الفصل الأول
الخلية

محتويات الفصل

1 – 1 . مقدمة .

1 – 2 . نظرية الخلية (Cell Theory) .

1 – 3 . حجم الخلية (Cell Size) .

1 – 4 . الخلية بدائية النواة (Prokaryotic Cell) .

1 – 5 . الخلية حقيقية النواة (Eukaryotic Cell) .

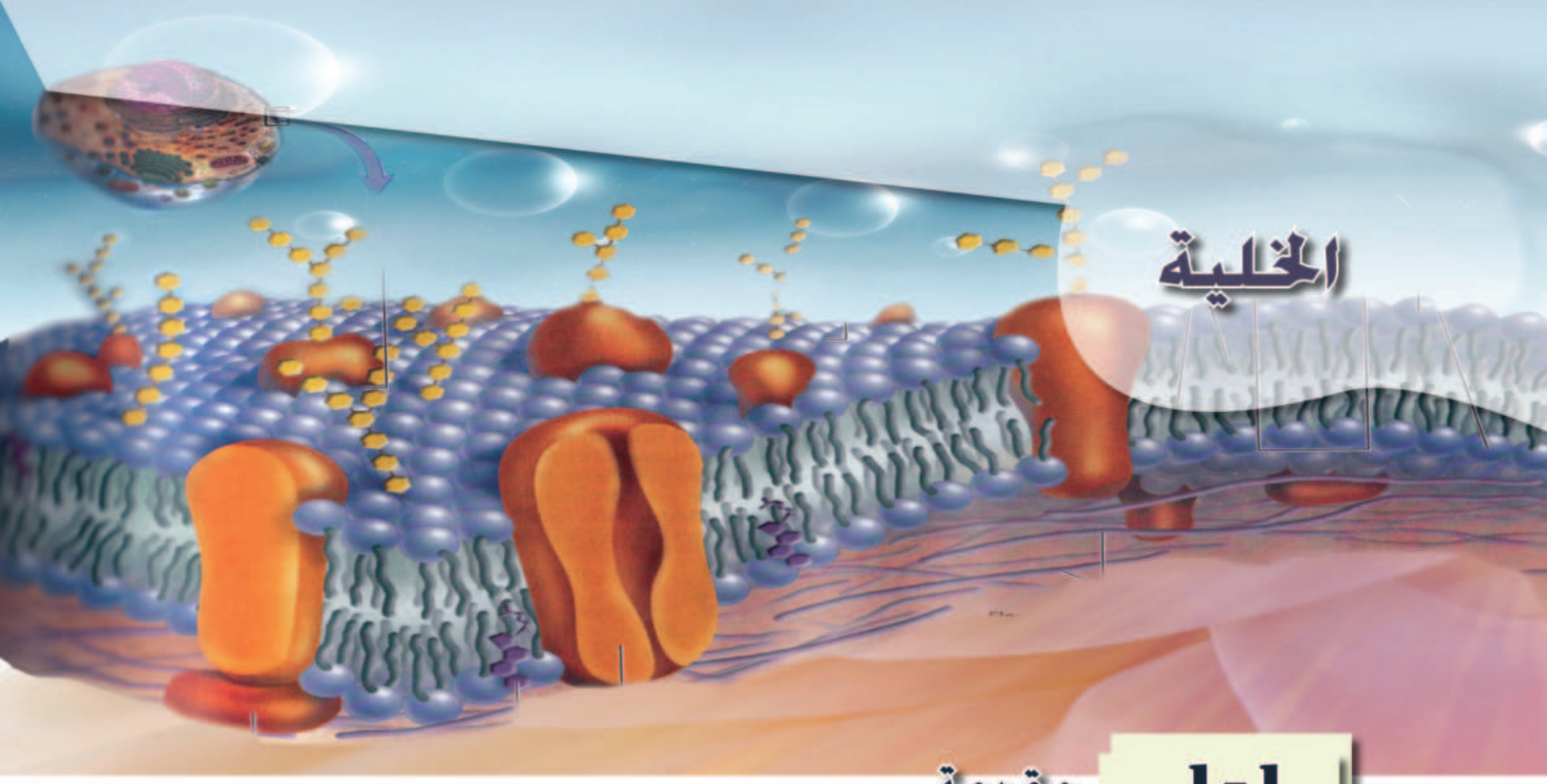
1 – 6 . الانشطة الخلوية (Cell Activities) .

1 – 7 . انقسام الخلية (Cell Division) .

النواتج التعليمية :

بعد الانتهاء من دراسة الفصل الاول نأمل من الطالب ان يكون قادراً على ان :

1. يعرف الخلية ويقارن بين الخلية بدائية النواة وحقيقية النواة .
2. يبين الاسس التي استندت اليها نظرية الخلية .
3. يسمي العالمين اللذين استندت النظرية الخلوية الى عملهما .
4. يعدد ميزات الخلية بدائية النواة .
5. يعدد عضيات الخلية ويعرف كل منها .
6. يبين التركيب الكيميائي للغشاء البلازمي .
7. يقارن بين جدار الخلية والغشاء البلازمي .
8. يقارن بين وظائف جهاز كولجي في الخلية النباتية والخلية الحيوانية .
9. يعدد انواع البلاستيدات .
10. يوضح وظائف الجسيمات الحالة .
11. يحدد مكونات هيكل الخلية .
12. يقارن بين الخيوط الدقيقة والنبيبات الدقيقة في الخلية .
13. يعرف الجسيمات المركزية .
14. يعرف الجسيم الحركي ويبين دوره في الانشطة الخلوية .
15. يصف المحتويات غير الحية في الخلية .
16. يعدد اجزاء النواة ويعرف كل منها .
17. يعدد انواع المخاليل تبعاً لتركيزها التناضحي .
18. يوضح مفهوم عبور المواد عبر الاغشية الخلوية .
19. يقارن بين الادخال الخلوي والاخراج الخلوي .
20. يعرف التنفس الخلوي ويقارن بين نوعيه الهوائي واللاهوائي .
21. يعرف الاحماض النووية ويبين مكوناتها .
22. يعدد انواع الانقسامات في الخلية ويعرف كل منها .
23. يشرح مراحل الانقسام الخيطي .
24. يشرح مراحل الانقسام الاختزالي ويقارنه بالانقسام الخيطي .



الخلية

1-1. مقدمة

تعد الخلية الوحدة التركيبية لجميع الكائنات الحية ، وبشكل عام هناك نوعين من الخلايا من حيث التركيب

النوع الاول : الخلية بدائية النواة (Prokaryotic Cell) كما هو الحال في الخلية البكتيرية التي تفتقد الغلاف او الغشاء النووي والعضيات الغشائية (Membranous Organelles) .

النوع الثاني: الخلية حقيقية النواة (Eukaryotic Cell) التي لها نواة واضحة محاطة بغلاف نووي وعضيات الخلية .

لقد كانت الخلية ومنذ امدٍ ليس بالقريب محور اهتمام كبير من قبل العديد من العلماء ، وكان لاكتشافاتهم دور كبير في نشوء وتطور علم الخلية (Cytology) ونعني به دراسة الخلايا . ويمكن ايجاز مراحل تطور الاكتشافات في مجال الخلية كالاتي :

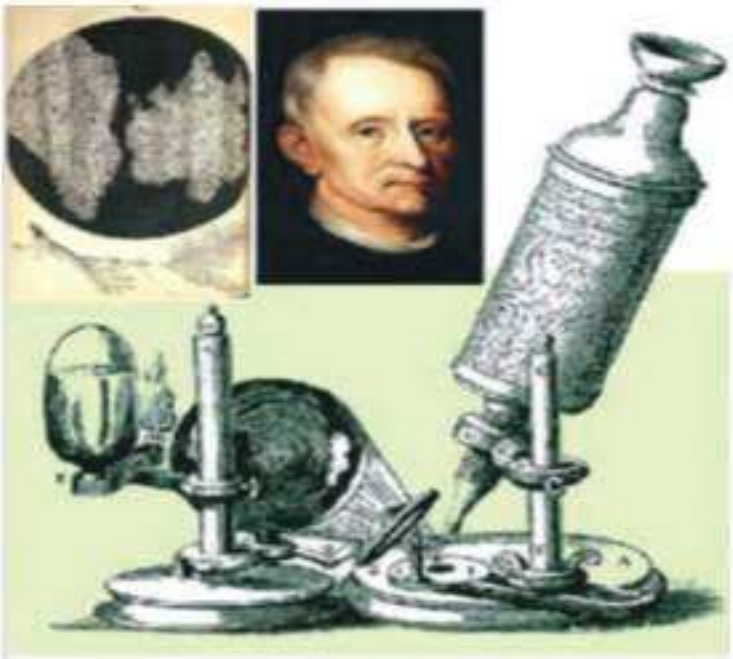
أ. لم تكن الخلية معروفة قبل قيام العالم انتوني فان ليفنهوك (Antonie Van Leeuwenhock 1632-1723) بصنع مجهره وهو ربما يعد اول شخص استطاع ان يرى الخلية .

ب. توصل العالم الانكليزي روبرت هوك (Robert Hooke 1635-1703) الى نفس ملاحظات ليفنهوك ، وهو اول شخص استخدم كلمة خلية (Cell) بعد ان قام بفحص تركيب قشرة شجر البلوط ، ووصف الوحدات الفلينية في نسيج الفلين (شكل 1-1) ، وعرف الخلية بانها ردهة هوائية تشبه تجويف خلية شمع العسل .

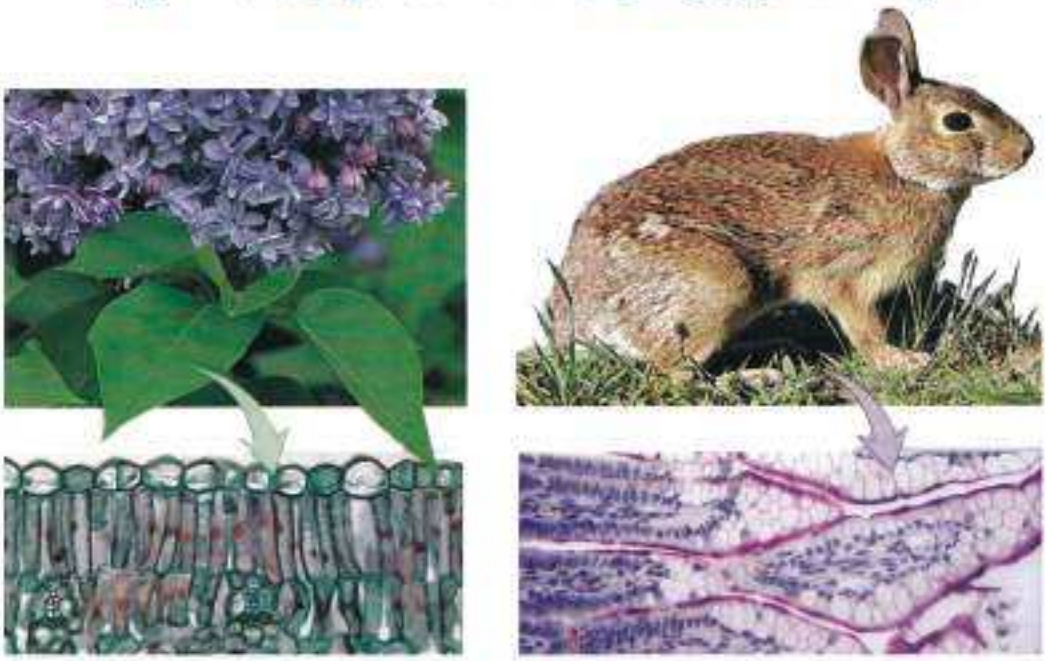
جـ. اكتشف العالم الاسكتلندي روبرت براون (Robert Brown) عام (1831) نواة الخلية وقدم وصفاً لها .

د. توصل العالم الالماني ماثياس شلايدن (Mathias Schleidin) في العام (1838) الى ان جميع النباتات تتكون من خلايا .

هـ . اعلن عالم الحيوان الالماني ثيودور شوان (Theodor Schwann) في العام (1839) ان جميع الحيوانات تتكون من خلايا ، (شكل 1 - 2) .



شكل (1 - 1) مجهر روبرت هوك والخلايا الفلينية التي درسها (للاطلاع) .



شكل (1 - 2) . الخلايا والكائنات الحية (للاطلاع) .

لقد توسعت الدراسات والابحاث في مجال علم الخلية ، لاسيما بعد تطور المجهر الضوئي وظهور المجهر الالكتروني واصبحت دراستها فرعاً رئيساً من فروع علوم الحياة يعرف بعلم الخلية .

1-2. نظرية الخلية (Cell Theory)

تستند نظرية الخلية الى العمل الذي قدمه كل من ماثياس شلايدن (M. Schleidin) و ثيودور شوان (T. Schwann) ويمكن ايجاز اسسها بالآتي :

أ. جميع الكائنات الحية تتكون من خلايا .

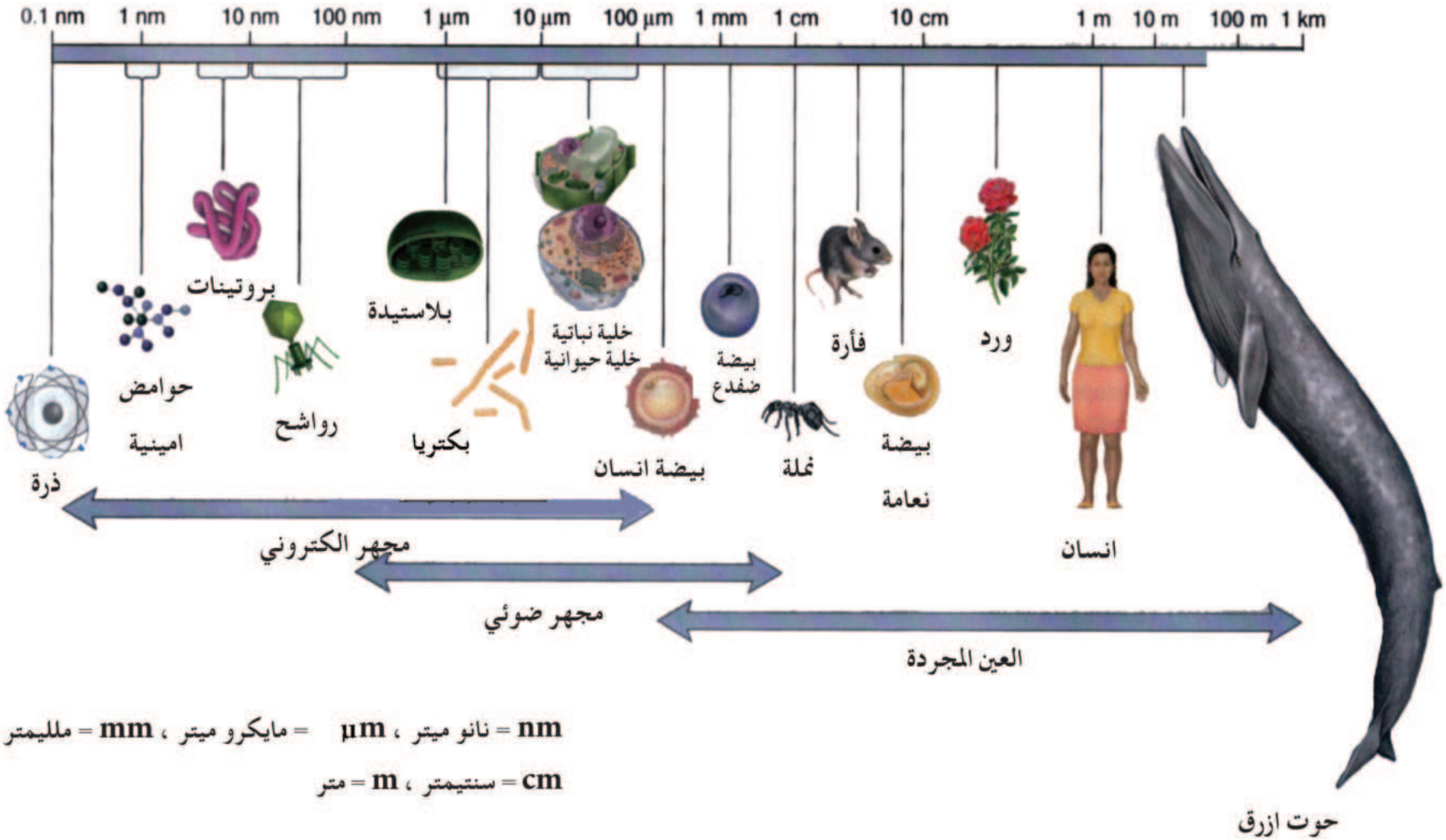
ب. الخلايا هي الوحدات الاساسية التركيبية والوظيفية للكائنات الحية .

جـ. الخلايا تنتج من خلايا اخرى من خلال انقسامها .

1-3. حجم الخلية (Cell Size)

تتباين الخلايا في الحجم ، وعلى سبيل المثال يصل قطر بيضة الضفدع الى (1 ملم) وهي من الكبر بحيث يمكن ان ترى بالعين المجردة ، ولكن معظم الخلايا تكون اصغر بكثير من (1 ملم) فبيضة الانسان على سبيل المثال لايتجاوز قطرها (100 مايكرومتر) وهناك من الخلايا مايكون اقل من ذلك (شكل 1 - 3) .

كما تملك الخلايا تخصصات معينة يراد منها زيادة الكفاءة في انجاز الوظائف المختلفة وسيرد ذلك في الفصل الخاص بالنمو في هذا الكتاب . نحتاج الى المجهر لنرى الخلايا والكائنات الحية المجهرية (الدقيقة) ، والخلايا يمكن ان ترى بالمجهر الضوئي ولكن تفاصيل مكوناتها وعلى سبيل المثال عضيات الخلية تحتاج الى استخدام المجهر الالكتروني لمشاهدتها وكذلك لمشاهدة الفيروسات (الرواشح) والجزيئات العضوية .



nm = نانو ميتر ، µm = مايكرو ميتر ، mm = ملليمتر ،
cm = سنتيمتر ، m = متر

شكل (1 – 3) حجوم الاشياء الحية ومكوناتها (للاطلاع) .

1-4. الخلية بدائية النواة (Prokaryotic Cell)

تعد الخلية بدائية النواة اقل الخلايا تطوراً ، كونها اكثرها بدائية من حيث الشكل والتركيب وتتميز بالآتي (شكل 1 - 4) :

أ. لهذه الخلية نواة بدون غشاء نووي وتدعى بمنطقة النواة او المنطقة النووية (Nucleoid) .

ب. لايحوي سايتوبلازم الخلية بدائية النواة عضيات غشائية كاجسام كولجي (Golgi Bodies) والمايتوكوندريا (Mitochondria) ، الا انه يحوي رايبوسومات تظهر بهيئة حبيبات صغيرة كثيرة العدد تقوم ببناء البروتينات .

جـ. تتمثل الخلية بدائية النواة بالطحالب الخضر المزرقة (Blue Green Algae) والبكتيريا (Bacteria) والمايكوبلازما (Mycoplasma) وجميعها تتبع مملكة الاوليات (Monera) .

تمثل كل خلية بكتيرية كائناً بدائي النواة ، ويحيط بها جدار صلب مؤلف من مركبات كيميائية (البروتين والدهون وعديد السكريد) ، والى الداخل من هذا الجدار الصلب يوجد الغشاء البلازمي (Plasma Membrane) ، وهو غشاء نصف ناضح يحيط بالسايتوبلازم الذي يحوي المنطقة النووية (Nucleoid) ، حيث ينعدم الغلاف النووي والنوية على خلاف ماهو موجود في الخلايا حقيقية النواة ، كما يحوي السايتوبلازم على الرايبوسومات وقد تمتلك بعض انواع البكتيريا المتحركة اسواط (Flagella) (شكل 1 - 4) و (جدول 1-1) .

شكل (1 - 4) .

خلية بدائية النواة (البكتيريا) وتتضح فيها المنطقة النووية التي تعد موقع ال DNA

جدول (1-1) . المظاهر العامة للخلية البكتيرية

التركيب	المظهر العام
1 . غلاف الخلية .	– جدار الخلية – غشاء بلازمي
2 . السايتوبلازم .	– منطقة نووية . – رايبوسومات .
3 . اللواحق .	– الاسواط (Flagella) . – الاهداب (Fimbriae) . – اهلاب جنسية (Sex pili) .

1-5. الخلية حقيقية النواة (Eukaryotic Cell)

وهي الخلية التي تمتلك نواة حقيقية ، وتوجد في ممالك (عوالم) الطليعيات (Protesta) والفطريات (Fungi) والنباتات (Plantae) والحيوانات (Animalia) .

تختلف الخلايا حقيقية النوى من حيث الشكل فلبعضها اشكال ثابتة منها الكروية والهرمية والانبوبية والمكعبة والعمودية والبيضوية والمسطحة والنجمية والمغزلية ... الخ .

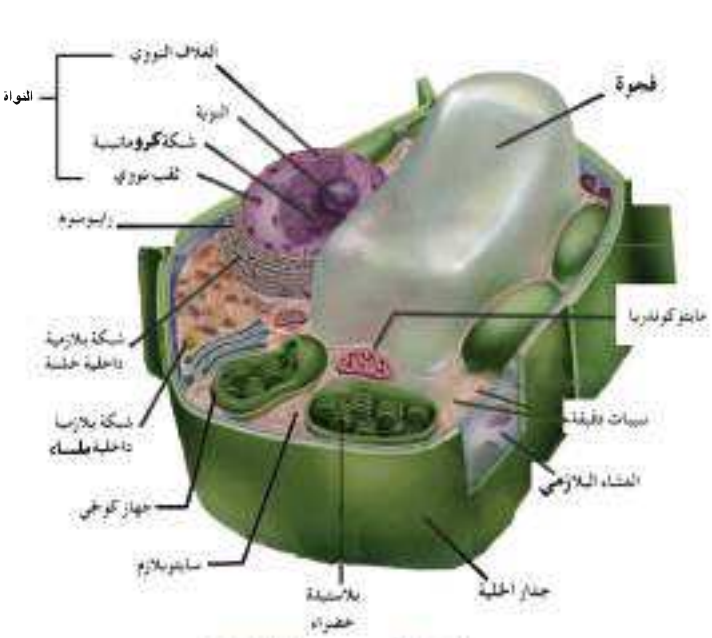
وللبعض الآخر شكل غير ثابت حيث يتغير من حين لآخر كالاميبا مثلاً ، ويمكن ان يعزى التغير في الشكل الى الوظيفة التي تقوم بها الخلايا فغالباً مايكون للخلايا شكل يلائم الوظيفة التي تؤديها واغلب الخلايا حقيقية النوى صغيرة ، وتحتاج الى استخدام مجهر لرؤيتها الا انها من دون شك اكبر حجماً من الخلايا بدائية النوى وعموماً تحتاج الخلية الى مساحة سطحية (الغشاء البلازمي) لتستطيع من خلالها القيام بعملية تبادل المواد مع محيطها بشكل ملائم .

تتألف الخلايا حقيقية النوى (شكل 1 - 5 و 1 - 6) من ثلاث مكونات رئيسية هي .

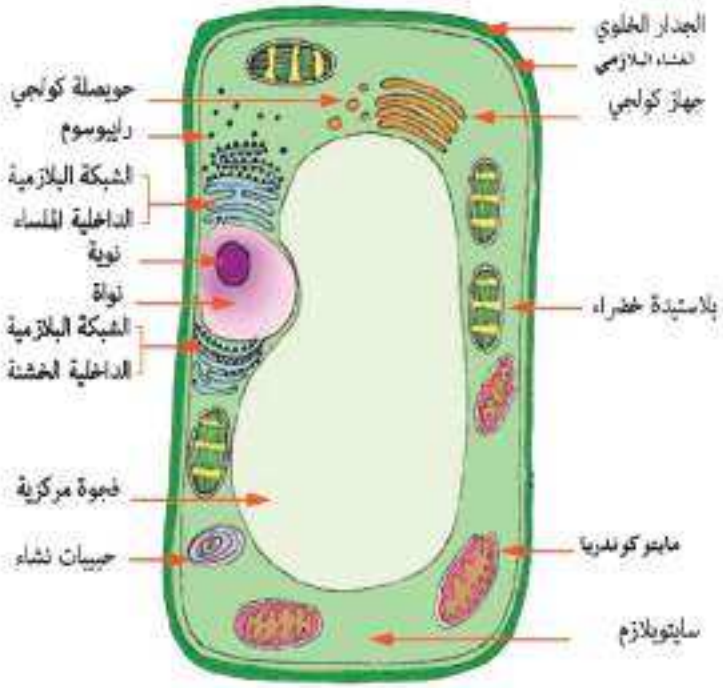
أ جدار الخلية والغشاء البلازمي في الخلية النباتية (Cell Wall and Plasma Membrane) والغشاء البلازمي فقط في الخلية الحيوانية حيث انها لا تحتوي على جدار خلوي .

ب السايتوبلازم (Cytoplasm) .

ج النواة (Nucleus) .



(ب) شكل مجسم (للاطلاع)



(أ) رسم تخطيطي (للحفظ)

شكل (1 - 5) الخلية النباتية

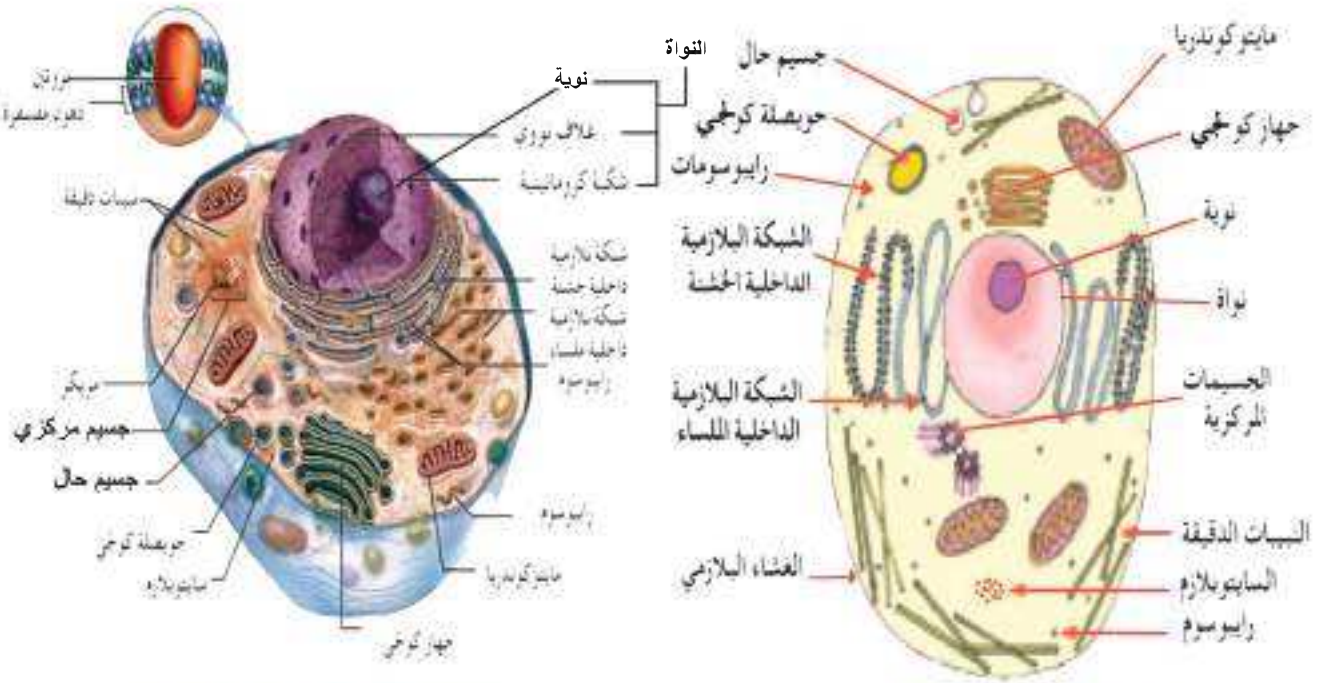
1 - 5 - 1 . جدار الخلية والغشاء البلازمي

أ. جدار الخلية (Cell Wall)

يقتصر وجود جدار الخلية على الخلايا النباتية فقط وهو يتمثل بجدار خارجي سميك يحيط بمكونات الخلية ويغطي الغشاء البلازمي الذي يقع الى الداخل منه ، وجدار الخلية يحقق حماية واسناد للغشاء البلازمي والسايتوبلازم (شكل 1 - 5) .

يتركب جدار الخلية من ثلاث طبقات هي :

- الصفيحة الوسطى (Middle Lamella) .
- الجدار الابتدائي (Primary Wall) .
- الجدار الثانوي (Secondary Wall) .



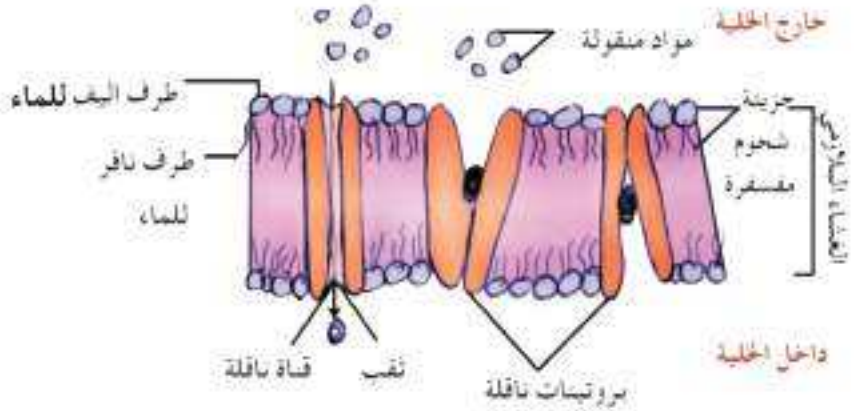
(أ) شكل تخطيطي (للحفظ)　　(ب) شكل مجسم (للاطلاع)

شكل (1 - 6) . الخلية الحيوانية .

وكيميائيا يتركب جدار الخلية من مادة السيليلوز (Cellulose) في الخلايا الفتية ويتشحن بأضافة الخشبين (اللكنين - lignin) في الخلايا المتقدمة في العمر .

ب - الغشاء البلازمي (plasma Membrane)

وهو غشاء حلوي يحيط بالسايتوبلازم في الخلايا بدائية النوى وحقيقية النوى **ويتمثل** بغشاء رقيق مرن ونصف ناضح وهو لايرى بالمجهر الضوئي الا انه يمكن رؤيته بالمجهر الالكتروني يتركب الغشاء البلازمي كيميائيا من طبقتين رقيقتين من جزيئات الدهون المفسفرة (Phospholipids) ذات طرف اليف (محب) للماء وطرف نافر للماء وتتخلل الطبقتين جزيئات بروتينية تسمح او تتحكم بمرور المواد (شكل 1-7) .



(شكل 1-7) . تركيب الغشاء البلازمي في الخلية حقيقية النواة .

1 - 5 - 2 . السايتوبلازم (Cytoplasm)

يمثل السايتوبلازم جزء الخلية الذي يقع بين الغشاء البلازمي والنواة .وهومادة معقدة يشكل الماء (80%) من مكوناته. والبروتينات (15%) وما تبقى (5%) يتمثل بالشحوم والسكريات واملاح متنوعة .

يحوي السايتوبلازم العديد من العضيات الخلوية التي تمثل التراكيب الحية في السايتوبلازم كما يحتوي على مكونات غير حية ممثلة بجسيمات تتكون نتيجة لنشاط عضيات الخلية .

اولاً :العضيات الحية :

(1) الشبكة البلازمية الداخلية (Endoplasmic Reticulum) .

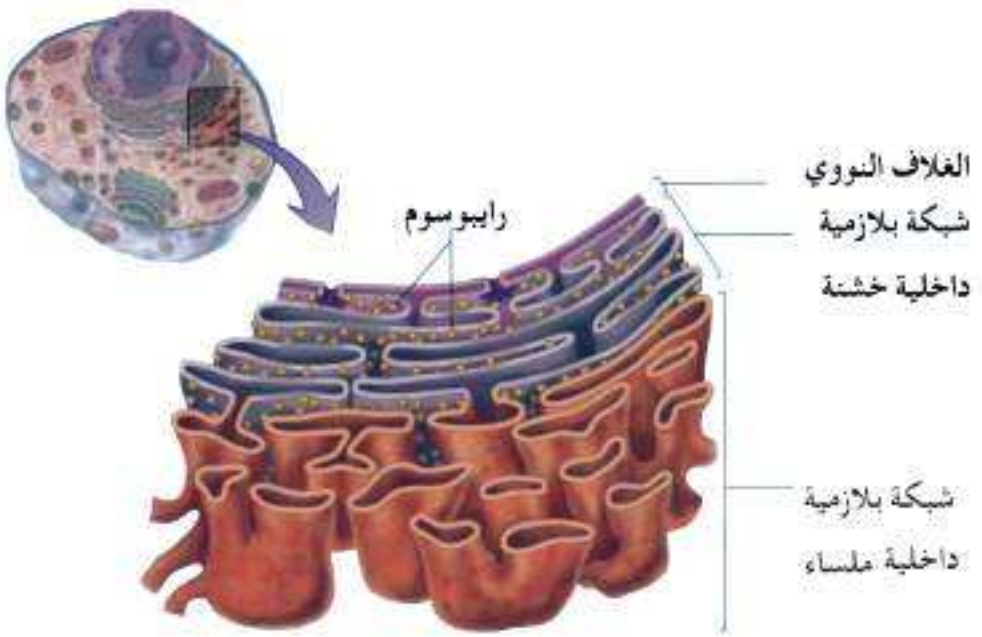
تتمثل الشبكة البلازمية بنظام شبكي مترابط من نبيبات وحويصلات ، ترتبط بالغشاء البلازمي في مناطق معينة ومع الغشاء النووي في مناطق اخرى (شكل 1-8). تمثل الشبكة البلازمية الداخلية موقعاً لصنع الدهون والكاربوهيدرات والبروتينات . وقد اكتسبت الشبكة البلازمية الداخلية اسمها نتيجة لتفرعاتها وتشابكاتها مع بعضها ، ويمكن تقسيم الشبكة البلازمية الداخلية الى نوعين هما :

أ الشبكة البلازمية الداخلية الخشنة (Rough Endoplasmic Reticulum) .

يمتاز هذا النوع من الشبكة البلازمية الداخلية بوجود الرايبوسومات على سطوح نبيباتها مما يعطيها مظهراً خشناً او حبيبياً ، ولهذا النوع دور فعال في بناء البروتينات ، وهي تعمل على نقل المواد داخل الخلية ، وبشكل خاص الى اجسام كولجي ، كما تعمل كشبكة هيكلية للمادة البينية السايتوبلازمية .

ب الشبكة البلازمية الداخلية الملساء (Smooth Endoplasmic Reticulum) .

تختلف الشبكة البلازمية الداخلية الملساء عن الخشنة بخلوها من الرايبوسومات ولذا تكون اغشيتها ملساء وهي كما هو الحال في الشبكة البلازمية الداخلية الخشنة تعمل على نقل المواد داخل الخلية وكشبكة هيكلية للمادة البينية السايتوبلازمية ، وتقوم الشبكة الملساء بدور مهم في ازالة التأثير السمي لبعض السموم والادوية المخدرة ، وهي تمثل مواضع لبناء وتجمع الشحوم لغرض خزنها ولذلك فهي تكثر في خلايا المبايض والخصى والغدتين الكظريتين حيث تقوم بأفراز الهورمونات الستيرويدية .



شكل (1-8) الشبكة البلازمية الداخلية الخشنة والملساء وموقعها ضمن الخلية (للاطلاع) .

(2) جهاز كولجي (Golgi Apparatus) .

يعد جهاز كولجي جهازا افرازيا خلويا ، وقد وصفه لاول مرة ومن خلال دراسة الخلايا العصبية العالم كولجي (Golgi) في العام (1898) . يمثل جهاز كولجي موقعا خاصا في السايتوبلازم بين النواة والغشاء البلازمي ومن الصعوبة تمييز حدوده بشكل دقيق ، وهو يختلف في الشكل والحجم من خلية الى اخرى .

يتألف جهاز كولجي من ثلاث ردهات محددة بأغشية ملساء، الاولى تتمثل بعدد (3-10) من الاكياس المسطحة التي يطلق عليها الصهاريج (Cisternae)والثانية عبارة عن حويصلات (Vesicles) والثالثة مؤلفة من فجوات (Vacuoles) كبيرة (شكل 1-9) ، وجهاز كولجي يخلو من الرايبوسومات .

يطلق على جهاز كولجي في الخلية النباتية اسم الدكتيوسوم (Dictyosome) ، وهو يقوم ببناء السيليلوز وبعض مكونات الجدار الخلوي في الخلية النباتية .

وفي الخلايا الحيوانية ينجز جهاز كولجي عدداً من الوظائف منها

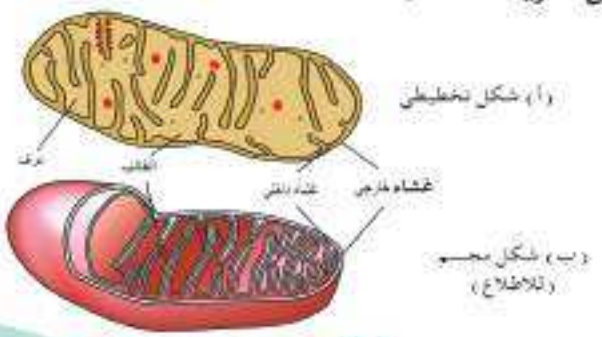
- بناء وافراز السكريات المعقدة .
- افراز البروتين الذي يحصل عليه من الشبكة البلازمية الداخلية اي انه لايصنع البروتين .
- افراز العديد من المواد مثل الهورمونات والانزيمات وغيرها .

شكل (1-9) .
تركيب جهاز كولجي وموقعه ضمن الخلية (للاطلاع) .

(3) المايتوكوندريا (Mitochondria) .

المايتوكوندريا تراكيب كروية او خيطية عرضها (0.5 - 1) مايكروميتر وطولها قد يصل (10)مايكروميتر ويختلف توزيعها ضمن الخلايا المختلفة . توجد المايتوكوندريا في جميع الخلايا حقيقية النواة ، وهي تتباين في حجمها بحسب الخلايا التي توجد فيها . تحاط المايتوكوندريا بغشاء مزدوج (ثنائي الطبقات) ، والطبقة الداخلية منه تظهر عدة انثناءات وانطواءات تتخذ اشكالاً واتجاهات مختلفة ، وتعرف هذه التراكيب بالاعراف (Cristae) وهي تزيد المساحة السطحية للطبقة الداخلية لغشاء المايتوكوندريا (شكل 1-10) .

تعرف المايتوكوندريا ببيوت الطاقة في الخلية لما لها من علاقة بانتاج معظم جزيئات الاديتوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) ذات الطاقة العالية ، وعليه فأن الوظيفة الرئيسية للمايتوكوندريا هي التنفس الخلوي ، وذلك لاحتواءها على الانزيمات التنفسية .



(1-10) تركيب المايتوكوندريا

(4) البلاستيدات (Plastids) .

عضيات خلوية توجد في سايتوبلازم الخلايا النباتية (شكل 1-5) ، وتظهر بأشكال واحجام والوان مختلفة ، فمنها البيضوي والكأسي والحلزوني والنجمي وغير ذلك وتكون البلاستيدات على ثلاثة انواع :

أ - البلاستيدات الملونة : التي تحوي صبغات مختلفة تعطي الوان الازهار والثمار .

ب - البلاستيدات عديمة اللون : تشكل مراكز لتحول سكر الكلوكوز الى سكريات متعددة مثل النشاء او الى شحوم وبروتينات ، فبياض البطاطا على سبيل المثال ناتج عن وجود بلاستيدات عديمة اللون بكميات كبيرة ومليئة بالنشاء .

جـ - البلاستيدات الخضر :هي البلاستيدات الشائعة في النباتات .

تحاط البلاستيدة الخضراء بغشاء مزدوج ، ويوجد داخل الغشاء تركيبان مهمان هما البذيرة او الكرانوم (Granum) وجمعها كرانا (Grana) ، والسدى او الحشوة (Stroma) (شكل 1-11) ، السدى هو المادة السائلة الشفافة التي تملأ الفسحة الداخلية للبلاستيدة ، وتحوي داخلها الكرانا التي تحوي الكلوروفيل . ويمكن ايجاز وظائف البلاستيدات الخضر في كونها تساهم في عملية البناء الضوئي حيث تحتاج هذه العملية الى صبغات تتمكن من اقتناص الطاقة الشمسية ، وانزيمات تستطيع تكوين الكاربوهيدرات وهذه الصبغات (الكلوروفيل على سبيل المثال) موجودة على اغشية الكرانا ، ووجود الانزيمات التي تختزل ثنائي اوكسيد للكاربون (CO_2) في السدى يسهل على البلاستيدات الخضر القيام بعملية البناء الضوئي (Photosynthesis)

غشاء الثايلو كويد : تركيب كيسي قرصي الشكل يتكون من الغشاء الداخلي للبلاستيدة يحوي كلوروفيل وانزيمات تساهم في انجاز عملية البناء الضوئي .

(أ) شكل تخطيطي (للحفظ) (ب) شكل مجسم (للاطلاع)

شكل (1-11)

تركيب البلاستيدة الخضراء .

(5) الجسيمات الحالة (Lysosomes) .

هي حويصلات محاطة بغشاء احادي الطبقة ، وتحتوي اعداداً كبيرة من الانزيمات المحللة (اكثر من 40 انزيم) تكون مسؤولة عن عملية الهضم داخل الخلية . وتوجد الجسيمات الحالة في جميع الخلايا تقريباً وبشكل خاص الخلايا التي تتميز بقابلية البلعمة (Phagocytosis) ، مثل خلايا الدم البيض العدلة (Neutrophils) (شكل 1-12) .

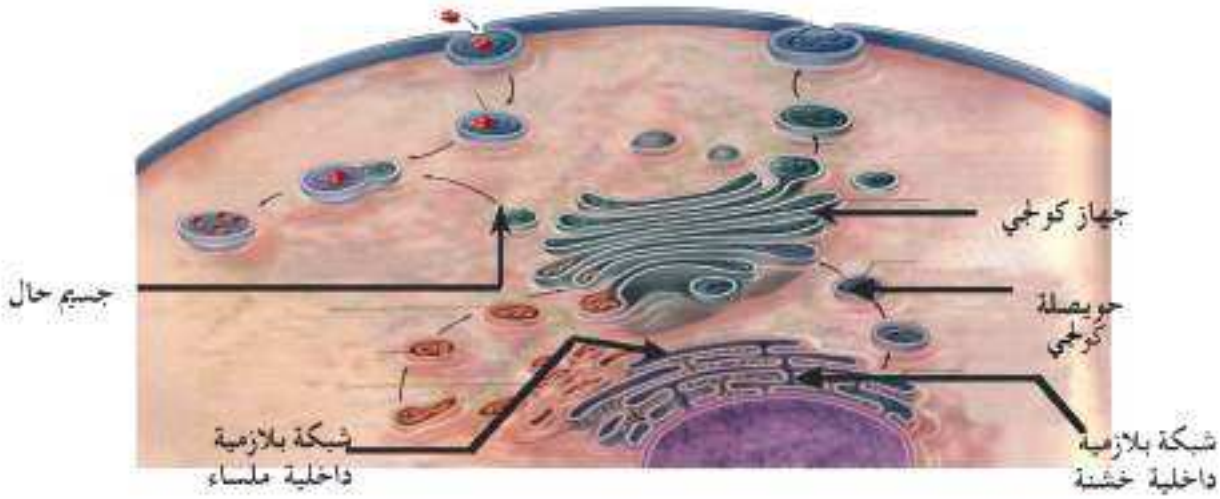
تنجز الجسيمات الحالة العديد من الوظائف الخلوية منها :

أ. تخلص سايتوبلازم الخلية من بعض الدقائق الغذائية وقطع المايتوكوندريا والاحياء المجهرية وغير ذلك من الشوائب .

ب. تؤدي الجسيمات الحالة دوراً مهماً في عملية التحول الشكلي (Metamorphosis) في الحيوانات وعلى سبيل المثال اختفاء ذنب دعاميص (يرقات) الضفادع عند تحولها الى ضفادع بالغة ، وتتم هذه العملية من خلال تحرر الانزيمات من الجسيمات الحالة الى سايتوبلازم الخلية وينتج عن ذلك هضم محتويات السايتوبلازم من الجزيئات الكبيرة وبالتالي موت الخلية ، بعملية يطلق عليها التحلل الذاتي (Autolysis) ، وتسهم هذه العملية في تحلل اجسام الكائنات الحية بعد موتها .

جـ. تعمل على تحطيم الخلايا المكونة لها ، عند موت الكائن الحي .

د. تدوير العناصر في الطبيعة من خلال عملية التحلل الذاتي .



شكل (1-12) .الجسيمات الحالة وموقعها في الخلية (للاطلاع) .

(6) هيكل الخلية (Cytoskeleton) .

للخلايا حقيقية النوى جهاز مميز من الخيوط الدقيقة والنبيبات التي تكون هيكل الخلية ، وهذه تعطي دعامة للخلية ، وتحافظ على شكلها ، ويستعمل هذا الجهاز من قبل العديد من الخلايا كوسائل حركة وانتقال للعضيات داخل الخلية ويتكون من التراكيب الاتية :

آ . الخيوط الدقيقة (Microfilaments) .

هي تراكيب رقيقة ومستقيمة لوحظت لاول مرة بوضوح في الخلايا العضلية ، وهي تتمثل بخيوط الاكتين المكونة من بروتين الاكتين وخيوط المايوسين وهي الاخرى مكونة من بروتين المايوسين وكلا النوعين مسؤول عن قدرة الخلية في التقلص والانبساط .

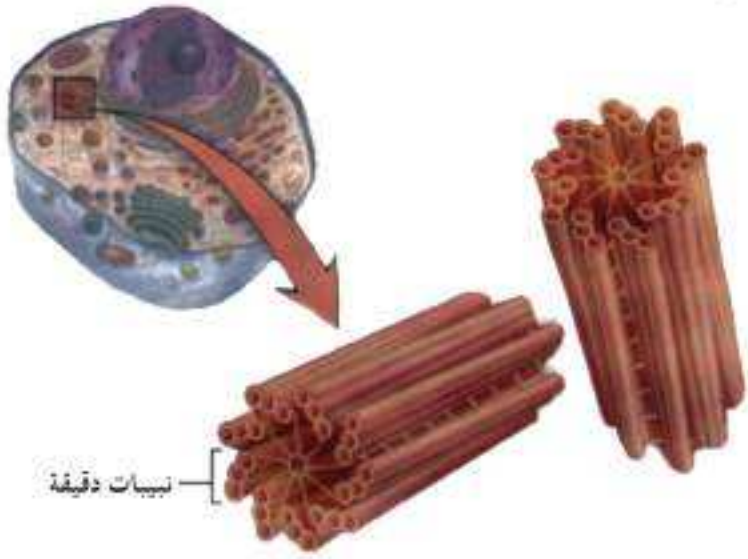
ب . النبيبات الدقيقة (Microtubules) .

هي اكبر من الخيوط الدقيقة وتتمثل بتراكيب انبوبية مكونة من بروتين يدعى تيوبيولين (Tubulin) وللنبيبات الدقيقة دوراً حيوياً في حركة الكروموسومات اثناء انقسام الخلية وتعد مهمة بالنسبة للهيكل الخلوي، والتنظيم وانتقال المواد ، فضلاً عن كونها تكون اجزاءا اساسية في تركيب الاهداب والاسواط . والنبيبات الدقيقة التي توجد في سايتوبلازم الخلايا الحيوانية عادة وفي بعض الاحياء الواطئة مثل الطحالب والفطريات ، تقع بالقرب من النواة ، وتشكل الجسيمات المركزية (Centrosomes) .

ج - الجسيمات المركزية (Centrosomes) .

يحتوي الجسيم المركزي على زوج من المريكزات (Centrioles) عادة (شكل 1 - 13) وكل منهما **يمثل** اسطوانة مكونة من تسع مجاميع وتحتوي المجموعة الواحدة على ثلاثة نبيبات دقيقة .

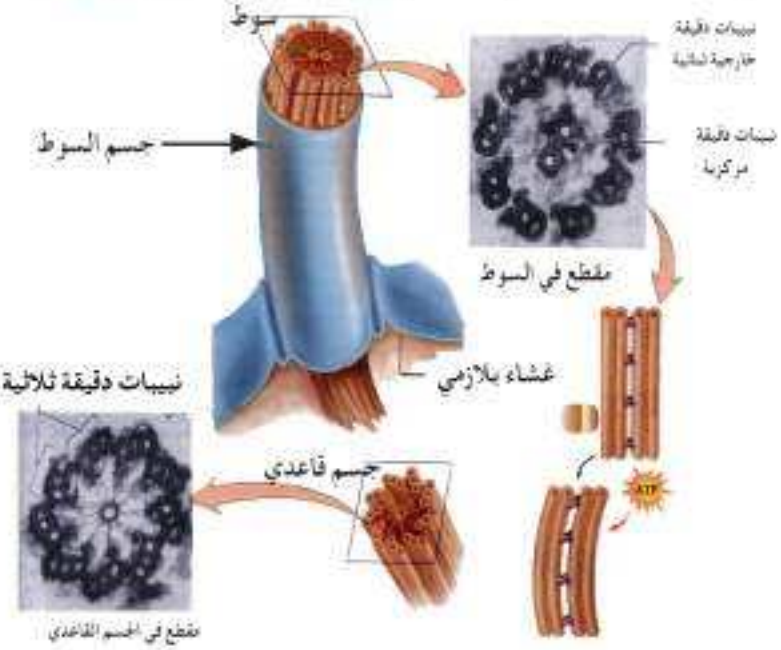
يتضاعف الجسيم المركزي عند انقسام الخلية ويبتعد الجسيمان المركزيان الى القطبين المتقابلين للخلية ويرتبطان معاً بالخيوط المغزلية . وبالرغم من عدم وجود الجسيمات المركزية في الخلايا النباتية، الا انه يوجد مركز لتخليق او تكوين النبيبات الدقيقة كما توجد خيوط دقيقة .



شكل (1-13) . الجسيم المركزي في الخلية (للاطلاع)

(7) الجسيم الحركي (Kinetosome) .

هو يشابه المريكزات (Centrioles) في تركيبه ، ويتمثل بتركيب يتخذ موقعاً عند قاعدة الهدب او السوط في الخلايا التي تحوي اهداباً او اسواطاً وللجسيم الحركي دوراً مهماً في حركة الاهداب والاسواط ويطلق عليه ايضاً بالجسيم القاعدي (Basal Body) (شكل 1-14) .



شكل (1-14) .
الجسيم الحركي
في السوط لاحظ
انه يماثل المريكزات
في التركيب
(للاطلاع) .

(8) الفجوات (Vacuoles) .

هي اكياس غشائية (Memberanous Sacs) توجد ضمن سايتوبلازم الخلية والفجوات في بعض الطليعيات (Protists) تكون متخصصة ، فهي تتمثل بفجوات متقلصة (Contractile Vacuoles) تعمل على تخليص الخلية من الماء الزائد عن الحاجة مع بعض المواد الابرازية الذائبة كما هو الحال في الاميبا والبراميسيوم ، كما توجد فجوات غذائية تتكون وقتياً من خلال احاطة المواد الغذائية بغشاء من الكائن الحي، ويهضم الغذاء داخل هذه الفجوات من خلال انزيمات تفرزها الجسيمات الحالة الى داخل الفجوة . اما في الخلايا النباتية فأن الفجوات تكون اكثر وضوحاً مما في الخلايا الحيوانية، وهي صغيرة في الخلايا الفتية وواسعة في الخلايا الناضجة ، وتحتوي على عصير لمواد مختلفة بصورة ذائبة بشكل محلول يعرف بالعصير الخلوي (Cell Sap) .

ثانياً : اختويات غير الحية للخلية

هي عادة مكونات مؤقتة في السايتوبلازم يطلق عليها بالمخلفات السايتوبلازمية (Cytoplasmic Deposit) وتتكون هذه المخلفات بشكل رئيس من مواد ايضية او مخلفات متراكمة ذات طبيعة مختلفة ، توجد بعدة اشكال منها .

1. القطيرات الدهنية (Lipid Droplets) في خلايا النسيج الدهني وخلايا الكبد .
2. التجمعات الكاربوهيدراتية التي تتمثل بالكلايكوجين (Glycogen) ، كما تتضح في خلايا الكبد .
3. البروتينات التي تخزن في الخلايا الغدية بشكل حبيبات افرازية (Secretory granules) ، وتتحرر هذه الحبيبات بشكل دوري الى السائل خارج الخلايا .
4. مخلفات المواد الملونة او الصبغات (Pigments) اذ تقوم الخلايا بصنع هذه الصبغات كما هو الحال في خلايا الجلد .
5. الانزيمات والهورمونات وبعض انواع الفيتامينات وهذه تأخذ اشكالاً حبيبية كروية او بيضوية وتكون محاطة بغشاء كما هو الحال في الحبيبات الافرازية العصبية .

1 - 5 - 3 . النواة (Nucleus)

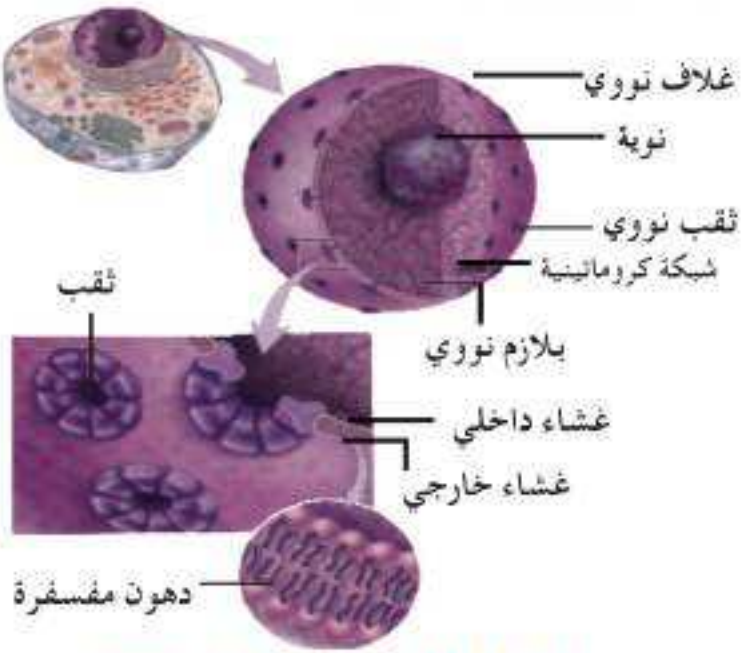
تمثل النواة اهم مكونات الخلية في الكائنات الحية ويعد وجودها اساسي للحياة حيث ان بقاء الخلية يعتمد على المبادلات الايضية المختلفة التي تتم بين النواة والسايتوبلازم ، والخلية التي تفقد نواتها تعيش لفترة قصيرة ثم تتحلل كما هو الحال في خلايا الدم الحمراء الناضجة .

تظهر نوى الخلايا تبايناً في اشكالها وهذا التباين ذو صلة بشكل الخلية وهي قد تكون كروية او بيضوية او مفصصة او غير منتظمة الشكل كما هو الحال في خلايا الدم البيض .

تمثل النواة اكبر عضية متميزة داخل الخلية ويختلف حجم النواة باختلاف الخلايا ويكون لحجمها علاقة بحجم السايتوبلازم والغالبية العظمى من الخلايا تكون وحيدة النواة ، ولكن توجد حالات تكون فيها الخلايا ثنائية النواة كما هو الحال في خلايا الغضروف والكبد والانسجة العضلية .

تتخذ النواة موقعاً مركزياً في الخلايا الجنينية ، وتتخذ موقعاً جانبياً او محيطياً في بعض الخلايا الافرازية كالخلايا الدهنية او المخاطية .

تتالف النواة (شكل 1-15) من الاجزاء او التراكيب الاتية :



شكل (1-15) . تركيب النواة (للاطلاع) .

1 . الغلاف النووي (Nuclear Envelope) .

هو غشاء رقيق ثنائي الطبقة ، يحدد النواة وله خواصه الفيزيائية والكيميائية وهو ينظم تبادل المواد بين النواة والسايتوبلازم لاحتوائه ثقوب دقيقة تمر من خلالها بعض جزيئات المواد ، ويمتاز الغشاء النووي بخاصية النفاذية الاختيارية . ويوجد هذا الغشاء محيطاً بمحتويات النواة في جميع الخلايا فيما عدا البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة (بدائية النواة) حيث لاتمتلك نواة بل مادة نووية .

2 . البلازم النووي (Nucleoplasm) .

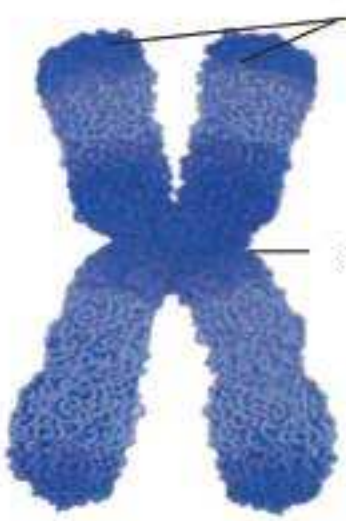
هو سائل هلامي عديم اللون يملأ النواة وتتوزع فيه المحتويات النووية والمتمثلة بالنوية والشبكة الكروماتينية .

3 . النوية (Nucleolus) .

تحتوي النواة نوية واحدة او اكثر ، وعلى سبيل المثال تحوي نواة خلية البصل اربع نويات. وتبدو النوية بشكل تركيب كروي داخل النواة كبيرة الحجم نسبياً ، وهي تتكون من البروتين والحامض النووي الرايبي (RNA) ، وللنوية دوراً هام في تكوين الرايبوسومات التي يتم فيها تكوين البروتينات .

4 . الشبكة الكروماتينية (Chromatine Network) .

تظهر الشبكة الكروماتينية بشكل تراكيب خيطية متداخلة غير منتظمة الشكل ، وتتضح خيوط الشبكة الكروماتينية اثناء الانقسام الخلوي مكونة عدداً محدداً من التراكيب العصوية في الغالب وتعرف بالكروموسومات (Chromosomes) وهي تحمل الجينات (المورثات) التي يتم بواسطتها نقل الصفات الوراثية من جيل الى آخر ، ولذا اكتسبت الكروموسومات اهمية كبرى بسبب الدور الاساسي الذي تلعبه في الوراثة والتكاثر والتباين والطفرات وغيرها .



شكل (1-16) . الكروموسوم .

يمكن رؤية الكروموسومات فقط عند انقسام الخلية ويختلف عدد الكروموسومات في الانواع المختلفة من الاحياء اذ ان لكل نوع عدداً ثابتاً من الكروموسومات ففي خلايا دودة الاسكارس هناك كروموسومان فقط وقد يصل عدد الكروموسومات في خلايا الفراشة الاسبانية الى (380) كروموسوم ، وهناك (12) كروموسوم في الذبابة المنزلية و (26) في الضفدع و (80) في الحمامة وفي الحصان يكون العدد (64) كروموسوماً اما في الانسان فيكون العدد (46) كروموسوماً . ولابد من الاشارة الى ان هذه الاعداد تمثل اعداد الكروموسومات في الخلايا الجسدية وان اعدادها في الامشاج او الخلايا الجنسية يكون نصف العدد اي ان بويضة الانسان او النطفة تحتوي (23) كروموسوماً في حين يكون العدد في الخلايا الجسدية (46 = 2 × 23) وهو ناتج من اندماج نواة خلية البيضة بنواة النطفة وللكروموسومات في كل نوع من انواع الكائنات الحية شكل وحجم ثابت ويتراوح طول الكروموسوم بين (0.2 - 50) مايكروميتر وعلى سبيل المثال يصل طوله في الانسان من (4 - 6) مايكروميتر (شكل 1-16).

مقارنة بين الخلية الحيوانية والنباتية :

تظهر الخلايا النباتية والحيوانية بعض جوانب الاختلاف فيما بينها، والجدول (1-2) يوضح اهم جوانب الاختلاف والتشابه بين الخلايا النباتية والحيوانية من الناحية التركيبية .

جدول (1 - 2) . مقارنة بين الخلية النباتية والخلية الحيوانية

الصفة	الخلية النباتية	الخلية الحيوانية
1 .الغلاف الخلوي .	يكون على هيئة غشاء بلازمي رقيق، بالاضافة الى جدار سيليلوزي سميك يحوي الخشبين او اللكنين احياناً مما يعطي الخلية شكلاً ثابتاً .	يكون على هيئة غشاء بلازمي رقيق .
2 .البلاستيدات .	توجد بلاستيدات خضراء ترتبط غالباً بالتمثيل الضوئي ، ويوجد منها عديمة اللون او البيضاء وتلك ذات الالوان المختلفة .	لاتوجد بلاستيدات .
3 . الجسيمات المركزية	لاتوجد جسيمات مركزية الا في بعض النباتات البدائية .	توجد في معظم الخلايا الحيوانية ولها دور في انقسام الخلية .
4. الفجوات الخلوية .	قليلة العدد ، كبيرة الحجم ، وقد تشغل معظم حجم الخلية النباتية البالغة .	كثيرة العدد ، صغيرة الحجم ، منتشرة في السايتوبلازم .
5. انقسام الخلية .	عند انقسام الخلية تتكون الصفيحة الخلوية التي تنمو من المركز الى الخارج حيث يكونها بروتوبلاست الخلية .	عند انقسام الخلية يحصل تخصر في السايتوبلازم يمتد من الخارج نحو الداخل .

1-6. الانشطة الخلوية (Cell Activities)

تنجز الخلايا الحية نباتية كانت ام حيوانية العديد من الانشطة تنعكس مظاهرها على نشاط الكائن الحي ، ولعل اهم هذه الانشطة ماياتي :

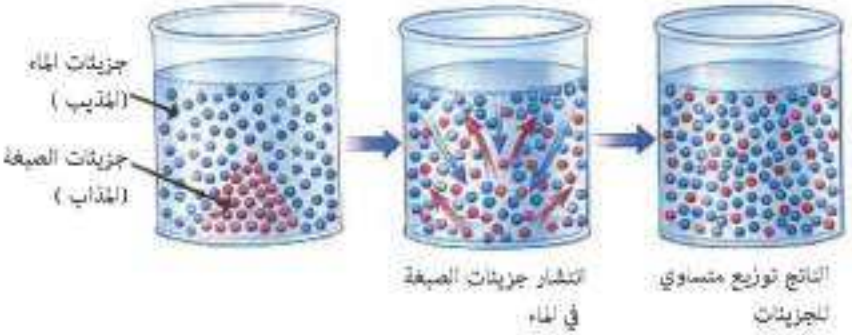
أولاً : عبور المواد عبر الاغشية .

تعد عملية عبور المواد الى الخلية وخارجها من العمليات الخلوية الاساسية التي تنظم الفعاليات الوظيفية الخلوية ، اذ يتحدد بموجبها تنظيم خروج المواد الاخراجية والماء من الخلية ولايخفى مالهذا من اهمية في حفظ واستمرار العمليات الحيوية للخلية وبناء المواد الحية فيها ويتم العبور بطرق مختلفة منها :

(1) الانتشار (Diffusion) .

يعرف الانتشار بانه حركة الايونات والجزيئات خلال وسط معين من المناطق ذات التركيز العالي الى المناطق ذات التركيز الواطئ .

وكقاعدة فان الغازات مثل الاوكسجين وثنائي اوكسيد الكاربون ، والمواد القابلة للذوبان في الدهون مثل الهيدروكاربونات والكحولات هي المواد المذابة التي يمكنها الانتشار عبر الاغشية الحيوية (غشاء الخلية) بحرية تامة . ويمكن ملاحظة ظاهرة الانتشار بالعين المجردة من خلال وضع بلورات لكبريتات النحاس او برمنغنات البوتاسيوم في اناء زجاجي يحوي ماء ، فسوف نلاحظ انتشار المادة الملونة الناتجة من ذوبان البلورات اعلاه في الماء حيث تنتشر المادة الملونة عبر مسافات قصيرة بينما يقل انتشارها عبر المسافات الطويلة وهذا يعود الى ان المسافة التي تقطعها الجزيئات المنتشرة تتناسب طردياً مع زمن الانتشار، ومع مرور الوقت فأن المادة سوف تنتشر في كل اجزاء الماء في الاناء الزجاجي ، (شكل 1-17).



شكل (1-17) عملية الانتشار

(2) النفوذية (Permeability) .

تمثل **ظاهرة تبادل المواد بين الخلية ومحيطها عبر الغشاء البلازمي** حيث تستطيع الخلية ان تمتص المواد الغذائية اذا وجدت في وسط غذائي مناسب ، ولكن مجرد وجود المواد الغذائية خارج الخلية لايعني بالضرورة انه بامكان الخلية استغلالها فعلى هذه المواد ان تمر اولاً خلال الغشاء البلازمي كما يجب ان تتميز بذوبانها في الماء بدرجة معينة حتى يمكنها العبور خلال هذا الغشاء ، وبالمثل لابد ان تتميز النواتج الاخراجية ومواد الفضلات بذوبانها في السايتوبلازم حتى تستطيع العبور الى خارج الخلية . وبشكل عام يمكن ان تصنف الاغشية تبعاً لقدرتها على نفاذية المواد الى :

- اغشية ذات نفاذية تامة وهي التي تنفذ المواد من خلالها بغض النظر عن طبيعتها او حجم جزيئاتها كما في الجدار الخلوي .
- اغشية شبه نفاذة (Semi Permeable) وهذه لاتسمح بعبور الذائبات بنفس معدلات عبور المذيبات .
- اغشية ذات نفاذية اختيارية (Selectively Permeable) وهي تسمح بعبور المواد اختيارياً تبعاً لحجم جزيئاتها مثل الغشاء البلازمي .
- اغشية غير نفاذة مثل اغشية النايلون . ولابد من الاشارة الى أن نفوذية الغشاء البلازمي تتأثر بعوامل داخلية وخارجية .

(3) التناضح (Osmosis) .

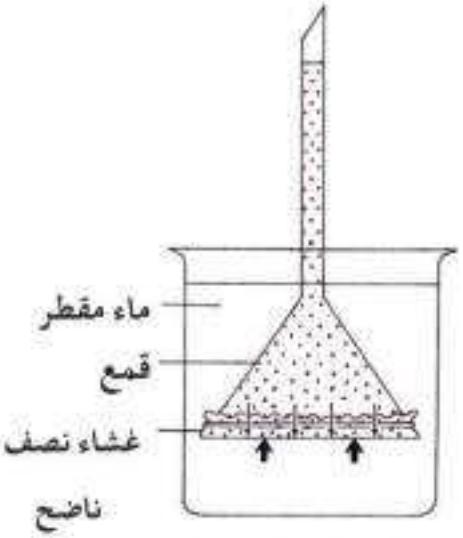
يمكن تعريف التناضح بانه **حركة جزيئات الماء خلال غشاء اختياري النفاذية (الغشاء البلازمي) تبعاً لاختلاف التركيز** ، وتتم حركة جزيئات الماء وفق قانون الانتشار اذ ان التناضح هو حالة من حالات الانتشار ولكي نوضح التناضح يمكن اجراء تجربة بسيطة (شكل 1-18) . باستخدام غشاء ذو نفاذية اختيارية مثل السيلوفان مربوطاً باحكام في نهاية قمع . يملأ القمع بالماء المقطر ، ويوضع في حوض زجاجي يحوي ماء مقطر بحيث يكون مستوى الماء داخل وخارج القمع في مستوى واحد وعند اضافة محلول سكري الى القمع نلاحظ ارتفاع مستوى الماء في انبوبة القمع الزجاجي مشيراً الى أن الماء يمر خلال غشاء السيلوفان الى محلول السكر (شكل 1-18) في القمع مسبباً ضغطاً هيدروستاتيكياً (Hydrostatic Pressure) ويتوقف دخول جزيئات الماء عندما يتساوى الضغط الهيدروستاتيكي مع الضغط التناضحي .

تنقسم المحاليل تبعاً لتركيزها التناضحي الى ثلاثة انواع لكل منها تأثير خاص في الخلية وهي :

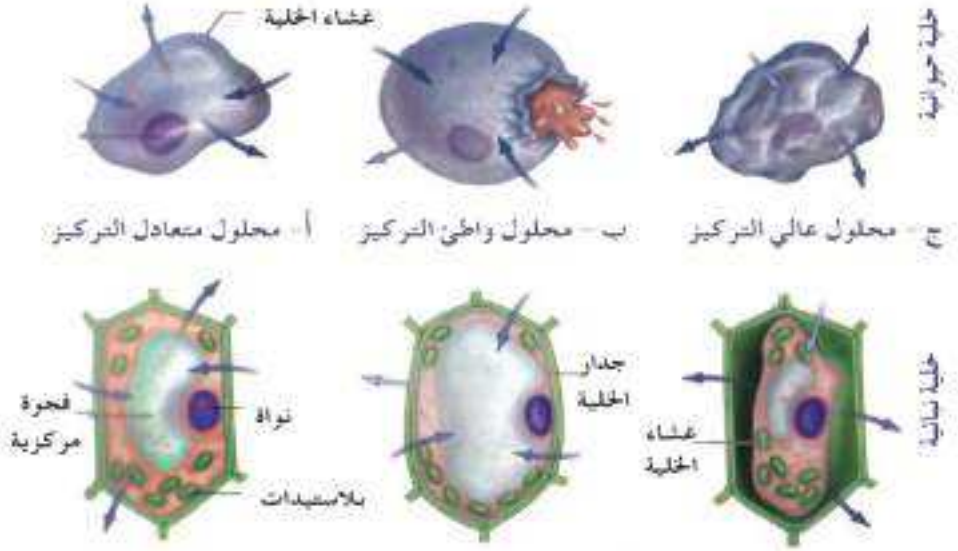
أ. المحلول متعادل التركيز (Isotonic Solution) وفيه يكون تركيز الماء خارج الخلية مساوٍ لتركيزه في سايتوبلازم الخلية ، والخلية لاتكسب ولاتفقد الماء (شكل 1-19) .

ب. **المحلول واطئ التركيز (Hypotonic Solution)**

يتميز هذا المحلول بتركيز منخفض من المواد الذائبة غير النفاذة اذا ماقورنت بالمواد الذائبة في سايتوبلازم الخلية الموجودة فيه والخلية تكتسب الماء وقد يؤدي دخول الماء الى انتفاخ الخلية الحيوانية وتمزقها (شكل 1-19) .



شكل (1-18) عملية التناضح .

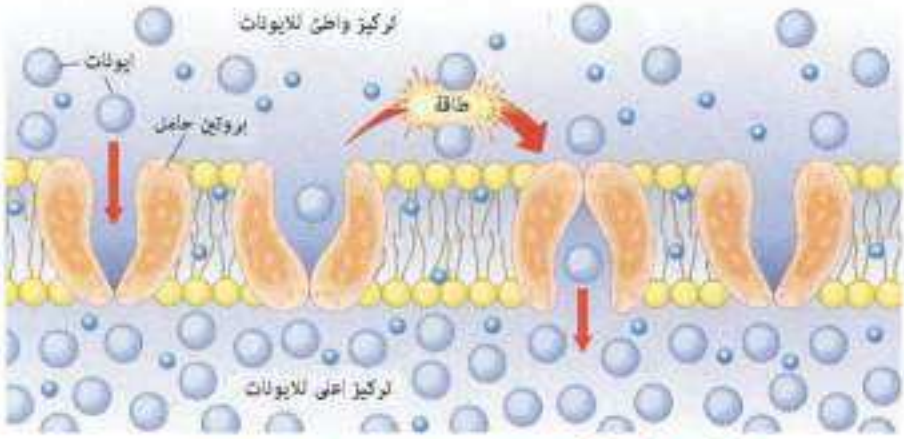


شكل (1-19) . التناضح في الخلايا الحيوانية والنباتية .

ج. **المحلول عالي التركيز (Hypertonic Solution)** ، يتميز هذا المحلول بتركيز عال من المواد الذائبة بالمقارنة مع السايتوبلازم ، ولذلك فان حركة الماء تكون من السايتوبلازم الى المحلول الخارجي مما يترتب عليه انكماش الخلايا (شكل 1-19) . ونظراً لوجود جدار في الخلايا النباتية فأن حجم الخلية لايتغير كثيراً بالمقارنة مع الخلايا الحيوانية عندما توضع في محلول عال التركيز ، وان مايحدث هو ابتعاد الغشاء الخلوي عن جدار الخلية (شكل 1-19) وهذا مايعرف بالبلزمة (Plasmolysis) وهو بالطبع ناتج عن خروج الماء من الخلية ولكن عند اضافة الماء للمحلول تعود الخلية الى حالتها الاولى وتسمى هذه العملية العكسية ، بحالة ازالة البلزمة (Deplasmolysis) .

(4) النقل النشط او الفعال (Active Transport) .

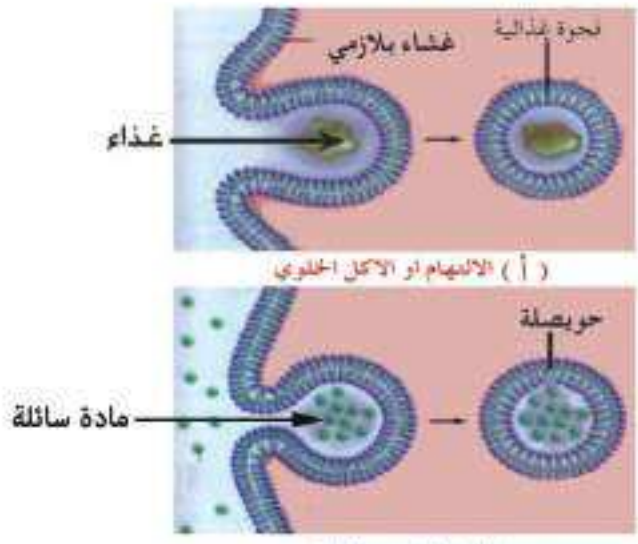
تمتص الخلايا احياناً بعض المواد من محيطها الخارجي بالرغم من ان تراكيز تلك المواد داخل الخلايا اعلى منها في الخارج ، ومن اجل انجاز هذه العملية لابد من وجود مواد حاملة (Carriers) في غشاء الخلية يمكنها التحرك من الخارج الى الداخل وبالعكس ، حيث تتحد المادة الحاملة مع مادة اخرى (جزيء أو أيون) تحتاجها الخلية وتتحرك باتجاه السطح الداخلي للغشاء حيث تنفصل المادة المنقولة داخل السايتوبلازم (شكل 1-20) وتحتاج هذه العملية الى صرف طاقة تستمد من ATP في الخلية الحية .



شكل (1-20) .خطوات عملية النقل الفعال .

(5) البلعمة (Phagocytosis) .

يقصد بالبلعمة الاكل الخلوي وهي طريقة شائعة للتغذية بين الطليعيات مثل الاميبا وهي ايضا الطريقة التي تلتهم بها خلايا الدم البيض بقايا الخلايا والجراثيم التي توجد بالدم وتتم هذه العملية بان يكون غشاء الخلية جيباً يحيط المادة الصلبة ، وبعد ذلك ينفصل هذا الجيب او الحوصلة من سطح الخلية ويتحرك داخل السايتوبلازم ، حيث تهضم محتوياتها بوساطة الانزيمات المفرزة من الجسيمات الحالة والموجودة ضمن السايتوبلازم (شكل 1-21أ) .



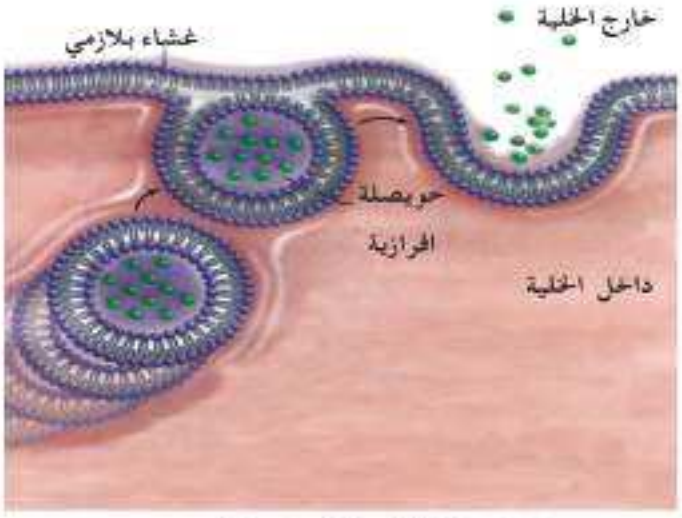
شكل (1-21) .عملية البلعمة
(أ) الاكل الخلوي . (ب) الشرب الخلوي .

(6) الشرب الخلوي (Pinocytosis) .

وهو عملية مشابهة للاكل الخلوي فعند دخول مادة سائلة من خارج الخلية يحدث انبعاج صغير في غشاء الخلية يحيط بالمادة السائلة والتي تصبح داخل حويصلة (Pinocytic Vesicle) حيث تنفصل هذه الحويصلة من غشاء الخلية وتصبح داخل الخلية كما في (الشكل 1 – 21 ب) .

(7) الاخراج الخلوي (Exocytosis) .

يستعمل مصطلح الاخراج الخلوي لوصف عملية تحرير بعض المواد من داخل الخلية الى خارجها وتحدث هذه العملية في خلايا مختلفة للتخلص من بقايا مواد غير مهضومة دخلت بوساطة عملية الادخال الخلوي او لافراز مواد مثل الهورمونات (شكل 1 – 22) .



شكل (1 – 22) . الاخراج الخلوي .

ثانياً : الايض الخلوي (Cell Metabolism)

تمثل عمليات الايض الخلوي مجموع التحولات الكيميائية التي تحدث في الخلية بمساعدة الانزيمات في الخلية وتتضمن عملية الهدم (Catabolism) وعن طريقها تتحلل المواد ، وعملية البناء (Anabolism) والتي عن طريقها تبنى النواتج الجديدة .

وتتميز عمليات البناء باستهلاكها للطاقة عادة بينما يرافق عمليات الهدم تحرر الطاقة ، وعلى سبيل المثال فان بناء جزيئة سكر العنب (الكلوكوز) من ثنائي اوكسيد الكاربون والماء يحتاج طاقة ، تأخذها النباتات الخضر من ضوء الشمس ، بينما تتضمن عملية هدم جزيئة الكلوكوز في التنفس تحرر الطاقة التي يستغلها الكائن الحي في الكثير من اعماله .

1 - . التنفس (Respiration) .

يعد سكر العنب (سكر الكلوكوز) مادة التنفس الرئيسة ، حيث يعاني سلسلة من التفاعلات متحولاً الى جزيئتين من الحامض البايروفي (Pyruvic Acid) خلال عملية تدعى بالتحلل السكري (Glycol ysis) ، وتجري هذه العملية في سايتوبلازم الخلية لوجود انزيماتها . ويمكن ايجاز عملية التحلل السكري (مخطط 1 - 1) بالآتي :

أ تنشيط جزيئة الكلوكوز (6C) بالفسفرة فيتحول الى كلوكوز احادي الفوسفات ، وتستهلك في العملية جزيئة من ATP .

ب يتم تحويل الكلوكوز احادي الفوسفات (6C) الى فركتوز احادي الفوسفات (6C) بفعل انزيم معين .

ج يتم تنشيط الفركتوز احادي الفوسفات (6C) بعملية فسفرة ثانية فيتحول الى فركتوز ثنائي الفوسفات ، وتستهلك في العملية جزيئة من ATP .

د تنشطر جزيئة الفركتوز ثنائي الفوسفات (6C) الى جزيئتين من الكليسر الديهايد المفسفر (3C) كمحصلة لهذا الانشطار .

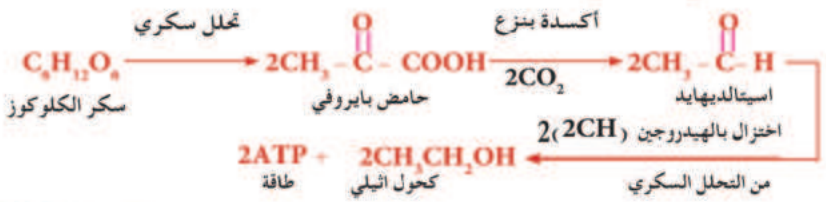
هـ تتحول كل جزيئة من الكليسر الديهايد المفسفر الى جزيئة من الحامض البايروفي (اي تصبح بالنتيجة جزيئتان من الحامض البايروفي) ، علماً انه يتم انتاج اربع جزيئات من ATP من خلال عملية التحول ويستهلك منها جزيئتين في عمليتي الفسفرة وبالتالي يكون الربح 2ATP .

و اذا كان التنفس لاهوائياً (Anaerobic Respiration) فيحصل للحامض البايروفي اما تخمر كحولي او تخمر لبني في سايتوبلازم الخلية .

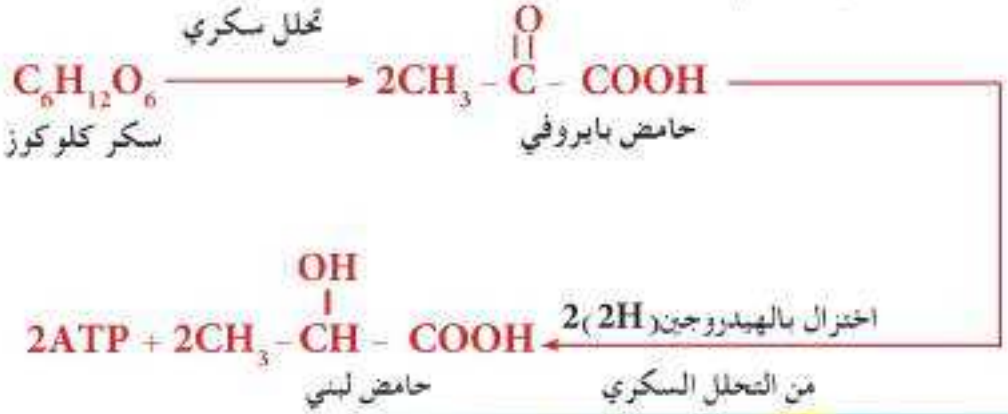
اما اذا كان التنفس هوائياً (Aerobic Respiration) فيتحول الحامض البايروفي الى جزيئة من (استيل كو - A) الذي يدخل في تفاعلات تدعى دورة كريبس (Krebs Cycle) في مايتوكوندريا الخلية وفيما يلي توضيح لتفاعلات التنفس اللاهوائي والتنفس الهوائي .

أولاً : التنفس اللاهوائي ويشمل :

(أ) التخمر الكحولي ويحصل في الخميرة والنباتات الخضر عند غياب او نقص الاوكسجين وفي بعض انواع البكتيريا حيث يحصل للحامض البايروفي اكسدة بانتزاع جزيئة (CO_2) ثم اختزال بهيدروجين التحلل السكري متحولاً الى كحول اثيلي كما في المعادلة التالية :



(ب) التخمر اللبني ويحصل في بعض انواع البكتيريا والعضلات حيث يحصل للحامض البايروفي اختزالاً متحولاً الى الحامض اللبني كما في المعادلة التالية :



ثانياً : التنفس الهوائي (Aerobic Respiration) .

بعد تحول الحامض البايروفي الناتج من التحلل السكري الى (استيل كو – A) ، يدخل الاخير (استيل كو – A) دورة كريبس (والذي يعد مفتاحاً لها) في سلسلة من التفاعلات مؤدية الى تحرير كامل الطاقة والبالغة 12 جزيئة ATP في كل دورة ، ويوضح المخطط (1-1) . خطوات التحلل السكري ودورة كريبس، وخلاصة لما تقدم فأن مقدار الطاقة المتحررة من اكسدة جزيء غرامي واحد من سكر الكلوكوز اكسدة تامة في التنفس الهوائي كما يأتي :

2ATP

ربح الطاقة من التحلل السكري .

6ATP (2 × 3 ATP)

من تحول جزيئتي الحامض البايروفي الى استيل كو – A .

6ATP (2 × 3 ATP)

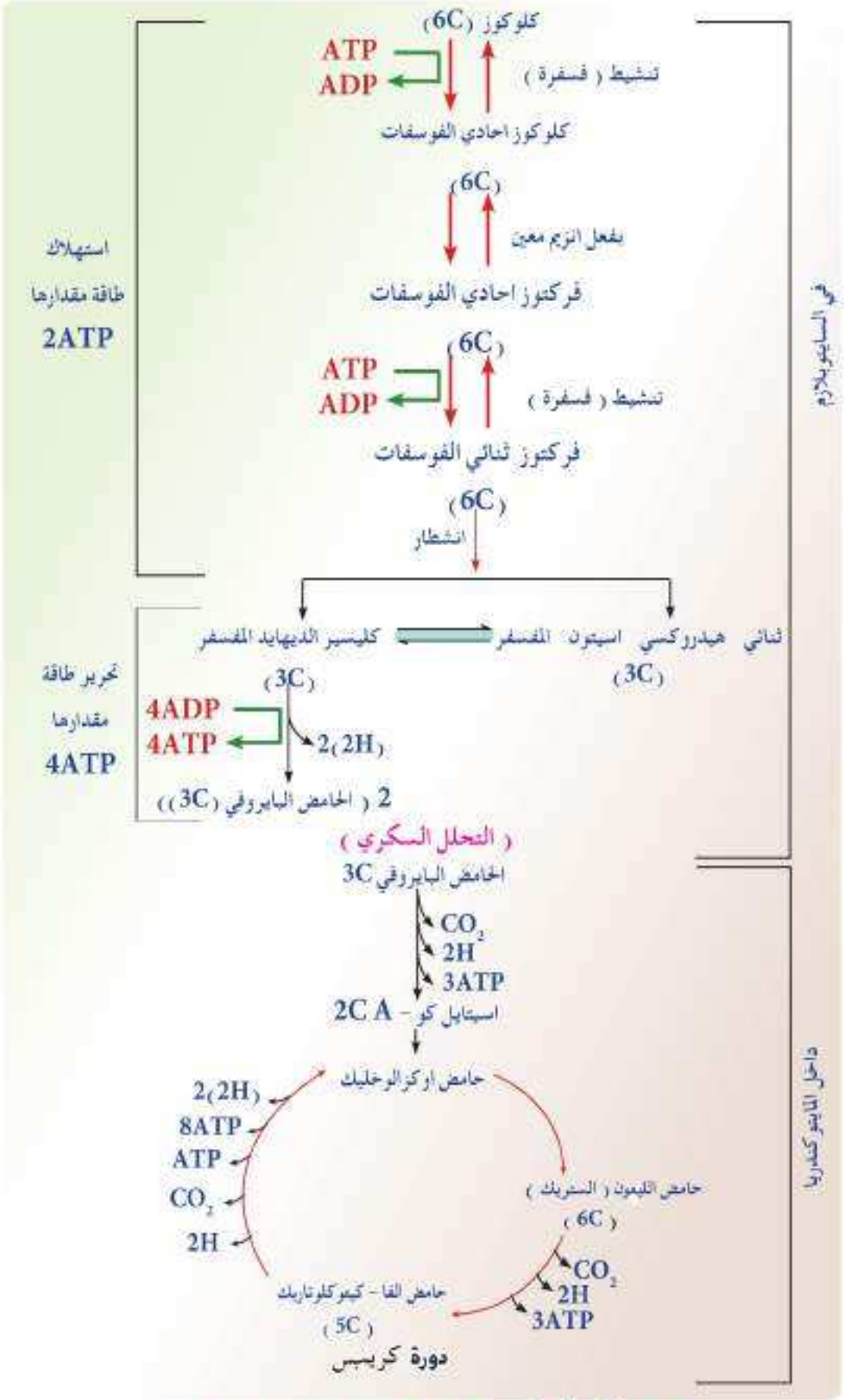
من $2(2H)$ الناتج من التحلل السكري بعد مرورها بسلسلة نقل الالكترونات .

24ATP (2 × 12 ATP)

من دورتي كريبس

ويصبح المجموع

(38 ATP)



مخطط (1-1) يبين مراحل عملية التنفس الخلوي .

2 . عمليات البناء : تثبيت ثنائي اوكسيد الكاربون .

يعد ثنائي اوكسيد الكاربون (CO_2) احد النواتج الرئيسة لعمليات التنفس الهوائي واللاهوائي ومع ان عمليات التنفس تمثل عمليات هدم الا انه ينشأ عنها قدر من الطاقة الكيميائية تخزن بشكل (ATP) والتي تستغل في الكثير من العمليات الهامة التي يقوم بها الكائن الحي مثل حركة العضلات واللواحق الجسمية والتي تمثل عمليات ميكانيكية وكذلك تكوين المواد الحيوية المعقدة وهي عمليات كيميائية . تستطيع النباتات تثبيت ثنائي اوكسيد الكاربون على شكل مواد عضوية بوجود الطاقة الشمسية ، فمن المعروف ان النباتات تمتص ثنائي اوكسيد الكاربون بوجود الماء وباستغلال الطاقة الشمسية لتكوين مواد كربوهيدراتية ويطلق على هذا التفاعل تثبيت او اختزال ثنائي اوكسيد الكاربون وهذا التفاعل يؤدي الى تكوين جميع الجزيئات العضوية المعقدة ، لذا تعد هذه العملية عملية بناء للمواد العضوية .

1-7. انقسام الخلية (Cell Division)

يعد انقسام الخلية من العمليات المعقدة والتي تهدف الى مضاعفة المادة الوراثية كمياً مع ضمان توزيعها بشكل متجانس بين الخليتين الناتجتين من الانقسام . تحصل في الخلية ثلاثة انواع من الانقسام وهي :

1 - 7 - 1 . الانقسام المباشر او اللاخيطي (Amitosis) .

في هذا النوع من الانقسام الخلوي تنقسم الخلايا دون حصول تغيرات نووية وسايتوبلازمية واضحة ذلك بتحصر النواة او المادة النووية والسايتوبلازم ومن ثم انقسامهما وتكوين خليتين تحوي كل منهما على جزء من النواة الاصلية او المادة النووية وجزء من السايتوبلازم الاصلي ، يحصل مثل هذا الانقسام في البكتيريا والطحالب الخضر المزرقة .

1 - 7 - 2 . الانقسام غير المباشر او الخيطي (Mitosis) .

يعرف الانقسام الخيطي بانه ، عملية انقسام النواة بصورة تضمن تسلم كل من الخليتين البنويتين الجديدتين نفس العدد ونفس النوعية من الكروموسومات الموجودة اصلاً في الخلية الام ،.

يتطلب الانقسام الخيطي تضاعفاً لكل كروموسوم ليتكون كروموسومان متماثلين ومتجاورين اذ يظهران وكانهما كرموسوم واحد . وعند بدء عملية انقسام الخلية يتباعد الكروموسومان احدهما عن الآخر ويظهران منفصلين في الاطوار المتقدمة . يعقب انقسام النواة الانقسام السايتوبلازمي (Cytokinesis) . ولنأخذ مثلاً خلية من خلايا جسم الانسان فسنجد انها تحتوي (46) كروموسوماً تتضاعف قبل الانقسام فتصبح (92) كروماتيداً وعندما تتم عملية الانقسام يذهب (46) منها الى خلية و (46) الباقية الى الخلية الثانية

ليتشكل منها كروموسومات الخلايا الجديدة ، وتستمر هذه العملية في كل مرة .تتم عملية انقسام الخلية من خلال أربع اطوار يسبقها طوراً بيني (Interphase) : تمر الخلية بهذا الطور قبل بدء عملية انقسام الخلية ، و يلاحظ فيه ان نواة الخلية تكون كبيرة بالمقارنة مع الانوية في الخلايا المنقسمة وتقوم الخلية في هذا الطور بتخليق جزيئات كبيرة من الاحماض النووية والبروتينات كخطوة تحضيرية لعملية الانقسام واهم مايتميزبه هذا الطور هو تضاعف جزيئات الحامض النووي الرايبي ناقص الاوكسجين (DNA) ، كما يتضاعف الجسيم المركزي في هذا الطور (شكل 1-23).

أما الاطوار الاربعة التي تلي الطور البيني فهي :

الطور الاول : التمهيدي (Prophase) .

تتميز في هذا الطور الشبكة الكروماتينية الى عدد من الكروموسومات التي تبدو كثيفة وتتميز الى جزئين متماثلين تماماً (كروماتيدين) (Chromatids) ويرتبط هذان الكروماتيدان الشقيقان مع بعضهما عند منطقة جزئيهما المركزيين (Centromeres) واللذان سيكونان الكروموسومات البنوية .

يتباعد الجسيمان المركزيان اللذان سبق وان تكونا في الطور البيني ويتجهان في اتجاهين متعاكسين نحو قطبي الخلية ، وتمتد من كل منهما خيوط شعاعية (النجم) وتتكون بينهما خيوط المغزل (Spindle) تختفي النوية والغشاء النووي في مرحلة متأخرة من هذا الطور (شكل 1 - 23).

الطور الثاني : الاستوائي (Metaphase) .

تنكمش وتغلظ الكروموسومات في هذا الطور وتأخذ موقعاً عند خط استواء المغزل وتتعلق الكروموسومات بخيوط المغزل حيث يتعلق كل كروموسوم بخيط من خيوط المغزل بوساطة الجزء المركزي (Centromere) (شكل 1 - 23) .

الطور الثالث : الانفصالي (Anaphase) .

تنفصل في هذا الطور الكرو موسومات البنوية الناتجة عن الكروماتيدات الشقيقة في الطور التمهيدي بعضها عن بعض بأتجاه القطبين المتعاكسين للخلية (الشكل 1-23) . لاتعرف ميكانيكية حركة الكروموسومات نحو القطبين المتعاكسين في الخلية لحد الان بشكل دقيق ولكن هناك نظريات تقترح تفسيراً لذلك وهي :

آ- يعتقد ان خيوط المغزل تنقلص بوجود ATP وتسحب الكروموسومات نحو القطبين .

ب- يعتقد ان خيوط المغزل تعمل بوضعها طريقاً تنزلق عليه الكروموسومات متجهة نحو القطبين

الطور الرابع : النهائي (Telophase) .

يبدأ الطور النهائي عند اكتمال وصول الكروموسومات الى قطبي الخلية المتعاكسين ، وتعود الكروموسومات الى شكلها السابق الخيطي الدقيق حيث تبدو بشكل خيوط كروماتينية دقيقة (تتكون الشبكة الكروماتينية) وتتكون النوية او النويات الجديدة .

و يتكون الغشاء النووي . ويختفي المغزل ، وهكذا ينتهي انقسام النواة .

يعقب انقسام النواة الانقسام السايتوبلازمي (Cytokinesis) شكل (1 - 23) .

تظهر الخلية الحيوانية اختلافاً في الانقسام السايتوبلازمي مقارنة بالخلية النباتية ، ففي الخلية الحيوانية يحدث تخصر في غشاء الخلية قرب منطقة خط استواء الخلية وبمرور الوقت يزداد هذا التخصر تدريجياً الى ان تنقسم الخلية الى خليتين جديدتين تحوي كل منهما على نواة، اما في الخلية النباتية فأن الانقسام السايتوبلازمي يبدأ بتكوين الصفيحة الخلوية (Cell Plate) .

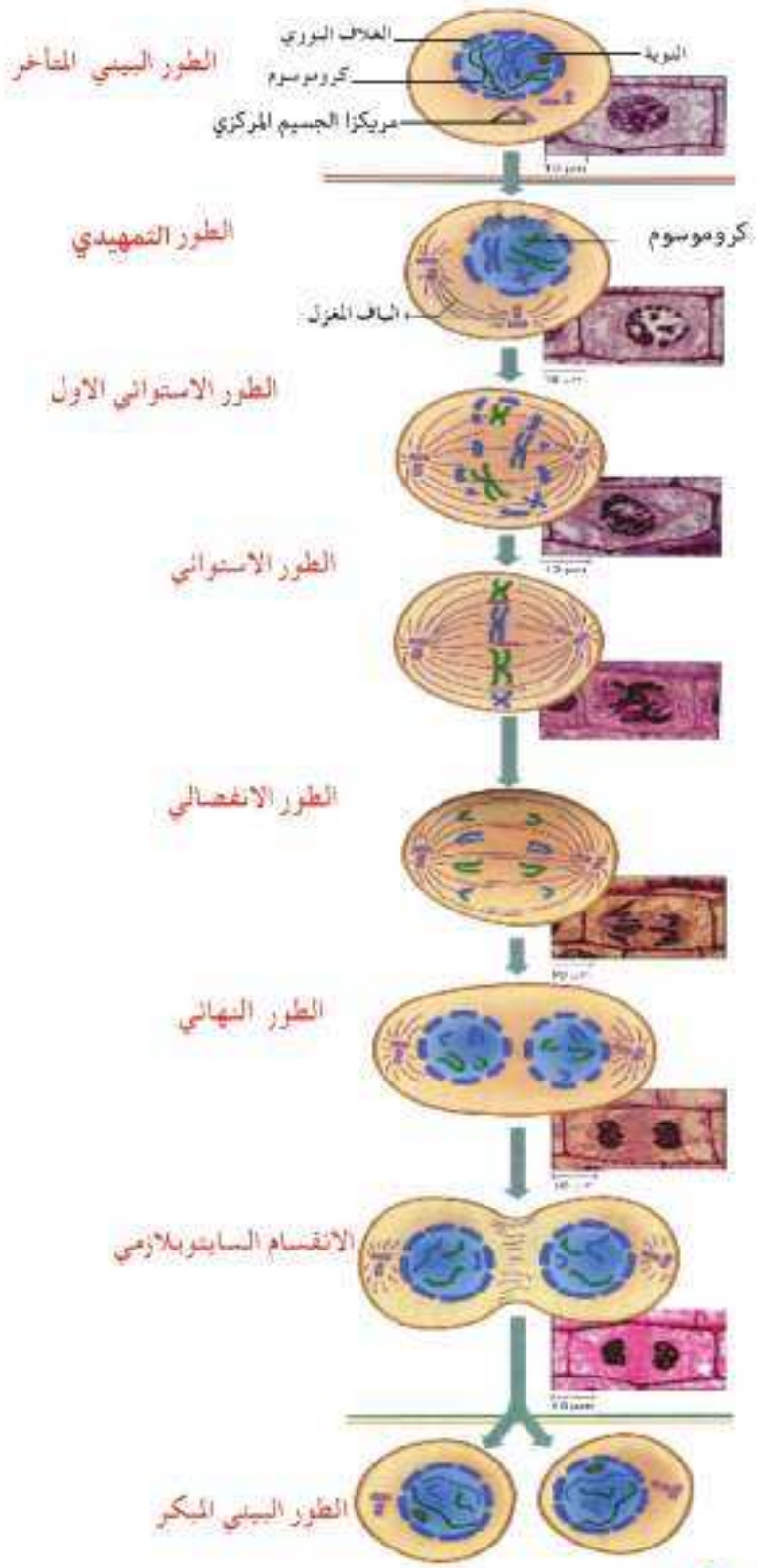
في منطقة خط استواء الخلية تفرز من قبل بروتوبلاست الخلية ، ثم تبدا كل خلية جديدة بتكوين جدارها الخلوي من جهتها ، وتكتمل العملية بالانفصال لتتكون خليتين جديدتين .

ولابد من الاشارة الى ان المدة التي يستغرقها الانقسام الخلوي تتباين تبعاً لنوع الخلية او النسيج وعمر الكائن الحي ، كما ان كل طور من اطوار الانقسام له مدة زمنية تختلف عن اطوار الانقسام الاخرى وهذا يتبع الاحداث التي تحصل في كل طور .

لقد وجد عند دراسة اطوار الانقسام في خلايا بشرية تحت المجهر ان الطور التمهيدي يستغرق 30 - 60 دقيقة بينما يستغرق الطور الاستوائي (2 - 6) دقيقة ويستغرق الطور الانفصالي (3 - 15) دقيقة والطور النهائي (30 - 60) دقيقة ، كما لوحظ ان مدة انقسام الخلية في النسيج العصبي (خلية عصبية او عصبونة) تستغرق حوالي (30) دقيقة خلال الادوار الجنينية في حين يصبح الانقسام نادراً عند البلوغ كنتيجة لتخصص الخلايا العصبية بصورة نهائية .

1 - 7 - 3 . الانقسام الاختزالي (Meiosis) .

تهدف عملية الانقسام الاختزالي الى الحفاظ على عدد ثابت من الكروموسومات لافراد الانواع المختلفة من الاحياء ، خلال عملية تعاقب الاجيال الذي يتم خلاله تكوين الامشاج (Gametes) كالبيوض (Eggs) والنطف (Sperms) في الحيوانات والابواغ (Spores) في بعض النباتات . والانقسام الاختزالي عبارة عن انقسامين متعاقبين للخلية ويتم خلال الانقسام الاختزالي اختزال عدد الكروموسومات الى نصف العدد الكامل لكروموسومات الخلايا الجسمية ، ولذلك نجد ان الامشاج تحتوي نصف عدد الكروموسومات الموجود في الخلايا الجسمية ، وعند التحام نواتين خليتين او مشيجين لتكوين اول خلية جنينية فأن الاخيرة تحوي عدد كامل من الكروموسومات .



شكل (1 – 23) .

اطوار الانقسام الخيطي في الخلية .

تتم عملية الانقسام الاختزالي من خلال انقسامين نوويين متعاقبين ، اذ يتم خلال الانقسام الاول فصل الكروموسومات المتماثلة عن بعضها البعض ولهذا الانقسام اربعة اطوار هي :

- الطور التمهيدي الاول (Prophase 1) .
- الطور الاستوائي الاول (Metaphase 1) .
- الطور الانفصالي الاول (Anaphase 1) .
- الطور النهائي الاول (Telophase 1) .

اما الانقسام الثاني فيتم فيه فصل كروماتيدي الكروموسوم وينتقل كل كروماتيد الى قطب من اقطاب الخلية ، والانقسام الثاني وكما هو الحال في الانقسام الاول يتم باطوار متعاقبة هي :

- الطور التمهيدي الثاني (Prophase 2) .
- الطور الاستوائي الثاني (Metaphase 2) .
- الطور الانفصالي الثاني (Anaphase 2) .
- الطور النهائي الثاني (Telophase 2) (لاحظ الشكل 1 - 24) .

فيما يلي عرض لما يحدث في كل من الانقسامين .

أولاً - الانقسام الاختزالي الاول

(أ) الطور التمهيدي الاول (Prophase 1) .

يمتاز هذا الطور الانقسامي بكونه بطيء حيث يتضمن خمسة ادوار ذات ميزات خاصة بها وهي :

- الدور القلادي (Leptotene) .

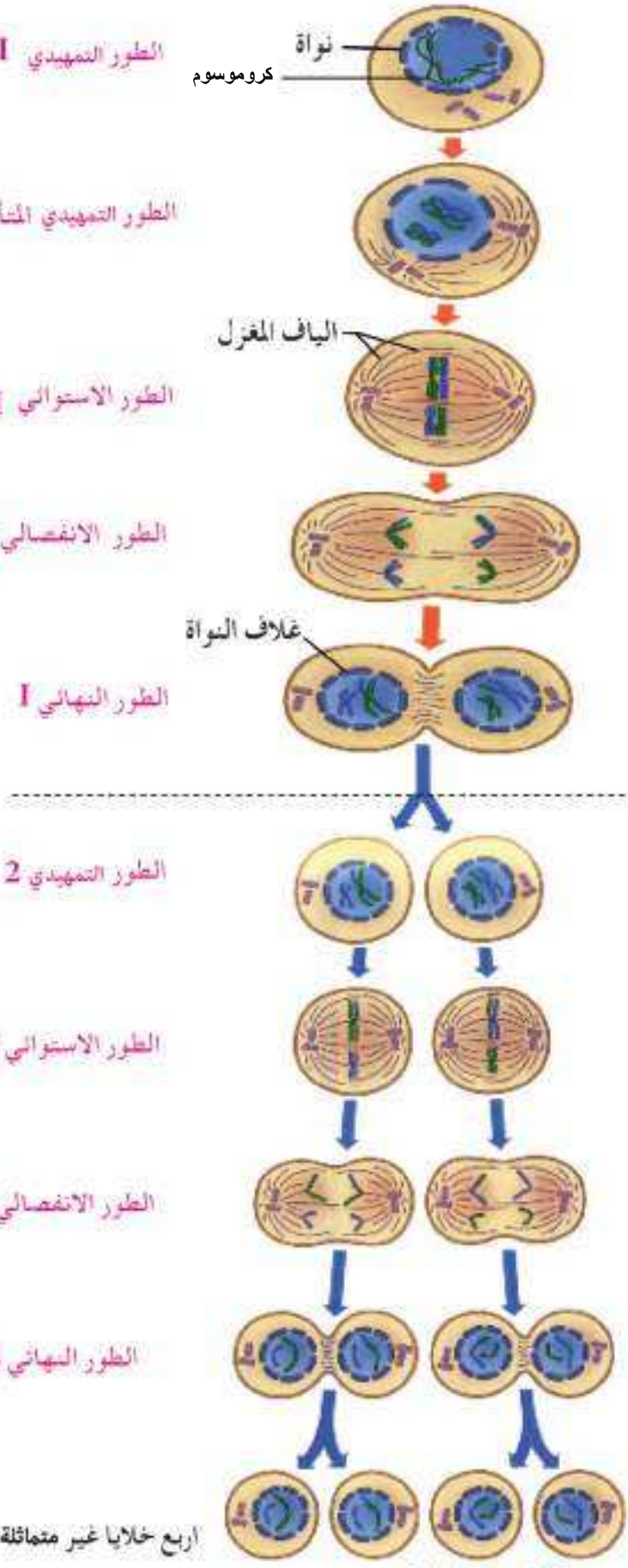
تكون الكروموسومات في هذا الدور بشكل خيوط طويلة نحيفة مفردة ذات تشخنات شبيهة بالفصوص او الخرز مما يضفي على الكروموسومات شكل القلادة ، ويكون ال DNA متضاعفا في كل كروموسوم .

- الدور الازدواجي (Zygotene) .

تتراصف الكروموسومات المتماثلة في هذا الدور وتزدوج، وبعد ازدواجها يلتوي بعضها على البعض الآخر وتدعى العملية بالأيثاق او التشابك (Synapsis) ويسمى الكروموسومان المزدوجان بالثنائي (Bivalent) ، وهذه العملية تشكل صفة مميزة للانقسام الاختزالي اذ لاتحدث في الانقسام الخيطي (الاعتيادي) .

- الدور التغلظي (Pachytene) .

يزداد في هذا الدور تكثف الكروموسومات وتغلظها ويقل طولها. ويظهر في هذا الدور تضاعف كل كروموسوم الى كروماتيدين واضحين ، يرتبطان فيما بينهما بوساطة جزئيهما المركزين (Centromeres)



شكل (1 - 24) :

اطوار الانقسام الاختزالي.

ويطلق على كل كروماتيدين يكونا نفس الكروموسوم بالشقيقين (Sister Chromatides) يظهر في هذا الدور كل زوج من الكروموسومات المتماثلة مكونا من حزمة مؤلفة من اربعة كروماتيدات ، وتدعى هذه الحزمة بالرباعي (Tetrad) . ولناخذ مثلاً خلية الانسان نجدها تحوي في هذا الدور (23) رباعياً اي (92) كروماتيد كمجموع كلي ويحصل في هذا الدور تبادل في مواقع المورثات بين الكرموسومين المتماثلين وتدعى عملية التبادل هذه بالتعابر (Crossing Over) .

- الدور الانفراجي (Diplotene) .

يبدأ في هذا الدور كل كروموسومين متماثلين الابتعاد عن بعضهما ، ويبقى الكروماتيدان غير الشقيقين مرتبطان بنقطة واحدة او اكثر ، وتدعى نقاط الارتباط بالتصالبات (Chiasmata) ويختلف موقع وعدد التصالبات من كروموسوم الى آخر ومن خلية الى اخرى وتتبادل قطع الكروماتيدات غير الشقيقة في كل منطقة تصالب (Chiasma) بعضها مع بعض .

- الدور الحركي (Diakinesis) .

يمثل هذا الدور آخر ادوار الطور التمهيدي وفيه تزداد الكروموسومات (كروماتيدات الكروموسومات المتماثلة) قصراً وتغلظاً ، تبدأ النوية والغشاء النووي بالانحلال التدريجي وتتحرك مواقع التصالبات باتجاه نهايات الكروموسومات وينتج عن ذلك تناقص في عدد التصالبات .

(ب) الطور الاستوائي الاول (Metaphase1) .

تترتب الكروموسومات المتماثلة في هذا الطور على خط استواء الخلية بشكل مجاميع كروموسومية ثنائية وتظهر الاجزاء المركزية (Centromeres) ويظهر المغزل باليافه التي يتصل بعضها بالاجزاء المركزية .

(جـ) الطور الانفصالي الاول (Anaphase1) .

في هذا الطور ينفصل الكروموسومان المتماثلان عن بعضهما ، ويتحركان باتجاهين متعاكسين باتجاه قطبي الخلية ، ويبقى كروماتيدا كل كروموسوم مرتبطين مع بعض في منطقة جزئيهما المركزين .

(د) الطور النهائي الاول (Telophase 1) .

تتجمع الكروموسومات الجديدة عند القطبين ، وغالباً ما يختفي المغزل في هذا الطور وتبدأ النوية والغلاف او الغشاء النووي بالتكون والذي يحيط بمجموعتي الكروموسومات في قطبي الخلية ، وتكون هذه المجموعة احادية (Haploid) (تحوي نصف العدد الكلي من الكروموسومات) يتبع عملية الانقسام النووي الانقسام السايتوبلازمي (Cytokinesis) كالذي يحصل في الانقسام الخيطي فيكتمل تكوين الخليتين الجديدتين ، واللتين تكونان مهيئتين للانقسام الاختزالي الثاني .

ثانياً : الانقسام الاختزالي الثاني .

(أ) الطور التمهيدي الثاني (Prophase 2) .

يكون عدد الكروموسومات في كل نواة تشترك في الطور التمهيدي الثاني هو نصف العدد الكامل للكروموسومات وهو بذلك يختلف عن الانقسام الخيطي والذي تكون فيه النواة حاوية على عدد الكروموسومات الكامل .

تكون في هذا الطور الكروماتيدات متباعدة عن بعضها وقد تختلف من حيث تركيبها كنتيجة لعملية العبور التي حصلت في الدور التغلظي (Pachytene) من الطور التمهيدي الاول .

(ب) الطور الاستوائي الثاني (Metaphase2) .

تتخذ في هذا الطور الكروموسومات مواقعها عند مستوى الصفيحة الاستوائية للخلية وهي تظهر متصلة بخيوط المغزل عن طريق اجزائها المركزية .

ويبقى كل كروموسوم مؤلفاً من كروماتيدين ، ويختلف هذا الطور عن الطور الاستوائي الاول من خلال كون الكروموسومات في الاول مرتبة بحزم مكونة من اربعة كروماتيدات ، في حين تتألف في هذا الطور من كروماتيدين .

(حـ) الطور الانفصالي الثاني (Anaphase 2) .

تنفصل كروماتيدات كل كروموسوم عن بعضها من خلال انفصال جزئيهما المركزيين فيصبح كل كروماتيد ممثلاً لكروموسوماً بنوياً مستقلاً يتحرك باتجاه احد قطبي الخلية بوساطة خيوط المغزل .

(ء) الطور النهائي الثاني (Telophase 2) .

تتجمع في هذا الطور الكروموسومات عند قطبي الخلية فتزداد طولاً وتقل سمكاً ، وتظهر المادة الكروماتينية بشكل خيوط دقيقة ، ثم يظهر الغشاء النووي والنويات لتتكون نواتان جديدتان من نواة واحدة اصلية .

وفي بعض الخلايا النباتية تتكون الصفيحة الخلوية (Cell Plate) عبر المغزل ثم تتكون الصفيحة الوسطى (Middle Lamella) ثم جدار الخلية (Cell Wall) ، اما في الخلايا الحيوانية فيتكون الغشاء البلازمي بين النواتين الجديدتين ليفصلهما عن بعضهما .

بعد انتهاء الانقسام الاختزالي الاول والثاني تكون الحصلة النهائية تكوين اربع خلايا احادية المجموعة الكروموسومية (س) .

يحدث الانقسام الاختزالي في الخصى (Testes) وفي المبايض (Ovaries) عند تكوين الامشاج في الحيوان ، وفي تكوين البيوض وحبوب اللقاح في النبات مع وجود بعض الاختلافات في التفاصيل والتي سنتناولها في فصل لاحق من هذا الكتاب :

بعد ان تعرفت عزيزي الطالب على ادوار الانقسام الخيطي والاختزالي تعرف على مقارنة بينهما من خلال الجدول (1 - 3) .

جدول (1 - 3) . مقارنة بين الانقسام الخيطي والاختزالي .

الانقسام الخيطي .	الانقسام الاختزالي .
- انقسام واحد .	- انقسامين .
- تتكون خليتين متماثلتين من كل انقسام .	- تتكون اربع خلايا غير متماثلة من كل انقسام .
- الخلايا المتكونة متماثلة وراثياً .	- الخلايا مختلفة وراثياً .
- عدد الكروموسومات في الخليتين المتكونتين يماثل عددها في الخلية الام .	- عدد الكروموسومات في الخلايا المتكونة نصف العدد الموجود في الخلية الام .
- يحصل الانقسام في الخلايا الجسمية .	- يحصل الانقسام في الخلايا الجنسية (الأمشاج) .
- يحصل الانقسام خلال دورة الحياة بشكل مستمر .	- يحصل بعد النضج الجنسي فقط .
- يشارك هذا الانقسام في النمو واصلاح التلف في الخلايا والتكاثر اللاجنسي .	- يشارك في التكاثر الجنسي ونقل المادة الوراثية من الاباء الى الابناء .

أسئلة الفصل الاول

السؤال الاول :

اكتب المصطلح العلمي الذي يدل على كل عبارة مما يأتي :

1 - ..... سائل هلامي عديم اللون يملأ النواة .

2 - ..... تركيب كروي داخل النواة ، يتكون من البروتين والحامض النووي الرايبي **RNA**.

3 - ..... حركة جزيئات الماء خلال غشاء اختياري النفاذية تبعاً لاختلاف التركيز .

4 - ..... عملية تحرير بعض المواد من داخل الخلية الى خارجها .

5 - .....عضيات تشكل مراكز لتحول سكر الكلوكوز الى سكريات متعددة .

6 - ..... تركيب يقع عند قاعدة الهدب او السوط في الخلايا التي تحوي اهداباً او اسواطاً .

7 - ..... مادة سائلة شفافة تملأ الفسح الداخلية للبلاستيدة .

8 - ..... مادة معقدة تمثل مكون اساسي من مكونات الخلية تقع بين الغشاء البلازمي والنواة .

9 - ..... الطريقة التي تلتهم بها خلايا الدم البيض بقايا الخلايا والجراثيم التي توجد في الدم .

10 - ..... مجموع التحولات الكيميائية التي تحدث في الخلية بمساعدة الانزيمات في الخلية .

11 - ..... عملية انقسام الخلية دون حصول تغيرات نووية وسايتوبلازمية واضحة .

السؤال الثاني :

فسر الحقائق العلمية التالية :

1 - يوجد عدد كبير من المايتوكوندريا في العضلات .

2 - وجود الاجسام الحالة في خلايا الدم البيض العدلة .

3 - للجسيم المركزي دور هام في عملية انقسام الخلية .

4 - وجود انزيمات معينة في البلاستيدات الخضر يسهل القيام بعملية البناء الضوئي .

5 - الخلية النباتية تحت المجهر تكون واضحة الحدود.

6 - توصف الخلية الحيوانية التي تظهر فيها جميع العضيات بانها خلية افتراضية .

7 - وجود الاعراف في المايتوكوندريا .

8 - الوظيفة الرئيسية للمايتوكوندريا هي التنفس الخلوي .

9 - تظهر نوى الخلايا تبايناً في اشكالها .

10 - تمتص الخلايا احياناً بعض المواد من محيطها الخارجي بالرغم من ان تراكيز تلك المواد داخل الخلية اعلى منها في الخارج .

11 - تُعد عملية تثبيت ثنائي اوكسيد الكاربون عملية بناء للمواد العضوية .

السؤال الثالث :

اكتب داخل القوسين الحرف الذي يشير الى الجواب الصحيح :

( ) 1 - اول عالم استخدم كلمة "خلية" هو :

ا. فان ليفنهوك . ب. روبرت هوك .

ج. روبرت براون . د. ثيودورشوان .

( ) 2 - العالمان اللذان استندت النظرية الخلوية الى اعمالهما هما:

ا. ماثياس شلادين و روبرت هوك . ب. روبرت براون وثيودور شوان .

ج. ثيودور شوان و روبرت هوك . د. ماثياس شلادين وثيودور شوان .

( ) 3 - واحدة من الاختيارات ادناه ليست من وظائف الشبكة البلازمية الداخلية .

ا. تغليف البروتين . ب. توصيل المواد بين اجزاء الخلية .

ج. انتاج بعض انواع الدهون. د. تخزين المواد البروتينية والدهنية.

( ) 4 - يطلق اسم الدكتيوسوم على جهاز كولجي الموجود في :

ا. الخلية الحيوانية . ب. الخلية البكتيرية .

ج. الخلية النباتية . د. الخلية اللمفاوية .

( ) 5 - تتخذ النواة في الخلايا الجنينية موقعاً :

ا. مركزياً . ب. جانبياً.

ج. محيطياً . د. سطحياً .

( ) 6 - يطلق على حركة الايونات والجزيئات خلال وسط معين من المناطق ذات التركيز العالي الى المناطق ذات التركيز الواطئ تسمية :

ا. التناضح . ب. الانتشار .

ج. النفوذية . د . البلعمة .

( ) 7 - العضيات التي تؤدي دوراً هاماً في عملية التحول الشكلي في الحيوانات هي :

ا. الجسيمات المركزية . ب. المايتوكوندريا .

ج. الفجوات . د. الجسيمات الحالة .

( ) 8 - واحد مما يلي ليس من مميزات الفجوات الخلوية :

ا. اكثر وضوحاً في الخلايا النباتية . ب. صغيرة في الخلايا الفتية .

ج. لها دور مهم في حركة الاهداب والاسواط . د. تحتوي على العصير الخلوي.

( ) 9 - يكون شكل نواة خلية الدم البيضاء :

ا. كروي . ب. بيضوي .

ج. مفصص . د . غير منتظم .

( ) 10 - عدد النويات التي تحتويها نواة خلية البصل هو :

ا. خمس . ب. اربع .

ج . ثلاث . د . اثنان .

( ) 11 - تكوين البروتينات في سايتوبلازم الخلية بواسطة :

ا. المايتوكوندريا . ب. الرايبوسومات .

ج . جهاز كولجي . د. الجسيمات الحالة .

( ) 12 - يبلغ عدد الكروموسومات في الخلايا الجنسية للفراشة الاسبانية :

ا. 415 . ب. 154 .

ج. 190 . د. 69 .

( ) 13 - الطريقة الشائعة للتغذية في الاميبا هي :

ا.الشرب الخلوي . ب. النقل الفعال .

ج. البلعمة . د. البلزمة .

السؤال الرابع :

اكمل العبارات التالية :

1 – يعزى التغير في شكل بعض الخلايا الى ..... .

2 – تحدد المكونات الرئيسية للخلية حقيقية النواة بالآتي :

ا. ..... ب. ..... ج. .....

3 – تسمى الشبكة البلازمية الداخلية التي تفتقر لوجود الرايبوسومات بأسم .....

4 – هناك حالات تكون فيها الخلايا ثنائية الانوية كما هو الحال في .....

و..... و.....

5ـ يوجد داخل الغشاء الذي يحيط بالبلاستيدة تركيبان مهمان هما ..... و.....

6ـ يتألف جدار الخلية من ثلاث طبقات هي .....و.....

.و.....

7ـ يتكون جهاز كولجي من ثلاث ردهات هي ....

8ـ تحتوي الجسيمات الحالة على اعداد كبيرة من الانزيمات المحللة تكون مسؤولة عن.....

9 – يتضمن الايض الخلوي عملية ..... التي يتم فيها .....

.....وعملية ..... التي عن طريقها .....

السؤال الخامس :

1 – رتب العلماء المدرجة اسماؤهم ادناه حسب اسبقية اكتشافاتهم في مجال علم الخلية :

(روبرت هوك ، ماثياس شلايدن ، ثيودور شوان ، فان ليفنهوك ، روبرت براون)

1. ..... 2. ..... 3. .....

4. ..... 5. .....

2 - اكمل العمودين الثاني والثالث في الجدول التالي بذكر تركيب ووظيفة كل من العضيات المدرجة في العمود الاول :

العضيات	التركيب	الوظيفة
الشبكة البلازمية الداخلية		
جهاز كولجي		
المايتوكوندريا		
البلاستيدة الخضراء		
الجسيمات الحالة		
الغشاء البلازمي		

3 - قارن بين :

- الشبكة البلازمية الداخلية الخشنة والشبكة البلازمية الداخلية الملساء .
- الاغشية شبه النفاذة والاغشية إختيارية النفوذية .
- الجسيم المركزي والجسيم الحركي.
- الطور النهائي الأول والطور النهائي الثاني في الانقسام الاختزالي .