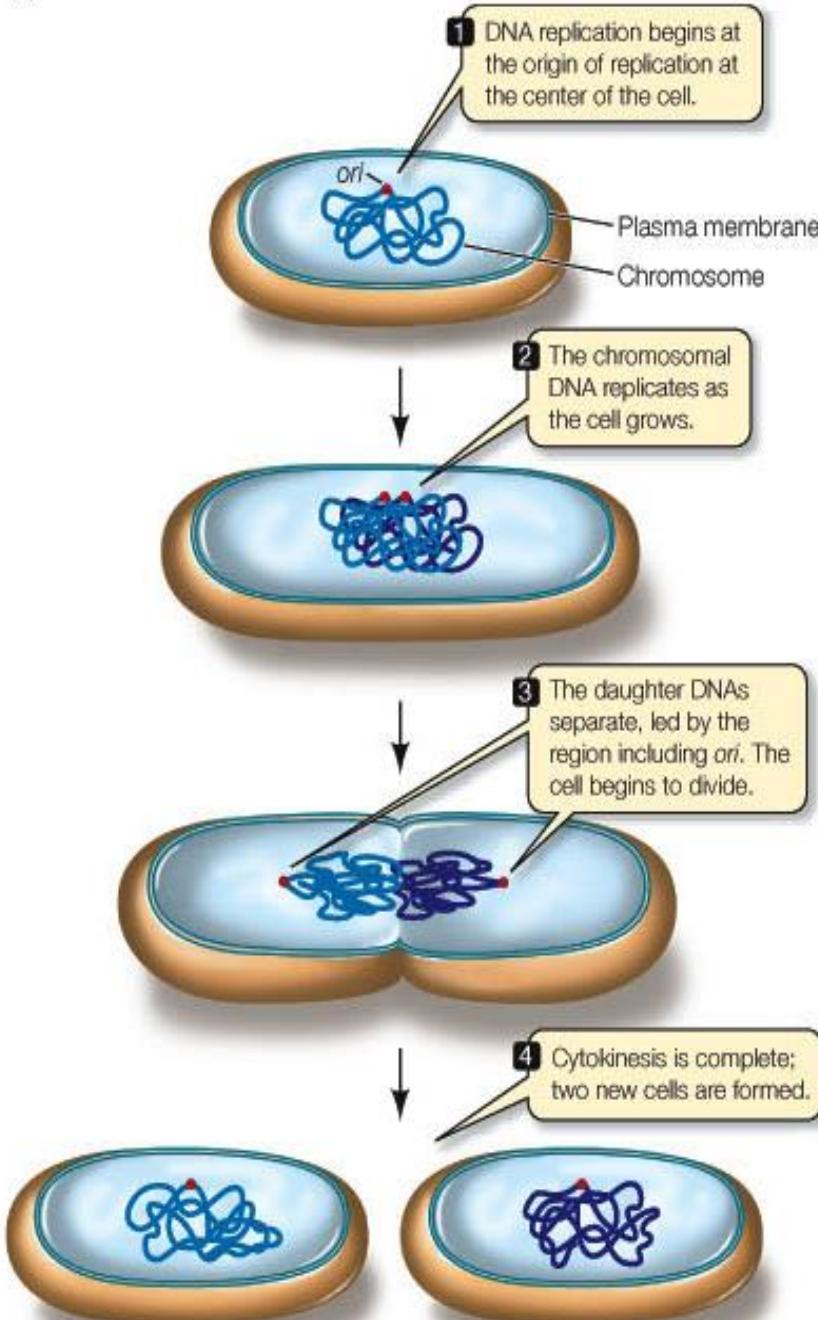


כיצד מתרבים התאים הפרוקריוטיים

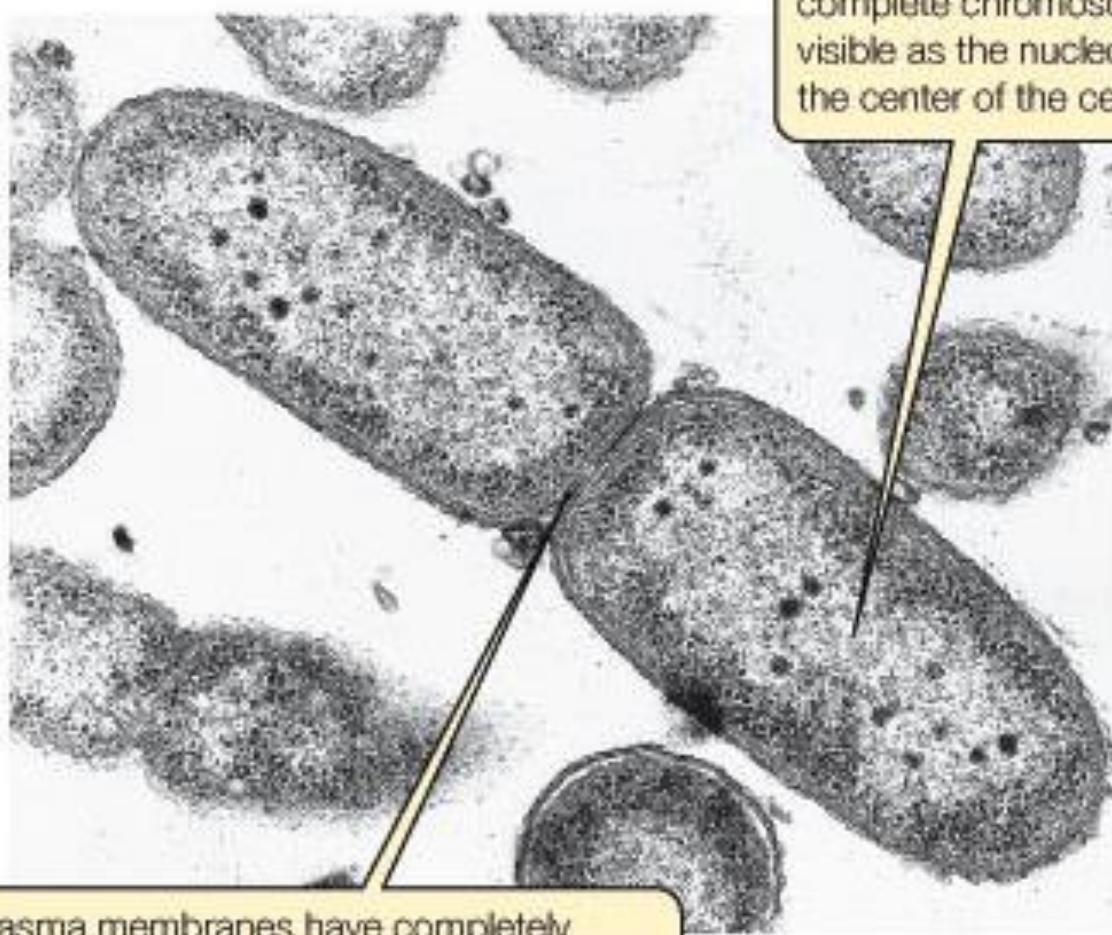
- חלוקה בינהית – חלוקה פשוטה. החומר התורשתי מוכפל והטא מתחלק לשניים.
- השפעה של גורמים הייצוניים (לדוגמא: ריכוז חומרי מזון, תנאי סביבה).
- אצל חיידקים רבים, שפע של מזון מייצח חלוקות תאימים.
- רוב הפרוקריוטים בעלי כרומוזום אחד, לרוב מעגלי.
- שתי נקודות חשובות ב-DNA:
 - *ori*—where replication starts
 - *ter*—where replication ends

Prokaryotic Cell Division

(A)



(B)



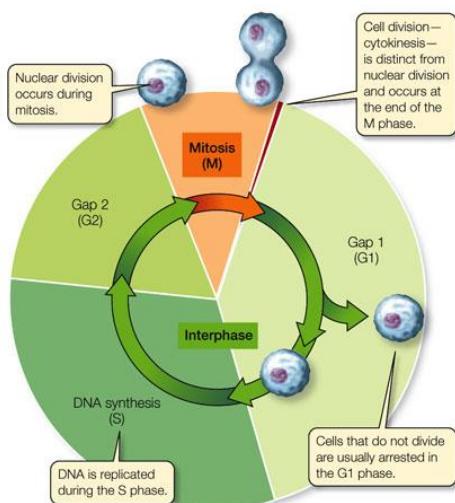
Each cell contains a complete chromosome, visible as the nucleoid in the center of the cell.

Plasma membranes have completely formed, separating the cytoplasm of one cell from that of the other. Only a small gap of cell wall remains to be completed.



<https://www.youtube.com/watch?v=zrx7Xg0gkQ4>

אאקוּרִיטִים

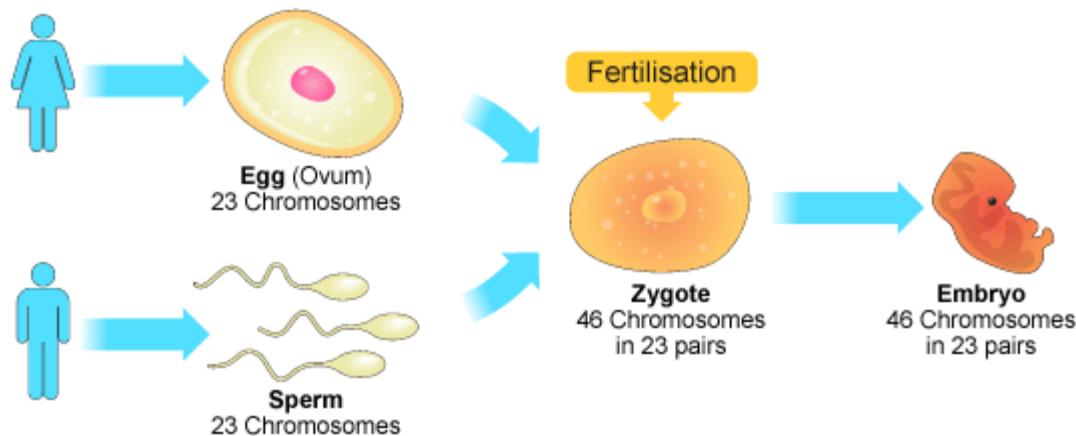


כל כמה זמן תאים אוקריוטים מתחלקים?

cell type	turnover time
small intestine epithelium	2-4 days
stomach	2-9 days
blood Neutrophils	1-5 days
white blood cells Eosinophils	2-5 days
gastrointestinal colon crypt cells	3-4 days
cervix	6 days
lungs alveoli	8 days
tongue taste buds (rat)	10 days
platelets	10 days
bone osteoclasts	2 weeks
intestine Paneth cells	20 days
skin epidermis cells	10-30 days
pancreas beta cells (rat)	20-50 days
blood B cells (mouse)	4-7 weeks
trachea	1-2 months
hematopoietic stem cells	2 months
sperm (male gametes)	2 months
bone osteoblasts	3 months
red blood cells	4 months
liver hepatocyte cells	0.5-1 year
fat cells	8 years
cardiomyocytes	0.5-10% per year
central nervous system	life time
skeleton	10% per year
lens cells	life time
oocytes (female gametes)	life time

כיצד תאים אוקריוטים מתחלקים

- **יצורים אוקריוטים מורכבים התחילו מתא מופרה אחד.**
- **תא זה הינו תוצאה של איחוד גמטות (gamete, גטת), המכילות חומר גנטי משני ההורים.**



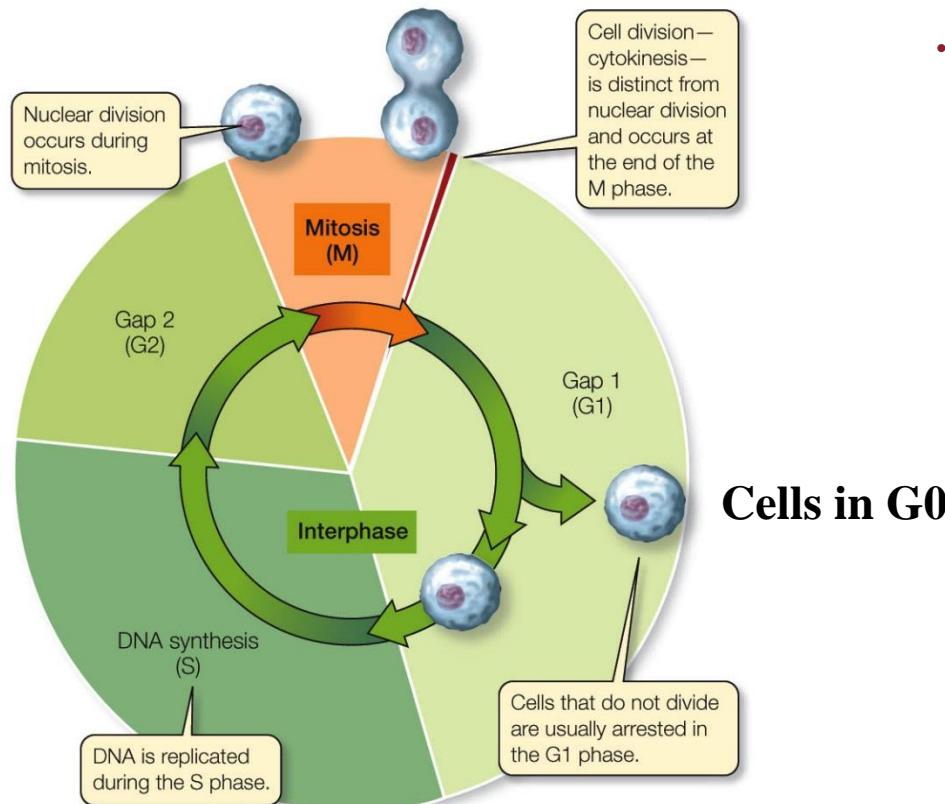
חלוקת התא באוקריוטים – הגדרות:

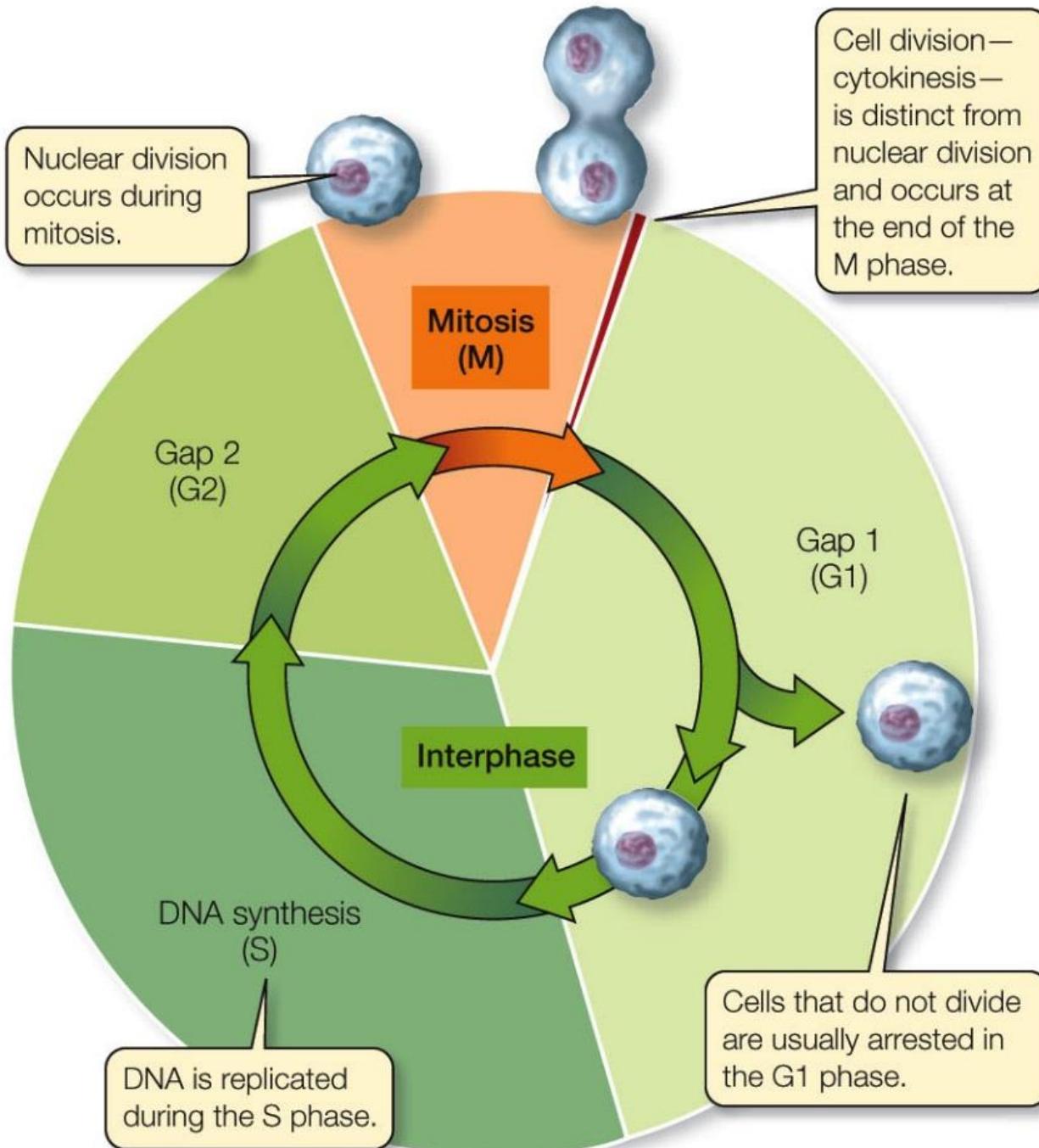
- הסיגナル לרבייה אינו נובע מגורם סביבתי אלא מה צורך של הארגניזם כולם.
- אוקריוטים לרוב בעלי מספר רב של כרומוזומים ותהליך הכפלת וחלוקת החומר הגנטי (הכרומוזומים) בין שני תאים נקרא **מיטוזה**, **mitosis**.
- הגרעין מתחולק לשני גרעינים חדשים לפני שתתהליך הцитוקינזה מתרכש.
- **מיוזה** – חלוקת הפחתה, קורית בהתאם למיצרים גמטות, בסופה מתקבלים תאים שונים מהתא הראשוני.
- **מיטוזה** – חלוקת תאים רגילה, בסופה מתקבלים שני תאים זהים לתא הראשוני.

חלוקת התא באוקריוטים – הגדרות:

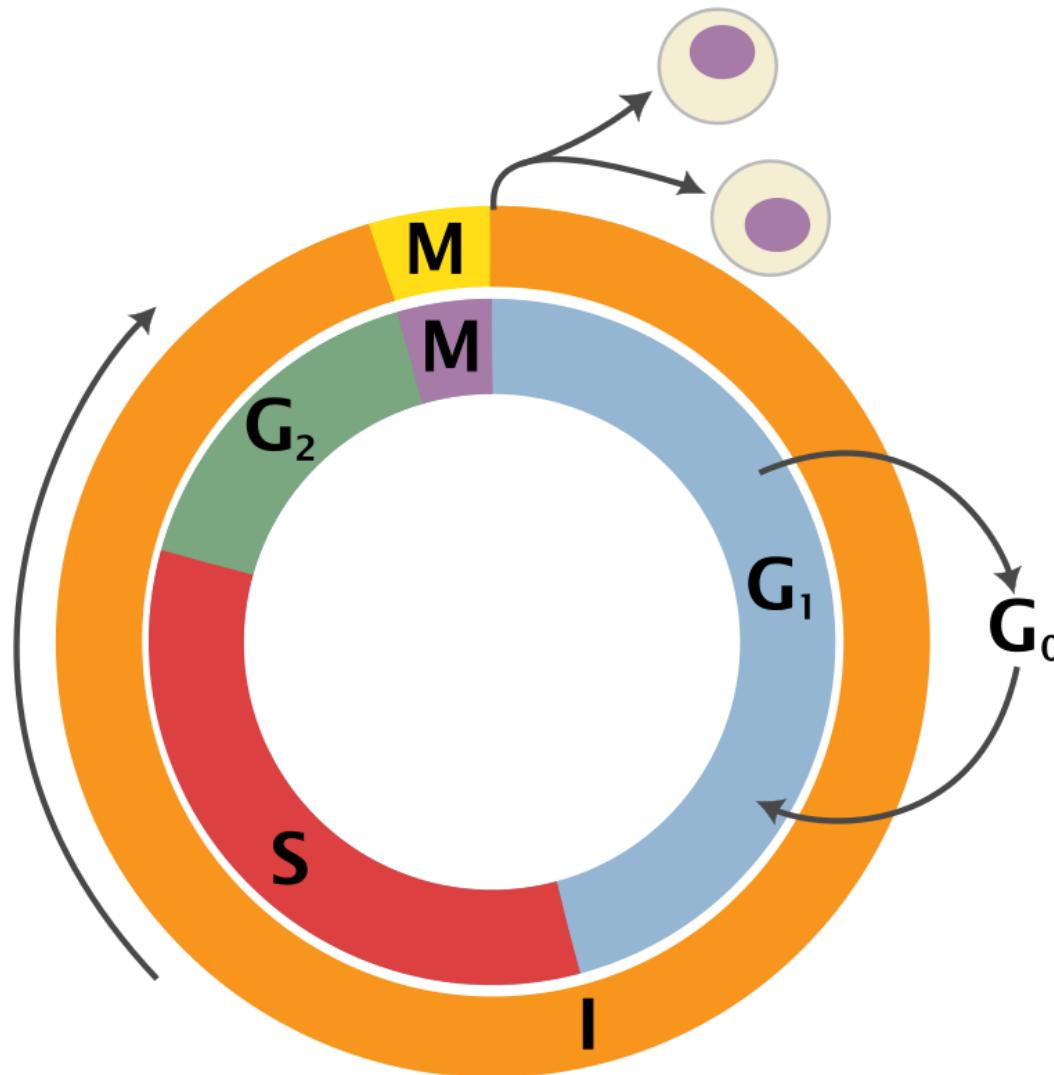
- **מחזור התא (cell cycle) – סדרה של אירועים הקוראים מעבר מתא אחד לשני תאים.**

- **אינטרפазה (interphase) – רוב חייו התא. פרק הזמן בין חלוקת תא אחד לשנייה.**





חלוקת התא באוקריוטים



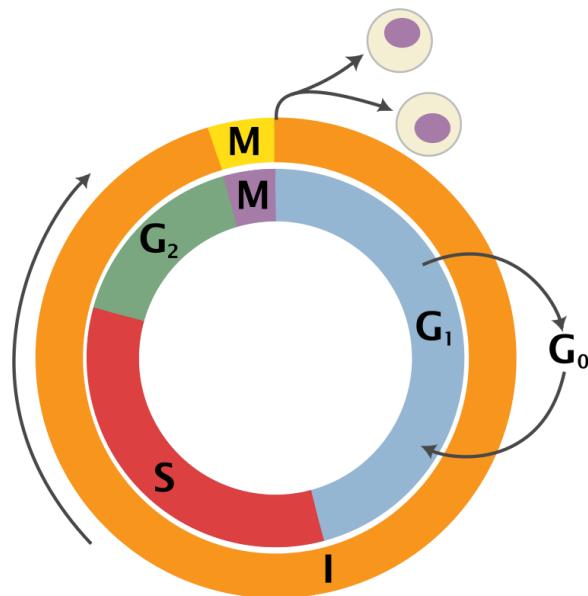
מחזור התא האוקריוטי (The Eukaryotic cell cycle)

שלב האינטפאזה מכיל שלושה תתי שלבים:

שלב ה₁ gap – שלב הביניים אחרי החלוקה ולפני שלב הS. התא גדול.

שלב הS – שלב הכפלת הDNA.

שלב ה₂ gap – שלב הכנה לחלוקת התא והפרדת הכרומוזומים.



INVESTIGATING LIFE

11.4 Regulation of the Cell Cycle

Nuclei in G₁ do not undergo DNA replication, but nuclei in S phase do. To determine if there is some signal in the S cells that stimulates G₁ cells to replicate their DNA, cells in G₁ and S phases were fused together, creating cells with both G₁ and S properties.

HYPOTHESIS A cell in S phase contains an activator of DNA replication.

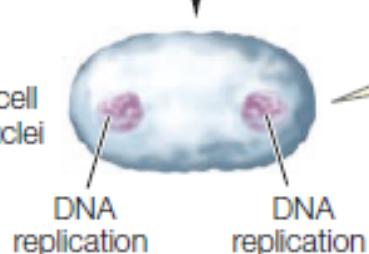
METHOD



Cells are fused in polyethylene glycol.

RESULTS

The fused cell has two nuclei



Both nuclei in the fused cell enter S phase.

CONCLUSION

The S phase cell produces a substance that diffuses to the G₁ nucleus and activates DNA replication.

• מולקולות כימיות מעודדות מעבר משלב אחד לשלב אחר במחזור התא.

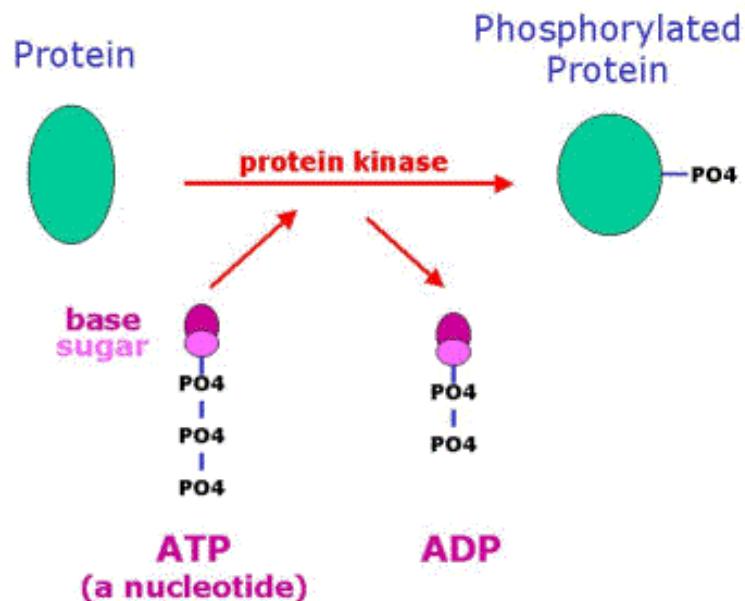
• הוכחה לכך נמצאה בניסוי "איחוי תאים".

• המסקנה מהניסוי:

בשלב S התא מייצר מולקולות אשר עברו דיפוזיה אל הגרעין ששזה בשלב G₁ גרמו לו לעبور לשלב הכפלת DNA (S).

בקרה על מחזור התא האוקריוטי

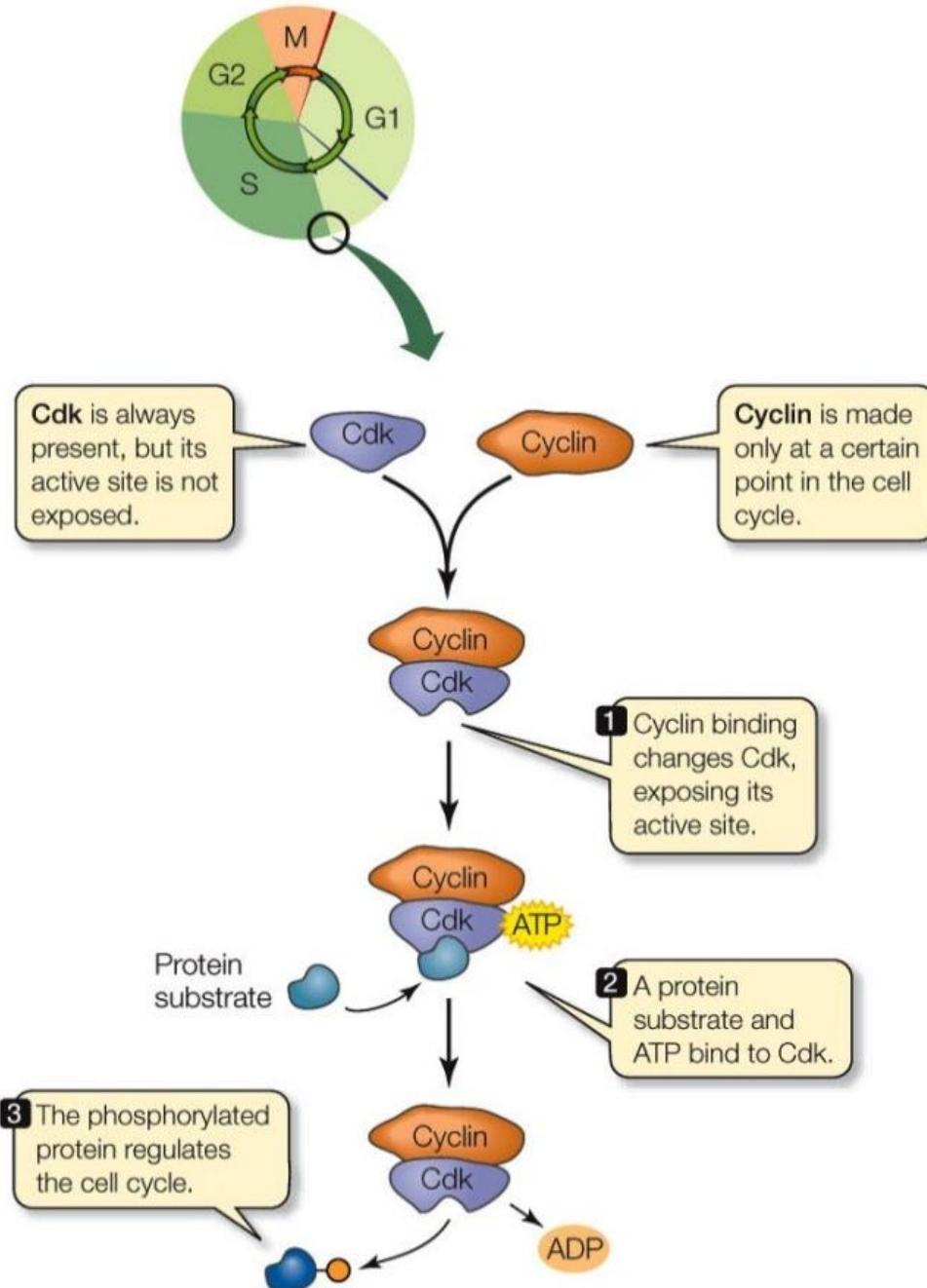
- אנזים המעביר קבוצת זרchan מ-ATP לחומר אחר (חム' אמינית, סוכר וכו').
- החומר אליו עוברת קבוצת זרchan נקרא – מזרchan (עבר פוספורילציה).
- זרchan גורם לשינוי בתפקיד החלבון ע"י שינוי המטענים שבאו ו/או שינוי מרחבי של החלבון.
- במחזור התא קיימת משפחה של קינאזות האחראיות על המעברים בין השלבים השונים.



משפחה **משפחת cyclin-dependent kinase (Cdk)**

פוספטאז
(phosphatase) הינה
אנזים המסיר קבוצת
פוספט (זרchan) מחלבון.

בקרה על מחזור התא האוקריוטי

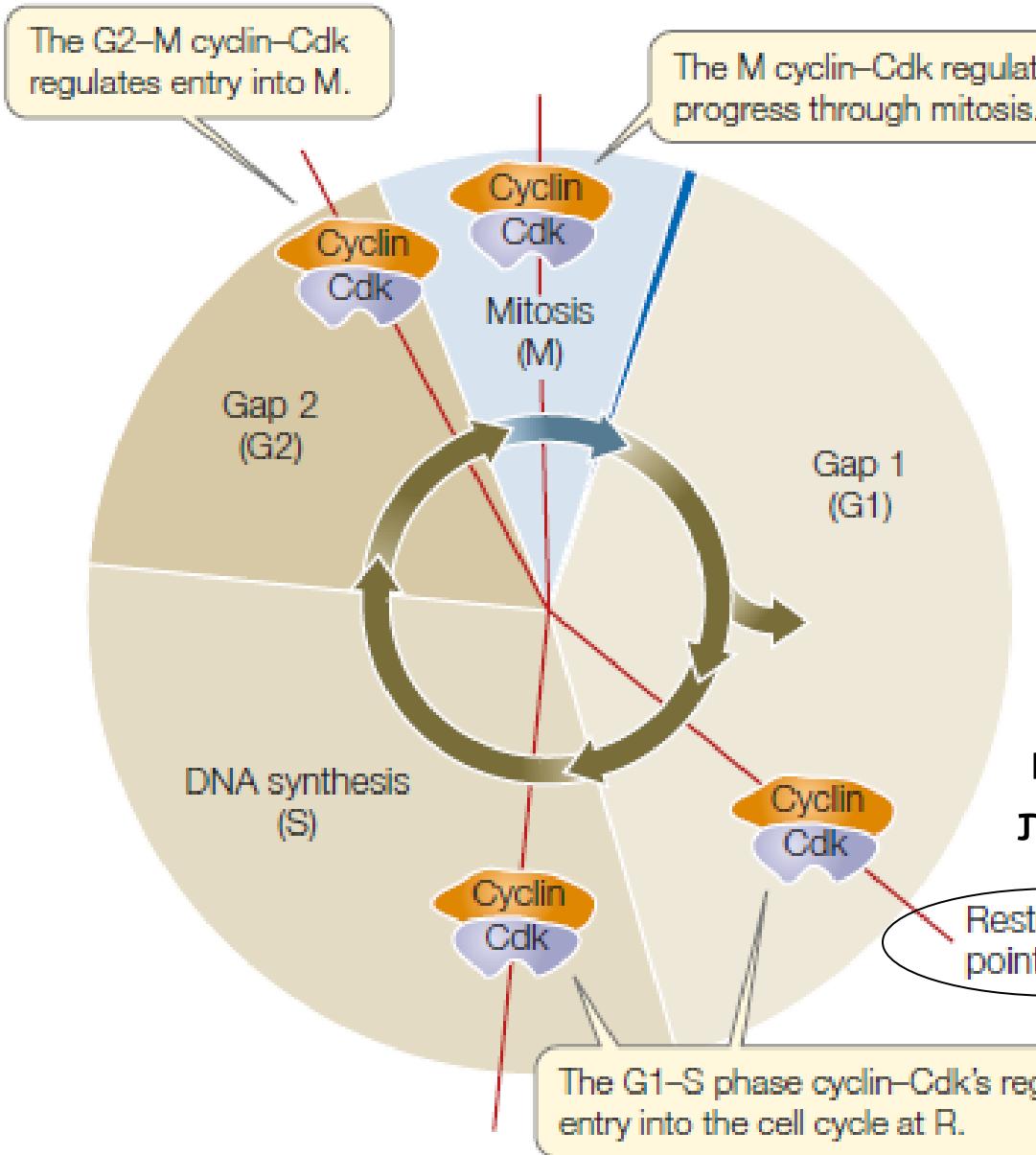


- CdK נקשר לחלבון Cyclin ובסך הופך לפעיל (בקרה אלוסטרית).

- הקומפלקס Cyclin-CdK פועל כprotein kinase קינאז ומעודד מעבר בין G1 לשלב S.

- במעברים בין השלבים השונים במהלך התא יש נקודות בקרת, בהן **check points** בודק אם השלב הסתיים בצורה תקינה ונitin להמשיך לשלב הבא.

Cyclin-dependent kinase regulate progress throughout the cell cycle



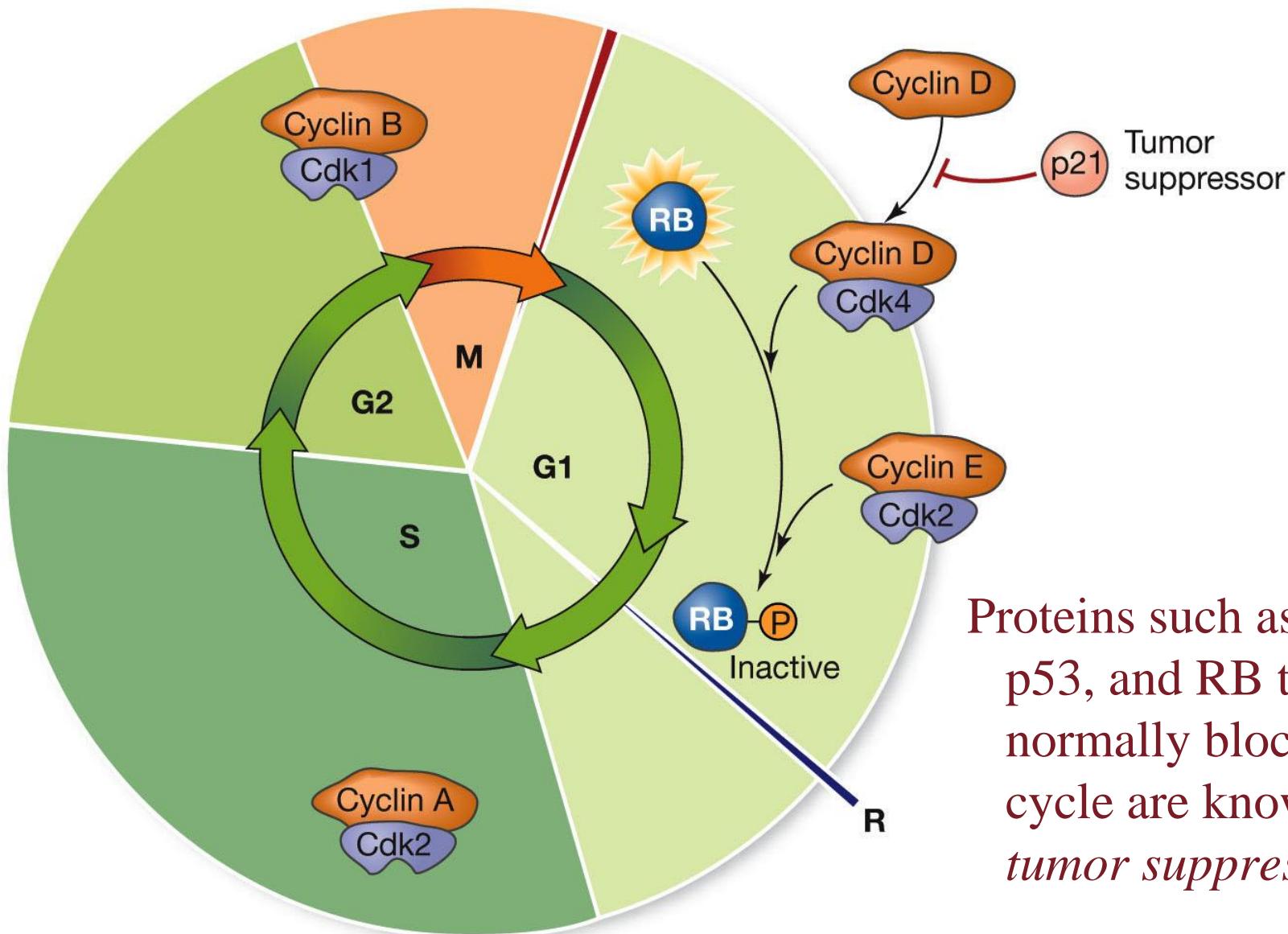
בכ-50 גידולים סרטניים
נמצאה מוטציה בנקודות
הבקעה הזו

בקרה על מחזור התא האוקריוטי

- קיימים מספר קומפלקסים של cyclin-Cdk המעורבים בשלבים שונים במחזור התא.
- הינה נקודת בקירה קריטית.
- הקומפלקס cyclin-Cdk מזרחן את החלבון **(RB) protein**.
- בתאים רבים, RB משמש כמעכבר מחזור התא בשלב G1.
- זרchan של RB הופך אותו ללא פעיל ואז מחזור התא יכול להתקדם לעבר שלב S.



כיצד מבקרים תאים אוקריוטים את מהזור התא



Proteins such as p21, p53, and RB that normally block the cell cycle are known as *tumor suppressors*.

כיצד מבקרים תאים אוקריוטים את מהзор התא

הקומפלקסים cyclin-Cdk משמשים כנקודות בקרה.

לדוגמא:

אם יש פגיעה בDNA במהלך G1 p21 נוצר אשר נקשר לקומפלקס של cyclin-Cdk ומעכב אותם. למעשה מהзор התא נוצר עד לתיקון DNA.

התפתחות סרטן: נובעת מחלוקת תאים שאינה מבוקרת. הבדיקה של cyclin-Cdk נפגעה.

P53 – מעודד את הייצור של p21.

יותר מחצי מסווגי הסרטן הידועים הינם בעלי מוטציה בחלבון p53.

ביצורים רב-תאיים מופרשים חומרים המבקרים את מעגל התא

ישנים תאים שאינם מתחלקים או מתחלקים לעיתים נדירות.

פקטורי גידול (growth factors) – חומרים כימיים חיצוניים המעודדים חלוקות תאים.

דוגמה: פקטורי גידול המופרשים מטסיות דם (האחריות על ייצור קריש דם בזמןפציעה) מעדדים תאי עור להתחלק בכדי לרפא את אזור הפגיעה.

אינטרלוקינים (interleukins) – חומרים המופרשים מתאי דם לבנים וمعدדים חלוקות תא של תא דם לבנים אחרים.

אריתרופוטין (erythropoietin) – חומרים המיוצרים בклיות וمعدדים חלוקות תא במח העצם וייצור תא דם אדוםים.

תאי סרטן לעיתים מייצרים פקטורי גידול משליהם או שהופכים להיות בלתי תלויים בפקטורי גידול לצורך חלוקות.

Watch all 12 of our genetics videos here

Visit www.greatpacificmedia.com to purchase
the whole video. If you find this video helpful,
recommend it to your teachers.

Eukaryotic Cell Cycle

http://www.youtube.com/watch?v=Otsvf=erutaef&YjBWLiNP_3



SADAVA
HILLIS
HELLER
BERENBAUM

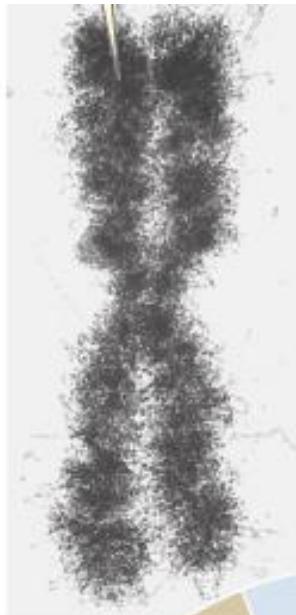
ביולוגיה 1

מיטוזה (mitosis) – חלוקת התא

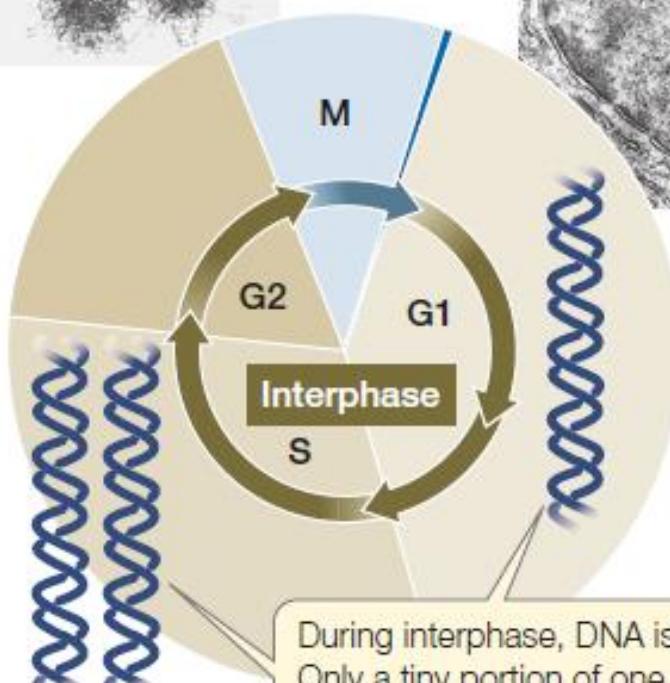
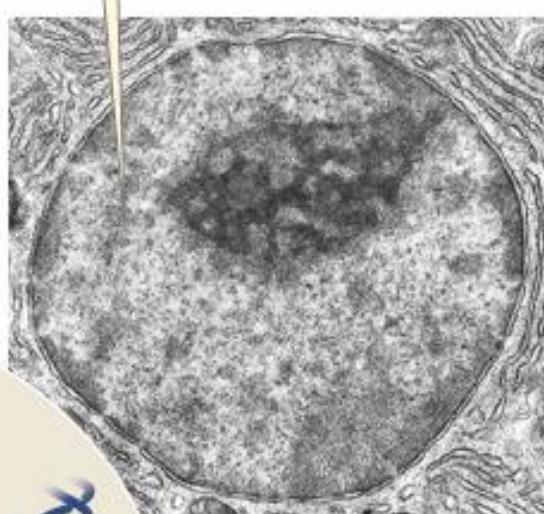
דרכ' אורנה עטאר

היחידה לנוער שוחר מדע

מה קורה בתא בזמן ההכנה למיתזה?



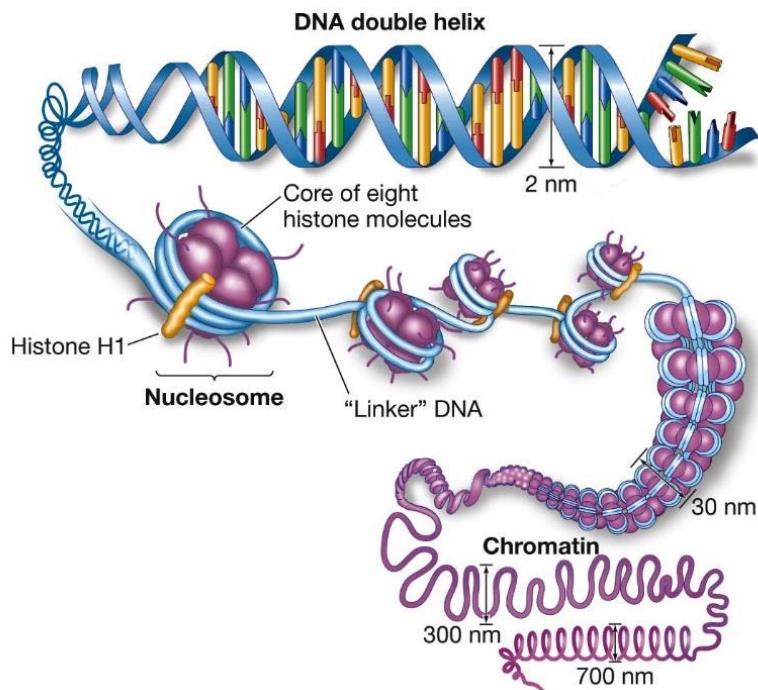
In an interphase nucleus, chromosomes are threadlike structures dispersed throughout the nucleus.



During interphase, DNA is replicated. Only a tiny portion of one chromosome of many is shown.

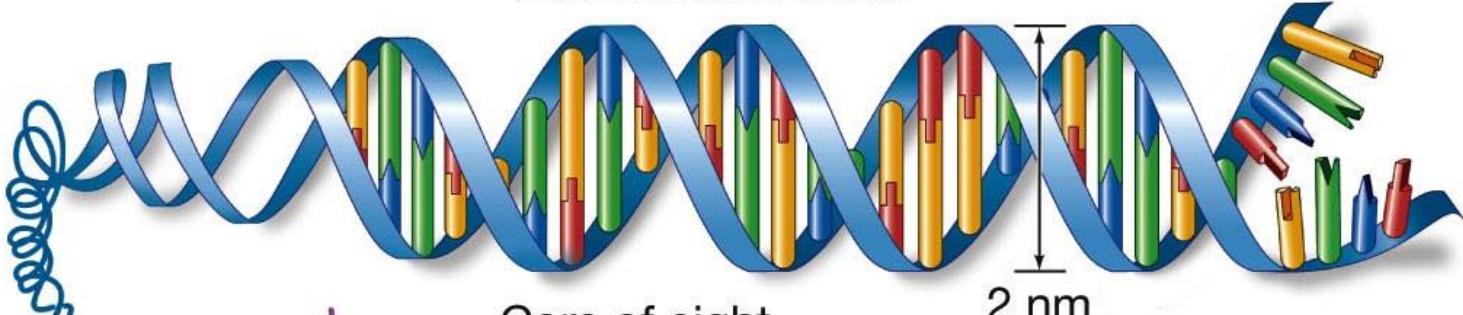
כיצד א Roz ה DNA בשלבי מעגל התא השונים?

- ה DNA ארוז בכל שלבי חי התא, הדחיסות משתנה.
- רמת דחיסות נמוכה יחסית באינטראזה (כרומטין) ורבה מאוד בזמן המיטוזה (כרומוזום).
- יחידת אריזה קרויה **הנווקלאוזום** (nucleosome).
- החלבוניים המשתתפים בדחיסה (histone) יחד עם DNA = **כרומטין** (Chromatin)



כרומטין=DNA+חלבוני אריזה

DNA double helix



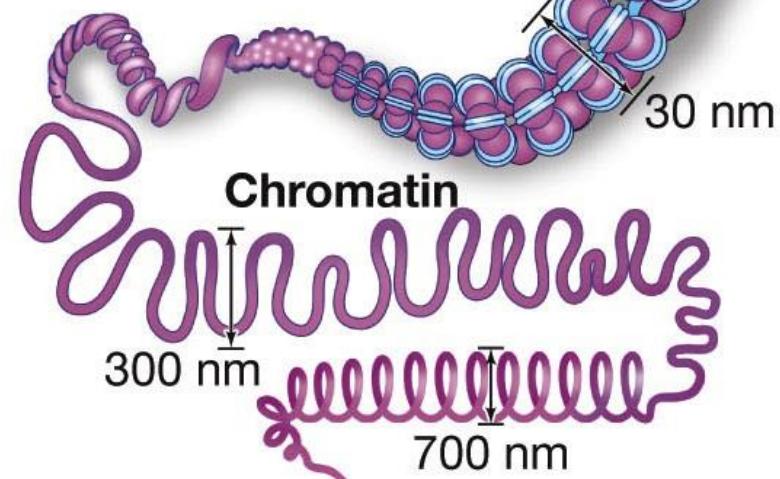
Core of eight histone molecules

Histone H1

Nucleosome

"Linker" DNA

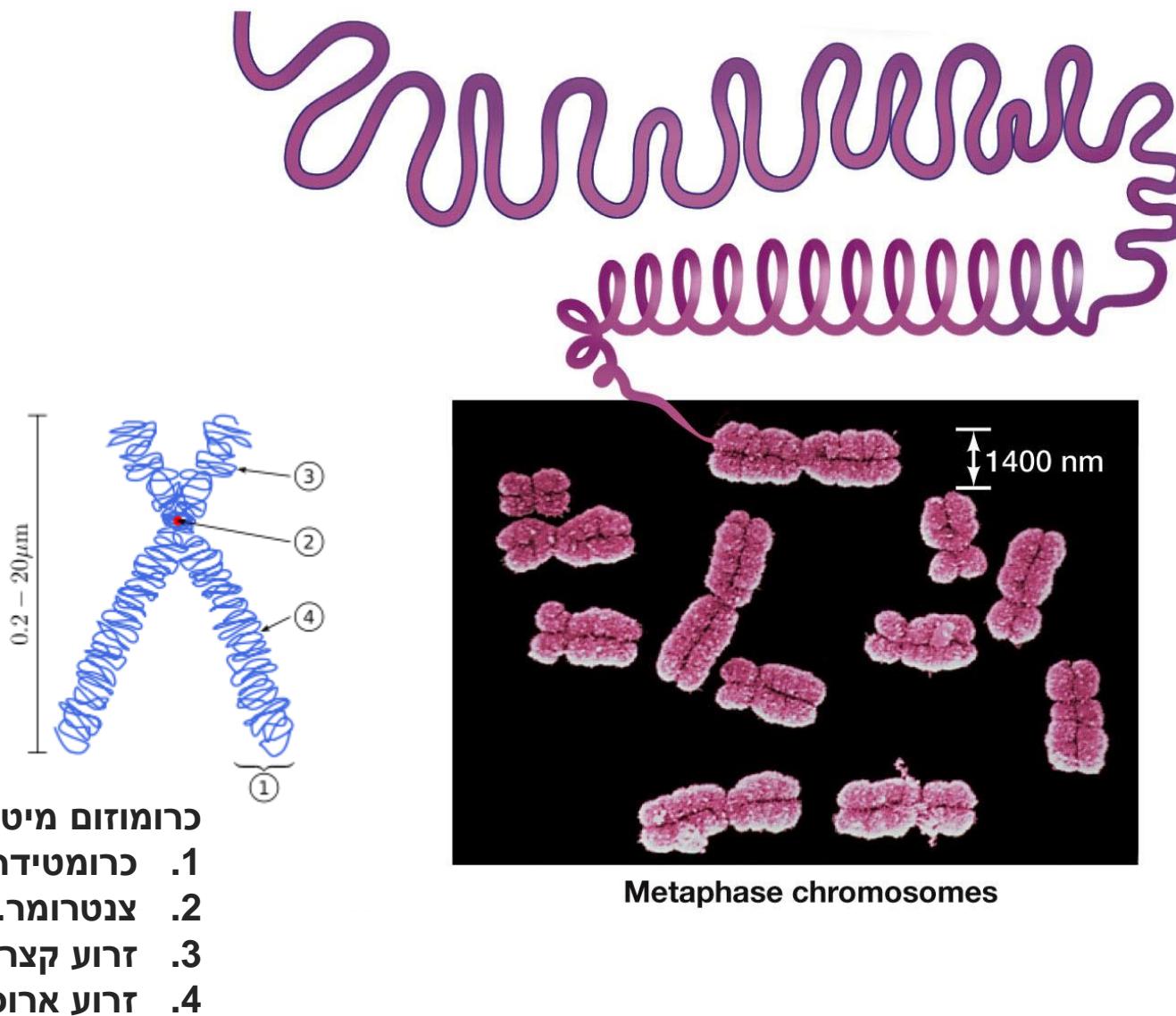
2 nm



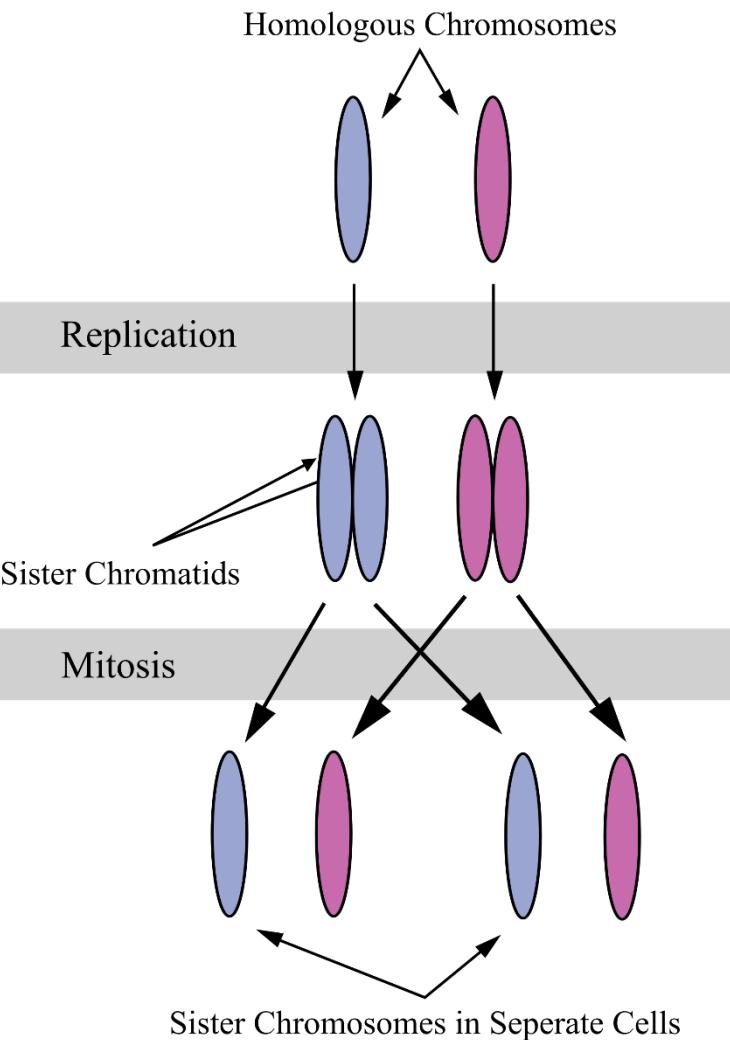
DNA פחוס = 2 מטרים

DNA דחוס ב תא = גודל ננומטרי

בזמן מיטזה או מיוזה, הchromatin נדחס הרבה יותר, למבויים הקרוים **chromozomim**
אליה מבנים עבים וקשיים.



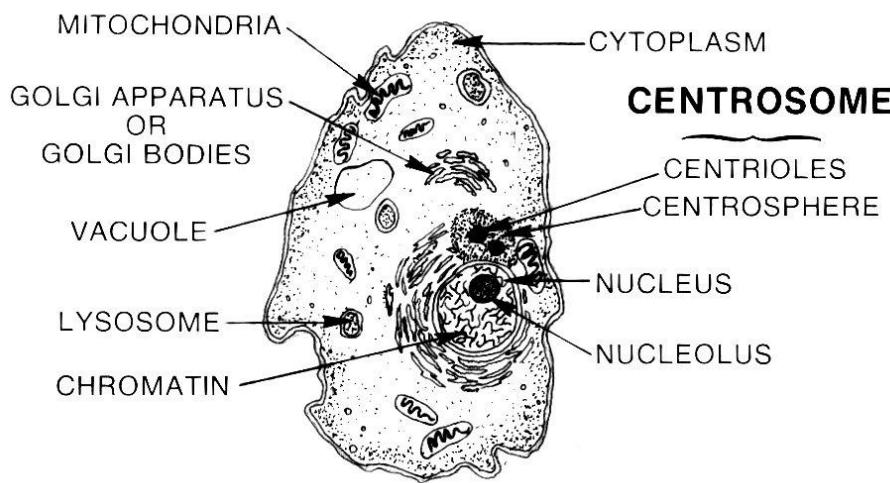
קצת הגדרות

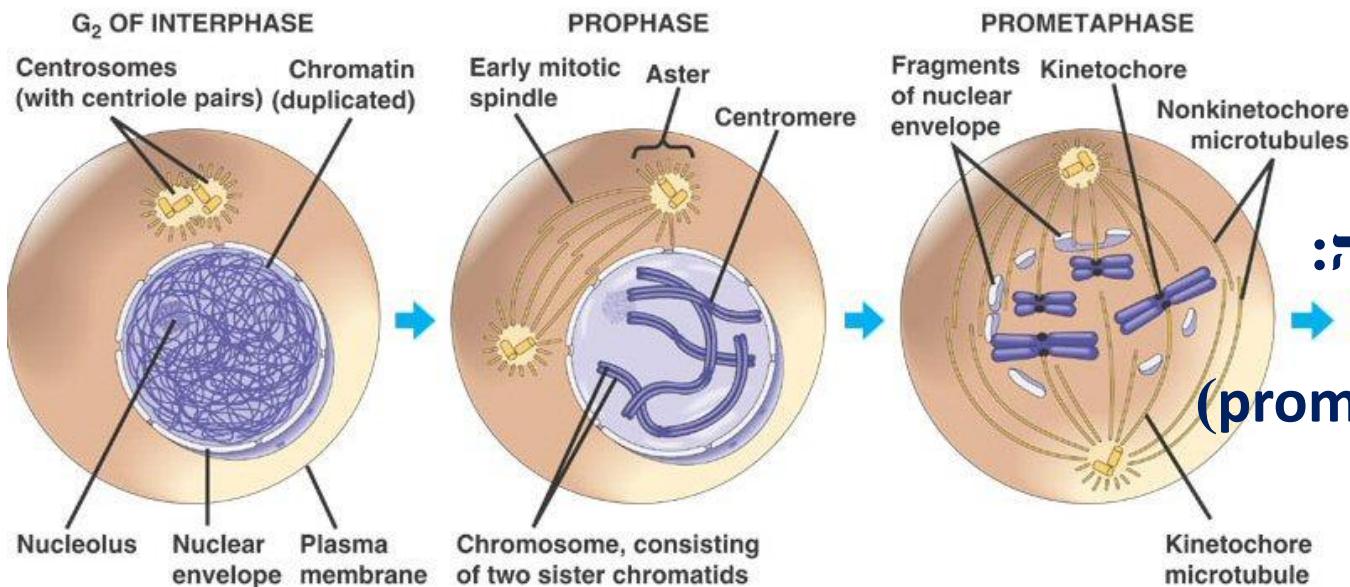


- **כרומוזומים הומולוגים:** כרומוזומים מאותו סוג הדומים בצורה, גודל, גנים, כמות ומיקום. אחד מקורו מהאב והשני מהאם.
- **כרומטידה:** אחת משתי זרועות הכרומוזום לאחר הכפלתDN.
- **כרומטידות אחיות:** שתי כרומטידות לאחר ההכפלתDN המחברות בцентрומה. הן זהות לחלוטין אחת לשניה.

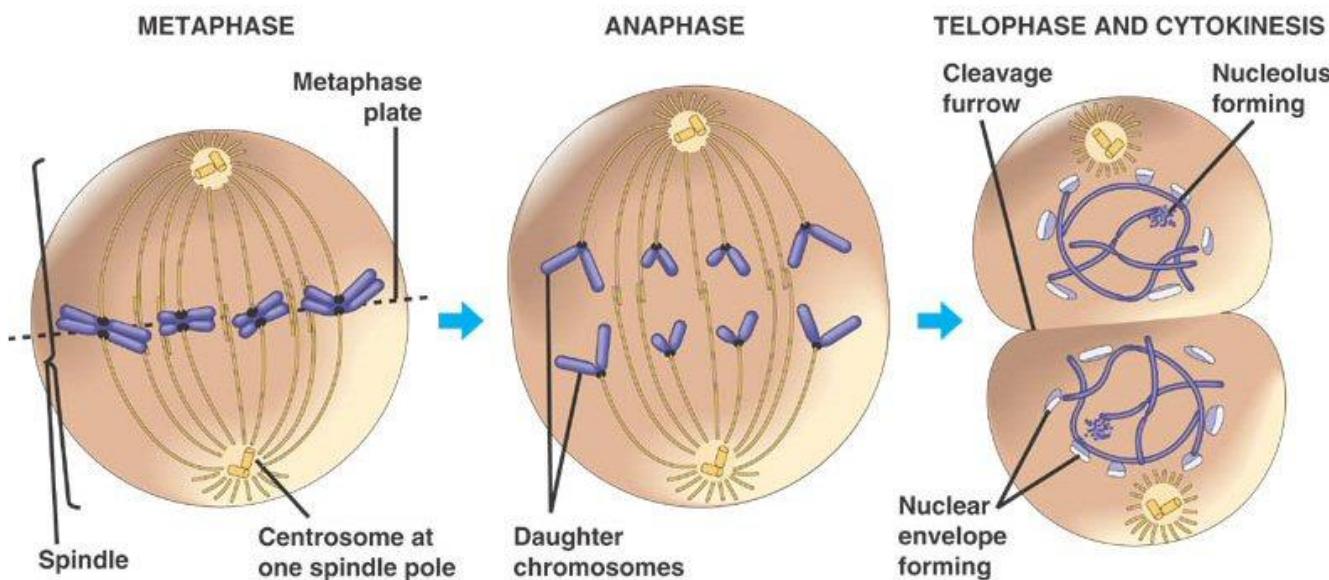
מה קורה בתא בזמן המיטוזה?

- בזמן שהDNA מוכפל, הцентрוזום מוכפל גם הוא.
- לקראת המעבר מ G2 ל M, הцентрוזומיים נעים לקצוות מנוגדות בגרעין התא.
- האוריינטציה זו קובעת את מישור החלוקה של הגרעין והתא.
- ריכוזים גבוהים של טופולין מצטברים באזור הцентрיאולים ומצינים את סיבי המיקרוטובול שיצרים מבנה דמוי כיסור.
- צמחים חסרים מבנה של צנטריול. אצל המיקרוטובול יוצרים מרכזי ארגון שונים.





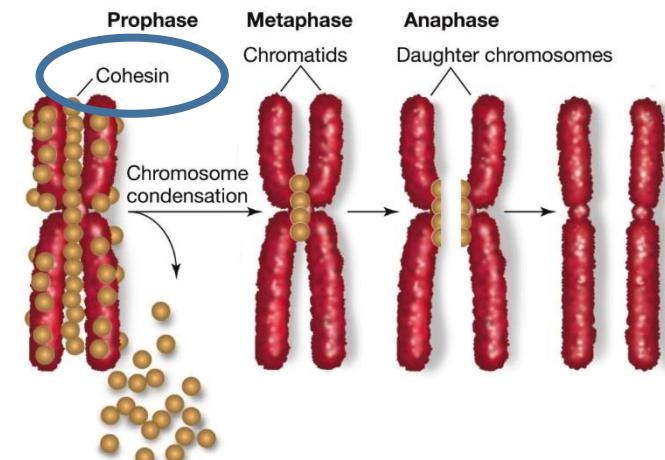
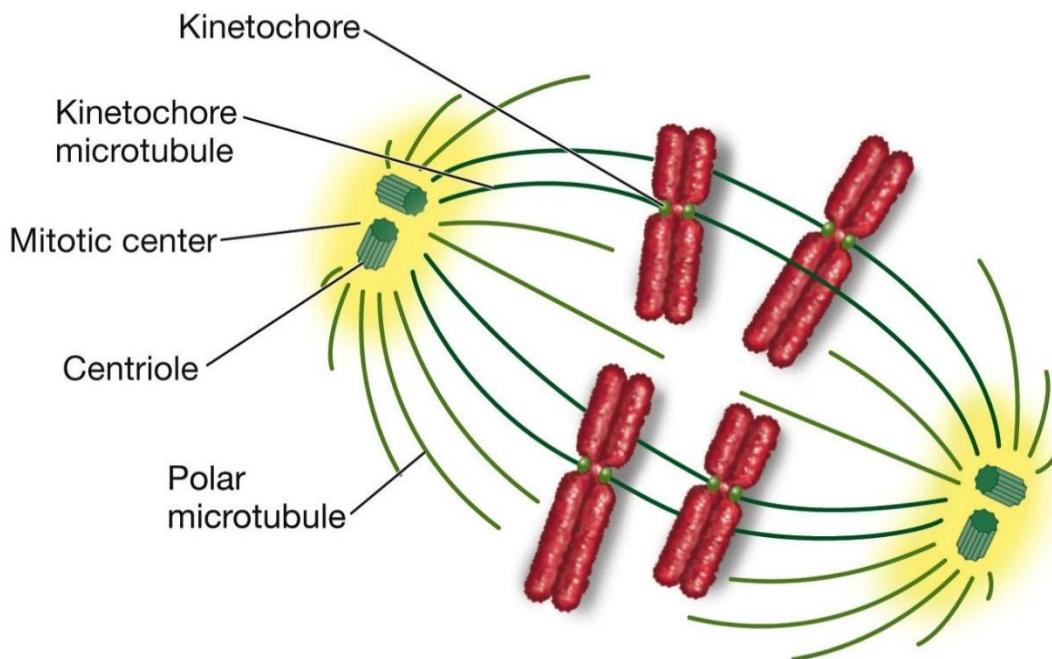
המישת שלבים בmitוזה:
פרופזה (prophase)
פרומטפזה (prometaphase)
מטפה (metaphase)
אנפזה (anaphase)
טלופזה (telophase)



מה קורה בתא בזמן המיתזה?

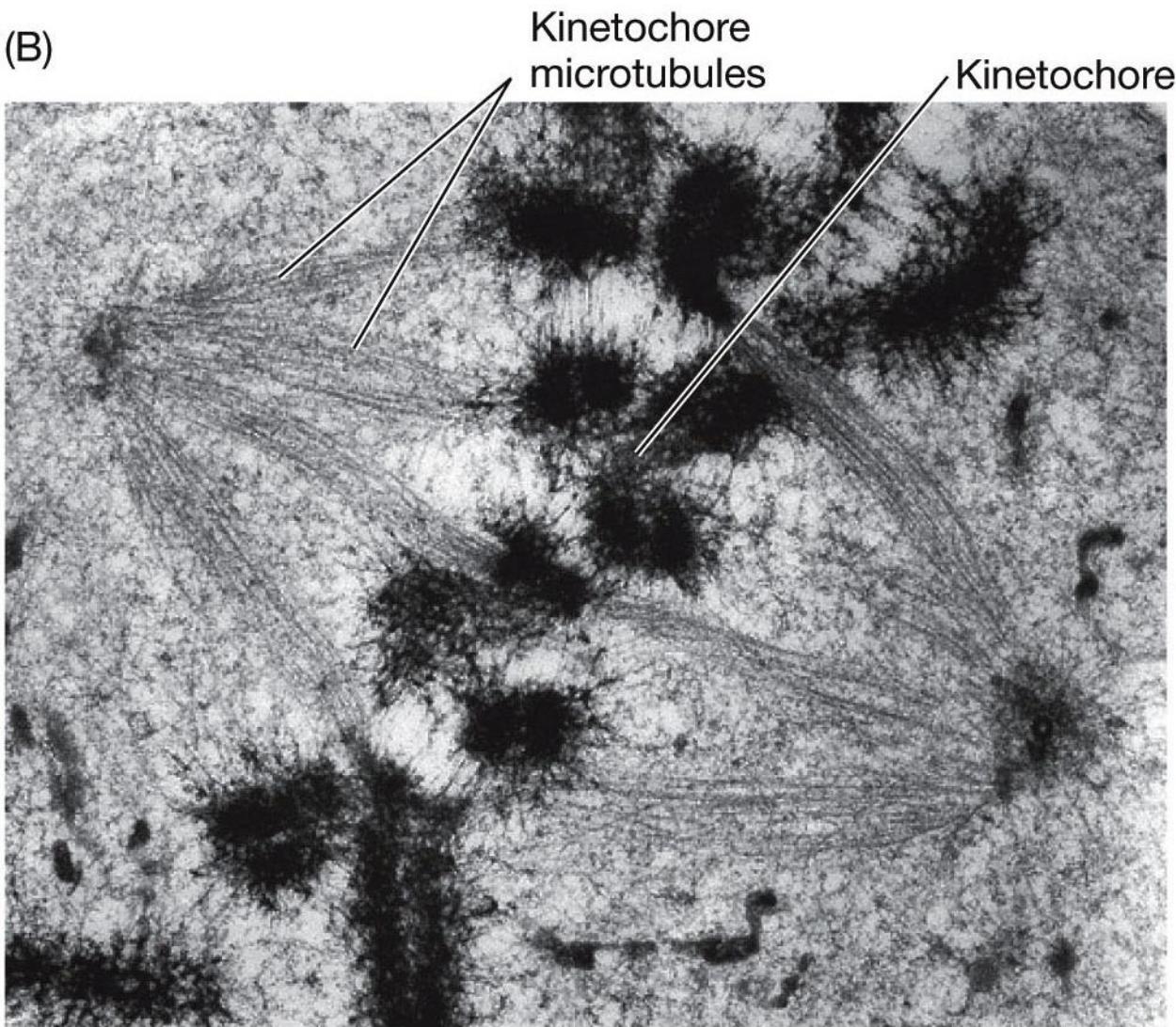
בזמן הפרופזה:

- **הקוּזִין (cohesin)** חלבון המחזיק את הכרומטידות האחיות, נעלם.
- הכרומטין נדחס לכרכוזום הנראה לעין
- מתפתח **קינטווכור (kinetochore)** - מיקרוטובול הקשור לכרכוזום באזור הצנטרומר
- הצנטריולים משמשים כמרכז מיטוטי
- סיבי מיקרוטובול נוצרים בין הקטבים ויוצרים מבנה דמוי כישור



מה קורה בתא בזמן המיתזה?

(B)

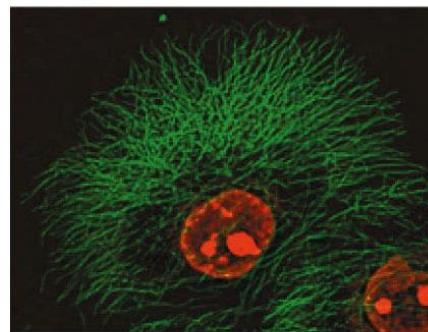


מה קורה בתא בזמן המיטוזה?

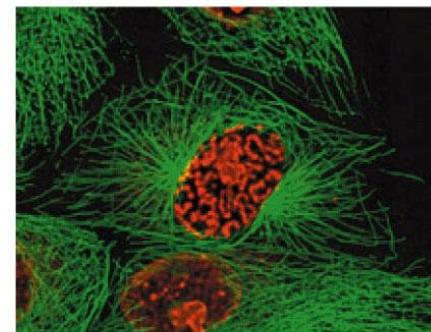
בזמן הפרומטפה (prometaphase):

- מעטפת הגרעין נעלמת (מתמוססת)
- הגרעינון נעלם
- הchromozומים נעים על גבי סיבי המיקרוטובול למרכז הכישור

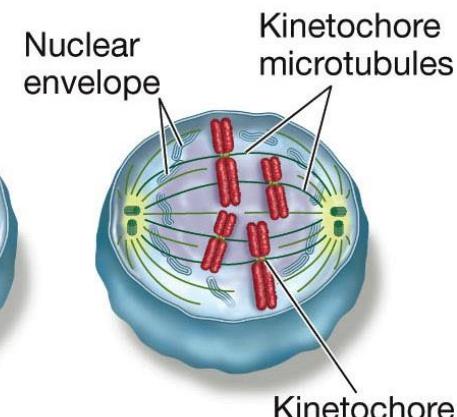
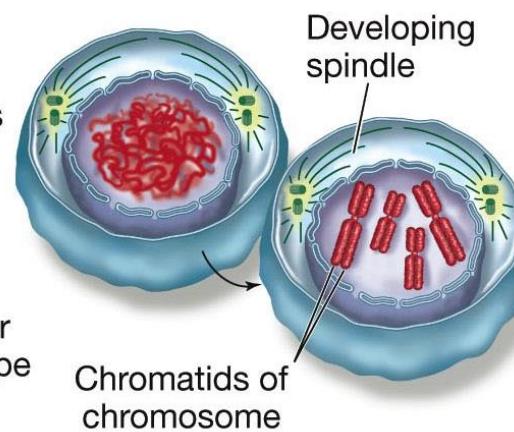
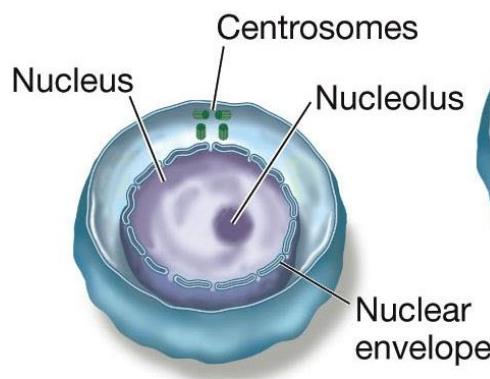
Interphase



Prophase



Prometaphase

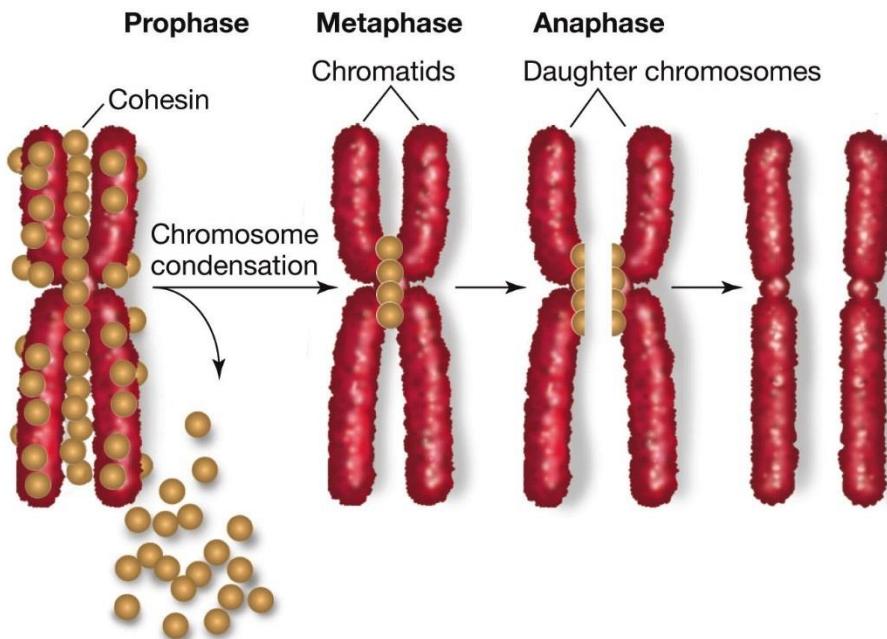


מה קורה בתא בזמן המיטוזה?

בזמן המטפה (metaphase):

- כל הцентрומרים הגיעו ל"משור המשווה/מרכז הקשר" (equatorial plate).
- בזמן האנפזה (anaphase):

 - כרומטידות אחירות נפרדות. כל אחת נעה על גבי המיקרוטובול לכיוון הנגדי של הקשר. אלה יקראו מעתה כרומוזומים בניים/בנות (chromosome daughter).
 - הלבון מוטורי, הדינאין, על גבי הקינטוקור מניע את הכרומוזומים לאורך הקשר.
 - סיבי המיקרוטובול הקשורים בקצותםocr>כרומטידות, מתקזרים ועל ידי כך מסיעים בהכוונת הכרומטידות אל קווטב הקשר.



מה קורה בתא בזמן המיטוזה?

בזמן הטלופזה (telophase)

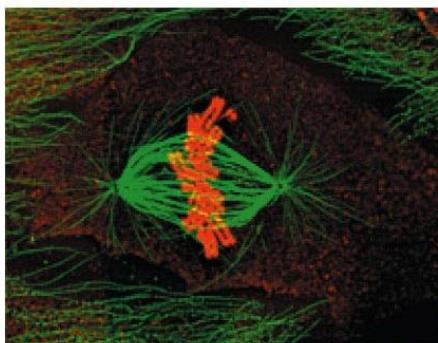
הקשר מתפרק

הקרומוזומים נפתחים למבנה של כרומטין

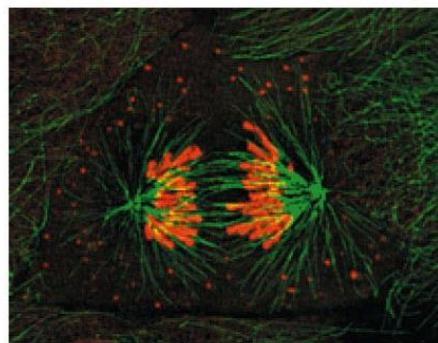
מעטפת הגרעין נבנית בכל תא בת

הגרעינים נוצר מחדש בכל תא בת

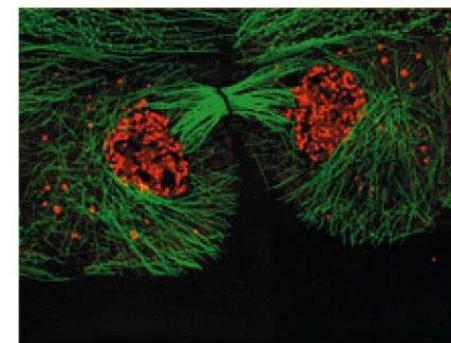
Metaphase



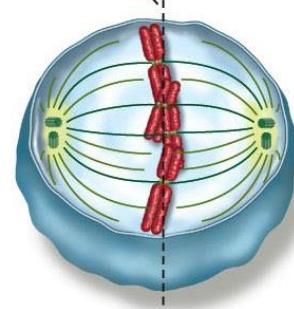
Anaphase



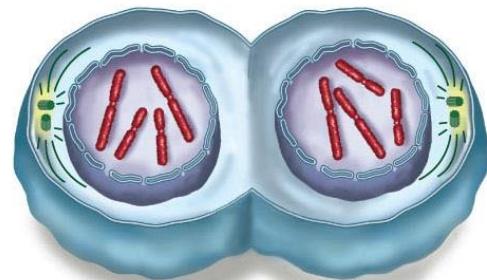
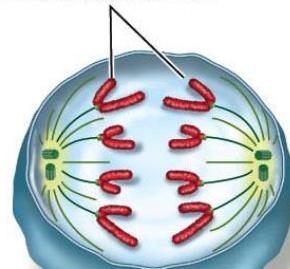
Telophase



Equatorial plate



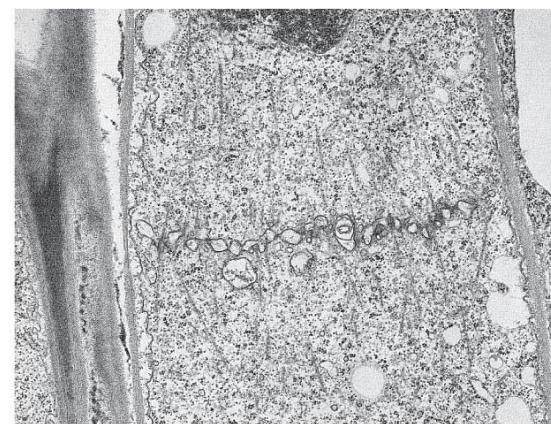
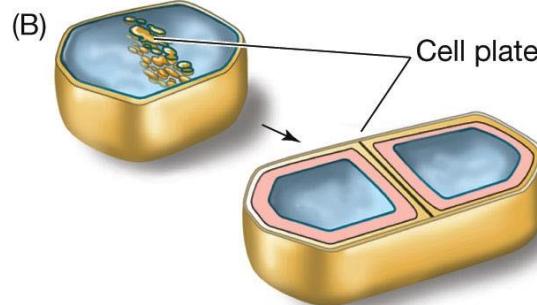
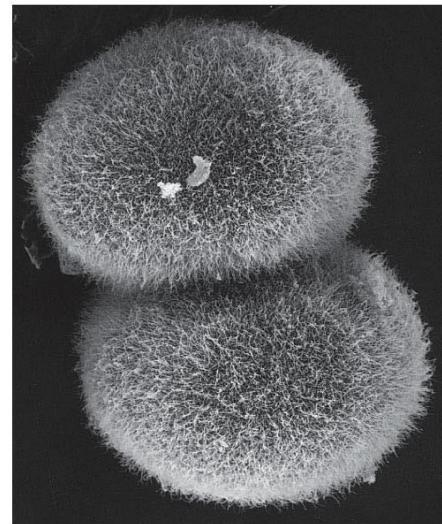
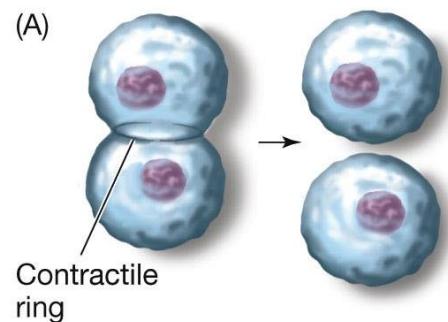
Daughter chromosomes



מה קורה בתא בזמן המיתזה?

בזמן הцитוקינזה:

- **געשית חלוקת הцитופלסמה**
- **בתאי יונקים סיבי המיקרופילמנטים בעזרת מיזין יוצרים את הפרדה**
- **בצמחיים, מגנון הגולגי בונה את הקروم שיחצה בין התאים**



<http://www.youtube.com/watch?v=V1N7K1-9QB0>



SADAVA
HILLIS
HELLER
BERENBAUM

ביולוגיה 1

חלוקת התא - רבייה מינית ואל-מינית

דרכ' אורנה עטאר

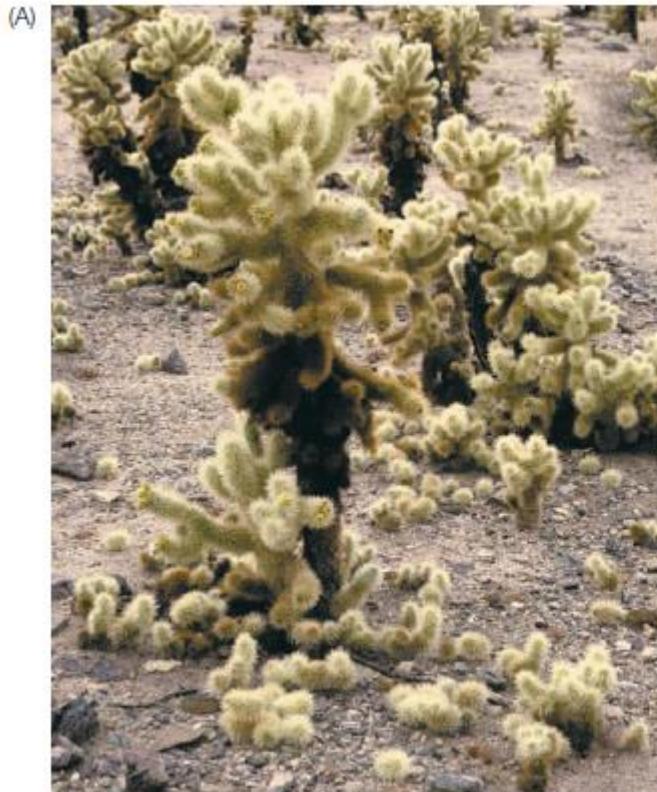
היחידה לנוער שוחר מדע

הגדרות

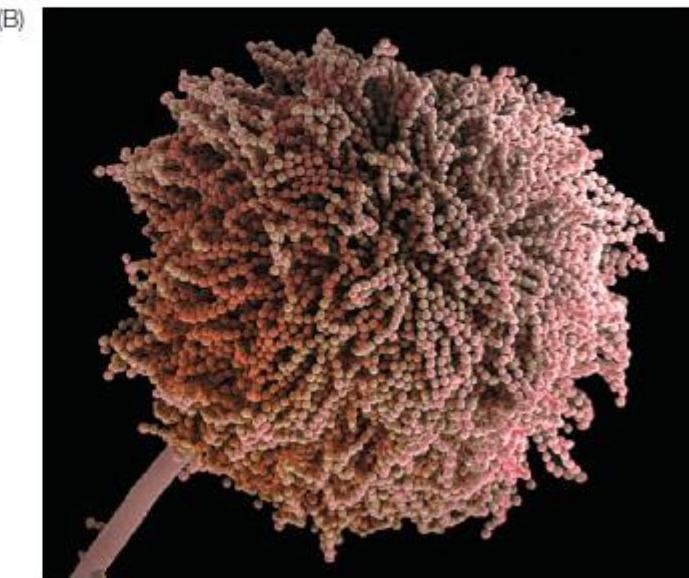
- פלאידיות – מספר מכל כרומוזום הנמצא בכל תא באורגניזם. לאורגניזמים שונים פלאידיות שונת.
אורגניזם הפלואידי – עותק אחד (חידק).
אורגניזם דיפלאידי – שני עותקים (אדם).
- פוליפלאידי – יותר משני עותקים לכל כרומוזום (ابتיח X3, קיומי X6)
- אנופלאידיות – מצב לא תקין של כרומוזומים (תסמנת דאו)

רבייה אל-מיןית

- **רבייה אל-מיןית** מבוססת על חלוקה מיטוטית של גרעין התא
- זו יכולה לתרום ביצור חד או רב תא'
- תאים של יצורים רב תאים יכולים להוביל לייצור של יצורים חדשים
- היצאנים במקרה זה הם שבטים (clones) זהים גנטית לתא או יצור האם

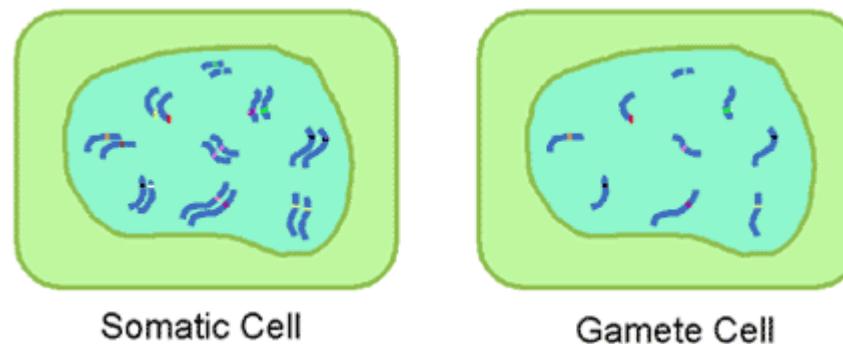


11.14 Asexual Reproduction in the Large and the Small (A) Some cacti like this cholla have brittle stems that break off easily. Fragments on the ground set down roots and develop by mitotic cell divisions into new plants that are genetically identical to the plant they came from. (B) These strings of cells are asexual spores formed by a fungus. Each spore contains a nucleus produced by a mitotic division and is genetically identical to the parent that produced it. It can divide to form a new fungus.



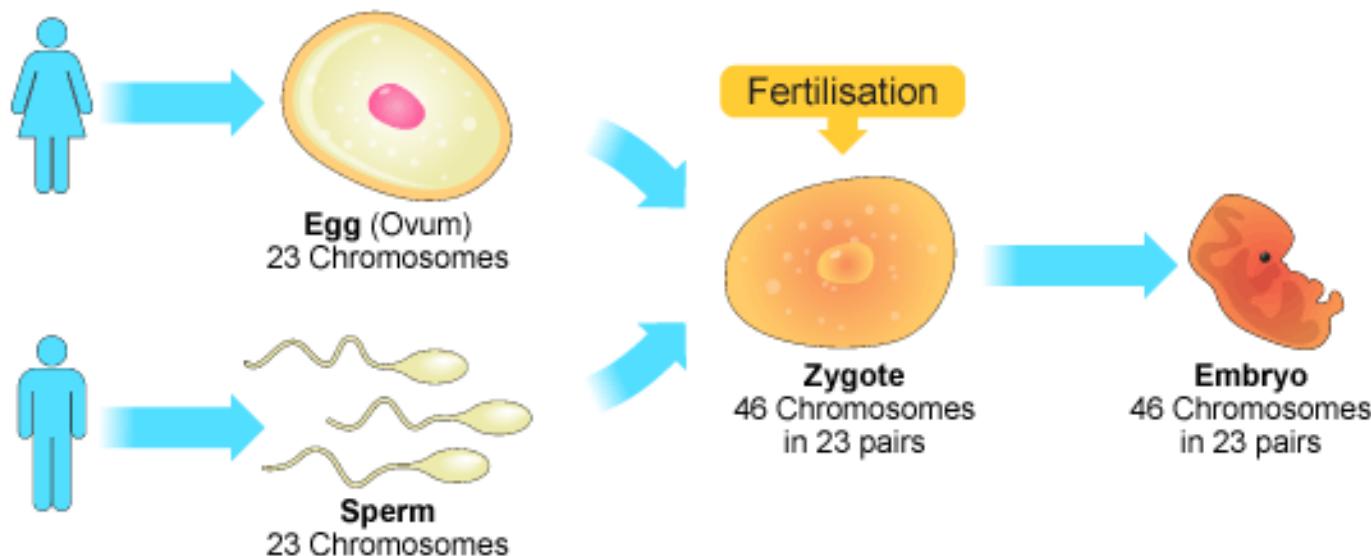
רביה מינית

- **ברבייה מינית**, היצאים אינם זרים להוריהם
- מיוזה היא חלוקה בה מופחתים מספר הכרומוזומים לחצי (הפלואידים, ראה למטה)
- מיוזה מייצרת תא מין (gametes) השוניים גנטית מההוריהם והאחד מהשני
- תא גוף בוגרים (somatic cells) אינם מתמחים ברבייה (למרות שנייתן להפוך אותם לכאלה)
- כל תא בוגר, סומטי, מכיל זוגות הומולוגיים של כרומוזומים, המכילים אותם גנים, אך מקורם באם ובאב
- כל הורה תורם סט אחד של כרומוזומים



גמטות

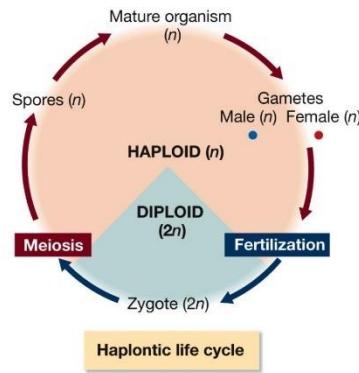
- גמטות מכילות רק סט אחד של כרומוזומים
- גמטות הן הפלואידיות (haploides) הן מכילות מספר ח של כרומוזומים (בבני אדם $\text{Ch}=23$)
- הפריה מתרחשת בהתאחדות של שני תאי מין (ביצית ותאי זרע בני אדם ווונקים)
- התוצאה היא זיגוטה (zygote) דיפלאידית (diploid) לה 2×23 כרומוזומים (23 זוגות בני אדם)



ישנן מספר צורות של מעגל חיים מיני:



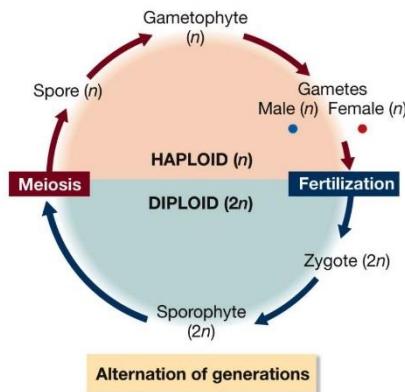
Fungus



מעגל חיים הפלואידי



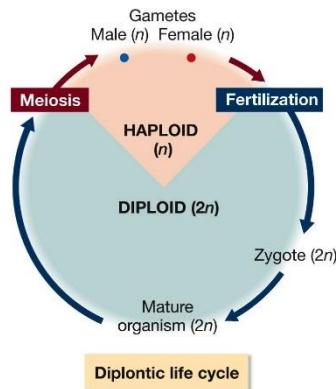
Fern



חלופי דורות



Elephant



מעגל חיים דיפלואידי

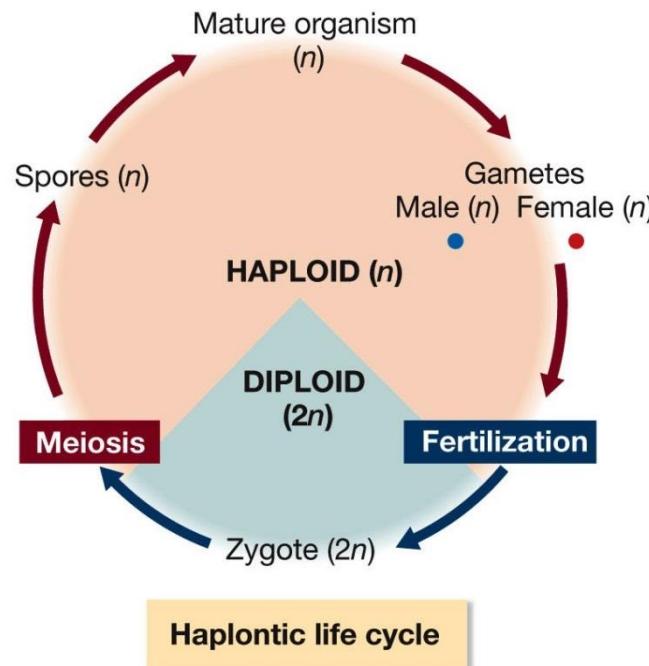
ישנן מספר צורות של מעגל חיים מיני:

מעגל חיים הפלואידי (haplontic life cycle):

- קיים ברוב ה-protists, פטריות, מספר אצות י록ות.
- באלה זיגוטה הוא השלב הדיפלואידי היחיד
- מיד לאחר יצירת הזיגוטה - היא עוברת חלוקה מיוטית כדי ליצור נבגים (spores)
- היצור הבוגר הוא הפלואידי. הם מייצרים תאי מין על ידי מיטוזה



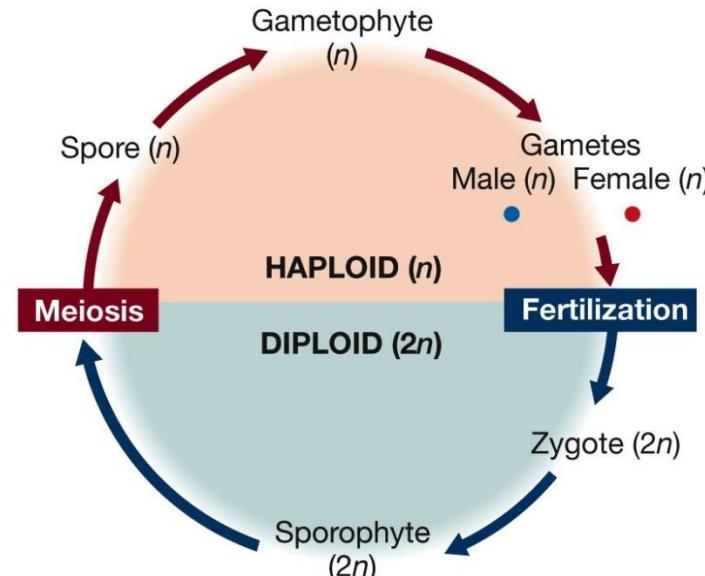
Fungus



ישנן מספר צורות של מעגל חיים מיני:

חילופי דורות:

- ברוב הצמחים ומעט מהפטריות, מיוזה מביאה לייצירה של נבגים הנבגים מתחלקים במיוזה ויוצרים את היצורים הבוגרים הקרויים גמטופיטים (gametophyte)
- הגמטופיטים יוצרים תאי מין בחלוקת מיטוטית
- הזיגוטה היא חיבור של שני תאי מין כלומר, הם דיפלואידים, קרויים ספורופיטים

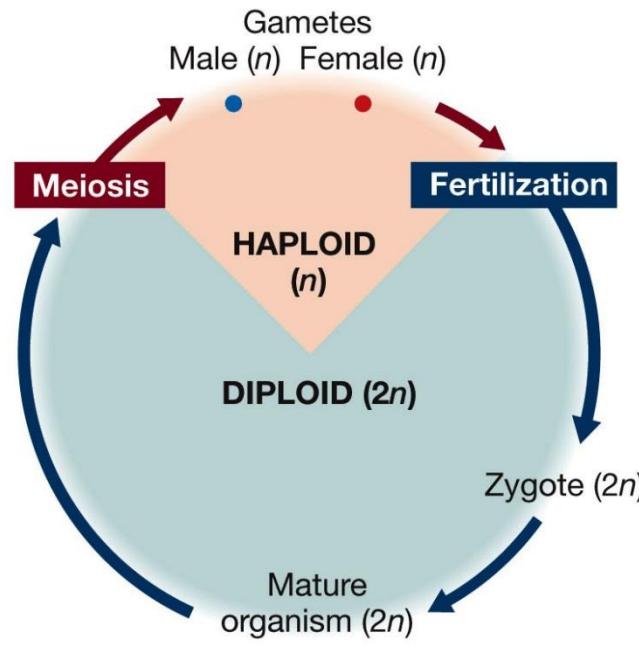


Alternation of generations

ישנן מספר צורות של מעגל חיים מיני:

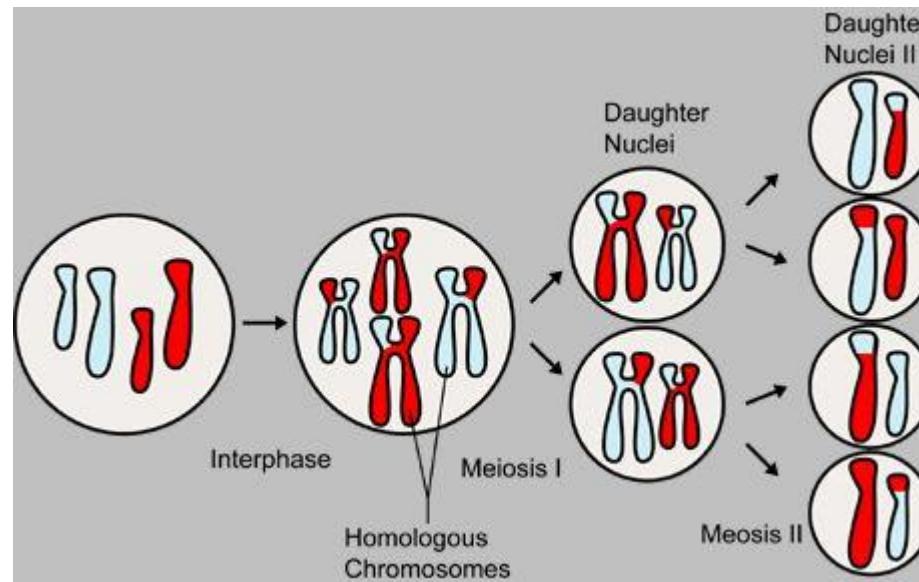
מעגל חיים דיפלואידי:

- ביוונקים ומעט מהצמחיים ופטריות, גמتوת הן השלב הפלואידי היחיד במחזור חייהם הבוגרים הם דיפלואידיים ומתרבים ככאלה בחלוקת מיטוטית תאי מין נוצרים בחלוקת הפחתה, במיוזה זיגוטה נוצרת כתוצאה איחוי שני תאי מין, ליצור זיגוטה דיפלואידית הזיגוטה מתחילה מחלוקת מיטוטית ליצור גופם בוגר דיפלואידי



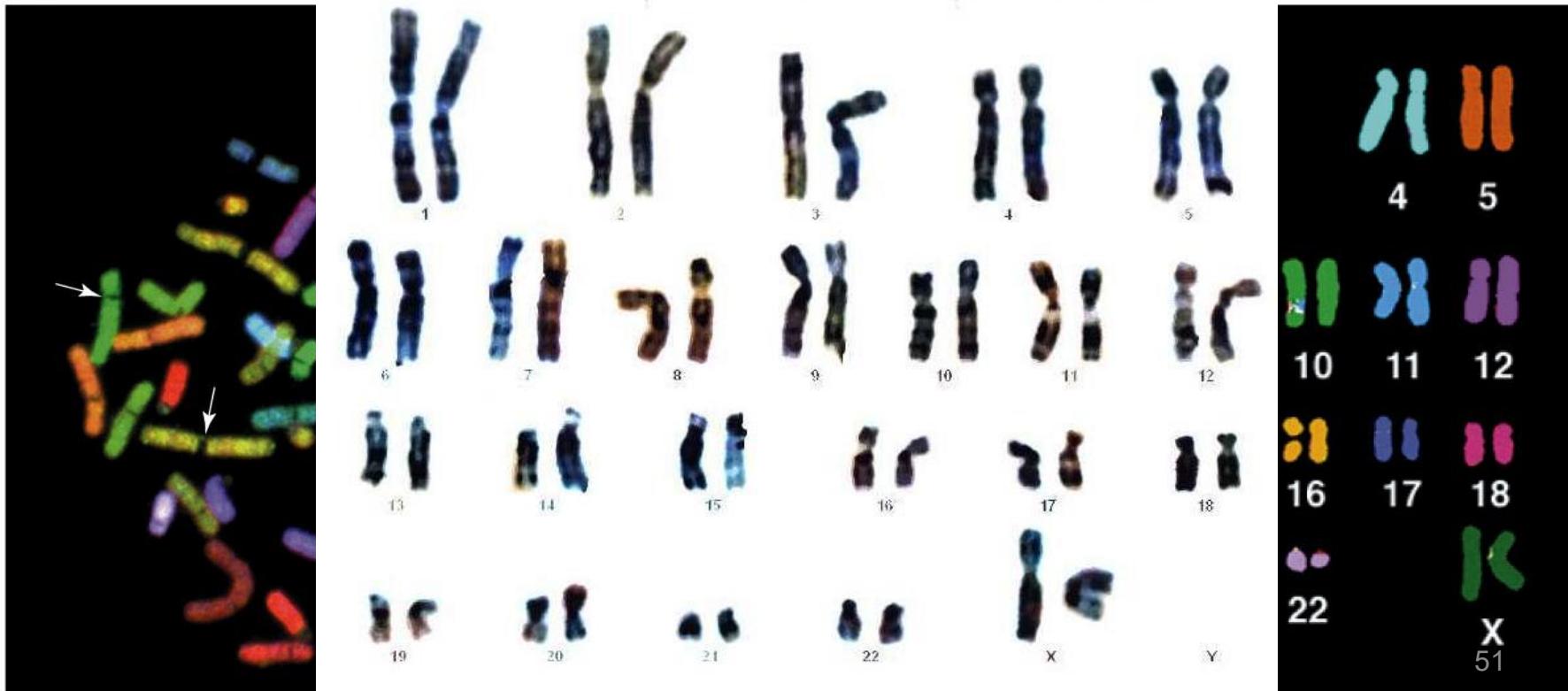
יתרונות רביה מיננית

- רביה מיננית מביאה לערבות אינפורמציה גנטית בתוך אוכלוסייה
- אין שני יוצרים באוכלוסייה שיש להם לבדוק את אותם הגנים (למרות שהם מכילים את אותה אינפורמציה גנטית)
- הבחירה של כרומוזומים שיילכו לתא מין היא רנדומלית
- לכן כשתים כאלה יוצרות זוגות, התוצאה אינה דומה למה שהיה



קריאווטיפ האדם בשלב המטפה

- כדי לבדוק הרכב כרומוזומיים, תאים בשלב המטפה מקובעים כדי לבדוק הקריאווטיפ
- קריאווטיפ (karyotype) כולל את המבנה, הצורה והמספר של כרומוזומים בתא
- לכל כרומוזום יש מאפיינים מסוימים אשר זהווות שינוים גנטיים בקריאווטיפ



אין קשר בין גודל האורגניזם למספר הโครמווזומים שלו

Numbers of Pairs of Chromosomes in Some Plant and Animal Species

COMMON NAME	SPECIES	NUMBER OF CHROMOSOME PAIRS
Mosquito	<i>Culex pipiens</i>	3
Housefly	<i>Musca domestica</i>	6
Toad	<i>Bufo americanus</i>	11
Rice	<i>Oryza sativa</i>	12
Frog	<i>Rana pipiens</i>	13
Alligator	<i>Alligator mississippiensis</i>	16
Rhesus monkey	<i>Macaca mulatta</i>	21
Wheat	<i>Triticum aestivum</i>	21
Human	<i>Homo sapiens</i>	23
Potato	<i>Solanum tuberosum</i>	24
Donkey	<i>Equus asinus</i>	31
Horse	<i>Equus caballus</i>	32
Dog	<i>Canis familiaris</i>	39
Carp	<i>Cyprinus carpio</i>	52



SADAVA
HILLIS
HELLER
BERENBAUM

ביולוגיה 1

חלוקת התא – חלוקת הפחתה (מיוזה) Meiosis

דר' אורנה עטאר

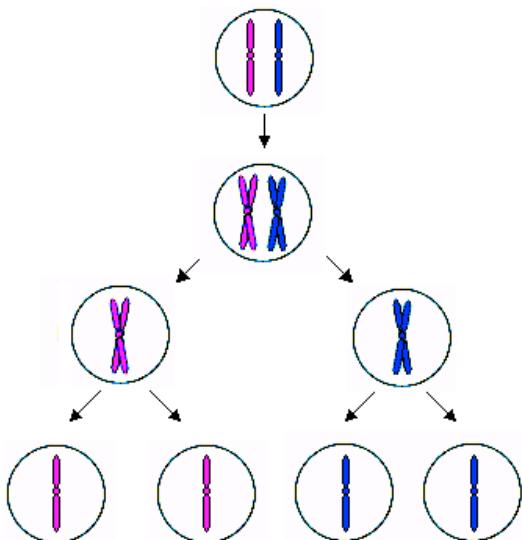
היחידה לנוער שוחר מדע

מה קורה לתאים במיוזה (meiosis)

תהליך מיוזה כולל שתי חלוקות של החומר הגנטי ורק הכפלת אחת של DNA.

התוצאה היא:

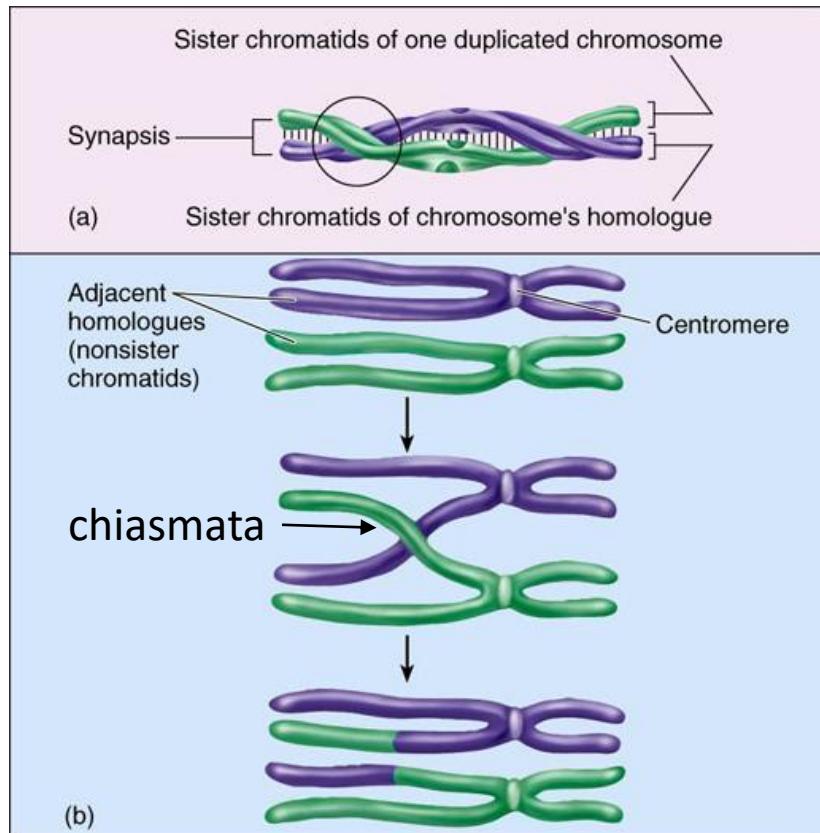
- ארבעה תאים פלוואידים (המכילים ח כרומוזומים)
- כל תא בת מכיל את כל הסט של הגנים פעם אחת בלבד
- הגדלת השונות הגנטית באוכלוסייה



המיוזה כוללת שני שלבים, מיוזה I ומיוזה II

- מיוזה I מתרחשת אחרי הכפלת ה DNA (בשלב S)
- מיוזה II מתרחשת ללא הכפלת ה DNA

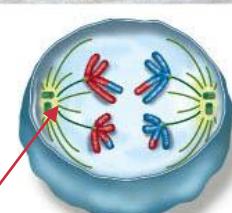
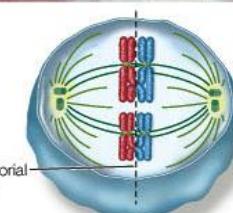
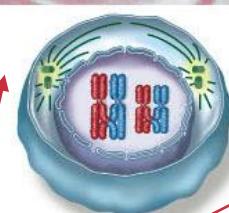
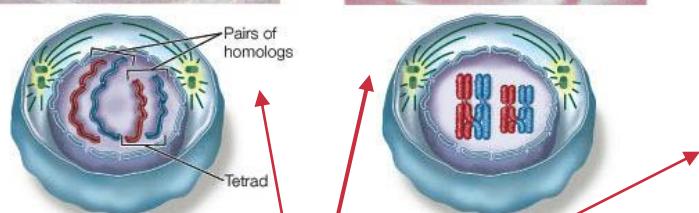
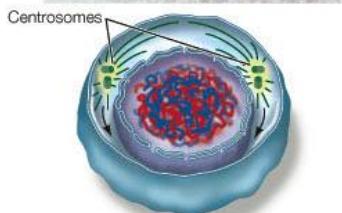
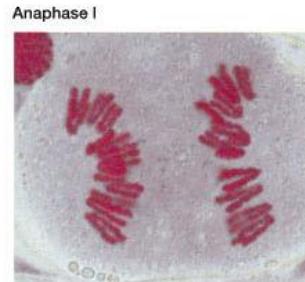
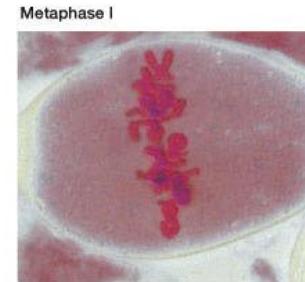
מיוזה |



- זוג כרומוזומים הומולוגים מצומדים אחד לשני לכל האורך. תהליך הקרי **synapsis**.
- תהליך זה אינו קיים במיטוזה.
- במטפזה | זרועות הכרומטידות בכל זוג מתרחקות אחת מהשנייה אם כי הן נשארות מחוברות.
- כתוצאה מהפתיחה של זוגות הכרומוזומים נוצרות כיאסמות בהן מתרחשים חילופי **קטעים (cross over)** בין מקטעי כרומוזומים הומולוגים.
- שני זוגות הכרומוזומים הומולוגים מתקרבים מאוד ויוצרים מבנים הקריים טטרדות (**tetrads**)
- דוגמא: תא אדום מכילים 46 כרומוזומים ב 23 זוגות.
- בשלב הפרופזה | לתא יש 23 טטרדות כלומר, 92 הכרומטידות.

מיוזה I

MEIOSIS I



1 The chromatin begins to condense following interphase.

2 Synapsis aligns homologs, and chromosomes condense further.

3 The chromosomes continue to coil and shorten. Crossing over results in an exchange of genetic material. In prometaphase the nuclear envelope breaks down.

4 The homologous pairs line up on the equatorial (metaphase) plate.

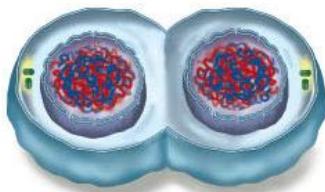
5 The homologous chromosomes (each with two chromatids) move to opposite poles of the cell.

Homologous Chromosomes come together

Synapsis

Each chromosome (with 2 chromatids) moves

Telophase I



6 The chromosomes gather into nuclei, and the original cell divides.

מה קורה לתאים במיוזה (meiosis)

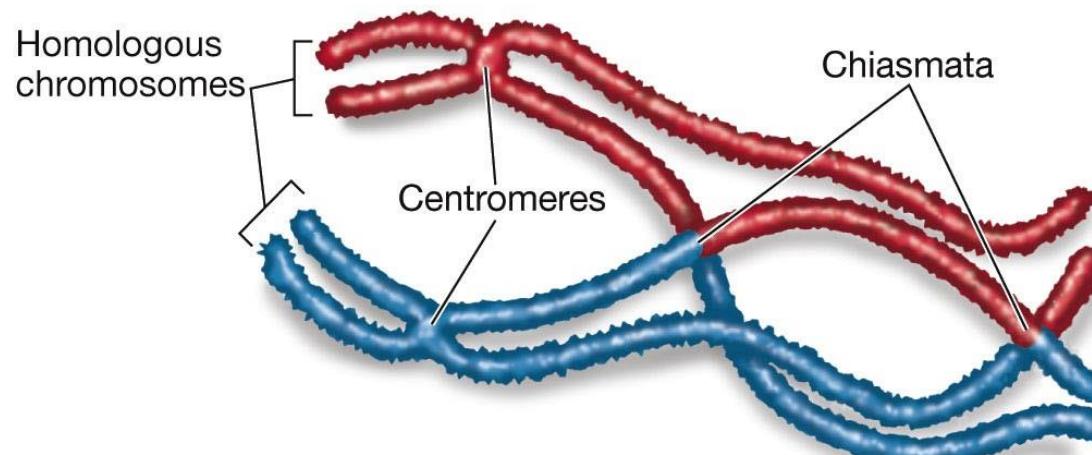
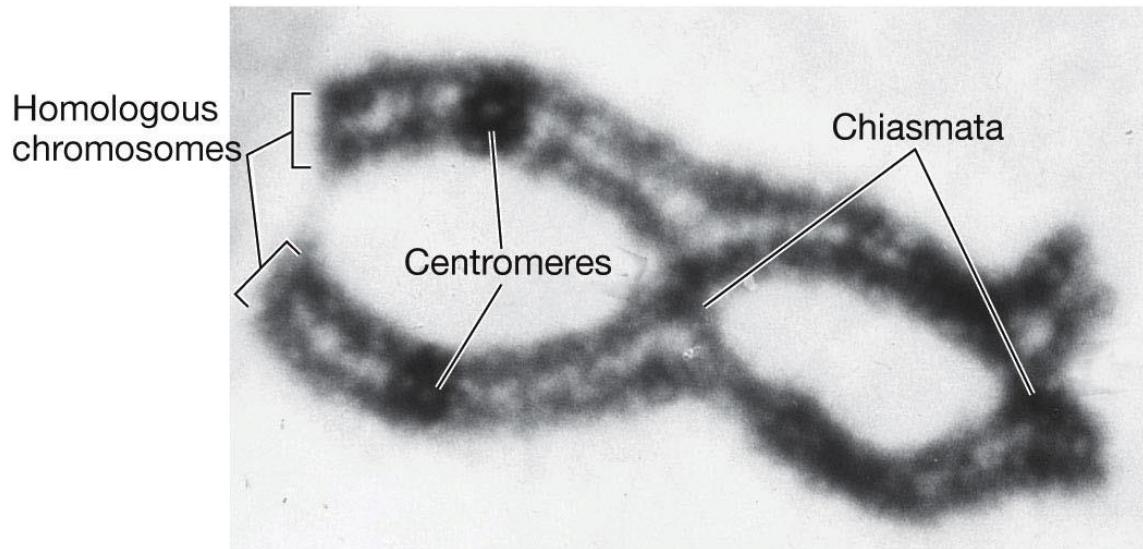
בזמן פרופזה :

- הchromatin נדחס למבנה של chromatins
- chromatidות homologיות נצמדות לכל אורכו ויוצרות synapses

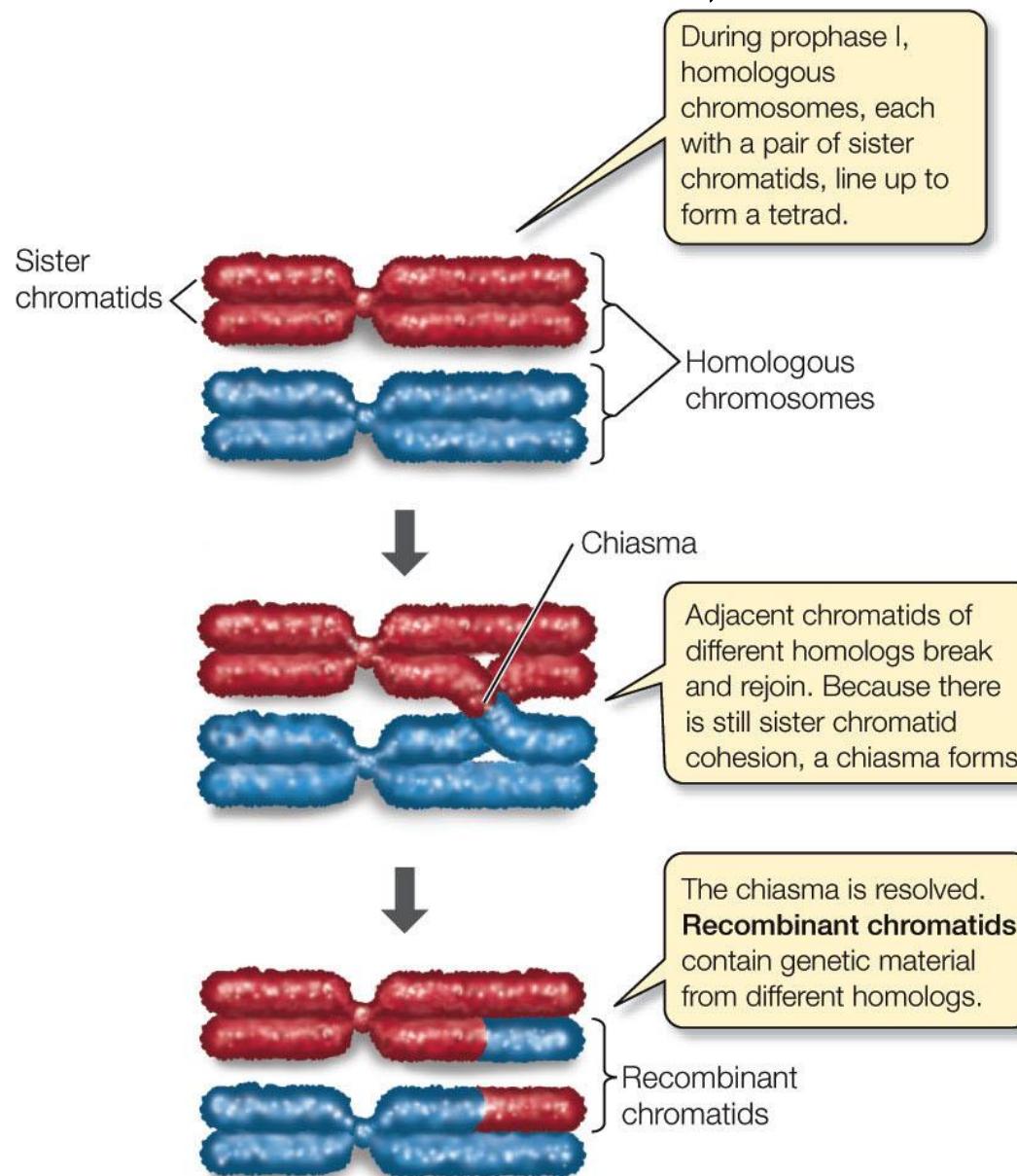
בזמן מטפזה :

- הסינפסיס נפסק, chromatidות נדוחות אחת מהשנייה (קצת מתרחקות).
- chromatidות האחיות נשארות נקודות צמודות בנקודת אחיזה אחת על ידי חלבון הקוהזין, בדומה למיתוזה
- הזרעות החופשיות יוצרות נקודות מגע עם זוג chromatidות השני בטטרדה
- אורי מגע אלה קרויות chiasma (chiasmata)
- הchiasma הם מקור להילופי מקטעים בין chromatidות
- תהליך זה נקרא crossing over והוא אחד התהליכים התורמים לגוון גנטי
- Crossing over קורה למעשה בין פרופזה לבין מטפזה .

הכיאסmeta מיצרים מצבים להילופי מקטעים בתחום הטרדות



הכיאסmeta מיצרים מוצבים מקטועים בתחום הטטרודות, תהליך cross over הקורי



מה קורה לתאים במיוזה (meiosis)

בזמן פרומטזה :

- **מעטפת הגרעין והגרעינון נעלמים**
- **כישור החלוקת, העשי מסיבי מיקרוטובול מהובר לצנטריאולים נוצר**

בזמן מטפהה :

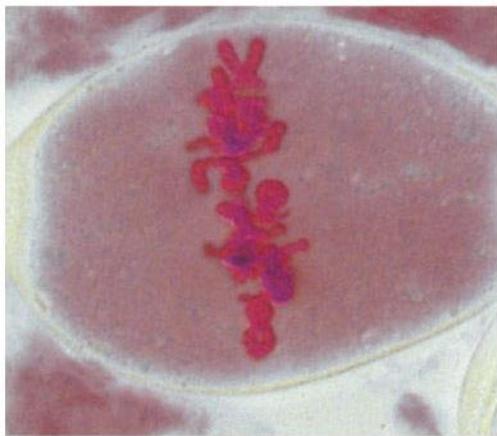
- **הכרומוזומים (טרדות) מתארגנים באזור המשווה של הכישור**
- **הכיאסמטות מחזיקות את הכרומוזומים ייחדיו בכל טרדה**

בזמן אנאפזה :

- **הכרומוזומים נפרדים לказות הכישור בעזרת הקינטוכורים והחלבון המוטורי**
- **ההיפרדות בין זוגות הכרומוזומים מכל טרדה אקראית, כלומר לא ניתן לצפות איזה זוג ילך לאיזה קצה**
- **בתום התהליך כל תא בת הוא דיפלאידי**

מה קורה לתאים במיוזה (meiosis)

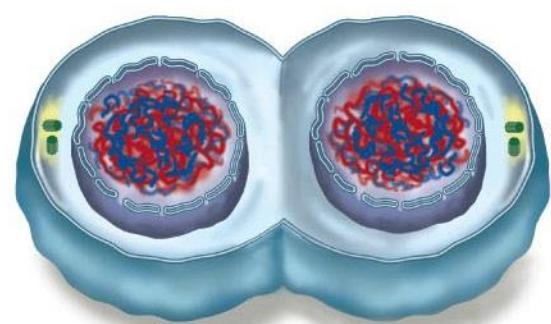
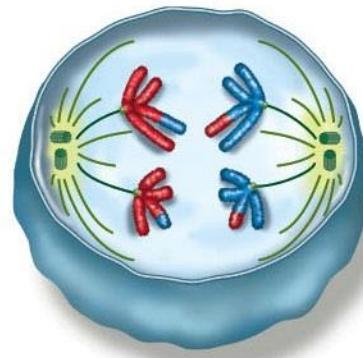
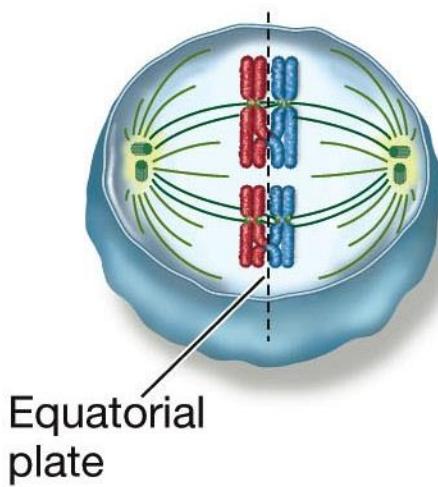
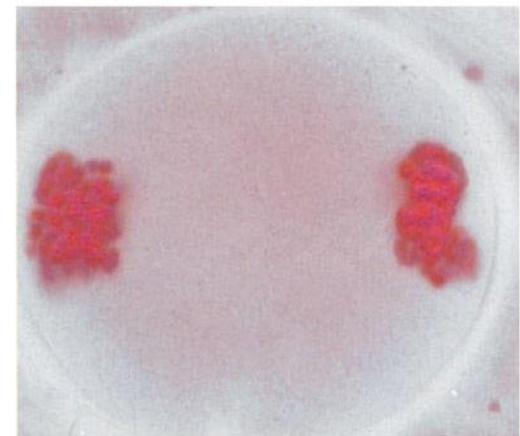
Metaphase I



Anaphase I



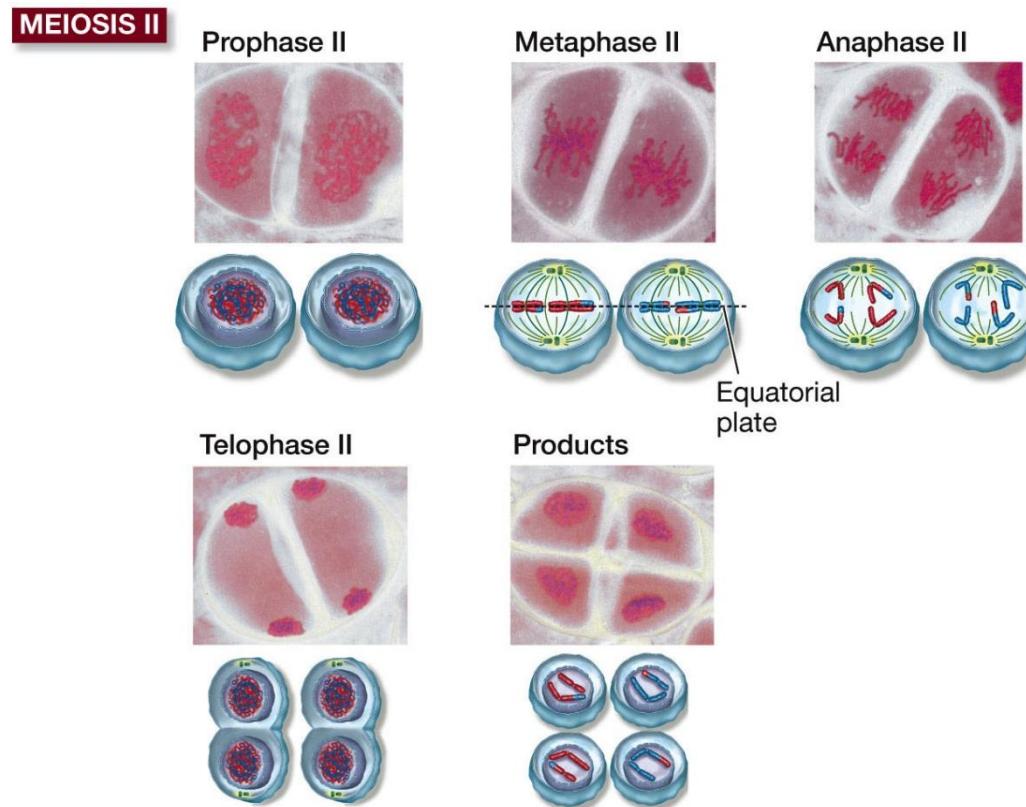
Telophase I



טולופזה I : הכרומוזומים נפתחים בחזרה למבנה של כרומטין, הכנה לציטוקינזה

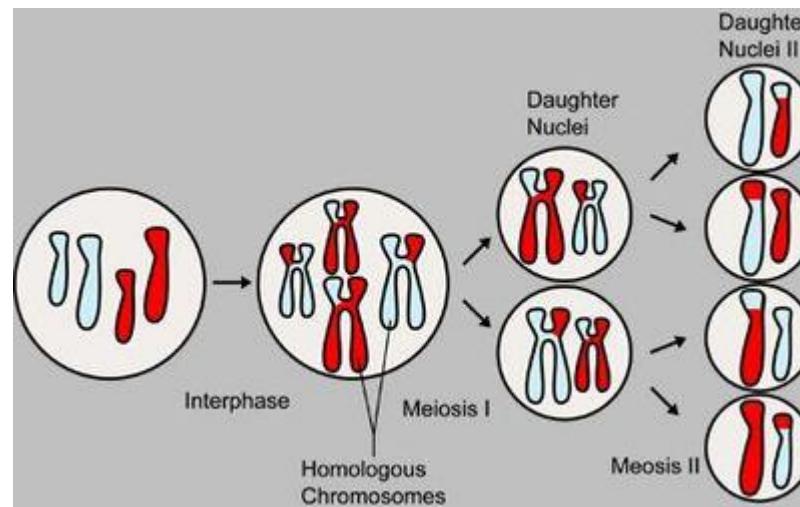
מיוזה II

- דומה מאוד למיוזה בה נפרדות הchromatid מכל chromozome הומולוגי
- ה DNA אינו עבר הכפלת
- ה chromatid האחדות לא תהיה זהה בغالל crossing over באזורי חיסכון במיוזה I
- מספר chromozomים באזור המשווה של ה קישור הוא חצי מזה שבמיוזה I



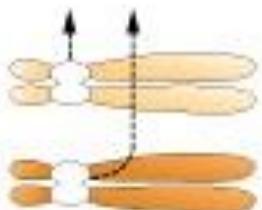
סיכום המיוזה

- סיומה הוא בארבעה תאים הפלואידים
- שונות גנטית בין התאים מקורה בשני גורמים, crossing over, וההיפרדות האקראית במטפה.
- ההיפרדות האקראית קרויה **independent assortment**
- השונות פרופורצionalית למספר הכרומוזומים בתחום ניתן לחשב את מספר הווריאנטים. בני אדם היא 2^{23} , כולל כמעט אינסופית

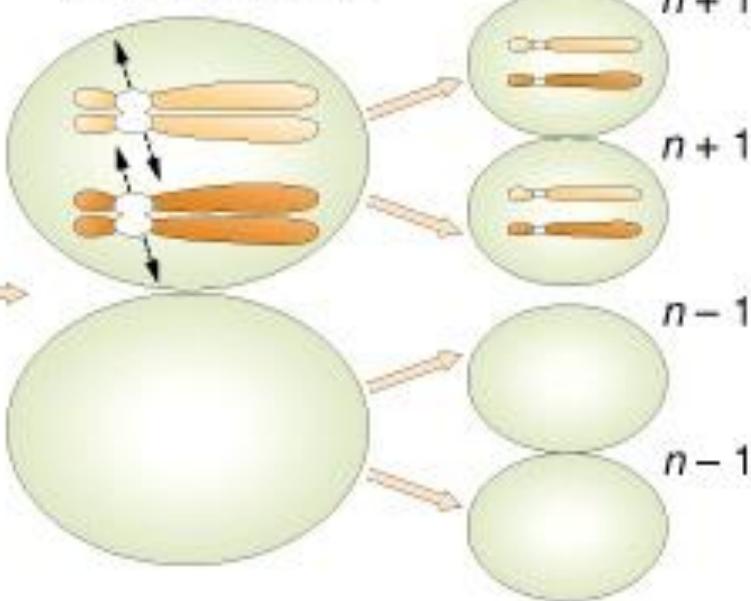


אי-הפרדה

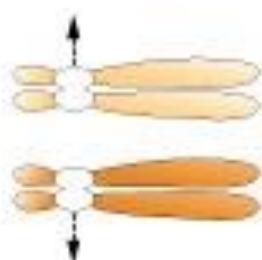
Nondisjunction at first division



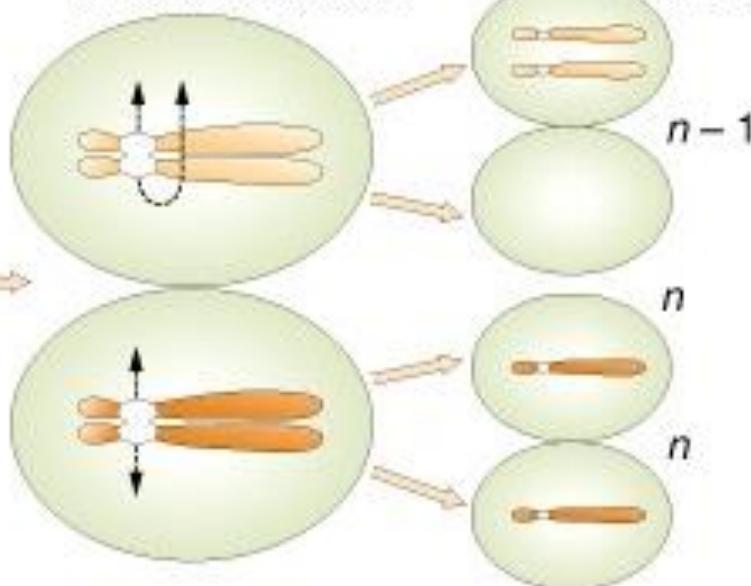
Second division



First division



Nondisjunction at second division

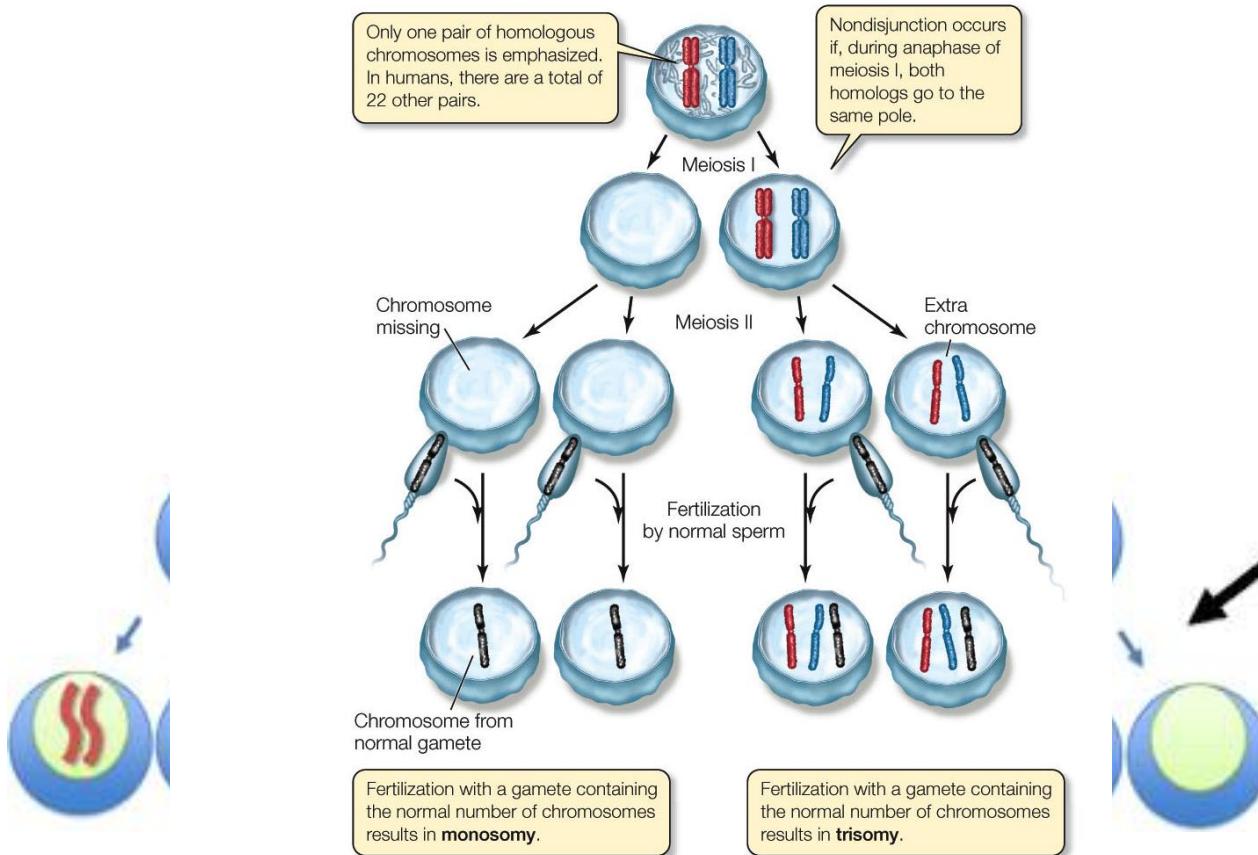


שגיאות במהלך המיוזה

:Nondisjunction

כאשר זוג כרומוזומים אינם נפרדים כראוי בשלב אנאפסה I, או כרומטידות אחיות אינם נפרדות באופן שווה בין תא הابت, או כרומוזומים הומולוגים אינם נשארים יחד לאורך התהיליך.

התוצאה היא **aneuploidy** (אנאיפלואידיה), כרומוזומים חסרים או נמצאים בעודף



שגיאות במהלך המיוזה

- אחד הסיבות הנפוצות ל aneuploidy הוא מחסור או מوطציה בקוהזין, החלבון המצמד כרומטידות.
- לא קוהזין יש סיכוי של 50% שהבעיה תופיע.
- התוצאה תהיה שלחלק מהתאים יהיו שני כרומוזומים ולא אחד או שלא יהיו בכלל אם יהיו שניים במקום אחד, בתא זרע או ביצית, בזיגוטה יהיו שלושה כרומוזומים קררי, טרייזומיה
- לדוגמה: כרומוזום 21 בבני אדם. טרייזומיה שלו מתחבطة בתחום דאון

Incidence of Down syndrome in relation to maternal age	
Maternal age at delivery (years)	Incidence of Down syndrome
20	1 in 1500
25	1 in 1350
30	1 in 900
35	1 in 400
36	1 in 300
37	1 in 250
38	1 in 200
39	1 in 150
40	1 in 100
41	1 in 85
42	1 in 65
43	1 in 50
44	1 in 40
45	1 in 30

Adapted from Cuckle H S, Wald N J, Thompson S G 1987 Estimating a woman's risk of having a pregnancy associated with Down syndrome using her age and serum alpha-fetoprotein level. Br J Obstet Gynaecol 94:387-402.

