

هدية من شبكة رواد التميز السودانية

رواد التميز

المناهج الدراسية السودانية
المرحلة الثانوية
الصف الأول ثانوي

الأحياء

الصف الأول ثانوي

أكبر موقع لخدمات طلاب الشهادة السودانية (أساس - ثانوي)
www.rowadaltamayoz.com

رواد التميز





وزارة التربية والتعليم العام

جمهورية السودان

وزارة التربية والتعليم العام

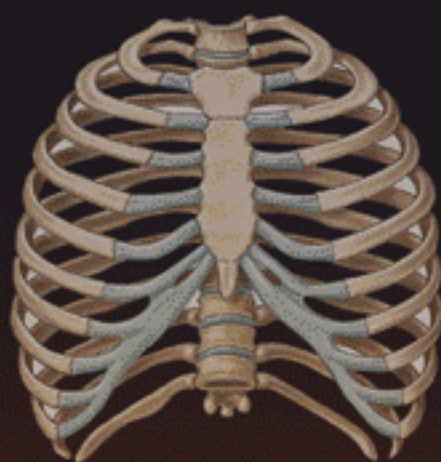
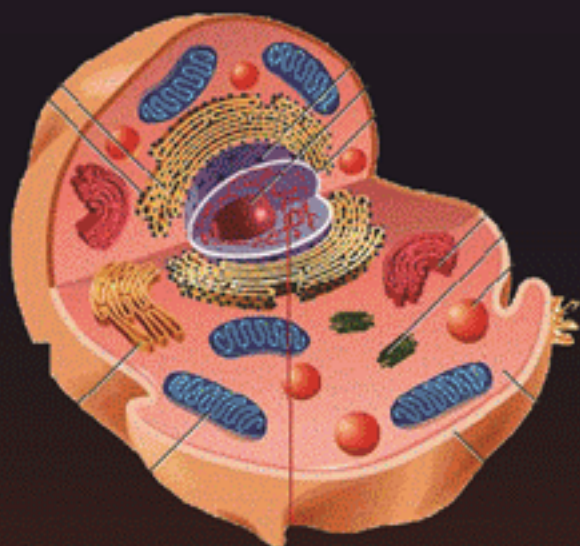
المركز القومي للمناهج والمحتوى التربوي



بنت الرضا

التعليم الثانوي

الأحياء



الصف الأول

بسم الله الرحمن الرحيم
جمهورية السودان
وزارة التربية والتعليم العام
المركز القومي للمناهج والبحث التربوي
- بخت الرضا -

الأحباء

الصف الأول الثانوي

المؤلفون :

- ١- د. فتحي محمد أحمد الربعة
٢- د. محمد الأمين الصديق
كلية العلوم - جامعة الخرطوم
كلية العلوم - جامعة الخرطوم

الإخراج الفني والتصميم :

الأستاذ إبراهيم الفاضل الطاهر - مختص مناهج

الجمع بالحاسوب :

تهاني بابكر سليمان
ابتهاج مصطفى علي

ردمك ISBN 978-99942-53-55-5

المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع
أ - ج	• المقدمة
١	• الباب الأول - العلم
٤	- ما العلم ؟
١٢	- الطريقة العلمية
١٣	- نشر البحث العلمي
١٤	- أخلاقيات العلم
	- لماذا تُدرس الطريقة العلمية ؟
١٦	• الباب الثاني - علم الأحياء
٢٢	مقدمة تاريخية عن تطور علم الأحياء
	علم الأحياء
	• الباب الثالث - خصائص الحياة
٢٩	- التنظيم والتعقيد
٣٢	- الاستقلاب
٣٣	- التغذية
٣٤	- التنفس
٣٧	- الإخراج
٣٧	- الاستتباب
٤٤	- الحركة
٤٧	- الاحساس
٥١	- النمو والتعويض
٥٤	- التكاثر
	• الباب الرابع - الخلية وحدة الحياة
٥٨	- اكتشاف الخلية وطرق دراستها
٦٦	- نظرية الخلية

٦٧	- كيمياء الحياة
٨٣	- أنواع الخلايا
٨٨	- مستويات التنظيم الخلوي
٩٧	- تركيب الخلية
١٢٢	- النقل عبر الأغشية الخلوية

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة الكتاب

الأساتذة الإجلاء والطلاب النجباء ،

بين أيديكم مقرر الصف الأول الثانوي في علم الأحياء كما أقرته وزارة التربية والتعليم السودانية . يتطرق المقرر إلى ثلاثة مواضيع هي أهدافه . تناولت الوحدة الأولى من المقرر تعريف العلم وفلسفته وطريقته وأخلاقياته وحاولنا أن نؤكد أن العلم مسعى إنساني نتائجه ، كالماء والهواء ، حق مشاع للجميع وأن كل الأمم ساهمت وما زالت تساهم في إنتاج المعرفة العلمية ، كما أكدنا أن العلم بوصفه إراثاً معرفياً إنسانياً له طبيعة تراكمية وأن هذا الإرث بنيان متزايد أبداً يضيف إليه كل جيل من كل أمة إضافة تستند على ما أنتجته الأجيال السابقة وتتمثل هذه الإضافة في إنتاج معرفة جديدة أو تغيير معرفة كانت متداولة ، فالعلم أبداً متجدد متغير فهو ناقد لذاته بذاته . وأوضحنا في هذه الوحدة موقع علم الأحياء وعلاقته بالعلوم الأخرى وأكدنا أن تصنيف المعرفة إلى علوم مختلفة ليس قطعياً فكل العلوم مترابطة ومتداخلة ويفسر بعضها بعضاً وأن التقدم في علم ما ، يعتمد على التقدم في العلوم الأخرى وأن التقدم المعرفي ، شأنه شأن كل مسعى إنساني ، يعتمد على اتباع مكارم الأخلاق ومواتاة الظروف الاجتماعية والثقافية والسياسية . وضمناً في هذا الجزء أيضاً تطور علوم الأحياء ، وأوردنا دور الأسلاف من العرب والمسلمين في ذلك . كما أوردنا تصنيفاً مختصراً لعلم الأحياء إلى فروع الأساسية .

في الوحدة الثانية تناولنا خصائص الأحياء بشيء من التفصيل وكان مدخلنا لذلك مدخلاً وظيفياً فجاء هذا الجزء مقدمة ميسرة مختصرة في علم وظائف الأعضاء . ولقد درست أيها الطالب النجيب في مرحلة سابقة الفروق بين الكائنات الحية والجمادات ، وفي هذا الجزء أضفنا لك الكثير من المبادئ والمفاهيم البيولوجية الأساسية التي تفسر لك كيف تتجزأ الأحياء ووظائفها الحيوية

كما أوضحنا لك أن خاصية واحدة أو بضع خصائص لا تكفي للتمييز بين ما هو حي وغير حي ولا بد من تطبيق كل خصائص الحياة كي نفرق تفريقاً قطعياً بين الكائن الحي وغير الحي . هذا الجزء هام جداً وأساسي لأي دراسة بيولوجية لاحقة .

في الوحدة الثالثة تناولنا أحد أكبر التعميمات في علم الأحياء وهو "نظرية الخلية" . ولقد درست أيها الطالب النجيب في مرحلة سابقة خلايا الكائنات الحية في شيء من التعميم وفي هذه الوحدة نبني على ما تعلمته ، فزدناك معرفة بتركيب الخلية ومكوناتها ووظائف هذه المكونات وكذلك كيفية دراسة الخلايا وأنواع الخلايا . ودون معرفة معقولة بالخلية تركيباً ووظيفة - بوصفها وحدة للحياة - لا تستقيم أي دراسة لاحقة لعلوم الحياة . اعتن أيها الطالب النجيب بدراسة الخلية حتى تستطيع هضم واستيعاب مقررات الأحياء اللاحقة .

وجدت منا المصطلحات عناية خاصة لأنها تمثل مفاتيح الكلم في العلوم ، فتم تعريفها حسب ما اتفق عليه علماء الأحياء . ولقد التزمنا بالمقابلات العربية التي وردت في المعجم الموحد لمصطلحات الأحياء الصادر من مكتب تنسيق التعريب بالمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم . وتعميماً للفائدة ألقينا المصطلح العربي بالمقابل الإنجليزي .

اهتمنا اهتماماً خاصاً بالرسوم التوضيحية ذلك لأن الرسم أصدق طريقة للوصف بعد التصوير وكلاهما أفضل وأدق وأكثر إخباراً من الوصف بالكلمات . حاولنا أن تكون الرسوم واضحة دقيقة معبرة تسر الناظر بسيطة دون الإخلال بالجوانب العلمية فيها . أيها الطالب النجيب ، الرسم مهارة وشأن كل مهارة لن نتحقق ولن نُجود ولن نُثقف إلا بالتدريب والمداومة على التدريب ، لا تستصعب الرسم وداوم على التدريب عليه وتذكر أن الرسم أساس مهم في دراسة علم الأحياء .

لمزيد من التوضيح استعنا في شرح العمليات الحيوية بمخططات انسياب المعلومات ، وهي رسوم تحكي تتابع حدوث خطوات العملية تحت الدراسة . كما استعنا بالرسم البياني للتعبير عن البيانات الكمية ، فالمهارة في تطبيق بعض الأسس الرياضية مهمة في دراسة الأحياء ومطلوب منك التدرب عليها كلما كان ذلك ممكناً .

لقد أعطينا الكثير من الأمثلة كتابية ورسمياً حتى نسهل عليك استيعاب المقصود وحتى تستطيع بالقياس أن تتعرف على أمثلة أخرى غير مذكورة وتفسرها . ما حولك مليء بالحياة ويوفر لك فرصة طيبة لأن تطبق معرفتك البيولوجية عليه ، وأكثر من ذلك ، ما هو موجود في كتاب الله وأحاديث رسوله صلى الله عليه وسلم في أمثلتنا وأقوالنا المأثورة وقصصنا الشعبي وعاداتنا كثير مما يحمل أفكاراً بيولوجية يمكنك رصدها وتفسيرها بقدر حصيلتك من المعلومات البيولوجية واستيعابك لها . اعلم أيها الطالب النجيب أن الحفظ مهم جداً لاقتناء المعلومات وفيه تستخدم أساساً ملكاتك العقلية الدنيا . والسؤال المنطقي الذي يفرض نفسه : "ماذا بعد الحفظ" بعد الحفظ تأتي مرحلة استخدام المعلومات المحفوظة . كيف نطبقها على حالة ما لم يرد ذكرها في الكتاب ، وكيف نستخدمها في تحليل وضع بيولوجي معين وكذلك كيف نستخدمها لحل معضلة يكمن حلها في تفسير بيولوجي وهذا هو المقصود بالاستيعاب وفيه لابد أن تستخدم ملكاتك العقلية العليا . عن طريق الأسئلة والاختبارات سيدربك أستاذك على استخدام ملكاتك العقلية الدنيا للحفظ واستدعاء المعلومات وكذلك سيدربك على استخدام ملكاتك العقلية العليا تطبيقاً وتحليلاً وحلاً للمعضلات ، كما سيساعدك أستاذك على استخدام معلومات رياضية سبق أن درستها .

يرجو المؤلفون من الأساتذة الإجلاء أن يوافونا بأرائهم عن المقرر لغة ومعلومات ومستوى وإخراجاً وتنظيماً ، فهم التنفيذيون المباشرون لعملية التدريب المطبقون لهذا المقرر فهم أجهزتنا الحساسة التي ترصد النجاح والإخفاق ونعول عليهم كثيراً في تنقيح المقرر وتجديده .

وأولاً وأخيراً نحمد الله ونشكره أن يسر لنا كتابة هذا الكتاب الذي نرجو أن يكون قد أوفى الغرض من تأليفه .

المؤلفان

الباب الأول

العلم Science

١/ ما العلم ؟

ما يسمى علماً الآن مفهوم حديث توصل إليه العلماء قبل مائتي عام فقط .
قد يستخدم العلماء عبارات مختلفة لتعريف العلم ، إلا أنهم يتفقون على مفاهيم
أساسية نجملها في التعريف الآتي للعلم : العلم هو سلسلة مترابطة من المفاهيم
(Concepts) والمبادئ (Principles) والنظريات (Theories) والقوانين
(Laws) تمثل جزءاً من الإرث المعرفي للإنسان الذي حصل عليه عن طريق
الملاحظة والتجريب المثمر دوماً لمزيد من الملاحظة والتجريب . ولكي يكون
التعريف المذكور مقبولاً وساري المفعول يفترض العلماء صحة الافتراضات
الآتية :

- (أ) الحقيقة المطلقة (Absolute truth) غيب دائم على الإنسان .
- (ب) حقيقة الكينونات (الأشياء) هي كما نستدل عليها بحواسنا .
- (ج) كل ما في الكون غاية في دقة التنظيم .

لنناقش ما ذكر في شئ من التفصيل :

١- العلم سلسلة مترابطة من المفاهيم والمبادئ والنظريات والقوانين : هذا يعني
أن العلم كم مرتب من المعلومات المستساغة من قبل العلماء ، يفسر
بعضها بعضاً ولا تتعارض .

٢- يمثل العلم جزءاً من الإرث المعرفي للإنسان : هذا يعني أن المعرفة
الإنسانية بما فيها من معرفة علمية - ذات طبيعة تراكمية ، وإن الإضافة
التي يبدعها كل جيل تعتمد على ما أنجزته الأجيال السابقة ، كما أن الإرث
العلمي يشكل جزءاً من المسعى الإنساني الكلي لدفع حركة الحياة ، وأن
حياة الإنسان تتسع لما هو أكثر بكثير من العلم .

٣- المعرفة العلمية نتاج عمليتي الملاحظة والتجريب : هذا يعني أن المعرفة الإنسانية المسماة علماً (Science) تقتصر فقط على ما هو خاضع للملاحظة (Observation) والتجريب (Experimentation) . أي أنها خاصة بالمادة والطاقة وهما أشياء نحسها بحواسنا ونستدل على وجودها بالحيل والأجهزة العلمية التي ابتدعها الإنسان كإمتدادات لحواسه . لذلك سمى العلماء المذهب الفلسفي الذي يتبعه العلم مذهب الواقعية الساذجة أو البسيطة (Naive realism) هذا يعني أن العلماء يفترضون افتراضاً أن حقيقة الكينونات هي بالفعل كما نحسها ونستدل على وجودها وأن لهذه الكينونات وجود حقيقي خارج أدمغتنا . يفترض العلماء بجانب هذا أن الحقيقة المطلقة غيب دائم على الإنسان لن يستطيع الوصول إليها . وإن وصلها لن يعلم أنه وصلها . يشكل هذا الكبد دافعاً قوياً للعلماء لمزيد من البحث والتقصي يدفع بالعلم تجاه الحقيقة . لهذا خلص العلماء إلى أن العلم بوصفه مسعى إنسانياً ليس الغرض منه الوصول إلى الحقيقة المطلقة .

قبول مذهب الواقعية الساذجة يحتم على العلماء قبول الافتراض بأن الكون على درجة قصوى من دقة التنظيم ؛ بمعنى أن كل ما في الكون من مادة وطاقة محكوم بقوانين ثابتة سواء علمها الإنسان أم لم يعلمها ، فمثلاً يقرر العلماء أن الماء (H_2O) يتركب من الأكسجين والهيدروجين بنسبة ٢:١ . وأن للماء خصائص كيميائية وفيزيائية يتميز بها . وعلى حسب الافتراض الخاص بدقة تنظيم الكون كان للماء قبل مئات الملايين من السنين نفس التركيب ونفس الخواص . وسيظل للماء بعد ملايين السنين نفس التركيب والخصائص . تعميماً يمكن القول " إذا كررت تجربة ما عدة مرات تحت نفس الظروف فإننا نحصل في كل مرة على نفس النتائج " يترتب على هذا أن العلماء يعرفون الحقيقة هي الملاحظة التي يمكن تكرار رصدها . الخوارق أحداث تبدو وكأنها تجافي المألوف ، وتخرق ما هو مقبول ومستساغ من قوانين علمية ولا يمكن تكرارها تجريبياً لاختبارها وتفسيرها . العلم لا ينكر الخوارق وموقفه منها يتمثل في نقطتين أساسيتين هما :

- (أ) المعرفة والأجهزة العلمية لم تصل بعد إلى درجة تسمح باختبار الخوارق تجريبياً وبالتالي لا يمكن تفسيرها علمياً وتعتبر الخوارق افتراضات لا يمكن اختبارها في الوقت الحاضر .
- (ب) أدوات وسبل العلم لا تعمل أصلاً على الخوارق فهي خارج نطاق العلم وفي هذه الحالة يصف العلماء الخوارق على أنها افتراضات لا يمكن تكذيبها .

٤- الإرث العلمي مثمر دوماً لمزيد من الملاحظة والتجريب : يتفق جل العلماء في جميع أرجاء العالم أن الحقيقة المطلقة مجهولة وخافية على الإنسان وستظل كذلك دوماً . وعليه لا يمكن تقييم العلم بصوابه لأن الصواب المطلق الذي يفترض القياس عليه غيب على الإنسان . وعندما يصف العلماء فكرة ما بالصواب أو الخطأ فإن حكمهم يكون نسبياً ومبنياً على ما هو مستساغ وساري المفعول بالنسبة للعلماء . لذلك لا يستخدم العلماء مطلقاً مثل العبارة الآتية : " أثبت العلم بما لا يدع مجالاً للشك بأن فكرة بعينها صائبة صواباً مطلقاً " . مثل هذه العبارة تتسف وتقوض كل ما ذكر عن العلم نفساً وتقويضاً كاملاً . في مثل هذه الحالة يقول العلماء : " هنالك من الدلائل التجريبية ما يدعم فكرة بعينها أو افتراضاً بعينه " . إذن كيف يقيم العلم ؟ يقيم العلم باستمراريته بمعنى أن الفكرة العلمية الناتجة بالملاحظة والتجريب تكون جيدة وعلمية إذا كانت متسقة مع غيرها من الأفكار العلمية وإذا كانت تثير كثيراً من التساؤلات وتسمح بعمل كثير من التنبؤات (Predictions) التي يمكن اختبارها (Testable hypothesis) وبمعنى آخر الفكرة العلمية الجيدة مثمرة لمزيد من الملاحظة والتجريب بصرف النظر عن مدى صحتها . فكل فكرة علمية مثار للشك وتسمح بمزيد من البحث والتقصي ونتيجة لذلك ينمو العلم ويتطور . مثال لذلك : المآخذ على النظرية الذرية (Atomic Theory) أكثر مما لها ومع هذا فهي مقبولة ومستساغة لأنها تجيب على كثير من الأسئلة وتثير كثيراً من التساؤلات وتحفز المزيد من البحث والتقصي .

يترتب على ما ذكر أن الحقيقة العلمية والمفهوم العلمي والمبدأ العلمي والنظرية العلمية والقانون العلمي جميعها افتراضات على درجات متفاوتة

من قبول العلماء لها بناءً على درجة التفسير التي توفرها والتساؤلات التي تثيرها ، وأنها جميعاً (نتيجة للبحث الدائم فيها وعنها) خاضعة للتغيير بالحذف والإضافة والإلغاء والاستبدال ، ولا يستطيع العلماء الجزم بثبات المعرفة ويقولون في هذا المضمار " لا ثابت إلا التغيير " .

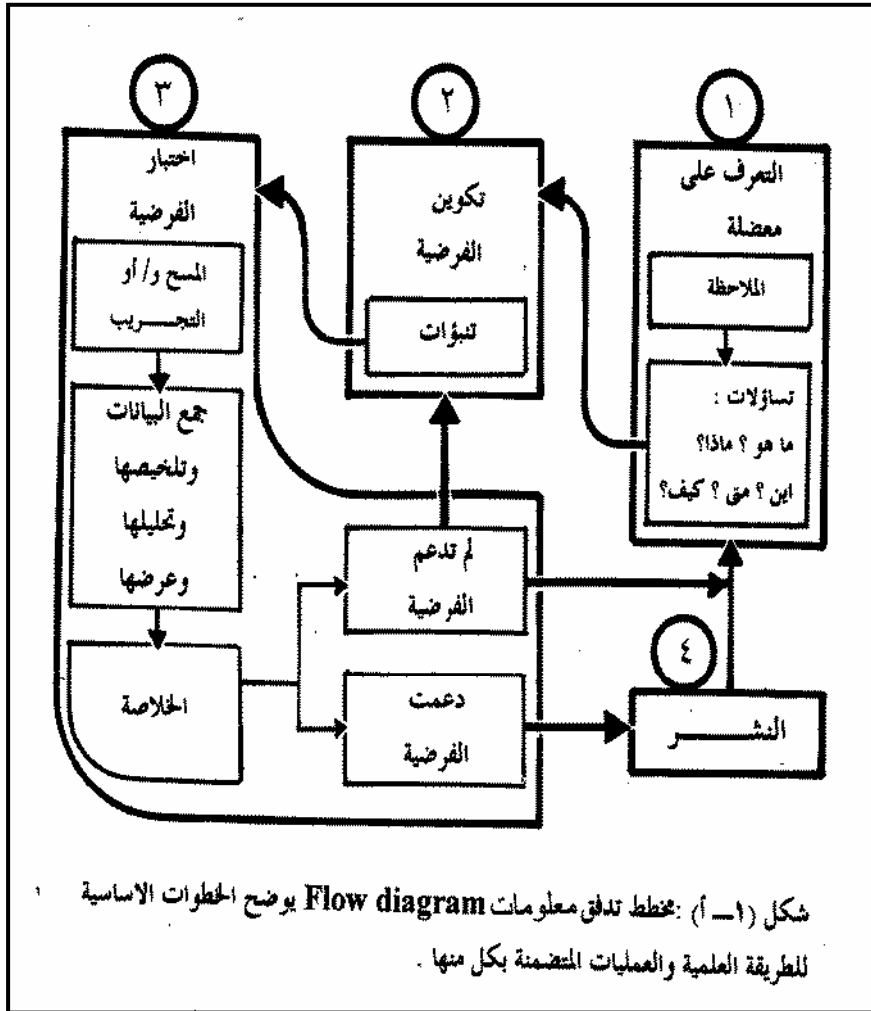
٢ / الطريقة العلمية - (The Scientific Method) : أ / تعريف :

الطريقة العلمية هي طريقة بحث وتقصي عقلانية المنطق تقلل من ارتكاب الأخطاء وتوفر وقتاً وجهداً ومالاً للوصول إلى الحقيقة العلمية ، أو إلى نتائج يكمن فيها حل معقول مستساغ للمعضلة العلمية قيد البحث .

الطريقة العلمية ليست حكراً على العلماء ويتبعها كثير من الناس في حياتهم اليومية والعملية حيث يستخدمها الصانع والفني والتاجر ورجل الأعمال والاقتصادي والعسكري والسياسي وغيرهم . ففني السيارات "الميكانيكي" مثلاً عند ملاحظته لأعراض خلل بالسيارة يستطيع أن يخمن الأعطاب بناءً على خطة منطقية هي السيارة السليمة . ثم يحاول بعد ذلك أن يحقق تخمينه بالكشف عن العطب وقد يحاول إعادة التخمين والاستدلال على العطب حتى يجده ويصلح السيارة . رجل التحري هو أقرب محترف للباحث العلمي فكلاهما يبدأ بملاحظة أشياء وأحداث بسيطة تدعوه للتساؤل لماذا ؟ وكيف ؟ ومتى ؟ وأين ؟ ومن خبرته يستطيع أن يخمن بذكاء عدة إجابات افتراضية على تساؤلاته . ثم يحاول بعدها أن يجمع الأدلة ليدعم الحلول التي افترضها ، وبذلك يصل رجل التحري إلى الأدلة التي تدين الجاني ويقدمه للمحاكمة ، أو يصل الباحث إلى الإجابة مدعمة بالأدلة وينشر بحثه لإعلام غيره من الباحثين .

ب / خطوات الطريقة العلمية :

تتكون الطريقة العلمية من عدة خطوات تتضمن الملاحظة والتعرف على معضلة علمية ثم صياغتها في شكل فرضية ، ثم اختبار الفرضية تجريبياً . ثم نشر البحث في صورته النهائية شكل (١ - أ)



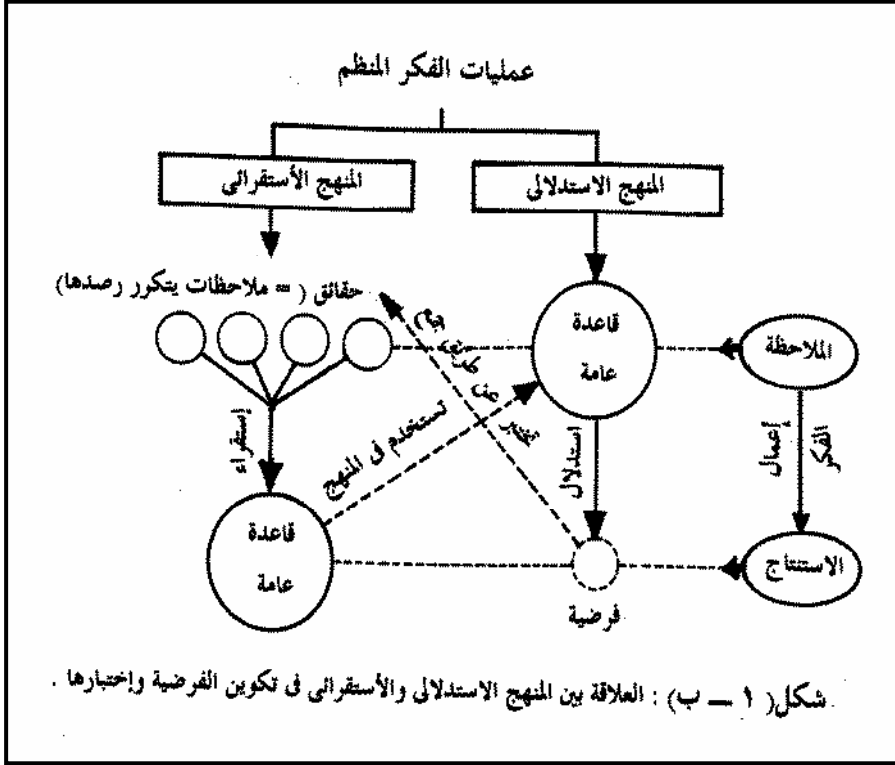
أثناء إجراء البحث العلمي قد يستجد في أي مرحلة منه ما يستوجب إعادة النظر في الفرضية وبالتالي في التجارب . في كل خطوة من خطوات البحث العلمي يجب على الباحث مراعاة أخلاقيات العلم والتي هي بالضرورة جزء من مكارم الأخلاق التي تحض عليها كل المعتقدات والأعراف الإنسانية التي تحكم وتضبط السلوك الإنساني .

١ _ الملاحظة (Observation) والتعرف على معضلة علمية (Recognition of a problem) :

يبدأ كل بحث علمي بملاحظة شئ ما أو حدث ما يشير في عقل الباحث كثيراً من التساؤلات التي تقود في نهاية الأمر إلى التعرف على معضلة علمية . الملاحظة هي تعبير عن أقوى غريزتين عند الإنسان هما غريزتي حب الاستطلاع (Curiosity) والسلوك الاستكشافي (exploratory behaviour) . تمكن هاتان الغريزتان الإنسان من التعرف على خصائص بيئته وغذائه وميله للتزاوج لإشباع غريزتي حب البقاء واستمرار النوع ، وبذلك يكون البحث العلمي والذي هو نتاج الملاحظة والتجريب سعيًا إنسانياً يساهم في تلبية حوائج الناس وجعل حياتهم أكثر رفاهية .

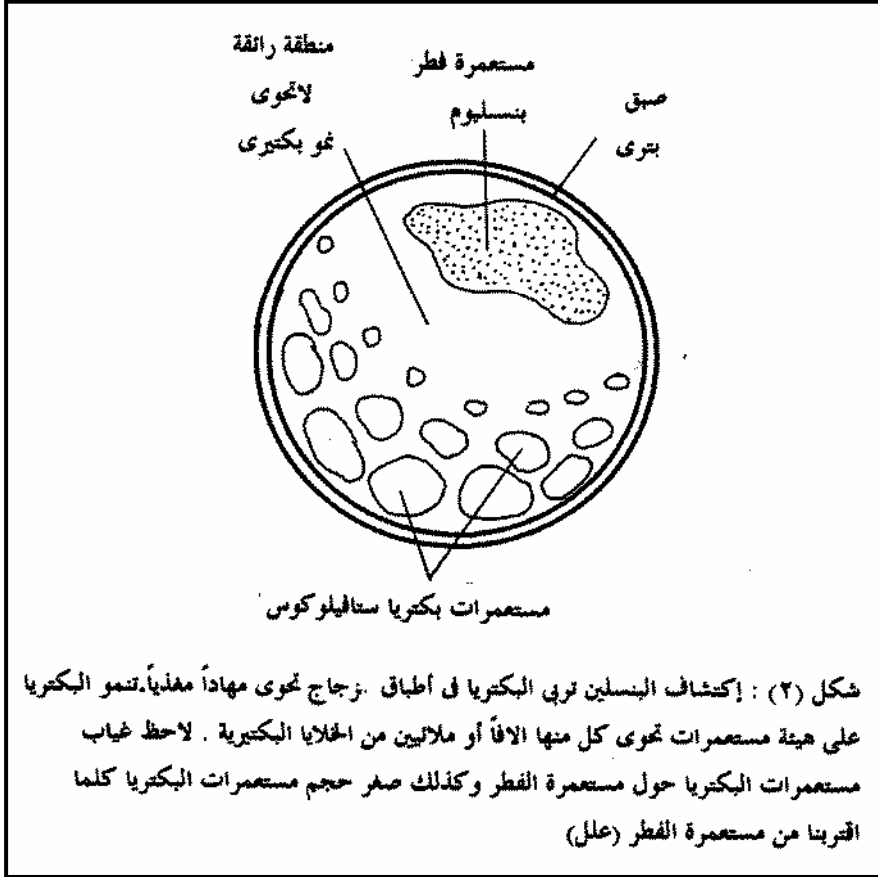
الاكتشافات العلمية أنجزها أولئك الناس الذين يتمتعون بعادة فحص ما حولهم فحصاً دقيقاً . يظن كثير من الناس أن كثيراً من الاكتشافات جاءت عن طريق أحداث حدثت بالصدفة ، ولكن مثل هذه الأحداث شاهدها كثير من الناس ولم يستفيدوا منها ولم يكتشفوا شيئاً .

الحقيقة أن الصدفة لا تخدم إلا ذوي العقول المهيأة ، والعقل المهيأ هو العقل التواق للمعرفة ، العقل المتسائل دوماً عما حوله ، العقل الملم بما أنتجه غيره من الناس ، العقل الملتزم بمصالح الناس في إطار مكارم الأخلاق ، العقل المتطلع للتمييز . والشكل (١ - ب) يوضح عمليات الفكر المنظم .



درست في مرحلة سابقة كيف اكتشف اسحق نيوتن قوانين الجاذبية عند ملاحظته لتفاحة سقطت من شجرتها كل الناس شاهدوا العديد من المرات ملايين الأجسام وهي تسقط على الأرض ولكنهم لم يكتشفوا قوانين الجاذبية ولكن عقل نيوتن المهيأ اكتشفها .

إليك قصة اكتشاف البنسلين (Penicillin) لتوضح لك دور الملاحظة في التعرف على معضلة لتؤكد أن الصدفة لا تخدم إلا العقل المهيأ . في عام ١٩٢٩ لاحظ عالم البكتريا الإنجليزي ، الكساندر فلمنج تلوث إحدى مزارع البكتريا (شكل (٢)) التي يربئها في معمله بفطر البنسليوم (Penicillium)



ولاحظ أن الأجزاء من المزرعة القريبة من مستعمرة الفطر لم تنمو فيها البكتريا المزروعة وكانت من نوع ممرض يسمى ستافيلوكوكوس.

تلوث المزارع البكتيرية أمر كثير الحدوث في المعامل التي تهتم بزراعة ودراسة البكتريا والإجراء المعتاد في مثل هذه الحالات هو التخلص من المزارع الملوثة بتفريغ الأواني وتنظيفها ثم تعقيمها لإعادة استعمالها ، ولكن عقل فلمنج المهيأ أوحى له بمعضلة علمية هي : هل فطر البنسليوم

يفرز مادة تقتل البكتيريا؟ لم يتخلص فلمنج من المزرعة الملوثة ، بل تابع دراسته في تأثير فطر البنسليوم على عدة أنواع من البكتيريا وتوصل إلى اكتشاف أول مضاد حيوي (antibiotic) وهو البنسلين الذي أحدث ثورة العلاج الطبي واستفاد منه الناس في جميع أنحاء العالم وحتى الآن .

الملاحظة لنفس الأشياء أو الأحداث تقود إلى التعرف على أكثر من معضلة علمية واحدة تختلف باختلاف اهتمام وتخصص الباحث وخبرته وإلمامه بما هو منشور من أبحاث حول الموضوع الذي أثار انتباهه .

قد تنشأ الملاحظة والتعرف على معضلة عند قراءة عالم لأبحاث غيره من العلماء .

٢- تكوين الفرضية (= الافتراض = الفرض) (Hypothesis) :

إن التساؤل الجيد والتعرف على معضلة علمية وصياغتها كفرض في الغالب أصعب من حلها ذلك لأن الحل يتم عادة باتباع تقنيات معروفة سلفاً مع تحويلها قليلاً أو كثيراً وهذا لا ينفي أن الحل يتطلب أحياناً إبداعاً تقنياً جديداً . إن التساؤل الجيد النابع من رؤية للأشياء والأحداث من زوايا جديدة غير مطروقة وإعادة التفكير فيما يعتبر من المسلمات والشائع بين العلماء والناس للخروج بفكرة ذكية رشيدة جديدة هو مجال إبداع العلماء الذي يفرق بين القدرات ويضع علامات مميزة في طريق تقدم العلم .

تعتبر الفرضية تخمين ذكي رشيد . وهي بمثابة حل لم يختبر بعد لمعضلة علمية قائمة . المقصود بالفرضية كحل تخميني رشيد ما يلي :

١. أن تكون الفرضية متسقة مع الحقائق العلمية المقبولة أو على الأقل أكثر اتساقاً وتوافقاً مع الفرضيات المنافسة .
٢. قابلة للاختبار (testable): بمعنى يمكن أن تولد تنبؤات يمكن اختبارها تجريبياً .
٣. أكثر بساطة من الفرضيات المنافسة ، فالتجربة الإنسانية وضحت في معظم الأحيان أن أنجع الحلول هو أبسطها .

٣- اختبار الفرضية (Testing a hypothesis) :

تختبر الفرضية عن طريق اختبار أحد تنبؤاتها بجمع البيانات عن طريق المسح أو التجريب الاستقرائي لإيجاد الدليل الذي يدعم أو لا يدعم الفرضية .
(أ) المسح : (Survey):

هو رصد البيانات مباشرة من الطبيعة دون إحداث أي تغيير فيها .
مثال ذلك : الفرضية تحت الاختبار : إذا كانت طيور السمبر تفضل التعشيش على أغصان شجر المهورني فإن أكبر نسبة من الطيور أو أعشاشها أو بيضها أو صغارها توجد في أشجار المهورني مقارنة بأنواع الأشجار الأخرى .

المسح : عن طريق منظار مقرّب ودون إزعاج ساكني الأشجار يمكن رصد عدد طيور السمبر أو أعشاشها أو بيضها أو صغارها في جميع الأشجار في المنطقة المحددة للدراسة رصداً دورياً على مدار السنة . من البيانات المتحصل عليها يمكننا أن ندعم أو لا ندعم الفرضية .
(ب) التجربة (experiment) :

في التجربة يحدث الباحث تغييراً ما في الطبيعة ثم يرصد معقبات هذا التغيير ، بمعنى آخر : التجربة هي وضع مخطط خصيصاً لاختبار فرضية ما ، وتحدد النتائج قبول الفرضية أو رفضها .
مثال :

الملاحظة : لحيوان الأميبا نواة .

الفرضية : إذا كانت النواة هامة لحياة الأميبا فإن انتزاع النواة يتسبب في موتها .

التجربة الاختبارية :

تنزع نواة الاميبا تحت المجهر وتجري هذه العملية الجراحية بأدوات دقيقة جداً وتوضع الاميبا في ظروف ملائمة لمعيشتها . إذا ماتت الأميبا فإن النتيجة تدعم الفرضية وإذا لم تمت الأميبا فإن النتيجة لا تدعم الفرضية .

(ج) التجربة الحاكمة (control experiment):

هي تجربة موازية للتجربة الاختبارية تستخدم نتائجها لمعايرة نتائج التجربة الاختبارية وهي تجربة تتوافر فيها كل العوامل بما في ذلك العامل المراد اختبار تأثيره وتجري لزيادة الضمان بأن نتيجة التجربة الاختبارية هي من تأثير العامل المراد اختباره وليس من تأثير عوامل أخرى ، أو أن النتيجة حدثت بالصدفة المحضة .

ففي المثال السابق عن الأميبا قد تكون الأميبا ماتت نتيجة للعملية الجراحية ، أو ماتت بالصدفة وفي مثل هذه الحالة تكون التجربة الحاكمة كما يلي :

التجربة الحاكمة :

تنزع نواة أميبا أخرى تحت المجهر بالأدوات الجراحية الدقيقة ثم تعاد النواة إلى الأميبا مرة أخرى وتوضع الأميبا في الظروف البيئية الملائمة. إذا ماتت الأميبا في التجربة الاختبارية ولم تمت في التجربة الحاكمة فإن الباحث يكون أكثر ثقة في نتائجه .

(د) المكررات (replicates):

تكرر التجربة الاختبارية والتجربة الحاكمة عدة مرات لتقليل احتمال حدوث النتائج بالصدفة المحضة ، وحتى يزداد الباحث ثقته في نتائجه ويكون قبول أو رفض الفرضية مبنياً على أساس متين . في المثال السابق عن الأميبا يكرر الباحث في كل من التجربة الاختبارية والتجربة الحاكمة عدة مرات وليكن افتراضاً ٥٠ مرة ، ويمكن للباحث أن يسجل نتائجه في جدول كالآتي :

المعاملة	عدد الأميبات المستخدمة	عدد الأميبات التي ماتت بعد ٣ ساعات	النسبة المئوية للأميبات الميتة
التجربة الاختبارية	٥٠	٤٥	$\frac{١٠٠ \times ٤٥}{٥٠} = ٩٠\%$
التجربة الحاكمة	٥٠	٢	$\frac{١٠٠ \times ٢}{٥٠} = ٤\%$

جدول (١) : يوضح تأثير انتزاع النواة على بقاء الأميبا

يتضح من النتائج في الجدول (١) أن الباحث على درجة عالية من الثقة في نتائجه ويستطيع أن يقول بثقة أن نتائجه دعمت افتراضه القائل أن النواة هامة لحياة الأميبا ، ومع كل هذا يعلم الباحث تماماً أن هنالك احتمال أن تكون كل نتائجه التي حصل عليها من التجريب قد حدثت بمحض الصدفة وليس نتيجة لتجربته ، وهذا شأن كل تجربة علمية .

استخدام المكررات يسمح بالتعبير عن النتائج كمياً وهذا بدوره يسمح باستخدام المنطق الرياضي الإحصائي لتقدير حدوث ثقة الباحث في نتائجه ، وعلى القارئ للبحث قبول حدود الثقة أو رفضها . من هنا جاء قول العلماء : " إن النتائج المعبر عنها كمياً تفوق في أهميتها النتائج المعبر عنها وصفاً ، وفي كل خير " .

تذكر أن وجود الدليل التجريبي لا يثبت صحة فكرة ما بعيداً عن الشك ، كما أن عدم وجود الدليل التجريبي لا يخطئ فكرة ولا يجزم بعدم وجود كيان ما .

(هـ) استخدام علم الإحصاء (Statistics) في الطريقة العلمية:

علم الإحصاء هو العلم الذي يستخدم المنطق الرياضي لجمع وترتيب واختصار البيانات وعرضها في جداول أو رسومات بيانية ، ويختص أيضاً بتحليل البيانات ، أي إيجاد العلاقات بينها وهذا يمكن الباحث من عمل خلاصات أفضل واتخاذ قرارات بثقة أكبر .

استخدام الإحصاء لا يصلح من شأن بيانات رديئة جمعت من تجربة سيئة التصميم . علم الإحصاء علم قائم بذاته ستدرسه لاحقاً مع الرياضيات . ستجد في أجزاء أخرى من هذا الكتاب نماذج لبيانات معبر عنها بطريقة إحصائية .

٤- نشر البحث العلمي :

يجب على كل باحث أن يطلع العلماء الآخرين على طبيعته ملاحظاته ومبررات إنجازه للبحث والطريقة التي اتبعها للحصول على النتائج والنتائج نفسها وتفسيرها ، ويكون ذلك بالنشر في أحد المجالات العلمية المتخصصة. وبذلك يستطيع أي باحث آخر أن يختبر ويعيد اختبار أطروحات الباحث ، ويتحقق منها وينتقدها . يدفع هذا بالعلم قديماً إلى

الأمام . كثيراً ما يقال أن على كل باحث أن يشك في تفسيرات أي باحث آخر إلى أن يقتنع بالأدلة التجريبية بالتفسيرات المطروحة . ولا يعتبر أي بحث جزءاً من الإرث العلمي إلا إذا نشره صاحبه .

٥/ أخلاقيات العلم :

يجب أن يراعي العلماء مكارم الأخلاق في كل خطوة من خطوات أبحاثهم . لكل فرع من فروع العلم الأخلاقيات الخاصة به ، وفيما يلي بعض من الأخلاقيات العامة للعلم :

أ . الالتزام بالأمانة والتجرد في كل خطوة من خطوات الطريقة العلمية وعدم إخفاء بعض الحقائق لأي سبب كان وعدم سرقة أبحاث الآخرين .

ب . تحريم إجراء التجارب على البشر سواء كانوا متطوعين أو غير متطوعين من المحكوم عليهم بالإعدام أو السجن المؤبد بعلمهم أو بغير علمهم وبصرف النظر عن الفائدة المرجوة من نتائج هذه الأبحاث .

ج . عدم استخدام أجنة الإنسان والأطفال في عمليات نقل الأعضاء والطب العلاجي .

د . عدم استغلال المعرفة العلمية لابتزاز الناس ، أفراداً وأعراقاً وأممًا حتى لا تكون المعرفة العلمية مصدراً لأي كسب غير مشروع.

هـ . الرأفة بحيوانات التجارب ، وسن القوانين التي تحميها . (يرى كثير من العلماء وجمعيات الرفق بالحيوان أن كثيراً من التجارب على الحيوانات غير مبررة والعائد منها لا يعادل معاناة حيوانات التجارب) .

و . عدم إجراء التجارب التي تؤثر سلباً على البيئة وعلى العمليات الطبيعية الداعمة للحياة كتجارب التفجيرات النووية .

ز . يجب على العلماء تحمل مسؤولياتهم الاجتماعية بأن يكون موقفهم إيجابياً وألا يكتفوا بابتكار التقنيات . بل يجب أن يشاركوا إيجابياً مع فئات المجتمع الأخرى في تحديد لماذا ومتى وكيف وأين تطبق بعض التقنيات التي ابتدعوها ؟ مثل عكس الجنس الظاهري والوظيفي

والاستنساخ البشري وإدخال مواد وراثية غير بشرية في خلايا
المناسل واستخدام الأمراض والكيمويات في الحروب ويجب عليهم
أن يدلوا بأرائهم عن الآثار القريبة والبعيدة عند تطبيق مثل هذه
التقنيات .

تذكر أن العلم سلاح نافع للبشرية إن أحسن استخدامه وضار
بالبشرية إن أسئ استخدامه .

٦/ لماذا تدرس الطريقة العلمية ؟

إن دراستك لقوانين لعبة كرة القدم لن تجعل منك لاعباً لكرة القدم ،
وبالقدر نفسه فإن دراستك للطريقة العلمية ليس بالضرورة أن تجعل منك
عالمًا ، ولكنك تدرس الطريقة العلمية للأسباب الآتية :

١. لكي تعرف أهمية العلم وما يستطيعه وجوانب قصوره .
٢. لكي تقدر وتدرّك معاناة العلماء في توفير المعرفة التي تتمتع بنتائجها في
كل صغيرة وكبيرة في حركة حياتك . فقد تعجب بهم وبطريقتهم في
مواجهة التحديات فتحب أن تصير واحداً منهم .
٣. معرفتك بالطريقة العلمية تشدّ وتنمي مهارتك في استخدام المنطق
العقلاني . فتكون أقدر على حل مشاكلك اليومية بموضوعية ، وبأقل قدر
من المخاطرة والضرر إن لم يكن بالنفع والأمان .
٤. معرفتك بالطريقة العلمية تجعلك قادراً على التمييز بين ما هو تقدم علمي
حقيقي وما هو غث من العلم الكاذب والذي يصلك من مختلف المصادر
الصناعية والإنتاجية والاجتماعية والعلمية في صورة إعلانات وأفكار
يروج لها عبر وسائل الإعلام من مختلف أرجاء العالم .
٥. معرفتك بالطريقة العلمية تجعلك قادراً على اتخاذ قرار رشيد مستقل في
المواضيع المختلف حولها مثل: الكثافة السكانية وتحديد النسل والمواد
الحافظة التي تضاف إلى الغذاء الجاهز ، الغذاء الناتج من كائنات معدلة
وراثياً ، تطبيقات الاستنساخ والهندسة الوراثية على الإنسان والحيوان
والنبات وتجارب التفجيرات النووية وغيرها .

٦. تمكنك معرفتك بالطريقة العلمية من تطبيق طرق التفكير العقلاني في كل ما يدور حولك لتخرج برأي رشيد لا تحيز فيه ، وغير معتمد على العواطف والمجاملة وبذلك لن تكون إمعة تقاد ولا تقود .

الباب الثاني

علم الأحياء (البيولوجيا) (Biology)

(أ) مقدمة تاريخية عن تطور علم الأحياء:

١ - البدايات الأولى : (منذ ٣٠٠٠٠ ق.م. إلى ٢٠٠٠ سنة ق.م.)
يعتبر علم الأحياء أقدم العلوم ذلك لارتباط الإنسان منذ فجر ظهوره على الأرض بالكائنات الحية ، فهي تشكل غذاءه ، كما أنها مصدر للخطر عليه .
حصل الإنسان القديم على هذه المعرفة عن طريق الرصد والمحاولة والخطأ ، وكان على من يعلم أن يخبر أفراد عشيرته بما علم حتى تعم الفائدة .
وما العلم إلا معرفة مفيدة حصل عليها البعض ونشروها بين الناس فتداولوها وبذلك تراكمت وانتقلت عبر الأجيال وتعرضت للتجويد والتحسين . لم تكن للإنسان القديم لغة مكتوبة ولكنه ترك أثراً تدل على معرفته بالأحياء .
ظهرت آثار لنوع من الزراعة وتربية الحيوان بين سنة ٩٠٠٠ ق.م. - ٧٠٠٠ ق.م. في منطقة الهلال الخصيب (العراق الآن) بين نهري دجلة والفرات ممتدة حتى فلسطين وإيران .
بحلول عام ٢٠٠٠ ق.م. ظهرت آثار للزراعة وتربية الحيوان بصورة متطورة ، حيث شقت قنوات الري وأقيمت السدود على مجاري المياه وأقيمت المدن . كان ذلك أثناء الحضارة البابلية في منطقة الهلال الخصيب وفي مصر القديمة حول نهر النيل ، أخيراً في جزيرة كريت من بلاد الإغريق وقد سجل هؤلاء القدماء معرفتهم بالزراعة وتربية الحيوانات واستئناسها وما عرفوه من الطب والتداوي بالأعشاب بلغة مكتوبة .

٢ - حقبة الإغريق والرومان الفترة بين سنة ٢٠٠٠ ق.م.

إلى القرن الثالث الميلادي :

تمركزت الحضارة في بلاد اليونان (بلاد الإغريق) في الفترة بين سنة ٢٠٠٠ ق.م. وحتى القرن الثالث الميلادي ، مارس الكثير من العلماء الفلاسفة

مبدأ الحصول على المعرفة من أجل المعرفة الأمر الذي طور العلوم كثيراً ، وأنشئت كثير من الأكاديميات والمدارس لدراسة وتعليم العلوم والفلسفة. ظهرت في هذه الفترة كثير من النظريات عن الكون ونشأته والحياة ونشأتها وتصنيف الكينونات بما في ذلك الأحياء على يد كثير من العلماء أشهرهم طاليس (٦٤٠ ق.م. - ٥٤٦ ق.م.) وهيراقليط (٥٤٠ ق.م. - ٤٨٠ ق.م.) وترجع أهمية عالم الرياضيات فيثاغورث (٥٨٠ ق.م. - ٥٠٠ ق.م.) في أنه نادى بالتفسيرات العقلانية للظواهر كما أكد على أن من أهم أهداف الإنسان الحصول على المعرفة .

وفي هذه الفترة تم تشريح النبات والحيوان وجثث الموتى ومن أشهر أطباء هذه الفترة أبوقراط (٤٦٠ - ٣٧٧ ق.م.) الذي يعتبر أبو الطب وينسب إليه قسم أبوقراط الذي يحلفه الأطباء الجدد في جميع أنحاء العالم حتى الآن . أبوقراط صاحب نظرية في تشخيص الأمراض مارسها الأطباء حتى عهد قريب . من أشهر المفكرين في هذه الفترة الذين كان لهم أثر في مختلف العلوم أرسطو (٣٨٤ ق.م. - ٢٢٣ ق.م.) الذي دعى إلى منهج التفكير الاستقرائي ومارسه .

ذاع في تلك الفترة صيت الطبيب هيروفيلس (٣٣٥ - ٢٨٠ ق.م.) الذي ميز بين الأوعية الدموية والأعصاب وبين الشرايين والأوردة ودرس الجهاز العصبي للإنسان والمخ في دراسة غير مسبقة . من علماء تلك الفترة الذين يشار لهم بالبنان بليني الأرشد (٢٣ - ٧٩ ميلادي) الذي رصد كثيراً من المعرفة في الزراعة والحيوان والطب في موسوعته "التاريخ الطبيعي" . واقترح الزراعي المميز فارو (١١٦ ق.م. - ٢٦ ق.م.) أن الأمراض تتسبب عن كائنات صغيرة لا ترى بالعين .

ويعتبر جالينوس (١٢٩ - ١٩٩ م) اليوناني من أهم المفكرين في النصف الثاني من القرن الثاني الميلادي لا لأنه طبيب بارع فقط ولكن لأنه أثر في تاريخ تطور العلوم لفترة طويلة من تاريخ أوربا . لقد دعى جالينوس إلى أفكار فيها توسط بين العلم والدين المسيحي وتبنت الكنيسة في ذلك الوقت أفكار جالينوس واعتبرتها جزءاً من التعاليم المسيحية الأمر الذي أكسبها قدسية . لم يستطع أحد أن يتحدى أفكار جالينوس أو يتشكك فيها أو يقول بغيرها لفترة ١٥٠٠ عام بعد وفاة جالينوس وإلا اعتبر المتحدي مخالفاً للكنيسة .

٣ - العصور المظلمة في أوروبا :

في القرون الميلادية الأولى اعتقد رجال الكنيسة في روما وبالتالي في العالم الأوربي المسيحي بقرب عودة المسيح (عليه السلام) واعتبرت الكنيسة أن ليس هنالك شيء مهم في هذا العالم إلا الاستعداد لهذا الحدث وما يترتب عليه واستقبال يوم القيامة .

في هذه الفترة أصبح العلماء هم الأعداء التقليديون للكنيسة وبخاصة أولئك العلماء الذين يعارضون أو يتشككون في أفكار جالينوس . واكب هذا وابل من الغزوات والحروب وانشقاق الإمبراطورية الرومانية إلى دويلات وممالك صغيرة فضعت كثيراً في جزئها الغربي الأوربي والشرقي في منطقة تركيا والشرق الأدنى . صاحب ذلك مغالاة في زيادة قبضة الكنيسة على زمام كل الأمور . نتيجة لكل ذلك دخلت أوروبا في ما سُمي العصور المظلمة وهي عصور غاب فيها التنوير الفكري ووقف تقدم العلوم بل وفقد معظم الإرث العلمي الإغريقي والروماني في أوروبا .

٤ - جهود العلماء المسلمين في تطوير علم الأحياء :

انتقلت راية العلم لأيدي المسلمين منذ القرن الثامن الميلادي ، وفي القرن الحادي عشر الميلادي بلغ التقدم العلمي في بلاد الإمبراطورية الإسلامية أوجه وأنشئت الجامعات والمراكز العلمية بغرض الدراسة والبحث . كان هادي المسلمين في هذه الفترة دينهم وقول الرسول صلى الله عليه وسلم "اطلبوا العلم من المهد إلى اللحد" .

تميزت فترة النهضة الإسلامية بخاصيتين هامتين :

(أ) التسامح الديني والعربي فكان من العلماء والمشتغلين بالعلوم

عرب وعجم وهنود منهم المسلم والمسيحي واليهودي .

(ب) تبنى العلماء منهج التفكير الاستقرائي متفقين مع الإغريق

والرومان ومختلفين مع الهنود الذين كانوا يستلهمون المعرفة من

النجوم رغم تقدمهم الواضح في الرياضيات .

بدأ العلماء في بلاد المسلمين بترجمة الإرث العلمي والفلسفي للإغريق

والرومان والهنود وأضافوا له كثيراً . ومن أشهر المترجمين حنين ابن اسحق

(٨٠٨ - ٨٧٣م) وهو طبيب عربي ترجم إلى العربية عدداً من مؤلفات أفلاطون

وارسطو وجالينوس . ويعتقد المؤرخون الغربيون جازمين بأنه لولا ترجمة علماء المسلمين للإرث المعرفي للإغريق والرومان لفقد هذا الإرث تماماً .
تميز علماء المسلمين في هذه الفترة ، بالإضافة لوعيهم الديني المستتير ، بأنهم علماء وفلاسفة يحذقون بجانب تخصصهم العلمي أفرعاً أخرى كثيرة من المعرفة . فيما يلي بعض من أشهر هؤلاء العلماء :

- ١- الجاحظ (٧٧٣ - ٨٦٩م): ألف كتاب الحيوان وأورد فيه الكثير من الحيوانات وسلوكها وعاداتها وأهميتها بأسلوب فيه شيء من الظرف واللطافة .
- ٢- الدميري : ألف أيضاً كتاباً عن الحيوان بطريقة الموسوعات .
- ٣- ثابت بن قرة (٨٣٦ - ٩٠١م): طبيب ورياضي وعالم فلك عربي ومن أشهر آثاره كتاب "الذخيرة في الطب" ونقل عدداً من كتب اليونان إلى العربية .
- ٤- أبوبكر الطبري (منتصف القرن التاسع الميلادي): برع في الطب في بغداد وصاحب كتابي "الحاوي في الطب" و "مسألة الجدي والحصبة".
- ٥- البيروني (٩٧٣ - ١٠٥١م): ألف كتاباً يعتبر مرجعاً في العقاقير .
- ٦- ابن سينا (٩٨٠ - ١٠٣٧م): ألف كتاب " القانون " في الطب والذي كان المرجع الأساسي لدراسة الطب في أوروبا حتى عصر النهضة .
- ٧- ابن الهيثم (٩٦٥ - ١٠٣٥م): ألف كتاباً في البصريات سماه "كتاب المناظير" مع كتب ومسائل أخرى استمر تدريسها في أوروبا حتى القرن التاسع عشر.
- ٨- علي بن عيسى (القرن الحادي عشر الميلادي): طبيب عيون بارع ألف كتاباً مرجعياً عن أمراض العيون .
- ٩- علاء الدين بن النفيس (١٢٨٨م): طبيب عربي اكتشف الدورة الدموية الصغرى (دورة الدم من القلب إلى الرئتين ومنها إلى القلب مرة أخرى).
- ١٠- ومن علماء قرطبة (بالأندلس) أطباء وفلاسفة منهم أبو القاسم وابن جليزول وابن الوافد وموسى بن ميمون (١١٣٠ - ١٢٠٤م) وهو فيلسوف وطبيب يهودي ولد بالأندلس وكتب بالعربية .

١١- عبدالله بن أحمد بن البيطار (١٢٤٨م): عالم نبات أشهر مصنفاته " الأدوية المفردة " .

أحس علماء المسلمين بأن العلم يجب ألا يحجر عليهم ولا بد من إعلام العالم الأوربي بعلمهم وفلسفتهم فنشطت الترجمة في قرطبة من العربية إلى اللاتينية ، وكانت لغة العلم والفلسفة آنذاك في دول أوربا ، ويجزم المؤرخون الغربيون أن من الأسباب التي ساهمت في نهضة أوربا ، ابتداءً من القرن الثاني عشر الميلادي ، أثار العرب المتمثلة في حفظ الإرث الإنساني من المعرفة باللغة العربية وكذلك ترجمة الإرث العلمي والفلسفي الإسلامي إلى اللاتينية .

٥- عصر النهضة الأوربية :

كانت الإرهاصات الأولى للنهضة الأوربية خلال القرن الثاني عشر الميلادي ، وقد أدت هذه النهضة في نهاية القرن الثامن عشر والتاسع عشر إلى ظهور ما سمي بالعلم الحقيقي . تميزت هذه الفترة لأسباب سياسية واقتصادية بالنشاط الاستكشافي المتمثل في رحلات ماركو بولو (١٢٥٤ - ١٣٢٤م) . من البندقية وكروستوفر كولمبس الإيطالي (١٤٥١ - ١٥٠٦م)، وفرديناند ماجلان (١٤٨٠ - ١٥٢١م) البرتغالي وفاسكو دي جاما (١٤٦٩ - ١٥٢٤م) البرتغالي .

كان لهذه الرحلات والاستكشافات حول العالم أثرها العظيم في إثراء حركة العلم والفلسفة والثقافة . تميزت هذه الفترة أيضاً بالعلماء الكبار أمثال نيكولاس كوبرنيكوس (١٤٧٣ - ١٥٤٣م) البولندي وجاليلو جاليلي (١٥٦٤ - ١٦٤٢م) الإيطالي . تتمثل أهمية هؤلاء العلماء في أن تاريخ حياتهم أرسى كثيراً من مبادئ وأخلاقيات العلم كما نعرفها الآن . نذكر في هذه الفترة ليوناردو دافنشي (١٤٥٢ - ١٥١٩م) وهو عالم تشريح ونحات ورسام وموسيقي ومهندس ويعتبر أحد أعظم العباقرة على مر العصور وكذلك من أعظم البيولوجيين . وقد كانت له معرفة عظيمة بعلم الأحياء وعلى معرفة جيدة بمفاهيم وظائف الأعضاء ، وأدخل بعض التقنيات التي ما زالت مستخدمة حتى الآن مثل تشريب الأنسجة بالشمع لعمل مقاطع رقيقة منها وصبغها ودراستها ، وكذلك عمل نماذج بصب الشمع في تجاويف الجسم . من الأعلام في تلك الفترة

فرنسيس بيكون (١٥٦١ - ١٦٢٦م) الإنجليزي الذي أرسى قواعد العلم التجريبي الحديث كما نعرفه الآن. ونذكر من العلماء الكبار أندرياس فيزيليوس (١٥١٤ - ١٥٦٤م) وهو جراح وعالم تشريح تحدى أفكار جالينوس ونشر أول أطلس عن تشريح الإنسان، ويعتبر أباً لعلم التشريح الحديث. ومن الأعلام أيضاً ولیم هارفي (١٥٧٨ - ١٦٥٧م) طبيب وعالم تشريح إنجليزي، وصف القلب بدقة والجهاز الدوري وبذلك اكتشف دورة الدم الكبرى "دورة الدم من القلب إلى أعضاء الجسم ثم إلى القلب مرة أخرى" وأعاد اكتشاف دورة الدم الصغرى التي اكتشفها ابن النفيس ويعتبر أباً لعلم وظائف الأعضاء التجريبي، ودرس علم الأجنة في الدجاج واتبع طريقة التفكير الاستقرائي وأهتم كثيراً بالجانب التطبيقي للعلوم.

وفي القرن السابع عشر للميلاد بدأ إنشاء الجمعيات العلمية التي تعني بالأبحاث العلمية ونشرها وتبادل المعلومات.

بدأت الثورة الصناعية مع اختراع الآلة البخارية في منتصف القرن السابع عشر، وكذلك اخترع آلة الاحتراق الداخلي. أثرت الثورة الصناعية في حياة الناس في جميع أنحاء العالم وبدأت العلوم جميعاً تقفز بوثبات عظيمة ومن جراء ذلك تراكمت المعرفة كثيراً في كل فروع المعرفة وأصبح لكل فرع من فروع علم الأحياء تاريخ خاص به في أجزاء أخرى من هذا الكتاب سنورد بعضاً من هذا التاريخ في المكان المناسب.

يتضح من كل ما تقدم ذكره أن النشاطات العلمية والثقافية والحضارية للإنسان، جميعها - هي مسعى اجتماعي يتأثر كثيراً بكل الظروف المحيطة بالإنسان والتي بدورها تتأثر بما يحرزه الإنسان من إنجازات علمية.

ولعل العامل المشترك في تطور العلوم هو ارتباطها بتقديم وسائل تداول ونشر المعلومات. فالوثبة العلمية التي حدثت أثناء عصر النهضة كانت مترامنة مع اختراع المطبعة ونشر الكتب. كذلك ليس من قبيل المصادفة تزامن القفزة العلمية العملاقة في القرن العشرين مع اكتشاف وسائل الاتصال ونقل المعلومات وتداولها قراءة وصورة وطباعة عن طريق أجهزة الكمبيوتر وشبكات المعلومات التي تستخدم الأقمار الاصطناعية في نقل المعلومات. إن وسائل نشر المعلومات تمكن من حفظها كإرث متراكم كما تسمح للعلماء بإعادة النظر وإعادة التجريب مراراً وتكراراً في كل ما يصل لأيديهم. وبذلك تجود

المعرفة ويصبح الإنسان على درجة عالية من الثقة في المعلومات التي تيسر له دفع حركة الحياة والمعيشة بطريقة أكثر رفاهية .

ب/ علم الأحياء (Biology) :

١- تعريف :

علم الأحياء (أو البيولوجيا) هو الدراسة العلمية للحياة . عالم الأحياء (Biologist) يهتم بدراسة الكائنات الحية ، وهي حية أو ميتة ، المعاصر منها والمنقرض ، كذلك يدرس تركيبها ووظائف أعضائها ، سلوكها وعاداتها ، تطورها وتصنيفها ، كما يهتم بدراسة توزيعها وعلاقة بعضها ببعض وبعوالم البيئة المحيطة ، وكذلك معرفة منشأ الصفات الوراثية وكيفية انتقالها من جيل إلى آخر . ويهتم الدارس للأحياء بتطبيق المعرفة البيولوجية بما يجعل حياة الإنسان أكثر يسراً ورفاهية . فدراسة الطب والصيدلة والبيطرة والزراعة تشكل أفرعاً لعلم الأحياء التطبيقي .

٢- علاقة علم الأحياء بالعلوم الأخرى :

يوصف علم الأحياء بأنه من العلوم المركبة غير الدقيقة مقارنة بالعلوم البسيطة الدقيقة كالكيمياء التي تختص بدراسة المادة والفيزياء التي تختص بدراسة الطاقة . ذلك لأن الحياة على مستوى عال جداً من التنظيم والتعقيد بما لا مثيل له بين الموجودات الأخرى غير الحية .

علم الأحياء يختص بدراسة ما هو أعلى تنظيماً وتعقيداً من المادة والطاقة ، كما أن الأحياء تظهر تبايناً عظيماً ليس فقط بين الأنواع المختلفة ولكن بين أفراد النوع الواحد . هذا التباين يجعل النتائج والقواعد العامة من مبادئ أو نظريات أو قوانين عامة في علم الأحياء ليست بنفس دقة القواعد العامة في علوم الكيمياء والفيزياء . ما ذكر يجعل دراسة الحياة وتفسير العمليات والظواهر المتعلقة بها أمراً غير يسير .

تتطلب دراسة الأحياء معرفة جيدة بالعلوم الأخرى من كيمياء وفيزياء وجيولوجيا وجغرافيا ورياضيات وفلسفة وغيرها من العلوم الأخرى ، وبنمو وتطور التقنيات التي تسهل دراسة الكائنات الحية .

يتكون جسم الكائن الحي أساساً من جزيئات كيميائية وتجري بداخله ، وباستمرار ، مئات الآلاف من التفاعلات الكيميائية التي تعتمد عليها الحياة . جسم الكائن الحي أيضاً عبارة عن محول للطاقة ، يحولها من شكل إلى شكل آخر ، وكل تفاعل كيميائي مرتبط بنقل أو تحويل الطاقة من شكل إلى شكل . إذا كان جسم الكائن الحي مادة وطاقة فلا غنى لدارس الأحياء عن المعرفة الجيدة بالكيمياء والفيزياء للتفسير الدقيق للظواهر والعمليات المتعلقة بالحياة . وبنفس القدر وفرت دراسة الأحياء مادة بحثية لعلماء الكيمياء والفيزياء لبعض المركبات الكيميائية بأجسام الكائنات الحية لا مثيل لها خارج أجسام هذه الكائنات . هذا أدى لتطوير نوع من الدراسة والتقنية لدراسة تركيب وتفاعلات هذه الجزيئات فيما يعرف بعلم الكيمياء الحيوية (Biochemistry) وعلم الأحياء الجزيئي (Molecular Biology) . بنفس القدر فإن نشاط الكائن الحي الخاص بالسمع والبصر والتنظيم الحراري والحركة وكثير غيرها من الأنشطة وفر مادة بحثية لعلماء الفيزياء مما أدى لظهور علم الفيزياء الحيوية (Biophysics) .

يحتاج عالم الأحياء أيضاً لعلوم الميكانيكا حتى يستطيع أن يفسر توازن حركة الحيوان عند المشي والسباحة والطيران وحركة السوائل بالجسم وكذلك تأثير التيارات الهوائية والمائية على حياة الكائنات الحية وبنفس القدر توفر الكائنات الحية مادة بحثية لعلماء الميكانيكا . فصناعة الطائرات والسفن والغواصات تعتمد على دراسة الحركة في الأسماك والطيور . أيضاً دراسة حركة المفاصل تتطلب المعرفة بقوانين الروافع في نفس الوقت هم عمل المفاصل وتركيبها العلماء لصناعة مفاصل الإنسان الآلي أو الروبوت (Robot) . إن تفسير كيفية توفير الدعامة عن طريق العمود الفقري يعتمد على المعرفة بالقوى المؤثرة على الجسور المعدنية ذات الأقواس .

تسمى العلوم الرياضية لغة العلوم ذلك لأنه لا غنى لكل العلوم عن الرياضيات . ويجمع كل الباحثين في جميع أفرع علم الأحياء بيانات كمية – أي قياسات – معيّراً عنها بأعداد . يعني توافر البيانات الكمية إمكانية تطبيق المنطق الرياضي والإحصائي للخروج بخلاصات تمكن من الوصول إلى قرار أكثر دقة .

الرياضيات ضرورية جداً لعلماء الأحياء وبصفة خاصة لأولئك المشتغلين بعلاقات الكائنات الحية بالبيئة (علماء البيئة) وكذلك المشتغلين بعلم الوراثة والكيمياء الحيوية وعلم وراثته المجموعات . وبنفس القدر توفر دراسة الأحياء مادة بحثية لعلماء الرياضيات . صحيح أن نظرية الاحتمالات (probability theory) ابتدعها علماء الرياضيات ولكن علم الإحصاء المعتمد عليها نما وترعرع في أحضان علم الأحياء ، بالإضافة لهذا فإن التباين اللانهائي الموجود بين الكائنات الحية ألهم كثيراً من الرياضيين لابتداع نظريات وقوانين رياضية عامة التطبيق .

يحتاج دارس الأحياء إلى كثير من الأجهزة و الأدوات لدراسة الكائنات الحية . تتفاوت هذه الأدوات والأجهزة من البسيط كالمسطرة وأدوات التشريح إلى المعقد جداً الذي يعمل بالكهرباء ويعتمد على تقنيات إلكترونية عالية . ما كان لعلم الأحياء أن يتطور بدون هذه الأدوات والأجهزة ، وفي نفس الوقت فإن احتياج دارسي الأحياء لهذه الأدوات والأجهزة حفز المهندسين والفيزيائيين والكيميائيين والرياضيين والتقنيين من كل تخصص أن يبدعوا في اكتشاف وتطوير هذه الأجهزة وتحويرها لتلائم دراسة الأحياء . إن أي أداة أو جهاز علمي بالمعمل يحكي قصة إبداع واكتشاف لكثير من العلماء والتقنيين من مختلف التخصصات من مختلف البلدان عبر فترة زمنية قد تكون طويلة .

خلاصة القول : إن علم الأحياء لا ينفصل عن بقية العلوم ولا يمكن أن ينعزل عنها وهو يتأثر بالعلوم الأخرى ويؤثر فيها .

٣- أفرع علم الأحياء :

جرى العرف على تصنيف علم الأحياء إلى علم الحيوان (Zoology) ويختص بدراسة حياة الحيوان ، وعلم النبات (Botony) الذي يختص بدراسة حياة النبات . عندما اكتشفت الكائنات الدقيقة (Microorganisms) نشأ علم الأحياء الدقيقة (microbiology) الذي يختص بدراسة الكائنات المجهرية (أي التي لا ترى إلا بالمجهر) كالبكتريا والفيروسات . تضخمت المعرفة العلمية مع التقدم العلمي والتقني وبصفة خاصة علم الأحياء واصبح لا مفر من أن يتخصص علماء الأحياء تخصصاً دقيقاً في جزيئات صغيرة من علم الأحياء ،

الأمر الذي أدى إلى تقسيم علم الأحياء إلى فروع وتقسيم الفروع إلى فروع أخرى أدق وهكذا .

ويجب أن ندرك أن فروع علم الأحياء المختلفة غير مستقل بعضها عن بعض فهي متداخلة ومتراصة وليس هنالك حدود فاصلة قطعية بين فرع وآخر. فعلوم الأحياء المختلفة تدرس الحياة من وجهات نظر معينة وعلى مستويات تنظيم مختلفة وكلها مكمل بعضها البعض .

تتعدد الأسس التي يقسم عليها علم الأحياء ونخص هنا أساسين فقط :

أ / التصنيف على أساس المجموعة تحت الدراسة :

مثال ذلك علم الفيروسات (virology) ، علم البكتريا (Bacteriology) علم الفطريات (Mycology) ، علم الحيوانات الأولية (Protozoology) علم الديدان (Helmenthology) علم الحشرات (Entomology) ، علم القواقع (Malacology) علم الأسماك (Ichthyology) ، علم البرمائيات والزواحف (Herpetology) ، علم الطيور (Ornithology) ، علم الثدييات (Mammology) ، علم الأمراض (Pathology) وعلم الطفيليات (Parasitology) وغيرها ، وفي هذه الحالة يختص كل علم بدراسة كل ما يتعلق بحياة المجموعة تحت الدراسة .

ب/ تقسيم علم الأحياء حسب موضوع الدراسة

بصرف النظر عن الكائنات تحت الدراسة :

فيما يلي قائمة ، أبعد من أن تكون مكتملة بعلوم الأحياء حسب نوع الدراسة المعنية :

١ / علم التشريح (=Anatomy=Morphology): ويختص بدراسة

التركيب البنائي للكائنات الحية ، ويصنف إلى العديد من الفروع نذكر منها :

أ (علم التشريح العام (Gross Anatomy) ويختص بدراسة التركيب البنائي للكائنات الحية عند فحصها بالعين المجردة أو بعدسة بسيطة .

ب (علم التشريح الدقيق (Microanatomy): ويختص بدراسة التركيب البنائي للكائن الحي باستخدام حيلة تكبير ويصنف إلى :

- ١- علم الأنسجة (Histology): ويختص بدراسة التركيب البنائي للكائن كما يرى عند استخدام المجهر الضوئي .
- ٢- علم الخلية (Cytology): ويختص بدراسة تركيب ووظيفة مكونات الخلية ودورة حياتها كما ترى عند الفحص بالمجهر الإلكتروني.

ج (علم الأجنة (=Embryology=Developmental Anatomy) : ويختص بدراسة التغيير المتتابع للتركيب البنائي لأجنة الكائنات الحية .

٢ / علم وظائف الأعضاء (= الفسيولوجيا) (Physiology): ويختص بدراسة الآليات التي تتجزأ بها الكائنات الحية ووظائفها الحيوية . انبثق عنه العديد من الأفرع الأخرى تضم:

أ / علم فسيولوجية النبات ، علم فسيولوجية الحيوان ، علم فسيولوجية الإنسان وغيرها .

ب/ علم فسيولوجية الخلية (Cellular Physiology): ويختص بدراسة الوظائف الداخلية لأنواع الخلايا المختلفة .

ج/ علم الكيمياء الحيوية (Biochemistry) وهو دراسة الفسيولوجيا من وجهة نظر عالم الكيمياء . انبثق منه العديد من الأفرع مثل علم الأحياء الجزيئي (Molecular Biology) الذي يدرس الحياة على مستوى الجزيئات الكيميائية الضخمة المميزة للحياة مثل البروتينات والأحماض النووية .

د / علم الفيزياء الحيوية (Biophysics) وهو دراسة الفسيولوجيا من وجهة نظر عالم الفيزياء ، ويختص بدراسة العمليات الخاصة باستخدام الطاقة وانتقالها وتحولها من شكل إلى آخر وميكانيكية عمل الأجزاء الصلبة من جسم الكائن الحي ، والقوى الفيزيائية الخاصة بالنقل والحركة داخل جسم الكائن الحي ، وكذلك اتزان القوى عند المشي والسباحة والطيران .

هـ/ بالإضافة لهذه العلوم يشمل علم الفسيولوجيا علوماً أكثر تخصصاً مثل علم الغدد الصماء (endocrinology) وعلم الأعصاب Neurology وغيرها .

٣/ علم البيئة (Ecology): ويختص بدراسة العلاقات المتداخلة بين الكائنات الحية وعوامل البيئة المحيطة .

٤/ علم الوراثة (Genetics): يختص بدراسة منشأ التشابه والاختلاف بين الكائنات الحية (= التباين Variation) وكيفية انتقال الصفات الوراثية من جيل إلى آخر (= التوريث Inheritance) .

٥/ علم التطور (Evolution): وهو العلم الذي يبحث في نشأة الحياة ودراسة المسارات التطورية للأنواع ولمجموعات الكائنات الحية من أسلافها في الماضي السحيق على أساس التماثل الدال على السلف المشترك .

٦/ علم التقسيم (Taxonomy) : وهو الدراسة الخاصة بوضع الأسس النظرية والممارسة الفعلية لتصنيف الكائنات الحية على أساس درجة القربى التطورية بينها .

٧/ علم الأحياء القديمة (Paleontology): وهو دراسة الكائنات الحية البائدة عن طريق دراسة بقاياها وأثارها (المستحاثات fossils) .

٨/ علم الأحياء الجغرافي (Biogeography) : ويختص بدراسة توزيع الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية .

أحياناً تصنف علوم الأحياء إلى : علوم الأحياء البحتة أو الأساسية (Basic or Pure Biology) وعلوم الأحياء التطبيقية (Applied Biology).

تهدف دراسة علوم الأحياء الأساسية إلى الوصول إلى القواعد الأساسية من مبادئ ونظريات وقوانين تفسر حياة الكائنات الحية وكذلك إلى إيجاد التقنيات الأساسية اللازمة لتحقيق هذا الهدف .

توفر علوم الأحياء الأساسية القاعدة التي تنطلق منها وتبني عليها علوم الأحياء التطبيقية .

تهتم علوم الأحياء التطبيقية بدراسة بيولوجيا الإنسان والحيوان والنبات والاستفادة من هذه الدراسة لجعل حياة الإنسان أكثر يسراً ورفاهية .
تشمل علوم الأحياء التطبيقية كل علوم الطب البشري والبيطري والصيدلة والزراعة . وكل من هذه العلوم يصنف إلى عشرات الفروع كل منها تخصص علمي . تتداخل كثيراً علوم الأحياء التطبيقية والأساسية مع بعضها مما لا يمكن من وضع حدود فاصلة بينها .

الباب الثالث

خصائص الحياة (Characters of life)

الحياة هي أحد المظاهر الرئيسية لكوكب الأرض . تختلف الكائنات الحية التي تعمر كوكب الأرض كثيراً في الشكل والحجم والتركيب والوظيفة والسلوك. مع كل هذا التباين والاختلاف تشترك جميع الكائنات الحية في إظهار مجموعة من الخواص التي درج على تسميتها خصائص (أو ميزات) الحياة . في معظم الأحوال يستطيع أي شخص أن يفرق بين ما هو حي (animate) وما هو غير حي (inanimate) تفرق الدراسة العلمية بين الأحياء والموجودات غير الحية على الأسس الآتية :

- ١-درجة التنظيم والتعقيد .
- ٢-الاستقلاب .
- ٣-التغذية .
- ٤-التنفس .
- ٥-الإخراج .
- ٦-الاستتباب .
- ٧-الحركة .
- ٨-الإحساس .
- ٩-النمو والتعويض .
- ١٠-التكاثر .

فيما يلي مناقشة لهذه الأسس تتضمن شرحاً أوفى لمعلومات سبق وأن درست أطرافاً منها في مرحلة التعليم الأساسي .

١ - التنظيم والتعقيد : (Organization and Complexity)

تتميز الكائنات الحية بدرجة عالية من التنظيم والتعقيد في التركيب والوظائف المرتبطة بهذا التركيب بما لا مثيل له بين الموجودات الأخرى . يتضح هذا من المناقشة الآتية :

(أ) التنظيم والتعقيد على مستوى الجزئي الكيميائي :

تتركب مادة كل الموجودات الحية وغير الحية من ذرات (atoms) العناصر نفسها والموجودة في الطبيعة . ترتبط ذرات العنصر نفسه أو ذرات العناصر المختلفة لتكون الجزيئات التي تطيع نفس القوانين الكيميائية والفيزيائية .

تكون بعض العناصر ونخص بالذكر P , S , N, O , H , C جزيئات مركبات في الكائنات الحية بعضها صغير نسبياً وبعضها ضخم وعلاق وذات درجة عالية من التنظيم والتعقيد بما لا يمكن إنتاجه طبيعياً خارج أجسام الكائنات الحية في الظروف البيئية السائدة الآن في الكرة الأرضية. هذه المركبات هي التي سميت بالمركبات العضوية (Organic Compounds) ، وتشتمل على الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والمادة الوراثية المسماة الأحماض النووية . سميت هذه المركبات بالعضوية لأنها نتاج العضيات الحية (Living organisms) أي ذوات الأعضاء من الكائنات الحية .

(ب) التنظيم والتعقيد على مستوى الخلية (Cell Level of organization):

ترتبط الجزيئات العضوية وغير العضوية داخل قطيرة صغيرة من الماء وتغلف جميعها بغشاء يفصلها عما حولها فتكون وحدة الحياة وهي الخلية التي تحوي بداخلها العضيات وهي عدة مكونات كل منها يتميز بتركيبه الكيميائي الخاص . بما يجعل الخلية أصغر وحدة تركيبية ووظيفية للحياة وتتنوع الخلايا تنوعاً كبيراً .

(ج) التنظيم والتعقيد على مستوى جسم الفرد (Organism level of organization):

- يتكون جسم أبسط الكائنات الحية كالبكتيريا والأميبا من خلية واحدة تقوم بكل وظائف الحياة .
- في الاسفنجيات والحيوانات الجوفمعية وكثير من الطحالب والفطريات تتجمع عدة خلايا من نفس النوع أو أنواع مختلفة لتكون مستوى من التنظيم والتعقيد أعلى من مستوى الخلية هو المستوى الذي يشار إليه بمستوى النسيج (Tissue) وبذلك يتكون جسم هذه الكائنات من أنسجة يتكون كل منها من خلايا .

- في كثير من الديدان والنباتات الخضراء ترتبط مختلف الأنسجة بالجسم لتكون أعضاء مختلفة (organs) وهي بذلك تكون أكثر تعقيداً من الكائنات سابقة الذكر .
- في معظم الحيوانات بما في ذلك الإنسان تكون مختلف الأعضاء ومختلف الأجهزة (organ systems) وبذلك تكون هذه الحيوانات أكثر تنظيماً وتعقيداً من كل ما سبق ذكره من الكائنات الحية .
- (د) التنظيم والتعقيد على مستوى أعلى من الفرد:
- الأفراد التي تستطيع أن تتناسل مع بعضها أو تستغل البيئة بنفس الطريقة تكون مجتمعاً (population) هو النوع (species)، والمجتمع على درجة من التنظيم أعلى من مستوى الفرد .
- مجتمعات الأنواع المختلفة التي تتعايش مع بعضها في موطن ما تكون مستوى تنظيم وتعقيد أعلى من المجتمع ويسمى العشيرة (Community).
- الكائنات الحية التي تكون العشيرة تتفاعل مع بعضها ومع كل مكونات الموطن الكيميائية والفيزيائية (كل المادة والطاقة التي تمثل البيئة غير الحية) لتكون مستوى أعلى درجة من حيث التنظيم والتعقيد يسمى النظام البيئي (ecosystem).
- في هذا النظام تحصل النباتات الخضراء على الأملاح والماء من التربة وثنائي أكسيد الكربون من الهواء والطاقة من الشمس لتصنع الغذاء العضوي الذي تعتمد عليه كل الحيوانات والفطريات ومعظم البكتيريا . عند موت الأفراد من هذه الكائنات تتحلل أجسامها فتعيد المادة إلى البيئة وتستخدم المادة مجدداً لإنتاج الغذاء العضوي وهذا ما يسمى بدوران الغذاء. كما تحرر الطاقة إلى الهواء الجوي ومنه تتطلق إلى الفضاء الخارجي إلى غير رجعة وهذا ما يسمى بانسياب الطاقة . تبادل المادة والطاقة بين الأحياء والبيئة غير الحية مقنن بحيث يخلق نوعاً من التوازن يُمكن من استمرار حياة أفراد العشيرة .
- مجموع النظم البيئية على الكرة الأرضية هو أكبر مستوى حيوي ويسمى الغلاف الحيوي وهو يتكون من كل أحياء الكرة الأرضية وكل الأماكن التي نقيم الحياة .

في كل مستويات التنظيم سابقة الذكر (من الذرة إلى الغلاف الحيوي) يتكون أي مستوى من كل المستويات الأدنى منه تنظيماً وتعقيداً كما تختلف خصائص أي مستوى عن خصائص كل المستويات الأدنى منه بمعنى أن خصائص أي مستوى هي ليست مجموع خصائص المستويات الأدنى منه والمكونة له.

كمثال لذلك تفكر في خصائص جزئ السكر الذي يتكون من عناصر O_2 , N_2 , C , ستجد أن الخواص الفيزيائية والكيميائية للسكر ليست هي مجموع خصائص O_2 , H_2 , C كل على حدة ، كما أن خصائص ذرات هذه العناصر ليست هي مجموع خصائص الجسيمات الأولية (الإلكترونات وبروتونات ونيوترونات) التي تكونها . قس على ذلك بقية المستويات .
يمكنك الآن أيها الطالب النجيب أن تحس وتستوعب الفرق الضخم بين الأحياء وغير الأحياء من حيث دقة التنظيم والتعقيد .

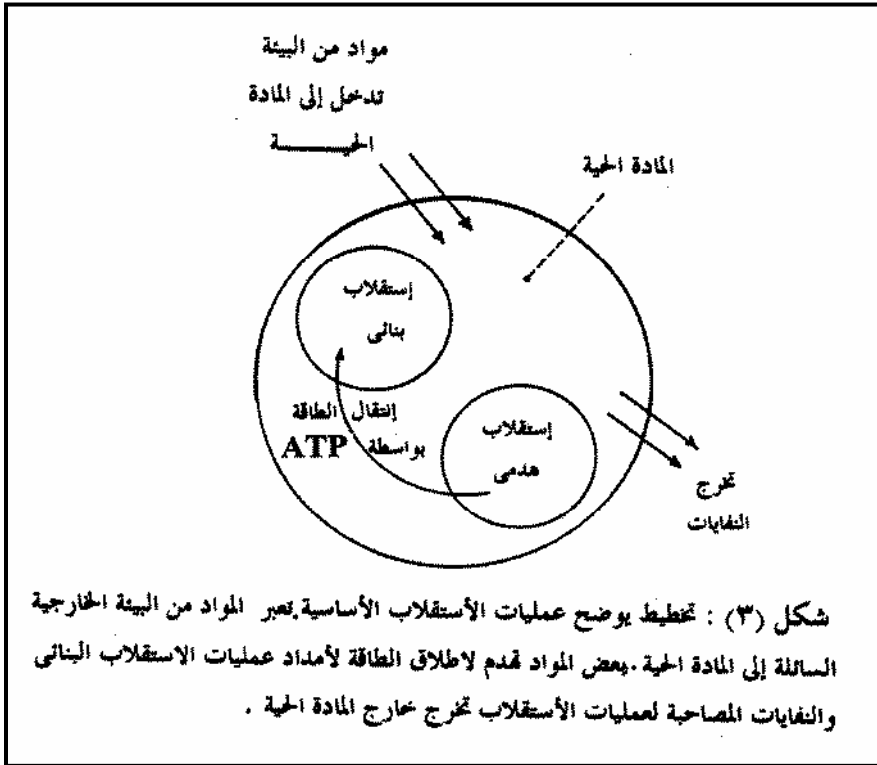
٢ - الاستقلاب (التحول الغذائي) (Metabolism)

يتطلب بناء المركبات المعقدة بجسم الكائن الحي حصوله على المواد والطاقة من البيئة المحيطة . تمر المواد داخل خلايا الكائن الحي في سلاسل ومسارات من التفاعلات الكيميائية التي تحكمها مركبات تسمى الإنزيمات (enzymes) تسهل حدوث هذه التفاعلات . مجموع التفاعلات الكيميائية بجسم الكائن الحي يسمى "الاستقلاب" . بعض المواد تستخدم لبناء مركبات معقدة ويسمى هذا إستقلاب بنائي (anabolism) ، وبعض المركبات تهدم إلى مواد أبسط منها ، ويسمى هذا استقلاب هدمي (catabolism) ، وأهم عملية استقلاب هدمي هي التنفس (respiration) الذي تتحرر به الطاقة الكامنة في الغذاء والطاقة المتحررة تستخدم لتسيير كل العمليات بالجسم التي تحتاج إلى طاقة ، وهي تفاعلات الاستقلاب البنائي .

في كل مرة تنتقل الطاقة من مركب إلى آخر أو تتحول فيه من شكل إلى شكل يفقد جزءاً منها على هيئة حرارة تتساقط من جسم الكائن الحي إلى البيئة المحيطة ثم إلى الفضاء الخارجي إلى غير رجعة .

ومن أمثلة عمليات الاستقلاب البنائي عملية البناء الضوئي التي بها يكون النبات المواد العضوية . كذلك يصاحب عمليات البناء والهدم تكوين نفايات

- من المواد الكيميائية يضر تراكمها بالجسم لذلك يتخلص منها الجسم بإخراجها .
إذا وقفت العمليات الاستقلابية فإن الكائن الحي يموت .
والشكل (٣) يوضح العمليات الأساسية المتضمنة في الاستقلاب .



٣- التغذية (Nutrition) :

- التغذية هي حصول الكائن الحي على مواد من البيئة المحيطة وتحويلها إلى مركبات يستخدمها الكائن في :
- أ - بناء مادة جسمه .
 - ب - تحرير الطاقة الكامنة بالمركبات واللازمة لتسيير وظائف الجسم الحيوية.
 - ج - عمليات ذات أدوار خاصة بالجسم (كالإنزيمات والهرمونات والصبغات).

تسمى المواد الخام التي يحصل عليها الكائن من البيئة المغذيات (nutrients) وعلى حسب نوع المغذيات التي يحصل عليها الكائن الحي من البيئة المحيطة تقسم أنواع التغذية إلى نوعين رئيسيين:

١- التغذية الذاتية (autotrophic nutrition) .

٢- التغذية غير الذاتية (heterotrophic nutrition) .

تحصل الكائنات ذاتية التغذية من البيئة على مواد غير عضوية (inorganic) مثل الماء وثنائي أكسيد الكربون والأملاح المعدنية وتحولها بعملية البناء الضوئي (photosynthesis) إلى مركبات غذائية عضوية (organic) ، تخزن فيها الطاقة الضوئية على هيئة طاقة كيميائية . تضم الكائنات ذاتية التغذية النباتات الخضراء وبعض أنواع البكتريا .

الكائنات غير ذاتية التغذية مثل معظم البكتريا وكل الفطريات وكل الحيوانات التي لا تستطيع تكوين غذائها العضوي من مواد غير عضوية تعتمد على الحصول على غذائها العضوي المحمل بالطاقة على ما تصنعه الكائنات ذاتية التغذية أما بصورة مباشرة بأن تأكل نباتات ، أو بصورة غير مباشرة ، بأن تتغذى على كائنات تعتمد على النبات .

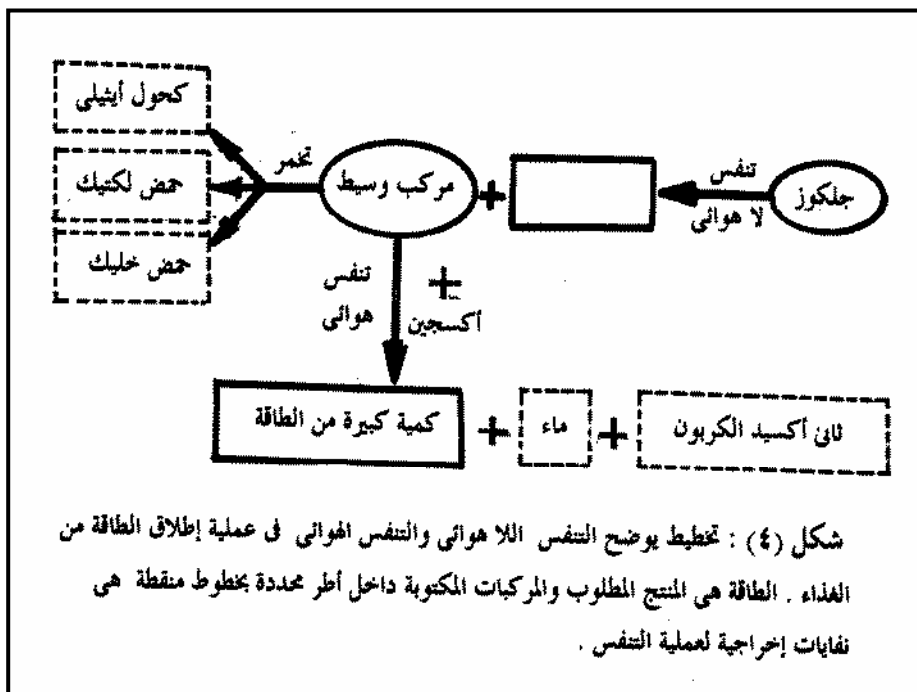
الغذاء العضوي الذي تتغذى عليه الكائنات غير ذاتية التغذية لا يماثل مادة جسمها ، لذلك لا بد لها من أن تفكك الغذاء العضوي إلى وحداته البنائية العضوية الصغيرة بعملية الهضم (digestion) ثم امتصاص (absorption) الغذاء المهضوم حتى يصل إلى الخلايا ، وكذلك التخلص من الجزء من الغذاء غير القابل للهضم بعملية التبرز (egestion) .

ترتبط الوحدات العضوية البنائية الصغيرة داخل الخلايا بالكيفية التي يحتاجها الجسم ، أي تحول الخلايا هذه الوحدات (الغذاء المهضوم) إلى مادة تماثل مادة الجسم ، وهذا ما يطلق عليه عملية التمثيل (assimilation) وهي بالضرورة جزء من عمليات الاستقلاب .

٤ / التنفس (Respiration):

التنفس هو كل العمليات التي يكون عائدها في نهاية الأمر تحرير الطاقة الكامنة في الغذاء لاستخدامها في تسيير الوظائف الحيوية للكائن الحي . بعض الكائنات تحتاج إلى الأكسجين في عملية تحرير الطاقة ويسمى ذلك بالتنفس

الهوائي (aerobic respiration) وينتج عنه قدر كبير من الطاقة ونفايات هي ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والماء . في التنفس اللاهوائي (anaerobic respiration) ، يهدم (يفكك) الغذاء جزئياً لتحرير قدر يسير من الطاقة ، وتتكون مركبات وسيطة تكون محتفظة بقد كبير من الطاقة . عادة يحدث تخمر (Fermentation) للمركبات الوسيطة ، وناتج التخمر في بعض الأحيان كحول إيثيلي وثاني أكسيد الكربون ويسمى لذلك تخمر كحولي . يمكن أن يحدث نوع آخر من التخمر مثل التخمر اللاكتيكي وفيه تتحول المركبات الوسيطة إلى حمض اللاكتيك . وفي التخمر الخليّ تتحول المركبات الوسيطة إلى حمض الخليك أي خل (شكل ٤) .



يشتمل التنفس على ثلاث عمليات يقوم الكائن الحي على الأقل بأحداها وهي :

أ) تهوية أسطح التنفس (ventilation) (الحركات التنفسية respiratory movements):

وهي العمليات التي تجلب هواء أو ماء (كمصدر للأكسجين) لسطح التنفس ، وكذلك تزيل نفايات التنفس من على سطح التنفس . مثال ذلك عمليتا الشهيق (inspiration) والزفير (expiration) في الحيوانات البرية أو الحركات التي تبتلع بها الأسماك الماء ليمر حول الخياشيم ثم يمر خارج جسمها . الكائنات الحية الدقيقة والديدان والنباتات الزهرية لا تقوم بحركات تنفسية . والكائنات الحية غير هوائية التنفس لا تؤدي بالطبع هذه العملية .

ب) تبادل الغازات (gaseous exchange) :

ويقصد به مرور غاز الأكسجين من البيئة إلى الكائن الحي عبر سطح رطب ، و مرور غاز ثاني أكسيد الكربون من الكائن الحي إلى البيئة عبر السطح التنفسي . يحدث تبادل الغازات فقط في الكائنات هوائية التنفس .

السطح الرطب هام جداً لأن الأكسجين لا بد أن يذاب أولاً بماء السطح الرطب قبل أن يدخل الخلايا ، وكذلك الحال بالنسبة لثاني أكسيد الكربون في الكائنات الدقيقة والنباتات المغمورة في الماء وحيوانات الإسفنج والديدان يمثل سطح الجسم مسطحاً تنفسياً فيما تمثل أسطح الخلايا في النباتات البرية أسطحاً تنفسية .

توجد أعضاء وأجهزة تنفس متخصصة في الحيوانات الفقارية مثل الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات . مثال لذلك خياشيم الأسماك تمثل سطحاً تنفسياً خارجياً وبطانة الرئتين توفر سطحاً تنفسياً كبيراً . توفر بطانة الفم والجلد في الضفادع بالإضافة إلى الرئتين أسطحاً تنفسية لتبادل الغازات .

تسمى عمليتا تهوية الجهاز التنفسي وتبادل الغازات بالتنفس الخارجي (external respiration) .

ج) التنفس الخلوي (Cellular respiration) (التنفس الداخلي Internal respiration):

التنفس الخلوي هو العملية التي تحدث داخل الخلية والتي يتم فيها هدم الغذاء هدماً كاملاً في وجود الأكسجين ، أو هدماً جزئياً في غياب الأكسجين لتحرير الطاقة اللازمة لتسيير الوظائف الحيوية للكائن الحي . تتكون نفايات أثناء هذه العملية يتخلص منها الكائن الحي ويصاحب تحرير الطاقة تحول جزء منها إلى حرارة تدفئ الجسم ومنه تفقد إلى البيئة ومنها تتساقط إلى الفضاء الخارجي ، وعملية التنفس الخلوي هي بالضرورة عملية استقلابية .

٥- الإخراج (Excretion)

الإخراج هو عملية التخلص من نفايات الاستقلاب (الهدمي والبنائي) بما في ذلك هدم المواد الفائضة عن حاجة الجسم . إذا تراكمت هذه النفايات بالجسم تسبب أضراراً قد تتسبب في موت الكائن الحي . أهم هذه النفايات ثاني أكسيد الكربون والماء الناتجان من عملية التنفس والنفايات النيتروجينية الناتجة من هدم الفائض من الوحدات البنائية للبروتين (وهي الأحماض الأمينية amino acids) . وكلما كان الكائن أكثر نشاطاً كما هو الحال في الحيوانات زادت كمية النفايات التي ينتجها . والكائنات الأقل نشاطاً كالنباتات تقل كمية النفايات التي تنتجها . لا تشمل النفايات الاستقلابية البراز الذي يتكون من غذاء غير مهضوم ولم ينتج من أي عملية استقلابية .

ليس للنباتات والكائنات الدقيقة أعضاء أو أجهزة لإخراج النفايات حيث تنتقل هذه النفايات عبر سطح الجسم إلى البيئة . في معظم الحيوانات توجد أعضاء وأجهزة متخصصة لاستقبال وخرن النفايات وتفرغها في البيئة .

٦/ الاستتباب (= الاتزان الداخلي)(Homeostasis):

الاستتباب هو الحفاظ المستمر على بيئة داخلية في حالة مستقرة عن طريق تنظيم الكائن الحي لكل العوامل الكيميائية ، والفيزيائية لسوائل جسمه ، حتى يمكن أن تستمر العمليات الحيوية بمعدل أمثل . يتطلب هذا الأمر صرفاً

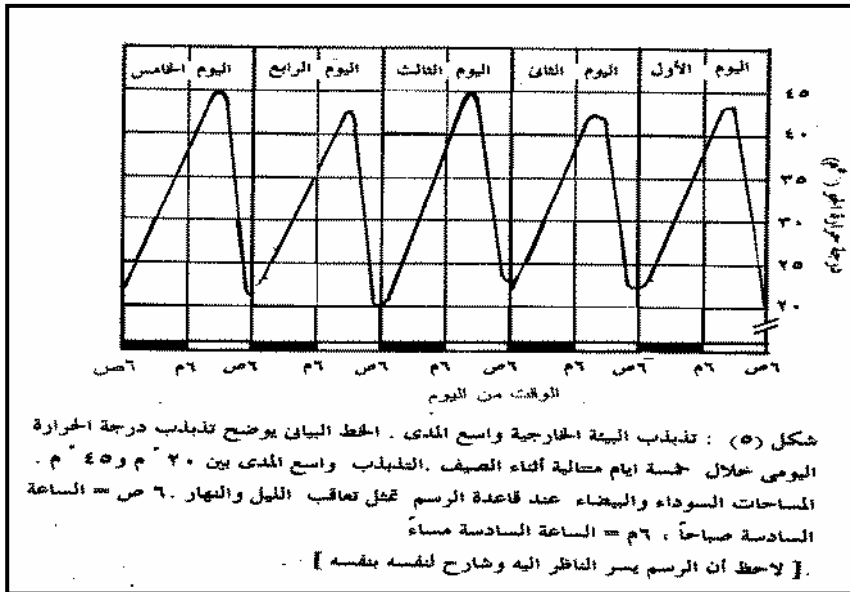
للطاقة والإحساس بالتغيير في البيئة الداخلية والخارجية ، ووجود آليات ضبط وتصحيح .

يتطلب الفهم الجيد لعملية الاستتباب استيعاب المفاهيم الآتية :

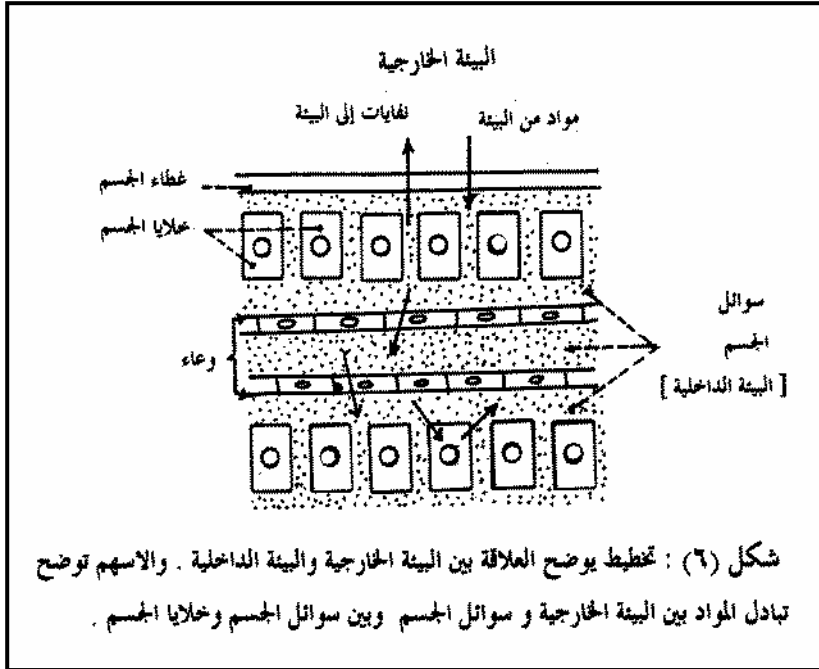
- للكائن الحي بيئة داخلية يفصلها عن البيئة الخارجية التي يعيش فيها غطاء واق حول الجسم مثل الجلد ، أو الغشاء الخلوي حول الكائنات الحية وحيدة الخلية ، أو أي تركيب آخر يغطي الجسم ويوفر له الحماية .
- البيئة الخارجية : هي كل الظروف الكيميائية (المادة) والفيزيائية (الطاقة) ، والحيوية (الكائنات الحية الأخرى) التي تحيط بالكائن الحي وتتبادل معه المادة والطاقة ليعيش ويتكاثر .

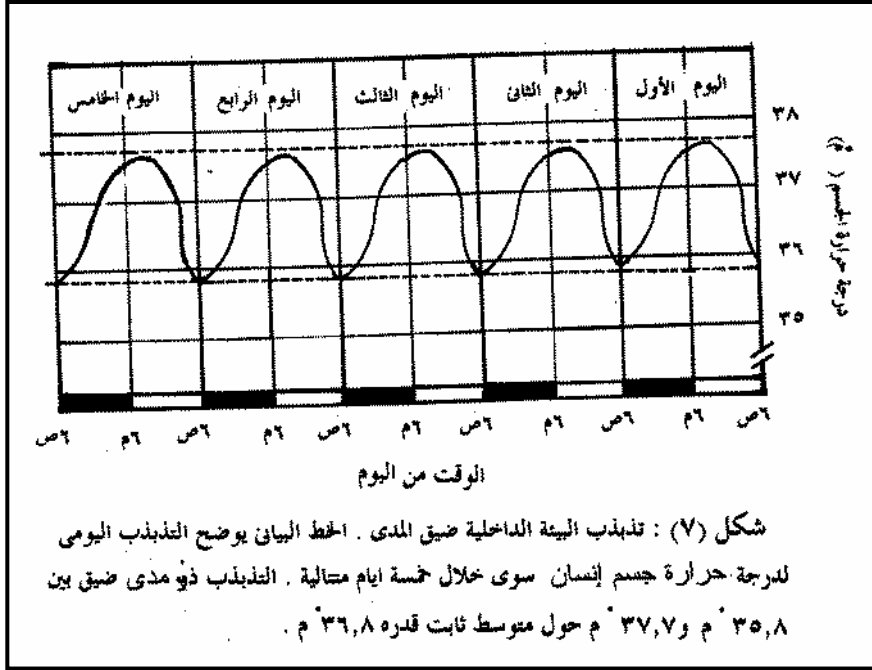
توفر البيئة الخارجية الغذاء والأكسجين والظروف المناخية الأخرى التي تسمح ببقاء الكائن الحي وتكاثره ، وتحدد أعداده (كثافته) وانتشاره في الموطن ، كما تستقبل البيئة الخارجية نفايات وفضلات الكائنات الحية التي تعيش فيها .

ظروف البيئة الخارجية غير مستقرة ، فهي تتذبذب يومياً وموسمياً داخل مدى واسع (شكل ٥)



والبيئة الداخلية هي كل الظروف الكيميائية والفيزيائية التي تسود داخل الجسم وبصفة خاصة تلك التي تختص بسوائل الجسم (body fluids) شكل (٦). وهي كل السوائل خارج الخلايا (extracellular fluids) وتشمل السوائل بين الخلايا (intercellular fluids) والسوائل داخل الأوعية (كالدّم مثلاً) .





تؤثر ظروف البيئة الداخلية كثيراً على معدل العمليات الحيوية الداعمة للحياة (العمليات الاستقلابية ونقل المواد) . وهي لا تحدث بجسم الكائن الحي إلا إذا كانت ظروف البيئة الداخلية ثابتة ثباتاً معقولاً . ذلك لأن هذه العمليات لا تتم إلا بتسهيل من الإنزيمات ، وهي بروتينات حساسة للتغيير في الظروف المحيطة بها . فمثلاً إذا تجاوزت درجة الحرارة حدوداً معينة ، أو تغير تركيز الأملاح أو درجة حموضة أو قلوية البيئة عن حدود معينة فإن الإنزيمات يقل نشاطها ، وقد تفسد وبالتالي تعاق أو تتوقف العمليات الكيميائية التي تتحكم فيها هذه الإنزيمات ، مما ينتج عنه حالة مرضية بالكائن قد تقضي إلى موته .

ويمكن تعريف المرض بأنه تغيير غير سوي في ظرف أو أكثر من ظروف البيئة الداخلية ، أما لخلل وظيفي بالجسم أو نتيجة لوجود طفيل (parasite) بالجسم أحدث بصورة ما تغييراً غير سوي في البيئة الداخلية .

توجد بجسم الكائن الحي آليات ضبط ، وتصحيح تضمن تذبذب ظروف البيئة الداخلية داخل مدى ضيق حتى يتم إنجاز العمليات الحيوية اللازمة للحياة بمعدل يضمن سلامة صحة الفرد وبقائه حياً . تتذبذب ظروف البيئة الداخلية باستمرار وطوال حياة الكائن الحي داخل مدى ضيق حول متوسط ثابت يطلق عليه نقطة الضبط (set point).

تعتمد آليات التصحيح على حدوث عمليات بجسم الكائن الحي متضادة الأثر تعمل في نفس الوقت وباستمرار طوال حياة الكائن الحي . من شأن بعض هذه العمليات أن يزيد من معدل عملية استقلابية ما ، أو أن يزيد من تركيز مادة ما بالبيئة الداخلية . والبعض الآخر يشمل عمليات مضادة بمعنى أنها تعمل على تقليل معدل نفس العملية أو تركيز نفس المادة .

تتغير معدلات العمليات متضادة الأثر بما يضمن استقرار البيئة الداخلية . تعمل العمليات متضادة الأثر ككفتي الميزان ، تتأرجحان تحت تأثير الأتقال بهما في اتجاهين متضادين وفي نفس الوقت . وبدون هذا التآرجح لا يمكن الوصول إلى حالة الاتزان أو نقطة الضبط .

تذبذب ظروف البيئة الداخلية هو الضمان الوحيد الذي ينبه الجسم بالإحساس بالخلل . وهو الذي يستدعي آليات التصحيح لاستعادة نقطة الضبط . تذبذب ظروف البيئة الداخلية ضيق المدى حول متوسط ثابت هو ما يطلق عليه الحالة المستقرة للبيئة الداخلية أو الاستتباب .

بعض الأمثلة لعمليات استتبابية :

١- التركيز السوي (نقطة الضبط) للسكر بدم الإنسان (سوائل الجسم) يقع

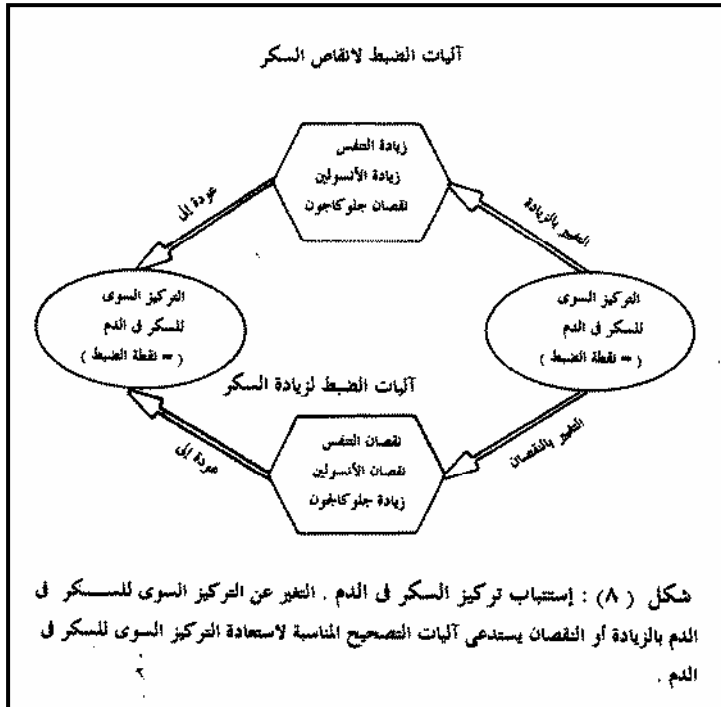
بين ٧٠ - ١٠٠ ملجرام/١٠٠سم^٣ من الدم . إذا انخفض تركيز السكر عن ٥٠ ملجرام/١٠٠سم^٣ تحدث حالة مرضية تسمى نقص السكر (hypoglycaemia) ، وإذا ارتفع عن ١٥٠ ملجرام/١٠٠سم^٣ تحدث حالة مرضية أيضاً تسمى فرط السكر (hyperglycaemia) . أي تذبذب السكر (أحد عوامل البيئة الداخلية) في مدى ضيق حديه الأدنى والأقصى ٥٠ ملجرام/١٠٠سم^٣ و ١٥٠ ملجرام/١٠٠سم^٣ من الدم على التوالي.

عند تناول الإنسان لوجبة غنية بالسكر فإن تركيز السكر بالدم يرتفع عن ١٠٠ ملجرام/١٠٠سم^٣ ، هذا الارتفاع ينبه ويستدعي

آليات التصحيح حيث يزداد عن المعتاد معدل العمليات التي تقلل من تركيز السكر بالدم ، وفي نفس الوقت يقل عن المعتاد معدل العمليات التي تزيد من تركيز السكر بالدم . وبذلك يعود التركيز السوي للسكر بالدم لنقطة الضبط .

عند بذل الإنسان لمجهود بدني كبير يتطلب استهلاك كمية كبيرة من السكر بعملية التنفس لإطلاق الطاقة لمقابلة احتياج المجهود الكبير ، وبذلك يقل تركيز السكر بالدم عن ٧٠ ملجرام/١٠٠سم^٣ من الدم .

يؤدي نقص السكر بالدم إلى تنبيه واستدعاء العمليات التي تزيد من السكر في الدم وفي نفس الوقت يقلل عن المعتاد معدل العمليات التي تقلل من نسبة السكر في الدم وبذلك يعود التركيز السوي للسكر بالدم ، شكل (٨) .



- ٢- تعمل آليات إنتاج وفقد الحرارة بجسم الإنسان على الحفاظ على درجة حرارة الجسم بين $35,8^{\circ}\text{م}$ و $37,3^{\circ}\text{م}$.
- ٣- تعمل آليات الحصول على الماء والأملاح واستبقائها في جسم الإنسان والنبات والحيوان والآليات الخاصة بفقد الماء والأملاح بها على الحفاظ على نسبة سوية من الماء والأملاح بسوائل الجسم ، ويسمى هذا حفظ التوازن الاسموزي (Osmoregulation) وهنا يكون لعمليات الإخراج دور هام .
- ٤- يمكنك أيها الطالب النجيب أن تعلم الكثير عن عملية استتباب درجة حرارة جسمك إذا وصفت كتابة بدقة ما ينتابك من أعراض وأحاسيس بالإضافة إلى كل التصرفات التي تفعلها في يوم صيف حار جاف . حاول أن تفسر كل نقطة كتبتها .
- تحورات أخرى تساهم في تحقيق الحالة المستقرة بالبيئة الداخلية : تساهم تراكيب وسلوك ووظائف الكائنات الحية في تقليل التأثير السلبي للتذبذب واسع المدى للبيئة الخارجية ويعتبر هذا أيضاً من العمليات الاستتبابية . من الأمثلة لهذا ما يلي :
- أ - لا يعمر الكائن الحي أصلاً ببيئة هو غير ملائم لها .
- ب - وجود غطاء حول الجسم يمنع تسرب المواد المفيدة ويمنع دخول المواد الضارة .
- ج - يقصر الكائن الحي نشاطه في البيئة على الوقت من اليوم أو السنة الذي تكون أثناءه ظروف البيئة الخارجية محتملة .
- د - تهجر بعض الحيوانات جبهة وذهاباً بين مكانين بحيث يكون الكائن الحي في أي وقت من السنة في بيئة خارجية معقولة التغيير .
- هـ - تغيير معدلات العمليات الإستقلابية بما يتلاءم والتغيير في ظروف البيئة الخارجية بأن يرفع أو يقلل من نقطة الضبط لظروف البيئة الداخلية . هذه النقطة هامة جداً لأنها تمس صحة الإنسان بصورة مباشرة . مثلاً التدريب الرياضي يغير تغييراً حميداً نقطة الضبط للكثير من العمليات الداخلية ، فيجعل القلب والرئتين والعضلات والجهاز العصبي أكثر كفاءة مما كانت عليه . أما الإدمان على شرب

الدخان وتعاطي المخدرات والخمور فيغير من نقطة الضبط بما يقلل من كفاءة أداء أعضاء الجسم لوظائفها .

و- تمتد العمليات الاستتبابية لتشمل العشيرة التي تعمّر الموطن ويكون ذلك عن طريق ضبط معدلات الولادة والوفاة وكذلك معدلات هجرة الأفراد إلى الموطن وهجرتها من الموطن إلى الخارج حيث تعمل هذه العمليات على حفظ أعداد كائنات العشيرة متوازن مع نوع وكمية موارد البيئة .

٧/ الحركة (Movement) :

الحركة وظيفة تمارسها جميع الأحياء . وأي نوع من الحركة يتطلب صرفاً للطاقة يوفرها التنفس . من الحركة ما هو ظاهر للعيان ، ومنها ما هو غير ظاهر للعيان .

الحركة الظاهرة للعيان تشمل :

أ / الانتقال (Locomotion) :

ويقصد بها تحرك الكائن بكامله من مكان إلى مكان آخر . تشمل في الحيوان الزحف والمشي والجري والقفز والطيران والسباحة . كل الحيوانات ، على الأقل في طور من أطوار حياتها تكون قادرة على الانتقال . فحتى الحيوانات المثبتة على الأجسام المائية كحيوانات الإسفنج وحيوانات الشعب المرجانية وبعض أنواع الأصناف لها أطوار يرقية قادرة على الانتقال في البيئة المائية التي تعيش فيها لتنتشر وتعمّر مناطق غير مأهولة أو غير مزدحمة من موطنها . كثير من الكائنات الدقيقة ووحيدات الخلية تتحرك في بيئتها المائية بالأقدام الكاذبة أو الأسواط أو الأهداب أو عن طريق تقلص وتموج الجسم .

ب/ تحريك جزء من الجسم دون انتقاله :

الكثير من الحيوانات تحرك أجزاء من جسمها ، مثال لذلك تحريك الأطراف ، حركة الصدر أو غطاء الخياشيم عند التنفس ، حركة عضلات الوجه واللسان والشفاه عند الكلام .

الكثير من النباتات توجه أوراقها نحو الشمس لتستقبل أنسب كمية من الإضاءة . ونبات زهرة الشمس يدير نورته مع دوران الشمس الظاهري . بعض النباتات البقولية مثل الفول المصري والفاصوليا يطبق أوراقه ليلاً ويفتحها

نهاراً ، كما تتداعى وترتخي أفرع وأوراق النبات المسمى الست المستحية (الميموزا) (Mimosa) عند لمسه .
ج/ يعتبر النمو حركة بطيئة .
الحركة غير الظاهرة للعيان :

وتشمل كل أنواع الحركة بداخل جسم الكائن الحي كضربات القلب ، وسريان الدم في الأوعية الدموية ، وسريان العصارات المائية في الأوعية الناقلة للنبات ، وكذلك دوران الساييتوبلازم داخل الخلية .

- النباتات الزهرية لا تحتاج لأن تنتقل من مكان إلى آخر للأسباب الآتية :
(أ) النباتات الزهرية كائنات ذاتية التغذية ، تحصل على الضوء من الشمس وعلى ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من الهواء وعلى الماء والأملاح من التربة فلا حاجة لها للانتقال .
(ب) النباتات لها قدرة غير محدودة على النمو وتجديد ما تفقده من أغصان وأوراق نتيجة لتغذية الحيوانات العاشبة عليها ، وهذا تحور يضمن لها البقاء دون أن تتحرك .
(ج) تتحمل النباتات تذبذب عوامل البيئة الخارجية بدرجة عالية مقارنة بالحيوانات وهذا يجعلها غير محتاجة للانتقال .
(د) العديد من النباتات خنثى وذاتية الإخصاب . وفي حالة النباتات خلطية الإخصاب مثل النخيل فإن الهواء والحشرات يتكفلان بنقل حبوب اللقاح وبذلك لا تحتاج النباتات للانتقال للبحث عن وليف للتزاوج .

- الحيوانات كائنات حية يجب أن تكون قادرة على الانتقال الإيجابي من مكان لآخر وتحريك بعض أجزاء جسمها للأسباب الآتية :

أ / الحيوانات كائنات غير ذاتية التغذية ، تتغذى على نباتات أو تفترس غيرها من الحيوانات ، وفي كلتا الحالتين يجب أن تسعى للحصول على غذائها ولا بد أن تكون قادرة على الهروب من مفترس يطاردها .
حتى الحيوانات المثبتة على مهاد في الماء لها أجهزة متحركة تقبض بها على فرائسها . فالأصداف المفترسة تقفل مصراعيها عند ولوج فريسة بينهما ، وشقائق النعمان (Sea anemones) تقبض بأذرعها على

الفرائس التي يتصادف وجودها بين الأذرع وكذلك تفعل حيوانات الشعب المرجانية .

ب/ الإخصاب في الحيوانات في معظم الأحوال خلطي وداخلي - بمعنى أنه يتم بين ذكر وأنثى ويتم وضع الأمشاج المذكرة بداخل جسم الأنثى ويتطلب ذلك أن يسعى الحيوان ليجد وليفاً للتزاوج . ويتطلب الأمر في كثير من الأحوال البحث عن مكان مناسب لوضع البيض ، أو الولادة وتربية الصغار .

ج/ تتأثر الحيوانات كثيراً بتذبذب ظروف البيئة الخارجية ولا بد لها من أن تبحث عن مأوى مناسب تكون فيه الظروف البيئية أكثر ملاءمة لتستكن فيه لفترات مؤقتة أو طويلة .

د / الحيوانات كائنات نشطة جداً بالمقارنة بالنباتات ويتطلب هذا النشاط تحريك بعض أجزاء الجسم الخارجية والداخلية مثال لذلك :

- ١- القبض على الغذاء بالأطراف وإدخاله الفم ومضغه ، أو امتصاصه وبلعه ونقله عبر القناة الهضمية يتطلب تحريك هذه الأعضاء .
 - ٢- تحتاج الحيوانات إلى طاقة كبيرة للصرف على نشاطها الكبير ويلزم لذلك الحصول على كمية كبيرة من الأكسجين الذي توفره بعض الحيوانات عن طريق الحركات التنفسية للرئتين أو الخياشيم أو تضغط ثم فرد حلقات الجسم كما في الحشرات . الحركات التنفسية أيضاً تطرد نفايات عملية التنفس مثل ثاني أكسيد الكربون والماء .
 - ٣- يتطلب الأمر في الحيوان توزيع الغذاء المهضوم والأكسجين إلى جميع أجزاء الجسم ، ويتم هذا في كثير من الحيوانات بامتصاص الغذاء المهضوم والأكسجين في الدم ثم دفع الدم داخل الأوعية الدموية بمضخة نابضة هي القلب .
 - ٤- تحرك الحيوانات بعض أجزاء جسمها لأداء وظائف عدة مثل حركة العيون داخل محاجرها ، وحركة صواني الأذن ، وحركة الجلد والذيل ، وحركات التلفت والغزل والعرض في موسم التكاثر .
- تتطلب معظم أنواع الحركة في الحيوان جهازاً عضلياً لا يوجد مثيل له في النباتات ، وتحدث العضلات الحركة عند انقباضها .

بعض العضلات إرادية تتحكم في انقباضها إرادة الحيوان كعضلات اللسان والعضلات المتصلة بالهيكل ، وبعضها لا إرادي كعضلة القلب أو العضلات التي توجد في جدر الجهاز الهضمي والقنوات والأوعية الدموية .

٨ - الإحساس (Sensitivity irritability) :

تعريف : الإحساس هو القدرة على استقبال وتفسير التغيرات في ظروف البيئة الخارجية والبيئة الداخلية وإنجاز استجابة مفيدة لبقاء الكائن الحي وتكاثره .

للكائنات عديدة الخلايا ، وبصفة خاصة الحيوانات ، خلايا أو أعضاء متخصصة لاستقبال المنبهات من البيئة وأخرى لإنجاز الاستجابة ، وهو عادة جهاز عصبي وهرموني لتوصيل الرسائل بين أجزاء الجسم بما يحقق الاستجابة.

الكائنات الحية وحيدة الخلية تفتقر لجهاز عصبي ، ويتم استقبال المنبه وإنجاز الاستجابة في الخلية نفسها .

فيما يلي تعريف المفاهيم الأساسية التي ورد ذكرها أعلاه :

أ - **المنبه (Stimulus) :** هو أي تغيير في شدة أو طبيعة أحد عوامل البيئة الخارجية أو الداخلية يفضي إلى استجابة سلوكية أو فسيولوجية .

من أمثلة المنبهات الخارجية (external stimuli) : التغيير في درجة الحرارة ، التغيير في شدة الإضاءة ، والتغيير في الطول الموجي للضوء (لون الضوء) ، التغيير في الرطوبة الجوية ، التغيير في تركيز المواد القابلة للذوبان في الماء والتي تسبب الإحساس بالتذوق ، والتغيير في تركيز المواد بالهواء التي تسبب الإحساس بالشم ، وتذبذب الهواء المسبب للسمع ، الجاذبية الأرضية ، الضغط الجوي ... وكثير غيرها من المنبهات الخارجية.

ومن أمثلة المنبهات الداخلية (internal stimuli) : التغيير في تركيز مادة ما بسوائل الجسم ، التغيير الداخلي لدرجة الحرارة ، التغيير في نسبة الماء إلى الأملاح بسوائل الجسم ، التغيير في درجة حموضة أو قلوية سوائل الجسم ، التغيير في مقدار الانقباض العضلي وكثير غيرها من المنبهات الداخلية .

ب - عضو الحس (Sense organ):

هو جزء من جسم الحيوان يتكون من مستقبلات (receptors) للمنبهات .

المستقبلات هي إما خلايا وحيدة أو مجموعة من الخلايا ذات حساسية لاستقبال منبه بعينه ومتصلة بالجهاز العصبي .

تنبيه المستقبلات يجعلها تتفعل بإرسال نبضات عصبية إلى الجهاز العصبي الذي ينقل المعلومات المرسلّة إلى أعضاء الاستجابة التي تترجمها إلى فعل أي استجابة .

مستقبلات الحس الخارجية (exoreceptors) حساسة للمنبهات الخارجية ومن أمثلتها : العين والأذن وخلايا الشم بالأنف وبراعم التذوق بالفم وأعضاء الحس المطمورة بالجلد كأعضاء الحس بالألم والبرودة والحرارة والضغط واللمس .

هذه الأعضاء تشكل ما يسميه الناس بالحواس مثل حاسة السمع والبصر والشم والتذوق واللمس .

مستقبلات الحس الداخلية (internal receptores) تستقبل المنبهات الداخلية ومن أمثلتها : أعضاء الإحساس بدرجة الانقباض العضلي ، الأعضاء التي تنقل الإحساس بالألم من الأعضاء الداخلية ، والمراكز التي تتفعل بالتغيير في درجة حرارة الجسم أو نسبة الماء إلى الملح أو تركيز المواد بسوائل الجسم .

تفتقر النباتات إلى أعضاء حس تماثل تلك التي توجد في الحيوانات .

ج - الجهاز العصبي (Nervous system):

هو جهاز تخصص تخصصاً عالياً في نقل المعلومات على هيئة نبضات عصبية بين أعضاء الحس وأعضاء الاستجابة بعد تفسيرها .

يتكون الجهاز العصبي من خلايا ذات زوائد هي ما تسمى بالألياف العصبية (nerve fibers) التي تعمل كموصل (Conductor) للنبضات العصبية . تكوّن الخلايا الجهاز العصبي المركزي (Central nervous system) بينما تتجمع الألياف في حزم تكون الأعصاب (nerves) .

ومجموع الأعصاب بالجسم يسمى بالجهاز العصبي الطرفي (peripheral nervous system) . تفتقر النباتات إلى جهاز عصبي .

- د - **النبضات العصبية : (nerve impulses)** : هي رسائل كهربية تسري عبر الألياف العصبية وتعبّر عن المعلومات التي استقبلها عضو الحس والأوامر التي يرسلها الجهاز العصبي لأعضاء الاستجابة .
- هـ - **أعضاء الاستجابة (effector organs)** : وهي خلايا أو أعضاء تنجز فعلاً ما عند استقبالها لنبضات عصبية من الجهاز العصبي . ومن أمثلتها العضلات والغدد . تفريغ الشحنة الكهربائية في العضلة يجعلها تستجيب بالانقباض الذي يتسبب في إحداث حركة ما بالجسم . ووصول النبضات العصبية للغدة يجعلها تستجيب بالإفراز .
- و - **الجهاز الهرموني (endocrine system)** : يتكوّن الجهاز الهرموني في الحيوانات من غدد ليس لها قنوات تسمى بالغدد الصماء (ductless glands) تصنع وتفرز هرمونات تصل إلى أماكن تأثيرها عن طريق سوائل الجسم (كالدّم مثلاً) . من أمثلة الغدد الصماء في الفقاريات الغدة النخامية (pitutary gland) البنكرياس (pancreas) والغدة الكظرية (adrenal gland) .
- ز - **الهرمونات : (hormones)** : هي مواد كيميائية تفرزها الغدد الصماء بكميات قليلة تنتقل إلى جميع أجزاء الجسم بسوائله ولكن تستجيب لها فقط أعضاء معينة بعيدة عن مكان إفراز الهرمونات تسمى الأعضاء المستهدفة (target organs) .
- تعمل الهرمونات كرسائل كيميائية تحمل معلومات تستجيب لها الخلايا بتغيير معدلات العمليات الاستقلابية مثل النمو والتكاثر والمحافظة على نسبة سوية للسكر في الدم ، ومعدل ضربات القلب .
- تفرز الهرمونات كاستجابة لتغيير في البيئة الكيميائية الداخلية أو نتيجة لتنبه من الجهاز العصبي .
- تمثل مواد النمو في النبات هرمونات تعمل بكميات قليلة على تحفيز أو تثبيط عمليات النمو . تفرز الهرمونات النباتية من خلايا القمم النامية للسيقان والجذور والبراعم ومن الأوراق حديثة السن نتيجة لتغيرات في ظروف البيئة الداخلية والخارجية .

- ح - لاستجابة (response):** هي الأفعال الفسيولوجية والعضلية والسلوكية التي ينجزها الكائن عند استقباله للمنبه .
- الاستجابة في الكائن السوي دائماً مفيدة وهامة لبقاء الكائن وتكاثره . قد تتضمن الاستجابة عملية ضبط وتنظيم داخلي وقد تتضمن تغيير بسيط أو معقد في سلوك الكائن الحي .
- الأمثلة التالية توضح ما تقدم ذكره :**
- ١- يزداد معدل ضربات القلب كاستجابة لتغيير كيميائي في الدم نتيجة لزيادة إفراز هرمون الأدرينالين .
 - ٢- يقل معدل امتلاء وتفريغ الفجوة المنقبضة للأميبيا كاستجابة لتركيز أملاح أعلى قليلاً مما هو عليه في المياه العذبة .
 - ٣- يزيد إفراز اللعاب بفم الحيوانات الثديية استجابة لشم أو رؤية طعام شهي .
 - ٤- يرفع الإنسان قدمه بسرعة إذا وطئ جمرة أو شوكة .
 - ٥- الطقوس الغزلية التي تقوم بها ذكور كثير من الحيوانات مثل الطيور في موسم التزاوج هي استجابة لرؤية الذكور للإناث المستعدة للتزاوج .
 - ٦- تنشط أعضاء التناسل (خصي ومبايض) الكثير من الحيوانات كاستجابة للتغيير في طول النهار (فترة سطوع الشمس) .
 - ٧- تدخل السمكة الرئوية (أمكورو) (Protopterus) وكثير من أنواع الضفادع في فترة بيات صيفي (aestivation) كاستجابة لجفاف الماء وارتفاع درجة الحرارة . وتعاود نشاطها عند امتلاء مجاري المياه بالماء وانخفاض درجة الحرارة .
 - ٨- يزداد معدل النمو في النبات استجابة للتغيير المناسب في شدة ولون الضوء .
 - ٩- تزهّر كثير من النباتات استجابة لطول النهار ، بعض النباتات يزهر إذا تعرض لفترة ضوئية تزيد من ١٢ ساعة في اليوم وبعض آخر يزهر إذا تعرض لفترة يقل نهارها عن ١٢ ساعة .

ط - للحيوانات أعضاء حس وأجهزة عصبية وعضلية معقدة تركيباً ووظيفة وليس للنباتات مثل هذه التراكيب ولكنها رغم هذا تقوم بكل وظائف الحياة.

تنشأ الفروق الأساسية بين النباتات والحيوانات من طريقة التغذية . فالحيوانات كائنات غير ذاتية التغذية لابد لها أن ترى وتشم وتتذوق وتلمس وأحياناً تسمع غذائها .

لذلك كان لابد للحيوان من وجود أجهزة حس وأعصاب وعضلات متطورة تمكنه من أن يتبين طريقه إلى غذائه وأن يتحصل عليه ومن أن يتبين طريقه إلى مكان سكنه ، أو إلى مأوى بموطنه تكون فيه الظروف البيئية أكثر ملائمة لحياته ، أو أكثر أماناً من مفترسه عند الهروب من مفترس . كما أن الفريسة يلزمها أيضاً أن تحس باقتراب مفترسها . إن نشاط الحيوانات الزائد مقارنة بالنباتات يقتضي أيضاً أن يكون للحيوانات أجهزة هضم وإخراج متطورة عما هو عليه الحال في النبات .

٩/ النمو والتعويض (Growth and Repair):

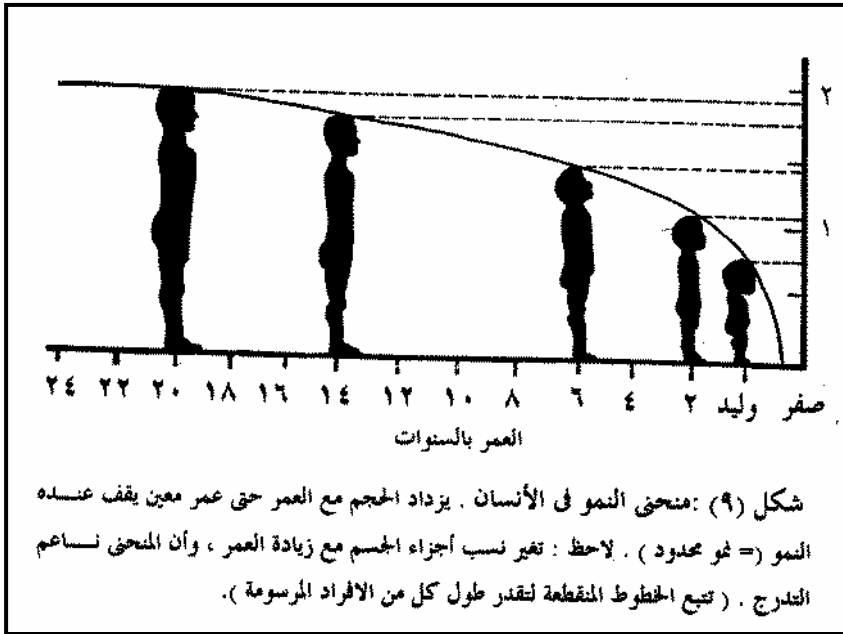
تعريف : النمو هو الزيادة في كتلة و/أو حجم الكائن الحي نتيجة لزيادة عدد الخلايا بالانقسام الخلوي لخلايا موجودة أصلاً ، وتضخم الخلايا الناتجة حجماً ، وتميز الخلايا الناتجة إلى أنواع متخصصة .

يقتضي النمو إمداداً بالغذاء لتحويل جزء منه إلى مادة حية تضاف إلى مادة الجسم . وكذلك لهدم جزء منه لتحرير الطاقة اللازمة لدفع النمو والوظائف الحيوية الأخرى وبذلك يحدث النمو عندما يتفوق معدل الاستقلاب البنائي على معدل الاستقلاب الهدمي .

من مميزات النمو في الكائنات الحية ما يلي :-

١. تنمو الكائنات الحية نتيجة لتراكم المادة الحية بها .
٢. إضافة الخلايا الجديدة لا تكون على الخارج كما يحدث في البلورات ولكن تضاف الخلايا الجديدة بين الخلايا الموجودة أصلاً .
٣. مادة الجسم المضافة (الخلايا) ليست دائمة بل إنها في حالة دائمة من الاستهلاك والإبدال ، أي التجديد .

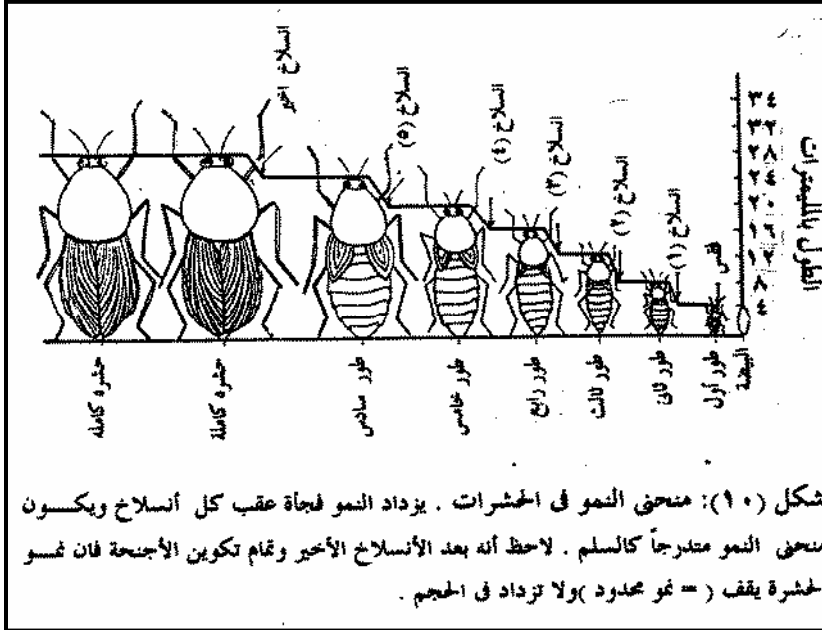
٤. تنمو الأجزاء المختلفة من الجسم بمعدلات مختلفة كما أن معدل النمو يختلف حسب العمر والموسم . في الإنسان مثلاً يقف نمو المخ عند الخامسة بينما تستمر أجزاء الجسم في النمو بمعدلات مختلفة حتى يصل كل جزء منها إلى حد معين يقف عنده النمو .
٥. إذا رصدنا النمو كمياً (متخذين الوزن أو الحجم أو الارتفاع كمقياس) طوال فترة حياة الكائن الحي فإننا لا نحصل على خط مستقيم ، بل نحصل على منحنى يسمى منحنى النمو (growth curve) (شكل ٩) ولكل نوع من الكائنات الحية منحنى نمو خاص يميزه .



٦. تنمو النباتات عند مناطق متخصصة تسمى مناطق النمو (growth regions) ، تشمل القمم النامية للسيقان والجذور . كما أن نمو النبات يستمر طوال فترة حياته ولكنه قد يبطئ كثيراً في بعض الأحيان . يوصف النمو في النبات بأنه نمو غير محدود .

٧. ينمو كل جزء من أجزاء الجسم في الإنسان والحيوان بمعدلات مختلفة ويستمر النمو لفترة معينة لكل نوع حتى يصل حجم أو كتلة الجسم إلى حد أقصى معين ، عندئذ يقف النمو ويكون عدد الخلايا المستهلكة مساو لعدد الخلايا المنتجة ، مثل هذا النمو يسمى نمواً محدوداً (definite or determinate growth) .

٨. تتميز الحشرات بأن نموها متقطع (intermittent growth) حيث يحدث فقط خلال فترات وجيزة مباشرة بعد كل انسلاخ من انسلاخات اليرقة (صغيرة الحشرة) ويقف النمو عندما تصل الحشرة إلى الطور البالغ بعد آخر انسلاخ . شكل (١٠)



٩. تتشابه النباتات والحيوانات في أن معدل النمو (الزيادة في الكتلة في وحدة الزمن) يتأثر بالعوامل الآتية : توافر الغذاء ، درجة الحرارة وظروف البيئة الأخرى المناسبة ، عوامل الوراثة (الجينات) وتأثير الهرمونات .

١٠. لايا جسم الكائن الحي تستهلك وتموت باستمرار وكذلك تجدد باستمرار .
في الإنسان تستهلك وتموت جميع خلايا الجسم ، عدا الخلايا العصبية
وخلايا العضلات ، وتجدد مرة أخرى . يمكنك أن تلاحظ ذلك من خلايا بشرة
جلدك فالطبقة الخارجية منها هي خلايا ميتة ، تجدد بانقسام الخلايا عند قاعدة
البشرة . كذلك تتجدد الخلايا المبطنة للقناة الهضمية في الإنسان مرة كل يوم أو
يومين .

الحيوانات الدنيا والنباتات لها قدرة فائقة على تعويض الخلايا المستهلكة
بل إن الأمر يتعدى ذلك إلى تجديد الأعضاء المفقودة وتكوين جزء كامل من
خلية واحدة أو من كتلة من الخلايا .

١٠ - التكاثر (Reproduction) :

تعريف : التكاثر هو إنتاج أفراد جديدة خصبة يمكن أن تتناسل مع بعضها ولها نفس الصفات العامة للنوع وتستغل البيئة بنفس طريقة آبائها .
قد يتم إنتاج الأفراد الجدد بطرق جنسية (sexual) تتضمن تكوين واتحاد الأمشاج ، أو بطرق لا جنسية (asexual) لا تتضمن إنتاج واتحاد أمشاج . كل طرق التكاثر تتضمن نوعاً أو آخر من أنواع الانقسام الخلوي .

- من خصائص التكاثر في الكائنات الحية ما يلي :

١- كل الوظائف الحيوية تخدم بقاء الفرد حياً في بيئته إلى أن ينقضي أجله . أما التكاثر فهو الوظيفة التي تخدم بقاء النوع وحفظه من الانقراض .

٢- إنتاج أفراد جديدة من النوع هو الخطوة الأولى في انتشار (تشتت) أفراد النوع وتوزيعها وانتشارها لتعمر أماكن جديدة. يقلل الانتشار من الازدحام في رقعة صغيرة وبذلك تقل المنافسة بين أفراد النوع الواحد التي لها نفس المتطلبات والاحتياجات من البيئة ، كما يقلل أيضاً من انتشار العدوى والآفات بين أفراد النوع .

٣- في التكاثر اللاجنسي تتفصل من الكائن الحي خلايا مفردة من الجسم أو كتل من خلايا الجسم قد تكون مميزة إلى أنسجة وأعضاء وقد لا تكون مميزة . تنمو كل خلية مفردة أو كتل من الخلايا إلى فرد كامل مميز إلى أنسجة وأعضاء .

- ٤- في التكاثر الجنسي تتفصل خلايا مفردة من فرد واحد أو فردين أحدهما ذكر والآخر أنثى وتسمى هذه الخلايا بالأمشاج (الجاميطات) (gametes) أو الخلايا الجنسية (sex cells) يتحد كل مشيجين ليكونا خلية واحدة تسمى البويضة المخصبة (fertilized egg) أو الزايجوت (zygote) . ينمو الزايجوت بالانقسام الخلوي . وتتميز الخلايا الناتجة إلى أنسجة وأعضاء وبذلك يتكون فرد كامل سوي .
- ٥- قد تكون الأمشاج متشابهة لا يسهل التفريق بينها وقد تكون غير متشابهة ومميزة إلى أمشاج مذكرة صغيرة الحجم وأمشاج مؤنثة كبيرة الحجم .
- ٦- الكائنات الحية التي ينتج الفرد الواحد منها أمشاجاً مذكرة وأخرى مؤنثة تسمى خناث (hermaphrodite) أو ثنائية الجنس (bisexual) . أما الكائنات التي ينتج الفرد الواحد منها أمشاجاً مذكرة أو مؤنثة تسمى وحيدة الجنس (unisexual) وهي عادة مميزة إلى ذكور وإناث .
- ٧- تسمى العملية التي يتحد بها مشيجين لتكوين الزايجوت بعملية الإخصاب (fertilization) .
- ٨- إذا حدث إخصاب بين مشيجين أنتجهما فرد واحد (خنثي) يسمى ذلك إخصاباً ذاتياً (self fertilization) . وينتشر الإخصاب الذاتي بين النباتات وبعض الحيوانات الدنيا .
- أما إذا حدث الإخصاب بين مشيجين أنتجهما فردين (كل منهما خنثي أو وحيد الجنس) فإن العملية تسمى إخصاباً خلطياً (cross fertilization) .
٩. تكون الأمشاج في الحيوانات أعضاء متخصصة تسمى المناسل (gonads) حيث تتكون خصى الذكور والأمشاج المذكرة (الحيوانات المنوية spermatozoa) وتكون مبايض الإناث الأمشاج المؤنثة (البويضات ova) .
- توضع الأمشاج المذكرة داخل جسم الأنثى في الحيوانات البرية وبعض الحيوانات المائية بعملية الجماع (coition coitus) ويحدث الإخصاب داخل جسم الأنثى ويسمى إخصاباً داخلياً (internal fertilization) .

في الكثير من الحيوانات المائية توضع الأمشاج المذكرة والمؤنثة في الماء ويتم الإخصاب بالصدفة خارج جسم الأنثى ويسمى إخصاب خارجي (external fertilization).

٩- في النباتات توجد الأمشاج المذكرة داخل حبوب اللقاح التي يكونها متك الزهرة (anther) . وتوجد الأمشاج المؤنثة داخل البويضات بمبيض الزهرة (ovary) .

قد تنتقل حبوب اللقاح من زهرة على نبات إلى زهرة أخرى على نبات آخر من نفس النوع ويسمى هذا تلقيحاً خلطياً (cross pollination) يعقبه إخصاب خلطي داخلي .

وقد يتم التلقيح بنفس الزهرة أو بين زهرتين على نفس النبات ويسمى في هذه الحالة بالتلقيح الذاتي (self pollination) يعقبه إخصاب داخلي ذاتي .

١٠- التكاثر اللاجنسي ينتج أفراداً متطابقة في مظهر صفاتها ومطابقة لمظهر صفات الكائن الأم الذي أنتجها ، بينما التكاثر الجنسي ينتج أفراداً لها نفس الصفات ولكن يختلف مظهر هذه الصفات بين الأفراد وبينها وبين الآباء .

١١- التكاثر الجنسي وبصفة خاصة في الحيوان مكلف للمادة والطاقة بالمقارنة بالتكاثر اللاجنسي . ذلك لأن معظم الأمشاج المنتجة لا تشارك في تكوين أفراد كما أن الذكور والإناث لابد أن تعلن عن نفسها أحياناً عن طريق طقوس غزلية معقدة . وقد يقتضي التكاثر الجنسي بناء مسكن أو عش وتربية الصغار وإمدادهم بالغذاء .

التكاثر الجنسي يحسن من صفات النوع إذ قد ينتج فيه أفراداً تتوافر فيها صفات تمكنها من المنافسة في البيئة بصورة أفضل من غيرها وتستطيع هذه الأفراد أن تكاثر نفسها بمعدل أكبر من أفراد النوع الأقل مقدرة على التنافس وبذلك يتم تحسين النوع تدريجياً .

لهذا يعتبر التكاثر الجنسي وبصفة خاصة ذلك الذي يحدث من إخصاب خلطي أكثر ضماناً من التكاثر اللاجنسي لحفظ النوع ، وهذا يفسر انتشاره بين معظم الكائنات الحية حتى في الأنواع الخنثى .

أيها الطالب النجيب بعد أن عرفت خصائص الأحياء كما يدرسها العلماء لابد أن تكون قد لاحظت أن كل الخصائص مرتبط بعضها ببعض وكلها نتاج عمليات استقلابية وكل منها يعتمد بصورة أو أخرى على بقية الخصائص . وعليه من الخطأ جداً أن نقول أن أحد أو بعض من هذه الخصائص أهم من غيرها . فلكي يكون الشيء حياً لابد أن يتميز بكل الخصائص المذكورة وعدم إنجاز أي منها يعني أن الكائن قد مات . لذلك ترى الطبيب ، مثلاً ، يحرر شهادة الوفاة إذا وقفت ضربات القلب أو إذا وقف التنفس .

يمكنك الآن أيها الطالب النجيب أن تكون قادراً على التمييز بين ما هو حي وبين ما هو غير حي ، وكذلك يمكنك أن ترصد بعضاً من الاختلافات بين الحيوانات والنباتات . حاول أن ترصد ذلك كتابة .

الباب الرابع

الخلية وحدة الحياة

(٤-١) : اكتشاف الخلية وطرق دراستها :

٤-١-١ : اكتشاف المجهر :

يعتبر المجهر من أهم الأجهزة التي طورت دراسة علم الأحياء .
والمجهر هو حيلة علمية بصرية لتكبير (Magnification) وتبيين
(resolution) الأجسام وأجزائها التي لا ترى بعين الإنسان المجردة .
المجاهر أنواع عديدة يمكن تصنيفها إلى : المجاهر الضوئية والمجاهر
الإلكترونية وكل منها يشمل تصنيفات فرعية .

أ. المجهر الضوئي (البصري) [Light (optical) microscope] :

يستخدم المجهر الضوئي عدسات Lenses من الزجاج للتكبير والتبيين .
ويسلط ضوء الشمس أو بديل اصطناعي لإنارة الجسم المراد فحصه .
يمكن تمييز نوعين من المجاهر الضوئية : المجهر (أو العدسة) البسيط
والمجهر المركب .

• **المجهر البسيط** ، شكل (١١) كما نعرفه الآن يتكون من عدسة
محدبة واحدة أو مجموعة من العدسات تعمل كعدسة واحدة .

عند استخدام المجهر توضع العدسة بالقرب من العين (في موضع
النظارة) ثم يقرب الجسم المراد فحصه أو يبعد خلف العدسة إلى أن نصل إلى
مسافة الرؤية (Distance of vision) التي يمكن عندها مشاهدة أوضح
صورة للجسم . التكبير باستخدام قطرة ماء (شكل ١٢) أو عدسة محدبة كان
معروفاً منذ بداية القرن الثاني الميلادي .

العالم الهولندي أنتون فان ليفنهوك (١٦٣٢ - ١٧٢٣) أول من استخدم
العدسات في صناعة مجاهر بسيطة (شكل ١٢) بلغت قوة تكبيرها ٢٠٠ ضعف

قطر الجسم المرئي ، وهو أول من استخدم بمهارة هذا المجهر في الأغراض البيولوجية .

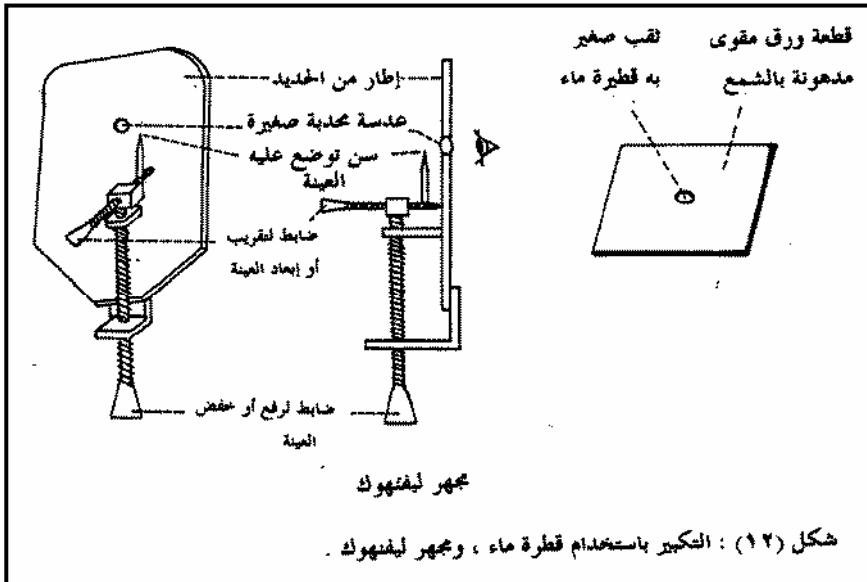
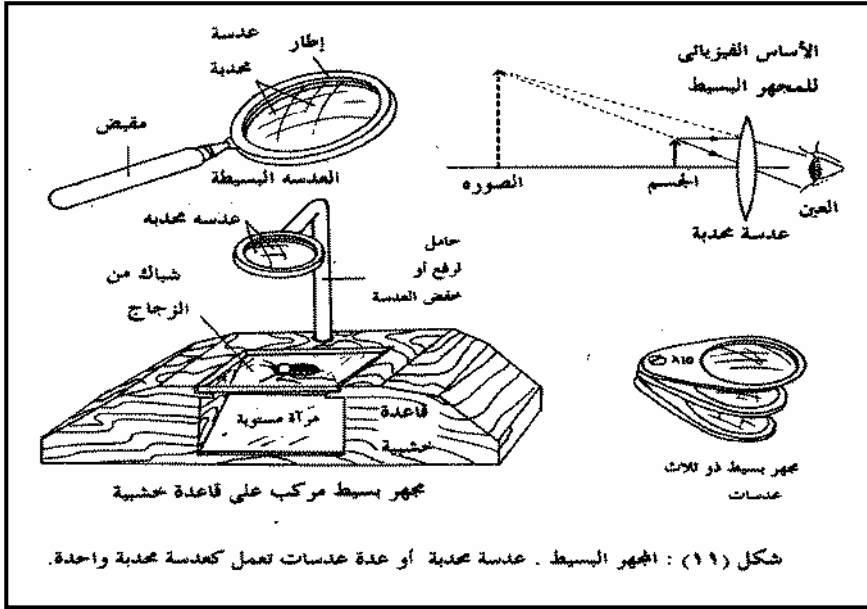
لليفنهوك إسهامات بيولوجية كثيرة كان فيها دائماً الرائد الأول . من هذه الإسهامات :

كان أول من شاهد أنوية الخلايا ، وكريات الدم في الثدييات ، والعديسات التي تكون العيون المركبة في الحشرات وشاهد خلايا الأسماك وحببيات النشا في الأنسجة النباتية .

اكتشف ليفنهوك في عام ١٦٧٥م في مجاري المياه ما أسماه حينئذ الحوينات (صيغة تصغير للفظ حيوان) (Animalcules) وهي ما نعرفه الآن بالحيوانات الأولية أو البروتوزوا (Protozoa) كذلك اكتشف الحيوانات المجهرية المسماة الآن ذوات العجلات (Wheel animalcules rotifers) . ثم اكتشف في عام ١٦٧٨م الحيوانات المنوية (Spermatozoa) وفي عام ١٦٨٠م اكتشف البكتيريا (Bacteria) وكذلك تكاثر الحيوانات الأولية بالإنشطار ودرس حركة هذه الحيوانات في الماء .

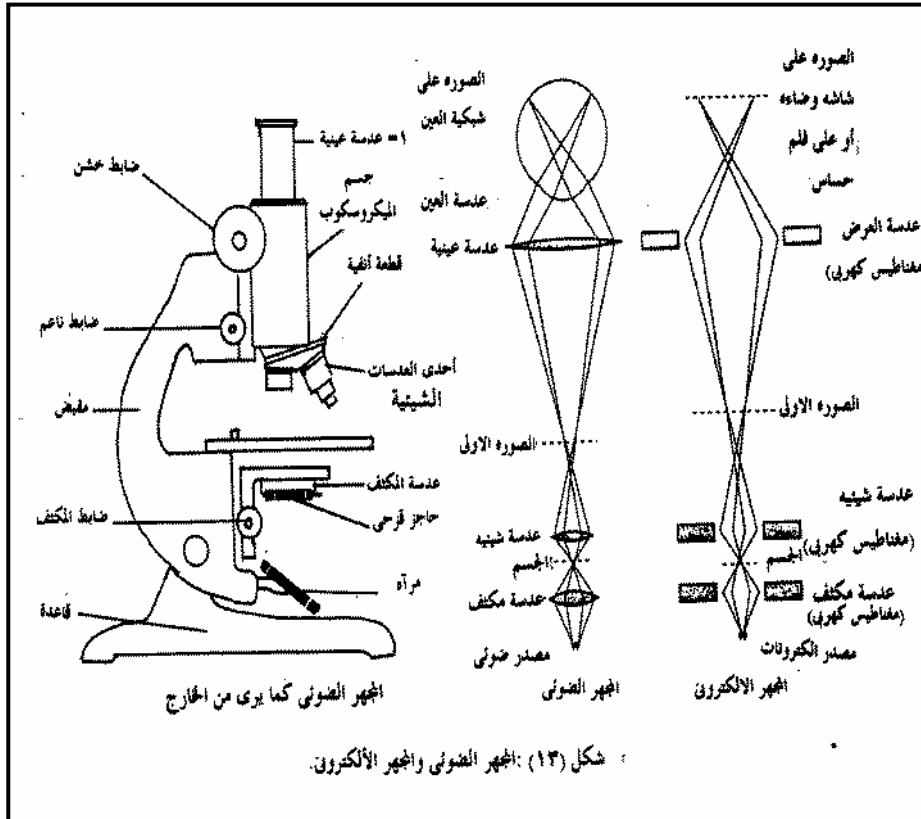
سبق إكتشاف المجهر المركب (Compound Microscope) استخدام ليفنهوك للمجهر البسيط بحوالي ٥٠ عاماً إلا أن ليفنهوك كان يفضل استخدام المجهر البسيط على المجهر المركب . ذلك لأنّ المجاهر المركبة في ذلك الوقت كانت تعاني من بعض العيوب أهمها ما يسمى بالزيغ اللوني (Colour aberration) بمعنى أن الضوء عندما يمر عبر عدسة غير جيدة الصقل (غير مستوية السطح تماماً) فإن الأشعة تنكسر بشكل غير منتظم (تتشتت) .

مما يجعل الضوء يتحلل إلى ألوان الطيف وكل ذلك يجعل الصورة المتكونة للجسم المرئي مشوشة .



• المجهر المركب (Compound Microscope) :

يتكون المجهر المركب (شكل ١٣) من عدستين (أو مجموعتين من العدسات تعمل كل منها كعدسة واحدة) متباعدتين بمسافة محسوبة (حوالي ١٦ سم) تسمى إحداهما بالعينية (Occular) وهي التي ينظر من خلالها مستخدم الميكروسكوب وتسمى الأخرى الشيئية (Objective) وهي التي يوضع تحتها الجسم المراد فحصه . تكون الشيئية صورة مكبرة للجسم المراد فحصه وتكون العينية صورة أكثر تكبيراً للصورة التي تكونها الشيئية .



ينسب إختراع المجهر المركب إلى صانع العدسات زكريا يانسين ١٥٩٠م . وفي عام ١٦١٠م وصف جاليلو جاليلي الإيطالي (١٥٦٤ - ١٦٤٢) في بحث نشره ميكروسكوباً مركباً من صنعه يكبر الأجسام ٢٢٤ ضعف قطرها الحقيقي ، وقال في بحثه (إنّ الميكروسكوب الذي صنعت يجعل حجم الذبابة يماثل حجم الدجاجة) .

استخدم عالم الفيزياء الإنجليزي روبرت هوك (١٦٣٥ - ١٧٠٣ م) مجهراً مركباً من صنعه في فحص قطع رقيقة من الفلين ووجد أنّها تتكون من أوعية صغيرة فارغة شبهها بغرف الأديرة وهو أول من أطلق لفظ خلية (Cell) في عام ١٦٦٥م ليصف هذه الغرف الصغيرة ، ما شاهده هوك هو جدر الخلايا وليس الخلايا نفسها ، ولكن اللفظ كما هو مستخدم الآن يعني الخلية بكاملها . يمكن أن نستنتج إعجاب وإندهاش هوك بالفحص المجهرى من قوله (عند فحص سن دبوس بالمجهر لا نجده حاداً ولا مستويّاً ولا مستديراً ، بل نرى سطحاً غير مستوي يمكن أن تتجول عليه ٤٠ من العناكب الصغيرة) .

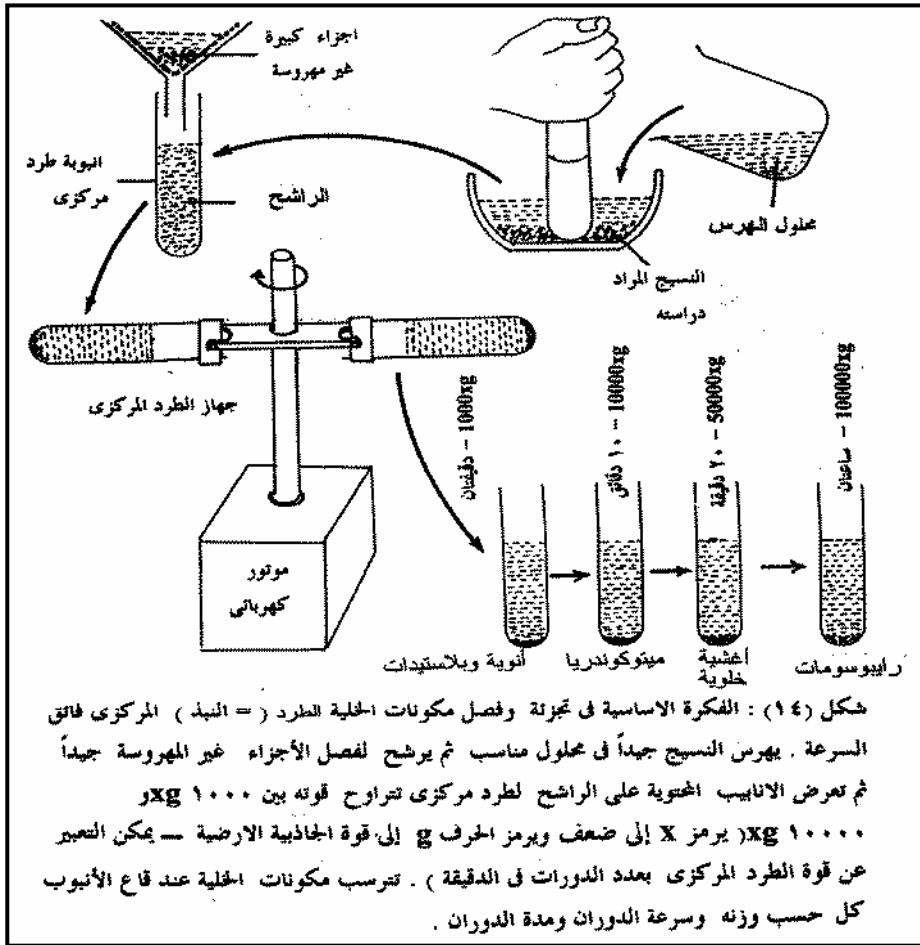
منذ بداية استخدام المجهر المركب لاحظ مستخدموه أن المجهر المركب يكون صورة مكبرة مقلوبة رأساً على عقب ومقلوبة جانبياً . كما يمكن إستقبال الصورة على حائل (شاشة) أو فلم حساس بغرض التصوير . أدخلت تحسينات كثيرة جداً على المجهر المركب لتفادي عيوب الزيغ اللوني ولتسهيل استخدامه وكذلك لاستخدامه لأغراض مختلفة ، ومع هذا فكل أنواع المجاهر المركبة تعمل على أساس نفس الفكرة التي ذكرت آنفاً . من أحدث التحسينات التي أدخلت على المجهر المركب هي ربطه بدائرة كهربية مزودة بجهاز تلفاز لرؤية الكائنات وهي حية أو ميتة مما مكن من تسجيل تفاصيل تركيبها ونشاطها في أشرطة فيديو أو غيرها ، كما ألحقت بالمجهر آلات تصوير لتصوير ما يشاهد من خلال العدسة العينية .

ب. **المجهر الإلكتروني (Electron microscope)** شكل (١٣) :

المجهر الإلكتروني جهاز معقد يستخدم المغناطيسات الكهربائية لتكبير وتبيين الأجسام بدلاً من العدسات الزجاجية كما يستخدم حزماً متوازية من الإلكترونات لإنارة الجسم المراد فحصه بدلاً من ضوء الشمس . توضع كل العدسات المغناطيسية والجسم المراد فحصه في حيز مفرغ من الهواء ، وتستقبل

صورة الجسم المرئي على شاشة وضاءة (كشاشة التلفزيون) أو فلم حساس بغرض التصوير .

ولدت فكرة المجهر الإلكتروني على يد بوش الألماني عام ١٩٢٩م عندما اخترع ما أسماه العدسة الإلكترونية (Electron Lens) فقد لاحظ أن الحزم المتوازية من الإلكترونات يمكن أن تتفرق عند تعريضها لمجال مغناطيسي أو كهربائي بطريقة مشابهة لتفرق الضوء المرئي عند نفاذه عبر عدسة محدبة من الزجاج .



صنع أرنست رسكا وماكس نول مجهرًا إلكترونيًا بدائيًا عام ١٩٣٢م في ألمانيا ، ويرجع الفضل في صناعة مجهر الكتروني يمكن استخدامه عملياً لجيمس هيلر والبرت بريبيس في جامعة تورنتو. بعد الحرب العالمية الثانية عمَّ استخدام المجهر الإلكتروني في المعامل في معظم أنحاء المعمورة .

يستخدم المجهر الإلكتروني في علوم الأحياء وفي الصناعة وكذلك لدراسة التركيب البلوري للمركبات الكيميائية . يرجع الفضل في استخدام المجهر الإلكتروني في دراسة الخلية للعالم البرت كلود الذي اتبع أيضاً تقنية النبذ المركزي التفاضلي (Differential centrifugation) (شكل ١٤) لفصل مكونات الخلية وكذلك إلى جهود كرستيان دي ديف الذي اتبع طريقة التجزئة الكيميائية (Chemical Fractionation) لمكونات الخلية وكذلك لجهود جورج باليد الذي استخدم كل التقنيات المذكورة أعلاه وغيرها في دراسة كيفية تصنيع البروتين بواسطة الخلية (Protein Synthesis) .

يسر استخدام المجهر الضوئي للإنسان إكتشاف عالم الأحياء الدقيقة والخلايا والأنسجة بينما يسر استخدام المجهر الإلكتروني للإنسان إكتشاف التراكيب فائقة الدقة للخلايا والأنسجة .

ملحوظة : التكبير (Magnification) والتبيين (Resolution) مفهومان مختلفان . المقصود بالتكبير النسبة بين حجم الصورة إلى حجم الجسم المرئي . يمكن إحداث التكبير بأي نسبة ولكن ذلك لا يزيد من كمية التفاصيل التي يمكن مشاهدتها بل بالعكس إذا زاد التكبير عن حد مفيد معين فإن الصورة تصبح مشوشة .

المقصود بالتبيين (التحليل) هو مقدرة عدسة أو ميكروسكوب على تكوين صورتين منفصلتين لنقطتين متقاربتين ، وتقاس قدرة التبيين (Resolving power) لعدسة أو مجهر بطول أصغر مسافة بين نقطتين يمكن للعدسة أو المجهر أن يكون لهما صورتان منفصلتان . وكلما كانت القيمة العددية لقدرة التبيين صغيرة كانت العدسة أو المجهر أكثر كفاءة في رؤية التفاصيل .

والجدول (٢) التالي يقارن بين المجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني .

جدول (٢) : مقارنة بين المجهر الضوئي المركب والمجهر الإلكتروني

رقم المقارنة	وجه المقارنة	المجهر المركب	المجهر الإلكتروني
١	التكبير والتبيين	عدسات من الزجاج	مغناطيسات كهربية
٢	إنارة الجسم المراد فحصه	ضوء الشمس أو بديل له	حزم متوازية من الإلكترونات
٣	الحيز داخل المجهر	جو عادي	حيز مفرغ من الهواء
٤	الجسم المراد فحصه	حي أو ميت مع صبغه بصبغات تمتص وتعكس تفاضلياً مكوناته من ألوان الطيف	ميت مع صبغه بصبغات معتمدة للإلكترونات
٥	إستقبال الصورة	على شبكية العين أو على شاشة أو لوح حساس (فلم تصوير)	على شاشة وضاءة أو على لوح حساس بغرض التصوير
٦	أقصى تكبير مفيد	١٥٠٠ ضعف حجم الجسم المرئي	٢٥٠,٠٠٠ ضعف حجم الجسم المرئي
٧	قدرة التبيين*	٠,٠٠٢ مم	٠,٠٠٠٠٠٠٢ مم
٨	كفاءة رؤية التفاصيل	٧٥٠ ضعف كفاءة عين الإنسان	١٠٠٠ ضعف كفاءة المجهر المركب و ٧٥٠,٠٠٠ ضعف كفاءة عين الإنسان

* قدرة التبيين لعين الإنسان ٠,١٥ ملليمتر

٤-٢ نظرية الخلية (Cell Theory) :

لعل أهم ما تمخضت عنه جهود العلماء بداية بمشاهدة روبرت هوك للخلية عام ١٦٦٥م وخلال أكثر من ٣٠٠ عام من البحث العلمي عن الخلايا هو نظرية الخلية . وقد ساهم فيها علماء كثيرون أبرزهم ماثيوس شلايدن وثيودور شفان وروبرت براون ورودلف فيرشو الذين هضموا أبحاث من سبقوهم من العلماء وأضافوا إليها نتائج أبحاثهم وخرجوا بنظرية الخلية . نظرية الخلية مجموعة من العبارات توضح المميزات والخصائص الأساسية للخلايا وتضم البنود الآتية :

١. الخلية هي الوحدة الأساسية للحياة على الأرض . يعني هذا أنه لا يوجد كائن على الأرض يظهر خصائص الحياة إلا إذا كان جسمه مكوناً من خلايا .
٢. كل الكائنات الحية تتكون من خلايا ومنتجات هذه الخلايا . فكل كائن حي على الأرض إما أن يتكون من خلية واحدة أو من مجتمع من العديد من الخلايا كما أن كل المكونات الحية للخلية هي نواتج للنشاط الخلوي .
٣. فيماتدا ما حدث عند ظهور الحياة على الأرض ، فإن كل الخلايا تنشأ من خلايا سابقة لها . بمعنى أن الخلايا تنشأ عن طريق الانقسام الخلوي لخلايا أموية وليس بتجمع أجزاء خلوية أو مركبات كيميائية خلوية . وهذا يعني أيضاً أن نمو وتكاثر أي كائن حي لا بد أن يتضمن نوعاً أو آخر من الانقسام الخلوي .
- اقتترحت الأبحاث الحديثة إضافة بندين آخرين لنظرية الخلية يختصان بخلايا الكائنات الحية عديدة الخلايا وبذلك يكونان أقل تعميماً من البنود الثلاثة آنفة الذكر وهما :
٤. ترتبط أحياناً خلايا الكائنات الحية عديدة الخلايا بما يجعل مجتمع الخلايا يعمل كوحدة واحدة .
٥. يجب أن ترتكز خلايا الكائنات الحية عديدة الخلايا على سطح صلب حتى تنقسم وتتحرك وتتخذ شكلها المميز وحتى تقوم بوظائفها الأساسية . تعتبر نظرية الخلية دعامة أساسية في علم الأحياء ولها نفس أهمية النظرية الذرية بالنسبة لعلم الكيمياء .

٤ - ٣ كيمياء الحياة (The Chemical Nature of Life) :

يتكون جسم الكائن الحي من نفس العناصر التي توجد في الطبيعة .
يشكل الكربون والأكسجين والهيدروجين والنيتروجين حوالي ٦٠-٩٠ ٪
من وزن الخلية الجاف . تحتوي الخلايا على عناصر أخرى تضم الفسفور P
والكبريت S والصوديوم Na والماغنيزيوم Mg والحديد Fe . توجد هذه
العناصر في الخلايا في شكل مركبات كيميائية . تصنف المركبات الكيميائية في
الخلية إلى مركبات غير عضوية ومركبات عضوية .

٤ - ٣ - ١ المركبات غير العضوية :

هي المركبات الكيميائية التي لا تحتوي على سلسلة من ذرات الكربون
المرتبط بعضها ببعض . الماء أهم المركبات غير العضوية في الخلية ويشكل
حوالي ٩٠ ٪ من مكونات بعض الخلايا . تحتوي الخلية على العديد من الأملاح
غير العضوية الذائبة مثل أملاح الصوديوم والماغنيزيوم والكالسيوم
والكلوريدات والفوسفات والنترات والكربونات .

توجد بعض المركبات غير العضوية في الخلايا في حالة صلبة في شكل
بلورات (Crystals) داخل الخلية أو إفرازات صلبة خارج الخلية مثال لذلك
الجير (كربونات الكالسيوم) التي تكون هيكل وأصداف بعض أنواع الحيوانات
الأولية والمحار والقواقع وعظام وأسنان الحيوانات ، كما تتكون هيكل
بعض الحيوانات الأولية وأغلفة الطحالب المسماة دايتومات من مركبات
السيلكون (الزجاج) .

٤ - ٣ - ٢ المركبات العضوية :

هي مركبات كيميائية جزيئاتها أكبر حجماً وأكثر تعقيداً بما لا مثيل له
في الموجودات غير الحية . تكون ذرات الكربون المترابطة ببعضها البعض
الهيكل الأساسي لهذه المركبات ويرتبط الهيكل مع الهيدروجين والأكسجين
والنايتروجين وكذلك الفسفور والكبريت .

توجد المركبات العضوية في المادة الحية كما توجد خارج المادة الحية
كنواتج للنشاط الخلوي . بعض المركبات العضوية توجد في الطبيعة مثال ذلك

زيت البترول وهو بقايا المادة العضوية التي دفنت في باطن الأرض وتعرضت للحرارة والضغط الشديدين ، فزيت البترول هو ناتج غير مباشر للكائنات الحية. تصنف المركبات العضوية التي توجد في الكائنات الحية إلى أربعة أصناف رئيسة من الجزيئات الحيوية الكبيرة (Macrobimolecules) هي:

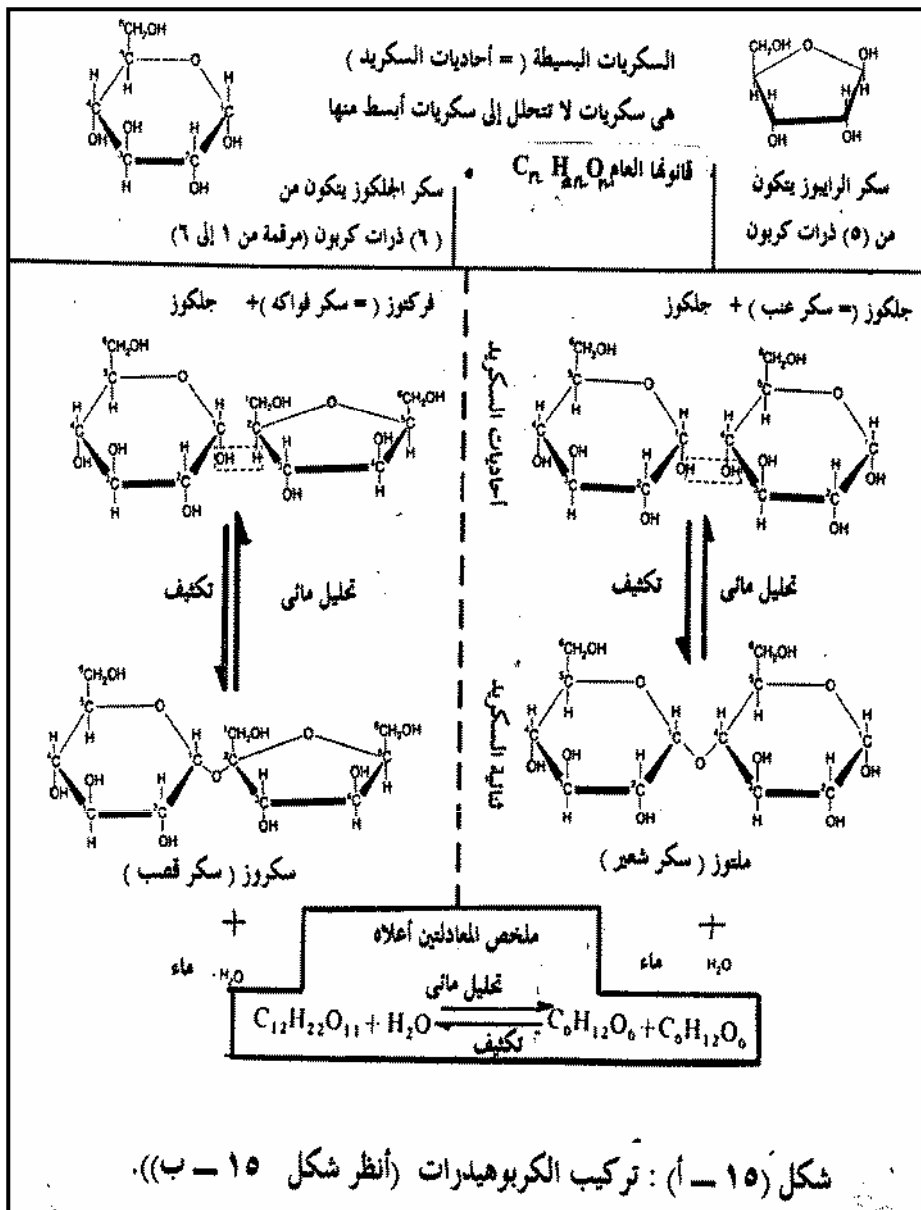
- أ. الكربوهيدرات (Carbohydrates) .
- ب. الليبيدات (Lipids) .
- ج. البروتينات (Proteins) .
- د. الأحماض النووية (Nucleic Acids) .

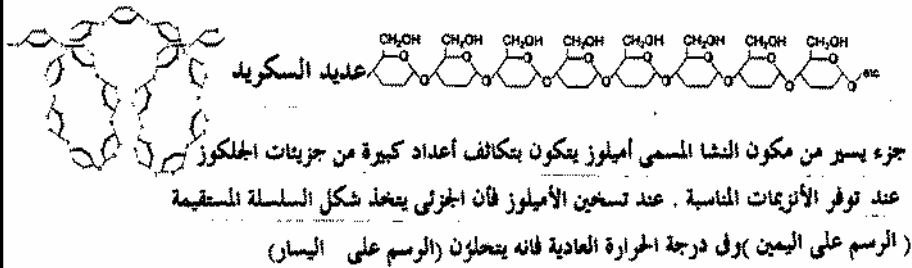
تتركب كل من الجزيئات الحيوية الكبيرة من وحدات بنائية صغيرة كل منها جزئ قائم بذاته يمكن أن يوجد منفرداً أو مرتبطاً بوحدات أخرى بمختلف الاحتمالات ليكون أنواعاً لا حصر لها من الجزيئات الحيوية الكبيرة معقدة التركيب .

إن كلاً من أنواع الجزيئات الكبيرة يمكن أن يتفكك داخل جسم الكائن الحي إلى وحداته البنائية بعملية التحليل المائي (Hydrolysis) كما يمكن للوحدات البنائية أن تتجمع بمختلف الاحتمالات لتكون الجزيئات الحيوية الكبيرة بعملية التكاثف (Condensation) .

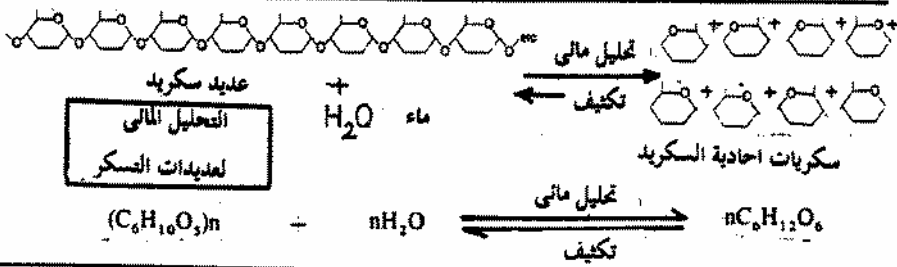
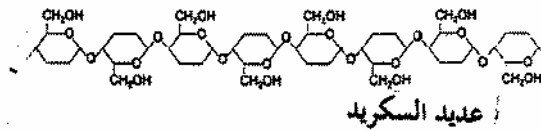
أ. الكربوهيدرات (Carbohydrates) :

تتركب الكربوهيدرات من O_2 , H_2 , C وتكون نسبة H_2 إلى O_2 فيها كنسبة وجودهما في الماء وقانونهما الكيميائي العام $C_x(H_2O)_y$. انظر الشكلين (١٥ - أ) و (١٥ - ب) .





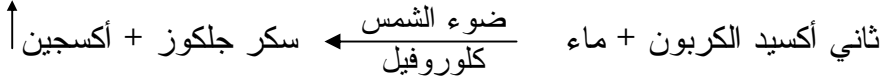
جزء يسير من جزئي السليلوز
لاحظ اختلاف طريقة ارتباط
جزيئات الجلوكوز عند النشا



شكل (١٥ - ب): تركيب الكربوهيدرات : تتركب الكربوهيدرات من الكربون والهيدروجين والاكسجين ونسبة وجود الهيدروجين إلى الاكسجين في الجزئى ١ : ٢ (أى كنسبة وجودها في الماء) . السكريات البسيطة مثل الرايوز والجلوكوز والفركتوز لا تتحلل انزيمياً إلى سكريات ابسط منها ، بينما ثنائية السكريد (مثل السكروز والملتوز) وعديدات السكريد (مثل النشا والجليكوجين والسيلوز) فانها تتحلل إلى سكريات بسيطة بفعل الانزيمات أو عند تسخينها في وسط حمضى (أنظر الشكل ١٥ - أ) .

الخلايا النباتية الخضراء هي المنتج الأساسي للكربوهيدرات بعملية البناء

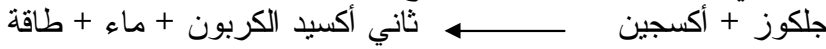
الضوئي (Photosynthesis) التي يمكن تلخيصها بالمعادلة الآتية :



يمكن للنبات أن يصنع من سكر الجلوكوز مختلف الكربوهيدرات وكذلك المواد العضوية الأخرى . تتلخص أهمية الكربوهيدرات فيما يلي :

١. تشكل مادة تخزينية هامة ؛ مثال ذلك النشا في البطاطس وفي حبوب وبذور النباتات والجليكوجين في كبد وعضلات الحيوانات .

٢. الكربوهيدرات - بخاصة سكر الجلوكوز - مادة أساسية للحصول على الطاقة في النبات والحيوان كما يتضح من معادلة التنفس :



٣. السليلوز (Cellulose) أهم الكربوهيدرات النباتية في النبات إذ يكون الجدار الخلوي للخلايا النباتية ويوفر بصلابته الحماية والدعامة الميكانيكية للنبات ويعطي الخلية النباتية والنبات شكلهما . ألياف القطن أحد صور السليلوز النقي .

٤. الكايتين (Chitin) من الكربوهيدرات التي تحوي وحداتها البنائية عنصر النتروجين وتتميز جزيئاتها بأنها ليفية طويلة . يكون الكايتين مواد دعامية قوية مقاومة للكيمائيات توجد في الهيكل الخارجي للحشرات وكذلك تكون جدر خلايا الفطريات .

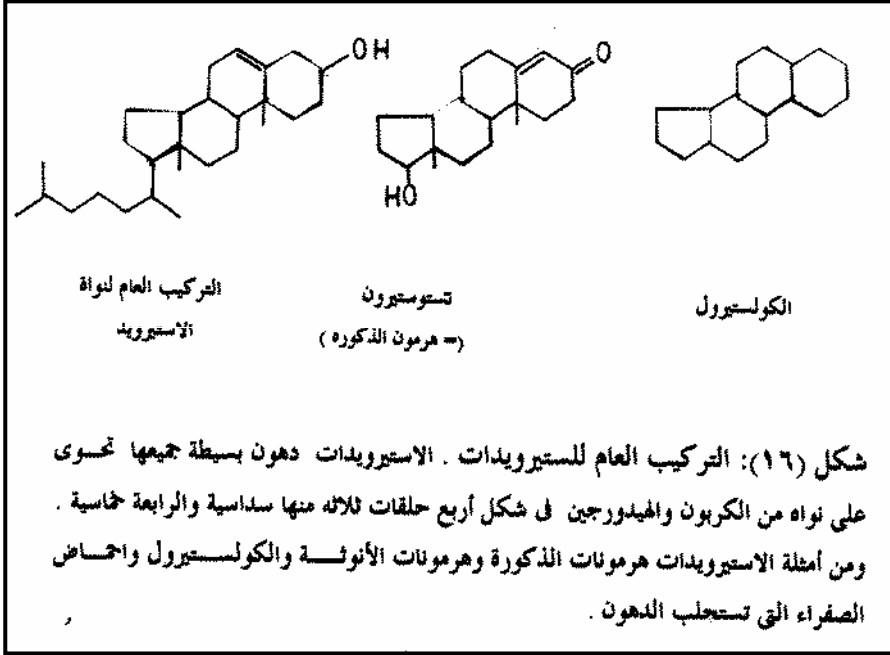
ب. الليبيدات (الدهون) (Lipids) :

الليبيدات مجموعة غير متجانسة من المركبات العضوية لا تذوب في الماء وتذوب في المذيبات العضوية مثل البنزين والكلوروفورم والإيثر والكحول الساخن .

تصنف الليبيدات إلى مجموعتين رئيسيتين :

I. الليبيدات البسيطة (Simple Lipids) وهي مركبات يتكون هيكلها الأساسي من ١٧ ذرة كربون تصنع أربع حلقات ، ثلاث منها سداسية والرابعة خماسية (شكل ١٦) وتشمل المركبات المسماة الاستيرويدات وتضم أحماض الصفراء التي تساعد في هضم الدهون وهرمونات الجنس

التي تعين الخصي والمبايض في أداء وظيفتهما . وتظهر الصفات الجنسية الثانوية في الذكور والإناث وكذلك فيتامين D الهام لتكوين العظام كما تضم الكوليسترول وهو مركب له أهميته في تكوين أغشية الخلايا .

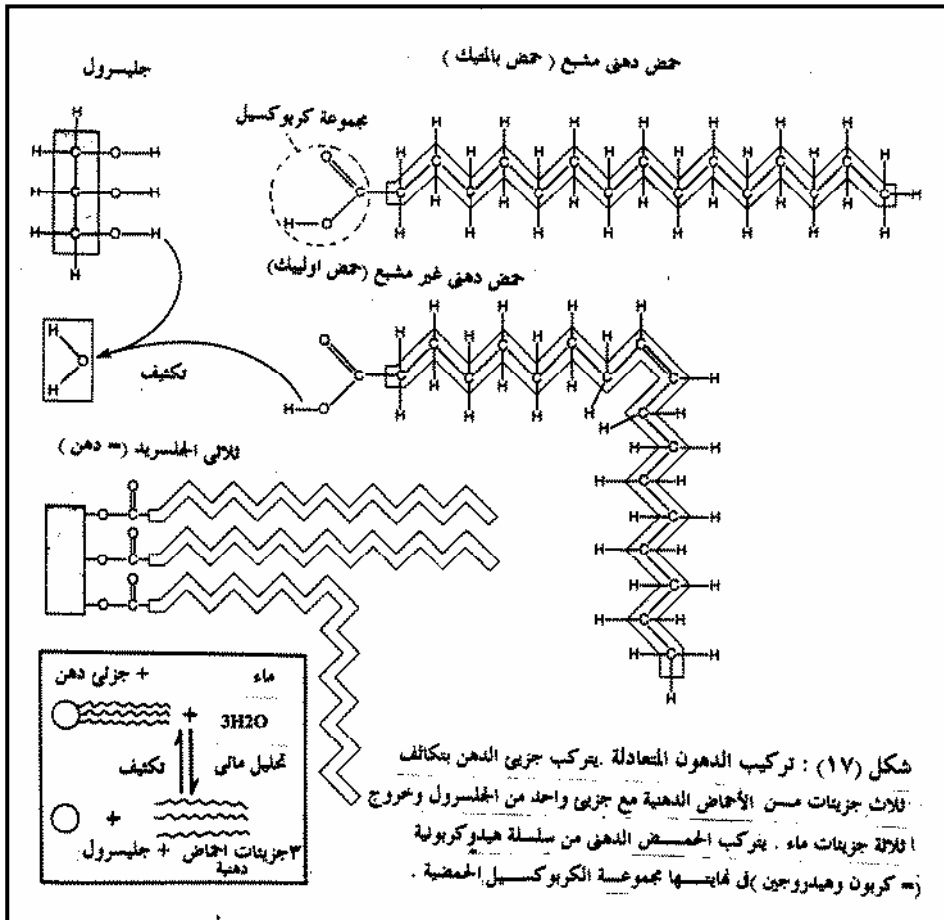


II. الليبيدات المعقدة (Compound Lipids) : وهي مركبات تتكون بارتباط الأحماض الدهنية والكحولات وتشمل الشحوم (Fats) والزيوت (Oils) والدهون الفسفورية والشموع .

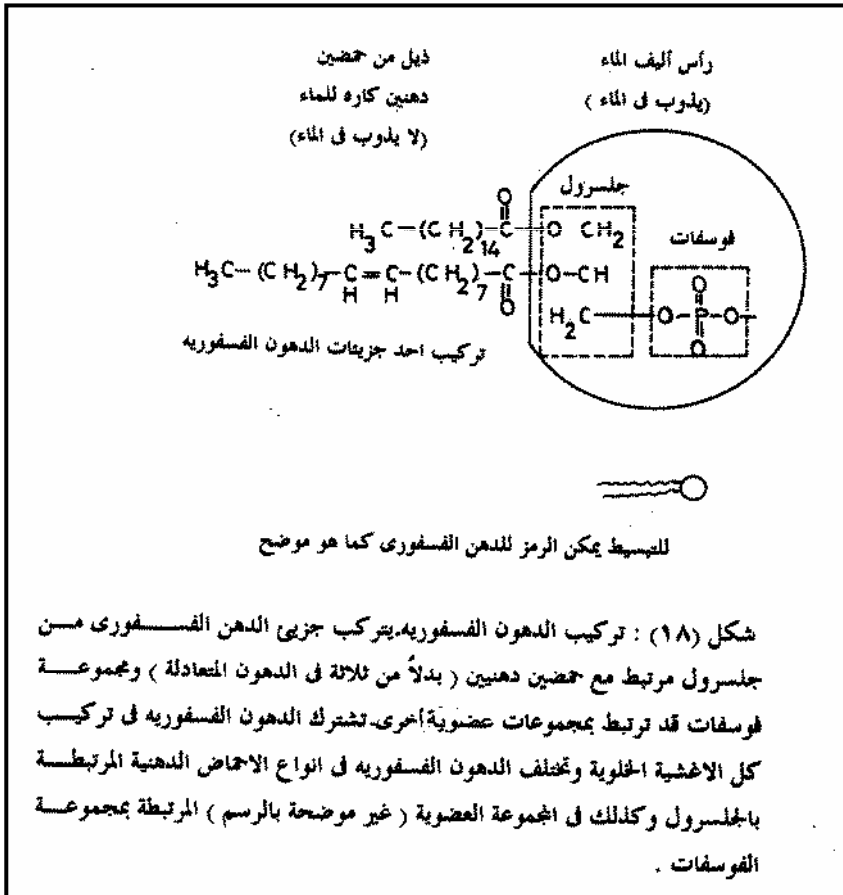
- الشحوم والزيوت : تستخرج من النبات والحيوان وتكون جزءاً من طعامنا . تتكون باتحاد الأحماض الدهنية مع الجلسرول (الجلسرين) (Glycerol) .
- الجلسرول كحول يتكون من ثلاث ذرات كربون ترتبط بالأكسجين والهيدروجين .

- الأحماض الدهنية (Fatty Acids) مركبات يتكون كل منها من عدد من ذرات الكربون المتصلة بزمرة (مجموعة حمضية) تسمى زمرة الكربوكسيل (- COOH) .

ليتكون الشحم أو الزيت ترتبط ثلاثة أحماض دهنية مع الجليسرول لذلك تسمى هذه المركبات ثلاثي الجليريد (Triglyceroides) ويشار لها بالشكل (١٧) .



- الدهون الفوسفورية (Phospholipids) وهي مركبات تتركب من اتحاد حمضين دهنيين ومجموعة فوسفات (PO_4) بالجلسرول ؛ أي أنها تشابه ثلاثي الجلسريد إلا أن مجموعة فوسفات تحل محل أحد الأحماض الدهنية . شكل (١٨) . الجزء من الدهون المحتوي على الجلسرول ومجموعة الفوسفات محب للماء (قابل للذوبان في الماء) أما الجزء المحتوي على الأحماض الدهنية فهو كاره للماء (غير قابل للذوبان في الماء) .



وعلى سطح الماء تذوب وتتغمس الرؤوس المحبة للماء في الماء بينما ترتفع بعيداً عن الماء الذيل الكارهة للماء ، إذا وجدت الدهون الفسفورية بين وسطين من الماء تكون غشاءً يتركب من صفين من الدهون الفوسفورية سمك كل منهما جزئ واحد ذيولها متقابلة ورؤوسها متباعدة وكل منها مغموس في الماء (شكل ١٩) . يمكن لمثل هذا الغشاء المزدوج من الدهون الفسفورية أن يحيط بقطرة ماء ، وهذا هو الحال في الخلايا حيث تحاط الخلايا بغشاء مكون من طبقتين من الدهون يفصل الساييتوبلازم (وهو من الماء) من البيئة خارج الخلية (وهى أيضاً محلول مائي) .

(أ)

(ب)

(ج)

شكل (١٩): انتظام الدهون الفسفورية عند تلامسها مع الماء. الرؤوس تذوب في الماء بينما الزيول تبعد عن الماء .

(أ) على سطح الماء تكون الدهون الفسفورية غشاء سمكه جزئ واحد منها حيث تنتصب الزيول إلى أعلى .

(ب) داخل الماء يمكن أن يتكون غشاء من الدهون الفسفورية سمكه جزئين حيث تتقابل الزيول وتحتجز فراغاً غير محتوي على الماء .

(ج) داخل الماء يمكن أن تحيط الدهون الفسفورية بقطره من الماء مكونه غشاء سمكه (ج) جزئين وهذه حالة تماثل تماماً الغشاء الذي يحيط بالخلية

• الشموع (Waxes) :

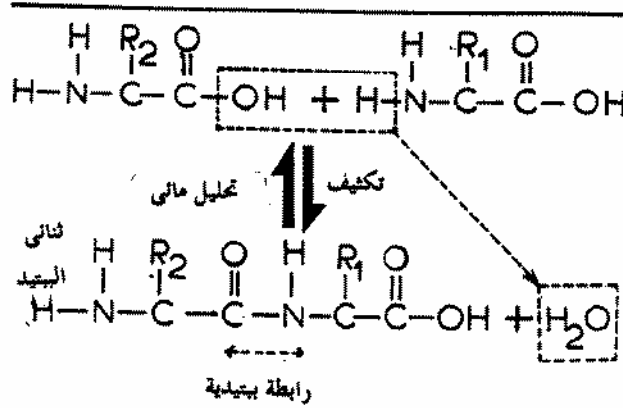
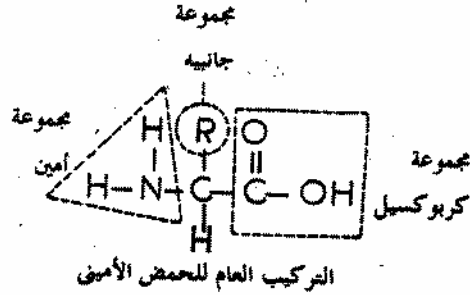
مركبات ذات وزن جزيئي كبير تتركب باتحاد أحماض دهنية مع كحولات ذات سلاسل طويلة من الكربون ، وهي مركبات لا تذوب في الماء وغير منفذة للماء وتقاوم الكثير من الكيمياويات . تكون الشموع طبقة واقية على أوراق الأشجار وسيقانها وكذلك بعض الثمار والبذور وعلى فراء الحيوانات كما تغطي الهيكل الخارجي للحشرات ، وكثير منها معروف لديك مثل شمع الإنارة وطلاء الأحذية .

وظيفة اللبيدات في الخلية :

١. توظف اللبيدات للإمداد بالطاقة وهي في ذلك أغنى بالطاقة من الكربوهيدرات .
٢. تشكل اللبيدات مركبات تخزينية هامة في النبات والحيوان مثال لذلك الزيوت في بذور النباتات والدهون التي تترسب تحت جلد الحيوانات ، خاصة حيوانات المناطق الباردة مثل الدب القطبي والفقمة والحيثان وطائر البطريق وفي هذه الحيوانات تعمل أيضاً كعازل حراري يمنع تسرب حرارة الجسم كما تعمل كعازل للصدمات .
٣. اللبيدات المفسفرة هي المكونات الأساسية للأغشية الخلوية .

ج. البروتينات (Proteins) :

البروتينات جزيئات حيوية كبيرة تتركب من C و H_2 و O_2 و N_2 وفي كثير من الأحيان S وتتكون من وحدات بنائية أصغر منها هي الأحماض الأمينية (Amino Acids). يتركب كل حامض أميني من زمرة (مجموعة) حامضية ($COOH$ -) وزمرة أمينية (تحتوي على النتروجين والهيدروجين NH_2 -) وسلسلة جانبية لمجموعة كيميائية يرمز لها تعميماً بالحرف R ترتبط جميعها بذرة كربون (شكل ٢٠) . تختلف الأحماض الأمينية باختلاف تركيب السلسلة الجانبية للمجموعة الكيميائية المشار لها بالحرف R وهي عبارة عن هيكل من ذرات الكربون قد يكون على شكل سلسلة أو حلقة .

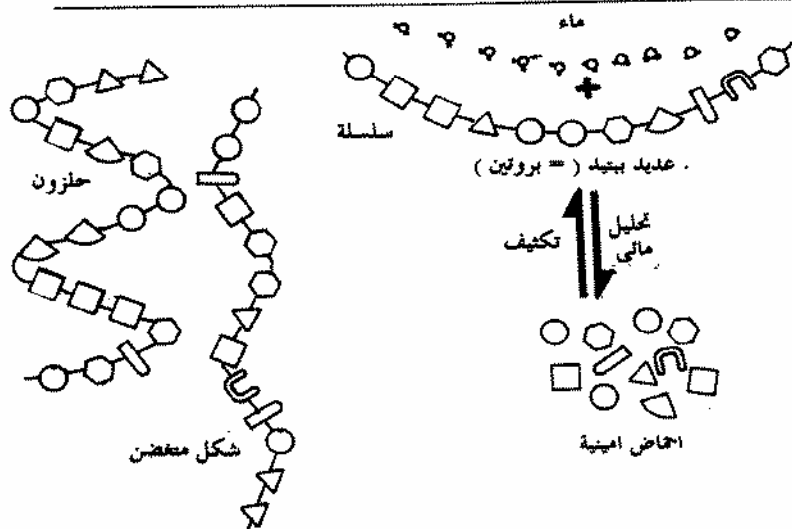
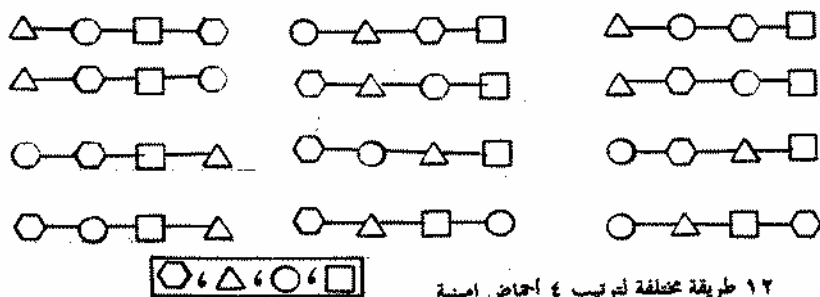


تكوين الرابطة الببتيدية بتكتيف الاحماض
الامينية ولصمها بعملية التحليل المائي

الشكل (٢٠): التركيب العام للاحماض الامينية وارتباطها بالروابط الببتيدية . الحمض الاميني مركب عضوي تحمل احد ذرات الكربون فيه مجموعة الكربوكسيل الحمضية ومجموعة الامين القاعدية ومجموعة جانبية (R) والتي قد تكون بسيطة مثل (H) في حمض فالايسين أو (CH3) في حمض الالانين وقد تكون اكثر تعقيداً من ذلك بكثير . ويحدد تركيب المجموعة (R) خواص الحمض الاميني . عند ارتباط حمضين امينيين (أو اكثر) تتكون رابطة ببتيدية تربط مجموعة الكربوكسيل (COOH) لاحدهما مع مجموعة الامين NH2 للآخر ويتحرر جزيء ماء من ارتباط كل حمضين امينيين .

تتكون كل البروتينات من حوالي عشرين نوعاً مختلفاً من الأحماض الأمينية ، تستطيع الكائنات ذاتية التغذية أن تصنعها جميعها ، أما الكائنات غير ذاتية التغذية فلا بُدَّ أن تحصل على بعض منها ضمن غذائها . وتسمى الأحماض الأمينية الضرورية (Essential Amino Acids) ومنها تستطيع أن تصنع باقي الأحماض الأمينية وتسمى الأخيرة بالأحماض الأمينية غير الضرورية (Non Essential Amino Acids) . ترتبط الأحماض الأمينية ببعضها كيميائياً في تتابع متنوع من حيث أعدادها وتوالي أنواعها لتكون أنواعاً لا حصر لها من البروتينات. (شكل ٢١) .

(*) الأشكال الهندسية تمثل الأحماض الأمينية والخطوط الواصلة بينها تمثل روابط ببتيدية



الشكل (٢١): تركيب البروتينات . يتركب البروتين بارتباط أى عدد من الأحماض الأمينية بروابط ببتيدية بمختلف التتابعات الممكنة . تتكون جميع أنواع البروتينات في جميع الأحياء مسن عشرين حمضاً أمينياً ترتبط لتكون أعداد لا نهائية من أنواع البروتينات . يتخذ جزيء البروتين أشكالاً عديدة فقد ترتب الأحماض الأمينية في شكل سلسلة بسببية أو حلزون أو يتخذ الجزيء شكل لوح الزنك المتفصل أو أن يكون الجزيء كثير التجمع وتتحدد خواص البروتين بعدد الأحماض الأمينية به وأنواعها وتتابعها وكذلك بشكل جزيء البروتين ذو الثلاث أبعاد (أى شكله الجسم) .

لتقريب الفهم يمكنك أن تفترض أن أي من الأحماض الأمينية العشرين يقابل حرفاً هجائياً مختلفاً للغة ما ذات عشرين حرفاً هجائياً . يمكنك أن تتصور أعداد الكلمات التي يمكنك كتابتها بهذه الحروف وكل كلمة عبارة عن بروتين ، ويكون كل كائن حي عبارة عن كتاب من البروتينات .

الخلاصة :

البروتينات أكثر الجزيئات الكبيرة عدداً وتنوعاً في خلايا الكائنات الحية وتشكل ما يزيد على نصف الوزن الجاف لمعظم الكائنات الحية .
تصنف البروتينات بصفة عامة إلى بروتينات كروية (Globular Proteins) قابلة للذوبان في الماء وبروتينات ليفية (Fibrous Proteins) غير قابلة للذوبان في الماء .

١. البروتينات الكروية (Globular Proteins) :

تترتب الأحماض الأمينية في البروتينات الكروية على شكل كرة من شبكة متعرجة السطح يمكن تشبيهها بالتقريب بشكل ورقة عجنّت بكفة اليد .
تشمل البروتينات الكروية الإنزيمات (Enzymes) التي تتحكم في سير العمليات الاستقلابية بجسم الكائن الحي ، كما تشمل الأجسام المضادة (Antibodies) التي ترتبط بالأجسام الغريبة التي تدخل الجسم وتسبب الأمراض فتلغي تأثيرها ، كما تشمل الهيموجلوبين (Haemoglobin) وهو المركب الناقل للأكسجين في الحيوانات الفقارية كما تشمل الكازين (Caesin) وهو بروتين الحليب والألبومين (Albomin) وهو بروتين بياض البيض وكذلك بعض الهرمونات مثل هرمون الإنسولين (Insulin) الذي ينظم السكر في الدم وهرمون النمو الذي ينظم نمو الجسم وهرمون البرولاكتين (Prolactin) الذي يعمل على إدرار اللبن في الثدييات .

٢. البروتينات الليفية (Fibrous Proteins) :

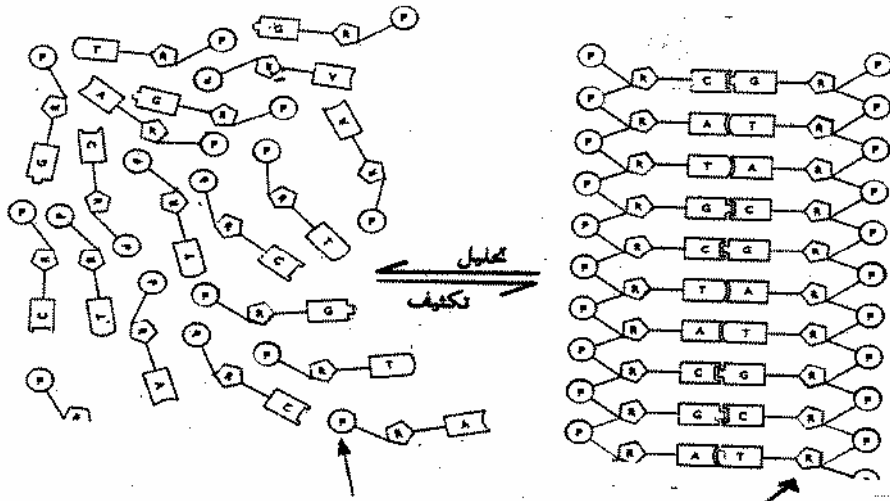
تترتب الأحماض الأمينية في البروتينات الليفية في شكل لولب بشكل الحلزون أو لتكون صفائح متعضنة (متعرجة تشابه في شكلها شكل لوح الزنك). توفر البروتينات الليفية المتانة والمرونة .

من أمثلة البروتينات الليفية الكيراتين (Keratin) المكون للشعر وقرون الحيوانات الثدية والكولاجين (Collagen) الذي يوجد في الكثير من أنسجة الجسم ليكون أليافاً قوية غير مطاطة تعرف بالأوتاد التي تربط العضلات بالهيكل العظمي . يكون الكولاجين ٣٠ ٪ من الوزن الكلي للبروتين في أجسام الحيوانات الثدية .

تشمل البروتينات الليفية أيضاً بروتينات العضلات : الأكتين (Actin) والمايوسين (Myosin) وهي بروتينات انقباضية تسبب الحركة . كذلك تشمل الفبرين (Fibrin) وهو البروتين الذي يكون الألياف التي تتكون عند تجلط الدم لوقف الجروح ومنع النزف الدموي .

د. الأحماض النووية (Nucleic Acids) :

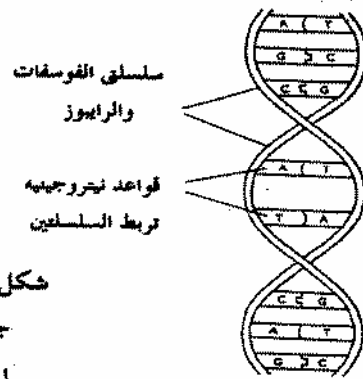
الأحماض النووية مصطلح شائع الإستعمال ويقصد به كل من الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين (Deoxy Ribo Nucleic Acid) (DNA) والحمض النووي الرايبوزي (Ribo Nucleic Acid) (RNA) . سميت هذه الأحماض بالنووية للخلفية التاريخية لاكتشافها في أنوية الخلايا وتركيزها فيها . يتركب كل من الحمضين النوويين (DNA) و (RNA) من أربعة أنواع من الوحدات البنائية الجزيئية الصغيرة المسماة بالنيوكليوتيدات (Nucleotides) شكل (٢٢) .



النوكليوتيدات وهي الوحدات البنائية للأحماض النووية . تتكون كل نوكليوتيدة من مجموعة فسفات P وسكر رايبوز R وقاعدة نيتروجينية قد تكون A أو T أو C أو G

الحمض النووي الرايبوزي ناقص الأكسجين (= DNA = المادة الوراثية) ويتكون من سلسلتين متكاملتين متوازيتين من عديد الببتيد . في هذا الرسم المبسط يحاكي شكل الجزئ شكل السلم له قائمتين من السكر والفسفات ودرجات من القواعد النيتروجينية لاحظ أن ارتباط A مع T وارتباط C مع G ارتباط قهري

شكل (٢٢ - أ): تركيب الحمض النووي الرايبوزي ناقص الأكسجين (DNA) .

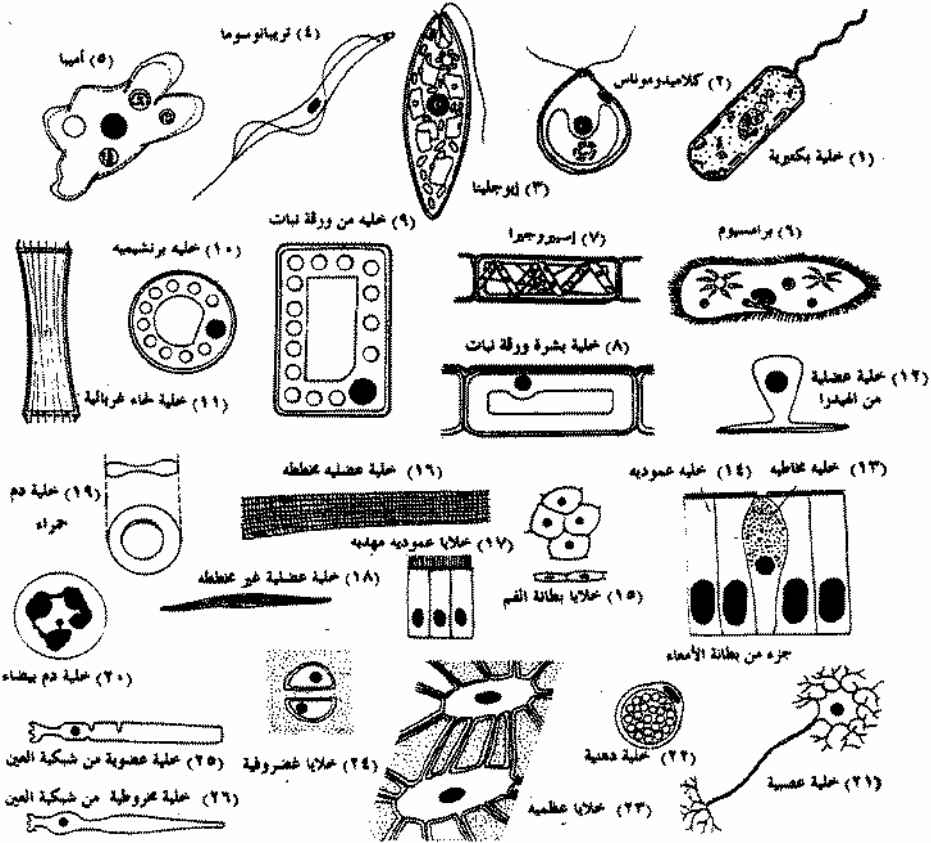


شكل (٢٢ - ب): شكل تخطيطي مبسط يوضح أن جزئ DNA في الحقيقة على شكل سلم مبروم لذلك يوصف بأنه حلزون أو ضفيرة مزدوجة .

ترتبط النيوكليوتيدات ببعضها كيميائياً في تتابع لا حصر له من حيث أعدادها وتتابعها لتكون أنواعاً لا حصر لها من الحمض النووي (DNA) و (RNA) . وظيفة الأحماض النووية هي حمل المعلومات الوراثية والتحكم بصورة غير مباشرة في نشاط الخلية .
عند دراستنا لنواة الخلية سنتعرض بتفصيل أكثر لتركيب الأحماض النووية وآلية عملها .

٤ - ٤ أنواع الخلايا Cell Types :

عرفت فيما تقدّم من دراستك للخلية أنّ الخلايا تختلف في أشكالها وأحجامها باختلاف وظائفها وباختلاف النسيج الذي تكونه شكل (٢٣) .



شكل (٢٣) : أشكال الخلايا : هناك آلاف من أنواع الخلايا وما هو مرسوم اعلاه بعض منها . تشترك الخلايا في أن لكل منها مادة نووية وسيتوبلازم وغشاء بلازمي حولها من الرسم هل تستطيع تمييز الخلايا بدائية النواة وحقيقية النواة؟ وهل تستطيع أن تعرف على الخلايا ذاتية التغذية والخلايا غير ذاتية التغذية؟

التنوع الكبير في أشكال وأحجام الخلايا حفز علماء الأحياء على تصنيف الخلايا وفقاً لفروقات أساسية بينها كما يلي :

٤ - ٤ - ١ : تصنيف الخلايا وفقاً للتركيب والنشأة

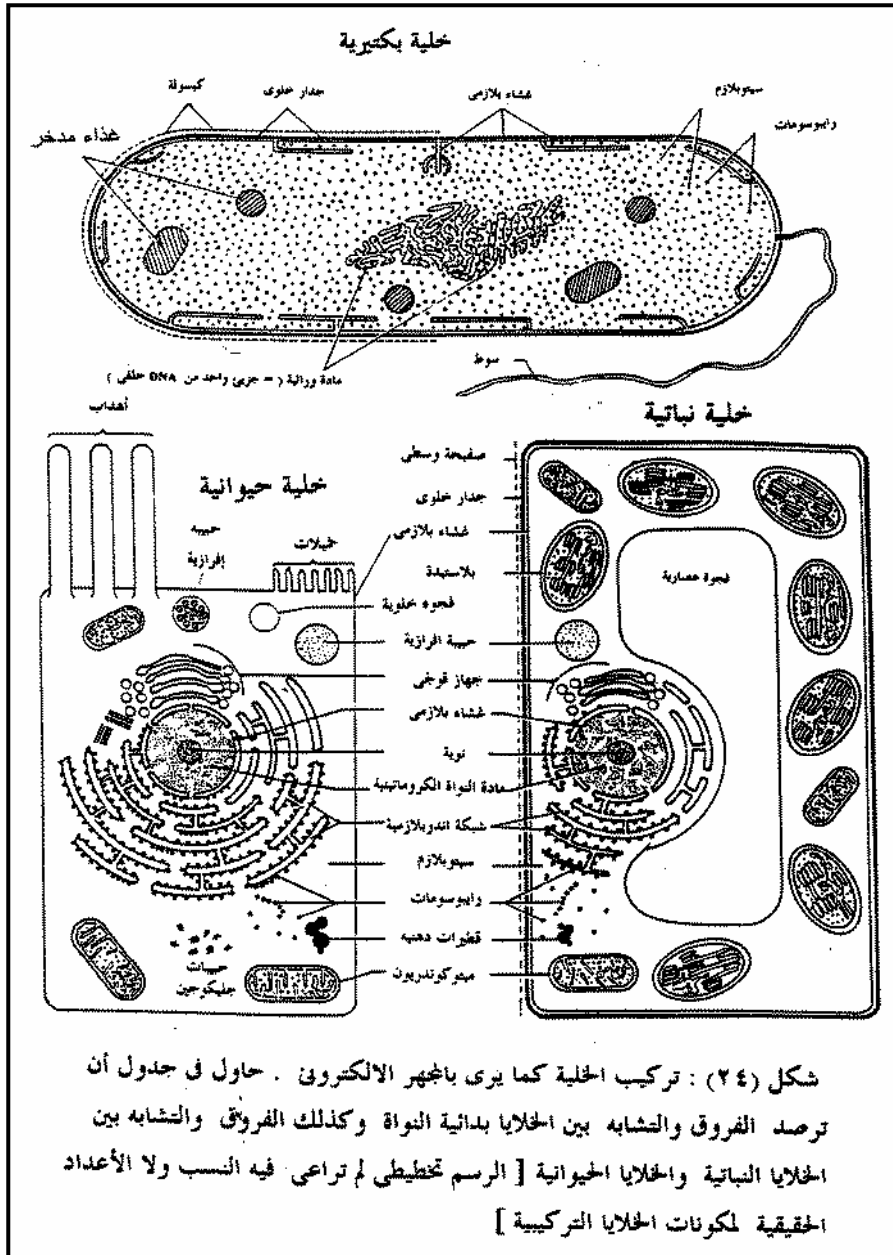
تصنف الخلايا وفقاً للتركيب والنشأة إلى :

(أ) خلايا ما قبل النواة (Prokaryotic cells) (بدائية الأنوية)

(ب) خلايا حقيقية الأنوية (Eukaryotic cells)

(أ) خلايا ما قبل النواة (بدائية الأنوية) (Prokaryotic) :

تتكون المادة الوراثية لخلايا ما قبل النواة من جزيء واحد من (DNA) في شكل جديلة حلقية مزدوجة لا يحيط بها غلاف نووي وعليه لا توجد فيها نواة حقيقية تماثل أنوية الخلايا الأخرى ومن هنا نشأ الاسم خلايا ما قبل النواة .
تفتقر خلايا ما قبل النواة للعضيات الخلوية المحاطة بغشاء بلازمي (Plasma membrane) كالمايتوكوندريا والبلاستيدات والفجوات الخلوية والشبكة الإندوبلازمية . تختلف خلايا ما قبل النواة في الكثير من التفاصيل عن خلايا حقيقية الأنوية (شكل ٢٤) .



(ب) خلايا حقيقية الأنوية (Eukaryotic cells) :
تتميز خلايا حقيقية الأنوية بأن مادتها الوراثية مكونة من عدة جزيئات من (DNA) منفصلة وكل جزيء مرتبط بنوع معين من البروتين ليشكل خيطاً غير حلقي يسمى الكروموسوم (Chromosome) وكل الكروموسومات محاطة بغلاف نووي .

تحتوي خلايا حقيقية الأنوية على العديد من العضيات المحاطة بغشاء خلوي بالإضافة لوجود الشبكة الإندوبلازمية . إنّ خلايا جميع الكائنات الحية عدا البكتيريا والسيانوبكتيريا من نوع حقيقية الأنوية . تحتوي معظم خلايا حقيقية الأنوية على نواة واحدة . بعض حقيقية الأنوية خلاياها عديدة الأنوية مثال بعض الفطريات وبعض خلايا الهديبات (مثل البرامسيوم) وخلايا العضلات الإرادية . تفقد بعض خلايا حقيقية الأنوية نواتها عندما يكتمل نموها مثال ذلك خلايا اللحاء في النباتات الزهرية وخلايا الدم الحمراء في الثدييات (شكل ٢٣) .

٤ - ٤ - ٢ تصنيف الخلايا حسب طريقة حصولها على الطاقة :

(أ) الخلايا ذاتية التغذية (Autotrophic cells) :
هي الخلايا التي تمتلك المقدرة على تصنيع كل ما تحتاجه من الغذاء العضوى من مواد أولية غير عضوية مثل الماء وثنائي أكسيد الكربون والأملاح في وجود الصبغة الخضراء اليخضور (الكلوروفيل) (Chlorophyll) مثال ذلك خلايا النباتات الخضراء والطحالب . تختلف الكائنات ذاتية التغذية في مصدر حصولها على الطاقة والهيدروجين . بعض أنواع البكتيريا ذاتية التغذية تحصل على الطاقة بأكسدة بعض المواد غير العضوية بينما تحصل النباتات الخضراء وكل الطحالب على الطاقة من ضوء الشمس . تحصل البكتيريا ذاتية التغذية على الهيدروجين من H_2S بينما تحصل بعض أنواع البكتيريا والنباتات الخضراء والطحالب على الهيدروجين من تحليل الماء .

(ب) الخلايا غير ذاتية التغذية (Hetrotrophic cells) :
تحصل خلايا الكائنات غير ذاتية التغذية على الطاقة بأكسدة المواد التي تحصل عليها بالتغذية على خلايا أخرى ذاتية التغذية أو غير ذاتية التغذية .
مثال لذلك الحيوانات آكلة اللحوم تتغذى على الحيوانات العشبية التي تتغذى بدورها على النباتات (كائنات ذاتية التغذية) أو على حيوانات لاحمة أخرى .
معظم أنواع البكتيريا والفطريات تحصل على الطاقة بتحليل المواد العضوية للنباتات والحيوانات الميتة وامتصاص عصارتها . في كل الأحوال تتوافر للكائنات (الخلايا) غير ذاتية التغذية الوحدات البنائية الصغيرة التي تعيد تشكيلها لبناء أجسامها والتي تؤكد جزءاً منها للحصول على الطاقة . لذلك فالكائنات غير ذاتية التغذية أما أن تكون آكلة عشب أو مفترسة أو متطفلة أو مترمة على بقايا الكائنات الميتة .

٤ - ٥ مستويات التنظيم الخلوي (Levels of cell organization) :
علمت في سابق دراستك أن بعض الكائنات الحية تتكون من خلية واحدة وتعرف بالكائنات أحادية الخلية (Unicellular Organism) . أنواع أخرى من الكائنات الحية عديدة الخلايا (Multicellular Organism) . عندما يصل الكائن عديد الخلايا إلى مرحلة النضج تخصص معظم خلاياه وتتمايز في الشكل الخارجي والتركيب الداخلي والوظيفة . هذه التغييرات تميل للثبات بحيث لا يتغير التخصص إلى تخصص آخر ، وتؤسس العلاقات بين خلايا الكائن الحي على مستويات متعددة من التنظيم الهرمي الذي يشكل كل مستوى منها القاعدة للمستوى الأعلى الذي يليه والذي يضمن كفاءة لأداء الكائن الحي لوظائفه الحيوية .

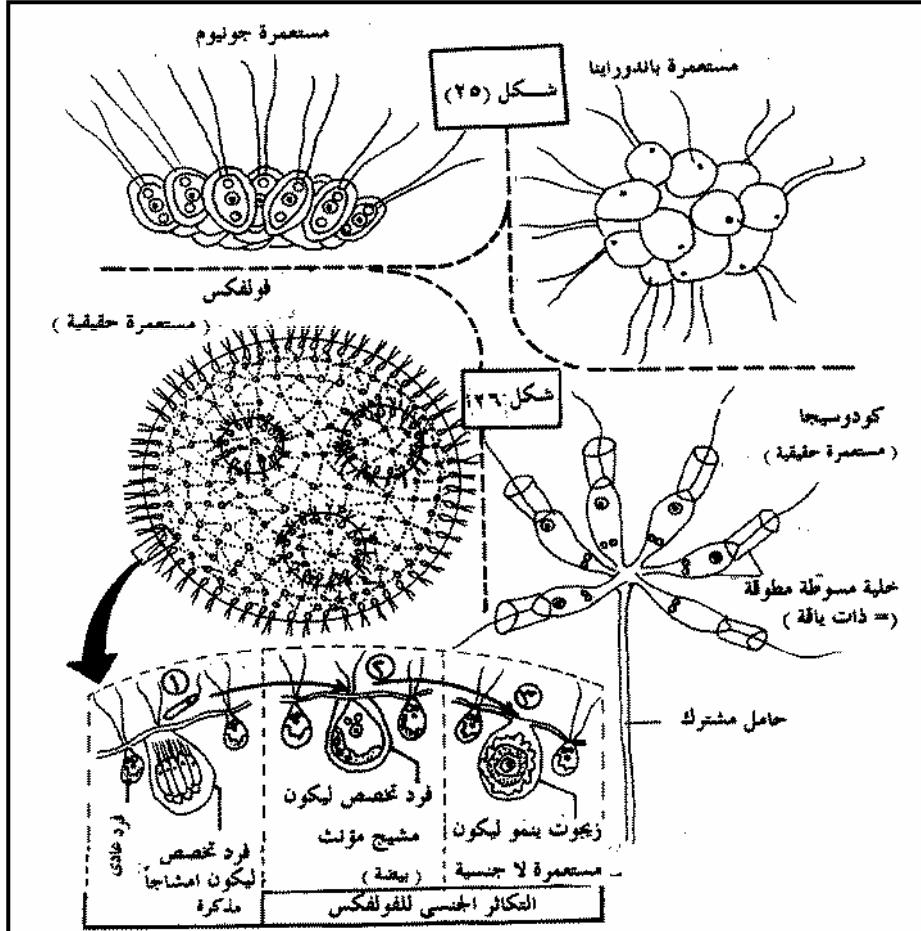
مستويات التنظيم الخلوي التي يمكن التعرف عليها هي :
٤ - ٥ - ١ أحادية الخلية (Unicellularity) (شكل (٢٣)) :
الخلية المكونة لجسم الكائن الحي أحادي الخلية هي أدنى مستويات التنظيم الخلوي حيث تشكل الخلية أصغر وحدة تركيبية ووظيفية مستقلة . مثال لذلك البارامسيوم والبكتيريا والكلاميدوموناس .

٤ - ٥ - ٢ المستعمرة الخلوية (Cellular Colony) :

تتكون المستعمرة الخلوية من أعداد قليلة من الخلايا (٤ ، ٦ ، ٨ ، ١٦ ، ٣٢ - ٦٤) التي تتشابه في التركيب والوظيفة (شكل ٢٥) . ترتبط خلايا المستعمرة ببعضها بوجودها في غلاف جيلاتيني واحد تفرزه الخلايا . كل خلية من خلايا المستعمرة مستقلة تماماً عن بقية خلايا المستعمرة ، أي أنه لا يوجد تخصص . وكل خلية من خلايا المستعمرة تؤدي كل وظائفها الحيوية دون الاعتماد على الخلايا الأخرى . يمكن للخلية في المستعمرة الخلوية أن تتفصل عن المستعمرة وتكون مستعمرة جديدة (شكل ٢٥) مثال لذلك طحلب الباندورانيا .

٤ - ٥ - ٣ المستعمرة (الحقيقية) (Colony) :

يشابه التركيب العام للمستعمرة التركيب العام للمستعمرة الخلوية ويتميز عنها بوجود بعض أشكال التخصص الخلوي وفقد الخلايا لبعض استقلاليتها . تؤدي بعض الخلايا وظيفة التكاثر بينما تؤدي معظم الخلايا الأخرى وظيفة التغذية مثال لذلك طحلي الفولفوكس والبليودورانيا (شكل ٢٦) . يعتبر كثير من علماء الأحياء أن كل أنواع المستعمرات تقع ضمن مستوى التنظيم الخلوي : أحادية الخلية ذلك لعدم مقدرتها على تكوين الأنسجة (Tissues) .



المستعمرات الخلوية :

شكل (٢٥) : المستعمرة البسيطة : وهي مجموعة من بضع خلايا متلاصقة كل منها يعيش لنفسه ولا يوجد تقسيم للعمل بينها .

شكل (٢٦) : المستعمرة الحقيقية : وهي مجموعة من بضع خلايا كما في كودوسيجيا مرتبطة بسيتوبلازم مشترك أو من عدة مئات من الخلايا كما في الفلوفكس كل يعيش لنفسه ولكن يبدأ تقسيم العمل بين الأفراد بصورة بدائية فبعضها يكون مستعمرات بطريقة لا جنسية وبعض الأفراد تخصص ليكون أمشاجاً مذكرة أو تخصص ليكون أمشاجاً مؤنثة . وجميع الأفراد والمستعمرات النوية توجد مغموسة في كتلة كروية من مادة هلامية (= جيلاتينية) .

٤ - ٥ - ٤ : النسيج (Tissue) :

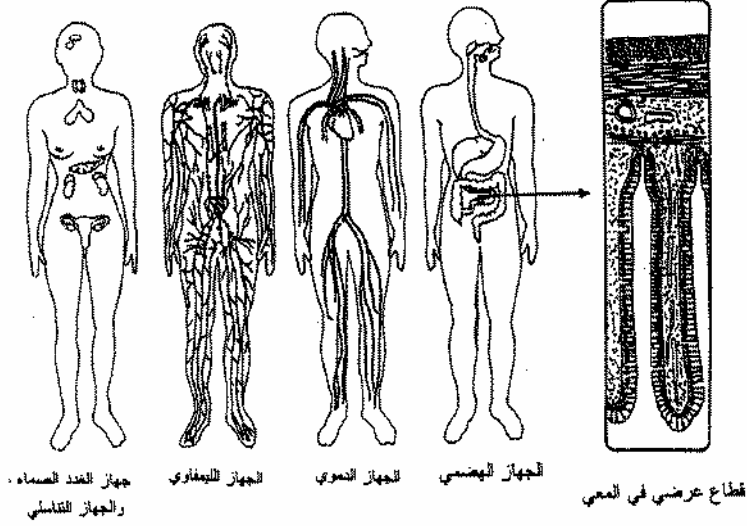
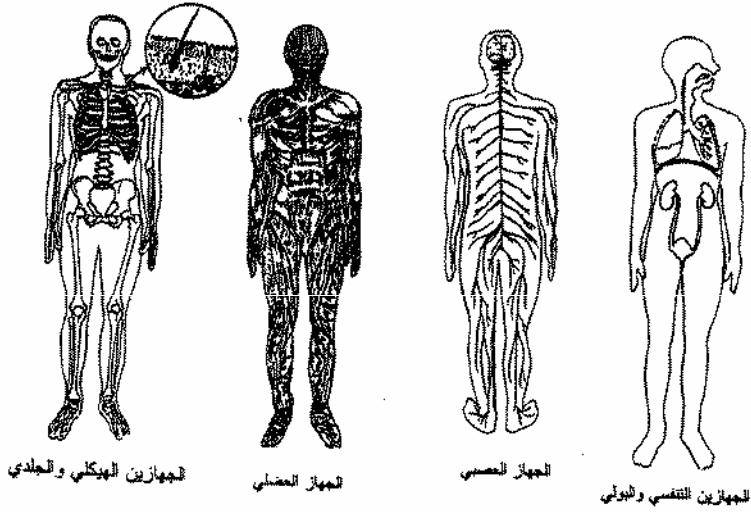
النسيج هو مجموعة من نوع واحد أو أكثر من الخلايا المتخصصة لأداء وظيفة محدودة ، وترتبط الخلايا ببعضها بمواد تفرزها الخلايا نفسها . قد يشكل النسيج أعلى مستويات التنظيم الخلوي في بعض الكائنات الحية مثال لذلك اللاسعات (Coelentrates) التي تنتمي إليها الهيدرا (Hydra) .

٤ - ٥ - ٥ : العضو (Organ) :

يتكون العضو من مجموعة من الأنسجة المختلفة وله شكل محدد مثال لذلك القلب والأطراف والعيون في الحيوانات والزهرة والثمرة والورقة في النباتات . والعضو مهياً لأن يؤدي وظيفة أو وظائف بعينها على مستوى أعلى من وظيفة النسيج . أحياناً يحتوي العضو على نسيج أساسي يؤدي وظيفة العضو وأنسجة أخرى مساعدة . مثال لذلك يؤدي النسيج العضلي الوظيفة الأساسية للقلب وهي انقباض العضلات وانبساطها فيضخ الدم في الدورة الدموية ؛ دور الأنسجة الأخرى هو مساعدة القلب في أداء وظيفته . فالنسيج الدموي يزود عضلات القلب بالغذاء والأكسجين والنسيج الضام يحزم ويدعم تراكيب القلب .

٤ - ٥ - ٦ : الجهاز (Organ - System) :

الجهاز هو مجموعة من الأعضاء المرتبط بعضها ببعض لأداء وظيفة أساسية بمستوى أعلى من وظيفة العضو . الوظائف الأساسية هي : التنفس والتغذية والإحساس والإخراج والتكاثر والحركة . في الجهاز الهضمي للإنسان مثلاً شكل (٢٧ - أ) يرتبط كل من الفم والبلعوم والمعدة والأمعاء والكبد والبنكرياس وظيفياً وتركيبياً لأداء وظيفة التغذية من تناول الطعام ومضغه وبلعه وهضمه وامتصاص القابل للذوبان منه والتخلص من البقايا غير القابلة للهضم .



شكل (٢٧-١) : يتكون الجسم من عدة أجهزة يتركب كل منها من عدة أعضاء ويتكون كل عضو من عدة أنسجة وكل نسيج يتكون بدوره من نوع واحد من الخلايا أو أكثر (هل تستطيع أيها الطالب أن تعدد أعضاء كل جهاز مع وظائفها ؟) .

أهمية التخصص الخلوي وعلاقته بحجم الجسم :

علمت من دراستك لنظرية الخلية أنّ العلماء اتفقوا على أن الخلية هي الوحدة التركيبية والوظيفية للحياة ، وهذا يعني أنّ كل خلية حيّة في أي مكان من جسم أي كائن حي تقوم بكل الوظائف الحيوية لتبقى وتعيش وتتكاثّر وبالتالي لابد أن تحصل كل خلية من البيئة على نصيبها من الغذاء والأكسجين ولابد أن توجد بها آليات تستخدم هذه المواد الخام لإنجاز الوظائف الحيوية ، هذه الآليات هي عضيات الخلية .

في الكائنات وحيدة الخلية التي لم يتعدّ مستوى تنظيمها وتعقدتها مستوى الخلية انحصر التخصص على مستوى العضيات فقط وتمّ ذلك أحياناً بمستوى أكثر تعقيداً بما لا مثيل له بين خلايا الكائنات عديدة الخلايا . فمثلاً تطورت عضيات الخلية التي تكون جسم الحيوان الأولي بارامسيوم بمستوى عالي التعقيد بما لا مثيل له حتى بين خلايا الإنسان . ويتمثل هذا التعقيد في البرامسيوم في وجود ميزاب فمي خلوي مهذب (Cytostome) وبلعوم فمي (Cytophorynx) لجمع وتناول الغذاء ونقله للسيتوبلازم وكذلك شرج خلوي (Cytoproct) للتخلص من بقايا الغذاء غير القابلة للهضم ، كما أنّ غطاء الجسم (الجلد) مهذب وبه تراكيب غاية في التعقيد والتخصص .

أضف إلى ذلك أنّ الكائنات وحيدة الخلية تحصل على الغذاء والأكسجين وتخرج نفاياتها عبر سطح الجسم (الغشاء البلازمي) ولأنّ هذه الكائنات صغيرة الحجم (مجهرية) فإنّ مساحة سطحها كبيرة جداً بالنسبة لحجمها وأنّ هذه المساحة الكبيرة للسطح هي بمثابة مدخل كبير واسع لدخول وخروج الكميات المناسبة للمواد . ويكفي للمواد أن تعبر الغشاء البلازمي لتكون داخل السييتوبلازم حيث يتم نقلها إلى مسافات صغيرة لتصل إلى جميع أرجاء الخلية . فمثلاً تكفي عمليتا الانتشار وحركة السييتوبلازم لنقل وتوزيع الأكسجين لأي مكان داخل الخلية .

مما تقدم يمكنك أن تستنتج أنّ حجم الخلية (أو الكائن وحيد الخلية) محكوم بنسبة مساحة السطح إلى الحجم ، فالخلية تنمو ويزداد حجمها ومع الزيادة في الحجم تقل مساحة السطح بالنسبة للحجم حتى يصل الحجم إلى ما يسمى بالحجم الحرج (Critical Size) بعده تصغر مساحة الحجم بما لا يكفي

تبادل المواد بين الخلية (أو الكائن وحيد الخلية) والوسط الذي تعيش فيه ، عند ذلك تلجأ الخلية (أو الكائن وحيد الخلية) إلى الإنقسام إلى خليتين أصغر حجماً وبذلك يستعاد الحجم الأمثل (Optimum Size) . ما تقدّم يفسر لك أيضاً لماذا كانت وستظل الخلايا والكائنات وحيدة الخلية صغيرة الحجم مجهرية .

للكائنات عديدة الخلايا - لكبر حجمها - نسبة مساحة سطح إلى حجم صغيرة جداً وبالتالي لا يوفر سطح الجسم مدخلاً كافياً لدخول المواد التي يحتاجها الجسم ولا لخروج نفايات عمليات الاستقلاب ، ومن هنا نشأت الحاجة للتخصص على مستوى الخلية والنسيج والعضو والجهاز . هذا التخصص يشتمل على :

- توفير مساحة سطح كبيرة لتبادل المواد مع البيئة .
- تحويل هذه المواد بما يتلائم لنقلها من مكان الحصول عليها إلى الخلايا.
- توفير آليات نقل ذات كفاءة عالية لنقل المواد (داخل الجسم) وكذلك نقل النفايات من أماكن إخراجها إلى الوسط الخارجي.
- توفير آليات تحكم دخول وخروج المواد وكذلك ضبط نقلها داخل الجسم.
- توفير آليات تنسق بين عمل كل الآليات بما يجعل حياة الكائن ممكناً.

وإليك بعض الأمثلة توضح ما ذكر أعلاه :

- توفر الخياشيم في الأسماك والرئات سطحاً ضخماً لتبادل الغازات . الخياشيم مكونة من خيوط عديدة ومفلطحة وبذلك توفر سطحاً كبيراً جداً للتنفس . في الفقاريات التي تعيش على اليابسة تتكون الرئات من العديد من الأكياس الصغيرة التي توفر في الإنسان مثلاً سطحاً تبلغ مساحته ٩٠ متراً مربعاً ، وهذا يعادل حوالي ٥٠ ضعف مساحة سطح الجلد .
- البطانة الداخلية لأمعاء الحيوانات الفقارية تحمل بروزات إصبعية الشكل تسمى الخملات (Villi) توفر سطحاً كبيراً لامتصاص الغذاء . في الإنسان تحتوي الأمعاء على ٥ مليون خملة توفر سطحاً قدره ١٠ م^٢ و سطح خلايا الخملات يحمل خُميلات أصغر حجماً وبذلك تكون المساحة الكلية لامتصاص الغذاء حوالي ٣٠ م^٢ .

- في الإنسان تحتوي كل كلية على أوعية دموية يبلغ طولها الكلي ١٦٠ كيلومتراً لتوصيل النفايات إلى الكلية وكذلك الغذاء والأكسجين لخلايا الكلية . ويوجد أيضاً بكل كلية مليون أنبوب صغير يقوم بامتصاص الماء والنفايات من الدم وكذلك يقوم بارجاع معظم الماء إلى الدم مرة أخرى . يبلغ الطول الكلي لهذه الأنابيب الصغيرة ٦٠ كيلومتراً ، وهذا يسمح للكلية أن تمتص من الدم ما يعادل ١٨٠ لتراً من الماء يومياً وتعيد معظم الماء مرة أخرى إلى الدم ليخرج ١,٥ لتراً فقط في شكل بول .

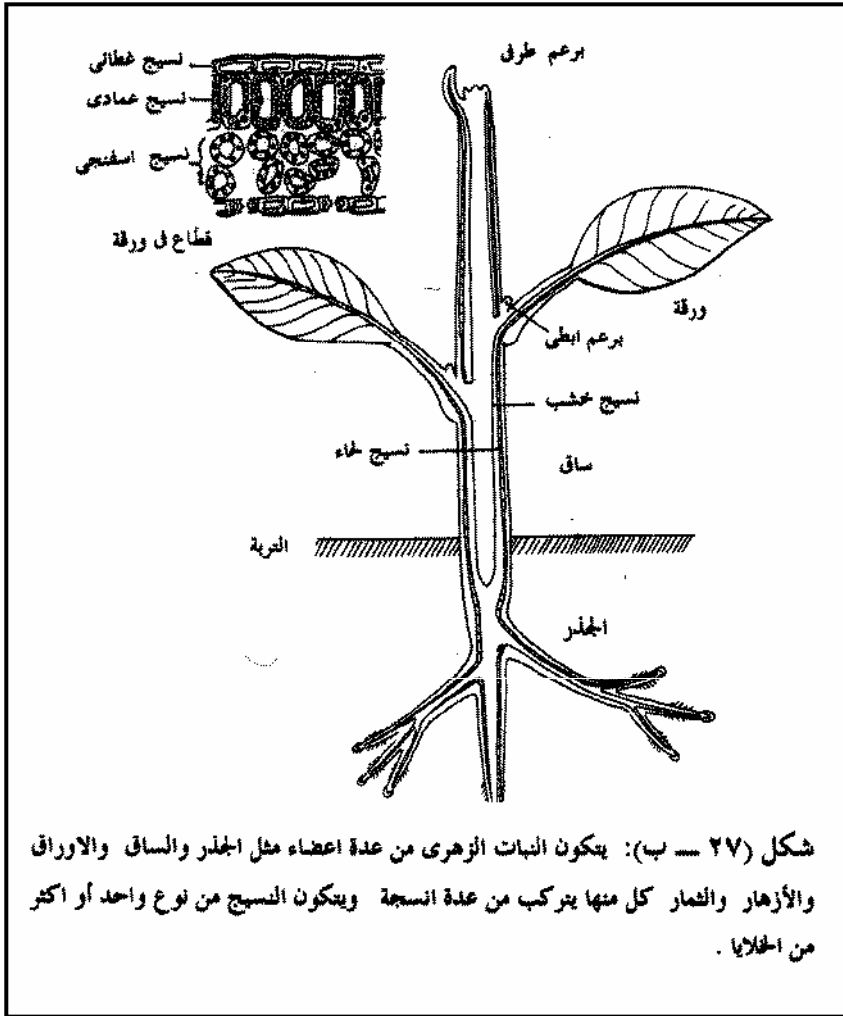
- في النباتات الزهرية تحمل نهايات الجذور عدداً ضخماً من امتدادات خلوية توفر سطحاً يقدر بمئات من الأمتار المربعة لامتصاص الماء والأملاح . (شكل (٢٧ - ب)) كما أنّ هناك أوعية لنقل الماء والأملاح إلى الأوراق الخضراء التي تصنع الغذاء وأوعية أخرى لتوصيل الغذاء إلى جميع أجزاء النبات . يمثل السطح الخارجي لخلايا النبات سطحاً ضخماً لتبادل الغازات .

- في الحيوانات الفقارية يمثل الجهاز الدموي والليمفاوي جهازاً للنقل السريع للغذاء والأكسجين والنفايات والمواد داخل الجسم ، ويعمل القلب كمضخة لضخ الدم ورفعها لجميع أجزاء الجسم .

- للنباتات آليات تنسيق بين عمل الأعضاء ممثلة في الهرمونات والتي هي بمثابة رسائل كيميائية تقرأها الخلايا والأعضاء وتمثل لها . في الحيوانات تمثل الهرمونات والنبضات العصبية رسائل للتنسيق بين عمل الأعضاء .

ما تقدّم أمثلة قليلة جداً توضح أهمية التخصص الخلوي وعلاقته بحجم الكائن الحي . وفي جميع الحالات نذكر أنّ الخلية المتخصصة تقوم بجميع الوظائف الحيوية لتبقى وتعيش وفي نفس الوقت تقوم بإحدى الوظائف خدمة للجسم ككل ، وفي بعض الأحيان تفقد الخلية المتخصصة قدرتها على الإنقسام كما هو الحال في الخلايا العصبية والخلايا العقلية في الثدييات وكثير من الخلايا المتخصصة بجسم النباتات الخضراء . ويستعوض النبات بخلايا وظيفتها الإنقسام

والتميز لتعطي جميع أنواع خلايا النبات كـالخلايا التي توجد في قمم البراعم وتسمى الخلايا الإنشائية أو المرستيمية (Meristemic Cells) .



(٤ - ٦) تركيب الخلية (Cell Structure) :

٤ - ٦ - ١ مقدمة :

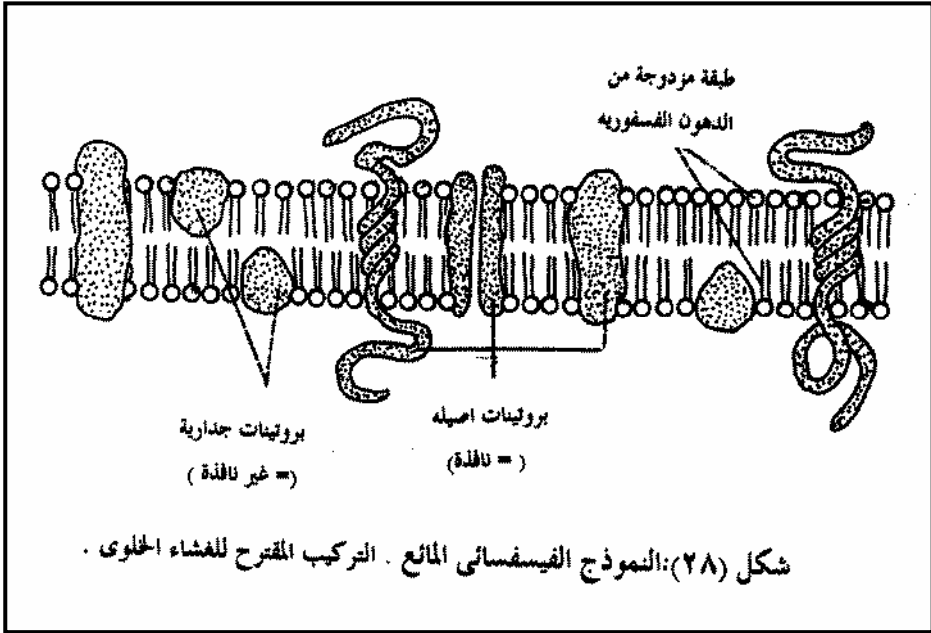
تعرضت فيما سبق من دراستك في مرحلة الأساس لدراسة خلية نموذجية نباتية وأخرى حيوانية . المعلومات التي توافرت لك حينئذٍ تنطبق على الخلايا حقيقية الأنوية وهي :

١. تتكون الخلية من مادة بروتوبلازمية حية تحاط بغشاء خلوي .
٢. يتميز البروتوبلازم بنواة تمثل الجهاز الإداري والوراثي وسيتوبلازم يمثل بيئة العمل للخلية .
٣. تحتوي نواة الخلية على نوية أو أكثر .
٤. يحتوي سيتوبلازم الخلية على عدة عضيات تمثل آليات العمل .
٥. تتباين الخلايا في الحجم والشكل والوظيفة في النوع الواحد من الكائنات الحية .
٦. تختلف الخلايا النباتية والحيوانية في بعض التراكيب .
٧. الخلية هي الوحدة التركيبية والوظيفية للكائن الحي .
٨. تنشأ أي خلية من خلية سابقة لها .
٩. تتكون بعض الكائنات الحية من خلية واحدة تؤدي كل الوظائف الحياتية .
١٠. في الكائنات عديدة الخلايا تتنظم الخلايا في تنظيمات هرمية مكونة للأنسجة والعضيات والأجهزة .

بما أن الخلايا تختلف كثيراً في الشكل والحجم والوظيفة لا توجد خلية نموذجية حقيقية تمثل كل أنواع الخلايا تمثيلاً دقيقاً. يفترض وجود خلية نموذجية فقط لتقريب الفهم حيث أن كل الخلايا تشترك في تراكيبها الأساسية . الشكل (٢٤) يوضح التراكيب الأساسية للخلية الحيوانية والخلية النباتية والوصف مبني على دراسة الخلية بالمجهر الإلكتروني وبالتقنيات الكيميائية .

٤ - ٦ - ٢ الغشاء البلازمي (Plasma Membrane) :

الغشاء البلازمي هو حاجز رقيق يفصل بين سيتوبلازم الخلية (وهو محلول مائي) عن بيئة الخلية الخارجية (وهي أيضاً محلول مائي) ويجعل من الخلية كياناً محدداً يتبادل المادة والطاقة مع الوسط الذي حولها بطريقة مقننة . اقترحت عدة نماذج لتوضيح تركيب الغشاء البلازمي الكيميائي والوظيفي أحدثها وأكثرها قبولاً لدى العلماء هو النموذج الفسيفسائي المائع (شكل ٢٨) (Fluid Mosaic Model) .



وفقاً لهذا النموذج يتרכب الغشاء البلازمي من طبقتين متقابلتين من الدهون الفوسفورية ، سمك كل طبقة جزئ واحد من الدهون الفوسفورية وتكون الطبقة المزدوجة من الدهون الفوسفورية الهيكل الأساسي للغشاء البلازمي . يُرصع هاتين الطبقتين جزيئات من أنواع مختلفة من البروتين . يوصف النموذج بأنه فسيفسائي تشبيهاً له بمظهر جدران المباني التي تُزين بتغطيتها بطبقة من الملاط الجيري أو الأسمنتي مغروس بها أحجار أو قطع من الفسيفساء (الرخام). مختلفة الألوان والأشكال ، وسمى مائعاً لأن له بعض صفات الموائع حيث تتحرك وتتبادل فيه الأجزاء مواقعها باستمرار كما أنه يتجمد عند التبريد ولكنه يصبح مرناً مائعاً عند تدفئته .

طبقة الدهون الفوسفورية منفذة لبعض الجزيئات الكيميائية الصغيرة مثل غازي O_2 و CO_2 والماء ، كما أنه منفذ للمواد التي تذوب في الدهون . تصنف البروتينات التي ترصع الغشاء البلازمي إلى مجموعتين حسب موقعها في الغشاء البلازمي : البروتينات السطحية الطرفية والبروتينات الغائرة .

- البروتينات الطرفية (Peripheral Proteins) (السطحية Extrinsic) وهي بروتينات توجد مغموسة في أحد طبقتي الدهون الفوسفورية ولا تتفذ خلال كل الغشاء البلازمي .

- البروتينات الغائرة (Intrinsic Proteins) (الأصلية Integral) : وهي بروتينات تتفذ عبر طبقتي الدهون الفوسفورية . تؤدي بروتينات الغشاء البلازمي عدة وظائف ، بعض هذه البروتينات تعمل كإنزيمات تسهل من التفاعلات الكيميائية وبعضها يعمل كمضخة لنقل المواد من وإلى الخلية وبعضها يعمل حوامل لبعض المواد الكيميائية من وإلى الخلية ، وبعضها يعمل كمستقبلات تتعرف بها الخلية على المواد الملائمة للغشاء لكي يسمح لها بالدخول إلى الخلية كالهرمونات ، أما إذا كانت مواداً غريبة عن الجسم كالبكتيريا أو إفرازاتها فتعمل الخلية على إقصائها والتخلص منها .

يوصف الغشاء البلازمي بأنه غشاء منفذ جزئياً (Partially Permeable) (إختياري النفاذية) حيث يسمح بحرية مرور بعض الجزيئات مثل الماء ويحد من ويقتن مرور مواد أخرى عبره .

٤ - ٦ - ٣ : السيتوبلازم (Cytoplasm) :

هو المادة الهلامية التي يحدها الغشاء البلازمي من الخارج ويحيط بنواة الخلية . ويمثل السيتوبلازم بيئة العمل للخلية فهو يحتوى على المواد اللازمة للتفاعلات الاستقلابية كما يحوي كل آليات العمل مثل العضيات التي تلعب دوراً أساسياً في عمليات الاستقلاب .

يتبادل السيتوبلازم المادة والطاقة مع الوسط المائى الذي حوله باستمرار عبر الغشاء البلازمي . يحقق هذا التبادل توازناً كيميائياً وفيزيائياً داخل الخلية يضمن للخلية حصولها على كل ما تحتاجه من المركبات كماً ونوعاً لعمليات الاستقلاب وكذلك التخلص من نفايات عمليات الاستقلاب وتحويل المواد التي تفرزها الخلية إلى البيئة حولها .

٤ - ٦ - ٤ : الشبكة الإندوبلازمية (شكل ٢٤) :

هي نظام من الأغشية الخلوية بشكل المتاهة داخل السيتوبلازم . تتصل الشبكة الإندوبلازمية بالغشاء البلازمي وكذلك بغلاف النواة وتمتد في مختلف أنواع الخلايا لتربط الخلايا المتجاورة . وتتخصص وظيفة الشبكة الإندوبلازمية فيما يلي :

(أ) شبكة لنقل المواد داخل السيتوبلازم من مكان إلى آخر وبين النواة

والسيتوبلازم وبين الخلية وخارجها وأحياناً بين الخلايا المتجاورة .

(ب) تقسم داخل الخلية إلى عدة أماكن يمكن أن يحدث في كل منها

تفاعل مختلف عما يحدث في الأماكن الأخرى .

(ج)

تساهم في توفير دعامة للخلية .

(د) تساهم في تكوين جهاز قولجي عن طريق تخنصر بعض أجزائها

الطرفية المحتوية على مواد صنعت في السيتوبلازم ثم انفصالها

منه والتحامها بجهاز قولجي لتحور وتغلف .

(هـ)

بعض أجزاء الشبكة الإندوبلازمية تشكل مهاداً تتركز عليها

الرايبوسومات ، وتسمى هذه الأجزاء بالشبكة الإندوبلازمية الخشنة

[أو الحبيبية (Rough or Granular)] . أجزاء الشبكة

الإندوبلازمية الخالية من الرايبوسومات تسمى الشبكة الإندوبلازمية

الناعمة [أو غير الحبيبية (Smooth or Non granular)]
والتي تصنع فيها الدهون الفسفورية وكذلك الأحماض الدهنية .

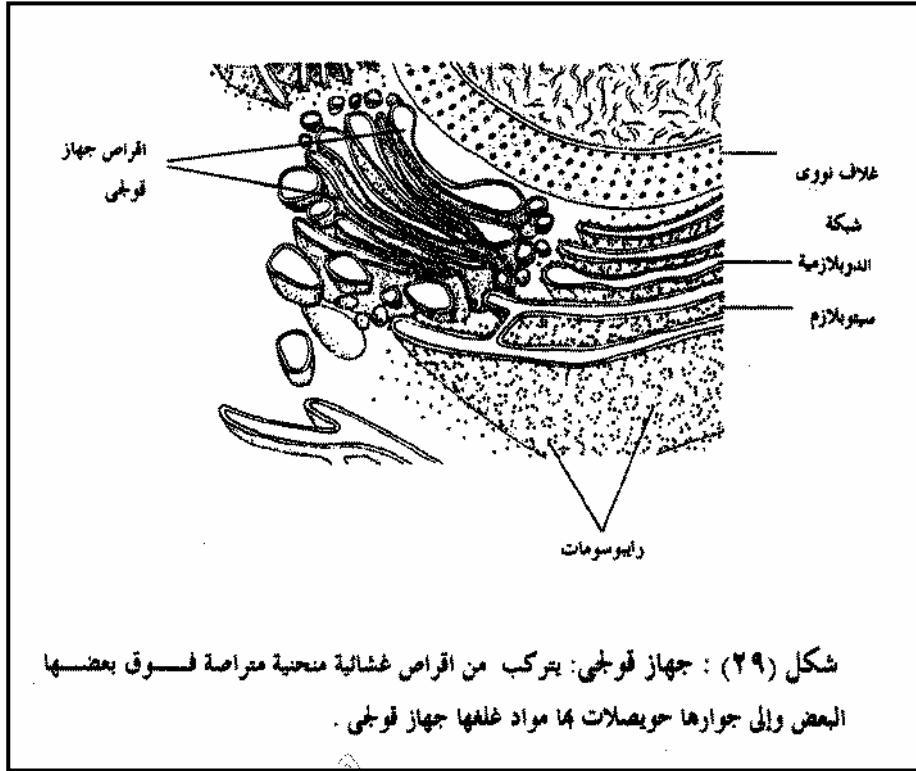
٤ - ٦ - ٥ الرايبوسومات (Ribosomes) : (شكل ٢٤)

الرايبوسومات عضيات كروية صغيرة تتركب من الحمض النووي الرايبوزي الرايبوسومي (r-RNA) والبروتين وتوجد مرتكزة على الشبكة الإندوبلازمية الخشنة أو حرة سابحة في الساييتوبلازم . يصنع (r-RNA) بالنوية . الرايبوسومات هي المواقع التي تجتمع وترتبط عندها الأحماض الأمينية بالعدد والنوعية والترتيب الذي تمليه نواة الخلية لتصنيع البروتين . المعلومات التي ترسلها النواة إلى الرايبوسومات هي بمثابة رسائل كيميائية يبعث كل منها قطعة من (DNA) النواة (مورثة \equiv جين) . كل رسالة تتكون من نوع من حمض (RNA) يسمى الحمض النووي الرايبوزي الرسول (m-RNA) . عند تصنيع البروتين ترتبط الرايبوسومات في ترتيب خطي على (m-RNA) وتسمى كل مجموعة مصطفة من الرايبوسومات البولي سوم (Polysomes) (أو البولي رايبوسوم Polyribosome) . يقرأ كل رايبوسوم التعليمات كاملة ويصنع جزء من البروتين مقابل قراءته لكل معلومة وعليه يكون كل بولي سوم عدة سلاسل متجاورة من نفس البروتين .

٤ - ٦ - ٦ أجسام قولجي (Golgi Bodies) : (شكل ٢٤ و ٢٩)

جسم قولجي (أو جهاز قولجي) (Golgi Apparatus) عضيّ يوجد في الخلايا النباتية والحيوانية اكتشفه كاميلو قولجي عام ١٨٩٨م . يتكون جسم قولجي من أكياس قرصية منحنية تحدها أغشية خلوية وترتص الأكياس القرصية فوق بعضها البعض وتبرز منها عند الحواف انتفاخات كروية التشكيل تسمى الحويصلات (Vesicles) . يرتبط جهاز قولجي بالشبكة الإندوبلازمية . الأكياس القرصية تراكيب مستديمة تقريباً بينما الحويصلات تتكون وتتفصل باستمرار . يستقبل جهاز قولجي المركبات من الشبكة الإندوبلازمية الخشنة والناعمة حيث تحمل هذه المركبات داخل حويصلات من الأغشية الخلوية

تتفصل من الشبكة الاندوبلازمية وتلتحم مع جهاز قولجي حيث تحور كيميائياً
و تُغلف بغشاء خلوي لتكون حويصلة تنفصل من جهاز قولجي .



في الخلايا الحيوانية يتم تحويل البروتين بما في ذلك الإنزيمات والهرمونات وكذلك الليبيدات ، وفي الخلايا النباتية يتم تحويل البروتينات والسكريات العديدة .

تحتوي الحويصلات على مواد مختلفة وكذلك فإن مصير هذه المواد أيضاً مختلف كما يلي :

- بعض الحويصلات تحتوي على مواد معدة للتصدير خارج الخلية (مثل الإنزيمات والهرمونات والسليولوز) . تلتحم هذه الحويصلات مع الغشاء البلازمي للخلية حيث تفرز محتوياتها خارجه .
- بعض الحويصلات تحتوي على مواد معدة للاستهلاك بواسطة عضيات الخلية الأخرى . تلتحم هذه الحويصلات كل مع العضى المعنى وتقرغ محتوياتها داخله .
- بعض الحويصلات تحوي إنزيمات وهذه عادة تلتحم مع بعضها لتتكون الأجسام الهاضمة (Lysosomes) .

٤ - ٦ - ٧ الأجسام الهاضمة (الاليسوسومات) (Lysosomes) :

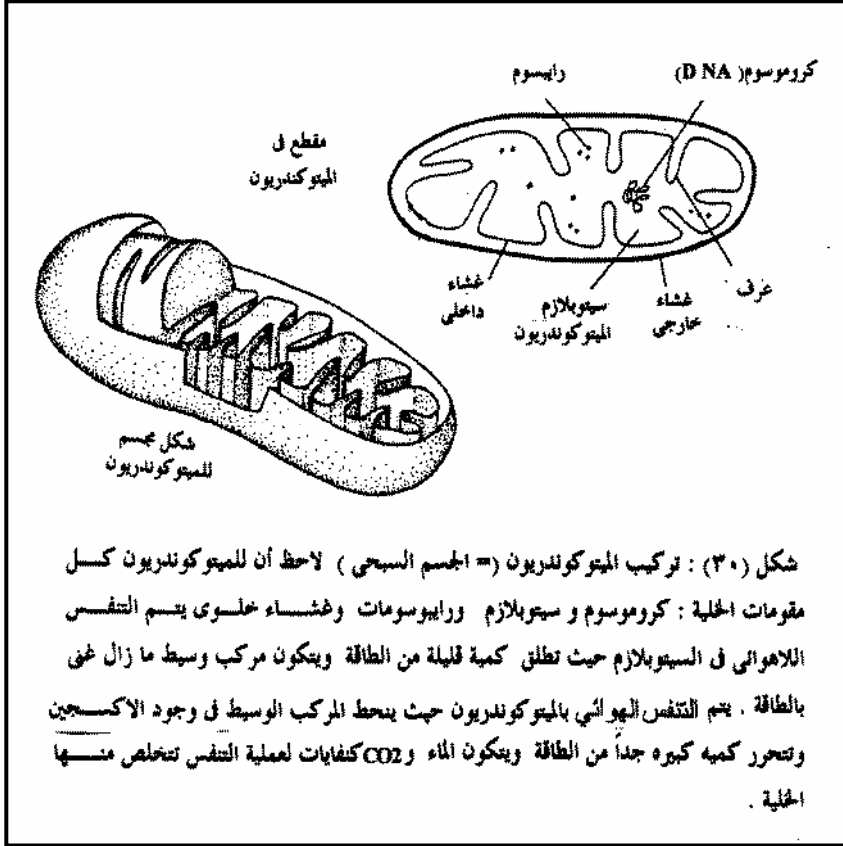
الاليسوسومات فريغات صغيرة قطرها حوالي ٠,٥ ميكرومتر توجد في الخلايا حقيقية النواة وتتأشأ كحويصلات من جهاز قولجي وتتفصل عنه . تحوي الاليسوسومات عدد كبير من إنزيمات التحليل المائي (Hydrolytic Enzymes) وتقوم الاليسوسومات بعدة وظائف مثال ذلك :

١. في معظم الخلايا تقوم بهضم العضيات المستهلكة (كالميتوكوندريا) حيث تحاط هذه أولاً بغشاء خلوي من الشبكة الاندوبلازمية لتكون فريغة يتحد معها الاليسوسوم ويتم الهضم وامتصاص نواتج الهضم إلى السيتوبلازم .
٢. هضم الجسيمات المبتلعة كما يحدث مثلاً عند ابتلاع خلية دم بيضاء لبكتريا غزت الخلية داخل فجوة أو هضم الغذاء الذي تلتهمه الحيوانات الأولية داخل فجوة غذائية .

٣. يحوي رأس الحيوان المنوي لايسوسوماً متحوراً ليكون الجسم الفمى .
عند لحظة تلامس الجسم الفمى مع البويضة يحرر إنزيماته التي تهضم
جزء من الغشاء البلازمي للبويضة مما يسمح بدخول رأس الحيوان
المنوي .

٤. تلعب اللايسوسومات دوراً فيما يسمى الموت المبرمج للخلايا
(Programmed Cell Death) (أو Apoptosis) . مثال ذلك هضم
ذيل أبي ذنبية عند تطوره إلى ضفدعة كاملة أو هضم الأنسجة اليرقية
ليرقات الحشرات لاستبدالها بأنسجة حشرة كاملة .

٤-٦-٨ الأجسام السبحية (مايتوكوندريا) (Mitochondria) : (شكل ٣٠)
الأجسام السبحية أجسام خيطية أو بيضاوية أو كروية توجد في كل من
الخلايا النباتية والحيوانية ، وكل جسم سبحي محاط بغشائين خلويين . الغشاء
الخارجي أملس والداخلي متشن على هيئة أرفف تسمى الأعراف (Cristae) .
يحتوي الجسم السبحي على جزيء حلقي من (DNA) يشابه (DNA)
البكتريا كما يحتوي على رايبوسومات صغيرة الحجم تماثل رايبوسومات
البكتريا . يستطيع الجسم السبحي الانقسام بمعزل عن انقسام الخلية . ترتبط
الأجسام السبحية بعملية التنفس الهوائي التي تطلق كمية كبيرة من الطاقة التي
تخفظ في المركب الكيميائي الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) . تحرر الطاقة
المخزنة في (ATP) في المكان المناسب من الخلية عند الحاجة إليها . توفر
الخلية الوسط اللازم لمعيشة الأجسام السبحية وتمدها بالأكسجين وفي المقابل تمد
الأجسام السبحية الخلية بالطاقة اللازمة للخلية لدفع نشاطاتها الحيوية .
يختلف عدد الأجسام السبحية بالخليا إلا أنها كثيرة العدد في الخلايا
ذات النشاط الاستقلابي العالي كما توجد بتركيز أعلى في الأماكن من الخلية
التي تتطلب صرفاً عالياً للطاقة . ولهذا كثيراً ما توصف الأجسام السبحية بأنها
مولدات الطاقة المتنقلة للخلية لأنها أيضاً توجد حرة سابحة في الخلية .



٤ - ٦ - ٩ البلاستيدات (Plastids) :

توجد البلاستيدات في النباتات الخضراء والطحالب ولا توجد في الحيوانات والبكتيريا والسيانوبكتيريا. تصنف البلاستيدات إلى صنفين أساسيين هما البلاستيدات البيضاء (Leucoplasts) والبلاستيدات الملونة (Chromoplasts) تشترك كل البلاستيدات في تركيبها الداخلي العام ويمكن أن يتحول كل نوع إلى آخر .

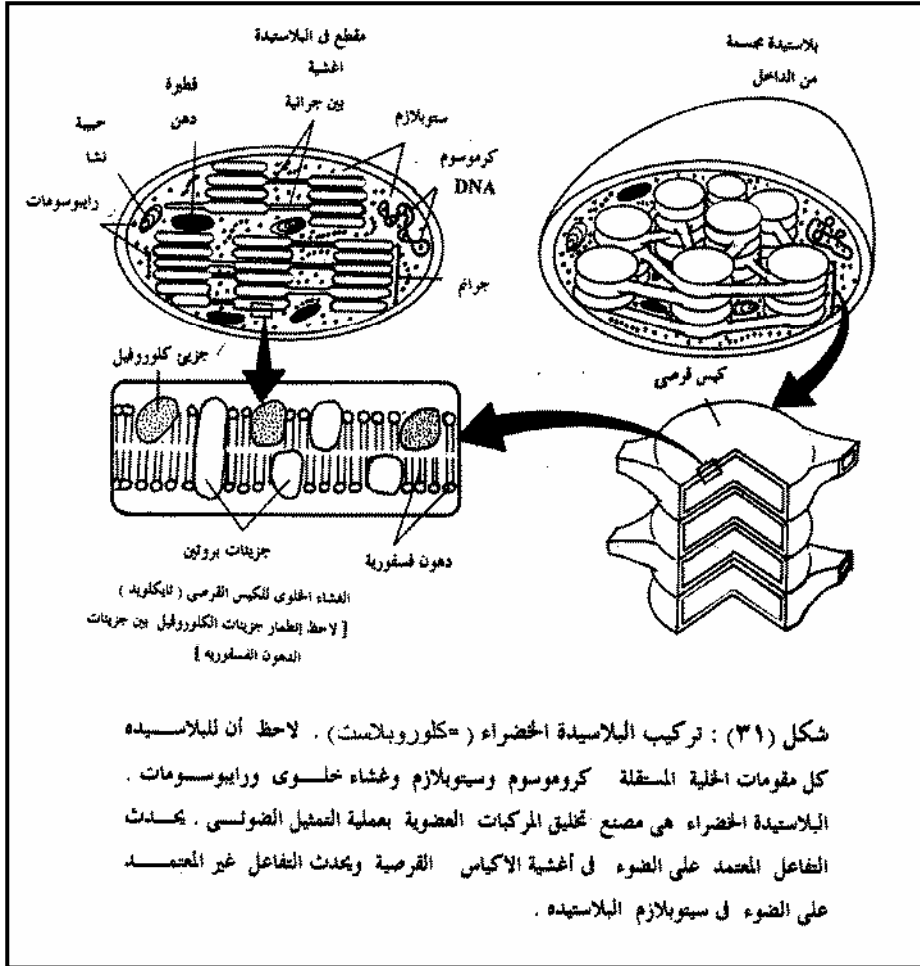
أ. البلاستيدات البيضاء :

وظيفتها خزن المواد الغذائية . وتعرف منها ثلاثة أنواع هي :

- (١) خازنات النشأ (Amyloplastids) وتوجد في جذور النباتات مثال الفجل والجزر ودرنات البطاطس والحبوب .
- (٢) خازنات البروتين (Proteoplastids) وتوجد في بذور البقوليات مثل العدس والفاصوليا واللوبيا والترمس .
- (٣) خازنات الزيوت (Lipoplastids) وتوجد في الحبوب الزيتية مثال السمسم والذرة الشامية وبذرة الفول السوداني وبذرة القطن .

ب. البلاستيدات الملونة :

- (١) تحتوي على أصباغ متعددة الألوان تعطي الأزهار والثمار ألوانه المميزة لها كما توجد في جذور بعض النباتات مثل البنجر والجزر وفي أوراق وسيقان بعض نباتات الزينة . من وظائف اللون في البلاستيدات الملونة هي جذب الحشرات التي تساعد على تلقيح النباتات وجذب الحيوانات لتسهم في انتشار البذور والثمار .
- (٢) البلاستيدات الملونة ذات اللون الأخضر تعرف بالبلاستيدات الخضراء (Chloroplastids) (شكل ٣١) وتحتوي على صبغة اليخضور (الكلوروفيل) (Chlorophyll) وتوجد في الأوراق الخضراء وسيقان النباتات الغضة والنباتات حديثة السن (البادرات) .



الوظيفة الأساسية للرخضور هي امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيميائية في جزيئات (ATP) لتمد بها عملية البناء الضوئي .
 ينتشر في سيتوبلازم البلاستيدة والذي يسمى الحشوة (Stroma)
 أكياساً قرصية الشكل (ثايلاكويد) (Thylakoid) يصطف بعضها فوق بعض
 مثل قطع العملة المعدنية مكونة الجرانا (Grana) . تتصل الأكياس القرصية

للجرانا المتجاورة بأغشية حشوية (Stroma Lamellae) وتنتشر جزيئات صبغة اليخضور على سطح أغشية الأكياس القرصية . يحتوى سيتوبلازم البلاستيدات (الحشوة Stroma) على مادة وراثية (DNA) ورايبوسومات يشابهان المادة الوراثية ورايبوسومات البكتيريا والبكتيريا الخضراء المزرقة (السيانوبكتريا) .

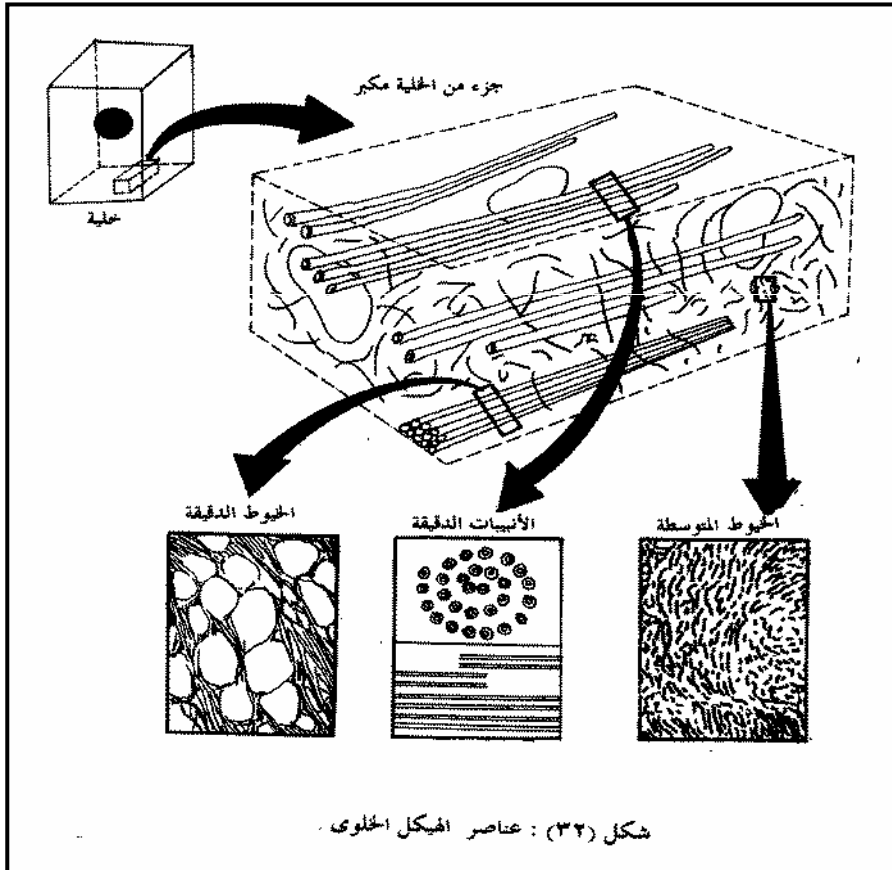
للبللاستيدات المقدرة على الانقسام الذاتي بمعزل عن انقسام الخلية . هذا السلوك بالإضافة للتشابه التركيبي بين المادة الوراثية ورايبوسومات البلاستيدات والسيانوبكتريا يعزز مفهوم أن البلاستيدات هي سيانوبكتريا ارتبطت بأسلاف الخلايا النباتية بعلاقة تكافل إجباري ومن ثم أصبحت جزءاً منها . تزود السيانوبكتريا (البلاستيدات الخضراء) في هذه العلاقة الخلية النباتية بالغذاء الذي تصنعه بعملية البناء الضوئي وبالأكسجين . فيما توفر الخلية النباتية لها الوسط الملائم لحياتها .

٤ - ٦ - ١٠ الفجوات العصارية (الخلية) (Vacuoles) (Cell Sap) : (شكل ٢٤)

توجد الفجوات الخلوية في الخلايا النباتية والحيوانية ولكنها أكثر تواتراً ووضوحاً وثباتاً في الخلايا النباتية . الفجوة الخلوية عضويّ محدد بغشاء خلوي يسمى التونوبلاست (Tonoplast) ويحتوي على عصارة الخلية (Cell Sap) . تحتوي العصارة الخلوية على محلول مائي من الأحماض العضوية والأملاح والسكريات كما تحتوي على أصباغ وبلورات ومواد إخراجية .

محلول الفجوة العصارية أكثر تركيزاً من محلول سايتوبلازم الخلية لذلك يساعد على امتصاص الماء مما يؤدي لانتفاخ الخلية النباتية ويوفر لها دعامة هيدروستاتيكية . في الخلايا الحيوانية كما هو الحال في الحيوانات الأولية تتكون فجوات غذائية (Food Vacuoles) وظيفتها هضم الغذاء ، وفي الحيوانات الأولية التي تعيش في المياه العذبة توجد فجوات منقبضة (Contractile Vacuoles) وظيفتها حفظ النسبة بين تركيز الماء والأملاح بالخلية .

- ٤ - ٦ - ١١ الهيكل الخلوي (Cytoskeleton) (شكل ٣٢) :
- يتكون الهيكل الخلوي في الخلايا حقيقية النواة من شبكة تملأ أي حيّز يتوفر داخل الخلية. يتكوّن الهيكل الخلوي من تراكيب منقبضة (Contractile) وأخرى أنبوبية (Tubular) تتأذّر سوياً لتحقيق الوظائف التالية :
١. توفير الدعامة الهيكلية للخلية .
 ٢. محافظة الخلية على شكلها والمواقع النسبية لعضيّاتها .
 ٣. تمكين بعض أنواع الخلايا من الحركة .
 ٤. الإسهام في تحقيق الإنقسام الخلوي .



التركيبة التي تكون الهيكل الخلوي هي :

(أ) الخيوط الدقيقة (Micro filaments) :

هي ألياف (Fibers) طويلة دقيقة قطرها ٣ - ٦ نانومتر (nm) تتكون من بروتينين يسمى أكتين (Actin) . يتميز الأكتين بمقدرته على الانقباض والانبساط مما يفسر وفرة الخيوط الدقيقة في خلايا العضلات . وظيفة الخيوط الدقيقة هي الإسهام في حركة الخلية وتغيير شكل الخلية . مثال لذلك حركة الأميبا والأمشاج المذكرة الحيوانية وأمشاج النباتات السرخسية والحزازية .

(ب) الخيوط الوسيطة (Intermediate filaments) :

هي ألياف طويلة رقيقة قطرها حوالي ١٠ نانومتر (nm) تظهر في الصور المأخوذة بالمجهر الإلكتروني كخيوط تنتشر في معظم خلايا الحيوان والنبات . تتكون الخيوط الوسيطة من بروتينات تعرف باسم فيمينتينات (Vimentins) ؛ وتمنح الخيوط الوسيطة قوة توتر للسيتوبلازم .

(ج) الأنابيبات الدقيقة (Micro tubules) :

هي عبارة عن أسطوانات طويلة رفيعة غير متفرعة توجد فرادى أو في حزم من أنبوبيتين أو ثلاثة أو أكثر توجد مطمورة في الساييتوبلازم . تتركب الأنابيبات الدقيقة من بروتين يسمى تيوبولين (Tubulin) تصطف وحداته بشكل حلزوني حول تجويف وسطي .

للأنابيبات الدقيقة وظيفة دعامية حيث تحافظ على شكل الخلية مثال ذلك الخلايا العصبية كما تكون أجزاء من العضيات المسماة بالمريكزات (السنترىولات) (Centrioles) والأجسام القاعدية (Basal Bodies) والأهداب (Cilia) والأسواط (Flagellae) كما تكون خيوط المغزل (Spindle Fibers) وهي الخيوط المسؤولة عن تباعد بعض الكروموسومات عن بعض أثناء انقسام نواة الخلية .

الأنابيبات الدقيقة مسؤولة أيضاً عن توجيه المواد والعضيات داخل الخلية ، مثال لذلك توجيه ألياف السيليلوز ليترسب على الغشاء البلازمي عند انقسام الخلية النباتية . الأنابيبات الدقيقة لها القدرة على تجميع أو تفكيك نفسها

وكذلك يمكن أن تطول أو تقصر كما يمكن أن تتلاشى . ويعتقد أن نشأتها تتطلب وجود تركيب منظم كالحبيبات القاعدية (Basal Bodies) والمريكزات (السنتريولات) . يعتقد أن انتقال الأميبا أو الخلايا المشيحية يعتمد على تكوين الأنابيب الدقيقة وترتيبها في اتجاه الحركة .

(د) المريكزات (السنتريولات) (Centrioles) :
والأجسام القاعدية (Basal Bodies) :

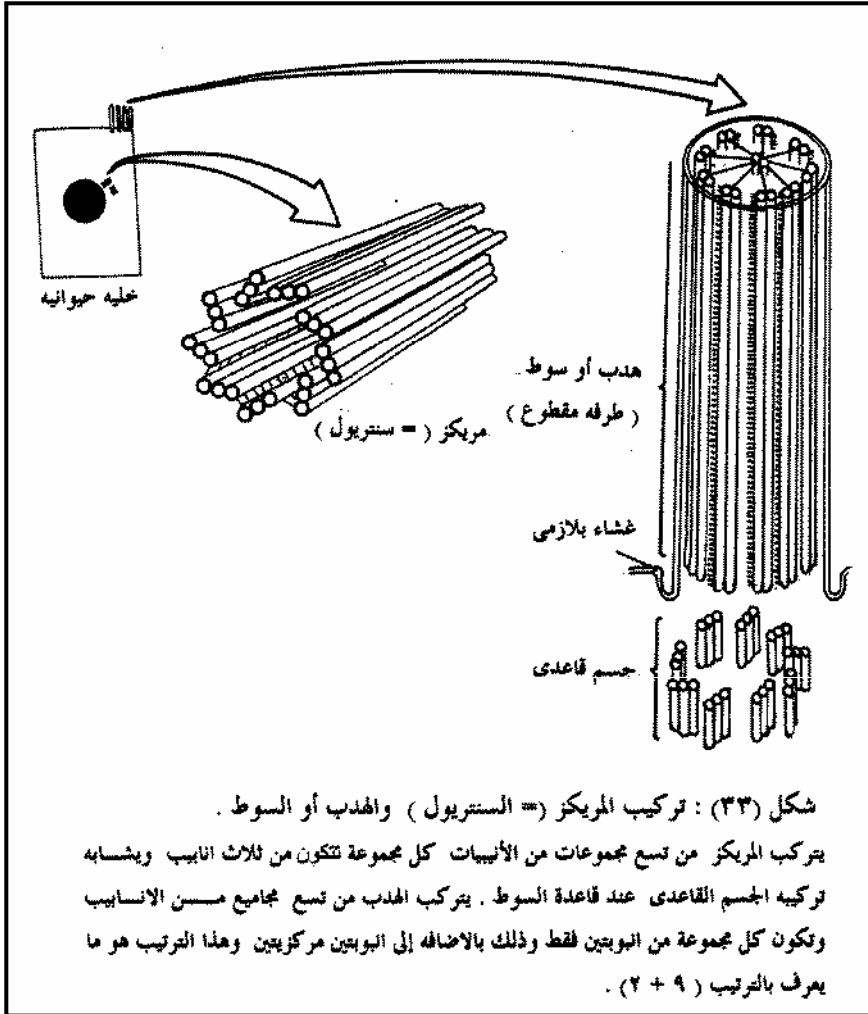
السنتريول عضى هام في عملية تكوين خيوط المغزل أثناء انقسام نواة الخلية الحيوانية . يوجد السنتريول في خلايا النباتات الدنيا والخلايا الحيوانية ولا يوجد في خلايا النباتات العليا . تحتوي كل خلية على زوج من المريكزات المتعامدة على بعضها البعض . يتكون كل مريكز (سنتريول) من تسعة مجاميع من الأنابيب الدقيقة وتتركب كل مجموعة من ثلاث أنابيب . الأجسام القاعدية (Basal Bodies) هي أسطوانات صغيرة لها نفس تركيب السنتريول توجد عند قاعدة كل هدب أو سوط .

٤ - ٦ - ١٢ الأسواط (Flagellae) والأهداب (Cilia) : (شكل ٣٣)

الأهداب والأسواط هي عضيات الحركة الخلوية التي تمكن الكائنات وحيدة الخلية من الانتقال في الوسط المائي الذي تعيش فيه أو لخلق تيارات دوامية لجمع الغذاء وتوجيهه تجاه الفم الخلوي (Cytosome) . تستخدم الأهداب والأسواط في الكائنات عديدة الخلايا لتحريك وإزاحة السوائل وكذلك لنقل الوسط المحيط بها بما يحمله من مواد .

لا يوجد اختلاف في التركيب الداخلي لكل من السوط والهدب (شكل ٣٣) غير أن السوط أكثر طولاً ١٥٠ مايكرومتر (Mm) من الهدب (٢ - ١٠ مايكرومتر Mm) . عادة يوجد سوط واحد بالخلية أو عدة أسواط بينما توجد الأهداب في هيئة مجموعات تغطي كل سطح الخلية أو بعضه كما تختلف آلية الحركة بين السوط والهدب : يتحرك السوط حركة موجية تنتقل بطول السوط في مستوى واحد أو عبر مسار لولبي وبذلك يمكن أن يدفع الخلية إلى الأمام أو الخلف . يخفق الهدب إلى الأمام والخلف بسرعة وهناك توافق بين

حركة الأهداب المتجاورة بحيث تتحرك بالتوالي واحداً وراء الآخر أي في إيقاع متوالي التزامن (Synchronized rhythm) .



توجد الأسواط كعضيات إنتقال في الطحالب وحيدة الخلية مثل الكلاميدوموناس وفي السوطيات من الحيوانات الأولية . كذلك توجد في الخلايا المشيجية المذكرة (الحيوانات المنوية) لمعظم الحيوانات والأمشاج المتحركة لبعض النباتات لا الزهرية (الحزازيات والسرخسيات) وكذلك أبواغ بعض الفطريات المسماة الأبواغ الحيوانية (Zoo Spores) كما توجد في خلايا بعض الحيوانات عديدة الخلايا كما هو الحال في الجوفمعويات (مثل الهيدرا) وحيوانات الإسفنج لتحريك ودوران الماء داخل تجاويف أجسامها لنقل الغذاء والغازات التنفسية .

الأهداب هي عضيات الانتقال في الهدبيات من الحيوانات الأولية وكذلك عضيات لجمع الغذاء . تبطن الأهداب سطح خلايا الجهاز التنفسي لتحريك المادة المخاطية التي تعلقها في إتجاه الخارج للتخلص من الغبار والميكروبات التي تلتصق بهذا المخاط كما تبطن القنوات التناسلية الأنثوية لنقل الحيوانات المنوية إلى أعلى وكذلك لنقل البويضات إلى أسفل تجاه الرحم .

الهدب أو السوط هو بروز خيطي من سايتوبلازم الخلية يحده غشاء بلازمي يرتكز على جسم قاعدي . يتركب الهدب أو السوط من تسع مجموعات من الأنابيبات الدقيقة تترتب لتكون أسطوانة حول مجموعتين مركزييتين ، وتتكون كل مجموعة من زوج من الأنابيبات الدقيقة . يوصف هذا التركيب بتركيب (٩ + ٢) ليدل على وجود ٩ مجموعات من الأنابيبات المحيطة حول مجموعتين من الأنابيبات المركزية .

أسواط البكتريا عبارة عن أسطوانات جوفاء يبلغ طولها حوالي ٤ نانوميتر (٤,٠ nm) أي أقصر كثيراً من السوط والهدب . يتكون سوط البكتريا من وحدات من البروتين يتشكل على هيئة شكل لولبي . وخلافاً لأسواط الخلايا حقيقية النواة لا يحده غشاء بلازمي كما أنه لا يظهر التركيب (٩ + ٢) . يرتبط سوط البكتريا بحلقتين عند القاعدة تدور إحداها على الأخرى وبذلك يتحرك السوط ، إدارة حركته تبدأ عند القاعدة وتتخذ الحركة شكل موجات إلى الأمام أو من الأمام إلى الخلف مما يسبب حركة البكتريا للأمام أو الخلف (شكل ٢٤) .

٤ - ٦ - ١٣ : النواة (The Nucleus) :

النواة عضيّ كبير كثيف القوام كروي أو بيضاوي ممتور في سايتوبلازم الخلية حقيقية النواة . ومحاط بغلاف نووي من الأغشية الخلوية . تحتوى النواة على المعلومات الوراثية وبذلك تمثل مركز التحكم في كل نشاطات الخلية . لاتكون المادة الوراثية نواة في خلايا البكتريا والسيانو بكتريا . تحتوى الخلية حقيقية النواة غالباً على نواة واحدة ونادراً ما تحتوى على أكثر من نواة كما هو الحال في الفطريات وخلايا الحيوانات الأولية المسماة الهدبيات التي تحتوى على نواة كبيرة وأخرى صغيرة . بعض الخلايا تفقد نواتها عند النضج مثال لذلك خلايا الدم الحمراء في الثدييات وخلايا اللحاء في النباتات الزهرية .

تركيب النواة : (شكل ٢٤) . تتركب النواة من المكونات التالية :

(أ) الغلاف النووي (Nuclear envelope) :

هو غلاف يتكون من غشائين خلويين متوازيين يتصل الخارجى منهما بالشبكة الاندوبلازمية الخشنة . يحتوى الغلاف النووي على عدة ثقب صغيرة تعرف بالثقب النووية (Nuclear pores) التي تسمح بتبادل المواد بين النواة والسايتوبلازم . أغشية الغلاف النووي لها نفس التركيب العام والوظائف العامة للغشاء البلازمي .

(ب) السائل النووي (Nuclear sap) :

هو سائل مائي لزج نسبياً كثيف القوام يحتويه الغلاف النووي . يحتوى السائل النووي على الوحدات البنائية اللازمة لبناء (DNA) و (RNA) كما يحتوى على أحماض أمينية وبروتينات بالإضافة لمركبات أخرى عضوية وغير عضوية . يوفر السائل النووي بيئة العمل التي تمكن المادة الوراثية من أداء وظيفتها .

(ج) الشبكة الكروماتينية (Chromatin network) :

عند صبغ الخلايا التي ليست في حالة إنقسام بالاصباغ النووية (وهى الاصباغ التي تصنع مكونات النواة) تظهر في النواة شبكة دقيقة مفككة من الجبيبات والخيوط تصطبغ بألوان داكنة تعرف بالشبكة

الكروماتينية وسميت المادة الكيميائية التي تكونها بالاسم العام

الكروماتين (Chromatin) يتركب الكروماتين من :

١. بروتين نووى : (Nucleo protien) يتكون من المادة الوراثية

(DNA) المرتبطة بروتينات تسمى الهستونات (histones) وتلتف

أجزاء (DNA) حول خيوط البروتين .

٢. (m - RNA) ويمثل المعلومات الوراثية التي يستنسخها (DNA)

لترسل الى الرايبوسومات كمعلومات تنتج بمقتضاها البروتينات

المطلوبة .

(د) النوية (Nucleolus) :

النوية جسم كروى كثيف القوام يوجد منها واحدة أو أكثر داخل نواة

الخلية النباتية والحيوانية التي ليست فى حالة انقسام . تتكون النوية من (DNA)

والبروتين و (r-RNA) الذى تصنعه .

(DNA) النوية هو قطعة معينة من أحد الكروموسومات تسمى منظم

النوية (Nucleolar Organizer) له المقدرة على تخليق (r-RNA)

الرايبوسومي الذى يتجمع حوله مكوناً النوية . تهاجر جزيئات (r-RNA)

الرايبوسومي عبر الثقوب النووية الى الساييتوبلازم وتكون رايبوسومات . فى

بداية الانقسام الخلوى يتوقف تصنيع (r-RNA) وترحل جزيئات (r-RNA)

المكونة الى السيتوبلازم وبذلك تختفي النوية . عند نهاية أنقسام النواة يبدأ

منشئ النوية فى تخليق مزيد من (r-RNA) وبذلك تظهر النوية مجدداً .

إذا كانت النوية مصدر (r-RNA) الرايبوسومي وكانت الرايبوسومات

هى مصانع تكوين البروتين فى الخلية فإن حجم النوية وعدد النويات بالخلية

مؤشر لدرجة النشاط الاستقلابى للخلية .

(هـ) الكروموسومات : (Chromosomes) :

عند بداية انقسام النواة يتحلزن (شكل حلزوني) كل جزيء من جزيئات

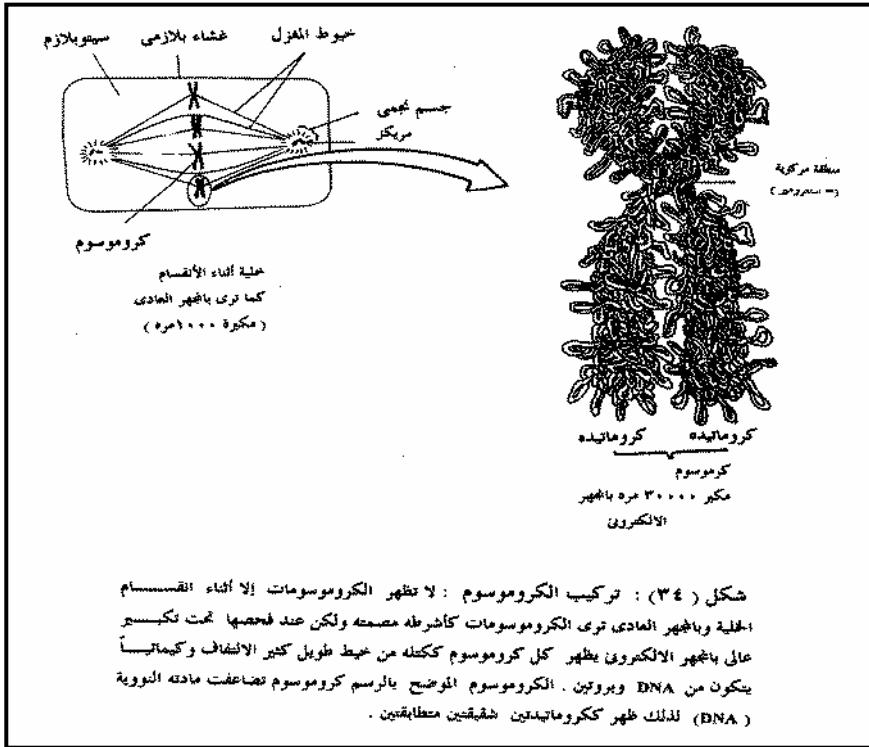
DNA المكونة للكروماتين تحلزن محكماً حول جزيئات البروتين ويظهر

كشريط يمكن رؤيته بالمجهر الضوئى . سميت هذه الشرائط عند بداية

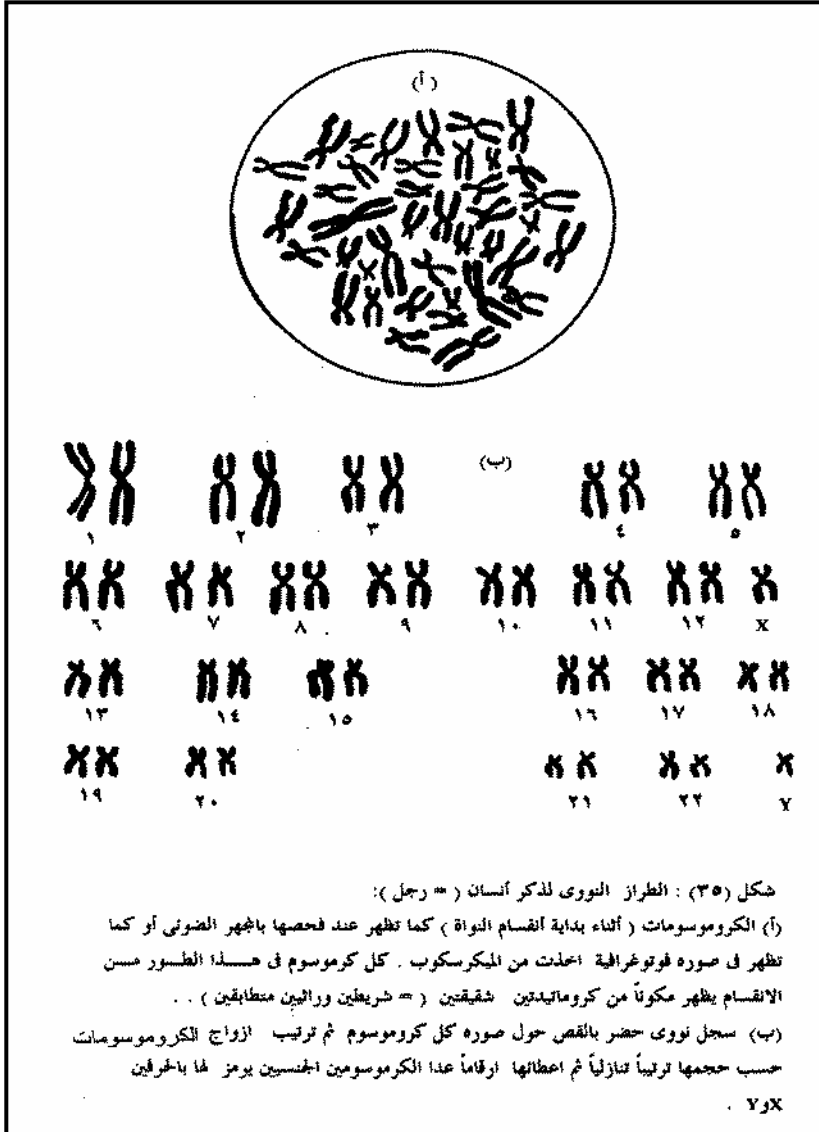
اكتشافها بخيوط النواة (Nuclear threads) ثم اصطلح لاحقاً على تسميتها

بالكروموسومات (Chromosomes) . فى هذه المرحلة من انقسام النواة يظهر كل كروموسوم مكوناً من ذراعين بينهما تخلصر يسمى المنطقة المركزية (أو السنترومير) (Centromere) (شكل ٣٤) .

بتقدم انقسام النواة يتميز كل كروموسوم الى خطين يسميان " كروماتيدتين Sister Chromatids " شقيقتين متماثلتين ويمكن فى هذه المرحلة عدّ الكروموسومات والتميز بينها على أساس الشكل والحجم وموقع المنطقة المركزية . تسمى دراسة الشكل الخارجى للكروموسومات وعددها بدراسة الطراز النووى (Karyotype) . يلزم لهذه الدراسة تجهيز تحضيرات مجهرية للكروموسومات أثناء الانقسام النووى بعد صبغها بصبغات مناسبة ثم أخذ صور فوتوغرافية لها من خلال المجهر يلى ذلك قص صورة كل كروموسوم على حده وترتيبها تنازلياً حسب أطوالها فى صفوف .



يسمى هذا التحضير النهائي بالسجل أو التخطيط النووي (Karyogram idiogram) شكل (٣٥) .



دراسة مختلف الطرز النووية للكثير من أنواع النبات والحيوان جعلت علماء الأحياء يخرجون بالتعميمات التالية :

١- عدد وأشكال الكروموسومات ثابت بالنسبة لكل نوع من أنواع الكائنات الحية ، وبهذا يمثل الطراز النووى صفة تصنيفية يمكن بها التفريق بين الأنواع . الجدول (٣) التالى يوضح ذلك .

جدول (٣) : أعداد الكروموسومات فى الطراز النووى لمجموعة من أنواع الكائنات الحية

النوع	الانسان	الابقار	قرد ريس	الدجاج	الذبابة المنزلية	القمح	الفاول المصرى
عدد الكروموسومات	٤٦	٦٠	٤٢	٧٨	١٢	٤٢	١٢

٢- الطراز النووى ثابت لجميع خلايا جسم الفرد الجسدية أياً كان موقعها وهذا يعرف بقانون الأنوية المتكافئة (Concept of Nuclear Equivalence) .

٣- حالة ثنائية المجموعة الصبغية (Diploidy) مظهر يوجد فى معظم خلايا الكائنات الحية التى تتكاثر جنسياً (أو تلك التى كانت فى زمن مضى تتكاثر جنسياً) وفيها يوجد لكل كروموسوم شبيه أى توجد الكروموسومات فى أزواج متماثلة (Homologous Chromosomes) . بمعنى آخر يوجد بكل نواة مجموعتين من الكروموسومات المتماثلة وبهذا توصف النواة (ومن ثم الخلية والفرد) بأنها ثنائية المجموعة الصبغية (Diploid Nucleus) ويعبر عن ذلك بالصيغة (2n) .

٤- حالة أحادية المجموعة الصبغية [Haploidy (Monoploidy)] : وهى حالة نواة تحوى مجموعة واحدة من الكروموسومات غير المتماثلة (Nonhomologous chromosomes) وتسمى النواة فى هذه الحالة

(ومن ثم الخلية والفرد) بأحادية المجموعة الصبغية ويعبر عن ذلك بالصيغة (n) . معظم امشاج النباتات والحيوانات أحادية المجموعة الصبغية كما أن أنوية معظم الفطريات وكثير من الطحالب أحادية المجموعة الصبغية . خلايا ذكور نحل العسل أيضاً أحادية المجموعة الصبغية .

٥- حالة تعدد المجموعة الصبغية (Polyploidy) : وهى حالة نواة تحتوى على ثلاثة أطقم أو أكثر من الكروموسومات المتماثلة . ويعبر عن هذا بالصيغة $3n$, $4n$, $5n$ وهى حالة أكثر شيوعاً فى النبات من الحيوان. خلايا الاندوسبيرم (وهو النسيج المدخر للغذاء فى بعض البذور) ثلاثية المجموعة الصبغية $3n$. توجد سلالات من القمح متعددة المجموعات الصبغية $2n$, $3n$, $4n$ أو $6n$ كما تعدد المجموعات الصبغية فى البرتقال $2n$, $3n$, $4n$ والموز $2n$ أو $3n$ أو $4n$ أو $5n$ أو $7n$ أو $8n$.

٦- فى الكائنات الحية المميزة إلى ذكور وإناث يوجد زوج من الكروموسومات التي تحمل المعلومات التي من شأنها أن تحدد جنس الفرد من حيث الذكورة والأنوثة تعرف بكروموسومات الجنس (Sex chromosomes) أما بقية أزواج الكروموسومات فى الطراز النووي فتعرف بالكروموسومات الذاتية (الجسدية) أو الأوتوسومات (Autosomes) .

تركيب الحامض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين : (Structure of DNA)

عرفت فى دراستك لكيمياء الحياة أن الأحماض النووية تتركب من أربعة وحدات بنائية جزيئية صغيرة تعرف بالنيوكليوتيدات. يتركب (DNA) من جديلتين ملتفتتين حول بعضهما البعض على هيئة تركيب حلزوني يفرضه تقابل نوع محدد من النيوكليوتيدات على أحد الجداول بنيوكليوتيدة محددة فى الجديلة المقابلة . شكل (٢٢) . وقد اكتشف جيمس واتسون وفرانسيس كريك التركيب الأساسي للجديلتين الحلزونيتين عام ١٩٥٣ م .

مثل هذا الاكتشاف نقطة إنطلاق حقيقية للعديد من الأبحاث التي عمقت المعرفة الإنسانية بحقائق التوارث بمعدلات لا يوجد أي وجه للمقارنة بينها وبين انطلاق المعرفة لاي علم آخر . لقد كان لهذه المعرفة وما يزال أبعاداً عملية عميقة في التطبيقات العملية في مجال الإنتاج الزراعي بشقيه النباتي والحيواني وفي الطب والصناعة . بل مازالت بعض تطبيقاته العملية والمحتملة فيما يعرف بالهندسة الوراثية (Genetic Engineering) تثير الكثير حولها من التساؤلات في مجال القانون والأخلاق والعرف والفلسفة .

٤ - ٦ - ١٤ الجدار الخلوي (Cell wall) :

الجدار الخلوي غطاء صلب محدود المرونة يحيط بالغشاء البلازمي للخلايا النباتية وخلايا البكتريا والفطريات وتخلو الخلايا الحيوانية من الجدر .

جدار الخلايا النباتية (Plant cell wall) :

يتكون جدار الخلية النباتية من ليفيات دقيقة (Micro Fibrils) من السيلولوز يمكن مشاهدتها فقط بالمجهر الإلكتروني . في الجدر غير المتحورة المسافات بين هذه الليفيات تسمح بمرور معظم الجزيئات الكيميائية . بالإضافة للسيلولوز توجد بعض المركبات الكربوهيدراتية الأخرى معقدة التركيب مثل الهيميسيلولوز (Hemicellulose) والبكتين (Pectin) وهي مواد تربط بين ليفيات السيلولوز . ويوجد البكتين على هيئة بكتات كالسيوم (Calcium Pectate) (بكتات الكالسيوم هي المادة الرئيسة التي تكون الجلي (Jelly) الذي يشكل طعام حلو المذاق للإنسان) . تشكل بكتات الكالسيوم أيضاً المادة الأسمنتية التي تربط بين جدر الخلايا النباتية حيث تصنع ما يسمى الصفيحة الوسطى (Middle Lamella) .

أثناء نمو الخلية يكون الجدار السيلولوزي قابل للتمدد نتيجة لامكانية إنزلاق ليفيات السيلولوز على بعضها البعض . يسمى مثل هذا الجدار بالجدار الأولي (Primary Wall) . عند تمام نمو الخلية ووصولها لحجمها النهائي يترسب جدار ثانوي (Secondary Wall) مبطناً الجدار الأولي . وترتبط ليفيات الجدار الثانوي بحواجز عرضية مما يمنع انزلاق بعضها على بعض

ويصبح الجدار محدود المرونة ولهذا أهمية كبيرة في توفير دعامة هيدروستاتيكية للخلية حيث تكون وظيفته كوظيفة الجدار الخارجي لكرة القدم محدود المرونة وعند امتلاء الكرة بالهواء تنتفخ وتكتسب دعامة . فعند امتلاء الفجوة العصارية بالماء تكتسب الخلية دعامة هيدروستاتيكية الأمر الذي يدعم العضو النباتي .

في بعض الخلايا النباتية ، كما هو الحال في الخلايا الاسكلرنشيمية والخلايا المكونة لأوعية توصيل الماء (أوعية الخشب) تترسب مادة اللجنين (Lignin) التي تربط ليفيات السليلوز ربطاً محكماً مما يجعل الجدار الخلوي صلباً غير منفذ للغازات والماء فتتحور الخلايا وتصبح وظيفتها توفير دعامة ميكانيكية للنبات وعادة ما تصبح متطاولة ليفية الشكل كما هو الحال في الخلايا الاسكلرنشيمية أو تصبح وعائية كما في أوعية الخشب .

ومن المواد التي تترسب على جدر الخلايا النباتية من الخارج مادة الكيوتين (Cutin) وهو مخلوط من شموع مختلفة تكون جليداً (كيوتكل) (Cuticle) على السطح الخارجي لخلايا بشرة أوراق النباتات وبذلك يقلل من فقد الماء ويحمي النبات من دخول مسببات الأمراض .

جدار الخلية البكتيرية (Bacterial Cell Wall) :

يتركب جدار الخلية البكتيرية من مادة معقدة التركيب تسمى ببتيدوجلايكان (Peptidoglycan) تتركب وحداتها من سكر يحوي مجموعة أمين (NH_2 -) ترتبط بأحماض أمينية وكما هو الحال في الخلايا النباتية يكسب الجدار الخلية البكتيرية شكلها المميز كما يكسبها دعامة ميكانيكية ودعامة هيدروستاتيكية .

جدار الخلية الفطرية (Fungal Cell Wall) :

يتركب جدار الخلية الفطرية من مادة الكايتين (Chitin) (وهي المادة التي تكون هيكل الحشرات) . وتركيب الكايتين الكيميائي يشابه كثيراً تركيب السليلوز إلا أن وحداته من السكر تحوي مجموعة أمين (جلوكوز أمين) . ولجدار الخلية الفطرية نفس وظائف جدار الخلية النباتية .

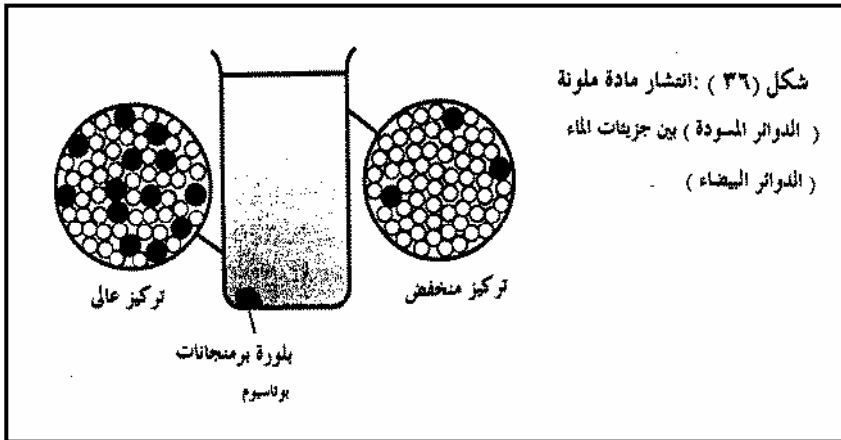
٤ - ٧ النقل عبر الأغشية الخلوية

(Transport across cell membranes) :

توصف الخلية بأنها نظام مفتوح بمعنى أنها تتبادل المادة والطاقة باستمرار مع الوسط الذي يحيط بها عبر الغشاء البلازمي . تدخل المواد إلى الخلية وتخرج منها بعدة طرق تشمل : الانتشار والإسموزية (وهى نوع خاص من الانتشار) والنقل النشط والانتشار المسهل والنقل الخلوي (النقل عبر الفجوات) ويتبادل السيتوبلازم المواد مع العضيات المحاطة بأغشية خلوية بمعظم الطرق المذكورة :

٤ - ٧ - ١ الانتشار (Diffusion) :

الانتشار هو انتقال المادة من مكان تركيزها الأعلى إلى مكان تركيزها الأقل كنتيجة حتمية للحركة العشوائية للجسيمات . يمكن متابعة عملية الانتشار إذا وضعت بلورة صغيرة من برمنجنات البوتاسيوم في ماء ساكن بكأس زجاجية . نلاحظ بعد عدة ساعات انتشار اللون البنفسجي للبرمنجنات بعيداً عن البلورة في جميع الاتجاهات تدريجياً أي من المكان الأكثر تركيزاً إلى الأماكن الأقل تركيزاً . وفي اليوم التالي تلاحظ تجانس المحلول في جميع أجزائه . شكل (٣٦) .



الطاقة اللازمة لعملية الانتشار توفرها طاقة الحركة للجسيمات المنتشرة نفسها ، فالانتشار ليس عملية تنجزها الخلية وتصرف عليها طاقة . على الخلية أن توفر فقط فرقاً في تركيز المادة بين داخلها وخارجها لتثمر عملية الانتشار . لذلك يوصف الانتشار بأنه عملية نقل سلبي (Passive Transport) . فالأميبا مثلاً تنتج الأمونيا باستمرار كأحد نفايات هدم البروتين بالسيتوبلازم وبذلك يكون تركيز الأمونيا دائماً داخل الأميبا أعلى من تركيزها بالوسط الخارجي وبذلك تنتقل الأمونيا سلبياً (أي بالانتشار) من الداخل إلى الخارج كنتيجة حتمية لفرق التركيز ولا تصرف الأميبا طاقة لذلك . كذلك تستهلك خلايا الكائنات الحية هوائية التنفس الأكسجين باستمرار في عملية التنفس التي ينتج منها CO_2 باستمرار وبذلك يقل تركيز الأكسجين ويزداد تركيز CO_2 بالسيتوبلازم بالمقارنة بتركيزيهما خارج الخلية .

وكننتيجة ضمنية لفرق التركيز ينتشر الاوكسجين من الخارج الى داخل الخلية وفي نفس الوقت ينتشر CO_2 من الخلية إلى الخارج ولا يصاحب ذلك أى صرف للطاقة من الخلية .

من المهم أن تعلم أن المادة المنتشرة تنتشر نتيجة لحركة جسيماتها العشوائية في جميع الإتجاهات (أي من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل وكذلك من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى) ولكن صافي الانتشار (Net Diffusion) يكون انتقال الجسيمات من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل. ففي المثال السابق عن برمنجنات البوتاسيوم تتحرك الجسيمات في جميع الاتجاهات ولكن يكون صافي النقل من المكان الأعلى تركيزاً إلى الأماكن الأقل تركيزاً نتيجة للحركة العشوائية لجسيمات برمنجنات البوتاسيوم وتصادمها المستمر مع بعضها وتغيير إتجاهها المستمر أيضاً وعند تمام تجانس المحلول لا يعني ذلك أن عملية الانتشار قد وقفت بل يعني أن صافي الانتشار من أي مكان في المحلول إلى مكان آخر يساوي صفراً وهذا ما يحافظ على تجانس المحلول .

هناك عدة عوامل تؤثر على معدل الانتشار منها :

(١) وسط الانتشار :

انتشار المادة في الغازات أسرع من انتشارها في الماء وانتشارها في الماء أسرع من انتشارها خلال الدهون الفسفورية التي تكون الأغشية الخلوية . فمثلاً معدل انتشار الأكسجين في الهواء أكبر بكثير جداً من معدل انتشاره في الماء ، لذلك عندما تكون التربة مغمورة بالماء فإن معدل انتشار الأكسجين في ماء التربة لا يكون كافياً لتنفس الجذور فيعاق تنفسها . كذلك فإن ديدان الأرض (الصارقيل) نسبة لقلّة معدل انتشار الأكسجين في التربة المغمورة بالماء فإنها تخرج إلى السطح لتحصل على ما يكفيها من الأكسجين الذي ينتشر في الهواء بمعدل أكبر .

انتشار الماء عبر الأغشية الخلوية يعاق بمقدار ١٠٠٠٠٠٠ مرة مقارنة بانتشاره في غياب الأغشية الخلوية .

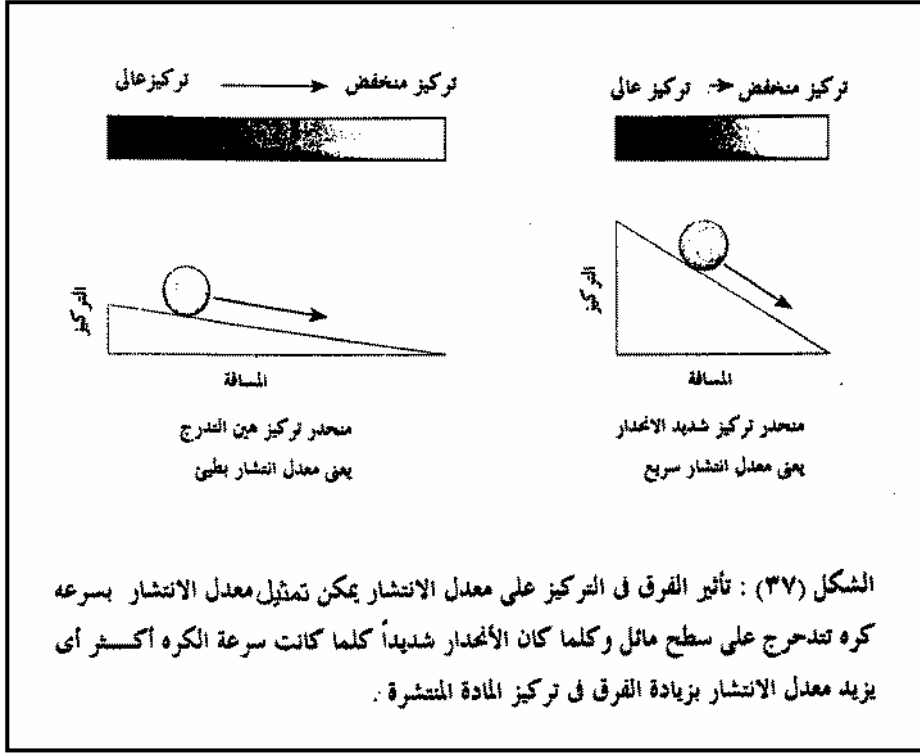
(٢) القابلية للذوبان في الدهون الفسفورية (الأغشية الخلوية) :

تنتشر المواد القابلة للذوبان في الأغشية الخلوية أسرع من الجزيئات ذات الشحنة الكهربائية (الجزيئات القطبية) وأسرع من الأيونات .

(٣) مدرج التركيز (مدرج الانتشار)

(Concentration) Gradient :

ويقصد بمدرج التركيز تغير تركيز المادة المنتشرة مع المسافة (شكل ٣٧) . يزداد معدل الانتشار طردياً مع الفرق في التركيز ويتناسب عكسياً مع المسافة التي تنتشر عبرها الجسيمات المنتشرة .



(٤) حجم الجسيمات المنتشرة :

تتحرك الجسيمات صغيرة الحجم أسرع من الجزيئات كبيرة الحجم ، فمثلاً عند مقارنة معدل الانتشار لتركيزين متساويين من الجلوكوز (وزنه الجزيئي ١٨٠ وحدة) والسكروز (سكر القصب ووزنه الجزيئي ٣٤٢ وحدة) في تجربتين منفصلتين نجد أن سرعة انتشار الجلوكوز ذو الوزن الجزيئي الأصغر تعادل ١,٤ ضعف سرعة انتشار السكروز .

(٥) الحرارة :

يزداد معدل الانتشار قليلاً عند رفع درجة الحرارة ، فمثلاً لو رفعت درجة حرارة محلول من ١٠° م إلى ٢٠° م فإن معدل الانتشار يزداد فقط بنسبة ١,٧٪ .

(٦) مساحة السطح :

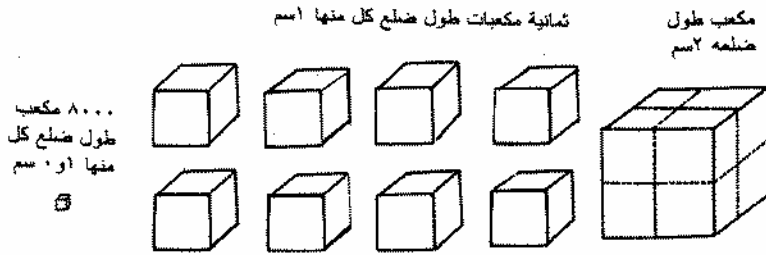
كلما كانت المساحة للانتشار كبيرة كان معدل الانتشار كبيراً أيضاً (شكل ٣٨ - أ) . كثير من الكائنات الحية تزيد من مساحة سطح الانتشار عن طريق تثنيه وتعرجه أو بروزه في شكل زوائد رفيعة وإليك بعض الأمثلة الآتية:
أ. سطح البطانة الداخلية للأمعاء الفقاريات ينتهي على شكل خملات لزيادة المساحة التي ينتشر عبرها الماء والغذاء المهضوم من تجويف المعى إلى خلايا البطانة الأمعاء ومنها إلى الدم والليمف (شكل ٣٨ - ب) .

ب. رئات الفقاريات هوائية التنفس ذات مساحة للانتشار كبيرة لتكوينها عدداً كبيراً من الأكياس أو الحويصلات الصغيرة فيزداد معدل تبادل الغازات بالانتشار (شكل ٣٨ - ج) .

ج. يتكون كل خيشوم في الأسماك من عدد كبير من الخيوط الخيشومية المنبسطة لتوفير سطح كبير جداً لتبادل الغازات .

د. تمتد بعض خلايا جذور النباتات في شكل خيوط دقيقة أو شعيرات لزيادة مساحة سطح الانتشار الذي تعبره الماء من التربة إلى هذه الخلايا ومنها إلى جسم النبات .

هـ. بعض خلايا أوراق النباتات مفكك وبذلك يكون بينها مسافات بينية كبيرة مملوءة بالهواء . توفر الأغشية البلازمية سطحاً كبيراً متعرجاً لتبادل الغازات بين هواء المسافات البينية وخلايا الورقة .



شكل (٣٨ - أ) : مساحة شكل الأجسام وعلاقتها بالحجم :

بالنسبة للمكعب تذكر أن :

- مساحة السطح الكلية للمكعب = عدد الأوجه × مساحة الوجه الواحد = $6 \times \text{ض} \times \text{ض} \times \text{ض} = 6 \times \text{ض}^2$
- حجم المكعب = الضلع × نفسه × نفسه = $\text{ض} \times \text{ض} \times \text{ض} = \text{ض}^3$
- نسبة مساحة السطح (س) إلى الحجم (ح) = $\frac{6 \times \text{ض}^2}{\text{ض}^3} = \frac{6}{\text{ض}}$

فاذا قسم مكعب طول ضلعه (٢) سم إلى ثمانية مكعبات طول ضلع كل منها ١ سم أو إلى ٨٠٠٠ مكعب طول ضلع كل منها ١ سم فإن :

المساحة الكلية للمكعب الذي طول ضلعه ٢ سم = $6 \times 2 \times 2 \times 2 = 24$ سم^٢، المساحة الكلية للثمانية مكعبات = $8 \times 6 \times 1 \times 1 \times 1 = 48$ سم^٢،

المساحة الكلية للـ (٨٠٠٠) مكعب = $8000 \times 6 \times 1 \times 1 \times 1 = 48000$ سم^٢.

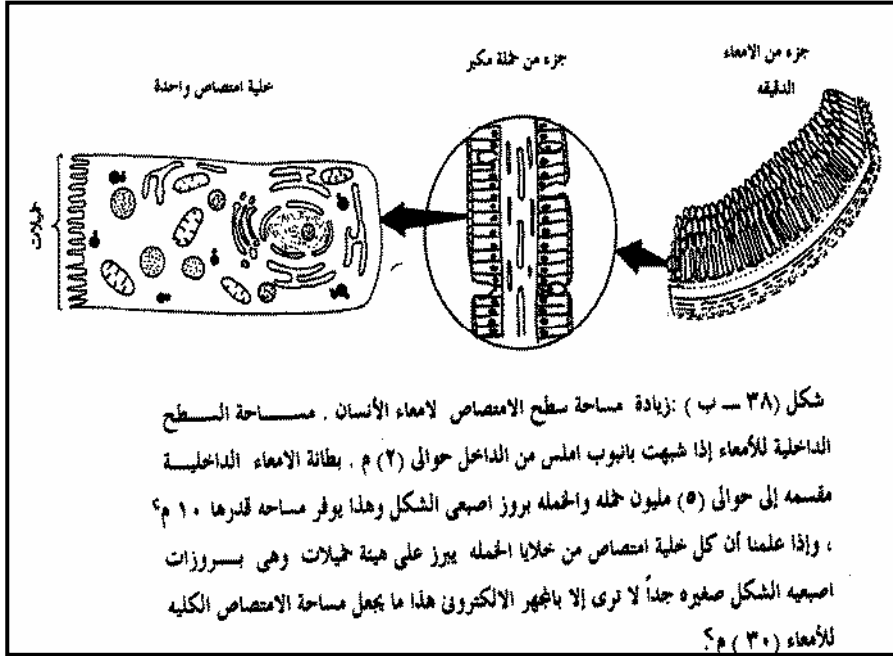
وعليه تزيد المساحة الكلية للجسم إذا قسم إلى اجسام اصغر منه وهذا ما يوجد في الكائنات الحية حيث تزداد مساحة سطح الامتصاص بتقسيمه إلى اجزاء صغيرة .

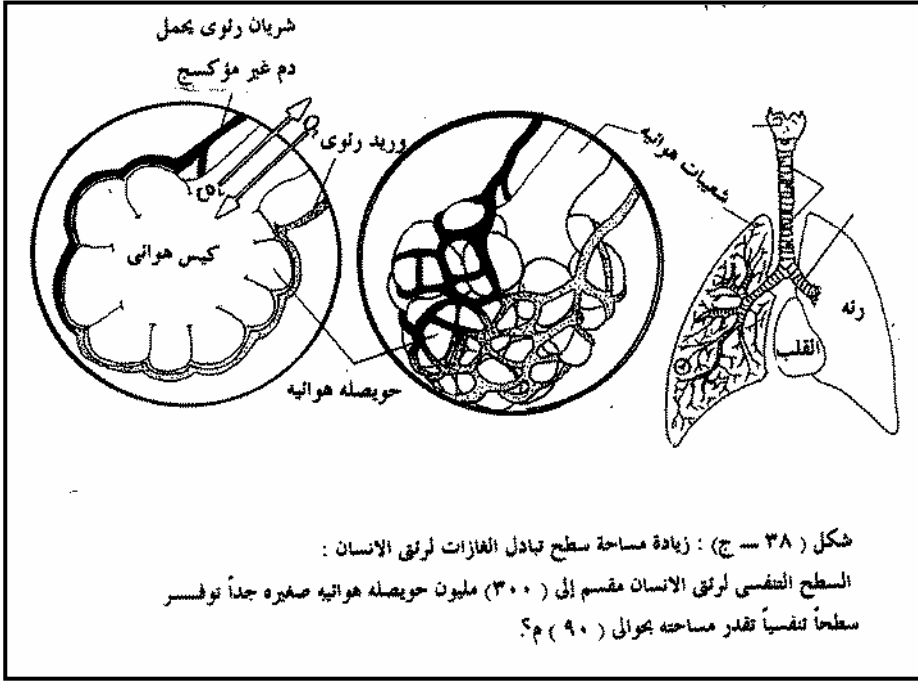
كذلك : س : ح للمكعب الذي طول ضلعه (٢) سم = $2 : 24 = 1 : 12$ ،

• س : ح للمكعب الذي طول ضلعه (١) سم = $1 : 6 = 1 : 6$ ،

• س : ح للمكعب الذي طول ضلعه (١) سم = $1 : 6 = 1 : 6$ ،

وعليه تزداد النسبة س : ح كلما كان الجسم صغيراً وهذا يفسر لك صغر حجم الخلايا فكلما صغر حجم الخلية زادت مساحة السطح والسطح بالنسبة للخلايا هو البوابه التي تعبر خلالها المواد من الخلية وإليها فكبر مساحة السطح (نتيجة لصغر الحجم) يعنى إمداداً جيداً بالغذاء والاكسجين وإخراجاً جيداً لـ CO_2 والنفايات الأخرى . وصغر حجم الخلية يتلاءم مع وظيفتها ، فمثلاً اصغر خلايا جسم الانسان هي خلايا الدم الحمراء ووظيفتها امتصاص الاكسجين ونقله وتفريره في الانسجة وتبلغ قطر خلية السدم الحمراء (٧) ميكرومتر (تذكر أن (١) متر = ١٠٠٠ ملليمتر = ١٠٠٠٠٠٠ ميكرومتر = ١٠٠٠٠٠٠٠٠٠ نانو متر).



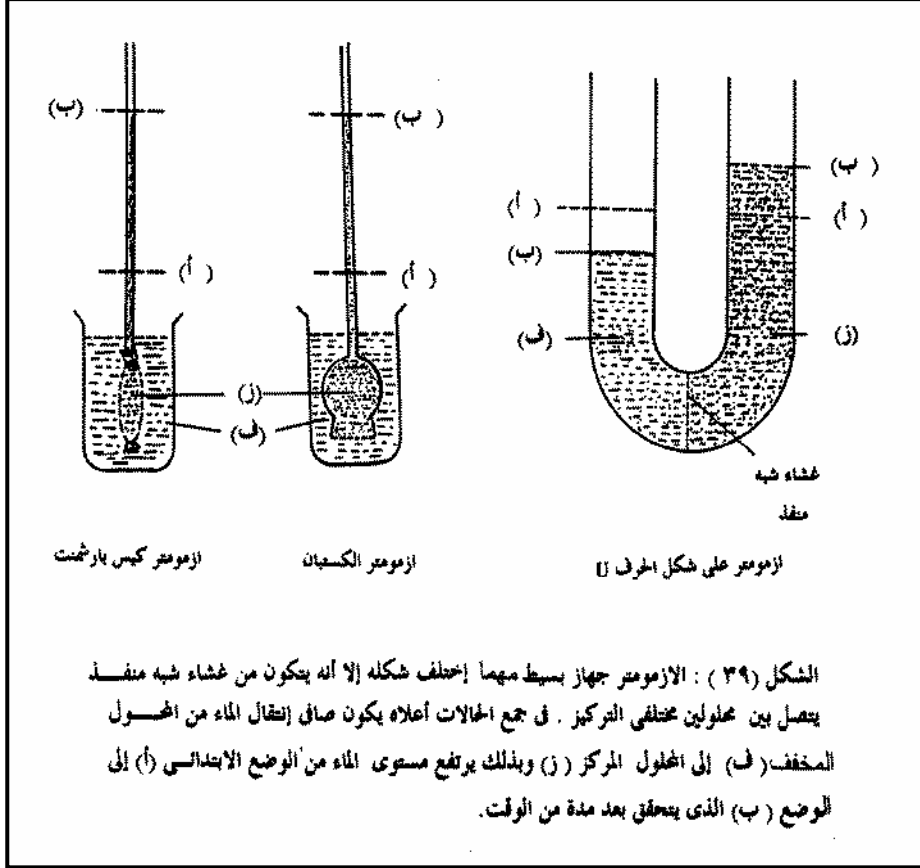


٤ - ٧ - ٢ الأسموزية (الانتشار الغشائي ، التناضحية) (Osmosis) :

الأسموزية :

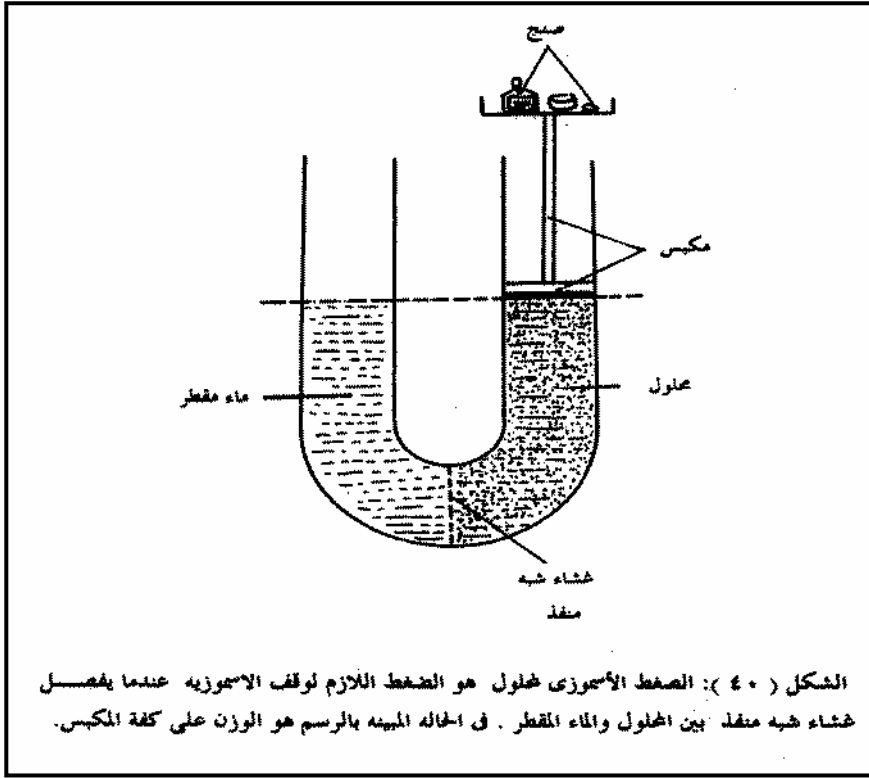
نقل سلبي يعبر عن حالة خاصة من الانتشار حيث تنتقل جزيئات الماء عبر غشاء ذي نفاذية تفاضلية (غشاء منفذ جزئياً) يسمح بحرية نفاذ جزيئات الماء في الإتجاهين ولا يسمح أو يعوق نفاذ جزيئات المذاب (Solute) ويكون صافي النقل من المحلول المخفف إلى المحلول المركز ولا يتطلب الأمر حرقاً للطاقة . ويمكن متابعة الأسموزية بفصل محلول سكر جلوكوز (١٠ ٪ مثلاً) من ماء مقطر بغشاء إختياري النفاذية كما هو موضح بشكل (٣٩) . وبمراقبة مستوى سطح الماء في الأنبوب الضيق نجده يرتفع ببطء تدريجياً حتى يتدفق من فوهتها نتيجة لانتقال الماء من الكأس إلى المحلول السكري . ويمكن تفسير انتقال الماء بالأسموزية كما يلي :

في الماء المقطر يكون عدد جزيئات الماء الحرة في وحدة الحجم أكبر وبذلك تكون طاقة حركتها (Kinetic Energy) الدافعة لانتقال جزيئات الماء أكبر ، بينما في محلول السكر (أو أي مذاب آخر) يكون عدد جزيئات الماء الحر في وحدة الحجم أقل وذلك لأن جزيئات الجلوكوز تخفف جزيئات الماء كما أن بعض جزيئات الماء يرتبط بجزيئات الجلوكوز على هيئة غشاء رقيق حولها وبذلك تكون طاقة حركة جزيئات الماء في محلول السكر أقل . وعليه يكون صافي انتشار الماء من الماء المقطر إلى محلول السكر .



مفهوم الضغط الأسموزي (Osmotic Pressure) :

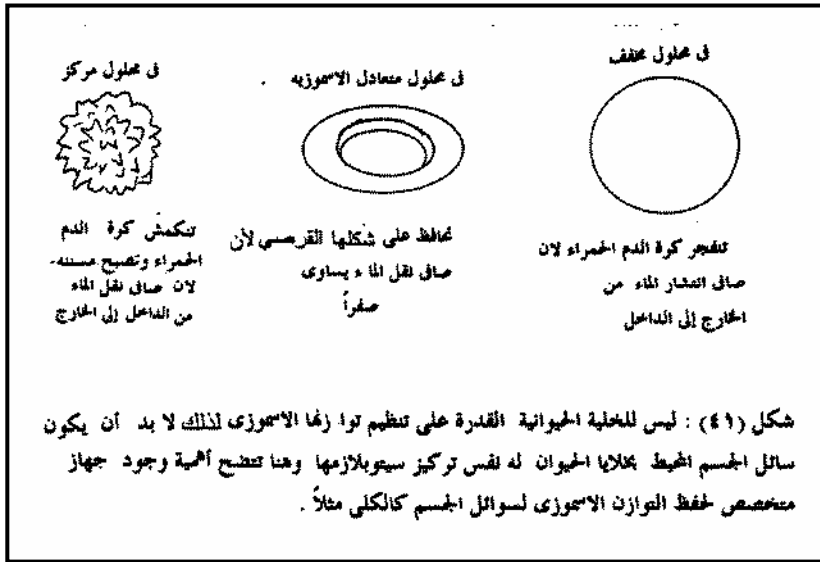
إذا فصل محلول ما (ماء + مذاب) عن الماء المقطر بغشاء ذي نفاذية اختيارية (شكل ٤٠) فإن الماء يميل للدخول إلى المحلول بالأسموزية ، وإذا عُرِض المحلول لضغط كافي (عن طريق المكبس في الشكل) فإن الضغط الناشئ يوقف انسياب الماء إلى المحلول وقد يعكس اتجاه حركة الماء . يعرف الضغط الأسموزي بأنه الضغط اللازم استخدامه ليووقف دخول الماء بالاسموزية إلى محلول مفصول عن الماء المقطر بغشاء اختياري النفاذية .



الأسموزية في الخلايا الحيوانية (شكل ٤١) :

في الحيوانات عديدة الخلايا توجد الخلايا محاطة بالسائل بين الخلو (سائل النسيج Tissue fluid) الذي له نفس التركيز الأسموزي ومن ثم نفس الضغط الأسموزي كمحلول سايتوبلازم الخلايا وهنا يوصف السائل النسيجي بأنه أسوي التوتر (Isotonic) مع سيتوبلازم الخلايا . تحت هذه الظروف ليس هناك حاجة للخلايا الحيوانية لأن تنظم محتواها المائي وفي الحقيقة لا تستطيع الخلايا الحيوانية القيام بعملية التنظيم الأسموزي (Osmoregulation) وإليك الدليل على ذلك :

عند تخفيف الوسط حول خلايا حيوانية كخلايا الدم الحمراء في الإنسان مثلاً بالماء المقطر يصبح الوسط الخارجي منخفض التوتر (Hypotonic) أي ينخفض تركيزه الأسموزي ومن ثم ضغطه الأسموزي عن السيتوبلازم. وفي هذه الحالة (شكل ٤١) يدخل الماء بالأسموزية إلى الخلية فتتفخ ثم تنفجر. وإذا وضعت خلايا الدم الحمراء في محلول ملحي عالي التوتر (Hypertonic) أي عالي التركيز الأسموزي ومن ثم عالي الضغط الأسموزي فإن الخلايا تفقد الماء بالأسموزية وتتكمش وتصبح مسننة . وعلى ذلك فالخلايا الحيوانية تصبح غير قادرة على التنظيم الأسموزي ولابد من وجود حيلة تحافظ بها الحيوانات على أسوية السائل النسيجي مع سيتوبلازم الخلايا . هذه الحيلة متمثلة في وجود أجهزة التوازن الرشحي والتي هي أيضاً أجهزة إخراج كالكلية في الفقاريات وأنابيب ملبيجي في الحشرات والأنابيب الكلوية في الديدان الحلقية كالصاقليل وغير ذلك .



المياه العذبة التي تعيش فيها بعض الكائنات وحيدة الخلية كالأميبيا والبرامسيوم منخفضة التوتر بالنسبة لسيتوبلازم هذه الكائنات لذلك تدخل الماء بالأسموزية قهراً إلى أجسام هذه الكائنات وإذا لم توجد حيلة

للتخلص من هذا الماء فإن الكائن وحيد الخلية ينتفخ إلى أن ينفجر . الحيلة التي تمنع ذلك في أوليات المياه العذبة هي ما يعرف بالفجوات المنقبضة (Contractile Vacuules) وهي عضيات توازن أسموزي في هذه الكائنات. تجمع الفجوة المنقبضة الماء الزائد من السيتوبلازم بالنقل النشط (أنظر نقل نشط) وتنتفخ وتنفجر عبر الغشاء البلازمي بدلاً من الجسم ككل وتفرغ الماء إلى الوسط الخارجي وبعد الانفجار يلتئم الغشاء البلازمي لتبدأ العملية من جديد وهكذا دواليك .

وعند فحص هذه الفجوات المنقبضة بالمجهر تشاهد كأنها شئ نابض لذلك تسمى أحياناً بالفجوات النابضة (Pulsating Vacuoles) . إذا وضعت الأميبا في وسط أسوي التوتر مع سايتوبلازمها فإن الفجوة المنقبضة لا تتكون ، وإذا وضعت الأميبا في محلول منخفض التوتر كثيراً بالنسبة للسيتوبلازم فإن معدل تقبض الفجوة يزيد وقد تظهر أكثر من فجوة واحدة . الحيوانات الأولية المتطفلة أو تلك التي تعيش في المياه المالحة غالباً لا تكون فجوات منقبضة لأن محلول الوسط الذي تعيش فيه أسوي التوتر مع سيتوبلازم خلاياها .

الأسموزية في الخلايا النباتية (شكل ٤٢)

الخلايا النباتية إلى حد كبير قادرة على التنظيم الأسموزي ، والتركيب الهامة للخلية النباتية في هذا المضممار تشمل :

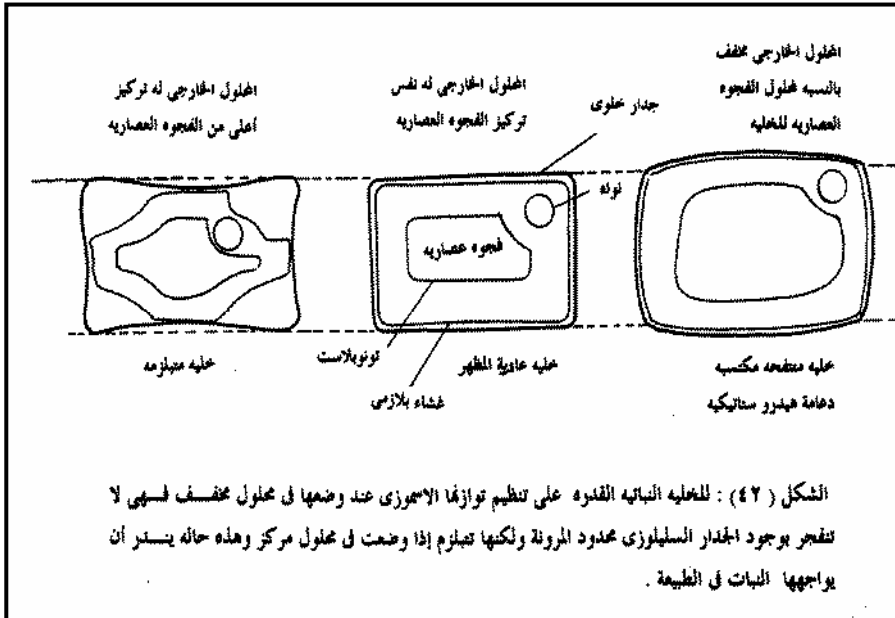
(أ) الجدار السليلوزي حول الخلية وهو منفذ لجميع المواد وقوي وله مرونة محدودة أي أنه ينتفخ إلى حد معين .

(ب) السيتوبلازم ويوجد على هيئة طبقة تبطن الجدار السليلوزي ويحد من الخارج بالغشاء البلازمي ومن الداخل بغشاء خلوي يسمى تونوبلاست (Tonoplast) والغشائين يعملان مع الساييتوبلازم كأغشية ذات نفاذية اختيارية .

(ج) الفجوة العصارية وهي فجوة تشغل حيزاً كبيراً وسط الخلية النباتية ومملوءة بمحلول مائي ملحي بالإضافة لوجود مواد أخرى ذائبة .

إذا وضعت الخلية النباتية في محلول منخفض التوتر (كالماء المقطر مثلاً) فإن الماء يدخل إلى الفجوة العصارية بالأسموزية فيزداد حجمها وتنتفخ وتدفع السيتوبلازم إلى الخارج فيضغط على جدار الخلية الذي بدوره كرد فعل

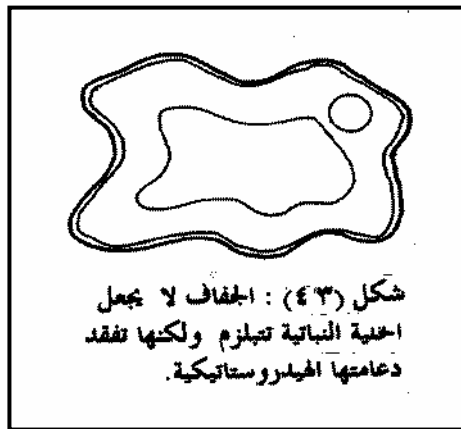
يضغط على بروتوبلاست الخلية في إتجاه معاكس ويتمدد الجدار قليلاً , وباستمرار دخول الماء إلى الفجوة العصارية يزداد الضغط بداخلها وتزداد حجماً ويزداد الضغط على الجدار والذي بدوره يزيد من ضغطه على بروتوبلاست الخلية في الاتجاه المعاكس. عند حد معين يتساوى الضغط بالفجوة العصارية مع ضغط الجدار ويحدث ذلك عندما يبلغ الجدار السيلولوزي أقصى تمدد له. عند ذلك يقف دخول الماء بالاسموزية وتكون الخلية في حالة انتفاخ (Turgid) مكتسبة لدعامة هيدروستاتيكية (Hydrostatic Suppor) تنشأ الدعامة الهيدروستاتيكية نتيجة لوجود سائل أو غاز تحت ضغط داخل حيز جدرانه غير مرنة أو محدودة المرونة كما يحدث مثلاً في كرة القدم المنفوخة جيداً) مثل هذه الدعامة الهيدروستاتيكية هامة للنبات حيث تمكن من انتصاب أوراق النبات وسيقان النباتات العشبية التي تخلو من أنسجة قوية توفر دعامة ميكانيكية كنبات الرجله مثلاً . لاحظ أن وجود الجدار السيلولوزي يمنع انفجار الخلية النباتية الأمر الذي تفقر إليه الخلايا الحيوانية .



إذا وضعت خلايا نباتية مثل طبقة البشرة الداخلية لإحدى قواعد أوراق
بصل الأكل في محلول عالي التوتر مثل محلول جلوكوز (١) مول وفحص
التحضير بالمجهر فإنه في خلال بضع دقائق يشاهد السيتوبلازم وقد انفصل في
عدة مواضع من الجدار السليولوزي مع انكماش حجم الفجوة العصارية وارتخاء
الجدار قليلاً .

ما حدث للخلايا تحت هذه الظروف (محلول عالي التوتر) يسمى
بلزمة (Plasmolysis) . وتفسير ذلك أن محلول السكر عالي التوتر بالنسبة
لمحلول الفجوة العصارية فإننتقل الماء من الفجوة العصارية إلى الوسط الخارجي
بالأسموزية فقل حجمها وضغطها فانكمشت وامتد الأمر ليشمل سيتوبلازم الخلية
فانفصل في عدة مواقع من الجدار السليولوزي . والحيز بين السيتوبلازم
والجدار السليولوزي مملوء بمحلول السكر . إذا أعيدت الخلية المتبلزمة قبل أن
ينقطع غشائها البلازمي إلى محلول أسوي الأسموزية فإنها تستعيد حالتها
العادية . البلزمة لا تحدث إلا إذا كانت الخلية النباتية محاطة بمحلول عالي
التركيز الأمر الذي لا يحدث في الطبيعة .

ويجب أن نفرق بين البلزمة وفقد الخلية النباتية للماء نتيجة للتبخر ، ففي
الحالة الأخيرة تتكمش الخلية بكاملها ولا يصاحب ذلك انفصال الغشاء البلازمي
من الجدار السليولوزي (شكل ٤٣) .



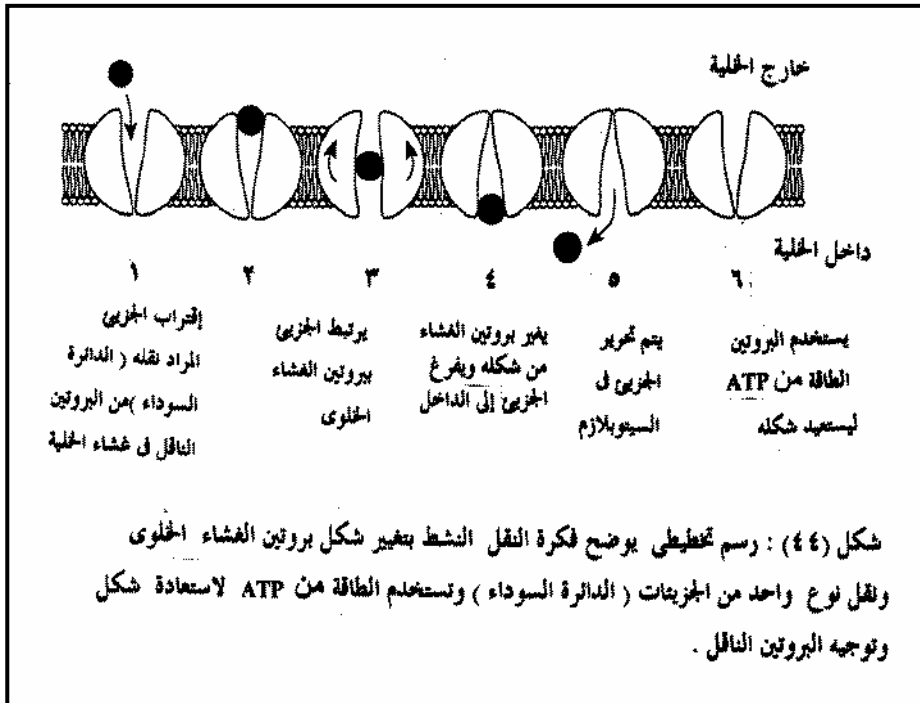
من المهم أن نعلم أن الجزيئات الصغيرة فقط هي التي تستطيع المرور عبر الأغشية الخلوية بالانتشار ويشمل ذلك جزيئات الماء والأكسجين وثنائي أكسيد الكربون والأمونيا . كذلك بعض المواد مثل الإسترويدات والكحول (وهي قابلة للذوبان في الدهون الفوسفورية المكونة للأغشية الخلوية) تستطيع العبور بالانتشار. أما الأيونات والجزيئات في حجم جزيئ الجلوكوز فتعبر الغشاء ببطء شديد. البروتينات لا تستطيع العبور بالانتشار ويتم نقلها بطرق أخرى .

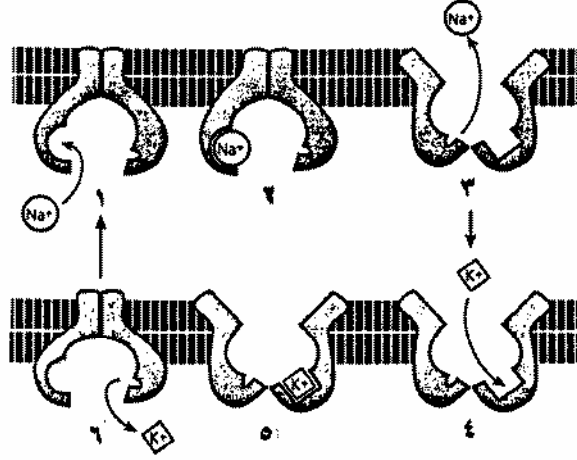
٤ - ٧ - ٣ النقل النشط (Active Transport) :

النقل النشط هو انتقال المواد عبر غشاء خلوي في إتجاه لا يمكن التكهّن به من تركيز المحاليل على جانبي الغشاء ، فيمكن للمادة أن تنتقل من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى أو العكس ، وهو عملية تتطلب حرقاً للطاقة توفرها الخلية كما تتطلب بروتيناً ناقلاً يقوم بالنقل حيث ترتبط المادة المراد نقلها ببروتين ناقل مغموس في الغشاء الخلوي ثم يفرغ البروتين الناقل حمولته من المادة في الجانب الآخر . ويحدث النقل النشط في جميع الخلايا حيث يتم به نقل المواد بين الخلية والوسط الخارجي عبر الغشاء البلازمي وكذلك داخل الخلية بين العضيات والساييتوبلازم عبر الأغشية البلازمية المحيطة بالعضيات . تصرف الخلية حوالي ثلث الطاقة المحررة بعملية التنفس على النقل النشط وفي الخلايا العصبية تلتقي طاقة التنفس على عملية النقل . وقد يقوم البروتين الناقل بنقل نوع واحد من المواد (شكل ٤٤) وأحياناً يكون هناك نقل مزدوج (Co Transport) حيث يتم نقل مادتين بنفس البروتين الناقل في إتجاهين متعاكسين (شكل ٤٥) مثال ذلك نقل أيونات الصوديوم إلى خارج الخلية العصبية ونقل أيونات البوتاسيوم في نفس الوقت من الخارج إلى داخل الخلية ، وقد يكون النقل المزدوج لمادتين في نفس الاتجاه كما يحدث عند امتصاص خلايا الأمعاء الدقيقة للجلوكوز وأيونات الصوديوم حيث ينتقلان معاً بنفس البروتين وفي نفس الإتجاه أي من الأمعاء إلى خلايا بطانة الأمعاء .

ومن الأمثلة الأخرى للنقل النشط ما يلي :

- تمتص خلايا جذور النباتات بعض الأيونات السالبة مثل أيونات الفوسفات والنترات والكبريتات من محلول التربة المخفف بالنقل النشط (تركيز هذه الأيونات دائماً أقل في محلول التربة عنه في سايتوبلازم خلايا الجذور).
- تمتص خلايا الطحالب البحرية اليود من ماء البحر مخففة التركيز في اليود بالنقل النشط .
- جزء من الماء الذي تمتصه خلايا جذور النبات من محلول التربة يتم بالنقل النشط (هذا الجزء من الماء الممتص بالنقل النشط خلاف الجزء من الماء الذي تمتصه الجذور بالأسموزية وخلاف ذلك الجزء الذي يتم إمتصاصه عن طريق تشرب الجدر السليولوزية لخلايا الجذور) .



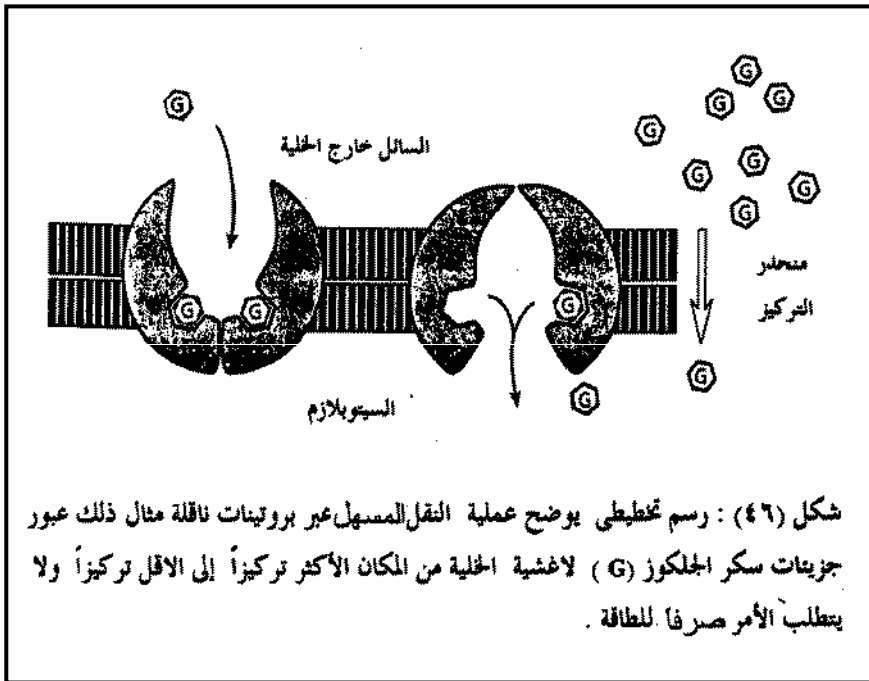


شكل (٤٥) : النقل النشط : رسم تخطيطي يبسط فكرة مضخة الصوديوم والبوتاسيوم كمثال للنقل المزدوج حيث تنقل أيونات الصوديوم خارج الخلية الحيوانية وفي نفس الوقت تنقل أيونات البوتاسيوم إلى الداخل ويتطلب الأمر صرفاً للطاقة من ATP .

٤ - ٧ - ٤ الانتشار المسهل (Facilitated Diffusion) :

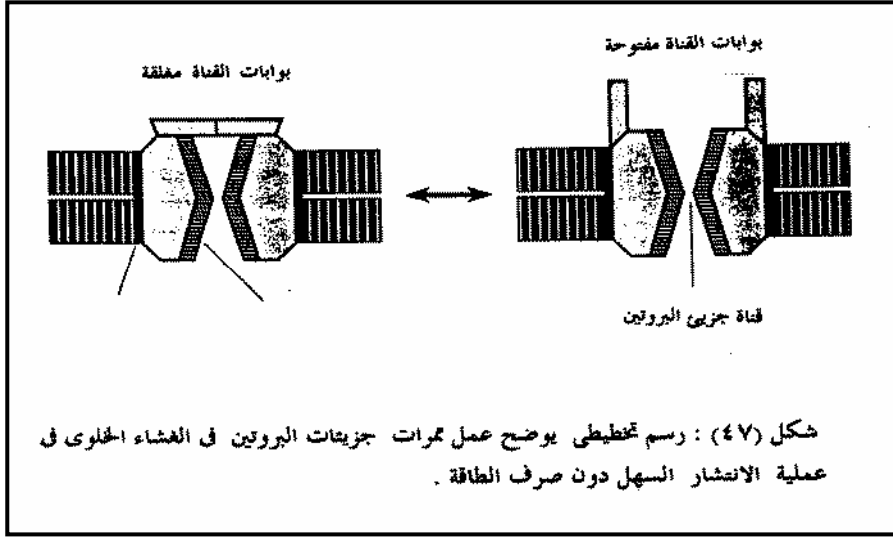
الانتشار المسهل هو انتقال الجزيئات أو الأيونات عبر الأغشية الخلوية من مكان تركيزها الأعلى إلى مكان تركيزها الأقل عن طريق بروتينات في الغشاء الخلوي تسهل عملية النقل ولكن الأمر لا يتطلب حرقاً للطاقة من الخلية . أي أن الانتشار المسهل يشارك الانتشار العادي والنقل النشط بعض خصائصهما. ويتم الانتشار بطريقتين مختلفتين :

(أ) النقل المسهل عن طريق بروتينات ناقلة متخصصة تسمى المنفذات (Permeases) (شكل ٤٦) والمنفذات ترتبط بجزيئات المادة ثم تغير شكلها لتطلق سراح المادة في الجانب الآخر للغشاء الخلوي وكمثال للنقل المسهل بالمنفذات امتصاص الجلوكوز عبر الغشاء البلازمي لكرات الدم الحمراء . والمنفذات بروتينات متخصصة في عملها فكل نوع من المواد بروتين منفذ خاص به .



(ب) النقل المسهل عن طريق قنوات أو (ممرات) الأيونات Ion Channels وفيه يتم نقل الأيونات خلال ممرات تمر في وسط جزيئات من البروتينات المتخصصة توجد على الغشاء البلازمي (شكل ٤٧) . ويكون النقل من التركيز الأعلى للأيونات إلى مكان التركيز الأقل . والجزء من البروتين

حول القناة يحمل شحنة كهربية (أي أنه جزيئ مستقطب) ولكل نوع من الأيونات قناة خاصة به .



٤ - ٧ - ٥ النقل الخلوي (Cyclosis) (النقل عبر الفجوات) :

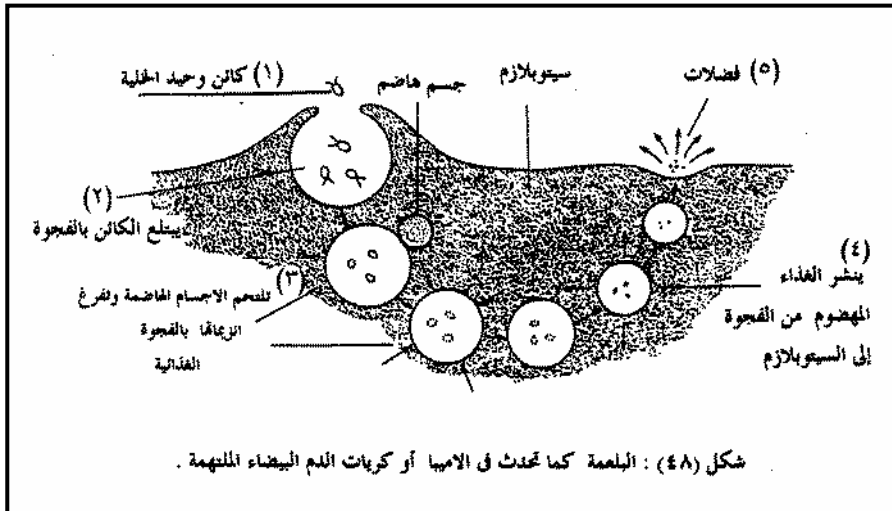
يختلف هذا النوع من النقل عن كل الأنواع السابقة في أن المواد المنقولة محمولة في شكل عبوات محاطة بأغشية خلوية ويتم نقل المواد من جانب إلى آخر دون أن تعبر فعلياً الغشاء الخلوي ، ويتطلب النقل الخلوي حرقاً للطاقة . ويصنف النقل الخلوي حسب إتجاه النقل إلى نوعين رئيسيين هما الابتلاع والطرح :

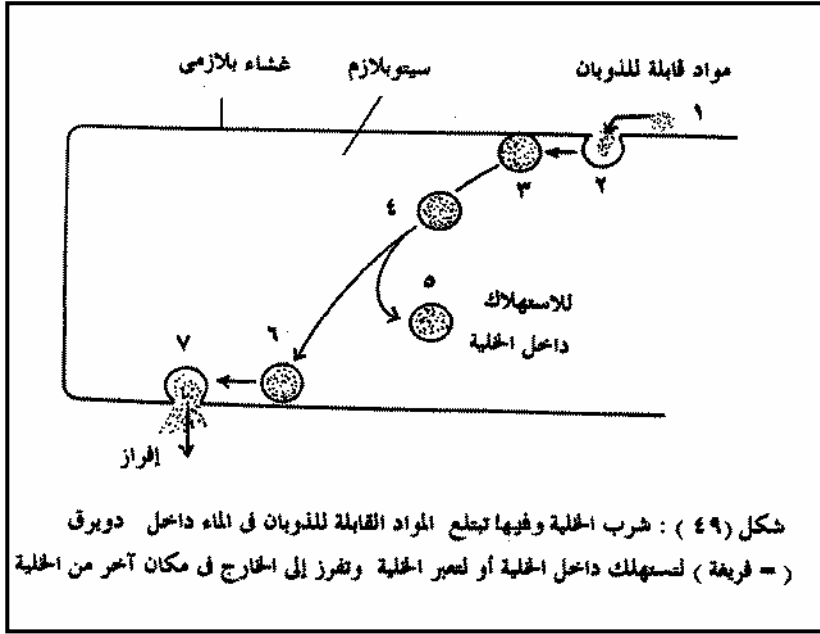
(أ) الابتلاع الخلوي (Endocytosis) : وهي العملية التي تدخل بها المواد داخل الخلية دون أن تعبر الغشاء الخلوي فعلياً حيث يتم احتواؤها في فجوة أو كيس صغير يصنعه الغشاء البلازمي ثم تنفصل هذه العبوة داخل السيتوبلازم . ويصنف الابتلاع الخلوي إلى نوعين : البلعمة وشرب الخلية.

• البلعمة (Phagocytosis) (شكل ٤٨) : وهي عملية إلتهاام الخلية للجسيمات الصلبة مع قطيرة ماء بواسطة الخلية عن طريق احتوائها

داخل فجوة تكون بانبعاج الغشاء البلازمي مكوناً فجوة غذائية تتفصل عن الغشاء البلازمي وترتحل إلى السيتوبلازم . وتتحد هذه الفجوة مع جسم هاضم أو أكثر وبذلك يتم هضم محتوياتها يتبع ذلك امتصاص السيتوبلازم لنواتج الهضم ثم التخلص من البقايا بعكس طريقة دخول الجسيمات الصلبة . ومن أمثلة البلعمة ابتلاع الحيوانات الأولية (كالأميبيا) لغذائها من الفتات العضوي أو البكتيريا أو الأوليات صغيرة الحجم وكذلك ابتلاع كرات الدم البيضاء المسماة الخلايا الملتهمة (Phagocytes) للبكتيريا التي تغزو الجسم أو المواد الغريبة وكذلك الخلايا المستهلكة أو حطام الخلايا الميتة .

- شرب الخلية (Pinocytosis) (شكل ٤٩) : وهي عملية ابتلاع لقطيرات صغيرة من الماء محتوية على مواد ذائبة حيث ينبعج الغشاء البلازمي مكوناً فجوات صغيرة أو حويصلات (Vesicles) تعباً فيها الماء وما يحويه من مواد ذائبة . وتتفصل هذه العبوات الصغيرة من الغشاء البلازمي لتصبح جزءاً من الساييتوبلازم . في عمليتي البلعمة وشرب الخلية يقطع جزء من الغشاء البلازمي لتكوين غلاف العبوة .





(ب) طرح الخلية (Exocytosis) : وهي عملية تتم بالتقريب في خطوات عكس عملية شرب الخلية ويتم بها إخراج نفايات الخلية وكذلك إفراز المواد الإفرازية التي تصنعها الخلية . تغلف المواد المراد إفرازها بغشاء خلوي بواسطة جهاز قولي ، وتنقل هذه الحويصلات المحتوية على المواد الإفرازية تجاه الغشاء البلازمي موجهة بأنابيب دقيقة يكونها السيتوبلازم . عند الغشاء البلازمي يلتحم الغشاء الخلوي للحويصلة مع الغشاء البلازمي محرراً المواد الإفرازية إلى الخارج . يتم خروج معظم إفرازات الخلية من البروتينات والهورمونات والمخاط عن طريق طرح الخلية .

جميع حقوق الطبع والتأليف ملك للمركز
القومي للمناهج والبحث التربوي . ولا يحق لأي
جهة، بأي وجه من الوجوه نقل جزء من هذا الكتاب
أو إعادة طبعه أو التصرف في محتواه دون إذن كتابي
من إدارة المركز القومي للمناهج والبحث التربوي.

رقم الإيداع: ٢٠٠٨/٧٤٠