التجربة الرابعة: قياس تلوث غاز أول أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي

يؤدي وجود غاز أول أوكسيد الكربون بكميات فائضة إلى مشاكل محلية تتمركز حول مصادر التلوث. يعرف التركيز الكلي لأول أوكسيد الكربون في أعالي طبقة التروبوسفير بالكسر المولي، ويبلغ معدل تركيزه في الغلاف الجوي حوالي **0.1 ppm** ووزنه الكلي حوالي 500 مليون طن. يتراوح معدل عمر وجوده من 36 إلى 110 ايام.

تتولد الكمية العظمى من غاز أول أوكسيد الكربون في الهواء من أكسدة الميتان بوجود الجذور الهيدروكسيلية الحرة. يبلغ تركيز الميتان في الغلاف الجوي حوالي **1.6 ppm** أي أكثر يعشر مرات من تركيز غاز أول أوكسيد الكريون ولهذا فإن أي تفاعل أكسدة يتعرض له غاز الميثان سيؤدي إلى تشكيل غاز أول أوكسيد الكربون كمرحلة انتقالية مصدأ بذلك تركيز غاز **CO** في الغلاف الجري. من جهة أخرى، فإن زيادة تركيز **CO** في الغلاف الجوي يقلل من تفاعلات أكسدة الميثان.

نلاحظ أن تحطم الكلوروفيل (اليخضور) في فصل الخريف، يمكن أن يشكل 20% من مجموع إصدارات غاز أول أوكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي، بينما تساهم النشاطات البشرية بحوالي 6% فقط، ويتوقع أن يكون مصدر الكمية المتبقية من بعض النباتات والكائنات البحرية والمعروفة بالسحاريات (**Siphonophore**). كما يمكن أن ينطلق **CO** من تفكك بعض النباتات التي تحتوي على الكلوروفيل، ومن تفكك بعض الأحياء.

يصل تركيز غاز أول أوكسيد الكربون الصادر من محركات الوقود عدد ساعات الازدحام في بعض المناطق المتمدنة إلى 50 – 100**ppm** ويتناسب هذا التركيز طرداً مع شدة الازدحام و عكسياً مع سرعة الرياح. لذلك، يجب تركيز الأهتمام على التقليل من إنتاج غاز أول أوكسيد الكربون من المحركات.

دلت الدراسات الجارية حول إصدارات المحركات، إلى أنه عند استخدام نسبة ومن هواء: إلى ونن وقود تساوي إلى **1:16**، فإنه لا يتشكل نظرية غاز أول أوكسيد الكربون، وهذا ما يطبق في الآليات الحية، بالإضافة إلى أنه يتم في مداخنها مزج كمية من الهواء الخارجي مع الغازات الناتجة عن احتراق الوقود، وبمرارها على محفزات تقوم بتحويل غاز أول أوكسيد الكربون إلى غاز ثاني أوكسيد الكربون.

مصير غاز أول أوكسيد الكربون في القلاف الجوي

يدخل غاز أول أوكسيد الكريون كمركب أساسي في حلقة تشكل الضباب الدخاني **Smog** (سنترس لاحقا)، حيث يزول بتفاعله مع الجذور الحرة الهيدروكسيلية والتي تمثل التفاعل الرئيس لإزالة **Co** من الجو.

$$CO + HO^* \rightarrow CO_2 + H$$

ثم يعود تشكل HO^* بأحد التفاعلات الأتية:

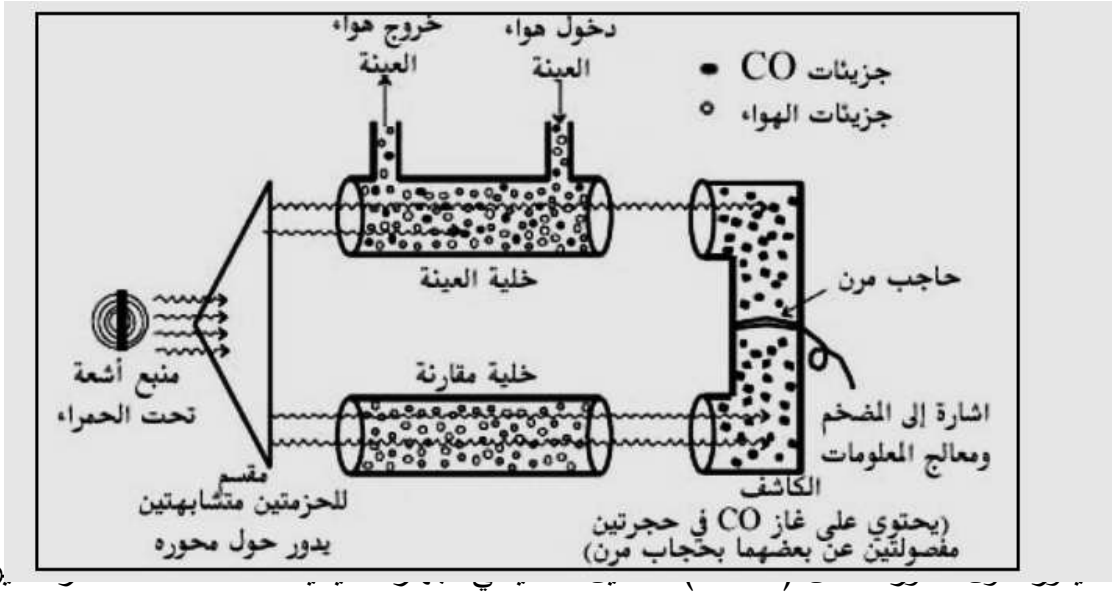
$$O_2 + H + M \rightarrow HOO^* + M$$
$$HOO^* + NO \rightarrow HO^* + NO_2$$
$$HOO^* + HOO^* \rightarrow H_2O_2 + O_2$$
$$H_2O_2 + hv \rightarrow 2HO^*$$

يمكن أن يزول غاز أول أوكسيد الكربون بتأثير بعض المتعضيات الدقيقة الحية المتواجدة في التربة، حيث تبين تجريبية أن بعض الفطريات كالبنسليوم **Penicillium** وبعض البكتيريا الأخرى تستطيع استقلاب غاز أول اوكسيد الكربون.

معايرة غاز أول أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي

- **الطرائق الفيزيائية:** تعتمد الطرائق الفيزيائية في معايرة وتحري غاز أول أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي الملوث، على استخدام مقياس طبق الأشعة تحت الحمراء غير المشتت (**nondispersire infrared spectrometry**)، تختلف هذه التقنية عن أجهزة مطيافية أشعة تحت الحمراء المعروفة بأن الأشعة تحت الحمراء الصادرة عن المنيع تكون مشتتة عبر موشور وفقا لأطوال مرجانها. بذلك يكون الطيف غير المشتت نوعية القياس مادة معينة، توضع في الخلية المخصصة لها عبر مسار الأشعة (**Optical Path**). تعتمد هذه التقنية على خاصية أول أوكسيد الكربون بامتصاصه القوي للأشعة التحت حمراء عند أطول موجية معينة. بذلك فإنه عند عبور هذه الأشعة عبر أنبوب يحتوي على أول أوكسيد الكربون، فإن كمية الأشعة الممتصة تعتمد على تركيز **CO** الموجودة في الأنبوب. يمثل الشكل التخطيطي (3−10) مطيافية الأشعة تحت الحمراء غير المشتت المستخدمة لتحديد تركيز **CO** في الغلاف الجوي الملوث. يجعل منبع الأشعة تحت الحمراء غير المشتت والمقسم إلى حزمتين متشابهتين يدور حول محوره، وبذلك تعبر كلنا الخليتين بالتناوب (خلية المقارنة والكلية الحاوية على العينة) لتسقط بعد عبورها على الكاشف الحاوي على غاز **CO** والمقسم بدوره إلى حجرتين بحاجب مرن-

بذلك فإن كمية الإشعاعات الممتصة من قبل **CO** الموجود في كلا الحجرتين تتناسب مع كمية **CO** الموجودة في العينة. ويؤدي اختلاف كمية الأشعة الممتصة بالحجرتين، إلى تسخين بسيط للهواء الموجود فيها وتحدب بسيط للحاجب المنصف للحجرتين، ويتناسب مع تباين كمية **CO** في العينة. يوصل الحاجب المنصف بدوره إلى مضخم إشارة يكتشف أني إنحناء الحاجب ويسجله. من السكن باستخدام هذه الطريقة تحديد تراكيز من **CO** ضمن المجال **0–150 ppm** بخطأ نسبي يصل الى 5±%.



المشتتة والمستخدم لتحديد تركيز غاز **CO** في الغلاف الجوي الملوث. :

الطرائق الكيميائية: تعتمد هذه الطرائق في تحري ومعايرة غاز أول أوكسيد الكربون في الهواء على خصائصه المرجعة

1. إرجاع البلاديوم في وسط مائي: يستطيع غاز أول أوكسيد الكربون بوجود الماء، الرجاء البلاديوم الموجود في كلوريد البلاديوم مثلاً إلى البلاديوم المعدني، وفقاً التفاعل التالي:

$$PdCl_2 + CO + H_2O \rightarrow 2HCL + CO_2 + Pd \qquad (3-118)$$

يترسب معدن اليوم نتيجة هذا التفاعل على شكل طبقة سوداء اللون. من الناحية التطبيقية، تشيع قطعة من ورق الترشح بمحلول كلوريد البلاديوم، وتعلق في فضاء المكان الذي يشك بأن هواته ملوث يغار أول أوكسيد الكربون فإذا كان هذا الغاز موجود فعلا في الهواء المدروس فإنه يرجع شوارد البلاديوم في كلوريد البلاديوم إلى البلاديوم المعدني الذي يترسب على شكل طبقة ذات لون أسود، وتتناسب سرعة ظهور اللون الأسود مع تركيز غاز أول أوكسيد الكربون في الهواء.

تمكننا هذه الطريقة البسيطة والسريعة من الكشف عن غاز أول أوكسيد الكربون عندما يتواجد بتركيز **ppm 20** في الهواء.

يمكننا تحوير هذه الطريقة باستعمال هلام السيليكا المشبع بمحلول بلاديوم بوتاسيوم وسولفات **Palladium potassium thiosulfate** توضع هذه المادة القابلة لإرجاع بغاز أول أوكسيد الكربون في أنبوب يضخ عبره الهواء، ويحوي الأنبوب بالإضافة إلى الهلام المشبع بالمحلول السابق، على قسم ثان من السيليكا الرطب، وقسم ثالث من هلام السيليكا المشبع بمحلول خلات القضة، مما يحول دون تأثير الغازات الأخرى في سرعة ظهور اللون البني وشدة هذا اللون، كغاز ثاني أوكسيد النيتروجين**NO_2**، غاز ثاني أوكسيد الكبريت **SO_2** ، الأمونيا وأبخرة اللحوم الهيدروجينية، بالإضافة إلى أن هلام السيليكا المشبع بخلات الفضية يحني غاز كريت الهيدروجين وغاز الفوسفين **pH_3**.

2. إرجاع بلاماء حمض اليود: يمكن تحديد تركيز غاز أول أوكسيد الكربون، وذلك بإرجاعه ببلاماء حمض اليود **I_2O_5** عند درجة الحرارة **80 C°** حيث يتحرر البود، وفقا للتفاعل التالي

$$I_2O_5 + 5CO \rightarrow I_2 + 5CO_2 \qquad (1193)$$

نجعل اليود المنطلق على تماس مع الكلوروفورم فيثبت عليه، ويأخذ الكلوروفورم لون بنفسجياً مميزة، ويمكننا الآن تحديد تركيز غاز أول أوكسيد الكربون في الهواء عن طريق معايرة اليوم المتحرر، إما بواسطة محلول هيبوسلفيت، أو بواسطة المقياس الضوئي الطفي.

تستطيع بعض الغازات الأخرى إرجاع الماء حمض اليود، كغاز كبريت الهيدروجين **H_2S**، غاز ثاني أكسيد الكبريت **SO_2**، وبعض الفحوم الهيدروجينية كالإيثلين والأستيلين، لذلك يجب تخليص الهواء المدروس منها، وذلك بإمراره في محلول من هيدروكسيد البوتاسيوم.

كما تتطلب دقة النتائج مراقبة درجة الحرارة وضبطها باستمرار لتبقى مساوية **s0°C** لأن ارتفاع درجة الحرارة فوق هذا الحد يسمح ليلا ماء حمض اليود أن يعاني من تفاعل ارجاع ذاتي

3. الأكسدة بالهوبكاليت Hopcalite: تتألف مادة الهوبكاليت من مزيج من أوكسيد المنغنيز **MnO** بنسبة 60%، وأول أوكسيد النحاس **CuO** بنسبة 40**%**، بالإضافة إلى أثار من أول أوكسيد الكوبلت، ومن الفضة. تعتمد هذه الطريقة في معابرة غاز أول أوكسيد الكربون على أكسدته بمادة الهوبكاليت وتشكيل غاز ثاني أوكسيد الكربون، حيث يتم إمرار الهواء المدروس بعد تجريده من غاز ثاني أوكسيد الكربون على الهوبكاليت، وتتم أكسدة **CO** الموجود فيه إلى **CO** ، ثم يتم قياس كمية **CO2** المتشكلة. يتطلب تطبيق هذه الطريقة دقة خاصة، لأن الهوبكاليت

وسيط حساس تستطيع الغازات التي تنطلق من المصانع تخريبه بسهولة، لهذا السبب يجب تنقية الهواء المدروس من تلك الغازات قبل إجراء تفاعل أكسدة الهوبكاليت، وذلك

بإمراره على الفحم الفعال

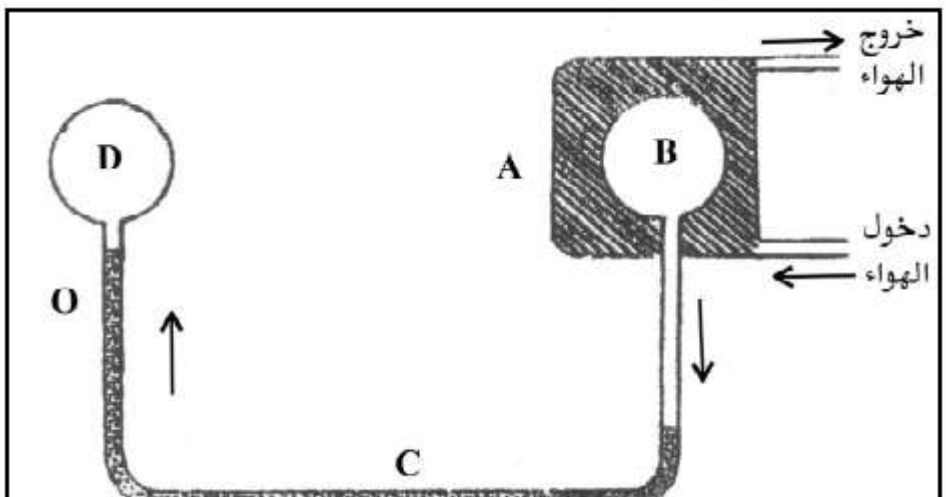
- **الطرائق الفيزيائية الكيميائية:**

1. طريقة الأحتراق في أنبوب الكوارتز **Quartz tube**: يحدد تركيز غاز أول أوكسيد الكربون في الهواء بهذه الطريقة، عن طريق احتراقه في أنبوب الكوارتز بالدرجة الحمراء، حيث يمرر الهواء المترو يعد تجريده من غاز ثاني أوكسيد الكربون، على ماء الباريت لم يساق هذا الهواء في أنبوب من الكوارتز، قطره يساوي **mm**5 ويجري تسخين مساقة **cm10** في فرن كهربائي حتى الدرجة الحمراء **C**°850، فيحترق غاز أول أوكسيد الكربون الموجود في الهواء متحولاً إلى غاز ثاني أوكسيد الكربون، الذي يجمع في هيدروكسيد الباريوم حيث تم معايرته ومنه نحدد تركيز غاز أول أوكسيد الكربون.

طريقة كواسكو **Guasco**: تعتمد هذه الطريقة على قياس تركيز غاز أول أوكسيد الكربون في الهواء المجرد من غاز ثاني أوكسيد الكربون بواسطة جهاز كواسكر، الموضح في الشكل (3−11). وتعتمد على أكسدة غاز أول أوكسيد الكربون بوجود البين المساعي إلى غاز ثاني أوكسيد الكربون، ويؤدي التفاعل إلى انتشار كمية من الحرارة وذلك وفقا للمعادلة التالية:

$$\mathbf{2CO + O_2 \rightarrow 2CO + O} \qquad (3-120)$$

كما هو واضح من الشكل، يتم إدخال الهواء المدروس في الحجرة **A** التي تحتوي على إسفنج البلاتين، حيث يتم تفاعل النكتة. إن الحرارة التي ترافق هذا التفاعل تنتشر في الحجرة ، وستنفذ في تسخين الغاز الموجود في الحماية **B** مما يؤدي إلى تمدده، وبالتالي انخفاض مستوى محلول ازرق الميثيلين نتيجة قوة الدفع الناجمة عن زيادة الحجم في القسم **C** للأنبوب المتصل بالحبابة **B**، بينما يؤدي إلى ارتفاع مستوى محلول أزرق الميثيلين في قسم الأنبوب **C** المتصل بالحبابة **D**. يمكن قراءة مقدار تمدد هذا الغاز في القسم **D** من الجهاز الذي يعمل كمقياس مدرج.



الشكل (3-1): تهشيل تخطيطي لجهاز (Guasco)، **المستخدم لتحديد تركيز** C0 **في الهواء.**

على الرغم من بساطة تركت هذا الجار وسهولة استعماله، فإن عددا من الانتقادات يمكن أن توجه إلى الجهاز والقياسات التي تجري بواسطته، وهي:

- حفظه باستمرار في معزل عن تغيرات درجة الحرارة
- تعوز هذه الطريقة الدقة في ما يتعلق بغاز أول أوكسيد الكربون، ذلك أن غازي الهيدرجين والميثان وعددا من اللحوم الهيدروجينية الغازية تكون قابلة للاكسدة.
- يبدي الجهاز حساسية خاصة نحو الرطوبة، فإذا كان إسفنج البلاتين رطبة فإن قيمة من الحرارة المنتشرة يستهلك لتسخين الماء وتحويله إلى بخار، دون أن تلعب هذه الكمية من الحرارة أي دور في تسخين الغاز للقسم **B** من الجهاز مما يؤدي إلى نتائج غير صحيحة
- يستطيع غاز كبريت الهيدروجين أن يثبط عمل الوسيط (البلاتين المسامي) فيطلق الجهاز إشارة تنبيه خاطئة.

أي أن الجهاز قد يعمل خطأ في جو هواؤه غير سام، فيما يتعلق بغاز أول أوكسيد الكربون، في حين أنه قد لا يعمل في جو يحوي هواؤه مقادير سامة من ذلك الغاز. لتفادي مثل هذه المشاكل، يمكن الاستعاضة عن البلاتين المسامي بمزيج من $\mathbf{MnO_2}$ و **CuO** (كما هو الحال عند استخدام الهوبكاليت)، وقد يستخدم أوكسيد الفناديوم الأكسدة الهيدروكربون الموجود بعينة الهواء الملوث لتحديد كميتها بنفس الوقت.

المصادر:

صديق: حسان ، نائل يسري؛ كيمياء البيئة؛ منشورات جامعة حلب، كلية العلوم، الجمهورية العربية السورية ؛2010.