



SY0000776

**SYRIAN ARAB REPUBLIC  
ATOMIC ENERGY COMMISSION (AECS)  
DAMASCUS, P.O. BOX 6091**



**FINAL REPORT ON SCIENTIFIC RESEARCH  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY**

**GAS-PHASE SPECTROSCOPIC STUDIES OF HEAVY ELEMENTS  
COMPOUNDS (GROUP V) USING FTIR TECHNIQUE**

**DR.ABDUL W.ALLAF  
DR.Z.AJJI**

**AECS - CFRSR 179**

**DECEMBER 1998**



SY0000776

الجمهورية العربية السورية  
هيئة الطاقة الذرية

دمشق - ص.ب. ٦٠٩١

## تقرير نهائي عن بحث علمي

قسم الكيمياء

دراسة طيفية لمركبات العناصر الثقيلة ( المجموعة الخامسة )  
في الطور الغازي باستخدام تقنية FTIR

الدكتور عبد الوهاب علاف

الدكتور زكي العجي

كانون الأول ١٩٩٨

هـ ط ذ س - ك / ت ن ب ع ١٧٩

الجمهورية العربية السورية  
هيئة الطاقة الذرية  
قسم الكيمياء

دراسة طيفية لمركبات العناصر الثقيلة ( المجموعة الخامسة )  
في الطور الغازي باستخدام تقنية FTIR

الدكتور عبد الوهاب علاف  
الدكتور زكي العجي

كانون الأول ١٩٩٨

هـ ط ذ س - ك / ت ن ب ع ١٧٩

حقوق النشر :

يسمح بالنسخ والنقل عن هذه المادة العلمية للاستخدام الشخصي بشرط الاشارة إلى المرجع ، أما  
النسخ والنقل لأهداف تجارية فغير مسموح بهما إلا بموافقة خطية مسبقة من إدارة الهيئة .

## الفهرس : Contents

4.....	الخلاصة:
5.....	1- المقدمة Introduction:
6.....	2- التجربة Experimental:
8.....	3- النتائج المناقشة Results and Discussion:
15.....	4- المراجع References:
16.....	5- كلمة شكر Acknowledgments:
16.....	6- توصيات Recommendations:

## الخلاصة:

تم في هذا البحث تحضير الجزيئات  $OSbX_3$  و  $OSbCl$  حيث  $X = F, Cl, Br$  بطريق تسلسلي لأول مرة حيث تم إنتاج  $OSbCl_3$  من خلال تفاعل كلور الأنتيموان  $SbCl_3$  مع الأوكسجين الناتج من تسخين أكسيد الفضة  $Ag_2O$ . في حين أن  $OSbF_3$  حضر من تفاعل  $OSbCl_3$  مع فلور الصوديوم كذلك حضرت  $OSbBr_3$  من تفاعل  $OSbCl_3$  مع بروم البوتاسيوم. وتم إرجاع ناتج التفاعل  $OSbCl_3$  مع الفضة من أجل الحصول على  $OSbCl$ .

تم الحصول على الطيوف في الطور الغازي عند قوة فصل منخفضة باستخدام الأشعة تحت الحمراء لتحويلات فوريه FTIR لأول مرة. ظهرت القمة المميزة للرابطة  $O=Sb$  للمركبات  $OSbX_3$  عند 1200, 1217, 1272  $cm^{-1}$  في حين أن الرابطة المميزة  $O=Sb$  ظهرت للجزيئة  $OSbCl$  عند  $924\ cm^{-1}$  وهي متوافقة مع النتائج الملاحظة لجزيئة شبيهة  $OAsCl$  المدروسة بتقنية العزل الصلب والتي تظهر عند عدد موجي أعلى مقارنة مع  $OSbCl$ . تحتاج القيمة عند  $1200\ cm^{-1}$  إلى أعمال وتجارب أخرى لتأكيدھا. تم التركيز في هذا البحث على مركبات الأنتيموان فقط في حين سيتابع العمل على المركبات المتبقية في المجموعة الخامسة وبالأخص الزرنيخ والبيزموت في بحوث مقبلة حيث تم الإشارة في الإستمارة المقدمة على أن الإستمارة مكررة.

## Abstract

Antimony oxide trihalide,  $OSbX_3$  where  $X = F, Cl$  and  $Br$ , and antimony (III) oxychloride,  $OSbCl$  molecules were produced by an on-line process for the first time using antimony chloride  $SbCl_3$  passed over heated silver oxide then followed by passing the obtained products over heated  $NaF$  and heated  $KBr$  for  $SbOF_3$  and  $OSbBr_3$ , respectively.

The obtained  $OSbCl_3$  reacts with heated silver to produce  $OSbCl$ . The products have been characterized by the infrared spectra of their vapors. The low resolution gas-phase Fourier transform infrared spectrum, reported for the first time, shows the most characteristic band of  $OSbX_3$  at 1272, 1217 and  $1200\ cm^{-1}$  and the bands are assigned to the  $O=Sb$  stretching fundamental of  $OSbX_3$  where  $X = F, Cl$  and  $Br$ , respectively.

The band at  $1200\ cm^{-1}$  needs more experimental investigation.

The band at  $924\ cm^{-1}$  is assigned to the  $O=Sb$  stretching fundamental of  $OSbCl$  molecule. This result is in consistent with expectation and shifted to lower frequency in comparison with arsenic analogous molecule which is investigated by matrix-isolation technique.

The work will be continued in order to cover the bismuth and arsenic compounds of similar structures.

## 1 المقدمة: Introduction

لاقت دراسة الطيوف الاهتزازية والدورانية للجزيئات ذات الصيغة العامة ABC إهتماماً كبيراً حيث A هو عبارة عن عنصر من المجموعة الخامسة وB عنصر من المجموعة السادسة أما C فهو عبارة عن الهالوجين أو أي شرسبة أحادية التكافؤ. إن المجموعة الخامسة كما هو معلوم تحتوي على العناصر التالية N, P, As, Sb, Bi فقد تمت دراسة هاليدات النتروزيل ذات الصيغة ONX طيفياً بشكل مفصل بالأشعة تحت الحمراء ومطيافية الألكتروليت الضوئي وتقنية الـ Microwave [1-5]. تمت متابعة العمل على الجزيئات الشبيهة بمركبات النتروزيل والحاوية على الفسفور والتي لها صيغة عامة أيضاً OPX. درست هذه الجزيئات طيفياً باستخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء المأخوذة في تقنية العزل الصلب [6]. تمت متابعة العمل على نفس الجزيئات باستخدام الأشعة تحت الحمراء أيضاً لكن بتقنية الطور الغازي وتم الحصول على الطيوف للجزيئات OPX حيث X= F, Cl, Br, I [7,8]. أما فيما يتعلق بعنصر الزرنيخ فقد تمت دراسة الجزيئة OAsCl من قبل Schnockel وزملاءه عام 1983 بتقنية العزل الصلب في وسط من الأرجون [9].

تمت محاولة الحصول على بقية المركبات لنفس العنصر لكن دون نتائج مشجعة في الوقت الحاضر لذلك تركز إهتمامنا على دراسة مركبات الأنتيموان ذات الصيغة العامة OSbX<sub>3</sub> و OSbX حيث X عبارة عن هالوجين وعادة نقوم بالتركيز على الكلور للحصول على أفضل الشروط التجريبية لإنتاجه ومن ثم نقوم باستبدال الهالوجين المرتبط بهالوجين آخر أو ب شرسبة أحادية التكافؤ .

لم يدرس OSbCl طيفياً بأي تقنية من قبل لذلك تم التركيز في هذا البحث على OSbCl فقط وكون هذه الإستمارة مكررة سنقوم بتجارب مستقبلية على بقية مركبات المجموعة الخامسة. إن جزيء OSbCl لاخطي وله بنية نظيرية Cs وبالتالي له ثلاث أنماط اهتزازية فعالة يمكن ملاحظتها بتقنية الأشعة تحت الحمراء.

أما فيما يتعلق بالجزيئات ذات الصيغة العامة OMX<sub>3</sub> حيث M عنصر من المجموعة الخامسة و X هالوجين أو أي شرسبة أحادية التكافؤ. فقد تم دراسة ONF<sub>3</sub> بمطيافية الأشعة تحت الحمراء فقط من قبل Curtis [10]. أما فيما يتعلق بالجزيئات OPX<sub>3</sub> فقد تمت دراستها جميعاً بتقنية التحليل الضوئي من قبل Andrews [11] وتم تلخيص ذلك لجميع الجزيئات في مراجعة جاكوكس لعام 1995 [12].

درست جميع الجزيئات ذات الصيغة OPX<sub>3</sub> حيث X عبارة عن هالوجين في الطور الغازي باستخدام تقنية الأشعة تحت الحمراء وذلك لأول مرة بالإضافة إلى تقنية العزل الصلب ورامان في الطور الغازي على الترتيب [13,11,14]. ونظراً لأن الجزيئات OSbX<sub>3</sub> غير معروفة طيفياً فقد تم التركيز أيضاً في هذا البحث على OSbX<sub>3</sub> بالإضافة إلى OSbCl. وسنقوم بمحاولة لدراسة الجزيئة OSbI<sub>3</sub> حيث أن التعامل مع مادة اليود يكون أصعب من باقي الهالوجينات بسبب قابليتها العالية للتصعد. وتجدر الإشارة إلى أن هذه الجزيئات تنتمي لمجموعة نظيرية C<sub>3v</sub> وهي عبارة عن Monomeric tetrahedral وهي جزيئات لاخطية أيضاً. وبالتالي لها 9 أنماط اهتزازية فعالة في المجال تحت الأحمر. للمقارنة تم إجراء بعض التجارب على اليوزموت كما ورد في التقرير المرحلي الأول. ولكن النتائج لم تكن متجانسة ومشجعة بشكل كاف لذلك سيتم التركيز عليها في عمل مقبل.

## 2-التجربة: Experimental

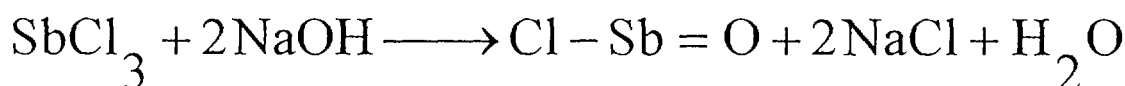
حسب اعتقادنا فإن النتائج التي توصلنا إليها في البحث والتي عرضت في التقرير المرحلي الأول حول اليزموت وخصوصاً الجزري BiOCl لم تكن كافية وبالتالي يجب إعادتها والتأكد منها قبل أن نعتبرها نتائج متكررة ومفيدة ومتعلقة بالجزئية الأنفة الذكر. لذلك تابعنا العمل والتركيز على مركبات الأنتيموان وخصوصاً الجزريسات OSbCl<sub>3</sub> و OSbX<sub>3</sub>.

إن التجارب العديدة التي أجريت على مركب كلور الأنتيموان SbCl<sub>3</sub> كمادة أولية لتحضير OSbX<sub>3</sub> و OSbCl<sub>3</sub> كانت على النحو الآتي:

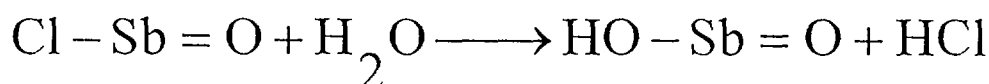
1- تسجيل طيف تحت الأحمر لمركب كلور الأنتيموان SbCl<sub>3</sub> على شكل قرص من العينة محمول على الـ KBr  
2- تسخين SbCl<sub>3</sub> تحت الفراغ 60°C وتم تغطية كامل الخط بدءاً من العينة حتى خلية الأشعة تحت الحمراء المستخدمة بواسطة شريط تسخين Heating Tape منعاً لأي تكثيف للمادة خلال خط التفريغ. إن سبب إجراء ذلك لمعرفة فيما إذا كانت العينة SbCl<sub>3</sub> تحتوي على آثار من الماء وبالتالي سيكون الطيف الملاحظ مخالفاً للطيف في المرحلة الأولى أو أنه سوف لا نحصل على أي حزم تعود لـ SbCl<sub>3</sub>.

3- تمت محاولة إرجاع SbCl<sub>3</sub> والذي عادةً يضعه في انبوب له حنفية تحكم منعاً من تبخره والذي يؤدي إلى بناء طبقة من المادة على النافذتين KBr الموجودتين في خلية الـ IR والتي تمنع ظهور أي امتصاص وذلك مع الصوديوم من أجل الحصول على OSbCl<sub>3</sub>. بافتراض أنه يوجد آثار من الماء في العينة (مستربة).

4- تم تحضير المركبات SbOOH ، SbOCl ، مخبرياً حسب الطريقة التالية [15]:  
يكون تحضير كلا المركبين بتفاعل كلور الأنتيموان مع مائات الصوديوم بتراكيز مختلفة ويكون التفاعل الجاري لتحضير OSbCl<sub>3</sub> على الشكل التالي:



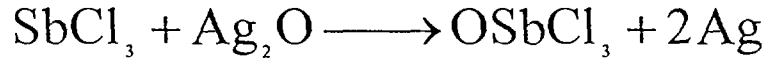
وبوجود زيادة من الماء يتحلل SbOCl متحولاً إلى SbOOH حسب التفاعل التالي :



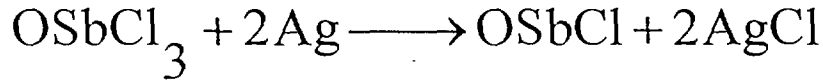
حيث أضيف 10 غ من SbCl<sub>3</sub> إلى 29.1 مل من محلول مائات الصوديوم 1N فحصلنا على مادة راسبية بيضاء من المعتقد أن تكون OSbCl<sub>3</sub> يعتقد أنها بإضافة كمية من الماء تتحول إلى SbOOH. رشحت الرواسب المشكلة من التفاعلات السابقة وجففت تحت الفراغ لاستخدامها لاحقاً. حيث أن العزل الكيميائي للمركبات O=Sb-Cl و O=Sb-OH لم يكن كاملاً وذلك حسب طيوف الـ MS لهذه المركبات المعزولة. لذلك لجأنا إلى القيام بالتفاعل في الحالة الغازية On-Line Process.

5- أرسلت عينات SbOCl ، OSbOH إلى مخبر طيف الكتلة لأخذ طيوف MS لها . ودلت النتائج على وجود الجزيء SbOCl .H<sub>2</sub>O بوفرة أعظمية في العينة كما ظهر ذلك واضحاً في تحاليل الـ DTA لهذه المركبات وجود ماء التبلور.

6- أجريت محاولة أكسدة المركب SbCl<sub>3</sub> بواسطة أو أكسيد الفضة لتحويله إلى OSbCl<sub>3</sub> وذلك عند الدرجة 230°C حسب التفاعل التالي:



وبإمرار الناتج على الفضة بطريقة تسلسلية تحدث عملية إرجاع عند الدرجة 830°C



7- أجريت عدة محاولات للقيام بتجارب أولية مع البزموت والزرنيخ والتي ستدرس فيما بعد بنفس الإستمارة حيث تعتبر الإستمارة المقدمة لدراسة عناصر المجموعة الخامسة مكررة.

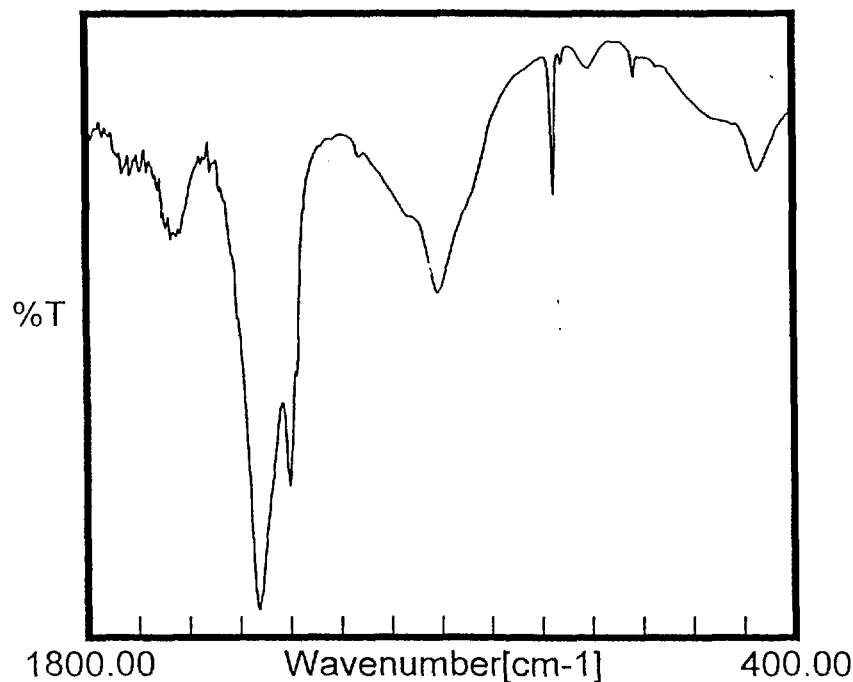
8- قمنا بعدة تجارب باستخدام الصوديوم بدلاً من الفضة كعنصر مرجع من أجل تحديد التردد الإهتزازي للرابطة O=Sb لكن النتائج لم تكن مشجعة.

تم استخدام جهاز FTIR 300E الموجود في قسم الكيمياء بقوة فصل 2cm<sup>-1</sup> من أجل الحصول على الطيوف لبنى للجزيئات المدروسة في حين أن خط التفريغ المستخدم يمكن العودة إليه في أبحاث سابقة.



### 3- النتائج والمناقشة: Results and Discussion

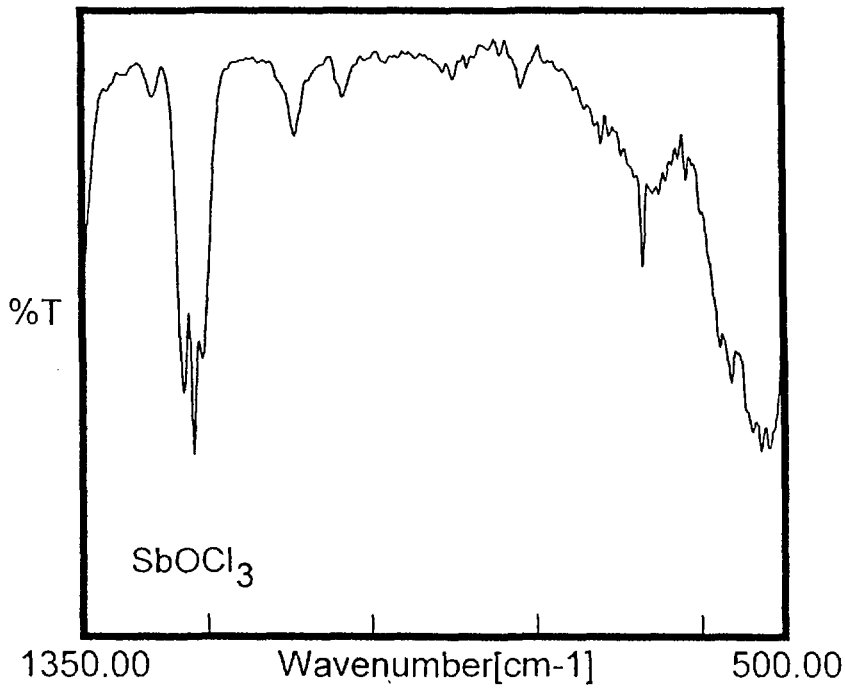
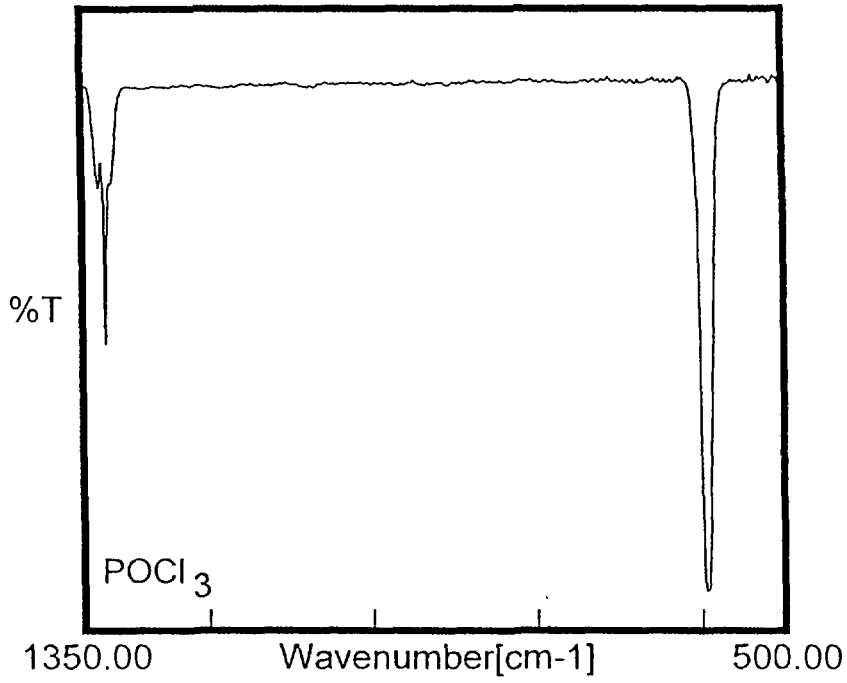
تظهر صعوبة فصل جزئ الـ OSbCl المحضر كيميائياً في التحليل بمطيافية الكتلة والتحليل التفاضلي الحراري DTA حيث تظهر هذه التحاليل وجود جزيئة الماء بشكل دائم مشكلةً OSbCl.H<sub>2</sub>O. لذلك لجأنا إلى دراسة هذا الجزيء في الطور الغازي تحت الفراغ بمعزل عن وجود أي أثر للماء. تم أخذ قرص KBr للمادة الأولية المستخدمة SbCl<sub>3</sub> فحصلنا على الطيف الموضح في الشكل (1).



الشكل (1) طيف قرص KBr لـ SbCl<sub>3</sub>.

حيث تظهر أربعة حزم عند  $1420, 1105, 875, 478 \text{ cm}^{-1}$  وعند العودة للمرجع [16] تبين أنه توجد أربعة حزم فقط للجزء SbCl<sub>3</sub> عند  $380.7, 150.8, 358.9, 121.8 \text{ cm}^{-1}$  من هنا نلاحظ أنه لا يمكن أن نحصل على أي حزمة في مجال الجهاز المستخدم. ولدى إجراء التجربة تحت الفراغ من أجل ملاحظة ماتم الحصول عليه عند دراسة قرص الـ KBr لم نلاحظ ظهور أي حزمة للمادة في الطور الغازي وربما تعود الحزم الملاحظة في القرص إلى عدم النقاوة أو لحزم تراكيبية Combination bands.

يبين الشكل (2) الطيف الناتج نتيجة إمرار  $SbCl_3$  فوق أكسيد الفضة المسخن حتى الدرجة  $230^\circ C$  ضمن المجال من  $500-1350\text{ cm}^{-1}$ . وقد وضع هذا الطيف في الأسفل لمقارنته مع الطيف  $POCl_3$  (الأعلى).



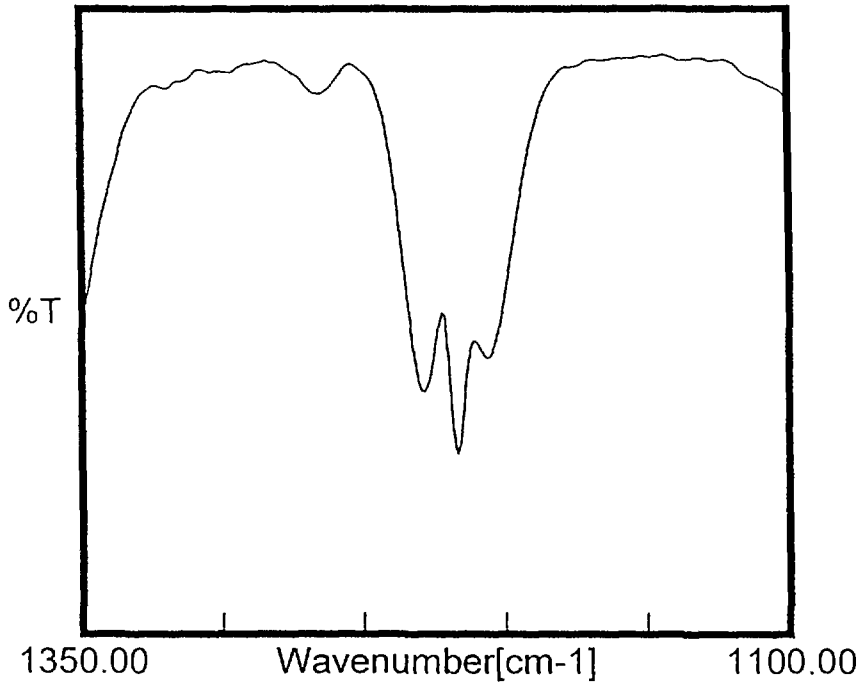
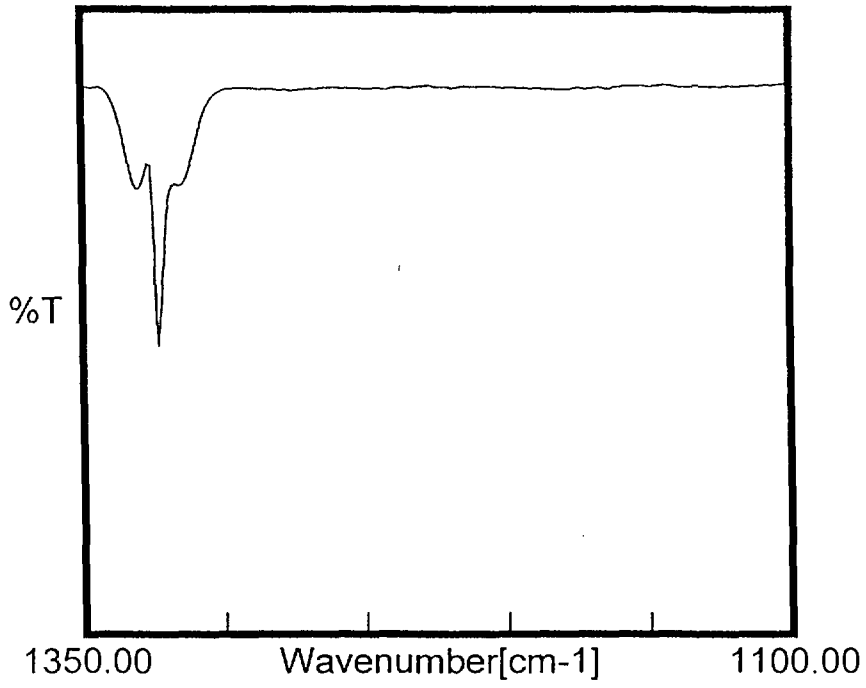
الشكل (2)

يظهر الطيف السفلي الحزم العائدة لـ  $\text{OSbCl}_3$  وهما عند  $1217, 540 \text{ cm}^{-1}$  فسرت الحزمة الأولى عند  $1218 \text{ cm}^{-1}$  على أنها امتطاطية ( $\text{O}=\text{Sb str.}$ )  $a_1$  في حين أن الحزمة الثانية الموجودة عند  $540 \text{ cm}^{-1}$  تمثل الإمتطاطية ( $\text{Sb-Cl str.}$ )  $e$ . أما بقية الحزم فهي تقع خارج مجال الجهاز المستخدم. لقد فسرت النتائج الجديدة بالإعتماد على دليلين :

الأول: هو البنية الملاحظة للجزيئة  $\text{OSbCl}_3$  حيث لهذه الجزيئة بنية شبيهة بالبنية الملاحظة لـ  $\text{OPCl}_3$  والتي هي من النوع PQR ولها رأس قوي Q .

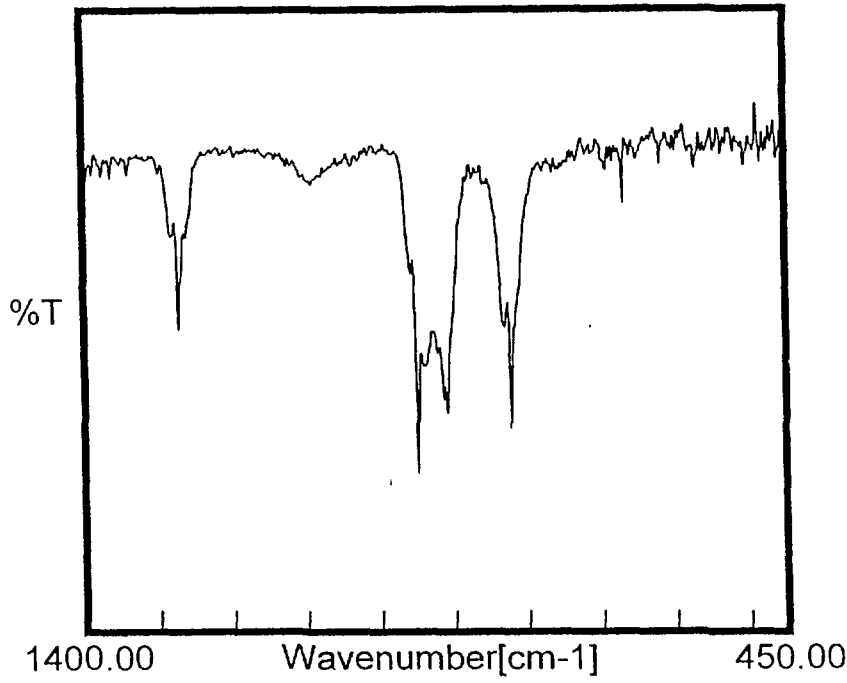
الثاني: هو إنزياح الحزم نحو تردد أقل عند الانتقال من أعلى السلسلة في المجموعة الخامسة إلى أسفلها نتيجة إزداد كتلة العنصر . كما يلاحظ في الطيف الأسفل أن هناك بعض الحزم الأخرى الثانوية والتي تعزى إلى وجود نواتج ثانوية لتفاعل إمرار  $\text{SbCl}_3$  على اوكسيد الفضة لتحضير  $\text{OSbCl}_3$  بينما في الطيف الموجود في الأعلى حيث استخدم مباشرة كمادة أولية دون عملية تحضير كما في  $\text{OSbCl}_3$  . كما يظهر في الطيف نفسه أن النسبة الاعظمية هي للجزيء  $\text{OSbCl}_3$  وسيتم إثبات ذلك أيضاً في الفقرة اللاحقة عن تشكل  $\text{OSbCl}_3$ . إن الإنزياح التجريبي بين P-R لـ الرابطة  $\text{O}=\text{Sb}$  هو  $16 \text{ cm}^{-1}$  في حين أن الإنزياح النظري المحسوب حسب ببول وزملاءه هو  $15.3 \text{ cm}^{-1}$  [17]. يلخص الجدول رقم 1 النتائج الملاحظة لـ  $\text{OSbCl}_3$  مقارنة مع  $\text{OPCl}_3$  مع تفسير الحزم الملاحظة:

Molecule	التناظر $a_1$ $\text{cm}^{-1}$	التناظر $e$ $\text{cm}^{-1}$
$\text{OPCl}_3$ [13]	$\nu_1$ 1321 O = P stretch	$\nu_1$ 590 P – Cl stretch
$\text{OSbCl}_3$	$\nu_1$ 1217 O = Sb stretch	$\nu_1$ 540 Sb – Cl stretch



الشكل (3)

يظهر الطيف الأعلى في الشكل (3) في مجال من  $1100-1350 \text{ cm}^{-1}$  البنية المفصلة للإمتطاطية  $a_1(\text{O}=\text{P str.})$  أما الطيف الأسفل فيظهر  $a_1(\text{O}=\text{Sb str.})$ . حيث تظهر بشكل واضح البنية PQR لكلا الجزئيتين والتي تبدو أكثر عرضاً في حالة Sb وذلك يعود لإزدياد كتلته بالمقارنة مع الفسفور وبالتالي فإنه ينزاح نحو عدد موجي أقل.



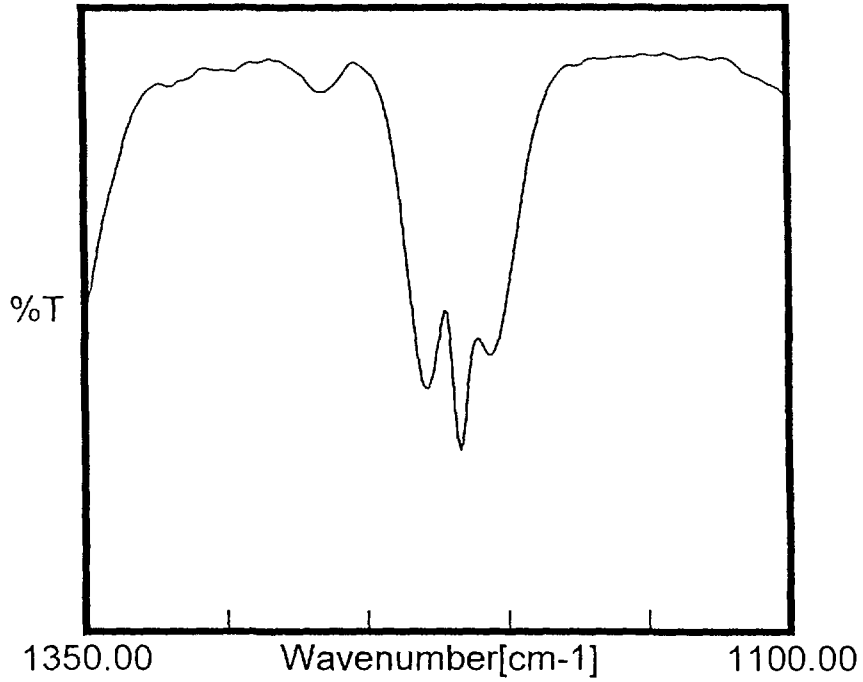
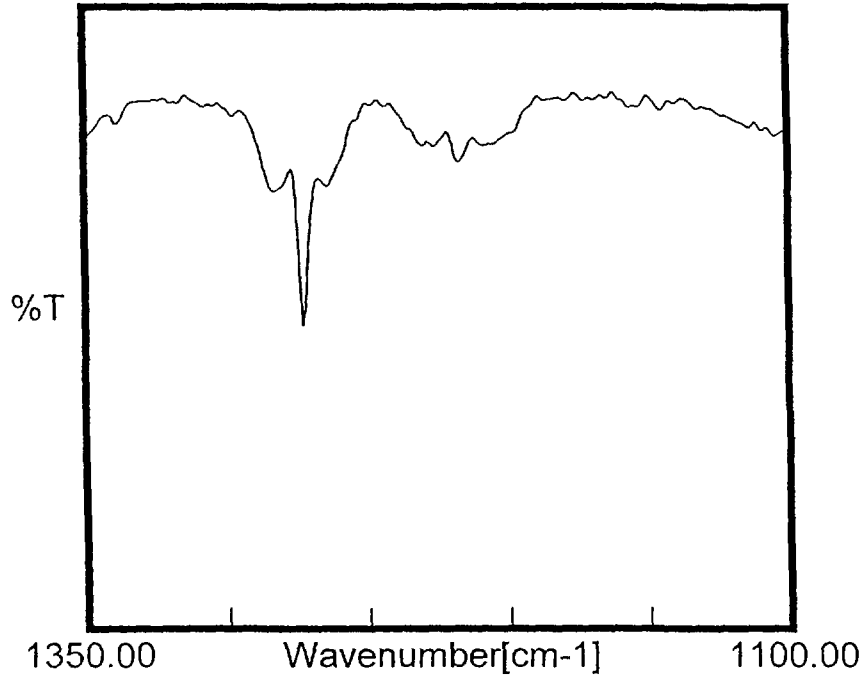
الشكل (4)

يظهر الشكل رقم (4) الطيف الناتج من إمرار غاز  $\text{OSbCl}_3$  فوق  $\text{NaF}$  المسخن حتى الدرجة  $550^\circ\text{C}$  نلاحظ في الطيف وجود أربع حزم عند  $826, 912, 946, 1272 \text{ cm}^{-1}$ .

ويمكن تفسير الحزم الملاحظة كما في الجدول رقم (2) مقارنة مع النتائج الملاحظة من طيوف  $\text{OPF}_3$ .

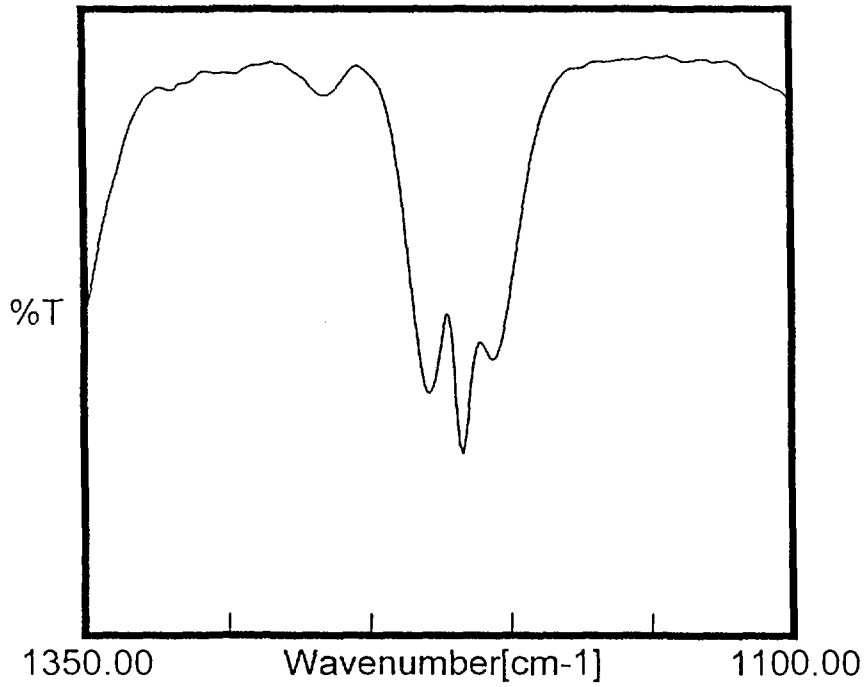
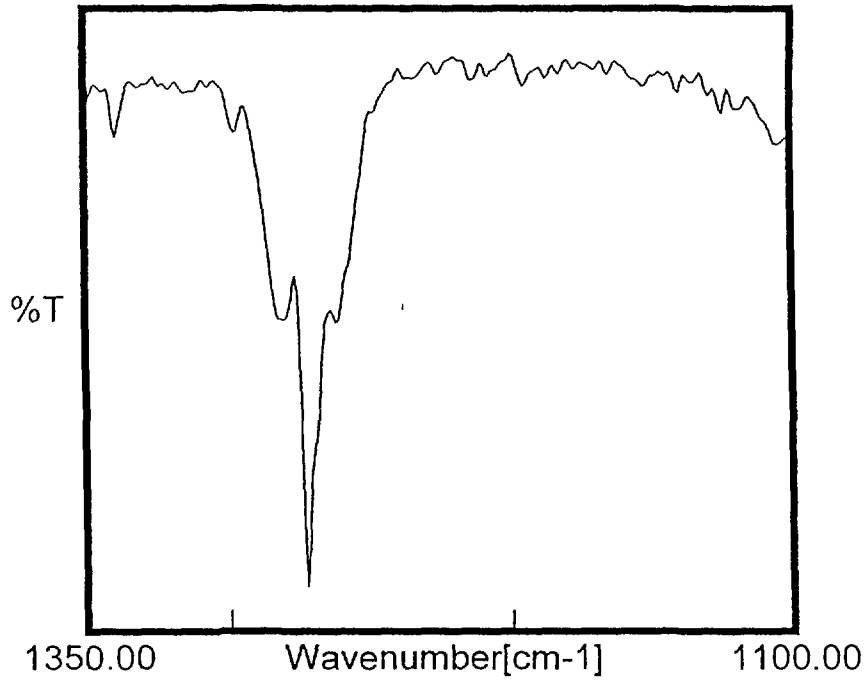
Molecules	Mode	Frequency $\text{cm}^{-1}$	Assignment
$\text{OPF}_3$ [13]	$\nu_1$	1416.6	$a_1$ (O=P str.)
	$\nu_4$	991.2	e (P-F str.)
	$\nu_2$	872	$e_1$ (P-F <sub>3</sub> ) umbrella
	$\nu_3$	472.3	$a_1$ (FPO def.)
$\text{OSbF}_3$	$\nu_1$	1272	$a_1$ (O=Sb str.)
	$\nu_4$	946	e(Sb-F str.)
	$\nu_2$	826	$e_1$ (Sb-F <sub>3</sub> ) umbrella

أما الحزمة عند العدد الموجي  $912 \text{ cm}^{-1}$  فتعود لـ  $2\nu_3$  والتي تدعى overtone .  
نلاحظ أيضاً أن البنية لإهتزاز الجزيئة من النوع PQR ولها رأس Q قوي وأن الإنزياح التجريبي لـ PR هو  $18 \text{ cm}^{-1}$  في حين أن الحساب النظري حوالي  $18.3 \text{ cm}^{-1}$  حسب طريقة بول [17].



الشكل (5)

يظهر الشكل (5) بوضوح إنزياح طاقة الإهتزاز لـ  $O=Sb$  العائدة للجزيء  $O=Sb-F_3$  نحو اليسار أي لعدد موجي أعلى نتيجة استبدال الكلور بالفلور حيث كتلة الفلور أقل من كتلة الكلور. كما يلاحظ في الشكل (5) ضمن المجال  $1100-1350\text{cm}^{-1}$  وجود حزمتين حيث الأولى في اليمين ضعيفة وتعود للجزيء  $O=Sb-Cl_3$  بينما الأخرى إلى يسارها تعود إلى المركب الجديد  $O=Sb-F_3$  والحزمتان لهما بنية متشابهة وبالتالي تعودان إلى حزيمات ذات بنية متشابهة بالإضافة إلى ذلك يمكن القول أن تفاعل الإستبدال عند هذه الدرجة من الحرارة لم يكن كاملاً.



الشكل (6)

- لدى زيادة درجة الحرارة بحوالي  $25^{\circ}\text{C}$  يحصل استبدال كامل بين الفلور والكلور كما هو ملاحظ في الشكل (6).  
 إن الإنزياح نحو عدد موجي أعلى الملاحظ في  $\text{O}=\text{Sb}-\text{F}_3$  عن ما هو في  $\text{O}=\text{Sb}-\text{Cl}_3$  ويعود هذا إلى سببين :  
 1- كهرسلبية الفلور أعلى من كهرسلبية الكلور.  
 2- كتلة الفلور أقل من كتلة الكلور.

- [1] T. Beppu, E. Hirota, Y. Morino, *J. Mol. Spectrosc.*, **36**, 386, 1970.
- [2] W. G. Burns, H. J. Bernstein, *J. Chem. Phys.* **18**, 1669 (1950) .
- [3] L. H. Jones, R. R. Ryan, L. B. Asprey, *J. Chem. Phys.* **49**, 581 (1968).
- [4] D. C. Frost, S. T. Lee, C. A. McDowell and N. P. C. Westwood, *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **7**, 331, 1975.
- [5] M. Abbas, J. Dyke, A. Morris, *J. Chem. Soc. Dalton Trans*, 401, 1977.
- [6] M. Binnewies and H. Schnockel, *Chem. Rev.* **90**, 321, 1990.
- [7] A. W. Allaf and I. Boustani, *Vibrat. Spectrosc.* **16**, 69, 1998.
- [8] I. Boustani and A. W. Allaf, *Vibrat. Spectrosc.* **in Press**, 1998.
- [9] H. Schnockel, M. Lakenbrink and L zhengyan, *J. Mol. Struct.* **102**, 243, 1983.
- [10] E. C. Curtis, D. Philpovich and W. H. Maberly, *J. Chem. Phys.* **46**, 2904, 1967.
- [11] B. W. Moors and L. Andrews, *J. Phys. Chem.* **93**, 1902, 1989.
- [12] M. E. Jacox, *J. Phys. Chem. Ref. Data, Monograph No. 3*, 1994.
- [13] A. W. Allaf, *Spectrochimica Acta Part A*, **54**, 921, 1998.
- [14] R. J. H. Clark and D. R. Rippon, *Mol. Phys.* **28**, 305, 1974.
- [15] Jander Blasius, *Lehrbuch der Analytischen und Preparativen Anorganischen Chemie*, S. Hirzel, Verlag Stuttgart, 12, Auflage, 1983.
- [16] R. J. H. Clark and D. R. Rippon, *J. Mol. Phys.* **52**, 58, 1974.
- [17] W. A. Seth Paul and G. Dijkstra, *Spectrochimica Acta Part A*, **23**, 2861, 1967.



## 5 كلمة شكر: Acknowledgments

توجه بالشكر إلى الأستاذ الدكتور المدير العام على دعمه المتواصل وبكل الإمكانيات وكذلك الأستاذ الدكتور رئيس قسم الكيمياء على توجيهاته و تشجيعه. نشكر الأنسة دلال الناعمة والسيد نبيل عودة على تجهيز التجارب والمشاركة في إجرائها وطباعة التقارير المتعلقة بالعمل. كما نشكر متابع البحث واللجنة الإستشارية العلمية على التوجيهات والملاحظات.

**6 توصيات: Recommendations** سبق وأشرنا في استمارة البحث المقدمة في دراسة عناصر المجموعة الخامسة على أن هذه الاستمارة مكررة لذلك سنتابع العمل في نفس الاستمارة ولكن على مركبات أخرى في نفس المجموعة حيث كان الإهتمام في التقرير النهائي المرفق على مركبات الأنتيموان بينما سيكون في الإهتمام في العمل المقبل على مركبات البزموت والزرنيخ.