

الفصل الأول

كيمياء الحياة

- عناصر كيمياء الحياة .
- الذرة .
- التشكل .
- الماء .
- الكربوهيدرات .
- الليبيدات .
- الأحماض الأمينية .
- البروتينات .

عناصر كيمياء الحياة

تحتوى المادة الحية على مكونات غير حية من البروتينات والكربوهيدرات والدهون والأحماض النووية ونواتج الأيض .

وتتطلب العمليات الحيوية كالهضم والامتصاص وإنتاج الطاقة كثيراً من التفاعلات الكيميائية داخل الخلية ، والتي تتم على مستوى الذرات والجزيئات بتكوين روابط كيميائية مختلفة تختلف باختلاف التفاعل الكيميائي .

لذلك يصبح من الضروري تنشيط الذاكرة ببعض الأساسيات الكيميائية التى تعتبر مدخلاً لفهم العمليات الحيوية التى تحدث فى الخلية .

والروابط الكيميائية فى الجزيئات العضوية هى مخازن لطاقة كيميائية تطلقها الخلية تدريجياً لتدخل فى عمليات متنوعة مستهلكة للطاقة . والمصدر الرئيسى للطاقة هو الشمس وتتحول الطاقة الشمسية فى النباتات الخضراء إلى طاقة كيميائية مخزنة فى الروابط بين ذرات وجزيئات المادة الغذائية ، ولذلك فإن دراسة أساسيات علم الكيمياء تمثل مدخلاً ضرورياً لدراسة الموضوعات البيولوجية والوسيلة العلمية لفهم التفاعلات التى تتم على مستوى الخلية والتى تسمح بالإجابة على تساؤلات كثيرة منها : كيف تخزن الطاقة ؟ وكيف تنطلق ؟ وما هو الدور الذى تلعبه العناصر المختلفة فى العمليات الحيوية ؟ وكيف تأتى المواد التى تدخل فى تركيب الكائنات الحية - بما فى ذلك جسم الإنسان - من المواد غير الحية الموجودة فى البيئة ؟ إلا أن الكائنات الحية تتميز بأن مكوناتها الكيميائية أكثر تعقيداً وتنظيماً ، حيث تنتظم هذه المكونات فى جزيئات كيميائية كبيرة الحجم عالية التنظيم كالإنزيمات والهرمونات وبروتينات العضلات والدهون والأحماض النووية .

وتتميز كيمياء الكائنات الحية بمظهرين رئيسيين :

الأول : أن المواد الحية تتكون فى معظمها من الماء .

الثانى : أن المركبات الكيميائية التى تكون الكائنات الحية تحتوى على هياكل

كربونية ، وأنها ذات تركيب معقد يُضفى عليها خصائص مميزة .

ويحتوى العالم الطبيعي على العديد من المواد المتنوعة بعضها يمكن تحليله تحت ظروف معينة إلى أجزاء أصغر منه ، فمثلا يمكن تحليل الماء إلى غازى الهيدروجين والأكسجين ، كما يمكن فصل الصداً إلى حديد وأكسجين . . إلا أن بعض المواد الأخرى يطلق عليها العناصر الكيميائية ولا يمكن تحليلها فى التفاعلات الكيميائية العادية إلى مواد أبسط منها . .

ومن العناصر الشائعة فى حياتنا اليومية - بالاسم على الأقل - الهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والحديد والذهب والهليوم والكربون . .

العناصر الكيميائية التى توجد فى الكائنات الحية

العنصر	الرمز	النسبة المئوية بالوزن
الأكسجين	O	٦٢
الكربون	C	٢٠
الهيدروجين	H	١٠
النيتروجين	N	٣,٣
الكالسيوم	Ca	٢,٥
الفوسفور	P	١,٠٠
الكبريت	S	٠,٢٥
البوتاسيوم	K	٠,٢٥
الكلور	Cl	٠,٢٠
الصوديوم	Na	٠,١٠
الماغنسيوم	Mg	٠,٠٧
اليود	I	٠,٠١
الحديد	Fe	٠,٠١
		٩٩,٩٦

ويوجد الكربون فى الطبيعة على صورتين نقيتين هما الجرافيت والماس ، ومع أن هاتين الصورتين للكربون تلعبان أدواراً رئيسية فى حضارات الشعوب إلا أن ارتباط الكربون مع غيره من العناصر هو الذى يضىء على الكربون دوراً رئيسياً فى الحياة ،

ونعرف آلاف من المركبات الكيميائية الكربونية يلعب العديد منها أدواراً رئيسية فى حياة الكائنات الحية . ولقد اكتشف علماء الكيمياء فى الطبيعة ما يزيد على مائة عنصر إلا أن الكائنات الحية تستخدم من هذه العناصر حوالى عشرين عنصراً إلى جانب العناصر النادرة التى تحتاج إليها الكائنات الحية بكميات صغيرة جداً .

النحاس - المنجنيز - الموليبدنم - الكوبالت - البورون - الزنك - الفلور
الليثيوم - الكروم .

وهذه العناصر العشرون ليست أكثر العناصر شيوعاً فى الكون ، فعنصر السليكون مثلاً أكثر العناصر شيوعاً فى القشرة الأرضية حيث يزيد على ٣٠٠ ضعف عنصر الكربون ، إلا أن عنصر الكربون يلعب دوراً لا يمكن الاستغناء عنه فى كل الكائنات الحية فى حين يدخل السليكون فى القليل جداً من المركبات الكيميائية المهمة بيولوجياً .

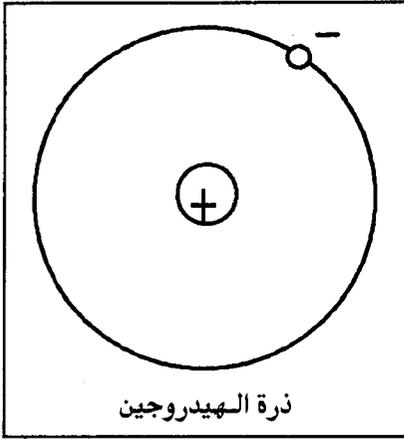
وتستخلص الكائنات الحية من البيئة ما تحتاج إليه من هذه العناصر وترفض البعض الآخر ، فتمتص جدر النباتات من التربة بعض العناصر وترفض البعض الآخر. والكائنات الحيوانية لها طرق معقدة فى الحصول على المركبات الكيميائية الضرورية لها فقد تهجر الحيوانات لعدة أميال لزيادة ترسبات ملحية معينة تعوض منها ما تحتاجه من الصوديوم .

تركيب الذرة Atomic structure

الذرة هى أصغر جزء من عنصر يحتفظ بكل خصائص هذا العنصر ويشترك فى التفاعل الكيميائى ، والذرات متناهية فى الصغر فقطر ذرة الكربون حوالى ٠,١٤ نانومتر .

(١ نانومتر = 10^{-10} ملليمتر) وقطر ذرة الأيدروجين - أصغر الذرات - هو ٠,١ نانومتر .

ومع أن الذرات صغيرة جداً لدرجة لا تمكنا من فحصها مباشرة إلا أن علماء الكيمياء والفيزياء قاموا بوضع نماذج لتركيبها واستنتجوا العديد من خصائصها .

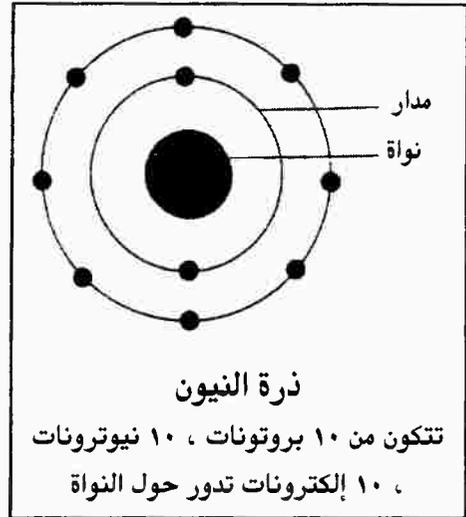
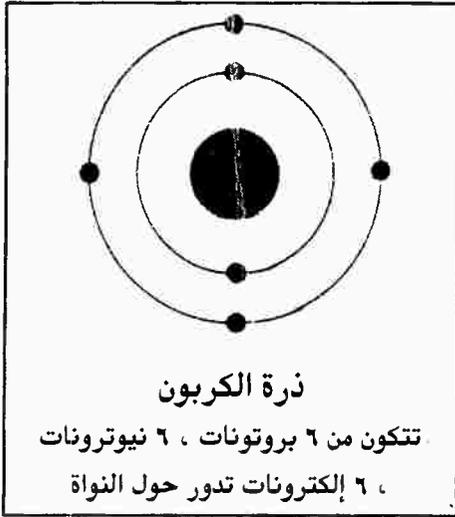


• يوجد في مركز الذرة النواة وهي مجموعة من نوعين من الجسيمات هما البروتونات Protons والنيوترونات Neutrons ولكل بروتون ونيوترون كتلة تساوي حوالي ١ (وحدة كتلة ذرية) إلا أن البروتون يحمل شحنة موجبة بينما لا يحمل النيوترون أى شحنة ، وهناك نوع ثالث من الجسيمات هو الإلكترون Electron وكتلته صغيرة جداً لدرجة أنها تعتبر صفراً وكل إلكترون يحمل

شحنة سالبة ، وتدور الإلكترونات بسرعة حول النواة لدرجة أنها تحتل معظم الفراغ المحيط بالنواة والذي يطلق عليه مدارات الإلكترون أو السحابات الإلكترونية . وتحتوي الذرة على عدد متساوٍ من الإلكترونات والبروتونات وعلى ذلك فشحنتها الكهربائية تساوى صفراً .

وذرة الهيدروجين هي أصغر وأبسط الذرات حيث تحتوى على بروتون واحد ذى شحنة موجبة وإلكترون واحد ذى شحنة سالبة يدور حولها . ومعظم ذرات الهيدروجين لا تحتوى على نيوترونات إلا أن أنوية ذرات العناصر الأخرى تحتوى على نيوترونات فمثلا نواة ذرة الهليوم تحتوى على بروتونين ونيوترونين وتحتوى كل ذرات عنصر الهليوم على نفس العدد من البروتونات ، ويطلق على هذا العدد اسم العدد الذرى Atomic number ويحتوى كل عنصر على العدد الذرى الخاص به فالعدد الذرى للهيدروجين ١ وللهليوم ٢ . . . إلخ .

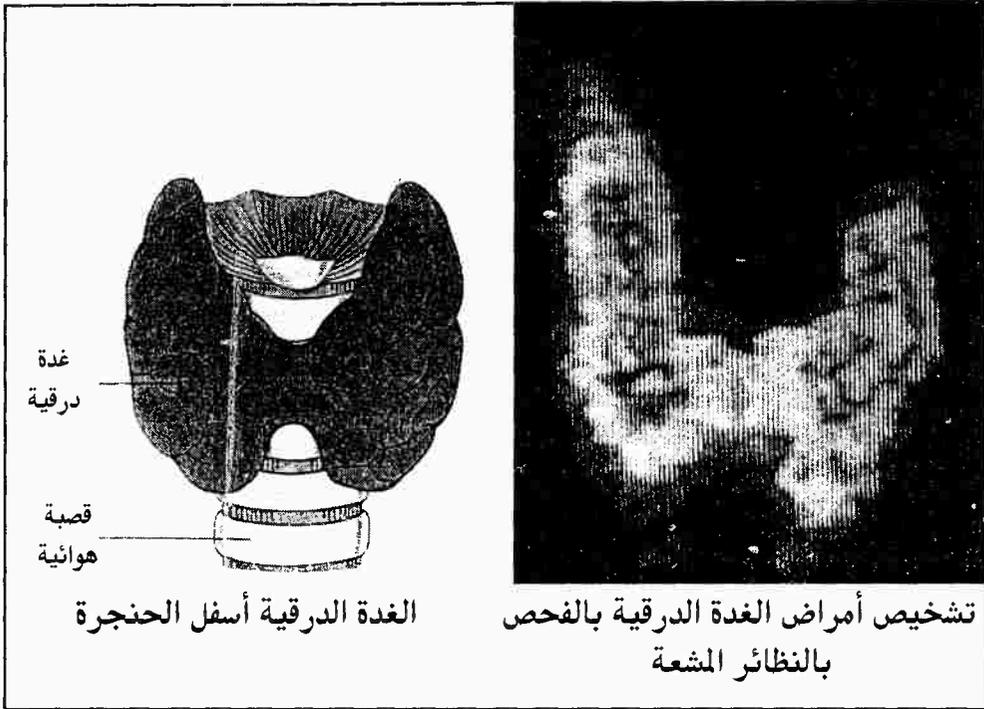
ولتقدير الكتلة الذرية Atomic mass لأي ذرة فإننا نجمع عدد البروتونات وعدد النيوترونات الخاصين بها حيث أن كل بروتون أو نيوترون له كتلة تساوى وحدة كتلة ذرة واحدة .



وتوجد بعض العناصر على صورتين مختلفتين أو أكثر أو على شكل نظائر **Isotopes** . ونظيراً نفس العنصر يحتويان على أعداد مختلفة من النيوترونات إلا أنهما يحتويان نفس العدد من البروتونات وعلى ذلك فلهما نفس العدد الذري ولكن الكتلتين الذريتين مختلفتان . وبعض (ليس كل) النظائر النادرة تكون مشعة **Radio active** أى أنها غير مستقرة نوعاً ما وتتحلل في النهاية لتكون ذرات عناصر أخرى مطلقة طاقة ذرية في هذه العملية .

ويستخدم العلماء في بعض الأحيان النظائر المشعة لتتبع مصير بعض المركبات الكيميائية في داخل الكائنات الحية ، فمثلاً قد يتم تغذية كائن حي تجريبياً ببعض المركبات الكيميائية المحضرة بطريقة خاصة بحيث تحتوى على نسبة أعلى من المعتاد من نظير مشع (كربون C^{14}) وكمية أقل من نظير الكربون العادي (C^{12}) ثم يحدد الباحث كيف يتعامل الكائن الحي مع هذا المركب عن طريق الكشف عما يحدث لنظير الكربون C^{14} . وتسمى هذه العملية بالترقيم **Labeling** ويمكن تتبع مصير النظير المشع باستخدام عداد جيجر **Geiger counter** أو باستخدام فيلم تصوير حساس وذلك لتتبع الطاقة المنبعثة أثناء تحليل النظير .

وتستخدم النظائر المشعة أيضاً في الأبحاث البيولوجية على نطاق واسع وفي العلاج وعلى سبيل المثال استخدام اليود المشع لفحص الغدة الدرقية .



* تركيب الذرة في ضوء نظرية بور Bohr's atomic structure :

- * في مركز الذرة نواة موجبة الشحنة تحتوي عددا من البروتونات الموجبة وعدداً من النيوترونات المتعادلة ويشكل ذلك كتلة الذرة .
- * يدور حول النواة عدد من الإلكترونات سالبة الشحنة .
- * الذرة متعادلة كهربياً حيث يتساوى عدد الشحنات الموجبة (البروتونات) مع عدد الشحنات السالبة (الإلكترونات) .
- * تدور الإلكترونات حول النواة في عدد من مستويات الطاقة (سبعة مستويات) هي K , L , M , N , O , P , Q مرتبة حسب قربها من النواة .
- * يعبر عن طاقة المستوى بعدد الكم الرئيسي وهو (١) للمستوى الأول K ، (٢) للمستوى الثاني L
- * طاقة الإلكترون أثناء حركته تتوقف على بُعد مستوى طاقته عن النواة (تتزايد طاقة المستوى كلما زاد نصف القطر) .

* الكم (الكوانتم) Quantum : هو مقدار الطاقة المكتسبة أو المنطلقة عندما ينتقل إلكترون من مستوى طاقة إلى مستوى طاقة آخر .

* الفرق في الطاقة بين مستويات الطاقة غير متساوٍ ويقل ببعدها عن المستوى عن النواة وبالتالي فالكم اللازم لنقل الإلكترون بين المستويات المختلفة غير متساوٍ .

* ينتقل الإلكترون من مستوى إلى مستوى آخر إذا كانت كمية الطاقة المكتسبة أو المفقودة مساوية لفرق الطاقة بين المستويين وعندما يكتسب الإلكترون قدرًا معينًا من الطاقة (كوانتم) بالتسخين ينتقل إلى مستوى طاقة أعلى مؤقتًا ويصبح في وضع غير مستقر ويعود إلى مستواه الأصلي عندما يفقد نفس الكم من الطاقة في صورة إشعاع من الضوء له طول موجي وتردد مميز ينتج طيفًا مميزًا .

• وقد أدخل العلماء تعديلات على ذرة بور :

١ - الإلكترون له طبيعة مزدوجة فهو سالب الشحنة ولكنه جسم مادي له خواص موجية تنشأ من حركته وتسمى الموجات المادية ، وهي تختلف عن الموجات الكهرومغناطيسية في أنها لا تنفصل عن الجسم المتحرك وسرعتها لا تساوي سرعة الضوء .

٢ - تحديد مكان وسرعة الإلكترون أمر غير مؤكد ولكنه أمر محتمل (يحتمل) بقدر كبير أو صغير وجود الإلكترون في مكان ما (وتستخدم كلمة أوربيتال Orbital للتعبير عن احتمال تواجد الإلكترون في منطقة ما من الفراغ المحيط بالنواة ، والسحابة الإلكترونية هي النموذج المقبول لوصف الأوربيتال .

٣ - السحابة الإلكترونية : هي الأماكن التي يتخذها الإلكترون أثناء حركته حول النواة وفيها يتضح تواجد الإلكترون في كل الاتجاهات والأبعاد حول النواة .

* مستويات الطاقة Energy levels :

١ - عدد الإلكترونات التي يتشبع بها مستوى طاقة معين تساوي ضعف مربع رقم الغلاف $2n^2$ (n رقم الغلاف) .

إلكترونين	يتشبع بـ	K	الغلاف الأول
٨ إلكترونات	يتشبع بـ	L	الثاني
١٨ إلكترونات	يتشبع بـ	M	الثالث
٣٢ إلكترونات	يتشبع بـ	N	الرابع

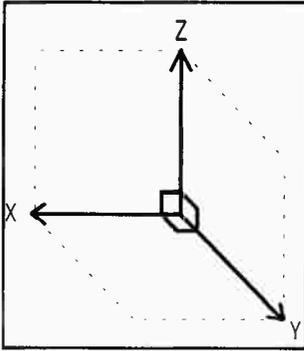
ولا ينطبق ذلك على المستويات بعد المستوى الرابع .

٢ - المستوى الرئيسي يحتوى على عدد من تحت مستويات الطاقة الفرعية يساوى رقمه .

٣ - المستويات الفرعية هي : s , p , d , f وتختلف المستويات الفرعية لنفس المستوى الرئيسي عن بعضها فى الطاقة اختلافا بسيطا وترتب حسب طاقتها .

* عدد الكم المغناطيسى Magnetic quantum number :

هو عدد الأوربيتالات التى يحتوى عليها مستوى فرعى معين .



المستوى الفرعى s له أوربيتال واحد .

المستوى الفرعى p له ثلاثة أوربيتالات لها

ثلاثة اتجاهات فراغية متعامدة هي :

$$p_z - p_y - p_x$$

المستوى الفرعى d له خمسة أوربيتالات .

المستوى الفرعى f له سبعة أوربيتالات .

* عدد الكم المغزلى :

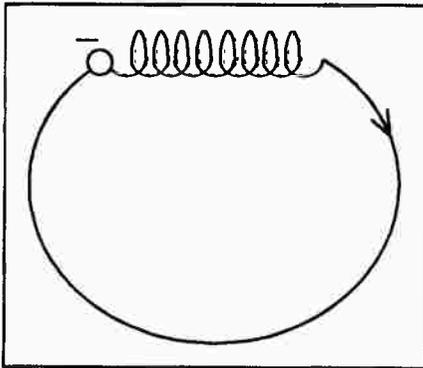
يحدد نوع الحركة المغزلية للإلكترون حول

محوره . يدور فى الأوربيتال إلكترونان كل

منهما يدور حول محوره أثناء دورانه حول

النواة (كما يحدث عند دوران الأرض حول

نفسها أثناء دورانها حول الشمس) .



توزيع الإلكترونات في مستويات الطاقة لبعض العناصر



العنصر	العدد الذري	1s	2s	2p	3s	3p	4s	3d
H	1	1						
C	6	2	2	2				
N	7	2	2	1+1+1				
O	8	2	2	2+1+1				
F	9	2	2	2+2+1				
Ne	10	2	2	2+2+2				
Na	11	2	2	2+2+2	1			
P	15	2	2	2+2+2	2	1+1+1		
Cl	17	2	2	2+2+2	2	2+2+1		
K	19	2	2	2+2+2	2	2+2+2	1	
Sc	21	2	2	2+2+2	2	2+2+2	2	1

المستوى الفرعي 3d طاقته أعلى من المستوى الفرعي 4s لذلك يمتلئ أولاً ثم يمتلئ 3d كما في ذرة البوتاسيوم والاسكانديوم Sc .

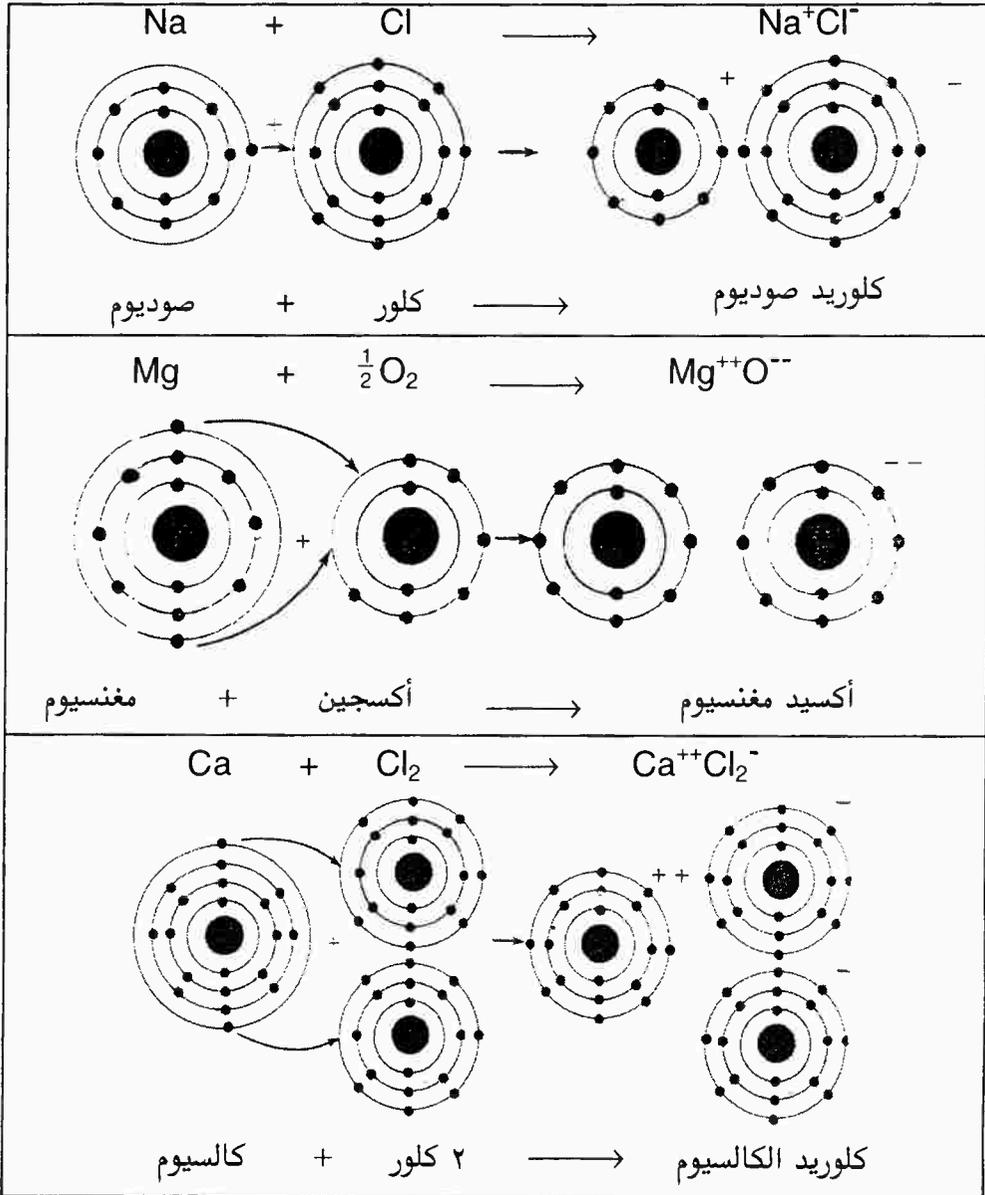
عدد الكم	عدد الكم الرئيسي	عدد الكم الثانوي	عدد الكم المغناطيسي
K	1	1s	1
L	2	2s 2p	1 + 3
M	3	3s 3p 3d	1 + 3 + 5
N	4	4s 4p 4d 4f	1 + 3 + 5 + 7

* اتحاد ذرات العناصر :

لكي تستقر ذرة العنصر لابد أن يكتمل مستوى الطاقة الأخير بالإلكترونات ويتم ذلك من خلال فقد أو اكتساب أو مشاركة مستوى الطاقة الخارجى للذرة بعدد من الإلكترونات مكونا رابطة كيميائية وهو ما يعبر عنه بالتفاعل الكيميائي ولا يكون هناك تفاعل كيميائي إلا بتكوين الروابط أو كسر الروابط .

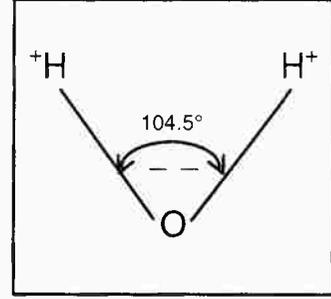
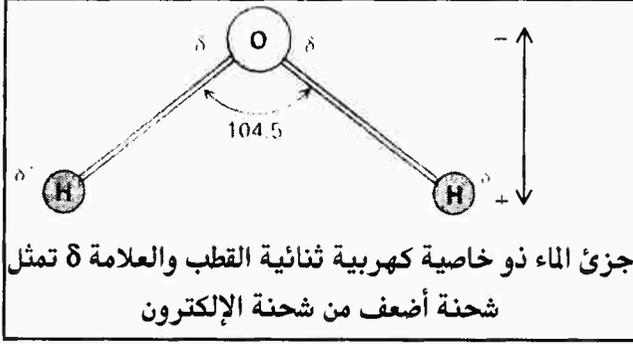
* الرابطة الأيونية Ionic bond :

تنشأ من التفاعل الكيميائي بين الفلز واللافلز حيث تفقد ذرة الفلز إلكترونات مستوى طاقتها الأخير (تأكسد) (عدد الإلكترونات أقل من ٤) وتتحول الذرة إلى أيون موجب بينما تكتسب ذرة اللافلز الإلكترونات (اختزال) عدد الإلكترونات أكثر من ٤) وما يحدث من تجاذب بين الأيون الموجب والأيون السالب وهو ما يسمى بالرابطة الأيونية ومثال ذلك تكوين كلوريد الصوديوم ومن أمثلة ذلك :



* الرابطة التساهمية القطبية Polar covalent bond :

إذا كان الفرق في السالبية الكهربائية كبيراً نوعاً ما مثل جزئ الماء حيث تقضى الإلكترونات وقتاً أطول في حيازة ذرة الأكسجين .



* الرابطة التناسقية Coordination bond :

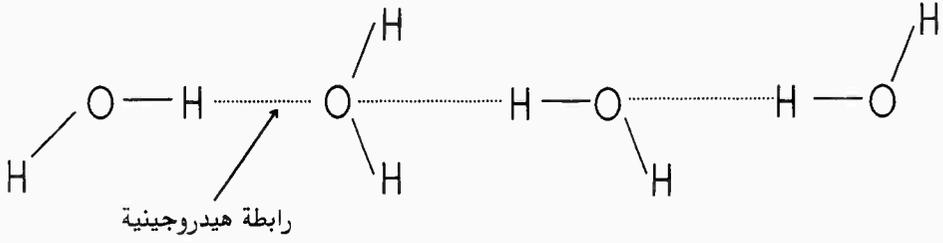
نوع من الروابط التساهمية وفيه زوج الإلكترونات الحر الذي يشغل أوربيتالاً واحداً في إحدى الذرات ، يمنح هذا الزوج إلى ذرة بها أوربيتال يحتاج زوج الإلكترونات ليصل إلى الثبات .

وتسمى بالذرة المستقبلية مثل أيون الهيدرونيوم الذي ينشأ من إذابة الأحماض في الماء ويرتبط أيون الهيدروجين الموجب مع جزئ الماء المتعادل مكوناً أيون الهيدرونيوم الموجب $[H_3O]^+$.

* الرابطة الهيدروجينية Hydrogen bond :

جزئ الماء قطبي تحمل ذرة الأكسجين فيه شحنة سالبة بينما تحمل ذرتا الهيدروجين شحنة موجبة ، ونتيجة لاختلاف الشحنة تتجاذب جزيئات الماء مع بعضها عن طريق الرابطة الهيدروجينية - وتصبح ذرة الهيدروجين قنطرة تصل بين ذرتي أكسجين لهما سالبة عالية مما يؤدي إلى تقارب الجزيئات .

ويفسر ذلك ارتفاع درجة غليان الماء رغم أن كتلته الجزيئية = 18 حيث أن الطاقة الحرارية تستغل في تكسير الروابط الهيدروجينية بين الجزيئات .



قوة الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الماء حوالي ٥ سعرات كبيرة / مول وهى أضعف كثيراً من الرابطة بين الهيدروجين والأكسجين التساهمية .

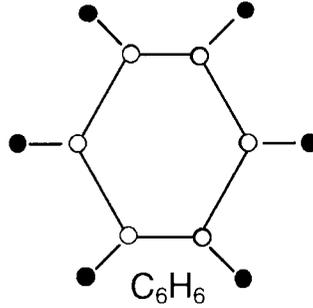
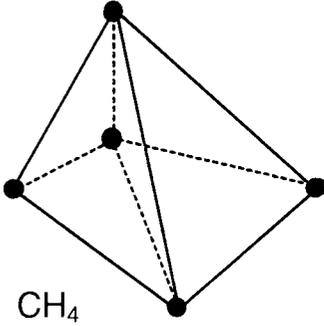
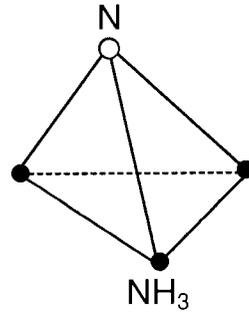
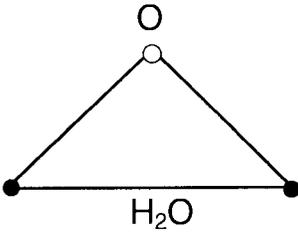
* قوى فان درفال Van der waals forces :

تتضح قوى (فان درفال) فى الجزيئات ذات الارتباط التساهمي المعقد (المواد الصلبة مثل النفثالين) ، حيث تجذب النواة الموجبة لذرة جزيء إلكترون سالب لجزيء آخر وعندما تتجمع الجزيئات معا فإن إلكترونات كل منهما يحدث تنافر بينهما . وقوى التجاذب والتنافر قوى متزنة فى التكوين البلورى وضعف قوى (فان درفال) يجعل من درجة انصهار البلورات منخفضة ذلك بالمقارنة بدرجة الانصهار المرتفعة لبلورات المركبات الأيونية . (النفثالين ينصهر فى ٨١°م بينما درجة انصهار كلوريد الصوديوم ٨٠١°م) .

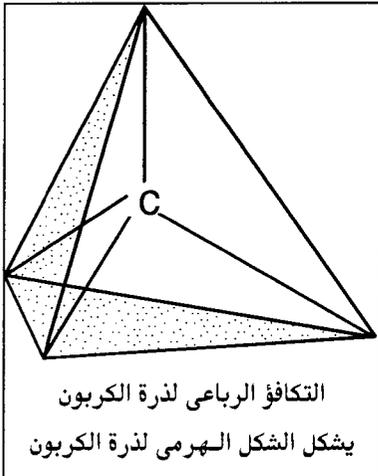
- فى الجرافيت : تتحد ذرات الكربون بروابط تساهمية فى شكل سداسى متوازى السطوح والروابط الضعيفة لقوى (فان درفال) تسمح بحركة السطوح المتوازية مما يكسب الجرافيت الملمس الناعم .

* تماثل الجزيء :

يأخذ جزيء الماء H_2O شكل مثلث متساوى الساقين بينما يكون لجزيء النشادر NH_3 شكل الهرم الثلاثى القائم حيث توجد ذرة النيتروجين فى الرأس وذرات الهيدروجين فى زوايا القاعدة ويكون لجزيء البنزول C_6H_6 شكل سداسى أضلاع منتظم ويأخذ جزيء الميثان شكل هرم رباعى له أربعة سطوح كل منها مثلث متساوى الأضلاع ، وتقع ذرات الهيدروجين فى الرؤوس الأربعة للهرم وذرة الكربون فى المركز .



* ذرة الكربون :



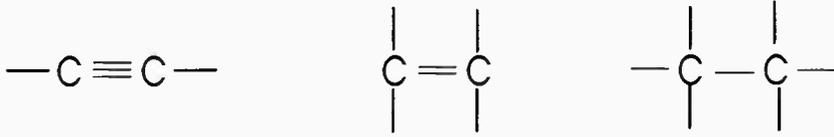
يعزى التنوع في تركيب الجزيئات العضوية إلى ذرة الكربون والتكافؤ الرباعي حيث أن مدارها الإلكتروني الخارجي يحتوى أربعة إلكترونات $2 : 8 : 4$ ولذلك يكون روابط تساهمية مع ذرات العناصر الأخرى حتى يصل مداره الأخير إلى الاستقرار بوجود ثمانية إلكترونات ويتحقق ذلك بأربع روابط تساهمية مما يحق ثبات الهيكل الكربوني ، والاتحاد التساهمي بين الكربون وذرات الأكسجين والنيتروجين والهيدروجين قوى وينشأ عنه المركبات العضوية الخلوية وهذه المركبات

تتكون عن طريق مجاميع ذرية وظيفية تلعب فيها ذرة الكربون دوراً أساسياً مثل الاسترات COO والكيتونات CO والكربوكسيل $COOH$ والتي تشترك مع

مجموعات وظيفية ذرية أخرى غير كربونية فى تفاعلات كيميائية تنتهى بتكوين مركبات عضوية هامة .

فالروابط الببتيدية بين الأحماض الأمينية فى سلسلة عديد الببتيد تنشأ من اتحاد مجموعة الكربوكسيل COOH فى الأحماض العضوية الأمينية مع مجموعة الأمين NH₂ فى نفس الأحماض وتتكون رابطة ببتيدية (CO.NH) وينطلق الماء H₂O .
واتحاد مجموعات الكربوكسيل COOH فى الأحماض الدهنية مع مجموعة الهيدروكسيل OH فى الكحولات ينشأ عنه الاستر COO وينطلق الماء وبذلك تتكون الدهون .

ونعود مرة أخرى إلى طبيعة ذرة الكربون والتي لها القدرة على أن تتداخل مع بعضها مما يجعل من المركبات العضوية أشكالاً وأطوالاً مختلفة ، ولذرات الكربون القدرة على تكوين روابط تساهمية بينها أحادية أو ثنائية أو ثلاثية .



وتؤدى الطبيعة الهرمية الرباعية لذرة الكربون إلى عدم التماثل فى العديد من المركبات العضوية . فعند ارتباط ذرة الكربون بأربع ذرات أو مجموعات مختلفة يمكن أن ينتج تركيبان فراغيان للجزء الناتج ويكون أحدهما صورة مرآة للآخر . ويطلق على هذين الشكلين للجزء اسم الايزومرات الفراغية .

التشكل Isomerism

عديد من المركبات لها نفس الصيغة الجزيئية ولكنها تختلف عن بعضها في واحدة أو أكثر من الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية وتعرف هذه الظاهرة بالتشكل أو المشابهة الجزيئية وتنقسم هذه الظاهرة إلى قسمين :

(أ) التشكل التركيبي :

حيث تتشابه الصيغة الجزيئية للمركبات ولكنها تختلف في الصيغة البنائية واحتواء كل منها على مجموعة فعالة مختلفة ، فالصيغة الجزيئية C_2H_6O يشترك فيها مركبان مختلفان في الصيغة البنائية والمجموعة الفعالة ، وهما :

- الايثير ثنائى الميثيل CH_3OCH_3 .

- والكحول الإيثيلي CH_3CH_2OH .

(ب) التشكل الفراغى :

حيث يختلف توزيع الذرات أو المجموعات في الفراغ في المركبات ذات التركيب البنائى المتشابه ، ومن صور التشكل الفراغى التشكل الفراغى الضوئى Optical isomerism وهي خاصية تشابه بعض الجزيئات وعدم تطابقها لأن أحدهما صورة للآخر فى المرآة .

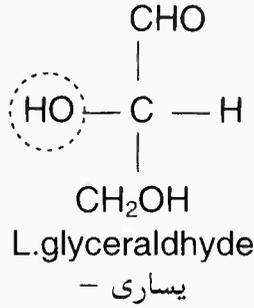
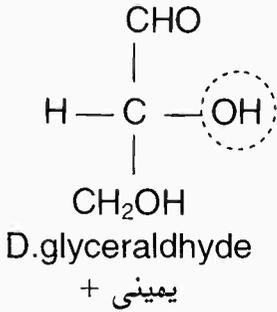
- التشكل الفراغى الضوئى :

يعتبر شعاع الضوء العادى مكونا من موجات متعامدة فى جميع المستويات وتنتشر متعامدة على اتجاه انتشار الضوء .

وباستخدام نوع من الأجهزة الضوئية يمكن تحويل الضوء إلى ضوء تتذبذب موجاته فى مستوى واحد عمودى على اتجاه انتشار الضوء ويسمى بالضوء المستقطب .

عند مرور الضوء المستقطب خلال بعض محاليل المواد التى لها نشاط ضوئى فإنه يحدث انحراف لمستوى دورانه وتسمى هذه المواد (يمينية) Dextro rotatory (D) إذا كانت قادرة على انحراف الضوء فى اتجاه عقارب الساعة تستخدم علامة (+) للتعبير عنها .

ويسمى البعض الآخر (يسارية) (L) Levo rotatory إذا كانت قادرة على انحراف الضوء في عكس اتجاه عقارب الساعة وتستخدم علامة (-) للتعبير عنها .
 ويعتبر سكر الجليسرالدهيد أساس تقسيم السكريات الأحادية إلى D ، L حسب تشابه هذه السكريات مع D ، L للجليسرالدهيد (ويلاحظ ذلك من وضع مجموعة الهيدروكسيل OH في الكربونة قبل الأخير) .



* المركبات التساهمية :

أغلبها مثل الزيوت العضوية أو الدهون لا تذوب في الماء وذلك لأن الماء مركب قطبي توجد جزيئاته مترابطة مع بعضها بالروابط الهيدروجينية بشكل يمنع جزيئات المركبات التساهمية من الانتشار فيه (بينما تجذب المركبات الأيونية جزيئات الماء القطبية وتذوب فيه) .

وتذوب المركبات التساهمية في المذيبات العضوية مثل البنزين لأن التجاذب بين الجزيئات ضعيف أو منعدم مما يسمح بالانتشار بينها . والمركبات التساهمية لا توصل التيار الكهربى (غير متأينة) ولها درجة انصهار وجليان منخفضة لضعف قوى الترابط بين جزيئاتها) .

الماء Water

المحتوى المائى للخلية فى معظم الكائنات الحية يتراوح بين ٦٠ ٪ : ٩٠ ٪ من وزن الكائن ، والمحافظة على ثبات هذا المحتوى هدف فسيولوجى فى جميع الكائنات الحية ويرجع ذلك إلى ما يتميز به الماء من صفات منها :

- ١ - الماء من المذيبات الثابتة .
- ٢ - يوجد فى الطبيعة فى ثلاث صور فيزيائية هى الصلبة والسائلة والبخارية .
- ٣ - يربط جزيئات الماء روابط هيدروجينية ضعيفة تحتاج طاقة أساسية لتكسيرها .
- ٤ - السعة الحرارية العالية للماء (يحتاج كل ١ جم من الماء إلى سعر حرارى واحد لرفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية) .
- ٥ - حرارة التبخر عالية (يحتاج تحويل واحد جم من ماء سائل إلى بخار ماء ٥٠٠ سعر حرارى) وينشأ عن ذلك تخلص الأرض من حرارتها العالية .
- ٦ - تزداد كثافة الماء حتى ٤°م ويستمر سائلا ولا تزداد على ذلك بينما تقل كثافته باستمرار التبريد (لذلك يطفو الثلج على سطح البحيرات مما يسمح باستمرارية الحياة تحت الماء) .
- ٧ - ارتفاع التوتر السطحى للماء ينشأ عنه الالتصاق الشديد لجزيئات الماء وذلك ضرورى لثبات شكل البروتوبلازم وحركته .
- ٨ - انخفاض لزوجة الماء رغم ارتفاع التوتر السطحى وهذا يلائم حركة الدم خلال الشعيرات الدقيقة .
- ٩ - ذوبان الأملاح فى الماء بدرجة كبيرة ويرجع ذلك إلى الطبيعة القطبية المزدوجة حيث تنفصل الأيونات الموجبة للملح فى المناطق السالبة وتنفصل الأيونات السالبة للملح فى المناطق الموجبة .

* الأُس الهيدروجينى Hydrogenion concentration PH :

أيون الهيدروجين H^+ من أكثر الأيونات أهمية فى الخلية الحية وأى جزيء يتحلل فى المحلول ويعطى أيونات الهيدروجين يعرف بالحمض والحمض القوى أكثر تحللا من الحمض الضعيف .

بينما تحتوى أيونات الأيدروكسيل السالبة OH محاليل القلويات ، والملح مركب ناتج من تفاعل الحمض والقاعدة حيث تتحد أيونات الهيدروكسيل من القاعدة مع أيونات الهيدروجين من الحمض مكونة الماء .

مما سبق :

- توجد وفرة من أيونات الهيدروجين في محاليل الأحماض .
 - توجد وفرة من أيونات الأيدروكسيل في محاليل القواعد (القلويات) .
 - في المحاليل المتعادلة تتواجد أيونات الهيدروجين والأيدروكسيل بأعداد متساوية .
- وللتعبير عن حمضية أو قلوية مادة يستخدم تدرج لوغاريتمى يستخدم الأعداد من ١ إلى ١٤ وذلك هو تركيز أيون الهيدروجين PH .

* مثال :

عندما يعبر عن تركيز أيون الهيدروجين بالدالة الأسية تكون PH هى الأس وبإشارة مخالفة . فإذا كان تركيز أيون الهيدروجين 10^{-2} .

$$\text{يكون الـ PH} = -(-2) = +2 .$$

والأعداد أقل من 7 تدل على مدى الحمضية .

والأعداد الأعلى من 7 تدل على مدى القلوية .

والعدد 7 يدل على التعادل .

$$\text{PH} = 3 \quad \text{أكثر حمضية عشرة مرات من} \quad \text{PH} = 4 .$$

$$\text{PH} = 9 \quad \text{أكثر قلوية عشرة مرات من} \quad \text{PH} = 8 .$$

والأنشطة الخلوية شديدة الحساسية للتغير الطفيف فى الأس الهيدروجيني الداخلى لأن النشاط الإنزيمى يتأثر بتركيز أيون الهيدروجين حيث ينخفض النشاط الإنزيمى فى المحاليل التى لا تحتوى على القيم المناسبة من الأس الأيدروجينى .
ومن هنا تتضح أهمية آليات تنظيم الأس الهيدروجينى والتى تعرف بالأنظمة الكابحة .

* طاقة الرابطة الكيميائية :

كمية الطاقة التي يجب إضافتها لكسر رابطة كيميائية تكون مساوية لكمية الطاقة التي تنطلق عند بناء هذه الرابطة .

وتقاس كمية الطاقة بالسعر الحرارى Calarie وهو كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة جرام واحد من الماء من $14,5^{\circ}\text{C}$ إلى $15,5^{\circ}\text{C}$.

(والسعر الحرارى الكبير = 1000 سعر حرارى) .

وتقاس كمية المادة المتفاعلة بالجرام الجزيئى (المول Mole) .

* قيم طاقة بعض الروابط التساهمية مقدره بالسعر الكبير / مول kcal / mol واللازمة لكسر الرابطة .

رابطة ثلاثية	رابطة ثنائية	رابطة أحادية
195 C \equiv C	170 C = O	104 H - H
212 C \equiv N	146 C = C	99 C - H
	147 C = N	84 C - O

الجزيئات العضوية المحتوية على روابط ثنائية أكثر ثباتا من سلاسل الكربون المكونة لروابط تساهمية أحادية .

مركبات الكربون ذات الأهمية البيولوجية

أربعة أقسام من المركبات العضوية ذات أهمية بيولوجية ثلاثة منها عبارة عن بوليمرات وهى الكربوهيدرات والبروتينات والأحماض النووية - والرابعة هى الليبيدات . وتسهم المركبات السابقة فى تركيب الخلية وتنظيم الأنشطة الخلوية .

الكربوهيدرات Carbohydrates

مركبات عضوية من الكربون والهيدروجين والأكسجين وتعتبر الدهيدات عديد الأيدروكسيل أو كيتونات عديد الأيدروكسيل ويكون النبات الكربوهيدرات فى البناء الضوئى ، وفى هذه المركبات تخزن الطاقة الضوئية وتمثل الكربوهيدرات أساس لبناء المركبات العضوية الأخرى كما أنها مكونات مهمة للأنسجة الدعامية فى النبات .

* تقسيم الكربوهيدرات :

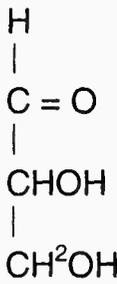
١ - السكريات الأحادية Monosaccharides .

٢ - سكريات الأوليجو oligosaccharides .

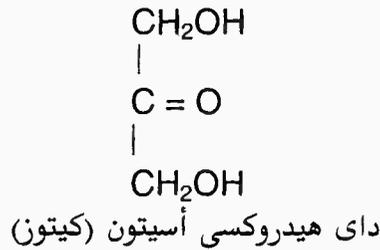
٣ - السكريات العديدة Polysaccharides .

(١) السكريات الأحادية : ثلاثية وخماسية وسداسية الكربون .

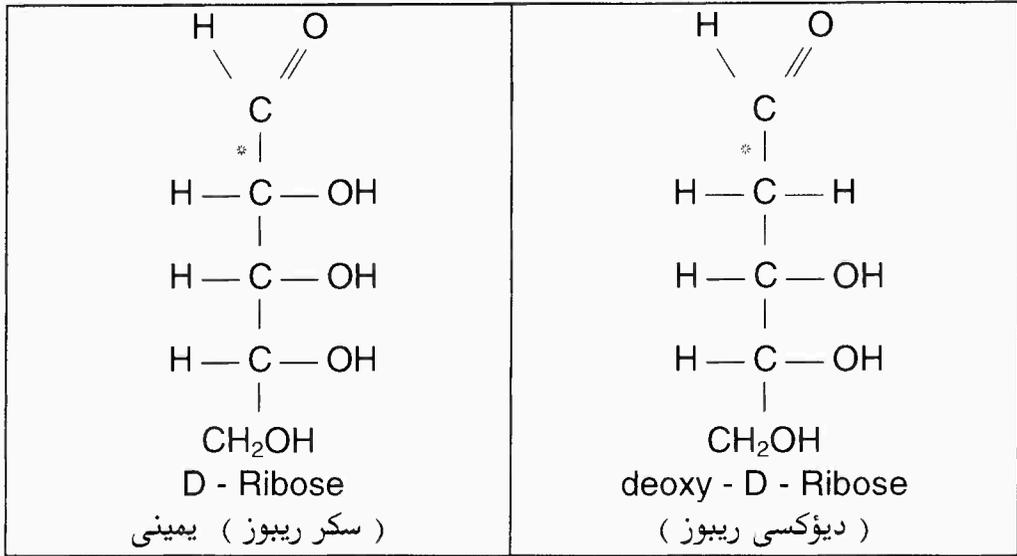
السكريات الأحادية ثلاثية الكربون منها الجليسرالدهيد ، دى هيدروكسى أسيتون . يُطلق على الجليسرالدهيد اسم ألدوز Aldose لوجود مجموعة الدهيد فى ذرة الكربون الأولى ، ويطلق على دى هيدروكسى أسيتون اسم كيتوز Ketose لوجود مجموعة كيتونية فى ذرة الكربون الثانية وهى سكريات مختزلة لوجود مجموعة الألدheid أو مجموعة الكيتون .



الجليسرالدهيد (ألدوز)



والسكريات الأحادية خماسية الكربون (البنتوزات Pentoses) توجد بوفرة كمكونات لبعض الكربوهيدرات المعقدة فى النبات ذات الوظيفة التركيبية فى الجدار الخلوى كما أن سكر الريبوز وسكر الديوكسى ريبوز مكونات أساسية للأحماض النووية .



(لاحظ الاختلاف في ذرة الكربون الثانية حيث تنقص ذرة أكسجين في سكر الديوكسي ريبوز) .

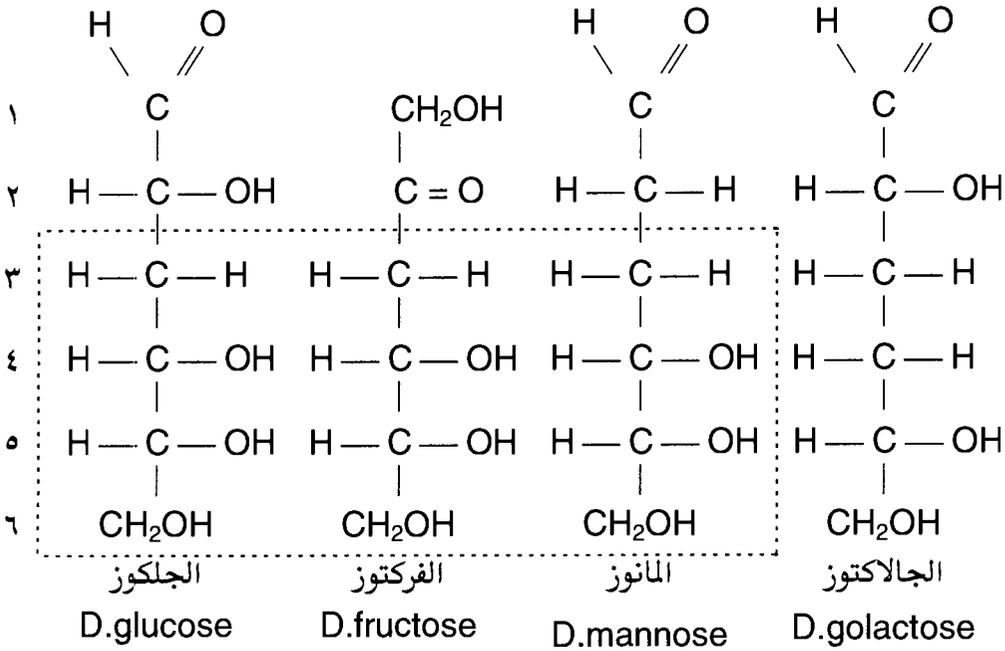
والسكريات الأحادية سداسية الكربون (الهكسوزات Hexoses) .

ومنها الجلوكوز والفركتوز ويوجدان ذائبين في حالة حرة في الخلية ومنها المانوز والجالاكتوز ، وهي مكون للكربوهيدرات أكثر تعقيداً .

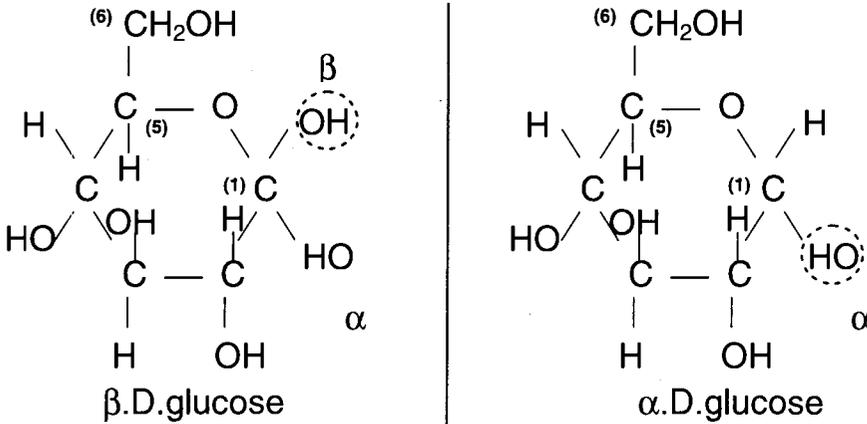
وتتميز هذه السكريات بظاهرة التشكل الفراغي الضوئي لذلك فهي تختلف في خواصها الفيزيائية والكيميائية .

ونلاحظ اختلاف الفركتوز عن كل من الجلوكوز والمانوز في كونه سكر كيتوني بينما الآخران ألدوزان .

ويختلف الجالاكتوز عن الجلوكوز في موضع مجموعة الأيدروكسيل على ذرة الكربون الرابعة .



وقد وجدت الكربوهيدرات على نطاق واسع في صورة حلقيّة فيصبح لجزء الجلوكوز خمس ذرات كربون غير متناظرة ومجموعة الأيدروكسيل أما أن تكون في الوضع ألفا α أو في الوضع بيتا β على ذرة الكربون رقم ١ .



رغم التشابه التركيبي لكل من ألفا وبيتا جلوكوز إلا أنهما يختلفان في الخواص الفيزيائية والكيميائية .

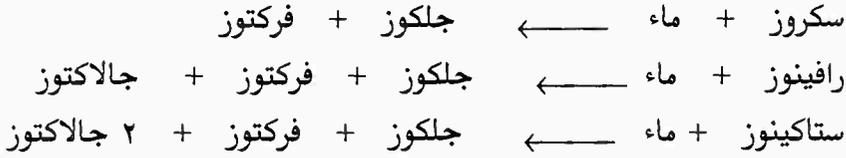
حيث أن ألفا جلوكوز يكون الوحدات البنائية للنشا وهو من أكثر المواد المخزنة في النبات . بينما بيتا جلوكوز يكون الوحدات البنائية للسيلولوز مكون الجدار الخلوي .

(٢) سكريات الأوليجو **Oligo saccharides** :

ومنهما السكر الثنائي (يتركب من وحدتين من السكريات الأحادية مثل السكروز و Sucrose ويتركب من تكثيف الجلوكوز والفركتوز حيث يرتبطان ويستبعد الماء . ويعتبر السكروز هو الصورة التى تنتقل عليها الكربوهيدرات فى النباتات الراقية ويوجد بكثرة فى قصب السكر وبنجر السكر.

ومنهما السكر الثلاثى (يتركب من ثلاث وحدات من السكريات الأحادية) مثل سكر الرافينوز raffinose ويوجد فى عديد من النباتات وبكميات كبيرة فى البذور . ومنها السكر الرباعى (يتركب من أربع وحدات من السكريات الأحادية) مثل سكر ستاكيوز stachyose ويوجد فى العديد من أنواع الأشجار وقد وجد أنه يشكل الصورة الأساسية للكربوهيدرات المنقولة فى نبات القرع .

* التحلل المائى للسكريات :



والسكريات الثنائية الأخرى التى لها أهمية فإنها فى العادة تكون نواتج التحلل الجزئى أو التدريجى للسكريات العديدة مثل النشا الذى يعطى بتحله سكر المالتوز .

(٣) للسكريات العديدة **Poly saccharides** :

ذات الصيغة العامة $(C_6H_{10}O_5)^n$. عبارة عن بوليمر من وحدات متكررة من السكريات الأحادية ، ومن أكثرها شيوعا النشا starch ، وهو ناتج يتم تخزينه فى النبات والسليولوز الذى يكون الجزء الأكبر من الجدار الخلوى .

وعند تحلل النشا مائياً تعطى جزيئات ألفا جلوكوز فقط α .D.glucose وعند تحلل السليولوز مائياً يعطى جزيئات بيتا جلوكوز β .D.glucose وتتميز السكريات العديدة بأنها غير حلوة المذاق ولا تذوب فى الماء .

* النشا starch :

ويتكون النشا على هيئة حبيبات فى البلاستيدات وتنتشر فى أعضاء التخزين مثل الدرناات حيث تعمل كغذاء احتياطى يستهلك فى النمو ، ويتكون النشا نتيجة

تحول معظم السكر الناتج فى البناء الضوئى ويتكون لون أزرق داكن عند إضافة اليود إلى النشا .

* السليلوز Cellulose :

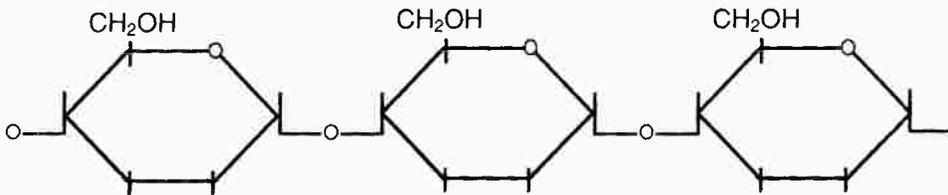
ويتكون السليلوز من وحدات الجلوكوز على هيئة سلسلة مستقيمة ويدخل فى تركيب الجدار الابتدائى للخلية بنسبة ٢٠٪ وفى الجدار الثانوى بنسبة ٤٣٪ حيث يشترك فى تكوين الجدار سكريات عديدة أخرى بالإضافة إلى مركبات غير كربوهيدراتية مثل اللجنين أو السيوبرين أو الكيوتين . والليلوز لا يذوب فى الماء ولا يشكل مادة غذائية للإنسان لغياب إنزيم السليلوليز Cellulase الهاضم له والذى يتوفر فى هضم الحيوانات المجترة ولكن يشكل السليلوز مادة ذات قيمة اقتصادية للإنسان .

* البكتين Pectin :

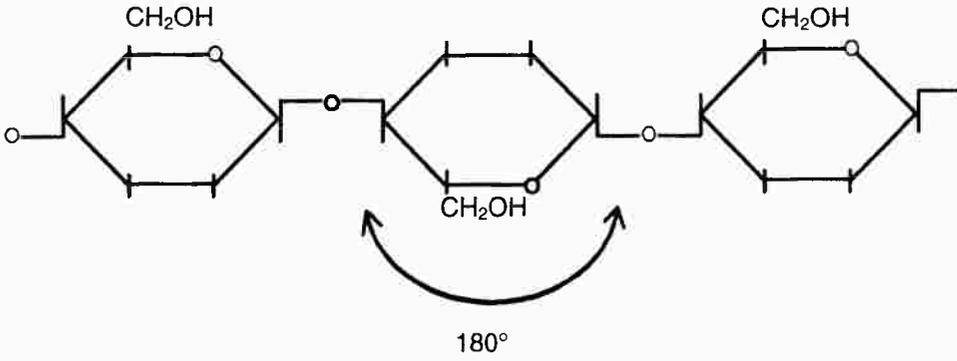
يتكون فى الصفيحة الوسطى التى بين جدر الخلايا ، ومن خصائصه أنه يكون محلولاً غروبياً فى الماء يتحول إلى حالة الصلابة فى وجود تركيزات عالية من السكر أو تركيزات خفيفة من الكحول لذلك يستغل تجارياً لتصنيع الأغذية الهلامية jellies ويتراكم البكتين بكميات كبيرة فى التفاح والكمثرى .

* الرابطة الجليكوسيدية :

ترتبط السكريات الأحادية فى جزئى عديدات التسكر وهذه الرابطة تتوقف على موضع المجموعة الأيدروكسيلية على ذرة الكربون رقم ١ فى السكر الأحادى من نوع α ، β . حيث ترتبط السكريات الأحادية ببعضها مباشرة عن طريق رابطة α بينما رابطة β تتطلب التفاف المجموعة الأيدروكسيلية لأحد السكريات 180° حتى تصبح فى وضع مناسب مع المجموعة الأيدروكسيلية لوحدة السكر التى تتحد بها .



روابط جليكوسيدية من نوع α بين ذرات الكربون ١ ، ٤



روابط جليكوسيدية من نوع β بين ذرات الكربون ١ ، ٤

والروابط الجليكوسيدية مهمة من الناحية الفسيولوجية حيث تختلف الإنزيمات التي تؤثر على الرابطة α عن التي تؤثر على الرابطة β وذلك حسب استخدام الخلية للمركبات في البناء و في الوظائف .

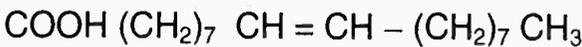
الليبيدات Lipids

مركبات لها خاصية مشتركة وهي الذوبان في المذيبات العضوية غير القطبية مثل الايثير والكحول .

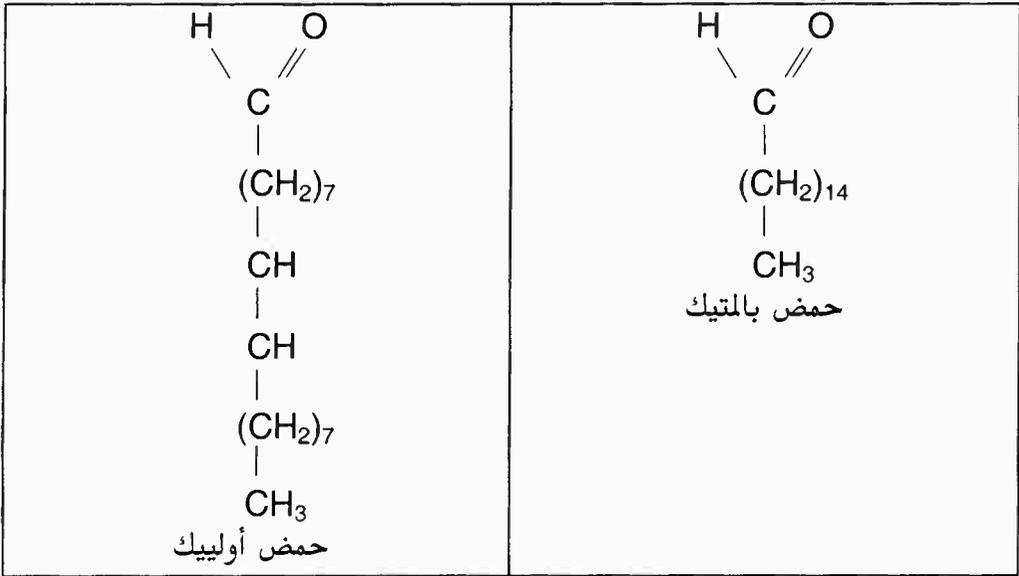
ومن الليبيدات الهامة من الناحية البيولوجية : الدهون والأحماض الدهنية والشمع والاسترويدات والفوسفوليبيدات والجليوليبيدات والتربينات .

* الأحماض الدهنية Fatty acids :

تحتوى مجموعة كربوكسيل COOH في طرف سلسلة طويلة من ذرات الكربون تامة التشبع بالأيدروجين حيث ترتبط ذرات الكربون برابطة تساهمية مفردة وتسمى الأحماض الدهنية المشبعة مثل البالميتيك $\text{COOH} - (\text{CH}_2)_{14} \text{CH}_2 -$ بينما الأحماض الدهنية غير المشبعة تحتوى على رابطة ثنائية واحدة في سلسلة الهيدروكربون مثل حمض الأوليك .

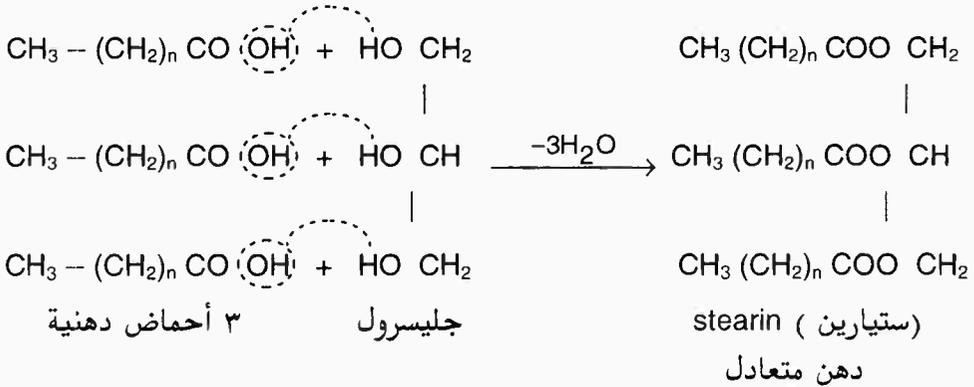


عندما تتداخل الأحماض الدهنية مع الماء فإن الطرف الكربوكسيلي القطبي المحب للماء للحمض الدهنى يقوم بالتداخل مع جزيئات الماء بينما السلسلة الهيدروكربونية غير القطبية تزاح بعيدا عن الماء بسبب طبيعتها الكارهة للماء .



* الدهون المتعادلة Neutral fats :

تنتج من تفاعل الجليسرول (كحول ثلاثى الهيدروكسيل) مع ثلاثة جزيئات من الأحماض الدهنية فى تفاعل نازع للماء وبذلك تتكون الدهون .

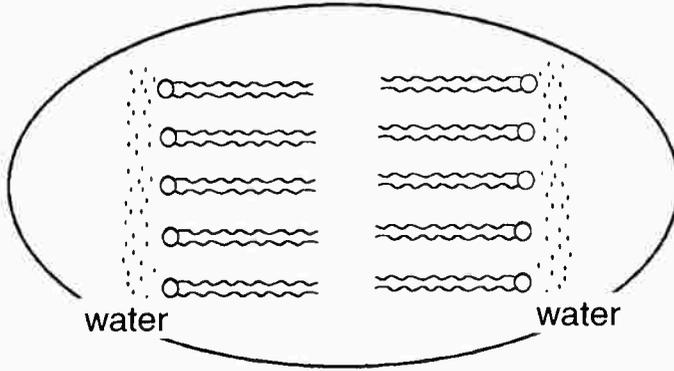


والدهن المتعادل جزيئات غير قطبية وغير ذائبة فى الماء وتتحلل تحللا مائيًا عند غليها مع الأحماض أو القواعد ، وإذا تم تحليلها فى وجود قلوئ تتحول إلى الصابون ، والزيوت تكون سائلة فى درجة حرارة الغرفة ويمكن تشبع الزيوت النباتية لتتحول إلى الصورة الصلبة .

* الفوسفوليبيدات ليبيدات Phospholipids :

مركبات يرتبط فيها حمضان دهنيان بمجموعتين هيدروكسيليتين للجليسرول وتتصل مجموعة الفوسفات بالمجموعة الهيدروكسيلية الثالثة .

جزء الفوسفوليبيد يحتوى على ذيل كاره للماء Hydrophobic يتكون من مجموعة الفوسفات سالبة الشحنة ورأس مُحب للماء . وهذا التركيب يعتبر مهماً في بناء الغشاء الخلوى وقيامه بوظائفه ، وعندما تتداخل جزيئات الفوسفوليبيدات مع الماء فإنه يتكون تلقائياً (بدون الطاقة) تجمع مزدوج الطبقة فالرأس المحبة للماء من الفوسفوليبيد تتداخل مع الماء بينما الذيل الكارهة للماء تتباعد عن الماء نحو الداخل .



* الاسترويدات والتربينات Steroid and terpenes :

ليبيدات غير متصنبة وأكثر الاسترويدات شيوعاً هي الهرمونات الجنسية المذكورة والمؤنثة فى الفقاريات وأحماض الصفراء . وتوجد الاسترويدات بكميات ضئيلة ككحولات طليقة أو سلسلة طويلة من المركبات المحتوية على الأحماض الدهنية وأكثر الاسترويدات شيوعاً فى الأنسجة الحيوانية الكولسترول Cholesterol الذى يوجد على وجه خاص فى الغشاء البلازمى .

والتربينات فى أنواع من النباتات مسئولة عن الرائحة والطعم ، والتربينات مكون أساسى للزيوت المستخلصة من بعض النباتات مثل زيوت الكافور والليمون والنعناع والفيتول phytol من التربينات التى تدخل فى تركيب صبغة الكلوروفيل الخضراء وكذلك تحتوى أصباغ الكاروتين على نوع من التربينات وكذلك فيتامينات D , E , K التى تذوب فى الدهون .

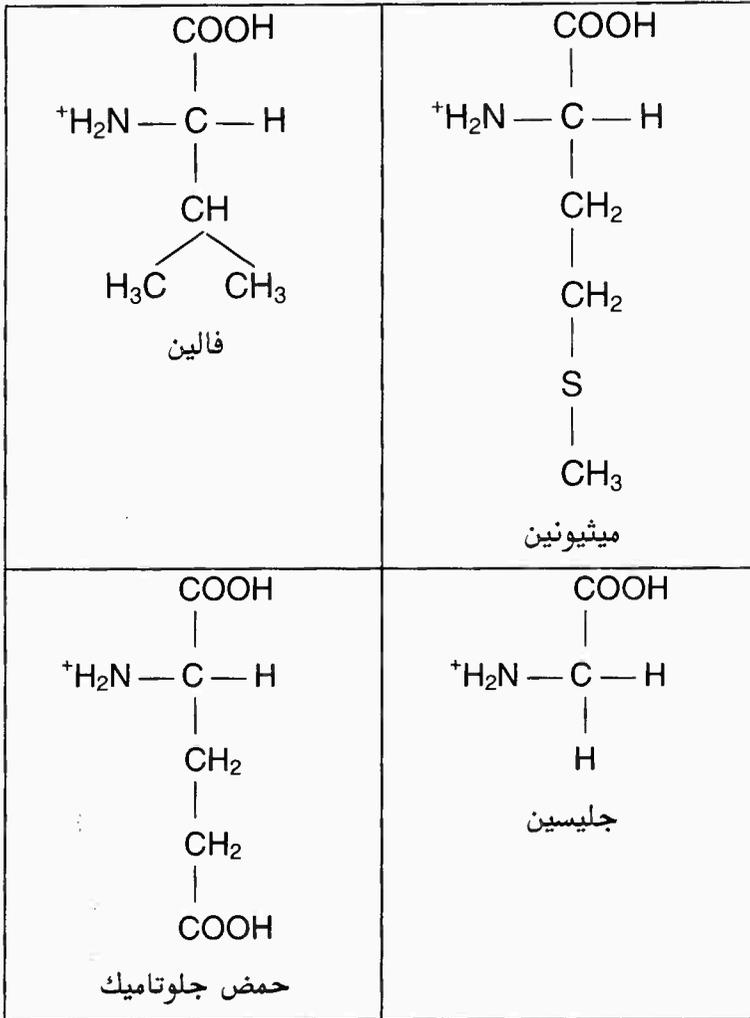
الأحماض الأمينية Amino acids

التركيب العام للحمض الأميني هو وجود مجموعة كربوكسيل حامضية COOH ترتبط بذرة كربون مرتبطة مع مجموعة الأمين amino NH_2 وتختلف الأحماض في مجموعة الألكيل R .

والحمض الأميني جزئياً يحتوى شحنة سالبة وشحنة موجبة أى يعمل كحامض أو كقاعدة ، وإذا وجد الحمض الأميني فى محلول عند الأس الهيدروجيني 7 فإن الحمض الأميني يعادل الأحماض أو القواعد التى تضاف إلى المحلول لذلك يطلق على الحمض الأميني (زويترون Zwitterion) أى أيون ذو شحنتين وتختفى هذه الخاصية عندما ترتبط الأحماض الأمينية لتكوين سلسلة الببتيد .

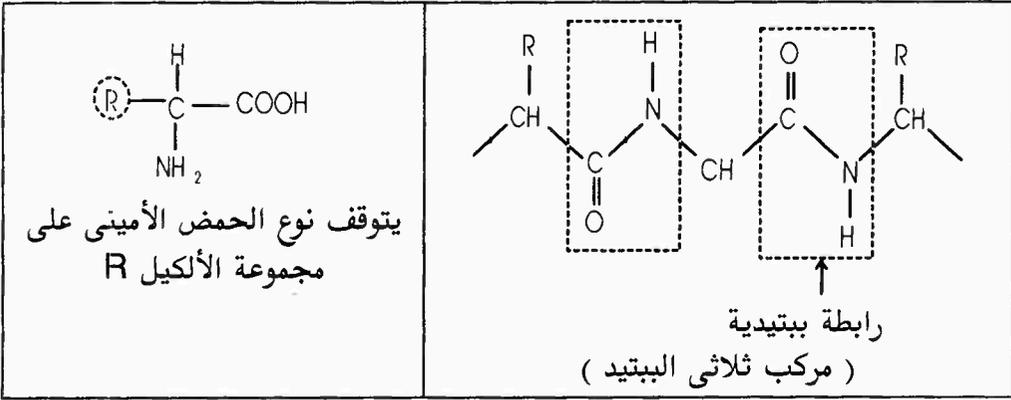
وعند إضافة حامض إلى محلول بروتين تنشأ شحنة كهربية موجبة لأن مجموعة COO^- تتغير إلى مجموعة COOH كما أن إضافة قاعدة إلى محلول البروتين فإن مجموعة NH_3 تتحول إلى مجموعة NH_2 مما يعطى البروتين شحنة سالبة .

والبروتينات القاعدية مثل الهستونات Histones التى توجد فى الصبغيات تحمل شحنة كهربية موجبة بسبب وجود كميات كبيرة نسبياً من الأحماض الأمينية (ليسين وارجنين) وتساهم الهستونات فى بناء الصبغيات حيث تجذب شحنات الهستون الموجب شحنات الفوسفات السالبة فى جزئ DNA (الحمض النووى الديوكسى) مكوناً مركباً ثابتاً من البروتين النووى Nucleoprotein .



البروتينات Proteins

تتكون من وحدات متكررة من الأحماض الأمينية ترتبط مع بعضها البعض بواسطة روابط ببتيدية - والرابطة الببتيدية Peptide bond تربط بين مجموعة كربوكسيل لحمض أميني مع مجموعة أمين لحمض أميني آخر .



عندما يرتبط عدد كبير من الأحماض الأمينية معاً فإن المركب الناتج يسمى عديد الببتيد والبروتينات مركبات تختلف عن بعضها البعض حسب عدد الأحماض الأمينية في جزئ البروتين ونوع الأحماض الأمينية وترتيب وتكرار هذه الأحماض في سلاسل عديد الببتيد والوزن الجزيئي للبروتينات مرتفع فهو يتراوح من ٦٠٠٠ وهو الوزن الجزيئي للأنسولين إلى عدة ملايين .

والبروتينات تتكون من أكثر من سلسلة من عديدات الببتيد وتتصل هذه السلاسل بروابط غير ببتيدية ضرورية لجزئ البروتين .

والبروتينات جزيئات بنائية مثل الأكتين Actin والميوسين Myosin التي تدخل في تركيب العضلات والكولاجين Collagens الذي يدخل في بناء الأنسجة الرابطة والكيراتين Keratins الذي يكون الأغطية الواقية كالجلد والشعر والريش .
ومن البروتينات جزيئات تنظيمية مثل الإنزيمات والهرمونات والأجسام المضادة .

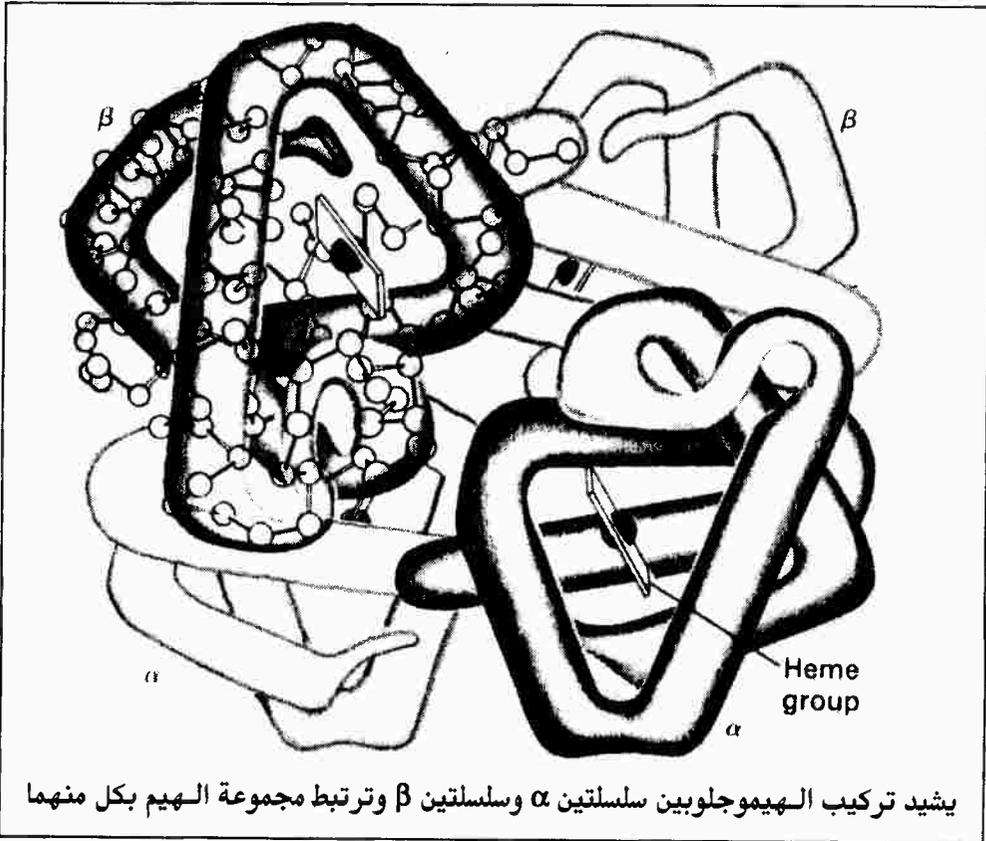
* تنظيم جزئ البروتين :

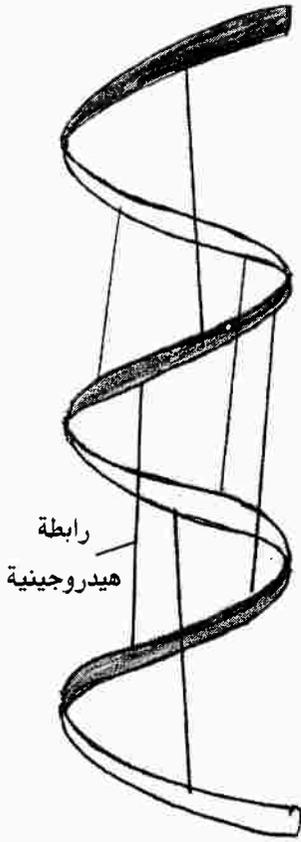
الخصائص الحيوية لجزئ البروتين لها ارتباط بتركيبه والبروتين له أربعة مستويات من التنظيم هي الأولى والثانوى والثلاثى والرابعى .

* التركيب الأولى : عبارة عن سلسلة طويلة من الأحماض الأمينية يحددها نوع وتتابع الأحماض في سلاسل عديد الببتيد التي يربط بينها روابط غير ببتيدية مثل رابطة ثنائي الكبريتيد - S - S - التي تربط الأحماض الأمينية في سلاسل عديد الببتيد .

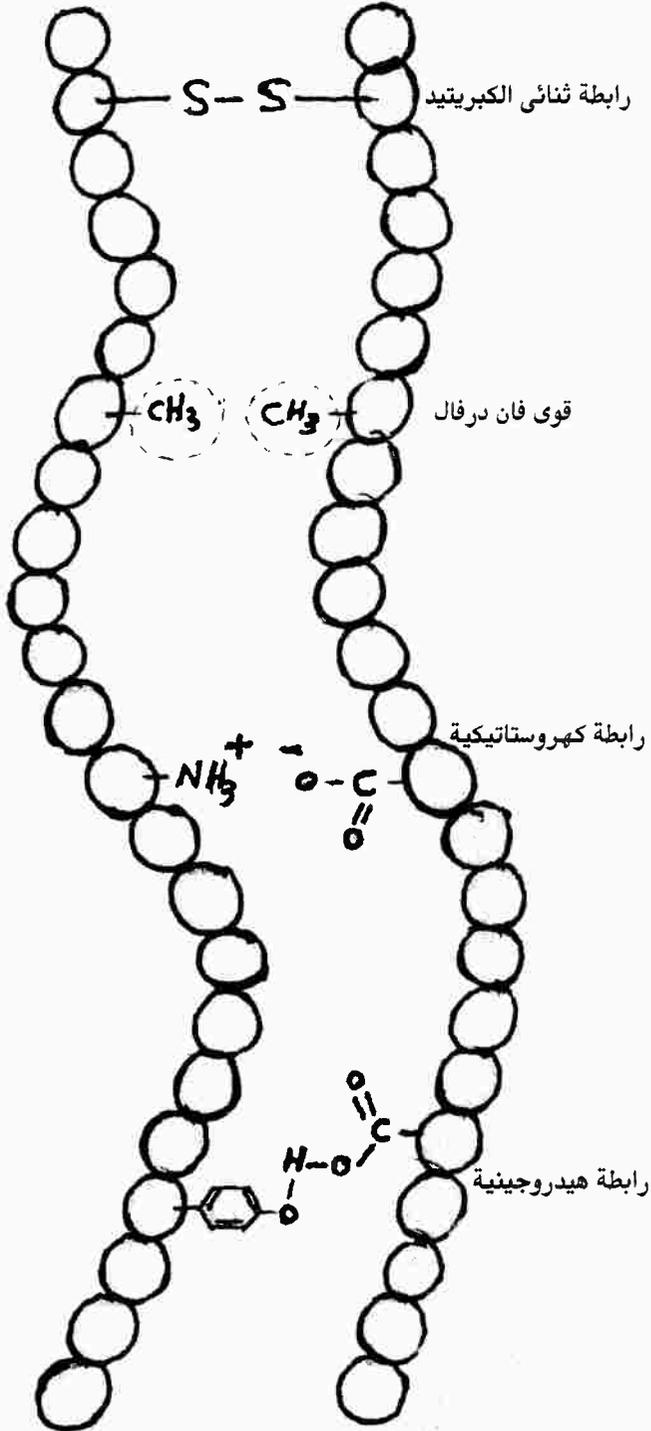
* التركيب الثانوى : تتميز الروابط بين الأحماض الأمينية بعدد محدد من الزوايا الثابتة وتكرر بعض النماذج التركيبية يعطى تركيباً ثانوياً (حلزونى أو زجراج أو عشوائى) والتركيب الحلزونى يسمى حلزون ألفا α - helix وهو عبارة عن لفات حلزونية فى اتجاه عقرب الساعة مثل البريمة ويربط اللفات روابط هيدروجينية غير تساهمية بين ذرة هيدروجين أحد الأحماض الأمينية وذرة أكسجين رابطة ببتيدية لحمض آخر . ويربط بينها كذلك قوى فان درفال التى تحافظ على البناء الحلزونى . وقد يكون التركيب الثانوى على هيئة الزجراج (متعرج) ويعرف بالصفائح المطوية وقد يكون عشوائياً لا يأخذ نظاماً هندسياً منتظماً .

* التركيب الرباعى : الشكل الثلاثى الأبعاد يعرف بتحت وحدة ، وتتجمع تحت الوحدات فى جزئى متكامل مكونة التركيب الرباعى وتشارك الروابط الهيدروجينية فى تثبيت تحت الوحدات وذلك فى البروتينات التى تحتوى على عدة سلاسل من عديدي الببتيد مجتمعة فى جزئى واحد مثل هيموجلوبين الدم (يتركب من أربع سلاسل) .





حلزون ألفا



الروابط التي تتكون في جزيء البروتين

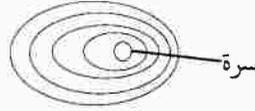
الصور التي توجد عليها الكربوهيدرات والدهون والبروتينات في النبات

أولاً : الكربوهيدرات :

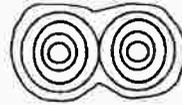
توجد في صورة ذائبة مثل سكر الجلوكوز والفركتوز والسكروز في العصير الخلوي وأهم الكربوهيدرات المدخرة النشا الذي يتكون داخل البلاستيدات الخضراء في حبيبات صغيرة ثم يتحول إلى نشا مختزن في البلاستيدات عديمة اللون ، ويوجد النشا بوفرة في درنات البطاطس والبذور والحبوب (تحتوى حبوب الذرة ٧٠ ٪ من وزنها نشا) وبفحص نشا البطاطس تحت المجهر بعد صبغه بمحلول اليود المخفف حتى يأخذ لونا أزرق باهت نلاحظ أن الحبيبات بيضية الشكل أحد طرفيها ضيق والآخر عريض ، وتتكون من طبقات متميزة ، وتمثل كل طبقة الزيادة التي طرأت على الحبيبة خلال فترة معينة ، والطبقات تلتف حول نقطة تسمى السرة أقرب إلى الطرف الضيق ولذلك توصف بالحبيبة غير المركزية .



حبيبة مركبة لها أكثر من سرة
ولا تغلفها أغلفة مشتركة



حبيبة بسيطة ذات سرة واحدة



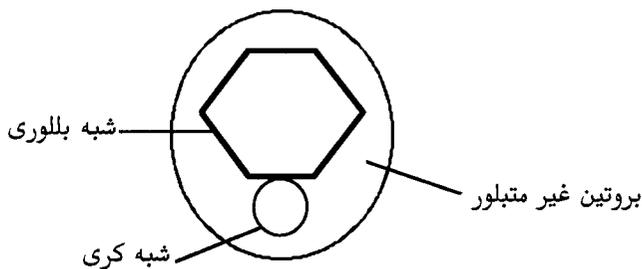
حبيبات النشا في درنات
البطاطس

حبيبة نصف مركبة لها أكثر
من سرة وتغلفها طبقات مشتركة

ثانياً : البروتينات :

في حالة سائلة في العصير الخلوي ، وتدخل في مركبات معقدة لتكوين البروتوبلازم وتوجد في حالة صلبة في البذور وتسمى حبيبات الأليرون (كبيرة الحجم في بذور الخروع وصغيرة في بذور البازلاء) .

وتتركب الحبيبة من غلاف وبداخله مادة بروتينية دقيقة غير متبلورة منغمس فيها جسم شبه بللورى مزلع الشكل والآخر مستدير ويعرف بالجسم شبه الكرى ، وكلا الجسمين من مادة بروتينية ، وقد يوجد أكثر من جسم شبه كرة وقد يوجد أكثر من جسم شبه بللورى ، وتختبر هذه الحبيبات باليود حتى تصطبغ بلون أصفر أو بنى باهت .



ثالثا : الدهون :

توجد فى الخلايا النباتية على هيئة قطرات مستديرة لامعة بالعصير الخلوى أو السيتوبلازم . وتختزن الزيوت فى بذور القطن والخروع والكتان . كذلك توجد زيوت طيارة فى خلايا أزهار بعض النباتات . ويمكن الكشف عن الدهون بصباغة الخلايا بمحلول سودان ٣ حيث تتلون مناطق الدهن باللون الأحمر .