# الفصل الخامس

## التحليل العنصري الكيفي للمركبات العضوية

هناك عدد كبير من العناصر التي يمكن أن تدخل في تركيب المركبات العضوية إلى جانب الكربون . وسنشير هنا فقط إلى طرق الكشف عن العناصر التالية : C ، H ، Cl ، Br، I ، N ، S ، P .

إن التحليل الكيفي للمركبات العضوية هو تحديد العناصر المكونة للمركب العضـــوي المدروس ، حيث تستخدم تفاعلات كيفية مدروسة جيداً للكشف عن جميع العناصر الداخلة في تركيب المادة العضوية .

لا يمكـــن اتباع طرق التحليل العنصري اللاعضوي في مجال المركبات العضـــوية لأن هـــذه المركـــبات ليست في حالة تشرد . ينبغي إذن كي نستطيع اســـتعمال كواشـــف التحليل المعدني أن نحول العناصر الداخلة في تركيب المواد العضوية إلى شوارد أو مركبات لاعضويةويتم ذلك غالباً بالأكسدة ، ويتم التعرف عندها على المركبات الشاردية المتشكلة بكواشف خاصة لاستنتاج وجود العنصر

### ٥ ــ ١ ــ كشف العناصر بغير طريقة الرشاحة الصوديومية :

#### ٥-١- ١ ــ الكشف عن الكربون والهيدروجين :

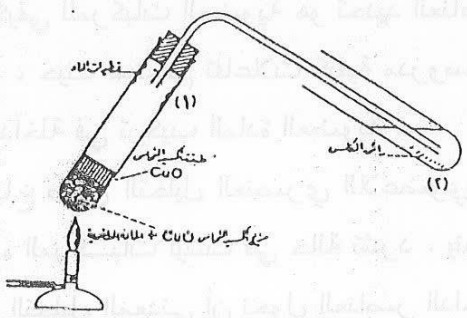
يتم الكشف عن الكربون والهيدروجين في وقت واحد . وتتلخص الطريقة بأكسدتهما على الترتيب إلى غاز ثنائي أوكسيد الكربون وماء . أي بتسخين المادة مع أكسيد النحاس الأسود CuO :

$$[C] + 2CuO \xrightarrow{\Delta} CO_2\uparrow + 2Cu$$

$$2\,[H] + CuO \xrightarrow{\Delta} H_2O + Cu$$

طريقة العمل :

ضع في أنبوب اختبار نظيف وجاف (٠,١)غ من المادة العضوية و (١ - ٢) غ من المسحوق الناعم لأكسيد النحاس الأسود واخلط المزيج جيداً بعد ذلك غط المزيج بطبقة من أوكسيد النحاس ( ٢ - ٣ ) ملم . اغلق الأنبوب بسدادة ذات ثقب واحد مجهز بأنبوب انطلاق ، واغمس فوهته الطليقة في أنبوب اختبار يحوي رائق الكلس بحيث تأتي الفوهة تحت سطح رائق الكلس ، كما هو مبين في الشكل (٥-١ ) :




الشكل (٥-١)

ثبت أنبوب الاختبار بملقط بالقرب من فوهته . سخن قعر الأنبوب الأول برفق وبالتدريج . فإذا احتوت المادة على الكربون ، تأكسد هذا الأخير إلى غاز ثنائي أكسيد الكربون الذي ينطلق فيعكر رائق الكلس :

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

ويزول العكر بوجود زيادة من ثنائي أكسيد الكربون :

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

وإذا احتوت المادة على الهيدروجين ، تأكسد الهيدروجين إلى ماء ، حيث تتكثف أبخرته على جوانب أنبوب الاختبار الباردة أو على أسفل السدادة .

ويمكن أيضاً الكشف عن الهيدروجين بإمرار الغاز المنطلق خلال أنبوب جاف يحوي على كمية قليلة من كبريتات النحاس اللامائية ذات اللون الأبيض ، فإذا

احـــتوت المـــادة على الهيدروجين انطلق هذا الأخير على شكل بخار الماء حيث يتحد مع كبريتات النحاس اللامائية ويحولها إلى اللون الأزرق :

$$CuSO_4 + 5H_2O \rightarrow CuSO_4 . 5\ H_2O$$

وعـــند الانـــتهاء من التجربة ، اسحب أنبوب رائق الكلس أولاً ثم أوقف التسخين واترك الأنبوب المثبت على الحامل حتى يبرد .

**٥-١- ٢ - الكشف عن الآزوت :**

يوجد الآزوت في المادة العضوية على أحد شكلين :

أ : آزوت نشاردي كما في الأميدات و الأمينات مثل الأنيلين $C_6H_5NH_2$ .

ب : آزوت غير نشاردي كما في النتريلات ومركبات النترو مثل :

نترو الميتان $CH_3NO_2$ .

**الكشف عن الآزوت النشادري بطريقة الكلس الصودي :**

تطلـــق المـــادة العضوية الحاوية على آزوت نشادري غاز النشادر عند تسخينها مع قلوي ثابت ( الكلس الصودي ) : ويمكن تمييز غاز النشادر المنطلق من خلال الرائحة الواخذة أو من خلال تلوينه ورقة عباد الشمس الحمراء والمبللة بالماء باللون الأزرق كما هو مبين في الشكل (٥-٢) :

$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4OH$$

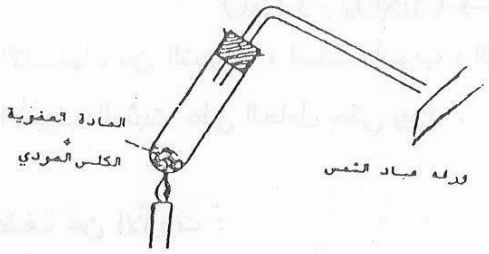
ويشـــكل عندما يقرب منه قضيب زجاجي مبلل بحمض كلور الماء أبخرة بيضاء من مركب كلور الأمونيوم :

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$

**طريقة العمل :**

ضع في أنبوب اختبار حوالي (٠,٢)غ من المادة العضوية مع (١)غ من الكلـــس الصـــودي ( $NaOH + CaO$ ) ، ثـــم أغلق أنبوب الاختبار بسدادة من الفليـــن مجهزة بأنبوب انطلاق . اجعل أنبوب الانطلاق في وضع مائل ثم سخن

بلطـــف في البداية ثم زد التسخين تدريجياً ؛ ويتم كشف غاز النشادر المنطلق كما يلي :




الشكل ( ٥- ٢ )

١ - شم بحذر الرائحة المميزة لغاز النشادر المنطلق .

٢ - قرب ورقة عباد شمس حمراء مبللة بالماء من الغاز المنطلق فتتلون باللون الأزرق في حال كون الغاز المنطلق هو غاز النشادر .

٣ - قـــرب مـــن الغـــاز المنطلق قضيباً مبللاً بحمض كلور الماء المركز ، فإذا تشكلت أبخرة بيضاء كان هذا دليلا على أن الغاز المنطلق هو غاز النشادر .

**٥-١-٣ - الكشف السريع عن الهالوجينات :**

اختـــبار بايلشـــتاين أو اختـــبار شريط النحاس : وهو اختبار سريع للكشف عن الهالوجينات في المركبات العضوية .

يؤخـــذ سلك نحاسي بطول ١٢ سم تقريباً وتثنى إحدى نهايتيه على شكل حلقة وتثبت النهاية الأخرى على قضيب زجاجي يستعمل كمقبض . يسخن السلك مـــن طرف الحلقة في لهب عديم اللون حتى يتأكسد . وتابع التسخين حتى يصبح اللهـــب عديم اللون من جديد . إذا كانت المادة العضوية صلبة فيغمس السلك فيها ثم يعرض إلى اللهب من جديد.

أما إذا كانت المادة العضوية سائلة ، فيبرد السلك ثم يغمس فيها . ويعاد التسخين من جديد على اللهب ، فيتحول الهالوجين الموجود إلى مركب هالوجين النحاس الموافق :

$$2\,X + Cu \xrightarrow{\Delta} CuX_2$$

فـإذا توهج السلك بلون أخضر ، دل ذلك على وجود الكلور، أما إذا كان التوهج بلـون أزرق مخضـر كان ذلك دليلاً على وجود البروم ، وفي حال وجود اليود يتوهج السلك بلون أزرق بنفسجي .

إن هذا التفاعل حساس جداً ، وتبلغ حساسيته لدرجة يمكن فيها لآثار بخار حمـض كلـور الماء الموجودة في جو المخبر أن تلون اللهب باللون الأخضر . لذلـك يجب على المبتدىء أن لا يلجأ إلى هذه الطريقة إلا بعد أن يألفها ويطبقها على عدد من مركبات الكلور والبروم واليود والأجسام غير المهلجنة .

## ٥-٢- الكشف عن الآزوت والكبريت والهالوجينات في المركبات العضوية بطريقة الرشاحة الصوديومية

### ٥-٢-١- تحضير الرشاحة الصوديومية :

إلـى جانب الكربون والهيدروجين والأوكسجين يدخل في تركيب المادة العضـوية الآزوت والكبريـت والهالوجينات ( كلور ، بروم ، يود ، ) والتي يتم الكشف عنها عادة بعد تحويلها إلى شكل شاردي عن طريق صهر المادة العضوية مـع الصـوديوم المعدني (يمنع منعاً باتاً لمس الصوديوم مهما كانت الأسباب ) فيتفاعل الصوديوم في هذه العملية مع الكربون والآزوت والهالوجينات والكبريت حسب المعادلات التالية إن وجدت :

$$[C] + [N] + Na \rightarrow NaCN$$
$$[S] + 2\,Na \rightarrow Na_2S$$
$$X + Na \rightarrow Na^+X^- \qquad (X = Cl\,,\,Br\,,\,I)$$

وإذا احـتوت المادة على الآزوت والكبريت في آن واحد فإن استخدام كمية غير كافية من الصوديوم يقود إلى تشكيل تيوسيانات الصوديوم :

$$[S] + [N] + [C] + Na \rightarrow NaSCN$$

يؤدي وجود هذا الملح إلى إفساد عمليات الكشف اللاحقة عن الآزوت والكبريت

إذ يعطـــي راســباً أحمر يشوش عملية تمييز هذه العناصر ، لذا يفضل استعمال كمية زائدة من الصوديوم كي يتم التفاعل التالي :

$$NaSCN + 2\ Na \rightarrow Na_2S + NaCN$$

بعـــد أن تتم هذه التفاعلات يكسر أنبوب التجربة وتذاب محتوياته في الماء حيث يتفاعل فائض الصوديوم مع الماء :

$$2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + {}^1/_2\ H_2 \uparrow$$

**٥-٢-٢- الكشف عن الآزوت ( طريقة أزرق بروسيا ) :**

ـ يعـــدل المحلـــول الأساسي للرشاحة الصوديومية بحمض الكبريت أو حمض كلور الماء :

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

ثم يضاف مزيج من كبريتات الحديدي وكلور الحديد إلى المحلول المعتدل فيتفاعل ملح سيان الصوديوم مع ملح كبريتات الحديدي معطياً ملح حديدي سيان الصوديوم :

$$6\ NaCN + FeSO_4 \rightarrow Na_4Fe\ (CN)_6 + Na_2SO_4$$

ثـــم يتفاعل ملح كلور الحديد مع ملح حديدي سيان الصوديوم معطياً ملح حديدي سيان الحديد والصوديوم المعروف باسم أزرق بروسيا :

$$Na_4Fe(CN)_6 + FeCl_3 \longrightarrow NaFe^{III}[Fe^{II}(CN)_6] + 3NaCl$$

عند تعديل الرشاحة الصوديومية من الضروري عدم استخدام زيادة كبيرة من الحمـــض ، لـــئلا تفسد تجربة الكشف عن الكبريت والآزوت . ويعود السبب في ذلك إلى تفاعل سيان الصوديوم وكبريت الصوديوم مع زيادة الحمض كما يلي :

$$2\ NaCN + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2HCN \uparrow$$

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

ويـتعذر بالتالي الكشف عن العنصرين السابقين بعد فقدان المركبات اللاعضوية التي تحويهما .

يمكن تجنب هذا الخطر عند الكشف عن الآزوت في الرشاحة الصوديومية بتنفيذ عملية تشكيل راسب أزرق بروسيا على الشكل التالي :

يشـكل مزيج لمحاليل حمض كلور الماء أو حمض الكبريت وبلورة من كبريـتات الحديدي وبضع نقاط من كلور الحديد في أنبوب اختبار ، ثم يضاف له نقاط من الرشاحة الصوديومية فتجري التفاعلات السابقة على سطح المزيج حيث يطفو راسب أزرق بروسيا عليه بشكل حلقات مميزة .

تسمح هذه الطريقة بالكشف عن آثار الآزوت في المادة العضوية .

**طريقة العمل :**

ضـع في أنبوب اختبار نظيف وجاف تماماً قطعة من الصوديوم المعدني مقطوعة حديثاً بواسطة ملقط حديدي . ثبت الأنبوب الحاوي على قطعة الصوديوم على حامل شاقولي ثم سخن بلطف حتى انصهار الصوديوم وارتفاع أبخرته حتى ٢ سـم في الأنبوب . أطفىء مصباح بنزن ثم أضف من ٢ - ٣ نقاط إذا كانت المادة العضوية سائلة أو ( ٠,٢ - ٠,٣ ) غ إذا كانت المادة العضوية صلبة فوق الصـوديوم المنصـهر ، ثـم سـخن حتى احمرار الأنبوب وتابع التسخين بعد الاحمرار لمدة تتراوح من دقيقتين إلى ثلاث دقائق .

اتـرك الأنبوب يبرد ، ثم ادخل قعره الذي لايزال ساخناً في بيشر يحوي ١٠ مـل من الماء المقطر( أبعد وجهك عن البيشر ولا تنس وضع النظارات قبل انجـاز هـذه العملية ) . إذا لم ينكسر الأنبوب يفضل كسره بطرق قعره بقضيب زجاجـي ( مع الحذر الشديد ) فتحصل على رشاحة الانصهار الصوديومي . أو دع الأنبوب يبرد تلقائياً حتى الدرجة العادية من الحرارة ، ثم أضف بعد ذلك

( ٣ )مـــل من الميتانول لتفكيك بقايا الصوديوم التي لم تتفاعل ، ثم املأ الأنبوب حـــتى منتصفه بالماء المقطر ، اغل محتوى الأنبوب لعدة دقائق ثم رشح المحلول المائي فتحصل بذلك على رشاحة الانصهار الصوديومي الصافية .

حمّض (٢) مل من الرشاحة الصوديومية في أنبوب اختبار بواسطة حمض كلور الماء أو حمض الكبريت المممدين دون استخدام زيادة منه ( لماذا ؟) مستعيناً بورق عباد الشمس .

أضـــف إلى الرشاحة (١) مل من محلول كبريتات الحديدي و(١)مل من محلول كلور الحديد . هل يتشكل راسب ؟ ما لونه ؟ ماذا تستنتج .

حضر مزيجاً لمحاليل كبريتات الحديدي ( أو بلورة واحدة ) وكلور الحديد وحمـــض كلـــور الماء المدد ( ١ مل من كل محلول ) في أنبوب اختبار وأضف قطرات قليلة من الرشاحة الصوديومية بواسطة قطارة . ماذا تلاحظ ؟

**٥-٢-٣- الكشف عن الكبريت :**

يتم الكشف عن الكبريت العضوي بتحويله إلى كبريت شاردي لاعضوي ( بتجربة الانصهار الصوديومي ) ثم ترسيبه على شكل PbS :

$$S + 2\,Na \rightarrow Na_2S$$

$$Na_2S + Pb(CH_3COO)_2 \rightarrow PbS\downarrow + 2Na(CH_3COO)$$

**طريقة العمل :**

حضـــر رشـــاحة الانصـــهار الصوديومي للمادة العضوية الحاوية على الكبريت ثم خذ ( ١ ) مل من الرشاحة في أنبوب اختبار وحمضها بحمض الخل مستعيناً بورق عباد الشمس ( لماذا لا يمكن استخدام حموض قوية كحمض كلور المـــاء أو حمـــض الكبريت ؟ ) ، ثم أضف محلول خلات الرصاص ٥ % هل يتشكل راسب ؟ ما لونه ؟ ماذا تستنتج .

٥-٢-٤- الكشف عن الهالوجينات :

يتم الكشف عن الهالوجينات بطريقة الانصهار الصوديومي وهي الطريقة العامة أو بصهر المادة العضوية مع أوكسيد الكالسيوم ( الكلس الحي ) أو بأكسدة المركب العضوي مباشرة بالمؤكسدات القوية .

١ ـ طريقة الانصهار الصوديومي :

حمّض ( ٢ )مل من الرشاحة الصوديومية الحاوية على الهالوجينات بحمض الآزوت حتى الحموضة الواضحة ( استعن بورقة عباد الشمس ) واغل المحلول الحمضي عدة دقائق للسماح لحمض سيان الماء وكبريت الهيدروجين اللذين يتشكلان كما سبق باستعمال زيادة الحمض بالانطلاق نهائياً من المحلول إذ إن ذلك يساعد على الكشف الواضح للهالوجينات .

يستعمل في الحقيقة محلول نترات الفضة ( ٥ % ) للكشف عن الهالوجينات في الرشاحة الصوديومية ، حيث تترسب أملاح هالوجين الفضة :

$$AgNO_3 + NaX \rightarrow \underset{\text{هالوجين الفضة}}{\underset{\downarrow}{AgX}} + NaNO_3$$

تتفاعل نترات الفضة مع سيان الصوديوم وكبريت الصوديوم ( عند وجودهما في الرشاحة ) وتعطي رواسب قد تشوش الكشف السابق وتؤدي إلى نتائج خاطئة :

$$AgNO_3 + NaCN \rightarrow \underset{\text{سيانيد الفضة}}{\underset{\downarrow}{AgCN}} + NaNO_3$$

$$2AgNO_3 + Na_2S \rightarrow \underset{\text{كبريت الفضة}}{\underset{\downarrow}{Ag_2S}} + 2\ NaNO_3$$

يسمح لون الهالوجين بمعرفة هوية الهالوجين :

فإذا كان الراسب أبيض اللون فإن ذلك يدل على كونه كلور الفضة AgCl وعلى أن الهالوجين هو الكلور .

وإذا كان الراسب أبيض مصفرّاً فإن ذلك يدل على كونه بروم الفضة AgBr وعلى أن الهالوجين هو البروم .

أما إذا كان الراسب أصفر فاقعاً فإن ذلك يدل على كونه يود الفضة AgI وعلى أن الهالوجين هو اليود .

يمكن التأكد من النتيجة القائمة على ملاحظة لون الراسب باختبار انحلاله في محلول ماءات الأمونيوم المركزة ، إذ إن كلور الفضة ينحل فيه بسهولة في حين أن بروم الفضة ينحل فيه بصعوبة ويود الفضة عديم الانحلال في هذا المحلول .

ويمكن الكشف عن الهالوجين باستخدام محلول الرشاحة الصوديومية الأصلي مباشرة بطريقة الأكسدة إلى الهالوجين الحر وذلك كما يلي :

ضع (١ ) مل من محلول الرشاحة الصوديومية في أنبوب اختبار وأضف إليه قطرتين من حمض الكبريت (٦ ن ) وقطرتين من محلول برمنغنات البوتاسيوم ٢ % و (٢ ــ ٣ ) مل من رباعي كلور الكربون $CCl_4$ .

ينتقل الهالوجين الحر الناتج عن الأكسدة إلى الوسط العضوي بخض الأنبوب . يدل لون المحلول العضوي على هوية الهالوجين فإذا بقي عديم اللون كان الهالوجين هو الكلور وإذا كان أحمر كان الهالوجين هو البروم وإذا كان بنفسجياً دل ذلك على أن الهالوجين هو اليود .

يمكن أيضاً التأكد من هوية الهالوجين بإجراء اختبار سلك النحاس كما ورد سابقاً ( طريقة بالشتاين ) على محلول الرشاحة الصوديومية بعد طرد حمض سيان الماء وكبريت الهيدروجين . يدل اللون الأخضر على وجود الكلور واللون الأزرق المخضر على وجود البروم واللون الأزرق البنفسجي على وجود اليود .

**٢ ــ طريقة صهر المادة العضوية مع الكلس الحي :**

ضع في أنبوب اختبار نظيف وجاف خليطاً متجانساً تقريباً من المادة العضوية ( ١غ أو ١ مل ) والكلس الحي (١) غ ، وغط المزيج بطبقة من الكلس ( ثخنها ٢ مم تقريباً ) ، سخن برفق في البداية ثم بشدة حتى الدرجة الحمراء واستمر بالتسخين في هذه الدرجة مدة دقيقة واحدة ، ثم برد ومدد بالماء . بعد

ذلك حمض بحمض الأزوت تحميضاً كافياً ( احذر من التناثرات ) ورشح فتحصل على الرشاحة المطلوبة .

يمكن التعرف على هوية الهالوجين في هذه الرشاحة وذلك باتباع نفس الطرق المستخدمة في الكشف عن الهالوجينات بطريقة الانصهار الصوديومي .

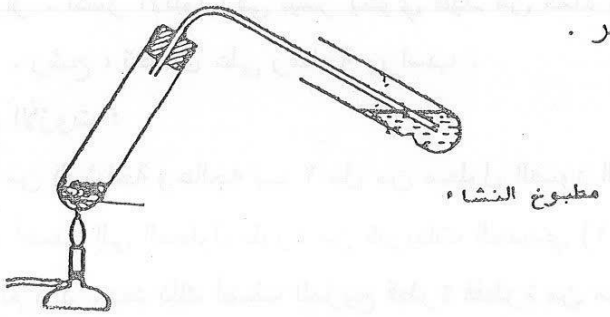
**٣ ــ الأكسدة إلى الهالوجينات الحرة :**

يمكن أكسدة هالوجين المركب العضوي إلى الهالوجين الحر باستخدام مزيج منه مع مادة مؤكسدة مثل ثنائي أوكسيد المنغنيز أو ثنائي أوكسيد الرصاص أو فوق منغنات البوتاسيوم ومع حمض الكبريت المركز .

يجرى هذا التفاعل أولاً بالبارد ويضاف حمض الكبريت بحذر وبالتدريج ويسخن الأنبوب الحاوي على هذا المزيج الفترة اللازمة لانطلاق الهالوجين الحر الذي يمرر في أنبوب انطلاق إلى أنبوب آخر يحوي مطبوخ النشاء كما هو مبين في الشكل ( ٥ ــ ٣ ) .

يتلون مطبوخ النشاء إذا كان بارداً باللون الأزرق عند وجود اليود . إذا نزعنا أنبوب مطبوخ النشاء وقربنا ورقة فلوريسئين من فوهة أنبوب الانطلاق وتحول لونها إلى اللون الوردي كان ذلك دليلاً على وجود البروم . وأخيراً فإن زوال لون ورقة عباد شمس مبللة بالماء يشير إلى انطلاق غاز الكلور .

يمكن في هذه التجربة تحديد هوية الهالوجين دون استخدام الكواشف السابقة وذلك بمجرد مراقبة لون الغاز المنطلق : ينطلق اليود بشكل أبخرة بنفسجية ثقيلة وينطلق البروم بشكل أبخرة حمراء وينطلق الكلور بشكل غاز أصفر مخضر .




الشكل ( ٥ ــ ٣ )

طريقة العمل :

ضع حوالي ٠,٥ غ من المركب العضوي في أنبوب أختبار وأضف كمية مساوية من فوق منغنات البوتاسيوم ، ثم أضف وبحذر شديد قطرة أو اثنتين من حمض الكبريت المركز ( بإسالته على جدار الأنبوب تدريجياً ) . أغلق الأنبوب بسدادة مجهزة بأنبوب انطلاق مغموس في أنبوب أختبار آخر يحوي قليلاً من مطبوخ النشاء شكل ( ٥ــ٣) . سخن أنبوب المادة العضوية مدة كافية من الزمن حتى تذهب نواتج التفاعل لتقرقر في مطبوخ النشاء . هل يتلون مطبوخ النشاء وبأي لون ؟ .

قرب ورقة الفلوريسئين من فوهة أنبوب الانطلاق . هل يتغير لون الورقة الأصفر وإلى أي لون ؟ .

قرب ورقة عباد شمس مبللة بالماء من الفوهة . ماذا يصبح لونها ؟ .

## الكشف عن الآزوت والهالوجينات والكبريت بصهر المادة العضوية مع مزيج كربونات الصوديوم والزنك

يستعاض عن الصوديوم في تحضير رشاحة الانصهار الصوديومي بمزيج من كربونات الصوديوم والزنك وذلك كما يلي :

خذ ٠,١ غ من المادة العضوية وامزجها مع عشرة أمثال حجمها من مزيج كربونات الصوديوم والزنك ( بنسبة ١ : ٢ ) . غط المزيج بحجم مساوٍ له من مزيج الكربونات والزنك . سخن الأنبوب وهو في الوضع الأفقي حتى يبلغ درجة الاحمرار . أكسر الأنبوب في بيشر يحوي قليلاً من الماء البارد . أغل محتويات البيشر . رشح ، تحصل على رشاحة وراسب .

**١ ــ الكشف عن الآزوت :**

خذ قسماً من الرشاحة وعالجه بـ ٢ مل من محلول الصود الكاوي ٥ % قطرة فقطرة ، ثم أضف إلى المحلول بلورة من كبريتات الحديدي (٠,١ غ تقريباً) أغل المزيج ، ثم برد . بعد ذلك أضف للمزيج قطرة فقطرة من محلول حمض

الكبريت الممدد حتى الحموضة الضعيفة . يدل تشكل راسب أزرق على وجود الآزوت .

**٢ ــ الكشف عن الهالوجينات :**

خــذ قسماً من الرشاحة وحمّضه بحمض الآزوت ٥ % ثم أضف محلول نــترات الفضة . تشكل راسب أبيض أو أبيض مصفر أو أصفر دليل على وجود الهالوجين . حدد هوية الهالوجين من تلون رباعي كلور الكربون .

**٣ ــ الكشف عن الكبريت :**

ضــع الراسب في جفنة من البورسلان ، ثم أضف إليه محلولاً ممدداً من حمــض كلــور المــاء . غط الجفنة بسرعة بورقة ترشيح مبللة بمحلول خلات الرصاص . تلون الورقة بلون أسود دليل على وجود الكبريت .

## ٥ ــ ٣ ــ الكشف عن الفوسفور :

يــتم الكشــف عن الفوسفور العضوي بأكسدته إلى حمض الفوسفور أو الفوســفات ، ثــم بترسيب شاردة الفوسفات على شكل راسب أصفر من فوسفور موليبدات الأمونيوم .

نميز عند الكشف عن الفوسفور بين حالتين للمادة العضوية :

**١ــ الحالة الأولى : عندما تكون المادة العضوية غير طيارة**

تخلــط المــادة العضوية مع نترات البوتاسيوم وكربونات الصوديوم في بوتقة، ثم يسخن المزيج بشدة . تخفض كربونات الصوديوم درجة انصهار الخليط وتســهل تفكــك المــادة العضــوية ، ممــا يساعد على أكسدة الفوسفور بنترات البوتاسيوم إلى الفوسفات :

$$P + 3\,KNO_3 \xrightarrow{Na_2CO_3} K_3PO_4 + 2NO_2\uparrow + NO\uparrow$$

يبرد الناتج ويحل بالماء المقطر ثم يعالج بحمض الآزوت وأخيراً بالكاشف المولبيديني ( محلول موليبدات الأمونيوم في حمض الآزوت ) ، فإذا ما تشكل راسب أصفر بلوري دل ذلك على وجود الفوسفور في المادة العضوية :

$$K_3PO_4 + 3\,HNO_3 \longrightarrow H_3PO_4 + 3KNO_3$$

$$H_3PO_4 + 2(NH_4)_2MoO_4 + 21\,HNO_3 \longrightarrow$$

$$\longrightarrow (NH_4)_3(MoO_3)_{12}\,PO_4 + 21\,NH_4NO_3 + 12H_2O$$

فوسفو موليبدات الأمونيوم

**طريقة العمل :**

أخلط ١ غ من المادة العضوية مع ٢ غ من نترات البوتاسيوم و٢ غ من كربونات الصوديوم في بوتقة وسخن بشدة. برد ثم انقل الناتج إلى بيشر وعالجه بالماء المقطر . حمّض المحلول بحمض الآزوت بصورة تدريجية ( لتجنب الانطلاق الشديد لغاز الكربون ولتجنب التناثرات الحمضية ) .
رشح ، ثم خذ ١ مل من الرشاحة إلى أنبوب أختبار وأضف إليها ٣ مل من الكاشف الموليبديني . يدل تشكل راسب بلوري أصفر على وجود الفوسفور .

**٢ــ الحالة الثانية : عندما تكون المادة العضوية طيارة**

تتم أكسدة الفوسفور في هذه الحالة بحمض الآزوت المركز في أنبوب مغلق على اللهب أي بالساخن وتحت ضغط مرتفع ، فيتأكسد الفوسفور إلى حمض الفوسفور :

$$P + 5\,HNO_3 \longrightarrow H_3PO_4 + 5\,NO_2 + H_2O$$

فيعالج عندئذ كما في الحالة السابقة .

**طريقة العمل :**

ضع ١ غ من المادة العضوية الطيارة في أنبوب أختبار معد كي يغلق على اللهب ، مع ٢ مل حمض آزوت مركز وأغلق الأنبوب على اللهب . سخن حتى يمتلىء الأنبوب بأبخرة ثنائي أوكسيد الآزوت ( احذر من الانفجار ) . أترك الأنبوب يبرد . أكسر الأنبوب بحذر شديد وصب محتواه في كأس يحوي بضعة ميليمترات من الماء المقطر . حرك جيداً ثم رشح . عالج الرشاحة بالكاشف الموليبديني . يدل تشكل الراسب الأصفر البلوري على وجود الفوسفور .