جـــامعة الفـــيوم
Fayoum University
كلية الزراعة
قسم الكيمياء الحيوية

أساسيات الكيمياء الزراعية

لطلاب المستوى الأول، برنامج إدارة الأعمال الزراعية

أ. د. أحمد معوض إمام
د. عمرو عزت محمد
د. أحمد صلاح محمـود

العام الجامعي ٢٠٢٢/٢٠٢١

الصورة العامة لتركيب الذرة

مقدمه:

يتحدث كثير من الناس في عصرنا الحاضر، عن تركيب الذرة في بساطة تامة، كما تكتب الصحف والمواقع الإخبارية من آن إلي آخر عن القنابل الذرية والقنابل الهيدروجينية وعن إستعمال الذرة في أغراض السلم والحرب. إلا أن القليل من الناس ممن إستهواهم هذا النوع من العلم، هم الذين يقُدرون الجهود التي قام بها علماء القرن التاسع عشر وعلماء القرن العشرين، حتي إستطاعوا أن يقدموا لنا ما نفهمه الآن عن تركيب الذرة وعلاقته بالتفاعلات الكيميائية من ناحية وبكثير من التغيرات الطاقية التي إستفاد منها بعض العلماء في خير الإنسانية أو شرها من ناحية أخري.

إن التركيب الذري للمادة ولو أنه أمر قديم للغاية إلا أنه لم يأخذ صورته الجدية إلا علي يد دالتون (عام ١٨٠٣م) صاحب النظرية الذرية للمادة. وتبعاً لنظرية دالتون أصبحت صورة الذرة في أذهان العلماء " عبارة عن أصغر حبيبة من العنصر الواحد غير قابلة للإنضغاط، وربما تكون مستديرة ولكنها ولا شك غير قابلة لأن تتحطم إلي أصغر من ذلك" وأن ثباتها أمر لا شك فيه، وقد كانت لنظرية دالتون قيمة كبيرة في وقت ظهورها، خصوصا في تفسير كثير من التجارب والاستنتاجات ذات الصبغة الكمية مثل قوانين النسب الثابتة والنسب المتضاعفة والنسب المتبادلة وربط نتائجها بعضها ببعض.

كما أجريت تجارب عديدة لتقدير الوزن الذري بالطرق الكيميائية وبُذل في ذلك جهد كبير. ومن الملحوظ أن الذرة كانت في ذلك الوقت عبارة عن وحدة نظرية، ولم يوجد أي برهان مباشر علي وجود هذه الوحدة، إلا أن الأدلة غير المباشرة علي وجودها كانت كافية ومقنعة لعلماء تلك الحقبة من الزمان، ولقد أصبحت الصورة العامة لمعلوماتنا عن الذرة الآن كالآتي:

١- تتكون الذرة من نواة كثيفة صغيرة (تحمل الشحنة الموجبة وتتركز في هذه النواة كل كتلة الذرة) ويحيط بالنواة عدد من الإلكترونات الموزعة في فراغ كبير نسبياً.

٢- صافي الشحنة الموجبة علي النواة يساوي رقماً يسمي (العدد الذري) وترتيب العناصر حسب أعدادها الذرية في الجدول الدوري Periodic Table يتمشي تقريباً – وليس في جميع الأحوال- مع ترتيب العناصر تبعا لأوزانها الذرية.

٣- ترتيب العناصر حسب أعدادها الذرية يُبين تدرجاً دورياً في خصائص العناصر.

٤- لما كانت الذرة متعادلة فإن عدد الإلكترونات السالبة المحيطة بالنواة يساوي العدد الذري.

٥- تتكون النواة من بروتونات ونيوترونات. والبروتون يساوي النيوترون وزناً غير أن الأول يحمل شحنة موجبة قدرها الوحدة في حين أن الثاني متعادل الشحنة. والبروتون عبارة عن أيون الهيدروجين الغازي.

٦- لا تتساوي جميع ذرات العنصر الواحد في الوزن ولكنها تتساوي في العدد الذري (كما يمكن نظرياً تحويل عنصر إلي آخر).

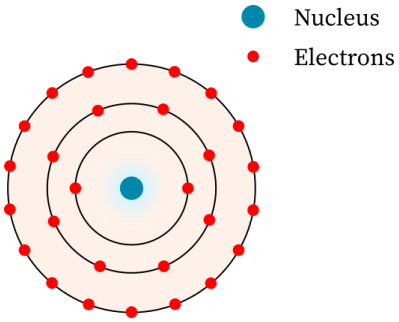
٧- العناصر الطبيعية التي يزيد عددها الذري عن ٨٣ لها خاصية الإشعاع الذاتي الذي بمقتضاه تتحطم النواة ويتولد عن ذلك إشعاعات بعضها مادي وبعضها غير مادي.

٨- وزن الإلكترون يساوي ١/١٨٣٨ من وزن البروتون.

هذه هي الصورة العامة لتركيب الذرة، أما كيف توصل الباحثون إلي هذه الصورة فهذا ما أخذ أجيالاً متعاقبة من أبحاث العلماء. هذه الأبحاث سرعان ما كانت نبراساً أضاء الطريق أمام الباحثين عن حقائق التركيب الذري. والأن سنتسلسل في فهم التركيب الذري وتوزيع الإلكترونات في أغلفة الطاقة وكذلك أعداد الكم الرئيسية والثانوية والفرعية.

الذرة:

كما نعلم أن الذرة تتكون من إلكترونات ونواة. ويجب أن تكون نظرتنا للنواة مختلفة تماماً عن نظرتنا للإلكترونات. فالنواة ثابتة لا تتغير إلا تحت ظروف إستثنائية قليلة، وعندما يحدث تغير يتكون لدينا عنصر أخر، فكأن الجوهر الحقيقي لذرة العنصر يكمن في النواة وبتغيير الجوهر يتغير العنصر، أما الإلكترونات المحيطة بالنواة فبعضها من السهل إزالته ومن السهل إحلال غيره محله، ويحدث ذلك بالتأين الكيميائي الناتج من التعرض للضوء أو الحرارة أو الكهرباء أو أشعة إكس (X) وعندما يزال السبب المؤثر قد يعود الإلكترون ثانية إلي المحيط الخارجي للذرة، وبمعني أخر أنه عند حديثنا عن النظائر المشعة أو الإنفجار الذري أو الإشعاع الذاتي للعناصر فأننا نقصد رئيسياً التغيرات التي تحدث في النواة. وعندما نتحدث عن التفاعلات الكيميائية للعنصر ومدي تماثل أو إختلاف النشاط الكيميائي لعدد من العناصر فإننا نقصد الإلكترونات التي في المحيط الخارجي للذرة، أما تأثير النواة في التفاعلات فيأتي من ناحية سرعة التفاعل وليس من ناحية نوعه. والشكل (١) يمثل الذرة التي تحتوي علي النواة في المركز، أما الدوائر المحيطة بها فهي تمثل مستويات الطاقة التي يدور فيها الإلكترون بدون إشعاع أو إمتصاص طاقة طبقا لنظرية بور.



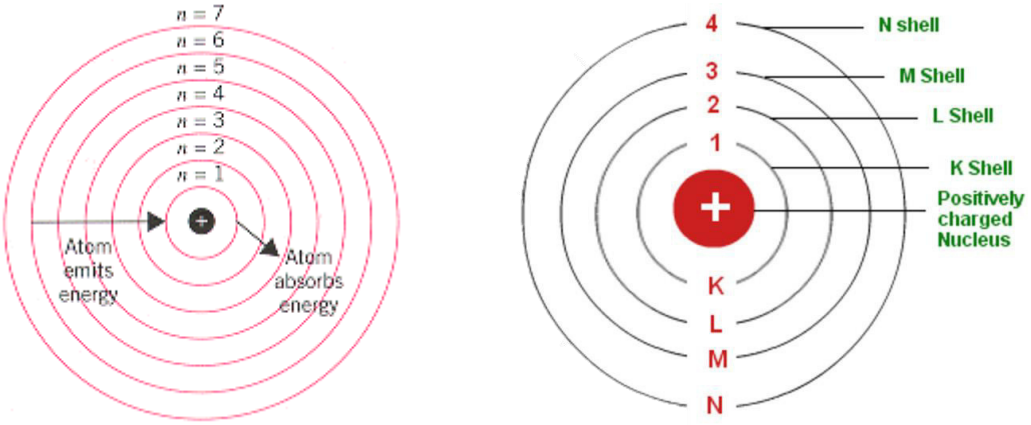
شكل (١) تصور للذرة حسب نموذج بور Bohr's atomic model

ولقد سمي بورBohr سنة ١٩١٢م الدوائر المحيطة بالنواة بإسم الأفلاك الثابتة Stationary orbits أو مستويات الطاقة الثابتة Energy levels. فعندما يدور الإلكترون في واحد من هذه الأفلاك الثابتة في النظام الذري لا

يشع طاقة ولا يمتص طاقة أي أن عندما لا يوجد تفاعل مع أي مصدر من مصادر الإشعاع فإن النظام الذري يبقي بإستمرار في واحد من مستويات الطاقة وهذا هو السبب في إسم مستويات الطاقة الثابتة.

فعندما ينتقل الإلكترون من مستوي طاقة داخلي إلي مستوي طاقة خارجي فإن النظام الذري يمتص طاقة، وعندما يقفز الإلكترون من مستوي طاقة خارجي إلي مستوي طاقة داخلي فإن النظام الذري يشع طاقة تخرج في صورة إشعاع معين.

وطبقا للإفتراض الذي فرضه بور بأن مستويات الطاقة التي يسير فيها الإلكترون تعرف بإسم **العدد الكمي الرئيسي Principle quantum number ويرمز له بالرمز (n)** فلقد تم تحديد ٧ مجالات طاقة للذرات أُعطيت أعداد (n) تتراوح من (n=1 → n=7) أو (K → Q) علي أن يبدأ الترقم من جهة النواة. ومن ذلك نستخلص أن عدد الكم الرئيسي (n) هو عدد يتم تعيينه في ضوء النموذج الكمي ليدل علي الحجوم النسبية (بُعد الإلكترون وقربه) وطاقة المستويات الذرية.



شكل (٢) مستويات الطاقة طبقا لنموذج بور Bohr's model

والسؤال الأن؟ ما علاقة عدد الكم الرئيسي (n) بحجم وطاقة المجال؟

العلاقة هنا علاقة طردية، بمعني أنه كلما زاد (n) كلما زاد حجم المجال وبالتالي تزداد طاقة الذرة.

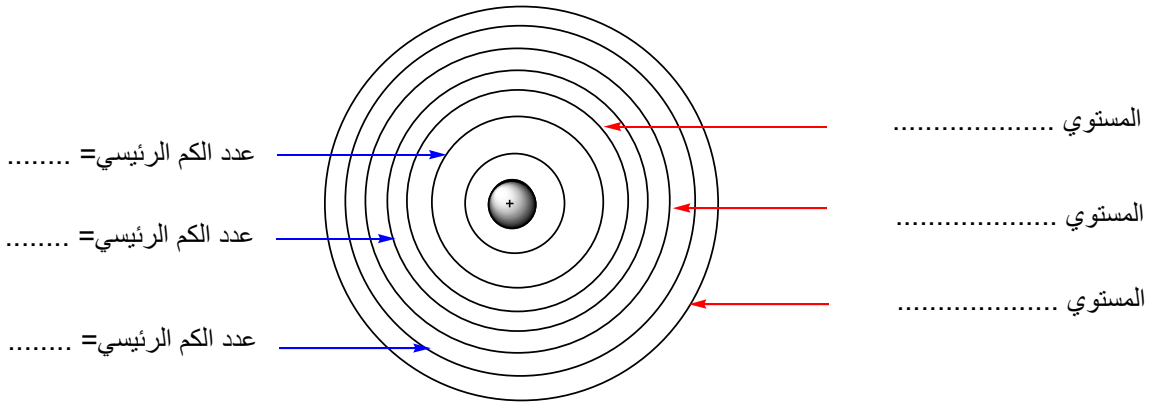
وكيف يتم تقسيم مجالات الطاقة؟

يتم تقسيم مجالات الطاقة بناءاً علي أعداد الكم الرئيسية السبعة السابق ذكرها.

وما هو المستوي الرئيسي الأكثر إستقراراً؟

المستوي الرئيسي الأكثر إستقراراً هو المستوي الأقل في الطاقة.

تدريب (١): سمي المستوي وعدد الكم الرئيسي لمجالات الطاقة للذرة التالية؟ وأي منها أعلي في الطاقة؟



المستوي الأعلي طاقة هو: .....

وبعد أن تعرفنا علي مستويات الطاقة الرئيسية ننتقل الأن إلي التعرف علي مستويات الطاقة الثانوية حيث يجدر الإشارة إلي أن مستويات الطاقة الرئيسية بداخلها مستويات طاقة ثانوية وسنتعرف عليها في الفقرات التالية:

مستويات الطاقة الثانوية أو ما يسمي بعدد الكم الثانوي ويرمز له بالرمز ℓ:

وهو يحدد عدد تحت مستويات sub levels الطاقة في كل مستوي رئيسي، **ويرمز لمستويات الطاقة الثانوية بالحروف**

S	p	d	f
قيمته صفر	**قيمته ١**	**قيمته ٢**	**قيمته ٣**

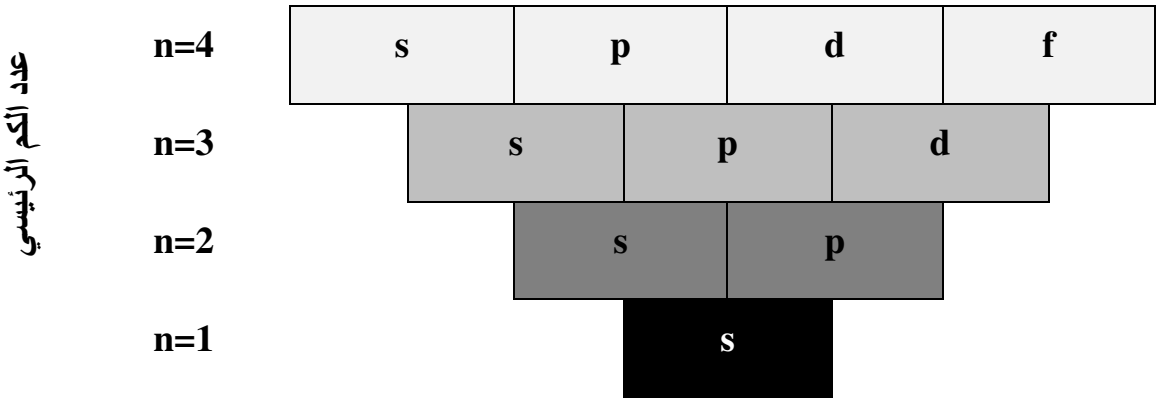
وكيفية حساب القيم السابقة من العلاقة التالية:

$$0 \leq \ell \leq n-1$$

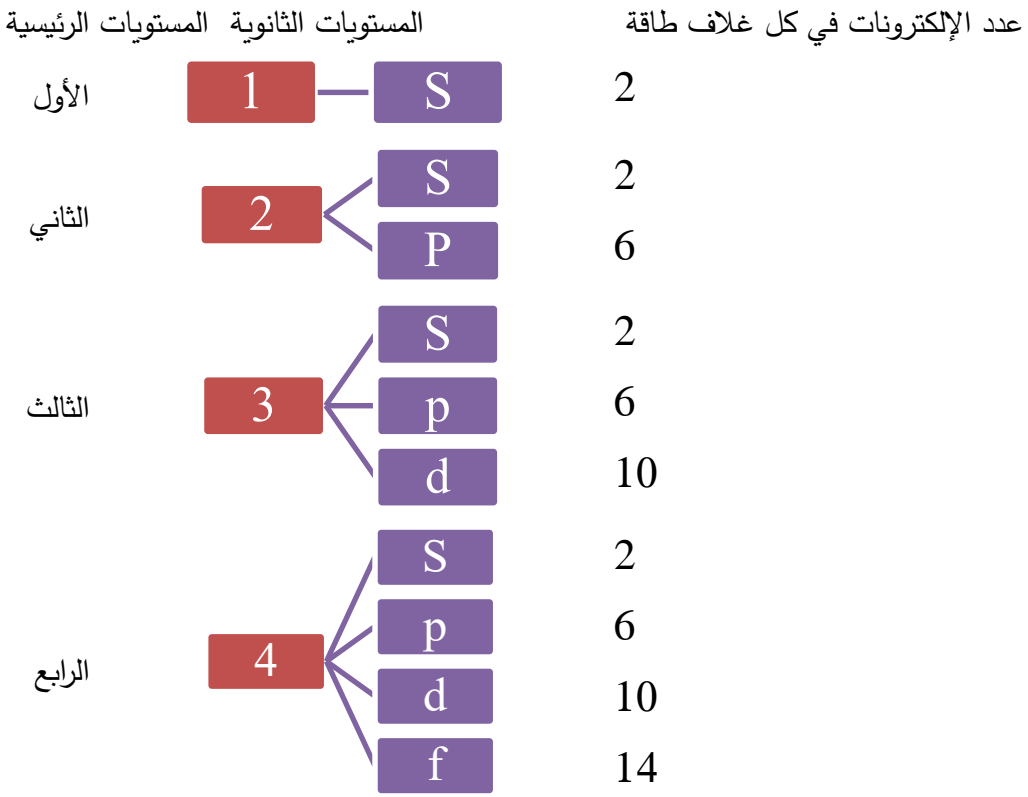
ولتبسيط ذلك نسوق المثال التالي مع التطبيق في المعادلة السابقة:

رمز المستوي الرئيسي	عدد الكم الرئيسي (n)	عدد الكم الثانوي	تحت مستويات الطاقة
K	١	0	**s**
L	٢	0, 1	**s, p**
M	٣	0, 1, 2	**s, p, d**
N	٤	0, 1, 2, 3	**s, p, d, f**

تحت مستويات الطاقة



كيف يتم توزيع مستويات الطاقة الثانوية داخل الذرة:

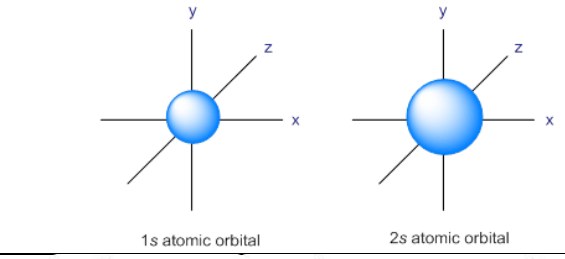
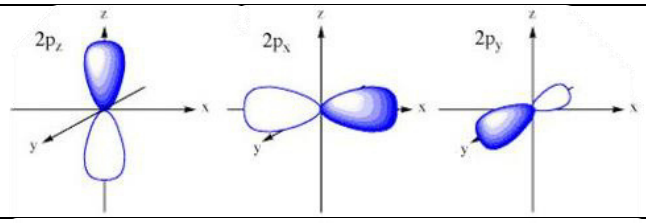
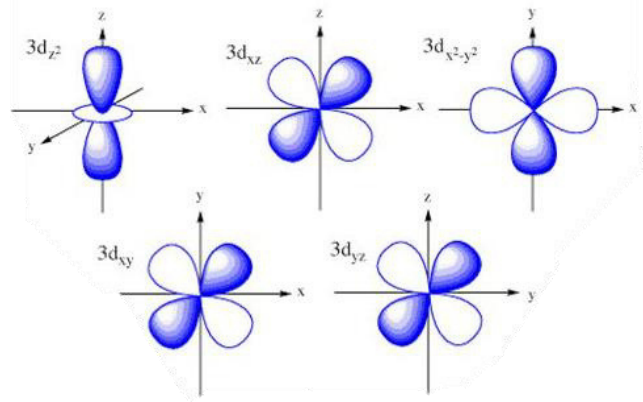
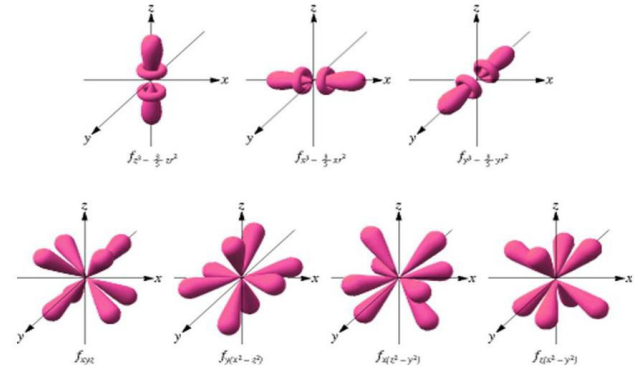


والأن وبعد أن تعرفنا علي مستويات الطاقة الثانوية ننتقل إلي الأوضاع التى يمكن لمدار الالكترون أن يتخذها فى الفراغ حول نواة الذرة وهو ما يعرف بإسم عدد الكم المغناطيسى ويرمزله بالرمز (m).

عدد الكم المغناطيسى Magnetic quantum number (m):

وهو يشير إلى عدد **الأوضاع** التى يمكن لمدار الإلكترون أن يتخذها فى الفراغ حول نواة الذرة وتتراوح قيمها من $-\ell$ إلى $+\ell$ مروراً بالصفر.

والجدول التالي يبين عدد الأوضاع الفراغية لمستويات الطاقة الثانوية:

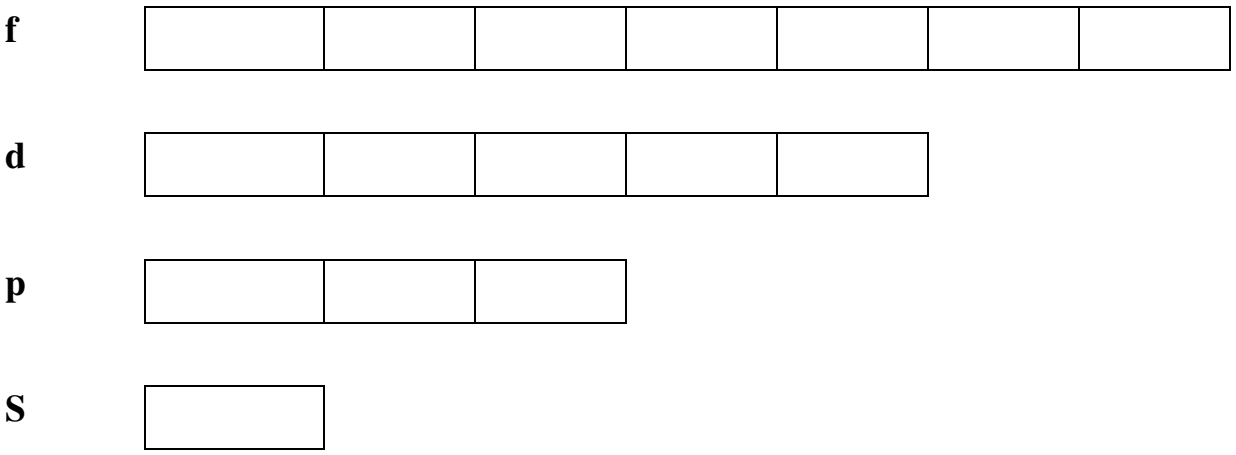
S orbital shapes **شكل مستوي الطاقة الثانوي: كروي** **عدد الأوضاع الفراغية = ١**	
p orbital shapes **شكل مستوي الطاقة الثانوي: علي هيئة فصين متقابلين.** **عدد الأوضاع الفراغية= ٣**	
d orbital shapes **شكل مستوي الطاقة الثانوي: معقد** **عدد الأوضاع الفراغية = ٥**	
f orbital shapes **شكل مستوي الطاقة الثانوي: أكثر تعقيداً** **عدد الأوضاع الفراغية = ٧**	

ويمكن حساب عدد الكم المغناطيسي من المعادلة التالية:

$$-\ell \leq m \leq +\ell$$

رمز المستوي	عدد الكم الرئيسي (n)	عدد الكم الثانوي (ℓ)	رمز مستويات الطاقة الثانوية	عدد الكم المغناطيسي	عدد الأوضاع الفراغية
K	١	0	S	0	1
L	٢	0 1	S p	0 -1, 0, +1	1 3
M	٣	0 1 2	S P d	0 -1, 0, +1 -2, -1, 0, +1, +2	1 3 5
N	٤	0 1 2 3	S P d f	0 -1, 0, +1 -2, -1, 0, +1, +2 -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	1 3 5 7

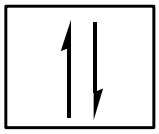
والشكل التالي يمثل عدد الأوربتالات لكل مستوي طاقة ثانوي:

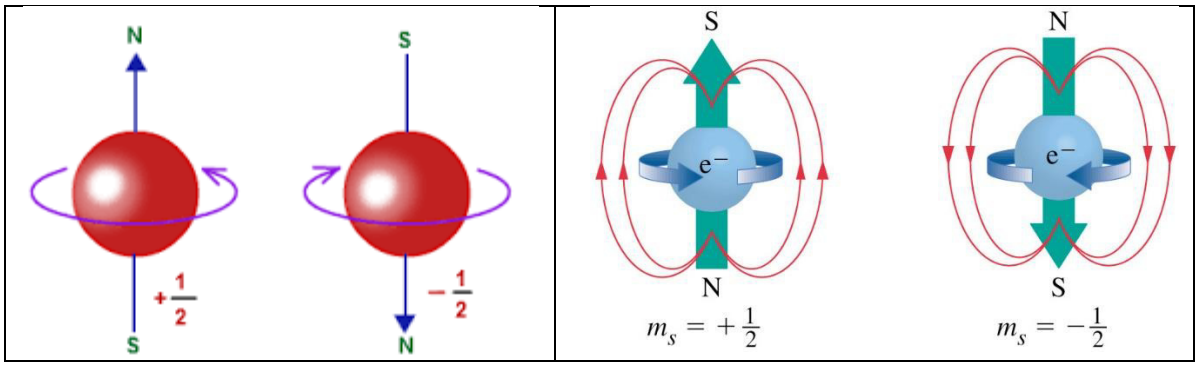


ومن الأشياء التي يجب أن نذكرها أنه بإفتراض أن الإلكترون يدور حول نفسه ويمتلك عزما زاوياً حول مركزه بذلك يكون لدينا عدد كمي جديد وهو العدد الكمي المغزلي Spin-quantum number.

عدد الكم المغزلي Spin-quantum number:

يرمز له بالرمز (s) وهو يعبر عن إتجاه حركة الإلكترون المغزلية حول محوره إما فى إتجاه عقارب الساعة وإما في إتجاه مضاد لذلك وله قيمتان ±½ والعلامتان (+) و (−) معناهما أن الإلكترون يدور في إتجاه عقارب الساعة أو في إتجاه عكس عقارب الساعة.





شكل (٣) يبين إتجاه حركة الإلكترون في إتجاه عقارب الساعه وعكس ذلك

ملاحظة:

يجب ملاحظة أن كل إلكترونين يجتمعاً معاً فى نفس المدار الثانوى داخل نفس المدار الرئيسى ويتخذ مدارهما نفس الشكل الفراغى لابد أن يكون إتجاه حركة أحدهما المغزلية عكس إتجاه حركة الآخر، مما يضمن إستحالة تساوى إلكترونين فى طاقتهما أبداً مهما داراً حول نواة الذرة وهو الأمر الذى يضمن بدوره إستحالة تصادم إلكترونين أثناء دورانهما حول نواة الذرة.

وقد يتسائل سائل عند وجود زوج من الالكترونات في نفس المدار (الأوربيتال) مع العلم بأن هذا هو الحد الأقصي المسموح به من الالكترونات داخل الأوربيتال الواحد، يدور كل منهما في إتجاه معاكس للآخر؟

لأنه ينشأ عن دورانهما مجالان مغناطيسيان متعاكسان في الإتجاه فيتجاذبان مغناطيسياً، فيقلل ذلك من التنافر بينهما.

مبادئ وقواعد توزيع الإلكترونات في أغلفة الطاقة

القواعد الأساسية التى تتحكم فى توزيع الالكترونات فى مداراتها حول نواة الذرة:

سبق أن شرحنا الأعداد الكمية، وكيفية الإستفادة منها في معرفة عدد المسارات الإلكترونية في كل غلاف من أغلفة الطاقة. ولا شك أن السؤال الذي يلي ذلك كم من الإلكترونات يمكنها أن تسبح في المسار الإلكتروني الواحد؟

أولا: لقد حاول باولي Pauli عام ١٩٢٥ أن يضع قاعدة لذلك، والتي تقضي بأنه "لا يجوز لأي إلكترونين في نفس الذرة أن يكون لهما نفس القيم الأربعة من الأعداد الكمية" وهذا يساوي القول القائل بأنه – لا يجوز لأي مسار إلكتروني أن يحتوي علي أكثر من إلكترون واحد إلا إذا إختلف الإلكترونان في العدد الكمي المغزلي وبذلك فإن عدد الإلكترونات في أي غلاف طاقة له عدد كمي رئيسي معين لا يزيد عن ضعف عدد المسارات الإلكترونية التي يحتويها هذا الغلاف–وإذا إتحد إلكترونان في العدد الكمي المغزلي فلابد أن يختلفا في واحد أو أكثر من الأعداد الكمية الأخري. وتسمي مجموعة المسارات الإلكترونية أو مستويات الطاقة أو المدارات التي تشغلها الإلكترونات التي يضمها عدد كمي رئيسي واحد بإسم الغلاف Shell فإذا كان هذا الغلاف محتوياً علي العدد الكامل للإلكترونات فإنه يقال عنه بأنه مغلق Closed.

أصبح معروفاً أن عدد الإلكترونات حول النواة يساوي العدد الذري حتي تكون الذرة متعادلة وأن المشكلة الأن هي الكيفية التي يمكن بها معرفة ترتيب هذه الإلكترونات حول النواة. وهناك مجموعة في العناصر يمكن إعتبارها مبدأ التفكير في حل هذه المشكلة. هذه العناصر هي مجموعة العناصر الخاملة أو التي تسمي بإسم مجموعة الصفر. ومن أهم الأسباب التي تجعل هذه المجموعة مفيدة في فهم التركيب الذري هو عدم إشتراك هذه العناصر في أي تفاعل كيميائي مما يجعلنا نستنبط تركيبها الذري. وبالتالي تركيبها الإلكتروني يعتبر من أثبت النظم.

والأعداد الذرية لهذه العناصر هي ٢، ١٠، ١٨، ٣٦، ٥٤، ٨٦ وذلك لعناصر الهيليوم والنيون والأرجون والكربيتون والزينون والرادون علي الترتيب. وهذه الأرقام تدل علي عدد الإلكترونات التي تحيط بالنواة.

كل عنصر من هذه العناصر الخاملة يكون خاتمة لدورة من دورات الجدول الدوري وبذا إعتبر أن الدورات تتكون كالآتي:

١) مجموعة تتكون من (٢ عنصر) تنتهي بعنصر الهليوم،

٢) مجموعة تتكون من (٨ عناصر) تنتهي بعنصر النيون،

٣) مجموعة تتكون من (٨ عناصر) تنتهي بعنصر الأرجون،

٤) مجموعة تتكون من (١٨ عنصر) تنتهي بعنصر الكريبتون،

٥) مجموعة تتكون من (١٨ عنصر) تنتهي بعنصر الزينون،

٦) مجموعة تتكون من (٣٣ عنصر) تنتهي بعنصر الرادون.

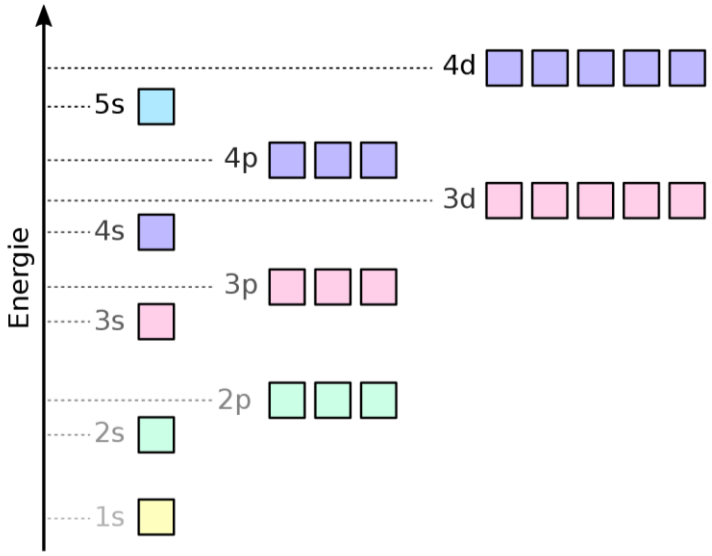
وفي عام ١٩١٦م حاول كل من كوسيل Kossel ولويس Lewis علي إنفراد أن يضع نظريات لفهم ترتيب الإلكترونات في الذرات فقد ذكر كوسيل أن إلكترونات النطاق الخارجي للذرة توزع في أغلفة الطاقة، وكلما إنتقلنا من عنصر إلي الذي يليه تصاعداً في الجدول الدوري كلما زادت الذرة بمقدار إلكترون عن العنصر الذي يسبقه. كما ذكر أنه عند إبتداء دورة تبدأ الإلكترونات في بناء غلاف جديد. وتبعاً لهذا الرأي نجد أن **الهيدروجين** يتكون من غلاف واحد يحتوي إلكترونا واحداً أما **الهليوم** فيحتوي غلافاً واحداً حول النواة به زوج من الإلكترونات، وعند بدئنا **الدورة الثانية** في الجدول الدوري لابد إذن من دخول الإلكترونات في غلاف جديد خارج الغلاف الأول علي هذا فإن عنصر **الليثيوم** يحتوي علي إلكترون في الغلاف الثاني، وكلما إنتقلنا من عنصر إلي الذي يليه حتي نصل إلي عنصر **النيون** حيث يصبح الغلاف الثاني وقد إحتوي علي ثمانية إلكترونات وبذا يعتبر غلافاً كاملاً أو مغلقاً كما قال كوسيل. ولبناء العنصر الذي بعد النيون وهو **الصوديوم** تبدأ في ملء الغلاف الثالث لأننا بذلك نبدأ دورة ثالثة وهكذا يستمر الملء بنفس الطريقة السابقة حتي نصل إلي عنصر الأرجون الذي يحتوي علي ثمانية إلكترونات في الغلاف الثالث.

أما لويس فقد إقترح إقتراحاً يدل علي أن الإلكترونات مرتبة في أغلفة متحدة في المركز حول النواة وأن الإلكترونات التي في الغلاف الخارجي تسمي بأغلفة التكافؤ كما ذكر أن غلاف التكافؤ لا يمكن أن يحتوي علي أكثر من ثمانية إلكترونات.

وكان أول من وضع صورة واضحة لترتيب الإلكترونات في أغلفة الطاقة في الذرات بتوسع هو لانجموير Langmuir عام ١٩١٩م وبدأ بالإستفادة من الغازات الخاملة أي التي تقع في مجموعة الصفر في الجدول الدوري وهذه العناصر خاملة أي لا تدخل في تفاعلات كيميائية ملموسة وهذا يرجع كما قال بعض هؤلاء العلماء إلي وجود الإلكترونات فيها في أغلفة كاملة مغلقة. ولما كانت الإلكترونات في أي ذرة تساوي العدد الذري ولما كان العدد الذري للغازات الخاملة هو ٢، ١٠، ١٨، ٣٦، ٥٤، ٨٦ وذلك لعناصر الهيليوم والنيون والأرجون والكربيتون والزينون والرادون علي الترتيب، فإن هذه الأرقام من الإلكترونات أُخذت كمقياس لتمام الأغلفة الإلكترونية المختلفة وبذا فإن عدد الإلكترونات في الغلاف الثاني يمكن معرفته إذا طرحنا عدد الإلكترونات في أول عنصر خامل وهو الهيليوم (وهو يساوي ٢) من عدد الإلكترونات في العنصر الخامل الثاني (نيون) (أي ١٠) فيكون عدد إلكترونات الغلاف الثاني ثمانية بنفس الطريقة يكون عدد إلكترونات الغلاف الثالث تساوي (١٨-١٠ = ٨ إلكترون) وعدد الإلكترونات في الغلاف الرابع تساوي (٣٦-١٨ = ١٨ إلكترون) وعدد الإلكترونات في الغلاف الخامس تساوي (٥٤-٣٦ = ١٨ إلكترون) وعدد الإلكترونات في الغلاف السادس تساوي (٨٦-٥٤ = ٣٢ إلكترون) وعدد الإلكترونات في الغلاف السابع تساوي (١١٨-٨٦ = ٣٢ إلكترون).

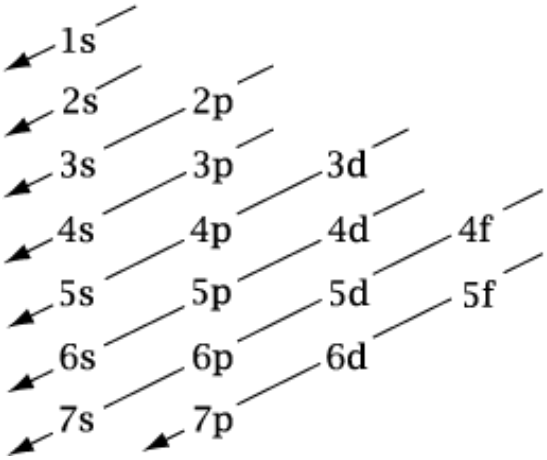
ثانياً: مبدأ أوفباو Aufbau (وهذا يسمي مبدأ البناء التصاعدي):

ينص هذا المبدأ علي أنه يجب ملء مستويات الطاقة الأقل أولا قبل شغل المدارات ذات الطاقات الأعلى، أي يُشغل المدار 1S قبل 2S في الذرة، والمدار 2S قبل 2P وهكذا.



شكل (٤) يوضح مخطط أوفباو وطاقة كل مجال ثانوي مقارنة بطاقة المجالات الثانوية الأخري

وفى ضوء هذه القواعد يمكن توضيح الطريقة التى تتوزع بها الإلكترونات حول نواة ذرة العنصر تصاعدياً حسب طاقتها كما يلى.

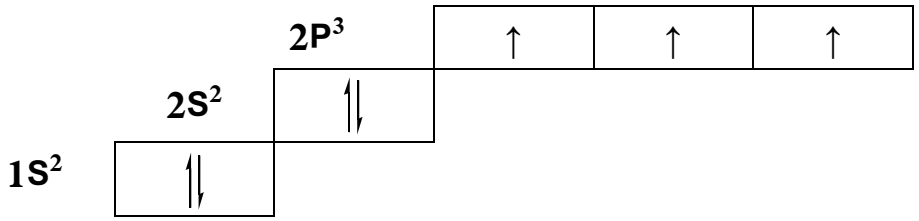


شكل (٥) يوضح نظام ملء المدارات الذرية، إتبع السهام المائلة من أعلى لأسفل

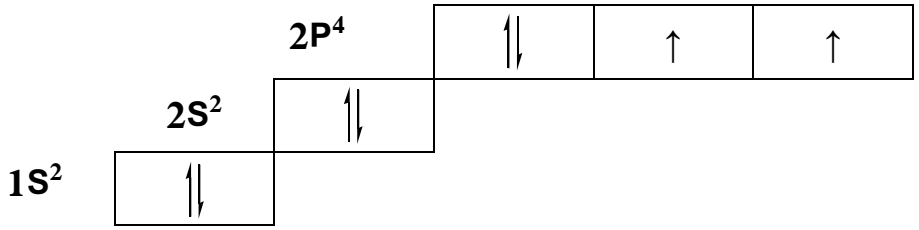
ثالثا: قاعدة هوند Hund:

وهى تنص على أن الالكترونات لا تزدوج فى مداراتها الثانوية إلا إذا إضطرت لذلك بل يجب أن توزع فرادي أولاً.

والمثال علي ذلك النتروجين $_{7}N$



الأكسجين $_{8}O$



والأن نستطيع أن نجمع الأسس التي بنِّي عليها طريقة ملء أغلفة طاقة الذرات بالإلكترونات في النقاط الآتية:

١) بدراسة الأعداد الكمية الأربعة عرفنا عدد المسارات الإلكترونية الممكنة في كل غلاف من أغلفة الطاقة.

٢) ومن قاعدة باولي عرفنا أن كل مسار من المسارات الإلكترونية لا يتسع لأكثر من إلكترونين يختلفان في العدد الكمي المغزلي.

٣) ومن نظرية بور تبين أن بمجرد إمتلاء غلاف الطاقة بثمانية إلكترونات لابد من البدء في إدخال ما يستجد من إلكترونات في غلاف طاقة جديد ولا مانع من العودة بعد ذلك إلي تكملة غلاف الطاقة قبل الأخير بالالكترونات بعد أن يحتفظ الغلاف الخارجي بعدد معين من الإلكترونات.

٤) ومن مبدأ أوفباو عرفنا أنه يجب ملء مستويات الطاقة الأقل أولا قبل شغل المدارات ذات الطاقات الأعلى.

٥) ومن قاعدة هوند تبين أن الإلكترونات لا تزدوج فى مداراتها الثانوية بل يجب أن توزع فرادي أولاً.

إختر الإجابة الصحيحة من الخيارات المتاحة أسفل كل سؤال:

١) عدد الأوضاع الفراغية في (4f) تساوي.....

أ)	٣	ب)	١	ج)	٧	د)	٥

٢) المستويات الثانوية في المستوي الرئيسي الثالث هي.....

أ)	1S, 2p, 3d	ب)	3S, 3p, 3f	ج)	3S, 3p, 3d	د)	3S, 3S, 3d

٣) يتألف مستوي الطاقة الرئيسي.....من مستوي فرعي واحد

أ)	الأول	ب)	الثالث	ج)	الثاني	د)	الرابع

٤) الشكل الفراغي للمستوي الثانوي S.....

أ)	مثلث	ب)	كروي	ج)	مربع	د)	مخروطي

٥) إذا كان (n=4) فإن التسلسل الصحيح لمستويات الطاقة الثانوية هي.....

أ)	4S, 4d, 4f, 4p	ب)	4S, 4p, 4d, 4f	ج)	4S, 4f, 4p, 4d	د)	4S, 4p, 4f, 4d

٦) طاقة المستويات الفرعية في المجال الثانوي التالي متساوية في .....

أ)	$2p_x, 2p_y, 2p_z$	ب)	$3p_x, 3p_y, 4p_z$	ج)	$4p_x, 4p_y, 4d_z$	د)	$3p_x, 4p_y, 4f_z$

٧) الشكل المناسب لمبدأ باولي هو .....

أ)	↑↑	ب)	↓↓	ج)	↓↑	د)	↑↑↑

٨) الشكل المناسب لقاعدة هوند هو .....

أ)		↑	↑	ب)	↑	↓↑	↑	ج)		↑	↓↑		

٩) الترتيب الصحيح لزيادة الطاقة حسب المستويات الثانوية هو .....

أ)	3S, 3p, 4S	ب)	3d, 4s, 5p	ج)	3d, 4p, 4S	د)	3d, 2S, 2p

وضح التوزيع الالكترونى لكل من:

$_{11}Na$; $_{17}Cl$; $_{26}Fe$; $_{29}Cu$; $_{24}Cr$

إذا كان لديك (٤ إلكترونات) كيف يطبق مبدأ باولي في توزيع الإلكترونات علي التالي:

3S	3P			3d				

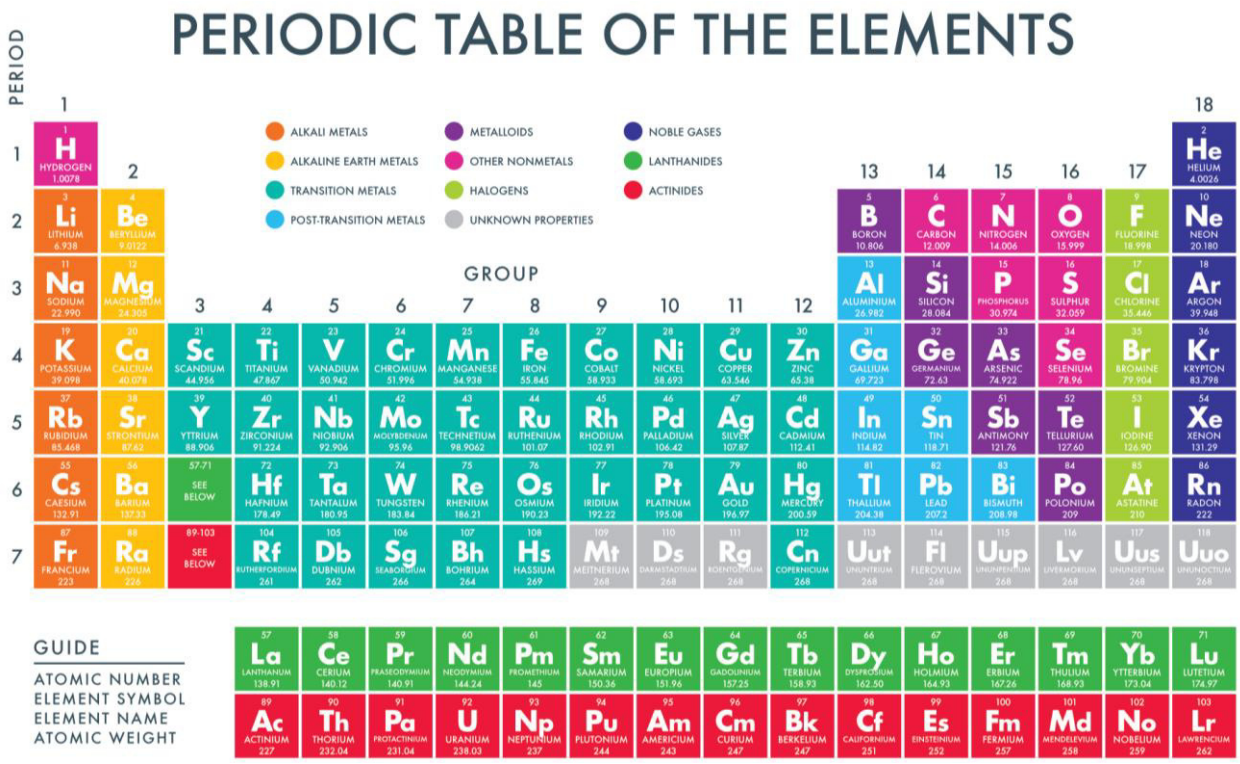
التصنيف الدورى للعنا صـــــــــــر الكيميائية

مقدمة:

في عام ١٨٦٩م قام مندليف بعمل جدول دوري للعناصر المعروفة، ورتبها بشكل دوري بناءً على الوزن الذري، ووضع العناصر التي تتشابه في خصائصها تحت بعضها، وترك أماكن خالية للعناصر التي لم يتمّ اكتشافها بعد، ولقد لاحظ أثناء دراسته أن ترتيب العناصر ترتيباً تصاعدياً علي حسب أوزانها الذرية يحدث تكرار منتظم في خواص العناصر المختلفة (١).

وفي عام ١٨٩٤م إكتشف العالم وليام رامزي (William Ramsay) العناصر النبيلة، وأدرك أنّها تشكل مجموعة جديدة في الجدول الدوري، ومن الجدير بالذكر أنّ اكتشاف هذه العناصر قدم دليلاً إضافياً على دقة جدول مندليف الدوري.

وفي عام ١٩١٣م إكتشف الفيزيائي البريطاني هنري موزلي (H. Moseley) خلال عملية تحليل تردد الأشعة السينية المنبعثة من بعض العناصر أنّ الأساس في ترتيب العناصر هو **العدد الذري**، وليس الكتلة الذرية، وقام موزلي بترتيب العناصر بشكل متسلسل بناءً على العدد الذري، وهو عدد البروتونات موجبة الشحنة في النواة، وتمّ ترتيب العناصر التي تتشابه في خصائصها الكيميائية في أعمدة تسمى مجموعات (Groups)، أمّا الصفوف في الجدول الدوري فتسمى دورات (Periods).



خصائص الجدول الدوري:

- يتكوّن الجدول الدوري من ١٨ مجموعة رأسيّة، و٧ دورات أفقيّة.

- تحتوي المجموعة الصفرية في أقصى اليمين على الغازات النبيلة (الخاملة).
- مجموعة العناصر الانتقاليّة الموضحه بالجدول السابق تبدأ من المجموعة الثالثة وحتي المجموعة الثانية عشر بإستثناء بعض العناصر.
- تحتوي كل مجموعة رأسيّة، على مجموعة من العناصر، التي تتشابه فيما بينها في خواصها الكيميائيّة.
- تترتب العناصر في الدورة الواحدة في الجدول الدوري، وفقاً لزيادة أعدادها الذريّة، وتبدأ كل دورة بعد ملء كل مستوى طاقة.
- يدل رقم المجموعة، على عدد الإلكترونات الموجودة في مستوى الطاقة الأخير للذرّة.
- يدل رقم الدورة، على عدد مستويات الطاقة لذرّة العنصر.

تصنيف العناصر في الجدول الدوري وفقاً لخصائصها:

حاول العلماء تصنيف العناصر بناءً على خصائصها المتشابهة، ومن أشهر هذه المحاولات ما يأتي:

- قسم برزيليوس **Berzelius** (كيميائي سويدي) العناصر إلى فلزات ولا فلزات.
- رتب مندليف **Mendeleev** (كيميائي روسي) العناصر ترتيباً تصاعديّاً، بناءً على **أوزانها الذريّة**، ولاحظ أنّ الخواص الكيميائيّة والفيزيائيّة، تتكرر في الدورة الواحدة.
- رتب موزلي **Moseley** (فيزيائي إنجليزي) العناصر ترتيباً تصاعديّاً، بناءً على أعدادها الذريّة. رُتبت العناصر في الجدول الدوري، وفق **مبدأ البناء التصاعدي**، أي من خلال ملء مستويات الطاقة الفرعيّة.

ترتيب العناصر في نظام دوري:

بعد إكتشاف التركيب الحديث للذرّة، ومستويات الطاقة، وتوزيع الإلكترونات بها، تمكن العلماء من ترتيب العناصر في نظام دوري، يعتمد على ما يأتي:

- الزيادة في العدد الذرّي للعناصر.
- ملء مستويات الطاقة بالإلكترونات.
- تتشابه العناصر التي تمتلك نفس عدد الإلكترونات في مستويات الطاقة الخارجة، في نفس الخصائص.

خصائص العناصر في الجدول الدوري:

١- الخاصيّة الفلزيّة واللافلزيّة Metallic and Nonmetallic Property:

- **تزداد الخاصيّة الفلزيّة**، كلما إتجهنا من أعلى الجدول الدوري إلى أسفل في المجموعة الواحدة، على سبيل المثال في المجموعة 1A، يعتبر الليثيوم أقل العناصر فلزيّةً، بينما الفرانسيوم أعلاها فلزيّةً.
- **تقل الخاصيّة الفلزية** بشكل تدريجي، وتزداد الخاصيّة اللافلزية، كلما إنتقلنا من يسار إلى يمين الجدول الدوري، في الدورة الواحدة.

٢- نصف القطر Radius:

- **يقل نصف القطر** في الدورة الأفقيّة، كلما زاد العدد الذرّي، أي كلما إنتقلنا إلى يمين الجدول الدوري، بسبب زيادة شحنة النواة الموجبة، وزيادة قوة جذب النواة لإلكترونات المدار الأخير (إلكترونات التكافؤ)، وبالتالي نقص قطر الذرة.
- **يزداد نصف قطر الذرة**، كلما زاد العدد الذرّي في المجموعة الرأسيّة، بسبب إضافة مستوى طاقة جديد، وبالتالي تقل قوة التجاذب بين النواة وإلكترونات المستوى الأخير.

٣- جهد التأيّن Ionization potential:

- **تزداد قيمة جهد التأيّن**، في الدورات الأفقيّة، بزيادة العدد الذرّي، بسبب نقص قطر الذرة، وزيادة قوى التجاذب بين النواة وإلكترونات التكافؤ.
- **تقل قيمة جهد التأيّن**، في المجموعات الرأسيّة، بزيادة العدد الذرّي، بسبب زيادة نصف القطر، وزيادة عدد المستويات.

٤- الكهروسالبيّة Electronegativity:

- **تزداد الكهروسالبيّة**، في الدورات الأفقيّة، بزيادة العدد الذرّي، بسبب نقص نصف قطر الذرة، وزيادة شحنة النواة، وقوى التجاذب.
- **تقل الكهروسالبيّة**، في المجموعات الرأسيّة، بسبب زيادة العدد الذرّي، نتيجةً لزيادة نصف قطر الذرة، وحجب قوى التجاذب بين النواة والمستويات الممتلئة.

فوائد التصنيف الدورى للعناصر:

يعتبر الجدول الدوري أحد أهم الأدوات التي تم إكتشافها في تاريخ علم الكيمياء ولهذا الجدول أهمية كبيرة بالنسبة لمن يستخدمه، وسوف نستعرض معا بعضاً من الأمور التي تشير إلى أهمية هذا الجدول:

تصنيف العناصر: يقوم الجدول الدوري بتصنيف العناصر جميعها ضمن مجموعات أفقية ورأسية وذلك حسب تشابه الخصائص لهذه العناصر، لهذا السبب يعتبر هذا الجدول مرجعاً سريعاً للتعرف على العناصر الكيميائية التي لها نفس الخصائص.

التجارب المبينة على الخصائص: يتيح هذا الجدول للأشخاص إجراء تجارب علمية قائمة على معرفة العناصر وخصائصها، فلقد سهل ذلك دراسة العناصر الكميائية ومعرفة خواصها، والتنبؤ بسلوك العنصر في حال تفاعلاته الكميائية مع عناصر أخرى، معرفة الروابط وقوتها، التي يستطيع العنصر تكويتها مع عناصر أخرى، ومعرفة عدد الروابط الكميائية التي يكونها العنصر مع العناصر الكميائية الأخرى، ومعرفة صفات العنصر الفيزيائية، ومعرفة تكافؤ العنصر، ومعرفة حال العنصر وشحنته في حالته الأيونية، والتنبؤ بموقع وصفات العناصر التي

تخلّق أو تكتشف حديثًا. فلو أراد باحث معرفة خواص عنصر كالفرانسيوم francium مثلا، فيمكنه التعرف عليه من خلال خواص المجموعة الأولي، فسيعرف أنه معدن لين يتفاعل بشدة مع الماء أكثر من العنصر الذي فوقه.

التعرف على العناصر: يتيح الجدول الدوري معرفة العناصر الكيميائية بشكل دقيق، حيث أصبح لكل عنصر موقع ورمز كيميائي خاص ورقم محدد لعدده الذري، فالكربون مثلا رمزه C ويقع في الدورة الثانيه بالمجموعة الرابعه عشر وعدده الذري ١٢.....الخ.

العدد الذري والعدد الكتلي:

يُعرف العدد الذري على أنّه عدد البروتونات في الذرة، إذ يمكن تحديد نوع العنصر وخصائصه من خلاله، إمّا العدد الكتلي فيعّرف بأنّه مجموع عدد البروتونات والنيوترونات وفقاً للمعادلة الرياضيّة الآتيّة :

العدد الكتلي = عدد البروتونات + عدد النيوترونات،

وما تجدر الإشارة إليه أنّ الجدول الدوري الحديث تم ترتيب العناصر فيه بناءاً على إزدياد العدد الذري، والذي إكتشفه العالم هنري موزلي، إذ يوضع العدد الذري أعلى العنصر في الجدول الدوري، ويوضع العدد الكتلي أسفل العنصر، أما عند التعبير عن العنصر فإن العدد الذري، والكتلي يوضعان على يسار العنصر، بحيث يعبّر عن العدد الكتلي برقم صغير الحجم أعلى العنصر، أما العدد الذري فيوضع على شكل رقم صغير أسفل العنصر، كما أنّ كتلة الإلكترونات لا تدخل في حساب العدد الكتلي، وذلك لأن كتلتها صغير جداً، وأصغر ب ١,٨٠٠مرة تقريباً من كتلة البروتون، كما أنّ العدد الكتلي لأي ذرة يساوي الكتلة الذرية مقرباً إلى أقرب عدد صحيح، بالإضافة إلى أنّ النظائر المُختلفة للعنصر نفسه يكون لها أعداد كتليّة مختلفة، وذلك لأنها تحوي أعداداً مختلفة من النيوترونات.

العلاقة بين العدد الذري للعنصر وسلوكه الكيميائي:

يمكن تحديد الخصائص الكيميائيّة للعنصر من خلال معرفة عدده الذري بالجدول الدوري، وذلك لأن عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة، ويمكن من خلال معرفة عدد الإلكترونات تحديد التوزيع الإلكتروني للعنصر، ومعرفة طبيعة إلكترونات التكافؤ في المدار الأخير؛ حيث إن طبيعة هذه الإلكترونات تحدد مدى قدرة الذرة على مشاركة إلكتروناتها، وتكوين روابط كيميائية خلال التفاعلات الكيميائية.

أمثلة على حساب العدد الذري والعدد الكتلي:

يتم إستخدام العدد الذري والعدد الكتلي من أجل تكوين صورة كاملة عن الذرة والعناصر، من حيث الصفات والخصائص، ومدى قوة تمسك النواة بالذرات، ومعرفة عدد البروتونات، والإلكترونات، والنيوترونات لكل عنصر، وفيما يأتي أمثلة توضحية:

مثال (١): ذرة عددها الذري ٩، وعددها الكتلي ١٩ فما هو عدد البروتونات، وعدد الإلكترونات، وعدد النيوترونات فيها؟

الحل:

عدد البروتونات هو ٩، وذلك لأن عدد البروتونات يساوي دائما العدد الذري.

عدد الإلكترونات هو ٩، وذلك لأن عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة.

عدد النيوترونات هو ١٠، وذلك لأن عدد النيوترونات يمكن الحصول عليه من خلال طرح العدد الذري من العدد الكتلي، أيّ أنّ (عدد البرتونات + عدد النيوترونات) - (عدد البروتونات) = عدد النيوترونات.

مثال (٢): ما هو عدد النيوترونات في ذرة الكلور (Cl) التي عددها الذري ١٧، وعددها الكتلي ٣٥؟

الحل:

بما أنّ العدد الذري يساوي عدد البروتونات،

والعدد الكتلي = عدد البروتونات + عدد النيوترونات

فإن ← ٣٥ = ١٧ + عدد النيوترونات وبالتالي فإن عدد النيوترونات = ٣٥ - ١٧= ١٨ نيوتروناً.

مثال (٣): ذرة الصوديوم ، العدد الذري لها هو ١١، ما هو عدد البروتونات والإلكترونات؟

الحل:

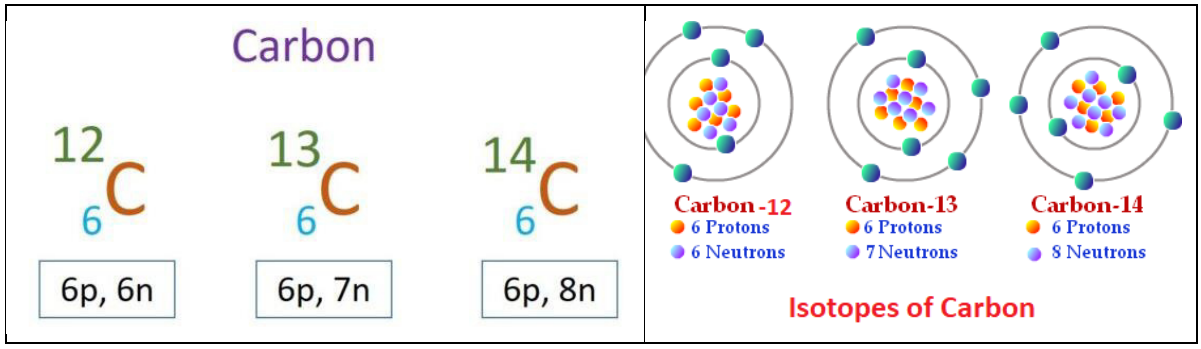
يلاحظ أنّ العدد الذري= عدد البروتونات= عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة،

وبالتالي فإن عدد البروتونات يساوي ١١، وعدد الإلكترونات يساوي ١١ أيضاً.

النظـــــــائر والنشاط الاشعاعى Isotopes and Radioactivity

ماهى النظـــــائرIsotopes ؟

هى ذرات لنفس العنصر لها نفس العدد الذري ولكنها تختلف فى عدد الكتلة بسبب إختلاف عدد النيوترونات مثل نظائر الهيدروجين ^{3}H , ^{2}H ونظائر الكربون ^{14}C , ^{13}C ..... الخ ولا تختلف الخواص الكيميائية للذرة ونظيرها، وذلك لأن الخواص الكيميائية للذرة تعتمد على عدد البروتونات في النواة وبالتالي على عدد الإلكترونات التي تدور في الغلاف النووي وتوزيعها والشكل التالي يوضح نظائر الكربون:



شكل يوضح نظائر الكربون

ما هو النشاط الاشعاعى Radioactivity

يقصد بالنشاط الاشعاعى ذلك الإشعاع الذى يصدر عن ذرات بعض العناصر نتيجة عدم إستقرار النواة ، ويرجع عدم إستقرار النواة إلى تغير نسبة عدد البروتونات إلى عدد النيوترونات داخل تلك النواة

وحدة قياس النشاط الاشعاعى للعناصر هي وحدة كيورى Curi unit ويمكن تعريف ١ كيورى بأنه كمية الإشعاع التى تصدر عن تحلل 3.7×10^{10} ذرة من العنصر المشع فى الثانية الواحدة.

وما هى فترة عمر النصف للنظائر Half life time هي الفترة الزمنية التى يتحلل خلالها نصف كمية المادة المشعة، وتتفاوت من جزء من الثانية كما فى عنصر البولونيوم ^{226}Po حيث تصل إلى 1.6×10^{-4} ثانية إلى آلاف السنين كما فى عنصر راديوم ^{226}Ra التى تصل فترة عمر النصف له إلى ١٦٠٠ سنة .

مثال:

إحسب كمية الاشعاع الصادر عن عنصر الكربون اذا علمت أن 3.8×10^{7} ذرة من هذا العنصر تتحلل فى الثانية .

∴ 3.7×10^{10} ذرة تتحلل / ثانية ←←←←← تُصدر (١ كيورى)

∴ 3.8×10^{7} ذرة تتحلل / ثانية ←←←←← تُصدر (×) كيورى

∴ × = ٠,٠٠١ كيوري

ويوجد ثلاثة أنواع رئيسية من الإشعاع:

١- أشعة الفا α – radiation :

وهى موجبة الشحنة وتتكون من بروتونين ونيوترونين من نواة الذرة وهى أشعة عالية الطاقة مما يمكنها من تأيين ذرات المادة التى تعترضها وإحداث طفرات بالخلايا الحية ولكن طول موجاتها قصير (ثقيلة جدًا لدرجة أنها تستهلك طاقتها على مسافات قصيرة ولا تستطيع السفر بعيدًا جدًا عن الذرة) مما يجعلها ضعيفة النفاذية بمقارنتها ببقية االإشعاعات الذرية الأخرى.

التأثير الصحي للتعرض لجزيئات ألفا يعتمد بشكل كبير على كيفية تعرض الشخص لهذه الأشعة. تفتقر جزيئات ألفا إلى الطاقة اللازمة لاختراق حتى الطبقة الخارجية من الجلد ، لذا فإن التعرض لخارج الجسم ليس مصدر قلق كبير. ومع ذلك ، يمكن أن تكون ضارة للغاية داخل الجسم. إذا تم استنشاق بواعث ألفا أو ابتلاعها أو دخولها إلى الجسم من خلال جرح ، فإن جزيئات ألفا يمكن أن تلحق الضرر بالأنسجة الحية الحساسة. الطريقة التي تسبب بها هذه الجزيئات الكبيرة والثقيلة الضرر تجعلها أكثر خطورة من أنواع الإشعاع الأخرى. التأينات التي تسببها قريبة جدًا من بعضها - يمكنها إطلاق كل طاقتها في عدد قليل من الخلايا. ينتج عن هذا ضرر أكثر خطورة للخلايا والحمض النووي.

٢ -أشعة بيتا β- radiation :

وهى عبارة عن جسيمات صغيرة سريعة الحركة ذات شحنة كهربائية **سالبة** تنبعث من نواة الذرة أثناء الاضمحلال الإشعاعي. تنبعث هذه الجسيمات من بعض الذرات غير المستقرة مثل الهيدروجين ٣ (التريتيوم) والكربون ١٤ والسترونشيوم ٩٠. وهى أيضا أشعة عالية الطاقة وذات قدرة أعلى على النفاذية.

جسيمات بيتا أكثر اختراقًا من جسيمات ألفا، ولكنها أقل ضررًا للأنسجة الحية والحمض النووي لأن التأينات التي تنتجها تكون متباعدة على نطاق أوسع. إذ أنها تسافر في الهواء لمسافة أبعد من جزيئات ألفا، ولكن يمكن إيقافها بواسطة طبقة من الملابس أو بطبقة رقيقة من مادة مثل الألومنيوم. بعض جزيئات بيتا قادرة على إختراق الجلد والتسبب في أضرار مثل حروق الجلد. ومع ذلك ، كما هو الحال مع بواعث ألفا ، تكون بواعث بيتا أكثر خطورة عند إستنشاقها أو إبتلاعها.

٣ - أشعة جاماγ- radiation

عبارة عن حزم عديمة الوزن من الطاقة تسمى الفوتونات. على عكس جسيمات ألفا وبيتا، التي تمتلك طاقة وكتلة، فإن أشعة جاما هي طاقة نقية. تشبه أشعة جاما الضوء المرئي، لكن لديها طاقة أعلى بكثير. غالبًا ما تنبعث أشعة جاما جنبًا إلى جنب مع جسيمات ألفا أو بيتا أثناء التحلل الإشعاعي.

تُعد أشعة جاما خطرًا إشعاعيًا على الجسم بأكمله. يمكنهم بسهولة اختراق الحواجز التي يمكن أن توقف جزيئات ألفا وبيتا، مثل الجلد والملابس. تتمتع أشعة جاما بقوة اختراق كبيرة لدرجة أن عدة بوصات من مادة كثيفة مثل الرصاص، أو حتى بضعة أقدام من الخرسانة قد تكون مطلوبة لإيقافها. يمكن لأشعة جاما

أن تمر بالكامل عبر جسم الإنسان؛ أثناء مرورها، يمكن أن تسبب تأينًا يؤدي إلى تلف الأنسجة والحمض النووي.

إستخدامات نظائر العناصر المشعة:

في التشخيص للاغراض الطبية:

النظائر المشعة يتم استخدامها لتشخيص الكثير من الأمراض، ويكون ذلك من خلال ما يسمى بمسح الأعضاء التي يراد تشخيصها، ويحدث ذلك بأن يتم إعطاء المريض جرعة من عنصر مشع، وذلك من خلال الحقن الوريدي أو الفم ، ويختلف نوع العنصر المشع بإختلاف العضو الذي يراد تشخيصه، ومن هذه الأعضاء التي يتم مسحها ما يلي:

تشخيص الغدة الدرقية بإعطاء المريض جرعة من اليود المشع (يود١٣١) ويتم فيها حساب نسبة إلتقاط الغدة الدرقية لليود، ويكون من خلالها أخذ صورة توضح فيها شكلها وحجمها، وهذا الفحص يتيح في الكشف عن وجود سرطان الغدة وإلتهابها والكشف عن مرض الغدة التسممي، وهو الذي يكون فيه نسبة إلتقاط الغدة الدرقية لليود تكون زائدة عن العادة. وكذلك يتم معرفة حجمها، الامر الذي به يتم معرفة عما إذا كانت متضخمة.

تشخيص الكبد وفيه يتم معرفة مكان الكبد وشكله وحجمه وتحديد عما إذا كان في الكبد ورم أم لا وذلك في حالات أورام البطن. وأيضا من خلاله يتم متابعة وضع الكبد وذلك خلال فترة المعالجة من السرطان.

تشخيص الدماغ وذلك لكي يتم الكشف عن وجود أي أورام بالدماغ سواء كانت حميدة أو سرطانية. وكذلك يتم الكشف عن خراج الدماغ وإلتهابه. وأيضا الكشف عن وجود أي نزيف داخلي. والكشف عن وجود جلطات بالدماغ.

تشخيص الرئتين حيث يتم معرفة عما إذا كان هناك عيوب خلقية. وأيضا الكشف عن سرطان الرئة. وكذلك الكشف عن أمراض الشعب الهوائية ووجود جلطات من عدمه.

العلاج: تستخدم النظائر في علاج السرطان، وذلك من خلال إختراق أشعة جاما الأورام السرطانية، فتقوم بقتل الخلايا السرطانية. كما أنها تعالج الخمول الذهني، وذلك من خلال إعطاء اليود المشع، فيعمل على إعادة الغدة الدرقية لنشاطها وذلك من خلال إمتصاص اليود.

في الأغراض الزراعية:

إستخدام النظائر المشعة تساعد علي زيادة إنتاجية الأرض. كما أنها تساهم في معرفة أماكن مصادر المياه. وكذلك تساعد في إنتاج محاصيل من أنواع جديدة، وتساهم كذلك في مقاومة الأمراض والتقلبات الجوية. كما أنها تساعد في تعقيم البذور.

الكيمياء التحليلية

Analytical Chemistry

الكيمياء التحليلية Analytical Chemistry

الكيمياء التحليلية هي فرع من علم الكيمياء يهتم بتمييز المواد المختلفة وتقدير مكوناتها. وتحتل الكيمياء التحليلية مكاناً رئيسياً بين العلوم التطبيقية لأنها تمثل الإجابة عن الأسئلة المتعددة التي تتعلق بالعمليات الكيميائية المختلفة. ونظراً لأهمية هذا الفرع من علم الكيمياء فقد لاقت إهتماماً مبكراً في تاريخ العلوم لاسيما علوم البيولوجي ومعادن التربة والجيولوجيا..... الخ، وهي تشمل التحليل الوصفي Qualitative analysis والتحليل الكمي Quantitative Analysis.

ويهدف التحليل الوصفي Qualitative analysis إلي كشف وتمييز مكونات أي مركب أو مخلوط من مركبات أو عناصر. أما التحليل الكمي Quantitative Analysis فيتعلق بتقدير النسبة المئوية أو التركيب الجزيئي لعينة ما. ولا شك أن كثيراً من عمليات التحليل الوصفي أصبحت أساساً لعمليات التقدير الكمي ولكن بعد إختيار الظروف الملائمة لذلك. ولكن يجب ألا يفهم من ذلك أن أي عملية في التحليل الوصفي يمكن إستخدامها في التحليل الكمي، ففي حالة العينات المجهولة يجب أولاً إجراء التحليل الوصفي لمعرفة العناصر المكونة لها ثم يلي ذلك التقدير الكمي للعناصر أو المكونات المطلوبة.

وتلعب الكيمياء التحليلية دوراً هاماً في حياة الإنسان وتحديد إحتياجاته من الغذاء، كما أن تحديد قيمة الخامات وصلاحية إنتاج معين في المصانع للأغراض الإقتصادية وتحديد مدي مطابقة الخامات والمنتجات للمواصفات القياسية المطلوبة ومدي ملائمته للإستعمال للتأكد من جودة الإنتاج يستلزم تطبيق الطرق التحليلية، ولذلك فلا غني عن الكيمياء التحليلية في علم الحياة إذ أنه لا يستطيع الأطباء تشخيص الأمراض دون الإستناد إلي نتائج التحاليل اللازمة لذلك.

ومن أهم الأهداف الرئيسية في دراسة الكيمياء التحليلية هو العناية بالدراسة العملية وتعود الطلاب والدارسين علي العمليات التحليلية المختلفة وإكسابهم الخبرات الكافية التي تكسبهم المرونة في عمليات التحليل المختلفة.

أساسيات في الكيمياء التحليلية

أولا: طرق التعبير عن الكمية:

يمكن التعبير عن كمية أي مادة سواء كانت في حالة صلبة أو سائلة أو غازية كما يلي:

١- الجـــــرام Gramm:

أكثر الطرق المستخدمة في قياس كمية أي مادة وبالأخص المواد الصلبة منها هي التعبير عن وزنها بالجرام أو مضاعفاته (الكيلو جرام)، أما إذا كانت المادة قليلة فتقاس كميتها بمشتقات الجرام (كالمليجرام أو الميكروجرام أو النانوجرام).

١ جـــــرام	=	١٠٠٠ مليجرام
١ مليجـــرام	=	٠,٠٠١ جرام أي $١٠^{-٣}$ جرام
١ ميكروجرام	=	$١٠^{-٦}$ جرام
١ نانوجـــرام	=	$١٠^{-٩}$ جرام

٢- المول Mole:

هو عبارة عن الوزن الجزيئي للمادة معبراً عنه بالجرامات، علي سبيل المثال:

- واحد مول كلوريد صوديوم = ٥٨,٥ جرام
- ٠,١ مول كلوريد صوديوم = ٥,٨٥ جرام
- ٠,٠١ مول كلوريد صوديوم = ٠,٥٨٥ جرام
- ١١٧ جرام كلوريد صوديوم = $\frac{١١٧}{٥٨.٥}$ = ٢ مول

وبفرض أن لدينا وزنه من كلوريد الصوديوم تقدر بـ ٠,٠٥٨٥ جرام فما هو عدد المولات بها؟

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{وزن المادة}}{\text{وزنها الجزيئي}}$$

$$\therefore \text{عدد المولات} = \frac{٠.٠٥٨٥}{٥٨.٥} = ٠,٠٠١ \text{ مول}$$

ويمكن التعبير عن الكميات القليلة من المادة علي صورة مليمول أو ميكرومول أو نانومول.

١ مليمول	=	٠,٠٠١ مول أي $١٠^{-٣}$ مول
١ ميكرومول	=	$١٠^{-٦}$ مول
١ نانومول	=	$١٠^{-٩}$ مول

٣- المكافئ Equivalent:

هو الوزن المكافئ للمادة معبراً عنه بالجرامات، علي سبيل المثال:

- ٤٠ جرام هيدروكسيد صوديوم NaOH = ١ مكافئ NaOH
- ٣٦,٥ جرام حامض هيدروكلوريك HCl = ١ مكافئ HCl
- ٥٨,٥ جرام كلوريد صوديوم NaCl = ١ مكافئ NaCl
- ٩٨ جرام H_2SO_4 = ٢ مكافئ H_2SO_4
- ٥٣ جرام كربونات صوديوم Na_2CO_3 = ١ مكافئ Na_2CO_3

ومن السابق يتضح أن المكافئ الواحد من هيدروكسيد صوديوم NaOH يتفاعل تماما مع مكافئ واحد من حامض هيدروكلوريك HCl بالرغم من إختلاف الوزن بالجرام الذي يعبر عنه المكافئ الواحد في الحالتين:

حيث يساوي المكافئ الواحد في حالة هيدروكسيد الصوديوم ٤٠ جرام بينما

يساوي المكافئ الواحد في حالة حامض الهيدروكلوريك ٣٦,٥ جرام

ومن المعروف أن المواد تتفاعل مع بعضها البعض بنسب أوزانها المكافئة فيتفاعل مكافئ واحد من المادة (A) مع مكافئ من مادة أخري (B) لأن كل منهما يمثل الكمية التي تفاعلت بما يقابل ١ جرام هيدروجين أو ٨ جرام أكسجين.

ملحوظة:

الوزن المكافئ Equivalent weight هو عبارة عن الوزن بالجرام من المادة الذي يتحد مع أو يحل محل ١ جرام هيدروجين أو ٨ جرام أكسجين، أي أن **المكافئ** يعبر عن الوزن المكافئ للمادة بالجرامات.

The equivalent weight is the quantity that combines with or replaces 1.008 g of hydrogen or 7.9997 g of oxygen.

ويجب ملاحظة الآتي:

الوزن المكافئ يساوي الوزن الجزيئي (مجموع الاوزان الذرية للعناصر المكونة للجزئ) مقسوماً على معامل التكافؤ Equivalence Coefficient ومن هذا التعريف نلحظ أن قيمة الوزن المكافئ تعتمد على قيمة معامل التكافؤ والذي يختلف حسابه مع إختلاف نوع المركب أو التفاعل وهذا ما سيتم ذكره بالتفصيل أدناه.

$$\text{الوزن المكافئ} = \frac{\text{الوزن الجزيئي}}{\text{معامل التكافؤ}} \quad \& \text{ عدد المكافئات} = \frac{\text{وزن المادة بالجرام}}{\text{الوزن المكافئ}}$$

معامل التكافؤ للعنصر =	تكافؤ العنصر

الوزن المكافئ للعنصر =	**<u>هو الوزن الذري للعنصر بالجرام مقسومًا على تكافؤه</u>** فمثلاً: الوزن المكافئ للأكسجين هو ١٦ /٢ = ٨ وللكالسيوم هو ٤٠/٢ = ٢٠
معامل التكافؤ للحامض =	قاعدية الحامض
الوزن المكافئ للحامض =	الوزن الجزيئي للحامض مقسومًا على قاعدية هذا الحامض (معامل التكافؤ للحامض)
	معامل التكافؤ للحامض أو قاعدية الحامض تساوي عدد ذرات الهيدروجين في الحامض القابلة للتحرر في المحلول على هيئة بروتون H^+ وليس بالضرورة أن تكون قاعدية الحامض تساوي عدد ذرات الهيدروجين فيه لأنه ليس كل ذرة هيدروجين في الحامض قابلة للمنح على هيئة أيون موجب (بروتون H^+) في المحلول فحامض الخليك CH_3COOH عدد ذرات الهيدروجين فيه ٤ بينما معامل التكافؤ له (قاعديته) واحد فقط. مثال: حامض الكبريتيك H_2SO_4 وزنه الجزيئي (٢×١+٣٢+٤×١٦) = ٩٨ وقاعديته ٢ وعليه يكون وزنه المكافئ هو ٩٨/٢ = ٤٩.
معامل التكافؤ للقاعدة =	حامضية القاعدة (معامل التكافؤ للقاعدة أو حامضية القاعدة تساوي عدد أيونات الهيدروكسيل OH^- القابلة للتحرر من هذه القاعدة في المحلول. وبناء على هذا يكون الوزن المكافئ للقاعدة يساوي الوزن الجزيئي لها مقسومًا على حامضية هذه القاعدة).
الوزن المكافئ للقاعدة =	الوزن الجزيئي للقاعدة مقسومًا على حامضية هذه القاعدة
	مثال: الوزن المكافئ لهيدروكسيد البوتاسيوم KOH = الوزن الجزيئي /حامضية KOH والوزن الجزيئي هو (٣٩+١٦+١) = ٥٦ والحامضية = ١ وبالتالي الوزن المكافئ = ١/٥٦ = ٥٦.
معامل التكافؤ للأيون =	عدد الشحنات التي يحملها الأيون
الوزن المكافئ للأيون =	الوزن الجزيئي للأيون مقسومًا على شحنة هذا الأيون.
	مثال (١): الكربونات CO_3^{-2} الوزن الجزيئي لها هو (١٦×٣ +١٢) = ٦٠ والشحنة التي تحملها ٢ وعليه يكون الوزن المكافئ هو ٢/٦٠ = ٣٠. مثال (٢) الألومنيوم Al^{+3} وزنه المكافئ = ٣/٢٧ = ٩.
معامل التكافؤ لعامل الأكسدة أو عامل الاختزال=	عدد الإلكترونات التي تفقد أو تكتسب في تفاعل الأكسدة والاختزال. الوزن المكافئ لعامل الأكسدة أو الاختزال يساوي الوزن الجزيئي مقسومًا على عدد الإلكترونات التي تفقد أو تكتسب بواسطة جزيء واحد في التفاعل.

ويمكن التعبير عن الكميات القليلة من المادة علي صورة مليمكافئ أو ميكرومكافئ أو نانومكافئ.

١ مليمكافئ	=	٠,٠٠١ مكافئ أي $١٠^{-٣}$ مكافئ
١ ميكرومكافئ	=	$١٠^{-٦}$ مكافئ
١ نانومكافئ	=	$١٠^{-٩}$ مكافئ

٤- عدد الجزيئات Number of Molecules:

يمكن التعبير عن كمية أي مادة بعدد جزيئاتها، حيث إن المول من أي مادة يحتوي علي ٦,٠٢٣ × $١٠^{٢٣}$ جزئ.

مثال:

ما هو عدد جزيئات كربونات الصوديوم في ١٠,٦ جرام منها علما بأن الوزن الجزيئي لكربونات الصوديوم هو ١٠٦؟

$$\text{عدد مولات كربونات الصوديوم} = \frac{\text{وزن المادة}}{\text{الوزن الجزيئي}}$$

$$\text{عدد مولات كربونات الصوديوم} = \frac{١٠,٦}{١٠٦} = ٠,١ \text{ مول}$$

∴ **عدد جزيئات كربونات الصوديوم** = ٠,١ × ٦,٠٢٣ × $١٠^{٢٣}$ = ٦,٠٢٣ × $١٠^{٢٢}$

٥- اللتر Litre:

تقاس كمية السوائل (حجمها) باللتر، وفي حالة قياس كميات من السوائل ذات حجوم صغيرة نسبياً يعبر عن كميتها (حجمها) بالمليلتر، أما إذا كانت الحجوم صغيرة جدا فيمكن التعبير عن كميتها بالميكرولتر أو النانولتر.

١ مليلتر	=	٠,٠٠١ لتر أي $١٠^{-٣}$ لتر
١ ميكرولتر	=	$١٠^{-٦}$ لتر
١ نانولتر	=	$١٠^{-٩}$ لتر

ثانيا: طرق التعبير عن التركيز:

التركيز عبارة عن نسبة بين كمية مذاب إلي كمية المحلول.

هناك أربع طرق رئيسية تستخدم للتعبير عن تركيز المحاليل وهي كما يلي:

١ – التركيز المئوي:

ويوجد منه عدة أنواع تعتمد علي طريقة التعبير عن كمية كل من المذاب والمحلول:

تركيز مئوي وزني/ وزني (W/W) =	$\frac{\text{كمية المذاب بالجرام}}{\text{كمية المحلول بالجرام}} \times ١٠٠$
تركيز مئوي وزني/ حجمي (W/V) =	$\frac{\text{كمية المذاب بالجرام}}{\text{كمية المحلول بالمليلتر}} \times ١٠٠$
تركيز مئوي حجمي/ حجمي (V/V) =	$\frac{\text{كمية المذاب بالمليلتر}}{\text{كمية المحلول بالمليلتر}} \times ١٠٠$
تركيز مئوي حجمي/ وزني (V/W) =	$\frac{\text{كمية المذاب بالمليلتر}}{\text{كمية المحلول بالجرام}} \times ١٠٠$

مثال:

أُذيب ٥ جرام (جم) من كلوريد البوتاسيوم في ٢٨ جم ماء، فإذا علمت أن كثافة المحلول (١,٠٢ جم/مل)، أحسب % (و- و)، % (و-ح)؟

الحل:

وزن المحلول = وزن المذاب + وزن المذيب = ٥ + ٢٨ = ٣٣ جم

$$\%\ (\text{و- و}) = \frac{٥}{٣٣} \times ١٠٠ = \%١٥,١٥$$

$$\text{حجم المحلول} = \frac{\text{وزن المحلول}}{\text{كثافة المحلول}} = \frac{٣٣}{١,٠٢} = ٣٢,٣٥ \text{ مليلتر (مل)}$$

$$\%\ (\text{و- ح}) = \frac{٥}{٣٢,٣٥} \times ١٠٠ = \%١٥,٤٥$$

٢ – التركيز المولر Molar concentration:

هو النسبة بين كمية المذاب بالمول إلي كمية المحلول باللتر.

التركيز المولر =	كمية المذاب بالمول / كمية المحلول باللتر

١ مول/ لتر	=	١ مولر
١٠٠٠ مليمول/ ١٠٠٠ مليلتر	=	١ مولر
١ مليمول/ ١ مليلتر	=	١ مولر

ويلاحظ أن:

المحلول الذي يكون تركيزه ١ مولر في مادة ما هو عبارة عن محلول يحتوي اللتر منه علي كمية من المذاب قدرها ١ مول.

مثال:

إحسب كمية هيدروكسيد الصوديوم المذابة في لتر من محلول منه تركيزه ٠,١ مولر؟

الحل:

∴ كمية هيدروكسيد الصوديوم المذابة في اللتر = ٠,١ مول

∴ كمية هيدروكسيد الصوديوم المذابة في اللتر معبرا عنها بالجرامات = ٤ جرام.

٣ - التركيز العياري Normal concentration:

هو النسبة بين كمية المذاب بالمكافئ إلي كمية المحلول باللتر.

التركيز العياري =	كمية المذاب بالمكافئ / حجم المحلول باللتر

ويجب ملاحظة أن:

التركيز العياري مشابه للتركيز المولر في إتخاذ اللتر كوحدة حجم.

أما الوزن فيعبر عنه **بعدد المولات** في حالة التركيز المولر **وبعدد المكافئات** في حالة التركيز العياري.

مثال:

إحسب كمية هيدروكسيد البوتاسيوم المذابة في ١٠٠ مليلتر من محلول منه تركيزه ٠,١ع؟

الحل:

$$\text{كمية المذاب بالمكافئ} = \frac{\text{وزن المادة بالجرام}}{\text{وزنها المكافئ}} = \text{حجم المحلول باللتر} \times \text{التركيز العياري}$$

$$\text{كمية المذاب بالمكافئ} = \frac{\text{وزن المادة بالجرام}}{٥٦} = \frac{١٠٠}{١٠٠٠} \times ٠,١$$

∴ وزن هيدروكسيد البوتاسيوم = ٠,١ × ٠,١ × ٥٦ = ٠,٥٦ جرام

مثال:

عند إذابة ٠,٥٣ جرام كربونات صوديوم في ماء مقطر ثم تكملة حجم المحلول إلي ١٠٠ مليلتر بالماء المقطر، فما التركيز العياري للمحلول؟

الحل:

$$\text{التركيز العياري} \times \text{حجم المحلول باللتر} = \frac{\text{وزن المادة بالجرام}}{\text{وزنها المكافئ}}$$

$$\text{التركيز العياري} \times \frac{١٠٠}{١٠٠٠} = \frac{٠,٥٣}{٥٣}$$

$$\therefore \text{التركيز العياري} = \frac{٠,٠١}{٠,١} = ٠,١ \text{ ع}$$

مثال:

محلول حامض هيدروكلوريك مركز HCl Conc. تركيزه ٣٦% وزني/وزني، وكثافته ١,١٨ جرام/مل. إحسب حجم الحامض اللازم لتحضير ٢٥٠ مل من محلول منه تركيزه ٠,١ ع تقريباً؟

الحل:

١- يلزم أولاً حساب وزن HCl المذاب في الحامض المركز اللازم لتحضير محلول الحامض المخفف:

$$\text{وزن HCl} = \frac{\text{وزن المادة النقية (HCl) اللازم}}{\text{الوزن المكافئ}} = \frac{\text{حجم المحلول المراد تحضيره}}{١٠٠٠} \times \text{التركيز العياري}$$

$$\text{وزن HCl} = \frac{\text{وزن المادة النقية (HCl) اللازم}}{٣٦,٥} = \frac{٢٥٠}{١٠٠٠} \times ٠,١$$

$$\therefore \text{وزن HCl} = ٠,٢٥ \times ٠,١ \times ٣٦,٥ = ٠,٩٢ \text{ جم}$$

٢- يحسب حجم الحامض المركز اللازم إستخدامه كما يلي:

$$\text{حجم الحامض بالمليلتر} = \frac{\text{وزن المادة النقية المذابة (بالجرام)}}{\text{كثافة الحامض}} = \frac{١٠٠}{\text{التركيز المئوي للحامض}}$$

$$\text{حجم الحامض بالمليلتر} = \frac{١٠٠ \times ٠,٩٢}{٣٦,٥ \times ١,١٨} = \textbf{٢,١٢ مليلتر}$$

وحيث إن محاليل الأحماض المركزة ليست محاليل قياسية لذا يؤخذ ٢,٢ مليلتر من محلول الحامض المركز ويضاف إلي ٢٥٠ مليلتر ماء مقطر تقريبا في زجاجة ثم يرج جيدًا. المحلول الناتج عياريته ٠,١ ع تقريبا ويلزم تقدير عياريته بالضبط بإستخدام محلول قلوي قياسي.

٤- جزء في المليون (Part per million (ppm:

أحياناً يعبر عن كمية المادة التي تتواجد بكميات قليلة في المحلول بعدد الأجزاء في المليون (بالوزن أو بالحجم) كما في حالة تقدير بعض العناصر النادرة علي سبيل المثال أو تحضير بعض البيئات الغذائية الخاصة بنمو الكائنات الحية الدقيقة.

مثال:

إذا كانت كمية أيونات البوتاسيوم في تحليل عينة مياه طبيعية تساوي ٠,٠٤ جم/لتر فإن تركيز البوتاسيوم ٤٠ جزء في المليون.

أي أن ٠,٠٤ جم ←←←←←← لتر

٠,٠٤ جم ←←← ١٠٠٠ مليلتر

∴ ٠,٠٤ × ١٠٠٠ مجم ← ١٠٠٠ × ١٠٠٠ ($١٠^٦$ مليون)

أي أن ٤٠ مجم توجد في مليون مليلتر وهذا يعني أن:
٤٠ مجم بالوزن من أيونات البوتاسيوم توجد في مليون جزء بالحجم من المحلول

المحاليل المنظمة Buffer Solution

هي المحاليل التي تقاوم التغير في الرقم الهيدروجيني عند إضافة كميات قليلة من الأحماض أو القواعد القوية أو عند تخفيفها، وهي عبارة عن محلول لحمض ضعيف وأحد أملاحه أو قاعدة ضعيفة وأحد أملاحها.

المحاليل المنظمة لها أهمية كبيرة في الأنظمة الكيميائية والبيولوجية بحيث تتميز السوائل الحيوية برقم هيدروجيني ثابت ، ففي جسم الإنسان تختلف قيمة الـ pH من سائل إلى آخر فمثلا في الدم تبلغ ٧,٤ بينما في العصارة المعدية تبلغ ١,٥ ، هذه القيم تعتبر مناسبة ومثالية لعمل الإنزيمات وموازنة الضغط الأسموزي. هذه القيم يحافظ عليها غالبا عن طريق المحاليل المنظمة ، وأهم المحاليل المنظمة هي الفوسفات والبيكربونات.

سعة المحلول المنظم أو كفاءته(Buffer Solution Capacity)

تعبر عن مدى مقاومة المحلول المنظم للتغير في الرقم الهيدروجيني، وتكون أكبر ما يمكن عندما تكون النسبة بين الحمض والقاعدة المقترنة مساوية للواحد.

من الأمثلة : حمض الخليك (acetic acid CH_3COOH) كحمض ضعيف وقاعدته المقترنة هي خلات الصوديوم(sodium acetate CH_3COONa)

كيف يعمل المحلول المنظم ؟

الحالة الأولى : دراسة أثر إضافة حمض HCl إلى المحلول المنظم :

١- إضافة HCl

يعني إضافة H^+

وبالتالي زيادة تركيز $H3O^+$

في المحلول فيختل الاتزان .

٢- وفقاً لمبدأ لوتشاتلييه سينزاح التفاعل

(1) نحو اليسار بتفاعل $H3O^+$

الزائدة مع $CH3COO^-$

.

٣- نتيجة انزياح التفاعل (1)

نحو اليسار سيزول تقريباً أثر الزيادة في تركيز $H3O^+$

الناتجة من إضافة الحمض HCl

وبالتالي تبقى قيمة pH

للمحلول ثابتة تقريباً .

الحالة الثانية : دراسة أثر إضافة قاعدة

NaOH إلى المحلول

المنظم :

١- إضافة قاعدة NaOH

يعني إضافة OH^- والتي تتفاعل مع H_3O^+ في المحلول

فيختل الاتزان .

٢- وفقاً لمبدأ لوتشاتلييه سينزاح التفاعل

(1) نحو اليمين بتفكك المزيد من CH_3COOH

فيتم تعويض النقص في H_3O^+

فيبقى تركيزها ثابتاً تقريباً ، وبالتالي تبقى قيمة pH

للمحلول ثابتة تقريباً .

أهمية المحاليل المنظمة

يتطلب الكثير من العمليات الكيمائية والحيوية أن لا تتغير قيمة pH لوسط التفاعل كثيراً بل تبقى قريبة من قيمة معينة. ومثال ذلك أن الدم في جسم الإنسان لا يمكن أن يقوم بوظيفة نقل الأكسجين إلى الخلايا إلاّ أن تكون قيمة pH 7.4 =وللمحاليل المنظمة أهمية كبيرة فمثلاً:

أ- أن الأنزيمات تحتاج لوسط تكون فيه قيمة pH ثابتة تقريباً لتعمل بنشاط.

ب- معالجة التربة لنمو المحاصيل المختلفة.

التحليل الكيميائي Chemical analysis

التحليل الكيميائي يعتبرمن أحد فروع الكيمياء الذي ساهم بشكل كبير في تقدم علم الكيمياء وتطور المجالات العلمية المختلفة مثل الطب والزراعة والصناعات الغذائية والبيئة ..... الخ، ولذلك فلا غني عنه أساساً في علم الحياة إذ أنه لا يستطيع الأطباء تشخيص الأمراض دون الإستناد إلي نتائج التحاليل اللازمة لذلك. والمقصود بالتحليل الكيميائي هو التعرف علي نوعية العناصر المكونة لمادة ما (مجهولة) وتحديد نسبة كل عنصر فيها وكيفية الترابط بين هذه العناصر مع بعضها للوصول إلي الصيغة الجزيئية للمادة (أو مجموعة المركبات المكونة للمادة إن كانت مخلوطا).

والتحليل الكيميائي ضروري في كل مطاف، إذ يقوم الآلاف من المحللين الكيميائيين يومياً بإجراء العديد من التحاليل علي عينات لمواد أولية ومنتجات وسطية ومخصبات معدنية وعينات المياه وكذلك التحاليل الطبية فعلي سبيل المثال ساهم التحليل الكيميائي في:

علم الكيمياء	:	في دراسة التركيب الكيميائي للمواد.
الطـــــب	:	في تشخيص الأمراض (تقدير نسبة السكر، الزلال، البولينا، الكوليسترول) وتقدير المكونات الفعالة في الدواء.
الصناعـــة	:	في تحديد مدي مطابقة الخامات والمنتجات للمواصفات القياسية المطلوبة ومدي ملائمته للإستعمال للتأكد من جودة الإنتاج.
الزراعـــة	:	في تحسين خواص التربة والمحاصيل، وتجري التحاليل الكيميائية علي التربة من أجل معرفة خواصها الحامضية والقاعدية ونوع ونسب العناصر الموجودة بها وكيف يمكن معالجتها بالأسمدة.
البيئـــــة	:	في معرفة وقياس محتوي المياه والأغذية من الملوثات البيئية الضارة، وأيضا في قياس نسب الغازات مثل النتروجين والكربون والكبريت في الهواء.

وينقسم التحليل الكيميائي إلي قسمين رئيسيين وهما:

١- التحليل الوصفي Qualitative analysis:

هو عبارة عن سلسلة من التجارب (التفاعلات) المناسبة التي تجري للكشف عن نوعية المكونات الأساسية للمادة علي أساس التغيرات الحادثة في هذه التفاعلات، ويهدف إلي التعرف علي مكونات المادة سواء كانت نقية (أملاح بسيطة) أو خليط من عدة مواد، وينقسم هذا النوع من التحليل إلي فرعين رئيسيين:

- **التحليل الوصفي للمركبات غير العضوية**: في هذا النوع يتم الكشف عن وجود أو عدم وجود كاتيونات أو آنيونات لأملاح بسيطة أو خليط من الأملاح، ويعتمد هذا النوع من التحليلات علي التفاعل الكيميائي وكذلك علي إختبارات اللهب.
- **التحليل الوصفي للمركبات العضوية**: في هذا النوع يتم الكشف عن العناصر والمجموعات الوظيفية، ويهدف هذا النوع من التحليلات إلي التعرف علي المركبات العضوية الموجودة في العينة المدروسة.

٢- التحليل الكمي Quantitative Analysis:

هو عبارة عن سلسلة من التجارب تجري علي المادة لتقدير وتحديد كميات ونسب كل مكون من المكونات الأساسية للمادة أي تحديد النسبة المئوية لكل مكون من مكونات المادة، ويهدف إلي تقدير نسبة كل مكون من المكونات الاساسية للمادة، ولا يجوز تقدير مادة ما تقديرًا كمياً ما لم يتأكد من وجودها وصفياً، وتنقسم طرق التحليل الكمي إلي:

١- تحليل كمي حجمي Volumetric analysis

يعتمد على قياس **حجم المحلول** المعلوم التركيز (المحلول القياسي) اللازم للتفاعل مع كمية أو حجم محدد من المادة مجهولة التركيز(العينة المراد دراستها).

٢- تحليل وزني Gravimetric analysis

يعتمد على فصل العنصر أو المادة المطلوب تقدير كميتها بإحدى الطرق الكيميائية إعتمادا على خواصها وذلك عن طريق ترسيب المادة المراد تقديرها كميا علي هيئة عنصر منفرد أو مشتق معين معروف التركيب ويفُصل عن المحلول بالترسيب أو بالطرد المركزي ثم غسله وتجفيفه ووزنه فيُحسب وزن المادة المراد تقديرها من معرفتنا لوزن الراسب وتركيبه بدقة، فمثلا يمكن تعيين نسبة الكلور في ملح الطعام بإذابة وزن معين من الملح في الماء ثم إضافة زيادة من محلول نترات الفضة إليه فيترسب علي شكل كلوريد الفضة، ثم يرشح الراسب ويغسل ويجفف ثم يوزن لمعرفة كمية الكلور ونسبته في الملح.

٣- طرق التحليل الآلي Instrumental methods of analysis or physiochemical methods of analysis

يعتمد هذا النوع من التحليل على قياس بعض الخصائص الفيزيائية Physical Properties أوالكيميائية للمادة (مثل الكثافة، اللون، الامتصاص، الانبعاث، معامل الإنكسار والتغيرات الحرارية والكهربائية). وبعكس الطرق التقليدية، يعتمد التحليل الكمي الآلي علي أجهزة أكثر تعقيداً بهدف تقدير الصفات الطبيعية للمادة المراد تقديرها بدقة وحساسية عالية، وتظهر قدرة هذه الطرق في تقدير المواد ذات التركيزات الصغيرة جداً. وتعتمد هذه الطرق أساسا علي القياسات الآتية:

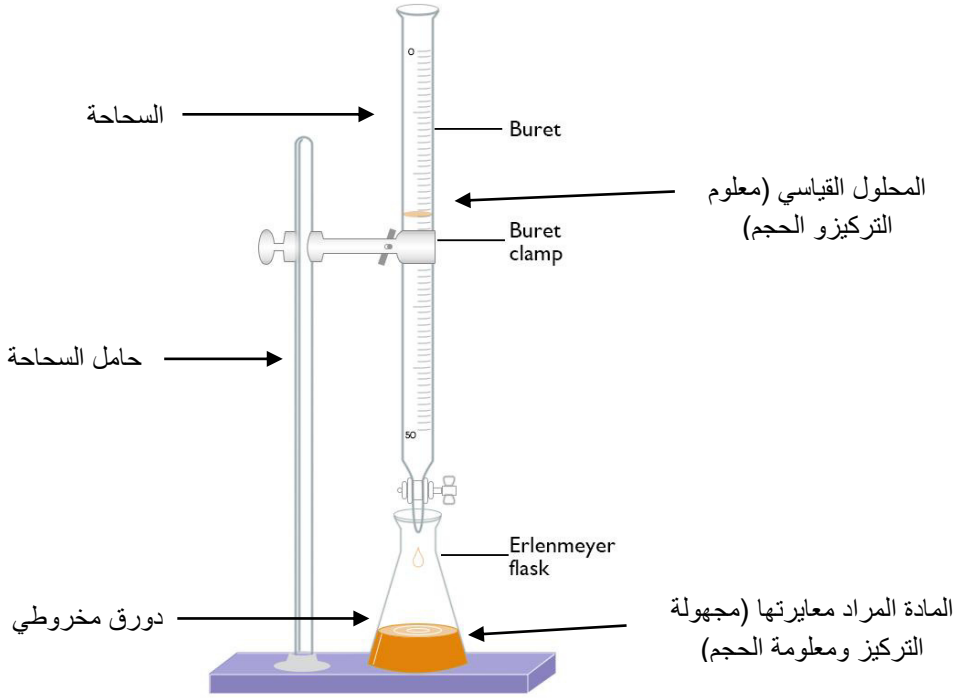
- **إنبعاثات الطاقة الضوئية Emission of photo energy**
  - طرق تسجيل الطيف الإنبعاثي Emission spectrograph
  - المطياف الفوتومتري باللهب Flame photometry
  - وميض الأشعة السينية X-ray fluorescence
- **إمتصاص الطاقة الضوئية Absorption of photo energy**
  - الطرق الطيفية اللونية Colorimetric methods
  - الطرق الطيفية في المنطقة فوق البنفسجية Ultra-violet spectroscopic methods
  - الطرق الطيفية في المنطقة تحت الحمراء Infra-red spectroscopic methods
  - طريقة الأشعة السينية X-ray methods
  - الرنين النووي المغناطيسي Nuclear magnetic resonance (NMR)

- **الطرق الكهربائية Electro chemical methods**
  - التحليل بطريقة التوصيل الكهربائي Conductiometry
  - التحليل بقياس فرق الجهد Potentiometry
  - البولاروجرافيا Polarography
- **التحليل الكروماتوجرافي Chromatographic analysis**
  - كروماتوجرافيا الإدمصاص Adsorption chromatography
  - كروماتوجرافيا التبادل الآيوني Ion exchange chromatography
  - كروماتوجرافيا التجزئة Partition chromatography
  - كروماتوجرافيا الطبقة الرقيقة Thin-layer chromatography
  - كروماتوجرافيا الغاز Gas chromatography
- **طرق أخري:**
  - التحليل بإستخدام البولارومتر Polarimetry
  - مطياف الكتلة Mass spectrometry
  - التحليل بقياس إنكسار الضوء Refractometry
  - التوصيل الحراري Thermal conductivity
  - طرق تحليل المواد المشعة Radiochemical methods of analysis

أولاً: التحليل الكمي الحجمي Volumetric Analysis

مقدمة:

في هذا النوع من التحاليل تستخدم أحجام المحاليل لمعرفة تركيز أحد المواد الداخلة في التفاعل أو بصورة أدق إستعمال حجم معين من محلول معلوم التركيز (محلول قياسي ويعرف كذلك بالكاشف) لإيجاد تركيز المادة المراد معايرتها والمجهولة التركيز (الشكل ١).



ويهدف التحليل الكمي بالحجم إلي قياس حجم من محلول معلوم التركيز بالضبط، والذي يتفاعل كمياً مع محلول المادة المراد تقديرها، وعادة يوضع المحلول المعلوم التركيز في السحاحة (المحلول القياسي Standard solution)، بينما يوضع محلول المادة المراد تقديرها في الدورق المخروطي، حيث يضاف المحلول معلوم التركيز علي محلول المادة المراد تقديرها في الدورق حتي إنتهاء التفاعل.

فمثلا يمكن تقدير تركيز محلول حامض الهيدروكلوريك وذلك بواسطة معايرته بمحلول قياسي من هيدروكسيد الصوديوم كما يلي:

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

وتعتبر طرق التحليل بالمعايرة إحدي طرق التحليل الكيميائي الحجمي ذات الدرجة العالية من الدقة حيث إن الخطأ فيها لا يتعدي ٠,٢% عند إجراء التجربة علي أيدي كيميائيين متمرنين كما أنها تتفوق علي التحليل الوزني في كونها سريعة في إجرائها وكذلك بساطة الأجهزة المستخدمة في التحليل.

تصنيف التفاعلات في التحليل بالمعايرة

Classification of reactions in Titrimetric analysis

يمكن تقسيم التفاعلات المستخدمة في التحليل بالمعايرة بصورة عامة إلي قسمين رئيسيين وذلك طبقا لطبيعتها وسلوكها:

١- التفاعلات التي لا يصاحبها تغير في التكافؤ:

هذه التفاعلات عبارة عن إتحاد الأيونات مع بعضها البعض مع إحتفاظ كل الأيونات الداخلة في التفاعل بتكافؤاتها دون تغيير، وتنقسم بدورها إلي ثلاثة أقسام:

✓ **تفاعلات التعادل Neutralization reactions**

وتسمي هذه التفاعلات أيضا بتفاعلات الأحماض مع القواعد acid-base reactions وتشتمل علي معايرات الأحماض بالقواعد وفيها يُستقبل أيون الهيدروجين (Proton) بواسطة قاعدة (Proton acceptor) ليكون الماء الذي يمكن إعتباره غير متأين (Undissociated) حسب التفاعل الآتي:

$$H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$$

من حامض من قاعدة غير متأين

كما تشمل أيضا تفاعل **حامض قوي** مع ملح **شقه الحامضي ضعيف** تكون فيه الصفات القاعدية سائدة مثل تفاعل حامض الهيدروكلوريك مع كربونات الصوديوم.

$$2HCl + Na_2CO_3 \longrightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2\uparrow$$

كما تشمل تفاعل **قاعدة قوية** مع ملح **شقه القاعدي ضعيف** تكون فيه الصفات الحامضية سائدة مثل تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع كلوريد الأمونيوم:

$$NaOH + NH_4Cl \longrightarrow NaCl + NH_3 + H_2O$$

ويستفاد من التفاعلات السابقة في تقدير الأحماض والقواعد والأملاح التي يكون أحد شقيها ضعيف، ويطلق علي معايرة حامض أو ملح شقه القاعدي ضعيف بقاعدة قوية بالقياس القلوي (Alkalimetry)، أما عند معايرة قاعدة قوية أو ملح شقه الحامضي ضعيف بحامض قوي فيعرف ذلك بالقياس الحامضي (Acidimetry).

✓ **تفاعلات الترسيب Precipitation reactions**

تعتمد علي الإتحاد بين الأيونات أيضا، ولكنها ليست أيونات الهيدروجين والهيدروكسيل، وينتج عن هذه التفاعلات تكون راسب شحيح الذوبان، فمثلا عند تفاعل أيون الكلوريد مع أيون الفضة ينتج راسب أبيض من كلوريد الفضة كما يلي:

$$Ag^+ + Cl^- \longrightarrow AgCl$$

وعند إستخدام الفضة كأيون مرسب كما في التفاعل السابق، فإن المعايرة تعرف بالقياس الفضي (Argentometry).

✓ **تفاعلات تكوين المتراكبات Complex formation reactions**

تعتمد هذه التفاعلات علي إتحاد الأيونات لتكون متراكباً أو أيوناً معقداً ضعيف:

- التفكك ويمكن أن يتم تفاعل الأيون المراد تعيينه مع أيون أخر معروف التركيز كما في حالة معايرة أيون السيانيد مع نترات الفضة.

$$Ag^{+} + 2CN^{-} \rightleftharpoons [Ag(CN)_2]$$

- أو تفاعل الأيون المراد تعيينه مع جزئ ليعطي أيوناً معقداً مثل تفاعل أيون النحاس الثنائي مع الأمونيا:

$$Cu^{+2} + 4NH_3^{-} \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{+2}$$

- أو تفاعل أيون المعدن المراد تعيينه مع مركب مخلبي مثل رباعي خلات ثنائي أمين الأثيلين (EDTA) مثل تفاعل أيون الكالسيوم مع مركب الـ EDTA.

$$Ca^{+2} + H_2Y^{-2} \rightleftharpoons CaY^{-2} + 2H^{+}$$

حيث يرمز للـ EDTA بـ H_2Y^{-2} في المعادلات.

٢- التفاعلات التي يصاحبها تغير في التكافؤ:

وتسمي هذه التفاعلات بتفاعلات الأكسدة والإختزال Redox Reactions وهي التي يصاحبها تغير في التكافؤ للمواد المؤكسدة والمواد المختزلة ويتم خلال هذه التفاعلات إنتقال الإلكترونات من المواد المختزلة إلي المواد المؤكسدة وينتج عن ذلك تغير في رقم التأكسد (Oxidation number) لهذه المواد.

الشروط الواجب توافرها في التفاعلات الحجمية:

كأي عملية كيميائية، هناك شروط وظروف لابد من توفرها في التفاعلات الحجمية لكي تكون النتائج دقيقة ويمكن الإعتماد عليها وأهم هذه الشروط هي:

١- يجب أن يكون التفاعل سريعاً وإلا فلابد من إدخال بعض العوامل المحفزة (Catalyst) التي تساعد علي زيادة سرعة التفاعل ومن الجدير بالذكر أن معظم التفاعلات الأيونية عادة ما تكون سريعة.

٢- يجب إتمام التفاعل إلي النهاية.

٣- يجب أن يمثّل التفاعل الكيميائي بكتابة معادلة كيميائية موزونة لأن ذلك سوف يعبر عن تفاعل عدد متساوي من المكافئات من المادة القياسية والمادة المراد تقديرها بغض النظر عن تركيز وتكافؤ وحجم كل منها. فمثلا قد يتفاعل محلول تركيزه ٠,١ ع من مادة معينة ما مع محلول أخر تركيزه ٠,١ أو ٠,٢ أو ٠,٣ ع من مادة أخري ولا ينشأ عن هذا أي خطأ طالما أن التفاعل يمثّل بمعادلة كيميائية موزونة، نظرا لإعتماد إكتمال التفاعل علي تساوي عدد المكافئات من المادتين اللتين لهما تركيزين مختلفين.

٤- يجب توافر الدليل المناسب الذي يمكننا من تعيين نقطة التكافؤ عن طريق حدوث تغير ملحوظ في خواصه عند تلك النقطة أو أن تتوافر طريقة أخري لتحديد نقطة التكافؤ.

٥- يجب أن يحدث تفاعل واحد فقط بين المادة المراد تقديرها والمحلول القياسي تحت الظروف التي تجري عندها عملية المعايرة.

بعض المصطلحات الهامة التي يجب الإلمام بها:

المعايرة Titration:

المعايرة هي العملية التي يتم فيها تحديد الحجم المستهلك من المحلول القياسي للوصول إلى التفاعل التام مع حجم محدد من المحلول المجهول التركيز وعادة تتم المعايرة بالإضافات التدريجية والمستمرة من المحلول القياسي بواسطة سحاحة إلي محلول العينة حتي نهاية التفاعل، ويتم ذلك بعدة طرق مختلفة:

- **المعايرة المباشرة:** حيث يتفاعل فيها المحلول القياسي بشكل مباشر مع المحلول المجهول.
- **المعايرة غير المباشرة:** تتفاعل العينة مع مادة مناسبة لتعطي مادة مكافئة للعينة المجهولة والتي يتم معايرتها بمحلول قياسي.
- **المعايرة الخلفية:** نأخذ حجماً محدداً بدقة وبشكل فائض من المحلول القياسي الأول ونفاعله مع حجم محدد من المادة المجهولة ومن ثم نعاير الكمية المتبقية من المحلول القياسي الأول بمحلول قياسي ثانٍ آخر. و بهذه الطريقة نستطيع معرفة الحجم المستهلك من المحلول القياسي الأول المتفاعل مع المادة المجهولة وبالتالي نتمكن من تحديد تركيز المادة المجهولـة (العينة).

وعلي أية حال فإن طريقة المعايرة المستخدمة تتوقف على المذيب أو الوسط الذي تتم فيه المعايرة لهذا تقسم المعايرات إلى:

أ – معايرات مائية: يستخدم فيها الماء كمذيب (معايرة المحاليل المائية).

ب – معايرات لا مائية: تستخدم إحدى المذيبات العضوية مثل الكحولات أو الأثيرات أو الإسترات،....إلخ.

المحلول القياسي Standard solution:

هو محلول معلوم التركيز أي أن المحلول الذي يحتوي علي وزن معين ومعلوم من المادة القياسية المذابة في حجم معين من المحول وعادة يعبر عن تركيزه بالجرام/ لتر.

نقطة النهاية End point:

هي النقطة التي يظهر عندها تغير مرئي في المحلول (في دورق المعايرة) أثناء المعايرة مما يشير إلي نهاية التفاعل بين المحلولين، ومن الناحية النظرية يجب أن تكون هذه النقطة مماثلة ومطابقة تماما لنقطة التكافؤ، ويستعمل الدليل لتحديد نقطة النهاية. وهناك عدة طرق منها:

- تغير أحد ألوان المتفاعلين (دليل ذاتي).
- إستخدام دليل كيميائى يتغير لونه عند نقطة النهاية.
- إستخدام جهاز خاص مثل جهاز قياس الرقم الهيدروجيني pH-meter.

أو يمكن تعريفها علي أنها هي النقطة العملية التطبيقية التي تحدد لحظة نهاية المعايرة نتيجة لتغيير مفاجيء في إحدى الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية للمحلول كظهور لون أو تشكل راسب أو ذوبانه أو تغير في قيمة pH أو الحرارة النوعية أو شدة التيار الكهربائي وهي قريبة من نقطة التكافؤ النظرية (قبلها أو بعدها).

نقطة التكافؤ Equivalence point:

هي النقطة التي يكون عندها حجم المحلول القياسي المضاف مكافئا كيميائيا لكمية المادة المجهولة أي أنها النقطة التي يتساوى عندها عدد المكافئات الجرامية للمحلول القياسي مع عدد المكافئات الجرامية للمحلول المجهول. ويمكن تحديد نقطة التكافؤ بواسطة دليل يتغير لونه عند هذه النقطة.

مثال (١):

في حالة معايرة محلول مجهول التركيز من حامض الهيدروكلوريك بواسطة محلول قياسي من هيدروكسيد الصوديوم

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

في هذا المثال نجد أن نقطة التكافؤ تحدث عند إستهلاك كل حامض الهيدروكلوريك، أو بعبارة أخري كل مولات HCl تكون قد تفاعلت مع نفس عدد المولات من NaOH (لأن نسبة التفاعل ١: ١).

مثال (٢):

في حالة معايرة محلول مجهول التركيز من حمض الكبريتيك بواسطة محلول قياسي من هيدروكسيد الصوديوم:

$$2NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

في هذا المثال نقطة التكافؤ تحدث عند إستهلاك كل حامض الكبريتيك، أو بعبارة أخري كل مولات H_2SO_4 تكون قد تفاعلت مع عدد مولات من NaOH مقداره ضعف عدد مولات الحامض(لأن نسبة التفاعل هنا ٢: ١).

الدليـــل:

الدليل عبارة عن مركب كيميائي تتم إضافته أثناء عملية المعايرة بكمية ضئيلة جدا تتسـبب في إحداث تغيراً ملحوظاً لإحدى الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية للمحلول ويساهم في تحديد نقطة نهاية المعايرة والتي يجب أن تتطابق مع نقطة التكافؤ أو أن تكون قريبة جدا منها ما أمكن وعمليا يوجد فارق ضئيل جداً بين النقطتين يُعبر عنه بخطأ الدليل.

أهم الدلائل المستخدمة في عملية المعايرة هي:

١ــ دليل الميثيل البرتقالي Methyl Orange:

وهو عبارة عن مركب عضـوي مذبذب الخواص، ضعيف القلوية ROH يتغير لونه في مجال pH يتراوح قيمته من ٣,١ – ٤,٤. يأخذ اللون الوردي عند قيم pH أقل من أو تساوي ٣,١ (الشكل الحمضي المتأين) ويأخذ اللون الأصفر عند قيم pH أكبر من أو يساوي ٤,٤ (الشكل القلوي غير المتأين) ويأخذ اللون البرتقالي في مجال pH محصور ما بين ٣,١ – ٤,٤.

$$ROH \rightleftharpoons R^{+} + OH^{-}$$

٢ – دليل الفينولفثالين Phenolphthalein:

وهو عبارة عن حمض ضعيف RH يتغير لونه في مجال pH يتراوح ما بين ٨-١٠. ويكون عديم اللون عند قيم pH أقل من أو تساوي ٨ (الشكل الحمضي غير المتأين) ويأخذ اللون الأحمر عند قيم pH أكبر من أو تساوي ١٠ (الشكل القلوي المتأين) ويأخذ اللون الوردي في المجال pH المحصور ما بين ٨ – ١٠.

$$RH \rightleftharpoons H^{+} + R^{-}$$

يستخدم دليل الفينولفثالين عند تعادل الأحماض الضعيفة مع القلويات القوية في حين يستخدم الميثيل البرتقالي عند تعادل القلويات الضعيفة مع الأحماض القوية.

و هناك العديد من أدلة التعادل مثل أحمر الميثيل Methyl Red وبروموثايمول الأزرق Bromothymol Blue.

حسابات المعايرة:

أثناء المعايرة، نحصل علي حجم أحد المواد الداخلة في تفاعل المعايرة (قراءة السحاحة) وبما أن حجم المادة الأخرى (في الدورق) يكون معلوماً وكذلك تركيز المحلول القياسي (بالمولارية)، لذا يمكن إيجاد تركيز المجهول (بالمولارية) من القانون التالي أخذين في الإعتبار نسب التفاعل (عدد المولات) من المعادلة الموزونة.

$$\mathbf{N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2}$$

مثال:

تمت معايرة ٢٠ مل من هيدروكسيد الصوديوم NaOH مع حامض الكبريتيك H_2SO_4 (تركيزه ٠,١ مولار) فإذا كان حجم الحامض عند نقطة التكافؤ ١٩ مل، والمطلوب ١- كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل أعلاه، ٢- حساب مولارية NaOH.

الحل:

$$2NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

1 Mole 2 Mole

$$\frac{\text{number of mmoles of NaOH}}{\text{number of mmoles of } H_2SO_4} = \frac{2}{1}$$

$$\frac{N_{NaOH} \times V_{NaOH}}{N_{H_2SO_4} \times V_{H_2SO_4}} = \frac{2}{1}$$

$$\frac{N_{NaOH} \times 20}{0.1 \times 19} = \frac{2}{1}$$

$$N_{NaOH} = \frac{0.1 \times 19 \times 2}{20 \times 1} = 0.19\ M$$

الأخطاء المرتكبة أثناء المعايرة وهي أخطاء لا يمكن تجنبها مثل:

- الخطأ المرتكب نتيجة إستخدام دليل ما يتغير لونه قبل نقطة التكافؤ أو بعدها (خطأ الدليل).
- خطأ تقدير حجم المادة المجهولة ويعود إلى دقة الماصة المستخدمة.
- خطأ تقدير حجم المحلول القياسي والذي يعود إلى دقة السحاحة المستخدمة.
- خطا تقدير وزن المـادة والذي يـعود إلى خـطأ الميزان أو حساسيته (أخطاء الأدوات).
- وهناك أخطاء تعود للصدفة وهي غير محددة.
- كما توجد أخطاء تعود إلى عيب في طريقة التحليل كعدم نقاوة المواد وكذلك دقة الأجهزة المستخدمة.
- وأخيرا هناك خطأ الكيميائي أو المجرب.

الشروط الأساسية اللازمة لعملية المعايرة:

لابد من توافر العديد من الشروط أثناء عملية المعايرة والتي تختلف بإختلاف التفاعلات المستخدمة في التحليل ومن أهم هذه الشروط نذكر منها:

- يجب إستخدام أدوات نظيفة وأحيانا جافة تماما.
- يجب إستخدام أجهزة قياس وأدوات حساسة جدا ودقيقة ويجب إعتماد طريقة مناسبة للتحليل واختيار الشروط المثلي للمعايرة من حيث درجة الحرارة والتركيز والرقم الهيدروجيني .... إلخ بحيث نحصل على النتائج المطلوبة بالدقة والسرعة المناسبتين.
- يجب تحديد نقطة نهاية المعايرة بدقة وإختيار الدليل المناسب الأقرب إلى نقطة التكافؤ.
- يجب إضافة المحلول القياسي قطرة قطرة عند الإقتراب من نقطة نهاية المعايرة مع التحريك السريع ومراعاة غسل جوانب الدورق المخروطي بقليل من الماء المقطر لإزالة القطرات العالقة على الجدار الداخلي ولضمها إلى مزيج المعايرة.

- يجب إيقاف المعايرة فور الوصول إلى التغير المطلوب كظهور لون أو إختفاؤه أو تغيره على أن يكون هذا التغير ثابتا لمدة لا تقل عن دقيقتين.
- تكرار المعايرة ثلاث مرات على الأقل.
- توخي الدقة في العمل من وزن وقياس الحجوم وحساب النتائج.

الحسابات الكيميائية في عملية المعايرة ومعالجة النتائج:

يقوم الطالب بالعمليات التالية بعد إتمام عملية المعايرة:

- تسجيل الحجوم والأوزان المستخدمة في كل معايرة.
- حساب النتائج وفقا لقوانين المعايرة التي ذُكرت سابقا.
- إختيار أفضل النتائج بعد القيام بثلاث تجارب على الأقل وهذا يعني إستبعاد النتائج الشاذة إن وجدت وأن لا يكون هناك فروق في الحجوم أكثر من ٠,١ مليلتر.
- حساب متوسط النتائج من خلال العلاقة التالية:

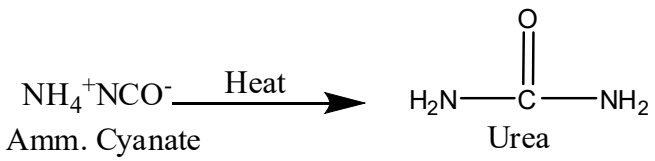
$$\overline{X} = \frac{\Sigma xi}{n}$$

مقدمه:-

تعرف الكيمياء العضوية بأنها كيمياء مركبات الكربون وأُطلق عليها لفظ عضوي إشارة إلي أنها ذات أصل نباتي أو حيواني نظراً لأن عدد كبير من هذه المركبات تنتج بواسطة الكائنات الحية Living organisms من نبات وحيوان .

فجميع الكائنات الحية تتكون خلاياها من مركبات عضوية وهذه المركبات هي المسئولة عن القيام بجميع أوجه النشاط البيولوجي للكائن الحي . كذلك يتكون غذاؤنا أساسا من ثلاث أنواع رئيسية من المركبات العضوية هي الكربوهيدرات والبروتينات والدهون.

إعتقد الكيميائيون في الماضي أنه لا يمكن إنتاج المركبات العضوية إلا بواسطة الكائنات الحية فيما عرف "بنظرية القوة الحيوية"، وكانت هذه الفكره أساساً لدراسة الكيمياء العضوية حتي عام ١٨٢٨ حيث أنه حتي ذلك الوقت لم ينجح أحد في تخليق أي مركب عضوى سواء من عناصره او من المصادر الطبيعيه، ولكن في هذا العام ثبت خطأ هذا الأعتقاد وتم هدم نظرية القوة الحيوية بعد أن نجح عالم الكيمياء الألماني Friedrich Wöhler في تخليق مركب اليوريا وهو مركب عضوى في الدم والبولينا الخاصه بالكائنات الحيه من ملح سيانات الأمونيوم الغير العضوى (المعدني) طبقاً للتفاعل التالي:

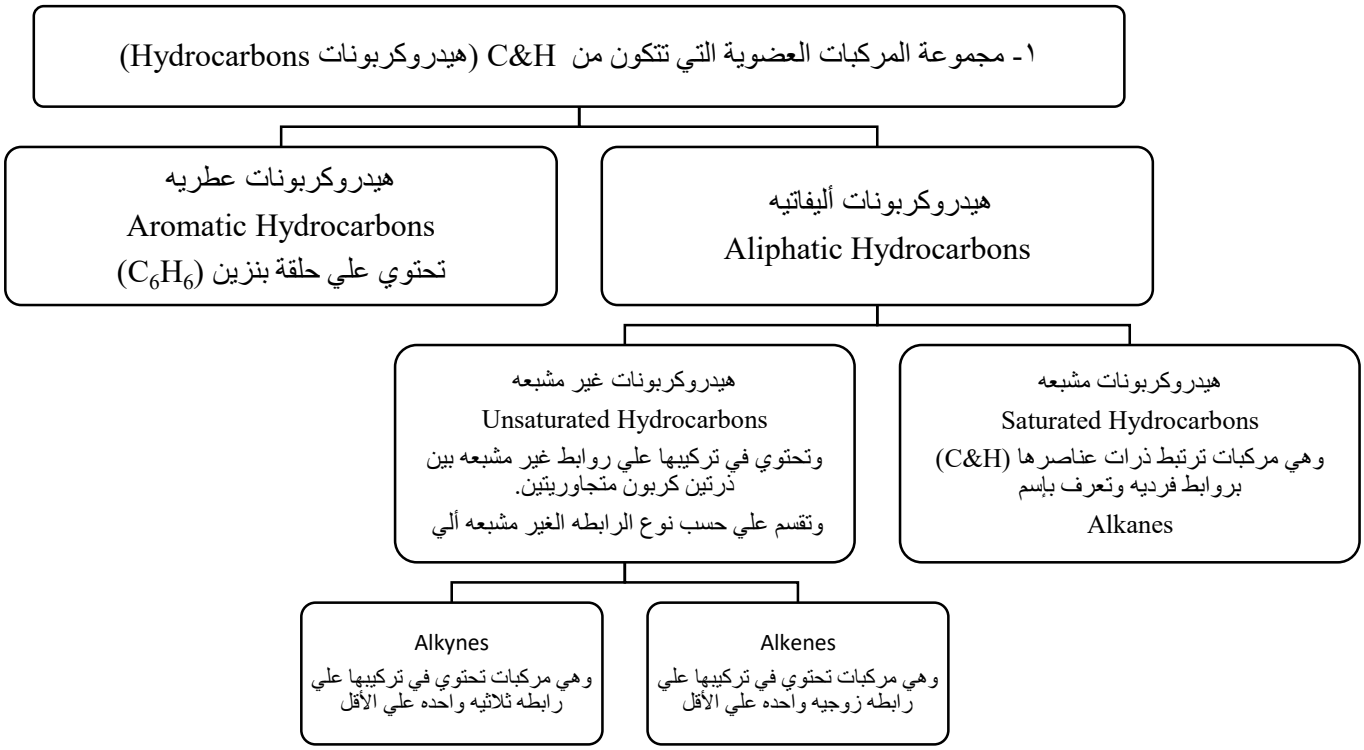


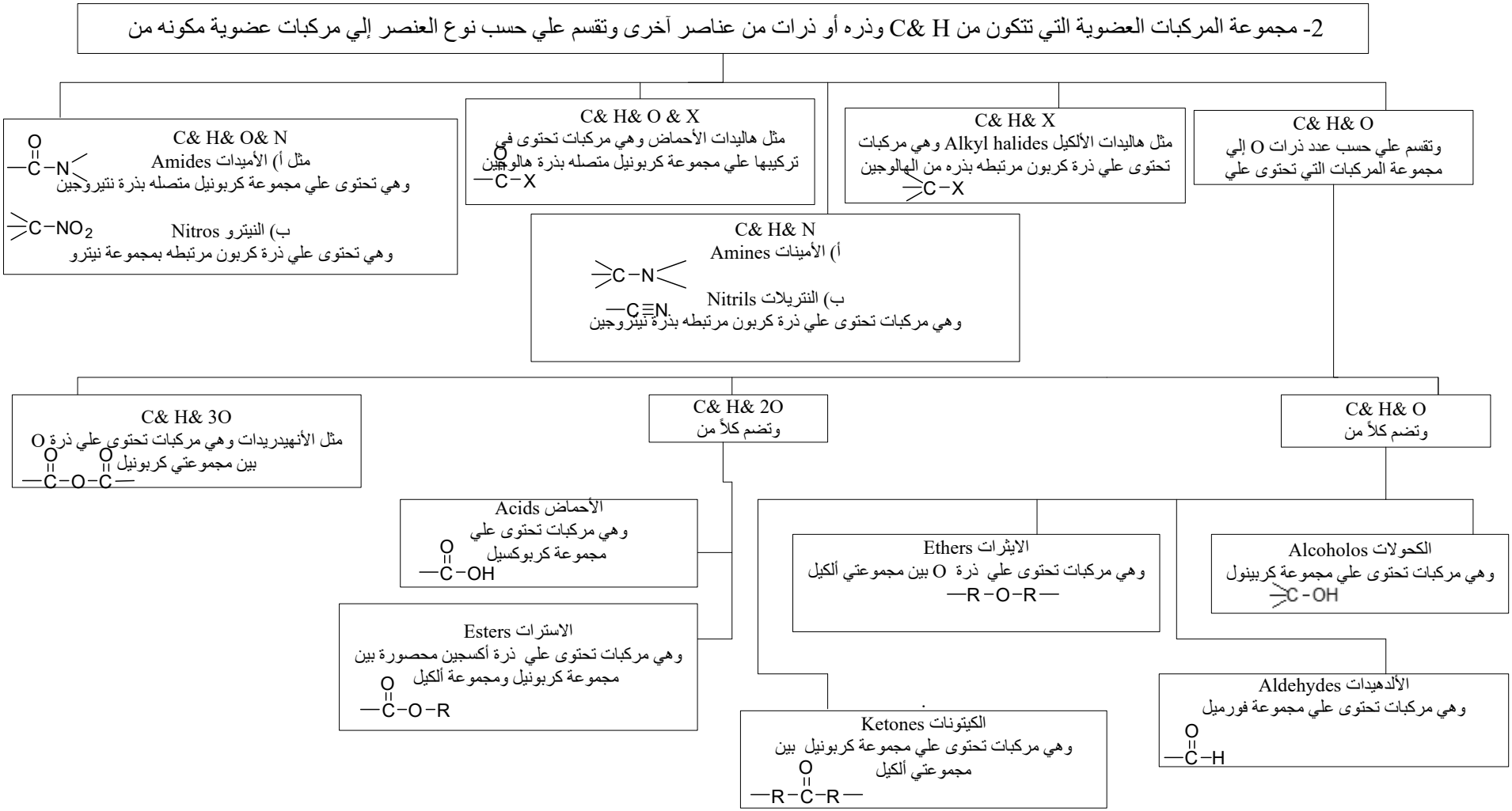
وكان نجاح Wöhler في هدم نظرية القوة الحيوية بمثابة الشراره الأولي والتي شجعت محاولات علماء الكيمياء في تخليق المركبات العضوية والآن المركبات العضوية يتم تخليقها في آلاف المعامل وكثير من هذه المركبات المخلقه صناعياً لم يتم فصلها من مصادر طبيعيه.

ويضم هذا الجزء محاضرات في:

١- تسمية المركبات العضوية.
٢- الخواص الطبيعية.
٣- التشابه.
٤- التطبيقات العملية للكيمياء العضوية في الحياه.
٥- المركبات العطرية.

تستطيع ذرة الكربون رباعية التكافؤ الأرتباط بروابط تساهمية مع العديد من العناصر مكوناً العديد من المركبات العضويه مختلفة التركيب وتقسم هذه المركبات العضويه حسب تركيبها إلي قسمين رئيسين هما:-





وتضم كل مجموعه من هذه المركبات، مركبات عضوية غير حلقيه (Acyclic) سواء أكانت غير متفرعه (Unbranched) أو متفرعه (branched) بالأضافه إلي مجموعة المركبات الحلقيه (Cyclic).

تسمية المركبات العضوية Nomenclature of organic compounds

وفي هذا الجزء سيتم دراسة التسمية الحديثة للمركبات العضوية والمعروف بنظام IUPAC والموضوع بواسطة **I**nternational **U**nion of **P**ure and **A**pplied **C**hemistry.

تسمية الهيدروكربونات الأليفاتيه المشبعه (الألكانات Alkanes)

وهي مركبات تتكون من كربون وهيدروجين وكل الروابط بين ذرات عناصرها (C& H) روابط فرديه والرمز العام لها هو C_nH_{2n+2} وهي مركبات ضعيفة النشاط حيث أنها لا تحتوي علي مجموعه فعاله.

تسمية الألكانات غير متفرعة السلسله (Unbranched alkanes)

وتعتبر الهيدروكربونات المشبعة غير متفرعة السلسلة (الالكان alkane)هي الأساس الذي تأسس عليه نظام IUPAC لتسمية المركبات العضوية .

وتسمي هذه المركبات بأسماء لاتينيه مكونه من مقطعين

مقطع يدل علي عدد ذرات الكربون	ane

وسنكتفي في هذا المقرر بدراسة أسماء العشرة مركبات الأولي والمقاطع اللاتينيه الداله علي العدد وهي علي الترتيب من واحد إلي عشره كالتالي:

(1) Meth, eth, prop, but, pent, hex, hept, oct, non, dec (10)

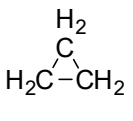
وهذه المقاطع إما أنها أسماء شائعه (من ١-٤) أو أسماء الاعداد باللغه اللاتينيه (من ٥-١٠) وقد إعتمدت هذه التسميه من المنظمه الدوليه.

ويوضح الجدول الآتي أسماء المركبات العشره الاولي ورموزها الجزيئييه والبنائيه، وتعتبر هذه الأسماء هي الأصول لأسماء المركبات العضويه التابعه للأقسام المختلفه.

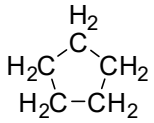
إسم المركب	الرمز الجزيئيي	الرمز البنائي
Methane	CH_4	CH_4
Ethane	C_2H_6	CH_3-CH_3
Propane	C_3H_8	CH_3-CH_2-CH_3
Butane	C_4H_{10}	CH_3-$(CH_2)_2$-CH_3
Pentane	C_5H_{12}	CH_3-$(CH_2)_3$-CH_3
Hexane	C_6H_{14}	CH_3-$(CH_2)_4$-CH_3
Heptane	C_7H_{16}	CH_3-$(CH_2)_5$-CH_3
Octane	C_8H_{18}	CH_3-$(CH_2)_6$-CH_3
Nonane	C_9H_{20}	CH_3-$(CH_2)_7$-CH_3

Decane	$C_{10}H_{22}$	CH_3-$(CH_2)_8$-CH_3

أما الالكانات الحلقيه (Cyclic alkane) ورمزها العام C_nH_{2n}، يضاف مقطع سيكلو (Cyclo) قبل إسم المركب كما في الأمثله التاليه:



سيكلو بروبان



سيكلو بنتان

ومن الجدير بالذكر يطلق لفظ Alkyl علي إسم الألكان alkane الذي يستبعد منه ذرة آيدروجين ويرمز عادة لمجموعة الألكيل بالرمز (R-) وتسمي هذه المجموعة بإستبدال المقطع ane من اسم مركب الألكان بالمقطع yl ويوضح الجدول الآتي أمثلة لهذه المجموعات.

Alkane(R-H)		**Alkyl group(R-)**	
CH_4	Methane	Me= CH_3-	Methyl
CH_3-CH_3	Ethane	CH_3-CH_2-	Ethyl
CH_3-CH_2-CH_3	Propane	$CH_3-\underset{/}{C}H-CH_3$	Isopropyl

تسمية الالكانات المتفرعة السلسلة Branched alkanes :

تم وضع قواعد خاصة بتسمية تلك الالكانات تبعا لنظام IUPAC ونسردها فيما يلي:

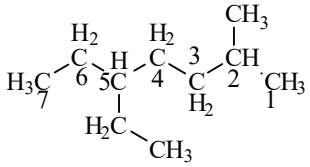
(١) تحدد أطول سلسلة مستمرة من ذرات الكربون في الجزئ وتعتبر هذه السلسلة هي المركب الأصلي وتسمي بإسم الالكان الغير متفرع المماثل له في عدد ذرات الكربون.

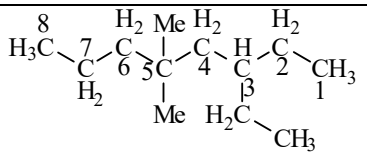
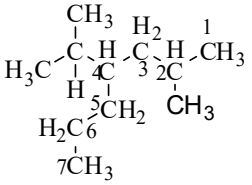
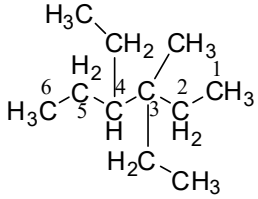
(٢) ترقم السلسلة الكربونية بحيث يتم الإشارة إلي مجموعات الألكيل المستبدلة علي ذرات الكربون في السلسلة بأصغر ما يمكن من الارقام وتذكر أسماء مجاميع الالكيل قبل اسم المركب الاصلي مع ذكر الرقم الموضح لموقعها علي السلسلة الاصلية.

(٣) إذا تكررت مجموعة ألكيل أكثر من مرة يذكر أرقام ذرات الكربون التي تتصل بها حتي ولو تكررت علي نفس ذرة الكربون يكرر رقم ذرة الكربون ويستخدم المقاطع اللاتينية di,tri,tetra,penta للدلالة علي عدد مجموعات الالكيل .

(٤) تذكر مجاميع الالكيل تبعا للترتيب الابجدي ولا تؤخذ المقاطع الدالة علي العدد (di ,tri،.....) ولكن المقطع (iso, neo and cyclo) تؤخذ في الإعتبار عند الترتيب الأبجدي.

وتوضح الأمثله الآتيه كيفية تطبيق نظام IUPAC في تسمية الالكانات المتفرعه:

	5-Ethyl-2-methyl heptane

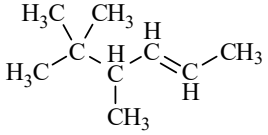
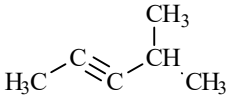
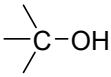
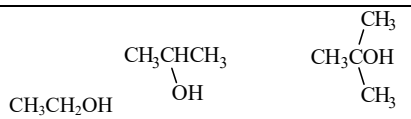
	3-Ethyl-5,5-dimethyl octane
	4-Isopropyl-2-methyl heptane
	3,4-Diethyl-3-methyl hexane

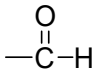
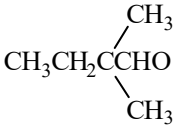
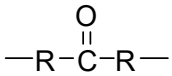
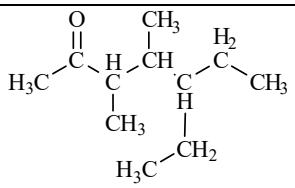
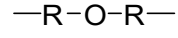
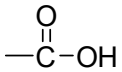
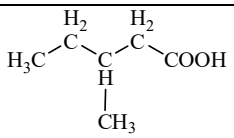
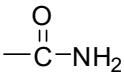
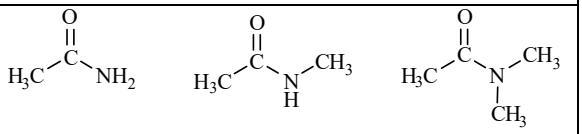
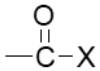
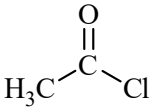
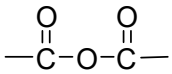
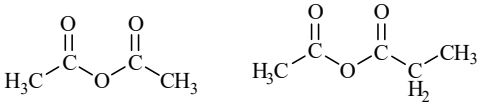
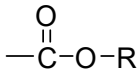
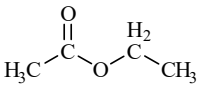
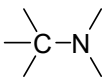
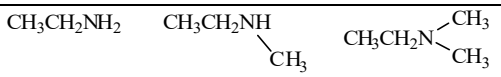
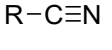
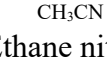
تسمية المركبات العضوية المحتوية على مجموعة فعالة واحدة

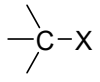
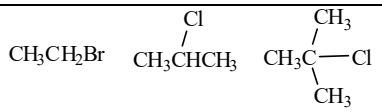
تعرف المجموعات الفعالة Functional group بأنها مجموعة الذرات التي تدخل في تكوين الجزئ وتكون مسئولة عن نشاطه وفعاليته وتقسم المركبات العضوية حسب نوع المجموعة الفعالة بها إلي عدة أقسام بحيث تكون المركبات التي تتبع نفس المجموعة متشابه إلي حد كبير من حيث التركيب الجزيئيي والخواص الطبيعية والكيميائية ، ويجب مراعاة ما يلي عند تسمية هذه المركبات بنظام IUPAC :

١- أن يتم إختيار أطول سلسلة كربونية مستمرة من ذرات الكربون تحتوي علي المجموعة الفعالة وينتهي الاسم بالمقطع الدال علي نوع المجموعة الفعالة .
٢- يكون الترقيم من الطرف القريب من المجموعة الفعالة (ترقيم بأصغر رقم) ويوضع هذا الرقم قبل إسم المركب الاصلي.
٣- يذكر أسماء مجاميع الالكيل قبل الأسم وبنفس الشروط الموضحه سابقاً

ويوضح الجدول الآتي أقسام المركبات العضوية ومجاميعها الفعالة وأسمائها مع بعض الامثلة لها :

القسم	المجموعه الفعاله	الاسم*	آمثله
Olefins ورمزها C_nH_{2n} العام		Alkene	 4,5,5-Trimethyl-2-hexene
Acetylenes ورمزها C_nH_{2n-2} العام		Alkyne	 4-Methyl-2-pentyne
Alcohols		Alkanol	 Ethanol, 2-Propanol, 2-Methyl-2-propanol

Aldehydes		Alkanal	 2,2-Dimethyl butanal
Ketones		Alkanone	 5-Ethyl-3,4-dimethyl-2-heptanone
Ethers		Alkoxy alkane	Methoxy ethane
Acids		Alkanoic acid	 3-Methyl-pentanoic acid
Amides		Alkan amide	 Ethanamide, N-Methyl ethanamide, N,N-Dimethyl ethanamide
Acid halides	 X=Halogen (F, Cl, Br, I)	Alkanoyl halide	 Ethanoyl chloride
Anhydrides		Alkanoic anhydride	 Ethanoic anhydride, Ethanoic propanoic anhydride
Esters		Alkyl alkanoate	 Ethyl ethanoate
Amines		Amino alkane	 Amino ethane, Methyl amino ethane, Dimethyl amino ethane
Nitrils		Alkane nitrile	 Ethane nitrile

Alkylhalides		Halo alkane	 Bromo ethane, 2-Chloro propane, 2-Methyl-2-chloro propane

* وتعني المقطع Alk المقطع الدال علي عدد ذرات الكربون.

تسمية المركبات العضوية الحلقية

تقسم إلى قسمين:

- مركبات متجانسة الحلقة Homocyclic وتتكون من ذرات الكربون فقط.
- مركبات غير متجانسة الحلقة Heterocyclic وتتكون من كربون + عناصر آخري (S,O,N) .

وسيتم تسمية المركبات المتجانسة وحيدة الحلقة سواء أليفاتية alicyclic أو عطرية aromatic ويتم ترقيم الحلقة بحيث تأخذ المجموعة الفعالة الموجودة عليها رقم (١) وإذا وجد أكثر من مجموعة تأخذ المجموعات الفعالة أصغر الارقام.

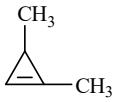
تسمية المركبات العطرية

وهي عبارة عن هيدروكربونات تحتوى علي حلقة بنزين في تركيبها الكيميائي وفيما يلي قواعد تسمية المركبات العطرية:

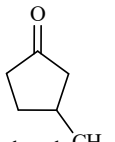
١- يجب أن يحتوى الاسم علي الشق (بنزين) والمستبدل علي الحلقه ينتهي بالشق (يل).
٢- عند وجود أكثر من مستبدلين على الحلقه تكتب مواقعهم بالأرقام فقط.
٣- عند وجود استبدالين علي الحلقه فإنه اما تكتب موقعهم بالتسميه علي النحو التالي:
   - أورثو: عندما يكون الإستبدال علي ذرتي الكربون ١و٢.
   - ميتا: عندما يكون الإستبدال علي ذرتي الكربون ١و٣.
   - بارا: عندما يكون الإستبدال علي ذرتي الكربون ١و٤.

وتوضح الامثلة التاليه تسمية المركبات الحلقية المتجانسة وحيدة الحلقة والمركبات العطرية.

Cyclo hexane

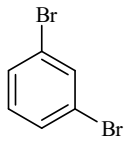


1,3-Dimethyl cyclopropene

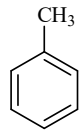


3-Methyl cyclo pentanone

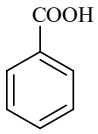
1,4-Cyclo hexadiene



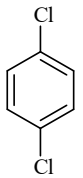
1,3-Dibromom benzene (*m*-Dibromo benzene)



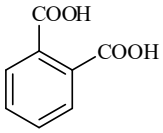
Methyl benzene (Toluene)



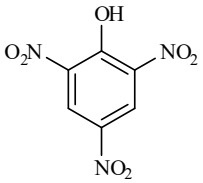
Benzene carboxylic acid (Benzoic acid)



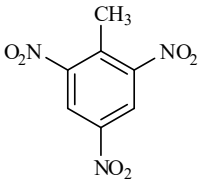
1,4-Dichloro benzene (*p* -Dichloro benzene)



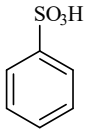
1,2-Benzene dicarboxylic (*o*-Dicarboxylic benzene) Phthalic acid



2,4,6-Trinitro phenol



2,4,6-Trinitro toluene



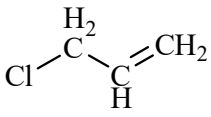
Benzene sulphonic acid

<u>تسمية المركبات العضوية المحتوية علي أكثر من مجموعة فعالة</u>

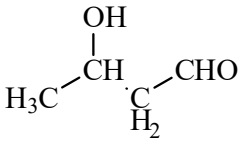
إذا إحتوي المركب العضوي علي أكثر من مجموعة فعالة مختلفة فإن المجموعة الفعالة الرئيسية هي التي تأخذ أصغر رقم وفقاً للترتيب التفاضلي الآتي:

الأحماض – الألدهيدات – الكيتونات – الكحولات – الأمينات – الإيثرات – الاستيلينات – الأوليفينات – هاليدات الألكيل .

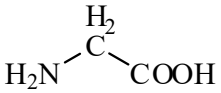
وفيما يلي بعض الأمثلة:



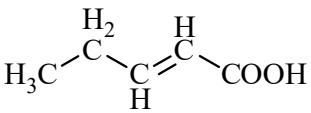
3-Chloro propene



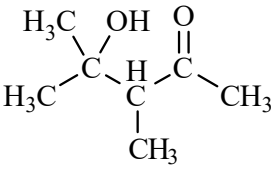
3-Hydroxy butanal



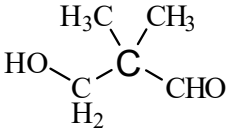
2-Amino ethanoic acid



2-Pentenoic acid

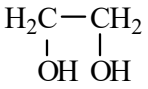


4-Hydroxy-3,4-dimethyl-2- pentanone

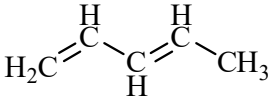


3-Hydroxy -2,2,-dimethyl propanal

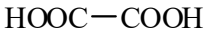
أما إذا إحتوي المركب علي أكثر من مجموعة من نوع واحد يتم حساب عدد ذرات الكربون ويكتب اسم الالكان الدال علي نفس العدد ، ثم يكتب المقطع الدال علي عدد المجاميع الفعالة وينتهي الاسم بالمقطع الدال علي المجموعة الفعالة ، **وفيما يلي بعض الامثلة:**



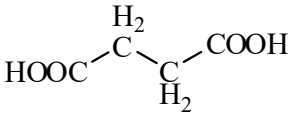
1,2-Ethanediol
Ethylene glycol



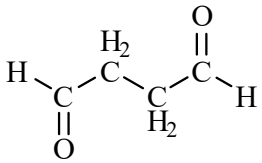
1,3-Pentandiene



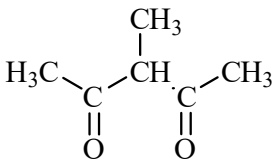
Ethanedioic acid
oxalic acid



Butandioic acid
Succinic acid



1, 4-Butanedial



3-Methyl-2,4-
pentanedione

ثانيا : أنواع التفاعلات العضوية Type of organic reactions

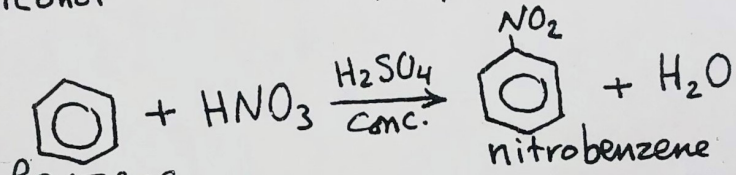
تقسم التفاعلات العضوية تبعا لما يحدث في التفاعل إلي عدة أنواع هي:

١- التفاعلات الاستبدالية : - Substitution reactions .

وتضم التفاعلات التي تشمل استبدال ذره أو مجموعه محل ذره او مجموعه في المركب المتفاعل ومن أمثلتها:

- $R-H + Cl_2 \xrightarrow{\text{ضوء/تسخين}} R-Cl + HCl$
  Alkane → Alkyl halide

- $R-OH + HCl \longrightarrow R-Cl + H_2O$
  Alcohol → Alkyl Chloride

- 

  Benzene → nitrobenzene

٢- تفاعلات الإضافه : - Addition reactions

تتم بإضافة جزئ إلي جزئ المركب العضوي المتفاعل والذي يحتوي علي روابط غير مشبعه ويلاحظ أن الوزن الجزئي لناتج التفاعل يساوي مجموعة الأوزان الجزيئية للمواد المتفاعلة ومن أمثلتها :

- $R-CH=CH-R + X_2 \longrightarrow R-\underset{X}{CH}-\underset{X}{CH}-R$
  Alkene → Alkyl dihalide

- $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H + HCN \longrightarrow R-\underset{OH}{CH}-CN$
  Aldehyde → nitrile

٣- تفاعلات الإزالة : Elimination reactions

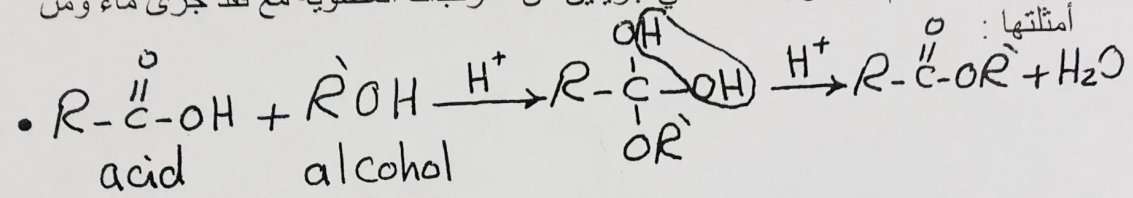
وتضم التفاعلات التي ينتج عنها فقد جزئ المركب العضوي المتفاعل لجزء من مكوناته ويتحول إلي مركب غير مشبع (يحتوي علي روابط غير مشبعه) او إلي مركب مشبع (روابط فرديه) ومن أمثلته:

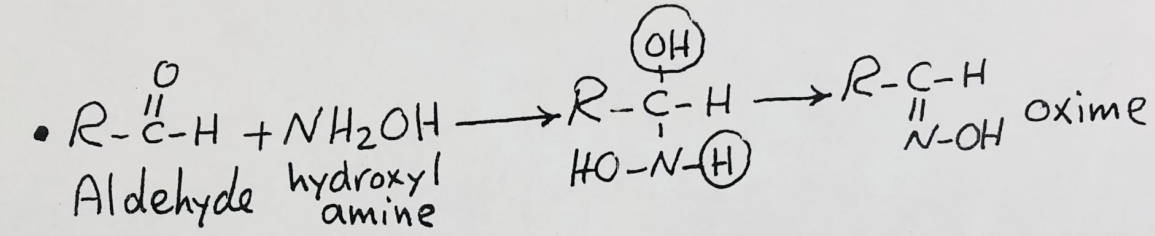
- $R-CH_2-CH_2Cl + KOH \xrightarrow{alc.} RCH=CH_2 + KCl + H_2O$
  Alkyl Chloride → Alkene

- $R-COONa + NaOH \xrightarrow{CaO} RH + Na_2CO_3$
  Organic salt → Alkane

٤- تفاعلات التكثيف : - Condensation reactions

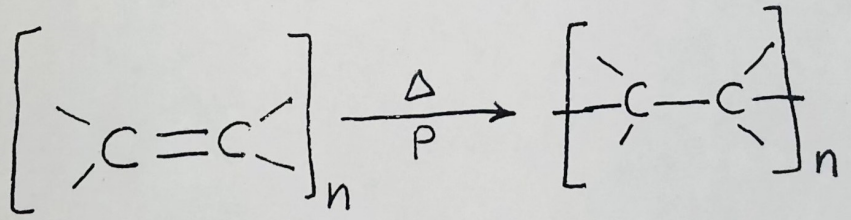
هي تفاعلات يتم فيها ارتباط سلسلتي جزيئين من المركبات العضوية مع فقد جزئ ماء ومن أمثلتها :





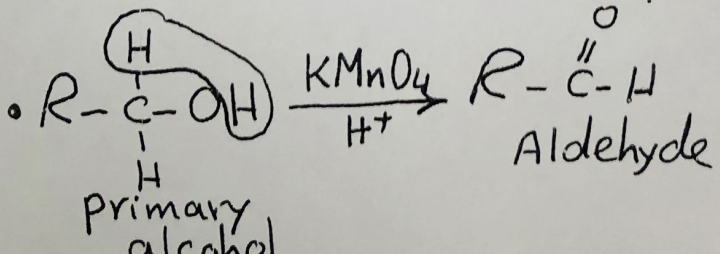
٥ - تفاعلات البلمره :- Polymerization reactions

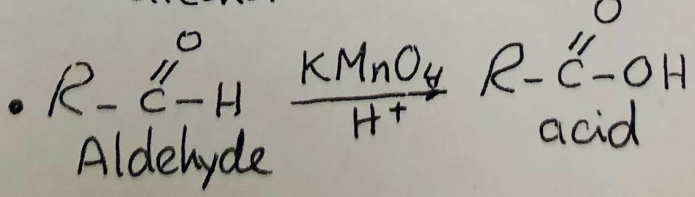
وهي تتم بتفاعلات إضافة أو تفاعلات تكثيف لعدد كبير جدا من الجزيئات ويكون الناتج جزئي كبير ذو وزن جزئي كبير ومن أمثلتها :



٦- تفاعلات الاكسده :- Oxidation reactions

يتأكسد المركب العضوي أما بنزع الأيدروجين وأما بإضافة أكسجين إليه كما هو موضح بالا مثله:





٧- تفاعلات الاختزال : - Reduction reactions

يتم اختزال المركبات العضوية إما بنزع الاكسجين من المركب أو بإضافة الأيدروجين إليه:-

- $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R + 4H \xrightarrow[HCl]{Zn(Hg)} R-CH_2-R + H_2O$
  Ketone → alkane

- $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH \xrightarrow[Ni]{H_2} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H \xrightarrow[Ni]{H_2} R-CH_2OH$
  acid → Aldehyde → primary alcohol

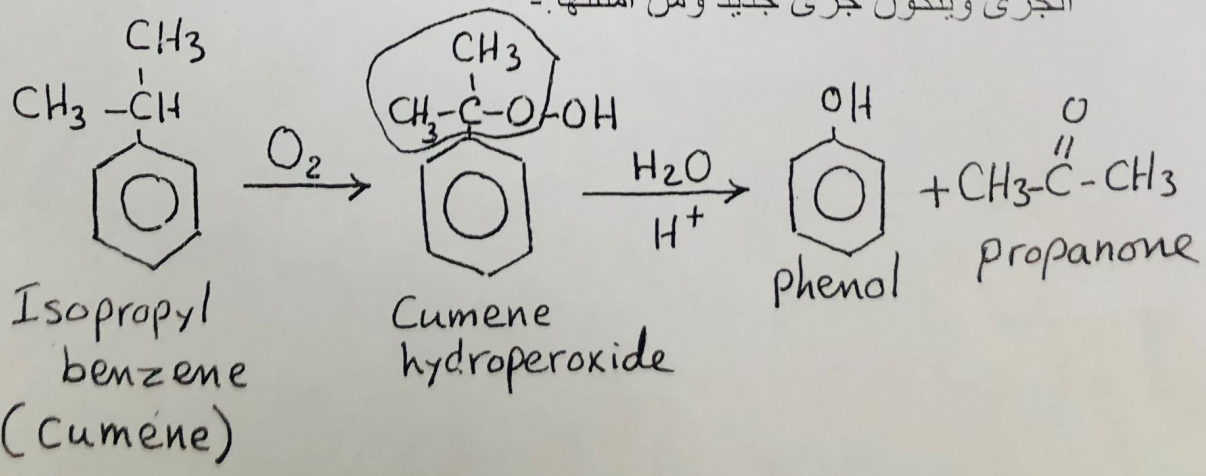
- $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R \xrightarrow[Ni]{H_2} R-\overset{OH}{\overset{|}{C}}-R$ (H)
  Ketone → secondary alcohol

- $\begin{matrix} COOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_3 \end{matrix} + 2HI \longrightarrow \begin{matrix} COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{matrix} + I_2 + H_2O$

  2-hydroxypropanoic acid (Lactic acid) → propanoic acid

٨- تفاعلات إعادة توزيع الذرات في الجزئي :- Rearrangement reactions

ويحدث في هذا النوع من التفاعلات تغيير في وضع الذرات او مجموعات ذريه في الجزئ ويتكون جزئ جديد ومن أمثلتها:-



البروتينات Proteins

البروتين هو مركب طبيعي عضوي حيوي يحتوي علي النيتروجين بنسبه ١٦ ٪ و هو مكون اساسي لخلايا الجسم، يتكون البروتين بصفه عامه و اساسيه من الاحماض الامينية الفا –α amino acids (الوحدة الاساسية لبناء البروتين) مترابطة معا بواسطة الروابط الببتيدية (و يجب ان نعلم جيدا ان هنالك مكونات اخري داخلة في تكون البروتين غير الاحماض الامينية سوف يتم شرحها لاحقا).

و تقسم البروتينات تبعا للوظيفة الحيوية أو للتركيب الكيميائي:

أولا: تقسيم البروتينات طبقا للوظيفة الحيوية

١ – **الانزيمات**

تمثل الانزيمات العوامل المساعدة الحيوية اللازمة لإتمام التفاعلات الحيوية داخل جسم الكائن الحي.

٢ – **الهرمونات**

تعتبر الهرمونات هي المسئولة عن تنظيم عمليات التمثيل الحيوي داخل جسم الكائن الحي و هذه الهرمونات معقده التركيب، منها الهرمونات المتكونة من الببتيدات أو البروتينات مثل الهرمون المُطْلِق لمُنشِّط الدَّرقِيَّة TRH حيث يحفز و ينشط هرمون TSH، والهرمون المانع لإدرار البولِ ADH و هرمون الانسولين و هرمون النمو.

٣ – **الاجسام المضادة**

للبروتين دور هام في مناعة الجسم حمايته و للقضاء علي الاجسام الغريبة. و من هذه البروتينات الاجسام المضادة مثل الجاماجلوبيولينات

٤- **البروتينات البنائية**

تدخل البروتينات في المكونات البنائية لخلايا للكائن الحي لتعطية الصلابة و المتانة و منها البروتينات الليفية مثل الكولاجين (البروتين الرئيسي في الأنسجة الضامة في العضلات ، الجلد، الأربطة، الغضاريف، العظام، الأنسجة) و الايلاستين (و هو ايضا بروتين رئيسي في الأنسجة الضامة للرئتين والأوعية الدموية و كذلك البشره) و الكيراتين الذي يدخل في الشعر، الأظافر، الريش، الحوافر و القرون و مينا الاسنان و منها البروتينات الكروية التي تعتبر بروتينات هيكلية مثل الأكتين والتوبولين. بالإضافه الي البروتينات الاخري التي تعمل علي تحريك العضلات مثل الميوسين و الداينين و الاكتين.

٥- **بروتين الدم**

تقوم البروتينات بمجموعة من الأدوار بالغة الأهمية في جسم الانسان مثل نقل الاكسجين والتي يقوم بها بروتين الدم الهيموجلوبين، الالبيومين الذي يقوم بنقل الاحماض الدهنية في الجسم و الفيبرينوجين الذي له دورا اساسيا في تجلط الدم.

ثانيا تقسيم البروتينات تبعا للتركيب الكيميائي:-

ا- البروتينات البسيطه Simple proteins

و هي تلك البروتينات التي تتكون من احماض امينية فقط اي ان ناتج تحليلها مائيا هو احماض امينيه فقط و يمكن تقسيمها تبعا لقابليتها في المذيبات المختلفة الي

- **ألالبومينات:** Albumins تذوب في الماء و محاليل الاملاح المخففة ، وتتخثر بالحرارة، وتوجد في بياض البيض و في الحليب، مصل الدم (البيومين السيرم).

- **الجلوبيولينات** Globulis: لا تذوب في الماء النقي ولكنها تذوب في محاليل الاملاح المخففة ، وتوجد في الخوخ ، الفول السوداني ، السيرم
- **بروالامينات** : Prolamines تذوب في الكحولات مثل الايثانول ، لكن لا تذوب في الماء النقي أو محاليل الاملاح المخففة . البرولامينات غنية بالبرولين وتفتقر الى اللايسين، وتوجد في الذرة والقمح (بذور الحبوب)
- **سكليروبروتينات**: Scleroproteins لا تذوب في الماء ومحاليل الاملاح و المذيبات العضوية لكن تذوب في الاحماض القوية . ومن الامثلة عليها:

– كيراتين : Keratin يوجد في الشعر ، الأظافر ، حوافر وقرون الحيوانات.

– كولاجين : Collagen يوجد في العظام.

– الايلاستين : Elastin يوجد في الأنسجة الرابطة والمفاصل

٢– البروتينات المقترنة/ المركبة :Conjugate proteins

و هي البروتينات المرتبطة بمواد غير بروتينية كالسكريات والدهون والمعادن....الخ وتصنف أنواعها على أساس نوع المجموعات غير البروتينية المرتبطة بها وتشمل الأنواع الآتية:

– فوسفوبروتينات Phosphoproteins هي عباره عن بروتينات مرتبطه بحامض الفوسفوريك ، وتوجد في الحليب /اللبن (مثل بروتين كازين اللبن فهو عباره عن استرات حامض الفوسفوريك مع مجموعه الهيدروكسيل في البروتين) و صفار البيض.

– جلايكوبروتينات : Glycoproteins وهي عبارة عن بروتينات مرتبطة بالكربوهيدرات مثل الميوسين.

– البروتينات الملونة : Chromoproteins وهي عبارة عن بروتينات مرتبطة بجزء غير بروتيني يعطي البروتين لوناً خاصاً ، ومن الأمثلة عليها:

*الهيموغلوبين (متكون من بروتين بسيط الجلوبين و صبغه الهيم المحتوية علي الجديد) الكلوروفيل ، ويحتوي على المغنيسيوم أخضر اللون.

– الليبوبروتينات :Lipoproteins وهي عبارة عن بروتينات مرتبطة بالليبيدات ، وتوجد في الأغشية الخلوية ، بعض الفيروسات ومصل الدم.

- بروتينات النووية : Nucleoproteins وهي عبارة عن بروتينات مرتبطة الاحماض النووية مثل الهستونات.

٣- البروتينات المشتقة Derived proteins

وتقسم إلى قسمين حسب المشتق وحجم الجزيئة:

- المشتقات البروتينية الأولية **The Primary protein derivatives**

تسمى أولية لأنها الو المشتقات التي تنتج عند تعرض البروتينات إلى عوامل محورة كيمياوية أو فيزيائية، وتبدل من طبيعتها وتبقى جزيئاتها كبيرة ويمكن تسميتها بصورة عامة بالبروتينات المحورة ، واهمها:

- **Coagulated protein**

وهي مشتقات غير ذائبة ناتجة عن فعل الحرارة أو الكحول مثل البومين البيض المطبوخ ، أو المرسب بالكحول.

- **Mata proteins**

ناتجة من تأثير الحوامض والقواعد المركزة مثل الألبومين الحامضي أو الألبومين القاعدي وهي أيضا لا تذوب في الماء.

- **proteans**

ناتجة من تفاعل البروتينات مع الماء أو الحوامض المخففة أو الأنزيمات مثل الكازين الموجود في اللبن والفايبرين Fibrin الموجود في الدم المتخثر.

- المشتقات البروتينية الثانوية **Secondary Protein derivatives**

وهي النواتج المختلفة للتحلل المائي للبروتينات

تصنف البروتينات اعتمادا على شكلها:

يمكن تقسيم البروتينات تبعا لشكلها الي البروتينات الكروية و البروتينات الليفية و التي يمكن التفرقة بينهم بسهولة تبعا للنسبة المحورية بين طول و عرض البروتين. فإذا

كانت هذه النسبة المحورية اقل من ١٠ اصبح البروتين كروي الشكل، اما اذا كانت النسبة المحورية اكبر من ١٠ اصبح البروتين ليفي الشكل.

اولا بروتينات كروية: وهي بروتينات كروية او بيضوية الشكل وتذوب بسهولة في الماء وتمتاز بكثرة التفافها مكونة اشكالا كروية مثل الالبومين والجلوبيولين.

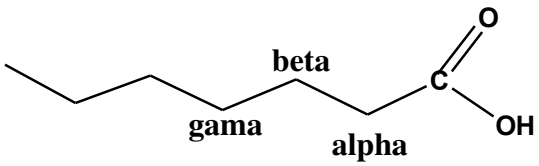
ثانيا بروتينات ليفية: وهي بروتينات طويلة او ابرية الشكل وهي عديمة الذوبان في الماء وتقاوم عمل الانزيمات التي تحلل البروتينات وهي على ثلاثة انواع الكيراتين والكولاجين والإيلاستين.

فاذا كانت البروتينات مقسمه تبعا لتركيبها الكيميائي الي بروتينات بسيطة و مركبه و مشتقه فيجب دراسة الوحدة البنائية الاساسية لأي بروتين و هي الاحماض الامينية قبل دراسة خواص البروتين المختلفة.

الاحماض الامينية Amino acids

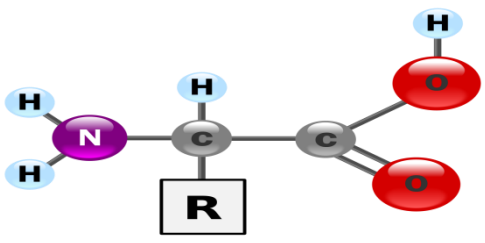
تعرف الاحماض الامينية بانها مشتقات الاحماض الكربوكسيلية بعد استبداله ذره الهيدروجين من ذره الكربون الفا بمحموعة امين، لذلك فإن معظم الاحماض الامينية هي

α – amino acids



شكل يوضح موضع ذره الكربون الفا في الاحماض الكربوكسيلية

الشكل التالي يوضح التركيب الاساسي للاحماض الامينية



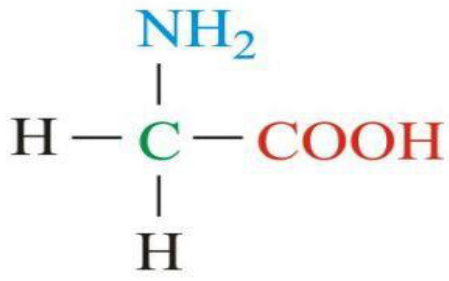
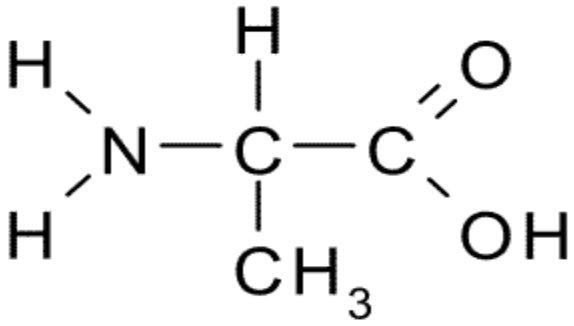
و يجب ان نعلم انه هنالك اكثر من ٢٠٠ حامض اميني في الطبيعة يوجد منها ٢٠ حامض اميني في البروتينات الحيوانية والنباتية هي من النوع الفا و التي تقسم كما يلي:-

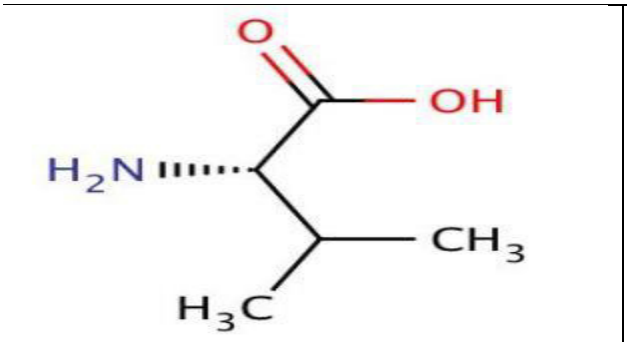
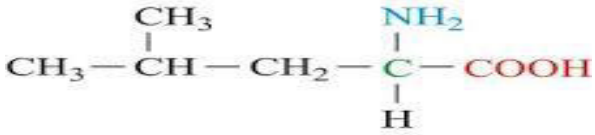
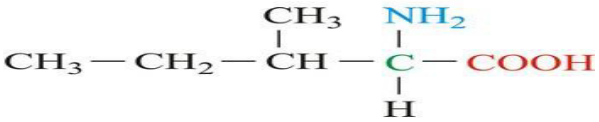
أولا تبعا لعدد المجموعات الكربوكسيل و الامين في الحامض الاميني الواحد:

- **احماض امينيه متعادلة:** التي تحتوي علي مجموعة كربوكسيل و امين واحده.
- **احماض امينية حامضية:** التي تحتوي علي كربوكسيل اكثر من عدد مجموعات الامين.
- **احماض امينية قاعدية:** التي تحتوي علي أمين اكثر من عدد مجموعات الكربوكسيل.
- **ثانيا تبعا لقطبية السلسة الجانبية و الشحنة:**
- **ثالثا طبقا لتركيب السلسلة الجانبية: (و هو التقسيم الاكثر شيوعا)**

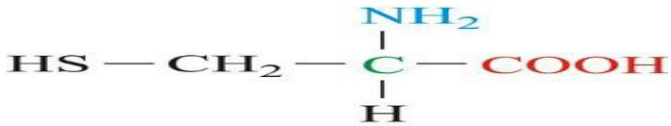
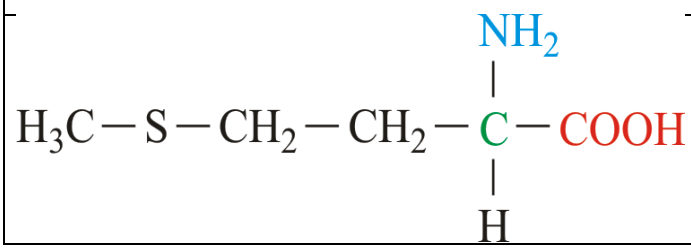
تقسم الاحماض الامينية الي سبعه مجموعات

١-الأحماض الأمينية الأليفاتية Aliphatic Amino Acids

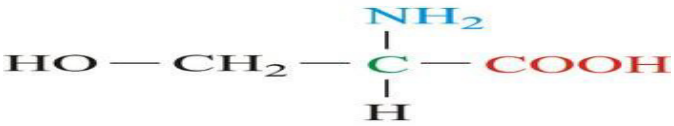
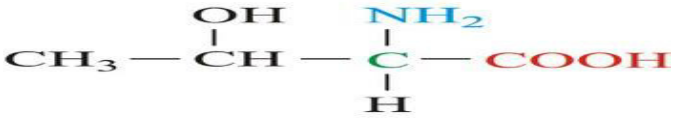
الجليسين Glycine	Gly	
الانين Alanine	Ala	

	Val	Valine الفالين
	Leu	Leucine ليوسين
	Ile	Isoleucine ايزوليوسين

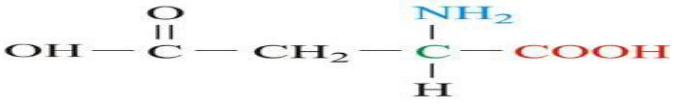
٢- الاحماض الامينية الحاوية على الكبريت Sulfur Containing

	Cys	Cysteine سستئين
	Met	Methionine المثيونين

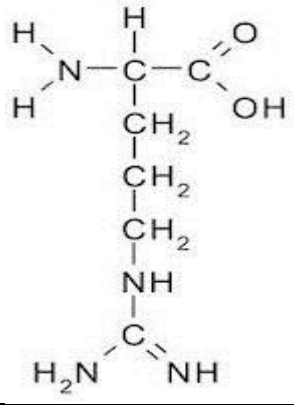
٣- الاحماض الامينية الحاوية على مجموعة هيدروكسيل (OH) **containing hydroxyl group**

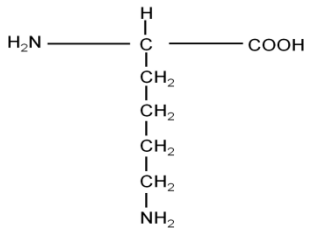
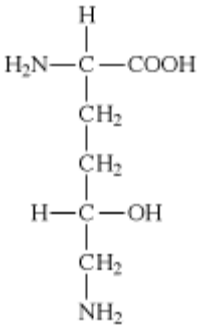
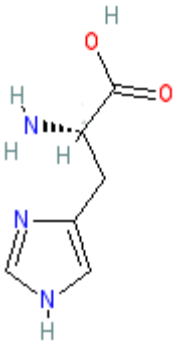
	Ser	Serine سيرين
	Thr	Threonine الثريونين

٤- الاحماض الأمينية ذات السلسله الجانبية الحامضية **Acidic amino acid**

	Asp	حامض الاسبارتك Aspartic acid
	Glu	حامض الجلوتاميك Glutamic acid

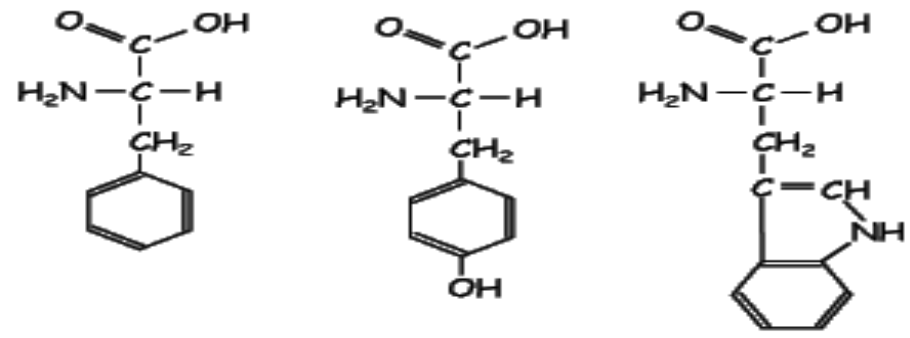
٥- الاحماض الأمينية ذات السلسله الجانبية القاعدية **Basic amino acid**

	Arg	Arginine ارجينين

ليسين Lysine	Lys	
هيدروكسي ليسين Hydroxy lysine	Hly	
هستيدين Histidine	His	

٦- الاحماض الأمينية الأورماتية Aromatic amino acids

هي تلك الاحماض الامينية المحتوي على الحلقة الأروماتي (حلقه عطرية)



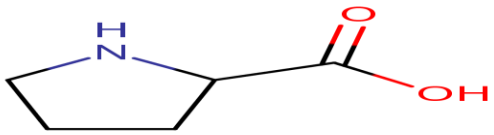
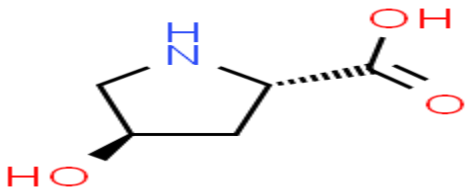
Phenylalanine Phe

Tyrosine Tyr

Tryptophan Trp

٧- الاحماض الأمينية ذات السلسله الجانبية الحلقية Cyclic amino acid

يجب ان نلاحظ ان الأمين في البرولين و الهيدروكسي برولين ليس أمين اولي و لكنه أمين ثانوي Imino

البرولين Proline	Pro	
الهيدروكسي برولين Hydroxy proline	Hyp	

الاحماض الامينية الضرورية او الاساسية:

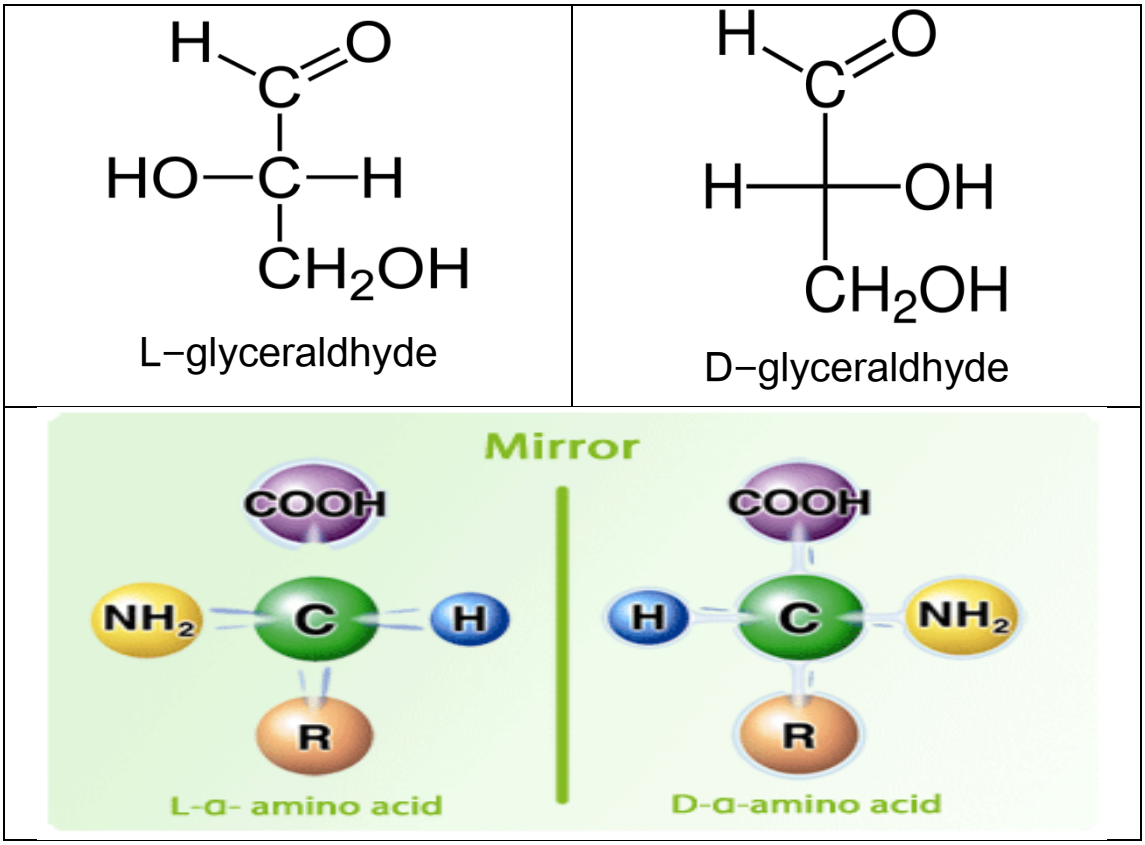
هي تلك الاحماض الامينية التي لا يستطيع الجسم تخليقها او يخلقها بكميات لا تكفي إحتياجاتة لذلك يجب ان تتوافر بكميات كافية له في غذائه اليومي و يجب العلم انها توجد بكثره في البروتينات الحيوانية و هي عشره احماض امينية

١	Val
٢	Lys
٣	Thr
٤	His
٥	Ile
٦	Met
٧	Trp
٨	Lue
٩	Arg
١٠	Phe

التركيب الفراغي للاحماض الامينية:-

كما نتذكر من جزء الكربوهيدرات الجليسرالدهيد منه مشابهان فراغيان منه الصوره L و الصوره D، كذلك الاحماض الامينية لها مشابهان فراغيان

L and D فإذا كانت الاحماض الامينية عباره عن α- amio acids فمنها L and D و لكنها عكس الكربوهيدرات حيث كانت الكربوهيدرات الاكثر انتشارا في الطبيعة الصوره D فنجد ان الاحماض الامينية الاكثر انتشارا في الطبيعة الصوره L

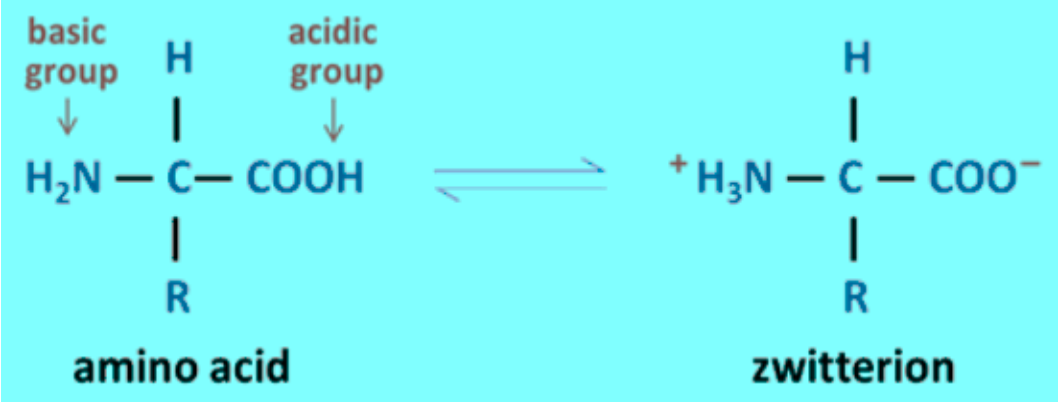


و بالرجوع الي تركيب الاحماض الامينية يجب الاخذ في الاعتبار ان

- الجليسين لا يحتوي علي ذره كربون غير متماثلة و بالتالي فأنة متماثل لإحتوائة علي ذرتين هيدروجين علي ذره الكربون الفا لذلك فهو غير فعال ضوئيا فلا يوجد يه صوره L أو D.

- تعتمد قوه الدوران النوعي لبقية الاحماض الامينية علي درجة ال pH للمحلول.

ثانيا: الايون ثنائي القطب Dipolar ion structure



ايون ثنائي القطب (امفوتيري) حامض اميني غير متأين

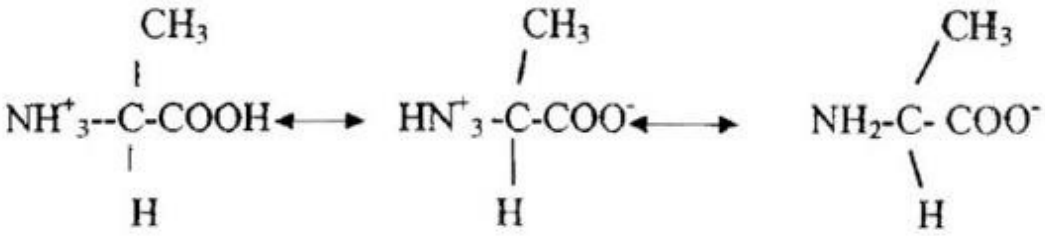
تمتاز الاحماض الامينية بأن تركيبها يشبة الاملاح الغير عضوية، و هذا يساعد علي فهم الكثير من صفاتها حيث انها مواد صلبة بلورية تنصهر علي درجات الحرارة العالية اكثر من ٢٠٠ درجة مئوية. فهي تذوب في المذيبات القطبية و لا تذوب في المذيبات العضوية الغير قطبية. ففي الشكل السابق يتضح ان في الايون ثنائي القطب للأحماض الامينية Zwitterion تفقد مجموعة الكربوكسيل بروتوناً(ذره هيدروجين) لصالح المجموعة الأمينية التي تتحول نتيجة لذلك الى ايون موجب ومجموعة الكربوكسيل الى ايون سالب، و كما هو موضح في التركيب العام للأحماض الامينية في أعلاه. كما ان الحالة الايونية للأحماض الأمينية تختلف تبعاً لاختلاف درجة حموضة المحيط الذي يتواجد فيه الحامض الاميني. وعلى ذلك يوجد للحامض الأميني في المحلول صورة تسمى ثنائي القطبية Dipolar او زويتر ايون Zwitterion، أي انه في المحلول المائي توجد للأحماض الأمينية في الصورة المشحونة حيث تتأين كل من المجموعتين الكربوكسيلية والأمينية. وتحتوي بعض الاحماض الامينية على مجاميع أخرى إضافية قابلة للتأين في السلسلة الجانبية، وإن

تأين المجموعة يعتمد على درجة حموضة الوسط pH وكل حامض اميني له درجة حموضة عندها يكون مجموع الشحنات متساويا وبالتالي لا يحمل الجزيء أي شحنة و تعرف بنقطة التعادل الكهربي Isoelectric point

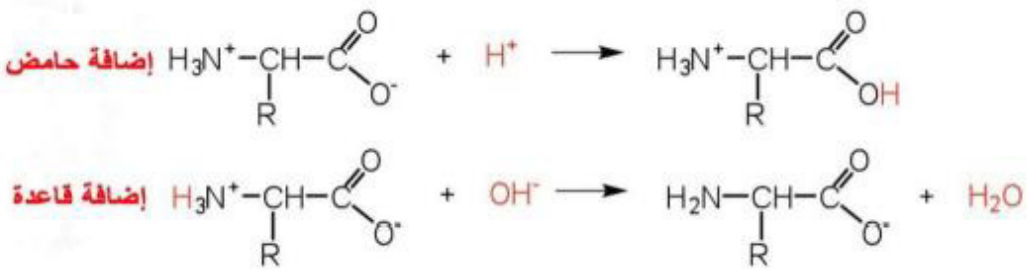
و هي عباره عن درجه ال pH التي يصبح عندها الحامض الاميني متعادل كهربائيا (اي في حاله ال Zwitterion)

و نجد ان نقطة التعادل الكهربي

- للأحماض الامينية المتعادلة تترامح ما بين درجة pH 4.8-6.3
- للأحماض الامينية الحامضية تترامح ما بين درجة pH 2.8-3.2
- للأحماض الامينية القاعدية تترامح ما بين درجة pH 7.8-10.8



و هذه الايونات ثنائية القطب للأحماض الامينية مواد امفوتيرية اي انها قادره علي استقبال أو اعطاء البروتونات اي انها تعمل كحامض او كقاعدة.

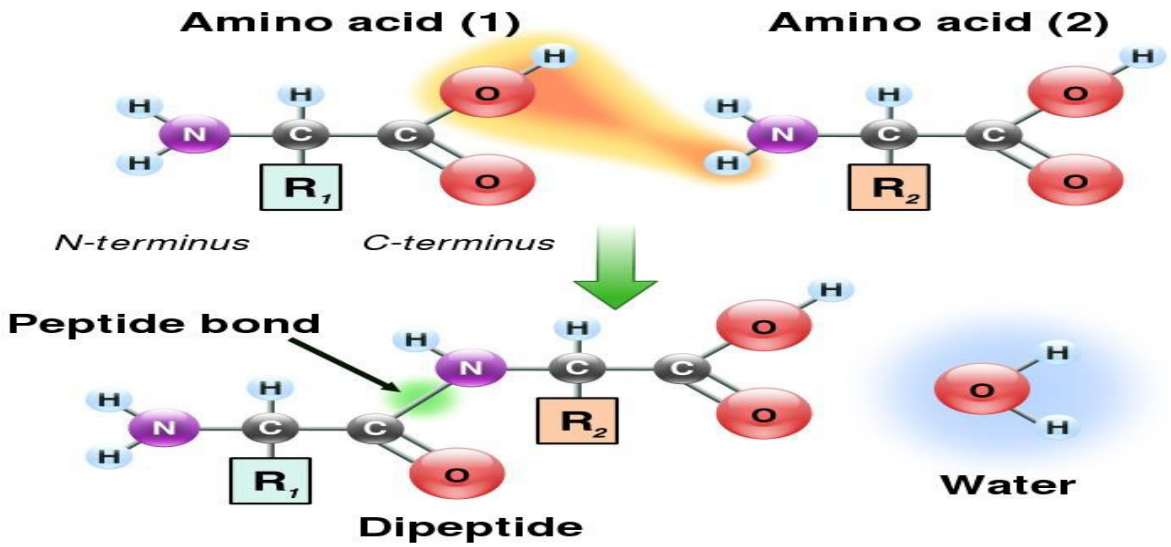


حيث ان البروتينات هي مجموعة من الاحماض الامينية المتعادلة او التي تحمل شحنه موجبة او سالبة معا و بالتالي فأن محصله شحنة البروتين تعكس مكوناتها فهي اذا كانت اكثرية الاحماض الامينية المكونة لها موجبة فيحمل البروتين شحنة موجبة، و اذا كانت اكثرية الاحماض الامينية المكونة لها سالبة فيحمل البروتين شحنة سالبة، و اذا كانت محصلة شحنة الاحماض الامينية المكونة للبروتين متعادلة سار البروتين متعادل، و قد امكن الاستفادة من هذه الخاصية بعمل فصل للبروتينات بطريقة **الهجرة الكهربائية electrophoresis** (electro تعني كهرباء و phoresis تعني انتقال آي انتقال/ هجره/ تفريد كهربي) و الفكرة بسيطة حيث انه بوضع محلول منظم لضبط درجه ال pH لمحلول البروتين المراد إجراء هجره كهربائية له بحيث يكون قلويا آي اعلي من نقطة التعادل الكهربي لجميع البروتينات في المحلول و بالتالي سوف يكون محصلة شحنة هذه البروتينات سالبة، فعند وضع جزيئات هذه البروتينات المشحونة بين قطبين كهربائين (مجال كهربي) يحدث لها انتقال من القطب المماثل لها في الشحنة الي الجهه الاخري المعاكسة لها في الشحنة. اي ان الهجرة الكهربائية للبروتينات هي انتقال جزيئات البروتينات المشحونة عند وضعها في مجال كهربي فيحدث لها انتقال من القطب المماثل لها في الشحنة الي الجهة الأخرى المعاكسة لها في الشحنة.

الببتيدات

يمكن أن يتحد اثنان أو أكثر من الأحماض الأمينية في سلاسل تسمى الببتيدات، تتحد مجموعة الامين من جزئ حامض اميني مع مجموعة كربوكسيل من جزئ حامض اميني آخر، يصاحب هذا الاتحاد فقد أو استبعاد لجزئ ماء و تكوين رابطه اميدية، هذه الرابطة الاميدية التي تربط جزئين الاحماض الامينية معا تسمي رابطة ببتيدية peptide bond.

و يجب ان نلاحظ أن الجزيء الناتج الببتيد الثنائي لا يزال لديه مجموعة أمين تفاعلية على اليسار ومجموعة الكربوكسيل التفاعلية على اليمين والتي يمكن أن تتفاعل مع احماض امينية اضافية لإطالة الببتيد، هذه العملية يمكن أن تستمر حتى انضمام الآلاف من الوحدات، الامر الذي يمكن ان يؤدي إلى تكوين جزيئات بروتينية كبيرة.

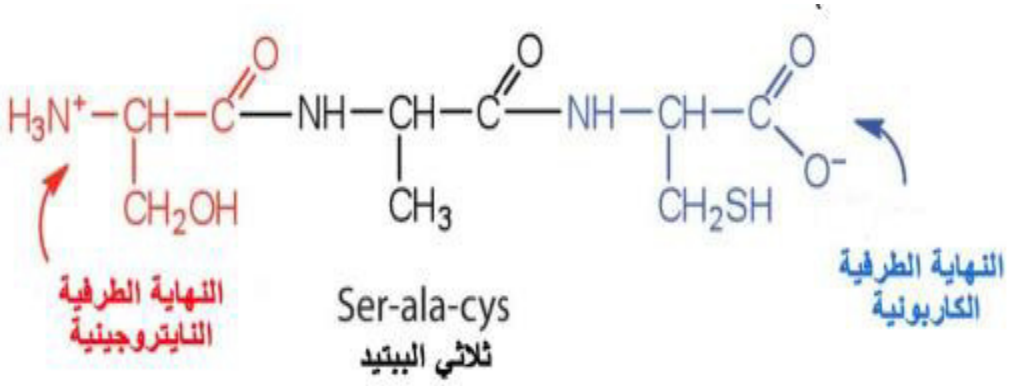


تسمى السلسلة المكونة من وحدتي حمض أميني فقط بالببتيد الثنائي، والسلسلة التي تتكون من ثلاث وحدات بثلاثي الببتيد، ومن المتفق عليه ان هيكلة الببتيد والبروتين تظهر الحامض الاميني ذو

المجموعة الامينية الحرة (النهاية الطرفية النيتروجينية N–terminal)على اليسار، والحامض الاميني ذو

المجموعة الكربوكسيلية الحرة (النهاية الطرفية الكربونية C– terminal)على اليمين.

وهنا يجب ان نشير الى الفرق بين الببتيد والبروتين: الببتيد الذي بطول سلسلة تصل الى حوالي 50 أو أكثر من الأحماض الأمينية عادة ما تسمى بسلاسل(البروتينات) أو الببتيدات المعقدة polypeptide



N-terminal C-terminal

التحليل المائي للبروتينات Hydrolysis of proteins:-

المقصود بالتحليل المائي للبروتين هو تحليل البروتين الي مكوناتة الاساسية المكونة له سواء من احماض امينية او حامض فوسفوريك او كربوهيدرات ....الخ

و بصفة عامة هنالك عدد من طرق التحليل المائي للبروتينات منها غلي البروتين مع الاحماض المعدنية مثل حامض الكبريتيك او الهيدروكلوريك 6 N لمده تتراوح من الربع ساعه الي ٢٥ دقيقة. او غليها مع القلويات او معاملة البروتين بالانزيمات المحللة للبروتينات و لكل طريقه مميزاتها و عيوبها و في الجدول التالي مقارنه بين هذه الطرق المختلفة.

التحليل المائي بالإنزيمات	التحليل المائي بالأحماض المعدنية	التحليل المائي بالقلويات
لا يؤثر علي الحامض الأميني التربتوفان	يهدم الحامض الأميني التربتوفان	لا يؤثر علي الحامض الأميني التربتوفان
لا يؤدي الي هدم الحامض الأميني السستئين و الارجينين	لا يؤدي الي هدم الحامض الأميني السستئين و الارجينين	يؤدي الي هدم الحامض الأميني السستئين و الارجينين
يعطي أحماض امينية نشطة ضوئيا	يعطي أحماض امينية نشطة ضوئيا	يعطي مخاليط راسيمية من الأحماض الامينية الغير نشطة ضوئيا
التحليل المائي غير كامل	التحليل المائي كامل	التحليل المائي كامل

و نجد انه اثناء عملية التحليل المائي للبروتينات يتكون مكونات وسطية كمراحل التحليل بداية من البروتين وصولا الي الأحماض الامينية

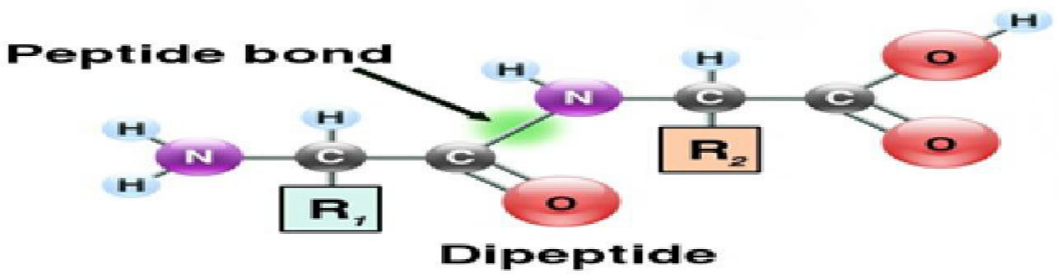
البروتين ← ميتابروتين ← بروتيوز ← ببتون ← ببتيد عديد ← ببتيد بسيط ← أحماض امينية.

الروابط المسئولة عن بناء البروتين

تتكون البروتينات عادة من أحماض امينية ترتبط مع بعضها البعض بروابط ببتيدية كما سبق ذكره مكونة سلاسل طويلة، وإن الخواص البيولوجية للجزيئات البروتينية تعتمد أساساً على بنية هذه البروتينات التي تتحدد من خلال مجموعة من الروابط، ندرس منها:

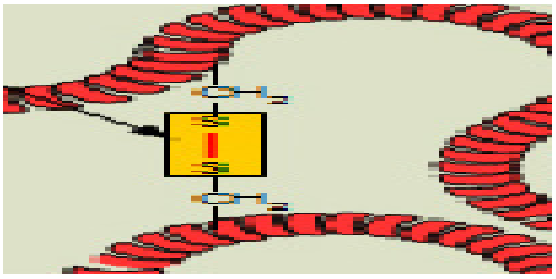
١- الرابطة الببتيدية Peptide bond:

حيث نجد أن أساس بناء البروتين كما ذكرنا سابقاً هو تجمع الاحماض الامينية عن طريق ارتباطها بالروابط الببتيدية كما هو موضح ادناه:



٢- الرابطة ثنائية الكبريتيد Disulphide bond

وتتكون هذه الرابطة بأكسدة مجموعة السلفهدريل (SH –) للسلسلة الجانبية لجزيئتين من الحمض الأميني سستيئين Cysteine في مواضح مختلفة من السلسلة كما يلي:

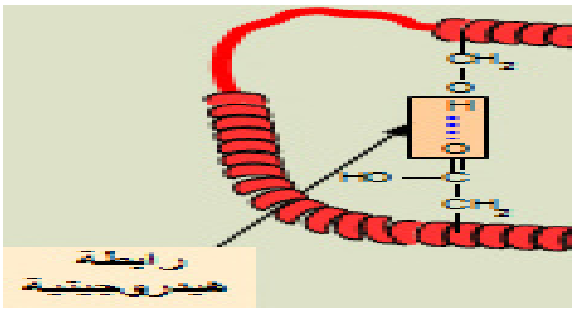


٣- الرابطة الهيدروجينية Hydrogen bond

تتكون هذه الرابطة نتيجة الجذب لذرة الهيدروجين بواسطة ذرة سالبة الشحنة مثل الاوكسجين أو النيتروجين،

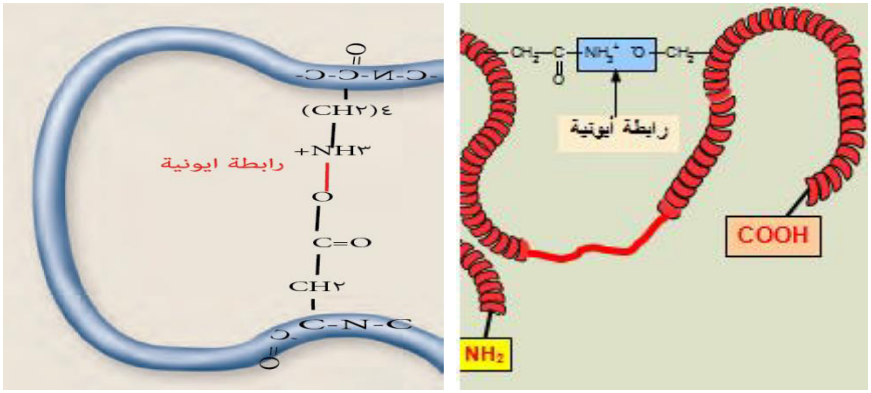
N.....H.....N أو O.....H.....O أو N.....H.....O

وبالرغم من ضعف الروابط الهيدروجينية إلا أن أهميتها في الحفاظ على التركيب الكيميائي الفراغي الخاص بالبروتين يكمن في كثرة عددها في الجزئ نفسه



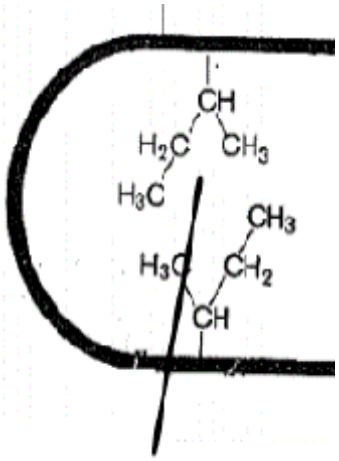
٤- الرابطة الالكتروستاتيكية Electrostatics bond

تنتج هذه الروابط نتيجة تجاذب المجموعات المتأينة مختلفة الشحنة مثل مجاميع الكربوكسيل المتاينة و مجاميع الأمين المتأينة أي نتيجة لقوة الجذب الالكتروستاتيكية بين هذه المجموعات ذات الشحنة المتضادة و تسمي ايضا (الايونية او الملحية).



٥- الرابطة الكارهة للماء Hydrophobic bond

تنتج هذه الروابط نتيجة تجاذب المجموعات الغير قطبية كنتيجة تنافرها مع الماء مثل ارتباط مجموعتين المثيل في alanine أو الايزوبروبيل في valine

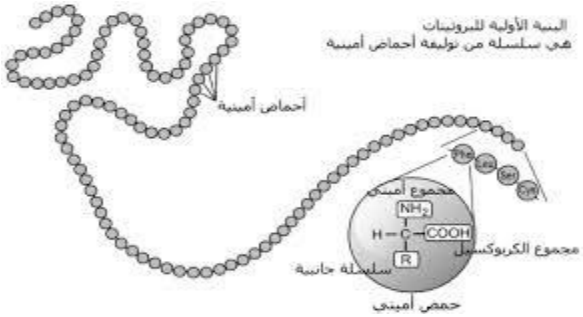


روابط كارهة للماء

مستويات بناء البروتين

١-مستوي البناء الاول

وهذا المستوي يحدد عدد و نوع و تتابع الاحماض الامينية في السلسلة الببتيدية و بفرض ان السلسله الببتيديه تتكون فقط من ١٠ احماض امينية فنجد انه من المحتمل الحصول علي 3.6 مليون تركيب أولي مختلف. الرابطة المسئولة عن ثبات هذا المستوي هي الرابطه الببتيدية.

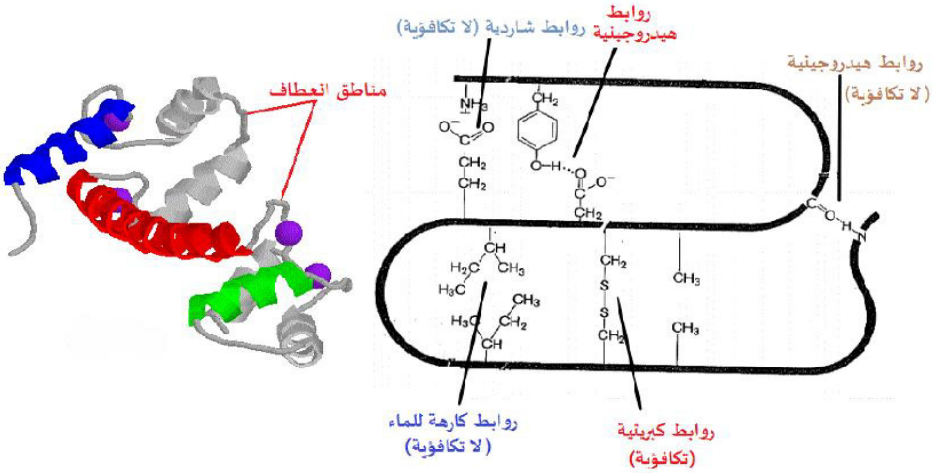


٢-مستوي البناء الثانوي

يحدد هذا المستوي طريقة التواء السلسلة الببتيدية و التي يثبتها الرابطة الهيدروجينية بين اجزاء نفس السلسلة فينتج من هذا الالتواء الشكل الحلزوني – α-configuration و الشكل الصفائح المطوية او β – configuration و يثبت هذا النموذج الروابط الهيدروجينية بين السلاسل الببتيدية.

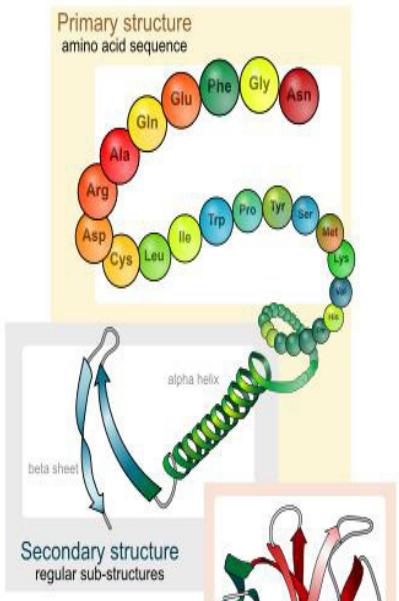
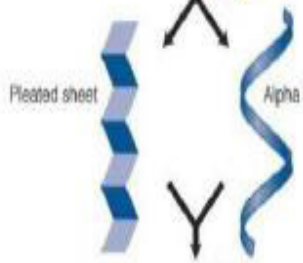
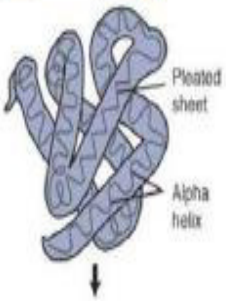
٣-مستوي البناء الثالث:-

يحدد هذا المستوي الشكل المجسم ثلاثي الابعاد للبروتين نتيجة تكور السلسلة الببتيدية او انفراطها و لهذا المستوي علاقة بالوظيفة الحيوية للبروتين و الذي يثبت هذا البناء جميع الروابط السابق الحديث عنها ماعدا الرابطة الببتيدية.

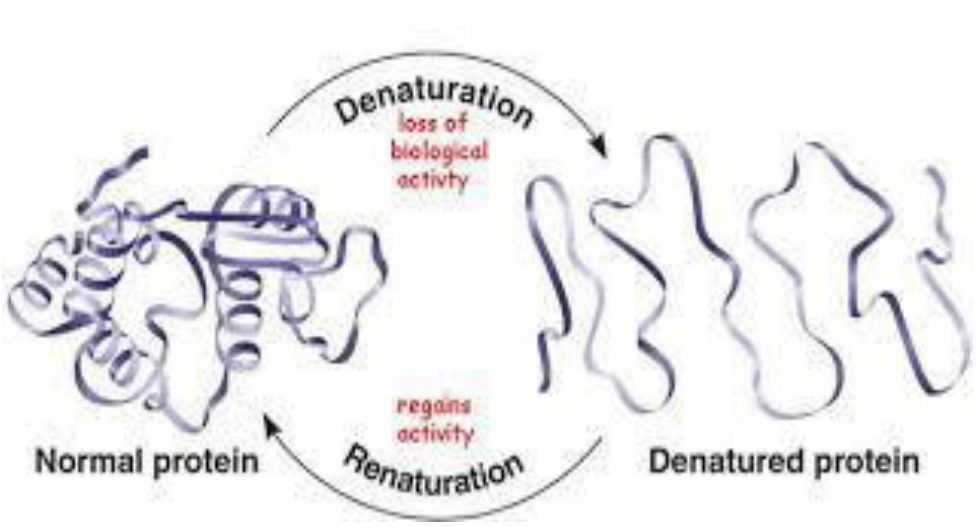


٤-مستوي البناء الرابع

يحدد هذا المستوي تجمع جزيئات البروتين مع بعضها بقوي غير تساهمية اي ان الذي يثبت هذا البناء الرابطة ثنائية الكبريتيد.

مستوي البناء الاولي		
مستوي البناء الثانوي		
مستوي البناء الثالث		
مستوي البناء الرابع		

تغير طبيعة البروتين Protein denaturation



عند تعرض البروتينات لعوامل كيميائية و فزيائية تؤدي الي حدوث تغيرات في طبيعته، كنتيجة لكسر الروابط المسئولة عن ثبات جزئ البروتين (كمثال ... تكسير الرابطة الهيدروجينية) فيحدث انحلال و تفسخ و إفساد البناء العام للبروتين أي الشكل المجسم ثلاثي الابعاد، و بالتالي يفقد البروتين وظيفته الحيوية و فقدان خصائصه بحيث يصبح غير ذائب و يترسب و يتجلط و بالتالي يصبح سهل الهضم. و هنالك الكثير من الامثلة لتغير طبيعة البروتين في حياتنا اليومية منها قلي او سلق البيض، عمل الفشار من الذرة، طبخ اللحوم و عمل اللحم المجفف بالاملاح.....الخ

من المسببات التي قد تؤدي الي تغير طبيعة البروتين منها :-

- الاحماض و القواعد القوية
- درجات الحرارة العالية
- التعرض لأيونات المعادن الثقيلة مثل الرصاص و الزئبق
- التعرض الأشعة الفوق بنفسجية
- التعرض للقلويدات مثل حامض التانيك Tannic acid المستخدم في صباغة الجلود
- التعرض للمذيبات العضوية مثل الكحول الاثيلي

التغيرات التي تحدث للبروتين:-

تغيرات كيميائية: ظهور مجموعة السلفاهيدريل SH–

تغيرات بيولوجية: سهولة هضم البروتين و فقد الوظيفة الحيوية

تغيرات فزيائية: تغير لزوجه البروتين و يصبح البروتين غير ذائب.

الانزيمات

الانزيم هو عباره عن ماده بروتينية تعمل كعامل مساعد لزياده سرعة التفاعلات الحيوية التي تتم داخل خلايا الكائن الحي.

تختلف الانزيمات عن العوامل المساعدة الكيميائية التي نعرفها و نستخدمها لإتمام التفاعلات الكيميائية المختلفة في المختبر، فنجد ان الانزيمات

- هي ماده بروتينيه
- لها قدره حفزية هائلة فتزيد من سرعة التفاعل فقد يصل الي $١٠^{١٤}$
- لها قدرة تخصصية عالية Specificity (فكل إنزيم يحفز أحد التفاعالات الكيميائية ويعتمد هذا على تركيب المادة).

و جدير بالذكر ان الانزيمات لا تستهلك اثناء التفاعلات، لا تؤثر علي ثابت الاتزان في التفاعل بل تعمل فقط على زيادة معدل التفاعل حتى يصل إلى الاتزان، تعمل علي تخفيض طاقة التنشيط المطلوبة لبداية التفاعل.

تسمية الانزيمات:

بصفه عامة تسمى الإنزيمات بإضافة المقطع " ase" إلى اسم ل مادة التفاعل (المركب الذي يعمل عليه)، على سبيل المثال انزيم الأرجينيز Arganase مادة تفاعله هى الأرجينين و إنزيم السكريز Sucrase يحلل مركب سكروز (إلى جلوكوز وفركتوز) وإنزيم اليوريز Urease يحلل اليوريا وهكذا.

ومن الممكن أيضا إضافة المقطع " ase" إلى اسم التفاعل وفي هذه الحالة يكون الاسم معبرا عن مجموعة من الإنزيمات ، فمثلا إنزيمات البروتييز Protase تحلل البروتين تحليلا مائيا إلى أحماض امينية وأيضا إنزيمات الأكسدة والاختزال أكسديز Oxidase

وهكذا. ومع اكتشاف العديد من الإنزيمات في السنوات السابقة كانت الحاجة ملحة إلى وضع طريقة أكثر دقة لتسمية الإنزيمات ، ولقد تم ذلك في المؤتمر العالمي للكيمياء الحيوية الذي عقد عام ١٩٦١م حيث أعطى اسمان لكل إنزيم ، الاسم العادي وهو بإضافة" ase" إلى اسم المركب الذي يعمل عليه والاسم الآخر هو عددي وهو رقم كودي لكل إنزيم (a Systematic Code number for each enzyme)

ويرمز له [E . C] هذا الرقم مكون من ٤ أرقام فمثلا إنزيم ليبيز Lipase البنكرياس رقمه (٣,١,١,٣) فالرقم الأول وهو {٣} يدل على القسم الذي يتبعه (٣) وهو إنزيمات التحلل المائي والرقم {١} يدل على تحت القسم (١) وهو يعمل على تحليل روابط الاستر (١,٣) والرقم الثالث{١} يدل على (تحت – تحت القسم) أن روابط الاستر التي يحللها روابط استر كربوكسيليه (٣,١,١) والرقم الأخير {٣} يدل على الرقم المسلسل الخاص باللليبيز من ضمن الإنزيمات التي تحلل الاستر الكربوكسيلي ٣,١,١,٣.
وعلى هذا الأساس قسمت الإنزيمات إلى ٦ أقسام رئيسية:
فالتقسيم الحديث للإنزيمات يعتمد على عاملين اولهما طبيعة التفاعل الذي يساعده الإنزيم والآخر النظام الرقمي المقترح بواسطة مؤتمر الكيمياء الحيوية سنة ١٩٦١ فالأقسام الرئيسية الستة للإنزيمات مع أمثلة لتحت الأقسام لكل منه.

اقسام الانزيمات تبعا مؤتمر الكيمياء الحيوية سنة ١٩٦١:-

١- **انزيمات الاكسدة و الاختزال: Oxidoreductases**

إنزيمات هذا القسم لها علاقة بعمليات الأكسدة الفسيولوجية .

امثلة (Oxidase, peroxidase)

٢- **انزيمات ناقلة: Transferases**

إنزيمات هذا القسم تعمل على نقل مجموعة فعالة من مركب إلى مركب آخر فهي تنقل مثلاً أمين أو ميثيل أو ألكيل أو فوسفات أو كبريت أو امين من مركب إلى لأخر

امثلة: (Transaminase – Kinase)

٣-إنزيمات التحليل المائي: Hydrolase

وهذا القسم يتبعه مجموعة كبيرة من الإنزيمات التي تساعد تفاعلات التحليل المائي حيث يشمل إنزيمات الهضم مثل إنزيم الأميليز Amylase الذي يحلل النشا وأنزيم السكريز Sucrase و إنزيمات الليبيز Lipase

٤-انزيمات الاضافة: Lyase

إنزيمات هذا القسم تساعد على إزالة مجموعة كيمائية من المركب دون تحليل مائي و أيضا تعمل هذه الإنزيمات تعمل على تحفيز إضافة مجموعة كيمائية تكوين رابطة مزدوجة. امثلة: Decarboxylase

٥-إنزيمات التشابة: Isomerase

هذه المجموعة من الإنزيمات تساعد على تحويل مركب إلى مركب آخر مشابه له.

امثلة: Epimeras – isomerase

٦- انزيمات الربط او الوصل: Ligase

إنزيمات هذا القسم تعمل على ربط جزيئين معاً، أي انها تعمل على تحفيز انشاء روابط جديدة بين مركبين مختلفين، او متشابهين، ويتطلب قيام هذه الانزيمات بدورها الحصول على الطاقة المختزلة في جزئ ATP مثال Synthetase.

التركيب الكيميائي للإنزيمات:

بصورة عامة تتركب الانزيمات من البروتين، اي انها تتركب من عدد كبير من الأحماض الأمينية المرتبطة مع بعضها البعض بروابط ببتيدية، وتبعاً لمكوناتها الكيميائية تقسم الانزيمات إلى:

١. انزيمات بروتينية فقط Simple proteins.

٢- بروتينات مقترنه Conjugated proteins: جزء بروتيني Apoenzyme + جزء لا بروتيني يعرف بالعامل المرافق (Cofactor).

٣- أنزيمات بروتينية + مجموعات إضافية (Prosthic groups).

فالإنزيمات البروتينية تتكون من البروتين مثل الببسين، والتريبسين وفي مثل هذه الحالة لا يشترط لفاعليتها ونشاطها وجود مركبات أخرى، و العديد من هذه الانزيمات لا تفرز في صوره نشطه و انما تفرز في صوره غير نشطة تسمي proenzyme or zymogen فتحتاج لعملية تنشيط مثال لذلك مثل بروتين ال pepsinogen الذي ينشط بفعل انزيمات اخري تساعد علي إزالة مثبط ببتيدي مرتبط بال proenzyme ليتحول الي انزيم ال pepsin النشط. اما في حالة الانزيمات المقترنة المكونة من البروتين (Apoenzyme) و جزء لا بروتيني يعرف بالعامل المرافق (Cofactor)، و يسمى الأنزيم الكامل (Holoenzyme). و يمكن ان يكون الجزء الا بروتيني عبارة عن (أ) ايونات فلزات metals أو (ب) جزئ عضوي

(أ) ففي حالة الجزء الا بروتيني cofactor اما يكون الجزء البروتيني للإنزيم يحتوي علي ايونات الفلزات في تركيبة فتسمي metaloenzymes أو يكون الجزء البروتيني غير نشط إلا اذا ارتبط بالفلز المعدني فيعمل الفلز كمنشط للإنزيم enzyme activator و في هذه الحاله يطلق علي الانزيم metal-activated enzyme

أمثله:

- انزيمات peroxidases-catalases تحتاج الي الفلزات التالية Fe^{2+} – Fe^{3+}
- إنزيم Arginase تحتاج الي الفلز التالي Mn^{2+}
- إنزيم Urease تحتاج الي الفلز التالي Ni^{2+}

(ب) اما في حاله ارتباط الجزء البروتيني من الانزيم بجزئ عضوي مثل القيتامينات (B1,B2, B6.....etc) يطلق علي الاخير مرافقات الانزيمية Coenzymes لها عدة صفات يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

١- المرافقات الأنزيمية سهلة الانفصال عن الجزء البروتيني Apoenzyme.

٢- غالباً ما يدخل في تركيب المرافق الأنزيمي أحد الفيتامينات ولهذه الحقيقة أهميتها إذ يوضح الأهمية والارتباط بين الفيتامينات والأنزيمات.

٣- المرافقات الأنزيمية Coenzymes مركبات ثابتة التركيب (لا تتبدل بالحرارة).

٤- تكون المرافقات الأنزيمية Coenzymes موجودة في وسط التفاعل ويتم التصاقها مع البروتين عند بدء التفاعل كما في الشكل التالي.

أما في حالة الانزيمات البروتينية المرتبطة بمجموعات إضافية Prosthetic groups فتوجد هذه المجموعات ملتصقة بشدة مع الجزء البروتيني وهي صعبة الانفصال عنه وفي حال غيابها يتوقف النشاط الانزيمي كلياً. بعض النقاط الهامة المتعلقة بالمجموعات الإضافية في هذا النوع من الانزيمات يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

١- يعتمد نشاط الأنزيم اعتماداً تاماً على وجودها وبفقدها يفقد الانزيم نشاطه.

٢- لا يمكن فصل المجموعة الاضافية عن الانزيم بسهولة إلا من خلال عملية العزل الغشائي Dialysis.

٣- العوامل المؤثرة على المجموعات الإضافية، تؤثر أيضاً على نشاط وفعالية الأنزيم.

٥-غالباً ما تكون المجموعات الإضافية مرتبطة مع الانزيم طيلة الوقت كما في الشكل التالي.

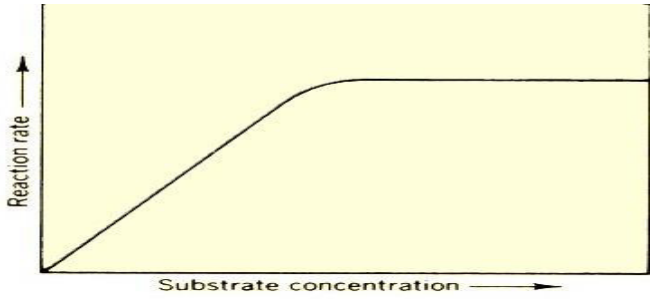
الوحدة الدولية لقياس نشاط الانزيم هي IU

هي كمية الإنزيم اللازمة لتحويل ١ مول من المادة الداخلة في التفاعل في الدقيقة إلى نواتج عند درجة حرارة ٣٠ درجة مئوية وعند الرقم الهيدروجيني المناسب للإنزيم.

العوامل التي تؤثر علي معدل/ درجة النشاط الانزيمي:-

١- تركيز المادة الداخلة في التفاعل (المادة المتفاعلة):

عند ثبات تركيز الانزيم تتناسب درجة النشاط الإنزيمي طردياً مع تركيز المادة الداخلة في التفاعل، فتزيد بزيادة تركيزها إلى أن يصل تركيزها إلى حد التشبع بعدها تثبت عندها درجة النشاط الإنزيمي.

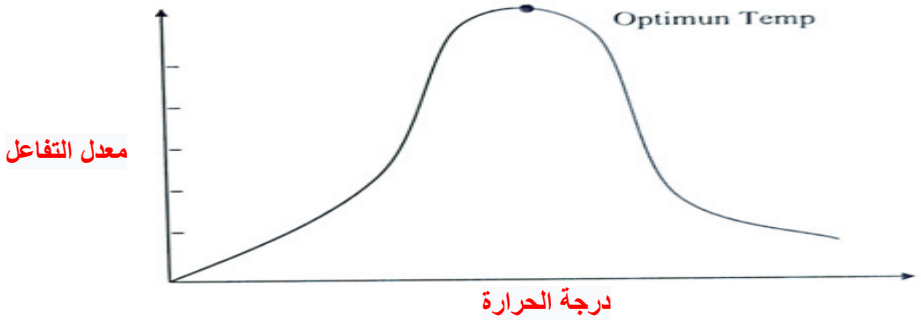


معدل التفاعل

تركيز الإنزيم

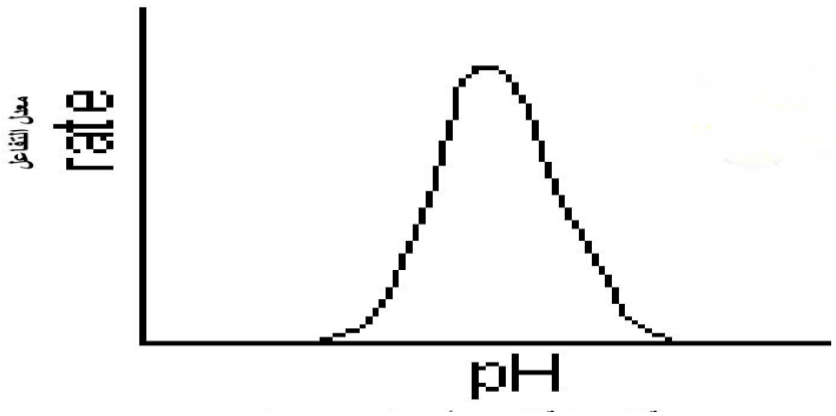
٢- درجة الحرارة:

الانزيمات عباره عن ماده بروتينية فهي حساسة لدرجة الحرارة فعند درجة حرارة صفر يكون النشاط الانزيمي متوقف علما بانه مازال يتمتع بقدرته الحفزية و يستعيد نشاطه تدريجيا بزياده درجه الحرارة وصولا لدرجه الحرارة المثلي له التي تتراوح ما بين ٣٧ الي ٤٠ درجه فيبلغ اقصي قدره حفزيه له، و بعدها و بارتفاع درجة الحرارة تنخفض هذه القدرة تدريجيا حتي يصل لدرجة الغليان فيفقد الانزيم قدرتة الحفزية تماما نظرا لتغير طبيعته أي حدوث protein denaturation للإنزيم.



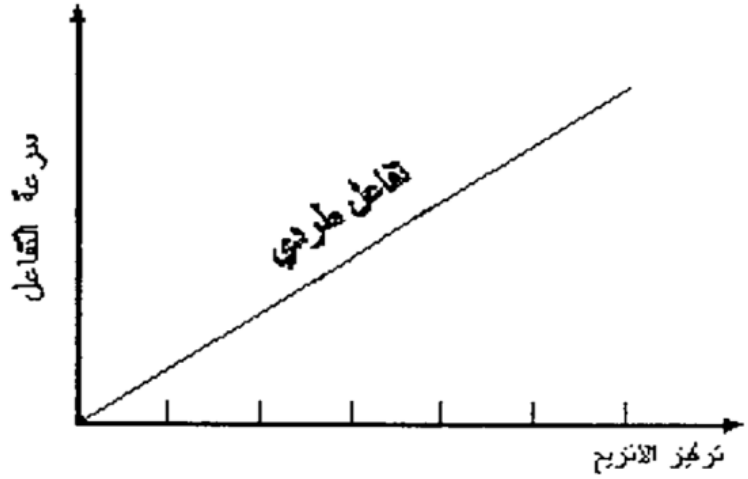
٣- تركيز أيون الهيدروجيني pH :

لكل إنزيم درجة pH معينة يكون الإنزيم عنده أكثر نشاطا ويسمى تركيز ايون الهيدروجيني المثالي و الذي يتراوح ما بين ٦-٨ لمعظم الانزيمات ماعدا إنزيمات العصارة المعدية، وإذا قل عنه أو زاد عنه الرقم الهيدروجيني فان نشاط الإنزيم يقل إلى أن يتوقف نشاط الإنزيم ، وذلك عندما يصل الرقم الهيدروجيني الأدنى أو الأقصى حيث يتغير طبيعية الإنزيم في هذه الحالة.



٤- تركيز الأنزيم:

تتناسب درجة النشاط الإنزيمي طردياً مع تركيز الانزيم كما هو موضح بالرسم



٥- المثبطات

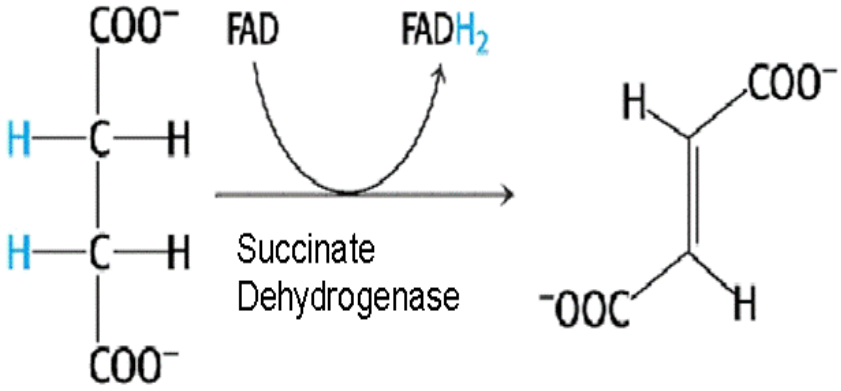
تتحد بعض المواد مع إنزيمات معينة فتمنع ارتباطها مع المادة الهدف، وبذلك تضعف فعالية الإنزيم ، ويتجلى ذلك في نقص سرعة التفاعل ، وتعرف هذه المواد بالمثبطات Inhibitors وقد يكون التثبيط عكسي Reversible inhibition أي يزول بزوال المثبط (المثبط يزول بسهولة) ، أو يكون غير عكسي Irreversible inhibition حيث لا يزول المثبط بسهولة، وتتوقف الحالتان على شدة الارتباط بين المثبط والإنزيم . كان التثبيط من النوع العكسي إذا كان فإذا كان الارتباط ضعيفا. و اذا كان الارتباط قوي كان التثبيط من النوع غير العكسي. و يجب ان نعلم ان هنالك مثبطات تعمل علي تغير طبيعة البروتين فتعمل علي تثبيط اي انزيم دون تمييز اي انها مثبطات غير نوعية non-specific inhibition .

و هنالك مثبطات تعمل علي تثبيط انزيمات بعينها مثل CN^- الذي يعمل علي الأنزيمات المحتوية علي Fe^{++} – Fe^{+++} في مركزها النشط مثل انزيمات الاكسده و الاحتزال oxidases and peroxidases و هذه المثبطات هي مثبطات نوعية

.Specific inhibition

التثبيط العكسي Reversible inhibition /competitive inhibition

هذا النوع من التثبيط يستعيد الانزيم فاعليتة إذا تم التخلص من المثبط بطريقة ما، و يجب ان نعلم ان الانزيم لا يتأثر بالمثبط فيدخل التفاعل و يخرج منه دون أي تأثير. و ابسط مثال لهذا النوع من التثبيط هو ان انزيم Succinic acid dehydrogenase يعمل علي اكسده حامض ال succinic و يكون حامض ال fumaric حيث يقوم بنزع ذرتين هيدروجين فتتكون رابطة زوجية ما بين ذره الكربون ٢ و ٣ و لكن في وجود المثبط حامض المالونيك الذي يشبة في تركيبة حامض السكسنيك فيتحد المالونيك مع الانزيم و بالتالي يمنع تكوين حامض الفيوماريك، و في هذا التثبيط يعتمد علي (التركيزات النسبية)، اي ان حامض السكسنيك أو المالونيك ايهما اكثر في بيئة التفاعل فيكون له القدره علي الارتباط بالانزيم في المركز النشط، فإما يحدث التثبيط أو ان يتم عكس هذا التثبيط في حالة وجود تركيزات من حامض السكسنيك اكثر من المالونيك.



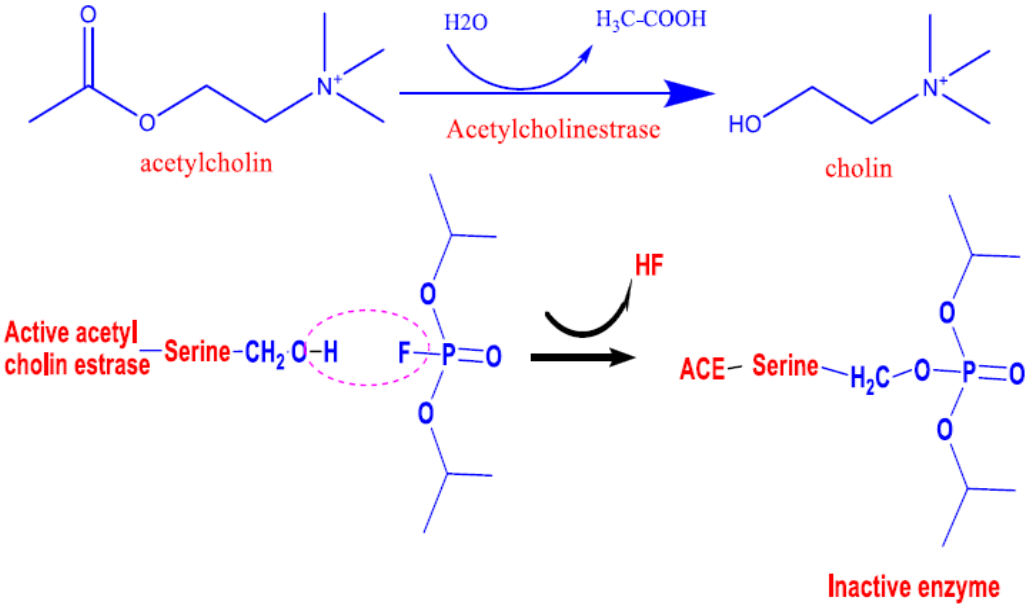
Succinate **Fumarate**

Malonic Acid **Succinic Acid**

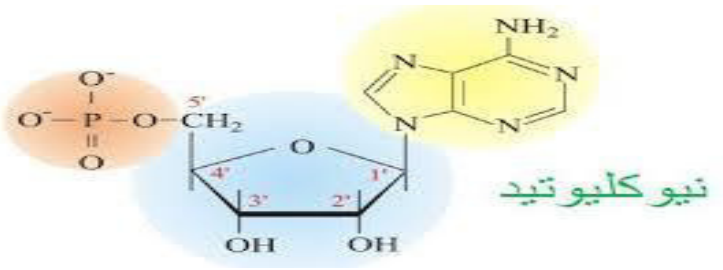
Malonic acid (in presence of succinate dehydrogenase enzyme) ⟶ No reaction

التثبيط الغير العكسي Irreversible inhibition /non-competitive inhibition

في هذا النوع من التثبيط لا يعتمد علي التركيزات النسبية ما بين ماده التفاعل و المثبط، أي انه لا يمكن ات تتغلب الماده المتفاعلة علي المثبط بزياده عددها فلا يمكن ان تحل محل المثبط اذا ارتبط بالانزيم. حيث يرتبط المثبط بواسطة روابط تساهمية قوية مع الانزيم، فيرتبط المثبط مع الانزيم في المركز النشط او بالقرب منه فيعمل علي تغيير التركيب المجسم ثلاثي الابعاد و بالتالي لا تستطيع الماده المتفاعلة الارتباط مع الانزيم. و مثال لذلك التثبيط الغير عكسي عند حدوث التنبية العصبي ينفرد مركب الاسيتيل كولين، هذا الملح يكون مرتبط بالبروتين و عند التنبية العصبي ينفرد و ينبة الخلية العصبية التالية لينفرد كمية اكبر منه و هكذا و بأنتهاء عملية الدفع العصبي يقوم انزيم الاستيل كولين استزيز acetyl choline esterase بالتحليل المائي للاستيل كولين و بالتالي يتم توقف التنبية العصبي، لكن في حالة وجود مثبط مثل (غاز الاعصاب DIPF (Diisopropyl phosphofluoridate) الذي يعمل علي الارتباط بالأنزيم في المركز النشط المحتوي علي الحامض الاميني سيرين المحتوي علي مجموعة هيدروكسيل، و بهذا الارتباط لا يستطيع الانزيم acetyl choline esterase تحليل ملح الاستيل كولين و فيستمر التنبية العصبي ثم حدوث شلل و موت.

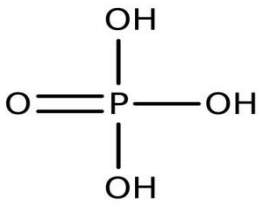


البروتينات النووية

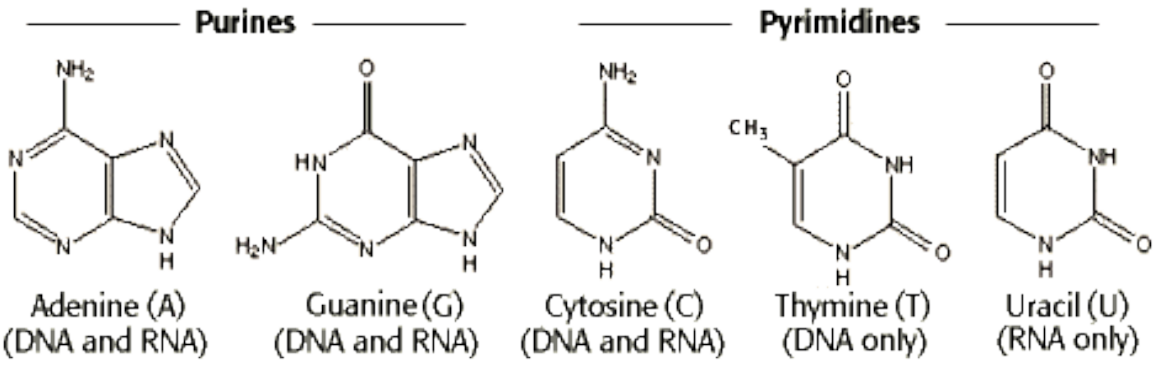


من المعروف ان الاحماض النووية توجد في انوية الخلايا و منها ما يوجد ايضا في السيتوبلازم ايضا و يتكون البروتين النووي من بروتين بسيط + الحامض النووي Nucleic acid هذا الحامض النووي يتكون من العديد من النيوكليوتيدات Nucleotides (بوليمر) (التي تتكون من حامض الفوسفوريك + النيكليوسيدات Nucleosides) و تتكون النيوكليوسيده من (القواعد النيتروجينية بيورينات و البيريميدينات + السكر الخماسي الريبوز أو الدي اوكسي ريبوز).

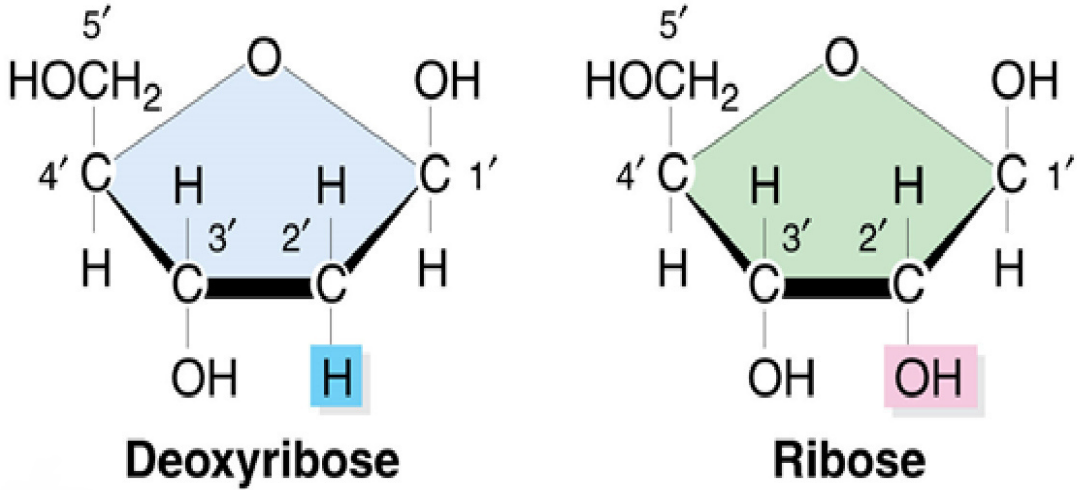
حامض الفوسفوريك:



قواعد البيورينات و البيريميدينات:-

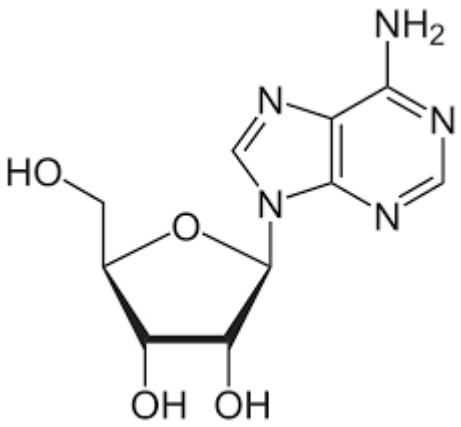


السكر الخماسي:-



النيوكلوسيدات:-

تتكون النيوكليوسيدات من اتحاد القواعد النيتروجينية مع السكر، فيجب ان نعلم جيدا نقط الاتصال بينهم، حيث تتكون رابطة جليكوسيدية بين ذره الكربون رقم واحد في السكر مع الذره رقم واحد في القواعد النيتروجينية البيريميدين و رقم ٩ في البيورين.

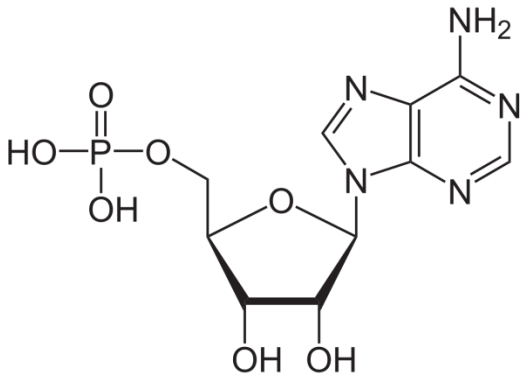


Adenosine (Ribose + adenine)

Nucleoside

النيوكلوتيدات:-

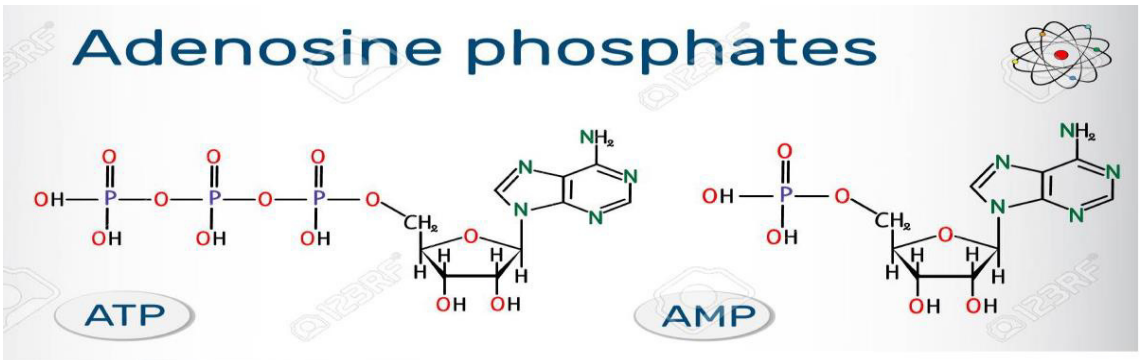
تتكون النيوكليوتيدات من اتحاد (النيوكليوسيدات مع حامض الفوسفوريك)، أي انها استرات لحامض الفوسفوريك للنيوكليوسيدات. و يجب ان نعلم جيدا نقط الاتصال بينهم، حيث تتكون رابطة الاستر بين ذره الكربون رقم خمسة في السكر مع حامض الفوسفوريك.

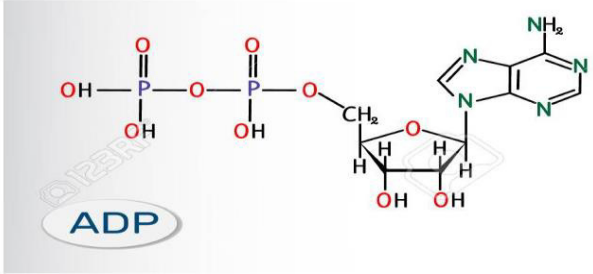


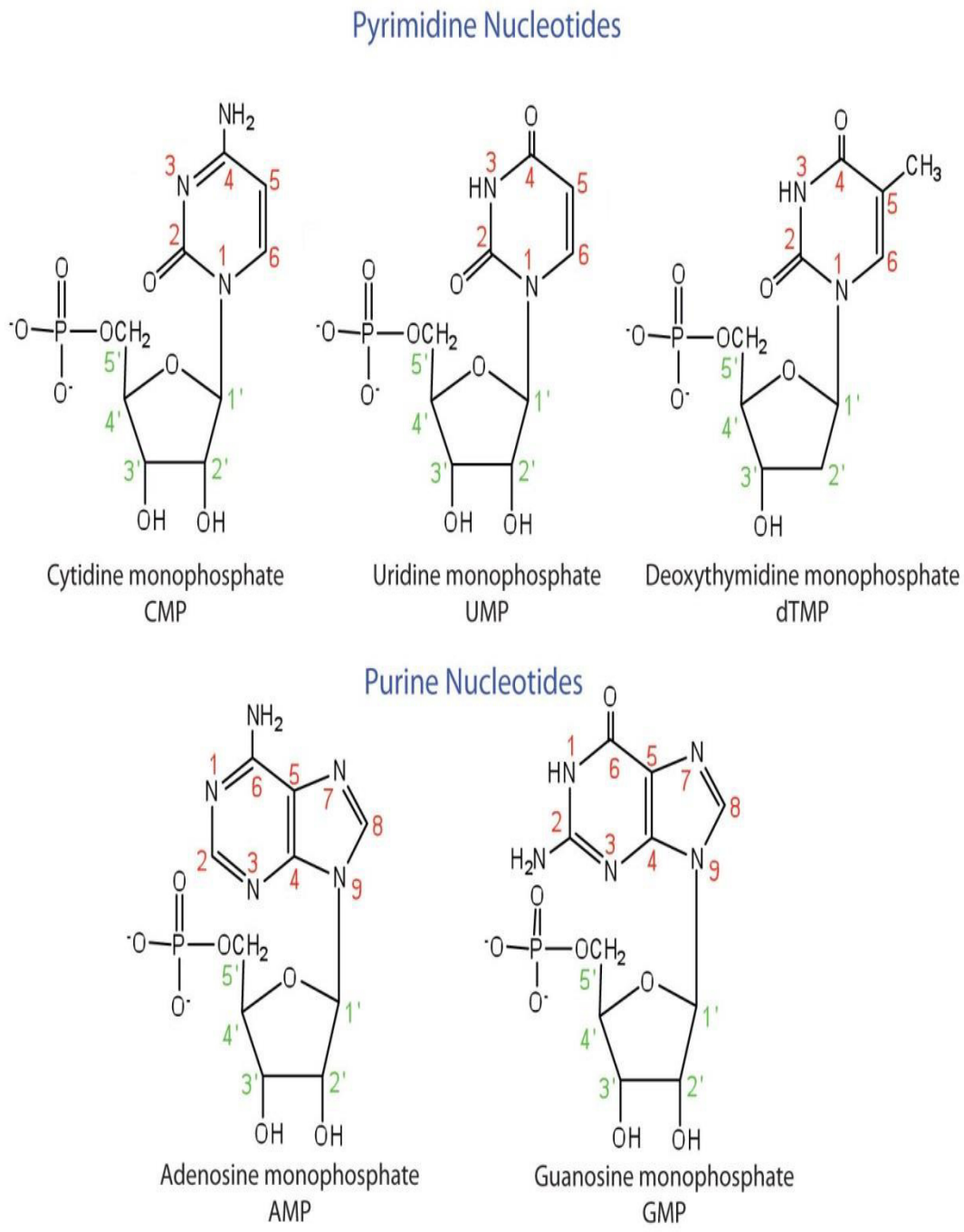
AMP

Adenosine monophosphate

النيوكليوتيده AMP عند اتحادها مع جزئ من حامض فوسفوريك فقد جزء ماء يتكون جزئ من مركب الطاقة adenosine diphosphate (ADP) و الاخير عند اتحاده مع جزئ من حامض فوسفوريك و فقد جزئ ماء يتكون مركب الطاقة adenosine triphosphate (ATP)







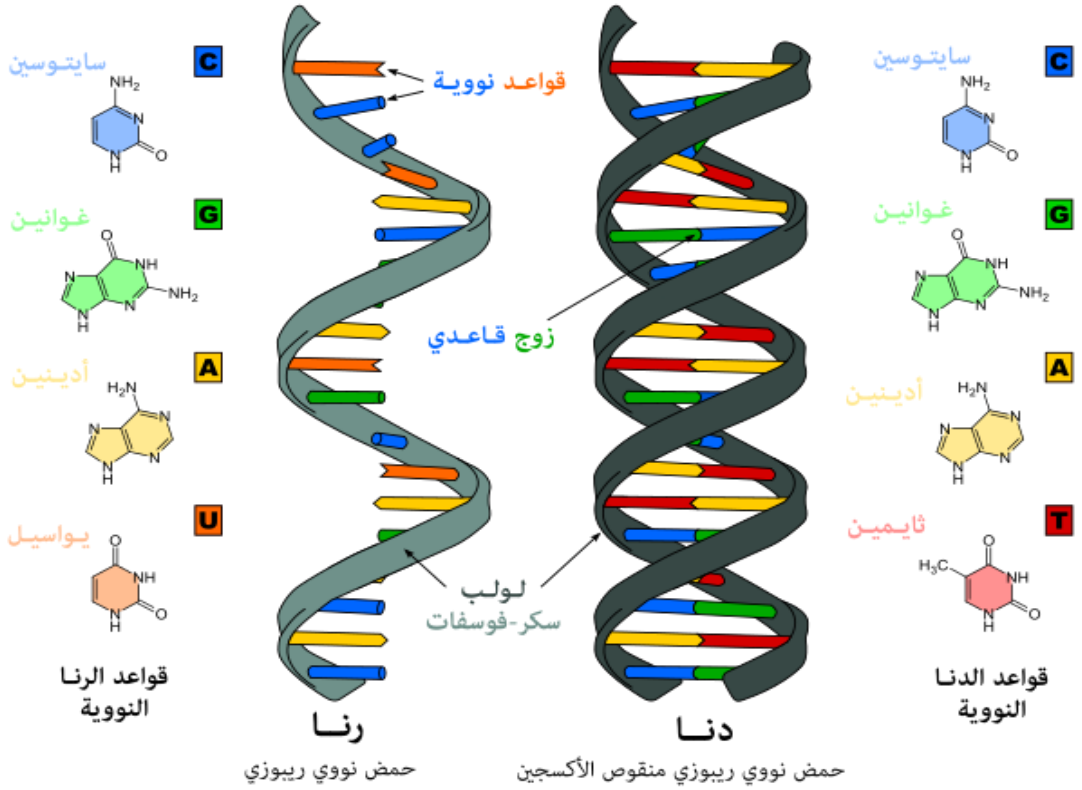
**************النيوكليوتيدات التي تتكون من السكر الخماسي الريبوز هي – AMP – GMP– UMP– CMP بينما النيوكليوتيدات التي تتكون من السكر الخماسي الدي اوكسي ريبوز هي dAMP– dGMP– dTMP– dCMP ****************

الاحماض النووية:-

الاحماض النووية عباره عن بوليمر من النيوكليوتيدات و يوجد منه نوعان

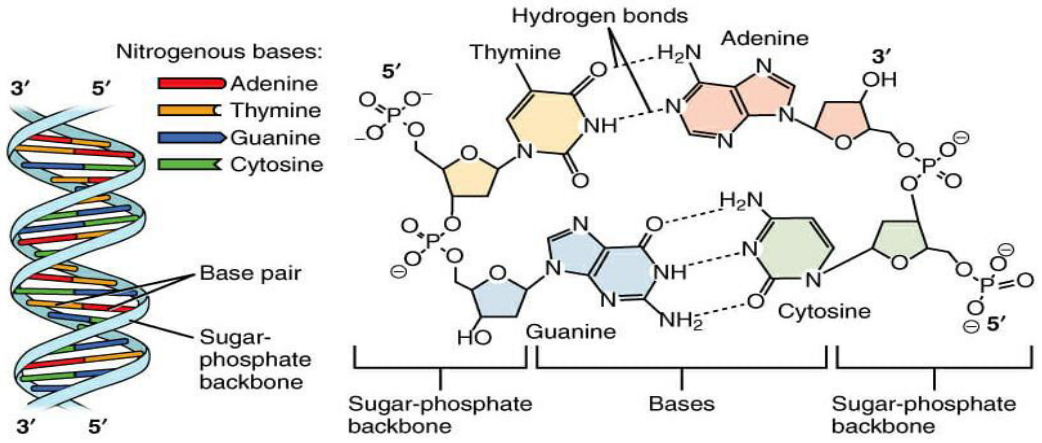
- DNA (Deoxyribonucleic acid) و هذا الحامض النووي الذي يوجد في النواه
- RNA (Ribonucleic acid) و هذا الحامض النووي يوجد نسبة قليلة من في النواه و اغلبة يكون في سيتوبلازم الخلية

و ترتبط النيوكليوتيدات معا عن طريق ارتباط الفوسفات ثنائي الاستر بين ذره الكربون رقم خمسه في سكر النيوكليوتيده مع ذره الكربون رقم ثلاثة في سكر النيوكليوتيده الاخري و هكذا.



RNA **DNA**

و يجب ان نلاحظ ان ال DNA يتكون من شريطين مزدوجين يكمل القواعد النيتروجينية بعضها العض تبعا لما يلي: ترتبط القواعد النيتروجينيه adenine = Thymine بواسطه رابطتين هيدروجينية، بينما ترتبط القاعدة النيتروجينية Cytosine في شريط ال DNA بواسطة ثلاثة روابط هيدروجينية مع القاعده Guanine في الشريط المزدوج المقابل له كما في الشكل التالي.



اهم الفروق في مكونات كل من ال DNA و ال RNA

المكون	DNA	RNA
القواعد النيتروجينية	A	A
	G	G
	C	C
	T	U
السكر الخماسي	deoxyribose	ribose
السلسلة	مزدوج Double stranded	احادي Single stranded
نسبة القواعد البيورين:البيريميدين	١:١ لأنه شريط مزدوج و القواعد مكمله لبعضها	غير معلوم لأنه شريط مفرد/ أحادي

الفيتامينات Vitamins

الفيتامينات هي عباره عن مجموعة من المركبات العضوية لا يستطيع الانسان تخليقها أو يخلقها بكميات لا تكفي احتياجاتة اليومية لذلك يجب امداده بها عن طريق الغذاء فهو يحتاجها بكميات قليلة، علما بأن هذه المركبات تخلق اساسا بواسطة النباتات و لا تستخدم كمصدر للطاقة.

تقسيم الفيتامينات تبعا لذوبانها الي:

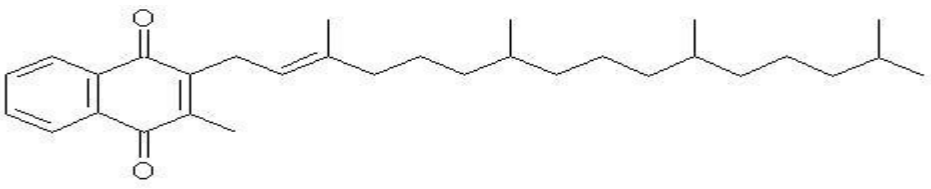
- الفيتامينات الذائبة في الدهون : Vitamin K, E, D and A
- الفيتامينات الذائبة في الماء:

Vitamin C and B-complex (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9 and B12

أولا الفيتامينات الذائبة في الدهون

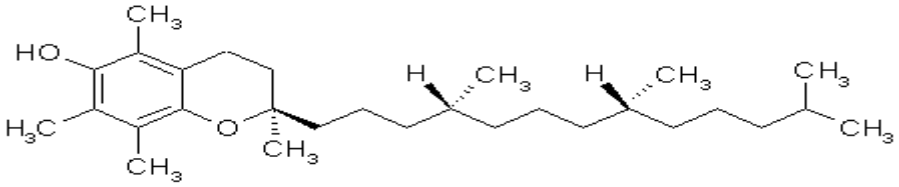
فيتامين K

- **المصادر الغذائية:** الكبد – اللبن – اللحوم – السبانخ – الخضروات الورقية
- **دور الفيتامين:** يعمل فيتامين ك على الحد من الإصابة بالنزيف، تنظيم تجلط الدم، وهذا من خلال نقل الكالسيوم إلى الأغشية داخل الخلايا، يعد فيتامين ك من المضادات الحيوية والتي تستخدم في علاج الصفراء
- **أعراض نقصة:** الإصابة بالنوبات المتكررة من النزيف ومنها نزيف اللثة ونزيف الأنف، ظهور العديد من الكدمات على الجلد يدل على نقص فيتامين
- **التركيب الكيميائي**



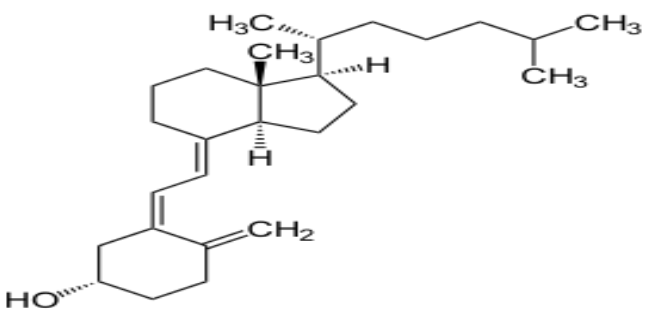
فيتامين E

- **المصادر الغذائية:** اللحوم – السمك – البيض– الافوكادو– المكسرات
- **دور الفيتامين:** يعزز الجهاز المناعي ويعمل كمضدات للأكسدة، ومساعدة الخلايا على التجدد ما يجعل له دورا كبيرا في العناية بالبشرة والشعر.
- **أعراض نقصة:** الضعف العام و التعب، الام العظام، شحوب البشره، تقصف و تساقط الشعر
- **التركيب الكيميائي:**



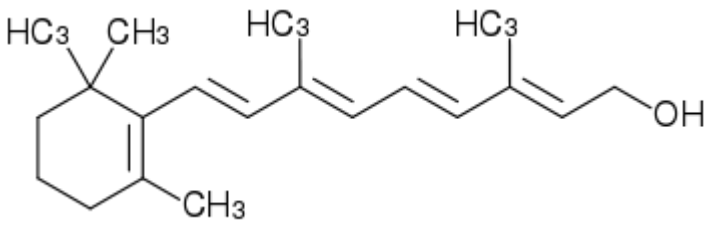
فيتامين D

- **المصادر الغذائية:** صفار البيض – اللبن – الكبد– الاسماك
- **دور الفيتامين:** يساعد لحفاظ على توازن المعادن في الجسم، وبالأساس مستوى الكالسيوم والفوسفور فهو مهم جدا لنمو العظام و الاسنان و له دور هام في تنظيم عمليات نمو الخلايا، بما في ذلك قَمْع نمو الخلايا السرطانية وزيادة نشاط الجهاز المناعي.
- **أعراض نقصة:** الكساح و هشاشة العظام
- **التركيب الكيميائي:**



فيتامين A

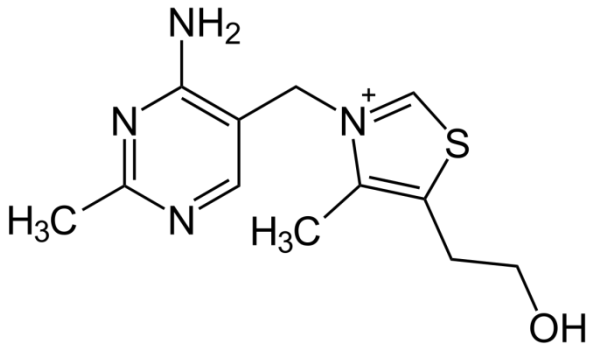
- **المصادر الغذائية:** البيض – اللبن – الكبد– الاسماك– الخضروات الورقية
- **دور الفيتامين:** يساعد علي النمو و التطور، و يعمل كمضدات اكسده
- **أعراض نقصة:** العشي الليلي – تكسير الاظافر– جفاف العين و البشره
- **التركيب الكيميائي:**



ثانيا: الفيتامينات الذائبة في الماء

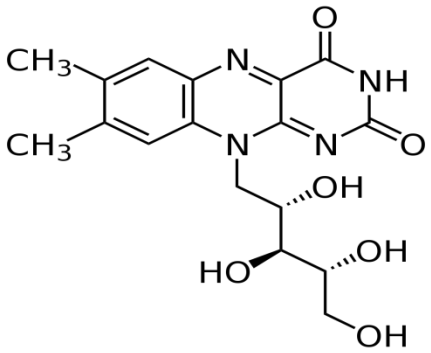
فيتامين B1

- **المصادر الغذائية:** يوجد الثيامين في الرده – الحوم – اللبن
- **دور الفيتامين:** يدخل في عملية التوصيل العصبي، وانقباض العضلات، و انتاج الطاقة
- **أعراض نقصة:** مرض البري بري و التهاب الاعصاب، التشنجات العصبية و الخمول و الكسل
- **التركيب الكيميائي:**



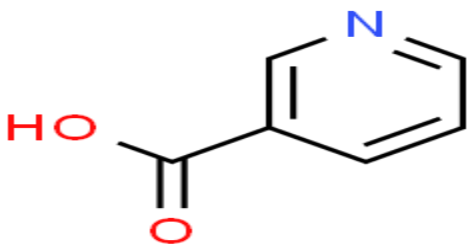
فيتامين B2

- **المصادر الغذائية:** يوجد الريبوفلافين في اللحوم – الكبد– البيض– اللبن
- **دور الفيتامين:** يقي من الصداع– و يحافظ علي صحة العين – علاج فقر الدم
- **أعراض نقصة:** التهاب الفم ، الشفاة، الحلق، اللسان، و اللثة – و حسس الاعين للضوء
- **التركيب الكيميائي:**



فيتامين B3

- **المصادر الغذائية:** يوجد النياسين في الكبد– اللبن– البيض– الخميرة– المكسرات
- **دور الفيتامين:** تحسين مستويات الكولسترول – يساعد في ان يكون الجلدِ طبيعيً
- **أعراض نقصة:** يسبب مرض البلاجرا الذي يؤثر على الجلد والجهاز العصبي والجهاز الهضمي والأغشية المخاطية مثل العين والأنف
- **التركيب الكيميائي:**

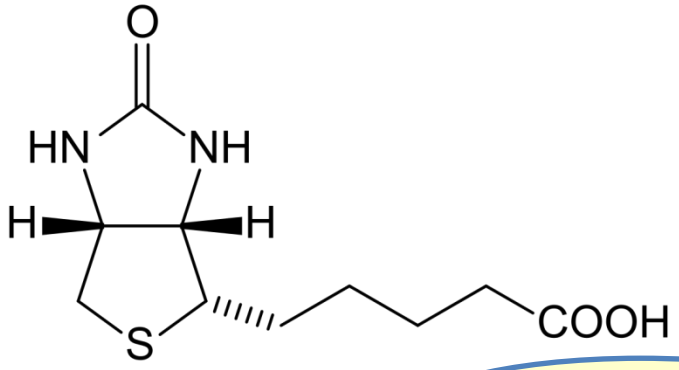


فيتامين B7

- **المصادر الغذائية:** يوجد البيوتين في الكبد – البيض– اللبن– الخميرة
- **دور الفيتامين:** يحفز تفاعلات الأيض أو التمثيل الغذائي بالجسم وتنظيم الكوليسترول، والحفاظ على سكر الدم عند مستوياته المنضبطة، وإنتاج الكيراتين.

أعراض نقصة: طفح جلدي – عدم السيطرة على الحركات الجسدية – الاختلال في وظائف الجهاز المناعي – الشعور بالوخز في القدمين واليدين – الميل إلى الخمول والشعور بالكآبة – زيادة نسبة الإصابة بالعدوى الفطرية والبكتيرية – إصابة البشرة بالجفاف – جفاف العيون – الأرق والصعوبة في النوم – فقدان الشهية – وجود آلام في العضلات – اضطرابات المعدة والجهاز

- **التركيب الكيميائي:**

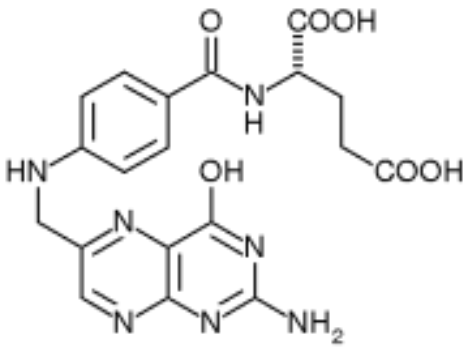


فيتامين B9

- **المصادر الغذائية:** يوجد الفوليك في البيض – الكبد – اللحوم – الخميرة
- **دور الفيتامين:** الحفاظ على صحة القلب – مكافحة السرطانات – المساعدة في مكافحة الزهايمر وتعزيز الوظائف الإدراكية – مكافحة الاكتئاب وتحسين الحالة النفسية.
- **أعراض نقصة:** تقلبات مزاجية حادة، بما في ذلك التحسس والتهيج – شحوب في لون البشرة – ظهور الشيب المبكر – خسارة الوزن – صعوبة التركيز – تسارع في نبض القلب – ضعف في جهاز المناعة – الإصابة المتكررة بالأمراض – تعب وإرهاق دائمين – ضعف في الهضم وخلل في وظائف الجهاز الهضمي –

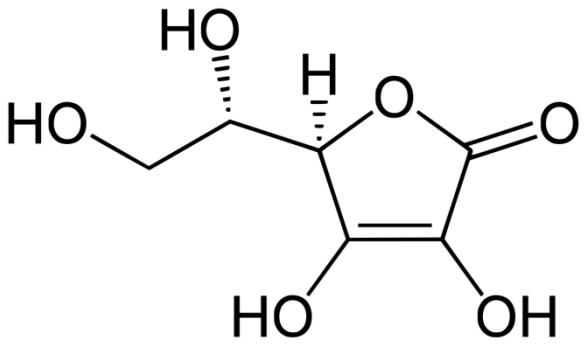
الإمساك، النفخة، متلازمة القولون العصبي – مشاكل في نمو وتطور الجنين أثناء الحمل – فقر الدم – الأنيميا – تورم في اللسان وليونة غير معتادة في أنسجة الفم.

- **التركيب الكيميائي:**



فيتامين C

- **المصادر الغذائية:** الليمون – البرتقال – اليوسفي – الجوافة
- **دور الفيتامين:** نمو وإصلاح التلف الذي قد يصيب بعض خلال الجسم
- **أعراض نقصة:** يسبب مرض الاسقربوط
- **التركيب الكيميائي:**



جـــامعة الفـــيوم
Fayoum University
كلية الزراعة
قسم الكيمياء الحيوية

أساسيات الكيمياء الزراعية

لطلاب المستوى الأول، برنامج إدارة الأعمال الزراعية

د. أحمد صلاح محمـود

دكتوراة في الكيمياء العضوية الحيوية

جامعة روسيا التكنولوجية لعلوم الكيمياء الدقيقة لومونوسوف

موسكو - روسيا

العام الجامعي ٢٠٢٢/٢٠٢١

المقدمة

يستخدم الانسان في حياته اليومية كمية كبيرة من المواد الكيميائية ولذلك يعتبر التحليل الكيميائي Chemical analysis من أكثر الفروع التطبيقية أهمية في الكيمياء لأنه يساعدنا على تحديد هوية العناصر والمركبات الموجودة وكذلك كمياتها. ويطبق التحليل الكيميائي في مجالات كثيرة ومنها علي سبيل المثال في الزراعة، وصناعة الادوية، وتلوث البيئة، وصناعة الحديد والصلب والزجاج والاسمنت، والصناعات التعدينية والمناجم، وصناعة البترول وتكريره والبتروكيماويات، وعلوم الارض، والطب الشرعي. فلو نظرنا إلي المناطق الصناعية الأهلة بالسكان سنجد أن الغازات السامه تتصاعد من هذه المصانع إضافة إلي تسرب أملاح المعادن مثل Na, K, Mg, Co, Ni, Cr, Ba إلي مصادر المياه التي تُستعمل في الشرب. وقد أدي هذا إلي زيادة مستمرة في نسبة الشوائب في الماء والهواء مما يُعرض الإنسان والحيوان والنبات إلي أضرار جسيمة نتيجة تعرضه لهذه المواد سواء عن طريق الإستنشاق أو عن طريق الشرب، وهذا جعل من الضروري عمل دراسات منتظمة لتتبع مدي تلوث الماء والهواء بهذه العناصر السامة حتي يمكن عمل تحكم Control لهذه الظاهرة التي أصبحت من سمات العصر الحديث. وهذه الدراسات تكون بالتعرف علي العناصر المكونة لأي مصدر حيوي يُراد تتبع التلوث فيه وهذا ما يعرف بالتحليل الوصفيQualitative analysis ثم يأتي بعد ذلك دور تقدير نسب هذه العناصر في هذا المصدر وهو ما يعرف بالتحليل الكمي Quantitative analysis وهذان الشقان هما جناحا الكيمياء التحليلية Analytical chemistry.

وفي العادة عند دراسة مركب مجهول نبدأ بالتحليل الوصفي Qualitative analysis لمعرفة العناصر في العينة ثم نقوم بتحديد كمية كل عنصر ونسبته المئوية في المركب المدروس إعتماداً على طرق التحليل وعلى قوانين التحليل. وتزداد صعوبة التحليل مع إزدياد عدد العناصر الموجودة في العينة نظرا لوجود تفاعلات متشابهة أو متقاربة تتداخل مع بعضها البعض أثناء عملية التحليل ولهذا يجب إختيار التفاعل المناسب، كما يجب فصل أو إبعاد العناصر التي تتداخل تفاعلاتها قبل البدء بعملية التحليل، ويهدف دراسة هذا الفرع إلي:

١- التعرف على المواد الكيميائية العضوية وغير العضوية.

٢- تحديد بنية المادة الكيميائية وصيغتها الكيميائية.

٣- تحديد جودة وصلاحية المواد المختلفة المستخدمة في صناعة الغذاء، الدواء، المواد الزراعية....الخ

ويحتوي الجزء العملي الأول من مقرر أسس الكيمياء الزراعية علي التجارب التي تختص بالتعرف علي مادة مجهولة Qualitative analysis والجزء الثاني يختص بتمييز المجموعات الفعالة في المركبات العضوية أما الجزء الثالث يختص بتمييز المركبات الحيوية المختلفة بإستخدام الجواهر الكشافة المناسبة وتقدير السكريات كمياً بإستخدام الطرق المختلفة.

ولقد رُعي في هذا الجزء العملي أن يقدم للطالب شرحاً وافيا للأسس النظرية للتجارب المختلفة التي يقوم بها حتي يتمكن الطالب من إدراك أهمية هذه التجارب وعلاقتها بالدراسة النظرية.

وقد وضعت هذه التجارب ليتم تنفيذها عملياً ضمن إطار عام بهدف تأكيد التفاعل اللازم بين الطالب والمعمل من جهة، وبين الطالب ومعلمه من جهة أخرى والإقتصاد في إستخدام الموارد المتاحة بما يحقق أعلى استفادة.

والله ولي التوفيق،،،،،،،،،،،،،،،،،،،،،،

د. أحمد صلاح محمود

الجدول الزمني للدروس العملية في مقرر أساسيات الكيمياء الزراعية

الأسبوع	الدرس العملي
الأول	إرشادات و إحتياطات الآمان والسلامة – التعرف علي محتويات المعمل والأدوات التي سوف تستخدم خلال الفصل الدراسي
الثاني	▪ الكشف عن الشقوق الحامضيه التي تتأثر بحامض الهيدروكلوريك المخفف .HCl dil ▪ الكشف عن الشقوق الحامضيه التي تتأثر بحامض الكبريتيك المركز .H_2SO_4 conc ▪ الكشف عن الشقوق الحامضيه التي لا تتأثر بالأحامض سالفه الذكر ▪ مجهول عام عن الشقوق الحامضيه
الثالث	الكشف عن الشقوق القاعديه التابعه للمجموعه الاولي، الثانيه، الثالثه
الرابع	الكشف عن الشقوق القاعديه التابعه للمجموعه الرابعه، الخامسه، السادسه
الخامس	مجهول عام للكاتيونات والانيونات + إمتحان دوري (١)
السادس	الكشف عن المركبات العضويه السائله
السابع	الكشف عن المركبات العضويه الصلبه
الثامن	مجهول عام عن المركبات العضويه السائله والصلبه
التاسع	التحليل الوصفي للكربوهيدرات (١)
العاشر	التحليل الوصفي للكربوهيدرات (٢) + إمتحان دوري (٢)
الحادي عشر	الكشف عن مركب حيوي مجهول
الثاني عشر	التقدير الكمي للكربوهيدرات
الثالث عشر	التحليل الوصفي للبروتينات
الرابع عشر	مجهول عام
الخامس عشر	الإمتحـــــــــــان العملي النهائي

الفهرس

إحتياطات الآمان والسلامة بالمعمل ١

التحليل الكيميائي ٦

التحليل الوصفي ٦

أولاً: التحليل الوصفي للمركبات غير العضوية ٦

١- الكشف عن الشقوق الحامضية (الأنيونات) ٦

أ- مجموعة حامض الهيدروكلوريك المخفف ٨

١- الكربونات ٨

٢- البيكربونات ٩

٣- الكبريتيد ١٠

ب- مجموعة حامض الكبريتيك المركز ١١

١- الكلوريدات ١١

٢- البروميدات ١٢

٣- اليوديدات ١٣

ج- المجموعة العامة ١٤

١- الكبريتات ١٤

٢- الفوسفات ١٥

خطوات التعرف علي الشقوق الحامضية ١٧

٢- الكشف عن الشقوق القاعدية (الكاتيونات) ١٩

أ- كاتيونات المجموعة الاولي ٢٠

١- الفضة ٢١
٢- الرصاص ٢٢
ب- كاتيونات المجموعة الثانية ٢٣
١- النحاس ٢٤
٢- الكادميوم ٢٥
ج- كاتيونات المجموعة الثالثة ٢٥
١- الألومنيوم ٢٦
٢- الحديديك ٢٧
د- كاتيونات المجموعة الرابعة ٢٩
١- المنجنيز ٣٠
٢- النيكل ٣١
٣- الكوبلت ٣٢
هـ - كاتيونات المجموعة الخامسة ٣٣
١- الكالسيوم ٣٣
و - كاتيونات المجموعة السادسة ٣٤
١- الامونيوم ٣٤
٢- المغنسيوم ٣٥
٣- البوتاسيوم ٣٥
٤- الصوديوم ٣٦
خطوات التعرف علي الشقوق القاعدية ٣٨
ثانيا: الإختبارت المميزة للمجموعات الفعالة في المركبات العضوية ٤٠
١- الكحولات ٤١
أ- ميثانول ٤١

ب- إيثانول ٤٢
ج- جليسرول ٤٣
٢- الالدهيدات ٤٣
أ- الفورمالدهيد ٤٣
ب- الأسيتالدهيد ٤٤
٣- الكيتونات ٤٥
أ- الأسيتون ٤٥
٤- الأحماض العضوية ٤٦
١.٤. الأحماض الأليفاتية أحادية القاعدة ٤٦
١.١.٤.حامض الفورميك ٤٦
٢.١.٤.حامض الخليك ٤٧
خطوات التعرف علي المواد العضوية السائلة ٤٨
٢.٤. الأحماض الأليفاتية ثنائية القاعدة ٥٠
١.٢.٤.حامض الاكساليك ٥٠
٢.٢.٤.حامض الطرطريك ٥١
خطوات التعرف علي المواد العضوية الصلبة ٥٤
ثالثا: التحليل الوصفي للكربوهيدرات ٥٦
١ - **الإختبارات المبنية على إنتاج الفورفورال ومشتقاته** ٥٦
١.١. إختبار موليش ٥٧
٢.١. إختبار سليفانوف ٥٨
٢ - **الإختبارات المبنية على الخاصية الاختزالية للسكريات** ٥٨
١.٢. إختبار فهلنج ٥٩

٢.٢. إختبار بندكت ٥٩

٣.٢ . إختبار بارفويد ٦١

٣ – **السكريات العديدة** ٦١

١.٣. إختبار اليود ٦١

خطوات التعرف علي نوعية مادة كربوهيدراتية مجهولة ٦٣

التقدير الكمي للسكريات ٦٥

١- تقدير السكريات المختزلة بطريقة شفر وهارتمان ٦٥

التحليل الوصفي للبروتينات ٦٨

الإختبارات اللونية للبروتينات ٦٨

١- إختبار البيوريت ٦٨

٢- إختبار النهيدرين ٦٨

٣- إختبار زانثوبروتيك ٦٩

٤- إختبار النتروبروسيد ٦٩

٥- إختبار كبريتيد الرصاص ٧٠

مجهول عام ٧٢

إحتياطات الأمان والسلامة بالمعمل

المعمل هو المكان الذي يجري فيه العديد من التجارب والعروض المعملية وتوجد به العديد من المواد الكيميائية السائلة والصلبة ومن أجل إجراء التجارب المعملية وتحقيق أقصي إستفادة ممكنه منها دون وقوع حوادث تعرض سلامتك وسلامة زملائك والمعمل للخطر، فمن الضروري أن تراعي الإرشادات والتوجيهات العامة الآتية:

أولا: إرشادات عامة:

١- ضرورة الحضور إلي المعمل مرتديا معدات الوقاية الشخصية (بالطو المعمل الابيض، القفازات) مع مراعاة قفله بالأزرار لوقاية الملابس التي توجد تحته، كما يلاحظ تضييق فتحة الكم بالزرار الخاص بذلك أو بأستك حتي لا يتسبب إتساعه في اسقاط بعض الادوات عندما يعلق بها وكذلك تجنب التأخير والحضور في الموعد المحدد للحصة العملية مع مراعاة ألا يتم خلع البالطو إلا بعد الإنتهاء من الدرس العملي ومغادرة باب المعمل.

٢- إبقاء اليدين بعيدًا عن الوجه، الفم والعين أثناء إستخدام المواد الكيميائية.

٣- التأكد من أسماء المواد الكيميائية المكتوبة على كل زجاجة قبل إستعمالها وذلك في كل مرة تستخدم فيها زجاجة المادة الكيميائية، فقد يسبب الخطأ في إستعمالها إلى وقوع حوادث خطرة، لأن بعضها سام أو كاوٍ أو قابل للاشتعال.

٤- عدم إستخدام مقادير كبيرة من الكيماويات، فالكميات الصغيرة يمكن التحكم في تفاعلاتها بسهولة أكثر.

٥- التحرك بهدوء في المعمل وتجنب السرعة أو الجري أثناء حمل المواد الكيميائية تجنباً للإصطدام أو السقوط.

٦- الإبتعاد بالسوائل القابلة للإشتعال عن اللهب.

٧- تأدية التجربة العملية بحرص وتركيز وهدوء تام لتلافي وقوع أي أخطاء.

٨- غسل الأيدي بعد الإنتهاء من أداء التجربة.

٩- تجنب شم أو لمس أو تذوق المواد الكيميائية لم ينص علي هذا صراحة في طريقة إجراء التجربة، أو بتوجيه خاص من المتواجدين بالمعمل.

١٠-تجنب فتح الزجاجات المستعصية بالقوة لأن ذلك يعرضها للكسر وإنسكاب ما بها من كيماويات ولكن يجب فتحها بحذر.

١١-غلق زجاجات المحاليل جيدًا بعد الإنتهاء من إستعمالها وإعادتها إلي المكان المخصص لها وعدم تركها علي منضدة العمل.

١٢-تأكد من سلامة ونظافة الأدوات المستخدمة في التجارب العملية لأن وجود شوائب بها سيؤدي حتماً إلي نتيجة خاطئة وإستنتاج خاطئ.

١٣-الحذر عند إستعمال الأحماض المعدنية المركزة مثل حمض الكبريتيك H_2SO_4 وحمض النيتريك HNO_3 وحمض الهيدروكلوريك HCl، ومراعاة عدم إضافة الماء إلي حامض الكبريتيك المركز ولكن يجب إضافة الحامض بإحتراس وتدريجيًا علي الماء وبكميات قليلة مع التبريد بإستمرار لإمتصاص حرارة التفاعل.

١٤-لا تتخلص من بقايا التفاعلات الكيميائية الخطرة في أحواض الغسيل وإنما يتم وضعها في عبوات خاصة تمهيداً للتخلص منها بطريقة آمنة.

١٥-إستعمال الماصة أو القطارة لأخذ الكمية المناسبة من أي مادة سائلة وتجنب عدم إستنشاقها أو ملامستها للجلد أو وصول أي شيء منها إلي العين.

١٦-عدم العبث بالكيماويات، والمحاليل، وخلطها مع بعضها لمجرد العبث أو إشباع حب إستطلاع لا يقوم علي أساس علمي حفاظاً علي الكيماويات والمحاليل، ولتجنب ما قد ينشأ عن خلطها من أضرار.

١٧-غسل الجلد بكميات كبيرة من الماء البارد حال إنسكاب أي مادة كيميائية عليه.

١٨-غسل الحرق الناتج عن الحرارة بالماء الجاري لمدة ١٥ دقيقة ووضع أي من مراهم الحروق ثم لفه بقطعة قماش.

١٩-غسل الجرح في حال حدوثه بالماء البارد، وإزالة أية مواد غريبة به ثم تطهيره بإحدى المواد المطهرة.

٢٠-إعطاء محلول هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ المخفف بأسرع ما يمكن للشخص الذي يبتلع حمضاً مع ضرورة شرب كمية كافية من الماء لتخفيف تركيز الحامض.

٢١-غسل الملابس بالماء البارد عند إنسكاب الاحماض عليها، ثم معادلتها بمحلول مخفف من هيدروكسيد الكالسيوم، أما إذا سُكبت عليها مادة قلوية فُتغسل بالماء ثم بحامض الخليك وتعادل بعد ذلك بمحلول مخفف من هيدروكسيد الكالسيوم.

٢٢-مراعاة عدم الإمساك بالأجهزة أو الأسلاك الكهربائية إذا كانت الأيدي مبللة وإيقاف الجهاز الكهربائي عند إبتلاله، وعدم تشغيله إلا عند التأكد من جفافه تماماً.

٢٣-إبلاغ المسئول عن المعمل عن أي مشكلة تواجهك أثناء القيام بالتجربة.

ثانيا: إرشادات للمحافظة على نظافة المعمل:

من أجل المحافظة على نظافة المعمل، يجب مراعاة الأمور الآتية:

١- عدم نقل المواد الكيميائية بعيداً عن أماكنها الأصلية.

٢- عدم إلقاء المواد الصلبة والورق وأعواد الثقاب في حوض الغسيل بل إلقائها في سلة المهملات.

٣- التأكد من نظافة سائر الأدوات المعملية قبل استخدامها وبعده.

٤- عدم ترك أغطية عبوات المواد الكيميائية على منضدة المعمل، بل إعادتها إلى مكانها بعد الانتهاء من أخذ المادة الكيميائية. وعدم وضع غطاء مكان غطاء آخر للمحافظة على نقاء المواد الكيميائية.

٥- تنظيف منضدة المعمل أولا بأول أثناء إجراء التجربة، وقبل مغادرة المعمل.

ثالثا : إحتياطات أمان عند التعامل مع زجاجات الكيماويات وحفظ المحاليل والسوائل:

١- التأكد من سلامتها وعدم وجود شروخ أو كسور بها قبل إستخدامها.

٢- عدم تناولها من العنق فقط، فهذا الجزء من أضعف أجزائها وقد يحدث أن يتسبب ثقل محتويات الزجاجة أو إلتصاق قاعدتها في إنفصال الزجاجة عند منطقة العنق وربما إنسكاب ما بها من كيماويات، ولهذا يجب مسك الزجاجة عند العنق بيد ووضع راحة اليد الأخرى أسفل الزجاجة.

٣- عدم تركها بدون غطاء، فهذا يعرض محتوياتها للإنسكاب.

٤- عدم تركها علي منضدة العمل بعد الانتهاء من إستخدامها فهذا يعرضها للوقوع والكسر، ولهذا تعاد الي الاماكن المخصصة لها فور الإنتهاء من إستخدامها.

رابعا: إحتياطات أمان خاصة بالتجارب التي تحتاج الي تسخين:

١- التأكد من عدم وجود شروخ في الاواني أو الادوات الزجاجية التي تستخدم في التسخين فهذه تكون عرضة للكسر عندما تُسخن فينسكب ما بها من سائل.

٢- التأكد من جفاف السطح الخارجي للأدوات الزجاجية فوجود قطرات من الماء أو بلل عليها من الخارج يعرضها للتمدد غير المتساوي فتتكسر.

٣- التأكد من عدم وجود مواد سريعة الاشتعال علي مقربة من المواقد المشتعلة، فقد تشتعل نتيجة ما يصلها من حرارة الموقد وتسبب أخطاراً وحرائق.

٤- يجب عدم إمساك أنبوبة الاختبار أثناء تسخين محتوياتها باليد وإنما تمسك من أعلاها بماسك الانابيب وأن يوضع بها كمية من السائل لا تزيد عن حوالي نصف حجمها وعند رج محتوياتها لا تكن الانبوبة في إتجاه عمودي وإنما في وضع مائل وتحرك حركة ترددية مع مراعاة أن يكون تسخين أنبوبة الإختبار المحتوية علي السائل من أعلي السائل الي أسفله وإلا تسبب البخار الذي يتولد تحت عمود السائل في إنفجار الجزء السفلي من الأنبوبة، أو في تناثر السائل من الأنبوبة عندما تنفجر فقاعة البخار مع توخي الحذر من توجيه أنبوبة الإختبار أثناء التسخين علي اللهب المباشر ناحية وجهك أو وجه زملائك.

٥- مراعاة عدم وضع الزجاجات الساخنة فوق أسطح المناضد مباشرة فقد تلتصق بطلائها أو يتصادف وضعها فوق قطرات ماء بارد فتتعرض للكسر، ولهذا يجب أن توضع فوق قواعد خاصة تتحمل الحرارة، مثل قوالب الاسبستوس أو الفخار أو الخزف.

٦- عدم إستخدام القفاز الطبي في رفع الأواني الساخنة من فوق المواقد لأن هذا القفاز يتأثر بالحرارة وتلتصق مادته بالجلد ويسبب حروقاً مؤلمة.

خامساً: السلوك داخل المختبر:

١- يجب أن يكون العمل جاداً، لا يشوبه أي تراخ أو إهمال أو تهريج داخل المعمل كما يمنع منعاً باتاً الجري أو المزاح.

٢- عدم إستخدام الكؤوس والدوارق في المعمل لأغراض الشرب فقد تكون ملوثة بكيماويات ضارة.

٣- عدم إستخدام صنابير المياه الموجودة بالمعمل في الشرب منها مع ملامسة الفم لفوهتها فقد تكون ملوثة حفاظا علي الصحة العامة.

٤- عدم الإنشغال بأي أمور أخري أثناء إجراء التجربة العملية.

٥- يجب إبلاغ المسئول عن المعمل بأي حادث ينشأ عن إستخدام أي أجهزة أو مواد أو أدوات داخل المعمل، مهما كانت ضآلة الحادث.

٦- يجب إبلاغ المسئول عن المعمل بأي أمور تبدو غير طبيعية بالمعمل مثل سلك كهربائي مكشوف، أو زجاج مكسور، أو تسرب للغاز، أو كسر أو تلف الأجهزة والادوات، أو إنسكاب للمواد الكيميائية.

٧- تجنب دعك العين بالأصابع أثناء العمل خوفا من إصابتها بأي إلتهابات.

سادسا: توجيهات لترشيد الاستهلاك:

تعد المواد الكيميائية والأدوات والأجهزة المعملية مكلفة، لذا يجب مراعاة الأمور الآتية من أجل تقليل الهدر في إستعمال هذه المواد والحد من تعرض تلك الأدوات والأجهزة للتلف.

١- إستعمال المواد الكيميائية بالقدر المنصوص عليه بالتجربة أو الإختبار وعدم الإسراف في إستعمالها.

٢- الإعتناء بالأجهزة والأدوات المعملية لتلافي كسرها.

٣- عدم إستعمال مواقد اللهب إلا عند الحاجة مع مراعاة غلقها في حالة عدم الإستخدام.

٤- عدم فتح صنبور الماء إلا عند الحاجة مع مراعاة غلقه في حالة عدم الإستخدام.

٥- إيقاف الأجهزة الكهربائية بعد الإنتهاء من إستخدامها.

التحليل الكيميائي Chemical analysis

يمكن تقسيم التحليل الكيميائي إلي نوعين رئيسيين وهما التحليل الوصفي Qualitative analysis والتحليل الكمي Quantitative Analysis.

التحليل الوصفي Qualitative analysis:

والغرض من التحليل الوصفي Qualitative analysis هو الكشف عن أي مادة (سواء كانت عناصر كيميائية أو أملاح بسيطة أو خليط من عدة مواد في العينة قيد الدراسة) وينقسم هذا النوع من التحليل إلي فرعين رئيسيين:

أ- **التحليل الوصفي للمركبات غير العضوية:** في هذا النوع يتم الكشف عن وجود أو عدم وجود كاتيونات أو آنيونات لأملاح بسيطة أو خليط من الأملاح، ويعتمد هذا النوع من التحليلات علي التفاعل الكيميائي وكذلك علي إختبارات اللهب.

ب- **التحليل الوصفي للمركبات العضوية:** في هذا النوع يتم الكشف عن الكربون والهاليدات والكبريت والنتروجين.....الخ ويهدف هذا النوع من التحليلات إلي التعرف علي المركبات العضوية الموجودة في العينة المدروسة.

وسوف تنصب دراستنا في الجزء الأول علي:

أولا: التحليل الوصفي للمركبات غير العضوية، ويمكن إجراء التحليل الوصفي عن طريق:

١- الكشف عن الشقوق الحامضية (الأنيونات).

٢- الكشف عن الشقوق القاعدية (الكاتيونات).

١- الكشف عن الشقوق الحامضية (الأنيونات):

تنقسم الشقوق الحامضية في الأملاح البسيطة إلي ثلاثة مجموعات تبعاً لحساسيتها إلي الأحماض المعدنية المخففة والمركزة. والشقوق الحامضية التابعة لهذه المجموعة هي:

أ- مجموعة حامض الهيدروكلوريك المخفف:

وهى التي تتأثر عند معاملة المادة تحت الإختبار بحامض الهيدروكلوريك المخفف علي البارد ثم التسخين، ومن طبيعة الغازات المتصاعدة نتيجة لهذا التفاعل يمكن تبين الشقوق الآتية:

الكربونات– البيكربونات– الكبريتيد – الكبريتيت – الثيوكبريتات – النيتريت – الهيبوكلوريت.

ب- مجموعة حامض الكبريتيك المركز:

وهى تشتمل على الشقوق التي لا تتأثر بحامض الهيدروكلوريك، ولكن عند تسخين المادة في حالتها الصلبه مع حامض الكبريتيك المركز تتصاعد أبخرة أو غازات حيث يمكن من طبيعة الغازات أو الأبخرة المتصاعدة التعرف على الشقوق التالية:

الكلوريدات – البروميدات – اليوديدات – النترات

ج- المجموعة العامة:

وهى تشتمل على الشقوق التي لا تتفاعل مع الأحماض سالفة الذكر، ولا تتأثر أملاحها بكاشف محدد مشترك بينها، ولكن يمكن الكشف عنها بتفاعلات الترسيب، ومن أمثلتها:

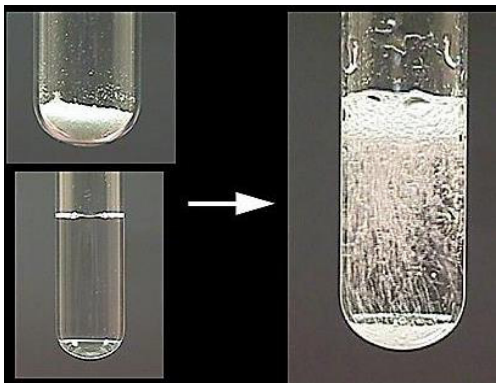
الكبريتات– البورات – الفوسفات

أ- مجموعة حامض الهيدروكلوريك المخفف:

١ - الكربونات CO_3^{2-}

الخواص الفيزيائية:

جميع الكربونات لا تذوب في الماء ما عدا كربونات الصوديوم والبوتاسيوم والأمونيوم.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مليلتر (مل) من محلول ملح كربونات الصوديوم (أو كمية قليلة من الملح الصلب) في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ٣-٤ نقط من حامض الهيدروكلوريك المخفف. ٣- رج محتويات الأنبوبة بحرص.	حدوث فوران وتصاعد غاز يعكر ماء الجير 	الغاز هو ثاني أكسيد الكربون CO_2 والشق يُحتمل أن يكون كربونات CO_3^{2-}

$$Na_2CO_3 + 2HCl \longrightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2\uparrow$$

Sodium carbonate — Hydrochloric acid — Sodium chloride — Carbon dioxide

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$$

Calcium hydroxide — Calcium carbonate

تجربة تأكيدية للكربونات:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول ملح كربونات الصوديوم (أو كمية قليلة من الملح الصلب) في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من محلول كبريتات المغنسيوم.	تكون راسب أبيض على البارد	الراسب الأبيض هو كربونات الماغنسيوم والشق كربونات CO_3^{2-}

$$Na_2CO_3 + MgSO_4 \longrightarrow MgCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$

Sodium carbonate — Magnesium sulphate — Magnesium carbonate (White precipitate)

٢ - البيكربونات HCO_3^-

الخواص الفيزيائية:

جميع البيكربونات تذوب في الماء.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول ملح بيكربونات الصوديوم (أو كمية قليلة من الملح الصلب) في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ٣-٤ نقط من حامض الهيدروكلوريك المخفف. ٣- رج محتويات الأنبوبة بحرص.	حدوث فوران وتصاعد غاز يعكر ماء الجير 	الغاز هو ثاني أكسيد الكربون CO_2 والشق يُحتمل أن يكون بيكربونات HCO_3^-

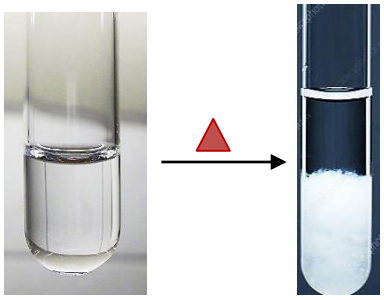
$$NaHCO_3 + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O + CO_2\uparrow$$

Sodium bicarbonate — Hydrochloric acid — Sodium chloride — Carbon dioxide

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$$

Calcium hydroxide — Calcium carbonate

تجربة تأكيدية للبيكربونات:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول ملح بيكربونات الصوديوم (أو كمية قليلة من الملح الصلب) في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من محلول كبريتات المغنسيوم.	عدم تكون راسب أبيض على البارد نظرا لتكون بيكربونات المغنسيوم القابلة للذوبان ولكن بعد التسخين يتكون راسب أبيض من كربونات المغنسيوم. 	الشق بيكربونات HCO_3^- ويستفاد من هذا التفاعل في التمييز بين الكربونات والبيكربونات.

$$2NaHCO_3 + MgSO_4 \longrightarrow Mg(HCO_3)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

Sodium bicarbonate — Magnesium sulphate — Magnesium bicarbonate

$$Mg(HCO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} MgCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

Magnesium bicarbonate — Magnesium carbonate (White precipitate)

٣- الكبريتيد $S^{=}$:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كبريتيد الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ٣-٤ نقط من حامض الهيدروكلوريك المخفف. ٣- رج محتويات الأنبوبة بحرص.	حدوث فوران وتصاعد غاز له رائحة البيض الفاسد ويحول ورقة مبللة بخلات الرصاص الي اللون الأسود. 	الغاز هو كبريتيد الهيدروجين H_2S والشق يحتمل أن يكون كبريتيد $S^{=}$.

$$Na_2S + 2HCl \longrightarrow 2NaCl + H_2S\uparrow$$

Hydrogen sulphide

$$H_2S + (CH_3COO)_2Pb \longrightarrow PbS\downarrow + 2CH_3COOH$$

Lead acetate — Black ppt.

تجربة تأكيدية للكبريتيد:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كبريتيد الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ٣ نقط من نترات الفضة.	تكون راسب أسود يذوب في حمض النيتريك المخفف 	الراسب الأسود هو كبريتيد الفضة والشق هو كبريتيد $S^{=}$.

$$Na_2S + 2AgNO_3 \longrightarrow Ag_2S\downarrow + 2NaNO_3$$

Black precipitate)

ب- مجموعة حامض الكبريتيك المركز:

١- الكلوريدات Cl^-:

الخواص الفيزيائية:

تذوب أغلب الكلوريدات في الماء ولا تذوب كل من كلوريد الفضة والزئبقوز في حين أن كلوريد الرصاص يذوب في الماء الساخن فقط.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من حامض الكبريتيك المركز بحيث يسيل علي الجدران الداخلي لأنبوبة الإختبار.	تصاعد غاز والذي يكون سحب بيضاء عند تعريضه لساق زجاجية مبللة بمحلول من هيدروكسيد الأمونيوم. 	الغاز هو كلور الهيدروجين HCl والشق الحامضي هو الكلوريد Cl^-

$$NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4 + HCl\uparrow$$

تجربة تأكيدية للكلوريد:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ٣-٤ نقط من نترات الفضة.	تكون راسب أبيض لا يذوب في حامض النتريك المخفف- ويذوب في النشادر. 	الراسب الأبيض هو كلوريد الفضة AgCl والشق الحامضي هو كلوريد Cl^-

$$NaCl + AgNO_3 \longrightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$$

(White precipitate)

٢- البروميدات Br^-:

تذوب أغلب البروميدات في الماء ولا يذوب كل من بروميد الفضة والزئبقوز والنحاسوز، في حين أن بروميد الرصاص يذوب في الماء الساخن فقط.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول بروميد الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من حامض الكبريتيك المركز بحيث يسيل علي الجدران الداخلي لأنبوبة الإختبار.	حدوث فوران مع تصاعد غاز برتقالي 	الغاز البرتقالي هو غاز البرومين والشق الحامضي هو البروميد Br^-

$$NaBr + H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4 + HBr\uparrow$$

$$2HBr + H_2SO_4 \longrightarrow Br_2\uparrow + SO_2 + 2H_2O$$

تجربة تأكيدية للبروميد:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول بروميد الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ٣-٤ نقط من محلول نترات الفضة.	راسب أبيض مصفر (خافت) لا يذوب في حامض النتريك المخفف ويذوب بقلة في النشادر. 	الراسب الأبيض المصفر الخافت هو بروميد الفضة AgBr والشق الحامضي هو البروميد Br^-

$$NaBr + AgNO_3 \longrightarrow AgBr\downarrow + NaNO_3$$

(Faint yellow precipitate)

٣- اليوديدات I^-:

تذوب أغلب اليوديدات في الماء ولا يذوب كل من يوديد الفضة والزئبقوز والنحاسوز، في حين أن يوديد الرصاص يذوب في الماء الساخن فقط.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول يوديد الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من حامض الكبريتيك المركز بحيث يسيل علي الجدران الداخلي لأنبوبة الإختبار.	فوران مع تصاعد أبخرة بنفسجية تحول ورقة مبللة بمحلول النشا إلي اللون الأزرق 	الأبخرة البنفسجية هي غاز HI والشق الحامضي هو اليوديد I^-

$$NaI + H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4 + HI\uparrow$$

$$2HI + H_2SO_4 \longrightarrow I_2\uparrow + SO_2 + 2H_2O$$

تجربة تأكيدية لليوديد:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من ؤ في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ٣-٤ نقط من محلول نترات الفضة.	تكون راسب أصفر لايذوب في حامض النتريك المخفف أو النشادر 	الراسب الأصفر هو يوديد الفضة AgI والشق الحامضي هو اليوديد.

$$2NaI + AgNO_3 \longrightarrow AgI\downarrow + NaNO_3$$

(Yellow precipitate)

ج- المجموعة العامة:

هذه المجموعة لا تتأثر بالأحامض سالفه الذكر وتحتوي علي الشقوق الحامضية الاكثر ثباتا مثل الكبريتات SO_4 والفوسفات PO_4

..... الخ، ولا يوجد لهذه المجموعة كاشف معين ويتم التعرف علي كل شق منها بإجراء تجارب خاصة علي محلوله المائي.

١- الكبريتات SO_4^{2-} :

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كبريتات الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كلوريد الباريوم.	تكون راسب أبيض لا يذوب في كل من حامض الهيدروكلوريك وحامض النتريك 	الراسب الأبيض هو كبريتات الباريوم $BaSO_4$ والشق الحامضي هو الكبريتات
$Na_2SO_4 + BaCl_2 \longrightarrow BaSO_4\downarrow + 2NaCl$ (White precipitate)		
١- أضف ٢ مل من محلول كبريتات الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من خلات الرصاص.	تكون راسب أبيض يذوب في خلات الأمونيوم 	الراسب الأبيض هو كبريتات الرصاص $PbSO_4$ والشق الحامضي هو الكبريتات
$Na_2SO_4 + (CH_3COO)_2Pb \longrightarrow PbSO_4\downarrow + 2CH_3COONa$ (White precipitate)		
١- أضف ٢ مل من محلول كبريتات الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كلوريد الكالسيوم.	تكون راسب أبيض يذوب في حامض الخليك 	الراسب الأبيض هو كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ والشق الحامضي هو الكبريتات
$Na_2SO_4 + CaCl_2 \longrightarrow CaSO_4\downarrow + 2NaCl$ (White precipitate)		

٢- الفوسفات PO_4^{3-} :

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ١ مل من محلول فوسفات ثنائي الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ٢ مل من كلوريد الكالسيوم.	تكون راسب أبيض يذوب في الأحماض مثل حامض الهيدروكلوريك وحامض النتريك وحامض الخليك. 	الراسب الأبيض هو فوسفات الكالسيوم أحادي الهيدروجين والشق الحامضي هو الفوسفات.
$Na_2HPO_4 + CaCl_2 \longrightarrow CaHPO_4\downarrow + 2NaCl$ (White precipitate)		
١- أضف ١ مل من محلول فوسفات ثنائي الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ٣-٤ نقط من محلول نترات الفضة.	تكون راسب أصفر يذوب في الأحماض هيدروكسيد الأمونيوم 	الراسب الأصفر هو فوسفات الفضة والشق الحامضي هو الفوسفات.
$Na_2HPO_4 + 3AgNO_3 \longrightarrow Ag_3PO_4\downarrow + 2NaNO_3 + HNO_3$ (Yellow precipitate)		
١- أضف ١ مل من محلول فوسفات ثنائي الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ½ مل من حامض النتريك بإحتراس علي جدار الأنبوبة الداخلي. ثم أضف ٢ مل من محلول موليبيدات الأمونيوم.	تكون راسب أصفر يذوب في القلويات والأمونيا 	الراسب الأصفر هو فوسفوموليبيدات الأمونيوم والشق الحامضي هو الفوسفات.
$Na_2HPO_4 + 12(NH_4)_2MoO_4 + 23HNO_3 \longrightarrow (NH_4)_3(PMo_{12}O_{40}) + 21NH_4NO_3 + 2NaNO_3 + 12H_2O$ Amm.molybdate — Amm. phosphomolybdate (Yellow precipitate)		

التمرين العملي الاول

التاريخ: / / ٢٠

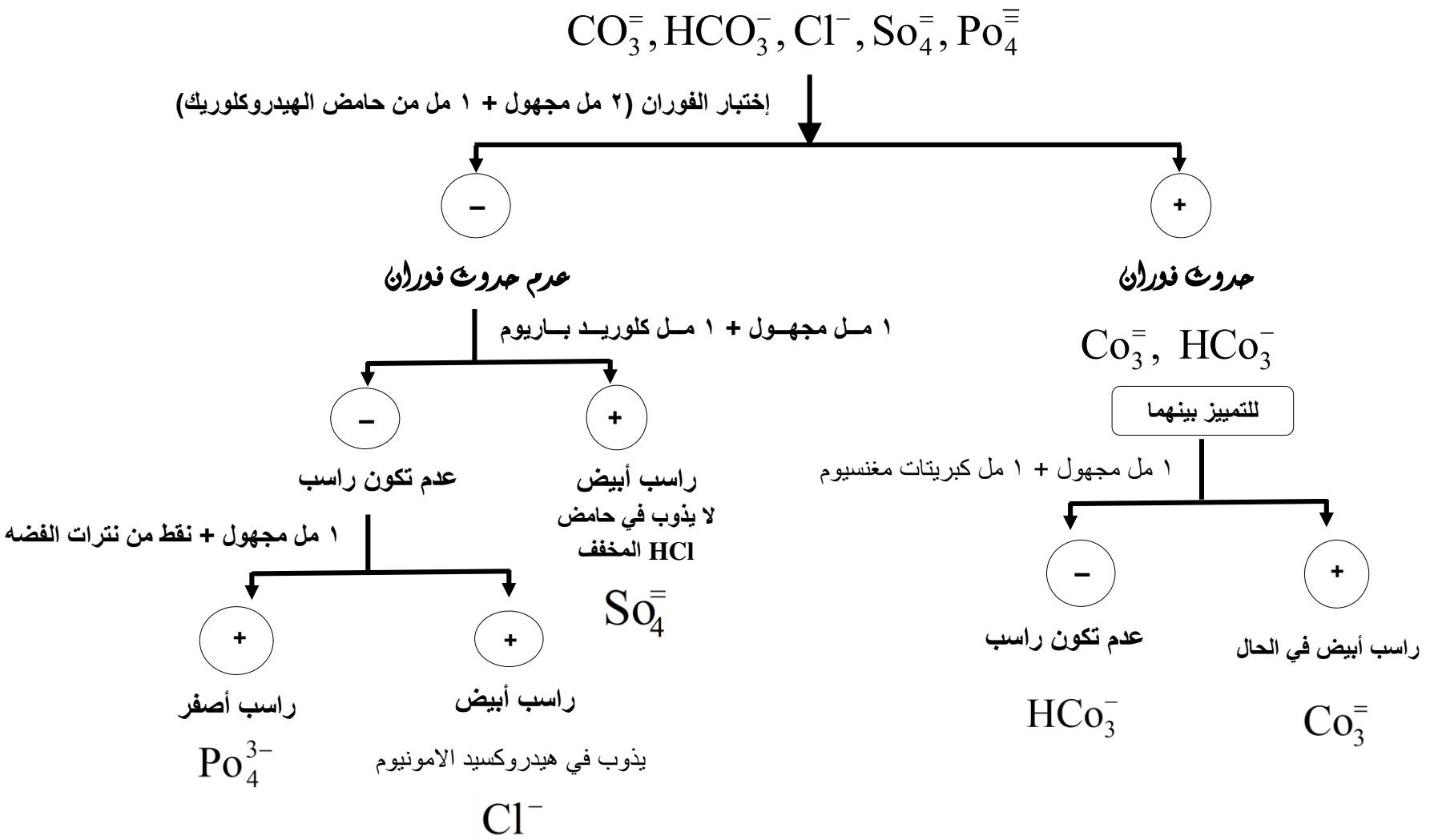
أمامك محاليل المواد الآتية:

كربونات صوديوم – بيكربونات صوديوم – كبريتيد امونيوم – كلوريد صوديوم – يوديد بوتاسيوم – كبريتات صوديوم – فوسفات صوديوم

المطلوب إجراء التفاعلات الآتية عليها:

[dil. HCl - كبريتات المغنسيوم $MgSO_4$ – نترات الفضة – خلات الرصاص – كلوريد الباريوم – موليبيدات الامونيوم]

المادة / التفاعل مع	كربونات صوديوم	بيكربونات صوديوم	كبريتيد امونيوم	كلوريد صوديوم	يوديد بوتاسيوم	كبريتات صوديوم	فوسفات صوديوم
dil. HC							
كبريتات المغنسيوم							
نترات الفضة							
خلات الرصاص							
كلوريد الباريوم							
موليبيدات الامونيوم							



شكل (١) مخطط لخطوات التعرف علي الشقوق الحامضية (الأنيونات)

التمرين العملي الثاني

التاريخ: / / ٢٠

أمامك المجهولين (A, B) تحتوي كل منهما علي محلول لأحد أملاح المواد الصلبة التي تم دراستها وهي:

[كربونات صوديوم – بيكربونات صوديوم – كبريتيد امونيوم – كلوريد صوديوم – يوديد بوتاسيوم – كبريتات صوديوم – فوسفات صوديوم]

والمطلوب التعرف علي نوعية الشقوق الحامضيه لكل منهما مع تدوين النتائج في الجدول التالي:

رقم المجهول ( )	الشق الحامضي (الأنيون)
الزجاجة A	
الزجاجة B	

٢- الكشف عن الشقوق القاعدية (الكاتيونات) Identification of basic radicals

أساس تقسيم الشقوق القاعدية إلى مجموعات تحليلية:

قسمت الشقوق القاعدية إلى مجموعات تحليلية مختلفة ليسهل التعرف عليها. وهذه الشقوق تكّون أيونات الفلزات المختلفة (كاتيونات Cations)، فيما عدا شق الامونيوم (NH_4^+) فقسمت الشقوق القاعدية إلى مجموعات من حيث ترسيبها على هيئة ملح له أقل حاصل إذابة، فأيونات الرصاص Pb^{2+}، والزئبق Hg_2^{2+} والفضة Ag^+، على إختلاف موقعها فى الجدول الدورى، تترسب على هيئة كلوريدات (Chlorides)، وذلك لأن كلوريدات هذه العناصر لها أقل حاصل إذابة (K_{sp}) فى الوسط الحمضى إذا ما قورنت بأيونات الفلزات الأخرى، لذلك يستخدم حمض HCl المخفف كمرسب لهذه الايونات. كذلك فأيونات Sb^{3+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, Bi^{3+}, Sn^{4+}, As^{3+} تترسب على شكل كبريتيدات (Sulphides) حيث إن كبريتيداتها لها أقل حاصل إذابة فى الوسط الحمضى إذا ما قورنت بكبريتيدات الفلزات الاخرى ..... وهكذا. وقد قسمت الشقوق القاعدية إلى مجموعات على النحو التالى:

المجموعة	عناصر المجموعة	كاشف المجموعة	الراسب
الأولى	فضة – رصاص – زئبقوز	HCl	كلوريدات
٢ أ ٢ ب	زئبقيق – نحاس – بزموت – كاديوم – زرنيخ + أنتيمون – قصدير	$HCl+H_2S$	كبريتيدات
الثالثة	ألومنيوم – كروم – حديد	$NH_4Cl + NH_4OH$	هيدروكسيدات
الرابعة	خارصين – منجنيز – كوبالت – نيكل	$NH_4Cl + NH_4OH + H_2S$	كبريتيدات
الخامسة	كالسيوم – استرانشيوم– باريوم	$NH_4Cl + (NH_4)_2CO_3 + NH_4OH$	كربونات
السادسة	ماغنسيوم – صوديوم – بوتاسيوم – أمونيوم	لا يوجد Nothing	--

أ- كاتيونات المجموعة الاولي Cations of Group I:

تترسب هذه المجموعة في صورة كلوريدات chlorides وحيث إن كلوريدات هذه الفلزات ذات حاصل إذابة أقل فى الأوساط الحامضية، فإن ترسيبها على هيئة كلوريدات (Chloride) يعتبر أفضل وسيلة للتعرف على خواصها وفصلها عن بقية أيونات الفلزات الأخرى، مع مراعاة أن هذه الكلوريدات تذوب في الزيادة من حامض HCl وبالتالي يجب عدم إضافة كمية زائدة عن المنصوص عنها في التجربة.

الجوهر الكشاف لهذه المجموعة Group Reagent:

يعتبر حامض الهيدروكلوريك المخفف dil. HCl هو المرسب (Precipitant) المناسب لكاتيونات هذه المجموعة حيث إنه مصدر لآيون الكلوريد (Cl^-) (عند تأينه) طبقا للمعادلة الآتية $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$ إضافة إلي أن وجوده يحقق وسطا حمضيا (Acidic medium) يساعد على ذوبان أملاح الفلزات الأخرى إن وجدت مثل البزموت أو الانتيمون Bi^{3+}, Sb^{3+} .....الخ، وبالتالى فإنه لا تترسب أملاح البزموت أو الانتيمون مع أفراد المجموعة الأولى.

عناصر المجموعة:

الفضة Silver (Ag^+)، الزئبق Mercury (Hg_2^{+2})، الرصاص Lead (Pb^{2+})

١- الفضة Silver (Ag^+)

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ١ مل من محلول نترات الفضة في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ½ مل من حامض الهيدروكلوريك.	تكون راسب أبيض يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم 	الراسب الأبيض هو كلوريد الفضة والشق القاعدي هو الفضة.

$$AgNO_3 + HCl \longrightarrow AgCl\downarrow + HNO_3$$
(White precipitate)

تجارب تأكيدية للفضة:

١- أضف ١ مل من محلول نترات الفضة في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ½ مل من يوديد البوتاسيوم.	تكون راسب أصفر يذوب في الزيادة من الكاشف 	الراسب الأصفر هو يوديد الفضة والشق القاعدي هو الفضة.

$$AgNO_3 + KI \longrightarrow AgI\downarrow + KNO_3$$
(Yellow precipitate)

١- أضف ١ مل من محلول نترات الفضة في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من هيدروكسيد الصوديوم.	تكون راسب بني لا يذوب في الزيادة من الكاشف 	الراسب البني هو أكسيد الفضة والشق القاعدي هو الفضة.

$$2AgNO_3 + 2NaOH \longrightarrow Ag_2O\downarrow + 2NaNO_3 + H_2O$$
(Brown precipitate)

٢- الرصاص Lead(Pb^{2+})

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول خلات الرصاص البارد في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من حامض الهيدروكلوريك.	تكون راسب أبيض يذوب بالتسخين ويترسب بالتبريد 	الراسب الأبيض هو كلوريد الرصاص والشق القاعدي هو الرصاص.

$$Pb(CH_3COO)_2 + 2\,HCl \longrightarrow PbCl_2\downarrow + CH_3COOH$$

(White precipitate)

تجارب تأكيدية للفضة:

١- أضف ٢ مل من محلول خلات الرصاص في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من يوديد البوتاسيوم.	تكون راسب أصفر يذوب في الزيادة من الكاشف 	الراسب الأصفر هو يوديد الرصاص والشق القاعدي هو الرصاص.

$$Pb(CH_3COO)_2 + 2KI \longrightarrow PbI_2\downarrow + 2CH_3COOK$$

(Yellow precipitate)

١- أضف ٢ مل من محلول خلات الرصاص في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من هيدروكسيد الصوديوم.	تكون راسب أبيض يذوب في الزيادة من الكاشف 	الراسب الأبيض هو هيدروكسيد الرصاص والشق القاعدي هو الرصاص.

$$Pb(CH_3COO)_2 + 2NaOH \longrightarrow Pb(OH)_2\downarrow + 2CH_3COONa$$

(White precipitate)

ب- كاتيونات المجموعة الثانية Cations of Group II:

تنقسم كاتيونات هذه المجوعة إلى مجموعتين فرعيتين هما المجموعة الثانية (أ) (IIa) وتشتمل على Cu^{2+} والمجموعة الثانية (ب) (IIb) وتشتمل على Cd^{2+}, Bi^{3+}, Hg^{2+}, As^{3+}, Sb^{3+}, Sn^{4+} وتترسب هذه الكاتيونات على هيئة كبريتيد Sulphide في وسط حامضي حيث يصل حاصل الإذابة K_{sp} لها إلى أصغر قيمة ممكنة لها.

الجوهر الكشاف لهذه المجموعة Group Reagent:

يعتبر حامض الهيدروكلوريك المخفف dil. HCl وكبريتيد الهيدروجين H_2S هما المستخدمان في ترسيب كبريتيدات المجموعة الثانية II. والهدف من إضافة حامض الهيدروكلوريك كوسط حامضي تتضح من الإطلاع على الجدول التالي الذي يحتوي على قيم حاصل الإذابة لكبريتيدات المجموعتين الثانية والرابعة II ,IV.

كبريتيدات المجموعة الثانية II	حاصل الاذابة Ksp	كبريتيدات المجموعة الرابعة IV	حاصل الاذابة Ksp
HgS	1.2×10^{-23}	ZnS	3×10^{-53}
CuS	7×10^{-23}	CoS	8.5×10^{-45}
Bi_2S_3	1.4×10^{-24}	NiS	1.6×10^{-72}
CdS	1.4×10^{-15}	MnS	3.6×10^{-29}

يتضح من الجدول أن قيم حاصل الاذابة K_{sp} لكبريتيدات المجموعة الثانية (II) أصغر بكثيرا من مثيلتها في المجموعة الرابعة (IV) ومن ثم يجب ضبط قيم تركيز أيون الكبريتيد S^{2-} ليكون كافيًا لترسيب كاتيونات المجموعة الثانية II دون الرابعة IV وبالتالي نجد أن كبريتيد الهيدروجين H_2S يتأين طبقا للمعادلة التالية:

$$H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-}$$

$$K_{H_2S} = \frac{(H^+)^2 (S)^{2-}}{H_2S}$$

علي إعتبار أن تركيز كبريتيد الهيدروجين [H_2S] ثابتا لأن المحلول يكون مشبعا وتركيزه ثابتا فى 0.01 M أي أن:

$$S = \propto \frac{1}{[H^+]^2}$$

ولذلك نجد أن تركيز أيون الكبريتيد S^{2-} يتناسب عكسيا مع مربع تركيز أيون الهيدروجين H^+، وبالتالي كلما كان تركيز أيون الهيدروجين H^+ كبيرا (وسط حامضى) كلما إزدادت قلة تركيز أيون الكبريتيد S^{2-} ومن الجدول السابق نستنتج أن قيم حاصل الإذابة K_{SP} لكبريتيدات المجموعة الثانية صغير وتحتاج إلى تركيز قليل من أيون الكبرتيد S^{2-} وبالتالي ينبغى جعل الوسط حامضيا حتى يقلل من تركيز أيون الكبرتيد S^{2-} وترسيب كاتيونات المجموعة الثانية فقط دون كاتيونات المجموعة الرابعة.

ولقد قسمت كاتيونات المجموعة الثانية II إلى مجموعتين فرعيتين حيث وجد أن Bi_2S_3, HgS, CuS, CdS ذات طبيعة قاعدية بينما SnS_2, As_2S_3, Sb_2S_3 ذات طبيعة حامضية، وعلى هذا الاساس قسمت الى:

IIa: **CdS, CuS**, HgS, Bi_2S_3

IIb: Sb_2S_3, As_2S_3, SnS_2

١- النحاس Cu^{2+}

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كبريتات النحاس في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كاشف المجموعة.	تكون راسب أسود يذوب في حامض النتريك المخفف الساخن	الراسب الأسود هو كبريتيد النحاس والشق القاعدي هو النحاس.

$$CuSO_4 + H_2S \longrightarrow CuS\downarrow + H_2SO_4$$
(Black precipitate)

تجارب تأكيدية للنحاس:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كبريتات النحاس في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من حديدو سيانيد البوتاسيوم.	تكون راسب بني شكولاتي يذوب في النشادر ويعطي محلول أزرق 	الراسب البني الشكولاتي هو حديدو سيانيد النحاس والشق القاعدي هو النحاس.

$$2CuSO_4 + K_4(Fe(CN)_6) \longrightarrow Cu_2(Fe(CN)_6)\downarrow + 2K_2SO_4$$
(Brown precipitate)

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كبريتات النحاس في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من هيدروكسيد الصوديوم.	يتكون راسب أزرق	الراسب الأزرق هو هيدروكسيد النحاس والشق القاعدي هو النحاس.

$$CuSO_4 + 2NaOH \longrightarrow Cu(OH)_2\downarrow + NaSO_4$$
(Blue precipitate)

٢- الكادميوم Cd^{2+}

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الكادميوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كاشف المجموعة.	تكون راسب أصفر كناري يذوب في حامض النتريك المخفف الساخن 	الراسب الأصفر الكناري هو كبريتيد الكادميوم والشق القاعدي هو الكادميوم.

$$CdCl + H_2S \longrightarrow CdS\downarrow + 2HCl$$

(Canary yellow precipitate)

تجربة تأكيدية للكادميوم:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الكادميوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من هيدروكسيد الصوديوم.	تكون راسب أبيض 	الراسب الأبيض هو هيدروكسيد الكادميوم والشق القاعدي هو الكادميوم.

$$CdCl + 2NaOH \longrightarrow Cd(OH)_2\downarrow + NaCl$$

(White precipitate)

ج- كاتيونات المجموعة الثالثة Cations of Group III:

تترسب كاتيونات هذه المجموعة على هيئة هيدروكسيدات، فقد وجد أن هيدروكسيدات فلزات هذه المجموعة ذات حاصل إذابة قليل وبالتالي لابد أن يكون وسط الترسيب قاعدي.

الجوهر الكشاف لهذه المجموعة Group Reagent:

يتكون كاشف المجموعة الثالثة من NH_4Cl ثم NH_4OH حتى يصبح الوسط قاعديا وترجع إضافة NH_4Cl إلى حقيقة أنها تتحكم في تأين NH_4OH طبقا لفعل الأيون المشترك ليكون تركيز OH^- كافيا لترسيب هيدروكسيدات المجموعة الثالثة فقط.

عناصر المجموعة:

$Fe^{3+}, Cr^{3+}, Al^{3+}$

١- الألومنيوم Al^{3+}

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الالومنيوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كاشف المجموعة.	تكون راسب ابيض جيلاتينى يذوب فى هيدروكسيد الصوديوم والاحماض 	الراسب الأبيض الجيلاتيني هو هيدروكسيد الالومنيوم والشق القاعدي هو الالومنيوم.

$$AlCl_3 + 3NH_4OH \longrightarrow Al(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$$

gelatinous white ppt.

تجربة تأكيدية للالومنيوم:

١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الالومنيوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من هيدروكسيد الصوديوم.	تكون راسب أبيض يذوب فى الزيادة من الكاشف 	الراسب الأبيض هو هيدروكسيد الالومنيوم والشق القاعدي هو الالومنيوم.

$$AlCl_3 + 3NaOH \longrightarrow Al(OH)_3\downarrow + 3NaCl$$

white ppt.

٢- الحديديك Fe^{3+}

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الحديديك في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كاشف المجموعة.	تكون راسب بني محمر جيلاتيني 	الراسب البني المحمر الجيلاتيني هو هيدروكسيد الحديديك والشق القاعدي هو الحديديك.

$$FeCl_3 + 3NH_4OH \longrightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$$
(gelatinous brown-red precipitate)

تجربة تأكيدية للحديد:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الحديديك في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من حديدو سيانيد البوتاسيوم.	تكون راسب أزرق 	الراسب الأزرق هو حديدو سيانيد الحديديك والشق القاعدي هو الحديديك.

$$FeCl_3 + 3K_4(Fe(CN)_6) \longrightarrow Fe_4(Fe(CN)_6)_3\downarrow + 12KCl$$
(blue precipitate)

التمرين العملي الثالث

التاريخ: / / ٢٠

أمامك محاليل المواد الآتية:

نترات فضة – خلات رصاص – كبريتات نحاس – كلوريد الكادميوم– كلوريد الومنيوم – كلوريد حديديك

المطلوب إجراء التفاعلات الآتية عليها:

dil. HCl – يوديد بوتاسيوم – هيدروكسيد صوديوم – (dil. HCl + كبريتيد الهيدروجين) – حديدو سيانيد البوتاسيوم– (كلوريد امونيوم + هيدروكسيد امونيوم).

المادة / التفاعل مع	نترات فضة	خلات رصاص	كبريتات نحاس	كلوريد الكادميوم	كلوريد الومنيوم	كلوريد حديديك
dil. HCl						
يوديد بوتاسيوم						
هيدروكسيد صوديوم						
(dil. HCl + كبريتيد الهيدروجين)						
حديدو سيانيد البوتاسيوم						
(كلوريد امونيوم + هيدروكسيد امونيوم)						

د- كاتيونات المجموعة الرابعة Cations of Group IV:

تترسب كاتيونات هذه المجموعة على هيئة كبريتيدات، ولكن قيمة حاصل الإذابة (K_{sp}) لكبريتيدات هذه المجموعة كبيرة إذا ما قورنت بمثيلتها فى المجموعة الثانية (II).

حيث يتضح أن تركيز أيون الكبريتيد يقل كثيرا فى الوسط الحامضى ويزيد فى الوسط القاعدى. وقيمة حاصل الاذابة لكبريتيدات كاتيونات هذه المجموعة كبيرا فإنها تحتاج إلى تركيز أكبر من أيونات الكبريتيد S^{2-} لذلك فإن **كاشف المجموعة Group Reagent** يتكون حسب التسلسل التالى:

١) محلول NH_4Cl ومحلول NH_4OH لضبط pH وجعله قاعديا والحيلولة دون ترسيب أيون Mg^{2+} إن وجد.

٢) محلول H_2S كمصدر لآيونات S^{2-} (توجد مصادر اخرى مثل $(NH_4)_2S$ والثيواسيتاميد (CH_3CSNH_2)).

عناصر المجموعة:

- المنجنيز Manganese (Mn^{2+})
- الزنك (Zn^{2+})
- النيكل Nickel (Ni^{2+})
- الكوبلت Cobalt (CO^{2+})

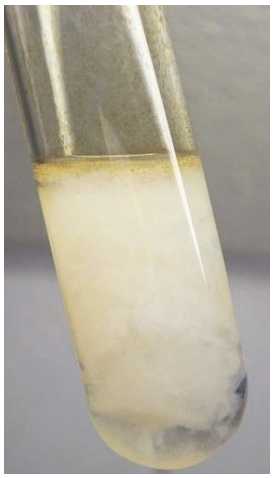
١- المنجنيز Mn^{2+}

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد المنجنيز في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كبريتيد الأمونيوم.	تكون راسب جلدي 	الراسب الجلدي هو كبريتيد المنجنيز والشق القاعدي هو المنجنيز.

$$MnCl_2 + (NH_4)_2S \longrightarrow MnS\downarrow + 2NH_4Cl$$

Faint pink ppt.

تجربة تأكيدية للمنجنيز:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد المنجنيز في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من هيدروكسيد الصوديوم.	تكون راسب أبيض 	الراسب الأبيض هو هيدروكسيد المنجنيز والشق القاعدي هو المنجنيز.

$$MnCl_2 + 2NaOH \longrightarrow Mn(OH)_2\downarrow + 2NaCl$$

White ppt.

٢- النيكل Ni^{2+}

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد النيكل في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كبريتيد الأمونيوم.	تكون راسب أسود 	الراسب الأسود هو كبريتيد النيكل والشق القاعدي هو النيكل.

$$NiCl_2 + (NH_4)_2S \longrightarrow NiS\downarrow + 2NH_4Cl$$

black ppt.

تجربة تأكيدية للنيكل:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد النيكل في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من هيدروكسيد الصوديوم.	تكون راسب أخضر 	الراسب الأخضر هو هيدروكسيد النيكل والشق القاعدي هو النيكل.

$$NiCl_2 + 2NaOH \longrightarrow Ni(OH)_2\downarrow + 2NaCl$$

green ppt.

٣- الكوبلت CO^{2+}

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الكوبلت في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كبريتيد الأمونيوم.	تكون راسب أسود 	الراسب الأسود هو كبريتيد الكوبلت والشق القاعدي هو الكوبلت.

$$CoCl_2 + (NH_4)_2S \longrightarrow CoS\downarrow + 2NH_4Cl$$
black ppt.

تجربة تأكيدية للكوبلت:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الكوبلت في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من هيدروكسيد الصوديوم.	تكون راسب أزرق 	الراسب الأزرق هو هيدروكسيد الكوبلت والشق القاعدي هو الكوبلت.

$$CoCl_2 + 2NaOH \longrightarrow Co(OH)_2\downarrow + 2NaCl$$
blue ppt.

هـ- كاتيونات المجموعة الخامسة (V):

تترسب كاتيونات هذه المجموعة على هيئة كربونات، ونظرا لتقارب أنصاف أقطار أيونات هذه المجموعة ووجودها فى مجموعة واحدة فى الجدول الدورى، فإن الكثير من تفاعلاتها متشابهة.

يشترط لترسيب كاتيونات هذه المجموعة التالى:

١- وسط قاعدى وهذه يتحقق بخلط محلولى NH_4OH و NH_4Cl وهذا يهيىء وسطا لا يترسب فيه هيدروكسيد الماغنسيوم $Mg(OH)_2$

٢- مصدر لايونات الكربونات: وهذا يتأتى بإضافة محلول كربونات الأمونيوم $(NH_4)_2CO_3$حيث تتأين إلى CO_3^{2-} وNH^{4+} ودور هذا التأين ليس كمصدر فقط لأيون CO_3^{2-}، ولكنه أيضا مصدر لأيون NH_4^+ الذى يساعد على التحكم فى قيمة pH فى المحلول ويمكن القول أن كاشف هذه المجموعة هو $(NH_4)_2CO_3+$ NH_4OH+NH_4Cl وينبغى أن يغلى المحلول بعد إضافة الكاشف للتأكد من تمام الترسيب، حيث أن وجود بعض HCO_3^{2-} يؤدى إلى عدم إتمام الترسيب، غير أن الغليان بفك HCO_3^{2-} إلى CO_3^{2-} وH_2O وفقا للمعادلة الاتية :

$$H_2O + CO_3^{2-} \rightarrow HCO_3^{2-}$$

والتجربة الاساسية لكاتيونات هذه المجموعة متشابهة اذ أن $CaCO_3, SrCO_3, BaCO_3$ كلها رواسب لها نفس الخواص فى الذوبان والتفاعلات حيث:

- محلول ملح Ba^{2+} + كاشف المجموعة ← راسب ابيض من$BaCO_3$ يذوب فى الاحماض
- محلول ملح Ca^{2+} + كاشف المجموعة ← راسب ابيض من$CaCO_3$ يذوب فى الاحماض
- محلول ملح Sr^{2+} + كاشف المجموعة ← راسب ابيض من$SrCO_3$ يذوب فى الاحماض

١- الكالسيوم Ca^{2+}

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الكالسيوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كربونات الأمونيوم.	تكون راسب الأبيض 	الراسب الأبيض هو كربونات الكالسيوم والشق القاعدي هو الكالسيوم.

$$CaCl_2 + (NH_4)_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + NH_4Cl$$
(white precipitate)

و – كاتيونات المجموعة السادسة (VI) NH_4^+ ,K^+ , Na^+, Mg^{2+}

كاتيونات هذه المجموعة لا تتفق فى إستجابتها لكاشف واحد وإنما يتم التعرف عليها بتجارب خاصة.

عناصر المجموعة:

- الامونيوم (NH_4^+)
- المغنسيوم (Mg^{2+})
- البوتاسيوم (K^+)
- الصوديوم (Na^+)

١- الامونيوم (NH_4^+)

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الأمونيوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من هيدروكسيد الصوديوم. ٣- ثم **تسخين**.	تصاعد أبخرة الامونيا مكونة سحب بيضاء عند تعريض ساق مبلله بحامض HCl إلي فوهة الأنبوبة	الأبخرة المتصاعدة دليل عيل وجود الأمونيا والشق القاعدي هو الأمونيوم.

$$NH_4Cl + NaOH \xrightarrow{\Delta} NH_3\uparrow + H_2O + NaCl$$

$$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$$

تجربة تأكيدية للأمونيوم:

١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الأمونيوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كوبالتي نيتريت الصوديوم.	تكون راسب أصفر	الراسب الأصفر هو كوبالتي نيتريت الأمونيوم والشق القاعدي هو الأمونيوم.

$$3NH_4Cl + Na_3Co(NO_2)_6 \longrightarrow (NH_4)_3Co(NO_2)_6\downarrow + 3NaCl$$

(yellow ppt.)

٢- المغنسيوم (Mg^{2+})

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كبريتات المغنسيوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من هيدروكسيد الصوديوم. ٣- ثم **تسخين**.	تكون راسب أبيض جيلاتيني	الراسب الابيض هو هيدروكسيد المغنسيوم والشق القاعدي هو المغنسيوم.

$$MgSO_4 + 2NaOH \longrightarrow Mg(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$
(white ppt.)

تجربة تأكيدية للمغنسيوم:

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول محلول كبريتات المغنسيوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كربونات الصوديوم.	تكون راسب أبيض	الراسب الأبيض هو كربونات مغنسيوم والشق القاعدي هو المغنسيوم.

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow MgCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$
(white ppt.)

٣- البوتاسيوم (K^{+})

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد البوتاسيوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من كوبالتي نيتريت الصوديوم.	تكون راسب أصفر	الراسب الأصفر هو كوبالتي نيتريت الصوديوم والبوتاسيوم والشق القاعدي هو البوتاسيوم.

$$2KCl + Na_3Co(NO_2)_6 \longrightarrow K_2NaCo(NO_2)_6\downarrow + 2NaCl$$
(yellow ppt.)

٤- الصوديوم (Na^+)

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الصوديوم في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من أنتيمونات البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين.	تكون راسب أبيض	الراسب الابيض هو أنتيمونات الصوديوم ثنائي الهيدروجين والشق القاعدي هو الصوديوم.

$$NaCl + KH_2SbO_4 \longrightarrow NaH_2SbO_4\downarrow + KCl$$

Pot.dihydrogen antimonate — Sod.dihydrogen antimonate (white ppt.)

التمرين العملي الرابع

التاريخ: / / ٢٠

أمامك محاليل المواد الآتية:

كلوريد منجنيز – كلوريد نيكل– كلوريد كوبلت – كلوريد كالسيوم – كلوريد أمونيوم – كبريتات مغنسيوم – كلوريد كالسيوم – كلوريد صوديوم.

المطلوب إجراء التفاعلات الآتية عليها:

(كلوريد امونيوم + هيدروكسيد امونيوم + كبريتيد امونيوم) – هيدروكسيد صوديوم– (كلوريد امونيوم + هيدروكسيد امونيوم + كربونات امونيوم)– كربونات صوديوم – كوبلتي نيتريت صوديوم.

المادة / التفاعل مع	كلوريد منجنيز	كلوريد نيكل	كلوريد كوبلت	كلوريد كالسيوم	كلوريد أمونيوم	كبريتات مغنسيوم	كلوريد كالسيوم	كلوريد صوديوم
(كلوريد امونيوم + هيدروكسيد امونيوم + كبريتيد امونيوم)								
هيدروكسيد صوديوم								
(كلوريد امونيوم + هيدروكسيد امونيوم + كربونات امونيوم)								
كربونات صوديوم								
كوبلتي نيتريت صوديوم								

الاسكيم

التمرين العملي الخامس

التاريخ: / / ٢٠

أمامك المجهولين (A, B) تحتوي علي محلول لأحد أملاح المواد الصلبة التي تم دراستها وهي:

كربونات صوديوم – بيكربونات صوديوم – كبريتيد امونيوم – كلوريد صوديوم – يوديد بوتاسيوم – كبريتات صوديوم – فوسفات صوديوم- نترات فضة – خلات رصاص - كبريتات نحاس – كلوريد كادميوم- كلوريد الومنيوم – كلوريد حديديك- كلوريد منجنيز– كلوريد نيكل– كلوريد كوبلت – كلوريد كالسيوم – كلوريد أمونيوم – كبريتات مغنسيوم – كلوريد كالسيوم.

والمطلوب التعرف علي نوعية الشقوق الحامضيه والقاعدية لكل منهما مع تدوين النتائج في الجدول التالي:

رقم المجهول ( )	الشق الحامضي (الأنيون)	الشق القاعدي (الكاتيون)
الزجاجة A		
الزجاجة B		

ثانيا: الإختبارات المميزة للمجموعات الفعالة في المركبات العضوية

مقدمة:

تعرف الكيمياء العضوية بأنها كيمياء مركبات الكربون، والأسباب التي جعلت عنصر الكربون ينفرد بفرع كامل من فروع الكيمياء هو تميز ذرة الكربون بخواص فريدة منها أن ذرة الكربون تقع في وسط الدورة الثانية بالجدول الذري وعدده الذري ٦ وله ستة إليكترونات، إثنان منها ($1S^2$) بمستوي الطاقة الاول تاركاً أربعة إلكترونات بمستوي الطاقة الثاني وهو مستوي التكافؤ. ونجد أن ذرة الكربون لا تكتسب أو تفقد إلكترونات، لذا لا يتكون منها كاتيونات موجبة أو أنيونات سالبة، ولكن يتحد الكربون بالعناصر الأخرى عن طريق مشاركة إلكتروناته مع إلكترونات العناصر الأخرى بروابط تساهمية أو تسمي أحيانا إشتراكية، إضافة لذلك نجد أن لذرات الكربون قابلية للإرتباط معا لتكوين أنواع مختلفة من الروابط والسلاسل ذات عدد مختلف من ذرات الكربون تكون علي هيئة مركبات ذات سلاسل مفتوحة أو حلقية.

إن أبسط أنواع المركبات العضوية هي التي تتكون من الكربون والهيدروجين وتسمي "هيدروكربونات Hydrocarbons" وتنقسم إلي ثلاثة أقسام، وهي هيدروكربونات مشبعة Saturated hydrocarbons، وغير مشبعة Unsaturated hydrocarbons، وهيدروكربونات آروماتية Aromatic hydrocarbons. ويمكن التمييز بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة وذلك بإضافة محلول البروم لها وحيث إن محلول البروم ذو لون بني فنجد عند إضافته الي هيدروكربون غير مشبع يختفي اللون البني للبروم سريعاً وذلك نتيجة لتفاعله بالإضافة، بينما في حالة تفاعل البروم مع الهيدروكربون المشبع يكون بالإستبدال فيكون التفاعل أبطأ وينفرد غاز بروميد الهيدروجين HBr وفي الحالة الاخيرة يحتاج التفاعل إلي الضوء كعامل مساعد أو إلي الاشعة فوق البنفسجية.

تتفاعل الهيدروكربونات غير المشبعة أيضا مع المواد المؤكسدة مثل برمنجنات البوتاسيوم المحمضة (ذات اللون البنفسجي) وتتحول إلي كحولات. وينتج عن ذلك زوال لون البرمنجنات إذا كان الوسط حمضياً. أما إذا كان الوسط قلوياً فيتكون راسب بني من ثاني أكسيد المنجنيز.

تحتوي العديد من المركبات العضوية علي ذرات، أو مجموعات ذرية تسمي كل منها مجموعة فعالة Functional group وقد حلت محل ذرة أو أكثر من ذرات الهيدروجين علي جزئ الهيدروكربون، ومن أمثلة ذلك الكحولات والالدهيدات والكيتونات والاحماض الكربوكسيلية والأمينات.

١- الكحولات Alcohols:

تعتبر الكحولات مشتقات للهيدروكربونات إستبدلت فيها ذرة هيدروجين بمجموعة هيدروكسيل وتنقسم الكحولات إلي كحولات أولية Primary أو ثانوية Secondary أو ثالثية Tertiary الهيدروكسيل. تتأكسد الكحولات الأولية والثانوية بواسطة المواد المؤكسدة إلي ألدهيدات وكيتونات علي التوالي وعند زيادة الأكسدة يتحول الالدهيد الناتج إلي حامض كربوكسيلي.

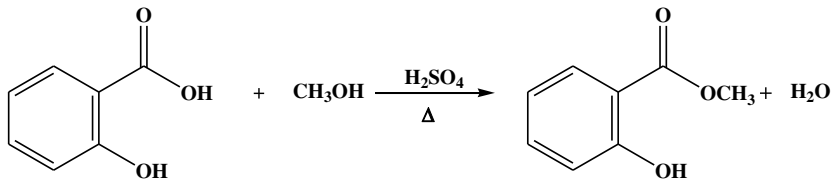
وفيما يلي بعض الإختبارات المميزة لبعض أفراد الكحولات:

أ- الميثانول (كحول الميثيل) Methanol (Methyl alcohol):

سائل عديم اللون – درجة غليانه ٦٥°م – مذيب جيد لبعض المواد العضوية – يدخل في صناعة المستحضرات الطبية مثل إستر ساليسيلات الميثيل الذي يستخدم في الطب - يستخدم كمادة خام في العديد من الصناعات الكيميائية مثل صناعة الفورمالدهيد.

الإختبار المميز: **إختبار تكوين إستر ساليسيلات الميثيل**.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من كحول الميثل في أنبوبة إختبار جافة. ٢- ثم أضف ½ مل من حامض الكبريتيك المركز وحوالي ½ جرام من حمض الساليسيلك ٣- سخن المحلول تسخيناً هيناً بإستخدام حمام مائي وذلك لمدة حوالي دقيقتين.	تصاعد رائحة مميزة لإستر ساليسيلات الميثيل.	تكون إستر ساليسيلات الميثيل دليل علي وجود الميثانول.



Methyl Salicylate ester

ب- الايثانول (كحول الايثيل) Ethanol (Ethyl alcohol):

سائل عديم اللون ذو رائحة مميزة – درجة غليانه ٧٨°م – يمتزج بكل من الكحول الميثيلي والماء بجميع النسب – يستخدم في تحضير المشروبات الكحولية وفي صناعة العطور – يستخدم بشكل شائع في المنتجات الخاصة بتعقيم اليدين لقتل الكائنات الحية الدقيقة مثل الفطريات والفيروسات والبكتيريا – يتم استخدامه كمذيب بالدرجة الأولى في كثير من الصناعات الدوائية وفي صناعة الورنيش والبويات والاصباغ.

الإختبارات المميزة: إختبار تكوين إستر خلات الإيثيل – إختبار اليودوفورم.

التجربة (١)	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ١ مل من كل من حمض الخليك والكحول الايثيلي في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ½ مل من حامض الكبريتيك المركز. ٣- ثم سخن المخلوط في حمام مائي يغلي وذلك لمدة دقيقتين. ٤- ثم صب محتويات الأنبوبة في كأس به محلول بيكربونات الصوديوم لمعادلة الزيادة من الحامض.	تصاعد رائحة عطرية مميزة لإستر خلات الايثيل.	تكون إستر خلات الايثيل دليل علي وجود الايثانول.

$$C_2H_5OH + CH_3\text{-}COOH \xrightarrow[\text{conc.}]{H_2SO_4} CH_3\text{-}COO\text{-}C_2H_5$$

التجربة (٢)	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ١ مل من محلول اليود في يوديد البوتاسيوم إلي ٢ مل من الكحول الايثيلي في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف نقطة نقطة من محلول هيدروكسيد الصوديوم حتي يزول لون اليود ويتحول لون المحلول إلي اللون الاصفر الباهت. ٣- ثم سخن المحلول في حمام مائي وعند ملاحظة إبتداء تكون راسب إرفع الأنبوبة من الحمام المائي واتركها لتبرد.	تكون راسب أصفر متبلر ذو رائحة مميزة من اليودوفورم.	تكون اليودوفورم دليل علي وجود الايثانول.

ويستخدم هذا الإختبار في التمييز بين الكحول الميثيلي والكحول الايثيلي حيث لا يعطي الكحول الميثيلي هذا الاختبار.

$$I_2 + NaOH \longrightarrow NaOI + HI$$

$$C_2H_5OH + NaOH \longrightarrow CH_3CHO + NaI + H_2O$$

$$CH_3CHO + 3NaOI \longrightarrow CI_3CHO + 3NaOH$$

$$CI_3CHO + NaOH \longrightarrow CHI_3 + HCOONa$$

ج- الجليسرول (الجليسرين) Glycerol (glycerin):

سائل لزج القوام – عديم اللون والرائحة – ذات طعم حلو – يغلي عند درجة ٢٩٠°م دون أن ينحل أو يتكسر – يستخدم كعلاج مرطب للبشرة وواقٍ من الجفاف، والخشونة، والتقشّر، كما يمكن إستخدامه لعلاج الحكة، وتهيجات الجلد الطفيفة.

الإختبار المميز: إختبار البوراكس Borax.

التجربة (١)	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢-٣ نقطة من الفينولفثالين إلي ١ مل من محلول البوراكس ١% في أنبوبة إختبار ولاحظ تلون المحلول باللون الاحمر ويرجع ذلك الي أن محلول البوراكس له تأثير قلوي يعطي لون أحمر مع الفينولفثالين. ٢- ثم أضف ½ مل الجليسرول.	إختفاء اللون الأحمر عند إضافة الجليسرول، وعند تسخن المخلوط في حمام مائي يغلي وذلك لمدة دقيقتين يعود اللون الاحمر الذي يختفي ثانية عند تبريد المحلول.	إختفاء اللون الأحمر بسبب إنفراد أيون الهيدروجين من مجموعة الهيدروكسيل الرابعة من أحد جزيئي كحول الجليسرول (يشترك في هذا التفاعل جزيئين من كحول الجليسرول) الذي يزيد من حموضة الوسط فيجعل الوسط حامضي ويزيل لون الفينولفثالين دليلاً علي وجود الجليسرول.

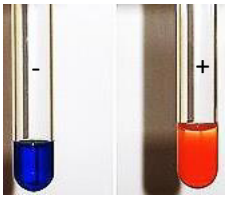
٢- الألدهيدات Aldehydes:

تتميز الالدهيدات بسهولة أكسدتها بواسطة أملاح بعض المعادن مثل أملاح النحاسيك القلوية (لون أزرق) حيث تُختزل إلي أكسيد النحاسوز (راسب بني محمر). وفيما يلي أهم الإختبارات التي تميز بعض أفراد الالدهيدات:

أ- الفورمالدهيد Formaldehyde:

غاز ذو رائحة نفاذة – ويستخدم في الأغراض التجارية، حيث يُباع الفورمالدهيد كمحلول مائى (فورمالين Formalin يحتوى على ٣٧-٤٠% فورمالدهيد مع إضافة ١٠-١٢% من الميثانول CH_3OH كمادة مثبتة؛ وذلك لمنع أكسدة أو بلمرة الفورمالدهيد. ويستخدم هذا المحلول المائى كمادة حافظة أو مطهر.

الإختبارات المميزة: إختبار فهلنج – إختبارات لونية (كاشف شيف – إختبار الريزورسينول).

التجربة (١)	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ١مل من محلول فهلنج أ(يحتوي علي كبريتات نحاس) ومحلول فهلنج ب (يحتوي علي طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم + ايدروكسيد الصوديوم) في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من محلول الفورمالدهيد وسخن في حمام مائي يغلي لمدة ٣-٤ دقائق.	تكون راسب احمر من أكسيد النحاسوز 	إختزال محلول فهلنج دليلا علي وجود الالدهيدات (الفورمالدهيد)

$$HCHO + Cu^{+2} \xrightarrow{OH^-} Cu_2O\downarrow + HCOOH$$

Cuprous oxide

التجربة (٢)	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف بضع نقط من محلول الفورمالدهيد الي ١ مل من كاشف شيف Schiff's reagent (علي البارد).	ظهور لون أحمر مزرق.	تلون المحلول باللون الأحمر المزرق دليل علي وجود الالدهيدات (الفورمالدهيد).
التجربة (٣)	**المشاهدة**	**الاستنتاج**
١- أضف ٢-٣ نقطة من محلول الريزورسينول (٠,٥%) الي ١ مل من محلول الفورمالدهيد. ٢- ثم أضف ٢ مل من حامض الكبريتيك المركز H_2SO_4 conc. بحيث يسيل علي الجدار الداخلي لأنبوبة الإختبار لتكوين طبقة منفصلة بقاع الأنبوبة.	تكون حلقة حمراء بنفسجية Violet red عند سطح الإنفصال.	تكون حلقة حمراء بنفسجية دليل علي وجود الفورمالدهيد.

ب- ا الاسيتالدهيد Acetaldehyde:

سائل عديم اللون ذو رائحة خانقة Suffocating odour مميزة، يمتزج بالماء والكحول والايثير ويغلي عند درجة ٢١°م.

الإختبارات المميزة: كاشف شيف – إختبار صمغ الالدهيد – إختبار اليودوفورم

التجربة (١)	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف بضع نقط من محلول الاسيتالدهيد الي ١ مل من كاشف شيف Schiff's reagent (علي البارد).	ظهور لون أحمر مزرق.	تلون المحلول باللون الأحمر المزرق دليل علي وجود الالدهيدات (الاسيتالدهيد).

التجربة (٢)	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٣ مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم (٥%) الي ١ مل من الاسيتالدهيد ثم سخن.	تكون صمغ الالدهيد الأصفر اللون ذو الرائحة غير المرغوبة.	يستخدم هذا الإختبار للتفرقة بين الفورمالدهيد والاسيتالدهيد حيث لا يعطي الفورمالدهيد صمغ الالدهيد إذا سُخن مع هيدروكسيد الصوديوم.
التجربة (٣)	**المشاهدة**	**الاستنتاج**
١- أضف ١ مل من محلول اليود (في يوديد البوتاسيوم) الي ١ مل من الاسيتالدهيد. ٢- ثم أضف ١ مل محلول هيدروكسيد الصوديوم المخفف نقطة نقطة حتي يتحول لون المحلول الي الاصفر الباهت.	تكون اليودوفورم (علي البارد) علي هيئة راسب أصفر متبلر ذو رائحة مميزة.	تكون اليودوفورم دليل علي وجود الالدهيدات (الاسيتالدهيد).

٣- **الكيتونات** Ketones:

تتميز الكيتونات بإحتوائها علي المجموعة الفعالة الكربونيل Carbonyl group مرتبطة بمجموعتي ألكيل ويكون الرمز العام (R – CO – R). وفيما يلي أهم الإختبارات التي تميز بعض أفراد الكيتونات:

أ- **الاسيتون** Acetone:

سائل عديم اللون – يغلي عند درجة ٥٦°م – يتميز برائحة مقبولة ويمتزج بالماء والكحول والايثير– مذيب شائع لشطف زجاجيات المعمل بسبب تكلفته المنخفضة وتطايره – يستخدم كمزيل لطلاء الأظافر.

الإختبارات المميزة: **إختبار اليودوفورم – إختبار نيتروبروسيد الصوديوم**.

التجربة (١)	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ١ مل من محلول اليود (في يوديد البوتاسيوم) الي ١ مل من الأسيتون. ٢- ثم أضف ١ مل محلول هيدروكسيد الصوديوم المخفف نقطة نقطة حتي يتحول لون المحلول الي الاصفر الباهت.	تكون اليودوفورم (علي البارد) علي هيئة راسب أصفر متبلر ذو رائحة مميزة.	تكون اليودوفورم دليل علي وجود الالدهيدات (الأسيتون).
التجربة (٢)	**المشاهدة**	**الاستنتاج**
١- أضف ٢ مل من الأسيتون في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ١ مل من نيتروبروسيد الصوديوم المحضر حديثاً، ثم أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم نقطة نقطة.	تلون المحلول باللون الاحمر	تكون اللون الاحمر دليل علي وجود الأسيتون.

٤- الاحماض العضوية Organic acids:

تتميز الأحماض العضوية بإحتوائها علي مجموعة فعالة طرفية تعرف بمجموعة الكربوكسيل Carboxyl group (-COOH) وتنقسم الأحماض العضوية إلي قسمين رئيسيين هما الأحماض الاليفاتية والأحماض العطرية.

وتتميز جميع الأحماض العضوية بالخاصية الحامضية، وهي خاصية ناتجة من وجود مجموعة الكربوكسيل، فهي تتفاعل مع بيكربونات الصوديوم مكونة ملح الحمض وينفرد غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يتصاعد علي هيئة فقاعات (يمكن التعرف عليه بتعكيره ماء الجير). ويستخدم هذا التفاعل (الحامض العضوي مع بيكربونات الصوديوم) (إختبار الفوران) في التمييز بين الأحماض العضوية وأملاحها حيث لا تعطي أملاح الأحماض هذا التفاعل.

١.٤.- الاحماض الأليفاتية المشبعة أحادية القاعدة:

١.١.٤. حمض الفورميك (الميثانويك) Formic acid:

سائل عديم اللون – يتميز برائحة نفاذة – ذات تأثير حارق إذا لامس الجلد – يغلي عند ١٠١°م – يذوب في الماء بجميع النسب.

الإختبارات المميزة: إختبار الفوران – إختبار إختزال البرمنجنات في الوسط القلوي.

التجربة (١)	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ١ مل من حامض الفورميك في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف نقط من بيكربونات الصوديوم.	حدوث فوران 	حدوث فوران دلالة علي تصاعد غاز ثاني اكسيد الكربون وهذا دليلا علي وجود مجموعة كربوكسيل المميزة للاحماض وبالتالي وجود حامض الفورميك.
التجربة (٢)	**المشاهدة**	**الاستنتاج**
١- أضف ٣ مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم ٥% إلي ١ مل من حامض الفورميك في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ٤-٥ نقط من محلول برمنجنات البوتاسيوم.	تكون لون أخضر 	تكون لون أخضر نتيجة لإختزال البرمنجنات في الوسط القلوي بواسطة حامض الفورميك

٢.١.٤.حمض الخليك (الايثانويك) Acetic acid:

سائل عديم اللون – ذات رائحة نفاذة مميزة – يمتزج بالماء والكحول – يغلي عند درجة ١١٨°.

الإختبارات المميزة: إختبار الفوران – إختبار إختزال البرمنجنات في الوسط القلوي.

التجربة (١)	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ١ مل من حامض الخليك في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف نقط من بيكربونات الصوديوم.	حدوث فوران	حدوث فوران دلالة علي تصاعد غاز ثاني اكسيد الكربون وهذا دليلا علي وجود مجموعة كربوكسيل المميزة للاحماض وبالتالي وجود حامض الخليك.
التجربة (٢)	**المشاهدة**	**الاستنتاج**
١- أضف ٣ مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم ٥% إلي ١ مل من حامض الخليك في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ٤-٥ نقط من محلول برمنجنات البوتاسيوم.	عدم تغير لون محلول برمنجنات البوتاسيوم 	بقاء لون البرمنجنات دون تغيير دلالة غلي وجود حامض الخليك.

خطوات التعرف علي المواد العضوية السائلة

التمرين العملي السادس

التاريخ: / / ٢٠

أمامك محاليل المواد العضوية السائلة الآتية:

حامض فورميك – حامض خليك– ميثانول – إيثانول – جليسرول – فورمالدهيد – أسيتالدهيد – أسيتون

المطلوب إجراء الإختبارات الآتية عليها:

إستر ساليسيلات الميثيل – إستر خلات الايثيل – اليودوفورم – البوراكس– فهلنج – شيف – الريزورسينول – الصمغ الالدهيدي – نيتروبروسيد الصوديوم – بيكربونات الصوديوم (إختبار الفوران) – إختزال البرمنجنات في الوسط القلوي.

المادة / اسم الاختبار	ميثانول	إيثانول	جليسرول	فورمالدهيد	أسيتالدهيد	أسيتون	حامض فورميك	حامض خليك
استر ساليسيلات الميثيل								
استر خلات الايثيل								
اليودوفورم								
البوراكس								
فهلنج								
شيف								
الريزورسينول								
الصمغ الالدهيدي								
نيتروبروسيد الصوديوم								
بيكربونات الصوديوم								
برمنجنات البوتاسيوم								

٢.٤.الاحماض الأليفاتية ثنائية القاعدة:

تتميز أفراد هذه المجموعة بوجود مجموعتين أو أكثر من مجموعات الكربوكسيل في الجزئ.

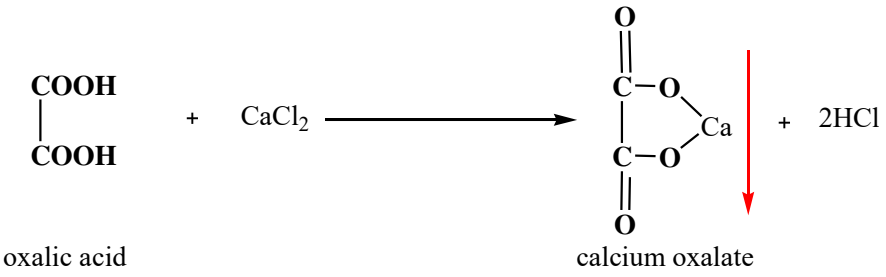
١.٢.٤.حامض الاكساليك Oxalic acid:

عبارة عن مادة صلبة متبلرة – يذوب في الماء والكحول وقليل الذوبان في الاثير ولكنه عديم الذوبان في أغلب المذيبات العضوية مثل الكلوروفورم والبنزين. لا يتأثر بدرجات الحرارة المتوسطة ولكنه ينحل ويتكسر إلي حد ما عند تسخينه في درجات حرارة أعلي من ١٦٠°م دون حدوث تفحم.

الإختبارات التي تجري للكشف عن حامض الاكساليك أو أملاحه (الاكسالات):

إختبار كلوريد الكالسيوم.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول كلوريد الكالسيوم إلي ١ مل من محلول حامض الأكساليك المتعادل في أنبوبة إختبار.	تكون راسب أبيض في الحال	الراسب الابيض هو أكسالات الكالسيوم. إختبر ذوبان الراسب المتكون في الاحماض ولاحظ أن الراسب يذوب في حامض الهيدروكلوريك ولكنه لا يذوب في حمض الخليك.



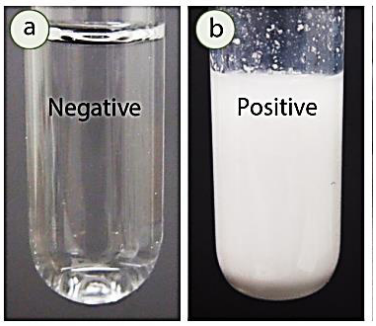
oxalic acid calcium oxalate

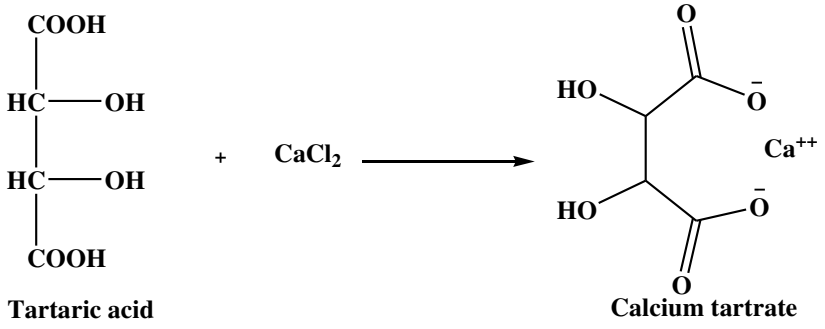
٢.٢.٤. حامض الطرطريك Tartaric acid:

عبارة عن مادة صلبة متبلرة – يذوب في الماء والكحول ولكنه عديم الذوبان في الاثير– ويلاحظ عند تسخين حمض الطرطريك فإنه يتفحم ويعطي رائحة تشبه رائحة السكر المحروق.

الإختبارات التي تجري للكشف عن حامض الطرطريك أو أملاحه (الطرطرات):

إختبار كلوريد الكالسيوم.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١– أضف ٢ مل من محلول كلوريد الكالسيوم إلي ١ مل من محلول حامض الطرطريك المتعادل في أنبوبة إختبار. ٢– ثم رج بشدة.	تكون راسب أبيض بعد رج المحلول لفترة قصيرة 	الراسب الابيض المتبلر المتكون بعد الرج لفترة قصيرة هو طرطرات الكالسيوم. إختبر ذوبان الراسب المتكون في الاحماض ولاحظ أن الراسب يذوب في حامض الخليك الساخن.

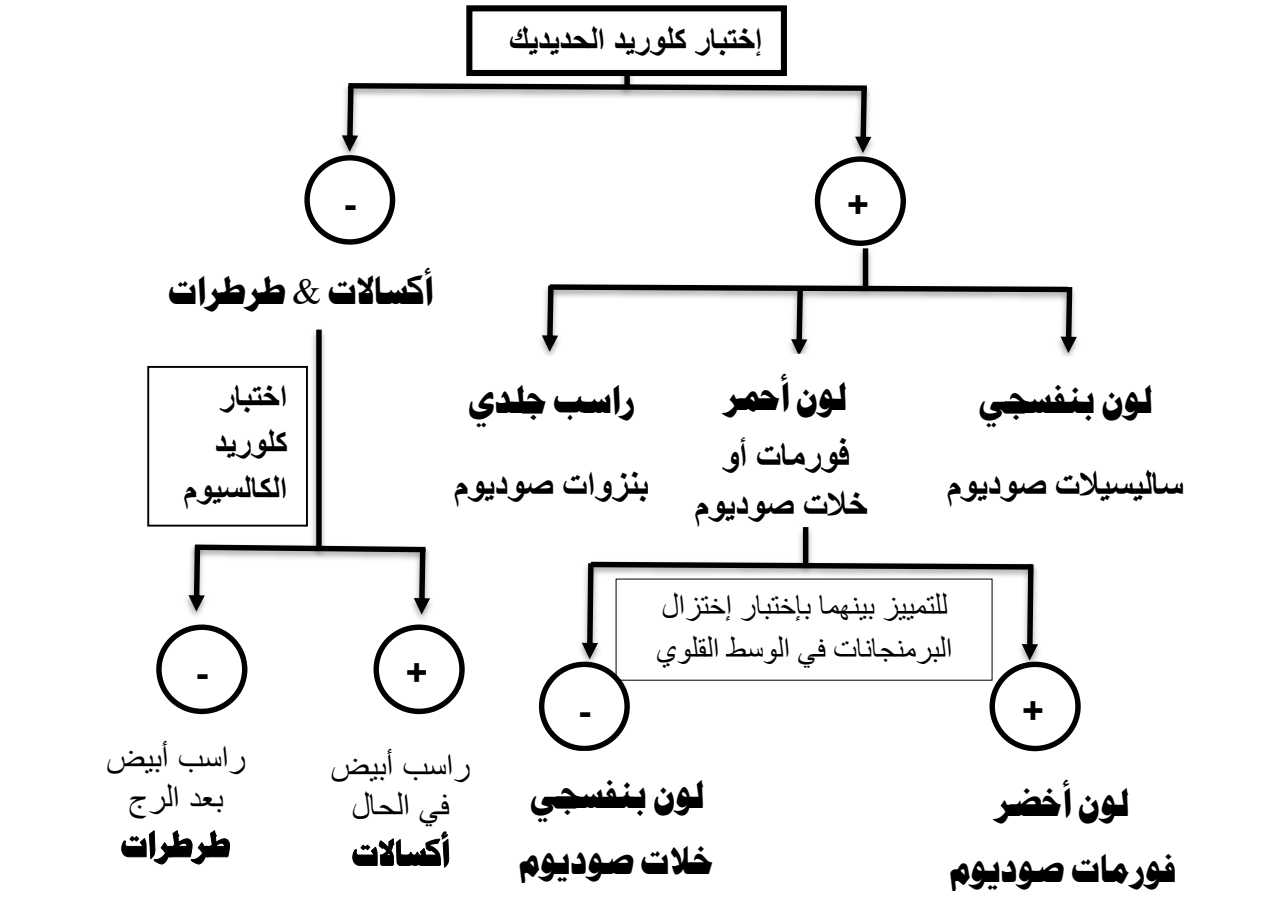


Tartaric acid — Calcium tartrate

أمـــا أملاح الفورمات والخلات والاكسالات والطرطرات والسترات والبنزوات والساليسيلات يجري لهم إختبار كلوريد الحديديك، وفيما يلي طريقة إجراء الإختبار:

طريقة إجراء الاختبار:

إختبار كلوريد الحديديك	• ضع ١ مل من ملح الحامض في أنبوبة إختبار جافة، ثم أضف إليه ٣-٤ نقط من محلول كلوريد الحديديك	لاحظ تكون لون بنفسجي أو أحمر أو راسب جلدي علي حسب نوع الملح الموجود لديك
إختزال برمنجانات البوتاسيوم في الوسط القلوي	• أضف ١ ملليلتر من الملح إلي ٥ ملليلتر من محلول هيدروكسيد الصوديوم. • ثم أضف (٢-٣) نقط من محلول برمنجانات البوتاسيوم.	تكون لون أخضر في حالة كان الملح **فورمات صوديوم** وبقاء لون البرمنجانات البنفسجي كما هو في حالة كان الملح **خلات صوديوم**



التمرين العملي السابع

التاريخ: / / ٢٠

أمامك محاليل المواد العضوية الصلبة وأملاحها الآتية:

حامض الأكساليك – حامض الطرطريك – فورمات صوديوم – خلات صوديوم – أكسالات صوديوم – طرطرات صوديوم سترات صوديوم – بنزوات صوديوم – ساليسيلات صوديوم

المطلوب إجراء الإختبارات الآتية عليها:

الفوران (بيكربونات الصوديوم) – كلوريد الكالسيوم – كلوريد الحديديك – إختزال البرمنجنات في الوسط القلوي

اسم الاختبار / المادة	بيكربونات الصوديوم	كلوريد الكالسيوم	كلوريد الحديديك	إختزال البرمنجنات في الوسط القلوي
حامض الأكساليك				
حامض الطرطريك				
فورمات صوديوم				
خلات صوديوم				
أكسالات صوديوم				
طرطرات صوديوم				
سترات صوديوم				
بنزوات صوديوم				
ساليسيلات صوديوم				

خطوات التعرف علي المواد العضوية الصلبة

التمرين العملي الثامن

التاريخ: / / ٢٠

أمامك المجهول (A) يحتوي علي محلول لأحد المواد العضوية السائلة والمطلوب التعرف علي نوعية المادة العضوية السائلة، أما المجهول (B) يحتوي علي محلول لأحد المواد العضوية الصلبة أو أحد أملاحها والمطلوب التعرف علي نوعية المادة العضوية الصلبة أو أحد أملاحها مع تدوين النتائج في الجدول التالي:

رقم المجهول ( )	المادة العضوية السائلة
الزجاجة A	

رقم المجهول ( )	المادة العضوية الصلبة
الزجاجة B	

ثالثا: التحليل الوصفي للكربوهيدراتات Qualitative analysis of carbohydrates

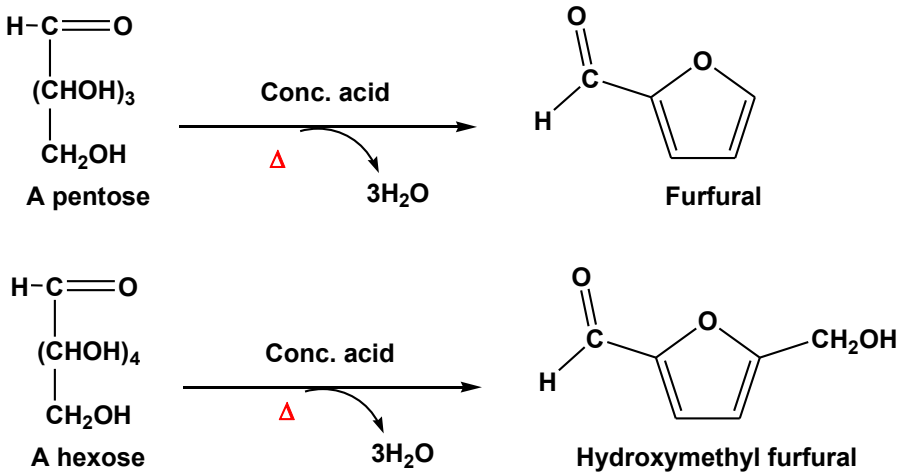
يمكن أن تُقسم الإختبارات الكيميائية التى تُستخدم في التعرف على المواد الكربوهيدراتية وفي التمييز بين أفرادها إلى قسمين رئيسيين وهما الإختبارات التي تعتمد على تكوين الفورفورال ومشتقاته والإختبارات التي تعتمد على الخاصية الاختزالية للسكريات.

١ – الإختبارات المبنية على إنتاج الفورفورال ومشتقاته:

Tests based on the production of furfural and its derivatives

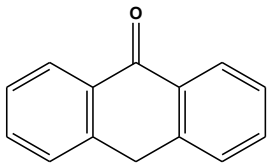
الأساس النظري:

عند معاملة سكر أحادي بحامض معدنى مركز فإنه يحدث إنتزاع لجزيئات الماء dehydration من السكر الأحادي. وفي حالة ما إذا كان السكر الأحادي من نوع البنتوز (٥ ذرات كربون) فإن المركب الناتج يكون الفورفورال furfural أما إذا كان السكر الأحادى هكسوز (٦ ذرات كربون) فإن المركب الناتج يكون هيدروكسى ميثيل فورفورال كما هو موضح بالمعادلات الآتية:

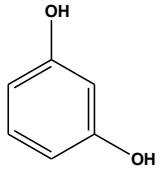


ويلاحظ أن الترايوزات والتتروزات غير قادرة على إتمام هذا التفاعل وتكوين الفورفورال أو مشتقاته لأن عدد ذرات الكربون في جزيئات هذه السكريات أقل من خمس ذرات وهو الحد الأدنى من ذرات الكربون المطلوب لهذا التفاعل (لتكوين الفورفورال).

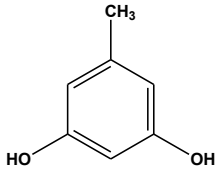
وقد وجد أن بعض المركبات الفينولية مثل الفا– نفثول α-naphthol والأورسينول orcinol والريزورسينول resorcinol أو الكيتون الأروماتي ثلاثي الحلقات الأنثرون anthrone تتكثف مع الفورفورال أو هيدروكسى ميثيل الفورفورال الناتج من تأثير الحامض المركز على المادة الكربوهيدراتية، مكونة صبغات ملونة colored dyes وتكّون هذه المركبات الملونة يعتبر نتيجة موجبة للإختبار ودليل على وجود الكربوهيدرات.



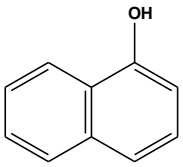
Anthrone
(10-Hydroanthracen-9-one)
Tricyclic aromatic ketone



Resorcinol
(*m*-Hydroxyphenol)



Orcinol
(3,5-Dihydroxytoluene)

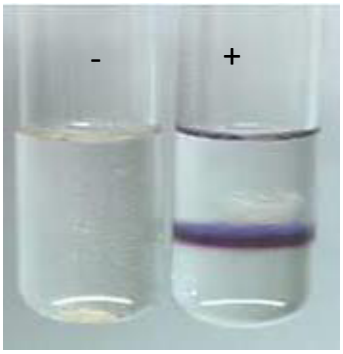


α-Naphthol
(α-Hydroxynaphthalene)

وفيما يلي بعض الإختبارات المبنية على هذا الأساس:

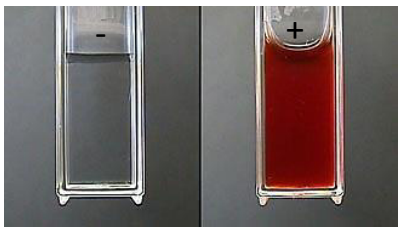
١.١. إختبار موليش Molisch's Test:

هذا الإختبار يميز بين المواد الكربوهيدراتية عما سواها، وتستجيب جميع المواد الكربوهيدراتية لهذا الكشف سواء أكانت أحادية السكريات أو أوليجوسكريات أو عديدة السكريات أي أنه إختبار مميز لجميع الكربوهيدراتات، بل أن مجرد وجود شق كربوهيدراتي في المادة (مثل الجليكوبروتينات Glycoproteins والجليكوليبيدات Glycolipids) يجعلها تعطي نتيجة موجبة مع هذا الإختبار. ويلاحظ أنه فى حالة الأوليجوسكريات أو عديدة السكريات يقوم حامض الكبريتيك المركز بتحليلها مائياً أولا إلى مكوناتها من السكريات الأحادية التي تكَّون الفورفورال أو هيدروكسى ميثيل فورفورال حيث تتكثف مع الفا- نفثول مكونة حلقة بنفسجية حمراء اللون Red-violet ring، وإذا أجُري هذا الاختبار علي مادة مجهولة ولم تظهر هذه الحلقة البنفسجية المحمرة إعّتبرت نتيجة سالبة للاختبار ودل ذلك علي عدم وجود الكربوهيدرات.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٣-٢ نقطة من محلول١٠% الفا- نفثول في الكحول إلى أنبوبة الإختبار المحتوية علي ٢ مل من محلول ١% من المادة الكربوهيدراتية ثم رج المخلوط جيدا. ٢- ثم أضف والانبوبة في وضع مائل بإحتراس ٢ مل من حامض الكبريتيك المركز بحيث يسيل على جدار الأنبوبة الداخلي حيث يكَّون طبقة سفلى.	تكون حلقة بنفسجية محمرة Red-violet ring عند تلاقى سطحى السائلين  	وجود مادة كربوهيدراتية أو وجود شق كربوهيدراتي

٢.١. إختبار سليفانوف Seliwanoff's Test:

يُبني هذا الإختبار على أساس أن حامض الهيدروكلوريك الساخن ينزع الماء من الكيتوهكسوز لتكوين هيدروكسي ميثيل فورفورال أسرع في تأثيره على الألدوهكسوز المناظر. ويستفاد من هذا الإختبار في التمييز بين الكيتوهكسوزات Ketohexoses والألدوهكسوزات Aldohexoses على أساس إختلاف سرعة التفاعل لكل منهما. فنجد أنه في أثناء مدة بسيطة (حوالي دقيقة) فإن الفركتوز وأيضا الأوليجوسكريات التي تحتوي على الفركتوز مثل السكروز والرافينوز والسكريات العديدة مثل الإنيولين حيث تتحلل مائياً بفعل حامض الهيدروكلوريك سوف تعطى مركبات لها لون أحمر غامق deep red مع الريزورسينول Resorcinol في جوهر سليفانوف.

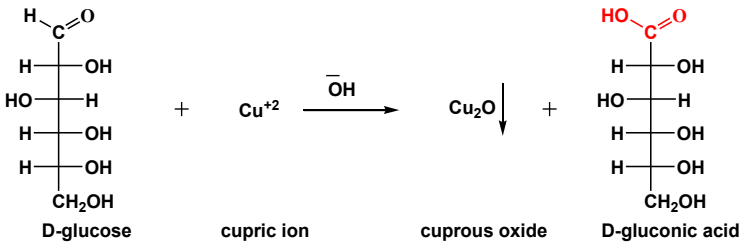
التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٥ مل من جوهر سليفانوف (حديث التحضير) إلى ١ مل من محلول السكر المراد إختباره ورج محتويات أنبوبة الإختبار. ٢- ثم سخن لمدة دقيقة.	تكون لون أحمر 	هذا يشير إلى وجود الكيتوز (سكر كيتوني).

٢ - الإختبارات المبنية على الخاصية الاختزالية للسكريات

Tests based on the reducing property of sugars

الأساس النظري:

حيث إن السكريات عبارة عن ألدهيدات أو كيتونات عديدة الهيدروكسيل فإنها تسلك في خواصها مسلك الألدهيدات في سهولة أكسدتها وإنتاج الأحماض الالدونية المناظرة. **وجميع السكريات الأحادية وبعض الاوليجوسكريات لها القدرة على إختزال أكاسيد وهيدروكسيدات بعض الفلزات مثل الفضة والنحاس في محاليلها القلوية.** والمادة الكربوهيدراتية التي لها القدرة على الاختزال مباشرة وقبل إجراء تحليل مائي لها أولا تعرف باسم سكر مختزل Reducing Sugar. وفي الحقيقة فإنه ليس من السهل كتابة معادلة تأكسد وإختزال كاملة Complete oxidation reduction equation لهذا التفاعل إذ أنه بأكسدة السكر المختزل ينتج الحامض الألدوني المناظر أولاً وبإستمرار عملية التأكسد في الوسط القلوي يتكون عدد من نواتج التأكسد النهائية ليس كلها معروفا.

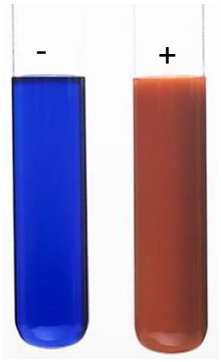


(راسب أحمر)

وفيما يلي أهم الإختبارات المبنية علي الخاصية الإختزالية للسكريات:

١.٢. إختبار فهلنج Fehling's Test:

يعتبر إختبار فهلنج وكذلك إختبار بندكت من أهم الإختبارات التي تعتمد على إختزال أكاسيد النحاس في المحاليل القلوية وهي من الإختبارات الحساسة للكشف عن المواد الكربوهيدراتية المختزلة بصفة عامة وليست إختبارات خاصة بسكر معين. ويعتبر تكوين راسب أحمر من أكسيد النحاسوز نتيجة موجبة لهذه الإختبارات.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أمزج حجمين متساويين من محلول فهلنج أ، ومحلول فهلنج ب (١ مل من كل منهما). ٢- ثم أضف ١ مل من المحلول المراد إختباره وسخن المحلول لدرجة الغليان لمدة دقيقة أو دقيقتين.	تكون راسب أحمر من أكسيد النحاسوز 	دل ذلك على وجود مادة كربوهيدرائية ذات قدرة على الاختزال (سكر مختزل)، أما عدم تكون الراسب الأحمر من أكسيد النحاسوز دل ذلك علي أن المادة الكربوهيدرائية غير مختزلة.

٢.٢. إختبار بندكت Benedict's Test:

يمتاز هذا الإختبار بأنه أكثر حساسية من إختبار فهلنج لأن محلول بندكت أقل قلوية وبالتالي لا يؤثر على كمية السكر إذا كانت ضئيلة بينما يلاحظ أنه إذا كانت كمية السكر ضئيلة فقد تتلف بتأثير هيدروكسيد الصوديوم الموجود في محلول فهلنج. ويمكن بواسطة إختبار بندكت الكشف عن السكر المختزل في محاليله المخففة حتى ٠,٠٨%.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ١ مل من المحلول المراد إختباره إلى ٥ مل من محلول بندكت في أنبوبة إختبار ٢- ثم ضع الأنبوبة في حمام مائي يغلي لمدة ٥ دقائق.	تكون راسب أخضر أو أصفر أو أحمر برتقالي (اللون المتكون يتناسب مع كمية السكر المختزل الموجود في المحلول) 	دل ذلك على وجود مادة كربوهيدراتية ذات قدرة على الاختزال (سكر مختزل).

التمرين العملي التاسع

التاريخ: / / ٢٠

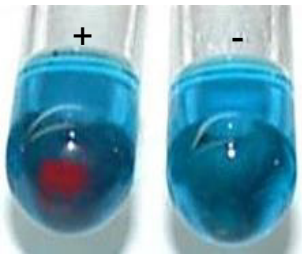
إجراء إختبارات: موليش – سليفانوف – فهلنج – بندكت علي محاليل المواد الآتية:

جلوكوز- فركتوز- لاكتوز- سكروز - نشا – جليكوبروتين، وتدوين النتائج في الجدول التالي.

المادة / الإختبار	جلوكوز	فركتوز	لاكتوز	سكروز	نشا	جليكوبروتين
موليش						
سليفانوف						
فهلنج						
بندكت						

٣.٢. إختبار بارفويد Barfoed's Test:

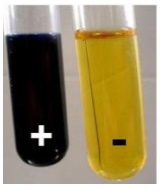
يمتاز هذا الإختبار عن إختبارات الاختزال السابقة في أنه يستخدم للتمييز بين السكريات المختزلة الأحادية والسكريات المختزلة الثنائية، في حين أن إختبارات الاختزال السابقة توضح فقط ما إذا كانت المادة الكربوهيدراتية مختزلة أو غير مختزلة. ويعتمد هذا الإختبار على اختلاف سرعة التفاعل مع خلات النحاسيك فى حامض الخليك، فيلاحظ أنه في خلال مدة بسيطة من الوقت (حوالي ٢-١ دقيقة) فإن السكريات الأحادية فقط تختزل أيون النحاسيك ويتكون راسب أحمر من أكسيد النحاسوز. ويرجع ذلك إلى أنه تحت الظروف الحامضية فإن أيون النحاسيك يكون عبارة عن عامل مؤكسد ضعيف وبالتالى يستطيع فقط أكسدة السكريات الأحادية في خلال المدة المذكورة. ويجب ملاحظة أنه لو استمر التسخين لمدة أطول فإنه يحدث تحليل مائي للسكريات الثنائية بفعل حامض الخليك وبالتالي تعطي السكريات الأحادية الناتجة من التحليل المائي لهذه السكريات نتيجة موجبة مع هذا الإختبار. لذلك يراعى عدم التسخين لمدة تتجاوز الدقيقتين في حالة إستخدام الإختبار للتمييز بين السكريات المختزلة الأحادية والثنائية.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٣ مل من كاشف بارفويد إلى ١ مل من محلول المادة الكربوهيدراتية في أنبوبة إختبار. ٢- ثم ضع أنبوبة الإختبار في حمام مائي يغلي لمدة دقيقة أو دقيقتين.	تكون راسب أحمر من أكسيد النحاسوز 	دل ذلك على وجود سكر أحادى.

٣ -السكريات العديدة Polysaccharides:

١.٣. إختبار اليود Iodine Test:

من الإختبارات الهامة للتعرف على بعض السكريات العديدة حيث وجد أن النشا Starch يعطي لون أزرق مع اليود بينما الجليكوجين Glycogen وكذلك الاريثرودكسترين Erythrodextrin (الذي يتكون أثناء التحليل المائي للنشا) تعطى اللون الأحمر مع اليود أما الأنيولين والسليلوز فلا تعطي لونا مع اليود.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢-٣ نقطة من محلول اليود علي ٢مل من محلول المادة المراد إختبارها في أنبوبة إختبار.	تكّون لون ازرق 	هذا يشير إلى وجود النشا، ويلاحظ أن اللون الأزرق الذي يتكون عند معاملة النشا باليود يختفي بالتسخين ولكنه يعود ثانية بعد التبريد. ولذلك يراعى أن تكون أنبوبة المحلول المراد إختباره ليست ساخنة وقت إضافة محلول اليود

التمرين العملي العاشر

التاريخ: / / ٢٠

إجراء إختبارات: بارفويد – اليود علي محاليل المواد الآتية:

جلوكوز- سكروز - فركتوز - لاكتوز، نشا وتدوين النتائج في الجدول التالي.

المادة / الإختبار	جلوكوز	سكروز	فركتوز	لاكتوز	نشا
بارفويد					
اليود					

خطوات التعرف علي نوعية مادة كربوهيدراتية مجهولة

التمرين العملي الحادي عشر

التاريخ: / / ٢٠

أمامك الزجاجتين A, B تحتوي كل منهما علي محلول مادة كربوهيدراتية مجهولة. والمطلوب التعرف علي نوعية المادة الكربوهيدراتية لكل منهما مع تدوين النتائج في الجدول التالي:

رقم المجهول ( )	المادة الكربوهيدراتية
الزجاجة A	
الزجاجة B	

التقدير الكمي للسكريات Quantitative determination of sugars

١ -تقدير السكريات المختزلة بطريقة شفر وهارتمان

Determination of Reducing Sugars by Shaffer and Hartman method

تعتبر طريقة شفر وهارتمان إحدى الطرق الحجمية Volumetric methods التي يستخدم فيها القياس اليودى غير المباشر للنحاس (آيون النحاسيك) lodometric determination of copper طبقا للتفاعل الآتي:

$$2Cu^{+2} + 4I^{-} \longrightarrow 2CuI + I_2$$

ثم يجرى تقدير كمية اليود المنفردة والتي تكافيء كمية النحاس في المحلول بواسطة محلول من ثيوكبريتات الصوديوم Sodium thiosulfate معلوم العيارية تبعا للتفاعل التالي:

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6 \quad \text{(Sodium tetrathionate)}$$

ويتم في هذه الطريقة أكسدة السكريات المختزلة في كمية زائدة من محلول فهلنج (محلول النحاس القلوى)، ثم بتقدير كمية النحاس الكلية في المحلول قبل الاختزال Blank experiment وكذا تقدير كمية النحاس المتبقية في المحلول بعد الاختزال بالسكر بإستخدام القياس اليودى غير المباشر كما هو موضح أعلاه يمكن معرفة كمية النحاس التي اخُتزلت بواسطة السكر ومنها يمكن تقدير كمية السكر المختزل.

أمامك المحاليل الآتية:

١- محلول جلوكوز.

٢- محلول فهلنج A.

٣- محلون فهلنج B.

٤- -محلول قياسي من ثيوكبريتات الصوديوم (٠,١ عياري) 0.1N sod. thiosulphate standard solution

٥- يوديد البوتاسيوم ٢٠% Potassium iodide 20%

٦- حامض الكبريتيك (٢ عياري) $2N\ H_2SO_4$

٧- دليل النشا Starch Solution 1% (Indicator)

المطلوب:

تقدير كمية الجلوكوز بالجرام في اللتر من محلول السكر.

طريقة العمل:

١- ضع في دورق مخروطى (Conical flask)٢٠ مل من محلول فهلنج ١٠ مل فهلنج أ +١٠مليلتر فهلنج ب) ثم خفف بحوالى ٣٠ مل من الماء المقطر.

٢- – أضف إلى محلول فهلنج بالدورق المخروطى ١٠ مل من محلول السكر المختزل. وسخن المحلول على اللهب بحيث يبدأ الغليان بعد ٤ دقائق ويستمر في الغليان لمدة دقيقتين بالضبط.

٣- برد الدورق بسرعة تحت ماء الصنبور. ويلاحظ أنه بعد الغليان ما زال لون المحلول أزرق لوجود فائض من محلول فهلنج، وإلا تعاد التجربة مع استعمال حجم أقل من المحلول السكري.

٤- أضف إلى محتويات الدورق ١٥ مل من محلول يوديد البوتاسيوم ٢٠% Potassium iodide ثم أضف ٢٠ مل من حامض الكبريتيك ٢ع ($2N\ H_2SO_4$) فينفرد اليود.

٥- قدّر كمية اليود المنفرد بمعايرة titration محتويات الدورق المخروطى بواسطة محلول ٠,١ع من ثيوكبريتات الصوديوم ($0.1N\ Na_2S_2O_3$) حتى يصبح لون المحلول أصفر باهت. أضف حوالي ١ مل من دليل النشا ١٪ فيتكون لون أزرق، ثم إستمر في المعايرة حتى يختفي اللون الأزرق.

٦- إحسب عدد مليمكافئات No. of m. equiv الثيوكبريتات المتفاعله مع اليود وهي تساوى عدد مليمكافئات اليود المنفرد وبالتالي عدد مليمكافئات النحاس المتبقي (excess copper) فى المحلول بعد التفاعل مع السكر.

٧- تُجري تجربة خالية Blank experiment أي بدون إضافة محلول السكر حيث يضاف بدلا منه نفس الحجم من الماء المقطر وتعاد نفس الخطوات السابقة حتى يمكن تقدير كمية النحاس الكلية (total copper) في المحلول قبل الإختزال (قبل إختزال كمية منه بواسطة السكر المختزل).

٨- – إحسب كمية النحاس التي أُختزلت بواسطة السكر ثم إحسب كمية السكريات المختزلة المناظرة لكمية النحاس التي إختُزلت بالرجوع إلى جداول خاصة Munson and Walker table بالجرام/لتر.

Calculation:

$$\text{Wt. of reduced copper by sugar (mg.)} = \left(V_{Na_2S_2O_3}\ (\text{Blank}) - V_{Na_2S_2O_3}\ (\text{Test})\right) N_{Na_2S_2O_3} \times 63.54\ (\text{At. Wt. of copper})$$

ثم تحسب كمية السكريات المختزلة المناظرة لكمية النحاس التي اختزلت بالرجوع إلى جداول Munson and Walker ومنها تحسب كمية الجلوكوز باللتر.

التمرين العملي الثاني عشر

التاريخ: / / ٢٠

أولاً: تقدير عدد جرامات الجلوكوز في اللتر لمحلول الجلوكوز بالزجاجة (A) بإستخدام طريقة شفر وهارتمان.

الحساب:

كمية النحاس بالملجم وما يقابلها من الجلوكوز بالملجم تبعا لجداول Munson and Walker			
النحاس	الجلوكوز	النحاس	الجلوكوز
١٠	٤,٦	١٠٦	٥٢,١
١٦	٧,٥	١١٢	٥٥,١
٢٢	١٠,٤	١١٨	٥٨,٢
٢٨	١٣,٣	١٢٤	٦١,٣
٣٤	١٦,٢	١٣٠	٦٤,٣
٤٠	١٩,٢	١٣٦	٦٧,٤
٤٦	٢٢,١	١٤٢	٧٠,٥
٥٢	٢٥,١	١٤٨	٧٣,٧
٥٨	٢٨,٠	١٥٤	٧٦,٨
٦٤	٣١,٠	١٦٠	٧٩,٩
٧٠	٣٤,٠	١٦٦	٨٣,١
٧٦	٣٧,٠	١٧٢	٨٦,٢
٨٢	٤٠,٠	١٧٨	٨٩,٤
٨٨	٤٣,٠	١٨٤	٩٢,٦
٩٤	٤٦,٠	١٩٠	٩٥,٧
١٠٠	٤٩,٠	١٩٦	٩٨,٩

ثانياً: التعرف علي المجهول بالزجاجة (B) لأحد محاليل المواد الكربوهيدراتية التي درستها.

رقم المجهول بالزجاجة B	المادة الكربوهيدراتية
( )	

التحليل الوصفي للبروتينات

الإختبارات اللونية للبروتينات Colour Tests for proteins

يوجد إختبارات لونية عامة تُستخدم في الكشف عن البروتينات والببتيدات (بإستثناء الببتيدات الثنائية) توضح وجود أو غياب البروتينات أو الببتيدات أو الأحماض الأمينية (إختبار بيوريت وإختبار النهيدرين) أما بقية الإختبارات اللونية الأخرى فهى إختبارات خاصة وتعطي نتيجة موجبة فقط مع البروتينات التي تحتوي على أحماض أمينية معينة. وفيما يلي أهم هذه الإختبارات:

١- إختبار البيوريت Biuret Test:

تستجيب جميع البروتينات، وكذلك النواتج الكبيرة للتحليل المائى للبروتينات (بروتيوزات وببتونات وعديد الببتيدات) لإختبار البيوريت أما الببتيدات الثنائية dipeptides والأحماض الأمينية فلا تستجيب لهذا الإختبار.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ١ مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم ١٠٪ إلى ٣ مل من محلول البروتين في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف نقطة أو نقطتين من محلول كبريتات النحاس ١٪ ورج محتويات الأنبوبة.	تكون ظهور اللون البنفسجي 	المادة المدروسة هي بروتين.

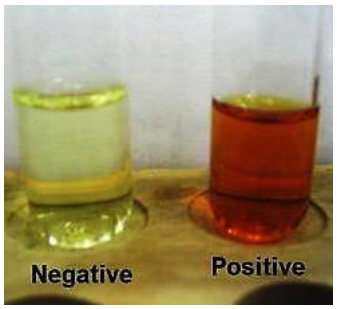
٢- إختبار النهيدرين Ninhydrin Test:

تستجيب الأحماض الأمينية (أحماض ألفا- أمينية) والببتيدات والبروتينات لإختبار النهيدرين حيث يلزم وجود مجموعة أمينية حرة للحصول على نتيجة موجبة يُستدل عليها بظهور اللون الأزرق أو اللون البنفسجى.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٠,٥ مل من ٠,٣٪ نهيدرين (حديث التحضير لا تزيد مدة تحضيره عن يومين) إلى ٣ مل من محلول البروتين٠,٥٪. ٢- ثم سخن إلى درجة الغليان لمدة ١-٢ دقيقة.	تكون اللون الأزرق الأرجواني 	المادة المدروسة هي حامضي أميني أو بروتين.

٣- إختبار زانثوبروتيك Xanthoproteic Test:

تستجيب لهذا الإختبار البروتينات التي تحتوي على الأحماض الأمينية المحتوية على حلقة بنزين benzene ring مثل التيروزين Tyrosine والتربتوفان Tryptophan والفينيل الآنين Phenylalanine حيث يتفاعل حامض النتريك المركز مع البروتينات المحتوية على هذه الأحماض الأمينية مكونا لونا أصفر يتحول إلى لون برتقالي عند إضافة هيدروكسيد الأمونيوم أو يتحول إلى اللون الأحمر المسمر عند إضافة هيدروكسيد الصوديوم. ويلاحظ أن اللون الأصفر الذي ينتج عادة إذا لامس حامض النتريك الجلد ماهو إلا مثال لتفاعل الزانثوبروتيك.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٠,٥ مل من حامض النتريك المركز إلى ١ مل من محلول البروتين في أنبوبة إختبار. ٢- ثم سخن محتويات الأنبوبة للغليان ثم برد المزيج.	ظهور لون أصفر ثم أضف بإحتراس نقطة نقطة من محلول هيدروكسيد الصوديوم ١٠٪ يتحول اللون إلى الأحمر المسمر 	دلالة علي وجود أحماض أمينية محتوية على حلقة بنزين.

٤- إختبار النتروبروسيد Nitroprusside Test:

تستجيب لهذا الإختبار البروتينات المحتوية على السيستايين Cysteine لإحتوائه على مجموعة سلفهيدريل (sulfhydryl group (-SH حيث إن أساس هذا الإختبار هو تفاعل نتروبروسيد الصوديوم مع مجموعة السلفهيدريل في وجود قلوى مثل هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد الأمونيوم فيتكون لون أحمر يعزى إلى المركب المعقد الذي يتكون نتيجة تفاعل كبريتيد الصوديوم (الذي ينتج من تفاعل مجموع SH- وهيدروكسيد الصوديوم) مع نتروبروسيد الصوديوم sodium nitroprusside.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ١ مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم ١٠٪ إلى ١ مل من محلول البروتين. ٢- ثم سخن لمدة دقيقة وبعد التبريد أضف ٠,٥ مل من محلول نتروبروسيد الصوديوم.	تكون اللون الأحمر 	المادة المدروسة هي بروتين يحتوي على السيستايين في تركيبه.

٥- إختبار كبريتيد الرصاص Lead sulphide Test:

يُستخدم هذا الإختبار للكشف عن وجود الكبريت في البروتين لهذا تستجيب البروتينات المحتوية على السيستايين Cysteine والسيستين Cystine لإحتوائهما على مجموعة (سلفهيدريل SH–) أو مجموعة (ثنائي كبريتيد –S–S–) علي التوالي، أما المثيونين Methionine فلا يعطى هذا الإختبار بالرغم من إحتوائه على الكبريت إلا إذا كان قد سبق تسخينه مع حامض معدنى نظرا لوجود ذرة كبريت به في صورة إرتباط قوى. والأساس الذي بُني عليه الإختبار يعتمد على أنه عند تسخين محلول البروتين (المحتوي علي السيستايين والسيستين أو كليهما) مع محلول قلوي هيدروكسيد الصوديوم NaOH ثم إضافة خلات الرصاص Lead acetate يتكون راسب أسود Black precipitate من كبريتيد الرصاص (PbS) Lead sulphide.

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- أضف ٢ مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم ١٠٪ إلى ٢ مل من محلول البروتين في أنبوبة إختبار. ٢- ثم أضف ٢-٣ مل من محلول خلات الرصاص (٩٥ جرام/لتر) ثم سخن.	تكون راسب أسود من كبريتيد الرصاص 	المادة المدروسة هي بروتين يحتوي على الكبريت في تركيبه.

التمرين العملي الثالث عشر

التاريخ: / / ٢٠

إجراء إختبارات: البيوريت – النهيدرين – زانثوبروتيك – نتروبروسيد الصوديوم – كبريتيد الرصاص علي محاليل المواد الآتية:

ألبيومين – جيلاتين – سستايين – كازين

وتدوين النتائج في الجدول التالي:

المادة / الإختبار	ألبيومين	جيلاتين	سستايين	كازين
البيوريت				
النهيدرين				
زانثوبروتيك				
نتروبروسيد الصوديوم				
كبريتيد الرصاص				

التمرين العملي الرابع عشر

التاريخ: / / ٢٠

أولا: أمامك المجهول (A) يحتوي علي محلول لأحد المواد العضوية السائلة والمطلوب التعرف علي نوعية المادة العضوية السائلة، أما المجهول (B) يحتوي علي محلول لأحد المواد العضوية الصلبة أو أحد أملاحها والمطلوب التعرف علي نوعية المادة العضوية الصلبة أو أحد أملاحها مع تدوين النتائج في الجدول التالي:

رقم المجهول ( )	المادة العضوية السائلة
الزجاجة A	

رقم المجهول ( )	المادة العضوية الصلبة
الزجاجة B	

ثانيا: أمامك المجهولين (A, B) لأحد المواد الحيوية الرئيسية التي درستها والمطلوب التعرف علي كل منهما مع تدوين النتائج في الجدول التالي:

رقم المجهول ( )	المادة الحيوية
الزجاجة A	
الزجاجة B	

جـــامعة الفـــيوم
Fayoum University
كلية الزراعة
قسم الكيمياء الحيوية

درجات التمارين العملية في أسس الكيمياء الزراعية العملية لطلاب الفرقة الأولي

الفصل الدراسي الأول – العام الجامعي ٢٠ - ٢٠

اسم الطالب:..... **القسم**: ..... **الرقم**: .....

التمرين العملي	التاريخ	الدرجة (١٠)	التوقيع
الأول			
الثاني			
الثالث			
الرابع			
الخامس			
السادس			
السابع			
الثامن			
التاسع			
العاشر			
الحادي عشر			
الثاني عشر			
الثالث عشر			
الرابع عشر			
	المجموع:		
	المتوسط:		