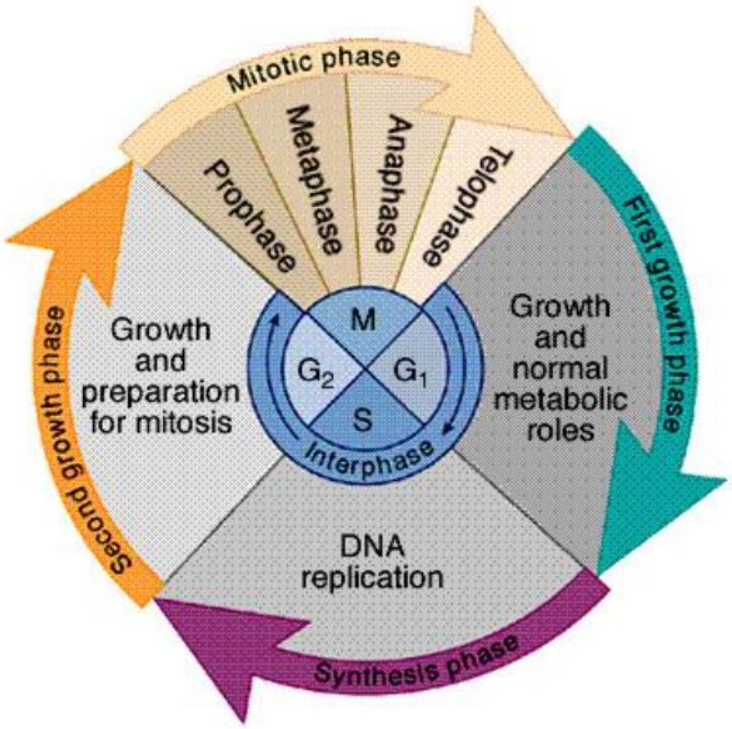
الانقسامات الخلوية

دورة الخلية:- تبدأ الحياة بالتكون عن طريق الانقسام الخلوي للخلية الامية (الاولى) وتنتهي بتكوين خلايا شقيقة جديدة تحمل نفس صفاتها وتوصف هذه الحالة بدورة الخلية او دورة الحياة . وتتألف هذه الدورة من مرحلتين مهمتين هما **الطورالبيني Inter phase** ومرحلة **الانقسام الفعلي النشط Active mitosis (Dividing phase)** . ان الفعالية الكيميائية الحياتية الاكثر اهمية التي تعانيها الخلية للتهيئة للانقسام الخلوي الجديد هي بناء او تضاعف ال DNA او بمعنى اخر استنساخه وتعرف **بفترة البناء Synthetic period (S- period)** تسبقها فترة فاصلة اولى **(G1)** وفترة فاصلة ثانية **(G2)** وبعد انتهاء الفترة الفاصلة الثانية يبدأ طور الانقسام وتنتج خليتين . تشترك الكروموسومات بثلاث نشاطات خلوية وهي :- ١. **الاستنساخ Transcription** ونقل المعلومات الى اجزاء الخلية، ٢.**التضاعف الذاتي Self duplication** ، ٣ . **التكثيف و ازالة التكثيف للكروموسومات Condensation and de-condensation of chromosomes** .



((The cell cycle دورة الخلية))

المرحلة البينية: (تأخذ ٩٠% من زمن دورة حياة الخلية)

الطورالبيني Inter phase:- في نواة الطور البيني تتوزع الخيوط الكروماتينية الطويلة والنحيفة في الحيز الذي كانت تشغله المحتويات النووية. ان حالة استطالة كروماتين الطورالبيني تمثل الوضع المثالي لعمليات الاستنساخ والتكرار وليس الانقسام الى خليتين بنويتين جديدتين . في نهاية هذا الطور يتكثف وينضغط الكروماتين ويصبح اقصر طولا ويمثل مايعرف بالكروموسوم المايتوزي.

الانقسام الخيطي الجسمي Mitosis :- يتضمن ظهور الكروموسومات وتضاعفها بانشطارها طوليا الى جزئين متماثلين وانفصالهما عن بعضهما. لتصل الجينات المطلوبة لنواتين بنويتين جديدتين في الخلايا حقيقية النواة. اما في الخلايا بدائية النواة مثل البكتريا فان تضاعف الكروموسوم الواحد وفصله الى خليتين جديدتين يتم بتكوين او ظهورغشاء بيني يقع بين نقطتي ارتباط كل كرموسوم واخر. ان عملية انتقال نواة الطورالبيني الى الانقسام الخيطي الفعلي يحدث عندما تتوفر عوامل محفزة وتحت ظروف محدده. تتضمن عملية الانقسام الخيطي الاعتيادي عده مراحل او اطوار اساسية هي :-

١. **الطور التمهيدي Prophase .**
٢. **الطور قبل الاستوائي Prometaphase .**
٣. **الطور الاستوائي Metaphase .**
٤. **الطور الانفصالي Anaphase .**
٥. **الطور النهائي Telophase .**

١ . الطورالتمهيدي Prophase:- اهم حدث في هذا الطور هو تكوين الكروموسومات الاعتيادية المكثفة المضغوطة والاكثر تغلضا وذلك لتقلصها في الطول من ناحية وفقدانها للمياه وبذلك تزداد قابلية اصطباغها بالصبغات الكيمياوية. لاتعاني الكروموسومات في الطورالبيني تغيرا جذريا وانما تعاني قصرا في طولها و زيادة في سمكها لالتفافها وتكثفها. يبدأ الطورالتمهيدي عادة بظهور خيوط نحيفة من الكروماتين داخل النواة ويسبق هذا الحدث ازدياد حجم النواة نتيجة لامتصاص الماء ثم تبدأ الخيوط بالتحلزن والالتفاف ويتكون كل كروموسوم من خيطين متحلزنين ينضمان الى بعضهما على مدى طولهما يدعيان بالكروماتيدين وتنتج اربعة

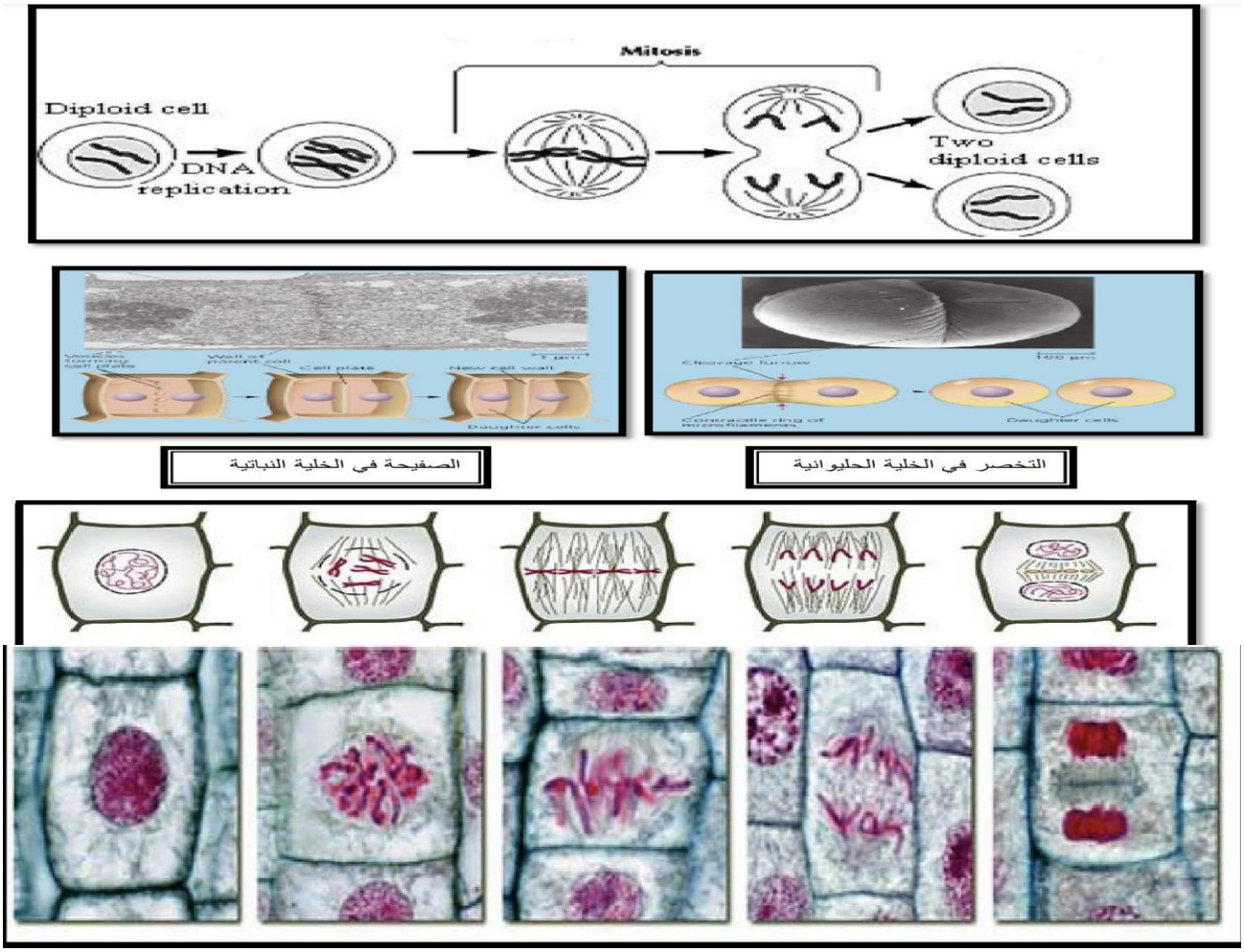
اشرطة تدعى الكروموزيمات . تتوزع الكروموسومات بشكل عشوائي ، كلما تقدم الوقت بالطورالتمهيدي كلما اصبحت النوية اصغر حجما الى ان تتحلل تدريجيا ثم تختفي بالبلازم النووي بالاضافة الى تمزق الغلاف النووي بعدها تتحرر المادة النووية بسايتوبلازم الخلية. وتصبح هنالك لزوجة في محتويات الخلية وتتكون خيوط المغزل بين الجسمين النجميين .

٢ . الطور قبل الاستوائي Prometaphase:- بعد اختفاء الغلاف النووي واختراقه من قبل الياف المغزل تكون الكروموسومات مبعثرة ، ثم تغزو الياف المغزل المنطقة المركزية . تتالف الياف المغزل من النبيبات الدقيقة ، وتضم النبيبات مجموعتين الاولى النبيبات الكروموسومية والثانية النبيبات القطبية او مابين القطبين والتي تأخذ عادة شكل السلة. تتصل الياف المغزل بالقطعة المركزية و تتحرك الكروموسومات نحو استواء الخلية وتنظم شعاعيا بمستوى واحد يدعى بالصفيحة الاستوائية . تعاني الكروموسومات تكثفا خلال الطورين التمهيدي وماقبل الاستوائي وتتكون من كروماتيدين متضاعفين ، يتصل كروماتيدي كل كروموسوم مع بعضهما عند القطعة المركزية.

٣ . الطورالاستوائي Metaphase:- تكون الكروموسومات ثابته ويمكن حساب وتعيين عددها وحجمها في الخلية. في هذا الطور تبقى الكروموسومات منتظمة على الصفيحة الوسطى ويتميز سايتوبلازم الخلية بكونه اكثر شفافية واقل لزوجة. يكتمل اختفاء غلاف النواة وتختلط الماده النووية بالمادة السايتوبلازمية وتكون الكروموسومات مبعثرة ثم تترتب بمستوى الصفيحة الاستوائية metaphase plate ، تتصل الياف المغزل بالقطعة المركزية بتركيب يعرف بال kinetochore ، و تتالف خيوط المغزل من النبيبات الدقيقة وكل ليف يتكون من ٤-١٠ نبيب دقيق وتكون خيوط المغزل اما مرتبطة بالكروموسوم عن طريق القطعة المركزية فتعرف بالالياف الكرموسومية او لاتتصل بالقطعة المركزية فتعرف بالالياف الحرة .

٤ . الطورالانفصالي Anaphase:- يبدأ الطورالانفصالي من لحظة انفصال وابتعاد الكروماتيدين الشقيقين عن بعضهما في منطقة السنترومير . ان حركة الكروموسومات نحو الاقطاب المتعاكسة تحدث ببطئ شديد ، يتخذ الكروموسوم عادة شكل حرف V وباذرع متساوية في حالة كون قطعته المركزية وسطية الموقع او يتخذ شكل حرف لام (ل) فيما لو كانت القطعة المركزية شبه وسطية . خلال هذا الطور تقصر اطوال النبيبات الدقيقة للمغزل و يقصر الكروموسوم ويزداد سمكا حتى يصل درجته القصوى في نهاية هذا الطور.

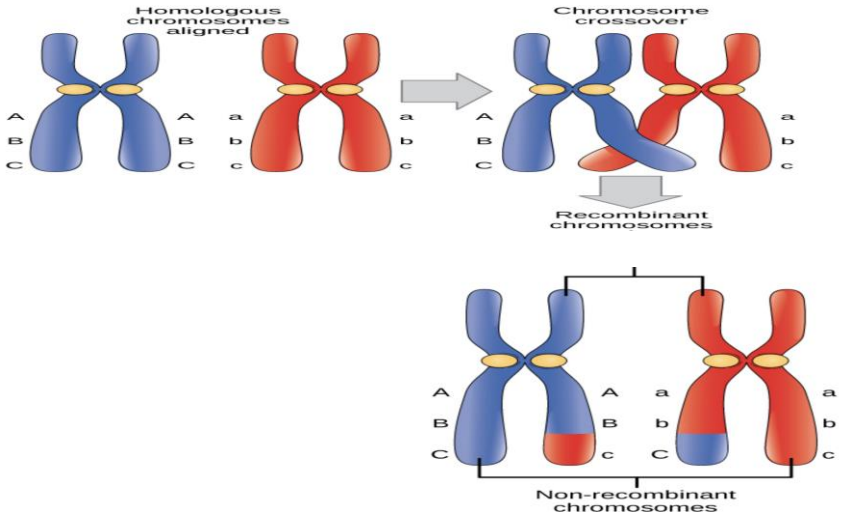
٥. الطورالنهائي Telophase:- يتضمن وصول الكروموسومات البنوية الى قطبي الخلية حيث يحصل تفكك وفقدان حلزنة والتفاف الكروموسومات البنوية وانتشارها بصورة تدريجية كذلك تدرج عملية التشريب بالماء مما يسبب ايضا تدرج في فقدان كثافتها من جهه وتقليل اصطباغها بالصبغات من جهه اخرى. وتتميز نهاية هذا الطور بظهور النوية في منطقة تنظيم النوية بالاضافة الى ظهورالغلاف النووي . تصاحب عملية اعادة تكوين نواة الطورالبيني عملية انفصال السايتوبلازم في الخلايا المنقسمة. ففي الخلية الحيوانية يحدث تخصر في استواء المغزل الذي يؤدي الى تقسيم الخلية الى خليتين ، اما في الخلية النباتية فتظهر الصفيحة الخلوية Cell plate عند منطقة استواء المغزل ثم تتحول الى صفيحة وسطى middle lamella نتيجة ترسب مادة البكتين وانصاف السكريات من جهازكولجي مكونة الجدار الابتدائي .وخلال الانقسام تتوزع العضيات الموجوده بالخلية بصور متساوية بين الخليتين .



مخطط يوضح الانقسام الخيطي(للاطلاع)

الانقسام الاختزالي Meiosis:- هوالانقسام الناجم عن تضاعف كروموسومي واحد مصحوب بانقسامين نوويين متتاليين. ان الانقسام الاختزالي هو نوع خاص من الانقسام يحدث في خلايا معينة للكائنات التي تتكاثر جنسيا وفيه يقترن كل انشطار فعلي للقطعة المركزية **Centromere** بانقسامين نوويين متعاقبين ، ففي الانقسام الاول تفترق القطع المركزية المتماثلة مما يؤدي الى اختزال العدد الكروموسومي (2n) الى النصف (1n) وفي الانقسام الثاني تفترق القطع المركزية

الشقيقة عن بعضها مما يؤدي الى تكوين اربع نوى او خلايا بنوية تحتوي كل منها نصف العدد الكروموسومي للخلية الام . يلاحظ في الانقسام الاختزالي حدوث تبادل للقطع الكروموسومية بين الكروموسومات الابوية والامية المتماثلة مما يترتب عليه تكوين اتحادات جديدة وهذه الحالة تمثل



هذا الرسم التوضيحي لتأثيرات العبور، جاء الكروموسوم الأزرق من والد الفرد والكروموسوم الأحمر من أم الفرد. يحدث التقاطع بين الكروماتيدات غير الشقيقة للكروموسومات المتماثلة. والنتيجة هي تبادل المواد الجينية بين الكروموسومات المتماثلة. تسمى الكروموسومات التي تحتوي على مزيج من التسلسل الاموي والابوي

احد مصادر التغاير في الكائنات الحية ، ويختلف موعد الحصول الانقسام الاختزالي خلال دورة الحياه باختلاف الكائنات الحية وعلى هذا الاساس يمكن تمييز ثلاث مجاميع مهمة :-

١. **الانقسام المشيجي او الاختزالي الطرفي:-** يكون له علاقة بتكوين الامشاج في الحيوانات الراقية والابتدائيات ويحدث الانقسام بصورة مباشرة قبل تكوين الكميتات.

٢. **الانقسام الوسطي اوالسبوري :-** يلاحظ في النباتات الواطئة والراقية ويحدث بين الاخصاب وتكوين الامشاج اي في منتصف هذه الفترة.

٣. **الانقسام المبكر:-** يجري في الفطريات والطحالب ويحدث هذا الانقسام مباشرة بعد الاخصاب.

يعتبر الانقسام الاختزالي اكثر تعقيدا من الانقسام الخيطي الجسمي ويتم على مرحلتين . يتميزالطورالتمهيدي الاول للانقسام الاختزالي الاول بتعقيده وطوله ففي النباتات يستمر حوالي ساعة ، اما في الحيوان فقد يستغرق ايام او اسابيع وقد يصل الى سنين.

الدورالتمهيدي للانقسام الاختزالي الاول Prophase I :- يبدأ بعد الطور البيني الذي لايختلف عن الطور البيني للانقسام الخيطي ، يحصل خلال الطور البيني تضاعف للمادة الوراثية وتكون الكروموسومات في اقصى حالات التمدد ويتميز الطور التمهيدي بطوله وتعقيده فقد تم تقسيمه الى عدة اطوار ثانوية هي:-

١. **الطورالقلادى Leptotene (Leptonema)**:- يتميز هذا الطور بظهور الكروموسومات بصورة تدريجية ، في هذا الطور تستمر عملية التغلظ والتكثف والاستطاله وتظهرالكروموسومات على شكل خيوط نحيفة وطويلة ومفصولة عن بعضها البعض وبشكل انفرادي وتظهر على الكروموسومات تراكيب تشبه المسبحة مؤلفة من خرز على شكل قلادة تدعى الكروميرات **chromomers** . وينتهي هذا الطورعندما تصبح الكروموسومات اكثر كثافة وتصطف بشكل ازواج ثنائية .

٢. **الطورالازدواجي(Zygonema) Zygotene**:- تبدأ الكروموسومات المتماثلة homologous chromosome بالاقتراب من بعضها والازدواج على طولها الكلي ويتم الازدواج نقطة بنقطة وكروموميرر بكروموميرر وتعرف عملية الازدواج بالاقتران **Synapsis**

وتكون عملية الاقتران محكمة وتؤدي الى تكوين معقد جديد يدعى معقد الاقتران **synaptinemal complex** . وعن طريق تلك المناطق تحصل عملية العبور **crossing over** خلال مرحلة متقدمة من الطور التمهيدي . تكون الكروموسومات غير مبعثرة بل منتظمة ضمن الحيزالنووي . هنالك العديد من العوامل التي تؤثرعلى عملية الاقتران منها درجه الحرارة ونوعية التغذية وجينات معينة.

٣. **الطورالضام او التغلضي (Pachytene(Pachynema**:- يمثل اول مرحلة من مراحل الطور التمهيدي الطويلة جدا فقد يستغرق سنوات ، بينما يستغرق الطورين السابقين بضع ساعات ، خلال هذا الطور تستمر عملية الحلزنة وتقلص الكروموسوم طوليا فتزداد كثافته ويصطبغ بلون داكن بحيث يصعب تمييز كروماتيداته الاربعة. كما تبقى الكروموسومات المتماثلة مع بعضها لارتباطها بمعقد الاقتران وتتخذ الكروماتيدات الاربعة وضعا يؤدي الى حدوث تقاطع للكروماتيدات غيرالشقيقة ويمكن تبادل الجينات وتدعى مناطق التقاطع التصالبات **Chiasmata** وتمثل الاساس الطبيعي لعملية العبورالوراثي Crossing over ، تؤدي عملية العبورالى تبادل القطع بين الكروماتيدات غيرالشقيقة وتبدا عملية العبور في نهاية هذا الطور وتكتمل في الطور الذي يليه (الطورالتنافري) .

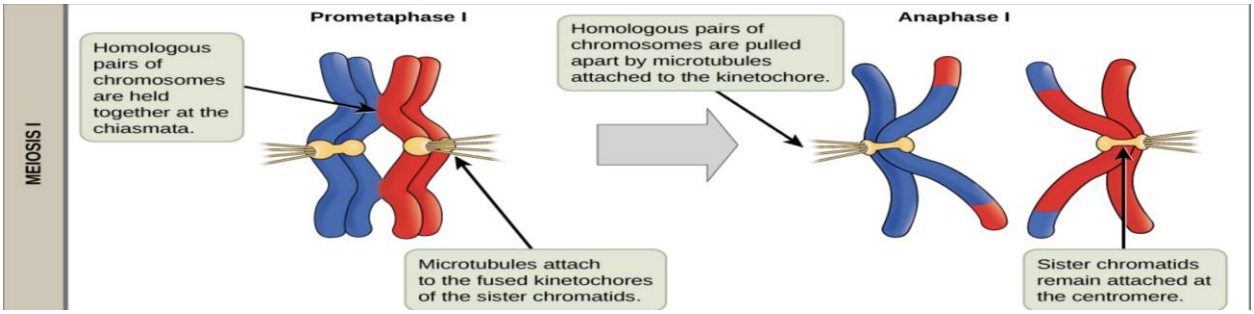
٤. **الطورالتنافري او الانفراجي (Diplofene (Diplonema**:- تبدا الكروماتيدات المتماثلة في المزدوج الثنائي بالانفصال والتباعد وكانما حلت قوة تنافر بدل قوة التماسك وبالرغم من ابتعاد الكروموسومات المتماثلة عن بعضها الا انها تبقى مرتبطة في منطقة القطعة المركزية ومناطق التصالبات الحادثة بين الكروماتيدات الاربعة غيرالشقيقة يستغرق هذا الطوروقتا طويلا ويحتل منتصف الطورالتمهيدي الاختزالي الاول ،حيث تتم خلاله جميع الفعاليات الايضية المكثفة ، وكروموسومات هذا الطور قد تتخذ هيئة لاتتواجد في اي طور خلال حياة الخلية وتدعى الكروموسومات في هذا الطور بالكروموسومات العملاقة (اللامبرشية).

٥. **الطورالتشتتي Diakinesis**:- يمثل هذا الطور اخر مراحل الطور التمهيدي الاول وانسب طور لدراسة ترابط الكروموسومات المزدوجة لان عملية التقلص الطولي للكروموسومات تقترب الى نهايتها ، تنتشر الكروموسومات في الخلية وتبقى الكروموسومات المتماثلة مزدوجه متماسكة في مناطق التصالبات وعندما تحاول الكروموتيدات الانفصال عن بعضها فان

التصالبات تنزلق على طول الكروماتيدة ، وتدعى هذه العملية بالعبور الانهائي ويصبح كل مزدوج ثنائي يحوي واحد اواثنين من التصالبات. وتتهئ الكروموسومات للارتباط بخيوط المغزل وتعود الكروموسومات الى التكثف والتخثن خلال الطورالتشتتي . وفي هذا الطور تختفي النوية ويتكسر الغلاف النووي ، ثم تتحرك الكروماتيدات الرباعية متوجهة الى الصفيحة الاستوائية كما يبدأ المغزل بالظهور .

الطورالاستوائي الاول Metaphase I:- تترتب الكروموسومات المزدوجة على خط استواء الخلية بحيث تكون القطع المركزية لكل زوج متجهة بصورة متقابلة نحو قطبي الخلية المتعاكسين ، وتصطف القطع المركزية للكروماتيدات الاربعة بشكل متعامد على الياف المغزل وتتصل الياف المغزل لقطب معين بكروماتيدي الكروموسوم عند القطعة المركزية .

الطورالانفصالي الاول Anaphase I:- تنعزل الكروموسومات المتماثلة المزدوجة والمؤلفة من اربعة كروماتيدات عن بعضها ، وتتباعد القطع المركزية لكل زوج عن بعضها دون انقسام وتسحب القطعة المركزية الكروموسوم التابع لها والمكون من كروماتيدين شقيقين نحو قطبي الخلية ولعدم وجود تداخل مابين الكروماتيدات الرباعية لمزدوج ثنائي واخر فان الكروموسومات الابوية والامية تنعزل بحرية الى خليتين جديدتين بنويتين .

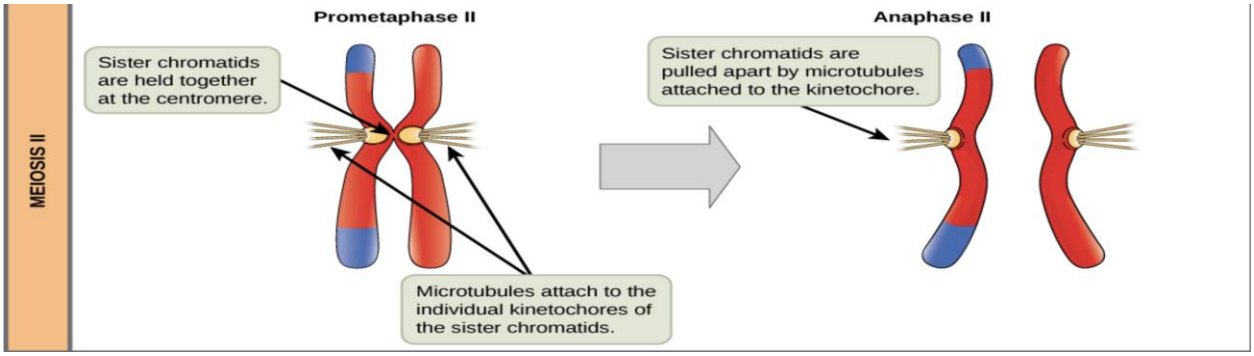


الطورالنهائي الاول Telophase I:- تحدث تغيرات في هذا الطور ابسط مما هو موجود في نظيره في الانقسام الخيطي ، ويختلف هذا الطور عما هو موجود في النوع الثاني من الانقسام الخيطي حيث تحتوي النواتان البنويتان كروموسوم من كل زوج من الكروموسومات المتماثلة اي اختزال العدد الكروموسومي الى النصف وذلك لعدم انشطار القطعة المركزية في الطورالانفصالي الاول و حدوث تبادل للقطع الكروموسومية بين الكروموسومات الابوية والامية بعملية العبور Crossing over ضمن الطور التمهيدي الاول.

Interkinesis:- وهي مرحلة مابين الانقسام الاختزالي الاول والثاني وغالبا ما تكون هذه المرحلة معدومة او قصيرة جدا ، وتتميز خلايا هذا الطور بكونها احادية المجموعة الكروموسومية . في الغالب يعقب الانقسام الاختزالي الاول انقسام في السايتوبلازم نفسة فتتتكون خليتان ملتصقتان ببعضهما يطلق عليها بالثنائيات كما هو الحال في نباتات ذوات الفلقة الواحده ويدعى هذا النوع بالانقسام المتعاقب وقد لاينقسم السايتوبلازم الا في نهاية الانقسام الاختزالي الثاني كما هو الحال بالنسبة لنباتات ذوات الفلقتين فيدعى هذا النوع بالانقسام الآني.

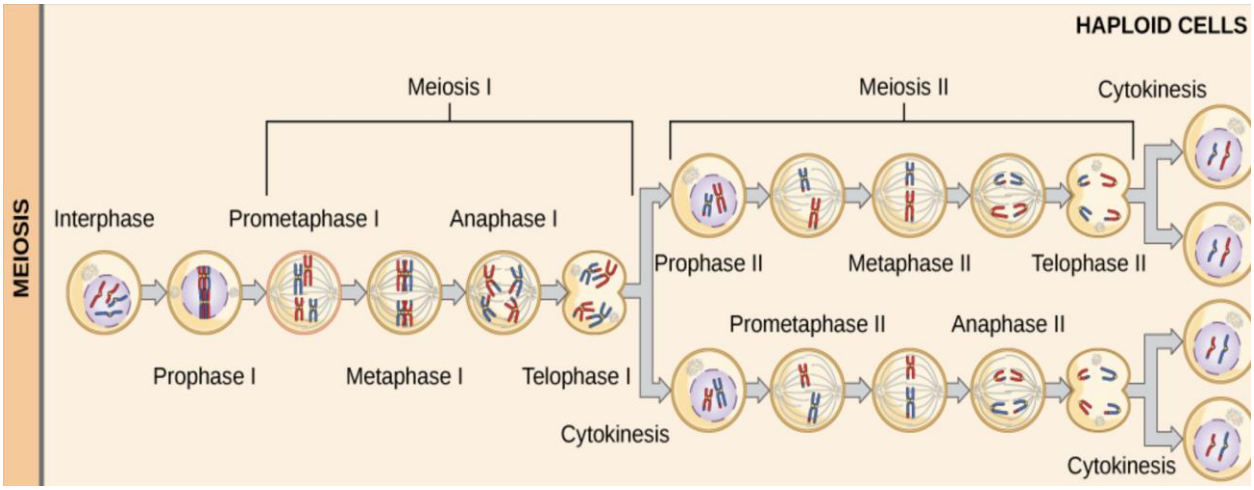
الطورالتمهيدي الثاني Prophase II:- يكون ابسط بكثير واقصرمن الطور التمهيدي الاول فتظهر الكروموسومات منفردة ثنائية الكروماتيدة ومرتبطة بواسطة القطعة المركزية وتكون الكروموسومات طويلة نوعا ما ثم تتكثف فتقصر تدريجيا وتتخذ شكل حرف V اوحرف X حسب موقع القطعة المركزية ، و في نهاية هذا الطورتختفي النوية وكذلك الغلاف النووي.

الطورالاستوائي الثاني Metaphase II:- يظهر في هذا الطور المغزل و تصطف الكروموسومات عند الصفيحة الاستوائية وعلى العكس ما يحدث في الطورالاستوائي الاول فان القطعة المركزية للكروماتيدات الشقيقة للطور الاستوائي الثاني تتجه للاقطاب المتعاكسة فتصبح بذلك مرتبطة بمجموعة من الياف المغزل المتعاكسة.



الطورالانفصالي الثاني Anaphase II:- تنشطر القطع المركزية في وقت واحد في هذا الطور ثم تنفصل كروماتيدات كل كروموسوم عن بعضها نتيجة لهذا الانشطار وتتجه كل قطعة مركزية الى قطب مضاد ساحبة معها كروماتيدة واحدة (كروموسوم بنوي) ، قد يحدث خلل في هذا الطور ولاتتمكن الكروماتيدات الشقيقة من الانفصال ونتيجة لعدم الانفصال فأن واحدة من الخلايا البنوية الاربعة سوف تحوي كروموسوم اضافي بينما تفتقد خلية اخرى هذا الكروموسوم . ان نتيجة الانقسام الاختزالي الطبيعي هو تكون اربع خلايا احادية المجموعة الكروموسومية من ناحية محتواها النووي من DNA و العدد الكروموسومي.

الطورالانفصالي الثاني Anaphase II:- تنشطر القطع المركزية في وقت واحد في هذا الطور ثم تنفصل كروماتيدات كل كروموسوم عن بعضها نتيجة لهذا الانشطار وتتجه كل قطعة مركزية الى قطب مضاد ساحبة معها كروماتيدة واحدة (كروموسوم بنوي) ، قد يحدث خلل في هذا الطور ولاتتمكن الكروماتيدات الشقيقة من الانفصال ونتيجة لعدم الانفصال فأن واحدة من الخلايا البنوية الاربعة سوف تحوي كروموسوم اضافي بينما تفتقد خلية اخرى هذا الكروموسوم . ان نتيجة الانقسام الاختزالي الطبيعي هو تكون اربع خلايا احادية المجموعة الكروموسومية من ناحية محتواها النووي من DNA و العدد الكروموسومي.



ملخص

يتطلب التكاثر الجنسي أن تنتج الكائنات ثنائية الكروموسومات خلايا أحادية الكروموسومات يمكن أن تندمج أثناء الإخصاب لتكوين ذرية ثنائية الصبغيات. تسمى العملية التي تؤدي إلى انتاج خلايا أحادية الكروموسومات بالانقسام الاختزالي. الانقسام الاختزالي عبارة عن سلسلة من الأحداث التي تقوم بترتيب وفصل الكروموسومات إلى خلايا بنوية. هناك مرحلتين من الانقسام النووي ينتج عنهما أربع نوى وعادة أربع خلايا أحادية الصبغيات، ولكل منها نصف عدد الكروموسومات.

يتشابه الانقسام الاختزالي الثاني مع الانقسام الخيطي، ولكن لهما نتائج مميزة. الخيطي هو انقسام نووي مفرد تنتج خليتين بنوية متطابقة وراثيًا (لها نفس عدد مجموعات الكروموسومات الخلية الأصلية الام). الاختزالي عبارة عن انقساميين نوويين ينتجان أربع خلايا مختلفة وراثيًا ولها مجموعة كروموسوم واحدة (نصف عدد كروموسومات الخلية الأصلية الام). تحدث الاختلافات الرئيسية في القسم الأول من الانقسام الاختزالي.