

مدخل إلى علم الحياة An Introduction to Biology

"استكشاف الحياة و مستويات التعضي البيولوجي"

Exploring life (Hierarchy of Biological Organization)

1- مقدمة:

البيولوجيا هو علم يهتم بالدراسة العلمية للحياة و يعتبر هذا العصر الأكثر إثارة بالنسبة لعلم الحياة حيث شرعت أكبر مجتمعات العلماء في التاريخ، والمجهزة أفضل تجهيز، بحل ألغاز الحياة التي بدت يوماً ما غير قابلة للحل. إننا نقرب من فهم كيف يمكن لخلية مجهرية واحدة أن تتطور إلى نبات أو حيوان معقد، وكيف تستطيع النباتات تحويل الطاقة الشمسية إلى الطاقة الكيميائية في الطعام، وكيف يعمل العقل البشري، وكيف تتشابه أشكال مختلفة من الحياة في مجتمعات بيولوجية مثل الغابات والشعاب المرجانية coral reefs ، وكيف تطور التنوع الهائل للحياة على الأرض انطلاقاً من الميكروبات.

إننا كلما تعلمنا عن الحياة أكثر كلما ازدادت سحراً، لأن التقدم في مسألة ما يقود إلى أسئلة أخرى تتأثر بالعقل الفضولي لعقود آتية من الزمن. وفوق كل شيء، فإن البيولوجيا بحث وتَحَقُّق مستمر عن طبيعة الحياة.

إن البيولوجيا الحديثة مهمة بقدر ما هي ملهمة. فالبحوث والاكتشافات في مجال الوراثة والبيولوجيا الخلوية تعمل على تطوير الطب والزراعة. وكذلك تقدّم البيولوجيا الجزيئية أدوات جديدة لاختصاصات متنوعة مثل الأنثروبولوجيا وعلم الجريمة. وكذلك، فإن العلوم العصبية والبيولوجيا التطورية evolutionary biology تعيدان الآن تشكيل علم النفس وعلم الاجتماع.

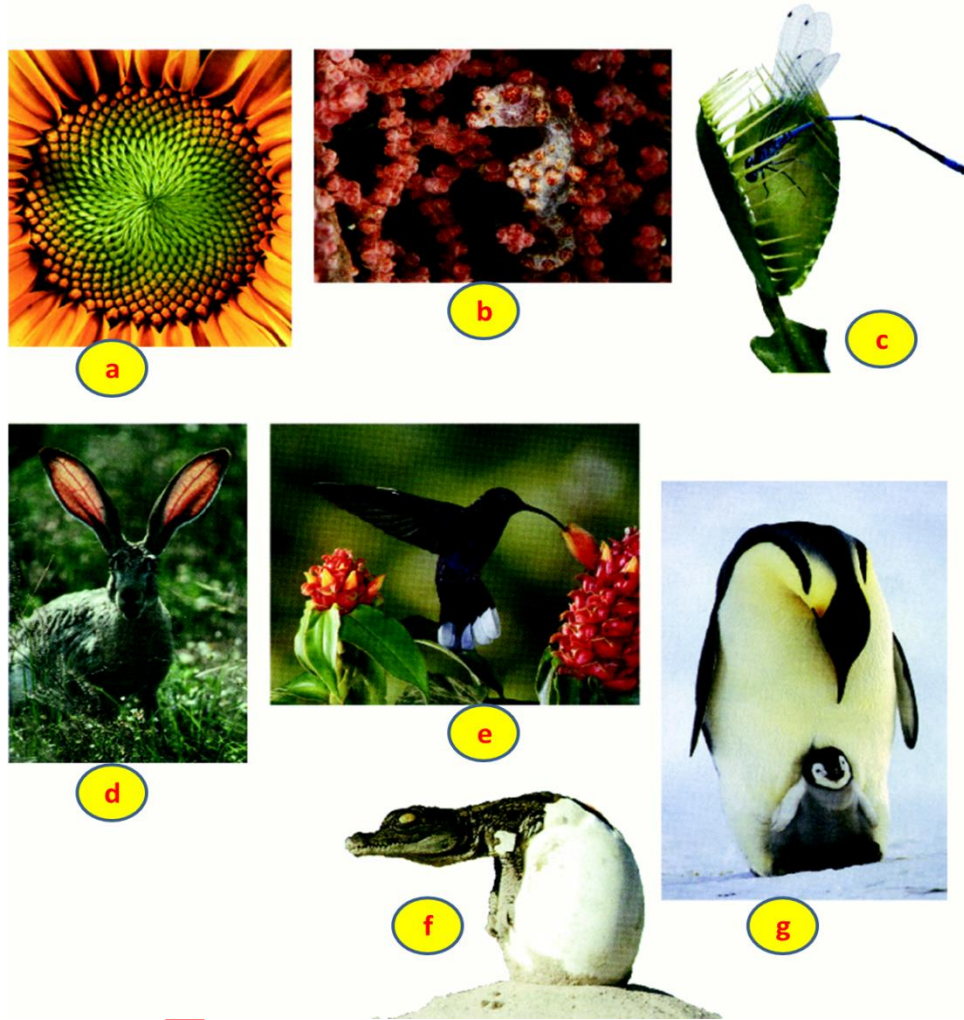
كما أن نماذج جديدة في علم البيئة أخذت تساعد العلماء على تقييم بعض القضايا البيئية مثل أسباب الاحتباس الحراري العالمي والنتائج البيولوجية لهذه الظاهرة. هذه أمثلة قليلة عن كيفية تداخل البيولوجيا في نسيج ثقافتنا أكثر من أي وقت مضى. إذ لم يسبق أن كان هناك وقت أفضل لاستكشاف الحياة من الوقت الحاضر.

إن الظاهرة التي نسميها الحياة تتحدى التعريف البسيط بجملة واحدة. إن أي طفل يدرك أن الكلب أو البقرة أو النبات مثل السرخس (الخنشار) المصور في (الشكل 1) هو نوع (species) من الكائنات الحية بينما الصخرة ليست كذلك. إننا نتعرف على الحياة من خلال معرفة ما تقوم به الكائنات الحية (الشكل 2).



الشكل (1): السرخس (الخنشار) - البيولوجيا هو العلم الذي يدرس الحياة

وفيما نتأهب لاكتشاف الحياة سيكون من المفيد أن يكون لدينا صورة شمولية (بانورامية) للعلم الواسع الذي سندرسه. فهذا الجزء الافتتاحي يعرض المجال الواسع من البيولوجيا، ويلقي الضوء على تنوع الحياة، ويصف موضوعات (مثل التطور) توحد كل البيولوجيا ويفحص الطرائق التي يستخدمها البيولوجيون لاستكشاف الحياة.



الشكل (2): بعض خصائص الحياة

- (a) الترتيب: تشرح هذه الصورة المقربة لزهرة عباد الشمس البنية الفائقة الترتيب التي تميز الحياة.
- (b) التكيف التطوري: ان مظهر حصان البحر القزم هذا يموه الحيوان في بيئته، و تنشأ هذه التكيفات على مدى أجيال عديدة من خلال النجاح التناسلي لتلك الأفراد ذات الصفات القابلة للتوريث.
- (c) الاستجابة البيئية: يغلق خائق الذباب مصيدته بسرعة استجابة للمنبه البيئي ليعسوب حط على المصيدة المفتوحة.

- (d) التنظيم: ان تنظيم تدفق الدم داخل الأوعية الدموية الموجودة في كلا أذني الأرنب يساعد في صون درجة حرارة ثابتة من خلال تنظيم التبادل الحراري مع الهواء المحيط.
- (e) معالجة الطاقة: يحصل هذا الطائر الطنان على وقوده من رحيق الزهور، ثم يستعمل الطنان الطاقة الكيميائية المختزنة في طعامه لغرض الطيران و لأعمال أخرى.
- (f) التشكل و النمو: تتحكم المعلومات الوراثية التي تحملها الجينات في نماذج تشكل و نمو الكائنات الحية مثل تمساح النيل.
- (g) التناسل: تنجب الكائنات الحية الصنف الخاص بها. يظهر في هذه الصورة بطريق يحمي وليده.

2- استكشاف الحياة ابتداءً من المجهر وحتى مقاس الكرة الأرضية global scale:

تمتد دراسة الحياة من المقاس المجهرى للجزيئات والخلايا التي تؤلف الكائنات الحيّة وحتى المقاس الشمولي للكوكب الحي بأسره. ويمكننا انقسم هذا المدى الهائل إلى عدة مستويات من الكائنات الحيّة.

أ- تراتبية مستويات التعضي البيولوجي

تخيل محاولة رؤية الأرض بتقريب الصورة من الفضاء. لتكن وجهتنا هي غابة في مكان ما ، حيث سنقوم في نهاية المطاف باستخدام المجاهر ومعدات أخرى لاستكشاف ورقة لنبات ما عبر التصغير حتى المستوى الجزيئي (الشكل 3). إن هذه العملية تقودنا إلى المرور عبر مستويات التعضي البيولوجي هي:

a. المحيط الحيوي للأرض Biosphere: حالما نصبح قريبين لدرجة كافية من الأرض بحيث نتاح رؤية القارات و المحيطات. فإننا نبدأ برؤية علامات الحياة و ذلك في فسيفساء غابات الكوكب الخضراء على سبيل المثال. هذه هي النظرة الأولى للمحيط الحيوي الذي يتألف من جميع البيئات المسكونة بالحياة على الأرض. و يضم المحيط الحيوي معظم مناطق اليابسة، و المسطحات المائية كالمحيطات و البحيرات و الأنهار و كذلك الغلاف الحيوي إلى ارتفاعات تصل بضعة كيلومترات.

b. المنظومات البيئية Ecosystems: حين تقترب من الأرض بهبوط افتراضي في مكان ما من الأرض، نستطيع البدء برؤية غابة تحتوي على عدد وافر من الأشجار. و تعتبر هذه الغابة مثالا لمنظومة بيئية. كما أن المروج و الصحارى و المحيطات و الشعاب المرجانية هي منظومات بيئية أخرى. و تتألف المنظومة البيئية من جميع العناصر الحية في منطقة معينة بالإضافة إلى جميع المكونات غير الحية التي تتفاعل معها الأحياء كالتربة و الماء و الغازات الجوية و الضوء. هذا و تجتمع كل المنظومات البيئية الموجودة في الأرض لتشكل المحيط الحيوي للأرض.

c. المجتمعات Communities: إن جميع مصفوفة الكائنات الحية التي تعيش في منظومة بيئية معينة تسمى مجتمعا بيولوجيا. و المجتمع في منظومتنا البيئية للغابة يتضمن العديد من الأشجار و النباتات و حيوانات متنوعة و أنواعا متعددة من الفطر المشروم و فطور أخرى، بالإضافة إلى عدد هائل من الأحياء الدقيقة المتنوعة مثل البكتيريا التي لا يمكن رؤيتها بدون مجهر. و يسمى كل شكل من أشكال الحياة هذه نوعا حيا Species.

d. الجماعات Populations: تتألف الجماعة من كل أفراد النوع الحي الواحد الذين يعيشون في منطقة معينة. فعلى سبيل المثال، تضم غابتنا تجمعات من أشجار البلوط و جماعات من الذئاب أو من الضباع. و يمكننا إعادة تعريف المجتمع بأنه مجموعة من الجماعات التي تقطن في منطقة معينة.

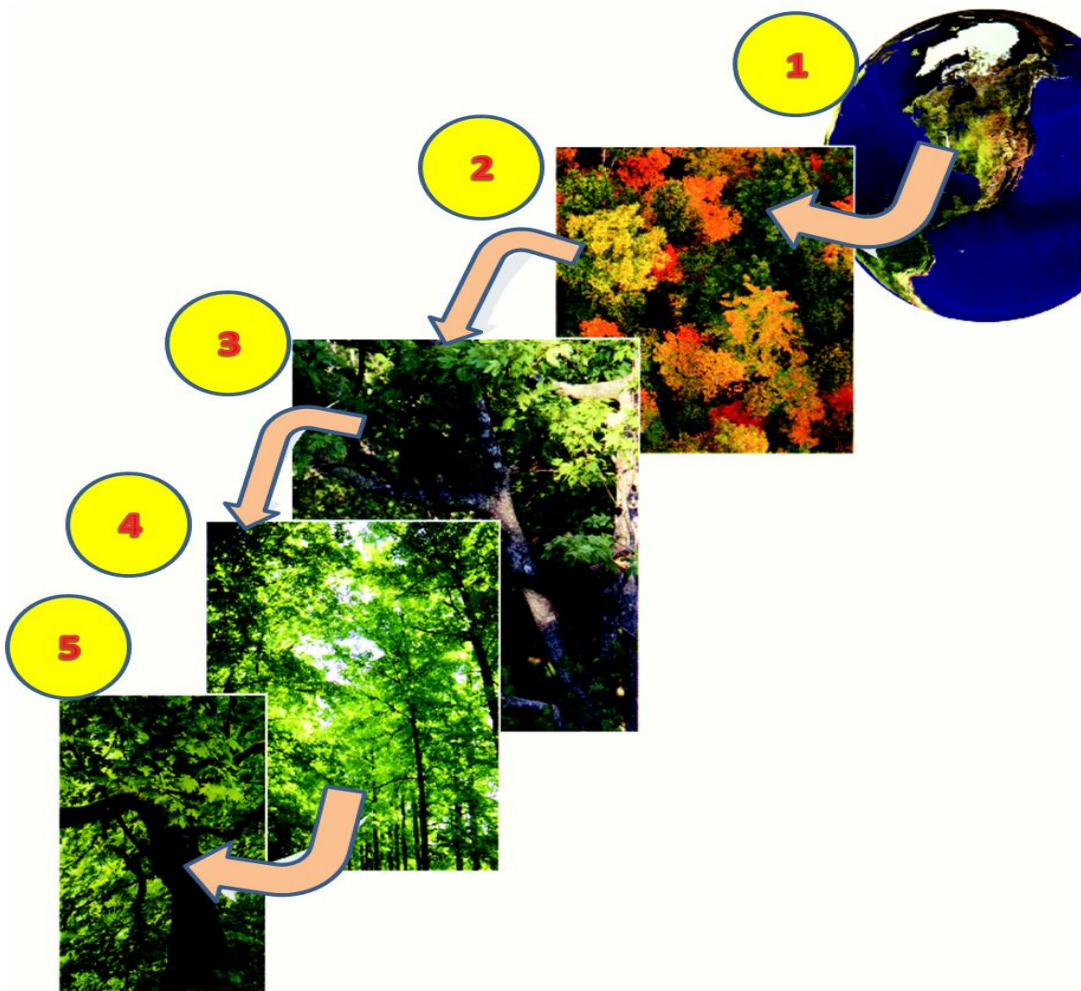
e. الكائنات الحية Organisms: يطلق على الأحياء اسم الكائنات الحية، فكل حيوان في الغابة مثل الضفدع و السنجاب و الدب و الحشرة تسمى كائنا حيا.

f. الأعضاء و منظومات الأعضاء Organs and Organssystems: تستمر التراتبية البنوية للحياة بالتكشف تدريجيا كلما استكشفنا الهندسة المعمارية للكائنات الحية المعقدة. تمثل ورقة نبات ما مثالا عن عضو في كائن حي، و كذلك يمثل القلب عند الإنسان عضو في كائن حي. بمعنى أنه جزء من جسم، يتألف من نسيجين أو أكثر.

نذكر من أمثلة الأعضاء عند نوع من الحيوانات الراقية: الدماغ، القلب و الكلى. و تنتظم الأعضاء لدى الإنسان و الحيوانات المتطورة في منظومة أعضاء. و تتألف كل منظومة من فريق من الأعضاء تتعاون مفرداته في وظيفة نوعية. فعلى سبيل المثال يتضمن جهاز الهضم لدى الإنسان أعضاء مثل اللسان و المعدة و الأمعاء.

g. النسيج Tissues: تتطلب رؤية نسيج في عضو من أعضاء حيوان ما استخدام المجهر. فمثلاً يتألف القلب عند الإنسان من مجموعة من النسيج المختلفة كالعضلات الملساء و العضلات المخططة و غيرها. و يتألف كل نسيج من بنية خلوية معينة، و في الحقيقة يتألف كل نوع من النسيج من مجموعة من الخلايا المتماثلة.

h. الخلايا Cells: الخلية هي الوحدة الأساسية للبنية و الوظيفة في الحياة. بعض الكائنات الحية مثل الأميبات و معظم البكتيريا تتألف أجسامها من خلية واحدة. أما الكائنات الحية الأخرى، بما في ذلك النباتات و الحيوانات، فهي متعددة الخلايا. و بدلا من أن تقوم خلية واحدة بكل وظائف الحياة، تقوم الخلايا في الأحياء المتعددة الخلايا بتقاسم العمل بين خلاياها المتخصصة. و يتألف جسم الإنسان من مليارات الخلايا المجهرية المتعددة الأصناف، بما في ذلك الخلايا العضلية و الخلايا العصبية، و التي تكون منتظمة في أنسجة مختصة متنوعة. على سبيل المثال، تتألف نسيج العضلية من حزم من الخلايا العضلية.



مكتبة



i. العضيات Organelles: إن المصورات الحيوية (الجسيمات الكوندرية) و كذلك جهاز غولجي هي مثال عن العضيات التي هي المكونات الفعالة المختلفة التي تشكل الخلايا.

j. الجزيئات Molecules: تمثل الجزيئة بنية تتألف من وحدتين كيميائيتين صغيرتين أو أكثر تسمى ذرات Atoms. فمثلا يعتبر اليخضور جزيئة صباغ تجعل ورقة النبات خضراء اللون. و هي واحدة من أكثر الجزيئات أهمية على الأرض، إذ يمتص اليخضور أشعة الشمس خلال المرحلة الأولى من التركيب الضوئي. و تنتظم داخل كل حبيبة يخضورية ملايين الجزيئات اليخضورية و جزيئات أخرى يمكنها تحويل الطاقة الضوئية إلى الطاقة الكيميائية في الغذاء.

ب- ديناميكية (حركية) المنظومة البيئية Ecosystemdynamic

تتضمن ديناميكية أي منظومة بيئية عمليتين أساسيتين هما:

العملية الأولى: وتضم تدوير المغذيات. فعلى سبيل المثال تعاد في نهاية المطاف المعادن ليحصل عليها النبات الى التربة عن طريق الأحياء الدقيقة التي تفكك أوراق الأشجار المتساقطة و الجذور الميتة في حطام عضوي.

العملية الهامة الثانية: هي تدفق الطاقة من ضوء الشمس الى المنتجين Producers ثم المستهلكين Consumers. أما المنتجون فهما النباتات و الكائنات الأخرى القادرة على التركيب الضوئي و التي تحول الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية. و أما المستهلكون فهم كائنات حية مثل الحيوانات التي تعيش على منتجين و مستهلكين آخرين.

ج- تحويل الطاقة Energy conversion

تتطلب الحركة و النمو و التناسل و الأنشطة الحياتية الأخرى من الكائنات الحية القيام بعمل، و يعتمد العمل على مصدر للطاقة. و تبادل الطاقة بين الكائنات الحية و محيطها يتضمن عادة تحول الطاقة من شكل الى آخر. فعلى سبيل المثال، عندما تنتج الورقة الخضراء السكر فانها تحول الطاقة الشمسية الى طاقة كيميائية في جزيئة السكر. و عندما تستعمل الخلية العضلية لحيوان ما هذا السكر كوقود، فانها تحول الطاقة الكيميائية الى طاقة حركية.

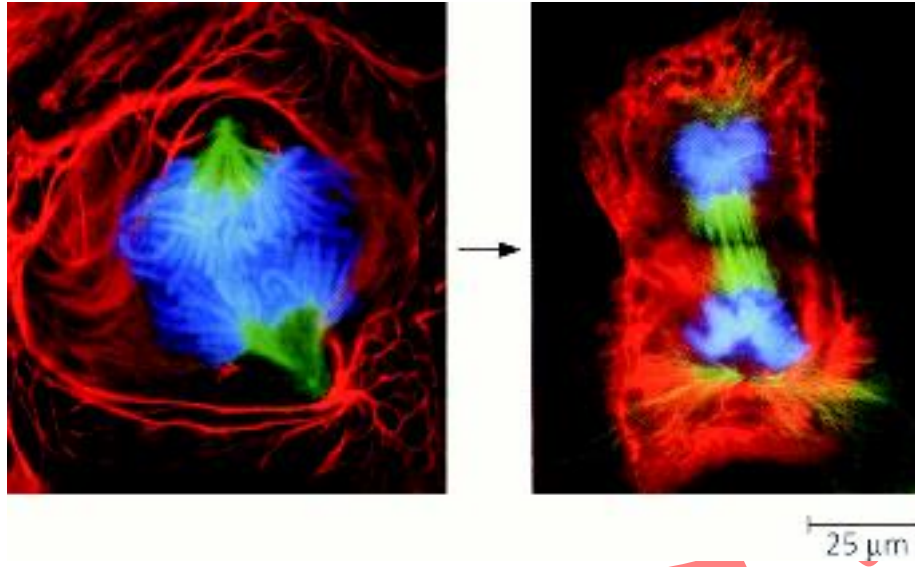
و في جميع عمليات تحول الطاقة، يتم تحويل بعض الطاقة المتوفرة هذه الى طاقة حرارية تنشرها الكائنات الحية المتحركة في محيطها على شكل حرارة. و على عكس المغذيات التي يعاد تدويرها Recycled في المنظومة البيئية، فان الطاقة تتدفق عبر المنظومة البيئية فتدخل عادة على شكل ضوء و تخرج على شكل حرارة (الشكل 4).



الشكل (4): شكل أساسي لتدفق الطاقة خلال منظومة بيئية

3- نظرة الى الخلايا

تحتل الخلية مكانا خاصا في التراتبية البنوية للحياة بكونها أخفض مستوى في التعضي يكون قادرا على القيام بكل النشطة اللازمة للحياة. فعلى سبيل المثال، تكون قدرة الخلايا على الانقسام من أجل تشكيل خلايا جديدة هي أساس التناسل و النمو و الترميم في الكائنات الحية متعددة الخلايا (الشكل 5).



الشكل (5): خلية رئوية من سمندل الماء تنقسم الى خليتين صغيرتين و هي بدورها سوف تكبر و تنقسم مجددا.

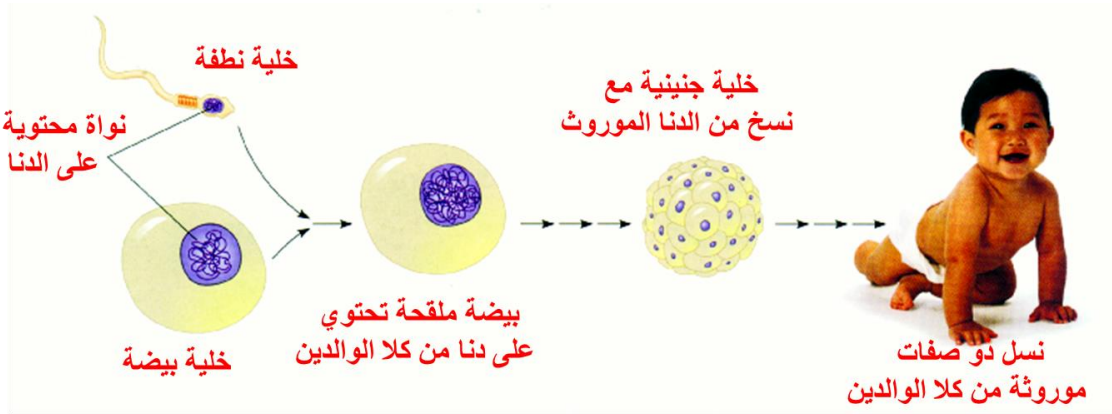
ان جميع حركات و أفكار الانسان تعتمد على أنشطة الخلايا العضلية و الخلايا العصبية. و حتى العمليات الشمولية الأرضية مثل عودة دورة الكربون و هو العنصر الكيميائي الأساسي للحياة، فهي منتج تراكمي للأنشطة الخلوية بما في ذلك التركيب الضوئي الذي يحدث في الصانعات اليخضورية الموجودة في خلايا الأوراق. و ان فهم كيفية عمل الخلايا هو عمل بحثي أساسي تركز عليه البيولوجيا الحديثة.

4- المعلومات الخلوية القابلة للتوريث

اذا أُلقيت نظرة على الخلية المنقسمة، يمكن رؤية بنى ضمن الخلايا تسمى صبغيات Chromosomes. و هذه الصبغيات مصنوعة جزئيا من مركب يسمى الحمض الريبي النووي المنزوع الاكسجين (أو الدنا DNA اختصارا). و هو مادة الجينات " و التي هي وحدات الوراثة التي تنقل المعلومات من الآباء الى الأبناء. و على سبيل المثال فان زمرة الدم (A; B; AB; O) هي نتيجة جينات معينة ورثها الابن من والديه.

يتألف كل صبغي من جزيئة دنا واحدة طويلة جدا تضم مئات أو آلاف الجينات التي تنتظم على امتدادها. و تتضاعف دنا الصبغيات عندما تستعد الخلية للانقسام، و بالتالي ترث كل خلية من خلايا النسل مجموعة كاملة من الجينات.

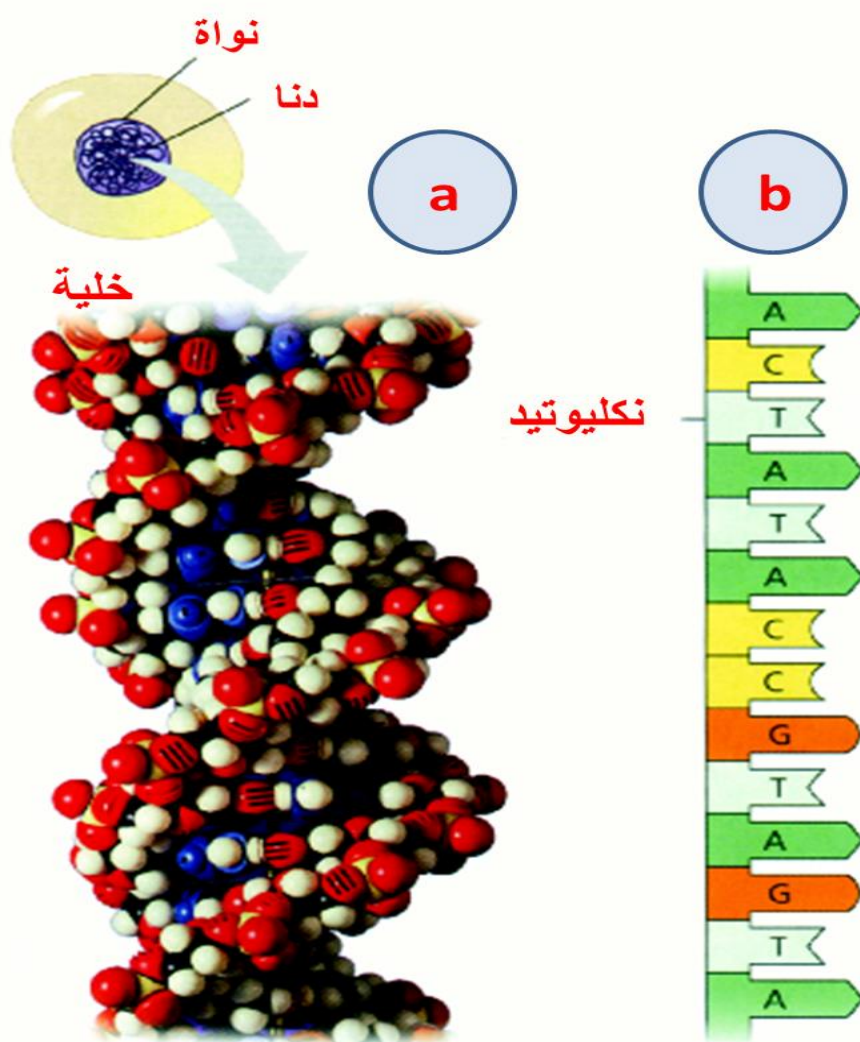
يبدأ كل شخص منا حياته كخلية واحدة مليئة بالدنا الموروثة من والديه. و تنقل الدنا المتضاعفة تلك الجينات الى خلايا أخرى تعد بالمليارات. و في كل خلية ترمز encode الجينات الموجودة على طول جزيئات الدنا المعلومات الوراثية اللازمة لبناء الجزيئات للخلايا. و بهذه الطريقة يوجه الدنا تنامي development و صيانة Maintenance الكائن الحي بشكل كامل (الشكل 6).



الشكل(6): الحمض الريبي النووي المنزوع الأكسجين (DNA) الموروث يوجه تطور الكائنات الحية.

تفسر البنية الجزيئية للدنا غناها بالمعلومات، و تتألف كل جزيئة دنا من سلسلتين طويلتين توجد بشكل يسمى الحلزون المضاعف double helix و تمون كل حلقة من السلسلة واحدة من اربعة أنواع من البنى الكيميائية التي تسمى نكليوتيدات Nucleotides (الشكل 7).

أما الطريقة التي رمز بها الدنا المعلومات الخلوية فهي مشابهة للطريقة التي نرتب فيها الأحرف الأبجدية بشكل دقيق لتعطي معنى دقيقا. فعلى سبيل المثال، تستدعي كلمة جرذ (Rat) بالإنكليزية الى الذهن صورة أحد القوارض، بينما يكون لكل من الكلمتين (Rat, Art) اللتين تحتويان نفس الأحرف معنيان مختلفان.



الشكل (7): الدنا (المادة الوراثية):

(a) حلزون مزدوج للدنا

(b) شريط مفرد من الدنا

و تمتلئ المكتبات بالكتب المحتوية على معلومات مرمزة بالعديد من التسلسلات و ذلك انطلاقا من 26 حرفا فقط. و يمكن أن نفكر بالنكليوتيدات على أنها أحرف الأبجدية الوراثية. فالترتيبات المتتالية النوعية لتلك الأحرف الكيميائية الأربعة ترمز المعلومات الدقيقة في الجينات التي يكون طولها مئات أو

آلاف النكليوتيدات. و يمكن أن تتم ترجمة جينة واحدة في خلية بكتيرية على شكل تكليف ببناء صبغة أرجوانية مثلا. كما يمكن أن تعني جينة بشرية معينة " صنع هرمون الأنسولين".

و بشكل أعم، فان معظم الجينات ترمج الخلايا لإنتاج جزيئات كبيرة تدعى البروتينات. و يرمز تتالي النكليوتيدات على طول كل جينة بروتينا نوعيا ذا شكل و وظيفة محددين في الخلية. كما يمكن أن يكون بروتين ثالث أنزيما يحفز (بمعنى يسرع) تفاعلا كيميائيا محددا في الخلية. و تحت معظم الأنشطة الخلوية تقريبا الى فعل بروتين واحد أو أكثر. و ان الدنا تقدم النصوص الأصلية القابلة للتوريث، أما البروتينات فإنها الأدوات التي تبني الخلية و تصونها فعليا.

تدعى "المكتبة" الكاملة للتعليمات الجينية التي يرثها كائن حينا باسم الجينوم (أو المجين) Genome و تحتوي صبغيات كل خلية بشرية على جينوم يضم حوالي 3 مليارات نكليوتيد. فاذا كانت الرموز الوحيدة الحرف في هذه المتتالية من النكليوتيدات مكتوبة بحروف من حجم الحروف التي تقرأها أنت، فان النص الجيني يملأ حوالي 600 كتاب. و نشير الى وجود عدد من الجينات ترمز لإنتاج أكثر من 75000 نوع مختلف من البروتينات، و لكل بروتين منها وظيفة مختلفة ضمن هذه المكتبة الجينومية للمتتاليات النكليوتيدية.

5- أشكال الخلايا:

تشارك جميع الخلايا بخصائص معينة، فعلى سبيل المثال تحاط كل خلية بغشاء ينظم مرور المواد بين الخلية و محيطها. و تستعمل كل خلية الدنا لمعلوماتها الوراثية.

يمكننا أن نميز نوعين من الخلايا:

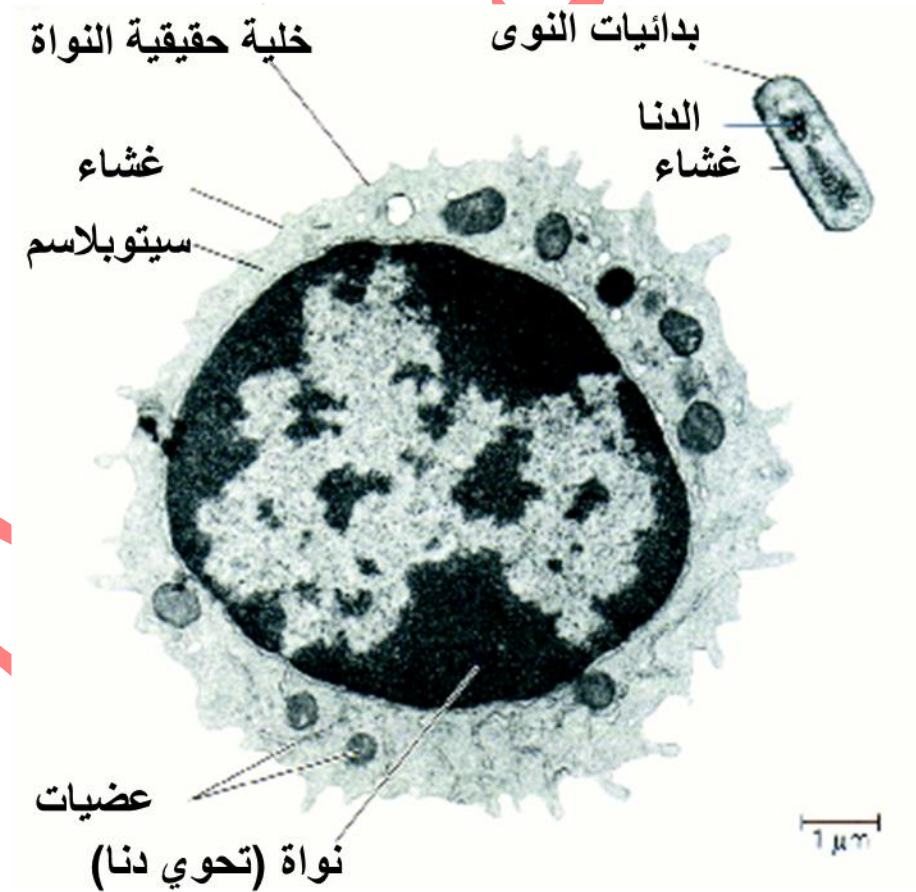
- خلايا بدائيات النوى Prokaryotic cells

- خلايا حقيقيات النوى Eukaryotic cells

و تعد البكتيريا و الأركيا Archaea خلايا بدائيات النوى، بينما تكون خلايا جميع أشكال الحياة الأخرى (بما في ذلك النباتات و الحيوانات) خلايا حقيقيات النوى.

تعمل اغشية داخلية على تقسيم الخلايا حقيقية النوى الى عضيات محاطة بغشاء، بما فيها حبيبات اليخضور. و في معظم الخلايا حقيقيات النوى تكون أكبر عضوية هي النواة التي تحتوي على دنا الخلية على شكل جزيئات صبغية Chromosomal molecules.. اما العضيات الأخرى فإنها تتوضع في السيتوبلازما التي تشكل جميع المنطقة الكائنة بين النواة و جدار الخلية الخارجي.

تكون الخلايا بدائيات النوى أبسط و أصغر بكثير من الخلايا حقيقيات النوى عموما (الشكل 8). و في الخلية البدائية النواة لا يوجد غشاء للنواة بحيث لا ينفصل الدنا DNA عن بقية أجزاء الخلية. و تفتقد الخلية البدائية النواة لأصناف العضيات الأخرى المحاطة بغشاء و التي تميز الخلايا حقيقيات النوى.



الشكل (8): يوضح هذا الشكل الاختلاف بين الخلايا حقيقيات النوى و الخلايا بدائيات النوى في الحجم و التعقيد.

6- طرائق التحقيق المختلفة لاستكشاف الحياة:

إن كلمة علم مأخوذة من الفعل اللاتيني "يعرف"، فالعلم هو طريقة المعرفة، وقد تطور العلم من خلال شغفنا بمعرفة أنفسنا، وكذلك بمعرفة أشكال أخرى من الحياة والعالم والكون، ويبدو أن الكفاح من أجل الفهم يشكل أحد هواجسنا الأساسية لمتابعة التساؤل.

يحتل الاستفسار أو التحقيق inquiry صميم العلم، ويتمثل في البحث عن المعلومات والتفسيرات، ويركز عادة على سؤال محدد، وهو ما دفع داروين لبحث عن إجابات من الطبيعة عن كيفية تكيف الأنواع مع بيئاتها، وهو الذي قاد إلى تحليل (الجينوم genome) الذي يساعدنا على فهم الوحدة والتنوع البيولوجيين على مستوى جزيئي، وفي الحقيقة فإن العقل الفضولي هو المحرك الذي يدفع التقدم في البيولوجيا.

لا توجد وصفة لتحقيق علمي ناجح، وليس هناك طريقة علمية واحدة ذات سجل لقواعد يجب على الباحثين التقيد بها، وكما في كل التحقيقات يضم العلم عناصر من التحدي والمغامرة والمفاجأة جنباً إلى جنب مع التخطيط الدقيق والمحاكمة والإبداع والاستنتاج والابتكار والتعاون والتنافس والصبر والمثابرة ليتجاوز النكسات، هذه العناصر البحثية المتنوعة تجعل العلم أقل تنظيماً مما يدرك معظم الناس، وقد قيل أنه من الممكن استخلاص خصائص معينة تفيد في تمييز العلم من طرق أخرى في وصف وشرح الطبيعة.

تمزج البيولوجيا عمليتين رئيسيتين للتحقيق العلمي هما:

أولاً: علم الانكشاف:

إنه يدور غالباً حول وصف الطبيعة، يطلق عليه أحياناً اسم العلم الوصفي، فهو يصف البنى والعمليات الطبيعية بأكثر دقة ممكنة عبر الملاحظة الدقيقة وتحليل البيانات، وعلى سبيل المثال، لقد بنى علم الانكشاف بالتدريج فهمنا للبنية الخلوية الذي وسع قاعدة بياناتنا حول جينومات الأنواع المتنوعة.

الملاحظة هي استخدام الحواس لجمع المعلومات، إما بشكل مباشر أو بشكل غير مباشر بمساعدة أدوات مثل المجهر الذي يوسع حواسنا، ونسمي الملاحظات المدونة معطيات data، وبكلمات أخرى فإن المعطيات هي مفردات من المعلومات يعتمد عليها التحقيق العلمي.

ثانياً: العلم المبني على الفرضية فهو على الأغلب شرح للطبيعة:

إن المشاهدات والاستقراءات في علم الاكتشاف تشغل العقول الفضولية بالبحث عن الأسباب والتفسيرات الطبيعية لتلك المشاهدات، ومن أمثلة ذلك، ما الذي سبب التنوع في العصافير على جزر غالاباغوس؟ وما الذي سبب نمو جذور النبات إلى الأسفل ونمو الفروع التي تحمل الأوراق إلى الأعلى؟ وما الذي يفسر التعميم بأن الشمس تبرز دائماً من الشرق؟ تتضمن مثل هذه التساؤلات في العلم اقتراحاً واختباراً لتفسيرات تقديرية أو فرضيات.

تُعرف الفرضية في العلوم بأنها جواب مؤقت على سؤال واضح المعالم (تفسير في التجريب)، وهي عادة افتراض مبني على ثقافة معتمدة على كل خبرة قديمة وعلى كل المعطيات المتوفرة في علم الاكتشاف، تضع الفرضية العلمية تكهنات يمكن اختبارها عن طريق تسجيل ملاحظات إضافية أو عن طريق تصميم تجارب.

• النظريات في العلم:

إن استعمالنا اليومي لمصطلح نظرية (في قولنا ما هذا إلّا نظرية) يعني في العادة ضمناً مجرد تأمل قابل للاختبار، ولكن مصطلح نظرية في العلم له معنى مختلف جداً. فما هي النظرية العلمية وكيف تختلف عن الفرضية أو عن مجرد التأمل speculation؟

في المقام الأول تكون النظرية العلمية أوسع مدى من الفرضية:

هذه فرضية "محاكاة الأفاعي السامة هي تكيف يحمي الأفاعي غير السامة من الضواري، أما هذه فإنها نظرية "ينشأ التكيف التطوري بالاصطفاء الطبيعي، وتفسير نظرية داروين للاصطفاء الطبيعي التنوع الهائل للتكيفات بما في ذلك المحاكاة mimicry.

وفي المقام الثاني تكون النظرية على قدر من العمومية كاف لإعطاء عدة فرضيات علمية جديدة قابلة للاختبار:

فعلى سبيل المثال بادر بيتر وروزماري غرانت من جامعة برينستون بدافع من نظرية الاصطفاء الطبيعي إلى اختبار الفرضية النوعية التي تقول بأن مناقير العصافير في جزر غالاباغوس تطورت استجابة لتغيرات في أنماط الطعام المتوفرة.

وفي المقام الثالث بالمقارنة مع أيّة فرضية بعينها، فإن النظرية يدعمها في العادة مجموعة من الأدلة تفوق ما يدعم الفرضية بكثير:

وإن النظريات التي تبناها العلم بشكل واسع (مثل نظرية الاصطفاء الطبيعي) تفسر تشكيلة منوّعة كبيرة من المشاهدات كما أنها مستوردة بكداسة من الأدلة، وفي الحقيقة فإن إمعان النظر بالنظريات العامة يتواصل عبر اختبار الفرضيات النوعية القابلة للدحض التي تنتجها تلك النظريات.

وبالرغم من كمية الأدلة التي تدعم النظرية المقبولة بشكل واسع، يجب على العلماء أن يعدلوا أو حتى أن يرفضوا نظريات عندما تعطي الطرائق البحثية الجديدة نتائج غير ملائمة.

فعلى سبيل المثال بدأت نظرية الممالك الخمس للتنوع البيولوجي شكل عندما استطاعت الطرائق الجديدة لمقارنة الخلايا والجزئيات أن تجعل بالإمكان اختبار بعض القرابات الافتراضية بين كائنات حيّة كانت قد اعتمدت على النظرية المذكورة، فإذا كان هناك من حقيقة truth في العلم فإنها تكون شرطية ومبنية على وفرة من البراهين المتاحة.