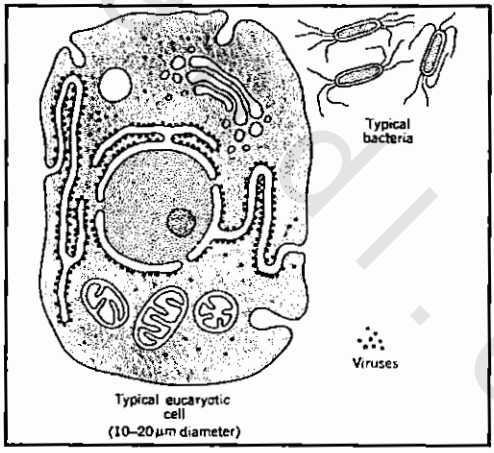
الفصل الأول

الكائنات والمادة الوراثية

س: نعلم أن الله – عز وجل – قد خلق أنواعًا لا تحصى من الكائنات الحية، فكيف يتعامل العلماء مع هذا التنوع الشديد من المخلوقات؟

جـ : إن الوحدة البنائية فى أجسام المخلوقات هى الخلية. ويطلق على المادة الحية بالخلية اسم «بروتوبلازم». وفى معظم المخلوقات يقع داخل الخلية جسم كروى الشكل تقريبا يسمى «النواة»، ويحيط بالنواة مادة هلامية تسمى «سيتوبلازم»، وتحاط الخلية كلها بغشاء رقيق يسمى الغشاء الخلوى أو غشاء البلازما (شكل ١).



(شكل ١): إلى اليسار رسم لخلية من حقيقيات النواة كما تبدو بالمجهر الإلكترونى. لاحظ النواة فى المركز محاطة بغشاءين وهى تحتوى على المادة الوراثية والنوية. يحيط السيتوبلازم بالنواة وهو يحتوى على الميتوكوندريا ولكل منها جدار من غشاءين، الداخلى منهما يكون حواجز. ويرى فى الجزء الأعلى الأيمن من الصورة رسم للبكتيريا، وفى الجزء الأسفل الأيمن عدد من الفيروسات لإيضاح النسب بين الأحجام.

ويقسم العلماء الكائنات الحية إلى مجموعتين كبيرتين هما:

(أ) أوليات النواة أو البروكاريوتات: وهذه تشمل الكائنات التى ليس لخلاياها نواة كجسم محدد، كما أن السيتوبلازم بها يفتقد إلى أى تراكيب غشائية. وتشمل هذه المجموعة بعض طرز البكتيريا والطحالب. وتوجد المادة الوراثية للخلية سائبة فى السيتوبلازم دون أن يحدها غلاف وذلك على هيئة جزىء واحد وذلك بالإضافة إلى حلقات صغيرة من المادة الوراثية تسمى بلازميدات.

(ب) حقيقيات النواة أو الإيوكاريوتات: وهى تشمل الكائنات الحية الأخرى مثل الحيوانات والنباتات.. والخلية فى هذه الكائنات تحتوى على جسم محدد كروى الشكل غالبا هو نواة الخلية، وتقع المادة الوراثية للخلية داخل هذه النواة ويحتوى سيتوبلازم الخلية على عدد من التراكيب الغشائية منها ما يسمى «ميتوكوندريا»، وهذه الميتوكوندريا تحتوى على الإنزيمات التنفسية اللازمة للعمليات الحيوية بالخلية والتى ينتج عنها الطاقة اللازمة للخلية. أما فى مجموعة البروكاريوتات فإن الإنزيمات التنفسية تقع على الغشاء الخلوى ذاته.

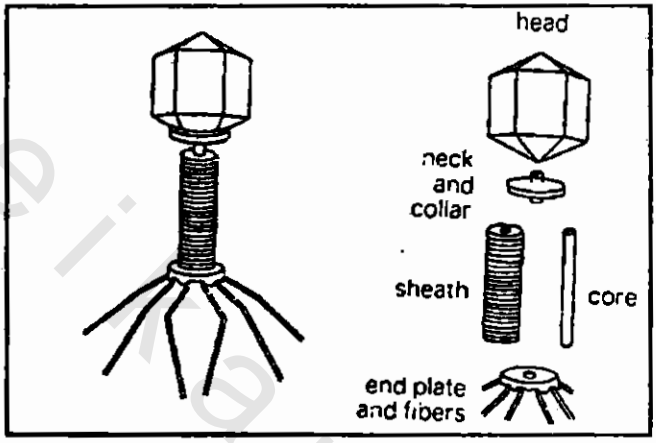
ويعطى كل كائن حى اسمًا من كلمتين بالحروف الإنجليزية، أولهما يحدد جنسه والثانى يحدد نوعه.

س : وماذا عن الفيروسات Viruses؟

جـ: الفيروسات ليست خلايا (شكل ٢)، وهى لا تقوم بذاتها بالعمليات الحيوية مثل التنفس أو التغذية أو الإخراج أو التكاثر، وهى تتكون من مادة وراثية يحيط بها غلاف بروتينى. وقد تكون المادة الوراثية هى حمض DNA (Adenoviruses) أو حمض RNA (Retroviruses).

وتغزو الفيروسات الخلايا النباتية والخلايا الحيوانية وتسبب لها أضرارًا. ولا تتكاثر الفيروسات إلاّ داخل الخلايا الحية التى تصيبها حيث تستغل الفيروسات الإنزيمات والمركبات الأخرى الموجودة فى الخلايا لصالح النشاط الفيروسى. وتسبب الفيروسات أمراضا خطيرة للإنسان مثل الإيدز والسعار

والجديرى وشلل الأطفال والحصبة والجدرى والنكاف. وتعطى طُرُز الفيروسات رموزًا تميز كل منها وذلك باستخدام حروف إنجليزية أو يونانية وأرقام، كما أنها تصنف فى عائلات families.



(شكل ٢): الرسم إلى اليسار يوضح تركيب أحد الفيروسات التى تصيب البكتيريا. إلى اليمين ترى الأجزاء المكونة للفيروس.

س : وما هى أحجام الفيروسات وأحجام البكتيريا؟

جـ : قبل أن نرد على هذا السؤال لابد أن نعرف وحدات الأطوال التى يستخدمها العلم، فالأطوال تنسب دائما إلى المتر. وعادة يسبق كلمة (متر) مقطع آخر له دلالة.

ومن أمثلة المقاطع القبلية الشائعة كلمة جيجا giga (ألف مليون)، كلمة ميجا mega (وتعنى مليون)، وكلمة كيلو kilo (وتعنى ألف)، وكلمة سنتى centi (وتعنى $\frac{١}{١٠٠}$)، وكلمة ميللى milli (وتعنى $\frac{١}{١٠٠٠}$)، وكلمة ميكرو micro (وتعنى $\frac{١}{\text{مليون}}$)، وكلمة نانو nano (وتعنى $\frac{١}{\text{ألف مليون}}$)، وكلمة بيكو pico (وتعنى $\frac{١}{\text{مليون مليون}}$)، وكلمة فمتو femto (وتعنى $\frac{١}{\text{ألف مليون مليون}}$)، وكلمة أتُّو atto (وتعنى $\frac{١}{\text{مليون مليون مليون}}$).

فإذا قلنا (جيجا بايت) فإن ذلك يعنى ألف مليون بايت. وإذا قلنا (كيلو متر) فإن ذلك يعنى ألف متر، وإذا قلنا (سنتيمتر) فإن ذلك يعنى واحد على مائة من المتر، وإذا قلنا (ميللى لتر) فإن ذلك يعنى واحد على ألف من اللتر.

والآن نجيب على السؤال المطروح. يتراوح قطر الفيروس بين ١٠ - ٣٠٠ نانومتر، ويتراوح قطر البكتيريا بين ٠,٥ - ٢٠ ميكرومتر.

س : ماذا يقصد بالمادة الوراثية؟

جـ : لقد عرف العلماء أن المادة الوراثية فى جميع الخلايا الحية هى الحمض النووى المعروف باسم د.ن.أ. (دنا) DNA. وقد اكتشف تركيب جزىء هذا الحمض فى جامعة كمبردج البريطانية فى عام ١٩٥٣ العالمان واطسون وكريك، وقد استفادا بالصور العلمية التى حصل عليها العالم ولكنز والعالمة فرانكلين. وقد توفيت فرانكلين فى عام ١٩٥٨ وعمرها ٣٧ عاما متأثرة بسرطان المبيض.. وقد فتح اكتشاف تركيب جزىء DNA الباب واسعا أمام كثير من الإنجازات فى مجال العلوم البيولوجية. ويقدر البعض أن تأثير هذا الاكتشاف فى مجال العلوم البيولوجية يناظر تأثير اكتشاف تحطيم الذرة وإطلاق الطاقة الذرية. وفى عام ١٩٦٢ منحت جائزة نوبل مشاركة بين واطسون وكريك وولكنز، ولم تعط الجائزة لفرانكلين حيث إنها لا تعطى لاسم متوفى، كما أنها لا تعطى لأكثر من ثلاثة علماء معًا.

ويتكون جزىء DNA من شريطين من المركبات الكيميائية (شكل ٣ أ، ب، جـ، د، هـ، و)، ويلتف الشريطان حول بعضهما بحيث تكون المسافة بينهما ثابتة، ويوصف شكل الجزىء بأنه حلزونى مزدوج. والمركبات التى تكون الشريطين أربعة تعرف باسم «دى أوكسى نيوكليوتيدات»، حيث يتكرر كل منها مئات وآلاف المرات على امتداد كل من الشريطين، ويرمز لهذه المركبات الأربعة

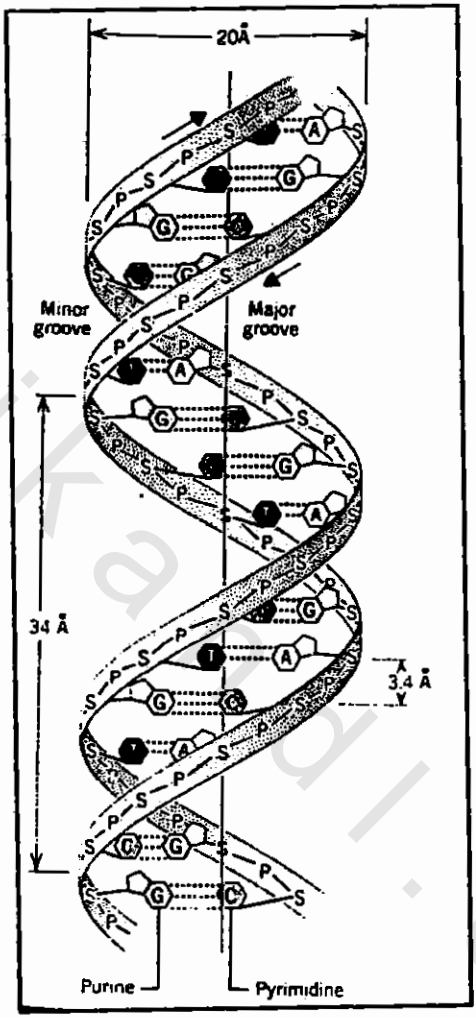
بالحروف A, T, G, C. والجين هو قطعة من جزىء DNA تتحكم فى صفة معينة من صفات الكائن. وتكون جزيئات DNA فى الخلية البشرية الواحدة عددًا من الجينات يزيد عن ٣٨ ألفا.

وفى الكائنات المعروفة باسم إيوكاريوتات توجد المادة الوراثية فى أنوية الخلايا على هيئة تراكيب عصوية الشكل تعرف باسم كروموسومات. ولكل نوع من أنواع الكائنات الحية عدد محدد وثابت وأشكال معينة مميزة من الكروموسومات. ويتكون الكروموسوم من حمض DNA مرتبطا بمواد بروتينية معينة. وفى الخلية البشرية الجسمية يوجد (٤٦) كروموسومًا، وفى خلايا الشمبانزى (٤٨) كروموسومًا، وفى نحل العسل (٣٢)، وفى الفأر (٤٠)، وفى الاسكارس (٢)، وفى حشرة الدروسوفلا (٨).

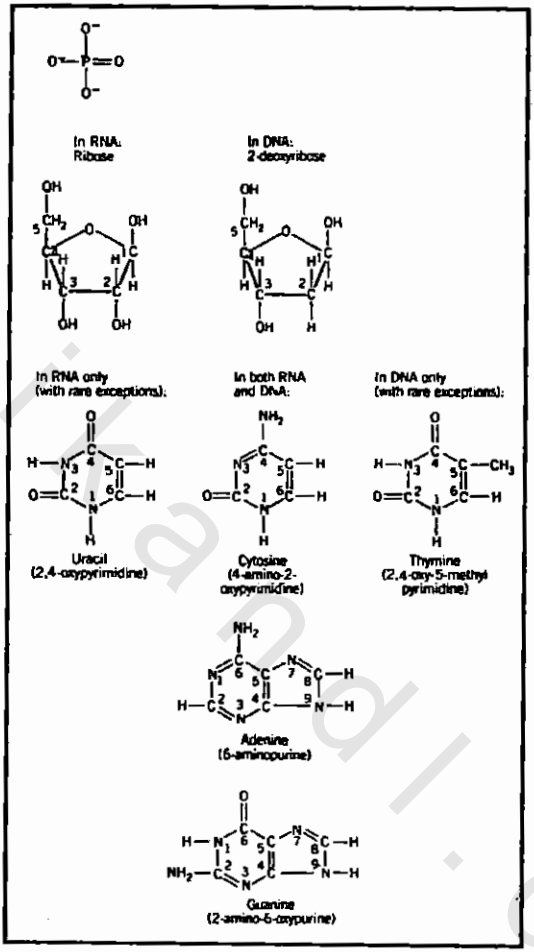
س : وكيف يحدد حمض DNA صفات الكائن الحى؟

جـ : يتم داخل نواة الخلية نسخ حمض DNA إلى حمض آخر يعرف باسم RNA يتكون الجزىء فيه من شريط واحد. ويتم بناء جزىء RNA أيضا من أربعة مركبات يرمز لها A, U, C, G تتكرر مئات وآلاف المرات، وتتواجد جزيئات هذه المركبات الأربعة فى الخلية. ويتحكم جزىء DNA فى بناء جزىء RNA بناء على ترتيب الجزيئات A, T, G, C داخل جزىء DNA.

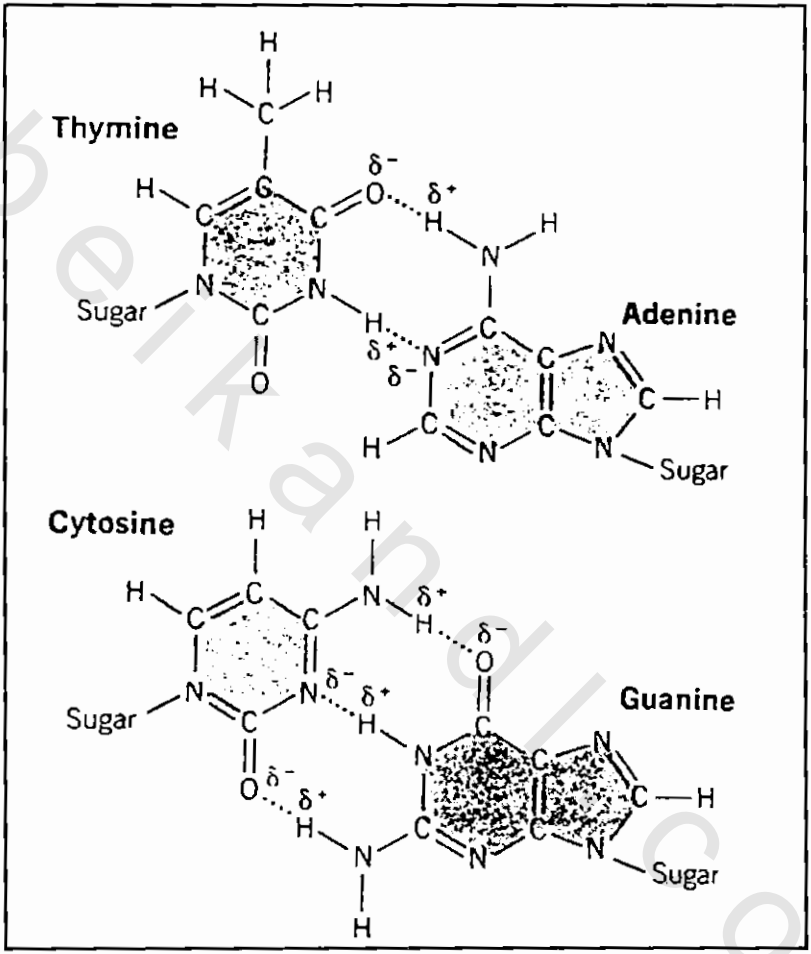
ولشرح الأمر نقول: إن شريط حمض RNA يتم بناؤه أمام أحد شريطى جزىء DNA، ففى الموقع من جزىء DNA الموجود فيه المركب A يتم وضع المركب U لبناء جزىء RNA، وفى الموقع من جزىء DNA الموجود فيه المركب T يتم وضع المركب A لبناء جزىء RNA ، وفى الموقع من جزىء DNA الموجود فيه المركب G يتم وضع المركب C لبناء جزىء RNA، وفى الموقع من جزىء DNA الموجود فيه المركب C يتم وضع المركب G لبناء جزىء RNA.



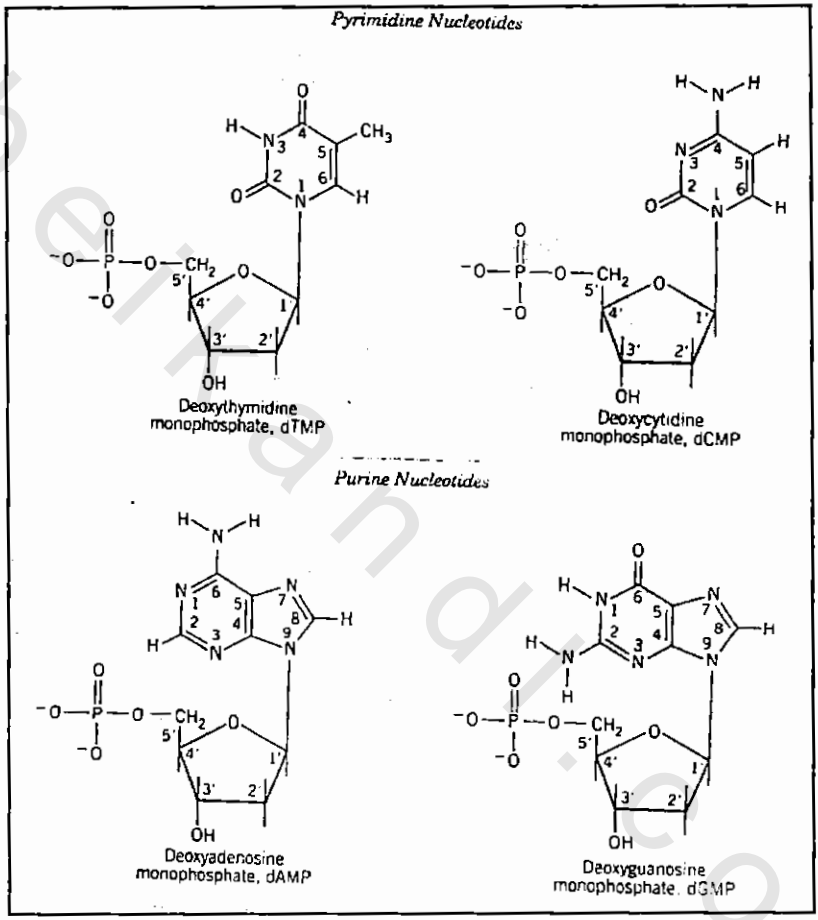
(شكل ٣ أ): جزيء المادة الوراثية DNA يتكون من شريطين من جزيئات السكر (S) والفوسفات (P) يلتفان حول بعضهما، ويربط بين الشريطين جزيئات القواعد النيتروجينية حيث (A) تقابلها (T) ، (C) تقابلها (G).



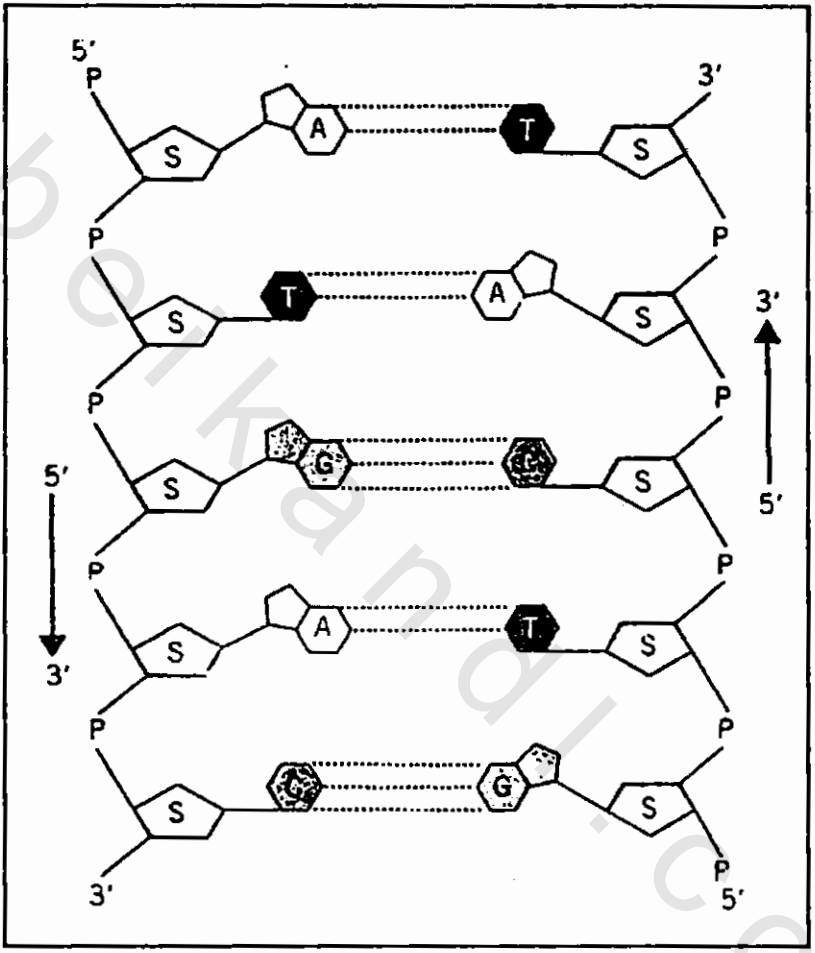
(شكل ٣ ب): في أعلى اللوحة ترى مجموعات الفوسفات. في الوسط يرى إلى اليسار جزيء سكر الريبوز الذى يحتوى على خمس ذرات كربون وهو يدخل فى تركيب الحمض النووى الريبوزى RNA. إلى اليمين يرى جزيء سكر دى أوكسى ريبوز الذى يتميز عن سكر الريبوز بنقص ذرة أوكسجين عند ذرة الكربون رقم (2)، وهو يدخل فى تركيب الحمض النووى DNA. الجزء الأسفل من الرسم يوضح التركيب الكيميائى لقواعد نيتروجينية خمس، يدخل منها السيتوسين والأدنين والجوانين فى تركيب كل من RNA & DNA، ويدخل الثايمين فى تركيب حمض DNA، بينما يدخل اليوراسيل فى تركيب حمض RNA.



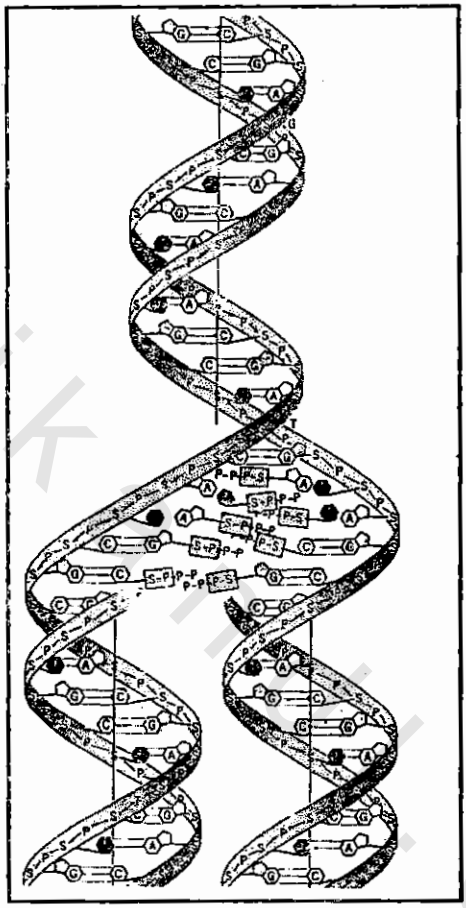
(شكل ٣ جـ): ارتباط القواعد النيتروجينية فى حمض DNA. يرتبط الأدنـين (A) دائما مع الثايمين (T) عن طريق إثنتين من الروابط الهيدروجينية، كذلك يرتبط الجوانين (G) مع السيتوسين (C) عن طريق ثلاث روابط هيدروجينية.



(شكل ٣ د): الوحدات البنائية فى الحمضين النووين. كل وحدة تتكون من جـزىء سكر يرتبـط من ناحيـة بقاعدة نيتروجينية ومن ناحية أخرى بمجموعة الفوسفات.

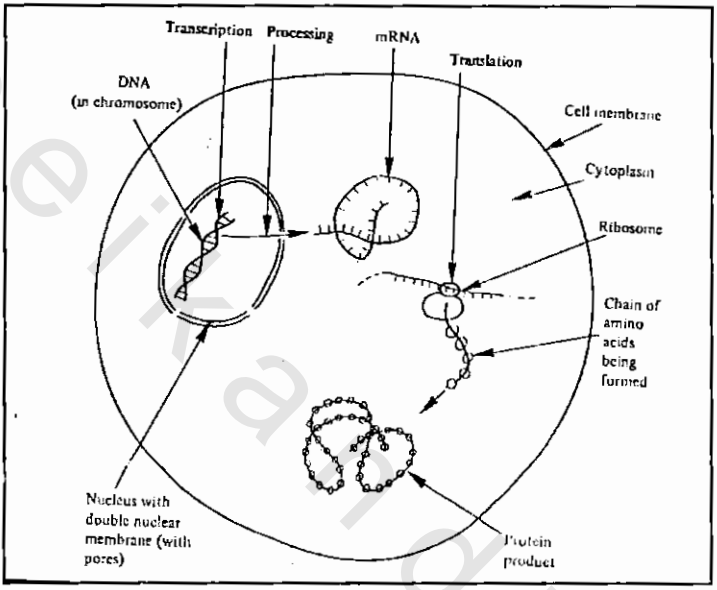


(شكل ٣ هـ): شكل تخطيطي يوضح أن جانبي جزيء DNA يتكونان من جزيئات سكر (S) وفوسفات (P)، وأن الجانبين يرتبطان عن طريق جزيئات القواعد النيتروجينية، حيث ترتبط القاعدة (T) مع القاعدة (A)، وترتبط القاعدة (G) مع القاعدة (C).



(شكل ٣ و): الجزء الأسفل من الرسم يوضح انفصال شريطى جزىء DNA عن بعضهما وتكون شريط جديد من الجزيئات أمام كل شريط قديم.. وتستمر هذه العملية حتى تتم مضاعفة جزىء DNA إلى جزيئين، ويحدث ذلك قبل الانقسام الخلوى لضمان احتواء كل خلية ناتجة على المادة الوراثية كاملة.

فعندما يراد توظيف جين معين من جزىء DNA فإن هذا الجين ينسخ أولا إلى جزىء RNA. ثم يخرج جزىء RNA المنسوخ من نواة الخلية إلى منطقة السيتوبلازم حيث تتم ترجمته إلى مادة بروتينية.



(شكل ٤): رسم تخطيطى لتوضيح خطوات تخليق البروتينات داخل الخلية حيث يقوم حمض DNA داخل النواة بتخليق شريط جزىء RNA الذى يحمل الشفرات الوراثية، ويخرج هذا من النواة إلى السيتوبلازم حيث يرتبط بالريبوسومات. ويتم بناء سلسلة من الأحماض الأمينية وفق تسلسل الشفرات التى يحملها حمض RNA . وفى النهاية تلتف سلسلة الأحماض الأمينية وفق نظام معين كما ترتبط أحيانا مع غيرها من السلاسل لتخليق مركب بروتينى معين.

س: وكيف يتحكم جزىء DNA فى بناء بروتين معين؟ ثم ما هى أهمية تخليق أية مادة بروتينية؟

جـ: إن البروتين يتركب من سلاسل من الأحماض الأمينية، وتعتمد خصائص كل بروتين على تسلسل الأحماض الأمينية به، فإن اختل هذا التسلسل اختل تركيب المادة البروتينية واختلت أيضا وظيفة هذا البروتين. والذى يحدث هو أن

كل ثلاثة مركبات متتالية على جزىء RNA تكون شفرة لوضع حمض أمينى معين عند بناء سلسلة الأحماض الأمينية. وعلى ذلك فإن تتابع الجزيئات U, A, C, G على طول امتداد جزىء RNA يتحكم فى ترتيب الأحماض الأمينية فى السلسلة التى يتم بناؤها.

ولكل حمض أمينى شفرة أو أكثر من ثلاثيات المركبات المكونة لحمض RNA تدل على هذا الحمض الأمينى. والواقع أنه يعرف عشرون من الأحماض الأمينية لكل منها عدد من الشفرات يتراوح بين شفرة واحدة إلى ست شفرات. وقد استطاع مارشال نيرمبرج Marshall Niremberg فى عام ١٩٦٣ كشف هذه الشفرات. وعادة مًا يتكون البروتين الواحد من عدة سلاسل من الأحماض الأمينية، وتنحنى هذه السلاسل وتتداخل معا فى شكل معين لتكون بروتينا معينا، فإذا ما تغيرت شفرة أحد الأحماض الأمينية على جزىء RNA لتدل على حمض أمينى آخر نتج لدينا بروتين مختلف عن المطلوب. وهكذا نرى أن حمض DNA يتحكم فى بناء RNA، وأن RNA يتحكم فى بناء البروتين.

وتتحدد أهمية البروتينات فى العناصر الآتية:

- ☐ أنها الأساس فى بناء عضلات الجسم وأنها مكون لا غنى عنه فى تكوين جميع أنسجة الجسم وخلاياه وإفرازاته.
- ☐ أن الإنزيمات هى مواد بروتينية، وأن الإنزيمات تتحكم فى جميع التفاعلات الكيميائية التى يقوم بها الجسم ومنها تفاعلات مكونات الجسم الأخرى غير البروتينية من مواد كبروهيدراتية ومواد دهنية، وهذا يعنى أن بناء ونشاط المواد الكربوهيدراتية والمواد الدهنية يعتمد على البروتينات.
- ☐ أن الغالبية العظمى من الهرمونات التى يفرزها الجسم هى مواد بروتينية.
- ☐ أن الكثير من البروتينات تلعب دورًا وظيفيا هاما فى العديد من الأنشطة الجسمية.

وبناء عليه فإن البروتينات هى التى تحدد إلى حد كبير خصائص جسم الكائن الحى ووظائفه. ومن هنا تتضح أهمية الدور الذى تلعبه المادة الوراثية.