كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثانية

المادة : وراثة نباتية

المحاضرة : الاولى/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

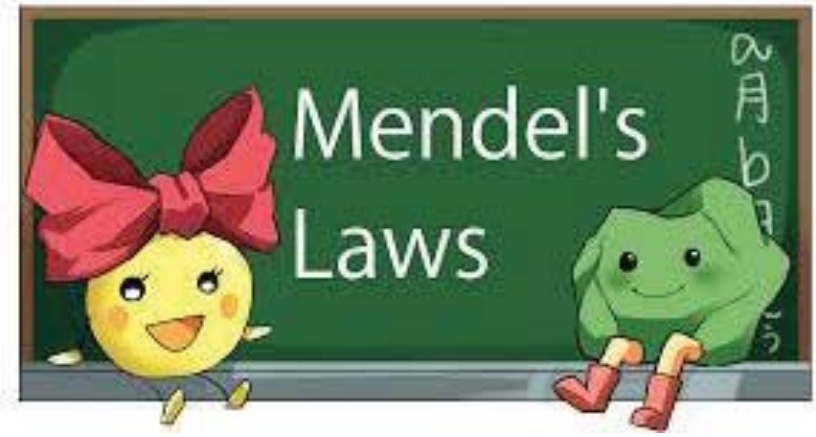
2026

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

الوراثة النباتية

المحاضرة الأولى

الانقسام الخلوي وقوانين ماندل Mendel's laws



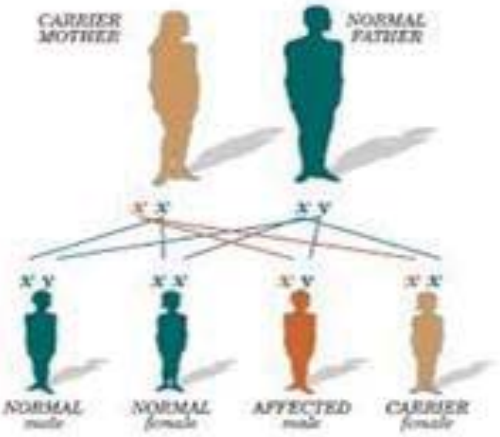
مخطط المحاضرة

المواضيع التي ستطرح في هذه المحاضرة

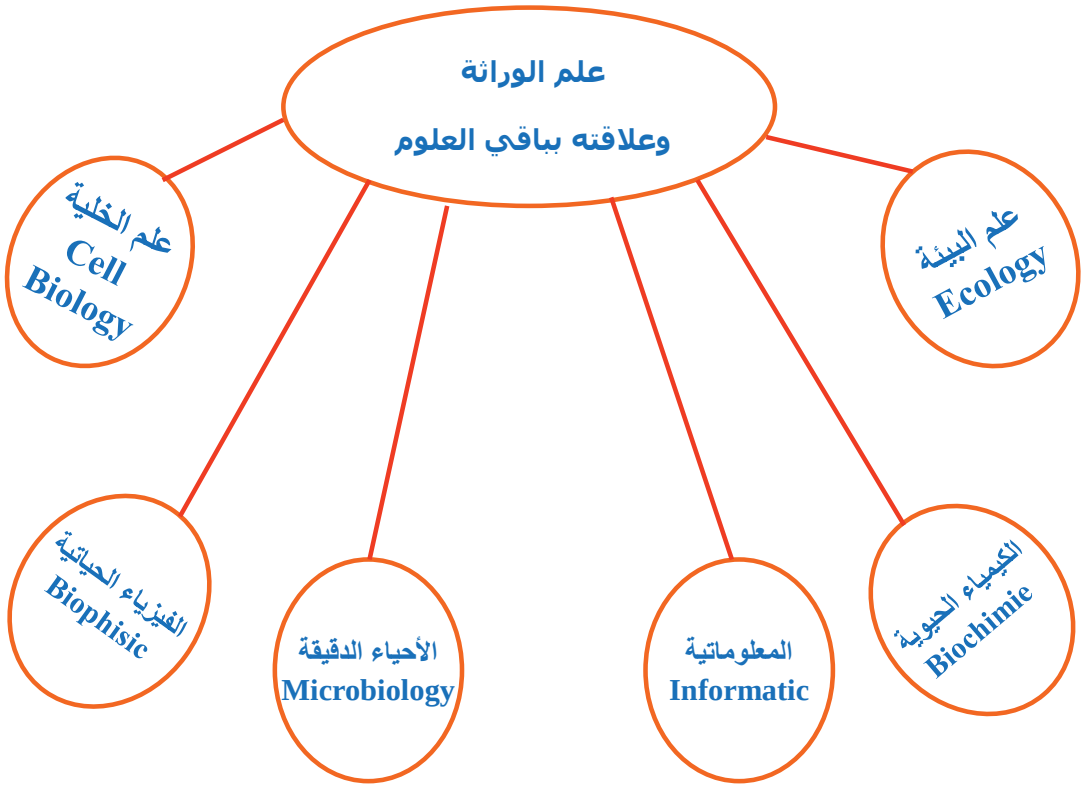
- ✓تعريف علم الوراثة.
- ✓لمحة تاريخية سريعة.
- ✓انتقال المادة الوراثية وتوزيعها.
- ✓ الانقسام الخلوي Cell Division
  - ✓ الصبغيات Chromosome
  - ✓ الانقسام المباشر
  - ✓ الانقسام غير المباشر Mitosis
  - ✓ الانقسام الاختزالي Meiosis
- ✓ مصطلحات وراثية

علم الوراثة Genetics

هو العلم الذي يدرس آليات التوريث Mechanism of heredity التي يتم من خلالها انتقال الصفات والخصائص من جيل إلى آخر.

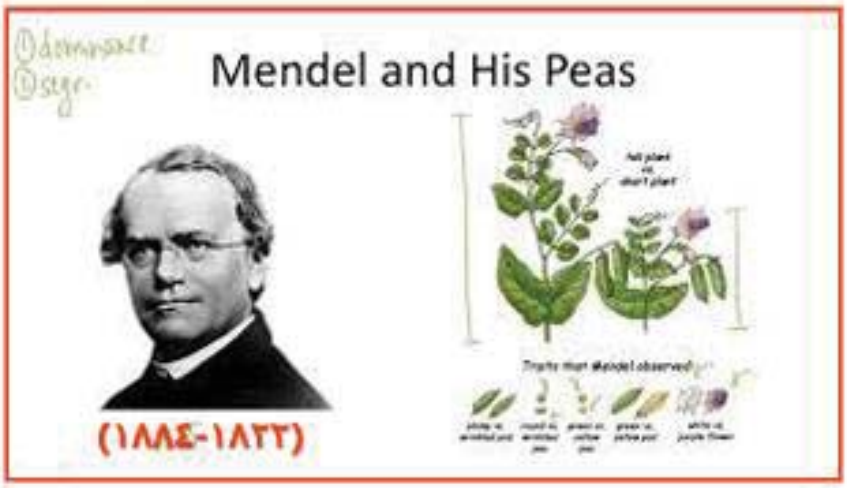


نعود نشأة علم الوراثة إلى بداية القرن العشرين حيث أعيد اكتشاف قوانين ماندل التي كانت قد نشرت عام ١٨٦٦



لمحة تاريخية: Historical study

- نشأ علم الوراثة باكتشاف العالم جريجور ماندل G. Mendel قانوني الأنعزال والتوزيع الحر.
- حدد ماندل ان الصفات الوراثية ناتجة عن تحكم وحدات اولية تنتقل عبر الاجيال محافظة على شخصيتها المميزة وصفاتها.
- عرفت هذه الوحدات لاحقاً بالمورثات Genes.

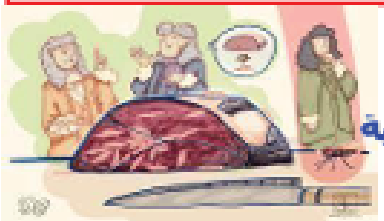


مشاكل بحاجة لتفسير:

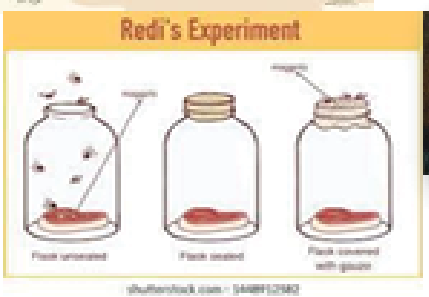
١- استمرارية الحياة: صعوبة تحديد الشكل الحقيقي للمادة الوراثية ، كان المعتقد إنه ليس من الضروري أن تنتقل المواد البيولوجية عبر الأجيال.

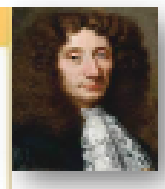
- كانت تسود نظرية النشوء (التوالد) الطوعي Spontaneous generation

- نظرية النشوء الطوعي: تنشأ المتعضيات خاصة البدائية من المواد المتحللة والمتعفنة بدون انتقال المادة البيولوجية من الآباء إلى الأبناء، (بقيت شائعة حتى منتصف القرن 18).



- دعمت النظرية ملاحظات ظهور ذباب من المواد المتعفنة، وملاحظات ليفنهوك Leevwenhock حول وجود كائنات أولية في منقوع الفش (١٦٣٢-١٧٢٣).





- تم دحض النظرية من قبل Redi باستبعاد بيوض الذباب (١٦٢١-١٦٩٧)

و Spallanzani بغلي منقوع الفش للقضاء على الكائنات الأولية.

تتمة لمحة تاريخية: Historical study

تميز القرنين ١٧ و١٨، بظهور بداية الدراسات التقسيمية، بتصنيف المتعضيات الحية إلى أنواع متميزة عن بعضها:

- وضعت نظرية ثبات الأنواع بأعمال لينيه Linnaeus (١٧٠٧ – ١٧٧٨) مؤسس علم التقسيم، تنص بأن المتعضيات التابعة لنوع محدد لا تعطي إلا نسلاً مشابه للنوع نفسه.

- استطاع باستور (١٨٢٢-١٨٩٥) وتندال (١٨٢٠-١٨٩٣) القضاء نهائياً على نظرية التوالد الطوعي، بإثباتهم بأن تعفن المادة العضوية يعود لوجود الميكروبات او الاحياء الدقيقة.

أصبح واضحاً حالياً بان توالد المتعضيات الجديدة لا يتم إلا من متعضيات سابقة كانت موجودة من خلال استمرارية الحياة Continunity of life.

٢- التخلق السبقي والتخلق المتعاقب Preformationism and Epigenesis

من المسائل التي تحتاج لإجابة، مفهوم الانتقال المستمر لمادة الحياة من الآباء إلى الأبناء، آخذين بعين الاعتبار الجزيئات المادية الخاصة المنتقلة من المتعضيات الابوية إلى نسلها والآليات والطرق التي يتم بها ذلك الانتقال.

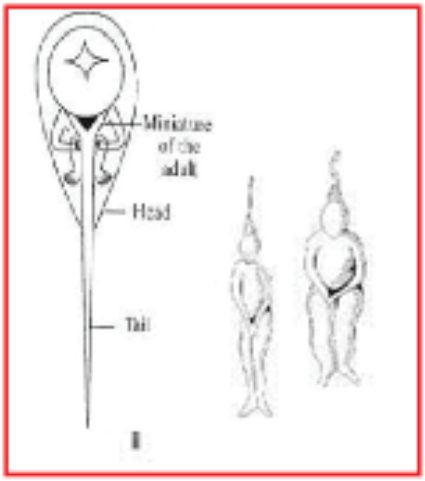
افترض أرسطو من خلال التخلق السبقي ان المتعضي Organism يتشكل عبر التكاثر الجنسي، حيث يتلقى الفرد مادة الحياة من البويضة الآتية من الأم ويأخذ شكله بمساهمة السائل المنوي الآتي من الأب.

وفقا لهذه الرؤية فإن التأثير الناتج من هاتين المادتين ومساهمتهما في خلق كائن جديد لا يتضمن انتقال أية مادة من الآباء للأبناء، إنما يتم عبر تأثيرات غامضة للمادة المنوية المذكرة أي تأثيرات روحية.

اكتشف بعض العلماء بنهايات القرنين ١٧ و ١٨ بأن البويضات والحيوانات المنوية (وحبوب الطلع والبويضات بالنبات) ماهي إلا خلايا جنسية (الأعراس Gametes) تحتوي بداخلها على الكائن المتعضي بشكل مصغر تام، من هنا أتت فكرة التخلق السبقي.

وان هذا الكائن يحتاج لتغذية مناسبة كي ينمو الى كائن حي كامل.

صعبة القبول، لكنها أكثر تطوراً من النشوء الطوعي.



رأى Wolff (١٧٣٨-١٧٩٤) ان مختلف الأعضاء التامة للحيوان والنبات تتطور من أنسجة الجنين المتماثلة Tissue uniform embryogeneic، والتي لا يكشف تركيبها الجوهري بوضوح عن الأعضاء التامة التي ستتطور لاحقا.
اعتمادا على المشاهدات وضع هذا العالم نظرية التخلق المتعاقب التي تفترض إن الأنسجة والأعضاء تظهر خلال تطور المنعضي مع إنها لم تكن موجودة في بنيته الأساسية. نظرية اكثر حداثة من التخلق السبقي.

افترض العام Von Bear (١٧٩٢-١٨٧٦) ان تلك الأعضاء تتطور تدريجياً عبر تشكلها التدريجي انطلاقا من انسجة شديدة التخصص، وجهة نظر اكثر قبولا.

➢باني نظرية التطور الحديثة شارل داروين (١٨٠٩-١٨٨٢) اعتقد بنظرية البريعمات

تتمة لمحة تاريخية: Historical study

➢باني نظرية التطور الحديثة شارل داروين (١٨٠٩-١٨٨٢) (شمولية التكوين)
➢فسرت هذه النظرية حدوث التباينات الوراثية التي تؤدي لنشوء وارتقاء أنواع جديدة.
حيث أن زيادة أو قلة استخدام أي عضو سيؤثر على البريعم المسؤول عنه وهذا ما يؤدي للتباينات الوراثية في النسل، وسميت بنظرية توريث الصفات المكتسبة.

➢ لامارك (١٧٤٤-١٨٢٩) أول من عمم النظرية عندما حاول تفسير المقدرة الخارقة للعوامل الوراثية الدقيقة على الاستجابة للمؤثرات الخارجية المحيطة. كل عامل له خصائص روحانية تجعله قادر على تفسير الرسائل والمؤثرات الاتية من الخارج.

➢بالقرن ١٨ ولنهاية القرن ١٩، كانت هذه النظرية الأكثر قبولا لتفسير التوريث رغم التعقيد والغموض الذي كان يحيط بها.

➢شهدت أواخر القرن ١٩، الكثير من المكتشفات الهامة التي وضعت حقائق دقيقة وواضحة حول التعريف المادي بعلم الوراثة.

تتمة لمحة تاريخية: Historical study

- برهنت أعمال وايزمن (١٨٣٤-١٩١٤) بنهاية القرن ١٩، عدم القدرة على التحقق من نظرية شمولية التكوين، من خلال متابعة ثبات حجم الفأر عند الولادة لـ ٢٢ جيلاً كدليل على متابعة إرثها من آبائها، فبدل النظرية بنظرية البلازما النوالدية Germplasm.

تفترض نظرية البلازما النوالدية وجود نوعين من الانسجة:

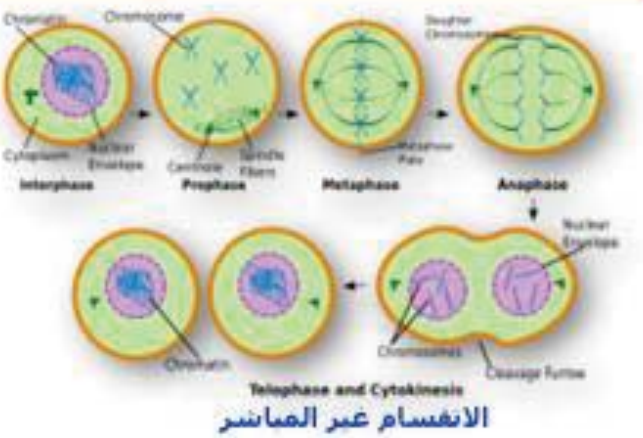
- أنسجة جسدية: تشكل الأنسجة الضرورية لقيام أعضاء الجسم بوظائفها، غير قادرة على الدخول بالتكاثر الجنسي،
- أنسجة توالدية: متخصصة بالتكاثر فقط، وأي تبدل فيها يتم توارثه عبر الأجيال،

الاستنتاج طبقا لهذه النظرية: وجود استمرار بتوريث الصفات والخصائص عبر التكاثر الجنسي بحيث يشبه النسل الناتج الآباء بالصفات والخصائص.

تتمة لمحة تاريخية: Historical study

- القرن ٢٠: تمت ملاحظة ومشاهدة معظم الصفات المورفولوجية للخلية باستخدام المجهر الضوئي، كما لوحظت الخصائص العامة لمراحل الانقسام غير المباشر.

أوضحت أعمال Boveri (1862-1915)، Henking (1891)، Montgomery (1873-1912)، إن الانقسامات غير المباشرة تؤدي للتقسيم الدقيق لصبغيات النواة، ويبقى العدد الصبغي في الخلية البنت الناتجة عن الخلية الأبوية ثابتاً.



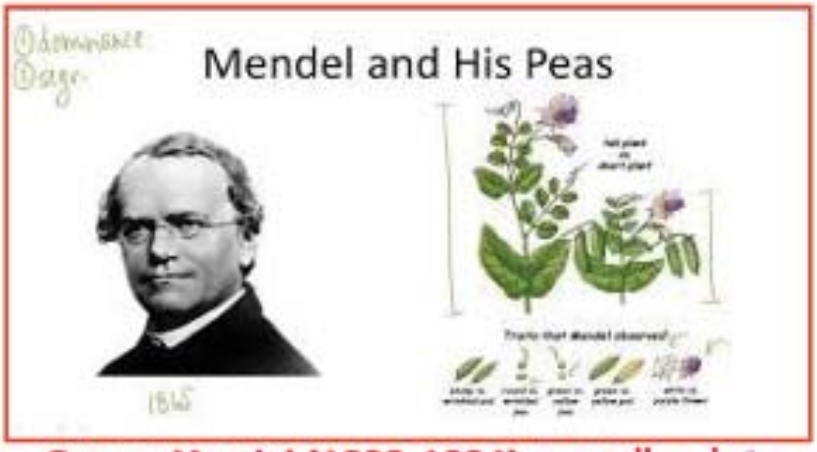
الانقسام غير المباشر

الانقسام الاختزالي

تتمة لمحة تاريخية: Historical study

كانت هناك خطوة واحدة لافتراض أن ثبات العدد الصبغي في أفراد النوع الواحد، والانقسام الدقيق لتلك الصبغيات هو انعكاس لانتظام وثبات السلوك الوراثي للصفات والخصائص البيولوجية الملحوظة.

تأكد ذلك عندما استطاع الراهب النمساوي ماندل Gregor Mendel (1822-1884)، أن ينشر نتائج أكتشافاته العميقة والتي بقيت طي النسيان حتى عام ١٩٠٠، حيث ظهرت للنور من جديد وعرفت بقوانين ماندل للتوريث



تجارب التهجين Gregor Mendel (1822-1884)

تتمة لمحة تاريخية: Historical study

ساهمت أعمال ماندل بالإشارة إلى أن سلوك أية صفة من الصفات الوراثية تخضع لقوانين يمكن تحديدها بعد إحصاء مختلف التوزعات الوراثية الناتجة عن أي تهجين والحاملة لمختلف صفات الآب اء الداخلة بالتهجين.

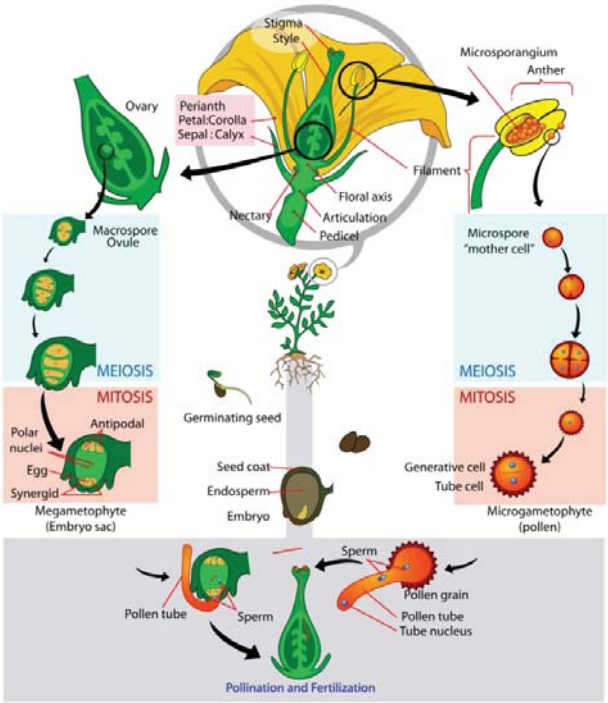
- لاحظ ماندل إن التهجين بين طرازين أبويين يختلفان بصفة واحدة، ينتج طرازين من الأعراس بنسب متساوية.
- كل طراز من الطرز الناتجة من كلا الأبوين يحمل نسخة عن الصفة الملحوظة بشكل ثابت أتته من الأب الذي يعطي ذلك الطراز العروسي.
- استبعدت تجارب ماندل دور الخلط والمزج.
- الصفات المدروسة محمولة على وحدات ذات شخصية مستقلة لا تضيع، ولا تتبدل ، ولا تمتزج مع غيرها من الوحدات الأخرى في الهجين.
- نشر ماندل ابحاثه 1866، لكنها لم تعمم حتى 1900 ، بعد ان تم التأكد من صحتها.
- تبين وجود تطابق بين نتائج ماندل والطبيعة الخاصة للصبغيات المستقلة التي تظهر عبر الانقسام الخلوي.

لمحة تاريخية: Historical study

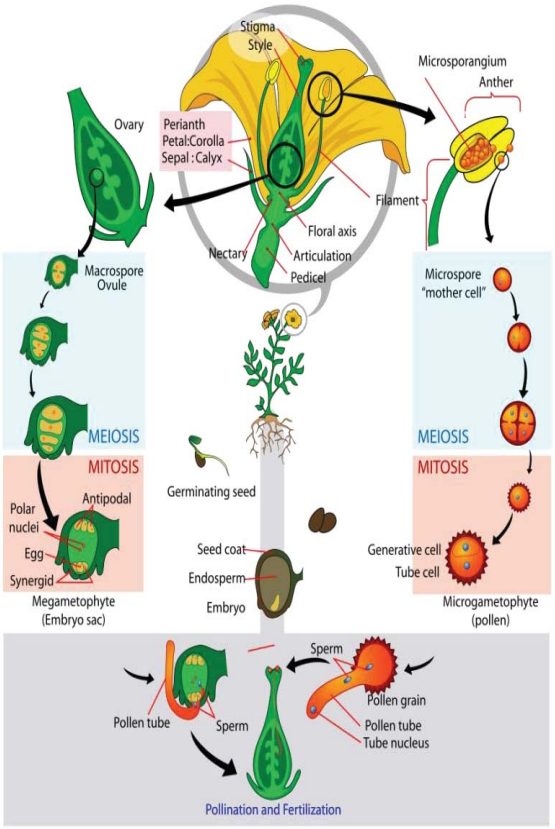
- تم تحديد وتوضيح دور الصبغيات كحوامل للمادة الوراثية Sutton (1876- 1916) و Boveri وآخرون.

- كان واضح ببداية القرن الـ 20 أن الأعمال الوراثية تجسدت بفكرة:
أن هناك مادة وراثية ذات طبيعة خاصة وسلوك خاص، بانتقالها عبر الأجيال، يمكن توقع النسل والتنبؤ عنه سلفاً.

الانقسام الخلوي والصبغيات
Cellular Division and Chromosomes



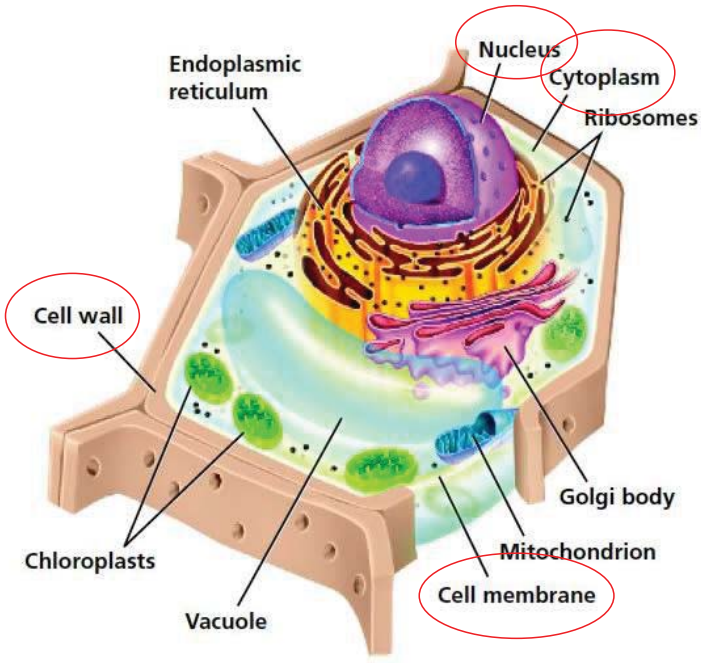
الانقسام الخلوي
Cellular Division



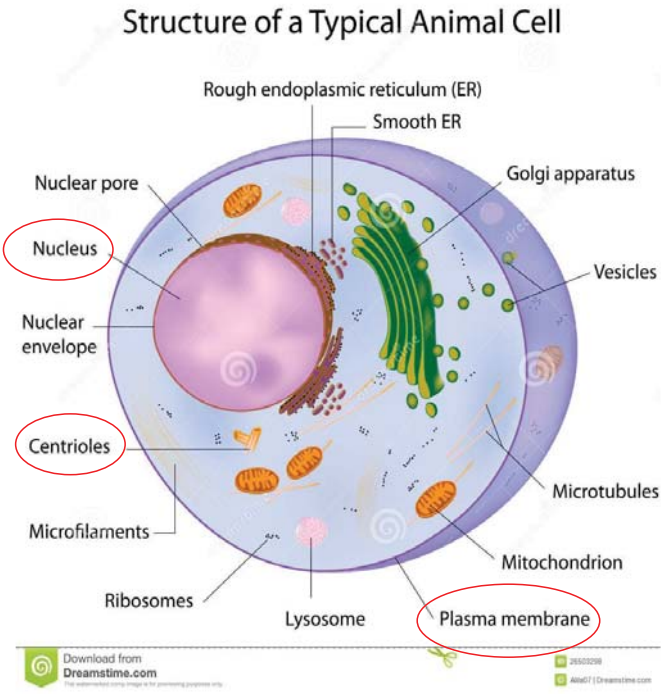
هو ظاهرة تؤدي إلى تكوين خلايا جديدة متماثلة البنية والوظيفة انطلاقاً من خلية واحدة، فتحقق بذلك:

- ✓ زيادة عدد الأفراد في الكائنات وحيدة الخلية.
- ✓ زيادة عدد الخلايا وحجم المتعضيات الكثيرات الخلايا و ترميم ما تخرّب منها.
- ✓ يُعدّ الآلية الوراثية التي تحافظ على ثبات الصيغة الصبغية في المتعضية، وتوزيع الصِبْغِيات (نواقل المُوَرِّثات) ونقلها من الخلية الأم إلى الخلية البنت ومن جيل خلوي إلى آخر.

The cell الخلية



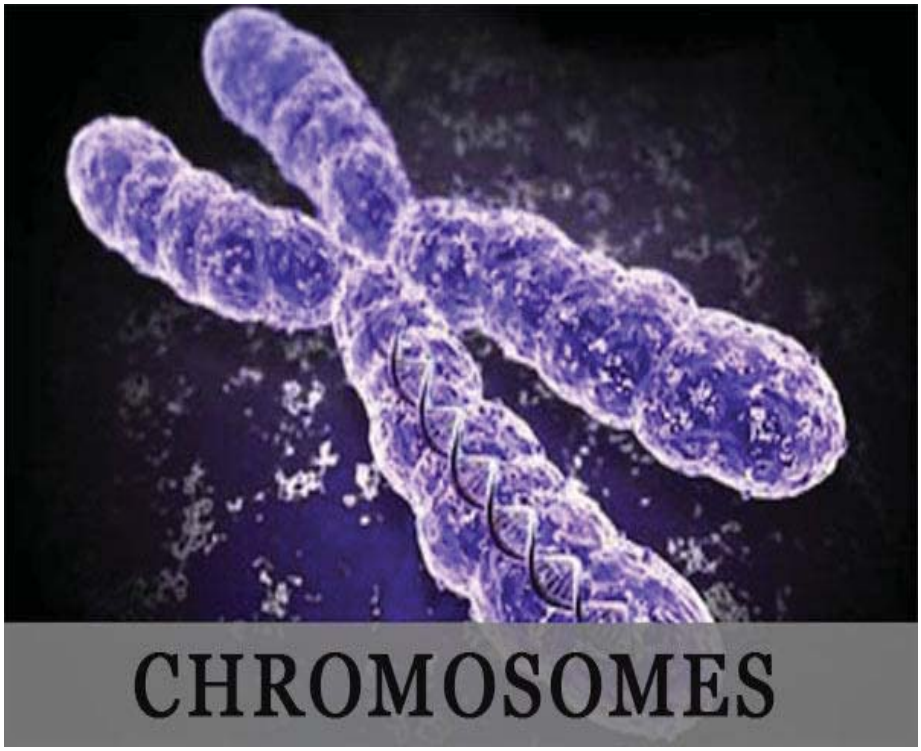
الخلية النباتية

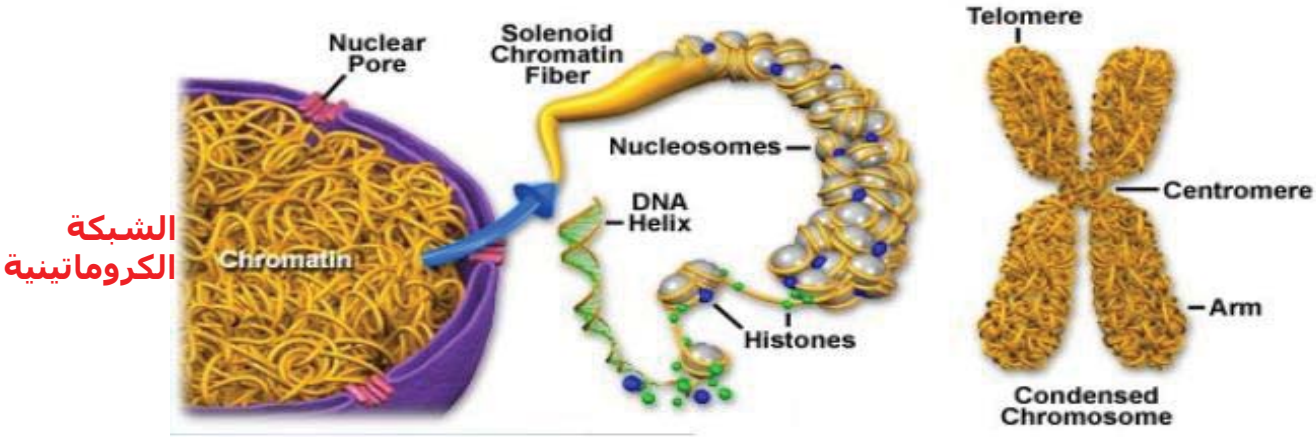


الخلية الحيوانية

في الكائنات الراقية

Chromosomes الصبغيات





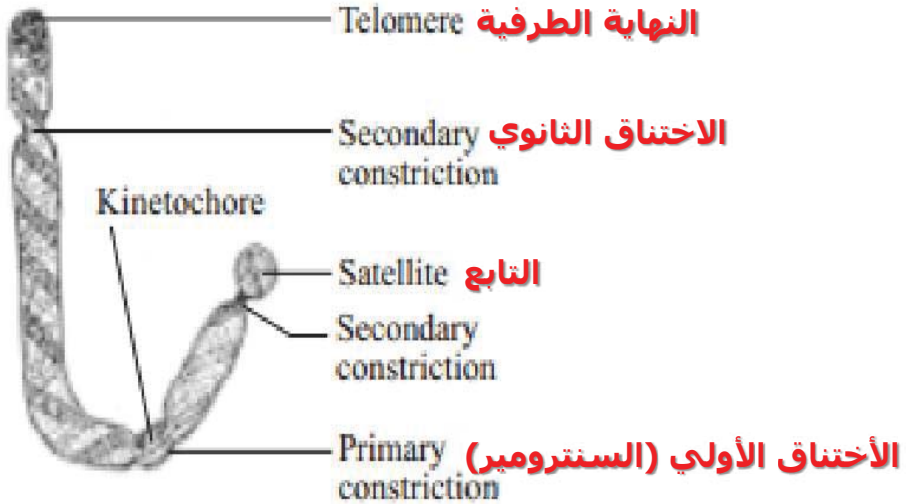
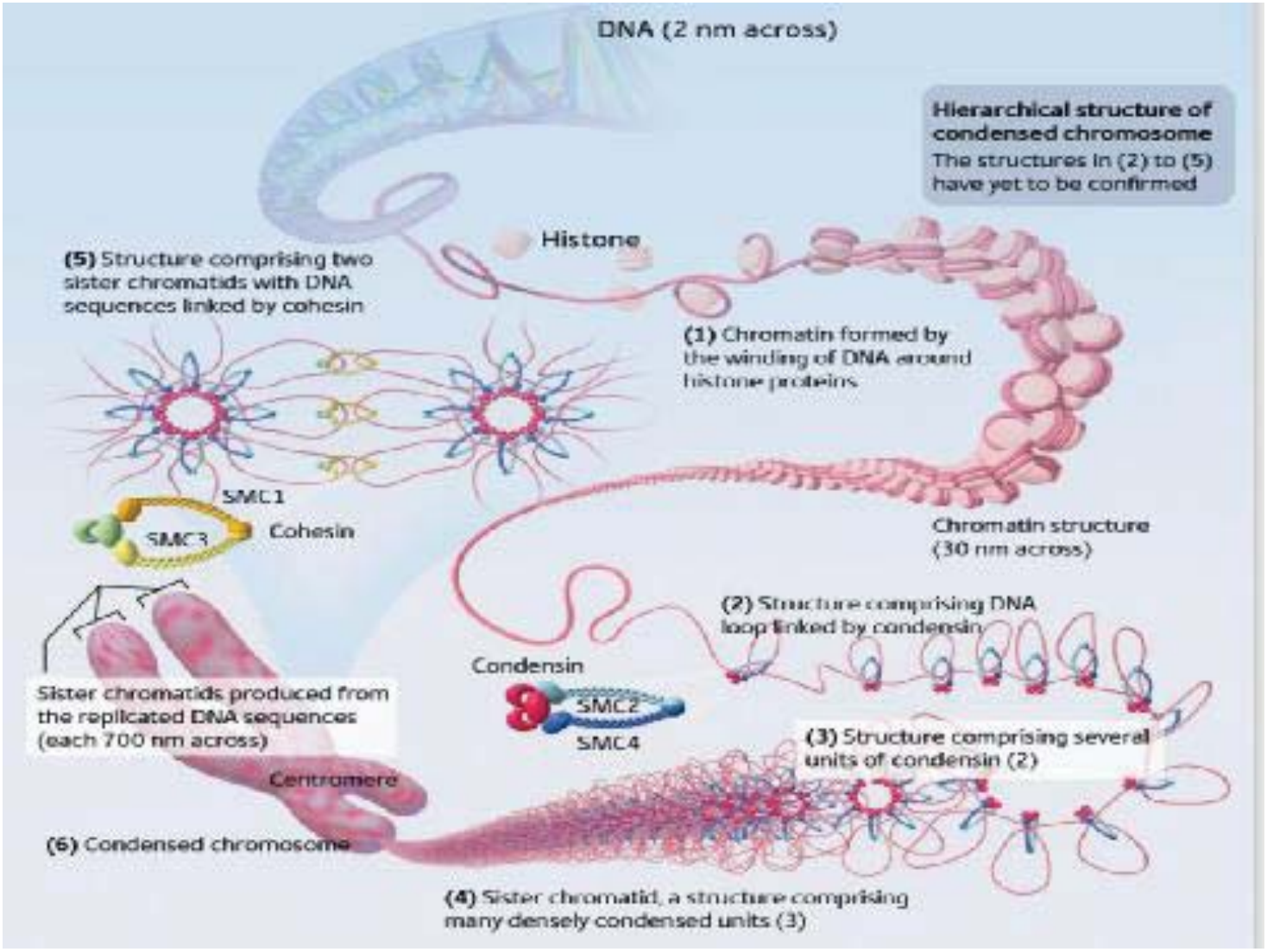


Fig. *Structure of chromosome*

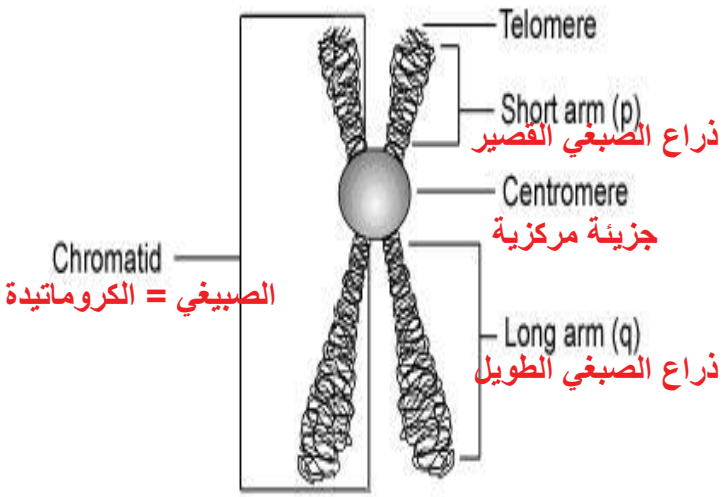


البنية الخارجية للصبغي

الكروماتيدة

الجزيئة المركزية (السنترومير) (الصبيغي)

Laurel Cook Lhowe



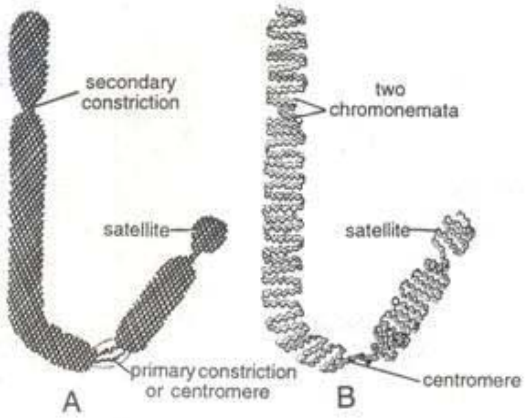
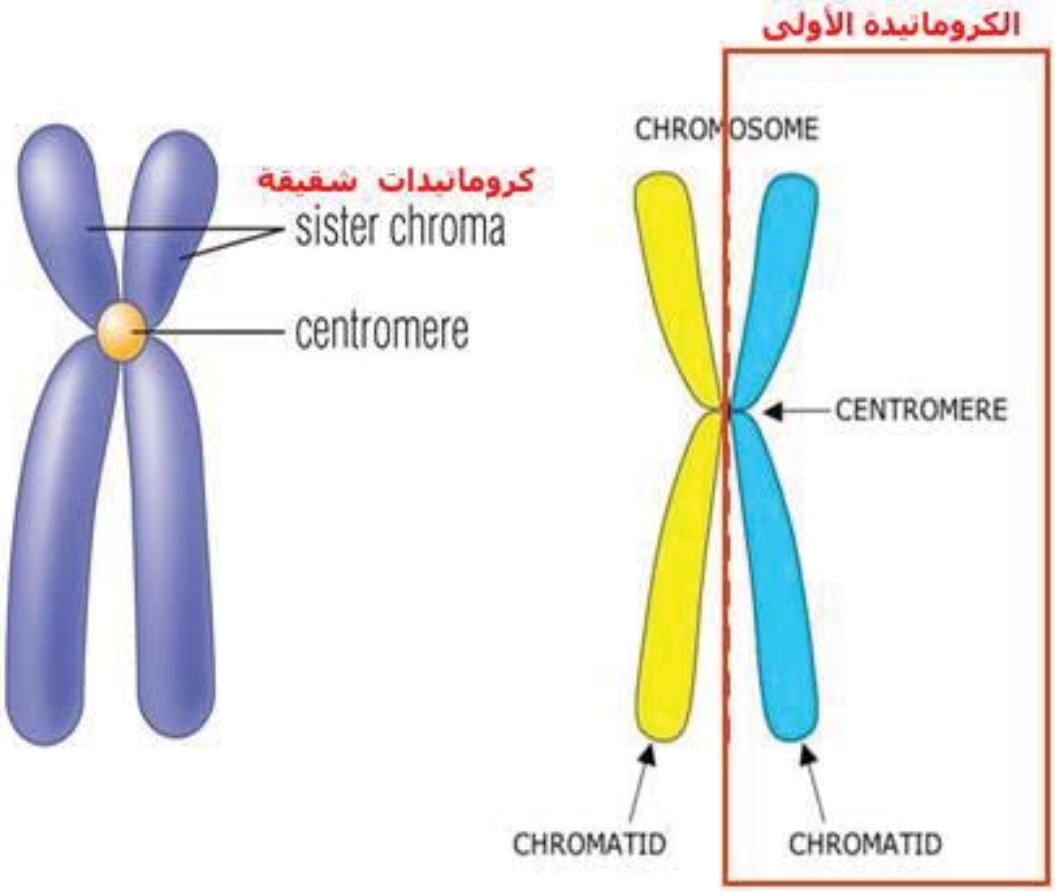
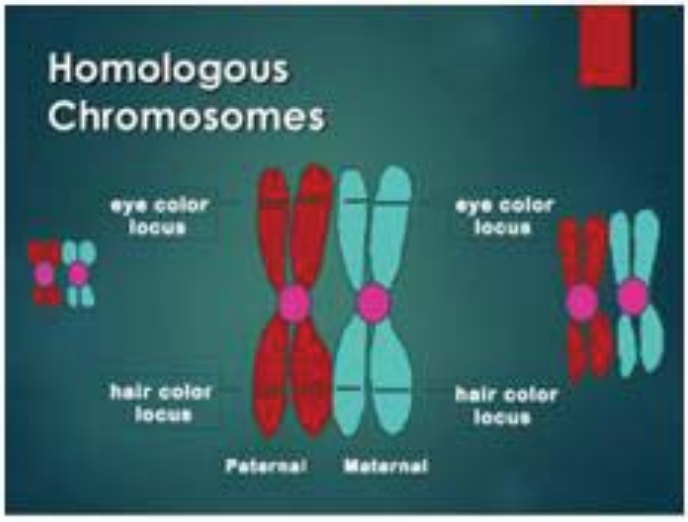
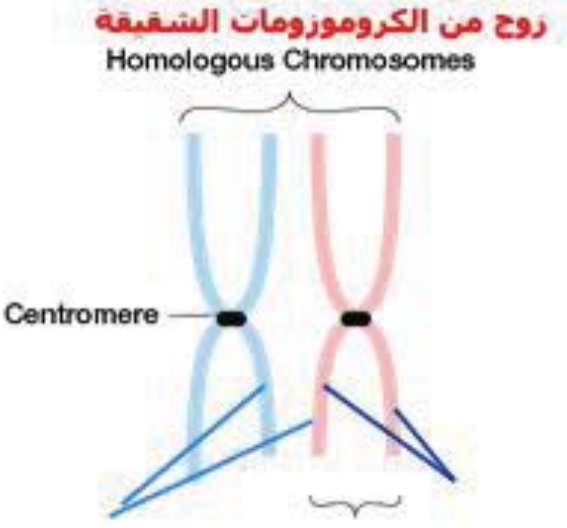


Fig. 6. Metacentric chromosome. A-External structure. B-Internal structure.



في الكائنات ثنائية الصيغة الصبغية (2n)، الناتجة عن البيضة المخصبة Zygote، توجد الصبغيات على شكل ازواج من الصبغيات المتشابهة، صبغي آت من الأب وصبغي آت من الام يتشابهان بكل شيئ (الطول/ الثخانة/ عدد المورثات وترتيبها...الخ، وقد يختلفان فقط بتعبير المورثة (سائدة أو متنحية).





كروماتيدات شقيقة كروماتيدات غير شقيقة

التركيب الكيميائي للصبغي

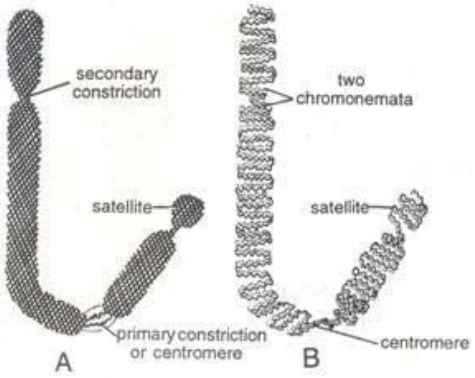


Fig. 5. Metacentric chromosome. A-External structure. B-Internal structure.

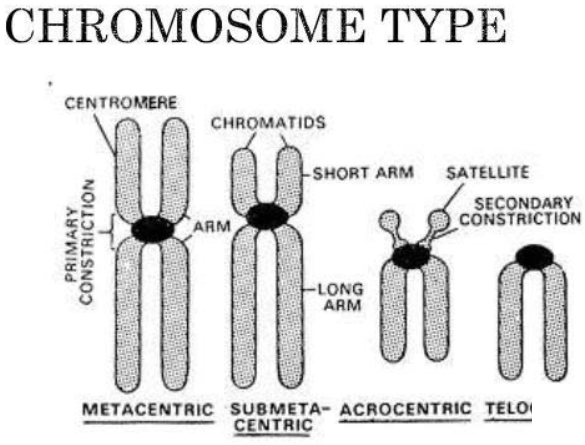
➢يتكون الصبغي من:
الحمض النووي الذي يرتبط بالبروتين ويعطي بروتين نووي.

➢البروتين إما ان يكون بروتامينات كما بأنوية الحيوانات المنوية عند الأسماك.

➢أو ان يكون هيستونات Histones كما في أنوية بقية الكائنات الحية.

أشكال الصبغيات

يتحدد شكل الصبغي بموقع الجزيئة المركزية (السنترومير) وبوجود التوابع.



اشكال الصبغيات وفقاً لموقع الجزيئة المركزية:

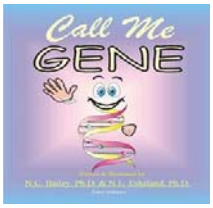
➢جزيئة مركزية وسطية Metacentric.

➢ جزيئة مركزية طرفية او جانبية Acrocentric.

➢ جزيئة مركزية نهائية Telocentric.

✓ غياب السنترومير يمنع الصبغي من التوجه لأقطاب الخلية المختلفة أثناء مراحل الأنقسام.

➢حددت الصبغيات كحوامل للمادة الوراثية (المورثات) من قبل Sutton (1876-1916) و Boveri وآخرون.

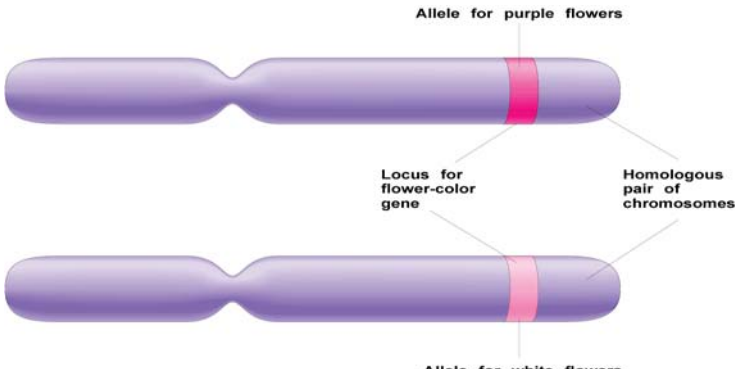


➢المورثة Gene هي الوحدة الوراثية الأساسية،

➢يجب ان تحقق شرطين أساسيين:

1- تنتقل عبر الاجيال، وكل فرد من النسل يملك نسخة طبق الاصل من هذه المادة.

2- تحمل معلومات، تتوقف على تركيبها، تتعلق بتركيب بيولوجي، او وظيفة حيوية، او صفة نوعية أو صفة كمية...الخ



أنواع الانقسامات الخلوية: Types of Cell Division

الانقسام المباشر:

يحدث في الكائنات بدائية النوى، وحيدة الخلية وله عدة أنواع.

الانقسام غير المباشر Mitosis

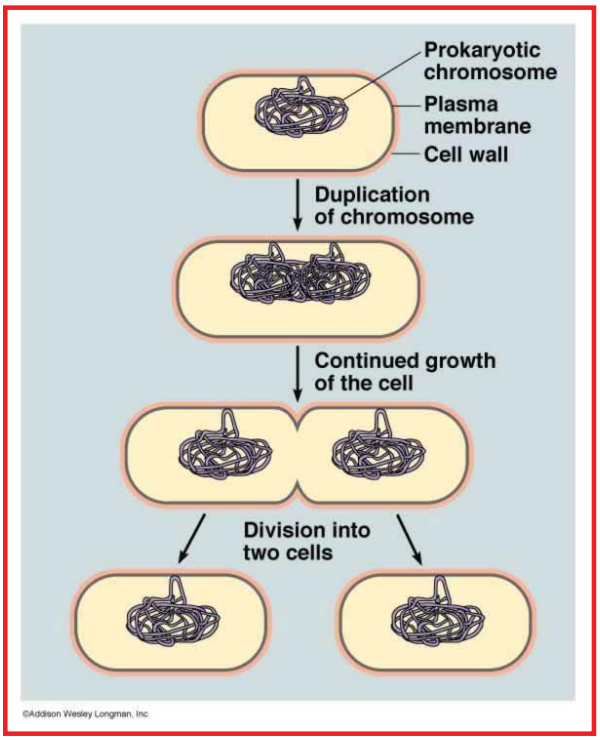
يحدث في الكائنات وحيدة الخلية و متعددة الخلايا.

الانقسام الاختزالي Meiosis

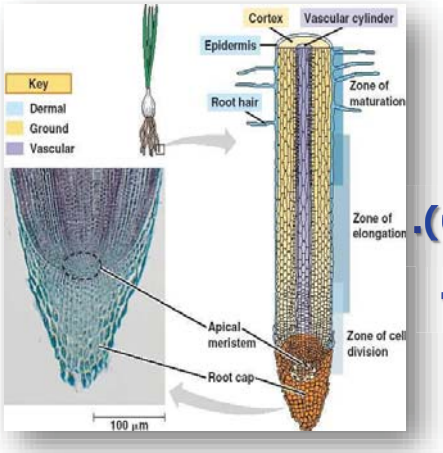
يحدث في الكائنات متعددة الخلايا، يؤدي لانتاج الأعراس.

الانقسام غير المباشر عند بدائيات النوى:

صبغي بدائيات النوى هو جزيئة واحدة من الـ DNA التي تتناسخ أولاً، ثم ترتبط كل نسخة بجزء مختلف من الغشاء الخلوي، يذهب الى الخلية الجديدة بعد انفصالها لخليتين (كما بالبكتريا).

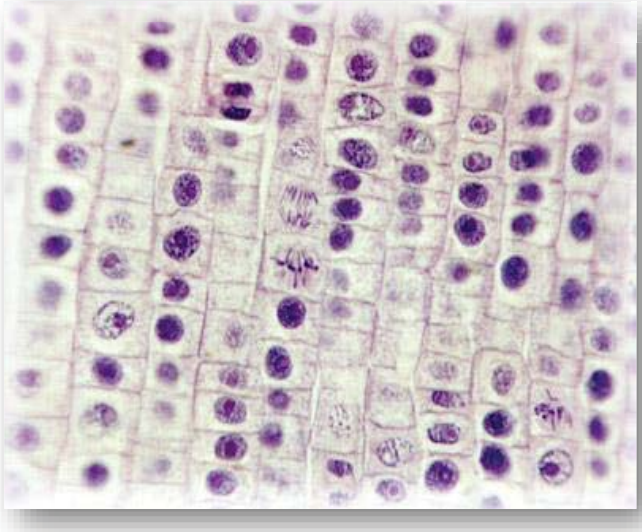


الانقسام غير المباشر Mitosis



- يتم أيضاً في الكائنات متعددة الخلايا.
- في الأنسجة الخضرية (بالنبات) أو الجسمية (بالحيوان).
- كل خلية 2ن تعطي خليتين 2ن. لا يغير بعدد الصبغيات.

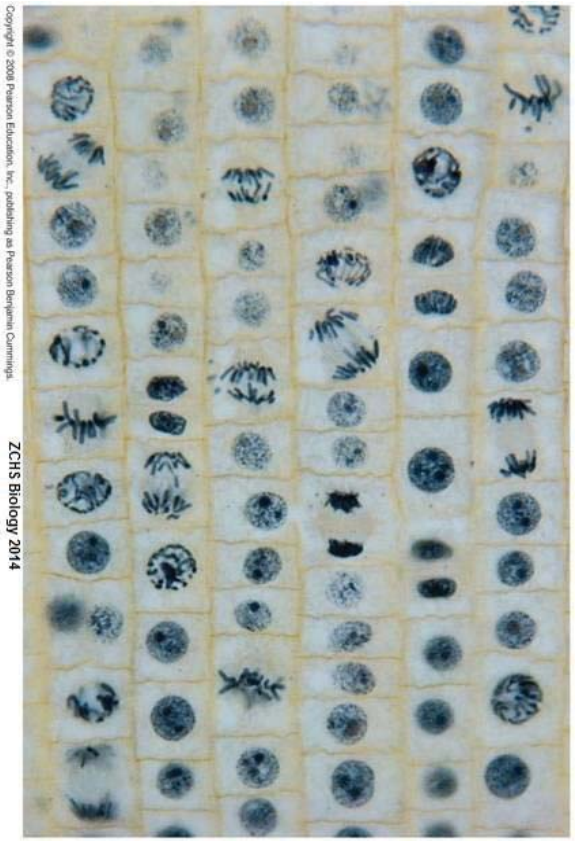
الهدف من الانقسام غير المباشر:



- الزيادة بعدد الخلايا.
- نمو الاجزاء والأعضاء وزيادتها بالحجم.
- تعويض الأنسجة التالفة.

الانقسام غير المباشر Mitosis

هو مجموعة المراحل التي يتم من خلالها الحصول على الخلايا الجديدة المتشابهة بالشكل وبالعدد الصبغي.


Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.
ZCHS Biology 2014

مكان حدوثه:

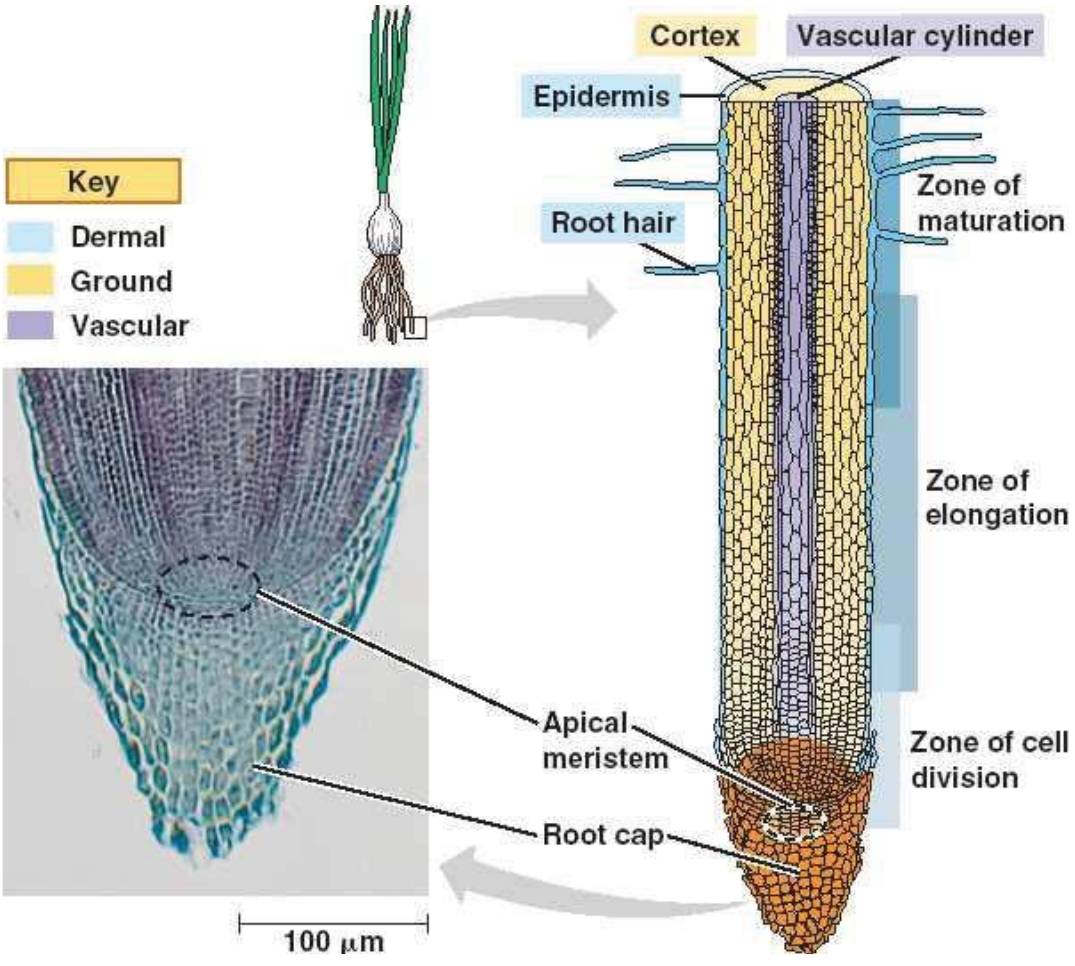
هو الانقسام الشائع في الخلايا الجسمية أو الجسدية (عند الحيوانات) أو الخلايا الخضرية (عند النباتات) للكائنات الحية حقيقة النواة (Eukaryotic)، (في الانسجة المرستيمية، قمم الجذور، والأوراق، والفروع...الخ).

الهدف من الانقسام غير المباشر:

انتاج خلايا جديدة مماثلة للقديمة بهدف:

- زيادة عدد الخلايا مع المحافظة على العدد الصبغي
- نمو النبات والحيوان وزيادة حجمهم.
- تعويض الأنسجة التالفة.

الانقسام غير المباشر Mitosis

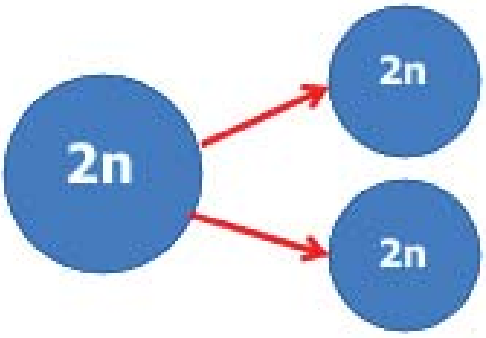


مراحل (أطوار) الأنقسام غير المباشر
Mitosis Phases

يتضمن الانقسام غير المباشر أنقسام النواة ثم انقسام السيتوبلازما، ويتم في دورة منتظمة مكونة من مراحل محددة هي :

الطور البيني: Interphase هو الطور الفاصل بين انقسامين متتاليين.

أطوار الأنقسام أربعة وهي:



- الطور التمهيدي (التحضيري): Prophase
- الطور الاستوائي: Metaphase
- الطور الانفصالي: Anaphase
- الطور النهائي: Telophase

التغيرات التي تحدث في الخلايا اثناء مراحل الانقسام المختلفة

الطور التمهيدي أو التحضيري :(Prophase)

يتم تمهيد الخلية للانقسام حيث تتميز الكروموزومات وتكون على شكل خيوط طويلة ورفيعة. يتكون كل كروموزوم من كروماتيدتين (صبغيين) وترتبط الكروماتيدين مع بعضهما بنقطة تسمى السنترومير(الجزيئة المركزية Centromere)، يتقطع الغشاء النووي، تفقد النوية، تذهب الاجسام الدائرية (سنتريول) لاقطاب مختلفة، بدء تشكل خيوط المغزل

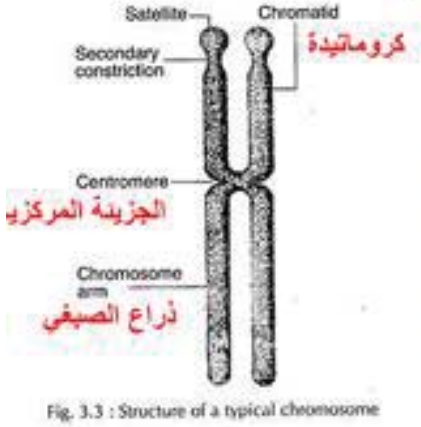
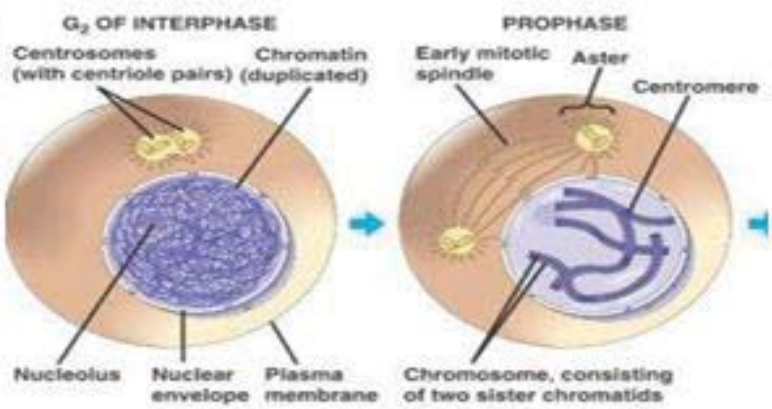


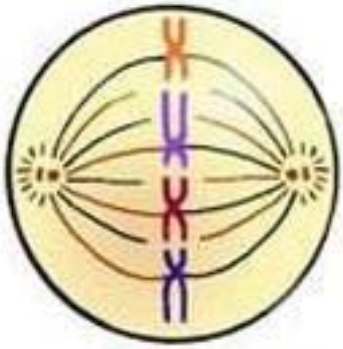
Fig. 3.3 : Structure of a typical chromosome



الطور الاستوائي :(Metaphase)

يكتمل في هذا الطور تشكل المغزل (جهاز الانقسام) وتتوضع الكروموزومات على خط استواء الخلية (Cell equatorial plane) مشكلة اللوحة الاستوائية.
ترتبط الكروموزومات بخيوط المغزل من منطقة السنترومير، كل كروموزوم مكون من كروماتيدتين، أي الكروموزومات تتوضع بشكل مفرد على الصفيحة الاستوائية.

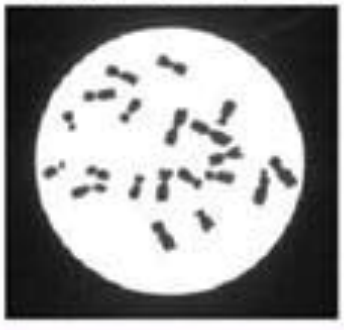
Metaphase
Thick, coiled chromosomes, each with two chromatids, are lined up on the metaphase plate.

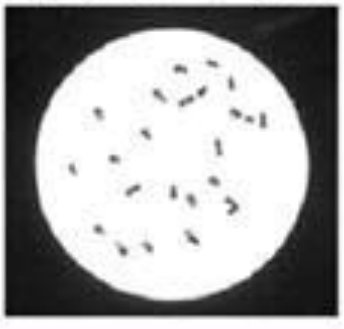


محضر يمثل الطور الاستوائي، وهو الطور المفضل لعد الصبغيات في الخلايا، تكون الصبغيات أثخن وأقصر مايمكن، وكل كروموزوم مكون من كروماتيدتين

Maize; 2n=20, C=2500 Mb

Rice; 2n=24, C=430 Mb

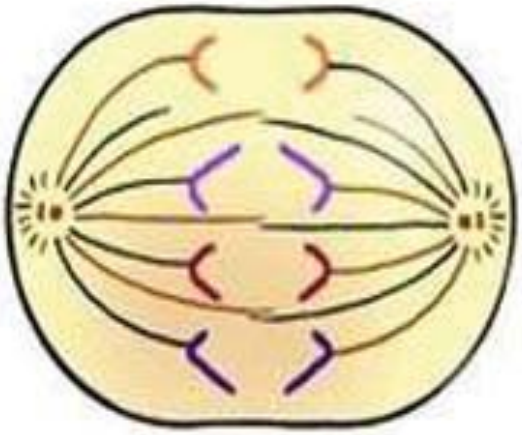




الطور الانفصالي:(Anaphase)

ينقسم فيه السنترومير إلى نصفين وتنفصل الكروماتيدتين الشقيقتين عن بعضهما البعض وتتجه كل كروماتيدة نحو أحد القطبين لتكون مستقبلا كروموزوم جديد (هو أقصر الأطوار زمنياً)

Anaphase
The chromatids of each chromosome have separated and are moving toward the poles.

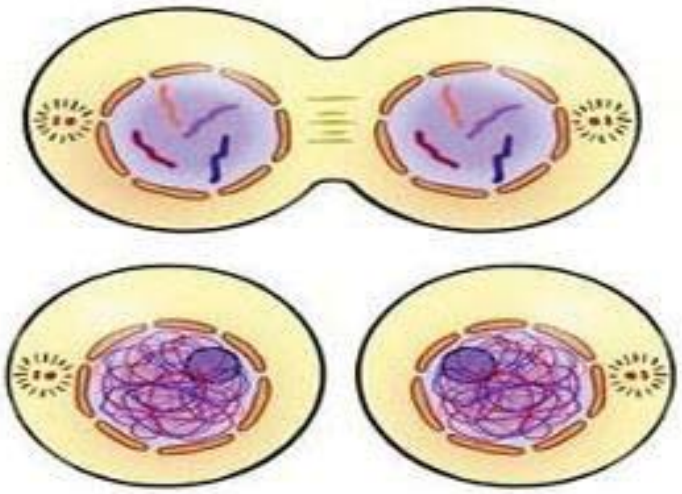


الطور النهائي : (Telophase)

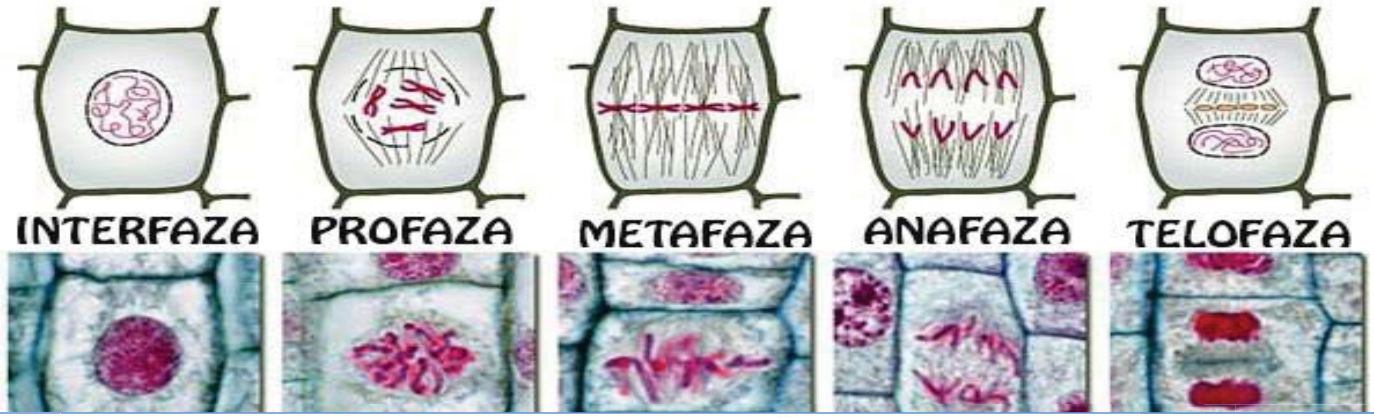
تحدث في هذا الطور مجموعة من التغييرات العكسية حيث يختفي المغزل وتظهر النوية والغشاء النووي ثم يتشكل في المنطقة الاستوائية الجدار الخلوي مؤدياً للحصول على خليتين جديدتين مستقلتين، تحوي كل منهما نفس عدد الكروموزومات ومماثل للخلية الأم الأساسية.

Telophase
The chromosomes are at the poles, and are becoming more diffuse. The nuclear envelope is reforming. The cytoplasm may be dividing.

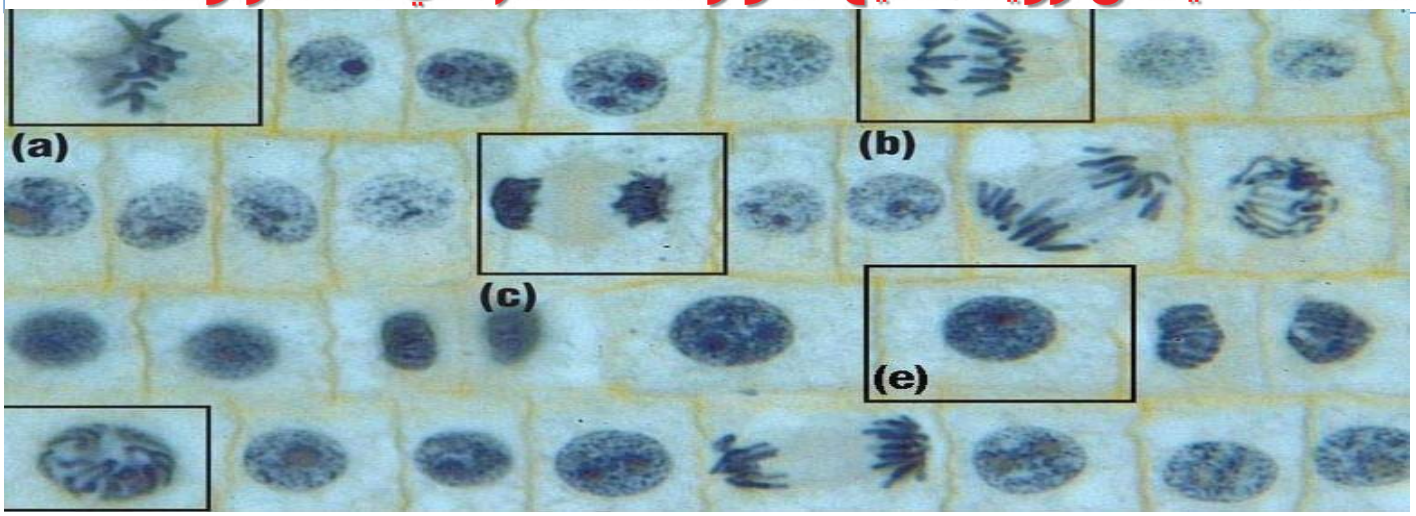
Cytokinesis (part of telophase)
Division into two daughter cells is completed.



مراحل الانقسام غير المباشر Mitosis

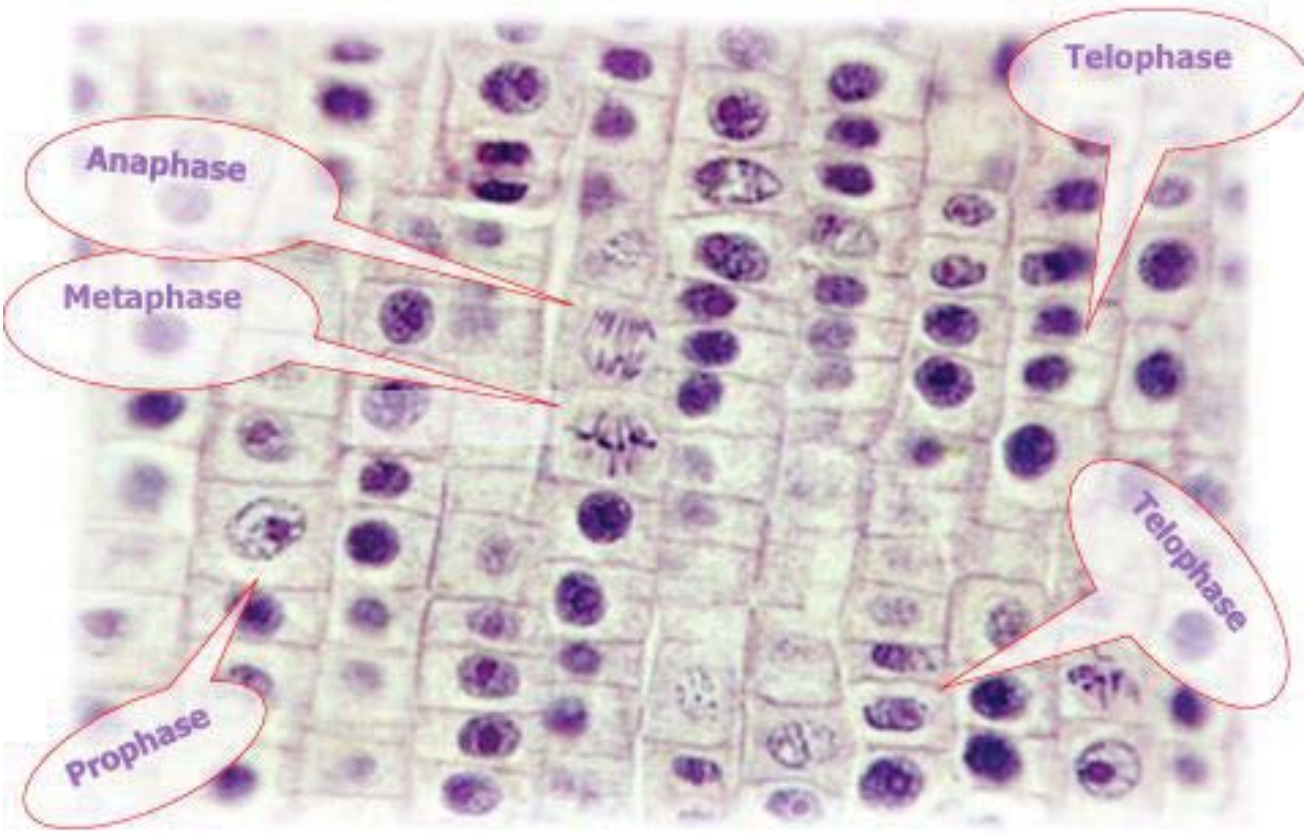


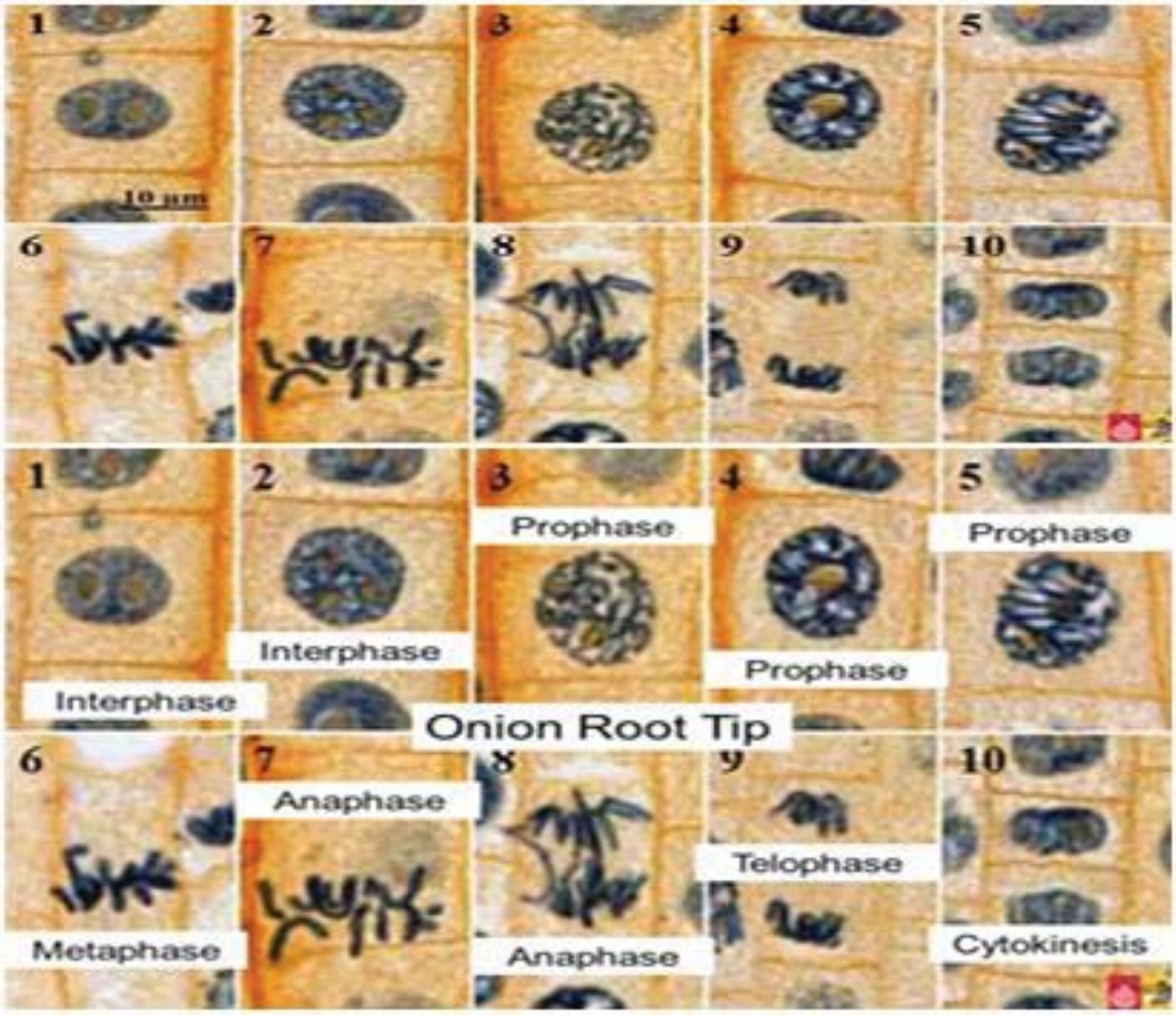
ملاحظة: يمكن رؤية جميع أطوار الانقسام في محضر واحد



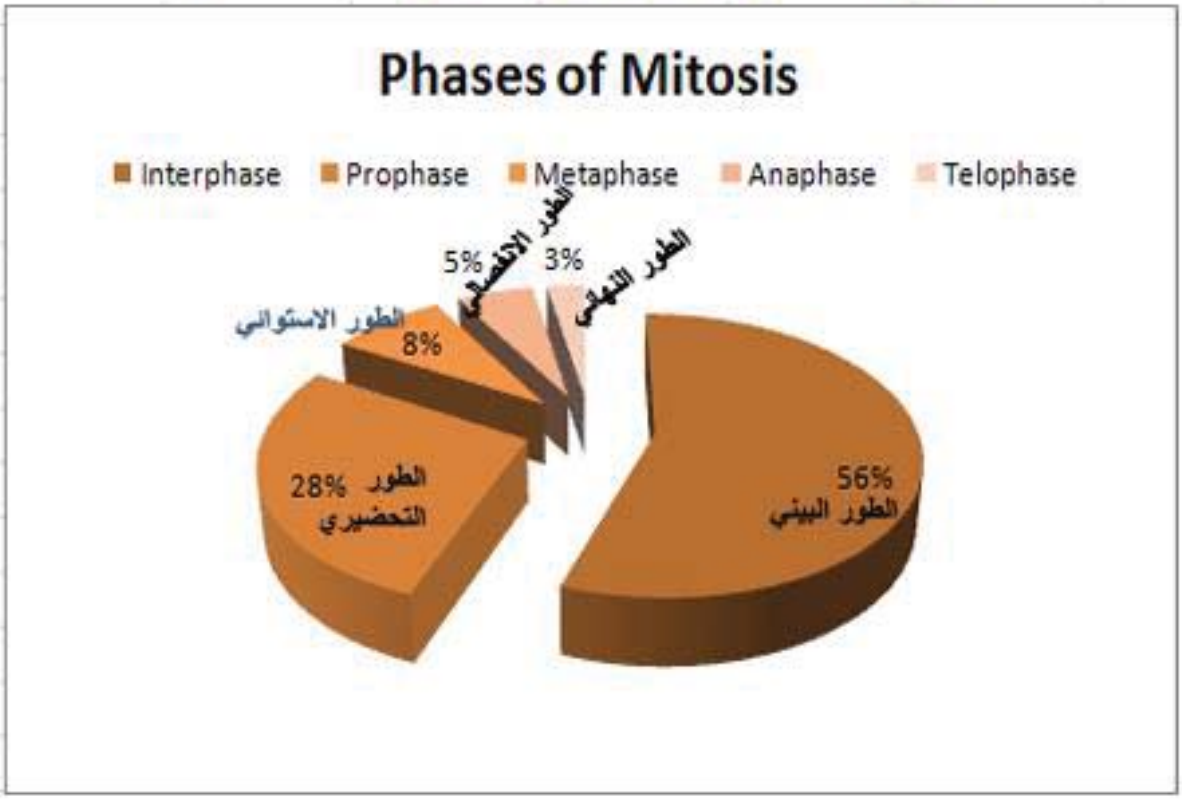
تحضير جذور البصل لدراسات الانقسام غير المباشر

الانقسام غير المباشر Mitosis

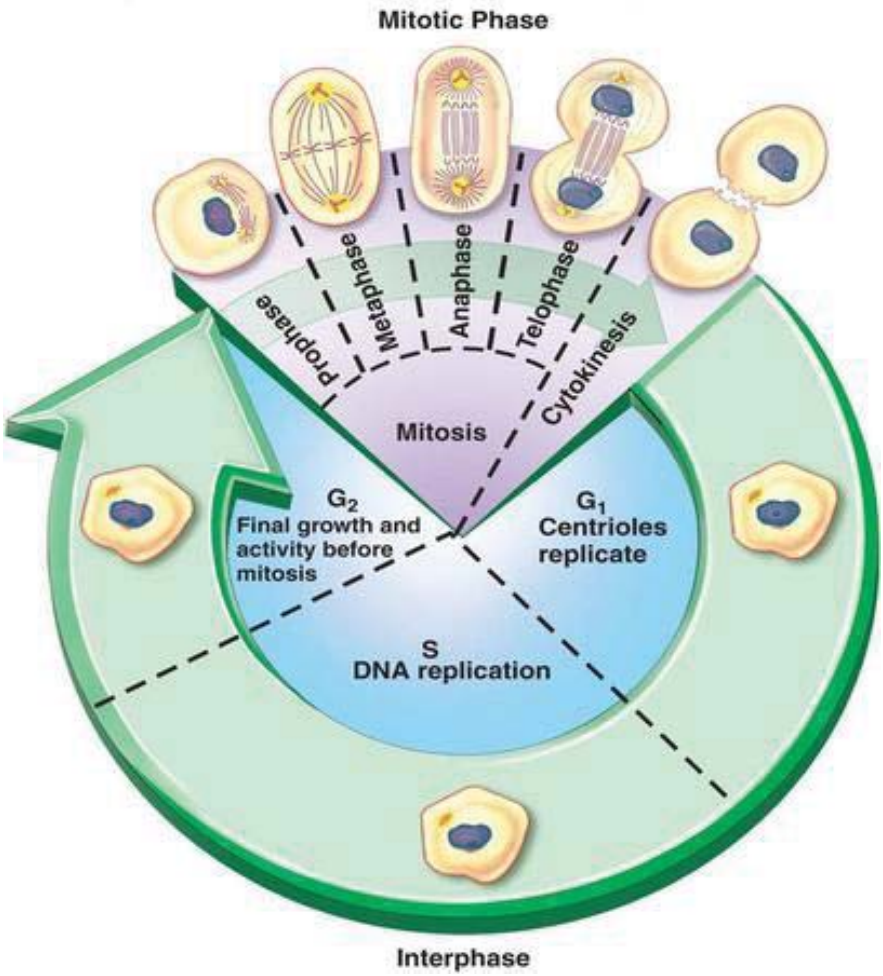




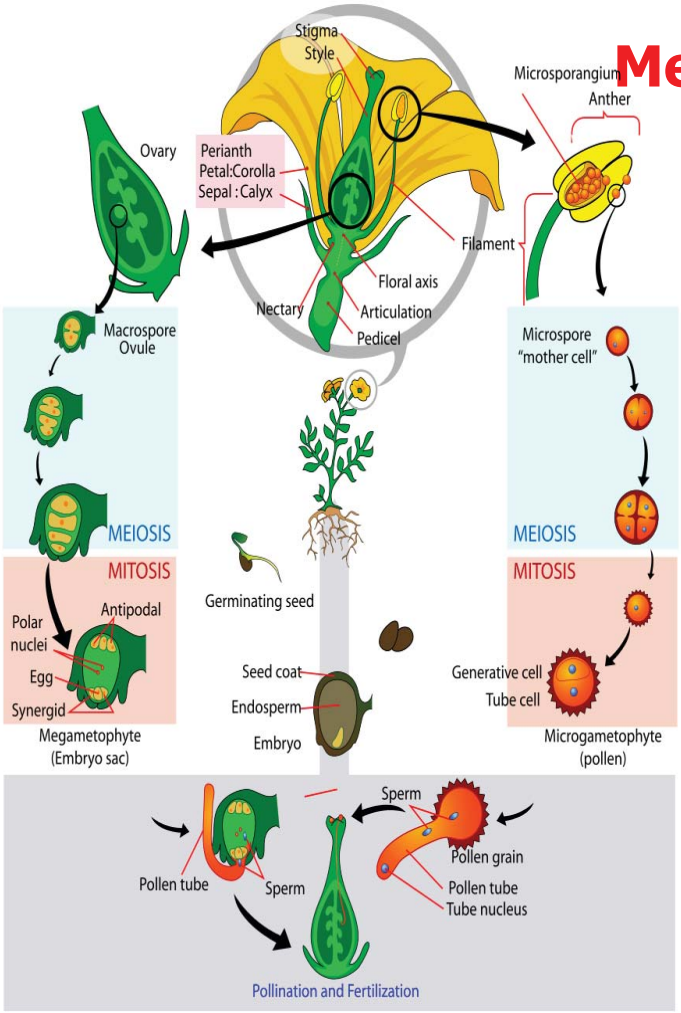
الزمن اللازم لكل من أطوار الانقسام



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display



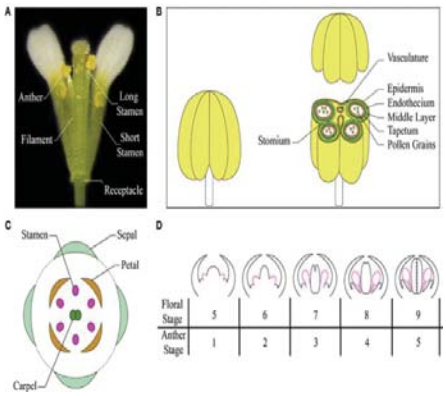
الانقسام الاختزالي Meiosis



- يتم في الكائنات متعددة الخلايا،
- هو الأساس بالتكاثر الجنسي.
- والمحافظة على ثبات عدد الصبغيات في النوع الواحد

مكان حدوثه:

- الأنسجة المولدة للأعراس المذكرة والمؤنثة.
- كل خلية 2ن تعطي 4 خلايا 1ن (الاعراس).
- الانقسام مسؤول عن انتاج الأعراس التي تحمل نصف العدد الصبغي.



مراحل الانقسام الاختزالي:

يتكون من انقسامين متتاليين:

الأول : انقسام منصف

الطور التحضيري الأول prophaseI

الطور الاستوائي الأول MetaphaseI (تتوضع الصبغيات على خط استواء الخلية بشكل أزواج)

الطور الانفصالي الأول AnaphaseI (ينفصل كل صبغي (كروموزوم) كاملا ويغادر الى أحد قطبي الخلية)

الطور النهائي الأول TelophaseI

الثاني: انقسام غير مباشر

الطور التحضيري الثاني prophaseII

الطور الاستوائي الثاني MetaphaseII (تتوضع الصبغيات على خط استواء الخلية بشكل مفرد)

الطور الانفصالي الثاني AnaphaseII (ينفصل كل صبيغي (كروماتيدة) ويغادر الى أحد قطبي الخلية)

الطور النهائي الثاني TelophaseII

الطور التحضيري الأول ProphaseI:

يتكون من خمس مراحل:

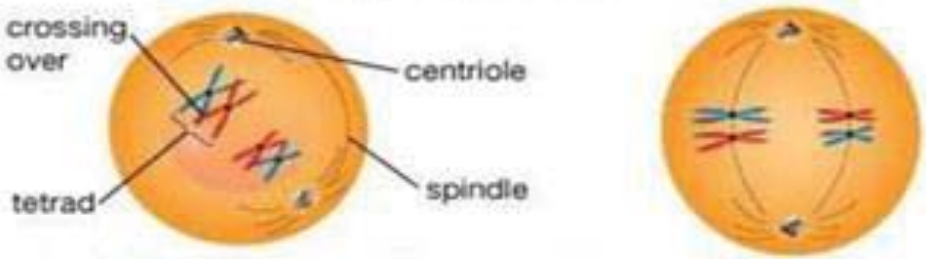
- مرحلة الطور العقدي.
- مرحلة الطور الثنائي
- مرحلة الطور الضام
- مرحلة الطور الازدواجي.
- مرحلة الطور المفرغ

الطور البيني الطور العقدي الطور الثنائي الطور الضام

الطور المفرغ الطور الازدواجي

الطور الاستوائى الأول MetaphaseI

(f) Metaphase I

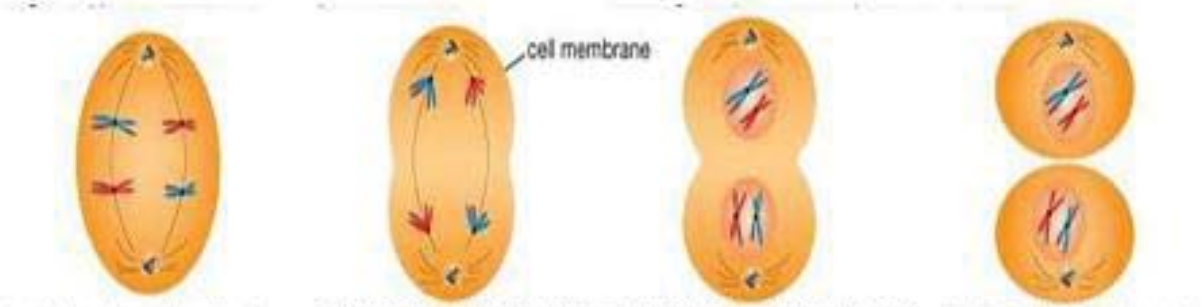


The bivalents duplicate to form tetrads, or four-chromatid groups. The nuclear membrane disintegrates. Crossing over (recombination) occurs.

In metaphase I, the tetrads, attached to spindle fibers at their centromeres, line up at mid-cell.

الطور الانفصالي الاول Anaphase I والنهائي الاول TelophaseI

(g) Early anaphase I (h) Later anaphase I



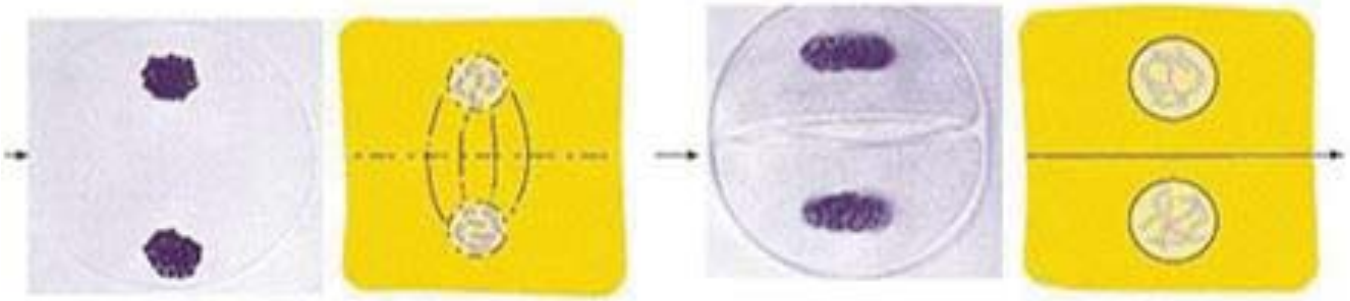
In early anaphase I, the tetrads separate, and the paired chromatids move along the spindle to their respective centrioles.

In late anaphase I, the chromatids have almost reached the spindle poles. The cell membrane begins to constrict.

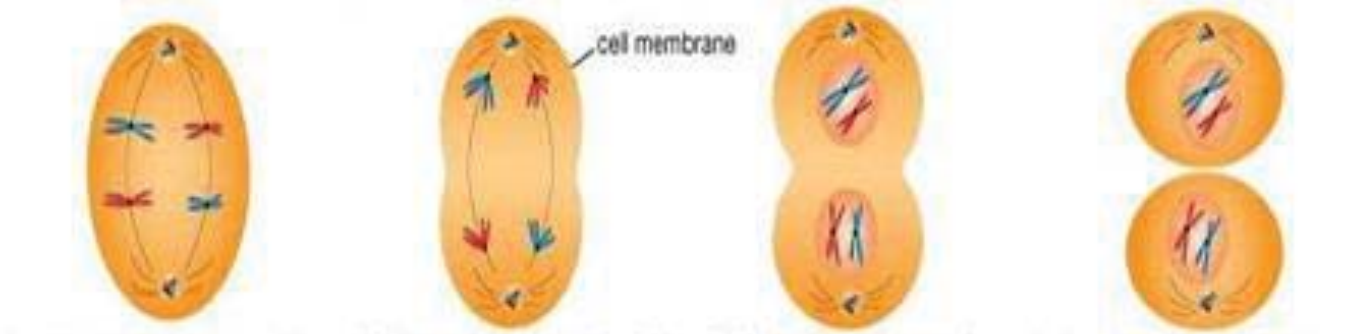
In telophase I, nuclear membranes enclose the separated chromatids. The cell membrane completes its constriction.

The first meiotic division ends. There are now two cells, each with the same number of chromatids as the parent cell.

النهائي الاول TelophaseI



(i) Telophase I (j) Interphase



In early anaphase I, the tetrads separate, and the paired chromatids move along the spindle to their respective centrioles.

In late anaphase I, the chromatids have almost reached the spindle poles. The cell membrane begins to constrict.

In telophase I, nuclear membranes enclose the separated chromatids. The cell membrane completes its constriction.

The first meiotic division ends. There are now two cells, each with the same number of chromatids as the parent cell.

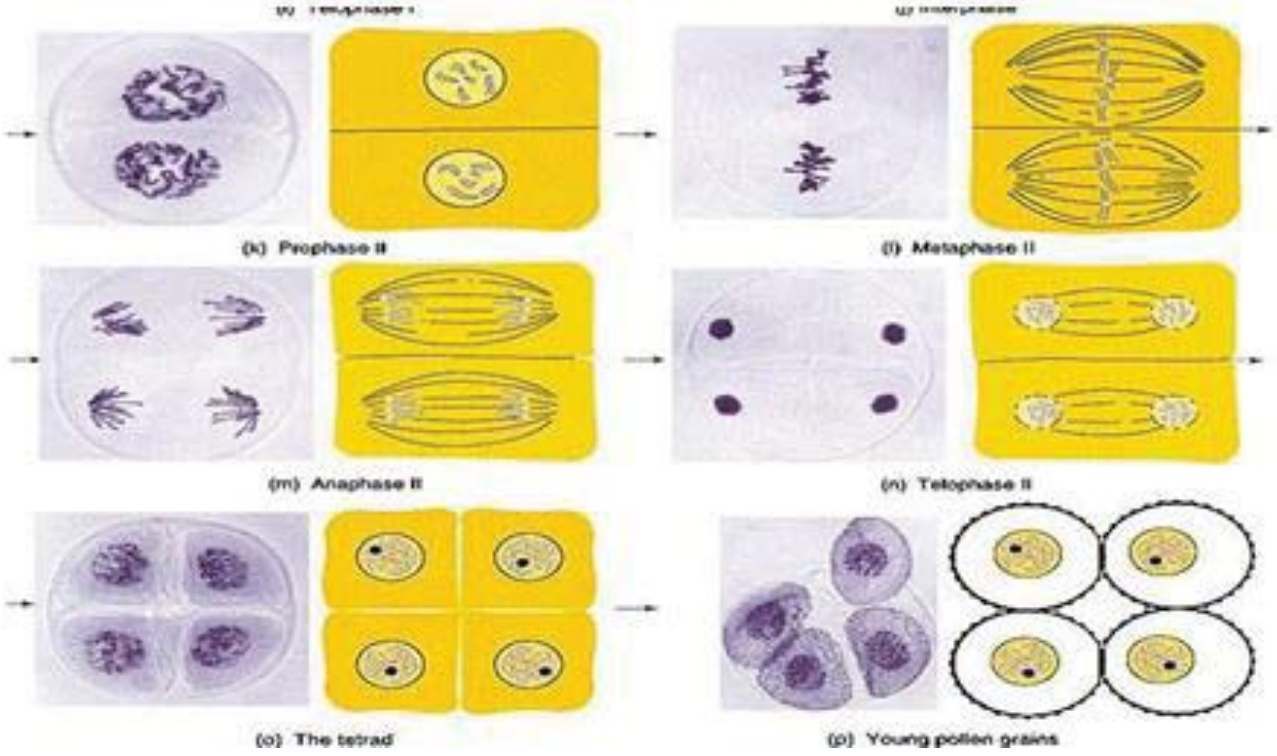
الثاني: أنقسام غير مباشر

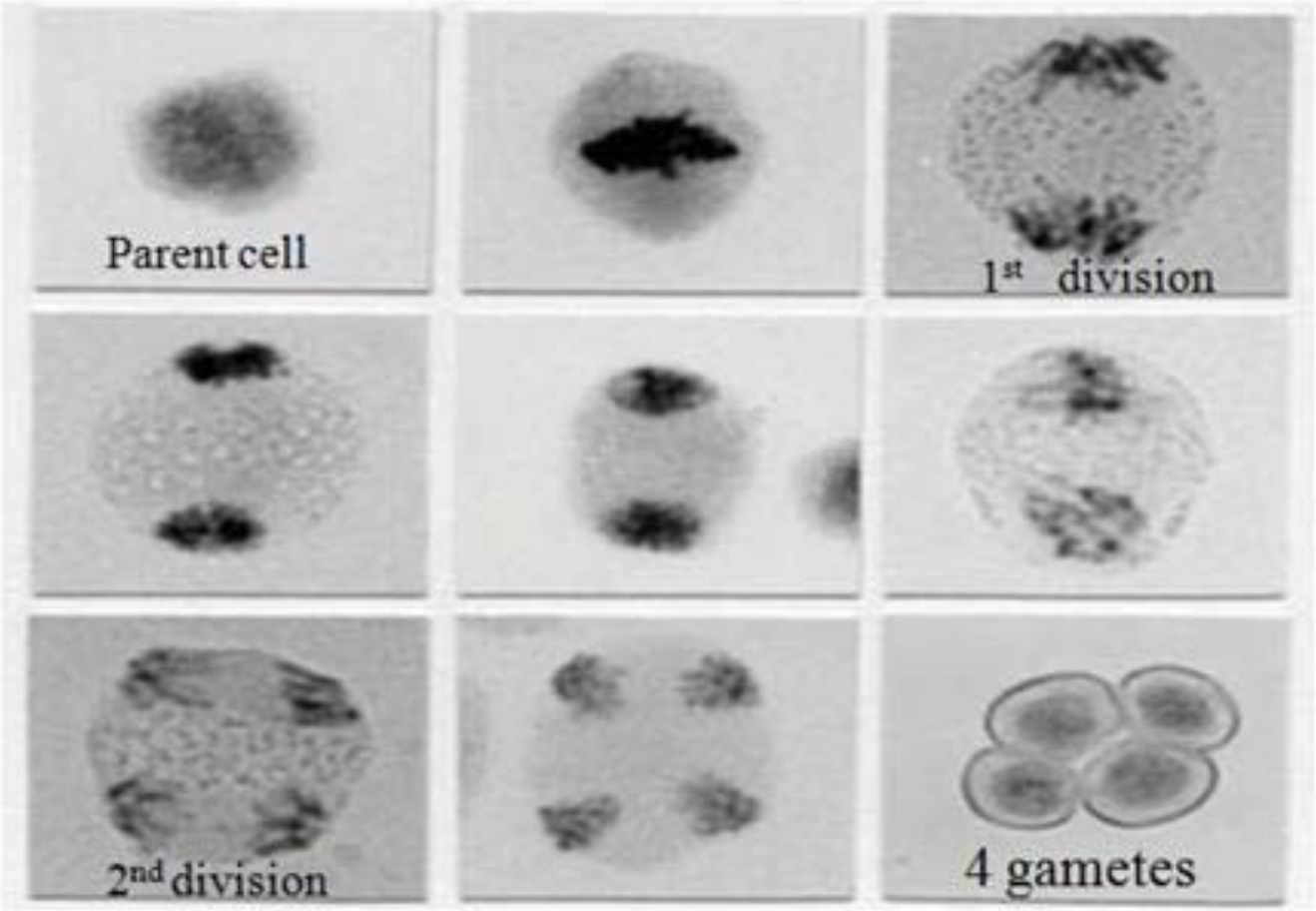
الطور التحضيري الثاني prophaseII

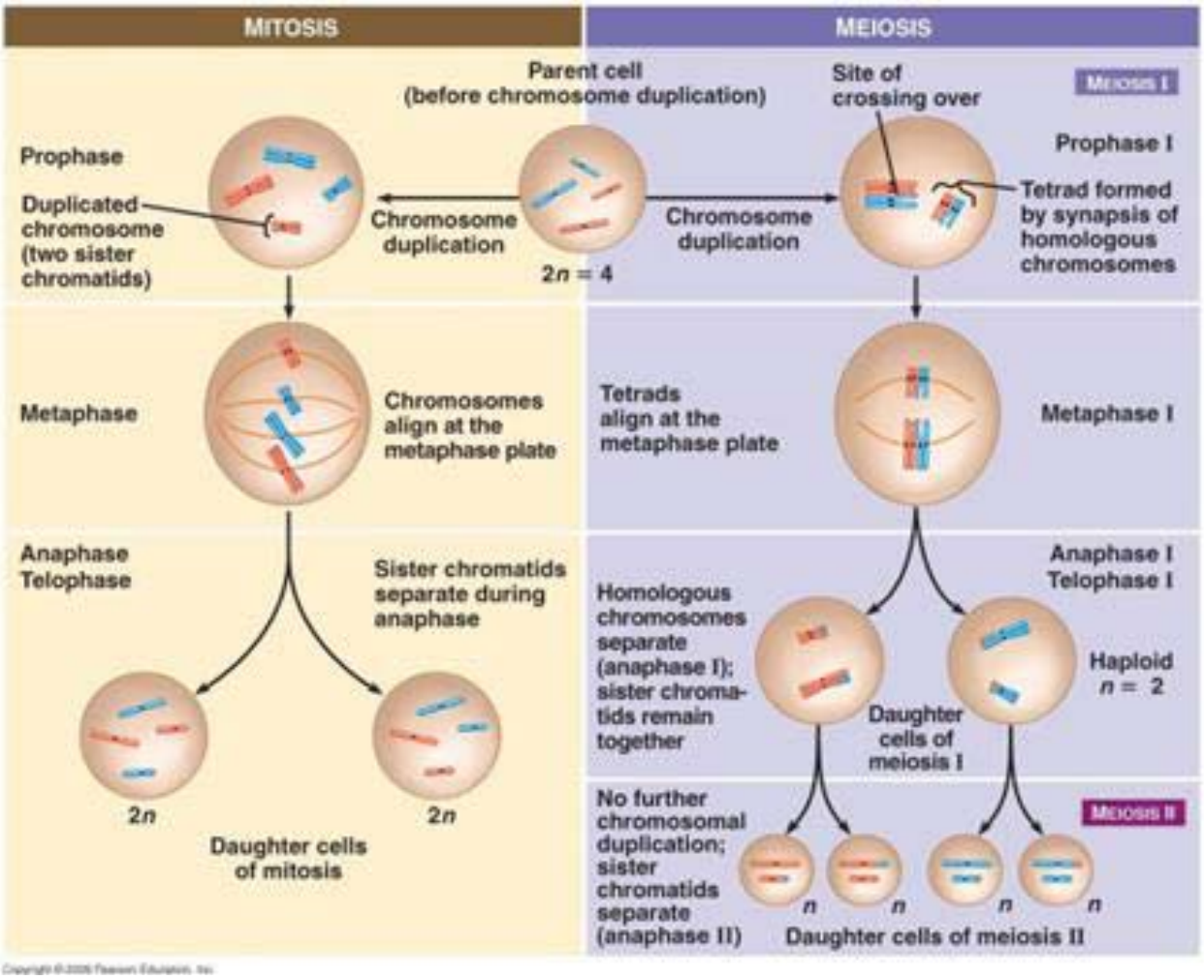
الطور الأستوائي الثاني MetaphaseII

الطور الانفصالي الثاني AnaphaseII

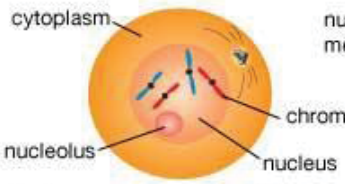
الطور النهائي الثاني TelophaseII



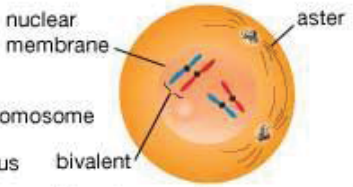




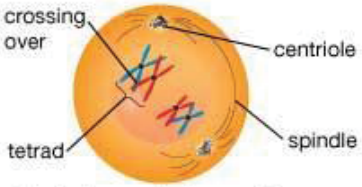
Meiosis, or sex cell division



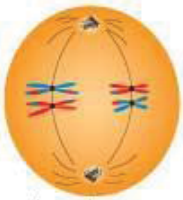
At the onset of meiosis, DNA strands thicken into chromosomes. Homologous, or like, chromosomes begin to approach each other.



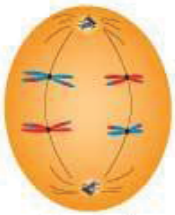
Homologous chromosomes pair to form bivalents. The centrioles divide and move to opposite poles of the cell.



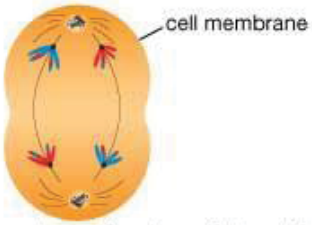
The bivalents duplicate to form tetrads, or four-chromatid groups. The nuclear membrane disintegrates. Crossing over (recombination) occurs.



In metaphase I, the tetrads, attached to spindle fibers at their centromeres, line up at mid-cell.



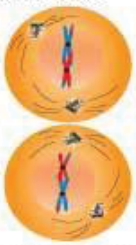
In early anaphase I, the tetrads separate, and the paired chromatids move along the spindle to their respective centrioles.



In late anaphase I, the chromatids have almost reached the spindle poles. The cell membrane begins to constrict.

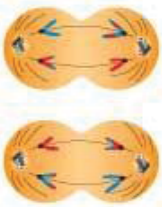
In telophase I, nuclear membranes enclose the separated chromatids. The cell membrane completes its constriction.

The first meiotic division ends. There are now two cells, each with the same number of chromatids as the parent cell.



Prophase II begins. In the second meiotic division, homologous chromatids do not duplicate but merely separate.

In metaphase II, the chromatids line up at mid-cell. The centrioles and asters are at the poles. A spindle has formed.

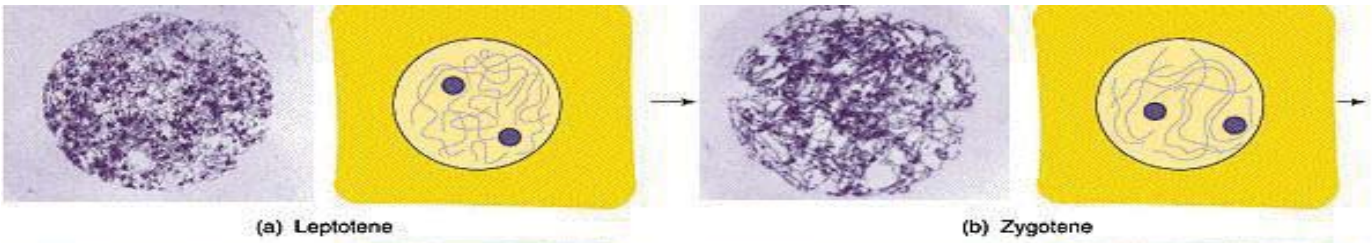


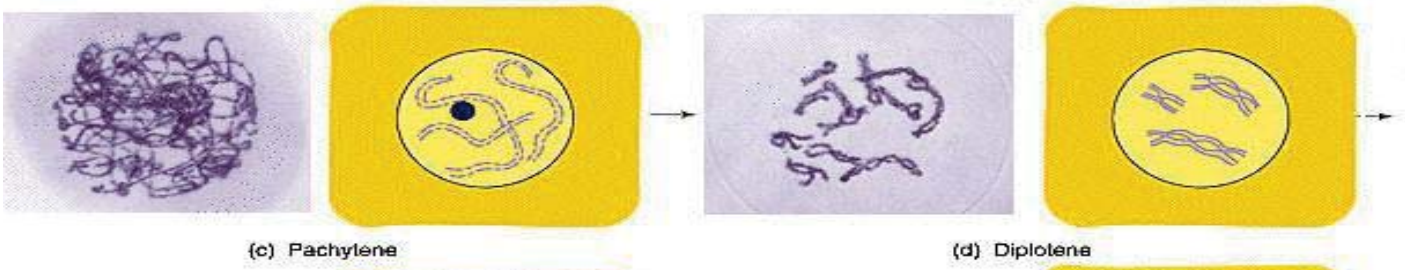
In anaphase II, the now-separated chromatids approach their respective poles. The cell membrane begins to constrict.

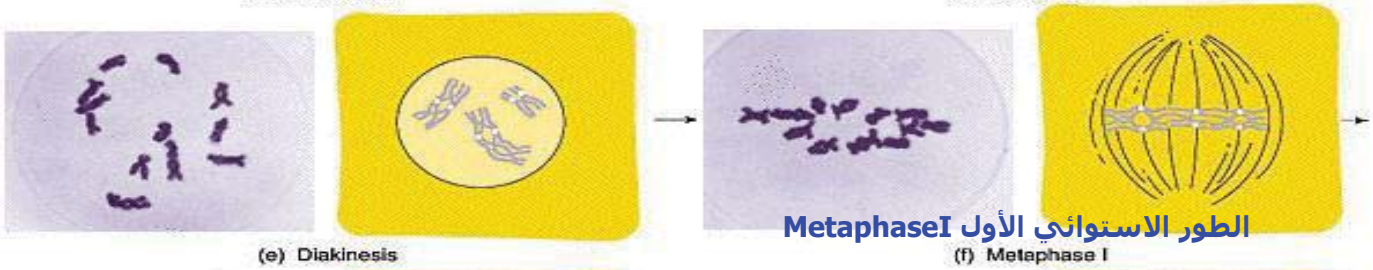
Telophase II has been completed. There are now four cells, each with half the number of chromosomes of the parent cell.

© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.

الطور التحضيري الأول ProphaseI

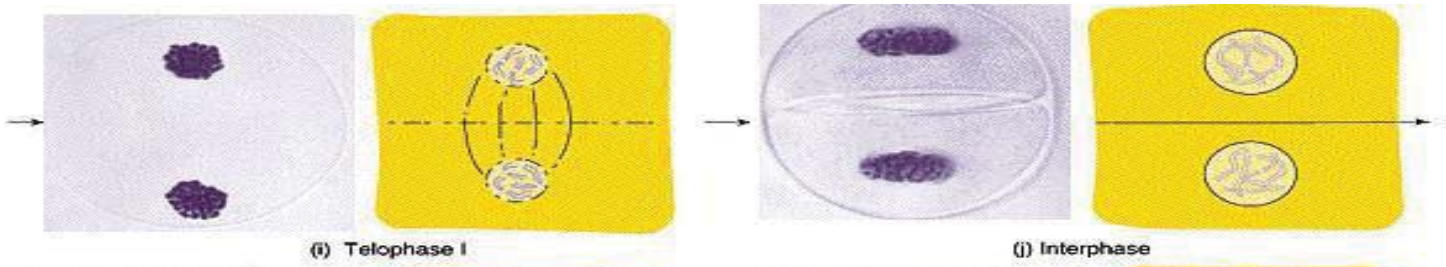


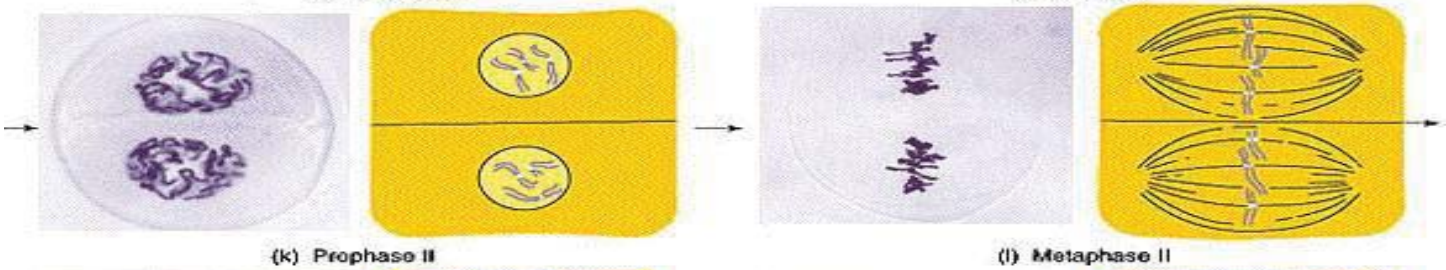


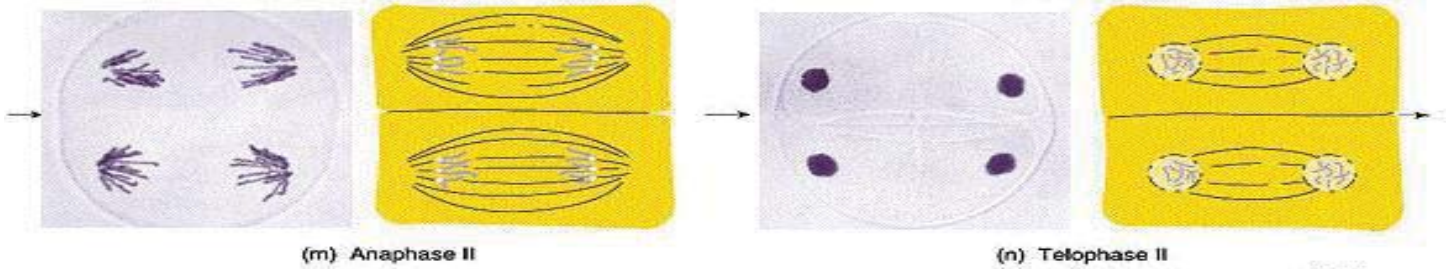


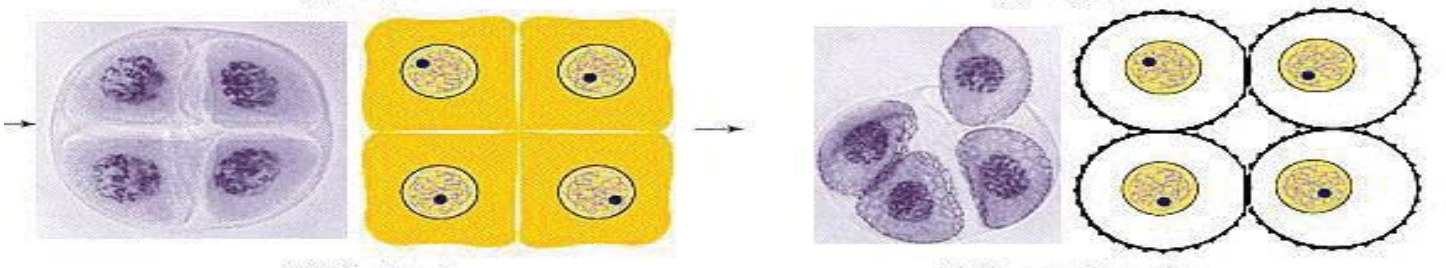
الطور الاستوائي الأول MetaphaseI

الطور الانفصالي الأول AnaphaseI

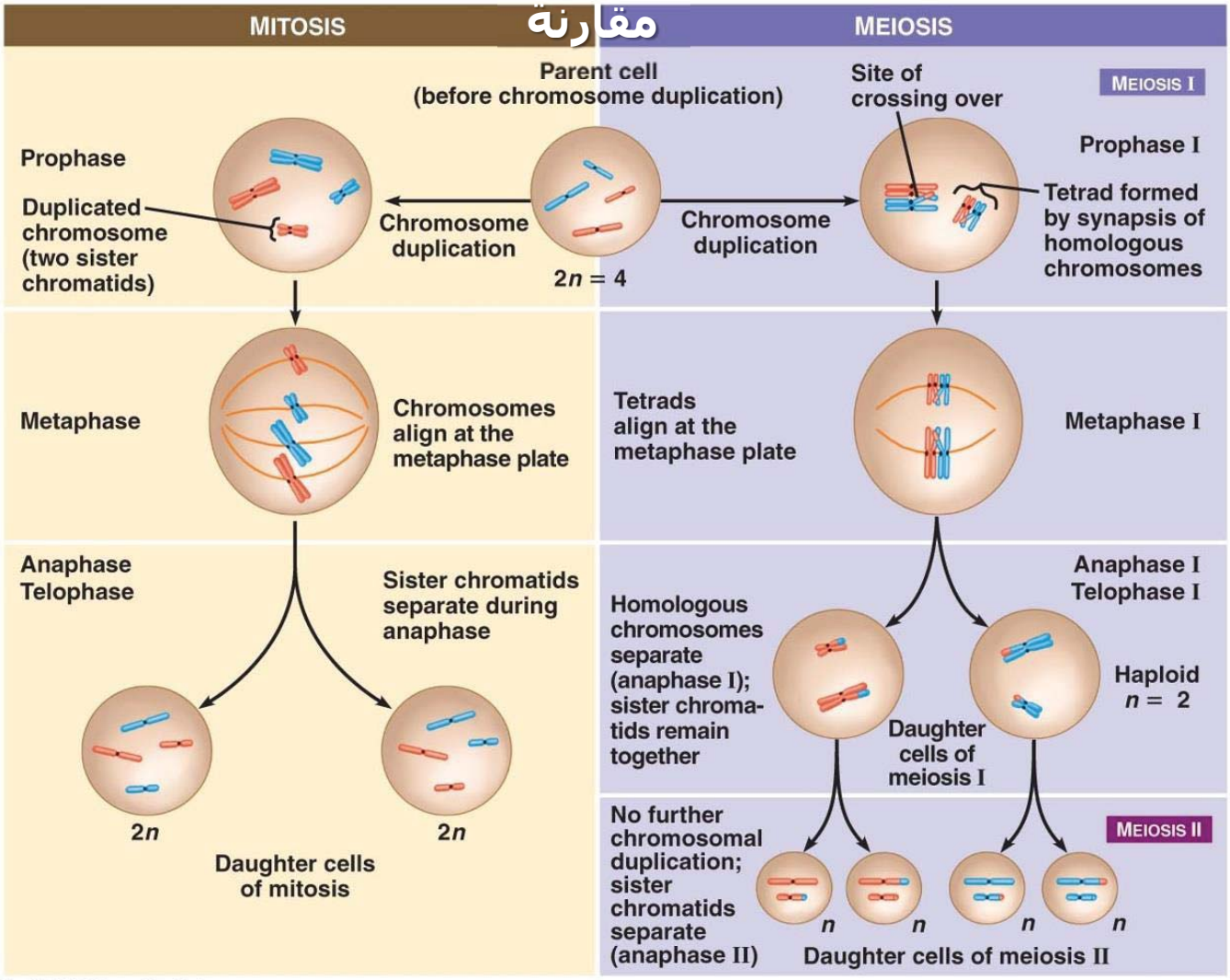








مقارنة



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.