



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

١ لـَّا حِبَا

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

ISBN 978-99942-53-55-5 ردمك

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 ندرس 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	- الاستتاب
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

الأستاذة 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 إرثًا معرفياً إنسانياً له طبيعة تراكمية وأن هذا الإرث بنيان متزايد أبداً يضيف إليه كل جيل من كل أمة إضافة تستند على ما أنتجه الأجيال السابقة وتتمثل هذه الإضافة في إنتاج معرفة جديدة أو تغيير معرفة كانت متداولة ، فالعلم أبداً متعدد متغير فهو ناقد لذاته . وأوضحنا في هذه الوحدة موقع علم الأحياء وعلاقته بالعلوم الأخرى وأكدنا أن تصنيف المعرفة إلى علوم مختلفة ليس قطعياً فكل العلوم مترابطة ومترادلة 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 ومواثيحة الظروف الاجتماعية والثقافية والسياسية . وضمنا في هذا الجزء أيضاً تطور علوم الأحياء ، وأوردنا دور الأسلاف من العرب والمسلمين في ذلك . كما أوردنا تصنيفاً مختصراً لعلم الأحياء إلى فروعه الأساسية .

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

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

في الوحدة الثالثةتناولنا أحد أكبر التعميمات في علم الأحياء وهو "نظريّة الخلية" . ولقد درست أيها الطالب النجيب في مرحلة سابقة خلايا الكائنات الحية في شيء من التعميم وفي هذه الوحدة نبني على ما تعلمناه ، فزدناك معرفة بتركيب الخلية ومكوناتها ووظائف هذه المكونات وكذلك كيفية دراسة الخلايا وأنواع الخلايا . دون 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 التعرير بالمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم . وتعمينا للفائدة الحقنا المصطلح العربي بال مقابل الإنجليزي .

اهتمامنا 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 تتحقق ولن تُجود ولن تُتقن إلا بالتدريب والمداومة على التدريب ، لا تستصعب الرسم وداوم على التدريب عليه وتذكر أن الرسم أساس مهمٍ 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 كتابةً ورسمًا 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 حسياتك 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 تطبقها على حالة ما لم يرد ذكرها في الكتاب ، وكيف تستخدمها في تحليل وضع بيولوجي معين وكذلك كيف تستخدمها لحل معضلة يمكن حلها في تفسير بيولوجي وهذا هو المقصود بالاستيعاب وفيه لابد أن تستخدم ملكاتك العقلية العليا . عن طريق الأسئلة والاختبارات سيدرك أستاذك على استخدام ملكاتك العقلية الدنيا للحفظ واستدعاء المعلومات وكذلك سيدرك 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 ونحول عليهم كثيراً في تقييم 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 هو العلم ؟

ما يسمى علمًا الآن مفهوم حديث توصل إليه العلماء قبل مائة 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 المثير 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 الكنونات (الأشياء) هي كما نستدل عليها بحواسنا .
 - (ج) كل ما في الكون غاية في دقة التنظيم .
- لمناقشة ما ذكر في شيء 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 أجزته 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 علمًا (Science) تقتصر فقط على ما هو خاضع للملاحظة (Observation) والتجريب (Experimentation) . أي أنها خاصة بالمادة والطاقة وهم أشياء نحسها بحواسنا ونستدل على وجودها بالحيل والأجهزة العلمية التي ابتدعها الإنسان كامتدادات لحواسه . لذلك سمى العلماء المذهب الفلسفى الذى يتبعه العلم مذهب الواقعية الساذجة أو البسيطة (Naieve realism) هذا يعني أن العلماء يفترضون افتراضاً أن حقيقة الكينونات هي بالفعل كما نحسها ونستدل على وجودها وأن لهذه الكينونات وجود حقيقى خارج أدمنتنا . 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 محكم بقوانين ثابتة سواء علمها الإنسان أم لم يعلمه ، فمثلاً يقرر العلماء أن الماء (H_2O) يتربك 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 . تعيناً 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 تجربياً لاختبارها وتفسيرها .
العلم لا ينكر الخوارق و موقفه 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 مثير 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 بصوabه 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 تنسف وتقوض كل ما ذكر عن العلم نسفاً وتقوضاً كاملاً . في مثل هذه الحالة يقول العلماء : "هناك من الدلائل التجريبية ما يدعم فكرة بعينها أو افتراضاً بعينه" . إذن كيف يقيّم العلم ؟ يقيّم 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 . مثل ذلك : المأخذ 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 .
- يتربّ 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 التفاسير التي توفرها والتساؤلات التي تثيرها ، وأنها جمِيعاً (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 " .

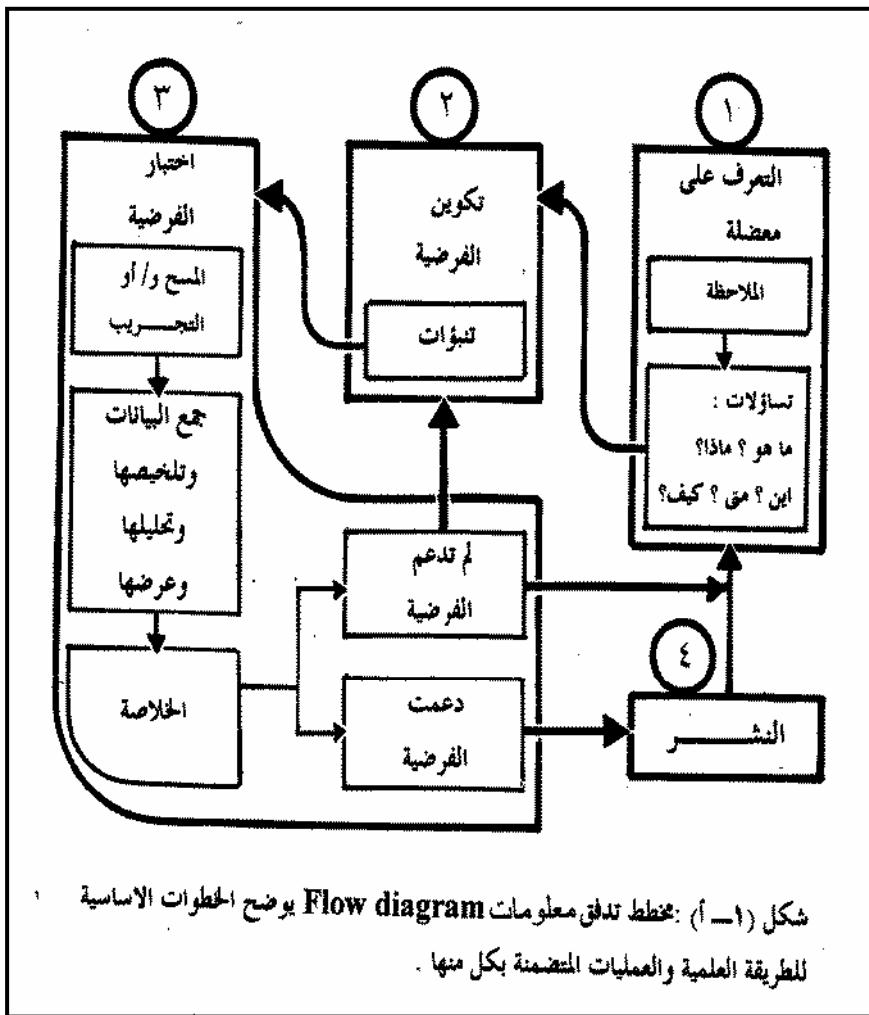
٢/ الطريقة العلمية - (The Scientific Method) : أ/تعريف :

الطريقة العلمية هي طريقة بحث وتقسي عقلانية المنطق تقلل من ارتكاب الأخطاء وتتوفر وقتاً وجهداً ومالاً للوصول إلى الحقيقة العلمية ، أو إلى نتائج يمكن 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 والفنى والناجر ورجل الأعمال والاقتصادي والعسكري والسياسي وغيرهم . ففنى السيارات "الميكانيكي" مثلاً عند ملاحظته لأعراض خلل بالسيارة يستطيع أن يخمن الأعطال ببناءً 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 ويصلاح السيارة . رجل التحري هو أقرب محترف للباحث العلمي فكلاهما يبدأ بمشاهدة 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 :

ت تكون 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)



شكل (١-أ) : خطط تدفق معلومات Flow diagram يوضح الخطوات الاساسية للطريقة العلمية والعمليات المتضمنة بكل منها .

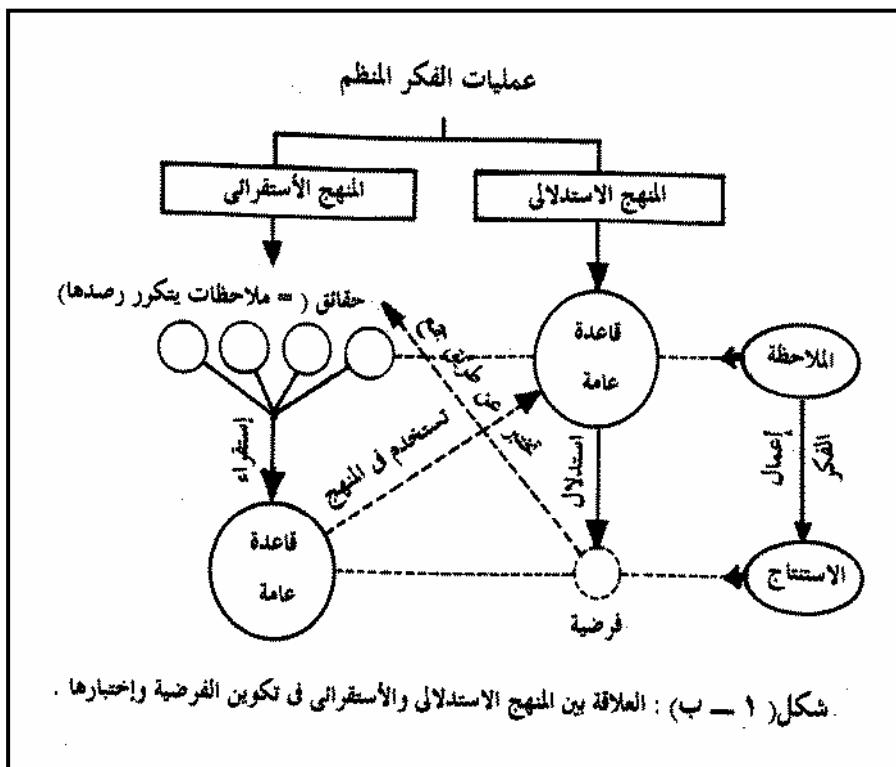
أثناء إجراء البحث العلمي قد يستجد في أي مرحلة منه ما يستوجب إعادة النظر في الفرضية وبالتالي في التجارب . في كل خطوة من خطوات البحث العلمي يجب على الباحث مراعاة أخلاقيات العلم والتي هي بالضرورة جزء من مكارم الأخلاق التي تحض عليها كل المعتقدات والأعراف الإنسانية التي تحكم وتضبط السلوك الإنساني .

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

يبدأ كل بحث علمي بمشاهدة شيء ما أو حدث ما يثير 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 حاجات الناس وجعل حياتهم أكثر رفاهية .

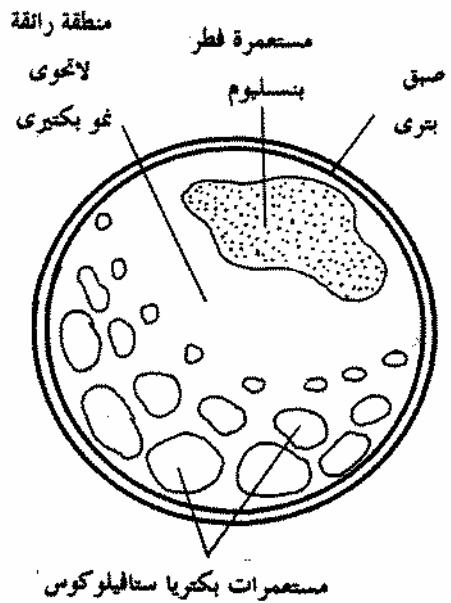
الاكتشافات العلمية أنجزها أولئك الناس الذين يتمتعون بعادة فحص ما حولهم فحصاً دقيقاً . يظن كثير من الناس أن كثيراً من الاكتشافات جاءت عن طريق أحداث حصلت بالصدفة ، ولكن مثل هذه الأحداث شاهدها كثير من الناس ولم يستفيدوا منها ولم يكتشفوا شيئاً .

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 الملزّم بمصالح الناس في إطار مكارم الأخلاق ، العقل المتطلع للتميز . 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 ملائين الأجسام وهي تسقط على الأرض ولكنهم لم يكتشفوا قوانين الجاذبية ولكن عقل نيوتن المهيا اكتشفها .

إليك قصة اكتشاف البنسلين (Penicillin) لتوضح لك دور الملاحظة في التعرف على معضلة لتوارد أن الصدفة لا تخدم إلا العقل المهيأ . في عام ١٩٢٩ لاحظ عالم البكتيريا الإنجليزي ، الكساندر فلمنج ثلوث إحدى مزارع البكتيريا (شكل (٢)) التي يرببيها في معمله بفطر البنسليلوم (Penicillium)



شكل (٢) : إكتشاف البسلين تربى البكتيريا في أطباق زجاج تحوى مهاداً مهادياً تنمو البكتيريا على هيئة مستعمرات تحوى كل منها الآف أو ملايين من الخلايا البكتيرية . لاحظ غياب مستعمرات البكتيريا حول مستعمرة الفطر وكذلك صفر حجم مستعمرات البكتيريا كلما اقتربنا من مستعمرة الفطر (علل)

ولاحظ أن الأجزاء من المزرعة القريبة من مستعمرة الفطر لم تتمو فيها البكتيريا المزروعة وكانت من نوع مرض يسمى ستافيلوكوكس.

تلّوَت المزارع البكتيرية أمر كثيُر الحدوث في المعامل التي تهم بزراعة ودراسة البكتيريا والإجراء المعتاد في مثل هذه الحالات هو التخلص من المزارع الملوثة بتفريغ الأواني وتنظيفها ثم تعقيمها لإعادة استعمالها ، ولكن عقل فلمنج المهياً أوحى له بمعضلة علمية هي : هل فطر البنسلينيوم

يفرز مادة تقتل البكتيريا؟ لم يتخلص فلمنج من المزرعة الملوثة ، بل تابع دراسته في تأثير فطر البنسلیوم 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 حتى الآن .

الملاحظة لنفس الأشياء أو الأحداث تقود إلى التعرف على أكثر من معضلة علمية واحدة تختلف باختلاف اهتمام وتخصص الباحث وخبرته وإنماه بما هو منشور من أبحاث حول الموضوع الذي أثار انتباذه . 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 تحويرها 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 تجريرياً .
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 تبعاتها بجمع البيانات عن طريق المسح أو التجربة 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 السمير تفضل التعشيش على أغصان شجر المهومني فإن أكبر نسبة من الطيور أو أعشاشها أو بيضها أو صغارها توجد في أشجار المهومني مقارنة بأنواع الأشجار الأخرى .

المسح : عن طريق منظار مقرب ودون إزعاج ساكني الأشجار يمكن رصد عدد طيور السمير 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 الأمبيا نواة .

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

التجربة الاختبارية :

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

(ج) التجربة الحاكمة (*control experiment*):

هي تجربة موازية للتجربة الاختبارية تستخدم نتائجها لمعايير 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 المحسنة .

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 الأميبا 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 تتم 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 المحسنة ، وحتى يزيد الباحث ثقته في نتائجه ويكون قبولاً أو رفض الفرضية مبنياً على أساس متين . في المثال السابق عن الأميبا يكرر الباحث في كل من التجربة الاختبارية والتجربة الحاكمة عدة مرات ولتكن افتراضياً ٥٠ مرة ، ويمكن للباحث أن يسجل نتائجه في جدول كالتالي :

المعاملة	عدد الأميبات المستخدم	عدد الأميبات التي ماتت بعد ٣ ساعات	النسبة المئوية للأميبات الميتة
التجربة الاختبارية	٥٠	٤٥	$\frac{100 \times 45}{50} = 90\%$
التجربة الحاكمة	٥٠	٢	$\frac{100 \times 2}{50} = 4\%$

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 الأمياب ، ومع كل هذا يعلم الباحث تماماً أن هناك 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 المعتبر عنها كما تفوق في أهميتها النتائج المعتبر 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 يلزم بعدم وجود كيان ما .

(هـ) استخدام علم الإحصاء (*Statistics*) في الطريقة العلمية:
علم الإحصاء هو العلم الذي يستخدم المنطق الرياضي لجمع وترتيب و اختصار 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 رئيسية جمعت من تجربة سيئة التصميم . علم الإحصاء علم قائم بذاته ستدرسه لاحقاً مع الرياضيات . ستجد في أجزاء أخرى من هذا الكتاب نماذج لبيانات معتبر عنها بطريقة إحصائية .

٤- نشر البحث العلمي :

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

الأمام . كثيراً ما يقال أن على كل باحث أن يشك في تفسيرات أي باحث آخر إلى أن يقتصر 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 متقطعين أو غير متقطعين 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 وأعراضاً وأمماً 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 يشاركون إيجابياً مع فئات المجتمع الأخرى في تحديد لماذا ومتى وكيف وأين تطبق بعض التقنيات التي ابتدعوها ؟ مثل عكس الجنس الظاهري والوظيفي

والاستساخ البشري وإدخال مواد وراثية غير بشرية في خلايا المناسب واستخدام الأمراض والكيماويات في الحروب ويجب عليهم أن يدلوا بآرائهم عن الآثار القريبة والبعيدة عند تطبيق مثل هذه التقنيات .

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

٦/ لماذا تدرس الطريقة العلمية ؟

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

١. لكي تعرف أهمية العلم وما يستطيعه وجوانب قصوره .
٢. لكي تقدر وتدرك 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 تشحذ وتنمي مهاراتك في استخدام المنطق العقلي . فتكون أقدر على حل مشاكلك اليومية بموضوعية ، وبأقل قدر من المخاطرة والضرر إن لم يكن بالنفع والأمان .
٤. معرفتك بالطريقة العلمية تجعلك قادرًا على التمييز بين ما هو نقدم 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 قادرًا 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 الاستساخ والهندسة الوراثية على الإنسان والحيوان والنبات وتجارب التغيرات النووية وغيرها .

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

الباب الثاني

علم الأحياء (البيولوجيا) (Biology)

(١) مقدمة تاريخية عن تطور علم الأحياء:

١- البدايات الأولى : (منذ ٣٠٠٠ 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 آثاراً تدل على معرفته بالأحياء .

ظهرت آثار لنوع من الزراعة وتربية الحيوان بين سنة ٩٠٠ - ٧٠٠ ق.م. في منطقة الهلال الخصيب (العراق الآن) بين نهري دجلة والفرات متدة حتى فلسطين وإيران .

بطول عام ٢٠٠٠ ق.م. ظهرت آثار للزراعة وتربية الحيوان بصورة متطرفة ، حيث شقت قنوات الري وأقيمت السدود على محاري 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 - ٤٠٠ 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 الفلسفية

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 الكائنات بما في ذلك الأحياء على يد كثير من العلماء أشهرهم طاليس (٦٤٠ ق.م. - ٥٤٦ ق.م.) وهيراقلط (٥٤٠ ق.م. - ٤٨٠ ق.م.) وترجع أهمية عالم الرياضيات فيثاغورث (٥٨٠ ق.م. - ٥٠٠ ق.م.) في أنه نادى بالتفسيرات العقائدية 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 مسبوقة . من علماء تلك الفترة الذين يشار لهم بليني الأرشد (٢٣ - ١٧٩ ميلادي) الذي رصد كثيراً من المعرفة في الزراعة والحيوان والطب في موسوعته "التاريخ الطبيعي" . واقتصر الزراعي المميز فارو (١٦١ 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 أوروبا . 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 قدسيّة . لم يستطع أحد أن يتحدى أفكار جالينوس أو يشكك فيها أو يقول بغيرها لفترة ١٥٠٠ عام بعد وفاة جالينوس وإلا اعتبر المتحدي مخالفًا للكنيسة .

٣ - العصور المظلمة في أوربا :

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

في هذه الفترة أصبح العلماء هم الأعداء التقليديون للكنيسة وبخاصة أولئك العلماء الذين يعارضون أو يتشكّلون في أفكار جالينوس . واكتب هذا وأبل من الغزوات والحروب وانشقاق الإمبراطورية الرومانية إلى دويلات وممالك صغيرة فضعفـت كثيراً في جزئيها الغربي الأوروبي والشرقي في منطقة تركيا والشرق الأدنى . صاحب ذلك مغalaة في زيادة قبضة الكنيسة على زمام كل الأمور . نتيجة لكل ذلك دخلت أوروبا في ما سُمي العصور المظلمة وهي عصور غاب فيها التوسيـر الفكري ووقف تقدم العلوم بل وقد مـعـظم الإرث العلمي الإغريقي والرومانـي 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 التقدـم العلمـي في بلاد الإمبراطورية الإسلامية أوجه وأنشـئت الجامـعـات والمراكـز العلمـية بغـرض الدراسة والبحث . كان هـادي المسلمين في هذه الفترة دينـهم وقولـه الرسـول صـلـى الله عـلـيه وسلم "اطـلـبـوا العـلـمـ من المـهـدـ إـلـى اللـهـ" .

تميزـت فـترة النـهـضة الإـسـلامـية بـخـاصـيـتين هـامـتين :

(أ) التـسامـح الدينـي والـعرـقـي فـكان من العـلـماء والـمـشـتـغلـين بالـعلـومـ

عرب وـعـجم وـهـنـود مـنـهـمـ المـسـلـمـ والمـسـيـحـيـ والمـيـهـودـيـ .

(ب) تـبـنـى العـلـماء مـنـهـجـ التـفـكـيرـ الـاسـتـقـرـائـيـ مـنـقـقـيـنـ مـعـ الإـغـرـيقـ

والـرـوـمـانـ وـمـخـتـلـفـيـنـ مـعـ الـهـنـودـ الـذـيـنـ كـانـواـ يـسـتـهـمـونـ الـمـعـرـفـةـ مـنـ

الـنـجـومـ رـغـمـ تـقـدـمـهـمـ الـواـضـحـ فـيـ الـرـياـضـيـاتـ .

بدأ العـلـماءـ فيـ بلـادـ الـمـسـلـمـيـنـ بـتـرـجـمـةـ الـإـرـثـ الـعـلـمـيـ وـالـفـلـسـفـيـ لـلـإـغـرـيقـ

وـالـرـوـمـانـ وـأـضـافـواـهـ كـثـيرـاـ . وـمـنـ اـشـهـرـ الـمـتـرـجـمـيـنـ حـنـينـ اـبـنـ اـسـحـقـ (٨٠٨ـ ٨٧٣ـ مـ) وـهـوـ طـبـيـبـ عـرـبـيـ تـرـجـمـ إـلـىـ الـعـرـبـيـةـ عـدـدـاـ مـنـ مـؤـلـفـاتـ أـفـلاـطـونـ

وارسطو وجالينوس . ويعتقد المؤرخون الغربيون جازمين بأنه لولا ترجمة علماء المسلمين للإرث المعرفي للإغريق والرومان لقد هذا الإرث تماماً . تميز علماء المسلمين في هذه الفترة ، بالإضافة لوعيهم الديني المستدير ، 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 واللطفة .
- 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 الطبرى (منتصف القرن التاسع الميلادى) : برع في الطب في بغداد وصاحب كتابي "الحاوى في الطب" و "مسألة الجدرى والحمبة".
- ٥ - الليبرونى (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 وسائل أخرى استمر تدريسها في أوروبا حتى القرن التاسع عشر.
- ٨ - علي بن عيسى (القرن الحادى عشر الميلادى) : طبيب عيون بارع ألف كتاباً مرجعاً عن أمراض العيون .
- ٩ - علاء الدين بن النفيسي (١٢٨٨م) : طبيب عربي اكتشف الدورة الدموية الصغرى (دوره الدم من القلب إلى الرئتين ومنها إلى القلب مرة أخرى).
- ١٠ - ومن علماء قرطبة (بالأندلس) أطباء وفلاسفة منهم أبو القاسم وابن جلزول وابن الواقف وموسى بن ميمون (١١٣٠ - ١٢٠٤م) وهو فيلسوف وطبيب يهودي ولد بالأندلس وكتب بالعربية .

١١ - عبدالله بن أحمد بن البيطار (٢٤٨م) : عالم نبات أشهر مصنفاته "الأدوية المفردة".

أحس علماء المسلمين بأن العلم يجب ألا يحجر عليهم ولا بد من إعلام العالم الأوروبي 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 ، آثار العرب المتمنثة في حفظ الإرث الإنساني من المعرفة باللغة العربية وكذلك ترجمة الإرث العلمي والفلسي الإسلامي إلى اللاتينية .

٥ - عصر النهضة الأوروبية :

كانت الإرهاصات الأولى للنهضة الأوروبية خلال القرن الثاني عشر الميلادي ، وقد أدت هذه النهضة في نهاية القرن الثامن عشر والتاسع عشر إلى ظهور ما سمي بالعلم الحقيقى . تميزت هذه الفترة لأسباب سياسية واقتصادية بالنشاط الاستكشافي المتمثل في رحلات ماركو بولو (١٢٥٤ - ١٣٢٤م) . من البندقية وكروستوفر كولمبس الإيطالي (١٤٥١ - ١٤٥٦م) ، وفرديناندMagellan (١٤٨٠ - ١٥٢١م) البرتغالي وفاسكو دى جاما (١٤٦٩ - ١٥٢٤م) البرتغالي .

كان لهذه الرحلات والاستكشافات حول العالم أثراً لها العظيم في إثراء حركة العلم والفلسفة والثقافة . تميزت هذه الفترة أيضاً بالعلماء الكبار أمثال نيكولاوس كوبيرنيكوس (١٤٧٣ - ١٥٤٣م) البولندي وجاليليو غاليلي (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 ونحو ورسم وموسيقى ومهندس ويعتبر أحد أعظم العباقرة على مر العصور وكذلك من أعظم البيولوجيين . وقد كانت له معرفة عظيمة بعلم الأحياء وعلى معرفة جيدة بمقاهيم وظائف الأعضاء ، وأدخل بعض التقنيات التي ما زالت مستخدمة حتى الآن مثل تشريح 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 أنديرياس فيزيليوس (١٥١٤ - ١٥٦٤م) وهو جراح وعالم تشريح تحدى أفكار غالينوس ونشر أول أطلس عن تشريح الإنسان، ويعتبر أبو لعلم التشريح الحديث . ومن الأعلام أيضاً وليم هارفي (١٥٧٨ - ١٥٧٩م) طبيب وعالم تشريح إنجليزي ، وصف القلب بدقة والجهاز الدورى 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 أبو 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 تعنى بالأبحاث العلمية ونشرها وتبادل المعلومات .

بدأت الثورة الصناعية مع اختراع الآلة البخارية في منتصف القرن السابع عشر ، وكذلك اختراع آلة الاحتراق الداخلي . أثرت الثورة الصناعية في حياة الناس في جميع أنحاء العالم وبدأت العلوم جميعاً تتفق 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 بعضًا 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 بتقدم وسائل تداول ونشر المعلومات . فالوثبة العلمية التي حدثت أثناء عصر النهضة كانت متزامنة مع اختراع المطبعة ونشر الكتب . كذلك ليس من قبيل المصادفة تزامن الفزة 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 متراكם 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 وبعوامل 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 الحياة .

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 غيراً 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 للتقسيم 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 اعتمد على دراسة الحركة في الأسماك والطيور . أيضاً دراسة حركة المفاصل تتطلب المعرفة بقوانين الواقع في نفس الوقت الهم 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 - معبراً 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 المشغلين بعلاقات الكائنات الحية بالبيئة (علماء البيئة) وكذلك المشغلين بعلم الوراثة والكيمياء الحيوية وعلم وراثة 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 لإبداع نظريات وقوانين رياضية عامة التطبيق .

يحتاج دارس الأحياء إلى كثير من الأجهزة والأدوات 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) نشا علم الأحياء الدقيقة (microbiology) الذي يختص بدراسة الكائنات المجهرية (أي التي لا ترى إلا بالمجهر) كالبكتيريا والفيروسات . تضخمت المعرفة العلمية مع التقدم العلمي والتقني وبصفة خاصة علم الأحياء وأصبح 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 ومتراقبة وليس هنالك حدود فاصلة قطعية بين فرع وآخر . فعلوم الأحياء المختلفة تدرس الحياة من وجهات نظر معينة وعلى مستويات تنظيم مختلفة وكلها مكملة لبعضها 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 البكتيريا (Bacteriology) ، علم الفطريات (Protozoology) ، علم الحيوانات الأولية (Mycology) ، علم الديدان (Helmenthology) علم الحشرات (Entomology) ، علم الواقع (Ichthyology) علم الأسماك (Malacology) ، علم البرمائيات والزواحف (Herpetology) ، علم الطيور (Ornithology) ، علم الثديات (Mammology) وعلم الأمراض (Pathology) وعلم الطفيلييات (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 :

أ / علم التشريح (Anatomy=Morphology): ويختص بدراسة التركيب البنائي للكائنات الحية ، ويصنف إلى العديد من الفروع ذكر منها :

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

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 (=الفيسيولوجيا) (Physiology): ويختص بدراسة الآليات التي تتجز بها الكائنات الحية وظائفها الحيوية . انبعث عنه العديد من الأفرع الأخرى تضم:

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

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

ج/ علم الكيمياء الحيوية (Biochemistry) وهو دراسة الفسيولوجيا من وجهة نظر عالم الكيمياء . انبعث 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 المداخلة بين الكائنات الحية وعوامل البيئة المحيطة .

٤/ علم الوراثة (Genetics): يختص بدراسة 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 لأنواع لمجموعات الكائنات الحية من أسلافها في الماضي السحيق على أساس التماز似 الدال على السلف المشترك .

٦/ علم التقسيم (Taxonomy) : وهو الدراسة الخاصة بوضع الأسس النظرية والممارسة الفعلية لتصنيف الكائنات الحية على أساس درجة القربي التطوري 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 لتي تتطرق منها وتتبني 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 . تتدخل كثيراً علوم الأحياء التطبيقية الأساسية مع بعضها مما لا يمكن من وضع حدود فاصلة بينها .

الباب الثالث

خصائص الحياة (Characters of life)

الحياة هي أحد المظاهر الرئيسية للكوكب الأرض . تختلف الكائنات الحية التي تعيش كوكب الأرض كثيراً في الشكل والحجم والتركيب والوظيفة والسلوك . مع كل هذا التباين والاختلاف تشتهر 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 وال الموجودات غير الحية على الأسس الآتية :

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

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

١ - التنظيم والتعقيد : (Organization and Complexity)

تميّز 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 الجزيء الكيميائي :

تترتب مادة كل الموجودات الحية وغير الحياة 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 C , S , N , O , H , P جزيئات مركبات في الكائنات الحية بعضها صغير نسبياً وبعضها ضخم وعملاق وذات درجة عالية من التنظيم والتعقيد بما لا يمكن إنتاجه طبيعياً خارج أجسام الكائنات الحية في الظروف البيئية السائدة الآن في الكره الأرضية . هذه المركبات هي التي سميت بالمركبات العضوية (Organic Compounds) ، وتشتمل على الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والمادة الوراثية المسماة الأحماض النووي . 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 قطرة صغيرة من الماء وتغلف جميعها بغشاء يفصلها عما حولها ف تكون وحدة الحياة وهي الخلية التي تحوي بداخلها العضيات وهي عدة مكونات كل منها يتميز بتركيبته الكيميائي الخاص . بما يجعل الخلية أصغر وحدة تركيبية ووظيفية للحياة وتتنوع الخلايا تنوياً 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 الاسمونيات والحيوانات الجوفمعوية وكثير من الطحالب والفطريات تجتمع 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 السابقة 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 على 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) تكون مستوى أعلى درجة من حيث التنظيم والتعقيد يسمى النظام البيئي (ecosystem).

في هذا النظام تحصل النباتات الخضراء على الأملاح والماء من التربة وثاني 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 دوران الغذاء . كما تحرر الطاقة إلى الهواء الجوي ومنه تطلق إلى الفضاء الخارجي إلى غير رجعة وهذا ما يسمى بانسياب الطاقة . تبادل المادة والطاقة بين الأحياء والبيئة غير الحية مقتن بحيث يخلق نوعاً من التوازن يمكن من استمرار حياة أفراد العشيرة .

• مجموع النظم البيئية على الكره الأرضية هو أكبر مستوى حيوي ويسمى الغلاف الحيوي وهو يتكون من كل أحياء الكره الأرضية وكل الأماكن التي تقيم 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 تفّكر في خصائص جزئ السكر الذي يتكون من عناصر O_2 ، N_2 ، C ، H_2 كل على حدة ، كما أن خصائص ذرات هذه العناصر ليست هي مجموع خصائص الجسيمات الأولية (إلكترونات 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 .

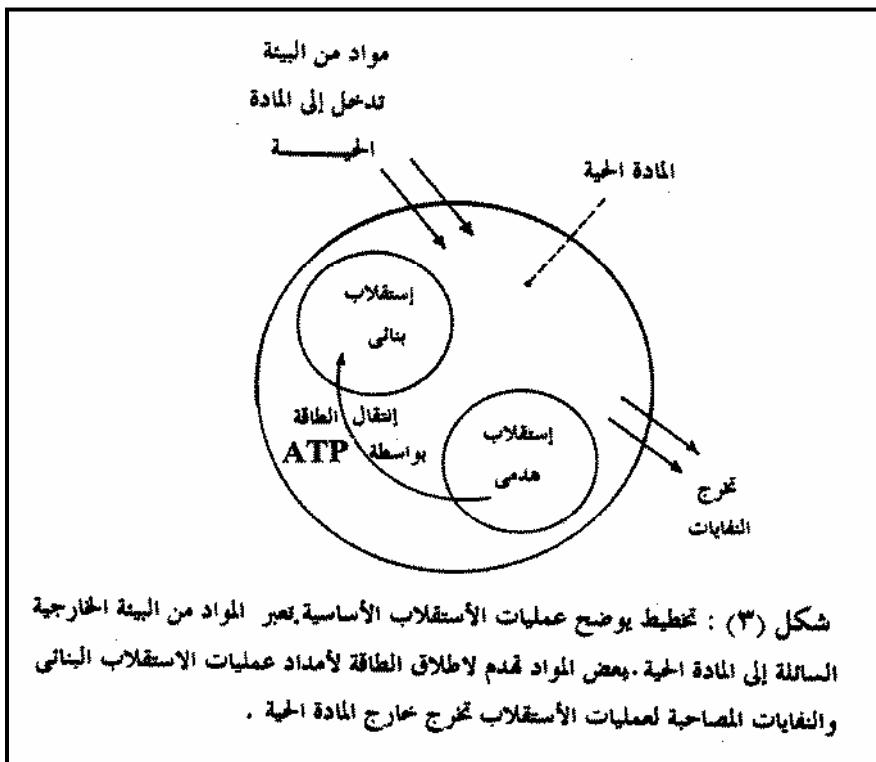
٢ - الاستقلاب (التحول الغذائي) (Metabolism)

يتطلب بناء المركبات المعقّدة بجسم الكائن الحي حصوله على المواد والطاقة من البيئة المحيطة . تمر المواد داخل خلايا الكائن الحي في سلسلة 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 معقّدة 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 لتسهيل 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 تتساب 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 .



شكل (٣) : تخطيط يوضح عمليات الاستقلاب الأساسية . يعبر المواد من البيئة الخارجية السائلة إلى المادة الحية . بعض المواد تقدم لاحتراق الطاقة لأمداد عمليات الاستقلاب البناء والنفايات المصاحبة لعمليات الاستقلاب تخرج خارج المادة الحية .

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 واللزمة لتسير 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 رئисين:

- ١ التغذية الذاتية (autotrophic nutrition) .
- ٢ التغذية غير الذاتية (heterotrophic nutrition) .

تحصل الكائنات ذاتية التغذية من البيئة على مواد غير عضوية (inorganic) مثل الماء وثاني 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 البكتيريا .

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

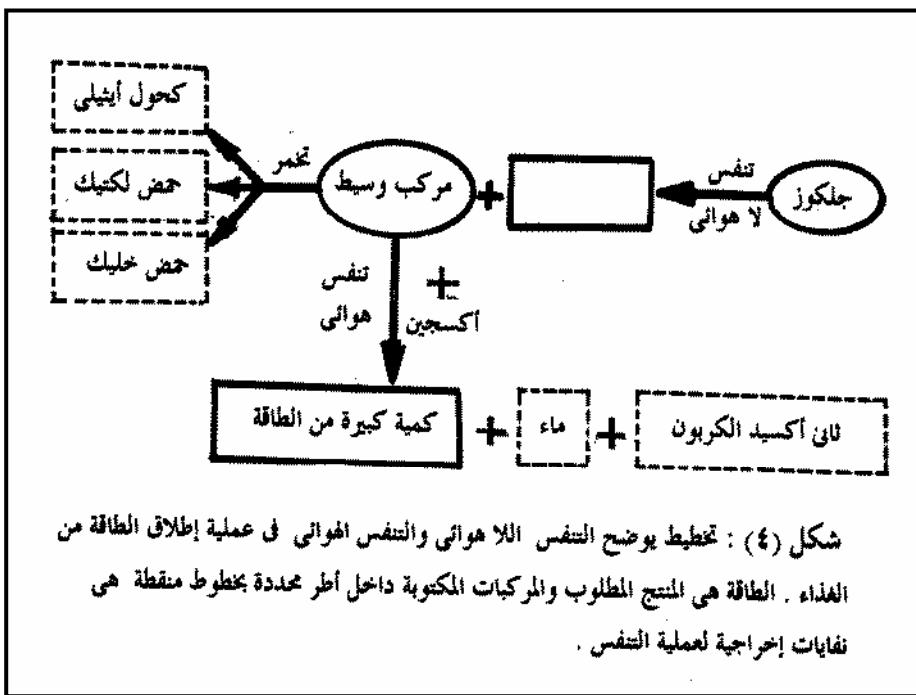
الغذاء العضوي الذي تتغذى عليه الكائنات غير ذاتية التغذية لا يماثل مادة جسمها ، لذلك لابد لها من أن تفكك الغذاء العضوي إلى وحداته البنائية العضوية الصغيرة بعملية الهضم (digestion) ثم امتصاص (absorption) الغذاء المهضوم حتى يصل إلى الخلايا ، وكذلك التخلص من الجزء من الغذاء غير القابل للهضم بعملية التبرز (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 (يفك) الغذاء جزئياً لتحرير قدر يسير من الطاقة ، وت تكون مركبات وسيطة تكون محفوظة بقدر كبير من الطاقة . عادة يحدث تخمر (Fermentation) للمركبات الوسيطة ، ونتائج التخمر في بعض الأحيان كحول إثيلي 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 الخلوي تتحول المركبات الوسيطة إلى حمض الخلوي 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 . مثل ذلك عملية الشهيق (inspiration) والزفير (expiration) في الحيوانات البرية أو الحركات التي تتبع بها الأسماك الماء ليمر حول الخياشيم ثم يمر خارج جسدها . 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 ، ومرور غاز ثاني أكسيد الكربون من الكائن الحي إلى البيئة عبر السطح التنفسي . يحدث تبادل الغازات فقط في الكائنات هوائية التنفس .

السطح الرطب هام جدا لأن الأكسجين لابد 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 . مثل ذلك خياشيم الأسماك تمثل سطحاً تنفسياً خارجياً وبطانة الرئات توفر سطحاً تنفسياً كبيراً . توفر بطانة الفم والجلد في الصفادي بالإضافة إلى الرئات 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 لتسخير الوظائف الحيوية للكائن الحي . تكون نفايات أثناء هذه العملية يتخلص منها الكائن الحي وبصاحب تحرير الطاقة تحول جزء منها إلى حرارة تدفئ الجسم ومنه تفقد إلى البيئة ومنها تتساب إلى الفضاء الخارجي ، وعملية التنفس الخلوي هي بالضرورة عملية استقلالية .

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 ينتجهما . 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 وхран النفايات وتفریغها في البيئة .

٦/ الاستباب (= الاتزان الداخلي) (*Homeostasis*):

الاستباب 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

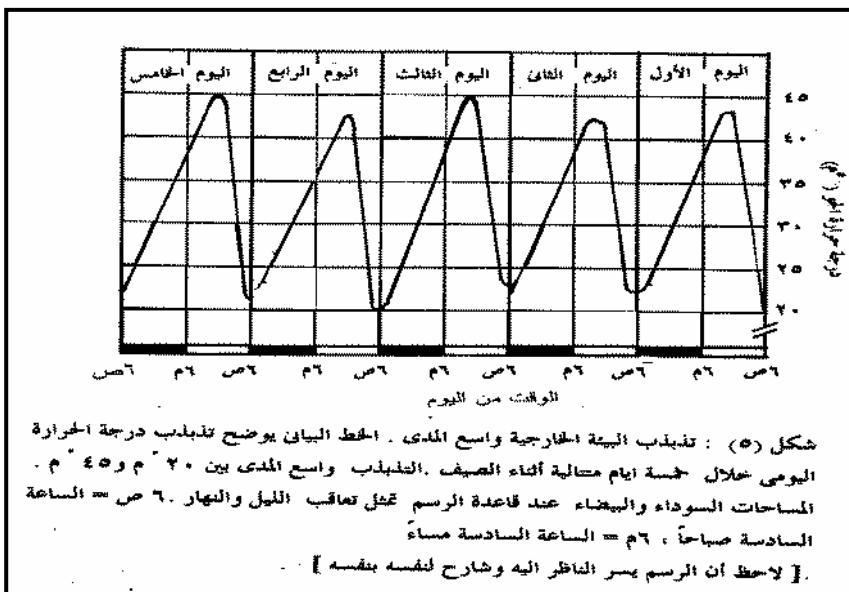
للطاقة والإحساس بالتغيير في البيئة الداخلية والخارجية ، ووجود آليات ضبط وتصحيح .

يتطلب الفهم الجيد لعملية الاستبابة استيعاب المفاهيم الآتية :

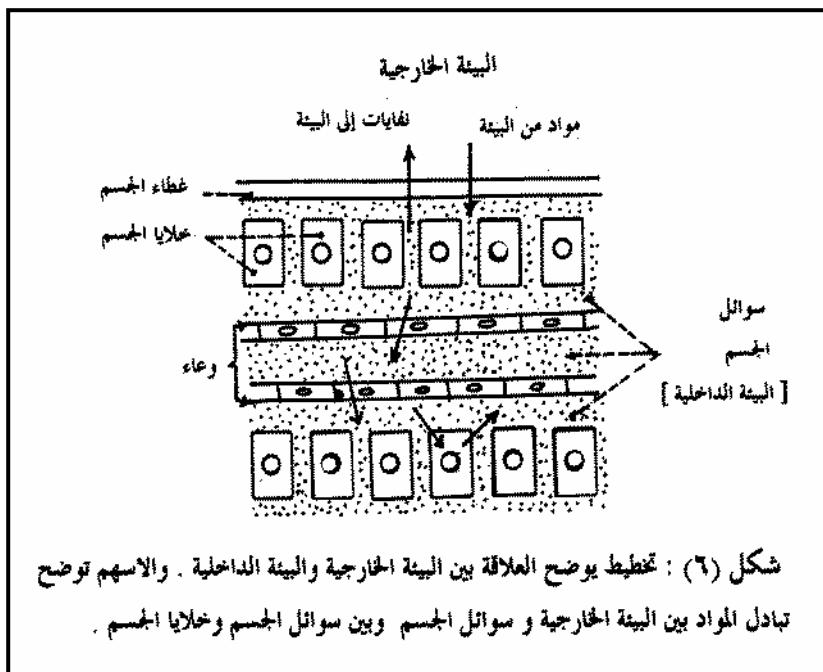
- للكائن الحي بيئه داخلية يفصلها عن البيئة الخارجية التي يعيش فيها غطاء واق حول الجسم مثل الجلد ، أو الغشاء الخلوي حول الكائنات الحية وحيدة الخلية ، أو أي تركيب آخر يغطي الجسم ويوفر له الحماية .
- **البيئة الخارجية** : هي كل الظروف الكيميائية (المادة) والفيزيائية (الطاقة) ، والحيوية (الكائنات الحية الأخرى)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

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

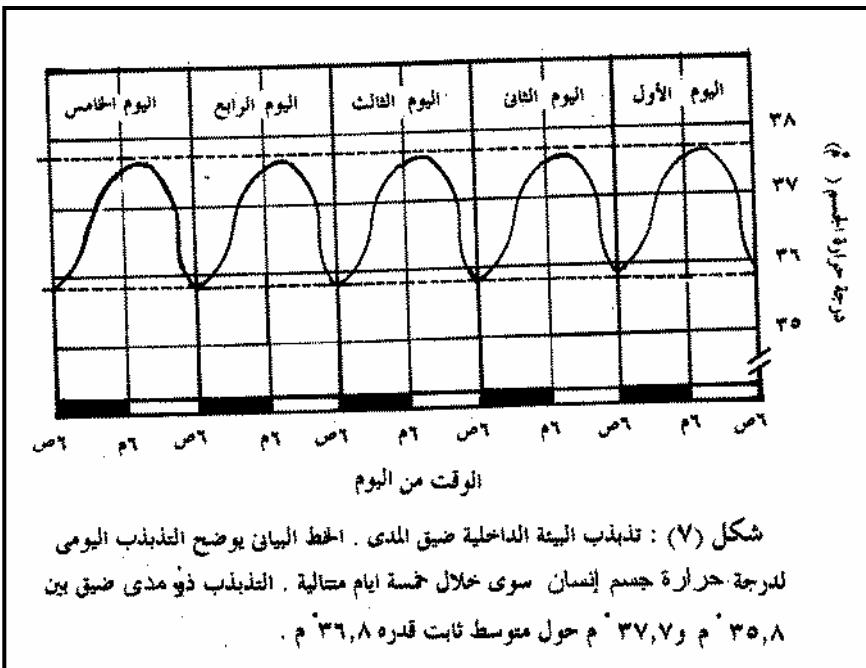
ظروف البيئة الخارجية غير مستقرة ، فهي تتذبذب يومياً وموسمياً داخل مدى واسع (شكل ٥)



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 (كالدم مثلاً).



ت تكون سوائل الجسم من ماء وما يحمله من مركبات كيميائية عضوية ، وأملاح وغازات ذائبة . كما أن لسوائل الجسم خصائص أخرى تختص بتركيز المركبات بها ودرجة الحموضة والقلوية ودرجة الحرارة . تترك سوائل الجسم وتدور داخل الجسم وتتبادل المادة والطاقة مع الخلايا ومع البيئة الخارجية . نتيجة لهذا التبادل لا تكون ظروف البيئة الداخلية مستقرة تماماً ولكنها تتذبذب داخل مدى ضيق مقارنة بتذبذب ظروف البيئة الخارجية واسع المدى (شكل ٧) .



شكل (٧) : تذبذب البيئة الداخلية ضيق المدى . الخلط البياني يوضح التذبذب اليومي لدرجة حرارة جسم إنسان سوي خلال خمسة أيام متالية . التذبذب ذو مدى ضيق بين $35,8^{\circ}\text{م}$ و $37,7^{\circ}\text{م}$ حول متوسط ثابت قدره $36,8^{\circ}\text{م}$.

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 تقصد وبالتالي تعاق أو تتوقف العمليات الكيميائية التي تحكم 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 لخل 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 الازمة للحياة بمعدل يضمن سلامة صحة الفرد وبقائه حياً . تذبذب 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 استقلالية 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 .

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

تذبذب ظروف البيئة الداخلية هو الضمان الوحيد الذي ينبعه 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 الاستتاب .
بعض الأمثلة لعمليات استتابية :

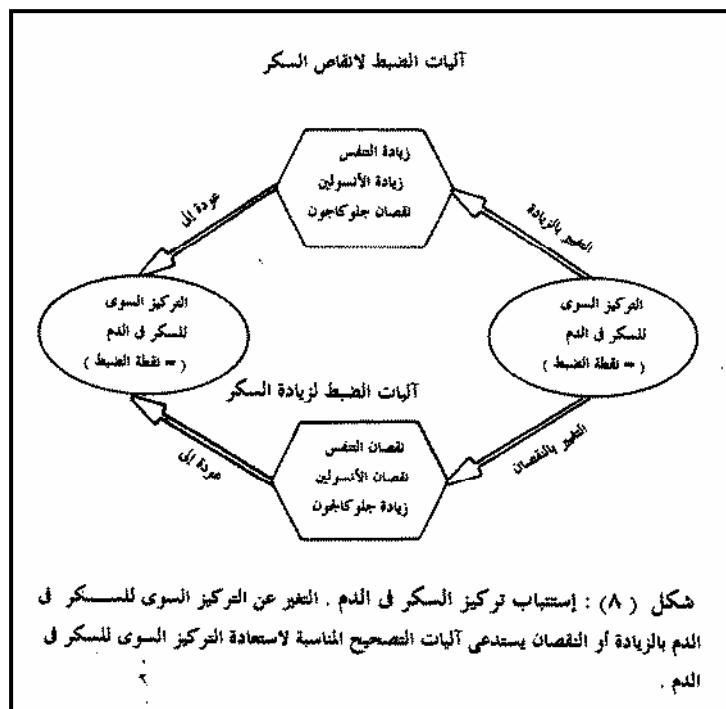
١- التركيز السوي (نقطة الضبط) للسكر بدم الإنسان (سوائل الجسم) يقع بين ٧٠ - ١٠٠ ملجرام/١سم^٣ من الدم . إذا انخفض تركيز السكر عن ٥٠ ملجرام/١سم^٣ تحدث حالة مرضية تسمى نقص السكر(hypoglycaemia) ، وإذا ارتفع عن ١٥٠ ملجرام/١سم^٣ تحدث حالة مرضية أيضاً تسمى فرط السكر(hyperglycaemia) . أي تذبذب السكر (أحد عوامل البيئة الداخلية) في مدى ضيق حدود الأدنى والأقصى ٥٠ ملجرام/١سم^٣ و ١٥٠ ملجرام/١سم^٣ من الدم على التوالي .

عند تناول الإنسان لوجبة غنية بالسكر فإن تركيز السكر بالدم يرتفع عن ١٠٠ ملجرام/١سم^٣ ، هذا الارتفاع ينبع 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 $70 \text{ ملجرام}/\text{ا}\text{س}^3$ من الدم .

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



شكل (٨) : إستباب تركيز السكر في الدم . التغير عن التركيز السوي للسكر في الدم بالزيادة أو النقصان يستدعي آليات تصحيح المناسبة لاستعادة التركيز السوي للسكر في الدم .

- ٢- تعمل آليات إنتاج وفقد الحرارة بجسم الإنسان على الحفاظ على درجة حرارة الجسم بين $35,8^{\circ}$ م و $37,3^{\circ}$ م .
- ٣- تعمل آليات الحصول على الماء والأملاح واستباقتها 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 الأسموزي (Osmoregulation) وهذا يكون لعمليات الإخراج دور هام .
- ٤- يمكن أيها الطالب النجيب أن تعلم الكثير عن عملية استتباب درجة حرارة جسمك إذا وصفت كتابة بدقة ما ينتابك من أعراض وأحساس بالإضافة إلى كل التصرفات التي تفعلها في يوم صيف حار جاف . حاول أن تفسر كل نقطة كتبتها .

تحولات أخرى تسهم 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 الاستتابية . من الأمثلة لهذا ما يلي :

- أ - لا يعمر الكائن الحي أصلاً ببيئة هو غير ملائم لها .
- ب - وجود غطاء حول الجسم يمنع تسرُّب المواد المفيدة ويمتنع دخول المواد الضارة .
- ج - يقصر الكائن الحي نشاطه في البيئة على الوقت من اليوم أو السنة الذي تكون أثناءه ظروف البيئة الخارجية محتملة .
- د - تهاجر بعض الحيوانات جيئةً وذهاباً بين مكانيين بحيث يكون الكائن الحي في أي وقت من السنة في بيئه خارجية معقولة التغيير .
- ه - 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- تمت العمليات الاستنبابية لتشمل العشيرة التي تعمـر 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 / الانقال (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 الانقال . فحتى الحيوانات المثبتة على الأجسام المائية كحيوانات الإسفنج وحيوانات الشعب المرجانية وبعض أنواع الأصداف لها أطوار يرقية قادرة على الانقال في البيئة المائية التي تعيش فيها لتنتشر وتعمـر مناطق غير مأهولة أو غير مزدحمة من موطنها . كثير من الكائنات الدقيقة ووحدات 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 ، مثل لذلك تحريك الأطراف ، حركة الصدر أو غطاء الخياشيم عند التنفس ، حركة عضلات الوجه واللسان والشفاه عند الكلام .

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

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

وتشمل كل أنواع الحركة بداخل جسم الكائن الحي كضربات القلب ، وسريان الدم في الأوعية الدموية ، وسريان العصارات المائية في الأوعية الناقلة للنبات ، وكذلك دوران السايتوبلازم 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 وتجدد ما تفقده من أغصان وأوراق نتيجة لتغذية الحيوانات العاشبة عليها ، وهذا تحور يضمن لها البقاء دون أن تتحرك .
 - (ج) **تحمل 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 يتکفان بنقل حبوب اللقاح وبذلك لا تحتاج النباتات للانتقال للبحث عن وليف للتزاوج .

- **الحيوانات** كائنات حية يجب أن تكون قادرة على الانتقال الإيجابي من مكان آخر وتحريك بعض أجزاء جسمها للأسباب الآتية :
 - أ / **الحيوانات** كائنات غير ذاتية التغذية ، تتغذى على نباتات أو نفترس غيرها من الحيوانات ، وفي كلتا الحالتين يجب أن تسعي للحصول على غذائها ولابد أن تكون قادرة على الهروب من مفترس يطاردها . حتى الحيوانات المثبتة على مهاد في الماء لها أجهزة متحركة تقبض بها على فرائسها . فالاصداف المفترسة تقفل مصراعيها عند لوچ 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 المذكورة بداخل جسم الأنثى ويطلب ذلك أن يسعى الحيوان ليجد وليفاً للتزاوج . ويطلب الأمر في كثير من الأحوال البحث عن مكان مناسب لوضع البيض ، أو الولادة وتربية الصغار .

ج/ تتأثر الحيوانات كثيراً بتذبذب ظروف البيئة الخارجية ولابد لها من أن تبحث عن مأوى مناسب تكون فيه الظروف البيئية أكثر ملائمة لتنشken فيه لفترات مؤقتة أو طويلة .

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

-1- القبض على الغذاء بالأطراف وإدخاله الفم ومضغه ، أو امتصاصه وبلعه ونقله عبر القناة الهضمية يتطلب تحريك هذه الأعضاء .

-2- تحتاج الحيوانات إلى طاقة كبيرة للصرف على نشاطها الكبير ويلزم لذلك الحصول على كمية كبيرة من الأكسجين الذي توفره بعض الحيوانات عن طريق الحركات التفصية للرئتين أو الخياشيم أو تضاغط ثم فرد حلقات الجسم كما في الحشرات . الحركات التفصية أيضاً تطرد نفايات عملية التنفس مثل ثاني أكسيد الكربون والماء .

-3- يتطلب الأمر في الحيوان توزيع الغذاء المهمضوم والأكسجين إلى جميع أجزاء الجسم ، ويتم هذا في كثير من الحيوانات بامتصاص الغذاء المهمضوم والأكسجين في الدم ثم دفع الدم داخل الأوعية الدموية بمضخة نابضة هي القلب .

-4- تحرك الحيوانات بعض أجزاء جسمها لأداء وظائف عدة مثل حركة العيون داخل محاجرها ، وحركة صوانى الأذن ، وحركة الجلد والذيل ، وحركات التفت والغزل والعرض في موسم التكاثر .

تتطلب معظم أنواع الحركة في الحيوان جهازاً عضلياً لا يوجد مثيل له في النباتات ، وتحدد العضلات الحركة عند انقباضها .

بعض العضلات إرادية تحكم في انتقاضها 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 وتقدير التغيرات في ظروف البيئة الخارجية والبيئة الداخلية وإنجاز استجابة مفيدة لبقاء الكائن الحي وتثاؤره .

للكائنات عديدة الخلايا ، وبصفة خاصة الحيوانات ، خلايا أو أعضاء متخصصة لاستقبال المنبهات من البيئة وأخرى وإنجاز 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 :

- 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 بالتنفس ، 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 منبهه بعينه ومتصلة بالجهاز العصبي .

تبيه المستقبلات يجعلها تتفعل بارسال نبضات عصبية إلى الجهاز العصبي الذي ينقل المعلومات المرسلة 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 والمس .

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

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

تفقر 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 . تكون الخلايا الجهاز العصبي المركزي (Central nervous system) بينما تجمع الألياف في حزم تكون الأعصاب (nerves) .

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

- د - النبضات العصبية :** هي رسائل كهربائية تسرى عبر الألياف العصبية وتعبر عن المعلومات التي استقبلها عضو الحس والأوامر التي يرسلها الجهاز العصبي لأعضاء الاستجابة .
- هـ - أعضاء الاستجابة (effector organs) :** وهي خلايا أو أعضاء تتجز 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) :** يتكون 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 (كالدم مثلاً) . من أمثلة الغدد الصماء في الفقاريات الغدة النخامية (pancreas) البنكرياس (pituitary gland) 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 الاستقلالية مثل النمو والتكاثر والمحافظة على نسبة سوية للسكر في الدم ، ومعدل ضربات القلب .
- تفرز الهرمونات كاستجابة لتغيير في البيئة الكيميائية الداخلية أو نتيجة لتتبيه من الجهاز العصبي .
- تمثل مواد النمو في النباتات هرمونات تعمل بكميات قليلة على تحفيز أو تثبيط عمليات النمو . تُفرز الهرمونات النباتية من خلايا القسم النامي للسيقان والجذور والبراعم ومن الأوراق حديثة السن نتيجة لتغييرات في ظروف البيئة الداخلية والخارجية .

- ـ - 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 للتغيير كيميائي في الدم نتيجة لزيادة إفراز هرمون الأدرينالين .
 - ٢ يقل معدل امتلاء وتفریغ الفجوة المنقبضة للأمبيا 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 التناول (خصي ومباض) الكثير من الحيوانات كاستجابة للتغيير في طول النهار (فترة سطوع الشمس) .
 - ٧ تدخل السمكة الرئوية (أمكورو) (Protopterus) وكثير من أنواع الصفادع في فترة بيات صيفي (aestivation) كاستجابة لجفاف الماء وارتفاع درجة الحرارة . وتعود نشاطها عند امتلاء مجاري المياه بالماء وانخفاض درجة الحرارة .
 - ٨ يزداد معدل النمو في النباتات استجابة للتغيير المناسب في شدة ولون الضوء .
 - ٩ تزهر 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 متقدمة تمكنه من أن يتبع طريقه إلى غذائه وأن يتحصل عليه ومن أن يتبع طريقه إلى مكان س肯ه ، 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 متقدمة عما هو عليه الحال في النبات .

٩/ النمو والتعويض (Growth and Repair):

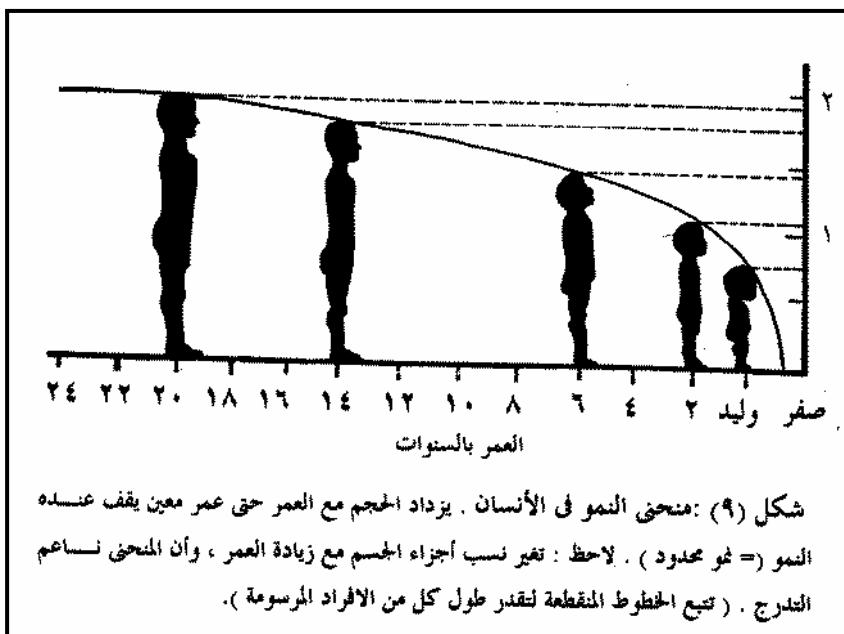
تعريف : النمو هو الزيادة في كتلة و/أو حجم الكائن الحي نتيجة لزيادة عدد الخلايا بالانقسام الخلوي لخلايا موجودة أصلاً ، وتتضخم الخلايا الناتجة جمحاً ، وتميز الخلايا الناتجة إلى أنواع متخصصة .

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 البشري على معدل الاستقلاب الهدمي .

من مميزات النمو في الكائنات الحية ما يلي :-

١. تتمو الكائنات الحية نتيجة لترابك 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 التجدد .

٤. تتمو 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 كمقاييس) طوال فترة حياة الكائن الحي فإننا لا نحصل على خط مستقيم ، بل نحصل على منحنى يسمى منحنى النمو (growth curve) (شكل ٩) وكل نوع من الكائنات الحية منحنى نمو خاص يميزه .

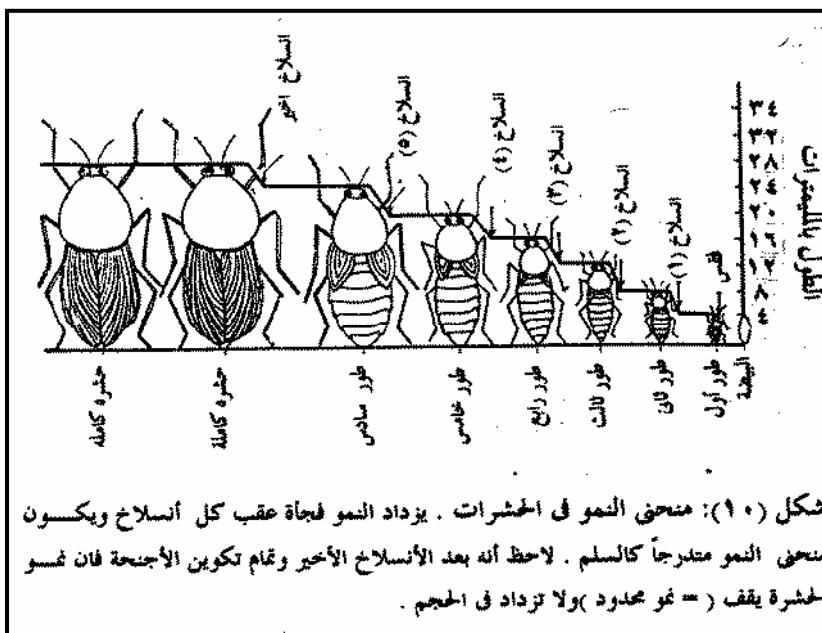


شكل (٩) : منحنى النمو في الإنسان . يزداد الحجم مع العمر حتى عمر معين يقف عنده النمو (= نمو محدود) . لاحظ : تغير نسب أجزاء الجسم مع زيادة العمر ، وأن المنحنى ليس عاملاً ثابتاً . (تبين الخطوط المنقطعة تقدير طول كل من الأفراد المرسومة) .

٦. تتمو 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 .

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 ، عندها يقف النمو ويكون عدد الخلايا المستهلكة مساواً لعدد الخلايا المنتجة ، مثل هذا النمو يسمى نمواً محدوداً (definite or determinate growth) .

.٨- تميز الحشرات بأن نموها متقطع (intermittent growth) حيث يحدث فقط خلال فترات وجية 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 . لايَا 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 للفناة الهضمية في الإنسان مرة كل يوم أو يومين .

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

١ - التكاثر (Reproduction) :

تعريف : التكاثر هو إنتاج أفراد جديدة خصبة يمكن أن تتناслед 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 تخدمبقاء الفرد حياً في بيئته إلى أن ينقضى أجله . أما التكاثر فهو الوظيفة التي تخدمبقاء 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 تفصل 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 البيضة المخصبة (fertilized egg) أو الرايغوت (zygote) . ينمو الرايغوت بالانقسام الخلوي . وتنتمي 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 ذكرية صغيرة الحجم وأمشاج مؤنثة كبيرة الحجم .
- ٦ الكائنات الحية التي ينتج الفرد الواحد منها امشاجاً ذكراً وأخرى مؤنثة تسمى خناث (hermaphrodite) أو ثنائية الجنس (bisexual) . أما الكائنات التي ينتج الفرد الواحد منها امشاجاً ذكراً أو مؤنثة تسمى وحيدة الجنس (unisexual) وهي عادة مميزة إلى ذكور وإناث .
- ٧ تسمى العملية التي يتحد بها مشيجين لتكوين الرايغوت 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 إخصاب خلطي (cross fertilization) .
- ٩ تكون الأمشاج في الحيوانات أعضاء متخصصة تسمى المناسل (gonads) حيث تتكون خصي الذكور الأمشاج الذكرا (الحيوانات المنوية spermatozoa) وتكون مبايض الإناث الأمشاج المؤنثة (البويضات ova) .
- توضع الأمشاج الذكرا داخل جسم الأنثى في الحيوانات البرية وبعض الحيوانات المائية بعملية الجماع (coition coitus) ويحدث الإخصاب داخل جسم الأنثى ويسمى إخصاب داخلي (internal fertilization) .

- في الكثير من الحيوانات المائية توضع الأمشاج المذكورة والمؤنثة في الماء ويتم إخصاب بالصدفة خارج جسم الأنثى ويسماى إخصاب خارجي (external fertilization) .
- ٩ في النباتات توجد الامشاج المذكورة داخل حبوب اللقاح التي يكونها مثل الزهرة (anther) . وتوجد الأمشاج المؤنثة داخل البوopies بمبضم الزهرة (ovary) .
- قد تنتقل حبوب اللقاح من زهرة على نبات إلى زهرة أخرى على نبات آخر من نفس النوع ويسماى هذا تلقيحاً خلطياً (cross pollination) يعقبه إخصاب خلطي داخلي .
- وقد يتم التلقيح بنفس الزهرة أو بين زهرتين على نفس النبات ويسماى في هذه الحالة بالتلقيح الذاتي (self pollination) يعقبه إخصاب داخلي ذاتي .
- ١٠ التكاثر اللاجنسي ينتج أفراداً متطابقة في مظهر صفاتها ومطابقة لمظاهر 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 تشترك في تكوين أفراد كما أن الذكور وإناث لابد أن تعلن عن نفسها أحياناً عن طريق طقوس غزلية معقدة . وقد يقتضي التكاثر الجنسي بناء مسكن أو عش وتربيبة الصغار وإمدادهم بالغذاء .
- التكاثر الجنسي يحسن من صفات النوع إذ قد ينتج فيه أفراداً متواافق فيها صفات تمكناها من المنافسة في البيئة بصورة أفضل من غيرها و تستطيع 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 الخنثي .

أيها الطالب النجيب بعد أن عرفت خصائص الأحياء كما يدرسها العلماء لابد أن تكون قد لاحظت أن كل الخصائص مرتبطة بعضها ببعض وكلها نتاج عمليات استقلالية 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 وفقت ضربات القلب أو إذا وقف التنفس .

يمكنك الآن أيها الطالب النجيب أن تكون قادرًا 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 عين 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 لتكبير والتبيين .
ويسلط ضوء الشمس أو بديل اصطناعي لإضاءة 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
محببة واحدة أو مجموعة من العدسات تعمل كعدسة واحدة .

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

العالم الهولندي آنتون فان لييفنهوك (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 .

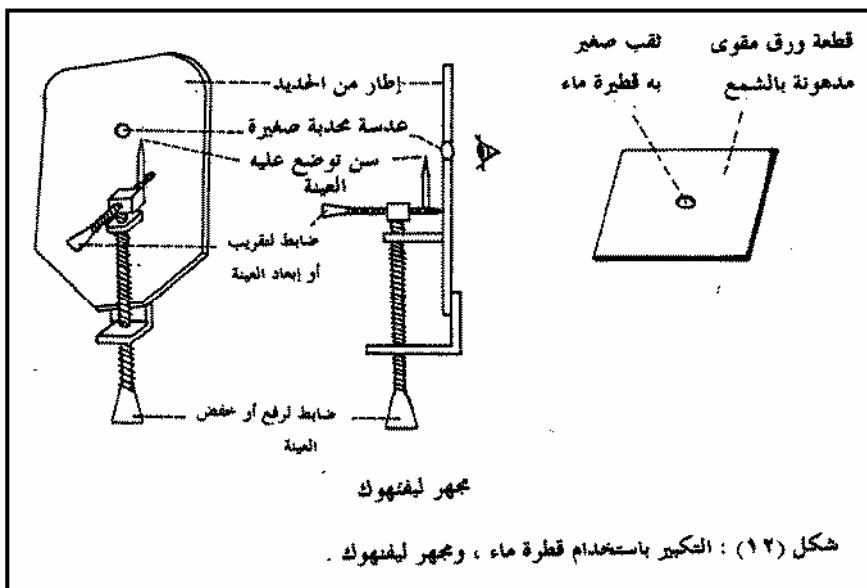
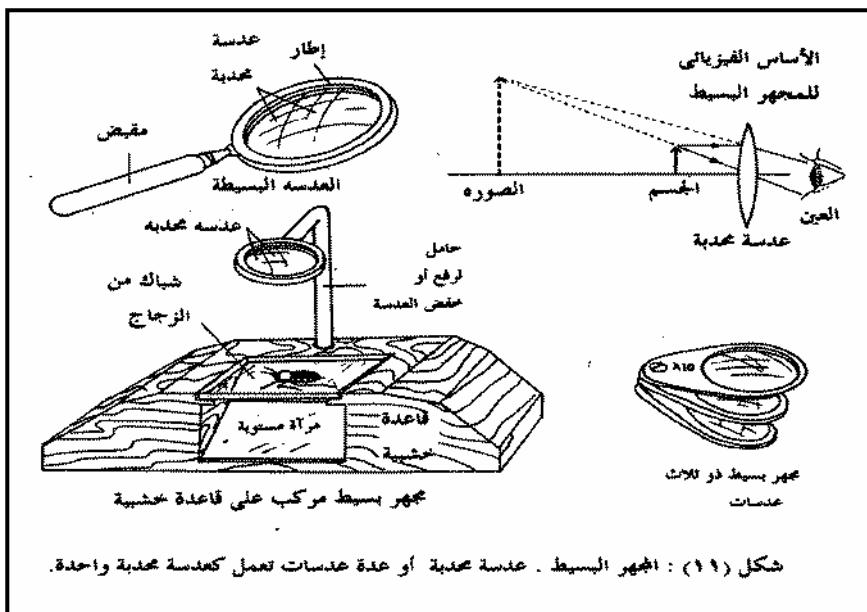
لليفنهوك إسهامات بيولوجية كثيرة كان فيها دائماً الرائد الأول . من هذه
الإسهامات :

كان أول من شاهد أنوية الخلايا ، وكريات الدم في الثديات ، والعديسات
التي تكون العيون المركبة في الحشرات وشاهد خلايا الأسماك وحبسيات النسا
في الأنسجة النباتية .

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

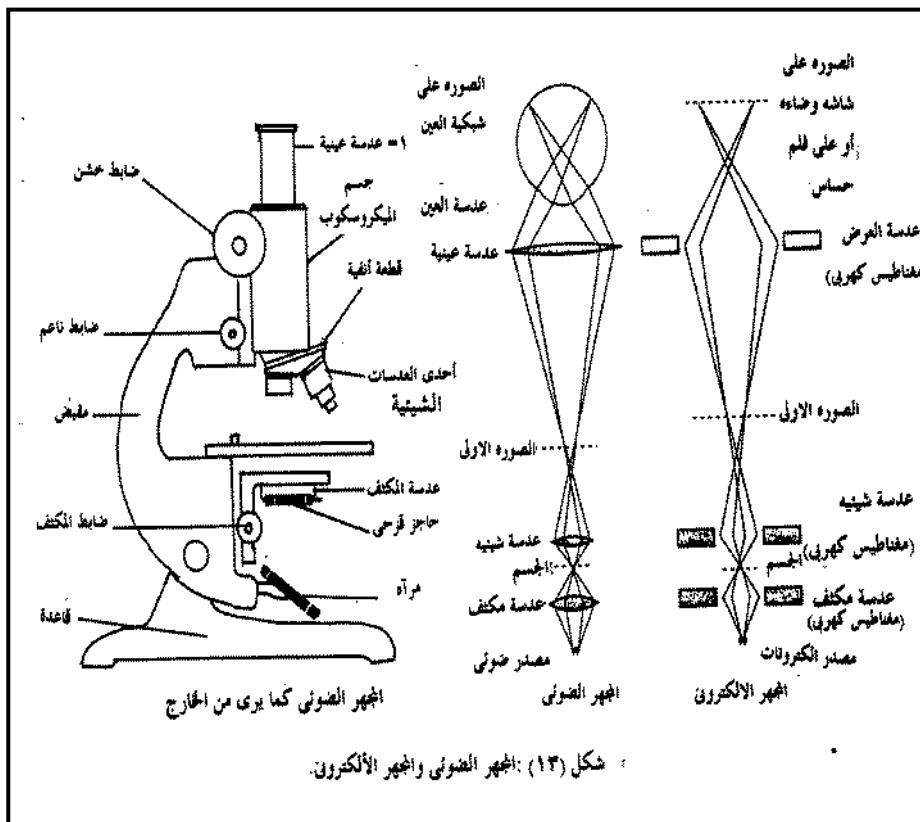
سبق اكتشاف المجهر المركب (Compound Microscope) استخدام ليفنهوك للمجهر البسيط بحوالي ٥٠ عاماً إلا أن ليفنهوك كان
يفضل استخدام المجهر البسيط على المجهر المركب . ذلك لأنَّ المجاهر
المركبة في ذلك الوقت كانت تعاني من بعض العيوب أهمها ما يسمى
بالزيف اللوني (Colour oberration) بمعنى أن الضوء عندما يمر عبر
عدسة غير جيدة الصقل (غير مستوية السطح تماماً) فإن الأشعة تتكسر 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) متباundتين بمسافة محسوبة (حوالي ٦ سم) تسمى إدماهما بالعينية (Ocular) 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 أكبر تكبيراً للصورة التي تكونها الشيئية .



شكل (١٣): الجهر الضوئي والجهر الإلكتروني .

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

استخدم عالم الفيزياء الإنجليزي روبرت هوك (١٦٣٥ - ١٧٠٣م) مجهاً مركباً من صنعه في فحص قطع رقيقة من الفلين ووجد أنها تتكون من أووية 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 المجهي من قوله (عند فحص سن دبوس بالمجهر لا نجده حاداً ولا مستوياً ولا مستديراً ، بل نرى سطحاً غير مستوي يمكن أن تتجول عليه ٤٠ من العناكب الصغيرة) .

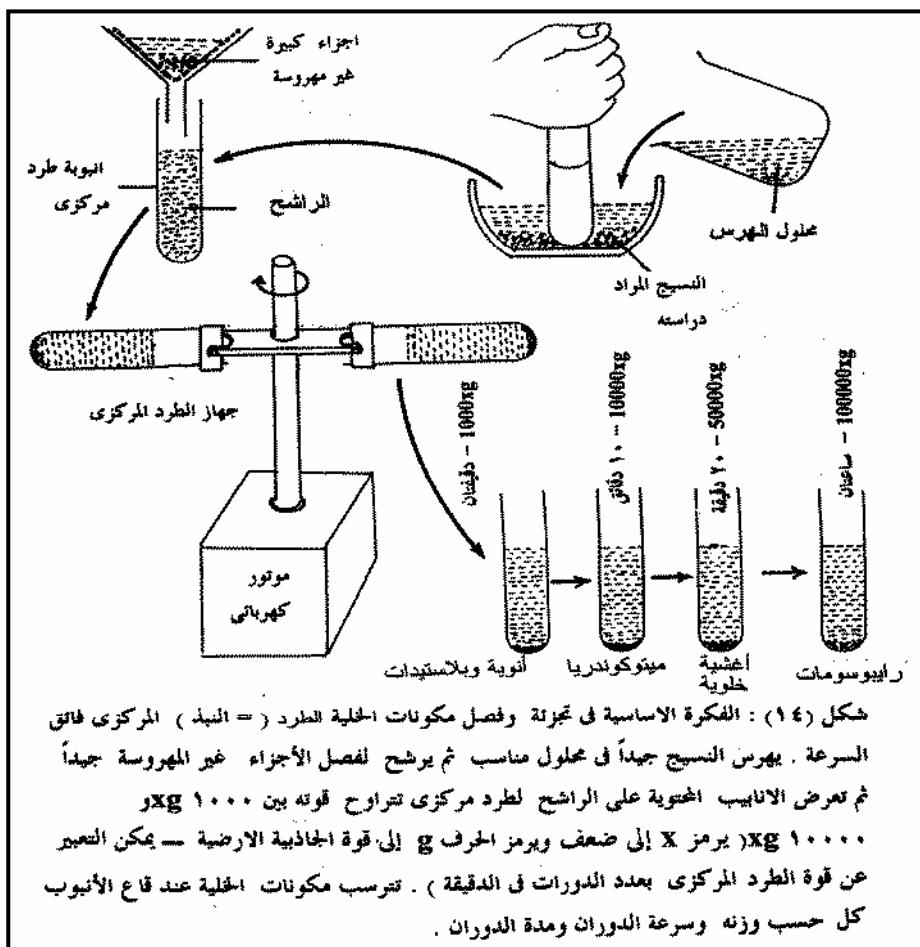
منذ بداية استخدام المجهر المركب لاحظ مستخدموه أن المجهر المركب يكون صورة مكبرة مقلوبة رأساً على عقب ومقلوبة جانبياً . كما يمكن استقبال الصورة على حائل (شاشة) أو فلم حساس بعرض التصوير . أدخلت تحسينات كبيرة جداً على المجهر المركب لتقاديم عيوب الزبع اللوني ولتسهيل استخدامه وكذلك لاستخدامه لأغراض مختلفة ، ومع هذا فكل أنواع المجاهير المركبة تعمل على أساس نفس الفكرة التي ذكرت آنفاً . منأحدث التحسينات التي أدخلت على المجهر المركب هيربطه بدائرة كهربائية مزودة بجهاز تلفاز لرؤيه الكائنات وهي حية أو ميتة مما مكن من تسجيل تفاصيل تركيبها ونشاطها في أشرطة فيديو أو غيرها ، كما أثبت بالمجهر آلات تصوير لتصوير ما يشاهد من خلال العدسة العينية .

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

المجهر الإلكتروني جهاز معقد يستخدم المغناطيسات الكهربائية لتكبير وتبين 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 (شاشة التلفزيون) أو فلم حساس بغرض التصوير .

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



شكل (١٤) : الفكرة الأساسية في تجزئة وفصل مكونات الخلية الطرد (= البند) المركزي فائق السرعة . يهرب النسيج جيداً في محلول مناسب ثم يرشح لفصل الأجزاء غير المهروسة جيداً ثم تعرض الأنابيب الختوية على الطرد المركزي متراوحة قوتها بين 1000 g و 10000 g (يرمز Xg إلى ضعف ويرمز g إلى قوة الجاذبية الأرضية — يمكن التعمير عن قوة الطرد المركزي بعدد الدورات في الدقيقة) . تترسب مكونات الخلية عند قاع الأنابيب كل حسب وزنه وسرعة الدوران ومدة الدوران .

صنع آرنست رسكا وماكس نول مجهاً إلكترونياً بدائياً عام ١٩٣٢ م في ألمانيا ، ويرجع الفضل في صناعة مجهر الكتروني يمكن استخدامه عملياً لجيمس هيلر والبرت برييس 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 التقاضلي (Differential centrifugation) (شكل ١٤) لفصل مكونات الخلية وكذلك إلى جهود كريستيان 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) .

يسْر استخدام المجهر الضوئي للإنسان إكتشاف عالم الأحياء الدقيقة والخلايا والأنسجة بينما يسْر استخدام المجهر الإلكتروني للإنسان اكتشاف 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 مشاهتها بل بالعكس إذا زاد التكبير عن حد مفيد معين فإن الصورة تصبح مشوشة .

المقصود بالتبيين (التحليل) هو مقدرة عدسة أو ميكروскоп 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 كهربائية
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 تمتتص وتعكس تفاضلياً مكوناته من ألوان الطيف	ميت مع صبغه بصبغات معتمة للاكترونات
٥	استقبال الصورة	على شبكيّة 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،٠٠٠٠٠٢ مم
٨	كفاءة رؤية التفاصيل	٧٥٠ ضعف كفاءة عين الإنسان	١٠٠ ضعف كفاءة المجهر المركب و ٧٥٠،٠٠٠ ضعف كفاءة عين الإنسان

* قدرة التبيين لعين الإنسان ١٥ ،٠ ملليمتر

٤- نظرية الخلية (Cell Theory) :

لعل أهم ما تمخضت عنه جهود العلماء بدايةً بمشاهدة روبرت هوك للخلية عام ١٦٦٥ م 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 سبقوه 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 ومنتجاتها هذه الخلايا . وكل كائن حي على الأرض أما أن يتكون من خلية واحدة أو من مجتمع من العديد من الخلايا كما أن كل المكونات الحية للخلية هي نواتج للنشاط الخلوي .

٣. فيما عدا ما حدث عند ظهور الحياة على الأرض ، فإن كل الخلايا تتأساً من خلايا سابقة لها . بمعنى أن الخلايا تتأساً عن طريق الإنقسام 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 الإنقسام الخلوي .

اقتصرت الأبحاث الحديثة إضافةً بندين آخرين لنظرية الخلية يختصان بخلايا الكائنات الحية عديدة الخلايا وبذلك يكونان أقل تعقيداً 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 تتقسم وتتحرك وتتحرك وتنفذ 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 والنتروجين حوالي ٩٠-٦٠٪ من وزن الخلية الجاف . تحتوي الخلايا على عناصر أخرى تضم الفسفور P والكربون 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 وبشكل حوالي ٩٠٪ من مكونات بعض الخلايا . تحتوى الخلية على العديد من الأملاح غير العضوية الذائبة مثل أملاح الصوديوم والماغنيزيوم والكالسيوم والكلوريدات والفوسفات والفترات والكربونات .

توجد بعض المركبات غير العضوية في الخلايا في حالة صلبة في شكل بلورات (Crystals) داخل الخلية أو إفرازات صلبة خارج الخلية مثل 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 المسممة دايمومات من مركبات السيلكون (الزجاج) .

٤ - ٣ - ٢ المركبات العضوية :

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

توجد المركبات العضوية في المادة الحية كما توجد خارج المادة الحية كنواتج للنشاط الخلوي . بعض المركبات العضوية توجد في الطبيعة مثل 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 (Macromolecules) هي:

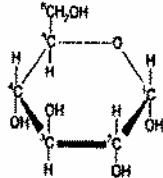
- . (Carbohydrates) الكربوهيدرات أ.
 - . (Lypids) الليبيدات ب.
 - . (Proteins) البروتينات ج.
 - . (Nucleic Acids) الأحماض النووية د.

تتركب كل من الجزيئات الحيوية الكبيرة من وحدات بنائية صغيرة كل منها جزء قائم بذاته يمكن أن يوجد منفرداً أو مرتبطاً بوحدات أخرى بمختلف الإحتمالات 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 تجتمع بمختلف الإحتمالات لتكون الجزيئات الحيوية الكبيرة بعملية التكافث (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).

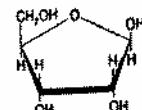


السكريات البسيطة (= أحاديات السكرييد)

هي سكريات لا تتحلل إلى سكريات أبسط منها

سكر الميلكوز يتكون من

(6) ذرات كربون (مرقمة من 1 إلى 6)

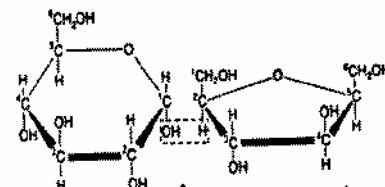


سكر الرايورز يتكون

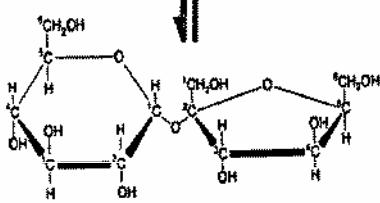
من (5) ذرات كربون

قانونها العام $C_n H_{2n} O_n$

فركتوز (= سكر فواكه) + جلوكوز

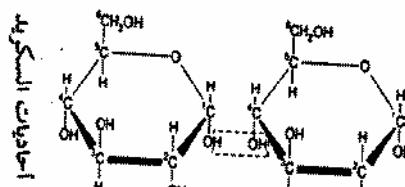


تحليل مائي

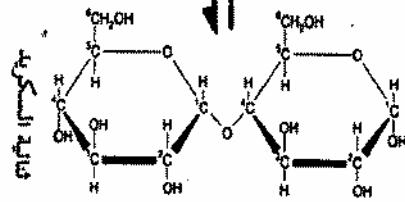


سكروز (سكر قصب)

جلوكوز (= سكر عنب) + جلوكوز



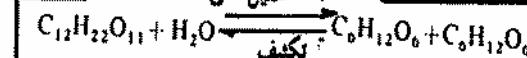
تحليل مائي



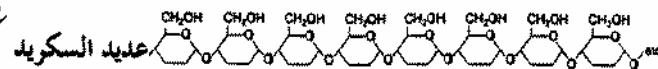
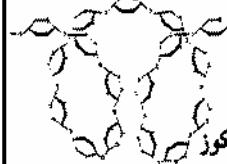
ملتوز (سكر شعر)

+ ملخص المعادلين أعلى

تحليل مائي



شكل (١٥ - أ) : تركيب الكربوهيدرات (أنظر شكل ١٥ - ب)).

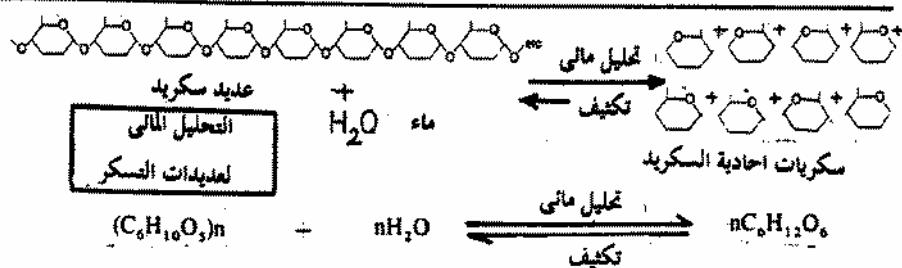
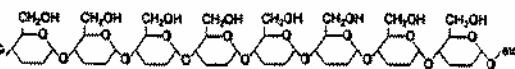


جزء يسير من مكون النشا المسمى أميلوز يمكنه بتكافل أعداد كبيرة من جزيئات الجلوكوز عند توفر الأنزيمات المناسبة . عند تسخين الأميلوز فإن الجزيئ يأخذ شكل السلسلة المستقيمة (الرسم على اليمين) وفي درجة الحرارة العادية فإنه يتخلّى (الرسم على اليسار)

جزء يسير من جزئي السيلولوز

لاحظ اختلاف طريقة ارتباط

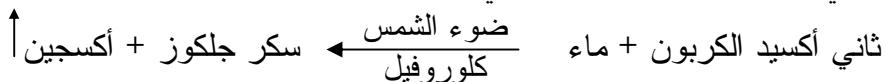
جزيئات الجلوكوز عند النشا



شكل (١٥ - ب): تركيب الكربوهيدرات : تتركب الكربوهيدرات من الكربون والهيدروجين والاكسجين ونسبة وجود الهيدروجين إلى الاكسجين في الجزيئي ١ : ٢ (أي كسبة وجودها في الماء) . السكريات البسيطة مثل الرايوز والجلوكوز والفركتوز لا تتحلل ألياً إلى سكريات أبسط منها ، بينما ثانية السكريد (مثل السكروروز والملوز) وعديدات السكريد (مثل النشا والجليكوجين والسليلوز) فاما تتحلل إلى سكريات بسيطة بفعل الأنزيمات أو عند تسخينها في وسط حمضي (أنظر الشكل ١٥ - ا) .

الخلايا النباتية الخضراء هي المنتج الأساسي للكربوهيدرات بعملية البناء

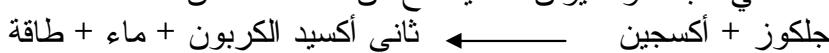
الضوئي (Photosynthesis) التي يمكن تلخيصها بالمعادلة الآتية :



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

١. تشكل مادة تخزينية هامة ؛ مثل ذلك النشا في البطاطس وفي حبوب وبذور النباتات والجلاكتوجين 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 والداعمة الميكانيكية للنبات ويعطي الخلية النباتية والنبات شكلهما . ألياف القطن أحد صور السليلوز النقى .

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

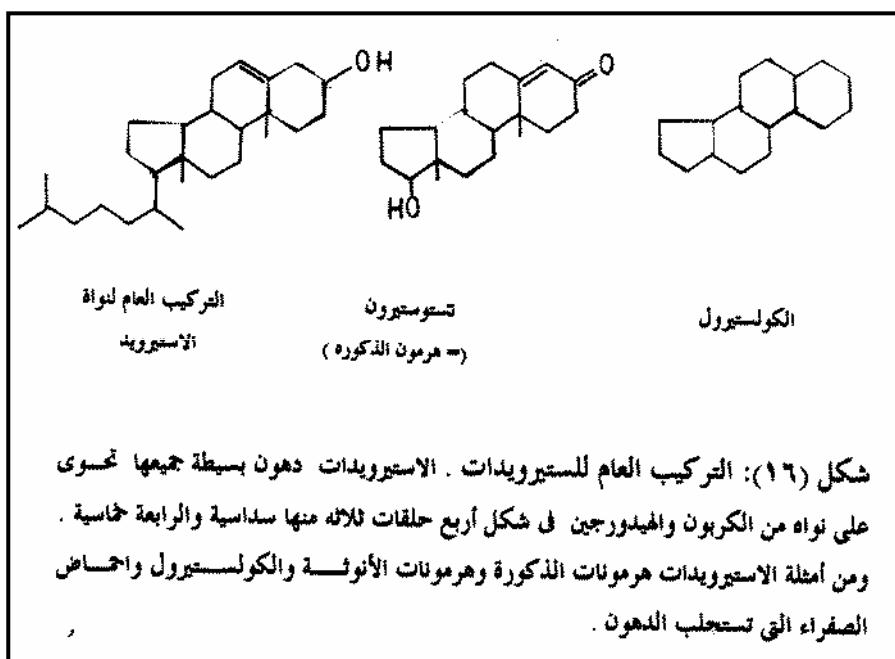
ب. الليبيات (الدهون) (Lipids) :

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

تصنف الليبيات إلى مجموعتين رئيسيتين :

- I. الليبيات البسيطة (Simple Lipids) وهي مركبات يتكون هيكلها الأساسي من ١٧ ذرة كربون تصنع أربع حلقات ، ثلث 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 وظيفتيهما . وتنظر الصفات الجنسية الثانوية في الذكور والإناث وكذلك فيتامين D الهام لتكوين العظام كما تضم الكوليستروл وهو مركب له أهميته في تكوين أغشية الخلايا .

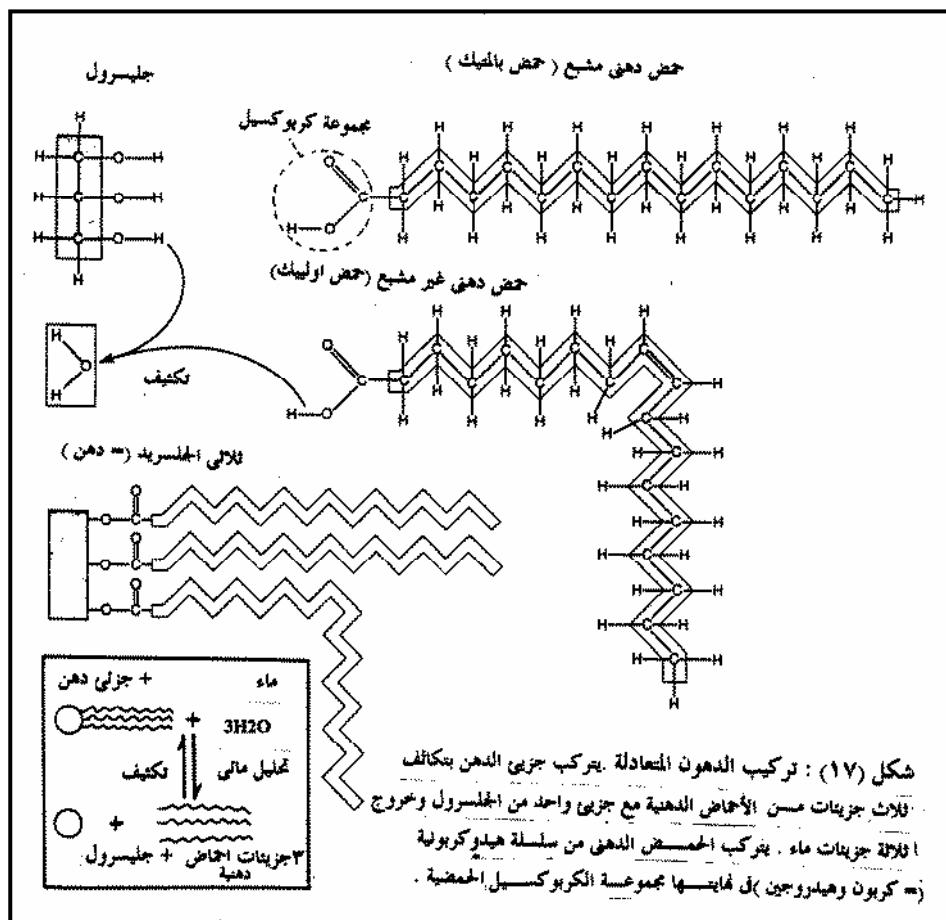


II. الليبدات المعقدة (Compound Lipids) : وهي مركبات تتكون بارتباط الأحماض الدهنية والهيدروجين في شكل أربع حلقات ثلاثة منها سداسية والرابعة خاسية .

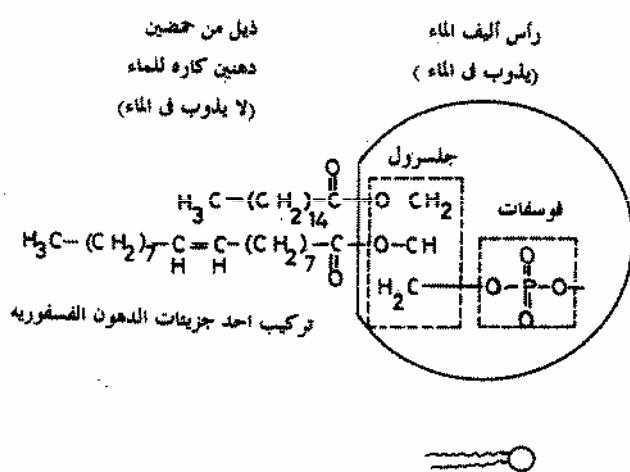
- الشحوم والزيوت : تستخرج من النبات والحيوان وتكون جزءاً من طعامنا . تتكون باتحاد الأحماض الدهنية مع الجلسرول (الجلسرين) (Glycerol) .
- الجلسرول كحول يتكون من ثلاثة ذرات كربون ترتبط بالأكسجين والهيدروجين .

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

لبيكون الشحم أو الزيت ترتبط ثلاثة أحماض دهنية مع الجليسرويل لذلك تسمى هذه المركبات ثلاثي الجلسريد (Triglyceroides) ويشار لها بالشكل (١٧) .



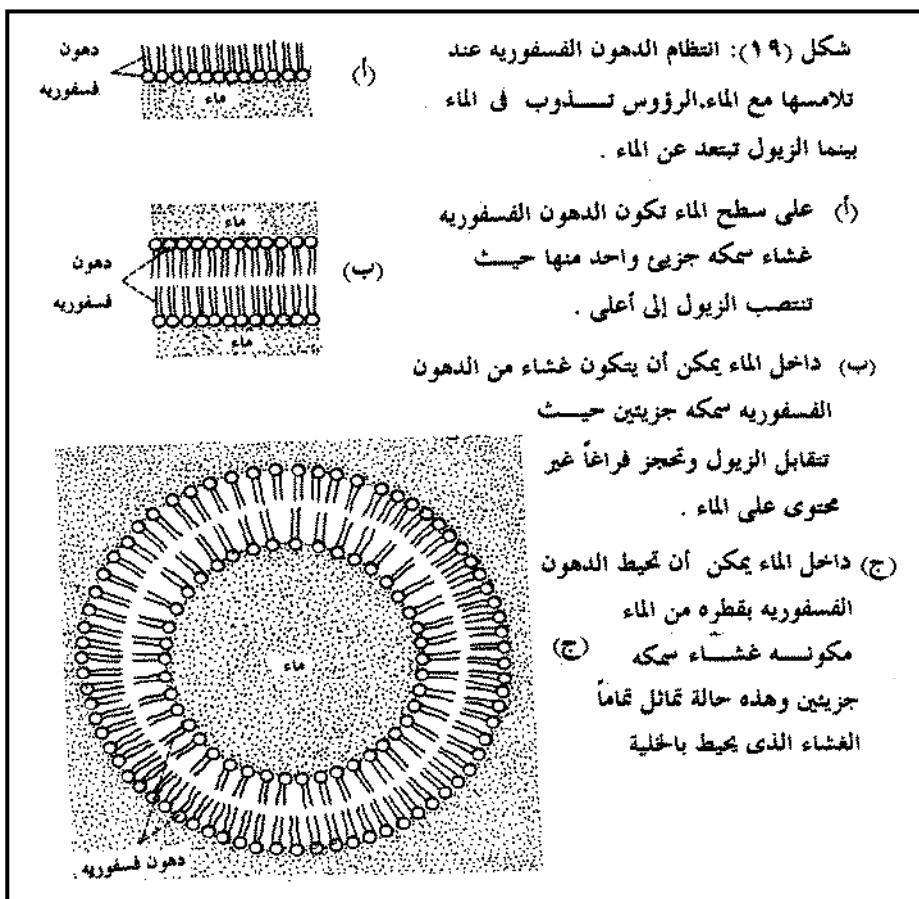
- الدهون الفوسفورية (Phospholipids) وهي مركبات تتربّك من اتحاد حمضين دهنيين ومجموعة فوسفات (PO₄) بالجلسرول ؛ أي أنها تشابه ثلاثة الجلسريد إلا أن مجموعة فوسفات تحل محل أحد الأحماض الدهنية . شكل (١٨) . الجزء من الدهون المحتوي على الجلسرول ومجموعة الفوسفات محب للماء (قابل للذوبان في الماء) أما الجزء المحتوي على الأحماض الدهنية فهو كاره للماء (غير قابل للذوبان في الماء) .



للتبسيط يمكن الرمز للدهن الفسفوري كما هو موضح

شكل (١٨) : تركيب الدهون الفسفورية. يتربّك جزئي الدهن الفسفوري من جلسرول مرتّب مع حمضين دهنيين (بدلاً من ثلاثة في الدهون المتعادلة) ومجموعة فوسفات قد ترتبط بجموعات عضوية أخرى. تشتّرط الدهون الفسفورية في تركيب كل الأشšíة الخلويّة وتختلف الدهون الفسفورية في النوع الأهمّيّة الدهنية المرتبطة بالجلسرول وكذلك في الجموعة العضوية (غير موضحة بالرسم) المرتبطة بمجموعات الفوسفات .

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



• الشموع (Waxes) :

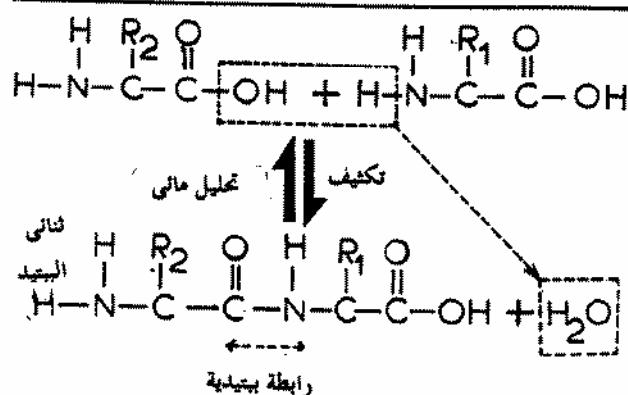
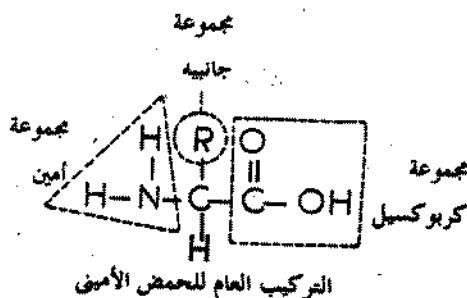
مركبات ذات وزن جزيئي كبير تتركب باتحاد أحماض دهنية مع كحولات ذات سلسل طويلة من الكربون ، وهي مركبات لا تذوب في الماء وغير منفذة للماء وتقاوم الكثير من الكيمياويات . تكون الشموع طبقة واقية على أوراق الأشجار وسيقانها وكذلك بعض الثمار والبذور وعلى فراء الحيوانات كما تغطي الهيكل الخارجي للحشرات ، وكثير منها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

وظيفة الليبيات في الخلية :

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

ج. البروتينات (Proteins) :

البروتينات جزيئات حيوية كبيرة تتركب من C و H₂ و O₂ و N₂ و في كثير من الأحيان S وتتكون من وحدات بنائية أصغر منها هي الأحماض الأمينية (Amino Acids). يتراكب كل حامض أميني من زمرة (مجموعة) حامضية (COOH -) وزمرة أمينية (تحتوي على التتروجين والهيدروجين NH₂ -) وسلسلة جانبية لمجموعة كيميائية يرمز لها تعيناً 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 .

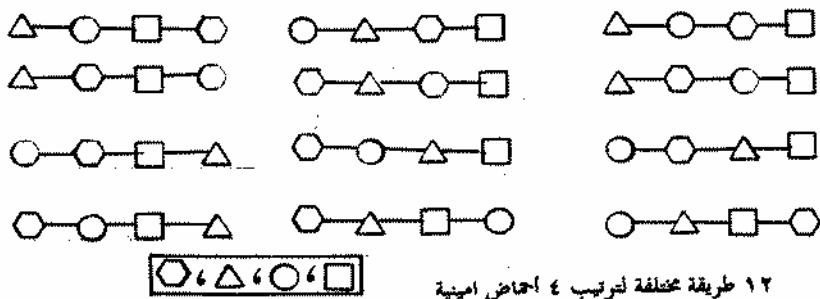


تكون الرابطة البيتيدية بتكثيف الأحماض
الأمينية ولقصها بعملية التحليل المائي

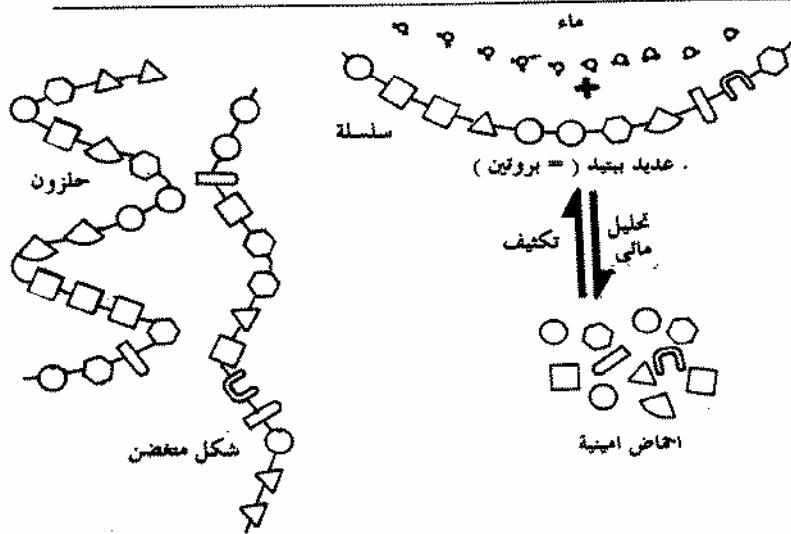
الشكل (٢٠): التركيب العام للأحماض الأمينية وارتباطها بالرابطة البيتيدية . الحمض الأميني مركب عضوي تحمل أحد ذرات الكربون فيه مجموعة الكربوكسيل الحمضية ومجموعة الأمين القاعدية ومجموعة جانبية (R) والتي قد تكون بسيطة مثل (H) في حمض فاليسين أو (CH₃) في حمض الألаниن وقد تكون أكثر تعقيداً من ذلك بكثير . ويحدد تركيب المجموعة (R) خواص الحمض الأميني . عند ارتباط حمضين أمينيين (أو أكثر) ت تكون رابطة بيتربيدية تربط مجموعة الكربوكسيل (COOH) لاحدهما مع مجموعة الأمين NH₂ للآخر ويتحرر جزيئ ماء من ارتباط كل حمضين أمينيين .

ت تكون كل البروتينات من حوالي عشرين نوعاً مختلفاً من الأحماض الأمينية ، تستطيع الكائنات ذاتية التغذية أن تصنعها جميعها ، أما الكائنات غير ذاتية التغذية فلا بدّ 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 متّوّع من حيث أعدادها وتوالي أنواعها لتكون أنواعاً لا حصر لها من البروتينات. (شكل ٢١) .

(*) الأشكال الهندسية تحمل الأحاطض الأمينية والخطوط الواقعة بينها تحمل روابط بيضاء



لتكون 12 روابط بيضاء مختلفة لكل منها خواصه التي تفقر عن الآخر



الشكل (٢١): تركيب البروتينات . يتركب البروتين بارتباط أي عدد من الأحاطض الأمينية بروابط بيضاء بمختلف التسلعات الممكنة . تكون جميع أنواع البروتينات في جميع الأحياء من سن عشرين حضاً أميناً تربطه تكون أعداد لا حصرية من أنواع البروتينات . يدخل جزئي البروتين أشكالاً عديدة فقد ترب الأحاطض الأمينية في شكل سلسلة مستقيمة أو حلزون أو يأخذ آخري شكل لوح الزنك المنخفض أو أن يكون الجزيئ كثثر المتجمد وتصعد خواص البروتين بعدد الأحاطض الأمينية به وأنواعها وتناسبها وكذلك بشكل جزئي البروتين ذو الثلاث أبعاد (أى شكله الجسم) .

لتقرير 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 تشبّهها بالتقريب بشكل ورقة عجنـت بكفة اليد .
تشمل البروتينات الكروية الإنزيمات (Enzymes) التي تحكم 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 الهيموغلوبين (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 الثديات .

٢. البروتينات الليفية (Fibrous Proteins) :

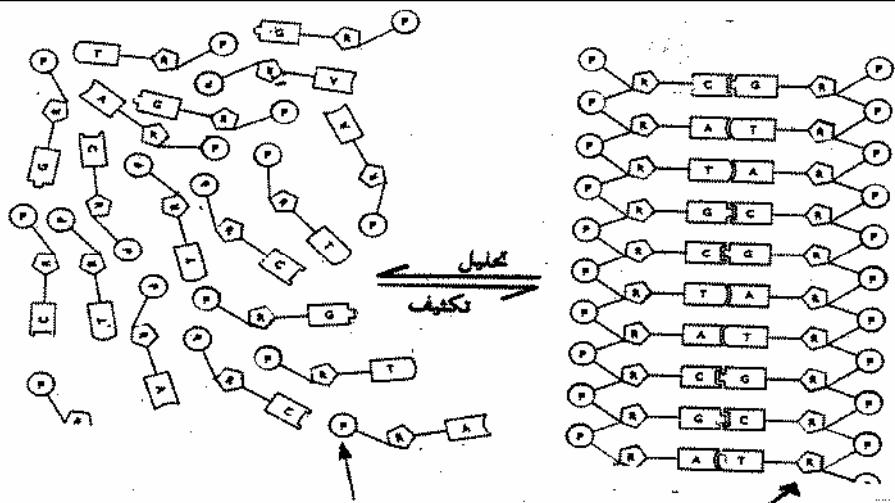
تترتب الأحماض الأمينية في البروتينات الليفية في شكل لولب بشكل الحزون أو لتكون صفائح متغضنة (متعرجة تشبه في شكلها شكل لوح الزنك). توفر البروتينات الليفية المتانة والمرنة .

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 انباضية تسبب الحركة . كذلك تشمل الفبرين (Fibrin) وهو البروتين الذي يكون الألياف التي تتكون عند تجلط الدم لقلل الجروح ومنع النزف الدموي .

د. الأحماض النووية (Nucleic Acids) :

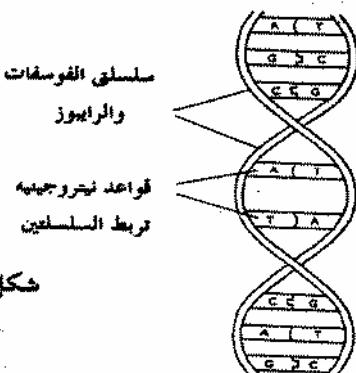
الأحماض النووية مصطلح شائع الإستعمال ويقصد به كل من الحمض النووي الريبيوزي منقوص الأكسجين (DNA) Deoxy Ribo Nucleic Acid والحمض النووي الريبيوزي (RNA) Ribo Nucleic Acid . سميت هذه الأحماض بالنووية للخلفية التاريخية لاكتشافها في أنوية الخلايا وتركيزها فيها . يتركب كل من الحمضين النوويين (DNA) و (RNA) من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



التيوكليبيات وهي الوحدات البنيوية للأحماض المقوية . تتركب كل تيوكليبيت من مجموعة فسفات P و سكر رابيوز R و قاعدة ليتروجينية قد تكون A أو T أو C أو G

الحمض النووي الريبوزي ناقص الأكسجين (—DNA— المادة الوراثية) ويرتكب من سلسليين متكاملين مترازعين من عديد الببتيد .
في هذا الرسم المبسط يحاكي شكل الجوزي شكل السلم له قطعتين من السكر والقصبات ودرجات من القواعد التي توجيهه للاحظ أن ارتباط A مع T وارتباط C مع G ارتباط قهري

شكل (٢٢ - أ): تركيب المض التروي الريبيوزي لاقص الاكسجين (DNA).

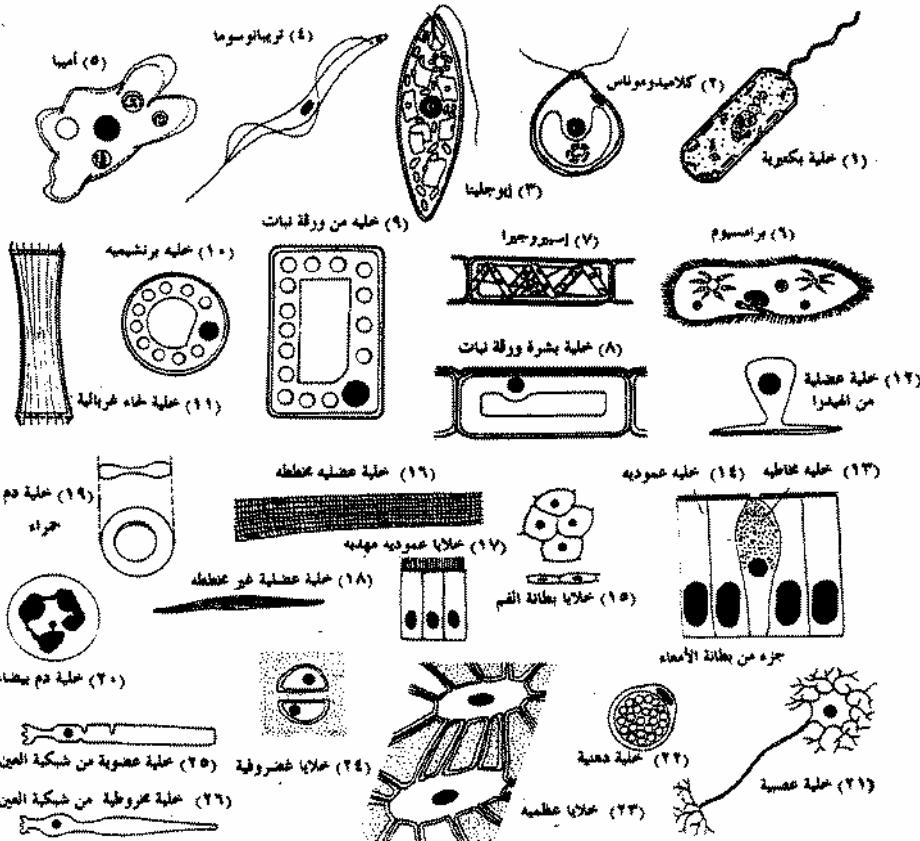


شكل (٢٤ - ب): شكل تخطيطي بسيط يوضح أن جزيئ DNA في الحقيقة على شكل سلم مزدوج . لذلك يصف بأنه حلزون أو حثالة مزدوجة .

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 والآلية عملها .

٤ - ٤ أنواع الخلايا : Cell Types

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



شكل (٢٣) : أشكال الخلايا : هناكآلاف من أنواع الخلايا وما هو مرسوم أعلاه بعض منها . تشتهر الخلايا في أن لكل منها مادة نوية وسيتوبلازم وغشاء بلازمي حولها من الرسم هل تستطيع تمييز الخلايا بدائية النواة وحقيقة النواة؟ وهل تستطيع أن تعرف على الخلايا ذاتية التهدية والخلايا غير ذاتية التهدية؟

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

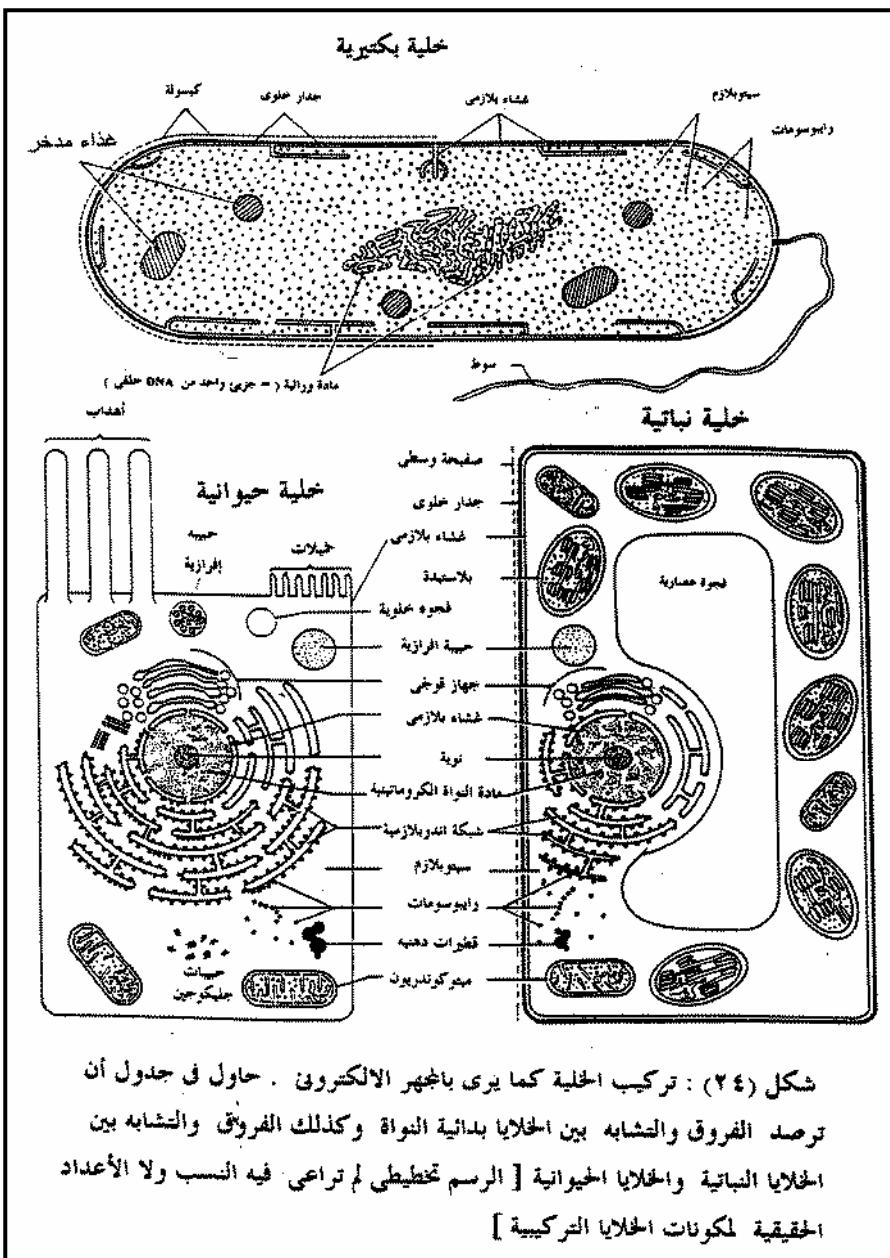
تصنف الخلايا وفقاً للتركيب والنشأة إلى :

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

(ب) خلايا حقيقة الأنوية (Eukaryotic cells)

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

ت تكون المادة الوراثية لخلايا ما قبل النواة من جزيء واحد من (DNA) في شكل جديلة حلقة مزدوجة لا يحيط بها غلاف نووي وعليه لا توجد فيها نواة حقيقة تماثل أنوية الخلايا الأخرى ومن هنا نشأ الإسم خلايا ما قبل النواة . تفتقر خلايا ما قبل النواة للعديدات الخلوية المحاطة بغشاء بلازمي (Plasma membrane) كالمايتوكوندريا والblastid و الفجوات الخلوية والشبكة الإندوبلازمية . تختلف خلايا ما قبل النواة في الكثير من التفاصيل عن خلايا حقيقة الأنوية (شكل ٢٤) .



(ب) خلايا حقيقة الأنوية (Eukaryotic cells) :

تتميز خلايا حقيقة الأنوية بأن مادتها الوراثية مكونة من عدة جزيئات من (DNA) منفصلة وكل جزء مرتبط بنوع معين من البروتين ليشكل خيطاً غير حلقي يسمى الكروموسوم (Chromosome) وكل الكروموسومات محاطة بغلاف نووي .

تحتوي خلايا حقيقة الأنوية على العديد من العضيات المحاطة بغشاء خلوي بالإضافة لوجود الشبكة الإندوبلازمية . إنَّ خلايا جميع الكائنات الحية عدا البكتيريا والسيانوبكتيريا من نوع حقيقة الأنوية . تحتوي معظم خلايا حقيقة الأنوية على نواة واحدة . بعض حقيقة الأنوية خلاياها عديدة الأنوية مثل بعض الفطريات وبعض خلايا الهدبيات (مثل البرامسيوم) وخلايا العضلات الإرادية . تفقد بعض خلايا حقيقة الأنوية نواتها عندما يكتمل نموها مثل ذلك خلايا اللحاء في النباتات الزهرية وخلايا الدم الحمراء في الثديات (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 العضوي من مواد أولية غير عضوية مثل الماء وثاني أكسيد الكربون والأملاح في وجود الصبغة الخضراء اليخضور (الكلوروفيل) (Chlorophyll) مثل تلك 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 بال營ذية على خلايا أخرى ذاتية التغذية أو غير ذاتية التغذية . مثلاً لذلك الحيوانات أكلة 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 عصاراتها . في كل الأحوال تتوافر للكائنات (الخلايا) غير ذاتية التغذية الوحدات البنائية الصغيرة التي تعيد تشكيلها لبناء أجسامها والتي تؤكسد جزءاً منها للحصول على الطاقة . لذلك فالكائنات غير ذاتية التغذية أما أن تكون أكلة عشب أو مفترسة أو متطفلة أو مترممة 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 آحادية الخلية (Unicellular Organism) . أنواع أخرى من الكائنات الحية عديدة الخلايا (Multicellular Organism) . عندما يصل الكائن عديد الخلايا إلى مرحلة النضج تتخصص معظم خلاياه وتتبادر في الشكل الخارجي والتركيب الداخلي والوظيفة . هذه التغييرات تمثل للثبات بحيث لا يتغير التخصص إلى تخصص آخر ، وتوسّس العلاقات بين خلايا الكائن الحي على مستويات متعددة من التنظيم الهرمي الذي يشكل كل مستوى منها القاعدة للمستوى الأعلى الذي يليه والذي يضمن كفاءة عالية لأداء الكائن الحي لوظائفه الحيوية .

مستويات التنظيم الخلوي التي يمكن التعرف عليها هي :

٤ - ٥ - ١ آحادية الخلية (Unicellularity) (شكل ٢٣) :

الخلية المكونة لجسم الكائن الحي آحادي الخلية هي أدنى مستويات التنظيم الخلوي حيث تتشكل الخلية أصغر وحدة تركيبية ووظيفية مستقلة . مثلاً ذلك البارامسيوم والبكتيريا والكلاميدوموناس .

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

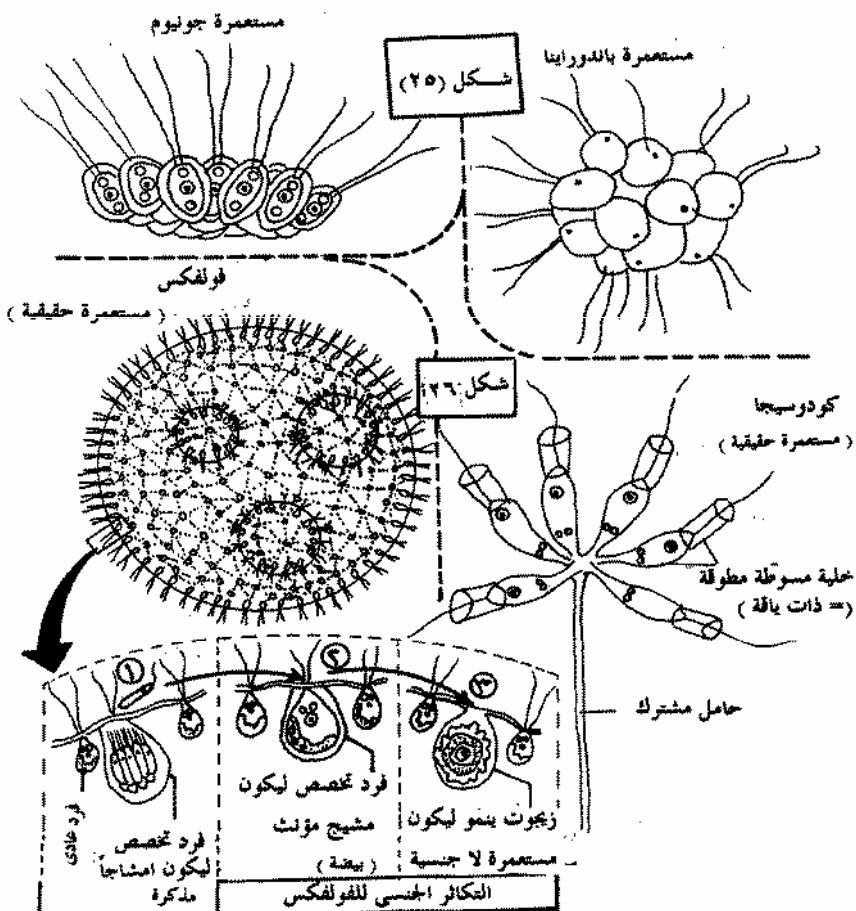
ت تكون المستعمرة الخلوية من أعداد قليلة من الخلايا (٤ ، ٦ ، ٨ ، ١٦ ، ٣٢ - ٦٤) التي تتشابه في التركيب والوظيفة (شكل ٢٥) .

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 وتميز عنها بوجود بعض أشكال التخصص الخلوي وقد الخلايا لبعض استقلاليتها . تؤدي بعض الخلايا وظيفة التكاثر بينما تؤدي معظم الخلايا الأخرى وظيفة التغذية مثل لذلك طحليي الفولفوكس والبليودورانيا (شكل ٢٦) .

يعتبر كثير من علماء الأحياء أنَّ كل أنواع المستعمرات تقع ضمن مستوى التنظيم الخلوي : آحادية الخلية ذلك لعدم مقدرتها على تكوين الأنسجة . (Tissues)



المستعمرات الخلوية :

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

شكل (٢٦) : المستعمرة الحقيقة : وهي مجموعة من بعض خلايا كما في كودوسيجا مرتبطة بسيولة مشترك أو من عدة مئات من الخلايا كما في الفولوكس كل يعيش لنفسه ولكن يبدأ تقسيم العمل بين الأفراد بصورة بدائية فبعضها يكون مستعمرات بطريقة لا جنسية وبعض الأفراد تخصص ليكون امشاجاً مذكرة أو تخصص ليكون امشاجاً موئنة . وجميع الأفراد والمستعمرات البوية توجد مطحونة في كتلة كروية من مادة هلامية (= جيلاتينية) .

٤ - ٥ - ٤ النسيج (Tissue) :

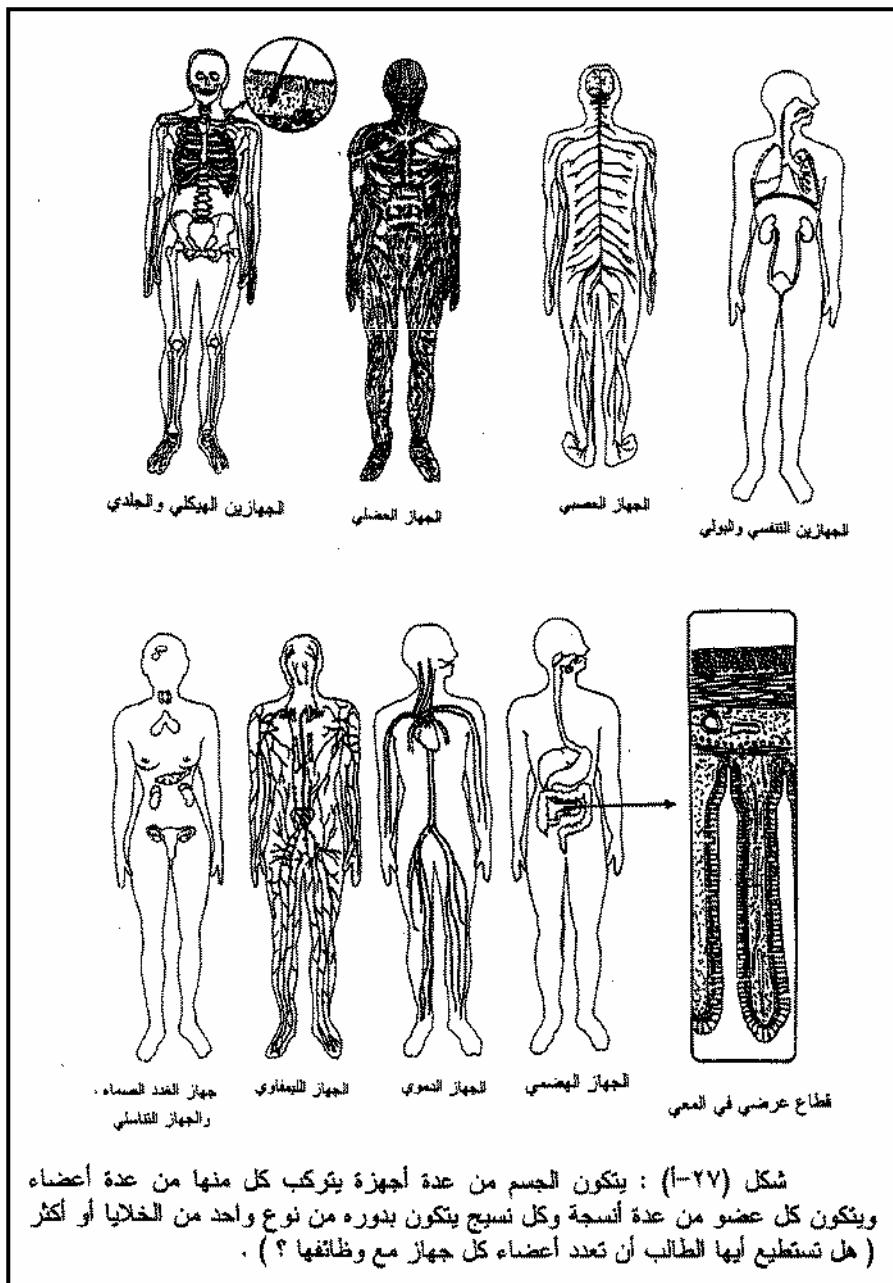
النسيج هو مجموعة من نوع واحد أو أكثر من الخلايا المتخصصة لأداء وظيفة محددة ، وترتبط الخلايا ببعضها بمواد تقرزها الخلايا نفسها . قد يشكل النسيج أعلى مستويات التنظيم الخلوي في بعض الكائنات الحية مثل لذلك اللاسعات (Coelentrates) التي تتتمى إليها الهيدرا (Hydra) .

٤ - ٥ - ٥ العضو (Organ) :

يتكون العضو من مجموعة من الأنسجة المختلفة وله شكل محدد مثل ذلك 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 يحرز 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 والإمعاء والكبد والبنكرياس وظيفياً وتركيبياً لأداء وظيفة التغذية من تناول الطعام ومضغه وبلعه وهضمها وامتصاص القابل للذوبان منه والتخلص من البقايا غير القابلة للهضم .



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

أهمية التخصص الخلوي وعلاقته بحجم الجسم :

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

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

أضف إلى ذلك أنَّ الكائنات وحيدة الخلية تحصل على الغذاء والأكسجين وتحرج نفاياتها عبر سطح الجسم (الغشاء البلازمي) و لأنَّ هذه الكائنات صغيرة الحجم (مجهرية) فإنَّ مساحة سطحها كبيرة جداً بالنسبة لحجمها وأنَّ هذه المساحة الكبيرة للسطح هي بمثابة مدخل كبير واسع لدخول وخروج الكميات المناسبة للمواد . ويكتفي للمواد أن تعبر الغشاء البلازمي لتكون داخل السيتوبلازم حيث يتم نقلها إلى مسافات صغيرة لتصل إلى جميع أرجاء الخلية . فمثلاً تكفي عملية الانتشار وحركة السيتوبلازم لنقل وتوزيع الأكسجين لأي مكان داخل الخلية .

ما تقدم يمكناً أن تستنتج أنَّ حجم الخلية (أو الكائن وحيد الخلية) محكم 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 الحر (Critical Size) بعده تصغر مساحة الحجم بما لا يكتفي

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

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 :

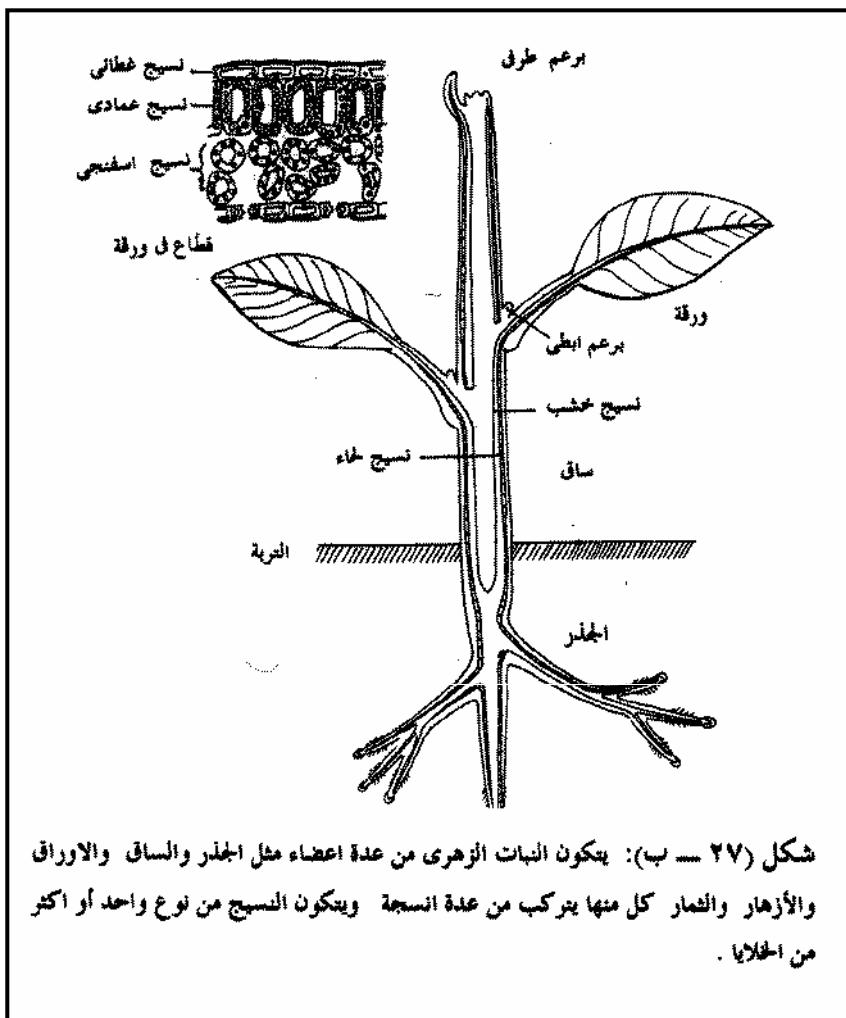
- توفير مساحة سطح كبيرة لتبادل المواد مع البيئة .
- تحويل هذه المواد بما يتلائم نقلها من مكان الحصول عليها إلى الخلايا.
- توفير آليات نقل ذات كفاءة عالية لنقل المواد (داخل الجسم) وكذلك نقل النفايات من أماكن إخراجها إلى الوسط الخارجي .
- توفير آليات تحكم دخول وخروج المواد وكذلك ضبط نقلها داخل الجسم .
- توفير آليات تنسيق 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 مترًا 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 م² وسطح خلية الخملة يحمل ٣٠ م² . المساحة الكلية لامتصاص الغذاء حوالي ٣٠ م² .

- 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 تمتثل من الدم ما يعادل ١٨٠ لترًا من الماء يومياً وتعيد معظم الماء مرة أخرى إلى الدم ليخرج ١,٥ لترًا 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 ورفعه 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 نقدم أمثلة قليلة جداً توضح أهمية التخصص الخلوي وعلاقته بحجم الكائن الحي . وفي جميع الحالات نذكر أنّ الخلية المتخصصة تقوم بجميع الوظائف الحيوية لتبقى وتنعيش وفي نفس الوقت تقوم بإحدى الوظائف خدمةً للجسم ككل ، وفي بعض الأحيان تقضي الخلية المتخصصة قدرتها على الإنقسام كما هو الحال في الخلايا العصبية والخلايا العقلية في الثديات وكثير من الخلايا المتخصصة بجسم النباتات الخضراء . ويستعين النبات بخلايا وظيفتها الإنقسام

والتميز لتعطي جميع أنواع خلايا النبات كالخلايا التي توجد في قم البراعم وتنسمى الخلايا الإنسانية أو المرستيمية (Meristemic Cells) .



شكل (٢٧ — ب) : يمكن أن يكون النبات الزهرى من عدة أعضاء مثل الجذر والمساق والأوراق والأزهار والثمار كل منها يتركب من عدة نسيج . ويكون النسيج من نوع واحد أو أكثر من الخلايا .

٤ - ٦) تركيب الخلية (Cell Structure :

٤ - ٦ - ١ مقدمة :

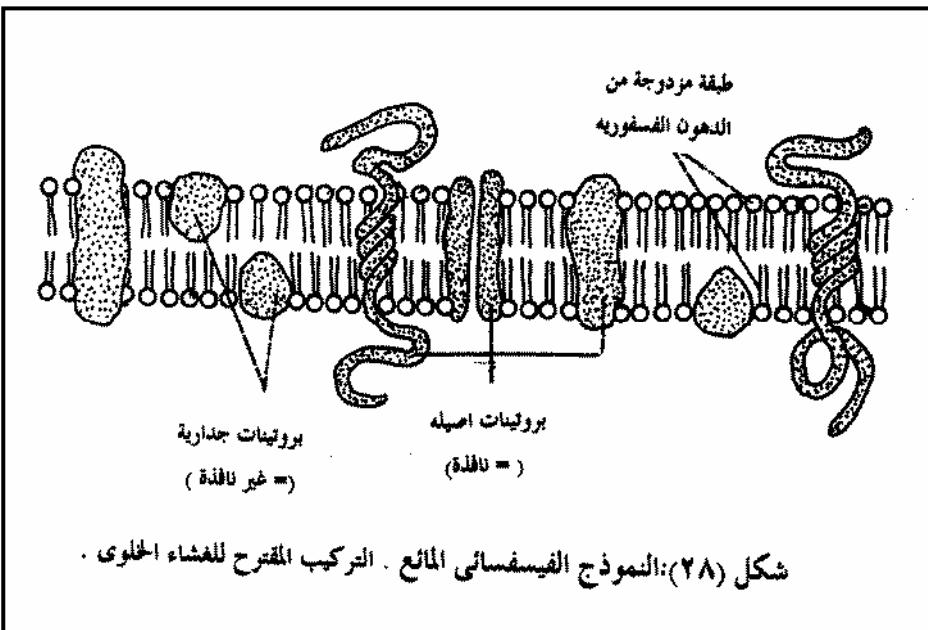
تعرضت فيما سبق من دراستك في مرحلة الأساس لدراسة خلية نموذجية نباتية وأخرى حيوانية . المعلومات التي توافرت لك حينئذ تتطابق على الخلايا حقيقة الأنوية وهي :

١. تتكون الخلية من مادة بروتوبلازمية حية تحاط بعشاء خلوي .
٢. يتميز البروتوبلازم بنواعة تمثل الجهاز الإداري والوراثي وسيتوبرلازم يمثل بيئة العمل للخلية .
٣. تحتوي نواعة الخلية على نوية أو أكثر .
٤. يحتوي سيتوبرلازم الخلية على عدة عضيات تمثل آليات العمل .
٥. تباين 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. تكون 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 أنّ الخلايا تختلف كثيراً في الشكل والحجم والوظيفة لا توجد خلية نموذجية حقيقة تمثل كل أنواع الخلايا تمثيلاً دقيقاً . يفترض وجود خلية نموذجية فقط لتقرير الفهم حيث أن كل الخلايا تشتهر في تركيبها الأساسية . الشكل (٢٤) يوضح التركيب 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 سينتوبلازم 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 أحدهما وأكثرها قبولاً لدى العلماء هو النموذج الفسيفسائي المائع (شكل ٢٨) (Fluid Musaic Model)



وفقاً لهذا النموذج يتربّك الغشاء البلازمي من طبقتين متقابلين من الدهون الفوسفورية ، سماكة كل طبقة جزئي واحد من الدهون الفسفورية وتكون الطبقة المزدوجة من الدهون الفسفورية الهيكل الأساسي للغشاء البلازمي . يُرصّع هاتين الطبقتين جزيئات من أنواع مختلفة من البروتين . يوصف النموذج بأنه فسيفسائي تشبّهها له بمظهر جدران المبني التي تُرِكَت بتطيّتها بطّقة من الملاط الجيري أو الأسمنتي مغروس بها أحجار أو قطع من الفسيفساء (الرخام) . مختلفة الألوان والأشكال ، وسمى مائعاً لأن له بعض صفات الموائع حيث تتحرّك وتتبادل فيه الأجزاء مواقعها باستمرار كما أنه يتجمد عند التبريد ولكنه يصبح مرنًا مائعاً عند تدفّته .

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

- البروتينات الطرفية (Peripheral Proteins) (السطحية Extrinsic) وهي بروتينات توجد مغمورة في أحد طبقتي الدهون الفسفورية ولا تنفذ خالل كل الغشاء البلازمي .

- البروتينات الغائرة (Intrinsic Proteins) (الأصلية Integral) وهي بروتينات تنفذ عبر طبقي الدهون الفسفورية .

تؤدي بروتينات الغشاء البلازمي عدّة وظائف ، بعض هذه البروتينات تعمل كإنزيمات تسهل من التفاعلات الكيميائية وبعضها يعمل كمضخة لنقل المواد من وإلى الخلية وبعضها يعمل حوايلاً لبعض المواد الكيميائية من وإلى الخلية ، وبعضها يعمل كمستقبلات تعرف 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 .

يُوصَف الغشاء البلازمي بأنه غشاء منفذ جزئياً (Partially Permeable) (إختياري النفاذية) حيث يسمح بحرية مرور بعض الجزيئات مثل الماء ويحد من ويفتن 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 يحوى كل آليات العمل مثل العضيات التي تلعب دوراً أساسياً في عمليات الاستقلاب .

يتبادل السيتوبلازم المادة والطاقة مع الوسط المائي الذي حوله باستمرار عبر الغشاء البلازمي . يحقق هذا التبادل توازناً كيميائياً وفيزيائياً داخل الخلية يضمن لخلية حصولها على كل ما تحتاجه من المركبات كما ونوعاً لعمليات الاستقلاب وكذلك التخلص من نفايا 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 لترتبط الخلايا المجاورة . وتتلخص وظيفة الشبكة الإندوبلازمية فيما يلي :

(أ) شبكة لنقل المواد داخل السيتوبلازم من مكان إلى آخر وبين النواة والسيتوبلازم وبين الخلية وخارجها وأحياناً بين الخلايا المجاورة .

(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 قولي عن طريق تختصر بعض أجزائها الطرفية المحتوية على مواد صنعت في السايتوبلازم ثم انفصلت منها والتحامها بجهاز قولي لتحرر وتغلف .

(هـ) بعض أجزاء الشبكة الإندوبلازمية تشكل مهاداً ترتكز عليها الرايبوسومات ، وتسمى هذه الأجزاء بالشبكة الإندوبلازمية الخشنة [أو الحبيبية (Rough or Granular)] . أجزاء الشبكة الإندوبلازمية الخالية من الرايبوسومات تسمى الشبكة الإندوبلازمية

[(Smooth or Non granular) أو غير الحبيبية (Non granular)]
و التي تصنف فيها الدهون الغسورية وكذلك الأحماض الدهنية .

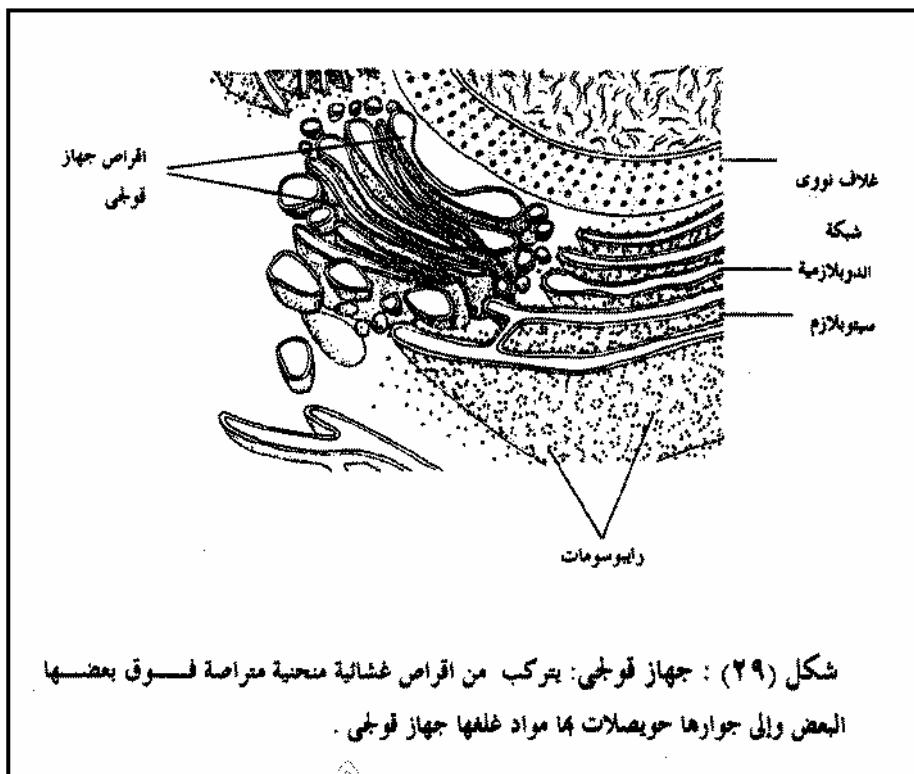
٤ - ٦ - ٥ الرايبوسومات (Ribosomes) : (شكل ٢٤)

الرايبوسومات عصيات كروية صغيرة تتربّك من الحمض النووي الرايبوزي الرايبوسومي (r-RNA) والبروتين وتتربّق مرتكزة على الشبكة الإندوبلازمية الخشنة أو حرة سابحة في السايتوبلازم . يصنف (r-RNA) بالبنوية . 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 ≡ جين) . كل رسالة تتكون من نوع من حمض (RNA) يسمى الحمض النووي الرايبوزي الرسول (m-RNA) . عند تصنيع البروتين ترتبط الرايبوسومات في ترتيب خطى على (m-RNA) وتسمى كل مجموعة مصففة من الرايبوسومات البولي سوم (Polysomes) أو البولي رايبوسوم (Polyribosome) . يقرأ كل رايبوسوم التعليمات كاملة ويصنف جزء من البروتين مقابل قراءته لكل معلومة وعليه يكون كل بولي سوم عدة سلاسل متغيرة من نفس البروتين .

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

جسم قولجي (أو جهاز قولجي) (Golgi Apparatus) عضي يوجد في الخلايا النباتية والحيوانية اكتشفه كاميلو قولجي عام ١٨٩٨ م . يتكون جسم قولجي من أكياس قرصية منحنية تحدها أغشية خلوية وترتص الأكياس القرصية فوق بعضها البعض وتبرز منها عند الحواف انفاخات 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 وتلتتحم مع جهاز قولجي حيث تحور كيميائياً وتنلف بغشاء خلوي لتكون حويصلة تتفصل من جهاز قولجي .



شكل (٢٩) : جهاز قولجي: يتركب من أقراص غشائية متحجبة متراصة فوق بعضها البعض وإلى جوارها حويصلات لها مواد خلدها جهاز قولجي .

في الخلايا الحيوانية يتم تحويل البروتين بما في ذلك الإنزيمات والهرمونات وكذلك الليبدات ، 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 والسليلوز) . تلتزم هذه الحويصلات مع الغشاء البلازمي للخلية حيث تفرز محتوياتها خارجه .
- بعض الحويصلات تحتوي على مواد معدة للاستهلاك بواسطة عضيات الخلية الأخرى . تلتزم هذه الحويصلات كل مع العضيّ المعني وتفرغ محتوياتها داخله .
- بعض الحويصلات تحوي إنزيمات وهذه عادة تلتزم مع بعضها لتكون الأحجام الهاضمة (Lysosomes) .

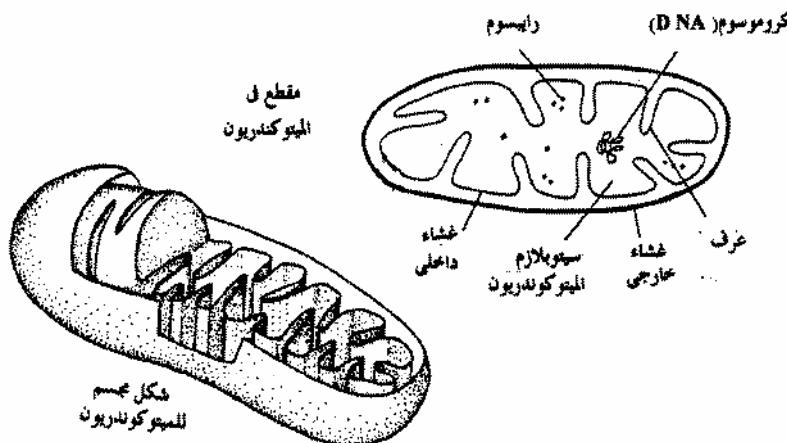
٤ - ٦ - ٧ الأحجام الهاضمة (الالايسوسومات) (Lysosomes) :
الالايسوسومات فريغات صغيرة قطرها حوالي ٥٠ ميكرومتر توجد في الخلايا حقيقة النواة وتنشأ كحوصلات من جهاز قولجي وتفصل عنه . تحوي الالايسوسومات عدد كبير من إنزيمات التحليل المائي (Hydrolytic Enzymes) وتقوم الالايسوسومات بعدها وظائف مثل ذلك :

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

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

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

٤-٦ الأجسام السببية (مايتوكوندريا) (Mitochondria) : (شكل ٣٠)
الأجسام السببية أجسام خيطية أو بيضاوية أو كروية توجد في كل من الخلايا النباتية والحيوانية ، وكل جسم سببي محاط بعشائين خلويين . الغشاء الخارجي أملس والداخلي متشن على هيئة أرفف تسمى الأعراف (Cristae) . يحتوي الجسم السببي على جزيء حلقي من (DNA) يشابه (DNA) البكتيريا كما يحتوي على رابيوسومات صغيرة الحجم تماثل رابيوسومات البكتيريا . يستطيع الجسم السببي الانقسام بمعزل عن انقسام الخلية . ترتبط الأجسام السببية بعملية التنفس الهوائي التي تطلق كمية كبيرة من الطاقة التي تحفظ في المركب الكيميائي الأدنوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) . تحرر الطاقة المختزنة في (ATP) في المكان المناسب من الخلية عند الحاجة إليها . توفر الخلية الوسط اللازم لمعيشة الأجسام السببية وتمدها بالأكسجين وفي المقابل تمد الأجسام السببية الخلية بالطاقة اللازمة للخلية لدفع نشاطاتها الحيوية .
يختلف عدد الأجسام السببية بالخلايا 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 السببية بأنها مولدات الطاقة المتنقلة للخلية لأنها أيضاً توجد حررة سابحة في الخلية .



شكل (٣٠) : تركيب الميتوكوندريون (= الجسم السبعي) لاحظ أن للميتوكوندريون كل مقومات الخلية : كروموسوم و سيروبلازم و رابيوبسومات و غشاء خلوي يسم التنفس اللاهوائي في السيروبلازم حيث تطلق كمية قليلة من الطاقة ويكون مركب وسيط ما زال غني بالطاقة . يتم التنفس الهوائي بالميتوكوندريون حيث ينحط المركب الوسيط في وجود الأكسجين وتتحرر كمية كبيرة جداً من الطاقة ويكون الماء CO_2 كنفايات لعملية التنفس تتخلص منها 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) تشتراك كل البلاستيدات في تركيبها الداخلي العام ويمكن أن يتحول كل نوع إلى آخر .

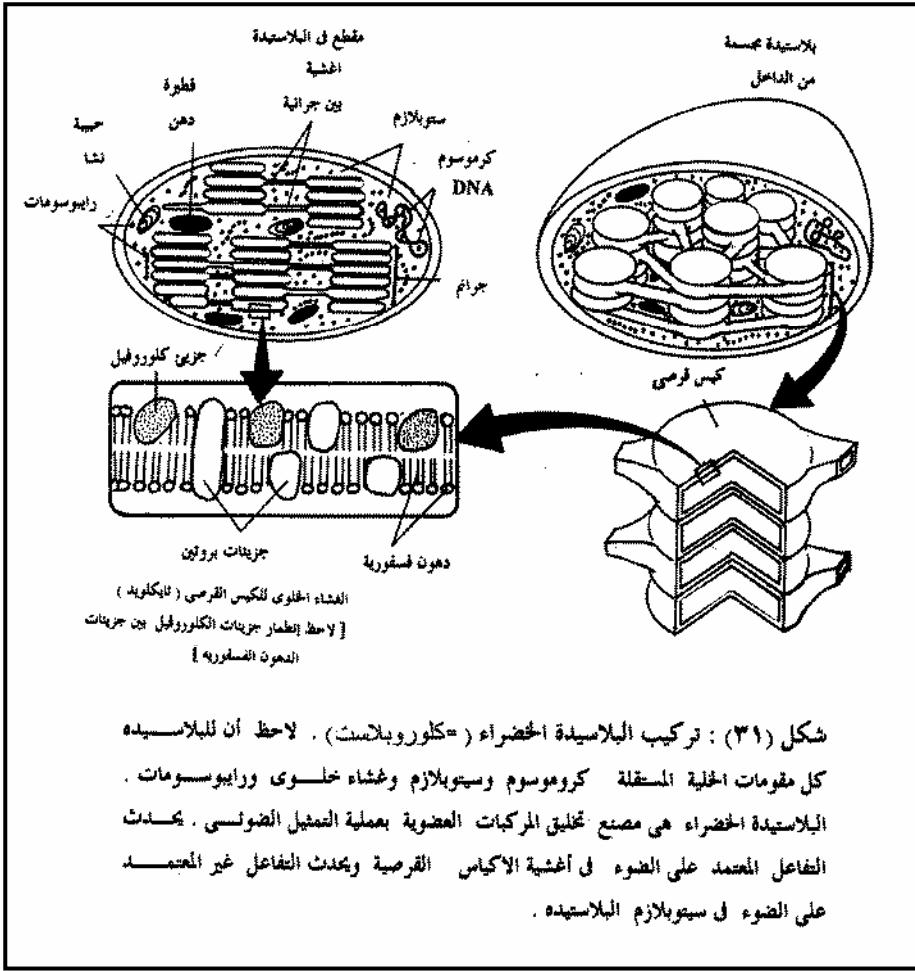
أ. البلاستيدات البيضاء :

وظيفتها خزن المواد الغذائية . وتعرف منها ثلاثة أنواع هي :

- (١) خازنات النشا (Amyloplastids) وتوجد في جذور النباتات مثل الفجل والجزر ودرنات البطاطس والحبوب .
- (٢) خازنات البروتين (Proteoplastids) وتوجد في بذور البقوليات مثل العدس والفول المصري واللوبيا والترمس .
- (٣) خازنات الزيوت (Lipoplastids) وتوجد في الحبوب الزيتية مثل 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 الزيينة . 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 اليخصوصور (الكلورو菲ل) (Chlorophyll) وتوجد في الأوراق الخضراء وسيقان النباتات الغضة والنباتات حديثة السن (الباذرات) .



شكل (٣١) : تركيب البلاستيد الخضراء («كلوروبلاست»). لاحظ أن للبلاستيد كل مقومات الخلية المعقّلة كروموسوم وستيوبلازم وغشاء خلوي ورابيوبسونات . البلاستيد الخضراء هي مصنع تخلق المركبات العضوية بعملية التمثيل الضوئي . يحدث التفاعل المعتمد على الضوء في أغشية الأكياس القرصية وبحدث التفاعل غير المعتمد على الضوء في ستيوبلازم البلاستيد .

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

للجرانا المجاورة بأغشية حشوية (Stroma Lamellae) وتنشر جزيئات صبغة اليخصوص على سطح أغشية الأكياس القرصية . يحتوى سيتوبلازم للبلاستيدات (الحشوة Stroma) على مادة وراثية (DNA) وريابوسومات يشابهان المادة الوراثية وريابوسومات البكتيريا والبكتيريا الخضراء المزرقة (السيانوبكتيريا) .

للبلاستيدات المقدرة على الانقسام الذاتي بمعزل عن انقسام الخلية . هذا السلوك بالإضافة للتشابه التركيبى بين المادة الوراثية وريابوسومات البلاستيدات والسيانوبكتيريا يعزز مفهوم أن البلاستيدات هي سيانوبكتيريا ارتبطت بأسلاف الخلايا النباتية بعلاقة تكافل إجباري ومن ثم أصبحت جزءاً منها . تزود السيانوبكتيريا (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 (الخلوية) (Vacuoles) : (Cell Sap) (شكل ٢٤)

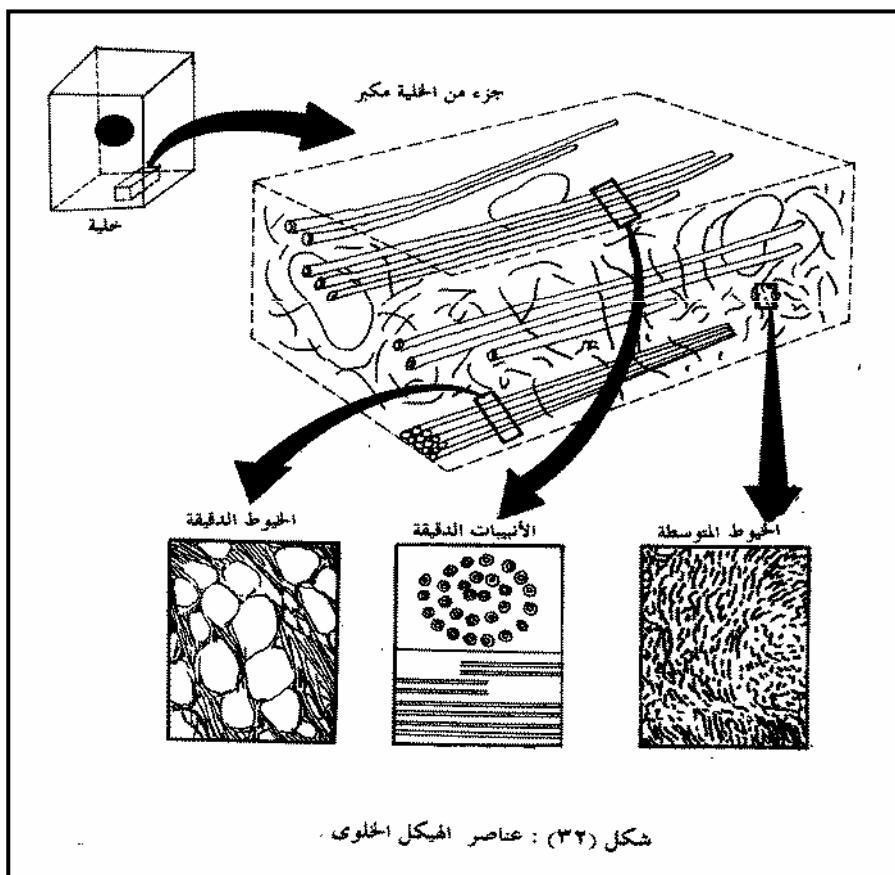
توجد الفجوات الخلوية في الخلايا النباتية والحيوانية ولكنها أكثر توافراً ووضوحاً وثباتاً في الخلايا النباتية . الفجوة الخلوية عضيّ محدد بغضاء خلوي يسمى التونوبلاست (Tonoplast) ويحتوي على عصارة الخلية (Cell Sap) . تحتوي العصارة الخلوية على محلول مائي من الأحماض العضوية والأملام والسكريات كما تحتوي على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

محلول الفجوة العصارية أكثر تركيزاً من محلول سايتوبلازم الخلية لذلك يساعد على امتصاص الماء مما يؤدي لانفاخ 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 منقضة (Contractile Vacuoles) وظيفتها حفظ النسبة بين تركيز الماء والأملام بالخلية .

٤ - ٦ - ١١ الهيكل الخلوي (Cytoskeleton) (شكل ٣٢) :

يتكون الهيكل الخلوي في الخلايا حقيقة النواة من شبكة تملأ أي حيز يتوفر داخل الخلية. يتكون الهيكل الخلوي من تركيب منقضة (Contractile) وأخرى أنبوبية (Tubular) تتآثر سوياً لتحقيق الوظائف التالية :

١. توفير الدعامة الهيكيلية للخلية .
٢. محافظة الخلية على شكلها والموقع النسبي لعضياتها .
٣. تمكين بعض أنواع الخلايا من الحركة .
٤. الإسهام في تحقيق الإنقسام الخلوي .



شكل (٣٢) : عناصر الهيكل الخلوي .

التركيب التي تكون الهيكل الخلوي هي :

(أ) الخيوط الدقيقة (Micro filaments) :

هي ألياف (Fibers) طولية دقيقة قطرها ٣ - ٦ نانومتر (nm) تتكون من بروتين يسمى أكتين (Actin) . يتميز الأكتين بمقداره 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 الأمبوا والأمشاج المذكورة الحيوانية وأمشاج النباتات السرخسية والحزازية .

(ب) الخيوط الوسيطة (Intermediate filaments) :

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

(ج) الأنبيبات الدقيقة (Micro tubules) :

هي عبارة عن أسطوانات طولية رفيعة غير متفرعة توجد فرادى أو في حزم من أنبوبيتين أو ثلاثة أو أكثر توجد مطمورة في الساينوبلازم . تتركب الأنبيبات الدقيقة من بروتين يسمى تيوبوليدين (Tubulin) تصفّ وحداته بشكل حلزوني حول تجويف وسطي .

لأنبيبات الدقيقة وظيفة داعمة حيث تحافظ على شكل الخلية مثل ذلك الخلايا العصبية كما تكون أجزاءً من العضيات المسماة بالمربيزات (الستنتريولات) (Centrioles) والأجسام الفاعدية (Basal Bodies) والأهداب (Cilia) والأسواط (Flagellae) كما تكون خيوط المغزل (Spindle Fibers) وهي الخيوط المسئولة عن تباعد بعض الكروموموسومات عن بعض أثناء انقسام نواة الخلية .

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

وكذلك يمكن أن تطول أو تقصر كما يمكن أن تتلاشى . ويعتقد أن نشأتها تتطلب وجود تركيب منظم كالأنبيبات القاعدية (Basal Bodies) والمريكزات (السنطريولات) . يعتقد أن انتقال الأمبيا أو الخلايا المشيجية يعتمد على تكوين الأنبيبات الدقيقة وترتيبها في اتجاه الحركة .

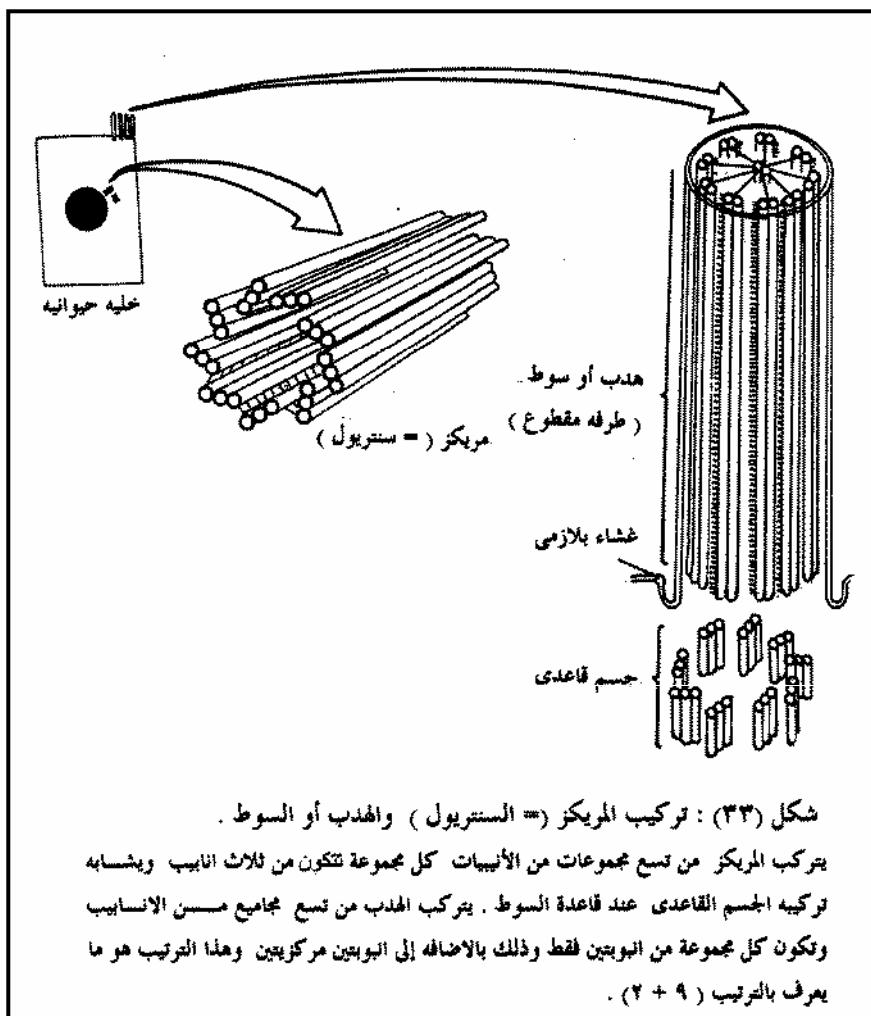
(د) المريكزات (السنطريولات) (Centrioles) : وال أجسام القاعدية (Basal Bodies) :

السنطريول عضيّ هام في عملية تكوين خيوط المغزل أثناء انقسام نواة الخلية الحيوانية . يوجد السنطريول 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 (سنطريول) من تسعه مجاميغ من الأنبيبات الدقيقة وتتركب كل مجموعة من ثلاثة أنبيبات . الأجسام القاعدية (Basal Bodies) هي أسطوانات صغيرة لها نفس تركيب السنطريول 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 ميكرومتر (Mm) من الهدب (٢ - ١٠ ميكرومتر 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 تتنقل بطول السوط في مستوى واحد أو عبر مسار لولبي وبذلك يمكن أن يدفع الخلية إلى الأمام أو الخلف . يحقق الهدب إلى الأمام والخلف بسرعة وهناك توافق بين

حركة الأهداب المجاورة بحيث تتحرك بالتوازي واحداً وراء الآخر أي في إيقاع متوازي التزامن (Synchronized rhythm).



شكل (٣٣) : تركيب المريكة (=الستريوبول) والأهدب أو السوط .

يتركب المريكة من تسع مجموعات من الأنابيب كل مجموعة تتكون من ثلاث أنابيب ويشبه تركيبة الجسم القاعدي عند قاعدة السوط . يتركب المدب من تسع مجموعات من الأنابيب وتكون كل مجموعة من البوتين فقط وذلك بالإضافة إلى البوتين مركبتين وهذا الترتيب هو ما يعرف بالترتيب (٤ + ٩) .

توجد الأسواط كعصبيات إنتقال في الطحالب وحيدة الخلية مثل الكلاميدوموناس وفي السوطيات من الحيوانات الأولية . كذلك توجد في الخلايا المشيجية المذكورة (الحيوانات المنوية) لمعظم الحيوانات والأمشاج المتحركة بعض 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 الجوفعمويات (مثل الهيدرا) وحيوانات الإسفنج لتحريك دوران الماء داخل تجاويف أجسامها لنقل الغذاء والغازات التنفسية .

الأهاب هي عصبيات الانتقال في الهدبيات من الحيوانات الأولية وكذلك عصبيات لجمع الغذاء . تبطن الأهاب سطح خلايا الجهاز التنفسي لتحريك المادة المخاطية التي تعلوها في إتجاه الخارج للتخلص من الغبار والميكروبات التي تلتصق بهذا المخاط كما تبطن القنوات التنايسية 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 . يتربك الهدب أو السوط من تسع مجموعات من الأنبيبات الدقيقة تتربك لتكون أسطوانة حول مجموعتين مركزيتين ، وت تكون كل مجموعة من زوج من الأنبيبات الدقيقة . يوصف هذا التركيب بتركيب (٢ + ٩) ليدل على وجود ٩ مجموعات من الأنبيبات المحيطة حول مجموعتين من الأنبيبات المركزية .

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

٤ - ٦ - ١٣ : النواة (The Nucleus) :

النواة عضى كبير كثيف القوام كروي أو بيضاوى مطمور في سايتوبلازم الخلية حقيقة النواة . ومحاط بغلاف نوى من الأغشية الخلوية . تحتوى النواة على المعلومات الوراثية وبذلك تمثل مركز التحكم في كل نشاطات الخلية . لاتكون المادة الوراثية نواة في خلايا البكتيريا والسيانو بكتيريا . تحتوى الخلية حقيقة النواة غالباً على نواة واحدة ونادرأ 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 مثل لذلك خلايا الدم الحمراء في الثديات 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 الخارجي منهما بالشبكة الاندوبلازمية الخشنة . يحتوى الغلاف النووي على عدة ثقوب صغيرة تعرف بالثقوب النووية (Nuclear pores) التي تسمح بتبادل المواد بين النواة والسايتوبلازم . أغشية الغلاف النووي لها نفس التركيب العام والوظائف العامة للغشاء البلازمى .

(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 إقسام بالاصباغ النووية (وهي الاصباغ التي تصنع مكونات النواة) تظهر في النواة شبكة دقيقة مفككة من الجبيبات والخيوط تصطبغ بألوان داكنة تعرف بالشبكة

الクロماتينية وسميت المادة الكيميائية التي تكونها بالاسم العام الكروماتين (Chromatin) يتركب الكروماتين من :

١. بروتين نووى : (Nucleo protien) يتكون من المادة الوراثية (DNA) المرتبطة ببروتينات تسمى الهستونات (histones) وتتألف أجزاء (DNA) حول خيوط البروتين .

٢. (m - RNA) ويمثل المعلومات الوراثية التي يستنسخها (DNA) لترسل الى الرابيوبسومات كمعلومات تنتج بمقتضاهما البروتينات المطلوبة .

(د) النوية (Nucleolus) :

النوية جسم كروي كثيف القوام يوجد منها واحدة أو أكثر داخل نواة الخلية النباتية والحيوانية التي ليست في حالة انقسام . تتكون النوية من (DNA) والبروتين و (r-RNA) الذي تصنعه .

(DNA) النوية هو قطعة معينة من أحد الكروموسومات تسمى منظم النوية (Nucleolar Organizer) له المقدرة على تخليق (r-RNA) الرايبوسومي الذي يتجمع حوله مكوناً النوية . تهاجر جزيئات (r-RNA) الرايبوسومي عبر التقوب النوية الى السايتوبلازم وتكون رابيوبسومات . في بداية الانقسام الخلوي يتوقف تصنيع (r-RNA) وترحل جزيئات (r-RNA) المتكونة الى السايتوبلازم وبذلك تختفي النوية . عند نهاية انقسام النواة يبدأ منشئ النوية في تخليق مزيد من (r-RNA) وبذلك تظهر النوية مجدداً .

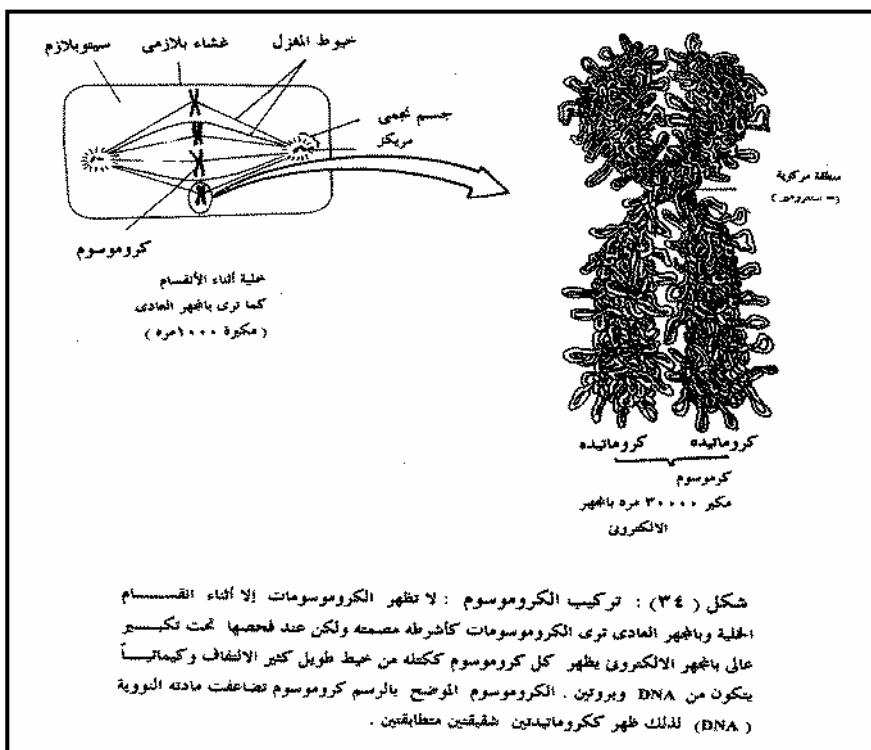
إذا كانت النوية مصدر (r-RNA) الرايبوسومي وكانت الرابيوبسومات هي مصانع تكوين البروتين في الخلية فإن حجم النوية وعدد النويات بالخلية مؤشر لدرجة النشاط الاستقلابي للخلية .

(هـ) الكروموسومات : (Chromosomes) :

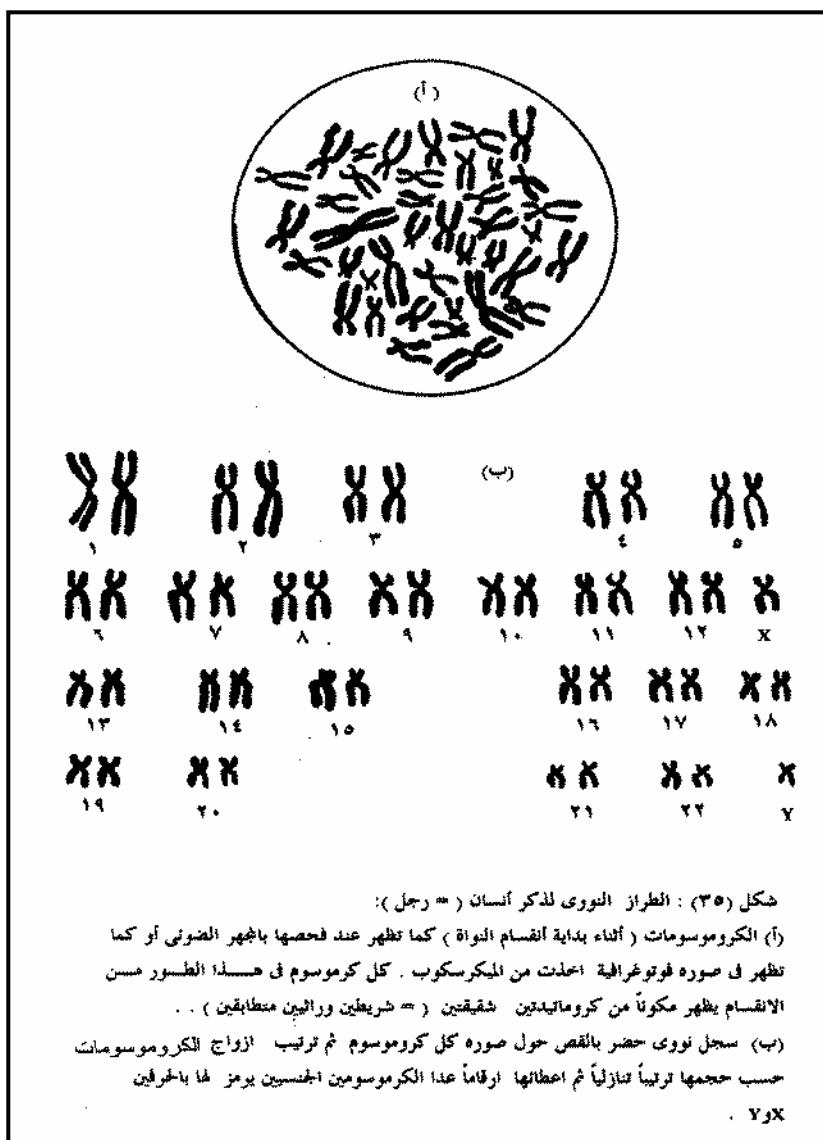
عند بداية انقسام النواة يتحلزن (شكل حلزوني) كل جزء من جزيئات DNA المكونة للكروماتين تحزلناً محكماً حول جزيئات البروتين ويظهر كشريط يمكن رؤيته بالمجهر الضوئي . سميت هذه الشرائط عند بداية اكتشافها بخيوط النواة (Nuclear threads) ثم اصطلاح لاحقاً على تسميتها

بالكروموسومات (Chromosomes) . في هذه المرحلة من انقسام النواة يظهر كل كروموسوم مكوناً من ذراعين بينهما تختصر يسمى المنطقة المركزية (أو السنتمير) (Centromere) (شكل ٣٤) .

بتقدم انقسام النواة يتميز كل كروموسوم الى خيطين يسميان " كروماتيدتين Sister Chromatids " شقيقتين متماثلتين ويمكن في هذه المرحلة عد الكروموسومات والتمييز بينها على أساس الشكل والحجم وموقع المنطقة المركزية . تسمى دراسة الشكل الخارجي للكروموسومات وعدها دراسة الطراز النووي (Karyotype) . يلزم لهذه الدراسة تجهيز تحضيرات مجهرية للكروموسومات أثناء الانقسام النووي بعد صبغها بصبغات مناسبة ثم أخذ صور فوتوغرافية لها من خلال المجهر يلي ذلك قص صورة كل كروموسوم على حده وترتيبها تنازلياً حسب أطوالها في صفوف .



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



شكل (٣٥) : الطراز النووي للذكر أنسان (ـ رجل) :
 (أ) الكروموسومات (أناء بداية القسام النواة) كما تظهر عند فحصها بال المجهر الضوئي أو كما تظهر في صورة فوتوفراطية اعدت من الميكروسكوب . كل كروموسوم في هذه الطور من الانقسام يظهر مكوناً من كروماتيدتين شقيقين (ـ شريعتين وراثيتين متطابقتين) .
 (ب) سجل نووي حضر بالقلم حول صورة كل كروموسوم ثم ترتيب ازواج الكروموسومات حسب حجمها ترتيباً تنازلياً ثم اعطائها ارقاماً عدداً الكروموسوم الجنسيين يرمز لها بالحرفين X و Y .

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

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

جدول (٣) : أعداد الكروموسومات في الطراز النووي لمجموعة من أنواع الكائنات الحية

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

٢- الطراز النووي ثابت لجميع خلايا جسم الفرد الجسيمة أيًّا كان موقعها وهذا يعرف بقانون الأنوية المتكافئة . (Concept of Nuclear Equivalence)

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

٤- حالة أحادية المجموعة الصبغية [Haploidy (Monoploidy)] : وهي حالة نواة تحوى مجموعة واحدة من الكروموسومات غير المتماثلة (Nonhomologous chromosomes)

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

٦- في 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 بـ كروموسومات الجنس (Sex chromosomes) أما بقية أزواج الكروموسومات في الطراز النووي فتعرف بالـ كروموسومات الذاتية (الجسدية) أو الأوتосومات (Autosomes).

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

عرفت في دراستك لكيميات الحياة أن الأحماض النووية تتربّك من أربعة وحدات بنائية جزيئية صغيرة تعرف بالنويوكليوتيّات. يتربّك (DNA) من جيلتين ملتفتين حول بعضهما البعض على هيئة تركيب حلزوني يفرضه تقابل نوع محدد من النويوكليوتيّات على أحد الجدائِل ببنيوكليوتيّدة محددة في الجديلة المقابلة . شكل (٢٢) . وقد اكتشف جيمس واتسون وفرانسيس كريك التركيب الأساسي للجديلتين الحلزونيّتين عام ١٩٥٣ .

مثل هذا الاكتشاف نقطة إنطلاق حقيقة العديد 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 عميقية 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 البكتيريا والفطريات وتخلو الخلايا الحيوانية من الجدر .

جدار الخلايا النباتية (Plant cell wall) :

يتكون جدار الخلية النباتية من لييفات دقيقة (Micro Fibrils) من السليولوز يمكن مشاهدتها فقط بالمجهر الإلكتروني . في الجدر غير المتحورة المسافات بين هذه اللييفات تسمح بمرور معظم الجزيئات الكيميائية . بالإضافة للسليولوز توجد بعض المركبات الكربوهيدراتية الأخرى معقدة التركيب مثل الهيميسيلولوز (Hemicellulose) والبكتين (Pectin) وهي مواد تربط بين لييفات السليولوز . ويوجد البكتين على هيئة بكتات كالسيوم (Calcium Pectate) (بكتات الكالسيوم هي المادة الرئيسية التي تكون الجلي (Jelly) الذي يشكل طعام حلوا 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 السليولي قابل للتمدد نتيجة لامكانية إنزلاق لييفات السليولوز على بعضها البعض . يسمى مثل هذا الجدار بالجدار الأولي (Primary Wall) . عند تمام نمو الخلية ووصولها لحجمها النهائي يتربّس جدار ثانوي (Secondary Wall) مبطناً الجدار الأولي . وترتبط لييفات الجدار الثانوي بحواجز عرضية مما يمنع انزلاق بعضها على بعض

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

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

جار الخلية البكتيرية (Bacterial Cell Wall) :

يتركب جدار الخلية البكتيرية من مادة معقدة التركيب تسمى ببتيوجلايكان (Peptidoglycan) تتركب وحداتها من سكر يحوي مجموعة أمين (NH₂ -) ترتبط بأحماض أمينية وكما هو الحال في الخلايا النباتية يكسب الجدار الخلية البكتيرية شكلها المميز كما يكسبها دعامة ميكانيكية ودعامة هيبروستاتيكية .

جار 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 .

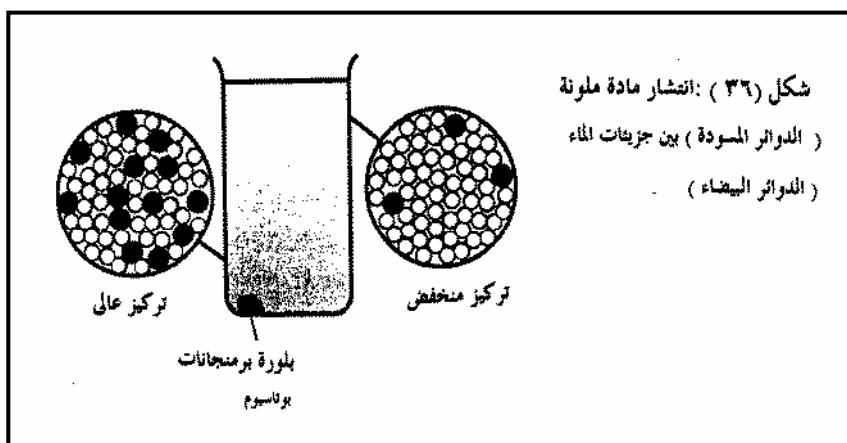
٤ - ٧ النقل عبر الأغشية الخلوية

(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 : الإنشار والإسموزية (وهي نوع خاص من الإنشار) والنقل النشط والإنتشار المسهّل والنقل الخلوي (النقل عبر الفجوات) ويتبادل السيتوبلازم المواد مع العضيات المحاطة بأغشية خلوية بمعظم الطرق المذكورة :

٤ - ٧ - ١ الانشار (Diffusion) :

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



الطاقة اللازمة لعملية الانتشار توفرها طاقة الحركة للجسيمات المنتشرة نفسها ، فالانتشار ليس عملية تتجزأ عنها الخلية وتصرف عليها طاقة . على الخلية أن توفر فقط فرقاً في تركيز المادة بين داخلها وخارجها لتتمرر 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 دائمًا 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 .

وكلنتيجة ضمنية لفرق التركيز ينتشر الأوكسجين من الخارج إلى داخل الخلية وفي نفس الوقت ينتشر CO_2 من الخلية إلى الخارج ولا يصاحب ذلك أي 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 برمجيات البوتاسيوم تحرك الجسيمات في جميع الإتجاهات ولكن يكون صافي النقل من المكان الأعلى تركيزاً إلى الأماكن الأقل تركيزاً نتيجة للحركة العشوائية لجسيمات برمجيات البوتاسيوم وتصادمها المستمر مع بعضها وتغيير إتجاهها المستمر أيضاً وعند تمام تجانس محلول لا يعني ذلك أن عملية الانتشار قد وقفت بل يعني أن صافي الانتشار من أي مكان في محلول إلى مكان آخر يساوي صفرأ وهذا ما يحافظ على تجانس محلول .

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 فيعاقق تنفسها . كذلك فإن ديدان الأرض (الصارقيل) نسبة لقلة 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 يعاد بمقدار ١٠٠٠٠٠ 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 .

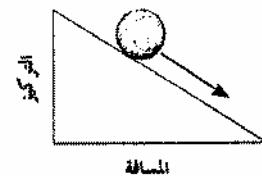
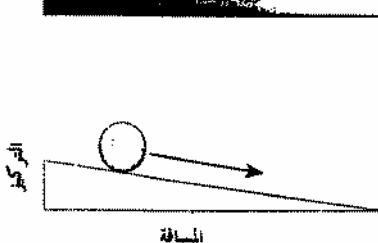
(٣) مدرج التركيز (مدرج الانتشار)

: (Concentration) (diffusion) (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 .

تركيز عالي

تركيز منخفض \rightarrow تركيز عالي



الشكل (٣٧) : تأثير الفرق في التركيز على معدل الانتشار يمكن تمثيل معدل الانتشار بسرعة كورة تندحر على سطح مائل وكلما كان الانحدار شديداً كلما كانت سرعة الكورة أكثر أى يزيد معدل الانتشار بزيادة الفرق في تركيز المادة المنشرة .

(٤) حجم الجسيمات المنتشرة :

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

(٥) الحرارة :

يزداد معدل الانتشار قليلاً عند رفع درجة الحرارة ، فمثلاً لو رفعت درجة حرارة محلول من 10°C إلى 20°C م فإن معدل الانتشار يزداد فقط بنسبة $1,7\%$.

(٦) مساحة السطح :

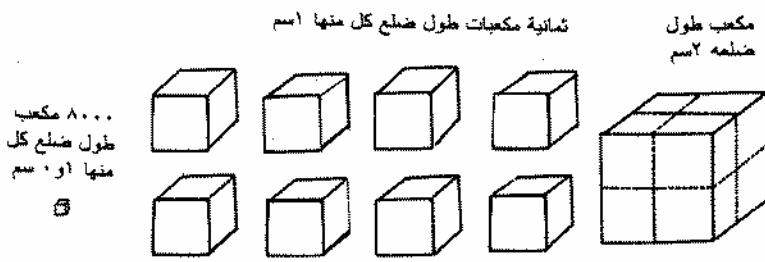
كلما كانت المساحة للانتشار كبيرة كان معدل الانتشار كبيراً أيضاً (شكل ٣٨ - أ) . كثير من الكائنات الحية تزيد من مساحة سطح الانتشار عن طريق تثبيه وترجه أو بروزه في شكل زوائد رفيعة وإليك بعض الأمثلة الآتية: أ. سطح البطانة الداخلية للأمعاء الفقاريات ينتمي على شكل حملات لزيادة المساحة التي ينتشر عبرها الماء والغذاء المنهض من تجويف المعوي إلى خلايا البطانة الأمعاء ومنها إلى الدم واللิيف (شكل ٣٨ - ب) .

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

ج. يتكون كل خishoom 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 تعبّر 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 بينية وخلايا الورقة .



شكل (٢٨ - أ) : مساحة شكل الأجسام وعلاقتها بالحجم :
بالسبة للمكعب تذكر أن :

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

فإذا قسم مكعب طول ضلعه (٢) سم إلى ثانية مكعبات طول ضلع كل منها ١ سم أو إلى ٨٠٠٠ مكعب طول ضلع كل منها ١، سم فأن :

المساحة الكلية للمكعب الذي طول ضلعه ٢ سم = $2 \times 2 \times 6 = 24$ سم² ، المساحة الكلية للثانية مكعبات = $1 \times 1 \times 6 = 6$ سم² ،

المساحة الكلية للب (٨٠٠٠) مكعب = $8 \times 8 \times 6 = 480$ سم² .

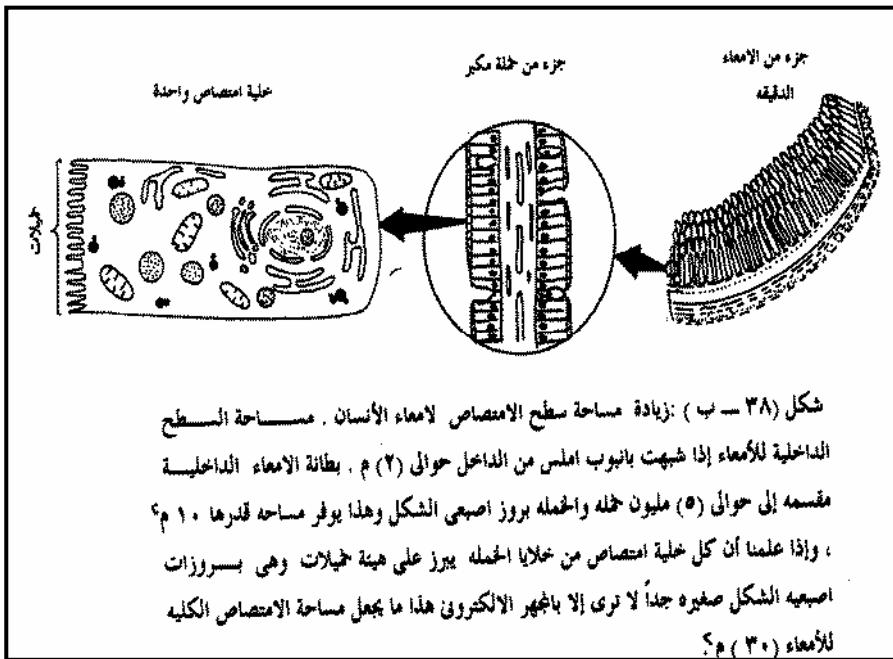
وعليه تزيد المساحة الكلية للجسم إذا قسم إلى أجسام أصغر منه وهذا ما يوجد في الكائنات الحية حيث تزداد مساحة سطح الامتصاص بتناسبه إلى أجزاء صفراء .

كذلك : * س : ح للمكعب الذي طول ضلعه (٢) سم = $1:3 = 2 \div 6$ ،

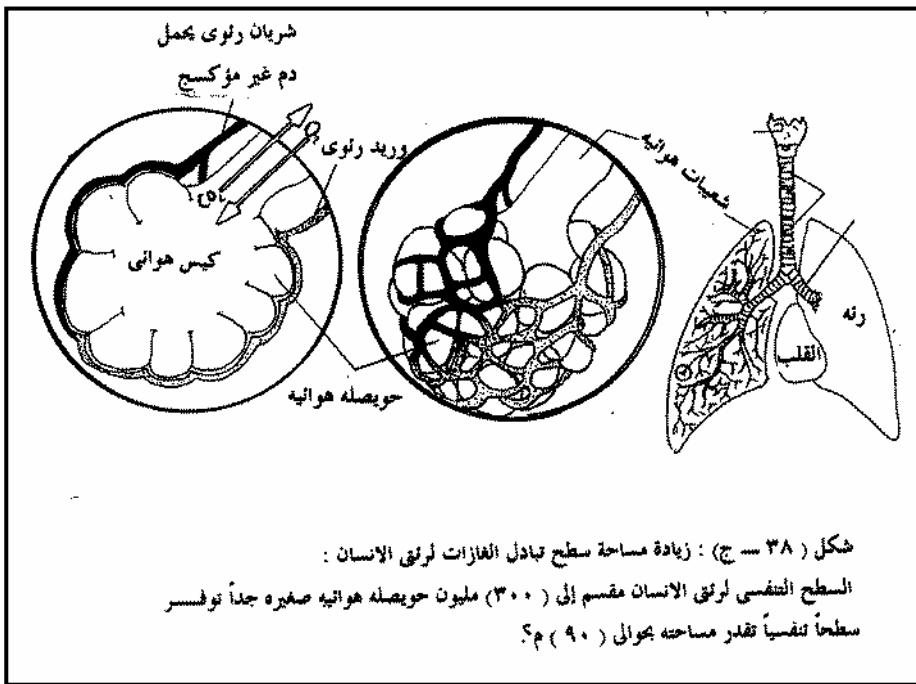
* س : ح للمكعب الذي طول ضلعه (١) سم = $1:6 = 1 \div 6$ ،

* س : ح للمكعب الذي طول ضلعه (١) سم = $1:60 = 1 \div 60$ ،

وعليه تزداد النسبة س : ح كلما كان الجسم صفراء وهذا يفسر لك صفر حجم الخلية فكلما صفر حجم الخلية زادت مساحة السطح والسطح بالنسبة للخلية هو البوابات التي تغير خلاما المواد من الخلية وإليها فكثير مساحة السطح (نتيجة لصفر الحجم) يعني إمداداً جيداً بالغذاء والأكسجين وإخراجاً جيداً لـ CO_2 والنفايات الأخرى . وصفر حجم الخلية يتلاحم مع وظيفتها ، فكلما أصغر حجم الخلية جسم الإنسان هي خلايا الدم الحمراء ووظيفتها امتصاص الأكسجين ونقله وتغريفه في الانسجة وتبلغ قطر خلية السلم الحمراء (٧) ميكرومتر (تذكر أن (١) متر = ١٠٠٠ ملليمتر = ١٠٠٠٠٠٠ ميكرومتر = ١٠٠٠٠٠٠٠ نانومتر).



شكل (٣٨ - ب) : زيادة مساحة سطح الامتصاص للأمعاء البشري . مساحة السطح الداخلي للأمعاء إذا شبهت بأنبوب اهلس من الداخل حوالي (٢) م ، بطالة الأمعاء الداخلية مقسمة إلى حوالي (٥) مليون خلية وأحملها بروز أصبعي الشكل وهذا يوفر مساحة قدرها ١٠ م^٢ ، وإذا علمنا أن كل خلية امتصاص من خلايا الحمل يبرز على هيئة حيلات وهي بروزات أصبعية الشكل صغيرة جداً لا ترى إلا بالغير الإلكتروني هذا ما يجعل مساحة الامتصاص الكلي للأمعاء (٣٠) م^٢؟

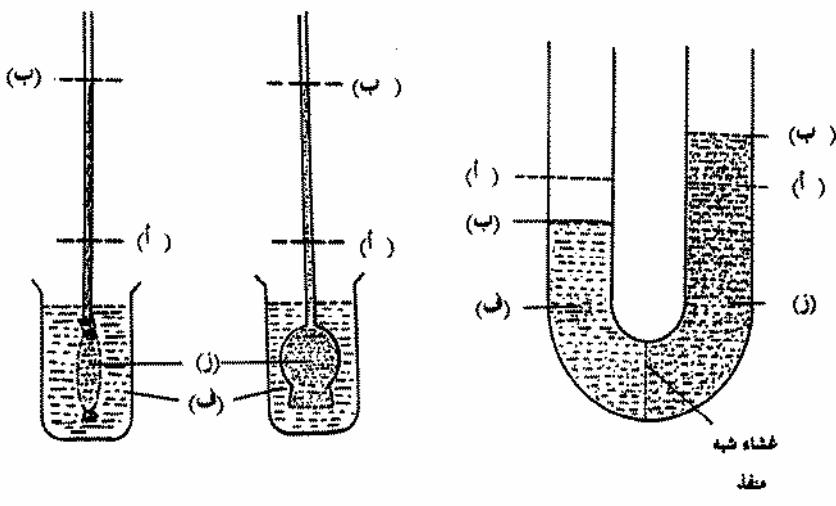


٤ - ٧ - ٢ الأسموزية (الانتشار الغشائي ، التناضحية) (Osmosis) :

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 جلوکوز (١٠ % مثلاً) من ماء مقطر بغضائء اختياري النفاذية كما هو موضح بشكل (٣٩) . وبمراقبة مستوى سطح الماء في الأنابيب 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 الحرجة في وحدة الحجوم 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 الحجوم أقل وذلك لأن جزيئات الجلوکوز تخفف جزيئات الماء كما أن بعض جزيئات الماء يرتبط بجزيئات الجلوکوز 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 .



الإزمونتر كبس بارشميت

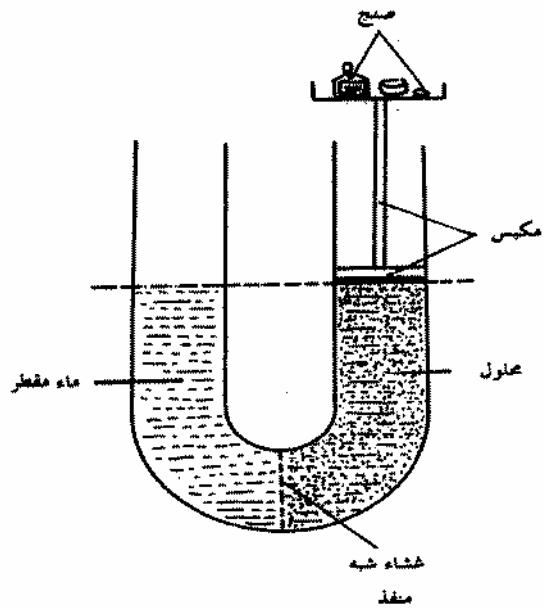
ازمونتر الكسبان

ازمونتر على شكل الحرف U

الشكل (٢٩) : الإزمونتر جهاز بسيط مهما اختلف شكله (لا أنه يكون من غشاء شبه منفذ يفصل بين محلولين مختلفي التركيز . في جميع الحالات أعلاه يكون صاف (اتفاق الماء من الأ Howell المخفف (ف) إلى المحلول المركز (ز) وبذلك يرتفع مستوى الماء من الوضع البدائي (أ) إلى الوضع (ب) الذي يتحقق بعد مدة من الوقت .

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 عرض المحلول لضغط كافي (عن طريق المكبس في الشكل) فإن الضغط الناشئ يوقف انسيابة الماء إلى المحلول وقد يعكس إتجاه حركة الماء . يعرف الضغط الأسموزي بأنه الضغط اللازم استخدامه ليوقف دخول الماء بالأسموزية إلى محلول مفصول عن الماء المقطر بغشاء اختياري النفاذية .

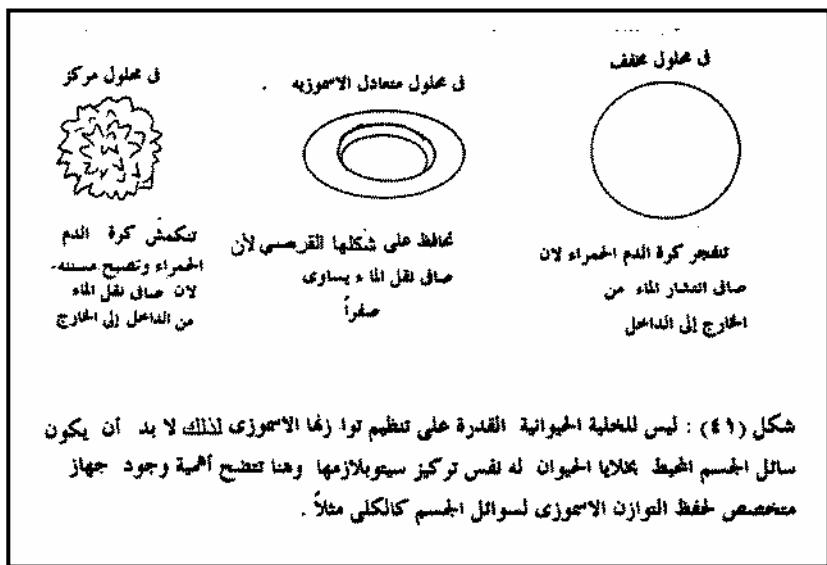


الشكل (٤٠) : الضغط الأسموزي حلول هو الضغط اللازم لوقف الأسموزة عندما يحصل
 الشفاء شبه محفز بين المحلول والماء المقطّر . في الحالة المبيه بالرسم هو الوزن على كفة المكبس.

الأسموزية في الخلايا الحيوانية (شكل ٤١) :

في الحيونات عديدة الخلايا توجد الخلايا محاطة بالسائل بين الخلوي (سائل النسيج Tissue fluid) الذي له نفس التركيز الأسموزي ومن ثم نفس الضغط الأسموزي كمحول سايتوبلازم الخلايا وهذا يوصف السائل النسيجي بأنه أسوى التوتر (Isotoic) مع سايتوبلازم 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 فتنتفخ ثم تتفجر. وإذا وضعت خلايا الدم الحمراء في محلول ملحي عالي التوتر (Hypertonic) أي عالي التركيز الأسموزي ومن ثم عالي الضغط الأسموزي فإن الخلايا تفقد الماء بالإسموزية وتتكمض وتتصبح 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 كالكلوي في الفقاريات وأنابيب ملبيجي في الحشرات والأنابيب الكلوية في الديدان الحلقية كالصارقين وغير ذلك .



المياه العذبة التي تعيش فيها بعض الكائنات وحيدة الخلية كالأميبا 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 . الخلية التي تمنع ذلك في أوليات المياه العذبة هي ما يعرف بالفجوات المترقبضة Contractile Vacuoles) وهي عضيات توازن أسموزي في هذه الكائنات . تجمع الفجوة المترقبضة الماء الزائد من السيتوبلازم بالنقل النشط (انظر نقل نشط) وتنتفخ وتتفجر عبر الغشاء البلازمي بدلاً من الجسم ككل وتفرغ الماء إلى الوسط الخارجي وبعد الإنفجار يتلائم الغشاء البلازمي لتبدأ العملية من جديد وهكذا دواليك .

وعند فحص هذه الفجوات المترقبضة بالمجهر تشاهد كأنها شئ نابض لذلك تسمى أحياناً بالفجوات النابضة (Pulsating Vacuoles) . إذا وضعتم الأميبا في وسط أسوبي التوتر مع سايتوبلازمها فإن الفجوة المترقبضة لا تكون ، وإذا وضعتم الأميبا في محلول منخفض التوتر كثيراً بالنسبة للسيتوبلازم فإن معدل تفريغ الفجوة يزيد وقد تظهر أكثر من فجوة واحدة . الحيوانات الأولية المتطفلة أو تلك التي تعيش في المياه المالحة غالباً لا تكون فجوات مترقبضة لأن محلول الوسط الذي تعيش فيه أسوبي 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 المضمار تشمل :

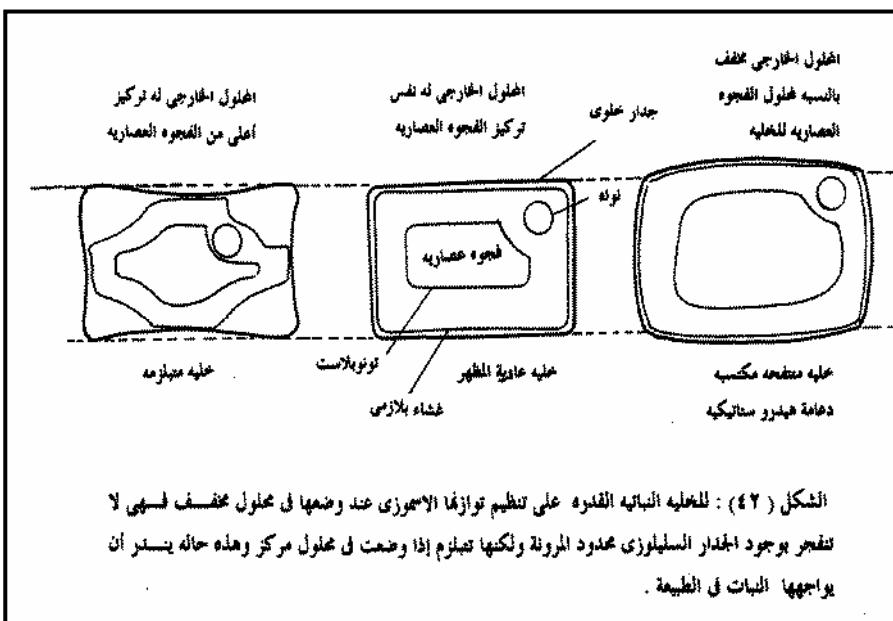
(أ) الجدار السليلوزي حول الخلية وهو منفذ لجميع المواد قوي وله مرونة محدودة أي أنه ينتفخ إلى حد معين .

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

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

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

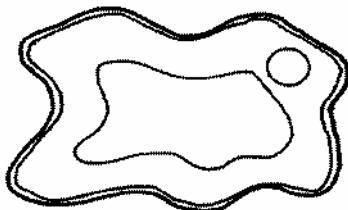
يضغط على بروتوبلاست الخلية في اتجاه معاكس ويتمدد الجدار قليلاً، وباستمرار دخول الماء إلى الفجوة العشارية يزداد الضغط بداخلها وتزداد حجماً ويزداد الضغط على الجدار والذي بدوره يزيد من ضغطه على بروتوبلاست الخلية في الاتجاه المعاكس. عند حد معين يتساوى الضغط بالفجوة العشارية مع ضغط الجدار ويحدث ذلك عندما يبلغ الجدار السليلوزي أقصى تمدد له. عند ذلك يقف دخول الماء بالasmوزية وتكون الخلية في حالة انفاخ (Turgid) مكتسبة لدعامة هيدروستاتيكية (Hydrostatic Support) تنشأ الدعامة الهيدروستاتيكية نتيجة لوجود سائل أو غاز تحت ضغط داخل حيز جرائه غير مرنة أو محدودة المرونة كما يحدث مثلاً في كرة القدم المنفوخة جيداً (مثل هذه الدعامة الهيدروستاتيكية هامة للنبات حيث تمكن من انتساب أوراق النبات وسيقان النباتات العشبية التي تخلو من أنسجة قوية توفر دعامة ميكانيكية كبنات الرجلة مثلاً . لاحظ أن وجود الجدار السليلوزي يمنع إنفجار الخلية النباتية الأمر الذي تفتقر 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 إنفصل في عدة مواضع من الجدار السيليوليزي مع انكماش حجم الفجوة العصارية وارتخاء الجدار قليلاً .

ما حدث للخلايا تحت هذه الظروف (محلول عالي التوتر) يسمى بلزمه (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 السيليوليزي . والحيز بين السيتوبلازم والجدار السيليوليزي مملوء بمحلول السكر . إذا أعيدت الخلية المتبازمة قبل أن ينقطع غشائها البلازمي إلى محلول أسوى الأسموزية فإنهما تستعيد حالتها العادية . البلزمه لا تحدث إلا إذا كانت الخلية النباتية محاطة بمحلول عالي التركيز الأمر الذي لا يحدث في الطبيعة .

ويجب أن نفرق بين البلزمه وفقد الخلية النباتية للماء نتيجة للتاخر ، ففي الحالة الأخيرة تتكمش الخلية بكاملها ولا يصاحب ذلك إنفصال الغشاء البلازمي من الجدار السيليوليزي (شكل ٤٣) .



شكل (٤٣) : الجفاف لا يجعل الخلية النباتية تبازم ولكنها تفقد دعامتها الهيدروستاتيكية .

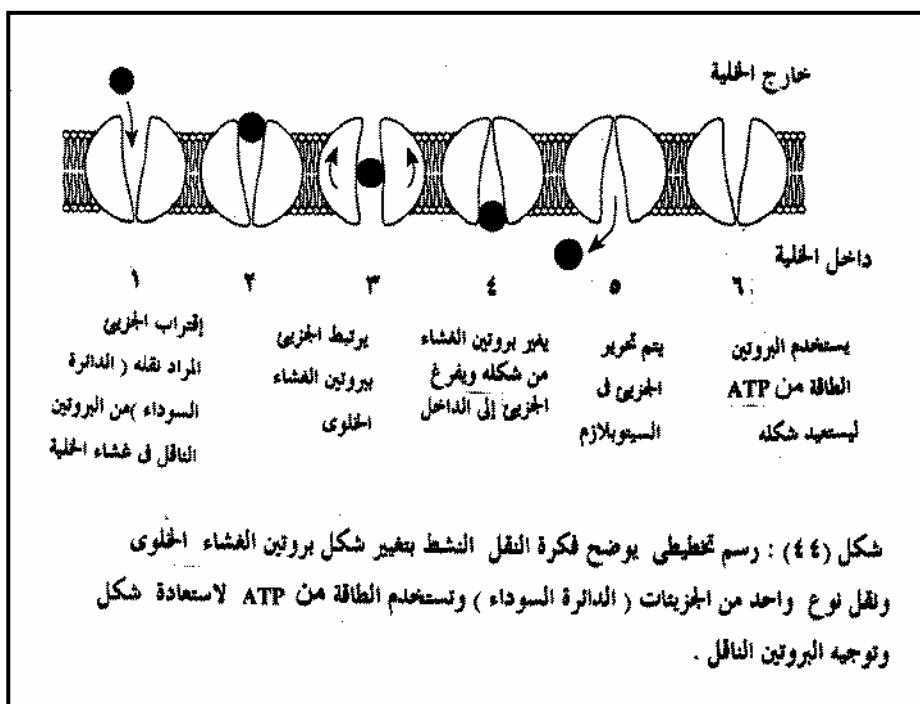
من المهم أن نعلم أن الجزيئات الصغيرة فقط هي التي تستطيع المرور عبر الأغشية الخلوية بالانتشار ويشمل ذلك جزيئات الماء والأكسجين وثاني أكسيد الكربون والأمونيا . كذلك بعض المواد مثل الإسترويدات والكحول (وهي قابلة للذوبان في الدهون الفوسفورية المكونة للأغشية الخلوية) تستطيع العبور بالانتشار. أما الأيونات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

٤ - ٣ النقل النشط (Active Transport) :

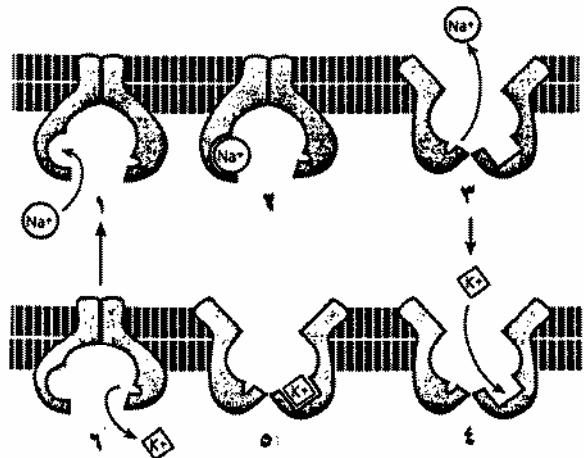
النقل النشط هو انتقال المواد عبر غشاء خلوي في إتجاه لا يمكن التكهن به من تركيز المحاليل على جانبي الغشاء ، فيمكن للمادة أن تنتقل من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى أو العكس ، وهو عملية تتطلب حرقاً للطاقة توفرها الخلية كما تتطلب بروتيناً ناقلاً يقوم بالنقل حيث ترتبط المادة المراد نقلها ببروتين ناقل مغمومس 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 والسايتوبلازم عبر الأغشية البلازمية المحيطة بالعضيات . تصرف الخلية حوالي ثلث الطاقة المحررة بعملية التنفس على النقل النشط وفي الخلايا العصبية ثلثي طاقة التنفس على عملية النقل . وقد يقوم البروتين الناقل بنقل نوع واحد من المواد (شكل ٤) 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 دائمًا 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 تمتسه خلايا جذور النبات من محلول التربة يتم بالنقل النشط (هذا الجزء من الماء الممتص بالنقل النشط خلاف الجزء من الماء الذي تمتسه الجذور بالأسموزية وخلاف ذلك الجزء الذي يتم إمتصاصه عن طريق تشرب الجدر السليولوزية لخلايا الجذور) .



شكل (٤٤) : رسم تخيلي يوضح فكرة النقل النشط بغير شكل بروتين المشاء الخلوي ونقل نوع واحد من الجزيئات (الدارارة السوداء) وتستخدم الطاقة من ATP لاستعادة شكل متوجبه البروتين التالي .

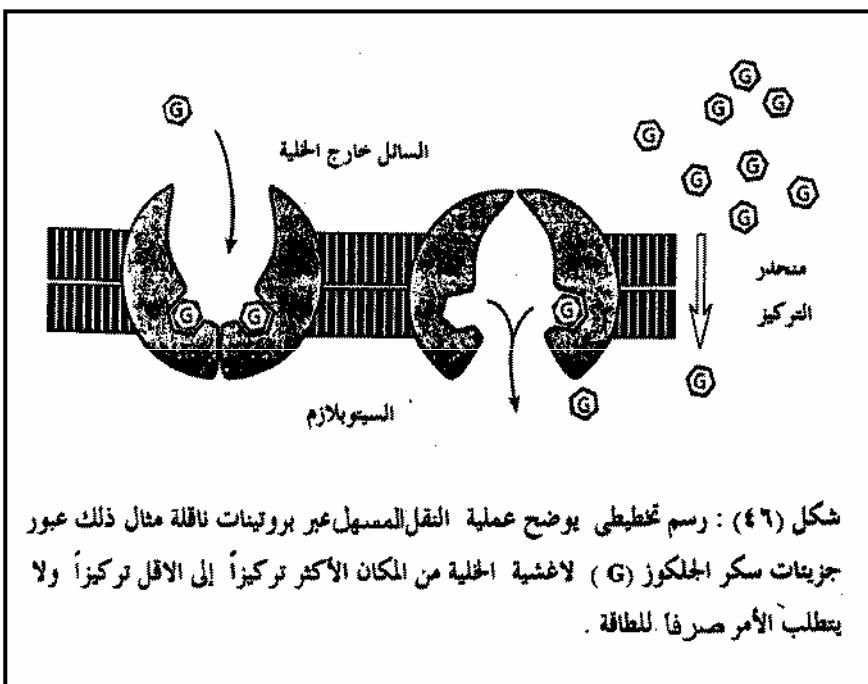


شكل (٤٥) : النقل النشط : رسم تخطيطي يوضح فكرة مضخة الصوديوم والبوتاسيوم كمثال للنقل المزدوج حيث تنقل ايونات الصوديوم خارج الخلية الحيوانية وفي نفس الوقت تنقل ايونات البوتاسيوم إلى الداخل ويتطلب الأمر اصرافاً للطاقة من ATP .

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 :

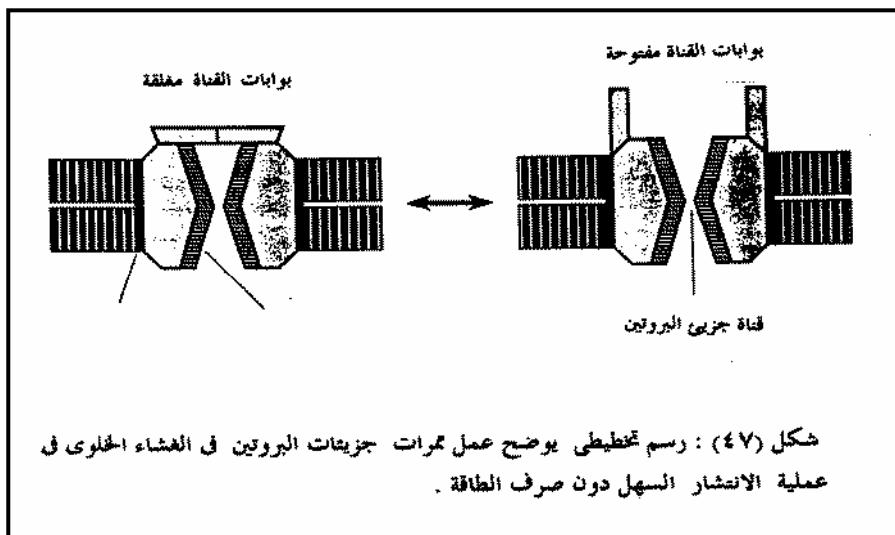
(أ) النقل المسهل عن طريق بروتينات ناقلة متخصصة تسمى المنفذات (Permeases) (شكل ٤٦) والمنفذات ترتبط بجزيئات المادة ثم تغير شكلها لتطلق سراح المادة في الجانب الآخر للغشاء الخلوي وكمثال للنقل المسهل بالمنفذات امتصاص الجلوكوز عبر الغشاء البلازمي لكرات الدم الحمراء . والمنفذات بروتينات متخصصة في عملها فكل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



شكل (٤٦) : رسم تخطيطي يوضح عملية النقل المسهل عبر بروتينات ناقلة مثال ذلك عبور جزيئات سكر الجلوكوز (G) لاغشية الخلية من المكان الأكثر تركيزاً إلى الأقل تركيزاً ولا يطلب الأمر صرفاً للطاقة .

(ب) النقل المسهل عن طريق قنوات أو (ممارات) الأيونات Ion Channals وفيه يتم نقل الأيونات خلال مرات 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 كهربائية (أي أنه جزيئ مستقطب) وكل نوع من الأيونات قناة خاصة به .



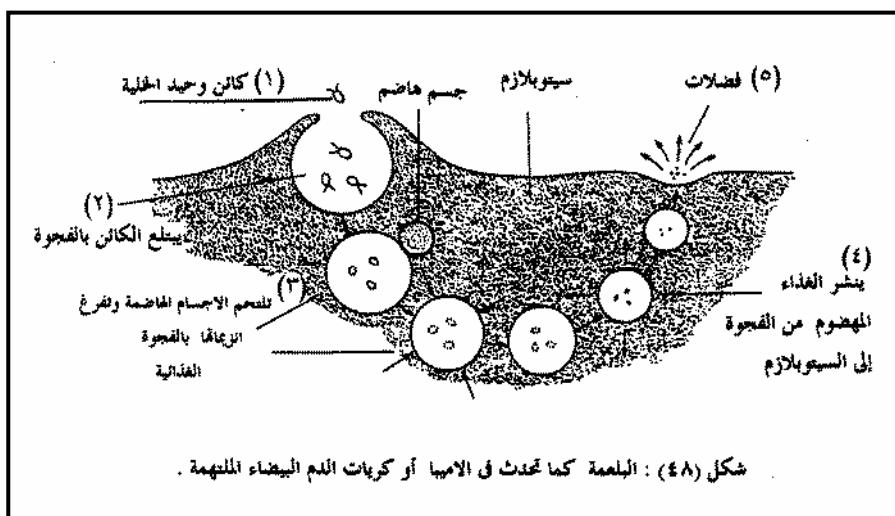
شكل (٤٧) : رسم تخطيطي يوضح عمل مواتير جزيئات البروتين في الغشاء الخلوي في عملية الانتشار السهل دون صرف الطاقة .

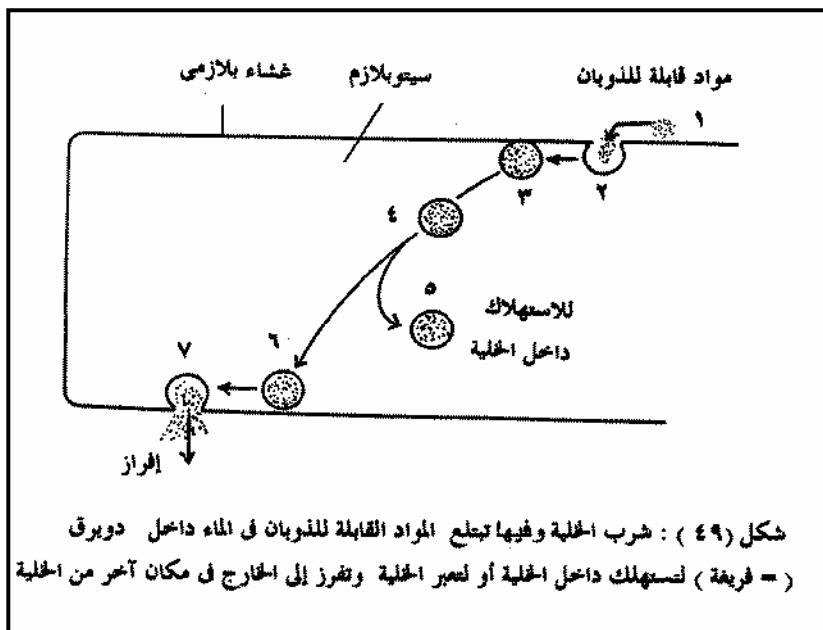
٤ - ٧ - ٥ النقل الخلوي (Cyclosis) (النقل عبر الفجوات) :
يختلف هذا النوع من النقل عن كل الأنواع السابقة في أن المواد المنقولة محمولة في شكل عبوات محاطة بأغشية خلوية ويتم نقل المواد من جانب إلى آخر دون أن تعبر فعلياً الغشاء الخلوي ، ويطلب النقل الخلوي حرقاً للطاقة .
ويصنف النقل الخلوي حسب إتجاه النقل إلى نوعين رئيسين هما الابتلاع والطرح :

- (أ) الابتلاع الخلوي (Endocytosis) : وهي العملية التي تدخل بها المواد داخل الخلية دون أن تعبر الغشاء الخلوي فعلياً حيث يتم احتواها 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 إلتهام الخلية للجسيمات الصلبة مع قطيرة ماء بواسطة الخلية عن طريق احتوائها

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

- شرب الخلية (Pinocytosis) (شكل ٤٩) : وهي عملية إبتلاع لقطيرات صغيرة من الماء محتوية على مواد ذاتية حيث ينبع الغشاء البلازمي مكوناً فجوات صغيرة أو حويصلات (Vesicles) تعبأ فيها الماء وما يحويه من مواد ذاتية . وتنفصل هذه العبوات الصغيرة من الغشاء البلازمي لتصبح جزءاً من السيتوبلازم . في عمليتي البلعمة وشرب الخلية يقطع جزء من الغشاء البلازمي لتكوين غلاف العبوة .





شكل (٤٩) : شرب الخلية وفيها تدخل المواد القابلة للذوبان في الماء داخل دويرق (= فريفة) لصهرك داخل الخلية أو لعبر الخلية ونفرز إلى الخارج في مكان آخر من الخلية

(ب) طرح الخلية (Exocytosis) : وهي عملية تتم بالتقريب في خطوات عكس عملية شرب الخلية ويتم بها إخراج نفاثات الخلية وكذلك إفراز المواد الإفرازية التي تصنعها الخلية . تغلف المواد المراد إفرازها بغشاء خلوي بواسطة جهاز قولجي ، وتنتقل هذه الحويصلات المحتوية على المواد الإفرازية تجاه الغشاء البلازمي موجهة بأنابيب دقيقة يكونها السيتوبلازم . عند الغشاء البلازمي يلتسم الغشاء الخلوي للحويصلة مع الغشاء البلازمي محراراً المواد الإفرازية إلى الخارج . يتم خروج معظم إفرازات الخلية من البروتينات والهormونات 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 كاتبي
من إدارة المركز القومي للمناهج والبحث التربوي.

رقم الإيداع: ٢٠٠٨|٧٤٠