مفهوم تسلسل التركيب الكيميائي للكائنات الحية

د. زراق بن عيسى الفيفي

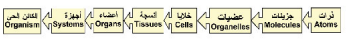
مستويات النظام الحيوي (Levels of Living System)

قال الله تعالى: (وَاللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَابَّةٍ مِن مَّاءٍ فَمِنْهُم مَّن يَمْشِي عَلَى بَطْنِهِ وَمِنْهُم مَّن يَمْشِي عَلَى رِجْلَيْنِ وَمِنْهُم مَّن يَمْشِي عَلَى أَرْبَعٍ يَخْلُقُ اللَّهُ مَا يَشَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ) (النور ـ 45).

إن أهم ما يميز الكائنات الحية هو الانتظام الحيوي المتدرج في تركيبها المعقد، وهو ما يعرف بالتعضية (Organization)ذلك أنها تتدرج في تركيبها في مستويات متدرجة في التعقيد. فلقد وجدنا أن عدداً لا يستهان به من الكائنات الحية مثل النباتات الراقية والحيوانات اللافقارية والفقارية ـ وعلى رأسها الإنسان ـ تتكون من أجهزة مثل الجهاز التنفسي والدوري والتناسلي والهضمي.. إلخ. وكل جهاز يتكون بدوره من أعضاء مثل المعدة والأمعاء في الجهاز الهضمي والقلب والأوعية الدموية في الجهاز الدوري والجذر والورق والساق، وهو المستوى العضوي ((Organic level كما أن كل عضو يتكون من أنسجة وهو المستوى النسيجي، مثل النسيج العصبي والعضلي والطلائي.. إلخ. وكل نسيج يتكون من مجموعة الخلايا المتشابهة في التركيب والوظيفة، وهذا المستوى يعرف بالمستوى الخلوي (Cellular level). وكل خلية تتكون من عضيات مثل البلاستيدات والميتوكوندريا والكروموزومات والنوية.. إلخ. وكل عضية تتكون من جزيئات مثل البروتينات والكربوهيدرات والأملاح. والجزيئات تتكون من ذرات مثل الكربون والهيدروجين والأكسيجين، وهذا يمثل المستوى الكيميائي (Chemical level) الذي يُعدّ من أبسط المستويات. ويعرف تدرج الكائنات الحية في تركيبها في مستويات متدرجة في التعقيد بمبدأ التسلسل التركيبي للكائنات الحية أو التعضية ـ كما سبق أن ذكرنا.

كما ينبغي ملاحظة أن بعض الكائنات لا تتعدى في تعضيها المستوى الخلوي مثل الأميبا والبكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة وبعض الفطريات، وهي تقوم بجميع وظائف الحياة من نمو وتكاثر وأيض وتكيف وحركة في هذا المستوى. كما أن بعض الكائنات الأخرى لا تتعدى في تعضيها مستوى العضو مثل الإسفنجيات والجوفمعويات. لذلك فالكائنات الحية تختلف في نسبة تعضيها. وهناك عدد لا يستهان به من الكائنات الحية التي تتوفر لها جميع مستويات التعضي السابق ذكرها.

والذرة هي أصغر وحدة تدخل في تركيب أي عنصر كيميائي. وكل العناصر الكيميائية تتكون من ذرات متشابهة في التركيب وتختلف عن بعضها في عدد جسيمات البروتونات والإلكترونات. والعناصر هي أبسط مكونات الكائن الحي. ويمكن تصنيف ذرات العناصر من حيث وجودها في الكائنات الحية إلى ما يلي:



Essential elements):

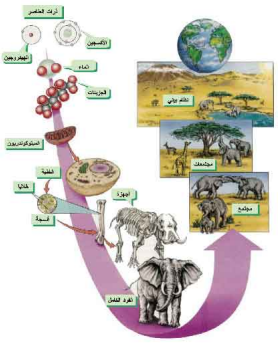
عبارة عن ستة من العناصر وهي (الهيدروجين، الكربون، الأكسجين، النيتروجين، الفوسفور، والكبريت). وهي توجد دائماً وأبداً في أي كائن حي سواء كان بكتيريا أو إنسان، وتتكون منها معظم الجزيئات الحيوية.

Variable element):

وهي: (الصوديوم، الماغنسيوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، الكلور، والحديد). وهذه العناصر تدخل في تركيب الكائن الحي ولكنها تختلف في وجودها من كائن إلى آخر.

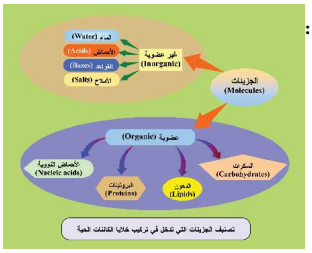
3 ـ الآثار الفلزية (Trace elements):

مثل الأيودين، الزنك، الفلورين، السليكون، النحاس وعناصر أخرى. وهذه المجموعة من العناصر تدخل في تكوين الكائن الحي بنسب ضئيلة جداً وقد يوجد أحدها أو بعضها في كائنات معينة دون غيرها. وبالرغم من ذلك فإن بعض الكائنات تحتاج إلى معظم هذه العناصر لأهميتها الحيوية.



وينبغي ملاحظة أن جميع العناصر التي سبق ذكرها موجود في أرضنا التي نعيش وتعيش جميع الكائنات الحية عليها. كما أنها موجودة في مياه المحيطات والبحار. ذلك أن اليابسة ومياه المحيطات والبحار هي المصادر التي تحصل منها الكائنات الحية على هذه العناصر لبناء مادتها الحية.

وسبحان الله العلي القدير القائل في محكم التنزيل:



) سُبْحَانَ الَّذِي خَلَقَ الأَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنبِتُ الأَرْضُ وَمِنْ أَنفُسِهِمْ وَمِمَّا لا يَعْلَمُونَ

) (يس ـ 36). تتفاعل هذه العناصر مع بعضها البعض بواسطة روابط كيميائية من أهمها الروابط التساهمية، والأيونية والهيدروجينية والكارهة للماء وروابط فاندير والس، لتشكل الجزيئات غير العضوية والجزيئات العضوية. كما تُعَدّ المسؤولة عن ثبات أشكال الكثير من الجزيئات الكبيرة التي تتكون منها المادة الحية في النظام الحيوي.

أولاً: الجزيئات غير العضوية (In organic Molecules)

الماء: الماء مركب أساسي في مكونات جميع الكائنات الحية. وهو من أعلى الجزيئات نسبة في الكائنات الحية.

وعند مقارنة النسب المئوية للجزيئات المختلفة التي تدخل في تركيب الكائنات الحية يظهر لنا أن الماء يمثل الجزء الأعظم من مكونات الكائن الحي.

جدول متوسط النسب المئوية للجزيئات المختلفة التي تدخل في تركيب الكائنات الحية

الجزئ	متوسط النسبة المئوية

80%	الماء
15%	البروتينات
3%	الدهون
1%	الكربوهيدراتالأحماض النووية الايونات ومواد أخرى
1%	الأملاح غير العضوية

وللماء أهمية كبرى في الكائن الحي نظراً لما خصه الله بصفات عديدة لا تتوافر مجتمعة في أي سائل آخر إلا الماء.

وهذه الصفات تؤدى وظائف عديدة يتوقف عليها جريان الحياة. وفيما يلي أهم هذه الصفات:

السعة الحرارية (Heat Capacity)

مقدرة الماء على امتصاص كميات كبيرة من الحرارة تفوق أي سائل آخر في الكون ما عدا الأمونيا.

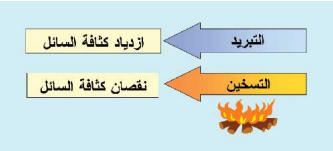
الحرارة الكامنة للتبخر (Latent Heat of Evaporation)

الحرارة الكامنة للتبخر هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل المادة من الصورة السائلة إلى الصورة الغازية. ولقد وجد أن الحرارة الكامنة لتبخر الماء تفوق في مقدارها ما يلزم أي سائل آخر للتحول من الصورة السائلة إلى الصورة الغازية.

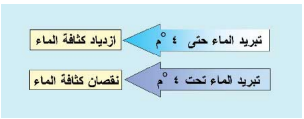
وهذا يعني أن الحرارة الناتجة من التفاعلات الكيميائية التي تجري في الكائن الحي يمتص منها ما يمتص بواسطة الماء بقدر ما يناسب سعته الحرارية.

التمدد الحراري (Thermal Expansion)

يقصد بالتمدد الحراري العلاقة بين كثافة السائل ودرجة الحرارة. فمن المعروف أنه كلما زدنا في تسخين سائل ما فإن كثافته تقل تبعاً لذلك وكلما برّدنا السائل تزداد كثافته وذلك كما يلي:



إلا أن الماء يشذ في تمدده بالحرارة عن سائر السوائل. فكلما برد الماء تزداد كثافته. ولكن بتبريد الماء تحت درجة 4م نجد أن كثافته تأخذ في النقصان بدلاً من الزيادة كما هو متوقع ويمكن إيضاح ذلك كما يلي:



وهذه الظـــاهرة تجعـل الحياة ممكنة عند القطب الشمالي والجنوبي وجميع المناطق المشابهة في مناخها. ذلك أن تبريد الماء

تحت درجة 4(م يعمل على نقصان كثـافته وبالتالي يطفو الماء المتجمد بفعل التبريد على سـطح الماء السـائل مما يجعل الحياة ممكنة في هذه البيئات في أوقات الشتاء القارص.

قوة الإذابة (Power Dissolving)

قدرة الماء على إذابة المواد المختلفة فيه تفوق أي سائل آخر جاعلة إياه مذيباً لمعظم المواد التي توجد في الكائن الحي مما يؤدى إلى انتشارها وانتقالها من مكان لآخر داخل الخلية وخارجها.

وهذه القدرة الفائقة في الإذابة سببها القطبية الثنائية (Bipolarity) لجزيئات الماء.

لكل هذه الصفات مجتمعة نجد أنه لا يمكن لأي سائل آخر أن يحل محل الماء في الكائن الحي مما يجعله بحق مصدراً للحياة وذلك مصداقاً لقوله تعالى: (أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ) (الأنبياء ـ30).

الأحماض والقواعد والأملاح

تلعب هذه الجزيئات دوراً هاماً في خلايا الكائنات الحية. فالأحماض والقواعد تتحكم في قيمة الأس الهيدروجيني (pH) والذي يجب أن يكون ثابتاً في الأوساط الحيوية للكائنات الحية. فنجد أن الأحماض تمد الخلية بأيونات الهيدروجين الموجبة (H+). والقواعد هي المصدر لأيونات الهيدروكسيل السالبة (OH-).

أما الأملاح المعدنية فإنها تلعب دوراً أساسياً في الوظائف الحيوية للخلية. فهي توفر أيونات موجبة وسالبة قد تؤثر على الضغط الأسموزي أو نشاط الخلية بشكل عام.

ثانياً: الجزيئات العضوية (Organic Molecules)

الجزيئات العضوية أكثر تعقيداً من الجزيئات غير العضوية، وهذه الأخيرة ما هي إلا مواد أولية تتكون منها الجزيئات العضوية.

وتُعَدّ ذرة الكربون المكون الأساسي في تركيب جميع الجزيئات العضوية، حيث تمتاز بقابليتها الكبيرة على تكوين روابط تساهمية قوية مع ذرات الكربون الأخرى مكونة ما يعرف بالهياكل الكربونية (Carbon skeletons).

وبدراسة الجزيئات العضوية التي تدخل في تركيب الخلايا الحية ـ وجد أن هناك أربعة أنواع من الجزيئات العضوية وهي:

1 ـ الكربوهيدرات (Carbohydrates).

2 ـ الدهون (Lipids).

3 ـ البروتينات (Proteins).

4 ـ الأحماض النووية (Nucleic acids).

الكربـوهيدرات (السكرات) (Carbohydrates (Saccharides

يرجع السبب في تسميتها بذلك الاسم إلى أن جميع الكربوهيدرات تتكون من الكربون والهيدروجين والأوكسجين حيث يوجد الهيدروجين والأوكسجين فيها بنسبة وجودهما في الماء أي بنسبة (2) هيدروجين إلى (1) أوكسجين. والكربوهيدرات ذات أهمية قصوى للكائن الحي. فهي تلعب دوراً هاماً في حياة الخلية وفي نواحي عديدة منها:

أ ـ السكريات الأحادية:

والسكريات الأحادية هي أبسط أنواع السكريات، وتتكون من سلسلة من ذرات الكربون يتصل بكل منها الأوكسجين والهيدروجين بطريقة معينة. الصيغة الجزيئية لها هي: $n(O2CH)$ حيث إن n تمثل عدد ذرات الكربون وتساوي 3، 4، 5، 6 أو 7 ذرات كربون. فمثلاً الصيغة الجزيئية للجلوكوز (Glucose) هي $(6O12H6C)$. كما توجد السكريات الأحادية إما على شكل سلسلة مفتوحة أو حلقية.

ب ـ السكريات الثنائية:

السكريات الثنائية هي نوع من الكربوهيدرات تتكون جزيئاتها الثنائية من ارتباط وحدتين متشابهتين أو مختلفتين من السكريات الأحادية بواسطة رابطة سكرية (جليكوسيدية) (Glycosidic bond).

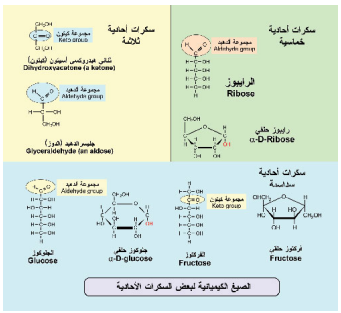
ويُعدّ سكر القصب (Sucrose) من السكريات الشائعة حيث يكثر في قصب السكر وثمار الفواكه وهو السكر الذي نستعمله في تحلية أطعمتنا ومشروباتنا.

جـ ـ السكريات المتعددة:

عندما تتحد أكثر من وحدتين من السكريات الأحادية في سلسلة بواسطة روابط جليكوسيدية فإنها تعرف بالسكريات المتعددة مثل النشا الحيواني (الجلايكوجين)، والسليولوز.

الدهون أو الليبيدات

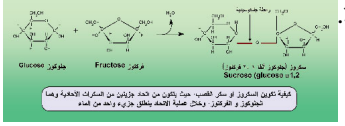
وهي المركبات الدهنية ومشتقاتها. وهي تتركب من عناصر الهيدروجين والأكسيجين والكربون. ويندرج تحتها الزيوت النباتية والحيوانية والشموع، وكذلك الزيوت العطرية. وتتميز بأنها عديمة الذوبان في الماء، ولكنها تذوب في المذيبات العضوية مثل الكحولات.



وتلعب الدهون دوراً مهماً في حياة الخلية حيث تُعَدّ مكوناً أساسياً من مكونات الأغشية الخلوية. ومصدراً للطاقة بعد الكربوهيدرات. وتنقسم الدهون إلى:

1- الدهون الحقيقية:

التي تتكون من جزيء واحد من الجليسرول وثلاثة جزيئات من الأحماض الدهنية، والتي إما أن تكون مشبعة أي أن جميع الروابط الكربونية يشغلها الهيدروجين مثل السمن والزبد. أو أحماض دهنية غير مشبعة التي تتميز بوجود روابط ثنائية مثل الزيوت النباتية.



2 - الدهون الفوسفاتية:

والتي يدخل في تكوينهـــا مجموعة فوسفات بدلاً من أحد الأحماض الدهنية.

3- الاستيرويدات:

التي تتكون من أربع حلقات كربونية مرتبطة مع بعضها. وهي مركبات عضوية هامة مثل فيتامين (D).

4- الشموع:

وهي مركبات قريبة الشبه بالدهون الحقيقية، حيث تتكون من أحماض دهنية ترتبط مع كحولات أخرى بدلاً من الجليسرول.

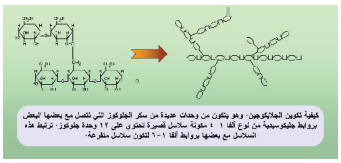
البروتينات

البروتينات عبارة عن جزيئات كبيرة (Macromolecules)، يبدأ تكونها بارتباط الأحماض الأمينية (Amino acids) مع بعضها بروابط ببتيدية (Peptide bonds)، ذلك أن الوحدة الأساسية في تركيب جميع البروتينات هي الأحماض الأمينية. وهي من أكثر الجزيئات شيوعًا في الكائن الحي بعد الماء. كما أنها من أعقد الجزيئات العضوية الموجودة في الخلية.

وتلعب البروتينات دورًا هامًّا في حياة الكائن الحي سواء من الناحية التركيبية أو الوظيفية.

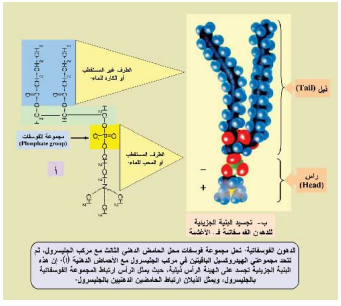
ويمكن تلخيص أهمية البروتينات في النقاط التالية:

- تُعَدّ أحد المكونات الأساسية للأغشية الخلوية والخلايا العضلية وأربطة المفاصل والأنسجة الضامة.
- الإنزيمات التي تدخل في عمليات الأيض الخلوي، وكذلك معظم الهرمونات هي مركبات بروتينية.
- البروتينات مكون أساسي من مكونات الكروموزومات.
- تدخل في تركيب الهيموجلوبين في خلايا الدم.



وتحتوى جميع البروتينات الموجودة في الكائن الحي على أربعة عناصر أساسية هي:

الكربون، الهيدروجين، الأوكسجين، والنيتروجين. كما أن بعض البروتينات تحتوى ـ زيادة على ذلك ـ عناصر الكبريت والفسفور والحديد.



وتنقسم البروتينات بناءً على الهيئة التركيبية إلى قسمين هما:

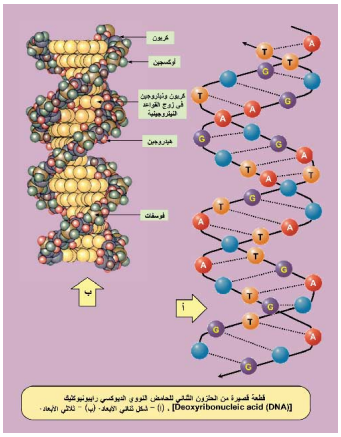
1 - البروتينات الليفية (Fibrous proteins):

تظهر على شكل ألياف قوية عديمة الذوبان في الماء. ومن أمثلتها الكيراتين (Keratin) (بروتين الشعر)، وبروتين الأظافر والقرون والريش، والكولاجين.

Globular proteins):

وهذا النوع يكون ذا شكل حُبيبي أو كُري يتكون من سلاسل ببتيدية متعددة ملتفة حول بعضها.

وأغلبها يذوب في الماء. ومعظم الإنزيمات عبارة عن بروتينات حبيبية أو كرية.



قطعة قصيرة من الحزون الثنائي للحامض النووي الديوكسي ريبونيوكليك [Deoxyribonucleic acid (DNA)] . (أ) – شكل ثنائي الأبعاد. (ب) – ثلاثي الأبعاد.

أما من الناحية الوظيفية فيمكن تصنيف البروتينات إلى الأنواع التالية:

1 - بروتينات تركيبية (Structural proteins):

وهي البروتينات التي تدخل في تركيب الخلايا أو الكائن الحي بشكل عام، ومن أمثلتها البروتينات الليفية (Fibrous proteins)، مثل الكولاجين (Collagen) في الغضاريف، أو بروتينات الشعر والأظافر.

2 - بروتينات أيضية (Metabolic proteins):

هذه البروتينات هي المسؤولة عن عمليات الأيض الخلوي بنوعيه البنائي والانتقاضي مثل الإنزيمات التي تعمل على حفز التفاعلات خلال العمليات الأيضية.

Regulatory proteins):

تقوم هذه البروتينات بتنظيم جميع العمليات الخلوية التي تحدث داخل الخلية. ومن أمثلة ذلك ما يقوم بتنظيم عملية الضغط الأسموزي، أو تنظيم عمل الجينات.

ومن أوضح الأمثلة في هذا المجال الهرمونات المسؤولة عن تنظيم الوظائف الخلوية مثل هرمون الأنسولين الذي ينظّم تركيز السكر في الدم.

Transport proteins):

وهي المسؤولة عن نقل المواد من وإلى الخلية. ومنها البروتينات التي تقوم بنقل المواد عبر غشاء الخلية مثل مضخة الصوديوم والبوتاسيوم. وهناك بروتينات تقوم بنقل بعض العناصر من مكان إلى آخر في جسم الكائن الحي مثل بروتين الهيموجلوبين (Hemoglobin) الذي يقوم بنقل الأكسجين وتحرير ثاني أكسيد الكربون في الخلايا.

5 - بروتينات التخزين (Storage proteins):

هذه البروتينات تساهم في عملية تخزين بعض المركبات. مثل بروتين الفرتين (Ferritin) المسؤول عن خزن الحديد في الطحال، وبروتين الكازين (Casein) الذي يعمل عل خزن الحديد في الحليب.

6 - بروتينات الانقباض (Contraction proteins):

تعرف هذه المجموعة ببروتينات العضلات (Muscle proteins)، مثل بروتين الآكتين (Actin) والميوسين (Myosin) اللذين يعملان على انقباض العضلات.

Defense proteins):

وهي المسؤولة عن مهاجمة الأجسام الغريبة التي تدخل الجسم أو الخلية. ومن أمثلتها البروتينات المناعية مثل الأجسام المضادة (Antibodies).

8 - بروتينات التعرف (Recognition proteins):

تقوم هذه البروتينات بالتعرف على المواد المرغوبة أو غير المرغوبة التي تحيط بالخلايا.

وهي تعرف بمولدات المضادات (Antigens). وعادة ما توجد على سطح الأغشية الخلوية.

الأحماض النووية

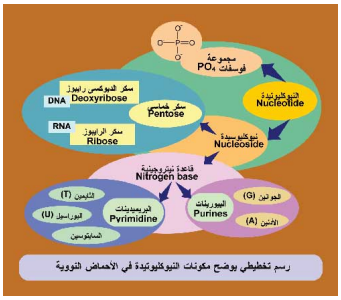
وهي من الجزيئات العضوية الأساسية التي تدخل في تكوين الكائن الحي. وعادة ما توجد في نواة الخلية ذات النواة الحقيقية أو في سيتوبلازم الخلية ذات النواة الأولية.

وسميت بالأحماض النووية لوجودها بكثرة في النواة. وهنالك نوعان من الأحماض النووية وهما:

1- حامض الديوكسي رايبونيوكليك dDeoxyribonucleic aci (DNA)

2 - وحامض الرايبونيوكليك Ribonucleic acid (RNA). ويُعدّ (DNA) من المكونات الأساسية للكروموزومات وهو يمثل المادة الوراثية لمعظم الكائنات الحية. فهو المادة الموجهة لعمليات انتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الذرية. إلا أن المادة الوراثية لبعض الفيروسات هي (RNA).

الوحدة التركيبية في الأحماض النواتية هي النيوكليوتيدة (Nucleotide).



وتتكون النيوكليوتيدة من مجموعة فوسفات (PO4) وسكر خماسي، وهو سكر الديوكسي رايبوز (Deoxyribose) في (DNA)، وسكر الرايبوز (Ribose) في (RNA). وقاعدة نيتروجينية وهي تكون إحدى البيورينات (Purines) الجوانين (G) والأدنين (A). أو إحدى البريميدينات (Pyrimidines) الثايمين (T) والسايتوسين (C) واليوراسيل (U).

أما النيوكليوسيدة (Nucleoside) فإنها تتكون من السكر خماسي والقاعدة نيتروجينية.

وعادة ما يوجد (DNA) على هيئة حلزون ثنائي (Double helix). أما (RNA) فهو عادة ما يوجد على هيئة خيط واحد من متعدد النيوكليوتيدات، وهناك ثلاثة أنواع للحامض النووي (RNA) وهي: المرسال (mRNA) والناقل (tRNA) والرايبوزومى (rRNA).

ويستثنى من ذلك أن هناك بعض الفيروسات التي يمثل (DNA) فيها المادة الوراثية، ويوجد على هيئة خيط واحد فقط من متعدد النيوكليوتيدات.

أما الفيروسات التي يمثل (RNA) فيها المادة الوراثية فيكون على هيئة خيطين من متعدد النيوكليوتيدات تتشابك مع بعضها على هيئة حلزون ثنائي.

بعد هذا العرض الموجز لما توصل إليه علم العلماء في تحليل العناصر والجزيئات التي تتركب منها خلايا الكائنات الحية لا يفوتنا أن نذكر تجربة قام بها بعض العلماء الغربيين الذين لا يعلمون من العلم إلا قليلاً.

حيث قام أولئك العلماء بتحليل محتويات خلية كائن وقدروا محتوياتها من الجزيئات غير العضوية والعضوية تقديراً دقيقاً ثم قاموا بجمع تلك المحتويات ووضعوها في وسط مناسب وهيأوا لها جميع الظروف المناسبة كتلك التي في الخلية.

هدفهم من ذلك أن تتحول هذه المكونات إلى خلية، ثم انتظروا يوماً، ثم أسبوعاً، ثم شهراً، ثم سنة لتتكون الخلية الحية، ولكن لم يحدث من ذلك شيء، متناسين سر الخالق في خلقه، ذلك السر الذي جعله الله من أمور الغيب التي لا يعلمها إلا هو.

ونحن نقول:

حتى لو انتظروا إلى أن تقوم الساعة فلن تتكون الخلية. فأولئك العلماء لم يقرأوا قول الله ـ سبحانه وتعالى ـ في كتابه الكريم:

) مَا أَشْهَدتُّهُمْ خَلْقَ السَّمَاوَاتِ وَالأَرْضِ وَلا خَلْقَ أَنفُسِهِمْ وَمَا كُنتُ مُتَّخِذَ الْمُضِلِّينَ عَضُدًا
) (الكهف ـ 51).

) هَذَا خَلْقُ اللَّهِ فَأَرُونِي مَاذَا خَلَقَ الَّذِينَ مِن دُونِهِ بَلِ الظَّالِمُونَ فِي ضَلالٍ مُّبِينٍ
) لقمان:11.